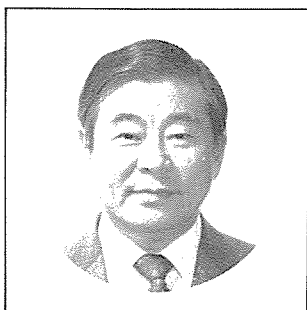


國家標準의 선진화 전략

“精密과학기술 정착 시급하다”



李 忠 熙

〈韓國표준연구소 所長〉

國家標準과 과학기술발전

우리는 고도로 발달된 科學時代에 살고 있다. 오늘날과 같이 달나라 여행을 하거나 우주탐험을 하려면 시간이나 거리, 질량 힘 등을 정확하게 측정하지 않으면 안된다. 즉, 現代科學은 고도의 精密正確度を 요구하고 있다. 예를들면 레이더로 유도미사일 추적시 100만분의 1초 오차는 目標物로부터 300m의 오차를 초래하며, 컴퓨터의 계산 속도는 10억분의 1초에 달하고 있으며, 고밀도 집적회로는 2.5mm의 기판속에 수만개의 집적회로를 넣고 있다.

이와 같이 精密正確도가 높아질수록 과학기술이 발전할 뿐만 아니라 산업기술의 고도화를 가져오게 된다. 따라서 國家의 測定能力은 그 나라의 科學技術과 工業水準의 척도라 할 수 있다.

精密正確한 측정을 위하여는 객관적 기준인 測定標準이 있어야 하므로 國家標準을 국제적수준으로 향상시킴으로써 國家의 측정능력을 향상시킬 수 있으며 先進科學技術立國으로 도약할 수

있다.

國家測定標準은 〈표-1〉에서와 같이 자연현상을 기술하는 物理法則을 기초로한 基礎科學에 근거를 두고 있다. 예를 들면 길이의 SI단위인 m를 현시하려면 광속도, 옥소안정화, 헬륨-네온, 레이저, 광파간섭의 원리 등을 이용하며, 시간의 單位인 초(s)를 현시하려면, 세슘원자시계, 수소메이저, 이온저장원리 등을 應用하여야 한다. 電壓의 單位인 볼트(V)의 현시용표준으로는 조셉슨효과를 이용한 조셉슨 전압표준기를 사용하며, 전기 저항의 표준으로는 電子홀 효과를 이용한 저항표준기를 사용하고 있다. 열역학적 온도인 켈빈(K)을 현시하려면 극저온의 경우는 초전도 전이현상을 이용하고, 증온인 경우는 고온도금속의 상전이현상이나 열기전력의 원리를 이용하며, 고온인 경우는 플랑크의 복사법칙을 이용하여 온도표준으로 사용하고 있다.

또한 아보가드로 상수의 測定研究는 미래의 질량과 물질량의 표준으로 사용될 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 여기서 特記할 것은 세슘원자

시계의 원자(美 : N. Ramsey 노벨상), 조셉슨효과(英 : Josephson 노벨상), 양자홀효과(西獨 : Klitzing 노벨상), 초전도현상(美 : Bardeen, Schriffer, Cooper 노벨상), 플랑크의 복사법칙 등은 보다 量子物理學에 기초로 둔 현상들이다.

SI 단위의 定義와 현시방법(측정표준)은 科學技術의 발전에 따라 더 높은 정확도를 갖도록 변천하여 왔다. 예를 들면 길이의 경우 1889년에 1 m는 북극에서 남극까지의 경도상의 거리의 1000 만분의 1로 정의하여 백금과 이리듐의 합금으로 된 막대를 미터 원기로 사용하였으나 1960년에 86(⁸⁶Kr) 원자에서 나오는 등적색인 빛의 파장의 1 650 763.73배를 1m로 정의를 바꾸게 되었으며, 1983년에는 1m는 진공에서 빛이 299 792 458 분의 1초동안 진행한 경로의 길이로 定義를 바꾸었으며 옥소안정화 He-Ne 레이저가 미터의 標準器로 사용되고 있다. 따라서 길이의 측정정확도가 100~1,000배 증가하여 현재는 100만분의 1mm 까지 정확한 측정을 할 수 있게 되었다.

