



## 반도체 & 디스플레이 업종에서 사용되는 독성가스 저감시설의 처리효율 측정방법에 관한 연구

장성수 · 한재국 · 조현일 · <sup>†</sup>이수경\*

한국가스안전공사, \*서울과학기술대학교

(2017년 11월 15일 접수, 2017년 12월 27일 수정, 2017년 12월 28일 채택)

## A Study on the Destruction or Removal Efficiency of Toxic Gas Reduction Facilities in Semiconductor and Display Industries

Sung-Su Jang · Jae-Kook Han · Hyun-Il Cho · <sup>†</sup>Su-Kyung Lee\*

Korea Gas Safety Corporation, \*Seoul National University of Science and Technology

(Received November 15, 2017; Revised December 27, 2017; Accepted December 28, 2017)

### 요약

국내에서 독성가스의 사용은 반도체, 디스플레이 및 태양광 등 첨단산업의 발전에 따라 증가하고 있는 추세이다. 최근 5년간 국내 독성가스 소비량 현황을 살펴보면 연평균 12% 정도 증가 추세에 있지만, 아직까지 사용에만 관심이 집중되고 있고, 사후 처리나 안전에는 다소 소홀한 것이 사실이다. 2012년 9월 발생한 구미 불산 누출사고는 이러한 안전관리 부재를 단적으로 보여주는 사례이다. 이 사고로 인하여 정부, 업계 및 학계에서는 화학물질(독성가스) 누출사고 등에 대한 관심을 갖게 되었고, 정부 주도로 화학물질안전관리대책 등이 수립되어 추진되어 왔지만 아직까지 안전관리 사각지대가 많은 실정이다. 본 연구에서는 반도체, 디스플레이 업종에서 사용되는 저감설비에서 배출되는 가스상 물질에 대한 처리효율에 대한 효과적인 측정방법을 개발하는 것이 목적이다. 국립환경과학원과 UNFCCC에서 제시하는 반도체 & 디스플레이 업종에서 사용되는 온실가스 저감시설의 처리효율 측정방법 가이드라인에 대해 실증시험을 통해 맹독성가스 시설에도 오차 범위 내에서 적용 가능한지를 살펴보고 맹독성가스 저감시설에 대한 차별화된 효율성 측정 방법을 제시하였고, 독성가스 사고에 대한 선제적 예방을 위해서 독성가스 저감시설 등 안전설비에 대한 제3자 인증제도 도입의 필요성을 제안하였다.

**Abstract** - The usage of toxic gas in Korea is increasing in the development of high-tech industries such as semiconductors, displays and solar panels. The recent survey of domestic toxic gas consumption indicates an increase in annual average of 12.4 percent, but it is still focused on usage, and it is negligent in safety and treating the post. In September 2012, an accident occurred in Gu-mi involving hydrofluoric acid leak demonstrates the absence of safety management. Due to the incident, the government, industry and academia have been interested in chemical substances(toxic gas), and the government-led safety management has been established and implemented, but there are still a lot of safety blind spots. The purpose of this study is to develop effective measurement methods for the destruction or removal efficiency of gaseous materials emitted from the Scrubber used in the semiconductor and display industries. Also, this study demonstrated how toxic gas facilities can be applied without error by verification test for the measurement method guideline of the destruction or removal efficiency of the green-house gas reduction facility in the semiconductor and display industries used by the National Institute of Environmental Research and the UNFCCC, and suggested the differentiated measurement methods for toxic gas reduction facilities, and the third party certification for safety facilities is needed to prevent toxic gas accidents.

**Key words** : toxic gas, scrubber, the status of consumption, destruction or removal efficiency

<sup>†</sup>Corresponding author:lsk@seoultech.ac.kr

## I. 서론

반도체, 디스플레이 등 첨단산업의 발전과 더불어 독성가스 사용량은 지속적으로 증가(최근 5년간 연평균 12.4% 증가)하고 있고 독성가스 사고도 2013년 정점을 찍은 후(12년 2건, 13년 9건, 14년 8건, 15년 7건, 16년 7건) 지속적으로 발생하고 있다. 2012년 구미 불산 누출사고 이후 정부에서는 화학물질안전관리 대책 등 각종 정책들이 수립되어 추진되어 왔지만 아직까지 안전관리 사각지대가 많은 실정이다. 반도체, 디스플레이 업종에서 사용되는 독성 가스는 구미 사고시 누출된 불산 보다 훨씬 치명적 성질을 지닌 것들이( $AsH_3$ ,  $PH_3$ ,  $B_2H_6$ ) 많아 한번 사고로 치명적인 인명 및 재산피해를 유발할 수 있다.

