

한국형 상·하향식 온실가스 통합 감축 시스템 개발

2016. 10. 17.

장 기 복

한국환경정책·평가연구원

목 차

- I. 연구단 소개
- II. 1·2차년도 성과
- III. 3차년도 계획 및 진행 상황

I. 연구단 소개

- (1) 기술개발 필요성 및 목표
- (2) 연구단 추진 전략
- (3) 연구단 추진 체계

I-(1) 기술개발 필요성 및 목표


- **[기술]** 온실가스 감축 시스템 분석에는 상향식 모형과 하향식 모형이 활용되고 있으나, 각각 장·단점을 보유하고 있어 두 모형의 장점을 최대한 활용하고 상호불일치를 해소 할 수 있는 통합 모형 개발이 요구됨
 - 온실가스 감축 분석에 주로 이용되는 연산일반균형모형(CGE)은 감축기술의 정보를 정확히 반영하지 못하는 반면, 상향식 모형은 경제적 균형 영향 분석이 어려운 단점을 지님
 - 분야별 차별화된 접근, 통합적 접근 등이 연구되고 있으나 한국 상황에 맞는 모형에 대한 논의는 아직 확립되지 않음

〈상향식 감축 모형과 하향식 감축 모형의 특성 비교〉

	상향식 감축 모형	하향식 감축 모형
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 경제주체의 의사결정 변화에 따른 에너지소비 및 온실가스 배출량 변화를 세부적으로 분석 • 온실가스 감축 수단, 온실가스 감축 잠재량, 온실가스 감축 비용 분석에 용이 • 부문별 차별화된 정책수단 조합이나 정책강도를 결정하기에 용이 • 업종별 상이한 신기술 및 정책수단 고려 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제전체의 움직임을 포괄적이고 집계적으로 묘사 • 정책수단이 국내총생산(GDP) 등 거시경제 지표에 미치는 효과를 추정하는데 효과적 • 분석대상을 내생적인 조정과정 측면에서 표현 • 경제시스템 차원의 정책수단 선정 및 평가에 유용
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 생산요소 및 부문간 대체를 고려하지 못함 • 최종수요가 고정 • 부가가치 등의 변수 제외 • 거시경제에 대한 파급효과 분석에는 부적합 	<ul style="list-style-type: none"> • 부문별 기술적 차별성과 대체성을 고려하지 못함 • 부문별 감축 잠재량, 감축비용에 대한 구체적인 정보를 제시하지 못함

I-(1) 기술개발 필요성 및 목표

- **[경제]** 다양한 온실가스 감축 정책이 시행되고 있으나, 정책의 성과 및 파급효과에 대한 정량적 상시 분석 시스템의 미비로 효율적인 정책의 설계 및 평가가 어려운 상황
 - (목표 지향적 기후정책 추진) 중장기 환경경제의 거시적 전망 및 배출량의 예측, 배출 감축의 잠재력 및 감축활동의 실효성, 정책 추진에 따른 경제사회적 파급효과 등에 대한 계량적/과학적 분석역량의 확보가 중요
 - (급변하는 국내외 여건에 선제적으로 대처) 경제적/환경적 여건의 변화를 적시 반영하여 배출량 전망 및 파급효과 분석 등을 상시적이고 과학적으로 분석할 수 있는 시스템 구축 필요
 - (경제사회적 현상과 기후 문제의 통합적 분석) 시장균형에 토대를 둔 경제모형과 오염원 활동 및 기술적 대안에 따른 행태변화를 반영하는 에너지환경모형을 연계·분석하는 방식의 환경경제모형 개발 필요

 **[목표]** 온실가스 감축 기술 현황을 반영하는 상향식 감축모형과 감축정책의 산업 및 거시경제 파급효과를 분석하는 하향식 일반균형모형을 통합하는 통합감축 시스템 구축

- ❖ 온실가스 감축 기술현황을 반영한 감축 모형 개발 및 영향 분석
- ❖ 온실가스 감축 정책의 파급효과 분석을 위한 하향식 모형 개발 및 분석
- ❖ 감축정책 및 기술확산 효과 분석, 비용효율적 감축 잠재량 분석, 감축정책 평가 기능을 포함한 통합 감축분석시스템 개발 및 운용

