

국내외 CO₂ 저감 및 처리 기술개발 정책동향 분석

An Analysis on the Policy of CO₂ Reduction and Sequestration Technology R&D in Advanced Countries and Korea

최 상 진*, 이 덕 기**, 박 수 역***

〈目 次〉

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| I. 서론 | IV. 국내외 정책 및 연구개발 프로그램
비교 분석 |
| II. 기후변화협약 대응 정책 | V. 결론 |
| III. CO ₂ 저감 관련 프로그램 | |

Abstract

Ever since the United Nations Framework Convention on Climate Change(UNFCCC) was agreed to stabilize greenhouse gas(GHG) concentration in the atmosphere at 1992, most countries including Korea have been developing strategic plans and implementing a number of R&D programs to develop the measures to reduce the emission of GHG. Therefore, it is necessary to investigate the plans and programs for our country to develop more competitive technologies and to be more active and attentive in international meetings. In this paper, the energy policies of advanced countries will be analysed and be compared each other along with the Korean policy. Furthermore, the carbon dioxide reduction and sequestration R&D programs in the countries will also be studied.

Keyword: Greenhouse Gases, UNFCCC, CO₂ reduction and sequestration

핵심어: 온실가스, 기후변화협약, 이산화탄소 저감 및 처리

* 한국에너지기술연구원, 선임연구원, sjinchoi@kier.re.kr

** 한국에너지기술연구원, 센터장, deokki@kier.re.kr

*** 한국에너지기술연구원, supark@kier.re.kr

본 논문은 과학기술부 프론티어사업인 이산화탄소저감 및 처리기술개발 사업단의 “이산화탄소저감 및 처리기술개발 정책연구”로 지원된 사업임을 밝힌다.

I. 서론

기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)은 인류 활동으로 인하여 방출되는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄) 등 온실가스(Greenhouse Gases, GHG)로 인한 지구온난화 방지를 위한 전 지구적인 차원의 대응 방안으로 1992년 채택되었으며, 1994년 3월 50개국 이상이 승인하여 발효되었다. 특히, 기후변화의 주요 원인이 되는 온실가스 중 CO₂에 의한 영향은 55% 이상으로 다른 온실가스에 비해 월등히 높은 것으로 밝혀졌다.

교토 의정서(Kyoto Protocol)는 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, 1992년)의 구체적 이행 방안으로 1997년 7월 105개국이 비준하여 발표되었으며 당사국에 공통의무사항과 특정의무사항을 부여하고 있다. 공통의무사항은 가입당사국 모두가 지켜야할 의무로 온실가스 저감을 위한 국가적 노력을 보고서 형식으로 당사국 총회(conference on parties)에 제출할 의무이고, 특정의무사항은 차별적 의무조항으로 가입 당사국(parties)을 부속서(annex)와 비부속서(non-annex) 국가로 구분하고 부속서 국가는 지구온난화의 역사적 책임이 있는 부속서 I 국가와 개도국의 온실가스 저감을 위한 기술적, 재정적 지원 의무를 부여한 부속서 II 국가로 구분하고 있다. 이러한 교토의정서의 주된 내용은 각 국가에 따라 정해진 비율의 온실가스 감축의무를 실행하고, 선진국이 다른 선진국이나 개도국에 투자하여 감축한 온실가스의 일정량을 자국의 감축실적으로 인정하는 공동이행제도(joint implementation), 청정개발체제도(Clean Development Mechanism, CDM)의 추진, 온실가스 감축의무가 있는 국가에 배출권을 부여한

후, 동 국가간 배출권의 거래를 허용하는 제도인 배출권거래제(emission trading)가 주요 골자이다.

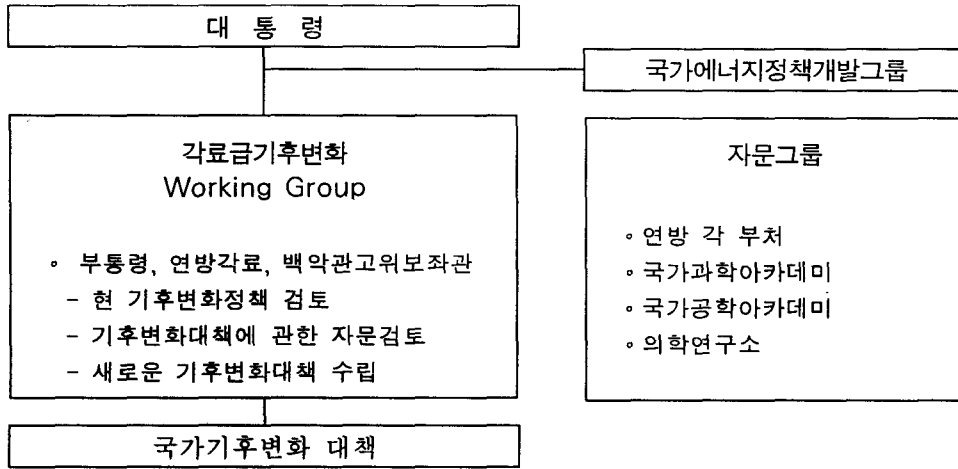
본 연구에서는 부속서 I 국가 중 선진국의 의무 저감량이 명시되어 있는 교토의정서를 비준한 유럽연합, 일본과 더불어 1차 공약기간 동안 저감의무국 및 교토의정서에 대한 비준을 거부하고 있으나 자체적인 대응전략을 마련하여 추진하고 있는 미국 등 선진국의 국가별 대응 정책들을 국내의 대응정책과 비교하여 살펴보고, 선진국에서 추진하고 있는 CO₂ 저감 관련 연구개발 프로그램을 국내와 비교 진단하여 앞으로 나아가야 할 방향을 제시하고자 한다.

II. 기후변화협약 대응 정책

1. 미국

에너지 최대 소비 국가이며, 온실가스를 가장 많이 방출하고 있는 미국은 교토의정서에 의해 1차 공약기간 동안 7% 저감 의무를 지고 있다. 그러나 미국은 2001년 자국의 경제에 미치는 영향이 크다는 이유를 들어 교토의정서 비준 거부 의사를 분명히 하고 별도의 기준 즉, 온실가스 집약도 방식에 의한 18%의 감축 계획을 2003년 3월 발표한 바 있다.

<그림 1>은 미국의 기후변화협약 대응체제를 보여 준다. 이의 기본 정책은 시장체제 도입과 기술혁신을 바탕으로 지속적인 경제성장과 환경보호를 보장하는 것으로 그 대응체제는 대통령을 정점으로 부통령, 연방각료 및 백악관 고위보좌관 등으로 구성된 각료급 기후변화 실무그룹과 국가에너지정책개발그룹, 연방각 부처, 국가과학아카데미, 공학아카데미 등의 자문 그룹으로 구성되어 있다.



