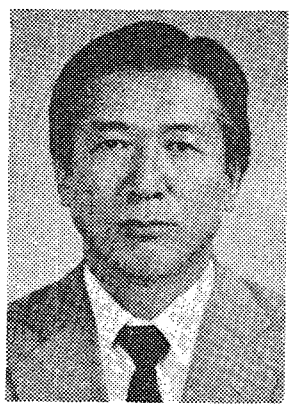
할로겐화 탄화수소화합물

— 그에 대한 대책이 시급하다 —



강석호／ 영남大 화공과敎授
同大환경문제연구소장

근래에 할로겐화탄화수소의 사용량이 증가하여 대기중에 배출되는 양이 많아지고 있으며 이로 인하여 대기층의 오존층을 파괴함으로써 지구기온이 상승할 우려가 있거나 인체에 피부암 또는 피부염증을 일으킬 수 있다는 연구결과가 언론매체에 보도되는 일이 많아졌고 지구환경을 염려하는 사람들에게 관심이 높아지고 있다.

할로겐화탄화수소는 석유, 천연가스의 주성분인 여러가지 탄화수소화합물(Cn $H_2n \pm 2$, n=1～20)에 할로겐원소(Halogens : 불소F, 염소Cl, 브롬Br, 요드I 등)가 탄화수소 분자중의 수소원자와 부분적으로 또는 전체적으로 置換되어 있는 화합물이다. 특히 불소나 염소가 수소대신에 치환되어 있는 할로겐화화합물들을 鹽化炭化水素라고 부르는데, 이들 염화, 불화탄화수소 화합물들은 常溫, 常壓하에서 기체 또는 액체탄소로 존재하고 不燃性인 경우가 많기 때문에 여러분야의 산업공정에서 火災로부터 안전한 溶媒, 세척제등으로 많이 사용되고 있다.
(브롬화 및 요드화 탄화수소는 많이 쓰이지 않는다) 후미의 「참고」는 여러가지 할로겐화탄화수소의 성질과 그용도 및 유독성에 대한 간단한 자료를 종합한 것이다.

한국에서 연간 소비되는 할로겐화탄화수소의 양에 대한 통계는 불확실하나 연간 수만t이 소비될 것으로 추산된다. 참고로 서독의 경우에는 1982년에 염화탄화수소가 22만톤 생산되었다는 보고가 있다. 따라서 전세계적으로 할로겐화탄화수소의 소비량은 연간 수백만톤이 될 것으로 추산된다.

그런데 이러한 할로겐화 탄화수소를 액체 또는 기체 상태에서 사용하면, 증기압이 높기 때문에 즉, 휘발성이 크기 때문에 상당한 양이 대기중에 증발되어 버린다. 추산에 의하면 총 사용량의 60～70%는 대기중에 기체상태물질로 배출되고, 고형쓰레기 형태로 (세척후에 생기는 기름찌꺼기 등과 함께) 배출되는 양이 30～40%이며, 사용량의 1～3%는 폐수중에 배출된다. 대기중에 증발된 할로겐화 탄화수소는 쉽게 분해되지 않고 오랫동안 대기권중에 머물게 되며 高空의 성층권으로 분산되어 올라가서 성층권에서 오존층(지상 20～30 km부근에 두께

수km정도의 층을 이루고 있다)을 이루고 있는 오존(O_3)과 반응한다. 할로겐화 탄화수소의 소비, 증발량이 많아지면 오존층을 파괴하게 된다. 이미 발표된 바에 의하면 남극 상공의 오존층에 큰 구멍이 생길 정도로 오존층이 훼손되고 있으며, 이 현상은 북극상공에도 나타났다는 조사결과가 있다.

