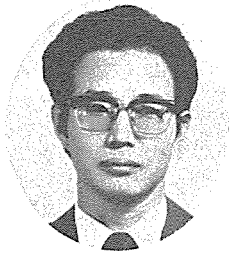


# 화학분석과 표준기준물



이 광 우

〈한국표준연구소 표준연구실장〉

## 1. 서론

고도로 공업화된 사회의 발전과 성공의 열쇠는 상품의 대량생산과 더불어 엄밀한 품질관리 없이는 재료 및 노력의 낭비뿐 아니라 최종적으로는 그 사회의 경제적 구조의 극단적인 취약점으로 까지 발전한다. 바꾸어 말하면 품질관리는 (1) 모든 측정과정에 있어서 지속적인 일치성, (2) 부품의 상호 교환성, (3) 엄격한 재료 및 정밀 측정기기의 성능 및 특성, (4) 이들 상품을 제조하는데 필요하거나 또는 사용하고 있는 모든 재료에 대한 화학적 조성등의 관리를 포함한다.

품질관리를 효과적이고도 유용하게 할 수 있는 기본요건은 의미있는 측정 즉, 정밀 정확한 측정이다. 측정이란 말은 어떤 물체나 재료의 명확히 규정된 성질이나 그 특성을 일정한 척도에 숫자를 매기는 것을 뜻하며 이때의 척도는 국제기본단위(SI단위) 및 그로부터 유도된 단위로 표시하여야 한다. 또 숫자를 매기는 기술을 측정과정이라고 정의할 수 있으며 여기에는 측정기와 측정방법 등이 포함된다.

따라서 주어진 재료의 특징적인 성질을 측정 과정에 의하여 약속된 단위로 그 값을 주는 측정이 의미있는 것이 되기 위하여는 다음의 세가지 요건을 충족시켜야 한다. 즉, (1) 한 실험실 내에서나 또는 다른 실험실 사이에서 동일 시료

에 대하여 한가지 성질을 반복하여 측정할 때 항상 같은 값을 얻어야 한다. 즉 정밀도(precision)가 좋아야 한다. (2) 동일시료에 대하여 똑같은 성질을 측정할 때 측정방법, 측정기기 및 측정자에 관계없이 항상 그 측정값이 서로 일치하여야 한다. 즉, 측정의 양립성(compatibility)이 성립하여야 한다. (3) 이상의 측정값이 그 물질이 갖고 있는 고유한 성질의 참값(true value)과 근본적으로 일치하여야 한다. 즉, 정확도(accuracy)가 좋아야 한다. 다시말해서 과학과 기술 및 산업계에서의 의미있는 측정, 즉 정밀 정확한 측정을 위한 측정의 질관리(quality control)는 표준 기준물(Standard Reference Materials: SRM)에 의하여만이 가능함을 강조하고 싶다. 여기서의 질관리란, 재료의 품질로부터 과학기술개발, 측정기기, 연구측정방법, 과학기술자의 능력과 자질등을 포함한다.

## 2. 부정확한 측정에 의한 경제적 사회적 손실

현대의 고도기술 사회에서는 부정확한 측정으로 생기는 손실은 상당히 크다. 반면 측정을 정확히 함으로써 생기는 이익도 경제적으로나 사회적으로 이와 거의 비슷하다. 측정의 양립성이 없는 측정체계에서는 얻어진 측정결과가 기술적으로나 지리적으로 다른 두 곳 사이에 전달되

기가 어려우며, 불가능 함으로 아무런 쓸모가 없다. 측정질관리가 일정한 상태로 유지되지 않는 측정체계에서는 관리 되지 않은 동안 얻은 측정치를 다시 측정하는데 소요되는 비용과 측정시간의 소모는 상당히 크다.

미국의 큰 두 산업을 조사한 결과는 측정의 경제적인 면을 보여준다. 하나는 측정 체계가 오랫동안 기반이 잘 잡혀있고, 또 잘 관리되고 있는 미국 철강산업이고, 다른 하나는 그 반대인 위생산업, 특히 임상화학 분야이다. <표 1 참조>

<표 1> 잘못측정에 의한 경제적 손실(미국의 예)

	철강산업	임상실험
요구되는 정확도	1 - 2 %	2 - 4 %
측 정 시 간	3 - 5 분	5 - 25 분
실험 실 수	?	13,000
시료당분석비용	\$ 1 - 2	\$ 1 - 2
일년간분석시료수	$5 \times 10^8$ (5억)	$3 \times 10^9$ (30억)
잘 못 측 정	3 - 5 %	10 - 25 %
잘못측정에 의한 손실 (1년)	\$ $5 \times 10^8$ (1%)	\$ $3 \times 10^8$ (10%)

