

지속가능한
과학 기술 발전 전략

2002. 9

과학기술부

- 요약 -

1. 지속가능한 과학기술 개요

- 지속가능한 사회는 인구, 환경, 경제, 기술발전 등 모든 분야 (Ecological Economic & Social Changes)에서의 근본적인 변화가 요구되므로 생태계, 인구변동, 생산소비양식, 취업 기회, 노동의 질, 분배정의와 사회질서의 안정성 등의 상호 연관에 대한 총체적 구상을 필요로 함
- 포괄적 개념 : 과학기술 발전에 따르는 부작용을 최소화하면서 인간이 자연과의 조화 속에 윤택하고 건강한 삶을 누릴 수 있는 과학기술을 확보하기 위한 혁신 체제

[참고] OECD의 보편적 개념 : 환경적으로 건전한 기술(EST: Environmentally Sound Technology)로서 자원 사용시 생태적 효율성(Eco-Efficiency)이 높고, 환경보전 능력이 보다 개선된 기술

- 국가가 추진하는 연구개발사업의 기획 단계에서부터 과제의 선정, 평가 및 연구 성과의 상업화에 이르는 기술혁신의 전과정을 환경친화적 관점에서 검토하고 시행해야 지속가능한 과학기술이 태동될 것임
- 기술혁신이 경제성장의 원동력이 된다는 사실은 널리 인식되어 왔지만 그 결과가 항상 지속가능한 발전의 목표와 일치하는 것은 아니므로 현행 과학기술의 지속가능성을 추구해야 함
 - 즉, 에너지와 원료의 사용, 오염방출의 감소를 위해서는 기술진보가 필요하며, 산업의 경쟁력 개선에 공헌함은 물론, 국제적 환경문제인 기후변화, 오존층 보호 등의 평가와 해결을 위해서는 IT, BT 등 첨단 과학기술의 융합화가 필요함.

2. 지속가능한 과학기술에 대한 국내 현황과 국제적 논의 동향

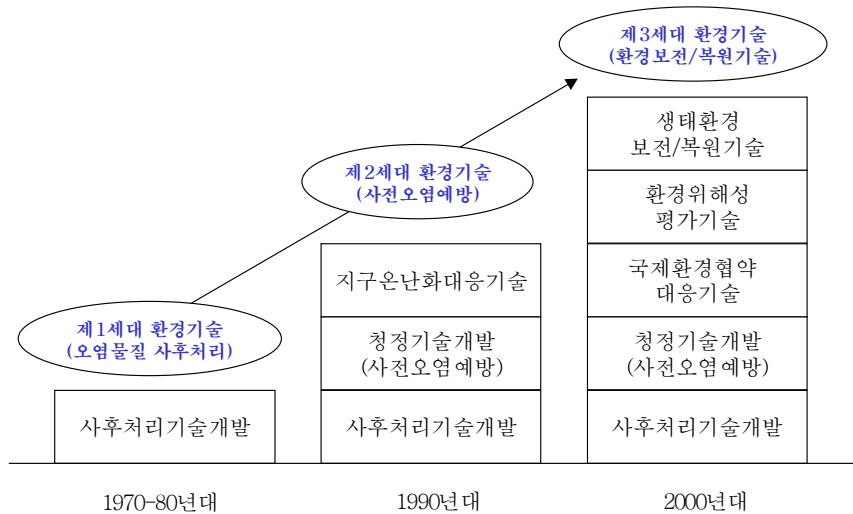
- 환경공학기술개발사업(G-7프로젝트)은 과학기술부와 환경부에 의해, 92년부터 2001년까지 10개년을 목표로 연간 100여 과제에 대해 500억 원 규모로 지원하고 있으며, 총 4,315억원을 투자하였음.

- 부처별 환경분야 연구개발 투자 계획 (2002~2006)
 - 2002~2006년도에 환경분야에 9개부처 26개 사업이 투자계획을 수립하고 있으며, 총예산은 7,132억원 투입 계획
 - 환경부가 79.2%에 해당하는 5,647억원을 투자할 계획이며 과기부가 12.1%에 해당하는 860억원 투자 계획.
- 지난 2000년 11월 우리나라 과학기술부가 주최한 “지속가능 발전을 위한 국제과학기술협력(International Scientific and Technological Cooperation for Sustainable Development)” OECD-서울 국제회의 개최
 - 이 회의에서는 지속가능한 발전에 필요한 과학기술 인프라의 개발, 청정기술의 개발과 확산 등을 위한 국제 협력에 관해 폭넓은 의견 개진이 있었음
- 현재의 지속가능한 발전에 대한 OECD의 정책 프로그램은 OECD 장관회의 개최 후 3년이 지난 1998년에 제시되었는데, 중장기적으로 사회적 영향을 고려하여 경제와 환경 목표를 보다 잘 통합하는 정책대안들을 도출하는데 목표를 두고 있으며, 기후와 자연자원 관리와 같은 시급한 문제에 초점을 맞추고 있음.
 - 핵심 정책 이슈는 첫째, 지속가능한 발전에 대한 올바른 시장체제의 정비, 정책집행에 있어서 장애요인의 극복, 개방을 통한 시민참여 유인, 상충되는 목표간의 조화를 개선시키는 제도와 의사결정과정의 개선, 경제성장의 지속가능성에 대한 측정의 개선, 지속가능한 발전 목표와 일반 경제부문별 정책과의 보다 나은 통합, 생산과 소비에 있어서 환경에 미치는 부정적 영향을 감소시키기 위한 최적의 기술 혁신과 수행의 강화, 국제적 협력 강화 등임

3. 지속가능한 과학기술에 대한 국내·외 예측과 전망

- 과거 환경관리 패러다임에서 오염된 환경의 복원·재생을 도모하는 수용체 관리 패러다임으로 전환되면서 환경복원 및 재생기술 개발의 필요성이 대두되고 있음.
- 정보·통신, 생명공학, 우주공학 등 첨단기술의 발전은 환경문제 해결에도 기여가 가능할 수 있을 것으로 예측됨.

- 즉 경제패러다임이 부가가치가 높은 고도정밀기술과 지식집약화 중심의 산업구조로 전환됨에 따라 에너지와 자원절약형 생산체제로 전환이 촉진된다는 개념에 따라 개발된 기술의 발전속도·방향·범위 등에 대한 예측 및 평가를 실시함으로써 환경친화적 기술로의 발전이 가능하며, 제품의 설계단계부터 환경문제를 고려한 “환경친화적 설계(Green Design)” 개념의 도입에 의하여 환경친화적 생산기술의 혁신이 예상된다.
- 한편 탈공업화와 정보화사회의 도래로 정보화와 자동화기술이 사회 전반에 도입·응용되어 환경친화적 사회구축이 촉진될 것임.
- 선진국을 중심으로 환경과 무역의 연계 논의가 본격적으로 대두되고 있음.
 - WTO 무역환경위원회(CTE) 설치, 무역에 관한 기술장벽협정(TBT) 체결 등 환경과 무역연계 본격화.
 - 공정 및 생산방식(PPMs) 규제, ISO 14000 제정 등 환경과 관련된 국제규제가 크게 강화될 전망.
- 1992년 UNCED 이후로 많은 성공적인 정책수단과 프로그램들이 개도국과 선진국간의 과학기술협력을 촉진시키기 위해 제시되었는데, 그 핵심 흐름은 오염 통제에서 자원 효율성 추구로의 전환임
- 환경기술의 경우, 1970-80년대 제1세대 환경기술개발에서 1990년대 이후 제2, 3세대 환경기술개발 추진



[그림] 환경기술개발 패러다임의 변천

4. 과학기술분야의 지속가능발전을 위한 추진전략

[전략 1] 환경친화적 과학기술의 발전을 위한 국가연구개발 체계 구축

- 연구개발사업의 기획 단계에서부터 과제의 선정, 평가 및 연구 성과의 상업화에 이르는 기술혁신의 전과정을 환경친화적 관점에서 검토하고 시행

[전략 2] 지속가능형 과학기술정책 개발 및 연구개발사업 기획

<정책과제 2-1> '순환형 사회'로의 전환을 위한 과학기술정책 모형 개발

- 재활용(Recycle)에서 저감(Reduce), 재이용(Reuse)으로 전환 및 물질 흐름을 고려한 재통합(Reintegration)을 지향
 - 국가연구개발사업 중 제품기술 또는 공정기술 개발 과제의 경우, 환경친화형 설계(DfE), 생태디자인(Eco-Design)과 전과정 평가(LCA)를 염두에 두거나 반드시 거쳐야 하는 항목 도입

<정책과제 2-2> 지속가능형 연구개발사업 기획

- 지속가능형 사회로의 전환을 위해 필요한 과학기술 중 타부처가 수행하고 있지 않은 분야를 중심으로 기획

(세부과제 1) 새로운 패러다임으로서 대안기술 발굴 프로그램 기획

- 자연보전 우위, 순환경제 및 탈물질화 등 새로운 패러다임의 과학기술정책하에서 대안기술 발굴

(세부과제 2) 지속가능한 친환경화학 연구개발 프로그램 기획

- 천연물질보다 화학물질을 더 많이 쓰고 있는 현재의 구조를 바꿈으로써 지속가능한 경제 체계 구축

[전략 3] 중앙정부와 지방정부의 전략적 관계 강화를 위한 친환경 기술혁신체제의 구축

- 국가혁신체제는 지역혁신체제의 총합이며, 지역의 주요 혁신주체들간의 상호작용적인 학습 및 이로 인한 혁신의 효율적인 창출 및 활용으로 지역경제의 발전 및 국가발전 도모

[전략 4] ET분야 전문인력 확보 방안

- 양적 불균형 해소를 위해 ET분야 전문인력의 취업과 활용을 지원
- 질적 불균형 문제 해소를 위한 재교육 프로그램을 확대 실시하고 현장기술 중심으로 교육과정 재편

[전략 5] 과학기술분야의 지속가능성 모니터링 및 평가지표 확립

- 과학기술분야의 지속가능성을 제시한 지표(5.1 참조)를 토대로 실현가능성에 따라 단기와 중장기 추진 지표로 구분 시행함으로써 모니터링 및 평가 수행
- 과학기술부가 주관하여 모니터링 및 평가 결과를 토대로 정기 보고서 발간

5. 지속가능한 과학기술을 위한 평가

[단기 추진 지표]

(1) 과학기술부 독자 추진

[지표 1] 국가전체 R&D 투자에서 환경기술 또는 환경친화적 기술에 대한 R&D 투자가 차지하는 비중 및 환경관련 R&D투자에서 청정기술 또는 사전오염예방기술에 대한 R&D 투자가 차지하는 비중	
목적	지속가능발전의 기반인 환경기술 또는 R&D 투자의 제고
변수	- 국가전체 R&D 투자 : a (₩/year) - 환경기술 또는 환경친화적 기술에 대한 R&D 투자 : b (₩/year) - 청정기술 또는 사전오염예방기술에 대한 R&D 투자 : c (₩/year)
지표	<지표 1-1> 환경관련 R&D 투자 비중 : $b/a \times 100(\%)$ <지표 1-2> 사전오염예방 R&D 투자 비중 : $c/b \times 100(\%)$
적용 시간 범위	연도별
비고	위 지표를 선진국과 단순 비교시 유의해야 할 점은 환경문제 (Environmental Stress)에 비례하여 환경관련 기술 중에서도 사전오염예방기술에 대한 투자가 더 증가해야 한다는 것임.

