

地下施設の災害事例と地下街の危機管理に関する調査研究

Investigation research on previous disaster examples and risk management of underground facilities

棚橋由彦* 蔣 宇静** 田上亜祐美***

Yoshihiko TANABASHI, Yujing JIANG and Ayumi TANOUE

Underground space is being utilized for many purposes and its disaster prevention measures become a serious issue today. In this research, the previous disaster examples in underground facilities were analyzed for extracting problems against disaster prevention. The questionnaire investigation for a manager of the underground shopping center has been carried out in order to examine recognition and correspondence for risk management. Furthermore, some considerations and suggestions about disaster preventive measures have also been presented for further development of underground utilizations.

Key Words: underground facilities, disaster prevention, risk management, investigation

1. はじめに

今日、地下空間は多くの用途に利用されているが、2003年2月18日に起こった韓国・大邱（テグ）での地下鉄火災では被害の拡大から危機管理の不十分さが指摘されたように、災害や事故が発生した場合の地下施設の防災対策が重要課題となっている。地下施設は、死角が生じやすく、外部からの救助活動が行いにくい、パニックを引き起こしやすい等の問題を抱えている。また、地上施設と比較して防災上特異な性格を有する。近年、これらの地下施設が大規模化、複合化および深層化する傾向にある。

著者ら既往の研究^{1) 2)}では、過去10年間の地下に関する情報を新聞検索により収集し、その動向を把握するとともに、災害事例に着目し、その分析を行い、さらに地下施設利用者の防災意識を知るために地下施設に関する防災アンケートを実施している。そこで本研究では、既往研究により収集された1985年から1994年までの災害事例に1995年から2002年までの災害事例を加え、18年間の地下空間における災害事例を分析し、防災上の問題点や傾向の特徴を明らかにする。また、1995年から2002年に亘る、事故・災害別の年別発生推移を示した。さらに、地下施設の中でも不特定多数の人が利用する地下街に焦点を当て、地下街管理者へのアンケートを実施し、危機管理意識の検討を加えた上で、今後の地下施設の災害・事故防止対策を提言することを目的とする。

2. 地下施設の災害事例の収集と分析

キーワード：地下施設、防災、危機管理、調査

- | | | | | |
|-----|-----|------|---------|------------|
| * | 正会員 | 工博 | 長崎大学教授 | 工学部社会開発工学科 |
| ** | 正会員 | 博（工） | 長崎大学助教授 | 工学部社会開発工学科 |
| *** | 学生員 | | 長崎大学大学院 | 生産科学研究科 |

2.1 災害事例の収集方法

朝日新聞検索システム³⁾により過去の地下施設における事故・災害事例を収集した。同じ事故・災害の記事は1件とし、事故・災害件数をカウントした。1995年から2002年の災害事例を本研究で、それ以前の1985年から1994年までの災害事例を既往研究^{1) 2)}より18年間で1529件の災害事例を収集した。ここでは地下施設を地下街などの一般的なものに限定せず、建築物地階や鉱山、トンネル等も加えることにした。表-1に地下施設と事故・災害事例別に整理した結果を示す。

表-1 地下施設／事故・災害種類別収集事例件数¹⁾²⁾⁴⁾

事故・災害 種類 地下施設	事故・災害事例収集件数(件)											合計	地下施設 件数割合 (%)
	震災	風水災	地盤災害	火災	爆発	交通災害	構造上の災害	酸欠漏洩	停電	工事による事故	その他		
地下街		4		23	1				6		2	36	2.4
地下通路		8		6		1			1		1	17	1.1
地下駐車場		6		18				7		2	2	35	2.3
その他の地下施設		1		6	8		1	55		5	4	80	5.2
建築物地階		14		169	20	1		16	4	14	11	249	16.3
鉱山			26	5	4		9	4			4	52	3.4
地下駅舎	1	8		36		5		1	5	1	15	72	4.7
地下鉄トンネル	2	2	2	25		6	3	1	2	10	7	60	3.9
鉄道トンネル		6		6		11	19		7	9	19	77	5.0
道路トンネル		1	2	21	1	377	9	2		25	8	446	29.2
その他のトンネル				2					1	6		9	0.6
ライフライン	10	9	27	9	21	6		186	2	90	31	391	25.6
その他				1						2	2	5	0.3
合計	13	59	57	327	55	407	41	272	28	164	106	1529	100.0
事故・災害種類別 件数割合(%)	0.9	3.9	3.7	21.4	3.6	26.6	2.7	17.8	1.8	10.7	6.9	100.0	