### 1) 철강측정체계

미국에서 생산되고 있는 모든 주요 철강의 품질 관리를 위해 100종 이상의 표준 기준물이 미 표준국(NBS)에 의해 만들어졌다. 수년동안 개발된 기준 분석방법은 철강업체의 강력한 지원을 받고 있는 ASTM을 통해 주로 유지되고 발표되고 있다. 작업표준물(Working Standard)의 제조업자들은 NBS의 일차표준 기준물에 대해 그들의 질을 조사하고 유지하고 있다. 미국의 경우 철강 생산자와 사용자는 1 - 2%의 정확도를 가진 결과를 내고, 시료를 취해서 결과를 얻을 때 까지의 분석 시간 3 - 5분 정도로, 1년에  $5 \times 10^8$ 번의 분석을 행하고 있다. 발광분광법으로 철 및 강의 화학적 조성을 분석하는데 드는 비용은 1 - 2달러로서, 철강 산업계에서 사용하고 있는 현재의 측정체계에서 분석의 잘못을 1%만 제거한다면(수년동안 이 값보다 훨씬 더 컸음) 1년에 절약할 수 있는 분석 비용은 최소한 5백만 달러에 달한다.

### 2) 임상 화학 측정 체계

임상 화학에서 측정을 하는데 있어 상황은 대

단히 다르다. 숙련된 전문가의 부족, 새로운 기기분석 방법의 급속한 증가 및 자동분석에 의한 너무 많은 분석결과등의 문제점이 누적되었다. 1975년 미국에서는 13,000개의 임상연구실에서 약 40억번의 임상 실험이 이루어졌다. 한 큰 병원의 임상 연구실장은 측정치의 10 - 25%가 오차 때문에 다시 측정되어야만 하며, 측정치가 믿을 수 없기 때문에 의사에게 유용한 진단자료를 제공하지 못하고 따라서 아무 가치가 없다고 말한다. 임상화학에서 한번 분석하는데 드는 비용은 1 - 2달러로서, 위에서 말한 부정확한 측정에서 소요된 경비중 10%만 제거하여도 최소한 1년에 4억달러에 해당한다.

의사가 사람의 혈청안의 칼슘 대사를 기준하여 고혈압을 진단하려면 의학적으로 허용된 오차의 한계는 4%이며 이 정도의 정확도나 그 이상의 정확도를 가진 결과가 필요하다. 표준기준물이나 기준방법을 사용하지 않고 사람의 혈청내의 칼슘을 분석한 대부분의 연구실에서는 오차 범위가 4%를 훨씬 넘는 결과가 나왔다. 실제로 30%에 해당하는 임상실험실에서는 오진을 초래하는 8%이상의 오차를 가져, 건강한 사람이 환자로, 또 환자는 건강한 사람으로 오진한 결과를 가져왔다.

### 3) 공해 측정

부정확한 측정으로 인한 사회적인 손실은 또한 쉽사리 평가할 수 없다. 그러나 한 두가지 예를 들어 그러한 손실을 보이기로 하자. 1971년에 San Francisco Examiner의 편집자들은 토양의 시료를 3개의 연구소에 보낸 결과 나타난 4가지 오염 물질에 대한 측정결과가 <표 2>에

<표 2> Results reported in San Francisco Examiner September 19, 1971 (in ug/g)

	DDT	DDE	Mercury	Lead
Lab 1	0.80	2.80	0.80	3.30
Lab 2	.68	1.20	.10	21
Lab 3	.14	0.47	.10	50

나와있다. 그리고 <표 3 과 4>에는 담양 고씨 본 일가의 수은 중독(?) 및 본 연구소가 실시한 국내 공해 전문연구기관의 동일 시료에 대한 수은 공동 분석의 결과를 모았다.

〈표 3〉 보사부와 학계가 조사한 수은함유농도 비교 (단위 : ppm)

조사대상	보건연구원	고 려 대	연 세 대
머리	1.4375		10.2
카락	0.5771		18.1
쌀	0.0175	0.17	
고 추	0.0001이하	0.19	
김 치	0.0266	0.04	

(조선일보 1978. 4. 1)

이상의 표에 나타난 측정결과를 가지고 토론하는 것은 의미가 없다. 그러한 서로 일치하지 않은 자료를 가지고는 쓸데없는 논쟁만이 일어나고 실제 문제점, 이 경우에는 San Francisco 만의 오염 및 담양 고씨 일가의 중독원인을 더욱 불분명하게 할 뿐이다.

