

けい光指示薬を用いる酸-塩基滴定 (示差滴定)

平木 敬三[®], 西川 泰治^{*}

(1980 年 6 月 9 日受理)

けい光指示薬として従来からよく用いられているベンゼン系, ナフタレン系, クマリン系, ザンセン系化合物の代表的指示薬 12 種につきけい光特性, 酸解離定数を求め, 強酸-強塩基, 弱酸-強塩基の中和けい光滴定について検討した. 又, ウンベリフェロン-フルオレセイン混合指示薬を用いて $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$, $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 混合溶液の塩酸による示差滴定, 塩酸キニーネとウンベリフェロンの混合指示薬による $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$ の水酸化ナトリウムによる示差滴定, 及び同指示薬を用いた $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ の塩酸による逆滴定法について研究した.

1 緒 言

けい光性有機化合物で弱酸あるいは弱塩基の性質を有するものは pH の変化によりそのけい光特性が変化するので中和滴定のけい光指示薬として用いられる. 中和けい光滴定の指示薬については後藤¹⁾, Kosheleva²⁾, Okáč ら³⁾, Chen⁴⁾, Temkina ら⁵⁾ などの研究があり, 多数の化合物がけい光指示薬として推奨されている. 一般にけい光指示薬の特長は鋭敏, 特異的なけい光現象を利用するので指示薬濃度が少量でよいこと, pH 変化によるけい光特性の応答が鋭敏であること, 及び着色溶液においてもその終点が明りょうに指示される点にある. しかしながら, この種のけい光滴定の開発が遅れている理由は指示薬のけい光特性の基礎的研究の不足と滴定装置の普及の遅れにある. 従って, 本研究では簡単なけい光光度滴定装置を試作し, これを用いてけい光指示薬の特性を検討し, 強酸-強塩基, 弱酸-強塩基の滴定, 並びに混合けい光指示薬の示差滴定への適用性について検討した.

2 試薬及び装置

2.1 試 薬

指示薬は市販特級品を用い, ウンベリフェロン, アクリジン, フルオレセイン, β -ナフトール, サリチル酸は 10^{-3} M エタノール溶液として, 又アクリジンオレンジ, 塩酸キニーネ, 1-ナフトール-4-スルホン酸, ナフチオン酸ナトリウム, ジクロロフルオレセイン, エオシン, エリトロシンは 10^{-3} M 水溶液として保存し, これを適

当に希釈して使用した.

酸・塩基標準溶液: 0.1N 塩酸及び水酸化ナトリウム溶液はそれぞれ JIS K 8180 (プロモチモールブルー法), K 8576 (フェノールフタレイン, プロモフェノールブルー法) により標定した. 又, リン酸の標定は JIS K 9005 (メチルオレンジ・キシレンシアノール FF 法) によった.

2.2 装 置

けい光光度滴定付属装置として Fig. 1 に示す装置を試作し, 日立 139 型分光光電光度計の受光部にセットした. すなわち, 超高圧水銀燈 (東芝 SHL-100 UV) を光源とし, 日立干渉フィルター 365 で冪光した励起光を滴定セル内の試料に照射する. 励起光と直角方向にけい光冪光フィルターをそう入し, 分光光度計の光電子増倍管でけい光を検出する. この場合, けい光出力 (メータ

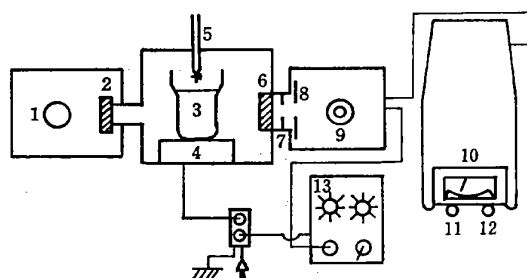


Fig. 1 Schematic diagram of fluorometric titration apparatus

1: High pressure Hg-lamp (Toshiba, SHL-100 UV); 2: Primary filter (Hitachi, FPL filter 365); 3: Titration cell; 4: Magnetic stirrer; 5: Burette (30 ml-Burette, and/or 10 ml-semimicroburette); 6: Secondary filter; 7: Slit; 8: Shutter; 9: Photomultiplier (Hamamatsu television Co. Ltd. R-106); 10: Meter; 11: Zero adjustment dial; 12: Selector switch; 13: Sensitivity control dial