대기권의 오존층은 태양으로 부터 지구에 입사되는 각종 복사광선 중에서 파장이 짧은 적외선을 흡수 차단하는 역할을 함으로써 지구 표면에 도달하는 고에너지의 복사파를 감소시킨다고 믿어진다. 그런데 오존층이 할로겐화 탄화수소로 인하여 쉽게 손상을 받으면 고에너지의 적외선이 지구표면에 도달하는 양이 상대적으로 많아진다. 소량의 적외선을 인체에 쪼이는 경우에는 의학적 치료효과가 있으나, 과대한 양의 적외선 복사광선은 인체에 피부암을 유발할뿐만 아니라 동물과 식물에도 영향을 주고, 크게는 기후(기온의 상승)에 영향을 준다.

정확하지 않으나 만일 연간 1백만톤의 할로겐화 탄화수소가 대기성층권에 배출 확산되면 반경 수백km의 오존층을 파괴하게 되고 지구표면에 입사하는 자외선 복사량도 증가하여 지구기온을 상승시킨다고 믿어지는 대기층의 CO_2 함량 증가로 인한 지구기온의 상승률보다, 할로겐화 탄화수소에 의한 오존층 파괴로 인한 지구기온의 상승률이 더 클것으로 미국환경보전국(USEPA)은 추산하고 있다.

할로겐화 탄화수소의 대기중 배출로 인한 거시적 영향도 심각하지만 실제로 할로겐화 탄화수소를 생산하거나 사용하는 작업공간에서 인체에 미치는 영향도 중요한 사항으로 고려되어야 한다. 「참고」에 나타난 바와 같이 대부분의 할로겐화 탄화수소는 인체에 암을 유발하지 않을까 의심이 되는 물질로 지목되고 있으며 실제로 눈, 코 등의 점막을 자극하고 유해한 증상을 일으킨다고 알려져 있다.

따라서 이 화합물을 취급하는 산업종사자, 각계각층의 사용자 또는 소비자들도 할로겐화 탄화수소의 유해성에 대한 인식을 높여야 할 것이고 사용시에나 사용후 잔류물질을 폐기하는 과정에서도 세심한 주의가 필요하다. 되풀이해서 정리하면, 할로겐화 화합물의 사용량이 증가하고 있으므로 지구환경에 미치는 영향 (global effect)이나 인체, 동식물에 미치는 영향(human and biological effects)을 최소로 유지하기 위한 환경보전적 조치가 필요하다.

일부 환경보전운동단체에서는 할로겐화 탄화수소의 생산과 소비를 규제하자는 주장도 펴고 있으나 이미 광범위하게 사용되고 있는 이 물질을 代替物質없이 사용금지하거나 사용을 규제할수는 없다. 이러한 조치가 취해지기 까지는 적어도 5년 혹은 10년의 기간이 필요할 것이며 그중에 어떤 물질은 인체나 환경에 유해하지 않은것으로 판명될지도 모른다. 다른 한편으로는 할로겐화 탄화수소의 생산공정을 개선하여 대기중으로 누출되는 양을 극히 적게 할수도 있을 것이며, 밀폐된 작업공간에서 이 물질을 취급할 때 증발, 배출되는 양을 적게 하는 설비를 의무적으로 갖추게 조치할 수도 있을 것이다. 일반적으로 휘발성 대기오염 가스는 작업공간에서 발생된 후에는 환기시설(ventilation)을 이용하여 대기중에 배출시킴으로써 작업자를 보호할 수는 있으나 대기권에 미치는 영향은 막을 도리가 없게 된다.

할로겐화 탄화수소류를 환기시설로 대기에 배출하기 전에 배출량을 억제하는 방법으로는 다음과 같은 4가지 방법이 과학적으로 가능하다.

첫째, 발생되는 휘발성 증기를 모아서 응축시켜 액체로 변경시켜 회수하는 방법이다. 이 방법은 각 물질의 고유한 증기압 값(증기압은 표준끓는점과 관계있다)에 의한 응축량의 한계가 있으며, 공기와 섞인 상태에서는 냉각 처리해야 할 기체의 부피가 엄청나게 많아서 실효성에 문제가 있다.

