

도시 공기오염에 대한 귀환제어

Feedback Control on Urban Air Pollution

기술자료
20~4~1

한 단 춘* 정 태 원*
(Man Choon Han, Tae Won Chung)

우리 주변에서 규칙적으로 내뿜어지는 매연을 우리들의 건강을 위해서 예측하고 제어하는 데에는 여러 방법이 있다. 이 방법들은 몇 개의 단계로 나뉘어져서 공기의 질을 제어하기 위한 효과적인 계통(system)을 이룬다.

많은 도시에 있어서 공기오염을 제어하는 조직은 그림 1과 같다.

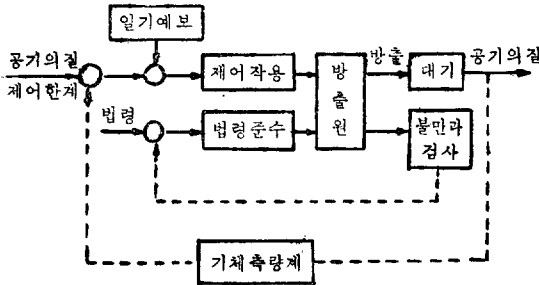


그림 1. 현재의 시스템

이 그림에서 먼저 연소장치에 대한 법령기준을 다루는 안쪽에 있는 loop를 살펴보자. 정기적 또는 부정기적인 검사와 방출원을 관찰하므로써 귀환이 이루어지고 법령위반을 가려낸다. 그래서 법령을 준수하게 하므로써 불만을 제거한다. 이제까지의 귀환과정은 사람이 하는 것이며, 그림 1에서 점선으로 표시되어 있다.

바깥의 loop에서 공기제어 한계는 법령을 위반 했을 때, 즉 측정된 공기가 어떤 값 이상으로 오염되었을 때 제어작용을 할 기준치로 된다. 뉴욕시에서 제어한계의 대표적인 보기는 표 1과 같다. 보통 공기의 sample을 채취해서 분석하고, 그 결과가 우편이나 인편 또는 전화로 결정권자에게 전달된다. 이들은 이 공기들 제어 한계와 비교하고, 어떻게 처리할 것인가를 결정한다. 실제로 제어작용을 결정하기 전에, 즉 경고하기 전에 결정권자는 일기예보를 고려에 넣는다. 즉 제어작용을 제어한계의 위반으로만 이루어지는 것이

아니고 조건이 존재할 경우(徵候)에 따라서도 정해지는 것이다.

표 1. 공기오염 조건에 대한 제어한계

주의단계

12시간 중에 계속적으로 6시간 아래와 같은 현상이 지속될 때이다.

1. 아황산 가스가 2.0 ppm-hr (particle per million-hours) 이상 존재하고
2. 흙먼지가 25 (reflectance units of dirt shade-hrs)를 초과하고
3. 12시간 이상 나쁜 일기가 계속된다는 예보가 있을 때

경고단계

12시간 중에 계속적으로 6시간 이상 아래와 같은 현상이 지속될 때이다.

1. 유황가스가 3.0 (ppm-hrs) 초과
2. 흙먼지가 15.0 (rud-hrs) 초과
3. 다시 12시간 이상 나쁜 일기가 계속된다는 예보가 있을 때

비상단계

24시간 동안 아래와 같은 현상이 지속될 때

1. 아황산 가스가 15.0 (ppm-hrs) 초과
2. 흙먼지가 200 (rud-hrs) 초과
3. 다시 12시간 이상 나쁜 일기가 계속된다고 예보가 있을 때

비상 제어작용은 보통 책임있는 공무원이 수행한다. 이것은 급하지 않는 자동차 여행을 금지한다던지 소각(燒却)을 금지한다던지 또는 연료의 대체를 요구하는 방법 등으로 이루어진다. 여기서 주의할 것은 이러한 제어작용은 비용이 많이 들고 시민에게 불편을 주기 쉽다는 것이다.

A. 공기감시 계통

on-line의 기체측정 계통을 설치하는 새로운 방법이 뉴욕시를 포함해서 많은 도시에 채용되고 있다. 멀리 사람이 없는 감시소로 부터의 정보는 전자계산기에 의

*정회원 : 연세대학교 이공대학 전기공학과

해서 자동적으로 채워되어 그 지역의 공기상태의 평가가 가능하게 된다. 이것은 그림 2의 귀환회로에서 실선으로 표시되어 있다.

