量のオキシンの滴定に応用された⁵³⁾。亜鉛棒と白金極を短絡し、亜鉛棒の滴定液中に浸る部分の長さを機械的に変えることによって電流を調節するという簡単な装置が作られ、還元滴定に用いられた⁵⁴⁾。慣性の小さな積分モーターを用いて電量を測定する方式が報告されたが⁵⁵⁾、この方法によれば電流を精密に一定とする必要も、測時の必要もない点便利であろう。トランジスター回路が 100 μ A $\sim$ 5 mA の定電流電源として用いられることが報告され、また出力を連続的に変化させることもできるので、電流走査のポーログラフの電源としても用いられることが示された⁵⁶⁾。数 100 mA の定電流が 0.1% の精度で得られる装置が作られた⁵⁷⁾。連続電量分析装置が作られ⁵⁸⁾、これを安定に操作するための条件について検討された⁵⁹⁾。また終点検知に双金属電流滴定法を利用する方式の自動滴定装置も作られた⁶⁰⁾。自動記録装置も作られた^{61)~63)}。

文 献

- 1) 高橋昭: 化学の領域, **9**, 49 ('55); 2) D. D. DeFord: Anal. Chem., **28**, 662 ('56); 3) 桃木弘三: 分化, **4**, 646 ('55); 4) 藤永太郎, 武藤義一: 分化, **4**, 321 ('55); 5) 武藤義一: 電化, **24**, 605 ('56); 6) E. H. Swift: Anal. Chem., **28**, 1804 ('56); 7) T. Meites, L. Meites: ibid., **27**, 1531 ('55); 8) J. J. Lingane, J. A. Page: Anal. Chim. Acta, **13**, 281 ('55); 9) W. M. MacNevin, R. D. McIver: Anal. Chem., **27**, 1994 ('55); 10) L. Meites: ibid., **27**, 1114 ('55); 11) L. Meites, T. Meites: Anal. Chem., **28**, 103 ('56); 12) L. Meites: ibid., **27**, 1116 ('55); 13) T. C. Franklin, C. C. Roth: ibid., **27**, 1197 ('55); 14) H. W. Hoyer: J. Phys. Chem., **60**, 372 ('56); 15) 榊井雅一郎, 佐用博照: 薬学誌, **75**, 1515 ('55); 16) M. Masui, H. Sayo, Y. Nomura: Pharm. Bull. (Tokyo), **4**, 337 ('56); 17) H. Gerischer, W. Vielstich: Z. phys. Chem. (Neue Folge), **3**, 16 ('55); 18) J. S. Parsons, W. Seaman: Anal. Chem., **27**, 210 ('55); 19) J. J. Lingane, R. T. Iwamoto: Anal. Chim. Acta, **13**, 465 ('55); 20) H. V. Malmstadt, C. B. Roberts: Anal. Chem., **27**, 741 ('55); 21) J. J. Lingane, J. H. Kennedy: Anal. Chim. Acta, **15**, 465 ('56); 22) W. D. Shults, P. F. Thomason, M. T. Kelley: Anal. Chem., **27**, 1750 ('55); 23) K. W. Edwards, D. M. Kern: ibid., **28**, 1876 ('56); 24) R. W. Schmid, C. N. Reilley: ibid., **28**, 520 ('56); 25) H. H. Stein: Anal. Abstr., **4**, 2483 ('57); 26) J. M. Dunham, P. S. Farrington: Anal. Chem., **28**, 1510 ('56); 27) G. M. Arcand, E. H. Swift: ibid., **28**, 440 ('56); 28) P. S. Tutundzic, S. Mladenovic: Anal. Chim. Acta, **12**, 382 ('55); 29) P. S. Tutundzic, S. Mladenovic: ibid., **12**, 390 ('55); 30) D. Monnier, P. Zwahlen: Helv. Chim. Acta, **39**, 1865 ('56); 31) R. V. Dilts, N. H. Furman: Anal. Chem., **27**, 1275 ('55); 32) R. V. Dilts, N. H. Furman: ibid., **27**, 1596 ('55); 33) N. H. Furman, A. J. Fenton: ibid., **28**, 515 ('56); 34) T. Takahashi, K. Kimoto, H. Sakurai: Rept. Inst. Ind. Sci., Univ. Tokyo, **5**, 133 ('55); 35) A. M. Hartley, J. J. Lingane: Anal. Chim. Acta, **13**, 183 ('55); 36) K. Rowley, E. H. Swift: Anal. Chem., **27**, 818 ('55); 37) W. C. Purdy, E. A. Burns, L. B. Rogers: ibid., **27**, 1988 ('55); 38) J. J. Lingane, F. C. Anson: ibid., **28**, 1871 ('56); 39) C. N. Reilley, W. W. Porterfield: ibid., **28**, 443 ('56); 40) D. D. DeFord, H. Horn: ibid., **28**, 797 ('56); 41) E. P. Przybylowicz, L. B. Rogers: Anal. Chem., **28**, 799 ('56); 42) P. S. Tutundzic, I. Doroslovacki, O. Tatic: Anal. Chim. Acta, **12**, 481 ('55); 43) M. Nakanishi: Natural Sci. Rept. Ochanomizu Univ., **6**, 103 ('55); 44) C. A. Streuli: Anal. Chem., **28**, 130 ('56); 45) R. B. Hanselman, C. A. Streuli: ibid., **28**, 916 ('56); 46) F. A. Leisey, J. F. Grutsch: ibid., **28**, 1553 ('56); 47) W. N. Carson, H. S. Gile: ibid., **27**, 122 ('55); 48) R. Schreiber, W. D. Cooke: ibid., **27**, 1475 ('55); 49) D. W. Einsel, H. J. Trurnit, S. D. Silver, E. C. Steiner: ibid., **28**, 408 ('56); 50) P. S. Farrington, D. T. Sawyer: J. Am. Chem. Soc., **78**, 5536 ('56); 51) 高橋武雄: 分化, **6**, 590 ('57); 52) M. A. V. Devanathan, Q. Fernando: J. Sci. Instr., **33**, 323 ('56); 53) M. A. V. Devanathan, Q. Fernando: Trans. Faraday Soc., **52**, 1332 ('56); 54) J. S. Hetman: Analyst, **81**, 543 ('56); 55) J. S. Parson, W. Seaman, R. M. Amick: Anal. Chem., **27**, 1754 ('55); 56) N. H. Furman, L. J. Sayegh, R. N. Adams: ibid., **27**, 1423 ('55); 57) G. E. Gerhardt, H. C. Lawrence: J. S. Parsons: ibid., **27**, 1752 ('55); 58) 高橋昭, 山本啓太, 山下照, 計測, **5**, 190 ('55); 59) 山本啓太, 高橋昭, 山下照: 計測, **5**, 347 ('55); 60) H. L. Richter: Anal. Chem., **27**, 1526 ('55); 61) 山下政夫, 花村茂樹: 名工技試報, **4**, 264 ('55); 62) 山下政夫, 花村茂樹: ibid., **4**, 270 ('55); 63) 山下政夫, 花村茂樹: ibid., **5**, 231 ('56)

