

06

물-에너지-식량 NEXUS 시스템 사례 분석 및 SNAK (Smart Nexus for Agriculture in Korea) 시스템 설계



최규훈
아이에스테크놀로지(주) / 상무
ghchoi@istec.co.kr



이상현
Research Institute for Humanity
and Nature / 박사후연구원
sanghyunsnu@gmail.com



유승환
전남대학교 / 조교수
yoosh15@jnu.ac.kr

1. 머리말

최근 물, 식량 등의 자원 확보와 지속가능성과 관련하여 물, 에너지, 식량 자원의 연계성을 해석하고 통합적인 관리방안을 제시하기 위하여 넥서스(Nexus) 개념이 제시되고 있다. 이에 따라 물과, 인구, 식량, 에너지 등의 다양한 주제와 각 주제들을 통합적으로 고려할 수 있는 새로운 의사결정 지원 시스템을 위한 다양한 모델들이 적용되고 있는 추세이다. 하지만 다양한 모델들의 통합과 시스템 운영 측면에서 복잡성의 증가로 인하여 사용자 접근성과 용이성 등이 현저히 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

본 연구에서는 다양한 NEXUS 운영시스템 사례조사를 바탕으로 사용자 경험 요소에 근거한 웹기반 사용자 인터페이스 디자인의 요소를 도출하고, 보다 쉽고 직관적인 의사결정을 위한 시스템 설계 화면을 도출하였다. 또한 의사결정지원을 위한 사용자 경험 시나리오를 바탕으로 물, 에너지, 식량 자원의 연계성을 분석하기 위한 모델의 각 요소 입력정보 및 입력 방식과 범위를 정의하였으며, 설정된 각각의 요소들로부터 계산된 값들을 기반으로 사용자가 최대한 쉽게 시나리오들을 비교하고 의사결정이 가능하도록 시스템을 설계하고자 하였다.

2. 시스템 개발 개요

물-에너지-식량의 통합적인 관리는 과학적인 이론 기반의 모델링과 의사결정을 위한 정책적인 요소를 동시에 포함하고 있어, 개별 자원에 대한 모델링을 기초로 의사결정자의 시나리오를 적용하고 통합적인 관점에서 평

가할 수 있는 시스템이 필요하다. 따라서 개별 자원의 모델링, 자원들 간의 연계해석 시스템을 기반으로 사용자 기반의 시나리오 및 기후변화 시나리오를 동시에 적용, 평가하는 시스템을 포함하는 플랫폼(Platform)의 구축이 필요한 실정이다. 현재까지 소개된 기존 시스템은 대부분 상호자원 흐름을 예상하는 수준으로 시나리오 기반의 도구 개발에 한계가 있다. 본 연구를 통해 레거시 코드를 활용하여 모델을 결합하는 기술적인 부분과 의사결정을 지원하는 지표 개발 및 시나리오 분석, 사용자 인터페이스 및 경험을 기반으로 하는 시스템을 설계하였다.

3. NEXUS 의사결정지원시스템 구축 사례

3.1 CLEW(Climate, Land-use, Energy and Water) 모형

CLEW (Climate, Land-use, Energy and Water) 모형은 정량적 도구를 사용하여 자원 시스템의 통합 평가를 위한 프레임 워크이다. 모형의 목표는 식량, 에너지 및 수자원 보안과 관련된 문제를 동시에 해결하는 수단을 제공하는 것인데

동시에 이러한 자원을 이용하는 방식 및 범위가 기후에 영향을 미치는지 뿐만 아니라 기후 변화가 우리의 기후에 어떻게 영향을 미치는지를 고려하는 것이다. 일반적으로 CLEW 모형은 많은 입력자료가 필요한데, 발전소, 농기계, 관개시스템, 비료생산 등의 각 구성요소별 기술력 및 경제성에 대한 인자(parameters)를 기반으로 에너지 밸런스와 식량 생산을 위한 에너지량, 수자원 밸런스와 식량 생산을 위한 관개량, 에너지 생산을 위한 수자원량 등을 결과로 도출하며, 식량 부문에 있어서 비료사용량이나 농기계사용량에 대한 의사결정 지원 정보를 제공한다. 하지만 다양한 입력을 위한 사용자 운영측면보다는 GIS 기반의 결과 정보를 위주로 화면이 구성되어 있다.

