

청정생산과 해양에의 적용성에 관한 연구

송무석⁽¹⁾

Cleaner Production and Its Application in Marine Environment

by
Museok Song⁽¹⁾

요 약

청정생산의 개념과 현재 육상의 산업활동과 연계되어 연구 개발되고 있는 청정생산 기술동향을 살펴보고, 이들이 해양산업영역으로의 응용성을 검토하였다. 기존의 해양오염 정화활동은 새로운 청정생산체제의 영역으로 자연스럽게 흡수될 수 있지만 지속가능한 발전이라는 명제 아래서 해양의 생산과 환경활동을 제조명할 필요가 있다. 청정생산의 시작이라 할 수 있는 재생가능 에너지의 개발은 해양자원 활용의 한 영역이며 육상과 대기 그리고 해양을 묶는 산업생태의 청정 에너지원을 해양이 공급할 가능성도 있다. 청정생산체제를 해양산업에 조속하고 성공적으로 도입하기 위하여 여론수렴, 환경감시, 문제점 분석 및 개선방향 도출, 신기술/신정책의 평가 및 적용, 정보공유, 교육 및 홍보 등의 실천이 수행되어야 한다. 이를 위하여 한국해양환경공학회 중심의 정부 민간 중간 단계의 기구 설치를 제안한다.

Abstract

The concept of "Cleaner Production(CP)" and various activities aiming at promoting CP are investigated along with the applicabilities of CP to marine environment. Although the conventional approaches dealing with the marine pollutions can be absorbed in CP, the whole activities of production and conservation in the ocean must be projected into a new paradigm, "Sustainable Development." Renewable energy is the first key to a complete CP and the ocean can provide us with the clew. In order to introduce CP system more effectively to marine environment opinion collection, environment monitoring, problem identification, resolution proposition, state-of-the-art evaluation, policy development, communication, education and public information are to be planned and followed up systematically. KOSMEE is believed to be a good structure to stand at the center of the upcoming CP activities in the ocean.

Keywords: 지속가능한 발전(Sustainable Development), 청정생산(Cleaner Production), 해양 환경(Marine Environment), 재생에너지(Renewable Energy), 한국해양환경공학회 청정생산센터(KOSMEE CP Center).

(1) 정희원, 홍익대학교 조선해양공학과, msong@hongik.ac.kr

1. 서 론

인류의 번성과 이에 동반되는 각종 산업 활동은 우리가 속해 있는 지구환경에 영향을 미친다. 생산 활동의 원료 및 에너지원으로 재생산이 불가능한 자원이 소모되고, 각종 용역과 재화의 생산 과정에서 지구환경과 인류에 해로운 부산물이 발생되며, 쓰고 남은 인공물들은 또 다른 환경부하로서 혹은 추가적인 에너지의 소모와 유해물의 발생을 요구하는 폐기물로서 돌아온다. 이러한 자원의 소비와 폐기물의 양산이라는 악순환이 계속 이어진다면, 머지않은 장래에 현재 우리가 누리고 있는 정도의 자연과 환경수준은 제공되기 어려울 것이다. 이러한 배경에서 환경보전 및 환경부하 오염배출량 감소의 노력은 지역에 따라 차이는 있지만 형태와 강도를 달리하며 이루어져 오고 있다(UNEP[2003]).

1972년 UNEP(United Nations Environment Programme)의 설립을 이룬(인간환경에 관한) 스톡홀름 UN선언을 이후로, 1985년(오존층 보호를 위한) 비엔나협정, 1987년의(오존층 파괴물질 규제에 관한) 몬트리올 의정서 등에서 환경의 문제가 국제적인 협력을 통한 적극적인 해결의 대상으로 강조되었고, UN의 세계환경개발위원회의(WCED) 보고서인 ‘우리 공동의 미래(Our Common Future, WCED[1987])’에서는 “지속가능한 발전(Sustainable Development)”이라는 화두를, UNEP IE(Industry and Environment)회의에서 청정생산(Cleaner Production, CP, 청정지향생산)이라는 개념을 도입하기에 이른다. 청정생산은 지속가능한 발전을 실현하기 위한 틀의 개념으로 1980년대까지의 오염폐기물 사후처리 방식에서 변화된 사전예방적인 환경보전 및 개선 체제를 의미한다. 1990년 UNEP IE와 UNIDO(Industrial Development Organization)는 청정생산 촉진을 목표로 하는 CP 프로그램을 발족하였고, 1992년 리우기후변화협약의 채택과 1997년 교토의정서의 발효를 이루는 일련의 과정에서 “청정생산,” 즉 “Cleaner Production”은 환경문제 해결의 친숙한 패러다임으로 자리 잡아 오고 있다(UNEP DTIE[2003]).

이러한 배경에서 UN을 중심으로 한 국제기구들과 선진국들은 청정생산이라는 환경문제의 새로운 접근방식을 알리고, 적용시키기 위한 다양한 프로그램을 운영하고 있으며, 경제적인 측면

에서는 청정생산 개념의 환경개선 노력이 상대적으로 부족한 나라의 경우 무역제재 등의 불이익을 강요받게 될 가능성이 크다(이홍동[2001]). 우리나라에서도 1999년 ‘국가청정생산지원센터’의 설립을 계기로 선발국들과 유사한 활동이 전개되고 있으며 산업뿐 아니라 사회와 문화의 다방면에서 “청정생산”이 핵심어로 부각될 것으로 전망된다.

한편 해양은 오염을 유발하는 생산 주체이기 보다는 각종 폐기물들을 최종적으로 포용하고 분해하여 흡수하는 공간으로 이해되고 있다. 하지만 수산생물자원의 획득과정은 생명공학의 발전과 함께 다양하게 변화하고 있으며 석유를 포함한 해양 자원의 채굴도 심해수의 개발과 심해광물의 채집 등으로 영역을 넓혀가고 있다(대한조선학회[1996]). 또한 대형 해양구조물 등을 활용한 공간으로서의 해양이용도 활발해질 전망이고 재생 가능한 에너지 자원의 개발은 해양에 대한 관심을 모으는 중요한 계기가 되고 있다. 이렇게 볼 때에, 육상과 대기의 문제와 마찬가지로 해양환경에서도 청정생산의 개념이 도입되어 전통적인 오염정화 활동과 함께 사전 예비적인 환경보전 노력이 경주되어야 할 것으로 믿어진다.

본 논문은 국제사회의 관심이 되고 있는 청정생산의 개념을 정리하고 이들이 해양환경의 문제에 어떻게 적용될 수 있는지를 고찰하였다. 아울러 청정생산의 테두리 안에서 해양개발과 생산 활동이 효과적으로 이루어지기 위한 방안도 살펴보았다.

