

Research Paper

화학적 등급화기법을 적용한 농공단지 입주제한업종의 환경유해성 평가

홍 상 표

청주대학교 환경공학과

The Environmental Hazard Assessment of Siting Restricted Industries from Industrial Complex in Rural Area Applied by Chemical Ranking and Scoring System

Sang-Pyo Hong

Department of Environmental Engineering, Cheongju University

요약 : 농공단지에 입주제한된 31개 업종의 업종별 배출특성에 따른 화학적 유해성을 근거로 업종별 환경영향을 계량화하여 입지규제 우선순위를 도출하였다. 농공단지에 입주제한된 31개 업종의 환경상의 악영향과 환경기술발전에 따른 환경유해성 저감을 동시에 고려한 합리적 토지이용 관리방안을 수립하기 위하여 업종별로 수계, 토양 및 대기의 매체별 배출량 및 배출물질 LC₅₀ 자료에 의해 산정된 인체위해성과 생태위해성을 노출평가와 독성평가로 분석하는 화학적 등급화기법(CRS : Chemical Ranking and Scoring System)에 PRTR (Pollutant Release and Transfer Registers) 자료를 활용하였다. 농공단지 폐수배출관련 31개 업종에 대한 환경유해성을 도출한 결과에 의하면 2012년 기준으로 도금 착색 및 기타 표면처리강제 제조업, 생물학적 제제 제조업, 동 제련정련 및 합금 제조업, 솜 및 실 염색가공업, 그외 기타 1차철강 제조업, 기타 비철금속 압연압출 및 연신제품 제조업 등 6개 업종은 환경영향 점수가 상대적으로 낮게 산출되어 제조공정상에서 특정수질유해물질을 배출허용기준 이하로 배출된다고 인정하는 경우에 농공단지 입주제한을 완화시킬 수 있는 업종으로 평가된다.

주요어 : 우선순위, 토지이용, 매체별 배출량, 배출물질, 특정수질유해물질

Abstract : The priorities of siting restriction was derived from quantification of environmental hazard according to industrial classification based on 'Chemical Ranking and Scoring System(CRS)' which is handling the discharge characteristics of 31 industrial classifications regulated from locating at 'Industrial Complex in Rural Area(ICRA)'. CRS that is utilizing the data of 'Pollutant Release and Transfer Registers(PRTR)' is applied to determine human health risk and ecological risk which are calculated by discharged amount and materials LC₅₀ according to water, soil and air media based on industrial classification. From this process, exposure assessment and toxicity assessment for

First Author: Sang-Pyo Hong, Department of Environmental Engineering, Cheongju University, Tel: 82-43-229-8576, E-mail: sphong@cju.ac.kr

Corresponding Author: Sang-Pyo Hong, Department of Environmental Engineering, Cheongju University Tel: 82-43-229-8576

E-mail: sphong@cju.ac.kr

Received : 17 July, 2015. Revised: 12 October, 2015. Accepted: 12 October, 2015.

integrating the adverse environmental impact and the mitigation effect of environmental risk according to the development of environmental technologies into establishing the rational landuse management method for the 31 industrial classifications regulated from locating at ICRA was analyzed. From the assessment result of the siting restriction removal at ICRA for 31 industrial classifications, based on 2012 year reference 6 industries that includes Manufacture of Gilt Coloration Surface Processing Steel Materials, Manufacture of Biological Product, Manufacture of Smelting Refining and Alloys of Copper, Dyeing and Finishing of Fibers and Yarns, Manufacture of Other Basic Iron and Steel n.e.c., Rolling Drawing and Extruding of Non-ferrous Metals n.e.c. are calculated as having relatively lower environmental hazards, thus it is judged that the siting restriction mitigation at ICRA is possible for the 6 industrial classifications that are not discharging the specific hazardous water contaminants during manufacturing process.

Keywords : Priorities, Land Use, Discharged Amount Based on Media, Discharged Materials, Specific Hazardous Water Contaminants

I. 서론

우리나라는 1995년 WTO 가입, 1996년 OECD 가입, 1998년 IMF 외환위기 등으로 산업구조가 변화되어 왔으나 경쟁국에 비교하여 엄격한 토지이용규제, 높은 공장용지가격, 노사관계의 불안정성, 공장설립 절차의 지연 등으로 기업의 국내투자 회피요소가 되고 있다. 특히 중소기업은 고임금 및 기술부족에 따른 국제경쟁력 하락으로 토지이용규제의 합리적 완화에 대한 기대가 고조되는 상황이다. 더욱이 환경관련 법률의 빈번한 개정으로 환경규제와 입지규제가 중복되어 사유재산권 침해, 기업 생산성 약화 등 사회경제적 비용을 초래하고 있다.

그러나 기업의 국제경쟁력 강화를 명분으로 하는 무분별한 토지이용규제 완화는 과거에 만연하였던 준농림 지역과 준도시 지역의 난개발 전철과 환경파괴의 폐해를 답습할 가능성이 높다. 따라서 과도하게 획일적인 토지이용규제로 인한 기업의 수익성 악화와 무분별한 난개발 등의 문제점을 절충할 수 있는 합리적인 입지규제 조정방안을 모색할 필요가 있다. 지속가능한 국토환경관리정책에 의한 쾌적한 국민건강 및 안정적 생태계 보전 같은 환경권 향유는 포기할 수 없는 소중한 헌법적 가치이기 때문이다(한국환경영향평가학회, 2014).

