

防災の視点から見た地下空間の特質について PARTICULARITY OF UNDERGROUND SPACE FROM A VIEWPOINT OF DISASTER PREVENTION

有賀 義明
Yoshiaki ARIGA

Utilization of underground space for human activity, such as underground shopping arcade, subway, basement and so forth, has been progressed in the big cities. The principal property of underground space is isolation. This principal property has favorable effect on the utilization of underground space for physical use, but has unfavorable effect on the utilization for human activity. Latent dangers in regard to air, water, fire, poisonous gas, and so forth subsist in the underground spaces. In this study, the relationship between the events supposed and the dangerous factors have been investigated. Naturally, underground space is to be dangerous for human activity. Consequently, suitable safety measures and devices should be taken in order to prevent disaster in future.

/key words/ : underground utilization, latent danger, disaster prevention, human activity.

1. まえがき

我が国では、特に大都市圏において、地下街、地下鉄、地下室、地下自動車道等、“人間の活動空間”としての地下空間利用が進んでいる。地下空間の基本特性は、隔離性であり、この基本特性から様々なメリットやデメリットが派生する。物を貯蔵したり設備を設置したりする地下利用の場合、例えば、地下倉庫、燃料の地下備蓄、地下共同溝、地下変電所等、“物的な地下空間利用”においては、恒温性、恒湿性、気密性、遮断性、耐火性等、多くの有利性をリストアップすることができる。“物的な地下空間利用”では、万が一、地下で爆発や火災等の不測の事態が発生した場合でも、その影響が直ぐには地上まで及ばず、災害の波及・拡大が地盤によって阻止されるという大きなメリットがある。

一方、“人間の活動空間”として地下空間を利用する場合は、何事もない普段は問題が顕在化することはないが、ひとたび事故や災害が発生した際には、空気、光、水、火、煙、有毒ガス、パニック等、人間の生存・生死を直接的に脅かす潜在的危険要因が顕在化することになる。したがって、人間の活動空間として地下空間を利用する場合には、想定される事象と地下空間の危険要因を明確にするとともに、想定される如何なる場合にも、地下空間の潜在的危険要因が顕在化しないような配慮と工夫が必要不可欠である。ここでは、人間の活動空間として地下空間を利用する場合を前提として、安全・安心、防災の視点から、地下空間の潜在的危険要因について整理するとともに、地下空間の潜在的危険要因を顕在化させないためには何が必要であるかについて考察した。

キーワード：地下利用、潜在的危険性、防災、人間活動

フェロー会員：博(工) 電源開発株式会社 技術開発センター茅ヶ崎研究所

2. 想定される事象と人間にとっての地下空間の危険要因

我が国では、人間の活動空間としての地下空間の利用は、地下鉄の建設とともに発展してきている。我が国で初めて、地下鉄銀座線が浅草～上野間で運転を開始したのは1927年のことであり、1930年には国内初の地下商店街が上野駅に建設された。地下鉄の建設は、1950年代後半から本格的に推進されるようになり、現在では、札幌、仙台、東京、横浜、名古屋、京都、大阪、福岡等の大都市で、地下鉄が整備され、地下鉄に接続して数多くの地下街が建設され、毎日多くの市民に利用されている。これまでに、人的被害を伴う地下空間の災害あるいは事故事例としては、大阪千日デパート火災事故（1972年5月）、北陸トンネル火災事故（1972年11月）、日本坂トンネル火災事故（1979年7月）、静岡駅ゴールデン街ガス爆発・火災事故（1980年8月）、東京地下鉄サリン事件（1995年3月）、福岡豪雨災害（1999年6月、2003年7月）、東海豪雨（2000年8月）、韓国大邱市地下鉄放火・火災事件（2003年2月）等、様々な事例が報告されている。

表－1 人間の活動空間として地下空間を利用する際に
想定される事象と危険要因との関連性

想定事象	停電	集中豪雨	高台潮風	ガス配管破断	火災	地震		テロ・過剰混雑	避難勧告	情報伝達	疲勞	経年劣化	事故・犯罪	代表的な災害事例 () 内；備考
						津波	液状化							
危険要因	光	水		ガス	煙火 有毒ガス	水砂	ガス	光、火	パニック	逃げ遅れ	破壊		水、光、火、ガス	
都市施設	地下街	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	静岡駅地下街ガス爆発 S38.11
	地下鉄	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	地下鉄サリン事件 H8.3
	地下道	○	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	
	地下室	○	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	○	◎	◎	東海豪雨 H12.8
トンネル	海底トンネル	○	×	○	◎	×	△	○	◎	◎	◎	◎	◎	サンフランシスコ湾海底トンネル火災事故 1979.1
	道路トンネル	○	○	○	◎	△	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	日本坂トンネル火災事故 S54.7
	鉄道トンネル	○	×	○	◎	△	○	○	◎	◎	○	◎	◎	北陸トンネル火災事故 S47.11
無人施設	通信施設	×	×	△	◎	△	○	×	×	×	△	◎	◎	世田谷通信ケーブル火災 S59.11
	電力施設	×	×	△	◎	△	○	×	×	×	△	◎	◎	
	燃料貯蔵	×	×	×	○	△	△	×	×	×	△	○	○	(石油、LPG)
	倉庫	×	○	×	○	△	○	×	×	×	△	△	△	
有事	避難所	○	○	○	○	△	△	×	×	×	△	△	△	(シェルター)