國家標準의 확립은 정밀정확한 측정을 가능케 함으로 과학기술의 측정데이터의 정확도와 공신력을 높일 수 있으며 國家標準의 향상과 과학기술의 발전은 상호보완적 관계에 있음을 알 수 있다. 초고집적 반도체인 16MDRAM 개발에 있어서는 0.5 μ m 정도의 線幅測定技術이 필요하며 방사광속기 제작운영에 있어서도 10⁻¹⁰ torr의 초고진공과 精密磁場의 測定制御技術이 필요하다. 또한 유도미사일, 항공기, 인공위성 등의 첨단과학기술에는 시간, 온도, 힘, 질량, 신소재의 특성 등

의 정확한 측정기술이 수반되어야 한다. 초고속 스윙칭 素子の 개발을 위하여 10⁻¹⁵s(1 fs)까지 정확한 시간측정기술이 필요하며, ppm~ppb 수준의 精密分析을 하기 위하여는 精密測定技術과 SRM 이 필요하다.

精密正確도와 産業發展

오늘날과 같이 고도의 精密測定技術이 요구되는 産業社會에서는 과거에 사용되었던 저율이나 자동 그것도 國際水準에 미달하는 간단한 測定對象值로는 국제적 기술경쟁에서 이길 수 없으며 속도계, 압력계, 레이저측정기 등 국제적으로 공인된 고도의 정밀정확도 높은 측정기기를 사용해도 國際公信力이라는 측면에서 뒤떨어지고 있는 것이다.

그래서 오늘날 計量器는 一般商去來用 중심으로 많이 활용되고 있으며 精密測定機器는 産業體에서 생산과 품질을 중심으로한 試驗檢査用으로 많이 활용되고 있다.

이러한 精密測定技術은 정밀정확도를 생명으로 하고 있기 때문에 精密正確度向上은 정밀측정기술에 크게 좌우된다.

즉, 精密度라고 하면 測定值間의 일치성 향상으로 비정밀한 것을 저밀화하는 기술로서 기업의 필수적 과제가 되며, 정확도라고 하면 精密測定值의 국가표준과의 일치성 향상으로 부정확한 것을 정확화하게 하는 기술로서 참값을 求하는 國家標準機關의 과제가 된다. 정밀측정기술의 중요

〈表-1〉 國際單位系(SI)의 單位를 현시하기 위한 基礎科學의 원리

SI단위	顯示用 標準器에 應用되는 原理
길 이 (m)	광속도, 옥소안정화 He-Ne 레이저, 광파간섭원리
시 간 (s)	세슘원자시계(세슘원자빔), 수소메이저, 이온저장원리
전 압 (V)	조셉슨효과 : 조셉슨 전압표준기
전 기 저 항 (Ω)	양자홀효과 : 크릿칭 상수 측정
온 도 (K)	플랑크의 복사법칙, 초전도 전이현상, 열역학, 相轉移 현상
질 량 (kg)	아보가드로의 상수측정
물 질 량 (mol)	

성은 공산품을 생산하는데서 부터 비롯하여 과학 기술개발, 국방 및 兵器生産, 국제무역, 交通·통신, 一般상거래, 일상생활 등 많은 분야에서 요구되고 있으며, 특히 技術主導型의 重화학공업 육성 및 자주국방력의 배양을 위한 방위산업의 현대화 등에서 그 중요성은 더욱 심화되어가고 있는 것이다. 그리고 頭腦産業發展의 지렛대가 되는 것이 國家測定標準度이며 국가측정표준제도를 뒷받침하는 수단이 정밀측정기술이다.

그러기 때문에 精密測定技術向上 없이는 國家標準制度가 선진화할 수 없으며 公營구조를 고도화할 수 없는 것이다.

美國立標準技術研究院(NIST)에서는 측정표준제도 확립의 중요성을 다음과 같이 강조하고 있다.

測定標準度の 확립은 國際公信用을 향상시켜 수출증대에 기여하게 되고, 外화획득에 큰 영향을 줄 수 있으며, 中小企業의 체계적인 육성과 소비자 보호를 위한 공정거래질서 확립의 기본적 바탕이 되므로 經濟社會 활동의 필수적 요건이 된다.

