リン酸の定量分析(第7報)

Mg(OH)₂ による微量リン酸の濃縮ならびに海水中の無機リン酸の捕集

石橋雅義・田伏正之*

1 緒言

微量のリン酸の捕集剤として Fe(OH)₃ がしばしばもちいられるが、Fe³⁺ はモリブデン青法によるリン酸の比色定量を妨害する。H. Levine¹⁾ は、海水中の P, Si, As などを Al(OH)₃ と沈殿せしめた。また古く G. E. Delory²⁾ は MgCO₃ の微細粉末を用いて P を共沈せしめている。

われわれは微量のリン酸の濃縮および共存する妨害物質(たとえば海水中の Cl⁻, SO₄²⁻ など)よりの分離に Mg(OH)₂ を捕集剤として使用することを試みた。Mg²⁺ はモリブデン青法によるリン酸の定量にほとんど影響をあたえず、またとくに海水の場合には、その Mg²⁺ の一部を沈殿せしめることによって目的を達し、ことさら捕集剤を加える必要がない。

2 装置および試薬

2.1 装置

放射能の測定には主として TEN 端窓型 G-M 管 131 型および Tracerlab 64 進法計数器を、吸光度の測定には日立光電光度計 EPO-A 型〔液槽の厚さ 1.0 cm, フィルター R (600 mμ 以長透過, 最大相対感度波長 620 mμ)〕を用いた。

2.2 試薬

モリブデン酸アンモニウム-硫酸混合試薬; 2.5g(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O を純水にとかし、10 N-H₂SO₄ 100 ml を添加したのち純水にて 200 ml に稀釈する。

第一錫溶液; 10 g SnCl₂·2H₂O を濃 HCl 25 ml にとかし貯蔵溶液とする。使用にあたって純水にて 8 倍に稀釈する。稀薄溶液は使用のたび新しく調製する。

リン酸標準溶液; “Kahlbaum” 製 NH₄·H₂PO₄ 162 mg を純水に溶解し 1 l に稀釈したものを貯蔵溶液とする。(100 γ P₂O₅/ml) これを適当に稀釈する。

ETA 標準溶液; 0.0119 M 溶液

MgCl₂ 溶液, Mg(NO₃)₂ 溶液, NH₄NO₃ 溶液はいずれも特級試薬を純水に溶かしてリン酸の存在しないことを確かめた。HNO₃ および NH₄OH は再蒸留したものを使用した。

3 操作

P₂O₅ として 2~50 γ のリン酸を含む試料溶液 100~1000 ml をビーカーにとり、Mg²⁺ 溶液を添加したのち NH₄OH で Mg(OH)₂ を沈殿せしめる。この場合使用する Mg 量および NH₄OH 量は試水 100 ml あたり、0.5 % Mg²⁺ 溶液 2 ml および濃 NH₄OH 2 ml が適当であった。沈殿が完成したならば (3~4 時間放置), 上澄液

を除いたのち遠心分離する (約 2000 r/m)。N-NH₄OH 10~20 ml でビーカーおよび沈殿を洗浄しふたたび遠心分離する。できるだけ少量の N-HNO₃ でビーカー壁を洗浄, これを遠洗管に移して沈殿を溶解せしめる。NH₄OH および稀 HNO₃ で中和 (p-ニトロフェノールの黄色が消失した点をもって終点とする) したのち 25 ml メスフラスコに移す。モリブデン酸アンモニウム-硫酸混合試薬 2 ml を添加, よく混合し少くとも 3 分放置したのち Sn²⁺ 溶液 0.1 ml を添加, てばやく純水にて刻度まで稀釈よく混和して青色を発色せしめる。5~10 分後* 純水または試薬ブランクを対照として比色する。

〔海水〕適当量の海水を栓付エルレンマイヤーフラスコ**にとり, はげしく振盪しつつ濃 NH₄OH をわずかに白濁が生ずるまで滴々添加する。(100 ml あたり 0.2 ml で十分である)。フラスコに栓をして 3~4 時間放置したのち沈殿を遠心分離, フラスコおよび沈殿を N-NH₄OH で洗浄, 遠心分離する。さらに共沈する Cl⁻ および SO₄²⁻ をのぞくため再度沈殿の洗浄, 遠洗をくりかえしたのち上述の操作にしたがう。