대기오염 및 그 방지책에 있어서 만약 대기중 이산화황의 농도 측정의 오차가  $\pm 50\%$ 이면, 공해방지 시책은 효과적으로 수행할 수 없다. 더우기 이산화황 제거장치를 설치하여 그 이산화황 분출정도를 규제 조건에 맞추려는 회사의 예를 들어 보자. 측정오차가 실제 값에서  $+50\%$  이상이면, 필요 이상의 비용을 부담하게 되어 불필요하고 값비싼 장치가 설치될 것이다. 철강이나 구리 산업 전체에 대해 이상과 같이 장비를 초과 설치한 비용을 대강만 계산해도 천문학적인 비용이 된다.

〈표 4〉 국내주요연구기관 수은 공동분석 결과 (단위 : ppm)

	시료 # 1		시료 # 2	
	측정치	상대오차	측정치	상대오차
연구소 1	.041*	-18%	9.76	-2.4%
연구소 2	.064	+28	20.68	+106.8%
연구소 3	1.19	+138	7.16	-28.4
연구소 4	-	-	-	-
연구소 5	.338	+576	.83	-91.7
연구소 6	.028	-44	20.17	+101.7
연구소 7	.011	-78	8.68	-13.2
예상치	.050		10.00	

(1980. 5)

반면 측정오차가  $-50\%$  이하이면 이산화황 분출이 허용 한계 이내라고 잘못 알게되어 극히 해로운 기체의 다량 분출이 한계이상으로 허용된다. 이상의 대기중에 이산화황의 농도를 측정하는데는 그 양이 적어  $\pm 50\%$ 의 오차는 앞의 표들에서 본 바와 같이 흔히 있으므로 보다 정확하고 보다 나은 이산화황 분석방법의 개발이

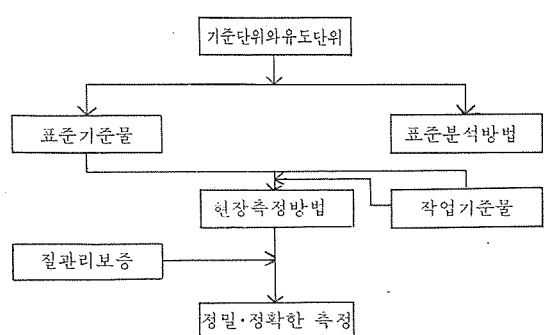
필요하며, 측정기기의 교정 및 측정기술자의 훈련이 필요하다.

### 3. 의미있는 측정을 위한 체계

의미있는 측정체계를 세우고, 유지하고 또 확장하는 방법에는 여러가지가 있다. 이들중 중요한 것들을 열거하면, (1) 측정기기를 보다 정확한 기준기 또는 표준기로 교정하여 사용하는 방법 (2) 엄밀히 검토된 표준 기준자료 (SRD) (예로서 순수한 은의 녹는 온도는 정확히  $960.8^{\circ}\text{C}$ ) 를 사용하여 측정자 자신이 재현성있는 측정을 직접 해볼 수도 있고 또는 그 자료를 자기 목적에 직접 이용하는 방법 (3) 시간간격이나 주파수 등을 한개의 중앙기관에서 사용자에게 보낸 측정신호를 받아 사용하는 방법 (4) 정밀도와 정확도가 높은 기준측정방법으로 측정하는 방법 (5) 일정한 측정값을 주는 표준기준물이나 장치를 만들어 절대적인 면보다 상대적인 면에서 측정체계를 확립하는 방법들이다.

여기서 강조하고 싶은 것은 표준기준물과 기준방법에 기초를 둔 의미 있는 측정체계가 될 것이며, 아울러 신속하고 저렴한 가격으로 실제 화학분석 분야에서 이용될 수 있는 측정체계를 세울 수가 있다. 즉 의미있는 측정체계에는 그림 1에 보인바와 같이 중요한 다섯가지의 구성요소가 있다.

