ISSN(Print): 1225-7672 / ISSN(Online): 2287-822X
DOI https://doi.org/10.11001/jksww.2021.35.3.187

통합 환경 관리를 위한 수질 환경의 질 목표 수준 설정 방법에 관한 연구

A study on the method of setting the water quality target level for integrated environmental management

황현정 · 간종범 · 서지혜 · 이선경 · 김영란*
Hyeon-Jeong Hwang · Jong-Beom Khan · Ji Hye Seo · Sunkyung Lee · Young-Lan Kim*

국립환경과학원 환경자원연구부 자연환경연구과 통합환경관리연구팀
Integrated Environmental Permit Research Team, Natural Environment Research Division, National Institute of Environmental Research

ABSTRACT

When evaluating the extent of the impact of water pollutants on the surrounding area, we would like to present the target level (proposal) of the quality of the environment, which is the standard for evaluation. We propose the environmental quality target level for substances that need to be applied domestically by investigating overseas cases operating the integrated environmental management system and the implications of domestic environmental pollutant management. The appropriateness of the environmental quality target level reviewed in this study was determined using data from the water quality measuring network, and future improvement measures were proposed. We review the available methodologies for setting quality objectives for the environment. It proposed the environmental quality target level for 21 substances that have domestic water pollutant emission standards and do not have environmental standards, and

Received 16 March 2021, revised 20 May 2021, accepted 24 May 2021.
*Corresponding author: Young-Lan Kim (E-mail: ylkim0@korea.kr)

• 황현정 (전문연구원) / Hyeon-Jeong Hwang (Research Fellow)
인천광역시 서구 환경로 42, 22689
42, Hwangyeong-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Republic of Korea

• 간종범 (전문연구원) / Jong-Beom Khan (Research Fellow)
인천광역시 서구 환경로 42, 22689
42, Hwangyeong-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Republic of Korea

• 서지혜 (전문연구원) / Ji Hye Seo (Research Fellow)
인천광역시 서구 환경로 42, 22689
42, Hwangyeong-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Republic of Korea

• 이선경 (전문연구원) / Sunkyung Lee (Research Fellow)
인천광역시 서구 환경로 42, 22689
42, Hwangyeong-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Republic of Korea

• 김영란 (연구관) / Young-Lan Kim (Senior Researcher)
인천광역시 서구 환경로 42, 22689
42, Hwangyeong-ro, Seo-gu, Incheon 22689, Republic of Korea

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.

proposed future improvement measures. If it is necessary to add quality target-level items of the environment in the future, it is believed that expansion will be possible based on the methodology presented in this study.

Key words: Evaluation criteria, Integrated environmental management, Target level of environmental quality, Water pollutants, Water quality management

주제어: 평가기준, 통합환경관리, 환경의 질 목표수준, 수질오염물질, 수질관리

1. 서 론

환경분야에서의 비용은 불확실성을 담보로 시작된다. 그렇기 때문에 투자라는 개념보다는 줄여야 하는 비용으로 사업체에서 인식하고 있다. 이러한 인식은 선진화되어가는 우리나라 경제 추세와는 역행함으로써 고도화되고 다변화되고 있는 환경기술을 뒷받침하기에는 장애요인으로 자리 잡고 있는게 사실이다.

이를 개선하고자 환경부에서는 과학 기술의 진보를 반영하는 개방형 환경규제체계로 전환을 도모하고자 「환경오염시설의 통합관리에 관한 법률」(이하 '환경오염시설법')을 시행('17.1.1)하고 있다. 이는 효율적인 환경개선을 담보하고 산업 경쟁력을 강화시켜 환경산업 혁신 창출에 기여할 것으로 기대되며 해당 법률에 따라 통합허가를 받는 사업장은 개별법 10개 인·허가를 일괄적인 통합환경관리계획서를 통해 진행하는 방식으로 허가가 진행된다.

배출시설 허가와 기본적 절차는 기존 매체법과 큰 차이는 없지만 다른 점이 있다면 전문기관의 기술검토, 현장 검증 및 배출영향분석을 통해 사업지 맞춤형으로 허가를 진행한다는 것이다. 환경오염시설법 제5조와 동법 제6조에 따라 배출시설 설치 시 오염물질이 주변 환경에 미치는 영향을 평가하는 배출영향분석을 의무화하고, 제 8조에 따라 그 결과를 반영하여 허가 배출기준 설정 및 허가 여부를 결정한다. 법에서 환경부 장관은 허가 배출기준을 설정할 때 환경정책기본법에 따른 환경기준, 지역 환경기준 및 지역목표, 주변 환경의 오염현황 및 수계 이용 현황들을 고려하여 허가 배출기준을 설정하도록 하고 있다 (MOE, 2021a). 특히 배출허용기준은 있으나 환경기준이 없는 오염물질의 경우는 별도의 평가 기준을 마련해야만 제도 이행이 가능할 수 있다. 따라서 통합허가를 받고자하는 사업자는 배출시설에서 발생하는 오염물질이 주변 환경에 미치는 영향을 조사·분석해야 하므로 배출영향분석에서 평가 기준이 되는 '환경의 질 목표 수준'이 어떻게 설정되었는가에 대한 관심 또한 대두되고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 배출영향분석 시 오염 정도를 판단하기 위한 기준으로 사용하는 수질분야에서의 환경의 질 목표 수준(안)을 추가로 제안하고자 기존 방법론을 검토하였고, 환경의 질 목표 수준(안)의 향후 개선방안을 제시하고자 한다. 제안된 환경의 질 목표 수준을 토대로 기술적, 경제적으로 가능한 오염물질 배출 수준의 검토가 가능하며 궁극적으로는 사업장별로 입지에 따른 맞춤형 허가 배출기준을 설정할 수 있게 될 것으로 기대된다.