<그림 1> 미국의 기후변화협약 대응 체제

<표 1>에는 기후변화협약에 대응한 전기, 수송, 산업, 건물, 농업 및 산림, 연방정부 등 각 부문별 정책 및 조치들을 요약하였으며, 이를 추진한 결과 2000년도 약 200TgCO₂ 상당의 온실가스 저감 효과를 거둔 것으로 분석하고 있다.

2. 유럽연합

유럽연합은 교토의정서에 의해 제1차 공약기간 동안 8% 저감 목표 달성을 위하여 <그림 2>의 기후변화협약 대응 체제와 같이 각 회원국 별로 관련 대응책을 마련함과 동시에 온실가스감축을 위한 각 국의

<표 1> 미국의 기후변화협약 대응 부문별 정책 및 방안

부 문	정책 및 방안
전기	<ul style="list-style-type: none"> • 깨끗하고 효율적인 전력 생산기술 개발 촉진 • 태양에너지, 풍력에너지, 지열에너지, 수력에너지, 바이오에너지 및 수소연료 등 재생에너지를 이용한 전력생산 촉진
수송	<ul style="list-style-type: none"> • 연료 효율적인 자동차 및 트럭 개발 • 저 연비 차량 및 청정연료 개발 촉진
산업	<ul style="list-style-type: none"> • 열병합 발전증축 • 재활용등을 통한 온실가스 저감을 위한 산업계와의 파트너십 체결
건물	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 절약 표시제 • 신 개념 주택 및 사무실 등 상업, 주거, 정부 등의 건물에 대한 효율적인 에너지 사용촉진
농업 및 산림	<ul style="list-style-type: none"> • 이산화탄소 흡수원 활용강화
연방정부	<ul style="list-style-type: none"> • 연방건물과 연방 운송 체계에서의 온실가스 저감 강화 방안 마련

노력을 지원하고, 신형자동차의 에너지 효율향상을 위한 산업체와의 협약 등 개별 국가에서 추진하기 힘든 정책 및 조치는 유럽사무국에서 마련하여 추진하고 있다. 관련 정책 및 조치는 유럽연합의 환경총국과 에너지총국을 중심으로 추진되고 있다.

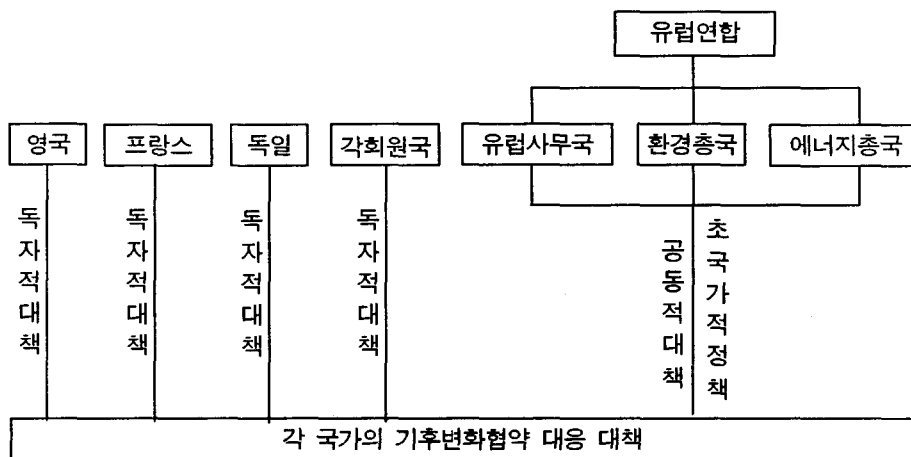
유럽연합에서의 정책 및 방안은 회원국 수준과 유럽연합 수준에서 각각 마련된다. 유럽연합수준에서의 정책 및 방안은 유럽 전역에 적용됨을 원칙으로 하기 때문에 CCPM(Common and Co-ordinated Policies and Measures)이라고 한다. CCPM은 온실가스감축을 위한 각 국의 노력을 지원하고 강화를 주된 목적으로 하고 있으며 신형자동차의 에너지 효율 향상을 위한 유럽 및 세계 자동차 업체와의 협약 등과 같은 개별 국가 차원에서 수행하기 힘든 방안을 마련하고 추진하고 있다. 유럽연합 차원에서 사용할 수 있는 법적 규제 유형으로는 법규(regulations), 지침(directives), 결의(decisions), 제안 및 의견(recommendations and opinions) 등이 있다.

유럽연합의 에너지, 건물, 산업, 수송, 농업 및 산림, 폐기물 등의 부문별 정책 및 조치를 <표 2>에 요약하였다.

3. 일본

일본은 세계에서 에너지효율이 가장 높은 국가로 교토의정서상의 의무 저감량(6%) 이행이 쉽지 않을 것으로 보고, 국내 노력뿐만 아니라 선진국과의 공조, 개도국에 대한 기술 및 자금 지원 등을 통해 달성하고자 노력하고 있다.

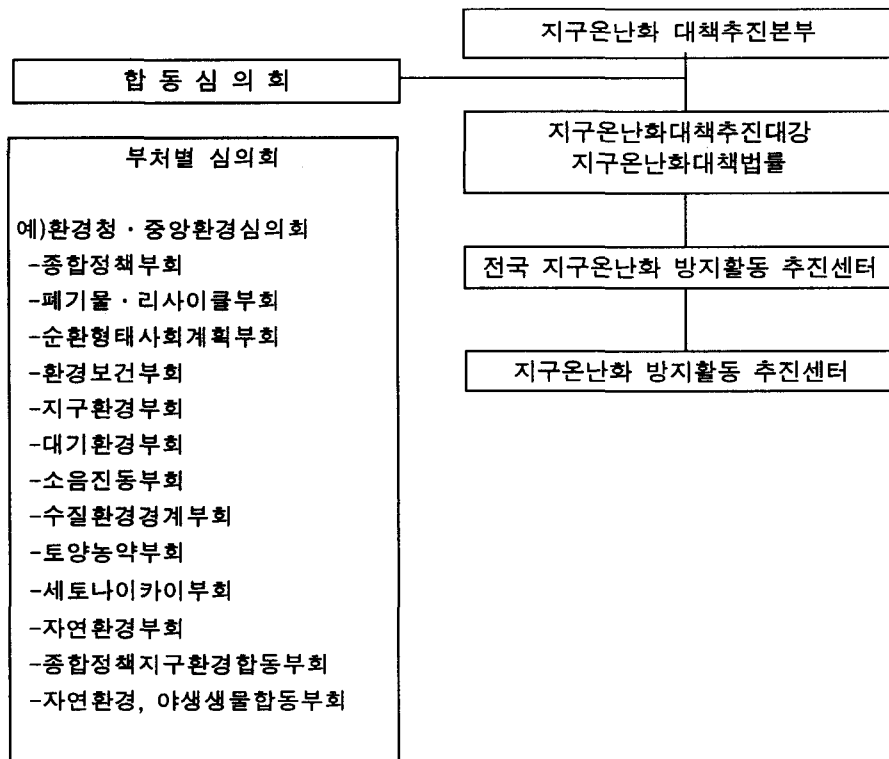
<그림 3>은 일본의 기후변화협약 대응체제를 보여 준다. 기본방향은 환경과 경제 모두에 기여, 단계적 접근, 책임 공유, 국제적 공조 등을 골자로 하고 있다. 또한 실질적인 효과를 거두기 위해 정부의 솔선 수범, 친환경적 생활양식의 확립, 교토메카니즘 활용 및 개도국의 대응능력 강화 등을 포함하고 있다.



