

국토정책 Brief

국토연구원에서 수행한 주요 연구과제의 핵심 내용과 정책제안 등을 압축해 국민께 알려드리고자 하는 발간물입니다.

2023. 10. 16.
No. 936



발행처 국토연구원
발행인 심교언
www.krihs.re.kr

이치주 공정건설혁신지원센터장

방설아 부연구위원

윤은주 부연구위원

디지털 건설기술의 온실가스 감소효과: BIM을 중심으로

주요 내용

- 건축물 부문은 전 세계 탄소배출량의 39%를 차지(World Green Building Council 2019)
 - 계획-시공-운영-철거단계로 분류되는 건축물 생애주기 중 운영단계(약 40년, 28%) 대비 단기간에 많은 온실가스를 배출하는 시공단계(2~3년, 11%)의 탄소중립정책 수립이 더욱 시급
 - 시공단계의 온실가스 배출량을 줄이기 위해서는 디지털 건설기술의 활용이 중요
- BIM 적용에 따른 시공단계의 온실가스 배출량 감소효과는 약 11만 3,211kgCO₂ 로 분석
 - 사례 건축물에 BIM(Building Information Modelling)을 적용하여 분석한 결과 설계오류와 재시공, 온실가스 배출량을 감소하는 효과 도출
 - 특히 온실가스는 약 11만 3,211kgCO₂의 감소효과가 나타났으며, 이는 10인 이하의 승용차·승합차 63.6대가 2만 km를 주행할 때 배출되는 온실가스량과 같고, 1만 2,441~1만 3,977 그루의 소나무가 있어야 제거가 가능
- 친환경 시공을 위한 BIM 활성화 방안으로 '디지털·친환경 건축물인증' 제도의 수립을 제안
 - 우리나라는 건설산업 경쟁력 향상의 관점에서 BIM 활성화 방안을 추진하고 있지만, 해외는 탄소저감을 포함한 사회적 가치도 함께 고려

정책방안

- ① 발주자가 '디지털·친환경 건축물인증'을 획득하면 취·등록세 경감 및 용적률 등을 완화해주고, 기존 녹색건축인증(G-SEED) 제도와 연계하여 인센티브를 부여
- ② 건설사가 인증을 획득하는 경우 입찰가점을 부여하거나 배출권거래제 상쇄제도를 기반으로 한 인센티브를 제공
- ③ '디지털·친환경 건축물인증' 제도의 활성화를 위해 BIM 적용에 따른 온실가스 감소량의 평가기준 수립, 국가 LCI(Life Cycle Inventory) DB 확대 개발, 온실가스 변화량의 자동 계산 프로그램 개발
- ④ 내재탄소와 폐기물 발생량은 적으면서 재활용 비율이 높은 건설자재를 사용하도록 유도하는 입찰가점 도입

01. 온실가스 감소를 위한 BIM 적용 필요성

전 세계 탄소배출량의 39%가 건축물 부문에서 발생하여 감축방안 필요

냉·난방, 급탕, 조명, 취사, 기기 사용 시 배출되는 운영단계의 탄소배출량은 28%이며, 건설자재의 생산 및 시공단계의 탄소배출량은 11%(총 39% 발생)(World Green Building Council 2019)