3.2 WEAP-LEAP(Water Evaluation and Planning, Long-range Energy Alternatives Planning System)

Stockholm Environment Institute(SEI)에서 개발한 WEAP-LEAP(Water Evaluation and Planning, Long-range Energy Alternatives Planning System)은 수자원 및 에너지 계획을 위

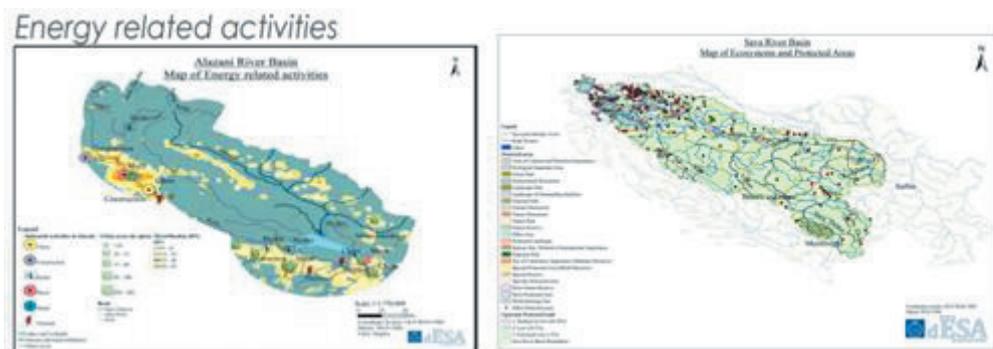


그림 1. CLEW(Climate, Land-use, Energy and Water) Model 구성 및 내용

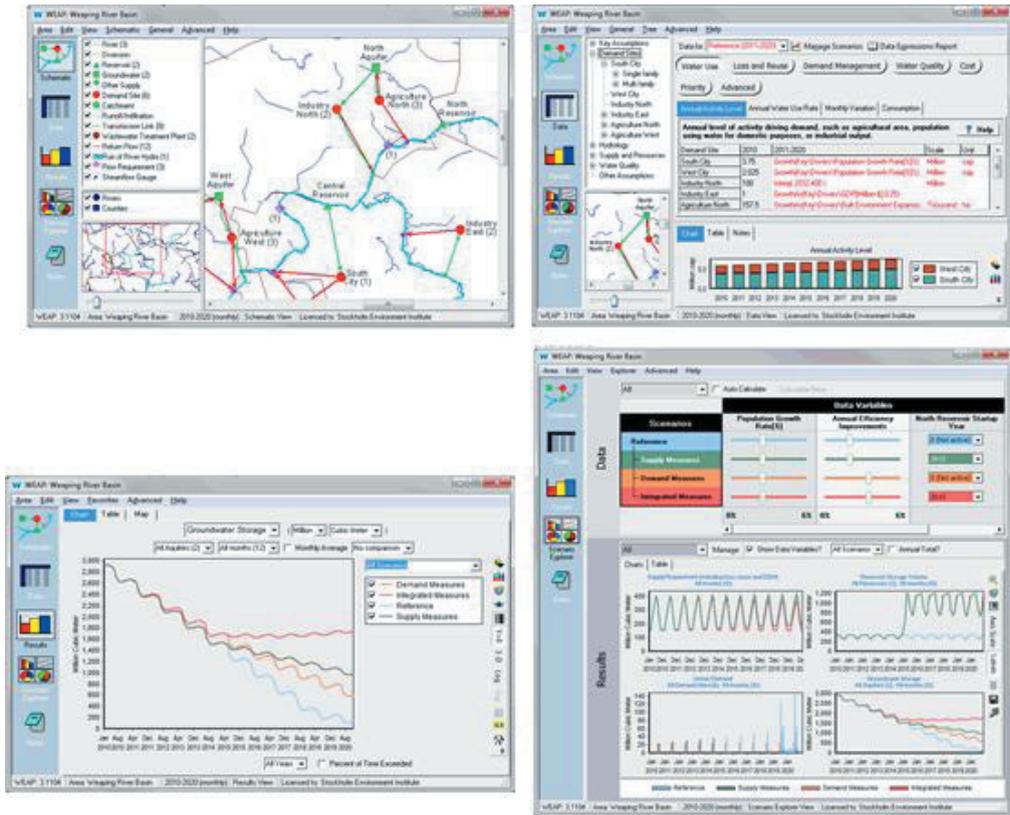


그림 2. WEAP-LEAP 모델 화면 구성 및 내용

해 개발된 도구를 결합한 모형으로, 에너지 모형을 중심으로 구성되어 있다. 입력 자료로 에너지 기술과 관련한 많은 기술적, 경제적 자료를 요구하고 있으며, 출력자료는 에너지 밸런스 및 그 세부사항으로 에너지 수요, 변전량 및 공급현황 등을 제공한다. 수자원에 대해서도 상세한 공급량과 수요량을 모의하며, 지하수, 수질, 저류량, 수력발전량 등의 관련 정보도 제공한다.

