

## [부록 2]

# 환 경 기 술 예 측

## [부록 2] 환경기술예측

### 1. 우리나라

#### 가. 예측과제의 선정

- '98년도에 수행된 「제2회 중장기 기술예측 1단계 연구」에서 제안 받은 후보과제와 국내 및 일본에서 과거에 수행한 기술예측과제를 비롯하여 중요 기술개발과제를 모아 과제 풀을 구성한 후 기술예측 분과위원회에서 예측대상과제를 추출하였음.
- 과제의 추출에 있어서는 조사대상범위를 명확하게 하고 중요과제의 누락을 방지하기 위하여 주요 연구개발 영역과 목적으로 구분하여 예측대상과제를 선정하였음.
  - 주요 연구개발 영역은 5개 영역으로 구분되었는데 그 가운데 지구환경 및 폐기물 분야가 각각 17개 과제로 가장 많았고, 수질 16개 과제, 대기 12개 과제, 환경보전 및 안전 12개 과제가 선정되어 예측되었음
  - 주요 연구개발 목적은 3개 분야로 구분되었는데 그 중에서 대책·방재·관리와 관련하여 66개 과제가 선정되어 가장 많았고, 현상의 해명·예측·관측과 관련하여 4개 과제, 영향의 해명·예측·관측과 관련하여 4개 과제가 선정, 예측되었음(<표 1> 참조).
- <표 2>의 분석 틀에서는 총 67개의 예측과제를 주요 영역과 목적으로 나누었으며, 중요도지수가 75이상으로 높이 평가된 과제는 과제번호에 표시를 해두었음.
- 이상과 같은 연구개발의 주요 영역과 주요 목적을 중심으로 앞으로의 기술발전방향과 전망을 본 예측결과를 토대로 개관하면 다음과 같음

<표 1> 주요 연구개발 영역과 목적

주요 연구개발 영역	주요 연구개발 목적
① 대기 (12개)	① 현상의 해명·규명·예측·관측 (4개)
② 수질 (16개)	② 영향의 해명·예측·관측 (4개)
③ 폐기물 (17개)	③ 대책·방재·관리 (66개)
④ 환경보전 및 안전 (12개)	
⑤ 지구환경 (17개)	

<표 2> 예측과제 도출을 위한 분석 틀

영역 목적	대 기	수 질	폐기물	지구환경	환경보전 및 안전
현상의 해명· 예측				12.지구온난화에 의한 해수 상승을 정확하게 예측할 수 있게 된다. 14.인접국으로부터 산성가스 이동에 의한 산성비의 원인 및 영향 규명이 이루어진다.	60.살포 농약의 자연 생태계 이동 및 잔류예측이 가능해진다.
영향의 해명· 예측				13.지구온난화가 농업생산에의 영향이 전지구 차원에서 정량적으로 해명된다. 18.프레온 등이 오존층에 미치는 영향이 정량적으로 해명된다. 15.산성비가 동식물에 미치는 영향기구가 해명된다.	65.일반 환경 중의 미량 유해 화학물질의 대부분에 대하여 인간이 장기 노출되었을 때의 영향이 판명된다.
대책· 방개· 관리	<p>1.악취와 대기오염물질을 정화시키는 촉매가 개발된다.</p> <p>02.미생물을 이용하여 냄새를 제거하거나 공기를 깨끗하게 하는 기술이 개발된다.</p> <p>04.2차폐기물이 발생하지 않도록 전자빔을 이용하여 NOx, Sox를 분해하는 기술이 실용화된다.</p> <p>05.플라즈마에 의한 탈황, 탈질 등시 처리기술이 실용화된다.</p> <p>06.선택적 비촉매 환원법(SNCR)에 의한 산업용 보일러 NOx제거기술이 실용화된다.</p> <p>07.질소산화물 0.1~0.2g/km의 배출규제가능한 기술이 거의 모든차종에 보급된다.</p> <p>08.배기가스중 SOx를 제거하기 위한 건식스크러빙(Dry Scrubbing)기술이 보급된다.</p> <p>19.위성을 이용한 대기오염물질의 국지적인 감시가 가능해진다.</p> <p>20.대기의 각종오염물질을 정확히 측정할 수 있는 휴대용 소형기가 개발된다.</p> <p>21.국지대기질모형을 이용한 전국 각 지역의 대기질 정보시스템이 운영된다.</p> <p>62.세라믹 필터를 이용하여 고온고압하에서 분진을 제거하는 기술이 실용화된다.</p> <p>63.저소음엔진, 타이어, 흡음 도목건설재료의 개발에 의해 자동차 소음이 국내 도시지역의 주거권영역에서 환경기준내에 들게 된다.</p>	<p>22.는, 습지, 저수지, 수로 등의 자연정화기능의 정량화에 기초한 수질환경 계획기술이 보급된다.</p> <p>23.유기폐수에서 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 생물학적 처리기술이 실용화된다.</p> <p>24.바이오텍놀로지를 이용한 미생물 개발로 고효율의 난분해성 유해폐수처리시스템이 실용화된다.</p> <p>25.농촌오수와 축산폐수의 합병처리가 가능한 고효율 처리시설이 실용화된다.</p> <p>26.전자빔 가속기 등 방사능 조사기술에 의한 폐수 및 폐액의 처리기술이 개발된다.</p> <p>27.폐수처리장 소요 부지를 50% 이상 감소시킬 Compact화된 처리기술이 개발된다.</p> <p>28.공정폐수의 50%이상이 재이용 되는 청정기술이 실용화된다.</p> <p>29.각종 하·폐수로부터 활용목적별 중수도생산기술이 실용화된다.</p> <p>30.저에너지 소모형 membrane을 이용한 정수처리 및 폐수처리 공정이 개발된다.</p> <p>31.녹조, 적조를 일으키는 조류를 분해할 수 있는 세균, 포식분해하는 미소동물 등을 활용한 수질환경 개선 바이오리액터시스템이 개발된다.</p> <p>32.부영양화된 湖沼수질의 개선을 위한 효과적인 현장기술이 실용화된다.</p> <p>34.폐하수에서 발생하는 슬러지 등을 이용하여 수소에너지를 직접 생산하는 기술이 실용화된다.</p> <p>35.수중에서 미량유기물질을 농축없이 측정하는 검사기술이 개발된다.</p> <p>36.레이저 분광기술을 이용한 수용액 내의 오염물질 측정기술이 개발된다.</p> <p>37.신뢰도 높은 상해수도관의 개량기술이 실용화된다.</p> <p>38.Cr도금의 대체기술이 개발된다.</p>	<p>03.Dioxine 배출문제가 해결된 대·중·소형 소각로가 개발된다.</p> <p>39.쓰레기 고품화 연료(RDF)를 이용한 발전시스템이 보급된다.</p> <p>40.국내 음식폐기물의 고속 자원화기술이 개발된다.</p> <p>41.가정쓰레기의 50%가 재활용된다.</p> <p>42.자원의 Recycling이 용이한 LCA적 제품설계 개념이 정착된다.</p> <p>43.유해성 폐기물의 절반을 차지하는 오니슬러지가 안정화되고 자원화 이용기술이 실용화된다.</p> <p>44.가축분뇨의 자원화 이용기술이 실용화된다.</p> <p>45.유해성 폐기물의 일본해에 의한 생산기술이 실용화된다.</p> <p>46.매립가스를 처리하여 경제적으로 활용할 수 있는 기술이 실용화된다.</p> <p>47.산업폐기물로부터 유가 금속 및 물질을 회수하기 위한 기술이 실용화된다.</p> <p>48.연소재와 비산재로부터 유용한 자원을 회수하는 기술이 개발된다.</p> <p>49.단기간 사용·포장에 대하여 혐기성 미생물로 완전히 분해되는 생분해성 플라스틱이 보급된다.</p> <p>50.슬러지에서 토양매립에 유해한 오염물질의 분리 기술이 실용화된다.</p> <p>51.고온 플라즈마에 의한 유해 폐기물 처리기술이 실용화된다.</p> <p>52.조임계 공정에 의한 폐기물의 재활용기술이 보급된다.</p> <p>53.금속용융로를 이용한 폐기물의 처리기술이 실용화된다.</p> <p>54.VOC제어를 위한 광촉매 기술이 실용화된다.</p>	<p>9.세계의 이산화탄소 배출량이 1990년의 20%이하 감축된다.</p> <p>10.미세조류 등 해양생물을 활용한 이산화탄소 고정 기술이 실용화된다.</p> <p>11.3,000m이하의 심해에 이산화탄소를 저장하는 기술이 개발된다.</p> <p>16.오존층을 파괴하는 것으로 알려진 CFC, HCFC, HFC 및 염소를 포함한 용제를 회수하는 기술이 실용화된다.</p> <p>17.오존층 파괴나 지구온난화에 문제가 없는 프레온, 할론 대체품이 실용화된다.</p>	<p>33.오염된 지하수 및 매립지를 복원할 수 있는 유효한 회복기술이 개발된다.</p> <p>55.환경오염물질의 원격감시를 위한 신뢰성과 내구성을 겸비한 센서가 개발된다.</p> <p>56.환경오염원에 대한 GIS를 이용한 D/B가 구축되고 종합적인 관리 시스템이 개발된다.</p> <p>57.자연환경 파괴의 사회적 경제적 손실 평가 방법을 도입한 규제시스템이 보급된다.</p> <p>58.생태생리기술을 이용한 환경보전 및 복원생태계의 유지 기술이 개발된다.</p> <p>59.유전자조작 등에 의해 복제된 유용생물의 개방계이용에 관한 평가이용 기준이 확립되어 환경정화에 이용된다.</p> <p>61.중금속 또는 잔류농약 등의 화학물질로 오염된 토양을 현장에서 무해화하는 방법이 실용화된다.</p> <p>64.산업 및 환경 모니터링 발광형 바이오센서 소자가 개발된다.</p> <p>66.수도, 전기, 가스 등의 파이프라인의 방재성을 향상시키기 위한 원격감시, 제어시스템이 보급된다.</p> <p>67.강우와 연계된 홍수 및 산사태 예·경보 시스템이 실용화된다.</p>

주 : □ 표시는 중요도지수가 75이상인 과제를 나타냄.

## 나. 주요영역에서의 예측상황

- 2010년경 우리나라의 전체인구는 '96년에 비하여 약 10% 증가하고, 도시집중이 계속됨에 따라 도시인구가 전체인구의 90%에 이를 것으로 전망됨.
  - 산업구조가 계속 고도화되어 에너지를 다량 소비하는 중화학공업 비중은 감소하는 대신, 전기·전자, 정밀기계, 정보통신, 엔지니어링 산업 등 기술·지식 집약적인 첨단 서비스 산업의 비중이 커지고, 여가산업, 문화산업, 노인산업 등 소득 탄력적인 서비스 산업의 비중도 증가될 것으로 예상됨.
- 대기의 경우 SO<sub>2</sub>, TSP, NO<sub>x</sub>, HC 등의 지속적인 증가로 2005년의 대기오염물질 배출량은 현재보다 52.5% 증가될 것으로 예상되며, 휘발성유기화합물질(VOC) 등 미량유해물질과 지하공간 환경에 대한 관심이 크게 증대될 전망이고, 현재의 증가추세가 지속될 경우 기후변화를 유발하는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량도 급격히 증가할 것임.
- 수질의 경우 인구증가와 도시화 진전, 산업활동 증가, 발전용수 증가 등으로 인하여 2006년의 생활용수 및 공업용수 등 용수 수요량과 폐·하수 발생량은 '96년에 비하여 15% 이상 증가하여 BOD기준 오염부하량은 무려 80% 증가할 전망이다.
- 폐기물의 경우 생활폐기물 발생량은 '95년부터 시행된 쓰레기 종량제로 인하여 상당부분 감소되었으나, 음식물 쓰레기와 종이류 등 가연성 쓰레기의 배출량은 계속 증가하고 사업장에서 발생하는 산업폐기물도 지속적인 경제성장과 산업활동 증가에 따라 증가할 전망이다.
- 자연환경 및 토양의 경우 경제성장과 도시화의 진전에 따라 2011년까지 약 4,600~5,000km<sup>2</sup>의 신규토지가 주거용지, 공장용지 등으로 개발되면서 토지 수요의 증가로 자연환경에 대한 훼손이 지속되고 대기 및 수질오염 증가, 도시화 진전, 유류·유독성 물질·비료 등의 사용 증가로 토양오염 역시 전반적으로 악화될 것으로 예측됨.
- 국제적으로는 '92년 유엔환경개발회의 이후 지구환경 보전을 위한 전지구적인 노력이 크게 강화되면서 세계무역기구(WTO) 체제의 출범(1995)과 함께, 선진국을 중심으로 환경과 무역의 연계 논의가 본격적으로 대두되어, 공정 및 생산방식(PPMs) 규제, ISO 14000의 제정 등 환경과 관련된 국제규제가 크게 강화되고 있음.
  - 또한 동북아시아의 경제개발 추진에 따라 우리나라의 환경에 미치는 영향도 커질 것으로 예상됨.
- 따라서 환경기술은 환경관리 패러다임의 변화에 따른 새로운 환경기술의 개발 필요성이 증대될 것으로 전망됨.
  - 즉 '80년대 이후에 사후처리기술중심의 환경기술 개발을 추진하였으나 사후처리기술만으로는 다양한 오염물질의 발생을 저감시킬 수 없다는 인식하에 사전오염예방 중심

