

원자 흡수 분광법에 관하여

이 명 환*

1. 서 론

化學分析을 하는데 있어서 各種 機器를 使用하고 있다. 그 중에서도 오늘날 원자흡수분광법(Atomic Absorption Spectroscopy)을 利用한 分析法이 널리 使用되고 있다.

원자흡수분광법은 1955년에 Australia의 분광학자 Walsh 등에 의해서 새로운 化學分析法으로 등장한 것으로서 이는 Emission Spectroscopy 나 Flame photometry와는 달리 원자에 의한 복사에너지(자외선 및 가시광선 영역)의 吸收現狀을 利用한 일종의 分光法으로서 특히 Flame photometry라는 발광과 흡수의 차이는 있지만 그 裝置가 비슷하여 한 機器로 두가지 方法을 함께할 수 있다.

오늘날 원자흡수분광법이 分析學者들에게 널리 利用되고 있는 理由로는 다른 機器分析法이나 化學的 方法보다 조작이 간편하고 간섭이 적으며 감도가 예민해서 極微量(ppb order 정도) 원소까지도 쉽게 精確한 分析을 할 수 있으므로 종래 化學分析等에서 要求되는 各種 문제점을 効果적으로 解決해 주고 있기 때문이다.

또한 이 機器分析法은 分析 可能한 원소의 확대와 檢출감도가 비약적으로 향상 되므로써 그 응용 분야가 많으므로 순수한 물질중의 不純物 分析과 광물 생체 및 각종 시료중의 微量成分을 分析하는데 있어서 없어서는 안될 有用한 分析法으로 各광을 받고 있는 실정에 있다.

여기서는 원자흡수분광법을 化學分析에 利用하는데 있어서 필히 알아두어야 할 기본적인 원리를 비롯하여 응용에 대하여 기술하고자 한다.

2. 일반원리

분자결합력이 作用하지 않는 原子雲(atomic cloud)

* 서울女子大學

에 에너지를 가하면 原子내의 電子들의 轉位에 의하여 에너지의 吸收와 emission 現狀이 일어나는데 이 때 中性原子와 들뜬 原子 및 光子가 平衡을 이루고 있다고 假定하면 吸收와 emission의 關係는 그림 1과 같이 表示할 수 있다.

만약 熱에너지를 原子雲에 加하면 中性原子와 들뜬 原子 및 이온 등이 形成되는데 그 중에서도 들뜬 狀態의 原子들에 의해서 밝은 線의 emission spectrum을 放出한다. T°k에서 각 狀態의 原子種(atomic species)들이 平衡을 이루고 있다면 emission line의 세기는

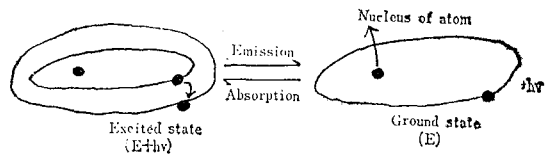


Fig 1. The relationship between atomic-absorption and atomic emission.

Maxwell-Boltzmann law에 의해서 다음과 같은 式으로 표시할 수 있다.

$$S = \frac{N_2 E}{\tau} = \frac{N_1 E}{\tau} \cdot \frac{g_2}{g_1} e^{-E/KT} \quad (1)$$

여기서

S : emission line의 세기

N_1 : 中性原子의 數

N_2 : 들뜬 原子의 數

τ : 들뜬 原子의 life time

g_1, g_2 : 中性原子와 들뜬 原子의 통계적인 무게

T : 온도(°K)

K : Boltzmann 常數

E : excitation energy

여기서 Emission line의 세기 S 는 들뜬 원자의 수 N_2 에 비례하며 N_2 는 온도 T 및 Excitation energy E 의 함수가 된다. Walsh가 식 (1)을 이용하여 여러가지 온도 및 에너지 상태에서 들뜬 원자의 수와 중성 원자의 수와의 비 N_2/N_1 를 계산하였는데 그 계산치는 Table 1과 같이 높은 온도와 낮은 에너지 상태에서조차 들뜬 원자는 중성 원자에 비하여 거의 무시할 정도로 작은 양이다. 이에 반해 광에너지를 원자에照射하면 중성 원자들이 에너지를 흡수하여 들뜬 상태로 되면서 검은선의 흡수선을放出한다. 이때 흡수 정도는 Einstein의 복사 이론에 따라 식 (2)와 같다.

