

## 가습기 살균제 제품의 건강위험 고찰 - 제품 수와 살균제 성분을 중심으로 -

박동욱\*<sup>†</sup> · 이승희\* · 임흥규\*\* · 김소연\* · 김지원\*<sup>†</sup> · 박지훈\*\*\*<sup>†</sup> · 조경이\*\*\*\*

\*한국방송통신대학교 환경보건학과, \*\*가습기 살균제 사건과 4.16 세월호 참사 특별조사위원회

\*\*\*환경부 화학물질안전원 사고대응총괄과, \*\*\*\*서울대학교 보건대학원 환경보건학과

### Comprehensive Review on Humidifier Disinfectant (HD) Products, Focusing on the Number of Products and Their Disinfectant Type

Dong-Uk Park\*<sup>†</sup>, Seunghee Lee\*, Heung Kyu Lim\*\*, So-Youn Kim\*, Jiwon Kim\*,  
Jihoon Park\*\*\*<sup>†</sup>, and Kyung Ehi Zoh\*\*\*\*

*\*Department of Environmental Health, Korea National Open University*

*\*\*Special Investigation Commission on Humidifier Disinfectants and 4.16 Sewol Ferry Disasters*

*\*\*\*Accident Response Division, National Institute of Chemical Safety, Ministry of Environment*

*\*\*\*\*Department of Environmental Health Sciences, Graduate School of Public Health, Seoul National University*

#### ABSTRACT

**Objectives:** No study has been conducted to review characteristics of humidifier disinfectants (HD) products, such as real numbers, levels and types of HD substances contained, or the volume marketed. We aimed to review the characteristics of HD through a literature review.

**Methods:** We collected literature reporting the names, numbers, and ingredients of HD and discussed them with a focus on the number of HD products and the chemicals used as a disinfectant.

**Results:** A total of eight publications has reported the names of HD brands or types of disinfectants from 2011 to 2020. To date, a total of 40 HD products have been used, excluding four products. Eight HD products used polyhexamethylene guanidine phosphate (PHMG) and 14 used a mixture of chloromethylisothiazolinone (CMIT) and methylisothiazolinone (MIT) as disinfectants. Benzalkonium chloride (BKC) and sodium dichloroisocyanurate (NaDCC) were also used as a disinfectant in several HD products. A total of 19 HD products were associated with the development of HD associated lung injury (HDLI). The Oxy Saksak HD product containing PHMG showed the highest number of HD associated health effects. The type of disinfectant from a total of 14 HD products has not been identified.

**Conclusions:** A total of 40 HD products have been marketed in South Korea since 1994. Further studies should be conducted to identify the association of product characteristics, including type of HD ingredients, with health effects.

**Key words:** Humidifier disinfectant, HD product, chemical ingredient, health effects

<sup>†</sup>**Corresponding author:** Department of Environmental Health, Korea National Open University, 86 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul, Republic of Korea 03087, Tel: +82-2-3668-4707, Fax: +82-2-741-4701, E-mail: pdw545@gmail.com  
Received: 28 September 2020, Revised: 19 October 2020, Accepted: 19 October 2020

## I. 서 론

2011년 말 이후 가습기 살균제 건강피해와 관련된 여러 사업, 조사, 연구 등이 진행되고 있다. 이 중 가습기 살균제 피해 질환을 밝히고 피해자를 찾아 지원하며 건강위험을 계속 추적하는 일은 가장 중요하고 우선순위로 두어야 한다. 동시에 가습기 살균제 건강피해를 초래한 구체적인 원인을 과학적으로 규명하는 일도 소홀히 할 수 없는 과제이다. 이는 건강피해를 일으킨 직접적인 원인이 제품에 함유된 살균제를 포함한 화학물질이기 때문이다. 하지만 그동안 가습기 살균제 제품 수, 판매 기간, 판매량, 살균제 성분 등 제품의 위험 특성을 추정할 수 있는 연구 사례는 드물었다.

보고된 가습기 살균제의 제품명과 수는 문헌마다, 그리고 시기마다 다르다. 또한 제조 기업이 살균제 등 화학물질에 대한 안전보건정보 표시, 농도 관리 등 제품의 위험을 관리하기 위해 실행한 조치의 수준도 평가된 바가 없으며, 제품별 살균제 성분과 농도 등 물리화학적 특성도 종합된 보고가 없다. Park et al.(2017)은 31개 기업이 판매한 가습기 살균제 제품의 용기에 표시된 안전보건정보를 건강위험 측면에서 분석, 고찰하였고,<sup>1)</sup> 2017년 국립환경과학원 보고서에서는 17개 가습기 살균제 제품에 대해 살균제 성분과 농도 등을 분석한 결과가 보고되었다.<sup>2)</sup> 2020년 “가습기 살균제 사건과 4·16 세월호 참사 특별조사위원회(이하 특조위)”는 “가습기 살균제 성분 분석” 연구를 통해 총 40개 제품을 확인하였고, 이 중 일부 제품의 살균제 성분, 농도 등 물리화학적 특성을 분석하였다.<sup>3)</sup> 본 연구의 목적은 문헌별, 시기별로 보고된 가습기 살균제 제품 수와 살균제 성분 분석결과 등을 종합하고, 주요 쟁점들을 건강위험 측면에서 고찰함으로써 제품별 건강위험의 추정과 건강피해 현황 기록, 건강피해 원인 규명을 위한 자료를 제시하는 것이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 가습기 살균제 제품 현황

2020년 9월까지 가습기 살균제 제품을 보고한 문헌(국가기관 공식 문서, 조사 보고서, 논문 등으

로 모두 문헌이라 함)을 대상으로 연도별, 조사 시기별로 제품명과 수를 종합하고 다시 교차로 검증하여 최종 제품명과 제품 수를 확정하였다. 문헌에는 폐 손상 피해 조사 중 “환경노출조사” 결과도 포함하였다. 가습기 살균제 제품 여부는 본 연구에서 정한 다음과 같은 “가습기 살균제 제품” 정의에 근거해서 판단하였다.

- 제품 용기에 가습기 살균제로 표시
- 제품 용기 및 용법 등에 화학물질(제품)을 가습기에 사용했다는 표시
- 제품 용기에 가습기의 미생물 세정/항균/살균 등이 표시
- 피해 신고자가 사용한 제품으로 살균제 등이 표시 제품 이름이 같더라도 색, 성상(액체/고체), 회사명(제조/판매/수입), 살균제 성분, 생산과 판매 시기가 다른 경우 서로 다른 제품으로 분류하였다. 홈페이지, 용기 사진, 제품 이름 등에서 가습기를 지목하지 않은 살균제/항균제/멸균제/스프레이 등은 가습기 살균제 제품으로 분류하지 않았다.

