

연구노트

산업공생(Industrial Symbiosis)을 통한 생태산업공단 조성 방안

김 좌 관
부산가톨릭대학교 산업환경시스템학부
(1999년 2월 1일 접수)

A Study on Construction of Eco-Industrial Complex by Industrial Symbiosis

Jwa-Kwan Kim

Catholic University of Pusan, School of Industrial Hygiene and Environmental Engineering
(Manuscript received 1 February, 1999)

This study is focused on the industrial symbiosis based on industrial ecosystem theory. At first, the concept of industrial ecosystem was introduced. Industrial symbiosis is a good tool in order to make a harmony between industry and natural ecosystem. The good example of industrial symbiosis is the case of Kalundborg in Denmark, where 11 networks are working in four enterprises and one community nearby. It was proved that savings of natural resources and economic benefit are achieved by use of industrial symbiosis. Moreover, the control of pollutant emission was also done by use of advanced technology and investments. Based on this case, it was shown that industrial symbiosis through eco-industrial complex in Korea was confronted with many difficulties. First of all, loose emission criteria, recycling system on wastes, and the absence of will for industrial symbiosis should be solved in Korea.

Key words : industrial symbiosis, kalundborg, industrial ecosystem, Eco-industrial complex

1. 서 론

최근 몇 년 동안 위천공단 조성방안에 대한 찬반논란이 크게 부각되고 있다. 현재 대구시에서 추진하고 있는 위천공단의 세부 유치업종으로는 자동차산업, 정밀전자, 기계전자, 신소재, 생명공학, 항공산업이나 사실상 대구 시내 산재한 노후 공장들을 대구시 외곽인 위천공단으로 이전할 계획인 것으로 보인다.¹⁾ 그 외에도 낙동강 유역에 조성 계획중인 공단은 안동공단(105만평)등 여러 공단이 있으나 위천공단 문제로 인한 지역간의 첨예한 대립으로 여타 공단 조성방안에 대해서는 진전이 없는 상태이다. 그러나 최근 외국 선진국가(덴마크, 미국, 네덜란드 등)들은 새로운 공단을 조성하거나 기존의 공단을 재구성할 시, 새로운 개념적 틀을 응용하고 있어 주목을 받기 시작하고 있다. 즉, 자연 생태계내 생물간의 상호작용중의 하나인 '공생(Symbiosis)' 작용을 응용한 방법이다. 개별 공장들이 서로 간에 폐자원을 주고받음으로써 상호이득을 취하는, 이른바 '산업에서의 공생(Industrial symbiosis)'을 통한 산업의 녹색화(Greening of industry) 구축방안이다. 그러나 이 방안은 그리 낯선 방법은 아니다. 공장 'A'에서 나온 부산물을 이를 필요

로 하는 해당공장 'B'가 이용하는 방법은 비교적 값싼에 필요 자원을 활용한다는 점에서 산업현장에서 가끔씩 이루어지고 있다. 그러나 이와 같은 개별 기업간에 공생 관계는 산업공생을 갖는 공장군의 집합(이하 '생태산업공단'이라 칭함)을 갖추기 위한 초기단계의 한 형태라고 볼 수 있다. 또한 이는 '생태계' 입장에서 해석할 때, 친이 초기단계의 생물간 상호작용이라 여겨지며 상리공생(相利共生)이라기 보다는 편리공생(片利共生)에 가깝다고 하겠다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 산업공생을 통한 생태산업공단의 조성 가능성을 외국의 사례 연구를 통하여 파악해 보고 그 적용가능성을 검토해 보고자 한다. 연구 방법 및 내용으로는 우선 산업생태학과 산업공생의 개념을 이해하고 생태산업공단의 효시인 덴마크의 Kalundborg공단의 사례를 분석한 후 국내 적용가능성을 진단, 평가해 본다.

2. 산업공생(Industrial symbiosis), 산업생태학(Industrial ecology), 생태산업공단(Eco-industrial complex)
산업공생에 대한 그 학문적 근거는 최근 새로 부각되

고 있는 산업생태학(Industrial ecology)이라 볼 수 있다. 산업생태학은 미국의 Ayres²⁾가 처음 연구하기 시작한 '산업물질대사(Industrial metabolism)'에 관한 연구를 시작으로 발전하기 시작하였다. Tibbs³⁾는 산업생태학을 "산업이 자연 생태계와 조화를 이룰 수 있도록 산업시스템내 인위적으로 상호 연결된 산업 인프라를 설계하는 것"으로 정의하고 있다. 또한 Frosch¹⁾의 산업생태학 정의에 따르면, "물질과 에너지를 보존하고 환경을 보호하기 위해 물질순환루프를 효과적으로 폐쇄하는 것"으로 정의하고 있다. 그 외 산업생태계의 정의는 다양하다. 그러나 산업생태계를 통하여 얻으려는 목적은 비교적 명확한 편이다. 즉 자연생태계를 닮은 내부 폐쇄적 순환시스템을 구축함으로써 제한된 천연자원의 이용을 효율화, 극대화하면서 주변환경에 대한 영향을 극소화하는 방안이다. 실제 자연생태계와 산업생태계는 다음 Table 1과 같이 비교 평가할 수 있다.