$$\int K_\nu d\nu = \frac{\pi e^2}{mc} N_1 \cdot f \quad (2)$$

여기서

- K_ν : 振動數 ν 에서의 흡수係數
- e : 荷電量
- m : 電子의 質量
- f : 吸收線의 oscillator strength

여기서 흡수 정도는 다만 흡수선의 oscillator strength f 및 중성 원자의 수 N_1 의 함수일 뿐 atomic emission과 같이 진동수 ν 및 온도 T 에는 거의 영향을 받지 않는다. 그러므로 熱에너지는 단지 試料로부터 중성 원자의 生成效率에는 關係되지만 원자의 에너지 吸收過程에서는 關係가 없음을 알 수 있다. 따라서 試料에 3000°K 보다 낮은 熱에너지를 가하여 이온이나 分子狀態의 試料를 中性原子로 만들고 一定한 光에너지를 照射할때 原子들에 依해서 吸收되고 通過하는 透過光의 세기 및 吸光度는 Beer-Lambert law에 의해서 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$I = I_0 e^{-kbc} \quad (3)$$

$$A = \log \frac{I_0}{I_1} = kbc \quad (4)$$

여기서

- I_0, I_1 : 入射光과 透過光의 세기
- A : 吸光度
- b : absorbing medium의 길이
- c : 試料의 濃度

위의 式에서 吸光度 A 는 absorbing medium b 가

Table 1. Fraction of excited atoms.

Resonance line (Å)	g_2/g_1	N_2/N_1		
		2000°K	3000°K	4000°K
Cs 8521	2	4×10^{-4}	7×10^{-3}	3×10^{-2}
Na 5890	2	1×10^{-5}	6×10^{-4}	4×10^{-3}
Ca 4227	3	1×10^{-7}	4×10^{-5}	6×10^{-4}
Zn 2139	3	1×10^{-15}	6×10^{-10}	1×10^{-7}

定할때 試料의 濃度 即 中性原子의 數에 比例하므로 含量을 알고 있는 標準試料과 含量을 모르는 試料를 同一한 方法으로 操作하여 얻어지는 檢量線을 使用하므로써 分析을 실시할 수 있다.

3. 原子吸收에 對한 根源

原子吸收스펙트럼은 에너지차가 적은 준위간에 電子의 電位나 分子內 振動 및 回轉等에 依해서 放出되는 스펙트럼과는 달리 완만하지 않고 대단히 예민하다. 原子吸收線의 natural spectral width는 약 10^{-4}Å 이다. 그러나 線의 넓이는 온도 및 波長에 영향을 받아서 實際로 불꽃이나 arc와 같은 高溫에서 測定된 broadening 현상은 첫째 測定波長에서 速度가 다른 原子들의 무질서한 運動으로 생기는 Doppler broadening 效果, 둘째 原子 및 分子들간의 충돌회수가 增加하므로 일어나는 collision 또는 pressure broadening 效果 (同種 原子들간의 충돌일 때는 Holtsmark broadening, 다른 原子 및 分子와의 충돌일 때는 Lorentz broadening 이라 한다)에 기인한다. Walsh가 이러한 效果를 모두 생각하여 여러 온도 및 波長에서 전형적인 吸收線의 넓이를 計算한 結果値는 Table 2와 같다.

Table 2. Spectral width of absorption lines

Temperature	Absorption line width	
	1000°K	3000°K
Na (5890 Å)	0.028 Å	0.048 Å
Zn (2139 Å)	0.006 Å	0.01 Å

이와같이 原子吸收線의 넓이가 좁은 關係로 原子들의 radiation source로부터 나오는 에너지를 完全히 吸收하기 위하여는 Hydrogen lamp와 같이 5 Å 程度의 넓은 폭의 스펙트럼을 放出하는 continuous source는 使用할 수 없고 特殊한 裝置의 光源이 必要하게 된다. 이러한 條件을 만족시키는 lamp가 몇가지 考案되긴 했지만 원자흡수분광법에서는 주로 低壓陰極放電裝置로 된 Hollow Cathode lamp를 使用한다.