〈그림 1〉 의미있는 測定體系



여기서 간단히 요약하면 다음과 같다. 첫째, 합리적이고 일관성 있는 단위에 기초를 두고 모든 측정이 이루어져야 한다는 것을 의미한다. 즉, 측정에 의하여 얻어진 모든 결과의 정보를

서로 쉽고, 안전하게 교환하기 위하여 기본단위 또는 유도된 단위로 표시되어야 한다. 둘째, 화학적조성이나 물리적성질이 잘 규정되고 측정되어 그 값이 보증된 표준기준물. 셋째, 정확도가 정확히 알려진 표준측정방법을 사용하여, 넷째, 품질관리를 위해 적용하는 현장 측정방법의 정확도를 산정하여 발견된 계통오차를 교정하든지, 제거하여 정확한 근거하에 신속하고 경비가 적게 드는 현장방법으로 측정할 수 있게 하고, 끝으로 작업표준 또는 이차 표준물 제조업자들로 하여금 작업표준물의 정확도를 향상시키므로써, 전 측정과정을 통한 장기간에 걸친 통일성과 성실성(Integrity)을 유지함으로써 정밀하고, 계통오차가 없는 의미있는 참값을 얻을 수 있다.

#### 4. 국가측정체계에서의 표준 기준물의 역할

##### 1) 표준 기준물(SRM)의 역할

표준 기준물은 화학 및 재료물성 측정에 있어서, (1)공업 및 과학기술적 생산과정에서 보다 나은 품질관리(QC)를 가능케하고 (2)국내 및 국제적 무역에서 보다 원활하고 논쟁이 없는 상품과 제품의 교환이 가능하고 (3)모든 기기, 장치의 운전과 성능을 명확히 정의하고 그 성능을 보장하게 하고 (4)측정자로 하여금 보다 의미있고 종합적인 측정능력을 부여한다.

따라서 표준 기준물은 화학분석, 화학측정에 있어서 물리계측에서의 원기 및 표준기와 같이 새로운 화학분석방법 및 화학, 재료특성 측정방법을 개발하는데 학문적으로 중요한 기초가 되며 또한 사회적으로는 품질보증, 안전보장 및 공해계측등의 기준이 되므로써 그 중요성은 더욱 증가되고 있다.

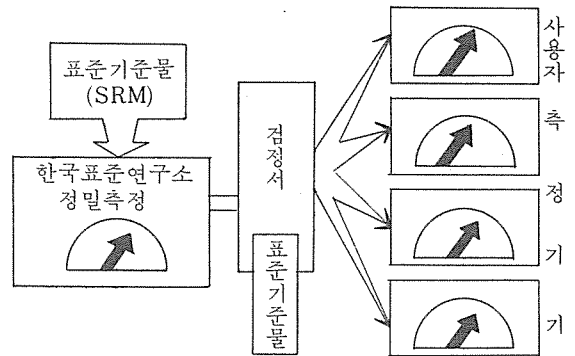
##### 2) 화학 재료특성 측정에서의 측정체계

물리적 계측의 기준인 기본단위 및 원기들은 국제적으로 정의되어 있는데 반하여 물질의 조성 및 특성등은 국제적으로 정의된 원기나 표준계측기가 없는 대신에 거의 전부 표준 기준물을 이용하고 있다. 즉 표준 기준물은 물질의 화학적조성 또는 물리적 성질을 결정하는데 있어 기

준이 되는 물질을 말하며 이는 화학분석 및 재료의 특성측정에 있어서의 미터원기의 역할을 담당하고 있다.

표준 기준물은 충분히 양산되는 단순한 재료가기 때문에 그 재료의 정확한 특성치를 명시한 검정서와 같이 사용자에게 직접 제공하여 사용자 자신으로 하여금 측정자 자신의 기기와 측정과정(측정방법, 측정자의 자질과 기술등) 전체를 현장에서 교정할 수 있으므로 다른 물리적 계측체계에서와 같이 정밀계측기등을 중앙표준기관에 옮겨 교정받고 되돌려 받을 때 있을 수 있는 기기의 파손, 교정한 값의 변동등을 피할 수 있다. 즉, 표준 기준물에 의한 전 측정체계의 정확도 확립은 공장의 작업현장, 연구실, 검사시험연구기관등 모든 측정현장에서 자신의 측정 정확도를 유지시키는 보다 적극적이고 수평적인 국가 측정체계를 담당하고 있다. 이것은 계측장소에 관계없이 공통된 한가지 기준에 바탕을 두고 모든 계측이 이루어짐으로써 전 국가 및 국제적으로 동일한 정확도를 쉽게 유지할 수 있다. <그림 2 참조>

<그림 2> 標準基準物에 의한 計測體系



끝으로 표준 기준물의 특성치(물질의 화학적 조성, 물리적 성질)는 중앙의 국가 및 국제표준기관이 최고의 과학기술적 능력과 공평성을 기하여 제조, 검정하여 보급하여야하므로, 이는 바로 한국표준연구소의 임무이며, 모든 화학분석의 정확도 유지 및 발전에는 표준 기준물없이 불가능함을 알 수 있다.