

イオン選択電極法血清ナトリウム値、カリウム値に及ぼす 血清アルブミン及び γ -グロブリン濃度の影響について

大東医学技術専門学校
神奈川県立衛生短期大学
神奈川県立がんセンター
北海道大学理学部
日本電子昭島製作所
常光東京研究所

○高原 喜八郎
会津 英子, 牧野 鉄男
村上 賢二, 小川 秀一, 佐藤 美穂
上平 恒
松下 和弘
山崎 浩樹, 後藤 元

[はじめに]

血液中の電解質の測定は血液ガスのそれと同様に救急医療において極めて重要であることは申す迄もなく、以前は炎光法 (F) によって測定されていたものが今日では殆んどすべてがイオン選択電極 (ISE) 法によって測定されるようになった。ところで ISE による血清ナトリウム、カリウム値 (ISE Na, ISE K 値) と F による血清ナトリウム、カリウム値 (F Na, F K 値) は正常血清では概略一致するも、患者血清では一致しない場合のあることが知られている。第 6 回の本研究会の折に山口大学総合治療センター前川教授によれば死期の近づいた患者血清の ISE Na 値は F Na 値に比して理解に苦しむ程高値を示し、その理由がまだわからないということであった。たしかに ISE 法と F 法とではその測定原理および測定条件は後記するように大きな相違があり、従って昔のナマの測定値同志では一致しないことが当然だったので、国際臨床化学連合 (IFCC, International Federation of Clinical Chemistry) は ISE 測定値をナマのままで示さず、F 値に合わせるようにその装置内で特定係数を乗せしめて指示するように勧告しており、今日市販されている血液用 ISE はすべてこの規格に従って製造されているので、一応一般の正常血清では ISE 値と F 値はほぼ一致するようになっている筈でありながら現実には特に ISE Na において F Na と一致しない場合のあることが問題とされているのである。

そこで、ISE 値と F 値の不一致の第一の原因として古くからわかっている因子は容積置換であり、特に容積置換性低 Na 血症 (F 値) が高蛋白血症または高脂血症などに認められてきた。

しかし、筆者らは現実の ISE Na と F Na の乖離の程度は $\pm 10 \text{ mmol/l}$ にもおよぶことがしばしばであるので、数年前よりこの乖離メカニズムの解析のための二・三の基礎的研究を実施してきたので今回そのあらましについて、特に共存するアルブミンおよび γ -グロブリンの影響^{1)~7)}について述べる。

[方 法]

1) 血清アルブミン (A1b) の定量は Albumin B テストワコーによった。2) γ -グロブリン (γ -G) 濃度の定量は常光 CTE-150 型によった。3) ヒト血清は神奈川県立がんセンター患者および健常人の血清を使用した。4) $\text{Na} 140 \text{ mmol/l}$ 共存 A1b 液の調製にはウシ A1b fraction V (BVA) を使用した。5) 同様共存 γ -G 液の調製には PENTEX ウシ Gamma G. fraction II (BGII) を添加溶解した。これら BVA および BGII には Na が含まれているが、ISE 値と比較のためには F Na 値は補正してはならないと考えられた。6) 炎光分析には日本分光 MFT 303 型を使用した。7) ISE 機種には D J G, I J G, D J C, D T G, D A G の 5 機種を使用した。ここに D は直接方式 (非希釈方式), I は希釈方式, G はガラス電極, C はクラウンエーテル電極, J は常光社, T はテクノメチカ社, A は AMD E V 社 (利康商事) を表わす。8) ISE の電圧測定は岩通 S C-7401 型によった。9) NMR の測定は日本電子 270 型により、 ^{23}Na の緩和時間を $^{23}\text{Na} / T_1$ (msec) で表現した。10) A1b g/dl は ≤ 3.7 を低 (L), ≥ 3.8 を高 (H) 群とし、 γ -G g/dl は ≤ 1.6 を L, ≥ 2.3 を H 群として、各群について F Na, F K, ISE Na, ISE K 値を各機種により測定し、ISE 値 - F 値の差を全例について求め、その値の頻度分布図について比較した。また、F 値 (X) に対する ISE 値 (Y) の回帰分析から $Y = aX + b$, 相関係数 R を求めた。

[結 果]

① 血清 A1b の濃度によって検体血清を L および H の 2 群に分け、各群について炎光値 F Na に対する ISE Na の回帰式と相関係数 R を求め、1988 年から 1991 年に至る 4 ヶ年の成績を Table 1 に示した。ISE 機種としては D J G, I J G を 4 ヶ年に亘って使用したのでこれを主力機種とし、1989 年にクラウンエーテルの希釈方式 (A & T 社)、および 1990 年に非希釈方式として

