

유독물질 상위 및 하위규정수량의 기준 및 위험 범주 선정 방안

김효동* · 박교식**†

Determination Method of the Criteria and the Hazard Category for Upper and Lower Tier Qualifying Quantities of the Toxic Substance

Hyodong Kim* · Kyoshik Park**†

†Corresponding Author

Kyoshik Park

Tel : +82-2-2408-7447

E-mail : hway21@empal.com

Received : August 5, 2022

Revised : October 21, 2022

Accepted : October 31, 2022

Abstract : Qualifying quantities (upper tier (UT) and lower tier (LT)) are designated for the regulation of toxic substances. In this study, we aimed to establish systematic criteria for the qualifying quantities by comparing the South of Korea chemical control act with the European Seveso III Directive (Seveso III). In Seveso III, qualifying quantities are defined as “hazard categories” applying GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals), and LTR (lower-tier requirements) and UTR (upper-tier requirements) are determined. The Pro HC (proposed hazard categories) were relevant to the GHS classification of toxic substances and were compared with the currently regulated qualifying quantities. Furthermore, we estimated the Pro LTR (proposed lower-tier requirements) and Pro UTR (proposed upper-tier requirements) corresponding to each Pro HC. Consequently, it was supposed that LT and UT were selected based on GHS like those of Seveso III. Therefore, designation criteria for qualifying quantities should be established by setting the Pro HC such as in Seveso III, rather than designating the qualifying quantities of toxic substances by itself individually. In addition, qualifying quantities should not be delegated to GHS classifications (H302, H341, H411) that do not meet the criteria for the designation of toxic substances, and the corresponding substances should be excluded from classification as toxic substances. This study provides insights into the selection of hazard categories and criteria for qualifying quantities of toxic substances.

Copyright©2022 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Key Words : GHS, hazard categories, seveso III directive, toxic substance, upper and lower tier qualifying quantities

1. 서론

화학물질 사고에 대한 사전 예방, 사후 복구, 안전관리 개선과 화학물질 취급의 안전관리 기준 강화를 목적으로 2015년에 유해화학물질관리법에서 화학물질관리법(이하 화관법)으로 전면개정 되었다¹⁾. 또한, 2021년 4월 이후 화관법상 유해화학물질은 화학사고예방관리계획서 제출 의무가 추가 되었다²⁾. 화학사고예방관리계획서의 제출대상과 작성기준은 하위규정수량(lower tier, 이하 LT)과 상위규정수량(upper tier, 이하 UT)에 따라 다르며 물질별로 규정되어있다²⁾. 유독물질 규정

수량은 환경부 고시 제2022-70호(유독물질, 제한물질, 금지물질 및 허가물질의 규정수량에 관한 규정)의 [별표 1](이하2022-70호)³⁾로 발표되었다.

최대보유량(C)은 유해화학물질이 사업장 취급시설 내 최대로 체류할 수 있는 총합을 말하며 이 C값과 LT와 UT를 비교하여 면제, 1군과 그리고 2군 사업장으로 구분된다. C값이 LT 미만이면 화학사고예방관리계획서 면제 대상이고 1종 이상이 LT 이상 UT 미만이면 2군으로 화학사고예방관리계획서를 제출해야 한다. 그리고 1종 이상이 UT 이상이면 1군으로 외부 비상대응계획을 포함한 화학사고예방관리계획서를 제출

*송실대학교 안전·보건융합공학과 박사과정 (Department of Safety and Health Convergence Engineering, Soongsil University)

**송실대학교 안전·보건융합공학과 교수 (Department of Safety and Health Convergence Engineering, Soongsil University)

해야한다^{2,4)}.

‘Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC’는 일명 Seveso III Directive(이하 Seveso III)로 불리며, 2012년 개정되어 2015년 6월 1일부터 시행되고 있다. 이 지침에 따라 위험 물질(dangerous substances)을 식별할 수 있고 UTR (upper-tier requirements, 이하 EU UTR)과 LTR (lower-tier requirements, 이하 EU LTR)을 결정할 수 있다⁵⁾. Seveso III 개정에서 가장 큰 차이점은 ‘Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006(이하 EU CLP)’의 도입이다. EU CLP는 United Nations에서 정한 ‘Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals(화학물질 분류 및 표시기준의 세계조화 시스템, 이하 GHS)’를 적용하였다⁶⁾. GHS는 화학물질의 물리적 위험성(physical hazards), 건강 유해성(health hazards)과 환경 유해성(environment hazards)의 위험 경중을 분류체계에 알려주는 정보다^{7,8)}.

Seveso III의 규정수량(qualifying quantity)은 Annex I (dangerous substances, 위험 물질)에서 정하고 있다. Part 1(categories of dangerous substances, 위험 물질 범주)은 GHS 구분에 따른 유해성 구분(hazard categories, 이하 EU HC)에 따라 EU LTR과 EU UTR이 지정되어 있고, Part 2(named dangerous substances, 명명된 위험 물질)는 48종이 별개로 선정되어 해당 화학물질군에 EU LTR과 EU UTR이 지정⁵⁾되어 있다. 즉, Seveso III는 화학물질의 GHS 구분 등 유해성 정도에 따라서 EU LTR과 EU UTR을 선정하여 화학물질을 차등 관리하는 제도^{5,6)}라고 할 수 있다.

다시 말해, 화학사고예방관리계획서와 Seveso III는 Lower tier와 Upper tier라는 규정수량을 두어 면제, 1군과 2군으로 취급 수량별로 차등 관리하는 유사제도라 할 수 있다. 즉, 두 제도 모두 화학물질을 유해성(hazard)과 취급량을 반영한 위험도(risk)에 따라 화학물질 사고를 차등적으로 규제⁹⁾ 하는 제도이다. 다른 점은 한국은 물질별로 규정수량을 지정하였지만, 유럽은 EU HC를 기준으로 규정수량을 결정한다는 점이다.

