



## 분무형 생활화학제품의 분사형태 분류제안과 부유비율 평가

황성호<sup>1</sup> , 김민정<sup>2</sup> , 김민철<sup>2</sup> , 박정연<sup>2</sup> , 조현빈<sup>2</sup> , 이명호<sup>2</sup> , 이기영<sup>1,2</sup> , 조경덕<sup>1,2</sup> , 윤충식<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 보건환경연구소, <sup>2</sup>서울대학교 보건대학원 환경보건학과

## Classification Proposals for Spray Type and Airborne Fraction Ratio of Consumer Chemical Products

Sung Ho Hwang<sup>1</sup>, Minjung Kim<sup>2</sup>, Mincheol Kim<sup>2</sup>, Jeung Yeon Park<sup>2</sup>, Hyunbin Jo<sup>2</sup>, Myoung Ho Lee<sup>2</sup>, Kiyoung Lee<sup>1,2</sup>, Kyungduk Zoh<sup>1,2</sup>, and Chungsik Yoon<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Health and Environment, Seoul National University,

<sup>2</sup>Department of Environmental Health Sciences, Graduate School of Public Health, Seoul National University

### ABSTRACT

**Background:** The National Institute of Environmental Research (NIER)'s classification of and airborne fraction ratio for consumer chemical products (CCP) does not reflect the characteristics of various product classifications.

**Objectives:** The purpose of this study was to reclassify the types of spray products according to the diverse spray characteristics of CCPs to evaluate the airborne fraction ratio of representative spray types and to compare them with previous CCPs types and airborne fraction ratios.

**Methods:** One thousand seven hundred two products were selected through market research, and 932 newly reported products were selected. After that, 200 were selected to evaluate products with potential inhalation exposure. After classifying six product types that are expected to show differences in the airborne fraction ratio according to the type of product, a final 38 products were selected for use in the airborne fraction ratio through random sampling.

**Results:** CCP has been reclassified from two to six types so that the characteristics of all products are well-reflected. The NIER simply had two airborne fraction ratios, but the results of experiments with six types of products showed a significant difference in values ( $p < 0.01$ ). Airborne fraction ratios of propellant general foam, pump general aerosol, and pump trigger foam in spray type, which were not previously present in NIER, were 7.1%, 24.4%, and 3.5%, respectively.

**Conclusions:** For the diversified types of CCPs, the newly proposed classification was more appropriate than the existing NIER classification. The airborne fraction ratio was also different for each type, so a new value was suggested.

**Key words:** Consumer chemical products, spray type, propellant type, pump type

**Received** November 27, 2023

**Revised** December 13, 2023

**Accepted** December 15, 2023

### Highlights:

- Consumer chemical products were re-defined by spray type.
- The airborne fraction ratio showed significantly different by the spray types ( $p < 0.01$ ).
- Newly proposed airborne fraction ratio for each product type was provided based on the experimental data.

### \*Corresponding author:

Institute of Health and Environment,  
Seoul National University, 1 Gwanak-  
ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of  
Korea

Tel: +82-2-880-2734

Fax: +82-2-745-9104

E-mail: csyoon@snu.ac.kr

## I. 서 론

생활화학제품은 가정을 포함하여 다양한 일상 생활공간에서 사용되는 화학제품으로, 매우 다양한 화학물질을 포함하고 있다. 이러한 화학물질에는 발암물질, 돌연변이성 물질, 생식 독성 물질, 내분비교란 물질과 같이 독성정보가 밝혀진 물질도

있지만 유해성 정보가 제한적인 물질도 있다.<sup>1)</sup> 이러한 위험성에 대해 환경부 고시 「생활화학제품 및 살생물제의 안전관리에 관한 법률」의 하위 규정인 「생활화학제품 유해성 평가의 대상 및 방법 등에 관한 규정(국립환경과학원 고시 제2022-85호, 2022.12.19)」에서는 사용되는 생활화학제품에 함유된 물질이 밖으로 노출될 경우 인체와 환경에 유해한 영향을 줄 수 있는



화학물질을 대상으로 위해성평가를 실시한다. 대상물질의 선정기준은 독성이 강하고 소비자가 많이 사용하는 제품에 함유되어 있거나, 제품 내 함유량이 많아 인체와 환경에 노출 가능성이 높은 물질, 그리고 국제적 규제 또는 관심물질로서 제품에 포함될 가능성이 높은 물질로 하고 있다.<sup>2,3)</sup>

생활화학제품의 분사형태에는 스프레이 형태 제품과 트리거 형태 제품에 따른 제품 사용 시나리오 및 공기 중 분사 노출 시나리오가 「생활화학제품 위해성평가의 대상 및 방법 등에 관한 규정(국립환경과학원 고시 제2022-85호, 2022.12.19)」에 언급되어 있지만 이 두 종류의 분사형태가 어떤 차이가 있는지에 대한 정의는 현재 없는 실정이다. 시중에 판매되고 있는 생활화학제품들의 분사형태는 압축가스가 충전제로 내재된 ‘propellant’ 또는 ‘압축분사형’으로 불리는 형태와 압축가스 없이 손잡이를 손으로 당겨서 분사하는 형태가 일반적이지만 모든 형태의 생활화학제품이 이 두 형태에 국한되어 있지 않아서 이에 대한 기본적인 정의가 필요한 상황이다.

