複数ウェルガンマカウンタの特性比較と Radioimmunoassay の迅速処理における役割
(単ウェルガンマカウンタとの比較と考察) (長田)

ノ ー ト

複数ウェルガンマカウンタの特性比較と Radioimmunoassay
の迅速処理における役割
(単ウェルガンマカウンタとの比較と考察)

埼玉医科大学 RI 研究施設

長 田 篤 雄

(論文受理 1984年 4月16日)

(最終論文受理 1984年10月19日)

(Code No. 561)

Key words: single-well gamma counter, multi-well gamma counter, characteristics, rapid radioimmunoassay

COMPARATIVE STUDIES OF CHARACTERISTICS ON
SINGLE-WELL GAMMA COUNTERS AND MULTI-WELL
GAMMA COUNTERS FOR RAPID RADIOIMMUNOASSAY

ATSUO NAGATA

Radioisotope Laboratory, Saitama Medical School

(Article received; Apr., 16, 1984)

Summary

Characteristics of multi-well gamma counters were compared with single-well gamma counters about usefulness and problems for rapid radioimmunoassay. Two single-well gamma counters (Aloka ARC-351, micromedic MS-588) and four multi-well gamma counters (Nuclear Enterprises NE-1600, Micromedic MSI-4/200, Aloka ARC-600, LKB Wallac MG-1260) were used for the present study.

The counting time by respective gamma counters was clearly in inverse proportion to the numbers of wells. The geometric counting efficiency was markedly different from tested counters. In particular, it was decreased remarkably on the NE-1600 gamma counter by increasing of the sample volume. In case of the multi-well gamma counter has a thin lead protection against gamma rays, so-called the cross-talk effect from well to well was observed with a high energy gamma ray sample (for example: ^{131}I , ^{59}Fe). The difference of the counting efficiency among wells is in existence only with the multi-well gamma counter but there is no factor with the single well gamma counter, resulting in the fact the former was affected to the counting accuracy. Therefore, the counting efficiency should be kept at 2% among the wells.

1. はじめに

近年におけるラジオイムノアッセイは従来からのホルモン定量に加え、癌関連抗原や薬物の定量などにも広く応用されてきており、これらに伴って多項目化および検体数増加の2極面に至っている。このため市販されるラジオイムノアッセイキットは簡便化、短時間処理化が図られ、アッセイ処理時間が1～2時間で終了するようなキット^{1)～3)}もめずらしくない。また同時にアッセイの自動化^{4)～6)}も進んでいるが、特にカウント結果を自動演算処理し、測定結果が得られるコンピュータの導入においては著しい発展が見られ、現場に定着しつつあると同時に、標準曲線の直線近似式の検討^{7)～11)}なども積極的に行われている。しかしチューブのカウント行程は“1本ずつ”という発想が定着していたためか、現在ではもっとも時間を消費する行程となりつつある。しかしここ数年、複数ウェルを内蔵し同時に複数サンプルを測定できるガンマカウンタ¹²⁾が開発され、数社から発売されるようになった。

これらの複数ウェルガンマカウンタを使用する機会を得たので、従来からの単ウェルガンマカウンタとの比較を中心として、有用性や使用方法および問題点について検討した。

2. 使用機種

本稿で検討した機種は、単ウェルガンマカウンタではARC-351 (Aloka), MS-588 (Micromedic), 複数ウェルガンマカウンタではNE-1600 (Nuclear Enterprises), MSI-4/200 (Micromedic), ARC-600 (Aloka), MG-1260 (LKB) である。

ARC-351はエレベータ式のサンプル交換機構の井戸型ウェル検出器を内蔵している。またMS-588はサンプル自身は移動せずキャリアと呼ばれる一種のロボッ

ト機構がサンプル交換を行い、井戸型ウェル検出器を内蔵している。

NE-1600はサンプル交換機構が無く、平行2列に16本の独立した井戸型ウェル検出器を内蔵している。サンプル交換はウェルの形状に一致したプラスチックのアタッチメントにサンプルをあらかじめセットして置き、手動的にこれを交換する。MG-1260も同様に平行2列に12本の独立した井戸型ウェル検出器を内蔵しており、サンプル交換はNE-1600と同一である。

