

- 6) アミノ酸シリーズ編集委員会編: “アミノ酸シリーズ, ヒスチジン”, 8巻, p. 35(1967), (南江堂).

☆

Studies on the indirect determination of amino acids by atomic absorption spectrophotometry

(2). Yoshinori KIDANI*, Shizuo UNO** and Kenji INAGAKI* (*Faculty of Pharmaceutical Sciences, Nagoya City University, 3-1, Tanabe-dori, Mizuhoku, Nagoya-shi, Aichi; **Sanwa Kagaku Kenkyusho Co., Ltd., 1212, Gejo-cho, Kasugai-shi, Aichi)

Schiff's base-Cu(II) chelates of acidic and basic amino acids are little extractable with MIBK even in the presence of bathophenanthroline (bathophen) in alkali, while they are well extracted in acidic media. The separation and determination of a mixture of L-methionine and L-histidine by atomic absorption spectrophotometry were done. One ml each of $4.0 \times (10^{-5} \sim 10^{-4})$ M aqueous L-methionine and aqueous L-histidine solution, 30 μ l of salicylaldehyde, 1.0 ml of 2.0×10^{-3} M aqueous cupric acetate solution and 7.0 ml of boric acid buffer solution of pH 10.0 were taken into a 30 ml centrifuge tube and mixed. After standing for 5 minutes, the mixture was shaken twice with 10.0 ml of chloroform for 10 minutes and centrifuged for 5 minutes. Then, 7.0 ml of upper aqueous phase was transferred to a 30 ml centrifuge tube. To this was added 10.0 ml of 1.0×10^{-4} M bathophen-MIBK solution. Being shaken well for 5 minutes, it was centrifuged for 5 minutes. The copper amount in the organic phase were determined by atomic absorption spectrophotometry, relative to a reagent

blank (Determination of L-methionine). Another 5.0 ml of the upper aqueous phase was transferred to a 30 ml centrifuge tube and was adjusted at pH 4.5 by adding 0.5 M aqueous acetic acid solution. To this was added 10.0 ml of 1.0×10^{-4} M bathophen MIBK solution. After being shaken well for 5 minutes, the mixture was centrifuged for 5 minutes. The copper amount in organic phase were determined by atomic absorption spectrophotometry, relative to a reagent blank (Determination of L-histidine). The pH optima of L-methionine and L-histidine were found to be 10.0 and 4.5, respectively. There were linear relationships between the absorbance and the concentration in the range of (3.0~30.0) μ g/ml of L-methionine and (3.1~31.0) μ g/ml of L-histidine. The recovery test was favourable. Deviations for L-methionine and L-histidine were determined to be 0.84 and 0.84, and coefficients of variation were 1.86% and 2.29%, respectively (Table 1).

(Received Aug. 24, 1976)

Keywords

Acidic and basic amino acids
Atomic absorption spectrophotometry
Bathophenanthroline
Salicylaldehyde-amino acid Schiff base
Separation and determination of amino acids
Ternary complex

空気-アセチレン-酸素サンドイッチフレイムによる 銅の原子吸光分析

河 野 隆 年*

(1976 年 6 月 21 日受理)

空気-アセチレンフレイムを酸素でサンドイッチする形のバーナーを試作し原子吸光分析にはあまり使用されないベンゼン, トルエン, キシレン, シクロヘキサン, ヘキサン, クロロホルム及び四塩化炭素の溶媒を用いる原子吸光分析を検討した. その結果白色フレイム, 不完全燃焼, 逆火なしに前記の溶媒を使用できる見通しを得た. 銅の定量について検討したところ感度は水溶液に比べ (4~20) 倍となり, ヘキサンでの感度が最も高く $0.008 \mu\text{g/ml}/1\%$ となり, 検出限界は $S/N=2$ で $0.001 \mu\text{g/ml}$ となった. 又, 各有機溶媒の溶媒効果につき相対吸光度, 及び増感係数を用い二, 三検討した. 実際試料への適用として, アルミニウム合金中の銅の定量を行った.

