

市街地における地下利用とその水害対策 に関する研究

THE UNDERGROUND USE IN THE URBAN AREA AND ITS FLOOD DAMAGE

梶田 佳孝¹

Yoshitaka KAJITA

¹九州大学 大学院工学研究院環境都市部門(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

1. はじめに

多くの都市では中心市街地に商業や業務、交通等の都市機能が高度に集積しており、土地の高度利用を目的とした地下空間が急激に進展しつつある。地下街等の公共空間利用ではある程度の規則や誘導が行われているが、民間のビルの地下利用について都市計画法や建築基準法などの規制はない。また、地下空間のネットワーク化により公共空間と民間地下利用との連結も増加しているが、これらに対する規制や誘導も不十分である。そうした中で、1999年6月29日に福岡では記録的な集中豪雨に見舞われ、保水能力の低いコンクリートで覆われた都市部では既存の下水道や河川の処理能力を超え、行き場をなくした水が低地部や地下へと大量に流れ込み、死者を出すほどの惨事となった。これをきっかけとして都市の地下利用に対して防災上の視点で検討することがより一層求められるようになってきた。

本研究では地下水害が発生した福岡市の博多区周辺地区の建物を対象に、地下利用状況及び地下水害の被害実態調査を行い、まず、地下利用の開発要因を探る。次いで、地下利用と水害との関係を考察し、地下水害の要因を明らかにする。最後に、地下水害への対策を考察する。

2. 博多駅及び周辺地域の地下利用状況

被災区域である博多駅及びその周辺市街地を対象として地下利用に関する建物毎のアンケート調査を行っ

た。調査対象区域を図-1、調査概要を表-1に示す。対象区域は業務及び商業が高度に集積した地区であり、建物総数約1000件の全棟に調査し、有効回答数415件をえた。地区別地下利用状況を表-2、図-1に、地区別建物の用途を表-3、建物用途別地下保有率を図-2に示す。博多駅周辺は完全なオフィス街であり、表-3においてもビルの数が圧倒的に多い。

図-1は番地ごとの最大の地下階数でカテゴリー区分し、その分布を示したものである。なお博多駅地下街と地下通路は白抜きで表している。地下3階までである建物が大通り(大博通り、城南線、及び国道385号線)に面していることから、地下開発は幹線道路に接して展開すると推察できる。また、地下街の分布は博多駅地下から博多口、筑紫口と伸びており、直接地下街がつながっている地区は地下開発が盛んである。さらに、地下3階の建物と隣接した街区で地下2階利用があり、その外側に地下1階利用街区が展開するという地下利用の分布構図であることもわかる。

表-1 調査の概要

配布数	調査範囲内の建物全て(約1000軒)
調査範囲	博多駅前1~4丁目、博多駅中央街 博多駅東1~3丁目、博多駅南1, 2丁目
調査日時	1999年7月15日~8月3日
有効回答数	415棟
主な調査内容	建物種類、建築年、建物階数 入口高さ、各階用途、浸水被害状況 土嚢・水害マニュアル・避難訓練の有無