MSI-4/200は4本のスルーホール型ウェル検出器を内蔵しており、サンプルチューブを下からウェル中に押し上げて測定する。サンプル交換には1本当たり20チューブセットできるラックを使用し、基本構造では10ラック(200チューブ)がセットできる。ARC-600は5本のサイドホール型ウェル検出器を内蔵しており、サンプル交換には1本当たり10チューブセットできるラックを使用し、基本構造では60ラック(600チューブ)がセットできる。

これらのガンマカウンタの主要機構をTable 1に示す。

3. 実験方法

1) サンプル測定上の省時間的有効性を観察するため、測定サンプル100本当たりの全計測時間を比較した。

2) ¹²⁵Iの同一試料を測定し、ガンマカウンタ間における相対感度(計数効率比)を求めた。

3) ¹²⁵Iの高放射能試料を倍々希釈して8段階の放射能濃度試料を作製し、これらを測定することにより、希釈比率とカウント間の直線性を観察した。

4) ¹²⁵Iの3濃度試料を各ガンマカウンタおよび各ウェルで50回連続測定し(1分間/1回)、平均値、標準偏差(SD)、変動係数(CV)を求めた。

5) 各ガンマカウンタにおける幾何学的測定効率を観察するため、¹²⁵I試料の放射能量を一定とし、容量を変

Table 1. Characteristics of gamma counters.

Model	Sample numbers	Detector			Sample changer
		Well	Depth (mm)	Diameter (mm)	
Aloka ARC-351	500	1 well	50.0	20.0	automatic
Micromedic MS-588	588	1 well	39.0	16.9	〃
MSI-4/200	200	4 through hole wells	60.0	14.3	〃
Nuclear Enterprises NE-1600	—	16 wells	29.0	15.8	manual
LKB Wallac multi-gamma-1260	—	12 wells	32.0	17.0	〃
Aloka ARC-600	600	5 wells	43.0	23.0	automatic

複数ウェルガンマカウンタの特性比較と Radioimmunoassay の迅速処理における役割
(単ウェルガンマカウンタとの比較と考察) (長田)

化して計数の変化を観察した。

6) 複数ウェルガンマカウンタにおいて、他ウェルの試料放射能がおよぼす影響（クロストーク現象）を観察する目的で、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{59}Fe のそれぞれの試料を使い、試料を入れたウェルと試料の無いウェルの計数を求め、試料を入れたウェルに対する相対比を観察した。この実験では、複数ウェルガンマカウンタが基本的に低エネルギー核種の ^{125}I 専用に設計、製造されており、任意の γ 線スペクトルエネルギーを選択できない機種が多いので、基本的特性の ^{125}I 測定条件のままで比較を行った。

4. 結 果

Table 2 に試料100本を1本当たり2分間づつ測定した場合の、結果が出力されるまでの総合時間を示す。この実験において、それぞれの測定装置でデータ出力機構が異なり、測定が終了してもデータ出力にさらに時間を要する機種もある。また試料移動がある数量単位で行われるため、100本測定では不利な条件となる機種もあるが、これらの点については考慮せず、すべて基本性能に基づき、データが出力されるまでを測定時間とした。さらに NE-1600 や MG-1260 のように用手的に試料交換を行う機種では、可能なかぎり短時間で試料交換が終了するように心がけた。表からも明らかなように、単ウェルガンマカウンタ2機種では3時間以上必要であるが、複数ウェルガンマカウンタでは、上記のように試料交換機構やデータ出力機構の違いで多少の差はあるが、ウェルの本数に対応して極めて短時間で測定がなされている。

それぞれの相対感度を ^{125}I の試料 (20,000~30,000

Table 2. Times for counting 100 samples
(2 minutes/1 sample)

ARC-351	MS-588	MSI-4/200	NE-1600	MG-1260	ARC-600
3 hours	3 hours	55 minutes	14 minutes	19 minutes	51 minutes
43 min.	37 min.	24 sec.	35 sec.	55 sec.	58 sec.

Table 3. Relative counting efficiency, comparison with MS-588 (sample: 20,000-30,000 cpm/500 μl)

MS-588	100%
ARC-351	94.1
MSI-4/200	96.6 $\pm$ 2.40
NE-1600	96.5 $\pm$ 1.05
MG-1260	95.8 $\pm$ 1.12
ARC-600	100.2 $\pm$ 2.12

cpm/500 μl) を使い、全機種を同時に比較できなかったため、MS-588 を100%として比較し、結果を **Table 3** に示す。本実験ではそれぞれの機種の ^{125}I に対するフォトピークエネルギー設定やウインド幅によって当然異なることは推察されるが、複数ウェルガンマカウンタの多くは任意にこれらを設定できる機種になっていないため、いずれの機種もオリジナルな状態のままで比較をした。相対感度は ARC-351 の94.1%~ARC-600 の100.2%の間に分布し、MS-588 と ARC-600 を除く4機種が類似の感度を示した。また複数ウェルガンマカウンタのウェル間の相対感度は、MSI-4/200 と NE-1600 について、任意のウェルに対する他のウェルの相対感度として調べたところ、**Table 4** に示すように MSI-4/200 では91.3~100.1% NE-1600 では98.0%~101.6%であった。MSI-4/200 の Well-D は明らかに調整不備な結果であり、他のウェルでは $\pm 2\%$ 以内に納まっていた。

希釈比率とカウント間の直線性を **Fig. 1** に示す。この実験は機種によっては実験期間が異なったので、同一試料での比較ではないが、試料容量を500 μl に統一し、最大カウントを150,000~200,000 cpm に調整した。通常のアッセイで、全カウントがこれらのカウント以上を示すことは経験されるが、バウンドあるいはフリーのカウントがこれを上回るような使い方は少ないので、適当な条件と考えた。このような最大カウント以下では直線性はいずれの機種でも良好であり、高カウントでの数え落しは影響しないと考えられる。

Table 4. Relative counting efficiency, a comparison with an optional well of the multi-well gamma counter (sample: 20,000-30,000 cpm/500 μl)

MSI-4/200	well-A	B	C	D
	100%	99.4	100.1	91.3
NE-1600	well-1	2	3	4
	100%	99.6	100.7	100.6
	5	6	7	8
	101.2	100.1	98.0	100.3
	9	10	11	12
	101.6	100.0	101.5	99.5
	13	14	15	16
	98.0	98.8	100.9	100.1

同一試料を50回連続測定した場合の計数安定性の結果を **Table 5** に示す. この実験でも機種によっては実験期間が異なったので, できるだけ近似したカウントの ^{125}I 試料を, そのつど作製し, 測定した. 試料容量は $500\ \mu\text{l}$ に統一した. 複数ウェルガンマカウンタでは任意のウェルの結果を示したが, 低カウントで CV が大きくなる傾向はすべての機種に共通しており, 優劣を論ずる結果は得られなかった.

幾何学的測定効率を観察するため, 同一放射能で容量の異なる ^{125}I 試料を測定し, $10\ \mu\text{l}$ の試料を100%として比較した. **Fig. 2** に示すようにそれぞれのカウンタで特性が相当異なることが示された. 特に NE-1600 では容量が増加すると著しい計数効率低下が観察された. また MG-1260 でも $1.5\ \text{ml}$ (チューブ中試料高で $31\ \text{mm}$

以上) の容量以上では計数効率低下がみられた.

複数ウェルガンマカウンタの ^{125}I , ^{131}I , ^{59}Fe の試料によるクロストーク現象を MSI-4/200, NE-1600 の2機種について, ^{125}I の測定条件のままで検討した. それぞれの結果を **Table 6** に示す. 表の横列で, 100としたウェルに試料を入れ, 他のウェルのカウントを相対比として求めた. ^{125}I 試料による結果は示さないが, クロストークの現象はみられなかった. しかし ^{131}I , ^{59}Fe では, 明らかなクロストーク現象がみられ, NE-1600 では試料を入れたウェルの隣のウェルについては, ^{131}I で $2.7\sim 4.3\%$, ^{59}Fe では $8.6\sim 14.1\%$ の影響がみられた. また MSI-4/200 では ^{131}I で $2.0\sim 3.6\%$, ^{59}Fe で $6.8\sim 13.2\%$

Fig. 1. Linear relationship between a radioactive dose and counts.

Fig. 2. Geometric counting efficiency by increasing of the sample volume with identical radioactivity.

Table 5. Stability of counts by repeating the procedure (50 times/1 tube/1 minute).

	high radioactive sample			middle radioactive			low radioactive		
	mean	SD	CV	mean	SD	CV	mean	SD	CV
MS-588	59,462	239.4	0.4	3,021	44.3	1.5	304	15.6	5.1
ARC-351	56,131	278.5	0.5	2,838	51.7	1.8	288	17.7	6.2
MSI-4/200	52,633	485.6	0.9	2,844	51.2	1.8	297	17.5	5.9
NE-1600	48,550	291.3	0.6	2,615	52.3	2.0	257	15.4	6.0
MG-1260	73,167	281.6	0.4	3,906	60.9	1.6	342	16.9	4.9
ARC-600	97,918	317.8	0.3	6,037	78.7	1.3	490	23.6	4.8

複数ウェルガンマカウンタの特性比較と Radioimmunoassay の迅速処理における役割
(単ウェルガンマカウンタとの比較と考察) (長田)

Table 6. Influence of cross-talk effect by high energy gamma nuclide on the multi-well gamma counter (A: MSI-4/200, B, C: NE-1600)

(A)

MSI-4/200 (^{131}I)				(^{59}Fe)			
A	B	C	D	A	B	C	D
100	2.0	0.1	0.06	100	6.8	1.0	0.2
3.6	100	2.5	0.1	13.2	100	9.3	1.6
0.2	2.7	100	2.2	1.9	9.5	100	7.8
0.1	0.1	2.8	100	0.7	1.7	11.3	100

(B)

NE-1600 (^{131}I)															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
100	3.7	0.5	0.1	0.04	0.06	0.07	N	3.0	1.7	0.2	0.06	0.01	N	0.01	N
3.7	100	4.3	0.3	0.1	0.03	0.03	N	1.4	3.1	1.6	0.4	0.1	N	0.05	0.02
0.4	2.9	100	3.1	0.3	N	N	N	0.1	1.6	2.9	1.7	0.1	0.02	N	N
0.08	0.2	3.4	100	3.8	0.4	0.1	N	0.03	0.1	1.7	4.3	1.9	0.2	0.1	N
N	0.07	0.4	3.1	100	3.8	0.5	0.1	0.03	0.07	0.2	2.0	3.9	1.7	0.3	0.03
0.1	0.03	0.1	0.4	3.0	100	3.6	0.4	0.08	0.01	1.13	0.28	1.6	3.1	2.0	0.4
N	0.01	N	0.1	0.1	2.8	100	3.0	N	N	0.1	0.04	0.2	1.2	3.0	1.6
N	N	0.03	N	0.1	0.4	3.7	100	0.01	0.02	N	N	0.1	0.3	1.6	3.8
3.6	1.9	0.3	0.06	N	0.04	0.04	N	100	3.8	0.4	0.1	0.02	0.02	N	N
1.5	3.0	1.6	0.2	0.09	0.05	0.09	N	3.5	100	3.2	0.4	0.1	0.06	0.03	N
0.3	1.8	3.2	1.9	0.3	0.04	0.03	0.04	0.4	3.9	100	4.0	0.3	0.1	N	0.02
0.06	0.2	1.4	3.1	1.2	0.08	0.01	N	0.09	0.2	3.0	100	3.4	0.2	0.03	N
N	N	0.2	1.3	3.1	1.3	0.1	0.02	N	N	0.3	2.7	100	3.1	0.2	0.08
0.03	N	0.08	0.3	1.3	2.9	1.7	0.2	N	N	0.08	0.4	3.2	100	3.3	0.3
0.02	0.05	0.04	0.1	0.2	1.6	3.5	1.3	0.03	0.03	0.05	0.1	0.48	3.5	100	3.6
0.07	0.1	0.03	0.01	0.1	0.3	1.8	3.0	0.09	0.09	0.04	0.04	0.04	0.4	3.4	100

