

## 정수기 제품의 전과정 물발자국 분석

고광훈<sup>1</sup> · 임노현<sup>2</sup> · 김홍관<sup>1</sup> · 박지형<sup>1</sup> · 황용우<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 대학원 환경안전융합전공

<sup>2</sup>경동나비엔

<sup>3</sup>인하대학교 환경공학과

### Life cycle Water footprint analysis of an Water purifier product

Kwanghoon Ko<sup>1</sup> · Nohhyun Lim<sup>2</sup> · Hongkwan Kim<sup>1</sup> · Jihyung Park<sup>1</sup> · Yongwoo Hwang<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Program in ET&ST Convergence, Inha University Graduate School

<sup>2</sup>KD Navien

<sup>3</sup>Dep. of Environmental Engineering, Inha University

**ABSTRACT:** Recently, the management of water resources become more important due to the climate change. The ISO 14046 guideline for estimating water footprint, has been published according to global trend. In this study, we analyzed results of water footprint assessment on an water purifier product in life cycle. The usage of drinking water was a major environmental key factor in the evaluation of the water availability footprint, and the parts consisted of product was caused by environmental key factor in the evaluation of the eutrophication. Also, it was analyzed that the use of drinking water at the use stage and the consumption of electricity were main environmental key factors in the evaluation of the acidification. This results of the water footprint assessment have meanings of considering the water availability footprint and the environmental impact of the water consumption in the life cycle of the water purifier system. It is necessary to simultaneously consider not only water consumption at the stage of use, but also parts of products.

**Key words:** Water footprint, Water purifier, LCA, Environmental Product Declaration

## 1. 서 론

전 세계적으로 물수요가 증대되고 이용 가능한 물의 양이 제한됨에 따라 2050년 물 수요는 2000년 대비 55%로 증가가 예상되며, 우리나라는 물 부족 스트레스지수가 40%로 OECD 국가 중 심각한 물 스트레스 국가로 분류되고 있다.<sup>1)</sup>

최근 급격한 기후변화로 인하여 수자원의 이용 및 관리의 중요성이 강조되고 있고, 이에 따라 제품에 대해서 물발자국을 산정하려는 관심이 국내외에서 확대되고 있다. 2014년에 국제표준화기구(ISO)는 물발자국에 대한 국제적인 표준인 ISO14046<sup>2)</sup>이 발간되었고, 국내에서도 환경성적표지 제도에 물발자국이 신규로 도입되었다. 이에 본 연구에서는 전자제품 중 물 사용량 많은 정수기 제품에 대하여 전과정 물발자국을 분석하고자 한다.

## 2. 연구 범위

본 연구에서는 가정용 정수기에 대해 전과정 목록 분석을 실시하고, 물 이용가능, 부영양화, 산성화에 대해서 환경영향평가를 수행하였다. 제품의 기능은 물을 정수하여 제공하는 것으로 정의하고 기능 단위는 정수기 1대로 하였다. 제품 시스템은 정수기의 전과정 단계인 제품 제조전, 제품 제조, 운송, 사용 및 폐기로 구분된다. 이와 더불어 사용단계에서 유지·보수를 위해 사용되는 필터도 포함하였다. 제품 제조

전 단계에서는 사용 부품 중에서 누적질량 95%에 해당하는 부품을 포함하였고, 제품 제조 단계에는 공정에 투입되는 유틸리티(전기, 용수)를 포함하였다. 물발자국을 산정하기 위한 방법론은 2017년 환경부에서 개발한 환경성적표지 작성 지침<sup>3)</sup>을 적용하였다.

전과정 평가에 대한 시스템 경계를 Table 1에 나타내었다.

## 3. 연구 방법 및 결과

### 3.1 정수기 전과정의 데이터 수집

정수기의 물발자국 산정을 위하여 전과정 단계 별 투입 물과 산출물을 조사하였다.

제조전 단계에서는 정수기에 사용된 부품을 조사하였고 '환경부 환경성적표지 지침'에 따라 정수기에 사용된 부품 중에서 누적질량기여도 95%에 해당하는 부품을 포함하였다. 제품 제조 및 유통 단계에서는 부품조립, 시험, 포장, 제품 운송 등에 사용되는 에너지, 용수, 전력 사용량을 현장 자료로 조사하였다. 사용단계에서는 정수용 물 사용량, 소비전력량, 필터 교체 주기를 조사하였고, 폐기단계에서는 정수기에 사용된 부품이 전량 재활용되는 것으로 가정하였다.