이 hollow cathode lamp는 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 分析하고자 하는 元素의 純粹한 金屬이나 合金이 陰極으로 되고 낮은 壓力(1~100 mmHg)의 아르곤 (Ar)이나 네온(Ne)과 같은 不活性 氣體가 들어있는 튜브로서 양극에 강한 電壓을 걸어주어 氣體를 放出시켜 이온화시키고 이 때 생기는 양이온이 陰極을 때리던 陰極表面의 金屬原子가 excitation되면서 그 原子의 고유선(resonance line)을 放出한다. 이 고유선의 세기는 極間을 흘러주는 電流의 세기와 充填氣體의 種

類 및 壓力에 영향을 받는다.

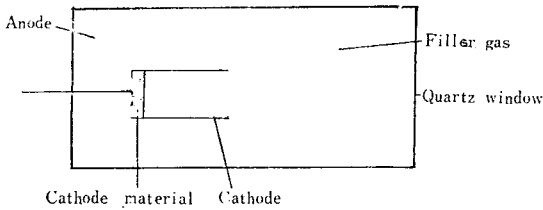


Fig. 2. Schematic diagram of a sealed hollow cathode

兩極間을 흘러주는 電流의 세기는 100~200 volt 에서 5~10 ma 가 가장 適合하며 充填氣體의 選擇은 양극物質에 따라 달라진다. 즉 철(Fe)이나 니켈(Ni)과 같이 比較的 非揮發性인 金屬은 이온화 電壓이 큰 네온이 적당하며 리튬(Li)과 비소(As)와 같이 揮發性이 큰 金屬은 강한 네온의 放出線이 各 元素의 線과 겹침으로서 네온은 오히려 부적당하다.

일반적으로 네온이나 헬륨보다 아르곤을 주로 使用하는데 이는 아르곤의 이온화電壓이 낮고 質量이 큰 關係로 음극물질의 분해를 크게 하기 때문이다. 充填氣體의 壓力이 커지면 이온선의 強度도 따라서 커지므로 3 mmHg 정도의 낮은 壓力이 적당하다. 또한 lamp 는 使用回數가 增加함에 따라 陰極物質이 消失되고 充填氣體의 壓力이 감소하므로 自然히 소멸되는데 再生하기는 困難하다. lamp 의 수명은 陰極物質의 種類에 따라 다르지만 一般的으로 걸어주는 電流量에 比例하는데 約 100 ma 에서는 일천시간 정도 使用할 수 있다. 陰極物質은 一般的으로 單一元素燈(single element lamp)으로 되어 있는데 價格이 비싸고 다른 元素를 分析할 때 마다 해당 lamp 를 갈아 끼워야 하는 불편한 점이 있고 가동 준비시간이 30 분 정도 걸린다. 따라서 고유원자선이 서로 겹치지 않는 3~4 개의 元素들의 混合物을 陰極物質로 한 多元素燈(multi-element lamp)이 몇 가지 製作되어 널리 利用되고 있다. 또한 lamp 의 放出線의 強度를 增加시키기 위하여 electron emissive material 를 입힌 보조전극을 가진 high brightness lamp 를 使用하면 lamp 가 낮은 電壓에서도 많은 量의 電子가 生成되어 放出線의 強度는 보통 lamp 보다 10~100 배 정도 增加되며 感度도 따라서 좋아진다.

4. 原子로 轉換

原子吸收線의 세기는 복사선을 흡수할 수 있는 原子數에 의존하기 때문에 分子 및 이온狀態의 試料가 效率的으로 中性狀態의 原子로 轉換(atomization)되어야 한다. 이는 atomizer 와 熱에너지의 조절로 可能하다. 즉 試料溶液을 atomizer 에 의해 가급적 많고 고르며 작은 알맹이로 分散시키고 적당한 溫度의 熱에너지로 溶媒를 증발시키고 化合物을 熱分解시켜서 되도록 中性狀態의 原子만을 형성시킬 수 있도록 하여야 한다.

또한 atomizer 는 안정성이 크고 blank 용액이나 熱에너지에 의한 배경에 영향이 적으며 洗滌이 용이하고 부식을 잘 받지 않고 操作이 간편하여야 한다. 이러한 目的으로 여러가지 모양의 atomizer(burner 도 포함)가 商品化 되었는데 Table 3 에서 보는 바와 같이 熱에너지의 근원에 따라 불꽃 형과 비불꽃형으로 區分된다.