그리고 測定標準制度의 기술적 측정도구는 정밀측정기기이며 이 精密測定機器의 생명은 바로 정밀측정기술의 척도가 되는 정밀정확도인 것이다. 여기에서 精密測定機器 혹은 측정기라고 하면 일상생활이나 생산활동에 있어서 일률적으로 그리고 공통으로 쓰이는 많은 計器들을 말한다.

실예를 든다면 全國적으로 똑같이 시간을 알려주는 표준시계, 全國 어느 市場이나 산업체에서 쓰이는 표준화된 저울, 상품을 만들 때 측정도구로 쓰는 자, 마이크로미터가 있다. 전기와 수도물의 사용량을 재는 전력계기와 수도계량기, 자동차의 속도계, 全國에 산재해 있는 제철소, 기계, 전기·전자공장, 정유공장, 화학공장 등과 원자력발전소내에 있는 수십만개의 기계 하나하나에

測定分野	業 種	品 目	要求精密正確度
길 이	纖維工業	와이샤스	
	機械工業	自動車 피스톤링	
	防衛産業	曲射砲	
電 流	重電機工業	發電機, 重電動機	
	電子測定工業	電子測定器	
	防衛産業	誘導兵器	
時 間	電 子 工 業	時計	10(s)
	精 密 工 業	電子時計	
	防衛産業	컴퓨터, 레이더	

붙어 있는 이루 헤아릴 수없이 많은 數의 계기들, 우주 미사일 등에 활용되는 수많은 精密正確한 精密測定機器의 이용으로 안전하고 공정하게 그리고 편리하게 잘살고 있는 것이다. 이러한 精密測定機器는 정밀정확도가 생명인 것이다. 그래서 오늘날 고도로 발달된 제품을 생산하는 産業社會 일 수록 요구하는 精密正確度는 매우 높은 것이다.

우리나라에서는 과거 1970년대까지 완구, 와이샤스, 설탕, 의복류, 합판, 가발 등 경공업중심의 생산을 하였기 때문에 표준화된 정밀도 높은 부품 등은 별로 사용하지 않았다. 그러나, 1980년대 이후에 와서는 전산기, 선박, 자동차, 원자력시설 등의 중공업 위주의 생산체제와 곡사포, 항공기, 「로켓트」, 「미사일」 등 각종 방위산업의 제품 등은 생산부품 하나하나가 정밀도가 높은 표준화된 것이 아니고서는 완성품이 이룩되지 않는다. 이 부품의 정밀도는 적어도 1,000분의 1mm 이상에서 10,000분의 1mm 水準에 달하고 있어 표준화된 최상급의 정밀도를 필요로 하고 있다.

이와 같이 産業發展과 과학기술의 발전이 고도

測定分野	길 이	角 度	質量 및 무게	時間 및 周波數	電 流
要求精密度	$\frac{1}{1,000萬}$ (m)	$\frac{1}{10萬}$ (°)	$5 \times \frac{1}{100萬}$ (g)	$\frac{1}{100萬}$ (s)	$\frac{1}{100萬}$ (A)
部 品 數	300萬個 以上 高精密部品				

화함에 따라 精密正確度の 중요성은 막중하게 나타나고 있는 것이다.

만약 太平洋 上空을 날고 있는 비행기의 계기가 조금이라도 틀리면 비행기는 항로를 벗어나 위험하게 되며 공중의 미아가 되어 버릴 것이다. 그래서 길이측정의 精密正確度は 1만분의 1mm 이하가 요구되는 것이다.

우주 「로켓트」발사시 고도 1도의 測定誤差는 100km 거리의 표적물에서 30m를 벗어나게 된다는 점은 각도오차의 精密正確도가 얼마나 중요한가를 입증시켜주고 있다.

그러기 때문에 오늘날 세계 여러나라에서는 精密正確度 경쟁에서 이기기 위해서 국가가 測定標準制度確立 사업에 막대한 투자를 서슴치 않고 있는 것이다.

美國의 경우는 이미 1973년도에 國家標準事業費가 GNP의 6%에 해당하는 700억불에 이르고 있다고 美國立標準技術研究院(NIST)이 밝힌 바 있다.

이와 같이 測定標準制度는 산업발전을 고도화하는 지팡이 구실을 하고 있다. 그러기 때문에 측정표준 없이는 제대로 된 제품이 나올수도 없고 공정한 거래도 할 수 없으며 과학기술이 발전할 수도 없는 것이다.