또한 국립환경과학원 고시(제2022-85호)의 「일반 노출계수(별표 6)」에서 ‘바닥으로 분사’와 ‘물체로 분사’에서는 스프레이와 트리거 형태가 구분되어 부유비율이 제시되어 있지만 ‘공기 중 분사’에 대한 부유비율은 스프레이와 트리거 형태로 구분 없이 하나의 통일된 형태로 부유비율이 제시되어 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 다양한 분무형 생활화학제품에 대한 분사형태에 맞게 재분류하여 제안하고, 주요 분사형태에 따른 부유비율을 평가하여 기존의 국립환경과학원 고시의 분류 방법 및 부유비율과 비교하는 것이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 대상 제품 선정과정

본 연구는 생활화학제품을 대상으로 하여 온/오프라인 시장 조사 및 환경부 초록누리 사이트(<https://ecolife.me.go.kr/ecolife/>)를 이용한 신규신고제품조사를 통해 제품을 선정하였다. 신규신고제품조사의 경우, 환경부 초록누리 사이트(<https://ecolife.me.go.kr/ecolife/>)를 이용하여 파악하였다. 2021년 7월부터 8월까지 진행되었던 시장조사를 통해 총 1,702개의 제품을 선정하였다. 선정 과정은 Fig. 1에 나타내었다. 종류로는 제품군의 경우, 세정제품, 세탁제품, 코팅·방지제품, 접착·접합제품, 방향·탈취제품, 염색·도색제품, 살균제품, 구제제품, 보존제품, 그리고 기타 생활화학제품이었다. 시장조사의 경우, 온라인 및 오프라인 제품 판매처를 각각 검토하여 생활화학제품 취급 기업을 확인하여 제품별로 유통채널이 다르므로 유통채널별로 판매되고 있는 제품의 종류가 다른 경우를 대비하였다. 특히 소비자의 이용 실태에 따라 주된 유통 채널이 목록에서 누락되지 않도록 목록화하여 조사를 진행하였다. 온라인 유통 채널의 경우, 소비자들이 주로 사용하는 온라인 마켓을 선

정하여 조사를 수행하기 위해 브랜드평판지수가 높은 오픈마켓을 확인하고 2021년 7월 한국기업평판연구소의 빅데이터 분석 자료를 활용하여 순위에 있는 마켓을 우선순위 조사 대상으로 선정하였다. 오프라인 유통 채널의 경우, 대형마트, 기업형 슈퍼마켓, 시장, 백화점 등을 중심으로 검토하고, 그 외에도 자체 브랜드 상품을 생산하는 마켓을 추가적으로 검토하였다. 온라인 시장 조사의 경우 판매처별로 조사원을 배정한 후 우선순위 조사대상으로 선정한 판매처부터 조사를 진행하였다. 판매처별로 제품 키워드 검색 후 랭킹순, 판매량순, 최신순으로 제품을 검색하며 조사를 진행하였다. 이후 제품별 상세정보를 확인하고 내용을 기록 후 제품 이미지의 별도파일을 저장하였다. 우선순위 조사대상 판매처 조사 완료 후 그 외의 판매처에서 누락된 제품을 보완하는 조사를 진행하였다. 오프라인 조사의 경우, 판매처별로 조사원을 배정 후 대형마트, 기업형 슈퍼마켓, 자체 브랜드 생산 마켓 등 설정한 우선순위 순으로 조사를 진행하였다. 제품군별 판매대에 진열된 모든 제품에 대해 조사를 진행하였고 제품의 전체 모습을 사진으로 기록하였다. 신규신고제품조사의 경우, 이후 2022년에 신규신고제품 총 932개의 제품을 선정하였다. 해당 제품의 종류는 스프레이형, 분무기형, 보충형(분무기형), 연소형, 훈증형, 보충형(합침물형), 보충형(자동분사형), 기타(자동분사형), 기타(스틱형), 비분사형이었다. 제품군의 경우, 세정제품, 코팅제품, 방향·탈취제품, 염색·도색제품, 살균제품이 포함되었다. 세탁제품, 자동차 전용제품, 인쇄 및 문서관련 제품, 미용제품, 구제제품, 보존·보존처리제품, 기타제품도 함께 조사되었으나, 해당 제품들은 분사형 및 비분사형에 해당하는 제품이 없었기에 제품의 개수에서 제외되었다. 시장조사결과와 신규신고제품 조사 결과 사이에는 중복 제품이 없는 것을 확인하였다. 각 조사 후 흡입노출 가능성이 있는 제품의 평가를 위해 200개를 선정하였는데 그의 방

