

アンケート方式による地下空間の環境意識調査

A Consciousness Research on Environments of Underground Space by Questionnaire Method

長崎大学工学部 後藤恵之輔 Keinosuke Gotoh^{*)}

長崎大学大学院 松下宏 孝 Koichi Matsusita^{**)}

同 上 阿部圭悟 Keigo Abe^{**)}

SUMMARY

In this paper the authors discussed a consciousness research on environments of underground space by questionnaire method. The survey was carried out on underground workers of subways, subsurface streets and a colliery and on ground and underground ones of a department store before and after the Hanshin Earthquake Disaster on Jan. 17, 1995. Questionnaire items were image of underground space, safety, room environment, workability and problems to be solved first of all. As a result it was especially proposed to stress the safety of underground structures in comparison with ground ones and to prevent the occurrence of panic during a disaster.

Keywords: environment(環境), disasters prevention(防災), questionnaire(アンケート調査)

1. はじめに

国土が狭く、少ない平野部に多くの人口が集中している我が国では、都市の地価高騰や地上環境保全のため、ニューフロンティア開発が進められるようになった。地下、海洋、宇宙は従来人間の活動が比較的少なかったが、今後はニューフロンティアとして、その開発が期待されている。特に、地下空間は最も身近にあり、都市部に残された貴重な空間資源であるため、最も開発への期待が大きい。しかし、これらの空間は人間が活動するには厳しい環境であり、心理的不安等多くの問題が考えられる。

1995年1月17日の阪神大震災では、これまで地震に対して強固だとされていた地下鉄においても、神戸高速鉄道の大開駅、神戸市営地下鉄の三宮駅、上沢駅等で国内初めて被害を受けた。天井部分の崩壊、側壁や支柱の亀裂など深刻な被害が多発した。特に、大開駅はホーム階の中柱が、20mにわたって

完全に破壊したため、地上の国道28号が交差点区域を中心に深さ3.0m沈下した¹⁾。これらの被害を受けた箇所は、地上に近い開削工法で施工された所であった²⁾。写真-1は震災後、現地調査した際に、大開駅の復旧状況を撮影したものである。しかし、地下街等多くの地下構造物は、大きな被害を受けず、地上の構造物と比べてもその被害は小さかったが、電気、ガス、水道等のライフラインが寸断されたため、一時的に使用不能となった。

人間が活動する空間では、構造的には安全でも、人間にとって安全で安心できる空間であるか問題である。今回の地震発生が多くの人々が活動する時間ではなかったため、問題にならなかったが、パニック現象等の災害時の人間の心理状態の把握にも課題がある。

本研究では、地下空間のイメージに関するアンケート調査を行い、地下空間環境における心理面や

^{*)} Professor, Dept. of Civil Engineering, Nagasaki University,
1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852, Japan

^{**)} Graduate Student, ditto



写真－１ 神戸高速鉄道大開駅の復旧工事

(1995年5月12日撮影、撮影者：山中 稔)
(Photo.1 Restoration works of Daikai Sta. ,
photographed by M.Yamanaka on May 12,1995)

防災・安全性の課題を明らかにし、今後、地下で人間が活動する際の問題点を提言するものである。

2. アンケート調査概要

(1) 調査目的

現在地下で勤務している人が、地下にどのようなイメージをもっているか、防災・安全性、室内環境、心理面、地下での勤務についてどのように感じているか、何を問題と感じているかを調査する。

また、現在は地上で勤務している人が、地下での勤務を想像した場合の地下のイメージや心理的問題などについて、どう感じているかも調査する。

(2) 調査対象

調査は、表－１に示すa)～f)の地下で勤務している人260名と、g)の地上で勤務している人30名、計290名を対象として行った。表中c)、d)、f)、g)の地下街とデパートは、b)の地下鉄と同じB市に存在するものである。

(3) 調査内容

下記の6項目について調査した。

①地下空間のイメージ

地下のイメージを、暗いと明るい、狭いと広いのように11項目について、わるいイメージの－2からよいイメージの＋2までの5段階で評価してもらった。

②地下の防災・安全性

表－１のf)とg)の、それぞれ地下、地上勤務

表－１ 調査対象

(Table 1 Object of research)