WEAP-LEAP은 일반사용자가 다양한 자원을 활용한 통합 수자원 계획을 위한 소프트웨어 도구로, 계획 및 정책 분석을 위한 포괄적이고 유연하며 사용자중심의 프레임 워크를 제공한다. 최근들

어 점점 더 많은 수자원 전문가들이 WEAP에 모델, 데이터베이스, 스프레드 시트 및 기타 소프트웨어를 확장하여 사용하고 하고 있다.

하지만 WEAP-LEAP 모델은 PC기반의 설치형 프로그램으로 웹기반의 사용자 활용 측면이나 접근성은 상대적으로 부족하며, 결과의 공유 및 활용에도 한계를 가지고 있다.

3.3 WEF Nexus Tool 2.0

WEF Nexus Tool 2.0은 텍사스 A&M 대학에서 개발된 도구로서, 기존 모형의 한계를 극복하



그림 3. NEXUS TOOL 2.0 모델 화면 구성 및 내용

기 위해서 개발된 플랫폼형 모형이다. 기존 연구의 한계를 지적한 만큼 의사결정을 돕기 위한 시나리오 기반의 분석이 가능하나, 분석과정에서 자원 간의 흐름을 단일화하여 분석하고 있으며, 최대 임계치 및 상호 피드백 작용에 대한 고려가 부족하다. 하지만 앞서 시스템에 비해 웹을 기반으로 시스템이 구성되어 있고, 무엇보다도 시나리오 기반으로 사용자가 의사결정을 위한 정보 습득에 우수한 화면 구성을 가지고 있다.

3.4 Nexus Calculator

Nexus Calculator는 Newcastle University의 University College London 및 Open Lab과 공동으로 개발되었으며, 가정에서 시작하여 가정 수요를 충족시키는 공급 시스템을 바라보는 인프라 설계를 위한 새로운 패러다임을 시연하고, 물-에너지-식량-폐기물-데이터에 관한 사고를 통합하여 사용자 주도 혁신과 기술 및 인프라의 공동

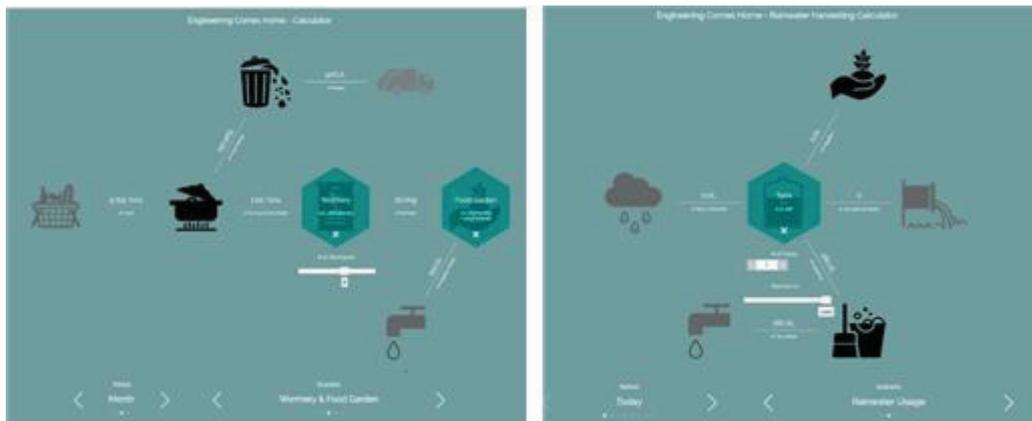


그림 4. NEXUS Calculator 모델 화면 구성 및 내용

설계를 지원하도록 구성되어 있다. 특히 의사결정을 위한 시나리오를 간단한 UI를 통해 간접적으로 제공하여 데이터, 물, 에너지, 식품 및 폐기물 시스템 간의 상호 작용을 이해하기 쉽게 표현이 가능하다.

