

建物火災における消火水量の分析調査

辻 英 機*
千 葉 博*

1. はじめに

建物火災で消費される消火水量を統計的に分析し、今後の消火活動に対する一つの参考資料を提供することを目的として調査したものである。

2. 調査の方法

資料は、昭和49年度から52年度までの東京消防庁火災帳票から約4,000件の建物火災(ただし、ぼや火災を除く。)のみを抽出したもので、この資料から建物の構造別、用途別等に消火水量等を統計

的に分析調査した。

3. 用語

この調査を行う上で使用した用語の意味は、次のとおりである。

1件の火災; 火元建物及び、それに起因する類焼建物の火災の全体とする。

消火水量; 1件の火災において消費された水量の総和とする。

単位水量; 1件の火災において消費された消火水量をその焼損床面積で除

表1 消費量の累積相対度数

単位水量 (m ³ /m ²)	火 災 件 数 (件)	累 積 件 数 (件)	累 積 百 分 率 (率)
0 ~0.2	200	200	5.1
0.2~0.4	370	570	14.4
0.4~0.6	500	1,070	27.1
0.6~0.8	610	1,680	42.6
0.8~1.0	531	2,211	56.0
1.0~1.2	387	2,598	65.8
1.2~1.4	311	2,909	73.7
1.4~1.6	238	3,147	79.7
1.6~1.8	205	3,352	84.9
1.8~2.0	167	3,519	89.1
2.0~2.2	85	3,604	91.3
2.2~2.4	74	3,678	93.2
2.4~2.6	66	3,744	94.8
2.6~2.8	61	3,805	96.4
2.8~3.0	37	3,842	97.3
3.0~3.2	20	3,862	97.8
3.2~3.4	31	3,893	98.6
3.4~3.6	19	3,912	99.1
3.6~3.8	24	3,936	99.7
3.8~4.0	12	3,948	100.0

* 第一研究室

した値とする。

4. 消火水量の分析結果

(1) 全ての建物火災の消火水量分布

昭和49年度から52年度までの全建物火災についての資料から、図-1のような消火水量の分布を求めた。この場合、消火水量の分布とは、単位水量とそれに対応する火災件数、又は相対火災件数の分布をいう。

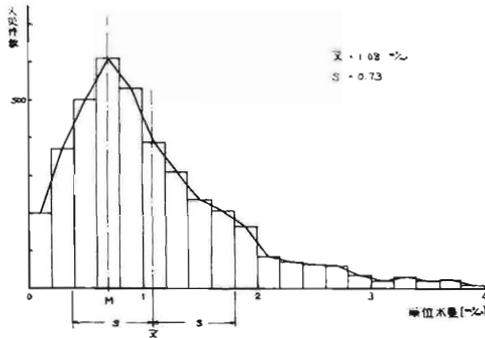


図1 全建物火災の消火水量分布 (昭和49~52)

この図において、横軸に単位水量をとり、縦軸に火災件数をとっている。平均単位水量と標準偏差を求めると、それぞれ $\bar{x}=1.08\text{m}^3/\text{m}^2$ 、 $S=0.73$ となる。つまり、1件の火災で単位焼損床面積当り平均 1.08m^3 の水量が消費されていることになる。

標準偏差は資料のばらつきの程度を表わす指標であり、その値が大きい程、資料のばらつきは大きいことになる。又、分布の特性を表わす指標として、最頻値があるが、図-1でいえば単位水量 $0.6\sim 0.8\text{m}^3/\text{m}^2$ が最頻値でこの場合の火災件数が最も多い。なお、図-1において単位水量が $4.0\text{m}^3/\text{m}^2$ 以上もあるが火災件数が僅少のため省略した。

次の分析作業として、表-1及び、図-2に示すように、消火水量の累積相対分布を求めたが、全体の火災件数の約半分は単位水量が $1.0\text{m}^3/\text{m}^2$ 以下であり、火災件数の80%は $1.6\text{m}^3/\text{m}^2$ 以下、90%の火災は $2.0\text{m}^3/\text{m}^2$ 以下であった。