Table 1. Comparison between natural ecosystem and industrial ecosystem

Items	Natural ecosystem	Industrial ecosystem
1. Energy sources	Sunlight	Natural resource
2. Temporal scales of ecological change	Long times	Short times
3. Methods of ecological changes	Natural	Artificial
4. Symbiosis component	Bio-species	Industrial factories
5. General process of ecological development	Parasite → Commensalism → Mutualism	Simultaneous development of both Commensalism and Mutualism

Table 2 The classification of industrial symbiosis

Items	Classification	Comments
Ecological aspect	1) Mutualism	Benefits for both sides of enterprises
	2) Commensalism	Benefits for one side of enterprise
Functional aspect	1) Aesthetic symbiosis	Improving of water intimacy and amenity of scene
	2) Symbiosis for resource supply	Actual industrial symbiosis among enterprises

다시 말해 산업생태학의 실천적 도구인 '산업공생'방안은 결국 제한된 천연자원 이용을 극대화함과 동시에 자연환경에 미치는 부정적 영향을 최소화하기 위하여

'생산 → 소비 → 폐기물 발생'의 일방적이고 직선적인 경제시스템을 자연이 가진 내부순환체계를 모방해 내는 것이 주요 목적이 되는 셈이다. 따라서 '산업 공단'이 '생태계'가 갖는 자기 순환적 특성을 닮으려면 우선 공단내 개별 기업들의 생산활동들을 상호 연계된 하나의 시스템으로 파악할 수 있어야 하며 이에 '상리공생(相利共生)', '편리공생(片利共生)'등을 통하여 인위적으로 조정하게 된다.

산업공생을 통한 공단 내 기업간에 내부 순환성이 이루어진다면 각 종 원료의 사용을 극대화하고 폐기물의 발생을 극소화할 수 있으며 환경 친화적인 공단 조성 경쟁력 있는 생산성 제고가 어느 정도 가능할 것이다. 산업공생은 대규모 산업공정에서 자원과 에너지의 최적 효율을 관리하기 위한 방안으로서 산업생태학에서 적극적으로 채택하는 방안이다. 또한 산업의 공생관계를 보다 효율적으로 형성해 내기 위해서는 산업체간의 지리적 거리가 가까워야 바람직스럽다. 따라서 산업공생을 보다 효율적으로 도모할 수 있는 장소는 공단(Industrial complex)이라고 볼 수 있고 이런 공단을 생태산업공단(Eco-industrial complex)이라 정의할 수 있다.⁵⁾ 이 생태산업공단 내 입주할 각 개별 기업들은 우선 생태공단 내 타 기업과의 공생관계를 통하여 경제적 측면에서 이득이 보장되어야만 입주 가능할 것이다. 그러나 실제로는 각 기업의 개별적 편익의 합보다도 큰 집합적 공익이 발생한다고 본다. 즉 전체 시스템은 각 부분의 합 이상이라는 점이다(The whole is greater than the sum of the parts) 이 점이 국가나 지방자치단체가 생태산업공단에 관심을 갖고 추구해야만 하는 큰 이유가 되는 셈이다.

3. Kalundborg 공단의 사례연구⁶⁾

Kalundborg에는 네 개의 주요 공장이 있다. Asnaes 석탄 화력발전소, Statoil 정유공장, Novo Nordisk 제약 공장, Gyproc 석고보드 공장이다. 이 주요 네 공장간의 산업공생은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 지난 25년 이상 지속되고 있으며, 사실상 처음부터 '산업공생'이라는 거창한 구호아래 시작된 것은 아니다 오히려 공정상 발생하는 부산물을 재 이용하려는 경제적 동기와 보다 강화되는 환경규제에 부응하면서 처리비용을 절감해 보려는 노력들이 개별 기업들간의 공생작용을 추동하게 되었다. 최종적으로 Kalundborg의 산업 현장은 다섯 곳이며 시간에 따른 공생과정은 아래와 같다.

