

安全・防災の観点から見た地下空間の特徴

Characteristics of Underground facilities from Safety point of view

首藤 由紀
SHUTO, Yuki

Abstract: Underground facilities have some characteristics that play crucial roles in case of emergencies.

In this paper, limitation, isolation and complexity of the space is shown with related safety problems in past accidents and disasters occurred underground. To promote public acceptance to underground utilization, disclosure of risk information is vital, as well as solving these problems.

Key words: Safety, Disaster prevention & mitigation, Underground facilities, Public acceptance

1. はじめに

都市化が進み、限られた空間をいかに高度利用していくかが重要な課題となっている今日の社会では、地下空間の活用もひとつの大きな選択肢であろう。しかし一方で、従来から地下空間特有の安全上の課題があることも指摘されている。安全・防災という観点で地下空間利用における危険性を考えることは、必ずしもその推進にブレーキをかけるということではない。むしろ、地下空間利用をより進める上で、この問題は避けて通るべきではなく、積極的に解決すべき問題と考えられる。特に、不特定多数の人々をはじめとする人間がその中に入って利用することを前提としている地下施設については、あらかじめ発生可能性のある危険要因を正しく把握してこれに対応していくことは、これらの施設が社会的に受容されていく上で非常に重要であろう。

ここでは、このような観点から、地下空間利用の危険性について、あらためて見直してみる。

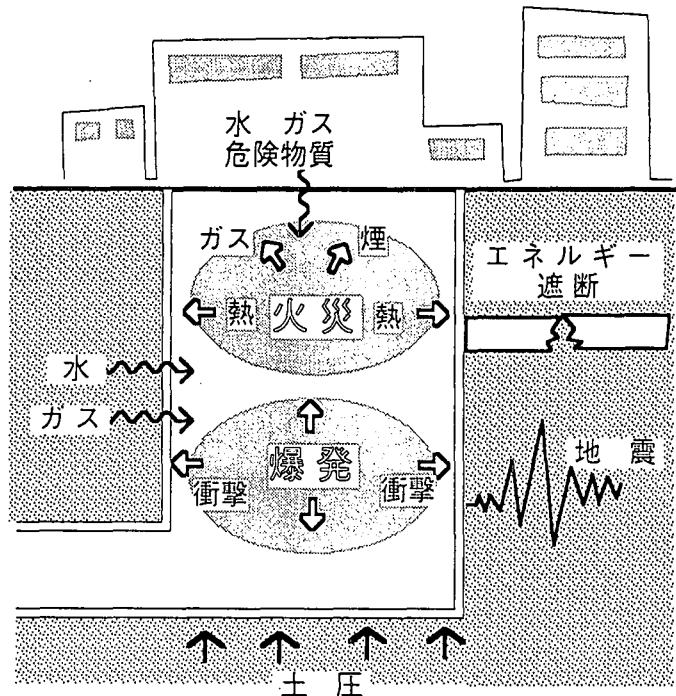
2. 地下空間における事故・災害の危険性

従来の地下施設におけるさまざまな事故・災害を見ると、人の生命・身体、あるいは施設等に大きな被害をもたらした災害としては、火災・爆発によるものが多いと言われる。また最近では、都市型の局所的集中豪雨により地下空間が浸水することにより、人命を失うという被害も出て注目されている。

地下空間に危険をもたらす可能性を持つ要因をイラスト的に図示したのが、図-1である。この中にも示されているとおり、これらの要因は大きく、①外部からもたらされる要因と、②内部に存在する要因の2つに区分される。外部からもたらされる要因としては、水やガスなど危険物の流入、地震動や土圧による構造

キーワード：安全，防災，地下施設，社会的受容

* (株) 社会安全研究所 ヒューマンファクター研究部 部長



図－１ 地下空間の災害要因

物への力、さらには地下空間の施設へ供給される電力などのエネルギー源の遮断などが考えられる。一方、内部に存在する潜在的要因としては、施設内部を発端とする火災や爆発などがあげられる。

これらの危険要因に、さらに地下空間の持っている特性が付け加わることで、地下空間に特徴的な事故・災害が発生することになる。以下では、過去に発生したさまざまな事故・災害事例をふりかえりながら、このような地下空間の特性と、そこからもたらされる事故・災害時の問題点について述べる。

３．地下空間の特性と事故・災害時の問題点

３．１ 限られた空間

地下空間に設けられた各種施設の特性のひとつとして、空間的に限られており、その広さが決して広くはないことがあげられる。施設の建設コストを抑えるためには、限られた空間を可能な限り有効に利用することが必要不可欠であろう。

しかし、このような空間特性は、事故・災害の面で次のような問題をもたらすことになる。

(a) 狭い空間に一気に危険が広がる

地下に設けられた施設は限られた空間であることから、何らかの事故・災害が発生すると、その危険が一気に全体に広がる可能性が高い。

たとえば火災の場合では、発生した熱や煙が狭い空間内に広がる。空間的に限られていることは、熱がこもる一方で燃焼のための空気の供給が少ないということでもあり、一般の火災以上に大量の煙を発生させることになる。1979年、東京都内のある地下街で発生した火災では、エレベータ前に置かれていたゴミ入り段ボール箱が燃えたただけだったにもかかわらず、周囲の温度がかなり上昇し、かなり離れた場所のスプリ

ンクラーまでが作動した。同時に、周囲には大量の煙が充満して、現地へ到着した消防隊が火元を発見することが非常に困難だった。また、1987年9月21日、近鉄東大阪線の生駒トンネルで発生した火災では、トンネル内のケーブルや附帯設備などが燃えたために、一時はトンネル入口から刺激臭のある黒煙が大量に流出し、周辺住民約200人が避難するほどの騒ぎとなった。このような煙の拡散は、地下空間における火災時に、人々の避難行動や消防の消火・救出活動をさまたげる非常に大きな要因として問題視されている。

近年注目されている地下空間の水害でも、同様である。空間的に限られているため、いったん浸水が始まるとそのスピードは速い。特に、小さなビルの地下室などのように空間が狭ければ狭いほど、浸水し始めてからの時間が非常に短く、浸水に気づいてからでは避難が間に合わないという可能性も出てくる。

(b) 事態への対応が制限される

地下空間では、空間が限られていると同時に、外部からアクセス可能な進入口も限られている。このために、事故・災害に対処しようとしても、地上と違って大量の人員や大型資機材を投入することができず、事態の悪化を防止できないことがある。

1990年9月8日、地下鉄東西線の東陽町－南砂駅間で枕木交換作業中のレールの歪みによって、両駅のほぼ中間で列車4両が脱線した。乗客ら約300人に怪我はなく、職員の誘導で列車から降りてトンネル内を歩いて避難した。しかし当時は、トンネル内の事故としては脱輪程度しか想定されていなかったため、トンネル内の脱線車両を線路上に戻すための機材がなく、地上での脱線に備えた機材は大型すぎてトンネル内に持ち込むことができなかった。この結果、脱線車両への対応は人海戦術で対応せざるを得ず、運転再開までには事故から丸一日を要した。また、1984年11月16日に発生した世田谷ケーブル火災では、火災が発生した洞道が狭かったため地上構造物の火災と比較して投入できる消防隊員の数に限られ、消火活動は思うにまかせなかった。

このように、空間的な制限があることにより、事故・災害が発生した時に、その拡大を防止したり影響を最小限に抑えるための対応活動が制限され、結果として大きな被害を防ぐことができない点が問題となる場合も少なくない。

(c) パニック発生の可能性

地下空間であることから、これを利用する人々の心の中には潜在的な不安感が存在することも考えられる。たとえば停電などの発生による突然の環境異変は、この潜在的な不安感を一気に顕在化させる。

1987年5月11日、大阪市梅田のビル街一帯で、阪急ターミナルビル、阪急三番街、阪急梅田駅の一部へ電力を供給する受電設備の絶縁不良により、延べ26万3千m²が停電するという事故が発生した。平日の午後4時過ぎに起こったこの停電事故では、ターミナルビルや梅田地下街などに約2千人の従業員と8千人の買い物客がいて1階広場へと避難する騒ぎとなった。停電に伴い空調が停止して温度が上昇するという環境悪化の中、いったん点灯した非常灯が再び消えると「キャー」という叫び声があがり、親子連れや友人同士がどこにいるか確認しあうために互いに名前を呼び合う声が響きわたった。

人々が危険から逃れようとして互いに押しのけあうような、いわゆる「パニック」と呼ばれるような混乱状況は、パニックの中でも特に「逃走パニック」という。この「逃走パニック」が発生する条件としては、①危険が突発的（予想外）に発生すること、②その場所から脱出しなければ助からないという認識が人々の間に広がること、③その場から脱出するための脱出口が存在すること、④その脱出口が限られており他の人と競争する必要があること、という4つの条件がすべて満たされる必要があり、一般的には稀にしか発生しないと言われている。実際に、たとえば1989年に米国カリフォルニアで発生したロサンゼルス地震の際には、ワールドシリーズの試合開始直前だった球場に大勢の観客が集まっていたが、あわてて逃げ出そうとする人はほとんどなくきわめて冷静だった。

しかし、地下空間で何らかの事故・災害が発生し避難が必要となった場合、脱出口が限定されている（というイメージを持たれている）ことは、「逃走パニック」を発生させる条件のひとつを満たすことになる。1988

年 5 月 19 日、阪急電鉄ターミナルビルの地下 2 階にある中華料理店でダクト火災が発生した。火災そのものは天井等の部分的な延焼にとどまったものの、煙が全館に広がったため、煙が流入した場所では排煙機を作動、これに連動していた防火シャッターが次々と降りて閉まった。このため、避難しようとした通勤客がぐりぐりに集中して部分的な混乱が起きた。地下空間であることが利用者の心理に閉塞感・不安感をもたらしていることも考えると、こうした混乱防止には通常以上の配慮が必要と考えられる。

3. 2 隔離された空間

地下空間の施設は、周囲を土で覆われ、外部からある程度以上の距離をもった、隔離された空間となっている場合が多い。こうした特性がもたらす問題点としては、たとえば以下のようなものがある。

(a) 外部からの情報を得にくい

外部から隔離されているということは、外部に存在するさまざまな情報から隔離されているということでもある。このことから、危険要因の発生に気づくことが遅れたり、事故・災害への対応に際して情報不足に陥ることがある。

たとえば、1999 年 6 月末に福岡市を襲った記録的豪雨では、博多駅周辺など中心部の地下街などが浸水被害を受けた。しかし、豪雨と河川氾濫によってまちに水があふれ始めた午前 10 時前、地下街では店の従業員たちがほとんど何も知らずに開店準備を進めた。ある飲食店の従業員は、地上一帯が水で覆われていた 11 時過ぎになっても、それをまったく知らず、そろそろランチの客が入ってくるはずの時間なのに来ないので「おかしいな」と考えていたとされている。地下街で働く人の多くは、ひどい雨が降っていることは承知していたものの、それがどれほど重大な事態を引き起こしつつあるかという危険認識を正しく持ってはいなかった。

情報という意味では、地下空間で無線等が利用しにくいことも同様である。たとえば 1987 年に英国ロンドンの地下鉄キングスクロス駅で発生した火災では、消防隊員同士の無線連絡ができず、消火活動の上で支障をきたした。また、自動車トンネルなどの場合には、個々の車両に情報を伝達する手段が限られている場合もある。地下空間における危険を低減するためには、事故・災害の発生を防止するだけでなく、万が一それが発生した場合にも、適切に対応することが可能でなければならず、そのためには正確な情報を伝えていく必要がある。したがって、このような情報伝達の難しさに対しては、なんらかの措置が必要と考えられる。

(b) 危険・困難な避難

地下空間で事故・災害が発生すると、多くの場合は安全を求めて人々が地上へ向かって避難することとなる。しかし、この避難の方向が、たとえば火災の場合には熱や煙の移動する方向、大雨による浸水の場合は水が来襲する方向など、危険要因の来襲・移動する方向と同じ場合が少なくない。

たとえば、先にあげた英ロンドン・地下鉄キングスクロス駅火災では、出火地点がホームと改札口ホールを結ぶエスカレータの下が出火点となった。上りエスカレータの動きによって上方向へと広がった炎は改札口ホールを火の海にしたため、ホームにいた人々は避難先を求めて混乱した。同じく前述した 1999 年の福岡水害でも、博多のあるホテルの地下では、当直を終えて地下の従業員ロッカーに向かったホテルマンなどが、水压で開けなくなった防火扉を開けられずに一時的に閉じこめられた。男性 5 人の力で開けなかった扉は、外側からのもう 1 人の力を借りてようやく開くことができたため、これらの人は避難ができたという。

通常、地下空間へ出入りするための垂直方向の移動には、エスカレータやエレベータが用いられる。しかし事故・災害時には、これらの設備が使用不能となる場合も多く、これが避難を困難にさせる要因となる。特に、地下空間では避難方向が上方向となる場合がほとんどであることも、避難の困難さを助長する。たとえば 1987 年 10 月 28 日、東京駅の地下変電所で火災が発生、地下ホームが停電しエスカレータなどが停止するという事故があった。この時、地下ホームにいた乗客の中には「停電が直って列車が動きだすのをじっと待つしかない」と避難をあきらめたお年寄りもいたとされている。

地下空間の利用が進むにつれて、その施設の深さはより深くなり、上方向への避難距離はますます長くなる傾向がある。いざという時に、施設内の人々をいかに安全な場所まで避難させるかは、非常に大きな課題と言えよう。

(c) 閉じ込め、閉じこもりの発生

地下空間が隔離されているということは、いざという時に避難経路が何らかの理由で使えなくなって、閉じ込め、閉じこもりが発生する可能性もあるということである。

1989年12月27日午前1時、大阪市梅田のJR大阪駅と地下鉄梅田駅を結ぶ連絡通路内で、放火が原因とみられる火災が発生した。最終列車終了後の火災だったため通行客はいなかったが、煙の拡大が非常に早かったため、地下街の地理をよく知っているはずの警備員さえもが逃げ遅れ、警備員詰め所に閉じこもらなければならなかった。しかし、結果的にはこれら警備員も後に救出され、軽い一酸化炭素中毒で入院したものの生命には別状がなかった。また、前述のキングスクロス地下鉄駅火災でも、炎と猛煙に耐えかねて駅構内の公衆トイレに閉じこもった乗客が救出されている。

このように、火災などの事故・災害時には、非常に小さな空間であっても閉じこもっていることによって生存できる可能性がある。したがって、逃げ遅れた人の所在をいかに早急に把握し、その救出にあたることによって、事故・災害の被害を最小限にとどめることが可能となる。

3. 3 複雑な空間

地下空間には、そこが地下空間であるがゆえの複雑さが存在する。この特性との関係で生じる問題としては、たとえば次のようなものがあげられる。

(a) 位置関係の把握が難しい

地下空間は、外部から鳥瞰図的に把握することができないため、位置関係の把握が特に難しいことが知られている。地上であれば、外部から全体を概観して把握することが可能であるが、地下空間は内部からの視点だけしか持つことができない。このため、地下空間と地上との位置関係はもちろんのこと、地下空間内部の全体的な配置を把握することは決して容易ではない。さらに、火災などが発生した場合には、防火扉等が作動して空間地図が一変する。こうしたことから、避難経路を適切に選択できなかったり、出火点など事故・災害の発生現場の特定に時間を要したりする場合もある。

1980年8月16日に発生した静岡駅前地下ゴールデン街のガス爆発事故では、その発生を通報しようとした従業員ですら、真上のビルの名前を答えることができなかったと言われている。また、キングスクロス地下鉄駅火災では、駅の構造をよく知らなかった警察官が、出火したエスカレーターとは別のエスカレータにホームの乗客らを避難誘導した。しかし、実はこのエスカレータも出火したエスカレータが通じているのと同じ改札口ホールへ向かうものだったため、避難誘導された乗客はすでに炎に包まれた改札ホールに向かってしまった。

このような課題に対処するためには、地下空間を設計する段階で、いかにわかりやすい空間配置をするかが重要であろう。人間の持っている空間認識の特性、たとえば通行路の交差は直角であると認識しやすいことなどを踏まえた上で、人々が正しい認知地図を描くことができるよう配慮する必要がある。

(b) 管理区分などが複雑

少なくとも、現在ある地下施設では、所有・管理する組織が複数にわたるなど、管理体系が複雑である。たとえば地下街では、地下街の管理組合等はあるものの、ほとんどがビル地下階や駅などと連結している。また、長大トンネルなどでは、どちらの入り口に近い部分での発災かによって、災害時に対応する消防組織などが分担されている。このように複数の組織が関係しているために、いざというときに素早い対応がとりにくい場合がある。

1983年8月16日、名古屋市の地下鉄・栄駅で発生した火災では、出火点である変電室へ放水するために

電源遮断が必要だった。しかし、地下鉄の運行や乗客の安全確保の必要性からすぐにはその措置を執ることができず、変電室を管理する部署、旅客等の安全を確保する部署など、複数の部署間の連絡・調整が必要であったため、実際の放水開始までに出火から 1 時間以上の時間を要した。また、1989 年 1 月 15 日、青函トンネルで電気系統の故障のために快速列車が約 3 時間にわたって立ち往生した際には、トンネルの管理を担当する JR 北海道から JR 東日本に対する救援列車の要請に 40 分もの時間がかかったとされる。

複数の組織が関係することは、逆に、多くの人的・物的資源を事故・災害の対応に活用できる可能性があるということでもある。このような観点から、いざという時にいかに互いに連携して事故・災害の対応にあたるかについて、事前に周到な計画を策定するとともに、実用的な訓練でその能力を維持・向上することが望まれる。

4. おわりに

以上のように、地下空間を利用する上では、安全・防災上のさまざまな課題に対応し、潜在的な危険性を可能な限り低くすることが必要である。これによって、人々の不安感も解消し、地下空間を利用した施設が社会に受け入れられるものと考えられる。もちろん、単に「安全」を強く主張するだけでは、社会的な受容は十分には見込めない。それよりもむしろ、潜在的な危険要因などについても情報公開し、そのリスクと安全対策について正しい知識を普及していくことが望まれる。

一方、地下空間は、たとえば地震に対しては強いという安全・防災上の長所も持っている。こうした側面を活用することも、今後の地下利用を推進する上で非常に大切な視点であろう。