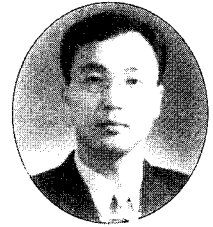


청정기술과 고도산업사회에서의 환경보전

<연재>

신규식

한양대학교대학원 토목환경공학과



3. 청정기술의 개발 및 적용에 있어서의 문제점 및 해결방안

먼저 OECD에서 지적한 사항과 우리의 현실을 고려해 보면 청정기술을 개발하고 산업에 적용하는데 예상되거나 발생하는 문제점들은 다음과 같이 크게 세 가지로 나눌 수 있다.

가. 문제점

(1) 구조적인 요인

(가) 기업 자체의 시각에서 새로운 기업의 투자 기회와 일치하지 않으면 청정기술을 채택하기 어렵다.

(나) 기존의 환경산업은 배출된 오염을 처리하는 설비 즉, 제품을 중심으로 되어있고, 청정기술은 공정을 중심으로 하고 있기 때문에 기존의 환경산업시장과는 별개로 취급되고 있다. 따라서 기존의 환경산업구조가 바뀌지 않으면 청정기술을 개발·보급하려하지 않는다.

(다) 청정기술은 재활용, 회수, 재사용을 야기시키는데 필요한 하부구조의 부족과 불확실한 국가 환경목표와 정부 규칙과 표준들, 변화에 대한 관리와 인간자원의 능력부족, 또 새로운 기술에 대한 기존 작업자들의 불안과 걱정등 많은 난점을 가지고 있다.

(2) 경제적인 요인

(가) 청정기술의 시장은 기존의 환경산업보다 시장

성이 적고 초기시설투자가 크게 소요되어 기업의 측면에서 재정적인 부담이 크고, 새로운 청정기술은 불확실성이 개재되므로 모험자본이 필요하나 기업에서 쉽게 투자하기 어렵다.

(나) 청정기술은 제조공정에 대한 신규 투자와 청정생산기술의 도입 시점이 일치하지 않으면 기존의 공정을 대규모로 교체하는데 비용이 많이 든다.

(다) 청정기술은 빠른 시간내에 투자회수를 할 수가 없고, 가시적인 효과를 거두기 어렵다.

(3) 기술적인 요인

(가) 대부분의 청정생산기술은 각 업체의 사정마다 고유한 부분이 있고, 기업의 기밀과도 밀접한 관련이 있으므로 한 업체에서 개발된 청정생산기술이 다른 업체에 적용되기가 어렵다.

(나) 재활용, 재사용, 회수 등에 대한 광범위한 기술개발이 되어 있지 않아 적용하기 어렵다

(다) 새로운 청정기술을 적용할 수 있는 기술과 정보들에 대한 공유 및 연구부족으로 적용하기 어렵다.

나. 해결방안

청정기술을 우리 산업에 적용하는데에는 앞에서 지적한 구조적 요인과 경제적 및 기술적 요인들이 산재해 있는데 이러한 문제점들을 해결하는데 있어 다음과 같은 정부·기업·국민들의 노력이 선행되어야 한다.