불꽃 형은 分散시킨 試料 알맹이를 불꽃 溫度에 의해서 分解시키고 한편 비불꽃형은 試料에 直接 electric current 와 같은 에너지를 加해서 分解시키는 것으로 그 原理 및 반응기구는 거의 비슷하다. 그러나 비불꽃형은 불꽃형 보다 操作이 간편하고 감도가 월등이 높으며 비 파괴 분석도 할 수 있는 이점이 있어 최근에는 利用도가 크게 증가하고 있다.

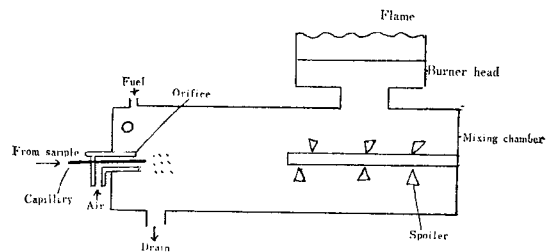


Fig. 3. Premix atomizer and burner system.

현재까지 주로 많이 使用되고 있는 atomizer 는 불꽃형의 premix atomizer 인데(Fig. 3) 試料가 불꽃에서 일으키는 熱反應과 反應過程을 支配하는 要因을 要約하면 Table 4 와 같다.

여기서 原子轉換 效率에 영향을 주는 因子가운데 중요한 것은 試料의 알맹이 크기와 吸入量 불꽃온도 및 化合物의 熱安定性 등인데 化合物의 熱安定性에 關하여는 化學적 方法에서 자세히 설명이 되겠다.

Table 3. Atomizer의 種類 및 特徵

	Atomizer의 종류	장점	단점
Flame Type	total consumption atomizer	1. 제작 및 조작이 간편하다. 2. 시료전체가 불꽃에 흡인된다. 3. 未燃燒가스에 의해서 폭발할 위험성이 없다.	1. 흡인이 불완전하다. 2. 점도가 큰 시료는 흡인이 곤란하다. 3. drop size가 불균일하다. 4. burner tip이 막히기 쉽다.
	premix atomizer	1. 흡인되는 양이 많다. 2. drop size가 均一하여 原子轉換効率が 크다. 3. 감도가 좋고 재현성이 좋다. 4. burner tip이 잘 막히지 않는다.	1. 연소기체의 양이 많아서 폭발할 위험성이 있다. 2. 미 증발분의 축적으로 시료에 오염될 가능성이 있다.
Non flame Type	1. flash heating atomizer	1. 酸化作用을 防止할 수 있어 原子轉換効率が 크다.	1. Vacuum UV region에서 공명선을 가지는 원소는 곤란하다.
	2. king furnace atomizer	2. 비 파괴분석이 가능하다.	2. U, Th, Zr과 같이 증기압이 낮은 원소는 감도가 좋지 않다.
	3. L ^s vov furnace atomizer	3. 부식을 잘 당하지 않고 오염을 막을 수 있다. 4. 감도가 좋다(10 ⁻¹⁰ g level) 5. 적은 양의 시료로도 분석이 가능하다.	
	hollow cathode atomizer	휘발성이 큰 원소와 비금속원소(P, S 등) 및 isotope 분석에 사용된다.	

Table 4. Factors affecting flame profile

Part of flame	Physical from of sample in flame	Reaction	Factors controlling reaction
Outer mantle Reaction zone	oxide Atoms	No reaction or reduction accumulation or oxidation	Stability of metal oxide, flame composition Flame composition, stability of atoms
Inner cone	solid particle	disintegration	stability of compound, anions, flame temperature, ultraviolet light emitted from the flame
Base	droplets	evaporation	Droplet size, solvent, flame temperature, feed rate, combustibility

4-1 試料의 방울크기와 吸入量

불꽃이 分散된 試料의 방울크기가 不均一하고 크기나 吸入量이 너무 많이 소비하게 되므로 熱分解가 不充分해진다. 방울크기는 주로 조연기체의 흐름속도와 溶液의 物理的 性質에 영향을 받는다. Nukiyama는 air atomizer nozzle에 대하여 방울의 지름과 溶液의 物質的 性質과의 關係式을 다음과 같이 유도하였다.

