

생태독성기준 미적용 업종 사업장 배출수 생태독성 수준 평가

김종민[†] · 신기식 · 이수형 · 이정서 · 이택준

국립환경과학원 물환경공학연구과

Evaluation of Effluent Toxicity which were Exempted from Applying of Ecotoxicity Criteria

Jongmin Kim[†] · Kisik Shin · Soohyung Lee · Jungseo Lee · Taekjune Lee

National Institute of Environmental Research, Water Environmental Engineering Research Division
(Received 8 February 2017, Revised 7 March 2017, Accepted 20 March 2017)

Abstract

This paper aimed to evaluate the test results of acute toxicity on effluent samples which were exempted from applying of ecotoxicity criteria. Total 316 effluent samples which were free from controlling of ecotoxicity regulation, were tested. Ratio of effluent samples which were exceeded the ecotoxicity criteria (TU > 1) indicated 23.7%. This ratio was a little bit higher than previous study (22.7%) on effluent samples which were controlled under ecotoxicity criteria. These results mean that our ecotoxicity management system is not appropriate and applying of ecotoxicity criteria to all effluent samples (82 industry categories) were needed in order to improve our ecotoxicity system. In addition, the same numeric criteria (TU 1 or 2) for all industry categories were proposed in consideration of these results. Ratio of effluent samples which exceeded the ecotoxicity criteria (TU > 1) with *D. magna* indicated 23.7%. However *V. fischeri* showed 14.6%. As a acute toxicity test organism, *D. magna* seemed to be more sensitive than *V. fischeri*. Ratio of samples which were exceeded TU 1 with *D. magna* by 24 h exposure period test indicated 35 %, whereas 48 h showed 41%.

Key words : Ecotoxicity criteria, Effluent, *D. magna*, *V. fischeri*

1. Introduction

우리나라에서 시행되고 있는 생태독성제도는 물벼룩을 시험종으로 사용하여 폐수배출수의 급성독성을 측정함으로써 유해여부를 평가하고 있다(NIER, 2014). 이러한 생태독성제도가 최초로 도입되어 시행된 지 벌써 5년 이상 지난 현재 생태독성 배출허용기준 초과율은 당초 약 20% ~ 30% 정도에서 10% 내외로 감소하였고(NIER, 2013a), 생태독성측정기관의 표준독성시험에 의한 정도관리 결과도 대부분 기준(0.9 mg/L ~ 2.1 mg/L)을 충족시키고 있어(NIER, 2015) 물벼룩에 의한 생태독성시험은 어느 정도 안정적인 단계에 도달되어 있는 것으로 판단되고 있다.

생태독성제도 운영의 기본 출발점은 업종별 폐수의 관리부터 시작되는데 이와 관련하여 수질 및 수생태 보전에 관한 법률 시행규칙에 폐수배출시설을 국내 생산품목 중심의 분류체계(표준산업분류코드)를 참고하여 유사업종을 묶어 모든 배출시설을 82개로 분류하고 있다(MOE, 2014). 이

82개의 배출시설 업종 중에서 생태독성도가 높게 나타나며, 다양한 유해화학물질이 많이 포함될 것으로 예상되는 35개 업종만을 대상으로 생태독성기준을 적용하고 있다. 그러나 기존 조사결과(MOE, 2007, 2008, 2009)에서 나타난 바와 같이, 같은 업종에 속해 있더라도 조사대상 개별 사업장의 폐수처리공정, 사용 원료 및 생산품, 폐수처리약품 등에 따라 각기 다른 생태 독성 값을 나타내고 있으므로 업종 분류가 반드시 독성 수준을 의미하지는 않는다.

본 연구는 현재 생태독성기준 적용에 제외되어있는 47개 업종(실제 조사는 사업장의 협조 거부 등으로 46개 업종만 조사)에 해당되는 사업장 배출수의 생태독성 수준을 조사하여 이 결과와 현재 제도적용을 받고 있는 업종(35개)간의 생태독성 수준을 비교, 평가하고 폐수배출시설별 생태독성 발현율, 기준안, 적용업종 확대 방안 등 제도마련에 필요한 정책적 판단 근거를 제공하기 위하여 수행되었다.

