

# 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 $\gamma$ -グロブリン濃度の影響について

大東医学技術専門学校	○ 高原 喜八郎
神奈川県立衛生短期大学	会津 英子, 牧野 鉄男
神奈川県立がんセンター	村上 賢二, 小川 秀一, 佐藤 美穂
北海道大学理学部	上平 恒
日本電子昭島製作所	松下 和弘
常光東京研究所	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であったので、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すさず、F値に合わせるようにその装置内で特定係数を乗ぜ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く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 $\pm 10 \text{ mmol} / \ell$ 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 $\gamma$ -グロブリンの影響<sup>1)~7)</sup>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)  $\gamma$ -グロブリン( $\gamma$ -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)  $\text{Na} 140 \text{ mmol} / \ell$  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 $\gamma$ -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MF 303型を使用した。7) ISE機種にはDJG, IJG, DJC, DTG, DAG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AMDEV社(利康商事)を表わす。8) ISEの電圧測定は岩通SC-7401型によった。9) NMRの測定は日本電子270型により、 $^{23}\text{Na}$ の緩和時間を $^{23}\text{Na} / T_1 (\text{msec})$ で表現した。10) A1b g/dlは $\leq 3.7$ を低(L),  $\geq 3.8$ を高(H)群とし、 $\gamma$ -G g/dlは $\leq 1.6$ をL,  $\geq 2.3$ 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ケ年の成績をTable 1に示した。ISE機種としてはDJG, IJGを4ケ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(DJG)	ISE(IJG)	ISE(DJG)	ISE(IJG)
	Undiluted, Glass	Diluted, Glass	Undiluted, Glass	Diluted, Glass
1988 cancer 165 student 49	N=117 Y=0.568X + 59.49 R=0.663	N=117 Y=0.596X + 56.07 R=0.720	N=91 Y=0.049X + 135.4 R=0.126	N=91 Y=0.058X + 133.3 R=0.155
1989 cancer 236 normal 30	N=135 Y=0.759X + 35.1 R=0.823	N=135 Y=0.681X + 47.3 R=0.771 Crown-ether ISE Y=0.886X + 21.26 R=0.829	N=135 Y=0.252X + 106.9 R=0.399	N=135 Y=0.329X + 96.5 R=0.503 Crown-ether ISE Y=0.433X + 83.8 R=0.484
1990 cancer 300 normal 20	N=201 Y=0.159X + 113.0 R=0.259 STAX(N=200) Y=0.431X + 82.4 R=0.642 AMDEV(N=74) Y=0.721X + 38.6 R=0.696	N=201 Y=0.322X + 95.3 R=0.567	N=113 Y=0.044X + 130.5 R=0.055 STAX(N=200) Y=0.274X + 104.7 R=0.412 AMDEV(N=39) Y=0.910X + 13.1 R=0.529	N=113 Y=0.225X + 109.6 R=0.435
1991 cancer 206 student 32 adult 33	Cancer N=144 Y=0.34X + 91.09 R=0.43 Student N=0 Adult N=0	Cancer N=144 Y=0.44X + 77.31 R=0.50 Student N=0 Adult N=0	Cancer N=62 Y=0.34X + 93.17 R=0.25 Student N=32 Y=0.128X + 124.1 R=0.109 Adult N=13 Y=0.018X + 139.04 R=0.003	Cancer N=62 Y=0.48X + 72.8 R=0.55 Student N=32 Y=0.114X + 124.7 R=0.089 Adult N=33 Y=0.031X + 135.9 R=0.009

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A1b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<sup>5)</sup>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A1b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。以上をまとめるならば、ISENa値とFNa値の相関性はA1b、L群の方がH群より良好である。言いかえればA1b、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れよう。

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A1b、のL群、Fig 2はA1b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140mmol/ℓ附近にきていることはまことに興味深い。すなわち、具体的には分布点の125 mmol/ℓ (蛍光値)はISEによって表現されると140 mmol/ℓと増巾されて示されているのである。