14 炎 光 光 度 分 析

音 在 清 輝・福 島 昭 三*

14.1 解 説, 綜 説

炎光分析においても本格的な教科書⁶²⁾¹¹²⁾が現われた。また一般的な解説⁸⁾¹²⁾³⁴⁾⁴⁸⁾⁵⁰⁾¹²²⁾¹²³⁾¹³⁰⁾や綜説⁸⁷⁾⁹⁹⁾¹¹³⁾¹¹⁵⁾。

* Kiyoteru Ootazai, Shouzow Fukushima: Faculty of Science, Osaka University, Osaka, Japan. (大阪大学理学部化学教室)

128)129)132) が盛であり特に臨床医学的な分野の綜説¹⁵⁾¹⁷¹⁾も行われた。

14.2 対 象 元 素

依然アルカリ, アルカリ土類元素を対象とするものが圧倒的に多いがその他の元素を対象とする研究も多

くなつた。Ag¹⁴⁵⁾, Al¹⁵⁰⁾, B²⁶⁾, Co¹⁸⁾(153)¹⁸⁰⁾, Cr¹⁸⁾(80)¹⁸⁰⁾, Cu²⁸⁾(30)(103)(153)¹⁸⁰⁾, Fe²⁵⁾(27)(29)(106)(153)¹⁸⁰⁾, Ga¹¹⁶⁾, La²⁵⁾(83), Mn¹⁸⁾(25)(32)(38)(78)(81)(98)(145)(153)¹⁸⁰⁾, Ni¹⁸⁾(180), P¹⁸⁾, Pb¹²⁵⁾(180)などが直接法で定量され、Cl¹⁶⁴⁾, F⁸⁵⁾が夫々 CuCl, CaFの発光により定量された。また Ca に及ぼす干渉を逆用して Al⁹⁶⁾が間接定量された。

14.3 炎の中の反応と共存物の干渉

炎光分析研究の中心課題は“共存物の干渉”であるがその干渉現象の場たる炎自身の解明において種々の業績がある。全般的な解説書として有名な B. Lewis, G. von Elbe の書物実験データはないがストーリーの明快的な書物が出た⁵¹⁾。

炎の温度測定については数年前程多くの文献はないが前掲書の他に総合的な評論¹⁴⁾や議論⁵²⁾が行われ、輝線反転法による測定⁸⁴⁾やスペクトルの強度比による測定²⁾(67)⁹⁷⁾(135)¹⁸²⁾が試みられた。

発光や共存物の干渉を本質的に論議するには色々な化学種の個々の濃度を知ることが大切であるが、この困難な問題にも手がつけられるようになった。マイクロ波吸収による電子密度の測定がさらに発展し¹⁵⁶⁾、これと金属の発光強度の解析とからアルカリ元素の挙動が解明され¹⁶⁷⁾、Na においては Na⁺, NaH, NaOH など殆んどなく、他のアルカリ、アルカリ土類元素では複雑な化学種が形成されることがわかつた。これを利用して H, OH, O, OH⁻ の濃度が測定され、アルカリ土類元素の場合には [MOH]⁺, [OM·OH]⁻ のような奇妙なイオンの存在が推定され、またこれらの化学種の熱平衡からのずれが定量的に論ぜられるようになった¹⁷⁾(92)⁹³⁾(133)¹⁵⁹⁻¹⁶⁸⁾(170)。

また D 線の発光、吸収、自己吸収を組合せて、基底状態および励起状態の Na の絶対濃度が測定された⁹⁸⁾。

またこのような論議のために従来欠けていた関連化学種の平衡計算に必要な熱力学データが整備された¹⁶⁾(53)⁹²⁾(93)(169)(170)(181)。

遊離基の発光、吸収により直接その濃度を測定したり⁶⁷⁾(135)¹⁸⁷⁾、今まで明確でなかったアルカリ土類元素の発光種を定めたり⁵⁴⁾(68)(69)(95)(101), 特にソ連では発光理論から接近したりして¹⁰⁾(99)(117)(160), 炎の中の金属化学種の挙動が次第に解明されて来て、例えば各元素の励起には個々の最適温度があるという知見⁸⁶⁾、アルカリ相互の相乗干渉は低温程少いという知見¹⁴²⁾(144) などの内容が想像出来るようになった。