* 岩手県工業試験場: 岩手県紫波郡都南村津志田

1 緒 言

原子吸光分析，炎光分析において溶媒抽出を利用した方法は数多くなされている．しかしこれまで溶媒抽出，比色分析などにしばしば用いられているベンゼン，トルエン，キシレン，シクロヘキサン，ヘキサン，クロロホルム，四塩化炭素などを用いた報告は少ない^{1)~6)}．これはメチルイソブチルケトン（以下 MIBK）のような優れた溶媒の使用のためと，現在普及しているバーナーが空気-アセチレンを主として用いることによる前記溶媒の不完全燃焼，又はフレームの不安定性などに一因がある．著者はこれまでに確立された前記溶媒を用いる抽出分離技術とフレームを用いる原子吸光分析とを結び付けるため空気-アセチレンフレームを酸素でサンドイッチする形のバーナーを試作し，前記溶媒の適正な燃焼を行わせるため種々の検討を行った．又，銅を定量するために前記溶媒を用いて空気，アセチレン及び酸素流量につき検討したところ，吹き消し，白色フレーム，逆火などのない安定したフレームが得られ，又前記溶媒を用いた場合の感度及び検出限界は従来バーナーで MIBK を用いた場合と同程度あるいはそれ以上となり，フレームを用いる原子吸光分析でこれまであまり使用されない前記溶媒を容易に使用できる見通しを得た．一方，各溶媒の特性などにつき相対吸光度及び増感係数⁷⁾を用いて検討したので報告する．

2 装置及び試薬

装置は日立 207 型原子吸光光度計，日立 QPD 53 型記録計，日立 HLA-3 型中空陰極ランプを用い，試作バーナー（空気-アセチレン-酸素，デスパーザーは不使用）により測定を行った．又，光束はランプ直前にしぼりを付け，(1~5)mm の変化を可能とした．

有機溶媒は各市販 1 級，特級品をそのまま使用し，その他の試薬も市販特級品を使用した．緩衝溶液は Clark-Lubs の緩衝溶液 (pH 5.0) を用い，銅標準溶液 (10 µg/ml) は金属銅 (99.9%) を塩酸と硝酸で分解後硫酸白煙処理して調製し，ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム (DDTC) は市販特級品を 1 w/v% 溶液として使用した．

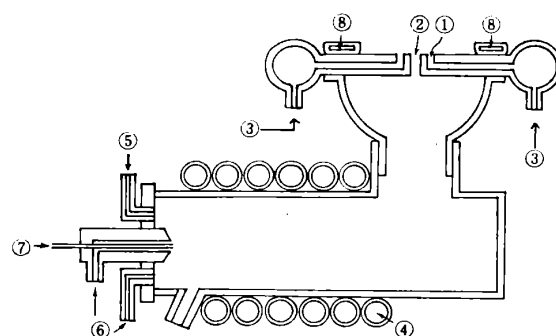


Fig. 1 Sectional view of the burner

- ① Slot for oxygen (0.9 mm width×10 mm long);
 ② Slot for air-acetylene (0.4 mm width×80 mm long);
 ③ Oxygen inlet; ④ Circulating for keeping the chamber at room temperature; ⑤ Acetylene inlet;
 ⑥ Air inlet; ⑦ Sample solution; ⑧ Cooling water

Fig. 1 に試作したバーナーの断面を示す．ベンゼンを使用した際噴霧器に結水するので噴霧器内を一定温度に保持するため保温用じゃ管を付け水を循環させた．又，酸素をフレームに均一に送るためバーナーの端に緩衝室を設けた．デスパーザーは水溶液の場合感度向上に有効であるが，有機溶媒，特にベンゼン，シクロヘキサン，ヘキサンでは試料のフレームへの到達量を妨げ低感度となったので使用しなかった．

3 実験及び結果

上記溶媒を用いて銅の測定条件，抽出率などを検討した．

3.1 測定条件の設定

3.3 以下の実験結果より測定条件を Table 1 のように定めた．又，電流値は 7 mA，スリット幅は 0.18 mm，光束のしぼりは 5 mm とし，スケール拡大は行わず，記録は 100 フルスケールを用い，指示値をパーセントとして表した．

3.2 各溶媒による銅の抽出率及び吸光度

DDTC による銅の抽出は pH 5.0 でクロロホルム，四塩化炭素に 100% 抽出される⁸⁾．その他の溶媒につき銅の抽出を pH 5.0 で検討した．すなわち銅標準溶液