- 의 환경관리 패러다임으로 전환하여 오염물질의 발생자체를 원천적으로 줄이는 청정 기술개발의 필요성이 증대되어왔음.
- 기존의 오염원 관리 중심의 환경관리 패러다임에서 오염된 환경의 복원·재생을 도모하는 수용체 관리 패러다임으로 전환되면서 환경복원 및 재생기술 개발의 필요성이 대두되고 있음.
- 또한 과학적 발견이 기술혁신을 촉진시키고 기술혁신 성과가 다시 과학연구를 가속화하여 과학기술의 발전이 급진전되고 있음.
- 기계기술과 전자기술의 결합에 의한 메카트로닉스, 생명공학기술과 전자기술의 결합에 의한 바이오일렉트로닉스 등 다양한 분야의 과학기술이 결합하여 새로운 형태의 과학기술이 탄생하며 과학기술혁신이 가속화될 뿐만 아니라 과학적 발명으로부터 실용화까지의 소요기간도 급격히 단축되는 추세임.
  - 한편 유전공학기술, 화학기술 등 과학기술의 발전과 신산업의 등장으로 신합성 화학물질 및 미생물제제 등의 개발·사용이 증가하여 인간의 건강과 자연생태계에 대한 영향이 정확히 규명되지 않은 새로운 오염물질이 증가하고 있음.
  - 그러나 정보·통신, 생명공학, 우주공학 등 첨단기술의 발전은 환경문제 해결에도 기여가 가능할 수 있을 것으로 예측되고 있음.
  - 즉 경제패러다임이 부가가치가 높은 고도정밀기술과 지식집약화 중심의 산업기조로 전환됨에 따라 에너지와 자원절약형 생산체제로 전환이 촉진된다는 개념임.
- 이와 함께 개발된 기술의 발전속도·방향·범위 등에 대한 예측 및 평가를 실시함으로써 환경친화적기술로의 발전이 가능하며, 제품의 설계단계부터 환경문제를 고려한 "환경친화적 설계(Green Design)" 개념의 도입에 의하여 환경친화적 생산기술의 혁신이 예상된다.
- 한편 탈공업화와 정보화사회의 도래로 정보화와 자동화기술이 사회 전분야에 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, 표면처리 기술 등 신기술을 활용한 새로운 오염물질 처리기술 과 제품의 개발이 예상된다.
  - 지구촌 사회의 공통과제인 지구온난화, 오존층 파괴 및 생물다양성 감소 등 환경문제에 대한 전세계적 대처 요구가 증대됨에 따라 환경기술개발의 추진방향도 수질·대기 오염 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.

- 선진국의 경우 용매를 사용하지 않는 화학공정, 반도체 산업을 비롯한 전자산업에서 유독화학물질의 배출이 없는 정밀 전자물질의 개발, 첨단 표면처리 공법의 개발, 전과정평가법(Life Cycle Assessment)의 적용 등 첨단 환경기술을 통한 오염물질의 원천적 저감에 주력하고 있는 추세임.
  - 기술개발촉진을 위한 지원제도에 있어서도 프로젝트별 지원금 지급, 대출우대 및 이자율 우대, 조세감면 등다양한 재정지원 제도를 시행하고 있으며, 활용 개발된 기술의 활용도 제고와 상업화를 위하여 기술개발 성과 활용체계도 강화하고 있음.
- 국가별로 보면 미국의 경우 인체보건을 최우선으로 고려하여 최적기술(Best Available Technology)을 적용시켜야만 달성할 수 있는 엄격한 배출기준을 적용함으로써 첨단기술의 개발을 촉진시키는 정책을 추진해 왔음.
  - 즉 '80년대 중반부터 오염물질의 원천적 감량 및 회수재사용을 최상위 개념으로 설정하여 기술개발을 추진하면서, 가능한 한 오염물질의 유출을 우선적으로 억제하고 불가피하게 배출되는 오염물질은 적절히 처리·폐기토록 하는 것을 기본개념으로 하는 오염예방 우선순위를 도입하고 있음.
- 물의 종합 재생 이용 시스템 개발, '85~'90년까지 혐기성 바이오리액터와 분리막을 결합한 폐수처리 시스템 연구에 주력해 왔다. 이와 함께, 청정기술분야의 에너지절약기술개발(Moonlight Project)을 추진하고, 에너지 효율을 획기적으로 제고하기 위하여 연료전지, 고도 열펌프, 초전도 전력이용, 세라믹 터빈, 에너지 절약 표준화 등을 연구하고 있음.
  - 분야별로는 산업생산에서의 배출저감 및 공해처리기술, 폐기물처리와 재사용기술, 생물을 이용한 환경보전기술, 환경과 미적 조화를 이루는 시설의 건설, 위성을 이용한 원격기술을 포함하는 관리 감독기술을 비롯하여, 개도국에 적합한 기술의 개발에 노력하고 있음.
- 유럽연합은 국가간의 R&D를 혁신시켜 유럽 전체의 경쟁력제고를 통해 미국, 일본 등의 기술에 공동 대응하기 위하여 오염방지를 위한 시스템 개발에 중점을 두며, 오염물질의 배출을 원천적으로 봉쇄하거나 최소화하는 기술개발 프로그램인 EUREKA 프로젝트 등을 공동 수행하고 있음.
- 이와 같은 환경여건과 과학기술의 변화, 국제환경 및 환경관리의 새로운 패러다임, 그리고 선진국의 기술동향 파악을 통해 21세기 미래사회에서의 환경기술을 예측하는 것은 과학기술정책의 수립, 국가연구개발사업의 기획 및 민간부문의 기술전략수립에 매우 중요한 일임.
  - 또한 미래사회에서의 환경보전은 경제개발의역기능이 아닌 순기능으로서 지속가능한 성장을 위한 기본요건으로 자리잡을 것이 분명함.

- 따라서 환경현상을 해명·규명·예측·관측하거나, 영향을 해명·예측·관측하고, 대책을 수립·방재·관리하는 기술은 매우 중요하므로 심도있게 연구되어야 할 것임.
  - 특히 환경기술의 발전을 위하여는 수많은 기반기술과 응용기술들이 밀접하게 관련되어 있으므로 정보화·자동화기술과 생명공학기술, 신소재기술, 표면처리기술 등 인접분야의 기술이 함께 발전해야 할 것임.
- 먼저 대기분야는 상쾌한 공기를 확보·유지하기 위한 배출저감기술과 자동차 배기제어기술 등의 개발로 질소산화물의 배출을 극도로 저감(0.1~0.2g/kwh)시킬 수 있는 기술이 보급되고 대도시지역의 대기질을 획기적으로 개선하기 위한 배출원 관리시스템 기술 및 복합 대기오염 모델링·저감기술이 개발되어 대기오염의 분포나 이용을 실시간으로 측정하는 기술이 실용화될 것으로 예상됨.
- 예를 들면 악취와 대기오염물질을 정화시키는 촉매 및 미생물의 개발, 전자빔 등을 이용하여 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>를 분해하는 기술, 위성을 이용한 대기오염물질의 국지적인 감시기술 등과 관련된 기술을 중심으로 발전할 것으로 기대됨.
- 수질분야는 양질의 수자원 확보와 안심하고 마실수 있는 물공급을 위한 수자원 감시, 폐·하수 처리 및 고도정수처리기술의 개발을 비롯하여 호소·내만, 천해역에서 생물 및 생리화학적 기법에 의한 질소·인 등 특정물질의 농축·흡착 제거기술이 개발되어 부영양화 방지 및 수역의 환경제어가 가능해지고, 생명공학을 활용한 콤팩트형 배수처리시스템이 개발되어 난분해성 물질이나 유해성 물질이 고효율로 처리될 것으로 예측됨.
- 예를 들면 논, 습지, 저수지, 수로 등 자연정화기능의 정량화에 기초한 수질환경 계획 기술, 녹조, 적조를 일으키는 조류를 분해할 수 있는 세균, 포식분해하는 미생물을 활용한 수질환경 개선 바이오리액터시스템의 개발 등과 관련된 기술을 중심으로 발전할 것으로 기대됨.
- 폐기물분야는 폐기물로 인한 국토오염을 방지하기 위한 폐기물의 자원화기술과 안전처리기술의 개발을 통하여 제품의 제조단계에서부터 재활용을 고려한 제품을 생산하는 에코팩토리기술과 도시 쓰레기에서 유용물질을 회수하기 위한 경제적인 분별·분류기술이 실용화되고, 쓰레기의 경도, 비중, 습도, 색채 등을 분석하여 가연물, 금속, 유리 등으로 자동분별하는 기술이 보급되며, 미생물, 효소 등에 의하여 자연생태계에 무해한 물질로 분해되는 생분해성 포장재가 실용화될 것으로 예상됨.
- 예를 들면 폐기물 자원화를 촉진하기 위한 수거·분리·재활용기술 등 폐기물 관리시스템기술 및 재활용기술의 개발, 유해폐기물로 인한 인체 위해 및 자연환경오염·파괴를 예방하기 위한 유해폐기물처리기술의 개발, 생산단계에서부터 환경보전을 고려한 청정공정기술의 개발 등과 관련된 기술을 중심으로 발전할 것으로 기대됨.

- 환경보전 및 안전 분야는 인간과 환경의 조화와 균형을 달성하기 위해 이미 오염되거나 파괴된 자연환경을 복원 또는 재생하는 기술의 개발을 비롯하여 천적 미생물이나 페로몬 등을 활용한 생물농약이 병충해 방제의 중심이 되는 방재체제가 보급될 것임.
  - 예를 들면 유해성물질로부터 국민 건강과 환경을 보전하기 위한 위해성 평가 및 감시 기술의 개발, 환경유해물질의 사전예방적 관리를 위한 종합적인 환경질의 평가 및 저감기술 개발, 오염·파괴된 토양·지하수 및 자연환경 복원기술의 개발, 인간과 자연환경이 조화되는 환경관리기법의 확보 등과 관련된 기술을 중심으로 발전할 것으로 기대됨.
- 지구환경분야는 기후변화협약 등 각종 국제환경협약에 대응하기 위한 지구 환경보전 기술의 개발로 지구를 둘러싼 오존층의 형성·변동·소멸기구가 해명되고, 오존층을 파괴하지 않으면서 지구온난화 측면에서도 문제가 없는 프레온·할론 대체품이 실용화될 것으로 예상됨.
  - 예를 들면 대기-해양-육지-생태계의 이산화탄소 순환이 이해되고, 지구 전체의 이산화탄소 대순환 모델의 개발, 오존층을 파괴하는 것으로 알려진 CFC, HCFC, HFC 및 할론 대체물질의 실용화기술과 관련된 기술을 중심으로 발전할 것으로 기대됨.

