

## 냄새 물질의 농도를 이용한 냄새 강도의 수치화

최은석\*(연세대 기계공학과), 차성운(연세대 기전공학부)

The method of expressing the numerical value of smell  
by using the density of the substances emitting smell

E. S. Choi(Mech. Eng. Dept., YSU), S. W. Cha(School of Elec. & Mech. Eng., YSU)

### ABSTRACT

Smell and sound are closely connected with our life. But there is no way to represent the exact numerical value of smell. On the contrary, there is a method of represent the exact numerical value of sound. In this thesis, using and adapting this method about sound, a new method of expressing the numerical value of smell is going to be derived. These two methods are similar, but there are so many substances which emit smells and the methods of measuring the density of the substances are various according to kinds of the substances. So the new method about smell will be derived by a new idea.

**Key Words** : Smell (냄새), sound (소리), numerical value (수치), density of substance (물질의 농도)

### 1. 서론

인간의 오감 중에서 후각과 미각은 인간의 주관적인 느낌이 많이 타 감각보다 많이 작용하는 감각이라 할 수 있다. 이 중에서 후각은 냄새를 발생하는 물질에 의해서 감지되는 것이다.

냄새를 갖는 물질은 인간이 알아낸 약 200만가지의 물질 중 40만가지 정도라고 한다. 하지만 인간이 구별할 수 있는 냄새의 종류는 약 3천에서 4천가지이며 혼란을 받았을 경우에는 약 만여가지의 냄새를 구별해낼 수 있다고 한다.

청각에 관한 단위로는 소리의 세기를 표현하는 데시벨(dB)이 있어서 각종 소리에 관련된 소음공해에 대한 기준값을 제시하는데 유용하게 쓰인다. 이러한 소음공해 못지않게 현대 사회는 냄새, 특히 악취로 인한 공해가 많은 사람에게 피해를 주고 있다. 하지만 냄새의 세기에 대한 통일된 단위는 아직까지 없다. 그렇기 때문에 현재까지는 냄새의 세기를 표현할 때 사람의 감각에 의존하여서 냄새의 단계를 0 단계에서 5단계까지 나누어 표현하는 방법을 사용하고 있다. 이에 대한 표는 다음과 같다.

Table 1 냄새 강도의 6단계 표시

강도	내용
0	무취
1	약간 느낄 수 있는 냄새(최소감지농도)
2	어떤 냄새인지 알 수 있는 약한 냄새
3	쉽게 알 수 있는 냄새
4	강한 냄새
5	강렬한 냄새

이러한 표현 방법을 직접관능법이라 하는데 이는 데시벨(dB)처럼 수치로 표현되는 것이 아니라 사람의 느낌을 정도에 따라 구별해놓은 것에 불과하다. 따라서 사람의 주관적인 느낌에 따라 많은 차이를 보일 수 있고 실제 경우에 적용하는 것에 많은 어려움이 있을 수 있다.

이러한 다양한 종류의 냄새의 세기를 한 가지 단위로 통일해서 표현해 낼 수 있는 방법을 고안해낸다면 냄새에 관련된 각종 오염문제 특히 악취공해에 대해서 보다 효율적으로 대처할 수 있을 것이라 생각한다.

본 연구에서는 냄새의 세기를 통일된 수치로 나타내기 위한 방법을 제시하였다. 이를 위해 악취발생물질 중 하나인 황화수소의 농도를 기준으로 해서

냄새의 세기를 수치로 표현하였다. 그리고 이 데이터를 기준으로 다른 물질에 있어서의 적용방법을 기술하였다. 또한 여러 가지 냄새가 혼합된 경우에서 냄새의 세기를 나타내는 방법을 마지막으로 제시하였다.

## 2. 이론

### 2.1 적용 이론

냄새의 단위를 결정하기 위해 냄새에 관련된 감각인 후각과 유사한 청각에서 적용되는 이론을 도입하였다.

먼저 청각과 후각의 공통점을 살펴보면 다음과 같은 것을 들 수 있을 것이다. 첫째, 사람마다 다른 감도를 가진다는 것이다. 사람마다 같은 소리를 듣더라도 느끼는 소리의 세기는 틀리다. 마찬가지로 후각에 있어서도 심리적인 요인에 의해서도 달라질 수 있고 습관, 연령, 성(性)에 따라도 다를 수 있다. 둘째로 그 종류의 다양함이다. 앞서서도 언급했듯이 냄새를 발생하는 물질은 지구상에 약 40만가지가 존재한다. 마찬가지로 소리의 종류 또한 그 수가 수십만가지이다.

