

PULMONARY VENTILATORY FUNCTION IN THE ABCC-JNIH ADULT  
HEALTH STUDY POPULATION, HIROSHIMA

ABCC - 予研成人健康調査集団における肺換気機能，広島

A PREDICTIVE STUDY OVER 12 YEARS

12年間にわたる予検的研究

KIMIKO KATSUHARA, M.D. 勝原幾視子

JOSEPH L. BELSKY, M.D.

SHOICHIRO FUJITA, M.S. 藤田正一郎

MICHIHIRO MIYANISHI, M.D. 宮西通博



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION

国立予防衛生研究所 - 原爆傷害調査委員会

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

## TECHNICAL REPORT SERIES

### 業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory groups, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

ABCC 業績報告書は、ABCC の日米専門職員、顧問、諮問機関ならびに政府および民間の関係諸団体の要求に応ずるための日英両語による公式報告記録であって、業績報告書集は決して通例の誌上発表論文に代わるものではない。

# PULMONARY VENTILATORY FUNCTION IN THE ABCC-JNIH ADULT HEALTH STUDY POPULATION, HIROSHIMA

ABCC - 予研成人健康調査集団における肺換気機能, 広島

A PREDICTIVE STUDY OVER 12 YEARS

12年間にわたる予検的研究

KIMIKO KATSUHARA, M.D. 勝原幾視子

JOSEPH L. BELSKY, M.D.

SHOICHIRO FUJITA, M.S. 藤田正一郎

MICHIHIRO MIYANISHI, M.D. 宮西通博



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION  
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

A Cooperative Research Agency of  
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL  
and  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

with Funds Provided by  
U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION  
U.S.A. NATIONAL CANCER INSTITUTE  
U.S.A. NATIONAL HEART AND LUNG INSTITUTE  
U.S.A. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会  
広島および長崎

米国学士院一学術会議と日本国厚生省国立予防衛生研究所  
との日米共同調査研究機関

米国原子力委員会, 米国癌研究所, 米国心臓・肺臓研究所  
米国環境保護庁および日本国厚生省国立予防衛生研究所  
の研究費による

# CONTENTS

## 目次

Summary	要約	1
Introduction	緒言	2
Material and Method	調査の対象ならびに方法	2
Results	調査成績	4
Discussion	考察	21
References	参考文献	25

Table 1. Age distribution by radiation exposure

表	放射線被曝状態および年齢分布	5
2.	Pulmonary ventilatory function measurements 肺換気機能測定値	
A.	Mean values and standard deviations (all subjects) 平均値および標準偏差 (全対象者)	6
B.	Mean values for not-in-city group 市内不在者群についての平均値	7
C.	Mean values for 0-9 rad group 0-9 rad 群の平均値	7
D.	Mean values for 10-99 rad group 10-99 rad 群の平均値	8
E.	Mean values for 100+ rad group 100 rad 以上群の平均値	8
F.	Mean values of FVC by T65 dose group, age and sex (1959 test) 努力性肺活量の平均値: T65線量群・年齢・性別 (1959年時検査)	9
G.	Mean values of FEV <sub>1.0</sub> by T65 dose group, age and sex (1959 test) 努力性呼気量の平均値: T65線量群・年齢・性別 (1959年時検査)	9
3.	Regression coefficients A and B for prediction of vital capacity 肺活量予測式の回帰係数 (A および B)	10
4.	Predicted vital capacity as applied to present study data 本調査資料に適用した予測肺活量	12
5.	Changes in pulmonary ventilatory function in 380 subjects over a 12-year period (1959-71) 12年間にわたる対象者 380 名の肺換気機能変化 (1959-71年)	14
6-A	Incidence of disease after testing in 1959 1959年検査実施後の疾患の発現率	18
6-B	Distribution of disease in relation to pulmonary ventilatory function 肺換気機能と疾病の分布	18
7.	Daily use of cigarettes in subjects with or without abnormal pulmonary ventilatory function 肺換気機能異常の有無と1日の喫煙量	19

8. Relation of occupational and educational factors to pulmonary ventilatory function 肺換気機能と職業および教育程度との関係 .....	19
9. Distribution of death in relation to pulmonary ventilatory function by sex and age 肺換気機能と死亡の分布：性・年齢別 .....	21

Figure 1. The spirographic tracings

図 呼吸曲線 .....	3
2. Forced vital capacity and radiation exposure dose for 1132 subjects 対象者1132名の努力性肺活量およびその放射線被曝線量 .....	6
3. Linear regression from various studies 諸調査より得られた線形回帰 .....	11
4. Distribution of pulmonary ventilatory function for 1086 subjects 対象者1086名の肺換気機能の分布 .....	13
5. Linear regressions of FVC/height by age for original and follow-up data . 第1回調査資料と追跡調査資料における努力性肺活量と身長との関係の年齢別線形回帰 .....	13
6. Linear regressions of FVC/height by age for the follow-up cohort for exposure groups 追跡調査コホート中の被爆群における努力性肺活量と身長との関係の年齢別線形回帰 .....	16
7. Changes in distribution of pulmonary ventilatory function over 12 years (1959-71) for 380 subjects 12年(1959-71年)の間における対象者380名の肺換気機能分布の変化 .....	17
8. Survival rate (life table method) of 396 males and 736 females by age 男性396名、女性736名の年齢別生存率(生命表法による) .....	20



Approved 承認 1 July 1972

# PULMONARY VENTILATORY FUNCTION IN THE ABCC-JNIH ADULT HEALTH STUDY POPULATION, HIROSHIMA

ABCC - 予研成人健康調査集団における肺換気機能, 広島

## A PREDICTIVE STUDY OVER 12 YEARS

12年間にわたる予検的研究

KIMIKO KATSUHARA, M.D. (勝原幾視子)<sup>1</sup>; JOSEPH L. BELSKY, M.D.<sup>1</sup>; SHOICHIRO FUJITA, M.S. (藤田正一郎)<sup>2</sup>  
MICHIMIRO MIYANISHI, M.D. (宮西通博)<sup>1\*</sup>Departments of Medicine<sup>1</sup> and Statistics<sup>2</sup>臨床部<sup>1</sup> および統計部<sup>2</sup>

### SUMMARY

The results of pulmonary ventilatory function testing performed in 1959 among 1132 subjects of the ABCC-JNIH Adult Health Study sample are reported. Those data may contribute to understanding natural aging phenomena related to ventilatory functions among Japanese people. The pulmonary ventilatory function showed a trend of decreasing with age, but there were no findings to indicate that such changes were uniformly influenced by exposure to the A-bomb. The youngest members of the high dose exposure group had diminished ventilatory function, but this may have been associated with shorter stature.

The rate of interval changes of pulmonary ventilatory function on different age groups were assessed in 380 subjects who had a follow-up examination 12 years after initial testing. The rate of change was less in those aged 30-49 at initial examination, while significant changes were found after 60 years of age.

The incidences of ventilatory impairment at different ages over a 12-year interval are shown. Ventilatory dysfunction increased with age. Noted as a characteristic of this functional change was the trend of a marked increase in obstructive disturbance in males over 60.

### 要 約

1959年, ABCC - 予研成人健康調査対象者1132例に対して実施した肺換気機能検査成績について報告する. この報告に記載された資料は, 日本人における自然的加齢現象と換気機能との関係を理解するうえで有用であると思われる. 肺の換気機能は加齢とともに低下する傾向を示したが, このような変化が被爆によって明らかに影響されたことを示す所見は認められなかった. なお高線量の被爆群における最若年者では, 換気機能が低下していたが, この変化は身長が低い傾向にあったことと関係あるかもしれないと推測された.

上述の観察対象のうち, 各年齢層から構成された380例に対して, 第1回目の検査より12年後において, 再び換気機能検査をくりかえし, この経年変化成績についても検討を加えた. その結果, 第1回検査時の年齢が30-49歳の群では, 12年間にわたる差は大きくなかったけれども, 60歳以上の群では有意な変化が認められた.

各年齢層の12年の経過期間における換気機能障害の頻度を示した. すなわちこの頻度は年齢の増加とともに高くなるようであった. この機能変化のうち特に注目されたものは, 60歳以上の男性において閉塞性換気障害が著しく増加していることであった.

\*Hiroshima University School of Medicine; Visiting Research Associate, ABCC

広島大学医学部, ABCC 非常勤研究員

The relationship in the survival rate over 12 years and pulmonary ventilatory impairment was studied. This was well correlated with survival rate in the age group of 40-59, while impaired ventilatory function did not correlate with the survival rate in those under 40 and over 60 years old.

## INTRODUCTION

During the past 20 years the relation of pulmonary function to age has been extensively studied by many investigators.<sup>1-11</sup> Both forced vital capacity and timed vital capacity decrease with increasing age beyond age 30, and there is a complementary increase in the residual volume of the lung. Also, maximum breathing capacity is lower in the older age group. These findings were obtained from single observations on populations composed of all age groups, and, therefore, represent a cross-sectional description of the tested groups.

However, an ideal study on aging phenomena should be based on long-term observations on the same individual under identical conditions. The authors, however, were unable to find any reports where this type of observation had been made.

The purposes of the present study are twofold: 1) to analyze pulmonary ventilatory functions in subjects in a fixed population who were tested in 1959, and to evaluate their relationship to age, sex, A-bomb exposure dose,<sup>12</sup> subsequent mortality, and development of diseases of the lung; and 2) to reexamine pulmonary ventilatory functions of the same subjects in 1971, in order to compare any alteration in ventilatory function during the interval. This may contribute to clarifying physiological aspects of aging with respect to the respiratory system among Japanese.

## MATERIAL AND METHOD

A total of 1132 subjects, selected from among the ABCC-JNIH Adult Health Study (AHS) examination sample in Hiroshima, were tested spirometrically during May 1959 through August 1959. The AHS population has undergone biennial health examinations at ABCC since 1958 as part of a long-term study of delayed effects of A-bomb exposure.<sup>13</sup> Subjects with severe anemia, acute respiratory infection, specific lung disease (e.g., advanced pulmonary tuberculosis), lung carcinoma, advanced emphysema, or cor pulmonale were eliminated from the group for spirogram testing. Their ages ranged from 14 to 70 years and over at time of examination. Nine hundred and seventy-nine are still living, and 380 of these had routine AHS examinations from 1 January 1971 to 30 December 1971. These subjects had complete physical evalu-

ation 12 years later. The relationship between survival rate and pulmonary ventilatory impairment was studied. This was well correlated with survival rate in the age group of 40-59, while impaired ventilatory function did not correlate with the survival rate in those under 40 and over 60 years old.

## 緒言

年齢と肺機能との関係については、過去20年の間、多くの研究者によって広範な調査が行われてきた。<sup>1-11</sup> すなわち努力性肺活量および時間肺活量は、いずれも30歳をこえると加齢に従って減少し、その代償として残気量が増加し、また高齢者群では最大換気量が減少するとされている。これらの知見は各年齢層から構成された対象に対して実施されたただ1回の観察成績によるものである。対象の年齢差を断面的に表現しているものである。

しかし加齢現象を追求するための理想的な研究方法は、同一条件のもとで、同一対象者について長期にわたり観察することが必要である。実際にはこのような方法による観察調査成績を記載した報告を発見することができないようである。

著者らが実施した調査の目的は次の二つに大別される。すなわち、1) 1959年に検査を受けた固定対象集団における肺機能検査成績を解析し、この成績と年齢・性・原爆被曝線量<sup>12</sup>・検査後の死亡率ならびに肺疾患の発生状況との関係を追求すること。2) 1971年に、同一対象例について肺換気機能検査を行ない、1959年における成績と比較して、加齢による変化を追求すること、の二つである。これらの調査は日本人の加齢に伴う生理的な変化のうち、呼吸器系の変化を明らかにすることに対し、有用な資料を与えるものであると考えて実施された。

## 調査の対象ならびに方法

広島市成人健康調査対象者から選ばれた1132例に対し、1959年5月から同年8月末までの間に呼吸曲線検査(スパイログラム)を実施した。ABCCでは、1958年以来、原爆被曝による遅発性影響の長期調査研究の一環として、成人健康調査を実施し、対象者に対しては2年に1回の割合で検診を実施している。<sup>13</sup> 重篤な貧血・急性呼吸器感染・特定の肺疾患(たとえば重症肺結核)・肺癌・重症肺気腫または肺性心などを有すると認められた症例は、検査対象から除外した。第1回検査時における対象者の年齢は14歳から70歳以上までの範囲に及んだ。第1回検査受診者のうち979例は生存しており、そのうち380例に対して再検査が実施されたが、その期間は1970年1月1日から1971年12月30日までの間であった。なおこれらの対象者には1959年以来、2年ごとに正面・側面の胸部

ation including posteroanterior and lateral chest roentgenograms and hematological testing, biennially, following the test in 1959. It is important to emphasize that no alterations in the clinic routine or method of selection for return visits were made as a result of the initial ventilatory tests.

The spirogram test is a simple procedure and was included in the routine physical examination. The spiograms recorded in 1959 were derived using a 13.5 liter Benedict-Roth respirometer\*<sup>14</sup> with a standard speed of 32mm per minute.

The follow-up spirogram measurements were made by a 9 liter Gaensler-Collins respirometer\*\* modified by Gaensler<sup>15</sup> used at a speed of 10 mm per second.

The readings in the two types of apparatus were compared in healthy employees and agreement in forced vital capacity (FVC) and 1 second forced

X線検査, 血液検査などを含む詳細な検診がくりかえし実施されている。第1回の検査と12年後の検査において, 各臨床検査方法, 被検者の選択方法などに変更を加えていないことを強調しておく。

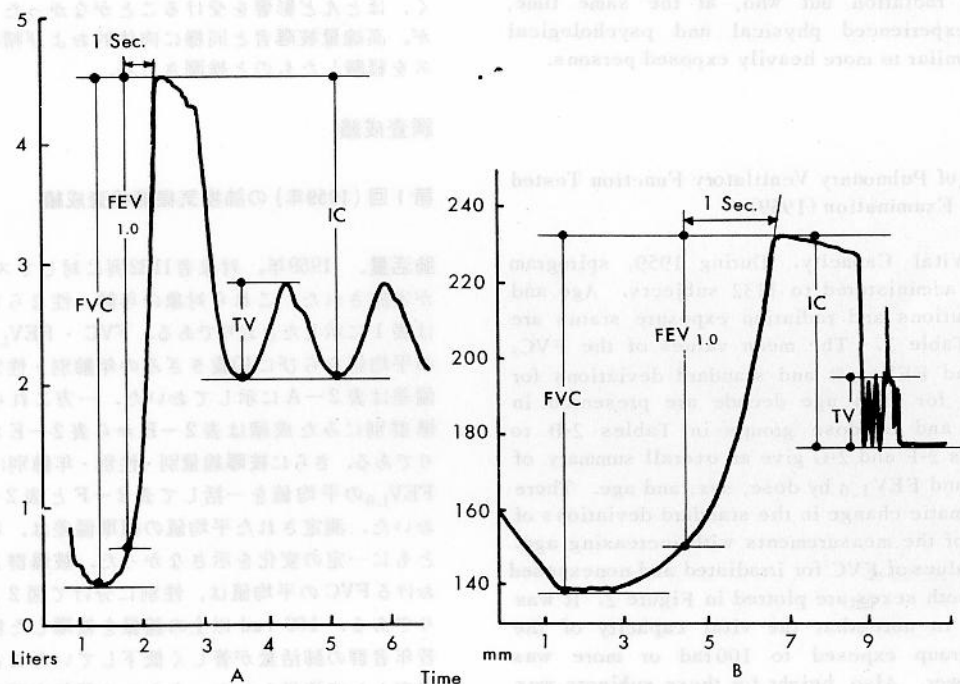
スパイログラムは簡単な検査法であるので, 一般の臨床検査に含めて実施した。ただし1959年に実施したスパイログラムは, 13.5 l Benedict-Roth 型の呼吸計\*<sup>14</sup>を用い, 特殊な場合を除き呼吸曲線は32mm/分の速度で記録した。

12年後の検査においては, Gaensler<sup>15</sup>が改良した9 l Gaensler-Collins の呼吸計\*\*を用い, 記録は10mm/秒の速度で実施された。

あらかじめ, 健康な当所従業員について, 上述の二つの呼吸計による検査成績を比較したところ, 努力性肺活量

FIGURE 1 THE SPIROGRAPHIC TRACINGS

図1 呼吸曲線



Tracing A was made with a Collins respirometer. Tracing B was made with a Benedict-Roth respirometer for the same person. Calculated volumes from Tracing A: FVC, 3950 ml; FEV<sub>1.0</sub>, 3640 ml. Calculated volume for Tracing B: FVC, 3974 ml (apparatus factor, 96 mm), FEV<sub>1.0</sub>, 3436 ml (apparatus factor, 83 mm).

曲線AはCollins呼吸計で得られたもので, 曲線Bは, Benedict-Roth呼吸計で得られた同一人についての曲線である。曲線Aに基づく計算量: FVC, 3950 ml; FEV<sub>1.0</sub>, 3640 ml, 曲線Bに基づく計算量: FVC, 3974 ml (測定装置係数, 96mm), FEV<sub>1.0</sub>, 3436 ml (測定装置係数83mm)。

\* Bell factor 41.4, product of Ichikawa Shiseido, Inc., Tokyo Bell factor: 41.4, 東京, 市河忠誠堂製

\*\* Product of Warren E. Collins, Inc., 555 Huntington Ave., Boston, Massachusetts

米国, Massachusetts 州, Boston 市, Huntington 街, 555 番地, Warren E. Collins, Inc. 製



expiratory volume ( $FEV_{1.0}$ ) was within 1% when the tracings were compared. Figure 1 is an example of spiographic tracing obtained from the same subject using each apparatus. The starting point of expiration was determined as the point on the spiogram where the major deflection occurs, and correction was made for slow or hesitant starts.

For analysis, the highest total vital capacity after two or three spiograms were chosen. All subjects were tested in the standing position. The following pulmonary ventilatory functions were derived for analysis: 1) forced vital capacity (FVC); 2) forced expiratory volume in 1 second ( $FEV_{1.0}$ ), and  $FEV_{1.0}\%$  derived from the ratio of 1) and 2).

For analysis of A-bomb radiation effects, subjects were divided into the following dose groups: 0-9 rad, 10-99 rad, 100+rad, and those not in city (NIC) at the time of the bomb (ATB). Since those with unknown doses are few, this group was not analyzed for radiation effect. More appropriately, the lowest dose group (0-9 rad) represents subjects with little exposure to A-bomb radiation but who, at the same time, probably experienced physical and psychological stresses similar to more heavily exposed persons.

## RESULTS

### Evaluation of Pulmonary Ventilatory Function Tested at the First Examination (1959)

**Observed Vital Capacity.** During 1959, spiogram tests were administered to 1132 subjects. Age and sex distributions and radiation exposure status are shown in Table 1. The mean values of the FVC,  $FEV_{1.0}$ , and  $FEV_{1.0}\%$  and standard deviations for both sexes for each age decade are presented in Table 2-A and by dose groups in Tables 2-B to 2-E. Tables 2-F and 2-G give an overall summary of mean FVC and  $FEV_{1.0}$  by dose, sex, and age. There is no systematic change in the standard deviations of the means of the measurements with increasing age. The mean values of FVC for irradiated and nonexposed groups for both sexes are plotted in Figure 2. It was of interest to note that the vital capacity of the youngest group exposed to 100 rad or more was markedly lower. Also, height for these subjects was more than 3 cm shorter in both sexes compared with other dose groups. This will be discussed later. However, no uniform statistically significant differences\* were found between the nonexposed and the heavily exposed groups for both sexes. For females <30 years old when tested in 1959, those exposed to 100+rad had significantly lower FVC (Tables 2-F, 2-G) or  $FEV_{1.0}$ .

(FVC) ならびに 1 秒量 ( $FEV_{1.0}$ ) は 1% 以内の差で一致することを確認しておいた。両者の一致することを同一症例において実施した検査の記録は図 1 に示したとおりである。呼吸曲線において、呼気の起始点は、曲線が急に下降しはじめる点とし、呼気開始が遅れた場合には補正を行なって測定した。

測定は 2-3 回くりかえして行なわれ、肺活量の最も多い呼吸曲線を計測の材料とした。スパイログラムはすべて立位で実施され、次のような換気機能の測定を行なった。すなわち、1) 努力性肺活量 (FVC)、2) 1 秒量 ( $FEV_{1.0}$ ) ならびに 1) および 2) の割合から 1 秒率 ( $FEV_{1.0}\%$ ) が求められた。

一方被爆の影響をみる目的で、検査対象者を被曝線量により次の群に分類した。すなわち、0-9 rad 群・10-99 rad 群・100 rad 以上群および原爆投下時市内にいなかった者の群に分けた。対象例の中で被曝線量が不明であった症例はほとんどなかったため、これらの対象に対する放射線影響に関する検討は実施することを避けた。一方 0-9 rad という低線量被曝群では被曝線量が少なく、ほとんど影響を受けることがなかったと考えられたが、高線量被曝者と同様に肉体的および精神的なストレスを経験したものと推測される。

## 調査成績

### 第 1 回 (1959 年) の肺換気機能検査成績

**肺活量.** 1959 年、対象者 1132 例に対してスパイログラムが実施された。これら対象の年齢・性ならびに被爆状態は表 1 に示したとおりである。FVC・ $FEV_{1.0}$ ・ $FEV_{1.0}\%$  の平均値ならびに 10 歳きざみの年齢別・性別にみた標準偏差は表 2-A に示しておいた。一方これらの成績を被曝群別にみた成績は表 2-B から表 2-E に示したとおりである。さらに被曝線量別・性別・年齢別にみた FVC・ $FEV_{1.0}$  の平均値を一括して表 2-F と表 2-G に示しておいた。測定された平均値の標準偏差は、年齢の増加とともに一定の変化を示さなかった。被爆群と非被爆群における FVC の平均値は、性別に分けて図 2 に示したとおりである。100 rad 以上の線量を被曝した群のうち、最若年者群の肺活量が著しく低下していたことは興味ある事実として注目された。またこの若年者群における身長は、他の群に比べて、男女とも 3 cm 以上低いことが認められたが、このことに関してはあとで検討を加えることにする。しかし男女ともに非被爆群と強度被爆群との間には統計学的に有意な差\*を認めなかった。ただし、1959 年の検査時 30 歳以下であった女性のうち、100 rad 以上の被爆者において、FVC (表 2-F・2-G) または  $FEV_{1.0}$  は有意に低値を示した。

\* Test: Analysis of Variance 検定: 分散解析

TABLE 1 AGE DISTRIBUTION BY RADIATION EXPOSURE

表1 放射線被曝状態および年齢分布

Age 年齢 (1959)	Subjects 対象者数	Radiation Dose		放射線量 (rad)			Unknown 不明
		NIC 市内不在	0-9	10-99	100+		
Male 男							
14-19	29	13	6	8	2	0	
20-29	74	15	33	13	11	2	
30-39	49	7	17	10	14	1	
40-49	66	19	12	16	14	5	
50-59	93	23	29	23	17	1	
60-69	71	22	14	17	14	4	
70+	14	5	2	5	2	0	
Total 合計	396	104	113	92	74	13	
Female 女							
14-19	46	17	8	13	8	0	
20-29	94	25	39	14	15	1	
30-39	195	44	64	42	34	11	
40-49	132	29	51	34	16	2	
50-59	151	29	48	46	27	1	
60-69	88	24	34	20	8	2	
70+	30	6	12	10	2	0	
Total 合計	736	174	256	179	110	17	

In all females and in males beyond age 30, a decreased FVC is observed with increasing age for both sexes, but exposure to the A-bomb does not alter this as seen in Figure 2.

**Predicted FVC for 1086 Subjects\*.** Vital capacity is related to age, height, and disease entities.<sup>16</sup> Therefore, ventilatory function cannot be sufficiently evaluated on the basis of observed vital capacity alone. The most convenient method for evaluating ventilatory function is to determine the predicted value and express the function in terms of a ratio to this value.

A number of reports have been made giving formulae on predictions to be used as standards for the evaluation of ventilatory function,<sup>1,6,7,17-20</sup> but a single value to be used as the normal standard value is not available. It was felt to be of great importance to seek a predicted value in order to assess the effects of A-bomb exposure on ventilatory function and aging.

The authors used the widely accepted Baldwin's<sup>1</sup> method and calculated the predicted value based on the results obtained on our study population.

全女性例ならびに30歳以上の男性において、FVCは年齢の増加とともに減少する傾向を認めたが、図2の所見から明らかであるように、この傾向は被曝に影響されて変化するという明らかな事実を認めることができなかった。

**対象1086例\***におけるFVC予測値。肺活量は、年齢・身長および各疾病と関係があると記載<sup>16</sup>されているように、測定された肺活量の値のみでただちに換気機能を十分に評価することはできない。換気機能を評価するには、機能に関する各測定値とそれぞれの予測値を求め、両者の値を比較して、比率で表現することが、最も有用な方法であると考えた。

換気機能の評価基準として多くの予測方程式が報告<sup>1, 6, 7, 17-20</sup>されているが、まだ最終的に一定の基準が決定されていないようである。そこで著者らは、原爆被曝の影響を観察するにあたり、換気機能に関して年齢に対する予測値を求めることは、きわめて重要であると考えた。

著者らは、従来より慣用されているBaldwin法<sup>1</sup>を用い、本調査対象より得られた成績をもとにして予測値を計算

\*46 subjects were eliminated from the analysis for ventilatory function because complete information was not available.

完全な資料を集めることができなかった46例を、換気機能の解析例から除外した。

FIGURE 2 FORCED VITAL CAPACITY (FVC) AND RADIATION EXPOSURE DOSE FOR 1132 SUBJECTS

図2 対象者1132名の努力性肺活量 (FVC) およびその放射線被曝線量

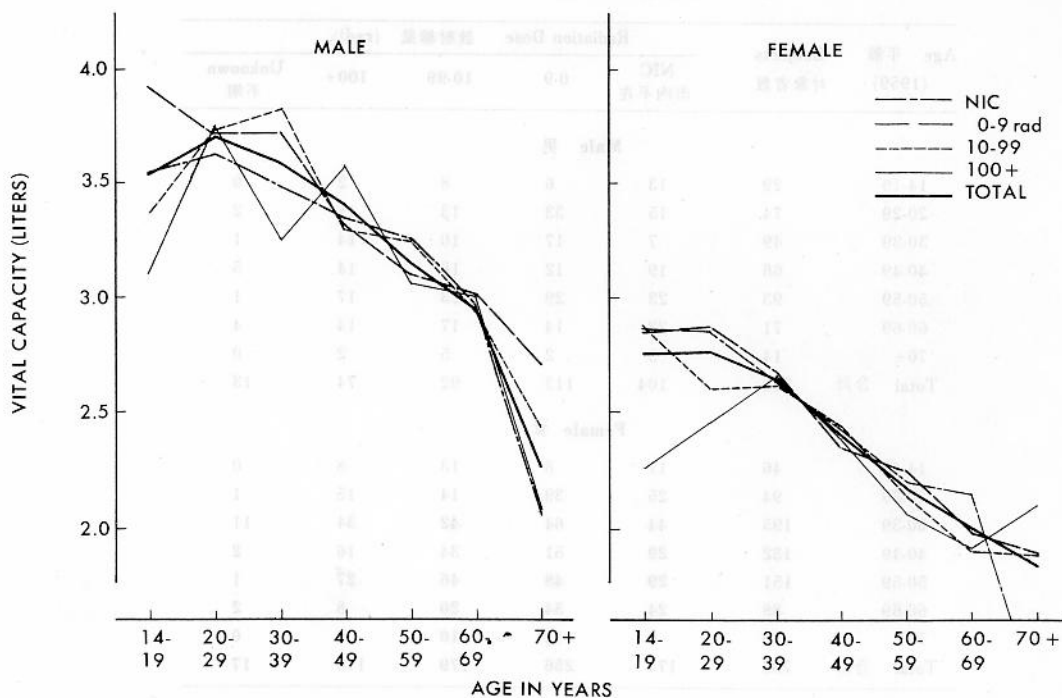


TABLE 2-A PULMONARY VENTILATORY FUNCTION MEASUREMENTS, MEAN VALUES AND STANDARD DEVIATIONS (ALL SUBJECTS)

表2-A 肺換気機能測定値, 平均値および標準偏差 (全対象者)

Age 年齢 (1959)	Height 身長 (cm)	SD 標準偏差	FVC (L)	SD	%VC	SD	FEV <sub>1.0</sub> (L)	SD	FEV <sub>1.0</sub> %	SD
<b>Male 男 (396 Cases)</b>										
14-19	161	7.5	3.5	.664	84	9.133	3.1	.636	88	9.5
20-29	161	6.0	3.7	.701	88	9.489	3.2	.689	86	8.5
30-39	161	5.9	3.6	.693	86	8.475	3.1	.596	85	7.5
40-49	161	6.1	3.4	.613	85	7.012	2.8	.479	84	7.0
50-59	158	5.2	3.2	.516	84	8.385	2.6	.451	81	8.4
60-69	157	5.2	3.0	.576	81	9.527	2.4	.513	81	10.0
70+	155	4.2	2.3	.523	81	9.888	1.8	.346	81	10.0
Total 合計	159	6.0	3.3	.674	82	9.027	2.8	.642	84	9.3
<b>Female 女 (736 Cases)</b>										
14-19	149	5.6	2.8	.457	87	9.098	2.4	.457	87	9.0
20-29	151	5.0	2.8	.432	86	7.386	2.4	.432	86	7.4
30-39	150	5.4	2.7	.428	86	7.162	2.3	.428	86	7.2
40-49	148	5.4	2.4	.380	84	7.648	2.0	.380	84	7.7
50-59	147	5.7	2.2	.393	85	9.024	1.8	.393	85	9.0
60-69	145	6.1	2.0	.428	82	8.837	1.6	.428	82	8.8
70+	141	7.2	1.9	.398	82	10.168	1.5	.398	82	10.2
Total 合計	148	6.1	2.4	.497	85	8.258	2.1	.497	85	8.3

Data from 1959 test only. 1959年の検査資料のみ.