#### 다. 중요도가 높은 10대 과제

- 기술과제에 대한 중요도지수가 높은 상위 10대 과제는 <표 3>에서 볼 수 있듯이 지구 환경, 수질영역과 관련하여 각각 3개의 과제가 포함되어 있으며, 환경보전 및 안전영역 2개 과제, 폐기물, 대기영역과 관련하여 각각 1개 과제로 나타났음.
  - 구체적으로 중요도지수가 높은 과제는 오존층 파괴나 지구온난화에 문제가 없는 프레온, 할론대체품의 실용화, Dioxine 배출문제가 해결된 대·중·소 소각로의 실용화, 오염된 지하수 및 매립지를 복원할 수 있는 유효한 회복기술의 개발, 세계 이산화탄소 배출량의 감축 등으로 이와 관련된 분야의 연구개발이 매우 중요함을 알 수 있음.

<표 3> 중요도가 높은 상위 10대 과제

과제 번호	과 제 명	중요도 지 수
17	오존층 파괴나 지구온난화에 문제가 없는 프레온, 할론 대체품이 실용화된다.	86.2
3	Dioxine 배출문제가 해결된 대·중·소형 소각로가 실용화된다.	86.1
33	오염된 지하수 및 매립지를 복원할 수 있는 유효한 회복기술이 개발된다.	83.6
9	세계의 이산화탄소 배출량이 1990년의 20%까지 감축된다.	82.5
41	가정쓰레기의 50%가 재활용된다.	82.0
28	공정폐수의 50% 이상이 재이용되는 청정기술이 실용화된다.	80.8
1	악취와 대기오염 물질을 정화시키는 촉매가 개발된다.	80.6
56	GIS를 이용한 환경오염원의 D/B가 구축되고 종합적인 관리 시스템이 개발된다.	79.8
25	농촌오수와 축산폐수의 합병처리가 가능한 고효율 처리시설이 실용화된다.	79.4
23	유기 폐수에서 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 생물학적 처리기술이 실용화된다.	78.6

라. 연구개발수준이 높은 상위 10개 과제 및 낮은 하위 10개 과제

- 구체적으로 연구개발수준이 비교적 높은 상위 10개 과제와 낮은 하위 10개 과제를 <표 4>과 <표 5>에 나타내었음.
- 연구개발수준이 높은 과제는 가축분뇨의 자원화 이용기술의 실용화, 건식 스크러빙기술의 보급, 국내 음식폐기물의 고속자원화기술의 개발 등이었음.
- 한편 연구개발수준이 낮은 과제는 깊은 바다에 이산화탄소를 저장하는 기술의 개발, 지구 온난화가 농업생산에 미치는 영향의 전지구적, 정량적인 해명, 지구온난화로 인한 해수면상승 예측 등이었음.

<표 4> 연구개발수준이 높은 상위 10개 과제

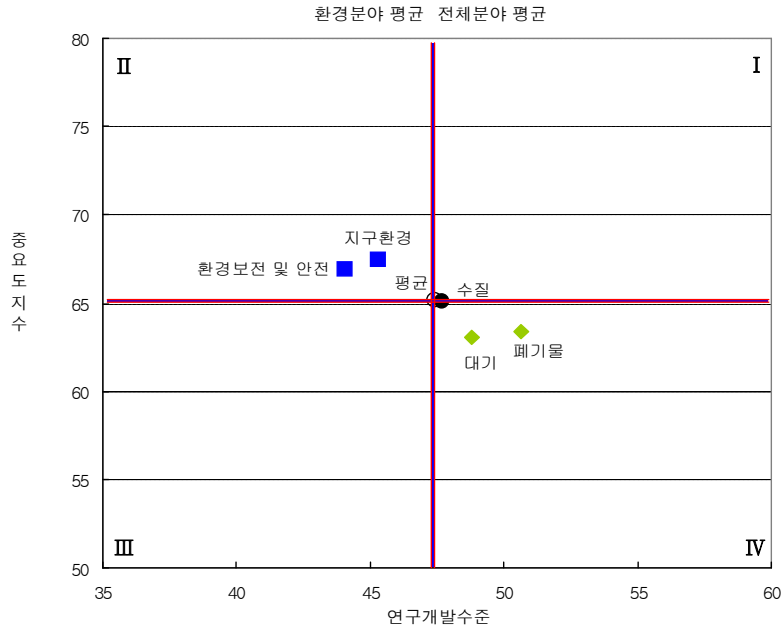
과제 번호	과 제 명	연구개발 수 준
44	가축분뇨의 자원화 이용기술이 실용화된다.	58.2
8	배기가스 중의 SOx를 제거하기 위한 건식 스크러빙(Dry Scrubbing)기술이 보급된다.	57.6
40	국내 음식폐기물의 고속자원화기술이 개발된다.	57.2
25	농촌오수와 축산폐수의 합병처리가 가능한 고효율 처리시설이 실용화된다.	56.7
23	유기 폐수에서 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 생물학적 처리기술이 실용화된다.	55.6
47	산업폐기물로부터 유가금속 및 물질을 회수하기 위한 기술이 실용화된다.	55.0
48	연소재와 비산재로부터 유용한 자원을 회수하는 기술이 개발된다.	54.5
56	환경오염원에 대한 GIS를 이용한 D/B가 구축되고 종합적인 관리 시스템이 개발된다.	53.8
29	각종 하·폐수로부터 활용목적별 중수도 생산기술이 실용화된다.	53.6
49	단기간 사용·포장에 대하여 혐기성 미생물로 완전히 분해되는 생분해성 플라스틱이 보급된다.	53.4

<표 5> 연구개발수준이 낮은 하위 10개 과제

과제 번호	과 제 명	중요도 지 수
11	3,000m 이하의 심해에 이산화탄소를 저장하는 기술이 개발된다.	31.5
13	지구온난화가 농업생산에 미치는 영향이 전지구 차원에서 정량적으로 해명된다.	33.2
12	지구온난화에 의한 해수면 상승을 정확하게 예측할 수 있게 된다.	36.2
19	위성을 이용한 대기오염물질의 국지적인 감시가 가능해진다.	36.9
34	폐하수에서 발생하는 슬러지 등을 이용하여 수소에너지를 직접 생산하는 기술이 실용화된다.	37.7
10	미세조류 등 해양생물을 활용한 이산화탄소 고정기술이 실용화된다.	38.2
59	유전자조작 등에 의해 복제된 유용생물의 개방계 이용에 관한 평가 이용기준이 확립되어 환경정화에 이용된다.	39.1
35	수중에서 미량유기물질을 농축없이 측정하는 검사기술이 개발된다.	40.0
61	중금속 또는 잔류농약 등의 화학물질로 오염된 토양을 현장에서 무해화하는 방법이 실용화된다.	40.9
55	환경오염물질의 원격감시를 위한 신뢰성과 내구성을 겸비한 센서가 개발된다.	41.0

마. 과제도출 분석 특별 중요도와 연구개발수준

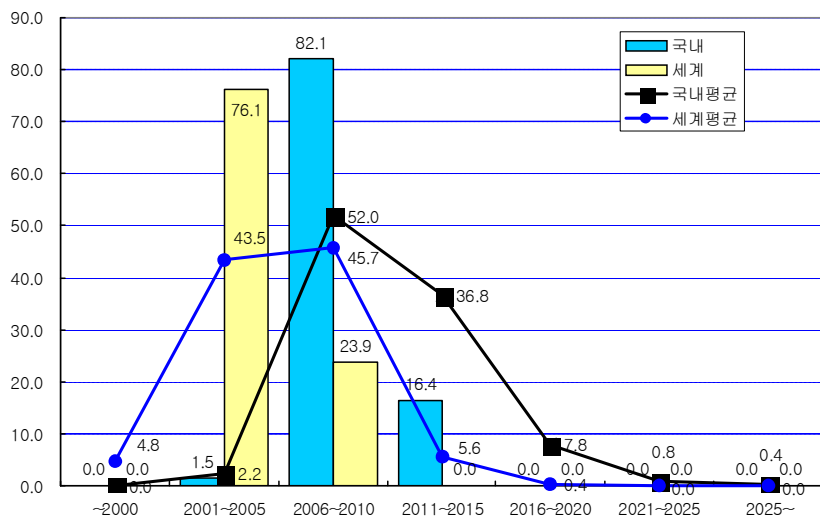
- 중요도와 연구개발수준 사이의 관계를 도시하여 핵심전략기술 발굴을 위한 분석을 실시하기 위하여 영역별 그리고 목적별 중요도와 연구개발수준을 고려한 우리나라의 과학기술의 포트폴리오를 구성해 보았음.
- 연구개발 영역별 중요도와 연구개발수준의 관계를 <그림 1>에서 보면, 중요도나 수준 모두 평균보다 약간 높았으며, 그 중 수질영역이 중요도와 수준 포트폴리오에서 평균에 가까운 제Ⅱ사분면에 위치하여 다른 영역에 비해 상대적으로 균형잡힌 연구개발이 이루어져 왔음을 알 수 있음.
- 지구환경과 환경보전 및 안전영역은 그 중요성은 높게 평가되었으나 우리나라의 연구개발수준은 선진국과 격차가 큰 것으로 나타나 이 분야에 대한 정책적 지원이 우선되어야 함을 알 수 있음.
- 또 폐기물과 대기 영역은 우리의 현재 연구개발수준은 다른 영역에 비해 높으나 중요도지수는 상대적으로 낮게 평가된 것으로 보아 환경문제를 수질·대기·폐기물 등의 영역으로 구분하여 연구개발을 추진하는 것보다는 지구환경문제와 환경보전 및 안전문제와 결부지어 총체적·시스템적으로 접근하는 해결방식이 더 바람직함을 시사하고 있음.



<그림 1> 영역별 중요도-연구개발수준 관계<sup>30)</sup>

바. 과제 of 실현시기 예측결과

- 과제에 대한 국내 실현시기와 세계 실현시기의 예측결과를 요약하면 <그림 2>과 같다. 국내 실현시기 예측결과를 보면 전체 67개 과제 중에서 2006~2010년 사이에 실현될 것이라고 예측된 과제수가 55개(82.1%)로 가장 많았음.
- 세계 실현시기 예측에 있어서는 2001~2005년 사이에 실현될 것이라고 예측된 과제수가 51개(76.1%)로 가장 많았음.



<그림 2> 실현시기의 분포 비교

30) 구체적으로 사분면에 속하는 해당과제는 14)절의 미래기술연표를 참고

- 한편, 국내 예측 실현시기의 과제별 분포에 있어서 하사분위(lower quartile : 25%)에 해당하는 연도와 상사분위(upper quartile : 75%)에 해당하는 년도와의 차이가 3~5년인 과제가 46개로 가장 많은 부분을 차지하고 있으며, 그 다음이 6~8년인 과제가 17개로 나타났음.
  - 따라서 3~8년인 과제가 전체 67개 과제 중 63개로 94.0%를 차지하였음.
- 국내와 세계의 실현시기 격차에 있어서는 국내의 실현시기가 세계의 실현시기에 비해 0~2년의 격차를 보인 과제가 1개, 3~4년의 격차를 보인 과제가 47개, 그리고 5~6년의 격차를 보인 과제가 19개로 나타났음.
  - 환경분야의 경우 선진국과의 기술격차가 개략적으로 4~5년 정도이므로 전분야 실현시기 격차 평균인 5~6년과 비교할 때, 다른 분야보다 1~2년 짧음을 알 수 있고, 성장가능성도 높아 국가의 전략적 투자가 요청되는 분야라 할 수 있음.
- 구체적으로 선진국과의 실현시기 격차가 작은 5개 과제와 격차가 큰 5개 과제는 <표 6> 및 <표 7>과 같음.