(그림 2) 유럽연합의 기후변화협약 대응 체제

〈표 2〉 유럽연합의 기후변화협약 대응 부문별 정책 및 방안

부 문	정책 및 방안
에너지	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 수요 관리, 재생에너지 활용 촉진, 2010년까지 전력공급의 12% 정도 감당할 계획 핵폐기물처리 등 원자력에너지 활용 강화를 위한 정책 및 방안을 마련하여 추진, 적정수준의 에너지세 책정 및 부과
건물	<ul style="list-style-type: none"> 전기 전자기기 최소효율지침, 에너지표시지침, 램프제조업체와의 협약등의 방안을 추진
산업	<ul style="list-style-type: none"> 서비스산업으로 전환, 내부구조 개선, 에너지집약산업에 대한 구조 조정 등을 통하여 온실가스 방출이 감소하고 있는 것으로 파악 에너지 수요 측면에서의 효율성 강화
수송	<ul style="list-style-type: none"> 메탄 방출 저감이 이산화탄소와 동일하게 중요시됨
농업 및 산림	<ul style="list-style-type: none"> 이산화탄소 이외의 온실가스 저감을 위한 노력 중요 이산화탄소 흡수원으로서 산림의 중요성 인식
폐기물	<ul style="list-style-type: none"> 메탄 방출 저감이 이산화탄소와 동일하게 중요시 됨



〈그림 3〉 일본의 기후변화협약 대응체제

<표 3> 일본의 기후변화협약 대응 부문별 정책 및 방안

부문	정책 및 방안	
에너지	산업	<ul style="list-style-type: none"> • 고효율 보일러와 레이저 활용 기술개발과 보급 • 고성능 산업용 용해로 도입 촉진
	주거 및 상업	<ul style="list-style-type: none"> • 대형 공장용 에너지관리 시스템을 대형 건물 적용 • 가스장비 등에 관한 Top Runner Approach • 고효율 온수시스템 보급 • HEMS와 BEMS의 보급 촉진
	운송	<ul style="list-style-type: none"> • Top Runner Approach형 운송수단 조기 도입 • 청정에너지 이용 운송수단 개발 및 보급 촉진 • 지능형 운송시스템 도입을 위한 교통흐름 개선 • 화물 운송 수단의 효율성 개선
신에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 신에너지사용촉진법에 근거하여 눈, 얼음 등 저온에너지, PV, 태양열, 풍력, 폐기물, 연료전지, 바이오매스 등을 활용한 발전시스템 개발, 실증실험, 도입 및 확산 강화 • 전기용품에서 신에너지 사용에 관한 법안 마련 	
대체연료	<ul style="list-style-type: none"> • 석탄을 이용한 전력생산기시스템을 천연가스로 대체, 산업용 보일러와 같은 연료전환에 대한 비용보조, 천연가스 파이프라인에 대한 안전 표준 마련 	
원자력발전	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력발전을 이용한 전력공급 촉진, 핵연료 시설의 위치 선정에 관한 방안 마련 촉진 	

<표 3>은 2001년 기후변화협약에 제출된 국가 보고서 요약하였다. 산업, 운송, 주거, 상업 등에서 관련 정책 및 방안을 에너지절약, 신에너지, 대체연료, 원자력발전 등으로 구분하고 있다.

4. 국내

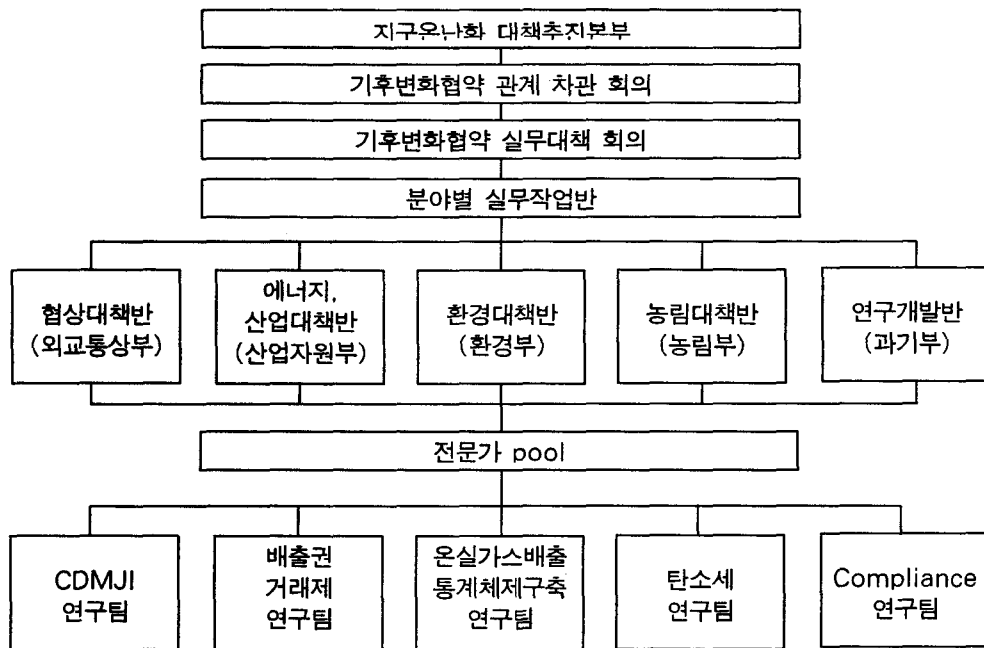
우리나라는 기후변화협약에 대응하기 위해 1998년 4월 범정부대책기구를 구성하였으며, 2001년 기후변화협약대책위원회로 확대 개편하였다. <그림 4>는 기후변화협약대책위원회의 편제들이며 관계 장·차관회의는 수시로 개최하고, 실무대책회의는 매월 정기적으로 진행하고 있다. 또한 실무 작업반은 협상대책반, 에너지·산업대책반, 환경대책반, 농림대책반, 연구개발

반반 등으로 구성하고 관련 정부출연연구소의 전문가들로 구성된 전문가 풀을 통해 정책 및 조치들을 발굴하여 추진하고 있다.