본 연구는 국내 유독물질의 규정수량이 어떻게 정하게 되었는지 알아보고자 하였다. 또한, Seveso III의 규

정수량과 비교하여 유독물질의 규정수량과 상관성이 있는지 확인하고, 이를 바탕으로 유독물질의 규정수량에 대한 기준(criteria)과 위험 범주(hazard category)를 세우고자 하였다.

2. 연구 대상 및 방법

2.1. 연구대상

국립환경과학원 고시 제2021-104호(화학물질의 분류 및 표시 등에 관한 규정)의 [별표 4](이하 제2021-104호)¹⁰⁾의 유독물질을 본 연구대상 물질로 정하였다. 유독물질의 GHS 분류는 동 고시의 분류·표시를 따랐으며, 유독물질 별 규정수량은 제2022-70호³⁾를 사용하였다. 다만, 동 고시 [별표 1]의 일반기준에서 ‘다’와 ‘라’에 해당하는 성상이 액체나 고체인 경우의 해당 물질 규정수량이나 상온·상압 조건에서 성상이 액체인 경우 표시된 규정수량은 본 연구에서는 제외하였다. 유독물질 고유번호가 같으나 제2021-104호의 GHS 분류¹⁰⁾와 규정수량³⁾이 다른 경우 개별 물질로 구분하고, 고유번호와 GHS 분류가 같으나 CAS 번호가 여러 개 존재하는 것은 하나의 물질로 판단하였다. 이와 같은 방법으로 유독물질을 파악한 결과 총 1,247종이 선정되었다.

2.2. Seveso III의 규정수량

Seveso III의 Part 1은 EU HC에 의해 규정수량(EU LTR 및 EU UTR)을 산정하게 된다. 예로 Part 1에 따라 자기반응성 물질 및 혼합물(self-reactive substances and mixtures) 형식 A와 B로 구분되면 EU LTR 및 EU UTR이 각 10톤 및 50톤이며 건강유해성 급성독성(acute toxic) 구분 1은 EU LTR 및 EU UTR이 각 5톤과 20톤이고 구분 2와 3(흡입 노출 경우에 한함)은 50톤과 200톤으로 규정되어 있다. 그리고 수생 환경 유해성(hazardous to the aquatic environment) 급성 구분 1이나 만성 구분 1은 EU LTR과 EU UTR은 각 100톤과 200톤⁵⁾이다.

예를 들어 산화 시안화 수은(II)(Dimercury dicyanide oxide (CAS no. 1335-31-5))은 제2021-104호¹⁰⁾에 따라 폭발성 물질 구분 2(H201), 급성독성-경구 구분 3 (H301), 급성독성-경피 구분 3(H311), 급성독성-흡입 구분 3(H331), 특정 표적장기 독성-반복 노출 구분 2 (H373), 수생환경 유해성 급성 구분 1(H400), 수생환경 유해성 만성 구분 1(H410)로 구분 된다¹⁰⁾. EU HC 따라 H201은 P1a, H331은 H2, H400과 H410은 E1으로 할당되며, 최종적으로 가장 보수적인 EU HC(P1a)인 EU LTR은 10톤과 EU UTR은 50톤으로 정해진다⁵⁾ (Table 1).

Table 1. EU HC, EU LTR and EU UTR of dimercury dicyanide oxide

	EU HC [†]	EU LTR	EU UTR
H201	P1a Explosives, explosives 1.1	10	50
H301	-	-	-
H311	-	-	-
H331	H2 Acute Toxic Category 3, inhalation exposure route	50	200
H373	-	-	-
H400	E1 Hazardous to the Aquatic Environment category Acute 1	100	200
H410	E1 Hazardous to the Aquatic Environment category Chronic 1	100	200

[†] HC : Hazard Categories

반면, Part 2는 규정된 48종 화학물질군에 대해 EU LTR과 EU UTR이 지정되어 있다. 예로 포름알데히드 (Concentration ≥ 90%)는 GHS 구분과 관련 없이 EU LTR 5톤 및 EU UTR 50톤³⁾으로 규정되어 있다.

산화 시안화 수은(II) 예처럼 유독물질 1,247종에 대하여 EU LTR과 EU UTR을 산정하였다.

유독물질이 Part 2의 48종에 해당하면 규정된 EU LTR과 EU UTR을 사용하고, 이 외는 각 유독물질의 Part 1의 EU HC에 따른 EU LTR과 EU UTR을 산정하였다.

2.3. 유독물질의 제안된 규정수량

유독물질의 물질별 고시된 규정수량이 Seveso III의 part 1 지정 체계를 적용할 수 있는지 확인하였다. 유독물질의 각 GHS 구분 별 규정수량을 역추적하며 Seveso III part 1 체계를 도입하여 본 연구에서 제안된 위험 구분(Proposed hazard categories, 이하 Pro HC)을 만들고, Pro HC와 연계되는 제안된 하위규정수량 (Proposed lower-tier requirements, 이하 Pro LTR)과 제안된 상위규정수량(Proposed upper-tier requirements, 이하 Pro UTR)을 선정하였다. 이에 따라 1,247종 유독물질의 제안된 규정수량을 파악하고 현재 유독물질의 규정수량과 비교하였다. 다만, 유독물질 중 제안된 규정수량과 현 유독물질 규정수량과 일치하지 않고 LT가 1톤 미만으로 극소량인 물질들은 Seveso III part 2와 유사 개념으로 제안된 명명 위험 물질(Proposed named dangerous substances)로 따로 구분하였다.

2.4. 통계

통계 분석은 JAMOVI (version 2.2.5)를 이용하여 Spearman 상관분석으로 상관성 검증을 수행하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1. 연구결과

3.1.1. EU 규정수량과 유독물질 규정수량 비교

유독물질 1,247종을 Seveso III EU HC에 따라 EU 규정수량을 산정한 결과 Part 1 기준 957종, Part 2 기준 33종과 Seveso III에 적용되지 않는 물질 257종으로 분류되었다(Table 2).