2. 청정생산

일반적인 의미로 청정생산이라 함은 용역과 재화의 생산과정에서 환경과 인간에게 부하로 작용하는 폐기물을 발생하지 않는 생산을 말한다. 절대적인 의미로 청정이라는 개념이 정의될 수 없고 영문으로 청정생산을 “Clean Production”이 아닌 “Cleaner Production”으로 말하듯 오염저감을 위한 모든 활동이 청정생산의 영역에 포함된다고 볼 수도 있다. 하지만 우리가 여기서 말하는 청정생산은 일반적인 의미와 구별되는 구체적인 개념을 가지고 있으며 특히 기존의 환경개선 노력과 구별하기 위하여 엄밀하게 정의할 필

요가 있다.

인류는 지난 약 100년 동안 지구환경에 엄청난 부담을 주는 방향으로 산업과 생활을 발전시켜 왔지만 결과로 구현된 문명적 풍요를 누리고 있는 인구는 전체의 20%밖에 되지 않는다(Smith & Slackman[1993]). 하지만 이미 오염에 대한 지구의 자정능력의 한계가 이야기 되는 상황에서 나머지 80% 인구에게도 같은 방식으로 같은 수준의 문명을 제공하자고 한다면 갖가지 환경적인 제약과 나아가 인류의 생존에 대한 위협과 맞서야 할 개연성이 크다. 여기서 생각할 수 있는 선택은 우리가 지향하는 산업발전의 형태를 “지속가능한 발전” 혹은 “Sustainable Development”로 정하는 것인데, 이는 ‘미래의 인류에게 꼭 필요할 자원과 환경의 희생을 수반하지 않고 현재의 인류가 필요한 것을 이루어가는 발전’을 말한다(WCED[1987]). 모든 사회, 경제 및 문화적 활동이 이러한 지속가능한 발전의 한계에서 이루어지는 것이 매우 중요하며, 환경의 문제 또한 지속가능한 발전의 중요한 축으로 이해되고 청정생산의 개념이 도입된다.

2.1 청정생산의 정의

아래의 Fig. 1은 지속가능한 발전을 이루기 위해

요구되는 환경경영체제 (Environmental Management System, EMS)에 포함되는 다양한 환경정책과 그들간의 관계를 개념적으로 보여주고 있다(Hamner[1996]). 계단에서 상위의 개념은 하위의 특성을 포함한다. 아래에 각각에 대한 정의와 다른 요소들과의 관계를 요약하였다.

산업생태(Industrial Ecology)

‘최적화된 세심한 틀 속에서 산업이 원료 및 부산물을 자체적으로 소화하며 지속적인 경제, 문화, 기술의 발전을 이어가는 개념’으로 지속가능한 발전의 가장 이상적인 환경경영 모델이라 할 수 있다(Graedel & Allenby[1995]). 원료 및 에너지의 공급에서 제품의 생산 및 소모까지 다양한 단계에서 발생할 수 있는 최소한의 폐기물이 다른 산업영역에서 소모됨으로써 외부 환경에 부하를 전혀 주지 않는 지구의 한 생태시스템인 산업생태가 추구하는 모형이다.

청정생산(Cleaner Production)

‘인간과 환경에 대한 위험을 최소화하고 생태효율(Eco-Efficiency)을 높이기 위하여 상품과 상품의 생산과정 그리고 유형/무형의 서비스에 대해 종합적이고 사전 예방적인 환경정책을 지속

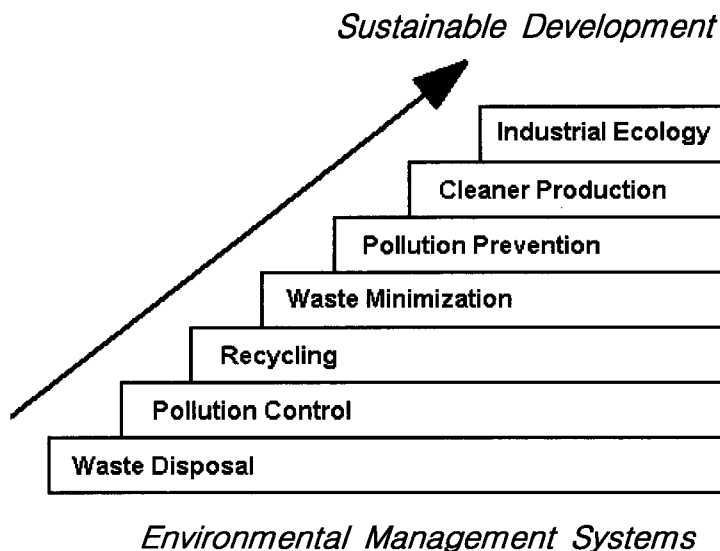


Fig. 3 Various environmental management systems and their hierarchy.

Table 1 Cleaner Production vs End-of-Pipe Treatment.

	사후오염관리 End-of-Pipe Treatment	청정생산 Cleaner Production
폐기물처리	최종 단계에서 여과 및 폐기	발생 시점에서 종합적으로 관리
제품개발의 핵심 요소	성능 및 효율적인 공정	오염 예방
품질의 결정	소비자의 욕구만족	소비자를 포함한 환경에 대한 위해성 여부
비용	사용에 따라 증가	증가하지 않음
환경문제 담당주체	외부 환경 전문가	전 사원의 책임으로 인식

적으로 적용하는 것'을 말한다(UNEP IE[1996]). 여기서 생태효율은 '점진적으로 환경생태에 주는 부하와 원료의 사용을 줄이면서 싼 값으로 재화와 용역을 공급하고 삶의 질을 높이는 것'을 말하는데 '환경을 고려한 산업'으로 이해될 수 있다. "End of pipe technology"로 대변되는 발생 오염물질의 사후처리방식과 청정생산을 비교하여 차이점을 간략히 요약하면 아래의 Table 1과 같다(김용건, 남윤미[1998]). CP의 경우 제품의 초기 설계부터 원료 및 에너지원의 선택, 물품의 제작, 운송, 소비 및 폐기의 모든 과정에서 유독물질의 사용을 억제하고 발생할 수 있는 오염물의 양을 최소화하고 유발된 폐기물은 자체 공정이나 타 산업에 재활용 될 수 있도록 계획한다.

오염물발생방지(Polultion Prevention, P2)

미국의 Polultion Prevention Act of 1990에서 정의한 '유해물 사용 저감과 폐기물의 발생시점에서 억제통한 오염저감'을 말한다. 모든 단계에서 폐기물의 발생을 억제한다는 점에서 CP와 유사하다고 볼 수 있으나, CP보다는 다소 폭이 좁은 개념으로 제품의 제작 과정에 보다 초점을 맞춘 환경경영체제라 할 수 있다.