- 1) Asnaes 파워플랜트(석탄화력) : 1,500 megawatt
- 2) Statoil 정유공장 : 3.2×10⁶ ton/yr
- 3) Gyproc 석고보드 공장 : 14×10⁶ m²/yr
- 4) Novo Nordisk 제약공장 년 매출액 20억불
- 5) Kalundborg시 . 지역난방(20,000명)

3.1 Kalundborg공생 연대기

- 1959 Asnaes 파워플랜트 운영
- 1961 Statoil 정유공장 운영 - Tisso 호수의 원수 이용
- 1972 Gyproc공장 Kalundborg 입주 - Statoil 정유 공

- 장로부터 연료 가스를 공급받음(900 kg/hr)
- 1973 Asnaes 파워플랜트 - Tisso 호수의 원수 이용
- 1976 Novo Nordisk - 발생슬러지를 인근 농장에 비료로 공급(3,000 m³/day 공급)
- 1979 Asnaes파워플랜트는 시멘트 생산자 및 도로건설자에게 비산재(fly ash) 공급
- 1981 Asnaes파워플랜트는 Kalundborg 주민에게 열 공급(225,000 ton/yr)
- 1982 Asnaes파워플랜트가 Statoil과 Novo Nordisk에 스팀 공급(각기 140,000 tons/yr, 215,000 tons/yr)
- 1987 Statoil는 냉각수를 Asnaes 파워플랜트 보일러 용수로 공급(700,000 m³/yr)
- 1989 Novo Nordisk는 지하수 이용대신 Tisso 호수를 원수로 이용
- 1989 Asnaes의 열(heat)을 양어장에 공급(250 tons/yr)
- 1990 Statoil는 탈황시설을 거친 액화 황을 Kemira에 공급(3,000 tons/yr)
- 1991 Statoil은 처리된 폐수를 Asnaes에 공급함(200,000 tons/yr 보일러 용수가 아닌 다양한 형태의 물 소비를 위함)
- 1992 Statoil은 탈황장치 설치 후 Asnaes에 연료가스(fuel gas)를 공급(700 tons/yr)
- 1993 Asnaes는 scubber설치 후 Gyproc에 석고를 공급(80-85,000 tons/yr)

3.2. KIS(Kalundborg Industrial Symbiosis)의 결과

Kalundborg의 산업공생의 network은 크게 11개 그룹망이 연결되어져 있으며 산업공생의 결과 크게 네 종류의 효과를 유발하였다. 첫째, 용수, 석탄, 원유, 석고, 비료 등의 천연자원에 대한 의존성이 둔화되었다 둘째, 오염의 감소효과이다. 온배수로 인한 열오염 방지, 고도

수처리로 인한 오염 부하량 감소, CO₂와 SO₂ 배출량 감소 및 폐기물 매립지 요구량 감소 등이다 셋째, 에너지 이용 효율이 증대되었고 발생 폐기물의 재활용율이 증대되었다 넷째, 경제적으로도 산업공생이 긍정적인 결과를 나타내었다 따라서 산업공생의 결과를 오염물질 배출감소 효과, 자원재활용 효과, 경제적 효과부분으로 나누어 살펴보면 다음과 같다. Table 3에 따르면 Statoil 정유공장의 탈황시설로부터 추출된 황이 Kemira 황산제조공장에서 100% 재활용되고 있고, Asnaes파워플랜트에서 발생한 석회가 Gyproc 석고보드 공장에서 100% 재활용되고 있다 즉 오염물질로 배출될 황과 석회, 비산재 등이 재 이용됨으로서 환경오염의 부담을 줄이고 자원 절약효과를 동시에 발생시키고 있다. Table 4에 따르면 Asnaes파워플랜트와 Gyproc공장간의 산업공생으로 천연석회는 100% 자원절약 효과를 가져다주고 있고, Asnaes파워플랜트로부터 발생한 스팀을 Statoil 정유공장에 공급해 줌으로서 원유를 47.5%를 절감하고 있고, 폐수도 각 기업에서 재활용하거나 냉각수를 바닷물로 대체함으로써 28.6%의 용수절감 효과를 나타내고 있다 이처럼 배출 오염물질을 지원으로 바꾸고 천연원료를 대체하기 위해서는 기본적으로 고도 처리 및 재활용 인프라 구축이 필수적이므로 초기 설비투자비가 소요된다 Table 5에 따르면 Kalundborg 공단에서 16개 프로젝트 수행이 요구되었고 산업공생 인프라 구축에 투자된 비용을 감가 상각하는 데는 6년의 시간이 소요되었다 그러나 그 이후 1994년까지 경제적 이득은 7억 2천 크로네(약 1,440 억원에 상당)의 경제적 이득 효과를 나타내고 있다. 결국 산업공생의 결과는 오염물질 저감을 통한 자원 절약뿐만 아니라 장기적으로는 경제적 이득까지 유발하는 다양한 긍정적 효과를 발생시키고 있다