예를 들어, Table 2에서 EU LTR 5톤과 EU UTR 20톤으로 분류된 유독물질은 총 125종으로 123종은 Part 1에 의해서 나머지 2종은 Part 2에 의해서 산정되었다. 반면 제2022-70호 규정수량에 의하면 LT 5톤과 UT 20톤의 유독물질은 1종이다.

EU 규정수량과 유독물질 규정수량의 관계성을 알아보기 위해 상관관계 분석을 하였다. 각 값의 정규성 검증 (Shapiro-Wilk) 결과, 정규성에 부합하지 못하여(p<.001) 비모수 상관관계인 스피어만(Spearman's rho) 상관계수로 알아보았다(Table 3).

Table 2. Number of toxic substances by LT, UT, EU LTR and EU UTR

LT or EU LTR	UT or EU UTR	No. by LT/UT	No. by EU LTR/UTR	LT or EU LTR	UT or EU UTR	No. by LT/UT	No. by EU LTR/UTR
-	0.01		(1)*	5	200	268	
-	1		1 (2)	5	400	3	
0.2	1	4	(2)	8	40	2	
0.3	0.75		(1)	10	20	(1)	(1)
0.3	1.5	7	-	10	50	21	21
0.4	2	3	-	10	100	(2)	(2)
0.5	2		(12)	20	100	(1)	(1)
0.6	3	1		20	400	478	
1	20	50		20	500	229	
1	40	1		20	-	34	
1	400	1		25	250		(2)
2	20	9		40	500	13	
2	40	2		40	-	41	
2	50	10		50	200		374 (1)
2	100	74		100	200		386
2	400	7		100	500		7
4	20	4		200	500		46
5	20	1	123 (2)	500	2000		(1)
5	40	5		500	5000		(1)
5	50		(4)	No	No		257

[†] The number in parentheses is the number of toxic substances selected by Part 2.

Table 3. Correlation of EU LTR, EU UTR and LT, UT

	EU LTR	EU UTR	LT	UT
EU LTR	—			
EU UTR	0.762***	—		
LT	0.817***	0.61***	—	
UT	0.83***	0.644***	0.893***	—

***p<.001

EU LTR과 LT의 Spearman's rho는 0.817(p<.001)이며 EU UTR과 UT의 Spearman's rho는 0.644(p<.001)로 서로 높은 상관관계가 있었다. 즉, EU LTR이 커짐에 따라 LT도 커지고 EU UTR이 커질 때 UT도 커지는 경향을 보였다. LT와 UT가 GHS를 반영한 EU HC로 선정된 EU LTR 및 EU UTR과 상관성이 있음을 확인하였다.

다만 Part 2에 따라 결정된 규정수량을 제외하고 Part 1에 의한 규정수량을 선정한 결과, EU LTR은 최소 5톤에서 최대 200톤이고 EU UTR은 최소 1톤에서 최대 500톤 범위로 나왔다. LT는 최소 0.2톤에서 최대 40톤이며 UT는 최소 1톤에서 최대 500톤이다(Table 2). 즉, 절대값으로 비교하면 국내 규정수량이 더 적은 값으로 규정되는 경향이 있고 이는 유럽에 비해 더 적은 양을 취급하여도 1군과 2군으로 관리될 수 있다는 뜻이다. 더불어, 유독물질 중 257종은 EU HC에 부합하는 GHS 구분이 없어 규정수량을 지정할 수 없기에 Seveso III에 의해서는 위험 물질에 해당하지 않는다.

3.1.2. 유독물질의 제안된 위험 구분과 규정수량

유독물질의 GHS 구분과 규정수량을 비교하며 Pro HC를 설정하고 Pro HC와 연결되는 LT와 UT를 역추적하여 제안된 규정수량(Pro LTR과 Pro UTR)을 유추하였다. 그 결과 Table 4와 같이 GHS 구분에 따라 Pro HC와 연결되는 Pro LTR과 Pro UTR을 예측할 수 있었다.

유해문구(H code)는 제2021-104호¹⁰⁾의 유해문구를 사용하였다. 예를 들어, H300은 급성독성 경구 구분 1과 2를 표기하며 ‘삼키면 치명적임’이라는 의미가 있다. 다만, H300은 급성독성 구분 1과 2에 모두 사용되어 본 연구에서는 이를 구분하기 위하여 H300-1과 H300-2와 같이 임의로 구분하여 표기하였다.

Table 4를 보면 Pro HC는 EU HC보다 더 세분되어 있다. 예를 들어, 인화성 액체 구분2(H225)와 3(H226)은 EU HC에서는 P5b로 EU LTR 50톤과 EU UTR 200톤으로 규정된다. 하지만 Pro HC에서는 구분 2는 Pro P3으로 Pro LTR 5톤 Pro UTR 200톤으로 정했고, 구분 3은 Pro P4로 Pro LTR 20톤 Pro UTR 400톤으로 정했다.

인체 유해성 급성독성 구분 1의 EU HC는 H1으로, 급성독성 구분 2와 구분 3(흡입경로)은 H2로 구분된다. 하지만 Pro HC에서 급성독성 흡입 구분 1(Pro H1)은 가장 심각한 구분으로 Pro LTR과 Pro UTR이 1톤과 20톤이 되었다. 급성독성 경구와 경피 구분 1(Pro H2)은 그보다는 낮은 단계로 Pro LTR은 2톤과 Pro UTR은 100톤으로, 급성독성 흡입 구분 2와 3(Pro H3)은 Pro LTR 5톤과 Pro UTR 200톤으로 결정할 수 있었다. 급성독성 경구와 경피 구분 2(Pro H4)는 각 Pro LTR과 Pro UTR이 20톤과 400톤, 급성독성 경구와 경피 구분 3(Pro H5)은 Pro LTR과 Pro UTR이 20톤과 500톤으로 결정되었다. 한국은 흡입 노출 경로를 다른 노출 경로보다 더 심각한 위험성으로 평가하고 구분 별 더 세분된 Pro LTR과 Pro UTR을 고려했다는 것을 알 수 있다.