2. 연구방법 혹은 재료 및 실험방법

각 수질 관련 법령에 따른 배출 오염물질의 오염현황 및 관리 수준과 사업장 배출 오염물질의 위해도 평가를 위한 국내 배출 오염물질 관리 수준 및 운영실태 등을 파악하고자 국내 「물환경보전법」, 지하수법, 「먹는 물 관리법」에서 정의되는 배출 오염물질을 조사하였다. 그리고 통합환경관리제도를 운영중인 영국, 독일 등의 사업장 배출 오염물질 평가를 위한 기준의 설정 현황 등의 조사·분석과 아울러, 국내 환경오염시설 배출 오염물질 관리에 대한 시사점을 도출하였다. 시사점 도출을 위해 해외 사례를 국내 여건에 적용할 수 있는 환경의 질 목표 수준 설정 방법을 검토하였다. 검토한 방법론에 의해 국내 적용이 필요한 물질들의 환경의 질 목표 수준(안)을 제안하고, 제안한 값의 적정성 판단과 향후 개선방안을 제시하기 위해 국가 수질측정망 자료를 이용하였다.

3. 결과

3.1 국내 사례 조사 결과

국내 수질관리를 위해 관리되고 있는 대상 항목과 기준을 Table 1에 나타내었다. 국내에서는 수질 관리

pp. 187-196
pp. 197-204
pp. 205-225
pp. 227-235
pp. 237-246

기준 마련 시 하천, 호소, 지하수, 해역 등 수역에 따라 구분하며, 사람의 건강 보호 또는 생활환경 정도와 같은 인체 위해성 등을 고려하도록 되어 있다. 해역의 경우는 인체 위해성뿐만 아니라 생태계 보호를 위한 정도의 수준까지 고려하고, 지하수는 생활용수, 농어업 용수, 공업용수로 구분하여 관리하고 있다 (MOE, 2020a). 지하수를 음용수로 이용하는 경우 「먹는물 관리법」의 먹는 물 수질기준에 따라 미생물에 관한 기준, 건강상 유해영향 유·무기물질에 관한 기준, 소독제 및 소독부산물질에 관한 기준, 심미적 영향물질에 관한 기준 등 59개 항목에 대하여 기준 농도를 마련하고 있으며(MOE, 2021c), 「수도법」 위생안전기준에 따라 카드뮴, 수은 등 44개 항목에 대한 기준 농도를 제시하고 있다 (MOE, 2020b).

배출허용기준의 경우는 「물환경보전법」에 의해서 청정지역, 가지역, 나지역, 특례지역 등 4개의 지역으로 나누어 생물화학적 산소요구량, 총유기탄소량, 페놀, 시안, 6가크롬 등 폐수배출시설에서 배출되는 57종의 수질오염물질의 배출허용기준이 마련되어 있다 (MOE, 2021c).

Table 1. Analysis of various environmental standards for water quality management

Water	Applicable target	Pollutants	Management standards
River	Human health protection standards	Cd, As, CN, Hg, Organophosphorus, PCBs, Pb, Cr^{6+}, ABS, CCl_4, 1,1-Dichloroethane, PEC, Dichloromethane, Benzene, Chloroform, DEHP, Sb, 1,4-Dioxane, Formaldehyde, HCB	Standard concentration
	Living environmental standards	pH, BOD, COD, TOC, SS, DO, TP, Total Coliform, Fecal Coliform	
Lake	Human health protection standards	Cd, As, CN, Hg, Organophosphorus, PCBs, Pb, Cr^{6+}, ABS, CCl_4, 1,1-Dichloroethane, PEC, Dichloromethane, Benzene, Chloroform, DEHP, Sb, 1,4-Dioxane, Formaldehyde, HCB	
	Living environmental standards	pH, COD, TOC, SS, DO, TN, TP, Chl-a, Total Coliform, Fecal Coliform	
Sea area	Living environmental standards	pH, Total Coliform, Pesticides-Liquid Extraction	Standard concentration
	Water quality index for sea water	Chl-a, DO, DIN, DIP, SD	Water quality index (I:Very good, II: Good, III: Normal, IV: Bad, V: Very bad)
	Marine ecosystem protection standards	Cu, Pb, Zn, As, Cd, Cr^{6+}	Long/Short-Term (Annual Average, One-Time Observation) Criteria
	Human health protection standards	Cr^{6+}, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, PCB, Diazinon, Parathion, Malathion, 1,1,1-Trichloroethane, PEC, TCE, Dichloromethane, Benzene, Phenol, ABS	Standard concentration
Underground water	Domestic water	pH, Total Coliform, NO_3-N, Cl^-, Bacteria, Cd, As, CN, Hg, Phenol, Pb, Cr^{6+}, TCE, PCE, 1,1,1-Trichloroethane, Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene	
	Agricultural water, Industrial water	pH, Total Coliform, NO_3-N, Cl^-, Cd, As, CN, Hg, Phenol, Pb, Cr^{6+}, TCE, PCE, 1,1,1-Trichloroethane	