$$D_0 = \frac{585}{v} \left(\frac{\sigma}{\rho} \right)^{1/2} + 597 \left(\frac{\mu}{\sigma \rho^{1/2}} \right)^{0.45} \left(10^3 \cdot \frac{Q_i}{Q_a} \right)^{1.5} \quad (4)$$

D₀: 방울의 지름 (μ)

σ: 溶液의 表面張力 (dyne/cm)

μ: 溶液의 粘度 (poise)

v: 空氣의 速度 (m/sec)

ρ: 溶液의 密度 (g/ml)

Q_i: 溶液의 흐름속도 (ml/sec)

Q_a: 空氣의 흐름속도 (ml/sec)

여기서 Q_a/Q_i의 비가 5×10³ 이상 되면 D₀는 式 4의 첫항에 의해 溶液의 表面張力 密度 및 空氣速度의 函數가 된다. 空氣速度 300 m/sec에서 측정된 방울의 평균지름은 10 μ 정도였다. 또한 Robinson 등은 表面張力이 낮고 彈發性이 큰 溶媒를 使用하였을때 量보다 방울의 지름이 작어지고 試料의 蒸發速度를 促進시키

Table 5. Organic solvent enhancement thermal effect

Solutions	No. of atoms in solution	No. of free atoms formed in flame	state of atoms	signal strength
Aqueous	10,000	1,000	10 excited 990 unexcited	Emission E Absorption A
Organic	10,000	5,000	50 excited 4950 unexcited	Emission 5E Absorption 4A

므로 좋은 효과를 얻을 수 있었으며 그 결과는 Table 5와 같다.

또한 시료의 흡입량은 공기의 흐름속도에 의해서 조절 할수 있는데 premix atomizer 에서는 보통 4 ml/min 가 적당하다.

4-2 불꽃온도

불꽃온도는 시료용매를 蒸發시키고 固體 化合物을 氣體狀態로 만든 다음 환원시키거나 熱分解시키는데 가능한 들뜬원자 및 이온형성을 줄이고 되도록 많은 동성상태의 原子로 轉換시킬 수 있는 적당한 溫度이어야 한다.

원자흡수분광법에서는 arc 보다 비교적 낮은 온도의 불꽃(2000~3000° K)을 사용하기 때문에 스펙트럼이 emission spectroscopy 과 같이 복잡하지 않다.

불꽃온도는 연료기체와 조연기체의 종류 및 흐름속도 등으로 조절할 수 있으며 元素의 酸化성과 熱的性質 등을 고려하여 適當한 불꽃온도를 選擇하여야 한다.

Table 6. The gas combination and flame temperature best suited for analysis of the elements list below

Fuel and Oxidant	Temperature (°C)	Elements
Propane-Air	1925	
H ₂ -Air	2050	Sn, As, Se
C ₂ H ₂ -Air	230	Sb, Bi, Cd, Cs, Co, Cu, Au, Fe, Ni, Li, Pd, Na, K, Ca, Mg, Ag, Te, Mn, Rb, Zn, Cr, Mo, Pt, Os, Ga, Sr, Pb
H ₂ -O ₂	250	For flame emission work
C ₂ H ₂ -N ₂ O	2955	Al, B, Dy, Er, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Yb, Zr, Nd, Pr, Si, Ta, Ti, W, U, V, Y
C ₂ H-O ₂	3100	

보통 사용하고 있는 불꽃의 溫度와 各 溫度에서 分析이 適當한 元素들은 Table 6와 같다.

一般的으로 揮發성이 큰 元素(As, Sn 등)는 H₂-Air 불꽃이 좋으며 安定한 酸化物을 쉽게 형성시키는 內化성 원소(Al, Ti 등)들은 C₂H₂-N₂O 불꽃과 같이 高溫이며 酸素量이 적은 환원 불꽃이 좋다. 또한 混合氣體의 混合比에 따라서 불꽃의 모양과 溫度의 分布가 달라지기 때문에 元素들마다 熱反應을 일으키는 불꽃 등은 약간씩 차이가 생기게 된다.

5. 방해작용

원자흡수에서 機器 自體에 의한 것 외에 정확도에 영향을 주는 要因을 大別하면 다음과 같다.

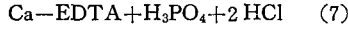
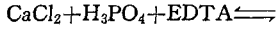
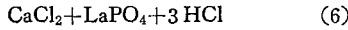
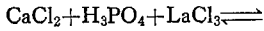
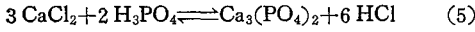
- (a) Chemical interference
- (b) Ionization
- (c) matrix 영향
- (d) spectral interference

이러한 방해 영향을 적절히 조절하므로써 分析에 正確성을 기할 수 있는데 各 要因에 따라 간단히 說明하겠다.

5-1 chemical interference

불꽃내에서 分析하려는 元素가 공존하고 있는 높은 원자가의 음이온이나 음이온기를 형성할 수 있는 양이온 등과 같은 여러가지 化學種과 反應하여 熱的으로 安定한 化合物을 形成하므로써 주어진 불꽃온도에서 不完全한 分解를 일으키므로 방해작용을 한다. 이러한 방해작용의 除去는 分析하려는 元素보다 공존하는 化學種과 쉽게 그리고 熱的으로 安定한 化合物을 形成하는 物質을 過量 加하므로써 除去할 수 있으며 한편 化合物이 充分히 分解 될수 있는 高溫의 불꽃을 사용하므로써 除去할 수 있다. 例로서 C₂H₂-Air 불꽃에서 (Ca)을 分析할 때 (SO₄²⁻), (PO₄³⁻), (Al³⁺), (Si⁴⁺) 등의 이온이 存在하면 (Ca)의 강도가 크게 감소하는데 여기에 (La³⁺)이나 EDTA(Ethylene dianine tetraacetic acid)를 過量 加하거나 C₂H₂-N₂O 와 같은 高溫의 불꽃을 사용하면 방해영향을 받지 않게 된다. 이때 불꽃

에서 일어나는 (Ca²⁺)과 공존이온간의 반응은 다음과 같이 예측된다.



式 (5)에서와 같이 (Ca²⁺)은 공존이온들과 결합하여 CaSO₄, Ca₃(PO₄)₂ 및 Ca(AlO₂)₂ 등과 같이 주어진 불꽃온도에서 분해가 되지 않는 안정한 化合物을 形成하기 때문에 방해영향을 받지만 여기에 La³⁺나 EDTA를 가하면 式 (6) 및 (7)과 같은 反應을 일으킨다. 即 La³⁺은 방해이온들과 우선적으로 결합하여 Ca₃(PO₄)₂나 CaSO₄보다 安全하고 非揮發性인 LaPO₄, La₃(SO₄)₃ 등의 化合物을 形成하며 EDTA는 Ca²⁺과 안정한 錯化合物을 만들어서 방해이온들로부터 Ca²⁺을 보호할 수 있게 된다. 한편 불꽃온도가 높으면 이러한 化合物이 充分히 分解될 수 있는 에너지를 주기 때문에 La³⁺이나 EDTA를 가하지 않아도 Ca의 강도를 감소시키지 않게 된다.

Table 7. Heat of formation of some compounds

Compounds	Heat of formation (kj/g mole)
CaCl ₂	919
CaSO ₄	1405
La ₂ (SO ₄) ₃	4131

5-2 Ionization

試料가 불꽃내에서 熱分解될 때 일부의 原子는 높은 불꽃에너지에 의해서 이온을 형성하여 강도를 감소시킨다. 이러한 이온화현상은 불꽃온도 및 元素의 이온화에너지에 영향을 받는다.

만약 原子 A가 二原子分子의 分解反應과 같이 주어진 溫度에서 A⁺과 e⁻를 形成하여 평형을 이루고 있다고 하면

$$A = A^+ + e^- \quad (8)$$

$$K = \frac{[A^+][e^-]}{[A]} \quad (9)$$

가 되는데 Saha는 이온화상수 K와 온도 및 이온화전압과의 關係式을 다음과 같이 유도했다.

$$\log K = \frac{-5.050}{T} E_i + \frac{5}{2} \log T - 6.50 - \log \frac{g_{A^+} g_{e^-}}{g_A} \quad (10)$$

E_i: 이온화전압 (eV)

T: 온도 (°K)

g: 各種의 통계학적 무게

여기서 이온화상수는 溫度에 比例하고 元素의 이온화전압에 反比例하는데 實際로 여러가지 溫度에서의 알칼리金屬 및 알칼리土金屬의 이온 %는 Table 8과 같다.

