

## 住民予定避難行動からみた一次集合場所の可能性について

山川 仁\* 秋山 哲男\*

### 要 約

災害時における住民の避難行動は、必ずしも広域避難場所（東京都防災会議が指定したもの）を利用するとは限らない。だが広域避難場所の計画避難人口は安全面積に対して容量いっぱい計画されている。もし住民が東京都が計画したとりに行動しないとすれば、混乱やパニックが発生することもある。

本研究では、第一に住民の予定避難行動をアンケートにより明らかにし、一次集合場所を経由する段階的避難の必要性を示した。第二に、延焼火災が発生した場合を想定し、一次集合場所およびそこから広域避難場所へ至る経路の利用限界時間を求め、他方集団で避難する場合の所要時間を求めて比較した。第三に、一次集合場所を経由する避難方式が可能でありかつ有効なことを示した。

### はじめに

関東大震災級の地震が発生した場合、各所で出火が予想されそのうち何割かが延焼火災となり市街地全体が火の海で覆われることになる。現在では市街地面積が当時に比べはるかに拡大し空地が極度に少なくなってきている。また、一方で個々の建築物の耐火化が促進されているが、道路など都市基盤が十分でないうえに、ミニ開発や木賃アパートなどが増加し都市全体として火災の危険性は増している。その上、火器具の使用状況は石油ストーブなどの出現によって当時に比べ格段の差があり、さらに市街地においてはガソリンスタンドやガスタンクなどが新たに加わり出火危険が大きくなってきている。

したがって市街地全体として空地も少なく、火災から避難を考える場合には横浜市のように避難不要地域<sup>1)</sup>（避難場所に避難しなくてもよい地域）を設定することはできず、全員避難を前提とせざるをえない。それゆえ延焼火災から市民を守るべく設定された広域避難場所<sup>2)</sup>が収容すべき人口は多数となり、面積の制約によって区内平均では1人当り1㎡がやっとである。よって、住民の自由な避難にまかせる程余裕はなく、そのために避難すべき地区を指定している。その結果、かなり遠距離(6~7km)まで避難しなければならないなど住民利用上不都合な点が多い。また、指定された広域避難場所を知らないなどの問題もあり、震災時には計画避難人口

どりに住民が避難するとは限らない。

本研究ではこうした指定された広域避難場所が住民によってどのように利用されるかを住民アンケート調査から明らかにし、また特定箇所に一時的に集合した後に指定された広域避難場所へ集団で避難することがどの程度、可能であるかを検討する。

### 1. 住民予定避難行動からみた予想される問題

#### 1-1 避難場所計画と調査の方法について

##### 1-1-1 広域避難場所の設定方法

大震災火災時において東京都区内では同時多発火災が予想される危険性は極めて高い。その対策として「東京都防災会議」では、延焼火災から住民が避難すべき場所として、東京都内計画避難人口総数1,152万人に対して134ヶ所（全面積5698ha、有効面積2553ha）の指定避難場所<sup>3)</sup>を用意した。（東京都、1979a）

広域避難場所の地区分けの基本的な考え方は、各区ごとに個有の避難地を割当て、すべての人々を指定した広域避難場所に割りふることを前提とし、その決定方法の主なものとは以下のとおりである。（東京都、1979b）

- ①避難地としての適格性は各地区に予想される大火災市街地輻射熱理論により算定した。
- ②避難地の収容人数はその中の道路や建築物を除いた有効面積に対して少なくとも1人当り1㎡とし

\*東京都立大学都市研究センター・工学部

たかったが、実際には1人当たり0.84㎡以上で案をまとめた。

- ③避難地は割り当てられた人口（避難人口）を収容可能なこと。避難人口は昭和55年度推定人口の夜間人口、昼間人口のうち多い人口による。

したがって、限られた避難地に避難人口を配分するために、避難地が遠いこと、地区のはしに偏在することなど実際の避難行動に不都合な点が止むをえず残されている。

1-1-2 住民の避難予定行動調査の方法と対象地域の概要  
前述の方法で各丁目毎に指定された広域避難場所が、住民利用上からみてどのような問題を含んでいるかを見出すために、住民へのアンケート調査を行なった。こ

のアンケート調査は生活環境や交通環境等の調査といっしょに行なったものである。（世田谷区，1978）

調査対象地域は世田谷区の一部で環状7号線、環状8号線、国道20号線、世田谷通りに囲まれた、面積1314ha人口20.4万人の地区である。（図1-1）当該地域は一部耕地整理や区画整理によって整備された地区もあるが、大部分の道路が迷路のように入りくんだ細街路で構成され幹線道路の整備も非常に遅れた地域である。

また、住宅についても木造建築の割合が高く密集が進行している。

調査の方法は、対象地域の小学5年生の児童の居る世帯を対象としたアンケート調査である。配布数は2000票回収率93.5%（1940票）であり、そのうち有効回答票は1505票であった。



図1-1 対象地区位置図

表 1-2 世田谷区における広域避難場所別避難計画

広域避難場所	有効面積 (ha)	避難計画 人口(万人)	世田谷区避 難計画人口 (万人)	一人当り 占有面積 m <sup>2</sup> /人	地区最遠 直線距離 (km)	備 考 (共同利用区)
1 馬事公苑周辺	14.87	14.90	14.9	1.00	2.7	
2 日大文理学部周辺	6.24	5.24	5.24	1.19	2.6	
3 羽根木公園	0.91	0.78	0.78	1.17	0.5	
4 明大八幡山グラウンド周辺	9.28	9.28	8.56	1.00	2.0	杉並
5 砧緑地公園周辺	31.42	14.90	6.86	2.11	2.1	
6 防衛庁技術研究所本部及び 世田谷公園周辺	12.59	12.52	4.25	1.01	1.1	目黒
7 多摩川河川敷 C	87.63	27.58	11.54	3.18	2.3	品川, 目黒 大田, 狛江
8 明治神宮・森林公園周辺	73.44	43.02	2.33	1.70	2.7	
9 東京大学教養学部	7.35	7.35	4.72	1.00	2.1	目黒
10 昭和女子大学周辺	5.65	5.84	5.84	0.97	1.4	
11 駒沢オリンピック公園周辺	17.02	16.79	8.23	1.01	1.7	目黒
12 都立園芸高校	2.29	1.84	1.84	1.24	0.9	
13 教育大農場 世田谷工業高校周辺	2.10	1.34	0.81	1.57	0.9	
14 第一生命グラウンド周辺	3.3	2.22	2.22	1.49	1.4	
15 NHKグラウンド周辺	3.89	3.81	0.89	1.02	1.6	

調査項目は以下のとおりである。

- ①お宅では、災害時に避難場所としてどこを考え、またそこまでの避難路としては、どの道をお考えですか。地図に……印で示して下さい。
- ②その避難場所へ行ったことがありますか。下欄のどちらかに○印を付けて下さい。
1. 行ったことがある
  2. 行ったことがない
- ③(②で1と答えた場合)その避難路の途中で危険を感じる区間があれば××××印で地図に示して下さい。またその理由を下欄から1つ選び○印を付けて下さい。
1. ガスタンクがある
  2. 橋がある
  3. 道路が狭い
  4. ガソリンスタンドがある
  5. ブロック塀がある
  6. 木造家屋が密集している
  7. 危険物取扱工場がある
  8. その他

また「東京都防災会議」によって指定された世田谷区の広域避難場所別避難計画を表1-2で示した。このうち対象地区内の人が指定された避難地は1~5までである。

## 1-2 住民の予定避難行動

### 1-2-1 住民の予定避難場所

調査結果より、住民の予定避難行動は広域避難場所へ避難しようと考えている者は全体の67%である。その他は輻射熱理論から危険と判断されている場所すなわち学校、公園、寺社、空地等に避難しようと考えている者が33%にのぼる。(表1-3)

広域避難場所に避難しようと考えている者も、避難地区割の定義(避難すべき広域避難場所が決まっていること)からみると、指定された広域避難場所を考えているものは48%にしかならない。また、広域避難場所以外を避難地として考えている33%の人の内訳は、公園、小学校が各々11%、寺社、その他の公共施設・空地等合計10%の割合である。

以上から、避難地区割の考え方が浸透していないために指定された広域避難場所へ必ずしも避難しないこと、また、輻射熱理論から危険と判断されている公園、学校、寺社等に避難しようとしていることなどが問題点として

表 1-3 住民の予定避難場所

住民の予定 避難場所	サンプル数	広域避難場所		広域避難場所以外					
		指定された 広域避難場所	指定以外の 広域避難場所	公園	公私立 学校	寺社	公共施設	空地 (含農地)	その他
合計	1010 (100)	482 (48)	198 (20)	109 (11)	112 (11)	47 (5)	27 (3)	23 (2)	12 (1)
		680 (67)		330 (33)					

注) ( ) 内は構成比(%)である

明らかになった。

### 1-2-2 広域避難場所の避難地区割からみた住民の予定避難場所

「東京防災会議」の避難計画における避難地区割の手法は、広域避難場所の収容可能な人口に対して、町丁目の昼間人口あるいは夜間人口のいずれか多い方を用いて計画されている。表 1-2 から分るように、ほとんどの広域避難場所が容量いっぱい計画されているために、他の地区の避難者の入り込む余地がなく、計画避難人口どうりに避難することによってのみ安全性が保証される場合が多い。

前述の住民予定避難行動からも分るように、住民は必ずしも指定された広域避難場所を利用するとは限らない。そこで住民が広域避難場所へ行った経験があるか、ま

表 1-4 広域避難場所への行った経験の有無

	票 数	構 成 比
行ったことがある	1042	77.8
行ったことがない	297	22.2

た予定避難行動をする場合、広域避難場所と住居との位置関係が避難行動にどのように影響するだろうか、などの点を明らかにするためにさらに詳細な検討を加えた。

① まず住民が「東京都防災会議」で指定した広域避難場所に行った経験があるかどうかについては表 1-4 で示した。この結果、広域避難場所に行った経験がある人は 8 割弱であり、2 割以上の人が指定された広域避難場所をまったく知らないことになる。

表 1-5 指定広域避難地区別住民の予定避難場所分布

住民の予定避難場所 指定された 広域避難地区	サンプル数	指定された避難地区内		指定された避難内地区以外	
		広域避難場所	広域避難場所以外	広域避難場所	広域避難場所以外
馬事公園周辺地区	479 (100)	238 (50)	142 (29)	78 (16)	21 (5)
		380 (79)		90 (21)	
羽根木公園地区	25 (100)	25 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
		25 (100)		0 (0)	
日大文学部周辺地区	262 (100)	101 (39)	79 (30)	81 (30)	1 (0.4)
		181 (69)		82 (31)	
明大八幡山グラウンド 周辺地区	224 (100)	108 (48)	78 (35)	37 (17)	1 (0.4)
		186 (83)		38 (17)	
砧緑地公園地区	20 (100)	7 (35)	8 (40)	15 (25)	0 (0)
		15 (75)		5 (25)	
合計	1010 (100)	479 (47)	317 (31)	201 (20)	23 (2)
		787 (78)		224 (22)	

注) ( ) 内は実数の構成比(%)である

したがって、指定された広域避難場所へ避難するかどうか、あるいは避難しようとしても出来るかどうかが疑問である。

② 次に、指定避難地区割が住民の避難行動からみてどのような問題点があるかを検討するために、避難指定地区別予定避難行動分析表を作成した。(表1-5)

この結果より、以下の四つのパターンが考えられよう。

i) 指定された広域避難場所へ行く

——最遠距離が短かく、地区の中央に位置し他の指定された広域避難場所や小学校・公園等のオープンスペースよりも近い所に指定された広域避難場所がある場合である。羽根木公園地区がこれに相当するが収容人口が少ないために他地区からの流入が多いと問題である。

ii) 指定避難地区内の他の場所(公園, 学校, 神社等)へ避難し, 指定された広域避難場所へあまり行かない——指定された広域避難場所以外に, 指定避難地区内の各所に緑地, 学校, 神社等のオープンスペースが多く, これらを避難場所として考えている人が多い地区である。

iii) 指定された広域避難場所へ行かずに他の広域避難場所へ避難しようとする——指定された広域避難場所が偏在しているために, 他の広域避難地の方が近い場合に起こる。実例として, 日大文理学部周辺地区, 明大八幡山グラウンド地区, 砧緑地公園地区の一部にみられる。

iv) 広域避難場所へは行かずに, 他地区の指定された広域避難場所以外へ行く——いずれの広域避難場所へも遠く, また地区内にも主なオープンスペースがない場合である。例としては, 馬事公苑周辺地区にみられる程度である。

その他, 住民の予定避難場所は住居から最短距離にある避難場所(広域避難場所, 学校, 神社, 公園, 空地等)を選択しようとする傾向があり, その意味で指定された広域避難場所と住宅との距離を考慮した地区割が望ましい。しかし, 広域避難場所の地区割は輻射熱理論によって判定された避難地を, 人命尊重の観点にたつて各広域避難場所の収容可能人数との関係で23区内の住民, 就業者, 通学者等すべての人口を避難対象と考えて計画されたものである。よって避難地区割の若干の修正は可能であるが, 新たな広域避難場所を確保しない限り大幅な修正は望めない。したがって指定広域避難場所へ住民が避難する方策を考えることが当面の課題と考えられよう。その具体的方策は事前に住民への宣伝, あるいは行政側で避難誘導の確立を図るなどが考えられよう。

③ 第三に, 収容人口と指定避難地区割の関係を表わしたものを表1-6に示した。これによると指定された広域避難場所の計画収容人口に対して, 住民の予定避難から

表 1-5 推定避難行動と計画避難人口のギャップ

	住民予定 避難人口 (A) (人)	計画避難 人口(B) (万人)	住民推定 避難人口 (C) (万人)	予定避難 ギャップ 率(D)
羽根木公園地区	159	0.70	3.15	4.50
砧緑地公園地区	11	0.60	0.22	0.36
日大文理学部地区	143	5.60	2.83	0.51
馬事公苑地区	250	8.70	4.95	0.57
明大八幡山グラ ウンド地区	109	4.40	2.16	0.49
そ の 他	338	0	(6.69)	—
合 計	1010	20.00	20.00	—

注) C ;  $C = A \cdot \alpha$

$$\alpha ; \text{拡大係数, } \alpha = \frac{\sum B}{\sum A} = \frac{200,000}{1010} \div 198$$

D ; 予定避難ギャップ率  $D = \frac{C}{B}$  とする。住民が実際にアンケートの比率で避難したものと仮定し計画人口とのギャップを求めたもの

みた指定された広域避難地の利用予定の割合を求めてみた。

利用予定の割合——1.0の場合, 広域避難場所の避難計画人口と住民の利用予定の人口が一致することを示す。1.0以上の場合は避難計画人口以上の人が流入することを示す。

この結果, 羽根木公園の場合は, 避難計画人口(0.7万人)の4.5倍(3.15万人)の住民の利用予定があると推定される。その他の広域避難場所は羽根木公園とは逆に, 利用予定の人口が避難計画人口を下まわると考えられる。

羽根木公園周辺の地域的特性にふれると羽根木公園を避難場所として指定されている地区は, 最も遠くとも0.4km以下である。しかし, 馬事公苑や日大文理学部を広域避難場所に指定されている地区は, 最も遠い所で2.4~2.6kmに及ぶ。ここで馬事公苑や日大文理学部を広域避難場所として指定された人たちが, 羽根木公園へ避難した場合を考えると, わずか0.2kmで避難可能である。したがって, 指定された馬事公苑や日大文理学部へ避難するより羽根木公園に避難する方がはるかに速く避難できる。

このように羽根木公園の場合は避難計画人口以上の住民避難が予想される。だが, 羽根木公園はその面積も狭く計画避難人口も容量いっぱいである。当然過剰避難による危険性が高く, 何等かの対策を講ずる必要がある。しかし, 前述の如く広域避難場所を新たに求める可能性がなく, しかも人口が減少し安全な都市にならないとすればおのずと住民に依拠せざるをえない。とりわけ住民

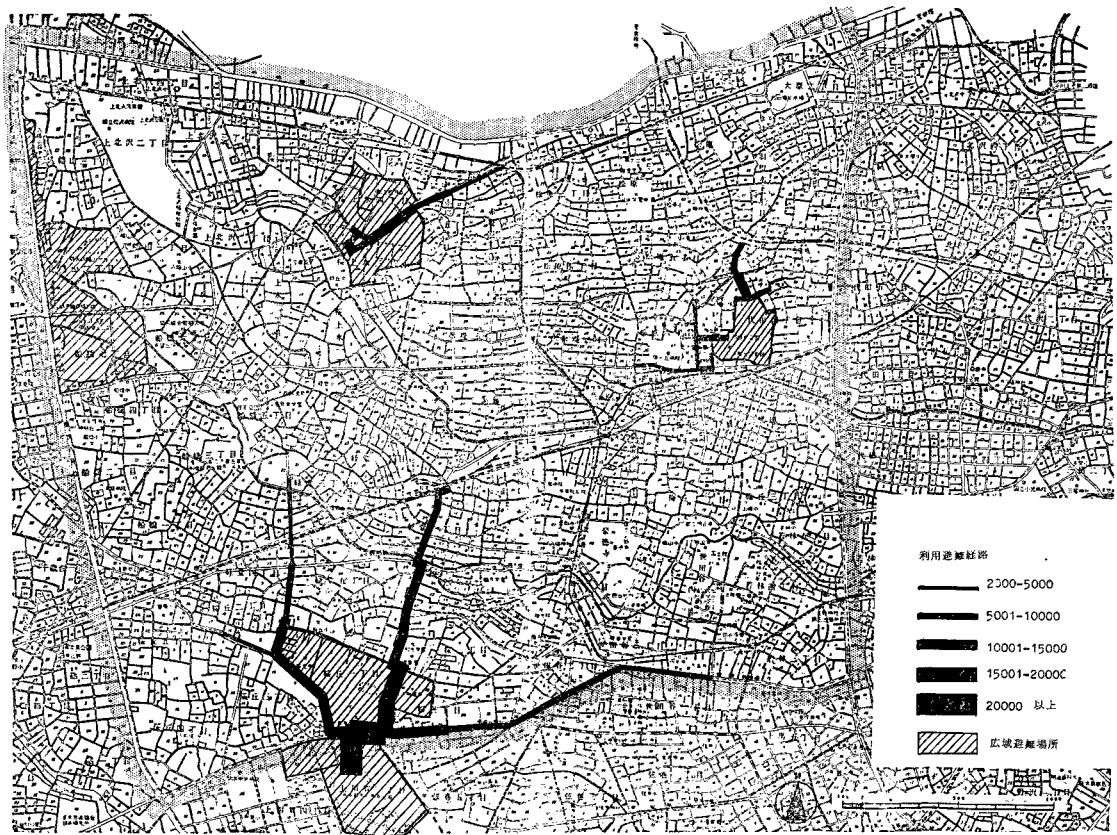


図1-7 利用避難経路図

を計画避難人口どりに避難するようにその誘導を図るなどのソフト面での対策が望まれる。

1-2-3 住民の利用予定避難経路—広域避難場所へ向う—  
対象地区における東京都の広域避難計画による指定避難路は環状7号、国道20号、世田谷通りの一部が指定されている。これらの指定避難路は必ずしも広域避難場所への最短経路上にはない。災害時に多数の住民が広域避難場所まで避難しようとする避難経路は図1-7に示す通りである。この図は住民アンケート結果から拡大係数を用いて実際の人口数に相当するように推定したものである。この結果からわかるとおり、2,000人以上の利用予定があるのは、すべて広域避難場所から放射状に伸びている道路で地区内においてはほとんど最短経路である。また指定避難経路のうち、2,000人以上の利用予定があるのは、広域避難場所と直接結ばれている世田谷通りだけで、国道20号線、環状7号線はいずれも2,000人以下である。その他、図には表わしていないが、2,000人以下

の利用予定経路は細街路にくまなく分布している。

以上から、住民の予定避難経路は避難地への最短経路を選択する指向が強く、指定避難路であっても避難地への最短経路上にしなければ利用予定は極めて少ない。

#### 1-2-4 住民が危険と感ずる予定避難経路

予定避難経路上の危険区間の指摘は、ほぼ予定避難経路の指摘が多かったルートに集中している。とりわけ危険の指摘数が多かった農大通りの特徴は、幅員が狭いこと、クランク状のカーブが多く見通しがきかないこと、歩行していてゴールの位置がまったくわからないことなどである。

次に、指摘した危険区間の理由について表わしたものが表1-8である。これによると上位3位まであげると「道路が狭い」ことが3割以上で最も多く、次いで「ブロック塀がある」16%、「ガソリンスタンドがある」11%の順である。ここで道路が狭くかつ迷路のような対象地区で、道路が狭いと指摘が多いのは実情と一致して

表 1-8 住民による避難経路上の危険区間指摘理由

項 目	指摘数 (%)
道路が狭い	214 (33.4)
ブロック塀がある	104 (16.2)
ガソリンスタンドがある	70 (10.9)
木造家屋が密集している	40 (6.3)
ガスタンクがある	19 (3.0)
橋がある	9 (1.4)
危険物取扱工場がある	3 (0.5)
その他	181 (28.3)
合 計	640 (100.0)

いると考えられる。しかし、ブロック塀の指摘が多いのは宮城沖地震で死者が多かったために過敏な反応が出ていると考えられよう。また、指摘数は少ないが、木造家屋が密集している、ガスタンクがある、橋があるなど指摘が少ないが無視できない。また、その他の指摘が3割弱あることは意外に多いと考えられる。

以上から、住民の危険区間指摘の理由は「道路が狭い」の指摘に象徴されるように都市基盤整備の遅れに起因するものが多いと考えられる。

## 2. 一次集合による避難の可能性の検討

前述の住民の予定避難行動から、広域避難場所の指定避難地区割が必ずしも守られないことが明らかとなった。だが、新たな広域避難場所確保に多くを期待できない場合人命尊重の立場から被災者最少を旨とすること、すなわち指定された広域避難場所へ住民を避難させる方法によって指定避難地区割の問題を補うことが考えられよう。

その有力な対策として指定された広域避難場所へ集団で避難させることによって効果的な避難の誘導が可能である。集団で避難する方法は、小・中学校などコミュニティーの中心的な施設を一次的な集合場所とし、ここに一度集まってから、集団で広域避難場所に避難することである。

そこでこの章においては、広域避難場所への避難誘導が可能なら、一次集合場所（指定された広域避難場所に集団で避難するために一次的に集合する場所）に集まってから集団で避難することの可能性の検討を目的とした。まずはじめに、避難行動を考える上で欠かせない延焼モデル式により、延焼火災となる出火点数の違いが、延焼面積にどの程度影響を及ぼすかを面積 9 km<sup>2</sup> の仮想地区において計算する。次に、一次集合場所にいったん避難してから指定された広域避難場所へ避難する可能性を延

焼速度との関係から世田谷区の一部で面積約 18km<sup>2</sup> のモデル地区において試算した。

### 2-1 延焼火災の出火件数別焼失面積

関東大震災級の地震が発生した場合、出火率がどの程度になるか、また、そのうち何割が延焼する火災となるかは議論すべき点が多々残されているが、ここでは延焼火災となる出火点数の違いが時間推移別に焼失面積とどのような関係を持つかを検討するため浜田式を用い以下の条件に基づいて行なった。

#### 2-1-1 延焼モデル式(東京消防庁, 1973), (東京消防庁, 1974)

ここで用いる延焼モデル式(浜田式)は、出火点を中心に卵型に拡大し、風下への延焼距離 S<sub>下</sub>、風側の延焼距離 S<sub>側</sub>、風上の延焼距離 S<sub>上</sub> の推定値を、市街地の木造および防火造(木造モルタル)建物の補正平均建弊率および建物混在率を与えて次のように算定するものである。

$$S_{下} = n \cdot K_{下} (t + 11 \log \frac{t}{t+25}) \dots\dots\dots ①$$

$$S_{側} = n \cdot K_{側} \cdot t \dots\dots\dots ②$$

$$S_{上} = n \cdot K_{上} \cdot t \dots\dots\dots ③$$

ただし

$$K_{下} = \frac{1.6(a_1+d)(1+0.1v+0.007v^2)}{3+\frac{3}{8}a_2+\frac{13.91}{10+v}d} \dots\dots ④$$

$$K_{側} = \frac{(a_2+d)(1+0.005v^2)}{3+\frac{3}{8}a_2+\frac{8d}{1.15(5+0.25v)}} \dots\dots ⑤$$

$$K_{上} = \frac{(a_1+d)(1+0.002v^2)}{3+\frac{3}{8}a_1+\frac{34.78d}{25+v}} \dots\dots\dots ⑥$$

$$n = \frac{a'+b'}{a'+\frac{b'}{0.6}} (1-c') \dots\dots\dots ⑦$$

a' : 木造建物の混在比

b' : 防火造建物の混在比

c' : 耐火造建物の混在比

$$d = \frac{a_1+a_2}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{m}} - 1 \right) \dots\dots\dots ⑧$$

t : 出火後の経過時間(分)

a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> : 建築物の奥行および間口。風下方向を a<sub>1</sub>、風横方向を a<sub>2</sub> とする。(m)

m : 木造および防火造建物の補正平均建べい率

n : 延焼速度比

d : 建築物相互の間隔(m)

v : 風速 (m/秒)

$$A = \frac{\pi S_{側}}{2} (S_{上} + S_{下}) \dots\dots\dots ⑨$$

A : 焼失面積

上記の式を用いて、以下の条件のもとで計算した。

$$\begin{aligned} \text{風速}(V) &= 8 \text{ m/秒}, \text{ 風向} = \text{北風} \\ m &= 0.486 & n &= 0.678 \\ a, a_2 &= 8m \end{aligned}$$

但し、 $m, n$ については、東京消防庁の「東京都市街地状況調査報告書」で250mメッシュ毎に計算された結果の平均値（1章で述べた世田谷区のアンケート対象地区内のみ）とした。

2-1-2 延焼火災の出火点数

これまでに東京都の出火率を予測したものでは「東京都防災会議」が採用した河角氏の方法（東京都，1967）と、水野氏の方法（水野，1978）がある。河角氏の方法が、関東大震災における市区町村ごとの出火率と建築倒壊率の関係から求めているのに対し水野氏の方法は十勝沖地震など石油ストーブが発火源として登場したデータも含め13個の地震における約千件の出火資料を統計的に処理して、出火率を求めたものである。

両者の出火率と全壊率の定義の違いは、表2-1に示した。これらの方法によって東京都23区内の出火件数を予想したものが表2-2である。この場合夏の夕食時には大きな差はみられないが、冬の夕食時には約11倍の差がある。ここで、浜田氏は平常時の初期消火率が80~82%、関東大震災時の42.5%の中間をとって、大震災時の初期消火率を60%とした。東京都防災会議ではこの考えをもとに東京区部の延焼火災となる出火件数を300件（初期消火率59%）と推定した。（表2-3）この例から1km<sup>2</sup>当りの出火件数を計算すると0.49件である。これより仮想地区の出火件数を求めると4.4件となる。同様に水野方式の場合も計算できよう。

また、世田谷区の一地区を対象としたモデル地区（後述）の延焼火災となる出火件数としては、世田谷区の1km<sup>2</sup>当りの延焼火災となる出火件数、0.49件（田中他，1979）に、世田谷区の面積58.8km<sup>2</sup>を乗じて28.8件を得た。

モデル地区の延焼火災となる出火件数（28.8件）の配分は東京都防災会議によって250m×250m毎に推定された地域別延焼危険度（0~9のランクで与えられる）に比例して以下の方法で求めた。

$$\begin{aligned} & \text{モデル地区の出火件数} \\ &= \frac{\text{モデル地区の全メッシュの延焼危険度の合計}}{\text{世田谷区全メッシュの延焼危険度の合計}} \\ & \times 28.8 \text{件} = 8 \end{aligned}$$

このようにして求めた仮想地区における1~10箇所とモデル地区における8箇所の延焼火災となる出火件数のケースを検討する。また出火点の出火位置は乱数（10m×10mを最小単位とした）により決定した。

表 2-1 出火率・全壊率の定義の違い

	全 壊 率	出 火 率
河角の方法	$\frac{\text{(全壊木造家屋棟数)}}{\text{(木造家屋の全棟数)}}$	$\frac{\text{(全出火件数)}}{\text{(木造家屋の全棟数)}}$
水野の方法	$\frac{\text{(全壊世帯数)}}{\text{(全世帯数)}}$	$\frac{\text{(全出火件数)}}{\text{(全世帯数)}}$

注）（水野，1978）

表 2-2 予想出火件数の比較

	夏の夕食時		冬の夕食時	
	東京都防災会議で採用された方法	水野方式	東京都防災会議で採用された方法	水野方式
東京都23区内	300	712	732	8197

注）（水野，1978）

表 2-3 延焼火災となる出火件数

	東京都防災会議で採用された方法	水野方式
延焼火災となる出火件数	300	3,361
世田谷区の1km <sup>2</sup> 当りの出火件数	0.49	5.80
仮想地区の出火件数（9km <sup>2</sup> ）	4.4	52.2

注）（水野，1978），（東京都，1975），（田中他，1979）を参考に作成した。

2-1-3 仮想地区における出火件数別焼失面積

対象とした仮想地区は焼け止まりとなり得る幹線道路（延焼阻止路線となるためには、道路幅員が20~25m以上（東京消防庁，1977）に囲まれていることを想定し面積9km<sup>2</sup>（3km×3km）の正方形の地区とした。

仮想地区における延焼火災となる出火件数（以後出火件数という）は表2-3に示すように4.4件である。当該地区では主として出火件数の違いが焼失面積とどのような関係があるかを把握するために、1件が出火の場合、2件が同時出火の場合から10件が同時出火の場合の10ケースについて行なった。その結果を時間推移別に表わしたものが図2-4である。

これから出火件数の違いと焼失面積の関係をみるために1件の出火の場合の焼失面積を基準としその倍数で表現することとした。（表2-5）

この表によると、出火後の経過時間が少ないうちは出火件数の増加につれ焼失面積も相当に増大するが、長時間経過すると出火件数による焼失面積のちがいはあまり小さくなる。

出火件数が5件を越えると、焼失面積はそれ程変化が



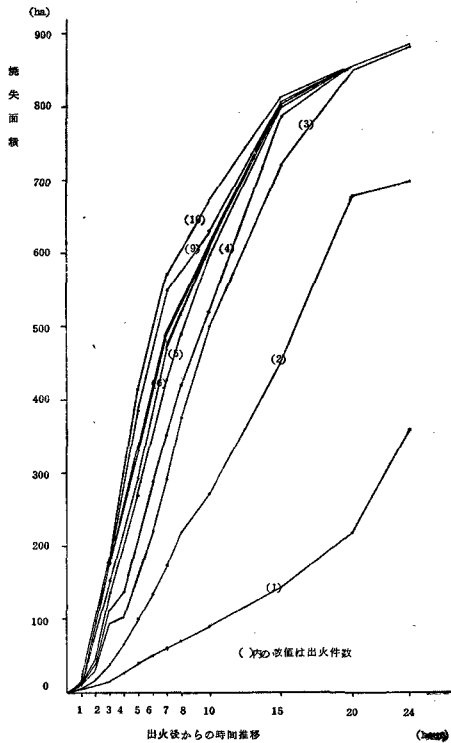


図2-4 仮想地区の出火件数別時間別延焼面積

表 2-5 1 件の出火の場合を基準とした焼失面積の倍率

出火からの時間 経過 出火件数	出火からの時間経過						
	3 時間	5	7	10	15	20	24
1 件出火の場合	1	1	1	1	1	1	1
2 件同時出火の場合	2.3	2.5	2.9	3.0	3.1	3.1	1.9
3     "	5.9	4.0	4.8	5.6	5.0	3.9	2.4
5     "	8.5	6.8	7.2	6.7	5.6	3.9	2.4
10    "	12.0	10.3	9.5	7.5	5.6	3.9	2.5

注) 数字の単位は (倍) である。

なく同一時刻に 1 件ふえるごとに 10~30ha の焼失面積が増加する程度である。また 20 時間を経過すると 3 火点以上の焼失面積はほとんど変わらない。(図 2-4)

したがって東京都防災会議の出火件数の範囲なら避難計画をたてる可能性があるが、水野方式の場合ではわずか 900 ha の地区に 52 箇所から延焼火災が出火するので、すぐさま火の海になる可能性が非常に強いため避難計画に依存できず、むしろ都市をハードな面から造り変える以外ない。

以上から東京都防災会議で採用したものをもとに算定した仮想地区の出火件数 5 箇所以上あるいはそれらを少し上まる程度の出火件数ならば避難行動を計画する可能性が見い出せる。

2-1-4 モデル地区における焼失面積の変化

世田谷区の延焼阻止路線に囲まれた(環状 7 号線, 環状 8 号線, 国道 20 号線, 東名高速道路) 約 1800ha の地区を対象とした。(図 2-6) 東京都防災会議で採用した延焼火災の出火件数 300 件から、前述の方法により対象地区にふりわけた 8 箇所を、前述と同様に浜田式により 8 件同時出火の場合についてのみ行なったものである。

その結果は図 2-7 に示すとおりで、その傾向は仮想地区の場合とほぼ類似している。

2-2 一次集合による指定広域避難場所への避難

前述のモデル地区における焼失面積のところでも扱った 8 件の延焼火災を同時出火させた場合について、指定広域避難場所へ避難する際に、いったん一次集合場所(指定された広域避難場所に集団で避難するために一次的に集合する場所)に集合してから避難することを検討する。

第一に、一次集合場所に集合する場合に、設定した一次集合場所が延焼火災によって着火し、一次集合場所としての機能を失うまでの時間  $U_1$  を求める。

第二に、一次集合場所から指定された広域避難場所へ避難する場合に、避難可能な経路がすべて延焼火災によって閉ざされるまでの時間  $U_2$  を求める。 $U_1, U_2$  は前述の延焼モデル式によって計算される。

第三に、一次集合場所を経由して、指定された広域避難場所へ全員が到達するのに必要な総所要時間  $T$  を求める。この場合の前提条件としては、

- ①一次集合場所として既存小学校 21 箇所とした。
- ②避難の方法は、各小学校区毎に決められた小学校まで各自自由に避難し、いったん小学校に集合してからある単位 (100 人程度) 毎に指定された広域避難場所まで集団で避難することとした。(図 2-8) 各小学校まで集合に要する時間を約 30 分~1 時間とする。小学校区の人口をすべて 12,000 人と仮定した。
- ③道路 1 m 当りの 1 分間の避難容量<sup>注 13)</sup> (藤井, 1975) 一人が歩行するのに要する面積  $S$  は、藤井氏の実験によると次のように与えられている。

$$S = W \cdot l$$

$$l ; \text{人頭間隔, } l = 0.40 + 0.25(V - 2.5)^{0.6}$$

$V$  ; 歩行速度

$W$  ; 一人の歩行者が身体を回転しないで歩行できる最少幅員  $W \geq 0.75m$

$$d : \text{群集密度, } d = \frac{1}{S}$$

$N$  : 幅員 1 m 当りの 1 分間の流出人数,

$$N = d \times V$$

ここで  $W = 0.80m, V = 1.8km/h = 30m/\text{分}$  とすれば  $S = 0.66m^2$  である。これにより流出人数を求め



図2-6 モデル地区の焼失面積の時間別推移

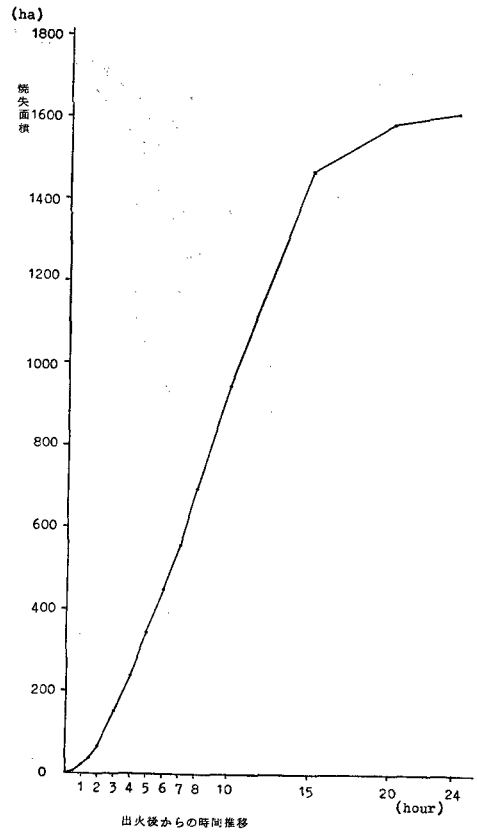


図2-7 モデル地区の時間別延焼面積 (8件出火の場合)

ると  $N = \frac{1}{0.66} \times 30 \text{ m/分} = 45 \text{ 人/m} \cdot \text{分}$  である。

- ④ 避難経路の有効幅員は道路幅員の50%としたが、広幅員の道路は、5mを最大有効幅員とした。
- ⑤ 避難経路は、広域避難経路ではなく指定された避難場所へ到達できる道路なら良いとした。
- ⑥ 避難者はいずれも健康で歩行可能なものとした。

2-2-1 指定された広域避難場所への所要時間と避難経路・一次集合同所の利用限界時間

一時集合同所にいったん集合してから、指定された広域避難場所へ避難するまでの総所要時間  $T$  は次の式に示すことができる。

$$T = K + t_1 + t_2$$

$T$  ; 住居が一次集合同所を經由して指定された広域避難場所までの避難総所要時間 (但し

12,000人すべての避難とする)

$K$  ; 住居から一次集合同所までの所要時間, 出火後30分と仮定する。

$t_1$  ; 集合した12,000人が一次集合同所から脱出するまでの所要時間

$t_2$  ; 一次集合同所から指定された広域避難場所までの所要時間

この結果,  $t_1, t_2, t_1 + t_2, T$  と, 一次集合同所利用限界時間  $U_1$  と, 避難経路の利用限界時間  $U_2$  を表わしたものが表 2-9 である。

2-2-2 利用限界時間と避難所要時間の比較

- ① 一次集合同所が延焼火災によって利用不可能になるまでの時間  $U_1$  と, いったん一次集合同所に集まってから集団を形成してその場所を全員退去するまでの所要時間 ( $K + t_1$ ) とを比較したものが図 2-10 で

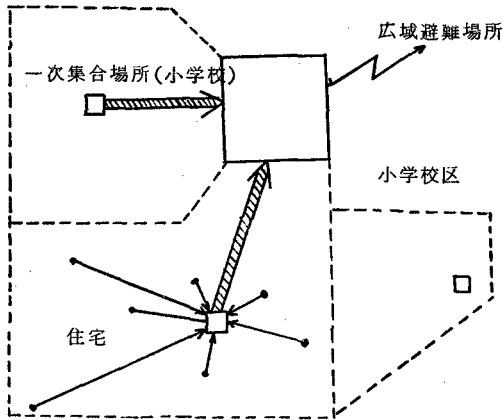


図2-8 一次集合避難の模式図

ある。これによると、

$$U_1 < K + t_1 \text{ となる場合,}$$

すなわち一次集会所からの全員退去以前にその場所が危険となり、避難が不成功に終るのは4箇所あって全体の約2割である。また両者の差がほとんどないものが一箇所、残りはかなり時間的余裕のある避難が可能と考えられる。

②また一次集会所から広域避難場所へ至る経路が延焼火災によって利用不可能になるまでの時間  $U_2$  と避難者が一次集会所を経由して全員が広域避難場所に到達するまでの総所要時間  $T (= K + t_1 + t_2)$  とを比較したものが図2-11である。

図中  $U_2 < T$  となるのが2ヶ所あるが、この2つは上述の①において、 $U_1 < K + t_1$  であった4ヶ所（一次集会所番号2, 8, 10, 21）に含まれている。したがって一次集会所からの退去に成功しながら、その後の広域避難場所への避難が不可能になると推定されるケースはない。しかし、点線で示し

表 2-9 一次集合を前提とした避難の所要時間及び利用限界時間

一次集会所 の番号	一次集会所から広域避難場所 までの			所 要 時 間				利用限界時間	
	実距離 (m)	利用可能 道路本数 (本)	利用可能 な道路の 有効幅員 (m)	$t_1$ 一次集会所 脱出に要 する (分)	$K + t_1$ 住居から一 次集会所 脱出まで (分)	$t_2$ 一次集会所 から広域 避難場所ま で (分)	$T$ $K + t_1 + t_2$ 住居から広 域避難場所 まで (分)	$U_1$ 一次集会所 (分)	$U_2$ 避難経路 (分)
1	533	2	4	66	96	18	114	540	540
2	200	2	4	66	96	9	105	60	120
3	0	—	—	0	0	0	30	360	300
4	167	3	7	38	68	6	74	840	900
5	267	2	4	66	96	9	105	510	600
6	1,867	2	4	66	96	62	158	960	540
7	600	1	2	132	152	20	184	150	150
8	133	2	4	66	96	4	100	1,080	1,080
9	1,400	1	2	132	152	47	209	180	240
10	3,000	1	2	132	152	100	262	30	60
11	2,867	2	4	66	96	96	192	390	240
12	2,467	2	4	66	96	82	178	660	240
13	2,267	1	3	88	118	76	194	360	240
14	267	2	4	66	96	9	105	480	480
15	1,000	3	6	44	74	60	134	780	270
16	86	3	6	44	74	3	77	420	540
17	1,467	2	4	66	96	56	152	660	270
18	733	2	3	88	118	40	158	390	270
19	1,333	2	4	66	96	44	140	660	600
20	400	3	6	44	74	13	87	690	660
21	800	3	6	44	74	27	101	60	120
平均	1,041	1.85	3.95	69	99	37	136	488	400

注) 利用可能な道路の有効幅員＝総道路幅員の5割を有効幅員とした。

た危険ラインに近い一次集合場所は、①に比べ②のほうが多くなっている。

③  $U_1$  と  $U_2$  の関係を図2-12に示す。  $U_1$  と  $U_2$  が比較的に接近した時間となる場所が多いが、平均をみると  $U_1$  は8.1時間  $U_2$  は6.7時間となる。これは面積数haの点に近いと見なされる一次集合場所のほうが、そこから広域避難場所へ至る線としての経路に比べ、延焼火災によって利用不能になるまでの時間がより長くなるであろうという直観的な見通しと合致するものといえよう。

以上より、このモデル地区における計算では、第一に一次集合場所が延焼火災のためにやられて、集合自体あるいは集合後の全員退去が不可能になるケースはあまり多くないこと、第二に一次集合が成功すればそこから広域避難場所への移動が経路の延焼によって不可能になるケースはないことが明らかになった。したがって、避難者の統制と誘導、情報の伝達等において利点が多いと思われる、一次集合場所を経由する避難方法は、延焼火災において一定の有効性を持つものと考えられる。

### 2-3 避難容量を超過する広域避難場所の問題

前述のアンケート結果において特に問題となったのは羽根木公園（広域避難場所）への推定避難人口が計画避

難人口すなわち避難容量の約5倍に達するということがあった。

ここでは図2-14のように、指定された広域避難場所よりも羽根木公園のほうが近い距離にあるような地区にある一次避難場所を取り上げて、指定された広域避難場所へ誘導するために考えられた一次集合場所を経由する避難方式について検討を行なう。

表2-13の左側(A)に示すように、一次集合場所を経由して広域避難場所（指定された場所および指定外の羽根木公園）への所要時間は、羽根木公園へ向うほうが0.1~1.2時間ほど少なくなっている。ただしNo.15を除く。また表の右側(B)に示す如く、延焼火災を想定した場合一次集合場所と広域避難場所を結ぶ経路における出火後の利用限界時間は、羽根木公園へ向うほうが1.5~6時間ほど大であって余裕のあることが判る。

このように一次集合を行なった場合でも、上記6ヶ所については指定外の羽根木公園へ向うほうが、時間的あるいは安全性の面で多少有利であると推定される。しかしながら、羽根木公園の避難容量が少ないので、指定地域外の人々を受入れることは計算の上では不可能であるから、指定地区以外の人々の流入がないように、積極的な誘導が必要になる。このためには、避難場所への個人による自由な避難ではなく、一次集合場所へ集合して、統制のとれた集団避難を行なうことが重要である。

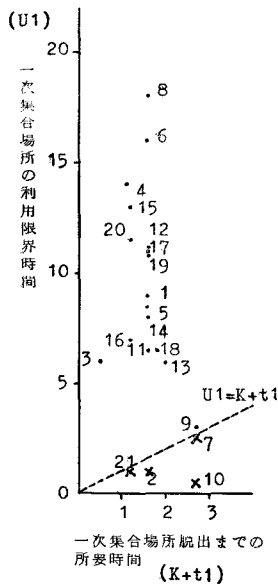


図2-10 一次集合場所の利用限界時間

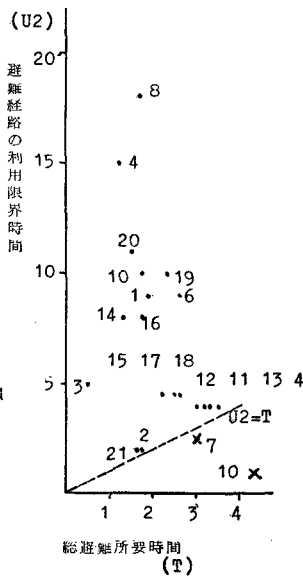


図2-11 避難経路の利用限界時間

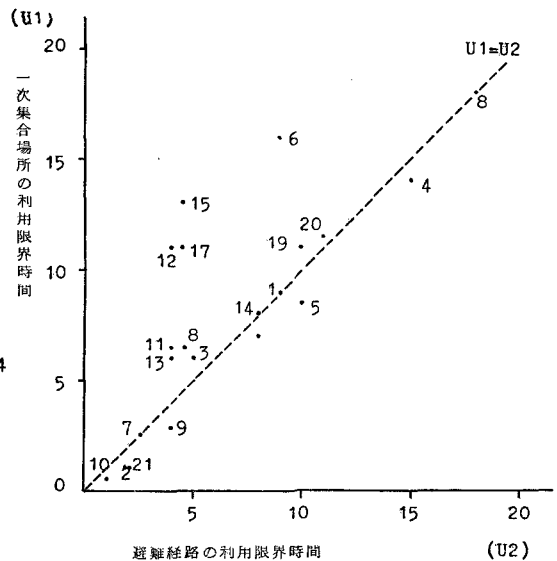


図2-12 利用限界時間

表 2-13 一次避難場所を経由する必要避難時間と延焼火災による経路の利用限界時間

広域避難場所 一次集合場所番号	(A)一次集合場所経由の必要避難時間 (h)		(B)延焼火災がある場合の利用限界時間 (h)	
	指定広域避難場所	羽根木公園	指定広域避難場所	羽根木公園
No.6	2.1	1.5	9.0	14.5
No.10	2.8	1.6	1.0	2.0
No.11	2.3	2.2	4.0	6.5
No.12	2.2	1.8	4.0	10.0
No.13	2.6	2.2	4.0	6.0
No.15	1.5	2.0	4.5	6.0

他方一次集合を行なうために生じうる時間的な遅れ等により避難が困難になることも考えられるが、図2-11をみるとNo.10を除く5ヶ所はその危険はなさそうである。No.10においては、広域避難場所への経路が延焼火災によって利用不能となるまで1時間と極端に短い。したがってこの場合は、一次集合実施の有無にかかわらず避難が困難になると考えられる。

以上より、容量を超過する流入避難人口が予想される羽根木公園の周辺地区の避難については、容量超過分の人口は一次集合場所に集合した上で容量的に問題がない指定避難場所へ集団で避難するという方法が有効であ

り、それが可能であると考えてよいと思われる。

### 3 まとめと今後の課題

本研究により以下の点が明らかになった。

- (1)世田谷区の一部であるモデル地区における分析によると、大震災火災の場合に広域避難場所へ避難しようとする者の割合は7割程度であり、自治体による地区割に従って指定避難場所に向おうとするのは半数以下にすぎず、住居等に近い避難場所を選択するものが非常に多い。
- (2)避難場所の容量が十分でない場合には、避難希望人口が容量を越える場合があり、4.5倍に達する地区がありきわめて危険である。これに対処する方策として、小学校区等によるコミュニティー単位で、一定の集合場所に集合し、その後集団で指定避難場所へ向うという避難方式が考えられる。これにより容量とのバランスのとれた避難を達成するための条件ができる。
- (3)延焼火災により一次集合場所やそこから広域避難場所への経路が利用不能になるまでの時間と、集団で避難する場合の所要時間とを既存のモデル式等によって比較すると、一次集合場所の火災で、一次集合による避難が不可能になるケースが約2割あるものの、残りは一時集合後に指定広域避難場所への集団避難が可能である。
- (4)広域避難場所の地区割指定が守られるのが困難と予想されるので、指定避難場所への誘導を強力に行なうための段階的な避難方法、すなわち一次集合場所を設定する方法が考えられるが、その可能性があることが示された。

今後の課題としては、第一に試算のケース数を増やして各種の条件の多様な組合せを検討し、より一般性のある計算結果を求めること、第二に災害時の行動様式に関し、避難以外の行動をとる人々あるいは避難の際の心理的側面を考慮にいたしたモデルの開発、第三に個人の自由

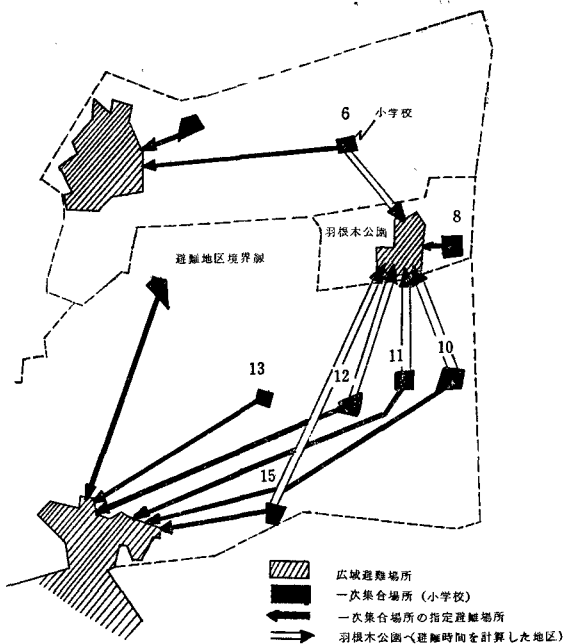


図2-14 羽根木公園周辺の一次集合場所

避難行動の取扱い方の検討が必要であろう。

さらに、広域避難場所を設定し、需給バランスを保つべく地区別を行ない、とにかく全員を避難させようとする考え方そのものについても、よりつめた検討が必要であると思われる。

注1) 避難不要地域——都市火災の出火・延焼危険性がない地域で、かつ、危険物・中高圧ガス管・高圧送電線等の危険度の低い地域。建弊率では5%未満の地域。これは建弊率が5%未満程度の疎開な地域で、大地震とともに、その地域内から火災が起ったとしても、それが隣接家屋に次々と延焼するおそれがない場合で、すなわち、地域住民が火災の状況などを自ら判断し、行動しても生命の安全が確保され、他の避難場所への避難割当ての必要がない地域である。

横浜市, 1976 広域避難場所 268ページ

注2) 広域避難場所——大震火災の危険から生命を守るための避難場所として設定した特別の場所をいう。その決定方法は輻射熱理論、すなわち、延焼火災から生命の安全が保証される距離(約300メートル)を保つことを基本的な条件とし、周辺的环境条件(木造率, 空地率等)を考慮して決められる。

注3) 指定避難場所——各々の広域避難場所を地区住民に固有の避難場所として割り当てたものをいう。そのねらいは主として混乱防止である。

## 文 献 一 覧

世田谷区

1978 『世田谷区道路計画基本調査報告書』

田中義郎・陸口潤・伊東章治

1979 『震災無防備都市』勁草書房 82p.

東京消防庁

1977 『大震災時における焼け止まり効果と防災対策』

東京消防庁・東京都

1973 『東京都の市街地状況調査報告書—その1』

東京消防庁

1974 『東京都地域別延焼危険度とその対策について—その1』

東京都総務局行政部

1767 『東京都の大震火災被害の検討』

東京都防災会議

1975 『地震に関する地域危険度測定調査報告書』

東京都

1979 a 『大震火災時広域避難場所の現況調査と適地選定に関する調査研究』

東京都

1979 b 『避難場所及び地区割当計画』

西坂秀博

1975 「歩道幅員に関する研究」『交通工学』10巻5号 29p.

日本損害保健協会

1974 『東京大震火災への対応』 50p.

水野弘之

1978 『地震時出火に関する基礎的研究』

ON THE METHOD OF REFUGE FROM A STANDPOINT  
OF RESIDENTS' REFUGE BEHAVIOR

Hitoshi Yamakawa\* and Tetsuo Akiyama \*

*Comprehensive Urban Studies*, No. 8, 1979, pp. 41—55

At the time of an earthquake those fleeing their homes and offices do not always go to large disaster prevention shelters designated by local government.

The capacity of those large shelters is not so enough. If refugees do not move according to the designated plan, much confusion or panic shall arise.

Conclusions are as follows,

- 1) Through a questionnaire survey sent to residents, expected refuge behavior in an earthquake disaster are analysed. And the necessity of plan, that refugees should first gather at a primary refuge such as a school, and then go to the designated shelter as a group, is suggested.
- 2) As established by models concerning the spreading of fires, a maximum time length, before the primary refuge place and the route to the designated shelter are destroyed by the fire is calculated. The time required of the refugees from their homes to the designated shelter is also calculated.
- 3) Comparing the above-mentioned time lengths, the effectiveness of the refuge plan via primary refuges is testified.

\* Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University