### 2. 가습기 살균제 제품별 살균제 성분

문헌 고찰을 통해 제품별로 주요 살균제 성분을 정리하였다. 화학분석을 통해 정량하지 않았지만 판매사의 물질안전보건정보(Material Safety and Data Sheet, MSDS)와 문헌 등에서 살균제라고 설명한 경우에는 살균제 성분으로 분류하였다. 특히, 원료 제품 중에서 SKYBIO 1125를 사용하여 제품을 만든 경우에는 따로 성분분석을 하지 않았더라도 polyhexamethylene guanidine phosphate (PHMG)를 살균제로 사용한 것으로, 그리고 SKYBIO FG를 사용하여 제품을 만든 경우에는 chloromethylisothiazolinone/methylisothiazolinone (CMIT/MIT) 혼합물을 살균제로 사용한 것으로 판단하였다.

## III. 결 과

### 1. 가습기 살균제 제품 현황

총 8건의 문헌에서 보고된 가습기 살균제 제품 이름을 문헌별로 모두 종합하였다(Table 1). 우리나라에서 가습기 살균제 제품 이름과 성분이 처음 공식적으로 알려진 시기는 2011년 무렵으로, 질병

**Table 1.** The list of humidifier disinfectant (HD) products reported by eight literatures

No.	Product name	KCDC (2011) <sup>4)</sup>	KSEH (2012) <sup>5)</sup>	EE Checklist (2013) <sup>7)</sup>	NA (2016) <sup>8)</sup>	MOE (2017) <sup>6)</sup>	NIER (2017) <sup>2)</sup>	SICHHD (2020) <sup>3)</sup>	Lee et al. (2020) <sup>9)</sup>
1	119 가습기세균제거	×	×	×	○	○	×	○	○
2	SK 가습기메이트	×	×	×	○	○	×	○	○
3	가습기무균	×	○	○	×	×	×	×	○
4	가습기퍼니셔	×	○	○	○	○	○	○	○
5	가습기홈케어	×	×	×	×	×	○	○	×
6	닥터 OK 안전가습	×	×	×	×	×	×	○	×
7	가습기친구 가습기 메이트	×	×	×	×	×	○	○	×
8	맑은나라 가습기 살균제	×	×	×	×	○	○	○	○
9	모던라이프 가습기 살균볼	○	×	×	×	○	×	○	×
10	바이오피톤 가습기 살균청소	×	×	×	×	×	×	○	○
11	베지터블홈 가습기 클린업(2007년 제품)	×	×	×	×	×	×	×	×
12	베지터블홈 가습기 클린업(2009년 제품)	○	○	○	○	○	○	○	○
13	세균닥터	×	×	×	○	○	×	○	×
14	세퓨 가습기 살균제	○	○	○	○	×	○	○	○
15	아토세이프 가습기 청정제	×	×	×	×	○	×	○	○
16	아토세이프 가습기 항균제(유아전용)	○	○	○	○	×	○	○	×
17	아토오가닉 가습기살균제	○	○	○	○	×	○	○	○
18	애경 홈크리닉 가습기메이트	○	○	○	○	○	○	○	○
19	에어가드 리퀴드	×	○	×	×	○	○	○	○
20	에코후레쉬 가습기용 항균볼(고체형)	○	×	×	×	○	×	○	×
21	엔워드(N-WITH, 2005-2008년 출시)	×	○	○	○	×	○	○	×
22	엔워드(N-WITH, 2008-2011년 출시)	×	○	○	○	○	○	○	○
23	옥시썩썩 가습기당번	×	×	×	○	○	○	○	○
24	옥시썩썩 가습기당번(고체형)	○	×	×	×	○	×	○	○
25	옥시썩썩 뉴 가습기당번	○	○	○	○	○	○	○	×
26	와이즐렉 가습기살균제	○	○	○	○	○	○	○	○
27	와이즐렉 가습기파트너	×	×	×	×	○	×	○	×
28	유공 가습기 메이트	×	×	○	○	○	○	○	○
29	이마트 가습기살균제	×	×	○	○	○	○	○	○
30	이코볼 살균필터	×	×	×	×	○	×	○	○
31	이플러스 가습기살균제	×	○	×	○	○	○	○	×
32	주부사랑 가습기파트너	×	×	×	×	○	×	○	×
33	청풍무구	×	×	×	×	×	×	○	×
34	클라나드	×	○	○	×	×	×	×	×
35	파란하늘 맑은 가습기	×	×	×	○	○	×	○	×
36	하이지어 가습기살균제(액체)	×	○	○	○	×	×	×	○
37	하이지어 가습기필터	×	○	○	○	○	×	○	○
38	한국까르푸 가습기세정제	×	×	×	×	×	×	○	×
39	한방가습기보충액	×	×	×	×	×	×	○	×
40	함박웃음 가습기 세정제	×	○	○	○	○	○	○	○
41	항알레르겐	×	○	○	×	×	×	○	○
42	홈위쉬 가습기세정제	×	○	○	○	○	×	○	○
43	홈키퍼 가습기 한번에 썩	×	×	×	○	○	×	○	×
44	홈플러스 가습기청정제	○	○	○	○	○	○	○	○

**Abbreviations:** KCDC, Korea Centers for Disease Control and Prevention; KSEH, Korean Society of Environmental Health; EE, environmental exposure; NA, National Assembly; MOE, Ministry of Environment; NIER, National Institute of Environmental Research; SICHHD, Special Investigation Commission on Humidifier Disinfectants and 4.16 Sewol Ferry Disasters; HD, humidifier disinfectant.

관리본부가 총 10개 제품을 대상으로 살균제 성분을 분석한 때이다.<sup>4)</sup> 이 조사는 폐 손상을 일으킨 가습기 살균제 주요 제품과 살균제 성분을 규명하는 데 목적이 있었다. 2012년 한국환경보건학회는 가습기 살균제 피해자(N=105)가 사용했다고 응답한 제품 수를 20개로 보고하였다.<sup>5)</sup> 2017년 환경부가 “가습기 살균제 피해 기업 분담금”을 결정하기 위한 조사에서 확인한 제품 수는 총 29개였다.<sup>6)</sup> 2020년 이전 문헌에서 보고한 제품 수는 모두 30개 이내였으나, 2020년 특조위에서 수행한 연구(가습기 살균제 제품 성분 분석 연구)에서 종합한 제품 수는 40개였다.<sup>3)</sup>

또한 가습기 살균제 제품별 제품 생산과 판매 회사 현황, 판매 기간, 판매량 등을 정리하였다(Table 2). 제품 생산은 대부분 하청이나 도급으로 이루어졌음을 추론할 수 있다. 가장 먼저 생산된 제품은 유공 가습기 메이트로, 1994년에 생산되었다. 2000년 이전에 생산, 판매된 제품은 1996년 옥시썩썩 가습기당변, 1997년 119 가습기세균제거와 파란하늘 맑은 가습기 등 3개 제품이었다. 가장 많은 판매량을 보인 제품은 옥시썩썩 뉴 가습기당변이었고, 다음은 애경 홈크리닉 가습기메이트, 119 가습기세균제거 등의 순이었다. 그러나 판매 기간, 판매량이 확인되지 않은 제품이 아직도 많다. 제품 용기 사진은 가습기 살균제 제품 여부 판단, 기업의 판매 홍보 정보를 파악하는 데에는 유용하지만, 제품의 위험성을 판단하기에는 한계가 있다. 본 연구진이 확보한 제품 용기 사진은 총 34개이다.