調査対象	配布日	回収日
a) A市地下鉄	94年9月14日	94年9月27日
b) B市地下鉄	94年12月22日	95年1月27日
c) C地下街 (B市)	94年12月22日	95年1月27日
d) D地下街 (B市)	94年12月22日	95年2月8日
e) E炭鉱	94年9月16日	94年9月22日
f) Fデパート地下売場	95年5月15日	95年6月5日
g) Fデパート地上売場	95年5月15日	95年6月5日

者については、防災・安全性についてどのように感じているかだけでなく、阪神・淡路大震災の前と後で、地下空間の防災・安全性に対する意識がどのように変化したかも調査した。

③地下の室内環境、④地下の心理面、⑤地下での勤務
⑥地下空間勤務における問題点

光・明るさ、防災・安全性、空調・騒音、心理面、ホームレスの5項目を、地下空間勤務における問題点として優先的に解決すべきと思う順番に並び変えてもらった。

なお、本調査の内容は、阪神・淡路大震災に関するものを除いて、文献3)、4)の調査にならっていることを断っておく。

(4) 調査方法

表－１のそれぞれの代表者に依頼して、そこで働いている人にアンケート用紙を配布してもらい、記入後に回収してもらう。

なお、表－１から分かるように、調査対象a)、e)は阪神・淡路大震災の前に配布、回答しており、b)、d)は回収が震災後であるものの、回答のほとんどが震災前、c)は回答、回収が震災後、f)、g)は震災後に配布、回答、回収している。

(5) 回答者数

地下勤務者は218人から回答が得られ、回収率は83.8%であった。地上勤務者については21人が回答し、70%の回収率であった。

(6) 回答者の内訳

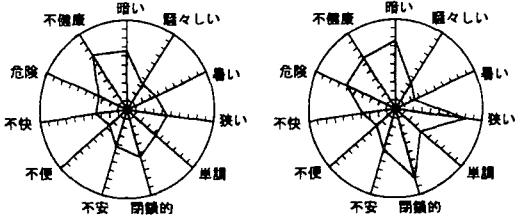
図-1に地下勤務者について、業務別の回答者の内訳を示す。地下鉄が26%、地下街が44%、炭鉱が14%、デパート地下売場が16%である。

3. 調査結果

前章(3)節の①～⑥の各調査項目について、地下勤務者全体、地上勤務者に分けた結果と、地下勤務者をa)～f)の調査対象ごとに個別に分けた結果を以下に示す。

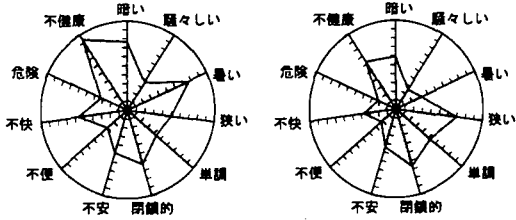
(1) イメージ

地下のイメージを5段階で評価した結果を、-2から-1までのわるいイメージと、0から+2まで

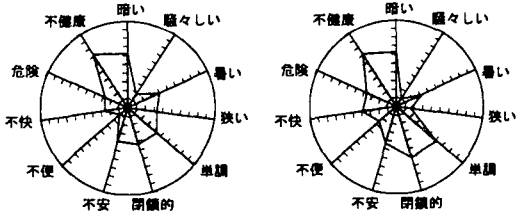


(a) 地下勤務者 (b) 地上勤務者

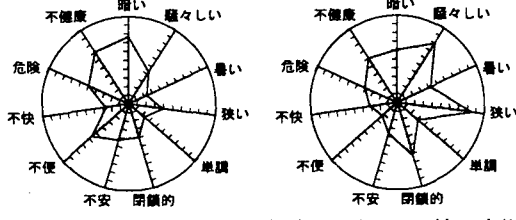
図-2 地下のわるいイメージ (全体)
(Fig.2 Bad image of underground, all)



(a) A市地下鉄 (b) B市地下鉄



(c) C地下街 (d) D地下街



(e) E炭鉱 (f) Fデパート地下売場

図-3 地下のわるいイメージ (個別)
(Fig.3 Bad image of underground, individually)