Fig. 1

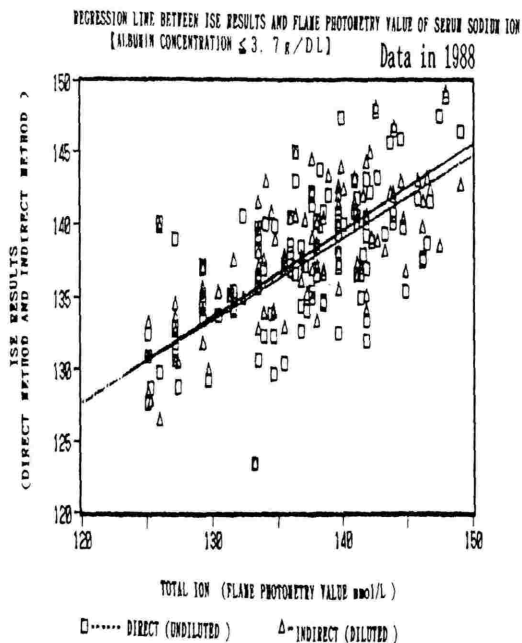


Fig. 2

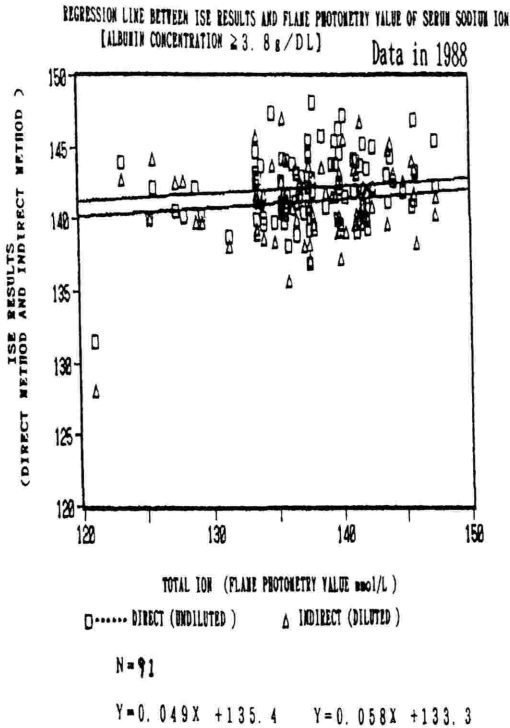


Fig. 3

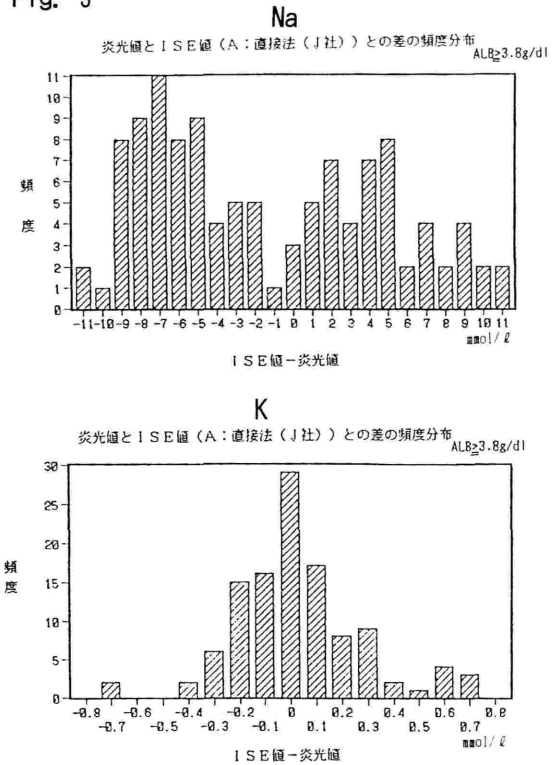
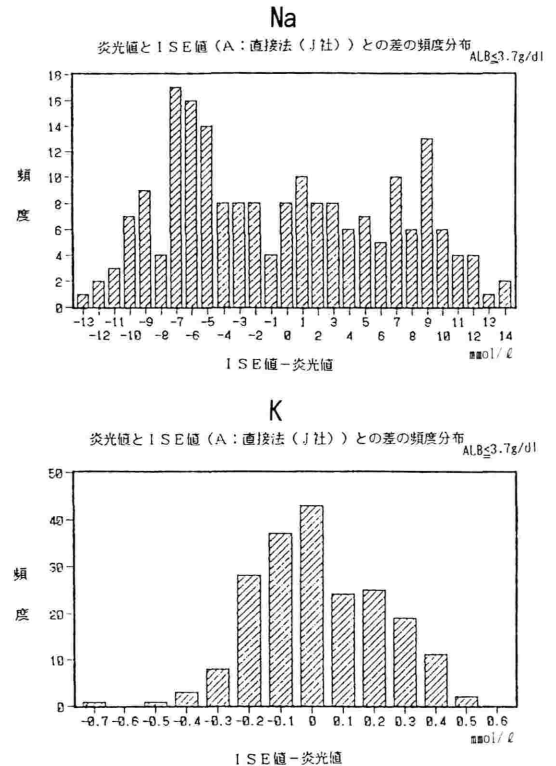