のSTAXおよびAMDEVについても参考的に使用した。

Table 1

REGRESSION EQUATION AND CORRELATION COEFFICIENT BETWEEN ISE RESULTS AND FLAME PHOTOMETRY VALUES OF SERUM SODIUM ION IN LOW AND HIGH ALBUMIN GROUPS

group Year	L SERUM ALBUMIN \leq 3.7 g/dL		H SERUM ALBUMIN \geq 3.8 g/dL	
	ISE(DIG) Undiluted, Glass	ISE(LJC) Diluted, Glass	ISE(DIG) Undiluted, Glass	ISE(LJC) Diluted, Glass
1988 cancer 165 student 49	N=117 $Y=0.568X + 59.49$	N=117 $Y=0.596X + 56.07$	N=91 $Y=0.049X + 135.4$	N=91 $Y=0.058X + 133.3$
	R=0.663	R=0.720	R=0.126	R=0.155
1989 cancer 236 normal 30	N=135 $Y=0.759X + 35.1$	N=135 $Y=0.681X + 47.3$	N=135 $Y=0.252X + 106.9$	N=135 $Y=0.329X + 96.5$
	R=0.823	R=0.771	R=0.399	R=0.503
		Crown-ether ISE $Y=0.886X + 21.26$		Crown-ether ISE $Y=0.433X + 83.8$
1990 cancer 300 normal 20	N=201 $Y=0.159X + 113.0$	N=201 $Y=0.322X + 95.3$	N=113 $Y=0.044X + 130.5$	N=113 $Y=0.225X + 109.6$
	R=0.259	R=0.567	R=0.055	R=0.435
	STAX(N=200) $Y=0.431X + 82.4$		STAX(N=200) $Y=0.274X + 104.7$	
1991 cancer 206 student 32 adult 33	AMDEV(N=74) $Y=0.721X + 38.6$		AMDEV(N=39) $Y=0.910X + 13.1$	
	R=0.696		R=0.529	
	Cancer N=144 $Y=0.34X + 91.09$	Cancer N=144 $Y=0.44X + 77.31$	Cancer N=62 $Y=0.34X + 93.17$	Cancer N=62 $Y=0.48X + 72.8$
	R=0.43	R=0.50	R=0.25	R=0.55
	Student N=0	Student N=0	Student N=32 $Y=0.126X + 124.1$	Student N=32 $Y=0.114X + 124.7$
	Adult N=0	Adult N=0	Adult N=33 $Y=0.018X + 139.06$	Adult N=33 $Y=0.031X + 135.9$
	R=0.003		R=0.109	R=0.089

先ず方向係数 a の値について L 群および H 群について 4 年間にわたって比較すると 1991 年を除いていずれも a 値は L 群 $>$ H 群の関係にあることがうかがわれる。特に 1991 年度の検体は、1990 年度迄の検体が癌 + 正常人として混合させ、ただ A 1 b 濃度のみによって L, H を 2 群別したのに対して、1991 年度でははじめて癌、学生、成

人の 3 群について別個に a 値および R 値を求めたところが基本的に異なり、これは後記⁵⁾するようにこれ迄あまり考慮されなかった重大な因子と思われる。

次いで R 値については 4 年間における全実験例について、非希釈方式および希釈方式についてすべて L 群値 $>$ H 群値であり、わずかに 1991 年度の癌血清の希釈方式において差がない結果を得た。なお、1991 年の学生および成人血清には A 1 b の L 群は 1 例も無く、H 群のみであってそれらの a 値および R 値は Table 1 に示されるように極めて小さいことが認められる。以上をまとめると、ISE Na 値と F Na 値の相関性は A 1 b. L 群の方が H 群より良好である。言いかえれば A 1 b. は高値となるとこの相関性を低下させていることがうかがえらるよう。

② 上記の相関図の分布状況を 1988 年度の成績を例として Fig 1, Fig 2 に示す。Fig 1 は A 1 b. の L 群、Fig 2 は A 1 b. の H 群である。特に Fig 2 では回帰直線は殆んど水平となり、零次直線の状況でさえあり、その Y 軸との交点が 140 mmol/l 附近にきていることはまさに興味深い。すなわち、具体的には分布点の 125 mmol/l (炎光値) は ISE によって表現されると 140 mmol/l と増幅されて示されているのである。

Fig. 1

REGRESSION LINE BETWEEN ISE RESULTS AND FLAME PHOTOMETRY VALUE OF SERUM SODIUM ION
[ALBUMIN CONCENTRATION \leq 3.7 g/dL] Data in 1988