우리나라는 지금 精密正確度水準으로 본 공업화 제3단계인 技術集約型工業水準에 진입하려는 단계에 있다.

그래서 고도의 경제성장과 전략적인 중화학공업을 육성하고 있으나 일부 重化學工業部分 育成에 있어서는 막대한 투자재원의 조달때문에 어려움이 있었던 것이다.

그러나 이러한 어려움에도 불구하고 重工業 育成에 박차를 가하여 오늘날에는 精密正確度水準 1,000분의 1mm(길이) 정도의 自由中國(대만), 브라질, 멕시코 등을 앞서가고 있으며, 중진국수준에서는 가장 앞서가는 測定技術의 현대화를 가져왔던 것이다.

따라서 生産製品의 국산화율로 기준한 중공업 제품을 살펴보면 라디오, 텔레비전, 카메라, 철도 차량, 농업기계, 섬유기계 등을 생산하고 있기 때

문에 精密正確度水準이 1,000분의 1mm 이상의 단계로 향상되는 것은 시간의 문제이며 그 이상의 수준까지 올라설 수 있는 技術潛在力을 가지고 있는 것이다.

이러한 精密正確度水準으로 보아, 우리나라는 정밀측정기술의 성장으로 1990년대의 後半期 이 후나 先進國水準으로 향상될 것으로 전망된다. 우리나라의 精密正確度水準으로 본 공업화 단계의 제일차적 목표는 여하히 조속한 시간내에 우선 일본, 불란서, 독일, 영국 등의 工業化 제3단계 수준인 정밀정확도 10,000분의 1mm 이상의 精密技術的 격차를 좁히느냐 하는 것이 가장 급선무로 생각된다. 그리하여 자력으로 항공기, 자동차, 선박, 통신기기, 전파장기, 대형발전기 등을 생산 수출할 수 있는 체제까지 도달할 수 있게끔 기술 축적과 기술도착화가 되어야 하는 것이 목표인 것이다.

그렇게 하기 위해서는 國家標準體系의 선진화를 기하고 精密正確度水準의 향상으로 선진국형의 産業構造體制로 변모시키는 방안을 강구하여야 할 것이다.

産業의 精密測定 相關度

美國의 國立標準技術研究院(NIST)이 1972년부터 1975년 3년간에 걸쳐서 실시한 National Measurement System Study의 자료와 韓國標準研究所에서 1977년부터 1978년 2년에 걸쳐 실시한 國家精密計測標準實態調査 자료중에서 기계공업, 전기전자공업, 금속철강공업 및 석유화학공업과 24개 측정분야들과의 상관도 추세를 살펴보면 길이, 각도의 측정이 4개工業部門에 공통적으로 중요한 關聯을 가지고 있으며 특히 機械 및 鐵鋼工業에서 莫大한 位置를 차지하고 있는 것을 理解할 수 있다.

그리고 힘 측정 및 기계 強度測定の 중요성은 재언할 필요가 없고 방사선 및 標準基準物(Standard Reference Material, SRM)가 중요시되고 있는 것도 주목할 만하다. 특히 방사선 측정이 非破壞試驗과 同位元素에 의한 마모특성 구명에 널리

〈表-3〉精密正確度水準으로 본工業化段階

工業段階	工業形態	精密正確度水準 (길이의 예)	部品數	生産製品의 種類	國 名
1 段階	勞 動 集 約	$\frac{1}{100}$ mm 程度	$10^1 \sim 10^2$	鐵物, 재봉틀, 自動車, 펄프, 電線	開發途上國
2 段階	技 能 集 約	$\frac{1}{1,000}$ mm 程度	$10^2 \sim 10^3$	라디오, TV, 카메라, 時計, 鐵鋼, 오토바이, 鐵道, 車輛, 農業機械	中國, 브라질, 멕시코 等
3 段階	技 能 集 約	$\frac{5}{10,000}$ mm 程度	$10^4 \sim 10^5$	自動車, 航空機, 船舶, 通信 器, 高級特殊鋼, 電波兵器, 大型發電機	← 한국 英國, 日本, 佛蘭西, 獨逸 等
4 段階	頭 腦 集 約	$\frac{1}{10,000}$ mm 以上	$10^6 \sim 10^7$ 以 上	大型電算機, 原子力産業, 人工 衛星, 新素材, 메카트로닉스	美國, 蘇聯

활용되고 있는 것이 반영되고 있다.