の影響がみられた。

5. 考 察

近年使われるようになってきた複数ウェルガンマカウンタを、従来から使われている単ウェルガンマカウンタと対比して、その特性を検討した。

複数ウェルガンマカウンタの誕生の曲折は、検査量の増大に対処し、計測時間を短縮するとともに、システム^{4)~6)12)}としての省力化や故障率の低減化が考慮された。その結果として ^{125}I のみの測定に限られたり、機能的にも複雑な機構が排除されている機種が主流となっている。しかしそれぞれの機種においても、その重要な機構が異なり、MSI-4/200やARC-600などでは、少数本のウェルながら、オートマチックサンプルチェンジャー機構を内蔵するが、NE-1600やMG-1260は多数本ウェ

ルを持つが、サンプルチェンジャー機構を持たないなど、大きく異なる点は興味深い。

それぞれのカウンタの比較は、測定時間、計数効率、放射能濃度とカウントの直線性、計数安定性、幾何学的測定効率、および複数ウェルガンマカウンタのクロストーク現象について行ったが、測定時間、幾何学的効率でそれぞれの機種の違いが明らかに示された。測定時間はウェル数に反比例して当然短時間化され、ウェルの複数化のメリットは大きい。複数ウェルガンマカウンタ間で比較すると、NE-1600やMG-1260はごく短時間で測定が終了できるが、測定中拘束されることも考慮しなければならない。MSI-4/200およびARC-600はウェル数は4~5本であるが、オートマチックサンプルチェンジャー機構を有し、また他のRIAシステムと組合せできるラック⁴⁾を使う点などが利点となっている。

(C)

NE-1600 (^{59}Fe)															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
100	10.9	2.3	1.1	0.3	0.2	0.06	0.04	11.4	5.7	2.2	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1
10.2	100	8.6	2.1	1.1	0.3	0.09	0.07	5.9	8.9	5.5	1.5	0.5	0.2	0.1	0.09
3.0	13.2	100	11.5	2.6	1.0	0.2	0.1	2.4	5.8	11.0	4.9	1.4	0.8	0.4	0.2
0.9	2.8	9.5	100	11.9	2.4	0.7	0.4	0.8	1.8	5.5	8.9	5.2	1.7	0.8	0.3
0.2	0.8	2.2	11.4	100	10.0	1.9	0.8	0.3	0.8	1.9	4.6	8.0	5.0	1.8	0.8
0.1	0.4	0.9	2.8	11.8	100	10.4	2.5	0.2	0.4	0.7	1.9	5.2	10.0	6.5	1.9
0.08	0.2	0.2	1.2	3.0	17.7	100	12.1	0.1	0.2	0.3	0.6	1.8	5.5	10.7	6.2
0.08	0.01	0.2	0.2	0.9	2.5	9.0	100	0.03	0.1	0.3	0.3	0.7	2.0	5.4	9.8
11.9	6.4	1.8	0.9	0.4	0.2	0.08	0.1	100	9.7	2.8	0.8	0.3	0.1	0.1	0.07
7.1	14.1	5.1	2.6	0.9	0.4	0.1	0.1	14.1	100	11.4	2.4	0.9	0.3	0.3	0.2
2.2	6.8	11.5	6.5	2.4	0.9	0.1	0.2	2.8	9.4	100	10.0	2.1	0.9	0.3	0.2
0.9	2.6	6.6	14.2	7.9	2.3	0.9	0.4	1.0	2.3	12.2	100	10.9	2.6	0.9	0.3
0.5	1.2	2.1	7.9	14.4	6.7	2.1	0.6	0.5	0.9	3.0	12.7	100	10.8	2.5	1.0
0.1	0.5	0.7	2.6	8.2	11.8	5.2	1.8	0.3	0.4	1.0	2.6	12.3	100	10.1	2.5
0.1	0.3	0.3	1.0	2.2	6.0	9.6	5.1	0.2	0.2	0.4	0.8	2.2	11.5	100	9.9
0.04	0.2	0.1	0.3	0.9	2.2	5.6	11.9	0.08	0.1	0.2	0.2	0.8	2.3	12.2	100

100: well with radioactive sample

N: non-detectable

幾何学的効率の違いはウェルの形状に大きく依存しており、深いウェルは効率が良い。しかし機種によっては、ウェルの放射性汚染を防止する目的でウェルの形状をしたプラスチックアタッチメントが付属しており、これによってウェルの深さや直径がさらに制限されるので無視できない。Fig. 2 に示されるように $10\ \mu\text{l}$ に対して、 $0.5\ \text{ml}$ の試料でカウントの低下がいずれの機種でもみられるが、幾何学的効率の低下に加えて、試料による放射線の自己吸収も主要な原因と考えられる。また $1.0\ \text{ml}$ までの容量では、いずれの機種でも大きな効率低下は見られないので、現在 RIA の主流である沈殿物を測定するような測定法であれば問題とならない。しかし $1.5\ \text{ml}$ (チューブ内試料高で $31\ \text{mm}$) 以上では、NE-1600 では特に計数効率が低下した。これはウェル深が $29\ \text{mm}$ と最も浅いことが原因していると考えられ、容量の多い試料や最近開発されているチューブ固相法³⁾¹³⁾ の RIA では、計数効率の低下を考慮する必要がある。またウェル上部からの散乱線等による隣のウェルへの影響も考えられる。MG-1260 でも同様な傾向が観察されたので、多数本ウェルガンマカウンタの本質的な問題点と思われる。

複数ウェルガンマカウンタのウェル間の計数効率の変動は、単ウェルガンマカウンタには本来ない要素であり、

最も注意すべき点ではあるが、MSI-4/200 では 1 本が -8.7% の効率低下がみられ、NE-1600 では $\pm 2\%$ であった。MSI-4/200 は実験後調整して 100.2% に回復したが、複数ウェルガンマカウンタの保守として重要な点であることを教示した。しかしウェルが適切に調整されていても、ウェル間の変動は避けられないので、保守の目安を持たなくてはならない。本実験は $20,000\sim 30,000\ \text{cpm}$ の試料を使ったが、1つのウェルの計数率変動で、これらのカウントに対応する CV 値は、Table 5 より 1% 程度と考えられる。したがってウェル間の計数率変動も $\pm 1\%$ 以下であれば単ウェルと同様と考えられるが、NE-1600 で示された $\pm 2\%$ 以内は、ウェル間の計数効率の幅として目安になろう。一部機種ではウェル間の計数効率を自動補正する機能を持っており、有用な機構と考える。

特殊な補正機能としては、MG-1260 の場合、付属のデータ処理と合せてクロストーク現象を補正できる機構を持っている。この機構を使うとクロストーク現象が大きい MG-1260 であっても、高エネルギー核種の測定が可能であり、興味深い機能であった。

他の機種と異なるスルーホール型ウェルの MSI-4/200 は、幾何学的効率では良好な機種と考えられ、ホール中における試料位置を変えることで、多量試料にも対応で

**複数ウェルガンマカウンタの特性比較と Radioimmunoassay の迅速処理における役割
(単ウェルガンマカウンタとの比較と考察) (長田)**

きるなど特異な点もあるが、機構上使用できる試験管形状が限定され、また試験管をウェル中に押し上げる機構のため、ウェル中で試験管を押える役割をするガイドポールが、試験管口に付着した放射能で汚染されることが経験された。BF 分離にデカンテーションを行う方法で測定する場合には、ガイドポールの汚染を時々確認し、除染をするなどの配慮が必要であった。