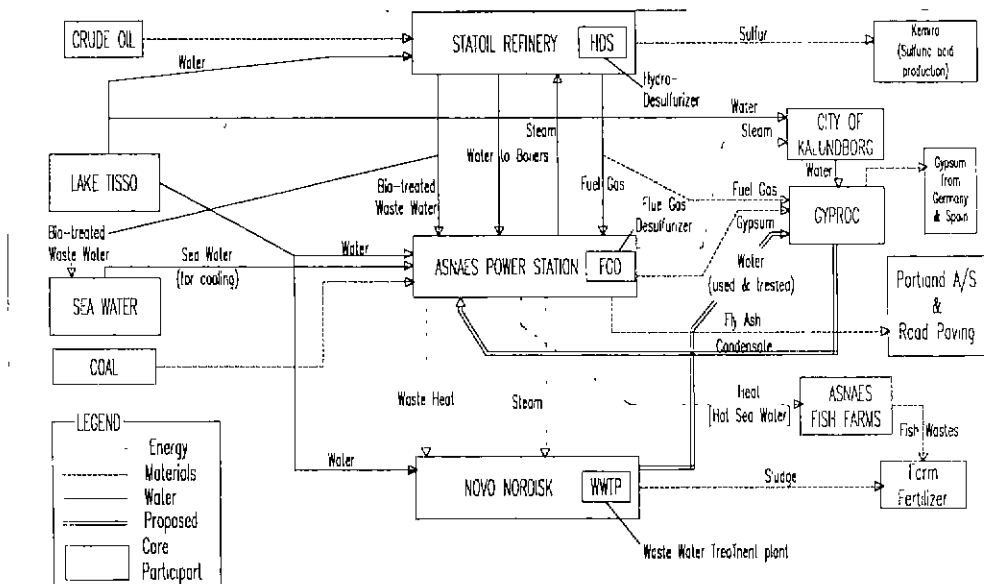


Fig 1. Kalundborg Industrial Symbiosis - 1995.

Table 3. The results of KIS(emission parameters, unit:10⁶ ton)

Items	Without symbiosis	With symbiosis	E (%)
CO ²	4.3	4.1	4.6
SO ²	0.026	0.025	3.8
Fly ash	0.2	0.065	67.5
Lime	0.08	0.0	100.0
Wastewater	1.1	0.2	81.8
Sulphur	0.0029	0.0	100.0

Table 4 The results of KIS(resource parameters, unit:10⁶ ton)

Items	Without symbiosis	With symbiosis	E (%)
Coal	1.6	1.57	1.8
Oil	0.04	0.021	47.5
Water	4.9	3.5	28.6
Natural lime	0.132	0.0	100.0

Table 5. The results of KIS(economic parameters, unit:10⁶ DKK)

Items	Cost (-)	Cost (+)	Remarks
1. Total investment for 16 projects			It takes six years to have a depreciation, considering the money to construct infrastructure for recycling
2. Saving money by KIS(yearly)	360	> 60/yr	
3. Total money savings until 1994		720	

3.3. Kalundborg 의 산업공생을 위한 조건

Kalundborg 공단의 산업공생이 이토록 오랜 동안 지속 가능했던 것은 다음과 같은 요인들이 비교적 충족되었기 때문이며, 향후 국내에 이와 같은 생태산업공단을 조성할 시에 참고삼아야 할 것이다.

(1) 우선 개별 기업간에 폐자원이거나 부산물이 인근 기업에 유용하게 이용되어야 한다. 이 조건은 가장 기본적인 공생조건이다. 따라서 개별기업에 대한 폐자원 발생과 처분, 재활용방안에 대한 자료 획득이 우선되어야 할 것이며 이의 data base화가 중요하다

(2) 각 기업들은 지리적으로 서로 가까이 위치해야 한다. 스틸, 열, 기타 에너지의 이용시 상호 거리가 멀 경우 긴 파이프라인의 설치가 요구되고 이에 높은 건설비용이 추가되어야 한다. 그러나 지리적 조건은 절대적으로 필요한 공생조건만은 아니다. 비록 수송거리가 요구되더라도 경제성 및 환경친화성을 충분히 만족시킬 경우 고려할 수 있을 것이다.

(3) 관련 기업간에 심리적 갈등과 경쟁관계가 배제되어야 한다. 자연생태계와 달리 산업공생을 원만히 달성

하려면 각 개별기업간에 협력이 필수적이다. 폐자원을 원활히 생산하고 공급하기 위해서는 기업가동상황에 대한 상호간에 지속적이고 긴밀한 정보 교환이 요구된다. 또한 상호 경쟁관계에 있는 기업간의 공생은 이루어지기 어려우므로 같은 공단 내 위치하는 것을 지양해야 할 것이다.