SRM도 各工業部門에서 측정 및 재료분석 및
신뢰도 보장에 널리 활용되고 있다.

여기에서 특히 중요한 것은 高度工業化를 선도
하는 重化學工業과 측정분야와의 상관도 문제이
다. 기계공업부문에 있어서는 길이 및 각도측정,
힘, 강도측정, 압력 및 진공측정, 속도 및 회전수
측정, 온도측정 등에서 높은 상관도를 보이고 있
다. 電氣電子工業部門에서는 길이, 각도측정을
비롯하여 재료물성측정, 전기, 온도, 광도 및 복
사, 방사선, 광학측정 그리고 표준기준물 및 화학
분석 등의 상관도가 중요하다.

이와 같은 檢校正 지원의 중요성의 또 하나 예
로 항공기의 공중 급유를 위한 레이다 장비의 경
우를 살펴보면 고속으로 날고 있는 tanker機와
receiver機가 가시 거리내 근접하는 것을 보장하
기 위해서는 0.1% 정확도를 가진 시험기기 29개
를 가지고 레이다 장비를 교정해야 하며 또 이들
試驗機器들의 정확도를 유지하기 위해서 정확도
를 가진 測定標準器 25개가 소요된다고 한다.

이상의 예에서 보는 바와 같이 生産技術과 장
비가 고도화되고 정밀화 될 수록 測定科學의 성
과를 토대로 한 正確度維持支援이 요구되고 있다.
金屬鐵鋼工業部門에서는 길이 각도 측정분야가

가장 높은 상관도를 보이고 있으며, 힘, 강도측정,
표준기준물 및 화학분석 등에서도 그 상관도가
중하하게 나타나고 있다.

石油化學工業部門에서는 방사선 측정을 비롯
標準基準物 및 化學分析分野가 막중한 상관도를
가지고 있으며 길이 및 각도, 질량 및 무게, 부피,
밀도, 압력 및 진공 그리고 광도 및 輻射測定分野
에서의 상관도가 중요하다.

이상과 같이 기계공업을 비롯 重化學工業部門
에서는 측정분야의 상관도가 막중하고도 중요하
게 나타나고 있어 이의 중점적인 연구가 필요할
것이다.

美國 C.E. Tempo用役會社가 중화학공업의 생
산액중에서 차지하는 측정경비를 산출한 결과를
보면, 器械工業部門에서는 총생산액의 8.0%가
측정경비로 지출되고 있으며, 전자공업 8.0%, 금
속공업 7.0%, 조선공업 5.0%, 석유화학공업 2.0%
등이 총생산액에서 차지하는 측정경비임이 밝혀
졌다.

〈표-4〉에 나타난 바와같이 總生産額中에서 계
측경비가 차지하는 비중이 기술집약적인 重化學
工業部門에서 높게 나타나고 있어 국가측정표준
공급과 校正檢査支援에 의한 공업화발전이 얼마
나 중요한 것인가를 입증하고 있다.

國家標準과 보건, 환경, 안전성 향상

國家標準의 확립은 과학기술 및 산업생산의 고도화를 가져올 뿐만 아니라 공공복지 관련 연구 개발과 측정표준의 보급을 통하여 국민의 복지와 관련되는 보건, 환경, 안정성 향상에도 기여하고 있다. 先進國型的 고령화 추세에 따라 국민의 보건의료문제가 대두되었고, 산업고도화에 따른 환경·공해문제가 해결해야 할 과제로 부각되었다. 또한 교통의 안전, 원자력발전소의 안전성문제 등 국민의 안전성향상 문제로 대두되고 있다. 이와 같은 보건 및 환경문제에도 正確한 측정이 이루어지지 않을 경우 人命의 손실 뿐아니고 國家經濟에 끼치는 악영향은 막대한 것으로 분석되고 있다.

