

Readout

HORIBA Technical Reports

特集 血液をはかる

July 1991 ■ No.3

臨床検査現場における 電解質分析の現状

The State of Electrolyte Analysis in the
Clinical Laboratory

関口光夫

Mitsuo SEKIGUCHI

(Pages 8-18)

株式会社 堀場製作所

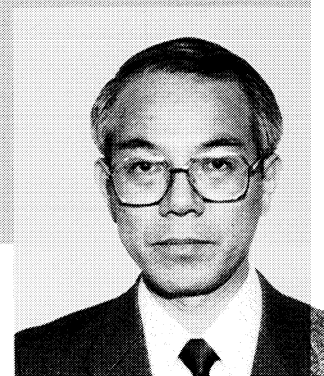
1. はじめに

臨床検査は心電図、脳波検査のように患者さん自身を直接検査する生理学的検査と、体液などの検査材料をいろいろな手法で検査あるいは分析する検体検査の二つに大別される。大学病院や総合病院の臨床検査部では後者の検査に全体の約80%の労力を費やしているのが一般的であろう。それらには微生物学、血液学、細胞・形態学、臨床化学、免疫学的な手法が用いられている。これら各種手法で患者材料を検査あるいは分析することにより、その材料の中から客観的な病態情報を取り出し臨床の場にフィードバックさせることが臨床検査の主なる務めである。その中でも臨床化学検査は、主に分析化学的手法で血液等の各種材料中の化学成分を定量的に分析することが使命である。もちろんそれらの定量値の多くは連続量であることから、計量診断学や予防医学の情報として中心的な役割を果たしていることは周知のことであろう。

臨床化学検査が分析対象としている患者材料は血液、尿が多く、頻度は少ないが髄液や腹水等の材料がある。分析対象成分を大別すると、「糖質」、「タンパク質」、「脂質」、「含窒素成分（タンパク以外の）」、「生体色素」、「電解質・金属」、「酵素」、「ホルモン」、「ビタミン」、「薬物」の10成分群に分類される。分析対象成分は100種類以上に及んでいるが、日常検査としてよく測定される成分は50種程度である。

一方、それらの分析方法は、20～30年前には用手法による容量分析が中心であったが、最近では数100 μ lの少容量の試料で30種に及ぶ多項目（成分）を分析し、しかも多数検体処理が要求されることから自動化が高度に進んだ機器分析が主流となっている。そこに応用されている代表的な分析法は吸光光度法、発光光度法、電気泳動法、クロマト法、電気化学分析法である。中でも吸光光度法が約80%を占めているが、近年電気化学分析法の応用が高まっている。

ルーチン検査に応用されている電気化学分析法には、電量滴定法（coulometry）、イオン選択電極法（ion-selective electrode：ISE）やブドウ糖などのような有機物質を測定する酵素センサーを応用した測定法がある。今回、ここでは電解質の中でも代表的なイオンであるナトリウム（Na）、カリウム（K）、クロール（Cl）を中心にそれらの生体内分布、生理的役割およびISE法による測定法などについて述べたい。



日本大学板橋病院

関口 光夫

Mitsuo Sekiguchi

〈略歴〉

1965年 : 北里衛生専門学院卒業
'61~'63年 : 有機合成薬品工業(株) アミノ酸製造課
'65~'66年 : 日本化薬(株) 医薬研究課生物学研究室
1966年 : 日本大学板橋病院 臨床検査部(技術長補佐)

2. 電解質の生体内分布と生理的役割^{1, 2)}

2.1 ナトリウム

(1) 生体内分布・存在様式

ヒト生体内のNa量は、体重1Kg当たり約40~70 mmol含まれている。従って、体重60Kgの成人では総Na量は2,400~4,200 mmol含有することになる。その約55%が骨を除く細胞外液に、約43%が骨に、約2%が細胞内液に分布している。しかし、骨に含まれているNaの約60%がリン酸カルシウムなどと結合した塩の形で存在し、その約60%は難溶性で遊離しにくい。これ以外が代謝的に活性な交換性(exchangeable) Naであり、総Na量の約74%を占めている。交換性Naの97%は細胞外液中に存在している。

(2) 生理的役割

Naが体重1Kg当たり55mmol含むとすると、体重60Kgの成人の総Na量は3,300mmolになる。その約74%が交換性Naであり、さらにその97%が細胞外液中に含まれるとすると、細胞外液中には約2,370mmolのNa量が含まれることになる。細胞外液中の主な陽イオンはNaイオン(Na⁺)であり、血清中のNa⁺濃度は約140mmol/lである。正常の血清浸透圧は290 mOsm/Kg・H₂O前後であり、1 mmol/lのNa⁺は約1 mOsm/Kg・H₂Oに相当し、1 mmolのNa⁺の喪失はおおよそ水3.4ml (1.000ml/290mOsm)の喪失になる。いいかえれば、逆にNa⁺は水分を保持する作用があるといえる。これは主として容量レセプターとアルドステロンの関連作用による容量調節機構で行われている。

さらに、オスモレセプターと抗利尿ホルモン(anti-diuretic hormone: ADH)によりNa⁺濃度がコントロールされることにより浸透圧が調節される。また、Na⁺の生理作用は神経、ホルモン、腎臓などに関連して多くの働きをしている。それらを簡単に整理すると、①細胞外液量の調節・維持、②体液浸透圧の調節・維持、③心臓・血管・血圧系の維持、④酸・塩基平衡の調節などである。

2.2 カリウム

(1) 生体内分布・存在様式

ヒト生体内のK量は体重1Kg当たり約45~55mmol含まれており、総K量は3,000~4,000mmolといわれている。約98%が細胞内液中に含まれており、その70~80%は筋肉中に存在する。細胞内に含まれているKの一部は蛋白、グルコーゲンなどと結合しているが、多くはイオン化してカリウムイオン(K⁺)の形で存在する。

細胞内液中の濃度はおおよそ110~150mmol/lである。細胞外液中の K^+ は2%と少なく、血清中では4mmol/l程度である。 Na^+ と比べると細胞の外液と内液の濃度関係が対照的である。

(2) 生理的役割

細胞内液と細胞外液の K^+ 濃度比は細胞膜を隔てて約30:1と、内液の濃度が圧倒的に高い。細胞の機能が正常に働くためには細胞内の K^+ 濃度が高い必要がある。一般に透過性イオンが半透膜を隔てて濃度差を持つ場合は、時間が経過すると濃度が等しくなろうとして高濃度から低濃度に向かってイオンが移動する。正常細胞が内液濃度を高濃度に保持できるのは細胞膜にNa-Kポンプが存在するからである。すなわち、 Na^+ を細胞外に出し、 K^+ を細胞内に取り込む作用である。この働きは細胞膜中に含まれているNa-K ATPaseという酵素がその主役を演じている。

以上のように K^+ は細胞内液の主要な陽イオンである。細胞内における主な働きは、酸・塩基平衡の調節、浸透圧や水分の保持である。細胞外における主な働きは、筋肉の活動性に関与しており、特に心筋の興奮、伝導度、収縮に関して重要な役目を果たしている。その他の働きを含めて簡単に整理すると、①細胞内の酸・塩基平衡、浸透圧、水分の調節・維持、②神経、筋肉の興奮・伝導・収縮、③解糖系酵素などの賦活元素、④内分泌系の刺激等の働きがある。

2.3 クロール

(1) 生体内分布・存在様式

ヒト生体内のクロール総量は、体重1kg当たり30~40mmolを含有している。平均33mmol/kg・体重とすると体重60kgのヒトでは約2000mmolが含まれる。分布は血漿中に13.6%、組織間液に37.3%、結合組織内に17.0%、骨に15.2%、体腔液に4.5%、細胞内に12.4%存在している。すなわち、その約90%は細胞外液中に存在する。

図1は細胞外液の代表である血漿と細胞内液中に含まれる電解質組成と、それらが含有する割合を示したものである。³⁾ 血漿中の主要な陽イオンは Na^+ であり、陰イオンは Cl^- 、次いで HCO_3^- である。

(2) 生理的役割

Cl^- の主な働きはNaなどの陽イオンと共に、水分の平衡、酸・塩基平衡、浸透圧の調節などを司っている。また、胃酸(HCl)の構成イオンとしても必須である。蛋白消化酵素であるペプシンは塩酸によって活性化される。さらにアミラーゼも酵素作用を発揮するには Cl^- を必要とする。

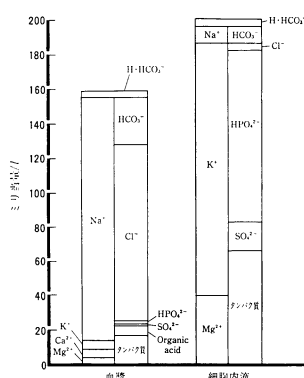


図1 血漿および細胞内の電解質組成 (文献3より引用)
Electrolyte components in plasma and intracellular fluids (values taken from Source 3)

3. 試料の種類・試料の採取・正常範囲

3.1 試料の種類

水分の平衡，浸透圧の調節，酸・塩基平衡などの体液管理の立場より汎用される試料は血清，血漿，尿である．その他に髄液，腹水，胸水，唾液などが試料となる．

3.2 試料の採取

血液の採取に当たっては，汚染を避けるためディスポーザブルのプラスチック製の注射器を使用するのが望ましい．通常では特に食事の影響を受けないので，採血時刻は何時でもよい．しかし，脂質代謝の関係で時として強乳糜血清になる場合もあるので，出来る限り空腹時採血が望ましい．採血量は約1 mlでよい．血漿を試料とする場合は，Na⁺，K⁺，Cl⁻を同時に測定することを想定すると抗凝固剤としてヘパリンリチウムを用いるのがよい．

尿の採取に当たっては，尿中へのNa⁺，K⁺，Cl⁻の排泄には日内変動があることから，厳密に排泄量を管理する上からは24時間蓄尿として採尿するのが望ましいが，現時点における排泄量を刻々と把握したいような場合には，排尿毎に分析する．その他の試料は病態に応じて随時採取されることが多い．

3.3 正常範囲

血液化学検査の中で，Na⁺，K⁺，Cl⁻は個体差および個人の生理的変動が少ない代表的な成分である．集団の正常者を測定したNa⁺，K⁺，Cl⁻値の分布は，Na⁺，K⁺が正規分布型で，Cl⁻が対数正規分布型である．それらの個人の生理的変動（SD）の大きさは，Na⁺で2.4mmol/l，K⁺で0.2mmol/l，Cl⁻で2.1mmol/lである．その個人の生理的変動が集団の正常範囲に占める割合は，それぞれ84%（Na⁺），73%（K⁺），95%（Cl⁻）であるとされている.⁴⁾ すなわち，個体差が少ないことを意味している．正常範囲は報告者によって多少異なるが，大きな違いはない．成人の血清および尿中のNa⁺，K⁺，Cl⁻の正常範囲を表1に示した.^{5, 7, 8)} さらに小児の血漿Na⁺，K⁺，Cl⁻の正常範囲を表2に示した.⁹⁾ 小児の尿中濃度は摂取量，蓄積，成長の程度によって変動しやすく，正常範囲を定めるのが難しいとされているが，川勝の報告¹⁰⁾によれば，4～12歳のNa⁺，K⁺，Cl⁻の正常範囲はそれぞれ80～110，51～69，84～112mmol/日である．

	血清 (mmol/l)	蓄尿 (mmol/day)	随時尿 (mmol/l)
Na ⁺	136~147	80~220	80~250
K ⁺	3.5~4.8	20~120	15~60
Cl ⁻	96~107	150~250	102~153

表1 血清・尿中Na, K, Clの正常範囲（成人）
（血清Na, K: 5, 6, 血清Cl: 7, 蓄尿・随時尿Na, K, Cl: 8のそれぞれの文献より引用）
Normal adult ranges of Na, K, and Cl in serum and urine

年齢	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
0	133~143	4.0~4.6	101~108
1~2	135~144	3.8~4.6	102~107
3~4	137~146	3.9~4.7	102~108
5~9	135~146	4.0~4.6	100~108
10~	136~146	4.0~4.6	100~108
合計	135~145	3.9~4.7	101~108

表2 小児の血漿Na, K, Clの正常範囲
（文献9よりNa, Clの小數点以下を四捨五入して引用）
Normal infant ranges of Na, K, and Cl in plasma (mmol/l)

4. 測定法

4.1 Na⁺, K⁺, Cl⁻の測定法の変遷

医学領域へ炎光光度計が導入されたのが昭和26年とされている。それによりそれ以前に用いられていた重量分析法に比較すると、Na⁺, K⁺の測定が簡単に出来るようになったと報告されている。主要な大病院に導入され普及率が高くなったのが、10年後の昭和36年ごろであったとされている。それから、14年後の昭和50年ごろには完成度の高い炎光光度計が出現し現在に至っている。一方、Cl⁻の測定法は、昭和33年には硝酸第二水銀による沈澱滴定法が導入されており、定量性、精密性の高い分析が行われていた。昭和40年には電量滴定装置が出現し、省力化に貢献するとともにさらに分析精度も向上した。

4.2 Na⁺, K⁺の測定法

ここ10年間ぐらいに本邦の病院やその他の医療施設で採用されているNa⁺, K⁺の測定法をコントロールサーベイ資料から調べてみると、炎光光度法、イオン選択電極法 (ISE 法)、原子吸光光度法 (AAS 法) などである。それらの中で日常検査法として主に用いられている方法は、炎光光度法と ISE 法である。それらの施設で採用された測定法とその9年間の推移を表3に示した。さらに、それらを帯グラフとして表したものが図2である。表3に示すように昭和57年には炎光光度法が73.4%採用されていたが、平成2年には ISE 法の採用が73.9%を占め、この9年間でその採用比率が逆転している。

測定法	昭和57年	昭和58年	昭和59年	昭和60年	昭和61年	昭和62年	昭和63年	平成1年	平成2年
炎光光度法	73.4(%)	71.6(%)	67.0(%)	62.7(%)	54.2(%)	47.7(%)	40.5(%)	29.7(%)	25.5(%)
イオン選択電極法	26.1	28.3	32.8	37.1	43.7	48.2	57.0	69.5	73.9
その他	0.5	0.1	0.2	0.2	2.1	4.1	2.5	0.8	0.6
参加施設数	885	842	903	1038	1030	1069	1065	1260	1392

日本臨床衛生検査技師会コントロールサーベイ

表3 ナトリウム・カリウム測定法の推移
Measurement in the methods for sodium and potassium

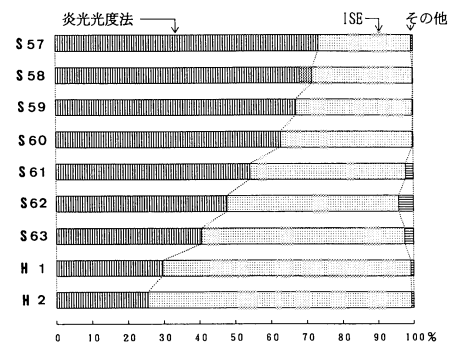


図2 ナトリウム・カリウム測定法の推移
Measurement in the methods for sodium and potassium

4.3 Cl⁻の測定法

Cl⁻の測定法には沈澱滴定法（Schales-Schales 法）、比色法、電量滴定法、ISE 法等が採用されている。本邦の病院などで使用されている測定法の推移は表 4 に示す通りである。それを帯グラフで表したものが図 3 である。それによると、昭和57年度には電量滴定法が74%と圧倒的に多く、それ以降年々減少し、代わりにISE法が増加傾向を示している。平成2年には電量滴定法が41.1%を、ISE法が53.9%を占め二者がCl⁻測定法の主要な方法となっている。その後ISE法については、さらに普及率が伸びているようである。Na⁺、K⁺に比べISE法の採用率が低い理由の一つはクロール電極の選択性が悪いためであろう。その選択性については現在でも必ずしも満足とはいえないが、改良がある程度進んだと思われるのは昭和63年ごろである。

測定法	昭和57年	昭和58年	昭和59年	昭和60年	昭和61年	昭和62年	昭和63年	平成1年	平成2年
Schales-Schales	4.5(%)	4.6(%)	4.0(%)	3.4(%)	2.4(%)	1.7(%)	2.3(%)	1.0(%)	0.9(%)
比色法[Hg(SCN) ₂]	4.3	4.1	3.0	3.1	2.8	2.7	2.2	1.6	2.0
電量滴定法	74.1	70.8	71.3	68.2	64.1	57.6	55.0	44.2	41.1
イオン選択電極法	16.0	19.4	20.0	23.3	27.3	32.0	37.0	52.0	53.9
その他	1.1	1.1	1.7	2.0	3.4	6.0	3.5	1.2	2.1
参加施設数	817	830	898	1028	1017	1023	1030	1243	1380

日本臨床衛生検査技師会コントロールサーベイ

表 4 クロール測定法の推移
Measurement in the methods for chloride

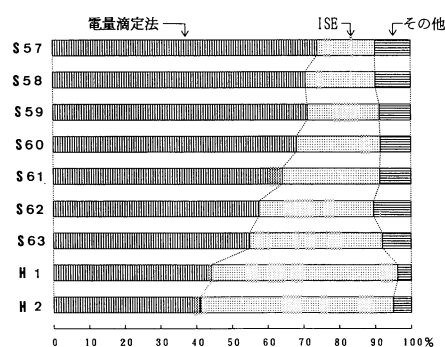


図 3 クロール測定法の推移
Measurement in the methods for chloride

5. イオン選択電極法とその特徴¹¹⁾

5.1 装置の機構からみた測定方法と方式

ISE 装置には、希釈しない試料に電極を直接浸す方法と希釈した試料に電極を浸す方法の二つがある。前者を非希釈電位差法 (undiluted potentiometry) または直接電位差法 (direct potentiometry), 後者を希釈電位差法 (diluted potentiometry) または間接電位差法という。さらに電極を試料に浸す方式によって二つに分類できる。その一つは電極をフロー系に挿入した方式で、フロースルー (flow through) 方式と呼ばれるものと、もう一つはピーカーのような測定セルに試料を入れ、そこに電極を浸して測定するディップ (dip) 方式である。すなわち、四つの組合せができるが、実際の装置に应用されているのは、「非希釈・フロースルー方式」と「希釈・フロースルー方式」の二つが殆どである。前者は緊急検査向けの小型装置への適用が多い。SERA R-520型電解質分析装置 (堀場製作所) はその代表例である。後者はメインの大型ルーチン装置への適用が多い。非希釈電位差法と希釈電位差法の採用比率を先のサーベイ資料から調べると、表5、図4のようになる。

測定法		昭和62年	昭和63年	平成1年	平成2年
ナトリウム・カリウム	非希釈電位差法	37.7(%)	31.8(%)	28.0(%)	25.0(%)
	希釈電位差法	62.3(%)	68.2(%)	72.0(%)	75.0(%)
	参加施設数	515	607	874	1028
クロール	非希釈電位差法	41.0(%)	34.4(%)	35.9(%)	35.7(%)
	希釈電位差法	59.0(%)	65.6(%)	64.1(%)	64.3(%)
	参加施設数	327	381	646	745

日本臨床衛生検査技師会コントロールサーベイ

表5 非希釈電位差法と希釈電位差法の推移
The use of undiluted potentiometry and diluted potentiometry

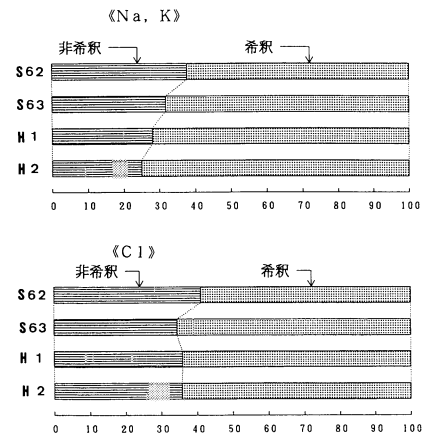


図4 非希釈電位差法と希釈電位差法の推移
The use of undiluted potentiometry and diluted potentiometry

5.2 ISE法による測定値の特徴

5.2.1 活量係数の差

ISEと参照電極間に発生する起電力(E)は、系の基準電位を E_0 、理論勾配をS、活量を a とすると(1)式のNernstの式に従う。活量(a)は活量係数を γ 、濃度をCとすると、 $a = \gamma \cdot C$ で表すことができる。いま、 $\gamma \cdot C$ を(1)式の a に代入し展開すると(2)式で表される。

$$E = E_0 + S \log a \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$E = E_0 + S \log \gamma + S \log C \quad \dots\dots\dots (2)$$

試料の測定を(2)式に従って濃度(C)として測定するには、校正液や計算の基礎として使用される内部標準液の γ と試料の γ が等しくなければならない。さらに、試料間の γ に差があってはならない。このような条件を厳密に当てはめると分析が成り立たない。なぜならば、血清・尿等の生物試料はマトリックスが複雑で全ての成分を考慮に入れて活量係数を算出できない。また、試料は個々の試料によって濃度が異なるのであるから、活量係数も個々の試料によって異なることになる。従って実用分析上は校正液、内部標準液、試料の γ が近似的に等しいことが前提になる。

(1) 希釈電位差法

校正液、内部標準液、血清、尿等の試料を出来るだけイオン強度を高くした希釈緩衝液で希釈した試料液について測定する方法である。この方法では試料間濃度のバラツキは希釈緩衝液に吸収され γ に差が生じにくい。さらに希釈液に緩衝能があることから、尿のように幅広いpHを示す試料の測定に有利である。

(2) 非希釈電位差法

校正液、内部標準液、血清等の試料をそのまま電極(ISE)に触れさせる方法である。従って校正液や内部標準液のイオン種およびその濃度を、血清等に含まれているそれに近似させて調製する。当然であるが血清等の γ はそれらの試料のイオン濃度に依存するので、試料間の γ は異なることになる。試料が血清の場合は、病的に変動するイオン濃度の変化はおおよそ30~50mmol/l程度である。この変化が活量係数に与える影響は約1%以下である。尿の濃度変化は150mmol/lにおよぶことがあり、活量係数の違いを無視出来えない。この種の装置の多くは、尿専用希釈液で希釈して測定するようになっている。

5.2.2 溶媒表現単位の違い(容積置換)

血清を非希釈電位差法で測定する場合に起こりうる要因である。この方法は電極(ISE)を直接血清に浸すため、測定値は電極自身が溶媒と認識することができる

溶媒単位当たりの溶質量として表現される。これは血清中に脂質や蛋白質を多量に含むことから、電極がそれらを溶媒と見なさないためであると考えられている。正常な血清では、およそ7%が溶媒になりえない容積を占めているという意見もあるが、筆者らの経験によると実際の効果とし、それが現れるのは約2%である。いま、 Na^+ が $140\text{mmol}/1000\text{ml}$ (serum) の血清がある。血清中に溶媒となりえない容積が2%あるとすると、その Na^+ 濃度は $140\text{mmol}/980\text{ml}$ (H_2O in serum) になる。溶媒980mlを1000mlに換算した濃度として表現すると $143\text{mmol}/1000\text{ml}$ (H_2O in serum) となり、高値を示す。このことを整理すると、非希釈電位差法で測定される単位は $\text{mmol}/\text{l} \cdot \text{H}_2\text{O}$ in serum であり、希釈電位差法や炎光光度法で測定される単位は $\text{mmol}/\text{l} \cdot \text{serum}$ と表される。

5.2.3 試料の pH に対する影響

非希釈電位差法で測定する場合は試料が直接電極に触れるため、試料 pH の影響を受ける場合がある。特にガラス電極では、試料 pH の影響を受けやすいといわれている。一般的に pH が低くなると正の誤差を、高くなると負の誤差を生じる傾向がある。新鮮な患者血清では問題は少ないが、極端な pH を示す管理血清等ではときとして誤差を生じることがある。

5.2.4 液間電位の影響

液間電位は、参照電極の内部液（多くは KCl）と試料間あるいは校正液、内部標準液間の接液部に発生する電位である。その電位の大きさは内部液のイオン濃度、移動度と試料側のイオン濃度、移動度との関係で決まるとされている。計算の基礎としている内部標準液や校正液の液間電位と、試料の液間電位が等しいことが望ましい。従って、測定対象外のイオンであっても極端な濃度の試料については誤差を発生する原因となる。その影響の受け方は、一般的に非希釈電位差法で大きく、希釈電位差法では小さいといわれている。

5.2.5 イオン選択性と妨害イオン

ISE法で血清 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- の日常検査を行っている際、選択性の悪さが原因で不当な測定値が出る確率は一般的に少ない。しかし、その中でも Cl 電極の選択性は Na、K 電極に比べると悪く、ときとして血清クロール値の不当高値が出現することがある。市販装置に搭載されている Cl 電極の選択係数は、 HCO_3^- 、 Br^- 、 I^- 、 NO_3^- はそれぞれ0.1~0.3、2~5、5~20、2~7である。表6は筆者らが調べた SERA-520型装置に搭載されている Na、K、Cl 電極の選択係数である。¹²⁾

Na⁺電極

	K ⁺	Li ⁺	Rb ⁺	Cs ⁺	NH ₄ ⁺
選択係数	1.50 × 10 ⁻²	1.59 × 10 ⁻²	3.76 × 10 ⁻³	3.76 × 10 ⁻³	3.55 × 10 ⁻³

K⁺電極

	Na ⁺	Li ⁺	Rb ⁺	Cs ⁺	NH ₄ ⁺
選択係数	< 1.0 × 10 ⁻³	4.2 × 10 ⁻⁴	1.1 × 10 ⁻¹	2.7 × 10 ⁻³	1.0 × 10 ⁻²

Cl⁻電極

	SCN ⁻	ClO ₄ ⁻	I ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Acet	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻
選択係数	30.0	50.4	22.4	4.00	5.01	0.20	0.13	0.02	0.01	0.02

Acet : CH₃COO⁻

表6 Na, K, Cl イオン選択電極の選択係数 (HORIBA SERA-520)
Selectivity coefficients for sodium, potassium, and chloride ion-selective electrodes (SERA-520)

6. ISE 法による測定値の正確さ

ISE 法は化学ポテンシャルを捕らえることを測定の基礎としているので、正確さを化学量論的に解析することは不可能であろう。すなわち、測定条件をその過程ごとに吟味しても、正確さを完全に保証できる条件を組み立てることは難しい。いいかえればISE 法自身で正確さを規定することが大変難しい。

現状におけるISE 法の確認方法には二つある。一つは、正確さが確立されているデフィニティブ法（基準法）やリファレンス法（実用基準法）の測定値と比較する方法である。もう一つは、デフィニティブ法で値付けされた一次標準血清やリファレンス法で値付けされた常用標準血清を測定し、その測定値を標準血清の標準値と比較する方法である。標準血清については市販されており、常時入手可能である。

参考文献

- 1) 諏訪邦夫 編集企画：血清電解質と血液ガス，臨床検査 MOOK 5. 金原出版（東京）昭和56年。
- 2) 北岡建樹：水・電解質の知識，第1版3刷，南山堂（東京）1989。
- 3) 三浦義彰 監訳，ハーパー・生化学（原書17版），丸善（東京），昭和55年，p 598。
- 4) 北村元仕（編）：実践臨床化学，p111，医歯薬出版，1976。
- 5) 玄番昭夫：広範囲血液・尿化学検査，日本臨牀，47（増刊），649，1989。
- 6) 玄番昭夫：広範囲血液・尿化学検査，同上，47（増刊），643，
- 7) 小出輝：広範囲血液・尿化学検査，日本臨牀，秋季増刊号，40；350，1982。
- 8) 川村 博：腎と透析（臨時増刊号），21；330，1986。
- 9) 大原徳明，他：小児内科，12（臨時増刊号），394，1980。
- 10) 川勝岳夫：同上，265，
- 11) 関口光夫：検査と技術，17；1167，1989。
- 12) 高橋勝幸，他：臨床検査機器・試薬，13；741，1990。

The state of electrolyte analysis in the clinical laboratory

This paper discusses the state of electrolyte analysis in the clinical laboratory, with a description of the distribution and biological function of Na^+ , K^+ , and Cl^- in the human body. Emphasis is focused on the technology of measuring these elements. Previously, flame photometry was the conventional method for measuring Na^+ and K^+ ; coulometric titration the conventional method for measuring Cl^- . However, the past ten years or so have seen gradual improvements in the measuring method, with the use of ion-selective electrodes (ISE) coming into the forefront. The widespread use of the ISE method speaks clearly for its superiority over conventional measuring methods. The advantages of using ISE are as follows: (1) They do not use dangerous flammable gases. (2) They generate no electrolytic current, so the electrode portions do not become fouled. (3) They are easily integrated into multi-channel automated analysis equipment. (4) They use a test liquid that is a buffer, quite close to neutral, and therefore easy to handle. (5) They can be readily put in a wait-state, ready to begin measurement. On the other hand, the results yielded by ISE do reflect certain characteristics of the measurement principle used; this can give rise to the need for a different type of interpretation of the results from that used with conventional techniques. These characteristics include (1) the differential of activity coefficient, (2) differences in the representation of unit for solvent (Volume displacement), (3) effects on the pH of the test fluid, (4) effects of the liquid junction potential, and (5) ion selectivity and interfering ion. These effects are discussed here in terms of actual measurement results and their relationship to the principle of measurement.