현재 84개 세부추진과제를 포함한 기후변화협약대응 제2차(2002년~2004년) 종합대책을 수립하여 추진하고 있다. 동 종합대책에서는 (1) 온실가스 감축기술 및 친환경에너지 개발 촉진, (2) 온실가스 감축대책 강화, 그리고 (3) 국민참여 및 협력 유도 등 3대 부문에 걸쳐 <표 4>에 요약된 바와 같이 국내 온실가스 감축을 위한 여러 가지 세부사업을 추진하고 있다. 또한 국회 기후변화협약대책 특별위원회와 NGO를 중심으로 관련된 법과 제도 정비에 대한 필요성을 인식하고 개선 방안을 모색하고 있다.

〈표 4〉 기후변화협약 대응 제 2차 종합대책 세부 사업

부문	세부 사업
온실가스 감축기술 및 환경친화에너지 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 감축기술 및 연구개발 추진 • 대체에너지 및 청정에너지 보급 확대 • 환경, 기상, 해양부문 등의 연구사업 추진
온실가스 감축대책의 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 통합관리형 에너지절약정책 추진, 에너지 효율개선을 통한 온실가스 감축 • 국가기간 교통망 및 교통수요의 효율적 관리, CNG 차량 및 경차 보급 추진 • 종합물류정보망 구축 및 물류장비 표준화 • 건축물 등 가정, 상업부문의 온실가스 감축 • 매립가스 자원화사업추진, 폐기물 처리시설 및 환경기초시설 확충 • 영농축산방식 개선을 통한 온실가스 감축, 산림 흡수원 확충
기후변화협약에 대한 국민참여와 협력 유도	<ul style="list-style-type: none"> • 자발적 참여와 협력유도를 위한 홍보 강화 • 기후변화협약 관련 교육 실시



〈그림 4〉 한국의 기후변화협약 대응체제

<표 5> 한국의 기후변화협약 대응 부문별 정책 및 방안

부 문	정책 및 방안
에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 통합관리형 에너지 절약정책 추진 • 에너지 효율개선을 통한 온실가스 감축 • 대체에너지 및 청정에너지 보급 확대 • 산업 및 가정부문 에너지 효율개선
폐기물	<ul style="list-style-type: none"> • 매립가스 자원화사업 추진 • 폐기물처리시설 및 환경기초시설 확충
수 송	<ul style="list-style-type: none"> • 국가기간 교통망 및 교통수요의 효율적 관리 • CNG 차량 및 경차 보급 촉진 • 중합물류정보망 구축 및 장비 표준화
농축산	<ul style="list-style-type: none"> • 영농축산방식 개선을 통한 온실가스 감축
임 업	<ul style="list-style-type: none"> • 산림 흡수원 확충

국내의 기후변화협약 대응은 에너지 절약형 경제구조 구축과 온실가스 감축부담협상 전략 마련을 기본으로 적정의무부담 논리 개발 및 협상력 강화, 중대형 에너지절약기술 및 대체에너지기술 등 온실가스 감축기술 연구개발 촉진, 통합관리형 에너지절약체계 구축을 위한 산업·수송·가정·폐기물·농축산 등 각 부문의 시책 강화, 온실가스 등록시스템 및 교토 메카니즘 대응기반 구축과 활용, 국민적 참여와 협력 유도를 위한 홍보 강화 등과 같은 중점 추진 전략을 마련하였다.

에너지, 폐기물, 수송, 농축산, 임업 등의 부문별 정책 및 조치를 <표 5>에 요약하였다

III. CO₂ 저감 관련 연구개발 프로그램

1. 미국

온실가스 최대 방출국인 미국은 DOE(Department of

Energy) 산하 에너지 관련 전문연구기관인 NETL(National Energy Technology Laboratory)을 중심으로 운영하고 있는 CSP(Carbon Sequestration Program)로 민간 부문이 협조하여 궁극적으로 대기 중 이산화탄소의 안정화를 목표로 하고 있고, 이산화탄소 처리 리더십 포럼, 지역적 파트너십 프로그램, FutureGen, 이산화탄소 처리 연구개발 프로그램으로 구성되어 있다. 이산화탄소 처리 연구개발 프로그램의 내용은 다양한 방법을 사용한 CO₂ 포획과 처리, MM&V, 혁신적인 개념의 도입, 이산화탄소 이외의 온실가스 경감, 이와 연관된 연구를 포함한다.

FutureGen 프로그램은 (1) 제로 배출에 가까운 전기와 수소를 생산하는 275 mW 공장의 디자인, 건설, 작동 그리고 (2) 효율성, 안정성, 영구성을 검증 받아 플랜트로부터 CO₂ 배출을 최소 90%를 처리, (3) CO₂의 측정, 모니터링, 확인을 위한 표준화된 기술과 조약 설립, (4) 2020년까지 엔지니어링, 경제, 석탄의 제로 배출에 가까운 기술의 환경적 능력을 보유하는 내용을 포함한다. 미국의 기후변화관련 연구개발의 특

정은 전담 부서를 두지 않고, 개별적인 프로그램에 대하여 연관 부처들이 참여하는 형식으로 추진하고 있다는 것이다.

연구개발의 대표적인 기관이라 할 수 있는 지구변화 연구그룹 프로그램(US Global Change Research Group Program : USGCRP)은 1989년에 설립되었고, 기후변화연구기구(US Climate Change Research Institute; CCRI)는 2002년 부시 대통령에 의해 설립되었다. 이 두 기관은 기후변화 대응과 관련한 대표적인 연구개발 프로그램인 기후변화 과학 프로그램(Climate Change Science Program; CCSP)과 기후변화 기술 프로그램(Climate Change Technology Program; CCTP)을 공동으로 주관하고 있다.

CCSP는 기후변화와 관련된 가능한 모든 프로그램에 대하여 검토를 하고, 각 프로그램의 목적 및 우선순위를 결정하며, CCTP는 기후변화관련 기술의 다년 및 통합, 심화 연구개발 프로그램을 발굴하고 조정하고 있다. 이는 기후와 관련된 불확실성 해소와 기후 모델링 구축, 이를 통한 관찰 및 감시 시스템 강화, 그리고 자원에 대한 의사결정 지원 등에 관한 연구로 요약되는 CCRI(Climate Change Research Initiative)와 CCTI(Climate Change Technology Initiative)에 근거하여 연구개발을 진행하고 있으며, 그 성과 및 향후 계획 등은 'Our Changing Planet'이라는 이름으로 매년 보고 되고 있다.