* 近畿大学理工学部化学教室: 大阪府東大阪市小若江 3-4-1

の読み) は分光光度計のメーター感度調節ダイヤルを用いて適当に調節できる。

けい光スペクトル並びに強度の測定には日立けい光分光光度計 203 型を用いた。又、補正けい光スペクトルの測定には日立分光けい光光度計 MPF2A 型及び同スペクトル補正装置を使用した。

3 指示薬のけい光特性

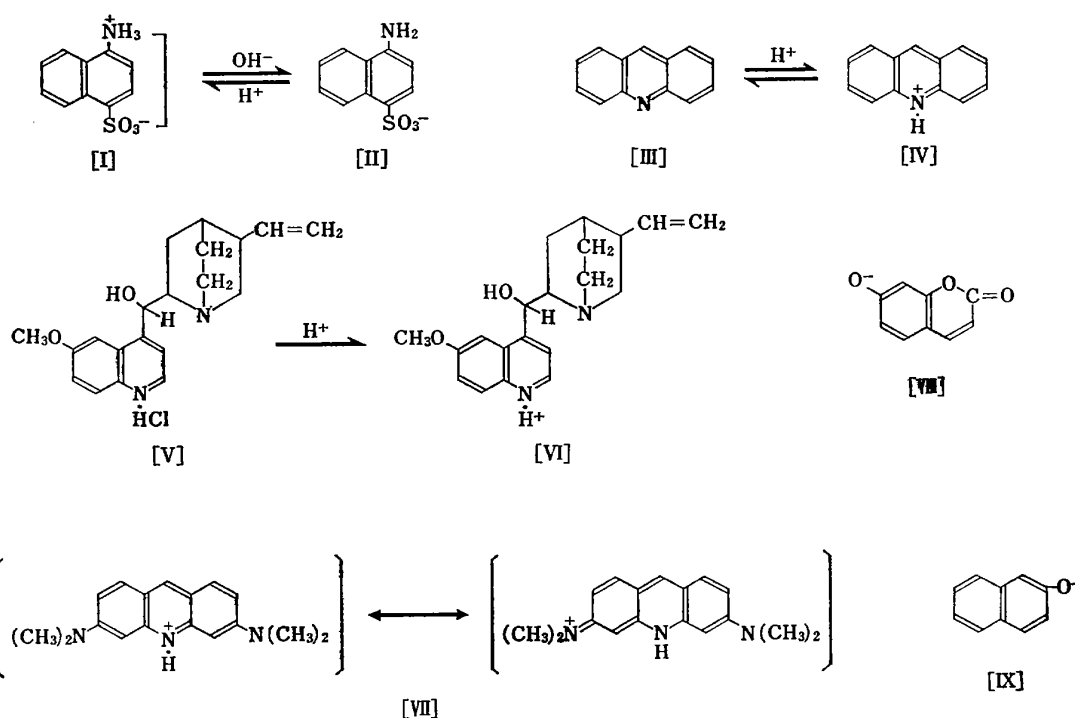
3.1 けい光スペクトル

各種けい光指示薬 (10^{-5} M 溶液) の励起, けい光スペクトルの極大波長を求めた結果を Table 1 に示した。ナフチオン酸, アクリジン及び塩酸キニーネは pH によ

Table 1 Fluorescence properties of acid-base indicators

Indicator	pH	Fluorescence max. wavelength (nm)			pK	$\Delta pH_f^\dagger$	Rel. flu. intensity
		(Corrected)		(Uncorrected)			
		Excitation	Emission	Emission			
Salicylic acid	7.2	303	417	407	4.4	3.8	4 (pH 6.6)
β -Naphthol	9.4	278, 410	357, 410	414	9.7	2.5	37 (pH 11.5)
Naphthionic acid	2.9	325	430	—	4.9	5.9 (pK: 4.9)	47 (pH 6.5)
	7.1	325	430	415	12.4	1.4 (pK: 12.4)	
	12.9	325	430, 520	415, 480	—	—	
1-Naphthol-4-sulfonic acid	10.8	—	—	427	8.4 ₅	2.0	59 (pH 10.8)
Acridine orange	4.1	458, 508	545	—	10.3 ₅	3.3	18 (pH 11.8)
	7.0	458, 508	545	—			
	10.9	445	556	522			
Acridine	4.5	353	482	—	6.0	4.1	220 (pH 13.0)
	7.0	355	440	430			
	11.5	355	434	—			
Quinine hydrochloride	1.0	352	450	—	2.8	1.8 (pK: 2.8)	27 (pH 4.0)
	6.9	333	393	450	4.9	1.4 (pK: 4.9)	
	9.0	333	393	—	—	—	
7-Hydroxycoumarin (Umbelliferone)	1.0	—	—	470	7.7	2.2 (pK: 7.7)	1400 (pH 10.7)
	4.0	326	458	—			
	6.9	326	458	450	13.0	1.8 (pK: 13.0)	
Fluorescein	7.1	494	518	510	4.6	1.8	102 (pH 6.2)
Dichlorofluorescein	7.0	461	528	518	3.9	2.2	44 (pH 6.0 ₅)
Eosin	7.1	446	545	548	2.8	2.6	11 (pH 6.2)
Erythrosine	7.0	524	552	550	3.6	2.1	1 (pH 6.3)

