

**『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)**  
**교육연구단 자체평가보고서**

|                                                                                                                                           |                                                                         |                            |                     |                    |              |      |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------|------|-------|
| 접수번호                                                                                                                                      | 4199990514257                                                           |                            |                     |                    |              |      |       |
| 사업 분야                                                                                                                                     | 기초과학                                                                    | 신청분야                       | 지구과학                | 단위                 | 전국           | 구분   | 교육연구단 |
| 학술연구분야<br>분류코드                                                                                                                            | 구분                                                                      | 관련분야                       |                     | 관련분야               |              | 관련분야 |       |
|                                                                                                                                           |                                                                         | 중분류                        | 소분류                 | 중분류                | 소분류          | 중분류  | 소분류   |
|                                                                                                                                           | 분류명                                                                     | 지구과학                       | 기타<br>지구과학          | 지질학                | 환경지질학        | 대기과학 | 대기환경  |
|                                                                                                                                           | 비중(%)                                                                   | 70                         |                     | 20                 |              | 10   |       |
| 교육연구<br>단명                                                                                                                                | 국문) 고려대학교 지구환경과학사업단<br>영문) Division of Earth and Environmental Sciences |                            |                     |                    |              |      |       |
| 교육연구<br>단장                                                                                                                                | 소 속                                                                     | 고려대학교 이과대학 지구환경과학과         |                     |                    |              |      |       |
|                                                                                                                                           | 직 위                                                                     | 교수                         |                     |                    |              |      |       |
|                                                                                                                                           | 성명                                                                      | 국문                         | 이 미 혜               | 전화                 | 02-3290-3178 |      |       |
|                                                                                                                                           |                                                                         |                            |                     | 팩스                 | 02-3290-3189 |      |       |
|                                                                                                                                           |                                                                         | 영문                         | Lee, Meehye         | 이동전화               | [REDACTED]   |      |       |
|                                                                                                                                           |                                                                         |                            | E-mail              | meehye@korea.ac.kr |              |      |       |
| 연차별<br>총 사업비<br>(백만원)                                                                                                                     | 구분                                                                      | 1차년도<br>(20.9~21.2)        | 2차년도<br>(21.3~22.2) |                    |              |      |       |
|                                                                                                                                           | 국고지원금                                                                   | 154.1                      | 308.3               |                    |              |      |       |
| 총 사업기간                                                                                                                                    |                                                                         | 2020.9.1.-2027.8.31.(84개월) |                     |                    |              |      |       |
| 자체평가 대상기간                                                                                                                                 |                                                                         | 2020.9.1.-2021.8.31.(12개월) |                     |                    |              |      |       |
| <p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2021년 9월 17일</p> |                                                                         |                            |                     |                    |              |      |       |
| 작성자                                                                                                                                       | 교육연구단장                                                                  |                            |                     | 이 미 혜              |              |      |       |
| 확인자                                                                                                                                       | 고려대학교 대학원장                                                              |                            |                     | 이 관 영              |              |      |       |

## 〈자체평가 보고서 요약문〉

| 중심어                      | 지구환경과학                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 고체지구     | 천부지권환경 |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|
|                          | 대기환경                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 지질재해     | 자연재해   |
|                          | 문제해결                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 글로벌 인재양성 | 지속가능   |
| 교육연구단의<br>비전과 목표<br>달성정도 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 본 교육연구단은 “지속가능 미래를 선도하는 글로벌 지구환경 인재 양성”을 4단계 BK21사업의 새로운 비전으로 설정하고 비전 달성을 위한 <b>교육목표(교육과 연구의 선순환 패러다임 혁신)</b>, <b>연구 목표(창의적 문제 해결형 연구 경쟁력 강화)</b>, <b>국제화 목표(지속 가능한 국제화 네트워크 확대)</b>로 구분하여 총 10개의 세부목표를 수립하였음.</li> <li>● 최근 1년간(2020.09~2021.08)의 성과를 바탕으로 비전과 목표 달성을 논하기 어려우나 신청 당시 목표달성 계획 및 추진방안에 부합하여 진행되고 있다고 판단됨.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |        |
| 교육역량 영역<br>성과            | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>연구역량의 교육적 활용:</b> 본 교육연구단에서 수행하고 있는 4개의 대형연구과제를 통해 연구역량을 대학원 교육에 적극적으로 활용함.</li> <li>● <b>비교과 교육:</b> 지구환경 관련 다양한 사회·산업문제 해결을 위한 기초교육 및 보수교육에 적극적으로 참여 또는 개발하였음. 대학원생 교육역량 강화를 위한 중·단기 <b>맞춤형 비교과 프로그램 6건</b>과 초등학생에서부터 전문인력 등 수강생들을 대상으로 <b>비교과 프로그램 17건</b>을 실시함.</li> <li>● <b>첨단 시설을 활용한 수업:</b> 메디힐 지구환경관 현미경 실습실을 대학원 수업에 활용하여 학생 중심의 <b>프로젝트 기반학습(PBL, Project Based Learning)</b> 진행.</li> <li>● <b>강의개설:</b> 20년 2학기 11개, 2021년 1학기 8개 대학원 과목을 개설하였으며, <b>영강비율 52.6%, 온라인강의 비율 68.4%</b>에 이르고 있음.</li> <li>● <b>우수 학생 유치:</b> 석사과정 17명, 박사과정 5명, <b>외국인 학생 2명</b> 등 총 22명의 대학원생이 입학하여 전임교수 1인당 연평균 약 2.2명의 신규 대학원생 확보.</li> <li>● <b>취업률:</b> 석사학위자 8명과 박사학위자 1명 등 <b>총 9명</b>이 배출되었으며, 석사학위자 8명 중 1명(12.5%)은 본 교육연구단 대학원 <b>박사과정에 진학</b>하였고 6명이 취업하였으며(<b>취업률 75%</b>), 1명(12.5%)은 해외 대학원 박사과정 진학을 준비중. 박사학위자 1명은 본인의 전공 분야와 연관된 해외 전문기관에 취업함(100%).</li> <li>● <b>참여대학원생 연구성과:</b> 총 8편의 SCIE 논문이 출판되었으며, 이 중 분야별 최상위 25%(Q1) 학술지에 6편이 발표되어 양적으로나 질적으로 우수. 또한, 논문의 절반이(50%) 주저자로 논문을 발표하였고, 주저자 논문의 75%가 최상위의 25%(Q1) 학술지에 출판. 아울러 특허등록 1건과 출원 2건의 성과를 도출함.</li> <li>● <b>신진연구인력 연구성과:</b> 학기 평균 2인 지원하였고, SCIE급 논문 3편을 게재함.</li> </ul> |          |        |
| 연구역량 영역<br>성과            | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>연구비:</b> 정부 과제 41억 649만 원과 산업체 과제 17억 4692만 원 등 <b>총 58억 5342만 원</b>의 연구비 수주(참여교수 1인당 연평균 5억 8534만 원).</li> <li>● <b>연구논문:</b> 총 46편의 SCIE급 논문을 발표하였으며(참여교수 1인당 4.6편), 이중 23편을 JCR 분야별 상위 25%급의 Q1급(50%)에, 11편을 상위 10%급의 최우수 국제학술지에 게재하였음(23.9%).</li> <li>● <b>특허:</b> 특허등록 3건과 특허출원 4건의 성과를 도출함. 기초학문의 특성상 지적재산권 등록이 활발히 이루어지고 있지 않으나 관련 산업발전에 핵심이 될 수 있는 원천기술개발에 노력한 우수한 결과임.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |        |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>산업·사회 문제 해결 기여 실적:</b> 지구환경과학 관련 산업·사회문제 해결을 위해 산학연으로 이루어진 연구과제 수주와 우수한 연구결과를 도출하였으며 지진, 지중환경오염조사, 미세먼지 등 시급한 문제해결에 이바지하고 있음.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 달성 성과 요약        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 4단계 BK사업 고려대학교 지구환경과학 교육연구단이 시작된 지 1년 정도로 짧은 기간임에도 불구하고, 참여교수, 참여대학원생, 신진연구인력의 <b>정량성과 뿐만 아니라 질적으로도</b> 지난 3단계 BK사업의 연평균실적을 크게 뛰어넘는 결과를 보여줌.</li> <li>● 이는 1년 이내에 단기적으로 달성한 성과라기보다는 본 교육연구단이 <b>3단계 BK사업에 이어 연속적으로 4단계 사업의 지원</b>을 받게 되어 도출된 성과로 정부의 지속적인 교육분야, 연구투자의 중요성을 반영하는 결과라 평가됨.</li> <li>● 연구비는 지난 3년간(2017.1~2019.12) 수주한 전체 연구비의 약 50%를 최근 1년간에 수주한 것으로 본 교육연구단의 <b>연구역량을 대외적으로 크게 인정받은 것으로</b> 평가됨.</li> <li>● 특히, <b>대형국가과제 수주를 통해 연구역량을 대학원 교육에 적극적으로 활용</b>하였고, 첨단 시설을 활용한 <b>수업을 질을 극대화</b>시켰으며, 온라인 강의의 양적, 질적 수준을 향상시켰다고 평가됨.</li> <li>● 참여대학원생의 SCIE급 논문게재 연구성과가 괄목할 만한 수준으로 향상하였으며, 참여교수의 SCIE급 논문게재 역시 지난 5년간(2015~2019) 연평균 35.4편에서 최근 1년간(2020.09~2021.08) 46편으로 크게 증가함과 동시에 50% 이상이 Q1급 국제학술지에 게재되어 질적으로도 매우 우수한 결과로 판단됨.</li> </ul> |
| 미흡한 부분 / 문제점 제시 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>참여교수 및 참여대학원생 국제화 실적:</b> 코로나19가 장기화되는 가운데 참여대학원생과 참여교수의 국제화 목표달성이 상대적으로 저조했음.</li> <li>● 특히, 교육연구단 연구인력의 핵심인 대학원생들이 겪는 피해가 상당히 컸던 것으로 평가됨. 해외 출장이 자유롭지 못해 계획되었던 장단기 해외연수가 취소 또는 연기되었음.</li> <li>● 또한, <b>실험장비·재료 공급 지연</b>으로 연구 수행에 차질을 빚었고, <b>연구 학업 시간의 감소</b>로 연구 진행에 어려움이 있었으며, 대부분의 <b>국제학회 취소</b> 및 온라인 전환으로 최신 연구 동향 파악과 연구결과 발표가 불가능했음.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 차년도 추진계획        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>교육역량 강화:</b> 첨단 시설을 활용한 대학원 강의를 확대하고, 대학원생을 위한 비교과 프로그램을 지난 1년간 7건에서 차년도 10건 이상 개설하여 연구력 향상과 다양한 문제해결 능력을 갖춘 글로벌 인재로서 성장시키고자 함.</li> <li>● <b>연구역량 강화:</b> 메디힐-에이스 첨단기기실(가칭)이 2021년 말 개소를 목표로 준비 중이며, 약 40억 원의 재원으로 마련된 <b>첨단 기기 활용을 통해 교육연구단의 연구 경쟁력을</b> 비약적으로 향상하고자 함.</li> <li>● <b>국제화 역량 강화:</b> 코로나19 장기화와 포스트 코로나 시대를 대비하여 대면 연구가 불가피한 경우 온라인 국제공동연구회의, 국제학회 개최 및 참석 등 적극적인 <b>언택트 교류 활성화</b>를 통해 침체되어있는 <b>참여교수 및 참여대학원생 국제공동연구 실적 향상</b>을 도모하고자 함.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

# I

## 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

### 1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

| 성명   | 한글                 | 이미혜 | 영문 | Lee, Meehye |
|------|--------------------|-----|----|-------------|
| 소속기관 | 고려대학교 이과대학 지구환경과학과 |     |    |             |

#### ● 변경사항

- 본 교육연구단의 전임 단장 조석주 교수가 2021년 2월 1일 고려대학교 산학협력단 단장으로 부임하여 2021년 3월 1일부터 이미혜 교수로 단장을 교체함.

#### ● 교육역량

- 본 교육연구사업단은 지질과학을 모체로 시작되었으나 빠르게 변화하는 시대적 요구에 부응하여 수권과 기권 환경을 포함하는 지구환경의 통합 교육을 지향해 옴. 이에 따라, 본 사업단장은 해양(화)학 학석사와 대기화학 박사 그리고 한국해양과학원과 국립기상과학원에서 연구 경력과 함께 본 학과에 부임함.
- 이후 대기화학 분야 전문가로 20여 년간 도시 규모의 대기오염에서부터 동북아시아의 기후환경 변화에 이르는 지구환경의 기권 교육을 담당하며 대학교수(중국 Shanghai Institute of Technology 포함), 국가 및 정부 연구기관, 장학사 교사 등 교육기관, 서울과 지방 지자체, 공단, 기업 및 벤처 등에서 핵심 업무를 담당하는 전문가를 양성함(약 50여 명).
- 교내 환경에너지 대학의 첨단 환경 분야 전공과 미세먼지특성화대학원 교육에 기여함.

#### ● 연구역량

- **BK21 사업:** 본 교육연구단은 1단계 사업부터 현 4단계에 이르는 전 BK21사업에 참여하여 연구와 교육을 수행하였으며 단장은 이 과정에 모두 참여하여 BK21사업의 지원 하에 연구와 교육에 기여함.
- **연구실적:** 2017.09 ~ 2021.08 4년간 국제저명학술지에 27편 국내등재학술지에 5편 게재. 서울 메가시티에서 제주 배경 대기 그리고 중국 북경과 남극기지에 이르는 다양한 대기환경을 첨단 분석과 기법(동위원소 등) 그리고 컴퓨팅과 모델링을 활용하여 분석하고 해석하여 오존과 미세먼지 생성 특성과 과정 이해에 기여함.
- **국제과학자문회:** 지구환경 연구를 위한 대표적 국제연구협의체 전문 분야의 과학자문위원으로 활동. Future Earth의 iLEAPS(integrated Land Ecosystem - Atmosphere Processes Study) 프로그램의 SSC(Science Steering Committee)와 WMO(World Meteorological Organization)의 GAW(Global Atmospheric Watch) 프로그램 Reactive Gases 분과의 SAG(Science Advisory Group).
- **국내외 전문학술단체:** 대기환경학회, 기상학회, 해양학회, 미국지구환경학회, 유럽지구환경학회 등의 회원과 임원으로 활동함.

#### ● 행정역량

- **연구행정:** 국무조정실 산하 미세먼지특별대책위원회, 환경부의 중앙환경정책자문위원회와 중앙환경조정위원회(기상청, 산림청, 행정안전부, 서울시 등) 위원으로 대기 중 오존과 미세먼지 생성과 변환 과정에 대한 전문가로 대기오염과 기후변화 관련 국가와 지자체의 연구행정을 지원함.
- **교육행정:** 교육대학원 지구과학교육과, 환경에너지대학원, 지구환경과학과 대학원 전공 주임 역임.
- **기관행정:** 기상기술진흥원과 해양수산진흥개발원의 사외이사로 봉사함.

## 2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-1> 교육연구단 대학원 학과(부) 전임 교수 현황

(단위: 명, %)

| 대학원 학과(부) | 학기      | 전체교수 수 | 참여교수 수 | 참여비율(%) | 비고 |
|-----------|---------|--------|--------|---------|----|
| 지구환경과학과   | 20년 2학기 | 10명    | 10명    | 100     |    |
|           | 21년 1학기 | 10명    | 10명    | 100     |    |

<표 1-2> 최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 교육연구단 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

| 연번 | 성명 | 변동 학기 | 전출/전입 | 변동 사유 | 비고 |
|----|----|-------|-------|-------|----|
|    |    |       |       |       |    |
|    |    |       |       |       |    |

<표 1-3> 교육연구단 대학원 학과(부) 대학원생 현황

(단위: 명, %)

| 대학원<br>학과(부)   | 참여 인력<br>구성 | 대학원생 수 |    |                 |                             |    |                 |         |    |                 |    |    |                 |
|----------------|-------------|--------|----|-----------------|-----------------------------|----|-----------------|---------|----|-----------------|----|----|-----------------|
|                |             | 석사     |    |                 | 박사                          |    |                 | 석·박사 통합 |    |                 | 계  |    |                 |
|                |             | 전체     | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체                          | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체      | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체 | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) |
| 지구환경<br>과학과    | 20년 2학기     | 23     | 17 | 74              | 17                          | 8  | 47              | 5       | 5  | 100             | 45 | 30 | 67              |
|                | 21년 1학기     | 33     | 24 | 73              | 25                          | 11 | 44              | 5       | 3  | 60              | 63 | 38 | 60              |
| 참여교수 대 참여학생 비율 |             |        |    |                 | 20년 2학기 1:3 / 21년 1학기 1:3.8 |    |                 |         |    |                 |    |    |                 |

### ● 최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 교육연구단 참여인력 구성 현황

| 연<br>번 | 성명<br>(한글/영문)          | 직급  | 연구자<br>등록번호 | 세부전공분야 | 신임교수 | 외국인      | 사업<br>참여 |
|--------|------------------------|-----|-------------|--------|------|----------|----------|
| 1      | 권만재<br>Kwon, Man Jae   | 부교수 |             | 지생물환경학 | X    | X        | O        |
| 2      | 김성룡<br>Kim, Seongryong | 조교수 |             | 지구물리학  | O    | X        | O        |
| 3      | 김형수<br>Kim, Hyeongsoo  | 정교수 |             | 암석학    | X    | X        | O        |
| 4      | 윤성택<br>Yun, Seongtaek  | 정교수 |             | 환경지구화학 | X    | X        | O        |
| 5      | 이미혜<br>Lee, Meehye     | 정교수 |             | 대기환경   | X    | X        | O        |
| 6      | 이순재<br>Lee, Soonjae    | 부교수 |             | 환경지질학  | X    | X        | O        |
| 7      | 이영재<br>Lee, Youngjae   | 정교수 |             | 광물학    | X    | X        | O        |
| 8      | 이진한<br>Ree, Jin Han    | 정교수 |             | 구조지질학  | X    | X        | O        |
| 9      | 조석주<br>Choh, Suk Joo   | 정교수 |             | 퇴적학    | X    | X        | O        |
| 10     | 조호영<br>Jo, Hoyoung     | 정교수 |             | 지질공학   | X    | X        | O        |
| 참여율    |                        |     |             |        |      | ( 100 )% |          |

- 본 교육연구단은 2020년 9월 1일부로 지구물리학(geophysics) 분야 특별채용으로 김성룡 교수를 신규 임용하였음. 김성룡 교수는 국내 최정상급의 젊고 우수한 학문 후속세대 전임교원으로 경쟁 대학보다 상대적으로 취약한 연구 분야를 보완하는 한편 학부 및 대학원 교육과 연구에 새로운 전기를 마련하는 계기가 되고 있음.
- 지구물리학은 전통적으로 지구 내부의 역학적 움직임과 성질, 상태, 구조 등을 파악하는 매우 넓은 연구 범위의 학문임. 또한, 연구 분야에서 사용되는 다양한 물리적 요소, 지진파, 중력, 자력, 전자기 등을 이용하여 지구 내부 탐사, 지하 물질 분포의 규명, 지진 관련 방재 등의 다양한 연구가 가능함.
- 2004년 수마트라 대지진과 2011년 동일본대지진 등으로 엄청난 인명피해와 재산피해가 있었고 국내에서는 2016년 경주지진과 2017년 포항지진으로 인해 지구물리 분야(지진과 지하탐사)에 대규모 국가연구비가 투입되고 있음. 따라서 단층 연구 분야에 국제적 경쟁력을 가진 본 학과에 지구물리 분야의 연구진이 추가되어 향후 대형국책과제 수주 가능성을 제고함.
- 범국가적으로 지진과 단층 분야 학문 후속세대 양성을 강하게 드라이브하고 있으며, 이에 본 교육연구단도 2019년 9월부터 2021년 8월까지 2년간 행정안전부의 지진 전문인력 양성사업(사업비 연간 2억 원)을 수주하여 국가 차원의 전문인력 양성사업에 참여하고 있음.

### 3. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도

#### 1.1 교육연구단의 비전

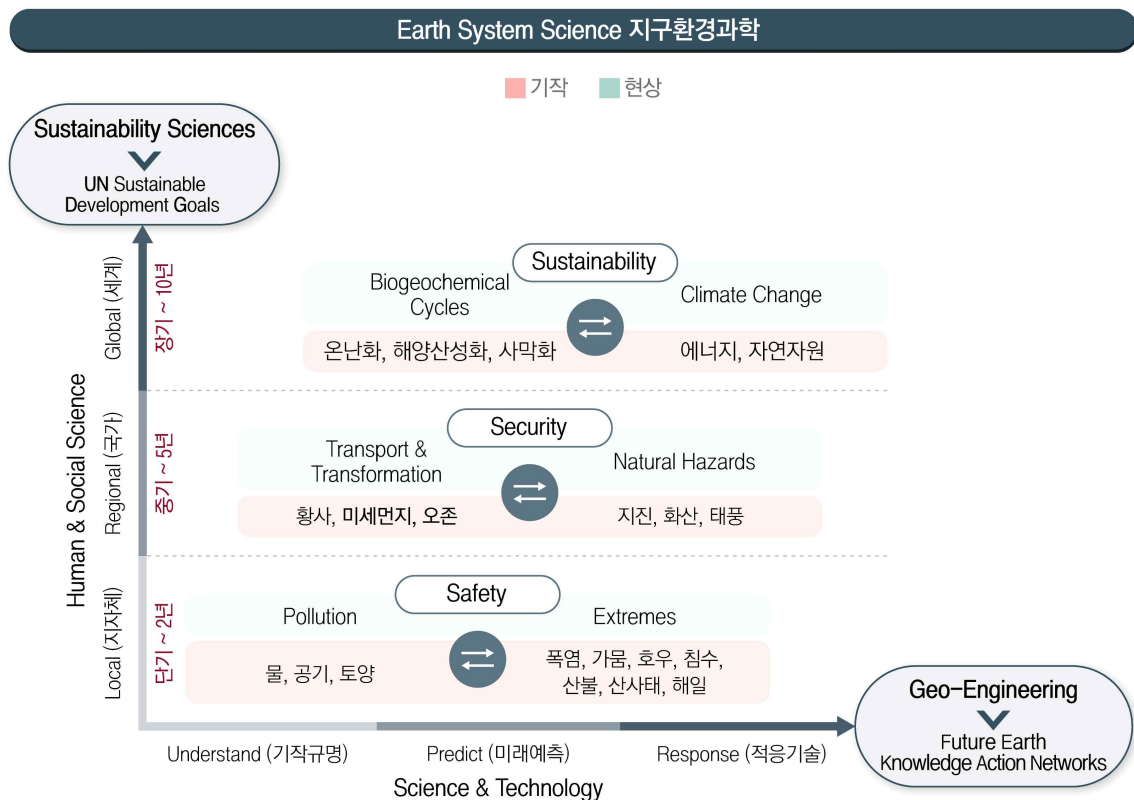


그림 1-1 규모별 지구환경 이슈와 교육연구단의 문제 해결에 기여 및 역할

- 지구환경을 근본적으로 이해하고 그 변화를 분석하고 예측하는 학문인 지구환경과학은 국가경쟁력 제고의 핵심 학문으로 주목받아 왔으며, 지구환경과 자원 및 에너지 분야가 미국 과학기술정책의 21세기 4대 국가중점 과학기술 분야에 지정되어 있음.
- 본 교육연구단은 3단계 BK21플러스 사업에서 지구과학 분야의 국제적, 사회적 수요를 적극적으로 반영하여 함께 잘사는 사회와 혁신 성장의 핵심기반이 될 지구환경과학 분야 최고급 창의적 전문인재양성을 교육 비전으로 설정한 바 있음.
- 특히 지권(geosphere)의 교육과 연구로 특성화하여 향후 국가경쟁력 제고에 이바지할 자원 및 에너지탐사, 지각진화, 지권환경(토양/지하수 환경), 자연재해 저감 분야에서 국제경쟁력을 갖춘 창의적 글로벌 리더(Global leader) 양성을 목표로 하였었음.
- 미국 트럼프 행정부가 지난 2017년~2021년 4년간 연속 순수과학 예산을 대폭 삭감하여 유일하게 예산이 증액되고 있는 인공지능(AI, artificial intelligence)과 양자정보과학(QIS, quantum information science)을 제외하고는 지구과학과 순수과학 대부분 분야가 큰 어려움을 겪고 있음.
- 그 예로, 2021년 예산이 6.5% 삭감된 NSF는 지질과학과 극지 연구비를 평균 예산 삭감률보다 더 많이 축소하였고, 미국지질조사국(U.S. Geological Survey)은 대학과 공동연구 프로그램의 전면 폐지라는 초유의 상황에 놓였음(Science, 2020년 2월 14일, p.723~724).
- 그러나 우리 사회가 직면한 민감한 문제인 고준위 핵폐기물 지중처리, 토양과 지하수 오염관리, 지진재해 예방과 저감, 지구온난화 대처를 위한 이산화탄소 지중저장, 미세먼지 저감 등을 해결할 수 있는 교육과 연구가 과거 어느 때보다 절실한 시점임.
- 따라서 본 교육연구단은 “지속가능 미래를 선도하는 글로벌 지구환경 인재 양성”을 4단계 BK사업의 새로운 교육연구단 비전으로 설정하고 비전 달성을 위한 교육, 연구, 국제화 목표로 구분하여 총 10개의 세부목표를 수립하였음.

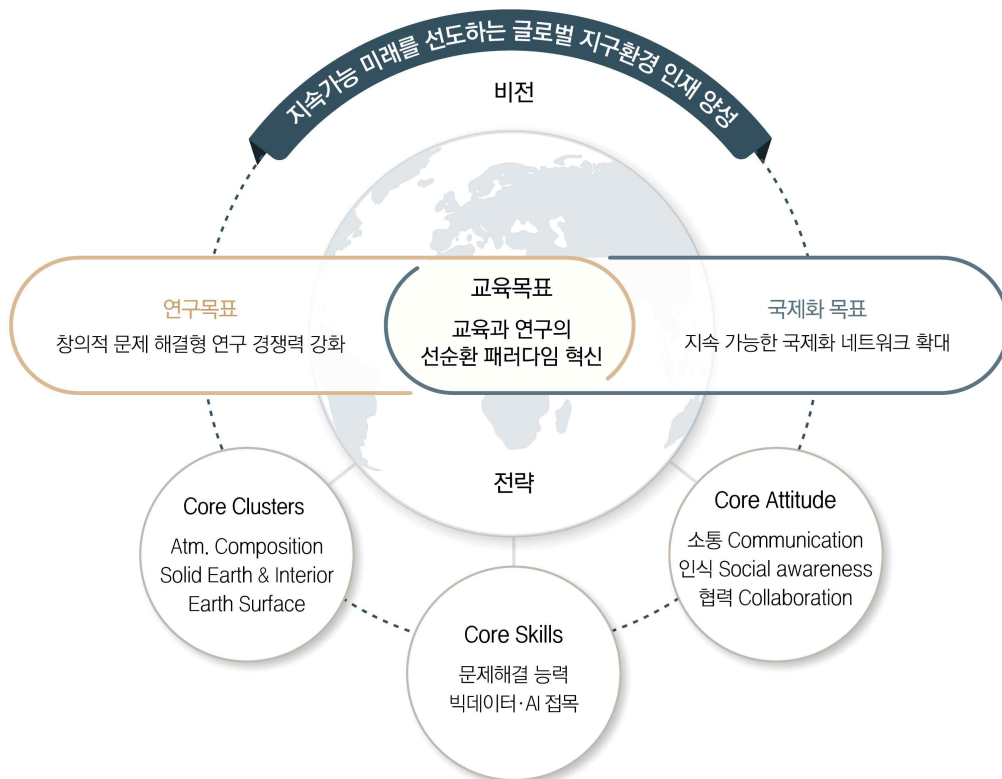


그림 1-2 고려대학교 지구환경과학 교육연구단의 비전, 목표 및 전략

## 1.2 교육연구단의 세부목표

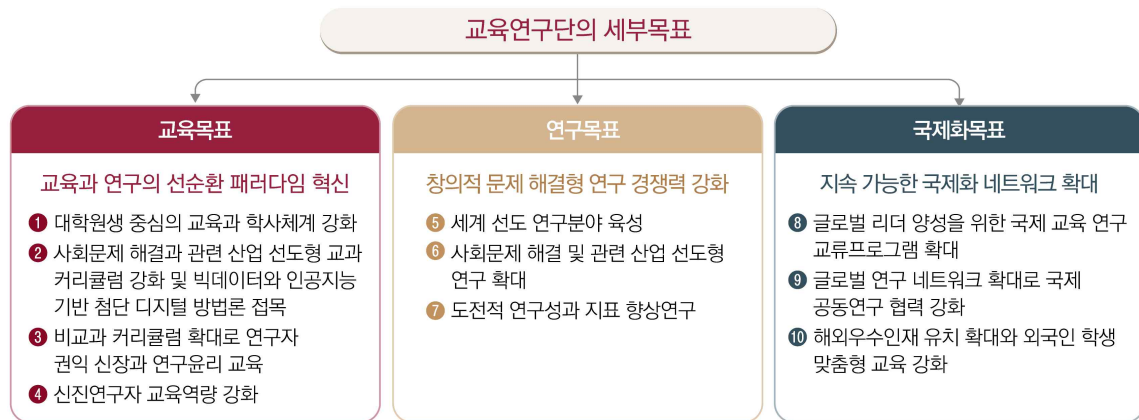


그림 1-3 교육연구단의 교육, 연구, 국제화 세부목표

## 1.3 교육연구단의 목표와 달성 방안

### 1.3.1 교육목표: 교육과 연구의 선순환 패러다임 혁신

- 세부목표

- 대학원생 중심의 교육과 학사체계 강화
- 사회문제 해결과 관련 산업 선도형 교과 커리큘럼 강화 및 빅데이터와 인공지능 기반 첨단 디지털 방법론 접목
- 비교과 커리큘럼 확대로 연구자 권익 신장과 연구윤리 교육
- 신진연구자 교육역량 강화

#### 1.3.1.1 교육목표 달성 방안

- 연구로 축적된 지식의 자원화로 새로운 가치를 창출하고, 이를 다시 연구확산의 밑거름으로 삼는 연구중심대학 생태계 선순환 구조의 성공적인 정착과 활성화를 위하여 교육과 연구의 유기적인 연계를 이루어야 함.

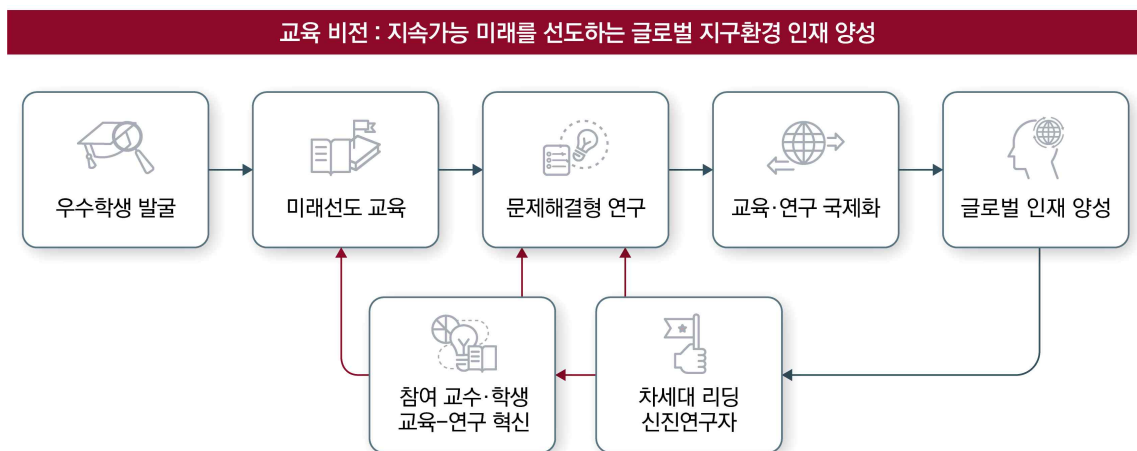


그림 1-4 교육연구단의 교육과 연구의 선순환 구조

#### - 대학원생 중심의 교육과 학사체계 강화 및 개선

- 우수 대학원생의 교육연구단 입학에서 졸업까지 전 과정을 선진국 연구중심대학 수준의 학사관리 시스템으로 관리하여 입학(지도교수와 논문지도위원회 구성) - 재학(강의수강과 연구 시작) - 수료(연구결과도출과 성과발표) - 졸업(졸업시험, 외국어시험, 논문제출) 등 4단계로 운영 중.
- 최우수 대학원 신입생에게 Admission Offer Package 제시: 대학원과 교육연구단이 대학원 과정 동안 지원할 금전적(성적 장학금, 교육 조교, 연구조교 급여 등) 및 비금전적 혜택을 대학원 입학 시 제시하여 우수 대학원생 확보를 도모하고 있음.
- 고려대학교 대학원 차원의 학사관리 시스템 개선: 우수학생의 조기 확보(입학), 학위과정 변경 유연화(재학), 수료연구생 지원 확대(수료), 학위논문 연구지원 및 졸업 연한 합리화(졸업) 등으로 선진 연구중심대학으로 도약을 도모함.
- 고려대학교 대학원 차원에서 교육연구단 소속 대학원생의 교육 / 연구 조교 복무 협약을 체결하여 업무 범위, 근무 관리와 대학원생 인권 보장 등을 계약 명시하여 대학원생 신분 안정화가 개선되고 있음.
- 또한, 고려대학교 대학원은 세계적 연구중심대학에서 운영 중인 TA·RA 제도를 벤치마킹하여 대학원생이 강의 및 연구 활동에 적극적으로 참여하는 개념의 Graduate Teaching Affiliate (GTA), Instructor-G 제도 등을 도입하고 있음.

#### - 교과 커리큘럼 강화

- 교육과정을 ‘교과 커리큘럼’과 ‘비교과 커리큘럼’ 체계로 운영하고 교과 커리큘럼 혁신으로 사회문제 해결을 위한 교육과 연구 프로그램을 확충하고, 데이터과학과 인공지능 교과목 연계로 지구환경과학 디지털 빅데이터 시대 선도를 도모하고 있음.
- 연구성과의 교육과정 자원화로 교육연구단 참여교수의 성공적인 최근 연구주제를 대학원 교육과정으로 흡수하고 다시 신규 교육을 받은 대학원생들이 창의적인 연구에 투입되어 성과를 거두는 연구중심생태계 선순환 구조를 정착시키고 있음.
- 세계학문 동향 분석결과와 교육연구단 소속 대학원생 설문 조사 결과 등을 토대로 교과 커리큘럼의 지속적인 개편 체계를 운영하고, 학생 중심의 강의 평가와 환류 체계를 운영하여 대학원 강의와 교육의 질적 우수성을 담보함.
- 강의 평가 및 평가결과 공개 의무화로 구축된 환류 체계를 적극적으로 활용하여 평가결과에 따른 우수 교원 포상(석탑강의상, 우수강의상 등) 및 평가 하위 5% 교원 단과대학장 면담 제도 등으로 항구적인 대학원 강의 질적 우수성 제고를 강화함.

#### - 비교과 커리큘럼 강화

- 석·박사과정별 글로벌 교육역량을 강화하고 학생 중심의 교육지원 확대를 위하여 대학원생의 학업 주기를 고려한 맞춤형 비교과 프로그램을 확대 운영하여 교육연구단 참여대학원생들이 장차 우수 연구자로서 발전할 수 있는 환경을 조성하고 있음.
- 기본 정보검색과 논문 작성법은 고려대학교 도서관이 주관하는 “도서관 이용자 교육”에서, 연구 학술 문서 영작문 및 교정, 영문이력서 작성 상담 서비스는 국제어학원에서 운영하는 “IWS (International Writing Service)”에서 제공받고 있음.

- 예비 교수자에게 장래의 강의에 대비하여 교수-학습 모형 및 교수법을 교육하는 EMI(English Mediated Instruction)을 교수학습개발원에서 제공하고 있으며, 향후 박사 졸업논문 제출 이전 “박사과정 대상 교수법 비교과 프로그램” 필수 이수를 추진할 예정임.

#### - 신진연구자 교육역량 강화

- 신진연구인력의 교육지원을 강화하여 박사후연구원 맞춤형 경력개발과 교육연구단 참여교수들의 정기 멘토링 등의 프로그램을 운영할 계획임.
- 학문 후속세대의 교수 역량 향상 지원을 위하여 비전임 박사학위자가 전문적인 교수법을 익히고 올바른 교수자로 성장할 수 있도록 지원하는 비교과 프로그램을 개설하여 제공할 예정임.
- 강의 평가 환류 체계를 강화하여 강의 평가결과가 우수한 비전임 박사학위자에 대해 인센티브를 제공하고 지속적인 강의 기회를 제공하는 기반을 마련할 예정임.
- 고려대학교는 지난 3년간 학문 후속세대를 비전임 교원으로 채용하여 강의할 기회를 확대하였으며, 앞으로 박사학위 취득 후 5년 이내의 학문 후속세대(박사 수료생 포함)의 강의 비중을 점차 확대할 예정임.
- 고려대학교 본부 차원의 「강사 인사규정」 제·개정, 우대선발 강좌 비중확대, 이공계 실습 조교 Teaching Fellow의 강사 전환 등을 통해 학문 후속세대에 대한 강의 기회를 확대 하고 있음.

### 1.3.2 연구목표: 창의적 문제 해결형 연구 경쟁력 강화

#### - 세부목표

- 세계 선도 연구 분야 육성
- 사회문제 해결 및 관련 산업 선도형 연구 확대
- 도전적 연구성과 지표 향상

#### 1.3.2.1 연구목표 달성 방안

##### - 세계 선도 연구 분야 육성

- 혁신된 교육으로 축적된 역량을 다시 성공적으로 연구에 접목하는 교육과 연구의 유기적 연계로 지속 가능 미래를 선도하는 글로벌 지구환경 인재를 양성하고, 새로운 학문 후속세대가 다시 당면한 사회문제를 창의적으로 돌파하는 선순환을 다음과 같이 추진하고 있음.
- 고도 산업화 사회에 필요한 인재와 사회문제 해결을 위한 지구환경과학 분야 글로벌 리더를 양성하기 위하여 본 교육연구단은 교과과정과 연구체계를 1) 고체지구와 지구 내부, 2) 천부지권환경(토양/지하수환경), 3) 대기환경 연구클러스터로 세분하였음.
- 고체지구와 지구 내부 연구클러스터는 고도 산업사회에 필요한 광물자원과 에너지 자원의 안정적인 공급과 해외자원의 자주 개발에 필수적인 고급 탐사 인력양성, 최근 우리나라에 빈번한 지진의 기작 이해와 방재에 초점을 맞춤.
- 천부지권환경(토양/지하수환경) 연구클러스터는 지구환경 구성 권역들의 상호 작용에 의한 오염물질의 분산과 이동과정을 규명하여 오염물질의 확산 방지, 제거 및 복원을 위한 환경기술을 개발하고, 지구온난화 방지를 위한 이산화탄소 지중저장 기술을 개발함.

- 또한, 최근 쾌적하고 안전한 삶을 영위하고자 하는 국민적 기본권을 심각하게 위협하는 미세먼지 문제로 국가적 관심이 큰 대기환경 연구클러스터를 미세먼지 저감 분야로 특화하여 지질과학 및 지질환경과 연계하여 특성화된 연구결과를 도출하고 있음.
- 각 세부 연구클러스터 사이의 공동연구 활성화와 공동지도교수제 활용 등의 유기적 협력을 극대화하여 교육연구단의 연구 목표를 효율적으로 달성하도록 하며, 산학연 협력과 국제협력을 강화하여 사회문제 해결과 기업이 필요로 하는 연구 과제에 도전하고 있음.

#### - 사회문제와 과학 난제 해결 및 관련 산업 선도형 연구 확대

- 본 교육연구단의 연구 수월성을 기반으로 물통합관리(지하수 관리), 오염부지조사 진단평가예측, 고준위 핵폐기물저장, 지구온난화 방지를 위한 이산화탄소 지중저장, 미세먼지 저감 등 우리 사회가 직면한 난제 해결에 이바지하고 있음.
- 해외 광물과 에너지자원의 안정적인 수급을 위한 기초 지질조사와 탐사이론의 도출, 최근 수년간 국내에 빈도가 증가하고 있는 지진의 발생 이유 분석과 지진재해의 저감 등 우리나라 기업이 당면한 문제와 과학적 난제 해결을 위한 연구를 성공적으로 추진하고 있음.

#### - 도전적 연구성과 지표 향상

- 4단계 BK 수행 5년간 JCR 분야별 상위 10% 국제학술지 논문 200% 증가(사업단 발표논문의 60% 이상), Scopus 기준 사업단 피인용 횟수 300% 증가(누적 18,000회 이상), NSC급 논문(Nature 자매지 포함) 300% 증가를 목표로 함.
- HCR(High Cited Researcher) 연구자 육성을 위하여 연간 책임시수 유연화 제도를 통한 강의시수를 자율 운영하여 교육연구단 참여교수들의 강의 시간을 경감하여 연구에 몰입할 수 있도록 지원,
- 신진 교원이 교육과 연구에 몰입할 수 있도록 신임 교원 정착연구비를 지원하고, 신진 교원의 업무 경감을 위해 신진 교수 보직 지양 및 강의 경감, 재임용 평가 기간 자율 선택 제도, 책임시수 학기별 유연화, 최초 연구년 우선권 부여 등의 제도를 시행하고 있음.
- 연구성과 창출의 기반이 되는 박사과정 대학원생의 비율을 제고하여 박사과정 중심의 교육연구단 운영을 지향하며, 연구 생애주기 전 과정의 유기적 관리로 석사과정 → 박사과정 → 신진연구인력 → 교원이나 전문연구자로 성장하는 Career Path를 지원하고 있음.
- 교육연구단 소속 대학원생들의 영어 논문게재 및 발표를 위하여 해당 전공 분야 원어민의 논문 원고 교정지원, 해외 우수 학술지 게재료 지원, 세계적 수준의 우수 학술대회 참석 비용을 지원하는 프로그램을 운영하고 있음.

### 1.3.3 국제화 목표: 지속 가능한 국제화 네트워크 확대

#### - 세부목표

- 글로벌 리더 양성을 위한 국제 교육 연구 교류프로그램 확대
- 글로벌 연구 네트워크 확대로 국제 공동연구 협력 강화
- 해외우수인재 유치 확대와 외국인 학생 맞춤형 교육 강화

### 1.3.3.1 국제화 목표 달성 방안

#### - 국제 교육 연구 교류프로그램 확대

- 국제 학회 회장, 저명 학술지 편집장 등 국제적으로 권위와 저명도가 높은 학자를 대상으로 본 교육연구단 방문 교류로 관심 주제에 대한 단기강좌 또는 학술강연 등을 개최하여 최신 연구 동향 교육과 국제연구 협력의 저변을 넓히고 활성화할 계획임.
- 교육연구단 소속 대학원생 연구 결과를 해외 저명 학술대회에 참가하여 발표를 적극 권장하여 연구 분야의 해외 최신 동향을 파악하고 글로벌 네트워킹을 확장함과 동시에 선도적 연구 수행에 활용 할 수 있도록 유도하고 있음.

#### - 글로벌 연구 네트워크 확대

- 기존 BK21사업을 통하여 국제 공동 협력을 수행해온 해외 우수 대학 및 연구소와 협력을 확대하고 차세대 협력 프로그램을 개발하여 세계적 수준의 연구환경에 본 교육연구단 대학원생들이 공동 연구로 참여하는 기회를 제공하고 있음.
- 상호교류 협정을 체결하고 차세대 국제공동연구를 수행하고 있는 해외 대학 및 연구소의 우수 연구실에 본 교육연구단 대학원생들을 학위 과정 중 중장기 파견하여 연구 수준의 국제화를 도모하며 또한 다수의 우수 연구 성과 도출을 목표로 함.

#### - 해외인재 유치 확대와 맞춤형 교육 강화

- 본 교육연구단은 해외 주요 대학들과의 협력, 학교 차원에서 100개국 1,086개 체결된(2020년 2월 기준) MOU 활용, 해외 유학박람회 등의 국제적 홍보, 교환프로그램 및 인턴십프로그램 등의 다양한 방법으로 해외 우수 대학원생을 유치하고 있음.
- 입학단계부터 공정하고 객관적인 기준과 엄격한 심사를 통해 우수 인재를 선발하고, 최근 대학본부 차원에서 확대된 외국인 장학금(글로벌 리더 장학금) 활용 등 우수 외국인 대학원생을 위한 입학부터 졸업까지의 전 주기별 관리체계를 구축하고 있음.
- 외국인 대학원생과 신진연구인력의 성공적 정착과 의사소통능력 향상 및 한국 사회와 문화 이해 등에 도움을 주고자 본교 한국어센터에서 연 4회(봄/여름/가을/겨울) 10주 정규과정과 연 2회 집중 교육과정을 운영하고 있으며, 일대일 멘토링 과정을 교육연구단 차원에서 지원할 계획임.