폐기물저감(Waste Minimization, WM)

P2와 유사하지만 제품의 생산공정에 초점을 맞춘 협의의 개념이다.

재활용(Recycling)

폐기물을 다시 사용하는 개념으로 폐쇄재활용

(closed-loop recycling), 사내재활용(on-site recycling), 사외재활용(off-site recycling) 그리고 재생활용(reclamation) 등이 있다.

오염제어(Polultion Control)

발생된 폐기물의 부피와 질량을 줄여주는 방식을 말한다. 일반적으로 매우 비싼 과정이며 장치의 고장 등으로 인하여 심각한 환경 및 보건상의 문제를 야기 할 수도 있다.

폐기물처분(Waste Disposal)

환경경영체제의 최하위 방식으로 폐기물을 매립이나, 대기중 방출 혹은 강이나 바다에 투기하는 방식이다.

위에 정리한 여러 개념 중 산업생태는 회사나 단일 업종을 넘는 포괄적인 방식으로 회사간, 업종간의 종합적인 관리로 소위 "Zero Waste as a Whole"을 구현하기 위한 경영체제이다(Macro-Scale Concept). 반면, CP와 P2는 단일 회사의 최고의사결정자 수준의 경영철학 구성에 활용될 수 있는 개념이다(Firm-Wide Concept). WM을 포함한 하위의 방식들은 공정 운영의 보조개념으로(Operational Concept) 이해될 수 있다.

2.2 국제기구 및 선진국의 청정생산 촉진 활동

UNEP를 포함한 국제기구와 서구 중심의 선진국들은 CP의 촉진을 위하여 교육, 자금 및 기술 지원

등의 다양한 활동을 수행하고 있다. 관련 내용은 국가청정생산지원센터와(<http://www.kncpc.re.kr>) 대한상공회의소[1999]에 상세히 정리되어 있고 아래에 간략히 재요약 하였다.

UNEP

CP의 세계적인 확산을 가장 적극적으로 추진하는 국제기구인 UNEP는 청정생산 비전에 대한 세계적인 합의 도출을 위해 노력하고, International Cleaner Technology Information Clearinghouse의 운영을 통하여 CP관련 정보의 체계화 및 공유를 유도하고 이를 바탕으로 정책, 전략, 환경경영체제 및 환경적으로 건전한 기술과 제품의 개발의 촉진과 확산을 추구하며, UNIDO와 함께 국가별청정생산센터(NCPCs: National Cleaner Production Centers)의 설립을 지원함으로써 개도국에서의 청정생산 능력의 함양을 도모하고, ‘환경에 관한 금융제도(UNEP Financial Initiative on the Environment)’를 통하여 자금에 대한 지원 등을 수행하고 있다. 이러한 다양한 활동은 국제기구, 정부, 산업계, 비정부기구(NGO), 학계 등과 연계하여 추진하고 있다.

UNIDO

산업발전과 현대화를 필요로 하는 개도국과 체제전환국에 대한 기술이전, 투자 등의 사업을 통해 산업발전을 촉진하는 각종 정책을 추진하는 UNIDO는 대상 국가들의 효율적인 오염예방을 목표로 청정생산을 중심으로 한 산업발전을 유도하고 이를 위하여 국가청정생산센터(NCPCs)의 설립을 지원하고 있다.

OECD

OECD는 1990년대 이후 환경정책수단으로 직접 규제와 시장수단을 혼용하고 있는데, 전략적 장기계획에 의거 ‘전과정평가(Life Cycle Assessment)’ 등을 통한 생산공정관리에 초점을 맞추고 있다. 청정기술의 필요와 현재의 능력 그리고 장벽에 대한 인식과 통찰, 중앙정부와 그들 정책대안의 책임범위 인식, 기술혁신과 이전에 관한 지식격차, 정책간의 마찰 및 성과와 결합의 확인, 각종 지표, 경제통계, 오염재고 및 전과정

평가 등을 포함하는 발전과 문제점을 측정, 평가하기 위한 새로운 분석적 틀의 확립, 전문가 네트워크의 구성, 성공 및 실패 사례들의 문서화, OECD회원국에서 생산된 정보의 역외국으로의 확산 및 활용 등의 중요성을 강조하고 있다.

WBCSD

지속가능발전세계산업위원회(World Business Council for Sustainable Development)는 지속가능한 발전에의 기여를 표방하는 140여개의 국제기업들의 연합이다. UNEP와 공동의 프로젝트 수행을 통하여 청정생산 촉진에 참여하고 있으며, 특히 기업의 이윤추구관점에서 생태효율성(Eco-Efficiency)을 강조하고 있다. 소재 및 에너지소모 감축, 재생가능자원의 지속가능한 사용의 극대화, 유해물질의 확산 감소, 제품의 내구성 확대 등을 주창하고 생태효율성지표의(Eco-Efficiency Indicator: EEI) 개발에 노력하고 있다.

Asia Pacific Economic Council(APEC)

청정생산에 관한 APEC의 방향은, 산업과 농업 부문에서 청정기술과 경험의 확산을 위한 전략 수립, 청정생산 촉진을 위해 주요산업부문에서 공공/민간 파트너쉽 동원, 정부-산업간 워크샵, 세미나 및 시범사업 후원, 전자수단을 통한 청정생산과 기술정책에 대한 정보 공유(Virtual Center for Environmental Technology Exchange) 등 통하여 국가 또는 지방정부 차원의 전반적인 능력 배양으로 잡고 있다.

주요선진국의 청정생산 추진 현황

선진국들의 청정생산추진 현황은 간단히 표로 요약하여 아래에 보였다 (Table 2, 국가청정생산지원연구센터[2002]).

2.3 우리나라의 청정생산 현황

우리나라는 환경문제를 해결하기 위한 수단으로 주로 최종처리방식을 활용하여 왔다고 볼 수 있다. 따라서 청정생산 촉진에 관한 제도나 정책이 추진되기 시작한 것은 최근의 일이다. 청정생전의 범위를 정하는데 다소의 이견이 있을 수 있으나, 광의와 협의의 개념으로 청정생산을 나누

Table 2 주요선진국의 청정생산 추진현황(국가청정생산지원센터(2002)).