3.2 대상 항목 선정

환경오염시설법에서 허가 배출기준을 설정할 때 배출허용기준이 존재하는 물질들은 배출영향분석을 수행하여 환경에 미치는 영향이 미미한 범위 내에서 허가 배출기준을 설정한다. 이때 평가 기준이 되는 목표값이 필요하여 수질오염물질의 환경의 질 목표 수준(안)을 추가 제안하기 위한 대상항목 선정의 적절성을 검토하였다. 「물환경보전법」, 「지하수법」, 「먹는 물 관리법」에서 정의하고 있는 오염물질 중 관리 기준이 존재하는 물질에 대해 조사하였다. 「물환경보전법」 제32조제1항에 따른 수질오염물질의 배출허용기준은 57개(MOE, 2021c), 「지하수법」 제20조제2항에 따른 지하수의 수질기준이 제시된 물질은 20개였으며(MOE, 2020c), 「먹는물관리법」 제5조제4항에 따라 먹는 물 수질기준이 제시된 항목은 37개로 조사되었다 (MOE, 2021b).

본 연구에서 제안하고자 하는 환경의 질 목표 수준은 환경기준(Environmental Quality Standards, EQS), 법적 한계치(Statutory limit value), 목표치(Target value), 목표(Objectives) 및 영국에서 환경기준이 없는 오염물질에 대해 배출영향분석(H1) 시 활용되는 인체에 영향을 끼치지 않는 수준을 일컫는 환경영향평가 수준(Environmental Assessment Level, EAL) 값 등을 모두 포함한 개념으로 일정한 환경질을 유지하기 위한 수질오염물질(항목)의 목표 수준으로 정의하고자 하였다.

3.3 기존 방법론 검토

배출허용기준이 존재하는 물질 중 환경기준이 없는 물질들의 목표 수준(안)을 도출하기 위해 배출영향 분석 시 오염 영향의 판단 기준 값과 기준 설정 관련 지침 등을 조사하여 참고하였다. 배출 오염물질의 환경질 목표 수준 설정 시 배출영향분석에 사용되는 환경질 목표 설정 방법을 고려하기 위하여 통합환경관리제도를 실시하고 있는 영국의 배출영향평가 시스템인 H1 가이드라인과 독일의 이미시온 방지법(BlmSchG)에 따른 이미시온 기준치와 수질환경기준(Water Resource Management in German Part2 Water Quality)등을 참고하여 환경질 관리 시 사용되는 기준값 설정 방법에 대해서도 살펴보았다 (Environment Agency, 2014). 다음 Fig. 1에는 목표 수준(안) 채택 절차 흐름을 나타내었고, Table 2은 위에서 살펴본 채택 절차도에 따라 설정 가능한 항목을 정리한 내용이다 (NIER, 2014).

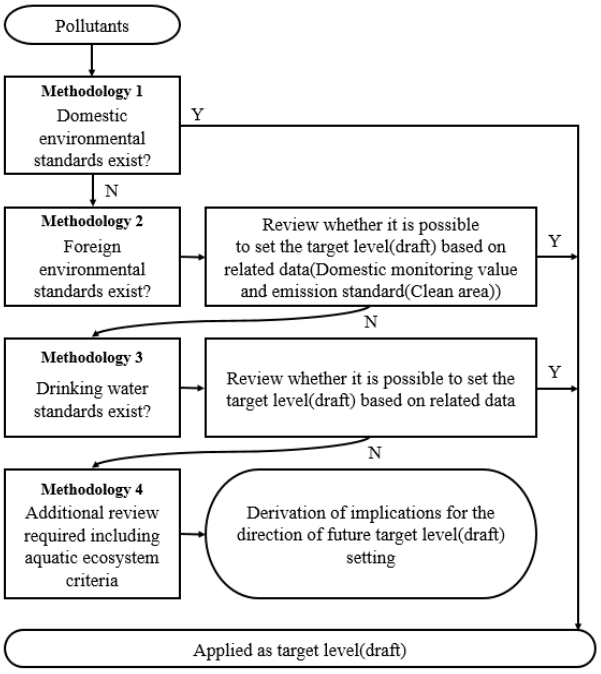

Fig. 1. System of implementation of methodology for setting target level of environmental quality.