이러한 공통점을 근거로 해서 냄새의 단위를 정하는데 소리의 세기 단위를 결정하는 방법을 도입하기로 한다. 소리세기의 단위는 데시벨이다. 결정식은 다음과 같다.

$$dB = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

여기서  $I_0$ 는 사람이 들을 수 있는 최저강도의 소리 세기이다. 그리고  $I$ 는 측정된 소리의 세기이다. 소리의 세기는 음원으로부터 음의 진행방향에 수직인 단위면적을 통과하여 단위 시간에 흐르는 음파의 에너지로 나타낼 수 있다.

이처럼 소리세기의 단위인 데시벨은 기준값과 측정된 값을 비교한 상대적인 값으로 나타내어진다. 냄새의 단위를 결정하는데도 이러한 개념을 적용시킨다. 냄새 역시 사람이 느낄 수 있는 최저강도의 세기가 있다. 물론 사람마다 그 차이는 있을 수 있지만 소리의 최저강도를 정하는 것도 일정수의 사람을 선정하여서 각 사람의 감지값의 평균치로 하는 것이므로 냄새의 최저강도를 결정하는 경우도 같은 방법을 도입한다.

### 2.2 측정방법

소리의 세기를 측정하는 경우는 오실로스코프를 용해서 비교적 간편하게 측정할 수 있다. 그래서 휴대용 데시벨 측정기도 나와있을만큼 대중화되어 있다. 하지만 냄새의 세기를 측정하는 것은 결립돌이 있다. 가장 큰 문제는 다양한 냄새를 측정할 수 있는

기기가 없다는 점이다. 현재 사용되는 측정기기들은 냄새의 농도를 검출함으로써 세기를 결정하는데 한 종류의 냄새원을 측정할 수 밖에 없다. 사람의 후각의 경우 다양한 냄새를 감지할 수 있는 장점은 있지만 느낌으로만 그 세기의 정도를 표현할 수 있을 뿐 그 정도를 수치로 나타낼 수 있을만큼 민감하지는 않다. 그리고 냄새의 정도가 심할 경우 사람에게 해를 주는 등 사람의 코로 측정하기가 불가능한 경우가 많으므로 냄새의 세기를 측정하는데는 부적합하다고 할 수 있다. 이번 연구에서는 냄새의 농도를 측정함을 통해서 냄새의 세기를 결정하는 방법을 도입하기 때문에 기존의 측정기기들을 이용해서 측정된 값을 기준으로 냄새의 세기 단위를 결정한다.

### 2.3 측정값의 통일

냄새의 농도는 각 물질마다 다른 방법을 통해서 측정한다. 이 때 측정된 값의 단위는 ppm(parts per million) 또는 ppb(parts per billion)으로 나타내어진다.

소리의 경우 기준값은 하나이지만 냄새는 물질마다 사람이 감지할 수 있는 최저 강도가 다르다. 냄새원의 주요 물질의 최저 감지값은 다음과 같다.

Table 2 각종 악취물질의 최저감지값

화합물	최저감지값(ppm)
아황산가스	0.47
황화수소	0.00047
벤젠	4.68
암모니아	46.8
염소	0.314
사염화탄소	100.0
에탄올	10.0

이와같이 기준으로 삼아야 하는 최저감지값이 각 물질마다 매우 큰 차이를 보이기 때문에 이에 대한 고려가 필요하다. 앞에서 제시한 데시벨의 식을 참고해서 냄새의 단위식을 나타낸다.

$$\text{냄새의 단위} = A \log \frac{\text{측정된농도}}{\text{기준농도}} \quad (2)$$

이 식에서 냄새의 단위는 데시벨(dB)과 같이 임의의단위의 이름이다. A는 임의의 상수이고 측정된 농도는 측정기기를 통해서 측정된 수치이다. 기준농도는 최저감지값으로 측정된 물질의 최저감지값을 대입한다. 하지만 (2)번 식을 통해서 단위를 나타내면 각각의 물질마다 기준농도(최저감지값)가 틀리기 때문에 계산된 냄새의 단위 또한 하나의 통일된 값이 도출될 수 없다. 따라서(2)번의 식을 수정해서 새로운 식을 도입해서 냄새의 세기를 수치로 표현한다.

