

1. 概要

水災害の軽減・防止には、河川・海岸堤防の整備、河道改修、防災調節池・湛水池の整備、排水施設の整備といったハード面の対策とともに、予警戒および水防、避難、救助の活動といったソフト面からの対策も必要である。とくに、人命損失の防止という面からは、避難対策は最重要となる。そこで、河川洪水、内水、高潮などの危険性の高い名古屋市南部の港区について、避難行動として事前避難を想定し、その対象となる一時避難所の配置の現状に関して、LPによる検討を行った。

2. 名古屋市港区の水害避難所の現状

表-1 港区の水害避難所の現状

避難所の区分	一時避難所	収容避難所
避難所数(か所)	78	30
収容人数(人)	120,200	25,740
収容率(%)	89.6	19.2

港区の面積は45.37km²、人口は134,131人(昭和56年10月1日現在)で、水害避難所の現状は表-1のようである。これは、名古屋市全体の収容率(一時避難所; 35.0%, 収容避難所; 7.2%)よりかなり高い数値となっている。

表-2 避難距離表

地域	避難所		
	1 ... j ... n		
	1	j	n
i	C _{ij}	C _{ij}	C _{in}
l	C _{il}	C _{il}	C _{in}
m	C _{mi}	C _{mi}	C _{mn}

表-3 避難人数表

		避難所			地域の 避難人数
		1	j	n	
地域	1	x_{11}	x_{1j}	x_{1n}	u_1
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	i	x_{i1}	x_{ij}	x_{in}	u_i
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	m	x_{m1}	x_{mj}	x_{mn}	u_m
避難所 収容人数		v_1	v_j	v_n	$N = \sum_i u_i$

3. LPによる定式化

a. 目的関数の設定 図-1のように港区を7ブロックに分け、各ブロックごとに街区分を単位とした地域分割

を行った(地域分割数; m)。各地域からブロック内の各避難所へ避難する場合の避難距離を表-2に、避難人数を表-3の

ように定める。地域i (i=1, ..., m) から避難所j (j=1, ..., n) へ避難する場合の避難距離C_{ij}と避難人数x_{ij}の積の和をブロックの総人数 $N = \sum_i u_i$ で割った1人当り避難距離F(x_{ij})、すなわち、

$$F(x_{ij}) = \frac{\sum_i \sum_j C_{ij} \cdot x_{ij}}{N} \quad (1)$$
 を目的関数とし、この最小化を計る。

b. 制約条件の設定 まず、各地域の避難人数は地域人口に等しく、

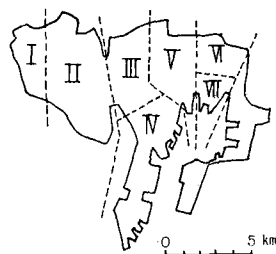
$$u_i = \sum_j x_{ij} \quad (2)$$

であるとする。また、各避難所が収容する避難人数は、指定の避難人数以下とする。しかし、ブロック全体の避難所の総収容人数が少ない場合、あるいは収容人数が十分でも配置が不適切な場合には、避難者数が特定の避難所に集中したり、指定の収容人数を上回ったりする。そこで、それぞれの避難所に指定の収容人数を上回ること許す倍率 α を乗じ、この範囲内の収容を条件とする。すなわち、 $0 \leq \sum_i x_{ij} \leq \alpha v_j$ (3) とおく。以下、式(2)、

(3)を制約条件とする。なお、各ブロックの地域分割数mと避難所数nは表-4のようである。

c. 各地域の避難人数の補正 水災害の避難行動においては、RCの高層住宅の高い階の住民は、指定避難所など外部へ避難するよりもむしろ自宅に待機している方が安全である場合が多い。また、自宅外へ避難する場合でも、必ずしも指定避難所へ避難するとは限らない。そこで、避難人数について

図-1 港区のブロック分割



て以下の補正を行う。補正1)；高層住宅（県営、市営、公社・公団住宅など）の2階以上に住む住民数 w_i ($i=1, \dots, m$) を除く。補正2)；昭和57年の水害アンケート調査において指定避難所へ避難すると回答した割合 0.77 を係数として乗ずる。これらの補正後の各地域 i の避難人数 u_i^* は

$$u_i^* = (u_i - w_i) \times 0.77 \quad \text{--- (4)} \quad \text{となる。これにより、}$$

地域の全住民が避難する場合と補正人数についての住民が避難する場合について1人当り避難距離を計算し、比較検討した。

4. 避難所配置の検討

a. 収容倍率からの検討 図-2, 3に収容倍率 k を上げて避難距離の変化をみた。なお、グラフの左端の収容倍率が各ブロックの指定収容倍率である。イ) 全住民が避難する場合の検討 図-2より、ブロックI, II, Vについては収容倍率が3.0程度まで避難距離の減少がある。避難距離を短縮するという目的からみれば、避難所の規模と配置があまり適切といえない。ブロックIV, VI, VIIについては、収容倍率が2.0~2.5程度まで避難距離短縮の効果がある。ブロックIIIは、グラフがほぼ横ばいであり、収容倍率をあげてもあまり効果がない。この結果は、避難距離からみればブロックIIIが相対的に適切な配置となっていることを意味する。ロ) 補正人数の場合の検討 図-3より、ブロックI, II, Vについては収容倍率が2.5程度まで避難距離の短縮効果があり、あまり適切な配置とはいえないが、イ)と比較し避難距離の減少の割合が大きくなっている。ブロックVI, VIIについては、収容倍率2.0程度まで避難距離短縮の効果がある。ブロックIII, IVはグラフがほぼ横ばいであり、避難距離短縮の効果はあまりなく、かなり適切な配置であるといえる。また、ブロックIVにおいて避難人数の補正による避難距離の変化が大きいことが図-2, 3の比較によりわかる。

表-4 各ブロックの避難人数の補正

ブロック	地域数 m	避難所数 n	避難人数		補正率 (%)
			全体	補正	
I	11	3	4,706	3,627	77.1
II	33	10	14,092	10,115	71.8
III	30	11	26,584	18,234	68.6
IV	20	6	22,894	15,382	67.2
V	31	14	32,178	22,855	71.0
VI	26	15	20,951	12,561	60.0
VII	11	14	7,407	5,177	69.9

図-2 全住民に対する1人当り避難距離

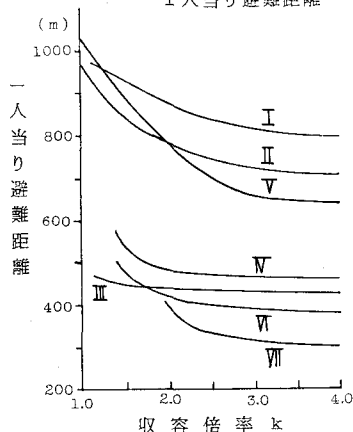


図-3 補正避難人数に対する1人当り避難距離

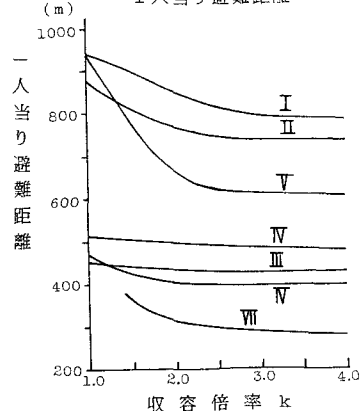


表-5 収容規模の拡大を要する避難所

ブロック	全住民が避難			補正人数の住民が避難		
	避難所数	現在の収容人数	増加収容人数	避難所数	現在の収容人数	増加収容人数
I	1	450	450	1	450	450
II	3	1,810	1,630	2	1,620	1,350
III	0	—	—	0	—	—
IV	3	7,034	816	0	—	—
V	10	8,890	3,950	6	3,390	1,410
VI	9	6,770	2,720	0	—	—
VII	9	3,000	1,830	8	2,500	850

る。これは、ブロックIVの高層住宅の多くが1か所に集中しているためと考えられる。

b. 収容規模拡大を要する避難所 現状の避難所配置のままで収容規模を拡大すれば、1人当りの避難距離が最小となる避難所の数

およびその収容人数の増加人数を表-5に示す。図-2, 3よりブロックII, Vの避難距離はかなり大きく、また表-5よりこの2ブロックはかなり大幅な収容規模の拡大を要すると結論されよう。

なお、本研究は自然災害特別研究(1)、細井正延教授代表の援助を受けたことを記しておく。