(1) 방법론 1 : 국내 환경기준이 존재하는 경우

「물환경보전법」에서 배출허용기준이 제시되어 있는 항목 중 「환경정책기본법」에 따라 환경기준이 있는 물질은 규제 기준을 그대로 환경의 질 목표 수준으로 적용하였다. 이에 해당하는 물질은 Table 2와 같이 BOD 외 16개의 오염물질이 해당되었다. 이 기준을 그대로 차용한 이유는 '환경기준'이란 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 국가가 달성하고 유지하는 것이 바람직한 환경상의 조건 또는 질적인 수준(환경정책기본법 제3조)을 말하며, 환경정책기본법에 의거한 수질 관련 기준이기 때문이다 (MOE, 2020a).

(2) 방법론 2 : 국내 환경기준은 부재하나 국외 목표수준이 존재하는 경우

배출영향 분석 시 국외 목표 수준을 국내 환경의 질 목표 수준(안)으로 적용 가능한지 검토하였다. 특정 물질에 대해 다수의 국외 목표 수준 값이 존재하는 경우 사람의 건강보호라는 기본적 원칙이 국외와 국내가 동일하다는 특징이 존재하여 영국(H1 Annex 상 목표 수준 등)의 기준값을 우선적으로 고려하였고 그 외로는 독일, 미국 등 선진국과 국제기구 기준값을 참고하였다. 우선 허가 배출기준 산정 방식을 영국의 H1 AnnexD을 적용

pp. 187-196
pp. 197-204
pp. 205-225
pp. 227-235
pp. 237-246

Table 2. Pollutants established according to methodology

Category	Pollutants
Methodology 1	BOD, COD, TOC, SS, pH, CN, Cd, Pb, Hg, Organophosphorus, As, Cr^{6+}, PCB, PCE, ABS, Benzene, Dichloromethane, CCl_4, 1,2-Dichloroethane, Chloroform, 1,4-Dioxane, DEHP, Formaldehyde, Sb, TP, Total Coliform
Methodology 2	Phenols, Phenol, Pentachlorophenol, Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, F, TCE, Se, 1,1-Dichloroethylene, Ni, Ba, Vinylchloride, AN, Br, Naphthalene, Epichlorohydrin, Toluene, Xylene, TN
Methodology 3	-
Methodology 4	Perchlorate, Acrylamide, styrene, Bis(2-ethylhexyl)adipate, Sn, n-Hexane, TU, Color, Temperature

하여 제도가 설계되었기 때문에 평가 기준이 부재한 항목 중에서 다수를 H1 AnnexD에서 제시한 값을 차용한 것으로 판단된다. 이렇게 산정된 물질은 Table 2와 같이 페놀 외 22개의 오염물질이 해당되었다.

3.4 국외 사례 조사 결과

국외 사례로는 국가별 배출영향평가 관련 배출 오염물질 수준 및 관리 사례, 통합환경관리제도 운영 국가의 환경 허가 및 배출영향분석 시 사용되는 환경기준, 관리기준 등에 대한 조사 및 EU 국제기구(WHO, UN 등)의 환경기준 설정 현황을 조사하여 Table 3에 나타내었고, 국내에서 사용되는 환경기준과 비교 분석하였다.

이러한 기준에 따라 환경정책기본법에 따른 사람의 건강보호 기준, 생활환경기준에 대해 영국의 환경기준과 H1의 water emission inventory, 독일 수질환경기준, WHO 먹는 물 기준 및 미국 연방 및 주 환경기준이 있는 54개 항목의 기준을 조사하였다. 영국에서 지표수 수질 관리를 위한 주요 오염물질 대상 기준으로 priority substance standards가 있으며 이를 만족하면 관련법(the Water Framework Directive (WFD)) 하에서 'good chemical status'를 유지하는 것으로 규정된다. 지표수의 생태학적 상태에 대한 환경질은 WFD 부속서 5의 1.2.6에 규정된 EU 화학물질 평가에 기반하여

Table 3. Environmental quality target level (proposal)

No	Pollutants	Environmental quality target level (proposal) (mg/L)	Direct application rationale			Reference basis for determining appropriateness	
			Limit of determination (mg/L)	Emission standards (Clean area) (mg/L)	Drinking water standards (mg/L)	Foreign standards (mg/L)	Domestic monitoring values (mg/L)
1	Zn	0.1	0.002	1	3	UK : 0.008-0.125 Germany : 0.8 USA : 0.120	0.0035
2	Phenols	0.1	0.007	1	0.005	UK : 0.0077 USA : 4	0.0021
3	Phenol	0.01	0.005	0.1	0.005	UK : 0.0077 USA : 4	-
4	Ba	0.1	0.003	1.0	-	USA : 1 WHO : 0.7	0.0495
5	Xylene	0.5	0.005	0.5	0.5	UK : 0.03 WHO : 0.5	0.0024
6	Mn	1	0.002	2	0.3	USA : 0.05	0.0053
7	Toluene	0.7	0.005	0.7	0.7	UK : 0.05 Germany : 0.01 USA : 0.057 WHO : 0.7	0.0005