2. Materials and Methods

조사대상 사업장은 전국 오염원 조사자료(NIER, 2013b)를 활용하여 전체 82개 폐수배출시설 업종 중 생태독성 기준을 적용받지 않는 47개 업종을 구분하고 동 업종에 해당

[†] To whom correspondence should be addressed.
jytejongm@gmail.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하는 총 146개 사업장 배출수의 생태독성수준(*Daphnia magna* 와 *Vibrio fischeri*), 현장측정항목(염분농도, 전도도, 수온, pH, DO) 및 기타항목(NH₃-N, 경도, 잔류염소, SS)을 조사하였다. 사업장 선정시 가급적 규모가 큰 사업장을 우선적으로 선정코자 하였으나 업종변경, 폐업, 협조거부 등의 사유로 시료 채취가 어려운 경우는 후순위 사업장을 조사하였다. 이 과정에서 47개 폐수배출시설 업종 중 「29) 천연수지 및 나무화합물 제조시설」 업종은 협조거부 등으로 조사가 불가하였다.

총 146개 사업장중 52개 사업장에 대한 조사, 분석은 한국환경공단에서 수행하였고 나머지 94개 사업장은 위탁용역으로 수행하였다. 조사결과에 대한 평가는 이번에 조사한 결과와 2012년 동일한 목적으로 기 수행된 조사결과(NIER, 2012)를 추가하여 총 316개 사업장에 대한 조사결과로 평가하였다. 생태독성기준을 적용하는 35개 업종에 해당하는 사업장 배출수 조사결과는 환경부에서 생태독성제도 도입을 위해 기 수행한 연구결과(MOE, 2009)를 인용하였다.

생태독성기준 미적용 업종에 속하는 사업장 배출수의 독성수준 평가는 분석된 316개 시료의 물벼룩 생태독성자료를 이용하여 TU 1 이하를 나타낸 시료수 및 TU 1, 2, 4, 8을 초과하는 시료수를 산정하고 이 수치를 생태독성기준 적용 35개 업종에 속하는 사업장의 폐수독성수준(MOE, 2009)과 비교하여 생태독성기준을 적용받지 않고 있는 업종에 대해 생태독성기준 적용 여부에 대한 타당성을 검토하였다. 물벼룩 급성독성시험은 시료를 단계별로 5개 농도군으로 희석한 후 각 농도군별로 물벼룩을 넣고 24시간 후 죽었거나 유영저해를 나타내는 개체수를 확인하여 통계 프로그램을 이용, EC₅₀ 값을 산출하였다. 발광박테리아 급성독성시험은 시험관내 5~10 단계로 희석한 시료를 넣고 일정량의 발광박테리아를 주입 후 30분 경과 후 발광량 측정장비(N-TOX)를 이용하여 발광도를 측정하였다. 급성 생태독성 시험에 적용된 시험조건 및 방법은 Table 1과 같다(NIER, 2014; KATS, 2014b). 폐수처리수 중의 염분농도, 전기전도도, pH, 용존산소 농도는 다항목 측정기(Yellow Springs Instrument model 556, OH, USA)를 이용하여 측정하였으며 경도는 경도계(HI 93735, HANNA Instruments), 잔류염소는 잔류염소측정기(HI 93734, HANNA Instruments)를 이용하여 측정하였다. 암모니아는 수질오염공정시험방법의 암모니아성 질소 분석법에 따라 수행하였다(NIER, 2014).

48시간 물벼룩 데이터는 물벼룩으로 시험한 316건의 방류수 시료 중 48시간까지 노출시험이 진행된 결과와 일부 유입수 시료를 포함 총 412건의 시료에 대한 생태독성시험결과를 사용하였다.