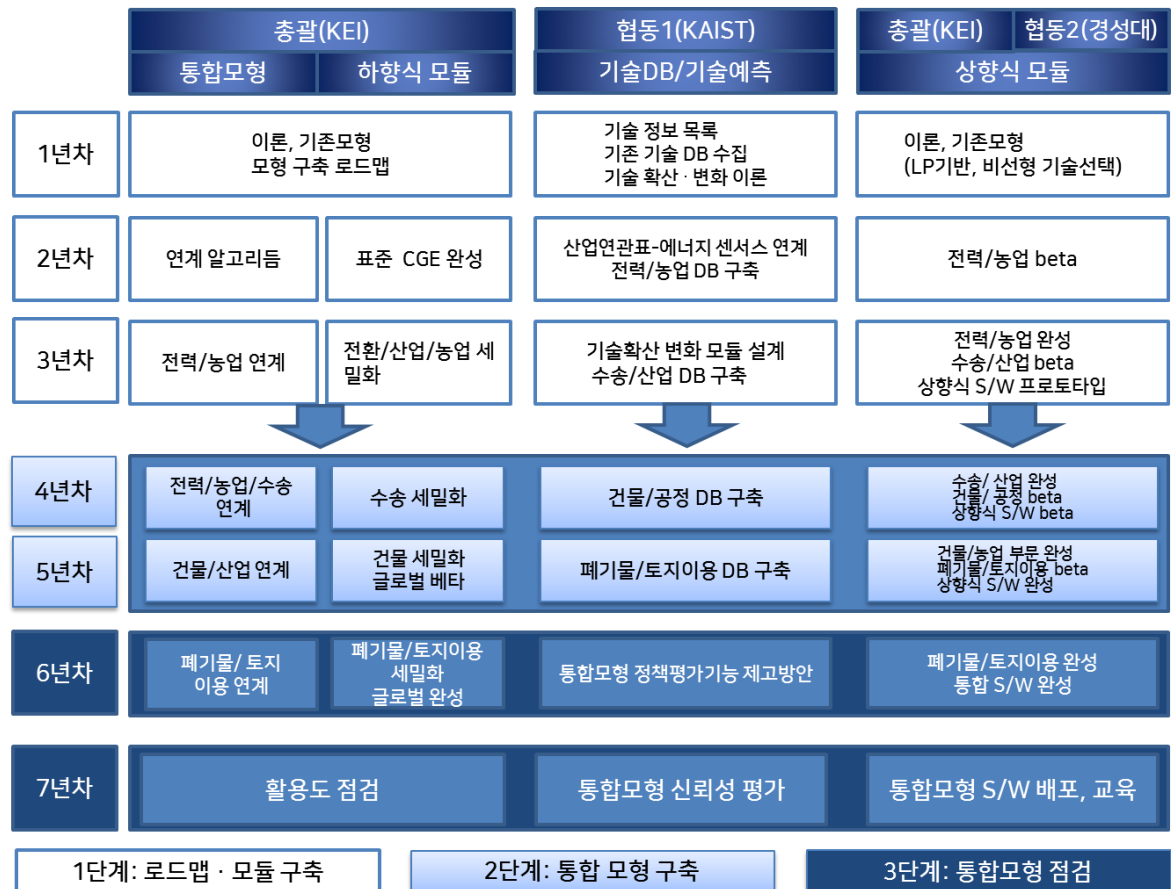
I-(2) 연구단 추진 전략

- 최종 연구목적인 ‘한국형 상·하향식 온실가스 통합 감축 시스템’ 구축을 위하여 ① 로드맵 작성 및 모듈 구축, ② 한국형 온실가스 통합감축 시스템 구축, ③ 통합감축 시스템 검증 3단계로 구성

[1단계: 로드맵 작성 및 모듈 구축]
선행연구 및 기존모형을
점검하여 통합모형을 설계

**[2단계: 한국형 온실가스 통합감축
시스템 구축]**
통합모형의 구성요소를 구축

[3단계: 통합감축 시스템 검증]
모형을 완성하고 기존 모형과
비교분석을 통한 신뢰성 점검 및
정책수행을 통한 활용도 점검



1-(4) 추진체계 및 역할분담

- 총괄주관연구기관은 한국환경정책·평가연구원(KEI)이 담당하고 협동연구기관으로 KAIST 산학협력단, 경성대학교 산학협력단이 참여
 - 하향식 모형 연구와 통합모형 연구는 한국환경정책·평가연구원(KEI) 주관
 - 감축기술 변화 확산 예측 모형 연구 및 기술 DB 구축은 KAIST 산학협력단 주관
 - 상향식 모형 연구는 한국환경정책·평가연구원, 경성대학교 산학협력단이 협업



II. 1·2차년도 성과

- (1) 연구단 성과
- (2) 1차년도 주요 연구결과
- (3) 2차년도 주요 연구결과

II-(1) 연구단 성과

1차년도 성과목표 및 실적

기관	구분	성과지표	목표치	실적치
총괄	과학기술적 성과항목 및 성과지표	[인력양성] 기술 연수 및 교육훈련 실적	2	5
		SCI급 학술지 게재 논문 건수	0	1
		학술회의 발표 논문 건수	0	1
		[국제협력] 국내·국제회의 개최 건수	0	1
협동1	과학기술적 성과항목 및 성과지표	기술정보 목록 도출 후 1차년도 보고서에 문서화	1	1
		기 구축된 국내외 기술 DB 취합 후 1차년도 보고서에 문서화	1	1
		기술확산/변화에 대한 이론 조사 후 1차년도 보고서에 문서화	1	1
		선진 통합모형에 대한 구조 분석 및 타 연구팀과 공동으로 한국형 평가모형 개념 제안	1	1
		학술지 게재 - 일반학술지	0	1
		학술회의 발표 논문 건수	0	1
		국제협력 기반- MOU 체결	0	1
	법·정책·지침 활용 성과	Post 2020 기후변화 정책 수립 관련 정책 제안(GIR)	0	1
	보도실적	2014-10-29, NEWSis, KAIST, 국제응용시스템분석연구소와 환경이슈 공동연구 MOU	0	1
	협동2	과학기술적 성과항목 및 성과지표	1-8 학술회의 발표 논문 건수	2
국내외 학술회의 발표			2	1
법·정책·지침 활용 성과		정부온실가스 감축정책 지원- 매뉴얼 활용(GIR, 2014/11)	0	1