(2) 構造別による消火水量

次に、建物の構造を木造、防火造、耐火造（簡易耐火造を含む。以下同じ）にわけ構造別に消火水量の分布を調べた。（図3～図5）又、各構造別単位水量の平均値、標準偏差、最頻値は表-2に

示した。

各構造別の代表値及び散布度から、耐火造は他の構造に比べ単位水量の平均は少いが標準偏差は最も大きい。従来、耐火造火災における水損防止が論議されているが、この統計からは、他の構造よりもむしろ、放水量は少ない。

木造火災は主体構造が倒壊するため、消火効率がよくなり、消火水量は少くなると考えられ、又建物の用途が画一的であるため、ばらつきも小さくなるものと思われる。

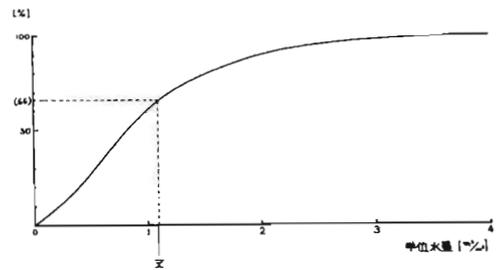


図2 消火水量の累積相対度数分布

表-2 単位水量の代表値

	木 造	防 火 造	耐 火 造
平 均	1.05	1.23	0.90
標 準 偏 差	0.69	0.76	0.77
最 頻 値	0.6~0.8	0.6~0.8	0.2~0.4

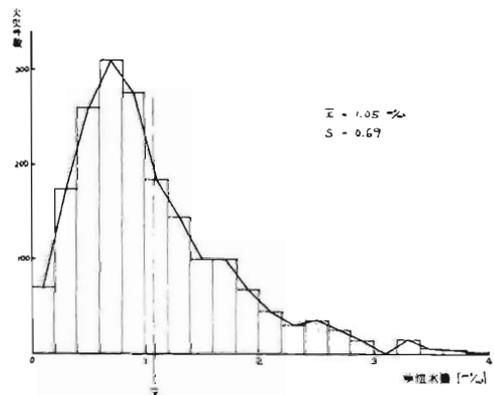


図3 木造建物火災の消火水量分布

防火造は、主体構造が比較的倒壊し難く、又モルタル壁内への注水等のため消火水量、ばらつき共に増大するものと思われる。なお、比較のため、各構造の相対消火水量を図6に示す。

