

GIS 기반 자원순환정보 구축을 통한 잠재적 산업공생관계 파악 연구*

정현욱^{1*} · 박선형¹ · 김정훈² · 이상윤² · 박흥석² · 권창기²

Identifying Potential Industrial Symbiosis through GIS Based Resource Circulation Information*

Hyun-Wook CHUNG^{1*} · Sun-Hyung PARK¹ · Jung-Hoon KIM²
Sang-Yoon LEE² · Hung-Suck PARK² · Chang-Ki KWON²

요 약

본 연구는 GIS 기반 자원순환정보구축 방법을 제시하고, 현재 울산 산업단지에서 진행되고 있는 산업공생네트워크 및 해외사례의 물질별 연계업종쌍을 파악하여 추가적인 산업공생관계 파악을 목적으로 하였다. 자원순환정보는 울산의 국가산업단지, 일반산업단지 및 공업지역에 입지하고 있는 제조업체에 대한 속성정보를 투입정보, 이동정보, 산출정보 등으로 구분하여 DB를 작성하였으며, 이를 제조업체의 공간정보와 결합하여 GIS 기반 자원순환정보를 구축하였다. 본 연구에서 활용된 자료는 총 3,768개이다. 분석결과, 물질, 스팀, 폐수를 이용한 추가적 산업공생파악이 가능한 것으로 분석 되었다. 특히 울산산업특성에 적합한 물질별 연계업종이 명확히 제시될 경우 산업공생파악이 효과적으로 이루어 질 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 자원순환정보 구축방법은 타 지역의 자원순환정보 구축시 하나의 모형으로 제시가 가능할 것으로 사료된다.

주요어 : 생태산업단지, 산업공생, 산업생태, 자원순환정보, 부산물, 지리정보시스템(GIS)

ABSTRACT

The objectives of this paper are to introduce the GIS based resource circulation information, and to identify additional(or potential) industrial symbiosis based on existing industrial symbiosis and linkage-pair of industry by material. The resource circulation information contains information of the reuse of materials, water, and energy for all

2010년 6월 18일 접수 Received on June 18, 2010 / 2010년 8월 5일 수정 Revised on August 5, 2010 / 2010년 9월 13일 심사완료 Accepted on September 13, 2010

* 본 연구는 2009년 3월 한국산업단지공단이 발주하고 울산발전연구원이 수행한 "GIS 기반 자원순환시스템 구축" 과제의 일부 내용을 정리한 것임.

1 울산발전연구원 도시계획연구실 Dept. of Urban Planning, Ulsan Development Institute

2 한국산업단지공단 울산EIP사업단 Ulsan Eco-Industrial Park Development Division, Korea Industrial Complex Co.

※ 연락처 E-mail : jhw@udi.re.kr

manufacturing companies in Ulsan Metropolitan City. The information can further be classified into the three steps -- input information(raw materials), flow information (products), and output information (by-products). The survey data from 3,768 industries and institutions in Ulsan Metropolitan area were collected and built into the GIS to analyze the mechanism of the industrial symbiosis. The results of this study strongly suggest that there are some additional industrial symbioses using by-products(materials, steam, waste water) and further efforts should be given to make them more effective. We expect that the methodology of building the resource circulation information of this study can be helpful to other local governments that try to build similar system.

KEYWORDS : *Eco Industrial Parks, Industrial Symbiosis, Industrial Ecology, Resource Circulation Information, By-product, Geographic Information System(GIS)*

서론

생태산업단지구축은 지속 가능한 산업단지 구축을 위해 폐기물 제로배출의 공정부분 네트워크 구축과 산업공간의 생태적 복원 및 녹색화를 목표로 추진하고 있다(반영운, 2008). 이로 인해 최근 생태산업단지 구축사업은 폐기물의 재활용을 통해 환경오염을 줄이면서 비용을 절감하는 “환경과 경제”를 동시에 고려하는 기후 변화시대에 적합한 산업단지 개발방식이라고 언급되고 있다. 반면, 생태산업단지구축사업은 다양한 분과와 영역을 망라하는 복잡한 설계 및 기술적용이 요구되기 때문에 많은 비용과 어려움이 있음을 지적하기도 한다(염정섭, 2000).

해외 사례의 경우, 생태산업단지 구축을 위해 자원순환 네트워크분야, 생태적 공간계획 분야, 기업참여확대 분야, 지역사회참여증진 분야, 추진 및 관리체계 분야 등 여러 분야로 나누어 그 역할과 방향을 제시하고 있는 것으로도 알 수 있다(David, 2005; 최정석, 2004; 반영운, 2009). 이 중 산업공생이라는 생태산업단지의 목표달성을 위해 가장 중요하게 고려되는 사항이 자원순환 네트워크분야이며, 네트워크의 활성화를 위해서는 투입정보, 이동정보, 산출(부산물)정보와 같은 자원순환

과 관련된 정보(DB)의 구축을 우선적으로 요구하고 있다.

한편, 최근 생태산업단지구축 사업으로 인해 기업간 산업공생의 환경적, 경제적 효과가 어느 정도 인정되고 있으나 산업공생의 정도가 특정 대기업 및 일부 산업분야에서 매우 제한적으로 이루어지고 있다. 이는 산업공생에 필요한 DB 구축이 제대로 정리되어 있지 못하고, 공간정보와 연계가 되지 않아, 기업체간 네트워크 활성화에 한계를 드러내고 있기 때문이다. 따라서 기 수집된 자료의 효과적 활용 및 기업체간 네트워크(산업공생)의 활성화를 위해서 GIS 기반의 자원순환 DB 구축이 요구되는 상황이다.

이러한 배경 하에, 본 연구는 GIS 기반 자원순환정보 구축 방법을 제시하고, 이를 활용해 추가적인 산업 공생관계 파악을 목적으로 한다. 세부적으로는 먼저, 제조업체들에 대한 속성정보를 자원순환에 입각하여 투입(원료) 정보, 산출(부산물 및 폐기물), 이동정보(생산품, 물질, 에너지) 정보로 구분하여 구축하고 이를 공간정보와 결합하여 GIS 기반 자원순환정보를 구축하였다. 둘째, 해외 생태산업단지의 산업연계쌍 및 울산 산업단지의 산업공생관계를 파악하고 이를 GIS 공간 DB에 적용하여 추가적인 산업공생관계를 파악하고자 한다.

문헌고찰 및 선행연구

생태산업단지란 산업공생을 기초로 한 산업 생태학의 개념을 도입하여 설계, 개발, 운영되는 산업단지를 의미한다. 즉 기업과 기업의 생태학적 연결을 통해 물질 및 에너지의 사용과 오염물 발생을 최소화하는 유기적 관계로 구성된 산업단지이다(이상운 등, 2006). 염정섭(2002)은 생태산업단지를 산업생태시스템의 일반적인 특성을 가지고 있으면서 기업들 간의 지리적인 근접성(Geographic proximity)과 상호 기능적 연계성(Functional linkages and interactions)이라는 산업단지의 특수성을 가져야 생태산업단지라 할 수 있다고 지적한다. 그리고 반영운(2008)은 하나의 산업단지, 혹은 지역에 입주한 기업들의 입지적 이점을 활용하여 구축된 산업공생시스템이라고 보고 1) 자원(정보, 물질, 물, 에너지)의 공유 및 순환적 패턴의 형성, 2) 산업단지 내 및 주변지역의 생태적 공간계획 및 개발을 통해 경제적 및 환경적 성과를 추구하는 산업공동체라고 정의하고 있다. 이상에서 볼 때 생태산업단지는 일정지역(산업단지)내 산업체들간 부산물질(물질, 에너지(폐열), 용수(폐수))을 교환하는 산업공생관계를 기초로 형성된 단지를 의미한다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구의 산업공생도 어떤 제조업체에서 발생한 부산물 혹은 폐기물을 다른 제조업체에서 재활용하는 형태의 산업공생으로 한정한다.