(2) 관련부처와 공동 추진

[지표 2] 실시간 모니터링이 수행되는 환경변수의 수	
목적	국민의 삶의 질에 직접적으로 영향을 주는 환경변수의 모니터링 제고
변수	예를 들면 아래와 같은 변수를 분석할 수 있음(WEF의 ESI 변수 참조) - 대기질 : SO ₂ , NO ₂ - 수질 : DO(Dissolved Oxygen Concentration), P 농도, N 농도 - 토양
지표	변수의 갯수의 누적 합
적용 시간 범위	연도별
비고	- 지역적/국가적 지표 - IT 이용

[지표 3] 전체 에너지 소비에서 재생가능한 에너지 생산의 비중	
목적	총 에너지 사용에서 재생가능한 에너지 생산(예 : 태양, 풍력 등)이 차지하는 비중의 제고
변수	- 총 전력사용량 : p(MW/년) - 수력(특히 소규모 발전시설 바람직) 및 바이오매스, 태양, 바람, 지열을 이용한 전력 생산 : q(MW/년)
지표	$q/p \times 100$ (%)
적용 시간 범위	연도별
비고	- 지역적/국가적 지표화 가능 - ESI지표이기도 함

[중장기 추진 지표]

[지표 4] 과학기술 연구개발 투자의 생태효율 향상 기여도	
목적	과학기술 연구개발 투자의 자원 및 에너지 효율의 향상, 또는 폐기물의 사전예방에 대한 기여 증진
변수 및 지표	<p>총 과학기술투자액(₩) 대비</p> <p><지표 4-1> Energy-Efficiency의 증감 추이 : $\frac{\sum (Energy - Efficiency)}{\sum S\&T Investment}$</p> <p>(주) Energy-Efficiency : Total Energy Consumption per Unit GDP</p> <p><지표 4-2> 최종 처분(매립, 소각 등) 되는 폐기물의 양 또는 비율(증감추이) : $\frac{\sum Quantity of Waste Disposal (ton)}{\sum S\&T Investment}$</p> <p>(주) 폐기물 양의 단위는 ton</p> <p><지표 4-3> 1인당 생태사용량 (ha/W) : $\frac{\sum Ecological Footprint}{\sum S\&T Investment}$</p>
적용 시간 범위	연도별 또는 3-5년 단위
비고	<ul style="list-style-type: none"> - 3-5년 단위 증감 추이 분석 가능 - 최종 처분 폐기물 양의 최소화가 목표

[지표 5] 개발된 환경기술 또는 환경친화적 기술의 상업화 비율	
목적	연구개발된 환경기술 및 EST의 공적·사적 부문에의 활용성 제고
변수	<ul style="list-style-type: none"> - 총 연구개발된 환경기술 또는 EST의 건수(프로젝트 기준) : d (건 / 년 또는 3-5년) - 개발된 환경기술 또는 EST의 상용화 건수 : e (건 / 년 또는 3-5년)
지표	$e/d \times 100(\%)$
적용 시간 범위	연도별 또는 3-5년 단위(연구개발 시점과 상업화 시점의 차이 가능성 및 상용 지속성의 분석 필요성을 고려하면 3-5년 단위의 분석도 필요)
비고	<ul style="list-style-type: none"> - [지표 1]과 연계 - 상업화의 정성적 정량적 파급효과를 반영하는 변수의 검토도 필요

[지표 6] 환경기술 또는 환경친화적 기술의 개도국 이전 비율	
목적	지속가능한 발전은 지구적 환경문제 해결 및 협력과 함께 국제협력이 필요하므로 환경기술 및 EST의 개도국으로의 이전을 촉진
변수	- 상업화된 환경기술 또는 EST의 상업화 건수 : e (건 / 년 또는 3-5년) - 개도국으로 이전된 환경기술 또는 EST의 건수 : f (건 / 년 또는 3-5년)
지표	$f/e \times 100$ (%)
적용 시간 범위	연도별 또는 3-5년 단위
비고	- [지표 5]와 연계 - 기술의 이전뿐 아니라 이전 후 개도국에서의 정착과 확산에 대한 고려도 필요

- 앞서 제시된 지속가능 과학기술의 발전을 위한 단기 및 중장기 추진 지표 중 적합한 지표를 선정하여 과학기술부가 관련 부처와의 협의하에 매년 평가하여 발표
 - 단기 지표 중 과학기술부가 단독으로 추진하는 [지표 1]의 경우, 국가 연구개발사업 예산의 사전 조정을 위한 조사·분석·평가 자료 제출시 환경친화적 기술 투자액을 합산하여 지표를 산정토록 함
 - 단기 지표 중 부처간 공동으로 추진해야 할 [지표 2]는 환경부, [지표 3]은 환경부, 산업자원부, 건교부 등 관련 부처들과 협의하여 주무 부처를 결정한 후, 자료를 공유하여 추진
- 지표 산정 후 우리나라 과학기술 발전의 지속가능성 추이를 언론에 공표하며, 전년도에 비해 개선되지 않은 지표는 관련 정책에 반영하여 향후 개선을 유도

- 목 차 -

1. 지속가능한 과학기술 개요	1
1.1 지속가능한 과학기술의 개념과 의의	1
1.2 지속가능한 과학기술의 필요성	3
2. 지속가능한 과학기술에 대한 국내 현황과 국제적 논의 동향	7
2.1 지속가능발전 과학기술에 대한 국내 현황	7
2.2 지속가능발전 과학기술에 대한 국제적 논의 동향	13
3. 지속가능발전 과학기술에 대한 국내·외 예측과 전망	14
3.1 지속가능발전 과학기술에 대한 국내 예측	14
3.2 지속가능발전 과학기술에 대한 국제적 여건변화와 전망	17
4. 과학기술분야의 지속가능발전을 위한 추진전략	23
4.1 과학기술에 대한 지속가능발전 기본방향	23
4.2 과학기술에 대한 지속가능발전 목표 설정	28
4.3 과학기술에 대한 지속가능발전 추진전략	28
5. 지속가능한 과학기술을 위한 평가	35
5.1 과학기술분야의 지속가능 발전 지표 개발	35
5.2 지속가능 발전 지표에 따른 이행 평가	43

[부록 1] 국가연구개발사업의 현황 및 전망

[부록 2] 환경기술예측

1. 지속가능한 과학기술 개요

1.1 지속가능한 과학기술의 개념과 의의

1) 지속가능한 사회의 개념

- 지속가능한 사회는 인구, 환경, 경제, 기술발전 등 모든 분야 (Ecological Economic & Social Changes)에서의 근본적인 변화가 요구되므로 생태계, 인구변동, 생산소비양식, 취업 기회, 노동의 질, 분배정의와 사회질서의 안정성 등의 상호 연관에 대한 총체적 구상을 필요로 함
- 따라서 지속가능한 사회의 비전을 미리 설정한 후, 이를 실현하기 위한 다음과 같은 정책 대안을 모색하는 것이 순서임
 - 절대 빈곤 극복, 빈부 격차 해소
 - 갈등 및 폭력 저지, 해소, 사람 사이의 연대
 - 인구 성장 적정 억제
 - 지구생태계 보전으로 환경 파괴 및 자원 남용 방지
- 즉, 지구생태계 보전을 위해 지속가능한 과학기술혁신의 필요성 대두

2) 지속가능한 과학기술의 개념

- 과학기술 발전에 따르는 부작용을 최소화하면서 인간이 자연과의 조화 속에 윤택하고 건강한 삶을 누릴 수 있는 과학기술을 확보하기 위한 혁신 체제

[참고] OECD의 보편적 개념 : 환경적으로 건전한 기술(EST: Environmentally Sound Technology)로서 자원 사용시 생태적 효율성(Eco-Efficiency)이 높고, 환경보전 능력이 보다 개선된 기술

3) 지속가능한 발전을 위한 기술혁신

- 지속가능한 발전을 위해서는 자원 사용이 최소화된 경제 성장 (decoupling of resource use from economic growth)을 지향하는 기술혁신이 요청됨
 - IT, BT 등 첨단기술과 연계한 물질 및 에너지 이용의 최소화

(Resource efficiency, Dematerialization of economy) 추구

- 폐기물 배출의 최소화 (Waste prevention)
- 제품과 기술의 전주기적 환경친화성 평가(LCA: Life Cycle Assessment) 고려
- 운송(Transport), 상품소비, 폐기물 처리 등을 생태적 총체적 관점에서 고려

[사례] 일본 : 기술혁신 제고를 위한 3대 개념

(1) 새로운 지구 21

- 지구 온난화로 인해 2100년 약 65cm의 수면 상승에 대응한 CO2 감소 방안
 - CO2 흡입 환경 기술 (예 : 숲, 바다)
 - 혁신된 에너지 기술 (예 : 재생 가능한 에너지, 연료전지 등)
- 현행 기술과 신기술을 개도국이 이용 가능하도록 개방

(2) Factor 10

- 산업 사회는 노동력이 비싸므로 기계로 대체함으로써 노동생산성 제고
 - 지속가능한 사회는 환경에의 적응 능력이 초점이므로 원자재 투입에 대한 환경세(Eco-tax) 부과를 통해 실업률도 낮출 수 있음
- 효율성 유지와 탈 물질화
- 복지는 두배로 증대시키고 소비는 1/5로 감소시킴 : 복지2 × 자원(에너지, 원자재) 소비 1/5 ⇒ Factor 10

(3) 제로 방출

- 배기가스, 폐수, 폐기물 배출 방지
 - 기업을 인텔리시스템 네트워크로 연결 (예 : 양조장 폐기물 → 양식업 사료, 에너지 폭포 → 폐열로 난방)

4) 환경친화적 국가연구개발사업의 추진

- 국가가 추진하는 연구개발사업의 기획 단계에서부터 과제의 선정, 평가 및 연구 성과의 상업화에 이르는 기술혁신의 전과정을 환경친화적 관점에서 검토하고 시행해야 지속가능한 과학기술이 태동될 것임
- 첨단 신기술은 일반적으로 경제적 측면에서는 긍정적 효과가 있으나, 환경적 영향은 긍정적, 부정적, 모호함 등이 공존할 수 있음
 - 신기술이 환경에 대해 미치는 영향에 대해 정확한 특성을 규정하기는 어렵지만 분명한 것은 현재와 미래 세대들의 니즈 충족에 중요한 역할을 할 것이며, 효율적인 자원의 사용, 환경적 영향에 대한 지식 증가로 미래에 신기술은 보다 긍정적인 영향을 미치게 될 것이므로 기술변화의 효율성 편익이 구조적 적응과 연결될 경우 사회는 보다 큰 효율성 개선을 달성할 수 있을 것임
- 환경정책과 기술혁신을 위한 과학기술정책은 조화를 이루어야 함.
 - 두 부문간 정책수행의 책임이 서로 다른 부서에 있기 때문에, 공공과 민간의 파트너십 등 기술정책에서 환경적 목적을 통합하려는 최근의 동향은 바람직함
 - 환경과 관련한 음의 외부성을 내부화하는 것과 연구개발 확산과 관련한 양의 외부성을 내부화하는 것 사이의 시너지를 실현하는 효과적이고 효율적인 방법을 찾는 것이 OECD 국가들의 당면 과제임

1.2 지속가능한 과학기술의 필요성

□ 국내 환경현안 및 국제환경여건변화에 적극 대처하기 위한 환경기술 개발 필요

- 환경오염유발요인 증가의 해결을 위한 환경기술수요에의 대응
 - 한정된 국토면적 하에서 도시화, 산업화, 인구증가, 생활양식의 변화 등으로 환경 오염유발요인의 폭발적 증가에 대응 가능한 기술개발 필요

- 중국의 급속한 경제발전에 따른 월경성 대기오염문제, 황해오염 문제 등 동북아 월경성 환경오염문제에 대응하기 위한 연구개발 필요
- 신기술 개발에 따른 다양화, 복잡화, 광역화된 환경오염을 해결하기 위한 환경기술수요에의 대응
 - 각종 새로운 합성화학물질의 개발 사용과 1차 오염물질의 상호작용, 나노소재(nano- material)의 등장에 따른 나노수준의 환경이슈 대두, 유전자변형동식물의 등장에 따른 환경(인체 및 자연생태계) 위해성 평가 등 새로운 형태의 환경문제 도전과제가 대두
- 국제적 환경규제 강화에 대비한 환경기술수요에의 대응
 - UNEP, UNDP, OECD 국제기구의 환경논의가 강화되고 있고, 환경과 무역의 연계 논의가 본격적으로 대두됨에 따라 국제 규제 대응 기술개발 및 국내산업의 피해를 최소화시키기 위한 기술개발 필요

1) 생태계를 중시하는 경제발전 패러다임의 대두

- 기술혁신이 경제성장의 원동력이 된다는 사실은 널리 인식되어 왔지만 그 결과가 항상 지속가능한 발전의 목표와 일치하는 것은 아니므로 현행 과학기술의 지속가능성을 추구해야 함
 - 즉, 에너지와 원료의 사용, 오염방출의 감소를 위해서는 기술진보가 필요하며, 산업의 경쟁력 개선에 공헌함은 물론, 국제적 환경문제인 기후변화, 오존층 보호 등의 평가와 해결을 위해서는 IT, BT 등 첨단 과학기술의 융합화가 필요함.
- 지식기반사회가 진전되면서 지속가능한 과학기술은 새로운 경제발전 패러다임의 핵심 동인으로 자리할 것임
 - 기술변화의 속도와 방향이 사회경제적 활동에 영향을 미쳐 왔으므로 과거에는 기술변화가 환경 파괴의 근원으로 인식되었으나 최근에는 신기술이 오염의 유발을 보다 완화시키고, 희소한 자원의 사용을 감소시킴으로써 생태계의 지속가능성을 증진시키는 것으로 인식되고 있음
 - 따라서 기술혁신이 물질적·인적 자본의 축적과 함께 진행된다면,

경제성장을 가속화시킴과 동시에 생태계의 지속가능성에 공헌하는 미래 신기술들이 더욱 중요해질 것임

2) BT, NT, IT 등 과학기술의 융합화와 지속가능성 증진

○ 생명과학기술의 발전

- 생명과학기술의 발전으로 다양한 유전자변형동식물 (LMOs) 등이 등장함에 따라 이들 유전자변형동식물의 환경위해성 평가가 중요한 이슈로 등장
- 또한 새로운 유전자조작 미생물 개발 등 첨단생명과학기술을 이용한 환경오염예방 및 처리기술 개발로 새로운 첨단 환경기술이 등장 전망

○ 나노기술의 발전

- 나노수준의 기술발전으로 나노물질(nano-material) 개발이 급속히 진전되어 나노물질수준의 환경문제 도전 필요 (예, Nano분진의 위해성 평가)
- 또한 나노기술을 이용한 새로운 첨단 환경신기술이 대두될 전망.

○ 정보통신 기술의 발전

- 정보통신 및 센서 기술의 발전으로 환경오염에 대한 원격모니터링 및 감시, 조기경보 등 통합환경관리 등 환경관리분야의 급속한 혁신 전망

○ 정보통신기술(IT)과 생명공학기술(BT)같은 신기술은 자원의 효율성을 증가시키고 지속가능한 발전으로의 이행을 촉진함.