운영단계는 40년 이상 탄소를 배출하지만(법인세법 시행규칙, 2022), 시공단계의 탄소배출기간은 일반적으로 2~3년

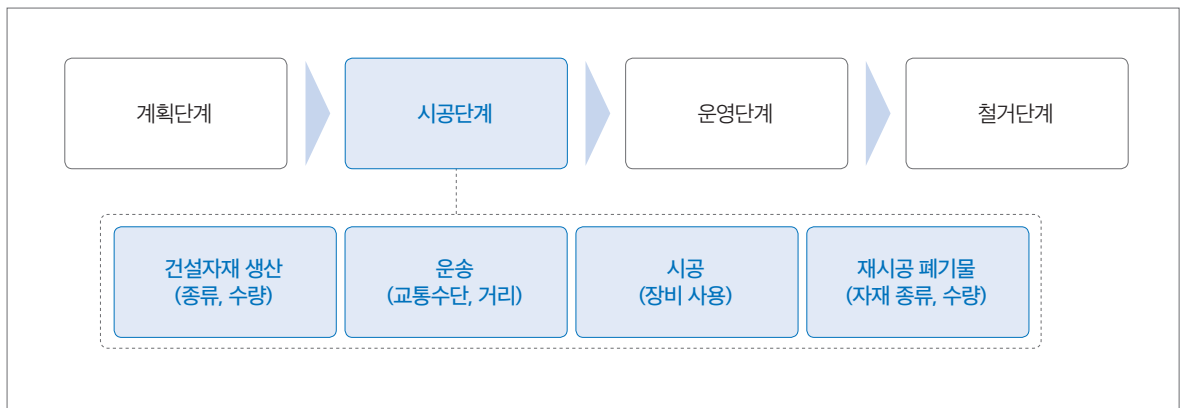
- 운영단계에 비해 기간은 짧지만 다량의 온실가스를 배출하는 시공단계에서 적용할 수 있는 탄소중립정책 수립이 필요
- 특히 재시공에 의한 폐기물 처리과정을 포함하면 시공단계에서의 온실가스 배출량은 더욱 증가

시공단계의 온실가스는 건설자재의 생산·운송·장비사용·재시공에 따른 폐기물 처리과정에서 배출

건축물의 생애주기는 계획-시공-운영-철거단계로 분류되며, 시공단계의 온실가스 배출량을 감소시키기 위해서는 생산과 폐기단계에서 온실가스 배출량이 적은 건설자재를 사용하고, 재시공을 방지하여 자재의 낭비요소를 줄일 필요

- 국가 LCI DB(2022년 기준)에서 제공하는 온실가스 정보를 기반으로 연구를 진행하였으므로 이 브리프에서 다루는 내용에서는 '온실가스'로 표기¹⁾
- 건축물을 건설할 때는 온실가스 배출량이 적은 자재를 우선적으로 사용해야 하며, 설계오류와 설계변경의 최소화, 즉 설계완성도 향상을 통해 재시공을 감소시켜 온실가스 배출량 감축
 - 설계완성도 향상을 위하여 정부는 BIM(Building Information Modelling) 활성화 방안을 지속적으로 수립(2018)
 - BIM은 가상공간에 3D 형상의 시설물을 생성하고, 이때 만들어진 시설물 정보로 정보모델을 구축하는 것이며(국토교통부 2022a), 2D CAD 도면 간의 불일치나 설계오류 감소 및 다양한 설계변경 대안의 도출이 가능하다는 장점이 있음(Eastman et al. 2009)

그림 1 건축물 생애주기와 시공단계의 온실가스 배출요인



이 브리프에서는 건설산업 디지털 전환의 핵심기술인 BIM 적용을 통해 온실가스 배출량 감소수준을 분석한 후, BIM의 활성화 방안을 제안하고자 함

1) 정부정책이나 추진전략 등에서 '탄소'를 사용한 경우는 '탄소'로 표기함.

02. 건축물 온실가스 감소정책

우리나라 건축물 부문의 탄소중립정책은 녹색건축 확산을 통한 건물의 저탄소화(박종순 외 2022)가 중심

건축물 부문의 탄소중립 추진전략은 운영단계의 온실가스 배출량 감소를 위한 것들이 대부분이어서, 단기간에 온실가스가 다량 배출되는 시공단계의 온실가스 감축방안 수립이 필요

탄소중립 추진전략으로는 건축물 에너지 효율성 향상, 에너지 고효율·저비용 건축자재·설비·기기 개발 및 확산, 스마트 에너지 관리 시스템 구축 및 행태 개선, 건축물 신재생에너지 설비 확산 및 전력화 등이 있음

정부는 온실가스 배출권거래제와 온실가스 배출권거래제 상쇄제도, 온실가스 목표관리제도를 시행 중

온실가스 배출권거래제: 정부가 사업장에 연간 배출권을 할당하여 그 범위 내에서 온실가스를 배출하게 하고, 여유분 또는 부족분의 배출권에 대해서는 사업장 간 거래를 허용하는 제도

온실가스 배출권거래제 상쇄제도: 온실가스 배출량을 할당받지 않은 사업자가 온실가스를 감소시킨 실적을 인정받아 배출권거래제에 활용하는 제도

온실가스 목표관리제도: 온실가스 배출량이 5만 tCO₂eq 이상 업체 혹은 1만 5천 tCO₂eq 이상 사업장을 관리업체로 지정하여 온실가스 감축목표를 설정하고 관리하는 제도