3. Results and Discussion

3.1. 미적용 업종 사업장 배출수의 생태독성 수준

생태독성 미적용 업종의 전체 배출시설 수는 34,688개소(2013년 기준)이었으며 급변 조사된 사업장은 316개소로 전체의 약 0.9%에 해당하였다. 이 316개 사업장 배출수 생태독성값 산술평균치는 TU 19.2였으며, 평균 독성값이 TU 1 이상인 업종이 22개 업종(47.8%) 그리고 TU 2 이상이 15개 업종(32.6%)이었다(Table 2). 그러나 중간값으로 평가하면 TU 1 이상은 10개 업종(21.7%), TU 2 이상은 6개 업종(13.0%)으로 뚜렷한 차이를 보이고 있어 동일 업종에 속해있는 사업장이라도 배출수의 생태독성 값은 큰 차이를 나타내는 것으로 사료된다.

이렇게 동일 업종이라도 사업장별로 생태독성 값이 큰 차이를 보이므로 중간값(median)을 기준으로 높은 생태독성값을 나타낸 순서대로 정리하고 이때의 산술평균치와 업종별 조사 사업장 수를 명시하였다(Table 3). 생태독성값은 중간값을 기준으로 하였을 때, 「44) 가공 염 및 정제염제조 시설」 배출수의 독성값이 가장 높았고 이어서 「64) 절연선 및 케이블 제조시설」, 「28) 석탄화합물 제조시설」 순으로 나타났다. 그러나 이 수치는 업종별로 2개 사업장 배출수에 대한 조사결과이므로 각 업종의 독성 수준을 대표한다고 하기에는 무리가 있다. 아울러 중간값으로 보았을 때 독성값의 범위는 TU 0~7.1 정도 수준이었고 생태독성 기준값인 TU 1 이하의 독성값을 나타낸 업종이 38개 업종으로 전체업종의 약 82.6%를 차지하였다(Table 2). 이상의 결과로 볼 때 동일업종이라도 사업장별로 독성값의 차이가 크고, 또한 업종 단위로 보아도 별도의 기준을 설정하여 관리할 만큼 큰 독성값을 나타낸 업종은 극히 적으므로 제도 운영 등 실질적인 측면에서 업종별로 별도의 기준치를 설정하는 것은 적절하지 않은 것으로 판단되었다.

3.2. 생태독성기준 적용 사업장과의 비교

위에서 언급한 바와 같이 업종별 독성값이나 중간값 등

Table 1. Experimental conditions of acute toxicity test with *D. magna* and *V. fischeri*

Test organism	<i>Daphnia magna</i>	<i>Vibrio fischeri</i>
Exposure period	24 hour	30 minute
Test temperature	20 ± 2 (°C)	15 ± 1 (°C)
No. of test organism per each concentration	20	-
No. of repeatability per each concentration	4	4
Age of test organism	less than 24 hour	-
End point	EC ₅₀	EC ₅₀
Photo period	16h : 8h (light : dark)	-
Dilution ratio of sample	100%, 50%, 25%, 12.5%, 6.25%, control	50%, 25%, 12.5%, ... 0.098%, control
Salt correction	-	20 ‰

Table 2. Summary of toxicity test results with *D. magna* on effluent which were exempted from applying of ecotoxicity criteria