3.5 NexSym(a Local Nexus Simulation System)

NexSym은 Nexus 개념과 관련 있는 지역의 기술-생태학적 상호관계를 모델링하여 생태계, 생산, 소비 구성요소에 대한 모델을 통합하고 사용자가 로컬시스템의 흐름을 작성하여 모의, 분석하기 위한 도구이다. 이를 통해 중요한 상호작용을 이해하고, 생태계를 유지하면서 자원 공급과 수요의 균형을 맞추고, 구성요소간의 시너지를 증가하기 위한 의사결정의 지식과 이해를 제공한다. 또한 NexSym은 PC 기반으로 설치 형태의 운영프로그램으로 사양한 시나리오와 사용자중심의 결과를 제공한다.

4. SNAK 개발 내용

사용자 중심의 SNAK(SMART Nexus for

Agriculture in Korea) 시스템은 다양한 자원을 결합하여 분석할 수 있고, 멀티 스케일 분석이 가능해야 하며, 의사결정에 따른 넥서스의 통합 관리방안 및 시나리오 분석이 이루어질 수 있는 도구로 개발하고자 한다. 이를 위해 API 기술을 적극 활용하여, 각 모델의 독립적인 서비스를 구성하고, 각 서비스가 제공하는 API를 결합하여 새로운 서비스를 개발하는 방식으로 넥서스 플랫폼을 개발할 계획이다. 각각의 모형을 작은 서비스로 개발하고, API를 규정함으로써, 모형을 추상화하게 되므로, 모형의 교체 및 확장이 수월하고, 지도 혹은 그래프를 이용하여 사용자가 정보를 얻는 시각화가 중요하게 고려되어, 일반적으로 결과를 제시하는 형태보다 사용자가 시나리오를 기반으로 정보를 비교, 결과를 탐색하도록 개발하고자 한다.

4.1 빅데이터 기반의 기초자료 전산화 시스템 개발

SNAK 시스템의 기초자료 전산화 시스템 개발은 시스템 개발을 위해 요구되는 다양한 자료의 변형에 대하여 통합자원DB 연계를 목적으로 하며, 데이터의 원활한 연계를 위하여 자원관리시

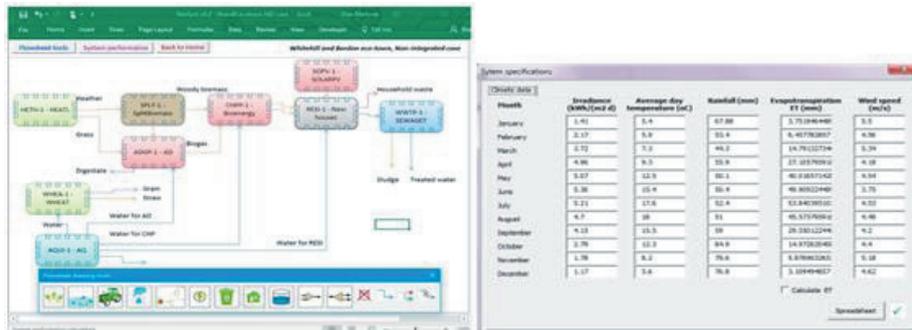


그림 5. NexSym 모델 화면 구성 및 내용

+ 특집 | 물-에너지-식량 NEXUS 시스템 사례 분석 및 SNAK (Smart Nexus for Agriculture in Korea) 시스템 설계