### 1.4. 고려대학교 대학원 혁신 방향과의 정합성

- 해외 우수 대학들은 끊임없는 혁신 노력으로 미래 환경변화에 적극적으로 대응하고 있으며, 혁신의 방향에서 나타나는 공통점은 대학원을 새로운 지식과 가치 창조의 장(場)으로서 새롭게 역할을 정립하고 있음.
- 글로벌 리더 대학들의 혁신 방향은 크게 ① 사회적 문제 해결을 위한 학제간 융복합 교육과 연구 확대, ② 사회적 공유를 기반한 지식 가치 극대화, ③ 글로벌 이슈에 대응하는 대학의 사회적 책무 확대, ④ 교육, 연구, 산학협력 분야 유연성과 효율성 확보를 위한 플랫폼 구축, ⑤ 연구자 수요중심의 실질적이고 전문적인 연구 활동 지원 등임.

- 고려대학교 대학원은 혁신의 비전으로 “창의적 미래인재를 양성하고 세계를 변화시키는 연구중심 대학”을 기치로 ① 글로벌 연구중심대학 수준의 교육과정 질 확보를 위한 대학원 교육 내실화, ② 대학원의 위상 제고, ③ 미래사회를 위한 수요 기반의 실질적인 융복합 연구와 연구 능력 향상을 위한 지원체계, ④ 대학원생 경력개발 및 복지증진을 위한 지원제도 등이 중점적으로 고려하여 23개 세부 전략과제를 추진하고 있음.
- 본 연구교육단의 목표는 고려대학교 대학원 혁신계획의 23대 전략과제 중 교육 5개 과제, 연구 5개 과제, 산학협력 1개 과제, 국제화 4개 과제, 인프라 1개 과제 등 아래 그림에 붉은색 상자로 표시한 총 16개 전략과제와 핵심가치를 공유하고 연계성을 확보하고 있음.

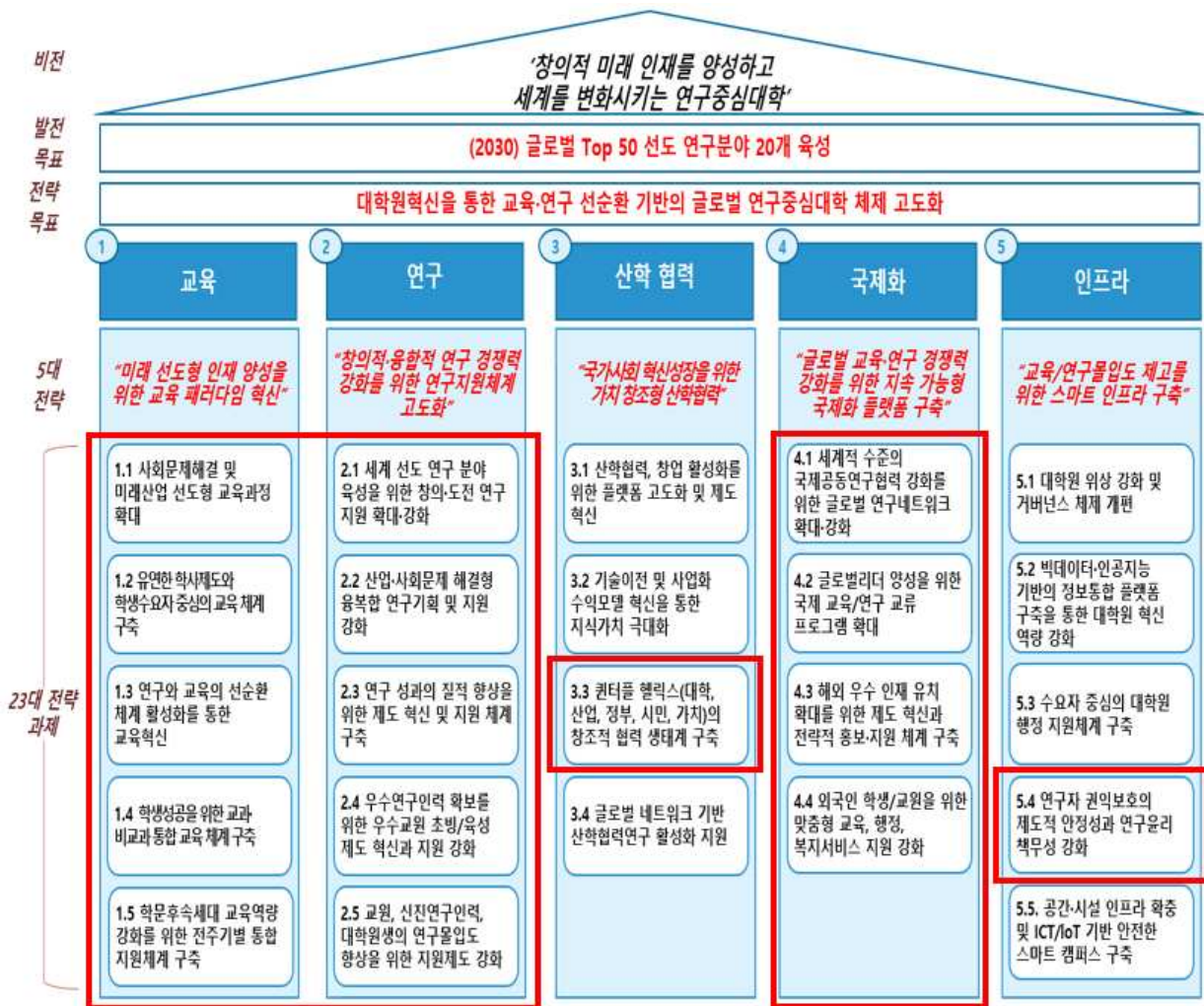


그림 1-5 교육연구단의 목표와 고려대학교 대학원 혁신계획 전략과제와의 부합성

### 1.5 벤치마킹 대학 현황

- 지질과학 분야로 특화되어 본 교육연구단의 교육과 연구 분야 특성화 방향과 합치하는 미국 프린스턴 대학(Princeton University) 지질과학과와 위스콘신 주립대학(The University of Wisconsin-Madison) 지질과학과 대학원을 벤치마킹 대상으로 선정하고 분석하였음.
- 프린스턴대학 지질과학과(Department of Geoscience)와 위스콘신 주립대학 지질과학과는 2018년

US News & World Report지 평가에서 미국 내 지구과학(Earth Sciences) 전 분야 대학원 중 연구력, 교육과정, 평판도로 각각 상위 10위와 15위의 우수 교육 및 연구집단임.

([www.usnews.com/best-graduate-schools/top-science-schools/earth-sciences-rankings](http://www.usnews.com/best-graduate-schools/top-science-schools/earth-sciences-rankings))

- 프린스턴대 지질과학과는 전임교원 18명(조교수 3명, 부교수 3명, 정교수 12명), 위스콘신 주립대 지질과학과는 전임교원 20명(조교수 6명, 부교수 1명, 정교수 13명)으로 전임교원 10명(조교수 1명, 부교수 2명, 정교수 7명)인 본 교육연구단의 약 두 배 크기임.

### 1.5.1 전임교원 연구 업적 비교

- 벤치마킹 대학과 본 교육연구단의 연구력을 비교 평가하기 위하여 벤치마킹 대상 학과의 홈페이지에 등록된 전임교원을 대상으로 지난 2015~2019년 5년 간 전임교원들의 SCIE 논문 출간 업적을 2020년 3월 기준 Scopus와 Web of Science 검색엔진으로 비교 분석하였음.
- 2015~2019년 프린스턴대 지질과학과 전임교원의 연간 평균 논문 실적은 SCIE 논문 5.61편/인, NSC급(Nature 자매지 포함) 논문 0.54편/인이며, 위스콘신 주립대 지질과학과 전임교원의 연간 평균 논문 실적은 SCIE 논문 3.68편/인, NSC급 논문 0.08편/인 임.
- 또한, 2015~2019년 프린스턴대 지질과학과 전임교원 평균 연간 인용 회수는 593회/인, 위스콘신 주립대 지질과학과 전임교원 평균 연간 인용 회수는 331회/인으로, 동 기간 본 교육연구단 전임교원의 평균 연간 인용 회수인 135회/인을 크게 상회함.
- 한편, 3단계 BK21플러스 신청 당시 조사된 2009~2011년 위스콘신 주립대 지질과학과 전임교원 1인당 평균 연간 논문 실적은 SCIE 논문 3.6편/인으로 2015~2019년 실적인 3.68편/인과 대동소이하여 실적의 양적 지표가 임계점에 도달했음을 나타냄.
- 반면 본 교육연구단 전임교원들은 2010~2012년 전임교원 1인당 연평균 SCIE 논문 2.2편/인으로부터 2015~2019년 연평균 SCIE 논문 4.07편/인, NSC급 논문 0.02편/인으로 괄목할 성장이 있었음.
- 본 교육연구단 전임교원의 1인당 연간 평균 SCIE 논문 수(4.07편/인)은 위스콘신 주립대 지질과학과 전임교원의 평균의 약 111% 수준이나 프린스턴대 지질과학과 전임교원과 비교하여 평균의 약 73% 수준으로 논문의 양적 지표는 국제적 수준에 도달하였음.
- 그러나 연구의 임팩트와 질적 수준을 반영하는 NSC급 논문 수와 인용 회수를 미국 내 지구과학 대학원 교육과 연구 15위 수준인 위스콘신 주립대학 지질과학과와 비교하면 본 교육연구단은 아직 벤치마킹 대학의 25%와 41% 수준에 불과함.

### 1.6 교육연구단 연구목표 설정 및 질적지표 달성 정도

- 현재 전 세계적으로 연구실적의 대표적인 질적 지표로 논문의 인용 횟수와 NSC급 논문게재 수가 매우 중요하게 인식되고 평가에 사용되고 있으므로 본 교육연구단은 **연구의 질적 지표 향상에 도전적인 목표를 설정함.**
- **JCR 분야별 상위 10% 국제학술지 논문 200% 증가:** 본 교육연구단이 2015~2019년에 발표한 논문의 31%가 JCR 분야별 상위 10%급의 최우수 국제학술지였으며, 이를 4단계 BK 5년간 **발표논문의 60% 이상을 최우수 국제학술지에 게재하여 200% 이상 향상**을 목표로 함.

⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) **총 46편의 SCIE급 논문을 발표**하였으며 이 중 11편을 JCR 분야별 **상위 10%급의 최우수 국제학술지에 게재하였음(24%)**. 본 교육연구단 출범 초기임을 감안할 때 매우 우수한 성과로 평가되며 아래 III. 연구역량강화 - 교육연구단 대표연구업적 질적 우수성 확보 방안을 통해 향후 4년간 신청 당시 목표를 달성할 계획임.

- **Scopus 기준 교육연구단 피인용 횟수 300% 증가:** 본 교육연구단 참여교수들의 2015~2019년 누적 피인용 횟수 6,066회(연평균 1,213회)를 향후 5년간 **300% 이상 향상**된 누적 **18,000회**를 목표로 하여 연구의 가시적인 질적 성장과 글로벌 수준의 연구 임팩트를 목표로 함.  
 ⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) 게재 논문의 경우 출판된 지 1년 미만으로 평가자료로 제시하기는 어려우나 JCR 분야별 상위 10% 최우수 국제학술지를 포함한 Q1급 학술지 게재율 증가를 통해 피인용 횟수의 폭발적인 상승이 기대됨. Scopus 기준 본 교육연구단 참여교수들의 2020~2021년 8월까지 20개월간 누적 피인용 횟수는 총 3,998회(연평균 2,399회)로, 이는 3단계 BK21 사업수행 최종 5년(2015~2019년)간 달성한 총 6,066회(연평균 1,213회)의 약 2배에 달하는 실적임. 4단계 BK사업에 참여하는 본 교육연구단 교수들의 피인용 횟수가 지속해서 증가하고 있음을 지시하는 고무적인 현상으로, 향후 4년간 누적 피인용 횟수 300% 이상 향상 목표를 달성할 수 있을 것으로 기대됨.
- **NSC급 논문 300% 증가:** 본 교육연구단이 지난 5년간 1편 발표한 NSC급 논문을 향후 5년간 Nature 자매지 포함하여 **300% 이상 향상**된 **3편 이상** 발표를 목표로 하여 해외 벤치마킹 대학과 비교하여 가장 열세인 NSC급 최우수 학술지 실적을 제고할 계획임.  
 ⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) NSC급 논문 게재 실적이 없으나 아래 III. 연구역량강화 - 교육연구단 대표연구업적 질적 우수성 확보 방안을 통해 향후 4년간 신청 당시 목표를 문제없이 달성할 것으로 기대하고 있음.

## II

## 교육역량 영역

### 1. 교육과정 구성 및 운영

#### 1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

##### 1.1.1 교육연구단 현 교육과정과 학사관리의 장단점



그림 2-1 교육연구단 전공교과목 구성과 중점 연구 분야

- 본 교육연구단 소속학과인 고려대학교 지구환경과학과 대학원 교육과정은 1단계 BK21사업, 2단계 BK21사업, 3단계 BK21플러스 사업까지 수행하면서 학문 기초분야를 공고히 다지는 것과 동시에 시대적 변화를 적극 수용하는 선진화된 형태로 발전해 왔음.
- 균형 있는 전공교육: 대학원생의 교육과 학점 이수가 지나치게 특정 전공영역으로 치우치지 않고 폭넓고 다양한 관련 분야 지식을 통합 적용할 수 있도록 교육연구단 차원에서 대학원 전공 및 교과과정 개편과 종합시험 교과목을 꾸준히 보완하였음.
- 전공별 대학원 기초공통과목을 설정하여 학위 취득자격 구비를 위한 종합시험 과목으로 운영하며, 기타 전공기초 및 전공심화 과목은 전공별 중복 교과목을 최소화하여 사회문제와 전공 분야 산업 문제 해결형 교육을 강화한 연구중심 대학원으로 육성하였음.
- 교과목별 차별화된 수업 운영: 기초공통, 전공기초 및 전공심화 과목은 강의, 발표, 실습 등으로 운영하며, 세미나 과목은 대학원생들의 연구 발표 및 토론, 영어 논문 작성지도, 국내외 학회발표 지도 형식으로 운영하고 있음.
- 교과목 개편 및 신규 교과목 개설: 당면한 사회문제와 산업적 요구를 수용하여 2006년 이후 광물과 에너지자원 탐사 개발, 지질환경 오염 관련 9개 교과목을 신규 개설하고, 기존 9개 교과목의 과목명과 교육내용을 업데이트하는 등 꾸준한 교과목 개편을 실시함.
- 사회문제 해결 위주의 맞춤형 교육 강화 및 산학연 연계 교육 활성화: 각 대학원 개설과목별 산학연세미나와 대학원세미나 과목의 콜로퀴움 강좌를 활성화하여 국내외 학계와 관련 산업계의 최신 동향을 빠르게 전달하고 문제 해결형 교육을 강화하였음.

- 영어강의 비중확대와 안착: 2010~2012년 56%이었던 영어강의 비율을 2013~2019년 개설한 84개 과목 중 55개 과목으로 확대하여 대학원 강의의 65%를 영어로 진행하는 교육의 글로벌화로 교육연구단의 국제경쟁력 제고에 앞장서고 있음.
- 대학원 졸업 자격시험 강화: 석사과정 3과목, 박사과정 4과목, 석박사통합과정 5과목의 종합시험을 통과해야 졸업 자격을 부여하여 다양한 전공지식을 갖추도록 유도하고 있으며, 종합시험을 엄정하게 관리하여 2017~2019년 평균 합격률 64% 선을 유지하고 있음.
- 또한, 2019년에 종합시험 교과목을 석사과정 주전공 1과목과 타전공 2과목, 박사과정은 석사 및 박사과정 수강과목 중 주전공 2과목과 타전공 2과목, 석박사통합과정생은 대학원 수강과목 중 주전공 2과목과 타전공 3과목을 선택하도록 개편하였음.
- 대학원 졸업요건 강화: 석사과정은 주저자로 1건 이상의 학회 학술 발표 또는 주저자 또는 공동저자로 논문 1편 이상 게재를, 박사과정은 국내외 학술지에 연구논문 3편 이상(단, 이중 주저자로 SCI 학술지에 최소 2편 이상) 게재를 의무화하였음.

### 1.1.2 교육연구단의 비전과 목표에 적합한 세계적 수준의 대학원 교육과정

- 교육연구단의 비전인 ‘지속가능 미래를 선도하는 글로벌 지구환경 인재 양성’을 달성하기 위하여 지질과학 기반의 해외 저명대학 대학원 교육과정과 학사제도를 벤치마킹하여 교육과정의 고도화를 설계하였음.
- 해외 우수대학 교육과정과 학사관리 분석: 본 교육연구단은 미국 프린스턴 대학(Princeton University)과 위스콘신 주립대학(The University of Wisconsin-Madison) 지질과학과(Department of Geoscience)의 학사관리와 논문지도 제도를 분석함.
- 벤치마킹 대학들의 대학원 교육과정은 기초 지질과학 분야에 초점을 맞춘 것이 공통점이었으며 벤치마킹 대학의 교과과정을 반영함과 동시에 본 교육연구단의 장점과 결합하여 창의적 독창적 연구수행이 가능한 인재양성을 위한 학사관리 제도를 구축함.
- 또한, 본 교육연구단은 고도 산업화 사회에 필요한 인재양성과 사회문제 해결을 위하여 기초 고체 지구 분야 외에도 지질환경과 대기환경 분야 교과목을 함께 운영하고 있다는 점에서 해외 벤치마킹 대학원 교육과정과 차이가 있음.
- 기존 기초지식과 최신 학문 동향의 융합: 본 교육연구단은 국가중점 과학기술 발전전략을 적극 수용하여 핵심적 기초지식 교육에 중점을 두면서 또한 사회문제 해결과 연계한 교과목을 운영하여 연구중심 대학원에 부응할 수 있는 교육과정을 구성하였음.
- 대학원 교육과정은 **고체지구와 지구 내부를 다루는 지질과학(이진한, 김형수, 조석주, 김성룡 교수), 지권 천부의 환경 오염에 초점을 맞추는 지질환경(윤성택, 조호영, 이영재, 권만재, 이순재 교수), 최근 국가적 관심사인 대기환경(이미혜 교수)** 등 3개 분야로 세분됨.
- 특히 최근 미세먼지 저감 관련 국가적 관심이 큰 대기환경 분야는 지질과학 및 지질환경과 밀접한 연관이 있어 지구화학, 광물학, 지구미생물학, 토양환경학 전공과의 연계 교육을 통해 차별되고 특성화된 전문 인력을 양성하고 있음.
- 각 세부 전공별 사회변화와 국가적 요구에 대응하는 탄력적 교육 프로그램의 운영과 유연한 학사제도를 구축, 수정, 보완한 선진화된 교육과정으로 체계적 대학원 교육을 실현하고 있음.
- 우수 교수진에 의한 국제적 수준의 교육과 연구가 실현될 수 있도록 교육과정을 구성하여 지질과학을 기초로 한 지구환경과학 분야에서 향후 국가 경제와 기초학문의 성장을 이끌 창의적 최고급 전문인재 양성을 성공적으로 수행할 수 있을 것으로 기대함.

### 1.1.3 교육연구단의 비전과 목표에 적합한 세계적 수준의 학사관리 운영 계획

- 석사과정 및 박사과정 학생들의 대학원 학사관리 시스템을 교육연구단 내규 형식으로 만들어 지도교수 선택, 세부 전공선택, 강의수강, 성적관리, 연구지도, 논문지도, 졸업 자격취득, 학위논문 제출 등의 항목으로 학기마다 체계적으로 관리하고 있음.
- 학위취득 소요기간 장기화 방지를 위해 학부 연구생 제도를 시행하여, 학부생이 대학원 연구실에서 연구 경험을 미리 할 기회를 제공하고, 연구에 조기 참여하여 산출된 연구결과를 학위논문 주제와 연계하도록 독려하고 있음.
- 또한, 교육연구단의 학사관리를 아래와 같이 교육연구단 규정으로 내규화하고, 대학원생들에게 학사관리 전 과정을 투명하게 공개하여 객관적이고 예측 가능한 학사관리와 운영제도를 유지하고 있음.

표 2-1 학위과정별 학사관리 내용

| 과정명       | 학사관리 내용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 석사과정      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 과정 수료에 필요한 총 이수학점은 24학점, 최소 수업연한은 2년으로 함.</li> <li>● 기초공동 과목 중 주전공 1과목과 타전공 2과목을 합한 9학점 이상을 필수 이수하여야 함. 이수 교과목 중 주전공 1과목과 타 전공 2과목을 대상으로 종합시험에 합격한 학생만 논문청구 자격을 부여함. 대학원세미나 I, II를 반드시 이수하여야 함.</li> </ul>                                                                                                                                                                 |
| 석박사통합과정   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 신입생으로 석사과정과 함께 선발하거나, 석사과정 2학기 이수 후 원하는 자만 정해진 절차를 거쳐 선발함. 단, 선발 인원은 박사과정 입학정원의 범위 내에서 정함. 선발된 자는 석사학위 논문제출 없이 학업을 계속하여 박사학위 신청 시에만 논문을 제출함.</li> <li>● 최소 수업연한은 4년, 재학 연한은 10년으로 함. 과정 수료에 필요한 총 이수학점은 54학점이며, 이에 대학원세미나 I, II, III, IV를 반드시 포함함.</li> <li>● 석박사통합과정에 선발된 후 박사학위 취득을 포기하는 경우 석사과정의 이수 학기와 이수학점을 충족한 학생만 석사학위 청구논문을 제출한 후 정해진 절차를 밟아 석사학위를 수여함.</li> </ul> |
| 박사과정      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 지도교수의 승인과 학과 주임의 동의를 얻어 석사과정에서 이수한 과목 이외에 타 전공 3과목 이상을 이수하여야 함. 대학원세미나 III, IV를 반드시 이수하여야 함.</li> <li>● 학위과정 중 국내외 학술지 연구논문 2편 이상(단, SCI급 논문 주저자 1편 이상) 게재인 학과 내규를 보완하여 4단계 BK21 교육연구단 내규는 국내외 학술지 연구논문 3편 이상(단, SCI급 논문 주저자 2편 이상) 또는 SCI Impact Factor 5.0 이상 게재로 강화함.</li> </ul>                                                                                        |
| 학석사통합연계과정 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 현재 개설된 석사과정, 박사과정, 석박사통합과정 이외에도 학부와 대학원 교육과정이 유연하게 연계되도록 학사 및 석사과정 연계과목을 6학점까지 인정하는 제도를 시행하고 있음.</li> <li>● 또한, 학부생의 대학원 과목 선수강 제도로 학부에서 대학원에 개설된 기초공동과목을 선수강하고, 석사과정과 석박사통합과정에 진학하는 경우 기취득한 과목의 학점을 인정하고 있음.</li> <li>● 본 교육연구단이 소속된 고려대학교는 우수 대학원생의 확보를 위하여 향후 학석사통합연계과정 관련 강좌의 증설을 통하여 학부와 대학원 교육과정 연계를 더욱 활성화할 계획임.</li> </ul>                                         |

#### - 입학 직후: 지도교수 선택, 세부 전공 선택, 논문지도위원회 구성

- 입학 후 1학기에 석사과정 또는 박사과정 모두 지도교수를 선정하고 지도교수와 협의하여 세부 전공 선택을 하며, 이후 연구지도의 체계성을 위하여 석사과정 또는 박사과정 1학기에 논문지도 위원회를 구성함.

- 학제 간 협력 연구와 유사분야 공동연구의 대폭 증가 추세로 학위논문의 질적 향상을 꾀하고 새로운 관심 분야 적용 폭을 넓히기 위해 관련 분야 교수를 논문 지도위원 또는 공동 지도교수로 위촉하는 공동지도교수제를 적극적으로 유도함.
- 지도교수와 관련 분야 교수 1~2인으로 구성되는 논문지도위원회는 입학과 동시에 학생의 논문 연구목표에 부합되는 교과목 수강계획을 협의하여 권고하며, 각 학생의 연구 진행도를 연간 1회 이상 보고받고 평가함.

#### - 강의수강과 학점인정 범위

- 지도교수지정과목: 석사과정 및 박사과정 학생은 입학 후 첫 학기 초에 지도교수와 면담하여 교육연구단 소속 학부 과목 중 5개 과목 이내에서 지도교수 지정과목으로 이수할 수 있음.
- 교과목과 강의시간표는 고려대학교 지식포탈시스템에서 조회 가능하며, 강의명, 강의시간, 강의계획서 등 정보가 제공됨. 수강 신청은 개강 전 반드시 본인이 인터넷으로 입력해야 함. 수강 신청 정정은 개강 1주 후 마감되며 이후 변경은 불가함.
- 대학원 교과목 중 기초공통 과목은 석/박사학위 취득자격 구비를 위한 종합시험 대상이며, 석사과정의 경우 본인 전공 1과목과 타 전공 2과목, 박사과정은 본인 전공 2과목과 타 전공 2과목을 통과하여야 함.
- 석박사과정 중 각 2학기씩 필수 과목인 “대학원세미나 I~IV (각 1학점)”에서 학위과정 연구 진행상황의 최소 2회 예비 발표를 의무화하며, 연구의 적절성 평가와 연구 진행의 점검은 물론 동료 간 토론을 통한 연구의 질적 수준 향상을 유도함.
- 본교 학부생이 대학원에서 개설한 기초공통과목을 선수강하고, 대학원 동일과정의 석사 및 석박사통합과정에 진학할 경우, 졸업 요구학점을 초과한 학점만 기취득 교과목을 학점으로 인정할 수 있음.
- 학부에서 대학원 연계과목을 이수했을 경우 석사과정 입학 전 선수강한 기초공통과목과 합하여 최대 6학점까지 인정되나 동일과정의 학점이 학사 및 석사과정에 이중으로 인정되지 않음.
- 전문대학원이나 특수대학원 수료자가 본 대학원 석사과정에 입학한 경우 전문대학원이나 특수대학원에서 취득한 학점 중 지도교수 및 학과 주임 교수의 제청과 대학원장의 승인을 얻어 9학점까지 인정할 수 있음.
- 석사과정과 동일 전공으로 박사과정에 입학한 자로서 본 교육연구단 대학원 석사과정에서 초과 취득한 학점 중 박사과정 재학 기간 내에 지도교수 및 학과 주임 교수의 제청과 대학원장의 승인을 얻어 이를 6학점까지 인정받을 수 있음.
- 석사과정에 입학한 자로서 타 대학교의 석사과정에서 이미 취득한 학점은 6학점까지, 박사과정에 입학한 자로서 타 대학교의 박사과정에서 이미 취득한 학점은 9학점까지 지도교수 및 학과 주임 교수의 승인을 얻어 인정받을 수 있음.
- 퇴학, 자퇴 또는 제적된 자가 동일과정에 재입학하였을 때에는 학과 주임 교수 및 지도교수의 제청과 대학원장의 허가를 받아 재학 당시에 취득한 학점을 인정받을 수 있음. 단, 징계로 퇴학 또는 제적된 경우에는 이를 불허함.

#### - 학위논문 제출 외국어 자격시험

- 외국어시험: 각 학위과정의 1학기부터 응시할 수 있음. 영어, 불어, 독어, 일어, 중국어, 스페인어,

러시아어, 한문, 컴퓨터 언어 중에서 택일하되 박사과정과 석박사통합과정은 영어시험에 응시함. 외국인 학생은 자국어(를) 택할 수 없으며 한국어를 응시하여야 함.

- 외국어시험은 대학원장이 위촉하는 2인 이상의 위원이 출제하여 매년 3월과 9월에 각 1회씩 시행함. 고려대학교 국제어학원에서 개설한 어학 강좌에서 B 이상의 성적을 취득한 자 또는 일정 수준 이상의 공인 시험 성적을 취득한 자는 외국어시험이 면제됨.

표 2-2 외국어시험 면제 규정

| 구분          | 과정           | 시험 종류                       | 주관               | 합격기준                                                            | 비고  |
|-------------|--------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 영어          | 석/박사         | TOEFL, TOEIC<br>IELST, TEPS | ETS 외            | TOEFL CBT                                                       |     |
| 독어          | 석/박사<br>석/박사 | ZMP<br>TestDaf(TEN-3)       | 독일문화원<br>국내/독일   | 독어독문학과 및 기타 학과 인정<br>독어독문학과 및 기타 학과 인정<br>(3등급 이상)              |     |
| 불어          | 석사<br>박사     | DELTA<br>DALF(고급과정)         | 프랑스 정부<br>프랑스 정부 | DELTA A1, A2<br>DELTA A1, As<br>DALF C1, C2                     |     |
| 중국어         | 석/박사         | HSK<br>(漢語水平考試)             | 중국 정부            | 중어중문학과 제1외국어<br>및 기타 학과, 제2외국어 동일<br>구 HSK 6급 이상<br>신 HSK 5급 이상 |     |
| 스페인어        | 석/박사         | DELE                        | 스페인 정부           | DELE 시험의 “NOVEL<br>SUPERIOR” 에서 70% 이상<br>득점하고 Diploma를 취득한 자   |     |
| 러시아어<br>/일어 | 석/박사         |                             | 해당 없음            |                                                                 |     |
| 한국어         | 석/박사         | S-TOPIK                     |                  | 4급 이상                                                           | 외국인 |

- 논문 심사위원회 구성: 졸업 3학기 이전

- 종합시험 통과 후 논문 심사위원회를 구성하며, 학위논문 최종 심사 최소 1년 전에 학위논문 예비 심사로 논문 주제와 연구 방향에 대하여 발표하도록 하여 연구 진행 방향의 적절성을 평가하여 우수한 연구결과를 도출할 수 있도록 유도함.
- 대학원생 연구의 질적 향상을 위하여 국내외 저명 연구자의 학위논문 심사 참여를 적극적으로 권장하고 있으며, 특히 박사학위 심사의 경우 연구의 국제화를 위하여 연구 관련 분야 저명 외국인 교수의 학위논문 심사 참여를 확대하고 있음.

- 학위취득 기준

- 석사과정: 교과목 24학점 이수, 어학시험과 종합시험에 응시하여 합격하고 주저자로 1건 이상의 국내외 학술대회에서 학술 발표를 하거나 주저자 또는 공동저자로 1편 이상의 논문게재를 권장함(이 경우 인센티브 지급대상으로 고려됨).
- 박사과정: 교과목 36학점 이수, 어학시험과 종합시험에 응시하여 합격하고, 국내외 전문학술지에 연구논문을 3편 이상(단, 이중 최소 주저자로 SCI급 논문 2편 이상 게재) 또는 SCI Impact Factor 5.0 이상 게재를 원칙으로 함. 또한, 학위논문 청구 시 해당 규정의 이행 여부를 학과 전임교원 전원에게 확인받아야 함.

- 석박사통합과정: 교과목 54학점 이수, 기타 기준은 박사과정에 따름.
- 대학원생이 발표하는 논문은 전일제 학생은 지도교수가 반드시 주저자로 명시되어야 하며, 비 전일제 학생(학연산 협동과정생 포함)은 지도교수가 저자에 포함되어야 함.

#### - 학위취득 소요기간 장기화 방지제도

- 최근 세계적 연구중심 대학들이 학위취득 기간의 단축을 위하여 다방면으로 노력하는 추세임. 고려대학교 대학원 학위청구 논문제출 연한은 석사과정 6년, 박사과정 10년, 석박사통합과정 12년임.
- 본 교육연구단은 석사과정 2년, 박사과정 4년, 석박사통합과정 6년 졸업을 권장하며, 국내외 저명학술지 논문게재에 걸리는 기간을 고려하여 석사과정 3년, 박사과정 5년, 석박사통합과정 7년 졸업을 요구하고 있음.

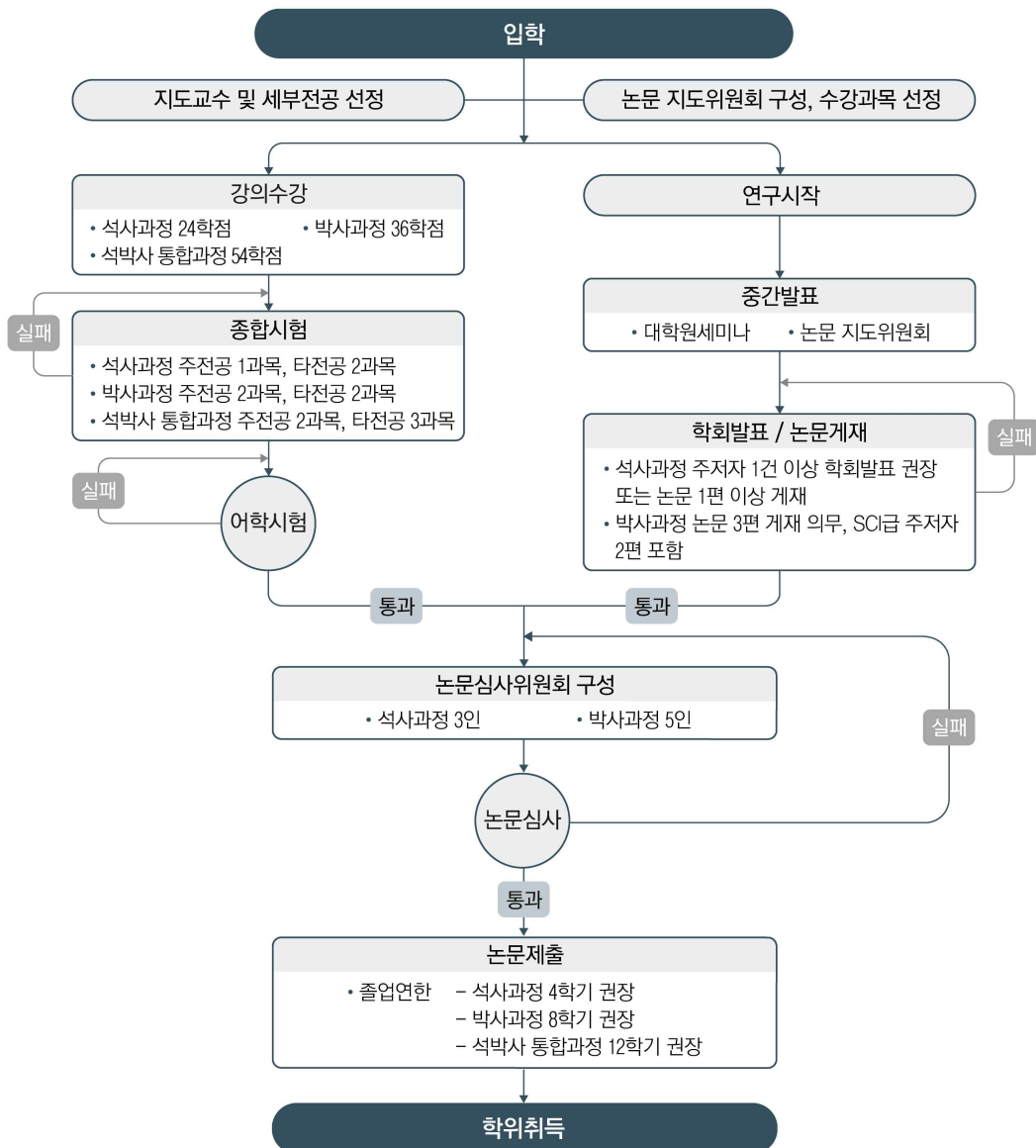


그림 2-2 교육연구단 학사관리 체계도

#### - 석사과정 이수 순서

1. 지도교수 선정: 입학과 동시에 선정
2. 이수학점: 주 전공 1과목 및 타 전공 2과목 포함 총 24학점 이상 이수, 논문지도위원회와 지도교수의 지도로 수강과목 선정
3. 종합시험: 이수한 교과목 중 주 전공과목 1과목과 타 연구실 개설 2과목 필기시험
4. 논문지도: 연구실별 세미나 혹은 개인지도뿐 아니라, 재학 중 “대학원세미나”를 필수 과목으로 2학기 이상 이수토록 의무화하여 진행 중인 연구결과를 의무적으로 학과 동료 및 전임교원들 앞에서 발표하고 평가받음.
5. 논문심사위원회: 지도교수가 중심이 되어 3인으로 구성되며, 국내외 저명교수의 학위논문 심사 참여를 적극적으로 권장하고 있음.
6. 논문심사: 논문심사 청구 자격을 얻기 위해 전공 필기 종합시험과 어학 능력 기준을 통과해야 하며, 논문 공개발표 후 논문 내용 및 관련 분야 지식평가 위주로 진행됨.
7. 졸업 연한: 평균 4학기(2년) 권장

#### - 박사과정 이수 순서

1. 지도교수 선정: 입학과 동시에 선정
2. 이수학점: 논문지도위원회에서 필수 이수할 타 전공과목 결정, 총 36학점 이상 이수
3. 종합시험: 기초공통과목 중 주 전공과목 2과목 및 타 연구실 개설 2과목 필기시험
4. 논문지도: 연구실별 세미나와 개인지도뿐 아니라, 재학 중 “대학원세미나”를 필수로 2학기 이상 이수토록 의무화함. 진행 중인 연구를 학과 동료 및 전임교원들 앞에서 의무적으로 발표하고 평가받음. 국내외 저명학자를 활용한 공동 지도교수 제도 가능함.
5. 논문심사위원회: 지도교수가 중심이 되고 타 학과 또는 대학의 외부 심사위원을 포함한 5인으로 구성되며, 특히 외국 저명교수의 학위논문 심사 참여를 적극적으로 권장하고 있음.
6. 논문심사: 논문심사 자격을 얻기 위해 전공 필기 종합시험과 어학 능력 기준을 통과해야 하며, 학위과정 중 국내외 학술지에 논문 3편 이상을 발표해야 하며 이 중 2편은 SCI급 논문 주저자로 발표해야 함. 공개발표 후 논문 관련 지식 평가로 진행됨.
7. 졸업 연한: 평균 8학기(4년) 권장

#### 1.1.4 교육연구단 교육과정의 충실성과 지속성

##### - 강의 평가 환류로 대학원 교육의 충실성 제고

- 고려대학교는 1997년부터 학부 및 대학원 모든 교과목에 대한 강의 평가제를 시행하여 꾸준한 강의의 질적 향상을 도모하고 있으며, 과목별 종합 평점 및 학과, 단과대, 교내 전체의 평균 점수는 담당 교원, 학과장 및 단과대로 공식 통보되고 있음.
- 2004년부터 교과목을 수강한 모든 학생들이 해당 학기 종료와 더불어 학교 홈페이지에 접속하여 수강생 자신에 대한 평가 5항목, 교수평가 15항목 등 총 20개 항목에 대한 상대평가(각 문항 6점 만점) 및 5항목으로 이루어진 개방형 평가가 의무화되었음.
- 각 항목의 점수, 개방형 평가, 전체 강의 항목에 대한 평균값 등 각 과목 강의평가결과 및 학교와 학과 강의 평가 평균값을 학교 내부 인트라넷에 공개하여 강의담당자가 자신의 강의 평가결과를 분석하여 다음 강의에 반영될 수 있도록 함.

- 본 교육연구단은 2단계 BK21사업부터 각 전임교원의 강의 평가 결과를 교육연구단 홈페이지에 공개하여 강의의 질적 향상을 유도하였으며, 상위 5%(영어강의는 상위 10%) 내의 우수 강의 교원에게 석탑강의상과 인센티브(교수업적 평가에 반영)를 제공하고 있음.
- 2013~2019년에 본 교육연구단 대학원이 개설한 총 105개 과목의 강의 평가를 시행하였으며, 강의 평가결과 대학원 하위 5%의 과목은 단과대학 학장이 강의담당 교원을 면담하고 경고하여 차기 강의 준비에 만반을 기하도록 조치함.
- 영어강의의 실질적 질적 향상을 위하여 고려대학교 교수학습개발원의 영어권 Native Speaker 교수들이 교육연구단의 영어 강의자들과 팀티칭 및 개별상담으로 강의 중 영어 어법과 표현 등에 대한 점검과 지원을 하고 있음.
- 또한, 신입교원이 우수 강의를 주도적으로 개발하고 진행할 수 있도록 고려대학교 교수학습개발원에서 계열별 신입교원들의 강의 방법 등을 교류하여 영어강의의 질적 향상을 적극적으로 지원하고 있음.

#### - 교육내용 공개와 투명성

- 고려대학교는 2001년부터 고려대학교 교수학습(EKU) 포털 서비스에 e-learning을 위한 자료실을 구축하여 매 학기 모든 교과목의 강의계획서를 사전 공개하고 강의록도 전면 공개하고 있으며, 2015년부터 “블랙보드” 시스템을 활용하고 있음.
- 수강 신청 이전부터 교육연구단의 모든 대학원 개설과목의 강의계획서를 포함하여 강의록 및 기타 강의자료를 가상 학습 환경이자 강의 관리 시스템인 “블랙보드 런” 서비스 또는 일부 전임교원의 개별 연구실의 홈페이지를 통하여 전면 공개하고 있음.
- 매 학기 시작 전에 개설과목 강의계획서를 의무적으로 게시하고, 이를 교수 업적평가에 반영하고 있으며, 2018년 2학기부터 수강신청 이전에 공개된 강의계획서를 학생들이 평가하여 강의계획서를 보완할 수 있는 제도가 도입되어 활용하고 있음.

#### - 글로벌 수준 연구윤리 및 인권과 성평등 교육

- 고려대학교 대학원은 글로벌 수준 연구윤리 확보를 위한 관련 교육과정을 강화하고, 향후 이를 독립 학과목으로 개설하는 것을 추진하여 단일 교육연구단 차원보다 더 포괄적인 대학원 차원의 연구윤리 시스템을 구축하는 것을 목표로 함.
- 2011년 3월부터 “연구윤리교육“ 이수가 의무화되었으며, 2017년 3월 개정된 일반대학원 시행세칙 제30조(인권과 성평등 교육 및 연구윤리교육)에 따라, 2017년 신입생부터 “연구윤리교육” 과 “인권과 성평등 교육” 이수가 의무화되었음.
- 고려대학교는 글로벌 수준 연구윤리 확보를 위해 2013년 6월 교무회의에서 연구윤리 교과목 개설을 결정하여 대학원생 대상 온라인 강좌를 개설하여 연구자로서 갖추어야 할 윤리적 소양을 함양하기 위한 교육을 실시하고 있음.
- 보고서 표절 검사 프로그램 운영: 대학원생이 제출한 보고서의 표절 문제를 검증할 수 있는 프로그램인 Turnitin을 제공하고 운영하고 있음.
- 강의계획서에 연구윤리위반을 엄금하는 문구를 명시하고, 연구윤리서약서에 의무적으로 서명하도록 실시하고 있으며, 대학원생이 연구윤리를 위반한 경우 처리절차 및 처벌조항에 관한 규정과 지침을 마련하였음.

- 연구윤리 준수 및 감독: 고려대학교는 현재 연구윤리 진실성과 관련한 사안이 발생한 경우 교원 윤리위원회에 심의를 요청하면 위원회에서 “특별조사위원회”를 구성하여 처리하고 있음.
- 연구 부정행위 제보처리 절차와 내부고발자 보호 관련 규정인 교원윤리위원회규정 제12조로 관리하고 있으며, 2014년부터 연구처 산하에 연구 진실성 위원회를 설치하여 독립적으로 연구윤리 관련 사항을 다루고 있음.
- 본 교육연구단의 연구윤리 교육은 특히 우리 학계에 필요한 글로벌 수준 연구윤리 확보를 위한 관련 교육과정의 강화로 본 교육연구단의 비전에 부합하는 연구윤리를 함양한 국내 최고급 전문 인재 양성의 성과를 창출할 것으로 기대됨.

#### - 연구실 안전교육

- 고려대학교 안전관리 위원회(위원장: 연구부총장 이관영 교수)는 연 1회 회의를 개최하여 교내의 전반적 연구 안전 점검 및 안전관리 교육프로그램을 조율하고 있음.
- 연구실과 실험실의 다양한 안전사고(화재, 화상, 파손, 감전, 화학물질에 의한 신체 손상 등) 위험을 예방하기 위해 본 교육연구단 소속 대학원생들은 대학본부 차원에서 제공되는 연구(실험)실 안전관리 교육에 반드시 참여하도록 유도하고 있음.
- 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 제18조(교육, 훈련 등) 및 법 시행규칙 제9조(교육, 훈련의 시간과 내용)에 의하여 본교의 모든 연구 활동 종사자는 매 학기 일정 시간의 안전교육을 수강하도록 규정되어 있음.
- 매 학기 법정 안전교육을 6시간 이수 후 수료증을 출력하여 연구실에 게시해야 하며, 기존, 신규, 외국인 연구 활동 종사자에 각각 맞춘 별도의 교육을 이수하도록 권장함. 해당 학기 안전교육을 이수하지 못한 대학원생은 다음 학기 연구실 출입이 제한됨.
- 현재 본 교육연구단의 주 연구 활동 공간인 고려대학교 메디힐지구환경관, 아산이학관 및 이학별관의 화재 발생 시 안전 대피 요령 숙지를 위하여 관내 안전 전문기관인 성북소방서와 협력하여 매 학기 현실적인 재난(화재) 대피 훈련을 시행하고 있음.
- 정기적인 대피 훈련으로 유사시 신속 정확하게 대처할 수 있는 능력을 갖추도록 하며, 건물 매 층에 담당 교직원, 대학원생, 환경미화원들로 구성된 자위 소방대원을 배치하고, 건물 내 모든 인원이 빠짐없이 대피 훈련에 참여하도록 의무화함.