그리고 지리적 근접성 및 공간적 연계성을 강조하는 산업공생의 생태산업단지 특성을 고려할 때, 생태산업단지 구축을 위해서는 공간정보와 연계된 자원순환정보 DB구축이 필수적이다. 그러나 기존 산업공생관련 선행연구는 공간정보의 활용과 관련된 내용은 거의 없으며, 주로 속성 DB 구축을 중심으로 부산물 혹은 폐기물의 분류 및 연계와 관련된 연구가 주를 이루고 있다. 선행연구는 크게 물질분류

연구(Richards and Frosch, 1997; Lowe, 1997; 권순일, 2000)와 물질교환연구(Kincaid, 2001; 권순일, 2000; 염정섭, 2002; 문석웅, 2003 등)로 대별된다. 물질분류연구는 부산물 혹은 폐기물의 교환 및 연계를 목적으로 물질의 유형별 분류에 관한 내용이며, 물질교환연구는 물질별 연계업종(발생업체-사용업체)과 산업별 연계물질의 파악으로 구분된다(Kincaid, 2001; 권순일, 2000).

그러나 이러한 선행연구에도 불구하고 물질 및 에너지 교환에서 교환 가능한 부산물에는 어떤 것이 있는지, 가장 교환 가능성이 많은 물질은 무엇인지, 그리고 물질별로 주로 어떤 업종간에 연계가 발생하는지에 대한 일반적인 연구는 아직 없다. 이는 국내외 생태산업단지의 경우 대체로 개별적이고, 특수한 부산물 연계를 통해 산업공생관계를 파악하고 있어, 모든 지역에 적용 가능한 물질별 연계업종 쌍을 찾아내기는 어렵기 때문으로 이해된다. 최근 몇몇 국내연구에서 전형적인 물질연계 및 물질별 연계업종을 찾으려는 시도가 있다(권순일, 2000; 염정섭, 2002; 문석웅, 2003). 그러나 이 역시 자료 구축 및 자료 활용의 한계로 국내 생태산업단지를 대상으로 한 것이 아니라 국외 생태산업단지의 사례를 통해 파악되고 있는 실정이다.

또한, 기존 국내 생태산업단지의 산업공생에 대한 정보는 투입, 이동, 산출 등의 자원순환과 관련된 다양한 정보를 이용, 분석하는 것이 아니라 특정 정보를 이용하여 단순하게 연계 물질과 연계 산업체를 도형으로만 제시하고 있다. 그리고 일부 이용할 수 있는 자료들도 공간정보와 연계되어 있지 않아서 데이터의 효과적 활용 및 추가적인 산업공생관계의 파악이 어려운 실정이다. 최근에는 공간정보와 연계의 한계 및 데이터의 효율적 관리를 위해 지리정보시스템(GIS)을 활용하여 산업공생의 현황 및 잠재적인 산업공생관계를 파악하려고 시도가 있으나 매우 제한적으로 이

루어지고 있다(Kincaid, 2001; Ózyurt, 2002).

Kincaid(2001)는 미국 노스캐롤리나 메트로폴리탄 지역내 제조업들간의 잠재적 부산물 협력관계에 대한 조사를 하였다. 이 프로젝트는 182개 업체 기관을 대상으로 근처의 다른 기업체에서 사용될 수 있는 부산물과 어떤 한 기업체에서 사용되는 원료가 다른 업체의 부산물에서 제공되어 질 수 있는 지에 대해 조사하였다. 데이터는 지리정보시스템(GIS)과 연결되어 잠재적 공생협력관계를 파악하는 데에 이용되었다. 182개 업체 중 약 48%가 협력의 가능성 혹은 개연성이 있는 업체로 확인되었다. 또한 일본의 생태산업단지인 Kawasaki Eco-town도 실제로 GIS를 활용하여 다양한 정보를 관리하고 있는 것으로 조사되었다. GIS 정보는 여러 산업들의 원료물질의 형태, 양 및 구입처(Origins), 생산품, 부산물 및 폐기물이 포함되고 디지털 위치 정보와 물질흐름이 공간 지도로 표현되고 있다.

우리나라의 경우 폐기물 정보와 공간정보를 결합하여 폐기물 정책지원서비스(올바로시스템)를 제공하고 있으나 자원순환과 관련된 다양한 정보를 제공하고 있지 않아서 그 활용도는 높지 않은 편이다. 이외 국내에서는 자원순환정보를 GIS로 구축한 사례는 없으며, 또한 GIS를 활용해 잠재적 산업공생 관계를 파

악한 사례는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 산업공생의 생태산업단지를 구축하기 위해 국내 최초로 GIS 기반 자원순환정보를 구축 방법을 제시하고, 이를 통해 추가적으로 산업공생관계를 파악하고자 한다. 본 연구는 GIS 기반 생태산업단지 구축의 모형으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

접근방법 및 자료 구축

1. 접근방법

본 연구의 목적을 달성하기 위한 접근방법은 1) 자원순환정보 구축 방안을 도출하고, 2) GIS 기반의 공간데이터 및 속성데이터 구축(자원순환정보구축) 3) 구축된 정보를 바탕으로 잠재적 자원공생관계 파악의 크게 3단계로 나누어 접근하였다. 먼저, 자원순환정보 구축 방안은 자원순환의 개념을 어떻게 설정하고, 어떤 형태로 GIS DB를 구축할 것인가에 대한 부분이다. 본 연구에서, 자원순환의 의미를 먹이사슬로 공생하는 자연생태계의 원리를 산업에 적용하는 개념으로 볼 때, 수집될 data의 유형은 자원의 투입정보, 물질의 흐름 및 이동정보, 부산물 산출 및 재이용 정보로 볼 수 있다. 2단계 GIS 기반 공간데이터 및 속성데이터의 구축은 자원순환에 대한 공간 및 속성 DB구축으로 볼 수 있다. 공간정보는

단계별 접근방법		주요 내용
1단계	자원순환정보 구축 방안 검토	- 자원순환을 고려한 GIS DB 구축 방안 검토 - 수집될 data의 유형정리 및 data의 설계
2단계	GIS 기반 공간데이터 및 속성데이터의 구축	- 공간데이터: 수치지형도 - 속성데이터: 투입, 이동, 산출에 대한 자원 정보
3단계	잠재적 산업공생관계 파악	- 외국의 물질별 연계업종쌍 파악 및 울산의 기존 산업공생관계 비교 - 구축된 자원순환DB를 이용한 잠재적 자원공생관계 파악

FIGURE 1. 본 연구의 접근방법

울산시에 분포하는 제조업체들에 대한 공간데이터를 수치지형도를 이용해 구축하였으며, 속성정보는 각 제조업체의 자원순환 정보 즉 자원의 투입, 이동, 산출에 대한 정보를 구축하였으며, 최종적으로 공간정보와 속성정보를 통합하여 GIS 기반의 database를 구축하였다. 3단계, 잠재적 산업공생관계의 파악은 외국의 물질별 연계업종쌍과 기존 울산의 산업공생관계를 파악한 후 이를 본 연구에 적용하여 잠재적 산업공생관계를 파악하는 것으로 하였다.

2. 자료 구축

공간정보와 속성정보의 자료 구축 내용 및 연계는 그림 2와 같다. 먼저 제조업체의 기본 정보가 들어 있는 속성정보 1과 자원순환정보가 포함되어 있는 속성정보 2를 공통적인 연

계필드인 pnu값을 이용하여 결합시켰다. 다음, 이를 제조업체 건축물 공간도형정보와 공통적 연계 필드(pnu)를 이용하여 최종적으로 공간정보와 속성정보를 연계하였다. 그리고 그림 3은 최종 연계 결과를 나타내고 있다. 구체적인 공간정보 및 속성정보의 구축내용 및 공간정보와 속성정보의 통합과정은 다음과 같다.