Table 1 Working conditions for copper extracted with DDTC and various solvents

	Solvent					
	Benzene-cyclohexane	Hexane	Toluene-xylene	MIBK	Chloroform-carbon tetrachloride	Water (aq. soln.)
Acetylene flow rate (l/min)	1.75	1.50	2.00	2.00	2.50	2.50
Air flow rate (l/min)	13	13	13	13	13	13
Oxygen flow rate (l/min)	5	5	5	2	1	—
Position of burner (mm)	7	7	7	7	7	7

2 ml をとり水数 ml, DDTC 溶液 1 ml 及び緩衝溶液 10 ml を加え, これに各有機溶媒 10 ml を正確に加え, 2 分間振とうし銅を抽出分離する. 有機相を除去し水相に DDTC 溶液 1 ml と四塩化炭素を正確に 10 ml 加え, 2 分間振とうして水相に残留した銅を抽出した後 Table 1 の条件で銅を定量し各有機溶媒による抽出率を求めた. その結果シクロヘキサンは 98%, その他は 99% 以上の抽出率を示した. 次に各溶媒に抽出した銅の吸光度を Table 1 の条件により測定した. 結果を Table 2 に示す. Table 2 より各溶媒での感度は水溶液に比べヘキサンで約 21 倍, シクロヘキサンで約 12 倍, ベンゼンで約 10 倍, クロロホルムで約 6 倍であった. 感度はヘキサンが最もよく $0.008 \mu\text{g/ml/1\%}$ であり, 実測チャートより $S/N=2$ で求めた検出限界は $0.001 \mu\text{g/ml}$ であった.

一方, 標準バーナー (スロット幅 $0.5 \text{ mm} \times$ 光路長 100 mm) によるデスパーザーなしでの感度及び検出限界は水溶液で $0.13 \mu\text{g/ml/1\%}$ 及び $0.02 \mu\text{g/ml}$, MIBK

では $0.022 \mu\text{g/ml/1\%}$ 及び $0.003 \mu\text{g/ml}$ であり試作バーナーより少し高い値を示したが, これはバーナーの断面積による試料のフレイムへの到達量の違いによるものと考えられる.

このように本試作バーナーは従来のバーナーで多用される溶媒にも使用できると同時に, 従来のバーナーでは使用困難な溶媒にも使用でき, そのときの感度及び検出限界はキシレンの場合を除き従来の標準バーナーと MIBK に優るとも劣らない.

3.3 酸素流量, アセチレン流量, バーナー位置による吸光度変化

酸素流量, アセチレン流量及びバーナー位置の変化による吸光度の変化を検討した. 結果を溶媒別に Fig. 2~4 に示す.

酸素流量が増加すると吸光度は各溶媒とも低下する傾向にある. しかし, バーナーの中心で直径 5 mm になっていた光束を 2 mm に絞ると吸光度は酸素流量の増加と

Table 2 Sensitivities and detection limits of copper in various solvents

	Solvent								
	Benzene	Toluene	Xylene	Cyclohexane	Hexane	MIBK	Chloroform	Carbon tetrachloride	Water (aq. soln.)
Sensitivity ($\mu\text{g/ml/1\%}$)	0.017	0.034	0.045	0.014	0.008	0.028 (0.022)	0.029	0.032	0.17 (0.13)
Detection limit ($\mu\text{g/ml}$)	0.002	0.004	0.007	0.002	0.001	0.004 (0.003)	0.004	0.004	0.02 (0.02)

The values in parentheses mean the sensitivities and detection limits with a standard one slot (0.5 mm width $\times$ 100 mm long) burner.