Table 3. Continued

No	Pollutants	Environmental quality target level (proposal) (mg/L)	Direct application rationale			Reference basis for determining appropriateness	
			Limit of determination (mg/L)	Emission standards (Clean area) (mg/L)	Drinking water standards (mg/L)	Foreign standards (mg/L)	Domestic monitoring values (mg/L)
8	F	1.5	0.1	3	1.5	UK : 1-5 USA : 0.05 WHO : 1.5	0.093
9	1,1-Dichloro ethylene	0.03	0.005	0.03	0.03	Germany : 0.01 USA : 0.3	0.0009
10	Se	0.04	0.03	0.1	0.01	Germany : 0.003 USA : 0.005 WHO : 0.04	0.0026
11	Pentachloro phenol	0.001	-	0.001	-	UK : 0.0004 Germany : 0.0004 USA : 0.00003	-
12	Vinyl chloride	0.01	0.005	0.01	-	Germany : 0.002 USA : 0.000022 WHO : 0.00003	-
13	Br	0.03	0.005	0.03	-	USA : 0.007	0.0023
14	Naphthalene	0.05	0.003	0.05	-	UK : 0.0012-0.0024	-
15	AN	0.01	0.005	0.01	-	USA : 0.000061	0.0025
16	Epichloro hydrin	0.03	0.003	0.03	-	Germany : 0.01 WHO : 0.0004	-
17	TCE	0.06	0.005	0.06	0.03	UK : 0.01 Germany : 0.01 USA : 0.0006	0.0007
18	Cr	0.05	0.007	0.5	0.05	UK : 0.0047 Germany : 0.64 USA : 0.04 WHO : 0.05	0.0055
19	Ni	0.02	0.015	0.1	-	UK : 0.02 USA : 0.052 WHO : 0.07	0.0061
20	Cu	0.1	0.006	1	1	UK : 0.16 USA : 1.3	0.0043
21	Fe	1	0.007	2	0.3	UK : 1 USA : 1	0.0227

정의된다. 환경질을 계산하기 위해서는 물질의 영향에 관한 장기 시험을 각 먹이사슬 단계인 조류, 갑각류, 어류에 대해 수행하며, 가장 민감한 값을 선택하여 이를 보정 계수로 나누어 사용한다. 바다에 대한 환경 질은 해양 생물을 대상으로 한 시험 값을 사용한다 (Environment Agency, 2014). 독일의 지표수 수질 관리를 위한 기준으로는 지표수 보호법(Verordnung zum Schutz der Oberfläachengewäasser, OgewV)이 있다. OgewV 부록 5에는 생태학적 상태에 따라 결정된 주요 오염물질의 환경질(EQS) 기준을 정해놓고 있다 (Arle et al., 2010).

3.5 환경의 질 목표수준(안)

기존 방법론에 따라 설정 방법을 검토해보니 실제적으로 수질 배출허용기준이 있는 항목은 57개이나 현재 배출영향분석이 가능한 항목은 45개로, 12개 항목에 대한 차이가 존재하였다. 이 중 온도, 노말헥산추출물질(광유류 및 동식물유지류), 생태독성물질 및 색도 등의

pp. 187-196
pp. 197-204
pp. 205-225
pp. 227-235
pp. 237-246

물질은 수계의 서식 동식물과 수질 조성 등 현지 여건에 따라 환경에 미치는 영향의 변동성이 크다. 이에 해외 사례의 적용 및 하나의 대표 기준을 설정하기 어려우므로 지역적 특성을 고려하여 설정되어야 할 항목을 제외하더라도 최소한 6개 항목에 대한 환경의 질 목표 수준은 설정되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 검토한 방법론을 토대로 배출허용기준이 존재하면서 환경기준이 없는 물질들의 환경의 질 목표 수준(안)을 Table 3과 같이 제안하였다. 직접적 적용 근거로 국내에 존재하는 정량한계(NIER, 2021), 배출허용 기준(청정지역)(MOE, 2021c), 먹는 물 기준(MOE, 2021b)을 참고하여 환경의 질 목표 수준(안)을 도출하였다. 또한, 적절성 판단을 위해 참고한 근거로는 국외 기준(Arle et al., 2010; Environment Agency, 2014; United States Environmental Protection Agency, 2021; World Health Organization, 2014)과 국내 모니터링 값(Water Environment Information System, 2021), 측정망의 유무에 따라 판단하였다.

3.6 수질측정망을 활용한 비교

본 연구에서 제시한 목표 수준(안)의 적정성을 판단하기 위하여 수질측정망 자료를 이용하였다 (MOE, 2021d). 환경기준과 배출허용기준이 존재하는 물질 중 국내 측정망에서 측정되는 물질들을 조사하였고, 측정소와 배출 업소의 해당 지역 범위 검토 사례로 국내 용수 이용량이 가장 많은 낙동강 권역 내 위치를 조사하였다.

배출허용기준이 존재하는 수질오염물질 중 국내 측정망에서 측정되는 물질과 측정되지 않은 물질들을 Table 4에 나타내었다. 국내 측정망에서 관리되며 환경기준이 존재하는 물질들은 생물화학적산소요구량 외 25개로 조사되었다. 반면, 국내 측정망에서 관리되며 환경기준이 존재하지 않는 물질들은 크롬 함유량 외 15개로 조사되었고, 측정망에서 관리되지 않으며 환경기준이 존재하지 않는 물질들은 페놀 외 15개로 조사되었다.

