한국환경분석학회지 제6권 (제4호) 235~238, 2003
J. of the Korean Society for Environmental Analysis

금속 산화물 센서를 이용한 토양오염도 분석

조성동 · 고기오 · 박재흥 · 김선규
조선대학교 자연과학대학 물리화학부

Pattern Analysis of Soil Taint Using Metal Oxide Sensors

Sung-Dong Cho, Ki-Oh Ko, Jae-Heung Park and Sun-Kyu Kim
Division of Physics and chemistry, College of Natural science, Chosun University, 375 Sosuk-dong Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea

The electronic nose has been designed to provide objective and reproducible aroma discrimination on a wide variety to human nose. The sensor array in combination with sophisticated chemometrics and artificial neural network software provides the output, displaying the closeness of difference in aroma patterns for different samples. As an application, the system has been used to discriminate soil taint near by gas station(A, B, C) and volatile organic compounds (benzene, toluene, xylene) in the concentration range of 1 ppm.

Key words: sensor array, principal component analysis, soil taint, radar axis

1. 서 론

인간은 매우 민감한 후각을 가지고 있지만 실험실이나 일상생활에서 사용하는 위험한 시약등을 식별하기는 어렵다. 요즘 사람의 코를 대신할 수 있는 전자코의 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있을 뿐만 아니라 측정 장치에 대한 수요가 점차 늘고 있으며, 그 응용 분야도 과거에는 식품, 주류 등의 품질 관리 등에 머물렀으나, 점차 환경, 미생물, 의학 등으로 범위를 넓히고 있다.[1-3)]

전자코는 전류가 흐르는 센서(콧속 천장에 있는 후각상피에 해당)에 어떤 기체 분자가 닿을 경우 센서의 전기 저항값이 바뀌며, 이 때 변화된 저항값을 적당한 신호로 변환하면 그 기체분자에 대한 정보를 얻게 된다. 이 과정이 사람의 코에서 일어나는 일과 비슷하다.

전자코에 사용된 가스 센서는 기체중의 특정 가스에 의해 소자의 표면이나 내부 혹은 양쪽에서 일어나는 물리 화학적 변화를 전기적 신호로 바꾸는 장치라고 할 수 있다. 이러한 전기적 신호의 변화를 받아들이는 것에 의해 검지 대상 물질을 파악할 수 있다. 가스센서 어레이 재료로는 산화물 반도체,[4)] 수정 진동자,[5)] SAW(Surface acoustic wave) 디바이스,[6)] FET(Field effect transistor)[7)] 및 전기화학 셀[8)] 등이 다양하게 이용되고 있다. 가장 보편적인 산화물 반도체 장치의 검출 원리는 산화물 반도체 표면에서 산소 분자가 흡착된 후 냄새 분자가 반응하여 전기 전도도를 바꾼다.

패턴인식과 신호처리 기술로는 주성분 분석(Principal component analysis),[9)] 판별 분석(Discriminant analysis)[4)] 등의 수리 통계적 분석 방법이나, 인간 뇌의 정보처리 메카니즘을 기초로 한 신경망 패턴 인식 기법(Neural network pattern recognition technique)[6,7)] 이 주로 사용된다.

본 연구에서는 산화물 반도체 가스 센서 배열(12개의 센서를 장착시킨 전자코, FOX 3000) 과 주성분 분석을 요소로 하여, 시내 번방에 있는 주유소 주변의 석유화학제품으로 인한 토양 오염도를 분석하고자 한다.

2. 실 험

본 실험실에서는 전자코(FOX 3000, Alpha M.O.S. 사) 기기와 18개의 금속 산화 센서(P10/1, P10/2, P10/9, P30/1, P40/1, P40/2, P70/1, PA2, PA3, T30/

†To whom correspondence should be addressed.

1, T40/1, T40/2, T50/1, T50/3, T70/2, T70/3, TA1, TA2)를 Chamber A, B에 각각 6개씩 12개를 장착하여 실험하였으며, 센서조합에 따른 군집 패턴 최적화를 찾기 위하여 각 센서들의 배열을 바꾸어 가면서 데이터를 얻었다.

실험에 사용된 표준시약(벤젠, 톨루엔, m-자이렌)은 Aldrich사의 제품을 그대로 사용하였으며 1 μl씩 시린지에 분취하여 주입하였다.

주유소주변 토양분석용 샘플은 주유소가 설립된지 1년후 지역(A), 3년후 지역(B), 5년후 지역(C) 주유소를 선택하여, 주유소 주변 빗물과 청소물이 흘러내려 가는 곳에서 흙을 채취하여 일정한 크기로 제작된 (원형관 양쪽에 합성가스 출입구 있음) 초자기구에 넣고 실험하였다.

실험조건은 headspace generation 시간은 300초로 하였고 운반기체는 합성공기를 사용하여 분당 200 ml를 흘려보내 주었다.