03. BIM 적용에 따른 온실가스 감소효과

BIM의 '시공 중 설계 지원' 기능을 통한 온실가스 배출 감소

온실가스 배출을 줄이기 위해 시공단계에서 적용할 수 있는 BIM 기능은 설계오류와 재시공 감소, 온실가스 배출량 감소에 관련된 '시공 중 설계 지원'

'시공 중 설계 지원'은 세부적으로 설계 변경 및 대안 검토, 시공상세도 활용, 제작도면 활용 기능을 포함하고, 이 중에서 설계 변경 및 대안 검토 기능이 설계오류와 재시공, 온실가스 배출량 감소에 기여 가능

표 1 시공단계에서 적용 가능한 BIM 기능

• 시공 중 설계 지원	• 시공 관리	• 공사비 관리	• 공정 관리
• 안전 관리	• 탈현장 시공(OSC)	• 스마트 건설기술 연계 및 적용	

자료: 국토교통부(2022b)를 기반으로 저자 작성.

BIM 적용 후 온실가스 배출량 분석방법

① 설계오류 검토 및 재시공 필요성 확인, ② 재시공 감소에 따른 물량 감소효과 분석, ③ 물량 감소에 따른 온실가스 배출량 감소효과 분석의 절차를 통하여 BIM 적용에 따른 온실가스 배출량 변화를 검토

• BIM 적용 시 건설자재 소요량 감소율, 건설자재 소요량 감소에 따른 자재운송 거리 감소율, 폐자재의 재활용 감소율에 대한 분석이 가능

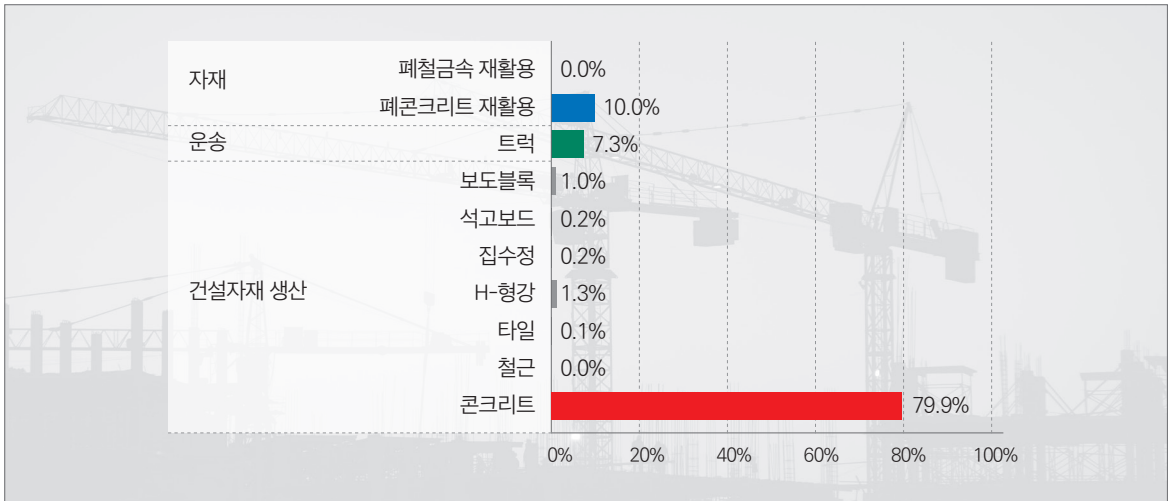
• 설계오류와 재시공 여부는 실무전문가의 판단을 기반으로 하며, 실무전문가 간의 전문성과 신뢰도 차이를 완화하기 위하여 퍼지이론과 퍼지계층화분석법 적용

앞에서 제시된 분석방법을 사례 건축물에 적용한 결과, 시공단계에서 BIM을 적용할 경우 약 11만 3,211kgCO₂의 온실가스 배출량 감소

콘크리트 낭비율 감소를 통해 온실가스 배출량을 크게 감소시킬 수 있으며(9만 474kgCO₂, 79.9%), 폐콘크리트 재활용(1만 1,377kgCO₂, 10.0%)과 트럭 운송거리 감소(8,304kgCO₂, 7.3%) 또한 온실가스 배출량을 감소시키는 것으로 분석