Classification by Industry	Number of factories			Toxicity (TU)	
	Total	Sampling	Ratio (%)	Mean	Median
1) Mining of coal and lignite	16	9	56.3	0.6	0.0
2) Mining of Metal Ores	27	2	7.4	1.0	1.0
4) Slaughtering of Livestock, Processing, Preserving of Meat, Seaweeds and Its Products	1,606	9	0.6	0.3	0.0
5) Processing and preserving of Fruit and Vegetables	767	10	1.3	0.2	0.0
6) Manufacture of Vegetable and Animal Oils and Fats	95	8	8.4	0.2	0.0
7) Manufacture of Dairy Products and edible Ice Cakes	146	9	6.2	0.0	0.0
8) Manufacture of Grain Mill Products	182	10	5.5	0.0	0.0
9) Manufacture of Starches and Glucose or Maltose	42	8	19.0	0.0	0.0
10) Manufacture of Livestock Feeds and Prepared Animal Feeds	125	10	8.0	2.3	0.0
11) Manufacture of Sugar	4	3	75.0	0.0	0.0
13) Manufacture of Other Food Products	1,542	11	0.7	0.0	0.0
15) Manufacture of Ice and Non-alcoholic Beverages, Production of Mineral Waters	125	12	9.6	6.8	0.0
16) Manufacture of Tobacco Products	6	3	50.0	0.0	0.0
21) Manufacture of Footwear and Parts of Footwear	14	1	7.1	0.0	0.0
22) Manufacture of Wood and of Products of Wood and Cork	120	6	5.0	0.0	0.0
24) Publishing, Printing, Photographic Processing and Reproduction of Recorded media	1,645	10	0.6	1.5	0.0
25) Manufacture of Coke and Briquettes	2	1	50.0	1.5	1.5
28) Manufacture of Coal Compounds	4	2	50.0	3.1	3.1
32) Manufacture of Industrial Gases	37	8	21.6	1.5	1.0
41) Manufacture of Perfumes and Cosmetics	254	10	3.9	3.3	0.0
42) Manufacture of Wax, Polish and Preparations for Perfuming or Deodorizing Room	13	1	7.7	0.3	0.3
43) Manufacture of Magnetic, optical Medium, Chemical Preparation for Photograph and Sensitized Materials	55	6	10.9	1.5	0.7
44) Manufacture of Processed and Refined Salt	5	2	40.0	7.1	7.1
45) Manufacture of fragrant oil and Its Products	6	1	16.7	0.0	0.0
47) Manufacture of Explosives and Pyrotechnic Products	7	3	42.9	1,851.9	0.0
51) Manufacture of Glass and Glass Products	487	9	1.8	0.2	0.0
52) Manufacture of Ceramic Ware	188	8	4.3	1.3	0.0
53) Manufacture of Cement, Lime and Plaster and Its Products	1,285	9	0.7	0.7	0.0
56) Manufacture of Ferro-Alloys	17	1	5.9	0.0	0.0
61) Manufacture of Other Basic Precious and Non-ferrous Metals	203	6	3.0	4.0	1.4
62) Manufacture of Metal Casting	185	6	3.2	4.1	0.6
64) Manufacture of Insulated Wires and Cables, Including Insulated Code Sets	191	2	1.0	3.2	3.2
65) Manufacture of Primary Cells and Batteries and Accumulators	48	11	22.9	5.9	2.2
66) Manufacture of Electric Lamps and Bulbs	49	5	10.2	2.2	2.0
68) Manufacture of Electronic Video and Audio Equipment	43	6	14.0	0.3	0.3
69) Manufacture of Furniture and Other Products	435	12	2.8	2.1	0.3
70) Fire Power Generation	67	7	10.4	0.1	0.0
71) Water Supply	234	9	3.8	0.0	0.0
72) Bottling of Water	75	7	9.3	0.9	0.0
73) Sale of fishery products	36	12	33.3	3.3	2.8
76) Washing and Dry Cleaning Services	423	6	1.4	3.6	0.7
77) Waste gas·dust, cleaning and condensation facility of industrial facility	1,317	7	0.5	2.5	0.0
78) Water-cleaning facility of industrial Plants	203	13	6.4	1.9	0.0
79) Facility of Physical and Chemical experiment	895	8	0.9	0.4	0.0
81) Repair and cleaning facilities of Transport equipment	19,791	8	0.0	0.2	0.2
82) Others	1671	9	0.5	0.4	0.0
	34,688 ^{*1}	316 ^{*2}	0.9 ^{*3}	19.2 ^{*4}	

*1 Total factories/ *2 Sampling factories/ *3 sampling ratio : (*2 ÷ *1) × 100/ *4 total mean

Table 3. Industry categories, their effluent showed relatively stronger toxicity than others