【備考】人的被害に対する影響度 ◎：極めて重大、○：重大、△軽微、×：殆ど無し

これらの災害事例や事故事例は、閉鎖空間である地下空間では、爆発や火災や浸水等、何か災害や事件が発生し場合には、地下空間が人間の生存にとって非常に危険な空間に豹変することを明示するものである。こうした過去の事例を踏まえ、想定される事象と人間にとっての地下空間の危険要因の関連性について記述してみたものを表－１に示す。想定される自然事象としては、台風、集中豪雨、高潮、地震、津波等が考えられ、事件や災害として想定される事象としては、停電、ガス漏れ・ガス爆発、火災、浸水・水没、地盤や構造物の破壊・崩壊等が考えられる。人間特有な事象としては、避難行動の遅れ、パニック、テロ、犯罪等を想定することができる。そして、人間の生存、生死にとって重大な脅威となる危険要因としては、空気、光、水、有毒ガス、煙、火等を列挙することができる。空気は、人間の生存に必須の要件であり、地下空間の隔離性によってこれらが絶たれた場合には、人的被害に直結することが容易に想像できる。また、水（浸水、水没）、ガス（煙、有毒ガス）、火（火災）は、人間の生命を直接的に脅かす危険要因であり、これらが顕在化した場合には、大きな人的被害に帰結する危険性が高い。更に、閉鎖空間では、適正な利用規模を超えた過剰混雑といった要因も被害拡大の面で重要な危険要因になる。大都市を想定した場合、建物や施設等の“動かないもの”の安全性のみならず、人間や車等の“動くもの”の挙動特性や相互作用も重要な危険要因になる。地下空間の防災性を向上させ、安全に安心して地下空間を利用するためには、表－１に表現したような想定事象と危険要因との関連性を十分に踏まえて、地下空間の防災を総括的に考えることが必要である。

３．人間に対する地下空間の潜在的危険性

表－１では、想定される事象と地下空間の危険要因と地下施設との関連を示したが、人間の活動空間として地下空間を利用する場合と物的貯蔵や物流空間として地下空間を利用する場合に分けて、危険要因の影響度について集約してみた結果を表－２に示す。“物的な地下空間利用”では、逃げ遅れやパニックは基本的に無縁であり、空気、光は、基本的に大きな危険要因にはならない。それに対して、“人間の活動空間としての地下利用”では、空気、光、水、火、煙、有毒ガス、熱、逃げ遅れ、パニック等は、これらのすべてが、人間にとって重大な危険要因になる点が、防災の視点から見た地下空間の大きな特質である。

表－２ 人間に対する地下空間の危険要因

危険要因 利用形態	空気	光	水	火	煙 ガス	熱	破壊	逃げ 遅れ	パニ ック	被害の種類
人間の活動空間としての地下利用	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	人的被害 物的被害 経済的被害
貯蔵空間・物流空間としての物的利用	×	×	○	◎	△	○	○	×	×	物的被害 経済的被害

【備考】影響度 ◎：極めて重大、○：重大、△軽微、×：殆ど無し

４．人的被抑止低減のための地下空間の防災対策

人的被害の抑止低減に主眼を置いて地下空間の防災性を向上させるための配慮と対策等についてまとめた結果を表－３に示す。防災を考える場合、便宜的に“人的被害の抑止低減”と“物的・経済的被害の抑止低減”に分けて考えることが可能である。人間の活動空間としての地下利用を考える場合は、“人的被害の抑止

低減”が第一に優先すべき課題になり、防災性を向上させるためには、最善の幸運を期待して地下空間の利用を図るのではなく、最悪のことを想定して最悪の事態が発生しないようにして地下空間の利用を図ることが必須の課題になる。そのため、地下空間の防災を考える際には、“地下空間は人間にとって基本的に安全である”とする考え方ではなく、“地下空間は人間にとって基本的に危険である”とする考え方からスタートすることが肝要であると考えられる。

表－３ 人的被害抑止低減のための地下空間防災対策

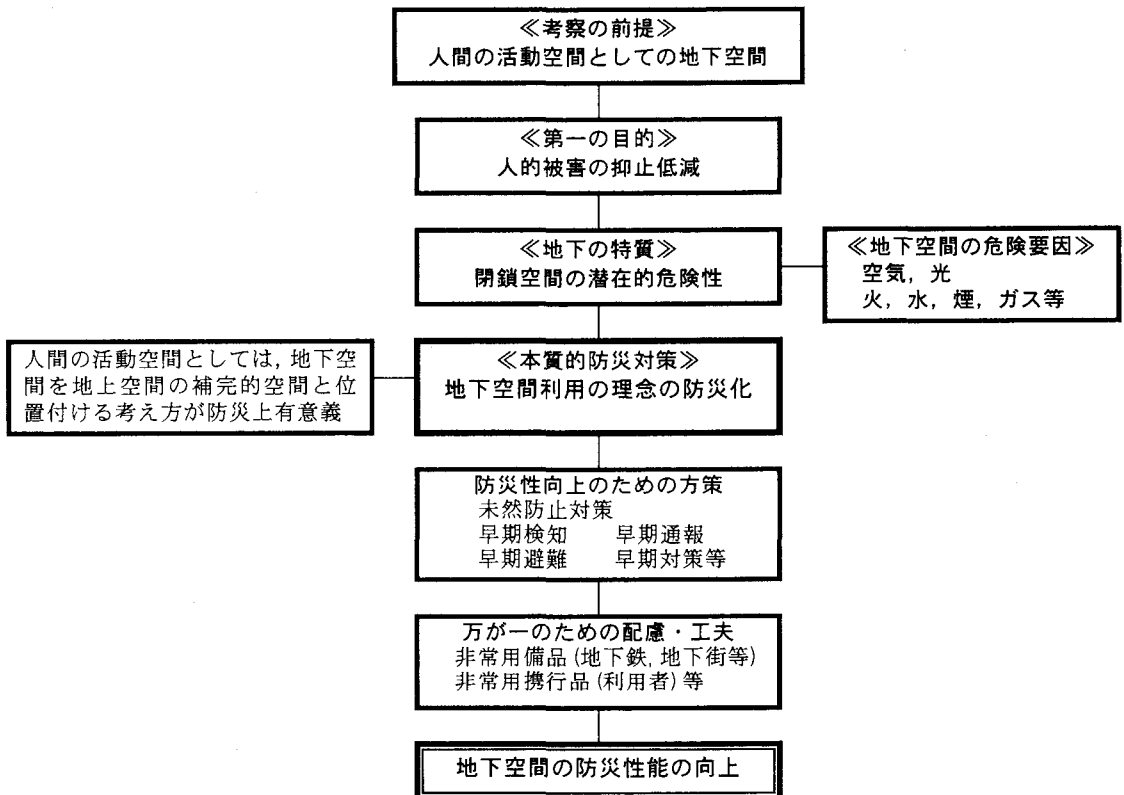
区 分	危険要因	概 要
地下空間利用の 理念の防災化	潜在的危険要因の 抜本的回避	人間の活動空間として利用する場合は、地下空間を地上空間の補完的空間と位置づけて利用を図り、防災性に万全の配慮と対策を講じることが肝要。 (補足：物的利用の場合は、地下空間の多くのメリットを活かすことができるので、地上空間に代わる主体的空間として有効活用を図ることが肝要。)
未然防止	火 煙 有毒ガス	不燃化
		防火システム
		漏電防止システム
	テロ 破壊工作 犯罪	防犯監視システム
		出入管理システム 利用者所在管理システム
早期検知	火	火災検知システム
	水	異常出水検知システム
	煙	煙検知システム
	有毒ガス	ガス検知システム
	熱 臭	赤外線検知システム 臭検知システム
早期対策 ・非常用設備	火	初期消火システム
		延焼防止システム（耐火扉）
	水	非常用排水システム
	空気	非常用換気システム
	煙	非常用排煙システム
危険情報発信 避難情報伝達	危険情報	無線通信システム
	安心情報	聴覚（音声）による情報伝達システム
	避難情報	視覚（表示・映像）による情報伝達システム
避難誘導	視覚	避難路表示（非常灯、音声等）
	聴覚	避難誘導システム
		防災ロボット
非常用備品・携行品 ・地下鉄車内常備 ・地下街店舗常備 ・利用者携帯用品	火	消化器
	水	水中メガネ、アクアラング、ゴムボート
	煙、有毒ガス	防毒マスク、酸素ボンベ
	熱	耐熱服
	光	非常用電灯、懐中電灯
	空気	酸素ボンベ
防災教育 防災訓練	意識	危険性の適正認識、啓蒙
	知識	普段の心がけ、啓蒙

何事もない平時の状況を想定するだけならば、“地下空間は人間にとって基本的に安全である”とする考え方に立つことが可能ではあるが、過去に発生した災害事例や事故事例を踏まえれば、“地下空間は人間にとっては基本的に危険である”という考え方に立たざるを得ず、こうした視点から、安全に安心して地下空間を

利用することができるような防災対策が必要不可欠である。地下空間は、隔離性を基本特性として、“物”にとっては有利な点が多いが、“人”にとっては万が一の場合の危険要因が多く、大都市が巨大地震に襲われた場合には、地下鉄や地下街では、光や空気が途絶えることによって、また、火や水やガスに襲われることによって甚大な人的被害が発生することが想像に難くない。地上空間では大事に至らないような些細な災害や事件であっても、地下空間では大きな災害に波及する危険性が高くなる。

5. 結 論（地下空間の防災性能を向上させるためには何が必要か？）

人間の活動空間として地下空間を有効に活用する場合は、万が一にも、地下空間の潜在的危険性が顕在化することがないようにするための防災上の配慮と対策が必要不可欠である。地下空間の防災性能を向上させるための方策の大まかなフローを図－1に示す。本質的に重要と思われる点は、地下空間の利用に関する理念、基本的考え方の防災化ではないかと考えられる。気候が温暖で四季に恵まれた我が国では、人間の本来の活動空間は地上空間であるとするのが最も自然であり、人間の活動空間として地下空間を利用する場合は、地下空間は、地上空間の補完的空間と位置づけるのが防災上合理的であると考えられる。補足ながら、物的な地下空間利用の場合は、地下空間の多くのメリットを活かすことが可能になるので、この場合は、地下空間は、地上空間に代わる新たな空間としての有効活用が合理的であると考えられる。



図－1 地下空間の防災性能の向上のための配慮と対策

地下空間の防災性向上のための方策としては、災害や犯罪の未然防止、早期検知、早期通報、早期避難、早期対策が必要であり、万が一のための工夫としては、消火器、空気ボンベ、アクアリング、ゴムボート、防毒マスク等の非常用備品や非常用携行品といった工夫も必要になるのではないかと拝察される。地下空間の利用に際しては、人的災害に対する地下空間の危険性、脆弱性をどう克服するかが、安全で安心な社会を形成するための非常に重要な課題であると考えられる。

6. あとがき

国土空間の利用に関しては、大きく、①地上空間でなければ成立しない空間利用、②本来的に地上空間であることが最も合理的で望ましい空間利用、③必ずしも地上空間でなくても良いものを地下空間で行う空間利用、④地下空間でなければ成立しない空間利用、の4つの利用形態に分類して考えることが可能である。四季に恵まれ、世界でも最も温暖で住みやすい自然環境に恵まれた我が国では、人間にとって最も自然調和型で快適な活動空間は地上空間であり、地下空間は、あくまで地上空間を補完するための空間として位置つける考え方が合理的かつ安全・安心であると考えられる。大都市では、地下鉄や地下街等の地下空間利用が進んでおり、何事もない平時は、多くに市民に日常的に活用されている。しかし、ひと度、火災や水害や地震等の災害や事件が発生した場合には、その発端は些細なものであっても、地下空間の潜在的危険性が顕在化して、結果的に、甚大な人的被害に拡大する怖さが内在している。大深度地下の公共的使用に関する特別措置法が2001年4月に施行され、都市の再生とも関連しながら、地下空間の有効利用が図られつつあるが、いついかなる時にも市民が安全に安心して利用できる地下空間を実現するためには、地下空間の防災性の確認と確保が必須の要件である。人間の活動空間として地下空間を利用する場合は、万が一の事態が発生した場合でも、人的被害が発生しないように、念には念を入れた、安全・安心、防災に関する配慮と対策が必要不可欠である。そのためには、地下空間の利用に対する理念・基本的考え方の防災化が大切であり、安全性、防災性を優先する視点から、地上空間と地下空間の有効なすみわけを考えて行くことが大切ではないかと思われる。

参考文献

- 1) 土木学会：地下空間研究委員会計画小委員会報告書概要版，2002.7月
- 2) エンジニアリング振興協会地下開発研究センター：地下空間開発利用の現況調査（マスタープラン専門委員会報告書その1），990.7月
- 3) 陶野郁雄：大深度地下開発と地下環境，鹿島出版社，1990.
- 4) 地下空間利用研究グループ：地下都市—ジオフロントへの挑戦—，清文社，1989.7
- 5) 日本産業技術振興協会，エンジニアリング振興協会：地下空間利用技術に関するテクノロジー・アセスメント，1988.3月