농공단지를 비롯한 산업단지조성은 공장의 개별적 입지와 비교하여 규모의 경제, 사회간접자본의 투자

효율 제고, 환경관리의 용이성, 양질의 노동력 확보 등에서 바람직하다. 특히 환경오염물질 처리 및 모니터링 기술의 발전에 기반을 둔 배출허용기준이나 방류수수질기준을 준수하여 환경질을 개선하는데 용이한 국토이용정책이다(김학훈, 이종호, 2014). 그러나 환경훼손으로 유발되는 사회적 비용을 경감시키기 위한 배출농도 규제, 개발제한구역 등의 토지이용규제, 배출부과금 등 경제적 규제수단, 오염물질 무배출 같은 환경친화적 청정생산기술개발 등 환경정책 실행수단의 도입에도 불구하고 유해성이 높은 다양한 화학물질이 배출되어 인체 및 생태계에 위해성을 초래할 수 있다.

농공단지는 대통령령으로 정하는 농어촌지역에 농어민의 소득증대를 위한 산업을 유치 육성하기 위하여 『산업입지 및 개발에 관한 법률』에 따라 지정된 산업단지로서 2013년 기준 453개소가 있다. 우리나라에는 국가산업단지 41개소(804,506천m²), 일반산업단지 528개소(507,148천m²), 도시첨단산업단지 11개소(2,272천m²), 농공단지 453개소(72,828천m²)로 총합 1,033 개소(1,386,754천m²)가 지정되어 있다.

『농공단지의 개발 및 운영에 관한 통합지침』에서는 상수원보호구역 및 상수원보호구역외의 지역(수도법), 수변구역(4대강법), 저수지 상류지역에서의 공장설립 제한지역(농어촌정비법), 지하수를 상수원으로 취수하는 취수시설에서 1km이내인 지역(지하수법) 등을 검토하여 적정입지를 선정하도록 규정하고

있고, 농공단지 입주불가 사업장과 입주후 증설불가한 경우를 환경부장관이 별도 지정·고시지역내의 연간 대기오염물질발생량 20톤 이상인 사업장(단, 청정연료 사용 사업장 제외), 1일 폐수배출량이 2,000 m³ 이상 사업장, 『폐기물관리법』 제25조 제5항 제2호부터 제4호까지에 해당하는 폐기물처리업 허가를 받은 사업장, 특정수질유해물질 배출 사업장, 폐수배출관련 별표5의 업종 사업장을 입주금지 시키고 있다.

그러나, 방지시설을 거치지 않고도 특정수질유해물질이 항상 배출허용기준 이하로 배출된다고 인정하는 경우에 사업장의 입구나 증설이 가능하도록 규정하고 있다. 그리고 폐수처리 통계자료에 근거하면 국가산업단지 및 일반산업단지에서 배출되는 특정수질유해물질의 배출량은 거의 없거나 미미한 상황이므로(환경부, 2013), 농공단지에 국한하여 특정수질유해물질 배출업종 및 폐수배출관련업종의 입주 및 증설을 원천적으로 불허하는 것은 과도한 규제라는 지적을 초래하고 있다.

본 연구에서는 농공단지 관련 토지이용규제를 파악하고 농공단지 입주제한 31개 업종의 업종별 배출물질의 화학적 유해성평가를 통한 업종별 환경영향을 토대로 입지규제 우선순위를 모색하였다. 농공단지 입주제한 31개 업종의 환경영향과 환경기술발전 에 따른 환경유해성 감소를 동시에 고려한 조정방안

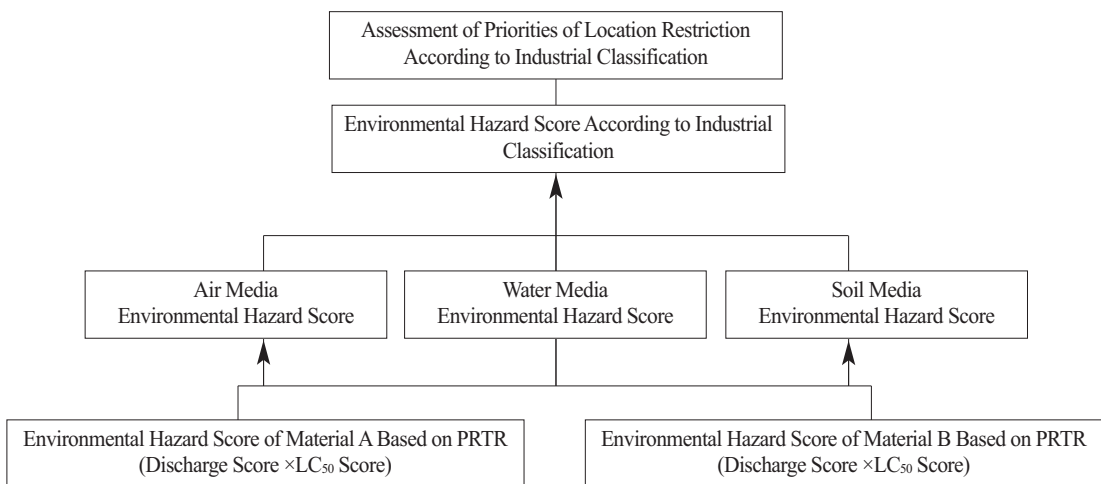
을 수립하기 위하여 농공단지 입주제한 31개 업종으로 인한 인체위해성과 생태위해성을 노출평가와 독성평가로 분석하는 화학적 등급화기법(CRS: Chemical Ranking and Scoring System)을 적용하였다. CRS에는 PRTR (Pollutant Release and Transfer Registers) 자료를 활용하여(박화성, 2005; 안윤주 외, 2013) 농공단지에 환경유해성이 상대적으로 낮은 업종을 선별하고자 하였다.