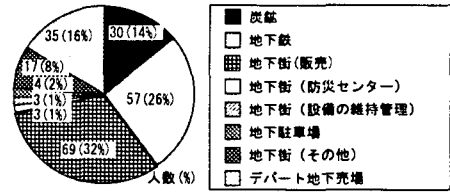
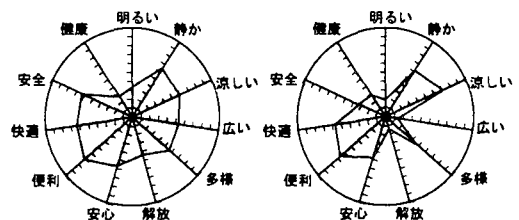


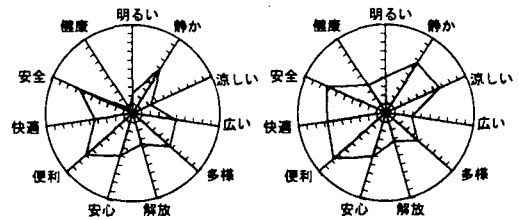
図-1 回答者の内訳 (業務)

(Fig.1 Answer classification by job)

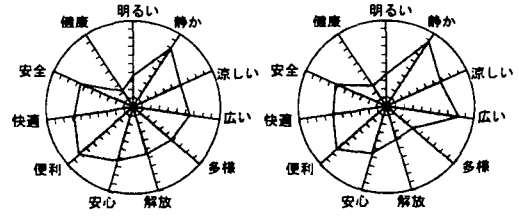


(a) 地下勤務者 (b) 地上勤務者

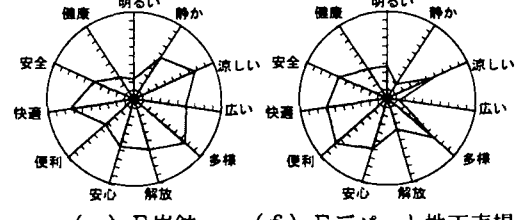
図-4 地下のよいイメージ (全体)
(Fig.4 Good image of underground, all)



(a) A市地下鉄 (b) B市地下鉄



(c) C地下街 (d) D地下街



(e) E炭鉱 (f) Fデパート地下売場

図-5 地下のよいイメージ (個別)
(Fig.5 Good image of underground, individually)

のよいイメージとに分けて、中心点を0%、外周を100%としたレーダグラフで、図-2～図-5に示す。

図-2は地下のわるいイメージを、地下勤務者と地上勤務者と比較したものである。両者に共通する地下のイメージとしては、暗い、不健康と評価した人が60%以上いる結果となった。両者に差が見られるイメージは狭い、閉鎖的であり、地下勤務者では50%前後なのに対して、地上勤務者では80%と、地上勤務者の方が地下に閉鎖感を強く感じていることが分かる。

図-3に地下勤務者の各調査対象別の、地下のわるいイメージを示す。地下鉄、デパート地下売場では狭い、閉鎖的と評価した人が50%～80%なのに対して、炭鉱、地下街では20%～60%と差が見られる。これは、地下鉄やデパートでは人通りが多く、空間にゆとりがないのに対して、炭鉱、地下街では、人の多さに対して、ゆとりがあるためと考えられる。図-4は地下のよいイメージを、地下勤務者と地上勤務者について比較したものである。両者に共通する地下のよいイメージとしては、静か、便利と評価した人が60%以上いる結果になった。地下勤務者はさらに広い、解放、安全と評価した人が地上勤務者より30%以上多く、実際地下で勤務している人は地上で勤務している人に比べて、地下によりイメージを持っていることが分かる。

図-5に地下勤務者の各調査対象別の、地下のよいイメージを示す。地下鉄、地下街勤務者では安全、静か、便利といったイメージを評価した人が60%以上いるのに対して、炭鉱では涼しい、多様、快適といったイメージを評価した人が70%以上いるといった結果となった。