(4) 시민의 높은 환경의식이나 엄격한 환경규제가 일상화되어야 한다. Kalundborg 산업공생의 출발은 경제적 동기로부터 시작되었지만 시간에 지남에 따라 보다 엄격해지는 환경규제와 공단 주변 주민들의 높은 환경의식 때문에 지속적으로 이루어질 수 있었다. 따라서 오로지 폐자원을 산값에 공급받으려는 이유만으로는 산업공생을 바탕으로 한 생태공단 조성은 기대하기 어렵다. 엄격한 각종 환경규제와 지역주민으로부터 압력 등이 개별 기업으로 하여금 철저한 오염방지기술과 친환경적인 청정생산(Cleaner production)을 추동해 낼 수 있게 된다

(5) 각 공생형태를 살펴볼 때 각 개별기업들은 경제적 이익이 발생하지 않을 경우 아무리 친환경적인 대안 일지라도 이를 행동으로 옮기지 않는다는 사실이다. 즉 개별 기업들은 폐자원의 폐쇄적 내부 순환성을 비록 가질지라도 결국 각자의 경제적 손실과 이득에만 관심있음을 주시해야 한다. 따라서 보다 엄격한 환경규제를 통한 첨단 오염정화시설의 설치가 법적 제도적으로 강화되지 못할 경우에는 철저하고 보다 진화된 산업공생관계를 지속시킬 수 없음을 발견하게 된다. 따라서 자연 생태계의 발달과 진화와는 달리 산업생태계에서는 외부로부터 오는 각종의 압력수단이 존재해야만 공생관계를 지속화시킬 수 있다. 공생을 가속화시킬 압력수단은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 엄격한 환경규제와 지역 주민의 높은 환경의식이다. 둘째, 국제시장에서 사용 원자재의 희소 가치가 커질 경우와 산업장의 녹색화 요구가 국제적으로 힘을 발휘할 때이다.

그러나 실제 산업공생을 통한 산업생태공단 조성을 국내에 적용할 경우 이를 어떻게 할 요인들은 다양하다. 첫째, Kalundborg 공단에서 보았듯이 환경규제 강화와 주민의 환경에 대한 높은 의식이 산업공생을 보다 강화시켜왔음 볼 때, 구제금융시대 기업들의 느슨한 환경보호 의식과 엄격하지 못한 환경법과 규제체도가 문제시 된다. 둘째, 일반적으로 기업들은 다른 기업과의 공생적 협력관계로 그들의 기밀사항이나 기술정보가 노출될 것을 꺼림으로서 공생관계를 주저하는 요인이 될 수 있다. 셋째, 필요한 자원이 무한하다는 기업가들의 전통적인 관념이 공생관계를 저해할 수 있다. 넷째, 기업간의 공생 발생시 'A'공장의 폐자원이 'B'공장의 원료로 이용될 시 원료의 질에 대한 시시비비가 서로간의 공생을 어렵게 할 수 있다.

4. 산업공생을 이용한 생태산업공단 조성방안

4.1. 한국의 현황

우리 나라 전체의 경우 1996년 초 기준으로 국가공단

28개소, 지방공단 145개소, 기타공단 19개소 등 총 192개의 공단이 있다⁷⁾ 그 중 비교적 자료내용이 충실한 우리나라 20여개 국가공단 및 지방공단을 분석한 결과에 따르면⁸⁾ 공단 내 입종간의 다양성 수준이 3개 공단(한국산업단지공단과 성서공단, 청주공단)을 제외하고는 비교적 단순한 편임이 밝혀졌다 즉, 국내의 공단 대부분들은 규모의 경제성 및 각종 편의성을 감안하여 단일 및 유사업종끼리 집단을 이루고 있음을 알 수 있다.

따라서 산업공생을 통한 산업생태계의 건설은 그 정의처럼 철저히 내부 폐쇄적 순환시스템을 의미하고 있으나 실제 생태산업공단을 국내에 건설할 경우 그 의미를 충실히 이행할 수가 없는 실정이다. 재활용되지 못할 다양한 형태의 환경오염물질이 주변환경에 노출되기도 할 것이며, 외부로부터 자원의 투여가 전혀 없는 산업생태 시스템의 구축도 어렵다고 본다. 또한 향후 우리가 지향할 모든 공단이 Kalundborg 공단처럼 될 수도 없다. 오히려 폐기물 재활용에 관한 그물망을 인터넷으로 구성하여 재활용을 위한 폐기물 시장을 구축하는 것도 실제적 대안일 수가 있다⁹⁾.

실제 포항제철의 경우, 내부 공정에 재투입되거나 인근 철강 공단내 원료로 이용되는 등 비교적 재활용율이 아래 Table 6에서 보는 바와 같이 높은 편에 속한다. 그러나 폐수량의 경우 낮은 재활용율을 나타내고 있어 우선 청정생산(Cleaner production)을 통한 효율성 제고가 요구되는 바이다. 즉 아직 국내 공단에서는 생태산업공단의 그 전형적인 틀을 마련하기가 쉽지 않은 편이다.