측정시간은 120초로 하였고 1초 간격으로 데이터를 받아들여 그래프로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

18개의 센서들의 배열을 바꾸어 가면서 실험한 결과 최적화된 sensor array는 Fig. 1에서 보여준 바와 같으며 Table 1에 정리하였다.

Fig. 2와 Table 2는 sample A, B, C의 저항(R)의 차이 값(ΔR)을 초기저항 값(Ro)으로 나눈 값을 나타낸 data값으로 Sample A, B, C 모두 P30/1, T70/2의 센서의 감응도가 가장 좋았음을 나타내주고 있으며, 특히 설립된지 오래된 주유소 주변의 토양이 오염도가 심하

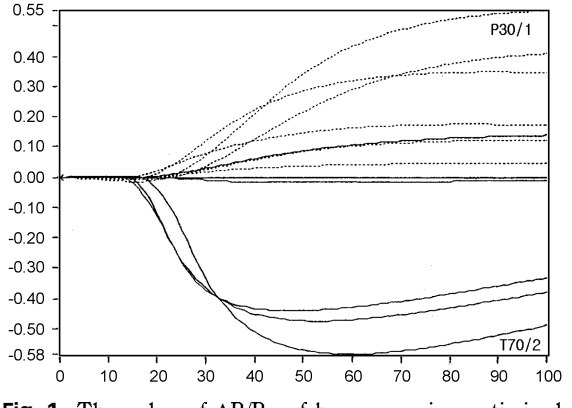

Fig. 1. The value of ΔR/Ro of benzene using optimized sensors.

Table 1. Optimzed sonsor array

Entry	I	II	III	IV	V	VI
chamber A	T30/1	P10/1	P10/2	PA2	T70/2	P40/1
chamber B	T30/1	PA3	T50/1	T40/1	TA2	P70/1

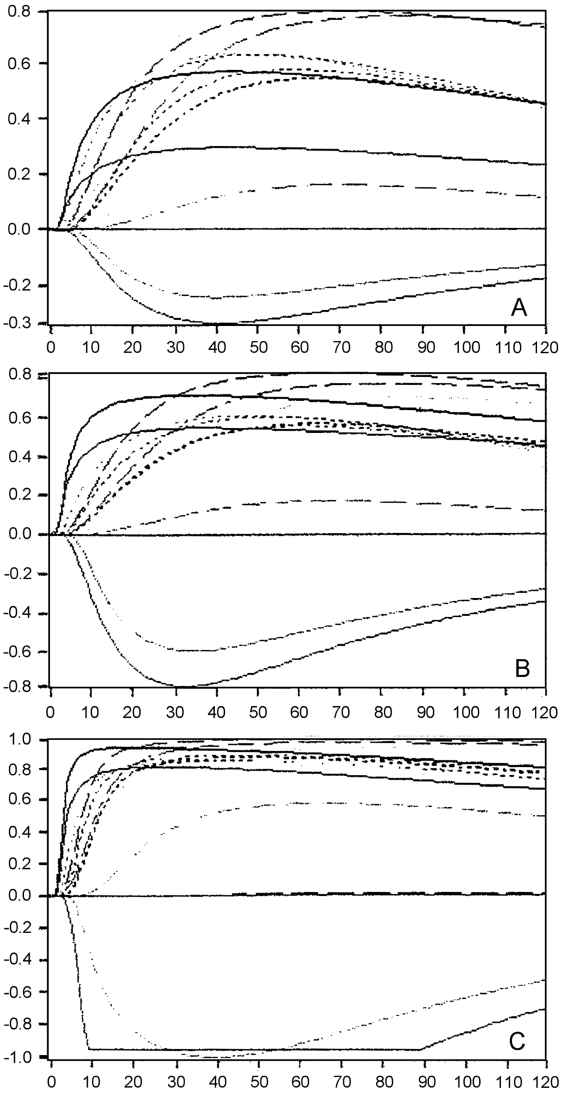

Fig. 2. The value of ΔR/Ro of samples (A, B, C)

Table 2. The most value of ?R/Ro for samples (A.B.C)

sample \ sensor	P30/1	T70/2
A	0.8	-0.2
B	0.8	-0.6
C	1.0	-1.0

다는 결론은 P30/1(0.8 → 0.8 → 1.0)과 T70/2(-0.2 → -0.6 → -1.0)의 센서의 감응도 값이 커짐에 따라 정량적으로 나타내 주었다.

