

2

.....
기획특집

G7 PROJECT 1단계

기술기반확보 추진현황



G-7 프로젝트 지구환경보전기술

지구환경 문제는 오늘날 크나큰 세계적 관심사가 되고 있는 가운데 각종 국제환경협약중의 하나인 기후변화협약은 화석연료의 사용규제등에 따른 파급효과가 에너지수급을 포함하여 산업계에 큰 영향을 주게될 것으로 예상되고 있으며 국내에서는 이에대한 대책으로 G-7 PROJECT중 지구환경보전기술에 중점과제를 두고 연구·노력하고 있다. 이에 정부시책중 하나인 "G-7 PROJECT 지구환경 보전기술"에 대해 그 추진현황과 전망을 알아 본다.

최덕일 / 국립환경연구원 대기연구부장

서 언

1992년 6월 브라질의 리우데자네이로에서 세계 150 여개국 대표가 한자리에 모였던 유엔 환경회의는 오늘날 크나 큰 세계적 관심사가 되고 있는 지구환경문제를 논의하고 지구환경을 보전하기 위한 전세계의 모임이었다. 이 회의에서 리우 선언과 의제 21, 기후변화 협약, 생물 다양성 협약, 삼림보전 원칙 등이 채택되었다.

이 중 기후변화 협약은 화석연료의 사용으로 배출되는 이산화탄소 때문에 온실효과를 일으켜 결과적으로 지구의 온도가 상승하는 것을 방지하기 위하여 이산화탄소 배출량을 규제하지는 것이 주내용으로 단순한 선언적 의미를 넘어 CO₂ 증가에 기여하는 화석연료의 사용규제 등이 뒤따를 것이기 때문에 그 파급효과는 에너지수급을 포함하여 다른 어떠한 협약보다도 산업계에 큰 영향을 주게 될 것이다. 이에 따라 미국, 유럽, 일본 등 선진국은 온실기체의 저감, 고정화기술 등의 개발을 서두르고 있는 실정이다.

한편 상당한 CO₂의 저감이 실현된다 하더라도 현 추세의 관성효과를 무시할 수 없고 IPCC 보고도 2030년에는 지구의 평균기온이 약 1°C, 평균해수면은 약 20 Cm, 2100년에는 기온은 약 3°C, 해수면은 약 65 Cm 상승할 것이며 이 변화만 하더라도 산업활동의 제약정도를 넘어 우리들의 생존양식 자체의 변화를 요구하게 될 것으로 전망하고 있다.

따라서 환경변화의 정확한 예측이야 말로 매우 중요한 지구환경문제중의 하나인 것이다.

기후변화 협약은 화석연료의 사용으로 배출되는 이산화탄소 때문에 온실효과를 일으켜 결과적으로 지구의 온도가 상승하는 것을 방지하기 위하여 이산화탄소 배출량을 규제하지는 것이 주내용으로 단순한 선언적 의미를 넘어 CO₂ 증가에 기여하는 화석연료의 사용규제 등이 뒤따를 것이기 때문에 그 파급효과는 에너지수급을 포함하여 다른 어떠한 협약보다도 산업계에 큰 영향을 주게 될 것이다.

기후변화에 대한 대응은 물론 전 지구적으로 일어나겠지만 궁극적으로는 거주영역을 포함한 국지적, 민족적 및 국가적 성격을 떨 수 밖에 없고 따라서 기후변화는 전지구에 대한 개괄적 상황으로서가 아니라 국지적으로 상세하게 예상되어야 한다.

그러나 무한경쟁시대에 돌입하면서 특히 환경문제를 명분으로 각

종 무역규제등 기술 장벽을 높이고 있는 오늘날 우리를 위해서 어느 선진국이 우리에게 CO₂의 저감기술을 가르쳐 주고 우리나라의 기후를 정확하게 예측해 주기를 기대할 수는 없으며 또한 그럴 성질도 아니다.

