

지속가능발전을 위한 청정기술의 도전



정찬교

환경청정기술연구소장
수원대학교 환경공학과 교수
환경보전협회 이사

- 독일 Berlin공과대학교 환경공학 박사
- 독일 Hermann-Rietschel-Institute 연구원(전)
- 수원대학교 공과대학 환경공학과 교수(현)
- 환경청정기술연구소장(현)
- 수원대학교 첨단과학기술연구원 원장(현)
- 한국청정기술학회 이사(현)
- 환경기술인협회 자문교수(현)
- 대한상시중재원 중재인(현)
- 환경관리공단 환경기술평가심의위원(현)
- 환경보전협회 이사(현)

I. 청정기술의 개념

1987년 3월 세계환경개발위원회에서 발간한 일명 '브룬트란트 보고서'라고 불리는 보고서 "우리 공동의 미래 (Our Common Future)"에서 "지속가능한 발전"개념이 제시되었다. 보고서에 제시된 지속가능한 발전이란 '미래세대가 그들의 필요를 충족시킬 능력을 저해하지 않으면서 현 세대의 필요를 충족시키는 것' (원문 : Sustainable development is development that meets the needs of present without compromising the ability of future generations to meet their own needs)으로 이해되고 있다. 이러한 개념적인 지속가능한 발전을 실현시키는 구체적인 방법을 청정기술이 제공하고 있으며, 청정생산은 지구환경 문제를 사후처리 또는 치유하는 개념의 접근방법이 아니고 사전예방적 전략이다.

청정생산은 새로운 개념의 접근방법이 아니라 자원을 보존하고 폐기물을 저감시키고자 하는 인류의 요구를 충족시키기 위한 자연적인 발전방법이다. 즉, 생산성을 향상시키고 원료의 투입량과 폐기물의 배출량을 줄이면서 특히 환경위해요인을 저감시키는 방법이다. 따라서 청정생산은 단순히 환경기술적 접근방법을 초월하여 다양한 생산관련 프로그램과 전략을 지원하는 도구이다.

1992년 유엔환경개발회의(UNCED)에서 UN산하에 지속개발위원회(UNCSD)를 구성함으로써 지속가능한 발전에 확고한 개념으로 자리매김을 하였으며, Agenda 21에는 청정생산의 중요성과 적용방법에 대한 기준을 제

시하고 있다.

국내의 경우 '환경친화적산업구조로의 전환촉진에 관한 법률'에서는 청정생산기술을 '생산공정에서 환경오염을 제거하거나 감축하기 위한 기술 및 환경친화적인 제품을 생산하기 위한 기술'로 정의하고 있다. 이처럼 국내외의 청정기술에 대한 정의의 내용은 그 표현방법에는 다소 차이가 있지만, 내용적으로는 환경적으로 건전하고 지속가능한 발전을 위한 생산공정 및 제품기술로 나타나고 있다.

II. 청정기술과 환경기술의 비교

청정기술은 원료의 확보단계에서부터 제품의 제조단계 및 폐기단계까지 자원의 생산성 향상, 오염물질 및 폐기물의 발생을 최소화시키는 사전예방 개념의 기술인 반면 일반 환경기술의 경우 오염물질 및 폐기물이 발생된 이후에 가능한 한 2차오염이 발생하는 것을 예방하고 방지하는 사후처리 개념의 환경보전기술이다.

따라서 청정기술을 적용하기 위해서는 원료구입단계에서 예를 들어 유기용제가 함유되지 않고 자연적으로 분해가 가능한 천연물질 등과 같은 환경친화적 원료를 구입하고, 제조단계에서는 생산공정의 최적관리 등 간단한 관리기법에서부터 단위공정을 단순화 또는 축소시키는 고도의 공정기술, 공정내 재순환 등 다양한 청정기술을 적용하여 원부재료 및 에너지 투입량의 절감을 유도할 수 있다. 이처럼 생산공정에 투입되는 원부재료 및 에너지의 절감을 통하여 물질보존법칙에 의거 생산제품의 품질을 유지하면서

생산공정에서 배출되는 폐기물 및 오염물질을 저감시키는 효과가 나타난다. 이와 동시에 투입되는 물질이 저감되므로서 제조회가의 절감효과가 나타난다. 따라서 환경부하 및 제조회가의 절감이 동시에 가능한 기술이다.

한편 일반환경기술의 경우 제조단계에서 배출되는 가연성 폐기물을 소각처리하면 연소가스가 배출되어 대기오염방지시설을 운영하므로서 제조회가에 유해가스의 처리비용이 별도로 추가된다. 제조단계에서 배출되는 폐기물 및 폐수의 경우에는 중금속 또는 기타 오염물질을 처리해야 하는 처리시설을 운영해야 하므로, 처리비용이 또한 추가된다. 이처럼 일반 환경기술에만 의존하는 경우에는 2차 환경오염물질의 지속적인 처리와 관련하여 지속적인 경제적 부담이 발생하게 되며, 환경규제가 점차 강화되면서 처리비용 또한 점차 증가하게 된다. 따라서 환경부하 및 제조회가의 상승원인으로 작용하게 된다.