1) 공간정보(spatial data) 구축

본 연구에서 사용된 공간정보는 새롭게 구축한 것이 아니라 울산광역시가 기 보유하고 있는 기존의 공간 정보를 활용하였다. 공간정보는 기본적으로 울산광역시 수치지형도를 이용하였으며, 부가적으로 울산광역시 UIS(도시정보시스템)자료, LMIS(토지정보시스템)자료를 이용하였다. UIS 공간정보 중 본 연구에 사용된 자료는 주로 행정구, 법정동, 행정동,

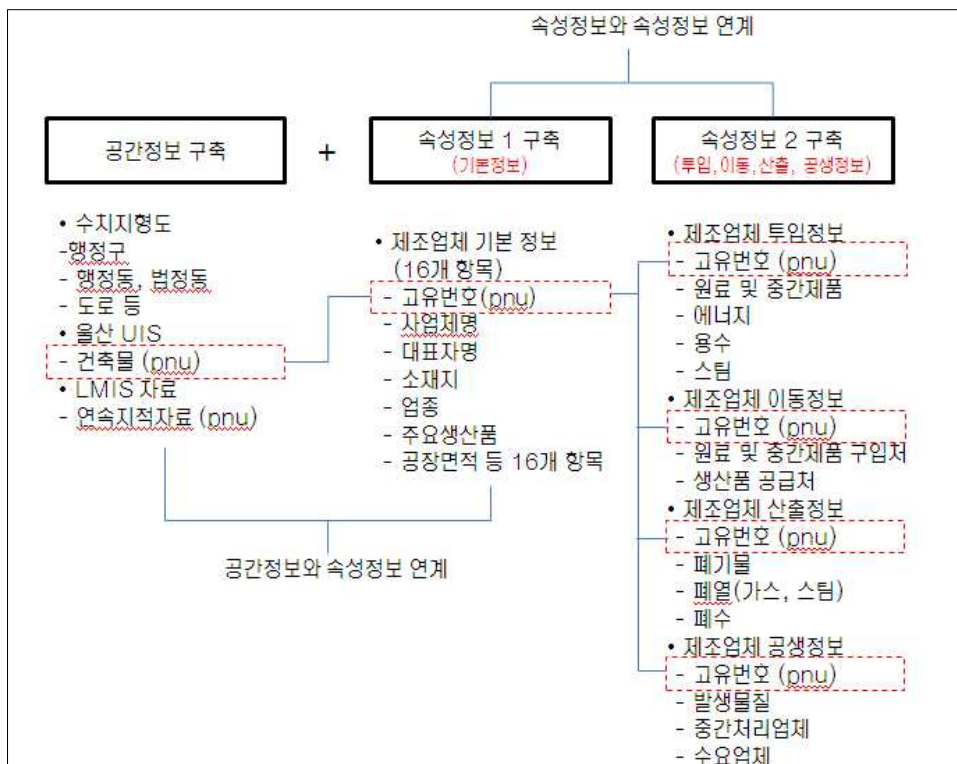


FIGURE 2. 공간정보 및 속성정보의 내용 및 연계

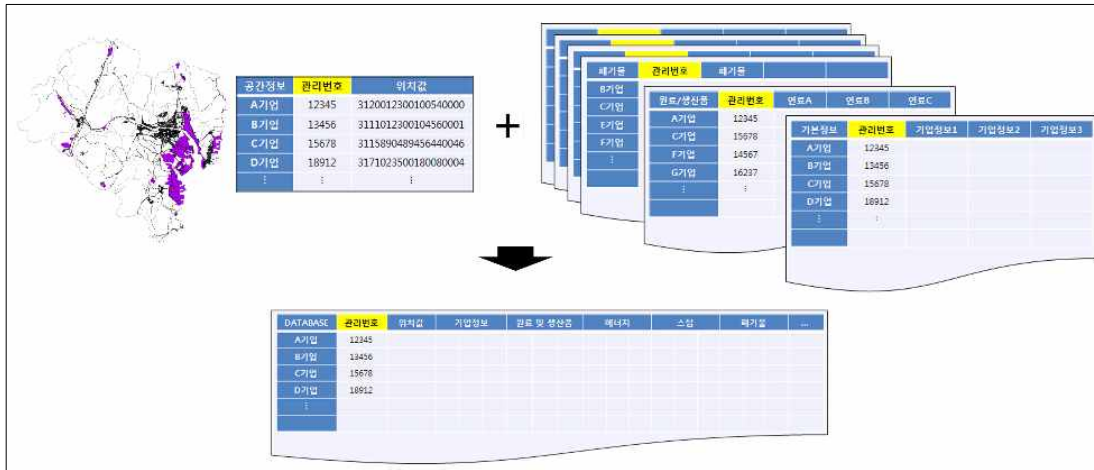


FIGURE 3. 공간정보와 속성정보를 결합한 형태

건물, 도로 등의 자료를 활용하였다. 특히 본 연구가 제조업체를 연구대상으로 하였기 때문에 건물자료가 주된 공간도형자료로 볼 수 있다. 그리고 LMIS의 자료는 연속지적자료를 활용하였다.

2) 속성정보(attribute data) 구축

공간정보와 연계할 속성정보의 구축은 크게 제조업체의 기본정보와 자원순환정보로 구분하여 구축하였다. 자원순환정보는 앞서 언급한 것처럼 각 건축물(제조업체)에 대한 투입-이동-산출에 대한 정보(database)가 입력되도록 하였다. 먼저, 본 연구에서 사용된 기본정보의 항목은 사업체명, 대표자명, 소재지, 전화번호, fax, 창설년월, 배출시설, 주요생산품, 총면적, 용도지역, 입주형태, 종업원, 입주공단, 매출액 등 16개의 내용으로 구성하도록 하였다. 각 제조업체의 기본정보를 기본으로 하고, 여기에 연계되는 투입, 이동, 산출에 대

한 부가적인 정보는 1:1 혹은 1:n의 관계형 DB가 될 수 있도록 연계하였다.

둘째, 투입정보는 원료 및 중간제품에 대한 정보 그리고 에너지, 용수, 스팀 등 유틸리티에 대한 정보로 구분된다. 원료 및 중간제품에 대한 정보는 기존 울산광역시의 자료와 설문조사의 자료를 이용하여 구축하였다. 설문조사는 각 제조업체가 생산하는 생산품의 원료 및 중간제품이 무엇인지 설문조사를 통해 파악하였다. 설문조사는 1,300여개 업체에 대해 조사되었으며, 이중 실질적으로 사용된 업체정보는 550개 업체이다. 그리고 유틸리티에 대한 정보는 울산광역시 산업진흥과 내부 자료(2009)를 활용하였으며, 에너지, 용수, 스팀에 대한 세부정보 구축내용은 표 2와 같다. 에너지의 세부정보는 에너지이용합리화법상 에너지사용량 신고서에 나와 있는 항목들을 기준으로 정리하였다.