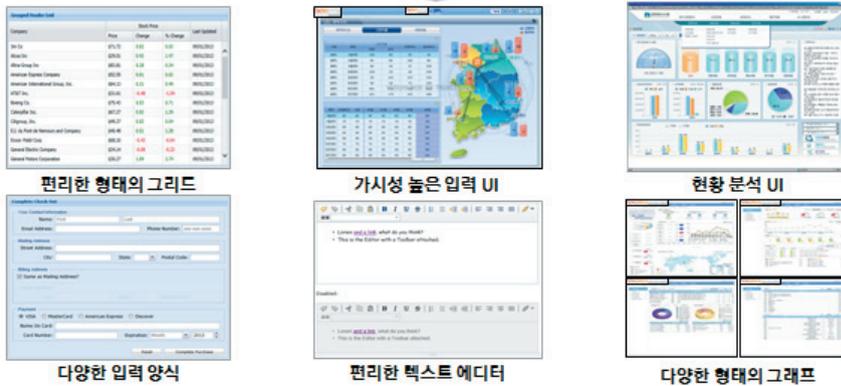
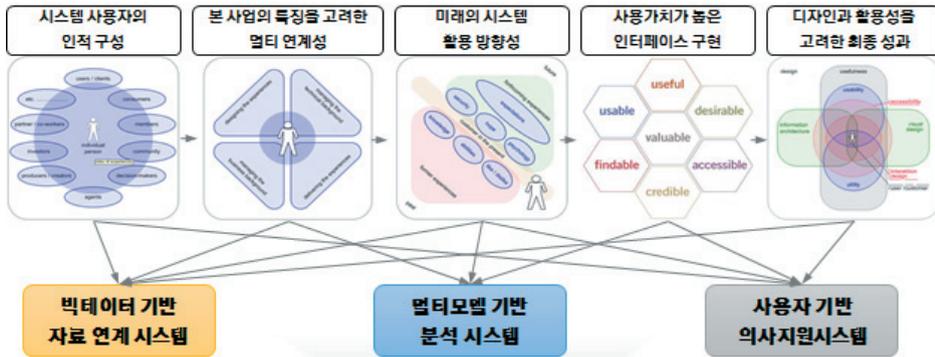


그림 6. 멀티시스템 기반의 넥서스 플랫폼 특징

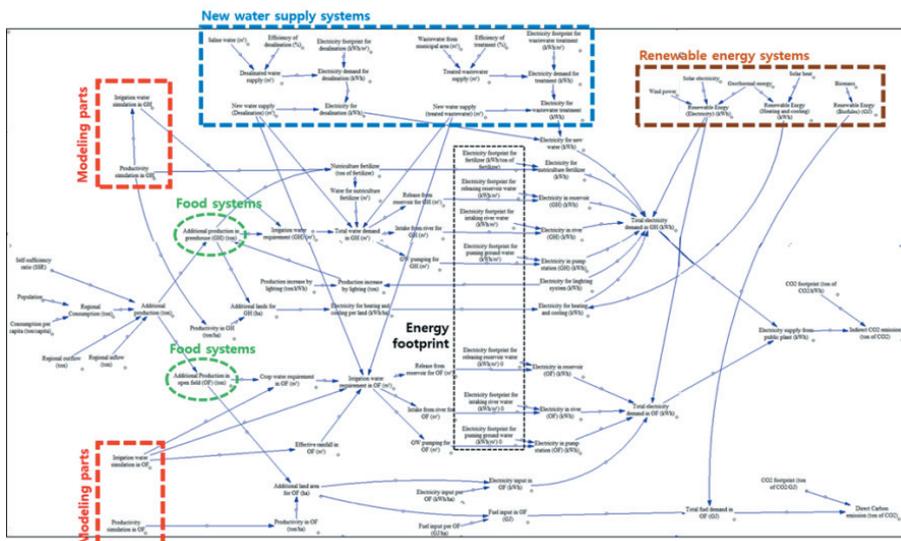


그림 7. SNAK 시스템의 모델 연계 및 자료 입출력 관계 구성도

시스템을 통해 사용자가 쉽게 데이터를 업데이트 할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 예를 들면 생육모델은 자체적인 운영시스템을 가지고 있기 때문에 수문모델 등의 물리학적 모델과의 연계를 위해서는 해당 모델 결과를 도출해서 따로 입력자료를 변환하여 적용하는 것이 필요하지만 넥서스 플랫폼에서는 자료의 변환 과정 없이 개별 모델에 적용이 가능한 자료 입출력 시스템을 개발하였다.

4.2 시나리오 기반의 넥서스 통합플랫폼을 통한 의사결정 지원시스템

본 연구를 통해 개발되는 SNAK 시스템은 사용

자 기반의 시나리오 입력에 따른 의사결정지원시스템을 쉽고 효과적으로 운영 가능하도록 다양한 기존 시스템의 시나리오 적용 기술을 검토하고, 범용 디자인 개념을 적용, 사용자 편의성과 직관성을 개선하여 사용자 중심관점의 의사결정지원 정보를 제공한다.