<표 6> 선진국과 실현시기의 격차가 작은 5개 과제

과제 번호	과 제 명	국내 실현시기(A)	세계 실현시기(B)	격차 (A-B)
6	선택적 비촉매 환원법(SNCR)에 의한 산업용 보일러 NOx 제거기술이 실용화된다.	2005	2003	2
17	오존층 파괴나 지구온난화에 문제가 없는 프레온, 할론 대체품이 실용화된다.	2007	2004	3
3	Dioxine 배출문제가 해결된 대·중·소형 소각로가 실용화된다.	2007	2004	3
1	악취와 대기오염 물질을 정화시키는 촉매가 개발된다.	2007	2004	3
25	농촌오수와 축산폐수의 합병처리가 가능한 고효율 처리 시설이 실용화된다.	2006	2003	3

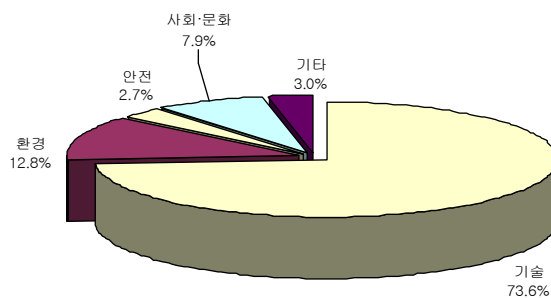
<표 7> 선진국과 실현시기의 격차가 큰 5개 과제

과제 번호	과 제 명	국내 실현시기(A)	세계 실현시기(B)	격차 (A-B)
19	위성을 이용한 대기오염물질의 국지적인 감시가 가능해진다.	2010	2004	6
13	지구온난화가 농업생산에 미치는 영향이 전지구 차원에서 정량적으로 해명된다.	2015	2009	6
12	지구온난화에 의한 해수면 상승을 정확하게 예측할 수 있게 된다.	2014	2008	6
10	미세조류 등 해양생물을 활용한 이산화탄소 고정기술이 실용화된다.	2015	2009	6
16	오존층을 파괴하는 물질로 알려진 CFC, HCFC, HFC 및 염소를 포함한 용제를 회수할 수 있는기술이 개발된다.	2010	2005	5

사. 실현상의 저해요인

○ 과제의 실현상에 있어서 저해요인에 대한 결과는 <그림 3>과 같음.

- 그림에서 보면 전체 67개 과제 중 73.6%가 '기술적 요인'이 가장 큰 실현상의 저해요인인 것으로 나타났으며, 그 다음은 '환경적 요인'12.8%, '사회·문화적 요인' 7.9% 등으로 나타났다. 실현상의 문제점으로 대다수 전문가들은 기술적 요인을 들었음.
- 이는 중·장기 예측과제의 특성상 기술의 개발 내지는 발전의 여부에 따라 그 과제의 실현 여부가 달려 있기 때문으로 판단됨.



<그림 3> 실현상의 저해요인 분포

○ 각 저해 요인별 응답비율이 높은 과제를 정리하면 <표 8>와 같음.

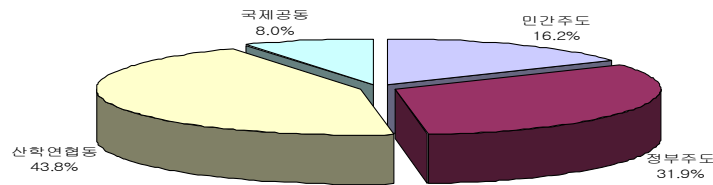
<표 8> 실현저해 요인별 응답비율이 높은 상위 5개 과제

구분	번호	과제명	응답비율 (%)	국내예측시기	세계예측시기
기술	36	레이저 분광기술을 이용한 수용액 내의 오염물질 측정기술이 개발된다.	91.2	2010	2006
	54	VOC 제어를 위한 광촉매기술이 실용화된다.	91.1	2009	2005
	64	산업 및 환경 모니터링 발광형 바이오센서 소자가 개발된다.	90.5	2010	2005
	34	폐하수에서 발생하는 슬러지 등을 이용하여 수소에너지를 직접 생산하는 기술이 실용화된다.	89.7	2013	2008
	52	초임계 공정에 의한 폐기물의 재활용기술이 보급된다.	89.3	2011	2006
환경	32	부영양화된 湖沼수질의 개선을 위한 효과적인 현장기술이 실용화된다.	26.2	2008	2004
	43	유해성 폐기물의 절반을 차지하는 오니(슬러지)가 안정화되고 자원화된다.	24.3	2007	2004
	44	가축분뇨의 자원화 이용기술이 실용화된다.	24.2	2006	2003
	22	논, 습지, 저수지, 수로 등의 자연정화 기능의 정량화에 기초한 수질환경 계획기술이 보급된다.	23.0	2007	2003
	48	연소재와 비산재로부터 유용한 자원을 회수하는 기술이 개발된다.	21.5	2008	2004
안전	66	수도, 전기, 가스 등의 파이프라인의 방재성을 향상시키기 위한 원격감시, 제어시스템이 보급된다.	14.0	2009	2005
	26	전자빔 가속기 등 방사선조사기술에 의한 폐수 및 폐액의 처리기술이 개발된다.	10.8	2010	2006
	59	유전자조작 등에 의해 복제된 유용생물의 개방계 이용에 관한 평가 이용기준이 확립되어 환경정화에 이용된다.	9.3	2014	2010
	60	살포 농약의 자연 생태계 이동 및 잔류 예측이 가능해진다.	8.3	2009	2005
	65	일반 환경 중의 미량 유해 화학물질의 대부분에 대하여 인간의 장기 노출되었을 때의 영향이 판명된다.	8.2	2011	2008
사회·문화	41	가정쓰레기의 50%가 재활용된다.	40.0	2007	2003
	42	자원의 Recycling이 용이한 LCA적 제품설계 개념이 정착된다.	26.7	2008	2004
	57	자연환경 파괴의 사회적, 경제적 손실 평가 방법을 도입한 규제시스템이 보급된다.	26.4	2009	2004
	9	세계의 이산화탄소 배출량이 1990년의 20%까지 감축된다.	20.7	2012	2008
	37	신뢰도 높은 상·하수도관의 개량기술이 실용화된다.	18.5	2008	2004

아. 연구개발 추진방법

○ 연구개발 추진방법에 대한 결과는 <그림 4>와 같음.

- 그림에서 보면 '산·학·연 협동'이 43.8%, '정부주도' 31.9%, '민간주도' 16.2%, 그리고 '국제공동'이 8.0%로 나타나 산·학·연이 유기적으로 협동하여 연구개발에 나서야 한다는 의견이 많았고, 환경산업의 성격상 민간의역할이 16.2%로 타분야(전체분야 평균 19.8%)에 비해 낮게 나타나 상업성보다는 시장의 실패를 인정해야 하는 공공성이 큰 기술분야임을 다시 한번 확인시켜주고 있음.



<그림 4> 연구개발 추진방법의 분포

○ 각 연구개발주체별로 응답비율이 높은 과제를 정리하면 <표 9>과 같음.

<표 9> 연구개발 추진주체별 응답비율이 높은 상위 5개 과제

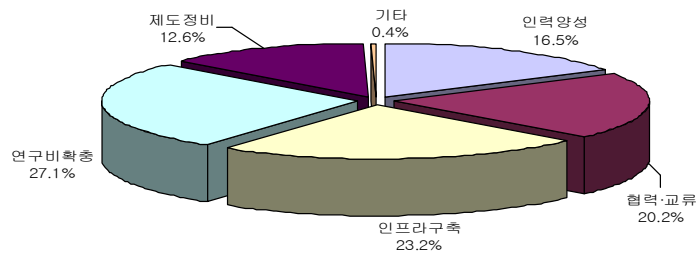
구분	번호	과제명	응답비율 (%)	국내예측시기	세계예측시기
민간주도	51	고온 플라즈마에 의한 유해 폐기물 처리기술이 실용화된다.	38.3	2009	2004
	20	대기의 각종 오염물질을 정확히 측정할 수 있는 휴대용 소형 기기가 개발된다.	35.1	2007	2004
	63	저소음엔진, 타이어, 흡음 토목건설재료의 개발에 의해 자동차 소음이 국내도시의 주거전용지역에서 환경기준내에 들게 된다.	35.1	2011	2006
	38	Cr 도금의 대체기술이 개발된다.	34.3	2008	2004
	49	단기간 사용·포장에 대하여 혐기성 미생물로 완전히 분해되는 생분해성 플라스틱이 보급된다.	31.4	2008	2004
정부주도	57	자연환경 파괴의 사회적, 경제적 손실 평가 방법을 도입한 규제시스템이 보급된다.	68.8	2009	2004
	21	국지 대기질모델을 이용한 전국 각 지역의 대기질 경보시스템이 운영된다.	64.9	2007	2003
	67	강우와 연계된 홍수 및 산사태 예·경보 시스템이 실용화된다.	64.5	2008	2003
	9	세계의 이산화탄소 배출량이1990년의 20%까지 감축된다.	58.4	2012	2008
	41	가정쓰레기의 50%가 재활용된다.	57.6	2007	2003

구분	번호	과제명	응답비율 (%)	국내예측시기	세계예측시기
산학연협동	24	바이오기술을 이용한 미생물 개발로 고효율의 난분해성 유해 폐수 처리 시스템이 실용화된다.	69.7	2008	2004
	23	유기 폐수에서 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 생물학적 처리기술이 실용화된다.	67.9	2006	2003
	1	악취와 대기오염 물질을 정화시키는 촉매가 개발된다.	64.2	2007	2004
	62	세라믹 필터를 이용하여 고온고압하에서 분진을 제거하는 기술이 실용화된다.	62.3	2009	2004
	2	미생물을 이용하여 냄새를 제거하거나 공기를 깨끗하게 하는 기술이 개발된다.	57.5	2008	2005
국제공동	14	인접국으로부터 산성가스 이동에 의한 산성비의 원인 및 영향 규명이 이루어진다.	33.7	2008	2004
	12	지구온난화에 의한 해수면 상승을 정확하게 예측할 수 있게 된다.	30.5	2014	2008
	13	지구온난화가 농업생산에 미치는 영향이 전지구 차원에서 정량적으로 해명된다.	29.2	2015	2009
	11	3,000m 이하의 심해에 이산화탄소를 저장하는 기술이 개발된다.	26.1	2015	2010
	19	위성을 이용한 대기오염물질의 국지적인 감시가 가능해진다.	25.0	2010	2004

#### 자. 정책수단

○ 환경분야의 기술개발을 위한 정부의 정책수단에 대한 결과는 <그림 5>과 같음.

- 그림에서 보면 '연구비 확충'이 27.1%, '인프라구축'이 23.2%, '협력·교류'가 20.2%, '인력양성'이 16.5%, 그리고 '제도정비' 12.6%, '기타' 0.4% 순이었으며, 이는 연구현장에서 연구자원에 대한 집중적인 투자가 절실함을 나타냄.
- 그 중 연구비 확충은 타분야(전체분야 평균 21.9%)중 가장 높은 비율을 나타내어 환경분야에서 연구비 투입의 증대가 절실함을 시사해 줌.



<그림 5> 정책수단의 분포

○ 각 정책수단별로 응답비율이 높은 과제를 정리하면 <표 10>와 같음.