가습기 살균제 피해 질환별(폐 손상, 천식, 태아 피해), 등급별로 제품, 살균제 성분, 피해자 수 분포를 함께 나타냈다(Table 3). 이 자료는 한국환경산업기술원 홈페이지에서 인용하였다.<sup>10)</sup> 가습기 살균제 피해 신고자가 단일 또는 복수로 사용했다고 응답한 가습기 살균제 제품 수는 총 19개로, 문헌 조사에서 모두 보고된 제품이었다. 옥시썩썩 뉴 가습기당변이 가장 많은 피해 분포를 보였고, 애경 홈크리닉 가습기메이트, 와이즐렉 가습기살균제, 세퓨 가습기 살균제, 홈플러스 가습기청정제도 모든 피해 질환과 연관이 있었다.

8개 문헌에서 보고한 가습기 살균제 제품을 교차로 조합한 결과, 제품 수는 총 44개였다. 이들을 대상으로 용기 사진, 판매 시기, 면담, 문헌 등

을 근거로 가습기 살균제 제품 여부를 판단한 결과, 동일 제품 2개(와이즈렉 가습기파트너와 주부사랑 가습기파트너/가습기무균과 바이오파트너 가습기 살균청소는 같은 제품으로 각각 1개만 제품으로 인정), 확인 불가 1개(하이지어 액체), 판매 회사를 제품 이름으로 오기 1개(클라나드)로 총 4개 제품을 제외하였다(Table 4). 따라서 본 연구에서 종합한 가습기 살균제 제품 수는 총 40개이다.

## 2. 가습기 살균제 제품별 살균제 성분

총 40개 가습기 살균제 제품의 살균제 성분을 정리하였다(Table 5). 근거 문헌은 2011년 질병관리본부의 10개 제품 분석, 2017년 환경부의 30개 기업 면담 조사, 2017년 국립환경과학원의 17개 제품 성분분석, 그리고 2020년 특조위에서 보고한 27개 제품 성분분석 결과이다. 이 중 PHMG를 살균제로 사용한 제품은 8개였다. 맑은나라 가습기 살균제의 살균제 성분은 2017년 국립환경과학원 연구에서 PHMG로 확인되었다. CMIT와 MIT 혼합물을 살균제로 사용한 제품은 현재까지 14개이다. 주부사랑 가습기파트너와 가습기친구 가습기메이트(동산)는 직접 성분분석을 통해 확인하였다. Benzalkonium chloride (BKC)를 살균제로 사용한 제품 수는 119 가습기세균제거(LG생활건강)와 가습기당변(옥시) 등 2개이다. 가습기당변은 면담 조사 결과 BKC를 사용한 것으로 밝혀졌으나, 최근 특조위에서는 2000년에 판매된 일부 가습기당변에서 BKC 대신 PHMG가 검출되었다고 보고하였다. 기업 면담 조사에서 8개 제품(주부사랑 가습기파트너/와이즈렉 가습기파트너/모던라이프 가습기 살균불/파란하늘 맑은 가습기/홈위쉬 가습기세정제/맑은나라 가습기 살균제/함박웃음 가습기 세정제/에어가드 리퀴드)은 화학물질 정보가 없는 것으로 조사되었다. 이 중 시료가 확보된 제품이 2개이며, 맑은나라 가습기 살균제에서는 PHMG가, 주부사랑 가습기파트너에서는 CMIT/MIT 혼합물이 검출되었다(Table 5). 지금까지 국내에서 판매된 가습기 살균제 제품(N=40) 중 14개 제품(Table 5에서 ND)은 시료가 없어 분석을 시도하지 못했거나 기록이 없어 살균제 성분을 확인하지 못한 상태이다. 이 중 면담 조사가 이루어지지 않은 제품은 10개이다(Table 6).

**Table 2.** The basic information of humidifier disinfectant (HD) products such as type of manufacturing and marketing, the periods marketed, and number of HD products sold

No.	Product name	Vendor	Contractor	Manufacturing type*	Primary sale	Final sale	"HD" marking on the products	Sales (piece/volume)†
1	119 가습기세균제거	(주)LG생활건강	양양산업(주)	OEM	1997	2003	○	1,104,000 pieces (250 mL/piece)
2	SK 가습기메이트	(주)SK케미칼	연희산업	OEM	2001	2004	NA	195,038 pieces (230 mL or 500 mL or 1,000 mL/piece)
3	가습기무균	NI	NI	NI	NI	NI	NA	NI
4	가습기퍼니셔	(주)다이소이성산업	(주)산도캐비	ODM	2007	2011	○	27,565 pieces (1,000 mL/piece)
5	가습기홈케어	(주)에이엔디	NI	NI	NI	NI	○	NI
6	닥터 OK 안전가습	NI	NI	NI	NI	NI	NA	NI
7	가습기친구 가습기 메이트(동산)	(주)동산쎬앤지	(주)펠러물산	NI	NI	NI	○	NI
8	맑은나라 가습기 살균제	맑은나라	NA	NA	NI	NI	○	NI
9	모던라이프 가습기 살균볼	뉴트리케어	NA	NA	2010	2011	○	38,627 pieces (20 g/piece)
10	바이오피톤 가습기 살균청소	(주)바이오피톤	NI	NI	NI	NI	○	NI
11	베지터블홈 가습기 클린염(2007년 제품)	홈케어	호산	NI	2007	2009	NI	NI
12	베지터블홈 가습기 클린염(2009년 제품)	홈케어	글로벌엠(현 제너럴바이오)	ODM	2009	2010	○	50,683 pieces (1,000 mL/piece)
13	세균닥터	케어스위터	NA	NA	2013	2016	○	200 box (70/box)
14	세퓨 가습기 살균제	ButterflyEffect	크린코퍼레이션	NI	2009	2011	○	(500 mL, 1회용 10 mL)
15	아토세이프 가습기 청정제	NI	NI	NI	2009	2011	○	979 pieces (150 mL or 500 mL/piece)
16	아토세이프 가습기 향균제	아토세이프	NA	NA	NI	NI	○	NI
17	아토오가닉 가습기살균제	아토오가닉	(주)세퓨, 에스켈 화장품	NI	2009	2011	○	300 mL
18	유공 가습기 메이트	(주)유공(현재SK이노베이션)	NA	NA	1994	1996	○	353,601 pieces (230 mL/piece)
19	홈크리닉 가습기메이트(애경)	애경산업(주)	(주)SK케미칼/ 필러물산	OEM	2000	2011	○	1,716,883 pieces (500 mL or 1,000 mL/piece)
20	에어가드 리퀴드	웰버스	NA	NA	2016	2017	○	22 pieces (1,000 mL/piece)
21	에코후레쉬 가습기용 향균볼(고체형)	JnK사이언스	NA	NA	2011	2011	○	130 pieces (6 g/ piece)
22	엔워드(N-WITH, 2005-2008년 출시)	뉴트리아	메텐텍	NI	2005	2008	○	NI
23	엔워드(N-WITH, 2008-2011년 출시)	클라나드	메텐텍	NA	2008	2011	○	36,850 pieces (30 or 50/piece)