(1985年～2002年)

2.2 地下施設別に見られる事故・災害発生の傾向と特徴

地下施設別の事故・災害発生比率を図-1に示す。道路トンネルでの事故発生が最多の30%、次いでライフラインが26%、建築物地階が16%、以下、その他地下施設、鉄道トンネル、地下駅舎、地下鉄トンネル、地下街の順であった。道路トンネルでの事故・災害発生比率は交通災害が85%、工事による事故が6%、火災が5%を占めている(図-2)。2000年3月4日、広島県福山市の山陽道上り線郷分トンネル内3カ所で大型バスや乗用車など25台が相次いで衝突し2台炎上した。このように、道路トンネルでは玉突き事故で他の車を巻き込んだ事故が発生している。また、自然渋滞や事故発生後の停車に気づかずには追突、高速道路で逆走して正面衝突など、多くの事故が発生している。ライフラインでは酸欠漏洩が47%、工事による

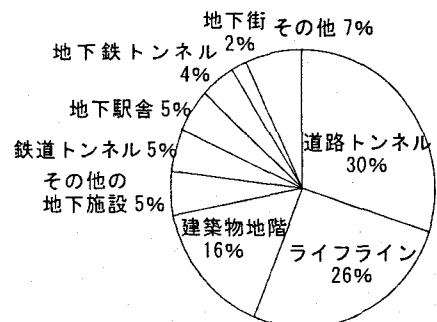


図-1 地下施設別事故・災害発生比率

事故が 23%を占めている（図-3）。1998 年 5 月 9 日、福岡市で 20 年前に埋設されたガス管が腐食してガス漏れを起こし、マンションの入居者 6 人が死傷する事故が発生した。地中埋設部のガス管は 40 ヶ月に 1 回以上の検査が義務付けられており、管理会社は自主的に 3 年ごとに検査している。このマンションの場合、事故が起きた前年の 10 月に、埋設ルートに沿ってガス漏れ検知器で点検したが異常は見つからなかった。また、2000 年 7 月 5 日、長野市で道路下に埋設されていた水道管が破裂、噴き出した水がコンクリートパネルで舗装された道路を突き破り、地上に噴き出した。市内約 8000 世帯で水道の水の出が悪くなったり、赤く濁った水が出たりする被害が出た。破裂した水道管は約 40 年前に敷設されたものである。管そのものの耐用年数は 40 年前後とされているが、老朽化による事故が多発しているため、現状よりも早い時期での取替えが必要であると考ええる。2002 年 9 月 5 日には、大阪・道頓堀の旧「中座」の解体工事中、ガス管のガス抜き作業をしていたところ、充満したガスに引火し、作業員 2 人と、消火にあたった消防隊員 2 人の計 4 人が重軽傷を負った。このように、工事による事故では犠牲者が出ていることがあり、危機管理意識の向上が求められる。建築物地階では火災が 68%を占めているが（図-4）、主に飲食店からの出火が多く、不注意によるものが多いようである。その他の地下施設では、地下タンクからの灯油や重油等の漏洩が発生している。また、鉄道トンネルではトンネル壁の剥落、地下駅舎と地下鉄トンネルでは火災が多発し、エスカレーターからの出火や軌道上からの出火も目立つ。地下街では火災の発生件数が 63%と多発している（図-5）。1995 年 9 月 25 日、福岡の天神地下街から出火し、レストランの天井の一部を焼き、地下街の四分の一にあたる部分に煙が充満した。このとき、大量の煙が発生したが最初の火元の煙だけではなく、主に排気用のファン室に燃え移って、そこの油などに延焼して出た「二次火災」の煙だった。1999 年 8 月 11 日、名古屋市の地下街で飲食店から出火し、煙が充満した。出火当時、約 200 人の利用者にけが人も出ず、大事には至らなかった。しかし、出火直後に地下通路の照明が消えたり、自家発電装置が作動しなかったりと、想定外の事態が発生した。地下街では停電や小さな規模の火災でも煙が充満することで混乱を引き起こす可能性がある。ダクト内のほこりや油に燃え移る二次火災も発生しており、地下街内の日常的な点検や清掃が重要であると考ええる。また、名古屋の