#### 1.1.5 교육과 연구의 선순환 구조 구축

- 본 교육연구단은 **우수한 학생을 선발**하여 폭넓고 다양한 관련 분야 지식을 통합 적용할 수 있도록 교육하여 글로벌 지구환경 인재를 양성하는 목표 달성을 위하여 우수한 교육과 사회문제를 해결하는 연구가 순차적으로 함께 전진하는 선순환 구조가 매우 중요함.
- 지속 가능한 미래를 선도하는 글로벌 인재양성을 위하여 **국제수준의 대학원 교육**이 선행되어야 하며, 참여교수들의 교육 혁신과 혁신으로 핵심 기초지식과 사회문제 해결과 연계된 응용지식을 폭넓게 섭렵하도록 하여 연구에 진입할 수 있는 밑바탕을 형성함.
- 교육연구단 참여교수들이 사회문제와 과학 난제 해결을 위해 열정과 의욕으로 수행 중인 여러 국가연구과제와 산업체 연구과제에 참여하여 연구의 과정을 경험하고 **창의적 연구를 시도**할 기회를 제공하여 차세대 리딩 신진연구자로 발돋움하도록 함.

교육 비전 : 지속가능 미래를 선도하는 글로벌 지구환경 인재 양성

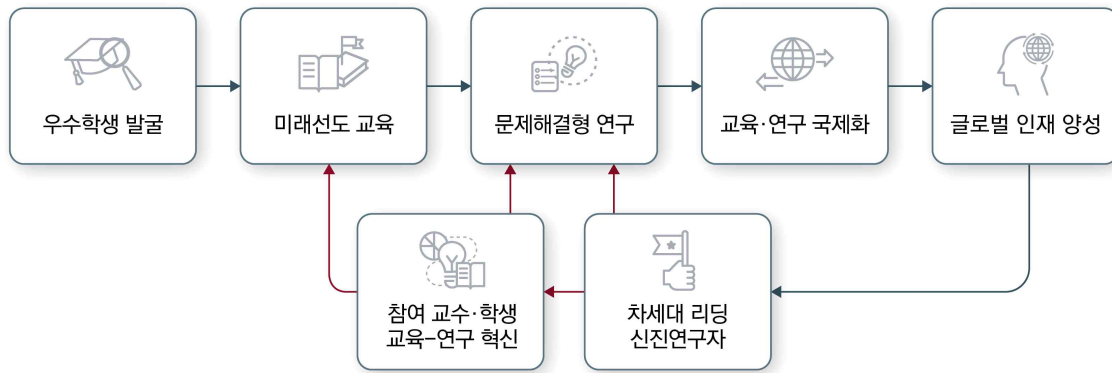


그림 2-3 교육연구단 교육과 연구의 선순환 구조

- 국제적 감각을 갖춘 글로벌 지구환경 인재를 양성하기 위하여 교육과 연구의 과정에서 해외 대학, 연구원, 기업체 등과의 교류 기회를 제공하고 국제적 관점에서 임팩트 있는 연구를 기획하고 수행할 수 있는 미래의 중견 연구자로 성장하도록 유도함.
- 상기한 **교육과 연구 선순환 구조의 핵심**은 교육연구단 **참여교수**로 우수학생 선발, 글로벌 수준의 대학원 교육, **문제 해결형 연구과제의 기획과 수주**, 국제 네트워킹을 통한 **교육과 연구의 국제화** 등 선순환 과정 전반에 걸쳐 지속적인 혁신과 헌신이 요구됨.
- 다음에 본 교육연구단이 교육과 연구의 선순환 구조를 정착시키기 위하여 수행 중인 연구과제를 대학원 교육에 어떻게 연계하고 있는지에 대한 실례를 제시하였음.

#### 1.1.6 연구역량의 교육적 활용 계획 및 최근 1년간 실적(2020.09~2021.08)

- 본 교육연구단이 수행 중인 다양한 국가연구과제를 교육 활동과 연계하여 창의적 미래인재 양성을 도모하고 있음.
- 예로, 환경부 ‘스마트 지중환경 관리기술 연구단’ (연구단장 조호영 교수, 연구 기간 2018.06 ~ 2022.12)은 오염지중환경조사 관련 연구를 수행 중이며 부지조사 기술개발을 위해 경기도 남양주시 와부읍에 위치한 고려대학교 부속농장인 덕소농장을 일반 테스트베드로 활용 중임.
- 테스트베드 내에 지하수, 토양 환경 변화를 감지하기 위한 첨단 시설을 구축하였고, 이를 대학원 교육에 연계하여 적극 활용 중이며 앞으로도 새로운 기술개발 결과물 들을 교과 내용에 적극적으로 반영하고자 함.
- 이러한 연구역량을 바탕으로 한 수업을 통해 더욱 실질적인 실험 및 실습을 할 수 있게 되었고, 문헌을 통한 단순 학습과 비교하여 학습 성취도 월등히 높았음.

표 2-3 교육연구단 연구역량의 교육적 활용 실적

|              |                                         |
|--------------|-----------------------------------------|
| 연구과제명        | 스마트 지중환경 3D 진단·평가·예측 기술개발               |
| 연구책임자        | 소속 : 고려대학교 지구환경과학과      성명: 조호영         |
| 연구목적<br>(목표) | ‘지중환경 내 유체경로 스마트 진단·평가·예측을 위한 통합시스템’ 구축 |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |        |               |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------|
| 연구장소        | 고려대학교 덕소농장 (경기도 남양주시 와부읍 도곡리 736-2)                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |               |
| 연구내용        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장적용 기술개발에 활용하기 위한 Test-bed, DB, 시스템 설계 및 구축 기술 확보</li> <li>- 지중환경 특성모델 도출을 위한 물리·화학·생물학적 특성 DB 확보</li> <li>- 지중환경 내 지구화학적(토양, 퇴적물, 암석 등 지질 매체의 광물, 화학, 미생물학적 요소) 상호반응 특성 분석 및 평가</li> <li>- Test-bed를 활용한 현장시험 지원 및 요소기술 검증</li> <li>- 실무지침서(매뉴얼) 및 지중환경 부지조사 프로토콜 작성</li> </ul> |        |               |
| 해당(연관) 교과목명 | 지구물리탐사                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 지하수환경학 | 지구미생물학특론 및 실험 |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 교과목명      | 지구미생물학특론 및 실험(EES407)                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
| 담당자       | 소속 : 고려대학교 지구환경과학과      성명: 권만재 교수                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |
| 교육목적 (목표) | 토양, 지하수, 암반 등을 포함한 지중환경을 특성화하는 조사방법을 배우고 이를 실제 현장 부지에 적용하여 다양한 지중환경 특성화 인자를 구할 수 있음.                                                                                                                                                                                                                  |  |  |
| 교육장소      | 고려대학교 덕소농장 및 경북 영덕                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |
| 교육내용      | <u>교육연구단 대형연구과제의 테스트베드를 대학원 실험/실습 교육에 활용</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 덕소농장 시추 코어 특성 검토 및 주상도 작성</li> <li>- 지하수 시료 채취 (지구미생물 분리 실험을 위한 시료로 활용)</li> <li>- 지하수 현장분석항목 측정 (pH, 온도, DO, Eh, EC)</li> <li>- 토양 코어 시료 채취</li> <li>- 지표수 및 지하수 시료 채취, 이산화탄소 농도 및 유량을 포함한 현장 항목 측정</li> </ul> |  |  |

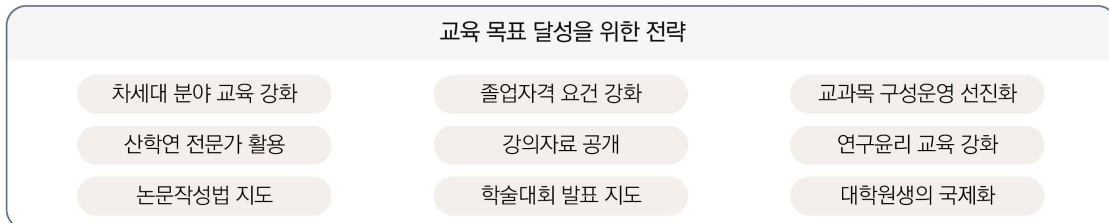
- 한편, 본 교육연구단은 소속 대학원생을 대상으로 ‘지중환경 오염진단 기술 교육’을 실시하고 있음. 총 2021~2022년 8회에(회당 5시간) 걸쳐 이루어질 예정으로 2021년 8월 13일 1회차에 약 20명의 소속 대학원생이 참여하였고. 교육수료 시(20시간 이상 참여) 교육연구단장의 수료증을 발급 예정임.
- 본 연구실무교육은 국내 학연산 관련 전문가로 구성된 교수자의 체계적인 지중환경 정밀특성화 기술 교육을 통해 사회문제 해결과 관련 산업 선도를 위한 기술적, 인적 기반을 마련하는 것을 목표로 함.



그림 2-4 교육연구단 연구실무교육(온라인)

- 기타 중소 규모 연구과제를 통해 진행 중인 최첨단 연구의 목표, 내용 및 결과를 해당 과목의 내용에 반영하여 최신 연구 동향 및 수준에 접근하도록 교육연구단의 연구역량을 교육에 집중할 계획임.

### 1.1.7 교육연구단의 대표적 교육목표에 대한 달성 방안



지속가능 미래를 선도하는 글로벌 지구환경 인재 양성

그림 2-5 교육연구단의 교육목표 달성을 위한 9대 전략

- 본 교육연구단의 대표 교육목표는 ‘교육과 연구의 선순환 패러다임 혁신’으로 이 목표의 달성을 통해 대한민국의 미래를 이끌어갈 국제적 수준의 전문지식과 융복합 능력을 겸비한 ‘지속가능 미래를 선도하는 글로벌 지구환경 인재 양성’을 달성할 수 있음.
- 1단계 BK21사업, 2단계 BK21사업, 3단계 BK21플러스 사업을 통해 확보된 경험과 해외 우수 교육과정의 장단점 평가를 통해 정비된 차세대 대학원 교육과정을 현실화, 구체화 및 선진화하고자 하며, 교육목표를 달성 방안으로 다음과 같은 세부 전략을 수립하였음.

표 2-4 교육연구단 교육목표 달성을 위한 세부 전략 및 내용

| 연번 | 세부 전략         | 내용                                                                                                                                                                           |
|----|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 차세대 분야 교육 강화  | 향후 독창적 고부가가치 창출로 혁신 성장을 견인할 수 있는 융합인력 양성을 위해 차세대 산업 분야에 대한 교육 강화<br>- 광물자원 및 에너지자원의 탐사 개발<br>- 동아시아 지각진화 해석<br>- 지중환경(지하수 및 토양환경)의 오염조사·평가·해석과 환경복원<br>- 지질환경성 자연재해의 예측 및 저감 |
| 2  | 졸업 자격 요건 강화   | - 석사과정 3과목, 박사과정 4과목의 종합시험을 통과해야 졸업자격이 주어지며, 매 학기 합격률이 70% 미만으로 엄격히 운영되고 있음.<br>- 박사과정은 학위과정 중에 국내외 학술지에 연구논문 3편 이상(단, SCI급 국제저명학술지에 주저자로 최소 2편 이상)을 게재하여야 함.                |
| 3  | 교과목 구성·운영 선진화 | 해외 우수 벤치마킹 대학 (Princeton University and University of Wisconsin-Madison, Department of Geosciences) 선정과 비교를 통한 교과목 구성 및 학사운영의 선진화                                            |
| 4  | 산학연 전문가 활용    | - 산업체 전문가를 주제별로 초빙하여 당면한 국가적 / 사회적 이슈를 다루는 무제과목 신설/강의 및 전문가 초청 특별 세미나 개최<br>- 산업체 전문가를 초빙하여 관련 분야에 관심 있는 학생들의 일대일 멘토링 프로그램 개설                                                |

|   |            |                                                                                                                                                             |
|---|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | 강의자료 공개    | 강의계획서 / 강의자료 사전공개를 통한 대학원생들의 수업 선택권 보장 및 확대                                                                                                                 |
| 6 | 연구윤리 교육 강화 | 매 학기 개설되는 ‘대학원세미나’ 과목에서 전공 교수진 직접 교육, 온라인 강좌 의무 수강제도 (연구윤리 기본개념과 연구부정행위 등), 리포트 및 논문 표절 검증 프로그램 사용법 교육 등 정착화                                                |
| 7 | 논문작성법 지도   | 기초공통수업에서 필수적으로 term paper 작성을 지도하고 있으며 수강하는 대학원생들의 학기에 따라 논문지도법 수준을 달리하여 지도하고 있음. 또한, 논문작성법 개요와 세부적인 영어 논문 작성에 대해 지도하고 대학원생들의 국내외 전문학술지 투고전략과 절차도 팀티칭 지도 확대 |
| 8 | 학술대회 발표지도  | 대학원 전공과목 수업에서 국내외 학술대회 발표에 필요한 프레젠테이션 자료 작성 방법, 논지 전개, 발표 진행 방법 등을 지도하고 수강생들의 대학원세미나 및 국내외 학회발표 계획에 따라 맞춤형 지도 확대                                            |
| 9 | 대학원생의 국제화  | 잠재 유망 국가 대학 및 연구소와 MOU를 체결해 우수 외국인 대학원생의 유치와 배출을 가속화할 계획임.                                                                                                  |

#### 1.1.8 2015~2019년 5년간 교육연구단 전임교원 대학원 강의실적

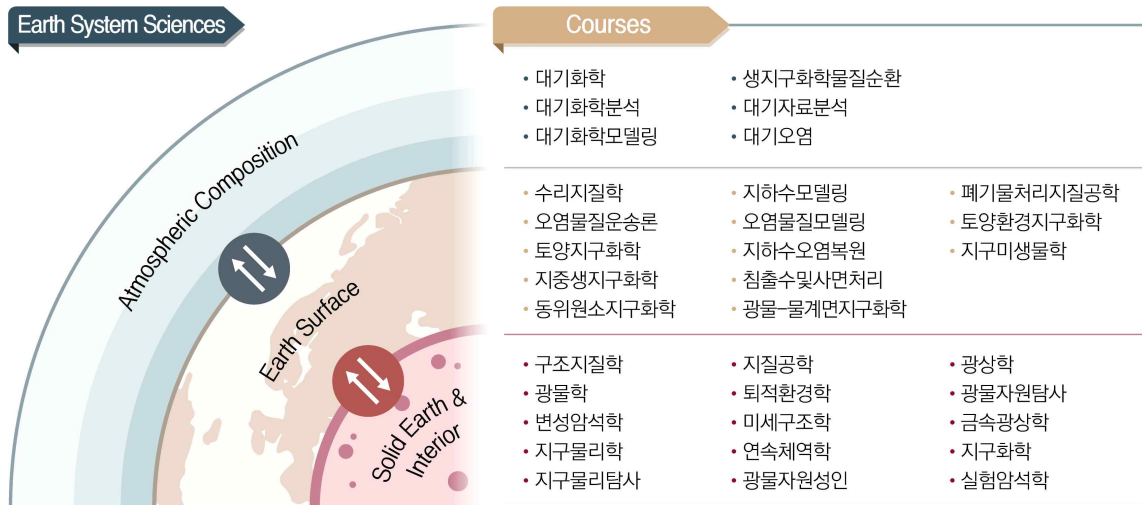


그림 2-6 교육연구단의 대학원 개설강의 목록

- 지난 5년간(2015~2019) 교육연구단 소속 대학원은 학기당 5~9과목, 평균 6.9 강좌를 개설하였으며, 추가로 학기당 2개의 대학원세미나를 개설하여 총 32개 교과목과 20회의 대학원세미나를 개설하였음.
- 학기당 평균 6.9개 개설된 강좌는 졸업시험의 대상인 기초공통과목 평균 3.3 과목, 기타 전공심화 평균 3.6 과목으로 교육의 근간이 되는 기초공통과목과 전공 심화과정이 균형 있게 개설되어 대학원생에게 다양한 교육 기회를 제공함.
- 전공 분야별 개설과목은 교육연구단 전임교원의 인적 구성을 반영하며, 고체지구 관련 분야 총 17과목(42.5%), 천부지권환경 관련 분야 총 13과목(32.5%), 대기과학 관련 분야 총 6과목(15%), 세미나 총 4과목(10%) 등 모두 40과목임.
- 해외 저명 벤치마킹 대학원인 프린스턴대학 지질과학과는 고체지구 9과목(32%), 대기과학 7과목(25%), 천부지권환경 분야 5과목(18%), 세미나 과목 5과목(18%), 기타 2과목(7%) 등 총 28과목을 제공하여 본 교육연구단과 비슷한 교육 포트폴리오를 보임.

- 위스콘신주립대 지질과학과 대학원은 2017~2019년 2년간 고체지구 14과목(45%), 천부지권환경 4과목(13%), 각종 전공 세미나 11과목(35%), 기타 2과목(6%) 등 총 31과목을 개설하여 우리나라보다 강의시수가 낮은 선진국의 교육여건을 반영하고 있음.
- 서울대 및 연세대 등 국내 주요 대학과의 학점 상호 교류 및 인정제도를 구축하여 본 교육연구단 교수진이 제공하지 못하는 분야의 강의를 타 대학원과 기관에서 이수하도록 적극 권장하여 교육의 내실화 및 전공 분야의 인적 네트워크 구축에 이바지하고 있음.

### 1.1.9 교육연구단 전임교원 대학원 강의계획 및 최근 1년간 실적(2020.09~2021.08)

- 향후 5년간(2020~2024) 본 교육연구단은 지난 5년간 개설했던 수준과 비슷하게 학기당 평균 7~8개의 일반 강좌와 2개의 대학원세미나를 개설할 예정이며, 앞으로도 국가적 및 사회적으로 중요한 수요를 반영하는 신규 강좌를 발굴하여 개설할 예정임.
- 또한, 새롭게 충원되는 신입교원의 담당 연구 분야에 맞는 강의를 신규 개설하여 교육과정을 지속해서 개편하고자 함. 예로, 2019년 2학기에 신규 전공과목 “지구미생물학 특론 및 실험; Advanced Geomicrobiology and Laboratory(EES724)이 추가되었음.
- 2020년 6월 말 완공된 메디힐 지구환경관 대학원 전용 강의실과 첨단 멀티미디어 시설을 적극적으로 활용하여 강의의 질을 극대화할 예정이며, 메디힐 지구환경관의 첨단기기실과 연계하여 대학원 과목 실험수준의 향상을 추진하고 있음.

⇒ **메디힐 지구환경관 현미경 실습실의 대학원 수업 활용:** 본 교육연구단이 신규로 개소한 최첨단 현미경 실습실은 국내에서는 처음 구축된 학생 중심의 **프로젝트 기반학습(PBL, Project Based Learning)**이 가능한 디지털 오디오/비디오 장치가 구축된 실습실임.

PBL은 실제 과제를 해결하기 위해 학습자가 스스로 문제를 도출하고, 현장의 실제적 상황을 적용하여 지구환경과 관련된 다양한 문제를 탐구하며 아이디어 적용과 활용이 가능한 학습방법이며, 구성원들의 토의와 협력으로 최적의 문제 해결안을 도출할 수 있는 학습 형태로 대학원 강의와 실습에 최적화된 교수-학습법이라 할 수 있음.

2021년 1학기 개설된 실험암석학 등의 대학원 강의에 PBL을 적용하여 학생들의 지구환경과학 문제해결 능력, 의사소통과 비판적인 사고의 향상을 유도하였음.



그림 2-7 교육연구단의 프로젝트 기반 학습 모습

- 또한, 2020년 코로나-19사태로 대두된 온라인강의의 사회적 필요성에 맞추어 2020년 가을학기부터 매년 최소 1개 이상의 온라인강의를 신규 개설하고 최신 멀티미디어 시설과 기술을 활용한 차세대 온라인강의법의 개발을 도모하고 있음.

⇒ 2020년 2학기 11개, 2021년 1학기 8개 대학원 과목을 개설하였으며, 이중 영강비율은 52.6%, 온라인강의 비율은 68.4%에 이르고 있음.

● 다음은 최근 1년간(2020.09~2021.08) 대학원 개설과목 현황임

| 학기                          | 학수번호 및 과목명                                                           | 요목                                                                                                                | 이수<br>학점 | 영강<br>여부 | 온라인<br>여부 |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------|
| 20<br>학<br>년<br>2<br>학<br>기 | ES 506 지구화학특론 및 실험 (Advanced Geochemistry and Lab. Work)             | 지각물질 내 각종 원소의 함량, 분포, 분산 및 이동 특성과 화학반응에 대한 전반적 이해                                                                 | 3        |          | ○         |
|                             | EES 507 지구물리학특론 I (Advanced Geophysics I)                            | 지구의 전자기장, 중력장, 지열에 관한 이론 및 응용                                                                                     | 3        | ○        | ○         |
|                             | EES 510 오염물질운송론 (Contaminant Transport)                              | 지질매체에서의 오염물질의 이동현상에 관한 이론                                                                                         | 3        | ○        | ○         |
|                             | EES 512 대학원세미나 II (Graduate Seminar II)                              | 석사학위 논문과 관련된 연구진행사항을 발표하고 토론                                                                                      | 1        |          |           |
|                             | EES 514 대학원세미나 IV (Graduate Seminar IV)                              | 박사학위 논문과 관련된 연구진행사항을 발표하고 토론                                                                                      | 1        |          |           |
|                             | EES 517 대기화학특론 (Advanced Atmospheric Chemistry)                      | 대기의 주요 조성과 이를 결정하는 물리·화학적 과정에 대한 이해                                                                               | 3        |          | ○         |
|                             | EES 520 지질공학특론 (Advanced Engineering Geology)                        | 지하구조물의 설계 및 안정성 평가에 필요한 제반 이론 및 이의 응용                                                                             | 3        | ○        | ○         |
|                             | EES 523 퇴적환경학특론 (Advanced Depositional Systems)                      | 퇴적학과 퇴적환경론 기본원리의 이해                                                                                               | 3        | ○        | ○         |
|                             | EES 555 연속체역학 (Continuum Mechanics in Geology)                       | 연속체 역학의 기본 개념과 구조지질학에서의 응용                                                                                        | 3        |          |           |
|                             | EES 582 변성암석학 특론 및 실험 (Advanced Metamorphic Petrology and Lab. Work) | 변성광물론, 변성작용의 물리화학, 광역변성작용, 접촉변성작용, 변성상과 변성상계열, 조산대와 변성대의 이해                                                       | 3        | ○        |           |
| 21<br>학<br>년<br>1<br>학<br>기 | EES 724 지구미생물학특론 및 실험 (Advanced Geomicrobiology and Laboratory)      | 지질학적, 지화학적 현상에 있어 미생물의 역할에 대한 최신 이론과 분석기법의 이해 및 광물화, 암석의 풍화, 환경오염정화 등에 있어 지구미생물의 역할을 평가할 수 있는 야외조사 및 실내 실험 능력을 배양 | 3        | ○        | ○         |
|                             | EES 509 수리지질학특론 (Advanced Hydrogeology)                              | 포화 및 불포화대에서의 수리특성 파라미터의 공간적 변화도와 모델링 접근방법                                                                         | 3        | ○        | ○         |
|                             | EES 511 대학원세미나 I (Graduate Seminar I)                                | 석사학위 논문과 관련된 연구진행사항을 발표하고 토론                                                                                      | 1        |          |           |
|                             | EES 513 대학원세미나 III (Graduate Seminar III)                            | 박사학위 논문과 관련된 연구진행사항을 발표하고 토론                                                                                      | 1        |          |           |
|                             | EES 525 지중생지구화학 (Subsurface Biogeochemistry)                         | 지중환경에 존재하는 금속, 방사성핵종, 유기오염물질의 변환과 이동성을 조절하는 다양한 생지구화학적 작용에 대해 이해                                                  | 3        | ○        | ○         |
|                             | EES 562 동위원소지구화학 (Isotope Geochemistry)                              | 안정 및 방사성 동위원소의 분포 및 변화 원리 응용                                                                                      | 3        |          | ○         |

|                                             |                                                             |   |   |   |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---|---|---|
| EES 566 지구물리학특론 II (Advanced Geophysics II) | 지구물리 역산 이론에 대한 이해와 응용                                       | 3 | ○ | ○ |
| EES 577 침출수 및 사면처리공학 (Seepage and Slopes)   | 침출수와 사면안정에 대한 수리분석학적 이해                                     | 3 | ○ | ○ |
| EES 629 대기오염 (Atmospheric Pollution)        | 실내 공기 오염, local 또는 regional 대기오염 현상 및 그 생성 과정과 개선 방안에 대한 이해 | 3 |   | ○ |

## 1.2 과학기술산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

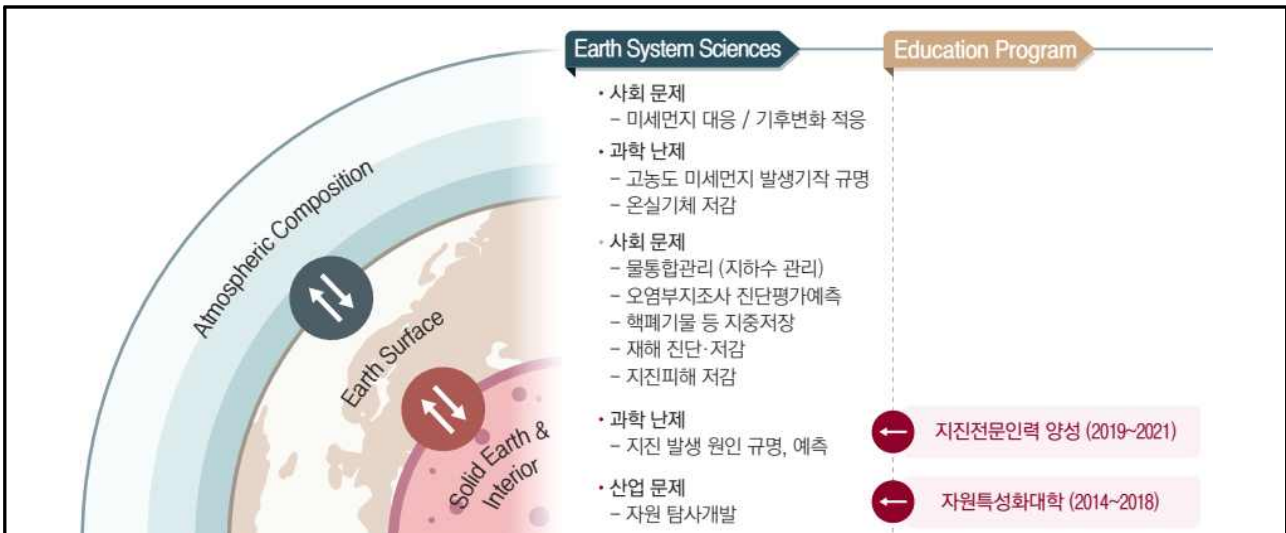


그림 2-8 교육연구단의 문제 해결 관련 교육프로그램 현황

- 본 교육연구단은 1999~2019년 1단계~3단계 BK21사업을 수행하면서 선진국 지구환경과학 교육과정에 부합하도록 차세대 대학원 교육과정을 정비하여 지구환경과학 분야의 다양한 과학 난제, 산업 문제, 사회문제 해결을 위한 글로벌 인재 배출을 노력하였음.
- 본 교육연구단은 고도 산업화 사회에 필요한 인재양성과 사회문제 해결을 위하여 다양한 맞춤형 교육 강화 및 산학연 연계 교육을 활성화하여 국내외 관련 학계와 산업계의 최신동향을 빠르게 교육과 연구에 접목하고 문제 해결형 교육을 강화하고 있음.
- 교육연구단 소속학과에서 운영하는 산업 문제와 사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램은 지진재해 방제를 위한 “지진전문인력양성(2019~2021년)” 프로그램을 운영하였음.

### - 지진분야 전문인력 양성(2019~2021년) 프로그램: 사회 문제 및 과학 난제 해결형

- 2016년 이후 한반도 서부와 남동부의 활성단층 주변에서 일련의 자연지진이 자주 발생하고 있으며, 현재 이와 관련하여 한반도 활성단층의 분포와 지진재해 위험도에 대한 대형 국책과제가 국립재난안전연구원과 행정안전부 등의 감독하에 진행 중임.
- 지하에 유체를 주입하거나 추출하는 과정에서 지각 내의 응력변화가 발생하여 일어날 수 있는 유발 지진은 셰일가스 개발사업에서 지하 암반에 고압의 수압(통상 50~60MPa 이상)을 가하여 인공적 단열(fracture)을 만드는 과정 중 발생하기도 함.

- 미국 중부 오클라호마주 프라하(2011년, Mw=5.7)와 동부 텍사스주(2012년, Mw=4.9) 폐수 심부 지중 주입처리 과정이나, 대기 중 이산화탄소 저감을 위하여 이산화탄소를 포집 후 액화시켜 심부층에 주입하는 지중 저장 과정에서도 유발 지진이 발생 가능함.
- 지하 에너지원의 이용, 지하자원과 지하 공간의 활용도 증가에 따라 자연지진 외에도 다양한 원인의 유발 또는 촉발 지진이 향후 급속 증가할 것으로 전망되며, 이는 과학적, 공학적, 행정적 차원뿐 아니라 국민의 기본권 보전의 관점에서 중요한 이슈임.
- 우리나라도 지금까지 추구해온 자연지진 방재의 틀을 넘어 현대 문명과 기술의 발달에 의한 다양한 형태와 원인의 잠재적 지진을 과학적으로 이해하고, 국가 차원의 선제적 방재와 관리를 전담할 수 있는 전문 과학기술 인력의 수급과 행정체계 구축이 시급함.
- 지각 암석의 구성 물질, 지진 후보지 천부 및 심부 지각 물성, 단층의 특성에 대한 이해, 천부 및 심부 지각의 유체와 주입하는 유체의 특성과 주입 압력 등에 따른 물-암석 반응, 단층대 마찰특성 변화, 단열의 추가 발달 등을 종합하여 방재 달성이 가능함.
- 지진이 다양한 원인으로 발생할 수 있다는 점에서 지금까지 국내외에서 추진되고 개발된 기존의 수동적 지진방재 개념의 틀을 넘어 능동형 지진 위험 저감 방재 개념을 포함한 지진 전반에 대한 통합적 사고를 갖춘 지진방재 전문인력 양성이 목표임.
- 학위취득에 필요한 24학점 중 행정안전부 제시 필수 지질과학 및 지구물리학 전공(9학점)과 방재안전(3학점)을 반드시 이수하여야 함. 필수 교과목은 본 교육연구단 소속 대학원에 이미 개설되어 있으며, 방재안전 과목은 고려대학교 건축사회환경공학과에 개설됨.
- 2019년 2학기에 석사과정 3명, 박사과정 1명, 2020년 1학기에 석사과정 5명, 박사과정 1명, 2020년 2학기에 석사과정 4명, 박사과정 1명, 2021년 1학기에 석사과정 10명, 박사과정 2명의 대학원생이 지진전문인력 양성사업의 지원을 받고 있음.

표 2-5 지진분야 전문인력 양성 프로그램 교과목 개설 현황

| 구분       | 교과목명         | 주요 내용                             | 개설 시기   |
|----------|--------------|-----------------------------------|---------|
| 기초<br>공통 | 구조지질학특론 및 실험 | 취성 및 연성 구조의 형성기구와 그 해석            | 1학기     |
|          | 수리지질학특론      | 천부 지각의 지하수 분포와 이동의 이해             | 2학기     |
|          | 암석성인론        | 화성암과 변성암 지각의 성인과 물성의 이해           | 1학기     |
|          | 지구물리학특론      | 지구내부구조의 물리적 이해                    | 2학기     |
|          | 지질공학특론       | 지하구조물의 설계 및 안전성 평가에 필요한 제반 이론     | 1학기     |
|          | 토양지구화학특론     | 천부 지각 토양의 물성과 특징의 이해              | 2학기     |
|          | 퇴적환경학특론      | 천부 지각 지층의 퇴적환경 해석                 | 2학기     |
| 전공<br>과목 | 동아시아 지구조발달론  | 동아시아의 지각구조 발달과 이해                 | 2학기     |
|          | 야외지구물리학      | 지각 물리현상의 현장조사                     | 1학기     |
|          | 연속체역학        | 연속체 역학의 기본 개념과 구조지질학에서의 응용        | 2학기     |
|          | 재난관리론/안전관리론  | 재난의 효율적 관리 / 재난 발생시 체계적인 대처와 관리   | 1 / 2학기 |
|          | 지진단층역학       | 지진발생과 관련한 단층의 동력학적 기작에 대한 이해      | 1학기     |
|          | 지질정보시스템      | 각종 지질자료의 효율적 분석을 위한 DB 구축 및 맵핑 기법 | 1학기     |

|  |           |                  |         |
|--|-----------|------------------|---------|
|  | 지하수모델링    | 천부 지각의 지하수 유동 모델 | 1학기     |
|  | 환경지구물리학특론 | 천부 지각의 지하수 현장조사  | 2학기     |
|  | 연구지도      | 학위 논문의 연구와 지도    | 1 / 2학기 |

- 천부지권 연구클러스터: 사회문제 해결을 위한 교육 현황 및 운영 계획

- 지질재해의 근본 원인을 이해하고 효율적으로 관리할 수 있는 전문인력에 대한 수요가 관련 연구소 및 국가기관을 중심으로 증가할 것으로 예상되므로, 지질재해 전반에 관련된 기본적 과학적 이해를 갖춘 전문인력 양성을 위한 교육이 필수적임.
- 다음은 천부지권 연구클러스터가 사회문제 해결을 위하여 개설한 교과목 현황으로 지중환경 (토양·지하수·암반) 오염 조사·평가·복원과 산사태 등 지질재해 발생 원인과 대응 방안에 대한 최신 이론과 기술개발 단계를 체계적으로 교육하고 있음.

표 2-6 천부지권 연구클러스터의 사회문제 해결과 관련된 교과목 개설 현황

| 구분       | 교과목명          | 주요 내용                                                            | 개설 시기   |
|----------|---------------|------------------------------------------------------------------|---------|
| 기초<br>공통 | 지구화학특론 및 실험   | 지각물질 내 각종 원소의 함량, 분포, 분산 및 이동 특성과 화학반응에 대한 전반적 이해                | 2학기     |
|          | 수리지질학특론       | 포화 및 불포화대에서의 수리특성 파라미터의 공간적 변화도와 모델링 접근방법                        | 2학기     |
|          | 오염물질운송론       | 지질 매체에서 오염물질의 이동 현상에 관한 이론                                       | 2학기     |
|          | 토양지구화학특론      | 토양 및 지표에서 일어나는 지구화학적 기본원리 연구                                     | 1학기     |
|          | 지중생지구화학       | 지중환경에 존재하는 금속, 방사성핵종, 유기오염물질의 변환과 이동성을 조절하는 다양한 생지구화학적 작용에 대해 이해 | 1학기     |
| 전공<br>과목 | 동위원소지구화학      | 안정 및 방사성 동위원소의 분포 및 변화 원리 응용                                     | 1학기     |
|          | 지하수모델링        | 지하수 수치모델링의 유한차분법과 유한요소법 적용                                       | 1학기     |
|          | 오염물질모델링       | 오염물질 운송에 관한 수치해석학적 접근 방법 및 이론                                    | 1학기     |
|          | 지하수오염복원       | 탄화수소계 유기화합물 특히 BTEX와 같은 오염물질로 오염된 지하수 환경에 대한 복원기법에 대하여 학습        | 1학기     |
|          | 침출수 및 사면처리공학  | 침출수와 사면안정에 대한 수리분석학적 이해                                          | 1학기     |
|          | 광물-물 계면지구화학   | 광물-물 계면에서 일어나는 물리적 및 화학적 변화 양상에 관한 지구화학적 이해                      | 1 / 2학기 |
|          | 폐기물처리지질공학     | 폐기물 처리와 저장에 관한 지질공학적 이해                                          | 1학기     |
|          | 토양환경지구화학      | 토양환경에서 발생하는 물리/화학적 반응에 관한 지구화학적 연구                               | 2학기     |
|          | 생지구화학물질순환     | 지구시스템에서 탄소, 질소, 황 등 주요 물질들의 생지화학적 순환 과정에 대한 이해                   | 2학기     |
|          | 지구미생물학특론 및 실험 | 지질학적, 지화학적 현상에 있어 지구미생물의 역할을 이해하기 위한 최신 이론과 분석기법에 대해 학습함         | 2학기     |

- 향후 국제적 수준의 대학원 교육을 위해 참여교수들은 교육 혁신과 혁신으로 핵심 기초지식과 사회문제 해결과 연계된 응용지식을 폭넓게 교육할 수 있도록 지속해서 자기혁신 및 최선의 교육 콘텐츠를 개발하고자 함.
- 아울러, 국제적 감각을 갖춘 글로벌 지구환경 인재를 양성하기 위하여 교육과 연구의 과정에서 해외 대학, 연구원, 기업체 등과의 교류를 확대하고 이를 최대한 활용한 비교과 교육을 강화하고자 함.
- 지구환경과학 인재양성의 터전인 “메디힐 지구환경관”이 2020년 6월 완공되어 대학원 전용 강의실과 첨단 멀티미디어 시설을 적극적으로 활용하여 강의의 질을 극대화하였고, “첨단기기실”과 연계하여 대학원 실험수준의 향상을 추진할 예정임.
- 또한, 최근 온라인강의의 사회적 필요성에 맞추어 2020년 가을학기부터 매년 최소 1개 이상의 온라인강의를 신규 개설하고 최신 멀티미디어 시설과 기술을 활용한 차세대 온라인강의법을 개발할 예정임.

#### - 대기환경 연구클러스터: 사회문제 해결을 위한 교육 현황 및 운영 계획

- 지역적 규모의 대기오염 및 전 지구적 규모의 온난화 모두 인류의 활동에 의한 대기 조성 변화에 기인한 것으로 대기화학은 이러한 대기 중 화학물질들의 생성과 소멸 기작을 규명하고 변화를 진단·예측하며 그 영향을 평가하는 학문임.
- 대기환경 연구클러스터가 사회문제 해결을 위하여 개설한 교과목 현황은 아래와 같으며, 현재 황사, 미세먼지, 온실가스 발생 원인과 대응 방안에 대한 최신 이론을 체계적으로 교육하고 있음.
- 기존 국가과제를 통해 수행해온 활발한 국제 공동 협력을 확대하여 해외 석학들과의 대학원생교환제도 정착, 공동지도교수제 등 실질적 차원의 국제공동연구 프로그램을 활용한 비교과 교육을 강화하고자 함.

표 2-7 대기환경 연구클러스터의 사회문제 해결과 연관된 교과목 개설 현황

| 구분       | 교과목명    | 주요 내용                                                      | 개설 시기 |
|----------|---------|------------------------------------------------------------|-------|
| 기초<br>공통 | 대기화학특론  | 대기의 주요 조성과 이를 결정하는 물리 화학적 과정에 대한 이해                        | 1학기   |
| 전공<br>과목 | 대기화학분석  | 대기의 주요 미량성분을 측정하는 이론, 방법, 기기에 대한 이해                        | 1학기   |
|          | 대기화학모델링 | 대기의 화학 현상을 이해하고 예측하기 위한 모델의 이해                             | 2학기   |
|          | 대기자료분석  | 대기의 측정 및 모델자료를 해석하는데 필요한 방법에 대한 이해와 실습                     | 2학기   |
|          | 대기오염    | 실내 공기오염, local 또는 regional 대기오염 현상 및 그 생성 과정과 개선 방안에 대한 이해 | 1학기   |

⇒ 다음은 최근 1년간(2020.09~2021.08) 본 교육연구단이 초등학생에서부터 전문인력 등 수강생들을 대상으로 실시한 비교과 프로그램 참여 실적 현황으로 다양한 사회문제 해결을 위한 기초교육 및 보수교육에 적극적으로 참여하였음.

표 2-8 사회문제 해결과 연관된 비교과 프로그램 참여 현황

| 연<br>번 | 프로그램정보                                                                     |                  |                  | 참여구성원<br>정보 |          | 구성원 참여 정보                            |                  |                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-------------|----------|--------------------------------------|------------------|------------------------|
|        | 프로그램명                                                                      | 개<br>설<br>횟<br>수 | 운<br>영<br>시<br>간 | 이름          | 구분       | 참여 기간<br>및 일자                        | 참<br>여<br>횟<br>수 | 참여 구분                  |
| 1      | 한성과학고등학교 과학영재 창의<br>연구                                                     | 10<br>회          | 6h/<br>회         | 김형수         | 전임<br>교원 | 2021.07.15.~<br>2021.08.13.<br>매주목,금 | 10               | 교수자                    |
|        |                                                                            |                  |                  | 이정민         | 대학<br>원생 | 2021.07.15.~<br>2021.08.13.<br>매주목,금 | 10               | 조교                     |
| 2      | 2021 토양·지하수 청소년 여름캠프<br>(환경부 주관)                                           | 1회               | 4h/<br>회         | 권만재         | 전임<br>교원 | 2021.07.31.                          | 1                | 교수자                    |
| 3      | 2021 한국자원공학회 제116회 춘<br>계학술발표회 초청특강(제목: 탄소<br>중립의 개념과 에너지전환 및<br>CCUS 추진전략 | 1회               | 0.5h<br>/회       | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2021.05.21.                          | 1                | 교수자                    |
| 4      | 2021 춘계 지질과학기술 공동학술<br>대회 초청특강(제목: 환경지구화학<br>연구 동향과 전망: 지중환경을 중<br>심으로)    | 1회               | 0.5h<br>/회       | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2021.06.23.                          | 1                | 교수자                    |
| 5      | 대구과학고등학교 국내현장연구<br>(물과 토양 내 유기오염물질의 분<br>석)                                | 4회               | 8h/<br>회         | 이순재         | 전임<br>교원 | 2021.07.05.~<br>2021.07.08.          | 4                | 교수자                    |
| 6      | 대구과학고등학교 국내현장연구<br>(제목: 카르스트 지형의 형성에 있<br>어 지하수의 역할: 국내 돌리네 습<br>지 현장연구)   | 3회               | 8h/<br>회         | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2020.12.28.~<br>2020.12.31.          | 3                | 교수자                    |
| 7      | 2020 세계토양의날 기념 심포지움<br>(환경부 주관)                                            | 1회               | 0.5h<br>/회       | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2020.12.04.                          | 1                | 교수자                    |
| 8      | 문영여자고등학교 초청특강(제목:<br>지구시스템과 물환경)                                           | 1회               | 3h/<br>회         | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2020.11.02                           | 1                | 교수자                    |
| 9      | “제주도 지하수 실무 전문가 양<br>성 프로그램”의 전문가 특강 프<br>로그램                              | 1회               | 2h/<br>회         | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2020.12.03                           | 1                | 교수자                    |
| 10     | 한국가스안전공사 주관 “CCS 국내<br>외 표준 및 기술 동향 세미나“                                   | 1회               | 1h/<br>회         | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2020.11.10.                          | 1                | 교수자                    |
| 11     | 화정고등학교 국내현장연구 멘토<br>링 (유류오염 토양세정 효율 평가)                                    | 4회               | 4h/<br>회         | 이순재         | 전임<br>교원 | 2020.09.20.~<br>2020.09.23.          | 4                | 교수자                    |
| 12     | 서울보건환경연구원 초청세미나<br>(지표수-지하수 관련)                                            | 2회               | 2h/<br>회         | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2020.08.10.<br>및 08.12.              | 1                | 교수자                    |
| 13     | 2020 토양·지하수 청소년 여름캠프<br>(환경부 주관)                                           | 1회               | 4h/<br>회         | 윤성택<br>권만재  | 전임<br>교원 | 2020.08.01.                          | 1                | 교수자                    |
| 14     | 스마트 지중환경 관리기술 연구단<br>3차년도 하계 워크숍                                           | 1회               | 4h/<br>회         | 조호영         | 전임<br>교원 | 2020.07.20.                          | 1                | 연구책임자                  |
| 15     | 포항지진과 단층암 연구에 대한<br>Special Lecture (초청 강연)                                | 1회               | 3h/<br>회         | 이진한         | 전임<br>교원 | 2019.03.21.                          | 1                | 연구책임자<br>(초청 강연<br>기획) |

|    |                                 |    |      |     |      |                             |   |                  |
|----|---------------------------------|----|------|-----|------|-----------------------------|---|------------------|
| 16 | 단층암에 대한 Special Lecture (초청 강연) | 1회 | 3h/회 | 이진한 | 전임교원 | 2018.08.24.                 | 1 | 연구책임자 (초청 강연 기획) |
| 17 | 단층 역학 Special Lecture (초청 강연)   | 2회 | 3h/회 | 이진한 | 전임교원 | 2018.01.30.~<br>2018.01.31. | 2 | 연구책임자 (초청 강연 기획) |

## 2. 인력양성 계획 및 지원 방안

### 2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

〈표 2-9〉 교육연구단 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적

(단위: 명)

| 대학원생 확보 및 배출 실적 |           |    |    |         |    |
|-----------------|-----------|----|----|---------|----|
| 실적              |           | 석사 | 박사 | 석·박사 통합 | 계  |
| 확보<br>(재학생)     | 2020년 2학기 | 17 | 8  | 5       | 30 |
|                 | 2021년 1학기 | 24 | 11 | 3       | 38 |
|                 | 계         | 41 | 19 | 8       | 68 |
| 배출<br>(졸업생)     | 2020년 2학기 | 6  | 1  |         |    |
|                 | 2021년 1학기 | 2  | 0  |         |    |
|                 | 계         | 8  | 1  |         |    |

### 2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획



### 2.2.1. 우수 대학원생 확보 계획 및 최근 1년간 실적

- 2015~2019년 5년 동안 석사과정 58명, 박사과정 20명, 석박사 통합과정 2명 등 총 80명의 대학원생을 신규 확보하여 전임교수 1인당 연평균 약 1.6명 이상의 대학원생을 신규 확보한 것으로 동 분야 국내외 대학원생 확보 수준 이상인 것으로 판단됨.  
⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) 본 교육연구단은 **석사과정 17명, 박사과정 5명** 등 총 22명의 대학원생이 입학하여 전임교수 1인당 연평균 약 2.2명의 신규 대학원생을 확보하여 2015~2019년 대비 약 38% 증가하였음.
- 고려대학교 대학원 차원의 학사관리 시스템 개선: 우수학생의 조기 확보(입학), 학위과정 변경 유연화(재학), 수료연구생 지원 확대(수료), 학위논문 연구지원 및 졸업 연한 합리화(졸업) 등으로 선진 연구중심대학으로 도약을 도모하고 있음.  
⇒ 고려대학교 대학원 차원의 우수 대학원생 확보를 위한 학사관리 시스템 개선의 효과로 본 교육연구단의 신규 대학원생 확보가 가속화되고 있음.
- 또한, 고려대학교 대학원은 세계적 연구중심대학에서 운영 중인 TA·RA 제도를 벤치마킹하여 대학원생이 강의 및 연구 활동에 적극적으로 참여하는 개념의 Graduate Teaching Affiliate (GTA), Instructor-G 제도 등을 도입하고 있음.  
⇒ 고려대학교 대학원 차원의 우수 대학원생 지원 제도 정비와 확충이 본 교육연구단 신규대학원생 확보 계획과 시너지효과를 낼 것으로 기대됨.