실제로 1975년 美國에서는 13,000개의 臨床研究室에서 약 40억번의 臨床實驗의 10~25%가 誤差 때문에 다시 측정되어야만 한다고 주장하고 있다. 臨床化學檢査란 사람의 혈액이나 尿 등의 체액에 들어있는 각종 유기, 무기, 생화학 성분을 측정하여 정상치와 비교함으로써 病을 조기에 발견하고, 진단하여 치료의 진전 상황을 확인하는 과정을 의미한다. 이와 같은 臨床化學檢査에서 한번 分析하는데 드는 費用은 1~2달러라고 하며, 위에 말한 측정에 소요된 경비중 부정확한 측정의 요인을 제거하면 최소한 1년에 4억달러를 절약할 수 있다는 주장인 것이다.

이와 같은 經濟的 중요성외에 臨床化學檢査의 의학적 중요성의 예를 들어 보기로 한다. 醫師가 사람의 혈액안의 칼슘대사를 기준하여 고혈압을 진단하려면 醫學的으로 허용된 오차의 한계는 4%이기 때문에 이 정도의 정확도를 나타내는 臨床化學檢査의 결과가 필요하다고 한다. 그런데 현재 대부분의 병원에서 사용하고 있는 자동분석기는 많은 양의 試料를 취급할 수 있다는 장점이 있으나 標準基準物을 사용하지 않으면 4%의 측정 오차의 한계를 보호할 수 있는 방법이 되지 못한다는 것이다. 실제로 30%에 해당하는 임상실험실에서는 임상화학검사의 결과가 8% 이상의 오차를 나타내어 건강한 사람이 환자로, 환자는 건

강한 사람으로 진단되는 경우도 있다고 한다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 正確한 化學分析法에 의해 검정된 표준기준물을 사용하여 정확도 관리를 하여야 한다. 즉, 國家測定標準에 소급성이 유지, 검정된 표준기준물을 사용하면 임상화학분석의 측정오차와 분석치의 정확도가 높아지고 이에따라 國民保護의 향상을 기할 수 있게 될 뿐아니라 國家經濟에도 많은 기여를 할 수 있게 되는 것이다.

〈表-4〉 重化學工業의 測定經費關聯度 (單位: %)

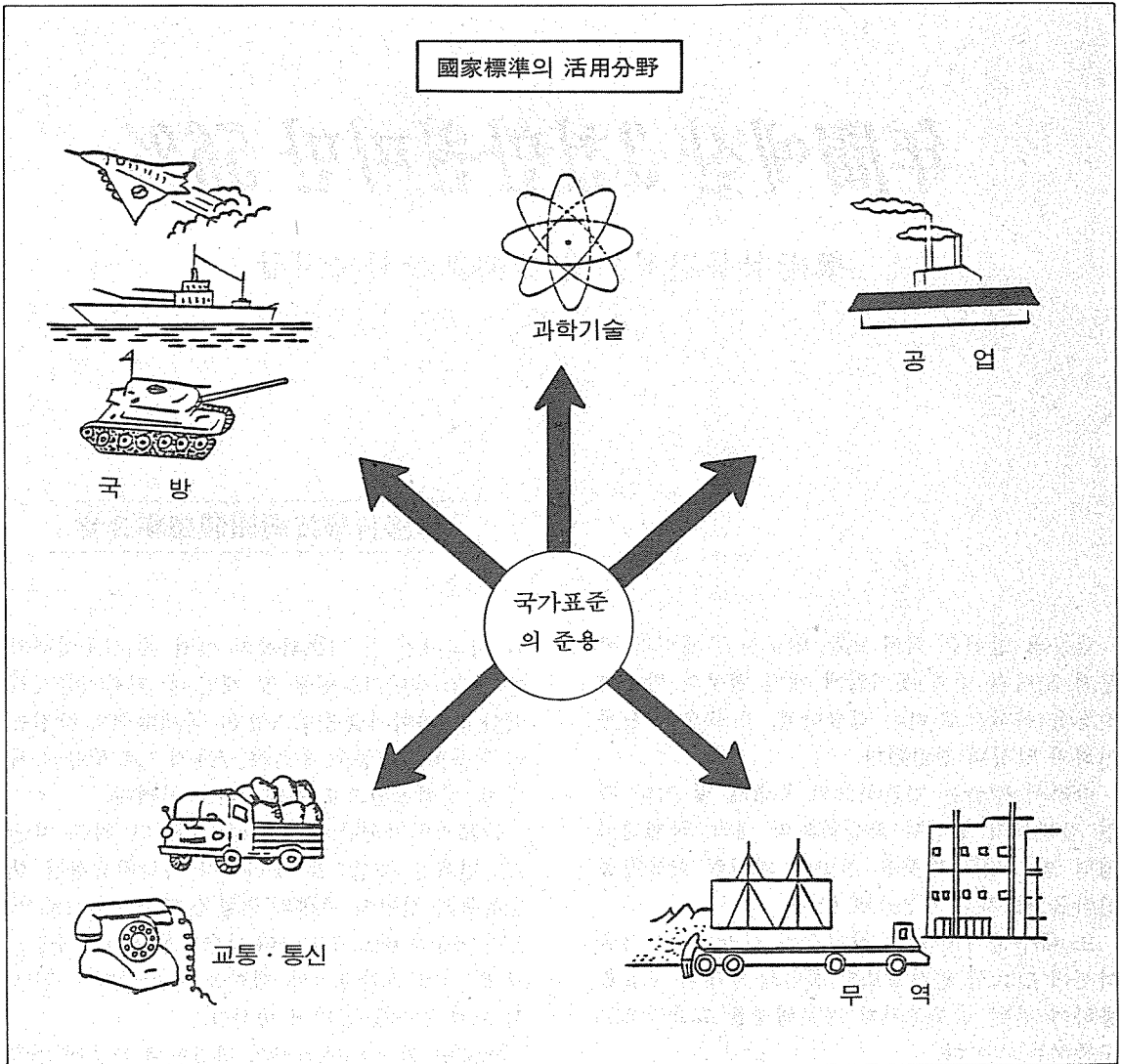
重化學工業分野	總生産額中の 測定經費
기 계 공 업	8.0
금 속 공 업	7.0
전 자 공 업	8.0
조 선 공 업	5.0
석 유 공 업	2.0