II. 연구방법 및 대상

1. 연구방법

1) 농공단지 입주제한업종별 환경영향 도출

업종별로 주변 환경으로 배출되는 화학물질에 의한 환경영향을 파악하기 위해서는 업종별 화학물질의 종류와 배출량을 파악하는 것이 필요하다. 현재 업종별 화학물질의 매체별 배출량과 화학물질의 종류를 파악할 수 있는 PRTR 자료를 이용하였다(환경부, 2014). PRTR자료를 이용하여 화학물질의 유해성이 작은 화학물질을 환경에 배출하여 환경적 악영향이 타 업종에 비해 상대적으로 미약할 경우 입지규제를 완화할 수 있다. 화학물질의 환경영향을 고려한 평가 방법으로 CRS기법이 적용가능하다. CRS는 독성 및 노출 가능성을 동시에 감안하여 상대적 유해성



<Figure 1> Shema of priorities assessment procedure of location restriction according to industrial classification based on materials discharge and LC₅₀ score

을 산정하여 우선순위를 정하는 방법이다. 이 방법을 이용하여 공장에서 배출되는 화학물질의 독성을 등급화 시켜 공장의 입지허용기준을 도출해볼 수 있다. CRS는 독성자료 및 노출 가능성이 큰 물질에 의존하는 방법보다 위해성 개념에 더욱 합치한다(한국환경정책평가연구원, 2007 ; 최승필, 2004 ; 최미영, 2003).

본 연구에서는 2014년 기준 31개의 농공단지 입주제한업종을 매체별로 배출물질을 목록화하여 화학물질에 의한 환경영향을 물질별 독성평가를 근거로 환경유해성을 평가하여 입주제한 우선순위를 제시하였다. 화학물질 배출량 평가에는 2008~2012년의 PRTR 자료를 사용하였고(환경부, 2014), 화학물질별 LC₅₀을 평가하여 업종별 환경유해성을 다음과 같은 절차로 도출하였다(Figure 1).

- ① PRTR을 활용하여 화학물질 배출량을 업종별 물질별로 산정
- ② PRTR 배출량을 로그정규분포를 활용하여 물질별 매체별로 배출량 점수를 0에서 10점 까지 11구간으로 할당
- ③ 업종별 매체별 화학물질 배출량 점수를 합산하고 화학물질별 LC₅₀ 독성치를 로그정규분포를 활용하여 0에서 10점까지 11구간으로 할당
- ④ 화학물질별(A, B 등) 배출량 점수와 LC₅₀ 독성치를 합산하여 매체별 환경유해성 산정
- ⑤ 매체별 (수계, 토양, 대기) 환경유해성 점수를 업종별로 산정
- ⑥ 업종별 환경유해성 점수를 기준으로 상대적 입주제한 우선순위 평가

2. 연구대상

1) 농공단지 31개 입주제한업종의 화학물질 배출특성

농공단지 입지규제업종별 유해성을 분석하기 위해서는 업종별로 배출되는 화학물질의 종류와 배출량을 PRTR 조사자료를 이용하여 상대적 환경영향을 산정하게 된다. 본 연구에서는 업종별로 배출되는 화학물질의 환경영향을 산정하는 CRS에 적용하여 입지규제 업종의 상대적 유해성 우선순위를 결정하였다. 미국의 TRI(Toxics Release Inventory), OECD의 PRTR규정, 영국(Pollution Inventory), 캐나다

NPRI(National Pollutant Release Inventory) 등 선진국에서 다양한 기법으로 화학물질 배출량조사제도를 적용하고 있다. 우리나라는 1996년 OECD 가입시에 화학물질 배출량조사제도를 도입하면서 『유해화학물질관리법』을 개정하여 화학물질의 배출량조사에 필요한 법률적 토대를 구축하였다.

31개 농공단지 입주제한 업종에서는 2012년에 총 816개 사업장에서 18,129톤의 화학물질을 배출하였다. 31개 업종의 PRTR 자료 및 화학물질별 LC₅₀을 수계, 토양 및 대기 매체별로 환경유해성을 산정한 결과를 합산하여 업종별 환경유해성을 도출하였다. 그리고 업종별 환경유해성 점수의 민감도를 분석하기 위해 수계: 토양: 대기를 1:1:1, 2:1:1 또는 2:2:1로 매체별로 가중치를 변화시켜 환경유해성을 분석하였다.

31개 농공단지 입주제한 업종의 사업장 수는 2008년의 732개소에서 2012년에 816개소로 지속적으로 증가하고 있다. PRTR의 조사대상인 종업원수 30인 이상의 사업장이 증가하고 있음을 보여주고 있다. 사업장이 가장 많은 업종은 '기타 분류 안된 화학제품 제조업'으로 2008년 105개에서 2012년 117개로 증가하였으며, 다음은 '인쇄회로기판 제조업'으로 2008년 67개소에서 2012년 75개소로 증가하였다. 사업장이 가장 적은 업종은 '제철업'으로 2008년 2개소에서 2012년 3개소로 증가하는데 그쳤다(Table 1).

농공단지 입주제한 31개 업종에서는 화학물질 배출량이 2008년부터 2010년까지 증가추세였으나 2011년부터는 감소하는 경향을 보이고 있다. 화학물질 배출량이 증가한 것은 조사대상 화학물질의 종류가 확대되었고 일부 화학물질은 사용량 자체도 증가하여 배출량이 증가된 것이다. 그러나 2012년에는 2011년 보다 조사대상 화학물질이 확대되었어도 입지규제 업종의 화학물질 배출량이 감소하였다. <Table 1>을 보면 업종별로는 3개 업체의 제철업의 배출량이 전체의 61.3%를 점유하여 절대적으로 많고, 그 다음이 43개 업체의 석유화학계 기초화학물질 제조업과 8개 업체의 원유 정제처리업으로 이들 3개 업종이 전체 배출량의 76.7%를 차지한다.