- (1) 정부는 적극적으로 청정기술을 개발·보급하도록 정부차원에서 환경부, 통상부등 관계부처의 요구를 통합·조정할 수 있는 범국가적 기구를 구성하여 청정기술과 관련된 모든 사업을 효율적으로 추진할 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 기술선진국들의 국내 환경시장 잠식등을 사전에 예방하기 위하여 우리 나라 산업 전반에 대한 현황을 파악하고 환경기술수준을 평가·분석하여 효과적인 준비, 즉 거시적인 안목에서 우리 산업구조에 적합한 환경친화적인 산업구조로의 전환을 단계적으로 유도하여, 청정기술이 기업의 시각에서 새로운 투자기회로 인식되도록 하여야 한다.
- (3) 정부는 청정기술 개발한 기업에 대해 세제혜택과 연구개발에 따른 지원금의 처리용자등의 방법을 통하여 재정적으로 적극 지원해야 한다. 또, 배출부담금과 각종 환경법규위반시 강력한 제재와 벌금의 경우 기술개발에 소요되는 비용보다 높게 책정하여 기업 스스로가 기술개발에 노력하도록 하여야 한다.
- (4) 청정기술과 같은 첨단기술은 각국의 기밀사항으로 취급하고 있고, 기술이전료 또한 고가이므로 정부가 앞장서서 도입을 추진하고 정부차원에서의 기술교류를 확대하여야 한다.
- (5) 각 기업에서 개발되거나 적용·실용화된 청정기술을 등록하여 타기업에서 공유할 수 있고, 청정기술에 필요한 전문인력, 장비, 자료 등의 D/B화하여 적재적소에 인력 및 정보를 제공할 체계를 구축하고, 이미 개발된 선진국들의 기술에 대한 자료를 D/B화하여 우리 나라 각기업의 현실에 적합한 기술을 찾고 경제성과 타당성등을 분석하여 산업에 적용하도록 해야 한다.
- (6) 청정기술은 기업이나 정부등 각 단위조직 하나만으로 개발될 수 없는 기술이기 때문에 관련 전문인력과 필요 기업과의 연계로 산·학·연이 모두 참여하는 종합적인 기술개발시스템을 구축하여야 한다.
- (7) 청정기술은 여러 학문이 융합된 응용과학이므로 청정기술을 개발·적용 및 보급하기 위한 전문교육기관의 설립이 필요하며, 그에 적합한 교과과정을 개설하여 전문인력을 양성하여야 한다. 따라서, 저학년에는 기초과학 학문으로 기본 공학자로서의 틀을 세우고, 고학년으로 가면서 교과과정을 세분화하여 전문분야에 관한 집중적인 교육과 실습, 또 기업과의 연계로 현장 실무교육과 실습에 따른 학업인정 등으로 현장에서의 경험과 Know-how에 확실한 이론을 겸비하게 하여 청정기술분야로 진출하게 하여야 하고, 그에 맞는 전문인력의 수요를 창출하여야 한다.
- (8) 과거 EOP기술의 한계성을 파악하여 21세기를 준비하는 자세로 청정기술의 필요성 인식, 청정기술에 대한 정부차원의 홍보와 개발 및 보급노력을 기울여야 한다.
- (9) 기업은 청정기술개발이 경제적으로 이익이라는 점을 인식하고 청정기술 및 청정생산기술에 대한 개발노력을 기울이고, 더 나아가 핵심기술의 개발로 인한 기술의 수출과청정제품을 적극 개발·보급하여야 한다.
- (10) 국민들은 환경보호와 청정기술의 중요성 그리고, 청정제품이 환경에 미치는 장점등을 인식하여 환경에 덜 유해한 제품을 적극 사용하고 가장 작은단위인 가정에서부터 환경보호에 참여하여야 한다.

4. 청정기술의 도입 사례와 경제성 분석

가. 기업현황

A회사는 전자제품생산업체로 '전자레인지'를 주력 제품으로 하고 있는 회사이다. 최근 강화되고 있는 환경규제에 대응하고, 제품의 경쟁력강화를 위한 원가절감에 기여하고자 실무작업자와 엔지니어, 관리자들이 각 단위공정을 분석한 결과 도장공정에서 발생하는 폐수를 재이용하면 폐수처리비용의 절

표24. 전처리 공정별 용수사용 현황

단위 : 톤/(20hr/d)

분체도장	탈지	탕세	피막	수세	1순수	2순수	사용량
용수사용량	-	39	-	172	135	-	346
관리기준	-	pH 7~10	-	pH 7~8	0.8MΩ ↑	0.8MΩ ↓	
분석결과	-	pH 9.12	-	pH 6.1	0.166MΩ	0.134MΩ	
법랑도장	JIG	탈지	1수세	2수세	중화		681
용수사용량	-	-	381	300	-		
관리기준	-	-	pH 6	pH 6	-		
분석결과	-	-	pH 3.85	pH 6.1	-		

감은 물론 제품원가의 인하와 폐수재이용을 통한 자원재 활용으로 기업경쟁력 강화와 환경친화적구조로 변모할 수 있다는 판단하에 도장폐수 재이용 계획을 수립, 실천에 옮기게 되었다. 먼저 표 24에서와 같이 전처리 공정별 용수사용량과 현황을 파악하여 적용가능한 적정 수질과 양을 결정하였고, 도장방법중 분체도장과 법랑도장 두 공정의 라인에서 발생하는 폐수의 일부를 재이용할 수 있다는 분석결과를 얻어 개선방안을 실행하였다.

