



# 지속가능 개발을 위한 청정생산기술 개념

편집실 제공

## 1. 청정생산기술의 출현

산업에서 발생하는 오염물질에 의한 환경문제는 급속한 경제발전 및 폭발적인 인구 증가에 따라 인류의 발전을 저해하는 핵심 요인으로 심각하게 인식되어왔다. 1960년대 이전에는 생산개념이 단순히 원료 취득과 가공을 통한 상품의 생산이 전부였으며 이에 따른 건강이나 환경충격은 무시되어 왔었다. 그후 환경오염에 대한 우려가 거론되면서 1960년대에는 오염물질의 희석을 통하여 환경에 미치는 영향을 감소시키는 방향으로 접근하다가 물질에 따라서는 적은 양도 유독하며 매우 오랜 기간동안 독성을 유지한다는 사실을 인지하게 되면서 1970년대부터 발생된 오염물질을 처리해 주는 사후처리(End of Pipe, EOP)기술에 의한 방법이 각종 산업에서 발생한 환경문제 해결의 주요 방안으로 수행되어왔다.

그러나 사후처리기술의 적용에 의한 오염방지가 고가의 비용이 투입됨에도 불구하고 경우에 따라서는 오염물질이 완전히 제거되는 것이 아니라 한 물질에서 다른 물질로 단순 천이 된다는 사실을 알게 되면서 1980년대에는 오염발생 근원에서부터 오염물질을 방지 또는 제거하는 청정생산(Cleaner Production, CP)기술의 개념이 환경오염방지 수단으로 도입되기 시작했다(그림 1 참조).

현재 사후처리를 위한 비용은 세계적으로 매년 수천억 달러를 사용되는 것으로 알려져 있으며 갈수록 증가되고 있다. 이에 따라 비용절감 또는 오염방지 효과면에서 보다 탁월한 청정생산기술로의 대체가 추진되고 있다.

청정생산기술의 개념은 '80년대 초 도입되기 시작하면서 '87년 UN에서 제기된 후 '91년 UNEP를 통해 국제적으로 구체성을 띠게되었으며 '92년 6월 세계 150여개국이 참석한 브라질 리우회의(유엔환경개발회의)에서 인류의 지속 가능 개발(Sustainable Development)을 위해 청정생산기술개발을 권고하는 "실천강령(Agenda 21)"을 채택함으로써 각국에서 정부차원의 본격적인 기술개발을 촉진하게 되



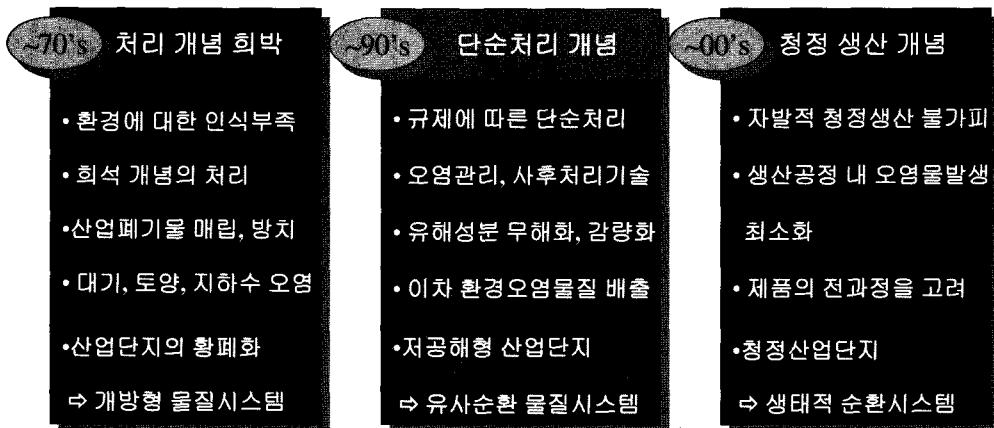
었다.

지속가능개발이란 산업생산에 따른 오염발생을 근본적으로 줄이고 생산성을 높이면서 오존층보호, 지구 온난화 방지, 산성비 방지 등 지구 환경 문제와 자원고갈 예방을 달성하는 인류의 지속적인 발전을 위한 개념이다. 이러한 지속가능 개발의 핵심기술은 청정생산기술이다. 즉 청정생산기술은 산업성능 향상과 환경보호를 의미한다.