$$\text{냄새의 단위} = A \log \left( \frac{\text{측정된 농도}}{\text{기준 농도}} \times \text{조정값} \right)$$

여기서 보정값은 각각의 물질마다 다른 값이 적용되며 정확한 수치는 계산을 통해 나타낼 수 있다. 이를 다시 문자식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{냄새의 단위} = A \log \frac{D}{D_0} \times Ad \quad (3-2)$$

D는 물질의 측정된 농도,  $D_0$ 는 물질의 기준 농도를 나타내고 Ad(adjust)는 조정값을 나타내는 문자식이다.

### 3. 실제 적용

#### 3.1 황화수소

황화수소는 원유의 정제나 황을 취급하는 업소에서 발생될 수 있는 물질로서 대단히 적은 양이라도 냄새를 풍긴다. 또한 황화수소를 비롯한 황화합물은 입냄새의 주성분이어서 일상과 밀접한 관계를 가지는 냄새원이라고 할 수 있다.

황화수소가 공기중에서 인체에 미치는 영향을 농도에 따라 나타낸 표는 다음과 같다. 이 표에서 알 수 있듯이 0.3ppm 이상이면 누구든지 이 물질의 냄새를 느낄 수 있고 20ppm까지는 불쾌감을 느끼지만 장시간 일할 수 있다.



위의 표에 있는 수치를 기준으로 냄새 세기를 수치로 나타내기로 한다. 먼저 식(3)과 표 2.1에 의하면 황화수소의 기준 농도는 0.00047ppm이다. 그리고 보정값은 초기에 황화수소를 기준으로 냄새 세기를 통일하는 것으로 원칙을 삼았으므로 1로 정한다. A에

Table 2 대기중의 황화수소 농도와 생체반응 (3-1)

농도(ppm)	증상
0.025	민감한 사람은 냄새 감지 가능
0.3	누구나 냄새 감지 가능
3~5	냄새가 강하며 상당히 불쾌하다.
20	장시간 일할 수 있다.
20~30	냄새가 독하지만 견딜 수 있다.
70~150	장시간 노출로 통증을 느낀다.
200이상	냄새에 익숙해져 불쾌감이 줄어든다.
170~300	1시간이 버틸 수 있는 한계
400~700	30분~1시간 노출시 생명이 위험
700이상	수분내에 실신, 호흡정지, 치사

해당하는 상수 또한 임의로 100으로 결정한다. 냄새의 단위는 임의로 OD(odor)라 부르기로 한다. 그러면 식 (3)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$OD = 100 \log \frac{\text{측정된 농도}}{0.00047} \times 1 \quad (4)$$

이 식에 의하면 황화수소 0.025ppm에 해당하는 냄새의 세기는 173 OD이다. 또한 사람에게 치명적인 수치인 700ppm에 해당하는 냄새의 세기는 약 620 ODOR이다. 따라서 황화수소의 최대세기는 치사량에 해당되는 620 OD로 결정한다. 이 계산식은 황화수소 하나에만 해당하는 식이기 때문에 다른 물질에 적용할 수 있는 식이 필요하다.

#### 3.2 다른 물질에의 적용

앞절에서 황화수소의 냄새 세기를 수치로 표현하는 방법을 제시하였다. 하지만 황화수소 외에 냄새를 발생하는 물질마다 그 최소 감지값이 다르고 인체에 미치는 영향 또한 농도에 따라 다른 값을 가진다. 따라서 이를 고려한 냄새 계산식의 적용이 필요하다.

##### 3.2.1 아황산가스

아황산가스는 자극성이 심한 가스로 즉시 기도반사작용을 일으키고 함께 눈, 코, 및 기도를 강하게 자극시킨다. 아황산가스의 최저 감지값은 0.47ppm이다. 그리고 20ppm에서는 눈에 자극을 주고 150ppm에서는 2~3분정도밖에 참을 수 없으며 1000ppm 이상의 양에 연속적으로 노출되면 죽을 수 있다. 이를 기준으로 해서 3.1절의 황화수소와 비교해서 치사량에 해당하는 1000ppm일 때 620 OD를 가리키도록 식을 결정한다. 이에 따르면 식 (3)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$OD = 100 \log \left( \frac{\text{측정된 농도}}{0.47} \times 745 \right) \quad (5)$$

이 식에 따르면 측정된 농도가 1000ppm일 때 OD의 값은 620 OD를 나타내므로 황화수소에서 치사량

에 해당하는 700ppm일 때와 동일한 값을 가진다. 이처럼 식(3)에서 보정값에 해당하는 745를 곱해줌으로써 사람에게 동일한 영향을 주는 수치로 나타낼 수 있다.