Fig. 3에서 sample A와 sample C의 차이는 A (+0.5) C(+0.6)의 0.1 차이를 보여주며 그 외 좌표에서는 미미한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다

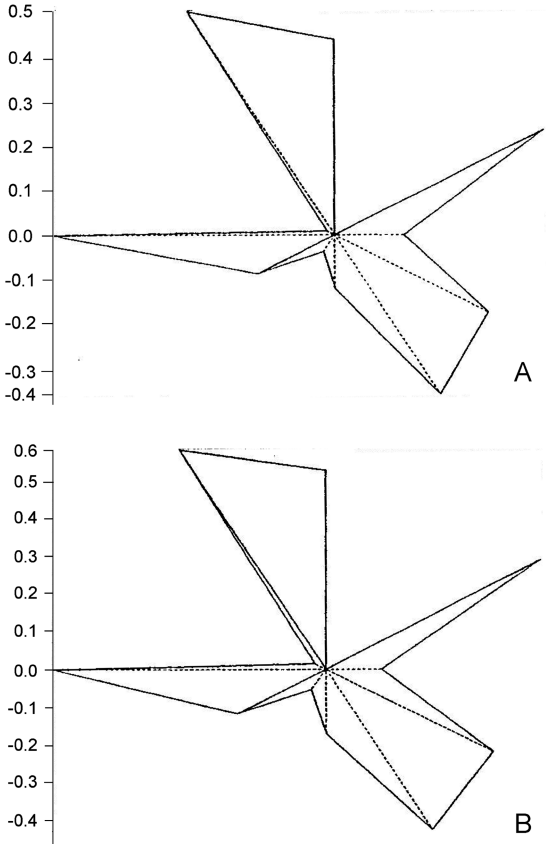

Fig. 3. The radar axis of sample A and B.

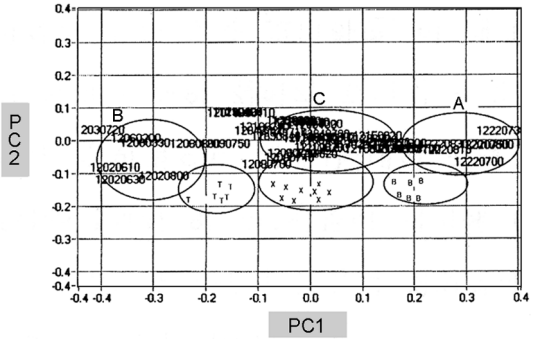

Fig. 4. The principal Componend Analysis for standard samples (B: benzene, T: toluene, X: m-xylene) and A, B, C samples.

Fig. 4에서는 PC-1(X-axis)과 PC-2(Y-axis)의 좌표상에서 B, T, X의 변별력과 sample A, B, C의 군집도를 종합한 것으로 모든 data가 넓은 영역에 분산되어 있지 않고 좁은 범위(+1.0~-2.0)안에 군집되어 있음으로 분석력이 뛰어남을 알 수 있다.

4. 결 론

주유소 주변의 토양은 주유소가 설립된 기간이 길어질수록 P30/1, T70/2 sensor의 감응도가 커짐에 따라 주변 토양이, 석유화학 제품속에 많이 포함되어 있는 benzene, toluene, xylene 같은 유기화합물의 오염이 심해짐을 알 수 있었다. 저항 값의 차이와 radar 좌표상에서 고정화시킨 센서들의 반응 값으로 정성 정량 분석을 할 수 있으며, 앞으로 농약, 축산폐수 등이 오염물질 및 그 범위를 밝히는데 응용되리라 본다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 조선대학교 학술 연구비 지원에 의해 수행되었고, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. J. W. Gardner, **1987**, "8th International Congress of European Chemoreception Research Organization", Univ. of Paris, France.
2. L. Moy, T. Tan, J. W. Gardner, "Monitoring the stability of perfume and body odours with an electronic nose" *Perfumer & Flavourist*, **1994**, 19, 11-15.
3. J. W. Gardner, "Detection of vapors and odors from a multisensor array using pattern recognition", *Sensors and Actuators*, **1991**, B4, 109-115.
4. K. Persaud, G. Dodd, "Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose", *Nature*, **1982**, 299, 352-355.
5. W. P Carey et al. "Selection of adsorbates for chemical sensor arrys by pattern recognition" *Anal. Chem.*, **1986**, 58, 149-153.
6. D. S. Ballantine et al., "Correlation of surface acoustic wave device coating responses with solubility properties and chemical structure using pattern recognition", *Anal. Chem.*, **1990**, 58, 3058-3066.
7. H. Sundgren, I. Lundstrom, F. winquist, "Evaluation of a multiple gas mixture with a simple MOSFET gas sensor array and pattern recognition", *Sensors and*

Actuators, **1990**, B2, 115-123.
8. J. R. Stetter, P. C. Jurs and S. L. Rose, "Detection of hazardous gases and vapors: Pattern recognition analysis of data from electrochemical sensor array", *Anal. Chem.*, **1986**, 58, 860-866.
9. J. W. Gardner, H. V. Shurmer and T. T. Tan "Application of an electronic nose to the discrimination of coffees", *Sensors and Actuators*, **1992**, B6, 71-75.