Table 4. Proposed HC, Proposed LTR, Proposed UTR and EU HC, EU LTR, EU UTR with H code

H code	Pro HC [†]	Pro LTR	Pro UTR	EU HC [†]	EU LTR	EU UTR
H200 H220 H224	Pro P1	2	50	P1a P2 P5a	10	50
H241	Pro P2	4	20	P6a	10	50
H225 H242 H250 H271 H272	Pro P3	5	200	P5b P6b P7 P8 P8	50	200
H201	Pro P3	5	200	P1a	10	50
H226	Pro P4	20	400	P5b	50	200
H260	Pro P5	20	500	O2	100	500
H330-1	Pro H1	1	20	H1	5	20
H300-1 H310-1	Pro H2	2	100	H1	5	20
H330-2 H331	Pro H3	5	200	H2	50	200
H300-2 H310-2	Pro H4	20	400	H2	50	200
H301 H311	Pro H5	20	500	No	No	No
H314	Pro H6	20	-	No	No	No
H302 H340 H350 H360 H341 H372	Pro Oth	40	-	No	No	No
H370	NA	NA	NA	H3	50	200
H400	Pro E1	20	400	E1	100	200
H410	Pro E2	40	500	E1	100	200
H411	Pro E3	40	500	E2	200	500

[†] HC : Hazard Categories

Remark :

H200 : Explosives unstable explosive, H220 : Flammable gases Cat 1, H224 : Flammable liquids Cat 1, H241 : Self-reactive substance and mixtures and Organic peroxides type B, H225 : Flammable liquids Cat 2, H242 : Self-reactive substance and mixtures and Organic peroxides type C/D/E/F, H250 : Pyrophoric solids Cat 1, H271 : Oxidizing liquids Cat 1, H272 : Oxidizing liquids Cat 2, H201 : Explosives 1.1, H226 : Flammable liquids Cat 3, H260 : Substances and mixtures, which in contact with water, emit flammable gases Cat 1, H330-1 : Acute toxicity inhalation Cat 1, H300-1 : Acute toxicity oral Cat 1, H310-1 : Acute toxicity dermal Cat 1, H330-2 : Acute toxicity inhalation Cat 2, H331 : Acute toxicity inhalation Cat 3, H300-2 : Acute toxicity oral Cat 2, H310-2 : Acute toxicity dermal Cat 2, H301 : Acute toxicity oral Cat 3, H311 : Acute toxicity dermal Cat 3, H314 : Skin corrosion/ irritation Cat 1, H302 : Acute toxicity oral Cat 4, H340 : Germ cell mutagenicity Cat 1, H350 : Carcinogenicity Cat 1, H360 : Reproductive toxicity Cat 1, H341 : Germ cell mutagenicity Cat 2, H372 : Specific target organ toxicity-repeated exposure Cat 1, H370 : Specific target organ toxicity-single exposure Cat 1, H400 : Hazardous to the aquatic environment short-term acute Cat 1, H410 : Hazardous to the aquatic environment long-term chronic Cat 1, H411 : Hazardous to the aquatic environment long-term chronic Cat 2

P1a : Explosives Unstable explosives, explosives 1.1/1.2/1.3/1.5/1.6, P2 : Flammable gases Cat 1/2, P5a : Flammable liquids Cat 1, P6a : Self-reactive substance and mixtures and Organic peroxides type A/B, P5b : Flammable liquids Cat 2/3, P6b : Self-reactive substance and mixtures and Organic peroxides type C/D/E/F, P7 : Pyrophoric liquids and solids Cat 1, P8 : Oxidizing liquids and solids Cat 1/2/3, O2 : Substances and mixtures which in contact with water emit flammable gases Cat 1, H1 : Acute toxicity(all exposure routes) Cat 1, H2 : Acute toxicity(all exposure routes) Cat 2, (inhalation exposure) Cat 3, H3 : Specific target organ toxicity-single exposure Cat 1, E1 : Hazardous to the aquatic environment Acute or Chronic Cat 1, E2 : Hazardous to the aquatic environment Chronic Cat 2

피부부식성/피부 자극성 구분 1은 EU HC에서는 고려하지 않는 구분이나 국내에서는 Pro H6으로 Pro LTR은 20톤으로 Pro UTR은 ‘규정 없음’으로 두었다. 피부부식성/피부 자극성 구분 1은 유독물질 지정기준(화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(이하, 화평법) 시행령 [별표 1]¹¹⁾) 중 하나여서 추가되었다고 판단 된다.

발암성, 생식세포 변이원성 및 생식독성(carcinogenicity, germ cell mutagenicity and reproductive toxicity, 이하 CMR) 구분 1이나 특정표적장기 독성-반복 노출(specific target organ toxicity-repeated exposure, 이하 STOT-RE) 구분 1은 Pro Oth로 Pro LTR은 40톤으로 Pro UTR은 ‘규정 없음’으로 판단하였다. CMR 구분 1과 STOT-RE 구분 1은 유독물질 지정기준¹¹⁾에 해당한다.

반면, 특정표적장기 독성-1회 노출은 EU HC에서 H3으로 규정되어 있지만, 이 구분은 국내 유독물질 지정

기준에는 포함되지 않아 유독물질 규정수량을 규정하는데 고려되지 않았다고 판단하여 본 연구에서도 이 구분은 Pro HC에서 제외하였다.

하지만, 생식세포 변이원성 구분 2나 급성독성 경구 구분 4와 같이 유독물질 지정기준에 해당하지 않으나 몇몇 물질은 이 구분으로 유독물질로 지정된 예도 있어서 이 구분들도 Pro LTR은 40톤으로 Pro UTR은 ‘규정 없음’으로 구분됨을 확인하였고, 이 또한 Pro Oth로 우선은 고려하였다.