선진국들은 이미 이러한 청정생산 기술의 중요성을 인식하여 환경오염 관리의 정책을 사후처리(End of Pipe)에서 청정생산에 의한 사전예방(Pollution Prevention)으로 수정하고 있다. 또한 청정생산에 의한 제품생산을 통해 환경 비용을 산업 내부에 흡수시켜 산업 경쟁력 및 녹색 생산성(Green Productivity)을 높이고 있다. 또한 WTO 및 OECD 등 각종 국제 기구들이 환경문제를 무역과 연계하여 구속력을 점차 강화함에 따라 개발도상국 및 후발공업국들도 자국의 지속적인 수출 활로 확보와 환경문제 해결을 위해 청정생산기술 확보와 보급에 적극적으로 참여하고 있다.

이와 같이 1990년대에 들어서면서 일기 시작한 환경과 경제의 조화라는 '지속가능개발'의 핵심은 환경오염을 최소화하고 제품을 생산할 수 있는 기술로 청정생산기술로서 21세기에는 청정생산기술만이 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상된다. 이는 청정생산기술이 단순한 기술의 변화가 아니라 산업과 환경과의 관계에 대한 새로운 접근을 의미하기 때문이다. 이러한 청정생산기술은 기존의 생산기술에 환경을 고려한 새로운 기술형태로 저오염, 저에너지, 저소비 산업기술을 포함하여 첨단 메카트로닉스, 마이크로일렉트로닉스, 생명공학기술 등과 함께 새로운 기술패러다임의 형태를 보이고 있다.

〈그림 1〉 청정생산기술 개념의 발전



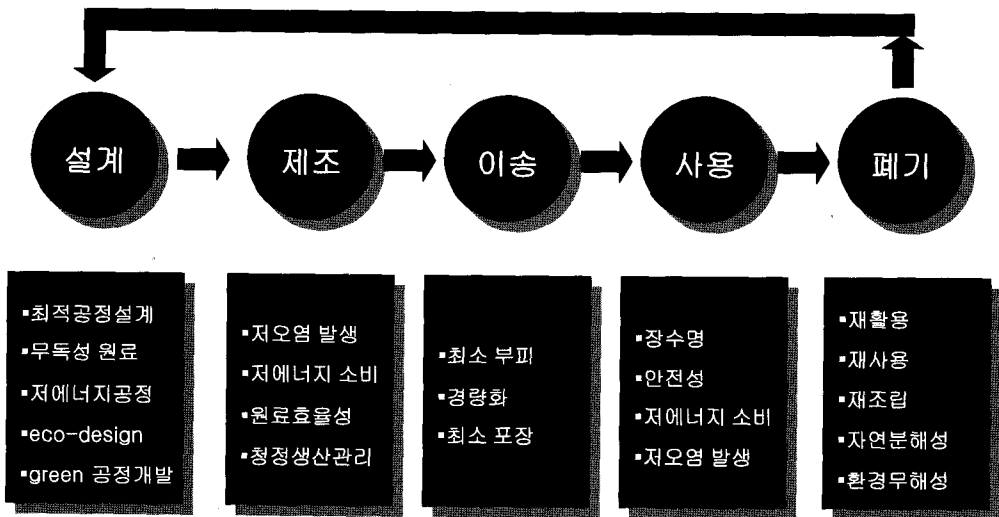


## 2. 청정생산기술의 정의 및 범위

### 가. 청정생산기술의 정의

청정생산기술은 지속가능개발을 위해 오염물질 발생을 근원에서부터 감소(Waste Minimization)또는 방지(Pollution Prevention)하는 기술로 원료가 자연에서 추출되어 제품으로 생산되고 제품으로 활용된 뒤 폐기물로 폐기되어 일부는 재이용되고 일부는 자연으로 되돌아 갈 때까지 모든 과정(Life Cycle)에서 자연환경에 부담을 최소화하는 모든 기술을 포함한다. 이것은 Industrial Ecology 개념으로 모든 산업의 전과정이 고려되고 전과정 동안 오염 물질을 최소화하는 개념이다. 그러나 보통 협의의 개념으로서 청정생산이 이해될 수 있으며 이것은 어떤 하나의 제품에 관련된 모든 산업 과정 중 단위과정에서 고려되는 오염 물질 최소화 기술이다(그림 2 참조).