Table 2. Continued

No.	Product name	Vendor	Contractor	Manufacturing type*	Primary sale	Final sale	"HD" marking on the products	Sales (piece/volume) <sup>†</sup>
24	옥시썬썬 가습기당번	옥시	NA	NA	1996	2000	○	749,986 pieces (3000 mL or 550 mL/piece)
25	옥시썬썬 가습기당번(고체형)	옥시레킷벤키저	한빛화학	ODM	2000	2011	○	555,770 pieces (8 g/piece)
26	옥시썬썬 뉴 가습기당번	옥시레킷벤키저	한빛화학	OEM	2000	2011	○	4,150,184 pieces (300 mL or 550 mL/piece)
27	와이즐렉 가습기살균제	롯데쇼핑(주)	용마산업사	ODM	2006	2011	○	92,692 pieces (1,000 mL/piece)
28	와이즐렉 가습기파트너	롯데쇼핑(주)	(주)사인업	ODM	2003	2004	NA	17,591 pieces (NI for volume)
29	이마트 가습기살균제	(주)이마트	애경산업(주)/ (주)SK케미칼	ODM	2006	2011	○	354,994 pieces <sup>2)</sup> (500mL or 1,000 mL/piece)
30	이코볼 살균필터	엠펙	동보기전	NA	2008	2016	○	3,476 pieces (2 EA/piece)
31	이플러스 가습기살균제	(주)이마트	애경산업(주)/ (주)SK케미칼/ 필러물산	OEM	2006	2008	○	354,994 pieces <sup>2)</sup> (500 mL or 1,000 mL/piece)
32	주부사랑 가습기파트너	롯데쇼핑(주)	(주)사인업	ODM	2003	2004	○	16,615 pieces (NI/piece)
33	청풍무구	NI	NI	NI	NI	NI	NA	NI
34	클라나드	NI	NI	NI	NI	NI	NA	NI
35	파란하늘 맑은 가습기	애경산업(주)		NI	1997	2000	○	1,728,725 pieces (280 mL/piece)
36	하이저어 가습기살균제(액체)	NI	NI	NI	NI	NI	NA	NI
37	하이저어 가습기필터	이너웬스	블스원신소재	OEM	2008	2008	○	14,616 pieces (60 g/piece)
38	한국까르푸 가습기세정제	한국까르푸	에디캡	NI	NI	NI	○	NI
39	한방가습기보충액	썬브라임	썬브라임	NI	NI	NI	○	NI
40	함박웃음 가습기 세정제	(주)GS리테일	(주)퓨엔코	ODM	2007	2011	○	18,174 pieces (500 mL or 1,000 mL/piece)
41	항알레르겐	NI	NI	NI	NI	NI	○	NI
42	홈위쉬 가습기세정제	신희	고려케미칼	OEM	2007	2008	○	1,200 pieces (1,000 mL/piece)
43	홈키퍼 가습기 한번에 썬	헨켈홈케어 코리아(유)	(주)에버코스	OEM	2007	2009	○	11,028 pieces (1,070 mL/piece)
44	홈플러스 가습기청정제	홈플러스(주)	용마산업	OEM	2004	2011	○	296,938 pieces (300 mL or 550 mL/piece)

Abbreviations: HD, humidifier disinfectant; ODM, original design manufacturer; OEM, original equipment manufacturer; NI, no information; NA, not available.  
 \*ODM, it is a company that designs and manufactures a product, as specified, that is eventually rebranded by another firm for sale; OEM, it is a company that produces parts and equipment that may be marketed by another manufacturer.

<sup>†</sup>Data was obtained from MOE (2017).

**Table 3.** The list of humidifier disinfectant (HD) products that HD victims responded to use (number of HD victims)<sup>(10)</sup>

Product name	HDLI victim (2013-present)			Asthma victim (2017-present)			Fetus victim (2017-present)					
	Definite	Probable	Possible	Unlikely/ Indeterminate	Yes	No	Yes	No				
	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture		
옥시짜짜 뉴 가습기당면	○ (112)	○ (93)	○ (114)	○ (2,325)	○ (191)	○ (2,459)	○ (168)	○ (1,782)	○ (13)	○ (11)	○ (10)	○ (11)
옥시짜짜 가습기당면	× (2)	× (1)	○ (19)	○ (86)	× (4)	○ (19)	○ (73)	× (7)	× (1)	× (1)	× (1)	× (1)
옥시짜짜 가습기당면(고체형)	× (1)	○ (1)	○ (3)	○ (42)	× (2)	○ (6)	○ (45)	× (1)	× (1)	× (1)	× (1)	× (1)
애경 홈크리닉 가습기메이트	○ (4)	○ (7)	○ (64)	○ (244)	○ (28)	○ (245)	○ (110)	○ (1,099)	× (8)	○ (8)	× (7)	○ (7)
이마트 가습기살균제	× (18)	× (21)	○ (4)	○ (47)	○ (4)	○ (42)	○ (27)	○ (347)	× (1)	× (1)	× (1)	○ (1)
파란하늘 맑은 가습기	× (3)	× (3)	× (3)	○ (3)	× (2)	○ (2)	× (2)	○ (2)	× (2)	× (2)	× (2)	× (2)
와이즐렉 가습기살균제	○ (9)	○ (2)	○ (22)	○ (37)	○ (2)	○ (52)	○ (27)	○ (374)	× (1)	○ (1)	× (2)	○ (2)
SK 가습기메이트	× (3)	× (3)	× (3)	○ (3)	× (1)	○ (3)	○ (3)	○ (3)	× (3)	× (3)	× (3)	× (3)
유공 가습기메이트	× (5)	× (5)	○ (5)	○ (10)	× (4)	○ (10)	○ (4)	○ (58)	× (5)	× (5)	× (5)	× (5)
세퓨 가습기 살균제	○ (19)	○ (5)	○ (3)	○ (32)	○ (2)	○ (61)	○ (5)	○ (76)	○ (2)	○ (2)	○ (1)	○ (1)