이번 절에서는 아황산가스에 대한 예만 들었지만 다른 물질의 경우에도 냄새의 농도 데이터만 주어진다 보면 동일한 계산 방법을 통해서 냄새의 세기를 표현할 수 있다.

### 3.2.2 일반적인 적용 방법

앞에서 예로 든 황화수소와 아황산가스는 모두 사람을 죽일 수 있는 독성가스이다. 하지만 이러한 독성을 가지는 물질이라도 일상생활에서 일반인이 접하게 되는 양은 그리 많지 않은 양이며 사람에게 심각한 피해를 입힐 정도는 접할 수 경우가 거의 없다고 해도 과언은 아닐 것이다. 사람들이 일반적으로 접하게 되는 냄새의 대부분은 사람이 감지하고 어떤 냄새인지 구별할 수 있을 정도의 양에 불과하며 심한 정도라도 불쾌감을 느낄 정도의 양으로써 사람에게 치명적인 양은 아니다.

그리고 어떤 물질이 좋은 냄새를 가지는가 또는 악취인가를 판단하는 방법은 물질의 고유의 냄새에 의해 정해지기도 하지만 경우에 따라서는 농도에 따라 좌우될 수 있다. 보통의 농도로는 좋은 향을 주는 향수(香水)도 높은 농도에서는 불쾌감을 주며 배설물 중의 대표적인 악취로 알려져 있는 인돌(indole)을 극저농도로 뿜히면 자스민과 같은 좋은 냄새로 느껴진다.

위의 두 가지 사실에 근거하여 일반적으로 냄새를 수치로 나타내는 식을 결정하면 대부분의 냄새는 사람에게 치명적인 영향을 미치지 않으므로 사람에게 불쾌감을 주는 냄새의 양을 기준으로 해서 식을 세울 수 있을 것이다. 다시 말해서 앞의 식(3)에서 '측정된농도'에 해당하는 값이 치사량이 아니라 사람에게 불쾌감을 주는 정도에 해당하는 양이 되는 것이다. 여기서 불쾌감이라는 단어 자체가 사람의 주관적인 느낌이기 때문에 정확한 수치를 나타내는 것에는 다소 어려움이 있지만 일정수의 사람을 선정하여 그들이 느끼는 정도의 평균치를 기준으로 한다면 정확한 수치의 값을 나타낼 수 있다. 이런 방식으로 식을 정한다면 여러 가지 물질에 적용되는 조정값은 앞 절에서 계산하였던 방식인 치사량에 기준해서 계산한 값과 달라질 수 있음을 유의한다.

### 3.2.3 복합된 냄새의 수치화

보통 냄새가 발생하는 경우 냄새원은 한가지가 아니라 여러 가지 냄새원이 복합되어 발생한다. 하지만 이번 연구에서 제시한 식에서는 한가지 냄새원에 대한 계산식밖에 제시하지 못하였다. 소리의 경

우도 여러 가지 음원이 복합될 경우 크게 들리는 것처럼 냄새도 복합될 경우 그 세기는 세질 것이다. 이러한 경우 식(3)으로부터 다음과 같은 식을 세울 수 있다. log식 내의 괄호에 있는 계산식을 물질별로 나타낸 후 더해준다. 예를 들면 황화수소와 아황산가스가 혼합된 냄새일 경우 황화수소에 대한 계산식(6)과 아황산가스에 대한 계산식 (7)을 더한 후 log 계산을 해서 100을 곱하는 것이다.

$$\frac{\text{황화수소의 측정농도}}{0.00047} \times 1 \quad (6)$$

$$\frac{\text{아황산가스의 측정농도}}{0.47} \times 745 \quad (7)$$

이러한 과정을 통해서 두가지 냄새원(황화수소 + 아황산가스)이 복합된 냄새는 다음과 같은 식으로 표현한다.