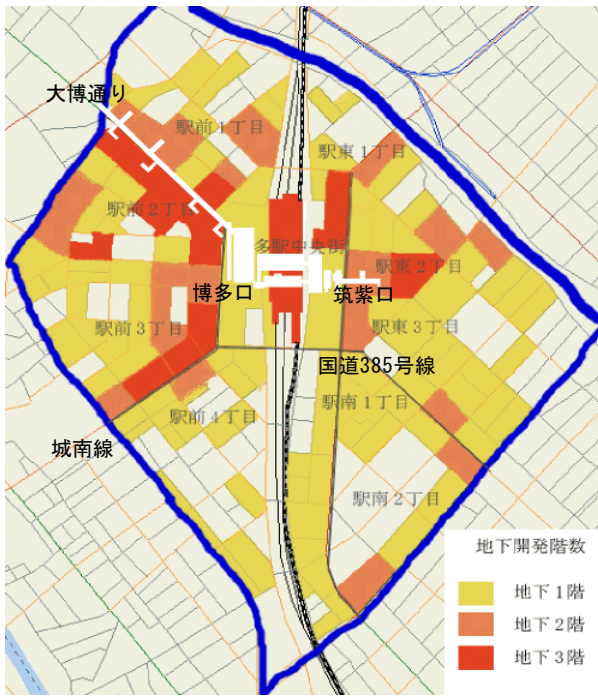


図-1 地下階保有状況

表-2 地下利用割合

所在地	地下有り	地下無し	合計
博多駅前1丁目	14 25%	41 75%	55
博多駅前2丁目	12 44%	15 56%	27
博多駅前3丁目	19 56%	15 44%	34
博多駅前4丁目	8 13%	52 87%	60
博多駅中央街	14 58%	10 42%	24
博多駅東1丁目	7 24%	22 76%	29
博多駅東2丁目	21 36%	37 64%	58
博多駅東3丁目	7 16%	38 84%	45
博多駅南1丁目	5 22%	18 78%	23
博多駅南2丁目	3 5%	54 95%	57
合計	113 27%	302 73%	415

表-3 建物の用途

所在地	ビル	一戸建	駐車場	倉庫	その他	合計
博多駅前1丁目	40	11	4	0	0	55
博多駅前2丁目	25	0	1	0	1	27
博多駅前3丁目	33	0	1	0	0	34
博多駅前4丁目	49	9	1	0	1	60
博多駅中央街	21	0	2	0	1	24
博多駅東1丁目	21	6	0	1	1	29
博多駅東2丁目	47	8	1	0	2	58
博多駅東3丁目	32	9	0	3	1	45
博多駅南1丁目	21	1	1	0	0	23
博多駅南2丁目	45	8	3	0	4	60
合計	334	52	14	4	11	415

3. 地下階利用の要因分析

アンケート調査をもとに、本地区の地下開発にいかなる要因が関係しているかを総合的な視点で明らかにするために、地下の有無を外的基準とする数量化Ⅱ類による分析を試み、表-4の結果をえた。説明要因はアン

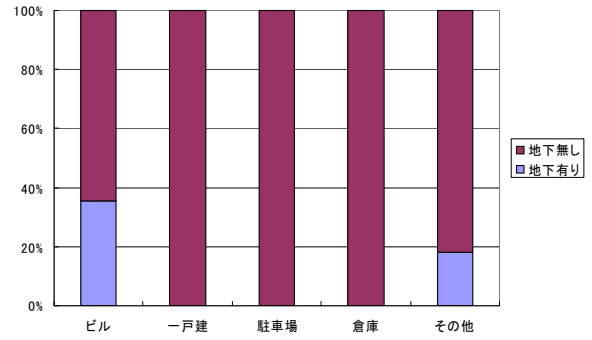


図-2 建物用途別地下保有率

表-4 地下の有無に関する数量化Ⅱ類の要因分析

アイテム	カテゴリ	地下有	地下無	度数	第1軸	偏相関係数
地区 (住所)	駅前1丁目	10	23	33	0.111	0.280
	駅前2丁目	8	5	13	0.611	
	駅前3丁目	9	7	16	0.118	
	駅前4丁目	6	29	35	-0.227	
	駅中央街	10	5	15	0.112	
	駅東1丁目	1	9	10	-1.021	
	駅東2丁目	15	20	35	0.365	
	駅東3丁目	7	22	29	-0.305	
	駅南1丁目	3	8	11	-0.187	
	駅南2丁目	4	16	20	0.054	
種類 (用途)	オフィスビル	6	19	25	-0.417	0.354
	上がオフィス	38	28	66	0.611	
	店舗ビル	12	9	21	0.255	
	マンション	1	12	13	-1.105	
	上がマンション	0	10	10	-0.376	
	一戸建	0	26	26	-0.732	
	その他ビル	15	37	52	0.022	
	その他	1	3	4	0.190	
建築年	~70年	9	22	31	0.165	0.174
	70~80年	24	44	68	0.125	
	80~90年	25	39	64	0.097	
	90年~	15	39	54	-0.368	
	地上 (階)	1階	0	2	2	
2階	4	29	33	-0.382		
3階	2	24	26	-0.691		
4階	2	16	18	-0.533		
5階	2	11	13	-0.436		
6階	6	13	19	0.209		
7階	8	16	24	-0.195		
8階	13	12	25	0.426		
9階	13	10	23	0.530		
10階以上	23	11	34	0.749		
大通りに面する	Yes	31	14	45	0.469	0.182
	No	42	130	172	-0.123	
1F主用途	店舗	26	45	71	0.140	0.115
	住居	1	10	11	0.344	
	事務所	42	61	103	-0.115	
	駐車場	1	10	11	-0.300	
	その他	3	18	21	0.068	
相関比						0.421
軸の重心		地下有	0.909			
		地下無	-0.461			
実際群	判別群		地下有	地下無	合計	的中率
	地下有	60	15	75	82%	
	地下無	24	118	142		
合計		84	133	217		

ケート調査項目の中で地下利用の要因と考えられる地区(住所)、建物の種類、建築年、幹線道路である。なお、この他に用途地域容積率も要因に挙げられるが、全域が商業地域であること、博多駅と大通りに面する一部地域で800%、大通りに面して600%、それ以外で500%又は400%という容積率の状況から、地区と大通りに面するか否かの内容と結果的に重複するためこれは除

外した。

相関比は0.421, 的中率は82%である。また, 各アイテムの偏相関係数は0.12~0.37である。これより本モデルによる要因分析は精度が高いといえる。

最も偏相関係数の高い要因は, 建物の地上における階数であり, 偏相関係数は 0.373 である。すなわち, 地下の開発が地上の開発規模と最も関係があり, 階数が高い建物ほど地下を利用する傾向にあるといえる。このことから, 地上空間の有効利用を行った結果として地下の利用があるといえる。また, 高度制限などにより収容しきれない空間利用が地下に追いやられたと推察できる。

2番目に偏相関係数が高い要因は建物の種類(用途)である。上がオフィスであるビルや店舗ビルが地下階を有する傾向にある。地区の偏相関係数も比較的高く0.28 である。また, 大通りに面しているところはカテゴリー変量が正の値となり, 地下階を有する傾向にある。すなわち, 大通りに面している建物は, 地下街とのネットワークの可能性を持っており, 地下街形成の上でも重要な意味を持つといえる。

結局のところ, 地下階の利用を規定する主要因は, 地上階の階数, 建物の種類および地区の3つであるといえる。そして, 建物高さで6階以上, 建物の種類でオフィス, 店舗ビル, 地区で駅前2丁目, 駅東2丁目などで地下階利用が増加する傾向にあるといえる。

4. 福岡 6. 29 水害における地下水害の実態とその防災対策について

1999年6月29日か未明から梅雨前線の活発な活動により福岡地方は記録的な集中豪雨に見舞われた。福岡管区气象台の観測によれば, ピーク雨量 77mm/h(8時~9時)であった。一方, 当日は大潮にあたり満潮時刻は午前9時34分で, このため博多駅周辺地区を流れる御笠川の水位は最高 6.69m に達し, 計画水位を1m以上超えた。記録的な降雨と満潮が重なり, 溢水した河川水と雨水が下水道などの排水能力を超えたため, 行き場を失った水は, 博多駅周辺の市街地低地部を襲い, 10時30分頃から表面水位が上昇し, 11時30分頃には1m近い高さとなった。その結果, 独立したビルの地下室への浸水で, 地下室は完全に水没し, 逃げ遅れた飲食店従業員が死亡するという大惨事まで引き起こした。また, 博多駅地下街が浸水したが, その浸水面積は商店街及び地下コンコース全面積の47%にわたり, 浸水のため地下鉄の運行は3時間41分にわたって中断された。

水害による博多駅周辺での被災状況を空間的に捉え



図-3 被災状況

表-5 数量化Ⅱ類による水害要因分析

アイテム	カテゴリ	浸水した	浸水なし	度数	第1軸	偏相関係数
地区 (住所)	駅前1丁目	4	6	10	-0.582	0.646
	駅前2丁目	2	5	7	-0.883	
	駅前3丁目	2	7	9	-0.639	
	駅前4丁目	1	6	7	-0.751	
	駅中央街	6	3	9	0.526	
	駅東1丁目	1	1	2	-0.156	
	駅東2丁目	11	4	15	0.633	
	駅東3丁目	7	0	7	1.218	
	駅南1丁目	0	5	5	-0.635	
	駅南2丁目	2	0	2	1.876	
種類 (用途)	オフィスビル	4	1	5	1.087	0.371
	上がオフィス	18	19	37	0.117	
	店舗ビル	5	7	12	-0.512	
	その他	9	10	19	-0.190	
	大通りに面する	Yes	15	16	31	
No	21	21	42	0.283		
1F 主用途	店舗	13	13	26	0.297	0.335
	事務所	21	20	41	-0.037	
	その他	2	4	6	-1.036	
	B1 主用途	店舗	11	13	24	
事務所	5	2	7	-0.163		
機械室	7	14	21	-0.311		
駐車場	11	5	16	0.422		
その他	2	3	5	-0.096		
人口高	~20cm	25	14	39	0.392	0.427
	20~40cm	7	17	24	-0.519	
	40~60cm	2	2	4	0.152	
	60~80cm	1	1	2	-0.439	
	80cm~	1	3	4	-0.635	
相関比						0.554
軸の重心		浸水した	0.750			
		浸水なし	-0.729			
判別群						
		浸水した	浸水なし	合計	的中率	
実際群	浸水した	32	4	36	88%	
	浸水なし	5	32	37		
	合計	37	36	73		

るために, 被災した地区を床上浸水の深さで4段階に分けて, 番地ごとに色分けすると図-3のとおりである。地形的には博多駅周辺が最も低く, すり鉢状となってい

るが、御笠川と博多駅および筑紫通りで囲まれている区域は特に被害が大きかった。水害の大きな二つの外的要因である御笠川からの越流と下水施設の雨水排水能力を超えたことを念頭に入れて図を見れば、こうした被災状況は当然の結果である。

ここで、水害の有無と環境条件との関係を検討するために数量化Ⅱ類による要因分析を行えば表-5 のとおりである。

軸の重心は浸水したものが正、浸水していないものが負の値となり、相関比は 0.554 と高く、的中率も 88% であることから、良好な分析結果といえる。最も偏相関係数が高いアイテムは地区の 0.646 である。博多駅中央街、駅東 2,3 丁目、駅南 2 丁目が大きく正の値をとっており、実際の被災調査結果を表している。特に中央街では地下階の利用率が高いために、被害が甚大であり、全面に及んでいる。地下街は各自で排水、止水活動を行っており、また、雨水タンクなどの施設も備えている。しかも地下街の下に地下鉄がある。これらのことから、地上のステーションビル及び駅からの地下街への浸水被害はあったが、逆に地下空間ネットワークを通じて他のビルへの浸水被害をもたらすものではなかった。これはフロアの高さがビル側のほうが高いことに起因している。なお、地区ではなく地形要因として標高を説明要因にすることも考えられる。しかし、今回の水害が御笠川からの越流と集中的降雨の二者によることから、地形的に高い御笠川沿いの地区での被害もあり、標高を有意な説明要因とすることはできなかった。

次いで偏相関係数の高いアイテムは入口の高さの 0.427 である。入口高さ 20cm 以下の建物で特に地下への浸水被害が目立ち、それらに対する早急な対策が必要であると考えられる。建物の種類についてはオフィスビルが正の値で浸水しており、また、店舗ビルは比較的浸水被害が少ない。地下一階の用途については、駐車場が大きく正の値となるが、これは、入口の高さが道路面に近く、また開口部が広いことから、水の進入を防ぎにくかったことによるものと推察できる。

5. 防災状況

博多駅周辺で生活している人々や、ビルの責任者などの水害に関する危機意識の低さが、今回の水害被害を大きくしたといえる。本地域では、1960 年代の鉄道駅の高架化移設により急速に都市化が進んだところであり、実際にこの地域に居住している人は少ない。また、古くからの住民も少なく、地理的、地形的情報に弱いことが指摘される。

ところで、著者らがビル管理者等におこなったアンケー

ト調査に基づいて、水害の避難訓練の有無、水害に対するマニュアルの有無の状況を示せば表-6 のとおりである。河川沿いの低地に発達した地区でありながら、全体としてみれば、水害のマニュアルや避難訓練を行ったことがある建物は非常に少ないことがわかる。駅前 3 丁目や駅東 2 丁目のように高層ビルが建ち並び地下階を持つ地区ではマニュアルがあり、避難訓練が行われているところもある。それでも 10%~20% 程度である。福岡 6.29 水害のように大きな水害はめったに起こるものではないが、人命を損なったことを踏まえればこのまま

表-6 地区別防災状況

	水害非 難訓練	水害マ ニュアル
駅前1丁目	2%	2%
駅前2丁目	0%	11%
駅前3丁目	13%	21%
駅前4丁目	2%	9%
駅東1丁目	4%	8%
駅東2丁目	5%	16%
駅東3丁目	3%	0%
駅南1丁目	0%	0%
駅南2丁目	0%	0%
中央街	0%	13%
総計	3%	7%

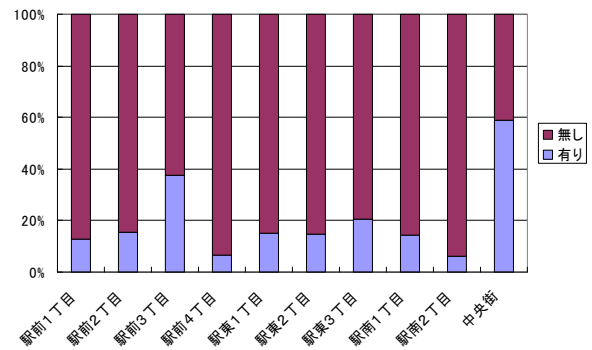


図-4 地区別土震準備状況

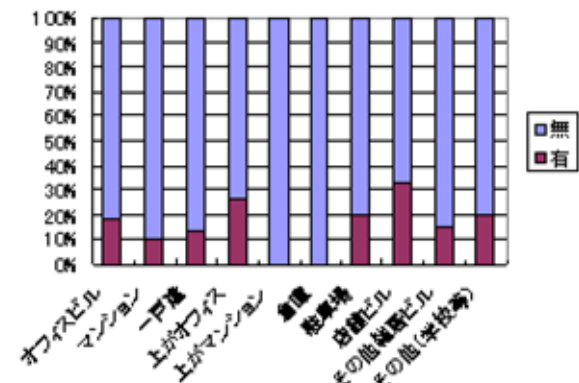


図-5 用途別土震準備状況

表-7 地下の有無別土嚢

	地下の有無				合計	
	有り	無し	有り	無し		
土嚢の有無	有り	27	38%	18	11%	45
	無し	44	62%	153	89%	197
	合計	71	100%	171	100%	242

表-8 土嚢の状況

アイテム	カテゴリ	度数	第1軸	偏相関係数
住所	1 駅前1丁目	21	-0.414	0.269
	2 駅前2丁目	12	0.033	
	3 駅前3丁目	7	0.136	
	4 駅前4丁目	13	-0.568	
	5 駅中央街	17	1.588	
	6 駅東1丁目	13	0.027	
	7 駅東2丁目	41	-0.462	
	8 駅東3丁目	34	0.356	
	9 駅南1丁目	7	0.143	
	10 駅南2丁目	30	-0.226	
種類	1 オフィスビル	27	-0.321	0.115
	2 上がオフィス	57	0.139	
	3 店舗ビル	17	-0.080	
	4 マンション	10	-0.168	
	5 上がマンション	7	-0.364	
	6 一戸建	22	0.505	
	7 その他ビル	47	-0.091	
	8 その他	8	-0.064	
1F主用途	1 店舗	68	-0.067	0.142
	2 事務所	8	0.942	
	3 機械室	92	-0.157	
	4 駐車場	6	1.079	
	5 その他	21	0.237	
地上(階)	1 1,2階	37	-0.405	0.183
	2 3~5階	53	-0.169	
	3 6~8階	51	0.646	
	4 9階~	54	-0.167	
地下有無	1 有り	62	0.924	0.290
	2 無し	133	-0.431	
			相関比	0.195
軸の重心	第1群 土嚢有り	0.910		
	第2群 土嚢無し	-0.213		

群	判別群			見かけの的中率
	有り	無し	合計	
有り	27	10	37	87.7%
無し	34	124	158	
合計	61	134	195	

放置することはできない。福岡市では大河川がなく、中小都市河川が多く存在することから、浸水危険度マップは作成されていないが、そうしたマップの作成公表を急ぐとともに、市民の危機管理意識を高めるために、防災組織体制、非難誘導體制、地下への浸水防止対策等、地区としての防災力向上への取組みが必要である。

抜本的な対策は、十分な排水能力を持つ下水道の整備であり、また万一に備えたビル毎の排水ポンプと、駐車場への出入り口のマウントアップ及び防水扉の設置である。しかし、これらの設備の設置には時間を要するので、最も手軽で効果的な水害対策として土嚢の準備

があげられる。福岡水害ではこの土嚢の準備が不十分であり、あるいは水防倉庫などでの準備はあったが、それらが有効に利用されなかった事が被害の拡大につながった要因の一つにあげられる。

土嚢の準備は、それにつめる土砂を含めて保管にスペースが必要であるが、そうした土嚢の準備状況がどうであったかをヒアリング調査の結果をもとに分析すれば次のとおりである。すなわち、地区別及び各建物の種類別に土嚢の準備状況を集計すれば図-4、5 のとおりである。中央街、東1丁目、2丁目および前3丁目が特に準備されていた。これはこの地域は防災に対する危機管理意識が高いといえるであろう。しかし逆に少ない地域を見てみると、小規模な建物が比較的多い地区であることが分かる。これは土嚢を常時置いておくことができる建物は、比較的面積の広い建物でないと厳しいという現状に起因していると考察できる。また、建物別では、どの建物も土嚢の準備状況はよくないが、特に上がマンション、倉庫利用の建物では土嚢の準備は無く、また、マンションや一戸建のような住居関係でも、地下階をもつものが少ないことから、土嚢の準備も少ない。これに対して、店舗や駐車場、オフィス系の建物では、他の建物よりも準備されており、店舗ビル 36%、駐車場 26%といったところである。

次に地下階の有る建物と無い建物とで土嚢の準備状況に相違があるか否かを示せば表-7 のとおりである。すなわち、地下の有る建物のほうが土嚢を準備している建物が多く、地下利用がなされている建物のうちで土嚢の用意がなされていた建物は 38%であるのに対し、地下階の無い建物での土嚢の準備は 11%にとどまる。

上述の結果をふまえながら、土嚢がどのような建物において準備がなされているかを、数量化Ⅱ類により分析すれば表-8 のとおりである。相関比は 0.195 で、また見かけの的中率は 87.7%であり、軸の重心は土嚢を保有するものが正の値をとる。

最も偏相関係数の高いアイテムは、地下階の有無であり、地下階を有する建物で土嚢を準備する状況にあるといえる。次いで、住所で駅中央街、駅東 3 丁目での準備が目立つところである。これら地区では、先に述べるように浸水被害が大きかったところであり、必要個所での準備であったといえる。それでも浸水被害をうけたことは、土嚢の数が不足していたため対処しきれなかったということ、及び浸水に対する情報が十分伝えられなかったことによる。開口部が大きなビルにおいては、多量の土嚢を確保しておく必要があるが、その保管スペースの確保に問題がある。したがって、吸水膨張タイプの土嚢の準備や、止水板、防水シャッターのような省スペース形の防水設備を完備することが望まれる。

6. おわりに

福岡市博多駅周辺地区の市街地における都市化に伴う建物の地下階の利用状況を把握し、また、地下階利用要因分析をおこない、そのもとで水害の被害状況を把握した。まず、地下階の利用の結果を要約すれば以下のとおりである。

(1)建物の種類と地下階利用との関係は、ビルで地下階を持つものが多く、住居系建物や倉庫等での地下利用はきわめて少ない。

(2)場所は、博多駅を中心とする地区で、かつ幹線道路に面した地区で地下階を持つ建物が多く存在し、しかも地下 2 階、地下 3 階までの利用となるケースが集中する。

(3)建物階層と地下利用との関係は、低層階建物で地下利用なし、中高層階建物に地下利用ありという状況であるが、特に 6 階建て以上の高層建物で高層になる程より地下階をもつ傾向にあるといえる。

次に、こうした地下利用のもとでの水害の被害状況を把握した。根本的なことも含め対応策としては、①都市構造上の観点による水害防止策、②ハザードマップの作成と都市の地下空間利用に関する規制、③建物、地下街の構造的対応策、④浸水時における浸水防止策、⑤防災マニュアル及び情報伝達体制、が考えられる。これらのうち本研究ではアンケート調査を基本にして②③を中心に述べたところであり、主な検討結果を要約すれば以下のとおりである。

(4)浸水は、基本的には御笠川からの越流があったこと及び、集中的な降雨から駅東1～3 丁目での浸水被害が多い。

(5)そうした中で、地下水害の要因分析を行えば、場所(住所)が最も主要な要因であるといえ、ついで開口部の入口の高さという建物の構造上の問題があげられる。さらに、建物の種類、1 階の主用途、大通りに面するか否かもある程度、地下水害の有無の要因となっていることが理解できる。

(6)入口高さのカテゴリースコアから 20cm未満での被害、60cm以上での被害無しとなる傾向にあることがいえる。バリアフリーの問題があり全てをマウントアップすることは困難であるが、この結果より入口に段差または斜路を設けることは地下水害防止の上で有効であると推察する。また、段差又は斜路を設けることができない入口(駐車場への入口等)では、止水板あるいは防水扉の工夫が必要であると考え。

(7)建物の種類としては、地下階をもつオフィス系ビル、店舗ビルが浸水被害地区に多いこともあって、それらでの浸水被害が主である。こうしたビルでは、通常は不特

定多数の人々の出入があること、夜間等の居住者が少ないことから、十分な防水対策及び訓練等が必要である。しかし、万に備えたマニュアル、非難訓練、土嚢の準備などが十分であるとはいえず、今後そうしたことの改善、周知徹底が求められると共に、連絡体制の確立が必要である。

(8)地下利用形態は、機械室、店舗、駐車場が主なものであるが、機械室はビルの生命線ともいえ、あるいは非常時に必要な電源等は、浸水被害を避けるための工夫(例えば地上階に設置する、排水路及び排水ポンプにより十分な備えをする等)が必要である。店舗については、連絡体制の確立、万に備えたマニュアルや非難訓練が求められるところである。駐車場については、止水板、防水扉等による浸水防止が考えられるところである。

(9)水害で被害が大きかった区域を中心にすれば、標高の低い駅中央街地区、駅前 1 丁目、河川沿いの駅東 1～3 丁目を中心にして、水害危険地区などといった新たな地区指定を行いながら万に備えた防水対策等を十分に行うことが求められる。

参考文献

- 1)九州経済調査協会:福岡地方における水害情報の蓄積伝播の研究,1986.
- 2)金田一淳司・東本靖史・西淳二・佐藤馨一:大都市の中心市街地活性化と地下空間利用に関する研究,土木計画学研究講演集 22(2),1999.
- 3)6.29 博多駅周辺浸水調査連絡会:博多駅周辺地下空間浸水状況調査結果,1999.
- 4)読売新聞:1999. 6. 29 夕刊 6. 30 朝刊
- 5)平川慎一郎・樗木武・森尚志・梶田佳孝:市街地における地下利用と地下水害対策に関する研究,地下空間シンポジウム論文・報告集, Vol.6, 2001.

(2005. 5. 10 受付)