4 実験結果

4.1 モリブデン青法に対する NH₄⁺, Mg²⁺ および NO₃⁻ の影響について

前述した条件 [0.1 % (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O, 0.5 N-H₂SO₄, 0.002 % SnCl₂·2H₂O] でのリン酸の比色定量におよぼす NH₄⁺, Mg²⁺ および NO₃⁻ の影響について検討した。NH₄NO₃ 溶液, Mg(NO₃)₂ 溶液を添加した場合の結果を Tab. 1-a に, Mg²⁺ 共存下で HNO₃ 量を変え, p-ニトロフェノールを指示薬として NH₄OH および稀

Tab. 1-a Mg²⁺, NH₄⁺, NO₃⁻ の影響 (1)

P ₂ O ₅ 濃度 (ppm)	Mg ²⁺ 共存濃度 (%)	NH ₄ ⁺ 共存濃度 (M)	吸光度
1.0	—	—	0.244
"	—	1.0	0.245
"	—	2.0	0.244 ₅
"	0.5	—	0.243
"	1.0	—	0.240
"	1.5	—	0.234
"	2.0	—	0.229
"	0.5	1.0	0.244
"	1.0	"	0.238

* 硝酸塩をもちいた。

* Mg²⁺ の共存する場合は発色速度はやや大となる。また NO₃⁻ が共存するために褪色もすみやかとなる。

** ビーカーでは放置中に空気中の CO₂ のため沈殿が一部溶解する。

* 京都大学理学部化学教室: 京都市左京区吉田本町

Tab. 1-b Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- の影響 (2)

P_2O_5 濃度 (ppm)	Mg^{2+} 共存 濃度 (%)	HNO_3 共存量		吸光度
		濃度 (N)	添加量 (ml)	
1.0	0.5	—	—	0.244
"	"	2.0	1.0	0.244 ₆
"	"	"	2.0	0.244
"	"	"	5.0	0.244
"	"	14.0	1.0	0.241
"	"	"	2.0	0.234

° 全容 25 ml

HNO_3 で中和した場合の結果を Tab. 1-b に示した。

NH_4^+ および NO_3^- は最大吸光度に影響をあたえず、 Mg^{2+} もまた共存濃度 0.5 %* 以下であれば影響しない。

Mg^{2+} の共存しない場合および Mg^{2+} の共存濃度 1 % の場合の検量線は Fig. 1 のごとくで、いずれも P_2O_5 50 γ /25 ml まで Beer の法則にしたがう。

Fig. 1 Calibration Curve

4.2 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沈殿によるリン酸の回収率について

リン酸イオンの回収率の測定および誤差範囲内で 100 % 回収するのに必要な Mg 量の決定のため、はじめ放射性 P^{32} を使用し、のちに比色法によって共沈量を求めた。

4.2.1 放射性 P^{32} による検討

P^{32} でラベルされたリン酸イオン (P_2O_5 として 5~25 γ) を含む純水 50 ml および 100 ml に MgCl_2 溶液の一定量を添加し、濃 NH_4OH の適量を加えて Mg の一部を沈殿せしめた。一夜放置後上澄液の一定量を蒸発乾固して放射能を測定し原液と比較してリン酸の共沈率を求め、一方上澄液の

* 100 ml あたり 10 mg の Mg を使用するとし 1 l の場合でも Mg^{2+} の共存濃度は 0.4 % にしかない。したがって検量線は Mg^{2+} の共存しない場合のものをもちてさしつかえない。

** 少量の Ca が沈殿しているであろう。

Fig. 2 Recovery of Phosphate

Fig. 3 Recovery of Phosphate (Sea Water)

一定量について ETA 溶液で滴定し沈殿した Mg 量を定量した。結果は Fig. 2 に示したごとく、リン酸の共沈は溶液量対 Mg 沈殿量の比にのみ依存し、 Mg の残存量対沈殿量の比にはまったく無関係であることがわかった。

〔海水〕 海水 100 ml に P^{32} でラベルしたリン酸イオン (約 10 γ P_2O_5) を添加し、濃 NH_4OH を加えて $\text{Mg}(\text{OH})_2^{**}$ を沈殿せしめ前と同様にリン酸の共沈率を求めた (Fig. 3)。図の横軸の Mg 量は ETA 滴定によるもので沈殿した陽イオンがすべて Mg であると仮定した値である**。