Classification by Industry	Acute toxicity (TU)		No. of factories
	Mean	Median	
44) Manufacture of Processed and Refined Salt	7.1	7.1	2
64) Manufacture of Insulated Wires and Cables, Including Insulated Code Sets	3.2	3.2	2
28) Manufacture of Coal Compounds	3.1	3.1	2
73) Sale of fishery products	3.3	2.8	12
65) Manufacture of Primary Cells and Batteries and Accumulators	5.9	2.2	11
66) Manufacture of Electric Lamps and Bulbs	2.2	2.0	5
25) Manufacture of Coke and Briquettes	1.5	1.5	1
61) Manufacture of Other Basic Precious and Non-ferrous Metals	4.0	1.4	6
32) Manufacture of Industrial Gases	1.5	1.0	8
2) Mining of Metal Ores	1.0	1.0	2

Table 4. Number and ratio of samples which exceeded the ecotoxicity criteria (TU 1, 2, 4, 8)

	Industry categories regulated by law		Industry categories not regulated by law	
	No. of factories	Proportion (%)	No. of factories	Proportion (%)
Total	291		316	
1 < TU	66	22.7	75	23.7
2 < TU	37	12.7	52	16.5
4 < TU	16	5.5	29	9.2
8 < TU	11	3.8	19	6.0
TU ≤ 1	225	77.3	241	76.3

통계치들은 각 사업장별로 편차가 너무 크고 또한 법에서 정한 기준은 TU 1 또는 2 (TU 4 및 TU 8도 2015년 12월 까지 특정 업종에 한하여 기준으로 설정)로 규정되어있으므로 조사된 데이터의 독성 수준은 기준치인 TU 1 또는 TU 2 등을 초과하는 독성값을 나타낸 사업장의 배출수 시료 개수로 판단하였다.

Table 4는 금번 조사된 생태독성 기준 적용이 제외되어 있는 사업장 배출수 시료의 기준 초과율과 현재 기준을 적용받고 있는 35개 업종의 기준 초과율(MOE, 2009)을 비교하여 정리한 것이다. 이 결과에서 보면 TU 1을 초과하는 독성값을 나타낸 사업장 비율은 기준 적용 업종이 22.7%, 기준 미적용 업종이 23.7%로서 기준을 적용받지 않은 업종에 포함된 사업장 배출수의 생태독성 기준초과율이 오히려 높은 것으로 나타났다. 이런 추세는 TU 2, TU 4, 그리고 TU 8을 초과하는 사업장 비율도 같은 경향을 보였다. 따라서 당초 생태독성이 높을 것으로 우려되어 전체 업종 중 35개 업종에만 생태독성기준을 차별 적용하는 것은 의미가 없는 것으로 판단되며 또한 같은 업종에 속해 있더라도 사업장별로 생태독성값이 큰 차이를 보였던 결과를 감안할 때(Table 2), 현 생태독성제도의 실효성 있는 운영을 위해서는 82개 전 업종으로 생태독성 기준을 확대 적용하는 것이 타당한 것으로 평가되었다. 아울러 기존 35개 기준적용 업종 사업장 배출수의 독성조사결과에 비해 크게 높지 않았던 미적용 업종 배출수의 독성수준(Table 2)과, 생태독성제도 도입 이후 5년 이상 운영하면서 높아진 생태독성제도

에 대한 인식정도를 감안할 때, 현 기준(청정지역 : TU 1 이하/ 가, 나, 특례지역 : TU 2 이하)을 82개 전 업종에 동일하게 적용하는 것이 적절할 것으로 판단되었다.