Fig. 4



③ 上記は  $Alb \geq 3.8$  g/dl を H 群,  $Alb \leq 3.7$  g/dl を L 群としたが,  $\gamma$ -Globulin においては  $\gamma$ -G  $\geq 2.3$  g/dl を H 群,  $\gamma$ -G  $\leq 1.6$  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. 5

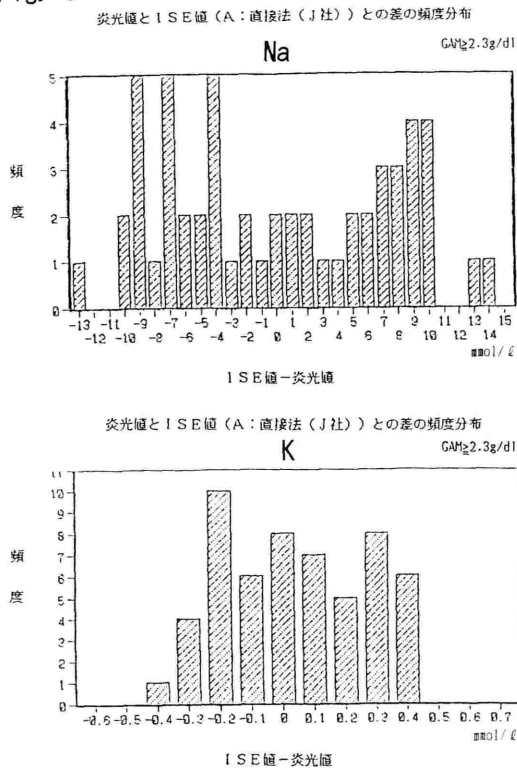
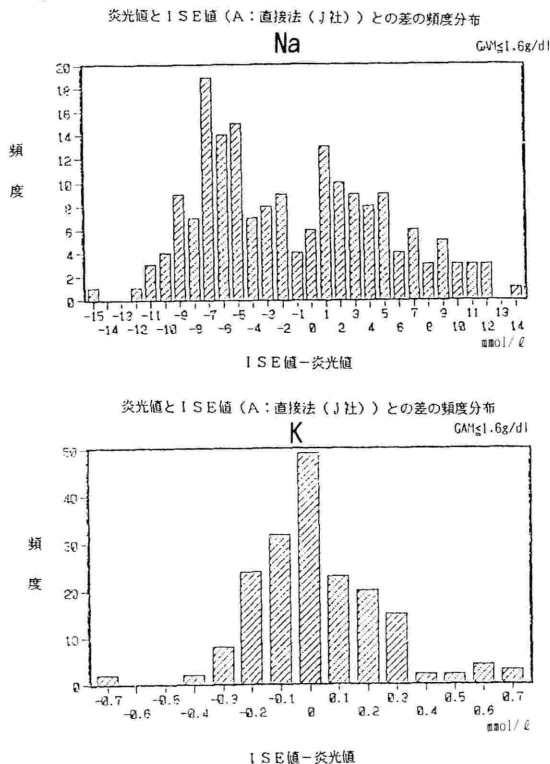


Fig. 6



すなわち、A1bH群のNa, KをFig 3に示すが、NaにおいてはISENa > FNaの群と、FNa > ISENa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、 $0 \pm 0.3mmol/l$ 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値の傾向に片寄って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。

$\gamma$ -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 $-0.2mmol/l$ )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 $\gamma$ -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,  $\gamma$ -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 $\gamma$ -GのH群を除いて、いずれの群でも一峰性の $\pm 0.3mmol/l$ 以内の正規分布性を示していることである。 $\gamma$ -GのH群では $-0.2mmol/l$ 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, ID-F, D-ID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=11.6 P<0.001
ID - F	N=117 0.84	N=88 3.12	Ts=7.48 P<0.001
D - ID	N=117 -0.4	N=88 0.89	Ts=0.25 P<0.001

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

⑤ A1bのL, H群,  $\gamma$ -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,  $\gamma$ -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の枠内のすみに記入した。そしてこれらの対応や変動傾向がA1bと $\gamma$ -Gとは正反対であり, 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,  $\gamma$ -GがLからHへと変る場合に, Kでは100→103.4と増加するのに対してNaでは100→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

※光法値をX, ISE値をYとし,  $Y=aX+b$ , 相関係数をR, 使用ISE6機種におけるa値の平均を $\bar{a}$ , R値の平均を $\bar{R}$ , ISE値の平均を $M_{ISE}$ , 光法値の平均を $M_F$ とするとき, 低Albumin群(LA1b), 高Albumin群(HA1b), 低 $\gamma$ -Globulin群(L $\gamma$ -G), 高 $\gamma$ -Globulin群(H $\gamma$ -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

	$\bar{a}$ ISE/F		$\bar{R}$ ISE/F		$M_{ISE}$ mmol/L		$M_F$ mmol/L		N
	Na	K	Na	K	Na	K	Na	K	
L-A1b	0.409	1.005	0.577	0.020	138.0 (125.1)	4.26 (4.26)	135.2 (135.2)	4.18 (4.18)	201
H-A1b	0.364	0.997	0.439	0.369	140.0 (140.0)	4.23 (4.23)	138.3 (138.3)	4.14 (4.14)	113
L- $\gamma$ G	0.420	0.979	0.561	0.893	139.2 (139.2)	4.18 (4.18)	137.3 (137.3)	4.09 (4.09)	184
H- $\gamma$ G	0.459	1.019	0.591	0.655	137.5 (137.5)	4.35 (4.35)	134.0 (134.0)	4.23 (4.23)	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→99.0と減少するのに対してNaでは100→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,  $\gamma$ -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,  $^{23}\text{Na}$ 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 $\gamma$ -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	$\gamma$ -G g/dl	$^{23}\text{Na}/T_1$ msec	Ratio	FNa corrected mmol/l	FNa not corrected mmol/l	Ratio	ISE-A mmol/l	ISE-A FNa
1	140	0.0	0.0	60.517	1.000	139	139	1.000	139	1.000
2	140	1.0				140	142	1.0216	143	1.007
3	140	2.0		49.211	0.813	142	146	1.0504	144	0.986
4	140	4.0		48.608	0.803	137	145	1.0432	149	1.078
5	140	8.0		46.996	0.744	133	149	1.0719	158	1.060
6	140		1.0	57.937	0.957	140	143	1.0287	143	1.000
7	140		2.0	50.500	0.834	140	146	1.0504	147	1.007
8	140		4.0	49.383	0.816	141	153	1.1007	155	1.013
9	140		8.0	42.373	0.700	138	162	1.1655	168	1.037
10	0		1.0			▲ 3.0				
11	0	4.0				8.0				
12	0	16.0				30.0				

▲NaCl 1/1.5mg/g  
 $\gamma$ -Gより求めた。

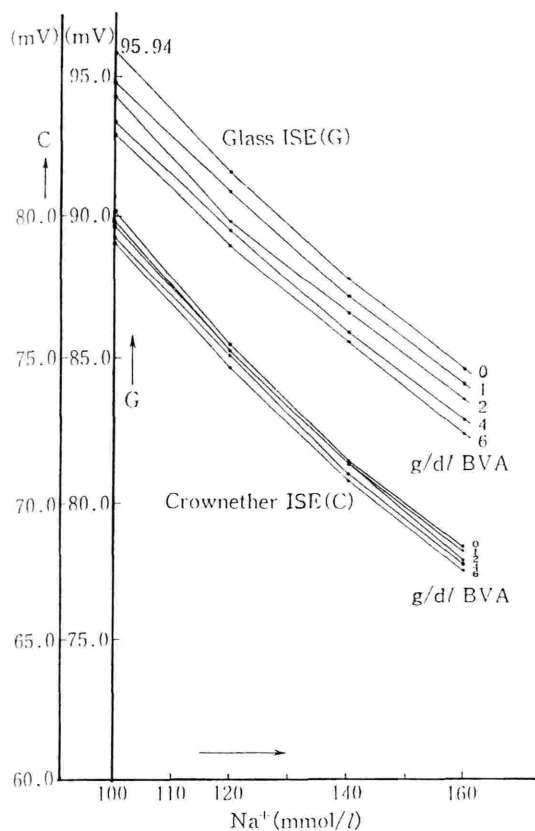


Fig. 7 ALB 濃度差による  $\text{Na}^+$  ISE の出力電圧実測値例

すなわち、先ず $^{23}\text{Na}$ の自由運動性に対するA1bおよび $\gamma$ -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 $^{23}\text{Na}$ の緩和時間は60.517msecであり、これを1.000とすると、蛋白が2.0, 4.0g/dlと共存するに従ってこの比率は減少し、その程度はA1bの方がやや大きいようであるが蛋白8.0g/dlにおいては $\gamma$ -Gの方がA1b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ISENa値の動態についてみるためにISENa/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, 8.0g/dlと共存してゆくときの比率の変化をみると、 $\gamma$ -GよりもA1b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ISENa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A1bにおけるISE値の増大作用は後記するようにA1b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