Table 3. Continued<sup>10)</sup>

Product name	HDLI victim (2013-present)						Asthma victim (2017-present)						Fetus victim (2017-present)					
	Definite		Probable		Possible		Unlikely/ Indeterminate		Yes		No		Yes		No			
	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture	Only	Mixture		
홉플러스 가습기청정제	○ (3)	○ (24)	○ (1)	○ (24)	○ (1)	○ (15)	○ (44)	○ (317)	○ (3)	○ (32)	○ (44)	○ (336)	○ (6)	○ (6)	○ (2)	○ (2)		
119 가습기세균제거	×	○ (1)	×	○ (1)	○ (2)	○ (1)	○ (2)	○ (26)	○ (2)	○ (2)	○ (1)	○ (26)	×	×	×	×		
함박웃음 가습기 세정제	×	○ (4)	×	○ (5)	○ (4)	○ (4)	○ (47)	○ (1)	○ (4)	○ (4)	○ (3)	○ (58)	○ (1)	○ (1)	○ (1)	○ (1)		
가습기퍼니셔	×	○ (4)	×	○ (3)	○ (6)	○ (3)	○ (56)	×	○ (7)	○ (3)	○ (58)	○ (1)	○ (1)	○ (1)	×	×		
베지티블홈 가습기 클린업 (2009년 제품)	×	○ (1)	×	○ (3)	○ (7)	○ (29)	○ (39)	○ (2)	○ (3)	○ (27)	○ (45)	○ (4)	○ (4)	×	×	×		
엔워드(N-WITH)	×	○ (3)	×	○ (2)	○ (1)	○ (5)	○ (21)	○ (61)	○ (2)	○ (8)	○ (19)	○ (63)	×	×	×	×		
하이저어	×	×	×	○ (1)	×	×	×	○ (2)	×	○ (1)	×	○ (2)	×	×	×	×		
기타(베업 및 분담금 면제기업 제품, 홈워쉬, 아토오가닉 등)	○ (4)	○ (5)	○ (5)	○ (5)	○ (12)	○ (10)	○ (268)	○ (205)	○ (4)	○ (21)	○ (237)	○ (198)	○ (1)	○ (1)	○ (1)	○ (1)		
Total	6 (151)	14 (280)	6 (113)	14 (257)	8 (199)	15 (310)	16 (3,091)	19 (4,363)	11 (241)	18 (426)	15 (3,228)	18 (4,645)	3 (16)	6 (28)	2 (11)	7 (25)		

Abbreviations: HD, humidifier disinfectant, HDLI, HD-associated lung injury.



**Table 4.** Criteria and evidence for examining if the product can be categorized into humidifier disinfectant (HD) products

Product name	Evidence for decision	Type of disinfectant	HD product
가습기무균	“바이오피톤 가습기 살균청소”와 같은 제품	NI	No
클라나드	엔워드(N-with) 판매사 이름으로 확인	NA	No
세균닥터	가습기에 1정을 넣고 가습기 살균용으로 사용	NaDCC	Yes
에어가드 리퀴드	2011년 당시 사용 방법에 가습기 살균용으로 판매했고 현재는 가습기용을 삭제하고 카펫, 침대, 소파 등에 스프레이라고 함	NI	Yes
하이저어 가습기필터	가습기 살균제 표시 있음: 복합식/가열식 가습기에 사용	Silver/iodine	Yes
하이저어 담채형	가습기 살균제 표시 있음: 복합식/가열식 가습기에 사용	Silver/iodine	Yes
항알레르겐	가습기 안에 보이지 않는 수많은 세균 알고 계셨습니까?	NI	Yes
이코볼 살균필터	모든 가습기에 살균 사용	NI	Yes
와이즈렉 가습기파트너	2003년 주부사랑 가습기파트너 제품으로 판매하였으나 같은 해 “와이즈렉 가습기파트너”로 변경하여 판매함 <sup>1)</sup>	NA	No
하이저어 가습기살균제(액체)	확인되지 않은 제품	NA	No

Abbreviations: NI, no information; NA, not available; NaDCC, Sodium dichloroisocyanurate dehydrate.

**Table 5.** The final list of humidifier disinfectant products including disinfectants through literature review (N=40)

No.	Product name	MOE (2017) <sup>6</sup>	Identified disinfectant* <sup>2,3</sup>				
		Ingredients or chemical product name associated with HD stated by companies <sup>†</sup>	PHMG-P/-HCl	PGH	BKC	CMIT/MIT	NaDCC
1	119 가습기세균제거	Tego 51 0.1%, BKC-50 0.08%	ND	ND	○	ND	ND
2	SK 가습기메이트	SKYBIO FG 1%	ND	ND	ND	○	ND
3	가습기퍼니셔	SKYBIO FG 0.5%	ND	ND	ND	○	ND
4	가습기흡케어	NI	ND	ND	ND	○	ND
5	닥터 OK 안전가습	NI	ND	ND	ND	○	ND
6	가습기친구 가습기 메이트	NI	ND	ND	ND	○	ND
7	맑은나라 가습기 살균제	Replied with “NI on HD”	○	ND	ND	ND	ND
8	모던라이프 가습기 살균볼	Silver oxide 5% and others	ND	ND	ND	ND	ND
9	바이오피톤 가습기 살균청소	NI	ND	ND	ND	ND	ND
10	베지터블홈 가습기 클린업 (2007년 제품)	Phytoncide 0.08% and others	ND	ND	ND	ND	ND
11	베지터블홈 가습기 클린업 (2009년 제품)	PHMG-HCl 3%	○	ND	ND	ND	ND
12	세균닥터	NI	ND	ND	ND	ND	○
13	세퓨 가습기 살균제	PGH	○	○	ND	ND	ND
14	아토세이프 가습기 청정제	NI	ND	ND	ND	ND	ND
15	아토세이프 가습기 항균제 (유아전용)	Replied with “NI on HD”	ND	ND	ND	ND	ND

Table 5. Continued

No.	Product name	MOE (2017) <sup>6)</sup>	Identified disinfectant* <sup>2,3)</sup>				
		Ingredients or chemical product name associated with HD stated by companies <sup>†</sup>	PHMG-P/-HCl	PGH	BKC	CMIT/MIT	NaDCC
16	아토오가닉 가습기살균제	PGH	○	○	ND	ND	ND
17	유공 가습기메이트	SKYBIO FG 1%	ND	ND	ND	○	ND
18	애경 가습기메이트	SKYBIO FG 1%	ND	ND	ND	○	ND
19	에어가드 리퀴드	Replied with "NI on HD"	ND	ND	ND	ND	ND
20	에코후레쉬 가습기용 향균볼 (고체형)	Aluminum oxide and others (NI on the ingredients)	ND	ND	ND	ND	ND
21	엔워드 (N-WITH, 2005-2008년 출시)	NaDCC	ND	ND	ND	ND	○
22	엔워드 (N-WITH, 2008-2011년 출시)	NaDCC	ND	ND	ND	ND	○
23	옥시썩썩 가습기당번	Preventol R80 (BKC contained) 1.08%, FG-50 0.5%	○ (2000년 일부 제품)	ND	○ (2000년 이전 제품)	ND	ND
24	옥시썩썩 가습기당번(고체형)	Silver oxide 1% and others	ND	ND	ND	ND	ND
25	옥시썩썩 뉴 가습기당번	SKYBIO1125 0.5%	○	ND	ND	ND	ND
26	와이즐렉 가습기살균제	SKYBIO1125 0.5%	○	ND	ND	ND	ND
27	이마트 가습기살균제	SKYBIO FG 1%	ND	ND	ND	○	ND
28	이코볼 살균필터	Silver oxide 1.64% and others	ND	ND	ND	ND	ND
29	이플러스 가습기살균제	SKYBIO FG 1%	ND	ND	ND	○	ND
30	주부사랑 가습기파트너	Replied with "NI on HD"	ND	ND	ND	○	ND
31	청풍무구	NI	ND	ND	ND	ND	ND
32	파란하늘 맑은 가습기	APB 910C, Ethanol	ND	ND	ND	○	ND
33	하이지어 가습기필터	Silver nitrate 1% and others	ND	ND	ND	○	ND
34	한국까르푸 가습기세정제	NI	ND	ND	ND	ND	ND
35	한방가습기보충액	NI	ND	ND	ND	ND	ND
36	함박웃음 가습기 세정제	SKYBIO-FG	ND	ND	ND	○	ND
37	향알레르겐	NI	ND	ND	ND	ND	ND
38	홈위쉬 가습기세정제	Potassium sorbate 0.016%, Lavender scent	ND	ND	ND	ND	ND
39	홈키피 가습기 한번에 썩	SKYBIO FG 1%	ND	ND	ND	○	ND
40	홈플러스 가습기청정제	SKYBIO 1125 0.5%	○	ND	ND	ND	ND
Total			8	2	2	14	3

<sup>†</sup>SKYBIO FG is a mixture of CMIT/MIT and SKYBIO 1125 is a substance containing 25% of PHMG. Abbreviations: MOE, Ministry of Environment; HD, humidifier disinfectant; PHMG-P/-HCl, polyhexamethylene guanidine-phosphorous/-hydrogen chloride; PGH, Oligo(2-)ethoxyethoxyethyl guanidine chloride, CMIT, chloromethylisothiazolinone, MIT, methylisothiazolinone; NaDCC, sodium dichloroisocyanurate; NI, no information; ND, not detected or not analyzed

**Table 6.** List of products for which the ingredients of humidifier disinfectant have not been identified

No.	Product name	Vendor	Disinfectant ingredients that manufacturers replied with “use”
1	모던라이프 가습기 살균볼	뉴트리케어	Silver oxide 5% and others
2	바이오피톤 가습기 살균청소	(주)바이오피톤	NI
3	베지터블홈 가습기 클린업(2007년 제품)	(주)홈케어	Phytoncide 0.08% and others
4	아토세이프 가습기 청정제	NI	NI
5	아토세이프 가습기 향균제(유아전용)	아토세이프	Replied with “NI on HD”
6	에어가드 리퀴드	웰버스	Replied with “NI on HD”
7	엔위드(N-WITH, 2005-2008년 출시)	NI	NI
8	에코후레쉬 가습기용 향균볼(고체형)	JnK사이언스	Aluminum oxide and others (NI on the ingredients)
9	이코볼 살균필터	엠텍	Silver oxide 1.64% and others
10	청풍무구	NI	NI
11	한국가르푸 가습기세정제	한국가르푸	NI
12	한방가습기보충액	NI	NI
13	항알레르겐	NI	NI
14	흡위쉬 가습기세정제	신희	Potassium sorbate 0.016%, Lavender scent

Abbreviations: HD, humidifier disinfectant; NI, no information.

#### IV. 고 찰

본 연구에서 지금까지 국내에서 판매된 가습기 살균제 제품 수를 문헌을 통해 종합한 결과 총 40개였다(Table 1-4). 총 8건의 조사 연구에서 보고되었고, 가습기 살균제 피해 신고자가 사용한 제품을 조합한 44개에서 가습기 살균제 제품 정의에 해당하지 않은 제품(N=4)을 제외한 결과이다. 아직 확인하지 못한 가습기 살균제 제품 사례가 있을 가능성도 있다. 제품과 살균제 성분 현황을 통해 향후 규명해야 할 쟁점들을 건강위험 측면에서 고찰하였다.

첫째, 2011년 가습기 살균제 건강피해가 드러난 후 가습기 살균제 제품을 확보하고 제품에서 살균제 성분과 농도를 분석하며, 기업의 제품 위험 관리 등을 집중적으로 조사할 수 있는 적정 시기를 놓쳤다. 2011년 질병관리본부는 단지 10개 제품만을 대상으로 주요 살균제 성분(PHMG, PGH, CMIT/MIT 등)을 분석하는 데 그쳤고, 2017년 환경부가 공식적으로 가습기 살균제 제품을 조사했지만, 30개 기업(29개 제품)을 대상으로 한 면담 형식으로 이루어졌다. 가습기 살균제 건강피해가 알려진 지 10년이 경과하였고, 6천 명이 넘는 가습기 살균제

피해 신고자가 있지만, 참사의 원인인 가습기 살균제 제품과 살균제 성분을 종합적으로 조사한 사례가 없었다.

둘째, 3개 가습기 살균제 제품(세균닥터: 2013-2016년 판매, 이코볼 살균필터: 2008-2011년, 2014-2016년 판매, 에어가드 리퀴드: 2016-2017년 판매)은 가습기 살균제 건강피해가 알려진 이후에도 의약외품으로 허가받지 않고 판매된 것으로 확인되었다. 보건복지부는 2011년 말경, 폐 손상 등 건강피해가 PHMG 함유 가습기 살균제 제품과 연관이 있다고 결론짓고 이들을 판매 중지하였으며, 다른 가습기 살균제 제품들은 2011년 12월 30일까지 의약외품으로 지정·관리되었고 2018년 11월 1일부로 생활화학제품 및 살생물제의 안전관리에 관한 법률(2019년 1월 1일 시행)에 따라 관리하도록 하였다.<sup>11)</sup> 따라서 2012년부터 가습기용으로 판매된 살균제, 세정제 등 제품을 확인하고 법적으로 허가를 받았는지와 판매량 등을 조사해야 한다.