(2) 防災・安全性

図-6、7に防災・安全性についての設問に対する結果を示す。

図-6は地下勤務者と地上勤務者を比較したものである。地下勤務者は「不安」と答えた人が16%、「時々不安」と答えた人が60%と、何らかの不安を抱えている人が76%おり、地上勤務者は「不安」と答えた人が19%、「やや不安」と答えた人が76%と、何らかの不安を抱えている人が95%いる結果となっ

た。このそれぞれ、何らかの不安を抱えている人の比率の差を正規分布で有意性検定⁵⁾を行うと、標準化変数が-1.997と5%で有意差があることが分かる。

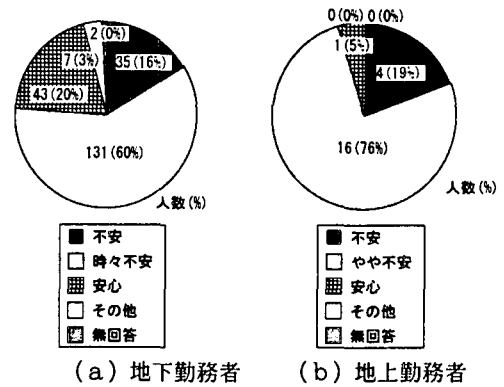


図-6 防災・安全性(全体)
(Fig.6 Prevention of disasters and safety,all)

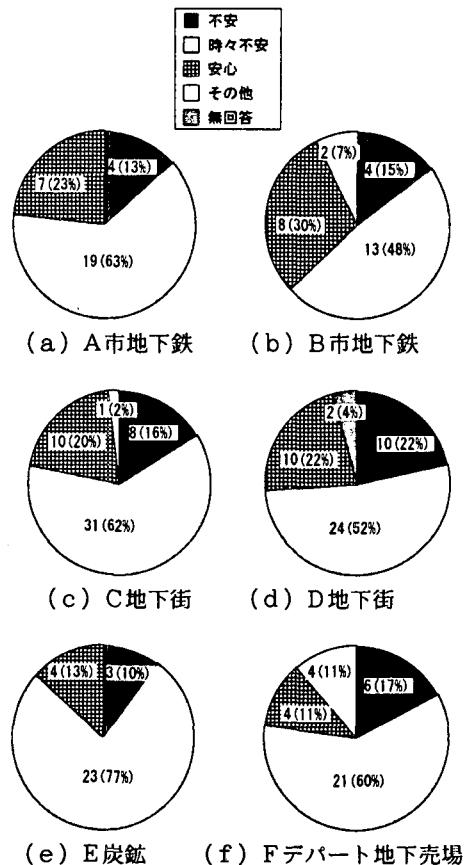


図-7 防災・安全性(個別)
(Fig.7 Prevention of disasters and safety, individually)

地上勤務者の方が防災・安全性に強く不安を感じており、この理由としては、前節で記したように閉鎖感を強く感じていることや、調査を阪神・淡路大震災後の1995年5月に行ったためと考えられる。

また、阪神・淡路大震災の前後で、地下空間の防災・安全性に対する意識がどのように変化したかという設問に対して地上勤務者は、図示していないが「以前から不安」と答えた人が14%、「以前は安心していましたが、震災後不安になった」と答えた人が52%いる結果となった。

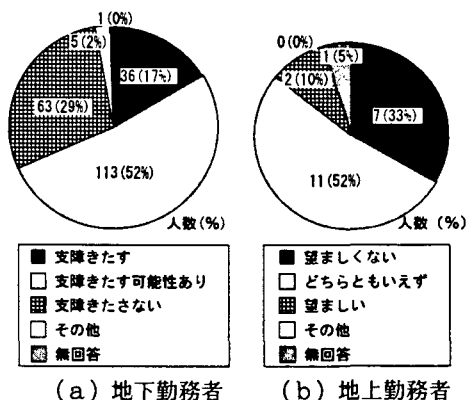
地上勤務者で、防災・安全性に不安を感じる理由としては、災害時どこに避難すればよいか分からない、階段や出入口が限られているので災害時避難しにくいのではないかと、狭いのでパニックになった時不安である、閉鎖的なイメージがあるから、停電して真っ暗になったら不安、といった意見が挙げられた。

図-7に地下勤務者の各調査対象別の結果を示す。何らかの不安を抱いている人の比率は1994年9月に行った調査(図-7(a)、(e)参照)では82%、前章で記したように阪神大震災直後の1995年1月に行った調査(図-7(b)~(d)参照)では73%であった。この比率の差を正規分布で有意差検定を行うと、標準化変数が1.338と有意差がないことが分かる。しかし、同じ1995年1月でも調査対象c)とd)両地下街では、後者において不安の内容が漠然としたものであったのに対して、前者では阪神大震災の影響を受けて、それが非常に具体的な内容となっていた。

地下勤務者が不安を抱いている理由としては、火災に対しては安心しているが地震・水害などの災害に対しては未知なところが多く最近不安になった、構造上の問題はないのか、災害発生時の避難・誘導等の対応に不安を感じる、現状の設備や訓練だけでは不安である、出入口が限られている、非常口が混雑しそう、パニックになったらどうなるのか、といった意見が挙げられた。

また、安心と答えた人の理由としては、地上の高層階より地上に近い安全ではないか、地上とあまり変わらない、防災センター等の防災設備がしっかりしている、防災訓練を定期的に行っている、通路や出口が多い、といった意見が挙げられた。

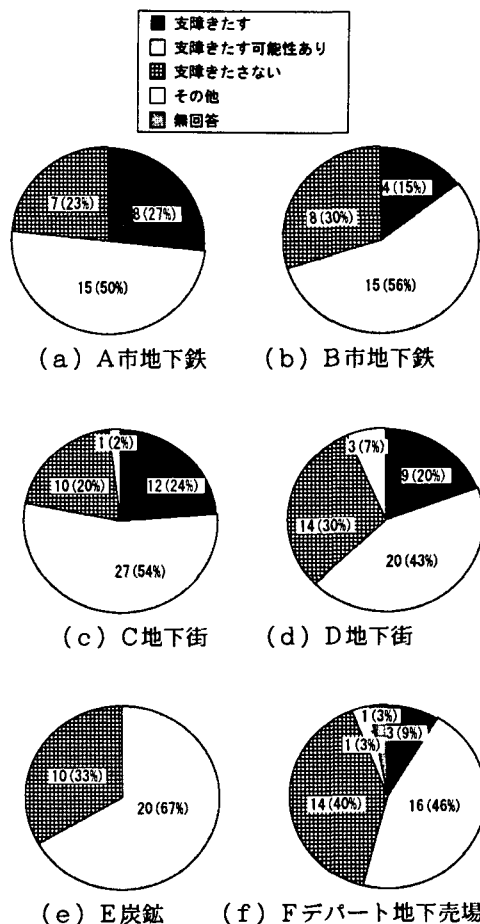
調査対象f)に対する、阪神・淡路大震災の前後で、地下空間の防災・安全性に対する意識がどのよ



(a) 地下勤務者 (b) 地上勤務者

図-8 室内環境 (全体)

(Fig.8 Room environment, all)



(e) E炭鉱 (f) Fデパート地下売場

図-9 室内環境 (個別)

(Fig.9 Room environment, individually)

うに変化したかという設問に対しては、図示していないが「以前から不安」と答えた人が34%、「以前は安心していましたが、震災後不安になった」と答えた人が34%いる結果となった。また、「以前から安心である」と答えた人が17%、「以前は不安であったが震災後安心している」と答えた人が9%おり、その理由としては、地震の時は上層階より地下の方が安全である、阪神大震災のとき地下の方が被害が少なかったので以前よりなおいっそう安心できるようになった、といった意見が挙げられた。

(3) 室内環境

図-8、9に、室内環境についての設問に対する結果を示す。

地下勤務者に対する調査では、図-8 (a) のように「支障をきたす」と答えた人が17%、「支障をきたす可能性あり」と答えた人が52%と、地下の室内環境に何らかの不満を感じ、支障をきたすと考えている人が69%いる結果となった。

また、地上勤務者の人は図-8 (b) のように、33%の人が望ましくないと考えているといった結果になった。その理由としては、空気が悪く日が当たらないから、空気の換気が悪そうなので、空調が悪い、スペース的な広さにもう少しゆとりが欲しい、天井を高くして緑や水が欲しい、といった意見が挙げられた。

図-9に地下勤務者の各調査対象別の結果を示す。

現状の室内環境に何らかの支障をきたすと答えた人の理由としては、ほこりっぽい、空気が汚れている、乾燥のため目や喉が乾き咳が出やすい、空調が不十分である、太陽に当たらない、健康面に不安を感じる、自然が少ない、換気が悪い、といった意見が挙げられた。

支障をきたさないと答えた人の理由としては、地上と変わらない、1日24時間のうち地下での生活は三分の一程度であれば差し支えない、といった意見が挙げられた。

(4) 心理面

図-10、11に、心理面についての設問に対する結果を示す。

図-10は地下勤務者と地上勤務者の比較である。

地下勤務者の回答では「負担」と答えた人が10%、「時々負担」と答えた人が41%と、何らかの負担を

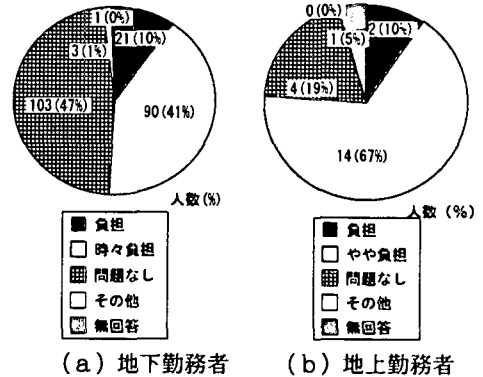


図-10 心理面 (全体)
(Fig.10 Mental, all)

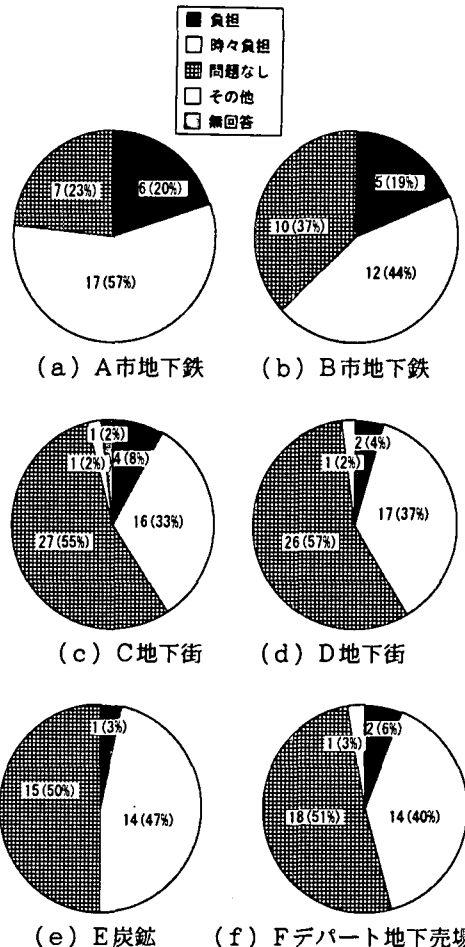


図-11 心理面 (個別)
(Fig.11 Mental, individually)

感じている人が51%いる結果となった。これに対して、地上勤務者は、地下での勤務において心理面に何らかの負担があると考えている人が77%おり、その理由としては暗いイメージがある、圧迫感があるといった意見が挙げられた。このそれぞれ、何らかの負担を感じている人の比率の差を正規分布で有意差検定を行うと、標準化変数が-2.281と5%で有意差がある。地上勤務者は地下勤務者より、心理面に不安を感じていることが分かる。

図-11は地下勤務者の各調査対象別の結果である。負担と答えた人の理由としては、地下ということで暗闇の中にいるという閉鎖的な気分になる、空間にゆとりがない、その日の天気も時刻も分からず全く日が当たらない場所での勤務は長く続けば続くほど嫌になる、圧迫感がある、外の景色が朝から夜までまったく分からない、日光に当たらないから、といった意見が挙げられた。

問題なしと答えた人の理由としては、明るいところは個人的に苦手なので外の仕事の方がきらい、防災・室内環境での不安が解消できれば別に問題ない、仕事だから別に問題はない、心理面では特に負担を感じない、といった意見が挙げられた。

何らかの負担を感じている人が地下街では41%（図-11(c)、(d)参照）なのに対して、地下鉄では70%いる結果となった（図-11(a)、(b)参照）。この差を正規分布で有意性検定を行うと、標準化変数が3.471と0.5%で有意差がある。

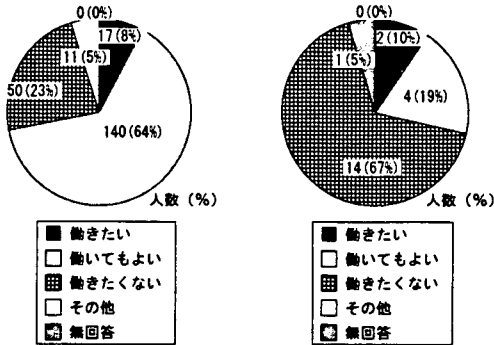
(5) 地下での勤務

図-12、13に、地下での勤務についての設問に対する結果を示す。

図-12に示すように、地下勤務者は「働きたい」と答えた人が8%、「働いてもよい」と答えた人が64%と、働いてもよいと考えている人が72%いる結果となった。地上勤務者に対する調査では、「働きたい」と答えた人が10%、「働いてもよい」と答えた人が19%と、働いてもよいと考えている人が29%しかなく、設備面の不安や、暗い感じがするなどの理由により、67%の人が働きたくないと答えている。この差を正規分布で有意差検定を行うと、標準化変数が4.041と0.5%で有意差がある。

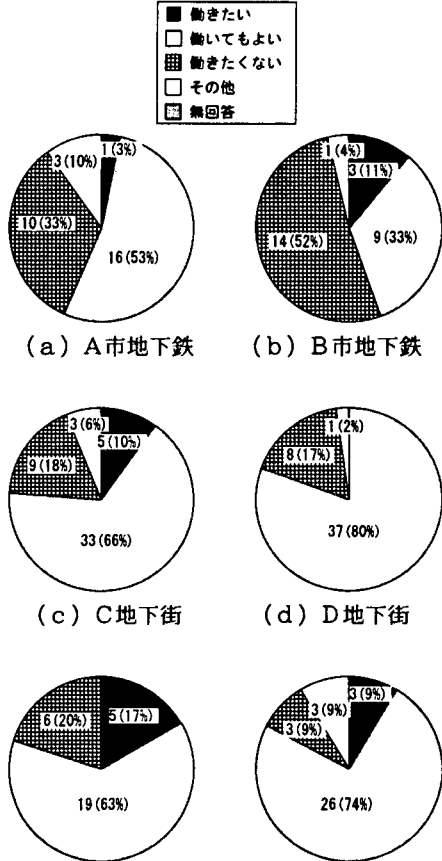
図-13は地下勤務者の各調査対象別の結果である。

働きたくないと考えている人が地下鉄勤務者では42%（図-13(a)、(b)参照）なのに対して、地下街勤務者では18%（図-13(c)、(d)参照）であ



(a) 地下鉄勤務者 (b) 地上勤務者

図-12 地下での勤務 (全体)
(Fig.12 Underground work, all)



(e) E炭鉱 (f) Fデパート地下売場

図-13 地下での勤務 (個別)
(Fig.13 Underground work, individually)

る。この差を正規分布で有意差検定を行うと、標準化変数が3.235と0.5%で有意差がある。地下鉄勤務者は（１）節に記したように人通りの多さに対して、空間にゆとりがなく閉鎖感が強いイメージがあることや、１駅２人での24時間勤務といった、厳しい労働条件の為、イメージとして働きたくないと感じている人が多いと考えられる。働きたい、働いてもよいと答えた人の理由としては、現在働いているから、天候に左右されず快適である、通勤その他において非常に便利であるため、都市の中心部にあるから、情報・流行などを吸収できる、人通りが多いのでいろんな人との出会いもありファッションも楽しみ、交通に便利、といった意見が挙げられた。