	정의	관련 법규	추진방법	추진주체
캐나다	.	환경법(CEPA)	교육훈련을 통한 확산, 자율적 협약	C2P2
독일	초기단계에서 오염물질을 차단하는 조치	폐기물 회피 및 관리법 CO ₂ 감소 프로그램등	청정생산방식 정보 확산, 기술시범프로젝트 수행 SMEs 지원	FME FMRT UBA
미국	원천에서 오염물질 및 폐기물 발생을 감소, 제거하는 재료, 공정 및 행위	오염방지법 연방청정대기법	개별프로그램추진 (예:Industrial Waste Reduction Program)	EPA DoE DoD
네델란드	원천에서 축소, 현장에서 재활용 등을 통해 폐기물 및 오염물질 발생을 제거 또는 최소화	NEPP Plus	환경오염방지와 제품향상에 관한 행동지침	DMEA AOO
프랑스	기존 공정을 대체하여 원자재 및 에너지 효율극대화와 오염물질 최소화	국가환경계획	자율협정, 보조금 지급	환경에너지 관리청
일본		특정 공장의 오염제어를 위한 조직 설립에 관한 법률	자율협정, Eco-Mark프로그램	MITI JEC

어 우리나라의 청정생산의 촉진 정책현황을 살펴본다(국가청정생산지원센터[2003]).

광의의 촉진제도

우리나라는 ‘환경기술개발 및 지원에 관한 법률’에서 ‘환경의 자정능력을 향상시키고 인간과 자연에 대한 환경피해 유발요인을 억제, 제거하는 기술로서 환경오염을 사전에 예방 저감하고 오염된 환경을 복원하는 등 환경의 보전 및 관리에 필요한 기술’로 환경기술을 정의하고 연구원/연구비 확보, 재활용제품 개발 및 생산에 대한 지원 등, 광의의 청정생산촉진 활동을 수행하고 있다.

협의의 촉진제도

구체적으로 ‘환경친화적인 산업구조로의 전환촉진을 위한 법률’에 의거하여 에너지 및 자원을 절약하고 환경오염을 줄이는 산업활동을 적극 장려하고 있고, 청정생산기술개발의 지원에 2001~2010년간 5,343억원의 투자를 진행하고 있다. 지원대상의 영역은, 오염물질의 발생을 줄이는 공

정개선 또는 신공정기술 및 설비의 개발·보급 및 기반조성, 공장내부에서 오염물질을 제거하거나 오염물질로부터 유효자원을 회수·재이용하는 기술 및 설비의 개발·보급 및 기반조성, 유통, 사용 및 폐기단계에서 오염물질의 발생을 줄이는 환경친화적 원료 또는 제품의 개발·보급 및 기반 조성 그리고 기타 산업자원부장관이 필요하다고 인정하는 분야 등이다. 분야별 사업에 포함되는 구체적인 내용은 Table 3에 간단히 정리 되었다.

국가청정생산지원센터

UNIDO/UNEP의 청정생산 촉진 프로그램인 국가청정생산센터가 1999년 산업자원부 산하의 기관으로 설립되었다. 앞에 설명한 연구와 지원이 동 센터의 주관으로 이루어지고 있으며 국내의 청정생산에 대한 이해를 제고하고 청정생산 요소기술의 개발과 정보의 제공 및 교육의 역할을 수행하고 있다(국가청정생산지원센터[2002]).

2.4 청정생산의 효과 및 장래

Table 3 우리나라 청정생산관련 지원사업 분야 및 내용.

사업별	내용
· 청정생산기술사업	· 업종별 사업: 철강, 비철금속, 도금, 주물, 염색, 피혁, 제지, 석유화학, 전자, 시멘트, 자동차, 강관, 정밀화학 등 각 업종에서 필요로 하는 사업 · 공통사업: 업종 상호간에 공통으로 적용되는 사업
· 청정생산기술기반조성사업	· 기술인력, 기술정보, 연구시설 등의 기반을 조성하여 기술개발과 보급, 확산을 촉진하기 위한 사업
· 청정생산기술개발지원센터 사업	· 「환경친화적산업구조로의 전환촉진에 관한 법률」 제7조에 의한 청정생산기술 개발지원센터의 사업
· 기타 사업	· 기타 산업자원부 장관이 필요하다고 인정하는 사업

Table 4 Cleaner Production Technologies.

분야	세부기술분류	기술 내용
제품	청정제품설계기술	제품설계 단계에서 환경 및 자원보전을 고려한 기술: Life Cycle Assessment, Design for Environment, Eco-Design 기법을 적용, LCA구축 등
공정	청정원천공정기술	생산공정을 근본적으로 개선하여 오염물 발생을 제거하거나 최소화하고 생산효율을 높이는 기술: 건식세정, 건식도금, CFC-free 발포, 공정최적화 등
	유해성 원·부재료 대체기술	환경친화적인 원·부재료로 변경하여 오염물질의 발생을 제거 또는 최소화하는 기술: 6가 크롬 대체기술, 중금속 미사용 전지 제조기술, 유기용매 미사용 도료 개발 등
	공정내 재자원화기술	발생한 폐기물 또는 부산물을 공정내에서 재자원화하여 환경오염 부하를 최소화하는 기술: 공정 폐수를 재활용한 무방류시스템 구축, 공정내 부산물 재활용 등
경영	환경경영	환경친화적 경영시스템 구축기법: Supply Chain Environmental Management(SCEM), 환경회계, 통합 환경경영체제 구축 등

청정생산이 최대의 효과를 가지려면 위의 표에 (Table 4) 보인 다양한 기술들이 함께 작용하여야 한다. 청정생산의 개념은 어떤 형태의 산업에도 적용이 가능하나, 전통적으로 유해 화합물을 많이 다루는 화학공업분야인 섬유, 제지, 금속표면처리 그리고 가죽처리 등의 영역에서 실제적인 적용과 효과분석이 용이하며, 국가청정생산지원센터[2002]는 오염물 발생감소, 후처리 비용감소에 따른 총원가 감소 그리고 환경문제에 대한

전반적인 이해와 관심의 증가 등의 매우 긍정적인 결과를 보고하고 있다.

청정생산체제가 새로운 개념의 종합적이고 사전 준비적인 수준 높은 환경문제 해결책이긴 하지만 비관적인 관점에서 보면 이 역시 하나의 환경정책일 뿐이다. 이는 기존의 낮은 단계의 환경보전정책들이 실효를 거두지 못하였다면 같은 이유로 청정생산도 기대한 결과를 얻을 수 없음을 뜻한다. 정부가 중심이 되는 투자가 선행된다

고 하여도 오염 배출의 주체인 산업체의 최고경영자가 자발적으로 환경의 문제에 관심을 가지기는 매우 어렵다. “지속가능한 발전”이라는 다소 철학적이고 거창한 명제도 경영자에게는 “지속가능한 사업”(Hamner[1996])이라는 질박함으로 다가갈 때 실천의 노력이 따르게 된다. 이러한 배경에서, 경영자들이 환경에 대한 투자가 피하고 싶은 추가적인 원가의 개념이 아닌 제품의 성과와 회사의 사활을 결정하는 핵심적인 요소의 비용이라는 인식을 가질 수 있도록 제품의 구매자인 압력자로서의 일반 국민에 대한 끊임 없는 환경에 대한 교육이 필요하다.