4.2.2 比色法による検討 Fig. 1 よりリン酸を完全に回収するのに必要な Mg 量は、液量 100 ml あたり 7 mg 以上と考えられる。100 ml あたり 10 mg となるように Mg^{2+} 溶液を添加して、液量 250 ml, 500 ml および 1 l について実験した結果を Tab. 2 に示す。

つぎに洗浄による損失についてしらべるために、250 ml の試水よりの沈殿を 0.1 N および $\text{N-NH}_4\text{OH}$ の 10 ml で 2 度洗浄した。結果は Tab. 3 に示したごとくで、 $\text{N-NH}_4\text{OH}$ で洗浄すれば P_2O_5 の損失はおこらない。

Tab. 2 微量リン酸の $\text{Mg}(\text{OH})_2$ による捕集

P_2O_5 採取量 (γ)	液量 (ml)	0.5% Mg^{2+} 溶液添加量 (ml)	conc NH_4OH 添加量 (ml)	P_2O_5	
				定量値 (γ)	誤 差 (γ)
	250	5.0	5.0	0.0	0
12.5	"	"	"	12.0°	-0.5°
"	"	"	"	12.3°	-0.2°
"	"	"	"	12.5	0
"	"	8.0	"	12.4	-0.1
"	500	10.0	10.0	12.0	-0.5
"	1000	20.0	15.0	11.4	-1.1
"	"	"	20.0	12.4	-0.1
25.0	250	5.0	5.0	20.7°	-4.3°
"	"	"	"	17.4°	-7.6°
"	"	"	"	24.8	-0.2
"	"	"	"	24.6	-0.4
"	"	8.0	"	24.9	-0.1
20.0	500	10.0	10.0	19.3	-0.7
"	1000	20.0	20.0	19.9	-0.1
"	"	"	"	19.7	-0.3
"	"	"	"	20.0	0

° ビーカーを稀 NH_3 で洗浄しなかったもの。Tab. 3 洗浄による P_2O_5 の損失

P_2O_5 添加量 (γ)	洗 浄 液 (10 ml 宛 2 回)	P_2O_5 定量値 (γ)	洗浄による 損失 (%)
25.0	—	25.0	—
"	$\text{N-NH}_4\text{OH}$	25.0	0
"	"	25.1	0
"	$\text{N}/10\text{-NH}_4\text{OH}$	24.4	2.4
"	"	24.4	2.4

〔海水〕 Fig. 2 よりリン酸を完全に共沈せしめるに必要な Mg の沈殿量は 100 ml あたり 7 mg 以上と考えられる。この程度の Mg を沈殿せしめるには 100 ml あたり濃 NH_4OH 0.2 ml を添加すれば十分である。

海水を放射性 P^{32} でラベルし NaOH を少量加えて Mg の一部を沈殿せしめ、濾液が放射能を示さないことを確かめた上試料水とした。このものはもともと存在した P および As がすべてのぞかれているものと思われる。この海水 100 ml に P_2O_5 の一定量を加えたのち濃 NH_4OH 0.2 ml を加え $\text{Mg}(\text{OH})_2$ を沈殿せしめ、回収率を測定した (Tab. 4)。

Tab. 4 海水中のリン酸の $\text{Mg}(\text{OH})_2$ による捕集

P_2O_5 添加量 (γ)	液 量 (ml)	P_2O_5	
		定量値 (γ)	誤 差 (γ)
20.0	100	19.9	-0.1
"	"	20.0	0
"	"	20.2	+0.2
"	"	20.0	0
25.0	"	24.5	-0.5
"	"	25.1	+0.1

Tab. 2, Tab. 4 に明らかなごとく純水、海水の場合ともにリン酸は完全に $\text{Mg}(\text{OH})_2$ とともに沈殿する。

4・3 Cl^- および SO_4^{2-} の共沈について

Cl^- は多量共存すると最大吸光度は低くなりまた褪色を早めてモリブデン青法を妨害する。 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ に対する Cl^- の共沈および洗浄の効果について検討した (Tab. 5)。

Tab. 5 海水よりの $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沈殿中の Cl^- 量

	沈殿中の Cl^- 量 (mg)	
	1 (沈殿量約 5 mg Mg°)	2 (沈殿量約 10 mg Mg°)
遠 心 分 離 そ の ま ま	14.9	18.1
$\text{N-NH}_4\text{OH}$ 10 ml にて洗浄 (1回)	0.9	2.0
" (2回)	—	—