#### - 교내·외 우수 학부생 발굴

- 우수 대학원 신입생에게 Admission Offer Package 제시: 대학원과 교육연구단이 대학원 과정 동안 지원할 금전적(성적 장학금, 교육 조교, 연구조교 급여 등) 및 비금전적 혜택을 예비 우수 대학원생에게 대학원 입학 시 제시하여 우수 대학원생 확보를 강화할 예정임.  
⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) 간 본 교육연구단은 4단계 BK21지원금을 포함한 장학금, 조교장학금, 연구조교 급여 등을 지급하고 있으며 참여대학원생은 등록금대비 65% 이상의 장학금수혜와 동시에 조교 급여를 수령하고 있음.
- 대학원 프로그램 우수성 홍보: 교수, 대학원생, 학부생이 참여하는 교내 대학원생 우수 연구결과 발표회를 매년 개최하여 모범 사례 공유와 융합 연구 활성화를 도모하고 참여 학부생들의 연구에 관한 관심을 유도하고자 함. 교외 우수 대학원생 유치를 위해 교육연구단 홍보 비디오, 소개자료 제작과 함께 국내 대학원생 모집 사이트에 본 교육연구단 단위의 모집 광고를 게재하고자 함.  
⇒ 지난 1년간 코로나19 장기화로 인해 비대면 수업과 회의에 많은 시간과 노력이 투입되어 당초 계획하였던 우수 연구결과 발표회를 갖지 못했으나 2차년도에는 온라인 설명회 등을 개최하고자 함.  
⇒ 본 교육연구단은 2021년 춘계대한자원환경지질학회(2021.06.23.-06.24)에서 교육연구단 홍보를 하였으며, 교육연구단 소속 참여교수 연구실 단위별로 대한지질학회 등에 홍보를 실시하였음(2021.08).
- 학부연구생 제도 활용: 본교 학부 3, 4학년 학생들이 참여교원 연구실에서 인턴으로 연구 경험을 쌓는 기회를 제공하는 학부연구생 제도를 활용하여 우수 학부생을 조기에 발굴하고 있으며 동시에 학위취득 기간 장기화도 방지하게 되었음. 이러한 학부연구생 제도의 장점을 적극 홍보·활용하여 우수 대학원생 유치를 확대하고 있음.

⇒ 본 교육연구단은 지구환경과학과 3~4학년 학부연구생을 대상으로 **진리장학금 프로그램(지구 시스템 기반의 지구환경과학 심화교육)**을 운영하여 매년 학부연구생 약 10명이 지원하고 있음. 2020년 2학기 학부연구생 중 4명이 대학원 진학을 결정하여 본 제도가 효과적임을 입증함.

⇒ 또한 교육연구단 소속 참여교수 연구실별로 학부연구생제도를 운영하여 **우수 학부생을 조기에 발굴**하고 대학원 진학 시 필요한 연구역량을 향상하고 있음.

**표 2-10 본 교육연구단 학부연구생 현황**

| 학기           | 학부연구생 | 진리장학금<br>참여 | 학기           | 학부연구생 | 진리장학금<br>참여 |
|--------------|-------|-------------|--------------|-------|-------------|
| 2020년<br>2학기 | 문수현   | ○           | 2021년<br>2학기 | 최재훈   | ○           |
|              | 오유선   | ○           |              | 김태운   | ○           |
|              | 서찬영   | ○           |              | 홍수현   |             |
|              | 송호준   | ○           |              | 안현태   | ○           |
|              | 정혜정   | ○           |              | 이명현   | ○           |
|              | 김주희   | ○           |              | 홍준기   | ○           |
|              | 배민서   | ○           |              | 김민주   | ○           |
|              | 임정아   | ○           |              | 이휘재   | ○           |
|              | 차수지   | ○           |              | 오승준   | ○           |
|              | 홍준기   |             |              | 서보성   |             |

#### - 대학원생 장학제도 확충

- **우수한 교내장학금 제도 확충:** 본 교육연구단에서는 교내외 각종 장학금과 연구비 확보를 위해 노력하고 있으며, 2015~2019년 5년간 전임교원 1인당 연평균 약 4.5억 원의 연구비를 확보하여 연간 대학원생 약 20명 이상의 학비와 인건비를 확보하였음.

⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) **전임교원 1인당 약 5.85억 원의 연구비**를 수주하여 본 교육연구단 소속 대학원생들의 학비와 인건비를 확보함.

- 고려대학교 대학원에서 시행하는 교내장학금 중 수업료를 50~100% 지원받을 수 있는 행정조교, 연구조교, 실험조교 제도와 본교 졸업특대생이 대학원에 진학하는 경우 수업료와 입학금을 100% 지원하는 졸업특대생 장학금 등을 적극적으로 활용하고자 함.

⇒ 대학원 차원에서 정비하고 있는 조교 지원 제도가 계획대로 추진되어 향후 본 교육연구단으로 진학할 우수 대학원생 확보에 긍정적인 영향을 미치고 있음.

- 본 교육연구단 소속학과가 확보한 각종 장학금과 참여교수진 연구비 인건비 폴링제도를 신설하여 다수의 석박사과정 대학원생들이 안정적으로 학업과 연구에 매진할 수 있는 여건이 확보되었으며 이에 우수 대학원생의 유치와 지원을 하고자 함.

⇒ 고려대학교 대학원과 산학협력단이 공동으로 협력하여 지도교수 인건비 폴링제도를 보완하고 참여교수진 연구비 인건비 폴링제를 정비하고 있으며, 향후 보다 더 안정적으로 참여대학원생들에게 인건비 지급이 가능할 것으로 사료됨.

#### - 우수 외국인학생 유치

- **우수 해외 대학원생 유치:** 국가별, 지역별 특성을 고려한 차별화된 협력, 학교 차원에서 유학박람회 참가, 외국 정부와의 MOU 체결을 통한 국비 유학생 유치, U21, APRU 등 기존 해외 네트워크 및 해외학회 academic job board 구인 광고 등의 적극 활용으로 최상위권 해외 대학원생을 확보하려 계획함.

⇒ 코로나19 장기화로 인한 영향에도 불구하고 적극적 유치활동과 광고를 통해, 최근 1년간 2명의 해외 우수 박사과정 학생을 선발하였음.

표 2-11 본 교육연구단 최근 1년 외국인 학생 입학 현황

| 이름                      | 국적  | 현황                    | 지도교수 |
|-------------------------|-----|-----------------------|------|
| Mr. Yidan Zhang         | 중국  | 2020.09 입학, 박사과정 재학 중 | 권만재  |
| Mr. Franklin Enow Arrey | 카메룬 | 2021.02 입학, 박사과정 재학 중 | 윤성택  |

## 2.2.2 우수 대학원생 지원 계획 및 최근 1년간 실적

### - 비교과 커리큘럼 강화

- 석·박사과정별 글로벌 교육역량을 강화하고 학생 중심의 교육지원 확대를 위하여 대학원생의 학업 주기를 고려한 맞춤형 비교과 프로그램을 확대 운영하여 교육연구단 참여대학원생들이 장차 우수 연구자로서 발전할 수 있는 환경을 조성하고 있음.

⇒ 아래는 최근 1년간(2020.09~2021.08) 실시된 대학원생 교육역량 강화를 위한 중·단기 맞춤형 비교과 프로그램 6건에 대한 상세 기술 내용임.

표 2-12 석·박사과정 글로벌 교육역량 강화를 위한 비교과 프로그램 수행 현황

| 연<br>번 | 프로그램정보                  |          |          | 참여구성원<br>정보 |          | 구성원 참여 정보                   |                  |       |
|--------|-------------------------|----------|----------|-------------|----------|-----------------------------|------------------|-------|
|        | 프로그램명                   | 개설<br>횟수 | 운영<br>시간 | 이름          | 구분       | 참여 기간<br>및 일자               | 참<br>여<br>횟<br>수 | 참여 구분 |
| 1      | 지중환경 오염 진단 기술 교육        | 8회       | 5h/<br>회 | 조호영         | 전임<br>교원 | 2021.08.13.~<br>2022.09.30  | 1                | 연구책임자 |
| 2      | 지하수 및 하천수 유동 모델링<br>교육  | 36회      | 2h/<br>회 | 이순재         | 전임<br>교원 | 2021.07~<br>2022.02.        | 1                | 교육책임자 |
| 3      | 수질 및 토양 오염 분석 실무<br>교육  | 4회       | 8h/<br>회 | 이순재         | 전임<br>교원 | 2021.07.05.~<br>2021.07.08. | 1                | 교육책임자 |
| 4      | SEM연구단 전문가세미나           | 1회       | 2h/<br>회 | 조호영         | 전임<br>교원 | 2021.07.16.                 | 1                | 연구책임자 |
| 5      | SEM연구단 동계워크숍 및 자문<br>회의 | 1회       | 5h/<br>회 | 조호영         | 전임<br>교원 | 2021.02.05.                 | 1                | 연구책임자 |
| 6      | CCS 연구단 워크숍             | 1회       | 8h/<br>회 | 윤성택         | 전임<br>교원 | 2020.12.10.~<br>2020.12.11. | 1                | 연구책임자 |

⇒ 아래는 2021년부터 7월부터 진행 중인 대학원생 교육역량 강화를 위한 맞춤형 비교과 프로그램 3건에 대한 교육 내용으로 2022년까지 실시 될 예정이며, 대학원생 만족도를 포함한 성과 분석을 통해 향후 프로그램을 확대 운영하고 추가 개발하고자 함.

#### 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 연구실무교육-001

##### 1. 개요

- 이수과제명: 지중환경 오염 진단 기술 교육
- 목 적: 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 소속 참여대학 학생을 대상으로 지중환경 정밀분석과 기술 교육을 통해 사회문제 해결과 관련 산업 진도를 위한 기술적 인력 기반 마련
- 정 소: 온라인 교육(교모나 상황에 따라 대면 교육으로 전환 가능)
- 시 간: 2021~2022년 총 4회(회당 5시간)
- 교수자: 화과 교수진, 국내 학업 관련 전문가
- 대 상: 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 소속 대학원생

##### 2. 교육 계획안

| 회차 | 시 간                          | 내 용                   |
|----|------------------------------|-----------------------|
| 1  | 2021.6.18(수)<br>13:00-14:00  |                       |
| 2  | 2021.6.24(수)<br>13:00-14:00  | 지중환경 오염 진단 기술 교육      |
| 3  | 2021.11.12(수)<br>13:00-14:00 | 지중환경 오염 부하조사원칙에 대해    |
| 4  | 2021.1.20(수)<br>13:00-14:00  | 무지개전도도(CSD) 측정방법 및 사례 |
| 5  | 2021.2.25(수)<br>13:00-14:00  | 지중환경 모니터링 기술          |
| 6  | 2021.5.27(수)<br>13:00-14:00  | 오염부하 정량화 방법 기술        |
| 7  | 2021.7.29(수)<br>13:00-14:00  | 오염부하 정량화 방법 기술        |
| 8  | 2021.9.29(수)<br>13:00-14:00  | 오염부하 정량화 방법 기술        |

##### 3. 기 타

- 교육주최: 화과(20시간) 지구환경과학교육연구단 실무교육 담당
- 참여료: 해당되는 대학원생은 행정실에 문의(02-3290-4695, [coaglenet@korea.ac.kr](mailto:coaglenet@korea.ac.kr))

#### 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 연구실무교육-002

##### 1. 개요

- 이수과제명: 지하수 및 하천수 유동 모델링 교육
- 목 적: 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 소속 참여대학 학생을 대상으로 지하수 및 하천수 유동 모델링 기술 교육을 통해 통합 물관리 관련 산업 진도를 위한 기술적 인력 기반 마련
- 정 소: 비대면(자극관) 40석
- 시 간: 2021년 총 3회(30시간) 교육 회당 2시간
- 교수자: 화과 교수진, 국내 학업 관련 전문가
- 대 상: 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 소속 대학원생

##### 2. 교육 계획안

| 회차 | 시 간                    | 내 용                                                                                                                                   |
|----|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2021.7. ~<br>2021.8.   | 지하수 모델링 기술 교육 (Basic)<br>- 기본원리<br>- DSSO Geomatics<br>- 지하수 유동 모델링<br>- 유동 결과의 출력 및 해석                                               |
| 2  | 2021.10. ~<br>2021.11. | 지하수 모델링 기술 교육 (Advanced)<br>- 기본원리<br>- 다원분 분석을 통한 유동 모델링<br>- 오염 영향에 따른 모델링<br>- 지구화학적 지능 및 유동 모델링<br>- 불확실성 분석 모델링<br>- 데이터의 질적 모델링 |
| 3  | 2021.1. ~<br>2021.2.   | 지하수 모델링 기술 교육<br>- 기본원리<br>- Nivette model<br>- Social Model                                                                          |

##### 3. 기 타

- 교육주최: 화과 지구환경과학교육연구단 실무교육 담당
- 참여료: 해당되는 대학원생은 행정실에 문의(02-3290-4695, [coaglenet@korea.ac.kr](mailto:coaglenet@korea.ac.kr))

#### 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 연구실무교육-003

##### 1. 개요

- 이수과제명: 수질 및 토양 오염 분석 실무 교육
- 목 적: 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 소속 참여대학 학생을 대상으로 분석기기를 이용한 수질 및 토양오염 분석 기술 교육을 통해 사회문제 해결과 관련 산업 진도를 위한 기술적 인력 기반 마련
- 정 소: 비대면(자극관) 40석, 환경교육센터실
- 시 간: 2021년 총 4회(회당 4시간)
- 교수자: 화과 교수진, 국내 학업 관련 전문가
- 대 상: 4단계 BK21 고려대학교 지구환경과학교육연구단 소속 대학원생

##### 2. 교육 계획안

| 회차 | 시 간                         | 내 용                                                                                  |
|----|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2021.7.5 (월)<br>09:00-10:00 | 수질 오염 분석 실무 교육<br>- 수질오염 원인<br>- 수질오염 원인 분석 방법<br>- 수질오염 원인 분석 방법<br>- 수질오염 원인 분석 방법 |
| 2  | 2021.7.5 (수)<br>09:00-10:00 | 토양 오염 분석 실무 교육<br>- 토양오염 원인<br>- 토양오염 원인 분석 방법<br>- 토양오염 원인 분석 방법<br>- 토양오염 원인 분석 방법 |
| 3  | 2021.7.7 (수)<br>09:00-10:00 | 수질 오염 분석 실무 교육<br>- 수질오염 원인<br>- 수질오염 원인 분석 방법<br>- 수질오염 원인 분석 방법<br>- 수질오염 원인 분석 방법 |
| 4  | 2021.7.8 (목)<br>09:00-10:00 | 토양 오염 분석 실무 교육<br>- 토양오염 원인<br>- 토양오염 원인 분석 방법<br>- 토양오염 원인 분석 방법<br>- 토양오염 원인 분석 방법 |

##### 3. 기 타

- 교육주최: 화과 지구환경과학교육연구단 실무교육 담당
- 참여료: 해당되는 대학원생은 행정실에 문의(02-3290-4695, [coaglenet@korea.ac.kr](mailto:coaglenet@korea.ac.kr))

- 기본적인 정보검색과 논문 작성법은 고려대학교 도서관이 주관하는 “도서관 이용자 교육”에서, 연구 학술 문서 영작문 및 교정, 영문이력서 작성 상담 서비스는 국제어학원에서 운영하는 “IWS (International Writing Service)”에서 제공하고 있음.

- 예비 교수자에게 장래의 강의에 대비하여 교수-학습 모형 및 교수법을 교육하는 EMI (English Mediated Instruction)를 교수학습개발원에서 제공하고 있으며, 향후 박사 졸업논문 제출 이전 “박사 과정 대상 교수법 비교과 프로그램” 필수 이수를 추진함.

#### - 영어 논문작성 지도 및 지원 강화

- 교육연구단 기초공통과목 강의마다 텀페이퍼(term paper) 작성을 권장하여 석사과정 1~2학기 학생들은 강의와 연계된 내용을 작성하고, 석사과정 3~4학기 학생들은 본인 논문작성의 틀에서 영어로 텀페이퍼를 작성하여 국제학술지 게재로 연계되도록 하였음.
- 박사과정은 국제저명학술지 게재를 가정하여 영어 텀페이퍼 작성을 기본으로 하며 초안 작성 후 논문의 전개, 표현방법, 논지의 오류 등 세부사항은 강의 담당 교수와 지도교수가 1:1 지도로 보완하여 실질적으로 국제학술지 논문 투고와 연계시켰음.
- 매 학기 개설되는 ‘대학원 세미나’ 과목에서 영어 논문작성법, 연구윤리교육, 국내 학술대회와 해외 학술대회 논문 구두 발표법과 포스터 발표법 등에 대하여 세부 전공 분야에 따라 교육연구단 전임교원이 팀티칭으로 지도하고 있음.
- 본 교육연구단에서 2013~2019년에 제출한 학위논문의 91% (총 68건 중 62건)가 영어로 작성되었으며, 특히 2015년 이후부터 현재까지 제출한 모든 학위논문은 100% 영어로 작성하여 향후 국제저명 학술지 논문게재가 쉽도록 지도하고 있음.
- 고려대학교 학교 차원에서 대학원생이 해외 저명학술지에 논문을 투고할 경우 투고 이전에 영어권의 원어민이 영어 논문 교정을 도와주는 프로그램이 운영되고 있어 이를 대학원생이 적극적으로 활용하도록 지원하고 있음.
- 학위과정 중 대학원생이 제1 저자 또는 참여 저자로 발표한 SCI급 국제학술지 논문과 국내 학술지 논문에 대한 보상 강화와 우수논문을 시상하여 연구의 질을 향상하고 선의의 경쟁을 유도함.

- 해외 학회발표, 장단기 연구 프로그램 지원 강화

- 해외 저명학술회의와 워크숍 논문 발표 지원: 2013~2019년 6년간 해외 저명학술회의와 워크숍에서 총 99건의 대학원생 논문 발표하였으며, 대학원생의 연구 안목을 넓히고 국제적 연구 분위기 조성을 위하여 국제학술회의 참석을 적극적으로 지원하고 있음.
- 해외 유명 석학을 초빙하거나 국내외 워크숍에 참여한 유명 석학들의 강연에 대학원생들을 참여시켜 최신 연구 동향을 습득하게 하여 연구의 국제적 안목을 확보하도록 하며 동시에 해외 공동연구 등의 인적 네트워크 구축에도 활용하려 함.
- 국제 공동연구 추진: 국내에서 수행하기 어려운 실험과 연구를 해외 교류 대학이나 연구소에서 진행하는 것을 적극적으로 지원하고 있으며, 해외 연구 동향 정보를 파악해 앞으로의 연구 진행과 논문 집필에 활용할 수 있도록 하고자 함.
- 지구환경과학 연구 분야의 특성상 기존 국내의 지질과 환경영역을 뛰어넘어 해외에서 해당 연구 분야의 대표적 연구지역을 선정하여 현재 대학이나 연구소와 공동연구를 진행하도록 교류와 협약을 추진하고 있음.
- 학위과정 중 해외 우수연구실에 단-중기 파견하여 공동연구를 수행하면서 구축한 해외 중견연구인력, 신진연구인력, 대학원생 등과 장기적 안목에서 인적 네트워크를 유지하여 향후 관련 분야에서 중추적인 역할을 할 수 있도록 함.

- 교육연구단 인력양성 관련 어려움

- ⇒ 코로나19가 장기화하는 가운데 교육연구단 연구인력의 핵심인 대학원생들이 겪는 피해가 상당히 컸던 것으로 평가됨. 특히 실험장비·재료 공급 지연으로 연구 수행에 차질을 빚었고, 연구 학업 시간의 감소로 연구 진행에 어려움이 있었으며, 대부분 국제학회의 취소 및 온라인 전환으로 최신 연구 동향 파악과 연구결과 발표가 불가능하거나 매우 어려웠음.
- ⇒ 코로나19 장기화와 포스트 코로나 시대를 대비하여 대면 교류가 불가피한 경우 온라인 국제공동연구회의, 온라인 국제학회 참석 등 적극적인 언택트 교류를 통해 계획 대비 침체되어있는 국제공동연구의 활성화를 도모하고자 함.

## 2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

〈표 2-13〉 2021.2월 및 8월 졸업한 교육연구단 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적 (단위: 명,%)

| 구 분             |    | 졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %) |         |    |     |                     |               | 취(창)업률%<br>(D/C)×100 |
|-----------------|----|-------------------------|---------|----|-----|---------------------|---------------|----------------------|
|                 |    | 졸업자<br>(G)              | 비취업자(B) |    |     | 취(창)업대상자<br>(C=G-B) | 취(창)업자<br>(D) |                      |
|                 |    |                         | 진학자     |    | 입대자 |                     |               |                      |
|                 |    |                         | 국내      | 국외 |     |                     |               |                      |
| 2021년 2월<br>졸업자 | 석사 | 6                       | 1       | 0  | 0   | 5                   | 5             | 100                  |
|                 | 박사 | 1                       |         |    | 0   | 1                   | 1             |                      |
| 2021년 8월<br>졸업자 | 석사 | 2                       | 0       | 0  | 0   | 2                   | 1             | 50                   |
|                 | 박사 | 0                       |         |    | 0   | 0                   | 0             |                      |

### 2.3.1 교육연구단의 2015~2019년 취업률 현황

- 본 교육연구단은 지구환경과학 분야 최고급 전문 인재 양성을 핵심 비전으로 삼아 창의적이고 내실 있는 대학원 교육으로 미래의 지구환경과학 핵심 분야를 선도하고 우리 사회의 문제들을 해결할 수 있는 창의적 고급 전문 인력을 꾸준히 육성하고 있음.
- 지난 5년간(2015년 2월~2019년 8월) 배출한 졸업생은 석사학위자 43명, 박사학위자 10명 등 총 53명으로, 석사학위자 43명 중 16명(37.2%)은 박사과정(국내 7명, 해외 9명)에 진학하고 19명이 취업하였으며(취업률 70.4%), 박사학위자 10명은 전원 취업하였음(취업률 100%).
- 지난 5년간 배출한 취업 대상 졸업생의 평균 취업률은 78.4%로 이는 일부 졸업생들의 해외 유학 준비 등의 사유로 취업이 미뤄지는 점을 반영함. 최근 국가적 취업난으로 특히 자원 분야 취업이 어려운 상황임을 고려할 때 80%에 근접한 취업률은 우수한 실적으로 판단됨.
- 교육연구단 석사학위자 취업 현황 분석 결과 대부분 전공 분야에 취업하여 석사 졸업생 취업률 향상을 위한 기업 네트워크 구축, 국내 산업체 인턴 프로그램 활용, 산업체 전문가 활용 컨설팅 활성화, 취업과 인성 멘토링 시스템 등의 취업 기회 재고가 효과적임을 보여줌.
- 한편, 교육연구단 차원에서 해외 우수 연구 집단과 학위과정 중 공동연구 및 방문 연구 기회를 제공하는 국제화 네트워크와 국제학술지 논문발표 독려가 국공립 연구기관 등 전문 분야에서 다양한 진로를 개척하는 박사학위자들의 경쟁력을 강화하였음.

### 2.3.2 교육연구단의 2021년 졸업생 취업률 현황

- 2021년 2월과 8월에 석사학위자 8명과 박사학위자 1명 등 총 9명이 배출되었으며, 석사학위자 8명 중 1명(12.5%)은 본 교육연구단 대학원 박사과정에 진학하였고 6명이 취업하였으며(취업률 75%), 1명(12.5%)은 해외 대학원 박사과정 진학을 준비하고 있음.
- 2021년 2월에 졸업한 박사학위자 1명은 본인의 전공 분야와 연관된 해외 전문기관에 취업하여 차세대 연구 활동의 기반을 굳건하게 다지고 있음.

### 2.3.3 2021년 졸업생 취업의 질적 우수성

- 다음은 2021년 2월과 8월에 졸업하고 취업한 석사학위자와 박사학위자 취업의 질적 우수성에 관한 기술임.

#### - 도현권 (2021년 2월 박사학위 졸업생, 현 캐나다 University of Guelph 박사후연구원)

- 최근 국내외적으로 탄소중립이라는 과학기술계의 화두가 대두되었다. 이산화탄소 포집, 저장 및 활용기술(CCUS)은 가장 효과적으로 대규모 이산화탄소 배출을 저감하는 핵심기술로 자리매김하였으며, 국내에서도 최근 CCUS를 통한 2050년까지의 감축 목표가 제시되었다. CCS는 Geo-energy 기술의 하나로써 기술적 실현을 위해서는 심부지질환경에 관한 정밀한 이해가 선행되어야 함.
- 도현권 박사는 박사학위 연구에서 지중저장된 이산화탄소의 누출을 모니터링하고 평가하는 소위 CCS 환경관리기술을 주제를 다루었다. 특히, 환경부 지원 ‘이산화탄소 저장 환경관리연구단’ 과제에 지속적으로 참여하여 음성 인위누출시험부지와 국내 이산화탄소 자연유출지(탄산수)를 대상으로 지구화학-지구물리-지질 융합 환경관리기술을 체계적으로 연구하였음. 많은 연구자료를 바탕으로 CCS 환경관리 분야의 논문을 국제학술지에 게재하였음. 동 연구주제는 본 연구단 지질환경 분야의 교육과 연구 분야의 목표와 완전히 부합됨.

- 2021년 2월 박사학위를 취득하였으며(지도교수: 윤성택), 이후 CCS기술 선진국인 캐나다의 University of Guelph의 Morwick G360 Groundwater Research Institute에 Post-Doctoral Fellow로 취업하여 지중환경 및 지하수체를 대상으로 하는 CCS 기술 분야 연구개발에 참여하고 있음.

- 손지원 (2021년 2월 석사학위 졸업생, 현 에코브레인 이노솔루션팀 연구원)

- 석사과정에서 서울의 고농도 미세먼지 발생의 원인인 질산염( $\text{NO}_3^-$ ) 생성 과정에 관한 연구를 수행함. 우리나라는 2015년 미세먼지 측정이 공식적으로 시작된 후 고농도 사례 빈도가 높아지면 국가와 사회의 문제로 대두되었음. 우리나라와 중국 모두 대기오염 물질의 배출이 감소하고 있는 상황에서 발생하는 고농도 미세먼지 사례는 대부분이 질산염의 증가에 의한 사례로 현재의 과학 수준에서 이해가 안 되는 난제로 이에 관한 집중적인 연구의 필요성이 대두되어 서울의 질산염 생성 과정을 측정하고 모델로 모사하는 연구를 이에 적절한 지역에 위치한 고려대학교 캠퍼스에서 수행함.
- 질산염은 대기로 배출되는  $\text{NO}_x$ 의 다양한 산화과정을 통해 생성되는데 이 과정에서 다양한 산화가를 가진 질소산화물이 관여하며 특히 이질반응이 매우 중요한데 이에 대한 이해가 매우 부족함. 따라서 여러 종의 질소산화물을 실시간으로 측정하여 이들의 농도분포와 거동을 이해하는 연구를 수행함. 질소산화물 중 질산염의 전구기체인 질산 ( $\text{HNO}_3$ )을 측정하고 함께 얻은 미세먼지 조성 분석 결과와 함께 서울에서 2018~2019년 초여름에 관측한 고농도 질산염 사례 특성을 세밀하게 분석하였음.
- 2018~2019년 5~6월에 고농도 미세먼지 사례는 먼저 외부 유입에 의해 농도가 상승하였고 이후 공기가 정체되면서 고농도가 발생하는 유입 후 정체 사례로  $\text{NO}_x$  농도가 매우 높은 메가시티인 서울에서 HONO의 이질생성반응을 통해 생성되는  $\text{HNO}_3$ 와의 관련성을 제안하였으며 더불어 혼합고의 변화에 따른 수직 이동의 역할이 중요함을 보임.
- 이러한 연구 경험을 기반으로 에코브레인 이라는 지구환경 관련 연구기반 솔루션을 찾아 제공하는 벤처 업체에서 현재 탄소중립관련 사업을 수행하고 있음. 우리나라뿐 아니라 전 세계가 탄소중립을 향해 산업계의 방향이 조정되고 있는 상황에서 이의 실현을 위한 실질적인 연구를 수행하여 관련 분야에서 적절한 방안을 제시하는 업체의 필요성이 급증하였음. 이는 국가사회 문제해결을 목표로 대기환경 분야의 전문가를 양성하는 본 교육연구단이 사업 목표를 잘 수행하고 있음을 입증하는 우수한 결과임.

- 이선희 (2021년 2월 석사학위 졸업생, 현 한국기계전기전자시험연구원 화학분석센터 연구원)

- 환경지구미생물 연구실(지도교수: 권만재)에서 유기산, 황산염 등 오염물질 유입으로 인한 도심지중환경 탄소, 철, 황의 생지구화학적 변환 관련 주제로 석사학위 논문연구를 수행한 이선희 석사는 도시지하공간 개발에 따른 토양의 물리적, 화학적, 생물학적 특성을 밝히기 위한 연구를 수행함.
- 본 연구를 통해 Q1급 SCIE 국제학술지 게재하였으며 도심지중환경 내 탄소, 철 황의 생지구화학적 순환과정 이해를 통해 향후 진화과정 예측에 기여하고, 도심지중환경의 오염물질 거동·이동 평가 등과 같은 분야에 활용 가능할 것으로 판단됨.
- 이선희 석사는 석사학위 과정 중에 오염물질을 포함한 지중환경 생지구화학적 평가 과정에서 분석분야에 관심을 가졌고 학위 취득 후 (재)한국기계전기전자시험연구원(KTC) 화학분석센터에 연구원으로 취업하였음. KTC는 기계, 전기, 전자, 조명, 신재생에너지, 화학, 의료 등의 전 분야에서 국내 산업발전의 역사와 함께해 온 우리나라 대표 시험, 연구, 인증 기관임.

- 대학원에서 습득한 지식과 경험을 바탕으로 취업에 성공한 사례로 문제해결력을 갖춘 전문지식인의 양성이라는 본 교육연구단의 목표와 매우 부합함.

### 3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

#### ① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

- 다음은 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 게재된 참여대학원생 저명학술지 목록 및 상세현황임.

| 연번 | 논문제목                                                                                                                                                        | 게재학술지명                              | 학술지구분 | ISSN      | 권   | 호    | 쪽       | 주저자 | 기타저자     | IF     | Q  |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|-----------|-----|------|---------|-----|----------|--------|----|
| 1  | Groundwater contamination assessment in Ulaanbaatar City, Mongoliawith combined use of hydrochemical, environmental isotopic, andstatistical approaches     | Science of the Total Environment    | SCIE  | 0048-9697 | 765 | 2021 | 142790  |     | 이경진      | 7.963  | Q1 |
| 2  | The Ordovician succession of the Taebaek Group (Korea) revisited: old conodont data, new perspectives, and implications                                     | Geosciences journal                 | SCIE  | 1226-4806 | 25  | -    | 417~431 | 조세현 |          | 2.076  | Q3 |
| 1  | Characteristics of HONO and its impact on O3 formation in the Seoul Metropolitan Area during the Korea-US Air Quality Study                                 | Atmospheric Environment             | SCIE  | 1352-2310 | 247 |      | 118182  | 길준수 |          | 4.798  | Q1 |
| 2  | Shift of nitrate sources in groundwater due to intensive livestock farming on Jeju Island, South Korea: With emphasis on legacy effects on water management | Water Research                      | SCIE  | 0043-1354 | 191 |      | 116814  |     | 강현지      | 1.531  | Q1 |
| 3  | Ribbon rocks revisited: the upper Cambrian (Furongian) Hwajeol Formation, Taebaek Group, Korea                                                              | Facies                              | SCIE  | 0172-9179 | 67  | 3    | 1~19    |     | 조세현, 정다영 | 1.932  | Q2 |
| 4  | Waste foundry dust (WFD) as a reactive material for removing As(III) and Cr(VI) from aqueous solutions                                                      | Journal of Hazardous Materials      | SCIE  | 0304-3894 | 412 |      | 01월 11일 | 나선원 |          | 10.588 | Q1 |
| 5  | integrative 3D geological modeling derived from SWIR Hyperspectral imaging techniques and UAV-based 3d model for carbonate rock                             | Remote Sensing                      | SCIE  | 2072-4292 | 13  | 15   | 1~18    |     | 조세현      | 4.848  | Q1 |
| 6  | Impact of organic acids and sulfate on the biogeochemical properties of soil from urban subsurface environments                                             | Journal of Environmental Management | SCIE  | 0301-4797 | 292 | 292  | 112756  | 이선헌 |          | 6.789  | Q1 |

- 지난 5년간(2017~2019년) 20편의 논문이 참여 대학원생(졸업생)에 의하여 국제전문학술지에 출판되었으며, 이 중 분야별 최상위 25%(Q1) 학술지에 11편이 발표되어 매우 우수한 논문이 발표되었음.
- 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 8편의 논문이 참여 대학원생(졸업생)에 의하여 국제전문학술지에 출판되었으며, 이 중 분야별 최상위 25%(Q1) 학술지에 6편이 발표되어 양적으로나 질적으로 모두 괄목한 만한 성장을 이루고 있음.
- 또한, 참여 대학원생(졸업생)이 발표한 논문의 절반이(50%) 주저자로 논문을 발표하였고, 주저자 논문의 75%가 최상위의 25%(Q1) 학술지에 출판되었으며 이는 참여 대학원생(졸업생)이 주도적으로 연구를 수행하고 우수한 논문을 집필하고 있음을 보여주는 고무적인 현상임.
- 다음은 참여 대학원생(졸업생) 대표 연구업적(주저자)의 우수성에 관한 기술임.

논문 1: Characteristics of HONO and its impact on O3 formation in the Seoul Metropolitan Area during the Korea-US Air Quality Study, Atmospheric Chemistry and Physics (2021.01) (IF 4.798, 기후 및 대기과학 분야 SCI 상위 20.2% 저널(2020년 기준), Q-value: Q1

- 창의성·혁신성: Atmospheric Environment는 대기화학 분야에서는 학문적인 기반과 혁신적인 기여를 가장 중요하게 평가하는 가장 권위 있고 게재가 어려운 소수의 저널 중 하나임. 최근 대기환경

분야의 연구가 확장되며 범위 또한 확장된 오픈 저널의 등장과 함께 대기화학 자체에 집중된 본 저널은 임팩트 팩터가 상위 20% 정도에 머무르게 됨. 본 논문에서는 아직까지 생성 기작이 분명하게 밝혀지지 않은 대기중 주요 질소산화물인 HONO의 생성기작을 첨단 분석장비를 사용한 측정과 신경망모델을 적용한 결과를 기반으로 제안하였음. HONO는 도시의 오존(미세먼지 이차생성에도 관여) 생성에 핵심적인 역할을 하는 것으로 알려져 있으나 측정이 쉽지 않고 생성 기작 또한 밝혀지지 않아 대기화학 분야의 핵심적인 연구주제 중 하나임. 상세 측정과 다양한 각도에서의 해석 그리고 기계학습을 도입하여 이질반응을 다룬 최초의 연구로서 창의성과 혁신성이 인정되었으므로 한 달 정도의 짧은 기간의 측정 자료에 기반한 제안임에도 받아들여짐. 이러한 연구를 기초로 더 많은 자료가 축적되어 HONO 생성을 모사하는 기계학습 기반의 모델을 만들었으며 미세먼지 생성과의 연관성을 집중적으로 분석하고 있음.

- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성:** 개인적인 창의성을 바탕으로 협업을 통한 창의성의 확대를 통한 문제 해결 능력을 함양하는 전문인력 양성에 크게 이바지하였다고 판단됨. 본 연구 논문의 제1 저자인 길준수 군은 석박사 통합과정으로 입학하여 현재 병역특례요원으로 복무 중임. 집중 측정 캠페인에 여러 연구자와 함께 측정하고 자료를 분석하였으며 그 결과를 종합한 후 기계학습을 측정 연구에 도입하였음. 일반적으로 기체상 연구의 틀을 깨고 입자상 측정 결과를 도입하고 이를 계산 과정에 포함하여 대기화학 분야에서 풀어야 하는 복잡한 이질반응에 대한 실마리를 제공함. 이후 이 문제에 답을 제시할 것으로 기대됨. 본 연구사업단은 문제 해결형 전문 인력 양성을 목표로 하는데 이러한 측면에서 분명한 본보기가 되었다고 판단됨.
- **전공 분야의 기여:** 서울은 NOx 농도가 매우 높은 세계적인 메가시티의 하나임. 질소산화물은 오존과 미세먼지 발생에 모두 핵심적인 역할을 하는데 우리나라의 고농도 미세먼지 발생에 따라 이러한 복잡한 기작에 대한 이해에 앞서 질소산화물을 적극적으로 감축하는 정책을 시행해 왔음. 따라서 가능할 것으로 추정되지만 확실한 증거를 찾기 매우 어려운 질소산화물의 특성과 역할에 대한 실마리를 찾는 것은 매우 중요함. 본 연구에서는 밤시간 HONO가 CCN으로 작용하는 크기보다 작은 입자를 통한 NOx의 이질 반응에 의해 생성되어 이후 오존을 생성하는 광화학반응이 촉진된다는 것을 측정과 모델 결과로 나타냄. 이 연구의 대기화학 분야에의 과학적 기여는 세 가지 측면에서 매우 큼. 첫째, 대기화학 연구는 기체상과 입자상으로 구분되어 수행되는데 본 연구에서는 이를 통합하여 새로운 돌파구(breakthrough)를 제시함. 둘째, 연구의 방법 측면에서 기계학습의 도입을 통해 이질반응의 증거를 제시하여 기체상과 입자상의 missing link를 제시함. 셋째, 연구의 결과 측면에서 알려지지 않은 도시 대기 중 HONO 생성 기작에 대한 실마리를 제공함.

논문 2: The Ordovician succession of the Taebaek Group (Korea) revisited: old conodont data, new perspectives, and implications, Geosciences Journal (2020.12) (IF 2.096, 지구과학 분야 199종 중 상위 65.8% 저널(2020년 기준), Q-value: Q3

- **창의성 · 혁신성:** 이 논문은 전기고생대 북중국판 오르도비스기 지층의 퇴적작용에 관련된 연구임. 100여 년 전 일본 지질학자들이 정립하여 오늘날까지 사용되고 있는 우리나라 오르도비스기 층서에 최근 중국학자들이 정립한 코노돈트 생층서 개념을 적용하여 기존 학계의 도그마를 혁파할 수 있는 가설을 제안했다는 점에서 매우 창의적인 연구임. 본 논문에서 과거 우리나라에서 수행된 모든 코노돈트 생층서 데이터를 재분석하여 우리나라 오르도비스기 지층에 지금까지 보고된 적은 없으나 대비되는 북중국판의 지층에서는 오래전부터 알려진 부정합이 태백산 분지에도 존재할 가능성을 최초로 논리적으로 제기하였으며, 제안된 가설의 검증을 위한 향후 연구 방향도 제시하였다는 점에서 국내와 동북아시아 퇴적 지질과 생층서 분야에서 주목받을 혁신성을 갖추었음.

- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성:** 논문의 제1 저자인 조세현 (박사과정)은 본 사업단에서 석사과정을 이수하고 박사과정으로 진학한 후 지금까지 국내 학계에서 과거 오랫동안 도그마로 여겨진 가설에 문제점이 있음을 파악하고, 석사과정 동안 수행하지 않았던 전혀 새로운 방향과 주제의 연구를 주체적으로 수행하며 교외의 전문가들과 교류하여 본 논문을 작성할 수 있었음. 따라서 본 논문은 교육연구단의 비전과 목표인 창의적 인력양성에 크게 이바지하였다고 판단됨.
- **전공 분야의 기여:** 이 논문에서 100여 년 전에 일본 지질학자들이 정립하여 오늘날까지 사용되고 있는 우리나라와 동북아시아 전기고생대 지층의 정합적 퇴적작용 개념에 최근 중국학자들이 전 세계적 연구 동향에 맞추어 개정한 코노돈트 생층서 개념을 적용하여 지금까지 국내와 동북아시아 지질학계의 도그마로 받아들여지던 전기고생대 조선누층군의 정합적 퇴적작용을 논리적으로 반박하는 가설을 최초로 제기하였음. 또한 곧 국제학회지에 투고 예정인 후속 연구에서 새로운 코노돈트 생층서와 퇴적학적 데이터의 융합연구로 본 논문에서 제시한 가설을 한 단계 뛰어넘는 더욱 새로운 결과가 도출되어, 앞으로 국내와 동북아시아 퇴적 지질 및 생층서학의 도약에 과학적으로 크게 이바지할 것으로 기대됨.