III. 청정기술 개념의 변천

청정기술은 오랜 기간 동안 신기술 개발수준과 함께 발전해 왔다. 청정기술은 과거의 전통적인 사후처리기술(end-of-pipe)과 오염방지기술을 배제하면서 혁신기술에 도전하고 새로운 생산기술을 적용하는 계기가 되었다. 이러한 청정기술은 폐기물 및 폐수 배출량을 저감시키고, 에너지 소비율을 저하시키는 한편 유독성 화학물질 사용량을 줄이는 경영전략의 필수 조건이 되었다.

일부 국가에서 정책적으로 추진되고 상업화된 과거의 청정기술 개념은 생산기술, 조립 및 제품관리에 초점이 겨냥된 좁은 의미에 만족하였다. 그러나 오늘날의 청정기술은 산업에서의 효율을 증대시키고, 기능의 최적화 그리고 폐기물 발생회피 목적에 그 초점이 겨냥된다. 이러한 목적하의 청정기술은 생산설비와 원료의 단순한 대체 또는 변경 이상의 기능이 부여되고 있으며, 생산과 소비의 지속가능한 시스템을 달성하기 위한 현재의 도전이다. 그러나 지속가능한 발전을 위한 청정기술의 개념에는 향후 광범위한 사회적 가치도 통합되어야 한다.

IV. 청정기술의 원동력

청정기술적 해결방안에는 새로운 조업방법과 신기

술의 조합이 포함된다. OECD 보고서에 의하면 청정생산 프로그램 적용을 촉진시키기 위하여 시장성, 과학기술의 발전, 정부의 정책과 같은 3종류의 요인이 수반되어야 한다.

정부의 정책은 강력한 환경규제를 통하여 그 효율이 부분적으로 확대될 수 있다. 그러나 규제정책을 통한 수동적인 예방정책은 능동적으로 수행되는 다양한 폐기물 관리대책에 비하여 그 효율이 저조하다. 특히 적합한 폐기물관리와 유해폐기물의 적정처리에 소요되는 비용은 중요한 요인으로 작용할 수 있다. 제품생산율의 제고와 폐기물 발생량 저감 등을 통한 공정효율 제고의 기회는 폐기물 재활용을 통한 자본회수 가능성과 함께 매우 중요한 유인책으로 작용한다. 이와 함께 기업 이미지의 관리 또는 실추된 기업의 이미지를 제고시킬 수 있는 기회가 청정기술을 도입하고 적용하는 중요한 추진체로 작용한다.

즉, 기술 자체가 청정생산의 원동력이 아니고 비용 저감, 규제회피, 사회에 대한 책임, 시장점유율 제고, 기업의 이미지 제고 등의 원인이 청정생산으로 전환하는 직접적인 원인으로 작용한다.

한편 정부의 정책프로그램에 의한 기술정책은 신기술과 신물질을 이용한 기존 설비의 개선 또는 재료의 대체 등으로 나타나고 있다. 즉, 기술 자체가 지속가능한 발전을 위한 청정생산의 추진체가 아니고 생산비용, 사회에 대한 책임, 시장장악의 우위, 기업의 이미지 등을 변화시키고자 하는 원인자체가 청정생산을 위한 원동력으로 작용하고 있다. 따라서 시장성 자체가 청정생산에 필요한 기술혁신의 기회를 제공하게 된다. 이러한 진보적 원인에 의해서 최적의 기술을 도입하는 청정기술을 반영함으로써 기술발전 또한 점차적으로 추진된다. 예를 들자면 분체도료, 수계 세정시스템, 무연 솔더, 물리적 탈도장, 수계 잉크 등과 같은 기술은 기존의 공정기술에 대한 청정생산적 대체기술로 개발되고 적용되고 있다. 이러한 혁신기술 중의 일부는 기존의 생산설비 또는 원료 공급자에 의해서 개발되었으나, 대부분의 기술은 시장의 가능성을 미리 간파한 제조업 또는 소규모 벤처기업에 의해서 개발되었다.

V. 청정기술의 특징

유럽연합은 1979년 청정기술에 대한 개념을 '생산 과정에서 발생하는 폐기물 또는 오염물질의 원천적인

저감 또는 억제와 함께 원료물질과 기타 천연자원 및 에너지 절감에 기여할 수 있는 모든 기술적 방법'으로 개발하였다. 이와 같은 정의를 확립하기 위하여 유럽연합은 청정기술로서 확인할 수 있는 3가지 요인을 다음과 같이 제시하였다.

- 환경으로 배출되는 오염물질의 저감
- 발생하는 폐기물의 저감 또는 억제
- 물, 에너지, 원료물질 등과 같은 천연자원 수요의 저감

이러한 요인은 아직도 기존의 청정기술 특징을 나타내고 있으며, 지난 10년 동안 이러한 특징으로 청정기술을 확인하여 왔다. 이러한 기술이 적용되어 그 효율은 확인되었으나, 적용속도가 느리고 일정하지 않다는 지적을 받아왔는데, 그 이유로는 지속가능한 발전을 위한 소비분야에 대한 관심이 생산분야에 비하여 미약했던 것으로 판단된다.

VI. 생산기술의 새로운 방향

생산기술의 역사는 과학기술 발전에 따라 진화되어 왔다. 기술혁신과 개선은 전진하는 청정생산에 중요한 요인으로 작용한다. 우선 환경성능을 개선하기 위하여 가능한 간단하고 상용화된 기존기술을 찾는 것이 중요하므로, 청정생산에 적용 가능한 신기술을 찾는 것이 유용하다. 청정생산 분야에 호기를 제공할 수 있는 다양한 기술영역이 급격하게 개발되고 있다.

이러한 기술이 환경성능 개선의 가능성을 부여한다고 인정하더라도 이 기술이 반드시 필요하다고 가정할 필요는 없다. 이러한 기술은 환경성능을 개선하기 위하여 특별히 개발된 것이 아니고, 환경성능이 이러한 기술의 개발대상이 아니므로 경우에 따라서는 새로운 유해성 문제를 제공할 수도 있다. 새로운 합성물질로서 에너지 사용량을 절감시키는 경량 고분자물질은 생산과정에서의 작업유해물질로 의혹을 받고 있으며, 최종제품은 재활용 또는 처리시의 안전성에 대한 확인이 어렵다. 정보기술은 에너지 또는 소비물질 단위당 작업량이 증가하나 방대한 양의 작업을 가능케 한다. 유전자 조작에 근거한 생물기술은 유기체가 환경에 노출되었을 경우 뜻밖의 유해성을 제공할 수 있다. 나노기술에 근거한 유해가능성에 대하여 판단하기에는 아직은 이르다.

환경성능을 겨냥하여 개발된 분야는 녹색화학(green chemistry) 분야이다. 녹색화학은 화학적 합성,

촉매작용, 반응, 분해에 있어 새로운 방향의 넓은 범위를 제시하고 있다. 미국의 경우 이러한 화학분야에서의 새로운 고찰에 대하여 대통령 직속 프로그램으로 장려되었고, 유럽의 경우에는 이미 학술연구센터 등에서 자체적으로 개발되었다. 녹색화학 분야에서의 접근방법은 직접적인 재료와 생산공정을 겨냥하여 개발되었으므로, 다른 분야에 비하여 청정생산 개선에 기회를 제공하게 되었다.

VII. 청정기술의 도전

청정생산은 지속가능한 경제를 위한 중요한 전략으로 지원되어 왔다. 세계환경개발회의에서는 이미 지속가능한 생산과 소비를 위한 첫 단계로서 청정생산을 지원했다. 그러나 생산과 소비의 지속가능한 형태는 경제적 및 환경적인 대상으로 보다는 사회적 가치로서의 의미가 더욱 부과된 상태로 추진되어 왔다. 따라서 최근의 국내의 동향은 지속가능한 발전을 위한 직접적인 경제적 및 환경적 대상으로서 지속가능한 소비에 대한 관심이 높아지고 있다.

지속가능한 발전을 위한 청정생산은 생산공정, 제품, 서비스 등 3분야로 구분되는데, 현재까지 대부분의 청정생산기술은 생산공정 분야에 국한되어 왔다. 따라서 지속가능한 소비를 위해서는 제품과 서비스 분야의 청정생산이 연계되어야 하므로 제품의 개발단계에서부터 전과정평가(LCA) 및 환경친화적 설계기법(DfE, Eco-Design) 등의 실천도구를 이용한 청정생산기술이 통합되어야 한다.

이러한 관점에서 향후 청정기술이 도전해야 하는 목표를 5가지로 구분하면서 결론을 대신하고자 한다.

첫째, 미래의 신기술에 청정생산 개념이 통합되도록 한다.

둘째, 청정기술은 제품의 전과정 관점에서 고찰되어야 한다.

셋째, 청정기술 도입에 따른 기존의 생산설비 재활용에 대한 관심을 기울여야 한다.

넷째, 청정기술은 환경적으로도 건전해야 하지만, 조업상의 안전도 보장해야 한다.

다섯째, 청정기술에 종사하는 사람들의 'human factors'가 존중되어야 한다.