<Table 1> No. of works and yearly emission of chemicals according to industrial classification which are restricted from locating at industrial complex in rural area

Industrial Classification	No. of Works	Yearly Emission (ton)				
		2008	2009	2010	2011	2012
Dyeing and Finishing of Fibers and Yarns	19	35.3	27.8	5.6	7.6	8.8
Processing of Raw Hides and Tanning and Dressing of Leather	23	239.6	198.9	257.9	163.1	144.2
Petroleum Refineries	8	1,857.3	1,326.1	1,235.7	1,111.6	1,263.0
Manufacture of Basic Organic Petrochemicals	43	1,488.3	1,475.9	1,415.8	1,411.2	1,539.1
Manufacture of Other Basic Organic Chemicals	34	244.4	266.6	285.1	202.5	211.1
Manufacture of Other Basic Inorganic Chemicals	42	55.5	59.8	73.1	181.5	149.3
Manufacture of Inorganic Pigments and Other Metal Oxides	10	18.5	17.1	26.9	22.7	19.3
Manufacture of Synthetic Colouring Matter, Tanning Materials and Other Coloring Agents	14	15.6	10.9	24.9	23.9	19.7
Manufacture of Synthetic Resin and Other Plastic Materials	67	870.2	1,129.9	1,431.9	966.3	913.5
Manufacture of General Paints and Similar Products	55	638.3	460.7	226.6	219.3	225.4
Manufacture of Explosives and Pyrotechnic Products	5	0.3	2.2	2.1	2.0	2.6
Manufacture of All Other Chemical Products n.e.c.	117	439.2	357.7	389.3	493.3	681.7
Manufacture of Medicinal Chemicals and Antibiotics	19	288.6	268.2	274.4	280.5	304.2
Manufacture of Biological Products	7	55.3	50.7	57.9	56.4	57.6
Manufacture of Basic Iron	3	1,291.3	4,721.1	126,912.2	16,552.1	11,099.7
Manufacture of Basic Steel	10	38.9	46.6	41.3	21.0	25.2
Manufacture of Hot Rolled, Drawn and Extruded Iron or Steel Products	11	108.0	92.2	86.4	98.8	82.5
Manufacture of Cold Rolled, Drawn and Extruded Iron or Steel Products	16	174.2	121.3	114.7	133.7	157.8
Manufacture of Steel Wire	26	131.3	74.9	79.9	75.8	79.3
Manufacture of Pipes and Tubes, of Non-cast Iron or Steel	30	115.2	71.5	71.5	78.2	103.7
Manufacture of Gilt, Coloration, Surface Processing Steel Materials	16	33.2	47.2	56.2	96.5	116.4
Manufacture of Other Basic Iron and Steel n. e. c.	6	14.3	20.3	18.3	36.9	19.5
Manufacture of Smelting, Refining and Alloys of Copper	7	13.2	13.0	10.5	17.5	26.6
Manufacture of Smelting, Refining and Alloys of Lead, Zinc and Tin	7	17.3	14.7	9.8	12.6	21.1
Manufacture of Other Smelting, Refining and Alloys of Non-ferrous Metals	10	6.4	10.5	10.1	12.7	37.4
Manufacture of Rolled, Drawn and Folded Products of Copper	18	170.1	136.5	17.0	18.2	21.4
Manufacture of Rolled, Drawn and Folded Products of Aluminum	40	223.0	220.9	295.9	350.6	331.5
Rolling, Drawing and Extruding of Non-ferrous Metals n.e.c.	5	1.6	2.0	2.5	3.4	3.4
Manufacture of Other Basic Precious and Non-ferrous Metals	9	143.7	21.7	43.6	36.2	34.7
Plating and Anodizing of Metals	64	74.3	88.3	104.1	89.0	277.9
Manufacture of Printed Circuit Boards	75	148.7	97.2	172.5	153.7	151.4
Total	816	8,951.1	11,452.4	133,753.7	22,928.8	18,129.0

Source: Korean Ministry of Environment, 2014, Detailed Statistics of Emission Inventory Survey of Chemicals in 2012.

III. 결과 및 고찰

1. 물질별 매체별 환경유해성 분석

농공단지 입주제한 업종의 화학물질 배출량을 매체별로 분석하면 토양배출이 61.7%, 대기로의 배출

이 37.9%, 수계를 통한 화학물질 배출은 0.4%에 불과하다. 토양 매체로는 제철업, 원유정제처리업, 무기안료 및 기타 금속산화물 제조업종 만이 배출하고 있으나 제철업에서 2012년에 11천톤의 화학물질을 토양에 배출하여 대기, 수계, 토양 전체 화학물질 배

<Table 2> Emission of chemicals into media according to industrial classification which are restricted from locating at industrial complex in rural area in 2012