$\dagger$ Transition interval of fluorescence; $\Delta pH_f = (pK + 1) - (pK - 1) = 2$



って励起, けい光スペクトルが大きく変化する (Fig. 2). ナフチオン酸の酸性溶液における 430 nm の極大波長は陽イオン[I] に, 塩基性溶液の 520 nm の極大波長はその陰イオン[II] に由来するスペクトルと解せられ, -HN_3^+ の生成はけい光強度を低下させる⁶⁾ (Fig. 4).

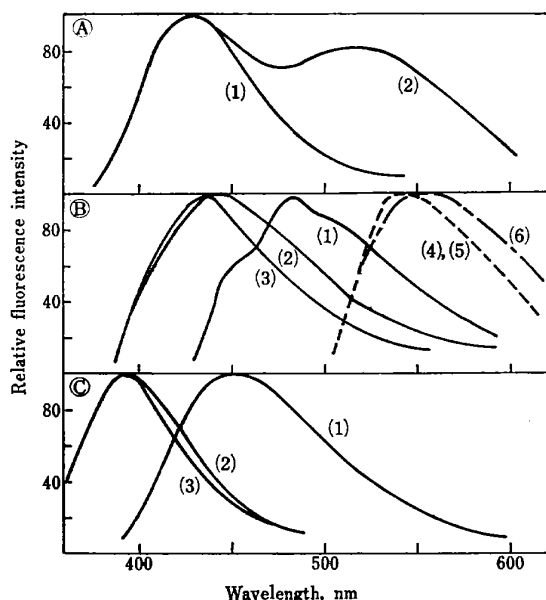


Fig. 2 Fluorescence spectra of acid-base indicators (corrected)

Ⓐ Naphthionic acid : (1) pH=2.9, 7.1, (2) pH=12.9; Ⓑ Acridine : (1) pH=4.5, (2) pH=7.0, (3) pH=11.5; Acridine orange : (4) pH=4.5, (5) pH=6.9, (6) pH=10.9; Ⓒ Quinine hydrochloride : (1) pH=1.0, (2) pH=6.9, (3) pH=9.0

アクリジン[III] 及び塩酸キニーネ[V] のような含窒素複素環式化合物は酸性溶液でそれぞれアクリジウムイオン[IV], キニーネカチオン[VI] を生成し, いずれもそのスペクトルは赤方に大きく偏移する. 一方, アクリジンオレンジは水溶液中でキノイド型共鳴混成構造[VII] をとると考えられるが, この場合 pH の変化によるスペクトルの偏移は大きくない (Fig. 2, Ⓑ).

その他の指示薬の中性付近におけるけい光スペクトルを Fig. 3 に示す. ベンゼン系, ナフタレン系, クマリン系の指示薬のけい光極大波長は (410~458) nm にあり, 青紫色のけい光を示す. ザンセン系指示薬のそれは (518~552) nm にあり, いずれもキノイド型アニオンの緑色~とう色のけい光を示し, 重ハロゲンの導入により, けい光極大波長は赤方偏移し, かつその相対けい光強度は順次減少する.

クマリン環の 7 位に水酸基を有するウンベリフェロン並びに β -ナフトールはそれぞれの母核, クマリン {け

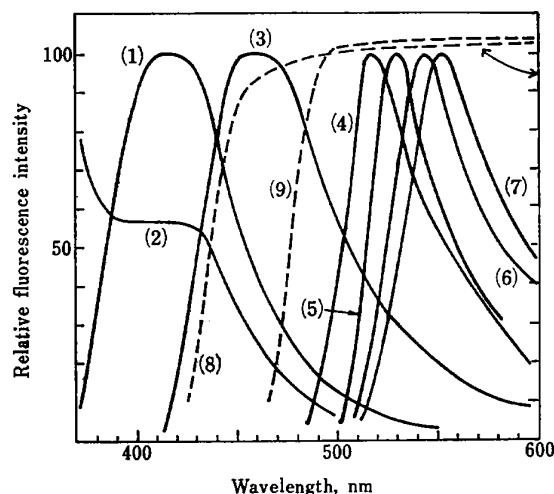


Fig. 3 Fluorescence spectra of acid-base indicators (corrected)

(1) Salicylic acid, pH=7.2; (2) β -Naphthol, pH=9.4; (3) Umbelliferone, pH=6.9; (4) Fluorescein, pH=7.1; (5) Dichlorofluorescein, pH=7.0; (6) Eosin, pH=7.1; (7) Erythrosin, pH=7.0; (8), (9) Transmittance curves of secondary filter No. 42 and No. 47, respectively

い光波長: (400~430) nm}, ナフタレン {(315~377) nm} より長波長側に偏移し, 塩基性溶液ではいずれもウンベリフェロンアニオン[VIII], ナフトレートアニオン[IX] のためけい光強度の増大をもたらす (Fig. 4).

3.2 酸解離定数

各指示薬の 1×10^{-5} M 水溶液について pH-けい光強度曲線 (Clark-Lubs 緩衝溶液⁷⁾ 使用) を求めた結果を Fig. 4 に示す. 又, 作図法により酸解離定数 pK を求めた結果を Fig. 5 に示した⁸⁾. Fig. 5 より各指示薬のけい光の変化限域 ΔpH_f (transition interval of fluorescence; 指示薬の変色限域の定義⁹⁾ に従った) を求めた結果を Table 1 に示した. その結果, ウンベリフェロン, フルオレセイン, 塩酸キニーネは ΔpH_f 値が小さく, けい光指示薬として優れている.

指示薬のけい光強度は pK 値とともに指示薬選択の基準となる. そこで, 1×10^{-5} M の各指示薬水溶液につき, けい光スペクトルの面積比 (エリトロシン: 1) よりそれぞれの相対けい光強度を測定した. 結果を Table 1 に示す. ウンベリフェロン, アクリジン, フルオレセインはけい光強度が大きく, 光度滴定, 目視滴定のけい光指示薬として利用しやすい. 特にウンベリフェロン (pK: 7.7, ΔpH_f : 2.2) は強酸-強塩基のけい光指示薬として, 又フルオレセイン (pK: 4.6, ΔpH_f : 1.8) は弱塩基-強酸の中和滴定に有効である. 又塩酸キニーネ

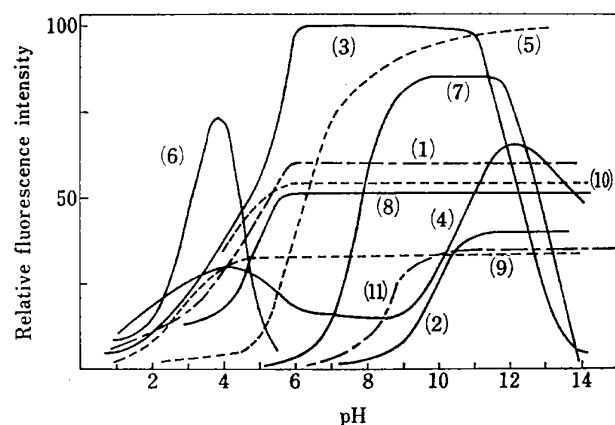


Fig. 4 pH-fluorescence intensity curves of acid-base indicators

(1) Salicylic acid, 3.3×10^{-6} M, 365/407 nm, 1 μ g quinine sulfate/ml 100 div.; (2) β -Naphthol, 2.8×10^{-6} M, 365/414 nm, 1 μ g Q. S./ml 100 div.; (3) Naphthionic acid, 1.7×10^{-6} M, 365/415 nm, 1 μ g Q. S./ml 50 div.; (4) Acridine orange, 1.3×10^{-6} M, 365/522 nm, 0.125 μ g uranine/ml 50 div.; (5) Acridine, 2.2×10^{-6} M, 365/430, 475 nm, 1 μ g Q. S./ml 100 div.; (6) Quinine hydrochloride, 1×10^{-5} M, 365/450 nm, 1 μ g Q. S./ml 20 div.; (7) Umbelliferone, 2.5×10^{-6} M, 365/450 nm, 1 μ g Q. S./ml 10 div.; (8) Fluorescein, 1.2×10^{-6} M, 365/510 nm, 0.125 μ g Uranine/ml 10 div.; (9) Eosin, 5.8×10^{-7} M, 365/548 nm, 0.125 μ g uranine/ml 40 div.; (10) Erythrosin, 4.5×10^{-5} M, 365/550 nm, 0.125 μ g uranine/ml 20 div.; (11) 1-Naphthol-4-sulfonic acid, 2.9×10^{-6} M, 365/427 nm, 1 μ g Q. S./ml 100 div.

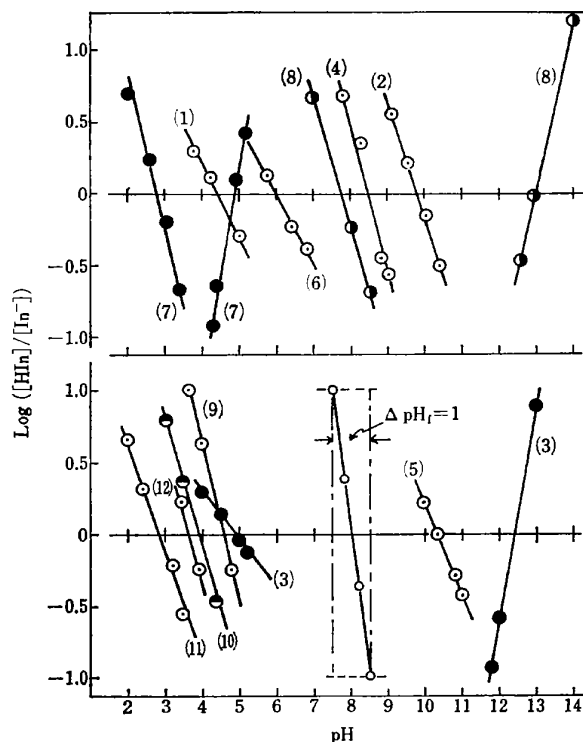


Fig. 5 Change in $\log[HIn]/[In^-]$ with pH

$HIn \rightleftharpoons In^- + H^+$, $pH = pK_a - \log([HIn]/[In^-])$; $[HIn]$: The concentration of indicator; $[In^-]$: The concentration of indicator anion; (1) Salicylic acid; (2) β -Naphthol; (3) Naphthionic acid; (4) 1-Naphthol-4-sulfonic acid; (5) Acridine orange; (6) Acridine; (7) Quinine hydrochloride; (8) Umbelliferone; (9) Fluorescein; (10) Dichlorofluorescein; (11) Eosin; (12) Erythrosin

($pK: 2.8, 4.9, \Delta pH_f: 1.8, 1.4$) はリン酸の中和滴定の指示薬として優れている。

4 中和滴定

4.1 強酸-強塩基の中和滴定

(0.1~0.005)N の塩酸をウンベリフェロン ($pK: 7.7$) を指示薬として水酸化ナトリウム溶液で滴定し、標準偏差 0.26% 以内で定量できる。滴定最終容量 (50~60)ml に対し、 1×10^{-5} M の指示薬溶液 0.15 ml を用いれば明らかに終点が指示される。

4.2 水酸化ナトリウム-炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム-炭酸ナトリウム混合溶液の示差滴定

フルオレセイン ($pK: 4.6$) とウンベリフェロン ($pK: 7.7$) の混合けい光指示薬を用いて水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合溶液、あるいは炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合溶液中の各成分を塩酸で滴定して示差定量できる。これらの混合溶液を塩酸の標準溶液で滴定した 1 例を Fig. 6, (1), (2) に示した。すなわち、第 1 当量点はウンベリフェロンのけい光の減少に

より指示され、水酸化ナトリウム、あるいは炭酸ナトリウムの 1/2 当量に相当する中和点を、又、第 2 当量点はフルオレセインのけい光の消失による炭酸水素ナトリウムの中和点を指示する。この示差滴定には二次フィルターとして 47 (Fig. 3) が適している。

4.3 リン酸の中和滴定

リン酸の $H_3PO_4 \rightleftharpoons H_2PO_4^- + H^+$, $H_2PO_4^- \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + H^+$, $HPO_4^{2-} \rightleftharpoons PO_4^{3-} + H^+$ の酸解離定数はそれぞれ $pK_1: 2.14_8$, $pK_2: 7.19_8$, $pK_3: 11.7_8$ である。従って、塩酸キニーネ ($pK: 2.8$), ウンベリフェロン ($pK: 7.7$) の指示薬を用いて水酸化ナトリウム標準溶液で滴定すれば第 1 及び第 2 の当量点を求めることができる。明らかな終点を得るためには試料溶液 (30~35)ml に対して 1×10^{-5} M 塩酸キニーネ溶液 0.08 ml を加えて水酸化ナトリウム標準溶液で滴定し、第 1 段の当量点を求める。次いで塩化ナトリウム 10g と 1×10^{-5} M ウンベリフェロン指示薬 0.1 ml を添加し、続いて水酸化ナトリウム標準溶液で滴定し第 2 の当量点を求める。こ

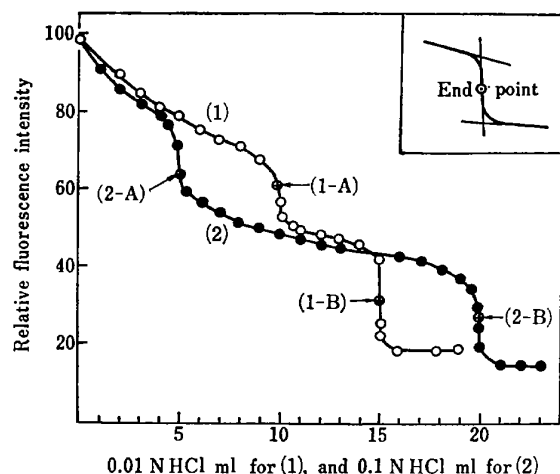


Fig. 6 Typical titration curves of base with acid standard solution

(1) 0.01 N Na_2CO_3 10 ml + 0.01 N NaOH 5 ml, 1×10^{-5} M umbelliferone 0.015 ml, 1×10^{-4} M fluorescein 0.03 ml, secondary filter: No. 47, end point: A = 10.00 ml, B = 15.05 ml; (2) 0.1 N NaHCO_3 10 ml + 0.1 N Na_2CO_3 10 ml, 1×10^{-5} M umbelliferone 0.015 ml, 1×10^{-4} M fluorescein 0.03 ml, secondary filter: No. 47, end point: A = 5.00 ml, B = 20.08 ml; Initial total volume: 35 ml; Primary filter: UV-365; Sensitivity control: Coase 3, fine 5

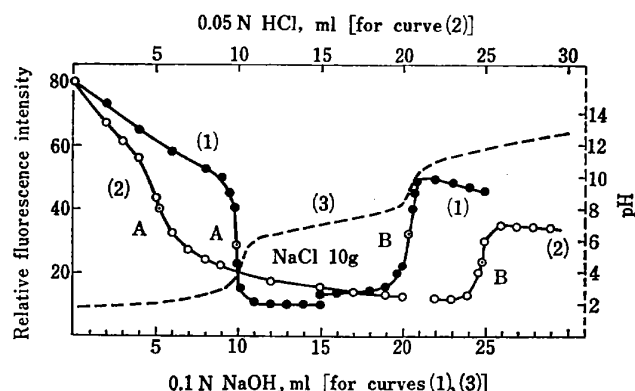


Fig. 7 Titration curves for phosphoric acid and phosphates

(1) 0.1 N H_3PO_4 30 ml, 1×10^{-5} M quinine hydrochloride 0.08 ml, NaCl 10 g, 1×10^{-5} M umbelliferone 0.1 ml; (2) 0.05 N Na_3PO_4 15 ml + 0.05 N Na_2HPO_4 15 ml, H_2O 5 ml, 1×10^{-4} M umbelliferone 0.1 ml, 1×10^{-4} M quinine hydrochloride 0.08 ml; (3) pH titration curve, 0.1 N H_3PO_4 30 ml; A: First end point; B: Second end point

のようにして求めた滴定曲線の 1 例を Fig. 7, (1) に示した. (0.1~0.05) N のリン酸が精度よく定量できる (第一当量点標準偏差: 0.21%, 第二当量点標準偏差: 0.33%). 塩化ナトリウムは第一当量点を得た後添加するとリン酸水素二ナトリウムの加水分解を抑制し, 第二当量点の変曲が明りょうになる. リン酸-リン酸二水素ナトリウム混合溶液についても同様に水酸化ナトリウム

標準溶液で滴定し, 示差定量できる. 結果を Fig. 8 に示す. この際, Fig. 8 に示したように Higuchi¹⁰⁾ の提出した終点決定法を用いると, 当量点が正確に求められる.

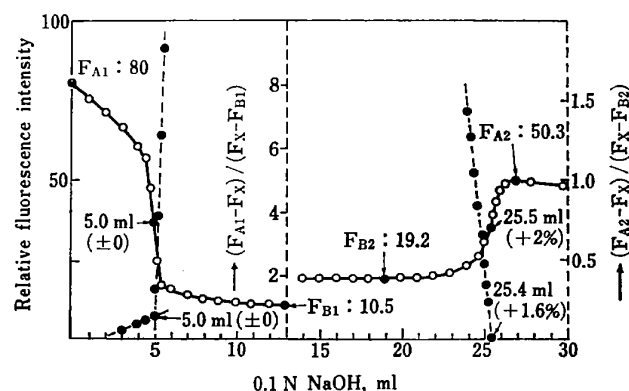


Fig. 8 Titration curve for phosphoric acid and sodium dihydrogenphosphate

0.1 N H_3PO_4 15 ml + 0.1 N NaH_2PO_4 15 ml, 1×10^{-5} M quinine hydrochloride 0.08 ml, NaCl 10 g, 1×10^{-5} M umbelliferone 0.08 ml; Primary filter: 365; Secondary filter: 47; Sensitivity control: Coarse 3, fine 3

又, リン酸ナトリウム-リン酸水素二ナトリウム混合溶液についてウンベリフェロン, 次いで塩酸キニーネ指示薬を用い, 塩酸標準溶液で逆滴定してそれぞれが定量できる. Fig. 7, (2) に逆滴定結果の 1 例を示した.

本法は従来より使用されているメチルオレンジ, フェノールフタレインを用いる滴定法や pH 滴定法より当量点の指示が明りょうで, 滴定誤差も小さく優れている.

5 温泉水中の炭酸アルカリ塩の分析

3.2 の示差滴定法に従って和歌山県白浜町古賀浦温泉で採取した試料水について炭酸アルカリ塩を定量した結果を Fig. 9 及び Table 2 に示す. Fig. 9, (3) に示したようにウンベリフェロン指示薬 ($pK: 7.7$) 単独使用の場合には本試料の滴定曲線は変曲点を示さず, かつフルオレセインとウンベリフェロンの混合けい光指示薬を用いた場合にのみ 1 段の明りょうな変曲点 {Fig. 9, (1)-B 当量点} を示すことから, 本温泉水試料中の炭酸アルカリ塩は炭酸水素塩であると判定できた. 更に, 本試料に炭酸ナトリウム溶液一定量を添加, 滴定した結果 {Fig. 9, (2)} も被滴定成分として炭酸水素塩 ($41.4 \text{ mg HCO}_3^- / 20 \text{ ml}$) のみを含有することが立証でき, 本温泉水はヒドロ炭酸塩 (炭酸水素ナトリウムとして 2848 mg/l) を主成分とするアルカリ泉であることを明らかにした.

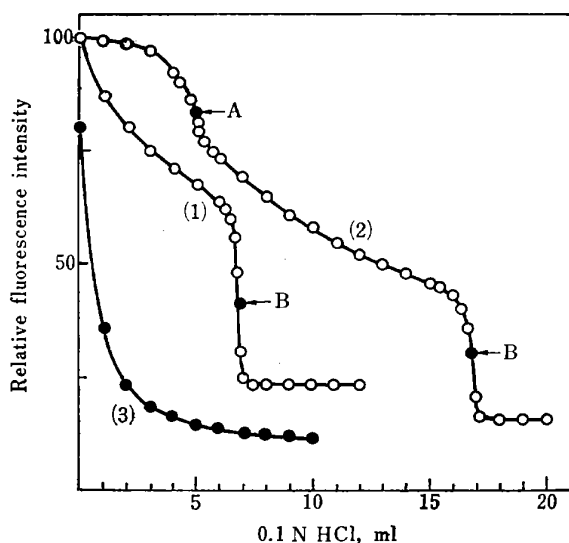


Fig. 9 Analysis of alkali-carbonate in hot spring water

(1) Sample hot spring water 20 ml, 1×10^{-5} M umbelliferone 0.03 ml, 1×10^{-4} M fluoresceine 0.03 ml, coarse: 2, fine: 4.8; (2) Sample 20 ml + 0.1 N Na_2CO_3 10 ml, 1×10^{-5} M umbelliferone 0.03 ml, 1×10^{-4} M fluoresceine 0.03 ml, coarse: 2, fine: 5.1; (3) Sample 20 ml, 1×10^{-5} M umbelliferone 0.03 ml, coarse: 3, fine: 8

Table 2 Analysis of alkali-carbonate in hot spring water

	Sample taken (ml)	0.10 N HCl (ml)	Found HCO_3^- (mg)	NaHCO_3 Content in sample water (mg/l)
No. 1	20	6.80	41.4 ₈	2855
2	20	6.80	41.4 ₈	2855
3	20	6.75	41.1 ₇	2835
		Mean: 6.80	41.3 ₇	2848
4	20 ml + 0.10 N Na_2CO_3 10 ml	16.80 (6.80)	(41.4 ₈)	2855