TABLE 1. 제조업체 기본정보 내용

구분	기본 정보 내용
제조업체 기본정보 (main)	사업체명, 대표자명, 소재지, 전화번호, fax번호, 창설년월, 배출시설, 업종, 주요 생산품, 공장용지면적, 총면적, 용도지역, 입주형태, 종업원, 입주공단, 매출액 등

자료: 울산광역시 제조업체 현황(2008), 한국산업단지총람(2009), 광공업조사 통합명부(2009)

TABLE 2. 각 제조업체의 투입 정보

구분	정보 구축 내용(항목)
원료 및 중간제품1)	① 원료명 ② 업체명 ③ 소재지(구입처)
에너지2)	① 연료: B-C, B-A, LNG, 경유, 등유, 납사, 프로판, 스팀, 코크스, 유연탄, 기타, 비고, 연료총계 ② 전력: 수전전력, 자가발전, 판매전력, 비고, 전력총계 ③ 에너지 사용량 총계
유틸리티 용 수3)	① 일평균 총용수사용량: 총용수사용량, 상수도사용량, 지하급수사용량, 하천수사용량, 해수사용량, 재이용수 사용량 ② 일평균 공업용수사용량: 총용수사용량, 원료 및 보일러용수 사용량, 공정요수 사용량, 희석수사용량, 냉각 및 기타수 사용량 ③ 일평균생활용수량 ④ 일평균제품함유 및 증발량 ⑤ 용수비고
스 팀	① 압력, ② 온도, ③ 생산량, ④ 소비량, ⑤ 비고

주: 1) 설문조사, 2) 에너지이용합리화법상 에너지 사용량 신고서(울산시, 2009), 3) 울산시 내부자료(2009)

셋째, 이동정보(네트워크 정보)는 각 제조업체에서 사용하는 원료 및 중간제품의 구입처는 어디이며, 생산품의 공급처는 어디인지를 파악하도록 하였다. 이동 정보는 설문조사를 통해 파악하였으며, 각각 3곳을 응답하

도록 하였다. 그리고 구입처와 공급처에 대한 정보는 위치주소와 더불어 각 업체들의 산업업종 분류코드로 정리하여 산업간 연관관계를 파악할 수 있도록 하였다.

TABLE 3. 원료 및 생산품 판매 네트워크(이동 정보)

구분	기본 정보 내용
울산시 1300여개 업체	- 원료 구입처 3곳: 주소, 한국산업체계분류코드(중분류, 대분류) - 생산품 공급처 3곳: 주소, 한국산업체계분류코드(중분류, 대분류)

넷째, 산출물에 대한 정보는 각 제조업체에서 발생하는 폐기물 및 부산물에 대한 정보를 구축하였다. 산출물의 항목을 크게 폐기물, 폐열(가스, 스팀), 폐수로 나누고 각 항목별 정보를 구체적으로 구축하였다. 폐기물은 폐기물 종류, 성상, 전년이월량, 발생량, 자가처리, 위탁처리, 누적보관량, 처리비용, 비고 등의 항목을 중심으로 입력하였다. 특히 폐기물의 종류는 구체적 자료입수가 가능한 일반폐기물을

대상으로 정리하였으며, 폐기물관리법상 대분류/세분류 분류코드(사업장 폐기물의 분류번호)를 이용하여 정리하였다.¹⁾ 폐열은 가스와 스팀으로 구분하고 가스는 가스발생량, 비고 등을 스팀은 스팀발생량, 비고 등을 입력하였다. 마지막으로 폐수는 폐수처리 및 방류, 폐수발생처리현황 등에 대한 내용을 입력하였다. 구체적인 내용은 표 4와 같다.

TABLE 4. 각 제조업체의 산출정보

구분	정보 구축 내용(항목)				
폐기물	① 폐기물 종류(폐기물 관리법상 대분류/세분류) ② 성상 ③ 전년이월량 ④ 발생량 ⑤ 자가처리(자가처리방법, 자가처리량), ⑥ 위탁처리(위탁처리자, 위탁처리방법, 위탁처리구분, 위탁처리량) ⑦ 누적보관량 ⑧ 비고				
폐기물 혹은 부산물	<table border="1"> <tr> <td>폐 열 (가스, 스팀)</td> <td>① 가스발생량(수생가스, 수소, CO2, 기타) ② 비고 ① 스팀발생량 ② 비고</td> </tr> <tr> <td>폐 수</td> <td>① 폐수처리 및 방류(폐수처리, 폐수방류, 폐수발생량) ② 폐수발생처리현황(폐수방류량, 순수냉각수 방류량, 폐수재이용수량)</td> </tr> </table>	폐 열 (가스, 스팀)	① 가스발생량(수생가스, 수소, CO2, 기타) ② 비고 ① 스팀발생량 ② 비고	폐 수	① 폐수처리 및 방류(폐수처리, 폐수방류, 폐수발생량) ② 폐수발생처리현황(폐수방류량, 순수냉각수 방류량, 폐수재이용수량)
폐 열 (가스, 스팀)	① 가스발생량(수생가스, 수소, CO2, 기타) ② 비고 ① 스팀발생량 ② 비고				
폐 수	① 폐수처리 및 방류(폐수처리, 폐수방류, 폐수발생량) ② 폐수발생처리현황(폐수방류량, 순수냉각수 방류량, 폐수재이용수량)				

자료: 울산시 내부자료(2009)

마지막으로 잠재적 산업공생관계 파악은 현재 진행되고 있는 산업공생관계의 파악에서 가능하기 때문에 현 산업공생관계에 대한 정보를 입력하였다. 현재 진행되고 있는 산업공생자료는 울산산업단지공단 Eco 사업단의 내부 자료를 활용하였다. 산업공생관계의 정보

는 폐기물을 발생시키는 업체의 정보와 이러한 폐기물을 이용하는 업체의 정보를 database화 하였다. 부산물 발생업체를 중심으로 표 5와 같이 발생물질, 중간처리업체, 수요업체로 DB를 정리하였으며, 발생물질(폐기물질)은 최대 10개를 입력하도록 하였다.

TABLE 5. 울산시 산업체 공생관계 현황 자료

구분	정보 구축 내용(항목)
산업체 공생관계 현황 자료	① 발생물질, ② 중간처리업체 ③ 수요업체

자료: 산업단지공단 울산Eco사업단 내부자료(2009)

3) 공간정보와 속성정보의 결합

공간정보와 속성정보의 결합을 위해서는 공통적인 필드(연계키)를 가지고 있어야 한다. 본 연구의 주된 대상이 울산 제조업체를 대상으로 하고 있기 때문에 공간정보와 속성정보의 결합은 제조업체에 해당하는 건축물 도형과 제조업체 속성정보와의 연계로 이루어져야 한다. 일반적으로 LMIS의 연속지적은 필지고유번호(pnu)를 가지고 있으며, pnu(19자리)는 시군구(5자리)+법정동(5자리)+대장구분(1)+본번(4자리)+부번(4자리)로 구성되어 있다. 그러나 건축물 도형 자체는 연계키(pnu)를 가지고 있지 않기 때문에 건축물 속

성정보와 연계하기 어려운 상황이다. 본 연구에서는 건축물이 입지하고 있는 지적의 19자리(pnu)를 건축물 도형자료의 연계키로 사용하였다. 따라서 지적위에 건축물이 입지하고 있는 경우 GIS 공간분석기법²⁾을 활용하여 지적의 pnu를 건축물의 pnu로 생성이 가능하기 때문에 건축물의 pnu를 만들 수 있다. 그러나 지적의 경우 한 지적에 하나의 건축물이 입지할 수도 있고, 한 지적에 여러 개의 건축물이 입지할 수 있다. 한 지적에 여러 개의 건축물이 입지할 경우 제조업체의 상호 및 입지가 다름에도 불구하고 모두 동일한 pnu를 가지고 있어, 속성정보와의 연계가 어려운 상황이다.

TABLE 6. 공간정보와 속성정보의 결합

공간정보		속성정보	
		기본정보	투입, 이동, 산출 정보
지적	pnu값	제조업체 기본정보(pnu값)	투입정보(pnu값)+이동정보(pnu값)+ 산출정보(pnu값)
건축물	pnu값		

주) pnu(19자리)=시군구(5자리)+법정동(5자리)+산지번(1,2)+본번(4자리)+부번(4자리)

이러한 문제를 해결하기 위해 한 지적에 여러 개의 건축물이 입지하고 있는 대상 제조업체만을 다시 선정하여, 각 건축물의 위치정보 및 상호명을 정확히 파악하여 건축물의 속성정보와 연계하였다³⁾. 건축물의 위치정보 및 상호명의 확인은 인터넷의 위치정보검색 사이트를 이용하였고, 이런 방법으로도 위치정보 파악이 어려운 건축물의 속성정보는 제외하는 것으로 하였다. 한편, 지적 및 건축물도형정보와 연계될 속성정보는 위치(주소)정보가 있기 때문에 지적도의 pnu처럼 19자리의 pnu의 생성이 가능하다. 따라서 공간정보와 속성정보의 연계는 공통적인 연계키(pnu)를 이용하여 연계하였으며, 최종 분석에 이용된 자료는 3,768개로 조사되었다.