II-(1) 연구단 성과

2차년도 성과목표 및 실적

기관	구분	성과지표	목표치	실적치
총괄	과학기술적 성과항목 및 성과지표	학술지 게재 논문 건수	1	0
		SCI급 학술지 게재 논문 건수	1	2
		학술회의 발표 논문 건수	3	3
		[인력양성] 기술 연수 및 교육 훈련 실적	2	6
		[국제협력] 국내·국제회의 개최 건수	1	1
		연구개발 관련 홍보 건수	1	0
		연구개발 관련 홍보 건수	1	0
	산업경제적 성과항목 및 성과지표	고용 창출 효과	2	2
		[온실가스 감축모형 교육 프로그램 개최] - E3ME 모형: 9/22-24, 온실가스종합정보센터, 교육인원 21인 - IGEM: 4/14-15, 서울 신사 리버사이드호텔, 교육인원 약 30인	0	2
		[정책채택] - 온실가스 감축목표 시나리오 별 경제적 파급효과를 CGE 모형을 이용하여 분석 - 정부 온실가스 감축목표 수립 기초자료로 정부부처(국무총리실, 환경부 등)에 제공	0	1
협동1	과학기술적 성과항목 및 성과지표	학술지 게재 논문 건수	1	0
		SCI급 학술지 게재 논문 건수	1	1
		학술회의 발표 논문 건수	2	2
협동2	과학기술적 성과항목 및 성과지표	학술지 게재 논문 건수	1	0
		SCI급 학술지 게재 논문건수	1	0
		학술회의 발표 논문 건수	3	3

II-(1) 연구단 성과

1,2차년도 주요 성과

■ 논문

연도	기관	SCI(E) 구분	게재년월	논문명	학술지명	Vol.(no), 페이지	저자
1차 년도	총괄	SCI	2014.12	An emissions trading scheme design for power industries facing price regulation	Energy Policy	75, pp. 084-099	김용건, 임종수
	협동1	일반	2015.02	Demand response of Korean Commercial and industrial businesses to critical peak pricing of electricity	Journal of Cleaner Production	90, pp. 275-290	장동식, 엄지용, 김문규, 노재중
2차 년도	총괄	SCI	2015.07	Driving forces of rapid CO2 emissions growth: A case of Korea	Energy Policy	82, pp. 144-155	김용건, 유종현, 오완근
		SCI	2016.02	Fat-tailed risk about climate change and climate policy	Energy Policy	89, pp. 25-35	황인창, Tol, R.S.J Hofkes, M.W.;
	협동1	SCI	2016.01	Variability of electricity load patterns and its effect on demand response: A critical peak pricing experiment on Korean commercial and industrial customers	Energy Policy	88, pp. 11-26	장동식, 엄지용, 박민재, 노재중

■ MOU 체결

기관	일시	MOU 체결 기관	연구협약 내용
협동1	2014.10.29	IIASA (국제응용시스템분석연구소)	-녹색 기술의 확산 분석 분야의 공동연구 수행 -경제-에너지-환경 통합 평가 모형 개발 및 개선 등

II-(1) 연구단 성과

1,2차년도 주요 성과

■ 국내외 학술회의 발표

연도	기관	일시	학술회의명	발표주제	발표자
1차 년도	총괄	2014. 11. 01	한국경영과학회 추계학술대회	기후변화와 경영과학	김용건, 백천현
	협동1	2015.01.05-08	HICC 48th Conference	The Role of Environmental Information Disclosure Systems and their Impacts on Firm Performance	유소영
	협동2	2014.11.01	한국경영과학회 추계학술대회	매립지 온실가스 측정을 위한 FOD 방법에 대한 수리적 고찰	김후곤
2차 년도		2015.07.30	US-KOREA Conference	Development of an Integrated Top-down and Bottom-up System for Greenhouse Gas Reduction in Korea	김용건
	총괄	2015.08.06	The East Asian Association of Environmental and Resource Economics	Estimating Mitigation Costs of Greenhouse Gas from Agricultural Production: A Korean Agricultural Sector Model Analysis	이한빈, 권오상, 강혜정
		2015.11.16-18	Integrated Assessment Modeling Consortium Annual Meeting	A CGE Analysis of Carbon Taxes on International Transportation Services	김용건, 정예민, 조철홍
	협동1	2015.05-25-27	The 38 th International Association for Energy Economics International Conference	Estimating Commercial & Industrial Customer Response to Electricity Critical Peak Prices	엄지용
		2015.11.16-18	Integrated Assessment Modeling Consortium Annual Meeting	On incompatibility of energy policy and climate policy: South Korea case	강성원, 조철홍
	협동2	2015.06.12	The Asian Conference on Sustainability, Energy and the Environment 2015	First Order Decay Model for Estimating Landfill Gas Emission	김영진
		2015.07.22-24	The 6 th International Congress of Energy and Environment Engineering and Management	Development of Constraint Representations and Its Variants for Bottom-Up Model Formulation of GHG Abatement Policy Assessment	김후곤
		2015.08.27-28	International Institute of Chemical, Biological and Environmental Engineering	Analysis of GHG Emission Abatement Potential and its Costs of Korean Waste Sector	정용주, 백천현