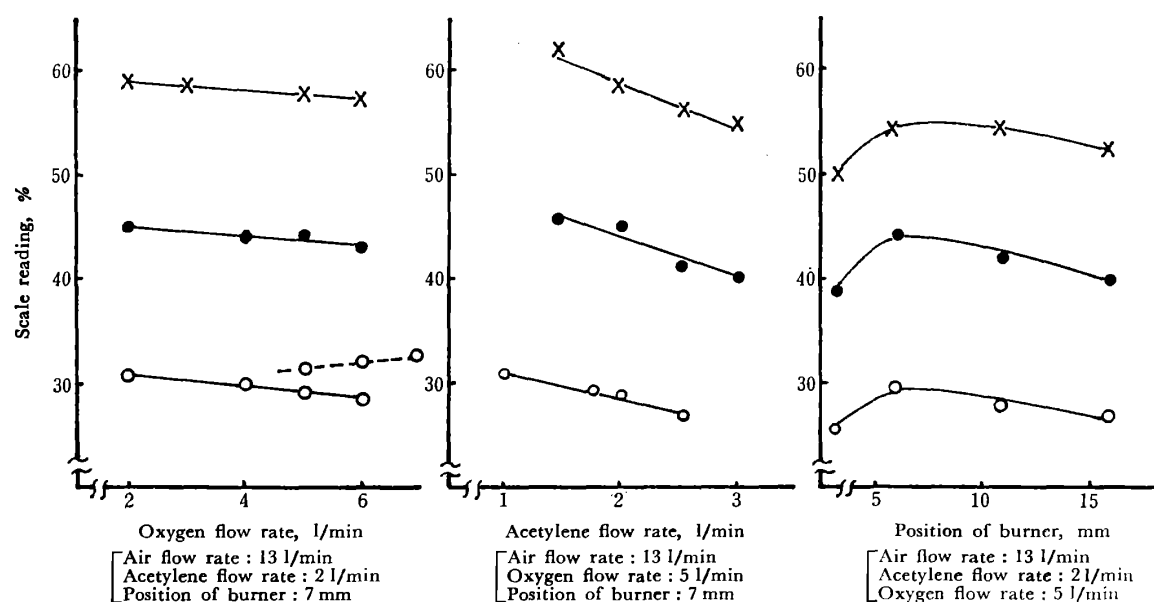


Fig. 2 Effects of oxygen flow rate, acetylene flow rate and position of burner on the atomic absorption of copper

Solvent used: ○ benzene, ● toluene, × xylene; Diameter of the iris; — 5 mm , - - - 2 mm ; Concentration of copper: 0.5 ppm in benzene and 2 ppm in the others

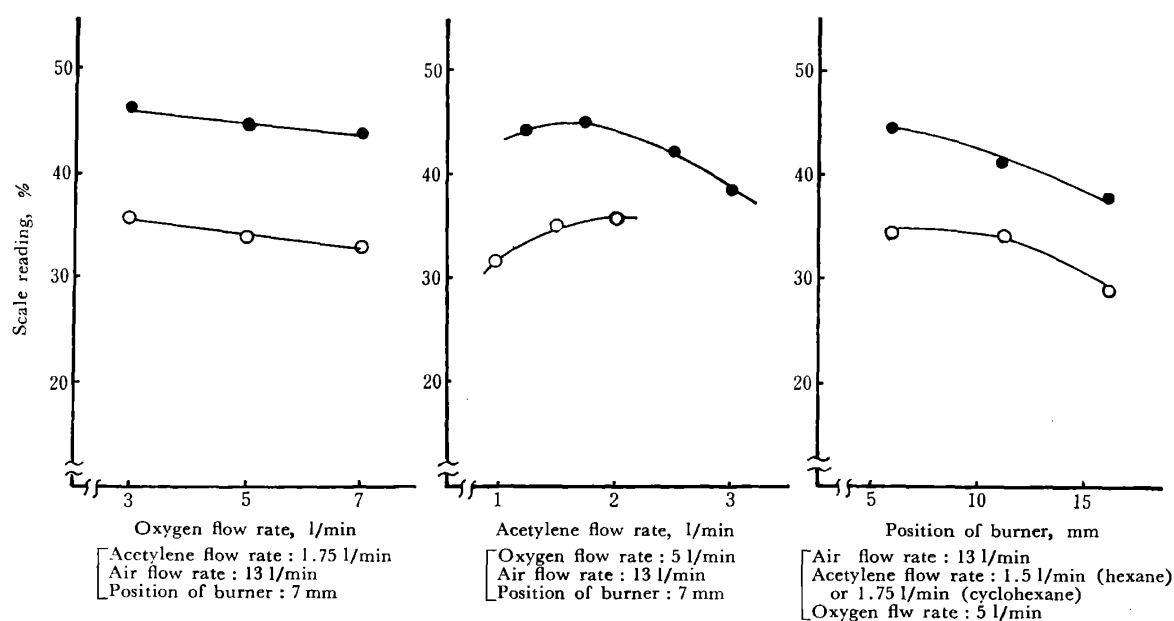


Fig. 3 Effects of oxygen flow rate, acetylene flow rate and position of burner on the atomic absorption of copper