<표 10> 정책수단별 응답비율이 높은 상위 5개 과제

구분	번호	과제명	응답비율 (%)	국내예측시기	세계예측시기
인력양성	15	산성비가 동식물에 미치는 영향의 메커니즘이 해명된다.	27.2	2010	2006
	59	유전자조작 등에 의해 복제된 유용생물의 개방계 이용에 관한 평가 이용기준이 확립되어 환경정화에 이용된다.	25.6	2014	2010
	64	산업 및 환경 모니터링 발광형 바이오센서 소자가 개발된다.	25.3	2010	2005
	36	레이저 분광기술을 이용한 수용액 내의 오염물질 측정기술이 개발된다.	24.1	2010	2006
	52	초임계 공정에 의한 폐기물의 재활용기술이 보급된다.	23.0	2011	2006
협력·교류	14	인접국으로부터 산성가스 이동에 의한 산성비의 원인 및 영향 규명이 이루어진다.	33.6	2008	2004
	13	지구온난화가 농업생산에 미치는 영향이 전지구 차원에서 정량적으로 해명된다.	31.5	2015	2009
	12	지구온난화에 의한 해수면 상승을 정확하게 예측할 수 있게 된다.	28.9	2014	2008
	6	선택적 비촉매 환원법(SNCR)에 의한 산업용 보일러 NOx 제거기술이 실용화된다.	27.4	2005	2003
	18	프레온 등이 오존층에 미치는 영향이 정량적으로 해명된다.	25.9	2009	2005
인프라구축	21	국지 대기질모델을 이용한 전국 각 지역의 대기질 경보시스템이 운영된다.	33.9	2007	2003
	40	국내 음식폐기물의 고속자원화기술이 개발된다.	31.5	2006	2003
	41	가정쓰레기의 50%가 재활용된다.	31.5	2007	2003
	14	인접국으로부터 산성가스 이동에 의한 산성비의 원인 및 영향 규명이 이루어진다.	31.3	2008	2004
	67	강우와 연계된 홍수 및 산사태 예·경보 시스템이 실용화된다.	30.1	2008	2003
연구비확충	55	환경오염물질의 원격감시를 위한 신뢰성과 내구성을 겸비한 센서가 개발된다.	38.5	2009	2004
	27	폐수처리장 소요 부지를 50% 이상 감소시킬 Compact화된 처리기술이 개발된다.	36.6	2008	2004
	36	레이저 분광기술을 이용한 수용액 내의 오염물질 측정기술이 개발된다.	33.9	2010	2006
	53	금속용융로를 이용한 폐기물의 처리기술이 실용화된다.	33.3	2009	2004
	47	산업폐기물로부터 유가금속 및 물질을 회수하기 위한 기술이 실용화된다.	33.1	2007	2003
제도정비	41	가정쓰레기의 50%가 재활용된다.	34.9	2007	2003
	42	자원의 Recycling이 용이한 LCA 적 제품설계 개념이 정착된다.	28.8	2008	2004
	57	자연환경 파괴의 사회적, 경제적 손실 평가 방법을 도입한 규제시스템이 보급된다.	25.0	2009	2004
	9	세계의 이산화탄소 배출량이 1990년의 20%까지 감축된다.	24.5	2012	2008
	43	유해성 폐기물의 절반을 차지하는 오니(슬러지)가 안정화되고 자원화된다.	23.3	2007	2004

차. 미래기술 연표

<표 11> 미래기술

국내 실현 시기	번호	과 제 명	세계 실현 시기	격차	사분면
2005	6	선택적 비촉매 환원법(SNCR)에 의한 산업용 보일러 NOx 제거기술이 실용화된다.	2003	2	IV
2006	8	배기가스 중의 SOx를 제거하기 위한 건식 스크러빙(Dry Scrubbing)기술이 보급된다.	2003	3	IV
	23	유기 폐수에서 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 생물학적 처리기술이 실용화된다.	2003	3	II
	25	농촌오수와 축산폐수의 합병처리가 가능한 고효율 처리시설이 실용화된다.	2003	3	II
	29	각종 하·폐수로부터 활용목적별 중수도 생산기술이 실용화된다.	2002	4	II
	40	국내 음식폐기물의 고속자원화기술이 개발된다.	2003	3	II
	44	가축분뇨의 자원화 이용기술이 실용화된다.	2003	3	IV
2007	1	악취와 대기오염 물질을 정화시키는 촉매가 개발된다.	2004	3	II
	3	Dioxine 배출문제가 해결된 대·중·소형 소각로가 실용화된다.	2004	3	II
	17	오존층 파괴나 지구온난화에 문제가 없는 프레온, 할론 대체품이 실용화된다.	2004	3	II
	20	대기의 각종 오염물질을 정확히 측정할 수 있는 휴대용 소형기기가 개발된다.	2004	3	III
	21	국지 대기질모델을 이용한 전국 각 지역의 대기질 경보시스템이 운영된다.	2003	4	IV
	22	논, 습지, 저수지, 수로 등의 자연정화 기능의 정량화에 기초한 수질환경 계획기술이 보급된다.	2003	4	II
	30	저에너지 소모형 membrane을 이용한 정수처리 및 폐수처리 공정이 개발된다.	2003	4	IV
	41	가정쓰레기의 50%가 재활용된다.	2003	4	II
	43	유해성 폐기물의 절반을 차지하는 오니(슬러지)가 안정화되고 자원화된다.	2004	3	II
	46	매립가스를 처리하여 경제적으로 활용할 수 있는 기술이 실용화된다.	2003	4	IV
	47	산업폐기물로부터 유가금속 및 물질을 회수하기 위한 기술이 실용화된다.	2003	4	II
	56	환경오염원에 대한 GIS를 이용한 D/B가 구축되고 종합적인 관리시스템이 개발된다.	2003	4	II

국내 실현 시기	번호	과 제 명	세계 실현 시기	격차	사분면
2008	2	미생물을 이용하여 냄새를 제거하거나 공기를 깨끗하게 하는 기술이 개발된다.	2005	3	IV
	7	질소산화물 0.1~0.2g/km의 배출규제 가능한 기술이 거의 모든 차종에 보급된다.	2005	3	II
	14	인접국으로부터 산성가스 이동에 의한 산성비의 원인 및 영향 규명이 이루어진다.	2004	4	II
	24	바이오테크놀로지를 이용한 미생물 개발로 고효율의 난분해성 유해 폐수 처리 시스템이 실용화된다.	2004	4	II
	27	폐수처리장 소요 부지를 50% 이상 감소시킬 Compact화 된 처리 기술이 개발된다.	2004	4	II
	28	공정폐수의 50% 이상이 재이용되는 청정기술이 실용화된다.	2004	4	II
	32	부영양화된 湖沼수질의 개선을 위한 효과적인 현장기술이 실용화된다.	2004	4	II
	37	신뢰도 높은 상·하수도관의 개량기술이 실용화된다.	2004	4	II
	38	Cr 도금의 대체기술이 개발된다.	2004	4	III
	42	자원의 Recycling이 용이한 LCA적 제품설계 개념이 정착된다.	2004	4	II
	45	유기성 폐기물의 열분해에 의한 오일 생산기술이 실용화된다.	2004	4	IV
	48	연소재와 비산재로부터 유용한 자원을 회수하는 기술이 개발된다.	2004	4	IV
	49	단기간 사용·포장에 대하여 혐기성 미생물로 완전히 분해되는 생분해성 플라스틱이 보급된다.	2004	4	IV
	67	강우와 연계된 홍수 및 산사태 예·경보 시스템이 실용화된다.	2003	5	II
2009	5	플라즈마에 의한 탈황, 탈질 동시 처리기술이 실용화된다.	2005	4	IV
	18	프레온 등이 오존층에 미치는 영향이 정량적으로 해명된다.	2005	4	II
	31	녹조, 적조를 일으키는 조류를 분해할 수 있는 세균, 포식분해하는 미소동물을 활용한 수질환경 개선 바이오리액터시스템이 개발된다.	2006	3	III
2009	33	오염된 지하수 및 매립지를 복원할 수 있는 유효한 회복기술이 개발된다.	2005	4	II
	39	쓰레기 고형화 연료(RDF)를 이용한 발전시스템이 보급된다.	2005	4	IV
	50	슬러지에서 토양매립에 유해한 오염물질의 분리기술이 실용화된다.	2005	4	III
	51	고온 플라즈마에 의한 유해 폐기물 처리기술이 실용화된다.	2004	5	IV
	53	금속용융로를 이용한 폐기물의 처리기술이 실용화된다.	2004	5	III
	54	VOC 제어를 위한 광촉매기술이 실용화된다.	2005	4	III
	55	환경오염물질의 원격감시를 위한 신뢰성과 내구성을 겸비한 센서가 개발된다.	2004	5	II
	57	자연환경 파괴의 사회적, 경제적 손실 평가 방법을 도입한 규제시스템이 보급된다.	2004	5	II
	60	살포 농약의 자연 생태계 이동 및 잔류예측이 가능해진다.	2005	4	III

국내 실현 시기	번호	과 제 명	세계 실현 시기	격차	사분면
2009	62	세라믹 필터를 이용하여 고온고압하에서 분진을 제거하는 기술이 실용화된다.	2004	5	Ⅲ
	66	수도, 전기, 가스 등의 파이프라인의 방재성을 향상시키기 위한 원격감시, 제어시스템이 보급된다.	2005	4	Ⅲ
2010	4	2차 폐기물이 발생하지 않도록 전자빔을 이용하여 NOx, SOx를 분해하는 기술이 실용화된다.	2005	5	Ⅳ
	15	산성비가 동식물에 미치는 영향의 메카니즘이 해명된다.	2006	4	Ⅲ
	16	오존층을 파괴하는 물질로 알려진 CFC, HCFC, HFC 및 염소를 포함한 용제를 회수할 수 있는 기술이 개발된다.	2005	5	Ⅱ
	19	위성을 이용한 대기오염물질의 국지적인 감시가 가능해진다.	2004	6	Ⅱ
	26	전자빔 가속기 등 방사선 조사기술에 의한 폐수 및 폐액의 처리기술이 개발된다.	2006	4	Ⅲ
	36	레이저 분광기술을 이용한 수용액 내의 오염물질 측정기술이 개발된다.	2006	4	Ⅲ
	58	생태생리기술을 이용한 환경보전 및 복원생태계의 유지기술이 개발된다.	2006	4	Ⅲ
	61	중금속 또는 잔류농약 등의 화학물질로 오염된 토양을 현장에서 무해화하는 방법이 실용화된다.	2005	5	Ⅱ
	64	산업 및 환경 모니터링 발광형 바이오센서 소자가 개발된다.	2005	5	Ⅲ
2011	35	수중에서 미량유기물질을 농축없이 측정하는 검사기술이 개발된다.	2006	5	Ⅲ
	52	초임계 공정에 의한 폐기물의 재활용기술이 보급된다.	2006	5	Ⅲ
	63	저소음엔진, 타이어, 흡음 토목건설재료의 개발에 의해 자동차 소음이 국내 도시지역의 주거전용지역에서 환경기준 내에 들게 된다.	2006	5	Ⅳ
	65	일반 환경 중의 미량 유해 화학물질의 대부분에 대하여 인간이 장기 노출되었을 때의 영향이 판명된다.	2008	3	Ⅲ
2012	9	세계의 이산화탄소 배출량이 1990년의 20%까지 감축된다.	2008	4	Ⅱ
2013	34	폐하수에서 발생하는 슬러지 등을 이용하여 수소에너지를 직접 생산하는 기술이 실용화된다.	2008	5	Ⅲ
2014	12	지구온난화에 의한 해수면 상승을 정확하게 예측할 수 있게 된다.	2008	6	Ⅲ
	59	유전자조작 등에 의해 복제된 유용생물의 개방계 이용에 관한 평가 이용기준이 확립되어 환경정화에 이용된다.	2010	4	Ⅲ
2015	10	미세조류 등 해양생물을 활용한 이산화탄소 고정기술이 실용화된다.	2009	6	Ⅲ
	11	3,000m 이하의 심해에 이산화탄소를 저장하는 기술이 개발된다.	2010	5	Ⅲ
	13	지구온난화가 농업생산에 미치는 영향이 전지구 차원에서 정량적으로 해명된다.	2009	6	Ⅲ

## 2. 일본의 기술예측 조사 (2001년 7월)

### 가. 조사의 방법

- 향후 30년간의 기술발전의 방향성을 파악하기 위해 일본 국내의 기술전문가를 대상으로 한 델파이조사를 일본과학기술청에서 실시했음.

### 나. 중점과학기술분야에 관한 조사

- 기술예측조사의 전용답자에 대해 ‘향후 10년’과 ‘2010년 이후’에 중점을 두어야 할 과학기술분야를 조사했음.