4.3 SNAK 통합 플랫폼 기반 의사결정지원 시스템의 검토정

SNAK 통합 플랫폼 기반의 의사결정 지원 시스템은 지역에 특화된 시스템으로서 시범지구의 적용에 의해 검토정을 지원하며, 특히, 실증요소 기

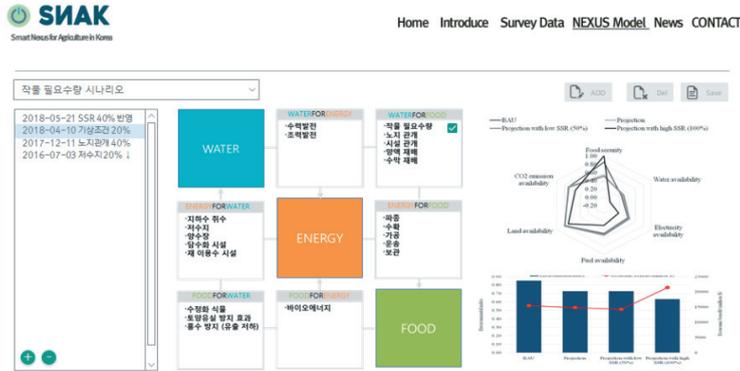


그림 8. 시나리오 기반 SNAK 사용자 의사결정 지원 프로그램 화면 예시

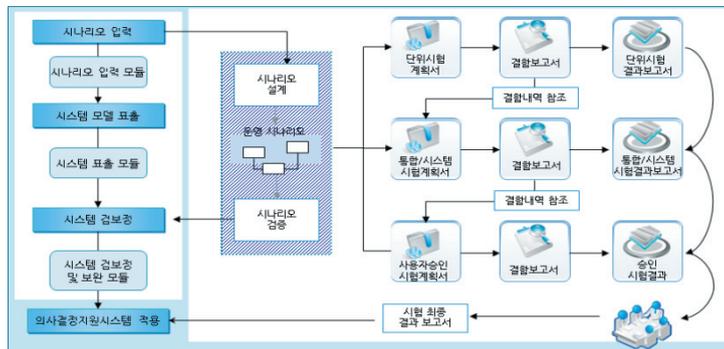


그림 9. 시나리오 기반 SNAK 검토정 흐름도

반의 생물물리학적 모델링의 검토정을 수행한 후 추가적으로 필요한 요소들 또는 제거가 필요한 요소들을 넥서스 시스템에 적용하는 것이 중요하며, SNAK 개발의 중요 요소이다.

5. 결론

기존 Nexus 프로그램은 사용자 기반의 시나리오를 평가하기 보다는 일반적인 현상 및 향후 발생 가능한 현상을 모의하고, 그 영향을 평가하는 방식으로 운영되어 왔다. 하지만 최근 다양한 관리 시스템이 발생하고 있고, 작목 역시 다양하게 바뀌고 있으며, 수자원과 에너지 공급 역시 단일 수요자에서 복합 수요자를 고려해야 하는 환경으로 변화하고 있다. 이러한 배경에서 SNAK 시스템은 다음의 개발 측면에서 기대효과를 가진다.

- 1) 빅데이터 기반 자료의 통합 관리
- 2) 표준단위 자료 구축 및 이용
- 3) 다양한 기후변화 발생 가능성 고려
- 4) 시나리오 기반의 평가
- 5) 사용자 기반의 시스템 구축
- 6) 플랫폼 기반의 연계 시스템 적용

본 연구에서 개발 중인 SNAK은 30년 이상의 농업관련 자료를 연계하여 자원들 간의 연계해석을 지원하고, 물발자국 또는 에너지 발자국 같은 작물 생산을 위한 물, 에너지 이용에 대한 표준단위 자료구축을 지원함으로써 이를 활용한 광범위한 영역에서 지속가능한 자원 관리 시나리오 수립과 의사결정 지원을 제공할 것으로 기대된다.

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업의 지원을 받아 연구되었음(PJ013435, 과제명 : 기후변화 대응 시나리오 기반의 물-에너지-식량 넥서스 통합기술 개발).

참고문헌

1. 최진용. 2017. “물-에너지-식량 넥서스를 통한 지속가능한자원관리.” 세계농업. 제206호 pp.1-17
2. 장석환. 2015. “자원위기대응 및 물 산업 선도를 위한 물-에너지식량연계(Water-Energy-FoodNexus) 기술개요.” 물과 미래.Vol.48 No.11 pp.24-31.
3. https://www.water-energy-food.org/uploads/media/understanding_the_nexus.pdf
4. <https://www.water-energy-food.org/about/bonn2011-conference/>
5. FAO, <http://www.fao.org/energy/water-food-energy-nexus/en/Future>
6. <http://futureearth.org/future-earth-water-energy-food-nexus>