II-(1) 연구단 성과

국제 Workshop 개최 실적

- 2015 International Workshop for Integrated GHG Modeling
 - 일자 및 장소: 2015년 3월 11-14일, 제주 해비치호텔&리조트
 - 참석자: C. Boehringer, T. F. Rutherford, S. Rausch, 연구단 20인, 국내 초청인사 4인 총 37인
 - 프로그램
 - Christoph Boehringer: MCP 방법론
 - Thomas F. Rutherford: Decomposition 방법론
 - Sebastian Rausch: Decomposition 이용 실증연구
 - Yong-Gun Kim: 한국형 통합모형 구축 로드맵
- 2016 International Workshop on Integrated Modeling
 - 일자 및 장소: 2016년 3월 23-24일, 서울 노보텔엠버서더 강남
 - 참석인원: Dominique van der Mensbrugghe, David Daniels, Toshihiko Masui, Jean Chateau, 연구단 22인, 국내 관련 연구자 12인 총 38인
 - 프로그램
 - Dominique van der Mensbrugghe: 글로벌 CGE 모형을 이용한 글로벌통합평가모형
 - David Daniels : NEMS 모형 및 상·하향 통합 방법론
 - Toshihiko Masui: 상·하향 통합모형인 AIM 모형 소개
 - Jean Chateau : ENV-Linkages 모형과 IEA WEM 모형 연계 방법론
 - Yong-Gun Kim: 한국형 통합모형 구축 로드맵 및 진행사항
 - Sung Won Kang: 한국형 농업부문 통합모형

II-(2)- 1) 1차년도 주요연구결과 - 총괄

■ 기존 통합모형 현황 분석

- 연성 결합(soft link) 및 경성 결합(hard link) 접근 방식을 활용한 기존 모형 분석 진행

■ 통합 모형 구축 전략 - 기본 방향

- 상하향 통합 모형 구축방향
 - 하향식 모형: 축차·동태 연산가능일반균형 (recursive dynamic CGE) 모형으로구성하되, 최종적으로 글로벌 모형 구축
 - 분석대상기간,대상국가,업종분류,주요입력변수(탄력성),소비함수특성,투자의내생성등을선택가능하도록사용자친화형UI개발
 - 상향식 모형: LP 기반 최적화 모형으로 구성하되, 국내 부문에 한정하여 구축 (해외 타 경제로의 확장 가능성은 유지)
 - 부문(업종)별로 독립된 모형을 구성하고, 상호 연계는 하향식을 포함하는 통합모형을 경우
 - LP형 상향식 모형의 경우 PMP 방법을 통한 calibration 방식이 가능하도록 설계
 - 대규모 상향식 및 하향식 모형을 분해 기법을 통해 연계
 - 선형 수요함수 및 PMP 적용시 효율적 알고리즘 (복수의 페널티 함수 등) 개발
 - 2차계획법 문제(Convex QP)는 LP 문제와 동일한 복잡도를 갖는 알고리즘(interior point method) 적용
 - 알고리즘 수렴성과 수렴 속도의 최적화
 - 일체형 통합모형의 타당성도 병행 검토
- PMP 기법의 활용
 - 캘리브레이션(calibration) 과정을 통해 모형의 해와 BAU에서의 실제 자료가 일치토록 함
 - 구석 해(corner solution), 과잉특화(over-specialization) 문제 해소
 - PMP의 확장 잠재력
 - 공급탄력성 정보의 활용 및 비용함수 추정
 - 비선형 목적함수예의 적용 및 불확실성 반영

II-(2)- 2) 1차년도 주요연구결과 - 협동1

■ 기술 DB 취합 및 상향식 기술표현 분석

- 국내외 기술 DB의 포괄적 취합 및 분석을 통한 활용가능성 판단
- 국내외 통합 모형의 기술 표현 특성 분석
 - 에너지 시스템 전반에 미치는 영향을 분석·평가할 수 있는 도구로써의 개선이 필요
 - 종(공급과 수요)·횡(수요의 각 부문)으로 연결된 에너지 시스템 전반을 표현
 - 시스템 내부의 상호작용과 피드백의 내생적 반영
- 산업부문 상향식 모형 기술표현 개선 방안 제시
 - 에너지 수요를 공통된 에너지 서비스로 상세 분할하고, 서비스를 만족시키는 연료-기술 조합의 상호 경쟁으로 묘사