3.3. 2종의 시험종으로 평가한 생태독성 배출허용기준 초과율 비교

Fig. 1은 생태독성 기준을 적용받지 않는 업종에 속한 316건의 사업장 배출수 시료의 물벼룩(*D. magna*) 및 발광박테리아(*V. fischeri*) 급성독성 시험결과를 순차적으로 나열하여, TU 0.5 구간별로 구분하고 각 해당 구간의 독성값에 해당되는 시료수를 산정하여 도시한 것이다. TU 0.5 이하의 낮은 독성값을 나타낸 사업장 수(시료수)는 물벼룩 229개소, 발광박테리아 249개소로서 전체의 72%~79%를 차지하였다. 또한, TU 1(폐수종말처리시설 방류수 생태독성 기준치)을 초과하는 사업장 비율은 물벼룩 23.7%, 발광박테리아 14.6%로 나타나 물벼룩을 시험종으로 적용한 경우가 발광박테리아보다 좀 더 민감한 것으로 나타났다(Table 5). TU 2, TU 4, 그리고 TU 8 에 대한 초과율도 유사한 경향을 보이고 있으므로 새롭게 시험종을 도입하는 경우 시험종간 차이를 고려한 기준치 설정이 필요하다.

Table 6은 316건의 시료에 대하여 수행한 물벼룩 및 발광박테리아 급성 독성값 시험 결과를 ① 물벼룩이 발광박테리아 독성값보다 큰 경우, ② 물벼룩과 발광박테리아 독성값이 같은 경우, 그리고 ③ 물벼룩보다 발광박테리아 독성값이 큰 경우 3가지로 구분하여 나타낸 것이다.

물벼룩 독성값과 발광박테리아 독성값이 동일한 것으로 조사된 시료 수는 164건으로 전체 시료(316건)의 51.9%를 차지하였으며 물벼룩 독성값이 높았던 시료 비율은 26.6%, 발광박테리아 독성값이 더 높았던 시료비율은 21.5%였다. 발광박테리아와 물벼룩은 독성을 감지하는 능력에서 차이를 보이며(Table 6), 물벼룩은 구리이온에 민감하게 반응하고 발광박테리아는 제초제와 차아염소산나트륨에 민감하게 반응하는 등 유해물질의 종류에 따라 민감도도 다른 것으로 알려져 있다(NIER, 2013a). 또한 생태독성제도를 우리보다 먼저 도입하여 운영하고 있는 선진 외국의 경우 유해물질에 대한 시험종별 민감도의 차이 등을 고려하여 2~3종 이상의 시험종을 엮어서 생태독성을 평가하고 있는 현실을

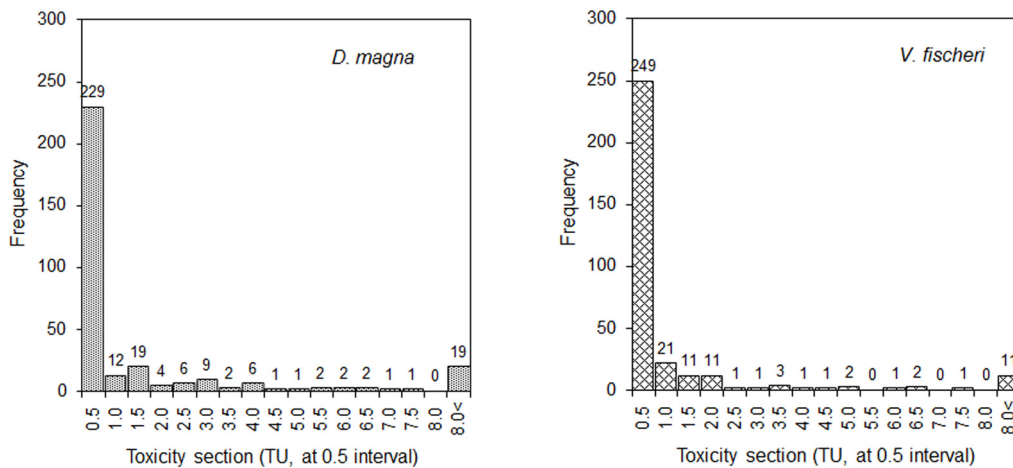


Fig. 1. Number of acute toxicity tested samples which were counted at TU 0.5 intervals. (a) acute toxicity test results with *D. magna* (b) acute toxicity test results with *V. fischeri*