환경유해성 구분에서 EU HC는 수생환경 유해성 급성과 만성 구분 1은 E1으로 EU LTR 100톤과 EU UTR 200톤으로 규정되나 국내는 급성 구분 1은 Pro LTR 20톤과 Pro UTR 400톤으로 만성 구분 1은 Pro LTR 40톤과 Pro UTR 500톤으로 판단되었다. 수생환경 유해성 만성 구분 2는 EU HC는 EU LTR 200톤과 EU UTR 500톤이고 국내는 만성 구분 1과 같은 규정수량인 것을 알 수 있다. 수생환경 유해성 만성 구분 2는 유독물질 지정기준에는 포함하지 않는 구분이나 몇몇 물질은 이 구분으로 규정수량을 선정하여 추가 지정한 것으로 판단된다.

앞의 예인 산화 시안화 수은(II)을 Pro HC에 따라 확인한 결과 Pro P3과 Pro H3에 따라 Pro LTR은 5톤으로 Pro UTR은 200톤으로 산정된다.

Table 4를 이용하여 유독물질의 Pro LTR과 Pro UTR을 선정하고 현재 규정수량과 비교하였다. 결과적으로 보면 1,247종 중 1,135종이 현재 규정수량과 같은 결과 값이 나왔다. 즉, 이를 통해 유독물질 LT와 UT가 GHS 구분에 기반하여 선정되었다고 판단하였다.

3.1.3. 유독물질의 제안된 명명 위험 물질

15종 물질은 LT가 1톤 미만으로 소량이며 Pro HC에 의한 제안된 규정수량과 현 규정수량이 일치하지 않았다(Table 5). 이 물질들은 Seveso III의 Part 2의 유사 개념을 도입하여 이들을 ‘제안된 명명 위험 물질’로 명명하였다. 15종 모두 사고대비물질이며 물리적 상태가 기체나 휘발성 액체와 같은 불안정한 특징을 보인다.

미국화재방재협회(National Fire Protection Association, NFPA)의 NFPA 704(standard system for the identification of the hazards of materials for emergency response)는 건강 지수, 화재폭발 지수와 반응성 지수¹²⁾로 구성되어 있다. 그리고 UN GHS에서 규정한 UN Model regulations의 Class 또는 Division은 위험물의 운송에 관한 권고기준(recommendations on the transport of dangerous goods, 이하 RTDG)의 부속서에 있는 규정으로 9개 Class⁸⁾가 있다. 예를 들어 class 2.3은 위험물 운송 구분상 독성

Table 5. Properties of proposed named dangerous substances

Chemical name (CAS No.)	Physical State	NFPA H/F/R [†]	RT DG [*]	ERG nr. ^{**}	KR	
					LT	UT
Arsine (7784-42-1)	transport by liquefied compressed gas	4/4/2	2.3	119	0.2	1
Hydrogen selenide (7783-07-5)	compressed gas	3/3/-	2.3	117	0.2	1
Phosphine (7803-51-2)	transport by liquefied compressed gas	4/4/2	2.3	119	0.2	1
Hexafluoro-1,3- butadiene (685-63-2)	liquefied gas	-	2.3	115	0.2	1
Nickel carbonyl (13463-39-3)	very volatile liquid	4/3/3	6.1	131	0.3	1.5
Bromine (7726-95-6)	volatile liquid	3/0/0 (OX)	8	154	0.3	1.5
Cyanogen chloride (506-77-4)	transport by liquefied gas	3/-/-	2.3	125	0.3	1.5
Thionyl chloride (7719-09-7)	liquid (fume when exposed to humid air)	4/0/2 (W)	8	137	0.3	1.5
Chloropicrin (76-06-2)	oily liquid	4/0/3	6.1	154	0.3	1.5
Phosgene (75-44-5)	transport by liquefied compressed gas	4/0/1	2.3	125	0.3	1.5
Dichloromethyl silane (75-54-7)	liquid	4/3/2 (W)	4.3	139	0.3	1.5
Trifluoroborane (7637-07-2)	compressed gas	4/0/1	2.3	125	0.4	2
Hydrogen fluoride (7664-39-3)	gas	4/0/1	8	157	0.4	2
Sodium (7440-23-5)	metal solid	2/3/2 (W)	4.3	138	0.4	2
Hydrogen cyanide (74-90-8)	gas above 25.56°C	4/4/1	6.1	117	0.6	3

[†]NFPA H/F/R : National Fire Protection Association, Health/ Flammability/ Reactivity, OX : Oxidizing properties, W : Unusual reactivity with water

^{*}RTDG : UN model regulations class or division of recommendations on the transport of dangerous goods

^{**}ERG nr. : Number of Emergency Response Guidebook

Remark :

Recommendations on the transport of dangerous goods :
 2.3 Toxic gases, 6.1 Toxic substances, 8 Corrosives,
 4.3 Substances which, in contact with water, emit flammable gases
 Number of Emergency Response Guidebook :
 119 Gases-toxic-flammable, 117 Gases-toxic-flammable(extreme hazard), 115 Gases-flammable(including refrigerated liquids), 131 Flammable-toxic, 154 Toxic and/or corrosive(non-combustible), 125 Gases-corrosive, 137 Water-reactive-corrosive, 139 Substances-water-reactive(emitting flammable toxic gases), 157 Toxic and/or corrosive(non-combustible/water sensitive), 138 Water-reactive(emitting flammable gases)

가스를 뜻한다. 또한, 유해물질 비상대응 핸드북(emergency response guidebook, 이하 ERG)은 화학 사고에 대응할 수 있는 화학물질 정보¹³⁾가 담겨있다.

Table 5는 화학물질종합정보시스템 홈페이지에 있는 정보를 사용하였다¹⁴⁾. ERG 대응지침번호를 보면 인화성, 독성, 물 반응성이나 부식성과 같이 물리 화학적으로 위험성이 높은 특징임을 알 수 있었다. 특히, LT 0.2톤과 UT 1톤인 4종 물질은 인화성 가스나 고압가스이다.

NFPA의 건강 지수 4는 ‘소방대원에 노출되면 매우 위험한 물질(기체나 연기를 한두 모금 흡입하면 사망할 수 있음)’을 화재폭발 지수 4는 ‘인화성이 큰 기체, 휘발성이 큰 인화성 액체임. 공기에 분산된 분진상태에서 폭발성이 큰 물질임’을, 반응지수 3은 ‘폭발, 폭발성 분해 혹은 폭발성 반응을 일으킬 수 있으나 강한 기폭원이 있거나 가열하여야 하는 물질’을 뜻한다¹⁴⁾.

3.2. 고찰

3.2.1. 유독물질 규정수량 제한

Table 4를 이용하여 규정수량을 선정하였지만, 일부 물질들은 Pro LTR 및 Pro UTR과 현재 LT 및 UT가 일치하지 않았다. 따라서 Pro HC에 따라 선정된 Pro LTR과 Pro UTR로 변경을 제안한다(Table 6).

1) 메틸 에틸 케톤(Methyl ethyl ketone(CAS no. 78-93-3)), 아세트산 에틸(Ethyl acetate(CAS no. 141-78-6))과 톨루엔(Toluene(CAS no. 108-88-3))은 LT 2톤과 UT 400톤이다. 이들은 인화성 액체 구분 2로 Pro P3에 따라 Pro LTR 5톤과 Pro 200톤으로 변경을 제안한다. 염화메틸(Methyl chloride(CAS no. 74-87-3))은 LT 2톤과 UT 20톤이다. 이 물질은 인화성 가스 구분 2(H220)로 구분되어, Pro P1로 Pro LTR 2톤과 Pro UTR 50톤으로 변경을 제안한다. 추가로 이 네 물질은 유독물질 고시에 부합하는 구분은 없으므로 유독물질에서는 제외하고 사고대비물질로만 관리하는 것을 제안한다.

2) 청화은칼륨(Potassium dicyanoargentate(CAS no. 506-61-6)) 외 4종(CAS no. 506-64-9, 544-92-3, 557-21-1, 13967-50-5)은 inorganic cyanide compounds로서 LT 2톤과 UT 100톤이다. 카드뮴(Cadmium(CAS no. 7440-43-9))과 (C=8~18)및(C=18)-불포화 지방산 카드뮴(Fatty acids, (C=8~18) and (C=18)-unsatd., cadmium salts(CAS no. 68876-84-6))는 cadmium compounds로 LT 20톤과 UT 400톤이다. 하지만 이 물질들은 급성독성 흡입 구분 2(H330-2)로 구분되어, Pro H3으로 Pro LTR 5톤과 Pro UTR 200톤으로 변경을 제안한다.

Table 6. Suggested Pro LTR, Pro UTR by applying to Pro HC

CAS No.	LT	UT	Pro Suggestion			Note
			HC [†]	LTR	UTR	
7439-92-1	20	400	Oth	40	-	H360
54-11-5	2	100	H3	5	200	H300-2, H310-2, H330-2
98-95-3	5	200	H5	20	500	H311
4098-71-9	4	20	H3	5	200	H331
21609-90-5	5	200	H4, E1	20	400	H300-2, H400
78-94-4	1	400	H1	1	20	H330-1
67-56-1	2	400	P3, H3	5	200	H225, H331
78-93-3	2	400	P3	5	200	H225 : deleted in TS but listed in the Acc**.
506-61-6	2	100	H3	5	200	H330-2 : Not following inorganic cyanide compounds' LTR and UTR
506-64-9	2	100	H3	5	200	
544-92-3	2	100	H3	5	200	
557-21-1	2	100	H3	5	200	
13967-50-5	2	100	H3	5	200	
7646-78-8	20	-	H3	5	200	H331
71-43-2	2	20	P3	5	200	H225
75-56-9	2	20	P1	2	50	H224
7719-12-2	5	20	H3	5	200	H330-2
12656-57-4	5	200	E1	20	400	H400 : Not following selenium compounds' LTR and UTR
1461-22-9	20	400	H3	5	200	H330-2 : Not following trialkyltinhydroxide, salts' LTR and UTR
141-78-6	2	400	P3	5	200	H225 : deleted in TS but listed in the Acc.
107-13-1	2	20	P3, H3	5	200	H225, H330-2
107-18-6	2	40	P3, H3	5	200	H225, H330-2
7664-41-7	2	40	P1	2	50	H220
74-87-3	2	20	P1	2	50	H220 : deleted in TS but listed in the Acc.
7647-01-0 (Hydrogen chloride, Hydrochloric acid)	5	40	H3	5	200	H331
10025-87-3	5	40	H3	5	200	H330-2
75-15-0	2	20	P3, H3	5	200	H225, H330-2
1314-84-7	4	20	H4, E1	20	400	H300-2, H400
7697-37-2	5	400	H1	1	20	H330-1 (used >70% nitric acid' GHS)
7440-43-9	20	400	H3	5	200	H330-2 : Not following cadmium compounds'
68876-84-6	20	400	H3	5	200	

						LTR and UTR
108-39-4	8	40	H5	20	500	H301, H311
7790-94-5	4	20	H6	20	-	H314
67-66-3	40	-	H3	5	200	H331
108-88-3	2	400	P3	5	200	H225 : deleted in TS but listed in the Acc.
26966-75-6	20	500	E1	20	400	H400
2687-25-4	20	500	E1	20	400	
496-72-0	20	500	E1	20	400	H301, H311
108-95-2	8	40	H5	20	500	
50-00-0	2	400	P1	2	50	H220
16872-11-0	20	-	P3	5	200	H272
13814-97-6	20	-	H5	20	500	H301
7664-93-9	5	400	H3	5	200	H330-2
101-68-8	40	-	H3	5	200	H331
95-51-2	20	400	H5	20	500	H311
107-19-7	2	100	H3	5	200	H330-2
99-99-0	5	40	H3	5	200	H331
75-01-4	2	400	P1	2	50	H220
75-21-8	2	20	P1	2	50	H220
75-59-2	20	400	H2	2	100	H310-1
124-63-0	5	200	H1	1	20	H330-1
584-84-9	5	40	H3	5	200	H330-2
94-36-0	20	400	P2	4	20	H241
154279-60-4	5	200	E1	20	400	H400
119-90-4	40	-	H6	20	-	H314
20325-40-0	40	-	H6	20	-	
10049-04-4	1	40	H1	1	20	H330-1
26530-20-1	20	400	H3	5	200	H330-2
101-77-9	5	200	H5	20	500	H301
1329-99-3	5	200	P4, E1	20	400	H226, H400
22083-74-5	2	100	H3	5	200	H330-2
109-73-9	5	400	P3, H3	5	200	H225, H331
75-50-3	2	20	P1	2	50	H220
107-05-1	2	20	P3, H3	5	200	H225, H331
74-89-5	2	20	P1	2	50	H220
96-33-3	2	400	P3	5	200	H225
100-42-5	5	200	P4	20	400	H226

[†] HC : Hazard Categories

* TS : Toxic substance

** ACC : Substance requiring preparation for accidents

추가로, 본 연구는 Pro HC에서 Table 4의 Pro Oth의 H341, H302와 Pro E3의 H411은 유독물질 지정기준과 부합하지 않으므로 삭제를 제안한다(Table 7).

1) 크리올라이트(Cryolite(CAS no. 15096-52-3, 13775-53-6) 의 10종은 Pro E3으로 LT 40톤과 UT 500톤이다.

하지만 H411은 유독물질 지정기준에 부합하지 않으므로 본 연구에서는 H411을 Pro HC에서 삭제하고 대신 Pro Oth (H350, H360, H372)에 따라 Pro LTR 40톤과 Pro UTR ‘규정 없음’으로 변경을 제안한다.

2) 2-메틸-1,3-벤젠디아민(2-Methyl-1,3-benzenediamine (CAS no. 823-40-5))은 Pro E3으로 LT 40톤과 UT 500톤이다. 하지만 H411은 유독물질 지정기준에 부합하지 않으므로 본 연구에서는 Pro HC에서 H411을 삭제하고, 유독물질 지정기준에 부합하는 구분이 없으므로 유독물질 목록에서 삭제하고 규정수량 삭제도 제안한다.

3) 1,6-비스(2,3-에폭시프로폭시)나프탈렌(1,6-Bis(2,3-epoxypropoxy)naphthalene(CAS no. 27610-48-6)) 외 11종은 LT 40톤과 UT ‘규정 없음’이다. 하지만 H302와 H341은 유독물질 지정기준에 부합하지 않으므로 해당 구분을 Pro HC에서 삭제하고, 유독물질 지정기준에 부합하는 구분이 없으므로 유독물질 목록에서 삭제하고 규정수량도 삭제를 제안한다.

4) 시트르산 코발트(2가) (2:3)(Citric acid cobalt(2+)(2:3)(CAS no. 866-81-9))는 수생환경 유해성 만성 구분 2(H411)다. 하지만, H411은 유독물질 지정기준에 해당하지 않아, 유독물질에서 삭제하고 규정수량 삭제도 제안한다.

5) 말레산히드라지드(Maleic hydrazide(CAS no. 123-33-1))는 현재 LT 20톤과 UT 500톤이다. 이 물질은 급성독성 경구 구분 4(H302)로만 구분되어, Pro Oth에 해당하여 Pro LTR 40톤과 Pro UTR ‘규정 없음’이 되어야 한다. 하지만 H302는 유독물질 지정기준에 부합하는 기준이 아니다. 그리고 오마딘(Omadine (CAS no. 1121-31-9))은 현재 LT 5톤과 UT 200톤이다. 이 물질 또한 유독물질 지정기준에 부합하는 기준이 없다. 따라서 이 두 물질은 유독물질에서 삭제하고 규정수량 삭제도 제안한다.

6) 1,1'-(1,3-페닐렌디카르보닐)비스(메틸아지리딘)(1,1'-(1,3-Phenylenedicarbonyl)bis(methylaziridine) (CAS no. 7652-64-4))은 급성독성 경구 구분 4(H302)와 생식세포 변이원성 구분 2(H341)로 구분되며 현재 LT 20톤과 UT ‘규정 없음’이다. Pro Oth에 해당하여 Pro LTR은 40톤과 Pro UTR ‘규정 없음’이 되어야 한다. 하지만 H302와 H341 모두 유독물질 지정기준에 부합하지 않아, 이 물질은 유독물질에서 삭제하고 규정수량도 삭제를 제안한다.

7) 비스페놀 A(Bisphenol A(CAS no. 80-05-7))는 LT 20톤과 UT ‘규정 없음’이다. 하지만 이 물질은 H411로 구분되어 Pro E3으로 Pro LTR 40톤과 Pro UTR 500톤으로 변경되어야 한다. 하지만 H411은 유독물질 지정

Table 7. Suggested Pro HC, Pro LTR, Pro UTR by eliminating some Pro HCs

CAS no. (KE no.)	LT	UT	Pro Suggestion			Note
			HC [†]	LTR	UTR	
15096-52-3, 13775-53-6, 127-18-4, 97-1-300(Toluidine, salts), 26915-12-8, 95-53-4, 612-52-2, 1836-75-5, 18721-51-2, 88-72-2, 84-69-5, 122-60-1	40	500	KR Oth	40	-	Use KR Oth (H350, H360, H372)
823-40-5	40	500	NA	NA	NA	Final suggestion is deletion in TS*
27610-48-6, 1604-74-5, 110656-67-2, 2002-1-534, 146058-40-4, 2009-1-589, 101-90-6, 7479-12-1, 41668-35-1, 50985-55-2, 52980-20-8, 2391-56-2	40	-	NA	NA	NA	Final suggestion is deletion in TS
866-81-9	20	-	E3	40	500	Final suggestion is deletion in TS.
123-33-1	20	500	NA	NA	NA	Final suggestion is deletion in TS.
1121-31-9	5	200	NA	NA	NA	Final suggestion is deletion in TS.
7652-64-4	20	-	Oth	40	-	Final suggestion is deletion in TS.
80-05-7	20	-	E3	40	500	final suggestion is KR Oth, H360 (LT:40, UT:-).