GIS 기반 잠재적 산업공생 파악

1. 구축된 자료를 활용한 기초 분석

GIS 기반 자원순환정보를 이용한 분석 내용은 각 제조업체에 대한 기본 정보 조회 이외에 위치검색, 업체검색, 자원검색 등 다양하게 진행 할 수 있다. 위치검색은 구축된 자료가 건축물 DB 및 지적 DB를 바탕으로 하고 있기 때문에 특정기업체를 검색할 때 건물명 혹은 지번을 통해 검색이 가능하다.

업체검색은 산업분류에 따른 특정업체 검색이 가능하고 여기에 대한 구체적 정보 파악이 가능하다. 그리고 자원검색은 중간제품 및 원

료검색, 생산품 검색, 부산물 검색 등으로 파악이 가능하다. 예를 들어 그림 4는 전체 제조업체 중에서 폐기물을 발생시키는 업체만을 나타낸 것이며, 이중 구체적인 폐기물(고분자 화합물)을 발생시키는 업체의 검색 및 정보탐색이 가능하다.

한편, 산업공생을 파악하기 위한 자원순환 정보 DB를 구축하였다고 하더라도, 주로 교환가능한 부산물들은 어떤 것들이며, 물질별로 어떤 업종간에 연계가 발생하는 지에 대한 구체적인 정보가 필요하다. 예를 들어, 업체를 중심으로 특정업체(산업)에서 발생하는 폐기물 혹은 부산물과 이들 폐기물 혹은 부산물을 흡수하는 업체(산업)를 안다면, 특정 업체 인근 지역내에 이러한 부산물을 이용할 가능성이 큰 업체의 선정이 가능하다. 또한, 물질을 중심으로 어떤 물질을 발생시킬 가능성이 큰 업체(산업)와 이러한 물질을 원료로 사용할 수 있는 업체(산업)를 안다면, 특정 물질을 원료로 사용할 가능성이 높은 업체의 선정이 가능하다. 그러나 아직까지 모든 지역에 적용 가능한 물질별 연계쌍이 제시된 사례가 없기 때문에 본 연구에서는 외국의 산업공생사례 및 울산의 산업단지에서 진행되고 있는 산업공생사례를 파악하고 이를 본 연구에 적용하여 잠재적인 산업공생관계를 파악 하고자 하였다.

2. GIS 기반 잠재적 산업공생 파악

1) 외국의 생태산업단지내 산업공생관계를 통한 잠재적 산업공생 파악

외국 생태산업단지내 산업공생관계를 통한 잠재적 산업공생파악은 외국 생태산업단지에서 물질연계가 일어나고 있는 업종의 쌍을 파악하고, 이를 울산에 적용하여 잠재적 산업공생이 가능한 제조업체를 파악하는 것으로 하였다. 먼저, 외국 생태산업단지에서 알려진 물질연계가 가능한 업종의 분석사례는 권순일(2000)의 분석내용을 활용하였다. 외국 생태산업단지에서 물질연계가 일어나고 있는 업종

의 쌍은 석유화학(23)과 일반화학·제약(24), 석유화학(23)과 목재·가구(20, 23), 석유화학(23)과 전기·전자(31), 식품·사료·농축산(15)과 일반화학·제약(24), 식품·사료·농축산(15)과 목재·가구(20+36), 식품·사료·농축산(15)과 섬유·의복(17+18), 일반화학·제약(24)과 기계·운송장비(34+35)로 조사되었다. 그러나 이러한 외국의 사례가 우리나라 특히 울산의 산업단지에 적용가능한가 혹은 이와 같은 산업연계쌍이 울산지역에서도 발생하고 있는가의 파악이 우선적으로 먼저 요구된다.