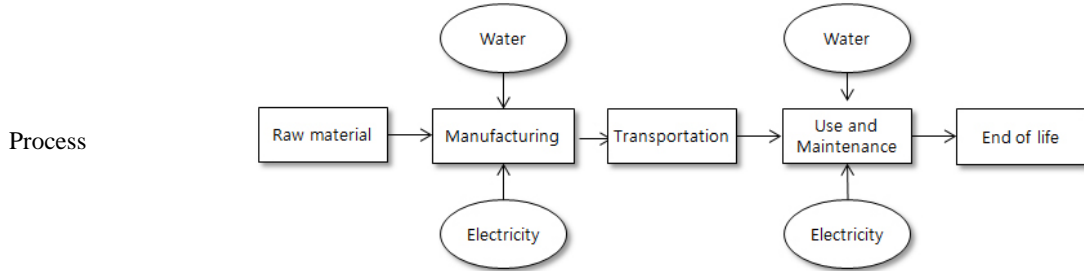
### 3.2 제품 전과정에서의 물발자국 산정결과

물 발자국 산정을 위한 전과정 단계 별 물소모계수는 환경부의 '물 발자국 특성화 인자'<sup>4)</sup>를 적용하였고, 사업장의

\* Corresponding author: 황용우, Tel: 032)860-7501, Email: hwangyw@inha.ac.kr

**Table 1.** System Boundary of Water footprint Analysis.

Item	Contents
Product name	Water purifier
Functional Unit	1EA (Weight : 10kg, Life span : 5 years)
Environment Impact	Water Availability Footprint, Eutrophication, Acidification.
Applicable method	Product category rules of EPD - Ministry of Environment
System Boundary	Pre-manufacturing, Manufacturing/sales, Usage, Recycling/Disposal



취수 및 배출도 고려하여 공업용수가 방류지역 가,나로 배출되는 것으로 가정하여 결과를 도출하였다.

정수기의 환경영향범주 별 전과정 평가 결과는 물이용가능발자국이 2.70E+01 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O eq/f.u로 산정되었다. 이 중 식수로 사용되는 물로 인하여 발생하는 환경 영향 비중이 52%, 전기사용으로 인한 비중은 16%로 나타났다. 부영양화에 대한 평가 결과는 4.81E-01 kg PO<sub>43</sub>-eq/f.u로 산정되었고 제조전 단계에서 사용된 부품이 가장 크게 나타

났다. 산성화에 대한 평가 결과는 1.11E+00 kg SO<sub>2</sub> eq/f.u로 산정되었으며 제품사용단계에서 사용되는 전기 사용이 환경영향을 크게 발생 시키는 원인으로 나타났다. 정수기 제품의 전과정 단계별 환경영향 평가를 Table 2에 나타내었다.

정수기에 사용된 부품에서는 Filter Assy.가 물이용가능발자국, 부영양화, 산성화에서 환경영향 발생 비중을 가장 크게 차지하는 것으로 나타났다. 부품 별 물발자국 산정결과를 Table 3에 나타내었다.

**Table 2.** Result of Water footprint Assessment in each Life cycle stage.

Category	Total	Pre-Manufacturing	Manufacturing	Transportation	Usage	Recycling/Disposal
Water Availability Footprint (M <sup>3</sup> H <sub>2</sub> Oeq/f.u)	2.70E+01	2.97E-01	6.07E-02	1.29E-02	2.66E+01	2.66E-03
Eutrophication (kg PO <sub>43</sub> -eq/f.u)	4.81E-01	3.50E-01	5.46E-03	1.36E-06	1.18E-01	8.59E-03
Acidification. (kg SO <sub>2</sub> eq/f.u)	1.11E+00	4.75E-01	1.14E-02	7.86E-06	6.23E-01	2.94E-03

**Table 3.** Result of Water footprint assessment in each parts.

Part	Water Availability (M <sup>3</sup> H <sub>2</sub> Oeq/f.u)	Eutrophication (kg PO <sub>43</sub> -eq/f.u)	Acidification. (kg SO <sub>2</sub> eq/f.u)
Filter assembly	1.56E-01 (55%)	2.80E-01 (59%)	1.86E-01 (53%)
Compressor assembly	2.50E-02 (9%)	2.79E-03 (1%)	4.97E-04 (0.1%)
Tank assembly	2.31E-02 (8%)	8.76E-02 (19%)	8.53E-02 (25%)
Base assembly	2.07E-02 (7%)	6.45E-02 (14%)	6.69E-02 (19%)
Control panel assembly	1.65E-02 (6%)	1.79E-02 (4%)	7.72E-03 (2.2%)
Panel side	5.98E-03 (4%)	2.87E-03 (1.2%)	4.08E-04 (0.2%)
Cover rear	6.95E-03 (2%)	2.61E-03 (0.6%)	4.33E-04 (0.1%)
Carbon filter	1.55E-03 (1%)	1.06E-03 (0.2%)	2.03E-04 (0.1%)
Pipe assembly	9.95E-03 (3%)	5.91E-03 (1.3%)	4.07E-04 (0.1%)
Filter cover	5.53E-03 (2%)	2.07E-03 (0.4%)	3.45E-04 (0.1%)
Filter UF	7.80E-03 (3%)	1.57E-03 (0.3%)	4.44E-04 (0.1%)