2003년도 'Our Changing Planet' 보고서에 나타난 연구개발 내용은 대기구성(Atmospheric Composition), 기후다양성 및 변화(Climate Variability and Change), 탄소순환(Global Carbon Cycle), 물순환(Water Carbon Cycle), 생태계(Ecosystem), 토양이용 및 표토변화(Land Use/Land Cover Change), 인류 기여 및 대응(Human Contributions and Responses)등 7가지 분야로 구분되어

있다. 이 중 탄소순환 부문을 보면, 탄소저장소 규모 및 다양성 규명, 향후 탄소순환 변화, 탄소 발생원 및 흡수원 관리, 탄소순환 관련 평가 수단 개발, 탄소저장 관련 위험성 평가 등을 포함하고 있다.

2. 유럽연합

유럽연합의 사무국(European Commission)에서 지원하고 있는 에너지 부문 프로그램으로는 Energy Framework Programme, Intelligent Energy for Europe, RTD(Research, Technology, Development) Framework Programmes 등이 대표적이다.

Energy Framework Programme은 2002년까지 진행된 프로그램으로 CARNOT(고체연료를 깨끗하고, 효율적으로 사용하기 위한 방안 관련), ALTENER(재생에너지 사용촉진을 위한 기술 외적인 부문의 활성화 프로그램), SAVE(에너지효율 분야), ETAP(에너지 동향이나 연구 등에 대한 예측과 분석), SURE(원자력분야의 특화 프로그램), SYNERGY(세미나와 컨퍼런스 등과 같은 정보 교환의 효율성 강화) 등의 각 프로그램을 포함하고 있다. 이 중에서 ALTENER, SAVE, SYNERGY 등은 지속적으로 추진하고 있고 부족한 부분들을 보완하기 위해 새로운 프로그램인 "Intelligent Energy for Europe"이라는 프로그램을 계획하여 추진하고 있다. 이 프로그램은 재생에너지 및 에너지절약 분야에서의 연구(ALTENER, SAVE) 강화, 국제적 지원(COOPENER), 운송 분야에서의 에너지 측면 연구(STEER) 등을 세부 프로그램으로 향후 4년간(2003~2006) 운영 예정이다.

NNE-R(Non-Nuclear Energy Research Programme)프로그램은 재생에너지, 연료전지 및 수소, 청정화석연

료, 에너지 저장 및 분산 등으로 구분하고 있으며, 특히 청정화석연료 관련 분야에서 이산화탄소 저장기술 분야와 격리분야로 주제를 구분하여 관련 기술개발을 추진하고 있다. 또한 이 프로그램은 소형이나 이동형이 아닌 대형시설(발전시설 등)의 에너지 전환과정에 적용하기 위한 과제들로 그 연구개발 성과는 향후 탄소세, 방출 거래제 등을 통한 경제적 이익을 창출하는데 기여할 것으로 기대되고 있다.

EU의 이산화탄소 포집 및 격리 등 저감 관련 연구개발 과제는 3차 *framework Program*(1990년~1994년)에서 처음으로 추진되었으며, 주로 폐쇄형 혹은 반폐쇄형 시스템을 이용한 이산화탄소 포집 방법 연구가 진행되었다. 4차 *Framework Program*(1994년~1998년)에서는 SACS 프로그램을 통해 노르웨이의 북해에 이산화탄소 주입 실험을 실시하였다. 5차 *FP*(1998년~2002년)에서는 이산화탄소 포집 분야와 격리 분야를 따로 두어 각각 과제를 추진하였는데, 이산화탄소 포집 분야 과제로는 AZEP 프로젝트가 있고, 격리분야 과제의 경우에는, 4차에서 추진된 SACS 프로젝트를 계속 진행하고 있다. 또한, 2002년부터 2006년까지 유럽연합의 각종 연구개발 과제를 포함하고 있는 6차 *FP*에서는 청정 화력발전소 관련 연구개발 과제에 포함되어 장기적으로 지원하고 있다.

3. 일본

일본은 지구온난화 방지 시나리오 개발을 위한 기초기술과 과학적 지식의 축적, 장기적으로는 자원 순환 및 통합에 기초한 지속가능한 사회 건설을 위한 과학적 지식과 관련 기술개발에 그 목적을 두고, 2001년 수정 보완한 GWRI(Global Warming Research

Initiative)에 근거한 CSTP(Council for Science and Technology Policy)를 통하여 온실가스 고정 및 격리 기술 개발, 온실가스 통제기술개발, 지구온난화 감시 프로그램, 지구온난화 예측 및 기후변화연구 프로그램, 지구온난화 통제 정책 관련 연구 프로그램 등 6개 부문에 걸쳐 총 245개 세부과제를 추진하고 있다.

AIST(Agency of Industrial Science and Technology)에서 주관하는 에너지 관련 대표적인 프로그램은 New Sunshine 프로그램이다. 이 프로그램은 1974년 신에너지 기술개발을 목적으로 추진된 Sunshine 프로젝트와 1978년 에너지절약기술개발을 목적으로 추진된 Moonlight 프로젝트를 통합한 프로젝트로 1989년 시작된 신에너지 기술, 에너지절약기술, 환경기술 개발 프로그램을 모체로 1993년부터 추진하였다. 그 세부 과제로는 에너지 및 환경분야의 혁신기술 개발, 선진국 및 개도국과의 공동연구 및 지원에 관한 연구 등을 수행하고 있다.

NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)의 관련 연구개발 과제로는 환경보호(Environmental Protection), 효율성(Efficiency), 에너지 안보(Energy Security) 등 3Es를 목표로 화석연료 관련 분야에서 석탄 액화 및 가스화 기술, 환경관련 차세대 기초기술, 청정석탄기술, 에너지절약기술 등에 관한 연구를 수행하고 있다.

RITE(Research Institute of Innovative Technology for Earth)에서는 지구온난화, 오존층관련, 산성비관련, 플랜테이션(Plantation), 해양오염, 폐기물관련, 토양오염, 기타 환경변화 관련, 환경관리 분야 등에 관한 연구를 수행하고 있다. 지구온난화분야는 지구재생계획(Global Reproduction Plan), 이산화탄소 분리 및 회수 기술(CO₂ Separation and Collection Technology), 이산화탄소 포집기술(CO₂ Capture Technology), 이산화탄

소 활용기술(CO₂ Utilization Technology), 이산화탄소 처리기술(CO₂ Disposal Technology), 환경친화적인 생산기술(Environmental Friendly Productive Technology)로 구분하여 관련 연구개발을 추진하고 있다. RITE의 이산화탄소 저감 관련 연구개발은 1990년부터 시작되어 이미 실험수준을 넘어 현재 실증시험 단계를 거치고 있다.