$$OD = 100 \log(\text{식(6)} + \text{식(7)}) \quad (8)$$

이 계산법을 적용해서 황화수소 700ppm과 아황산가스 1000ppm이 동시에 작용하는 냄새원의 냄새의 세기(OD)를 계산하면 약 640 OD이다. 따라서 각각의 냄새세기 620 OD보다 약간 더 높은 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 같은 세기의 냄새원이 두 개가 있더라도 사람이 느끼는 냄새의 세기는 두 배가 되는 것이 아니므로 이 식은 적용이 가능하다고 볼 수 있다. 두가지 이상의 냄새원이 작용하더라도 이러한 방법을 이용하면 수치로 나타낼 수 있다.

위의 (8)번의 식을 m개의 냄새원이 있는 경우의 일반화된 식으로 나타내면 식(3-2)을 참조해서 다음과 같은 방법으로 나타낼 수 있다.

$$OD = 100 \log \left\{ \sum_{n=1}^m \left( \frac{S_n}{S_0} \right)_n \times (Ad)_n \right\} \quad (9)$$

일상생활에서 접할 수 있는 냄새의 종류가 많고 고는 하지만 실제로 사람의 코에 의해 동시에 감지되는 냄새원은 두서너가지 정도에 불과하다. 그 밖의 냄새원들은 공기중에 있더라도 그 양이 미소하여 냄새의 세기를 결정하는데 미치는 영향 또한 미비하다고 할 수 있다. 따라서 식 (9)를 적용해서 계산하더라도 주된 두서너가지의 냄새원의 농도만을 고려하여 log 식 내에 두서너항의 덧셈식만 포함되더라도 냄새의 세기를 표현해도 미세한 양을 가지는 냄새원도 고려하여서 계산한 식과는 별 차이가 없을 것이다.

## 4. 결론

이제까지 주관적인 감각에 의존하였던 냄새의 세기 표현 방식을 냄새 성분 물질의 농도를 기준으로

해서 수치로 표현하였다. 여기에는 소리의 세기를 수치로 나타내는 데시벨(dB)의 계산식이 참고 및 적용되었으며 각각의 물질마다 기준으로 삼아 계산할 때의 기준 농도가 다르기 때문에 조정값이 식에 첨가되었다. 또한 여러 종류의 냄새가 동시에 작용하는 경우도 이번 연구에서 제시한 식을 통해 수치화할 수 있다.

이 식을 통해서 냄새의 세기를 표현한다면 기존에 ppm이나 ppb로 표시되어서 각각의 물질마다 다른 수치를 가졌기 때문에 실제로 어느 정도의 세기인지 이해하기 어려웠던 표현방법을 하나로 통일함으로써 보다 간편한 방법으로 냄새의 세기를 나타내고 이해할 수 있을 것이다.

하지만 소리의 세기를 측정하는 것과는 달리 냄새의 농도를 측정하는 것은 냄새원마다 측정방법이 천차만별이고 어렵기 때문에 이번 연구를 통해서 고안한 식을 적용하는 것과 계산하는 것이 어렵다는 단점이 있다.

## 후기

이번 논문 작성에 몰심양면으로 도와주신 신소재 및 제품 개발 연구실의 교수님과 대학원생 여러분께 깊은 감사를 표합니다. 이번 작성 기간을 통해서 공학인이 해야 할 일이 무엇인지 잘 알 수 있었던 것 같습니다.

이번 논문에 쓰여진 데이터 대부분이 악취를 유발하는 물질에 대한 것 뿐이고 실제로 사람이 흔히 접할 수 있는 냄새원에 대한 데이터를 구하기 어려워 보다 많은 적용을 해보지 못한 점이 아쉬운 점으로 남는다.

## 참고문헌

1. 양성봉, 이성화 공편, "악취의 성분 분석", pp. 4-8, 1997
2. "황화수소의 성질 및 인체에 미치는 영향"  
[www.kgs.or.kr/new/kor/life/6\\_2\\_32.html](http://www.kgs.or.kr/new/kor/life/6_2_32.html)
3. "아황산가스의 성질 및 인체에 미치는 영향"  
[www.kgs.or.kr/new/kor/life/6\\_2\\_19.html](http://www.kgs.or.kr/new/kor/life/6_2_19.html)
4. "악취의 측정방법 및 분석 방법"  
<http://tsei.co.kr/analysis/air/analysis.htm>