둘째, 발생된 가스나 사용후의 할로겐화 탄화수소를 밀폐용기에 담아서 저장, 폐기하는 기술(encapsulation)을 생각할 수 있다. 이 방법은

Idea의 개발단계를 벗어나지 못하고 있으나, 기름찌꺼기와 함께 배출되는 고형폐기물 형태의 할로겐화 탄화수소를 폐기하는 방법으로서는 실용화 되고 있다.

세째방법은, 할로겐화 탄화수소를 취급하는 각종 설비와 생산장치를 완벽하게 밀폐하여 장치로 부터의 누출을 차단하는 방법이다. 이방법은 주로 생산공정이나 물자의 저장 수송 유통과정에서 이용할 수 있는 방법이다. 그러나 장치의 완전 밀폐는 확율적으로 어려운 과제이므로 법적인 강제규제 조치가 따라야 한다.

네째의 방법은 기술적으로나 경제적으로 타당성이 매우 높은 방법이다. 할로겐화 탄화수소를 취급하는 작업공간(세척탱크, 금속탈지탱크가 설치되어 있는 공간)에 배출되는 휘발성가스를 환기시설로 수집하여 활성탄등의 흡착제에 할로겐화 탄화수소만을 흡착시키고 섞여있는 맑은공기는 대기중에 배출하는 방법이다. 흡착된 오염가스는 수증기나 高溫의 不活性가스로 탈착시킨 후 응축등의 방법으로 용매상태로 회수하여 재사용할 수 있기 때문이다. 현재 우리 대학의 연구실에서는 이 방법으로 할로겐화 탄화수소의 대기중 배출을 억제하는 기술을 개발하고 있는 중이다. 이 방법을 사용하면 할로겐화 탄화수소의 대기중 배출허용기준(서독의 경우 0.5~1.5 kg/hr, 한국에서는 아직 정해져 있지 않다)보다 훨씬 낮은 농도의 오염가스를 배출할 수 있게될 것이며, 동시에 작업장 내외 가스농도도 산업보건상 안전한 수준 또는 그 이하로 유지될 수 있을 것이다. 이러한 방법은 작게는 드라이클리닝세탁소에서 대규모 전자부품, 기계부품공장의 그리스 제거작업공간(금속의 탈지공정)까지 휘발-배출되는 할로겐화 탄화수소를 제거하는데 크게 유익할 것이다. 특히 이 흡착방법을 이용한 흡착장치는 소형 Package unit로 제작할 수도 있기 때문에 사용량의 대소규모에 관계없이 쉽게 설치하고 간단한 조작으로 운전될 수 있을 것으로 기대된다.

할로겐화 탄화수소 화합물은 석유화학공업의 下流製品(down-stream products)으로써 소위 정밀화학 공업제품이다. 이들이 합성된 역사가 오래되지 않았으나 냉동공업, 기계공업, 전자공업 등 첨단산업분야의 발달로 인하여 그 생산량의 증가가 엄청나게 컸었다. 초기에는 환경영향에 대한 고려없이 이물질들이 사용되어 왔으나 환경문제가 심각해 지고부터 각 물질마다 환경영향의 평가가 강력히 요구되었다. 이러한 할로겐화 탄화수소도 유용한 물질임은 틀림없으나 환경영향에 주는 負的 특징때문에 사용이 금지 또는 규제되거나 사용하되 수집 회수기술이 강력히 요구되는 경우도 있다. 따라서 기초과학 분야에서는 새로운 대체물질의 발명이나 환경 영향평가가 계속되어야 하겠고 공학적으로는 기왕 제조되는 유용물질의 안전한 사용에 가일층 연구가 진행되어야 할 것이다.