Industrial Classification	Emission of Chemicals into Media (kg)			
	air	water	soil	total
Dyeing and Finishing of Fibers and Yarns	8,834	-	-	8,834
Processing of Raw Hides and Tanning and Dressing of Leather	144,016	143	-	144,159
Petroleum Refineries	1,078,423	22	184,592	1,263,037
Manufacture of Basic Organic Petrochemical	1,522,360	16,719	-	1,539,079
Manufacture of Other Basic Organic Chemicals	210,662	419	-	211,081
Manufacture of Other Basic Inorganic Chemicals	149,081	259	-	149,340
Manufacture of Inorganic Pigments and Other Metal Oxides	19,220	60	4	19,285
Manufacture of Synthetic Colouring Matter, Tanning Materials and Other Coloring Agent	19,642	11	-	19,653
Manufacture of Synthetic Resin and Other Plastic Materials	913,462	30	-	913,493
Manufacture of General Paints and Similar Products	225,250	101	-	225,351
Manufacture of Explosives and Pyrotechnic Products	2,617	26	-	2,643
Manufacture of All Other Chemical Products n.e.c.	681,685	1	-	681,686
Manufacture of Medicinal Chemicals and Antibiotics	302,700	1,488	-	304,188
Manufacture of Biological Product	57,551	-	-	57,551
Manufacture of Basic Iron	64,361	30,449	11,004,865	11,099,674
Manufacture of Basic Steel	25,053	128	-	25,181
Manufacture of Hot Rolled, Drawn and Extruded Iron or Steel Products	82,499	15	-	82,513
Manufacture of Cold Rolled, Drawn and Extruded Iron or Steel Products	157,150	612	-	157,762
Manufacture of Steel Wire	66,435	12,838	-	79,273
Manufacture of Pipes and Tubes, of Non-cast Iron or Steel	103,666	46	-	103,712
Manufacture of Guilt, Coloration, Surface Processing Steel Materials	116,400	-	-	116,400
Manufacture of Other Basic Iron and Steel n. e. c.	19,538	-	-	19,538
Manufacture of Smelting, Refining and Alloys of Copper	26,586	-	-	26,586
Manufacture of Smelting, Refining and Alloys of Lead, Zinc and Tin	20,992	85	-	21,078
Manufacture of Other Smelting, Refining and Alloys of Non-ferrous Metals	37,138	240	-	37,378
Manufacture of Rolled, Drawn and Folded Products of Copper	21,352	1	-	21,353
Manufacture of Rolled, Drawn and Folded Products of Aluminum	331,486	23	-	331,509
Rolling, Drawing and Extruding of Non-ferrous Metals n.e.c.	3,374	-	-	3,374
Manufacture of Other Basic Precious and Non-ferrous Metals	34,703	1	-	34,704
Plating and Anodizing of Metals	277,815	44	-	277,858
Manufacture of Printed Circuit Boards	149,986	1,385	-	151,370
Total	6,874,037	65,146	11,189,461	18,128,643

Source: Korean Ministry of Environment, 2014, Detailed Statistics of Emission Inventory Survey of Chemicas in 2012.

출의 61.1%가 제철업의 토양배출로 분석되어 제철업의 배출량이 절대적으로 많았다. 대기 매체로의 배출업종으로는 기초석유화학 제조업, 원유 정제업, 합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업 순서로 높은 배출비율을 나타내고 있다. 수계 매체로의 배출업종으로는 제철업, 기초석유화학 제조업 순서로 높은 배출

비율을 나타내고 있다(Table 2).

화학물질 배출량 평가에는 2008~2012년의 PRTR 자료를 사용하였고, 화학물질별 배출량 및 LC₅₀을 활용하였다. 화학물질 배출은 용제 및 합성고무산업의 원료를 사용되는 메틸에틸케톤, 각종 화학제품의 합성원료로 이용되는 벤젠, 유기합성화학의

<Table 3> Emissions of chemicals into media and score range according to media and LC₅₀

Industrial Classification	Chemicals	emission (kg)			score range				air *LC ₅₀	water *LC ₅₀	soil *LC ₅₀
		air	water	soil	air	water	soil	LC ₅₀			
13401	acetic acid	1,090.1	-	-	5	0	0	3	15	0	0
13401	methyl alcohol	1,903.0	-	-	6	0	0	3	18	0	0
13401	methyl ethyl ketone	81.0	-	-	3	0	0	3	9	0	0
13401	toluene	1,102.3	-	-	5	0	0	3	15	0	0
13401	n-hexane	233.2	-	-	4	0	0	3	12	0	0
13401	sodium hydroxide	0.7	-	-	1	0	0	3	3	0	0
13401	xylene	3,243.6	-	-	7	0	0	3	21	0	0
13401	hydrogen chloride	5.0	-	-	1	0	0	3	3	0	0
13401	hydrogen peroxide	455.8	-	-	4	0	0	3	12	0	0
15110	2-propanol	11,410.9	-	-	8	0	0	3	24	0	0
15110	methyl ethyl ketone	71,719.2	-	-	10	0	0	3	30	0	0
15110	toluene	18,636.0	-	-	8	0	0	3	24	0	0
15110	2-ethoxy ethanol	4,660.2	-	-	7	0	0	3	21	0	0
15110	ethyl acetic acid	3,608.1	-	-	7	0	0	3	21	0	0
19210	methyl alcohol	6,418.4	-	-	7	0	0	3	21	0	0
19210	benzene	58,600.0	-	-	9	0	0	3	27	0	0
19210	ethylene	951.0	-	-	5	0	0	3	15	0	0
19210	methyl ethyl ketone	294.0	-	-	4	0	0	3	12	0	0

원료 및 용매로 사용되는 톨루엔 등의 배출량이 많았다. 로그정규분포에 따른 배출량 점수는 메틸에틸케톤 10, 벤젠 9, 톨루엔 8 등으로 대기 매체에 할당되었고, 수계 및 토양 매체로의 배출량이 없어 0으로 할당되었다. LC₅₀ 점수는 독성치에 따른 구간점수로 3으로 산정하여 매체별로 값을 곱하여 화학물질별 환경유해성을 도출한 결과는 <Table 3>과 같다.

2. 가중치별 업종별 환경유해성 분석

<Table 3>의 물질별 환경유해성 산정방법으로 PRTR 자료에 근거하여 해당 업종에서 배출되는 모든 화학물질의 환경유해성을 업종별로 합산하여 농공단지 입주제한 31개 업종별 환경유해성 우선순위를 도출하였다. 연구결과의 신뢰성 확보를 위하여 일반적으로 수행되는 방법인 민감도 분석을 위하여 환경유해성 점수의 산정에 매체별 가중치를 변경하였다(Table 4). 수계, 대기 및 토양 매체별 가중치는 각 매체의 중요성을 동일하게 간주한 경우(수계: 토양: 대기 = 1:1:1), 수계 매체가 대기 및 토양 매체에 비하여 중요성을 갖는 경우(수계: 토양: 대기 = 2:1:1),

그리고 수계 및 토양 매체가 대기 매체에 비하여 중요성을 갖는 경우(수계: 토양: 대기 = 2:2:1)로 구분하여 분석하였다.