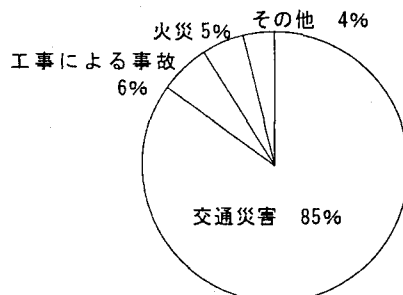


図-2 道路トンネルの事故・災害発生比率

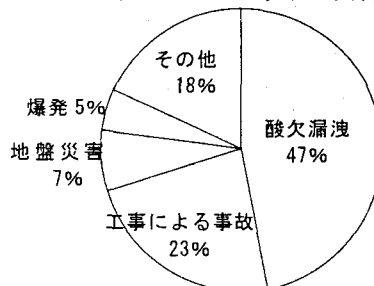


図-3 ライフラインの事故・災害発生比率

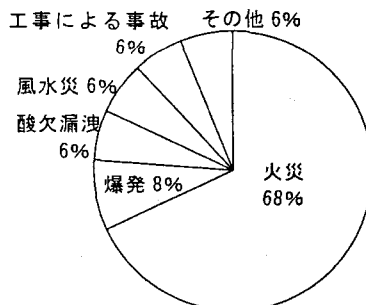


図-4 建築物地階の事故・災害発生比率

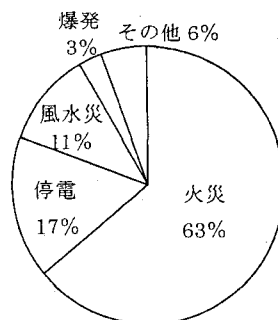


図-5 地下街の事故・災害発生比率

地下街においては、止水板の設置により道路からの浸水は免れたが、隣接ビルとの出入口から浸水するという事例がある。

2.3 事故・災害別に見られる傾向と特徴

事故・災害発生比率を図-6に示す。比率の大きいものから交通災害26%、火災20%、酸欠漏洩18%、工事による事故11%、以下、風水災、地盤災害、爆発という結果になった。交通災害は道路トンネルでの発生が94%と多発している(図-7)。火災は全ての地下施設で発生している。火災のうち建築物地階が51%、地下駅舎が10%、地下鉄トンネルが8%を占めている

(図-8)。酸欠漏洩、工事による事故はいずれもライフラインにおける事故が多い(図-9、図-10)。図-9、10は既存ライフラインの状況を把握し取り替えが必要なものを早急に判断し、整備が必要であることを示唆している。風水災は建築物地階での発生件数が多く、豪雨による浸水で犠牲者も出ている。また、地盤災害は水道管の破裂で道路が陥没したり、地下の石炭採掘坑道が空洞になっていたことが原因で陥没する事故も発生している。爆発はライフライン、建築物地階で発生し、漏れたガスに何らかの原因で引火し、爆発したと考えられる。

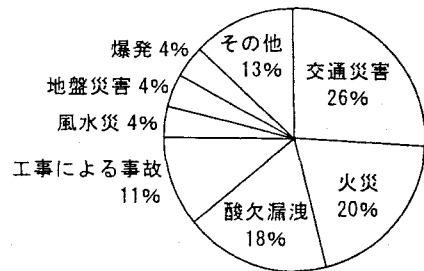


図-6 事故・災害発生比率

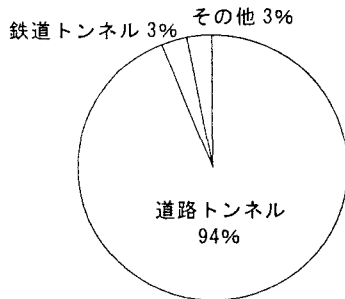


図-7 交通災害の施設別発生比率

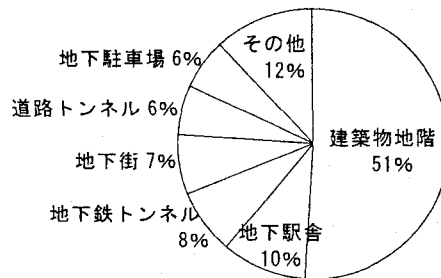


図-8 火災の施設別発生比率

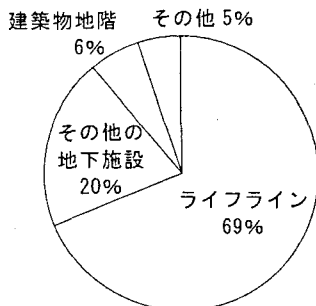


図-9 酸欠漏洩の施設別発生比率

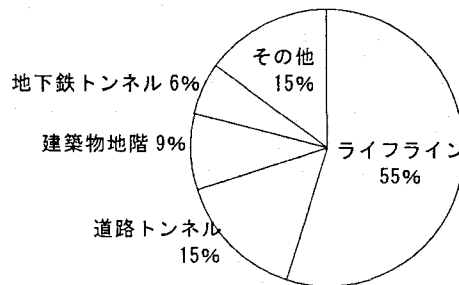
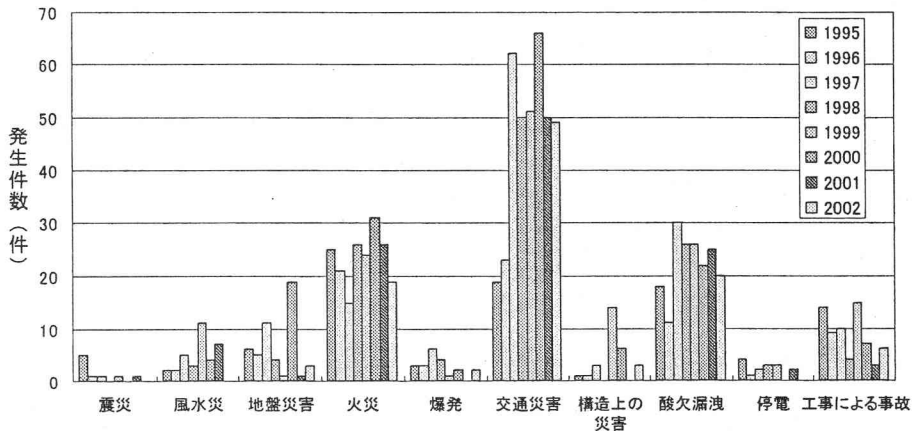


図-10 工事による事故の施設別発生比率

2.4 災害発生の年代推移

図－11 に事故・災害別の年代推移を示す。交通災害については 1995 年と 1996 年の件数が他の年代に比べ少ないが、全体を通してみると、はるかに他の事故・災害に比べて発生件数が多い。震災によるものは、1995 年に最多となっているが、これはライフラインの破損等を含め阪神大震災での被害によるものと考えられる。しかしながら、他の災害に比べて発生件数は少ないため、地下空間は地震に対して強いというのが立証されているといえる。風水災は 1999 年が最多となっている。この年には豪雨のため福岡と東京の建築物の地階に浸水して犠牲者が出ている。このことから、地下施設における浸水対策が注目を集めるようになった。地盤災害は 2000 年が最多となっているが、炭鉱跡の陥没が多発した年であった。1998 年に山陽新幹線の新開門トンネルでコンクリート内壁が剥がれ落ちる事故が起きており、翌年の 1999 年にも山陽新幹線小倉－博多間の福岡トンネルを走行中の車両の屋根やパンタグラフが大破した事故が発生した。このため、全国的に点検を実施した結果、トンネル内のコンクリート片が落下しているのが発見され、1999 年の構造上の災害が多発していると考えられる。



図－11 事故・災害別の年代推移

3. 地下街の危機管理に関するアンケート調査分析

3.1 調査概要

防災対策について地下街ごとに違いがあるのか、またどのような対策を講じているのかを調べるために地下街管理者へのアンケートを実施した。表－2 に北海道、東京、名古屋、福岡の対象地下街を示す。地下街を訪問し、1ヶ所につき1件のアンケートを得た。調査項目は主に、防災対策設備、防災訓練、災害対策マニュアルの作成、防災センターでの監視体制について設問した。

3.2 防災対策設備

設備は法的に定められており、地下街ごとにあまり違いはなかった。しかし、北海道のアピアでは設備が新しく、スプリンクラーの設置場所により消火方法が異なる等の違いは見られた。浸水対策としては、全ての地下街に止水板や土嚢といったものが用意されていた。また、地下街の出入口の地上部分を一段高く設計した地下街が

表－2 アンケート対象地下街

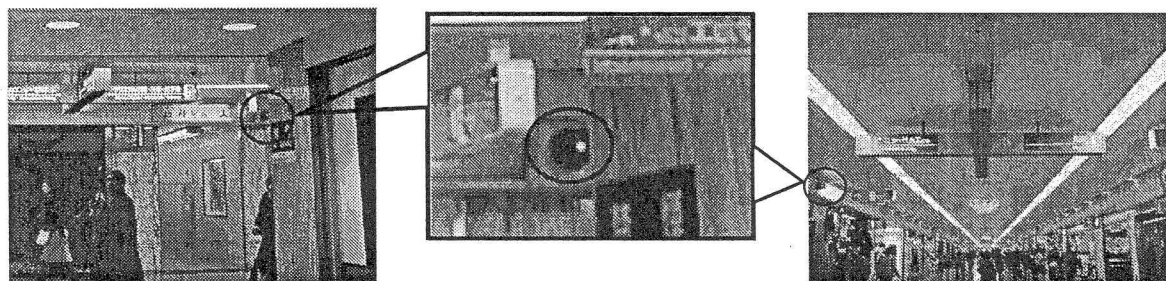
地区	地下街名称
北海道地区	パセオ
	ボールタウン
	アピア
東京地区	八重洲地下街
	渋谷地下街
名古屋地区	新幹線地下街エスカ
	サンロード
	栄地下街
	サカエチカ
	千種地下街
	地下鉄今池地下街
福岡地区	天神地下街
	博多駅地下街
	福岡朝日ビル(株)
	博多駅地下街 博多ステーションビル

あったが、バリアフリーの視点から危険であるということで今では廃止の方向にある（写真－1）。地震対策として、特に設置している地下街はなかった。名古屋のサカエチカでは、地下街出入口の地下部分にランプが設置されている（写真－2）。これは災害発生時、安全に避難できる出入口のランプが点灯するようになっており、避難誘導に有効である。全ての地下街に設置されているが、八重洲地下街の避難経路図（写真－3）には、地下街の出入口だけでなく、消火栓や非常電話、防火シャッターの場所も表記されている。

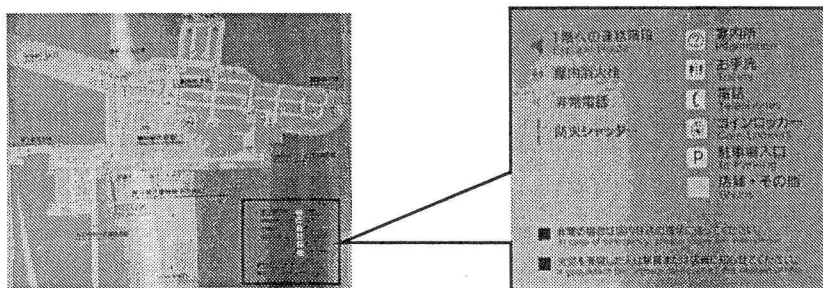
警察・消防への通報は、防災センターから直接電話で連絡する手段をとり、中には警察・消防とのホットラインを持っている地下街もある（14ヶ所中 2ヶ所）。地下街で災害が起こった際、人の進入を防ぐための地上への通信設備は設置されていない。自衛消防隊が防ぐ方法や、人が避難していくことでわかるであろうということであった。地下街内の放送設備は非常放送設備が整えられており、地下街全域に伝わるようになっている。



写真－1 地下街出入口の段差



写真－2 地下街出入口のランプ（サカエチカ）



写真－3 地下街避難経路図（八重洲地下街）

3.3 防災訓練

表－3に防災訓練の実施状況を示す。消防訓練は全ての地下街で実施されており、多くの地下街が避難、誘導、通報、初期消火、救護といった内容で年に2回実施している。訓練の参加者は、地下街関係者とテナントの従業員で、地下街利用者が参加して訓練を実施している地下街は無かった。浸水に対する訓練は、福岡地区のみである。これは、1999年6月29日の記録的な豪雨のために犠牲者を出した教訓から実施されるようになったものである。地震に対しては、設備と同様に特別な訓練を実施している地下街は無かったが、消防訓練の中の設定として、地震から火災が起こることを想定しての訓練を実施している地下街はあった（14ヶ

所中5ヶ所)。

3.4 災害対策マニュアル

表-4に調査対象地下街名称、延面積、開設年を、図-12にマニュアル作成状況を示し、地下街名称の①～⑭は表-4に対応している。火災対策に関するマニュアルは14ヶ所中12ヶ所において必須事項となっているが、浸水対策については14ヶ所中5ヶ所、地震については14ヶ所中7ヶ所と半数以下である。作成したマニュアルを店舗に配布している地下街は12ヶ所あったが、防災に関するパンフレットを作成し地下街利用者に配布している地下街は八重洲地下街1ヶ所のみであった。名古屋では東海地震の防災強化区域に加えられ、マニュアルの改訂が進められていた。阪神大震災では地震から火災が発生する事例が明らかとなり、この点での防災対策の強化や地下街利用者の早期避難等の項目が加えられるようである。

マニュアルの一例として、福岡の浸水対策⁵⁾と八重洲地下街の地下街利用者向けのパンフレット⁶⁾を示す。福岡の天神地下街では、大規模な風水害をもたらす恐れがある台風が発生した場合、警戒対策本部が設置される。業務内容は、台風の進路予想、地下街の被害発生予想箇所の調査、ここで必要と認められた場合災害対策本部が設置される。次に自衛消防隊が組織され、その中でいくつかの班に分かれ、地下街内の被害発生恐れのある箇所の巡回、水防資機材の準備、電気、機械施設等の巡回調査、漏水箇所の調査と被害防止策、地上施設の被害調査、駐車場入出車路の浸水状況の調査、店舗の被害状況の調査、営業時間等の連絡調整、地下街内設置の広告物等の被害状況の調査等がある。マニュアルに浸水対策は必須事項となるべきものだと考える。八重洲地下街のパンフレットには、火災、地震、ガス漏れ、浸水等災害が発生したときの対処の方法、応急手当の必要性や心肺蘇生法、止血法の説明、帰宅困難者の心得等が示されている。利用者にとっては、まず避難することが大事であり、地下街内にも設置されているが、その地下街の地図を示し、どの出入口から避難すれば一番近いか書かれているべきだと考える。帰宅困難者となった場合の対処方法が示されていることも必要である。

表-3 地下街別防災訓練の実施状況

地区	地下街名	防災訓練 (回/年)		
		火災	浸水	地震
北海道地区	パセオ	2回	×	○
	ポールタウン	2回	×	○
	アピア	2回	×	○
東京地区	八重洲地下街	2回	×	×
	渋谷地下街	2回	×	×
名古屋地区	新幹線地下街エスカ	2回	×	×
	サンロード	2回	×	○
	栄地下街	2回	×	○
	サカエチカ	1回	×	×
	千種地下街	2回	×	×
	地下鉄今池地下街	1～2回	×	×
福岡地区	天神地下街	1回	○	×
	博多駅地下街	2回	○	×
	福岡朝日ビル街			
	博多駅地下街	2回	○	×

表-4 地下街概要

地下街名	面積 (m ²)	開設年
①千種地下街	531	S35
②地下鉄今池地下街	745	S35
③博多駅地下街福岡朝日ビル街	2061	S39
④博多駅地下街博多ステーションビル	3362	S39
⑤渋谷地下街	4676	S32
⑥栄地下街	11005	H14
⑦サンロード	11347	S44
⑧ポールタウン	14230	S54
⑨サカエチカ	14251	S44
⑩パセオ	28152	H2
⑪新幹線地下街エスカ	29180	S46
⑫アピア	29811	H11
⑬天神地下街	35330	S51
⑭八重洲地下街	73253	H9

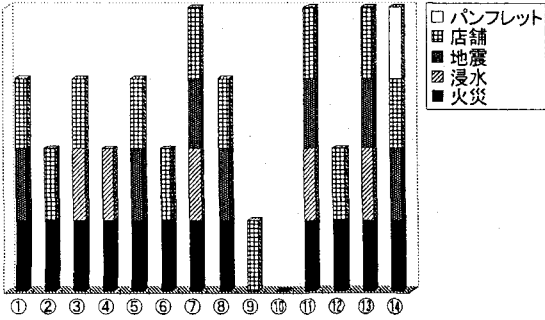


図-12 防災対策マニュアルの作成状況

帰宅困難者となった場合の対処方法が示されている

3.5 防災センターでの監視体制

監視人数を昼、夜別に示したものを図-13に、面積10,000m²当りの監視人数を図-14に示す。図-13、図-14の地下街名称①～⑭は表-4の地下街名称と対応している。図-13から④はビル全体の監視も行っているため、延面積が狭い割に監視人数が多い。延面積が5,000m²以上になると、防災センターにほぼ3人駐在し、ビデオカメラも設置されている。⑥と⑦は、監視人数が特に多いが、⑥はアンケート調査の1ヶ月前に改装されたばかりで、防災センター要員を増員していたものと思われる。⑦の防災センターには監視だけでなく、電気・水道・ガス空調等の設備保守を担当する監視員が駐在しているため、延面積に比して多くなっている。図-14から①～④は他の地下街に比べ極端に狭いのでここでの値は多くなっている。また、⑧～⑭になると延面積14,000m²以上とある程度規模の大きい地下街では監視人数が1～2人/10,000m²となっている。

4. 地下施設防災対策の提言

地下空間における災害事例は交通災害に次いで火災の発生件数が多い。しかし、2000年から2002年にかけて火災の発生件数が減少していることを見ると、防災対策は強化され、反映されたといえる。火災の発生原因の中に地下鉄駅のエスカレーター付近からの出火と地下鉄トンネルでの軌道上からの出火、どちらも付近のごみやほこりが焼けていることが多い。また、不審火や放火の疑いがあるものも発生している。近年、浸水による被害が発生し、今後、浸水対策の強化に注目が集まっている。2000年の名古屋の集中豪雨では、土嚢や止水板の設置により道路からの浸水は免れたが、隣接ビルの出入口から浸水する事態も発生している。

地下施設の災害事例の分析から以下のように提言する。

- 1) 日常的な点検、清掃、利用者のマナー厳守
- 2) 燃えやすいものを放置しない、監視体制の強化
- 3) 地下街単独での対策に留まらず、連結施設との共同対策
- 4) 被害予測に基づき利用者への避難勧告、公共交通機関の停止が考えられる場合は早い段階での帰宅を促す
- 5) 利用者が自己判断をし、浸水の恐れがあるときは地下施設への進入は控える

アンケート調査を実施することで、災害に対する危機感が感じられない地下街もあった。事故や災害は予期せぬところから発生するものであり、危機管理意識の向上が望まれる。特に地下空間は地震には強いという考えから対策が立てられていなかった。しかし、阪神大震災のように地震から火災が発生することもあるため、地震対策も必要である。名古屋では東海地震の防災強化地域に指定されたということもあり、マニュアルの改訂がなされているところであった。北海道のポールタウンでは、地下街全体での防災訓練の他に、

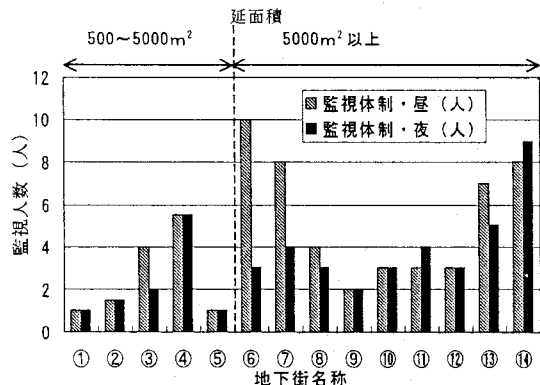


図-13 地下街別監視人数

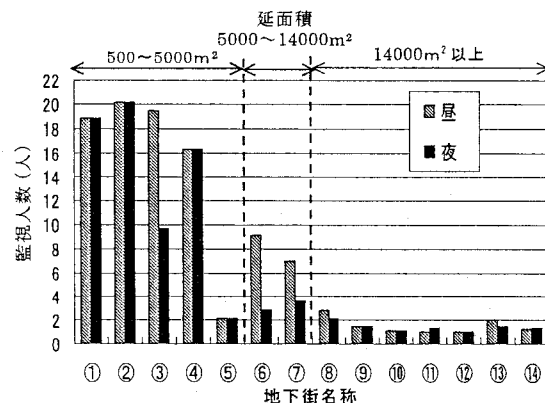


図-14 面積10,000m²あたりの監視人数

管理会社のみで専門的な防災訓練を年に6回実施している。また、東京都では防災センター勤務の方は防災センター要員講習が義務付けられていた。これらは危機管理意識の向上につながるものと思われる。

アンケート調査結果から以下のように提言する。

- 1) あらゆる災害に対する危機意識の所有が重要
- 2) 防災センター要員の専門的な訓練や講習
- 3) 連結施設との連帯意識

【参考文献】

- 1) 棚橋由彦・東 努・後藤多美子・江崎哲郎:土木学会第51回年次学術講演会講演概要集, 共通セッション, CS-67, pp134-135, 1996
- 2) 棚橋由彦・東 努・後藤多美子・江崎哲郎: 地下施設の防災に関わる調査研究, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第2巻, 土木学会, pp121-128
- 3) 長崎大学付属図書館: 朝日新聞検索システム 1995-2002
- 4) (社)日本損害保険協会, (社)日本プロジェクト産業協議会: 地下空間に関わる空間防災に関する調査研究報告書, pp26-104, 1991
- 5) 天神地下街共同防火管理協議会: 天神地下街統括消防計画, 災害対策マニュアル
- 6) 八重洲地下街株式会社・八重洲地下街株式会社: 防災マニュアル
- 7) 棚橋由彦・國松 諭・東 努: アンケートによる地下空間・地下施設の安全性意識の検討, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第3巻, 土木学会, pp.201-207, 1998
- 8) 東京消防庁火災予防審議会: 地下施設に関する防火アンケート調査報告書, 1991.3