**Table 4.** Result of Water footprint assessment in each Filter Assy. Materials.

Material of Filter Assy.	Water Availability (M3 H2Oeq/f.u)	Eutrophication (kg PO43-eq/f.u)	Acidification. (kg SO2 eq/f.u)
Total	1.56E-01 (100.0%)	2.80E-01 (100.0%)	1.86E-01 (100.0%)
Capacitor	6.06E-02 (38.8%)	7.27E-02 (26.0%)	3.00E-02 (16.1%)
Transistor	1.60E-02 (10.3%)	2.27E-02 (8.1%)	6.07E-03 (3.3%)
Diode	1.56E-02 (10.0%)	1.88E-02 (6.7%)	3.14E-03 (1.7%)
POM	1.52E-02 (9.7%)	1.06E-02 (3.8%)	4.37E-04 (0.2%)
ABS	1.51E-02 (9.7%)	5.68E-03 (2.0%)	9.44E-04 (0.5%)
Copper	7.05E-03 (4.5%)	6.18E-02 (22.1%)	7.05E-02 (37.9%)
PWB	6.72E-03 (4.3%)	1.90E-02 (6.8%)	1.74E-02 (9.4%)
Harness	6.03E-03 (3.9%)	4.73E-02 (16.9%)	5.36E-02 (28.8%)
Resistor	5.62E-03 (3.6%)	8.51E-03 (3.0%)	2.46E-03 (1.3%)
STS	5.31E-03 (3.4%)	1.16E-02 (4.1%)	1.50E-03 (0.8%)
Steel	1.86E-03 (1.2%)	1.87E-04 (0.1%)	3.35E-05 (0.02%)
PP	4.89E-04 (0.3%)	1.62E-04 (0.1%)	3.22E-05 (0.02%)
PBT	4.07E-04 (0.3%)	5.03E-04 (0.2%)	9.14E-05 (0.05%)
MAGNET	2.39E-04 (0.2%)	2.53E-04 (0.1%)	4.12E-05 (0.02%)
Aluminum	8.97E-05 (0.1%)	3.17E-04 (0.1%)	4.25E-05 (0.02%)

또한, Filter Assy.을 구성하는 재질 중 PCB를 구성하고 있는 Capacitor, Transistor, Diode 가 전체 환경영향 발생 비중 중 약 60%를 차지하는 것으로 나타났다. Filter Assy.의 구성 재질 별 물발자국 산정결과를 Table 4에 나타내었다.

### 3.3 종합 결과

정수기에 대하여 물이용가능발자국과 부영양화, 산성화의 수질영향을 종합적으로 평가하였다.

물이용가능발자국에 대한 평가결과는 식수 사용으로 인하여 발생하는 환경영향이 크게 나타났다. 또한, 부영양화는 제조전 단계에서 사용된 PCB 기판의 주요 구성 회로부품이 환경 악화 인자로 나타났으며, 산성화는 사용단계에서의 식수와 기기 가동으로 인한 전기사용이 주요 환경영향 발생 요인으로 분석되었다.

## 4. 결론

본 연구는 환경부에서 제시된 물발자국 산정 방법론을

정수기 제품에 국내 최초로 적용한 사례로 연구 수행에 의미가 있다. 또한, 물을 사용하는 기기의 특성 상 사용단계에서 물 사용량이 크지만 사용된 부품과 소비전력으로 인하여 수질 환경영향이 발생하기 때문에 지속가능한 수자원 관리를 위하여 물이용가능성과 수질 환경영향을 종합적으로 고려하여 물 발자국 포트폴리오를 도출하고 관리 것이 중요할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- 1) Organization for Economic Cooperation and Development, "OECD Environmental Outlook to 2050 : The Consequences of Inaction", 2012.
- 2) International Organization for Standardization, "ISO 14046: 2014, Environmental management-Water footprint-Principles, requirements and guidelines", 2014.
- 3) 환경부, "환경성적표지 작성지침(환경부고시 제2017-75호)", 2017.
- 4) 한국환경산업기술원, "환경성적표지(물발자국) 인증을 위한 환경성적표지 물소모계수, [붙임] 공고 제2017-127호", 2017.