<Table 4>와 같이 업종별 환경유해성 점수의 민감도를 분석하기 위해 수계: 토양: 대기를 1:1:1, 2:1:1 또는 2:2:1로 매체별로 가중치를 변화시켜 환경유해성을 분석한 결과는 31개 농공단지 입주제한 업종에서는 환경적유해성 점수의 유의미한 우선순위변동이 매우 미약하였다. PRTR자료에 근거하면 화학물질의 매체별 배출이 대부분 대기를 통해 이루어져서 수계 및 토양 매체로의 배출이 상대적으로 경미하기 때문에 매체별 가중치에 따른 민감도는 유의미한 결과를 도출하지 않았다

PRTR 자료 및 화학물질별 LC₅₀ 을 평가하여 업종별 유해성을 도출한 결과로, 석유화학계 기초화학물질 제조업, 그 외 기타 분류 안된 화학제품 제조업, 기타 기초유기화학물질 제조업, 합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업, 기타 기초무기화학물질 제조업 업종 순서로 상대적으로 높은 환경유해성 점수를 나

<Table 4> Environmental hazard ranking of industrial classification based on sensitivity analysis of multiple media

Ranking	Industrial Classification	score (water: soil: air)		
		1:1:1	2:1:1	2:2:1
1	Manufacture of Other Basic Precious and Non-ferrous Metals	48	48	48
2	Manufacture of Other Basic Iron and Steel n. e. c.	72	72	72
3	Manufacture of Explosives and Pyrotechnic Products	78	99	99
4	Dyeing and Finishing of Fibers and Yarns	126	126	126
5	Manufacture of Smelting, Refining and Alloys of Copper	150	150	150
6	Manufacture of Hot Rolled, Drawn and Extruded Iron or Steel Products	159	171	171
7	Manufacture of Rolled, Drawn and Folded Products of Copper	165	177	177
8	Processing of Raw Hides and Tanning and Dressing of Leather	168	189	189
9	Manufacture of Smelting, Refining and Alloys of Lead, Zinc and Tin	168	204	204
10	Manufacture of Biological Product	210	210	210
11	Manufacture of Other Basic Precious and Non-ferrous Metals	213	216	216
12	Manufacture of Other Smelting, Refining and Alloys of Non-ferrous Metals	198	219	219
13	Manufacture of Pipes and Tubes, of Non-cast Iron or Steel	225	243	243
14	Manufacture of Inorganic Pigments and Other Metal Oxides	237	267	279
15	Manufacture of Guilt, Coloration, Surface Processing Steel Materials	285	285	285
16	Manufacture of Basic Steel	267	288	288
17	Manufacture of Synthetic Colouring Matter, Tanning Materials and Other Coloring Agent	366	375	375
18	Plating and Anodizing of Metals	357	390	390
19	Manufacture of Cold Rolled, Drawn and Extruded Iron or Steel Products	351	408	408
20	Manufacture of Steel Wire	294	423	423
21	Manufacture of Rolled, Drawn and Folded Products of Aluminum	420	450	450
22	Manufacture of Medicinal Chemicals and Antibiotics	465	531	531
23	Manufacture of Printed Circuit Boards	534	645	645
24	Petroleum Refineries	730	766	856
25	Manufacture of Basic Iron	714	858	1,128
26	Manufacture of General Paints and Similar Products	800	866	866
27	Manufacture of Other Basic Inorganic Chemicals	933	1,044	1,044
28	Manufacture of Synthetic Resin and Other Plastic Materials	1,073	1,088	1,088
29	Manufacture of Other Basic Organic Chemicals	1,102	1,126	1,126
30	Manufacture of All Other Chemical Products n.e.c.	1,509	1,521	1,521
31	Manufacture of Basic Organic Petrochemical	1,846	1,993	1,993

타내어 화학물질을 제조하는 업종의 유해성이 높은 것으로 분석되었다. 기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업, 그외 기타 2차철강 제조업, 화학 및 불꽃제품 제조업 등은 환경적유해성 점수가 상대적으로 낮은 것으로 <Table 4>와 같이 분석되었다.

농공단지에는 특정수질유해물질 배출 사업장과 대기오염물질발생량 합계가 20톤/년 이상인 사업장은 입주제한되어 있다. 농공단지 입주업체에서 대기로

배출한 오염물질량은 대기 중으로 확산되어 희석되기 때문에 수계나 토양으로 직접적으로 배출된 배출물질에 비하여 농공단지 주변의 지표수, 지하수 및 농작물에 대한 환경영향이 상대적으로 미약하다.

3. 종합적 환경유해성 평가

농공단지 입주제한업종의 규제 해제에 상대적 우선순위를 파악하기 위해 환경영향이 미미한 대기 매

<Table 5> Ranking comparison of industrial classification based on environmental hazard score in 2012(excluding environmental hazard score of air media)

Ranking	Industrial Classification	Score
1	Manufacture of Gilt, Coloration, Surface Processing Steel Materials	0
1	Manufacture of Biological Product	0
1	Manufacture of Smelting, Refining and Alloys of Copper	0
1	Dyeing and Finishing of Fibers and Yarns	0
1	Manufacture of Other Basic Iron and Steel n. e. c.	0
1	Rolling, Drawing and Extruding of Non-ferrous Metals n.e.c.	0
7	Manufacture of Other Basic Precious and Non-ferrous Metals	6
8	Manufacture of Synthetic Colouring Matter, Tanning Materials and Other Coloring Agent	18
9	Manufacture of All Other Chemical Products n.e.c.	24
10	Manufacture of Rolled, Drawn and Folded Products of Copper	24
11	Manufacture of Hot Rolled, Drawn and Extruded Iron or Steel Products	24
12	Manufacture of Synthetic Resin and Other Plastic Material	30
13	Manufacture of Pipes and Tubes, of Non-cast Iron or Steel	36
14	Manufacture of Basic Steel	42
15	Manufacture of Other Smelting, Refining and Alloys of Non-ferrous Metals	42
16	Processing of Raw Hides and Tanning and Dressing of Leather	42
17	Manufacture of Explosives and Pyrotechnic Product	42
18	Manufacture of Other Basic Organic Chemical	48
19	Manufacture of Rolled, Drawn and Folded Products of Aluminum	60
20	Plating and Anodizing of Metals	66
21	Manufacture of Inorganic Pigments and Other Metal Oxides	72
22	Manufacture of Smelting, Refining and Alloys of Lead, Zinc and Tin	72
23	Manufacture of Cold Rolled, Drawn and Extruded Iron or Steel Products	114
24	Manufacture of General Paints and Similar Products	132
25	Manufacture of Medicinal Chemicals and Antibiotics	132
26	Petroleum Refineries	162
27	Manufacture of Other Basic Inorganic Chemicals	222
28	Manufacture of Printed Circuit Boards	222
29	Manufacture of Steel Wire	258
30	Manufacture of Basic Organic Petrochemicals	294
31	Manufacture of Basic Iron	558

체로의 화학물질의 배출을 제외하고 수계와 토양 배출의 관점에서 CRS를 적용하여 환경유해성을 등급화하면 <Table 5>와 같다. 2012년 기준으로 도금 착색 및 기타 표면처리강재 제조업, 생물학적 제제 제조업, 동 제련정련 및 합금 제조업, 솜 및 실 염색가공업, 그외 기타 1차철강 제조업, 기타 비철금속 압연압출 및 연신제품 제조업 등 6개 업종은 <Table 5>와 같이 환경유해성 점수가 0점이 되어 특정수질유해물질을 배출하지 않는다면 농공단지에 입주할 수

있는 가능성이 상대적으로 높은 업종이 된다. 따라서 이들 6개 업종은 제품을 생산하는 공정상에서도 특정수질유해물질의 발생이 없다면 농공단지 입주제한의 완화가 가능하다.

4. 종합고찰

농공단지에 입주제한된 생물학적제제 제조업을 비롯한 31개 업종의 PRTR자료를 근거로 물질별 매체별로 환경유해성을 산정하여 업종별 환경유해성 점

수를 결정하였다. 수계, 토양 및 대기 매체별 가중치를 변경하는 민감도 분석을 통하여 연구의 신뢰성을 보완하였다. 농공단지에서 대기 매체는 수계 및 토양 매체에 비교하여 상대적으로 신속한 확산 및 이동을 통해 지속적 환경유해성이 낮다고 평가할 수 있다.

대기 매체를 통한 배출영향을 환경유해성 점수 산정에서 제외하고 농공단지 31개 입주제한업종의 상대적 환경유해성에 따른 입주제한 완화의 우선순위를 평가한 결과는 도금 착색 및 기타 표면처리강재 제조업, 생물학적 제제 제조업, 동 제련정련 및 합금 제조업, 솜 및 실 염색가공업, 그외 기타 1차철강 제조업, 기타 비철금속 압연압출 및 연신제품 제조업 등 6개 업종으로 나타났다. 반면에 제철업, 석유화학계 기초화학물질 제조업, 철강선 제조업, 인쇄회로기판 제조업, 기타 기초무기화학물질 제조업, 원유 정제처리업 등의 업종은 환경적 유해성이 상대적으로 높게 산정되었다(Table 5).

농공단지는 『산업입지 및 개발에 관한 법률』에 근거하여 농어촌지역의 농어민 소득증대를 위한 산업을 유치하기 위한 취지를 바탕으로 지정되어 농어촌지역의 무분별한 개별공장 난립에 의한 난개발과 환경훼손을 방지할 수 있는 효과가 높다. 『농공단지의 개발 및 운영에 관한 통합지침』에 의해 선정된 31개 입주제한 업종에 대한 획일적인 입주규제는 최근의 무방류 시스템 같은 청정환경기술, 환경오염물질 제어기술 및 모니터링 등을 통하여 배출허용기준이나 방류수수질기준을 충족하고 있는 현실을 감안하여 볼 때에 과도한 환경규제로 판단할 수 있다.

『농공단지의 개발 및 운영에 관한 통합지침』에는 특정수질유해물질을 배출하는 사업장은 입주불가하도록 폐수배출과 관련된 입주제한 31개 업종이 규정되어 있다. 폐수배출관련 31개 업종 중에서 특정수질유해물질을 제조공정 중에 배출하지 않으면서 환경위해성이 낮으면 입주제한 완화대상으로 검토가 가능할 것이다. 이러한 농공단지 입주제한 해제대상 우선순위에는 도금 착색 및 기타 표면처리강재 제조업, 생물학적 제제 제조업, 동 제련정련 및 합금 제조업, 솜 및 실 염색가공업, 그외 기타 1차철강 제조업, 기타 비철금속 압연압출 및 연신제품 제조업 등

6개 업종이 CRS에 의해 판별되었다. 이러한 분석결과는 2007년에 수행되었던 선행연구결과(한국환경정책평가연구원, 2007)에서 도출되었던 환경영향 점수에 의한 31개 업종별 순위비교와 전반적으로 일치하였다. 따라서 농공단지에 입주제한된 31개 업종의 화학물질 배출 특성에 따른 환경유해성의 우선순위는 2007년과 2012년에 큰 변동이 없어 농공단지 입주제한을 통한 농어촌 지역의 소득증대와 환경보전의 조화를 추구하는 지속가능한 발전 전략에 CRS 평가 결과를 일관성 있는 환경관리정책으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결론

환경기술발전에 따른 환경유해성 감소를 고려하기 위하여 농공단지에 입주제한된 31개 업종의 PRTR 자료를 근거로 도출된 업종별 매체별 인체위해성과 생태위해성을 노출평가와 독성평가로 분석하는 화학적 등급화기법인 CRS를 적용한 결과는 다음과 같다. 수계, 토양 및 대기의 매체별 배출량 및 배출물질 LC₅₀ 자료에 의해 산정된 환경유해성 점수를 근거로 화학물질의 배출량 및 위해성이 미약한 것으로 분석된 업종을 대상으로 농공단지 입주제한완화를 검토할 수 있다.

2012년 기준으로 도금 착색 및 기타 표면처리강재 제조업, 생물학적 제제 제조업, 동 제련정련 및 합금 제조업, 솜 및 실 염색가공업, 그외 기타 1차철강 제조업, 기타 비철금속 압연압출 및 연신제품 제조업 등 6개 업종은 환경영향 점수가 상대적으로 낮게 산출되어 제조공정상에서 특정수질유해물질을 배출허용기준 이하로 배출된다고 인정하는 경우에 농공단지 입주제한을 해제시킬 수 있는 업종이 된다. 그리고 농공단지가 지속가능한 발전에 기여할 수 있다는 측면에서 특정수질유해물질 배출시설로서 폐수무방류배출시설을 설치하거나 특정수질유해물질을 전량 위탁처리하는 경우에는 농공단지 입주허용을 전향적으로 검토할 필요가 있다. 지방자치단체에서는 농공단지의 지정을 『농공단지의 개발 및 운영에 관한 통합지침』 제9조의 입지선정기준에 근

거하고, 농공단지 입주불가 사업장과 입주후 증설불가한 경우는 『농공단지의 개발 및 운영에 관한 통합 지침』 제36조의 환경성검토 기준에 따랐으나 향후에는 본 연구결과를 농공단지 입주허용 및 입주후 증설을 검토하는데 활용이 필요하다.

그러나 상수원보호구역, 수변구역, 배출시설설치제한구역, 팔당대청호상수원수질보전특별대책지역, 저수지 상류지역에서의 공장설립 제한지역, 지하수를 상수원으로 취수하는 취수시설에서 1km이내인 지역 등에서 폐수배출시설이나 특정수질유해물질의 입구나 증설을 엄격하게 규제해야 되며, 농공단지에 입주제한을 완화할 때 폐수배출량 및 처리된 배출수의 농도, 특정수질유해물질 배출량 및 처리된 배출수의 농도에 대한 지속적이고 철저한 수질관리, 환경모니터링 및 환경규제가 요구된다.

이번 연구에서는 CRS에 의해 농공단지 입주제한 31개 업종의 환경유해성 우선순위를 평가하였으나 PRTR 자료가 일정 규모이상의 사업장을 대상으로 하여 조사되어 농공단지에 집중된 화학물질 배출자료로서의 정확성에 한계가 있었다. 그리고 환경매체별 민감도 분석에서 신속한 확산 및 이동 특성을 갖는 대기 매체의 가중치를 상대적으로 경미하게 산정하여 최종적으로 농공단지 입주제한 31개 업종의 환경유해성 우선순위를 결정하였다. 향후 후속연구에서는 비용이 수반되더라도 정확성 향상을 위해 전국에 산재한 농공단지의 화학물질 배출실태를 직접 조사한 자료를 바탕으로 CRS평가를 진행할 필요가 있다.

인용문헌

김학훈, 이종호. 2013. 개발과 환경, 동화기술, 230-236.

박화성, 김예신, 이동수, 신용승, 최승필, 박성은, 김명현, 양지연, 신동천. 2005. 화학물질 우선순위 선정기법(CRS-Korea)의 개발과 적용, 한국환경독성학회지, 20(2), 109-121.

안윤주, 이우미, 정승우. 2013. 음용 및 비음용 지하수 우선관리 대상 항목 선정기법, 지하수

토양환경, 18(1), 16-25.

최미영. 2003. 인체위해도를 중심으로 한 화학물질의 관리우선순위의 선정기법, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.

최승필. 2004. 유해화학물질 위해도 우선순위 결정기법(CRS-Korea)의 개선과 활용, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.

환경부. 2014. 2012년도 화학물질 배출량 조사결과 세부통계.

환경부. 2013. 2013 환경통계연감.

한국환경영향평가학회. 2014. 환경영향평가, 동화기술, 389-402.

한국환경정책·평가연구원. 2007. 관리지역 및 농공단지의 입지제한 업종 실태조사연구.

References

An YJ, Lee WM, Jeong SW. 2013. Chemical Ranking and Scoring Methodology for the Drinking and Non-drinking Groundwater Pollutants, Journal of Soil & Groundwater Environment, 18(1), 16-25.

Choi MY. 2003. Selection Method of Ranking of Chemical Materials Management Based on Human Risk, Master's Degree Thesis, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University.

Choi SP. 2004. The Improvement and Application of Hazardous Chemicals Risk Ranking and Scoring System(CRS-Korea), Master's Degree Thesis, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University.

Kim HH, Lee JH. 2013. Development and Environment, Donghwa-kisul, 230-236.

Korea Environment Institute. 2007. Research on the Actual Condition of Siting Restricted Industries from Industrial Complex in Rural Area and Management Area.

Korean Ministry of Environment. 2014. Detailed Statistics of Emission Inventory Survey of Chemicals in 2012.

Korean Ministry of Environment. 2013. 2013 Yearly Statistics of Environment.

Korean Society of Environmental Impact Assessment. 2014. Environmental Impact Assessment, Donghwa-kisul, 389-402.

Park HW, Kim YS, Lee DS, Shin YS, Chol SP, Park SE, Kim MH, Yang JY, Shin DC. 2005. Development of Korean Chemical Ranking and Scoring System (CRS-Korea) and its Application to Prioritizing National Toxic Chemicals, *Environmental Health and Toxicology*, 20(2), 109-121.