연구가 종료된 CO₂ 저감기술은 접촉수소화 반응 이용 CO₂ 고정화 유효이용 기술, 세균, 조류 등 이용 CO₂ 고정화 유효이용 기술, CO₂ 고온 분리, 회수 재이용 기술, CO₂ 해양 저류에 따른 환경영향 예측기술, 생물적 CO₂ 고정화 유효이용 기술이 있다. 연구가 진행 중인 CO₂ 저감기술은 CO₂ 지중저류 기술(대수층 저류 기술), 석탄, 천연가스 활용형 CO₂ 회수, 이용 기술, 에너지사용 합리화 폐지 등 유효 이용 CO₂ 고정화 기술, CO₂ 해양격리에 따른 환경영향 예측 기술이 있고, 이중 도입가능성이 크고 CO₂ 저감 가능성이 가장 큰 기술은 CO₂ 지중저류 기술(대류층 저류 기술)이다.

4. 국내

국내의 이산화탄소 저감기술 개발을 위한 연구개발 프로그램은 기후변화협약 대응 제2차 종합대책의 일환으로 추진되고 있다. 동 종합대책은 의무부담에 대비한 협상역량 강화, 온실가스 감축기술 및 환경친화 에너지 개발 촉진, 온실가스 감축대책의 강화, 교토 메카니즘 및 통계기반 구축, 그리고 기후변화협약에 대한 국민의 참여와 협력 유도로 나누어진다. 이 중에서, 온실가스 감축기술에 대해서는 크게 여섯 가지의 분야로 나누어지는데, 이는 대형 에너지절약기술개발,

차세대 초전도 응용기술 개발 추진, 이산화탄소 분리 상용중화기술 등 개발, 이산화탄소 저감 및 처리기술 개발, 고연비 저공해 자동차 개발 추진, HFC·PFC·SF6 감축기술개발로 나누어진다. <표6>는 각각의 기술개발에 대해서 간단하게 요약하였다.

여기서, 이산화탄소 관련 연구개발 프로그램 및 과제는 크게 이산화탄소 분리 상용화기술 개발, 이산화탄소 저감 및 처리 기술 개발로 구분할 수 있다. 이산화탄소 분리 상용화기술 등 개발에 관한 연구 프로그램은 기후변화협약 발효 후 이산화탄소 분리 및 고정화 기술을 청정에너지기술개발사업의 일환으로 추진하기 시작하였다. 이는 에너지절약 및 대체에너지 기술 개발만으로 이산화탄소 저감에 한계가 있기 때문에 연소나 기타 에너지 사용에 의해 발생된 이산화탄소를 분리 및 회수를 통해 활용할 수 있는 기술개발을 목적으로 향후 2004년까지 발전소, 석유화학 및 시멘트 산업에서 하루 100CO₂톤을 처리할 수 있는 이산화탄소 분리공정이 설계기술 확보와 함께 CO₂를 화학적으로 전환할 수 있는 경제적인 공정 개발을 목표로 하고 있다.

이산화탄소 저감 및 처리 기술개발 프로그램은 2002년부터 2012년까지 연간 9백만 탄소톤 상당의 이산화탄소 저감 및 처리 기술개발과 개발기술의 상용화를 목표로 총 1,340억원을 지원하여 고온순산소 연소기술, 반응분리 동시공정기술, 미활용에너지 이용기술, 이산화탄소회수처리기술 등 4개 부문에 걸쳐 40여 세부과제를 추진하고 있으며, 현재 1단계 2차년도 사업이 진행되고 있다. 동 프로그램은 기술개발에 머물지 않고 향후 실용화 가능성이 높은 과제를 선별하여 추진하고 있다. 현재 각 분야의 기초기술 확보에 주력하고 있으며, 이 프로그램을 통해 이산화탄소 저감 기술 시장에서 우위를 확보하여 기술 이전 및 수

〈표 6〉 온실가스 감축 관련 연구 및 기술개발 사업

과 제 명	사 업 내 용
중대형 에너지절약 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 에너지기기 및 공정의 효율향상 기술개발 에너지절약기술 선정
차세대 초전도 응용기술개발	<ul style="list-style-type: none"> 혁신적 차세대 전력기기, 디지털소자 등의 개발 초전도 전력기기 실증시험, 상용화급 생산기술, 초전도 정보처리소자의 적용기술 개발 및 상품화 추진
이산화탄소 분리 상용화기술 등 개발	<ul style="list-style-type: none"> 청정에너지기술개발 사업 이산화탄소 분리·전환설비 개발기술의 국산화 및 상용화
이산화탄소 저감 및 처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 2002년도 21세기 프론티어 사업 고온순산소 연소기술, 반응분리 동시공정기술, 미활용에너지 이용기술, CO₂ 회수처리기술
HFC, PF, SF ₆ 감축기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> HFC, PFC, SF₆ 등의 회수, 분해, 후처리, 정제기술, 고효율 PFC 사용장비, SF₆ 함유 혼합가스를 이용한 절연기술개발 HFC, SF₆ 회수장치 및 정제품질의 규격화, 기존시스템 및 대체공정의 최적화 기술개발(2004년)
고연비 저공해자동차(ISCV) 개발	<ul style="list-style-type: none"> 고효율 에너지·친환경·첨단기술의 디지털 자동차, 하이브리드 전기 자동차(HEV), 연료전지자동차(FCEV) 개발

출을 통해 연간 1조 5천억원의 경제적 효과와 함께 배출권 확보에 기여할 것으로 보고 있다.

IV. 국내외 정책 및 연구개발 프로그램 비교 분석

1. 국내외 기후변화 협약 대응 정책 비교

지금까지 검토되었던 국내외 기후변화 협약 대응 체제를 정책결정과정, 정책 및 조치에 대한 항목으로 구분하여 비교하고자 한다. <표 7>에서는 이러한 내용이 미국, 유럽, 일본, 그리고 국내의 순으로 자세히 나타나 있다. 정책결정 과정은, 미국 및 유럽연합은 전담 기구 없이 관련 정부 부처가 협조하여 관련 정

책 및 조치를 실행하고 있는 반면, 우리나라와 일본은 각각 기후변화협약대책위원회, 지구온난화방지본부라는 전담조직을 가동하고 있는 것을 알 수 있다.

국내의 관련정책 및 조치에 대해서는 <표8>에 요약하였다. 미국의 경우, 국가 에너지 정책 및 산업계에 미치는 영향이 큰 것을 감안하여 산업계의 자발적 참여를 유도하기 위한 온실가스 집약도 방식의 저감 방안을 마련하여 추진하고 있다. 일본은 자국 내의 노력만으로는 저감 의무 이행이 어렵기 때문에 선진국과의 공동연구, 최근 세계 최초로 배출권 거래를 성사시킨 사례와 같은 개도국에 대한 지원 등을 통해 부족한 부분을 보충하고자 노력하고 있다. 유럽연합에서는 회원국, 도시, 지역, 섬, 산업계 등과의 각종 파트너십을 체결하여 관련 방안을 추진하고 있다. 우리나라는 온실가스 방출량이 가장 많은 에너지, 산업 부문의 정책 및 조치를 강조하고 있다.

〈표 7〉 국내외 기후변화협약 대응 정책결정과정

구분	미 국	EU	일 본	한 국
정책결정과정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대통령, 부처별 실무 및 자문 그룹으로 구성 ○ 경제, 에너지 시장 변화, 기술 개발, 우선순위 등을 고려 ○ 2001년 새로운 기후변화 정책 및 프로그램 발표 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 회원국 수준과 유럽연합 수준에서 각각 마련 ○ 온실가스감축을 위한 개별 회원국의 노력을 지원하고 강화 ○ 개별 국가 차원에서 수행하기 힘든 방안을 마련하고 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지구온난화대책 추진 본부가 지구 온난화 종합계획 수립 및 추진 ○ 부처별로 수립한 정책을 최고 결정 기구인 지구온난화 대책추진본부가 조정하고 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화협약 대책위원회, 국회기후변화특별위원회, NGO ○ 3년을 주기로 기후변화협약 대응 종합대책 수립 및 추진, 현재 2차 종합대책 추진 중

〈표 8〉 부문별 국내외 기후변화협약 대응 정책 및 조치

국가	미 국	EU	일 본	한 국
정책 및 조치	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발전부문 <ul style="list-style-type: none"> - 청정 고효율 발전기술 개발 - 재생에너지원 활용 발전 확충 ○ 수송부문 <ul style="list-style-type: none"> - 고효율운송수단 개발 - 저연비청정 연료 차량 개발 ○ 산업부문 <ul style="list-style-type: none"> - 열병합발전증설 - 산업계와의 파트너십 ○ 건물부문 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지절약표시, 신개념주택건설 ○ 농림부문 <ul style="list-style-type: none"> - 흡수원 확충, ○ 연방정부 <ul style="list-style-type: none"> - 건물 및 운송체계 효율 개선 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지부문 <ul style="list-style-type: none"> - 수요관리, 재생 에너지 확충, 원자력 발전 확충, 에너지세 부과 ○ 수송부문 <ul style="list-style-type: none"> - 천연가스, 전기차량 보급 촉진, 연료효율성 강화, 기반시설 확충 ○ 산업부문 <ul style="list-style-type: none"> - 3차산업강화, 산업계 내부 구조개선, 에너지 집약 산업 구조조정 ○ 건물부문 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지절약 강화 ○ 농림부문 <ul style="list-style-type: none"> - 메탄, 산화질소 등 저감 ○ 폐기물부문 <ul style="list-style-type: none"> - 폐차, 폐타이어, 폐 전지 관련 지침 마련 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지절약부문 <ul style="list-style-type: none"> - 산업부문 : 고효율 보일러, 용해로 도입, 레이저 기술 - 건물부문 : 대형 주거 및 상업용 건물에 공장 에너지 관리 시스템 적용, 고효율 온수시스템 적용 등 - 수송부문 : 지능형 교통 시스템 적용 ○ 대체연료부문 <ul style="list-style-type: none"> - 파이프라인 등 천연 가스 활용시설 확충 ○ 원자력발전부문 <ul style="list-style-type: none"> - 안전성 및 부지선정 투명성 확보 ○ 신재생에너지부문 <ul style="list-style-type: none"> - NEDO, AIST 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지부문 <ul style="list-style-type: none"> - 통합관리형 에너지 절약 정책, 에너지 효율 개선, 대체/청정에너지 활용 ○ 수송부문 <ul style="list-style-type: none"> - 교통망, 교통수요 효율적 관리, NGV, 경차 보급, 종합물류 정보망 구축 및 표준화 ○ 임업부문 <ul style="list-style-type: none"> - 흡수원 관리 및 확충 ○ 농축산부문 <ul style="list-style-type: none"> - 영농축산방식 개선 ○ 폐기물부문 <ul style="list-style-type: none"> - 매립지가스 자원화, 친환경 처리 시설

2. 국내외 이산화탄소 저감 연구개발 프로그램 비교

미국은 선진기후변화 대응 기술개발과 보급을 목표로 하는 CCTI 프로그램과 2015년까지 화석연료의 효율적 이용을 위한 청정발전 기술개발 프로그램인 Vision 21을 추진하고 있다. 유럽연합은 Energy

하여 대체에너지 등의 기술을 개발하였다. 일본의 경우 신재생에너지, 화석연료이용, 에너지수송 및 저장, 환경기술, 에너지요소기술, 시스템화 기술 등 6개 분야를 내용으로 혁신적인 에너지 및 환경 기술 개발 프로그램을 추진하고 있다. <표 9>에는 국내 각 부처별로 이산화탄소 저감 관련 프로그램을 요약하였다.

<표 9> 국내외 이산화탄소 저감 프로그램 비교 분석(과제별)

주관부처	관련사업명	사업목표	사업내용	기간	비교·분석 (기술수준 등)
산자부 (국내)	에너지기술 개발 10개년 계획	2006년 에너지절약 10% 달성	에너지절약, 대체에너지, 청정에너지 기술 개발	'97~ 2006	단기상용화 기술개발(핵심기술 개발 미흡, 선진국 대비 70%)
과기부 (국내)	온실가스저감 기술개발	2003년 CO ₂ 2백만TC저감	에너지절약, CO ₂ 처리 기술개발	'98 ~ 2002	중단기실용화 기술개발 (핵심기술 개발 미흡, 선진국 대비 70%)
과기부 (국내)	이산화탄소 저감처리 기술개발	2012년 연간 9백만 톤소톤 저감, 경제적 효과 1조 5천억원 달성	지능형 고온 순산소 연소가열 시스템 상용화, 고효율 반응 분리 동시공정 상용화, 미활용 에너지 네트워크 시스템 상용화, 저비용 고효율 CO ₂ 회수처리기술개발 및 실증	'02 ~ 2012	혁신적인 핵심 원천기술 개발을 통한 기후변화협약 대응기술 확보 및 의무감축시 경제적 부담 최소화
환경부 (국내)	G7 환경공학 기술개발	CO ₂ 처리 기반기술 확보	CO ₂ 처리 기술개발	'93 ~ '97	CO ₂ 처리 기반 확보 (선진국대비 40%)
DOE (미국)	CCTI	선진기후변화대응 기술개발·보급	건물, 산업, 수송, 발전분야 효율향상 기술 분야	'99 ~ 2003	기업과 공동으로 원천핵심기술을 기반으로 한 응용·상용화 기술개발
	Vision 21	2015년까지 Vision21 상용 플랜트 설계	화석연료의 효율적 이용을 위한 CO ₂ 처리를 포함한 청정발전 기술개발	'00 ~ 2015	혁신적 화석연료 이용기술로 2030년 상용화
에너지총국 (EU)	Joule-Thermie	비핵에너지분야의 종합적인 원천기술 개발·보급	에너지R&D전략, 에너지절약, 재생에너지, 화석 연료, 연구 결과 확산 등 총 5개 분야	'99 ~ 2003	연구개발사업 (Joule)과 시범사업 (Thermie) 구분·추진
	Altener	대체에너지이용을 '96년 6%에서 2010년까지 12% 향상	소수력, 풍력, 태양에너지, 바이오매스, 지열 등 대체에너지 기술개발	'98 ~ 2002	대체에너지 사용 확대를 통해 유럽지역의 CO ₂ 배출저감
통산성 (일본)	New-Sunshine	2010년까지 1990년 대비 CO ₂ 15% 감축	신재생에너지, 화석연료이용, 에너지수송 및 저장, 환경기술, 에너지요소기술, 시스템화 기술 등 6개 분야	'93 ~ 2020	혁신적인 에너지 및 환경 주요 기술 개발

Framework Programme에 포함된 여러 프로그램을 통

V. 결론

본 연구에서는 기후변화협약에 대응한 미국, 일본, 유럽연합 등 선진국의 정책에 대해 살펴보았으며, 국내 대응 정책과 비교를 통한 각국의 특징을 분석하였다. 이와 함께 이산화탄소 저감 연구개발 프로그램의 국내외 현황을 비교 분석하였다.

정책결정과정의 경우, 미국은 전담기구 없이 과제별로 관련 기관이 협조하여 추진하고 있는 반면, 한국과 일본은 정부기관이 중심이 된 전담기구를 두고 관련 정책 및 조치를 추진하고 있다. 유럽연합의 경우 관련 정책 및 조치는 에너지총국과 환경총국에서 주관하고 있으며, 개별 회원국이 추진하고 있는 전략을 지원하면서 개별 회원국에서 추진할 수 없는 정책 및 조치들은 유럽연합차원에서 마련하여 유럽사무국을 통하여 추진하고 있다. 각각의 국가들은 자국의 경제적, 환경적 상황에 맞는 정책 및 조치들을 발굴하여 추진하고 있으며, 국제기구 및 타 국가와의 공동 연구 및 지원 등을 통하여 자국의 방출저감 혹은 배출권 확보를 위해 노력하고 있음을 알 수 있다.

우리나라는 2005년부터 시작되는 교토 의정서의 2차 공약기간 이행을 위한 협상 대응책 및 기후변화협약 대응을 위한 제2차 종합대책을 추진 중이며, 국회 기후변화특별위원회와 NGO를 중심으로 관련 제도의 개선 및 마련을 추진하고 있다. 특히, 온실가스 방출의 90% 차지하고 있는 에너지 및 산업부문의 저감 대책 마련에 중점을 두고 있다.

이산화탄소 저감 및 처리기술 개발 현황을 보면,

미국은 온실가스 18% 저감을 위해 2001년 capture, sequestration, MMV, 시스템화 및 개발 기술의 확산을 위한 프로그램과 기업과 공동으로 원천핵심기술을 기반으로 하는 CCTI 프로그램을 추진하고 있으며, 기후변화의 원인에 관한 과학적 규명을 위한 연구를 CCSP 및 CCTP에 포함하여 추진하고 있다. 유럽연합에서는 2002년에 마무리되었던 Energy Framework Programme을 재정비하여, Intelligent Energy Program이라는 새로운 프로그램을 계획하여 추진하고 있으며, 향후 4년간(2003년~2006년) 약 215백만 유로로 운영되어질 것이다. 일본은 자원순환형, 지속가능한 경제 국가 건설을 기본 전략으로 GWRI에 근거하여 정부 산하 연구기관에서 에너지절약 기술개발과 함께 관련 연구개발 과제를 추진하고 있으며, NEDO, AIST, RITE 등에서 이산화탄소 저감을 위한 프로그램을 추진하고 있다. 국내의 경우는 산자부, 과기부 그리고 환경부의 관리 하에 이산화탄소 분리 상용화기술 개발, 이산화탄소 저감 및 처리 기술 개발 등의 사업이 실행 중에 있다.

본 연구에서는 선진국들과 비교한 기후변화대응 정책이나 기술개발 프로그램에 대한 현황을 소개하였다. 향후 정책사업의 추진방향으로는 제시된 정책과 함께 이를 통해 수행되었던 기술개발 프로그램들의 성과분석과 각각의 기술개발 분야에 수준점검에 대한 분석이 중점적으로 이루어져야 할 것이다. 또한, 수행되고 있는 온실가스 저감 관련 기술개발들에 대한 진도 및 연구실적에 대한 정리 및 분석을 통한 향후 개발기술들에 대한 방향성 제시가 이루어져야 할 것이다.

〈참고문헌〉

- 과학기술부, 「제1회 이산화탄소 저감 및 처리 기술 workshop」, 21세기 프론티어 연구개발사업단, 2003
- European Commission, *Energy, Environment and Sustainable Development-Part B : Energy-Priorities and Road Maps 2001-2002*, 2002
- European Commission, *Environment 2010, Our Future, Our Choice, 6th EU Environment Action Programme*, 2001
- European Commission, *Non-Nuclear Energy - R&D components(JOULE III) Research Priorities*, 2000
- European Commission, *The 3rd Communication from the European Community under the UNFCCC*, 2001
- European Communities, *Renewable Energy for Europe - Campaign for Take-Off*, 2000
- Hiroshi Mitsukawa, "Global Warming Prevention Technologies in Japan", *6th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies*, 2002
- IEA GHG, *IEA GHG R&D Programme, Annual Report*, 2002
- NEDO, *NEDO Activities to Promote the Introduction of New Energy - FY2002*, 2002
- Takahisa Yokoyama, *Japanese R&D on CO₂ Capture*, Central Research Institute of Electric Power Industry, 2002
- The Government of USA, *US Climate Action Report -2002, 3rd National Communication of the USA under UNFCCC*, 2002
- The National Energy Policy Development Group, *National Energy Policy*, 2001
- The Government of Japan, *Japan's 3rd National Communication under the UNFCCC*, 2002
- US DOE OFE(Office of Fossil Energy) NETL, *Carbon Sequestration Technology Road Map and Program Plan*, 2003
- US DOE OFE NETL, *Carbon Sequestration Project Portfolio FY 2002*, 2003
- USGCRP and CCRI, *Our Changing Planet - FY 2003*, 2002
- Wiktor Raldow, *Sustainable Energy Systems - Medium and Long Term Research Actions*, 2003