→ISENa値としての増大ではないかと考えられる。そしてまた、 $\gamma$ -Gにおける増大作用がA1bより小さいことは、 $\gamma$ -Gによる $\text{Na}^+$ の吸着結合が原因ではないかと考えられる。従って $^{23}\text{Na}$ 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、A1bにおいてはその強大な結合水 (誘電率の低下した) による $\text{Na}^+$ の熱運動性の束縛によるものであり、また $\gamma$ -Gにおいては疎水性蛋白としての $\text{Na}^+$ 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A1b濃度差による $\text{Na}^+$  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A1b濃度の影響をあまり受けていないことを美事に示している。次に、Gにおける状況を見ると、これは例えば $\text{Na}^+$ が140mmol/l水溶液のときの起電力が約87.5mVであるところへ、A1bが6g/dl共存すると約85.5mVへと減少した。このよみを水溶液 (蛋白ゼロ) の検量線から $\text{Na}^+$  mmol/lとしてよみとると約155mmol/lとなり、すなわち $155/140 \approx 110.7$  (%)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Marinesco<sup>8)</sup>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年に筆者らが電気伝導度法によりDebye-Huckel-Onsagerの式を用いて算出した誘電率Dの値をTable 6<sup>9)</sup>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<sup>10)</sup>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、 $E^\circ$ 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 $\log f = -AZi^2 \left\{ \sqrt{I}/(1+\sqrt{I}) - 0.2 \times I \right\}$ を導いた。ここに $A = 1.8246 \times 10^6 / (DT)^{3/2}$ である。<sup>10)</sup>

すなわちfを求める式の中に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<sup>11)</sup> 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( $\epsilon$ ) OF EGG-ALBUMIN WATER SOLUTION

BY RESONANCE METHOD (NÉDA MARINESCO, 1932)

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

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

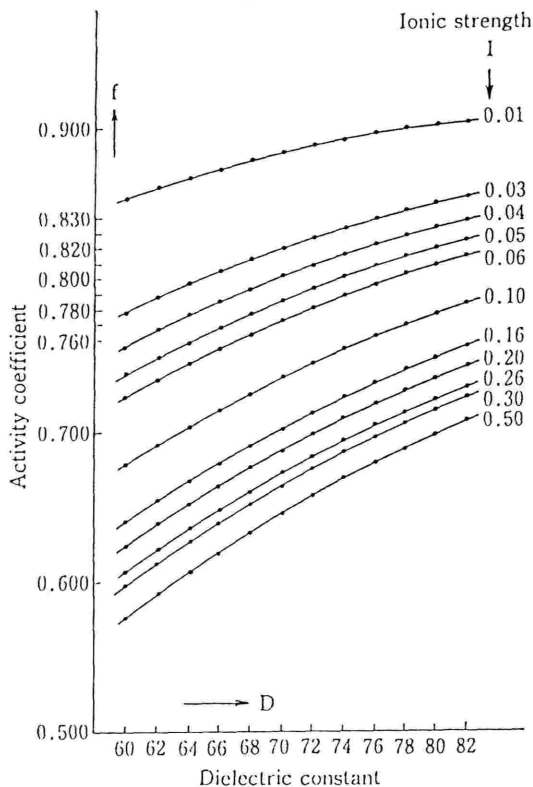
Table 6

Debye-Hückel-Onsager の式を用いて算出した活電荷数  $D$  の値 (25.0°C)

NaCl mol	ALB gr/dl	0	1.0	2.0	4.0	6.0
$\infty$		78.5	(57.5) (37)	(42.0) (42.4)	(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) (22.5)
0.001		82.1	57.8 (37.5)	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	29.0	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

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

$$\log f = -\Lambda Z_i^2 (\sqrt{I}/(1+\sqrt{I}) - 0.2 \times 1 \text{ or } + 0.024 \times 1)$$

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

$f$  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 7<sup>11)</sup> 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 ( $f$ )

mmol	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	-2.59926	-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 I S E 直接方式、とくにガラス薄膜電極の I S E では血清  $\text{Na}^+$  値は F Na 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 A 1 b 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 p H は酸血症となっているのであろう。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。ヒューズで、冒頭で引用した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