셋째, 가습기 살균제로 인한 폐 손상, 천식, 태아 피해자가 단독 사용한 제품의 살균제 성분은 PHMG, oligo(2)-ethoxyethoxyethyl guanidine chloride (PGH), CMIT와 MIT 혼합, 그리고 sodium dichloroisocyanurate (NaDCC)였다. 폐 손상과의

연관이 확실한(definite) 피해자가 사용한 제품의 성분은 PHMG가 가장 많았고, 다음이 CMIT와 MIT 혼합, 그리고 PGH였다. NaDCC는 possible 피해자 1명이 사용했다고 응답한 제품의 살균제 성분이다. BKC를 살균제로 사용한 제품은 2개로 119 가습기세균제거와 옥시썩썩 가습기당번이다. 119 가습기세균제거는 폐 손상자가 혼합 사용했고, 천식 피해자는 단독 사용자(2명)와 혼합 사용자(2명)가 모두 존재한다.<sup>10)</sup> 옥시썩썩 가습기당번의 경우 폐 손상자가 혼합으로 사용했다고 응답하였다.<sup>10)</sup> BKC는 점안액 내 보존제로 널리 사용되는 성분 중 하나로, 다양한 안구질환을 야기하는 것으로 알려져 있다. 안구표면질환(ocular surface disease, OSD)을 일으킬 뿐만 아니라, 국부적으로 도포한 BKC가 안구 뒤쪽과 시신경에 도달한다는 결과가 쥐 대상 실험에서 확인되었다.<sup>12)</sup> 또한 BKC는 피부질환(자극, 감작, 알레르기성 피부질환 등)을 초래하고 기존 천식 환자의 증상을 악화시키며 정상인에게도 천식을 발병시킬 가능성이 있다.<sup>13,14)</sup> BKC가 직업성 천식을 일으킨다는 연구에는 BKC 함유 살균제 용액에 노출된 간호사들,<sup>15)</sup> BKC 함유 청소용품에 노출된 식품·청소·의료서비스 종사자들<sup>16)</sup> 등의 사례가 있었다. 그러나 BKC함유 가습기 살균제 단독 사용자에게서 폐 손상 등 피해 질환 사례가 보고되지 않았다. 가습기 살균제 피해 조사가 2013년에 공식적으로 시작되었고, 지금까지 피해를 초래했다고 알려진 제품은 2000년 이후 생산된 제품이다. 그런데 BKC가 함유된 제품의 판매 시기는 119 가습기세균제거가 1997-2003년, 옥시썩썩 가습기당번이 1996-2000년이다. 이 시기동안 국민의 간질성 폐질환, 천식 등 호흡기 질환 중심으로 의료이용자료를 분석함으로써 BKC 제품의 건강 피해 연관성을 분석할 필요가 있다고 여겨진다.

넷째, 가습기 살균제 피해 질환(폐 손상, 천식, 태아 피해 등)별로 제품과 살균제 성분을 분류, 조사하고, 이를 기반으로 피해자의 가습기 살균제 사용 특성과 피해자의 인구학적 특성 분포의 연관성을 분석하는 연구가 진행되어야 한다. 한국산업환경기술원은 피해 질환별로 제품별, 살균제 성분별 분포를 홈페이지에 공개하고 있지만, 피해자의 연령별 제품 사용 특성(사용 기간, 사용량 등)에 대한

구체적인 정보는 제공하지 않고 있다. 폐질환은 3차 조사(2011년 11월-2015년 12월, N=1,199)까지만 문헌을 통해 제품과 사용자 특성별 분포 결과가 국내외에 공개되었지만,<sup>17,18)</sup> 4차 조사 결과(2016년 4월, N=5,585)까지 누적된 결과는 보고된 바 없다. 또한 천식, 태아 피해 등의 통계도 보고된 바 없이 피해 질환별 제품, 살균제 성분, 사용 특성, 피해 신고자의 인구학적 특성별 분포와 연관 등을 분석하여 제품과 살균제 성분의 위험을 규명하고 피해 판정 기준을 검증하며 개선하는 데 활용해야 한다.

다섯째, 제품별 살균제 성분과 농도 등 물리·화학적 위험 특성을 규명하는 조사는 부족하고 적절한 시기도 놓쳤다. 제품 성분분석과 관련된 조사 연구는 현재까지 3건에 불과하고, 무엇보다 제품 시료를 확보하는 데 한계가 있다. 2011년 질병관리본부는 폐 손상 등 건강 피해와 연관되는 10개 제품만을 대상으로 살균제 성분으로 PHMG, PGH, CMIT, MIT, NaDCC, 산화은(silver oxide)을 정량하였다.<sup>4)</sup> 이 조사는 집단 폐 손상을 초래한 원인을 규명하기 위한 목적으로 수행되었다. 당시 같은 살균제 성분을 사용한 제품이 많았지만 부분적인 조사에 그쳤고(Table 1 and 5), 제품 확보도 이루어지지 않았다. 2017년 국립환경과학원은 “가습기 살균제의 성분별 물리·화학적 특성 및 농도 분석” 연구를 통해 17개 제품에서 주요 살균제 성분(PHMG, PGH, CMIT/MIT) 농도 등을 포함한 물리적, 화학적 특성에 대한 분석 결과를 보고하였다.<sup>2)</sup> 최근(2020년) 특조위는 국내에서 판매된 가습기 살균제 제품 중 23개 제품을 대상으로 살균제 성분을 임의로 선정하여 분석한 바 있다(Table 5).<sup>3)</sup> 하지만 연구된 제품은 생산(제조/판매) 시기별로 농도 등 물리적, 화학적 특성을 대표하기에는 부족할 뿐만 아니라 제품 성분분석도 확인하지 못한 제품이 14개나 된다. 가습기 살균제 참사의 직접적 원인은 제품에 들어 있는 살균제 등 화학물질인 만큼 살균제 성분의 종류, 농도 등 물리·화학적 특성을 규명하기 위한 조사는 계속되어야 한다. 피해 신고자를 통해 가능한 많은 제품과 시료를 확보하고 살균제 성분 특성 분석을 통해 가습기 살균제 제품의 건강위험이 규명될 필요가 있다. Park et al. (2020)은 PHMG 살균제 제품을 대상

으로 PHMG의 분자량, PHMG 제조 원료인 Guanidine-인산염과 hexamethylenediamine (HMDA)의 농도 등과 건강피해 관련 가능성을 규명할 필요가 있다고 주장하였다.<sup>19)</sup>

끝으로, 제품의 제조 공정, 기업의 제품 관리 결과, 제품 판매량에 대한 정보는 보고된 바 없다. 가습기 살균제 성분 원료 제조, 가습기 살균제 제품 생산 공정과 관리 등의 정보는 중요하다. 특히, 제조 공정에서 원료 화학물질 투입량, 반응 원리, 최종 제품에서 화학물질 농도 관리 등의 조사는 제품의 위험은 물론이고 기업의 제품의 위험에 대한 관리 수준을 결정할 수 있는 중요한 정보이다. 제품 판매량 자료는 환경부가 2017년 조사한 30개 기업, 29개 제품에 대한 것이 유일하다. 가습기 살균제 제품이 사회에 끼친 악영향은 제품별로 다르다. 제품의 위험은 사망, 폐 손상, 천식 등 건강영향부터 위험 제품 구입, 질병으로 잡히지 않은 증상이나 불편, 정신적 피해 등을 초래한 위험까지 매우 다양하다. 판매량, 사용자의 제품 사용 특성과 생물학적 감수성에 따라 건강피해의 발현 정도는 다를 수 있다. 가습기 살균제 제품 모두는 사회에 크고 작은 위험을 미쳤다. 가습기라는 특수한 제품의 사용과 노출 특성을 감안하면 살균제 화학물질이 들어간 모든 제품은 크고 작은 잠재적 건강위험을 내포한다고 볼 수 있기 때문이다.