교육의 목적이 문제에 대한 충분한 이해와 문제해결의 의지를 고취하는데 있다면 여러 분야에 속해 있는 지도자의 역할이 매우 중요하다. 특히 최고의 위치에 있는 지도자의 비전과 단순 명료한 구호는 심지어 이해를 달리하는 당사자들까지도 공익을 위한 설정된 변화의 방향에 동참하게 만든다. Patuxent 강의 수질문제 해결을 위해 가슴까지 물이 차는 강물에 들어가 “I want to be able to see my feet.”이라고 말한 Maryland주지사 Fowler의 이야기를 음미할 필요가 있다(Ficks[2003]).

그럼에도 불구하고 청정생산과 환경보전은 앞으로 더욱 강조될 것임이 명확하다. 건강한 지구 환경은 인류생존의 절대 조건이며 인류문명의 발전은 청정생산으로 성취 가능한 지속가능한 발전만이 유일한 모델이기 때문이다.

3. 해양과 청정생산

본 장에서는 전 장의 청정생산 및 개발의 개념을 바탕으로 해양에서 이루어지고 있고 각종 생산활동을 살펴보았다. 해양을 통하여 이루어지는 모든 산업을 해양의 생산활동으로 보고 청정생산의 개념이 도입되어 적용될 수 있는지에 초점을 맞추었다.

서론에서 언급한 바와 같이, 해양은 해양에서의 생산활동과 무관한 외부에서 유입되는 환경부하를 받고 있다. 강원수[2001]의 보고에 따르면 우리나라 근해의 해저 및 부유 쓰레기의 70%가 육상기원이고 송무석 등[2001]은 한강 및 낙동강을 통하여 바다로 유입되는 쓰레기가 인근 해역에 광범위하게 퍼질 수 있음을 보였다.

처리되지 않은 하수를 포함하여 매립되지 못하는 최종단계의 폐기물 또한 바다에 투기되고 있는 상황에서(홍기훈 등[2000]) 상대적으로 적은 오염량을 배출하는 해양의 산업생산을 논하는 것이 다소 불합리하다고 생각될 수도 있다. 하지만 우리가 지향하는 청정생산을 통한 지속가능한 발전으로 사회, 문화, 경제가 움직인다면 결국 바다의 환경문제도 산업생태의 큰 틀 속에서 해결되어야 할 것이다.

3.1 해양환경과 생산활동

인류가 해양을 이용하는 형태는 크게 세 가지로 구분하여, 화물과 승객의 운송 통로로서의 이용, 공간자원으로서의 이용, 그리고 각종 자원의 공급처로서의 이용을 든다. 이들은 다시 여러 세분된 영역으로 분리되는데, 각각 유형 무형의 가치를 해양이라는 환경과의 상호작용을 통하여 창출한다. 아래에서 세 영역의 생산활동이 유발하는 환경의 문제와 그 문제가 어떤 틀 안에서 해결될 수 있는지를 살펴보고, 결과적으로 청정생산의 개념에서 어떤 수준에서 어떤 역할을 할 수 있는지를 고찰하였다.

해상운송

전통적인 조선산업과 선박을 이용한 해운 산업이 이 영역에 속하는 생산활동이다. 우리나라의 경우 조선산업은 2003년 현재로 100억불 이상의 무역수지 흑자를 나타내는 국가기간산업으로 세계 1위의 경쟁력을 자랑하고 있다. 조선산업의 경우 해양오염과 연관이 있는 부분은 선박의 도료문제와 발라스트수/빌지수(Balast Water/Bilge Water), 폐유류 및 선박에서 생산되는 생활쓰레기의 방출문제, 선박엔진에서 대기로 배출되는 유해가스의 문제, 그리고 소형 FRP선의 처리 문제 등이 있다.

이수형 등[1998]에서 보고하듯이 TBT계열의 도료는 특히 선박이 오래 머무는 항구나 조선소 지역의 해양생물에 성변이 등의 문제를 발생시키고 있으며, 이러한 문제의 해결을 위하여 선박의 크기에 따라 유해성 도료의 사용을 금하는 등의 규정이 시행되고 있다. 청정생산의 개념으로 본다면 도료산업체에서 유해성이 없는 새로운 방오도료를 청정생산의 틀 속에서 지속적으로

로 개발해 나가는 것이 실질적인 해결책이 되겠다. 빌지수 등의 폐기물의 해상투기는 선박 운송자의 윤리에 관련된 문제이긴 하지만 이용자가 부담 없이 활용할 수 있는 폐기물저장소의 확보와 이용자들에 대한 지속적인 교육이 필요하다. 선박에 의한 대기오염의 문제는 교또협약과 연계하여 민감한 문제이다(이호춘[2002]). 세계 제일의 선박 생산국으로서 이부분에 있어서 선도적인 역할을 수행할 필요가 있고 성능이 개선된 엔진의 개발에 지속적인 노력을 기울여야 한다(김종현[2000]). 수명을 다한 소형 FRP 어선은 물리적인 분쇄와 열처리를 통해 재활용 자원으로 전환이 가능하다(한국해양수산개발원[2002]).

한편 사고로 인하여 대량의 유해물질이 해상으로 방출되는 경우가 종종 있다. 1989년의 Exxon Valdez사고와 1995년의 Sea Prince사고 등이 유명하고 이들 사고들은 사회, 문화, 경제적으로 큰 충격과 영향을 주었다. IMO와 OPA90(미국 Oil Pollution Act 90) 등의 권고에 따라 특히 액상의 화물을 운반하는 선박을 이중 선체로 바꾸는 것과, 충돌이나 좌초의 가능성을 줄이기 위하여 선박의 운항정보와 기상 및 해역 특성을 포함한 해양환경정보를 선박들과 항만관리자간에 실시간으로 공유하는 시스템의 구현(심우성, 서상현[2000]), 그리고 최악의 상황에 대비하는 긴급계획(Contingency Plan)과 훈련된 방제인력과 충분한 장비의 확보를 통하여(김대원[2000]) 종합적인 위험도를 낮출 수 있다. 아울러 물리적인 회수가 불가능한 유류의 처리를 위한 미생물을 활용하는 방법도 지속적인 연구가 필요하다(김상진[1999]). 경우에 따라 환경적으로 매우 민감한 지역에서의 선박에 의해 발생된 파도에 의한 침식이 문제가 되기도 한다.