■ 선진 상·하향식 통합 모형의 구조에 대한 체계적인 비교 고찰

■ 감축기술의 변화·확산 이론 및 모형구현관련 문헌조사를 통해 실증연구의 이론적 기반마련

- 감축기술의 변화 이론 및 모형구현 문헌조사 및 한국형 통합모형에 기술변화 구현 방법론 제안

< 한국형 통합모형 기술변화 구현 방법론 >

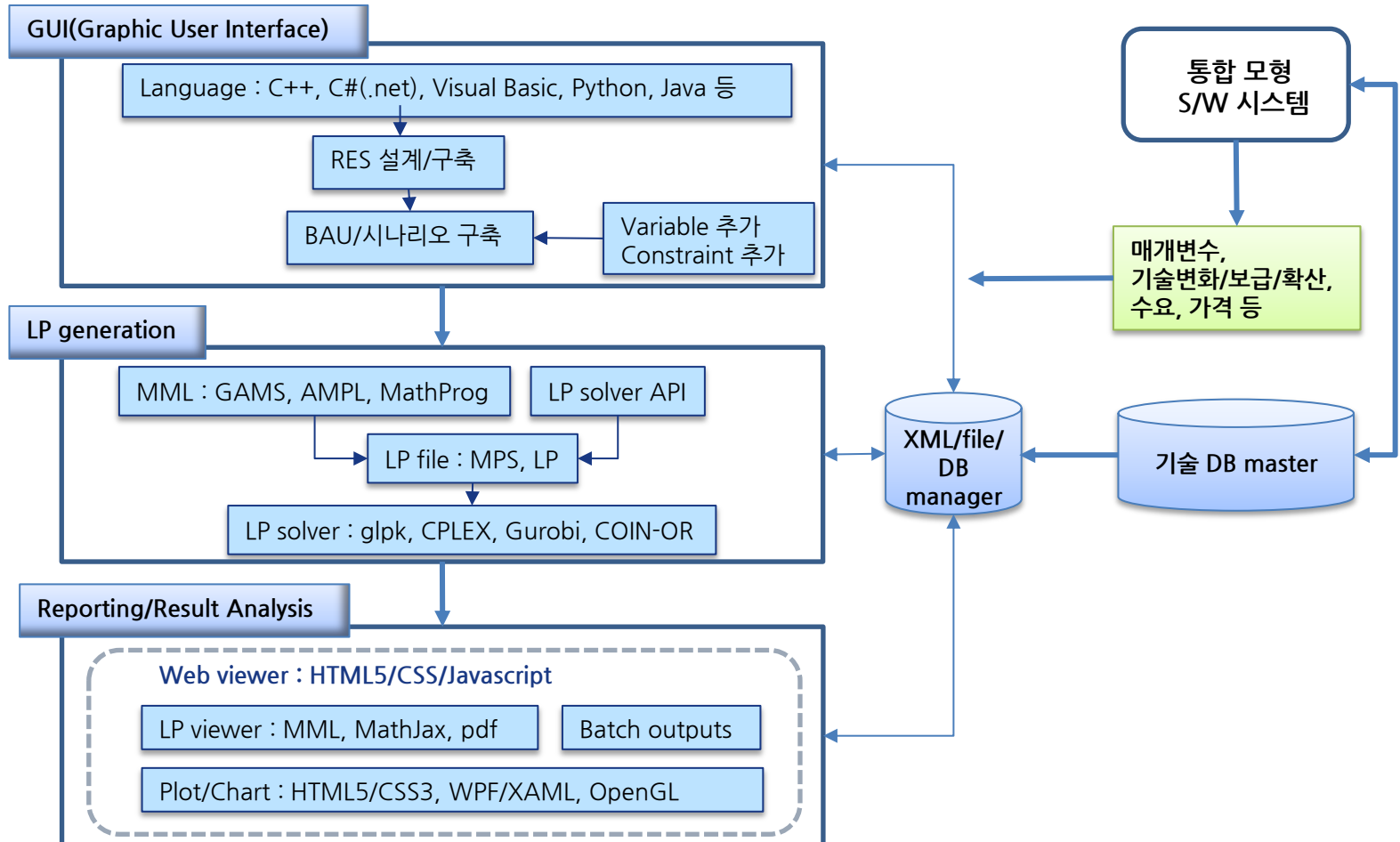
	분석기간	부문/기술	정책주안점
R&D	단기적 정책	집약적 기술표현	R&D 투자 활성화 정책
LBD	장기적 정책	상세적 기술표현	기술의 보급 확산 정책

II-(2)- 2) 1차년도 주요연구결과 - 협동2

- **한국형 상향식 S/W 시스템 개발을 위한 MESSAGE 시스템 분석**
 - 한국형 상향식 S/W 시스템 개발을 위한 MESSAGE 시스템 분석
 - MESSAGE 시스템 및 수리적 특성 분석
 - 한국형 상·하향식 통합 모형 구축을 위한 MARKAL-MACRO의 구조분석, 수리구조 및 실행방안 분석
- **부문별 특성 분석: 기존 상향식모형 분석 및 수리모형화 방안 제시**
 - 수송 부문 분석
 - 상향식 모형의 기능 관점에서 수송부문 특성 도출
 - 매우 단순화된 수리모형화 제시
 - 수송부문에 특화된 다양한 제약식 구현방안 제시
 - 수송부문 특성 요소 기능의 수리적 전개
 - 가정/상업 부문 분석
 - 국내 특성분석을 통한 가정/상업부문 상향식 모형화 방안제시
 - 농축산 부문 분석
 - 다양한 인벤토리를 이용한 새로운 배출량 산정 방법론 제시
 - 폐기물 부문 분석
 - FOD(First Order Decay)를 고려한 RES 방법론 제시
 - FOD를 고려한 상향식 수리모형화 방안 제시