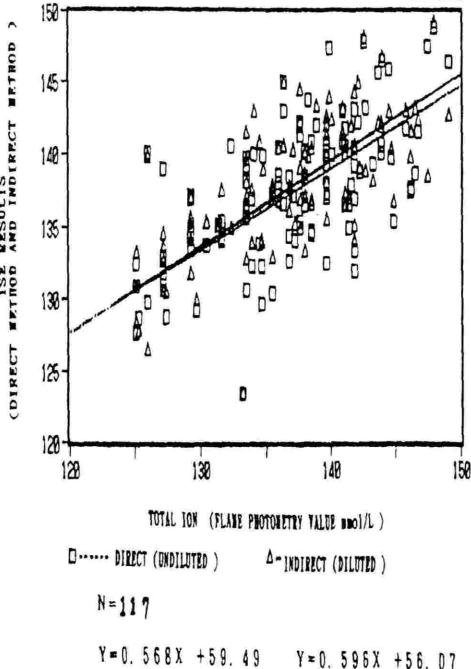
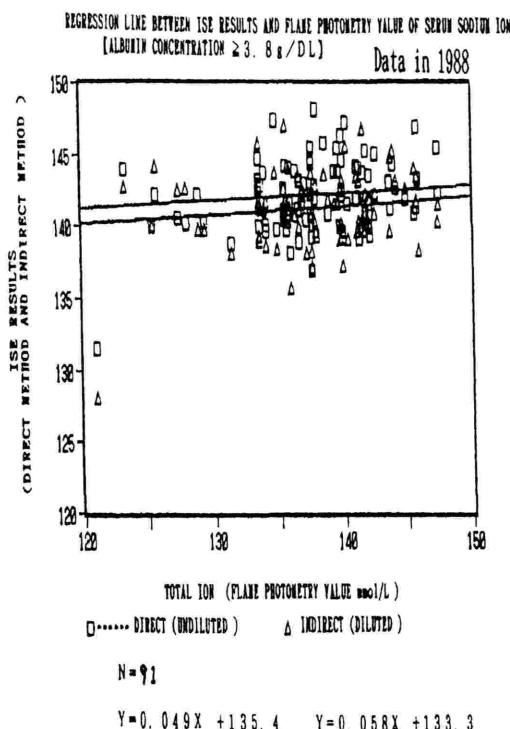


Fig. 2



③ 上記は $A1b \geq 3.8 \text{ g/dL}$ を H 群, $A1b \leq 3.7 \text{ g/dL}$ を L 群としたが, γ -Globulin においては γ -G $\geq 2.3 \text{ g/dL}$ を H 群, γ -G $\leq 1.6 \text{ g/dL}$ を L 群として, 各群における ISE 値から炎光値を差引いた値, すなわち ISE 値 - F 値のそれぞれの大きさを横軸にとり, 縦軸にそれらの頻度をとったヒストグラムをつくって各群について比較したものを Fig. 3 ~ Fig. 6 に示した。なお, このヒストグラムでは Na および K についてならべて示した。

Fig. 3

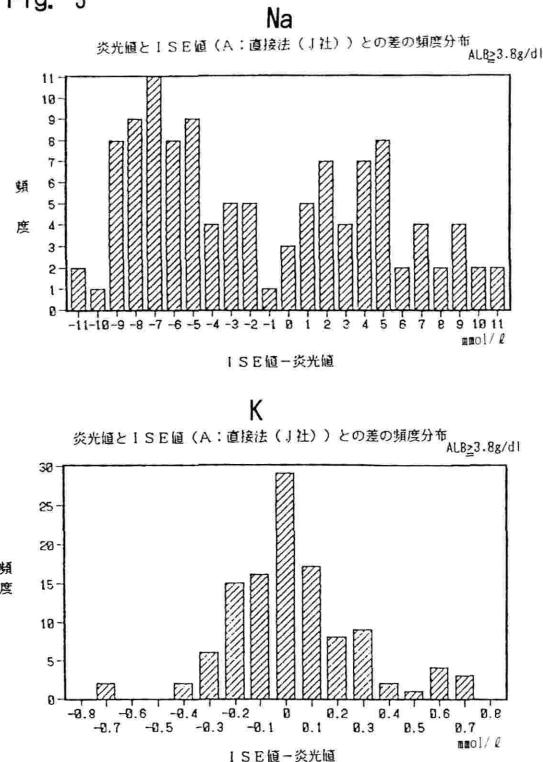


Fig. 4

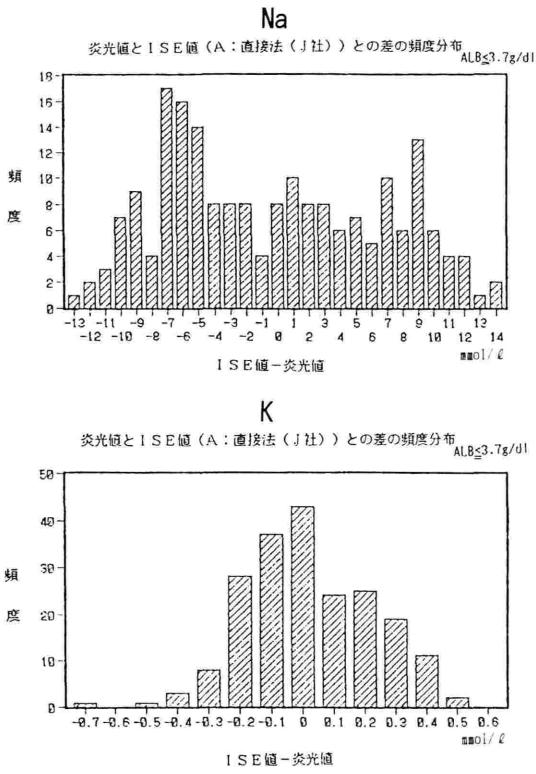


Fig. 5

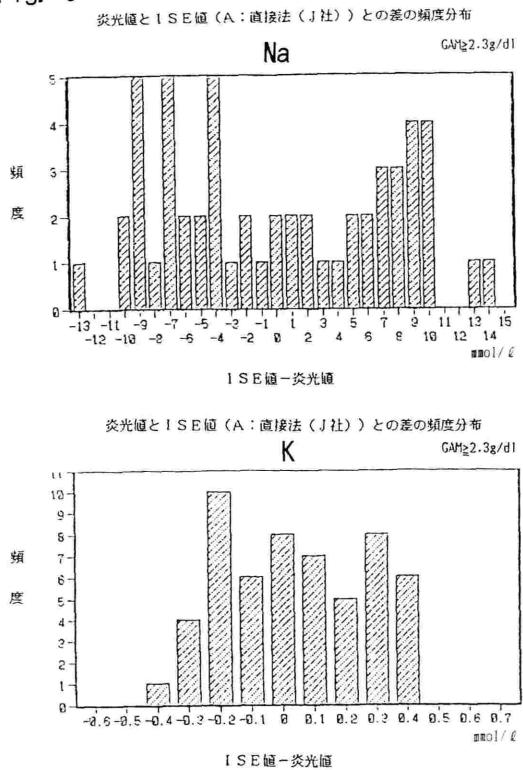
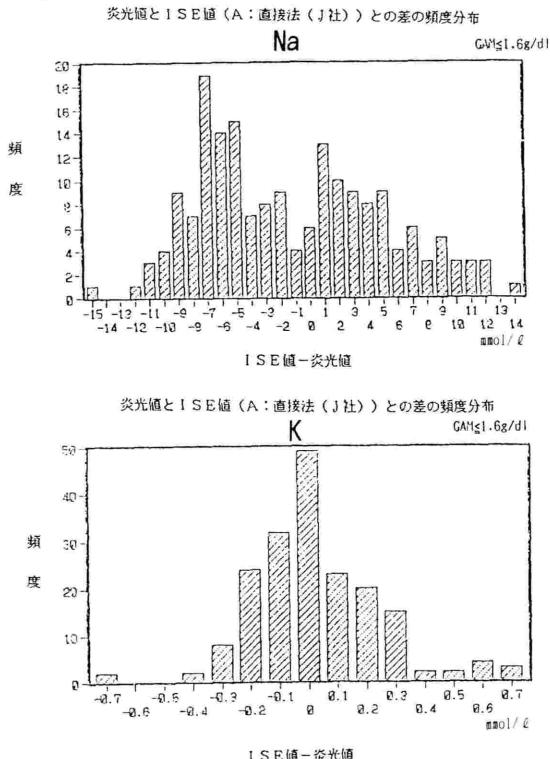


Fig. 6



すなわち、A1bH群のNa, KをFig 3に示すが、NaにおいてはISE Na > F Naの群と、F Na > ISE Naの2群に分かれていることが認められるが、Kにおいてはこのような2群化は認められず、 $0 \pm 0.3 \text{ mmol/l}$ の範囲内のきれいな正規分布的な状況が示されている。次にA1bL群のNa, KをFig 4に示すと、概略的にはFig 3と同様にみえるも細かく観察すると差値はマイナスの方向、すなわち、F値 > ISE値の傾向に片寄った分布のピークが認められ、プラスの方向（すなわち ISE 値 > F 値）の分布は平坦的のようにみえるようである。

γ -G (GAM) のH群についてのNa, KのISE値 - F値の状況をFig 5に示すと、Naではやはり二峰性を示すが特にF値 > ISE 値の方向にピークが分布し、これは丁度A1bL群と同様の関係にあるようである。

ところがKにおいてはこれとはやや異なり、最大ピークはF値 > ISE 値の方向（すなわち -0.2 mmol/l ）に分布し、ISE 値 > F 値の方向は平坦的であるようにみえる。

最後に γ -GL群についてのNa, KのISE 値 - F 値をFig 6に示すと、NaおよびKについての状況はA1bH群 (Fig 3) のそれと正しく同様のパターンであることが認められる。

以上を要約するとNaにおいては差値はプラスおよびマイナスの方向への二峰性を示し、特にA1bのH, L, γ -GのH, LにかかわらずF値 > ISE 値の分布傾向が大きいようであるのに対し、Kにおいては γ -GのH群を除いて、いずれの群でも一峰性の $\pm 0.3 \text{ mmol/l}$ 以内の正規分布性を示していることである。 γ -GのH群では -0.2 mmol/l にピークがあるような平坦的分布傾向を示している。

④ 前項ではISE 値 - F 値の分布状況をパターンとしてみたのであったが、その差値を方法別に3群 (Direct ISE - F, Diluted ISE or Indirect ISE - F, Direct ISE - Indirect ISE) に分けて、A1bのH群, L群における差の平均値を求めて、それらの平均値のH群, L群間の有意差の検定をした結果をTable 2に示す。すなわち、差の平均値をA1bのH, Lの2群においてT検定によって検定した結果は、D-F, I D - F, D - I Dの3方法別においてもいずれも有意にH・A1b群における差が大きいと判定された。

Table 2

Data in 1988

METHOD OF ESTIMATION OF SODIUM ION	THE MEAN OF DIFFERENCE IN MMOL/L		T TEST OF THE MEAN OF DIFFERENCE
	ALB \leq 3.7 g/dL	3.8 g/dL \leq ALB	
D-F	N=117 0.38	N=88 4.02	Ts=1.6 p < 0.001
I0-F	N=117 0.84	N=88 3.12	Ts=7.48 p < 0.001
D-I0	N=117 -0.4	N=88 0.89	Ts=0.25 p < 0.001

LEGEND: D: DIRECT METHOD, I0: INDIRECT METHOD, F: FLAME PHOTOMETRY

⑤ A1bのL, H群, γ -GのL, H群における, F値に対するISE値の回帰式方向係数aの平均値, 相関係数Rの平均値, ISEの平均値, Fの平均値についてまとめたものをTable 3に示した。表中, M_{ISE} , M_F のそれぞれのNa, K値がA1bのL, H, γ -GのL, Hにおいて, Lを100とした場合のHの対応率, Fを100とした場合のISE値の変動率を%値としてNaおよびKの枠内のみ記入した。そしてこれらの対応や変動傾向がA1bと γ -Gとでは正反対であり, また, NaとKにおいても逆関係にあるようである。例えば同じF値において, γ -GがLからHへと変る場合に, Kでは100 \rightarrow 103.4と増加するのに対してNaでは100 \rightarrow 97.6へと減少している。そして奇妙にもこの関係はISE値においても同様である。

Table 3

炎光法値をX, ISE値をYとし, $Y = aX + b$, 相関係数をR, 使用ISE6種類におけるa値の平均を \bar{a} , R値の平均を \bar{R} , ISE値の平均を M_{ISE} , 炎光法値の平均を M_F とするとき, 低Albumin群(L-A1b), 高Albumin群(H-A1b), 低 γ -Globulin群(L- γ -G), 高 γ -Globulin群(H- γ -G)におけるNaおよびKの \bar{a} , \bar{R} , M_{ISE} , M_F の比較

Data in 1990

	\bar{a}		\bar{R}		M_{ISE}		M_F		N
	ISE/F	ISE/F	ISE/F	ISE/F	mmol/L	mmol/L	mmol/L	mmol/L	
	Na	K	Na	K	Na	K	Na	K	
L-A1b	0.409	1.005	0.577	0.039	138.0 (\pm 1.0)	4.26 (\pm 0.0)	135.2 (\pm 0.0)	4.18 (\pm 0.0)	201
H-A1b	0.364	0.997	0.430	0.080	140.9 (\pm 1.0)	4.12 (\pm 0.0)	138.0 (\pm 0.0)	4.14 (\pm 0.0)	113
L- γ -G	0.420	0.970	0.561	0.093	139.2 (\pm 1.0)	4.18 (\pm 0.0)	137.3 (\pm 0.0)	4.09 (\pm 0.0)	184
H- γ -G	0.450	1.010	0.591	0.055	137.5 (\pm 1.0)	4.35 (\pm 0.0)	134.0 (\pm 0.0)	4.23 (\pm 0.0)	55

ところが同じ観察をA1bについて試みるとF値においてA1bがLからHへと変るときにKでは100 \rightarrow 99.0と減少するのに対してNaでは100 \rightarrow 102.3へと増加し, そしてこの関係はISE値においても程度は僅少であるがやはり同様であることが認められる。

これらの現象の解析には容積置換, γ -Gとイオンの吸着, A1b, 水和水による誘電率の減少, その他未知の因子などが考えられるので単純早急に推測を下すべきではないと考えられ, あらためて血清検体のマトリックスの多様性の解析の困難さに直面するものである。

⑥ そこでマトリックスの単純な実験条件の試料を調製してF値, ISE値, ISEの電極出力電圧実測値, ^{23}Na のNMRによる緩和時間 ($^{23}\text{Na} / T_1$ msec) の測定などの実験を計画して, Naが140mmol/l一定のところへA1bを1.0, 2.0, 4.0, 8.0g/dl共存せしめた系列と, 他方 γ -Gを1.0, 2.0, 4.0, 8.0g/dl共存せしめた系列を調製して, それらについての上記の項目を測定した結果をTable 4およびFig 7に示す。

Table 4

#	NaCl mmol/l	A1b g/dl	γ -G g/dl	23 Na/T ₁ msec	Ratio	F _{Na} corrected mmol/l	F _{Na} not cor- rected mmol/l	ISE-A mmol/l	ISE-A mmol/l F _{Na}
1	14.0	0.0	0.0	60.517	1.000	139	139	1.000	139 1.000
2	14.0	1.0	—	—	—	140	142	1.0216	143 1.007
3	14.0	2.0	—	49.211	0.813	142	146	1.0504	144 0.986
4	14.0	4.0	—	48.608	0.803	137	145	1.0432	149 1.078
5	14.0	8.0	—	44.996	0.744	133	149	1.0719	158 1.060
6	14.0	—	1.0	57.937	0.957	140	143	1.0287	143 1.000
7	14.0	—	2.0	50.500	0.834	140	146	1.0504	147 1.057
8	14.0	—	4.0	49.383	0.816	141	153	1.1007	155 1.013
9	14.0	—	8.0	42.373	0.700	138	162	1.1655	188 1.037
10	0	—	1.0	—	—	▲ 3.0	—	—	—
11	0	—	4.0	—	—	8.0	—	—	—
12	0	—	16.0	—	—	30.0	—	—	—
						▲ NaCl=17.5mmol/g γ -G: 2.0g/dl 求めた。			

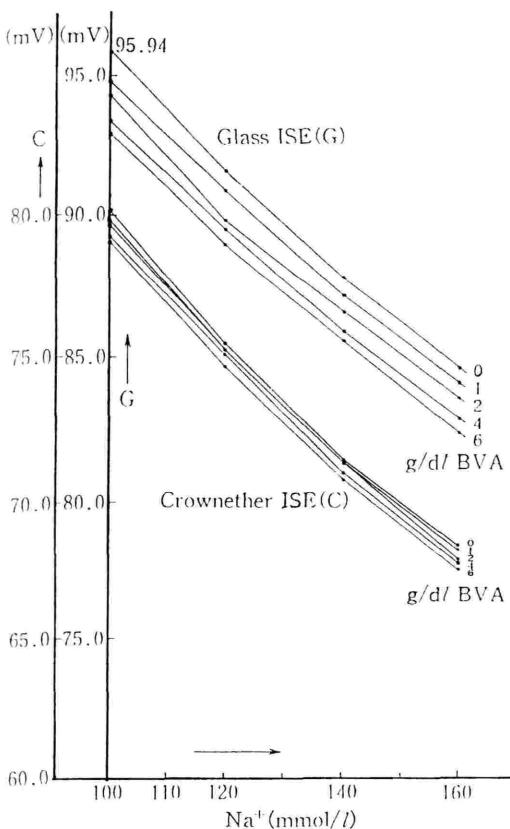


Fig. 7 ALB 濃度差による Na^+ ISE の出力電圧実測値例

すなわち、先ず ^{23}Na の自由運動性に対する A 1 b および γ -G の影響を緩和時間 (msec) の立場から見ると、蛋白ゼロのときの ^{23}Na の緩和時間は 60.517 msec であり、これを 1.000 とすると、蛋白が 2.0, 4.0 g/dl と共に存在するに従ってこの比率は減少し、その程度は A 1 b の方がやや大きいようであるが蛋白 8.0 g/dl においては γ -G の方が A 1 b より大きく影響を受けるようになった。

一方、 FNa 値に対する ISE Na 値の動態についてするために ISE Na / FNa の比を求めて比較することにした。ISE 機種としてはガラス薄膜電極を使用した ISE-A の Na 値を使用した。先ず蛋白ゼロにおける ISE-A / FNa 値は Table 4 の最右欄に示されるように 1.000 となった。これに蛋白が 1.0, 2.0, 4.0, 8.0 g/dl と共に存在してゆくときの比率の変化をみると、 γ -G よりも A 1 b の方が変化の程度は大きく、かつその方向は増大の方向、すなわち FNa 値に比して ISE Na 値が大きく出る傾向であるという結果を得た。

すなわち、これらの結果から A 1 b における ISE 値の増大作用は後記するように A 1 b 共存による試料誘電率の低下 → 活量係数の減少 → 起電力 (mV) の低下