따라서 이와 관련된 기술을 우리 스스로 개발하지 않으면 안 될 것이며 여기서 소개하는 두 과제가

단계별 연구개발 목표 및 내용

구 분	1단계 (1992-1994)	2단계 (1995-1997)	3단계 (1998-2000)
연구개발목표	지구온실기체 방출규제에 따른 대책 및 기술개발 기반 마련	발생원에 따른 이산화탄소의 제어 및 활용기술 개발	온실가스제어 및 활용 기술의 실용화 및 차세대 대기오염 연구기반 확립
연구개발범위	축매에 의한 CO ₂ 의 고정화기술 CO ₂ 의 분리, 회수 기술 수소의 제조 기술	CO의 수소화 반응 기술 생물화학적 고정화 기술	기업주도의 부분적 실용화 유도 첨단기술의 단위 공정 연구 팩키지화

1단계 목표 및 연구 내용

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (92)	분리, 화학적 고정화, 수소 제조기술 기초	실험실 규모의 막분리 및 축매 screening과 수소 제조 축매 연구
2차년도 (93)	분야별 핵심소재 개발 및 반응 최적화	분리막, 축매계의 개발 및 반응 특성 연구
3차년도 (94)	막분리, 화학적 전환 및 수소제조법의 연계 기술화	분야별 최적화 및 기술로의 활용 연구

G-7 프로젝트의 환경공학기술개발
과제로 추진되고 있음도 그 때문이
다.

온실기체 제어 및 이용기술 개발

온실기체 제어 및 이용기술은 한
국화학연구소가 주관기관(주관 책
임자 : 이 규환)으로 (1) 이산화탄소
의 분리 및 회수연구 책임자 : 이
규호), (2) 이산화 탄소의 고정화 (연
구 책임자 : 박상언), (3) 환원을 위
한 수소 제조 기술(연구 책임자 : 박
대철) 등 3 세부과제로 구성, 총 58
명의 연구원 (책임급 : 18, 선임급 :
8, 원급 : 28, 기타: 4) 참여하여 연구
를 수행하고 있으며 그 단계별 목
표와 내용은 다음과 같다.

국내의 기술수준 현황

현재까지 알려진 이산화탄소의
직접적인 제거. 처리방법으로는 흡
수법, 흡착법, 막분리법, 증류법, 생
물학적 고정, 인공 광합성 등이 있
고, 처분 및 유효이용 방법으로는
해양저장, Bio, CH₄ 등으로의 전환방
법 등이 있다. 화학흡수법 중에서
가장 널리 알려져 있는 것은 미국의
Flour Daniel 사에서 개발한 공정
이며 일본 관서전력에서 이 공정을
이용한 파일럿 플랜트에서는 처리
가스량 600 m³ N/hr(200Kw 상당),
CO₂ 회수율 90%, CO₂ 회수량 2t/day,
순도 99.9%의 결과를 얻고 있다.

흡착법은 극성을 지닌 CO₂가
zeolite와 같은 고체 흡착제에 선택
적으로 흡착되어, 이의 흡착량이 압
력과 온도에 따라 변화한다는 성질
을 이용하여 CO₂를 분리·회수하는
방법이다. 흡착법은 gas의 흡착량이
압력에 따라 변화하는 성질을 이용

한 PSA(Pressure Swing Adsorption)법
과 온도에 따라 흡착량이 변화하는
것을 이용한 TSA(Thermal Swing
Adsorption) 법으로 나눈다. 일본 동
부전력(주)에서는 PSA법을 이용하
여 처리가스량 1700 m³ N/hr, CO₂
회수율 약 99%의 결과를 얻고 있
다.

막분리법은 분리막을 통한 개별
적인 기체의 투과속도에 따라 혼합
가스를 분리하는 방법으로 상변화
를 수반하지 않아 에너지 절약면
에서 우수하며 기존의 공정에 막
module 을 부설하여 처리량을 증대
시킬 수 있고 막 module 의 설치가
용이하며 전체적인 조작성 간편하
다는 장점을 갖고 있어 앞으로 매
우 유망한 기술로 전망되고 있다.

분리막을 이용한 기체분리는 70
년대 후반부터 연구개발이 본격화
되어 80년대부터는 일부 실용화되
기 시작하였고 최근에는 막의 소재
개발, 막 제조기술, 우수한 막 mod-
ule 제조 등 다양한 분야에서 이용
되고 있다.