II -(2)- 2) 1차년도 주요연구결과 - 협동2

■ 한국형 상향식 S/W 시스템 개발



II-(3)- 1) 2차년도 주요연구결과 - 총괄

■ 하향식 모형 설계 및 시범분석

- 표준모형 및 연계모형 구축: 36개 산업 CGE, '정보교류' 부문, '일괄처리' 부문 구축

■ 탄력성 추정

- 추정방법론을 확정하고 생산요소 및 에너지 투입관련 탄력성 추정

■ 농업부문 상향식 모형 개발

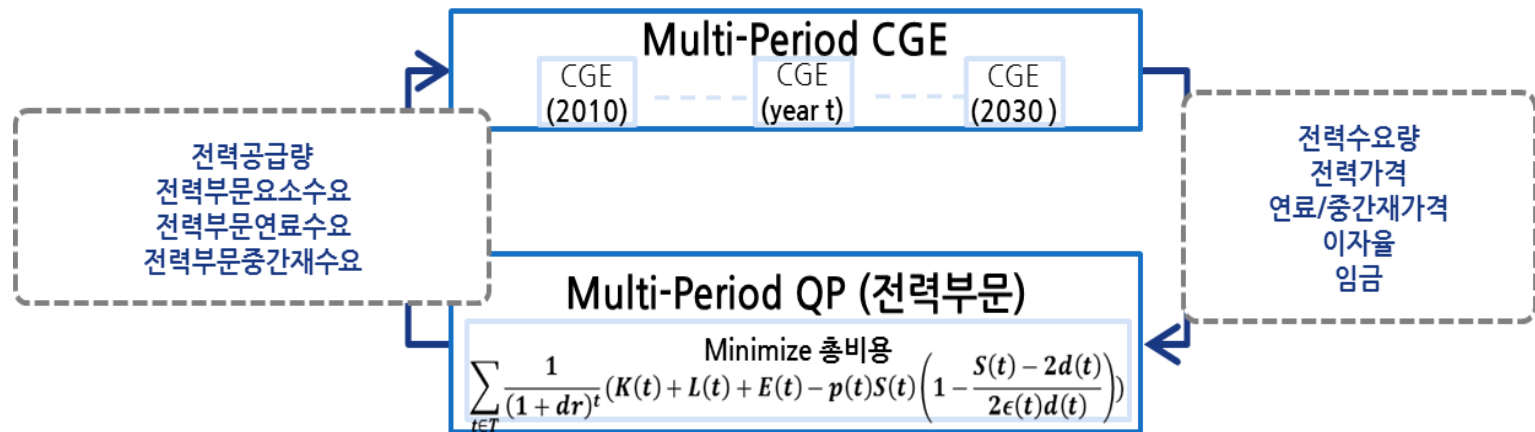
- 농업부문 Hybrid SAM 구축: 농업을 경종 8품목과 축산 5품목으로 구분하고 지역은 9개로 구분

■ 상·하향 통합모형 설계 및 시범분석

- 상·하향 통합 모형 연계 전략
 - 부문별 상향식 모형과 CGE 모형을 Decomposition 알고리즘을 통해 연계
 - 상향식 모형의 BAU 구성을 위해 PMP 기법을 활용
 - 동태모형 하에서 연계 알고리즘은 (연도별이 아닌) 전 기간을 단위로 동시에 적용
- 농업부문 상·하향식 연계 모형: 탄소세 시나리오를 적용한 연계모형의 수렴결과
 - 탄소세가 높아질 수록 에너지 부문 및 에너지 집약도가 높은 산업(ENIT)의 비중 감소
 - PMP를 적용하는 것이 BAU 복원, 수렴 속도 등에서 높은 성과를 보임.

II-(3)- 2) 2차년도 주요연구결과 - 협동1

- 상·하향 통합모형 설계 및 시범분석(계속)
 - 전력부문 상향식 모형과 하향식 모형(CGE)의 연계



II-(3)- 3) 2차년도 주요연구결과 - 협동1

II-(3)- 3) 2차년도 주요연구결과 - 협동2

Ⅲ. 향후 연구계획 및 연구진행 상황

- (1) 연구단 추진 계획
- (2) 3차년도 연구진행 상황
 - 1) 총괄과제 연구진행 상황
 - 2) 협동과제1 연구진행 상황
 - 3) 협동과제2 연구진행 상황

III-(1) 연구단 추진 계획

■ 연도별 연구개발의 목표 및 내용

구분	연구개발의 목표	연구개발의 내용
3차년도	모형통합	한국형 온실가스 통합감축 시스템 연계 모듈 구축
	하향식모듈	하향식 모듈 구축
		탄력성 추정
	기술 DB	전력-농업 부문 상하향식 모듈 연계 시범 분석
		전환(신재생에너지포함)/산업(공정포함)/농업부문 세밀화
		탄력성 추정: 생산요소(노동, 자본 등) 간 및 에너지원 간 탄력성(계속)
	상향식모듈	기술 DB 취합, 분석, 운용, 고도화
		전력-농업부문 에너지 환경 경제 DB 보완 및 확장 수송-산업부문 에너지 환경 경제 DB 구축
		전력-농업부문 주요 미래 감축기술 조사 보완 및 update 수송-산업부문 기술 확산 행태분석 및 미래 양상 예측, 비용곡선 추정 수송-산업부문 주요 미래 감축기술 조사
		한국형 상향식 평가 모듈 이론 연구 및 설계
		감축 기술의 확산·변화 개념을 구현한 한국형 상향식 모듈 세부 설계
		전력-농업부문 상향식 모듈 완성 수송-산업부문 상향식 모듈 beta version
		전력부문 분석 완료 국내외 정유부문 기존 상향식 연구 분석 국내 정유부문 수요, 공급기술 환경분석
		한국형 상향식 모형 S/W 시스템 개발
		한국형 상향식 모형 S/W 시스템 베타 version

III-(1) 연구단 추진 계획

■ 연도별 연구개발의 목표 및 내용

구분	연구개발의 목표	연구개발의 내용
4차년도	모형통합	한국형 온실가스 통합감축 시스템 베타 Version 수송 부문 상·하향식 모듈 연계 시범 분석 상·하향식 모듈을 사용한 전망기능 제고방안 수립 부문별 상향식 모형과 하향식 모형의 다중 연계 방법론 개발
	하향식모듈	하향식 모듈 조정 및 심화
		탄력성 모수 추정
	기술 DB	수송-산업부문 에너지 환경 경제 DB 보완 및 확장 건물-산업공정부문 에너지 환경 경제 DB 베타 version
		수요 부문별 용도별 원단위·활동도 추세 분석 및 예측: 산업, 수송 수송-산업부문 주요 미래 감축기술 조사 보완 및 update 건물-산업공정부문 기술 확산 행태분석 및 미래 양상 예측, 비용곡선 추정 건물-산업공정부문 주요 미래 감축기술 조사
		한국형 상·하향식 통합 평가 모형 설계 및 기술 확산·변화 영향 분석
		개발된 상·하향식 평가 모형을 활용해 기술 확산·변화 유형이 감축에 미치는 영향 분석
	상향식모듈	수송-산업 부문 상향식 모듈 완성 건물-산업공정 부문 상향식 모듈 beta version
		한국형 상향식 모형 S/W 시스템 개발
		통합모형 Software 시스템 개발

III-(1) 연구단 추진 계획

연도별 연구개발의 목표 및 내용

구분	연구개발의 목표	연구개발의 내용
5차년도	모형통합	한국형 온실가스 통합감축 시스템 구축 수송부문 상·하향식 모듈 연계 보완 건물 및 산업부문 상·하향식 모듈 연계 시범 분석 부문별 상향식 모형과 하향식 모형의 다중 연계 알고리즘 개발
	하향식모듈	Global Version 하향식 모듈 베타 version 건물부문 모형 세밀화
		탄력성 모수 추정 탄력성 추정: 아밍턴 탄력성, 수출-내수 대체탄력성, 수요탄력성(계속)
	기술 DB	기술 DB 취합, 분석, 운용, 고도화 건물-산업공정부문 에너지환경경제 DB 완성 폐기물-토지이용부문 에너지환경경제 DB 베타 version
		감축 기술의 확산·변화 유형 분석, 이론 정립 및 미래 예측 수요 부문별 용도별 원단위·활동도 추세 분석 및 예측: 건물, 농업, 폐기물 건물-산업공정부문 주요 미래 감축기술 조사 보완 및 update 폐기물-토지이용부문 기술 확산 행태분석 및 미래 양상 예측, 비용곡선 추정 폐기물-토지이용부문 주요 미래 감축기술 조사
		한국형 상·하향식 통합 평가 모형 설계 및 기술 확산·변화 영향 분석 개발된 상·하향식 평가 모형을 활용해 기술 확산·변화 유형이 감축에 미치는 영향 분석
	상향식모듈	상향식 모듈 구축 건물-산업부문 상향식 모듈 완성 폐기물-토지이용 부문 상향식 모듈 beta version
		한국형 상향식 모형 S/W 시스템 개발 한국형 상향식 모형 S/W 시스템 상용 version 배포
		통합모형 Software 및 UI완성 GUI를 포함한 통합모형과의 연동모듈 개발

III-(1) 연구단 추진 계획

■ 연도별 연구개발의 목표 및 내용

구분		연구개발의 목표	연구개발의 내용
6차년도	모형통합	한국형 온실가스 통합감축 시스템 검증	건물 및 산업부문 상·하향식 모듈 연계 보완 폐기물, 토지이용 부문 상·하향식 모듈 연계 시범분석 부문별 상향식 모형과 하향식 모형의 다중 연계 알고리즘의 안정성 검증
	하향식모듈	하향식 모듈 조정 및 심화: 토지이용	폐기물, 토지이용 부문 세밀화 글로벌 모형 완성
	기술 DB	기술 DB 취합, 분석, 운용, 고도화	폐기물-토지이용부문 에너지환경경제 DB 보완 및 확장 전 부문 에너지환경경제 DB의 운용 및 고도화
		한국형 상·하향식 통합 모형 평가 및 활용	개발된 상하향 통합모형의 정책평가 기능 제고방안
	상향식모듈	상향식 모듈 구축	폐기물-토지이용 부문 상향식 모듈 완성
		한국형 상향식 모형 S/W 시스템 개발	한국형 상향식 모형 S/W 시스템 배포 및 현장 교육활용 부문별 상향식 통합 시험, 통합 모형 구축 완료
		통합모형 소프트웨어 검증 및 수정	통합 모형 S/W 시스템 배포
7차년도	모형통합	한국형 온실가스 통합감축 시스템 검증	활용도점검: 감축잠재량 추정, 배출권 할당 등 정책 고안에 반영
	기술 DB	기술 DB 취합, 분석, 운용, 고도화	전 부문 에너지환경경제 DB의 운용 및 고도화
		한국형 상·하향식 통합 모형 평가 및 활용	개발된 모형의 신뢰성 평가 및 각종 정책 분석에 활용
	상향식모듈	한국형 상향식 모형 S/W 시스템 개발 통합모형 소프트웨어 검증 및 수정	통합 모형 상용 시스템 배포, 신뢰성/활용도 검증, 교육 연계구조를 감안한 통합모형의 연동모듈 수정 및 검증

Ⅲ-(2)-1) 3차년도 연구진행 상황 - 총괄

3차년도 연구개발계획

- **연구목표** : 농업/전력/수송부문 상·하향식 모듈을 연계하고 산업부문 상향식 모듈 구축하며 하향식 모듈 전환/산업/농업/수송부문을 세밀화
- **[통합]** 농업부문·전력부문·수송부문 상향식 모듈, 표준 하향식 모듈을 연계모듈을 이용하여 연계한 모형을 구축하고 시범분석
 - 2차년도 구축 표준 하향식 모듈, 농업부문 상향식 모듈, 전력부문 상향식 모듈 및 수송부문 상향식 모듈 연계
- **[상향식 모듈]** 농업부문 상향식 모듈을 보완하고 산업부문 상향식 모듈 베타 version 구축
 - 산업부문: 에너지 다소비 업종을 중심으로 한 상향식 모형 구축
- **[하향식 모듈]** 전환, 산업, 농업, 수송부문 세밀화 및 자본축적 부문 정밀화
 - 전력부문에서 신재생에너지를 독립하고, 농업부문을 경작방식 격차 및 축산업 규모를 반영, 수송부문에서는 자체운송서비스부문을 별도 구성하여 세밀화
 - 자본 Vintage를 도입하고 Tobin's q 이론을 반영한 투자수요함수 도출
 - 전환, 산업, 농업, 수송부문에서 발생하는 온실가스 전 부문을 포괄하는 하향식 모듈 input data 생성
- **[탄력성 추정]** 2차년도에 시작한 생산요소(노동, 자본)간 대체탄력성 및 생산요소-에너지원간 대체탄력성 추정 작업을 완료

Ⅲ-(2)-1) 3차년도 연구진행 상황 - 총괄

3차년도 연구진행 상황

- **[통합]** 농업부문·전력부문 상향식 모듈, 표준 하향식 모듈을 연계모듈을 이용하여 연계시도 및 시범분석
 - 농업부문: 53개 섹터로 구성된 표준 CGE모형과 농업상향식 모형 연계시도(Static, Recursive Dynamics)
 - 전력부문: 통합전력모형의 상향식 모형 고도화 효과 시범분석
- **[상향식 모듈]** 농업부문 상향식 모듈을 보완하고 산업부문 상향식 모듈 베타 version 구축
 - 농업부문: 농업부문 hybrid SAM 수정·보완, 농업부문 온실가스 배출 모형화
 - 산업부문: 산업부문 상향식 모형 리뷰(Belgian MARKAL, US-MARKAL, UK-MARKAL, 국내 MARKAL 모형, MESSAGE모형 등), 철강 산업부문 상향식 모형 설계 진행 중
- **[하향식 모듈]** 전환, 농업, 수송부문 세밀화 및 자본축적 부문 정밀화
 - 표준 CGE 산업구분을 기존 36개에서 53개로 확장 및 자가운송부문 구분
 - 공정배출가스(Non-energy GHG) 배출량 반영
- **[탄력성 추정]** KLEM DB 개선 작업
 - 자체 산업분류(35개) 및 기존 하향식 표준모형 산업분류(36개) 두 가지 산업 분류를 기준으로 KLEM DB 개선

Ⅲ-(2)-2) 3차년도 연구진행 상황 - 협동1

3차년도 연구개발계획

- **통합 DB 취합 및 분석: 수송/산업부문**
 - 에너지·환경·경제 통합 DB 취합 및 Hybrid SAM 구축
 - 산업부문 및 수송부문 Hybrid SAM 구축
- **감축기술의 변화 및 확산 연구: 수송/산업부문**
 - 전력부문의 연구를 보완하고 수송 및 산업부문 관련 연구 수행
 - 미래 감축 기술 조사 및 기술 특성치 추정
 - 산업부문은 1차년도에 제안한 상향식 기술구조(공통 에너지 서비스와 각 서비스별 공통기기의 조합)로 분석 실행
- **감축기술의 변화/확산 개념을 반영한 한국형 상향식 모듈 설계**
 - 기술변화의 내생성과 외생성을 동시에 반영하는 다면적 학습방법론 제안
 - 제안된 기술변화/확산개념을 구현할 수 있는 대상 부문/기술을 선별하고, 경험자료 취합(실증연구와 연계)
 - 한국형 상향식 기술변화·확산 모듈 설계 및 시범분석

Ⅲ-(2)-2) 3차년도 연구진행 상황 - 협동1

3차년도 연구진행 상황

III-(2)-3) 3차년도 연구진행 상황 - 협동2

3차년도 연구개발계획

■ 한국형 상향식 S/W 시스템 개발을 위한 수리적 기반

- 전력부문 multiple activitie/multiple load region 모델링
- 발전소 성능복구 및 운영(ROMM)에 대한 수리적 기반
- 송전망을 포함하는 상향식 모형에 대한 수리적 기반
- 송전망을 고려한 전력수급계획 수리 모형화 기본 연구
- 전력관련 운용계획을 포함하는 수리적 기반
- 기동정지계획(Unit Commitment)의 수리 모형화
- 전력부문 제약식의 일반화
- 최적해의 현실 정합성 연구

■ 부문별 특성 조사 및 분석

- 전력부문 분석 완료: 국내특성 입력자료 구축, 상향식 모형 기본기능 완성 및 확장기능 분석 등
- 전환부문(정유) 분석: 국내외 정유부문 기존 상향식 연구 분석 및 수요·공급기술 환경분석
- 전력부문 및 수송부문 상향식 통합모형 구현을 통한 상향식 모형 기능 검증

■ 한국형 상향식 S/W 시스템 개발

- 전력부문 GAMS 코드 및 통합모형을 위한 GAMS 코드 작성
- 부문별 특성을 반영한 상향식 모듈 설계
- 상향식 시스템 구조 및 기능 설계
- 한국형 상향식 모형 S/W 시스템 베타ver. 개발

Ⅲ-(2)-3) 3차년도 연구진행 상황 - 협동2

3차년도 연구진행 상황

감사합니다