엄격한 분석을 위해 운송과정에서 배출되는 온실가스는 최단거리만을 가정한 결과이므로, 실제로는 더 많은 온실가스가 운송단계에서 감소할 것으로 예상

그림 2 BIM 적용에 따른 온실가스 배출량의 감소수준



감소된 온실가스 배출량 11만 3,211kgCO₂의 의미

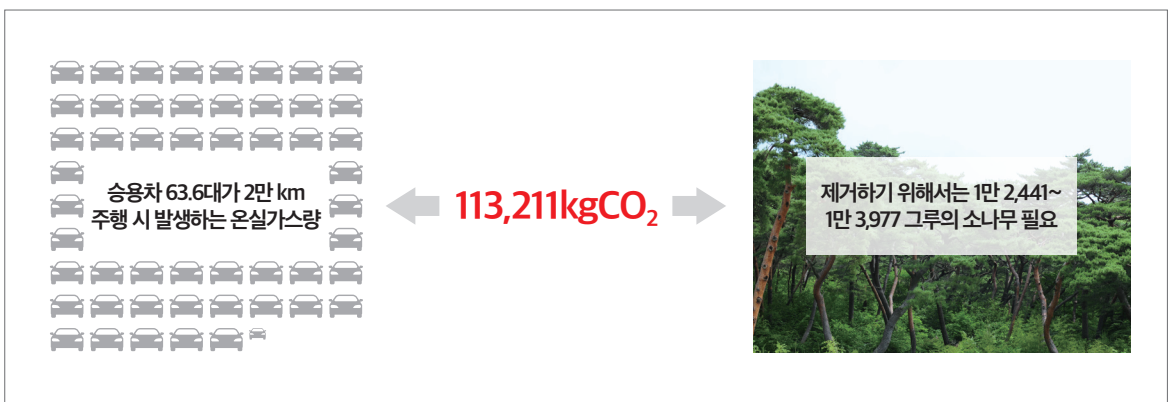
온실가스 11만 3,211kgCO₂는 10인 이하의 승용차·승합차 약 64대가 2만 km를 주행할 때 배출되는 온실가스량과 동일

- 2025년 10인 이하 승용차·승합차의 온실가스 배출량 제한기준인 89g/km을 적용한 결과(환경부 2021)

온실가스 11만 3,211kgCO₂를 제거하기 위해서는 1만 2,441~1만 3,977 그루의 소나무가 필요

- 30년생의 중부지방 소나무(9.1kgCO₂)와 강원지방의 소나무(8.1kgCO₂)가 연간 흡수하는 온실가스 배출량을 적용한 결과(이선정 외 2019)

그림 3 온실가스 배출량 감소효과의 비교



BIM 도입을 통한 온실가스 감축효과가 입증되었으나, 안정단계²⁾는 아닌 것으로 분석

공공발주기관의 BIM 담당자 11명을 대상으로 한 설문조사 결과(2022년 12월 14일(수)~21일(수)까지 실시) BIM 도입단계를 안정단계로 인식하지는 않는 것으로 나타남

공중 간 설계 조율 및 시공성 검토, BIM 모델로부터 시공도면 생성, 공정시각화 및 4D 시뮬레이션, 견적 및 물량 생성 등의 일부 기능에 대해서는 효과를 인정

온실가스 배출량 감소 관점의 BIM 활성화 방안 수립 필요

영국은 지역균형발전과 탄소 저감 등 사회적 가치에 우선순위를 두고, 인프라의 계획, 시공, 운영방식을 결정(Infrastructure and Project Authority 2021)

우리나라의 BIM 활성화 방안은 대부분 공사기간 단축과 공사비 절감 등 건설산업의 경쟁력 향상이 목적

04. 온실가스 감소를 위한 BIM 활성화 방안

친환경 시공을 위한 BIM 활성화 방안의 일환으로 '디지털·친환경 건축물인증' 제도의 수립을 제안하며, 발주자와 건설사로 구분하여 다음과 같이 세부내용을 제안

(발주자 관점) 인증대상은 건축물이며, 인증기준은 시공단계와 운영단계에 BIM을 적용함에 따른 온실가스 배출량 감축 필요

- 건축물 취득세와 등록세 경감, 용적률 등의 건축물 규제 완화와 같은 인센티브 부여
- 기존의 녹색건축인증(G-SEED)과 연계하여 지원혜택을 증가시키는 방안도 검토할 필요