<그림 2> 청정생산기술 개념도



### 제품 전과정에서의 청정생산

청정생산기술(Cleaner Production Technology)은 오염물질의 발생을 근원에서부터 감소 또는 방지하는 생산기술뿐만 아니라 이를 위한 관리기술을 포함한다. 이는 공정 중 사용되는 재료와 에너지의



재활용 및 보존, 환경친화재료로의 대체, 공정시스템에서 오염물질의 방출 최소화를 위한 공정설계 및 작업의 개량, 재료의 활용성을 증진시키고 손실을 감소시키기 위한 설계 등을 포함한다.

청정생산의 개념 및 용어는 각 국가 및 지역별로 조금씩 다르며 그 개념도 점차 확대되어지고 있다. 유럽과 달리 미국에서는 청정생산대신 사전오염예방(Pollution Prevention) 또는 오염물질최소화(Waste Minimization)라는 용어를 사용하고 있다. 최근에는 Industrial Ecology, Eco-Efficiency, Smart Growth 등의 용어가 청정생산의 개념과 유사하게 사용되고 있다. Eco-Efficiency란 자연 환경에 충격을 최소로 하면서 경제성 있는 제품을 생산하는 생산시스템 또는 기업의 효율성 즉 청정 생산의 효율성을 의미한다. Industrial Ecology란 용어는 환경에 최소한의 충격을 주는 생산과 소비의 네트워크를 표현하기 위해 사용되어지고 있으며 생산과 소비와 관련된 모든 물질(에너지, 노동, 자본, 지식 등 포함)의 흐름을 자연생태시스템과 유사하게 나타내기 위해서다.

#### 나. 청정생산기술의 특징

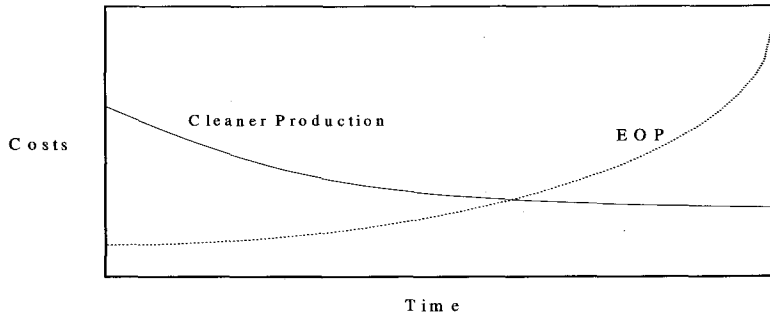
청정생산기술은 기술의 복합성에 따라 다음과 같이 두 가지로 구분할 수 있다.

- 1) 환경친화적 제품생산에 필요한 기술로서 기업이나 공정에서 기존의 제품생산에 큰 영향을 주지 않고, 새로운 환경 오염물의 발생 없이 기존 공정에서 발생하는 오염물 저감을 위한 공정개선, 재활용기술 등 단순 청정생산기술
- 2) 제품 생산에 영향을 줄 가능성이 높고 또한 새로운 환경오염물의 발생이 가능한 대체 공정의 개발, 원료 대체에 의한 저공해 청정생산, 무해원료 사용 등을 위한 새로운 제품의 재구성, 첨단기술(마이크로일렉트로닉, 생명공학 등)과 조합된 복합기술로, 오염 방지시설 및 기술이 필요 없는 무공해 산업공정

청정생산의 투자비용은 사후처리에 비해 초기에는 유사하다 그러나 장기적으로는 처리비용이 계속 증가하는 사후처리에 비해 저렴하다. 즉 초기에는 청정생산에 투자되는 비용이 사후처리(End of Pipe, EOP) 비용보다는 다소 많으나 일정기간이 지난 후 시간이 경과할수록 사후처리 비용은 계속하여 증가하는 반면에 청정생산 비용은 증가하지 않고 실질적으로 기업에서의 환경관련 비용이 감소하게 된다 (그림 3 참조)



〈그림 3〉 청정생산과 EOP 기술 비교



청정생산의 특징은 원료, 에너지, 오염제어, 쓰레기 처리와 clean-up(수집, 정화), 규정준수의 모든 과정에서 비용절감이 가능하며 보완, 운영 및 장기간의 유지가 일반적으로 용이하다. 청정생산에 투자된 비용의 회수기간은 짧은 편이며 몇 개월에서 늦어도 몇 년이면 가능하다. 이에 따른 환경적 이익과 성능은 더 커서 청정생산은 경제적인 성장과 환경, 근로자 안전성과 생산성, 국제시장에서 소비 안정성과 경쟁에서 환경을 이유로 한 분쟁을 최소화하거나 분쟁의 원인을 제거시킨다.

또한 청정생산의 장점은 청정제품에 대한 시장 기회를 변형시킬 수 있다. 청정생산에 의한 제품생산은 사후처리에 의한 제품 생산보다 조작과 유지비가 보다 저렴할 뿐만 아니라 저오염에 기초한 제품설계에 의존하기 때문에 인간 건강에 대한 유해성을 원천적으로 감소시켜 고객에 대한 시장성이 좋아진다.

청정생산을 이미 적용한 기업이나 국가들은 후진산업국들에게 필요한 청정생산체제 구축을 위한 기회를 선점함으로써 이의 전파에 따른 이익을 얻을 수 있다. 청정생산은 특히 급속하게 산업생산이 확장되는 개발도상국에서 중요하다. 급속한 산업 확장에 따라 발생하는 오염물의 적합한 처리에 부과되는 비용 증가 때문에 개발도상국의 의해서 지속적인 성장은 제한되어질 수 있다. 그러나 청정생산체제의 도입은 오염물 처리를 위해 투자되는 사후처리시설보다 저렴하게 대처할 수 있는 기회를 확보할 수 있다.

#### 다. 청정생산기술의 구분

청정생산기술은 그 기술의 형태에 따라 다음의 6개로 구분할 수 있다. 그리고 2001년 과학기술기본계획에 의거하여 ET분야 중 청정생산기술 집중 지원분야는 청정원천공정기술, 환경친화형소재개발기술, 유해성원부재료 대체기술, 공정 내 재자원화기술이다(표 1 참조).



- 1) 관리개선기술
  - 생산원료, 공정, 제품의 관리개선 및 교육
- 2) 원료 개선/변경
  - 저공해물질 사용 등 청정원료 활용기술
- 3) 환경친화형 설계 제품 기술
  - 저공해, 저폐기물, 리사이클링, 에너지효율을 고려한 설계 및 제품기술
- 4) 청정공정기술
  - 생산공정 중 오염물질 발생을 근본적으로 줄이기 위한 신 공정기술
- 5) 재이용기술
  - 생산공정 중 발생된 오염물질을 재순환 처리 또는 활용하기 위한 기술로 생산공정에 포함된 기술
- 6) 저공해 에너지 응용 및 에너지절약 생산기술
  - 생산공정에 사용되는 에너지 (열, 스팀, 가스 등)로부터 발생하는 오염물질을 최소화하는 생산 기술
  - 생산공정 중 사용된 에너지로부터 발생된 오염물질을 처리하는 기술
  - 생산공정의 에너지 소비량을 줄이는 저탄소형 생산기술 및 고효율화 기술

〈표 1〉 ET분야 중집

청정원천 공정기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생산공정을 근본적으로 개선하여 오염물 발생을 제거하거나 최소화하고, 생산효율을 높이는 기술</li> <li>▪ 청정생산기술의 핵심</li> <li>▪ 기술예시 : 건식세정, 건식도금, CFC-free 발포기술, 공정진단 기술, 공정제어 및 최적화 기술, LCA(DfE 포함) 등</li> </ul>
환경친화형 소재개발기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 제품의 전과정을 통해 환경친화적인 제품을 개발하는 기술</li> <li>▪ 기술예시 : 장수명 소재개발, 재활용률을 제고한 제품개발, 저에너지사용제품개발, 폐기시 환경에 무해한 제품개발</li> </ul>
유해성원부재료 대체기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 원료를 변경하여 발생 오염물질을 제거/최소화하는 기술</li> <li>▪ 기술예시 : 6가 크롬 대체기술, 중금속 미사용 전지제조기술, 유기용매 미사용 도료개발 등</li> </ul>
공정내 재자원화기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 발생한 폐기물 또는 부산물을 공정 내에서 재자원화하여 환경오염 부하를 최소화하는 기술</li> <li>▪ 기술예시 : 제지공정 폐수를 재활용한 무방류시스템 구축</li> </ul>

중지원 하는 청정생산기술



### 3. 국·내외 청정생산기술 현황

#### 가. 국내 현황

사후처리 기술과 관련된 환경기술개발 및 지원은 1992년 환경부가 과기부와 공동으로 G7사업을 추진하면서 본격적으로 시작되었고, G7사업성과를 토대로 체계적인 환경기술개발을 위해 차세대 핵심환경기술개발사업을 지원하고 있다. 그러나 환경기술개발 투자액은 선진국의 환경기술개발비에 비교하면 매우 미미한 수준이다.

〈표 2〉 국내 환경기술 추진현황

사업명	사업내용	추진기관	기간
환경공학기술개발사업(G7)	- 지구환경보전, 생태관리, 대기오염 방지, 수질오염방지, 폐기물처리, 해양환경보전, 청정기술	환경부 주관 과기처 참여	1992~2001 사업
차세대핵심환경기술개발사업	- 통합환경관리기술 - 생태계 보전·복원기술 - 사전오염예방기술 - 지구 환경/기후변화기술	환경부	2001~2010 사업

한편 국내청정생산기술개발은 아직 시작단계에 있으며 정부주도에 의한 몇몇 사업이 진행 중에 있으나 기초연구에 가까우며 대부분 청정에너지 또는 청정물질 개발 사업으로 청정생산기술과 거리가 있다. 그러나 1995년 12월 산업자원부 주도로 『환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률』이 제정하고 청정기술의 주무부처가 되었으며, 이 법에 근거하여 청정생산기술사업이 본격적으로 추진 중에 있다. 1999년 1월에는 청정생산기술의 개발과 보급을 위한 총괄기관, 기업에 대한 청정생산 진단지도, 교육, 훈련, 대외협력, 홍보 등 종합지원기관으로서의 역할을 수행하는 "국가청정생산지원센터"를 지정하였다. 국내기업에서의 청정생산기술개발도 매우 초기단계에 있으나 일부 대기업은 독자적으로 청정생산기술을 개발 중이며 부분적으로는 선진국으로부터 기술을 도입하여 청정생산을 시도하는 기업이 늘고 있다.



〈표 3〉 청정생산관련기술 추진현황

분야	사업명 / 사업내용	추진기관	비고
청정 생산 기술	○청정생산기술사업 - 청정생산기술개발사업 - 청정생산이전확산사업	산자부	1995~
청정 에너지	○청정에너지기술개발사업 ○신에너지기술개발사업(G7) 중 일부사업에 청정에너지개발사업이 포함되어 있음	산자부	
청정 물질	○신의약 / 신농약 사업(G7) 무공해 농약개발사업	과기부	
	○신기능 생물소재사업(G7) 중 분해성고분자 및 계면활성제 연구사업	과기부	
	○CFC 대체물질개발사업	과기부 (KIST CFC 대체기술센터, (주)한국인화)	
에너지 절약	○에너지절약 기술개발사업	산자부	

#### 나. 해외 현황

산업화의 역사가 긴 기술선진국은 경제개발이 가져온 예기치 못한 환경오염 문제의 심각성을 일찍부터 인식하고 문제해결에 관심을 가져왔기 때문에 상대적으로 풍부한 경험과 노하우를 가지고 있다. 이들 선진국이 환경오염에 대해 대처한 방법들을 시대적 순서로 보면 다음과 같다.

- 1) 초기에는 심각성을 인식하지 못하고 문제 무시,
- 2) 오염물의 단순 희석이나 분산을 통해 유해효과 약화,
- 3) 후처리기술(End-of-pipe technology)에 의한 오염물질 제어,
- 4) 최근의 방법으로 오염과 폐기물 발생의 원천예방을 통한 청정생산(Cleaner





Production)으로 발전되어 왔다.

그동안 선진국들은 청정생산기술의 보급 확산을 위해 다양한 정책을 시행해오고 있으며 청정생산의 효과적인 보급과 확산을 위해 캐나다, 호주 같은 국가는 국가청정센터를, 그 밖의 국가는 전담기관을 지정하여 이를 통해 데모프로젝트, 전문가 지원, 정보제공, 연구프로그램 수행 등의 역할을 담당하도록 하고 있다.

환경분야에 대하여 OECD 주요국이 투자한 예산은 <표 4>와 같으며, 각 국가별 정책 도구는 <표 5>와 같다.