Solvent used: ○ hexane, ● cyclohexane; Concentration of copper: 0.2 ppm in hexane and 0.5 ppm in cyclohexane

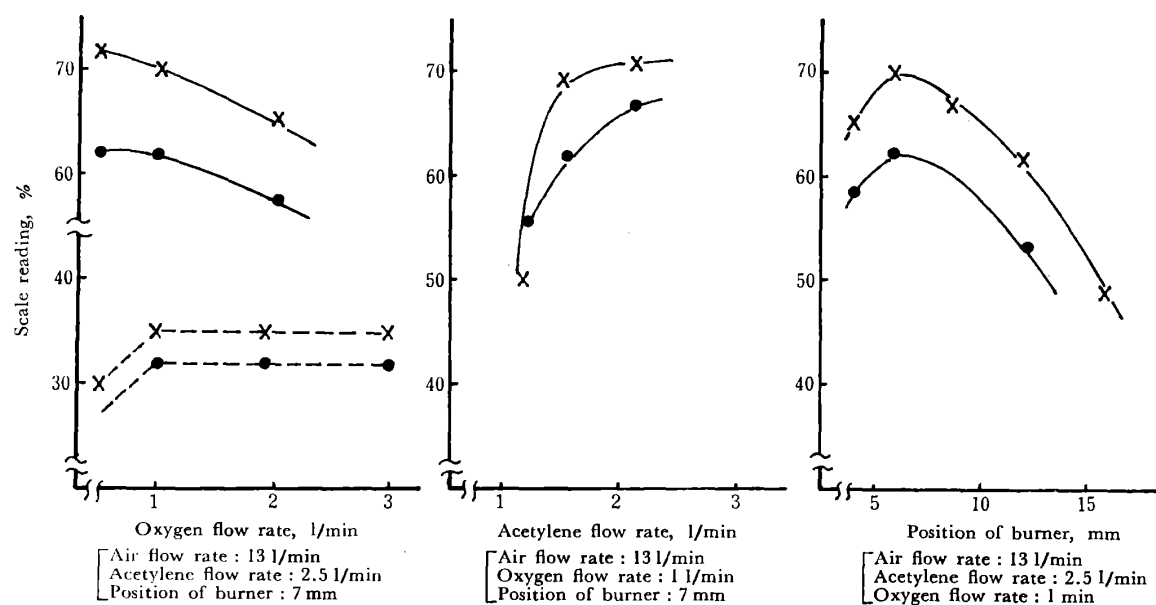


Fig. 4 Effects of oxygen flow rate, acetylene flow rate and position of burner on the atomic absorption of copper

Solvent used: × chloroform, ● carbon tetrachloride; Diameter of the iris: — 5 mm, ---- 2 mm; Concentration of copper 2 ppm

ともに増大、又は一定となる。これは酸素流量の増加とともにフレームがより酸化性ふんい気となり原子吸光に適したフレームの有効領域が縮小するためと思われる。

アセチレン流量の増加とともに吸光度はシクロヘキサン、ヘキサン、クロロホルム及び四塩化炭素では増大

し、又これらの溶媒はフレーム中ではほぼ均一に燃焼した。一方ベンゼン、トルエン及びキシレンでは溶媒の燃焼は不完全、不均一であったが、このことがアセチレン流量の増加とともに吸光度が低下する一因と思われる。バーナー位置による吸光度の変化はクロロホルム、四塩

化炭素では急激な変化を示すが、他の溶媒では急激な変化は見られない。

3.4 フレームに及ぼす試料吸上量の影響

有機溶媒を使用する際にフレームの状態が重要な問題となる。試料吸上量とフレームの状態及び吸光度との関係をベンゼン及びシクロヘキサンについて検討した。測定は Table 1 の条件により行い、支燃ガス途中に流量計を入れ、流量を (3.40~3.95) l/min, 吸上量を (2.22~4.03) ml/min の範囲で変化させ、フレームの状態を検討した。結果を Fig. 5 に示す。