(건설사 관점) 인증대상은 기업이며, 인증기준은 사업계획서 작성단계와 공사수행단계로 구분하여 적용

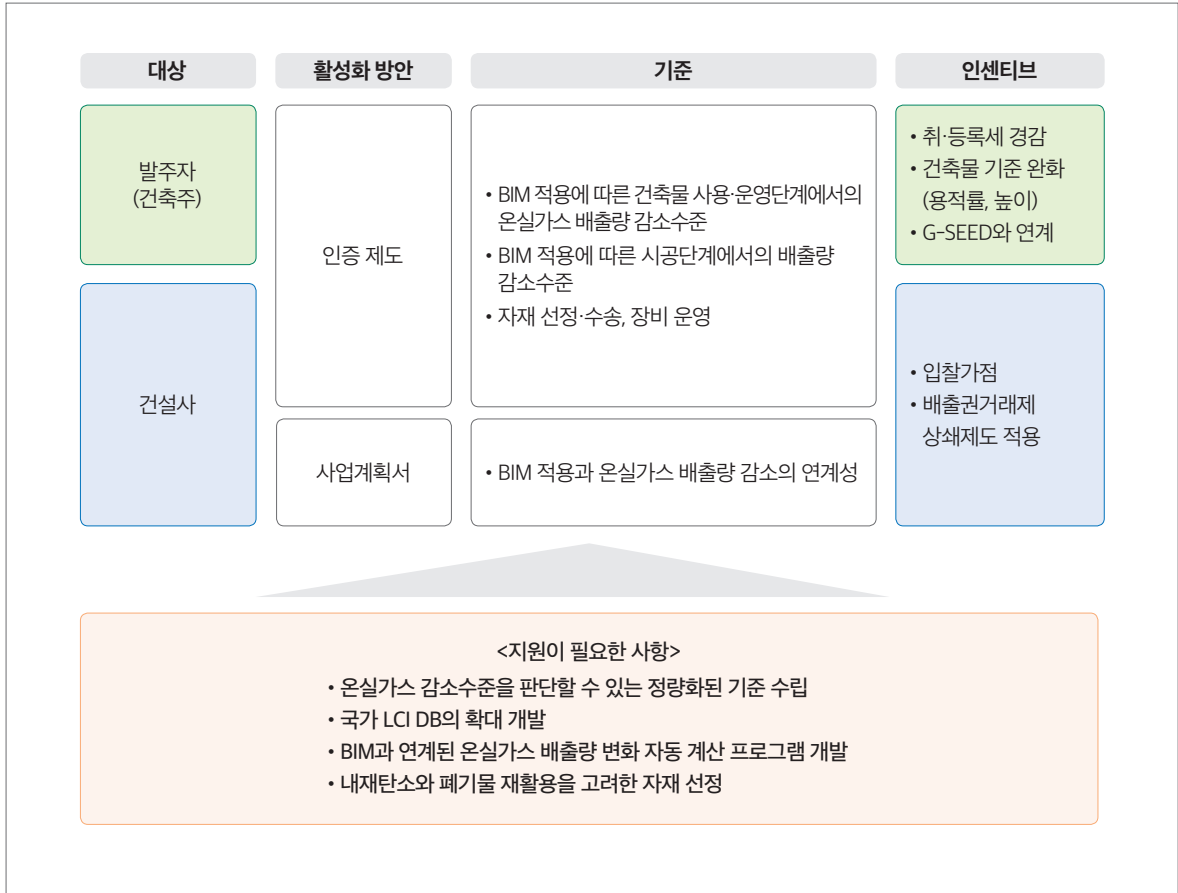
- 사업계획서 작성단계에서는 BIM의 적용과 온실가스 배출량 감소와의 연계성을 평가하고, 온실가스 감축 목표의 적절성도 평가
- 공사수행단계에서는 입찰가점을 받고 공사를 수주한 건설사는 준공서류를 제출할 때 사업계획서에 기재된 목표를 달성했는지 여부를 평가받으며, 목표를 달성하지 못한 건설사는 다음 입찰에서 감점
- 온실가스 배출권거래제 상쇄제도를 참고하여, 입찰가점이 부여되지 않는 공사에서 온실가스 배출량을 감소시킨 데 따른 인센티브 부여방안 적용