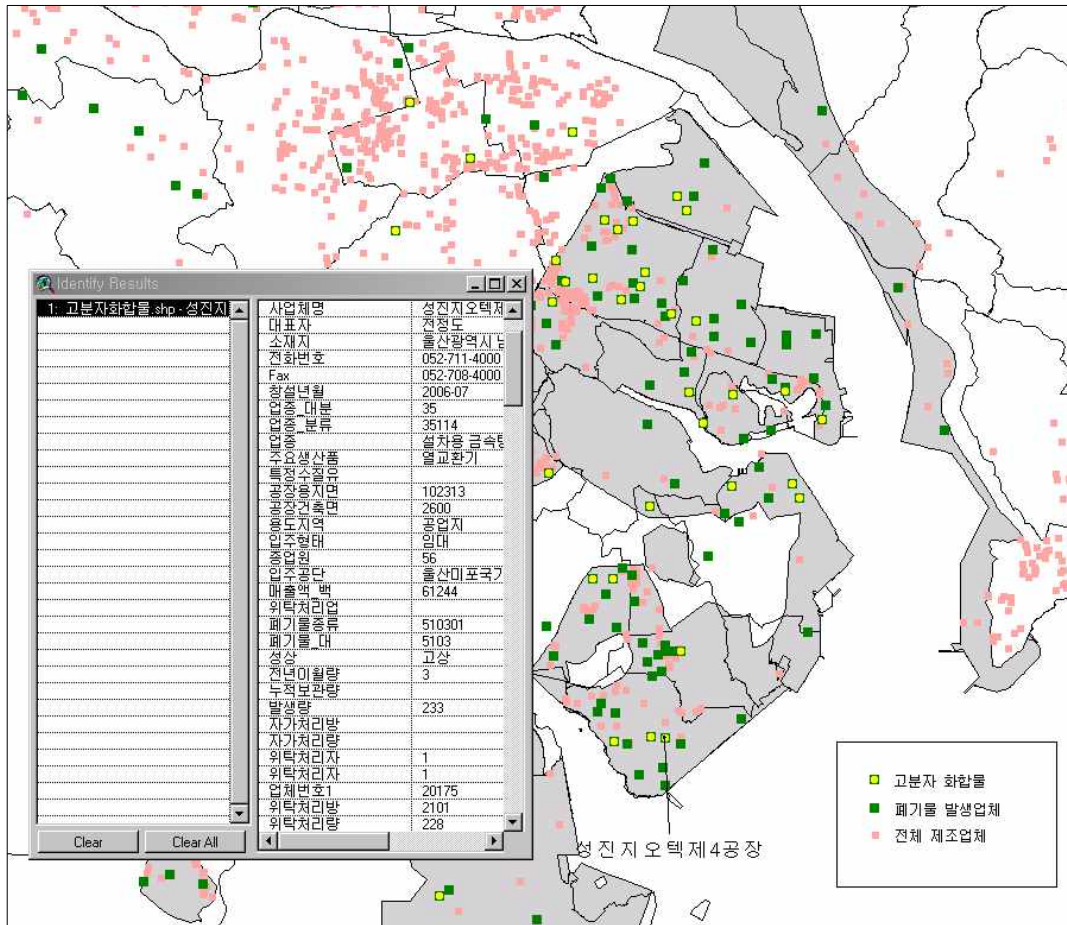


FIGURE 4. 폐기물 발생업체 중 고분자화합물 배출업체

TABLE 7. 울산광역시 물질별 산업공생 현황

배출자	관리번호	배출물	업종 대분류	업종 소분류	수요자	관리번호	업종 대분류	업종 소분류
고려에너지	20320	-	-	-	한국제지	50234	24	24112
남구음식물자원화시설	20941	-	90	90110	용연하수처리장	20869	-	-
동남정밀	20494	알루미늄Chip	34	34110	한주금속	50280	34	34309
산업단지	-9999	유기성슬러지*	-	-	SK에너지	50394	23	23210
산업단지	-9999	유기성슬러지*	-	-	한국제지	50234	24	24112
생활계폐목재	-9999	폐목재*	-	-	SK에너지	50394	23	23210
생활계폐합성수지	-9999	폐합성수지	-	-	남부	20361	28	28112
석화단지	-9999	폐유, 폐탈지제	-	-	태원물산	50189	26	26299
에경유화	20803	폐규조토	24	24111	진양화학	50112	25	25221
일신폴리텍	-9999	MgO+CaO	-	-	LS-Nikko동계련	50391	27	27211
중구음식물자원화시설	20942	음식폐기물	15	15330	금호석유화학	20347	24	24152
중구음식물자원화시설	20942	침출수	15	15330	금호석유화학	20347	24	24152
풍산금속	20231	폐유, 폐탈지제	27	27221	태원물산	50189	26	26299
한주	20247	비산재	24	24391	풍산금속	20231	27	27221
한주금속	50280	알루미늄Chip	34	34309	동남정밀	20494	34	34110
LG 화학	20159	-	24	24399	고려아연	20319	27	27112
LG 화학	20159	폐규조토	24	24399	진양화학	50112	25	25221
SK에너지	50394	유기성슬러지	23	23210	유류오염복원회사	-9999	-	-
TNC	50199	아연분말	27	27213	KCC	20210	24	24321

주) 관리번호는 업체의 고유번호(-9999는 missing 처리)이며, 업종대분류, 업종소분류는 산업표준분류체계(2007년 기준)의 대분류 및 소분류를 나타내고 있음.

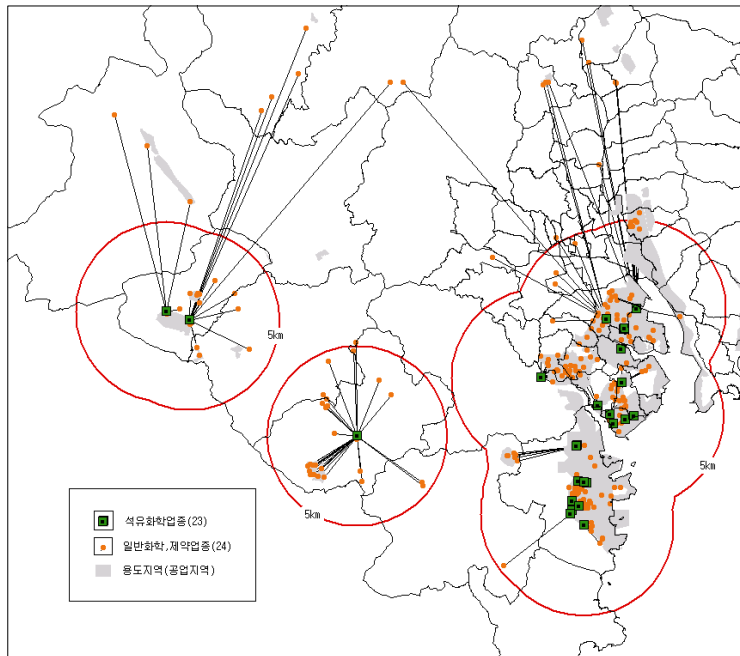


FIGURE 5. 석유화학업종(23)과 일반화학·제약업종(24)과의 연계

이를 위해 산업단지공단 울산 Eco 사업단에서 현재 추진되고 있는 산업공생현황 및 향후 예상되는 사업의 자료를 정리하여 공생관계 현황에 대해 정리 하였다. 표 7은 울산광역시 산업공생 현황을 물질을 중심으로 배출자와 수요자를 정리한 것이다. 표본 수가 작아서 물질별 산업연계 쌍을 일반화시키기는 매우 어려운 상황이다. 그러나 앞서 살펴 본 외국의 생태산업단지내 물질연계를 중심으로 한 산업쌍과 비슷한 산업공생(15와 24 등)의 관계를 어느 정도 파악할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 일단 외국 생태산업단지의 물질연계 업종쌍(권순일, 2000)을 울산의 산업단지에 적용하여 산업공생 관계를 파악하도록 하였다. 그림 5는 석유화학업종(23)과 일반화학· 제약업종(24)이 특정물질을 중심으로 업종쌍을 이룬다고 볼 때 석유화학업종을 중심

으로 인근의 일반화학· 제약업종과 공간적 연계가 어떻게 나타나는 가를 보여주고 있다. 연계업종쌍이 지리적 근접성을 중요시 할 경우, 석유화학업종을 중심으로 일정 반경안(5km buffer)에 있는 구체적인 사업체를 선정할 수도 있다.

2) 울산산업단지내 산업공생관계를 통한 잠재적 산업공생 파악

다음은 울산의 산업단지내 산업공생관계를 통해 잠재적 산업공생관계를 파악하는 방법이다. 울산의 경우 산업공생관계가 가장 빈번하게 발생하고 있는 분야는 에너지의 스템으로 조사되었으며, 스템 발생(공급)과 수요의 업종간 쌍이 어느 정도 나타나는 것으로 조사되었다.

TABLE 8. 울산광역시 스템의 산업공생 현황

배출자	관리번호	업종대분류	업종소분류	수요자	관리번호	업종대분류	업종소분류
고려아연	20319	27	27112	한국제지	50234	24	24112
동부하이텍	20504	24	24152	삼양사	20108	15	15420
삼성석유화학	20644	24	24119	한국알콜	50227	24	24119
성암소각장	20894	90	90221	효성용연2공장	20285	24	24119
유성	20175	90	90221	한국제지	50234	24	24112
코엔텍	50066	90	90220	SK 에너지	50394	23	23210
태광석유화학	50170	24	24119	한화석유화학	50290	24	24129
태광석유화학	50170	24	24119	송원산업	20739	24	24399
태광석유화학	50170	24	24119	효성울산공장	50356	24	24401
한솔 EME	50270	90	90	SKC	50396	24	24111
현대중공업소각장	50328	-	-	KCC	20210	24	24321
현대중공업소각장	50328	-	-	현대 자동차	50318	34	34122
JSE	20192	36	36994	남부	20361	28	28112
KP케미칼	20214	24	24152	SKC	50396	24	24111
LS-Nikko동계련	50391	27	27211	한국제지	50234	24	24112
LS-Nikko동계련	50391	27	27211	S-oil	50398	24	24111
NCC	20157	90	90221	SK 에너지	50394	23	23210
SK에너지	50394	23	23210	태광인더스트리	50172	24	24129
SK에너지	50394	23	23210	대한제당	537	24	24112
SK에너지	50394	23	23210	울산퍼시픽	60016	-	-

주) 관리번호는 업체의 고유번호이며, 업종대분류, 업종소분류는 산업표준분류체계(2007년 기준)의 대분류 및 소분류를 나타내고 있음.