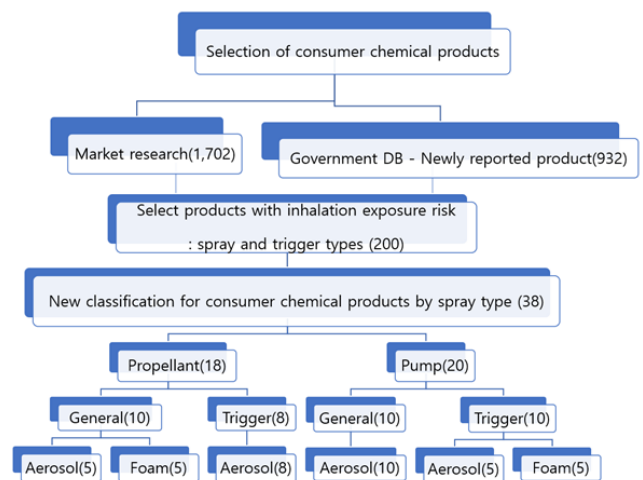


Fig. 1. Flow of consumer chemical product selection

법은 다음과 같다. 시장조사결과와 신규신고제품을 모두 고려하여 흡입노출 가능성이 높을 것으로 판단되는 분사형태인 스프레이(foam)/트리거(foam) 제형의 제품을 선정하였다. 이후 시장조사 결과(n=1,702)의 분사형태제품 비율에 따라 200개를 품목군(세정제품, 코팅·방지제품, 접착·접합제품, 방향·탈취제품, 염색·도색제품, 살균제품, 구제제품) 기준으로 할당하였다. 이후 스프레이/트리거/스프레이foam/트리거foam 4종류 제형을 시장조사 결과를 바탕으로 할당하였으며 가능하다면 최소 분류당 분석수가 3개 이상이 되도록 하였다. 스프레이와 트리거 제품 수를 비슷하게 배분하였다. 스프레이/트리거 할당 제품 중 20~30%는 신규신고제품에서 선택하였다. 할당 조건에 맞는 제품 선정의 경우 난수 생성 후 정렬하여 순위 매김 방식의 랜덤 샘플링으로 진행하였다. 랜덤 샘플링 결과 제조사와 세부용도가 동일한 제품이 2개 이상이 있다면 택일하였다. 제품의 형태에 따른 부유비율 차이가 있을 것으로 예상되는 바, 200개 제품을 6개 제형으로 나누는 후 가능한 수준에서 층화 샘플링을 통해 부유비율 실험에 사용할 제품 38개를 선정하였고 실험에 사용된 6개의 세부 분사 제품형태별 개수와 선정과정은 Table 1과 Fig. 1에 제시하였다.

**2. 분무형 생활화학제품 재분류 방법**

생활화학제품으로부터 분사되어 공기 중으로 나오는 입자물질의 거동 형태는 크게 네 가지로 분류가 가능하다. 첫째, 개별 입자로서 공기 중으로 분산되는 형태, 둘째, 개별 입자들이 응집된 형태, 셋째, 제품 속 액상 용매에 포함되어 분사되는 형태, 그리고 기능적인 개별 물질에 둘러 쌓여 코팅된 형태로 분사되는 형태로 구분할 수 있다.<sup>4)</sup> 본 연구에서는 생활화학제품을 분사형태에 따른 특징으로 구분하여 정의하고, 제품 종류에 따른 부유비율을 평가하여 분사제품별 특징을 비교 검토하였다. 6개 제품의 형태는 1) 압축 분무 일반 에어로졸형, 2) 압축 분무 일반 거품형, 3) 압축 분무 트리거 에어로졸형, 4) 펌프 분무

일반 에어로졸형, 5) 펌프 분무 일반 거품형, 6) 펌프 분무 트리거 에어로졸형이다. 크게 압축가스 유무로 압축 분무형과 펌프 분무형으로 나누었으며, 이후 제품 사용 방식에 따라 손잡이를 당기는 형태는 트리거, 제품 상단부분을 아래로 누르는 형태는 일반형으로 나누었다. 에어로졸형과 거품형은 분사 직후 거품 발생 유무로 나누었다.

**3. 부유비율 평가**

각 제품을 공기 중으로 일정량 분사를 하고 이에 따라 바닥에 침전되는 양을 조사하여 공기 중 부유비율( $F_{air}$ )을 산정하였다(Fig. 2). 바닥에 침전되지 않은 용매는 모두 휘발 및 부유를 한다는 가정하에 진행하였다. 제품은 모두 전지면 위에 위치시킨 후 바닥으로부터 수직방향의 정면으로 공중 분사를 실시하였다. 제품의 분사량은 약 2.0 g에 맞추어 분사를 진행하였다. 제품의 분사량, 분사횟수 및 분사장소(온습도 조건 포함) 대한 정보는 Supplementary Table 1에 제시하였다. 각 실험은 바닥에 침전되는 양을 계산하기 위해 크고 깨끗한 비닐 전지를 이용하였으며 제품별로 1회 사용 후 폐기하였다. 무게의 경우 소수점 아래 한자리까지 칭량이 되고 최대 1 kg, 최소 2 g까지 칭량이 되는 저울(CAS, WZ-3A)을 이용하였고, 온습도 측정은 Thermo Recorder (TR-72wb)를 이용하여 진행하였다. 반복 실험은 추가적으로 진행되지 않았으며, 부유비율 산출에 영향을

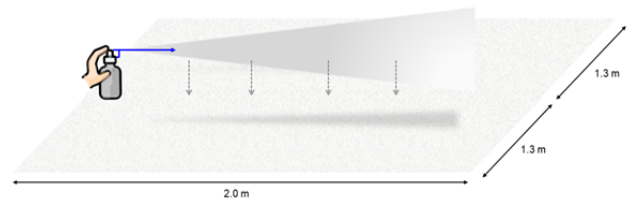


Fig. 2. Schematic of consumer chemical product experiment

Table 1. Airborne fraction ratio ( $F_{air}$ ) from the consumer chemical products by product body

Product body type	Product head type	Formulation type (N*)	Amount of product sprayed (g)	Amount of product fallen to the ground (g)	$F_{air}$ (%)	p <sup>†</sup>	
			Mean±standard deviation				
Spray	Propellant	General	Aerosol (5)	2.06±0.20	0.16±0.32	93.3±13.3	<0.01
			Foam (5)	2.56±0.14	2.38±0.32	7.1±10.6	
	Trigger	Aerosol (8)	2.42±0.59	1.64±0.95	34.5±28.4		
Pump	General	Aerosol (10)	1.87±0.30	1.43±0.48	24.4±20.4		
		Trigger	Aerosol (5)	2.08±0.15	1.04±0.52	49.0±27.7	
			Foam (5)	2.30±0.28	2.22±0.28	3.5±3.5	

\*Number of the products.

† Comparison of means between the six groups (propellant general aerosol type, propellant general foam type, propellant trigger aerosol type, pump general aerosol type, pump trigger aerosol type, pump trigger foam type).

줄 수 있는 부분은 다음과 같았다. 제품을 바닥에 두고 분사했기 때문에 제품에 따른 크기 차이로 인한 분사 높이 차이, 실험 진행 일자 별 온습도에 따른 차이, 그리고 수동 계량에 따른 ± 0.1 g의 오차가 발생할 수 있다. 공기 중 부유비율( $F_{air}$ )은 (1)의 식을 이용하여 산출되었다.

$$F_{air} (\%) = \frac{(P_b - P_a) - (V_b - V_a)}{(P_b - P_a)} \times 100 \quad (1)$$

$P_b$ : The weight of the product before release (spraying) into the air

$P_a$ : The weight of the product after release (spraying) into the air

$V_b$ : The weight of the new vinyl before spraying

$V_a$ : The weight of the new vinyl after spraying

#### 4. 통계분석

부유실험 결과 값은 Shapiro-Wilk 검정에 통해 정규분포 여부를 확인하였다. 확인결과 정규분포를 나타내지 않아 비모수 분석인 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. Kruskal-Wallis 검정은 실험한 모든 제품 형태인 압축 분무 일반(에어로졸 및 거품), 압축 분무 트리거, 펌프 일반 에어로졸, 펌프 트리거(에어로졸 및 거품) 부유비율간 유의성 확인을 위해 실시하였다. 통계 분석은 R 소프트웨어(version:4.3.2, R development Core Team, Vienna, Austria)를 사용하였고, 유의 수준은 0.05 미만으로 설정하였다.

### III. 결과 및 고찰

제품 사용형태에 따른 분류방법과 정의는 크게 분무형, 압축 분무형, 압축 분무 일반형, 압축 분무 트리거형, 펌프 분무형, 펌프 분무 일반형, 펌프 분무 트리거형으로 구분하였다(Fig. 3). 분무형은 가장 높은 상위 분류로 압축 분무형과 펌프 분무형을 포괄한다.

#### 1. 압축 분무형(propellant spray)

제품상에 압축가스(e.g. 액화석유가스 [LPG], 프로판가스 [propane gas])가 내재된 분사형태의 제품을 의미하며, ‘프로펠런트(propellant)형’ 혹은 ‘압축분사형’으로도 불린다. 수직방향으로 제품 상단을 눌러서 분사하는 형태의 일반형(압축 분무 일반 에어로졸 형태와 압축 분무 일반 거품 형태)과 수평방향으로 제품 손잡이를 당겨서 분사하는 트리거형(압축 분무 트리거 에어로졸 형태와 압축 분무 트리거 거품 형태)이 있다. 제품 분사시에는 ‘초’ 단위로 분사가 가능한 특징이 있다.

#### 2. 압축 분무 일반형(propellant general spray)

제품상에 압축가스가 내재된 분사형태의 제품을 의미하며, 수직방향으로 제품 상단을 눌러 분사된다. 분사 시점에 에어로졸 형태와 거품 형태로 분사되는 종류의 제품을 의미한다. 압축 분무 일반 에어로졸 형태와 압축 분무 일반 거품 형태가 있다.

#### 3. 압축 분무 트리거형(propellant trigger spray)

제품상에 압축가스가 내재된 분사형태의 제품을 의미하며,

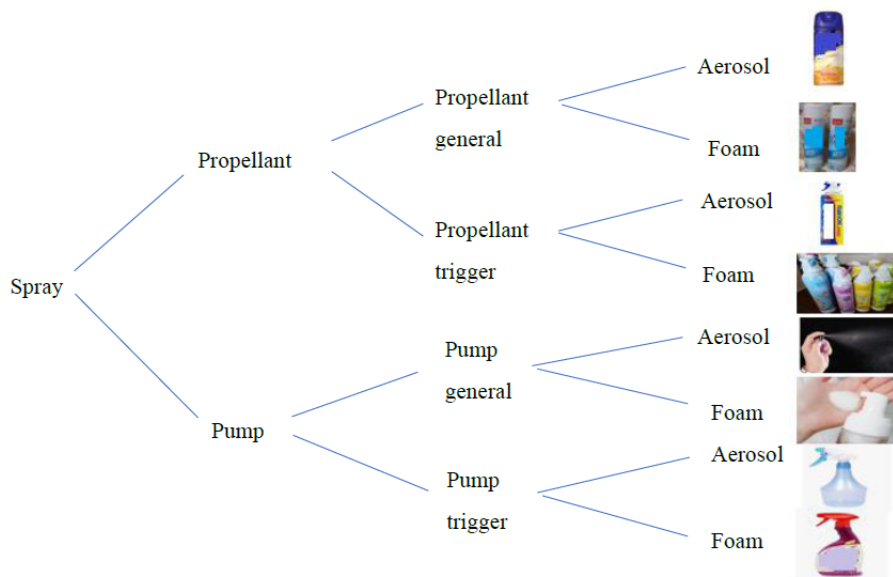


Fig. 3. Flowchart of new classification for consumer chemical products by spray type

수평방향으로 제품 손잡이를 당겨서 분사된다. 분사 시점에 에어로졸 형태와 거품 형태로 분사되는 종류의 제품을 의미한다. 압축 분무 트리거 에어로졸 형태와 압축 분무 트리거 거품 형태가 있다.

#### 4. 펌프 분무형(pump spray)

제품상에 압축가스가 없으며 수평방향으로 제품을 당겨서 분사하거나, 수직방향으로 제품을 눌러서 분사하는 형태의 제품을 의미한다. 종류로는 일반형(펌프 분무 일반 에어로졸 형태와 펌프 분무 일반 거품 형태)과 트리거형(펌프 분무 트리거 에어로졸 형태와 펌프 분무 트리거 거품 형태)이 있고, 제품 분사 시에는 ‘회’ 단위로 분사되는 특징이 있다.

#### 5. 펌프 분무 일반형(pump general spray)

제품상에 압축가스가 없으며 수직방향으로 제품 상단을 눌러 분사하고, 분사 시점에 에어로졸 형태와 거품 형태로 분사되는 제품을 의미한다. 펌프 분무 일반 에어로졸 형태와 펌프 분무 일반 거품 형태가 있다.

#### 6. 펌프 분무 트리거형(pump trigger spray)

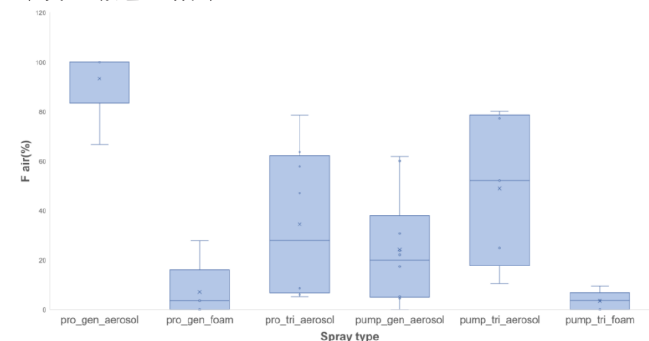
제품상에 압축가스가 없으며 수평방향으로 제품 손잡이를 당겨서 분사하고, 분사 시점에 에어로졸 형태와 거품 형태로 분사되는 제품을 의미한다. 펌프 분무 트리거 에어로졸 형태와 펌프 분무 트리거 거품 형태가 있다.