(지원이 필요한 사항) 발주자와 건설사가 '디지털·친환경 건축물인증'을 받을 수 있도록 지원

- 온실가스 감소수준을 판단할 수 있는 정량화된 기준 수립 필요: 건축물의 유형과 규모, 구조, 공법 등에 따른 온실가스 배출량 DB를 구축하고 온실가스 감소수준에 대한 정량화된 기준 수립
- 국가 LCI DB의 확대 개발 필요: 현재 27가지의 건설자재와 0개의 건설장비, 9개의 육상수송수단에 대한 온실가스 배출정보를 국가 LCI DB에서 제공하고 있지만, 세밀한 온실가스 배출량 감소수준을 분석하기 위해서는 정보제공 범위를 확대
- 온실가스 배출량 변화 자동 계산 프로그램 개발 필요: 설계오류 감소에 따라 변경되는 건설자재의 물량 변화와 자재운송거리, 건설장비 가동률 변화 등을 정량화하고, BIM과 연계된 온실가스 배출량 변화를 자동으로 계산하는 프로그램 개발
- 내재탄소가 적은 건설자재 사용 지원 필요: 내재탄소가 적은 건설자재의 사용을 유도할 수 있도록 친환경 자재의 사용에 따른 입찰가점 등 인센티브 부여
- 폐기물이 적은 건설공법과 재활용 가능성이 큰 건설자재 사용 지원 필요: 사전 제작(pre-fabrication)과 같이 현장 작업을 감소시키는 공법을 적용하거나 매각 및 소각이 아닌 재활용 가능성이 큰 건설자재를 사용하는 경우 지원

2) 안정단계는 기술이 성숙하여 안정적으로 보급 및 확산되는 단계.

그림 4 온실가스 감소를 위한 BIM 활성화 방안



참고문헌

국토교통부. 2018. 스마트 건설기술 로드맵. 세종: 국토교통부.
 _____ . 2022a. 건설산업 BIM 시행지침: 설계자 편. 세종: 국토교통부.
 _____ . 2022b. 건설산업 BIM 시행지침: 시공자 편. 세종: 국토교통부.
 박종순, 김유미, 이은석, 박상준, 안예현 외. 2022. 국토교통 2050 탄소중립 추진전략 수립. 경기: 국토교통과학기술진흥원.
 법인세법 시행규칙. 2022. 기획재정부령 제896호 (3월 18일 일부개정). [별표 5] 건축물 등의 기준내용연수 및 내용연수범위표(제15조 제3항 관련).
 이선정, 임종수, 강진택. 2019. 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량. 서울: 국립산림과학원.
 한국환경산업기술원. 국가 LCI DB. <https://www.greenproduct.go.kr/epd/lci/lciIntro01.do> (2022년 6월 25일 검색).
 환경부. 2021. 2050 탄소중립을 향한 2030년 자동차 온실가스 기준 확정. 2월 16일. 보도자료. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?pageOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=286&orgCd=&boardId=1431450&boardMasterId=1&boardCategoryId=39&decorator> (2023년 9월 26일 검색).
 Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. 2009. BIM 핸드북: 건축주 건축가 엔지니어 그리고 건설인을 위한 BIM 가이드. 이강, 문현준, 권순욱 외 역. 서울: 시공문화사 (원저 2008년 발간).
 Infrastructure and Projects Authority. 2021. *Transforming Infrastructure Performance: Roadmap to 2030*. UK: Infrastructure and Projects Authority.
 World Green Building Council. 2019. Bringing Embodied Carbon Upfront. <https://worldgbc.org/advancing-net-zero/embodied-carbon> (2022년 11월 13일 검색).

※ 이 브리핑은 “이치주, 방설아, 윤은주. 2022. 디지털 건설기술의 온실가스 감소 효과 및 활성화 방안: BIM을 중심으로. 세종: 국토연구원” 보고서를 요약·정리한 것임.

- 이치주 국토연구원 공정건설혁신지원센터장(cjlee@krihs.re.kr, 044-960-0147)
- 방설아 국토연구원 한반도·동아시아연구센터 부연구위원(sab@krihs.re.kr, 044-960-0271)
- 윤은주 국토연구원 국토환경·자원연구본부 부연구위원(yoonej@krihs.re.kr, 044-960-0219)