공간자원

해양을 공간으로 이용하는 예는 실로 다양하다. 해수욕장과 같은 친수공간, 선박이 정박하는 항만시설 그리고 연안지역의 매립이나 대형 해양구조물을 이용하는 각종 시설들을 생각할 수 있다(홍사영[2002]). 해수욕장의 경우 인위적인 쓰레기 투기가 문제가 되고 항만의 경우도 어구나 생활 쓰레기의 투기로 수질과 선박의 안전 운항에 문제를 일으킨다. 역시 교육을 통한 인위적 폐기물의 유입억제가 최선의 해결책이겠고 아울

러 악화된 환경을 물리적으로 개선하는 노력도 필요하다(해양수산부[2000]).

항만시설의 유지와 항구내의 정온도 확보를 위하여 방파제를 설치하는데, 일반적으로 해저면으로부터 쌓아 올려지는 착저식이 많이 활용되고 있는데, 이는 월파가 없는 경우 100% 방파가 가능하고 수심이 작은 경우 비교적 설치비가 저렴하다는 장점 등에 기인한다. 하지만 항만 내외의 해수흐름을 완전히 차단함에 따른 만내 수질 악화의 문제와 수심이 커질 경우 공사비의 증가가 매우 심하다는 단점, 그리고 방파제 설치에 따른 해류 변화로 경우에 따라 원하지 않는 퇴적과 침식현상이 유발될 수 있다는(이문옥, 박일흠, 이연규[2000]) 등의 이유로 부유 구조물과 적절한 계류장치를 이용하는 부유식방파제의 활용이 적극적으로 검토되고 있다(김도영, 송무석[2000]).

농지확보를 목적으로 진행되어온 매립은 간석지의 소실이라는 문제로 많은 논란을 야기하고 있다. 개발과 보전의 논리가 서로 대립된 상황이지만(김광수[2000]) 전문가와 이해당사자들의 진솔한 토의와 지속가능한 발전이라는 테두리 안에서 공익을 생각하는 비전과 협력이 필요하다고 하겠다.

소위 NIMBY(Not In My Back Yard) 현상으로 공익성이 강한 혐오시설들이 자리를 찾지 못하면서 다양한 구조물이 해양에 설치되고 있다(홍사영[2000]). 부유식 쓰레기 소각장치, 담수화장치, 유류저장탱크, 부유식 공항 등 거친 바다환경의 극복을 전제로 한 매우 적극적인 해양개발 활동이라 하겠으나 온배수의 문제, 소음/자기장/해저면의 일조량 문제 등(이문진, 홍기용[2000]) 청정생산이라는 관점에서는 새롭게 조명해 보아야할 부분이 많이 있다고 하겠다.

해양자원

인류가 획득하고 있거나 획득 가능한 해양자원은 해양생물자원, 해양석유 및 광물자원 그리고 재생산이 가능한 바다가 가지는 자연에너지이다. 어업으로 대표되는 수산자원의 획득은 생명공학의 발달로 해양복장의 개념으로 확대되고 있고 신물질 추출 등에 대한 연구도 계속되고 있다(대한조선학회[1996]). 어업과 관련된 환경의 문제로는 연근해에서의 양식업에 기인한 수질오염

Table 5 Natural Energy Types in Marine Environment.

에너지 형태	자원의 종류	에너지전환 방식
기계에너지	조류, 해류, 바람	수차 및 풍차 발전
	조석	수력발전
	파랑	Oscillating Water Column
열에너지	해양온도차	온도차발전(Ocean Thermal Energy Conversion)
화학에너지	염분농도차	삼투압이용 발전

이 부각되고 있다(강원수[2001]).

해양석유의 개발은 1950년대 멕시코만을 시작으로 1970년대의 북해로 이어져 수심 1000m 이상의 해역까지 대상이 되고 있다(Graff[1981], Benford[1993]). 석유는 소모성자원이라는 점에서 석유에너지에의 의존과 소비 증가는 청정생산의 방향과 부합되지 않는다. 또한 석유의 탐사와 생산 및 운송에 이르는 과정에서 다량의 기름이 누출되고 있고(시추/생산 시설과 파이프라인을 통한 기름 누출은 유조선에서 사고로 누출되는 기름의 거의 두 배임) 원유를 수송하는 대형탱커들의 해상 이동은 해양환경에 잠재적인 위협이 된다고 하겠다. 하와이 근처의 Clipperton-Clarion 해저광구는 고순도의 희소금속을 함유한 망간단괴(Manganese Nodule)의 창고로 알려져 있다. 우리나라도 광구개발권을 확보한 상태이므로 자원의 채굴뿐 아니라 해저환경보전을 위한 연구개발이 필요한 시점이다(이두곤[2002a, 2002b], 최학선 등[2000]).

전술한 바와 같이, 해양에서의 생산은 상대적으로 폐기물의 지속적인 발생이 적은 편이다. 대부분의 경우, 생산공정에서 필연적으로 오염물이 발생한다기보다는 인간의 실수나 의도에 의해 오염물이 해양으로 유입된다. 이러한 문제는 교육과 의식의 전환으로 그리고 체계적인 중간수준의 기술개발로(mid-tech) 많은 부분 해결이 가능할 것으로 판단된다. 하지만 육상의 청정생산 개념에서 빠진 재생산이 가능한 에너지의 개발이라는 측면은 해양만이 가지는 큰 특징이라고 하겠다. 크게 해수의 흐름, 파도, 온도차 및 염분차를 이용하는 이들 분야는 다음 절에서 별도로 고찰한다.

3.2 해양에서의 청정생산

Table 5에 해양에서 추출하여 전환이 가능한 에너지원과 발전방식을 정리하였다. 모든 자원은 태양이나 달의 움직임과 같은 영속적인 에너지 근원에 의존하고 있어 무한한 에너지로 이해할 수 있고, 또한 탄소연료나 원자력과는 달리 지구에 추가적인 열공급을 하지 않기 때문에 산업생태(Industrial Ecology) 개념의 청정생산과 완전히 부합되는 자원으로 이해할 수 있다. 아래에는 경제성분석을 토대로 투자 가치가 있다고 평가된 세 가지 해양자연자원에 대해 고찰하였다.

풍력

바람은 육상에도 있지만 일반적으로 해안에서 강하고 자주 분다. 현재 많이 쓰이는 발전용 날개를 기준으로 5m/s 이상의 풍속이 연중 고르게 유지되면 경제성이 있다. 북제주군 해안의 풍력발전단지 15기가 설치되어 2만메가와트의 전력을 발전하고 있는데, 이는 일반 가정 1만 가구의 1년 사용량과 맞먹고, 정부보조비를 고려하면 kw당 40원 가량 이익을 보고 한전에 판매하는 셈이다(장일현[2003]). 네덜란드의 경우 미관 및 조류에 대한 영향으로 발전기를 바다로 이동하는 추세인데, 세계 최고의 조선해양공학 기술국인 우리나라도 고효율의 날개 설계와 해양설치 엔지니어링에 대한 기술개발을 시도할 필요가 있다.

조석

조석의 수두차가 큰 해안에 댐을 설치하고 수력

발전의 개념으로 전기를 얻는다. 프랑스 랑스지방의 24만 kw급 조력발전시설이 현재 상용으로 가동중인 대표적인 것이다. 우리나라의 경우 인천만 72만kw, 가로림만 48만kw, 시화호 24만 kw, 천수만 60만kw의 발전가능성을 가지고 있고 발전시설에 부수되는 수산양식 등의 효과도 있어 투자가치가 있는 것으로 평가되고 있다(해양수산부[2001]).

파랑

파랑발전은 해양연구원(KRISO)을 중심으로 꾸준한 연구가 진행된 분야이다. 현재 60kw급 파력발전기를 개발하였고 2000년에는 진동수주형 파력발전 장치를 제작하였다(해양수산부[2001]).

4. 청정생산 속에서의 해양개발 및 이용

현재의 해양환경의 상태와 무관하게 환경개선과 보전을 포함하는 모든 해양활동은 청정생산의 개념에서 이루어져야 한다. 이미 존재하는 환경오염의 완화를 위하여 수행되고 있는 기존의 정화 노력은 환경경영시스템에서 청정생산의 하위 개념에 해당하므로 자연스럽게 종합적인 환경정책에 흡수될 수 있다. 국내외의 모든 산업영역에서 환경페러다임으로 자리 잡은 청정생산체제의 효과적인 구축과 실천을 위하여 해양산업영역에서 요청되는 사항을 정리하였다.

4.1 문제점 인식 및 모니터링

폭넓은 홍보와 교육을 통하여 현재 해양환경의 문제점과 하위개념의 환경정책의 비효율성을 이해하고 동감하여야 한다. 환경의 문제와 같이 피해와 이득의 규모가 산술적으로 정리되기 어렵고 문제의 심각성이 직접적인 결과로 눈에 띄이지 않는 경우 이해당사자 간의 입장 차이를 좁히기가 어렵고 환경개선의 주체인 공공기관의 장의 선택의 폭이 좁아지게 된다. 의사결정권자의 일관된 신념과 지도력이 요구되지만, 이 또한 누구나 납득할 수 있는 최소한의 객관적인 사실에 근거할 때에 힘을 가질 수 있다. 이를 위하여 현장의 다양한 문제를 취합하고 체계적으로 분

류할 필요가 있으며, 또한 정기적이고 일상적으로 이루어지는 모니터링이 필요하다. 조성록 등 [2000]이 제안한 것과 같이 정기 항로를 운항하는 선박을 이용하는 방식 등이 고려될 수 있다.

4.2 기존의 생산활동의 청정생산관점에서의 분석

기존의 오염문제의 해결이 오염물제어, 폐기물 감량, 재활용 혹은 폐기였다면 오염물 발생 메커니즘을 청정생산의 개념에서 분석할 필요가 있다. 예를 들어 수명을 다한 양식장의 폐기되는 가두리망이 문제라면 기구의 성능을 해치지 않으면서 사후처리의 비용을 줄이거나 낚과 같은 유해물질이 효과적으로 분리될 수 있도록 연구하여야 한다.

4.3 최신 청정기술 및 해양적용성 분석과 정보 제공

국내외의 환경정책 변화와 새로운 청정생산체제의 운영기법 등에 대한 지속적인 학습이 필요하며, 육상기반의 산업영역에서 적용하고 있는 다양한 신기술이 해양에 적용될 수 있는지를 파악하는 것도 중요하다. 또한 청정생산체제의 도입으로 바뀌게 될 육상기반의 바다유입 물질들의 특성과 그들이 해양과 상호작용으로 만들어낼 변화에 대한 세심한 연구도 필요하다.

4.4 교육 및 홍보

이러한 노력은 모든 참여자의 참여도에 따라 그 성과가 크게 영향을 받으므로 지속적인 교육과 구성원간의 정보교환 그리고 대외적인 홍보가 필요하다. 잘 발달된 네트워크를 활용할 수 있을 것이고 자발적인 비정부단체와의 연계도 필요할 것이다.

4.5 해양청정생산 연구 및 촉진 주도를 위한 기구

상기의 여론수렴, 환경감시, 문제점 분석 및 개선방향 도출, 신기술/신정책의 평가 및 적용, 정보공유, 교육 및 홍보 등의 기능을 해양환경이라는 특수한 바탕에서 효과적이고 효율적으로 수

행하자면 이들을 전담할 수 있는 민간과 정부의 중간 단계의 기구가 필요하다고 본다. 현재 한국 해양환경공학회는 해양환경의 모든 영역에 걸친 전문적인 지식과 경험을 가진 회원들이 각자의 영역에서 연구와 다양한 활동을 펼치고 있고 학술회의와 학회지를 통하여 유기적으로 정보를 나누고 있다(본 논문의 참고문헌 참조). 학회가 가진 인력풀을 자연스럽게 이용하고 학회의 조직과 운영을 조정한다면 최소한의 재정적 지원으로 상기한 목표를 달성할 수 있을 것으로 판단되고, 상대적으로 처져있는 해양환경에서의 청정생산체제 도입이 원만하게 이루어지리라 믿어진다. 현재 생산기술연구원 산하에 조직되어 있는 청정생산지원센터를 모델로 하되 순수하게 해양의 영역에서 요구되는 기능을 핵심적으로 운영할 수 있게 하여 청정생산지원센터의 해양 부문 파트너로서 서로의 단점을 보완하는 관계를 설정할 수 있다고 본다.

5. 결 론

국내외의 다양한 산업영역에서 새로운 환경 패러다임으로 자리 잡고 있는 청정생산체제에 대해 알아보고 이 개념이 해양의 개발과 이용 그리고 환경오염 문제에 어떻게 적용될 수 있는지 고찰하였다. 기존의 해양오염 정화활동은 새로운 청정생산체제의 영역으로 자연스럽게 흡수될 수 있지만 지속가능한 발전이라는 명제 아래서 해양의 생산과 환경활동을 재조명할 필요가 있다.