나. 적용사례

(1) 분체도장 전처리공정

과거에는 각 단위공정들을 그대로 이용하여 탕세와 수세, 그리고 순수세척과정에서 하루 346톤의 용수를 사용하였다. 그러나, 그림 2에서 보는 것과 같이 2순수 세척공정에서 발생된 폐수를 1순수공정으로, 1순수공정에서 발생된 폐수를 수세공정으로 이송하여 재이용하고, 다시 수세에서 발생된 폐수를 탕세공정으로 이송하여 재사용하는 방법을 고안하였고, 각 공정별 수질분석결과 이 방법을 이용하여도 아무런 문제가 없다는 결론을 얻었다. 따라서 기존 346톤/일의 용수를 사용하던 것을 초기에 135톤을 사용하여 세척하고, 수세공정에서 기존의 밸브를 이용하여 37톤을 보충한다면 탕세공정에서 39톤을 사용하고 남은 133톤을 폐수처리장으로 방류하게 된다. 결과적으로 174톤/일의 용수절감 효과를 가져오게 된 것이다.

(2) 법랑도장 전처리공정

법랑공정의 경우에도 기존 용수사용량이 681톤/일이었으나, 2수세공정에서 1수세공정으로 폐수를 재이용하는 공정으로 변환하면 총 필요용수량이 381톤/일로 300톤/일의 폐수절감효과를 가져오게 된다.

그림 2. 분체도장 공정도

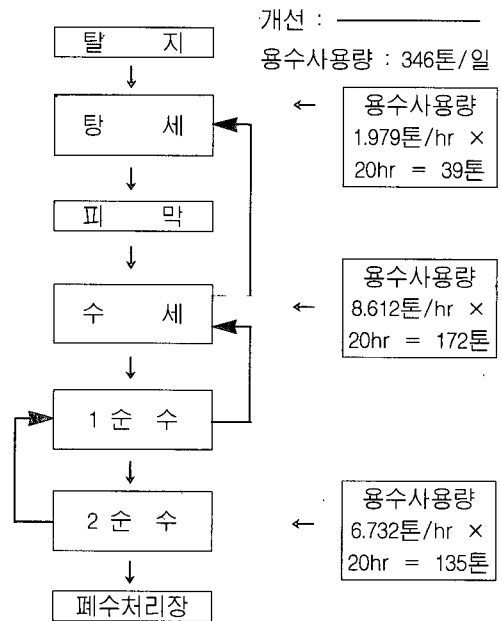
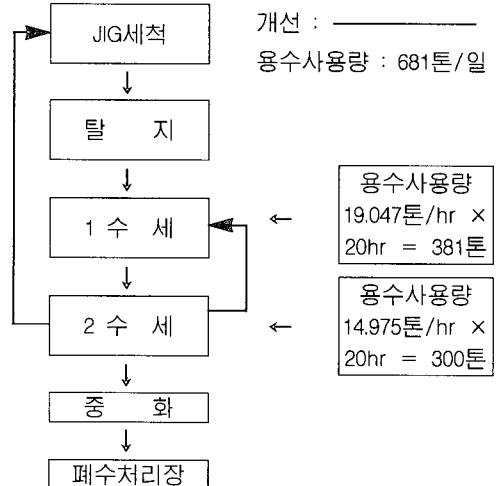


그림 3. 법랑도장 공정도



다. 경제성 분석

앞에서 설명한 도장공정에서 발생하는 폐수의 재이용에 대한 경제성을 검토해보면 총 절감비용이 199,222천원/년으로 각 도장공정에 따른 분석은 아래 표 25와 표 26에 설명하였다.

- (1) 분체도장공정 개선후 용수사용량 및 절감비 <표25 참조>
- (2) 법랑도장공정 개선후 용수사용량 및 절감비용 <표26 참조>

앞에서 사례로든 청정기술은 청정제품의 개발과 같은 고급기술은 아니지만, 실무담당자들이 협력하여 아이디어를 내고, 재이용 및 재활용이 가능한 요소 및 공정을 찾아내어 적용한 결과 연간 2억원의 경비절감은 물론 환경오염의 방지효과도 얻을 수 있어 일석이조의 효과를 거둘 수 있다는 사실을 단적으로 보여준다.

5. 청정기술의 전망

주요 선진국들을 중심으로 개발·적용된 '청정기술'은 단순히 오염물의 발생을 줄이거나 억제하기

위한 재활용기술이나 공정개선등과 같은 단순청정기술에서 기존의 공정으로는 오염원의 제거가 완벽하지 않는 물질의 대체나 공정의 대체, 오염이 발생하지 않고 효율이 좋은 청정연료와 같은 대체연료나 청정제품을 개발하는 방향으로 생물공학이나 우주공학과 같은 첨단기술과 접목되어 발전될 전망이다. 물론 개도국이나 우리의 경우 아직 단순청정기술이 주를 이루고 있으나 청정기술의 모국이라 할 수 있는 미국의 경우, 환경기술에 대한 R&D지원중 청정기술이 55%나 차지하고 있고, 폐기물발생은 2020년까지 40-50%감소/GDP, 에너지 사용은 30-40% 감소/GDP, 자원은 20-25% 감소/GDP라는 목표를 세우고 해마다 청정기술에 대한 많은 투자와 노력을 기울이고 있다. 비단 미국뿐만 아니라 다른 선진국들도 저마다 청정기술 전담부서를 설치하여 청정기술의 개발 및 보급에 노력하고 있고, 이에 부응하여 발전하고 있는 환경산업에서 청정기술의 영역이 확대되고, 주류를 이룰것으로 예상되어 청정기술의 전망은 무척 밝은 편이다. 표 27은 우리 나라의 청정기술분야 개발목표와 분야별 중점과제를 나타낸 것인데 이 표를 참고하면 앞으로 우리 나라가 목표로 하는 청정기술의 흐름과 방향을 어렵잡을 수 있다.

표25. 분체도장공정 개선후 용수사용량 및 절감비용 분석표

구 분	합 계	탕 세	수 세	순 수 세
용수사용량	346톤	39톤	172톤	135톤
개선후 사용량	172톤	-	37톤	135톤
재이용량	174톤	39톤	135톤	-
용수절감비용	17,226 천원	$174\text{톤/일} \times 330\text{원/톤} \times 300\text{일/년} = 17,226,000\text{원/일}$		
폐수처리절감비용	55,906 천원	$174\text{톤/일} \times 1,071\text{원/톤} \times 300\text{일/년} = 55,906,200\text{원/일}$		
총절감비용	73,132 천원			

표26. 법랑도장공정 개선후 용수사용량 및 절감비용 분석표

구 분	합 계	1 수 세	2 수 세	비 고
용수사용량	681톤	381톤	300톤	
개선후 사용량	381톤	81톤	300톤	
재이용량	300톤	300톤	-	
용수절감비용	29,700 천원	$300\text{톤/일} \times 330\text{원/톤} \times 300\text{일/년} = 29,700,000\text{원/일}$		
폐수처리절감비용	96,390 천원	$300\text{톤/일} \times 1,071\text{원/톤} \times 300\text{일/년} = 96,390,000\text{원/일}$		
총절감비용	126,090 천원			

표27. 청정기술분야 10년 단위 기술개발 목표와 분야별 중점과제

	1단계(1998~2007)	2단계(2008~2017)	3단계(2018~2027)
기술개발목표	- 청정기술 국산화율 40% - 부산물 및 폐에너지 60% 회수 - 청정요소 기술개발 - LCA기법의 정착 및 실용화	- 청정기술 국산화율 60% - 자원 및 에너지 이용의 최적화 - 청정제품 기술개발 - 저공해 에너지 기술개발	- 청정기술 국산화율 80% - 자원 및 에너지 이용효율 감시 및 관리 - 산업체 오염물질 배출총합관리
분야별 중점 과제			
청정요소기술	- LCA적용기술 - 청정작업법 개발 - 막분리 기술	- 초임계유활용기술 - 미량성분 제거기술	- 수처리 전문가 - 시스템이용 기술개발
청정공정기술	- 유가금속 회수기술 - 원료 회수기술	- 저오염공정기술 - 공정수 회수기술	- 에너지 최적화 기술 - 폐열 이용 기술
청정제품기술	- 오염저감용 첨가제 - 저오염 용매개발	- 용출 조절물질 - 생분해성 플라스틱 - 생분해성 거면활성제	
청정미래기술	- 대체에너지기술	- 소수력 개발	- 태양 에너지 기술 - 풍력 에너지 기술

제4장 결 언

결론을 내기 전에 먼저 앞에서 서술한 우리 나라 환경오염 및 산업 전반에 대한 문제점들과 환경에 대한 세계적인 흐름을 요약해보면 다음과 같다.

1. 환경오염의 문제점

- ◆ 범세계적인 산업화에 따른 부작용으로 오존층 파괴, 지구온난화, 산성비등과 같은 오염현상이 발생하였고, 그 영향으로 자연생태계는 물론 인류의 생존까지도 위협을 받게됨으로써 환경오염문제가 국경을 초월하여 전인류가 공동으로 대처해야할 시급한 문제로 부각되고 있다.
- ◆ 우리 나라의 경우 경제개발 5개년계획을 시작으로 산업화가 시작된 이래 눈부신 경제성장을 이룩하였으나, 경제성장단계에서 개발과 환경과의 부조화와 불균형으로 환경오염이라는 부작용

을 가져왔고 최근들어 그로인한 피해가 가시화 되고 있다.

- ◆ 선진국들을 중심으로 환경오염의 방지와 오염된 환경의 복원을 위한 많은 투자와 연구가 진행중이나, 전체적으로 환경오염이 과거에 비해 심각해지고, 난해해졌으며, 국지적에서 국제적인 오염현상을 보이고 있다.

2. 국내 산업의 문제점

- ◆ 우리 나라의 전반적인 산업구조는 철강, 비철금속, 석유화학, 시멘트, 제지등 환경부하와 에너지의 소비가 큰 업종의 비중 및 설비투자가 증가하는 추세에 있어 환경친화적인 산업구조로의 조정이 시급히 필요한 실정이다.
- ◆ 우리 나라 제조업 부문의 공해방지 설비투자는 최근들어 전체 설비투자에 대한 공해방지 투자비율이 제조업의 경우 2%를 상회하고 있으나,

아직도 환경에 대한 투자가 원가상승을 초래한다는 인식이 강해 선진국들의 4~5% 수준에 비해서 크게 낮은 실정이다.

◆ 대부분의 환경업체가 영세하여 자체적인 기술 개발이 어렵고, 정부발주공사의 경우 하청을 받아 설비하는 형태로 참여하고 있어 기술축적이 어렵다. 따라서 대부분의 업체가 외국기술을 도입하고 있어 산업 및 기술기반이 취약한 문제점을 가지고 있다.

◆ 현재 우리 나라의 환경기술은 발생된 오염물을 처리하는 EOP기술에 치중하고 있고, 청정기술과 같은 고급기술의 경우 선진국에 비해 10~30%의 수준에 불과해 막대한 기술료를 지불하고 도입해 오고 있는 형편이다. EOP기술의 경우 선진국에서는 이미 산업현장에 개발·적용되어 있고, 차세대 기술인 청정기술이 개발완료 단계에 와 있어 점차 사양길에 접어들고 있는 상황이다. 따라서, 이에 대한 대책, 즉 청정기술과 같은 미래지향적인 기술의 개발 및 보급이 필요하다.

◆ 환경기술에 대한 정부의 투자와 지원은 국민들의 환경에 대한 관심과 요구가 증가하면서 점차 증가하고 있는 추세이나 GNP대비 투자비율은 0.2% 내외로 선진국의 0.5~1%에 비해 상대적으로 낮고, 민간부분의 투자의 경우도 환경에 대한 투자가 원가인상의 요인으로 인식되어 소극적인 투자에 그치고 있다.

◆ 우리 나라의 환경관련 인력배출현황을 살펴보면 숫적으로는 연간 9,000여명 이상이 각 대학에서 배출되고 있어 공급면에서는 충분하나, 질적으로는 체계적이지 못한 교육과정과 산업에서 실제 필요한 기술력을 갖추지 못해, 1년 이상의 재교육기간을 필요로하고 있다. 따라서 종합적이면서 체계적인 교육과정과 실제 각 현장에서 직접 쓰일 수 있는 기술력의 습득에 초점을 맞추고 산업의 수요에 적절한 공급계획을

세워야 한다.

◆ 환경전반에 대한 정보가 체계적으로 수집·D/B화 되어 있지 않고, 기업이나 정부에서는 각종 환경정보를 기밀사항으로 분류하여 취급하고 있어, 각 기업간 기술정보 교환 및 교류가 어렵기 때문에 범국가차원의 실효성 있는 정보관리 체계가 필요한 실정이다.

3. 환경에 대한 세계적인 흐름

◆ 선진국들은 지구환경보호를 명분으로 오염물질 배출규제를 비롯한 환경기준을 강화하는 한편, 이를 앞세워 무역장벽으로 구축함으로써 '그린라운드'를 태동시켰고, 환경기술 및 산업을 단순히 환경보호차원에서 뿐만 아니라 경제적인 이익을 추구하는 수단으로 환경과 무역을 연계하여 활용하려는 경향을 보이고 있다.

◆ 실례로 1993년 5월 미국은 제품뿐아니라 제조공정에서 오존층파괴물질로 알려져 있는 CFCs를 사용한 경우에도 제품에 CFCs 경고표시를 의무화 시켰으며, 미표시 제품은 수입금지 조치를 하였다. 또, 독일에서는 1991년 포장재 폐기물 규제법을 제정하여 생산자 및 유통업자가 제3의 인증기관이 인증하는 환경마크제도를 운영하여 환경마크를 받지 못한 제품의 경우 수출·입의 제제조치를 하고 있어 이에대한 해결방안을 조속히 마련해야 할 단계에 와있다.

4. 환경산업에 대한 수요

◆ 환경산업은 여러 학문과 기술이 복합된 응용과학으로 환경기술을 바탕으로한 21세기 성장유망산업이면서 앞으로 이부분의 기술이 한 나라의 국가경쟁력을 결정하는 중요한 요인이 될 전망이다.

◆ OECD의 분석에 따르면 세계 환경시장은 1990년의 2천억불 규모에서 연간 5.5%의 성장율을 보여 2000년대에는 연간 3천억불의 거대한 시장을 형성할 것으로 예상하고 있어 시장잠재력이 큰 산업으로 평가된다.

이러한 문제점들과 환경기술을 바탕으로한 미래 환경시장의 수요를 충족시키는 해결방안의 하나로 본문에서 설명한 '청정기술'을 개발하고 산업에 보급 및 적용하는 것인데, 청정기술이 대안이 될 수 있는 당위성은 다음과 같다.

1. 앞에서 설명한 환경오염의 문제를 해결하기 위해서는 종래의 사후처리(EOP)와 규제에만 더 이상 의존할 수 없으며 원천적으로 오염원이 발생되지 않는 새로운 기술, 즉 청정기술을 개발하고 보급하는데 노력을 경주해야 한다.
2. 현재까지 EOP기술로는 국제적인 환경오염규제를 따라가기 어렵고, 선진국으로부터 국내 환경시장을 보호하고, 더 나아가 외국환경산업 시장을 공략하기 위하여는 현재 선진국에서 중점적으로 개발·적용하고 있는 첨단환경기술인 청정기술을 적극 개발하고, 적용 및 보급하여야만 한다.
3. 청정기술에 소요되는 초기 투자비는 많이 소요되나, 과거의 기술에 비해 총 비용적인 측면에서는 청정제품과 같은 새로운 수요를 창출해 내고, 재활용(재이용)을 통한 원가절감효과 등으로 인해 경제적이다.
4. 청정기술은 전 산업분야에 걸쳐 적용가능하고, 그에 따르는 많은 기술이 요구되어 개발된 한 종류의 청정기술이 타산업 및 기술에도 응용 가능하여 미치는 파급효과가 크다.
5. 청정기술은 사전예방기술로 기존 기술에 비해 환경에 미치는 위험성이 현저히 낮은 안전한 기술이고, 산업에서 잘 알려진 단위조작이나

공정기술을 조합하여 활용하면 좋은 청정기술로 이용할 수 있어 현재의 기술로도 쉽게 접근이 가능하다.

6. 청정기술은 최근에 논란이 되고 있는 무역과 환경과의 연계성을 이해하고 환경적으로 지속가능한 개발을 뒷받침하는 기술로 다가올 그린라운드를 준비하는데 있어 필수적인 기술이다.
7. 청정생산기술의 경우 청정기술로 혁신적인 생산성 향상을 가져올 수 있고, 환경비용의 감소로 인한 생산비용의 감소로 기업의 생산활동에 일익을 담당할 수 있다. 또, 국제 환경기준에 원천적으로 대처하여 수출산업의 국제경쟁력 확보가 가능하다.

우리는 다가오는 21세기를 준비하면서 단지 '소득수준'에서만이 아니라 '삶의 질'에서도 개발도상국에서 선진국으로 도약해야 한다. 21세기에는 '삶의 질'을 판단하는 중요한 요소로 '환경'이 될 것이므로 깨끗한 공기와 물을 비롯한 자연환경과 첨단환경기술이 후손들에게 물려줄 수 있는 소중한 자산이 될 것이다.

이를 위해 과거 선배들이 지금의 경제발전을 이룩했다면, 현재의 우리는 지금의 경제발전을 한 단계 높이면서 '환경기술선진국'으로 이끌어 가는 것이 우리들이 목표이자 사명인 것이고, 그 목표를 이루는데 가장 핵심적인 역할을 하게 될 '청정기술(Clean Technology)'을 개발·보급하고, 환경을 소중히 사랑하고 보전하는데 정부·기업·국민 모두 힘을 모아야 하겠다.

〈끝〉