<표 12> 조사된 6개 과학기술 분야

6개 과학기술분야	
(1) 정보계 기술(정보, 통신, 일렉트로닉스 등)	(4) 재료계기술(물질, 재료, 프로세스기술 등)
(2) 생명계 기술(라이프사이언스, 의료, 식량 등)	(5) 제조, 매니지먼트계 기술(제조, 유통, 경영 등)
(3) 지구·환경계 기술(환경, 자원, 에너지, 해양, 지구, 우주 등)	(6) 사회기반계 기술(도시, 교통, 사회서비스 등)

- ‘향후 10년’의 중점과학기술분야의 인식
  - ‘지구·환경계 기술’, ‘정보계기술’, ‘생명계기술’의 3개 분야가 특히 중시되었으며 그 경향은 어느 전문가그룹에서도 거의 비슷했음.
- ‘2010년 이후’의 중점과학기술분야의 인식
  - ‘지구·환경계기술’과 ‘생명계기술’의 2개 분야가 모든 전문가그룹에서 특별히 중시되고 있음. 그리고 이들 2개분야를 중시한다고 한 응답은 ‘향후 10년’의 평가보다 높았음.

### 다. 중요도 상위100개 과제의 특징

- 제5회 조사(1992년), 제6회 조사(1997년), 제7회조사(이번의 조사)에서 중요도가 높은 상위 100개 과제를 환경관련기술, 정보관련기술, 생명관련기술, 재해관련기술, 신에너지관련기술, 기타의 6개 구분으로 분류하여 중요과제의 추이를 살펴 보았음.
- 이번의 조사결과에서 중요도가 높다고 평가된 과제는 지난번 조사와 비교해서 환경관련기술, 정보관련기술이 거의 비슷한 수준을 유지했으며 생명관련기술이 대폭 증가했음.

- 환경관련기술에 대해서는, ‘제조자책임이라는 규정이 마련되어 90% 이상이 리사이클 될 설계·제조·회수·재이용시스템이 보급[2015년]’ 등의 리사이클, 제로에미션, LCA(라이프사이클·아세스먼트)와 관련된 과제가 대폭 증가(9개 과제 → 14개 과제) 했음.
- 또한 ‘내분비교란화학물질의 독성발현메커니즘 및 생식기능 등에 미치는 영향의 규명 [2015년]’ 등의 환경호르몬과 관련된 2개 과제가 이번에 새로 중요도 상위 100개 과제로 들어갔음.

<표 13> 중요도 상위 100개 과제의 구분별 내역의 추이

구 분	제7회조사(이번) (2001년)	제6회조사(지난번) (1997년)	제5회조사(전전회) (1992년)
환경관련기술	26	25	28
정보관련기술	21	24	10
생명관련기술	26	17	37
재해관련기술	8	11	9
신에너지관련기술	10	11	6
기 타	9	12	10

- 중요도 지수가 높은 상위 100개 과제중 환경분야와 직간접으로 관련된 과제를 다음과 같이 제시했음.

<표 14> 상위 100개 과제 중 환경분야 관련 과제

순위	분 야	과 제	중요도 지수	실현예 측시기	구 분	지난번 순위
1	해양·지구	55 재해발생이 예상되는 매그니튜드 7 이상의 지진발생여부를 며칠전에 예측할 수 있는 기술이 개발된다.	95	2024	재해	7
2	서비스	31 폐기공업제품의 처리기술이 대폭 발달하여 최종처분량을 현재의 10분의 수준까지 감량할 수 있는 영리목적의 서비스 등이 나타난다.	94	2015	환경	
3	자원·에너지	49 고준위방사성폐기물의 고화체(固化体)기술이 실용화된다.	94	2021	신에너지	21
9	해양·지구	51 고준위방사성폐기물의 지층처분의 안전성에 관한 평가법이 확립된다.	92	2016	신에너지	
14	제조	40 불용(不用)제품의 회수·처리에 관한 제조자 책임이 법적으로 규정되어 사용재료의 90% 이상이 리사이클되는 설계·제조·회수·재이용시스템이 보급된다.	90	2015	환경	6

순위	분 야	과 제	중요도 지수	실현 예측 시기	구 분	지난번 순위
15	라이프 사이언스	82 식량증산과 환경보전을 위해 광합성기능을 비약적으로 향상시키는 기술이 개발된다.	90	2018	생명	60
17	환경	질소산화물의 배출을 0.1~0.2g/km 정도로 규제할 수 있는 기술이 대부분의 차종에 보급된다. (중량디젤차에서의 현황은 4~5g/km정도, 가솔린승용차의 78년규제치는 0.25g/km)	90	2011	환경	23
21	환경	22 디젤차의 미량입자상 물질의 배출을 현재의 10% 정도까지 삭감할 수 있는 기술이 실용화된다. (99년도의 규제치는 2.5t을 넘는 중량차에 0.25g/kWh(형식당 평균치))	90	2011	환경	
22	해양·지구	63 이산화탄소 등 온실효과기체방출의 국제규제에 대해 개도국의 삭감도 포함한 전지구적인 합의가 형성된다.	89	2013	환경	
24	환경	38 제로에미션을 목적으로 한 산업기술의 재편성·복합화가 이루어져 산업폐기물의 매립량이 반감한다.	89	2018	환경	
27	해양·지구	13 전갱이, 정어리, 꽂치, 고등어 등 다핵성 어류의 어종교체의 메커니즘이 규명된다.	89	2016	기타	
28	재료· 프로세스	76 변환효율 20% 이상의 대면적 아몰파스실리콘태양전지가 실용화된다.	89	2016	신에너지	12
29	재료· 프로세스	75 변환효율 50% 이상의 적층태양전지가 실용화된다.	89	2019	신에너지	11
32	해양·지구	57 화산체 내부의 마그마의 상태를 경시적으로 관측할 수 있게 된다.	88	2019	재해	
36	도시·건축 ·토목	04 지각의 굴절분포와 과거의 지진경력의 분석등을 통해 중기적(5~10년정도 앞)인 대규모지진(M8 이상)의 발생을 예측하는 기술이 일본에서 실용화된다.	88	2026	재해	36
37	라이프 사이언스	31 미생물과 식물에 의한 바이오플라스틱 등의 생분해성 플라스틱의 생산이 전세계 플라스틱 생산량의 과반수를 차지한다.	88	2015	환경	48
38	농림수산· 식품	49 주요어업자원의 재생산과정이 밝혀지면서 장기(10년~20년)변동예측이 가능해져 걱정된 자원관리기술이 실용화된다.	88	2024	기타	68
40	자원·에너지	53 환경성이 좋은 고효율가반(可搬)형 자원(전기자동차전원 등)으로서 연료전지가 보급된다.	88	2015	신에너지	
43	교통	29 대형화물자동차의 배기가스의 유해성분을 1/10로 줄이기 위해 디젤용 배기촉매, 파티큐레이트트랩, 린 NOx촉매와 고정도(精度)연소기술 등의 배기대책기술이 보급된다.	88	2011	환경	72

순위	분 야	과 제	중요도 지수	실현 예측 시기	구 분	지난 번순 위
45	농림수산· 식품	76 내분비교란화학물질의 독성발현메커니즘 및 생식기능, 행동, 뇌기능, 면역기능 등에 미치는 영향이 규명되어 사람과 가축에 대한 안전한계가 설정된다.	87	2015	환경	
47	제조	39 제품의 탄생에서부터 폐기까지의 모든 라이프사이클을 통해 생태계에 미치는 영향을 고려한 저(低)엔트로피화 에코팩토리가 보급된다.	87	2017	환경	55
50	농림수산· 식품	62 유전자변형농작물의 안전성을 식품·환경의 두가지 측면에서 검토하여 소비자들도 이해할 수 있는 평가방법이 개발된다.	87	2011	생명	
52	제조	42 '설계·생산·사용·폐기'의 생산시스템과 '회수·분해·선별·재이용·생산'의 자원순환시스템이 하나가 된 제조-폐기형 제조시스템이 보급된다.	87	2017	환경	
53	도시·건축· 토목	03 지진예지 전국네트워크가 구축되어 50km정도 이상 떨어진 지진에 관해 지진도달전에 정보를 전달하는 방재시스템이 일본에 보급된다.	87	2016	재해	59
55	농림수산· 식품	75 다이옥신 등의 내분비교란화학물질을 분해하는 균을 다공질목탄 등의 담체에 고정화시켜 하천의수질을 정화시키는 플랜트가 개발된다.	86	2015	환경	
59	농림수산· 식품	25 삼림 및 그 기능(생물다양성유지, 환경정화, 경관과 쾌적성의 제공 등)을 보전하면서 삼림을 적정히 이용하기 위한 기술체계와 제도가 실용화된다.	86	2017	환경	82
62	제조	41 이산화탄소의 회수기술개발 등이 진전되어 제로에미션팩토리가 보급된다.	86	2021	환경	41
63	자원·에너지	75 폐기물선별회수시스템이 구축되어 새로운 경제척도·기준을 근거로 하여 재생된 원료와 재생품을 생산·유통·소비하는 시스템이 보급된다.	86	2016	환경	
66	해양·지구	27 도쿄만, 오사카만 등 이용밀도가 큰 해역을 대상으로 한 만 전체의 종합적 이용·보전기술이 보급된다.	85	2014	기타	
67	재료· 프로세스	52 지구환경보호에 필요한 이산화탄소고정화기술이 실용화된다.	85	2019	환경	70
68	재료· 프로세스	53 태양광으로 물을 분해하는 수소생산프로세스가 실용화된다.	85	2019	신에너지	64
74	경영·관리	26 산업클러스터(폐기프로세스에서 각산업이 다른 산업의 폐기물을 이용해 나가는 시스템)가 확립되어 이용가능한 산업폐기물을 그 유통 경로에 포함시키는 것이 의무화된다.	85	2014	환경	

순위	분 야	과 제	중요도 지수	실현 예측 시기	구 분	지난번 순위
79	도시·건축 ·토목	14 대규모 지진 발생시의 구조물과 지반의 거동을 정확히 시뮬레이트하는 기술이 일본에 보급된다.	84	2012	재해	
80	환경	50 지구환경보전을 위해 일본에 환경세가 도입된다.	84	2009	환경	65
81	환경	39 전세계에 이산화탄소가 대기중으로 배출되는 양이 1990년의 20%정도까지 저하된다.	84	2027	환경	
82	유통	09 식품분야에서 패키지를 포함하여 유통과정의 폐기율이 제로, 내지는 100% 순환형 상품개발이 80% 이상의 기업에 보급된다.	84	2015	환경	
89	재료· 프로세스	35 범용플라스틱의 리사이클시스템이 보급되어 총생산량의 30% 이상이 리사이클제품이 된다.	84	2015	환경	17
90	자원· 에너지	13 LCA적인 관점에 입각해서 도시쓰레기에서 유기물(有價物)들을 합리적으로 회수·이용할 수 있는 방법이 실용화된다.	83	2014	환경	29
92	자원· 에너지	28 메탄하이드레이트의 채굴기술이 실용화된다.	83	2022	신에너지	
93	교통	26 연료전지(Fuel Cell)를 탑재한 전지자동차가 보급된다.	83	2014	신에너지	
94	라이프 사이언스	33 화력발전소 등에서 배출된 고농도 이산화탄소를 즉시 생물학적으로 고정화하는 기술이 실용화된다.	83	2018	환경	
96	농림수산· 식품	74 폐쇄수역의 오염에 대해 생물과 생태계 기능을 이용하여 전쟁전의 수준으로까지 정화하는 환경복구기술이 보급된다.	83	2018	환경	25
98	제조	24 비화석에너지(풍력, 지열, 태양광·열, 폐열)의 이용이 제조부문의 모든 방면으로 보급된다.	83	2018	신에너지	1
99	해양·지구	40 지진계, 경사계 등의 다양한 관측기기를 통합·집적화한 보아홀 식 관측장치가 일본전국에 배치되어 지진예지에 이용된다.	83	2016	재해	51
100	재료· 프로세스	33 기존의 석유화학프로세스를 대신하여 재생 가능한 자원을 이용한 고분자합성프로세스가 보급된다.	83	2019	기타	

주 : 지난번 과제와 동일한 과제 및 지난번 과제를 수정한 과제 중, 지난번에 중요도가 100위 이내인 과제에 대해서는 그 순위를 적었다.