논문 3: Waste foundry dust (WFD) as a reactive material for removing As(III) and Cr(VI) from aqueous solutions, Journal of Hazardous Materials (2021.06) (IF 10.588, 환경과학 분야 SCI 상위 3.6% 저널(2020년 기준), Q-value: Q1

- **창의성·혁신성:** 본 연구는 철을 이용하는 주물 공정의 부산물인 폐주물분진을 산출되는 비소와 크롬으로 오염된 산업폐수를 처리하기 위한 반응물질로 활용하기 위한 연구임. 다양한 표면분석 기술을 사용하여 폐주물분진의 광물학적, 물리화학적 특성 자료와 폐수에서 비소와 크롬 제거 효율 평가를 위한 반응 실험을 통해 활용을 위한 주요 인자를 제시하였음. 또한 반응 후 물질에 대한 다양한 표면분석을 통해 제거 기작을 규명함으로써 산업부산물의 활용 가능성을 넓힌 중요한 연구임.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성:** 지구물질의 기본 원리를 산업부산물에 적용함으로써 지구과학의 산업적 응용 분야 개척에 크게 기여하였다고 판단됨. 지중환경 개선을 위해 지중환경 오염물질의 하나인 산업부산물의 재활용 방법에 대한 실증적이고 실용적인 연구를 통해 ‘교육과 연구의 선순환 패러다임 혁신’이라는 교육연구단의 교육 목표와 ‘창의적 문제 해결형 연구 경쟁력 강화’라는 연구목표를 동시에 달성하였다고 판단됨. 논문의 제1 저자인 나선원 학생(참여대학원생, 석박사통합과정)은 지구물질의 물리화학적, 광물학적, 환경 및 공학적 특성 관련 분야 연구를 수행하고 있음. 특히 지구과학의 기본 원리를 환경 및 공학 분야에 적용하는 세일가스 모암 특성화, 산업폐수 처리를 위한 자연물질 활용, 고준위폐기물처분을 위한 공학방벽 벤토나이트 완충재 특성화 등 사회 문제 해결을 위한 연구과제에 참여하여 우수한 성과를 산출하고 있어 우수인력 양성이라는 연구단 목표와 부합함.
- **전공 분야의 기여:** 산업부산물인 폐주물분진은 분산을 통한 대기오염, 매립 시 지하수 오염을 유발할 가능성이 있는 지정폐기물로 다른 산업부산물에 비해 연구가 많이 진행되지 않아 활용성이 제한되어 있었음. 본 연구는 폐수에서 비소와 크롬 제거를 위한 반응물질로 활용 가능성을 평가하면서 제거 기작을 규명함으로써 본 연구에서 평가한 특정 조건뿐만 아니라 다양한 환경에서 활용 가능성을 높임으로써 지구물질과학의 산업적 활용성 개척에 크게 기여하였다고 판단됨.

논문 4: Impact of organic acids and sulfate on the biogeochemical properties of soil from urban subsurface environments, Journal of Environmental Management (2021.8) (IF 6.798; 환경과학 분야 274종 중 상위 12.4%, Q-value: Q1

- **창의성·혁신성:** 본 연구는 도시화와 인간활동의 영향에 따라 지중환경의 생지구화학적 특성은 자연환경과는 달리 급격히 변화할 수 있음을 가정하고, 이에 따른 도시지하공간 개발에 의해 달라지는 토양의 물리적, 화학적, 생물학적 특성을 밝히기 위한 연구를 진행함. 도심 건설 전 부지의 토양을 깊이에 따라 샘플링 후, 실내배치실험을 진행하여 도심지중환경의 미생물-탄소-철-황의 순환에 대한 개념모델을 복합적인 거동특성을 예측하는 매우 도전적이고 창의적인 연구임. 본 연구를 통해 도심지하공간 개발에 따른 지중생지구화학적 특성변화에 대한 과학적, 기술적 이해도 향상에 기여할 수 있음.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성:** 본 연구성과는 제1 저자의 석사학위 논문의 결과로서 특히 도심지중환경 샘플을 활용하여 탄소, 철, 황의 생지구화학적 순환을 해석하였다는데 큰 의의와 성과가 있으며, 본 사업단 지질환경 분야의 교육과 연구 분야의 목표와 매우 부합됨.
- **전공 분야의 기여:** 다양한 과학적인 기여 중 특히 도심지중환경 발생하는 원소의 생지구화학적 순환에 관한 연구는 국내에서 처음으로 시도됨. 본 연구결과, 유기산과 황산염의 유입과 시멘트에 의한 pH 상승이 지중환경 탄소, 철, 황의 순환에 미치는 영향이 지대함을 밝혔으며 도심지중환경변화 연구 필요성에 대한 핵심 문헌으로 활용될 것으로 기대됨.

## ② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

- 최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 참여대학원생의 **국제학술대회 5건, 국내학술대회 40건**의 실적을 보이고 있으며 이는 코로나로 인한 학술대회 참여의 불리한 여건에도 불구하고 국내외 온라인 학술대회에 적극적으로 참여하여 본 사업단에서 수행한 연구결과의 우수성을 알린 결과임.  
⇒ 코로나19가 장기화와 포스트 코로나 시대를 대비하여 대면 연구가 불가피한 경우 온라인 국제학회 참석 독려를 통해 **국제적 연구수준의 결과를 도출하고자 함.**
- 다음은 참여대학원생의 **국제학술대회 대표실적(제1저자 및 공저자)**의 발표실적의 상세내용임.

| 연번 | 학위과정 | 성명  | 세부전공분야   | 발표형식 | 학술대회 발표실적 상세내용                                                                                                             |
|----|------|-----|----------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 박사과정 | 김재훈 | 구조지질학    | 포스터  | ① 김재훈(주저자)                                                                                                                 |
|    |      |     |          |      | ② Seismogenesis in granite of brittle-ductile transition regime                                                            |
|    |      |     |          |      | ③ AGU Fall Meeting 2020                                                                                                    |
|    |      |     |          |      | ④ 1 (공동저자 중 제출 대학원생 수)                                                                                                     |
|    |      |     |          |      | ⑤ 2020 (Online)                                                                                                            |
| 2  | 석사과정 | 박초원 | 구조지질학    | 포스터  | ① 박초원(주저자)                                                                                                                 |
|    |      |     |          |      | ② Factors controlling the color of fault gouges: an example from the Geumwang Fault, South Korea                           |
|    |      |     |          |      | ③ AGU Fall Meeting 2020                                                                                                    |
|    |      |     |          |      | ④ 2 (공동저자 중 제출 대학원생 수)                                                                                                     |
|    |      |     |          |      | ⑤ 2020 (Online)                                                                                                            |
| 3  | 박사과정 | 장이단 | 환경지구미생물학 | 구두   | ① 장이단(주저자)                                                                                                                 |
|    |      |     |          |      | ② The identification of potential antimony(V)-reducing bacterium in soils collected from the vicinity of antimony refinery |
|    |      |     |          |      | ③ Asia Oceania Geosciences Society                                                                                         |
|    |      |     |          |      | ④ 1 (공동저자 중 제출 대학원생 수)                                                                                                     |
|    |      |     |          |      | ⑤ 2021 (Online)                                                                                                            |

|   |                      |             |                      |    |                                                                                                                                          |
|---|----------------------|-------------|----------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | 석사<br>과정             | 이<br>선<br>휘 | 환경<br>지구<br>미생<br>물학 | 구두 | ① 이선희(공저자)                                                                                                                               |
|   |                      |             |                      |    | ② Geochemical and Microbial Factors Contributing to the Degradation of Total Petroleum Hydrocarbons in Soils from a Closed Military Base |
|   |                      |             |                      |    | ③ Asia Oceania Geosciences Society                                                                                                       |
|   |                      |             |                      |    | ④ 2 (공동저자 중 제출 대학원생 수)                                                                                                                   |
|   |                      |             |                      |    | ⑤ 2021 (Online)                                                                                                                          |
| 5 | 석·<br>박사<br>통합<br>과정 | 박<br>강<br>현 | 환경<br>지구<br>미생<br>물학 | 구두 | ① 박강현(공저자)                                                                                                                               |
|   |                      |             |                      |    | ② Changes in Microbial Community Structure and Functional Diversity Along the Subsurface Zonation by Geochemical Properties              |
|   |                      |             |                      |    | ③ Asia Oceania Geosciences Society                                                                                                       |
|   |                      |             |                      |    | ④ 2 (공동저자 중 제출 대학원생 수)                                                                                                                   |
|   |                      |             |                      |    | ⑤ 2021 (Online)                                                                                                                          |

- 다음은 참여대학원생의 **국제학술대회 대표실적(제1저자)**의 우수성을 기술함.

#### 발표1. Seismogenesis in granite of brittle-ductile transition regime (김재훈)

- **창의성과 혁신성:** 취성-연성 변형 전이대는 지각의 변형이 취성 변형 영역에서 연성 변형 영역으로 전이되는 지역으로 대륙지각에서 발생하는 대부분의 진원지가 분포하고 있음. 실험을 통하여 취성-연성 전이대의 역학적 거동이나 미구조 진화과정에 대해서는 많은 부분이 밝혀졌으나 자연상태에서 발달한 전단대의 연구는 부족하여 아직 완벽하게 이해되지 않음. 이 연구는 취성-연성 전이대에서 발달한 전단대의 발달 초기의 모습을 밝혀 실험을 통해 밝혀진 내용과의 연결고리가 될 수 있을 것으로 판단됨.
- **교육연구단의 비전 및 목표와의 부합성:** 박사과정 대학원생인 제1 저자는 본인의 지질 조사와 분석으로 국제학술대회에 참석하여 포스터 발표를 수행하여 연구의 국제적 안목을 키움. 국제학술대회에서 연구 분야의 최신 동향을 접하고 해외 연구자들과 교류함으로써 글로벌 수준의 전문가를 양성하는 본 교육연구단의 목표와 부합함.
- **해당 전공 분야의 과학적 기여:** 취성-연성 변형 전이대에서 발달한 전단대의 진화양상을 파악하여 취성-연성 변형 전이대에서 발생하는 지진성 슬립과의 연관성을 제시함. 지진성 슬립 후 비지진성 슬립기간동안 전단대가 유체와의 상호작용을 통해 어떠한 작용이 진화에 영향을 미칠 수 있는지를 밝힘.

#### 발표 2. Factors controlling the color of fault gouges: an example from the Geumwang Fault, South Korea (박초원, 김재훈)

- **창의성과 혁신성:** 단층대의 주 슬립대를 따라 대부분의 슬립이 발생하기 때문에 주 슬립대를 구성하고 있는 물질에 관한 연구는 과거 단층의 미끌림 특성을 판단하기 위해 필수적임. 그러나 자연의 단층대에서 관찰되는 주 미끌림대는 대부분 수 cm 이하의 매우 좁은 폭을 가지며  $\mu\text{m}$  크기의 점토광물로 이루어져 있기 때문에 분석이 어려움. 이를 주사 투과 전자 현미경과 전제 에너지 소실 분광광도계 등 새로운 관찰방법론의 접근으로 극복함.
- **교육연구단의 비전 및 목표와의 부합성:** 석사과정 대학원생인 제1 저자는 야외 지질 조사와 분석을 통해 해석한 연구 결과로 국제학술대회에 참석하여 포스터 발표를 수행함. 이를 통해 해외 연구자들과 피드백을 주고받음으로써 글로벌 역량을 키울 수 있는 계기가 되었음. 또한, 본인 연구 분야 최근 연구 사례를 접하며 국제적인 연구 트렌드를 익힐 수 있는 기회를 제공함. 이는 글로벌 수준의 전문가를 양성하고자 하는 본 교육연구단의 목표와 부합함.

- **해당 전공 분야의 과학적 기여:** 결정질암에 발달한 단층대의 단층핵은 일반적으로 주변 모암과의 강도 차이가 크기 때문에 두께가 좁다고 알려져 있으나, 단층비지의 강도가 고결강화, 압축강화, 그리고 팽창강화작용에 의해 크게 강화되는 경우 단층비지의 두께가 증가할 수 있음. 결정질암에 발달한 금왕단층의 주 슬립대 관찰을 통해 주요 동적 약화작용 중 하나인 열 가압이 지진성 슬립 시 유동화를 야기하여 단층비지의 구조를 파괴함으로써 단층비지를 강화할 수 있다는 새로운 강화 작용을 제안함.

**발표 3. The identification of potential antimony(V)-reducing bacterium in soils collected from the vicinity of antimony refinery (장이단)**

- **창의성과 혁신성:** 본 연구는 오염토양에서 안티몬을 환원시키는 미생물을 분리하여 지중환경 내 최근 관심의 대상이 되고 있는 안티모니(Sb) 생물학적 환원 기작을 규명하는 연구임. 기존에 잘 알려지지 않은 신규한 지중환경 미생물의 동정과 환원과정에서 생성되는 침전광물의 분석을 병행하는 연구로써 지중환경의 복잡성에 도전하는 창의적인 연구임.
- **교육연구단의 비전 및 목표와의 부합성:** 박사과정 두 번째 학기 대학원생인 제1 저자는 본인의 오염토양 내 안티몬과 미생물의 반응을 모사한 실내배치실험을 통해 생산한 결과를 통해 생애 첫 국제학술대회에 참석하여 구두 발표를 수행하여 연구의 국제적 안목을 키우는 계기가 되었음. 발표자가 국제학술대회 참석으로 본인 연구 분야 최신 연구 사례를 접하고 해외 연구자들과 활발히 교류할 기회를 제공하여 글로벌 수준의 전문가를 양성하는 본 교육연구단의 목표와 부합함.
- **해당 전공 분야의 과학적 기여:** 기존 연구에서 주로 안티몬을 산화시키는 미생물에 초점이 맞추어졌으나 본 연구에서는 지중환경에서 흔한 환원환경을 대상으로 안티몬의 미생물학적 환원을 연구한 결과로써, 신규오염물질인 안티몬의 지중환경 내 거동의 과학적 이해에 이바지함.

### ③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- 최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 참여대학원생의 **국내특허등록 1건, 출원 2건**의 실적을 보이고 있음. 기초학문의 특성상 지적재산권 등록이 활발히 이루어지고 있지 않으나, 기초연구를 바탕으로 관련 산업발전에 핵심이 될 수 있는 기술로 이어지도록 노력한 결과로 평가됨.
- 다음은 참여대학원생의 **특허(주발명자 및 공동발명자)** 실적의 상세내용임.

| 연번 | 학위과정     | 성명  | 실적구분 | 특허, 기술이전, 창업 등 실적 상세내용                        |
|----|----------|-----|------|-----------------------------------------------|
| 1  | 석·박사통합과정 | 나선원 | 특허등록 | ① 이순재, 조호영, 이영재, 김봉주, 구자영, 이선용, 나선원, 장봉수, 곽은지 |
|    |          |     |      | ② 세라믹 분리막 및 이의 제조 방법                          |
|    |          |     |      | ③ 대한민국                                        |
|    | 박사과정     | 곽은지 |      | ④ 10-2159552-0000                             |
|    |          |     |      | ⑤ 2020.09                                     |
| 2  | 석·박사통합과정 | 나선원 | 특허출원 | ① 이선용, 이영재, 조호영, 이순재, 김재현, 장봉수, 나선원           |
|    |          |     |      | ② 중금속 흡착을 위한 표면 개질된 기능성 세라믹 필터 및 이의 제조방법      |
|    |          |     |      | ③ 대한민국                                        |
|    |          |     |      | ④ 10-2020-0180412                             |
|    |          |     |      | ⑤ 2020.12                                     |

|   |          |             |          |                                               |
|---|----------|-------------|----------|-----------------------------------------------|
| 3 | 박사<br>과정 | 곽<br>은<br>지 | 특허<br>출원 | ① 이순재, 이영재, 김재현, 김봉주, 장봉수, 곽은지, 구자영, 김민경, 곽호연 |
|   |          |             |          | ② 지하수의 흐름제어 및 오염 확산방지 시스템                     |
|   | 석사<br>과정 | 김<br>민<br>경 |          | ③ 대한민국                                        |
|   |          | 곽<br>호<br>연 |          | ④ 10-2020-0186746                             |
|   |          |             |          | ⑤ 2020.12                                     |

#### <2번 발명의 우수성> - 중금속 흡착을 위한 표면 개질된 기능성 세라믹 필터 및 이의 제조방법

- 본 발명 특허는 오염된 하폐수의 여과를 위해 이용되는 천연 광물로 제조한 세라믹 필터의 표면 개질을 통해 제거 기능이 추가된 세라믹 필터 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 구체적으로는 세라믹 필터 표면에 고반응성 마그네슘알루미늄-이중층산화물(MgAl-LDO)과 마그네슘산화물(MgO)의 복합체(MgAl-LDO/MgO)를 안정적으로 코팅함으로써 오염수로부터 양이온뿐만 아니라 비소와 같은 음이온성 중금속을 효과적으로 흡착 제거할 수 있는 방법을 제공하는 것임.
- 최근 인구 증가 및 산업의 발달로 인한 수질 환경 내 중금속 오염의 심각성이 증감됨에 따라 효과적인 폐수처리기술 개발이 요구되고 있다. 이러한 수처리 방법들 중 세라믹 필터와 같은 막분리 기술은 화학적 처리 기술에 비해 폐수의 화학성에 대한 영향이 적으며, 화학약품 사용을 최소화하여 슬러지 발생을 줄일 수 있고, 높은 수율로 처리수를 회수 및 재이용하여 폐수 오염원의 부하를 줄일 수 있음. 또한, 간편한 설치, 운전 자동화, 뛰어난 내구성으로 인해 재사용 및 장기운전이 가능하여 처리비용을 크게 절감할 수 있는 장점이 있음. 그러나 이러한 장점에도 불구하고, 부족한 표면 반응성과 물리적 여과에 의존하는 주된 오염물질 제거 기작으로 인해 세라믹 필터를 이용한 고농도 중금속 오염 폐수의 처리효율은 높지 않으며 성능 유지를 위해서는 필터 교체주기가 짧아지는 단점이 있음.
- 본 발명에 따라 세라믹 필터는 마그네슘알루미늄-이중층산화물(MgAl-LDO)과 마그네슘산화물(MgO)로 구성된 복합체를 포함하여 음이온성 중금속과 양이온성 중금속의 흡착능이 동시에 향상되고, 미세공극 구조 형성 및 비표면적이 증가하여 중금속 흡착 및 촉매 반응에 유리함. 또한, 본 발명에 따른 세라믹 필터는 용해도가 낮고 안정한 마그네슘 알루미늄-이중층산화물을 포함함으로써 마그네슘 용출 및 코팅물질의 물리화화적인 박리현상은 감소하고, 층간 음이온 교환반응이 기작이 새로 추가되어 음이온성 중금속의 흡탈착 효율이 증가하는 장점이 있음.
- 본 연구업적은 지중환경 개선을 위해 지중환경 오염물질의 하나인 산업폐수 처리 방법에 대한 실증적이고 실용적인 기술개발을 통해 ‘교육과 연구의 선순환 패러다임 혁신’이라는 교육연구단의 교육 목표와 ‘창의적 문제 해결형 연구 경쟁력 강화’라는 연구목표를 동시에 달성하였다고 판단됨.
- 상기 특허 등록에 이바지한 나선원 학생은 세라믹 물질의 수처리 활용 관련 SCI 논문을 등재하였으며, 폐수물분진, 고준위폐기물처분 완충재 등 지구물질과학의 활용 연구를 수행하고 있음.

#### <3번 발명의 우수성> - 지하수의 흐름제어 및 오염 확산방지 시스템

- 본 발명 특허는 본 발명은 지하수의 흐름제어 및 오염 확산방지 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 양수정과 주입정의 개수, 유량, 설치 위치 중 적어도 하나를 제어하여 시스템 가동 시 양수정과 주입정 사이에 다양한 수리적 경계를 형성함으로써, 오염된 지하수의 흐름을 원하는 방향으로 제어하여 지하수에 포함된 오염물질을 효과적으로 처리할 수 있는 동시에 양수정 주변의 오염된 지하수가 주입정 측으로 확산되는 것이 방지되는 지하수의 흐름제어 및 오염 확산방지 시스템

에 관한 것임. 이 발명에서 **오염된 지하수의 확산방지를 위한 벽체 시설과, 지하수의 흐름을 벽체 시설로 유도하고 양수하고 다시 지하수계로 침투시키는 지하수 흐름제어 기술**을 제안하였음.

- 이 기술을 통해 양수정과 주입정 사이에는 수리적 경계를 생성하고, 이에 의해 양수정 주변의 지하수에 포함된 오염물질이 주입정 측으로 확산하는 것을 방지할 수 있음. 또한 양수정과 주입정의 효율적 배열을 조절함으로써, 관정형 반응벽체 시공 비용을 절감할 수 있음. 또한 지중환경 내 관정의 시공 시 공벽 붕괴를 예방할 수 있는 최소 간격을 확보한 배치를 통해 안정적 지중환경 시설 배치를 설계할 수 있다. 이러한 특징으로 인해 장기적으로 오염정화가 수행되어야 하는 곳이나, 도심지 등 정화설비의 지표 노출이 꺼려지는 경우 선택할 수 있는 지하수 정화 기술 적용 시 효율적이고 안정적인 시설의 설계에 활용될 수 있음.
- 본 연구업적은 **지중환경 개선을 위한 실증적이고 실용적인 기술 개발** 결과로써 교육연구단에서 수립한 ‘**교육과 연구의 선순환 패러다임 혁신**’이라는 교육연구단의 **교육 목표**와 함께 ‘**창의적 문제 해결형 연구 경쟁력 강화**’라는 **연구목표**를 동시에 달성하였다고 자평함. 특히 도심에 위치하는 군부대 지하수 오염지역 등의 현장 진입이 불가한 경계에서 지하수의 확산 차단을 수행해야 하는 경우 적용 가능하며, 관련 기관 및 토양 지하수 정화 업체의 정화 기법 설계 시 검토 가능한 기술로서 이바지할 수 있을 것으로 기대됨.

#### ④ 대학원생 연구 수월성 증진계획

- 고려대학교 대학원은 세계적 연구중심대학에서 운영 중인 TA·RA 제도를 벤치마킹하여 대학원생이 연구와 강의 활동에 적극적으로 참여하는 개념의 Graduate Teaching Affiliate (GTA), Instructor-G 제도 등을 도입할 예정임.
- 본 교육연구단은 소속 대학원생들이 글로벌 수준의 연구성과를 도출할 수 있도록 다음과 같은 행정, 교육, 연구, 및 국제화 신규 지원을 개발하여 연구 자율성 향상과 연구 몰입도를 높이하고자 함.

##### <세계적 수준 연구성과 도출을 위한 지원>

##### - 연구역량 강화 지원

- **기본 연구역량 강화:** 대학원생들의 논문작성 능력향상을 위해 영어 논문작성법, 국제학술지 투고 전략, 연구를 위한 국내·외 학술 정보탐색, 논문검색, 전공별 논문작성법, 학술정보지원(EndNote, RefWorks, JCR, Scival 등) 교육을 시행함.
- 새로운 교육과 연구방법론에 대한 대학원생들의 수요에 대응하여 교육 방법론 비교과 과정을 개발하고 인공지능과 정보처리 기술 발전에 따른 빅데이터 활용 방법론과 글로벌 연구혁신 패러다임에 대응한 최신 연구방법론 등을 발굴하고 확대 교육할 예정임.
- **공동교수 지도제 도입:** 관심 분야에 관한 연구 주제선정의 자율성을 강화할 수 있도록 기본적으로 1인의 지도교수를 위촉하고, 타 분야나 학과 교원도 지도교수로 위촉할 수 있도록 하여 학문 간 융합과 주전공과 부전공분야의 폭넓은 학문 소양을 배양하도록 함.
- 대학원생들이 연구에 몰입할 수 있는 연구환경문화 개선으로 연구주제 선정의 자율성과 연구시간 확보 등 대학원생들이 도전적이고 창의적인 연구를 수행할 수 있도록 학생 중심의 수평적 문화 조성 and 개방적이고 협력적인 연구환경의 선순환 체계를 마련함.

#### - 연구의 국제화 지원 강화

- **국내외 네트워킹 강화:** 국내외 산업계와 기술교류회 등을 실시하여 산업계와의 네트워킹의 장을 마련하고, 해외 교환 방문 프로그램, 세계 우수 대학과 대학원생 교환프로그램, 박사학위 취득자 해외연수 프로그램 등을 확대하여 추진할 예정임.
- **국제 공동연구 추진:** 국내에서 수행하기 어려운 실험과 연구를 해외 교류 대학이나 연구소에서 진행하는 것을 적극적으로 지원하고 있으며, 해외 연구 동향 정보를 파악하여 앞으로의 연구 진행과 논문 집필에 활용할 수 있도록 하고자 함.
- 학위과정 중 해외 우수연구실에 단-중기 파견하여 공동연구를 수행하면서 구축한 해외 중견연구인력, 신진연구인력, 대학원생 등과 장기적 안목에서 인적 네트워크를 유지하여 향후 관련 분야에서 중추적인 역할을 할 수 있도록 함.
- 지구환경과학 연구 분야의 특성상 기존 국내의 지질과 환경영역을 뛰어넘어 해외에서 해당 연구 분야의 대표적 연구지역을 선정하여 현재 대학이나 연구소와 공동연구를 진행하도록 교류와 협약을 추진하고 있음.
- 세계적 학술지 편집자 등을 초청하여 최고 수준의 연구논문 멘토링 프로그램 운영을 추진하여 본교 대학원에서 추진하는 Nature지 게재를 위한 1:1 멘토링을 받을 수 있는 네이처 라운드 테이블(2020년 10월 예정)에 참가하고 비슷한 프로그램을 확대할 계획임.
- 해외 유명 석학을 초빙하거나 국내외 워크숍에 참여한 유명 석학들의 강연에 대학원생들을 참여시켜 최신 연구 동향을 습득하게 하여 연구의 국제적 안목을 확보하도록 하며 동시에 해외 공동연구 등의 인적 네트워크 구축에도 활용하려 함.
- **해외 저명학술회의와 워크숍 논문 발표 지원:** 대학원생의 연구 안목을 넓히고 국제적 연구 분위기를 조성하기 위하여 국제학술회의 참석을 적극적으로 지원하고 있음.

#### <교육연구단 우수 대학원생 장학금과 학술 활동 지원>

- 우수 대학원 신입생 Admission Offer Package 지원: 대학원과 교육연구단이 대학원 과정 동안 지원할 금전적(성적 장학금, 교육 조교, 연구조교 급여 등) 및 비금전적 혜택을 대학원 입학 시 제시하여 우수 대학원생 확보를 강화할 예정임.
- **조교 재정지원:** 교육연구단 대학원생의 연구몰입도 제고를 위하여 조교장학금(수업 조교(학기당 8~10명, 수업료 50~75% 지원), 연구조교(학기당 전임교원 1인당 1명, 수업료 75~100% 지원), 연구장학금(우수 장학금 등), 행정장학금(행정조교 등)을 활용하고자 함.
- **학생인건비 교육연구단 통합관리제도 운용:** 연구책임자가 개별 관리하던 학생인건비를 교육연구단 단위로 통합 관리하여 대학원생의 재정적 안정화는 물론 교육연구단 내 학문 분야 간 대학원생의 융합 연구 활성화를 촉발할 계획임.
- 본 교육연구단은 최근 5년간 전임교원 1인당 연평균 약 4.5억 원의 연구비를 수주하여 연간 대학원생 약 20명 이상의 학비와 인건비를 운영하고 확보하고 있어 앞으로 학생인건비 통합관리제도로 더 많은 우수 대학원생을 유치하고 지원할 계획임.
- **국제화 Fellowship 확대:** 대학원 재학 중 외국 대학 정규학기 국제복수 및 공동학위 과정 수학 시 또는 중단기 해외프로그램 참여, 국제적 학술 행사 참여시 대학 본부 차원의 국제화 Fellowship을 신규 지원할 계획임.

- 우수 외국인 대학원생 장학금을 확대하여 우수 장학금(수업료+입학금 100%), 자연계(수업료 75%), 협정 교류(수업료+입학금 100%), 정부 초청(수업료+입학금 100%) 등을 지원할 예정임.
- **우수학생 포상제 확대**: 본교 대학원 차원에서 대학원생들의 연구 동기를 높이고 성취 의욕을 고취하기 위한 대학원 차원의 우수 연구성과 포상제, 우수논문 포상제, KU Graduate Student Achievement Award 등과 같은 시상프로그램을 확대 운영할 계획임.

#### <영어 논문작성 지도 및 지원 강화>

- 본 교육연구단에서 2013~2019년에 제출한 학위논문의 91% (총 68건 중 62건)가 영어로 작성되었으며, 특히 2015년 이후 제출한 모든 학위논문은 100% 영어로 작성하여 향후 국제저명학술지 논문게재가 쉽도록 지도하고 있음.
- 매 학기 개설되는 ‘대학원 세미나’ 과목에서 영어 논문작성법, 연구윤리교육, 국내 학술대회와 해외 학술대회 논문 구두 발표법과 포스터 발표법 등에 대하여 세부 전공 분야에 따라 교육연구단 전임교원이 팀티칭으로 지도하고 있음.
- 매 기초공통과목 강의에서 영어 텀페이퍼(term paper) 작성을 권장하여 석사과정 1~2학기 학생들은 강의와 연계된 내용을, 석사과정 3~4학기 학생들은 논문작성의 틀에서 텀페이퍼를 작성하여 국제학술지 게재로 연계되도록 함.
- 박사과정은 국제저명학술지 게재를 가정하여 영어 텀페이퍼 작성을 기본으로 하며 초안 작성 후 논문의 전개, 표현방법, 논지의 오류 등 세부사항은 강의담당 교수와 지도교수가 1:1 지도로 보완하여 실질적으로 국제학술지 논문 투고와 연계시키고자 함.
- 본교 대학원 차원에서 제공되는 **대학원생 논문 Clinic** 제도와 본교 차원에서 대학원생이 해외 저명학술지에 논문을 투고할 경우 투고 이전 영어권 원어민이 영어 논문 교정을 도와주는 프로그램을 적극적으로 활용하여 우수성과 창출을 도모하고자 함.

## 4. 신진연구인력 현황 및 실적

### 4.1 신진연구인력 현황 및 실적

- 4단계 BK21사업에서 본 교육연구단 사업비 규모의 한계로 학기 평균 2인의 신진인력 지원하였음.
- 본 교육연구단 소속 신진연구인력은 고려대학교 총장이 발령하는 연구 교원(연구교수) 신분으로 임명하여 보험 혜택 등을 부여하고 연구에 몰입할 수 있도록 모든 행정업무에서 배제하여 **지난 6개월 간(2020.9~2020.12) BK 신진연구인력이 SCI급 논문 3편을 산출**하였음.
- ① 서지은 박사(2020년 9월 1일 ~ 2021년 8월 31일)
  - 현재 한국연구재단의 창의도전과제 책임연구자로 연구를 수행하고 있음.
  - 수행 과제와 관련된 연구결과를 국제우수학술지(American Mineralogist/ Lithos)에 2편 게재하였으며, American Mineralogist에 게재한 논문은 국제 공동 연구결과임.
  - 논문 작성 등 학술 활동뿐 아니라 대학원생들의 현장 실습, 연구 방향 제시, 결과 해석 등 대학원생 지도 및 교육을 위해서도 많은 기여를 하였음.
  - 2020년 9월에 고려대학교 지구환경과학과에 연구교수로 임용되어 본 사업단과 소속 학과에서 연구와 강의(학기 당 6시수)를 맡고 있음.
  - 본 지구환경과학교육연구단의 첨단기기실의 장비 구축을 위해 사전 조사를 담당하였음.
  - 고려대학교 4단계 BK21 RC 협의회 대표로 각 교육연구단 간의 연구 관련 교류 활동을 수행하고 있으며, 고려대학교 연구기획처 RC로서 학교 차원의 프로젝트 기획을 지원하고, R&D 기획에 있어 분야 간 연결고리 및 거점 역할을 하는 등 연구과제 기획에 적극적으로 참여하고 있음.

## ② 김재현 박사(2020년 9월 1일 ~ 2021년 8월 31일)

- 환경지질학연구실(지도교수: 이순재)이 수행하는 과제에 참여하여 그 결과를 국제우수학술지 (Environmental Science and Pollution Research)에 게재하였음.
- 논문 작성 등 학술 활동뿐 아니라 대학원생들의 현장 실습, 연구 방향 제시, 결과 해석 등 대학원생 지도하는데 기여를 하였음.

### 4.2 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

- **우수 신진연구인력 확보**를 위해 당초 계획대로 학과 홈페이지, 국내외 academic job site 등으로 본 교육연구단의 우수성을 홍보하여 정기 채용 공고 후 새로 신진연구인력을 확보하였음.
- **새로운 전문 직군 양성**을 기획한 당초 계획서 내용에 따라, 학제 간 협력 강화를 위하여 2020년 2월 교육연구단 소속 연구교수(Research Coordinator)가 중심이 되는 ‘BK21 RC 협의체’를 창립하였으며, 이 협의회의 초대회장을 본 지구환경교육연구단의 연구교수가 중심이 되어 교내뿐만 아니라 국내 교육연구단 간 협력체계를 강화해 나가는 활동을 하고 있음.
- **신진연구인력 안정적 강의기회 확대**를 위해 고려대학교는 지난 3년간 학문 후속세대를 비전임 교원으로 채용하여 강의 기회를 확대하였으며, 본 지구환경과학교육연구단의 비전임 연구교원의 강의 비중을 확대하였음.
- 또한, 이를 위하여 고려대학교 본부 차원의 「강사 인사규정」 제·개정, 우대선발 강좌 비중확대, 이공계 실습 조교인 Teaching Fellow의 강사전환 등을 통해 학문 후속세대에 대한 강의기회 확대 제공을 하기 위한 노력을 본 지구환경과학교육연구단 참여교수를 중심으로 추진하고 있음.
- **신진연구자 기본연구역량 강화**하기 위해 영어 논문작성법, 국제학술지 투고 전략, 연구를 위한 국내·외 학술 정보탐색, 논문검색, 전공별 논문작성법, 학술정보지원강화(EndNote, RefWorks, JCR, Scival 등)에 대한 교육을 제공하고 있음.
- **선도 연구지원을 위한 최신 연구 기자재 확보 및 사용기회 확대**: 학문 후속세대 지원과 우수 연구인력 양성을 위해 연구 교원(박사후연구원 포함)의 경우 메디힐 지구환경관 첨단 분석 기기센터의 첨단 기기를 우선하여 사용할 기회를 제공할 예정으로 현재 고가 분석장비들을 구축 중임.
- **연구 네트워킹역량 강화**: 신진연구인력의 세계적 연구성과 도출을 위해 국제수준의 Global Professorship Program, 해외 정규 교환 방문 프로그램, 박사학위 취득자 해외연수 프로그램 등의 운영을 계획하였으나, 코로나 발생으로 지연되고 있음.

### 4.3 향후 추진 및 확대 계획

- **신진연구인력 논문작성지원확대**: 고려대학교 차원에서 신진연구인력의 우수연구성과 도출을 위해 ‘신진연구인력 국제학술지 논문 교정지원 사업’, ‘신진연구인력 전문학술지 논문게재장려 지원사업’을 도입하여 운영할 계획임.
- **산업계 네트워킹** 기반으로 KU-크림슨 기업 등과 기술교류회 등을 실시하여 산업계와의 네트워킹의 장을 마련하고, 학제 간 융합 연구를 위해 신진연구인력에게는 학제간연구회 지원사업을 통해 지원하고 있음.
- **최신 연구방법론 교육프로그램 확대**: 고려대학교는 인공지능 정보처리 기술 발전에 따른 빅데이터 활용 방법론 및 글로벌 연구혁신 패러다임에 대응한 리빙랩 설계 등 최신 연구방법론 강의를 신진연구인력을 위하여 개설하고 확대할 예정임.

- 강의 평가 환류 체계를 강화하여 강의 평가결과가 우수한 비전임 박사학위자에 대해 인센티브를 제공하고 지속적인 강의기회를 제공하는 기반을 마련할 예정임.
- 학문 후속세대의 교수 역량 향상 지원을 위하여 비전임 박사학위자가 전문적인 교수법을 익히고 올바른 교수자로 성장할 수 있도록 지원하는 비교과 프로그램을 개설하여 제공할 예정임.
- 또한, 연구자 관점의 비전임 교원 인사관리 행정, 박사후연구원 관리, 연구공간 및 장비 활용의 제도를 강화하여 ‘Research Fellow’ 제도 기반을 마련하여 미래 전문가 양성에 일조할 예정임.
- **연구 자율성 강화 지원:** 신진연구자들이 연구에 몰입할 수 있도록 연구환경문화 개선으로 선순환 체계를 마련하여 도전적이고 창의적인 연구를 수행할 수 있는 수평적 문화 조성과 개방적이고 협력적인 연구환경 조성하여 미래 연구자로 성장할 수 있도록 유도함.

## 5. 참여교수의 교육역량 대표실적

- 다음은 참여교수의 교육역량 대표실적 3건에 대한 상세 내용임.

| 연번                   | 참여교수명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 연구자등록번호 | 세부전공분야 | 대학원 교육관련 대표실적물 | DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등 |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|----------------|---------------------|
| 참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |        |                |                     |
| 1                    | 이미혜                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |        | 신규과목개설         |                     |
|                      | <b>신규과목명:</b> 대기자료분석 (Atmospheric Data Analysis) (EES628) (3학점 영강)<br><b>개설시기:</b> 2017년 9월 ~ 현재<br><b>우수성:</b> 대기의 물리특성(예: 기상 기후 인자)와 화학조성(오존 미세먼지 오염물질 등)의 측정, 모델, 위성 자료를 분석하는 통계 방법, 모델링 기법, 자료 표출 방법을 배우고 익힘. 대기환경을 포함하여 지구환경과학에서는 다양한 시간과 공간 규모에서 연속 또는 비연속적으로 다양한 자료가 수치와 그림으로 생산됨. 이와 같은 빅데이터의 생산 수집 분석 활용이 이제는 연구에 필요한 핵심 능력이 되어 필요성이 더욱 커지고 있음. 따라서 이러한 시대적인 요구에 부응하여 대학원생들이 직접 연구에 적용할 수 있는 ICT 기반 기술을 배우도록 실용적인 수업을 개설함. R을 익히고 이를 기반으로 다양한 통계 처리방법과 자료의 표출 방법을 배우며, Artificial Intelligent의 기반인 인공신경망 모델의 기초를 배운 후 이를 각자 산출한 자료에 적용하여 결과를 산출하고 이를 해석함.                                                            |         |        |                |                     |
| 2                    | 권만재                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |        | 신규과목개설         |                     |
|                      | <b>신규과목명:</b> 지중생지구화학 (Subsurface Biogeochemistry) (EES525) (3학점 영강)<br><b>개설시기:</b> 2018년 3월~ 현재<br><b>우수성:</b> 본 신규과목은 지구환경 특히 천부지권환경에서 발생할 수 있는 다양한 생지구화학적 현상을 이해하고 평가하는 방법에 대한 교육적 수요에 부합하고자 신규임용 참여교수의 전공분야에 맞추어 개설되었음, 대학원생들에게 ‘지중환경에 존재하는 금속, 방사성핵종, 유기오염물질의 변환과 이동성을 조절하는 다양한 생지구화학적 작용에 대해 이해’ 할 수 있는 학문적 소양을 증진시키고자 2012년 출판된 1권의 주교재(Processes in Microbial Ecology, by David L. Kirchman)와 기타 2권의 부교재를 활용하여 대학원생들에게 최신업데이트된 이론과 함께 최신의 연구동향을 소개함. 본 강의의 구성은 참여교수의 강의, 1 page critics, 작성, critical questions, 2010년 이후 최근 출판된 생지구화학관련 최신연구논문 발표 등으로 다양하게 구성하여 본 교육연구단의 교육목표인 ‘지구환경 literacy 소양배양’에 크게 기여하였다고 판단됨. |         |        |                |                     |
| 3                    | 권만재                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |        | 신규과목개설         |                     |
|                      | <b>신규과목명:</b> 지구미생물학특론및실험 (Advanced Geomicrobiology and Laboratory) (EES724) (3학점 영강)<br><b>개설시기:</b> 2019년 9월~ 현재<br><b>우수성:</b> 본 신규과목은 대학원생들에게 ‘지질학적, 지화학적 현상에 있어 지구미생물의 역할을 이해하기 위한 최신 이론과 분석기법에 대해 학습하고, 실제 야외조사 및 실내실험을 통해 생광물화, 생물학적풍화, 생물학적 환경오염정화작용 등을 평가’ 하는 능력을 배양하기 위해 개설하였음. 본 과목은 2019년 출판된 Analytical Geomicrobiology                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |        |                |                     |

주교재를 활용한 참여교수의 강의와 함께 대학원생들의 one page critics 작성, 매 수업마다 critical questions, 최신연구논문 발표로 구성되며, 특히 학기 초반 대학원생 각자의 연구주제에 맞는 대상환경을 선정하고 미생물의 역할에 대해 실제로 탐구하였음. 아울러 지질기원 CO2 발생 및 지표수-지하수 반응을 관찰할 수 있는 공동야외조사 및 현장측정, 관련 미생물을 분리하기 위한 실내 실험과 함께 획득된 결과를 바탕으로 term-paper 작성이 이루어져 대학원생들의 강의에 대한 만족도가 높았으며 부가적으로 연구역량 강화에도 기여하였다고 판단됨.

## 6. 교육의 국제화 전략

### ① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

#### ● 최근 1년간 외국 연구소 및 대학과의 주요 인적 교류 현황

##### 1. 교육연수 사업명: 르완다 국립대학교 건립사업 (University of Rwanda Infrastructure Development Project)

- 본 사업은 개발도상국의 산업 및 발전을 위해 대한민국 수출입은행(EDCF)이 지원하는 ODA 차관 사업임. 르완다 내 7개의 국공립대학 통합정책(One University)에 따라 2013년 르완다 국립대학교 출범하였고, 해당 대학의 인프라 구축 및 교육 훈련을 통해 고등교육 수준의 향상과 교육 수혜자를 확대하기 위한 사업임.
- 실무자 교육 연수 프로그램 중 Mining and geology equipment training은 고려대학교 지구환경과 학과에서 3일 동안 진행함. 실무자 교육연수 프로그램은 르완다 대학교의 요청에 따라 현재 석사 과정 대학원생 5인을 연수 대상으로 대체 선발하여 진행함.
- 연수 참석학생(5명): Juliette confiance KABATESI / Nawally UMUTONIWASE / Francois HATEGEKIMANA / Lydie UWIBAMBE / Joseph IRANZI

##### - 프로그램 일정

| 일자                            | 시간                                                          | 내용                                                                                                                                                                                                                                            | 강사                                                  |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Aug 31 <sup>st</sup><br>(Tue) | 08:30<br>09:30<br>11:30<br>12:30<br>13:30<br>16:30<br>18:00 | Move to Korea Univ.<br>P/ How to use Clino-meter<br>P/ Practice<br>Lunch<br>P/ Practice<br>G1/ Observation of minerals and rocks<br>Dinner                                                                                                    | KIM, Hyeong Soo<br>Park, Byung-Jun<br>Lee, Jung-Min |
| Sep 1 <sup>st</sup><br>(Wed)  | 08:30<br>09:30<br>12:30<br>13:30<br>18:00                   | Move to Korea Univ.<br>CP/ How to make thin section by Cutter and Polisher<br>Lunch<br>CP/ Practice of making thin section<br>Dinner                                                                                                          | KIM, Hyeong Soo<br>Park, Byung-Jun<br>Lee, Jung-Min |
| Sep 2 <sup>nd</sup><br>(Thu)  | 08:30<br>09:30<br>11:30<br>12:30<br>13:30<br>17:00<br>18:00 | Move to Korea Univ<br>M/ Understanding of polarized microscope<br>M/ Practice: Identification of mineral using microscope 1<br>Lunch<br>M/ Practice: Identification of mineral using microscope 2<br>Action plan 03. Review and QnA<br>Dinner | KIM, Hyeong Soo<br>Park, Byung-Jun<br>Lee, Jung-Min |

- 활동사진



2. 고려대-ITB (Institut Teknologi Bandung; 반둥 과기대) 공동 원격 세미나

- 고려대-ITB (Institut Teknologi Bandung; 반둥 과기대) 공동 원격 세미나
- 고려대와 ITB의 지진학 관련 합동 Zoom 세미나를 2021년 8월 5일 개최
- 각 기관 전반적인 연구의 방향에 대해 토의하고 대학원생 각자의 연구를 발표하는 기회를 가짐.
- 프로그램 관련 email 회신

Dear Seongryong,

Thank you for the list of the presenter from KU. Prof. Nugraha from ITB could only give the presentation early in the morning. So how about if we proceed as follows. We need to have two breaks to facilitate both lunch time.