Sample: Spring Kogaura, Wakayama Prefecture; Na^+ : 1258, K^+ : 645, Ca^{2+} : 65, Mg^{2+} : 20, Cl^- : 1007, SO_4^{2-} : 196, H_2SiO_3 : 122(mg/l); $d=1.007$; Temp.: 77 °C

本研究の費用の一部は文部省科学研究費並びに近畿大学研究助成費によった。付記して謝意を表する。

文 献

- 1) 後藤秀弘: 日化, **59**, 365 (1938).
- 2) G. Kosheleva: *Zavod. Lab.*, **21**, 900 (1955).
- 3) A. Okáč, J. Horák: *Chem. Listy*, **50**, 1232 (1956).
- 4) R. Chen: *Analyt. Lett.*, **1**, 423 (1968).
- 5) V. Temkina, G. Yaroshenko, R. Lastovskii: *Zh. Anal. Khim.*, **22**, 632 (1967).
- 6) 小泉正夫: “光化学概論”, p. 182 (1965), (朝倉書店).

- 7) 日本化学会編: “化学便覧”, 基礎編 II, p. 1313 (1966), (丸善).
- 8) G. Hildebrand, C. Reilly: *Anal. Chem.*, **29**, 258 (1957).
- 9) 上野景平, 今村寿明: “容量分析”, 基礎分析化学講座 8 卷, p. 39 (1965), (共立出版).
- 10) T. Higuchi, C. Rehm, C. Barnstein: *Anal. Chem.*, **28**, 1506 (1956).

☆

Acid-base titration by use of fluorescent indicators (Differential titration method). Keizo HIRAKI and Yasuharu NISHIKAWA (Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Kinki University, 3-4-1, Kowakae, Higashiosaka-shi, Osaka)

The spectral properties, acid dissociation constant (pK) and transition interval of fluorescence (ΔpH_f) of various fluorescent indicators have been studied. The indicators studied were: salicylic acid— λ_{em} max.: 417 nm (at pH 7.2), pK : 4.4 [ΔpH_f : 3.8]; 1-naphthol-4-sulfonic acid—427 nm (pH 10.8), pK : 8.4₅ [2.0]; β -naphthol—357 nm, 410 nm (pH 9.4), pK : 9.7 [2.5]; naphthionic acid—430 nm (pH 2.9~7.1), 520 nm (pH 12.9), pK : 4.9, 12.4 [5.9, 1.4]; acridine orange—545 nm (pH 4.1~7), 556 nm (pH 10.9), pK : 10.3₅ [3.3]; acridine—482 nm (pH 4.5), 440 nm (pH 7), 434 nm (pH 11.5), pK : 6.0 [4.1]; quinine hydrochloride—450 nm (pH 1), 393 nm (pH 6.9~9.0), pK : 2.8, 4.9 [1.8, 1.4]; umbelliferone—458 nm (pH 4~6.9), 450 nm (pH 10.5), pK : 7.7, 13.0 [2.2, 1.8]; fluorescein—518 nm (pH 7.1), pK : 4.6 [1.8]; dichlorofluorescein—528 nm (pH 7.0), pK : 3.9 [2.2]; eosin—545 nm (pH 7.1), pK : 2.8 [2.6]; erythrosin—552 nm (pH 7.0), pK : 3.6 [2.1]. A simple modification of the fluorescence titrimeter, with the objective of recording the end point, has been proposed. A mixed fluorescent indicator of fluorescein and umbelliferone is available for the differential titration of sodium carbonate-sodium hydroxide system, and/or sodium bicarbonate-sodium carbonate system. The titration curve with acid showed two mid points. The first (at pH 7.7) and second mid point (at pH 4.6) were indicated by the decrease of blue fluorescence based on umbelliferone, and of yellowish green fluorescence based on fluorescein, respectively. Similarly, a mixed fluorescent indicator of quinine hydrochloride and umbelliferone suited for the differential titration of phosphoric acid-sodium dihydrogenphosphate system with sodium hydroxide standard solution, and/or sodium phosphate-disodium hydrogenphosphate system with hydrochloric acid standard solution. Alkali-carbonate in hot spring water was successfully titrated by this method.

(Received June 9, 1980)

Keyword phrases

acid-base titration by use of fluorescent indicators; differential method, acid-base titration, fluorescent indicator.