° 海水 50 ml 使用。

沈殿を 25 ml に溶解した場合を考えると 1 回洗浄すればすでに 0.001~0.002 Mol/l となる。

比色時に SO_4^{2-} が存在すると正の誤差をあたえる。海水における濃度程度ではほとんど影響はないが、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ に多量共沈濃縮されれば問題になるので、これについて検討した。

海水 50 ml に放射性 S^{35} を加え常法にしたがって $\text{Mg}(\text{OH})_2$ を沈殿せしめ、原液、上溶液、洗浄液それぞれ 5 ml および沈殿を HCl に溶解せしめたものを蒸発乾固してその放射能を測定した。結果は Tab. 6 にしめた。

Tab. 6 海水より $\text{Mg}(\text{OH})_2$ を沈殿せしめた際の SO_4^{2-}

		各部分の S^{35} 量			
		1. (沈殿量約 5.8 mg Mg°) (cpm) (%)		2. (沈殿量約 13 mg Mg°) (cpm) (%)	
		cpm	(%)	cpm	(%)
母 液	中	8420	93.6	8140	90.4
洗浄液中 ^{oo} (1回目)	^{ooo}	412	4.6	650	7.2
" (2 ")		58	0.6	96	1.1
" (3 ")		26	0.3	26	0.3
沈 殿	中	80	0.9	86	1.0

° 海水 50 ml 使用。

°° $\text{N-NH}_4\text{OH}$ 10 ml 使用。

°°° 1 回目の洗浄液は沈殿生成にもちいたフラスコを洗浄したのち遠沈管に移し沈殿を洗浄したものである。

Tab. 5, Tab. 6 の結果より、 Cl^- , SO_4^{2-} の共沈については考慮する必要はないことがわかった。

4・4 As の影響について

P 同様にモリブデン青を呈するものには、 Si , Ge , As がある。この内 Ge , Si はこの比色条件では発色しないが As は問題となるのでその影響についてしらべた。

As^{3+} , As^{5+} および $\text{P} + \text{As}^{3+}$, $\text{P} + \text{As}^{5+}$ についての結果を Tab. 7 に示す。 As^{3+} が As^{5+} に酸化されるのをふせぐために、沈殿の溶解、溶液の中和は氷冷しながら行なった。

Tab. 7 砒素の影響

採取量 (γ)	P_2O_5 添加量 (γ)	As_2O_3 添加量 (γ)	P_2O_5		備	考
			定量値 (γ)	誤差 (γ)		
—	—	30.0	20.5	+20.5	As 共沈率	98.1%*
—	—	"	20.6	+20.6		98.6*
—	—	"	20.8	+20.8		99.5*
—	250.0	—	6.0	+6.0		
—	"	—	7.4	+7.4		
—	"	—	6.5	+6.5		
—	"	—	6.2	+6.2		
25.0	25.0	—	25.5	+0.5		
"	"	—	25.7	+0.7		
"	50.0	—	26.5	+1.5		
"	"	—	26.6	+1.6		
"	100.0	—	28.1	+3.1		
"	"	—	28.2	+3.2		
"	250.0	—	31.7	+6.7		
"	"	—	31.9	+6.9		
20.0	20.0	—	20.6	+0.6	海水	
"	—	12.0	29.3	+9.3	"	

As は P 同様に完全に $Mg(OH)_2$ と共沈してくる (Tab. 7 *印). As^{3+} はモリブデン青をほとんど生成しない. $As:P=3:1$ 以下の共存ならば誤差は +5% 以下である. As^{5+} はモリブデン青を生成し, その共存はゆるされない. 海水中の砒素は大部分 As^{3+} であり, リンと同量あるいはそれ以下であるので問題はないと考えられる. As^{5+} の As^{3+} への還元, または砒素の除去については改めて報告する.

4・5 有機リンの影響について

上述の操作中に共存する有機リンの一部が分解し無機リン酸として定量される可能性がある. これについて, グリセロリン酸カルシウムをもちいて検討した.

P_2O_5 として 200~500 γ のグリセロリン酸塩を約 250 ml の純水中に添加し, また 50, 100, 200 γ を 20 γ の無機リン酸 (いずれも P_2O_5 として) に共存せしめ, 上の操作にしたがって捕集, 比色定量した. 単独に存在する場合は発色はみとめられず (吸光度 0.004 以下), 共存する場合にも無機リン酸の定量をまったく妨害しなかった.

別に過塩素酸で分解定量した結果, グリセロリン酸カルシウムはこの方法では約 25% 程度しか $Mg(OH)_2$ に捕集されないことがわかった. 存在量を多くするために, あらかじめ遠心分離した $Mg(OH)_2$ 沈殿に 200~500 γ (P_2O_5 として) のグリセロリン酸塩を添加し, HNO_3 で沈殿を溶解せしめ中和, 比色の操作を行った. この場合にもまったく発色しなかった.

これらの結果より, 共存するグリセロリン酸塩は一部 $Mg(OH)_2$ に共沈するのみであり, また共沈した有機リンは遠心分離, HNO_3 による沈殿の溶解, 溶液の中和などの操作中にも分解されないことがわかる.

海水など天然水中の有機リンは比較的安定であり, ま

た $Mg(OH)_2$ との共沈も少ないと考えられるので, 上記操作による天然水中の無機リン酸の定量を妨害しないであろう.

5 結 言

きわめて薄い濃度のリン酸の濃縮および妨害物質よりの分離の目的で, $Mg(OH)_2$ を捕集剤とする方法について検討した.

(i) 液量 100 ml あたり 10 mg の Mg が水酸化物として沈殿すれば, リン酸はほとんど完全に共沈回収される.

(ii) 共存する Mg^{2+} は共存濃度 0.5% 以下ではリン酸の比色を妨害しない.

(iii) リン同様完全に共沈する砒素は, As^{3+} であれば, リンに対し 3 倍量までは妨害しない. As^{5+} はモリブデン青を生じ正の誤差をあたえる.

(iv) グリセロリン酸カルシウムをもちいて有機リンの妨害についてしらべた. グリセロリン酸は一部共沈するのみで, また共沈したものも分解されることなく全く妨害しない.

この方法を海水に適用するために種々検討した.

(v) 海水中の Mg の一部を沈殿せしめる場合 100 ml の試料水にたいし 0.2 ml の濃 NH_4OH を添加すればよい.

5・6 いわゆる "Salt Effect" の原因となる Cl^- および SO_4^{2-} は $Mg(OH)_2$ の沈殿を $N-NH_4OH$ で洗浄すればほとんど共沈してこない. またこの場合洗浄によるリン酸の損失はまったくくみとめられない.

文 献

- 1) H. Levine, J. J. Rowe, F. S. Grimaldi: *Anal. Chem.*, **27**, 258 (1955).
- 2) G. E. Delory: *Biochem. J.*, **32**, 1161 (1938).

Quantitative Analysis of Phosphoric Acid. VII. Concentration of Trace Amount of Phosphate in Dilute Solution or in Sea Water by Coprecipitation with Magnesium Hydroxide. Masayoshi ISHIBASHI and Masayuki TABUSHI (Department of Analytical Chemistry, Faculty of Science, University of Kyoto)

For concentration and separation of a trace of phosphoric acid from disturbing substances, $Mg(OH)_2$ is used as a collector. The precipitate equivalent to above 7 mg Mg in 100 ml of sample solution is necessary for a quantitative coprecipitation of all the phosphoric acid present. Precipitate is centrifuged, taken up in dilute nitric acid and neutralized with ammonia, and molybdenum blue method is applied on the solution. The presence of Mg^{2+} , NH_4^+ and NO_3^- does not interfere the colorimetric determination, and in the case of sea water, Cl^- and SO_4^{2-} , coprecipitated with $Mg(OH)_2$, can be removed to a negligible extent

by washing with ammonia. The presence of As(V) and 3 times as much more As(III) than P gives positive error. Organic phosphorus which is partially coprecipitated, has no influence, as it is not

decomposed by the above treatment. By this procedure, 2~50 γ of P_2O_5 in 100~1000 ml of sample solution can be determined. (Received March 10, 1956)

赤血塩による酸化滴定：バナジウムの定量

木 ト 光 夫*

1 緒 言

先に赤血塩を酸化標準液として鉄、チタンならびに共存する両者の定量について報告したが¹⁾、この方法を4価バナジウムの定量に応用し、あわせて5価バナジウムの黄血塩による滴定を試み、トリリン酸ナトリウムおよびピロリン酸ナトリウムの遮蔽作用への効用を検討した。