# Note - all time in UTC+7 (Jakarta Time)

07:30 - 07:35 : Opening  
 07:35 - 08:05 : Prof. Andri D. Nugraha [Overview of aftershock monitoring of 2018 Lombok earthquake]  
 08:05 - 08:35 : Prof. Sang-Jun Lee [Upper crustal shear wave velocity and radial anisotropy models from ambient noise tomography]  
 08:35 - 08:45 : Dr. Seongryong Kim [Overview of research in KU]  
 08:45 - 08:55 : Dr. David P. Sahara [Overview of research in ITB]  
 08:55 - 09:00 : photo-session  
 09:00 - 09:15 : Jongwon Han [Machine Learning in Seismology and Application on Gyeongju Earthquake] [PhD-1]  
 09:15 - 09:30 : Martanto [Auto Classification of Volcano-Tectonic (VT) Earthquake Using Machine Learning Case Study of Agung Volcano Unrest 2017] [M-2]  
 09:30 - 09:45 : Yoonjoo Im [Lithospheric structures around the Mt. Baekdu (Changbaishan) volcano by Bayesian joint inversion of receiver functions and surface wave dispersions] [M-3]  
 09:45 - 10:00 : Aria W. Baskara [Seismotectonic of the 2019 Mw 6.5 Ambon earthquake and its aftershocks based on moment tensor inversion] [M-2]  
 10:00 - 11:00 : Break [lunch time Korea]  
 11:00 - 11:15 : Young-Jun Jeon [Estimating subsurface S-wave structures from transdimensional and hierarchical Bayesian inversion with f-k analysis using geophone microarray] [PhD-1]  
 11:15 - 11:30 : Faiz Muttaqi [Seismic structure imaging and anisotropy using tomography in southern of Java] [PhD-3]  
 11:30 - 11:45 : Hayoung Park [Evaluation of ground motion prediction equations in Korean Peninsula] [M-1]  
 11:45 - 12:00 : Rizka Amalia [Application of Omori-Utsu law for estimating the decay rate and re-entry protocol in a mining] [M-2]  
 11:00 - 12:00 : Break [lunch time Indonesia]  
 12:00 - 12:15 : Jaeseok Lee [3D ground motion predictions of scenario earthquakes in the southeastern Korean Peninsula] [M-3]  
 12:15 - 12:30 : Taufiq Rafie - Variation of in-situ stress along the Sumatran subduction zone [PhD-3]  
 12:30 - 13:00 : Discussion on possible collaboration and wrap up

Regarding the zoom we could use the following link

Topic: Join Seminar ITB - KU 2021

Time: Aug 5, 2021 07:30 AM Jakarta (UTC+7)

Join Zoom Meeting

<https://us02web.zoom.us/j/82413994462?pwd=d0pySkVwSGdxMkRPaGw3VFV4Q1B5QT09>

Meeting ID: 824 1399 4462

Passcode: 830020

Best regards,

David

## - 고려대 지진학 연구 소개 슬라이드

2021 Joint Seminar between ITB and KU





# Introduction to researches in KU seismology Lab

Department of Earth and Environmental Sciences

Korea University

Seongryong Kim

Collaboration with:



August 5, 2021

- 사업 신청 당시 **향후 해외학자 활용 계획 및 역할**을 아래와 같이 설정하였으나 코로나19 장기화로 인해 2022년 이후에 진행할 계획임.

| 연번 | 일시       | 이름 / 소속                                                                                                    | 활용 계획 | 역할                                                                                                                                                                                       |
|----|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2021. 7. | Professor Saewung Kim & Alex Guenther / 미국 Univ. of California, Irvine, Department of Earth System Science | 초청 강연 | 미국 UC Irvine의 연구자들이 서산 산업단지 주변 항공관측에 참여하여 반응성기체(VOCs 포함)를 측정하였으며, 산업단지 상공에서 측정한 VOCs 상세 결과를 본 사업단 연구실이 지상의 서산 충남 대기오염연구소에서 측정한 VOCs 분석값과 비교 분석하여 배출원을 파악하고 향후 연구의 방향과 추가 측정 계획을 논의할 예정임. |

|   |              |                                                                  |              |                                                                                                                                                                                                      |
|---|--------------|------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | 2021. 10~11. | Dr. Barry Lefer and/or John Crawford / 미국 NASA (Project Manager) | 공동연구 및 초청 강연 | 미국 NASA에서 KORUS-AQ 이후 NASA GTE (Global Tropospheric Experiment) 프로그램에 우리나라 연구진과의 후속 공동연구의 목적으로 서산 산업단지와 서울을 중심으로 관측을 수행할 예정으로, 본 사업단 연구실에서 수행 중인 서산 연구의 중요성이 매우 크며 향후 공동연구를 위한 측정 항목과 일정 등을 논의할 예정임. |
| 3 | 2020. 11~12. | Prof. Sang-Tae Kim / 캐나다 McMaster University                     | 공동연구 및 초청 강연 | 캐나다 McMaster 대학 School of Geography & Earth Sciences 연구진과 동위원소 지구화학 분야 공동연구 방안과 2020년 하반기부터 고려대 메디힐 지구환경관에 설치될 침탄분석기기 구축 및 활용방안을 논의하고, 본 사업단 대학원 연구수준 향상을 위한 단기강좌와 초청 강연 예정임.                        |
| 4 | 2021. 07.    | Dr. Ed OLoughlin / 미국 Argonne National Lab                       | 공동연구 및 초청 강연 | 미국 Argonne National Lab.의 Molecular Environmental Science Group과 지중생지구화학 분야 공동연구 방안을 논의하고, 본 사업단 대학원 연구수준의 향상을 위한 단기강좌 및 초청 강연 예정임.                                                                  |
| 5 | 2020. 11~12. | Prof. Martin Jun / 미국 Purdue University                          | 공동연구 및 초청 강연 | 광섬유 기반 온실가스 현장 모니터링 기술 개발 및 현장 적용과 관련한 공동연구 성과 점검과 향후 계획 협의 및 초청 강연 예정임.                                                                                                                             |
| 6 | 2021. 06~07. | Prof. Nguyen Trung Minh / 베트남 National Museum of Nature          | 공동연구 및 초청 강연 | Critical zone에 관한 공동연구 상세 추진 내용과 본 사업단과의 MOU에 기반한 공동연구와 인력 교류 방향 협의 및 초청 강연 예정임.                                                                                                                     |

- **우수 외국인 학생 유치 현황** - 현재 재학 중인 외국인 학생 2명과 함께 최근 1년간 해외 외국인 학생의 적극적인 유치활동을 통해 아래와 같이 우수 외국인 박사과정 학생을 2명을 유치하였음.

| 연 번 | 이름                                                 | 국적   | 현황                    | 지도 교수 |
|-----|----------------------------------------------------|------|-----------------------|-------|
| 1   | Ms. Mohd, Kamransah Amransah Nur Fazrenna Nazzerah | 브루나이 | 2018.09 입학, 석사과정 재학 중 | 김형수   |
| 2   | Mr. An. Xiangyi                                    | 중국   | 2016.09 입학, 박사과정 재학 중 | 이진한   |
| 3   | Mr. Yidan Zhang                                    | 중국   | 2020.09 입학, 박사과정 재학 중 | 권만재   |
| 4   | Mr. Franklin Enow Arrey                            | 카메룬  | 2021.02 입학, 박사과정 재학 중 | 윤성택   |

- **우수 외국인 학생 유치 계획**

- **해외 우수 대학 및 연구기관과 학생교류 및 공동연구 프로그램을 통한 학생 유치**

- 기관: Vietnam National Museum of Nature, Vietnam
- 내용: 학생, 교수, 연구진 교환 및 공동연구 프로그램 운영에 관한 MOU 연장 체결 완료 (2020.02).

- **해외 전문 학술 웹사이트 활용**

- 웹사이트: AEESP 및 해외 주요학회지 광고 (Geological Society of America, Geochemical Society, American Geophysical Union 등)
- 내용: 해외 광고로 석사 및 박사과정 우수 대학원생을 지속적으로 유치하고자 함.

- 해외기관을 통한 학생 교환 프로그램을 신설 - 사업 신청 당시 아래와 같이 프로그램을 신설을 통해 우수 외국인 학생을 유치하고자 하였으나 코로나 장기화로 인해 2022년 이후로 진행할 예정임.

| 연번 | 기관           | 담당자         | 일시       | 내용                                                                                                                                                                                                              | 담당교수 |
|----|--------------|-------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 중국 환경 과학 연구원 | Dr. Hong Li | 2021년 가을 | 2015~2018년 3년간 한-중 공동연구를 수행한 중국 환경과학연구원 (Chinese Research Academy of Environ. Science)의 옥외 스모그 체임버 연구 전문가인 Hong Li 박사 연구실 연구원들을 본 사업단 박사과정으로 진학시켜 한-중 공동연구를 계속 진행하기로 함.                                         | 이미혜  |
| 2  | 중국 연변 대학교    | 김분희 교수      | 2021 여름  | 1단계 BK사업 시 서울대학교와 본 사업단이 연변대학교 환경분석센터와 국제협력 연구를 수행하였으며, 당시 참여 연구원이 연변대학교 교수가 되어 지속적인 협력을 요청함. 중국 동베이 지역의 연변은 동북아시아 대기 환경과 지질환경 연구 수행에 적절한 지역으로, 1단계 BK사업 당시 체결하였던 MOU와 설치했던 기반 시설을 이용해 협력 연구와 대학원생 교류를 추진하고자 함. | 이미혜  |

● 본 교육연구단 지원예정 우수 외국인 학생

| 연번 | 이름              | 국적  | 학위 또는 소속                                                                                                                | 지도예정 교수       |
|----|-----------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1  | Ms. Ilknur Ayri | 터키  | M.S.: Environ. Eng., Izmir Institute of Technol.<br>- 본 교육연구단 박사과정 진학 예정                                                | 이미혜 (대기화학)    |
| 2  | Nguyen Thi Thao | 베트남 | M.S.: Korea University (2010년)<br>- 환경지구화학 전공<br>- Vietnam Institute of Geological Sciences 소속 연구원으로 본 교육연구단 박사과정 진학 예정 | 윤성택 (환경 지구화학) |

- 우수 교수진에 의한 국제적 수준의 교육과 연구가 실현될 수 있도록 교육과정을 구성하여 지질과학을 기초로 한 지구환경과학 분야에서 향후 국가 경제와 기초학문의 성장을 이끌어갈 창의적 최고급 전문인재 양성을 성공적으로 수행할 수 있을 것으로 기대함.

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

● 대학원생의 해외 연구실 공동연구 수행 현황

| 연번 | 공동연구참여자    |      |                    | 상대국/소속기관                   | 연구활동 및 기대효과                                                                                                                                                                                                 | 연구기간            |
|----|------------|------|--------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|    | 교육연구단 대학원생 | 지도교수 | 국외 공동연구자           |                            |                                                                                                                                                                                                             |                 |
| 1  | 이선희        | 권만재  | Edward O' Loughlin | 미국 / Argonne National Lab. | <ul style="list-style-type: none"> <li>도심 지하 공간 개발에 따른 지중환경 탄소, 황, 철 생지구화학적 변환 및 미생물군집변화 연구</li> <li>Dr. Edward O' Loughlin은 지중환경 원소의 생지구화학적 순환 연구의 저명과학자로 소속 대학원생의 연구역량 및 국제화 역량이 크게 향상될 것으로 기대</li> </ul> | 202012 - 202102 |

|   |     |     |               |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                       |                       |
|---|-----|-----|---------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 2 | 이현민 | 이미혜 | Yugo Kanaya   | 일본 / JAMSTEC                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Soot Photometer (SP2)를 이용한 BC(black carbon) mixing state 분석</li> <li>미국과 유럽에서 개발된 분석 기술을 기반으로 Kanaya 박사 연구팀은 동북아시아 환경 최적의 분석 기술과 자료를 보유함. 협력을 통해 최대 배출원 중국의 BC 영향 규명 능력이 향상될 것으로 기대</li> </ul> | 202001<br>-<br>202102 |
| 3 | 차준일 | 이미혜 | Savarino Joël | 프랑스 / Institut des Géosciences de l'Environnement | <ul style="list-style-type: none"> <li>동북아시아 고농도 미세먼지는 질산염에 의해 발생되는데 기존의 입자생성 이론으로 그 변환과정이 설명되지 않음</li> <li>동위원소 지문법을 활용해 미세먼지의 변환 기작과 배출원을 파악하는 고도의 분석 기술을 보유한 프랑스 연구팀과의 협력을 통해 미세먼지 발생원인 규명에 기여할 것으로 기대</li> </ul>                  | 202007<br>-<br>202112 |

- 대학원생의 해외 연구실 공동연구 수행 계획 - 신청당시 아래와 같이 계획하였으나, 참여대학원생의 건강상 이유로 한 학기 휴학을 하게 되어 2022년 이후에 시행할 계획임

| 연<br>번 | 공동연구참여자  |          |                    | 상대국/<br>소속기관                          | 연구활동 및 기대효과                                                                                                                                                                                                                               | 연구<br>기간          |
|--------|----------|----------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|        | 교육연구단    |          | 국의<br>공동<br>연구자    |                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |                   |
|        | 대학<br>원생 | 지도<br>교수 |                    |                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |                   |
| 1      | 박강현      | 권만재      | Matthew<br>F. Kirk | 미국 /<br>Kansas<br>State<br>University | <ul style="list-style-type: none"><li>심부 기원 CO<sub>2</sub> 누출이 토양<br/>미생물군집변화 및 생지구화학적<br/>특성에 미치는 영향 연구</li><li>Prof. Kirk는 이산화탄소 지중저장이<br/>지중환경에 미치는 영향 연구분야에<br/>있어 저명 과학자로, 공동연구를 통해<br/>담당 대학원생의 국제화 역량에 크게<br/>향상될 것으로 기대</li></ul> | 202009-<br>202102 |

- 대학원생의 장단기 해외연수 계획 - 아래 대학원생 연수활동은 코로나19 장기화로 인한 해외출장의 어려움으로 2022년 이후에 시행할 계획임

| 연<br>번 | 공동연구참여자                |          |                                                               | 상대국/<br>소속기관                        | 연수활동 및 기대효과                                                                                                                                                                                                                                                 | 연구<br>기간              |
|--------|------------------------|----------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|        | 교육연구단                  |          | 국외<br>공동연구<br>자                                               |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                             |                       |
|        | 대학<br>원생               | 지도<br>교수 |                                                               |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                             |                       |
| 1      | 박강현/<br>Zhang<br>Yidan | 권만재      | Maxim<br>Boyanov,<br>Edward<br>O' Loughli<br>n, Ken<br>Kemner | 미국 /<br>Argonne<br>National<br>Lab. | <ul style="list-style-type: none"><li>싱크로트론 기반 X-ray 분석을 이용한 심부 단열대 미생물 작용에 의한 이차생성 광물 동정 및 변환 분석</li><li>Argonne National Lab의 Advanced Photon Source (APS)의 Synchrotron X-ray를 직접 활용할 수 있는 기회를 통해 소속 대학원생의 연구역량 향상과 함께 최고 수준의 논문 작성이 가능할 것으로 기대</li></ul> | 202106<br>-<br>202107 |

|   |     |     |                |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                         |                       |
|---|-----|-----|----------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 2 | 길준수 | 이미혜 | Martin Schultz | 독일 / Jülich Supercomputing Centre | <ul style="list-style-type: none"> <li>질소산화물은 낮의 광화학 밤의 입자 표면 이질반응에 의해 오존과 미세먼지 생성에 기여함. 하지만 생성 조건과 분석이 매우 까다로워 이질반응에 대한 이해가 매우 미흡</li> <li>인공신경망모델과 머신러닝 기법의 대기화학 적용 기술 개발을 선도하는 Schultz 박사 팀과의 협력 연구를 통해 질소산화물의 이질반응 과정의 규명과 영향 파악에 기여가 기대</li> </ul> | 202103<br>-<br>202105 |
|---|-----|-----|----------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|

● 대학원생의 장단기 해외연수 현황(최근 1년간)

| 연<br>번 | 공동연구참여자       |          |                 | 상대국/<br>소속기관             | 연수활동 및 기대효과                                                                                                                                                                   | 연구<br>기간              |
|--------|---------------|----------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|        | 교육연구단         |          | 국외<br>공동연구<br>자 |                          |                                                                                                                                                                               |                       |
|        | 대학<br>원생      | 지도<br>교수 |                 |                          |                                                                                                                                                                               |                       |
| 1      | An<br>Xiangyi | 이진한      | Weijun<br>Gan   | 중국 /<br>지진국<br>지질연구<br>소 | <ul style="list-style-type: none"><li>GPS, InSAR를 이용한 지표변형 분석을 통해 지진예측 방법을 개발</li><li>측지자료를 이용한 지표변형 분석에 선도적 역할을 하는 중국 지질연구소에 박사과정 대학원생의 장기연수로 연구역량 국제화 및 지진예측방법 개발</li></ul> | 202103<br>-<br>202202 |

### Ⅲ

## 연구역량 영역

### 1. 참여교수 연구역량

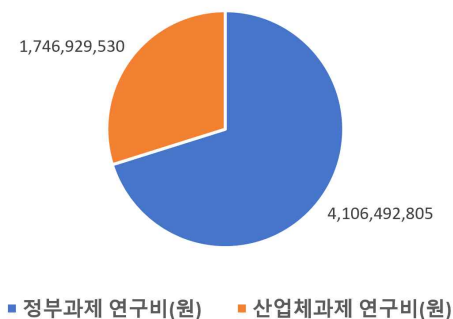
#### 1.1 연구비 수주 실적

<표 3-1> 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

| 항 목                       | 수주액(천원)                                          |                                    |    |
|---------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|----|
|                           | 3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적<br>(선정평가 보고서 작성내용) | 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.)<br>실적 | 비고 |
| 정부 연구비 수주 총<br>입금액        | 8,549,181                                        | 4,106,492                          |    |
| 산업체(국내) 연구비<br>수주 총 입금액   | 1,898,926                                        | 1,746,929                          |    |
| 해외기관 연구비 수주<br>총 (환산) 입금액 | 0                                                | 0                                  |    |
| 1인당 총 연구비<br>수주액          | 1,160,901                                        | 585,342                            |    |
| 참여교수 수                    | 9                                                | 10                                 |    |

- 최근 1년간(2020.9~2021.8) 본 교육연구단 참여교수들은 정부 과제 연구비 41억 649만 원과 산업체 과제 연구비 17억 4692만 원 등 **총 58억 5342만 원**의 연구비를 수주하였으며, 이는 **참여교수 1인당 연간 평균 5억 8534만 원**에 해당함.
- 이는 지난 3년간(2017.1~2019.12) 수주한 전체 연구비의 약 50%를 최근 1년간에 수주한 것으로 본 교육연구단의 연구역량을 대외적으로 크게 인정받은 것으로 평가됨.
- 본 교육연구단이 수주한 연구비는 연구클러스터별로 천부지권 24.03억 원(41.1%), 고체지구 19.82억 원(33.9%), 대기환경 9.5억 원(16.2%)으로 세분되며, 추가로 인력양성 사업으로 5.17억 원(8.8%)을 확보하였음.

2020~2021 교육연구단 연구비 분류



2020~2021 연구 클러스터별 연구비 현황

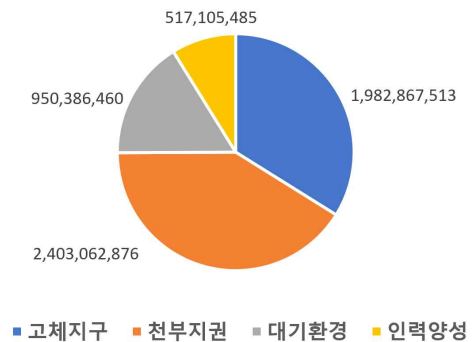


그림 3-1 지난 1년간 교육연구단 참여교수 연구비 수주실적 현황

- 상기한 교육연구단의 연구비 현황은 **지구과학 분야 국내 최상위권 실적**으로 연구 클러스터 간의 유기적 협력을 극대화하여 공동연구 활성화, 공동지도교수제 활용 등 연구목표를 효율적으로 달성할 수 있도록 노력하며 다수의 대형사업을 유치하여 가능하였음.

## 1.2 연구업적물

### ① 참여교수 연구업적물의 우수성

#### 1.2.1 교육연구단 학술 및 연구 활동 계획

- 본 교육연구단은 연구역량 향상을 위하여 연구 클러스터의 특성화와 연계화 및 환류 시스템 정착, 산학협력과 국제화를 강화하여 우리 사회의 지속 가능한 발전을 위협하는 사회적 문제를 해결하고자 기존 연구역량을 뛰어넘는 연구목표를 설정하고 있음.
- 또한, **연구의 국제화 강화**로 글로벌 수준 연구역량을 달성하고자 계획하고 있음. 2015~2019년 5년간 교육연구단이 발표한 SCI급 논문 177편 중 30%에 해당하는 53건이 국제공동연구의 결과물이며, 참여교수 전원이 국제공동연구 논문을 게재하였음.
- 참여교수, 대학원생, 신진연구인력의 저명 국제학술대회 및 국내외개최 학술대회 참가 지원, 해외 석학 초청 강연, 국내-해외 Joint 심포지엄 개최 등의 국제화 지원으로 해외 최신 연구 동향을 습득하고 국제 네트워킹을 확대하는 연구역량 강화를 계획하고 있음.
- 3단계 BK21사업 참여대학원생의 약 16%가 외국인 학생들이었으며, 졸업 후 이들이 국내외 전공 관련 전문기관으로 진출하여 앞으로 외국인 졸업생들이 근무하는 국외 연구소, 대학 및 전문기관 등과의 전략적 교류와 국제공동연구를 계획하고 있음.

#### - 고체지구 연구 클러스터

- 광물과 석유자원의 탐사와 개발은 탐사 대당 지역 지질의 이해가 필수로 광화작용과 석유자원 집유장 형성 등이 지각의 조구조 운동 결과와 연결되므로 지각진화 규명이 최적 탐사지역 설정에 필수적으로 이는 고체지구 연구 클러스터의 핵심 주제 중 하나임.
- 한반도 활성단층의 분포와 지진재해 위험도에 대한 대형 국책과제들이 진행 중이며, 향후 지금까지 국내외에서 추진되었던 지진 위험관리와 방재 개념을 넘어 자연 및 유발 지진 위험을 체계적 점검, 관리하고 방재하기 위한 새로운 전략적 접근법 개발이 필요함.
- 지구 내부의 물리적·화학적·운동학적 특성을 이해하고 이를 바탕으로 지구 내부 물질과 에너지 이동과 형성 등을 연구하는 지구 동역학(geodynamics) 분야는 고체지구 분야의 과학 난제와 사회 문제 해결에 필수적이므로 고체지구 클러스터의 핵심 주제임.
- 또한, 최근 지구의 지질작용(예, 광물과 암석의 순환, 생명의 진화, 판 구조 운동 등)에 대한 이해가 우주의 생명 가능 지대(habitable zone) 연구에 기초 핵심자료로 활용되므로, 국내외 지구 동역학 및 행성지질학 연구자들과 통합적 연구를 진행하고자 함.
- 세부적으로 ① 동북아시아 지각진화 통합연구, ② 한반도 활성단층과 지진 방재 연구, ③ 폐기물 지중 처분 최적지 도출 연구, ④ 거시적 동북아시아 지각 하부 구조 모델 도출 연구 등을 중점 수행할 계획임.

#### - 천부지권 연구 클러스터

- 인구의 급격한 증가와 도시화로 인한 자연현상과 관련된 자연재해와, 산업의 발달에 따라 부수되는 인간의 활동으로 발생하는 환경재해 위험이 급증하고 있으므로, 이러한 재해의 효율적 관리를 위한 원인에 대한 철저한 이해와 예측과 방지에 대한 기술개발이 필수임.
- 또한, 자연재해와 환경재해의 궁극적이고 효율적 관리를 위해 생물권, 수권, 암석권 등으로 이루어진 지구계 각 요소의 상호 작용과 순환 관계에 입각하여 인간 활동에 영향을 주는 자연현상과 인류 활동으로 야기되는 환경변화에 대한 근본적인 과학적 이해가 필요함.
- 인류의 삶과 직결된 천부지권 환경에서 각종 오염물질의 이동, 분산 특성과 운명을 체계적으로 이해하고 대처하기 위한 종합적 연구가 절실히 요구되며, 천부지권의 핵심인 지표, 지하수, 토양환경, 오염물질이 이동하는 지질 매체에 대한 종합적 이해가 중요함.
- 환경지구화학, 지하수환경, 토양환경, 생지구화학 분야의 공동연구로 천부 지권 환경을 구성하는 지질 매체의 유형별 특성이 오염물질 거동에 미치는 영향을 빈틈없이 검토하여 국내 지권 환경 분야 기초기반 연구를 글로벌 수준으로 강화할 계획임.
- 세부적으로 ① 천부 지권 환경 내 오염물질의 기원·분산·운명에 관한 종합 해석 연구, ② 천부 지권 내 오염물질 거동에 관한 실내 실험과 최적 모델 파라미터 결정 연구, ③ 수리 모델링과 지화학 모델링을 활용한 천부 지권에서 오염물질 거동 해석 연구, ④ 지중환경 변화에 지구미생물의 직·간접적인 역할 등을 중점 수행할 계획임.
- 또한, 향후 지질재해의 근본 원인을 이해하고 효율적으로 관리할 수 있는 전문 인력에 대한 수요가 관련 연구소 및 국가기관을 중심으로 증가할 것으로 예상되므로, 지질재해 전반에 관련된 연구와 기본적인 과학적 이해를 갖춘 전문인력 양성을 목적으로 함.

#### - 대기환경 연구 클러스터

- 도시화와 산업화의 가속으로 도시를 중심으로 오존과 미세먼지 농도가 증가하며 대기 질 저하가 심화함. 앞으로 더욱 가속화될 도시화로 현재 진행 중인 온난화에 의한 공기의 정체는 대기 질을 더욱 악화시킬 것으로 전망됨(IPCC, 2013).
- 지역적 규모의 대기오염부터 전 지구적 규모 온난화까지 모두 인류의 활동이 대기 조성 변화를 초래하여 기인한 것으로 대기화학은 대기 중 화학물질들의 생성과 소멸 체계를 규명하고 변화를 예측하여 최종적으로 정책 수립의 기반이 문제 해결형 연구의 전형임.
- 본 교육연구단은 지구 내부와 지표 부근 환경과 대기환경의 상호작용으로 변화하는 대기 조성을 진단하는 연구를 다년간 수행하였으며, 반응성 미량 기체부터 미세먼지 조성, 오존과 미세먼지의 화학 변환과정을 파악하는 연구를 동북아시아 전역에서 수행 중임.
- 세부적으로 ① 미세먼지 중 질산염 변환과정과 질소의 이질반응 규명, ② 미세먼지 중 동위원소와 대기 중 휘발성 유기화합물(VOC) 분석, ③ BC 단일입자 분석과 특성 파악, ④ 서울의 오존 생성기작 파악, ⑤ 인공신경망 모델 활용 대기 이질 화학반응 파악 등에 대하여 과학적 난제 해결과 동시에 사회문제 해결의 시각으로 중점 수행할 계획임.

#### 1.2.2 교육연구단 연구목표 달성 방안 및 최근 1년간 달성 정도

##### - 대표연구업적 질적 우수성 향상 목표

- **JCR 분야별 상위 10% 국제학술지 논문 200% 증가:** 본 교육연구단이 2015~2019년에 발표한 논문의 31%가 JCR 분야별 상위 10%급의 최우수 국제학술지였으며, 이를 4단계 BK 5년간 **발표논문의 60%**

이상을 최우수 국제학술지에 게재하여 200% 이상 향상을 목표로 함.

⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) 총 46편의 SCIE급 논문을 발표하였으며 이중 11편을 JCR 분야별 상위 10%급의 최우수 국제학술지에 게재하였음(24%). 아래 교육연구단 대표연구업적 질적 우수성 확보 방안 통해 향후 4년간 신청 당시 목표를 달성할 계획임

- **Scopus 기준 교육연구단 피인용 횟수 300% 증가:** 본 교육연구단 참여교수들의 2015~2019SUS 누적 피인용 횟수 6,066회(연평균 1,213회)를 향후 5년간 300% 이상 향상된 누적 18,000회를 목표로 하여 연구의 가시적인 질적 성장과 글로벌 수준의 연구 임팩트를 목표로 함.

⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) 게재 논문의 경우 출판된 지 1년 미만으로 평가자료로 제시하기는 어려우나 최우수 국제학술지를 포함한 Q1급 학술지 게재율의 증가를 통해 피인용 횟수의 지속적인 상승이 기대됨. Scopus 기준 본 교육연구단 참여교수들의 2020~2021년 8월까지 20개월간 누적 피인용 횟수는 총 3,998회(연평균 2,399회)로, 이는 3단계 BK21 사업수행 최종 5년(2015~2019년)간 달성한 총 6,066회(연평균 1,213회)의 약 2배에 달하는 실적임. 4단계 BK사업에 참여하는 본 교육연구단 교수들의 피인용 횟수가 지속해서 증가하고 있음을 지시하는 고무적인 현상으로, 향후 4년간 누적 피인용 횟수 300% 이상 향상 목표를 달성할 수 있을 것으로 기대됨.

- **NSC급 논문 300% 증가:** 본 교육연구단이 지난 5년간 1편 발표한 NSC급 논문을 향후 5년간 Nature 자매지 포함하여 300% 이상 향상된 3편 이상 발표를 목표로 하여 해외 벤치마킹 대학과 비교하여 가장 열세인 NSC급 최우수 학술지 실적을 제고할 계획임.

⇒ 최근 1년간(2020.09~2021.08) NSC급 논문 게재 실적이 없으나 아래 교육연구단 대표연구업적 질적 우수성 확보 방안 통해 향후 4년간 신청 당시 목표를 문제없이 달성할 것으로 기대하고 있음.

#### - 대표연구업적 질적 우수성 확보를 위한 방안

- 교육연구단 참여교수의 연구몰입도 제고를 위한 “**유연책임수업시간제**” 도입: 한 학기 6학점인 책임수업을 탄력적으로 운영하여 해당 학기에 3학점 강의를 하고 나머지 3학점을 다음 학기로 이월할 수 있게 허용하여 연구에 전념할 수 있는 시간을 보장하도록 함.
- 교육연구단 참여교수가 기존 16주 학기제를 탈피하여 4~10주간 집중강의 형태로 수업할 수 있는 “**유연학기제**”를 활용하도록 권장하는 유연한 학사행정 지원으로 연구에 충분히 전념할 수 있는 시간을 확보하도록 지원하고 있음.
- **교내외 공동기기원, 장비 공유플랫폼 내실화**로 공동기기의 활용 편의성을 높이기 위해 고려대학교 공동기기 통합 종합정보시스템을 활용하고, 한국기초과학지원연구원(KBSI) 서울센터 및 한국과학기술연구원(KIST)과 협력하여 고가장비 공유와 공동 활용을 극대화함.
- 교육연구단의 경쟁력을 비약적으로 향상하게 할 단독 건물 **메디힐지구환경관(Mediheal EES Hall; 2020년 6월 준공)**과 첨단 분석 기기 인프라 확충을 위해 확보된 기부금 40억 원으로 2021년 운영개시를 목표로 한 메디힐-에이스 첨단기기실(가칭)이 준비 중임.

#### - 대학간 공동연구 계획

- 지금까지 미국, 프랑스, 중국, 일본, 베트남 등의 해외 우수대학과 다양한 공동연구를 수행한 본 교육연구단은 앞으로도 기존 해외 대학뿐 아니라 인도 등 새로운 해외 교육·연구기관과의 공동연구로 연구역량을 강화할 계획임.

- 교육연구단 전임교원들이 수행 중인 대형연구사업에 참여하는 여러 국내 대학과 활발한 공동연구를 수행 중이며, 2021년 교육연구단 소속학과 단독 건물에 신설되는 메디힐-에이스 첨단기기실의 첨단 분석 장비를 활용한 신규 공동연구를 발굴하고 추진할 계획임.
- 또한, 차기 대형연구사업 발굴·확보를 통해 국내 대학과의 추가 공동연구를 적극적으로 추진할 예정이며, 이를 바탕으로 국내 지구환경과학 연구의 활성화에 이바지하고 궁극적으로 세계를 선도할 대한민국 지구환경과학 교육과 연구의 메카가 되고자 함.

## ② 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2020.9.1.-2021.8.31.))

| 연<br>번 | 대표연구업적물 설명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | <p><b>논문명:</b> Carbonate fault mirrors with extremely low frictional healing rates: A possible source of aseismic creep (2021년 6월)</p> <p><b>내용:</b> 지진간기의 마찰회복은 반복되는 지진 사이클의 필요조건이며, 지진단층 메커니즘을 이해하고 정량적으로 해석하는데 있어서 매우 중요한 마찰특성 중 하나이다. 지진성 단층의 주 전단대에서는 거울처럼 반짝이는 단층면인 단층거울면을 흔히 발견할 수 있다. 이러한 단층거울면은 다양한 조건에서 실험을 통해서도 재현할 수 있다. 이 논문은 단층거울의 마찰회복 특성을 이해하기 위해 실험실에서 카라라 대리암의 전단변형을 통해 생성한 i) 단층거울면을 갖는 단층암, ii) 단층거울면이 파쇄된 단층암, iii) 단층거울면이 발달하지 않은 단층암의 마찰거동을 비교 분석하였다. 그 결과 단층거울의 마찰회복이 일반적인 단층암의 마찰회복보다 훨씬 낮다는 것을 보여주었다. 이는 마찰회복이 광물성분뿐만 아니라 단층암의 물리적 구조에도 의존한다는 것을 나타내며 낮은 마찰회복은 응력회복을 방해하기 때문에 활성 단층 구역의 탄산염 단층거울면은 비지진성 크립을 할 수 있다는 것을 제시하였다.</p> <p><b>수월성:</b> 단층거울면의 지진단층역학적 중요성이 크에도 불구하고 단층거울면의 마찰회복에 대한 연구는 이루어진 바가 없다. 이 논문은 단층거울면의 마찰회복에 대해 처음으로 연구하였고 단층거울면이 발달하지 못한 단층암의 마찰회복과 비교 분석함으로써 지진 사이클에서 단층거울면이 미칠 수 있는 영향을 밝혔다. 또한 탄산염 광물 외에 다른 종류의 광물로 구성된 단층거울면의 경우에도 치밀하게 소결된 나노입자로 이루어져 있다면 매우 낮은 마찰회복률을 보일 것으로 추정하여, 그러한 단층거울면은 저주파 지진의 진원이 되거나 단층대의 복잡한 슬립 거동의 원인이 될 수 있다는 것을 처음으로 제시하였다. 본 연구성과는 지구과학 다학제 분야 199개 저널 중 IF 31위(상위 15.6%) 최상위 학술지인 Geophysical Research Letters (2020년 IF 4.72)에 게재되었다.</p> |
| 2      | <p><b>논문명:</b> Shift of nitrate sources in groundwater due to intensive livestock farming on Jeju Island, South Korea: With emphasis on legacy effects on water management (2021년 3월)</p> <p><b>내용:</b> 최근 전 세계적으로 질소관리(Nitrogen management)가 이산화탄소 등 온실가스 감축과 함께 인류의 지속가능성을 위협하는 가장 중요한 지구촌 환경문제로 부각되었으며, 질소관리를 위한 생지구화학적 질소순환 연구가 21세기 과학기술계의 핵심 난제 및 도전과제로 떠올랐다. 질소와 인으로 대표되는 영양물질은 주로 농업(과다시비)과 축산업(가축분뇨 처리)으로부터 기인하며, 따라서 유럽과 미국 등 선진국에서는 일찍이(1990년대 이후) 수계 단위로 농축산업 등 토지이용에 관한 과학적 관리를 통한 통합물관리가 시행되어 정착되고 있다. 이에 비해 우리나라에서는 아직 관련 제도를 정착시키기 위한 다학제적 연구가 매우 미진하며, 이</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

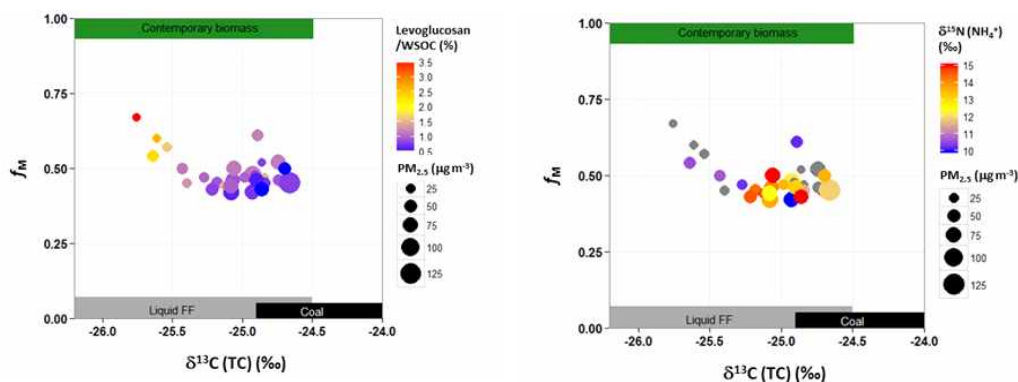
문제는 수계의 부영양화 등 환경문제로 나타나고 있다. 질소계 물질의 수계 오염과정은 지표수를 통한 직접유출과 지하수를 통한 기저유출로 이루어지는데, 일반적으로 후자의 오염부하가 높은 것으로 알려져 있다. 지하수를 통한 질소 오염은 지하수 흐름 특성상 오염원 발생 후에 다양한 정도의 일정 시기가 지나서 나타나는데, 이를 ‘legacy N effects’라 한다. 이 문제를 이해하는 것은 지하수계를 통한 질소오염 관리의 기초가 된다. 본 연구에서는 물공급을 지하수에 전적으로 의존하는 제주도 내에서 오랫동안 축산활동이 이루어졌던 서부 한림지역의 지하수 질소오염을 대상으로 질소오염의 수준(수화학 분석 활용), 오염과정(화산암 내 지질구조를 따른 지하수 유동)과 오염원(질산성질소의 질소-산소 동위원소 연구 활용)을 밝히고, 특히 지하수의 CFCs 연령측정을 통하여 축산업의 역사에 따른 오염의 역사, 즉 legacy 문제를 창의적으로 해석하였다. 본 연구를 통하여 질소오염관리의 최적 대책을 제시하였다.

**수월성:** 본 논문은 지질과학의 기초지식에 기반한 환경과학 연구성과 극대화에 관한 대표적 사례로, **지질과학 분야의 기초지식이 환경(특히 지질환경) 응용 분야에 활용**되어야 함을 보여주었다. 이는 본 사업단의 교육 및 연구목표에 정확히 부합한다. 본 연구성과는 환경과학 분야 251개 저널 중 IF 12위(상위 4.7%), 환경공학 분야 52개 저널 중 IF 4위(상위 7.7%), 수자원 분야 120개 저널 중 IF 2위(상위 1.5%) 등 환경과학 및 환경공학 분야의 최상위 학술지인 Water Research (2020년 IF 11.236)에 게재되었다.

**논문명:** Fossil-driven secondary inorganic PM<sub>2.5</sub> enhancement in the North China Plain: Evidence from carbon and nitrogen isotopes (2020년 11월)

**내용:** 중국 북경과 창다오에서 2016년 5-6월 우리나라에서 KORUS-AQ 캠페인이 수행될 시기에 PM<sub>2.5</sub> 샘플을 채취하여 질산염과 암모늄염의 질소(<sup>15</sup>N)와 탄소(<sup>13</sup>C, <sup>14</sup>N) 동위원소를 분석함. 이 시기 북경과 창다오의 PM<sub>2.5</sub> 질량농도는 각각 48.6±28.2μg m<sup>-3</sup>와 71.2±29.0 μg m<sup>-3</sup>였으며 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>을 포함한 이온성분이 대부분을 차지했는데 특히 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 고농도의 주요인이었음. 북경에서 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>는 주변 지역에서 NH<sub>3</sub>가 이동되어 농도가 충분한 상태에서 상평형을 통해 생성되었음을 나타냄. 하지만 상대적으로 NH<sub>3</sub>가 충분하지 못한 창다오에서 고농도 질산염은 이질반응을 통해 생성되었을 가능성이 높음. 동위원소를 기반으로 추정된 북경의 화석연료의 기여도는 탄소성 에어로졸은 52 %, 암모니아는 40 % 정도에 이름. 이러한 결과는 이른 여름철에는 자동차 배출이 고농도 미세먼지 생성에 핵심적인 기여를 하는 것을 지시하며 더불어 다중 동위원소 분석 기법이 PM<sub>2.5</sub>의 배출원과 생성기작 파악에 유용함을 보여줌.