Fig. 3의 새로운 분류방법과 위의 분류정의는 현재 국립환경과학원 고시에 제시되어 있지 않는 제품 타입인 압축 분무 트리거 에어로졸 형태, 압축 분무 트리거 거품 형태, 펌프 분무 일반 에어로졸 형태, 펌프 분무 일반 거품 형태를 포함하여 시중에 판매되고 있는 거의 모든 생활화학제품을 분류할 수 있도록 제시하였다.

공기 중으로 부유 분사된 입자의 이동에 영향을 미치는 요인으로는 제품에 사용된 물 또는 유기용매와 분사 노즐의 형태의 분사 방식, 그 외의 환경 변수가 복합적으로 작용하지만 그 중에서 가장 큰 영향을 미치는 변수는 제품의 분사 방식이다.<sup>5)</sup> 분사 방식은 크게 압축 분사형(propellant type)과 분무형(trigger type)으로 구분되며, 압축 분사형태는 제품 안의 용매를 비롯한 물질들이 압축가스와 섞인 형태로, 분사될 때 압축가스의 힘에 의해 분사되고, 분무형태의 경우는 제품 안의 물질이 사용자의 손으로 당기는 물리적인 힘에 의해 분사된다.<sup>6)</sup> 이전에 보고된 연구에서는 압축 분사형태의 제품으로부터 분사되는 작은 입자가 공기 중에 오랜 시간 동안 부유하는 특성으로 인해 사용자의 흡입노출 위험이 크고, 분무형태 제품의 경우는 대부분 큰입자 형태로 분사되어 흡입 노출의 위험은 압축 분사 형태의 제품에 비해 상대적으로 적은 것으로 보고되었다.<sup>5,7,8)</sup> 본 연구에서도 압축 분사 일반 에어로졸 형태의 제품부유비율

(93.3%)이 비압축분사 형태인 펌프 분무 일반 에어로졸 형태의 제품 부유비율(24.4%) 보다 약 평균 3.8배 높게 나타난 결과를 보였다(Table 1).

기존 국립환경과학원 고시(제2022-85호, 「일반 노출계수(별표 6)」)에 존재하지 않았던 압축 분무 일반 거품, 펌프 일반 에어로졸, 펌프 트리거 거품 형태의 공기 부유비율은 각각 7.1%, 24.4%, 3.5%였고 실험한 모든 제품 형태별(압축 분무 일반: 에어로졸 및 거품, 압축 분무 트리거, 펌프 일반 에어로졸, 펌프 트리거: 에어로졸 및 거품)간의 부유비율은 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ) (Fig. 4). 외국에서도 제품 노출 평가 시 부유비율을 제품 특성에 따라 제시하고 있다.<sup>9-13)</sup> 유럽 정부, 관련기관 및 산업계에서 소비자 제품의 화학물질 노출을 평가하는데 사용되는 ConsExpo spray model에서는 분무형태에 따라 크게 Aerosol spray can, trigger spray, pump spray, pneumatic spray 이렇게 네가지 타입으로 분류하였다.<sup>14)</sup> 각 타입별 공기 중 부유비율( $F_{air}$ )은 기존 연구를 바탕으로 제품군별로 기본 설정되어 있고, 거품 형태의 제품을 별도로 분리할 경우에는 본 연구에서 실험한 결과와 유사한 경향이 나타났다. 다만, ConsExpo spray model에서는 노출모델에 부유 비율의 정규성을 확보하기 위해 입자중 22.5  $\mu\text{m}$  미만의 비율( $F_{scale}$ )을 적용<sup>14)</sup>하여 각 타입별 공기중 부유비율이 본 연구에서의 실험결과 보다 낮은 값을 보였다.



**Fig. 4.** Airborne fraction ratio ( $F_{air}$ ) from different types of life chemical products ( $p < 0.01$ ). (pro\_gen\_aerosol: propellant general aerosol type, pro\_gen\_foam: propellant general foam type, pro\_tri\_aerosol: propellant trigger aerosol type, pump\_gen\_aerosol: pump general aerosol type, pump\_tri\_aerosol: pump trigger aerosol type, pump\_tri\_foam: pump trigger foam type. Values for “pro\_gen\_aerosol” type: lower whisker (66.6 %), 25th (83.3 %), and 75th (100.0 %). Values for “pro\_gen\_foam” type: lower whisker (0.0 %), 25th (0.0 %), median (3.6 %), 75th (16.1 %), and upper whisker (28.0 %). Values for “pro\_tri\_aerosol” type: lower whisker (5.3 %), 25th (6.7 %), median (28.1 %), 75th (62.2 %), and upper whisker (78.6 %). Values for “pump\_gen\_aerosol” type: lower whisker (1.6E-12 %), 25th (5.1 %), median (19.9 %), 75th (38.1 %), and upper whisker (61.9 %). Values for “pump\_tri\_aerosol” type: lower whisker (10.5 %), 25th (17.8 %), median (52.2 %), 75th (78.6 %), and upper whisker (80.0 %). Values for “pump\_tri\_foam” type: lower whisker (0.0 %), 25th (0.0 %), median (3.7 %), 75th (6.8 %), and upper whisker (9.5 %). Median was excluded from a quartile calculation if the number of data was odd.