수질관련 측정망 및 통합허가 대상인 1, 2종 배출업소의 지역적 분포 현황을 Fig. 2에 나타내었다.

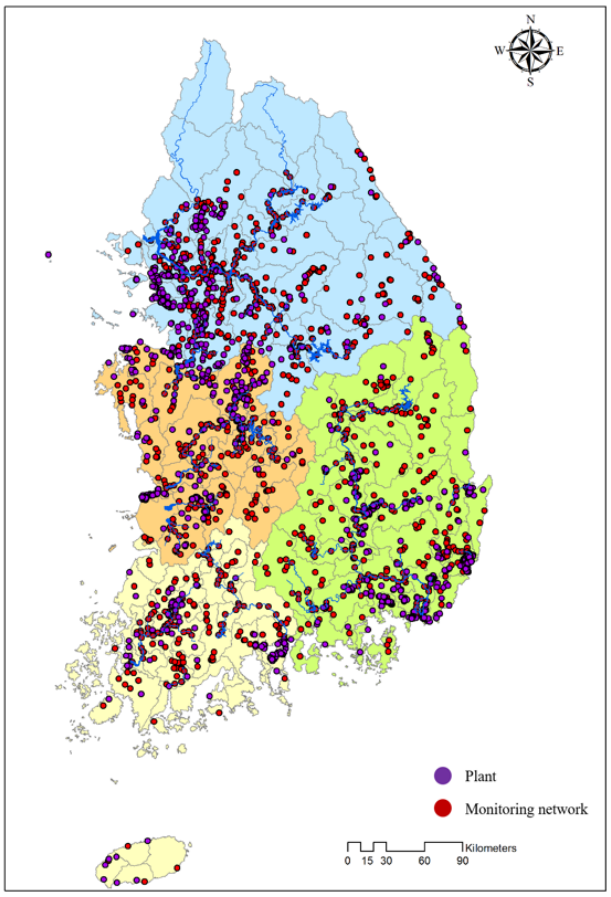

Fig. 2. Status of regional distribution of workplaces subject to intergrated permit and measurement network in the four big river basin.

Table 4. Presence of domestic measuring network according to environmental standards and emission acceptance standards

	Domestic measuring network exist	Absence of domestic meauring network
Environmental standards exist	BOD, COD, TOC, SS, pH, CN, Cd, Hg, Organophosphorus, As, Pb, Cr^{6+}, PCB, Total Coliform, TP, PCE, ABS, Benzene, Dichloromethane, CCl4, 1,2-Dichloroethane, Chloroform, 1,4-Dioxane, DEHP, Formaldehyde, Sb	-
Absence of environmental standards	Phenols, Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, F, TN, TCE, Se, 1,1-Dichloroethylene, Ni, Ba, n-Hexane, Color, Temperature	Phenol, Pentachlorophenol, Vinylchloride, AN, Bromoform, Naphthalene, Epichlorohydrin, Toluene, Xylene, Perchlorate, Acrylamide, Styrene, Bis(2-ethylhexyl)adipate, Sn, TU

Table 5. Monitoring values of the Nakdong River Basin water quality monitoring network between 2014 and 2020

Pollutants	Average (mg/L)	Maximum (mg/L)	Minimum (mg/L)	Standard deviation
BOD	1.4718	4.5044	0.3499	0.7445
SS	6.8311	96.9907	0.3733	11.5483
T-N	2.5857	8.4611	0.5469	0.8783
T-P	0.0402	0.3027	0.0094	0.0325
TOC	2.7204	9.0649	0.8109	0.9977
Cd	0.002	0.0043	0.0017	0.0001
HCN	0.01	0.0102	0.009	0
Pb	0.0398	0.0413	0.0288	0.0004
Cr^{6+}	0.0099	0.01	0.0063	0.0001
As	0.005	0.0058	0.0027	0.0001
Hg	0.0005	0.0011	0.0005	0
Cu	0.0043	0.0163	0.004	0.0003
Zn	0.0035	0.1481	0.001	0.0033
Cr	0.0055	0.018	0.005	0.0003
Ni	0.0061	0.1278	0.0046	0.001
Ba	0.0495	0.0833	0.0269	0.0012
Se	0.0026	0.0035	0.0025	0
F	0.0932	1.8077	0.075	0.0157
Mn	0.0053	0.2178	0.0025	0.0032
Fe	0.0227	0.5312	0.015	0.103
ABS	0.0206	0.0759	0.018	0.0017
TCE	0.0007	0.0034	0.0005	0
PCE	0.0007	0.001	0.0005	0
CCl_4	0.0007	0.001	0.0005	0
1,2-Dichloroethane	0.0007	0.01	0.0005	0
Dichloromethane	0.0007	0.0101	0.0005	0.0001
Benzene	0.0007	0.001	0.0005	0
PCB	0.0003	0.0005	0.0003	0
Organophosphorus	0.0003	0.0005	0.0003	0
Sb	0.0193	0.0225	0.007	0.0012
Chloroform	0.0007	0.004	0.0005	0
DEHP	0.0015	0.0025	0.0013	0
1,4-Dioxane	0.0007	0.0057	0.0005	0
Formaldehyde	0.0107	0.0165	0.0085	0
Phenols	0.0021	0.0021	0.0021	0
1,1-Dichloroethylene	0.0009	0.0009	0.0009	0
COD	4.5906	11.332	1.4	1.5048