3



그림설명 :  $\delta^{13}C (TC)$ ,  $f_M$ , 그리고  $\delta^{15}N (NO_3^-)$  평면에 나타낸 북경의 PM<sub>2.5</sub> 다중 동위원소 특성. 표식의 크기는 PM<sub>2.5</sub> 질량농도를 나타내며 색깔은 왼쪽 플롯은  $\delta^{15}N (NH_4^+)$ 를 오른쪽 플롯

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 은 levoglucosan/WSOC 비(%)를 표시함.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p><b>수월성:</b> 이 연구는 <b>중국과의 공동연구</b>로 북경에서 수행된 결과로서 가치가 높음. 주요 결과로 북경의 PM<sub>2.5</sub> 고농도 시 NO<sub>3</sub>은 NH<sub>3</sub>가 충분한 환경에서 생성되지만, 발해만의 섬지역인 창다오에서는 NH<sub>3</sub>가 풍족한 환경에서 생성되었음을 지시함. 또한 중국 북부 북경지역의 주요 NH<sub>3</sub>의 배출원은 화석연료 연소이며 자동차 배출이 핵심 기여를 하는 것으로 나타남. 중국과 우리나라의 PM<sub>2.5</sub> 고농도 발생 현상은 질산염이 주도하며 특성이 매우 유사하므로 이러한 결과는 중국 뿐 아니라 <b>우리나라의 미세먼지 문제 해결에도 적용이 가능함</b>. 특히 <b>고농도 질산염 생성에 NH<sub>3</sub>의 역할 파악에 중대한 의미</b>를 줌. 본 연구 결과는 환경과학 분야 상위 8.4 % 학술지인 Environmental Pollution (2020년 IF 8.071)에 게재됨.</p> |

- 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 실적물은 최근 1년간(2020.9~2021.8) 아래 본 교육연구단 참여교수진이 게재한 논문 가운데, 3개의 **연구클러스터(고체지구 / 천부지권 / 대기환경)**에서 각각 1건을 자체선정하여 과학적 수월성을 중심으로 기술함.
- 다음 표는 최근 1년간(2020.9~2021.8) 본 교육연구단 참여교수가 SCIE급 저널에 게재한 실적 현황으로 총 46편을 게재하였고, 이 중 23편을 JCR 분야별 상위 25%이상인 Q1급에 게재함(50%).

| 연번 | 논문제목                                                                                                                                                                                          | 게재학술지명                                       | 학술지구분 | ISSN      | 권   | 호  | 쪽             | 주저자 | 기타저자 | IF    | Q  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------|-----------|-----|----|---------------|-----|------|-------|----|
| 1  | Removal of Cd(II) and Pb(II) from wastewater via carbonation of aqueous Ca(OH) <sub>2</sub> derived from eggshell                                                                             | Process Safety And Environmental Protection  | SCIE  | 0957-5820 | 141 |    | 278-287       |     | 이미혜  | 6.158 | Q1 |
| 2  | Enhanced Arsenic (III and V) Removal in Anoxic Environments by Hierarchically Structured Citrate/FeCO <sub>3</sub> Nanocomposites                                                             | Nanomaterials                                | SCIE  | 2079-4991 | 10  | 9  | 1773          | 이영재 |      | 5.076 | Q1 |
| 3  | Geochemical pattern recognitions of deep thermal groundwater in South Korea using self-organizing map: Identified pathways of geochemical reaction and mixing                                 | Journal Of Hydrology                         | SCIE  | 0022-1694 | 589 |    | 125202        | 윤성택 |      | 5.722 | Q1 |
| 4  | Analyses and numerical evaluation of integrated time-series monitoring datasets including CO <sub>2</sub> concentration and fluxes at controlled CO <sub>2</sub> release site in South Korea  | Journal Of Hydrology                         | SCIE  | 0022-1694 | 590 |    | 125213        |     | 윤성택  | 5.722 | Q1 |
| 5  | Fossil-driven secondary inorganic PM <sub>2.5</sub> enhancement in the North China Plain: Evidence from carbon and nitrogen isotopes                                                          | Environmental Pollution                      | SCIE  | 0269-7491 | 266 |    | 115163        | 이미혜 |      | 8.071 | Q1 |
| 6  | Effects of Preferential Incorporation of Carboxylic Acids on the Crystal Growth and Physicochemical Properties of Aragonite                                                                   | Crystals                                     | SCIE  | 2073-4352 | 10  | 11 | 1-19          | 이영재 |      | 2.589 | Q2 |
| 7  | Partitioned Fault Movement and Aftershock Triggering: Evidence for Fault Interactions During the 2017 M-w 5.4 Pohang Earthquake, South Korea                                                  | Journal Of Geophysical Research-Solid Earth  | SCIE  | 2169-9313 | 125 | 12 | e2020JB020005 |     | 김성룡  | 3.848 | Q1 |
| 8  | Detection and quantification of underground CO <sub>2</sub> leakage into the soil using a fiber-optic sensor                                                                                  | Optical Fiber Technology                     | SCIE  | 1068-5200 | 60  |    | 102375        |     | 윤성택  | 2.530 | Q2 |
| 9  | Quantitative assessment of deep-seated CO <sub>2</sub> leakage around CO <sub>2</sub> -rich springs with low soil CO <sub>2</sub> efflux using end-member mixing analysis and carbon isotopes | Journal Of Environmental Management          | SCIE  | 0301-4797 | 276 |    | 111333        | 윤성택 |      | 6.789 | Q1 |
| 10 | Hydrochemical Parameters to Assess the Evolutionary Process of CO <sub>2</sub> -Rich Spring Water: A Suggestion for Evaluating CO <sub>2</sub> Leakage Stages in Silicate Rocks               | Water                                        | SCIE  | 2073-4441 | 12  | 12 | 1-19          | 윤성택 |      | 3.103 | Q2 |
| 11 | Microbial diversity of two natural CO <sub>2</sub> -rich springs with contrasting hydrochemical features                                                                                      | Geosciences Journal                          | SCIE  | 1226-4806 | 24  | 6  | 745-753       |     | 윤성택  | 2.076 | Q3 |
| 12 | Applicability of weathered coal waste as a reactive material to prevent the spread of inorganic contaminants in groundwater                                                                   | Environmental Science And Pollution Research | SCIE  | 0944-1344 | 27  | 36 | 45297-45310   | 이순재 | 이영재  | 4.223 | Q2 |
| 13 | Uranium sequestration in fracture filling materials from fractured granite aquifers                                                                                                           | Journal Of Environmental Radioactivity       | SCIE  | 0265-931X | 225 |    | 106440        | 조호영 |      | 2.674 | Q3 |

|    |                                                                                                                                                                                            |                                                 |      |           |       |       |           |     |     |        |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------|-----------|-------|-------|-----------|-----|-----|--------|----|
| 14 | Application of conditional generative model for sonic log estimation considering measurement uncertainty                                                                                   | Journal Of Petroleum Science And Engineering    | SCIE | 0920-4105 | 196   |       | 108028    |     | 윤성택 | 4.346  | Q1 |
| 15 | Short-Term Monitoring of Geogenic Soil CO <sub>2</sub> Flux in a Non-Volcanic and Seismically Inactive Emission Site, South Korea                                                          | Frontiers In Earth Science                      | SCIE | 2296-6463 | 8     |       | 599388    |     | 윤성택 | 3.498  | Q2 |
| 16 | Analysis of the state of the art of international policies and projects on CCU for climate change mitigation with a focus on the cases in Korea                                            | Sustainability                                  | SCIE | 2071-1050 | 13(1) |       | 1-12      |     | 이미혜 | 3.251  | Q2 |
| 17 | Pretreatment for capacitive deionization: Feasibility tests using activated filter media and granule activated carbon filtration                                                           | Journal Of Industrial And Engineering Chemistry | SCIE | 1226-086X | 93    |       | 253-258   |     | 이순재 | 6.064  | Q1 |
| 18 | A study on the trend of domestic waste generation and the recognition of recycling priorities in Korea                                                                                     | Sustainability                                  | SCIE | 2071-1050 | 13(4) |       | 1-12      |     | 이미혜 | 3.251  | Q2 |
| 19 | Revisiting soil bacterial counting methods: Optimal soil storage and pretreatment methods and comparison of culture-dependent and -independent methods                                     | PLOS ONE                                        | SCIE | 1932-6203 | 16    | 2     | e0246142  | 권만재 | 조호영 | 3.2420 | Q2 |
| 20 | Distribution and speciation of Sb and toxic metal(loid)s near an antimony refinery and their effects on indigenous microorganisms                                                          | Journal Of Hazardous Materials                  | SCIE | 0304-3894 | 403   |       | 123625    | 권만재 |     | 10.588 | Q1 |
| 21 | Characteristics of HONO and its impact on O <sub>3</sub> formation in the Seoul Metropolitan Area during the Korea-US Air Quality study                                                    | Atmospheric Environment                         | SCIE | 1352-2310 | 247   |       | 118182    | 이미혜 |     | 4.798  | Q1 |
| 22 | Assessment of Daytime HONO Emission Source from Asphalt Surface to Urban Air                                                                                                               | Applied Sciences                                | SCIE | 2076-3417 | 11    | 4     | 1-13      |     | 이미혜 | 2.679  | Q2 |
| 23 | Delineating the impacts of poultry burial leachate on shallow groundwater in a reclaimed agro-livestock farming area, using multivariate statistical analysis of hydrochemical data        | Environmental Science and Pollution Research    | SCIE | 0944-1344 | 28    | 7     | 7742-7755 | 윤성택 |     | 4.223  | Q2 |
| 24 | Waste nutrient solutions from full-scale open hydroponic cultivation: Dynamics of effluent quality and removal of nitrogen and phosphorus using a pilot-scale sequencing batch reactor     | Journal Of Environmental Management             | SCIE | 0301-4797 | 281   |       | 111893    | 권만재 |     | 6.789  | Q1 |
| 25 | Shift of nitrate sources in groundwater due to intensive livestock farming on Jeju Island, South Korea: With emphasis on legacy effects on water management                                | Water Research                                  | SCIE | 0043-1354 | 191   |       | 116814    | 윤성택 |     | 11.236 | Q1 |
| 26 | Assessment of Soil Contamination by Gas Cloud Generated from Chemical Fire Using Metabolic Profiling and Associated Bacterial Communities                                                  | Minerals                                        | SCIE | 2075-163X | 11    | 4     | 372       |     | 윤성택 | 2.644  | Q2 |
| 27 | Groundwater contamination assessment in Ulaanbaatar City, Mongolia with combined use of hydrochemical, environmental isotopic, and statistical approaches                                  | Science Of The Total Environment                | SCIE | 0048-9697 | 765   |       | 142790    | 윤성택 |     | 7.963  | Q1 |
| 28 | Facies analysis of the Upper Ordovician Xiazhen Formation, southeast China: Implications for carbonate platform development in South China prior to the onset of the Hirnantian glaciation | Facies                                          | SCIE | 0172-9179 | 67    | 2     | 18        | 조석주 |     | 1.932  | Q2 |
| 29 | Biogeochemical dynamics and microbial community development under sulfate- And iron-reducing conditions based on electron shuttle amendment                                                | PLOS ONE                                        | SCIE | 1932-6203 | 16    | 5 May | e0251883  |     | 권만재 | 3.240  | Q2 |
| 30 | Geochemical and microbial characteristics of groundwater and mineral precipitates in a waste disposal site impacted by seawater intrusion and high alkalinity                              | Journal Of Environmental Management             | SCIE | 0301-4797 | 285   |       | 112087    | 권만재 |     | 6.789  | Q1 |
| 31 | Upper crustal shear wave velocity and radial anisotropy beneath Jeju Island volcanoes from ambient noise tomography                                                                        | Geophysical Journal International               | SCIE | 0956-540X | 225   | 2     | 1332-1348 | 김성룡 |     | 2.934  | Q2 |
| 32 | The Korea-United States Air Quality (KORUS-AQ) field study                                                                                                                                 | Elementa-Science Of The Anthropocene            | SCIE | 2325-1026 | 9     | 1     | 00163     |     | 이미혜 | 6.053  | Q1 |
| 33 | Fault reactivation and propagation during the 2017 Pohang earthquake sequence                                                                                                              | Geothermics                                     | SCIE | 0375-6505 | 92    |       | 102048    | 이진한 |     | 4.284  | Q1 |
| 34 | Development and timing of two orthogonal fold systems in the western Gyeonggi Massif, Korea                                                                                                | Episodes                                        | SCIE | 0705-3797 | 44    | 2     | 83/97     | 김형수 |     | 2.490  | Q3 |

|    |                                                                                                                                                                              |                                     |      |           |     |    |               |  |            |        |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------|-----------|-----|----|---------------|--|------------|--------|----|
| 35 | Light-absorption enhancement of black carbon in the Asian outflow inferred from airborne SP2 and in-situ measurements during KORUS- AQ                                       | Science Of The Total Environment    | SCIE | 0048-9697 | 773 |    | 145531        |  | 이미혜        | 7.963  | Q1 |
| 36 | Nonlinear Sorption of Organic Contaminant during Two-Dimensional Transport in Saturated Sand                                                                                 | Water                               | SCIE | 2073-4441 | 13  | 11 | 1557          |  | 이순재        | 3.103  | Q2 |
| 37 | Carbonate fault mirrors with extremely low frictional healing rates: A possible source of aseismic creep                                                                     | Geophysical Research Letters        | SCIE | 0094-8276 | 48  | 11 | e2021GL093749 |  | 이진한        | 4.720  | Q1 |
| 38 | Waste foundry dust (WFD) as a reactive material for removing As(III) and Cr(VI) from aqueous solutions                                                                       | Journal Of Hazardous Materials      | SCIE | 0304-3894 | 412 |    | 125290        |  | 조호영        | 10.588 | Q1 |
| 39 | Spatial patterns of Zn, Cd, and Pb isotopic compositions of ground and surface water in mine areas of South Korea reflecting isotopic fractionation during metal attenuation | Science Of The Total Environment    | SCIE | 0048-9697 | 779 |    | 146453        |  | 윤성택        | 7.963  | Q1 |
| 40 | Controlling the Structural Robustness of Zirconium-Based Metal Organic Frameworks for Efficient Adsorption on Tetracycline Antibiotics                                       | Water                               | SCIE | 2073-4441 | 13  | 13 | 1869          |  | 이순재        | 3.103  | Q2 |
| 41 | Ribbon rocks revisited: the upper Cambrian (Furongian) Hwajol Formation, Taebaek Group, Korea                                                                                | Facies                              | SCIE | 0172-9179 | 67  | 3  | 19            |  | 조석주        | 1.932  | Q2 |
| 42 | Impact of organic acids and sulfate on the biogeochemical properties of soil from urban subsurface environments                                                              | Journal Of Environmental Management | SCIE | 0301-4797 | 292 |    | 112756        |  | 권만재        | 6.789  | Q1 |
| 43 | Evaluation of natural attenuation-potential and biogeochemical analysis in nitrate contaminated bedrock aquifers by carbon source injection                                  | Science Of The Total Environment    | SCIE | 0048-9697 | 780 |    | 146459        |  | 윤성택        | 7.963  | Q1 |
| 44 | The Ordovician succession of the Taebaek Group (Korea) revisited: old conodont data, new perspectives, and implications                                                      | Geosciences Journal                 | SCIE | 1226-4806 | 25  | 4  | 417/431       |  | 조석주        | 2.076  | Q3 |
| 45 | Electrokinetic remediation of heavy metal-contaminated soils: performance comparison between one- and two-dimensional electrode configurations                               | Journal Of Soils And Sediments      | SCIE | 1439-0108 | 21  | 8  | 2755-2769     |  | 윤성택<br>조호영 | 3.308  | Q2 |
| 46 | Selective leaching trace elements from bauxite residue (Red mud) without and with adding solid NH4Cl using microwave heating                                                 | Metals                              | SCIE | 2075-4701 | 11  | 8  | 1281          |  | 조호영        | 2.351  | Q2 |

### ③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- 최근 1년간(2020.09~2021.08) 총 3건의 특허 등록이 이루어졌으며, 기초학문의 특성상 지적재산권 등록이 활발히 이루어지고 있지 않으나 관련 산업발전에 핵심이 될 수 있는 원천기술개발에 노력한 우수한 결과임.
- 다음은 특허(등록) 실적의 우수성을 서술함.

| 연번                                                                                                                                                                                             | 참여<br>교수명                | 연구자<br>등록번호                                                                         | 세부전공분야 | 실적<br>구분   | 저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------|--------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                | 저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성 |                                                                                     |        |            |                                                  |
| 1                                                                                                                                                                                              | 이순재                      |  | 환경지질학  | 특허<br>(등록) | ① 이순재, 조호영, 이영재, 김봉주,<br>구자영, 이선용, 나선원, 장봉수, 박은지 |
|                                                                                                                                                                                                |                          |                                                                                     |        |            | ② 세라믹 분리막 및 이의 제조 방법                             |
|                                                                                                                                                                                                |                          |                                                                                     |        |            | ③ 대한민국                                           |
|                                                                                                                                                                                                |                          |                                                                                     |        |            | ④ 10-2159552-0000                                |
|                                                                                                                                                                                                |                          |                                                                                     |        |            | ⑤ 2020.09                                        |
| · 창의성·혁신성: 본 발명은 중금속 흡착체를 포함하여 중금속을 선택적으로 흡착할 수 있는 세라믹 분리막 및 이의 제조 방법에 관한 것임. 산성 및 염기성 용액 환경에서 운영할 수 있는 세라믹 막은 다양한 산업 으로부터 발생된 유가금속 회수 및 자원 재이용 측면에서 매우 중요한 요소기술이 될 수 있음. 본 특허에서는 입자상 오염물질의 필터 |                          |                                                                                     |        |            |                                                  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |        |    |                                                                                                                                              |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>분리 뿐만 아니라, 일부 이온상의 물질을 흡착하여 분리할 수 있는 흡착 기능성을 부여하는 세라믹 분리막 제조 방법을 제안함.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>교육연구단의 비전과 목표와의 부합성</u>: 자원 재이용 기술 개발을 통해 지중환경 보존에 관한 연구단의 교육/연구 분야와 부합하며, 주요 전략 자원의 확보 기술이 주요한 이 시기에 폐자원으로부터 유용 자원의 회수가능성을 확보할 수 있는 융합지구과학기술을 다룸</li><li>• <u>해당 전공분야의 기여</u>: 세라믹원료의 고부가가치의 환경 제품으로 개발하는 다양한 가능성을 제시하였으며, 세라믹 소재의 물성 제어 에 대한 이해 증진과 특성 부여 기술 개발에 기여하고, 지구과학의 지구 물질 분야가 응용 가능한 분야 개척에 기여</li><li>• <u>업적물 산출 시 기여한 역할</u>: 본 특허는 환경부 선진화기술개발 사업으로 조호영 교수, 이영재 교수, 이순재 교수가 수행한 협동연구의 결과임</li></ul>                                                                          |  |        |    |                                                                                                                                              |
|   | 조호영                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | (기입안함) | 특허 | <div>① 조호영, 김진석</div> <div>② 레드머드로부터의 유용 중금속을 선택적으로 회수하는 방법</div> <div>③ 대한민국</div> <div>④ 10-2220768-0000</div> <div>⑤ 2021</div>           |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>창의성 · 혁신성</u>: 종래의 알루미늄 제조 시 발생하는 산업부산물인 레드머드(red mud) 처리 기술의 한계를 극복하기 위한 것으로서, 첨가제가 포함된 레드머드를 마이크로파를 조사하여 전처리하는 단계를 통해 레드머드 내의 유용 중금속을 용해되기 쉬운 상으로 변형시키며, 용출과정을 통해 추가 처리를 하여 유용 중금속을 회수하기 위한 고농도의 용출용액을 얻는 방법을 제공함</li><li>• <u>교육연구단의 비전과 목표와의 부합성</u>: 지중환경 보존을 위해 지중환경 오염물질의 하나인 산업부산물의 재활용 방법에 대한 실증적이고 실용적인 기술 개발이므로 교육연구단 목표와 부합함.</li><li>• <u>지역산업에의 기여</u>: 광물학적 지식의 응용을 통해 국민생활문제 해결에 기여</li><li>• <u>업적물 산출 시 기여한 역할</u>: 본 특허발명은 조호영 교수가 연구책임자인 수처리 기술 개발 연구과제를 바탕으로 파생하였으며 발명 참여자 중 가장 큰 특허 기여율을 보유함</li></ul>                                             |  |        |    |                                                                                                                                              |
|   | 조호영                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | (기입안함) | 특허 | <div>① 이종화 전성천 천정용 이명재 조호영</div> <div>② 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템 및 그 방법</div> <div>③ 대한민국</div> <div>④ 10-2230804-0000</div> <div>⑤ 2021</div> |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>창의성 · 혁신성</u>: 지중환경 특성 조사는 현장 특성에 적합한 방법으로 수행되어야 함. 특허 지층의 수리특성은 깊이에 따른 지층의 특성에 따라 달라질 수 있으므로 이를 정확히 측정하는 것은 매우 중요함. 본 발명은 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 높은 신뢰성으로 구간별 수리시험을 수행할 수 있는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템 및 그 방법을 제공함</li><li>• <u>교육연구단의 비전과 목표와의 부합성</u>: 지중환경 보존을 위해 지중환경에서 발생하는 현상을 규명하기 위한 방법에 대한 실증적이고 실용적인 기술 개발이므로 교육연구단 목표와 부합함.</li><li>• <u>지역산업에의 기여</u>: 수리지질학, 지질공학 지식의 응용을 통해 국민생활문제 해결에 기여</li><li>• <u>업적물 산출 시 기여한 역할</u>: 본 특허발명은 조호영 교수가 연구책임자인 환경부 지중환경오염위해관리기술개발사업 연구단 과제의 성과로 산출되었으며 위탁연구기관인 산업체 지오그린과의 공동출원을 통해 활용 가능성을 높임.</li></ul> |  |        |    |                                                                                                                                              |

- 아울러 최근 1년간 총 4건의 특허 출원이 이루어졌으며, 발명의 우수성을 고려할 때 등록으로 이루어질 것으로 평가되며, 관련 산업발전에 크게 기여할 것으로 기대됨.

| 연도    | 항목       | 출원<br>국가 | 출원<br>일자     | 출원번호                | 발명의<br>명칭                                          | 출원인<br>구분                        | 발명자<br>수 | 참여<br>교수          |
|-------|----------|----------|--------------|---------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|----------|-------------------|
| 2020년 | 국내<br>특허 | 대한민국     | 202011<br>12 | 10-2020-<br>0151275 | 외부 장착형<br>지하수 필터팩 및<br>이의 설치 방법                    | 주식회사<br>지오그린21<br>고려대학교<br>산학협력단 | 5        | 윤성택               |
| 2020년 | 국내<br>특허 | 대한민국     | 202012<br>22 | 10-2020-<br>0180412 | 중금속 흡착을<br>위한 표면 개질된<br>기능성 세라믹<br>필터 및 이의<br>제조방법 | 고려대학교<br>산학협력단                   | 7        | 이영재<br>조호영<br>이순재 |
| 2020년 | 국내<br>특허 | 대한민국     | 202012<br>29 | 10-2020-<br>0186746 | 지하수의 흐름제어<br>및 오염 확산방지<br>시스템                      | 고려대학교<br>산학협력단                   | 9        | 이순재<br>이영재        |
| 2021년 | 국내<br>특허 | 대한민국     | 202108<br>04 | 10-2021-<br>0102412 | 지층 공극률<br>측정을 위한<br>단일중성자검층<br>장비의 교정방법            | 한국지질자<br>원연구원<br>고려대학교<br>산학협력단  | 4        | 조호영<br>권만재        |

## 2. 산업 · 사회에 대한 기여도

### 2.1 산업 · 사회 문제 해결 기여 실적

#### 2.1.1 지구환경과학 관련 산업 문제 · 사회 문제 · 과학 난제

- 본 교육연구단은 1999~2019년 1단계 BK21사업부터 2단계 BK21사업과 3단계 BK21플러스 사업을 수행하며 지구시스템의 미래환경변화에 대응할 수 있는 창의적 고급전문인력을 양성하여 사회 · 산업 문제 해결과 지구환경과학 분야 난제 해결에 정진해왔음.
- 향후 고준위 핵폐기물과 일반폐기물의 지중 처분, 오염 토양 및 지하수 관리와 정화, 지진재해 예측과 저감 등 우리 사회의 지속적 성장과 번영을 위해서 전략적으로 해결해야 하는 도전적 이슈 분야에 다음과 같은 대형 연구사업을 성공적으로 운영하고 있음.
- 환경부 CO<sub>2</sub>저장 환경관리기술개발사업 이산화탄소 지중저장 환경관리연구단(2014~2021년, 연구책임자:윤성택 교수)은 이산화탄소의 지중 거동과 누출 연구로 지구환경과학 분야 과학 난제인 온실기체 저감과 사회 문제인 기후변화에 대응하였음.
- 원자력안전위원회 자연재해연구단(2016년~2022년, 연구책임자: 이진한 교수)은 지구환경과학 분야 과학 난제인 우리나라 남동부의 지진 발생기작 규명을 위한 기초자료를 도출하였으며, 또한 사회 문제인 지진재해 저감에도 대응하였음.
- 환경부 지중환경오염위해관리 기술개발사업 스마트 지중환경관리연구단(2018~2022년, 연구책임자: 조호영 교수)은 지중환경 오염경로 진단 · 평가기술 및 오염물질 거동 평가 · 예측 등의 연구로 사회 문제인 천부 지권의 환경오염 해결에 대응하였음.

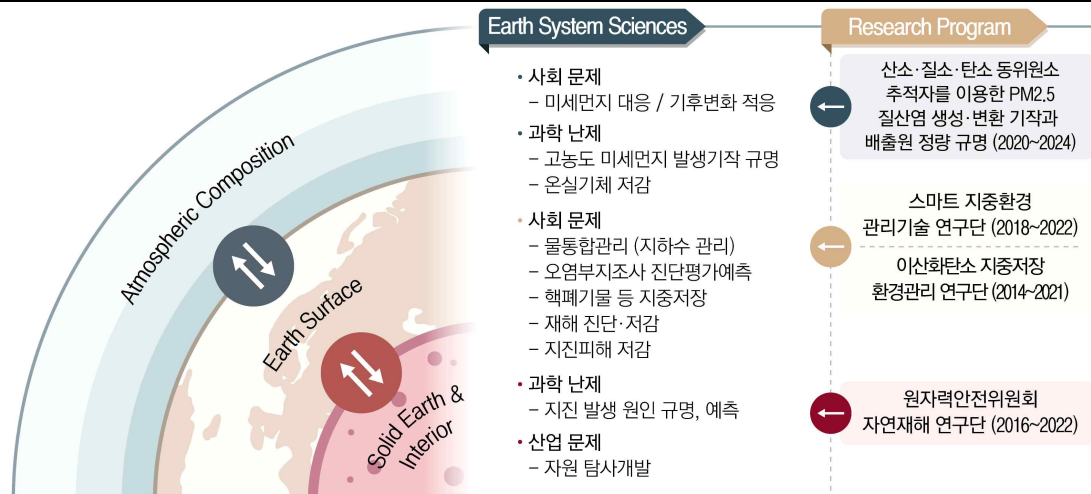


그림 3-2 교육연구단 연구클러스터들이 지향하는 문제 해결 유형과 대형 연구과제 현황

### 2.1.2 연구클러스터별 산업 문제·사회 문제·과학 난제 해결 기여 실적

- 지난 5년간(2015~2019) 본 교육연구단이 사회·산업 문제와 지구환경과학 난제 해결을 위하여 총 54건(정부 과제 35건, 산업체 과제 19건, 과제 연구비 총 149억 원)을 수행하였으며, 총 177편의 논문을 국제학술지에 게재하고 특허 17개를 등록하는 성과를 거두었음.
- 또한, 본 교육연구단은 2015년 UN이 제시한 17대 지속 가능 개발목표 (Sustainable Development Goals; <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>)와 미국 NSF의 지구과학 7대 연구 분야에서 인류 사회의 지속 발전에 필수적인 다음 4대 핵심가치를 도출하였음.
  - ① 깨끗한 환경, ② 안전한 삶, ③ 지속 가능한 에너지자원, ④ 지구시스템 난제 해결
- 위 핵심가치를 달성하기 위하여 지난 5년간 및 최근 1년간 본 교육연구단의 연구역량을 집중하였으며, 이에 따른 성과를 연구클러스터별로 과제 수, 연구비, 논문실적과 ① 과학기술 발전에 기여, ② 사회 문제 해결에 기여, ③ 산업기술 발전에 기여 순으로 정리하였음.

표 3-2 지난 5년간 (2015~2019년) 교육연구단 연구클러스터별 연구비 현황

|      | 정부과제 연구비(원)    | 산업체과제 연구비(원)  | 합계(원)          | 비율(%) | 비고                       |
|------|----------------|---------------|----------------|-------|--------------------------|
| 고체지구 | 2,708,807,980  | 58,940,418    | 2,767,748,397  | 18.6  | 기초지질, 자원 탐사, 지진연구        |
| 천부지권 | 7,995,250,922  | 1,137,755,755 | 9,133,006,677  | 61.4  | 지중환경 오염 조사평가, 이산화탄소 지중저장 |
| 대기환경 | 763,228,000    | 807,329,995   | 1,570,557,995  | 10.6  | 미세먼지 저감                  |
| 인력양성 | 1,394,930,806  | -             | 1,394,930,806  | 9.4   | BK21플러스, 자원인력양성, 지진인력양성  |
| 계    | 12,862,217,707 | 2,004,026,168 | 14,866,243,876 | 100.0 |                          |

표 3-3 지난 1년간 (2020~2021년) 교육연구단 연구클러스터별 연구비 현황

|      | 정부과제 연구비(원)   | 산업체과제 연구비(원)  | 합계(원)         | 비율(%) | 비고                        |
|------|---------------|---------------|---------------|-------|---------------------------|
| 고체지구 | 1,859,662,113 | 123,205,400   | 1,982,867,513 | 33.9  | 기초지질, 자원 탐사, 지진연구         |
| 천부지권 | 1,209,225,206 | 1,193,837,670 | 2,403,062,876 | 41.1  | 지중환경 오염 조사평가, 이산화탄소 지중 저장 |
| 대기환경 | 520,500,000   | 429,886,460   | 950,386,460   | 16.2  | 미세먼지 저감                   |
| 인력양성 | 517,105,485   | -             | 517,105,485   | 8.8   | 4단계 BK21, 지진인력양성          |
| 계    | 4,106,492,805 | 1,746,929,530 | 5,853,422,335 | 100.0 |                           |

### 2.1.2.1 고체지구 연구클러스터

- 고체지구 연구클러스터는 최근 5년간 당면한 사회·산업 문제 해결, 지구환경과학 난제 해결에 이바지하기 위해 아래와 같은 연구를 수행함. 특히 ② 안전한 삶과 함께 ④ 지구과학 난제 해결을 위한 연구과제를 중점적으로 수행하였음.
- 지난 5년간 성과를 종합하면 총연구과제 12건, 총연구비 수주액 27.7억 원, 총 국제학술지 논문 35편임. 다음은 고체지구 연구클러스터가 사회 문제·과학 난제 문제 해결 관련 과제 목록임.

| 연번 | 주무부처/지원기관        | 연구과제 분류 및 과제명                                | 관련 핵심가치                                                 |
|----|------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1  | 한국연구재단           | 경기육괴와 영남육괴에서 발생한 다변성 작용과 변형작용의 특성과 시기        | ④ 지구시스템 난제 해결                                           |
| 2  | 한국해양연구원 부설 극지연구소 | 다산기지 주변 후기 고생대 고착성 생물의 고생대                   |                                                         |
| 3  | 한국연구재단           | 동아시아 전기고생대 탄산염 퇴적상의 진화                       |                                                         |
| 4  | 한국연구재단           | 정선지역 조선누층군의 변형작용과 조구조 진화                     |                                                         |
| 5  | 한국연구재단           | 한반도와 중국 북중부 고생대층에 대한 고생물학/퇴적학적 비교연구          |                                                         |
| 6  | 교육부              | BK21Plus 지구환경과학사업단 3~7차연도 국고지원금              | ① 깨끗한 환경, ② 안전한 삶, ③ 지속 가능한 에너지자원, ④ 지구시스템 난제 해결 + 인력양성 |
| 7  | 행정안전부            | PEAK 인력 양성을 위한 교육                            |                                                         |
| 8  | 행정안전부            | 국가 지진방재 ACE 양성 프로그램                          |                                                         |
| 9  | 한국기상산업진흥원        | GNSS 자료를 이용한 남한의 지표변형 분석 및 지표변형과 지진의 상관관계 연구 | ② 안전한 삶                                                 |
| 10 | 원자력안전위원회         | 경주지역의 미소지진 관측 시스템 구축 및 운용 기술개발               |                                                         |
| 11 | 원자력안전위원회         | 미소지진 관측 시스템 구축 및 운용 개발                       |                                                         |

● 산업 문제 해결 관련 과제 목록:

| 연<br>번 | 주무부처/지원기관       | 연구과제 분류 및 과제명                      | 관련 핵심가치           |
|--------|-----------------|------------------------------------|-------------------|
| 1      | 한국가스공사<br>가스연구원 | 매설배관의 내진 구조해석 및 성능평가<br>기술 개발 위탁용역 | ② 안전한 삶           |
| 2      | 해외자원개발협회        | 협력그룹                               | ③ 지속 가능한<br>에너지자원 |
| 3      | 해외자원개발협회        | 광물자원 탐사·개발                         |                   |
| 4      | 해외자원개발협회        | 비전통자원개발                            |                   |

● 최근 1년간 성과를 종합하면 총연구과제 22건, 총연구비 수주액 19.8억 원, 총 국제학술지 논문 8 편임. 다음은 고체지구 연구클러스터가 수행한 사회 문제·과학 난제 문제 해결 관련 과제 목록임.

| 연<br>번 | 주무부처/지원기관  | 연구과제 분류 및 과제명                                          | 관련 핵심가치                                                                |
|--------|------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 한국연구재단     | 동아시아 전기고생대 탄산염 퇴적상의 진화                                 | ④ 지구시스템<br>난제 해결                                                       |
| 2      | 한국연구재단     | 경기육괴와 영남육괴에서 발생한<br>다변성작용과 변형작용의 특성과 시기                |                                                                        |
| 3      | 한국연구재단     | 후기 캄브리아기(프롱지안) 태백층군의<br>재조명: 내륙해 퇴적작용과 전 지구적<br>고해양 변화 |                                                                        |
| 4      | 한국기상산업진흥원  | 지각과 맨틀의 3차원 응력/밀도/속도 분포<br>결정                          |                                                                        |
| 5      | 한국기상산업진흥원  | 심층학습과 강화학습을 이용한<br>다중관측소 지진데이터 분석 알고리즘<br>개발           |                                                                        |
| 6      | 한국기상산업진흥원  | 단층운동에 따른 지진파 전파 및 지진동<br>예측 수치 모의 기술 개발                |                                                                        |
| 7      | 한국기상산업진흥원  | 물리적 지진모델링에 대한 한반도 1차원<br>및 3차원 속도구조 적용                 |                                                                        |
| 8      | 한국기상산업진흥원  | 계기관측 기반 진도산출 및 진도전파<br>시뮬레이션 기술 개발                     |                                                                        |
| 9      | 한국지질자원연구원  | 지진 빅데이터 활용을 위한 지진원 파형<br>학습자료 작성                       |                                                                        |
| 10     | 한국지질자원연구원  | 지진학 기반 활화산 하부 마그마 및<br>지각/맨틀 구조 영상화 기술 개발              |                                                                        |
| 11     | 교육부        | 4단계 BK21 지구환경과학교육연구단<br>국고지원금                          | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶,<br>③ 지속 가능한<br>에너지자원, ④<br>지구시스템 난제<br>해결 + 인력양성 |
| 12     | 행정안전부      | PEAK 인력 양성을 위한 교육                                      |                                                                        |
| 13     | 원자력안전위원회   | 경주지역의 미소지진 관측 시스템 구축<br>및 운용 기술개발                      | ② 안전한 삶                                                                |
| 14     | 한국연구재단     | 공공기술 기반 시장연계 창업탐색<br>지원사업(수도권-실험실창업혁신단)                | 기타(인력양성,<br>기술발굴)                                                      |
| 15     | 과학기술일자리진흥원 | 청년 TLO 육성사업                                            |                                                                        |
| 16     | 한국연구재단     | 대학 창의적 자산 실용화<br>지원(BRIDGE+)사업                         |                                                                        |

|    |                |                                           |                |
|----|----------------|-------------------------------------------|----------------|
| 17 | 연구개발특구진흥재단     | 2020년 신규 강소특구 사업화 기술발굴 지원사업(내비온)          | 기타(인력양성, 기술발굴) |
| 18 | 연구개발특구진흥재단     | 2020년 신규 강소특구 사업화 기술발굴 지원사업(SYP)          |                |
| 19 | 과학기술일자리진흥원     | 2021년도 대학기술경영촉진사업 고려대학교 산학협력단             |                |
| 20 | 과학기술일자리진흥원     | 2021년도 기업연계 청년기술전문인력 육성사업                 |                |
| 21 | 재단법인 한국특허전략개발원 | 지식재산 수익 재투자 지원 사업                         |                |
| 22 | 한국연구재단         | 공공기술기반 시장연계 창업탐색 지원사업 실험실 창업혁신단 (수도권-고려대) |                |

### 2.1.2.2 천부지권 연구클러스터

- 천부지권 연구클러스터는 최근 5년간 당면한 사회·산업 문제 해결, 지구환경과학 난제 해결에 기여하기 위해 아래와 같은 연구를 수행함. 특히 ① **깨끗한 환경**, ② **안전한 삶**과 함께 ④ **지구과학 난제 해결**을 위한 연구과제를 중점적으로 수행하였음.
- 지난 5년간 성과를 종합하면 **총연구과제 27건, 총연구비 수주액 91.3억 원, 총 국제학술지 논문 121편**임. 다음은 천부지권 연구클러스터가 수행한 사회 문제·과학 난제 문제 해결 관련 과제 목록임.

| 연번 | 주무부처/지원기관  | 연구과제 분류 및 과제명                                          | 관련 핵심가치                    |
|----|------------|--------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1  | 한국환경산업기술원  | CO <sub>2</sub> 지중 저장 환경관리 기술개발                        | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶       |
| 2  | 한국연구재단     | KURT 기반 벤토나이트-결정질 암반 지화학적 상호반응 특성 규명                   | ② 안전한 삶,<br>④ 지구시스템 난제 해결  |
| 3  | 한국연구재단     | 국내산 벤토나이트의 열-화학-수리-역학 복합 거동 특성 연구                      |                            |
| 4  | 한국연구재단     | 도심 토양·지하수의 석유계 탄화수소에 의한 오염 및 정화기법 연구                   | ① 깨끗한 환경,<br>④ 지구시스템 난제 해결 |
| 5  | 한국연구재단     | 도심 지하 공간개발이 탄소, 철, 황의 지중생지구화학적 순환에 미치는 영향 연구           |                            |
| 6  | 한국환경산업기술원  | 무기오염물질의 확산제어를 위한 반응매질 개발 및 확산방지 시설 시공/제어기술개발           | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶       |
| 7  | 한국연구재단     | 미시분광학적 특성 분석을 통한 유기-금속이 도핑된 나노 탄소염 광물의 형성 및 반응 메커니즘 연구 |                            |
| 8  | 한국연구재단     | 미시적 해석을 통한 금속이온이 도핑된 나노 인산염 광물 입자의 형성과 전이 및 반응 메커니즘 이해 |                            |
| 9  | 한국광해관리공단   | 오염특성별 중금속 존재 형태 규명                                     | ② 안전한 삶                    |
| 10 | 한국에너지기술평가원 | 원자력 이용시설 지하수 방사성오염 통합감시시스템 개발                          |                            |
| 11 | 한국환경산업기술원  | 유해중금속 제거를 위한 고기능성 Ceramic Microfilter 제조 및 적용 기술개발     | ① 깨끗한 환경                   |

|    |            |                                           |                      |
|----|------------|-------------------------------------------|----------------------|
| 12 | 한국환경산업기술원  | 이산화탄소 저장을 위한 환경관리 실증화 기술개발                | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶 |
| 13 | 제주녹색환경지원센터 | 제주도 화산암반수 중 기능성 바나듐의 산출특성에 관한 연구          | ① 깨끗한 환경             |
| 14 | 한국환경산업기술원  | 지중환경 오염경로·오염물질 스마트 진단·평가·예측 현장적용 기술개발     | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶 |
| 15 | 한국지질자원연구원  | 직접 수성 방법에 의한 레드머드와 슬레이트 혼합물의 광물 탄산화 특성 연구 | ① 깨끗한 환경             |
| 16 | 국립환경과학원    | 축산단지 지역의 지하수 배경농도 등 오염실태조사                | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶 |
| 17 | 한국환경산업기술원  | 토양-지하수 환경에서의 유해 화학물질의 거동 평가               | ① 깨끗한 환경             |

● 산업 문제 해결 관련 과제 목록:

| 연<br>번 | 주무부처/지원기관  | 연구과제 분류 및 과제명                                                  | 관련 핵심가치              |
|--------|------------|----------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1      | 한국환경산업기술원  | 샘물 오염원 추적을 위한 오염원 추적 기법 시범 적용 및 매뉴얼 개발                         | ① 깨끗한 환경             |
| 2      | 엘지생활건강     | 국내 대표 지질유형별 지하수 연대측정 및 수화학 특성 분석을 통한 화강암반 지역 먹는샘물의 차별성과 우수성 평가 |                      |
| 3      | (주)지오그린21  | 농도 조사 연구용역                                                     | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶 |
| 4      | 국립환경과학원    | 농축산지역 지하수 중 질산성 질소 수질 관리 개선사업 연구용역                             |                      |
| 5      | 국립환경과학원    | 농축산지역 지하수 중 질산성 질소 수질 관리 개선사업(I)                               |                      |
| 6      | 국립환경과학원    | 농축산지역 지하수 중 질산성 질소 수질 관리 개선사업(II)~(III)                        | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶 |
| 7      | 한국환경산업기술원  | 수리제어와 TDR 원리를 이용한 토양 내 유류탐지 센서 연구개발                            |                      |
| 8      | (주)한라산     | 제주 서부지역 지하수 형성과정 및 한라산소주 제품 원수인 지하수의 수질 등에 관한 연구               | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶 |
| 9      | 제주녹색환경지원센터 | 제주 지하수 수질 분류/평가기술 고도화 및 질소계 오염 정량화를 통한 최적 수질 관리 방안 도출          |                      |

● 최근 1년간 성과를 종합하면 **총연구과제 19건, 총연구비 수주액 24.0억 원, 총 국제학술지 논문 30 편**임. 다음은 천부지권 연구클러스터가 수행한 사회 문제·과학 난제 문제 해결 관련 과제 목록임.

| 연<br>번 | 주무부처/지원기관 | 연구과제 분류 및 과제명                                  | 관련 핵심가치              |
|--------|-----------|------------------------------------------------|----------------------|
| 1      | 한국환경산업기술원 | 지중환경 오염경로·오염물질 스마트 진단·평가·예측 현장적용 기술 개발         | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶 |
| 2      | 한국환경산업기술원 | 무기오염물질의 확산제어를 위한 반응매질 개발 및 확산방지 시설 시공/제어 기술 개발 |                      |

|    |           |                                                             |                              |
|----|-----------|-------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 3  | 한국환경산업기술원 | 지중환경 오염원인 규명을 위한 환경수사학 통합기술 개발                              | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶         |
| 4  | 한국연구재단    | 도심 토양·지하수의 석유계 탄화수소에 의한 오염 및 정화기법 연구                        | ① 깨끗한 환경,<br>④ 지구시스템<br>난제해결 |
| 5  | 한국연구재단    | 도심지하공간개발이 탄소, 철, 황의 지중생지구화학적 순환에 미치는 영향 연구                  |                              |
| 6  | 한국연구재단    | 철탄산염 광물 고용체 형성 및 상전이 특성의 미시적 규명을 통한 (고)지환경 해석의 새로운 접근       |                              |
| 7  | 한국연구재단    | 지중환경 내 안티몬(Sb) 거동에 영향을 미치는 생지구화학적 산화·환원 작용 연구               |                              |
| 8  | 한국환경산업기술원 | 도심 지중생활공간 위해성 평가 및 오염원인 진단 기술 개발                            | ② 안전한 삶,<br>④ 지구시스템<br>난제 해결 |
| 9  | 한국연구재단    | 고온 열수 및 증기 조건이 벤토나이트의 완충재의 수리-역학적 성질의 가역-비가역적 변화에 미치는 영향 연구 |                              |
| 10 | 한국연구재단    | 새로운 열수합성을 통한 고반응성 나노 보헤마이트의 형성 및 비소 흡착 메커니즘 연구              | ① 깨끗한 환경                     |

● 산업 문제 해결 관련 과제 목록:

| 연<br>번 | 주무부처/지원기관      | 연구과제 분류 및 과제명                    | 관련 핵심가치              |
|--------|----------------|----------------------------------|----------------------|
| 1      | 한국환경산업기술원      | 이산화탄소 저장을 위한 환경관리 실증화 기술 개발      | ① 깨끗한 환경,<br>② 안전한 삶 |
| 2      | 제주특별자치도 상하수도본부 | 제주특별자치도 상수원 특성조사 및 효율적 관리방안 연구용역 |                      |
| 3      | 국립환경과학원        | 농축산지역 지하수 중 질산성질소 수질관리 개선사업(IV)  |                      |
| 4      | 국립환경과학원        | 농축산지역 지하수 중 질산성질소 수질관리 개선사업(V)   |                      |
| 5      | 한국지질자원연구원      | 심부 단열대 바이오필름 특성화 및 발달과정 모델 연구    | ① 깨끗한 환경             |
| 6      | 연천군청           | 연천군지 편찬 용역                       |                      |
| 7      | 한국연구재단         | 다중방벽 핵종 생지구화학 상호 반응 평가           |                      |
| 8      | 한국연구재단         | 벤토나이트 완충재 자연유사 연구                |                      |
| 9      | 제주특별자치도 상하수도본부 | 삼다수 주 함양지역 및 수질진화 연구             |                      |

- 한편, 환경부 지중환경오염위해관리 기술개발사업 스마트 지중환경관리연구단은 약 4년 7개월간 약 150억 원의 환경부 지원을 받는 공공활용 과제(스마트 지중환경 오염거동 3D 진단평가예측 기술 개발)로써 12개 기관 약 100여 명이 참여연구원이 참여하는 대형국가연구과제이며 고려대학교 산학협력단이 총괄과제, 그 외 4개 세부과제로 구성되어 있음.

- 본 교육연구단 참여교수 5인(조호영, 윤성택, 이영재, 이순재, 권만재)과 대학원생 매년 20여 명 이상이 참여하여 복잡성을 갖는 지중환경을 이해하고 다양한 오염에 효율적으로 대응하기 위해 유체의 이동경로, 오염물질-지질매체간의 상호작용, 오염부지개념모델 개발연구를 수행하고 있음.

- 국내 토양·지하수 환경 오염이라는 중대한 산업문제해결을 위해 산학연 공동연구를 통해 지중환경 정밀오염조사 기법과 절차를 체계화하는 연구를 수행하고 있음. 본 과제의 성공적인 수행을 통해 오염정화효율증가, 최적정화공법선정, 효율적 오염부지 관리가 가능할 것으로 기대됨.



그림 3-3 교육연구단의 사회·산업 문제 과학 난제 해결에 기여(2021년 연구단 연구활동)

### 2.1.2.3 대기환경 연구클러스터

- 대기환경 연구클러스터는 최근 5년간 당면한 사회·산업 문제 해결, 지구환경과학 난제 해결에 기여하기 위해 아래와 같은 연구를 수행함. 특히 ① 깨끗한 환경, ④ 지구과학 난제 해결을 위한 연구과제를 중점적으로 수행하였음.
- 지난 5년간 성과를 종합하면 총연구과제 11건, 총연구비 수주액 15.7억 원, 총 국제학술지 논문 22편임. 다음은 대기환경 연구클러스터가 수행한 사회 문제·과학 난제 문제 해결 관련 과제 목록임.

| 연번 | 주무부처/지원기관 | 연구과제 분류 및 과제명                                       | 관련 핵심가치                       |
|----|-----------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1  | 한국연구재단    | PAM reactor 모사실험 기반 중국기원 이차미세먼지 생성량과 생성특성 파악        | ① 깨끗한 환경,<br>④ 지구시스템<br>난제 해결 |
| 2  | 국립환경과학원   | 수도권 2차 미세먼지 생성 과정 규명 (I)                            |                               |
| 3  | 국립환경과학원   | 한-중 월경성 미세먼지 저감을 위한 공동연구                            |                               |
| 4  | 한국기상산업진흥원 | 황해 경계층 대기 중 이차에어로졸 지시자 PAN과 탄소 동위원소 측정을 통한 연무 발생 파악 |                               |
| 5  | 국립환경과학원   | 관측기반 대기질 모델 개선체계 구축(III)                            | ① 깨끗한 환경                      |
| 6  | 국립환경과학원   | 관측기반 대기질 예보 개선 - 질산염 2차 생성 중심으로                     |                               |
| 7  | 한국해양과학기술원 | 대기환경 관측시스템 구축과 관측자료 생산                              |                               |
| 8  | 한국해양과학기술원 | 동북아시아 배경 대기질 변동성 감시와 장거리 대기오염물질 영향 파악               |                               |
| 9  | 한국연구재단    | 지구시스템 통합연구를 위한 대기권 기초원천 연구과제 개발 및 투자전략 수립           |                               |
| 10 | 환경부       | 한-중 공동연구단 운영지원 사업                                   |                               |
| 11 | 산림청       | 석포지역 산림피해 원인조사 및 복원 방향 연구용역                         |                               |

- 최근 1년간 성과를 종합하면 총연구과제 9건, 총연구비 수주액 9.5억 원, 총 국제학술지 논문 8편임. 다음은 대기환경 연구클러스터가 수행한 사회 문제·과학 난제 문제 해결 관련 과제 목록임.

| 연번 | 주무부처/지원기관   | 연구과제 분류 및 과제명                                                 | 관련 핵심가치                      |
|----|-------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1  | 한국연구재단      | 산소-질소-탄소 동위원소 추적자를 이용한 PM2.5 질산염 생성-변환 기작과 배출원 정량 규명          | ① 깨끗한 환경,<br>④ 지구시스템<br>난제해결 |
| 2  | 한국연구재단      | 수도권 초미세먼지 발생 기작 및 배출 특성 규명                                    |                              |
| 3  | 질병관리본부      | 미세먼지로 인한 질병부담측정 연구_호흡기알레르기질환과                                 | ① 깨끗한 환경                     |
| 4  | 해양수산과학기술진흥원 | 동북아시아 배경 대기질 특성과 황해 무기탄소순환 정밀파악                               |                              |
| 5  | 한국과학기술연구원   | 국제협력 기반 질산염 기원 추적 및 생성 매커니즘 규명                                |                              |
| 6  | 국립환경과학원     | 관측기반 대기질 예보 개선 - 봄철 고농도 사례 중심으로 -                             |                              |
| 7  | 국립환경과학원     | 서울 및 광주 지역에서 생성되는 2차 무기염 성분의 생성기작 규명(I)                       |                              |
| 8  | 국립환경과학원     | 서울 및 광주 지역에서 생성되는 2차 무기염 성분의 생성기작 규명(II)-황산염, 질산염, 암모늄염을 중심으로 |                              |
| 9  | 한국환경산업기술원   | 미세먼지관리 특성화대학원                                                 |                              |

## 2.2 산업·사회 문제 해결 기여 계획

### 2.2.1 실적분석을 통한 산업·사회 기여 계획수립 방향 설정

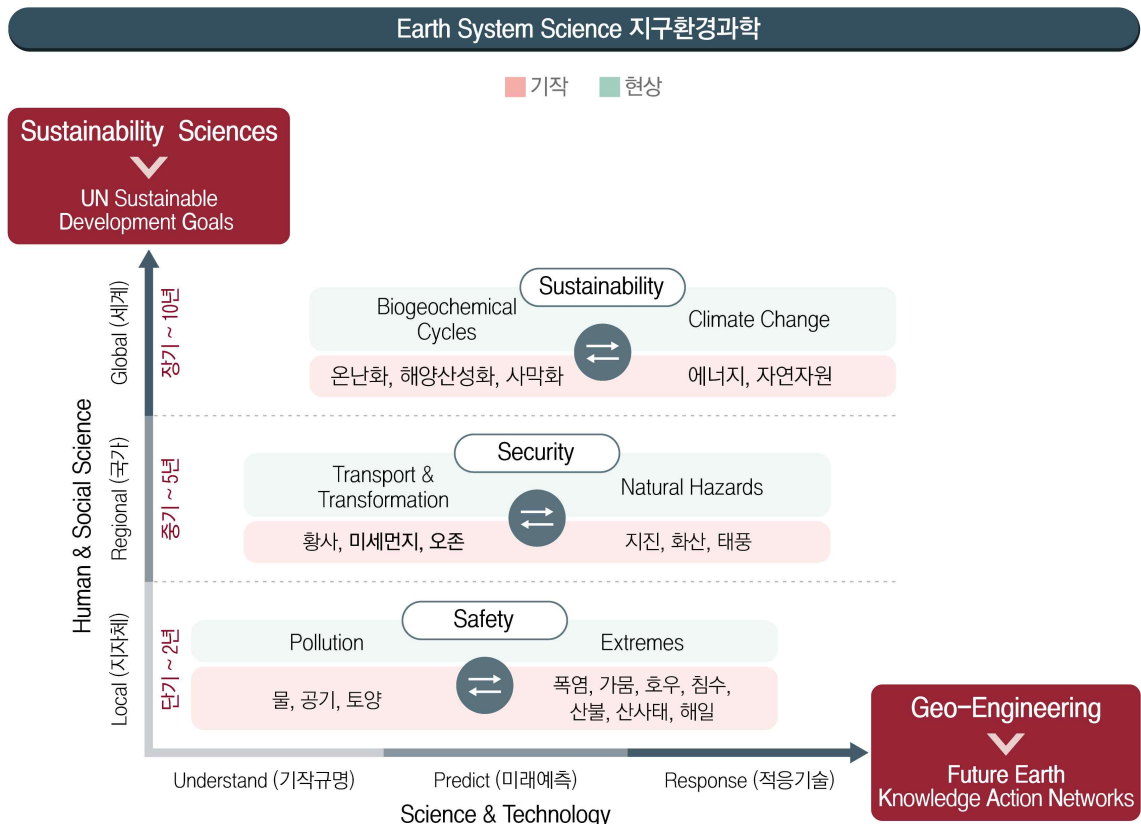


그림 3-4 교육연구단의 사회·산업 문제 과학 난제 해결에 기여하기 위한 중·장기 비전

- 본 교육연구단은 지난 3단계 BK21플러스 사업을 통해 지구환경과학 분야에서 글로벌 역량의 우수 인재를 양성함과 동시에 특히 미래지향적 연구과제를 발굴하고 기획하여 대형 연구사업단을 수주하고 운영하는 등 높은 수준의 연구성과를 도출하였음.
- 지구 내부와 표층 환경이 대기환경과 상호작용하는 지구시스템의 순환에 맞추어 조직된 연구클러스터들은 이러한 상호 작용을 종합적인 교육과 연구로 반영하고 있으며 또한 연구클러스터별 창의적이고 차별화된 연구도 병행하고 있음.
- 따라서 본 교육연구단은 그간 축적한 과학기술 지식과 경험을 공유하고 도출된 연구성과를 바탕으로 지속 가능한 우리 사회의 성장에 이바지하고자 4단계 BK21사업의 사회·산업 문제, 과학 난제 해결 기여 추진전략을 다음과 같이 수립하고자 함.
- **사회·산업 문제 해결:** 동북아시아 중심의 대한민국 지리적 특성으로 인한 황사, 미세먼지, 그리고 지진 등 자연재해 발생이 빈번히 발생하고 있음. 본 교육연구단은 이러한 문제 발생의 원인과 기작 규명부터 적용 관리 기술까지 전 주기를 아우르는 산학융합 연구를 활성화하여 지속 가능한 대한민국의 미래 융성에 이바지하고자 함.
- **과학 난제 해결:** 대한민국 과학계는 선진국 과학 수준을 추격 또는 모방하는 단계를 뛰어넘어 전 세계 과학과 기술을 선도하는 리더 국가에 걸맞은 위상 정립이 필요함. 본 교육연구단은 동북아시아 지구환경변화와 관련 대형 연구과제를 활성화할 계획임.
- 상기한 문제해결을 위한 전략으로 **대형융합연구, 산학연 공동연구**, 동북아시아를 중심으로 한 **국제연구**를 수행하고자 하며, 수월성 연구결과를 바탕으로 한 결과를 다시 교육에 반영하여 문제해결을 위한 장기적인 선순환이 이루어질 수 있도록 체계화하고자 함.

## 2.2.2 연구클러스터별 산업 문제·사회 문제·과학 난제 해결 기여 계획

### 2.2.2.1 고체지구 연구클러스터

- 고체지구 연구클러스터는 우리 사회가 직면한 사회·산업 문제와 과학 난제를 아래와 같이 분류하고, 체계적이고 심층적인 연구를 통해 문제해결에 이바지해오고 있음.
  - **사회 문제 해결:** 지진피해와 지질재해 저감, 고준위 핵폐기물 지중 처분 최적지 도출
  - **산업 문제 해결:** 광물자원과 에너지자원의 자주적인 탐사와 개발기술 개발
  - **과학 난제 해결:** 지진발생 원인 규명, 동북아시아 지각의 층상구조와 지구 규모의 순환과정 연계와 모델링
- 한반도 활성단층의 분포와 지진재해 위험도에 대하여 지금까지 진행된 대형 국책과제들 이후에 지금까지 국내외에서 추진되었던 지진 위험관리와 방재 개념을 넘어 자연 및 유발 지진 위험을 체계적 점검하고 방재하기 위한 국책과제의 전략적 개발이 필요함.
- 천부지권 연구클러스터에서 추진하고 있는 고준위 방사성폐기물 지중 처분 연구와 관련하여 폐기물 저장에 최적화된 지질매체가 우리나라 국토 어느 곳에 분포하는지에 대한 관점에서 본 교육연구단 차원의 대형 국책과제의 개발을 준비할 예정임.
- 광물자원과 석유자원의 탐사와 개발을 위한 기술개발은 탐사 담당 지역 지각의 조구조 운동과 연관된 광화작용과 석유자원 집유장 형성 등을 3차원으로 해석할 수 있는 기술개발이 필요하여 관련 공기업 및 대기업과 공동연구를 도출할 예정임.
- 지구 내부 물리적·화학적·운동학적 특성을 이해하고 이를 바탕으로 지구 내부 물질과 에너지 이동과 형성 등을 연구하는 지구 동역학(geodynamics)의 관점에서 동북아시아 지각진화를 재조명하여 지금까지 지표 지질조사에 주로 의존하였던 연구를 확대할 예정임.

- 진행 중인 대표적 대형 연구과제

#### ① (원자력안전위원회) 자연재해 연구단(2018~2022)

##### 2.2.2.2 천부지권 연구클러스터

- 천부지권환경(토양·지하수환경) 연구클러스터는 우리 사회가 직면한 사회·산업 문제와 과학 난제를 아래와 같이 분류하고, 체계적이고 심층적인 연구를 통해 문제 해결에 이바지해오고 있음.
  - **사회 문제 해결:** 물통합관리(지표수·지하수 통합관리), 오염 진단·평가·예측, 핵폐기물을 포함한 산업폐기물의 지중저장, 재해 진단·저감: 지반 함몰, 산사태
  - **산업 문제 해결:** 지속가능형 지중환경 (물환경, 지하수환경, 토양환경, 심부지중환경) 관리 기술, 오염부지 현장에 직접 적용할 수 있는 진단·평가·예측 기술
  - **과학 난제 해결:** 온실기체 저감, 자연적 및 인위적 환경변화에 대한 불균질 지질매체의 거동 특성
- 인구의 급격한 증가와 도시화로 인한 자연현상과 관련된 자연재해와, 산업의 발달에 따라 부수되는 인간의 활동으로 발생하는 환경재해 위험이 급증하고 있으므로, 이러한 재해의 효율적 관리를 위한 원인에 대한 철저한 이해와 예측과 방지에 대한 기술개발이 필수임.
- 또한, 자연재해와 환경재해의 궁극적이고 효율적 관리를 위해 생물권, 수권, 암석권 등으로 이루어진 지구계 각 요소의 상호 작용과 순환 관계에 입각하여 인간 활동에 영향을 주는 자연현상과 인류 활동으로 야기되는 환경변화에 대한 근본적인 과학적 이해가 필요함.
- 천부지권환경 연구클러스터는 지구환경 구성 권역들의 상호작용에 의한 오염물질의 분산과 이동과정을 규명하여 오염물질의 확산방지, 제거 및 복원을 위한 환경기술을 개발하고, 지구온난화 방지를 위한 이산화탄소 지중저장 기술개발을 지속 추진할 계획임.
- 천부지권환경(토양·지하수환경) 연구클러스터는 연구 수월성을 기반으로 물통합관리(지하수관리), 오염부지조사 진단평가예측, 고준위 핵폐기물저장, 지구온난화 방지를 위한 이산화탄소 지중저장 등 우리 사회가 직면한 난제 해결에 결정적으로 이바지하고자 함.
- 지구온난화라는 인류 전체가 당면한 사회 문제 해결을 위한 전략으로 이산화탄소 지중저장 관련 **대형융합연구**를 추가로 기획 및 수행을 통해 완성도 높은 결과를 바탕으로 온실가스저감 사회 문제 해결에 이바지하고자 함.
- 아울러 거대도시화와 더불어 대규모 지하 공간(예: 지하철, 지하구조물, 지하도로) 개발 및 활용에 따른 물 부족, 오염 현상에 대한 다양한 지질학적, 수리지질학적, 생지구화학적 변화를 연구하는 대형 공동연구과제 발굴과 기획이 필요한 시점임.
- 산업 문제 해결을 위한 전략으로 환경 관련 산업체의 애로사항 및 요구사항을 반영한 **산학연 공동연구과제** 기획과 수행을 통해 오염부지조사 진단평가예측, 중저준위·고준위 핵폐기물지중처분 관련 조사기술의 실제적인 적용이 이루어질 수 있도록 노력하고자 함.
- 과학 난제 해결을 위한 전략으로 지중환경 관련 **국제화연구 수행**과 더불어 세계를 선도할 수 있는 리딩 연구클러스터로의 발전을 이루고자 함. 특히 동북아시아를 포함한 아시아권 국가와의 국제공동 연구를 통해 우리 삶에 직결되는 문제 해결에 적극 기여하고자 함.
- 진행 중인 대표적 대형 연구과제

#### ① (환경부) 이산화탄소 지중저장 환경관리 연구단(2014~2021) - 2021년 완료

#### ② (환경부) 스마트 지중환경 관리기술 연구단(2018~2022)

### 2.2.2.3 대기환경 연구클러스터

- 본 연구클러스터는 지구 내부와 표층 환경이 대기와 상호작용하며 변화하는 대기 조성을 진단하는 연구를 수행해 왔으며, 반응성 미량 기체부터 미세먼지 조성 그리고 오존과 미세먼지의 화학 변환 과정을 파악하는 연구를 동북아시아 지역을 대상으로 수행하고 있음.
- 대기환경 연구클러스터는 우리 사회가 당면한 사회 문제와 지구환경과학 난제를 아래와 같이 분류하고, 체계적이고 심층적인 연구로 문제를 해결하며 대응하고 있음.
  - **사회 문제 해결:** 미세먼지 대응 및 대기질 개선, 기후변화 적응
  - **과학 난제 해결:** 고농도 미세먼지 발생기작 규명
- 최근 쾌적하고 안전한 삶을 영위하고자 하는 국민적 기본권을 심각하게 위협하는 미세먼지 문제로 국가적 관심이 큰 대기환경 분야의 대기질 개선 및 기후변화 대응 분야로 특화하여 지질과학 및 지질환경과 연계하여 특성화된 연구결과를 도출해왔음.
- 대기과학 연구클러스터는 연구 수월성을 기반으로 아래에 제시한 우리 사회가 직면한 미세먼지 대응, 기후변화 적응 등 난제 해결을 위한 대형 연구과제 발굴과 수주를 진행하고 있음.
- 국지적 대기오염부터 전 지구적 규모의 온난화까지 모두 인류 활동에 의한 대기 조성의 변화에 기인한 것으로 대기화학은 대기 중 화학물질들의 생성과 소멸 기작을 규명하고 변화를 진단하고 예측하며 미래 정책 수립의 기반이 되는 문제 해결형 연구의 전형임.
- 가속화되는 도시화로 인하여 전 지구적인 온난화가 국지적 공기의 정체를 초래하여 대기질 저하가 더욱 심화할 것으로 전망되기 때문에 특히 전 세계적으로 인구 밀도가 매우 높은 동북아시아는 이와 같은 문제에 매우 취약하며 이에 대한 근본적 해결책이 필요함.
- 중국이 강력한 정책을 시행하여 북경 지역 미세먼지 농도가 매년  $\sim 7 \text{ mg m}^{-3}$  감소하였으며, 우리나라도 정부의 노력으로 어느 정도 효과는 있었으나 추운 계절 고농도 미세먼지의 발생 빈도와 강도가 증가하였는데 발생 기작의 이해가 매우 미흡한 상태임.
- 또한, 미세먼지와 더불어 대기 중 오존 농도도 증가하고 있으므로 미세먼지와 오존 생성 기작 파악을 위한 기초연구를 기반으로 향후 정책 수립에 적용 가능한 결과를 도출할 수 있는 국가과제의 발굴과 수행이 필요함.
- 향후 미세먼지 중 질산염 변환과정과 질소의 이질반응 규명, 미세먼지 중 동위원소와 대기 중 휘발성 유기화합물(VOC) 분석, BC 단일입자 분석과 특성 파악, 서울의 오존 생성기작 파악, 인공신경망 모델을 활용한 대기의 이질화학반응 파악 등의 주제에 대해 **과학적 난제 해결과 동시에 사회 문제 해결을 위한 접근**으로 연구를 수행할 예정임.
- 국립환경과학원 국립기상과학원 해양과학기술원 등 국내 연구기관과 구축된 측정 인프라를 활용하며, 과기정통부와 환경부를 주축으로 **과학적 난제 해결과 사회 문제 해결을 위한 연구**를 기반으로, WMO(국제기상기구) Future Earth 등 국제연구협의체를 리드하는 연구로 동북아시아 대기환경변화 진단과 개선에 이바지할 계획임.
- 최근 상기한 과학적 난제 해결을 위한 과학적 해결책을 제시할 것으로 기대되는 대형 중장기 연구를 수주하여 아래와 같은 중장기 연구를 통해 고농도 미세먼지 발생원인인 질산염의 생성 과정을 밝히고자 함.
- 진행 중인 대표적 대형 연구과제
- ① (연구제단) 산소·질소·탄소 동위원소 추적자를 이용한 PM2.5 질산염 생성·변환 기작과 배출원 정량 규명(2020~2024)

#### 2.2.2.4 지역사회문제 해결

##### - KU 창업 에코시스템 기반 창업지원 프로그램 강화

- 본 교육연구단은 그동안 우수 인력을 양성하여 졸업생의 대부분이 안정적인 대학, 국가출연연구원, 공기업, 대기업, 기타 전문 스타트업에 기업 등에 취업하였으나 반면에 최근 5년간 교원창업과 교육연구단 대학원생 창업 실적은 전무한 상황임.
- 따라서 본 교육연구단은 지역사회 창업 생태계에 다양한 형식과 방법으로 기여할 수 있는 교수·연구·지원인력 등을 통해 기업 및 지역사회와 연계된 창업 종합지원프로그램을 지원할 계획임.

##### - 지역사회연계 프로그램 강화: 안암캠퍼스타운 및 온마을캠퍼스사업

- 고려대학교는 산학협력의 혁신모델인 학(연)-산-관-민의 쿼드러플헬릭스를 구축하여 지원, 지역사회 연계, 분야별 전문가 성장 지원, 창업프로그램 고도화 등 미흡한 부분을 보완하여 네트워크를 확장하고자 함.
- 인류사회의 공동문제해결(SDGs)을 위한 교육과정 개설 및 공동연구를 활성화할 계획임. 예로, 안암동 캠퍼스 타운은 대학지역 연계 수업을 제공하여 지금까지 다양한 전공으로 지역사회에 총 428회의 강의를 제공하였으며 762명 이상이 참여하였음.
- 혁신에 있어 ‘문제중심’, ‘가치 지향성’, 혁신 주체 간 협력 모델이 강조되면서 대학의 사회적 가치 창출 요구에 따라 본 교육연구단은 안암동 캠퍼스 타운, 온마을캠퍼스사업 등에 참여하여 지역사회문제 해결을 위한 프로그램 개발·활동 지원을 계획함.

### 3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

#### ① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

- 국제학회/학술대회 활동 (최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.))

| 연<br>번 | 일시                | 이름  | 활동내용                                                                                                                                                     |
|--------|-------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 2021.08.02.~08.06 | 권만재 | 국제학술대회 조직위원회 위원: 2021 AOGS - Biogeoscience Session BG16 - Biogeochemistry of Persistent Contaminants and Nutrients in Terrestrial and Aquatic Ecosystems |
| 2      | 2014.01~현재        | 이미혜 | 국제연구조직 위원: Future Earth iLEAPS(Integrated Land-Ecosystem Atmosphere Processes Study) - Science Steering Committee(SSC)                                   |
| 3      | 2015.01~현재        | 이미혜 | 국제연구조직 위원: World Meteorological Organization(WMO) Global Atmosphere Watch(GAW) - Membership in the Scientific Advisory Group(SAG) on Reactive Gases      |
| 4      | 2020.09.01~현재     | 윤성택 | 수자원 분야 우수학술지인 Journal of Hydrology (IF 5.722; 수자원 분야 120개 SCIE 저널 중 상위 7.5%) 및 Journal of Hydrology X의 Associate Editor로 활동 중(2019.02 이후)                |

- 국제학술대회, 워크숍 및 포럼 개최 (최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.))

- 본 교육연구단은 지속해서 해외전문가를 초청한 워크숍 및 포럼 등을 통한 국제화를 위해 노력하였으나 코로나19 장기화로 인해 워크숍 국제학술대회, 워크숍 등이 취소 또는 연기되었음.

● 국제 학술지 관련 활동: 편집위원 등 관련 활동

- 윤성택 교수: 수자원 분야 SCIE급 최우수 국제학술지 Journal of Hydrology 및 Journal of Hydrology X 의 부편집위원장 (2019.2.~현재)
- 권만재 교수: SCIE급 국제학술지 Minerals Special Issue Editor (2020.4.~2021.7.31)

② 국제 공동연구 실적

<표 3-4> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

| 연번     | 공동연구 참여자    |                           | 상대국 /소속기관                          | 국제 공동연구 실적                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소         |
|--------|-------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|        | 교육연구 단 참여교수 | 국외 공동연구 자                 |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                      |
| 202108 | 권만재         | O'Loughlin, Edward J.     | 미국 / Argonne National Laboratory   | Lee S., O'Loughlin E.J., Kwon M.J. (2021) Impact of organic acids and sulfate on the biogeochemical properties of soil from urban subsurface environments. Journal of Environmental Management, Vol. 292, Article No. 112756.                                                                                                         | DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112756   |
| 202105 | 권만재         | Boyanov, Maxim I.         | 미국 / Argonne National Laboratory   | Ham B., Kwon J.-S., Boyanov M.I., O'Loughlin E.J., Kemner K.M., Kwon M.J. (2021) Geochemical and microbial characteristics of seepage water and mineral precipitates in a radwaste disposal facility impacted by seawater intrusion and high alkalinity. Journal of Environmental Management, Vol. 285, Article No. 112087            | DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112087   |
| 202105 | 권만재         | Flynn, Theodore M.        | 미국 / Argonne National Laboratory   | Flynn T.M., Antonopoulos D.A., Skinner K.A., Brulc J.M., Johnston E., Boyanov M.I., Kwon M.J., Kemner K.M., O' Loughlin E.J. (2021) Biogeochemical dynamics and microbial community development under sulfate- And iron-reducing conditions based on electron shuttle amendment. PLoS ONE Vol. 16, Article No. e0251883               | DOI: 10.1371/journal.pone.0251883    |
| 202103 | 권만재         | Rahman, Arifur            | 미국 / Jacobs Engineering Group Inc. | Kwon M.J., Hwang Y., Lee J., Ham B., Rahman A., Azam H., Yang J.-S. (2021) Waste nutrient solutions from full-scale open hydroponic cultivation: Dynamics of effluent quality and removal of nitrogen and phosphorus using a pilot-scale sequencing batch reactor. Journal of Environmental Management, Vol. 281, Article No. 111893. | DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111893   |
| 202102 | 권만재         | Boyanov, Maxim I.         | 미국 / Argonne National Laboratory   | Park S.-C., Boyanov M.I., Kemner K.M., O'Loughlin E.J., Kwon M.J. (2021) Distribution and speciation of Sb and toxic metal(loid)s near an antimony refinery and their effects on indigenous microorganisms. Journal of Hazardous Materials, Vol. 403, Article No. 123625.                                                             | DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123625   |
| 202104 | 윤성택         | Batsaikhan, Bayartungalag | 몽골 / Mongolian Academy of Sciences | Batsaikhan B., Yun S.-T., Kim K.-H., Yu S., Lee K.-J., Lee Y.-J., Namjil J. (2021) Groundwater contamination assessment in Ulaanbaatar City, Mongolia with combined use of hydrochemical, environmental isotopic, and statistical approaches. Science of the Total Environment, Vol. 765, Article No. 142790.                         | DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142790 |

|        |     |                      |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                         |
|--------|-----|----------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 202101 | 윤성택 | Emelyanova, Irina V. | 호주 /<br>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization | Jeong J., Park E., Emelyanova I., Pervukhina M., Esteban L., Yun S.-T. (2021) Application of conditional generative model for sonic log estimation considering measurement uncertainty. Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 196, Article No. 108028.                                                                                          | DOI:<br>10.1016/j.petrol.2020.108028    |
| 202012 | 윤성택 | Joe, Hang Eun        | 미국 /<br>Purdue University                                            | Joe H.-E., Zhou F., Yun S.-T., Jun M.B.G. (2020) Detection and quantification of underground CO <sub>2</sub> leakage into the soil using a fiber-optic sensor. Optical Fiber Technology, Vol. 60, Article No. 102375.                                                                                                                                        | DOI:<br>10.1016/j.yofte.2020.102375     |
| 202106 | 이미혜 | Schwarz, Joshua P.   | 미국 /<br>NOAA Earth System Research Laboratory (ESRL)                 | Cho C., Schwarz J.P., Perring A.E., Lamb K.D., Kondo Y., Park J.-U., Park D.-H., Shim K., Park J.-S., Park R.J., Lee M., Song C.-K., Kim S.-W. (2021) Light-absorption enhancement of black carbon in the Asian outflow inferred from airborne SP2 and in-situ measurements during KORUS-AQ. Science of the Total Environment, Vol. 779, Article No. 145531. | DOI:<br>10.1016/j.scitotenv.2021.145531 |
| 202102 | 이미혜 | Whitehill, Andrew R. | 미국 /<br>U.S. Environmental Protection Agency                         | Gil J., Kim J., Lee M., Lee G., Ahn J., Lee D.S., Jung J., Cho S., Whitehill A., Szykman J., Lee J. (2021) Characteristics of HONO and its impact on O <sub>3</sub> formation in the Seoul Metropolitan Area during the Korea-US Air Quality study. Atmospheric Environment, Vol. 247, Article No. 118182.                                                   | DOI:<br>10.1016/j.atmosenv.2020.118182  |
| 202011 | 이미혜 | Yang, Xiaoyang       | 중국 /<br>Chinese Research Academy of Environmental Sciences           | Lim S., Yang X., Lee M., Li G., Gao Y., Shang X., Zhang K., Czimczik C.I., Xu X., Bae M.-S., Moon K.-J., Jeon K. (2020) Fossil-driven secondary inorganic PM <sub>2.5</sub> enhancement in the North China Plain: Evidence from carbon and nitrogen isotopes. Environmental Pollution, Vol. 266, Article No. 115163.                                         | DOI:<br>10.1016/j.envpol.2020.115163    |
| 202009 | 이미혜 | Thriveni, Thenepalli | 인도 /<br>Sri Venkateswara University                                  | Habte L., Shiferaw N., Thriveni T., Mulatu D., Lee M.-H., Jung S.-H., Ahn J.W. (2020) Removal of Cd(II) and Pb(II) from wastewater via carbonation of aqueous Ca(OH) <sub>2</sub> derived from eggshell. Process Safety and Environmental Protection, Vol. 141, pp. 278-287.                                                                                 | DOI:<br>10.1016/j.psep.2020.05.036      |
| 202009 | 이영재 | Kim, Youngjae        | 미국 /<br>Argonne National Laboratory                                  | Lee S.Y., Kim Y., Chang B., Lee Y.J. (2020) Enhanced arsenic (III and V) removal in anoxic environments by hierarchically structured citrate/FeCO <sub>3</sub> nanocomposites. Nanomaterials, Vol. 10, pp. 1-22.                                                                                                                                             | DOI:<br>10.3390/nano10091773            |
| 202106 | 이진한 | Hirose, Takehiro     | 일본 /<br>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology         | Park Y., Hirose T., Ree J.-H. (2021) Carbonate Fault Mirrors With Extremely Low Frictional Healing Rates: A Possible Source of Aseismic Creep. Geophysical Research Letters, Vol. 48, Article No. e2021GL093749.                                                                                                                                             | DOI:<br>10.1029/2021GL093749            |
| 202108 | 조석주 | Lee, Dongjin         | 중국 /<br>Jilin University                                             | Cho S.H., Lee B.-S., Lee D.-J., Choh S.-J. (2021) The Ordovician succession of the Taebaek Group (Korea) revisited: old conodont data, new perspectives, and implications. Geosciences Journal, Vol. 25, pp. 417-431.                                                                                                                                        | DOI:<br>10.1007/s12303-020-0044-5       |

|        |     |              |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |
|--------|-----|--------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 202107 | 조석주 | Lee, Dongjin | 중국 / Jilin University            | Lee J.-H., Cho S.H., Jung D.Y., Choh S.-J., Lee D.-J. (2021) Ribbon rocks revisited: the upper Cambrian (Furongian) Hwajeol Formation, Taebaek Group, Korea. Facies, Vol. 67, Article No. 19.                                                                               | DOI: 10.1007/s10347-021-00630-3 |
| 202104 | 조석주 | Liang, Kun   | 중국 / Chinese Academy of Sciences | Park J., Lee J.-H., Liang K., Choh S.-J. (2021) Facies analysis of the Upper Ordovician Xiazhen Formation, southeast China: Implications for carbonate platform development in South China prior to the onset of the Hirnantian glaciation. Facies, Vol. 67, Article No. 18 | DOI: 10.1007/s10347-021-00626-z |

### ③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

- **외국 대학 및 연구자와의 교류 계획** - 신청당시 아래와 같이 교류계획을 세웠으나 코로나 장기화로 인한 해외출장의 어려움으로 2022년 이후에 시행할 계획임

| 연<br>번 | 기관 /<br>연구자                                                                   | 교류 계획 및 관련 실적                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 미국<br>Argonne National Lab.<br>/<br>Dr. Edward O' Loughlin,<br>Dr. Ken Kemner | <ul style="list-style-type: none"> <li>(권만재 교수 연구팀) 미국 아르곤국립연구소와 공동연구 수행</li> <li>2021년 상반기 Dr. O' Loughlin 고려대 방문, 권만재 교수 2021년 하반기 아르곤국립연구소 방문. 권만재 교수 연구팀은 2009년 이후 아르곤국립연구소 Molecular Environmental Science 그룹과 지속해서 공동연구를 수행하고 있음</li> <li>제련소 주변 중금속 존재 형태 분석, 바이오 필름 분석 및 지중환경오염평가 관련 회의 및 실험 수행</li> </ul> <p>- <b>관련 실적(국제학술지 논문 게재):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kwon et al., 2018, J Environ Management, 206, 938-948 외 6편</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2      | 프랑스<br>Institute of Environment<br>al<br>Geosciences<br>/<br>Savarino Joël    | <ul style="list-style-type: none"> <li>(이미혜 교수 연구팀) 프랑스 Institut des Geosciences de l' Environnement/ CNRS (Glaciologie) Savarino Joël (Directeur de Recherche)과 공동연구</li> <li>프랑스 Institute of Environmental Geosciences는 그르노블에 있는 유럽을 대표하는 빙하연구소이며 Savarino Joël은 빙권의 질소순환 연구로 저명한 과학자로 특히 청정지역 극미량 질소 동위원소와 산소 동위원소 분석 전문가임. 2021년 6~7월 중 향후 정기적인 방문 일정 결정</li> <li>PM<sub>2.5</sub> 주요성분 질산염 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)의 산소, 질소 동위원소(<sup>17</sup>O, <sup>18</sup>O, <sup>15</sup>N) 분석.</li> <li>서울 및 주요 지역에서 채취한 PM<sub>2.5</sub> 중 질산염을 분리하여 그중 안정성 질소와 산소 동위원소를 분석하여 대기 중 질산염 생성과정 추정</li> </ul> <p>- <b>관련 실적(보고서):</b> 미세먼지 국가전력 프로젝트 일부로 서울 고려대에서 채취한 PM<sub>2.5</sub> 중 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 <sup>15</sup>N, <sup>17</sup>O, <sup>18</sup>O를 분석함. 그 결과로 NO<sub>x</sub>의 자동차 배출 기여도를 정량적으로 추정하였고 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 생성과정이 북경과 유사한 수준임을 보고함.</p> |
| 3      | 베트남<br>Vietnam National<br>Museum of<br>Nature /<br>Prof. Nyugen Trung Minh   | <ul style="list-style-type: none"> <li>(윤성택 교수 연구팀) 베트남 자연박물관(VNMN)과의 공동연구</li> <li>본 사업단과 VNMN 사이의 MOU를 기반으로 국제공동연구 및 대학원생과 연구원 인력교류를 활발히 추진키로 한 바 있음. 이에 따라, 금년 상대국 책임자인 Nyugen Trung Minh 교수의 고려대학교 방문(2021. 6~7월)과 윤성택 교수의 초청방문(2020.2.14-20 및 향후 매년 추진)을 추진하였으나. 코로나-19상황으로 인하여 연기됨. 특히, 윤성택 교수의 베트남 방문에서는 최근 국제적인 연구관심사 중 하나인 "Critical Zone Study"를 추진할 계획이었음.</li> <li>연기된 상호 방문연구는 코로나 상황이 회복되는대로 추진할 것임.</li> </ul> <p>- <b>관련실적:</b> 고려대 지구환경과학과-VNMN MOU</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|   |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | 호주 CSIRO<br>/ Matthew<br>Myers, Bobby<br>Pejcic | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (윤성택 교수 연구팀) 호주 대륙규모 온실가스배출량 분석연구 (2020~2021): 호주 CCS현장에서 적용한 국내개발 딥러닝 융합기반 통합환경해석 및 예측기법(MRSSM)을 mobile lab을 이용한 대륙 규모 온실가스배출 및 기후변화 영향성 평가 연구에 확장 적용할 예정 (Matthew Myers, Bobby Pejcic).</li> <li>• 또한 개선된 MRSSM (A-MRSSM)을 통해 FIR 자료 해석능 향상을 통한 새로운 Shale identification 기법을 개발할 예정임 (Bobby Pejcic).</li> </ul> <p>- <b>관련실적:</b> 현재 2020.02 의 단기방문을 통해 기존연구의 마무리 및 향후 탐사 및 분석방법에 대한 논의를 수행함.</p> |
|---|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## IV

## 4단계 BK21 교육연구단(팀) 관련 언론보도 리스트

|            |                   |
|------------|-------------------|
| 교육연구단(팀)명  | 고려대학교 지구환경과학교육연구단 |
| 교육연구단(팀)장명 | 이미혜               |

| 연번 | 구분 | 언론사명<br>/수상기관<br>등                                                                                                                                                                                                                                                | 보도일자/<br>수상일자<br>등 | 제목/<br>수상명 등                                            | 관련 URL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | 주요내용 (200자이내)                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1  | 성과 | 이데일리<br>외 4건                                                                                                                                                                                                                                                      | 21.09.05           | ‘청정 장인’ 자연이<br>만드는 제주 ‘삼다수’<br>입증                       | <a href="https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01695766629177168&amp;mediaCodeNo=257&amp;OutLnkChk=Y">https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01695766629177168&amp;mediaCodeNo=257&amp;OutLnkChk=Y</a>                                                                                                                     |
|    |    | 제주특별자치도개발공사는 사내 수자원연구팀이 지하수 연구 분야 권위자인 윤성택 고려대 지구환경과학과 교수가 4년간 진행한 연구를 통해 제주 삼다수의 정확한 생성지점을 규명했다고 5일 밝혔다. 제주삼다수가 해발 440m에 있는 취수원보다 1000m 이상 높고 인위적 영향이 거의 없는 원시림에서 생성된 후 18년간 화산송이라는 자연필터를 거쳐 정화되어 생명력 있는 제주삼다수가 된다는 것이 연구 결과의 핵심이다.                              |                    |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2  | 성과 | 매일경제                                                                                                                                                                                                                                                              | 21.09.01           | 생수 놓고 水 전쟁...제주 '삼다수' 근원 규명해<br>보니...                   | <a href="https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2021/09/846628/">https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2021/09/846628/</a>                                                                                                                                                                                                       |
|    |    | 윤성택 고려대 지구환경과학과 교수와 제주개발공사 수자원연구팀이 7년 넘는 연구 끝에 '제주삼다수의 뿌리'를 밝혀냈다. 7년 3개월간 수집한 고도별 물의 동위원소를 비교한 결과 제주삼다수의 동위원소가 해발고도 1450m 인근에서 생성된 물의 동위원소와 일치하는 점을 확인했다. 제주삼다수의 생성 근원이 한라산국립공원 내 해발고도 1450m 이상 고지대라는 것을 과학적으로 밝혀냈으며, 지하수 취수원을 체계적으로 보전·관리하기 위한 의미있는 연구이다.        |                    |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3  | 성과 | 조선일보<br>외 7건                                                                                                                                                                                                                                                      | 21.07.01           | “청정샘물 제주삼다수<br>원천은 한라산 해발<br>1450m, 18년 이상 불순<br>물 걸러져” | <a href="https://www.chosun.com/national/regional/jeju/2021/07/01/ACQV4C4FYZHCTNH7UU6WYR3SRM/?utm_source=naver&amp;utm_medium=referral&amp;utm_campaign=naver-news">https://www.chosun.com/national/regional/jeju/2021/07/01/ACQV4C4FYZHCTNH7UU6WYR3SRM/?utm_source=naver&amp;utm_medium=referral&amp;utm_campaign=naver-news</a> |
|    |    | 제주개발공사는 ‘제주삼다수의 근원’을 찾는 이번 연구에 국내외 지하수 유동연구에서 가장 신뢰도 높은 ‘산소-수소 안정동위원소 기법’을 동원해 4년간 진행했다. 이 연구에는 윤성택 고려대 지구환경과학과 교수팀이 참여했다. 윤 교수는 “제주 삼다수의 기원과 함양 지역을 명확히 밝혀 청정성을 증명한 과학적 성과”라고 말했다. 연구결과는 ‘안정동위원소를 이용한 제주삼다수 유역의 지하수 함양 특성 연구’라는 제목으로 한국지하수토양환경학회 논문집(6월호)에 게재됐다. |                    |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| 연번 | 구분 | 언론사명<br>/수상기관<br>등                                                                                                                                                                                                                                                                         | 보도일자/<br>수상일자<br>등 | 제 목/<br>수상명 등                     | 관련 URL                                                                                                                                                                                                                          |
|----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | 주요내용 (200자 이내)                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4  | 기타 | 경향신문                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 21.06.04           | 하천과 지하수가 만드<br>는 건전한 물순환          | <a href="https://www.khan.co.kr/opinion/contribution/article/202106040300025#csidx59922a57a68d0adbdb613810acecfbc">https://www.khan.co.kr/opinion/contribution/article/202106040300025#csidx59922a57a68d0adbdb613810acecfbc</a> |
|    |    | 물은 끊임없이 순환한다. 하천수와 지하수의 물순환 건전성 유지 또는 회복을 위해 네가지 제안을 하였다. 하천과 지하수의 물순환 체계에 문제가 생기면 점차 심각해지는 기후변화로 인간의 삶은 크게 위협받게 될 것이므로, 하천과 지하수를 연계하고, 전문화된 물순환 관리체계 구축을 성공적으로 하려면 정부 당국의 노력뿐만 아니라 물관리 전문기관 및 관련 학회·협회 등의 역할 확대와 지원이 요구된다.                                                                |                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5  | 기타 | 뉴스제주                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 21.04.20           | 제주 지하수연구센터<br>운영위 위원장에 윤성<br>택    | <a href="https://www.newsjeju.net/news/articleView.html?idxno=360832">https://www.newsjeju.net/news/articleView.html?idxno=360832</a>                                                                                           |
|    |    | 제주특별자치도는 지난 19일 오후 3시 제주연구원에서 '2021년 제1차 제주 지하수연구센터 운영위원회'를 열고 올해 제주 지하수연구센터 수행과제 추진상황을 점검하는 한편 고려대 지구환경과학과 윤성택 교수를 신임 위원장으로 선출했다고 20일 밝혔다.                                                                                                                                                |                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6  | 성과 | CBS<br>노컷뉴스                                                                                                                                                                                                                                                                                | 21.02.17           | 日강진 예견한 누리<br>꾼...바누아투 법칙 사<br>실? | <a href="https://www.nocutnews.co.kr/news/5501052">https://www.nocutnews.co.kr/news/5501052</a>                                                                                                                                 |
|    |    | '바누아투 법칙'은 지진이 빈번하게 발생하는 환태평양조산대 일명 '불의 고리(ring of fire)' 때문에 생긴 우연의 일치일 뿐, 과학적 연관성은 없는 것으로 확인됐다. 고려대 김성룡 지구환경과학과 교수는 16일 CBS노컷뉴스와의 통화에서 "바누아투에서 지진이 발생한 이후 그 근처나 (바누아투) 라인에서 지진이 또 발생하는 것은 통계적으로 보면 당연한 일"이라며 "(바누아투)라인 지역에서는 매일 6.0 규모 지진이 몇개씩도 나기 때문"이라고 밝혔다.                           |                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                 |
| 7  | 성과 | 제민일보                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 20.11.16           | “지속가능한 지하수 정<br>책 시행해야“           | <a href="http://www.jemin.com/news/articleView.html?idxno=706489">http://www.jemin.com/news/articleView.html?idxno=706489</a>                                                                                                   |
|    |    | 최근 전세계적으로 '물-식량-에너지 연계'에 대한 논의가 매우 활발하며, 우리나라에서는 새롭게 시작된 통합물관리도 이를 고려하고 있다. 지속가능하고 친환경적인 농업활동을 통해 물환경도 보존하고 에너지 문제도 완화시키는 융합체계가 하루빨리 마련돼야 한다. 최근 제주 지하수의 연구개발을 주도할 '제주지하수연구센터'가 발족된 것은 늦은 감이 있지만 매우 다행한 일이며, 이를 뒷받침할 지속적이고 안정적인 인적 및 물적 지원이 이루어짐으로써 과학기반의 제주지하수 관리체계가 조속히 마련되고 시행되기를 기대한다. |                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                 |

| 연번 | 구분 | 언론사명<br>/수상기관<br>등                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 보도일자/<br>수상일자<br>등 | 제목/<br>수상명 등                                  | 관련 URL                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | 주요내용 (200자 이내)                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8  | 성과 | 동아<br>사이언스                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 20.11.13           | 지열발전이 촉발한<br>포항지진 3년...국제<br>시추 연구 논의 본격<br>화 | <a href="https://www.dongascience.com/news.php?idx=41462">https://www.dongascience.com/news.php?idx=41462</a>                                                                                                                                                                                                       |
|    |    | 이진한 고려대 지구환경과학과 교수는 이달 11일부터 14일까지 포항 포스코 국제관 국제회의장에서 열린 ‘포항지진 3주년 국제포럼’에서 “포항지진이 국제적으로 유발지진 연구와 큰 지진을 일으키지 않고 안전하게 시추할 수 있는 방법을 찾는 과학적 난제에 대한 자연실험실이라는 공감대가 이뤄지고 있다”며 “이번 국제포럼을 계기로 포항지진을 일으킨 단층을 시추하는 국제 연구 프로젝트가 본격 논의될 것”이라고 밝혔다.                                                                  |                    |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9  | 기타 | 조선일보                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 20.09.01           | 코로나에 ESG 투자<br>급증, 상반기 국내 채<br>권만 14조원        | <a href="https://www.chosun.com/economy/stock-finance/2020/09/01/HJKNREMKZ5FE3G65AO5GN3C7LQ/?utm_source=naver&amp;utm_medium=original&amp;utm_campaign=news">https://www.chosun.com/economy/stock-finance/2020/09/01/HJKNREMKZ5FE3G65AO5GN3C7LQ/?utm_source=naver&amp;utm_medium=original&amp;utm_campaign=news</a> |
|    |    | 전 세계적으로 ‘ESG 투자’에 대한 관심이 높아지고 있다. 코로나 팬데믹 같은 세계적 재앙이 지속되면서 환경을 보호하고, 사회적 안전망을 더욱 튼튼하게 만들 필요성이 커지고 있기 때문이다. 코로나 시대, ESG의 역할’로 김성우 김앤장 환경에너지연구소장(고려대 지구환경과학과 겸임교수)과 나옴 잉글리시 MSCI(모건스탠리캐피털인터내셔널) ESG 글로벌 부문장이 실시간 화상으로 토론했다. 김 소장은 한국인 최초로 세계은행 미래사회 자문위원에 선임되는 등 환경 에너지 및 사회 책임 분야에서 국내 최고 전문가로 인정받고 있다. |                    |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |