The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	X線学的肺機能検査法についての研究 (Densoplanigraphy)
Author(s)	三浦, 孝文
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1962, 22(3), p. 250-277
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17639
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

X線学的肺機能検査法についての研究 (Densoplanigraphy)

徳島大学医学部放射線医学教室（主任 河村文夫教授）
三 浦 孝 文

（昭和37年5月19日受付）

A Study on Roentgenological Measurement of the Pulmonary Function (Densoplanigraphy)

by

Takafumi Miura

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Tokushima University
(Directer: Prof. F. Kawamura)

A study on roentgenological measurement of the pulmonary function was made on basis of 48 clinical instances.

Method

The patients submitted to this study stood in a special frame made for exposure, two vinyl bags filled with water were put befor and behind their chest and they were placed between two panelite plates parallel mutually in the frame. Subsequently roentgenograms of the chest were taken at the maximal inspiration and expiration on the same exposure condition and were developed simultaneously. Furthermore, cinefluorographing and development of the picture of the chest were done during the deepest respiration.

Results

1. When the films were used on which a linear relationship was found to exist between the exposure and the density, the pulmonary function could be measured.

2. The phase of every cinedensogram on the same film was concordant to.

3. When the mean value of the difference between the densities at the maximal inspiration and expiration in every intercostal space for each lung was calculated and the vital capacity was devided in proportion to the products of these values and the resting inspiratory areas for the lungs, the vital capacities of the lungs could be calculated.

4. In healthy subjects and consumptive patients there was a practicable agreement between the ratios of the vital capacties of the lungs obtained by above-mentioned method and by means of bronchospirometry.

5. Change of the regional pulmonary function could be readily estimated.

6. Various instances of tuberculous lungs with an infiltrative character, improved

cases, others followed pleural thickening, some in which the diseased region was resected and cases treated with ^{60}Co for breast cancer postoperatively were studied.

緒　言

近時肺機能検査法として種々なる方法がある．X線学的にもしばしば肺機能測定が行なわれている．Hurtado[1]，Kaltreider[2]，Aslett[3]，Cobb[4]，Kavach[5]，Barnhard[6] らは，X線写真から全肺容量を求め，また，Simonin[7]，Autio[8]，高橋[9]，弘島[10][11] 坂本[12]，小田和[13]らはX線写真から，Kourilsky[14] らは，Statidensigram から左右分割肺活量を求めている．これらの方法によると，正常の場合にはよくあてはまるが，病的な場合あてはまらないという．これは，肺容積の変化が胸壁の厚さの変化にも関係するということを無視したことによるものと考えられる．

肺外科の著しい発達とともに，Bronchospirometry が臨床検査として広く行われているが，種々の難点があり，容易に実施しえない．また．Anacker[15]，Martin[16]，谷向[17]，貝田[18] らは，肺葉肺活量を測定しており，部分的な肺機能の測定も種々試みられているが，実用されていない．X線学的に簡単な方法で，これらの肺機能並びに部分的肺機能を測定できれば便利である．

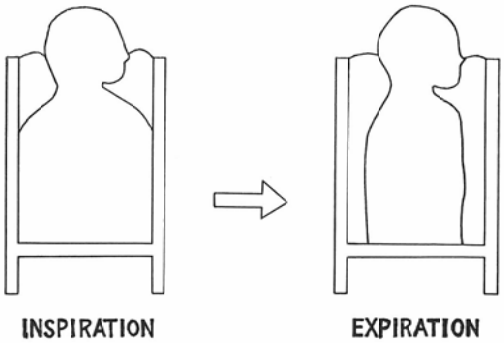
本報においては，水フアントームを用いたX線学的肺機能測定を試み，臨床的に実用しうることを確かめえたので報告する．

実験方法及び実験結果

（1）原理

被検者を撮影用枠内に立たせ，胸廓の前後に温水をみたしたビニール袋をおき，これを二枚の平行パネライト板の間にはさむ．呼吸運動によつて肺が拡張収縮をくりかえし，胸郭の厚さが変化するにつれて，水の層の厚さが変る．呼吸による肺の容積の変化及び厚さの変化を水の厚さにおきかえる．すなわち Fig. 1に示すごとく，吸気時には水の層は薄くなりX線の透過量は増加し，呼気時には水の層は厚くなりX線の透過量は減少する．X線量と黒化度の間に直線的関係の成立するフィルムの使用条件を選べば，このX線の透過量の変化は，フィルム上の肺野各部の濃度変化となる．これを黒化度計を用いて測定すれば，肺野各部の含気量の変化を知り，肺機能をうかがうことができると考えられる．

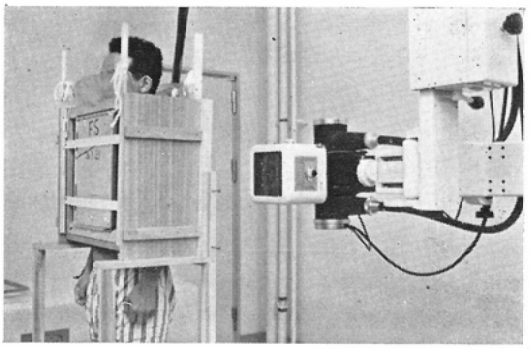
Fig. 1 Schematic presentationof the apparatus used for exposure



（2）実験材料

Fig. 2及び Fig. 3に示すごとく，被検者を撮影用枠内に立たせ，胸郭の前後の水の厚さがおよそ2～3cmになるように，胸郭の厚さに応じて，平行板の間隔を調節した．（通常23cm）

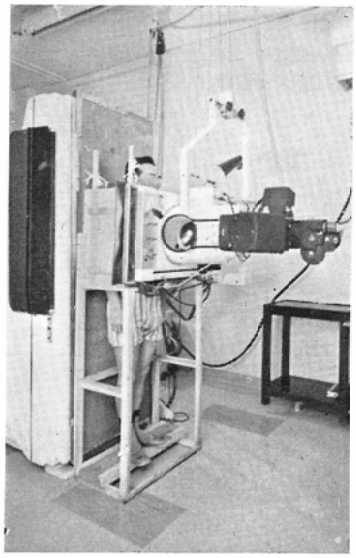
Fig. 2 The method of roentgenographing of the chest



直接撮影では，同一撮影条件（焦点フィルム間距離1m，電圧70～90K.V.，50mAS，付加濾過板2.0mm Al）で深吸気時，及び深呼気時の胸部写真（背腹方向）を撮影し，同一現像を行つた．

X線映画法では，9 inch 螢光増倍管を用いた．2.0mm Al 濾過板を付加した．輝度計にて肺野の輝度を測定して，電圧（70～90KV）及び

Fig. 3　The method of cinefluorographing of the chest



mA を調節した後，背腹方向で，胸部のX線映画を，8～16コマ／秒にて撮影し，標準現象を行つた．

X線フィルムは，富士XレイPX四切及び大陸を用いた．X線映画フィルムは，富士Xレイ16㎜及び35㎜，並びに富士HS16㎜フィルムを用いた．

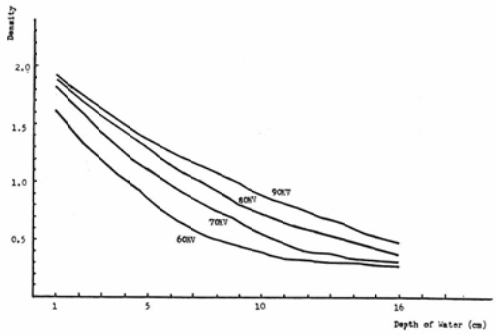
（3）直接撮影法による実験

基礎実験として，厚さ23㎝の水ファントームを用い，このうちに1～16㎝の空気層をおき，空気層の厚さとフィルムの黒化度との関係を調べた．X線撮影条件は，焦点フィルム間距離1m，電圧60～90KV，50mAS，付加濾過板 2.0mm Al でフィルムは富士Xレイ用PX，増感紙は極光FSを用いた．フィルムの現像条件を一定にした．フィルムの黒化度を，コダックのカラー濃度計を用いて測定した．

結果は，Fig. 4に示すごとく，水の層の厚さの増加とともに黒化度は減少するが，70K.V. 以上の電圧においては，黒化度 0.4～ 1.8の範囲において実用上の直線関係が成立し，黒化度の差と水の層の厚さの差の間には比例関係が成立する．

撮影条件を70～90K.V. に選び，黒化度を 0.4～ 1.8の間にはいるような露出を与えれば，黒化度法により，空気層の厚さの変化を求めることができる．

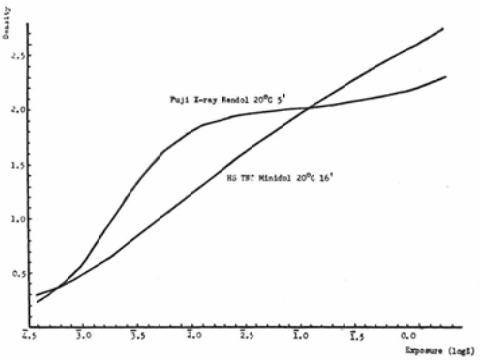
Fig. 4 The results of the experiment on X-ray films (Fuji PX) taken at 60-90 KV, 50mAS and focus-film distance of 100cm and developed simultaneously.



（4）X線映画法による実験

X線映画に使用しうる国産フィルムとして富士Xレイ間接用，及び富士HSフィルムがある．富士HSフィルムは，広い露光範囲に対して良好な直線性を示し，X線映画法による黒化度変化より空気層の厚さの変化を求めるには，最も適当なフィルムと考えられる．富士Xレイ間接用フィルムは，きわめて高感度であるが，黒化度 1.6付近より黒化度が飽和するので，黒化度 0.5～ 1.5の間にのみ使用しうるものと考えられ，撮影条件を適当に選ぶ必要がある．（Fig. 5）富士HSフィルムの現像条件は，D76，20°C，16′，富士Xレイ間

Fig. 5　The nature of practicable films for cinefluorography.

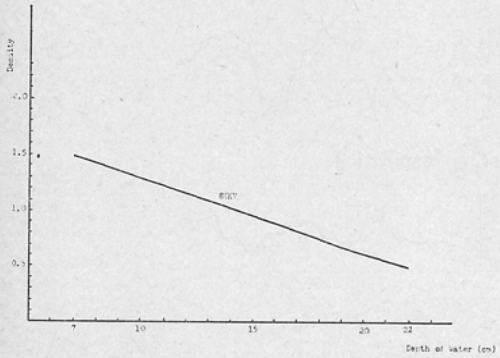


接用フィルムの現像条件は，レンドール，20℃，5′である．

9 inch 螢光増倍管を用い，透視台上に深さ23㎝の容器をおき，2.0mm Al 濾過板を付加した．水の深さ14㎝の時の輝度を輝度計にて測定し，電圧60～90K.V. に対するmAを調節した．水の深さをかえて，上記フィルムを用いて，16コマ/秒にて撮影し，標準現像を行つた．コダックのカラー濃度計を用いて，フィルム上の黒化度を測定した．

その結果，富士HSフィルムについて検討すると，電圧80K.V. において，水の深さの増加とともに黒化度は減少し，水の深さ7～22㎝（空気層の厚さ1～16㎝）の範囲内で直線性を示し，空気層の厚さの変化は黒化度の変化に比例することとなる（Fig. 6）事実人の肺は，およそこの範囲内の厚みをもつものと考えられ，人体肺に適用して肺機能の測定が可能だと考えられる．X線映画法による黒化度と水の深さとの間には，広い範囲にわたり直線性が成立し，X線映画法により含気層の厚さの変化の測定が可能であると考えられる．

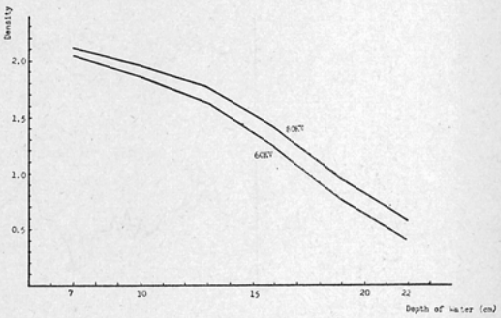
Fig. 6 The results of the experiment on Fuji HS film, D-76, 20℃, 16′



富士Xレイ間接用フィルムでは，黒化度0.4～1.6の間には直線関係が成立するが，それ以上の黒化度では使用できない．（Fig. 7）撮影条件を適当に選ぶ必要がある．

（5）X線映画法による肺野の濃度変化曲線（Cinedensogram）

Fig. 7 The results of the experiment on Fuji X-ray 16mm film, Rendol 20℃ 5′



水ファントームによる実験においては，X線直接撮影フィルム，及びX線映画フイルムの黒化度は，水層の厚さと比例関係にあるので，黒化度測定により，吸収水層の厚さを比較的に求めることが可能である．従つて，人体胸部において，前後に水の層をおき，肺野の厚さの変化を水層の厚さの変化におきかえることにより，このような方法で，肺の含気量の変化を測定することが可能である．まずX線映画法により，水ファントームを用い，呼吸による肺野の濃度変化曲線（Cinedensogram）を求めてみた．

水ファントーム法を用いたX線映画フィルムの左右各肺野の各後方肋間中央部を目標として，黒化度計を用いて黒化度を測定した．ついで，フィルム上の露光しない部分の黒化度を測定し，基礎黒化度と定義した．そして肋間部ごとに，基礎黒化度を差引いた黒化度を縦軸に，時間的経過を横軸にとつて，曲線を描いた．（以下右（左）後方第n肋間をRn（Ln）であらわす．）

健康人肺の濃度変化曲線を見るに，同一肋間部においては，深呼吸時及び腹式呼吸時には，普通呼吸時に比して，振幅が大きい．また．深呼吸，腹式呼吸，普通呼吸のいずれの場合にも，下方の肋間部においては，上方の肋間部に比して，振幅が大きい．（Fig. 8）結核肺の病巣部（R_3, R_4）は，対側肺の対応健康部（L_3, L_4）に比して，振幅が小さい（Fig. 9）また，放射線治療後の肺においては，照射部（R_3, R_5）は，対側肺の対応健康部（L_3, L_5）に比して，振幅が小さい．（Fig.10）

Fig. 8 Cinedensograms of the lungs of a healthy subject
A) during the deepest respiration

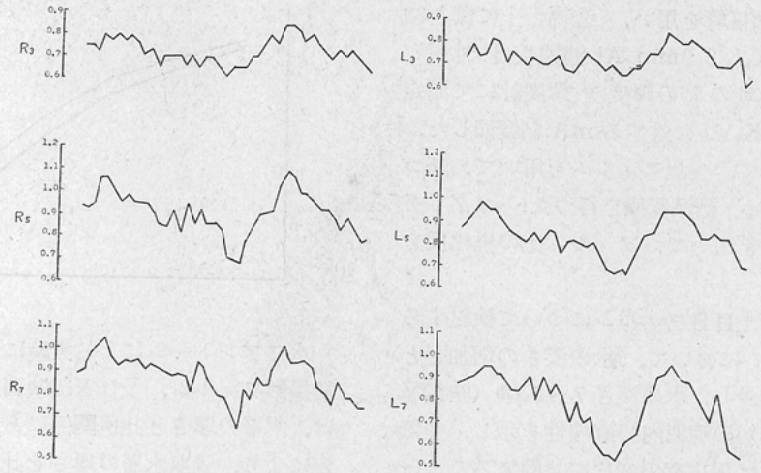


Fig. 8 B) during the abdominal respiration

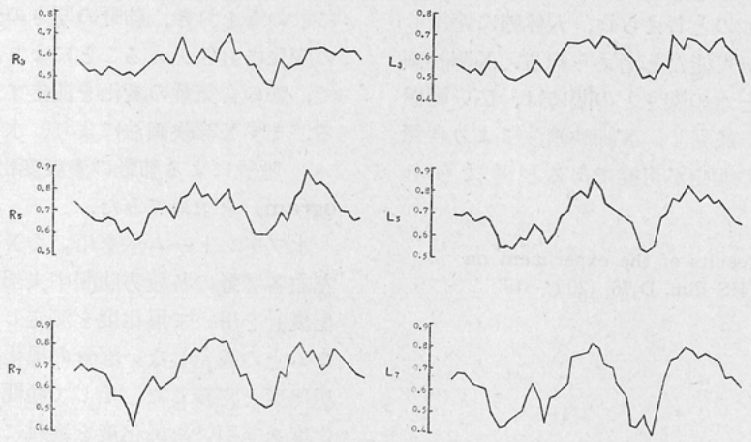


Fig. 8 C) during the resting respiration

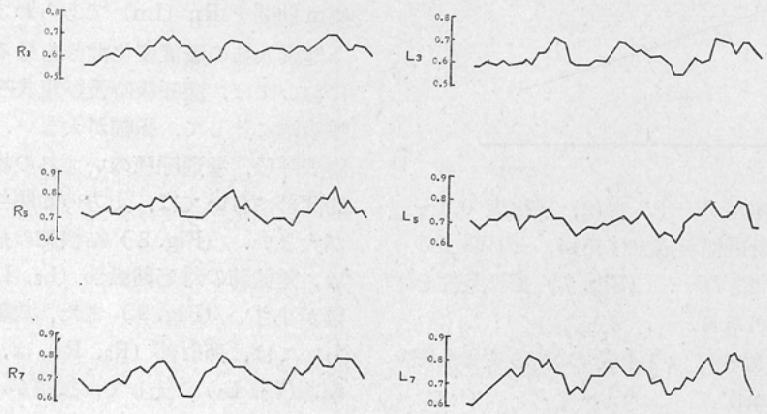


Fig. 9 Cinedensograms of the lungs of a consumptive patient during the deepest respiration.

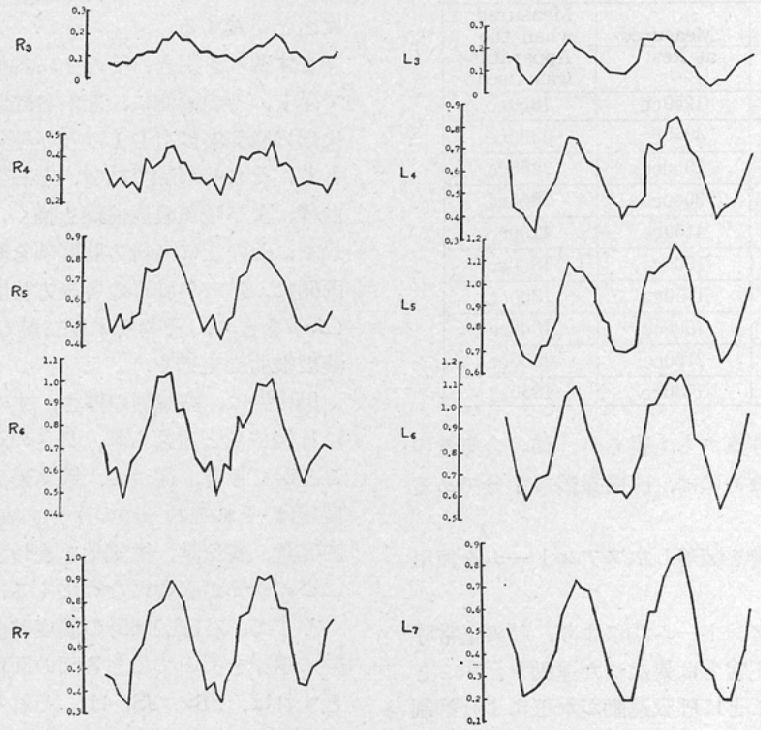
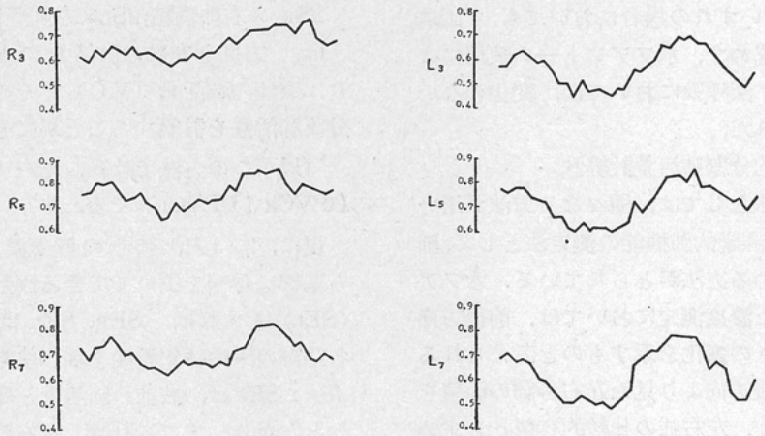


Fig. 10 Cinedensograms of the lungs of the patient during the deepest respiration whose chest has been irradiated.



また，正常例，異常例のいずれにおいても濃度変化曲線の山は吸気位，谷は呼気位に相当しており，各肋間部の濃度変化曲線の呼吸位相は，完全に一致している．従つて，深呼吸による肺の濃度変化曲線からわかる各肋間部の深吸気位と深呼気位の黒化度は，深吸気時及び深呼気時に直接撮影

Table 1　Vital Capacities of Consumtive Patients.

Case	Measured at Rest	Measured when the Apparatus was Used
S. S.	1950cc	1850cc
M. O.	4250cc	4200cc
R. O.	2300cc	2450cc
A. S.	3000cc	2800cc
M. U.	4150cc	4100cc
R. U.	1900cc	1800cc
M. S.	1750cc	1300cc
A. M.	1600cc	1500cc
S. K.	2100cc	2350cc
T. M.	1750cc	1850cc

した二枚の胸部写真からも得られ，肺の含気量の最大変化を知るためには，直接撮影で十分であると考えられる．

（6）撮影用枠を装着し水フアントームを使用した時の肺活量

いわゆる水フアントーム法により，肺の正常呼吸が障害され，正常とは異なつた運動を示すことも考えられる．ことに呼吸運動が水圧により抑制されることが考えられるので，肺活量計を用い．撮影用の枠を装着し水フアントームを使用した時の肺活量と，使用しない時の肺活量の値を比較した．（Table 1）いずれの場合においても，両者ほとんど差異を認めず，水フアントーム使用による肺の換気には，深呼吸においては，変化のないことが確かめられた．

（7）X線学的分割肺活量計算法

肺機能の測定法としては，種々なる方法が用いられているが，X線学的肺機能の測定法として，肺の容積変化を求める方法がとられている．水フアントームを用いた濃度測定においては，前後方向における肺の厚さの変化を示すものと考えられるから，これに前後方向より見た左右各肺の面積を乗ずることにより，左右肺の比較的容積比を求めうると考えられる．これに肺活量値を比例配分すれば分割肺活量が求められるものと考えられる．

深吸気時，及び深呼気時撮影のフィルム上の左右各肺野の各後方肋間中央部の黒化度から基礎黒化度を差引いた値を，それぞれ吸気濃度，呼気濃度と定義し，また，吸気濃度と呼気濃度の差を濃度差と定義する．

まず基線を引き，その上に各後方肋間部を数字で示し，その両側に，左右各肺野の各後方肋間中央部の吸気濃度（DI），及び呼気濃度（DE）をとり，それぞれ線で結び，左右各肺野の吸気濃度曲線，及び呼気濃度曲線を描く．つぎに基線を延長し，その上に各後方肋間部を数字で示し，その両側に，左右各肺野の各後方肋間中央部の濃度差（ΔS）をとり，それぞれ線で結び，左右各肺野の濃度差曲線を描く．

黒化度は，空気層の厚さ，すなわち，肺の厚みに比例すると考えられ，長さの単位におきかえることができる．従つて，吸気濃度，呼気濃度，濃度差は，それぞれ一つの次元を表わすことになり，肺容量，残気量，換気量を表わすためには，他に二つの次元が必要になつてくる．

そこで，右〔左〕肺野の濃度差曲線の両端から基線に垂線を引いてできる図の面積を ΔS_R〔ΔS_L〕とすれば，ΔS_R, ΔS_L は，それぞれ右左各肺野の平均濃度差を表わすものと考えられ，この ΔS_R, ΔS_L に，それぞれ右肺面積，左肺面積を乗ずれば，右左各肺の肺活量が表わされ，従つて

ΔS_R ×右肺面積/ΔS_L×左肺面積

は，右肺と左肺の肺活量の比を示すこととなり，実測の肺活量（VC）をその比に分けて左右分割肺活量を計算することができる．

（以下この方法で計算した右〔左〕肺活量を $DPVC_R$〔$DPVC_L$〕で表わす）

更に，右〔左〕肺野の呼気濃度曲線の両端から基線に垂線を引いてできる図形の面積を SE_R（SE_L）とすれば，SE_R, SE_L は，それぞれ右左各肺野の平均呼気濃度を表わすものと考えられ，ΔS_R : SE_R は，右肺の肺活量と残気量の比を示すこととなり．すでに計算した右肺活量から右肺の残気量を計算できる．同様にして，左肺の残気量も計算できる．また．右肺と左肺の残気量を加えて，残気量を計算できる．（以下この方法で計算した残気量，右〔左〕肺の残気量を，それぞれ

Table 2 Areas of Each Lung at the Maximal Inspiration, at the Maximal Expiration and at the Resting Inspiration, Bronchospirometric Vital Capacities of the Lungs and $\Delta S_L/\Delta S_R$ Values of Consumptive Patiets.

Case	AI_R (cm²)	AI_L (cm²)	AE_R (cm²)	AE_L (cm²)	A_R (cm²)	A_L (cm²)	VC_R (cc)	VC_L (cc)	$\Delta S_L/\Delta S_R$
R. O.	223.7	101.0	199.6	97.6	215.9	105.4	1600	350	0.62
H. Y.	178.8	123.2	134.7	93.6	180.8	79.2	1200	470	0.64
Y. K.	167.4	86.2	127.4	83.8	165.4	107.9	1100	700	0.73
T. O.	194.1	137.7	164.9	121.8	197.7	153.3	850	640	0.71
A. S.	227.8	174.5	197.7	152.2	193.4	173.8	1280	1240	0.80
J. K.	295.1	191.1	182.4	130.1	233.8	157.8	2160	1450	0.42
H. O.	264.8	166.7	140.3	102.8	221.9	144.7	1900	1180	0.76
T. M.	230.1	218.3	189.7	180.8	164.2	199.6	650	1150	1.13
Y. M.	159.1	173.0	117.3	126.0	179.1	184.8	1200	1500	1.01
A. K.	168.4	221.7	112.4	124.2	140.3	178.1	850	1350	1.15
M. S.	225.7	154.2	148.7	110.7	222.3	163.7	1920	1380	0.62
Y. Y.	165.5	159.0	132.8	117.9	172.5	172.5	640	1040	1.47
M. K.	201.7	200.0	167.5	153.0	236.1	200.9	1740	1640	0.88
T. N.	199.5	119.3	124.3	88.7	192.5	133.1	1400	550	0.33
M. O.	228.4	161.8	138.1	100.3	215.5	143.7	1200	800	0.64

Table 3 Results of $DPVC_L/DPVC_R$ and VC_L/VC_R Calculated by Data of Table 2.

Case	$\frac{\Delta S_L \times AI_L}{\Delta R_R \times AI_R}$	$\frac{\Delta S_L \times AE_L}{\Delta S_R \times AE_R}$	$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R}$	VC_L/VC_R
R. O.	0.28	0.30	0.30	0.22
H. Y.	0.44	0.44	0.44	0.39
Y. K.	0.38	0.48	0.48	0.64
T. O.	0.50	0.48	0.55	0.75
A. S.	0.52	0.62	0.72	0.97
J. K.	0.22	0.25	0.33	0.67
H. O.	0.38	0.44	0.60	0.62
T. M.	1.07	1.08	1.38	1.77
Y. M.	0.99	0.87	1.04	1.25
A. K.	1.56	1.28	1.56	1.59
M. S.	0.56	0.61	0.58	0.72
Y. Y.	1.49	1.37	1.47	1.63
M. K.	0.86	0.79	0.88	0.94
T. N.	0.20	0.24	0.25	0.41
M. O.	0.45	0.47	0.50	0.67

DPRV, $DPRV_R$〔$DPRV_L$〕で表わす）

上述の方法で，分割肺活量，及び残気量を計算する方法を，Densoplanigraphy と命名する．

（8）肺面積のとり方

深吸気時，深呼気時，及び普通吸気時撮影のX線フィルム上の左右各肺野の面積を測定した．面積の測定には，Autio[8]，Cobb[4] らの記載した方法に従い，プラニメーターを用いて，フィルム上の左右各肺野の輪郭を追跡した．すなわち，右肺においては，横隔膜肋骨角からたどり始め，外側肋骨内縁，第一肋骨後下縁，縦隔，心臓右縁，横隔膜を経て，出発点に帰つた．また左肺において

Table 4　Densoplanigraphic Results and Bronchospirometric Data of Consumptive Patients.

Film Size	Case	VC (cc)	$\frac{DPVC_L}{DPVC_R}$	$DPVC_R$ (cc)	$DPVC_L$ (cc)	VC_R (cc)	VC_L (cc)	$\frac{VC_L}{VC_R}$
16mm Cinedensogram	T. S.	3610	0.58	2280	1330	2280	1330	0.58
	R. O.	1800	0.48	1220	580	1100	700	0.64
	T. T.	3080	1.44	1260	1820	1280	1800	1.41
	H. Y.	1670	0.44	1160	510	1200	470	0.39
	A. S.	2520	0.72	1460	1060	1280	1240	0.97
	T. O.	1490	0.55	960	530	850	640	0.75
	M. M.	2860	0.61	1770	1090	1740	1120	0.64
	T. M.	1800	1.38	760	1040	650	1150	1.77
35mm Cinedensogram	H. N.	3680	1.22	1650	2030	1680	2000	1.20
	H. O.	3080	0.60	1960	1120	1900	1180	0.62
	R. O.	1950	0.30	1500	450	1600	350	0.22
	M. T.	2140	0.80	1190	950	1360	780	0.57
	M. H.	2220	1.65	840	1380	1020	1200	1.18
	R. U.	2970	0.63	1820	1150	1750	1220	0.70
Densogram	M. K.	3380	0.88	1780	1600	1740	1640	0.94
	Y. Y.	1680	1.47	680	1000	640	1040	1.63
	A. K.	2200	1.56	850	1350	850	1350	1.59
	Y. M.	2750	1.04	1350	1400	1250	1500	1.25
	M. S.	3300	0.58	2080	1220	1950	1380	0.72
	J. K.	3600	0.33	2700	900	2150	1450	0.67
	H. O.	3080	0.60	1960	1120	1900	1180	0.62
	T. N.	1950	0.25	1570	380	1400	550	0.41
	M. O.	2000	0.50	1330	670	1200	800	0.67

は，横隔膜肋骨角からたどり始め，横隔膜，心臓左縁，大動脈，大動脈弓，縦隔，外側輪郭を経て，出発点に帰つた．

深吸気時，深呼気時，及び普通吸気時の肺野面積（以下，深吸気時右〔左〕肺面積，深呼気時右〔左〕肺面積，普通吸気時右〔左〕肺面積を，それぞれ，AI_R〔AI_L〕，AE_R〔AE_L〕，A_R〔A_L〕であらわす）を用いて計算した分割肺活量と，実測値（以下右〔左〕実測肺活量を VC_R〔VC_L〕であらわす）を比較検討した結果，Table 2～3に示すごとく，普通吸気時撮影の肺面積を使用した場合，最も近似した値が得られており，これを使用するのが適当と考え，本研究の全症例に適用した．

（9）実測値との比較

肺結核の症例について，Comroe[19]，小野[20]，延島[21]らの記載した方法に従い，カーレンスのカテーテル[22]を挿入し，フクダ無水式両肺機能測定装置を用いて，分割肺活量を測定した．そして，普通吸気時撮影のフィルム上の肺面積を用いて，分割肺活量を計算し，実測分割肺活量と比較検討した．

その結果，Table 4に示すごとく，ほぼ近似の値が得られており，16mm及び35mm映画フィルム，深吸気時及び深呼気時の直接撮影フィルムのいずれにおいても，使用しうる結果である．

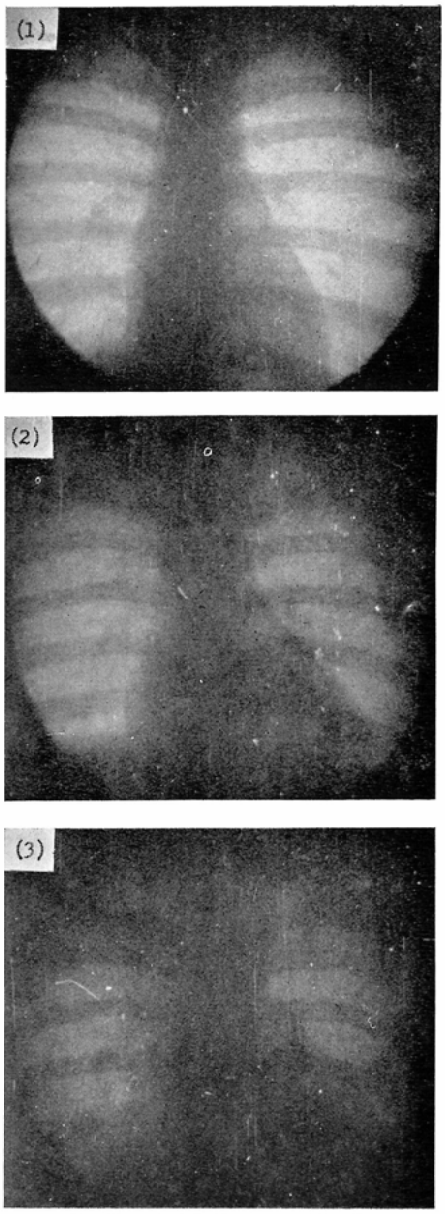
（10）健康人症例

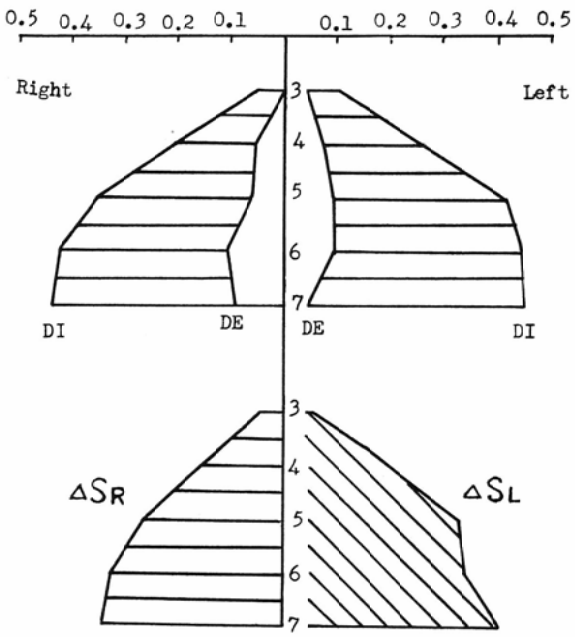
症例A　健康人　18才　女　(Fig. 11)

症例B　健康人　18才　女　(Fig. 12)

症例C　健康人　18才　女　(Fig. 13)

Kaltreider[2]，Aslett[3]，Bateman[23]，Gaensler[24]，Autio[25]，小野[20]，鈴木[26]中村[27]らの統計によると，健康人の右と左の肺活量比は，およそ55％：45％（1：0.82），残気率は20～30％，健康人





$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.7$$

$$VC = 2260\,cc$$

$$DPVC_R = 1330\,cc$$
$$DPVC_L = 930\,cc$$

$$DPRV_R = 450\,cc$$
$$DPRV_L = 230\,cc$$

Fig. 11 S.I. 18 Female. Cinedensographic frames at the maximal inspiration (1) between the maximal inspiration and expiration (2) at the maximal expiration (3) Densoplanigram

女子の肺活量は平均2380cc，残気率は平均 930cc とされている．

Table 5に示した健康人症例は，いずれもほぼ正常範囲の値を示しており，健康人に適用して肺機能を測定することが可能であると考えられる．

(11) 分割肺活量実測例

つぎに種々なる病的例につき，分割肺活量を実測した症例について，このような水フアントーム法によるX線学的分割肺機能測定法とを比較し，臨床上実用しうるか否かを検討した．

症例4　M.K.　24才　男　(Fig. 14)

肺結核症．左肺上野の病巣は硬化型で，ほとん

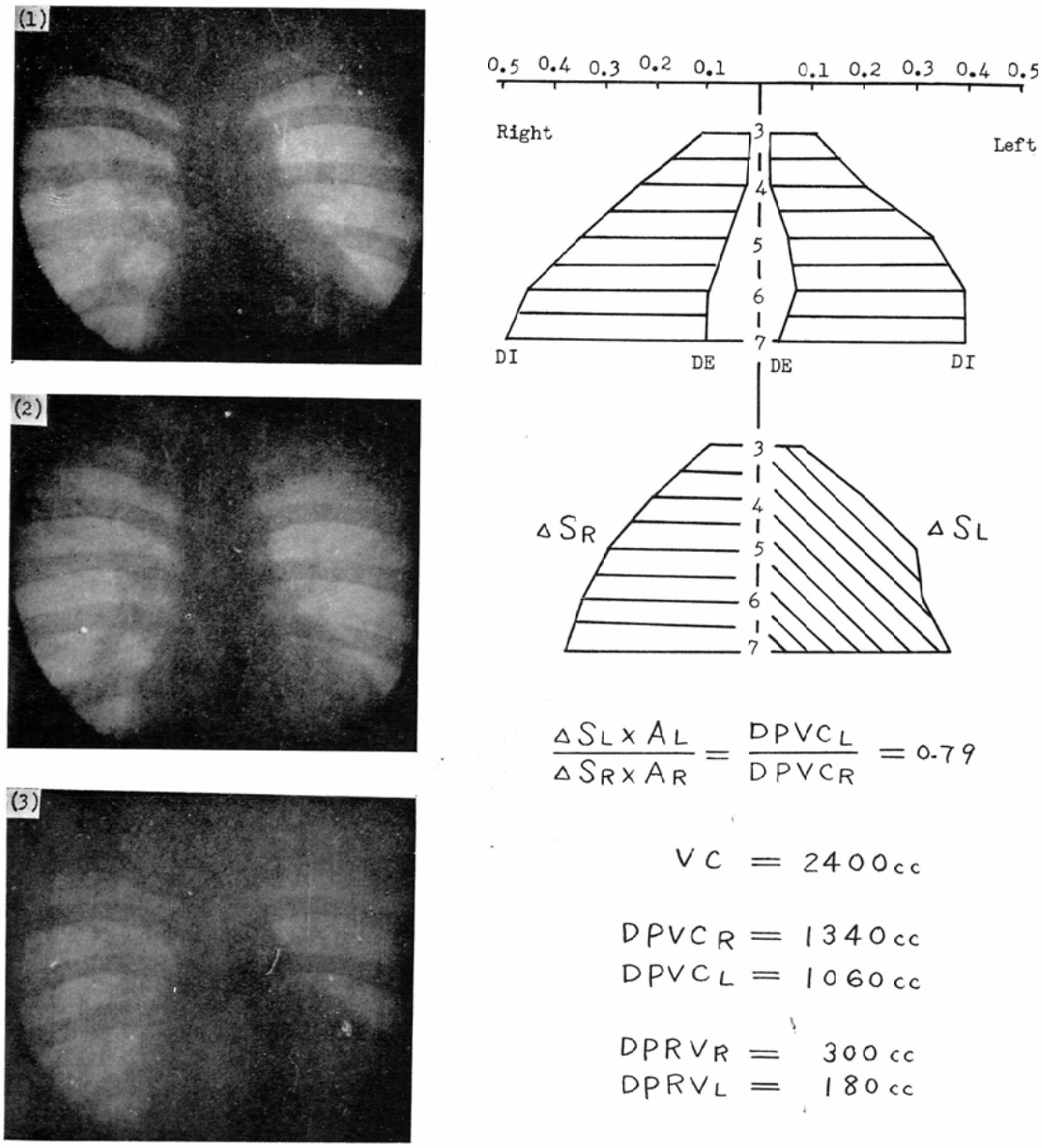


Fig. 12 M.O. 18 Female. Cinedensographic frames at the maximal inspiration (1) between the maximal inspiration and expiration (2) at the maximal expiration (3) Densoplanigram

ど治癒しており，左右の肺活量がほぼ等しい症例である．

X線学的左右肺活量比　1：0.9

X線学的分割肺活量　右　1780cc

左　1600cc

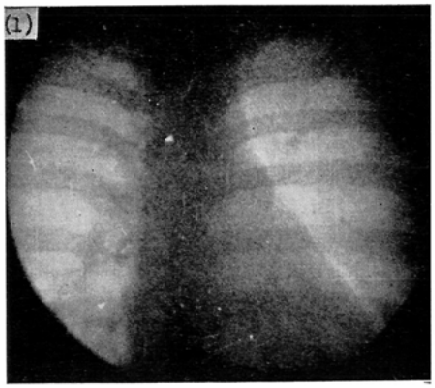
実測分割肺活量　右　1740cc

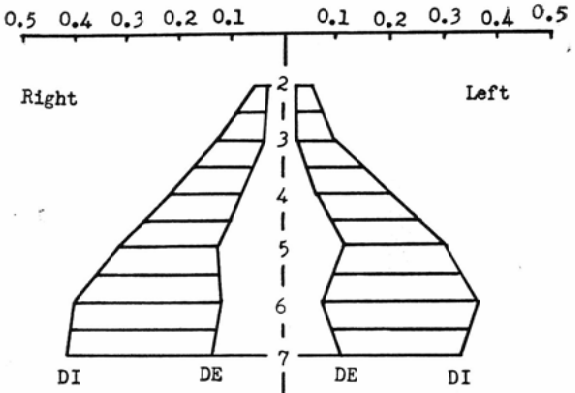
左　1640cc

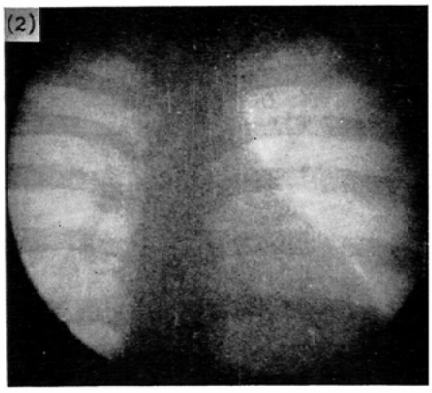
実測右左肺活量比　1：0.9

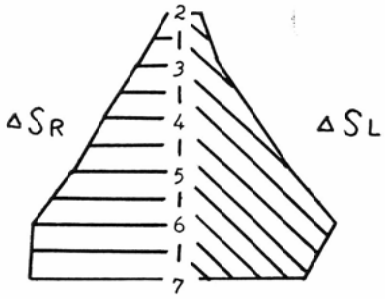
である．

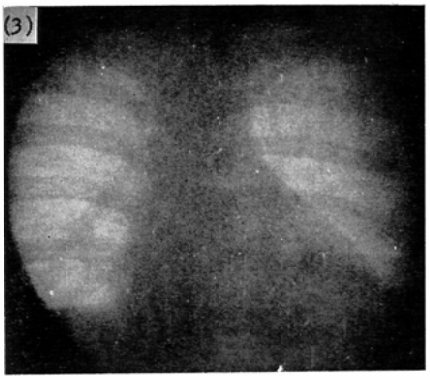
症例5　H.O.　24才　男　(Fig. 15)











$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.74$$

$$VC = 2450\,cc$$

$$DPVC_R = 1400\,cc$$
$$DPVC_L = 1050\,cc$$

$$DPRV_R = 660\,cc$$
$$DPRV_L = 420\,cc$$

Fig. 13 K.S. 18 Female. Cinedensographic frames at the maximal inspiration (1) between the maximal inspiration and expiration (2) at the maximal expiration (3) Densoplanigram

肺結核症．左肺上中野に広範囲の硬化型病巣があり，左肺活量が著明に減少した症例である．

X線学的右左肺活量比　1：0.6

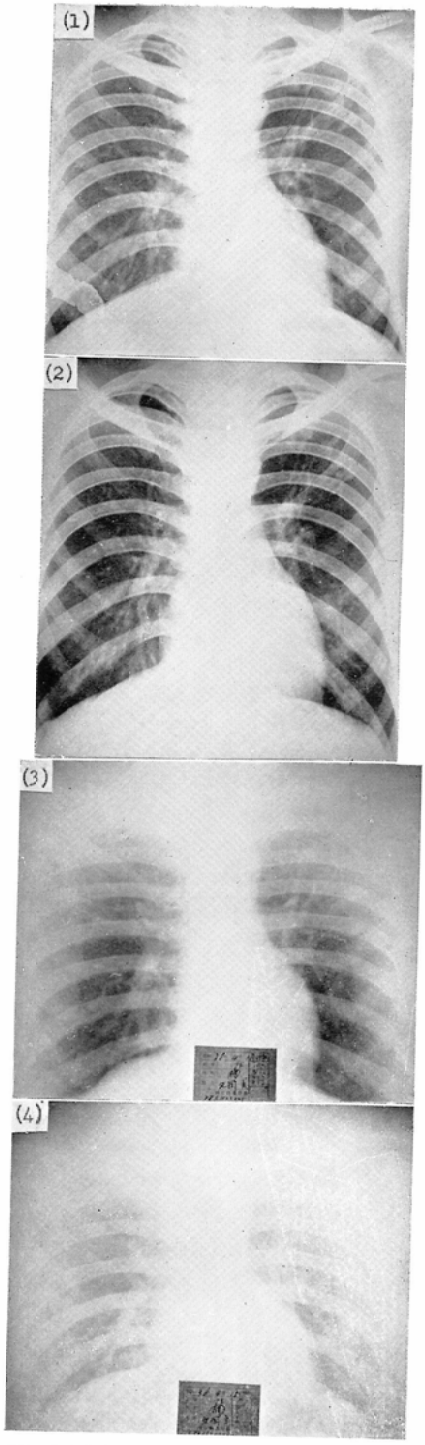
X線学的分割肺活量　右　1960cc
左　1120cc

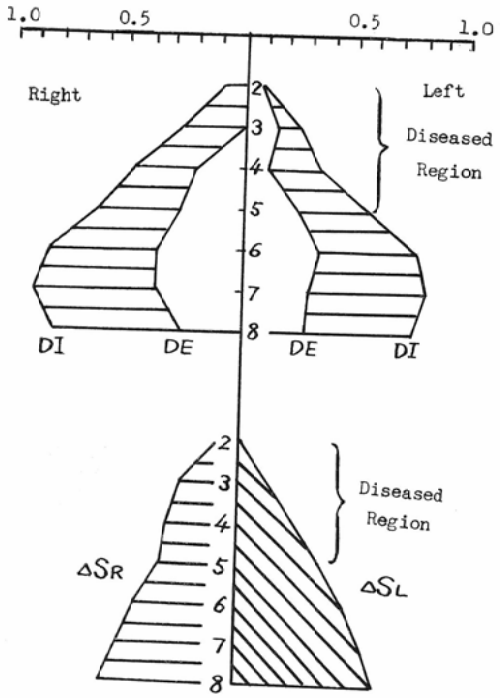
実測分割肺活量　右　1900cc
左　1180cc

実測右左肺活量比　1：0.6

である．

症例6　A.K.　25才　男　(Fig. 16)





$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.9$$

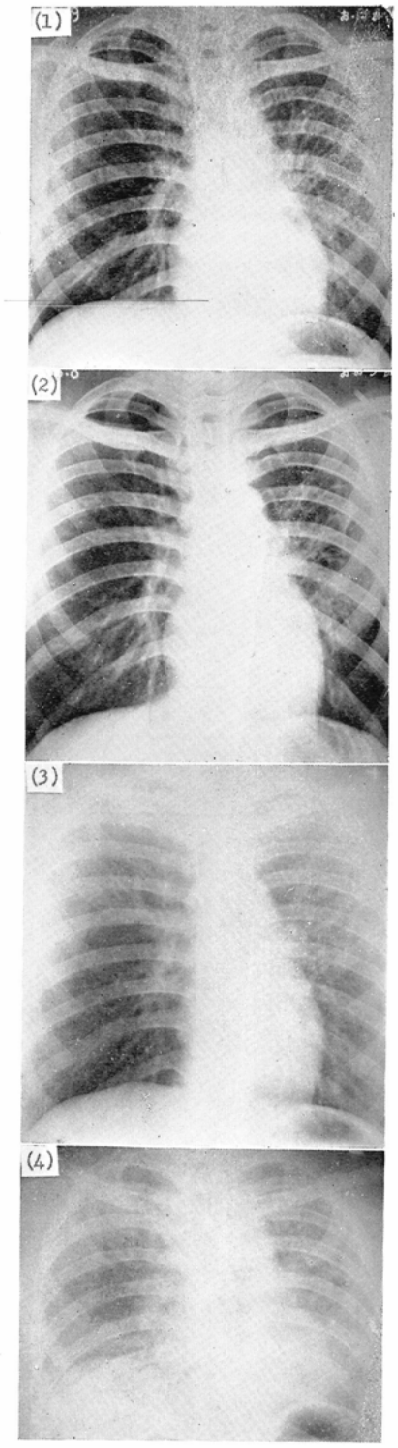
$$VC = 3380cc$$

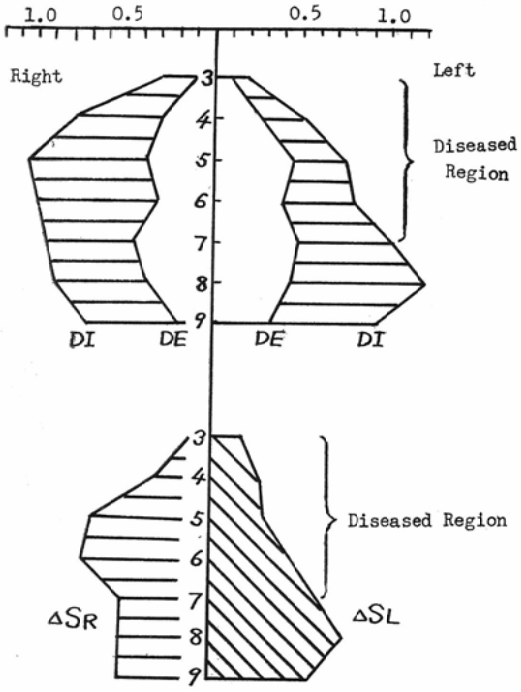
$$DPVC_R = 1780cc$$

$$DPVC_L = 1600cc$$

$$\frac{VC_L}{VC_R} = 0.9 \qquad VC_R = 1740cc \quad VC_L = 1640cc$$

Fig. 14 M.K. 24 Male. Routine chest films on Mar. 15, 1960 (1) on Mar. 16, 1961 (2) Densograms on Apr. 15, 1961 at the maximal inspiration (3) at the maximal expiration (4) Densoplanigram



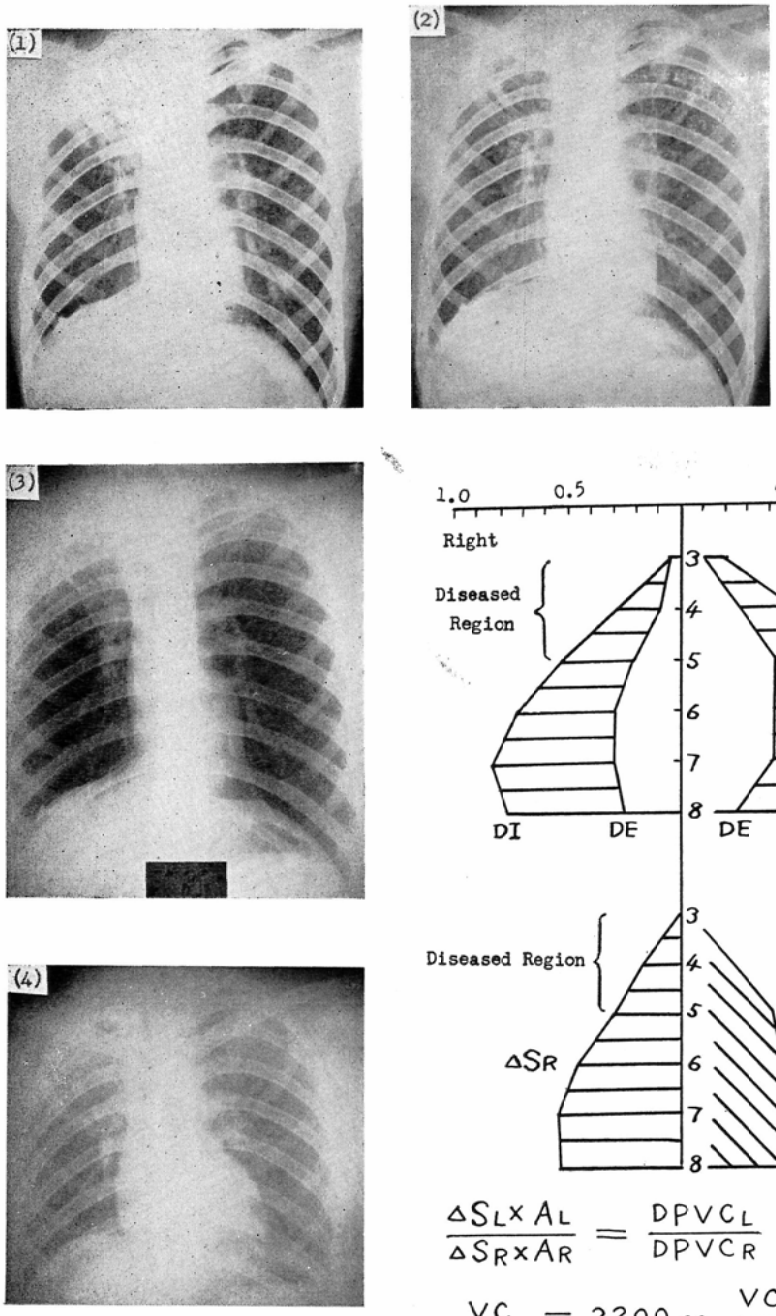


$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.6$$

$$VC = 3080\,cc$$
$$DPVC_R = 1960\,cc$$
$$DPVC_L = 1120\,cc$$

$$\frac{VC_L}{VC_R} = 0.6 \qquad VC_R = 1900\,cc \quad VC_L = 1180\,cc$$

Fig. 15 H.O. 24 Male.
Routine chest films on Mar. 9, 1960 (1)
on Mar. 8, 1961 (2)
Densograms on Apr. 8, 1961
at the maximal inspiration (3)
at the maximal expiration (4)
Densoplanigram



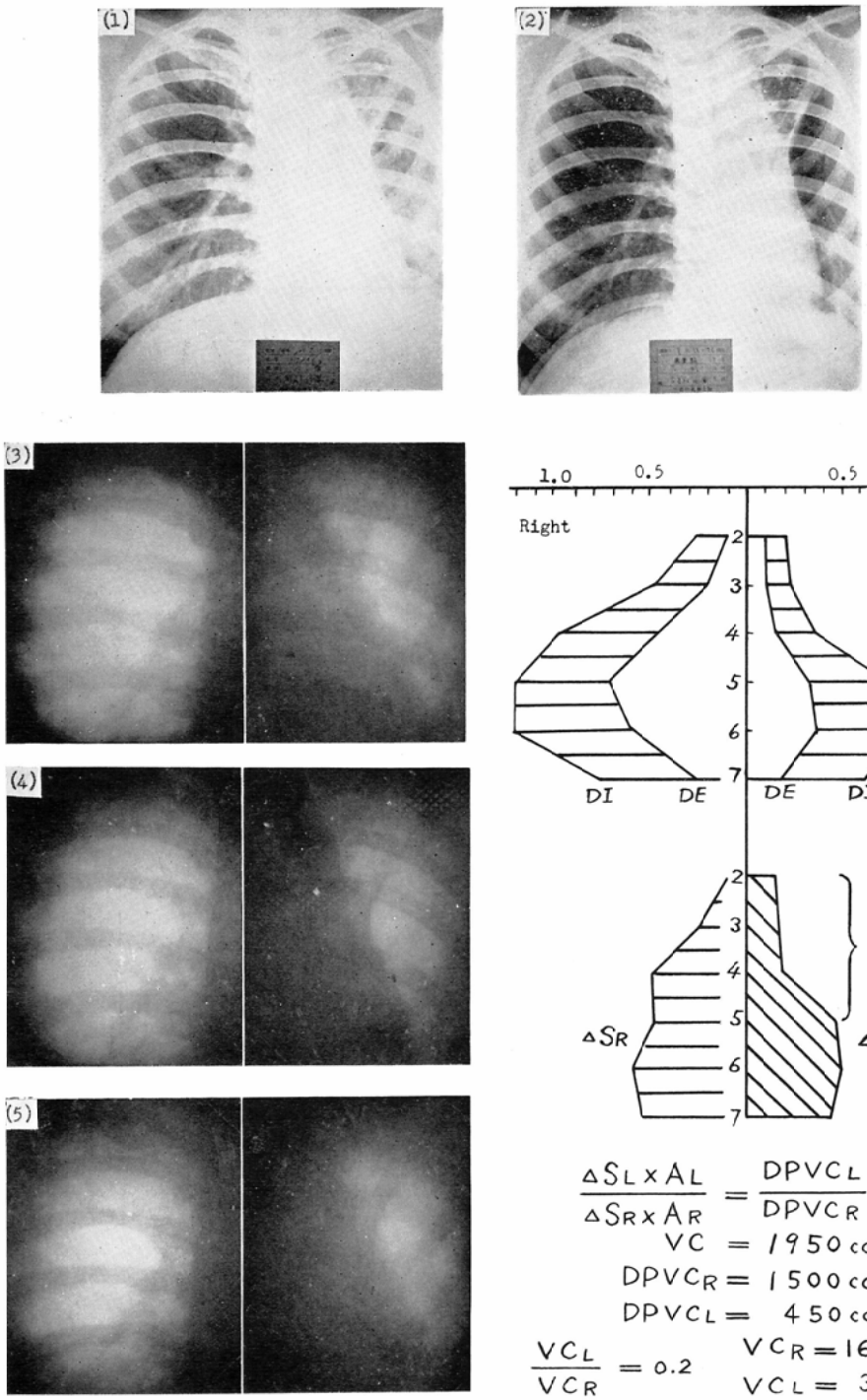
$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 1.6$$

$$VC = 2200\,cc \qquad \frac{VC_L}{VC_R} = 1.6$$

$$DPVC_R = 850\,cc \qquad VC_R = 850\,cc$$

$$DPVC_L = 1350\,cc \qquad VC_L = 1350\,cc$$

Fig. 16 A.K. 25 Male.
Routine chest films an Aug. 23, 1960 (1)
on May 25, 1961 (2)
Densograms on Apr. 15, 1961
at the maximal inspiration (3)
at the maximal expiration (4)
Densoplanigram



$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.3$$

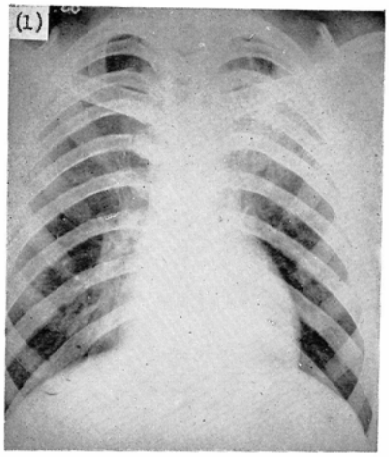
$VC = 1950$ cc

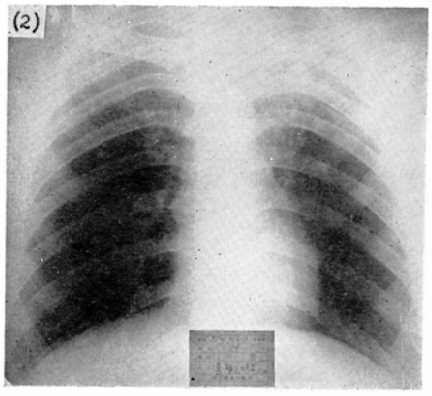
$DPVC_R = 1500$ cc

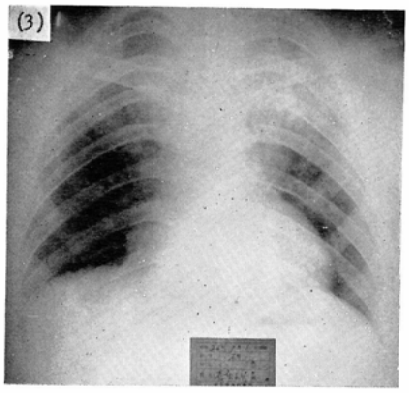
$DPVC_L = 450$ cc

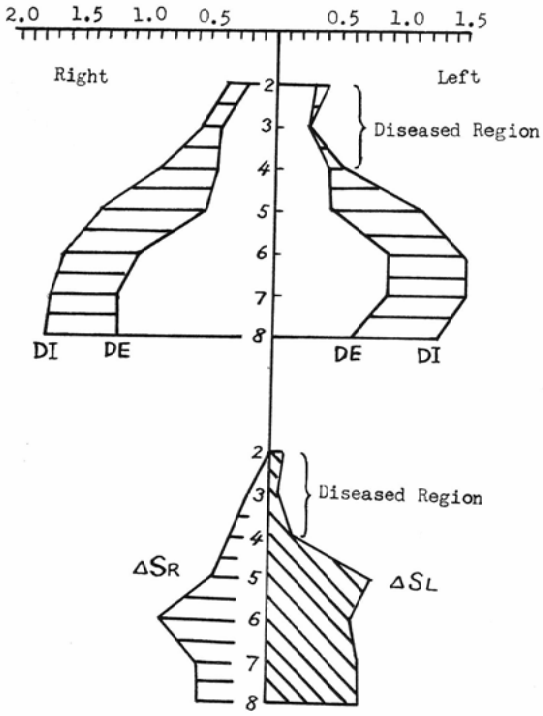
$$\frac{VC_L}{VC_R} = 0.2 \qquad VC_R = 1600\text{cc} \quad VC_L = 350\text{cc}$$

Fig. 17 R.O. 18 Female.
Routine chest films on Oct. 1, 1959 (1) at the maximal inspiration (3)
on Nov. 9, 1960 (2) between the maximal inspiration and expiration (4)
Cinedensographic frames on Jan. 16, 1961 at the maximal expiration (5)
Densoplanigram







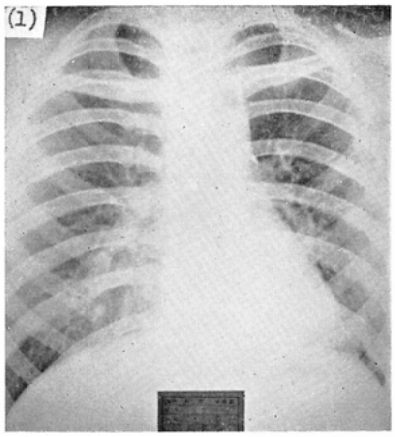


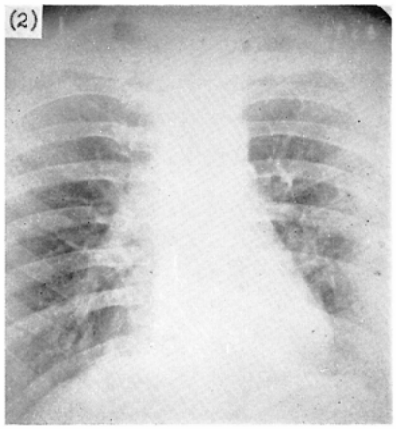
$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.75$$

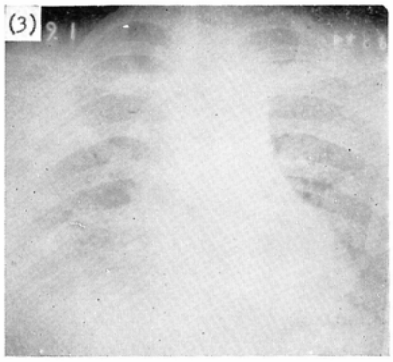
$$VC = 4300\,cc$$

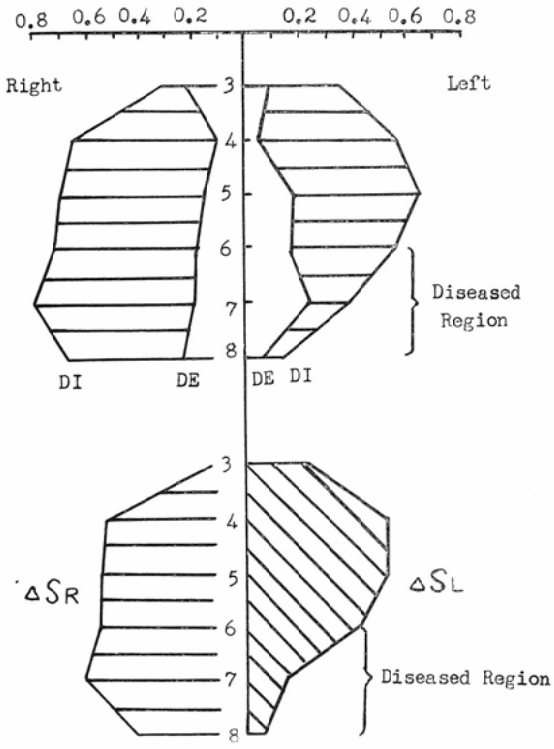
$$DPVC_R = 2460\,cc$$
$$DPVC_L = 1840\,cc$$

Fig. 18 T.K. 17 Male.
Routine chest film on Jul. 28, 1961 (1)
Densograms on Sep. 1, 1961 at the maximal inspiration (2)
at the maximal expiration (3)
Densoplanigram









$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.4$$

$$VC = 2250\,cc$$

$$DPVC_R = 1560\,cc$$

$$DPVC_L = 690\,cc$$

Fig. 19 T.Y. 16 Male.
Routine chest film on Nov. 11, 1961 (1) at the maximal inspiration (2)
Densograms on Sep. 1, 1961 at the maximal expiration (3)
Densoplanigram

Table 5 Densoplanigraphic Results and Normal Values of Healthy Women.

Case	VC (cc)	$DPVC_R$ (cc)	$DPVC_L$ (cc)	$\frac{DPVC_L}{DPVC_R}$	DPRV (cc)	$\frac{DPRV}{VC+DPRV}$
A	2260	1330	930	0.7	680	0.23
B	2400	1340	1060	0.79	480	0.17
C	2450	1400	1050	0.74	1060	0.30
D	2420	1400	1020	0.73	1070	0.30
Normal Values	VC (cc)	VC_R (cc)	VC_L (cc)	$\frac{VC_L}{VC_R}$	RV (cc)	$\frac{RV}{VC+RV}$
	2380	1310	1070	0.82	930	0.28

肺結核症．右肺尖上野に硬化型病巣があり，右肺活量が著明に減少した症例である．

X線学的右左肺活量比　1：1.6
X線学的分割肺活量　右　850cc
　　左　1350cc
実測分割肺活量　右　850cc
　　左　1350cc
実測右左肺活量比　1：1.6

である．

症例7　R.O.　18才　女　(Fig. 17)

肺結核症．左肺上中野に硬化型病巣があり，肋膜肥厚を伴っており，左肺活量が著明に減少した症例である．

X線学的右左肺活量比　1：0.3
X線学的分割肺活量　右　1500cc
　　左　450cc
実測分割肺活量　右　1600cc
　　左　350cc
実測右左肺活量比　1：0.2

である．

健康人及び患者例において，水フアントームを用いた分割肺機能測定法により求めた左右分割肺活量比と，Bronchospirometry 法による左右分割肺活量比とが，臨床的に実用しうる程度によい一致を示している．

しかも病変部などの局所的肺機能をも考えられる所見をうることは，左右分割肺機能のみならず，局所的肺機能を推測せしめうるので，臨床的応用は広いものと考えられる．

(12) 各種症例検討

種々なる症例について，水フアントーム法分割肺機能測定法を用いた．患者は，徳島大学付属病院放射線科患者及び国立徳島療養所入所患者を選び，計48名に実施した．

症例1　T.K.　17才　男　(Fig. 18)

肺結核症．発病後3カ月，三者併用化学療法開始後1カ月の症例で，左肺尖上野に浸潤乾酪型病巣があり，病巣部（L_2～L_4）においては，対側肺の対応健康部（R_2～R_4）に比して濃度差は小さく，換気量は少い．また，

X線学的右左肺活量比　1：0.75
X線学的分割肺活量　右　2460cc
　　左　1840cc

である．

症例2　T.Y.　16才　男 (Fig. 19)

肺結核症．発病後4カ月，三者併用化学療法開始後3カ月の症例で，左肺中下野に浸潤乾酪型病巣がある．病巣部（L_6～L_8）においては，対側肺の対応健康部（R_6～R_8）に比して濃度差はきわめて小さく，換気量は非常に少い．また，

X線学的右左肺活量比　1：0.4
X線学的分割肺活量　右　1560cc
　　左　690cc

である．

症例3　H.O.　19才　女　(Fig. 20)

肺結核症．発病後8カ月，三者併用化学療法開

始後6カ月の症例で，左肺中下野に浸潤乾酪型病巣があり，病巣部（L_5〜L_8）においては，対側肺の対応健康部（R_5〜R_8）に比して濃度差はきわめて小さく，換気量は非常に少い．また，

X線学的右左肺活量比　1：0.4
X線学的分割肺活量　右　2240cc
左　860cc

である．

以上，症例1〜3において見られるごとくに，浸潤乾酪型病巣部においては，対側肺の対応健康部に比して，濃度差（深呼吸による濃度変化）は小さく，換気量は少いことがわかる．

症例4　M.K.　24才　男　(Fig. 14)

肺結核症．発病後1年8カ月，三者併用化学療法を1年6カ月実施し，陰影のほとんど消失した症例で，左肺上野に硬化型病巣があつて，病巣部（L_2〜L_5）においては，対側肺の対応健康部（R_2〜R_5）に比して，濃度差はやや小さく，換気量はやゝ少い．また．

X線学的右左肺活量比　1：0.9
X線学的分割肺活量　右　1780cc
左　1600cc

である．

症例5　H.O.　24才　男　(Fig. 15)

肺結核症．発病後3年，三者併用化学療法を2年6カ月実施しよくなつた症例で，左肺上中野に硬化型病巣があり，病巣部（L_3〜L_7）においては，対側肺の対応健康部（R_3〜R_7）に比して，濃度差は小さく，換気量は少い．また，

X線学的右左肺活量比　1：0.6
X線学的分割肺活量　右　1960cc
左　1120cc

である．

症例6　A.K.　25才　男　(Fig. 16)

肺結核症．発病後4年4カ月，三者併用化学療法を1年6カ月実施しよくなつた症例で，右肺尖上野に硬化型病巣があり，病巣部（R_3〜R_5）においては，対側肺の対応健康部（L_3〜L_5）に比して，濃度差はやや小さく，換気量はやゝ少い．また，

X線学的右左肺活量比　1：1.6
X線学的分割肺活量　右　850cc
左　1350cc

である．

症例7　R.O.　18才　女　(Fig. 17)

肺結核症．発病後8年，化学療法期間2年（三者併用1年，二者併用1年）でよくなり肋膜肥厚を残した症例である．左肺上中野に肋膜肥厚を伴つた硬化型病巣があり，病巣部（L_2〜L_6）においては，対側肺の対応健康部（R_2〜R_6）に比して，濃度差はきわめて小さく，呼気濃度は低い値を示し，換気量，残気量はいずれも非常に少い．また．

X線学的右左肺活量比　1：0.3
X線学的分割肺活量　右　1500cc
左　450cc

である．

以上，症例4〜7において見られるごとくに，化学療法の結果よくなつた症例の硬化型病巣部においては，対側肺の対応健康部に比して，濃度差（深呼吸による濃度変化）は小さく，換気量は少い．病巣部の肺機能が回復していないことがわかる．

症例8　T.N.　33才　男　(Fig. 21)

肺結核症．発病後5年，化学療法期間3年6カ月（三者併用2年6カ月，二者併用1年）の症例で，右肺尖上野に空洞を含む線維乾酪型病巣があり，左肺中下野に肋膜肥厚像が見られる．右肺尖上野の病巣部（R_3〜R_5）においては，対側肺の対応健康部（L_3〜L_5）に比して，濃度差はきわめて小さく，換気量は非常に少い．左肺中下野の肋膜肥厚部（L_5〜L_8）においては，対側肺の対応健康部（R_5〜R_8）に比して，濃度差はきわめて小さく，呼気濃度は低い値を示し，換気量，残気量はいずれも非常に少い．また，

X線学的右左肺活量比　1：0.25
X線学的分割肺活量　右　1570cc
左　380cc

である．

以上，症例7〜8において見られるごとくに，

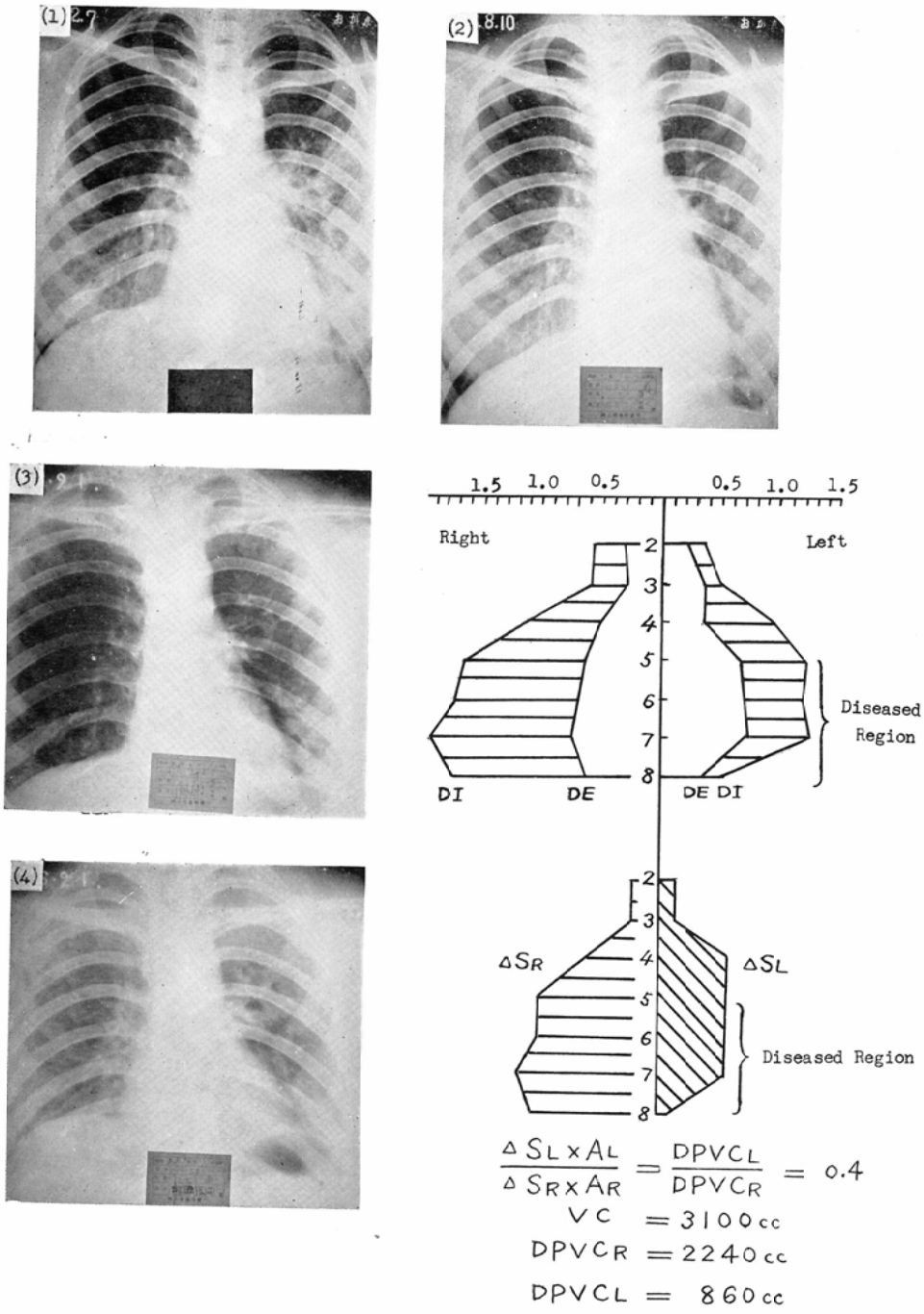
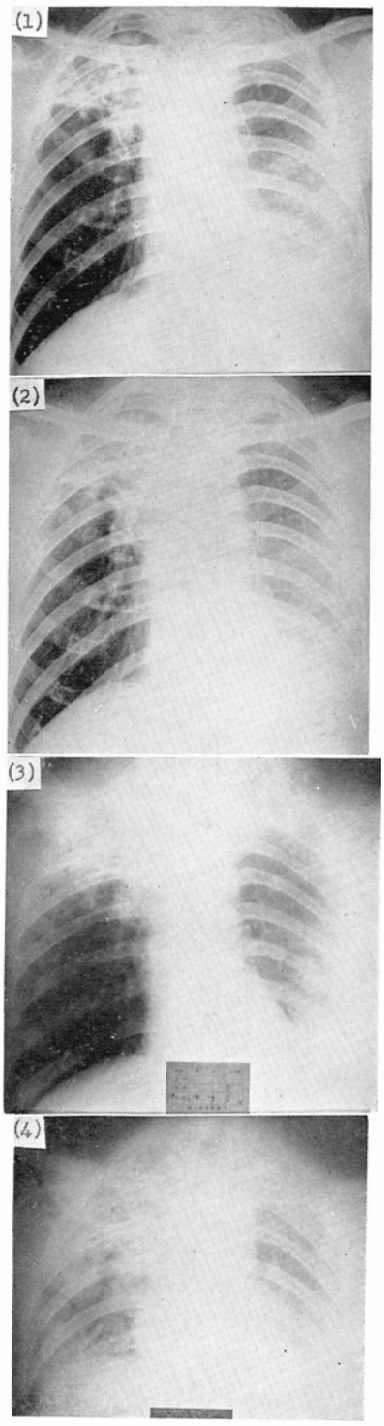
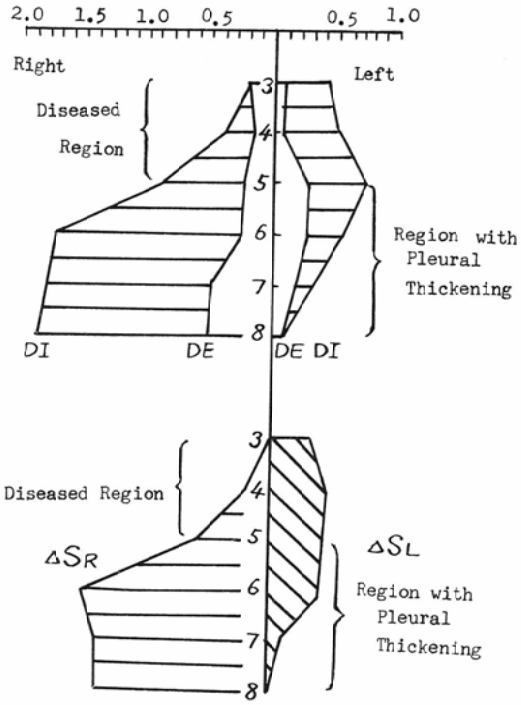


Fig. 20 H.O. 19 Female.
Routine chest films on Feb. 7,1961 (1) at the maximal inspiration (3)
on Aug. 10, 1961 (2) at the maximal expiration (4)
Densograms on Sep. 1, 1961 Densoplanigram





$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.25$$

$$VC = 1950\,cc$$

$$DPVC_R = 1570\,cc$$

$$DPVC_L = 380\,cc$$

Fig 21 T.N. 33 Male.

Routine chest films on Mar. 24, 1961 (1) at the maximal inspiration (3)
on Jun. 23, 1961 (2) at the maximal expiration (4)
Densograms on Aug. 31, 1961 Densoplanigram

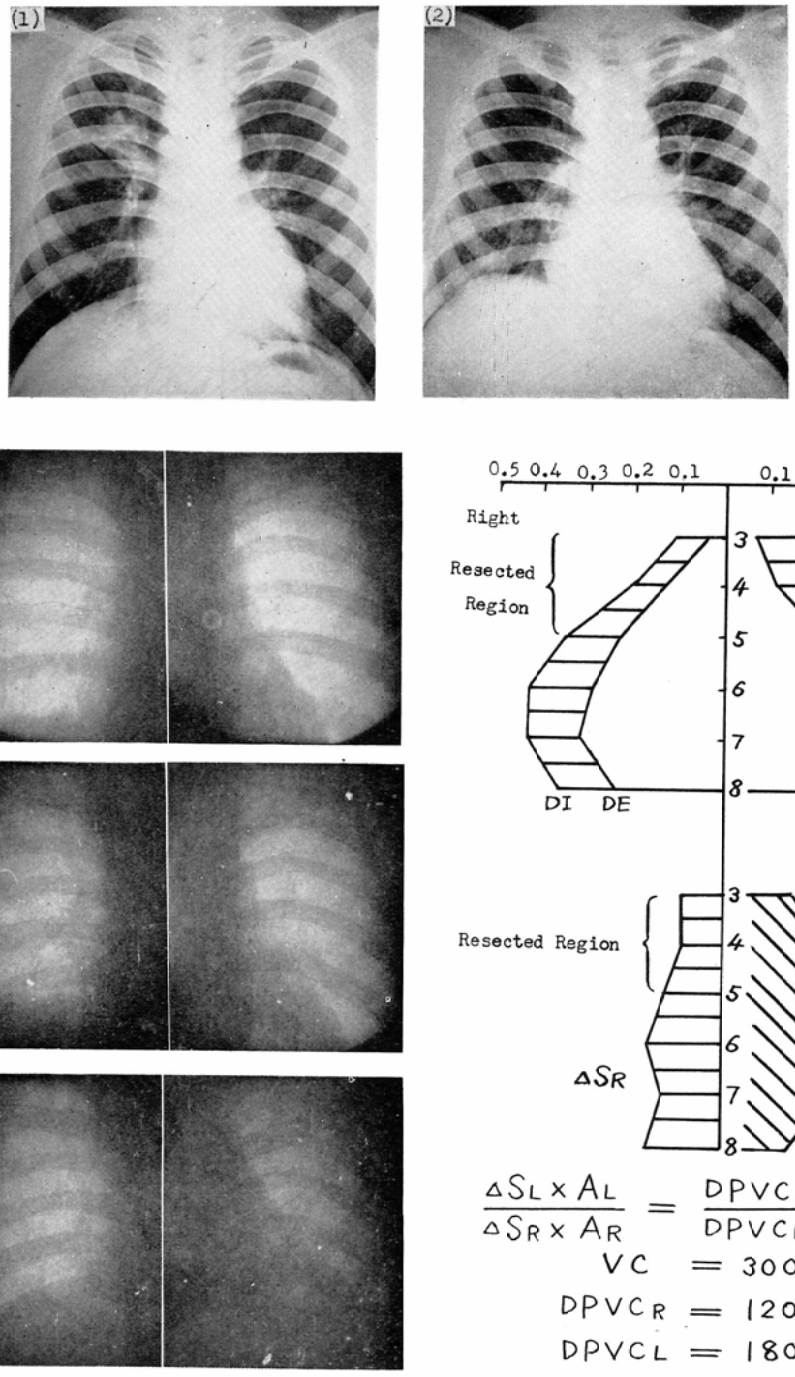
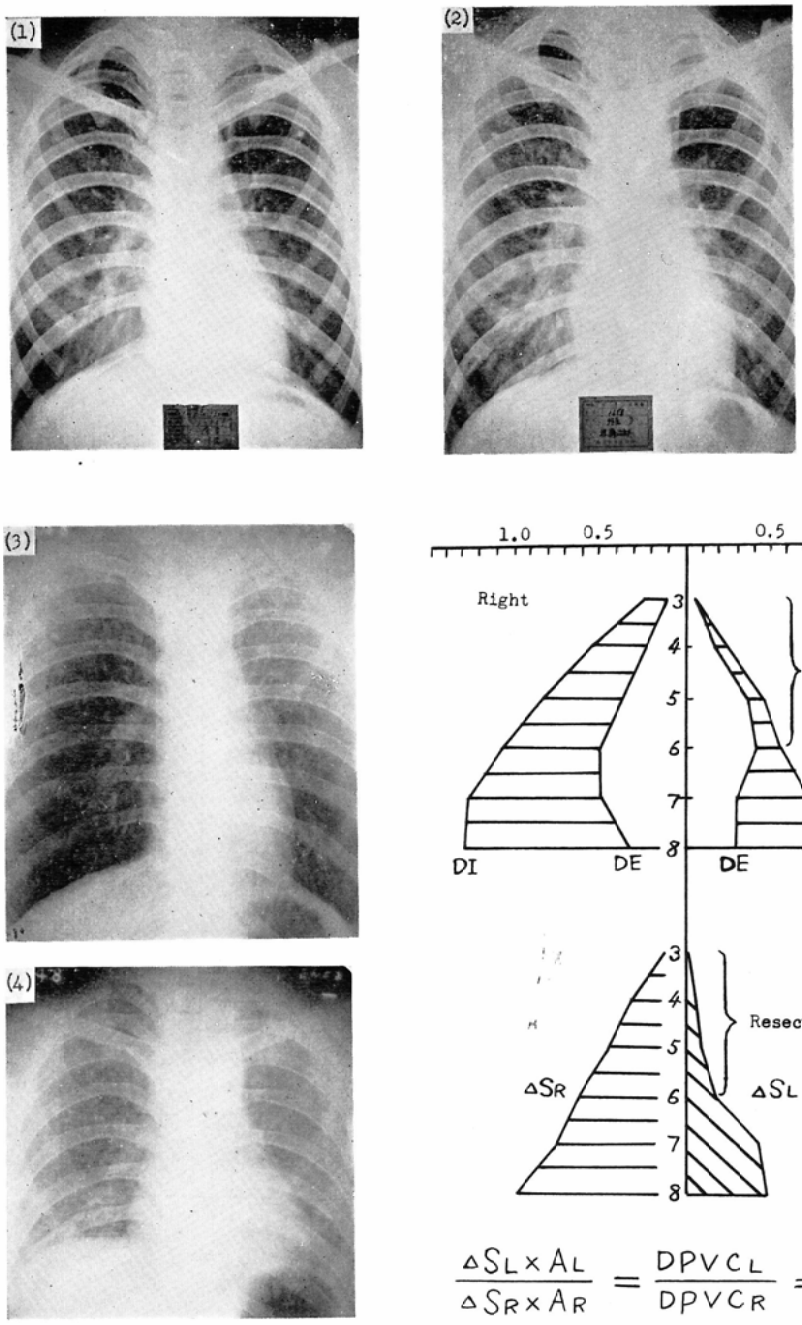


Fig. 22 H.N. 23 Male.
Routine chest films on Apr. 30, 1960 (1)
on Mar. 7, 1961 (2)
Cinedensographic frames on Feb. 24, 1961
at the maximal inspiration (3)
between the maximal inspiration and expiration (4)
at the maximal expiration (5)
Densoplanigram



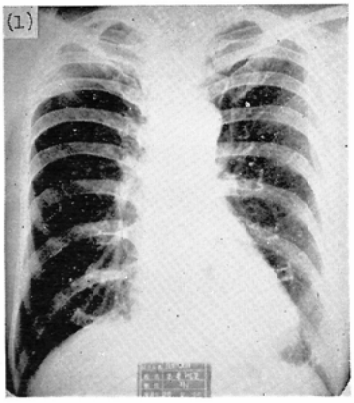
$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 0.3$$

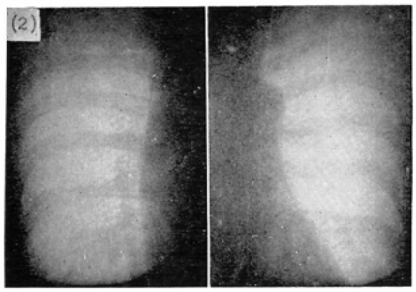
$$VC = 3600_{cc}$$

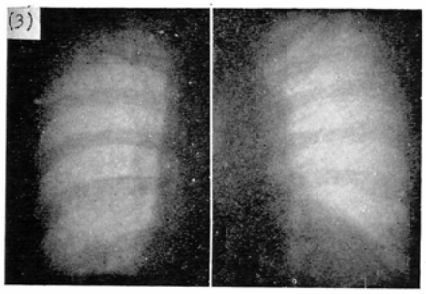
$$DPVC_R = 2700_{cc}$$

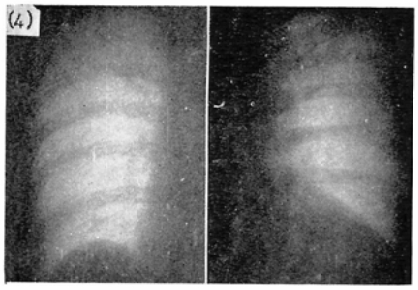
$$DPVC_L = 900_{cc}$$

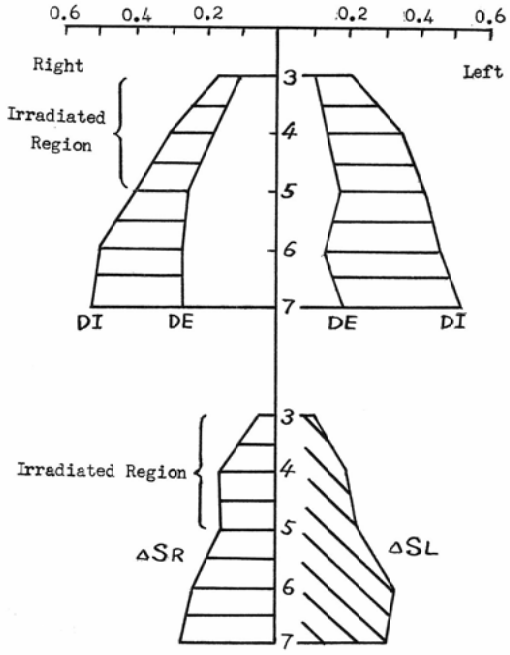
Fig. 23 J.K. 21 Male.
Routine chest films on Jan. 13, 1956 (1) at the maximal inspiration (3)
on Oct. 2, 1961 (2) at the maximal expiration (4)
Densograms on Apr. 8, 1961 Densoplanigram











$$\frac{\Delta S_L \times A_L}{\Delta S_R \times A_R} = \frac{DPVC_L}{DPVC_R} = 1.85$$

$$VC = 2000_{cc}$$

$$DPVC_R = 700_{cc}$$

$$DPVC_L = 1300_{cc}$$

Fig. 24 C.M. 48 Female.
Routine chest film on Feb. 28, 1961 (1)
Cinedensographic frames on Feb. 28, 1961 at the maximal inspiration (2) between the maximal inspiration and expiration (3) at the maximal expiration (4)
Densoplanigram

肋膜肥厚部においては，対側肺の対応健康部に比して，濃度差（深呼吸による濃度変化）はきわめて小さく，呼気濃度は低い値を示し，換気量，残気量はいずれも非常に少いことがわかる．

症例9　H.N.　23才　男　(Fig. 22)

肺結核症．右肺上葉切除後9カ月の症例である．右肺上中野の切除部（R_3～R_5）においては，対側肺の対応健康部（L_3～L_5）に比して濃度差は小さく，呼気濃度は高い値を示し，換気量はやゝ少く，残気量はやゝ多い．切除部の肺の膨脹が良好すぎて，軽度の肺気腫状態にあることを示している．また，

X線学的右左肺活量比　1：1.5
X線学的分割肺活量　右　1200cc
　　左　1800cc

である．

症例10　J.K.　21才　男　(Fig. 23)

肺結核症，左肺上葉區域切除後5年の症例である．左肺尖上野の切除部（L_3～L_6）においては，対側肺の対応健康部（R_3～R_6）に比して，濃度差はきわめて小さく，換気量は非常に少い．切除部の肺の膨脹が不良であることを示している．また．

X線学的右左肺活量比　1：0.3
X線学的分割肺活量　右　2700cc
　　左　900cc

である．

以上，症例9～10において見られるごとくに，切除部は，対側肺の対応健康部に比して濃度差（深呼吸による濃度変化）は小さく，換気量は少い．また，過膨脹部の呼気濃度は高く，残気量は多い．膨脹不良部の呼気濃度は低く，残気量は少い．

症例11　C.M.　48才　女　(Fig. 24)

放射線治療後の肺．右乳癌手術 ^{60}Co 照射治療終了後2年の症例である．右肺上中野の照射部（R_3～R_8）においては，対側肺の対応健康部（L_3～L_8）に比して，濃度差は小さく，呼気濃度は高い値を示し，換気量は少く，残気量は多い．また．

X線学的右左肺活量比　1：1.85
X線学的分割肺活量　右　700cc
　　左　1300cc

である．

考　按

肺機能は，換気，ガス交換，肺循環の三部門を総括したものであるが，最近まで肺機能の測定は主として肺活量の測定に限られていた．今日各方面から新しい肺機能検査法が活潑に論議されているが，その多くは，装置が高価であつたり手技に習熟を要したりして，日常の臨床検査としてあまり用いられず，せいぜい簡単な肺活量計で肺活量を測定する程度に過ぎない．また肺外科の術前検査として左右分割肺機能を測定し，片肺ずつの肺活量を知りうる程度であり，それ以上の細かい部分の肺機能についてはあまり論ぜられていない．肺機能検査法として，残気量や左右分割肺機能測定は，比較的普及しているが，種々の難点があり，実施が簡単でない．そのため，臨床的に使用しうる簡便法があれば便利である．その一つとして，X線学的に肺機能を測定する方法がある．

Hurtado[1]，Kaltreider[2]，Aslett[3]，Cobb[4] らは胸郭の外観的厚さを測定し，これと胸部正面写真上の肺野面積から，また，Kavach[5]，Barnhard[6] らは，胸部正面写真上の各部の計測値から，全肺容量を求めている．

Autio[8]，高橋[9]，弘島[10][11]，坂本[12] らは，深吸気時及び深呼気時撮影の2枚の胸部正面写真上の左右肺野の面積から，また，小田和[13]は，吸気時及び呼気時撮影の胸部正面写真上の左右肺野の面積及び肺横径から，左右分割肺活量を求めている

これらの分割肺活量及び全肺容量算出法によると，健康人には比較的よくあてはまるが，病的な場合に使用できないのが最大の欠点であり，生理検査としては通用するかも知れないが，臨床的には使用できない．

つぎに近年肺野濃度から肺機能を測定する方法が試みられており，Simonin[7] らは，胸部正面写真及び透視によつて，肺野の深呼吸による濃度変化を左右別に求め，Kourilsky[14] らは Statiden-

sigram 上の最高と最低の差を左右別に求めて，その比から，左右分割肺活量を算出している．

本研究の目的は，肺野の濃度を肺の厚さに相関させることであり，これらの方法を用いたのでは，肺尖部が明るくなり，特に切除肺などで胸郭が薄くなつた場合には，明るく見えても肺機能が少いことが多く，肺の含気量をあらわさない．従つて，臨床的に利用価値が少い．

そこで，本報では足立氏の方式に従い，水を用いて肺の厚さを濃度におきかえた．この方法によれば，軟部組織，ことに乳房などの影響が除かれ，肺尖部も，胸郭の萎縮の著しい場合も，肺機能の判断をあやまることがなくなり，理想的な方法と考えられる．

肺野の濃度差に肺面積を掛けて左右分割肺活量を計算した場合，健康肺はもちろん．病肺に適用しても臨床的に使用しうる程度に一致しうる．また部分的な肺機能をうかがうことができる点に大いに意味がある．

肺結核の症例については，病型に関係なく病巣部の換気量は少い．胸膜肥厚部の換気量，肺容量，残気量は，いずれも非常に少い．また切除肺の過膨脹部の換気量は少く，残気量は多い．放射線治療後の肺においては，照射部の換気量は少く，残気量は多い．

肺機能のみならず，写真だけで肺の容積をうかがうことができる．たとえば，切除肺において，普通写真で肺機能が回復しているように見えていても，事実肺気腫を起し，肺活量が減少し残気量が増加していることがあり，肺切除後追加成形の要否を判定しうる．

以上述べた諸点は，従来のいかなる方法よりもまさる点であると考えられる．

結　論

水フアントームを用いたX線学的肺機能測定法により，肺機能を測定しうるか否かを検討した．

1. 水フアントームを用いたX線学的肺機能測定法により，左右分割肺機能測定が可能である．

2. 健康肺及び病的肺において，水フアントームを用いたX線学的肺機能測定法により求めた左右肺活量比と，Bronchospirometry の左右肺活量比とは，実用上の一致を示す．

3. 水フアントームを用いたX線学的肺機能測定法により，部分的肺機能の変化を推定することができる．

4. 肺結核の現症がある症例，治療後の症例，肋膜炎の後遺症のある症例，切除肺の症例，及び放射線治療後の症例について，この方法により検討した．

稿を終るに臨み，終始御懇篤な御指導と御校閲を賜わつた恩師河村文夫教授に深甚の謝意を表し，あわせて，本研究に対して絶大なる御援助をいたゞいた徳島大学医学部放射線科医局教室員に厚く御礼を申上げます．また研究の便宜を与えて下さつた国立徳島療養所の神山所長並びに本研究に御協力をいただいた同所の職員各位に対して感謝します．

本論文の要旨は，昭和36年5月20日第80回日本医学放射線学会関西部会，同年8月19日第16回国立病院療養所綜合医学会において発表した．

文　献

1) Hurtado, A. and Fray, W.W.: J. Clin. Invest., 12, 807 (1933). —2) Kaltreider, N., Fray. W.W. and Hyde, H.V.: Am. Rev. Tbc., 37, 662 (1938). —3) Aslett, E.A., Haut, P. D'A. and Mc Michael, J.: Proc. Roy. Sos., London, s.B. 126, 502 (1939). —4) Cobb, S., Blodgett, D.J., Olson, K.B. and Stranahan, A.: Am. J. Med., 16, 39 (1954). —5) Kovach, J.C., Avedian, V., Morales, G. and Poulos, P.: J. Thorac. Surg., 31, 452 (1956). —6) Barnhard, H.J., Pierce, J.A., Joyce, J.W. and Bates, J.H.: Am. J. Med., 28, 51 (1960). —7) Simonin, P., Girard, J., Sadoul, P., Grilliat, J.P. et Magnin, P.: J. franc. med. et chir. thorac., 5, 42 (1951). —8) Autio, V.: Acta Med. Scand. Supplementum 329 (1957). —9) 高橋，早田：胸部外科，4, 505 (1953). —10) 弘島，小川：遺信医学，5, 521 (1953). —11) 弘島，小川：遺信医学，5, 835 (1953). —12) 坂本：米子医学会雑誌，9, 1134 (1958). —13) 小田和：新潟医学会雑誌，73補冊 2, 202 (1959). —14) Kourilsky, R., Marchal, M., Brille, M., Marchal, M.T. et Hetzfeld, Cl.: J. franc. med. et chir. thorac., 11, 624 (1957). —15) Anacker, H.: Thoraxchirurgie, 1, 254 (1953). —16) Martin, C.J. et Young, A.C.: Am. Rev. Tbc., 73, 330 (1956). —17) 武田，谷向：日本臨床結核．16, 745 (1957). —18). 貝田，長野，岸川，長田：日本臨床結核，19,

319 (1960). —19) Comroe, J.H. (editor): Pulmonary function tests, methods in medical research. Year Book Publisher, Inc., Chicago, (1950). —20) 小野：呼吸検査法，医学書院 (1953). —21) 延島：胸部外科，8, 143 (1955). —22) Carlens, E.: J. Thorac. Surg., 18, 742 (1949). —23) Bateman, J.B.: J. Appl. Physiol., 3, 133 (1950). —24) Gaensler, E.A. and Cugell, D.W.: J. Lab. & Clin. Med., 40, 558 (1952). —25) Autio, V.: Ann. Med. Intern. Fenniae, 48, 9 (1959). —26) 鈴木，仲田，成富，鈴木：内科，3, 843 (1959). —27) 中村，滝島：肺機能とその臨床，文光堂 (1960).