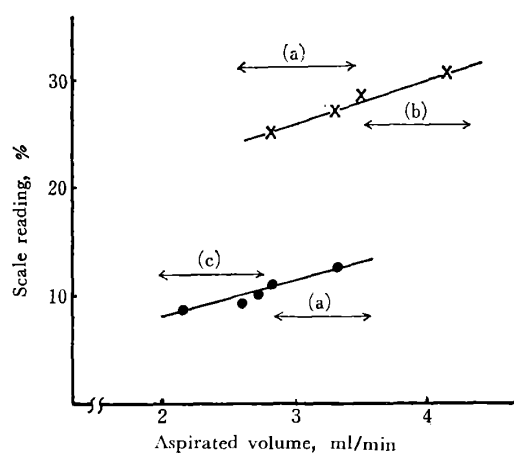


Fig. 5 Effect of aspirated volume of organic solvent on the atomic absorption of copper and the state of flame

(a) Red flame; (b) White flame; (c) Blue flame;
—x— Benzene; —●— Cyclohexane; ↔ The region of the state of flame

吸上量が増加すると吸光度も増大するが、ベンゼンでは吸上量が約 3.50 ml/min をこえると白色フレーム部分が多くなる。シクロヘキサン及びその他の溶媒では吸上量の増大により赤色フレーム部分が生ずるが、測定上問題はない。

4 アルミ合金中の銅の定量

各種有機溶媒を用いてアルミ合金 2 種中の銅の定量を行った。結果を Table 3 に示す。

分析方法：試料 (0.5~1.0) g を精ひょうし塩酸 (1+

1) (10~30) ml で分解し、更に硝酸 (1+1) 2 ml を加えて完全に分解する。分解後シロップ状になるまで濃縮し、冷却後水を加えて溶解し、100 ml のメスフラスコに移し入れて定容とする。(0.002~0.02) mg の銅を含むように分取し、クエン酸アンモニウム (20 w/v%) 5 ml を加え、アンモニア (1+1) で pH 約 5 とし、緩衝溶液 (pH 5.0) 5 ml を加え、液量を約 50 ml とする。各有機溶媒 10 ml を正確に加えて 2 分間振とうし、有機相を分離する (必要に応じ遠心分離する)。有機相を噴霧して吸光度を測定し、検量線より銅の濃度を求める。同時に空試験を行い補正する。

5 考 察

使用した有機溶媒の銅定量における増感作用を検討するため、既報⁷⁾の方法により試料吸上量、試料のフレームへの到達量、吸光度などを測定し、相対吸光度及び増感係数を求めた。Table 4 に結果を示す。ただし、各溶媒中の炭素含有量は各試薬の表示値より求めた。又、測定条件は Table 1 によった。

ここに相対吸光度 (relative sensitivity) T は吸光度と単位時間 (分) にフレームに導入された試料量 (ml) の比であり、 $T=A+BX$ として表したものである⁷⁾。ただし A は水溶液の相対吸光度であり、又 B は増感係数 (enhancement factor) で直線の傾きを示し、フレーム中での中性原子生成過程の炭素あるいは炭素化合物の作用を推測できる。又、 X は溶媒中の炭素パーセントを表す。

Table 4 より増感係数の大きさは四塩化炭素、シクロヘキサン、クロロホルム、ヘキサン、ベンゼン、MIBK、トルエン、キシレンの順となっている。キシレン、トルエンはフレームの状態が不均一となっており、このため小さい増感係数を示すものと思われる。キシレン、トルエン及び MIBK の溶媒効果は増感係数の小さいことから主に試料のフレームへの到達量によると考えられる。クロロホルム、四塩化炭素は大きな増感係数を示したが、これはバーナー位置による吸光度の急激な変化を考え合わせると、一つにはこれらの溶媒では酸素の補給によりフレームがより高温となり温度分布の変化が急激に

Table 3 Determination of copper in aluminum alloys

Sample	Cu content (%)	Solvent							
		Benzene	Toluene	Xylene	Cyclohexane	Hexane	MIBK	Chloroform	Carbon tetrachloride
A	0.002	0.0016	0.0014	0.0017	0.0015	0.0015	0.0016	0.0017	0.0015
B	0.004	0.0034	0.0035	0.0040	0.0035	0.0035	0.0035	0.0037	0.0035

Sample A: JIS H 5202 AC7A; Sample B: JIS H 2102

Table 4 Relative sensitivity and enhancement factor of various solvents for the determination of copper