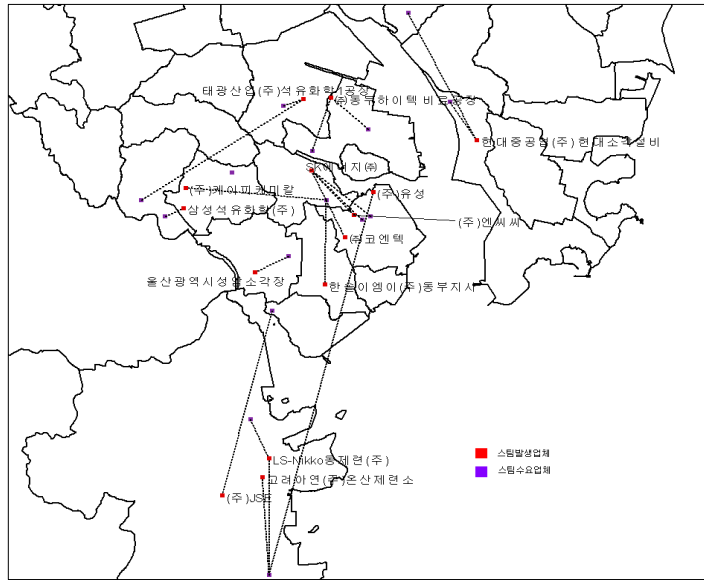


FIGURE 6. GIS 기반의 산업공생 현황 (스팀)

표 8과 그림 6은 스팀의 배출과 수요를 중심으로 한 현재의 산업공생 현황을 파악한 자료이다. 이 자료의 경우 주로 스팀 생산은 23(석유화학), 24(일반제약, 화학), 27(1차금

속), 90(하수처리 및 폐기물 처리업)의 산업에서 생산되고 수요는 23(석유화학), 24(일반제약, 화학)의 산업에서 주로 이루어지고 있다.

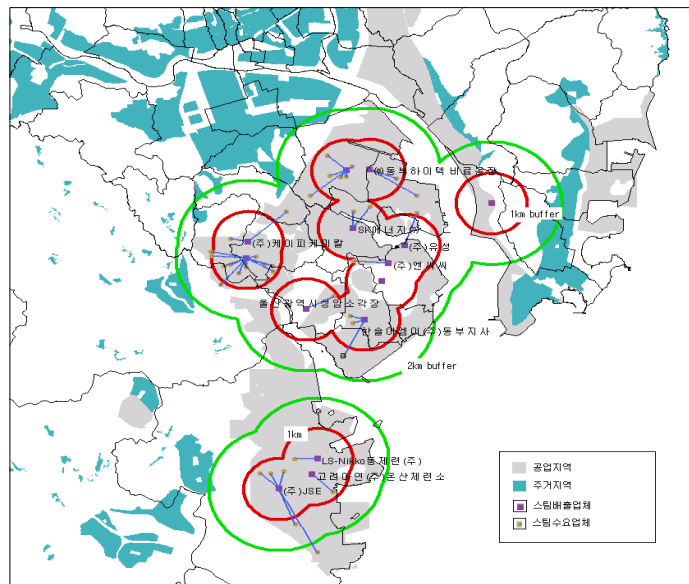


FIGURE 7. GIS 기반으로 한 스팀 배출 업체와 추가 산업공생이 가능한 업체

따라서 현재 울산의 스팀을 중심으로 산업공생이 진행되고 있는 업종쌍은 23+24, 27+24, 90+24의 형태를 띠고 있으며, 이러한 조합을 이용하여 추가적인 산업공생이 가능한 업체를 선정할 수 있을 것이다. 한편, 앞서 살펴본 스팀을 중심으로 한 산업공생관계 외 에너지 중 스팀을 이용하는 산업체는 상당

수가 존재하고 있으며, 이를 현재의 스팀배출업체와 연계를 할 경우 그림 7과 같은 추가적인 산업공생의 공간적 연계가 가능하다. 공간적 연계는 스팀 배출업체와 스팀을 이용하는 업체와의 최단거리(직선거리)를 이용하여 나타낸 것이며, 일정반경(1km~2km) 내에 위치하는 연계업체를 선택할 수도 있다.

TABLE 9. 울산광역시 폐수의 산업공생현황

배출자	관리번호	업종 대분류	업종 소분류	수요자	관리번호	업종 대분류	업종 소분류
다우메탈	20034	27	27219	태광산업제석유1공장	50170	24	24119
삼성정밀화학	20645	24	24141	한국제지	50234	24	24112
용산화학	20865	24	24111	부산시녹산하수처리	-9999	-	-
용연하수처리장	20869	-	-	SK에너지	50394	23	23210
용연하수처리장	20869	-	-	SKC	50396	24	24111
용연하수처리장	20869	-	-	효성용연2공장	20285	24	24119
풍산금속	20231	27	27221	고려아연	20319	27	27112
SK에너지	50394	23	23210	부산시녹산하수처리	-9999	-	-
SK에너지	50394	23	23210	NCC	20157	90	90221
SK에너지	50394	23	23210	코엔텍	50066	90	90220

주) 관리번호는 업체의 고유번호이며, 업종대분류, 업종소분류는 산업표준분류체계의 대분류 및 소분류를 나타내고 있음.

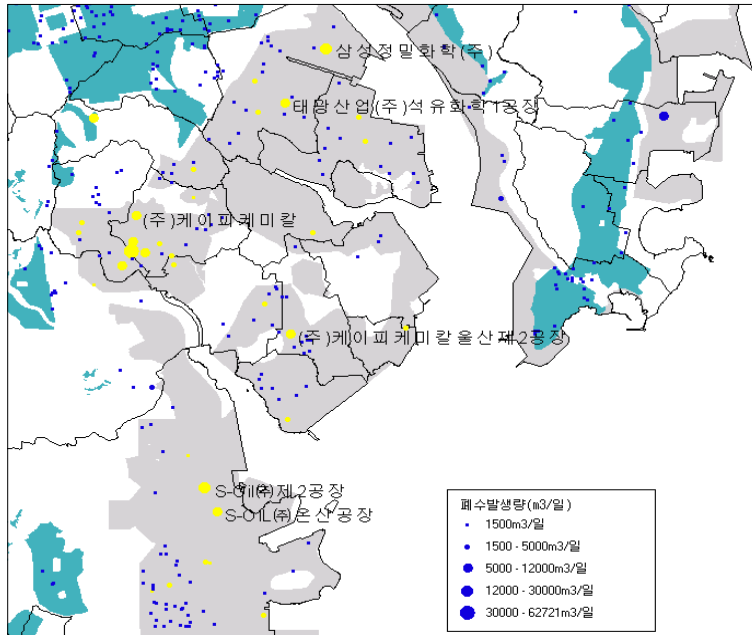


FIGURE 8. 폐수 발생업체현황 및 공정처리후 폐수 방류량이 1000m³/일 이상업체

다음은 폐수자료를 이용한 산업공생관계 파악 방법이다. 울산광역시 지역의 산업체 폐수를 이용한 현재의 산업공생관계는 표 9와 같이 이루어지나, 현 공생관계 자료부족으로 추가 산업공생관계를 파악하기는 어려운 면이 있다. 그러나 울산시 전체 산업체에서 일정규모 이상의 폐수를 발생시키는 업체가 어디에 있으며, 어느 정도로 배출하는 가하는 정보는 폐수를 산업공정에 재이용하는 업체에게는 매우 중요한 정보이다. 그리고 이러한 정보를 이용하여 추가적인 산업공생이 발생할 수 있다. 그림 8은 울산시 제조업체 중 폐수 발생업체 현황을 발생량을 기준으로 심별화하여 나타낸 것이고, 노란색은 이들 업체 중 공정처리후 폐수방류량이 일일 1000m³ 이상 되는 업체들을 나타낸 것이다. 이와 같은 폐수발생업체의 정보는 폐수를 이용하는 제조업체에게는 매우 유익한 정보이며 폐수를 이용한 산업공생이 추가적으로 발생할 수 있다.

요약 및 결론

본 연구는 자원순환 혹은 산업공생의 생태 산업단지를 구축하기 위해 GIS 기반 자원순환정보 구축 방법을 제시하고, 해외사례의 물질별 연계업종쌍 및 현재 울산 산업단지에서 진행되고 있는 산업공생네트워크를 파악하여 향후 추가적인 산업공생관계 파악을 목적으로 하였다. 이를 위해 본 연구는 첫째, 울산의 국가산업단지, 일반산업단지 및 공업지역에 입지하고 있는 제조업체 대한 속성정보를 투입 정보, 이동정보, 산출정보 등으로 구분하여 DB를 구축하였으며, 이를 제조업체의 공간정보와 결합하여 GIS 기반 자원순환정보망을 구축하였다. 본 연구에서 활용된 data는 총 3,768개 자료이다. 둘째, 구축된 자원순환정보망과 해외 생태산업단지의 물질 연계 업종쌍 및 울산 산업단지의 산업공생관계를 통해 잠재적인 혹은 추가적인 산업공생관계를 파악


하도록 하였다.