제품 사용으로 인해 분사되는 입자들이 호흡기로 노출되어 나타날 수 있는 건강상 영향은 사용자가 어떻게 사용하는지에 따른 사용시간, 사용주기, 호흡률 등과 같은 사용 특성에 따라 다르고, 분사된 입자의 크기와 응집 형태 및 입자의 화학적 조성, 그리고 표면 기능성 등과 같은 물리화학적 특성에 따라 달라질 수 있어서<sup>10,11)</sup> 인체 건강영향 측면에서 보다 정확한 평가 자료를 기반으로 한 결과 값을 제시하고 적용하는 것이 중요하다. 본 연구는 실험상의 용이함과 정확한 제품의 부유비율을 평가하기 위해 실제 사용되는 실내공간에서 분사 실험을 시행하였다. 클린룸 또는 실제 생활 공간에서의 분사 실험은 사용자의 실제 노출 정도를 정확히 반영할 수 있는 장점이 있다.<sup>15-17)</sup> 보고된 관련 연구에서는 소형 글로벌 박스나 노출 챔버, 클린룸 등 환경 제어가 용이한 장소에서 실험 연구로 진행하였다.<sup>8,18,19)</sup> 소형 글로벌 박스나 챔버를 이용한 분사 실험은 상대적으로 제한된 소형 공간에서 실험이 가능하기 때문에 비교적 단시간에 빠른 확산이 가능하고, 작은 공간 내에서의 균일한 입자 분포는 실제 사용자의 활동 반경 내에서의 노출을 추정하는데 용이하다. 본 연구는 실생활 공간을 모사하여 밀폐된 빈 공간에서 진행을 하였기 때문에 몇가지 제한점이 있다. 첫째, 제품을 바닥에 두고 분사하였기 때문에, 제품의 크기에 따른 분사 높이 차이가 있을 수 있다. 둘째, 실험을 하루에 진행되지 않고 며칠에 걸쳐 나눠 진행하였기 때문에, 당시의 운습도에 대한 차이가 있을 수 있고, 수동 계량에 따른  $\pm 0.1$  g의 오차가 발생할 수 있다. 셋째, 재현성 평가를 실시하지 않은 것인데, 이는 제품 타입 따른 분사 특징 및 경향이 뚜렷하였기 때문에 큰 차이는 없을 것으로 판단되었기 때문이다. 마지막으로 국내 모든 생활화학제품을 형태별로 실험평가를 하지 못했다는 연구의 제한점이 있지만 본 연구는 생활화학제품의 새로운 분류방식과 다양한 분무형태별로 부유비율의 차이가 있다는 것을 증명하였다는 점에서 연구의 가치가 크다. 따라서 본 연구는 부유비율이 스프레이와 트리거 형태 구분 없이 제시되어 있는 국립환경과학원 고시(제2022-85호 ‘공기 중 분사’ 항목)<sup>3)</sup>를 노출평가 모델에 적용하기보다는 실험자료를 기반한 본연구의 분무형태별 부유비율을 적용하는 것이 보다 정확한 노출평가 모델예측에 적합하다.

#### IV. 결 론

생활화학제품에 대한 분사형태에 따른 특징을 구분하여 제안하고, 분사형태 및 종류에 따른 부유비율을 평가하여 분사 제품별 특징을 비교 검토하였다. 주요 결과로는 생활화학제품을 분무형태별로 재분류 제안과 공기중 분사에 대한 부유비율은 제품의 분무형태에 따라 서로 다른 부유비율을 나타내었다( $p < 0.01$ )는 것이다. 본 연구는 생활화학제품을 분무형태별로 재분류하고 제시하여 기존에 제품형태별로 명확한 구분없

이 혼용하여 사용되어왔던 모호한 부분들을 구체화함으로 제품형태별 특징을 이해하는데 도움을 준다. 또한 부유비율을 평가함으로써 향후 국립환경과학원 고시(제2022-85호)의 「일반 노출계수(별표 6)」에서 ‘공기 중 분사’에 대한 보다 정확한 노출평가 모델 적용에 도움이 될 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생활화학제품 안전관리 기술개발사업(2021002970003, 1485019148 [NTIS])의 지원을 받아 연구되었고, 이에 감사드립니다.

#### Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

#### Supplementary Materials

Supplementary materials can be found via <https://doi.org/10.5668/JEHS.2023.49.6.305>

#### References

1. Yoon C, Kwon T, Oh G, Kim M, Kim B, Shin CW, et al. A study on the exposure factors used in the assessment of inhalation exposure to household chemicals. *J Environ Health Sci.* 2022; 48(4): 195-205.
2. Ministry of Environment. Act on the Safety Management of Living Chemicals and Biocide. Available: <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%83%9D%ED%99%9C%ED%99%94%ED%95%99%EC%A0%9C%ED%92%88%EB%B0%8F%EC%82%B4%EC%83%9D%EB%AC%BC%EC%A0%9C%EC%9D%98%EC%95%88%EC%A0%84%EA%B4%80%EB%A6%AC%EC%97%90%EA%B4%80%ED%95%9C%EB%B2%95%EB%A5%A0> [Accessed Nov 1, 2023].
3. National Institute of Environmental Research (NIER). A guideline for the evaluation of exposure according to the use of biocidal products - disinfectants and exterminants. Incheon: NIER; 2021 Mar. Report No.: NIER-GP2021-020.
4. Nowack B, Bucheli TD. Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment. *Environ Pollut.* 2007; 150(1): 5-22.
5. Losert S, von Goetz N, Bekker C, Fransman W, Wijnhoven SW, Delmaar C, et al. Human exposure to conventional and nanoparticle-containing sprays-a critical review. *Environ Sci Technol.* 2014; 48(10): 5366-5378.
6. Park J, Park M, Yoon C. Methodologies for inhalation exposure assessment of engineered nanomaterial-containing consumer spray

- products. *J Environ Health Sci.* 2019; 45(5): 405-425.
7. Quadros ME, Marr LC. Silver nanoparticles and total aerosols emitted by nanotechnology-related consumer spray products. *Environ Sci Technol.* 2011; 45(24): 10713-10719.
  8. Hagedorfer H, Lorenz C, Kaegi R, Sinnet B, Gehrig R, Goetz NV, et al. Size-fractionated characterization and quantification of nanoparticle release rates from a consumer spray product containing engineered nanoparticles. *J Nanopart Res.* 2010; 12(7): 2481-2494.
  9. Jang JY, Jo SN, Kim S, Kim SJ, Cheong HK. Korean exposure factors handbook. Seoul: Ministry of Environment; 2007.
  10. Seo JK, Yoon HJ, Kim T, Kim JH, Joe AR, Lee BW, et al. Korean exposure factors handbook for children. Incheon: National Institute of Environmental Research; 2016.
  11. National Institute of Environmental Research (NIER). Korean exposure factors handbook for children. Incheon: NIER; 2019.
  12. National Institute of Environmental Research (NIER). Korean exposure factors handbook. Incheon: NIER; 2019.
  13. Yoon H, Seo J, Yoo SK, Kim PJ, Park J, Choe Y, et al. Updated general exposure factors for risk assessment in the Korean population. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2022. doi: 10.1038/s41370-022-00437-6. [Epub ahead of print]
  14. Delmaar JE, Bremmer HJ. The ConsExpo spray model: modeling and experimental validation of the inhalation exposure of consumers to aerosols from spray cans and trigger sprays. Bilthoven: National Institute for Public Health and the Environment; 2009. Report No.: 320104005.
  15. Steiling W, Bascompta M, Carthew P, Catalano G, Corea N, D'Haese A, et al. Principle considerations for the risk assessment of sprayed consumer products. *Toxicol Lett.* 2014; 227(1): 41-49.
  16. Bekker C, Brouwer DH, van Duuren-Stuurman B, Tuinman IL, Tromp P, Fransman W. Airborne manufactured nano-objects released from commercially available spray products: temporal and spatial influences. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2014; 24(1): 74-81.
  17. Chen BT, Afshari A, Stone S, Jackson M, Schwegler-Berry D, Frazer DG, et al. Nanoparticles-containing spray can aerosol: characterization, exposure assessment, and generator design. *Inhal Toxicol.* 2010; 22(13): 1072-1082.
  18. Kim E, Lee JH, Kim JK, Lee GH, Ahn K, Park JD, et al. Case study on risk evaluation of silver nanoparticle exposure from antibacterial sprays containing silver nanoparticles. *J Nanomater.* 2015; 2015: 346586.
  19. Lorenz C, Hagedorfer H, von Goetz N, Kaegi R, Gehrig R, Ulrich A, et al. Nanosized aerosols from consumer sprays: experimental analysis and exposure modeling for four commercial products. *J Nanopart Res.* 2011; 13(8): 3377-3391.

#### 〈저자정보〉

황성호(교수), 김민정(박사수료), 김민철(대학원생), 박정연(대학원생), 조현빈(대학원생), 이명호(박사과정), 이기영(교수), 조경덕(교수), 윤충식(교수)