	Solvent								
	Benzene	Toluene	Xylene	Cyclohexane	Hexane	MIBK	Chloroform	Carbon tetrachloride	Water (aq. soln.)
Aspirated volume (ml/min)	3.38	3.25	3.46	2.83	5.82	3.71	2.98	1.98	2.69
Atomized percent (%)	5.27	13.08	13.14	0.68	4.55	6.68	2.04	1.03	5.88
Amount of sprayed volume reached flame (ml/min)	0.1781	0.4251	0.4546	0.0192	0.2648	0.2478	0.0607	0.0204	0.1582
Scale reading (%)	28.8	14.6	11.0	36.5	61.0	17.0	18.2	15.45	2.95
Relative sensitivity	161.68 (18.02)	34.40 (18.02)	24.19 (18.02)	1901.4 (18.02)	230.36 (18.02)	68.61 (18.02)	298.56 (18.02)	755.51 (18.02)	18.64
Enhancement factor	1.77	0.21	0.08	28.20	4.70	0.51	18.08	58.80	—

Measurements made on 0.5 ppm solution of copper the values in parentheses mean relative sensitivity of aqueous solution under the same condition.

なったため既報⁷⁾のように増感係数はフレーム温度が上ると分子量の小さい溶媒ほど大きい値をとる傾向の表れであり、もう一つにはフレーム中での銅の解離が他の溶媒と異なり、解離エネルギーの低い塩化第一銅より中性原子になる可能性があるためこれらの原因により大きい値を示したものと考えられる。シクロヘキサン、ヘキサンの増感係数は大きくこれらの溶媒効果はフレーム中での銅原子の解離過程における加熱炭素、熱エネルギーによる還元作用、粒子の分割作用などによると考えられる。又、ベンゼン核を持つ溶媒では分子量が大きくなるほど溶媒効果は小さくなったが、これは溶媒がフレーム中で均一な燃焼を行えないためと考えられる。又、Fig. 2, Fig. 4 に示したように光束を 5 mm から 2 mm としたときベンゼン、クロロホルム及び四塩化炭素で観測されたフレーム中心部における吸光度の増加の原因は、フレームの周りの温度がより高温となることによるフレーム中での CN などの還元成分の生成、又加熱炭素の作用の増大などによると考えられる。

次に塩素を含む溶媒についてホスゲンの発生の可能性があるため Crummett⁹⁾ らによる方法と北川式検知管による定性を行ったが明らかな確認はできなかった。しかし、これらの溶媒で長時間分析作業を行う場合は十分な換気が必要と考えられる。

5 結 言

これまでの原子吸光分析にあまり使用されなかったベンゼン、トルエン、キシレン、シクロヘキサン、ヘキサン、クロロホルム及び四塩化炭素につき空気-アセチレンフレームを酸素でサンドイッチする方式のバーナーを試作し検討した。その結果本試作バーナーを用いればこれらの溶媒を使用しても白色炎、逆火、不完全燃焼などを生ずることなく原子吸光分析に使用できる見通しを得た。各溶媒での感度は水溶液に比べ (4~20) 倍であり、

ヘキサンが最もよく 0.008 µg/ml/1% であり検出限界は 0.001 µg/ml であった。次に各有機溶媒の溶媒効果につき相対吸光度及び増感係数を用いて考察したところ、トルエン及びキシレンは試料のフレームへの到達量により、又シクロヘキサン及びヘキサンではフレーム中での燃焼過程によるものであることが分かった。

(1974 年 11 月, 日本分析化学会)
(第 23 年会において一部発表)

文 献

- 1) 高久通夫, 東原 徹, 渋谷晟二: 本誌, **20**, 188 (1971).
- 2) E. Schöffman, H. Malissa: *Mikrochim. Acta*, 139 (1961).
- 3) E. J. Agazz: *Anal. Chem.*, **39**, 283 (1967).
- 4) D. Roosels, J. V. Vanderkeel: *Atomic Abs. News*, **7**, 9 (1968).
- 5) 小林重雄, 乙部貞夫: 本誌, **21**, 1648 (1972).
- 6) 鈴木一正, 只野英治, 木須靖子, 大八木義彦: 日本分析化学会第 23 年会講演要旨集, p. B101 (1974).
- 7) 河野隆年: 本誌, **22**, 1017 (1973).
- 8) 田中元治: “溶媒抽出”, 日本分析化学会編, p. 80 (1969), (共立出版)
- 9) W. B. Crummett, J. D. Mclean: *Anal. Chem.*, **37**, 424 (1965).