- IT부문의 성장과 서비스지향적 경제로의 이행은 산업에 에너지와 자원 투입을 절감시킴. IT는 산업의 공정과 제품을 보다 청정생산방식으로 전환시키고, 보다 효율적으로 기술을 확산시키며, 환경 상태를 보다 저비용으로 정확하게 모니터링 할 수 있게 함.
- BT의 지속가능한 발전에의 잠재적 공헌은 방대하고 다양함. BT에 기반한 산업공정은 보다 낮은 온도에서 작동하고, 독성이 보다 낮은 폐기물을 방출함.

3) 청정제품을 지향한 기술혁신의 추구

- 청정제품(CP: Cleaner Product)은 국제적, 국가적, 지역적으로 환경과의 조화를 위해 필수적인 것으로 점차 인식되고 있음
 - 효과적인 기술평가와 기업에 대한 효율적인 정책에 바탕한 기술혁신은 CP달성에 강력한 수단이 될 수 있으나, 과학기술의 발달만으로는 CP의 추진이 충분하지는 않으므로 시장과 정부정책이 기술과 조화를 이루어야 함.

4) 청정기술 및 사전오염예방기술의 도입 추진

- 지속가능한 발전을 위해서는 자원 이용의 최소화 및 폐기물 배출의 최소화가 필수 불가결한 전제임
- 사전오염예방 차원에서 제로방출(Zero Emission)을 위한 청정기술이 산업전반의 생산과정에 적용/확대 필요.
 - 자원최적화 생산시스템 개발(Clean process integration)
 - 생산공정 및 장치개선 기술 개발
 - 재순환형 생산공정 시스템 개발
- 아울러 사전오염예방 관리기법의 개발 및 적용/확대 필요
 - 전과정 평가기법(LCA)
 - 환경친화적 제품 설계기법(DfE) 등
- '자원이용 최소화'를 위한 자원관리(Resource Management)의 근원적인 방법론에 대한 연구 및 개발 필요

[예시] EU의 연구

- 탈물질화 : Eco-efficiency, Factor 4/10
- 물질흐름분석(mass flow analysis) : ecological footprint
- 열역학(thermodynamics) : entropy, energy 등
- 자원회계(Resource accounting)와 복지 비용/편익 분석(Welfare cost/benefit analysis)

5) 대체 에너지 개발과 도입 추진

- 기존 산업 구조를 뒷받침하는 현재의 에너지 시스템. 즉, 화석연료를 이용한 중앙집중방식은 CO2 방출을 통한 지구온난화 문제 등을 야기시키고 있음
- 지속가능한 발전을 위해서는 재생에너지 자원을 분산방식으로 이용하는 대안 에너지 시스템에 대한 개발 필요.
 - 태양, 바람, Biomass, 지열, 조력, 소규모 생태 친화적 수력 등을 이용한 재생 에너지의 개발 및 확대
 - 연료전지(Fuel cell)의 가능성 제고 : 수소, 천연 가스 등 이용
 - 신 대안기술 가능성의 검토(상온 핵융합 등)
- 재생에너지 시스템이 작용할 수 있는 사회·산업구조에 대한 연구가 병행되어야 함
 - 교통시스템, 도시 인구 집중 문제 등

2. 지속가능한 과학기술에 대한 국내 현황과 국제적 논의 동향 ([부록 1] 참조)

2.1 국내 현황

1) 주요 정책방향

- 삶의 질 향상을 위한 환경현안문제 해결, 환경기술의 수출산업화, 국제환경규제 강화에의 대응 등 환경 및 경제발전을 위하여 환경기반 핵심기술 확보
- 강화되는 국제환경규제에 효과적으로 대응하고 화석에너지 고갈 문제 해결을 위한 관련기술 개발
- 산업구조 고도화 및 대량 소비사회의 도래 등에 따라 생산·유통과정에서 발생하는 다양한 형태의 환경오염을 사전 예방 및 저감하기 위

하여 청정원천 공정기술, 환경친화형 소재 개발기술, 유해성 원부재료 대체기술, 공정내 재자원화 기술 등의 개발

- 우리나라 주변의 해양환경의 악화로 해양생물자원이 감소되고 있어 오염원인에 대한 체계적 분석과 제거기술 개발

2) 우리나라 환경기술 수준

- 선진국들이 70년대부터 환경기술개발투자를 적극적으로 추진한 반면, 우리나라는 환경기술개발투자 역사가 10년 정도로 짧고, 연구개발투자의 저조 등으로 우리나라의 환경기술 수준은 전반적으로 선진국 대비 40-70% 수준([표] 참조).
 - 전통적인 사후처리기술인 오염방지기술은 선진국 대비 70% 수준으로 상업화 전 단계에 도달
 - 폐기물재활용, 환경보건, 생태계보전·복원, 지구환경보전기술 등은 선진국의 40% 수준으로 상대적으로 낙후
- 우리나라의 경우 대체로 사후처리기술의 개발에 치중되어 있음.
 - 특히, 청정생산기술, 지구환경대책기술, 생태계복원기술 등의 첨단 환경기술 수준은 여전히 초보적인 단계이며, 이에 대한 투자도 전체 환경기술 투자의 24.5%에 불과함.
- 국내 기술개발의 취약점
 - 환경정책의 전문성과 일관성 부족 및 사후처리 위주 관리
 - 환경사업체 규모의 영세성 및 대응능력의 부족
 - 환경기술의 개발 및 보급 미흡

[표] 환경기술분야별 국내 기술수준 평가

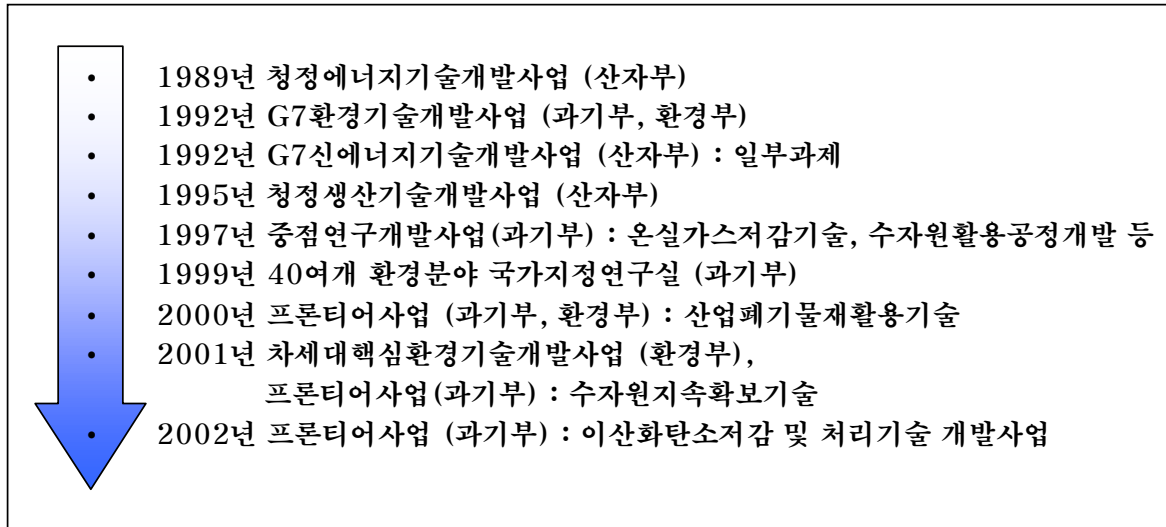
		30	40	50	60	70	80	90
대기 및 지구환경	현재	온실가스기술 47% ██████████ 71% 집진, 탈황기술						
	2005	온실가스기술 59% ██████████ 82% 집진기술						
	2010	온실가스기술 71% ██████████ 91% 집진기술						
수질 및 상하수도	현재	상하수도 관망기술 41% ██████████ 63% 하폐수 고도처리 및 재이용						
	2005	비점오염원 관리기술 46% ██████████ 71% 고도정수 처리기술						
	2010	하천오염 정화/복원 52% ██████████ 87% 상하수처리장 자동화						
환경보건	현재	위해성 평가 기준 설정 42% ██████████ 52% 배출원별 배출계수 산정						
	2005	사고발생시 영향 예측 및 평가 47% ██████████ 70% 배출원별 배출계수 산정						
	2010	위해성 평가기준 설정, 독성예측기술 73% ██████████ 84% 배출원별 배출계수 산정						
폐기물 처리/관리	현재	해양폐기물 처리기술 43% ██████████ 63% 다이옥신 저배출 소각 기술						
	2005	금속용융로 이용 폐기물 처리 46% ██████████ 77% 다이옥신 저배출 소각 기술						
	2010	해양폐기물 처리기술 70% ██████████ 87% 다이옥신 저배출 소각 기술						
생태계 보전/복원	현재	생명공학 이용 복원 39% ██████████ 53% 토양·지하수 현장오염 측정기술						
	2005	폐광산 주변 환경 복원기술 53% ██████████ 68% 토양·지하수 현장오염 측정기술						
	2010	생명공학 이용 복원 67% ██████████ 80% 토양·지하수 현장오염 측정기술						
사전오염 예방	현재	DfE 47% ██████████ 59% 기술정보 네트워크화 기술						
	2005	비화석연료 기술 62% ██████████ 73% 기술정보 네트워크화 기술						
	2010	비화석연료 기술 76% ██████████ 86% 기술정보 네트워크화 기술						

주) 25이하: 기술도입 적용 수준, 25~40: 실험실연구수준, 40~60: Pilot실증연구수준, 60~80: 상업화개발적용 수준, 80~100: 선진국 수준 (기술경쟁력 확보)
 자료: “차세대 핵심환경기술개발사업 10개년 종합계획”, 2002.7의 기술수준평가조사 내용을 재정리.

3) 투자 및 추진 현황

- 우리나라 환경관련 기술개발투자는 1992년 G7환경기술개발사업 추진으로 본격적으로 추진하기 시작.

[그림] 우리나라 환경분야 기술개발사업 발전 과정



- 1980년대 오존층파괴 및 지구온난화가스가 국제적인 이슈가 되면서 환경기술개발투자에 관심이 고조되기 시작하였고, 각 부처가 환경기술개발투자를 경쟁적으로 확대.
- 기술개발자금은 환경부, 산업자원부, 과학기술부 등을 중심으로 활발히 추진되어 왔음.
 - 환경공학기술개발사업(G-7프로젝트)은 과학기술부와 환경부에 의해, 92년부터 2001년까지 10개년을 목표로 연간 100여 과제에 대해 500억원 규모로 지원하고 있으며, 총 4,315억원을 투자하였음.
 - 산업기반기술개발사업, 청정에너지기술개발사업, 청정생산기술개발사업은 산업자원부에 의해서 지원되고 있는데, 산업기반기술개발사업은 87년 이래로 계속적으로 지원되고 있음

[표] 우리나라 부처별 환경분야 연구개발 추진 현황

부처별 사업명		주요 내용
과기부	21C 프론티어 연구개발사업	• 산업폐기물재활용기술개발사업과 수자원지속적확보기술개발사업, 이산화탄소저감 및 처리기술개발사업 3개 사업 추진 (각각 10년간 1000억 정부예산 투자)
	국가지정 연구실사업	• 99년부터 국가지정연구실사업으로 환경관련분야 국가지정연구실 40여곳을 지정하여 연구비 지원
	중점 국가연구개발사업	• 중점국가연구개발사업으로 온실가스저감기술개발, 수자원활용공정개발, 자연재해방재기술개발을 5년 동안 지원 • 고효율 수소제조기술개발사업 추진으로 환경친화적 에너지원 개발
	과학재단 목적기초연구사업	• 과학재단 목적기초연구사업으로 환경분야에 매년 20억 내외 지원 • 환경모니터링신기술연구센터(광주과기원, 99년선정) 등 7개 환경관련 우수연구센터 지원 • 환경공학연구정보센터(포항공대) 등 4개 환경관련 연구정보센터 운영지원
환경부	G7 환경기술개발사업	• 환경공학기술, 공공기반기술, 경유차저공해기술 등 실용화가능 분야 투자 • 1단계 기반기술확보, 2단계 실용화기반 구축, 3단계 실용화 및 상품화 개발 단계로 1992-2001기간 총 3,630억원 투자(정부:민간=1,824억:1,806억원)
	차세대핵심 환경기술개발사업	• 통합환경관리, 생태계보존·복원, 사전오염예방, 지구환경/기후변화 등 4개 단위사업 22개 중점과제 • 2001년부터 10년 간 정부예산 약 1조원 투자
산자부	에너지자원 기술개발사업	• 1998년부터 에너지자원기술개발사업으로 신에너지기술개발사업, 에너지 절약기술개발사업, 청정에너지기술개발사업을 추진 중 • 청정에너지기술개발사업은 환경배출물을 줄이는 에너지 기술개발을 추진
	청정생산 기술개발사업	• 제조원가절감 및 환경부하를 동시에 실현하는 기술개발 추진을 통하여 환경친화형 산업구조전환을 목적으로 추진 • 2001년 정부예산 345억원 투자
	기타 사업	• 공통핵심기술개발사업, 신기술창업보육사업 등 자유공모형 실용화 사업추진과정에서 환경기업체에 36억 투자 (2000년)
해양부	해양수산 기술개발사업	• 해양 및 연안 환경관련 기술개발과제를 추진.
국무조정실	출연(연) 기관고유사업	• KIST 금수강산21과제, 미래원천연구 등 35억 (2000년) • 기계연 폐기물열분해 용융시스템개발 등 21억 (2000년)
농림부	농림기술개발사업	• 환경친화 농업기술을 개발보급을 목적으로 환경친화농업 기술개발과제를 지원 지원
건교부	건설기술개발사업	• 산학연공동연구사업으로 하천·하수정화기술 실용화 등 6개 과제에 8억원 ('00년) 투자
기상청	기상연구소	• 기상관련 연구개발과제를 추진 중
농촌진흥청	자체 과제	• 농촌진흥청 사업으로 환경친화농업관련 연구 수행
중소기업청	기술혁신자금	• 환경기술개발사업이라기 보다는 중소기업 지원사업의 일환으로 환경산업체의 기술개발을 부분적으로 지원

○ 부처별 환경분야 연구개발 투자 계획 (2002~2006)

- 2002~2006년도에 환경분야에 9개부처 26개 사업이 투자계획을 수립하고 있으며, 총예산은 7,132억원 투입 계획
 - 환경부가 79.2%에 해당하는 5,647억원을 투자할 계획이며 과기부가 12.1%에 해당하는 860억원 투자 계획.
- 부처별 연구개발 단계에 따른 투자계획은 전체적으로 개발기술과 응용기술중심으로 투자하고, 기초기술에 대한 투자계획은 상대적으로 낮음.
- 기술분야별로는 건교부, 교육인적자원부, 농림부(농촌진흥청 포함)은 토양/지하수/자연환경분야에 집중 투자하고 있으며, 과기부, 중소기업청은 폐기물분야, 국무조정실, 환경부는 수질분야, 산업자원부는 청정분야, 그리고 해양수산부는 해양분야에 많은 예산을 투자할 계획임.
 - 전체적 볼 때, 수질분야(20.5%) 및 폐기물 분야(20.1%)에 대한 투자액이 가장 높음
 - 선진국에 비해 상대적으로 낮은 기술수준에 있는 지구환경분야(6%), 청정분야(7.9%) 및 토양/지하수/자연환경분야(10.6%)는 낮은 투자계획을 가지고 있음.

[표] 정부환경기술개발 투자 계획 (2002-2006)

부 처 별		분 야 별	
부 처	금액(단위:백만원)	분 야	금액(단위:백만원)
건교부	898(0.13%)	대기	102,252(14.3%)
과기부	86,045(12.07%)	수질	146,105(20.5%)
교육부	252(0.04%)	지구환경	42,626(6.0%)
국무조정실	2,304(0.32%)	청정기술	56,586(7.9%)
농림부	15,344(2.15%)	토양/지하수/자연환경	75,359(10.6%)
산업자원부	15,617(2.19%)	폐기물	143,300(20.1%)
중소기업청	2,687(0.38%)	해양환경	25,407(3.6%)
해양수산부	25,370(3.56%)	환경보건	16,492(2.3%)
환경부	564,655(79.18%)	환경위해성	105,045(14.7%)

2.2 지속가능발전 과학기술에 대한 국제적 논의 동향

1) OECD의 시각과 정책 수단

- 지난 2000년 11월 우리나라 과학기술부가 주최한 “지속가능 발전을 위한 국제과학기술협력(International Scientific and Technological Co-operation for Sustainable Development)” OECD-서울 국제회의 개최
 - 이 회의에서는 지속가능한 발전에 필요한 과학기술 인프라의 개발, 청정기술의 개발과 확산 등을 위한 국제 협력에 관해 폭넓은 의견 개진이 있었음
 - 이밖에도 금융제도와 정부의 역할, 지속가능 발전을 위한 에너지·교통·수자원, 청정기술과 산업의 지속가능성 등에 대해서도 다양한 논의가 이루어졌음
- 현재 지속가능한 발전에 대한 OECD의 정책 프로그램은 OECD 장관회의 개최 후 3년이 지난 1998년에 제시되었는데, 중장기적으로 사회적 영향을 고려하여 경제와 환경 목표를 보다 잘 통합하는 정책대안들을 도출하는데 목표를 두고 있으며, 기후와 자연자원 관리와 같은 시급한 문제에 초점을 맞추고 있음.
 - 예를 들면, 수질관리와 보호는 국내는 물론 세계 여러 곳에서 국가간 긴장의 근원이 되고 있음.
 - ‘2차 세계 물 포럼(The Second World Water Forum)’ 장관회의에서는 경제적인 원칙과 실행 계획들을 어떻게 물과 생태계 보호에 잘 적용할 것인가를 논의하여 2001년 OECD 장관회의의 정책보고서로 제출되었음.
 - 핵심 정책 이슈는 첫째, 지속가능한 발전에 대한 올바른 시장체제의 정비, 정책집행에 있어서 장애요인의 극복, 개방을 통한 시민참여 유인, 상충되는 목표간의 조화를 개선시키는 제도와 의사결정과정의 개선, 경제성장의 지속가능성에 대한 측정의 개선, 지속가능한 발전 목표와 일반 경제부문별 정책과의 보다 나은 통합, 생산과 소비에 있어서 환경에 미치는 부정적 영향을 감소시키기 위한 최적의 기술 혁신과 수행의 강화, 국제적 협력 강화 등임

2) 청정제품 생산을 위한 경제사회적 요소

- OECD(1998)는 거시경제와 관련하여 청정제품(CP)의 3가지 추동요소를 시장수요, 과학기술의 진보, 정부정책 등으로 규정함
 - 시장수요: 기업의 이윤과 기업활동에 큰 영향을 미치기 때문에 CP달성에 강력한 인센티브를 제공함
 - 과학기술의 진보: CP달성의 새로운 기회와 정책수단을 제공함. 민간 부문은 CP기술을 현재의 시스템에 적합하게 개발하고 통합하는데 필요한 투자가 어려우므로 CP가 실제로 산업생산에 침투하려면 정부와 산업계의 협동 R&D 수행과 함께 가시적 성과가 필요함.
 - 정부정책: 법 제정, 가이드라인, 표준, 인적자원과 R&D에 대한 정부 지원 등은 산업계에서 CP의 도입을 고무시키거나 위축시킬 수도 있음.
 - 이때 장애요인은 정책의 부재나 강요, 불충분한 국제적 조화, 불확실성과 모순, 개별부문의 특수한 상황이나 여건을 알지 못할 때 발생하므로 결국 정부정책은 최선의 기술개발을 증진시킴과 동시에 산업계에 널리 확산시키는 것임

3. 지속가능한 과학기술에 대한 국내·외 예측과 전망 ([부록 2] 참조)

3.1 지속가능한 과학기술에 대한 국내 예측

1) 지속가능한 기술혁신체제를 위한 미래 정책 방향

(1) 과학기술정책

- 환경분야 기술투자가 정부R&D총예산의 0.84% 수준에 불과하므로 환경과학기술투자의 확대 필요
- 나노수준 환경문제, 유전자변형동식물 등장 등 새로운 양상으로 전개되는 환경문제에 도전하기 위한 연구개발정책 수립

- 새로운 환경기술의 발전에 따른 환경측정표준의 설정
- 환경시장창출을 위한 적극적인 환경규제 시행 및 환경모니터링 및 감시체계 구축
- 부처간 환경기술개발 추진체제의 종합조정 및 연계협력체계 구축

(2) 산업 및 시장

- 환경산업시장 규모가 적어 새로운 환경시장의 창출 필요 (민간부문 환경투자 확대)
 - 지속적인 환경규제의 강화: 민간부문 환경부문 투자 확대
 - 녹색소비자 운동의 확산에 따른 환경친화제품의 개발
 - Green Chemistry 등 청정생산기술, 청정제품소재 보급
- 환경산업체의 영세성과 채산성이 낮아, 기술혁신역량을 갖춘 첨단 환경기술기업의 육성 발전 필요
 - 사후처리기술위주의 산업으로 사전오염예방 기술산업 발전 필요
 - BT, NT, IT 등 첨단기술을 기반으로 한 환경벤처기업의 지속적인 창업

(3) 기술개발 전략

- 기초원천 등 환경분야 미래원천기술 개발 강화
 - BT, NT, 광기술 등 첨단신기술을 이용한 첨단환경기술개발 및 미래원천기술 투자의 확대
- 환경기술개발 인프라 (시설, 인력, 정보 등) 구축
 - 신 과학기술을 기반으로 한 첨단환경기술분야 우수 연구인력 배출
- 산학연 협동연구체제의 활성화
- 전략적인 기술개발프로그램 추진 및 관리
 - 환경정책목표 달성에 크게 기여할 수 있는 전략적 투자 우선순위의 설정
 - 제2,3세대 환경기술 등 환경산업 파급효과가 큰 분야에 연구개발투자 투자 확대 (환경오염 감시, 예측, 평가 등 환경기반기술의 조기 확보, 자연생태계 보전 복원기술 등)
 - 체계적인 연구 기획 및 평가를 통한 성과중심의 연구개발관리체계 강화

- 실용화 사업 및 성과확산사업 등 환경기술 실용화시범사업의 적극적인 추진
- BT, NT, IT 등 첨단기술의 특성들을 융합한 기술 개발 추진

2) 우리나라의 환경친화적 미래기술 예측

- 과거 환경관리 패러다임에서 오염된 환경의 복원·재생을 도모하는 수용체 관리 패러다임으로 전환되면서 환경복원 및 재생기술 개발의 필요성이 대두되고 있음.
- 정보·통신, 생명공학, 우주공학 등 첨단기술의 발전은 환경문제 해결에도 기여가 가능할 수 있을 것으로 예측됨.
 - 즉 경제패러다임이 부가가치가 높은 고도정밀기술과 지식집약화 중심의 산업구조로 전환됨에 따라 에너지와 자원절약형 생산체제로 전환이 촉진된다는 개념에 따라 개발된 기술의 발전속도·방향·범위 등에 대한 예측 및 평가를 실시함으로써 환경친화적 기술로의 발전이 가능하며, 제품의 설계단계부터 환경문제를 고려한 “환경친화적 설계(Green Design)” 개념의 도입에 의하여 환경친화적 생산기술의 혁신이 예상됨.
- 한편 탈공업화와 정보화사회의 도래로 정보화와 자동화기술이 사회 전반에 도입·응용되어 환경친화적 사회구축이 촉진될 것임.
 - 또한 정보화·자동화기술과 환경기술의 접목에 의한 원격 자동 환경오염 감시 및 제어시스템 구축으로 환경관리의 효율화·고도화가 가능하며 생명공학기술을 이용한 환경오염물질 처리 및 환경에 무해한 제품의 생산을 비롯하여, 신소재기술, 표면처리기술 등 신기술을 활용한 새로운 오염물질 처리기술과 제품의 개발이 예상됨.
 - 지구촌 사회의 공통과제인 지구온난화, 오존층 파괴 및 생물다양성 감소 등 환경문제에 대한 전 세계적 대처 요구가 증대됨에 따라 환경기술개발의 추진 방향도 수질·대기오염 방지 및 폐기물 처리 중심의 기술에서 지구환경보전기술, 해양환경기술, 환경위해성기술 및 청정기술 개발 쪽으로의 비중이 커지고 사후처리 중심에서 사전예방, 오염원 봉쇄·차단 등 오염회피기술과 오염물질의 재자원화기술로 전환될 전망이다.

3.2 지속가능발전 과학기술에 대한 국제적 여건변화와 전망

1) 국제 환경여건 전망

- 92년 유엔환경개발회의(UNCED) 이후 지구환경보전을 위한 지구적 노력이 강화되고 있음.
 - 기후변화, 오존층파괴, 사막화 현상, 생물다양성 보존 등 지구환경문제에 국제적으로 대처하기 위하여 이미 210여개 국제협약체결.
 - 이중 23개 국제협약이 이미 무역규제를 이행확보 수단으로 활용하는 등 환경경쟁력이 산업경쟁력과 밀접한 연관.
 - 유럽을 중심으로 도입되고 있는 탄소세 제도가 도입되기 시작하였고, 탄소세 도입시 에너지 다소비업종인 중화학산업의 산업경쟁력에 영향
- 월경성 환경오염물질 문제가 국제문제로 대두되고 있고, 동북아시아도 중국의 경제발전에 따른 대기오염물질 월경성 문제가 한중일 3국간 중요한 이슈로 부각될 전망.
- 선진국을 중심으로 환경과 무역의 연계 논의가 본격적으로 대두되고 있음.
 - WTO 무역환경위원회(CTE) 설치, 무역에 관한 기술장벽협정(TBT) 체결 등 환경과 무역연계 본격화.
 - 공정 및 생산방식(PPMs) 규제, ISO 14000 제정 등 환경과 관련된 국제규제가 크게 강화될 전망.

2) 국제 과학기술협력의 추이와 핵심 논의사항

- 1992년 UNCED 이후로 많은 성공적인 정책수단과 프로그램들이 개도국과 선진국간의 과학기술협력을 촉진시키기 위해 제시되었는데, 그 핵심 흐름은 오염 통제에서 자원 효율성 추구로의 전환임
 - 많은 개도국과 선진국에서 청정생산과 생산과정에서 통합된 기술적 솔루션을 도입하는 생태효율적 정책과 프로그램을 채택했으나 기술 이전과 기술혁신 속도는 매우 느렸음
- 과학기술은 환경문제와 지속적 경제성장을 해결하는 열쇠임

- 많은 경우 적절한 기술적 솔루션은 이미 존재함에도 불구하고 가격과 정보 부족, 시장실패로 인해 확산되지 못하는 것이 문제임.
- 즉, 다종다양한 환경기술확산프로그램이 있지만 정부의 유연한 확산 활동 수단인 인력양성을 위한 교육, 환경기술에 적응하는 능력 개선을 위한 경영적, 조직적 변화의 유도, 금융지원 등이 필요함.
- 환경 규제는 산업계의 기술혁신 노력을 자극하는 중요한 공공정책이었음
 - 최근의 OECD국가들의 경험에 따르면, 환경기술의 동기부여가 잘 될 때는 다양한 규제수단과 경제제도들이 산업과 기업의 특수성을 고려하여 결합될 때였으며, 공공과 민간의 협동연구 같은 기술정책은 비용효율적인 청정생산과 생산의 혁신을 유도하는 다양한 메커니즘을 형성하는 것으로 판단됨
- 청정제품과 생산공정 등 환경기술의 적정 혁신을 유도하는 것은 OECD국가들의 중요한 관심사였으며, 과학기술이 청정생산을 위한 해결책이라는 인식이 더욱 확산되고 있음
- 성공적인 기술확산을 위해서는 물리적 하드웨어의 이전뿐만 아니라 설비를 사용하는 기능도 중요하므로 기술혁신 역량의 제고, 기술의 채택과 적용, 환경 경영시스템 수행, 설비의 유지와 관리를 위한 교육과 훈련 등이 필요함.
 - 기술이전과 이를 소화·흡수할 수 있는 역량 구축은 동시에 이루어져야 함
- 선진국과 개도국 사이의 기술이전
 - 이는 자원의 일방적 흐름을 뜻하는 것이 아니므로 효과를 나타내려면 모든 참여자들이 기술이전의 전과정에서 각각의 이익과 책임 분배가 실현되는 진정한 협력관계를 구축해야 함.
- 연구성과의 상업화 제고를 위한 공동협력
 - 정부, 기업, R&D관련 기관, 중개자들 간의 협력이 선진국으로 국한되고 있으나 개도국으로 확장되어야 함

3) 선진 주요국의 지속가능 기술개발 추진 동향

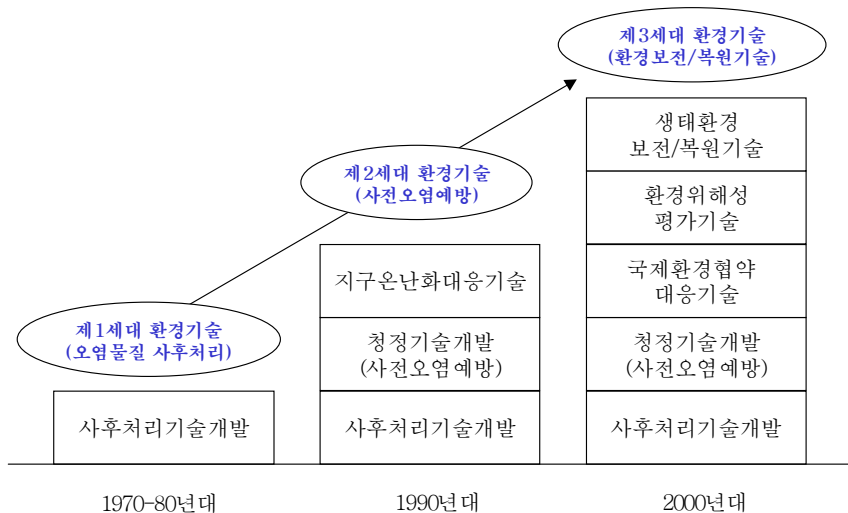
- 선진 주요국은 지속가능한 발전을 위한 환경기술(ET)을 21세기 유망과학기술분야로 선정하여 전략적으로 추진

[표] 선진 주요국의 21세기 유망과학기술

국가명	21세기 유망과학기술 분야
미국	에너지, 환경, 농업/식량, 정보통신, 정보, 재료, 제조/로봇, 의료, 우주, 교통
일본	재료/공정, 전자, 정보, 복지, 환경, 생명, 우주, 교통, 농수산, 해양/지구, 자원/에너지, 통신, 생산/기계, 보건의료, 도시/건축
프랑스	보건, 환경, 통신, 운송, 소비물자, 주거/인프라, 생명과학, 정보, 에너지, 재료
영국	환경, 교통, 화학, 방위/우주, 에너지, 금융서비스, 식품, 보건, 정보/통신/매체, 재료, 소매서비스
독일	재료/공정, 정보/전자, 소립자, 통신, 생명과학, 해양/지구, 에너지, 광물/수자원, 환경, 농림수산, 생산, 도시/건축/토목, 우주, 교통, 의료/보건/사회생활

자료: 2025 과학기술장기발전위원회, 21세기 지식기반사회를 개척하는 국가과학기술 중 장기 발전계획 수립에 관한 연구, 1999.

- 환경기술의 경우, 1970-80년대 제1세대 환경기술개발에서 1990년대 이후 제2, 3세대 환경기술개발 추진



[그림] 환경기술개발 패러다임의 변천

- 국제환경규제, 환경-무역 연계에 따른 국가전략 차원의 환경기술개발 추진
 - 오존층파괴물질, 온실가스, 생물다양성 등 국제규모의 환경문제의 대두 및 국제규제가 진행됨에 따라 자국산업의 경쟁력 확보차원에서 국제규모의 환경문제 대응기술개발을 적극적으로 추진.
 - 1980년대에는 대체에너지개발 및 에너지 절약기술개발을 에너지안보 차원에서 추진하였으나, 1990년대 이후에는 화석에너지 사용에 따른 환경문제와 자원고갈 대응 차원에서 적극적으로 추진.
- 생명과학, 신물질개발 등 과학기술의 급속한 발전에 따른 새로운 패턴의 환경문제에 대응하기 위한 지속가능형 기술개발을 적극적으로 추진
 - 생명과학의 발전에 따른 유전자변형동식물 (LMOs)의 환경(인체, 생태계) 위해성 평가를 적극적으로 추진
 - 내분비장애물질 문제의 대두로 기존화학물질 및 신규화학물질에 대한 위해성 평가 연구가 중요하게 부각되었으며, 특히 의약산업 및 화학산업의 발전에 따른 새로운 화학물질 개발의 홍수로 환경 위해성 평가 연구를 중요하게 간주
- 환경오염 및 복원이 장기간에 걸쳐서 나타나는 분야로 토양 및 지하수 오염, 생태계 파괴 등이 중요하게 부각되면서 생태계 보전 및 복원 기술을 중요하게 다루고 있음.
 - 토양 및 지하수 오염은 장기간에 걸쳐서 이루어지고, 오염복원을 위한 비용이 장기간에 걸쳐서 크게 발생하는 문제로 1990년대 이후 중요하게 부각되었고, 이에 대응하기 위한 기술개발을 적극적으로 추진.
- 국가간 월경성 대기오염문제의 대두에 따라 국제공동연구를 적극적으로 추진
 - 대기오염물질의 월경성으로 국가간 분쟁의 소지가 발생함에 따라, 국제협력을 통한 월경성 대기오염에 대응하기 위한 국제공동연구를 적극적으로 추진.

- 정보기술의 발전에 따른 실시간 환경모니터링 및 감시체제 구축을 위한 기술개발의 적극적 추진
 - 정보기술의 발전에 따라 실시간 환경모니터링 및 감시체제의 구축이 가능하게 됨에 따라, 이를 구현하는데 필요한 환경센서 및 빠른 분석기술개발을 적극적으로 추진.

□ 미국의 지속가능형 과학기술정책 추진 동향

- 2020 지속가능한 환경과학기술 추진 전략 수립
 - 클린턴 행정부는 93.2월 환경기술산업발전 및 환경기술개발을 체계적으로 지원하기 위하여 환경기술개발선도(Environmental Technology Initiative) 예산을 전략적으로 배정하였고, 매년 1.2억불 정도 예산 투입
 - 최근 2020년까지 폐기물발생 40-50% 감축, 에너지사용 30-40% 축소, GDP당 자원이용 20-25% 축소 등 정량적인 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 기술개발 추진 중

○ 주요 기술개발 프로그램

[Strategic Environmental R&D Program]

- 미국 국방부(DOD), 에너지부(DOE), 환경청(EPA)가 공동으로 추진하는 프로그램으로 오염처리, 자연보전, 사전오염예방 등 환경분야의 연구개발을 지원
- 지원방식: 핵심기술과제를 지원하는 Core Project와 아이디어탐색 및 검증연구과제를 지원하는 Seed Project로 구분하여 지원

[Science to Achieve Results (STAR) Program]

- 환경분야 기초과학기술 발전을 위하여 EPA ORD가 지원하는 기초연구지원프로그램으로 석박사 인력양성에서부터 연구개발까지 다양한 연구개발프로젝트를 지원
- 1년에 4회에 걸쳐서 자유공모형식으로 추진

[Innovative and Alternative (I/A) Program]

- 추진목적: 기존의 처리공정에 대한 대체기술 도입과 개발을 통해서

비용절약을 촉진하기 위하여 착수된 기술개발지원프로그램으로 혁신 기술(innovative technology)와 대안기술(alternative technology)의 실용화를 촉진

- I/A 프로그램을 통하여 약 3000지역의 폐수처리문제를 효과적으로 해결

[Design for Environment (DfE) 프로그램]

- 그린공정(Green Process), 그린공학(Green Engineering) 등 청정생산 공정 설계 및 제품설계를 지원하는 프로그램을 지속적으로 산업계와의 파트너십으로 추진 중
- 동 프로그램과 연계하여 Green Chemistry 기술개발프로그램을 만들어 청정기술개발을 지원하고 있음 (1995년 클린턴 행정부는 Green Chemistry계획을 발표)

□ 일본의 지속가능형 과학기술정책 추진 동향

- New Sunshine Program은 신에너지 개발을 비롯하여 에너지관리에 중심을 둔 기술개발 프로젝트
- 밀레니엄 프로젝트
 - 밀레니엄 프로젝트는 21세기를 맞이하면서 인류가 직면하고 있는 정보화, 고령화, 환경문제를 혁신적인 기술개발을 통해 대응하기 위해 제안된 계획으로서 1998년부터 준비하기 시작한 이 프로젝트는 기업, 학계, 정부가 공동으로 연구를 추진하고 있음
 - New Sunshine Program과 함께 일본이 차세대 3대 유망산업(ET, IT, BT) 육성을 위해 추진 중인 사업중의 하나인데, 이 프로젝트의 주제는 순환형사회의 구축이며, 크게 지구온난화 방지기술 개발, 유해물질의 적정관리기술 개발, 순환형 경제사회구축을 위한 조사연구로 나뉘어 추진되고 있음

□ 중국의 지속가능형 과학기술정책 추진 동향

- 중국에서 국가 차원의 종합적인 환경관리가 등장한 것은 1990년대 중반부터이며, 종합적인 환경관리계획으로 1996년부터 시작된 '21세기 녹색프로젝트'와 경제·사회발전 전략인 9·5계획(1996-2000년), 10·5계획(2001-2005) 등이 있음
 - 9·5계획(1996-2000년)기간에 추진된 환경계획은 지속가능한 사회로 나아가는 전환점이 된 것으로 평가받고 있음
- 21세기 녹색프로젝트
 - 21세기 녹색프로젝트(China Trans-Century Green Project Plan)는 중국정부가 환경질 개선을 위해 가장 중점을 두고 진행하는 계획으로서 10·5계획 등의 경제사회계획과 '2010년까지의 장기목표'(Long-Range Objectives for the Year 2010)를 달성하기 위한 중요한 수단임.
 - 이 프로젝트에서는 환경에 중요성 부여, 기술적·경제적 타당성의 확보, 환경 및 사회에 대한 영향과 경제적 수익과의 조화, 오염자부담원칙, 기업과 지방정부에 의한 재원조달, 현재의 투자제도 하에서 구체적 사업의 이행을 주요원칙으로 삼고 있음

4. 과학기술분야의 지속가능발전을 위한 추진전략

4.1 기본방향 및 환경친화적 기술혁신 변화

1) 기본방향

- 환경오염유발요인 증가의 해결을 위한 지속가능 기술수요에의 대응
 - 한정된 국토면적 하에서 도시화, 산업화, 인구증가, 생활양식의 변화 등으로 환경오염유발요인의 폭발적 증가에 대응 가능한 기술개발 필요

- 오염된 환경복원을 위한 지속가능 기술수요에의 대응
 - 산업화 과정에서 이미 환경기준을 초과하여 오염·파괴된 환경의 재생복원 기술개발 필요.
- 중국의 경제발전에 따른 월경성 환경오염문제에 대응
 - 중국의 급속한 경제발전에 따른 월경성 대기오염문제, 황해오염 문제 등 동북아 월경성 환경오염문제에 대응하기 위한 연구개발 필요.
- 국제적 환경규제 강화에 대비한 지속가능 기술수요에의 대응
 - UNEP, UNDP, OECD 국제기구의 환경논의가 강화되고 있고, 환경과 무역의 연계 논의가 본격적으로 대두됨에 따라 국내산업의 피해를 최소화시키기 위한 기술개발 필요
 - 오존층파괴물질 사용 제한, 지구온난화 가스 배출 저감, 중점관리 유해화학물질 사용 제한 등 국제 규제 대응 기술개발 필요.
- 신기술 개발에 따른 다양화, 복잡화, 광역화된 환경오염을 해결하기 위한 지속가능 기술수요에의 대응
 - 각종 새로운 합성화학물질의 개발 사용과 1차 오염물질의 상호작용, 나노소재(nano-material)의 등장에 따른 나노수준의 환경이슈 대두, 유전자변형동식물의 등장에 따른 환경(인체 및 자연생태계) 위해성 평가 등 새로운 형태의 환경문제 도전과제가 대두.
- 환경가치의 증대와 함께 성장하는 지속가능형 산업을 국가전략적으로 육성 발전시키기 위한 기술역량 제고 필요
 - 우리나라 지속가능형 산업을 국가전략산업으로 육성 발전시키기 위한 전략적 산업기술 육성 지원 필요.

2) 환경친화적 기술혁신의 확산

(1) 환경친화적 기술혁신을 통한 산업의 비효율성 극복

- 환경친화적 기술혁신("Green" technological innovation)의 두가지 원리
 - 산업이 낳은 오염은 비효율성과 같으므로 폐기물을 감소시켜 생산성을 증가시켜야 함

- 제품 재설계를 통해 제품의 질적 개선 도모

(2) 합리적 환경규제를 통한 환경친화적 기술혁신을 유인

- 기업의 기술혁신 동기 유발 압력 창출
- 기술혁신을 점진적으로 도입하도록 시간을 허용
- 자원의 비효율적 사용과 잠재적 기술개선에 대해 기업을 계도
- 환경친화적 제품과 생산능력 향상을 위해 필요한 기술 개발 지원
- 환경친화적 기술을 상업적으로 활용하도록 경제계를 조정, 유도

[이론 고찰] 환경규제를 통한 환경친화적 기술혁신 유인론

□ 환경규제 강화는 기업의 생산비를 높여 산업의 국제 경쟁력을 약화시킬 가능성이 있으므로 본래 의도와는 달리 산업 전반에 부정적인 영향을 미칠 수도 있음

- 그러나, 경영학자와 경제학자 일각에서는 적절한 조건과 형태의 환경규제는 장기적으로는 오히려 산업의 국제 경쟁력을 높이고 신산업 및 새로운 부가가치를 창출한다고 주장함
 - 미국의 경우 애초 예상했던 환경비용에 비해 실제 환경규제에 따른 비용은 적은 것으로 조사됨
 - 환경규제는 생산기술의 혁신을 유도해 오염 감소와 더불어 생산비용 절감을 유도함. 히타치의 경우 1991년에 재활용법(Japanese Recycling Law)이 시행된 이후 기술 및 공정혁신을 통해 세탁기와 진공청소기의 부품을 각각 16%와 30% 줄였고 생산비용 역시 절감함(Porter and van der Linde, 1995)
 - 환경규제로 인해 유발된 신기술은 선진입자 편익(early-mover advantages)을 누리게 되고 세계시장에서 기술 우위를 통해 수출 확대로 이어짐. 독일의 경우 재활용규제의 강화 이후 포장 간소화 기술이 개발되었고 수출 확대로 이어짐. 제지업체인 카미르앤드선즈(Kamyr and Sunds)와 커밍스 엔진의 경우 저오염 기술 개발을 통해 세계 시장에서 선진입자 편익을 누리

□ 이처럼 환경규제는 생산비용을 높이는 효과도 있지만 기술 및 공정혁신을 유도하여 장기적으로는 소위 “기술혁신 차감효과 (Innovation Offset)”를 통해 생산비용을 낮추는 효과도 있음

- 또한 환경규제는 자원 절약을 유도하여 생태친화적 (Eco-friendly)이고 생태효율적(Eco-efficiency)인 경제 발전을 가능하게 함
 - 환경규제는 기업으로 하여금 폐기물의 양을 줄이고 재활용율을 높이도록 유도함. 미국 뉴저지의 시바가이거(Ciba-Geigy)의 경우 공정혁신을 통해 폐수를 40% 줄이고 슬러지를 재활용하여 연간 74만불의 비용을 절감함(Dorfman, Muir and Miller, 1992)
- 단, 모든 형태의 환경규제가 이러한 차감효과를 가져오는 것은 아니므로 차감효과를 거두기 위해서는 기업의 이윤 동기를 바탕으로 기술혁신을 유도하는 전략적 형태의 환경규제를 마련할 필요 있음
 - 즉, 종래의 제한규제(command-and-control)에서 벗어나 시장지향적 (market-oriented) 규제로 바뀌어야 하며, 현재 환경기술의 수준을 감안하여 순응 가능한 범위의 단계적 규제가 바람직함
 - 또한, 산업간·기업간 기술 확산이 가능하도록 기술개발을 위한 인프라 및 협력·네트워킹을 지원하고, 기술의 공공성을 감안하여 기술개발비를 지원하는 것이 중요함

(3) 청정기술의 개발과 확산

- “개도국에 환경적으로 건전한 기술(Environmentally Sound Technologies: ESTs)의 이전과 확산이 필요함.
 - 이를 위해 기술협력을 증진시키고, 필요한 기술적 노하우뿐만 아니라 경제적, 기술적, 경영적 역량을 구축하는 지원수단이 필요하며, 성공적 기술협력을 위해서는 공급자와 수요자, 정부와 기업의 공동 노력이 필요.

3) 지속가능형 과학기술 개발 패러다임의 변화

- 지속가능한 과학기술 개발의 필요성에 따라 무엇보다 환경기술개발 패러다임이 오염물질을 효율적으로 처리하기 위한 제1세대 환경기술 개발에서 환경/생태와 경제의 상생 차원의 통합적 환경관리를 목표로 한 제2, 3세대 환경기술개발 패러다임으로 전환

구분	제 1 세대 환경기술 R&D	제 2 세대 환경기술 R&D	제 3 세대 환경기술 R&D
패러다임	· 효율적인 오염물질 처리 및 주요 오염원 관리	· 사전오염 예방 (오염물질 배출 최소화 및 재활용)	· 토탈 환경친화사회 구축 · 수용체(receptor) 중심의 환경관리
환경인식	· 경제성 (Economy) 논리: 경제발전을 위해서 오염물질 배출 불가피	· 원천적 환경오염물질 배출 최소화	· 환경/생태 (Environment & Ecology): 환경보전 · 자연과 공존
환경정책	· 오염물질 배출 규제	· 사전오염예방 · 환경구매자의 등장	· 지구환경 및 자연환경 보전
기술개발 목표	· 환경규제 대응 (현안환경문제 해결)	· 규제대응 및 자원절약 (환경 경쟁력 강화)	· 수용체 중심의 통합환경관리 (생태계 보전 등 자연과 공존)
기술개발주요특징	· 오염물질 사후처리기술 (waste treatment)	· 청정생산기술 · 환경친화제품	· 환경보전, 환경복원 및 재생
주요기술예시	· 유해가스제거기술 · 집진기술 · 오폐수처리기술 · 정수기술	· 저공해 생산공정기술 (생산공정내 오염물질 배출 최소화 및 재활용) · 저공해 원료사용	· 토양·지하수·생태계 복원기술 · 환경(인체, 자연생태계) 위해성 평가
기술특성	· 엔지니어링 기술	· 첨단 공학기술	· 과학기반기술 · 융합기술
학문영역	· 환경/화학공학, 기계전자	· 환경/화학, 기계전자, 생명과학, 신소재	· 생명과학, 보건의료, 신소재, 나노테크, 정보전자통신 등
기술수요	· 개발도상국 등 산업화, 도시화 진행 국가		· 선진국
환경효과	· 오염원 주변	· 오염원 주변	· 사회전체시스템 · 지구 규모

4.2 목표 설정

- 환경오염을 예방할 수 있는 환경관련기술 및 산업 육성, 지식집약적 산업을 포함하는 환경친화적 산업구조로의 개편.
 - 재정, 산업, 에너지, 농업, 관광 등에 환경정책의 연계를 강화하는 「경제와 환경부문의 통합정책 개발」
 - 전과정평가(LCA)의 생산/소비체제 확립
 - 청정기술 재생에너지 개발 등 「청정산업 육성」
 - 통신 및 지식인프라를 바탕으로 한 「정보사회의 환경행정 추구」
 - 첨단환경기술이나 지원체계를 개발, 소유한 벤처기업을 육성·지원 하는 「환경산업의 진흥」 등 환경보전과 산업경제 활성화를 동시에 제고할 수 있는 대책의 추진.
- 민간투자의 유인을 위한 공공과 민간의 파트너십으로 수행되는 환경 관련 R&D 프로그램들을 통하여 투자의 효율성 제고
 - 환경과 지속가능성 목표를 위한 R&D 노력에 초점을 맞추기 위해 기술예측과 클러스터 같은 혁신네트워크를 부양하는 정책수단 개발
- 지속가능성 목적달성을 위하여 환경 관련 기술혁신의 공급측면과 수요측면을 동시에 자극하는 공공정책 추진
 - 점진적(incremental) 혁신은 물론 급진적(radical) 혁신을 증진시키기 위해서 환경정책을 기술혁신정책으로 보완해야 함.

4.3 추진 전략

[전략 1] 환경친화적 과학기술의 발전을 위한 국가연구개발 체계 구축

1) 개요

□ 지속가능한 연구개발(R&D)에 대한 개념과 과학기술의 역할

- 연구개발사업의 기획 단계에서부터 과제의 선정, 평가 및 연구성과의 상업화에 이르는 기술혁신의 전과정을 환경친화적 관점에서 검토하고 시행

- 기술혁신과 환경이슈: Win-Win 정책 필요
 - 기술개발과정에서 환경측면에서의 부작용을 최소화하고 환경성과를 높일 수 있도록 하고 동시에 환경정책이나 규제에 의해 기술혁신활동이 위축되지 않도록 기술혁신을 촉진하고 경쟁력을 강화할 수 있는 과학기술정책 및 국가혁신체제의 구축이 필요함

□ 환경문제 해결을 위한 과학기술 발전방향

(1) 친환경기술개발

- 핵심 환경기술에 대한 연구개발 우선순위 설정 및 종합조정
- 친환경기술개발을 위한 국가연구개발사업의 지속적 추진
- 민간에서의 친환경기술개발을 촉진하기 위한 정책 지원

(2) 환경친화적 기술혁신체제

- 국가연구개발사업에서의 환경목표 반영
 - 프로그램 미션에 환경보호와 관련된 조항 반영
 - 과제 기획 및 선정시 환경영향 평가
 - 환경친화적인 과제 수행방법(실험설비나 장치, 실험방법 등)

2) 환경친화적 차세대 연구개발체제로의 발전

□ 연구개발 전략 수립 및 기획단계에서의 환경문제 고려

- 국가연구개발 전략 수립 및 주요 사업 기획시 기술 혹은 경제 측면에서의 다른 전략적 고려 요소와 같이 환경이슈에 대한 항목이 체계적이고 포괄적으로 검토되도록 하고, 환경성과의 개선이 단지 기본적인 의무로만 인식되는 것이 아니라 경쟁우위를 확보하기 위한 잠재적으로 강력한 수단이 될 것으로 인식하여 연구개발사업의 구성시에도 환경의 전략적 중요성이 반영되어야 함.
 - 연구개발사업의 기획시에도 R&D 포트폴리오를 결정하는 과정에서 환경문제를 통한 기회요인과 위협요인을 분석하여 필요시 관련과제들을 포함시킴

□ 연구개발인력에 대한 친환경교육

- 연구개발인력 특히 과학기술자들을 위한 ‘지속가능형 과학기술교육프로그램’을 개발하고 적극적으로 참여할 수 있는 제도적 장치를 마련해야 함
 - 연구개발인력들에 대해 직접적으로 해당 분야의 연구개발활동과 관련된 환경문제는 물론 일반적인 환경 이슈들을 다루는 별도의 교육 프로그램을 실시하고 인사고과에도 반영함.

[전략 2] 지속가능형 과학기술정책 개발 및 연구개발사업 기획

<정책과제 2-1> ‘순환형 사회’로의 전환을 위한 과학기술정책 모형 개발

- 재활용(Recycle)에서 저감(Reduce), 재이용(Reuse)으로 전환 및 물질 흐름을 고려한 재통합(Reintegration)을 지향
 - 국가연구개발사업 중 제품기술 또는 공정기술 개발 과제의 경우, 환경친화형 설계(DfE), 생태디자인(Eco-Design)과 전과정 평가(LCA)를 염두에 두거나 반드시 거쳐야 하는 항목 도입

<정책과제 2-2> 지속가능형 연구개발사업 기획

- 지속가능형 사회로의 전환을 위해 필요한 과학기술 중 타부처가 수행하고 있지 않은 분야를 중심으로 기획

(세부과제 1) 새로운 패러다임으로서 대안기술 발굴 프로그램 기획

- 자연보전 우위, 순환경제 및 탈물질화 등 새로운 패러다임의 과학기술 정책하에서 대안기술 발굴
 - 경제적 성장에도 불구하고 생태·사회복지의 미흡
 - 차세대의 지속가능한 발전을 위한 과학기술 차원에서의 기반 제공
 - 지구적 과제에 대한 근본적 변화의 요구

- 생태계
 - 물 재활용 및 물 절약 (예 : 빗물, 중수도 등)
 - 토양의 산성화 방지 → 유기농업 지원
 - 대기 질 확보 → 교통시스템 전환, 도시 인구집중 해소
 - 습지 손실의 보호
 - 숲의 보호 → 자연보호 지역의 확대
 - 생태계의 분할(Ecosystem Fragmentation) 문제 : 도시 생태계 문제, 국토 개발 문제 등
- 에너지
 - 재생에너지의 확대 : 태양, 바람, Biomass, 지열, 조력, 소규모 생태 친화적 수력 등
 - 연료전지(Fuel cell)의 가능성 제고 : 수소, 천연가스 등 이용
 - 상온 핵융합(Cold Fusion) 등 신대안기술 가능성 검토
- 생활양식 및 문화
 - 시장에서의 소비패턴을 지속가능한 방향으로 전환
 - IT와 순환경제 및 탈물질화의 연결
- 식량
 - 유기 농업 지원
 - 지역내 공동체에서의 농업생산물의 소비 촉진 (장거리 이동 제한)
- 사회시스템
 - 교통시스템 전환 → 도시간 철도의 확충, 도시내 자전거 이용 Infra 구축
 - 도시 인구 집중 해소 정책
 - 친환경 주거구조로의 전환
 - 환경세(Eco-tax) 등을 통한 자원 사용 최소화 정책
 - 총체적 사회 시스템의 지속가능성 통합 연구
 - 생태, 인구변동, 생산소비양식, 취업, 노동의 질, 분배정의, 사회 안정 등의 상호연관 모델 연구
- 건강, 안전
 - 방사능(Radioactivity)으로부터 안전 : 원자력 발전의 안전문제
 - GMO, LMO 등으로부터의 안전

- 식품 안전
- 대체의학
 - 동양의학과 서양의학의 조화와 접목을 위한 과학기술 융합화 연구
 - 자연치유력의 균형과 조화

(세부과제 2) 지속가능한 친환경화학 연구개발 프로그램 기획

- 친환경 화학(Green Chemistry)을 통한 식물성 산업원료 개발 추진
 - 천연물질보다 화학물질을 더 많이 쓰고 있는 현재의 구조를 바꿈으로써 지속가능한 경제 체계 구축
 - 친환경 화학은 환경친화적인 공급 원료, 반응물, 촉매와 화학제품을 찾아내는 데 관심을 두고 추진
 - 다양한 전통 산업원료들을 생물학적 원료 형태로 생산
 - 감자 녹말, 석회석, 재활용 섬유를 소재로 생분해성 식품용기 제조
 - 옥수수 당분으로부터 플라스틱 생산으로 기존의 석유계 플라스틱 대안제품 개발
 - 식물의 정화능을 이용한 중금속과 오염물질 흡수, 분해
 - 전통적 고려사항인 성능, 공정 효율, 비용과 함께 가장 중요한 설계 조건으로 건강과 환경의 영향 통합이 제기되고 있음
 - 화학과 소재 연구자들은 독성물질의 사용과 폐기문제의 해결을 위해 무독성 대체물질 발굴에 주력해야 함
 - 지구상에 독성 부하를 늘려온 물질을 대체할 더 안전한 재료, 제품, 공정을 찾아내야 함

[전략 3] 중앙정부와 지방정부의 전략적 관계 강화를 위한 친환경 기술혁신체제의 구축

- 환경기술혁신은 한 국가의 환경관련 주체들이 상호간에 긴밀한 협력을 하여야만 효과적으로 창출될 수 있음
 - 국가혁신체제의 개념을 환경기술분야에 적용하면 이른바 “환경기술혁신체제”(national innovation system for environmental technologies)이라고 명명할 수 있을 것이며, 이는 국가혁신체제의 하위체제의 개념으로 파악할 수 있을 것임.
- 국가혁신체제는 지역혁신체제의 총합이며, 지역의 주요 혁신주체들간의 상호작용적인 학습 및 이로 인한 혁신의 효율적인 창출 및 활용으로 지역경제의 발전 및 국가발전 도모
 - “환경친화적인 지역혁신체제”의 개념에 따라 지역의 환경친화적 발전과 지역경제의 활성화의 두가지 목표의 조화로운 달성, 즉 지역의 지속가능한 발전 전략이 용이하게 추진될 수 있을 것임
 - 특히 그동안 지방자치단체들간 개발과 보전을 둘러싼 다양한 갈등이 많이 발생한 것을 감안하면 환경친화적인 국가혁신체제의 개념은 국가전체의 혁신과 지역혁신의 측면에서 이 갈등을 용이하게 풀어나갈 수 있을 것으로 기대됨.

[참고] 환경친화적 지역혁신체제

- 이 같은 “환경친화적 산업혁신체제” 및 “환경친화적 지역혁신체제”의 구축 및 운용에 있어서 “환경기술혁신체제”(national innovation system for environmental technologies)는 가장 핵심적인 역할을 담당하고 있음
 - 환경기술은 범용성이 매우 높은 기술로서 전통적인 산업부문에 적용 가능할 뿐만 아니라, 최근에는 다양한 청정기술들이 각 산업분야에서 개발, 활용되고 있음
 - 이 점에서 환경기술혁신체제는 다양한 산업 및 다양한 지역에서 과학 기술 지식이 흘러 개발, 확산됨으로써 우리나라의 산업혁신체제 및 지역혁신체제의 환경친화성 달성에 많은 공헌을 할 수 있을 것임

- 혁신 클러스터의 관점에서 지방의 친환경 과학기술혁신 추진체제의 확립
 - 혁신 클러스터 전략의 수립 및 집행을 위해서는 추진체제의 확립이 무엇보다 중요
 - 친환경 기술혁신 추진체제를 형성함에 있어서 중요한 점은 중앙정부 및 지방정부의 행정조직이 정책을 조정할 수 있는 역할을 해야 하며, 행정의 전문성을 확보
 - 클러스터를 형성하는 핵심 주체인 기업과 대학 및 연구소가 주체적인 역할을 수행하여야 하며 지속적인 전문가 포럼 등의 논의를 통해 합의를 도출하되 합의에 참여한 사람들이 도출된 결론을 실행에 옮길 수 있는 장치를 마련
 - 친환경 기술혁신 추진체제의 효과적 구성을 위해 조례의 정비 등 관련 법적 장치를 마련

[전략 4] ET분야 전문인력 확보 방안

1) 현황 및 문제점

- ET산업의 전략적 중요성에 비해 인력양성 및 활용을 위한 정부의 지원이 낮음
- 산업현장수요와 괴리된 전문인력 양성체계
 - 이론위주의 대학교육 및 실용기술 교육 미흡
 - 중장년 및 기존의 환경관리인력에 대한 재교육프로그램의 실효성이 낮고 수요를 충족시키지 못하는 것으로 평가됨

2) 전문인력 양성방안

- 단기적으로는 양적·질적 수급 불균형 해소에 중점
 - 양적 불균형 해소를 위해 ET분야 전문인력의 취업과 활용을 지원
 - 세부직종별 수급현황과 전망을 바탕으로 수급정보를 활성화하고 시장기능을 통한 중·장기적 수급 균형을 모색
 - 환경벤처 지원을 강화하여 수요를 늘리고 인력의 유동성을 활성화하

- 여 관련분야로 ET분야 전문인력의 진출을 늘이도록 함
- 인턴십 프로그램을 확대하고 신규인력의 현장실습·재교육 프로그램 도입
- 질적 불균형 문제 해소를 위한 재교육 프로그램을 확대 실시하고 현장기술 중심으로 교육과정 재편
 - 산업현장인력의 재교육을 강화하고 신기술분야에 진학하는 경우 교육 비용을 지원
 - 교과과정에 현장 및 실용기술의 비중을 높이고 현장실습을 필수화함
- 전통환경분야의 신규인력 양성을 단계적으로 줄이고 학제간 교과과정을 확대하는 등 교육과정 및 분야별 규모 재편

[전략 5] 과학기술분야의 지속가능성 모니터링 및 평가지표 확립

- 과학기술분야의 지속가능성을 제시한 지표(5.1 참조)를 토대로 실현가능성에 따라 단기와 중장기 추진 지표로 구분 시행함으로써 모니터링 및 평가 수행
- 지속가능한 과학기술의 발전을 위해 자인지표와 환경지표를 연계시켜 총체적인 분석·평가가 바람직함
 - 사회지표와 경제지표 역시 상호 연계시켜 분석 필요
- 과학기술부가 주관하여 모니터링 및 평가 결과를 토대로 정기 보고서 발간

5. 지속가능한 과학기술을 위한 평가

5.1 과학기술분야의 지속가능 발전지표 개발

- 환경의 지속가능성을 평가하기 위한 다양한 지표들은 크게 환경·자원지표와 사회·경제지표로 구분할 수 있음
 - 자원·환경지표
 - 자인지표 : 생산활동에 사용되어 소모되는 광물자원, 에너지, 수자원

등의 양

- 환경지표 : 생산활동의 부산물로 발생하는 대기오염, 수질오염, 폐기물 등의 양

○ 사회·경제지표

- 사회지표 : 생산활동을 통해 발생한 사회적 효과(예, 실업감소, 빈곤인구 감소, 빈부격차 감소)를 통해 사회의 지속적 성장에 기여한 정도
- 경제지표 : 생산활동을 통해 발생한 경제적 효과(예, 부가가치 생산 증가, 이익률 상승)를 통해 경제의 지속적 성장에 기여한 정도

1) 지속가능성 지표의 정의

○ 지속가능성의 정의

- 본 연구에서는 “환경과 성장이란 두 가지 목표를 동시에 달성할 수 있는 ‘정상상태(steady-state)’ 혹은 ‘안정적 균형 성장’의 개념, 즉 “환경적으로 지속가능한 성장(environmentally sustainable growth)”으로 정의함

○ 지속가능성 지표의 정의

- 이에 따라 지속가능성 지표는 ① 경제활동으로 발생하는 환경오염의 사회적 손실과 ② 성장을 통한 개인 후생의 증가를 동시에 평가하여 GNP가 나타내는 총후생척도가 아닌 순후생척도를 평가할 수 있어야 함

2) 지속가능성 지표의 예

○ GNP

- GNP는 국민생활의 질이나 복지수준을 나타내는 지표로 널리 사용되어 왔으나 소득분배, 질적 향상, 비시장 활동 등을 평가하지 못하는 문제점 있음
- 더욱이 자원고갈과 환경오염으로 인한 사회적 손실을 포함하지 못함

○ Hicks의 순수국민소득과 Green GNP

- Hicks의 소득개념에 따르면 개인이나 국가가 일정기간 동안 실제로

- 소비한 재화나 서비스만이 순수한 의미의 국민소득으로 볼 수 있음
- 이에 따라 Hicks의 Green GNP는 국민순생산(NNP)에서 통근비용, 경찰서비스, 위생서비스, 도로 유지·보수, 국방 등에 지출되는 방어적 지출(defensive expenditure)과 자원고갈로 인한 사회적 손실분을 빼 것으로 정의됨
 - 이외에도 미요헤이 교수의 국민복지척도(Net National Welfare)나 줄로타스의 경제적후생(Economic Aspects of Welfare), 델리와 콥의 지속가능경제복지지수(ISEW) 등 다양한 형태의 Green GDP 개념이 주장됨

○ Ecological Footprint(EF)

- 환경지표, GNP, Green GNP는 환경에 대한 사회적 수요와 자원의 제약이라는 지속가능성의 기본적 요소를 동시에 포괄하지 못하는 것으로 지적되어 왔음
- EF는 단위당 소비를 가능하게 하는 개별 혹은 통합적 자원(예, 토지)의 양으로 정의되며, 현재의 소비활동을 위해 요구되는 자원의 크기가 자원부존량을 초과할 경우 지구의 수용능력이 초과된 것으로 판정함

[예시] UN의 SD 지표

환경 부문			
주제	세부주제	목적, 목표 및 기준	지표
대기	기후변화	i) 모든 선진국의 CO ₂ 배출량을 2008년에서 2012년까지 1990년의 5%수준까지 감축(Kyoto 97) ii) 대기에서 GHG농도를 기후시스템에서 인류발생을 방해하는 위험요소를 예방하는 단계까지 안정화(FCCC)	온실가스 배출
	오존층 파괴	ODS 소모 감축 일정 : 1994년까지 halons; 1996년까지 CFC, 사염화탄소, HBFC, 메틸 클로로포름; 2010년까지 메틸 브롬화물; 2030까지 HCFC(몬트리올 협정 및 수정안, 조정안)	오존 파괴물질의 소비
	공기 질	WHO의 공기 질 지침에 근거한 국가 공기 질 기준	도시지역의 공기 오염물질의 농도
토양	농업	영양실조 인구를 2015년 이전에 현재의 절반수준으로 감소(Rome96)	경작에 알맞고 영구적인 농경지역 비료 사용 농약 사용
	삼림	i) 국제적으로 교역되는 모든 열대 목재 들은 2000년까지 지속가능하게 관리 된 삼림에 기초해야 한다.(국제열대목 재기구) ii) 국가적 목표들은 지속된 약정 정책에 수립	토지에서 삼림지역의 비율 벌목 정도
	사막화		사막화에 의해 영향을 받는 토양
	도시화		공식적 비공식적 도시지역
	해양, 바다 및 연안	연근해 지역	연근해수의 Algae 농도 연근해 지역에 사는 총 인구 비율
맑은 물	어장		주요 종(species)의 연간 어획량
	수량	국가들간 특정 국제 조약들을 적용시킬 때까지 폐지를 연기	연간 유용수로서 회수되는 지하수/지표수의 비율
생물 다양성	수질	WHO의 마실물의 질에 대한 지침에 근거한 국가 수질 기준	BOD 신선한 물의 대장균 농도
	생태계	2000년까지 주요 생태계를 위한 10%의 보호지역	핵심 생태계로 선정된 지역 전체지역에서 보호지역의 비율
	종(species)		핵심 종(species)으로 선택된 종의 풍부성

경제 부문			
주제	세부주제	목적, 목표 및 기준	지표
소비와 생산 패턴	재료 소비		재료 사용의 정도
	에너지 사용		1인당 연간 에너지 소비량
			재생 에너지원의 소비 비중
			에너지 사용의 정도
	폐기물 배출 및 관리	i) 고체 폐기물의 감소와 재순환을 위한 국가적 목표들을 적용 ii) 유해폐기물의 배출을 예방하고 최소화 (Agenda21) iii) 방사능 폐기물의 관리를 위한 IAEA 의 안전 표준	산업/도시 고체 폐기물의 발생량
			유해 폐기물 발생량
			방사능 폐기물 발생량
폐기물의 재순환 및 재사용			
수송		수송형태에 따른 1인당 이동 거리	
제도 부문			
제도적 틀	지속가능한 개발의 전략적 실행	2002년까지 모든 국가들의 공식적인 관 심사가 반영된 국가 지속가능한 개발 전략(UN General Assembly 97)	국가적 지속가능한 개발 전략
	국제협력		비준된 국제적 협약의 이행
제도적 역량	정보 접근		1000명당 인터넷 가입자 수
	통신 인프라		1000명당 주요 전화 회선
	과학기술	인구 1000명당 종사하고 있는 연구자 수 [AFRICA의 경우] (UNESCO95)	GDP대비 R&D 비율
	재난 대비 및 대응	각 국의 자연재해를 신속하고 효과적으 로 완화시킬 수 있는 역량의 개선(UN General Assembly 89)	자연재해로 인한 경제적 인적 손실

3) 지속가능 발전지표

[단기 추진 지표]

(1) 과학기술부 독자 추진

[지표 1] 국가전체 R&D 투자에서 환경기술 또는 환경친화적 기술에 대한 R&D 투자가 차지하는 비중 및 환경관련 R&D투자에서 청정기술 또는 사전오염예방기술에 대한 R&D 투자가 차지하는 비중	
목적	지속가능발전의 기반인 환경기술 또는 R&D 투자의 제고
변수	- 국가전체 R&D 투자 : a (₩/year) - 환경기술 또는 환경친화적 기술에 대한 R&D 투자 : b (₩/year) - 청정기술 또는 사전오염예방기술에 대한 R&D 투자 : c (₩/year)
지표	<지표 1-1> 환경관련 R&D 투자 비중 : $b/a \times 100(\%)$ <지표 1-2> 사전오염예방 R&D 투자 비중 : $c/b \times 100(\%)$
적용 시간 범위	연도별
비고	위 지표를 선진국과 단순 비교시 유의해야 할 점은 환경문제 (Environmental Stress)에 비례하여 환경관련 기술 중에서도 사전오염예방기술에 대한 투자가 더 증가해야 한다는 것임.

(2) 관련부처와 공동 추진

[지표 2] 실시간 모니터링이 수행되는 환경변수의 수	
목적	국민의 삶의 질에 직접적으로 영향을 주는 환경변수의 모니터링 제고
변수	예를 들면 아래와 같은 변수를 분석할 수 있음(WEF의 ESI 변수 참조) - 대기질 : SO ₂ , NO ₂ - 수질 : DO(Dissolved Oxygen Concentration), P 농도, N 농도 - 토양
지표	변수의 갯수의 누적 합
적용 시간 범위	연도별
비고	- 지역적/국가적 지표 - IT 이용

[지표 3] 전체 에너지 소비에서 재생가능한 에너지 생산의 비중	
목적	총 에너지 사용에서 재생가능한 에너지 생산(예 : 태양, 풍력 등)이 차지하는 비중의 제고
변수	- 총 전력사용량 : p(MW/년) - 수력(특히 소규모 발전시설 바람직) 및 바이오메스, 태양, 바람, 지열을 이용한 전력 생산 : q(MW/년)
지표	$q/p \times 100$ (%)
적용 시간 범위	연도별
비고	- 지역적/국가적 지표화 가능 - ESI지표이기도 함

[중장기 추진 지표]

[지표 4] 과학기술 연구개발 투자의 생태효율 향상 기여도	
목적	과학기술 연구개발 투자의 자원 및 에너지 효율의 향상, 또는 폐기물의 사전예방에 대한 기여 증진
변수 및 지표	<p>총 과학기술투자액(₩) 대비</p> <p><지표 4-1> Energy-Efficiency의 증감 추이 : $\frac{\sum (Energy - Efficiency)}{\sum S\&T Investment}$</p> <p>(주) Energy-Efficiency : Total Energy Consumption per Unit GDP</p> <p><지표 4-2> 최종 처분(매립, 소각 등) 되는 폐기물의 양 또는 비율(증감추이) : $\frac{\sum Quantity of Waste Disposal (ton)}{\sum S\&T Investment}$</p> <p>(주) 폐기물 양의 단위는 ton</p> <p><지표 4-3> 1인당 생태사용량 (ha/W) : $\frac{\sum Ecological Footprint}{\sum S\&T Investment}$</p>
적용 시간 범위	연도별 또는 3-5년 단위
비고	- 3-5년 단위 증감 추이 분석 가능 - 최종 처분 폐기물 양의 최소화가 목표

[지표 5] 개발된 환경기술 또는 환경친화적 기술의 상업화 비율	
목적	연구개발된 환경기술 및 EST의 공적·사적 부문에의 활용성 제고
변수	- 총 연구개발된 환경기술 또는 EST의 건수(프로젝트 기준) : d (건 / 년 또는 3-5년) - 개발된 환경기술 또는 EST의 상용화 건수 : e (건 / 년 또는 3-5년)
지표	$e/d \times 100(\%)$
적용 시간 범위	연도별 또는 3-5년 단위(연구개발 시점과 상업화 시점의 차이 가능성 및 상용 지속성의 분석 필요성을 고려하면 3-5년 단위의 분석도 필요)
비고	- [지표 1]과 연계 - 상업화의 정성적 정량적 파급효과를 반영하는 변수의 검토도 필요

[지표 6] 환경기술 또는 환경친화적 기술의 개도국 이전 비율	
목적	지속가능한 발전은 지구적 환경문제 해결 및 협력과 함께 국제협력이 필요하므로 환경기술 및 EST의 개도국으로의 이전을 촉진
변수	- 상업화된 환경기술 또는 EST의 상업화 건수 : e (건 / 년 또는 3-5년) - 개도국으로 이전된 환경기술 또는 EST의 건수 : f (건 / 년 또는 3-5년)
지표	$f/e \times 100 (\%)$
적용 시간 범위	연도별 또는 3-5년 단위
비고	- [지표 5]와 연계 - 기술의 이전뿐 아니라 이전 후 개도국에서의 정착과 확산에 대한 고려도 필요

5.2 지속가능 발전지표에 따른 이행 평가

1) 최적 지표의 선정 및 평가

- 앞서 제시된 지속가능 과학기술의 발전을 위한 단기 및 중장기 추진 지표 중 적합한 지표를 선정하여 과학기술부가 관련 부처와의 협의하에 매년 평가하여 발표
 - 단기 지표 중 과학기술부가 단독으로 추진하는 [지표 1]의 경우, 국가연구개발사업 예산의 사전 조정을 위한 조사·분석·평가 자료 제출시 환경친화적 기술 투자액을 합산하여 지표를 산정토록 함
 - 단기 지표 중 부처간 공동으로 추진해야 할 [지표 2]는 환경부, [지표 3]은 환경부, 산업자원부, 건교부 등 관련 부처들과 협의하여 주무 부처를 결정한 후, 자료를 공유하여 추진
- 지표 산정 후 우리나라 과학기술 발전의 지속가능성 추이를 언론에 공표하며, 전년도에 비해 개선되지 않은 지표는 관련 정책에 반영하여 향후 개선을 유도

2) 지속가능성 지표 개선을 위한 대책

(1) 정부 차원

[과학기술부 독자 추진]

- 국가연구개발사업 기획시 미래 기술예측 결과의 반영 및 검토
 - 기술지도(Technology Road Map: TRM)의 사전 작성
 - 다학제간 연구 수행
 - IT와 BT 기술의 활용 또는 기술융합(Technology Fusion)의 적극 추진

[타부처 공동 추진]

- 국가가 투자하는 대형사업에 사용되는 기술의 경제사회적 영향 평가 시행

(2) 기업 차원

- 기업 차원에서는 제품과 공정 속에 체화되어 있는 기술의 환경적 성과인 환경친화도를 측정하도록 정책적으로 유인
- 전과정평가(LCA: life-cycle-analysis)는 제품과 공정 속에 체화된 기술의 환경적 영향을 시스템적으로 측정하도록 개발되었으므로 적극 반영
- 기업의 환경친화적 기술경영 유인
 - 환경친화적 기술전략(Clean Technology Strategy) 수립
 - 청정제품(CP) 생산
 - 환경경영시스템(EMS)의 적용 등

[참고] '지속가능한 개발' 지표 개발을 위한 지침

□ 지표의 개발, 테스트 및 활용 절차

- '지속가능한 개발'의 지표 개발은 개별 국가의 여건이나 국가적 우선순위 및 목표, 이용가능한 하부구조, 의사결정을 위한 데이터나 정보의 이용가능성 등에 따라 차이가 있으므로 해당 국가에 가장 적합한 절차를 개발해야 함
 - 또한 지표의 개발 과정에는 인적·재정적 자원의 배분이 필요하므로 실용적이고 비용 효과적인 접근이 필수적임

(1) 조직

- '지속가능한 개발'은 경제적, 사회적, 환경적 이슈들에 대한 통합적인 정책 결정을 필요로 하며 따라서 경제계획 및 농업, 보건, 에너지, 수자원 및 천연자원, 산업, 교육, 그리고 환경 등에 관련된 모든 정부부처의 참여를 전제로 함

- 따라서 지속가능한 개발의 성과를 모니터링하기 위한 지표개발에 있어서도 다수의 부처 및 기관들이 관련되어 있어 국가적으로 이를 조정할 수 있는 체계(national coordinating mechanism)가 필요함
 - 구체적인 조정체계의 조직은 태스크포스나 working group, 혹은 위원회 등의 형태를 취할 수 있을 것임
 - 어떤 형태이든지 이 조정체계는 기존의 관련 기구나 기관을 활용할 수 있어야 하며 모든 이해관계집단들의 의견을 수렴하고 반영할 수 있도록 유연하고 투명하게 운영되어야 함
 - 그리고 가능하다면, 조정체계에는 환경관련 국제기구의 대표나 외무부 관계자, 그리고 전문적인 조언이 가능한 과학자들도 포함되는 것이 바람직함
 - 지표개발에 있어 다른 국가와의 협력이 가능하다면 양국간의 공동위원회 등을 구성하여 운영할 수도 있음
- 한편, 조정 체계에는 각 참여집단들을 연결하고 이들간의 협력과 의사소통을 촉진할 수 있는 핵심인물이 반드시 필요함

(2) 실행

- 지표개발단계에 들어가기 전에 현재 사용되고 있는 지표들의 현황 조사가 필요함
 - 현재 국내에서 사용되고 있는 지표와 사용기관, 사용목적 등
 - 각 지표의 현재까지 축적된 데이터와 보유기관, 이용가능성 등
- 지표개발단계에서 가장 중요한 과정은 국가적 우선순위 및 전략과 개발하고자 하는 지표간의 관계를 분명히 하는 것임

○ 지표개발단계

- 국가전략상 우선순위가 높은 이슈와 이에 대한 지표의 선정
- 이슈-지표 리스트와 현재 이미 활용중인 지표들간의 매칭
- 이슈-지표 리스트에서 지금까지 자료가 축적되지 않은 지표들에 대해 자료의 수집가능성 조사
- 기존 자료의 편집/재구성 등 미비된 자료를 수집하기 위한 방법 강구
- 자료수집 및 검증에 필요한 교육훈련
- 선정된 지표들에 필요한 자료의 수집 및 편집
- 이해관계 집단들에 대한 지표정보 확산을 위한 전략 수립

(3) 평가

- 선정된 지표에 대한 평가는 지표개발 전 단계에 걸쳐 각 정부부처는 물론 전문가, 과학기술자 및 시민단체 등을 포함하여 지속적으로 이루어져야 함

○ 평가를 위한 항목들

- 기술적 항목:
 - 지표개발을 위한 양식의 유용성
 - 지표에 필요한 데이터의 이용가능성, 원천, 계속성, 신뢰성 등
 - 데이터의 전달형태
 - 데이터에 대한 단기, 중기, 장기 계획
- 의사결정 관련 항목:
 - 국가 정책결정자들에 대한 지표의 유용성
 - 데이터의 간결성, 정책연관성 등
 - 의사결정자의 정보활용방안
- 제도적 지원 및 능력개발 관련:
 - 교육훈련의 필요성
 - 데이터 수집 및 분석을 위한 지원 필요성
 - 국가지표 개발을 위한 다른 능력개발의 필요성
 - 공동개발에 대한 평가(국가간 공동지표개발의 경우)