그러나 이 분야의 실질적인 연구
는 지난 10여년 동안 일본에서 가장
활발히 수행되어 왔으며 특히 1990
년 7월 통상산업청(MITI)산하의 신
에너지 산업기술(NEDO) 주관 하에
산, 학, 연의 연구 조직을 참여 시키
는 지구환경산업기술연구기구
(RITE)를 설립하여 이산화탄소의 고
정화 및 이용기술 개발을 착수하였
다. 이러한 노력과 더불어 일본의
공업기술원은 에너지, 환경 영역 중
합기술개발추진계획(New Sunshine
Program)을 1993년에 발족하였으며,
지속적 성장과 에너지 환경문제의
동시 해결을 목표로 혁신적인 에너
지, 환경기술 개발을 추진하고 있

다.

한편 국내에서는 G-7사업 추진
이전에는 온실기체의 고정화 및 활
용기술에 관해서는 간헐적인 기초
연구가 수행되어 왔을 뿐 관심과
투자가 극히 미흡하였고, 문제점으
로는 활성도가 높은 촉매 개발이나
수소의 다량 확보기술등이 확보되
지 못하고 있는 실정이다.

그러나 다행히도 지난 2년간의
연구결과 메탄을 합성촉매, 산촉매,
금속 담지 촉매로 구성된 혼합촉매
의 도입으로 다양한 화합물의 생성
을 통하여 이산화탄소의 전환율을
보다 향상시키는 기술이 개발되었
으며 앞으로 더욱 우수한 촉매를
설계 개발하고 이의 기술 근거를
확보하기 위한 체계적이고 지속적
인 연구가 절실하게 필요한 시점에
있다.

1단계 추진현황

“이산화탄소의 화학적 고정화
연구”는 1차 연도에 구리성분을 기
초로 한 불균일계 촉매를 이용하여
이산화탄소의 수소화 반응을 통한
메탄올 및 합산소화합물과 탄화수
소등의 생성물 분포와 적정촉매의
개발을 위한 촉매의 특성분석 등을
시작으로, 2차 연도에는 1차연도에
개발한 이산화탄소의 메탄개질촉
매인 니켈촉매의 수명향상과 니켈
담지촉매의 특성연구, 메탄 및 프로
판을 사용한 유효화합물 제조가능
성 연구 등이 주로 이루어졌다. 또
한 메탄올 제조촉매의 특성 및 구
리계혼합촉매의 특성해석 연구를
위하여 “이산화탄소를 이용한 메탄
올 합성촉매개발(포항공대, 이재성
교수)”과 “CO₂ 수소화 반응을 위한
금속담지 촉매의 특성연구(KAIST,

임선기 교수)의 두 과제를 위탁 연구로 수행하였다.

“이산화탄소의 분리. 회수 기술 연구”에서는 1차연도에 이산화탄소 분리기술 및 막 분리법 등에 관한 충분한 문헌조사와 함께 이를 근거로 중공사막의 제조 및 이산화탄소 분리거동, 액체막/중공사막의 혼용에 의한 이산화탄소 분리실험장치를 설계하고자 실제의 이산화탄소/질소의 혼합가스 분리를 위한 기초실험을 하였으며 2차연도에는 합성고분자 분리막의 제조와 이에 따른 분리성능, 막 흡수기방식에 의한 이산화탄소의 분리, 이산화탄소 흡수제 및 용해도 측정 등이 주로 이루어졌다.

“수소 제조기술 연구”에서는 1차연도에 증상구조를 갖는 Vb족 금속합물 담체에 각종 활성 금속을 담지하여 광촉매를 제조하고, 물 분해반응으로부터 수소를 제조하는 반응의 활성을 검토하고 2차연도에는 태양광을 이용한 수소 제조기술 확립의 기초단계로 자외광 영역에서 수소제조를 극대화시킬 수 있는 광촉매의 개발과 수소제조시스템

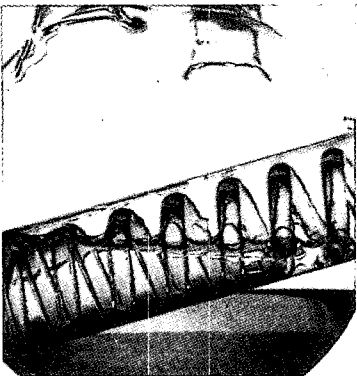


그림 1. 물로부터의 혁명-물을 광촉매의 도움으로 광에너지에 의하여 분해시켜 수소를 얻는 방법으로 은실기체 제어기술의 활용화에 크게 기대되고 있다.

“이산화탄소의 화학적 고정화 연구”는 1차 연도에 구리성분을 기초로 한 불균일계 촉매를 이용하여 이산화탄소의 수소화 반응을 통한 메탄올 및 합산소화합물과 탄화수소등의 생성물 분포와 적정촉매의 개발을 위한 촉매의 특성분석 등을 시작으로, 2차 연도에는 1차연도에 개발한 이산화탄소의 메탄개질촉매인 니켈촉매의 수명향상과 니켈담지촉매의 특성연구, 메탄 및 프로판을 사용한 유효화합물 제조가능성 연구 등이 주로 이루어졌다.

이산화탄소의 분리·회수 기술의 년차별 목표 및 연구 내용

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (1992)	·이산화탄소 분리용 분리막 기술 기초연구	·이산화탄소 분리회수기술에 대한 문헌조사 분리막을 이용한 기초실험
2차년도 (1993)	·액체막법에 의한 분리특성 연구	·액체막법에 의한 CO ₂ 분리모델 연구 ·중공사막 제조 및 투과특성 평가
3차년도 (1994)	·이산화탄소 소형 분리 시스템 개발	·분리막을 이용한 소형 모듈 제작 ·액체막법에 의한 분리공정 연구

이산화탄소의 고정기술의 년차별 목표 및 연구 내용

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (1992)	·이산화탄소 고정화용 촉매개발	·메탄올제조용 촉매스크리닝 고압장치(40기압)혼합촉매시스템 개발 -메탄올, DME(디메틸에틸), 탄화수소의 공동생성 산촉매 및 Fischer-Tropsch 촉매의 혼성 ·환원제로서 메탄의 활용성 조사
2차년도 (1993)	·탄산가스 고정화용 촉매개발 -수소 환원 -탄화수소 환원	·수소에 의한 환원 혼합촉매 개발 ·CO ₂ 전환 상승반응 선택성 연구 ·탄화수소에 의한 고안정성 촉매 개발 반응선택성 연구 촉매담체 연구
3차년도 (1994)	·탄산가스 고정화용 접촉수소화법 개발	·반응변수 고찰·반응속도론적 연구 ·반응특성 파악·촉매 제조법 연구 ·촉매수명 연구

의 확립에 중점을 두었다.

과제별 연구개발 목표와 내용은 표와 같다.

추진실적

이산화탄소의 화학적 고정화 기술의 개발 실적으로는 이산화탄소의 환원용 촉매 기술의 기반을 어느정도 확보 하였으며, 합성가스에 의한 유효 화합물 제조 방법도 도출하였다.

이산화탄소 분리 회수 기술에서는 O₂, N₂, CO₂, CH₄ 등의 투과도를 측정하여 가스 분리에 응용되는 한외 여과용 중공 사막 제조, 모듈 제작 기술 그리고 플라즈마 중합반응을 이용한 복합막 제조 기술 등의 기반이 확보 되었다.

또한 이산화탄소 이용기술 개발에 필수적인 수소 제조기술에서는 광촉매 반응을 이용하여 물로부터 수소를 생산하는 기술 개발이 이루어 졌으며, 이 기술은 차세대의 청정 에너지를 확보하는 차원에서 매우 중요한 기술로 평가된다.

지금까지의 연구실적에 대한 학술 발표 및 논문 게재 현황은 학술 발표에서 국내 12편, 국제 3편, 논문

수소 제조 기술의 년차별 목표 및 연구 내용

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (1992)	<ul style="list-style-type: none"> Vb족 금속화합물에 의한 광촉매계 개발 기본 광촉매계 탐색 물 분해용 광반응장치 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 층상 구조 산화물 합성조건 및 금속조성 탐색 물의 분해반응에 대한 광촉매 기능 비교 폐쇄 순환계 연구 고압 UV 램프 장치 개발
2차년도 (1993)	<ul style="list-style-type: none"> Vb족 금속화합물에 의한 광촉매계 개발 	<ul style="list-style-type: none"> Vb족 금속화합물 합성 및 기능 연구 <ul style="list-style-type: none"> -촉매 선별 및 특성 분석 -합성방법 최적화 개발된 촉매계에 의한 물의 분해반응 연구
3차년도 (1994)	<ul style="list-style-type: none"> 다원계 금속화합물에 의한 광촉매계 개발 광촉매 시스템에 의한 수소제조공정 확립 	<ul style="list-style-type: none"> 반도체 금속화합물에 의한 광촉매계 합성조건 및 기능 확립 <ul style="list-style-type: none"> -촉매계 선별 확정 -촉매계 특성 분석 효율적인 물의 완전 분해 광반응 연구 <ul style="list-style-type: none"> -물의 광분해반응 최적조건 규명

게재는 국내 5편, 국외 2편에 이르며 특히 출원 현황은 국내 4건, 국외 1건 등이다.

향후 추진계획

기후 변화의 주 요인으로 주목 받고 있는 이산화탄소는 열역학적으로 지극히 안정한 화합물이다. 따

라서 이산화탄소를 활성화 시키려면 높은 활성을 갖는 환원제나 외부의 에너지가 공급되어야 하는 고난도의 기술이 요구되며, 이러한 기술 개발능력이 기술 선진국의 척도가 된다고 할 수 있다. 인간의 산업 활동 뿐만 아니라 의식주를 비롯한 생활요인에 의한 이산화탄소의 발생은 지구가 존재하는 한, 지구 변화에 대한 효과가 소멸될 수 없다는 견지에서 이를 활용하여 재 자원화 하려는 노력은 환경적 측면 뿐만 아니라 경제적 측면에서도 매우 중요한 일이다.

이러한 관점에서 지금까지는 비교적 독립적으로 추진되어왔던 각 세부과제를 연계시킨 통합 시스템을 운영 할 필요가 있으며 그간의 연구결과에 대한 데이터 베이스 구축 및 각 공정기술이 연계된 장치의 시스템화를 위한 Matrix 체제를

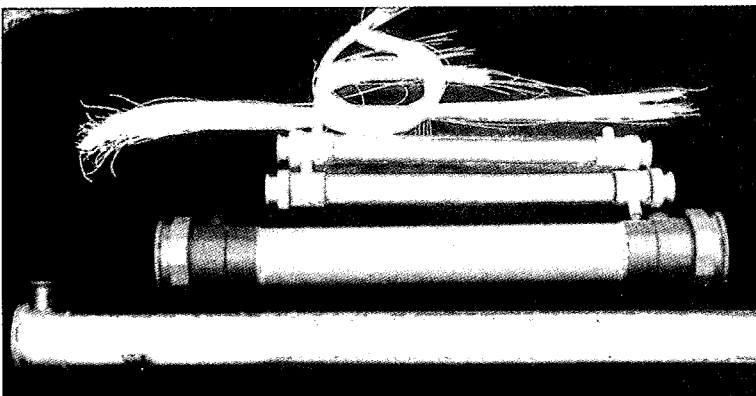


그림 2 플라즈마 처리된 fiber를 원료로 원심분리등의 기술을 이용하여 자체 제작한 중·대형 hollow fiber-이것을 이용하여 기체분리 성능실험을 하고있다.

이루어 나가야 하겠다.

특히 이산화탄소의 고정화 기술로서 촉매환원기술에 이어 두번째로 가능성이 있는 미생물 또는 효소에 의한 생물학적 고정화 기술개발을 위한 노력도 병행해야 할 것이다.

지구환경 감시 및 기후변화 예측 기술

지구 환경 감시 및 기후 변화 예측 기술은 다양한 분야간의 상호 보완적 관계를 유지하면서 지구 환경 감시 분야에서는 온실기체 증가의 감시, 오존층 감퇴의 감시 그리고 산성비 광역화의 감시등이며 기후변화 예측 기술에서는 지구 온난화, 오존층 파괴 관련 기후 변화, 그리고 산성비 광역화 관련 지역 대기질 변화 등의 장기예측을 위한 핵심 기술인 대기해양 접합 대순환 모형의 개발과 그 활용으로서의 평가 기술의 개발에 초점을 두고 있다.

세부 과제 및 연구책임자.

- 지구 온난화 감시 기술 강인식 (서울대, 대기과학과)
- 오존층 감시 기반 기술 조희구 (연세대, 천문대기과학과)
- 산성비 감시 및 예측 기술 이태영 (연세대, 천문대기과학과)
- 대기/해양 접합 GCM 개발 김정우 (연세대, 천문대기과학과)
- 기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발 오성남 (한국과학기술연구원)

국내외 기술 수준 현황

지구 환경 감시 및 기후 변화 예

기후 변화의 주 요인으로 주목 받고 있는 이산화탄소는 열역학적으로 지극히 안정한 화합물이다. 따라서 이산화탄소를 활성화 시키려면 높은 활성을 갖는 환원제나 외부의 에너지가 공급되어야 하는 고난도의 기술이 요구되며, 이러한 기술 개발능력이 기술 선진국의 척도가 된다고 할 수 있다.

지구 환경 감시 및 기후변화 예측 기술의 단계별 연구 개발 목표 및 범위

구 분	1단계 (1992-1994)	2단계 (1995-1997)	3단계 (1998-2001)
개발목표	지구환경감시 및 기후변화 예측을 위한 기반기술 확보	지구환경감시 및 기후변화 예측을 위한 첨단기술 확보	지구환경감시시스템 구축 및 기후변화예측 모형 활용
개발범위	-대기/해양 접합 GCM -기후변화 영향평가모형 및 영상처리기술 -지구온난화 감시 및 시나리오 -오존층 감시 및 시나리오 -오존층 감시 -산성비 감시	-대기/해양 접합 GCM -기후변화 영향평가모형 및 영상처리기술 -지구온난화 감시 및 시나리오 -오존층 감시 및 마이크로파 측기 -산성비 광역화 감시 및 koMAP 완성	-대기/해양 접합 GCM -영향평가모형 -기후변화(지구온난화 오존층 감시 및 산성비 광역화)감시 시스템 -기후변화제어 기술

측 기술은 미국을 비롯한 선진국에서 지난 30여년에 걸쳐 상당한 수준으로 연구 개발 되어 왔다. 이를 토대로 오늘 날 리우의 "기후 선언"에 이르게 된 것이다. 우리나라의 경우 감시 기술은 주로 해석과 해독 기술에 제한되어 있고 측정 방법의 창안이나 측기의 제작은 매우 드물다. 예측 기술은 부분적으로 상당한 기반 기술을 확보하고 있다. 예를 들면 대순환 모형(General Circulation Model - 이하 간단히 GCM)이나 중규모 대기 순환모형, 성층권 순환모형, 해양 GCM등이 포함된 연구 경험이 상당히 축적되어 있다.

반면 선진국의 기술수준은 개별적으로 볼때는 기업화된 기술, 상당히 안정화된 기술 등이 있다. 그러나 지구환경 전체적으로 본다면 개념정립단계라 할 수 있다.

추진현황

1단계(1992-1994) 연구 개발 목표는 표에 제시된 바와 같이 지구 환경 감시 및 기후 변화 예측을 위한 첨단 기술 및 핵심 인력의 확보이다. 아래 표에 목표와 연구 개발 범위를 요약 정리하였다.

지구온난화 감시기반 기술에서는 온실기체의 수치계산 및 관측을

지구환경감시 및 기후변화 예측기술의 단계 연차별 연구목표 및 내용

구 분	목 표	내용 및 범위
1차년도 (1992)	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ 배출량 산정 및 장기 예측 • 온실기체 측정 기술개발 • 온난화 예측기반 기술개발 • 오존층 감시 체계 기반조성 • 산성비 감시체계 기반조성 • 산성비 예측 기반 기술개발 • 대기/해양 접합 GCM예비 설계 • 애니메이션 기반 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ 배출원 조사 • CO₂ 배출량 산정 모형 개발 • CO₂ 자동 측정시스템 개발 • N₂O, CH₄, CFC, GC측정 • 대기 GCM 및 해양 GCM 기초 조사 • 오존 전량 및 Umkehr 관측 • 오존층 감시 첨단기술조사 • SO_x/NO_x 국내배출목록수립 • 산성비 관측 자료평가 • 산성비 예측모형 수집분석 • 선진농작물 성장모델 조사
2차년도 (1993)	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ 배출량 산정 및 장기 예측 • 온실기체 측정 기술개발 • 온난화 예측기반 기술개발 • 오존층 감시체계 기반조성 • 산성비 감시체계 기반조성 • 산성비 예측기반 기술개발 • 대기/해양 접합 GCM예비 설계 • 2-D 애니메이션 • 농작물 성장 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ 배출원 조사 • CO₂ 배출량 산정 모형 개발 • 대기 GCM 및 해양 GCM 기초 조사 • 관측 자동화 기반 기술개발 • 동아시아 배출원 목록수립 • 시범 관측소 운영 • 모형 기본과정연구 • 영향평가모델개발
3차년도 (1994)	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소순환수지모형개발 • 지구온난화 시나리오 산출 • 오존층 감시기반 기술확보 • koMAP 정립 • 산성비 광역화 모형개발 • 대기/해양 접합 GCM예비 활용 • 3-D 애니메이션 • 수자원 및 작물 성장변화 시나리오 	<ul style="list-style-type: none"> • 자연적 CO₂ 제거량 산정 및 장기예측 • 온실기체 연속측정장치 제작 • 온난화 모델개선 및 예측 • 대기 GCM과 해양 GCM의 접합 • 중규모 에디표현 해양GCM 제작 • Dobson 관측 자동화 • 마이크로파 오존 측정기 제작 • 오존파괴 광화학 반응 모수화 • koMAP 확대운영 • 산성비 광역화 모형검증 • YONU GCM 기후 자료의 영상화 • 성장모델 개선 및 농작물 성장예측