6. 結 論

単ウェルガンマカウンタに比較して、最近発売になった4機種 of 複数ウェルガンマカウンタを検討した結果、測定時間の大幅な減少を可能にすること、計数安定性、感度、直線性については実用上問題がないことが検証された。また省スペースとしても、また RIA システムとしても有意義であった。しかし試料の容量依存性から、機種によっては幾何学的効率に大きな違いが認められ、試験管固相法などではこの点についての配慮が必要と思われる。またウェル間のしゃへいは単ウェルガンマカウンタに比べ薄くなっているが、 ^{125}I の場合ではクロストークは無視しうるものであった。しかし ^{131}I や ^{59}Fe のような高エネルギー核種では相当なクロストークが認められた。しかし本来複数ウェルガンマカウンタは ^{125}I を主目的として設計されているので、高エネルギー核種の測定上の問題としてより、ガンマカウンタ近傍に高エネルギー核種を近付けないなどの注意事項と解釈すべきであろう。この点については MG-1260 のようにクロストーク補正が可能な機種もある。また複数ウェルガンマカウンタではウェル間の計数効率差をいかに少なくするかが重要な点であるが、20,000~30,000 cpm の試料で $\pm 2\%$ 以内に保守することが目安となろう。ARC-600 のように内蔵の感度補正は有効な方法と考えられた。

稿を終わるにのぞみ、協力していただいた小林茂雄技師および RI 研究施設技師各位に深く感謝いたします。

本論文の要旨は第37回日本放射線技術学会総会で発表した。

文 献

- 1) 長田篤雄, 大久保次男, 坂岸良克: IMMO PHASE kit によるインスリン測定の検討. *Radioisotopes*, **29**, 26-28, (1980).
- 2) 長田 篤雄, 上野 雅子, 坂岸 良克: IMMO PHASE TSH キットの基礎および臨床的検討. *Biomedical Journal*, **5**, 93-99, (1981).
- 3) 長田篤雄, 大久保次男, 松本 生: 試験管固相法 T_4 キット (栄研) の基礎および臨床的検討. *医学と薬学*, **8**, 583-588, (1982).
- 4) 長田篤雄, 宮前達也: RIA キットのシステム化処理の有用性と問題点—用手法処理との比較を中心として—. *核医学*, **15**, 731-737, (1978).
- 5) 石神達三, 富樫和美, 佐藤誠也: RIA の自動化とその問題点. *臨床 ME*, **3**, 226-370, (1979).
- 6) 鈴木英夫, 石神達三, 佐藤誠也: イムノアッセイの自動化. *臨床病理*, 特53, 108-123, (1983).
- 7) Rodbard D, Bridson W, Rayford PL: Rapid calculation of radioimmunoassay results. *J. Lab. & Clin. Med.*, **74**, 770-781, (1969).
- 8) Burger HG, Lee VWK, Rennie GC: A generalized computer program for the treatment of data from competitive protein-binding assays including radioimmunoassays. *J. Lab. & Clin. Med.*, **80**, 302-312, (1972).
- 9) Rodbard D: Statistical quality control and routine data processing for radioimmunoassays and immunoradiometric assays. *Clin Chem*, **20**, 1255-1270, (1974).
- 10) Hatch KF, Coles E, Busey H, et al.: End-point parameter adjustment on a small desk-top programmable calculator for logit-log analysis of radioimmunoassay data. *Clin Chem*, **22**, 1383-1389, (1976).
- 11) 市原清志: ラジオイムノアッセイの数量的解析とデータ処理. *日放技学誌*, **35**, 364-380, (1979).
- 12) Vihko R, Bolton N, Hammond GL, et al.: Versatile semiautomated sample processor and gamma counter to increase radioimmunoassay efficiency. *Clin Chem*, **28/4**, 699-701, (1982).
- 13) 長田篤雄, 上野雅子, 坂岸良克, 他: 試験管固相法 T_3 キット (栄研) の検討. *医学と薬学*, **8**, 863-869, (1982).