<표 4> 주요국의 환경 분야 투자지원 현황

국 가	예 산 (백만\$)
미 국	636
일 본	197
독 일	623
프랑스	313
영 국	227
이태리	235
캐나다	87

(출처: OECD, Basic Science and Technology Statistics, 2000)

선진국에서 청정생산의 경험과 효과를 확인한 UN에서는 인류의 생존 및 지구환경보존 차원에서 UNEP(United Nations Environment Program)을 시작하게 되었고 청정생산을 전세계적으로 확산하기 위해 대대적인 노력을 하고 있다. UNEP는 상대적으로 청정생산기술에 대한 경험과 노하우가 없는 개발도상국에 대해 국가청정생산지원센터 설립을 지원하고 경험공유, 기술이전, 개념확산 등을 위해 매년 각종 국제회의를 개최하고 있으며, 제7차 UNEP/UNIDO NCPC 연례회의 및 제5차 고위급 국제청정세미나를 한국에서 개최된 바 있다. 개발도상국 중에서 UNEP가 지원하여 국가청정센터를 운영하고 있는 국가로는 한국, 중국, 태국, 인도네시아, 멕시코 등을 포함한 26개국이며 업종별로 데모프로젝트를 수행하여 성공사례를 보고하고 있다.



예를 들면 UNEP와 World Bank가 지원하여 진행된 China Project는 30개 이상의 기업이 참여한 데모프로그램으로 급속한 경제개발과정에서 심각한 환경오염문제에 직면한 중국에서 청정생산 개념의 확산 뿐 아니라 청정생산을 통한 환경문제의 해결 가능성을 제시해 준 바 있다.

우리의 경쟁국인 대만의 경우 자체자금으로 국가청정생산센터를 설립하여 청정생산사업을 종합적으로 활발하게 진행하고 있으며 업종별 데모프로젝트에는 세계 각국으로부터 현장실무자가 참여하여 청정생산 현장을 체험하게 하고 있다.

〈표 5〉 미국 및 유럽국가에서 청정생산 정책도구

법 른	화 란	덴마크	영 국	프랑스	벨기에	독 일	이태리	이태리	미 국
청정기술 지원정책	●	●	●	●	●	●	▲	▲	●
자발적 합의	●	●	○	○	○	●	○	○	●
재정 도구									
세금, 관세	●	●	○	●	▲	●	○	○	●
보조금	●	●	●	●	●	●	○	▲	●
정보와 교육									
데모프로젝트(공정)	●	●	●	▲	●	●	○	○	●
데모프로젝트(제품)	●	●	○	○	●	●	○	○	○
전문가 자문	●	●	●	●	●	○	●	●	●
전담기관	●	○	●	○	●	●	●	●	●
뉴스 레터	●	●	●	○	●	○	●	○	●
일반 매뉴얼	●	●	●	●	●	○	○	○	●
특정산업 매뉴얼	●	●	▲	○	▲	○	○	○	●
데이터베이스	●	●	○	○	●	○	○	○	●
비디오	●	●	●	○	○	○	○	○	●
학회 및 세미나	●	●	●	●	●	○	●	○	●
연구개발 프로그램	●	●	●	●	●	●	●	●	●

●: 채택중

▲: 준비 중

○: 미채택 또는 정보없음



각국정부가 청정생산 기술의 보급 확산을 직접 추진하는 것과 별도로 각 국가 및 지역에서는 청정생산관련기관 및 전문가들이 모여 청정생산 원탁회의(Cleaner Production Roundtable)을 구성하여 전문가 회의를 정기적으로 개최하고 청정생산보급 확산에 앞장서고 있다.(표 6 참조) UNEP, US-AEP (US-Asian Environment Partnership), ADB (Asia Development Bank), World Bank 등 관련기관들도 이들 원탁회의의 활동을 적극적으로 지원하고 있다.

〈표 6〉 세계 각국의 청정생산 Roundtable 활동 현황

국가/지역	Roundtable	활동개시 년도	비고
미국	national pollution prevention roundtable	1985	
유럽	European Roundtable on cleaner production	1994	
캐나다	canadian pollution prevention roundtable	1997	
Asia-Pacific지역	Asia pacific roundtable on cleaner production	1997	
필리핀	National philippines pollution prevention roundtable	1997	
인도네시아	Roundtable on cleaner production	1997	
Southern Africa지역	Southern Africa Regional Conference on cleaner production	1998	
브라질	Roundtable of Americas	1998	
말레이시아	Malaysia Roundtable on cleaner production	1999	
태국	Thai Pollution Prevention Roundtable	1999	
인도	Eastern Regional Roundtable	1999	