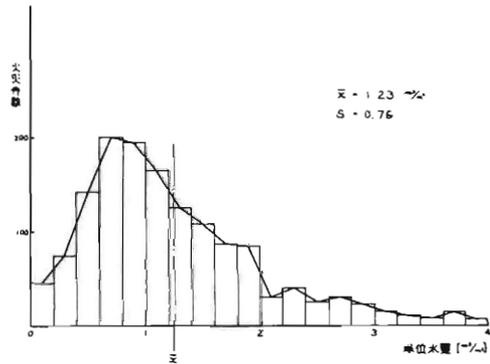


図4 防火造建物の消火水量分布

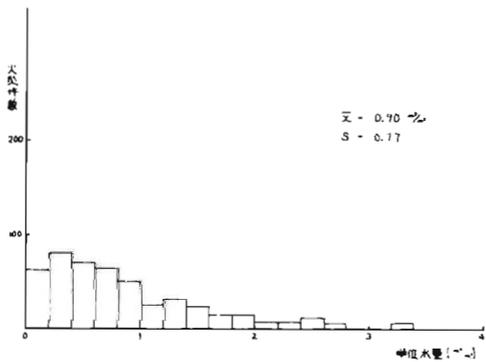


図5 耐火造（簡易耐火を含む）の消火水量分布

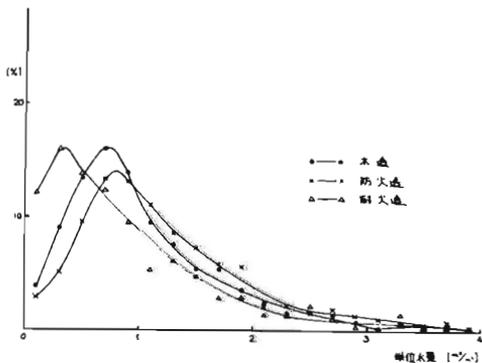


図6 相対消火水量分布

次に、図2で求めた消火水量の累積相対度数分布を構造別に求めた。(図7)これによっても、耐火造火災は比較的消火水量が少く、防火造火災は消火水量が多いことがわかる。

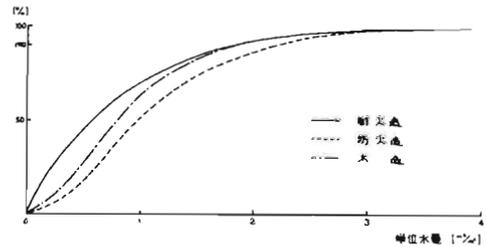


図7 構造別累積相対度数分布

(3) 火災期と非火災期による消火水量分布

火災期（12月～3月）と非火災期（4月～11月）におけた消火水量の分布を図8に示す。分布型からみると、火災期も非火災期もほぼ同型であるが、単位水量の平均は火災期の方が僅かに多い。(表-3)

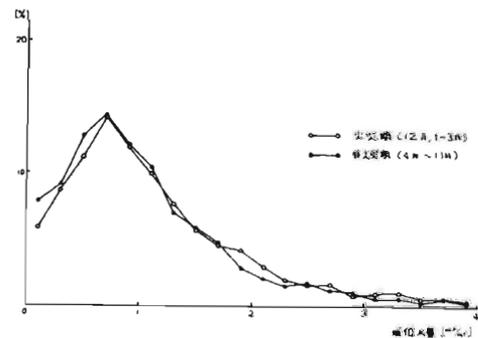


図8 全建物火災期非火災期別分布

構造別による火災期と非火災期の消火水量は図9～図11に示す。これらの図から、いずれの構造においても火災期の方が非火災期より多くの水を消費していることになる。

(4) 焼損床面積による消火水量の相異

焼損面積の相異により消火水量の分布は変化するであろうか。図1の分析から、1件の火災の総焼損床面積が33㎡未満、55㎡未満、80㎡未満、120㎡未満の火災を次々と取り除いていく。そのとき

の消火水量の分布の変化をみることにする。(図12)

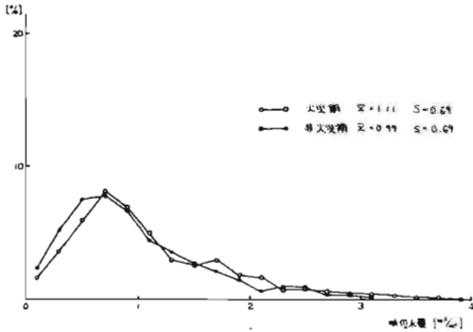


図9 木造建物火災期非火災期分布

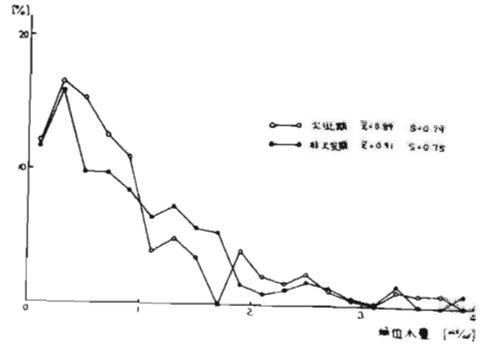


図11 耐火造建物火災期非火災期分布

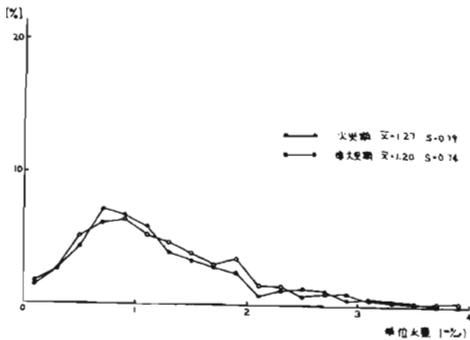


図10 防火造建物火災期非火災期分布

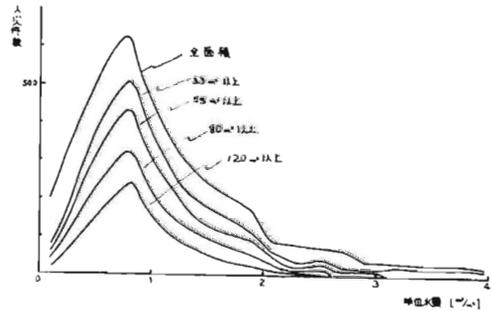


図12 焼損面積による分布形の推移

第一に気づくことは、焼損面積が大きくなると分布の型が滑らかになっていくことである。ついで、焼損面積が大きくなるにしたがって、単位水量の小さいものと大きいものが順次削除されていく。これらのことを考えると、焼損面積の大きい火災程、単位水量の平均は一定値に近づいていく。つまり、単位水量のばらつきが小さくなると考え

られる。逆に言うと、焼損面積の小さい火災は、単位水量のばらつきが大きいことになる。これらのことを更に確認するため、各焼損面積の相対分布を求めると図13のようになった。

次に、焼損床面積の少ない全体の火災に対して占める割合を単位水量ごとに求めてみると表-4のようになり、単位水量が $0.4\text{m}^3/\text{m}^2$ 以下、又は 2.4

表-3 火災期および非火災期の代表値

	火 災 期			非 火 災 期		
	平 均	標 準 偏 差	最 頻 値	平 均	標 準 偏 差	最 頻 値
全 建 物	1.09	0.74	0.7	1.02	0.73	0.7
木 造	1.11	0.69	0.7	0.99	0.69	0.6
防 火 造	1.27	0.79	0.9	1.20	0.74	0.7
耐 火 造	0.89	0.79	0.3	0.91	0.75	0.3

m²/m²以上の火災の約半数が33m²未満の火災であることがわかった。

参考までに、焼損面積別の各代表値と散布度を表一五に掲げた。

(5) 用途別による消火水量分布

住宅及び消防法施行令別表第一で定める防火対象物ごとに消火水量の分布を求めた。ただし、第一項、二項、六項～11項、13項、16項、及び16の2項については資料数が少いため削除した(図14～図15)。この結果、住宅の平均単位水量と標準偏差(1.04m²/m², 0.70)は木造建物の平均と標準偏差(1.05m²/m², 0.69)とはほぼ同一であり、この調査から類推すると、住宅火災の大部分が木造火災ということになる。

なお、全ての資料を防火対象別に分類すると、各対象物に該当する資料数は少くなるので、偶然性が入り、表一六の結果が必ずしも各対象物についての特性を表わしているとはいえない。

(6) 火災発生時間別による消火水量分布

消火水量は火災の発生時間に関係があるだろうか。時間帯を2時間毎とし、各時間帯における単位水量の平均とその推移を図16と表一七に示す。

これらの結果から、深夜帯の火災は昼間の火災に比べ単位水量が多い。最大値と最小値の差は0.26m²/m²で僅かであるようにみえるが、延面積50

m²の火災に対しては3m²の差がでる。

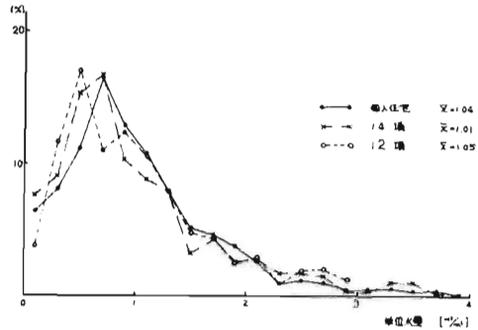


図14 用途別相対分布

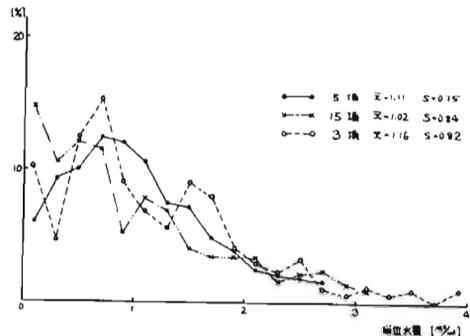


図15 用途別相対分布

表一四

単位水量 焼損面積	0～0.4	0.4～0.8	0.8～1.2	1.2～1.6	1.6～2.0	2.0～2.4	2.4～2.8	2.8～3.2	3.2～3.6	3.6以上
33m ² 未満	47.9%	23.2	20.8	27.0	28.5	37.7	48.0	56.1	44.0	73.8
50m ² 未満	57.5%	36.1	36.1	42.1	48.4	56.6	63.8	77.2	62.0	85.3

表一五 焼損面積別による単位水量の代表値

	全 体	33m ² 以上	50m ² 以上	80m ² 以上	120m ² 以上
平 均	1.08	1.04	1.01	0.98	0.94
標 準 偏 差	0.73	0.63	0.61	0.57	0.53
最 頻 値	0.6～0.8	0.6～0.8	0.6～0.8	0.6～0.8	0.6～0.8

表一六 政令対象別による単位水量

政令対象物	三 項	五 項	十二 項	十四 項	十五 項	住 宅
平 均	1.16 m ² /m ²	1.11	1.05 05	1.01	1.02	1.07
標 準 偏 差	0.82	0.75	0.73	0.75	0.83	0.74

(7) 不平等曲線

最後に、単位水量のばらつきの程度を構造別に調査する。これは(2)において標準偏差として求まっているが、ここでは不平等曲線によって再び確認することにする。構造別の不平等曲線を図17で示す。不平等曲線が直線からはずれるにしたがって単位水量のばらつきが大きいことを示すが、図17から木造と防火造のばらつきの程度はほぼ同一である。耐火造は他の構造に比べ単位水量のばらつきが大きい。これによっても、耐火造火災は他の火災に比べ複雑かつ多様であるといえるかもしれない。

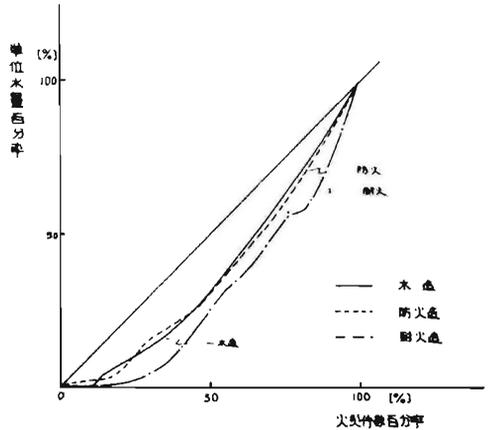


図17 不平等曲線

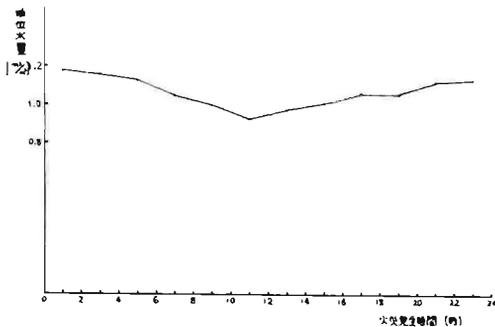


図16 火災発生時間別単位水量

だけで、未来予測に対しては何ら理論的根拠を有しない。しかし厳密に考えなければ約4,000ものデータを調べただけだから数年間は大体同じ傾向であると考えるのが常識的な答えかもしれない。ここでは、単位水量に着目し、種々の分類を行ってきたが、もう少し詳細に分類できないかという疑問がある。例えば、木造火災—火災期—共同住宅—発生時間10時とくわしく分類すると、すべてに該当する最後の分類項目である10時の資料数は極く少数となり、その中には偶然が入り、とてもすべてに該当する条件を充足するデータとは考えられない。

それでは、この少数のデータに対して推測統計により推定をすればよいと考えられるが、少数のデータから平均値等を推定できるのは、そのデータが正規母集団から抽出された時に可能なもので、今回の調査は、それが正規母集団から抽出されたデータであるとは確信できなかった。そのようなわけで前にあげた6つの分類にとどめたのである。

(2) 消火水量に対する考え方

4. 考 察

(1) 統計処理に対する考え方

今まで、約4,000件の消火水量に関する資料から、いろいろな分類を行い、その分布型、平均値、標準偏差、最頻値等を求めたが、これらの結果が将来の火災に対しても適用できるかという問題には答を出し難い。あくまでも過去の資料の整理だ

表一7 火災発生時間別単位水量

時間 年次	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	20~22	22~24
49年度	(m ³ /m ²) 1.26	(m ³ /m ²) 1.27	(m ³ /m ²) 1.25	(m ³ /m ²) 1.23	(m ³ /m ²) 1.02	(m ³ /m ²) 1.06	(m ³ /m ²) 1.16	(m ³ /m ²) 1.21	(m ³ /m ²) 1.16	(m ³ /m ²) 1.14	(m ³ /m ²) 1.28	(m ³ /m ²) 1.38
50年度	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
51年度	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
52年度	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
平均	1.19	1.16	1.13	1.05	1.01	0.93	0.98	1.01	1.06	1.06	1.13	1.14

消防隊員は、放口圧力、放水時間等から放水量を算出するが、放口圧力は消火活動中一定に保たれていないし、放水時間も筒先でシャットすることもあるから正確ではない。したがって算出される放水量も誤差を含んでいることになる。しかし、もともと統計処理というものは多数の資料から全体の傾向あるいは概要を把握することが目的であるので資料に含まれる多少の誤差は許容されるの

ではないかと考えている。

前にも述べたが、この報告書における処理方法はデータをありのままに求めたゆわゆる記述統計である。

これらのデータから未来予測、あるいは普偏性を導き出すのは今後の課題として更に検討を加えていくつもりである。

(4) 心拍数および心拍数増加率とRMR

全数における心拍数とRMRの関係は図5のとおりであるが、年代別の回帰方程式図17にするとRMRは年代別に有意差があるほどの変化はみられなかったが、20代ではRMRが高くなっても心拍数の増加は30代、40代に比べてわずかに少かった。

心拍数増加率とRMRの関係は図6のとおりであるが、年代別の回帰方程式を図18に示した。この図から20代では心拍数増加率が増加しても30代、40代に比べてRMRのふえかたが、わずかに少なかった。

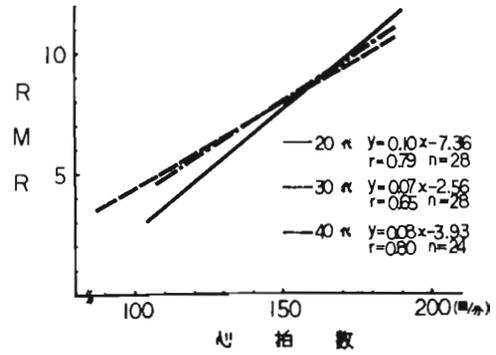


図17 心拍数とRMR

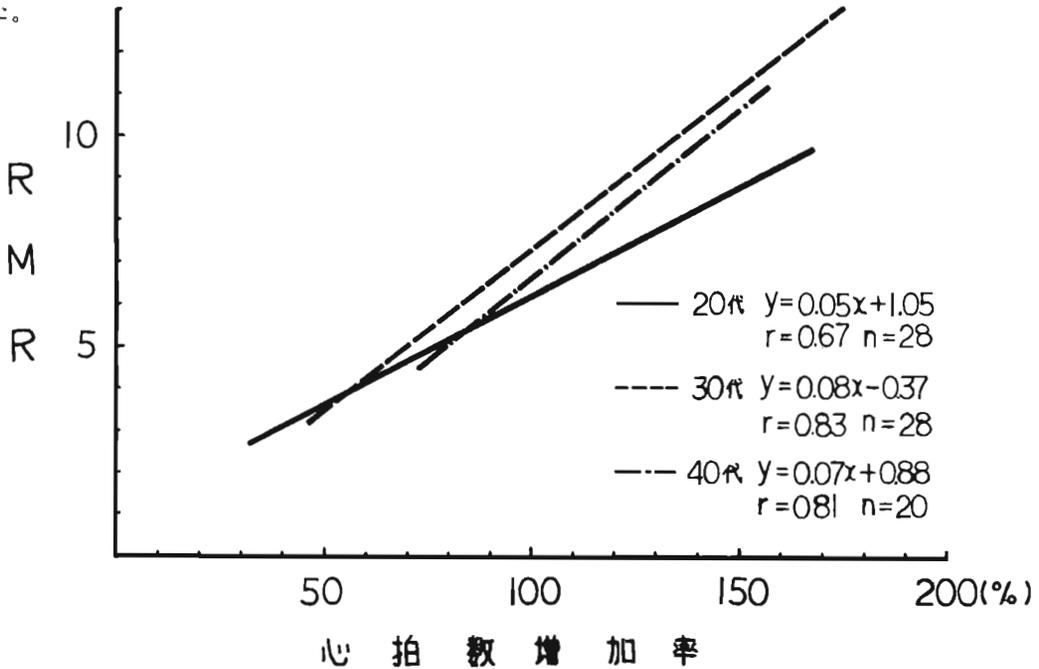


図18 心拍数増加率とRMR

沼尻によると図19に示すように、心拍数とRMRの関係は個人差が除去された心拍数増加率のほうがRMRとの相関が高いといわれているが本測定の結果、心拍数および心拍数増加率とRMRとの相関係数は図5、図6に示すようにはほぼ同じであった。この点は今後さらに検討する必要があるであろう。いずれにしろ、心拍数からRMRを推定するのは⁸⁾条件設定が難しいために、慎重が必要であり、安易な利用は誤りをおかす恐れがあるといわれている。⁹⁾

(5) 心拍数、呼吸数の年代別変化

心拍数、呼吸数の変化は図10-1～図10-4および図11-1～図11-4のとおりであるが、負荷直後、回復5分後における20代と30代、30代と40

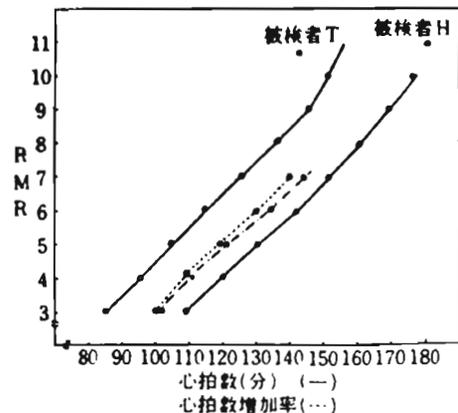


図19 心拍数とRMRとの関係
(沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝P.95)

代、20代と40代について平均値の差を検定したところ有意差はいずれの動作においても認められなかった。しかし、図に示されるように、負荷期、回復期とも年代別に変化が認められ、この傾向は負荷が厳しくなり、また年代が増すにともなって顕著になる。

一定負荷後の心拍数、最高血圧の回復過程を調べ、全身持久性を判定する方法としてステップテスト（踏台昇降運動）があり、図20¹⁰に中西による年令別の心拍数の判定指数を示す。このように心拍数の回復は年令により明らかな変化があり、ある程度の心臓機能のおとろえを示している。

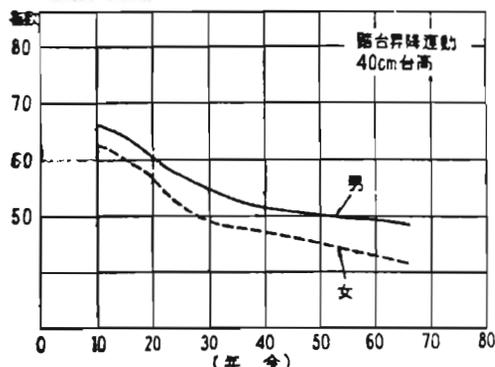


図20 踏台昇降運動

(中西光雄：体育生理学実験P.193)

(7) 最高血圧の年代別変化

最高血圧の変化は図12-1～図12-4のとおりであるが、負荷直後、回復5分後における20代と30代、30代と40代、20代と40代に平均値の差を検定したところ表5のように20代と40代、30代と40代の16例中9例に有意差が認められ ($P < 0.05$)、20代と30代には認められなかった。40代で20代と30代にくらべ最高血圧において回復のおくれが見られた。このことは、一定負荷後の最高血圧の測定が年代別の体力の変化を把握する興味ある一方法であると思われる。

5. 結 論

(1)心拍数、心拍数増加率は動作の強さと装備重量の重さが増すと増加する。

(2)年代別の心拍数、呼吸数の変化は平均値の差を検定した結果有意差はなかったが、負荷期、回復期とも年代に応じて明らかな変化がみられ年代が増すにしたがって負荷期に増加し、回復期には回復がおそかった。

(3)最高血圧について負荷直後、回復5分後の年代別平均値の差を検定したところ、20代と40代、30代と40代に有意差があった ($P < 0.05$)。

(4)空気消費量、酸素消費量、RMR、消費カロリーなどについては年代別の変化が認められなかったが、心拍数、呼吸数とくに最高血圧について年代の増加にともなって差が顕著になることがわかった。

表5 最高血圧の差の検定

年代		20代と30代	20代と40代	30代と40代
1	負荷直後	—	有意 ※	有意 ※ ※
	回復5分後	—	—	—
2	負荷直後	—	—	有意 ※
	回復5分後	—	—	—
3	負荷直後	—	有意 ※	有意 ※
	回復5分後	—	—	有意 ※
4	負荷直後	—	有意 ※	—
	回復5分後	—	有意 ※	有意 ※

※ ※ ($P < 0.01$), ※ ($P < 0.05$)

おわりに

以上われわれが知り得た年代別の心拍数、呼吸数、最高血圧の変化と文献による、各種の体力テストは10代後半をピークにして年齢が増すにしたがって体力が低下することを示している。この体力の低下と訓練、体力練成、気力の関係を追求し中高年層の消防隊員の安全管理と戦力保持の資とするためには今後この種の測定および調査研究を全庁的規模で実施する必要があると考えられる。

本測定に際し協力をいただいた牛込、新宿、渋谷、世田谷、野方消防署の隊員のみなさまに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 昭和52年版、厚生白書 (P13～P23)
- 2) 東京消防庁統計書 (昭和42年～昭和52年)
- 3) 山岡誠一・沼尻幸吉：スポーツ・労働・栄養学 (P149)、医歯薬出版株式会社(1976)
- 4) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝 (P92) 労働科学研究所 (1974)
- 5) 児玉・猪飼・石河・黒田：スポーツ医学入門 (P76) 南山堂 (1972)

- 6) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝 (P.70)
労働科学研究所 (1974)
- 7) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝 (P.95)
労働科学研究所 (1974)
- 8) ISHIDA, M.: The physiological respon-
se to walking uphill under hot environ-
ment. The Bulletin of Tokyo Medical and

- Dental University, Vol. 22, No. 2, P 139 (1975)
- 9) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝 (P.98)
労働科学研究所 (1974)
- 10) 中西光雄：体育生理学実験 (P.193)
技術書院 (1971)