Table 8. Ionization of alkali and alkal's earth metals in flames (%)

Elements	Ip(eV)	2200°K	245°K	2800°K
Cs	3.87	28.3	69.6	96.4
Rb	4.16	13.5	44.4	89.6
K	4.32	2.5	31.9	82.1
Na	5.12	0.3	5.0	26.4
Li	5.37	0.01	0.9	16.1
Ba	5.21	1.0	8.6	42.8
Sr	5.69	0.1	2.7	17.2
Ca	6.11	0.01	1.0	7.2

Table 8에서 보는 바와 같이 2500°K 이상의 溫度에서는 이온화현상이 현저히 增加하는데 이온화작용을 防止하기 위하여는 分析하고자 하는 元素보다 이온화전압이 낮은 元素(Na, K 등)를 過量으로 加하면 이들의 불꽃에서 쉽게 이온화되어 불꽃내의 電子密度가 增加된다. 그러므로 式 (8)에서 反應은 右測에서 左測으로 進行되고 分析하고자 하는 元素의 이온화는 감소하게 된다.

5-3 Matrix effect

試料溶液의 物理的 性質과 염농도를 불꽃에 試料를 分散시킬 때의 速度와 양 및 알맹이의 크기 즉 原子轉換 效率에 영향을 준다. 이것은 原子의 轉換에서 이미 說明한 바와 같이 atomizer를 交換하든지 溶液을 희석시키거나 揮發性이 큰 溶媒를 加하므로써 조절할 수 있다.

5-4 Spectral interference

불꽃자체나 불꽃에서 形成되는 溶媒 및 공존물질의 粒子들은 光線으로 부터 照射되는 복사선을 吸收 또는 散亂시키므로써 방해작용을 한다. 이것은 試料에서 防害物質을 미리 除去하거나 濃度を 줄이든지 또는 防害作用을 주지 않는 物質을 過量 加하여 완충시키므로써 除去할 수 있으며 연료나 불꽃온도를 조절하므로써 이러한 방해영향을 피할 수 있다.

6. 응용

원자흡수분광법을 化學分析에 利用함에 있어 重要한 特徵을 選擇성이 좋고 感度가 좋아서 반복하는 유사분

석을 短時間에 처리할 수 있고 防害物質이 比較的 적어서 試料를 녹인 후 다른 化學的인 처리 없이 直接測定이 가능할 뿐 아니라 때로는 비파괴분석도 할 수 있다는 점이다. 원자흡수분광법으로 分析이 가능한 元素는 알칼리金屬 및 알칼리土金屬 等 約 45 種의 元素인데 몇가지 元素에 對한 檢出限界는 Table 9에서 보는 바와 같이 불꽃형의 atomizer에서는 $10^{-3} \sim 10^{-1} \mu\text{g}$ 이고 비불꽃형에서는 $10^{-4} \mu\text{g}$ 정도이며 誤差範圍가 1% 이내로서 吸光分析법이나 質量分析법 等 보다 正確性이 있으며 適用範圍가 대단히 넓다.

이와같이 원자흡수분광법을 利用하여 여러가지 試料중에 있는 極微量 成分의 分析이 가능해지므로서 石油化學, 農學, 食品化學, 金屬化學, 醫學, 微生物學 等 여러 分野에 應用되고 있으며 特히 純度決定 生體試料의 分析 및 공기와 음식물 등에 함유된 有害金屬의 오염도를 측정하므로써 환경위생학 등에도 利用하고 있다.

이상과 같은 많은 이점과 응용성을 가지고 있는 伸면에 匹할 수 없는 缺點은 radiation source를 보유하고 있는 元素만이 分析이 可能하기 때문에 非金屬이나 metalloid 等은 分析할 수 없으며 한 元素를 分析할 때 마다 radiation source를 같이 끼워야 하고 여러가지 元素를 동시에 分析할 수 없다는 점이다. 그러나 이러한 缺點을 개선하고 感度を 높이기 위한 裝置의 고안이나 方法의 開發이 現在 進行되고 있으므로 몇가지 특수분야의 研究에 많은 가능성을 보여주고 있다. 예로서 Goleb와 Yokoyama는 water cooled hollow cathode lamp와 sputtering chamber 같은 특수한 裝置를 利用하여 約 $0.01 \sim 0.1 \text{ \AA}$ 정도의 shift를 갖는 고유 원자흡수선을 분리하므로써 B, Li, Li 等과 같은 元素

Table 9. Detection limits of some elements

Element	Detection Limit (μg)	
	Premix atomizer	Non Flame atomizer
Ag	0.01 C ₂ H ₂ -Air	4×10^{-6}
Al	0.1 C ₂ H ₂ -N ₂ O	9×10^{-5}
As	0.5 C ₂ H ₂ -Air	2×10^{-4}
Au	0.02 C ₂ H ₂ -Air	1×10^{-5}
Be	0.01 C ₂ H ₂ -N ₂ O	4×10^{-6}
Co	0.01 C ₂ H ₂ -Air	4×10^{-5}
Cr	0.01 C ₂ H ₂ -Air	2×10^{-5}
Cu	0.005 C ₂ H ₂ -Air	7×10^{-6}
Hg	0.5 C ₂ H ₂ -Air	5×10^{-5}
Mg	0.0003 C ₂ H ₂ -Air	1×10^{-6}
Mr	0.005 C ₂ H ₂ -Air	5×10^{-6}
Ni	0.01 C ₂ H ₂ -Air	2×10^{-4}
Pb	0.03 C ₂ H ₂ -Air	7×10^{-5}
Sn	0.2 H ₂ -Air	9×10^{-4}
Sb	0.1 C ₂ H ₂ -Air	2×10^{-4}
V	0.04 C ₂ H ₂ -N ₂ O	4×10^{-4}
Zn	0.002 C ₂ H ₂ -Air	2×10^{-6}
Na	0.005 C ₂ H ₂ -Air	—
K	0.005 C ₂ H ₂ -Air	—
Fe	0.005 C ₂ H ₂ -Air	—
Ca	0.002 C ₂ H ₂ -Air	—
Li	0.005 C ₂ H ₂ -Air	—
Ba	0.05 C ₂ H ₂ -N ₂ O	—

의 同位元素 分析에 成功하였고 Neison 等은 2000 \AA 이상의 영역(vacuum UV region)에서 吸收線을 放出하는 S와 P 및 Se와 같은 일부 非金屬 및 銻金屬의 分析을 시도하여 새로운 分野를 개척하였다.

<TOPICS>

Elastomer 表面摩擦低下方法

英國 Ford Motor社에서 極히 效果的인 本 方法의 개발로 경도, 탄성, 滑마찰이 改善된 elastomer가 얻어졌다.

表面活性劑의 혼합, 또는 塗布한 elastomer의 表面에 $2,000 \sim 3,000 \text{ \AA}$ 인 波長의 光을 照射함으로써 表面마찰을 적게 하는 方法으로 이때의 投射光은 elastomer의 表面을 투과할 수 있는 강도의 것이다.

有効한 elastomer로 CR와 카본블랙, 기타 첨가제의 혼합물 또는 NBR이다. 有効全照射 energy 밀도는 $9 \sim 75 \text{ J/cm}^2$ 이다.

有効한 表面활성제로서는 弗素化合物(3M社의 FC-98, FC-176, FX-188)이며 充分한 照射 Energy에 따

라 elastomer의 表面層과 化學的 결합으로 使用中에도 남아 低滑摩擦係數를 保持하게 된다.

elastomer의 탄성, 경도를 유지하면서 마찰계수만 낮추는데는 照射 Energy, 暴露時間을 注意하여 制御한다. 最良조건은 波長 $2,500 \sim 3,000 \text{ \AA}$ 이다.

空氣中에서는 照射直後에는 표면 마찰저하가 없으나 1주일후에는 無處理物의 50%까지 저하된다. 다만 4주後에는 70%까지 上昇한다. 眞소, Argon中에서는 곧 마찰이 저하되고 使用中의 劣化도 다소 일어난다.

이 方法으로 처리된 elastomer의 용도는 건물의 움직이는 부분의 目詰, 車輛의 開閉窓의 seal 등에 적합하다.

英國特許 1,297,440(1972. 11月 22日 公告)