〈참고〉 몇가지 할로겐화 탄화수소의 성질, 용도 및 유독성

물 질 명	분 자 식	분자량	표 준 녹는점 (℃)	표 준 끓는점 (℃)	용 도	유독성 (ppm)	기 타 사 항
CARBONTETRACHLORIDE	CCl_4	153.828	-23	76.7	○ 소화제 (消火劑) ○ 용제	10	○ 독특한 냄새
CHLORODIFLUOROMETHANE	$CHCl\,F_2$	86.469	-160	40.6		1000	○ 비인화성기체
1-CHLORO-1,1-DIFLUOROETHANE	CH_3CF_2Cl	100.496	-131.0	-9.6			○ 인화성 기체
CHLOROFORM	$CHCl_3$	119.378	-63.4	61.3	○ 용제 ○ 세제	10	○ 비인화성기체

CHLOROPENTAFLUOROETHANE	$CClF_2CF_3$	154.467	-106.0	-39.0			○비인화성기체
CHLOROTRIFLUOROMETHANE	$CClF_3$	104.459	-181.0	-81.3		1000	○비인화성기체
DICHLORODIFLUOROMETHANE	CCl_2F_2	120.914	-157.6	-29.6		1000	○비인화성기체
DICHLOROMETHANE	CH_2Cl_2	84.933	-94.9	40.0	○용매 ○탈지 및 세척액	100	○비인화성 (증기)
1.1DICHLOROETHANE	CH_3CHCl_2	98.96	-96.8	83.6	○훈증제		○달콤한 냄새가 남
DICHLOROFLUOROMETHANE	$CHCl_2F$	102.923	-135.0	9.0			○비인화성기체
1.2-DICHLORO-1,1,2,2-TETRAFLUOROETHANE	$CClF_2$- $CClF_2$	170.922	-93.7	3.9	○냉매 ○에어로졸 추진제		○비인화성기체
ETHYLCHLORIDE	C_2H_5Cl ·	64.515	-136.2	11.6	○냉매 ○용제		○인화성기체
METHYLCHLORIDE	CH_3Cl	50.488	-97.6	-24.1	○냉매		○인화성기체 ○습기에 예민함 ○유독성
PENTACHLOROETHANE	CCl_3- $CHCl_2$	202.3	-	161			○매우 유독
1,1,2,2-TETRACHLORO-1,1-ETHANE	$C_2H_2Cl_4$	203.801	25	91.7	○비인화성용제		○향기가 남 ○흡입시 숨이 막힐듯한 증상
TETRACHLOROETHYLENE	C_2Cl_4	165.834	-22	121.3	○드라이클리닝용제 ○금속탈지 ○발암물질로 추정됨		○비인화성액체
1,1,2-TRICHLOROETHANE	$C_2H_3Cl_3$	133.405	-36.5	113.9	○발암물질로 추정됨		○자극제 (특히 눈) ○마취성
TRICHLOROETHYLENE	C_2HCl_3	131.389	-86.2	87.4	○드라이클리닝,금속탈지 ○용매추출공정 , 용매 ○발암물질로 추정됨		○자동인화점 (420℃)
TRICHLOROFLUOROMETHANE	CCl_3F	137.368	-111	24	○냉매 ○에어로졸 추진제		○자극성 ○마취성 (고농도)
1,1,1-TRICHLOROTRIFLUORO-ETHANE	CCl_3-CF_3	187.38	-45.0	46.0			
1,2,2-TRICHLORO-1,1,2-TRIFLUOROETHANE	$C_2Cl_3F_3$	187.38	-34.8	47.7			
VINYLCHLORIDE	C_2H_3Cl	62.499	-153.6	-13.2	○냉매 ○PVC원료 ○발암성물질로 추정		○Vinyl chlorid 병에 주의

우리모두 환경보전

○공장·세차장 등에서 나오는 폐수는 깨끗이 정화합시다.
○정화조는 반드시 1년에 한번씩 청소합시다.
○합성세제는 포장지의 표시에 따라 알맞게 사용합시다.
○음식찌꺼기는 하수구에 버리지 말고 따로 싸서 버립시다.
○하천이나 빈터에 오물을 버리지 맙시다.
○자연보호에 적극 참여하여 쾌적한 환경을 이룩합시다.