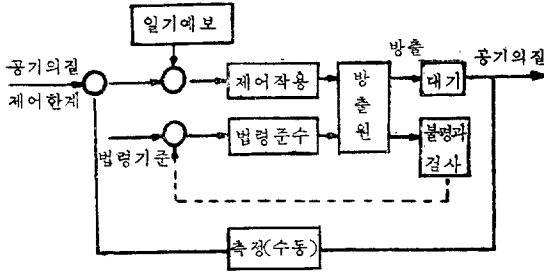


그림 2. 기체 측정계통이 첨가된 후의 작용

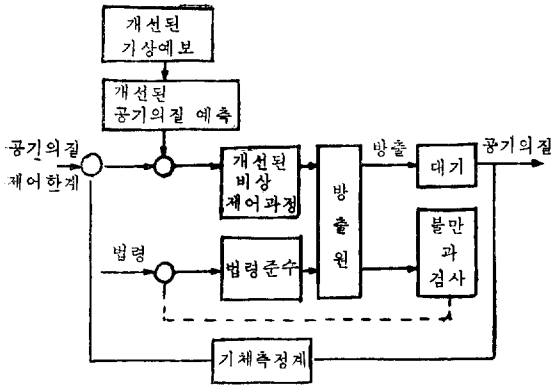


그림 3. 공기오염제어에 대한 효과적 초기 예보 시스템

심한 오염조건이 존재하면 곧 검출할 수 있고 제어작용을 하므로써 방출을 주릴 수 있으므로 이와 같은 방법은 꼭 유용하다. 또 기계로 읽을 수 있는 형태로 얻어지는 data에서 오염의 정도와 방출원 사이의 관계를 알 수 있다. 이 data는 보통의 공기의 측정이 아니고 바람의 방향과 속도와 같은 기상학적인 요소를 포함한다.

B. 입지선택

공기의 질을 감시하는 감시소의 목적은 다음과 같은 4가지이다.

- 1) 공기의 질을 감시해서 위험상태가 꼭 검출되도록 한다.
- 2) 장래의 의학적인 data의 분석을 위해서 공기의 질의 data의 기록을 얻는다.
- 3) 공기의 질을 예보하는 모델을 시험하기 위해서 Data의 기록을 얻는다.
- 4) real-time의 공기의 질의 예보기술을 위해서 입

력 data를 얻는다.

이러한 4가지 목적을 위하여 필요한 위치는 각각 다르다. 제 1의 목적을 위해서는 오염도가 높은 곳에 설치하는 것이 좋다.

C. 효과적인 초기 경고계통

on-line의 공기의 질을 감시하는 계통은 필요하고 가치가 있는 첫단계이다. 특히, 가령 6~48시간 후의 공기의 질을 예측할 수 있으면, 주의단계에 도달하기 전의 방출을 주리는 적절한 예방조치가 가능하게 된다. 그림 3은 이것을 나타낸다.

개선된 공기의 질의 예측에는 적당한 확산모델의 사용이 필요하다. 그러나 이러한 모델은 기상학적 변수의 예측이 필요하고 풍속(風速)이 낮은 지역에서는 신뢰성이 적다. 만일, 이러한 예측이 불만족스럽다면 기본적인 개선책이 나올 수 있는데, 이에 더 많은 지역의 감시소와 기상관측이 필요하게 된다.

a) 예측의 범위

공기의 질의 예측방법 개선에 있어서 문제가 되는 것은 그 범위이다. 즉 도시의 어떤 위치에 있어서 순간 순간의 오염도를 예측하여야 할 것인가 또는 전 지역에서 24시간의 평균치만을 알면 되는가 하는 것이다. 그 대답은 그 중간에 있는 것이나, 딱 어디라고 정할 수는 없다. 요구되는 시간범위는 인체에 유해한 최소오염시간에 따라 결정되는 의학적 data에서 결정될 것이다. 그림 4는 평균 년오염율이 같은 두 경우를 나타낸다. 두 경우가 다 건강에 해롭다 하면 그림 4(B)의 단기간의 피크치(尖頭值)를 예측하는 것은 중

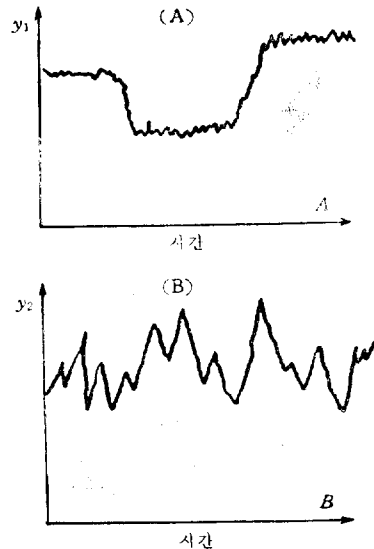


그림 4. 같은 년평균 오염분포를 표시한 오염모형 (pattern)의 두가지 예

요하게 되는데 이것은 그림 4(A)의 경우보다 곤란하여진다.