통해 온실 기체의 지화학적 순환 과정을 규명하고, 온실기체 증가에 따른 지구 온난화 시나리오를 산출하는 것이다. 이를 위해 온실기체의 배출량 산정, 온실기체의 대기중 농도 관측 그리고 지구 온난화 예측 모델 개발 등이 이루어지고 있다.

오존층 감시 기반 기술에서는 한반도 상공의 오존층 감시망 구성 및 운영에 기초를 두고 마이크로파 오존탐사 분광기를 개발하기 위한 분광기 설계에 대한 연구가 중점적으로 수행되고 있다.

산성비 감시기반 기술에서는 배경 산성비 감시와 산성비 예측 기반을 확립하는데 기초를 두고 동아시아 지역에서의 산성비 예측모형 개발에 중점적인 연구가 수행되고 있다.

예측기술 분야인 대기/해양 접합 GCM 개발에서는 대기중 온실기체의 증가, 성층권 오존의 감소, 대기 성분 변화에 따른 기후변화 예측을 위한 GCM개발에 중점을 두고 이를 위해 대기 GCM과 해양 GCM과의 접합을 통한 통합적인 GCM개발을 위한 연구가 수행되고 있다.

평가기술 분야인 기후변화 영향 평가 및 영상처리 기술개발에서는 GCM에 의해 예측된 기후 요소들의 영상처리와 예측된 기후변화에 따른 농작물, 수자원에 미치는 영향을 분석하는데 중점을 두고 연구가 수행되고 있다.

추진 실적

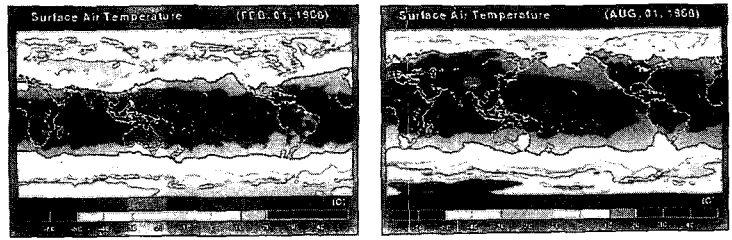
지구환경 감시 분야에서 이룩된 실적을 소개하면 지구온난화 부문에서는 이산화탄소 및 메탄에 대한 배출량 목록, 그들의 대기중 농도 측정 그리고 한반도 지역에서의 기

은 예측 모형 개발이 이루어졌으며, 오존층 감시 기반기술에서는 한반도 상공의 오존층 측정 자료에 대한 국제적 공인을 얻게 되었으며, 오존층의 전천후 측정을 위하여 러시아 학술원과 공동 연구를 수행함으로써 마이크로파 오존 측정기 제작을 위한 기초기술을 확보 하였다.

산성비 부문에서는 산성비 원인 물질의 국내 배출원 목록과 배경농도 측정 및 예측을 위한 핵심기술이 상당한 수준에 이르고 있다고 할 수 있다.

기후변화 예측분야에서는 미국 로렌스리버모어 국립연구소가 주관하는 국제협력 사업과 프랑스의 기후연구소가 주관하는 고기후 예측 연구사업에 참여 하여 본 연구에서 개발된 YONU GCM으로 1979년부터 1988년까지 10년간 대기의 전지구적 구조를 재현시켰으며, 또한 6,000년전 및 21,000년전 고기후를 재현 함으로써 세계 유수의 다른 GCM에 의해 재현된 실험결과들과 비교되어 YONU GCM이 우수한 모형임을 국제적으로 공인 받았으며 YONU GCM에 의해 생산된 기후요소 시나리오를 시간적으로 연결시킨 동화 영상을 제작하여 3차원적 기후 현상을 가시적으로 표현하는 기후변화 영상 그래픽 기술을 개발 하였다.(사진 참조)

지구 환경 감시와 예측 분야는 모두 현재로서는 개념 정립단계라 할 수 있기 때문에 주로 연구논문 발표가 그 실적의 기준이 된다. 지금까지의 연구 실적을 정리하면 논문 게재에서 국제 학술지에 9편, 국내 학술지에 12편, 학술 발표에서 국제 학술발표에 7편 국내 학술발표에 21편 등이며 국내 특허 1건을



(a)

(b)

그림 3. 대기 대순환모형(YONU GCM)에 의해 계산된 지구 규모의 지표 기온(a:'88. 2월 1일, b:'88. 8월 1일)을 2차원 표현 방법에 의해 나타낸 그림으로, 고온대가 2월에서 8월에 걸쳐 남반구에서 북반구쪽으로 이동되는 패턴을 보여준다.

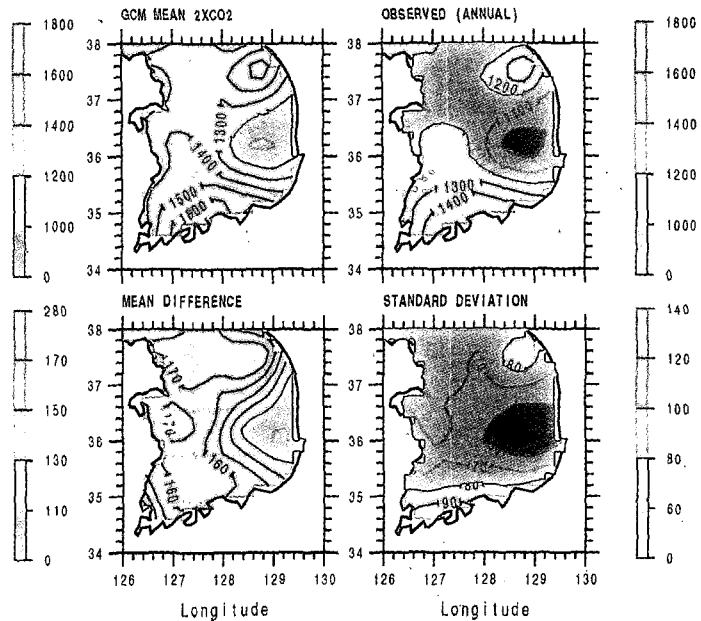


그림 4. 한반도 지역의 년평균 강수량(오른쪽 윗그림:현재의 관측치)과 대기중의 CO₂ 농도가 두배로 증가 할 경우 추정된 년평균 강수량(왼쪽 윗그림)을 나타낸 것이다. 왼쪽 아래는 그 차이인 오른쪽 아래는 12개의 표준추정에 대한 표준편차를 나타낸 것으로 남반 지역에서는 전체적으로 강수 증가를 보이나 경북지역은 증가량이 적은 반면 남부와 중서부 지역은 증가량이 크게 나타난다.

등록하고 있다.

향후 추진 계획

앞으로 2000년대에 접어들면 모든 선진국은 지역 기후 예측 모형으로 부터 얻을 상세한 기후변화 시나리오에 따라 기후변화 영향 평가가 이루어 질 것이고, 이 평가는 정책 결정의 주요 입력자료가 될 것이다. 특히 환경 관리계획 뿐만 아니라 수자원 관리, 국토 관리계획

등에 기후변화 예측기술은 핵심기술로 활용될 전망이다.

나 이러한 관점에서 우리나라에서도 1단계 사업의 성공을 바탕으로 2단계(1995-1997) 그리고 3단계(1998-2001) 사업의 지속적인 추진을 통하여 지구환경 감시 및 기후변화 예측을 위한 첨단기술을 확보하고 개발된 예측모형을 활용하여 우리나라 특성에 맞는 기후변화 제어기술을 개발해 나가야 할 것이다.