[†]HC : Hazard Categories

*TS : Toxic substance

기준에 해당하지 않으므로, 이 범주를 Pro HC에서 삭제를 제안한다. 하지만 생식독성 구분 1(H360)로 구분할 수 있고, 최종적으로 Pro Oth로 구분되어 Pro LTR 40톤과 Pro UTR ‘규정 없음’으로 변경을 제안한다.

4. 결론

본 연구는 유독물질의 규정수량이 어떤 방법으로 지정되었는지 알아보려고 하였다. 유독물질의 규정수량 제도는 Seveso III의 Annex I (dangerous substances)의 규정수량(qualifying quantity) 제도와 유사하다. 따라서 이를 근거로 GHS 분류에 따라 Pro HC를 만들고 유독물질의 LT와 UT를 역추적하며 각 Pro HC와 부합하는 규정수량을 찾아 이를 Pro LTR과 Pro UTR로 명명하였다. 대부분의 유독물질(1,247종 중 1,135종)은 규정수량(LT, UT)과 본 연구에서 제안한 규정수량(Pro LTR, Pro UTR)과 일치하였다. 이 결과 유독물질 또한 GHS 구분

을 바탕으로 규정수량이 정해졌다고 판단하였다. 그 외 15종은 Table 5의 제안된 명명 위험 물질로 구분되었고, 68종은 Table 6의 Pro HC에 따라 Pro LTR과 Pro UTR을 제안하였다. 그리고 나머지 29종은 Table 7에 의해 유독물질 지정기준에 해당하지 않는 GHS 구분(H302, H341, H411)들을 제외 후 Pro HC에 따라 Pro LTR과 Pro UTR을 제안하였다.

추가로, 유독물질 지정기준에 해당하지 않는 GHS 구분들(H302, H341, H411)은 LT와 UT를 규정하는 Pro HC에서 제외하는 것이 타당하다고 판단하였다.

특히, 4종 물질(Methyl ethyl ketone, Ethyl acetate, Methyl chloride, Toluene)은 유독물질 목록에서는 제외하는 대신 현재와 같이 사고대비물질로 유지하는 것을 제안하고, 규정수량은 각 물질의 Pro HC에 맞추어 Methyl ethyl ketone, Ethyl acetate와 Toluene은 Pro LTR 5톤과 Pro UTR 200톤으로, Methyl chloride는 Pro LTR 2톤과 Pro UTR은 50톤으로 변경을 제안한다.

화학사고예방관리계획서에 적용하는 규정수량 기준을 Seveso III와 같이 기준(criteria)과 위험 범주(hazard category)를 정한 후, 해당 기준에 속하는 물질은 같은 규정수량을 갖도록 하여 화학물질 관리를 보다 체계적으로 수행할 수 있기를 기대한다.

본 연구를 통해 파악하게 된 결과는 유독물질의 규정수량 기준을 세우는데 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

References

- 1) B. T. Yoo, E. B. Lee and J. G. Kim, "Development on the Safety Management System of Hazardous Chemicals under the Chemicals Control Act: Focusing on Safety Assessment System", J. Korean Soc. Saf., Vol. 34, No. 3, pp. 96-101, 2019.
- 2) H. D. Kim, H. L. Kim, C. M. Seo, J. W. Jun and K. S. Park, "Evaluation of Adequacy of Upper and Lower Tier Qualifying Quantities for the Substance Requiring Preparation for Accidents", J. Korean Soc. Saf., Vol. 37, No. 2, pp. 10-17, 2022.
- 3) Ministry of Environment of South of Korea, "Regulations on the Qualifying Quantities of Toxic Substances, Restricted Substances, Prohibited Substances and Permitted Substances (MoE No. 2022-70)", 2022.
- 4) Ministry of Environment of South of Korea, "Chemical Substances Control Act (Act No. 18174)", 2021.
- 5) EU SEVESO Directive III, 2012/18/EU, 2012.
- 6) J. B. Back, "A Study on Improvement of Safety Management System at Workplaces Handling Chemical Substances", KOSHA, p. 1, 2020.
- 7) H. L. Kim, "A Priority Setting for the Management of Chemicals using the Globally Harmonized System and Multivariate Analysis-Using Mahalanobis-Taguchi System", Master Thesis, Korea University, 2019.
- 8) Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS), 9 Revised Edition, 2021.
- 9) J. Y. Lee, "A Study on the Rationalization for the Quantity Standards of Substance Requiring Preparation for Accidents", Master Thesis, Hoseo University, 2020.
- 10) Ministry of Environment of South of Korea, "Regulations on Classification and Labeling of Chemical Substances (NIER No. 2021-104)", 2021.
- 11) Ministry of Environment of South of Korea, "Act on Registration, Evaluation, Ect. of Chemicals (Act No. 18034)", 2021.
- 12) D. M. Ha, "Prediction of Explosion Limits of Aldehydes Using Chemical Stoichiometric Coefficients and Heats of Combustion", Journal of the Korean Institute of Gas, Vol. 19, No. 2, pp. 5-11, 2015.
- 13) D. J. Lee, J. H. Ahn and C. G. Song, "Improvement of Damage Range Calculation for First Response to Chemical Accidents", J. Korean Soc. Saf., Vol. 32, No. 2, pp. 59-65, 2017.
- 14) <https://icis.me.go.kr/main.do> (Search date : July 2022)