干渉の機作に関しては従来噴霧速度、噴霧粒度、炎の温度などの変化、炎中の発光金属の関与する電離平衡、解

離平衡の移動、難発光性化合物の生成などの諸説が行われて来たが、その総合的な解説や研究⁸⁾(45)(55)(134)(138)(141)(175)が見られ、特にアルカリ相互の電離平衡に対する考察から、N₂ で稀釈し適当に炎の温度を下げれば相互の干渉がなくなるという研究¹⁴⁴⁾ の進め方は一つの典型を与えるものと思われる。有名なアルカリ土類に対する PO₄³⁻, Al, Cr, SO₄²⁻ などの消光作用に関しては発光金属と干渉物との当量関係に注目し難発光性化合物生成説が検討された⁷⁶⁾(105)(151)(176)。

14.4 装置の改良、試作

シアン-酸素の炎は 5000°K 近い温度を与えることが知られているが²¹⁾(82), これを炎光分析の光源としてとり入れ、Al を直接発光し、その他 Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Sr の定量限界を下げるものが試みられた¹⁸⁰⁾。

静電力気を駆動力とした珍しい新噴霧方式のバーナーが発明され¹⁶⁵⁾、引火性溶媒を安全に取扱える噴霧器が考案⁴⁴⁾された他簡易な圧力調整器⁶⁾、種々の噴霧バーナーの自作が報告された⁸¹⁾(120)。

特定の光をとり出すのに分光器や濾光板を使わない“optical-electrical-filter”なるものが現われた⁴⁾が、これは光を二光路に分け、一方に目的元素により着色した炎を置き、目的元素からの光のみ吸収させ両光路の光を chopper で交互に光電管に入れて吸収分のみ交流信号にし増巾する方式である。

Na, K, Mg, Ca, Sr の五元素を同時定量しようという五光路方式の炎光分光光度計が試作され¹⁷⁹⁾、さらにこれを利用してバックグラウンドを自動的に差引くことが試みられ¹⁰⁴⁾、単光路方式を内部標準測定に便利にする工夫がなされた¹²⁵⁾。

Beckman DU を自記式に改造する色々な工夫¹²¹⁾(161)¹⁸⁸⁾、や指針の変動を少くするための電気回路の改良¹⁴⁷⁾がなされ、放射性試料を安全に取扱うためにダクトと濾過器がとりつけられた³⁹⁾。

14.5 特殊な試料調整法

ガソリン試料を直接噴霧することが実用され¹²⁵⁾、クロロホルム¹⁸⁾(80), アミール・アルコール⁴⁴⁾, アミール・アセテート³⁰⁾, アセチル・アセトン²⁹⁾(153), メタノール²⁶⁾(73)(103)(107)(192)が抽出分離および増感の目的に利用された。増感剤となる有機物の調査が行われた¹⁵⁸⁾(166)他、以前からよく使われたイソプロピル・アルコール⁴¹⁾(71)(102), アセトン¹⁴⁵⁾などもよく利用されている。

14.6 干渉を除去するための化学操作

固体試料の場合一旦完全に溶解するよりも目的によっては目的元素の選択溶解をした方が便利ことがある。例えば肥料中の水溶性 **K** は水で抽出し全 **K** は **HCl** で抽出単離され¹⁵⁵⁾、薬剤中の **Co**, **Cu**, **Fe**, **Mg**, **Mn** が **HCl** で抽出された¹⁵³⁾。

水溶液試料から目的元素を抽出単離する例としては **Fe** がアセチル・アセトン²⁹⁾¹⁵³⁾や **HCl**-エチル・エーテル²⁵⁾で抽出され、大量の **Fe** から **Cu** を単離するのに **Fe** の混入を防ぐためくえん酸アンモンを加えて 1% サリチル・アルドキシムのクロロホルム溶液または醋酸アミル溶液で抽出され³⁰⁾、鉄合金中の **Co**, **Cr**, **Mn**, **Ni** の定量に際し **Ni**-デメチル・グリオキシムがクロロホルムで抽出された¹⁸⁾。

水溶液試料から干渉元素を抽出除去する例としては同上の研究で大量の **Fe** が **HCl**-イソプロピル・エーテルで抽出除去され¹⁸⁾、**Ca** の定量に際し **Al** を除去するために **Al**-オキシムがベンゼンで抽出され¹⁹²⁾、**U** 中の **Fe**, **La**, **Mg** の定量に際しウラニールがエチル・エーテルで抽出除去された²⁵⁾。

水溶液試料から目的元素を沈澱単離する例としては常法により微量の **Ca** を蔭酸塩として落したり、**Mg** を **MgNH₄PO₄** や **Mg**-オキシムとして落したり、**K**, **Na** を **KClO₄**+**KCl**+**NaCl** として落したり¹²⁸⁾するのが多いが、干渉元素を沈澱除去する例としては **U** 中の微量 **Ca** を定量するのに **EDTA** を使って **Ca** を保護しながら **U** を **NH₃** で沈澱除去したり¹⁶⁴⁾、大量 **K** 共存下の **Na** の定量に際しテトラフェニール硼酸で **K** を沈澱除去した⁵⁸⁾のは珍しい。

イオン交換樹脂を利用した例としては **Ni**, アルカリ共存下の **Ca** の定量に際し **Ni** をシアン錯陰イオンとして陽イオン交換樹脂を通過させてアルカリと **Ca** を捕捉し 0.5 **n**-**HCl** でアルカリを洗い出し 4 **n**-**HCl** で **Ca** を抽出単離したり¹⁹²⁾、**Na** 共存下の **Li** の分析でイオン交換クロマトグラフィで **Li** を単離したり¹⁰⁷⁾、また陽イオン交換樹脂⁶¹⁾¹⁰⁹⁾¹⁴⁹⁾や陰イオン交換樹脂⁵⁴⁾⁹⁰⁾¹⁰⁸⁾¹³⁶⁾¹³⁷⁾で試料溶液中の陰イオンを整頓し干渉陰イオンを除去したのがある。

また **Ni** 中の **Ca** の分析で水銀陰極電解法で **Ni** が電解除去された¹⁹²⁾。

以上の分離操作は分析化学の常法を炎光分析に応用したものであるが炎光分析特有の化学操作として次のようなものもある。

干渉物の濃度が変動しても干渉の度合が変化しないよ

うな領域を現出するような第三体を分光学的緩衝剤といい、これを利用した例として、**Na**, **K** の相互干渉に対し多量の **BaCl₂**⁵⁹⁾、**Ca**, **Mg** の相互干渉に対し多量の **NH₄Cl**¹⁵⁴⁾、**Ca** に対する **PO₄³⁻** などの干渉に対し **H₂SO₄**¹⁷³⁾、**Sr**+**(NH₄)₂HPO₄**⁹⁾ が有効と報告された。

分光学的緩衝剤の特別の場合として干渉のなくなるものを干渉防止剤というが、これを利用した例としてアルカリに対する大量のアルカリ土類の相加干渉が **Al** の添加により防止された¹⁵¹⁾¹⁶²⁾。

14.7 標準との比較による濃度推定操作

干渉があるままで正しい濃度を推定する操作としては大抵は試料溶液と標準溶液とで干渉の度合が等しくなるようにする等干渉法が使われるが、特殊な方法も二三試みられた。

添加標準⁴⁸⁾を用いた直線外挿法¹⁹⁾²⁰⁾³¹⁾⁴⁹⁾、対数直線法⁵⁴⁾⁴⁰⁾、濃度係数法の特別の場合³³⁾などがあり、また相加干渉の加成性を利用して図または計算で補正する連立方程式法が **K**, **Ga** 共存下の **Mn** の定量⁹⁸⁾、**Ca**, **Mg** の同時定量⁷⁵⁾¹⁹¹⁾、**Ca** 共存下の **Li**, **Na**, **K** の定量¹⁴³⁾などで実用された。

14.8 炎光分析の実用例

実用分析においては実用例を参考にすることが大切であるから以下 1955 年、1956 年（但し国内文献は 1953 年～1956 年）から比較的原文入手が容易であると見らるものを対象とした文献集を附すことにする。

14.8.1 海水の分析 **Ca**²⁰⁾; **Cl**⁶⁴⁾; **Sr**¹⁹⁾

14.8.2 水の分析 **Ca**¹⁶⁶⁾; **Ca**, **Fe**, **Mg**, **Na**¹⁰⁶⁾; **Ca**, **K**, **Li**, **Na**¹⁹³⁾; **Ca**, **K**, **Na**, **Sr**¹⁶⁶⁾; **K**¹⁰⁸⁾; **K**, **Na**¹⁰⁹⁾¹¹⁸⁾; **Li**¹⁰⁷⁾; **Na**⁹⁰⁾

14.8.3 飲料の分析 ウイスキー中の **Cs**, **Rb**¹⁴⁰⁾; ウイスキー中の **Li**, **Sr**¹³⁹⁾

14.8.4 食品の分析 **Ca**, **K**, **Mg**, **Na**¹³⁶⁾; **K**, **Na**⁷⁰⁾

14.8.5 植物性試料の分析 **Ca**⁶¹⁾¹³⁷⁾¹⁷³⁾; **Ca**, **K**, **Na**¹⁶²⁾; **K**¹¹⁰⁾, **K**, **N**, ¹¹¹⁾¹²⁴⁾; **Mn**⁸¹⁾⁹⁸⁾; **Na**⁶⁰⁾

14.8.6 生体試料の分析 **Ca**⁹⁴⁾⁷¹⁾; **Ca**, **K**, **Mg**, **Na**¹⁷¹⁾¹⁷⁸⁾; **Ca**, **K**, **Na**⁷⁾¹⁵⁾⁶⁸⁾; **Ca**, **Mg**⁸³⁾; **K**¹⁵⁷⁾; **K**, **Na**³⁶⁾¹²⁷⁾¹³¹⁾¹⁷⁴⁾; **Mg**²³⁾; **Na**⁴⁷⁾¹⁰²⁾

14.8.7 土の分析 **Ba**¹⁵⁰⁾; **Ca**¹⁰⁰⁾; **Ca**, **K**, **Mg**, **Na**³⁷⁾; **Ca**, **K**, **Na**¹⁶²⁾; **Ca**, **Mg**¹⁵⁴⁾; **K**¹¹⁴⁾; **Mg**⁶⁵⁾¹⁴⁶⁾¹⁴⁹⁾, **Na**³⁵⁾

14.8.8 肥料の分析 **K**⁴⁶⁾³⁴⁾¹⁵⁵⁾

14.8.9 セメントの分析 **K**, **Na**⁴³⁾; **Mn**³²⁾; **Sr**³¹⁾

14.8.10 ガラスの分析 **Ba**, **Ca**, **K**, **Li**, **Na**¹⁸⁹⁾;

Ba, Ca, Mg¹⁸⁵); Ca, K, Mg, Mn, Na¹⁴⁹); Ca, K, Na¹⁴¹); Fe²⁷); K, Na^{57, 58, 59, 188}); Na¹⁷⁷)

14-8-11 鉱物、珪酸塩の分析 Ca, K, Na⁸²); Ca, Mg¹⁹¹); Cs, Li, Rb⁶⁶); K⁵⁶); K, Li, Na¹⁴³); K, Na⁸⁸); Li^{42, 91, 172}); Mn^{88, 91}); Sr⁷⁹)

14-8-12 非鉄金属の分析 Al^{96, 119}); Ba, Ca, Sr¹); Ca^{164, 192}); Cs¹⁸⁴); Cu²⁸); Fe²⁹); Fe, Mg, La²⁵); Ga¹¹⁶); Mg⁷¹); Na^{49, 72})

14-8-13 鉄合金の分析 Co, Cr, Mn, Ni¹⁸); Cr⁸⁰); Cu⁸⁰); Mn^{83, 78})

14-8-14 試薬、薬品の分析 Ca, Na^{152, 190}); Co, Cu, Fe, Mg, Mn¹⁵⁸)

14-8-15 化学工業関係の分析 スラッグ中のCa¹⁶³); スラッグ中の Ca, Mg^{75, 77}); アンモニア合成触媒中のK¹²⁶); 触媒中の Ca, K, Li, Na¹⁹³)

14-8-16 その他の無機物の分析 燐光体中のAg¹⁴⁵); 燐光体中の K, Na²⁴)

14-8-17 石油関係の分析 ガソリン中の Pb¹²⁵)

14-8-18 その他の有機物の分析 有機物中の P¹⁸)

文 献

- 1) Gy. Gergely, F. P. Váradi: Magyar Kem. Foly., **61**, 182 ('55); Z. anal. Chem., **157**, 131 ('57); J. Ádam, K. Etre, G. Gergely, F. P. Váradi: Magyar Kem. Foly., **62**, 223 ('56); Anal. Abst., **4**, 754 ('57); 2) I. Agirbiceanu, M. Hagiescu: Comun. acad. rep. populare Romine, **5**, 1263 ('55); C. A., **50**, 16377c; 3) C. T. J. Alkemade: "Contribution to the Development and Understanding of Flame Photometry" ('54), (Univ. of Utrecht, Holland); 4) C. T. J. Alkemade, J. M. W. Milatz: Appl. Sci. Research, **4B**, 288 ('55); C. A., **49**, 12966 h; 5) C. H. Anderson, C. D. Beatty: Anal. Chem., **26**, 1369 ('54); 6) 浅野千秋: 分化, **5**, 347 ('56); 7) R. W. R. Baker: Biochem. J., **59**, 566 ('55); 8) A. D. Berneking: Univ. Microfilms, No. 13591 ('55), (Ann Arbor, Mich.); 9) D. Bernhardt, R. Herrman: Artzl. Wochschr., **10**, 61 ('55); C. A., **49**, 8364f; 10) L. M. Biberman, E. M. Novodvorskaya: Soviet Phys. Doklady, **1**, 5 ('56); C. A., **51**, 6330 h; ibid., **50**, 14341 e.
- 11) D. Billings: Glass Ind., **36**, 255, 280 ('55); C. A., **49**, 15196 f; 12) E. C. Boycks: Univ. Micro Films, No. 14759, ('55), (Ann Arbor, Mich.); 13) D. W. Brite: Anal. Chem., **27**, 1815 ('55); 14) H. P. Broida: "Experimental Temperature Measurements in Flames and Hot Gases," **2**, 265 ('55), (Reinhold, New York); 15) D. E. Brown: Tech. Bull. Registry Med. Technologists, **26**, 133 ('56); Am. J. Clin. Pathol., **26**, 807 ('56); 16) E. M. Bulewicz, T. M. Sugden: Trans. Faraday Soc., **52**, 1475 ('56); 17) E. M. Bulewicz, C. G. James, T. M. Sugden: Proc. Roy. Soc. (London), **235A**, 89 ('56); 18) F. Burriel, I. Ramirez-Muñoz, M. del Carmen Asunción-Omaren: Mikrokchim. Acta, **1956**, 362; 19) T. J. Chow, T. G. Thompson: Anal. Chem., **27**, 18 ('55); 20) T. J. Chow, T. G. Thompson: ibid., **27**, 910 ('55).
- 21) J. B. Conway, R. H. Wilson, Jr., A. V. Grosse: J. Am. Chem. Soc., **75**, 499 ('53); 22) J. B. Conway, W. F. R. Smith, W. J. Liddell, A. V. Grosse: J. Am. Chem. Soc., **77**, 2026 ('55); 23) S. Davis: J. Biol. Chem., **216**, 643 ('55); 24) S. B. Deal: Anal. Chem., **26**, 598 ('54); 25) J. F. P. de Albinati: Anales asoc. quim. argentina, **43**, 106 ('55); C. A., **50**, 4706 g; 26) J. A. Dean, C. Thompson: Anal. Chem., **27**, 42 ('55); 27) J. A. Dean, J. C. Burger, Jr.: ibid., 1052 ('55); 28) J. A. Dean: ibid., 1224 ('55); 29) J. A. Dean, J. H. Lady: ibid., 1533 ('55); 30) J. A. Dean, J. H. Lady: ibid., **28**, 1887 ('56).
- 31) J. J. Diamond: Anal. Chem., **27**, 913 ('55); 32) J. J. Diamond: ibid., **28**, 328 ('56); 33) W. A. Dippel, C. E. Bricker: ibid., **27**, 1484 ('55); 34) W. A. Dippel: Univ. Microfilms, No. 13685, ('56), (Ann Arbor, Mich.); 35) R. Domansky: Chem. Zvesti., **10**, 32 ('56); C. A., **50**, 8383i; 36) R. L. Dryer: Clin. Chem., **2**, 112 ('56); C. A., **50**, 13160d; 37) K. P. Dubrovín: Univ. Microfilms, No. 18393, ('56), (Ann Arbor, Mich.); 38) H. J. Dulce: Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem., **302**, 102 ('55); 39) J. H. Edgerton, H. G. Davis, L. C. Henley, M. T. Kelley: Anal. Chem., **28**, 557 ('56); 40) H. J. Eichhoff, E. Mainka: Mikrokchim. Acta., **1955**, 298.
- 41) B. T. Elert: Am. J. Med. Technol., **21**, 297 ('55); C. A., **50**, 7931g; 42) R. B. Ellestad, E. L. Horstman: Anal. Chem., **27**, 1229 ('55); 43) O. A. Ellingson, J. L. Gillam, J. E. Kopanda: A. S. T. M. Bull. No. **212**, 63 ('56); 44) A. Fink: Mikrokchim. Acta, **1955**, 314; 45) J. Fischer, A. Doiwa: ibid., **1956**, 353; 46) O. W. Ford: J. Assoc. Offic. Agr. Chem., **38**, 445 ('55); 47) 藤井鑑: 阪市大医誌, **5**, 57 ('56); 48) 福島昭三: "炎光分光光度法" (分析化学講座, 機器分析編, **6**, ('56) (共立出版, 東京); 49) 福島昭三, 岩田志郎, 久米三四郎, 繁本美砂子: 分化, **5**, 704 ('56); 50) K. W. Gardiner: "Physical Method in Chemical Analysis" **3**, 219 ('56), (Academic Press, New York).
- 51) A. G. Gaydon, H. G. Wolfhard: "Flames, their Structure, Radiation and Temperature" ('53), (Chapman and Hall, London); 52) A. G. Gaydon: Natl. Bur. Standards, Circ., **523**, 1 ('54); 53) A. G. Gaydon: Proc. Roy. Soc. (London), **A231**, 437 ('55); 54) C. W. Gehrke, H. E. Affsprung, E. L. Wood: J. Agr. Food Chem., **3**, 48 ('55); 55) 後藤秀弘: 化学と工業, **9**, 350 ('56); 56) I. G. Gurvich, E. I. Khanaev: Izvest. Akad. Nauk S. S. R., Ser. Geol., **1956**, No. 6, 101; C. A., **51**, 6433e; 57) F. Hegemann, B. Pfab: Glastechn. Ber., **28**, 85 ('55); Z. anal. Chem., **153**, 135; 58) F. Hegemann, B. Pfab: Glastechn. Ber., **28**, 242 ('55); Z. anal. Chem., **153**, 136; 59) F. Hegemann, B. Pfab: Glastechn. Ber., **28**, 437 ('55); Z. anal. Chem., **153**, 136; 60) E. J. Heinen: J. Assoc. Offic. Agr. Chem., **38**, 391 ('55).
- 61) R. G. Hemingway: Analyst, **81**, 164 ('56); 62) R. Herrmann: "Flammen Photometrie" ('56), (Springer, Berlin); 63) A. Hilgers: Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem., **304**, 193 ('56); 64) M. Homma: Anal. Chem., **27**, 1656 ('55); 65) G. C. Horn: Univ. Microfilms, No. 19173 ('56), (Ann Arbor, Mich.); 66) E. L. Horstman: Anal. Chem., **28**, 1417 ('56); 67) L. Hultdt, E. Knall: Naturwiss., **41**, 421 ('54); 68) L. Hultdt, E. Knall: Arkiv. Fysik, **11**, 229 ('56); C. A., **51**, 1729d; 69) L. Hultdt, A. Lagerqvist: Arkiv. Fysik, **11**, 347 ('56); C. A., **51**, 7850g; 70) Wm. H. Hulet: Am. J. Med. Sci., **229**, 81 ('55).
- 71) F. L. Humoller, J. R. Walsh, M. F. Wharton: J. Lab. Clin. Med., **48**, 127 ('56); Z. anal. Chem., **155**, 395; 72) 池田重良: 日化, **76**, 354 ('55); Sci. Repts. Research Insts. Tohoku Univ. Ser. A, **7**, 29 ('55); 73) 池田重良: 日化, **76**, 783 ('55); Sci. Repts. Research Inst. Tohoku Univ. Ser. A, **7**, 575 ('55); 74) 池田重良: 日化, **76**, 1122 ('55); 東北大研, **A**, **8**, 9 ('56); 75) 池田重良: 日化, **76**, 1258 ('55); 76) S. Ikeda: Sci. Repts. Research Inst., Tohoku Univ. Ser., **A**, **9**, 16 ('56); 77) S. Ikeda: ibid., **A**, **8**, 134 ('56); 78) S. Ikeda: ibid., 449 ('56); 79) S. Ikeda: ibid., 457 ('56); 80) S. Ikeda: ibid., 463 ('56).
- 81) 中井敏夫, 石田良平, 日高さかえ: 日化, **73**, 19 ('52); 東工

- 試報, 50, 35 ('55); 82) 石田良平: 日化, 76, 56 ('55); 東工試報, 51, 323 ('56); 83) 石田良平: 日化, 76, 60 ('55); 東工試報, 51, 329 ('56); 84) 石田良平: 日化, 77, 238 ('56); 東工試報, 51, 333 ('56); 85) 石田良平: 日化, 77, 241 ('56); 東工試報, 51, 337 ('56); 86) 石田良平: 日化, 77, 242 ('56); 東工試報, 51, 339 ('56); 87) 石田良平, 藤代芳正: 化学の領域, 8, 163, 239 ('54); 88) 石田良平, 藤代芳正, 真中準太, 橋本勇二郎, 金子弘徳: 分光研究, 4, 14 ('56); 89) 石田良平: 分光研究, 4, 3 ('56); 90) 石胆守三, 益子安, 甘露寺泰雄: 薬学雑誌, 75, 1492 ('55)
- 91) D. N. Ivanov, B. Y. Kaplan: Zavodskaya Lab., 22, 569 ('56); Z. anal. Chem., 155, 51; 92) C. G. James, T. M. Sugden: Nature, 171, 428 ('53); 93) C. G. James, T. M. Sugden: Proc. Roy. Soc. (London) A, 227, 312 ('54); 95) C. G. James, T. M. Sugden: Nature, 175, 333 ('55); 96) 鹿島次郎, 牟田口元堂: 分化, 4, 420 ('55); 97) J. A. A. Ketelaar, C. Haas, F. N. Hooge, R. Broekhuijsen: Physica, 21, 695 ('55); C. A., 50, 8323b; 98) H. Kick: Z. anal. Chem., 151, 406 ('56); 99) V. F. Kitaeva, N. N. Sobolev: Optika i Spektroskopiya, 1, 302 ('56); C. A., 50, 3886c; C. A., 51, 4817c; 100) H. Kropik: Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., 70, 138 ('55)
- 101) A. Lagerqvist, L. Hult: Naturwiss., 42, 365 ('55); 102) H. H. Lausen: Scand. J. Clin. Lab. Invest., 7, 320 ('55); Z. anal. Chem., 153, 239; 103) L. Manna, D. H. Strunk, S. L. Adams: Anal. Chem., 28, 1070 ('56); 104) M. Margoshes, B. L. Vallee: ibid., 1066 ('56); 105) M. Margoshes, B. L. Vallee: ibid. 180 ('56); 106) G. E. Marsh: Appl. Spectroscopy, 10, 8 ('56); C. A., 50, 5953b; 107) 益子安, 甘露寺泰雄: 薬学雑誌, 76, 441 ('56); 108) 益子安, 甘露寺泰雄: ibid., 689 ('56); 109) 益子安: ibid., 1272 ('56); 110) W. T. Mathis: J. Assoc. Offic. Agr. Chem., 38, 387 ('55)
- 111) W. T. Mathis: J. Assoc. Offic. Agr. Chem., 39, 419 ('56); 112) R. Mavrodineanu, H. Boiteux: "L'Analyse Spectrale Quantitative par la Flamme" ('54), (Masson, Paris); 113) R. Mavrodineanu: Appl. Spectroscopy, 10, 51 ('56); 114) A. Mehlich: J. Assoc. Offic. Agr. Chem., 39, 330 ('56); 115) V. W. Meloche: Anal. Chem., 28, 1844 ('56); 116) V. W. Meloche, B. L. Beck: ibid., 1890 ('56); 117) V. S. Mel'chenko: Optika i Spektroskopiya, 1, 321 ('56); C. A., 50, 7569b; C. A., 51, 4817b; 118) E. L. Molt, L. H. Tio: Chem. Weekblad, 52, 313 ('56); C. A., 50, 12374c; 119) 牟田口元堂: 分光研究, 10, 52 ('55); 120) 牟田口元堂: 分化, 4, 445 ('55)
- 121) S. O. Nielsen: Rev. Sci. Instr., 26, 516 ('55); 122) 日本分析化学会, 日本分光学会共編: "炎光分光分析", ('54); 123) 日本分析化学会編: "基礎分析化学"——スペクトロメトリー—— ('56); 124) W. Oelshläger: Z. anal. Chem., 149, 190 ('56); 125) 岡田富男, 上田忠雄, 上妻常英: 分光研究, 4, 30 ('56); 126) 大橋九万雄, 安井永三, 鈴木汎: 工化, 57, 16 ('54); 127) 太田直一, 上野佐: 日化, 76, 1235 ('55); 128) 音在清輝: 最新の分析化学, 5, 93 ('54); 129) 音在清輝, 福島昭三: 分化, 4, 188 ('55); 130) 音在清輝: 日本分析化学会近畿支部編: "機器分析実験法" 発光分光分析篇, 76 ('56) (横, 東京)
- 131) 大津毅: Jap. J. Med. Sci. Biol., 9, 117 ('56); 132) 大八木義彦: 分化, 4, 179 ('55); 133) F. M. Page: Discussions Faraday Soc., 19, 87 ('55); 134) Gh. Pavloschii, E. Gruia: Rev. Chim., Bucharest, 7, 657 ('56); Anal. Abst., 4, 2872; 135) S. S. Penner, E. K. Björnerud: J. Chem. Phys., 23, 143 ('55); 136) M. Pinta, C. Bove: Mikrochim. Acta 1956, 1788; 137) M. Pinta, C. Bove: Compt. rend., 243, 179 ('56); 138) P. Porter, G. Wylid: Anal. Chem., 27, 733 ('55); 139) M. J. Pro, A. P. Mathers: J. Assoc. Offic. Agr. Chem., 39, 225 ('56); 140) M. J. Pro, R. A. Nelson, A. P. Mathers: ibid., 506 ('56)
- 141) E. Pungor, E. E. Zapp: Acta Chim. Acad. Sci., Hung., 7, 185 ('55); C. A., 50, 4632e; 142) E. Pungor, E. E. Zapp: Magyar Kem. Foly., 61, 117 ('55); Acta Chim. Acad. Sci., Hung., 10, 179 ('56); C. A., 50, 671f; C. A., 51, 5625c; 43) E. Pungor, E. E. Zapp: Magyar Kém. Foly., 61, 421 ('55); Z. anal. Chem., 154, 270; 144) E. Pungor, A. J. Hegedüs, I. K. Thege, E. E. Zapp: Mikrochim. Acta, 1956, 1247; 145) A. O. Rathje: Anal. Chem., 27, 1583 ('55); 146) C. I. Rich: Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 16, 51 ('55); 147) C. F. Rothe: Anal. Chem., 27, 1507 ('55); 148) N. Roy: ibid., 28, 34 ('56); 149) K. Scharrer, K. Mengel: Landwirtsch. Forsch., 9, 204 ('56); Z. anal. Chem., 157, 65; 150) D. Schroeder: Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., 73, 86 ('56); Z. anal. Chem., 155, 58
- 151) W. Schuhknecht, H. Schinkel: Z. anal. Chem., 143, 321 ('54); 152) 妹尾節哉: 高峰研究所年報, 7, 110 ('55); 153) 妹尾節哉: 高峰研究所年報, 8, 113 ('56); 154) W. M. Shaw, N. C. Veal: Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 20, 328 ('56); C. A., 50, 17272i; 155) 塩谷正邦, 浅野千秋: 分化, 5, 384 ('56); 156) K. E. Shuler, J. Weber: J. Chem. Phys., 22, 491 ('54); 157) H. Siebert, S. Rapoport: Biochem. Z., 326, 413 ('55); 158) H. Siebert, S. Rapoport: Z. anal. Chem., 150, 81 ('56); 159) H. Smith, T. M. Sugden: Proc. Roy. Soc. (London) A, 219, 204 ('53); 160) N. N. Sobolev: Trudy. Fiz. Inst. Akad. Nauk S. S. R., F. Z. Inst. im. P. N. Lebedev, 7, 160 ('56); C. A., 51, 4137g
- 161) A. K. Solomon, D. C. Caton: Anal. Chem., 27, 1849 ('55); 162) J. Spector: ibid., 1452 ('55); 163) G. W. Standen, C. B. Tennant: ibid., 28, 858 ('56); 164) J. H. Stewart, Jr., R. C. McIlhenny: U. S. Atomic Energy Comm., Y-1140 ('56); C. A., 51, 4198f; 165) H. Straubel: Mikrochim. Acta, 1955, 329; 166) 菅原健, 小山忠四郎, 川崎暢子: Bull. Chem. Soc. Japan., 29, 679 ('56); 167) T. M. Sugden: "5th Symposium on Combustion" 406 ('55), (Reinhold. Pub. New York); 168) T. M. Sugden, R. C. Wheeler: Discussion Faraday Soc., 19, 76 ('55); 169) T. M. Sugden: Trans. Faraday Soc., 52, 1465 ('56); 170) T. M. Sugden: ibid., 1481 ('56)
- 171) 鈴木美栄子, 大八木義彦: 臨床病理, 4, 245 ('56); 172) P. W. Sykes: Analyst, 81, 283 ('56); 173) 高橋達郎, 吉田大輔: 分化, 3, 207 ('54); 薬野煙草試報, 3, 1 ('54); 174) S. Tasaka, Y. Yoshitoshi, I. Kitamura, Y. Endo, T. Maeda, M. Nagasaka, H. Fukushima, Y. Masuyama, M. Takahashi: Sogo Igaku, 11, 129 ('54); C. A., 51, 13986c; 175) A. E. Taylor, H. H. Paige: Anal. Chem., 27, 282 ('55); 176) 土橋正二, 関戸栄一: 日化, 77, 708 ('56); 177) I. Unger, L. Unger Glastechn. Ber., 29, 15 ('56); Z. anal. Chem., 153, 136; 178) R. Valencia: Bull. Soc. Chim. Biol., 38, 1071 ('56); Z. anal. Chem., 158, 148; 179) B. L. Vallee, M. Margoshes: Anal. Chem., 28, 175 ('56); 180) B. L. Vallee, A. F. Bartholomay: ibid., 1753 ('56)
- 181) I. V. Veits, L. V. Gurvich, V. V. Korobov: Izvest. Akad. Nauk S.S.S.R., Ser. Fiz., 19, 21 ('55); C. A., 50, 3886a; 182) F. J. Weinberg: Fuel, 35, 359 ('56); C. A., 50, 12624g; 183) M. Whisman, B. H. Eccleston: Anal. Chem., 27, 1861 ('55); 184) P. C. Wildy: A. E. R. E. Report C/R 2114, ('56); Anal. Abst., 4, 2890; 185) J. P. Williams, P. B. Adams: J. Amer. Ceram. Soc., 39, 351 ('56); Anal. Abst., 4, 2521; 186) E. G. Will, B. Schwarzkopf: J. Amer. Wat. Wks. Ass., 47, 253 ('55); C. A., 49, 7782e; 187) K. Wohl, F. Welty: "5th Symposium on Combustion", 746 ('55), (Reinhold Pub., New York); 188) 柳正光, 川久保正一郎: 窯協誌, 63, 6 ('55); 189) 柳正光, 川久保正一郎: ibid., 722 ('55); 190) J. Yamamura, T. Niwaguchi: Kagaku to Sôsa, 9, 111 ('56); C. A., 51, 7939h
- 191) 横須賀繁, 田中正雄, 森川文樹: 分化, 4, 437 ('55); 192) 横須賀繁: 分化, 5, 71 ('56); 193) N. Zaidman D. Orechkin: Novosti Neftyanoi Tekh. Neftepererabotha, 1955, No. 5, 25; C. A., 51, 5625d