Table 6. The waste status of Pohang Steel Co ('97) (Unit: 'ton)

Items	Discharge rate	Recycle	Treatment	Recycle (%)
Slag	10,032,523	8,948,851	1,083,672	89.2
Dust	492,661	478,958	13,703	97.2
Sludge	750,651	299,489	451,162	39.9
Oxidized iron	11,257	11,257	0	100.0
Scales	208,521	208,521	0	100.0
Waste bricks	111,246	15,946	95,300	14.3
Wastes	319,353	319,353	0	100.0
Waste water	122,720	13,399	0	10.9

4.2. 생태지향 공단지 조성의 필요성

4.2.1. 대외적 요인

(1) 자원의 유한성과 지속가능한 개발

오늘날 시장경제의 핵심에 기본적이면서 잠재적인 치명적 결함은 우리 자연생태계가 무한한 자원의 보고인 것으로 보고 있다는 점이다. 이제 에너지 사용에 대한 효율혁명이 절실히 요구되는 시점이기도 하다. 따라서 에너지와 폐자원을 재 순환하는 생태산업공단의 필요성

은 지구의 유한한 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 방안이 될 수 있다. 21세기형 개발행위에 대한 정당성은 환경이 건강하고 지탱 가능한 만큼의 개발(ESSD, Environmentally Sound Sustainable Development)이 되어야 하며 그 실천적 장으로서 생태산업공단지 조성이 하나의 합리적 대안이라고 판단된다

(2) 국제 환경규제 강화와 국제시장의 변화

1972년 UN인간환경회의 이후 환경문제는 전 지구적 문제로 크게 부각되기 시작했다. 1980년대는 지구온난화, 오존층 파괴, 국가간 폐기물 이동, 해양 오염 등 전 지구적 차원의 환경문제가 국제환경협약을 통하여 보다 구체적으로 시행되기 시작하였다. CO₂ 규제에 이어지는 기후변화협약, 유해폐기물 이동에 관한 바젤협약, 생물 다양성 협약, CFCs 규제에 관한 몬트리올 의정서 등의 각종 협약, 조약, 협정 등이 있다. 따라서 이 모든 약속들은 크든 작든 환경오염물질의 저감과 효율적 자연자원 소비를 강요하게 된다. 그 외 그린라운드(Green Round)로 지칭되는 새로운 무역 규제는 적절한 오염규제장치 설치와 운영이 국가단위로 일상화되지 않고는 수출 경쟁력을 가질 수 없도록 만들고 있다. 그러므로 자원을 효율적으로 배분 및 재활용하고 오염규제가 최대 시행되는 생태산업공단지 조성은 필수적이다.

4.2.2. 대내적 요인

(1) 공단의 녹색화 요구

지자체 출범 후 각 지방자치단체장들은 다양한 개발 공약을 내세웠고 이를 실현시키기 위한 공약들이 대부분 환경 파괴적이다. 지방자치기 이루어짐으로서 가장 우려하는 부분은 바로 표의 논리를 따라 자치단체장이 장기적 비전을 상실한 채 개발계획을 임기내에 이루려고 하는 점이다 따라서 개발과 보전에 관한 원칙이 국가나 지역적 수준에 일상화되어야만 한다. 특히 공업단지 조성은 주민들의 환경의식이 커짐에 따라 혐오시설로 인식되기 쉬우며 지역적으로 원하지 않는 토지이용(Locally Unwanted Land Uses: LULUs)에 대한 반감 등으로 환경친화적인 산업공단지 조성전략이 필수적이다.¹⁰⁾

(2) 환경개선 관련 법적 제도적 정비 강화

향후 우리나라 환경법과 제도는 다양한 측면으로 보완되고 강화되어야 할 것으로 보인다. 규제 강화 측면에서 각 부분별 살펴보면 다음과 같다. 수질측면에서는 중수도 이용의 강화, 배출수 수질기준의 강화(종말 처리장 및 개별 산업장 폐수), 총량규제 실시에 따른 오염부하량 삭감 등이다 대기측면에서는 자동차 및 배출가스 기준치 강화, 기후온난화방지협약에 따른 기업의 CO₂ 배출량 삭감, 총량규제에 따른 배출량 삭감, 악취 유발물질의 규제 강화 등이다. 폐기물측면에서는 재이용(reuse), 재생(recovery), 재 순환(recycling)의 시스템의 구축 및 청정생산(Cleaner production)을 통한 원료 사용량의 감축 및 폐기물 발생량 억제와 재 순환 등이 향후 중요한 과제라 등장할 것으로 보인다. 특히 공단지 조성을 위

한 적정입지 선정시에는 지역 환경용량의 범위 내에서 공단 규모와 업종을 선정할 수밖에 없는 법적 제도적 장치가 요구된다. Kalundborg 사례에서 살펴보았듯이 주민의 높은 환경의식과 강화된 환경규제는 기업으로 하여금 고도로 처리된 오염물질을 다시 자원으로 쓰도록 유도하게 됨을 볼 수 있었다 따라서 향후 보다 강화될 각 중 환경규제조치들은 환경과 산업행위의 조화를 유도할 수 있을 것이다

4.3. 생태산업공단 조성의 가능성 검토

산업공생을 통한 생태산업공단 조성방안은 국내 열악한 제반 여건상 일률적으로 적용하거나 단기간에 조성하기는 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 다양한 접근방법을 모색하였다

첫째, 가장 시급히 확보되어야 할 정보는 폐자원에 대한 기업별 발생량 현황에 관한 정보 획득이다. 특히 국가경제 전반에서 일어나는 물질, 생산품, 자원, 폐기물 등의 흐름과 제조과정까지도 포함되어 있어야 한다. 이와 같은 내용은 환경부가 추진중인 국가폐기물관리종합계획¹¹⁾에도 포함되어져야 할 것이다. 더불어 항 후 보다 엄격해질 환경규제방안과 청정생산 기술의 도입에 따른 예상되는 폐자원 발생량 추정도 동시에 이루어져야 할 것이다.

둘째, 폐자원 교환 network의 구축과 활성화 방안이다 이 방안은 비록 공단내 폐쇄적 순환시스템을 가지는 산업생태시스템은 아니지만 기 조성된 공단내 발생하는 폐자원의 재활용을 활성화시킬 수 있는 좋은 제도이다. 현재 한국자원재생공사의 폐기물 유통정보센타가 있고, 대한상공회의소에는 폐기물 재활용 교환정보시스템이 인터넷을 통해 접근 할 수 있으나 현재 그 이용율은 저조한 실정에 있다. 그러나 한국자원재생공사의 경우 그 폐기물 대상은 각 지자체에서 발생한 폐기물에 관한 재활용을 담당하고 있고 대한상공회의소에서 개설된 폐기물 인터넷시장은 각 산업장에서 발생한 폐자원의 거래를 담당하고 있어 항 후 21세기형 산업공생을 구축하는 데 큰 몫을 할 수 있을 것으로 보인다.

셋째, 공단내의 폐기물 재활용을 위한 인프라 구축방안이다. 현재 우리 나라 공단의 형태는 국가공단, 지방공단, 농공단지로 구분되어 있고 공단의 대부분 형태는 앞에서 살펴본 바와 같이 단일 및 유사 업종끼리의 단지화로 이루어져 있다. 따라서 국내 모든 공단을 생태산업공단으로 조성하는 것은 불가능하다. 차선책으로 권역별 재활용 물류센타, 재활용 산업단지 조성 등을 산업공생의 대안으로 삼을 수 있고 현실적으로도 설득력을 갖는 편이다.

네째, 기존 공단의 산업공생 도입 모색이다. 현재 구제금융시대를 맞이하여 산업체 입주율이 낮아지고 있으며 기 입주업체도 가동율이 낮은 편이다. 앞의 Kalundborg 사례에서 살펴보았듯이 공단내 각 기업간 산업공생은 우선 경제적으로 이득을 발생시킨다 따라서 공단관리자는 기 입주된 개별기업들의 폐자원 현황을 파악하고 이를 원자재로 이용 가능한 기업의 입주를 장려

할 수 있을 것이다

다섯째, 제도적 과제로서 정부의 역할에 관한 내용이다¹²⁾ 산업생태학을 효과적으로 실행하기 위해서 법적 제도적 장치의 보완이 요구된다. 기존의 환경정책은 대개 산업체의 최종 배출물(End-of-pipe emission)을 억제하는데 초점을 두고 있어 원천적으로 오염을 방지하기보다는 배출부과금 등의 방법을 적용한 사후관리적 측면이 강하다. 따라서 폐자원을 적극적으로 생산하고 기업간의 이전 및 재활용을 강화할 수 있는 법적 제도적 동기부여가 요구되고 있다.

여섯째, 환경을 적극적으로 고려하는 기업체에게는 정책차원에서 제도적인 혜택이 주어져야 하며, 이는 산업생태학을 수행할 동기로 작용할 수 있을 것이다. 공업단지를 생태적으로 개발하고 운영하는 데는 Kalundborg 사례에서 살펴보았듯이 환경비용이 추가되어지기 마련이다. 공업단지내의 기업으로서는 환경비용 이상의 혜택이 보장될 경우 생태산업공단의 인프라 구축을 위한 비용 지불에 기꺼이 동참하게 될 것이다. 이에 제도적 혜택을 통한 동기부여도 필요하다. 예를 들어, 생태공업단지에서 생산되는 모든 제품에 대하여 환경마크를 부여한다든지, 공단내의 모든 기업에 대해 환경친화기업으로 지정하거나, 아니면 각종의 특별세제혜택이나 보조금을 주는 것도 방안이 될 수 있다 이렇게 환경개선에 기여할 수 있는 공업단지에 각종 혜택을 준다는 것은 경제적 유인제도에 의해 환경문제를 해결하려는 시도와 동일한 맥락에서 이해될 수 있다

일곱째, 공공 환경기초시설과 자연생태계와의 공생방안 구축이다. 지금까지 우리는 각 개별 기업간의 '정신적 거리감'을 줄이면서 수송비를 절감할 수 있는 방안으로 '공단'이라는 공간적 공유를 이용하는 방안을 모색해 보았다 이 방안은 자연생태계가 갖는 폐쇄적 순환성을 답을 수 있는 최적의 방안인 것으로 보인다. 그러나 광의의 의미로서 '환경 기초시설과 자연'간의 공생을 생각 해 볼 수 있다. 즉 하수처리장 방류수를 인근 하천의 생태계 유지와 유지용수 공급차원에서 환류후 방류하는 방안, 하수를 2차 처리한 후 빈염양 심해에 방류하여 영양염류를 공급하는 방안, 하수처리 슬러지를 퇴비용으로 전환한 후, 인근 농토에 비료로 살포하는 방안, 화력발전소 온배수를 인근 양어장에 공급하는 방안 등이 여기에 해당한다고 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 최근 서구에서 실행되고 있는 산업생태학 개념에 대하여 고찰해 보았고 그 사례연구로 덴마크 Kalundborg 공단을 사례연구로 살펴보았다. 산업생태학은 산업이 직면하고 있는 각종 환경문제와 폐기물 처리 및 재활용 문제를 풀어내기 위한 합리적인 준거를 제공하고 있고, 산업공생을 통하여 지속 가능한 개발을 달성하는 일은 항 후 가정 경제적이면서 환경친화적인 작업인 것으로 판단된다. 공업단지는 이제 '환경 대 산업'이라는 모순적 관계에서 '환경과 산업의 조화'를 달성할 수 있도록 변화되어야 한다. 즉 산업생태학적 원리

를 응용하는 발전된 공업단지를 개발할 전환점에 서 있는 것이다 또한 개별 기업 차원의 청정생산(Cleaner production)방식과 개별기업의 수준을 넘어 산업전체를 시스템적으로 파악하는 산업생태학(Industrial ecosystem)이 구체적으로 조화를 이루어야 한다. 본 연구에서 살펴본 국내 적용 가능성은 법적 및 제도적 보완, 환경규제 강화, 기업인들의 인식 전환, 국가 및 지방자치단체의 발상 전환등 여러면에서 보완책이 요구되고 있다 그러나 산업공생은 자연 공생처럼 긴 시간을 요구하지 않으며 제반 환경요건이 충족된다면 빠른 시간내에 이루어질 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 대구시, 1996, 낙동강 수질보전대책, p208
- 2) Ayres, Robert U., 1989, Industrial Metabolism, Technology and Environment, Washington, DC, National Academy Press. 36-37.
- 3) Tibbs, H. B. C, 1992, Industrial Ecology An environmental agenda for industry, Center of excellence for sustainable development, Sustainable business.
- 4) Frosch Robert, 1995, Industrial Ecology-Adapting Technology for a sustam sustainable World, Environment Vol. 37, No.10, 16-18.
- 5) Nicholas Gertler, 1998, Industrial Ecosystem'Developing Sustainable Industrial Structures, Master of Science in Civil & Environmental Engineering at MIT.
- 6) Jwa Kwan Kim et al, 1988, Cleaner Production Compared to Industrial Ecosystems as Tools for Environmental Management Final Report, The Royal Danish School of Pharmacy, 1-26.
- 7) 대한상공회의소, 1995, 전국공업단지현황.
- 8) 최정석, 1998, 공단의 산업공생에 관한 산업생태학적 연구, 서울대 대학원 박사학위 논문
- 9) 이동수, 1997, 폐기물 재활용 촉진을 위한 인터넷 교환 정보시스템 개발, 서울대 환경대학원 환경계획연구소.
- 10) 최정석, 1995, 생태 지향적 공업단지개발 : 생태공업단지(Eco-Industrial Parks), 토지연구(11, 12월호), 71~91
- 11) 환경부, 1997, 폐기물 재활용 현황, 환경부.