청정생산의 시작이라 할 수 있는 재생가능 에너지의 개발은 해양자원의 적극적인 활용을 통하여 이를 수 있는 영역이며 육상과 대기 그리고 해양을 묶는 산업생태의 청정 에너지를 해양이 공급할 가능성도 있다. 이러한 배경에서 적극적인 투자를 통한 기초기술과 응용기술의 개발이 시급하다 하겠다.

청정생산체제를 해양산업에 조속하고 성공적으로 도입하기 위하여 여론수렴, 환경감시, 문제점 분석 및 개선방향 도출, 신기술/신정책의 평가 및 적용, 정보공유, 교육 및 홍보 등의 실천을 해양환경이라는 특수한 바탕에서 효과적이고 효율적으로 수행하여야 한다. 이를 위하여 한국 해양환경공학회 중심의 정부-민간-중간 단계의 기구 설치를 제안한다.

후 기

이 연구는 한국과학재단의 첨단조선공학연구센터의 지원으로 수행되었다.

참고문헌

- [1] 강원수, 2001, “수중침적 폐기물 실태조사 및 국내 연안의 항 내 수중침적 폐기물 분포에 관한 연구,” 한국해양환경공학회지, 제4권 3호.
- [2] 국가청정생산지원센터, 2002, 국가청정생산지원센터 2002연보, 생산기술연구원.
- [3] 국가청정생산지원센터, 2003, <http://www.kncpc.re.kr/>.
- [4] 김광수, 2000, “공유수면 매립과 해양환경보전,” 한국해양환경공학회 추계학술대회논문집.
- [5] 김대원, 2000, “해양오염 방제체제의 선진화 방안,” 한국해양환경공학회지, 제3권 1호.2000.
- [6] 김도영·송무석, 2000, “규칙과중 상자형 부유식 방파제의 특성에 관한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제37권 3호.
- [7] 김상진, 1999, “생물정화기술은 어떻게 적용되어야 하는가?” 한국해양환경공학회지, 제2권2호.
- [8] 김용건·남윤미, 1998, 청정생산구축 사례연구, 한국환경정책평가연구원 연구보고서.
- [9] 김종현, 2000, “선박에 의한 대기오염규제의 국제동향과 NOx제어 기술개발 방향,” 한국해양환경공학회지.
- [10] 대한상공회의소, 1999, 청정개발체제 논의동향과 이슈분석, 연구보고서.
- [11] 대한조선학회, 1996, 해양공학개론, 동명사.
- [12] 송무석, 이준목, 이문진, 유정석, 2001, “해양쓰레기의 부유 및 침강에 관한 실험연구,” 한국해양환경공학회지, 4권 1호.
- [13] 심우성, 서상현, 2000, “국내 AIS서비스 실시를 위한 요구사항 분석,” 한국해양환경공학회지, 3권 1호.
- [14] 이두곤, 2002a, “심해저 자원 개발과정에서 재부유되는 해저퇴적물 입자의 재침전과정을 예측하기 위한 모델 연구,” 한국해양환경공학회 춘계학술대회논문집.
- [15] 이두곤, 2002b, “입자크기분포 모델을 이용한 재부유 심해저 퇴적물의 부유물질 농도에

- 측,” 한국해양환경공학회 춘계학술대회논문집.
- [16] 이문진·홍기용, 2000, “해상 담수화 공장에서 배출되는 고온고염 해수의 확산예측,” 한국해양환경공학회지, 제3권 2호.
- [17] 이문옥·박일흠·이연규, 2000, “방조제 부근에서의 흐름과 퇴적환경의 특성,” 한국해양환경공학회지, 제3권 4호.
- [18] 이수형·심원준, 1998, “우리나라의 TBT 오염현황 및 대책,” 한국해양환경공학회지, 제1권 2호.
- [19] 이찬원·권영택 등, 2000, “남해 연안 패류양식장의 부영양화 특성,” 한국해양환경공학회지, 제3권 3호.
- [20] 이호춘, 2002, “해양수산부문 청정개발체제 활용전망 및 기대효과,” 월간해양수산, 217호.
- [21] 이홍동, 2001, “기후변화협약 동향과 해양부문의 청정개발체제 이용 가능성,” 월간해양수산, 206호.
- [22] 장일현, 2003, 풍력조력 대체에너지로 뜬다, 조선일보(2003년 3월 4일).
- [23] 조성록 등, 2000, “정기운항 선박을 이용한 수질측정에 관한 연구,” 한국해양환경공학회 춘계학술대회논문집.
- [24] 최학선·김현주·양찬규·홍기용, 2000, “Water Jetting의 해저면 굴삭기구에 대한 연구,” 한국해양환경공학회 춘계학술대회논문집.
- [25] 홍기훈·김석현·정창수·정종률, 2000, 해양환경영향평가개론, 시그마프레스.
- [26] 홍사영, 2002, “부유식 해양구조물의 기술개발 방향과 전망,” 해양공간 활용기술 국제세미나, 해양수산부.
- [27] 한국해양수산개발원, 2002, 환경친화적 FRP 폐선처리기술 개발(I).
- [28] 해양수산부, 2001, 해양에너지 실용화 기술개발(I): 조력, 조류에너지.
- [29] 해양수산부, 2000, 해양폐기물 종합처리시스템 개발.
- [30] Benford, H. (Edited), 1993, A Half Century of Maritime Technology 1943~1993, SNAME.
- [31] Cleaner Production, 2002, A Global Status Report, September.
- [32] Ficks, B., Top 10 Watershed Lessons Learned, 2003, EPA report, <http://www.epa.gov/owow/lessons/>.
- [33] Graff, W.J., 1981, Introduction to Offshore Structures, Gulf Pub. Co.
- [34] Graedel, T.E. and B.R. Allenby, 1995, Industrial Ecology, Prentice Hall, NJ.
- [35] Hamner, B., 1996, “What is the relationship between cleaner production, pollution prevention, waste minimization and ISO 14000?” Asian Conference on Cleaner Production in the Chemical Industry, Taipei, Taiwan.
- [36] Smith, D.J. and C.B. Slackman, 1993, If the World were a Village of One Hundred People, Morrow, William & Co.
- [37] UNEP internet website, 2003, <http://www.unep.org>.
- [38] UNEP TIE internet website, 2003, <http://www.unep.org/pc/>.
- [39] World Commission on Environment and Development, 1987, “Our Common Future,” Oxford Press, 1987.