라. 주요 분야의 중요 과제

○ 환경계기술의 중요과제(사례)

- 순환형 사회
- 지구환경보전을 위한 환경세의 도입
- 디스플레이를 포함한 신제품PC부품의 90% 이상의 재이용화(2012)
- 혐기성(嫌氣性) 미생물로 완전히 분해되는 생분해성 플라스틱의 보급(2014)
- 범용플라스틱의 총생산량의 30%이상이 리사이클품(2015)
- 산업기술의 재편성·복합화가 이루어져 산업폐기물의 매립량이 반감(2018)
- 리스크극소화
- 질소산화물의 배출을 규제할 수 있는 기술을 대부분의 차종에 보급(2011)
- 리사이클·리유스가 용이한 LCA적 제품설계개념의 보급(2012)
- 제조자책임이 규정되어 90% 이상이 리사이클될 설계·제조·회수·재이용시스템이 보급(2015)
- 기후변동에 따른 이상강우현상의 발생에 대한 지건을 널리 얻을 수 있음 (2017)
- 미세조류 등 생물을 활용한 이산화탄소고정기술의 실용화(2018)
- 지구온난화대책
- 디젤차의 미량입자상 물질의 배출을 현재의 10% 정도까지 감축할 수 있는 기술·의 실용화(2011)
- 온실효과기체방출의 국제규제에 대해 개도국을 포함한 전지구적인 합의의 형성(2013)
- 내분비교란화학물질분해균을 담체에 고정시켜 하천의 수질을 정화하는 플랜트의 개발(2015)
- 난분해성 환경오염물질을 토양, 지질 등에서 제거하는 기술의 보급(2017)
- 제품의 모든 라이프사이클에서 생태계에 미치는 영향을 고려한 저엔트로피화 에코팩토리가 보급(2017)
- 산화탄소의 회수기술의 개발 등이 진전되어 제로에미션팩토리가 보급(2021)
- 전세계에 이산화탄소가 대기중으로 배출되는 양이 1990년의 20%로까지 저하(2027)

마. 분야별 장기시나리오 등에 관한 질문

- 농림수산·식품분야, 자원·에너지분야 및 환경분야, 도시·건축·토목분야, 교통분야의 5개 분야에서는 30년후의 세계(사회)에 대해 어떠한 시나리오를 상상하고 있느냐를 질문했음.

- 다음에 자원·에너지분야 및 환경분야의 경우, 지구온난화에 관한 30년 후의 세계 시나리오 및 환경문제에 효과가 큰 대응의 선택을 제시했음.

<표 15> 자원·에너지분야의 응답

질문1 30년후의 세계 (시나리오선택)	시나리오A	10명 (4.4%)	질문 2 향후 환경문제에 효과가 큰 대응	기술적 대응	53명(23.5%)
	시나리오B	29명(12.8%)		경제적 대응	98명(43.4%)
	시나리오C	84명(37.2%)		윤리적 대응	64명(28.3%)
	시나리오D	91명(40.3%)		무응답	11명 (4.9%)
	무응답	12명(5.35%)			

<표 16> 환경분야의 응답

질문1 30년후의 세계 (시나리오선택)	시나리오A	14명(5.6%)	질문 2 향후 환경문제에 효과가 큰 대응	기술적 대응	57명(22.9%)
	시나리오B	31명(12.5%)		경제적 대응	105명(42.2%)
	시나리오C	97명(39.0%)		윤리적 대응	84명(33.7%)
	시나리오D	103명(41.4%)		무응답	3명(1.2%)
	무응답	4명(1.6%)			

<표 17> 참고 IPCC의 최신 4가지 시나리오

	시나리오A	시나리오B	시나리오C	시나리오D
인구(억명)	2020년:75 2050년:87 2100년:71	2020년:82 2050년:113 2100년:151	2020년:78 2050년:89 2100년:72	2020년:77 2050년:94 2100년:104
경제(조 달러) 세계총생산	2020년:60.8 2050년:174.4 2100년:532.4	2020년:40.6 2050년:81.9 2100년:243.6	2020년:53.5 2050년:134.8 2100년:338.6	2020년:43.4 2050년:86.1 2100년:238.6
일차에너지소비 (EJ/년)	2020년:648 2050년:1204 2100년:2079	2020년:611 2050년:984 2100년:1589	2020년:475 2050년:680 2100년:820	2020년:567 2050년:869 2100년:1356
CO2배출량 (GtonC/년)	2020년:12.1 2050년:16.0 2100년:13.1	2020년:11.1 2050년:18.5 2100년:29.9	2020년:7.5 2050년:9.0 2100년:5.7	2020년:9.3 2050년:11.2 2100년:13.9
특 징	마켓의 이점을 활용하여 전세계적으로 경제가 더욱 성장하며 교육, 기술, 사회제도에 중대한 혁신이 일어난다.	세계 각지역의 고유 문화를 소중히 여기고 다양한 사회·정치구조를 구축함으로써 세계정치경제가 블록화된다.	환경과 사회에 대한 높은 관심을 바탕으로 환경보전과 경제발전을 범지구적으로 양립하면서 균형잡힌 경제발전을 도모한다.	환경과 사회에 대한 높은 관심을 바탕으로 하지만 지역문제와 공평성을 중시하여 밑에서 위로의 발전을 도모한다.

주 : 모리슨스케'IPCC의 최근 활동에 대해' 에너지·자원(2000.3)을 근거로 작성



대분류	번호	과	제	실현 예상 시기	최고 R&D 수준국 (%)		
					미국	일본	독일
오존을 파괴하는 유해물질의 감소	13	CFCs와 Halon이 세계적인(후진국을 포함하여) 대체물의 사용으로 더 이상 성층권에 축적되지 않는다.	2008	56	21	94	
생물생활 공간과 Biotop의 보호	14	특히 보호가치가 있는 Biotop의 평가를 위한 객관적인 절차가 이루어진 후에, 독일 면적의 10%가 독일자연보호법상에서 자연보호를 받게 된다. 즉 자연보호구역이나 국립공원으로서(1991년에 2% 못미치는 면적이 자연보호 대상이었다.	2014	19	3	88	
	15	특히 제초제, 살충제 그리고 살진균제의 생물학적 분해성이 새로운 합성(synthesis)방법을 기반으로 근본적으로 개선된다.	2007	64	18	89	
	16	넓은 지역의 수림 개간이 세계적으로 (특히 열대우림과 캐나다와 소련지역에서와 같이 폭넓은 지리적 점유를 갖고 있는 침엽수림에서) 멈춰지고, 선택적인 목재 경제 정책에 의해 보충된다.	2013	39	5	48	
수림의 '지속적' 이용	17	예전의 열대우림지역에서 기능이 원활한 생태시스템의 재경작을 위한 효과적인 방법들이 개발된다.	2014	53	6	32	
	18	국제적 목재거래에서 유통되는 목재량이 면적을 보호하는 조림경영의 관점에서 국제적으로 합의한 목재 봉인에 의해 제어될 것이다. 거래량 90%가 이 봉인을 받게 된다.	2013	31	7	69	
도시환경 (유해물질 소음)	19	배기가스에서 NOx의 농도를 2005년의 EU내에서 요구되는 기준치(휘발유용 0.08g/km, 디젤용 0.15g/km)이하로 현저히 저감하는 기술이 새로운 자동차류를 위해 범용화 된다.	2008	69	60	87	
	20	오늘날과 비교하여 자동차로 인한 특수 방출이 세계적으로 50%로 줄어들게 된다.	2014	68	63	90	
	21	오늘날과 비교하여 특수 방출(대기 오염 물질, 소음)이 적은 환경 친화적인 자동차(예: 전기자동차, Fuelcell로 운행되는 자동차)의 몫이 세계적으로 전체 자동차 양의 10%이상을 차지 할 것이다.	2015	64	62	89	
	22	도시의 건물 지붕과 정면의 녹지화에 크게 투입하기 위해, 식물(예: 나무, 잔디)의 저항능력과 보호요구성이 그들의 환경보존기능 때문에 변화된다.	2012	50	20	64	
	23	독일 도시의 거주구역 내에 자동차에 의해 야기되는 소음수위를 엄격한 환경 기준 하에 담보할 수 있는 방음모터나 타이어 그리고 흡음 건축자재들이 널리 보급된다.	2009	25	31	94	
	24	향상된 건축기술에 의해 그리고 매년 거주지로 사용되는 면적이 줄어든 정도로만 토지를 이용함으로써 토지소비를 제한한다.	2018	4	62	83	

대분류	번호	과 제	실현 예상 시기	최고 R&D 수준국 (%)		
				미국	일본	독일
도시환경 (유해물질 소음)	25	교통으로 생기는 도시에서의 환경부담이 동력화된 개인 교통수단의 계속되는 증가에도 불구하고 자동차 기술의 발전을 통해 30%정도 감소될 것이다.	2013	50	56	91
	26	교통으로 생기는 독일 도시에서의 환경부담이 주거구조의 변화를 통해 (예: 지금까지의 주거, 일, 구매의 분리를 없애는 주거구조) 30%정도 줄어든다.	2016	19	33	85
	27	도시의 환경부담(수자원관리, 도시기후)이 새로운 건설 및 교통 개념(concept)에 의해 느낄 수 있을 정도로 감소된다	2013	14	33	92
	28	천만에서 이천만 인구를 가진 초대형(Super-Mega)도시에 최대 50,000명의 사람들이 거주하며 일할 수 있는 3,000m 높이까지의 주상복합건물이 건설된다(오늘날 이미 5,000명의 인구를 위한 600m 높이의 건물이 실현되어 있다).	2025	75	67	3
	29	1,000m 이상의 건물들을 위해 분산화 된 공급 및 폐기물 처리 시설(전기, 난방/냉방/에어컨디셔너, 상하수도, 쓰레기 잔여물)이 개발된다.	2017	73	71	17
쓰레기 집하장 기술	30	쓰레기 집하장 가스와 하수처리 가스로부터의 전류생산이 세계적 표준이 된다.	2012	21	32	94
쓰레기 기화, 발 효, 소각	31	넓은 범위의 생물학적-기계학적 축적처리가 유기쓰레기에서 고가치의 혼합 비료를 얻기 위해 도입된다.	2007	10	13	97
	32	폐기물 가운데 유기 성분을 취급하기 위한 혼합(combined) 시스템이 메탄가스 발효기술과 폐기물 소각기술을 통해 실용화 된다.	2007	12	20	96
	33	폐기물 소각을 통한 전기생산 시스템이 고체 폐기물(RDF)의 소각을 이용함으로써 널리 보급된다.	2008	18	29	94
	34	단수명의 용기와 포장재는 생물학적인 분해가 가능하고 완전하게 광물화가 가능한 합성물질(플라스틱)로 대부분 생산된다.	2008	55	29	94
토양의질	35	공기를 통한 토양으로의 난분해성 유해물질의 유입이 장기적으로 환경 친화적 수준으로 줄어든다.	2014	47	26	96
	36	생태계에 맞는 토양이용을 위한 현존의 방법들이 독일 농업의 사용면적의 40%까지 도입된다. 왜냐하면 그를 위해 더 소요되는 비용은 재정적으로 메워주기 때문이다.	2011	11	9	96
	37	새로운 농업 기술적, 농업 경제적 방법을 통해 토양을 사용하게 되어서 토양의 수확력이 완전히 보존 유지된다.	2013	27	18	90
	38	독일에서의 살충제와 화학비료의 소비가 생태학적으로 기초된 경작법에 의거하여 줄어들어 1990년과 비교해서 반으로 된다(1990년의 살충제 소비: 2kg/ha, 1990년의 화학비료 소비:인 51kg/ha, 질소 128kg/ha).	2011	13	8	94