資料 : G.E. Tempo用役 報告書.

또한 環境問題에 있어서도 국가표준의 중요성이 강조되고 있는데, 수질오염 및 자동차에서 나오는 배기가스, 工場 굴뚝에서 나오는 각종 害毒物質로 인한 대기오염 그리고 각종 반도체기술의 발달에 따라 급격히 그 사용이 증가된 전자파에 의한 전자파 장애(EMI, Electromagnetic Interference), 자동차나 공장 등에서 발생하는 소음 등의 환경공해 문제에 대처하는데 있어서도 正確한 측정이 필수적 요건이 된다. 즉, 이와같은 공해문제에 대처하기 위해서는 무엇보다도 공해의 원인을 찾아서 없애는 것이 가장 좋은 방법이 되겠으나 실제로 이러한 공해는 인간의 쾌적한 생활을 위한 여러 활동으로부터 발생하는 것이기 때문에 발생원인을 없애는 근본적인 방법은 불가능하다고 볼 수 있으며 次善策으로 이러한 공해를 엄격

이 글은 韓國표준연구소(소장 李忠熙)가 최근에 발간한 「國家標準의 先進化戰略」중에서 國家표준의 역할과 重要性에 관한 부분을 전재한 것임

〈편집자註〉



히 규제하는 각종 規制對策이 필요한데, 이의 운영을 위해서는 각종 공해의 정확한 측정이 필수적인 선결조건이 되는 것이다.

이와같은 정확한 측정이 이루어지기 위해서는 國家基準에의 소급성이 유지된 測定機器와 최근 측정기술이 필요한바, 이를 위해서는 國家基準의 확립이 무엇보다도 우선되어야 하는 것이다. 그 한 예로 레이저 出力이나 레이저 周波數 등의 분야에 국가표준이 확립되면, 이를 적용한 레이저 개발이 가능하게 되고 이렇게 개발된 레

이저를 사용하여 대기오염을 측정하면 지금까지 많은 논란을 야기하여 왔던 대기오염측정 상의 정밀정확도 문제를 일거에 해결할 수 있는 것으로 기대할 수 있는 것이다.

또한 國家基準의 확립으로 방사선 피폭으로 인한 인체에 미치는 기준 등을 방사선의 정밀측정을 통해 설정할 수 있으며 자동차, 선박, 항공기 등의 엔진의 온도를 정확히 측정하여 엔진과열을 방지하여 안전한 운행을 보장하는 등 국민의 안전성 향상에 크게 기여하고 있다.