먼저 외국생태산업단지의 물질 연계 업종쌍을 울산 산업단지의 산업공생관계와 비교하여 추가적인 산업공생관계를 파악하고자 하였다. 울산 산업단지의 공생관계가 외국의 생태산업단지에서 발생하고 있는 업종연계쌍과 비슷한 형태를 이루는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구에서는 석유화학업종(23)과 일반화학·제약업종(24)이 특정물질을 중심으로 업종쌍을 이룬다고 가정하여 추가적인 산업공생관계를 파악하고자 하였다. 이외 GIS 기반 자원순환 정보는 폐기물을 중심으로 특정 폐기물 혹은 부산물 발생업체의 파악이 가능한 상황에서, 이를 주로 활용하는 업종에 대한 조사만 이루어진다면, 다양한 산업공생관계 파악이 가능한 것으로 분석되었다.

둘째, 울산의 산업단지에서 산업공생이 가장 빈번하게 나타나고 있는 분야는 에너지의 스팀으로 조사되었으며, 산업공생쌍이 어느 정도 나타나는 것으로 조사되었다. 본 연구에서는 에너지 중 스팀을 이용하는 제조업체와 스팀을 생산하는 제조업체를 중심으로 최단거리 있는 산업공생쌍을 제시하였으며, 사업의 성사는 차후 구체적인 정보를 파악한 후 이루어져야 할 것으로 판단된다. 그리고 폐수의 경우, 울산시 전체 산업체에서 일정규모 이상의 폐수를 발생시키는 업체가 어디에 있으며, 어느 정도로 배출하는가 하는 정보는 폐수를 산업공정에 재이용하는 업체에게는 매우 중요한 정보이며, 이러한 정보를 이용하여 추가적인 산업공생이 발생할 수 있을 것으로 사료된다.

그러나 이처럼 GIS 기반 자원순환 정보 DB가 구축되더라도, 추가적인 산업공생을 파악하기 위해서는 무엇보다 교환가능한 부산물 들은 어떤 것들이며, 물질별로 어떤 업종간에 연계가 발생하는 지에 대한 구체적 정보가 필요하다. 본 연구에서도 울산의 산업특성을 고려한 부산물질별 연계업종을 파악하고자 하였

으나, 설문조사를 통한 정보 획득이 용이하지 않아 연계업종 혹은 공생산업별 유형화를 도출하기 어려웠다. 그럼에도 불구하고, 본 연구의 GIS 기반 자원순환정보구축 방법은 특정 산업과 부산물질 교환이 빈번하게 발생하는 산업업종은 무엇인지, 어떤 산업이 어떤 물질을 주거나 받는지에 대한 명확한 정보만 파악이 가능하다면 추가적인 산업공생관계파악은 매우 쉽게 해결된다. 따라서 본 연구의 GIS 기반 자원순환정보구축 방법은 타 지역의 자원순환정보구축시 하나의 모형으로 제시가 가능할 것으로 판단된다.

한편, 산업공생의 생태산업단지 활성화를 위해서는 정확한 데이터의 확보가 무엇보다 필요하다. 따라서 폐기물 혹은 부산물을 발생시키는 업체와 이의 재이용 및 재활용할 수 있는 업체에 대한 조사가 동시에 그리고 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 현재 부산물 재이용 업체에 대한 정보는 설문조사 혹은 면담조사를 제외하고는 거의 파악이 어려운 실정이며, 설문조사 역시 본 연구의 결과처럼 유효한 표본수의 확보 및 내용의 정확성을 담보하기는 어려운 실정이다. 따라서 현재 부산물 혹은 폐기물의 조사(폐기물관리법)가 법·제도적 지원에 의해 이루어지고 있는 것처럼, 현재 부산물(폐기물)의 재활용 정도, 재활용 의사 등과 같은 부산물 재활용과 관련된 조사도 법·제도적 지원을 통해 함께 이루어져야 할 것으로 사료된다. 한 방법의 예로, 현재 매년 통계청에서 실시하고 있는 광공업조사시 생산품의 생산(량)과 더불어 부산물의 발생(량) 그리고 부산물의 재이용에 대한 정보를 추가 조사하는 방법을 활용할 수도 있을 것이다. 

주

- 1) 울산의 산업특성을 감안할 때, 일반폐기물 뿐만 아니라 지정폐기물의 재활용도 매우 중요하나 지정폐기물이 주로 어떤 산업체

에서 어느 정도로 발생되고 있는가에 대한 정보 획득이 어려웠기 때문이다.

- 2) GIS 공간분석기법은 ArcGIS 9.3.1의 spatial join을 통해 하나의 지적안에 위치한 여러 건축물은 모두 동일한 pnu값을 가지도록 하였다.
- 3) 하나의 지적위에 다수의 건축물이 입지하는 경우 기본적으로는 동일한 pnu값을 가지고 있으나 본 연구에서는 이런 경우 각 건축물을 구분하기 위해 새로운 unique한 ID를 부여하여 속성정보와 연계될 수 있도록 하였다.

참고문헌

- 권순일. 2000. 생태공단 개발전략-물질연계를 중심으로, 한국과학기술원 석사학위논문. 15-22쪽.
- 문석웅. 2003. 자원 순환형 산업개발의 유형연구. 자원·환경경제연구 12(2):383-420.
- 반영운. 2008. 친환경 생태산업단지 구축 방안. 산업입지 32:20-33.
- 반영운. 2009. 해외 생태산업단지 추진 사례분석 및 시사점. 산업입지 33:17-27.
- 염정섭. 2002. 산업단지 업종구성에 관한 산업생태학적 연구. 서울대학교 석사학위논문. 86-133쪽.
- 이상윤, 김정훈, 원재연, 박홍석. 2006. 산업공생 확대를 통한 울산생태산업단지 조성. 대한환경공학회 2006 춘계학술발표대회 논문집. 578-583쪽.
- 임창호, 이동석. 2009. 한국형 생태산업단지 구축 및 자원화 순환망 구축에 관한 연구. 강원대학교 산업기술연구소 논문집. 29(B):95-100.
- 최정석. 2004. 산업단지의 환경개선을 위해 생태산업단지(EIP)전략 활용방안. 환경정책

- 12(1):119–147.
- Gibbs, D. and P. Deutz.. 2005. Implementing industrial ecology? Planning for eco–industrial parks in the USA. *Geoforum* 36(4):42–439.
- Kincaid, J. and O. Michanel. 2001. Industrial Ecosystem Development at th Metropolitan Level. *Journal of Industrial Ecology* 5(1):117–126.
- Lowe, E.A. 1997. *Discovering Industrial Ecology: An Excutive Briefing and Sourcebook*. Oakland, CA: indigo Development.
- Lowe, E.A. 1997. Creating by–product resource exchanges: Strategies for eco–industrial parks. *Journal of Cleaner Production* 5(1–2):57–65.
- Özyurt, D.B. and M.J. Realff. 2001. Combining a geographical information system and process engineering to Design an agricultural industrial ecosystem. *Journal of Industrial Ecology* 5(3):13–31.
- Richards, D.J. and R.A. Frosch. 1997. *The Industrial Green Game: Overview and Perspectives*. The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management. Deanna J. Richards. National Academy of Engineering. National Academy Press. Washington D.C.
- Van Berkel, R. 2006. Regional Resource Synergies for Sustainable Development in Heavy Industrial Area: an overview of opportunities and experiences. Curtin University of Technology. pp.45–106.