TABLE 2-B PULMONARY VENTILATORY FUNCTION MEASUREMENTS, MEAN VALUES FOR NOT-IN-CITY GROUP

表 2-B 肺換気機能測定値, 市内不在者群についての平均値

Age 年齢 (1959)	Height 身長 (cm)	SD 標準偏差	FVC (L)	SD	%VC	SD	FEV <sub>1.0</sub> (L)	SD	FEV <sub>1.0</sub> %	SD
Male 男										
14-19	160.1	6.27	3.6	.495	86	10.611	3.2	.293	90	6.49
20-29	162.6	6.31	3.7	.866	92	20.043	3.1	.882	83	8.94
30-39	163.4	7.67	3.5	.533	89	15.054	3.1	.446	90	7.30
40-49	161.1	5.33	3.4	.418	92	10.535	2.7	.415	82	8.74
50-59	157.7	3.87	3.3	.482	97	12.773	2.7	.412	82	7.43
60-69	156.5	5.50	3.0	.656	92	18.858	2.4	.575	83	7.42
70+	151.8	2.06	2.1	.515	71	19.926	1.7	.388	83	4.50
Total 合計	159.2	6.02	3.3	.674	91	15.839	2.7	.623	84	8.08
Female 女										
14-19	151.1	5.91	2.9	.438	95	13.161	2.6	.371	89	4.81
20-29	151.0	4.99	2.9	.378	99	13.019	2.4	.418	85	9.46
30-39	151.2	5.18	2.6	.497	95	16.800	2.3	.437	85	6.55
40-49	146.9	5.48	2.4	.543	96	20.141	2.0	.462	84	6.70
50-59	147.5	5.94	2.2	.432	92	17.341	1.8	.381	84	5.92
60-69	144.1	5.20	2.2	.773	97	35.318	1.6	.636	84	7.37
70+	142.2	5.94	1.6	.409	79	23.282	1.5	.258	83	11.65
Total 合計	148.5	5.91	2.5	.601	95	20.377	2.1	.537	85	7.20

Data from 1959 test only. 1959年の検査資料のみ。

TABLE 2-C PULMONARY VENTILATORY FUNCTION MEASUREMENTS, MEAN VALUES FOR 0-9 RAD GROUP

表 2-C 肺換気機能測定値, 0-9 rad 群の平均値

Age 年齢 (1959)	Height (cm) 身長	SD 標準偏差	FVC (L)	SD	%VC	SD	FEV <sub>1.0</sub> (L)	SD	FEV <sub>1.0</sub> %	SD
Male 男										
14-19	163.3	5.50	3.9	.695	94	16.676	3.3	.813	85	14.91
20-29	159.9	6.39	3.7	.534	95	10.979	3.2	.487	86	7.73
30-39	162.0	5.15	3.7	.406	96	10.736	3.2	.407	86	5.69
40-49	159.8	8.66	3.3	.944	91	22.933	2.7	.595	84	9.08
50-59	157.3	5.35	3.1	.516	92	14.715	2.4	.498	79	12.84
60-69	156.9	4.80	3.0	.712	93	21.048	2.3	.583	77	13.79
70+	155.5	2.12	2.7	.044	89	.424	2.1	.122	77	5.79
Total 合計	159.3	6.18	3.4	.671	94	15.004	2.8	.645	83	10.80
Female 女										
14-19	151.1	6.15	2.9	.285	94	9.178	2.5	.349	88	9.01
20-29	151.6	4.90	2.9	.482	99	16.706	2.5	.432	87	6.05
30-39	149.4	6.39	2.7	.497	97	15.671	2.3	.446	84	7.96
40-49	148.5	5.78	2.4	.390	92	14.743	2.0	.360	84	8.30
50-59	147.3	6.44	2.3	.454	93	18.651	1.9	.399	85	11.30
60-69	143.9	5.25	2.0	.318	90	12.694	1.6	.337	80	11.81
70+	142.3	8.88	1.9	.470	94	21.972	1.5	.344	80	6.53
Total 合計	148.2	6.51	2.4	.534	94	16.144	2.1	.497	84	9.21

Data from 1959 test only. 1959年の検査資料のみ。

TABLE 2-D PULMONARY VENTILATORY FUNCTION MEASUREMENTS, MEAN VALUES FOR 10-99 RAD GROUP

表 2-D 肺換気機能測定値, 10-99 rad 群の平均値

Age 年齢 (1959)	Height 身長 (cm)	SD 標準偏差	FVC (L)	SD	%VC	SD	FEV <sub>1.0</sub> (L)	SD	FEV <sub>1.0</sub> %	SD
Male 男										
14-19	160.5	11.16	3.4	.834	81	16.254	3.0	.925	87	10.37
20-29	162.1	3.56	3.7	.726	93	17.309	3.3	.810	89	10.13
30-39	158.6	6.89	3.8	.821	104	21.478	3.2	.656	83	5.07
40-49	160.1	5.43	3.3	.521	92	13.510	2.8	.451	85	7.12
50-59	159.4	6.68	3.3	.534	96	14.363	2.6	.445	81	7.21
60-69	155.1	5.80	2.9	.525	92	16.065	2.4	.434	80	7.49
70+	158.3	3.50	2.4	.518	83	16.363	2.0	.262	82	7.44
Total 合計	159.1	6.57	3.3	.696	93	16.539	2.8	.669	84	8.18
Female 女										
14-19	149.5	4.77	2.9	.364	96	11.292	2.5	.343	88	8.34
20-29	153.1	5.50	2.6	.443	89	14.177	2.3	.343	88	5.18
30-39	150.6	4.92	2.6	.516	95	17.119	2.3	.466	87	7.10
40-49	148.2	4.76	2.4	.408	97	16.085	2.0	.370	84	7.84
50-59	146.2	5.21	2.1	.411	89	15.918	1.8	.355	86	7.41
60-69	146.4	8.44	1.9	.387	85	15.856	1.6	.319	82	3.53
70+	138.1	6.41	1.9	.499	93	21.955	1.5	.439	80	9.47
Total 合計	148.0	6.36	2.4	.523	92	14.425	2.0	.479	85	7.40

Data from 1959 test only. 1959年の検査資料のみ.

TABLE 2-E PULMONARY VENTILATORY FUNCTION MEASUREMENTS, MEAN VALUES FOR 100+ RAD GROUP

表 2-E 肺換気機能測定値, 100 rad 以上群の平均値

Age 年齢 (1959)	Height 身長 (cm)	SD 標準偏差	FVC (L)	SD	%VC	SD	FEV <sub>1.0</sub> (L)	SD	FEV <sub>1.0</sub> %	SD
Male 男										
14-19	157.0	4.24	3.1	.772	77	17.748	2.8	.504	89	5.86
20-29	158.7	6.46	3.7	.841	94	21.577	3.2	.685	87	6.09
30-39	159.7	4.92	3.3	.853	85	22.092	2.8	.768	85	8.99
40-49	161.0	6.08	3.6	.462	97	10.408	3.0	.400	83	8.66
50-59	157.1	4.07	3.1	.537	91	15.159	2.6	.427	85	6.33
60-69	157.8	5.01	3.0	.446	92	13.932	2.5	.414	83	9.90
70+	157.0	7.07	1.8	.504	60	19.091	1.4	.059	82	25.80
Total 合計	158.7	5.25	3.3	.708	90	17.726	2.7	.614	85	8.44
Female 女										
14-19	143.6	6.94	2.3	.404	79	15.813	1.9	.508	81	14.99
20-29	149.5	4.99	2.5	.345	85	11.912	2.0	.403	83	8.09
30-39	149.4	4.12	2.7	.421	98	14.645	2.3	.344	88	5.28
40-49	147.8	4.79	2.4	.452	93	15.896	2.0	.326	85	7.74
50-59	145.5	5.14	2.1	.432	86	16.432	1.7	.421	83	9.99
60-69	142.8	2.86	1.9	.155	88	6.162	1.5	.106	81	7.18
70+	144.0	.00	2.1	.059	101	4.808	2.1	.178	100	11.38
Total 合計	147.3	5.16	2.4	.468	91	15.225	2.0	.450	85	8.97

Data from 1959 test only. 1959年の検査資料のみ.



TABLE 2-F MEAN VALUES OF FVC BY T65 DOSE GROUP, AGE AND SEX (1959 TEST)

表 2-F 努力性肺活量の平均値: T65線量群・年齢・性別 (1959年時検査)

Age 年齢 (1959)	Radiation Dose 放射線量 (rad)						Test† 検定
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Unk 不明	
Male 男							
14-19	3.5	3.6	3.9	3.4	3.1	-	NS
20-29	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.4	NS
30-39	3.6	3.5	3.7	3.8	3.3	4.4	NS
40-49	3.4	3.4	3.3	3.3	3.6	3.7	NS
50-59	3.2	3.3	3.1	3.3	3.1	2.7	NS
60-69	3.0	3.0	3.0	2.9	3.0	2.9	NS
70+	2.3	2.1	2.7	2.4	1.8	-	NS
Total 合計	3.3	3.3	3.4	3.3	3.3	3.4	
Female 女							
14-19	2.8	2.9	2.9	2.9	2.3	-	**
20-29	2.8	2.9	2.9	2.6	2.5	2.8	**
30-39	2.7	2.6	2.7	2.6	2.7	2.8	NS
40-49	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.8	NS
50-59	2.2	2.2	2.3	2.1	2.1	3.3	NS
60-69	2.0	2.2	2.0	1.9	1.9	1.8	NS
70+	1.9	1.6	1.9	1.9	2.1	-	NS
Total 合計	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.7	

† Unknown dose group excluded. 線量不明群は除外した。

TABLE 2-G MEAN VALUES OF FEV<sub>1.0</sub> BY T65 DOSE GROUP, AGE AND SEX (1959 TEST)

表 2-G 努力性呼気量の平均値: T65線量群・年齢・性別 (1959年時検査)

Age 年齢 (1959)	Total 計	Radiation Dose 放射線量			(rad)		Test† 検査
		NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Unk 不明	
Male 男							
14-19	3.1	3.2	3.3	3.0	2.8	-	NS
20-29	3.2	3.1	3.2	3.3	3.2	2.7	NS
30-39	3.1	3.1	3.2	3.2	2.8	3.5	NS
40-49	2.8	2.7	2.7	2.8	3.0	3.1	NS
50-59	2.6	2.7	2.4	2.6	2.6	2.7	NS
60-69	2.4	2.4	2.3	2.4	2.5	2.5	NS
70+	1.8	1.7	2.1	2.0	1.4	-	NS
Total 合計	2.8	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	NS
Female 女							
14-19	2.4	2.6	2.5	2.5	1.9	-	**
20-29	2.4	2.4	2.5	2.3	2.0	2.5	**
30-39	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	NS
40-49	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	NS
50-59	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	2.6	NS
60-69	1.6	1.8	1.6	1.6	1.5	1.6	NS
70+	1.5	1.3	1.5	1.5	2.1	-	NS
Total 合計	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.3	NS

† Unknown dose group excluded. 線量不明群は除外した。

Comparative review was made of the values obtained by the authors and those reported in the past.

Construction of regression formulae were accomplished as follows: Predicted vital capacity (VC) = (A + B age) × height (cm), where A and B were calculated by a linear regression model: FVC (Liter)/Height (cm) = A + BX, where X = age in years. This formula was first reported by Baldwin,<sup>1</sup> and many investigators<sup>17,18,21</sup> used similar formulas to determine the predicted vital capacity for Japanese.

Table 3 shows the comparison of regression coefficients (A and B) obtained from the present study (using both 1959 and 1971 data) with those reported in the literature. The VC/height changes with age are shown by the 1959 linear regression curves in Figure 3. These indicate that there is a decrease in ventilatory function with age in both the exposed and nonexposed groups, and no difference was noted between the two groups for all age levels. Comparison of the findings of Baldwin,<sup>1</sup> Nishimoto<sup>18</sup> and ABCC examinations of 1971 show that the results of the 1959 ABCC study group were slightly lower.

Next, the ratio between observed value and predicted value was obtained as follows %VC = Observed VC/Predicted VC × 100. Study was made of the effects of A-bomb exposure and ventilatory function (Tables 2-A - 2-E).

It was of great interest to note that VC percentage was markedly low in both males and females who had

し、これらの値と、すでに報告されている他の値とを比較検討した。

回帰方程式は次のようにして作られた。肺活量予測値 (VC) = (A + B 歳) × 身長 (cm) とし、このうち A と B は下記の線形回帰模型で計算した。すなわち、FVC (l)/身長 (cm) = A + BX, ただし X は年齢。この方程式は最初 Baldwin<sup>1</sup> によって報告されて以来、多くの観察<sup>17, 18, 21</sup> が行なわれ、いずれも類似した方程式を用いて日本人における肺活量の予測値が求められている。

著者らの観察成績 (1959 年ならびに 1971 年の観察) から求めた回帰係数 (A および B) の値を、他の報告者の値と比較して表 3 に示した。一方加齢に伴って変化する肺活量対身長比は、1959 年に得た線形回帰曲線をもとにして、その成績を図 3 に示した。これらの成績は、被爆群と非被爆群のいずれの群においても、加齢に伴って換気機能が減少することを示唆していた。しかし各年齢別にみると両群の間には明らかな差は認められなかった。Baldwin,<sup>1</sup> 西本<sup>18</sup> および 1971 年の ABCC の成績はいずれも 1959 年の成績に比べるとやや低値を示していた。

次に肺活量の測定値とその予測値との比率は次のような式により求められた。%VC = 肺活量測定値/肺活量予測値 × 100。この式を用い、換気機能に及ぼす被爆の影響について検討を加えた (表 2-A ~ 2-E 参照)。

19 歳未満で 100 rad 以上の線量を被曝した男・女両群においては、%VC が著しく低下していたが、20 歳から 60 歳

TABLE 3 REGRESSION COEFFICIENTS A AND B FOR PREDICTION OF VITAL CAPACITY

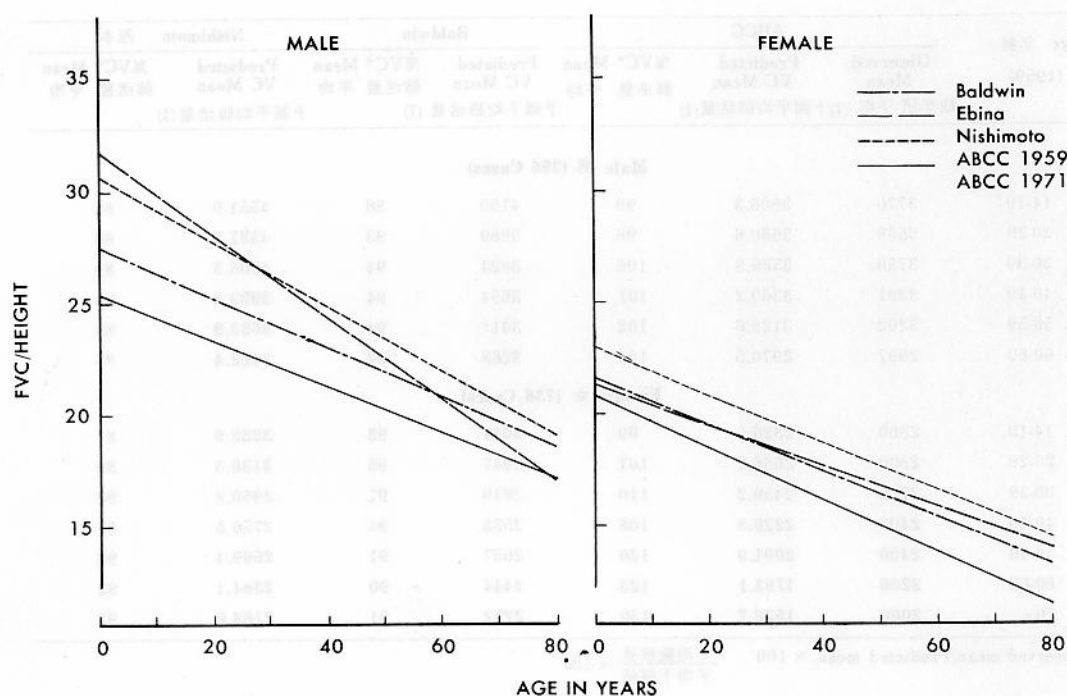
表 3 肺活量予測式の回帰係数 (A および B)

Investigator 調査者	Position 体位	Male 男			Female 女		
		Age 年齢 (1959)	A	B	Age 年齢 (1959)	A	B
Baldwin <sup>1</sup>	Supine 仰臥位	16-69	27.63	-0.112	16-79	21.78	-0.101
Nishimoto <sup>14</sup> 西本	Standing 立位	16-83	30.72	-0.14	17-79	23.48	-0.110
Ebina <sup>12</sup> 海老名	"	20+	31.77	-0.180	18+	21.66	-0.091
ABCC (1959)							
Not-in-city 市内不在	Standing 立位	14-70+	24.57	-0.088	14-70+	21.43	-0.114
0-9 rad	"	14-70+	26.53	-0.121	14-70+	21.92	-0.126
10-99 rad	"	14-70+	25.06	-0.091	14-70+	21.01	-0.114
100+rad	"	14-70+	25.13	-0.105	14-70+	19.63	-0.089
Total 合計		14-70+	25.44	-0.102	14-70+	21.28	-0.115
ABCC (2nd test, 1971)							
Not-in-city 市内不在	Standing 立位	14-64	29.19	-0.153	14-64	24.94	-0.159
0-9 rad	"	26-76	28.77	-0.153	26-86	21.08	-0.131
10-99 rad	"	26-76	30.15	-0.177	26-76	24.66	-0.161
100+rad	"	42-76	25.18	-0.096	42-76	21.40	-0.112
Total 合計		26-86	28.91	-0.155	26-86	23.44	-0.141

VC/Height = A - B Age 肺活量 = A - B 年齢  
身長

FIGURE 3 LINEAR REGRESSION FROM VARIOUS STUDIES

図3 諸調査より得られた線形回帰



been exposed to radiation in excess of 100 rad (Table 2-E) at age under 19, while those between 20 to 60 showed values within the normal range.<sup>9,22</sup> Those over 70 also showed a decrease, but an effect of aging may be present.

Application was made of prediction formulas reported in the literature to the present study data. The calculated and observed values are shown in Table 4. The values predicted by our formula decreased with increasing age and are lower than those predicted by the formulas of Baldwin<sup>1</sup> and Nishimoto et al.<sup>18</sup>

**FEV<sub>1.0</sub> and FEV<sub>1.0</sub>%.** FEV<sub>1.0</sub> and FEV<sub>1.0</sub>% for both sexes are shown in Table 2-A. The mean value of FEV<sub>1.0</sub> decreased with increasing age for both sexes. The youngest age group (15-29 years) showed mean values for FEV<sub>1.0</sub>% of 88% in males and 87% in females. This value decreased gradually with age. It can be noted that the rate of change with increasing age was larger for FEV<sub>1.0</sub> than for FVC. Exposure to A-bomb radiation does not affect these age changes (Tables 2-B - 2-E).

**Ventilatory Impairment.** Ventilatory impairment is classified by the relationship to FEV<sub>1.0</sub>% and %VC according to Miller,<sup>22,23</sup> as follows: normal (FEV<sub>1.0</sub>% >70%, %VC >80%), restrictive (FEV<sub>1.0</sub>% >70%,

までの群では、%VCは正常範囲内<sup>9,22</sup>にとどまってお  
り、この成績はきわめて興味深く注目された。一方70歳  
以上の群でも同様に%VCが減少する傾向を認めたが、  
これはおそらく加齢による影響であろうと推測された。

従来より報告されている予測方程式を著者らの成績にあ  
てはめて、その計算値ならびに観察成績をみると表4に  
示したとおりである。すなわち、著者らの方程式によっ  
て求められた予測値は、年齢の増加とともに減少したが、  
その傾向は Baldwin<sup>1</sup> および西本<sup>18</sup> の示した方程式によっ  
て求められた予測値よりも低値を示していた。

**FEV<sub>1.0</sub>およびFEV<sub>1.0</sub>%.** 測定されたFEV<sub>1.0</sub>およびFEV<sub>1.0</sub>  
%は表2-Aに示したとおりである。FEV<sub>1.0</sub>の平均値は  
男・女いずれの群においても、年齢の増加とともに減少  
する傾向を示した。最若年者群(15-29歳)ではFEV<sub>1.0</sub>%  
の平均値は、男性で88%・女性で87%であり、このFEV<sub>1.0</sub>%  
は年齢の増加とともにしだいに減少した。年齢の増加に  
伴ってみられた変化の割合をみると、FVCよりもFEV<sub>1.0</sub>  
のほうが大である傾向を示した。しかし原爆被爆がこれ  
らの加齢に伴う変化に影響を及ぼしているという成績は  
認められなかった(表2-B~2-E参照)。

**換気障害.** Miller<sup>22,23</sup>は換気障害を、FEV<sub>1.0</sub>%と%VC  
との関係をもとにして次のように分類している。すなわ  
ち、正常型 (FEV<sub>1.0</sub>% >70%・%VC >80%), 拘束型

TABLE 4 PREDICTED VITAL CAPACITY AS APPLIED TO PRESENT STUDY DATA

表4 本調査資料に適用した予測肺活量

Age 年齢 (1959)	ABCC			Baldwin		Nishimoto 西本	
	Observed Mean 観察値 平均	Predicted VC Mean (I) 予測平均肺活量(I)	%VC* Mean 肺活量 平均	Predicted VC Mean 予測平均肺活量 (I)	%VC* Mean 肺活量 平均	Predicted VC Mean 予測平均肺活量 (I)	%VC* Mean 肺活量 平均
<b>Male 男 (396 Cases)</b>							
14-19	3770	3806.3	99	4150	86	4551.0	83
20-29	3569	3650.6	98	3969	93	4337.7	82
30-39	3756	3555.8	106	3824	94	4206.3	89
40-49	3391	3360.2	101	3654	94	3939.3	86
50-59	3202	3128.6	102	3411	94	3633.9	88
60-69	2997	2970.5	101	3268	92	3422.4	88
<b>Female 女 (736 Cases)</b>							
14-19	2800	2826.6	99	3011	93	3232.9	87
20-29	2800	2686.2	101	2947	95	3136.3	89
30-39	2700	2459.2	110	2619	97	2950.8	92
40-49	2400	2220.5	108	2553	94	2750.5	87
50-59	2400	2001.0	120	2637	91	2569.4	93
60-69	2200	1783.1	123	2444	90	2384.1	92
70+	2000	1536.7	130	2222	91	2168.0	92

\*Observed mean/Predicted mean  $\times 100$   $\frac{\text{平均観察値}}{\text{平均予測値}} \times 100$

%VC<80%), obstructive ( $FEV_{1.0}\% < 70\%$ , %VC>80%) and combined impairment ( $FEV_{1.0}\% < 70\%$ , %VC<80%). In our youngest age group, the proportion of normal results was 79% for males and 83% for females as shown in Figure 4.

Fewer "normal" cases were found in the older age group, in which restrictive impairment was found to be more prevalent in females. Furthermore, obstructive impairment was more prominent in the older group male.

#### Changes of Ventilatory Function on Follow-up Study (1971)

In this section, review will be made of aging effects based on changes in ventilatory function in 380 cases, 158 males and 222 females, who underwent follow-up examination 12 years following their initial study.

As a method of assessing the degree of interval change in the same individual, the difference between the first mean value and that obtained as a result of follow-up examination was divided by the mean value of the first examination, the product being expressed as percentage. In addition, linear regression analyses were made of FVC/height on age for the original and follow-up groups (Figure 5).

( $FEV_{1.0}\% > 70\%$  · %VC<80%), 閉塞型 ( $FEV_{1.0}\% < 70\%$  · %VC>80%), 混合型 ( $FEV_{1.0}\% < 70\%$  · %VC<80%). 本調査の最若年者群においては、図4に示すように、正常型と判定された者の率は、男性で79%・女性で83%であった。

一方正常型と判定された者は年長者に少なく、また拘束性障害型は女性に、閉塞性障害型は高齢の男性に多い傾向が認められた。

#### 追跡調査による換気機能の変化 (1971年)

1959年に実施した第1回目の調査に続き、同じ集団の中で12年後に同じ検査をくりかえして受けた380例(男158例・女222例)に対して得られた成績について記載する。

同一対象者における経時的変化の程度を比較検討する方法として、第1回目と得られた成績の平均値と、追跡検査成績の平均値との差を求め、この値を第1回目の平均値で除した値を百分率で表現した。さらに初回ならびに追跡検査群におけるFVC 対身長比を年齢別に観察する目的で線形回帰解析を実施した(図5)。

FIGURE 4 DISTRIBUTION OF PULMONARY VENTILATORY FUNCTION FOR 1086 SUBJECTS

図4 対象者1086名の肺換気機能の分布

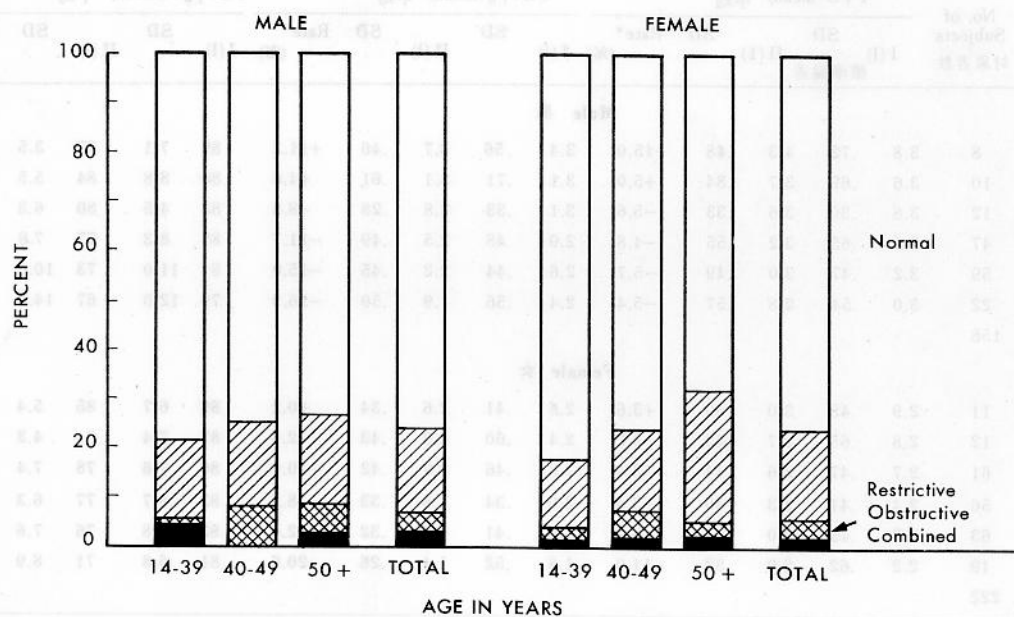


FIGURE 5 LINEAR REGRESSIONS OF FVC/HEIGHT BY AGE FOR ORIGINAL AND FOLLOW-UP DATA

図5 第1回調査資料と追跡調査資料における努力性肺活量と身長との関係の年齢別線形回帰

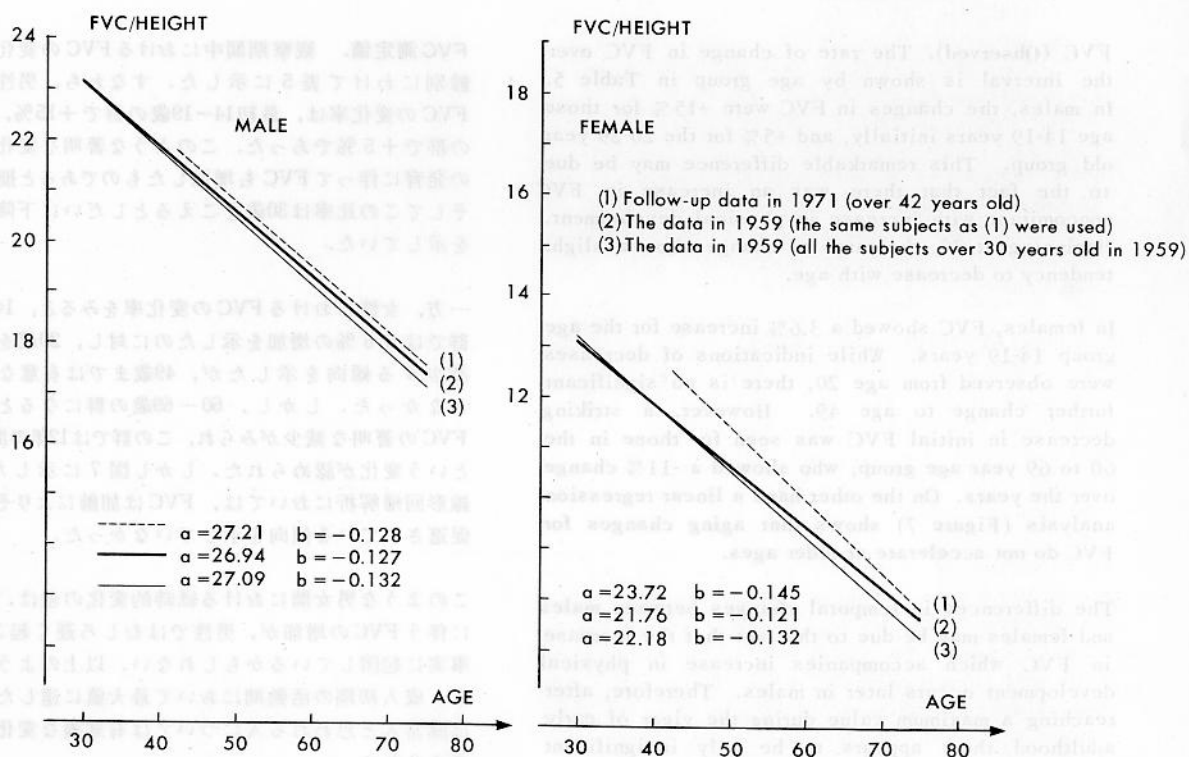




TABLE 5 CHANGES IN PULMONARY VENTILATORY FUNCTION IN 380 SUBJECTS OVER A 12-YEAR PERIOD (1959-71)

表5 12年間にわたる対象者380名の肺換気機能変化(1959-71年)

Age 年齢 (1959)	No. of Subjects 対象者数	FVC(mean) 平均					FEV <sub>1.0</sub> (mean) 平均					FEV <sub>1.0</sub> % (mean) 平均					Differ- ence 差 (II-I)
		SD		Rate*	SD		Rate*	SD		Rate*	SD		Rate*				
		I (I) 標準偏差	II (I)		I (I)	II (I)		I (I)	II (I)		I (I)	II (I)					
Male 男																	
14-19	8	3.8	.72	4.3	.48	+15.0	3.4	.56	3.7	.46	+11.2	89	7.1	87	3.5	-2	
20-29	10	3.6	.69	3.7	.84	+5.0	3.1	.71	3.1	.61	+4.6	86	8.8	84	5.5	-2	
30-39	12	3.8	.30	3.6	.33	-5.6	3.1	.33	2.8	.28	-8.6	83	4.5	80	6.3	-3	
40-49	47	3.4	.65	3.2	.55	-4.8	2.9	.48	2.5	.49	-11.7	85	8.3	77	7.6	-8	
50-59	59	3.2	.47	3.0	.49	-5.7	2.6	.44	2.2	.45	-15.0	81	11.0	73	10.6	-9	
60-69	22	3.0	.54	2.8	.57	-5.4	2.4	.56	1.9	.59	-16.9	79	12.0	67	14.2	-12	
Total 合計	158																
Female 女																	
14-19	11	2.9	.48	3.0	.50	+3.6	2.6	.41	2.6	.34	+0.2	89	6.7	85	5.4	-4	
20-29	12	2.8	.65	2.7	.42	-3.2	2.4	.60	2.3	.43	-2.3	87	7.4	84	4.3	-3	
30-39	61	2.7	.47	2.6	.44	-3.4	2.3	.46	2.0	.42	-10.9	86	7.6	78	7.4	-8	
40-49	56	2.4	.41	2.3	.40	-3.4	2.0	.34	1.8	.33	-8.3	83	8.7	77	6.3	-8	
50-59	63	2.2	.43	2.0	.40	-5.9	1.8	.41	1.6	.32	-12.4	83	8.8	76	7.6	-7	
60-69	19	2.2	.62	2.0	.33	-11.0	1.8	.52	1.4	.26	-20.6	81	6.8	71	8.9	-10	
Total 合計	222																

\*Rate of change is averaged after determination of individual rates:  
個々の率を求めた後、変化の割合を平均した。

I: Spirogram test performed in 1959.

1959年に実施した呼吸曲線検査。

II: Spirogram test performed in 1971.

1971年に実施した呼吸曲線検査。

$$\frac{II - I}{I} \times 100$$

The means in columns I and II are not used in this calculation.

第Iおよび第II欄の平均値はこの計算には用いなかった。

**FVC (Observed).** The rate of change in FVC over the interval is shown by age group in Table 5. In males, the changes in FVC were +15% for those age 14-19 years initially, and +5% for the 20-29 year old group. This remarkable difference may be due to the fact that there was an increase in FVC concomitant with increase in physical development. Beginning at 30, the rates of change show a slight tendency to decrease with age.

In females, FVC showed a 3.6% increase for the age group 14-19 years. While indications of decreases were observed from age 20, there is no significant further change to age 49. However, a striking decrease in initial FVC was seen for those in the 60 to 69 year age group, who showed a -11% change over the years. On the other hand a linear regression analysis (Figure 7) shows that aging changes for FVC do not accelerate at older ages.

The differences in temporal changes between males and females may be due to the fact that the increase in FVC which accompanies increase in physical development occurs later in males. Therefore, after reaching a maximum value during the vigor of early adulthood there appears to be only insignificant change with age in presumably healthy persons.

**FVC測定値.** 観察期間中におけるFVCの変化率は、年齢別にわけて表5に示した。すなわち、男性におけるFVCの変化率は、最初14-19歳の群で+15%、20-29歳の群で+5%であった。このような著明な変化は、身体の発育に伴ってFVCも増加したものであると推測される。そしてこの比率は30歳をこえるとしだいに下降する傾向を示していた。

一方、女性におけるFVCの変化率をみると、14-19歳の群では3.6%の増加を示したのに対し、20歳をこえると減少する傾向を示したが、49歳までは有意な変化を示さなかった。しかし、60-69歳の群になるとはじめてFVCの著明な減少がみられ、この群では12年の間に-11%という変化が認められた。しかし図7に示したとおり、線形回帰解析においては、FVCは加齢によりその変化が促進されている傾向を示していなかった。

このような男女間における経時的变化の差は、身体発育に伴うFVCの増加が、男性ではむしろ遅く起こるという事実に起因しているかもしれない。以上のようなことから、成人初期の活動期において最大値に達した後の変化は健康人と思われる人については有意義な変化でないと考えられる。

Using data on the follow-up cohort, linear regression analysis showed that A-bomb exposure had no effect on the age-related decrease in FVC (Figure 6).

FEV<sub>1.0</sub> and FEV<sub>1.0</sub>%. The degree of change over 12 years in FEV<sub>1.0</sub> and FEV<sub>1.0</sub>% by age group is given in Table 5. In males 14-29 and females 14-19, there was an increase in FEV<sub>1.0</sub> over the follow-up period. In the other age groups, for both sexes, there occurred a decrease in both FEV<sub>1.0</sub> and FEV<sub>1.0</sub>% that was generally progressive with increasing age.

Table 5 also demonstrates that the rates of change with increasing age were larger for FEV<sub>1.0</sub> than for vital capacity particularly in the older persons.

**Ventilatory Impairment.** Figure 7 shows the incidence of progressive ventilatory impairment, as defined above, in each age group. In those age 50 years and older, 74% of males and 78% of females had normal ventilatory function at the first examination. Subsequently, it decreased to 52% in both sexes on follow-up testing of the same persons 12 years later. Over the same period, the rate of obstructive impairment increased from 9% to 27% in older males and from 6% to 20% in females. These are threefold differences in prevalence compared with the first examination. The percent of normals in those younger than 50 changed little.

Obstructive impairment appeared to be the dominant factor which affected ventilatory changes with time in those who were followed from age 50 and over.

#### Pulmonary Ventilatory Function and Disease

The incidences of specific diseases are shown in Table 6-A. These conditions were diagnosed by different clinic physicians over the 12-year period among subjects returning for biennial examination. These diagnoses are compared by ventilatory functional capacity for those tested in 1959 in Table 6-B. For the convenience of description and comparison, subjects have been arbitrarily divided into those with normal function and those with abnormal function in which restrictive and obstructive are combined.

Table 6-A shows the age related increases normally encountered with aging with respect to myocardial infarction<sup>24</sup> (MI), hypertensive cardiovascular disease<sup>25</sup> (HCVD) and lung carcinoma, despite the small numbers of cases. No striking differences were seen in those with impaired function compared with normals in Table 6-B. However, it is of interest that in males who were 30-59 years old in 1959, more diagnoses of MI were recorded over 12 years for

この追跡調査成績において、線形回帰解析を行なった結果、加齢によるFVCの低下の程度は被爆に影響されないことが判明した(図6参照)。

FEV<sub>1.0</sub>およびFEV<sub>1.0</sub>%。年齢群別にみたFEV<sub>1.0</sub>およびFEV<sub>1.0</sub>%の12年間における変化率は表5に示したとおりである。すなわち、男性における14-29歳の群および女性における14-19歳の群では、12年の間にFEV<sub>1.0</sub>が増加していたが、他の群においては男女いずれもFEV<sub>1.0</sub>およびFEV<sub>1.0</sub>%は減少しており、年齢の増加とともにこれらの値が減少する傾向が認められた。

なお表5に示したとおり、年齢の増加に伴う変化率をみると、FVCよりもFEV<sub>1.0</sub>のほうが高く、特にこの傾向は高齢者に著明であった。

**換気障害。** 上述の方法に従って観察期間に発生した換気障害の発生率を年齢別にみると図7に示したとおりである。すなわち、50歳以上の群では初回検査時、男性で74%、女性で78%の症例において正常の換気機能がみられた。これに対し12年後における同一対象の検査成績をみると、男女ともその率は52%に減少していた。またこの期間にみられた閉塞性障害の率をみると、高齢者の男性では9%から27%に上昇し、女性では6%から20%に増加していた。これらの成績によると、12年の間に約3倍の頻度が増加していることが判明した。しかし50歳以下の群における正常者の率はほとんど変化を示していなかった。

以上を要約すると、50歳以上の群では12年を経過すると、換気機能に変化が起こり、閉塞性障害が最も顕著な変化として観察された。

#### 換気機能と疾病

特定の疾患の発生率は表6-Aに示したとおりである。対象者は12年の間に2年ごとに定期的な検診を受けたが、各検診時の臨床医は必ずしも同一ではなく、これらの医師がそれぞれ臨床診断を決定した。表6-Bには、1959年被検者における臨床診断を換気機能別に分けて示しておいた。この際比較検討の便宜上、対象者を正常機能群と異常機能群に分類した。なお異常機能群には拘束性および閉塞性障害群を一まとめにして含めた。

症例数は少ないが、通常の加齢に伴って認められる心筋硬塞症<sup>24</sup>・高血圧性心疾患<sup>25</sup>および肺癌の症例が実際に加齢とともに増加している状態を表6-Aに示した。一方表6-Bに示したとおり、健常者と機能障害群の間にはこれらの疾患の発生頻度に差を認めなかったけれども、1959年に30-59歳であった男性で、機能障害が認められ

FIGURE 6 LINEAR REGRESSIONS OF FVC/HEIGHT BY AGE FOR THE FOLLOW-UP COHORT FOR EXPOSURE GROUPS

図6 追跡調査コホート中の被爆群における努力性肺活量と身長との関係の年齢別線形回帰

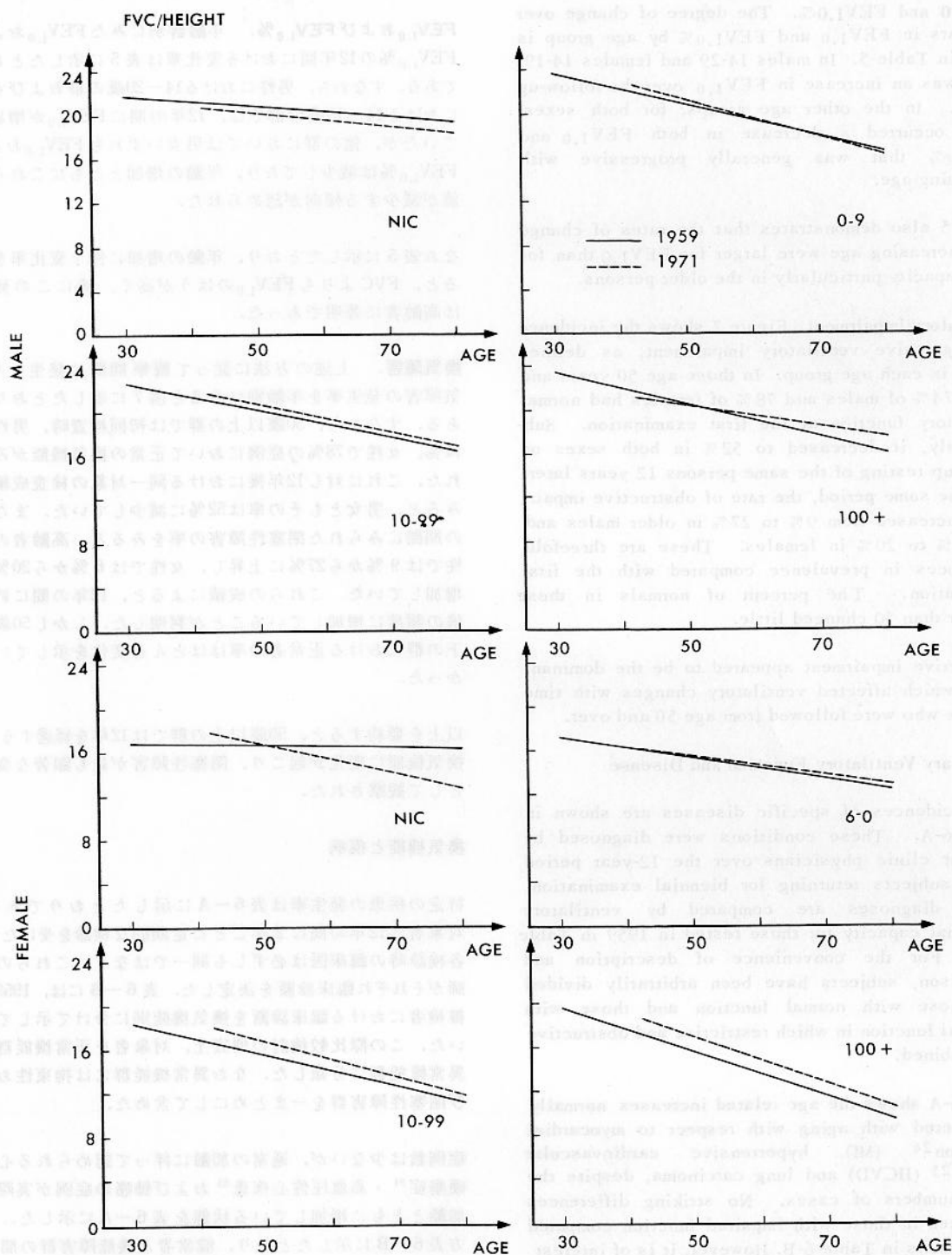
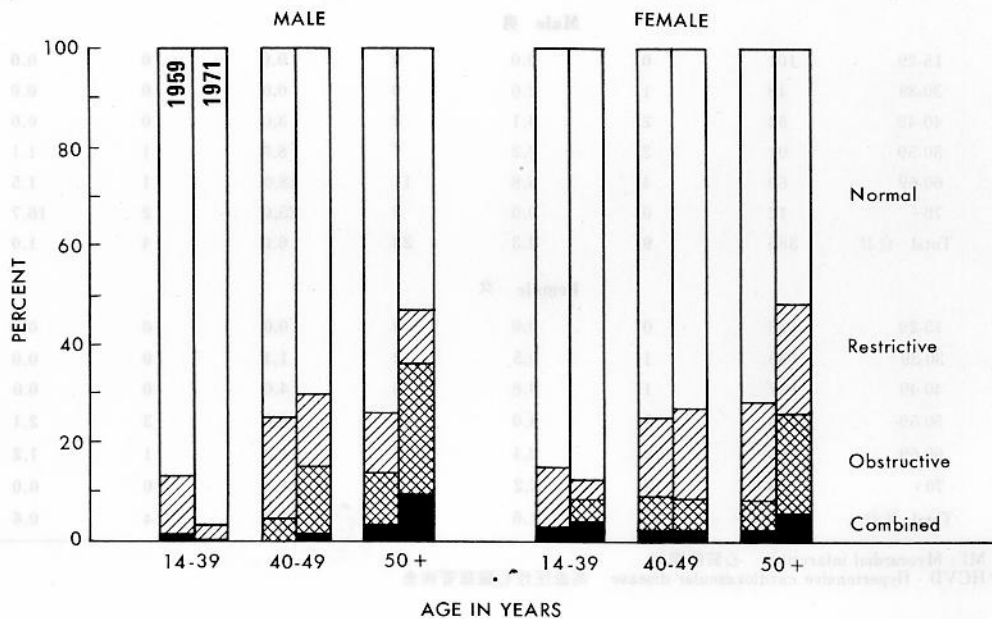


FIGURE 7 CHANGES IN DISTRIBUTION OF PULMONARY VENTILATORY FUNCTION OVER 12 YEARS  
(1959-71) FOR 380 SUBJECTS

図7 12年(1959-71年)の間における対象者380名の肺換気機能分布の変化



subjects with impaired ventilatory function. A uniformly higher prevalence of HCVD was noted among males over 50 years who had abnormal function compared with normal subjects.

#### Smoking History and Ventilatory Impairment

A smoking history was obtained by questionnaire from 1086 subjects in 1963, but adequate information was obtained only from 261. The relationship of smoking background data and categories of ventilatory impairment are shown for males in Table 7. No significant relationship was found.

#### Relation of Occupational and Educational Factors to Pulmonary Function

Adequate information was obtained on 851 subjects on education and 423 subjects regarding occupation. Table 8 shows that both higher educational attainment and professional occupation harbored greater proportions with normal ventilatory function compared with lower achievement. However, information on other environmental factors (type of housing, working conditions, etc.) were not available, so that the relation of these to ventilatory impairment could not be judged.

た群は、12年の間に心筋硬塞が比較的多く発生していることが興味をひいた。異常機能が認められた50歳以上の男性群においては、正常群と比較して、一様に高い高血圧性心疾患の有病率を認めた。

#### 喫煙歴と換気障害

1963年に対象者1086例に対し、質問表を用いて喫煙歴の調査が実施されたが、分析可能な回答を得た症例は261例にとどまった。男性における喫煙歴と換気障害分類との関係は、表7に示したように、両者の間に有意の関係は認められなかった。

#### 肺機能と職業因子・教育程度との関係

教育歴に関しては対象者のうち851例より、また職業歴に関しては423例より十分な資料が得られて検討が加えられた。その結果、表8に示すように教育程度が高くかつ専門職にある者は、教育程度の低い者に比較して、換気機能が正常である傾向が大であった。しかし他の環境因子(住居の種類・労働条件など)については十分な資料が得られなかったため、検討を加えて判断することができなかった。

TABLE 6-A INCIDENCE OF DISEASE AFTER TESTING IN 1959

表 6-A 1959年検査実施後の疾患の発現率

Age 年齢 (1959)	Total 計	MI*	%	HCVD**	%	Lung Ca. 肺癌	%
<b>Male 男</b>							
15-29	101	0	0.0	0	0.0	0	0.0
30-39	48	1	2.0	0	0.0	0	0.0
40-49	64	2	3.1	2	3.0	0	0.0
50-59	91	2	2.2	7	8.0	1	1.1
60-69	69	4	5.8	11	18.0	1	1.5
70+	12	0	0.0	3	25.0	2	16.7
Total 合計	385	9	2.3	23	6.0	4	1.0
<b>Female 女</b>							
15-29	136	0	0.0	0	0.0	0	0.0
30-39	185	1	0.5	2	1.1	0	0.0
40-49	127	1	0.8	5	4.0	0	0.0
50-59	140	5	4.0	14	10.0	3	2.1
60-69	85	2	2.4	10	11.8	1	1.2
70+	28	2	7.2	6	21.4	0	0.0
Total 合計	701	11	1.6	37	5.3	4	0.6

\* MI - Myocardial infarction 心筋梗塞症

\*\* HCVD - Hypertensive cardiovascular disease 高血圧性心臓血管疾患

TABLE 6-B DISTRIBUTION OF DISEASE IN RELATION TO PULMONARY VENTILATORY FUNCTION

表 6-B 肺換気機能と疾病の分布

Age 年齢 (1959)	Normal Ventilatory Function 正常換気機能							Abnormal Ventilatory Function 異常換気機能						
	Subjects 対象者数	MI	%	HCVD	%	Lung Ca. 肺癌例数	%	Subjects	MI	%	HCVD	%	Lung Ca.	%
<b>Male 男</b>														
15-29	78	0	0.0	0	0.0	0	0.0	23	0	0.0	0	0.0	0	0.0
30-39	39	0	0.0	0	0.0	0	0.0	9	1	11.1	0	0.0	0	0.0
40-49	48	0	0.0	2	4.2	0	0.0	16	2	12.5	0	0.0	0	0.0
50-59	70	1	1.4	3	4.3	0	0.0	21	1	4.8	4	19.0	1	4.8
60-69	49	3	6.1	6	12.2	0	0.0	20	1	5.0	5	25.0	1	5.0
70+	7	0	0.0	1	14.3	2	28.6	5	0	0.0	2	40.0	0	0.0
Total 合計	291	4	1.4	12	4.1	2	0.7	94	5	5.3	11	11.7	2	2.1
<b>Female 女</b>														
15-29	112	0	0.0	0	0.0	0	0.0	24	0	0.0	0	0.0	0	0.0
30-39	153	0	0.0	2	1.3	0	0.0	32	1	3.1	0	0.0	0	0.0
40-49	97	1	1.0	4	4.1	0	0.0	30	0	0.0	1	3.3	0	0.0
50-59	98	2	2.0	8	8.2	2	2.0	42	3	7.1	6	14.3	1	2.4
60-69	55	2	3.6	8	14.5	0	0.0	30	0	0.0	2	6.7	1	3.3
70+	19	2	10.5	4	21.1	0	0.0	9	0	0.0	2	22.2	0	0.0
Total 合計	534	7	1.3	26	4.9	2	0.4	167	4	2.4	11	6.6	2	1.2



TABLE 7 DAILY USE OF CIGARETTES IN SUBJECTS WITH OR WITHOUT ABNORMAL PULMONARY VENTILATORY FUNCTION

表7 肺換気機能異常の有無と一日の喫煙量

Age 年齢 (1959)	Pulmonary Ventilatory Function 肺換気機能	Total 計	Average Smoking History 平均喫煙量			Unknown* 不明	Test 検定
			0-1/2 Pack 箱	1/2-1 Pack 箱	1 Pack or More 1 箱以上		
39	Normal 正常	98 (100%)	40 (40.8%)	48 (49.0%)	10 (10.2%)	284	NS
	Abnormal 異常	20 (100)	6 (30.0)	9 (45.0)	5 (25.0)	68	
40-49	Normal	39 (100)	16 (41.0)	17 (44.0)	6 (15.0)	106	NS
	Abnormal	14 (100)	8 (57.1)	5 (35.8)	1 (7.1)	32	
50+	Normal	66 (100)	30 (45.5)	32 (48.5)	4 (6.0)	232	NS
	Abnormal	24 (100)	11 (46.0)	12 (50.0)	1 (4.0)	103	

\* Adequate smoking history not available. 十分な喫煙歴の入手できないもの。

TABLE 8 RELATION OF OCCUPATIONAL AND EDUCATIONAL FACTORS TO PULMONARY VENTILATORY FUNCTION

表8 肺換気機能と職業および教育程度との関係

Classification 区分	Subjects 対象者数	%	Education 教育							
			Low 低	%	Middle 中	%	High 高	%	Unknown 不明	%
Normal 正常	825	76.0	312	74.1	281	78.3	58	81.7	174	74.0
Abnormal 異常	261	24.0	109	25.9	78	21.7	13	18.3	61	26.0
Total 合計	1086	100.0	421	100.0	359	100.0	71	100.0	235	100.0

Classification 区分	Subjects 対象者数	%	Occupation 職業									
			Labor 労務職	%	Clerical 事務系	%	Professional 専門職	%	Others その他	%	Unknown 不明	%
Normal 正常	825	76.0	139	79.9	138	77.5	59	83.1	244	74.8	245	72.7
Abnormal 異常	261	24.0	35	20.1	40	22.5	12	16.9	82	25.2	92	27.3
Total 合計	1086	100.0	174	100.0	178	100.0	71	100.0	326	100.0	337	100.0

### Survival Rate and Abnormal Ventilatory Function

This aspect concerns primarily the prognosis in subjects with abnormal ventilatory function as this changes with age. Therefore, the rate of change in ventilatory function in relation to survival may be more representative of natural aging phenomena. The analyses were made on 396 males (average age 44.1 years in 1959) and 434 females (average age 43.4 years in 1959).

The survival rate for the categories of ventilatory function in the study group was calculated by a life table method.<sup>26</sup> The rate of survival for subjects with normal compared to those with abnormal ventilatory function is illustrated in Figure 8 for age groups. A slight decrease in survival is seen for abnormals among both males and females (Table 9). Figure 6-B shows that the 12-year survival

### 生存率と異常換気機能

換気機能異常者における予後は加齢とともに変化するもので、主としてこの問題についてふれてみたい。換気機能が変化する割合と生存との関係は、自然の加齢現象をよりよく表現するものと考えられる。本調査ではこれに関し、男性 396 例 (1959 年の平均年齢 44.1 歳) と女性 434 例 (平均年齢 43.4 歳) について検討した。

対象者に対して実施した換気機能を分類し、この分類別にみた生存率をみると、図 8 に示したとおりである。すなわち、生命表算定法によって計算<sup>26</sup>した換気機能正常者と異常者との生存率を比較して年齢別に図示した。一方表 9 に示したように男女とも異常例において、生存率はわずかに減少するようであった。図 6-B に示すように、

FIGURE 8 SURVIVAL RATE (LIFE TABLE METHOD) OF 396 MALES AND 736 FEMALES BY AGE

図8 男性396名、女性736名の年齢別生存率(生命表法による)

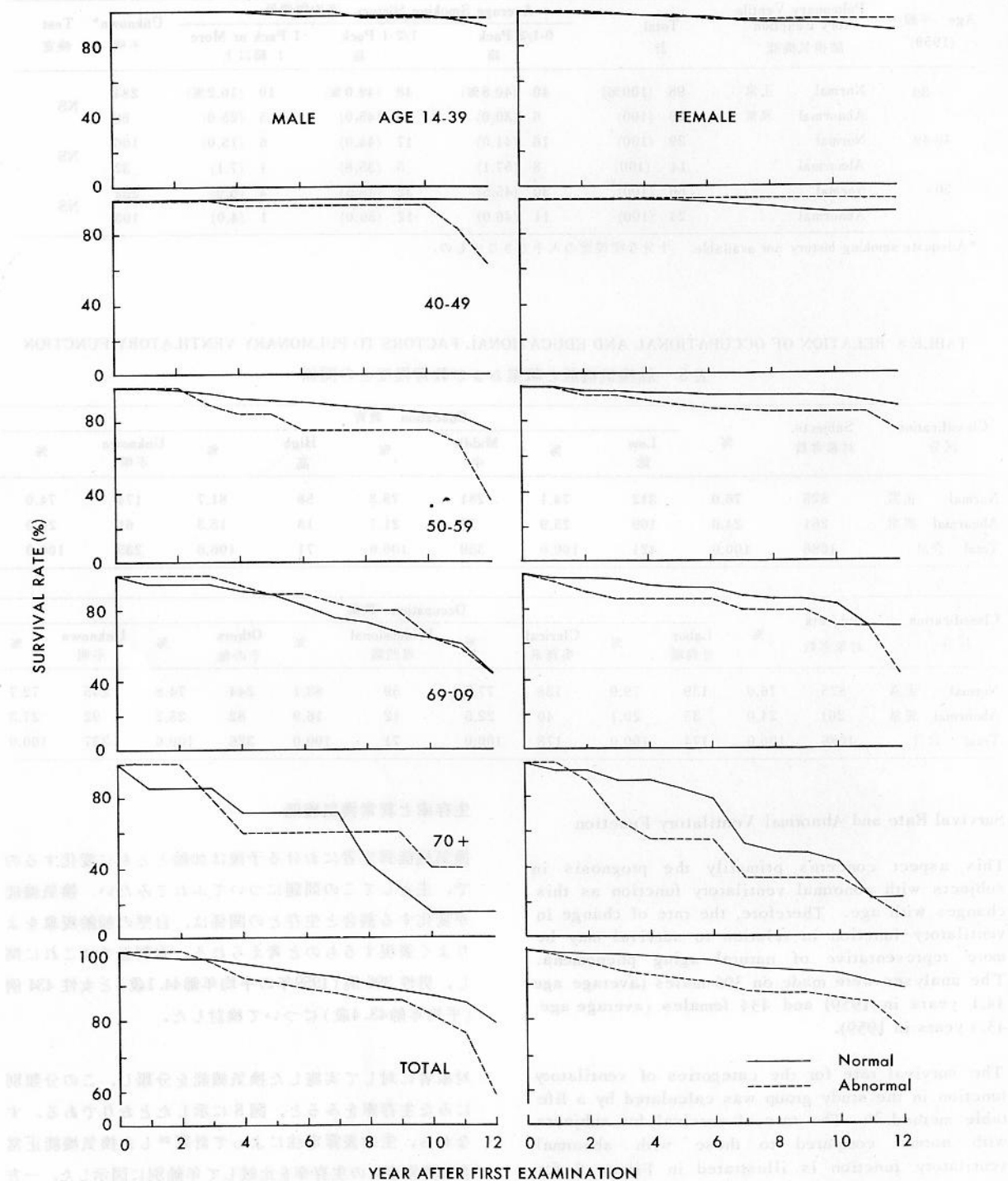


TABLE 9 DISTRIBUTION OF DEATH IN RELATION TO PULMONARY VENTILATORY FUNCTION BY SEX AND AGE

表9 肺換気機能と死亡の分布：性・年齢別

Age 年齢 (1959)	Normal V.C. 正常肺活量			Abnormal V.C. 異常肺活量			$\chi^2$ -test 検定	t-test 検定	
	Subjects 対象者数	Deaths 死亡数	Rate (%) 率	Subjects 対象者数	Deaths 死亡数	Rate (%) 率		10 Yrs	12 Yrs
Male 男									
<40	117	5	4.3	32	1	3.1	NS	NS	NS
40-49	48	0	0.0	16	3	18.8	*	NS	Sugg.
50-59	70	13	18.6	21	7	33.3	NS	NS	Sugg.
60-69	49	20	40.8	20	10	50.0	NS	NS	NS
70+	7	6	85.7	5	3	60.0	NS	NS	Sugg.
Total 合計	291	44	15.1	94	24	25.5	*	NS	Sugg
Female 女									
<40	265	4	1.5	36	2	5.6	NS	NS	NS
40-49	97	7	7.2	30	0	0.0	NS	**	**
50-59	98	8	8.2	42	8	19.1	NS	NS	NS
60-69	55	13	23.6	30	11	36.7	NS	NS	NS
70+	19	12	63.2	9	8	88.9	NS	NS	NS
Total 合計	534	44	8.2	167	29	17.4	**	**	**

Sugg 示唆的：0.05&lt;p&lt;0.1, \*: 0.05&lt;p&lt;0.01, \*\*: 0.01&lt;p&lt;0.001

in subjects with abnormal ventilatory function who were 50-59 years at the start of the observation period, was 34% in males and 75% in females. Over the same period the survival rate in subjects of the same age with normal ventilatory function was 77% for males and 89% for females. Decreased survival rate in those with abnormal ventilatory function was also noted among males age 40-49 and in females over age 60. The differences were not statistically significant over all age groups (Table 9).

## DISCUSSION

Other reports<sup>5,16</sup> have shown that vital capacity increases between the ages of 20 to 35 with the maximum value being attained at 25-35 years. Vital capacity decreases thereafter. A decrease in vital capacity of approximately 172ml has been estimated for each successive 10 year age bracket.<sup>16</sup>

Using a height of 160cm for males and 150cm for females, the rate of decrease in vital capacity may be calculated from the formulas shown in Table 3. With Baldwin's predicted values<sup>1</sup> the decrease per decade is 178ml in males and 160ml in females. Using Nishimoto's formula<sup>18</sup> the values are 224ml for males and 165ml for females. Ebina's<sup>17</sup> results are 288ml and 138ml, while those of Yokoyama<sup>21</sup> are 112ml and 135ml, respectively, for males and females. Thus, there is a decrease of approximately 200ml per each succeeding 10-year period. The

観察期間当初において50-59歳であった者の換気機能異常群についてみると、12年間の生存率は、男性で34%、女性で75%であり、一方同じ年齢の換気機能正常群についてみると、男性で77%、女性で89%であった。一方生存率は40-49歳の男性および60歳以上の女性における換気機能異常群においても生存率は減少していたが、その差は全年齢群を通じて、統計学的に有意ではなかった(表9参照)。

## 考 察

肺活量は20-35歳までの間に増加し、25-35歳で最大値に達するという記載<sup>5,16</sup>がみられる。一方その後の加齢により肺活量は減少し、年齢が10歳増加するごとに、肺活量は172ml減少するという記載<sup>16</sup>もみられる。

男性の身長を160cm、女性の身長を150cmとした場合における肺活量の減少率は、表3に示した方程式から算出することができよう。Baldwin<sup>1</sup>の予測値によると、10年ごとの肺活量の減少は、男性で178ml、女性で160mlである。西本<sup>18</sup>の方程式を用いると、男性で224ml、女性で165mlである。一方海老名<sup>17</sup>によると男女それぞれ288ml・138ml、横山<sup>21</sup>によるとそれぞれ112ml・135mlである。これらを総合すると10年ごとに約200mlの肺活量が減少すると考えてよからう。本調査に用いられた方程式によると、その値は男性で163.2ml、女性で

formulas used in the present study show the values to be 163.2ml for males and 208ml for females. These values are slightly lower than those obtained by other methods, and do not differ significantly between our dose groups. Thus, there appears to be no effect on pulmonary function due to aging induced by A-bomb radiation. Both cross-sectional (Figure 2) and longitudinal cohort (Figure 6) analyses demonstrate the absence of a radiation relationship.

The above were values obtained by prediction formulas. However, we studied changes in pulmonary function due to aging based on actual measurements of ventilatory function obtained from the same individuals after an interval of 12 years.

As shown in Table 5, there is a difference in the rate of change in pulmonary function over time only in younger persons. The vital capacity for younger males (14 to 29 years old) showed an increase 12 years later. A decrease was noted in males over 30 and females over 20. These results suggest that while changes in pulmonary function occur at all ages, those due to deleterious effects of aging in Japanese appear during the 4th decade in males and during the 3rd decade in females. Thereafter, there appears to be a linear decrease in function with age.

As stated earlier, there was no uniform correlation between changes in pulmonary function due to aging and exposure to the A-bomb on the basis of prediction formulas. However, as shown in Table 4, the predicted values for FVC obtained by the authors were lower when compared to those of others. Study was made of the reason for this finding.

As shown in Figure 2, mean vital capacity values among males aged 14-19 increased during the next decade and reached a maximum between 20-29 years, while for females the maximum had been attained during 14 to 19.

According to Hutchinson,<sup>16</sup> differences in vital capacity are related to height, age, and disease. This investigator showed that a difference of 1 inch in height corresponds to a difference of 131 ml in vital capacity. The differences between predicted and actual findings may be due to comparison of criteria in Caucasians<sup>16</sup> with the present measurements in Japanese. Moreover, nutritional and health differences may be important, but data on this are not available. Belsky and Blot<sup>27</sup> have reported that the mean adult height of those heavily exposed in childhood was about 4cm less than lightly exposed survivors in Hiroshima. Based on these observations, young adults who were heavily exposed could be expected to show about 206ml less vital capacity than the non-exposed group. This prediction is, in fact, partially

208mlであり、他の方法に比べてわずかな低値を示し、一方被曝線量群別にみてもそれぞれの群の間に有意の差を認めなかった。したがってこの成績からみれば、加齢に伴う肺機能の変化は、原爆放射能の被曝に影響されないものと考えられる。さらに図2・図6に示すように、コホートについて縦断・横断的解析成績でも同じ結果が認められた。

上述のことは予測方程式を用いて算出した成績から判断されたものである。しかし著者らは12年間経過した同一症例に対し、加齢による肺機能の変化を換気機能の実測をもとに検討した。

表5に示したように、肺機能の経時的変化率の差は若年者のみに認められた。若年の男性(14-29歳群)の肺活量は、12年経過すると増加し、一方30歳以上の男性および20歳以上の女性においては減少を認めた。このことは、肺機能の変化はすべての年齢層において起こるけれども、日本人においては加齢による有害変化が、男性では30歳代、女性では20歳代に発現することを示唆した一つの事実と考えられる。年齢が増加すると機能はさらに直線的に減退するようであった。

上述のように、予測式を用いて計算した成績では、加齢による肺機能の変化と原爆被曝の間には特に一定の関係を見ることができなかった。しかし表4に示しておいたように、今回著者らが得たFVC予測値は他の報告のそれと比較して低値を示していたが、この理由に対して検討を加えた。

図2に示したように、男性の14-19歳群における平均肺活量は、次の10年間に増加し、20-29歳までの間に最大値に達したが、女性の14-19歳の間ではすでに最大に達していた。

Hutchinson<sup>16</sup>によれば、肺活量は身長・年齢・疾病の状態により影響されるものであり、身長が1インチ異なると、肺活量は131 ml異なると記載している。予測値と実際の測定値の間に差がみられたが、これは白人における標準値<sup>16</sup>と日本人に現在用いられている測定値とを比較したためによるものであるかもしれない。一方、栄養・健康状態なども影響を及ぼしているかもしれないが、これらに関する調査は行なっていない。Belsky および Blot<sup>27</sup>は、広島における観察で、小児期に強度の放射線に被曝した症例において、成人期に達した時期における平均身長が、軽度被曝者に比べて約4 cm低かったことを報告している。この観察事実をもとにして計算すると、強度被曝の若年者では、非被曝者に比べ、肺活量が約206 ml



supported by our findings, as estimated from Figure 2. That is, those under age 20 at testing in 1959, who correspond to the age group whose stature was most affected by A-bomb radiation (100+rad) have a mean FVC approximately 450 ml less than that for the total tested cohort.

Comparison of  $FEV_{1.0}$  of the group exposed to 100 rad or more at ages under 20 showed the values were markedly lower in both sexes than the NIC, 0-9, 10-99 rad groups. However, the  $FEV_{1.0}\%$  values were normal<sup>22,26</sup> in all age groups in both sexes. Thus, it can be said that the effects of exposure in the under 20 age group are more apparent in FVC than  $FEV_{1.0}$ . A direct relationship between A-bomb exposure and lowered vital capacity is possible in young persons, but it is more likely that diminished stature and other factors are operative.

On the other hand, predicted vital capacity for the follow-up study group in 1971 are greater than the levels predicted using the 1959 ABCC data, and correspond more closely to predictions of others<sup>1,17,18</sup> for Japanese. This is felt to be due to the fact that those who were under 20 in 1959 had grown over the interval. As pointed out by Ebina,<sup>17</sup> Burglund,<sup>5</sup> and Stewart,<sup>28</sup> it is felt that standard values for those under 19 should be determined separately.

A simple method employing expiratory effort is presented by many investigators<sup>2,15,22,29</sup> as a means of defining the nature and extent of ventilatory insufficiency.

Mead<sup>30</sup> has shown that several factors determine the expiratory flow rate, including the muscular force brought to bear in expiration, the resistance to air flow determined by such factors as bronchial spasm on air trapping, pulmonary compliance and the position of mechanical advantage of the ventilatory organs. Presumably, the timed vital capacity measures the resultant of all these forces.

Gaensler<sup>15</sup> reported that measurement of the timed vital capacity was especially valuable in the diagnosis of conditions causing obstructive ventilatory deficiency, in particular emphysema and bronchial spasm. This investigator also found that the values obtained correlated well with maximum breathing capacity measurements and with the ratio of residual air to total lung capacity. Greifenstein et al<sup>2</sup> reported that the most important changes in the older age group are reduction in vital capacity, increase in residual volume, with resulting smaller degree of alveolar dilution breath, uneven intrapulmonary distribution of inspired gas and a decrease in maximum breathing capacity out of proportion to the diminished vital capacity. Despite these changes,

少ないことになる。この推測は図2に示したように著者らの観察成績においても一部裏づけられている。すなわち、1959年の検査時に20歳未満であった症例は、100 rad以上の放射線被曝によって身長が最も強く影響されたと考えられる年齢群である。この群では全被検コホートよりも平均FVCが約450 ml 少ない事実が認められた。

20歳未満の強度被曝者(100 rad 以上)における $FEV_{1.0}$ は男女とも、市内不在者・0-9 rad・10-99 radの被曝者に比べ、その値は著しく低下していたけれども、 $FEV_{1.0}\%$ は男女とも全年齢群を通じて正常値<sup>22,26</sup>の範囲内にとどまっていた。したがって、20歳未満の年齢群における被曝の影響は、 $FEV_{1.0}$ よりもFVCにおいてより明確に現われているということができよう。このような成績は、若年者群では原爆被曝が肺活量低下に直接関係していることを示唆しているかもしれないが、一方身長が低いという事実、あるいは他の因子の関与も十分に考えねばならないであろう。

ところで、1971年の追跡調査群における肺活量予測値は、1959年におけるそれよりも大であるが、日本人における他の報告者の得た予測値<sup>1,17,18</sup>と比較的よく一致していた。この事実は1959年に20歳未満であった者が、12年後に至り成長したためによるものであろう。以上のようなことから、海老名<sup>17</sup>・Burglund<sup>5</sup>・Stewart<sup>28</sup>が指摘したように、19歳未満の者における標準値は、別個に求める必要があると思われる。

換気障害の性質およびその程度を決めるために、努力性呼吸を用いる簡単な検査法が多くの研究者<sup>2,15,22,29</sup>によって紹介されている。

Mead<sup>30</sup>は呼吸に必要な筋力、空気の捕えこみによる気管支攣縮、肺のコンプライアンス、換気に関与する器官の有利な機械的位置などの諸要素によって決定される気流抵抗などの呼吸流量率を定める諸因子のあることを記載した。時間肺活量は、このような諸因子の総合を測定しているとみなすことができよう。

Gaensler<sup>15</sup>は、時間肺活量を測定することが、閉塞性換気障害、特に肺気腫・気管支攣縮の診断に有用であると記載し、またこの測定値は最大換気量・残気率とよく相関していることを認めた。Greifensteinら<sup>2</sup>は高齢者群における最も重要な変化として、肺活量の低下・残気量の増加を挙げ、その結果生ずる肺胞における軽度の空気希釈度低下、吸入ガスの肺内分布の不均衡、肺活量低下に対する最大換気量の不均衡な減少のあることを指摘した。しかしこのような変化が認められるにもかかわらず、



these subjects maintained normal arterial O<sub>2</sub> saturation (SaO<sub>2</sub>), arterial PCO<sub>2</sub> and pH and were able to carry on moderate activity without dyspnea. These alterations in function are believed to depend on age-related changes in mechanical properties of lung tissue and in diffusion processes.<sup>3</sup> It is in these properties and processes that connective tissue alterations and structural changes in pulmonary vasculature most likely play significant roles.<sup>31</sup>

In our results, as shown in Figures 5 and 6, pulmonary functions are definitely changed by aging, and the most remarkable finding in older age groups is obstructive impairment. Although most functional impairment in older persons was not so severe as to restrict work tolerance, it is important to discover this from the standpoint of management of the aged. It is also important in view of the fact that such abnormalities are progressive and often irreversible.

Air pollution may be a significant factor in changes of ventilatory function.<sup>32</sup> Our result does not support as striking an effect of smoking, as it does of aging, on abnormal ventilatory function. However, this conclusion must be considered preliminary since few adequate histories were available.

The distribution of abnormal and normal results in those who are 40 years and older, as reflected by mortality, seem more representative of natural aging phenomena. Our study shows that those with abnormal function have a 55% 12-year survival rate compared with 80% in normal subjects. Investigators<sup>33</sup> reported that mortality rate is affected by several pulmonary factors: disturbance in gas exchange, decrease in ventilatory capacity, the presence of cor pulmonale, increasing severeness of dyspnea, polycythemia and a chest roentgenogram suggestive of emphysema, and bronchitis. Other investigators<sup>34,35</sup> have reported on the relation between fatality rate and physiological features of this syndrome in patients with obstructive pulmonary disease.<sup>36</sup> The 5-year death rates reported by others for Caucasians have ranged from about 20 to 48%. In our study, the 5-year mortality is about 3% for the normal group and 8% for abnormal group as estimated from survival rates. On the other hand, survival rates are not uniformly related to the magnitude of functional impairment in the younger age group, or in those 60 years and over.

No history of respiratory symptoms was obtained and the available chest X-ray are not fully applicable to the present study. However, in a prospective study on respiratory disease, Hall et al,<sup>37</sup> found that chronic respiratory symptoms and chest illness were less frequent in Hiroshima compared with New York and London. These may reflect differences in environmental and genetic factors affecting mortality.

高齢者群では動脈血酸素飽和度 (SaO<sub>2</sub>)・PCO<sub>2</sub>・pHなどは正常の値を維持し、呼吸困難を起こすことなく、中等度の運動ができる者が多い。すなわちこれらの機能変化は、肺組織の構造上の特異性および拡散の過程と年齢とに関係した変化によって影響されているものと推測される。<sup>3</sup>そしてこれらの特異性や過程において結合組織の変化や肺血管の構造上の変化が、高齢者において有意な役割を演じている可能性が大きいと考えられる。<sup>31</sup>

今回の著者らの得た成績では、図5・図6に示しておいたとおり、肺機能は加齢により明らかに変化しており、高齢者における最も注目すべき変化は閉塞性障害であった。このような障害の大部分は仕事を制限するほど重篤ではなかったけれども、老人の管理という意味で、このような事実を知っておくことは重要なことであると考えられる。一方このことは老人における肺機能障害は進行性かつしばしば不可逆性であるという事実からみても重要であろう。

大気汚染は換気障害を起こす有意な因子であるかもしれない。<sup>32</sup>本調査成績からみると、喫煙は、加齢に比べて換気機能に及ぼす影響が顕著ではなかったが、喫煙歴を明確に記載した記録が少なかったため、今回の結論はあくまで予測的なものにとどまるものであることを付記しておく。

死亡率によれば、40歳以上の症例における正常・異常分布をみると、自然の加齢現象に一致しているようである。本調査における12年生存率は正常機能者では80%であったのに対し、異常機能者では55%であった。Baldwinら<sup>33</sup>によると、死亡率は、ガス交換障害・換気能の低下・肺性心の有無・呼吸困難の増悪・赤血球増多症・肺気腫または気管支炎を示唆する胸部X線所見などの諸因子によって影響されるとされている。他の報告<sup>34,35</sup>をみると、閉塞性肺疾患<sup>36</sup>を有する症例における死亡率と病態生理像との関係について報告している。一方、閉塞性肺疾患を有する白人の5年生存率は20%—48%の範囲にあるという記載もみられる。本調査では、生存率から推定すると、正常群における5年死亡率は約3%で、異常群では8%であった。また生存率は若年者群・60歳以上の群における肺機能障害の程度と一定の関係はないようであった。

呼吸器症状に関する病歴を特に問診することができず、また胸部X線所見もこの調査で十分に活用して検討することができなかった。しかしHallら<sup>37</sup>は呼吸器疾患に関するprospectiveな調査の結果、広島における慢性呼吸器症状および胸部疾患は、New York・Londonに比較して少ないことを認めている。この成績は死亡率に影響を及ぼす環境・遺伝因子の差異を反映しているかもしれない。

## REFERENCES

### 参考文献

1. BALDWIN E, COUNNAND A, RICHARDS DW, JR: Pulmonary insufficiency: 1. Physiological classification, standard values in normal subjects. *Medicine* 27:243, 1948
2. GREIFENSTEIN FE, KING RM, LATCH SS, COMROE JH, JR: Pulmonary function studies in healthy men and women 50 years and older. *J Appl Physiol* 4:641, 1952
3. TENNEY SM, MILLER RM: Dead space ventilation in old age. *J Appl Physiol* 9:321, 1956
4. OOMI H: On pulmonary ventilatory function of the aged Japanese. *Nagoya Med J* 81:194, 1959
5. BURGLUND E, BIRATH G, BJURE J, GRIMBY G, KJELLMER I, SANDAVIST L, SODERHOLM B: Spirometric studies in normal subjects. 1. Forced expirograms in subjects between 7 and 70 years of age. *Acta Med Scand* 173:185, 1963
6. YOKOYAMA T, II G, NOGUCHI S, SHINOHARA H, SASAMOTO H: Studies on the ventilatory functions of the aged. *Kokyu To Junkan - Resp Circulat* 6:787-97, 1958
7. NEEDHAM CD, ROGAN MC, MCDONALD I: Normal standards for lung volumes, interpulmonary gas-mixing, and maximum breathing capacity. *Thorax* 9:313, 1954
8. NORRIS AH, SCHOEK NW, LANDOWNE M, FALZONE JA, JR: Pulmonary function studies: age differences in lung volumes and Bellows function. *J Gerontol* 11:379, 1956
9. SASAMOTO H, II G: Aging and respiratory disease. *Medicine* 8:299, 1961
10. SASAMOTO H, YOKOYAMA T: The maximum breathing capacity. *Kokyu To Junkan-Resp Circulat* 6:11, 1958
11. MILLER WF, JOHNSON RL, JR, WU N: Relationships between maximal breathing capacity and timed expiratory capacities. *J Appl Physiol* 14:510, 1959
12. MILTON RC, SHOHOJI T: Tentative 1965 radiation dose estimation for atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki. *ABCC TR* 1-68
13. ABCC-JNIH Adult Health Study, Hiroshima and Nagasaki. Research Plan. *ABCC TR* 11-62
14. 原 義雄: 時間的肺活量測定の種類肺疾患鑑別診断上の意義. *内科* 3 : 837 -42, 1959年  
(HARA Y: Timed vital capacity for the diagnosis of pulmonary disease. *Naika-Jap J Intern Med*)
15. GAENSLER FA: Analysis of the ventilatory defect by timed vital capacity measurements. *Am Rev Tuberc* 64:256, 1954
16. HUTCHINSON J: On the capacity of the lungs and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. London, *J Med Chir Soc* 29:137, 1846
17. 海老名敏明, 金上晴夫, 桂 敏樹, 青沼賢治, 白石晃一郎: 日本人肺機能の標準値に関する研究. 第1報. 肺活量, 最大換気量について. *呼吸と循環* 6 : 999 -1013, 1958年  
(EBINA T, KANAGAMI H, KATSURA T, AONUMA K, SHIROISHI K: On the predicted value of pulmonary function tests in normal Japanese. *Kokyu To Junkan -Resp Circulat*)
18. NISHIMOTO Y, SATO T, HARADA N, HAMADA S: Spirograms obtained from healthy adults and prediction formulae of vital capacity. *J Hiroshima Univ Sch Med* 17:153, 1969
19. 船津雄三, 野村 力, 齊藤 満: 日本人の肺換気機能に関する標準値. *日本医事新報* 164 : 23 -6 , 1955年  
(FUNATSU Y, NOMURA T, SAITO M: The predicted value of pulmonary function test in normal Japanese. *Nippon Iji Shinpo - Jap Med J*)
20. KORY RC, CALLAHAN R, BOREN HC, SYNER HC: The Veterans Administration-Army cooperative study of pulmonary function. 1. Clinical spirometry in normal men. *Am J Med* 30:243, 1961
21. 横山哲朗: 日本人健常者の換気機能正常値. *呼吸と循環* 6 : 1015 -22, 1958年  
(YOKOYAMA T: On the normal values of the ventilatory functions in Japanese healthy adults. *Kokyu To Junkan - Resp Circulat*) .

22. MILLER WF, JOHNSON RL, WU N: The half second expiratory capacity test: A convenient means of evaluating the nature and extent of pulmonary ventilatory insufficiency. *Dis Chest* 30:33, 1956
23. 笹本 浩, 横山哲朗: 換気機能障害の評価. スパイログラムに基づいた肺機能検査 (4). 呼吸と循環 6 : 459 - 70, 1958年  
(SASAMOTO H, YOKOYAMA T: Evaluation of the impaired ventilatory functions. *Kokyu To Junkan - Resp Circulat*)
24. JOHNSON KG, YANO K: The epidemiology of coronary heart disease and stroke. *Proceedings of the ABCC Symposium on Cardio-vascular Disease*, 13-14 August 1965. ABCC TR 15-67
25. NEW YORK HEART ASSOCIATION: Nomenclature and Criteria for Cardiac Diagnosis of the Heart and Blood Vessels, 6th ed. Boston, Little Brown, 1964. p 14
26. CUTLER SJ, EDERER F: Maximum utilization of the life table method in analyzing survival. *J Chron Dis* 8:699, 1958
27. BELSKY JL, BLOT WJ: Stature of adults exposed in childhood to the atomic bombs, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 35-71
28. STEWART CA: Vital capacity of children in health and disease. *Am J Dis Child* 24:451, 1922
29. MILLER WF, JOHNSON RL, JR, WU N: Relationships between maximal breathing capacity and timed expiratory capacity. *J appl Physiol* 14:510-6, 1959
30. MEAD J, LINDGRE I, GAENSLER EA: The mechanical properties of the lungs in Emphysema. *J Clin Invest* 34:1005, 1955
31. KOHN RR: Biochemical and structural changes in aging-tissue. In *Aging of the Lung*, ed by Candor, L. New York, Grune & Stratton, 1964, p 13
32. HIGGINS ITT: Tobacco smoking, respiratory symptoms, and ventilatory capacity. *Bri Med J* 7:325, 1959
33. BALDWIN E, COUNNAND A, RICHARDS DW, JR: Pulmonary insufficiency. 3. A study of 122 cases of chronic pulmonary emphysema. *Medicine* 28:201, 1949
34. MEDVEI VC, OSWALD NC: Chronic bronchitis: a five-year follow-up. *Thorax* 17:1, 1962
35. REID DD, FAIRBAIRN AS: The natural history of chronic bronchitis. *Lancet* 1:1147, 1958
36. RENZETTI AD, JR, MCCLEMENT JH, LITT B: The Veterans Administration cooperative study of pulmonary function. 4. Mortality in relation to respiratory function in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Med* 41:115, 1966
37. HALL WJ, AKIYAMA T, BUNCHEER CR, NAKATA H: Chronic respiratory disease in Hiroshima, Japan. ABCC RP 10-68
38. BRISCOE WA: Lung volumes; chapter 53. *Handbook of Physiology, Respiration Vol 2*, Am Physiol Soc, 1964