2 4価バナジウムの定量

バナジウムと鉄シアン錯塩との酸化還元電位は酸性溶液とアルカリ性溶液中とは逆になっており、酸性溶液中においては5価バナジウムによって黄血塩は酸化をうけるがアルカリ性溶液では逆に4価バナジウムは赤血塩によって酸化される。

3 材料および装置 (1) 酸化標準液としての赤血塩は $N/10$ 赤血カリウム水溶液を硫酸鉄(II)にて標定²⁾したものを使用し、(2) 試料としての4価バナジウムは $N/10$ バナジン酸ナトリウムの $2N$ 硫酸溶液を液状亜鉛 amalgam にて還元したものを過マンガン酸カリウム標準液にて標定した。(3) 遮蔽剤のトリリン酸ナトリウムおよびピロリン酸ナトリウムは必要に応じ使用のたびごと固体のままこれを加え使用した。(4) pH の測定には堀場製作所ガラス電極 pH メータ型Mを使用した。

4 実験法 (1) 遮蔽剤のトリリン酸ナトリウム4gと炭酸水素ナトリウム2gおよび炭酸ナトリウム2gをビーカーにとり水にて溶解し、これに試料の4価バナジウム溶液を一定量加え、ガラス電極を挿入し $2N$ 水酸化ナトリウム溶液を滴下して pH を調節し、赤血塩標準液にて滴定を行い定量値におよぼす pH の実態を調査し、定量可能な pH 範囲を決定した。(2) (1)と同様のことを遮蔽剤にピロリン酸ナトリウムを使用した場合について行い、定量可能な pH 範囲を決定し、(3) (1) (2)の実験において決定した定量可能な pH 範囲内において生成した。4価バナジウムのポリリン酸錯塩を一定時間放置したのち、赤血塩標準液にて滴定をおこない、放置による空気酸化の影響を検討し、その保存性について考察した。

5 実験結果ならびに考察

5.1 4価バナジウムの定量におよぼす pH の影響ならびにその完全定量 pH 範囲

トリリン酸ナトリウムを遮蔽剤に使用した場合 Tab.1 に示すごとく中性附近ではほとんど反応せず pH 10.6~

13.0 の範囲において定量的に酸化される。この際生じた4価バナジウムのトリリン酸錯塩は pH 10.3 以下では緑色を呈し、pH 10.6 以上では褐色の溶液となり、赤血塩標準液にて酸化するとその溶液の色調は褐色から緑を経て青、そして無色となり、赤血塩の1滴の黄色を以て終点とすることができる。

Tab.1 V^{4+} の定量 (トリリン酸ナトリウム使用)

pH	$K_3Fe(CN)_6$ (ml) 0.0914 N	V (mg)	
		存在量	測定量
10.6	16.28	75.9	75.8
10.8	16.30	"	75.9
11.1	16.32	"	76.0
11.6	16.28	"	75.8
12.0	16.30	"	75.9
12.4	16.32	"	76.0
12.6	16.30	"	75.9

ピロリン酸ナトリウムを遮蔽剤に使用した場合 Tab.2 に示すごとくトリリン酸ナトリウムを加えた場合とほとんど同様の結果が得られ、pH 10.7 以上において定量的に酸化されかなり強いアルカリ性の pH 13.0 附近でもなおこのポリリン酸錯塩は破れることなく定量は可能であり pH 10.4 以下では終点附近における反応速度は遅く負の誤差が得られた。

Tab.2 V^{4+} の定量 (ピロリン酸ナトリウム使用)

pH	$K_3Fe(CN)_6$ (ml) 0.0914 N	V (mg)	
		存在量	測定量
10.4	16.12	75.9	75.1
10.7	16.32	"	76.0
11.0	16.30	"	75.9
12.4	16.30	"	75.9
12.6	16.26	"	75.7
12.8	16.20	"	75.5
13.0	16.20	"	75.5

5.2 4価バナジウムのポリリン酸錯塩の安定性について

トリリン酸ナトリウム、ピロリン酸ナトリウムのいずれを遮蔽剤として用いた場合も4価バナジウムは pH 値が大きくなるほど酸化され易くなっており、このことは

* 近畿大学理工学部：布施市小若江