☆

Determination of copper by atomic absorption spectrophotometry using an oxygen-sandwiched air-acetylene flame. Takatoshi KONO (Industrial Research Institute of Iwate, Tsushida, Tonan-mura, Shiwa-gun, Iwate)

In flame atomic absorption spectrophotometry benzene, toluene, xylene, hexane, cyclohexane, chloroform and carbon tetrachloride are hardly usable as solvents for extraction because of the appearance of white flame, the blow-out of flame or unstable burning.

In the present study, a new type of burner was designed of which the flame is sandwiched with oxygen. The determination of copper was examined with it. Sodium diethyldithiocarbamate was added to

a sample solution of pH 5.0 and copper was extracted with above solvents. Effect of acetylene-oxygen flow rate and optimum condition of burner were examined at air flow rate of 13 l/min. In each case, no appearance of white flame, blow-out of flame and flash-back were observed, and the determination was satisfactory.

When the organic solvents were used, the sensitivity ($\mu\text{g/ml/1\%}$) were 0.034~0.008 and the detection limits ($\mu\text{g/ml}$) were 0.004~0.001. Using hexane, the sensitivity was 0.008 and it was about twenty

times higher than in the case of aqueous solution.

Copper in aluminum alloy was determined with good results by this procedure.

(Received June 21, 1976)

Keywords

Atomic absorption spectrophotometry

Copper

Oxygen-sandwiched flame

含水酸化チタン含有ゲルを用いるウラン(VI)のクロマトグラフ分離*

重富 康正, 小嶋 健博**, 品川 睦明***

(1976 年 6 月 30 日受理)

含水酸化チタンを含むポリアクリルアミドゲル粒子を用いて, ウラン(VI) と他の各種金属イオンとの分離について検討した. この粒子を充てんしたカラム内に吸着したウラン(VI) は 0.1 M 炭酸ナトリウムを, ニッケル(II), 鉄(III) は (0.1~0.2) M 塩酸溶液を用いて, それぞれ溶離し, 金属イオンを吸光光度法によって定量した.

この結果, ウラン(VI) とバリウム(II), ランタン(III) との分離は困難であったが, ウラン(VI) と鉄(III), ニッケル(II) との分離は可能であった. 試料 50 ml 中のウラン(VI) 93 μg に対し, ニッケル(II) 194 μg , 鉄(III) 184 μg が共存してもウラン(VI) は 90% 以上分離回収することができた.

1 緒 言

水酸化アルミニウム, 水酸化第二鉄は各種金属の共沈用担体としてよく知られている¹⁾²⁾. 又, 海水中のウラン(VI) の濃縮に含水酸化チタンを用いた報告³⁾⁴⁾, 核分裂生成物の分離⁵⁾, 遷移金属からウラン(VI) を分離した報告もある⁶⁾. 又, ゲル状有機試薬を用いた重金属の濃縮⁷⁾⁸⁾ もみられる. しかし, 水酸化物のみを担体とした場合, 再使用, カラム操作に便利のよい粒状物を得ることは困難である. そこで, 例えば, 海水中のウラン(VI) を捕集する場合, 金属水酸化物をガラスウール,

モスリン⁹⁾, 活性炭¹⁰⁾ の表面に塗布した複合吸着剤が考えられている.

著者らも海水からウラン(VI) の選択的捕集を目的として, 種々の複合吸着剤について検討しているが, 含水酸化チタンを含むポリアクリルアミドゲル¹¹⁾ がよいことが分かった. このゲル粒子を用いたウラン(VI) の選択的捕集を目的としてバッチ法とカラム法によって, ウラン(VI) と各種イオンの分離, 特に, ニッケル(II), 鉄(III) の分離について検討した. その結果, ウラン(VI) をある程度選択的に分離できることが分かったので, ここに報告する.

2 実 験

2.1 試薬及び装置

金属保存溶液: 鉄(III), ニッケル(II), バリウム(II), ランタン(III) は塩化物を 0.1 N 塩酸に溶解して 1.0 mg/ml 溶液を調製した. ウラン(VI) は硝酸塩を 0.1 N

* ウラン(VI) の抽出に関する基礎的研究 (第 4 報). 前報は重富康正, 小嶋健博, 品川睦明: 原子力誌, 印刷中

** 岡山理科大学理学部化学科: 岡山県岡山市理大町 1-1

*** 大阪大学工学部原子力工学科: 大阪府吹田市山田上