Table 5. Comparison of ratio of samples between two test organisms (*D. magna* and *V. fischeri*) which exceeded the ecotoxicity criteria (TU 1, 2, 4, 8)

	<i>D. magna</i>		<i>V. fischeri</i>	
	No. of samples	Proportion (%)	No. of samples	Proportion (%)
1 < TU	75	23.7	46	14.6
2 < TU	52	16.5	24	7.6
4 < TU	29	9.2	18	5.7
8 < TU	19	6.0	11	3.5
TU ≤ 1	241	76.3	270	85.4

Table 6. Test results and toxicity evaluation of two test organisms (*D. magna* and *V. fischeri*)

	No. of samples	Proportion (%)
Total samples	316	100
<i>D. magna</i> > <i>V. fischeri</i>	84	26.6
<i>D. magna</i> = <i>V. fischeri</i>	164	51.9
<i>D. magna</i> < <i>V. fischeri</i>	68	21.5

고려할 때(OSPAR, 2007; U. S. EPA., 2002), 신규 시험종을 추가하여 생태독성제도를 운영하는 것은 향후 제도의 실효성 증대 차원에서 바람직할 것으로 생각된다.

3.4. 물벼룩 급성독성시험 노출시간에 따른 독성값 비교

물벼룩을 이용한 급성독성 시험조건에서 노출시간은 시험법별로 차이를 보인다. 우리나라 수질오염공정시험기준

(NIER, 2014)에서는 24시간으로 정하고 있으나 KS | ISO 시험법(KATS, 2014a)에서는 24시간 또는 48시간으로 정하고 있다. 또한, US EPA 시험법(U. S. EPA., 2002)에서도 시험목적이나 규제기관의 요구사항에 따라 24시간, 48시간 및 96시간까지 선택할 수 있도록 하고 있다. 반면에 영국 (Environment Agency, 2007) 및 캐나다(Environment Canada, 2000)는 해당 시험법에 48시간으로 정하고 있으며, OECD (OECD, 2004)관련 시험법에서는 48시간을 주 방법으로 하되 24시간은 선택사항으로 가능하도록 명시하고 있다. 이 같은 국제적인 추세를 볼 때 국내 생태독성제도가 도입된 지도 이미 5년 이상 지나 어느 정도 정착단계에 도달하고 있는 것으로 판단되므로 그동안 미루어왔던 48시간 노출시간이 고려된 시험법에 대한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

수집된 데이터는 유입수까지 포함된 총 412건의 물벼룩 급성독성시험 데이터로서 동일 시료에 대하여 24시간 및 48시간동안 노출 후 측정된 자료이다. 현 기준치인 TU 1 초과시료는 24시간 노출 그룹이 144건(초과율 35%), 48시간 노출 그룹이 169건(초과율 41%)이었으며 TU 2 초과시료는 24시간 노출 그룹이 108건(초과율 26.2%), 48시간 노출 그룹이 129건(초과율 31.3%)로서 48시간 노출시험방법을 도입할 경우 24시간의 경우보다 약 5%~6% 정도 초과율이 증가하는 것으로 나타났다(Table 7). 따라서 현 시험법을 개정하여 48시간 노출방법을 적용하는 경우 대략 5%~6% 정도 기준 강화 효과를 나타낼 것으로 사료되었다.

Table 7. Comparison of ratio of samples between two acute toxicity test conditions (24 hr and 48 hour exposure with *D. magna*) which exceeded the effluent limitations

	<i>D. magna</i> 24 hour		<i>D. magna</i> 48 hour		Increment of Proportion [(B) - (A)]
	No. of samples	Proportion (%) (A)	No. of samples	Proportion (%) (B)	
1 < TU	144	35.0	169	41.0	6 %
2 < TU	108	26.2	129	31.3	5.1 %
4 < TU	69	16.7	94	22.8	6.1 %
8 < TU	47	11.4	59	14.3	2.9 %
TU ≤ 1	268	65.0	243	59.0	

4. Conclusion

본 연구는 현재 생태독성기준 적용에 제외되어 있는 폐수배출시설 업종에 해당되는 사업장 배출수의 생태독성 수준을 조사하여 이 결과와 현재 기준 적용을 받고 있는 업종간의 생태독성 수준비교 등 시험결과를 평가하기 위하여 수행되었다.

생태독성기준 미 적용 업종에 해당하는 316개 사업장 배출수에 대하여 생태독성 수준을 조사한 결과, 현 기준인 TU 1 초과 사업장 비율은 기존 적용 업종(22.7%)보다 높게 나타났다(23.7%). 따라서 현 규정처럼 전체 업종 중 35개 업종에만 생태독성기준을 차별 적용하는 것은 의미가 없으므로 82개 전 업종으로 생태독성 기준을 확대 적용하는 것이 적절할 것으로 판단되었다. 동일 시료에 대하여 물벼룩 및 발광박테리아를 시험종으로 생태독성을 평가하였을 때, TU 1 초과율은 물벼룩 23.7%, 발광박테리아 14.6%로 시험종간 차이를 보이므로 각 시험종간 별도의 기준값 설정이 필요할 것으로 생각된다. 노출시간에 따른 독성 수준은 24시간 노출 그룹이 144건(초과율 35%), 48시간 노출 그룹이 169건(초과율 41%)이 TU 1을 초과하였으며, 현 시험법을 개정하여 48시간 노출방법을 적용하는 경우 대략 5~6% 정도 기준 강화 효과를 나타낼 것으로 사료되었다.

References

- Environment Agency. (2007). *The Direct Toxicity Assessment of Aqueous Environmental Samples using the Juvenile Daphnia magna Immobilisation Test*, Methods for the Examination of Waters and Associated Materials.
- Environment Canada. (2000). *Biological Test Method: Reference Method for Determining Acute Lethality of Effluents to Daphnia Magna*, EPS 1/RM/14 Second Edition, Method Development and Application Section, Environmental Technology Center.
- Korean Agency for Technology and Standards (KATS). (2014a). *Water Quality - Determination of the Inhibition of the mobility of Daphnia magna Struss (Cladocera Crustacea) - Acute Toxicity Test*, KS_ISO 6341:2014. [Korean Literature]
- Korean Agency for Technology and Standards (KATS). (2014b). *Water Quality - Determination of the Inhibitory Effect of Water Samples on the Light Emission of Vibrio fischeri (Luminescent Bacteria Test)*, KS_ISO 11348-3:2014. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2007). *A Study on Ecotoxicity Source Tracking of Industrial Waste Water (I)*, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2008). *A Study on Ecotoxicity Source Tracking of Industrial Waste Water (II)*, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2009). *A Study on Ecotoxicity Source Tracking of Industrial Waste Water (III)*, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2014). *Water Quality and Aquatic Ecosystem Conservation Act*, Ministry of Environment, [Attached Table 4] Waste Water Effluent Facilities(Section 6). [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2012). *Evaluation Regarding Results of Acute Toxicity on Effluent Which Were Exempted from Applying of Effluent Limitations*, National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2013a). *A Study for Proposal of New Acute Toxicity Test Organism (I)*, National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2014). *Standard Method for Water Pollutants ES 04704.1, -Acute Toxicity Testing with Daphnia magna- / ES 04355.1 Ammonium Nitrogen*, National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER), (2015). *Collected Data from Water Environmental Engineering Research Division*, National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2013b). *Water Emission Management System (WEMS)*, <https://wems.nier.go.kr> (accessed Feb. 2016)
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2004). *Guideline for Testing of Chemicals, Daphnia sp. Acute Immobilisation Test*, Organization for Economic Cooperation and Development.
- The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR). (2007). *Practical Guidance Document on Whole Effluent Assessment*, OSPAR Commission.
- United States Environmental Protection Agency (U. S. EPA). (2002). *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*. Fifth Edition, Office of Water, Washington, D.C. EPA 821-R-02-012, United States Environmental Protection Agency.