본 연구에서는 2006년 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol. 3 Chapter 6, Electronics Industry Emissions. 과 국립환경과학원의 반도체 & 디스플레이 업종에서 사용되는 온실가스 저감시설의 처리효율 측정방법 가이드라인(2015년)을 통해 제시하고 있는 저감시설의 제거효율(DRE) 측정 기준, 등 기존 선행연구 및 기준 등을 분석하고 이에 대한 실증시험을 통해 기존 온실가스에 적용되고 있는 제거효율 측정 방법이 독성가스 저감시설에도 오차 범위 내에서 적용이 가능한지를 검증하고자 한다. 이를 통해 기존 가이드라인에서 제시하고 있는 온실가스 제거효율 측정방법이 맹독성 가스에는 적합하지 않음을 도출하고 맹독성가스 저감시설에 대한 차별화된 효율성 측정방법을 제시하고, 독성가스 사고에 대한 선제적 예방을 위해서 독성가스 저감시설 등 안전설비에 대한 제3자 인증제도 도입의 필요성을 제안하고자 한다.[1]

## II. 독성가스 시설 및 소비현황

### 2.1 독성가스 업소현황[2]

한국가스안전공사의 2016년 통계자료에 따르면 Table 1.에서와 같이 독성가스를 사용하는 업소는 매년 2.8% 성장하고 있으며, 2015년 기준으로 전체 사용 업소중 사용시설, 냉동제조, 저장시설이 1,346 개소로서 84.5%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.[2].

### 2.2 독성가스 소비현황[2]

국내에서 독성가스의 사용은 반도체, 디스플레이 및 태양광 등 첨단산업의 발전에 따라 증가하고 있는 추세이다. 최근 5년간 국내 독성가스 소비량

현황을 살펴보면 Table 2. 에서와 같이 연평균 12.4% 정도 증가 추세에 있으며, 액화가스의 경우 17.7% 증가 추세에 있으며, 압축가스는 5.2% 감소하고 있다.

지역별로 독성가스 사용량은 Fig 1. 에서와 같이 액화가스의 경우 석유화학단지가 밀집한 충청권, 호남권, 영남권 순으로 사용량이 많은 것으로 나타났다, 압축가스의 경우 반도체 및 디스플레이 산업 단지가 밀집된 영남권(구미), 충청권(천안), 수도권(과주) 순으로 사용량이 많은 것으로 나타났다.

Table 1. The Status of Toxic Gas on Use

(Unit : No.)

Div.	2011	2012	2013	2014	2015
냉동제조	481	485	488	493	489
저장시설	299	305	307	327	333
제조시설	35	36	36	37	45
충전시설	34	34	35	38	45
판매시설	80	81	83	88	107
사용시설	451	465	476	499	524
특정제조	44	45	45	46	50
Sum	1,424	1,451	1,470	1,528	1,593

Table 2. The status of domestic consumption of toxic gases

(Unit : Ton)

Div.	2011	2012	2013	2014	2015
Usage	188,457	235,112	233,410	245,096	300,910

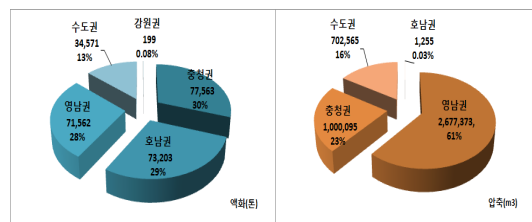


Fig. 1. The status of domestic consumption toxic gases.

### Ⅲ. 독성가스 사고현황

#### 3.1 연도별 사고현황[3]

2007년부터 2016년까지 최근 10년간 전체 가스 사고는 Table 3.에서와 같이 1,484건이 발생하였고, 고압가스 사고는 157건이 발생하여 전체사고의 약 10%를 차지하였다. 또한, 고압가스사고 중 독성가스사고는 46건으로 고압가스사고의 26.9%를 차지하고 있다.