무엇보다 가습기 살균제 제품 종류, 사용한 살균제 성분과 농도 등 물리화학적 특성, 판매 기간, 판매량, 제조 방법, 기업의 제품 관리 방법 등은 가습기 살균제 건강피해 기록에 꼭 필요한 내용이다. 건강피해 질환 결정과 규명에도 직간접적인 근거가 될 수 있다. 또한, 본 연구 결과를 기반으로 가습기 살균제 제품이 사회에 끼친 위험을 정량적, 정성적으로 추정하고 향후 화학물질 사용으로 인한 건강위험 예방 대책을 마련하는 데 도움이 될 것이다.

## V. 결 론

지금까지 국내에서 판매된 가습기 살균제 제품은 총 40개로 확인되었다. 폐 손상, 천식, 태아 피해자와 피해 신고자가 단독 또는 혼합 사용한 제품은 총 19개 이상이었다. 가습기 살균제 피해자

가 단독 또는 혼합으로 사용한 제품에서 확인된 살균제 성분은 PHMG, PGH, CMIT와 MIT 혼합물, NaDCC, BKC였다. 이 결과는 제품의 성분분석, 환경부의 기업 면담, 피해 신고자 설문 응답 등을 통해서 얻은 것이다. 가장 많은 폐 손상을 초래한 제품은 옥시썩썩 뉴 가습기당면으로, 살균제 성분은 PHMG-인산염이었다. 애경 홈크리닉 가습기메이트, 와이즐렉 가습기살균제, 세퓨 가습기 살균제, 홈플러스 가습기청정제, 엔워드 제품도 모든 피해 질환과 연관이 있는 것으로 파악되었다. 가습기 살균제 성분이 확인되지 않은 제품은 총 14개이다. 가습기 살균제 건강위험의 직접적 원인인 제품의 현황과 함께 제품에서 살균제 성분의 특성을 규명하기 위한 조사는 계속되어야 한다.

## References

1. Park D-U, Lee S, Lim H-K, Bae S-Y, Ryu S-H, Ahn J-J. Review on safety and health information on humidifier disinfectant. *J Environ Heal Sci*. 2017; 43(5): 349-359.
2. Park D, Kwon J, Oh H. Physicochemical characteristics by humidifier disinfectant brands. National Institute of Environmental Health (NIER) Research Report. 2017. (confidential)
3. Special Investigation Commission on Humidifier Disinfectants and 4.16 Sewol Ferry Disasters (SICHHD). Analysis of components of disinfectant contained in humidifier disinfectant products. 2020. (confidential)
4. Korea Centers for Disease Control and Prevention (KCDC). Analytical results of the chemical components of various humidifier disinfectant brands from KCDC's parliamentary inspection (In Korean). Department of Epidemiology Research. 2011.
5. Korean Society of Environmental Health (KSEH). Cases of health problems due to the use of humidifier biocide (in Korean). KSEH Report. 2012.
6. Ministry of Environment (MOE). Field interview investigation for 30 companies to manufacture humidifier disinfectant (HD). 2017 (confidential).
7. Environmental Exposure Checklist (anonymous). The checklist for environmental exposure investigation. 2013.
8. National Assembly (NA). Special Committee for National Investigation to find out the truth of the humidifier disinfectant accident, remedy damage, and prepare measures to prevent recurrence.

- National Survey Results Report. 2016.
9. Lee E, Cheong H-K, Paek D, Kim S, Leem J, Kim P, et al. Characteristics of exposure to humidifier disinfectants and their association with the presence of a person who experienced adverse health effects in general households in Korea. *J Environ Heal Sci.* 2020; 46(3): 285-296.
  10. Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI). Comprehensive supporting portal for humidifier disinfectant victims: Statistical data. Available from: <https://www.healthrelief.or.kr/home/content/stats01/view.do#page04> [accessed 22 September 2020].
  11. Ministry of Environment (MOE). Act on the Safety Management of Household Chemical Products and Biocides (No. 17326). Available from: <http://www.law.go.kr/> [accessed 22 September 2020].
  12. Datta S, Baudouin C, Brignole-Baudouin F, Denoyer A, Cortopassi GA. The eye drop preservative benzalkonium chloride potently induces mitochondrial dysfunction and preferentially affects LHON mutant cells. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2017; 58(4): 2406-2412.
  13. Project SENSOR News. Disinfectants and Asthma. Available from: <http://www.processcleaningsolutions.com/pdf/Quats%20and%20asthma.pdf> [accessed 24 September 2020].
  14. Zock J-P, Plana E, Jarvis D, Antó JM, Kromhout H, Kennedy SM, et al. The use of household cleaning sprays and adult asthma: an international longitudinal study. *Am J Resp Crit Care Med.* 2007; 176(8): 735-741.
  15. Purohit A, Kopferschmitt-Kubler M-C, Moreau C, Popin E, Blaumeiser M, Pauli G. Quaternary ammonium compounds and occupational asthma. *Int Arc Occup Env Hea.* 2000; 73(6): 423-427.
  16. Vandenplas O, D'Alpaos V, Evrard G, Jamart J, Thimpoint J, Huaux F, et al. Asthma related to cleaning agents: a clinical insight. *BMJ Open.* 2013; 3(9): e003568.
  17. Park D-U, Ryu S-H, Lim H-K, Kim S-K, Choi Y-Y, Ahn J-J, et al. Types of household humidifier disinfectant and associated risk of lung injury (HDLI) in South Korea. *Sci Total Environ.* 2017; 596: 53-60.
  18. Ryu SH, Park DU, Lee E, Park S, Lee SY, Jung S, et al. Humidifier disinfectant and use characteristics associated with lung injury in Korea. *Indoor Air* 2019; 29(5): 735-747.
  19. Park D-U, Park J, Yang KW, Park J-H, Kwon J-H, Oh HB. Properties of polyhexamethylene guanidine (PHMG) associated with fatal lung injury in Korea. *Molecules.* 2020; 25(14): 3301.

#### <저자 정보>

박동욱(교수), 이승희(연구원), 임흥규(조사관), 김소연(연구원), 김지원(연구원), 박지훈(연구사), 조경이(연구원)