아황산가스의 농도는 같은 시간에도 지역에 따라 상당히 다르며 오염도는 기후에 따라 변화하지만 특히 오염이 심한 "pollution pocket"이라고 불리우는 지역이 존재한다는 것이 알려져 있다. 이런 현상을 조사하기 위해서 뉴욕시의 8개소의 아황산가스 감시소에서 1년 동안에 매시간의 Data를 조사하였다. 높은 오염도를 기록한 12일을 선택하여 각 지역의 값을 비교한 것이 그림 5이다. 기둥의 높이는 12일 중에서 농도의 지시가 가장 높은 날수(A)와 가장 낮은 날수(B)를 표시한다. 그런데 여기서 놀랄만한 것은 지역 H에서는 12일 중에서 가장 낮은 날이 4일이고 높은 날이 3일인 것이다. 8개 지역에 있어서 최고(또는 최소) 기록이 고르게 분포되어 있는 것은 도시에 있어서 오염상태에 상당한 변화가 있다는 것을 나타내는 것이다.

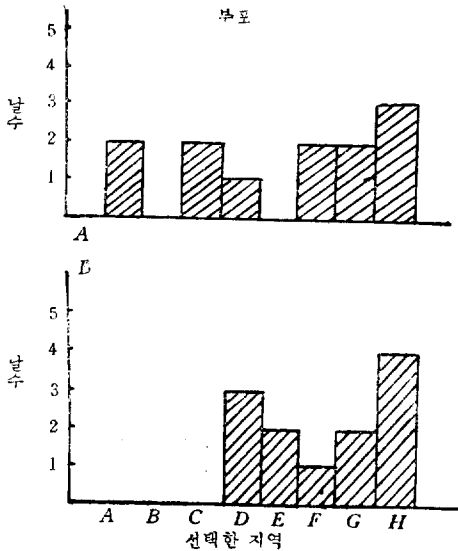


그림 5. 12일 간에 아황산가스의 농도가 가장 높은 (A) 날수와 가장 낮은 (B) 날수의 분포

비슷한 결과는 1966년에 31일을 sample로 선택해서 얻은 그림 6에 나타나 있다.

여기서도 G지역은 5일간 가장 높은 값을 보였고, 또 다른 5일간에 가장 낮은 값을 보였다.

일산화탄소의 경우에는 결과가 아주 달라지는데 그 농도는 교통량과 같은 양상을 보인다. 이런 조사만으로 일기가 나빠질 것을 알 때 어느 지역의 오염이 심해지는가를 예측할 수는 없다* 그러므로 소규모의 공기의 질의 예측이 필요할 것 같다. 그러나 위의 결과는 몇가지의 흥미있는 가능성을 제시한다. 어느 정도

일기가 나쁜날 만일 어떤 제어작용이 취해지지 않으면 어느 지역은 상당히 오염되는 한편 다른 지역은 비교적 안전할 수 있을 것이다. 그러므로 현재 비상제어 방법은 도시 전역에 취해지지만 부분적으로 공기의 질을 예측할 수 있으면 오염될 지역에만 경제적으로 제어할 수 있는 것이다.

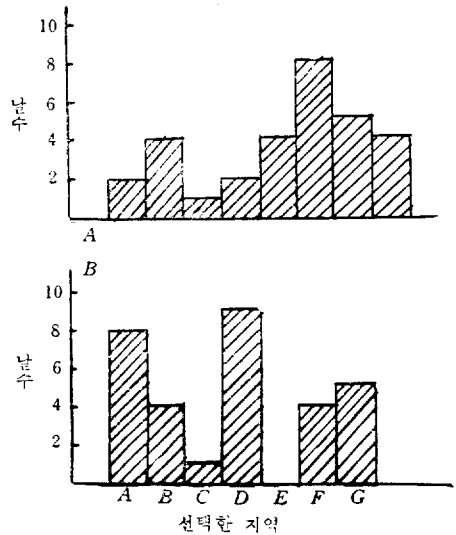


그림 6. 31일간 동안 평균 아황산가스의 농도가 가장 높은 (A) 날수와 가장 낮은 (B) 날수의 분포

b) 비상제어작용

하루나 이틀 앞서 도시의 여러 지역에서의 오염도를 나타내는데 필요한 기상예보와 공기의 질의 예측이 가능하면 해당 도시의 책임자는 오염이 예기되는 초기단계에 비상제어작용을 가할 수 있다.

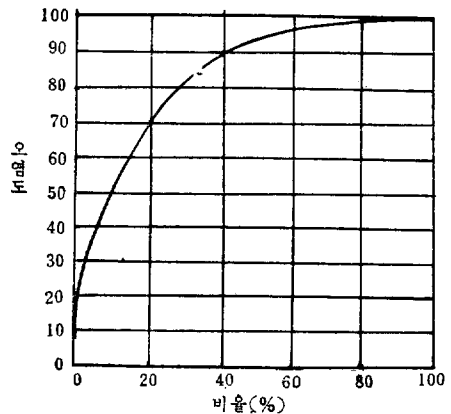


그림 7. 한 지역에 있어서 방출원의 누적된 방출특성

그림 7은 가상적 자료로서 어떤 지역에서는 작은 수의 방출원이 그 지역 오염에 상당히 큰 영향을 미치는 것을 나타내는 것이다. 도시의 각 지역에 대하여 이러한 chart를 준비하고 특별한 방출개소를 표기해서 그 지역의 행정당국은 공기오염에 대한 주의의 각 단계에 대한 비상계획을 개선할 수 있다. 여기서 기억하여야 할 것은 그 지역에 대한 이 chart는 계절적 요인과 기타 시간에 따르는 요인에 따라 달라진다는 것이다.

c) 건강을 고려한 제어한계

현재의 공기의 질의 제어한계는 반듯이 공기오염의 의학적인 영향을 충분히 고려하고 있지않다. 그러므로 다음의 단계는 공기의 질과 시민의 건강과의 관계를 충분히 고려하는 더 크고 유용한 공기의 질의 제

어를 강화해야 하는 것이다.

그림 8의 블록선도는 그림 3에다가 의학적인 귀환회로가 부가된 것이다. 이것을 보면 공기의 오염은 인간과 재산에 영향을 미치고 그 지역의 미관과 경제와 시민 건강에 관계하게 된다. 이러한 계에 있어서 보건기준은 의학적 data의 분석에 의해서 이루어지고 공기의 질의 제어한계를 설정하는데 필요한 자료가 된다. 이것은 의학적인 정보의 귀환이 시간에 따라 변화될 수 있으므로 유용적이다.

그림 8의 점선계통은 반듯이 자동적일 필요가 없다 전체적인 콤퓨터화된 건강정보 조직의 일부로서 자동화될 수 있는 것은 물론이다.