#### 3.2 독성가스별 사고현황[3]

최근 5년간 독성가스를 취급하는 시설에서 발생

**Table 3.** Accident Statistics related to Toxic Gas during the last ten-year period  
(Unit : Case, %)

Div.	Total Accident	High Pressure Gas(A)	Toxic Gas(B)	Share (B/A, %)
Sum	1,484	157	46	26.9
2007	264	24	3	12.5
2008	209	24	6	25.0
2009	145	13	2	15.4
2010	134	17	2	11.8
2011	126	6	-	-
2012	125	9	2	22.2
2013	121	15	9	60.0
2014	120	16	8	50.0
2015	118	15	7	46.7
2016	122	18	7	38.9

**Table 4.** Accident Statistics by Toxic Gas  
(Unit : Case, %)

Div.	2012	2013	2014	2015	2016	Sum	Share(%)
Sum	2	9	8	7	7	33	100
NH <sub>3</sub>	1	2	6	5	7	21	63.7
Cl <sub>2</sub>	-	5	1	-	-	6	18.2
SiH <sub>4</sub>	-	2	-	1	-	3	9.1
SO <sub>2</sub>	1	-	-	-	-	1	3.0
HCl	-	-	1	-	-	1	3.0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-	-	-	1	-	1	3.0

한 사고는 Table 4.에서와 같이 33건이며 암모니아 21건(63.7%)로 가장 많이 발생하였으며, 다음으로 염소6건(18.2%), 모노실란 3건(9.1%) 순으로 발생하였다.

#### 3.3 원인별 사고현황[3]

최근 5년간 독성가스 사고는 33건 발생하였으며, Table 5.에서와 같이 원인별로 분류하면 시설 미비가 9건(27.3%)이 발생하였고, 다음으로 사용자취급

**Table 5.** Accident Statistics of Toxic by Cause  
(Unit : Case)

Div.	2012	2013	2014	2015	2016	Sum
Sum	2	9	8	7	7	33
사용자부주의	2	1	3	2	-	8
공급자부주의	-	-	1	-	1	2
시설미비	-	3	1	1	4	9
제품노후(고장)	-	-	2	3	-	5
기타	-	5	1	1	2	9

**Table 6.** Statistics of Toxic Gas Accident by Region  
(Unit : Case)

Div.	2012	2013	2014	2015	2016	Sum
Sum	2	9	8	7	7	33
Gangwon	-	1	-	-	-	1
Gyeonggi	1	1	1	-	1	4
Gyeongnam	-	1	1	-	-	2
Kyongbuk	-	2	2	-	-	4
Gwangju	1	-	-	1	-	2
Daegu	-	-	-	-	1	1
Daejeon	-	-	1	-	-	1
Busan	-	-	1	-	4	5
Sejong	-	-	-	-	1	1
Ulsan	-	2	1	-	-	3
Jeonbuk	-	-	-	1	-	1
Jeonnam	-	-	-	2	-	2
Chungnam	-	-	1	1	-	2
Chungbuk	-	2	-	2	-	4

부주의 8건(24.2%), 단순누출 6건(18.2%), 제품노후 5건(15.2%) 순으로 발생했다.

### 3.4 지역별 사고현황[3]

최근 5년간 지역별 독성가스사고 현황은 Table 6.에서와 같이 부산지역에서 5건으로 가장 많이 발생하였으며, 다음으로 경기지역, 경북지역 및 충북지역에서 각각 4건 발생하였다.

## IV. 이론적 배경

### 4.1 국립환경과학원 가이드라인[4,5,6]

본 가이드라인은 온실가스에너지 목표관리제 및 온실가스 배출권거래제 시행에 따라 전기전자분야 반도체 & 디스플레이 산업공정에 사용되는 온실가스 저감시설의 효율(DRE Destruction or Removal Efficiency)을 측정하기 위해 마련되었다.

#### (1) 적용범위

본 측정 가이드라인은 반도체 & 디스플레이 생산 공정 중 증착(CVD)과 식각(ETCH)에 사용되는 각종 온실가스(PFCs, HFCs, SF<sub>6</sub> 및 N<sub>2</sub>O 등) 저감 시설에 대한 처리효율 측정에 적용할 수 있다.

#### (2) 샘플링 구성도

Fig. 2에서와 같이 샘플링 구성도는 측정 조직이 현장 측정 전 작성하여야 하며, 구성도에는 유량 측정용 가스(Kr)주입구, QMS 연결 위치, FT-IR 연결 위치, calibration system 위치 등이 정확하게 표시되어 있어야 한다.

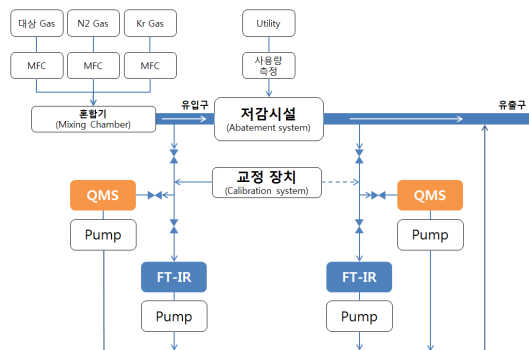


Fig. 2. Methods of Measuring Destruction or Removal Efficiency of Toxic Gas Reduction Facilities.

#### (3) 측정방법

본 측정 방법은 정상적인 생산이 이루어지는 공정 중에 측정을 하는 것을 원칙으로 한다. 이 경우 장점은 실제 생산 공정 중에 측정하기 때문에 부산물을 포함한 모든 온실가스에 대한 처리효율을 측정할 수 있다는 것이다. 그리고 1대의 저감시설에 2대 이상의 공정설비가 연결되어 있는 경우에는 각각의 유입구에 측정 설비를 장착하여 동시 측정을 해야 하나 유입구를 1개로 합쳐서 측정해도 무방하다.

본 측정 가이드라인은 공정설비의 정상생산 공정 중 유입구 및 유출구의 총 유량 측정을 위해 유입구에 Kr 가스를 주입시키고(공정 중 He를 사용하지 않을 경우 Kr 대신 He 가스 사용가능) 저감시설의 유입, 유출구에서 QMS를 이용하여 농도를 측정한다. 그리고, FT-IR을 이용하여 F-GHG 가스의 농도를 측정함으로써 저감시설의 제거효율(DRE)을 측정하는 방식이다.

본 측정 방법은 개별저감시설과 대용량 통합저감시설 모두 적용 가능한 방식이다. 개별저감시설(Point of Unit)의 경우 표본집단의 수가 많기 때문에 통계적으로 대표성 있게 일부 저감시설을 샘플로 추출하여 모니터링 한다. FT-IR 측정은 1시간 동안 유입구와 유출구에서 동시 측정하며, FT-IR 측정 주기( $\Delta t$ )는 짧을수록 좋으나 최대 2초를 넘지

Table 7. Status of Measuring Equipment

Div.	QUTY	Note
QMS	1~2 systems	저감시설 유입, 유출구에서 Kr 농도측정
FT-IR	2 systems	저감시설 유입, 유출구에서 저감 대상 독성가스 농도 측정
유량제어기 (MFC)	1 ea	유량측정용 가스(Kr) 주입용 (인증기관 교정 필수)
교정장치	1 systems	QMS, FT-IR 교정용 가스 희석 장치(인증기관 교정 필수)
표준물질		2차 표준가스 이상의 표준가스
오염방지 필터	1 ea	측정 장비들의 보호를 위해 오염물질과 수분을 제거할 수 있는 필터
유량측정용 가스(Kr)	1 cylinder	저감시설 유입 및 유출량을 측정하기 위해 사용되는 가스(성적서 필요)
희석용 가스(N2)	1 cylinder	교정용 표준물질을 희석할 수 있는 희석용 가스(99.999%)

않도록 한다. 유량측정을 위한 QMS의 측정 시간은 10분 이상 측정결과 값이 변화가 없을 경우 유량의 변화가 없다고 볼 수 있기 때문에 QMS의 측정을 멈추어도 좋다.

본 측정 방법의 핵심은 QMS와 FT-IR 이다. 그 외 다른 장비들도 전체적인 측정의 신뢰도 향상을 위해 필요한 장비들이며, 표준물질과 교정장치에 사용되는 유량제어기는 반드시 공인된 기관의 인증을 필요로 하며, 각각의 인증서는 보고서 제출시 첨부해야 한다. 그리고 FT-IR과 QMS 측정 결과는 반드시 교정 곡선을 이용하는 농도 산출을 해야 한다.

(4) QMS와 FT-IR의 교정(calibration) 방법

QMS와 FT-IR 교정은 모두 교정 장치와 표준물질(최소 2차 표준물질 이상)을 이용하여 8점 교정점(calibration point)을 측정 후 교정 곡선을 작성하는 것을 원칙으로 한다. 이 교정 방법은 UNFCCC LCD 산업 SF<sub>6</sub> 저감 관련 CMM사업 승인 방법론인 AM0078(Point of Use Abatement Device to Reduce SF<sub>6</sub> Emissions in LCD Manufacturing Operations)에서 사용되고 있다. (만약, 5점 교정점으로 측정하여도 상관계수(R<sup>2</sup>) 0.98 이상을 충족하면 사용 가능함).

교정 절차를 간단히 요약하면 교정점의 농도는 교정장치 내 유량제어기의 유량을 제어하여 조정하고 가장 높은 농도의 교정점은 회색되지 않은 표준물질의 농도로 한다. 그 이하 교정점의 농도는 회색가스(Balance Gas N<sub>2</sub>, 5N)의 유량을 높여가며 균등하게 낮춰 8점을 측정하여 직선성에 대한 교정을 실시한다. 이 때 교정점 별로 측정 Data는 최소 20점 이상의 측정 평균값을 사용하도록 한다. 직선성 교정이 종료되면 교정곡선의 정중앙 농도를 5회 이상 반복 측정하여 상대오차(σ) ±5% 미만 되도록 한다. FT-IR의 교정 곡선 농도 범위는 사전에 저감시설 내로 유입되는 총 유량을 참고하여 실제 측정하고자 하는 농도가 교정 곡선 농도 범위 내에 서 측정 될 수 있도록 한다.

(5) QMS와 FT-IR의 교정(calibration) 기준

가. 기울기 상대오차(σ) 상하 5퍼센트 미만(σ < ± 5%)

나. 상관계수(R<sup>2</sup>) 0.98 초과

기준 미달 시 재 교정을 실시한다.(기준에 부합하지 않는 Calibration 불인정). 모든 측정의 결과 값은 교정 곡선에 대입하여 계산된 값만을 인정한다.(Fig. 3, 4)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (I_i - I)^2}{(n-1)}} \tag{1}$$

I = 유량제어기를 이용하여 정한 교정 대상 표준 가스의 농도

li = QMS와 FT-IR을 이용하여 측정된 교정 대상 가스 농도

n = 교정 곡선을 제작하기 위해 측정된 교정점 수

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=0}^n (I_i - I)(y_i - y)}{\sqrt{\sum_{i=0}^n (X_i - X)^2 \sum_{i=0}^n (y_i - y)^2}} \right)^2 \tag{2}$$

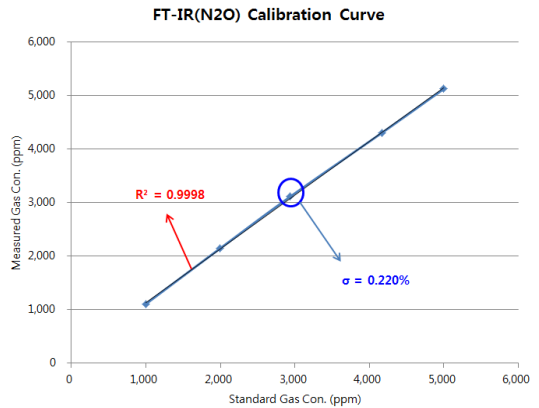


Fig. 3. FT-IR Calibration(ex).

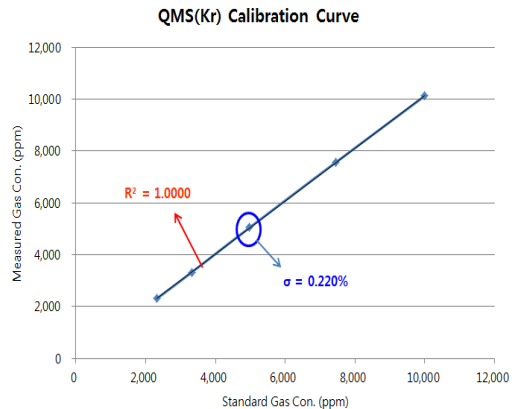


Fig. 4. QMS Calibration(ex).

Xi = 각 교정점에서의 교정 장치 제어에 의해 산출된 교정대상 가스 농도  
 X = 전체 교정점 농도 평균값  
 yi = 각 교정점에서의 QMS와 FT-IR을 이용하여 측정된 교정 대상 가스 농도  
 y = QMS와 FT-IR을 이용하여 측정된 전체 교정점 평균 측정 신호값  
 n = 교정 곡선을 제작하기 위해 측정 교정점 수

(6) 저감시설의 효율측정

Kr 가스는 단원자 분자로서 어떠한 경우에도 파괴되지 않는 특성을 지니고 있다. 따라서 알고 있는 농도의 Kr 가스를 저감시설 유입구에 교정된 유량계어기를 이용하여 일정량을 주입시켜주면 유입구와 유출구에서 Kr 가스의 농도를 QMS로 측정하여 유량을 계산할 수 있다. 총 유량의 단위는 SLM(Standard Liter per Minute)을 사용한다. 총 유량의 계산은 식 (3)을 이용하여 계산한다.

$$F = \frac{S_f}{C_{Kr} \times 10^{-6}} \quad (3)$$

F = 유입구 및 유출구 유량(SLM)  
 S<sub>f</sub> = MFC를 통해 유입구로 주입되는 Kr 가스의 유량(SLM)  
 C<sub>Kr</sub> = 유입구 및 유출구에서 측정된 Kr 가스의 농도(ppmv)

유량 측정값 상대오차는 ±5% 미만이어야 한다. Kr 가스 유입량 별 측정 Data 수집은 유량변화가 없음이 확인되면 10분 측정을 기준으로 한다. Kr 가스 유입량별 농도측정 후 평균값은 식(4)로 계산한다.

$$F_m = \sum_1^n \frac{F_i}{n} \quad (4)$$

$$\sigma_{Fm} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (F_i - F_m)^2} \quad (5)$$

F<sub>m</sub> = n번 측정된 평균 유량(SLM)  
 F<sub>i</sub> = I번째 측정된 유량(SLM)  
 n = 측정 Data 수  
 σ<sub>Fm</sub> = 상대오차

제거효율은 저감시설의 유입구와 유출구에서 1시간 동안 동시 측정된 FGHS 가스별로 각각 계산한다.

$$DRE = (1 - \frac{V_{out}}{V_{in}}) \times 100\text{percent} \quad (6)$$

V<sub>in</sub> = 정상운전되는 1시간 동안 저감시설로 유입되는 FGHG 가스별 총량(SL-Standard Liter)  
 V<sub>out</sub> = 정상운전되는 1시간 동안 저감시설로 유출되는 FGHG 가스별 총량(SL-Standard Liter)

V<sub>in</sub>, V<sub>out</sub>은 식(7)에 따라 계산한다.

$$V_i = \int_0^t V_i(t) = \sum_{j=1}^n F_{mi} \cdot C_{i,j} \cdot \Delta t = F_{mi} \sum_{j=1}^n C_{i,j} \Delta t \quad (7)$$

여기서 I는 in, out으로 대체될 수 있다. 위 식은 1 시간 동안 유입구와 유출구에 흐른 FGHG 가스의 총량(SL)을 계산할 때 이용된다. F<sub>mi</sub>는 유입구와 유출구의 평균유량을 나타내며, Δt는 FT-IR의 측정 시간간격, C<sub>i,j</sub>는 저감시설 유입구와 유출구에서의 FT-IR로 측정된 온실가스의 농도 이다. 위 식을 이용하면 유입구와 유출구에 측정 시간 내 흐른 온실가스의 총량을 Standard Litter의 단위로 적산하여 산출 가능하다.

(7) 문제점

본 가이드라인의 측정 방법은 반도체 및 디스플레이 업종에서 사용되는 온실가스(주로 비독성)에 대한 제거 효율을 측정할 목적으로 제안된 가이드라인이기 때문에 소량맹독성을 취급하는 반도체 및 디스플레이 업종의 특성이 반영되지 않아 독성가스 처리 효율에 대해서는 정확한 데이터를 얻기 어렵다.

4.2 기존 측정방법 대안

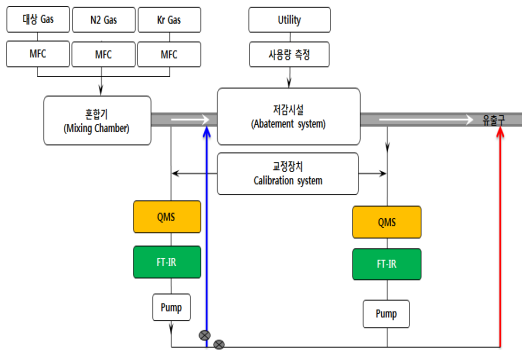
(1) 개요

본 측정 방법 대안은 기존 국립환경과학원과 UNFCCC의 가이드라인에서 제시하고 있는 샘플링을 응용하여, 반도체 & 디스플레이 산업공정에서 사용되는 온실가스 외 맹독성가스에 대한 저감시설의 처리효율을 측정하기 위해 마련되었다.

(2) 측정방법

가. 샘플링구성

샘플링 구성도는 국립환경과학원에서 제시한 가이드라인을 응용하여 Fig. 5와 같이 독성가스 저감시설의 효율측정에 적합한 구성을 제안하였다. 국립환경가이드라인에서는 QMS와 FT-IR을 병렬로



**Fig. 5.** Methods of Measuring Destruction or Removal Efficiency of Toxic Gas Reduction Facilities.

구성하고 분석한 가스는 대기방출 하는 것으로 구성되었지만, 제시된 대안에서는 QMS와 FT-IR을 직렬로 구성하고 By-Pass를 설치하여 분석 후 가스가 다시 저감시설 전단으로 Return되어 측정방법에 따른 오류를 최소화하여 효율측정의 신뢰성 제고에 기여하였다.

## V. 실증 시험

### 5.1 기존 측정방법과 비교 실증

#### (1) 측정방법

가. 국내 시판하고 있는 제조 2사의 플라즈마 Scrubber에 대해 적용

나. DRE(처리효율)측정시 사용되는 Scrubber 기본 조건은 Table 8와 같다.

다. 유량 및 입구 가스농도를 달리하면서 제조사에서 제시하고 있는 처리효율 기준 만족 여부 비교

- 가스유량(LPM) : 100, 200, 300
- 가스농도(ppm) : 500, 1,000, 3,000, 5,000, 10,000

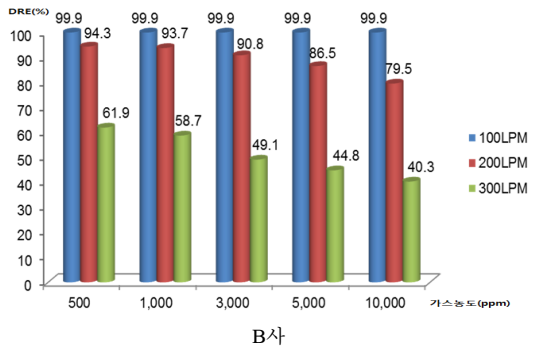
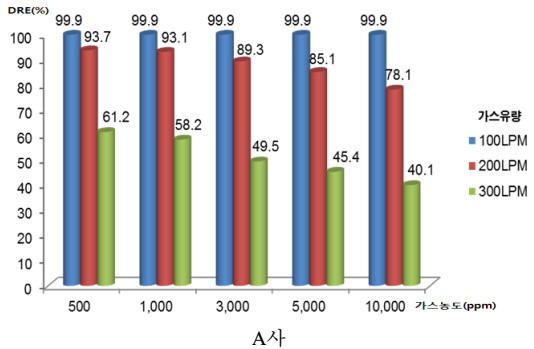
#### (2) 측정결과

가. 기존방법

국내 Plasma Scrubber 제조사 2개소에 대해 같은 용량의 스크러버를 기준으로 기존 국립환경과학원 제시 가이드라인에 따라 측정된 결과 Fig. 6에서와 같이 유량 100LPM에서는 DRE(처리효율)가 99.9%로 제조사 기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다으나 200LPM 이상에서는 제조사별로 다소 차이는 있지만 모두 처리가스가 고농도로 올라가면서

**Table 8.** Measurement Condition

Div.	Condition	Note
kW	9.5	
LPM	300~500	
DRE	99%	



**Fig. 6.** Destruction or Removal Efficiency of N<sub>2</sub>O by Plasma Scrubber in Existing Method.

급격하게 처리효율이 떨어지는 것으로 확인되었다. 이는 제조사가 제시하는 처리용량(300~500LPM)과 처리효율(99%) 모두 만족하지 못한다는 것으로 나타났다.

나. 측정 대안 적용

기존 방법에 By-Pass를 설치하여 QMS와 FT-IR의 분석 후 가스를 다시 저감시설 전단으로 Return하여 측정하였을 경우 Fig. 7과 같이 시료 2개 모두 전 유량 구간에서 제조사 기준을 만족하지 못하는 것으로 확인되었다.

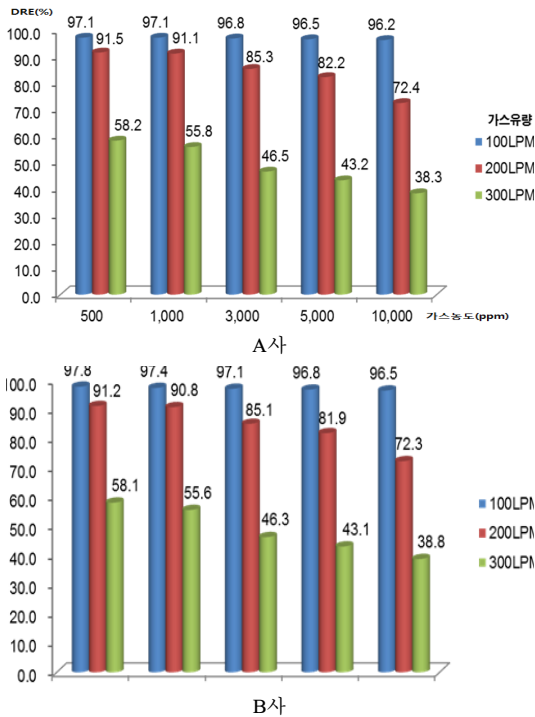


Fig. 7. Destruction or Removal Efficiency of N<sub>2</sub>O by Plasma Scrubber in Alternative Method.

## 5.2 분석결과

- (1) 100LPM 구간에서는 2개사 모두 기준을 만족하였으나, 대안으로 제시된 방법에는 모두 만족하지 않는 것으로 나타났다.
- (2) 대안으로 제시된 방법에서 처리효율이 낮아진다는 것을 볼 때 독성가스 DRE 측정에는 본 연구에서 제시하는 방법이 적합하다는 유추할 수 있다.
- (3) 기존 및 대안 모두 제조사 자체 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 제3자 인증 등을 통한 제품의 신뢰성 확보가 시급한 실정이다.

## VI. 결론

본 연구에서는 국립환경과학원 및 UNFCCC에서 제시하고 있는 반도체 & 디스플레이 업종에서 사용되는 온실가스 저감시설의 처리효율 측정방법 가이드라인을 고찰하고 실증을 통해 측정방법에 대한 대안을 제시하는 등 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 반도체 & 디스플레이 공정에 많이 사용되고 있는 맹독성 가스는 소량의 누출에도 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있기 때문에 배출 허용농도에 대한 세밀한 규제가 필요하다.

(2) 기존 국립환경과학원 및 UNFCCC에서 제시하고 있는 저감시설 효율 측정 방법은 독성가스 저감시설의 효율측정에는 적합하지 않기 때문에 본 연구에서 제시한 대안을 적용하는 것이 바람직하다.

(3) 반도체, 디스플레이 등 첨단산업 발전과 더불어 독성가스 시설 및 사용량이 증가하고 있고, 선제적 사고 예방을 위해서는 독성가스 저감시설 등 안전설비에 대한 제3자 인증제도가 필요하다.

이번 연구를 통하여 제안한 반도체 & 디스플레이 업종에서 사용되는 독성가스 저감시설의 처리효율 측정방법과 제3자 인증제도가 심도 있게 검토되어 첨단 소재산업의 발전과 더불어 예상되는 맹독성 가스 사고를 선제적으로 예방할 수 있기를 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

## REFERENCES

- [1] Duklim Kim, "A Status of Safety Management of Gases by High Pressure Gas Control Act, and the Trend of Policy", (2014)
- [2] KGS, "The Status of Toxic Gas on Use and Domestic Consumption of Toxic Gases", (2017)
- [3] KGS, "Accident Statistics of Toxic Gas", (2017)
- [4] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories VO1. 3 Chapter 6, Electronics Industry Emissions, (2016)
- [5] Guideline for Environmental Characterization of Semiconductor Process Equipment-. revision 2 Technology Transfer #06124825B-ENG International SEMATECH Manufacturing Initiative December 9, (2009)
- [6] NIER, A Study on the Destruction or Removal Efficiency of Greenhouse Gases Reduction Facilities in Semiconductor and Display Industries, (2015)