→ ISE Na 値としての増大ではないかと考えられる。そしてまた、 γ -G における増大作用が A 1 b より小さいことは、 γ -G による Na^+ の吸着結合が原因ではないかと考えられる。従って ^{23}Na の緩和時間が蛋白濃度の増加に反比例して減少していくことの解析として、A 1 b においてはその強大な結合水 (誘電率の低下した) による Na^+ の熱運動性の束縛によるものであり、また γ -G においては疎水性蛋白としての Na^+ との結合機序によるものではないかと考えられる。

これらの推定は Fig. 7 に示された A 1 b 濃度差による Na^+ ISE の出力電圧実測値例によっても興味深く比較されよう。Fig. 7 において G と示したのはガラス薄膜 Na ISE であり、C と示したのはクラウンエーテル液膜 Na ISE である。先ず G に比して C においては A 1 b 濃度の影響をあまり受けていないことを示している。次に、G における状況をみると、これは例えば Na^+ が 140 mmol/l 水溶液のときの起電力が約 87.5 mV であるところへ、A 1 b が 6 g/dl 共存すると約 85.5 mV へと減少した。このよみを水溶液 (蛋白ゼロ) の検量線から Na^+ mmol/l としてよみとると約 155 mmol/l となり、すなわち $155/140 = 110.7$ (%) と高値に出ることを示すものである。

⑦ 蛋白共存による試料誘電率の減少について。

1932年にMarinesco⁸⁾が共鳴法によって蛋白質などの有機物質の水溶液の誘電率 (誘電恒数) を測定した成績を Table 5 に、1959年に筆者らが電気導度法により Debye - Huckel - Onsager の式を用いて算出した誘電率 D の値を Table 6⁹⁾ に示す。

いずれの結果も蛋白濃度の増加に反比例して誘電率の値が減少していることを示している。ところで、この誘電率 (D, Dielectric Constant, 透電率, 透電恒数) は ISE 法と如何に関係しているのかについて述べる。

Fig. 8 に Davies の誘導式¹⁰⁾ による活量係数 f 値を計算した結果を示す。いう迄もなく、ISE 法は Nernst の式

$$E = E^\circ + 2.303 \left(\frac{RT}{nF} \right) \log (fM)$$

を原理としている。E は ISE に発生する電圧であり、 E° および $2.303 \left(\frac{RT}{nF} \right)$ は定数である。M は目的とするイオンの存在総量 (炎光法などによる) であり、f は活量係数である。

Davies は f 値を求めるために Debye - Hückel の式を拡張して $\log f = -AZi^2 \left[\sqrt{1/(1+\sqrt{I})} - 0.2 \times I \right]$ を導いた。ここに $A = 1.8246 \times 10^6 / (DT)^{3/2}$ である。¹⁰⁾

すなわち f を求める式中に D が $(DT)^{3/2}$ の形で入っているのである。I はイオン強度であり、I を 0.01

~0.5 の範囲で, f 値を $D=60 \sim 82$ の値を代入して計算した f 値が¹¹⁾ Fig. 8 である。すなわち同一イオン強度においては D 値の減少に比例して f 値は低下する。また、同一 D 値においてはイオン強度の増加するのに反比例して f 値は低下することを示している。

Table 5

DIELECTRIC CONSTANT(ϵ) OF EGG-ALBUMIN WATER SOLUTION
BY RESONANCE METHOD (NÉDA MARINESCO, 1932)

Nach Néda Marinesco
Kolloid-ZS. 58. 285~294 (1932)

Kolloide	Konzentration Gramine Proz.	ϵ der wässerigen Lösung	H
Ovalbumin	0,3	73,0 □	1,5
	0,6	66,9 □	1,5
	1,2	58,1 □	1,5
Serum-Albumin	0,2 0,672	79,4 □ 77,5 □	0,10 0,12
Methämoglobin	1,0 1,5 2,0	51,3 41,6 31,8	2,6 2,9 2,6
Gelatine $p_{\text{H}} = 4,7 *$ $p_{\text{H}} = 6,6$ $p_{\text{H}} = 3,5 *$	1,0 0,5 1,0	76,0 * 76,4 68,2 *	0,01 0,13 0,57
Lösliche Stärke	2,0 3,0 4,0	63,5 58,5 53,8	0,51 0,48 0,46
Gummiarabikum	1,5 2,0	73,8 71,6	0,02 0,02
Cholesterin	7,2 11,81	45,1 36,2	0,25 0,21
Lezithin	0,153 0,912 1,025	74,0 58,6 56,7	2,00 1,89 1,82

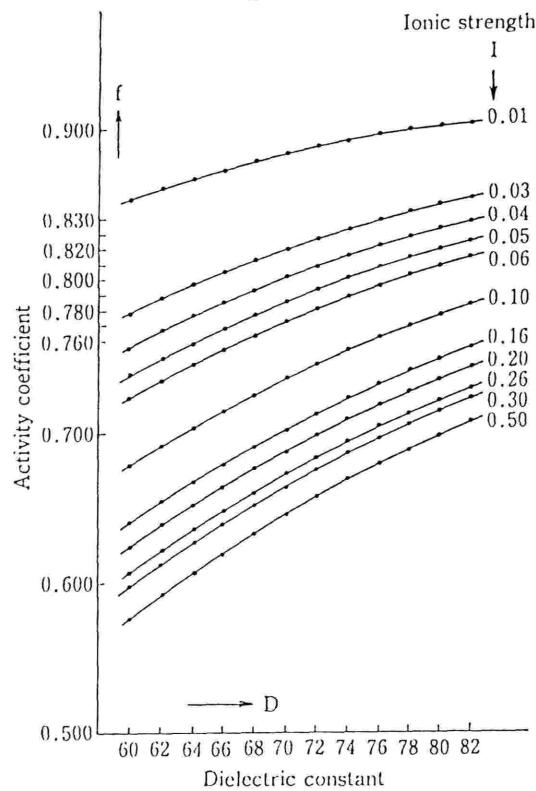
Table 6

Debye-Hückel-Onsager の式を用いて算出した透電恒数 D の値 (25.0°C)

NaCl mol	0	1.0	2.0	4.0	6.0
∞	78.5 (57.5)	(57.5) (37)	(42.0) (2.8)	(28.5) (29.2)	(22.0) (22)
0.0001	81.4 (57.5)	(42.0)	(28.5)	(22.0)	
0.0005	81.6 (57.8)	(42.0)	(28.5)	(22.0) (22.6)	
0.001	82.1 (57.5)	42.5	30.1	22.3	
0.002	83.9 (58.0)	(42.4)	(29.0)	(21.8)	
0.005	85.9 (58.5)	42.3	28.0	21.6	
0.01	89.1 (63.9)	49.6	34.2	26.4	
0.02	94.7 (69.3)	55.7	41.0	32.6	
0.05	106.6 (81.7)	70.1	53.9	43.8	
0.1	125.1 (104.5)	91.4	72.3	58.8	

() 内は外挿値または内挿値、小文字は KCl を使用した場合の値

Fig. 8



Davies の誘導式による f 値の計算結果

Nernst formula

$$E = E^0 + 2.303(RT/nF) \log(fM)$$

$$\log f = -\Delta Z^2 (\sqrt{I} / (1 + \sqrt{I})) - 0.2 \times I$$

$$+ 0.024 \times I$$

$$\text{here } \Delta = 1.8246 \times 10^6 / (DT)^{3/2}$$

f 値の低下が Nernst の式における E にどのように影響しているのかを演算して E 値を求めたのが Table 7¹¹⁾ である。すなわち、 Na^+ の同一 mmol / ℓ 値において、 f 値が減少すれば E 値も低下してゆくことが示されている。そしてこの一連の関係は Fig. 7 の電圧実測例の傾向とも正しく一致しているのである。

Table 7

Calculated values of induced potential at the ISE by Nernst formula, concentrations of Na^+ versus activity coefficient (f)

f	110	120	130	140	150	160	170
0.5	-2.61132	-2.60909	-2.60704	-2.60514	-2.60337	-2.60172	-2.60016
0.6	-2.60665	-2.60442	-2.60237	-2.60047	-2.59871	-2.59705	-2.59549
0.7	-2.60271	-2.60047	-2.59842	-2.59652	-2.59475	-2.59311	-2.59154
0.8	-2.59928	-2.59705	-2.59501	-2.59311	-2.59133	-2.58967	-2.58812
0.9	-2.59626	-2.59403	-2.59198	-2.59008	-2.58831	-2.58666	-2.58511

[総括および結論]

以上の推定理論と実験成績から ISE 直接方式、とくにガラス薄膜電極の ISE では血清Na⁺ 値は FNa 値よりも高値に出ることの理由が解明されるものと思われる。そして、この因子の最大なものが A1b 濃度の増大に伴う試料誘電率の減少であることも容易に理解されよう。ところで、冒頭で引用した山口大学前川教授の疑問について再び想像を試みると、死期の近い患者の血液は多分、乳酸やピルビン酸その他の酸により pH は酸血症となつていろいろであろう。そこで Table 5 について Gelatine う試料誘電率の減少であることも容易に理解されよう。

レコード 負荷で引田 / 山口大学前川教授の疑問につ

山下真理、木村夕香、小池雅美、伊藤博子、上村千尋、厚地直美、熊倉美佳の八氏の特論実験データによることを記して深く謝意を表する。また貴重な機器を借用させて頂いた株式会社常光、テクノメディカ、利康商事、A & T の各社の御好意に対しても深甚の謝意を表する。

文 献

- 1) 臨床病理、35巻補冊 P. 272 (1987)
- 2) 臨床病理、36巻補冊 P. 219 (1988)
- 3) 臨床病理、37巻補冊 P. 181 (1989)

文 献