대분류	번호	과	제	실현 예상 시기	최고 R&D 수준국 (%)		
					미국	일본	독일
토양의질	39	사막의 확장을 억제하기 위해서, 사막지역의 생성원인을 규명하는 기술이 세계적으로 보급된다.		2019	54	5	9
	40	생명공학의 도움으로 건조에 잘 견디고 염분에 강한 농업작작물이 개발된다. 그 식물들은 고농도의 염분에 의해 위협받는 용수지역에서도 영속적으로 높은 수확을 낳는다.		2015	77	22	13
산업 및 상업 지역의 잔류 오염	41	예를 들면, 중금속이나 제초제를 통해 유해물질에 오염된 토양을 정화하는 프로세스가 실용적으로 그리고 넓은 면적에서 사용된다.		2008	48	19	98
	42	유전 공학적으로 형성된 박테리아들이 오염된 토양에서 독성물질의 분해를 실제로 가능하게 한다.		2009	94	24	37
강우 /강 설 등의 예견	43	지상의 혹은 위성에 의해 지원되는 시스템(예: 레이더, 마이크로 웨이브)이 강우·강설지역의 면적 및 시간에 따른 추적 및 정보획득을 위해 사용되며, 수학적 모델과 함께 홍수 발생 및 지하수 신형성 등의 예보를 위해 사용된다.		2008	97	19	56
정수 /물 의 분배	44	폐수에서 영양소 뿐 아니라 난분해성 물질을 제거하는, 압축적(compact)/분산적으로 설치가능한 생물공학적 폐수처리 시스템이 개발된다.		2007	42	30	92
	45	분산설치가 가능한 폐수(정화)처리기술의 진보에 의해서 처리된 폐수의 재사용 가능성이 개선되어, 기업 내부뿐 아니라 지역자치단위내의 용수순환이 넓게 확대된다.		2008	25	32	90
	46	물 분배 시스템에서의 누수의 발견 및 제거를 위한 저렴한 프로세스가 물손실을 눈에 띄게 최소화 시켜 준다(오늘날 독일 전역에 평균 약 12%의 손실이 있음).		2006	24	23	95
	47	분산설치가 가능하고, 유지점검의 필요가 적은, 그리고 물리적/생물공학적 과정에 기초한 기술들이 원수(바닷물 포함)로부터 식수를 정화(준비)하는데 폭넓게 사용된다.		2011	59	47	61
	48	산업 폐수 처리의 분야에서는 물리학적 방법(예: Membrane 프로세스, 플라즈마 프로세스)이 보다 광범위하게 도입된다		2008	54	47	85
	49	식물에 의한 정화설비와 인공 습지가 가격이 저렴하고 분산적으로 설치할 수 있는 환경 친화적 폐수처리 시스템으로 널리 보급된다.		2009	21	13	87
	50	용수 공급 분야에 가정/상업/산업에서의 합리적인 물 이용을 위한 조치 및 거기에 투입된 기술의 계약서비스업체를 통한 기본적인 유지/수리가 재정적으로 지원되고 시행된다.		2008	54	17	77
	51	합리적인 물 이용을 위한 조치(물절약 수도꼭지, 빗물사용 등)를 통해서 또 배설물의 운송수단으로 식수를 사용하던 것을 대체함(압력이나 진공시스템 같은 다른 기술을 통해서)으로써 수자원이 적은 지역에서 가정의 하루 평균 일인당 현재 약 140ℓ의 Freshwater 사용을 70ℓ이하로 감소하는 것이 성공하게 된다.		2011	18	35	74

대분류	번호	과	제	실현 예상 시기	최고 R&D 수준국 (%)		
					미국	일본	독일
식수 조달	52	독일에 전국적으로 지하수로 충당되는 물 수요의 양은 변함 없이 머무르게 되는데(1995년에 66%), 그것은 향상된 정화기술을 통해 표면수를 더 많이 사용할 수 있게 되기 때문이다.		2007	9	7	90
수자원의 보 호 와 보 존 /홍 수 보 호	53	질산염(Nitrate) 제거 프로세스가 식수정화의 넓은 범위에 사용된다.		2007	18	11	90
	54	지하수로부터 식수조달을 확보하기 위해 필요한 원천(resources)이 명확해지면, 독일의 국토면적의 40% 또는 그 이상을 물 보호지역으로 공표한다. (1992년의 목표는 바덴 뷔템베르그주의 경우 30% 또는 그 이상을 물 보호지역으로 정하는 것이었다.)		2011	3	3	96
	55	물이 부족한 도시지역의 수자원 경영을 보다 환경 친화적으로 만들기 위하여 주거지역의 지붕에 떨어지는 강수를 인공적으로 지하수 축적화하는 것이 널리 보급된다.		2009	7	7	85
하 천 과 지하수의 모니터링	56	하천 감시의 시간 및 면적의 밀도를 현저히 향상시키기 위해서, 지하수와 표면하천수의 생화학적 성질에 대한 기존의 모니터링 전략(샘플링 및 샘플의 실험실에서 분석)을 (장기적으로 안정적이고, 신뢰성이 있으며, 강력하고, 원거리에서 calibration이 가능하며, 통신(communication)이 가능하고, 에너지 절약형인) 현장에서 유용한 in-situ 측정 및 센서 시스템의 사용으로 대체한다.		2010	45	29	91
자기정화 /하천의 재자연화	57	탄화수소, 할로젠화한 탄화수소, 다른 유기적 결합물 및 중금속으로 오염된 지하수를 현장(in-situ)에서 정화하는 생물공학적 물리학적 프로세스가 기술의 표준이 된다.		2007	55	20	87
Sediment 의 처리	58	중금속과 유기적 유해물질이 하천 sediment로부터 현장(in-situ)에서 정화될 수 있는 프로세스가 활용가능하게 된다.		2011	44	20	90
수 자 원 경 제 의 관리구조	59	도시의 수자원 경영분야에서 지금까지는 물의 공급과 하수 처리로 크게 나누어져서 경영되어 오던 것에 하나의 통합된 경영개념(concept)이 도입된다.		2009	10	19	84
	60	물 공급과 하수처리 분야에서의 낡은 기술들을 새로운 그리고 자원효율적인 기술로 바꾸는 중장기적 전략이 세워진다.		2008	17	17	92
폐기물 해양투기	61	유조선 사고로 생긴 기름오염을 효과적 그리고 환경 보존적으로 제거할 수 있는 생물학적·화학적·물리적 프로세스가 활용 가능하게 된다.		2008	91	38	53
	62	감독 방법(예 : 원격감지 시스템)이 효과적이 되어서 바다에 폐기물을 투기하면 즉시 기록되고 그 원인제공자를 확인할 수 있게 된다.		2006	92	27	67

대분류	번호	과 제	실현 예상 시기	최고 R&D 수준국 (%)		
				미국	일본	독일
바다의 경영	63	생물학적 시스템과 신기술의 결합으로 바다환경에 잘 통합된 양식장(해양농장)의 확장이 가능하게 된다. 그 양식장들은 경제적으로 기능하고, 그에 의해 바다환경이 부정적인 영향을 받지 않게 된다.	2017	32	94	5
	64	바다속에서 그리고 해저면에서의 미생물의 경작이 기술적 이용을 위해 널리 퍼진다.	2022	54	94	10
바다 생태계의 모니터링	65	지구 해류변화를 범람에 위협받았던 해안에 예보해주는 방법이 실제로 사용된다.	2013	89	67	26
	66	원격감지 기술(예: 위성)의 도입으로 미리 그리고 정확히 범람이 일어날 것의 예보가 가능하게 되고 그것으로 인해 사전에 경고할 시간이 확실히 늘어나게 된다.	2008	93	53	27
	67	위성의 도움으로 예를 들어 바다깊이 200m까지 물의 온도, 해류 그리고 엽록소의 농도에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있는 원격감지 기술(remote sensing)이 실제로 활용된다.	2012	97	53	30
	68	해류 및 해양오염(해안지역과 앞바다)의 현재적 광대역의 감시를 위한 세계적인 모니터링 시스템이 가동된다.	2013	96	40	53
	69	해안지역에서의 과도한 해조(algae)성장의 예보를 위한 모델이 개발된다.	2009	50	59	62
	70	사주(沙州; 썰물 때 나타남)지역과 북해 사이의 교환과정이 완전히 밝혀진다.	2013	2	1	99
경고 시스템	71	지진 전에 발생하는 현상들과 동물들의 행동반응 사이의 상호 작용이 설명되고 지진예보에 이용된다.	2014	49	89	6
환경정보 시스템	72	대기와 수질오염의 지구적 감시가 일반화되고, 세계적으로 통합된 하나의 환경 정보 시스템이 도입된다.	2014	91	36	66
	73	환경과 경제활동(생태·사회 생산물, Ecosocial product)의 상호작용의 지속적인 모니터링을 위해서 적합한 지표(Indicator)체제 위에 세워진 국가환경보고시스템이 개발되어, 정치·사회적 중장기 전략의 결정에 도움을 준다.	2014	44	10	92
	74	도시에서의 다양한 환경상황(오염정도, 녹지화 등)들이 원격 감지 기술의 도움으로 감시되고, 그렇게 얻어진 정보들은 환경의 질의 목표(예를 들면 오염 한계치)의 도출에 이용된다	2012	66	30	83
	75	환경조건 및 경제적 조치에 의해 영향 받은 농업경작물의 생리적 상태가 농부에 의해 요점적으로 측정되고, 필요한 비료 주기 및 식물보호제를 이용한 관리의 확정을 위해 이용된다.	2009	60	10	84
	76	환경에서의 모든 난분해성 화학물질들의 형성, 이동, 잔류와 관련된 프로세스들이 다음과 같은 정도로 연구된다. 즉, 환경의 다양한 매체속에서의 새로운 화학물질들의 이동 및 잔류를 만족할 만큼 정확히 예보하는 것이 가능하게 되고 또, 그래서 노출위험의 환경독성학적 예측에 기여하게 된다	2015	71	19	88

#### 4. 영국의 기술예측(2000년 12월)

##### 가. 개요

- 향후 10-20년간 기술발전의 방향성을 파악하기 위해 영국의 무역산업부(Department of Trade and Industry) 산하 과학기술국(The Office of Science and Technology)이 주체가 되어 과학기술 전 분야(15개 분야)에 대해 기술예측활동을 실시했으며 아래는 에너지·자연환경 패널(Energy and Natural Environment Panel)에서 발표한 보고서 “Stepping Stones to Sustainability”의 내용을 정리한 것임.

##### 나. 영국의 R&D 테마

###### □ 자연과 환경 관련

단 기	중 기	장 기
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원의 오염을 정화(repairing) 하는 방법 연구 : 수자원 및 토양의 생물학적 정화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수자원과 자연자원 관리에 대한 기후변화의 잠재적 충격 연구</li> <li>- 대규모의 생태계 변화의 지구적 지표(Global Indicator) 정립의 연구</li> <li>- 지역(Subregional) 수준에서 기후변화의 규모 및 속도에 대한 연구 : 향상된 기후모델을 이용 확실성 증진</li> <li>- 지역규모에서의 생태계 및 수자원 시스템의 예측 모델 개성</li> <li>- 대규모 자연계에서의 “Critical loads”와 탄성(resilience) 평가 방법에 대한 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역적 환경한계를 이해하는 방법의 연구</li> <li>- 해안 지역관리에 대한 기후변화의 충격에 대한 연구</li> <li>- 토양과피에 대한 인간활동의 충격 연구</li> <li>- 기후변화에 의한 건강충격에 대한 연구</li> <li>- 오염물질의 장기적 운명에 대한 연구 : 특히 소농도의 잔류오염물질 (Persistent pollutants)</li> </ul>

자료 : Stepping Stones to Sustainability, 2000. 12 (<http://www.foresight.gov.uk/>)