측정소와 배출 업소의 해당 지역 범위 검토 사례로 낙동강 권역 내 위치를 조사하여 Fig. 3.에 나타내었고, 낙동강 권역 배출시설 주변 반경 1, 5, 10 km 이내에 활용 가능한 측정망 자료를 검토하였다. 그 결과, 최소 배출시설 반경 10 km 이내에서 측정망 자료 수집이 가능한 것을 다음 그림을 통해 알 수 있었다.

하지만 권역을 10 km 이상 넓힐수록 포함되는 측정망은 증가하나 실제 활용 가능한 측정망 간 중복 및 실제 해당 오염물질의 영향권 내에 측정망이 존재하는지에 대한 고려는 필요하다.

낙동강 권역의 2014~2020년 수질 측정망 모니터링 평균값은 Table 3에 나타내었고, 평균, 최대값, 최소값,

pp. 187-196
pp. 197-204
pp. 205-225
pp. 227-235
pp. 237-246

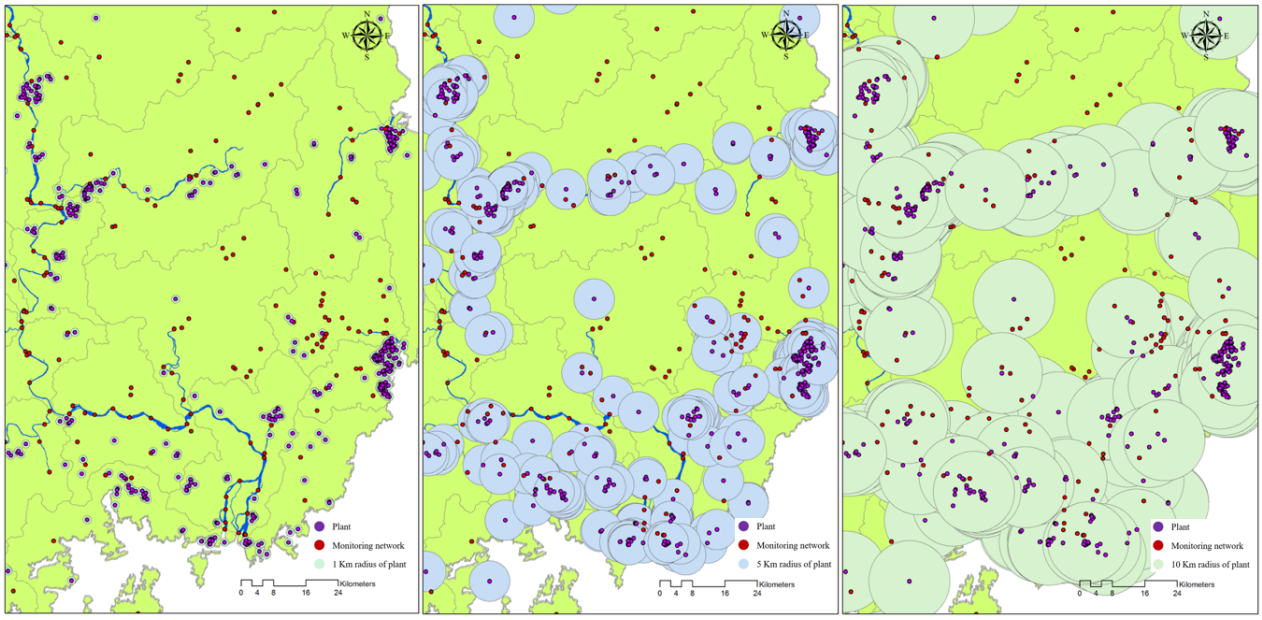

Fig. 3. Measurement network within the radius of the Nakdong River Basin emission workplaces.

표준편차는 Table 5에 나타내었다. 본 연구에서 제안한 환경의 질 목표 수준(안)과 비교하였을 때 국내 기술로 측정분석이 가능한 수준임을 확인하였다.

3.7 개선방안

국내에서 운영 중인 측정망 자료와 배출허용기준이 제시된 항목을 비교했을 때, 배출영향분석을 수행하지 않는 물질은 pH, 온도, 색도, 총 대장균군, 노말헥산 추출 물질로 나타났다. 노말헥산 추출 물질의 경우 측정망 자료에 포함되어 관리되고 있으므로, 향후 배출영향분석 항목에 추가해서 관리해야 할 것으로 판단된다.

또한, 배출허용기준이 제시된 물질 중 측정망에서 관리하지 않고, 배출영향분석을 수행하지 않는 물질은 TU, 퍼클로레이트, 아크릴아미드, 스티렌, 비스(2-에틸헥실)아디페이트, 주석으로 나타났으며, 이 물질들은 향후 수계에 미치는 영향을 정확히 파악하기 위해 환경의 질 목표 수준을 설정하여, 배출영향분석을 수행해야 할 것으로 판단된다.

현재 물환경보전법에서 수질오염물질로 정의하는 항목은 59개이다. 이 중 57개 항목에 대해 배출허용기준이 설정되어 있는데, 법이 시행되었을 때의 17개 항목에서 현재 40개 항목이 증가되었다. 수질오염물질에 비해 배출허용기준은 더 세부적으로 항목을 분류하여 관리하므로 향후에는 더 많은 항목들의 배출허용기준이 설정될 것이다. 새롭게 설정된 배출허용기준 항목에 대한 더 정확한 관리를 위해 환경의 질 목표 수준 설정 방법론 마련이 필요하다.

4. 결 론

본 연구에서는 배출되는 오염물질이 환경에 미치는 영향을 분석할 때 평가 기준으로 활용하기 위한 환경의 질 목표 수준(안)을 제안하기 위해 여러 「환경법」에서 정의되고 있는 오염물질을 조사하였다. 그 중 물환경보전법에서 배출허용기준이 있는 57개 항목을 후보로 설정하고, 환경기준이 존재하는 물질과 각 나라별 지역적인 조건에 따라 설정되어야 하는 온도, 생태독성 등의 물질을 제외한 21개 항목에 대한 목표 수준(안)을 제안하였다. 또한, 제안된 환경의 질 목표 수준(안)의 향후 개선방안을 제시하였다.

방법론 1은 국내 환경기준이 있는 물질을 그대로 준용하였고 총 26개 항목이 해당되었다. 방법론 2에서는 국내 환경기준이 부재하여 영국, 독일, 미국, WHO 등 국외 기준과 비교하여 적절성을 평가하여 선정하였다. 또한, 제시하고자 하는 목표 수준 대비 현재의 수질 오염 현황을 파악하기 위해 2014~2020년 수질측정망 모니터링 평균값과 비교하여 적정성을 확인할

수 있었고 총 21개 항목에 대해 목표값을 제안하였다.

또한, 각 방법론에 따른 도출 과정별로 전문가 자문 및 대상 항목의 단계적 확대 방안이 구체적으로 마련되어야 할 것으로 사료된다. 추가적으로 항목 확대가 필요한 경우 본 연구과제에서 제시한 설정 방법론은 참고가 될 수 있을 것이다.

현재 수질오염물질로 정의된 항목 중 배출허용기준이 설정되지 않는 물질들이 존재하므로, 향후 배출허용기준으로 설정되지 않은 물질들이 설정되었을 때 환경의 질 목표 수준이 필요하므로 추가적으로 항목 확대가 필요한 경우 본 연구과제에서 제시한 설정 방법론은 참고가 될 수 있을 것이다.

궁극적으로는 측정망 확대 구축 및 위해성 평가 연구를 수반함으로써 향후 목표 수준 설정을 고려하고 물질과 연계하여 지금 현재는 전국적 평균값을 제시하지만 입지가 중요한 수질의 특성을 반영하여 지역에 따른 목표 수준을 체계적으로 설정할 수 있는 기반을 마련하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 사업장 통합환경관리 표준화 방안 마련(Ⅲ)-배출영향분석 방법 고도화 마련 연구(NIER-2019-01-02-060)의 지원으로 수행되었습니다.

References

Arle, J., Blondzik, K., Claussen, U., Duffek, A., Grimm, S., Hilliges, F., Hoffmann, A., Leujak, W., Mohaupt, V., Naumann, S., Pirntke, U., Richter, S., Schilling, P., Schroeter-Kermani, C., Ullrich, A., Wellmitz, J., Werner, S., and Wolter, R. (2010). *Water Resource Management in Germany Part 2: Water quality.* Umwelt Bundesamt.

Environment Agency. (2014). H1 Annex D1 Assessment of hazardous pollutants within surface water discharges, 7-18, 66-99.

Ministry of Environment (MOE). (2020a). Framework act on Environmental Policy.

MOE. (2020b). Water supply and waterworks installation act.

MOE. (2020c). Groundwater act.

MOE. (2021a). Act on integrated control of pollutant-discharging facilities.

MOE. (2021b). Drinking water management act.

MOE. (2021c). Water environment conservation act.

MOE. (2021d). Water environment measurement network installation operation plan.

National Institute of Environmental Research. (2014). Establishment of environmental quality goals for pollutants for introduction of integrated pollution prevention and control, NIER-SP2014-125, 76-78.

NIER. (2021). Standard method for measurement of water pollution in Korea.

United States Environmental Protection Agency, http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/index.cfm#cmc (March 2, 2021).

Water Environment Information System, http://water.nier.go.kr/waterData/generalSearch.do?menuIdx=3_1_1&siteTypeCd=A (March 2, 2021).

World Health Organization. (2014). *Guidelines for Drinking-water Quality Fourth edition.* 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland.