

악취지수, 검량선, 악취지문 등 악취관리수단과 쌍방향통신 기능을 구비한 실시간 악취모니터링 시스템  
(특허출원 10-08-0028619, 김동원)

## 요약

본 발명은 냄새가 함유된 공기를 흡입하여 전기적인 값(수치)으로 변환하는 냄새센서가 장착된 악취모니터링 시스템에 있어, 냄새센서의 전기적인 값을 해석하여 객관적이고 정량적인 수단을 구비하여 악취를 관리하고 이를 이용한 실시간 악취모니터링 시스템에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 흡입된 냄새(원취)강도는 무취의 공기로 희석배율에 따라 악취지수로 전환하고, 악취지수와 냄새센서의 전기적인 값의 상관관계에 따라 검량선을 산출하고, 산출된 검량선에 의해 악취배출허용기준을 설정할 수 있는 수단과,  $n$ 개의 각기 다른 특성의 냄새센서의 전기적인 값으로  $n$ 차원의 악취지문을 도출하여 악취발생원을 추적할 수 있는 수단과,  $s$ 개의 표준검량선을 이용하여 악취의 원인물질 및 농도를 추출할 수 있는 수단을 구비한다.

본 발명에 의해 위 수단을 이용한 실시간 악취모니터링 시스템은 냄새유입구(100), 전처리부(200), 제어부(300), 정량펌프(400), 냄새센서부(500), 악취분석부(600), 쌍방향통신부(700), 데이터출력부(800), 악취경보 및 포집부(900), 기상측정부(1000)로 구성된다.

대표도

도6

색인어

악취지수, 검량선, 악취지문, 악취원인물질 및 농도, 악취측정, 악취모니터링, 악취관리, 냄새센서

명세서

도면의 간단한 설명

도1은 악취지수에 대응하는 기기값을 취한 검량선의 예이다

도2는 검량선에 의해 악취배출허용기준을 설정한 기준선의 예이다.

도3은  $n$ 개의 냄새센서에 의한  $n$ 차원의 악취지문의 예이다

도4는 표준검량선 예이다.

도5는 표준검량선을 이용한 악취원인물질 및 농도 추출의 예이다

도6은 악취관리수단을 구비한 실시간 악취모니터링시스템의 블록구성도이다

[도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명]

- 100 : 냄새유입구
- 200 : 전처리부
- 210 : 상태측정부 211 : 온도센서 212 : 습도센서
- 220 : 상태보정부 221 : 온도보정기 222 : 습도보정기 223 : 무취공기공급기
- 300 : 제어부 310 : 제어기 320 : 제어상태표시부
- 400 : 정량펌프
- 500 : 냄새센서부 510 ~ 540 : 제1 ~ 제4냄새센서
- 600 : 악취분석부 610 : 수치변환기 620 : 악취연산기 630 : 데이터기억기
- 700 : 쌍방향통신부
- 800 : 데이터출력부
- 900 : 악취포집부 910 : 악취경보 및 포집기 920 : 배출허용기준초과경보기
- 1000: 기상측정부 1010: 풍향계 1020: 풍속계 1030: 온도계 1040: 습도계

발명의 상세한 설명

발명의 목적



발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 냄새센서를 이용하여 악취를 측정하여 객관적이고 정량화된 수단으로 악취를 관리하기 위한 방법과 이를 이용한 실시간 악취모니터링 시스템에 관한 것으로서, 냄새센서와 사람의 후각이 인지하는 냄새의 강도차이를 보정하여 관능법에 의한 감지결과와 거의 근접하게 악취가 측정될 수 있도록 하는 방법과, 악취지수와 검량선 및 악취지문, 악취원인물질 및 농도 추출 수단을 구비한 실시간 악취모니터링시스템에 관한 것이다.

냄새의 좋고 나쁨과 냄새의 강도는 사람의 주관적인 느낌과 후각기능의 감각차이에 의해 각자 다르게 평가되어왔으나, 최근 반도체기술을 적용한 냄새센서의 발전과 분석기술의 객관화로 냄새측정에 있어 기계적 냄새측정장치로 대체되고 있는 추세이다. 그러나 이러한 냄새센서를 장착한 악취측정장치들은 아직도 후각에 의한 관능측정과 상당한 차이를 보이고 있으며, 이는 냄새센서의 정확도 문제보다는 냄새센서가 나타낸 수치를 해석하고 이를 분석하는 방법과 수단이 정립되지 않은 것이 더욱더 악취측정 및 관리에 대한 신뢰성에 심각한 위협요인이 되고 있어, 객관적이고 정량화된 악취측정 수단과 이러한 수단을 구비한 악취관리 및 모니터링시스템이 시급한 과제로 대두되고 있는 것이다. 또한 복합악취의 특성상, 이를 분석하여 악취원인물질과 농도를 유출하기 위해서는 많은 데이터가 필요할 뿐 아니라, 시간별/계절별은 물론 악취발생 공정별로 변화하는 악취를 관리하는 것이 용이하지 않다는 문제가 있다.

## 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 냄새센서가 후각인지조건과 유사하게 반응할 수 있는 상태로 악취시료 상태를 보정하여 냄새센서부가 후각에 의한 관능 인지도와 유사한 결과를 감지할 수 있도록 보정하는 전처리부를 갖추고 다음과 같은 정량화된 악취분석 수단을 구비하고 시스템에 의해 제공되어지는 것이다.

- (1) 악취시료(원취)를 무취의 공기와 희석하여 악취지수로 전환하는 수단
- (2) 악취지수와 냄새센서의 전기적인 수치와의 상관관계에 따라 검량선을 산출하는 수단
- (3) 검량선에 의해 악취배출허용기준을 설정하는 수단
- (4) n개의 냄새센서에 의해 n차원의 악취지문을 도출하는 수단
- (5) s개의 표준검량선을 이용하여 악취원인물질 및 농도를 추출하는 수단

또한 이러한 수단을 구비한 실시간 악취모니터링 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

## 발명의 구성 및 작용

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

- (1) 악취시료를 무취의 공기와 희석하여 악취지수로 전환하는 수단으로

본 발명은 악취측정에 관한 것으로, 악취는 기체상태의 물질이 사람의 후각을 자극하는 냄새로, 악취유발물질의 농도가 높을수록 후각을 자극하는 정도가 심해지는 경향이 있으며 또한 낮은 농도에서는 후각이 자극을 느끼지 못하기도 한다. 아주 낮은 농도의 악취유발물질에는 아무런 자극을 느끼지 못하지만 악취유발물질의 농도를 서서히 높여 나가면 일정농도(ppm 또는 ppb)에서 어떤 종류의 냄새 인지는 모르지만 냄새의 존재를 느낄 수 있게 되는데 이 최소농도를 검지역치(Detection Threshold Value)라 하며, 검지역치농도보다 농도를 더 높이게 되면 냄새의 종류나 느낌을 표현할 수 있는 단계가 되는데 이 최저농도단계를 인지역치(Recognition Threshold Value)라고 한다. 또한 변별역치(Differential Threshold Value)란 원래의 자극량을 어느 정도 변화시키면 자극의 정도가 변했음을 감지할 수 있는가를 의미하며 원래의 자극량의 변화%(웨버비, Weber ratio)로 표시하는데 일반적으로 13~33%정도로 n-butanol의 경우 4.2%, Amyl Acetate의 경우 9% 등으로 물질의 종류에 따라 차이가 있다.

여기서 후각이 느끼는 악취의 강도는 악취원인물질의 농도와 밀접한 상관관계가 있으며, 악취원인물질의 농도는 희석배율에 비례관계가 있으므로, 악취를 측정하기 위한 강도를 정하는 데 있어 시료

(원취)의 희석배율을 환산한 악취지수로 표시할 수 있다.

예를들어 시료(원취)의 농도 P에 무취공기를 혼합하여 3배, 10배, 30배, 100배...식으로 시료를 희석하면 시료의 농도는 P/3, P/10, P/30, P/100... 식으로 나타내어지고, 이때 악취지수(Odor Index)는 희석배율의 자연대수치를 취하여 다음과 같이 정의한다.

$$\text{Odor Index}(I) = 10 \times \log \text{희석배율}$$

표 1

희석배율	0	3	10	30	100	300	1000	3000	10000
시료농도	P	P/3	P/10	P/30	P/100	P/300	P/1000	P/3000	P/10000
악취지수	-	4.7	10	14.7	20	24.7	30	34.7	40
악취지수*	-	5	10	15	20	25	30	35	40

\* 악취지수\* 는 편의상 사용하는 악취지수

(2) 악취지수와 냄새센서의 전기적인 수치와의 상관관계에 따라 검량선을 산출하는 수단으로

냄새센서는 시료의 농도에 따라 전기전도도가 변하는(또는 저항값이 변화) 금속산화물반도체 센서, 전도성 고분자 센서, 화학반응 센서, 광센서 등이 사용되어 질 수 있다. 냄새센서가 악취원인물질과 어느 정도 반응하는지는 센서의 종류와 특성에 따라 달라지지만 본 발명의 범위 밖이기 때문에 논외하고 금속산화물반도체 센서의 전기전도도(또는 저항값)가 시료의 농도에 따라 변화하며, 전기전도도  $\delta = 1/r$  ( $r$  : 저항값)로 표시되어, 시료의 농도와 전기전도도는 비례관계에 있고 저항값과는 반비례 관계에 있다는 것을 유추할 수 있다.

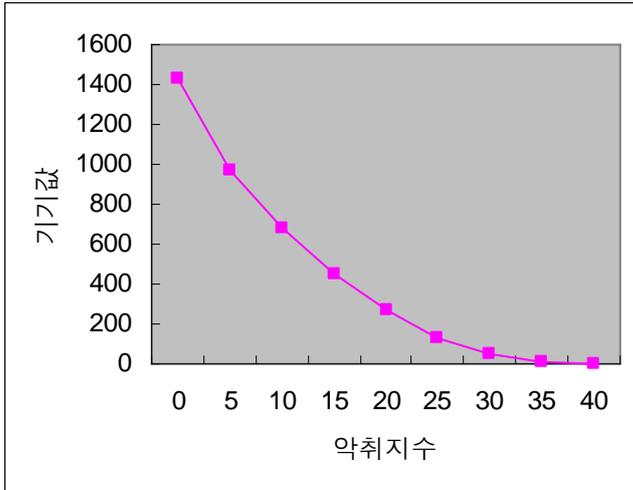
따라서 위 표1에서 시료(원취)의 농도를 P로 하여 무취공기를 유입하여 3배, 10배, 30배, 100배...식으로 시료를 희석하여 시료의 농도가 각각 P/3, P/10, P/30, P/100... 일 때 냄새센서의 각각의 전기전도도 또는 저항값을 취하여 식별하기 편리한 단위로 변환시키며 이를 냄새센서의 기기값으로 취한다.

즉, 각각의 악취지수에 대응하는 기기값을 취하여 검량선을 산출한다.

표 2

희석배율	0	3	10	30	100	300	1000	3000	10000
시료농도	P	P/3	P/10	P/30	P/100	P/300	P/1000	P/3000	P/10000
악취지수*	-	5	10	15	20	25	30	35	40
기기값	1433	971	683	446	267	127	52	12	0

도 1 검량선



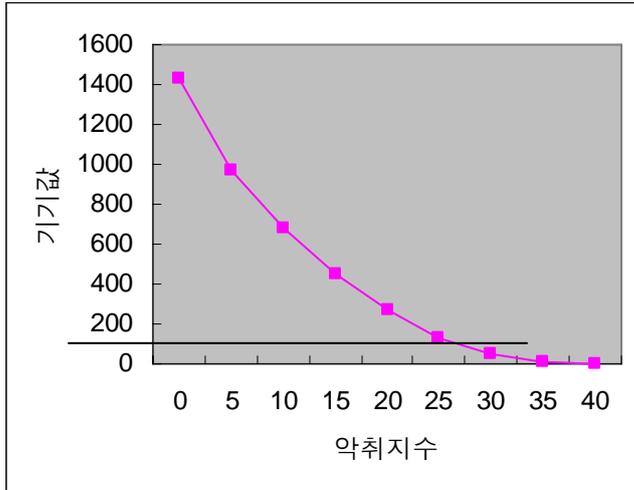
(3) 검량선에 의해 약취배출허용기준을 설정하는 수단으로

약취의 측정방법은 약취공정시험법에 의하여 공기희석관능법을 원칙으로 하며, 시료 중 지정약취물질이 있다고 판단되는 경우 기기분석법을 병행할 수 있도록 하고 있는데, 공기희석관능법은 시료(원취)를 무취공기로 희석하여 냄새를 느끼지 못할 때까지의 희석배율을 구하는 방법을 말한다. 이는 약취의 특성상 복합물질에 의한 약취(복합약취)에 대해서는 희석배율로 단일약취물질에 의한 약취(단일약취)에 대해서는 농도에 의해 약취배출허용기준의 범위를 정하여 규제하고 있는 것으로 그 범위는 복합약취의 경우 희석배율을 300 ~ 500 (배출구), 15 ~ 20 (부지경계선)로, 단일약취의 경우 현재 22종의 물질에 대해 검지역치와 인지역치사이의 농도(역치농도)로 정하여 규제를 하고 있다.

따라서 원취에 대한 희석배율로 표시된 약취지수와 약취지수에 의해 산출된 검량선 위에 약취배출허용기준치를 설정함으로써 기기값에 의해 약취 배출기준치 초과여부를 쉽게 판별할 수 있다.

표2의 예에서 약취배출허용기준을 희석배율 300이하로 설정하였다면 이는 약취지수 '25'이하에 해당되는 값이며 이는 기기값이 '127'이하로 나타나야 하는 것이다.

도 2 약취배출허용기준선



(4) n개의 냄새센서에 의해 n차원의 약취지문을 도출하는 수단으로

n개의 냄새센서를 사용한다. 예를 들면 제1냄새센서(센서A)는 방향족 탄화수소에 높은 강도특성을 나타내는 센서를 제2냄새센서(센서B)는 알코올 등 휘발성이 높고 비교적 분자량이 작은 약취물질에 높은 강도특성을 나타내는 센서를 제3냄새센서(센서C)에는 암모니아 등에 높은 강도특성을 갖는 센서를 제4냄새센서(센서D)에는 황화수소에 높은 강도특성을 갖는 센서 등 각각 다른 특성곡선을 갖는 냄새센서를 사용한다.

예를 들어 각기 다른 특성을 갖는 4개의 냄새센서로 원취를 측정하여 각각의 기기값 a, b, c, d를 벡터값  $V_a, V_b, V_c, V_d$ 로 하여 각 벡터값의 합  $V_{ab}, V_{ac}, V_{ad}, V_{bc}, V_{bd}, V_{cd}$ 를 계산한다.

$$V_{ab}^2 = a^2 + b^2$$

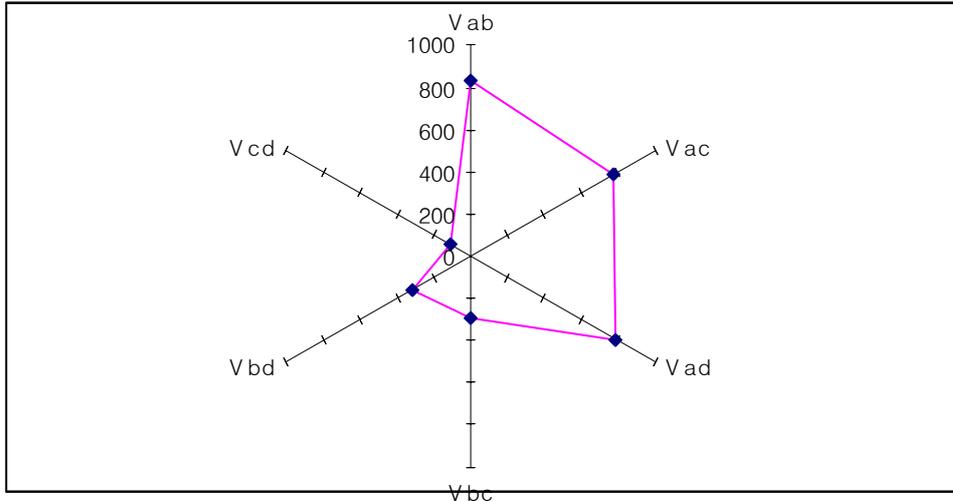
이렇게 취한 각 벡터합의 값( $V_{ab}, V_{ac}, V_{ad}, V_{bc}, V_{bd}, V_{cd}$ )을  $V_a, V_b, V_c, V_d$ 를 축으로 하는 6차원의 도표에 약취지문을 도출한다.

예1

a = 774, b = 296, c = 31, d 103 일때

벡터	$V_{ab}$	$V_{ac}$	$V_{ad}$	$V_{bc}$	$V_{bd}$	$V_{cd}$
값	828	774	780	297	313	107

도3 약취지문



(5) s개의 표준검량선을 이용하여 악취원인물질 및 농도를 추출하는 수단으로

앞에서 기술한 바와 같이 시료(원취)의 농도를 P로 할 때 검량선을 작성하기 위하여, 무취공기를 유입하여 3배, 10배, 30배, 100배...식으로 시료를 희석하여 시료의 농도가 각각 P/3, P/10, P/30, P/100... 일 때 악취지수에 대응하는 냄새센서의 기기값을 취하여 검량선을 산출한다.

이제 지정악취물질 중 한가지를 선택(예: 트리메탈아민, Tri-methyl Amine)하고 이 선택된 시료의 정해진 농도(CVa)를 원취농도로 하여 검량선을 작성한다. 그리고 또 다른 일정농도(CVh)의 지정악취물질을 원취로 선택(예:황화수소, H<sub>2</sub>S)하여 검량선을 작성한다. 이렇게 지정악취물질에 대해 다수개의 검량선을 작성하며 이렇게 작성된 검량선들의 집합(표3)을 표준검량선(도4)이라 정한다.

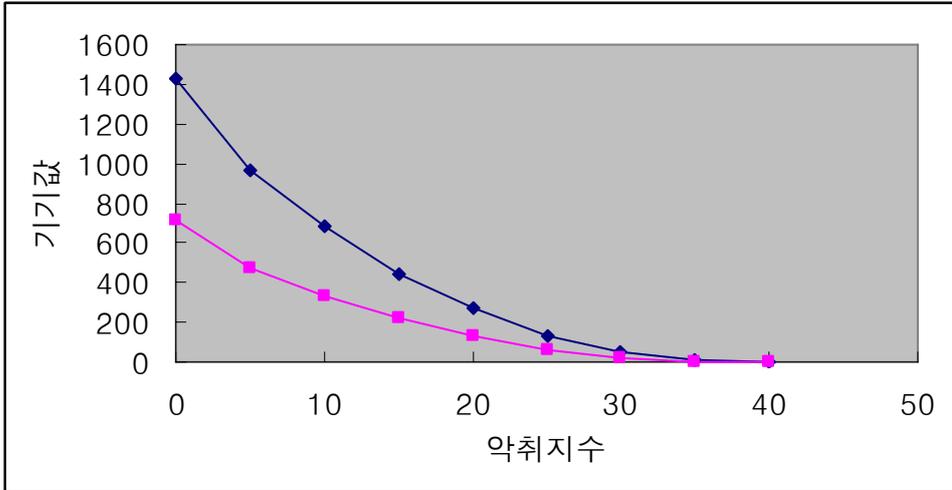
표3 실예

단, 농도단위: ppm

악취지수*	0	5	10	15	20	25	30	35	40
시료농도	P	P/3	P/10	P/30	P/100	P/300	P/1000	P/3000	P/10000
아민농도	1.5	0.5	0.15	0.05	0.015	0.005	0.0015	0.0005	0.00015
기기값	1433	971	683	446	267	127	52	12	0

악취지수*	0	5	10	15	20	25	30	35	40
시료농도	P	P/3	P/10	P/30	P/100	P/300	P/1000	P/3000	P/10000
H <sub>2</sub> S 농도	6	2	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	0.0006
기기값	712	475	334	217	126	63	19	5	0

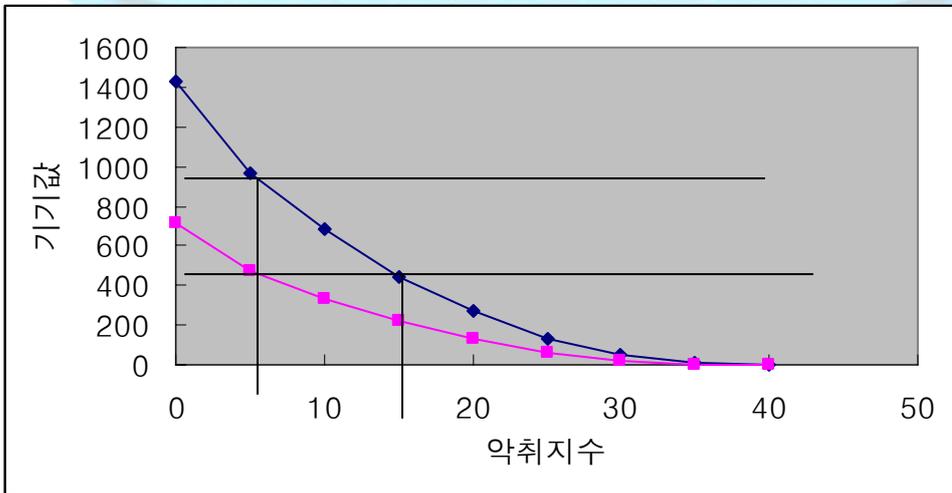
도4 표준검량선 (아민 원취농도 1.5 ppm, 황화수소 원취농도 6.0 ppm일 경우)



여기서 미지의 시료A를 측정하여 기기값이 '400'이 나왔고, 미지의 시료B를 측정하여 기기값이 '1000'이 나왔다고 가정할 경우,

표준검량선에 의해 미지의 시료A는 아민 약 0.05 ppm (악취지수 15에 해당하는 표준검량선의 농도)과 황화수소 약 2 ppm을 함유하고 있다고 추정할 수 있으며, 시료B는 아민이 약 0.5 ppm 함유되어 있다고 추정할 수 있다.

도5



위 악취관리 수단을 구비한 실시간 악취모니터링시스템의 기본구성은 도6에 도시된 것과 같이, 시료공기를 유입하기 위한 냄새유입구(100); 유입된 시료를 전처리하기 위한 전처리부(200); 전처리부에 내장된 상태측정부(210); 상태측정부에 내장된 온도센서(211), 습도센서(212)); 전처리부에 내장된 상태보정부(220); 상태보정부에 내장된 온도보정기(221), 습도보정부(222), 무취공기공급기(223); 각 보정부와 정량펌프(400)를 제어하는 제어부(300); 제어부에 내장된 제어기(310); 제어부에 내장되어

제어상태를 표시하는 제어상태표시부(320); 시료공기를 흡입하여 배출하는 정량펌프(400); 유입된 시료공기의 냄새강도를 감지하는 냄새센서부(500); 냄새센서부에 한 쌍으로 내장된 센서A(510)와 센서B(520); 냄새센서부에 내장된 센서C(530)과 센서D(540); 각 냄새센서의 전기적 신호를 분석하는 악취분석부(600); 악취분석부에 내장되어 냄새센서의 전기적인 아날로그값을 디지털값으로 변환하는 수치변환기(610); 악취분석부에 내장되어 수치변환기로부터 변환된 값과 데이터기억부(630)의 데이터를 연산하여 악취지수, 검량선, 악취지문 등을 산출하는 악취연산기(620); 악취분석부에 내장되어 악취연산기에서 산출한 데이터를 기억시키는 데이터기억기(630); 외부와 데이터교환을 위해 USN, 인터넷, RFID, CDMA 등을 갖춘 쌍방향통신부(700); 데이터를 출력하기 위해 Recorder, 전광판 등을 갖춘 데이터출력부(800); 악취연산기의 신호를 받아 악취배출허용기준초과경보 및 악취포집기능을 수행하는 악취경보 및 포집부(900); 악취경보 및 포집부에 내장되어 악취배출기준초과를 경보하는 배출허용기준초과경보기(920); 악취경보 및 포집부에 내장되어 배출허용기준초과시 시료를 포집하는 악취포집기(910); 악취측정시점의 기상데이터를 수집하기 위해 풍향계(1010), 풍속계(1020), 온도계(1030), 습도계(1040)을 갖춘 기상측정부(1000)로 구성된다.

본 실시간 악취모니터링시스템의 구체적인 내용은 제어부(300)의 신호에 따라 정량펌프(400)가 작동하면 시료공기가 악취유입구(100)를 통하여 전처리부(200)로 유입되며, 유입된 시료공기는 온도보정기(221), 습도보정기(222), 무취공기공급기기(223)에 의해 필요에 따라 초기작동 시 또는 작동 도중에 설정된 온도, 습도, 희석배율로 조정된 후, 냄새센서부(500)의 냄새센서들(510~540)에 도달하며, 시료의 물질과 농도에 따라 냄새센서들의 전기적인 신호값이 변화하고, 변화된 신호는 수치변환기(610)을 거쳐 악취연산기(620)에서 연산되어 분석결과가 데이터기억기(630)에 기억된다. 기억된 데이터는 쌍방향통신부(700)을 통해 외부로 통신되거나 데이터출력부(800)을 통하여 외부로 표시된다. 또한 다시 악취연산기(620)에 의해 산출된 배출허용기준초과는 배출허용기준초과경보기(920)을 통하여 외부로 경보되어지고 이때 시료의 포집여부에 따라 악취포집기(910)이 작동되어 악취시료가 포집된다. 기상 정보는 기상측정부(1000)에 의해 측정되어 수치변환기(600)을 통하여 악취연산 결과와 함께 데이터기억부(630)에 저장된다.

#### 발명의 효과

본 발명에 따르면 악취측정의 신뢰성을 확보할 수 있으며, 객관적이고 정량화된 악취관리 수단을 구비하여 정확한 악취관리를 할 수 있으며, 실시간 악취모니터링에 따른 악취정보를 신속하게 처리할 수 있어 악취확산예방 등 다양한 응용 및 발전이 가능할 수 있을 것이다.

#### 청구항 1

악취시료(원취)를 무취의 공기와 희석하여 악취지수로 전환하는 수단

청구항 2

악취지수와 냄새센서의 전기적인 수치와의 상관관계에 따라 검량선을 산출하는 수단

청구항 3

검량선에 의해 악취배출허용기준을 설정하는 수단

청구항 4

n개의 냄새센서에 의해 n차원의 악취지문을 도출하는 수단

청구항 5

s개의 표준검량선을 이용하여 악취원인물질 및 농도를 추출하는 수단

청구항 6

위 청구항 1~5의 수단을 구비한 실시간 악취모니터링시스템

청구항 7

도6의 각 부와 기기를 구비한 실시간 악취모니터링시스템



도6