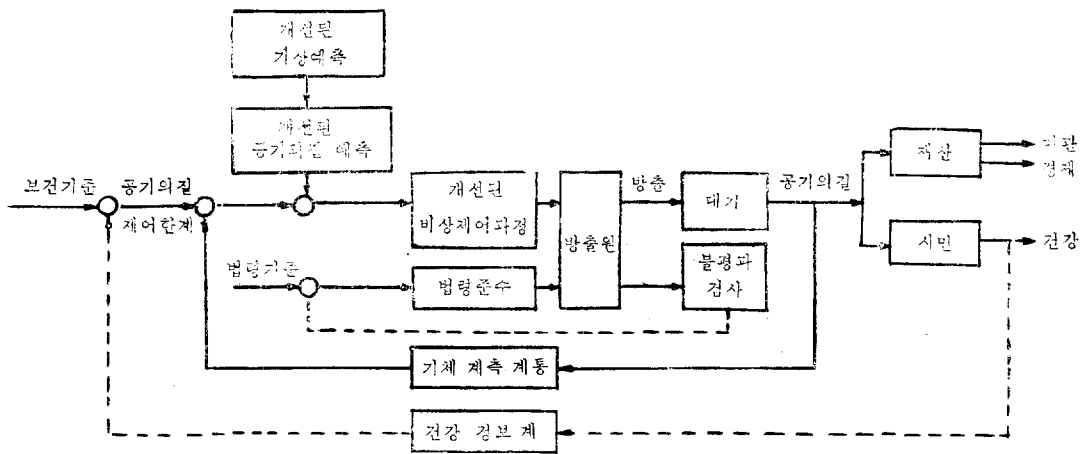


그림 8. 시민의 건강을 위주로 한 공기오염제어제통

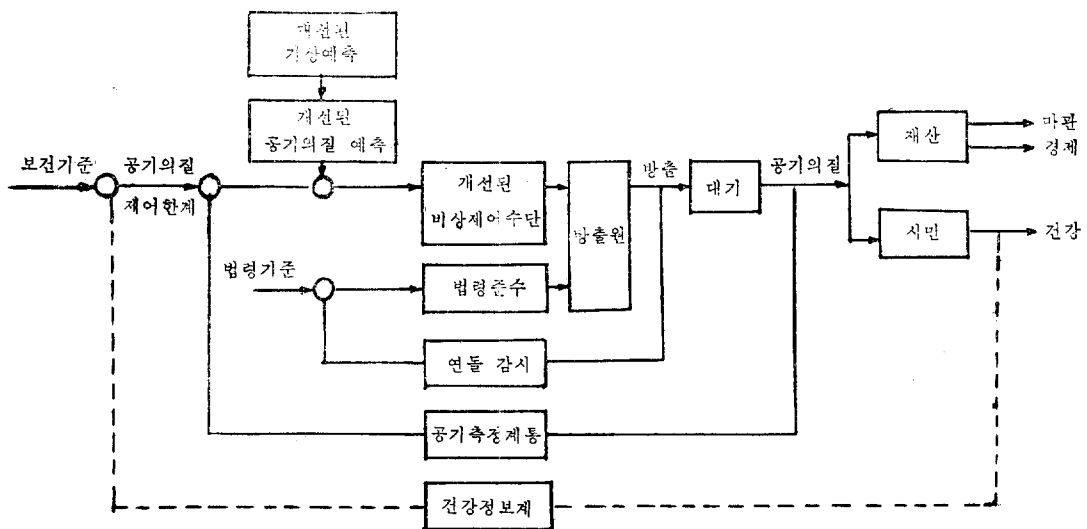


그림 9. 건강을 베이스로 한 공기 오염에 있어서 연돌을 고려한 제어계

d) 연돌(煙突)감시

문제의 심각성이 더욱 증대함에 따라 유효한 방법으로 그 다음에 도시의 공기 오염제어 당국자가 취하여야 할 단계는 오염의 주 발생원인인 연돌을 감시하기 위하여 자동적으로 **sampling**하고 분석 기록할 수 있는 장치를 사용하는 것이다(그림 9 참조). 이렇게 하므로서 작업원들에 의한 비능률적인 개별적 연돌감시 활동을 최소로 할 수 있고 이들 방출원에 대한 효과적인 제어활동을 증가할 수 있을 것이다. 이러한 감시는 연돌 그 자체에 적절한 장치를 시설하므로서 이루어 질

수 있다. 즉 기록과 분석할 수 있도록 원격장치를 놓거나 봉합된 기록장치를 설치해서 검사원이 주기적으로 검사하도록 할 수 있는 것이다.

또 다른 방법은 어떤 일정한 장소나 또는 패트를 하는 헬리콥터에서 원격 적외선 분석장치를 사용하여 의심나는 연돌에 적용하는 것이다. 여기에 컴퓨터를 사용하고 자료를 분석해서 결론을 얻을 수 있다. 이러한 자료처리의 결과로서 허가, 또는 불만처리 활동에 응용할 수 있을 것이다.

(IEEE Spectrum 1969년 9월호 p.77 참조)



(p.36에서 계속)

다. 地中 cable 이 지니고 있는 문제점을 해결하기 위하여 실시되고 있는 연구와 개발은 대부분 새분야 개척에 치우치고, 地中線路가 必須인 個所以外에도 사용될 수 있도록 하는 완전히 새로운 설계의 地中線路系統으로 引導하는 기술면에서 본 해결책은 강구되지 못하고 있다.

그러나 鼓舞的인 현상은 이러한 문제를 해결하기 위하여 많은 연구기관이 종사하고 있다는것, 관계자의 관심이 깊다는것, 또 그 열의가 대단하다는 것등을 들 수 있다. 전력계 및 주요제조업체는 과거의 경험에 비

추어 필요한 환경은 중요해결책을 마련하여 왔다는 견해를 잘 알고 있다. 즉 수년전만 하더라도 地中配電線路의 건설비는 동등의 架空配電線路의 그것의 8~12배였으나, 전력계와 제조계의 광범위한 협력으로 현재는 1.0~1.5배로 떨어졌다.

地中送電線路의 건설비를 이러한 정도로 저하시킨다는 것은 地中配電線路에 비교하여 수없이 많은 難問題가 가로놓여 있다는 것은 인정할 수 있으나, 장차 어떤 해결책이 나오리라고 기대한다.

<다음호에 계속>