働きたくないと答えた人の理由としては、できれば地上で働きたい、空気が悪い、緑が少ない、心が安定しない、室内環境の問題から外の天気分からない、日に当たらないこと等により健康面に不安を感じる、防災・安全性に不安を感じる、といった意見が挙げられた。

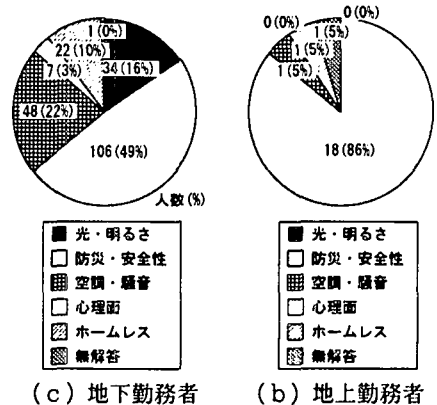
現在、地下で勤務している人は、地下空間の室内環境や防災・安全性の問題のように地下だからということではなく、交通に便利な都市の中心部にあること、仕事に対するやりがい、地下街の華麗さ等、地下とは別のことで働きたいと考えている。これに対して、地上で勤務している人は、地下のマイナスイメージや室内環境、防災・安全性の問題等、地下に直接関係する原因で働きたくないと考えており、両者の考え方に相異のあることが分かる。

（６）問題点

図-14、15に、最も優先的に解決すべき問題点は何かについて答えた結果を示す。

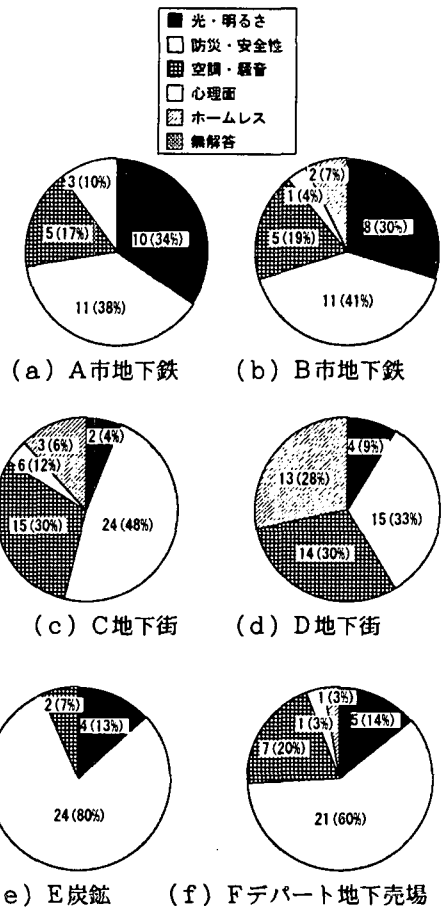
図-14に示すように、地下勤務者全体では「防災・安全性」と答えた人が49%、「空調・騒音」と答えた人が22%、「光・明るさ」と答えた人が16%いる結果となった。多くの人が、心理面より防災・安全性、空調・騒音、光・明るさ等の、物理的な問題を優先的に解決すべきと考えていることが分かる。地上勤務者に対する調査では、最も優先的に解決すべき問題点として、「防災・安全性」と答えた人が86%いる結果となった。地下勤務者は防災・安全性の問題より、空調・騒音、光・明るさ等の問題を優

先的に解決すべきと考えている人が半数おり、地上勤務者より様々な問題を解決すべきと感じていることが分かる。



(c) 地下勤務者 (b) 地上勤務者

図-14 問題点 (全体)
(Fig.14 Problem, all)



(a) A市地下鉄 (b) B市地下鉄
(c) C地下街 (d) D地下街
(e) E炭鉱 (f) Fデパート地下売場

図-15 問題点 (個別)
(Fig.15 Problem, individually)

図-15は地下勤務者の各調査対象別の結果である。地下鉄勤務者が、防災・安全性と光・明るさの問題を最も優先的に解決すべきと考えている(図-15(a)、(b)参照)のに対して、地下街で働いている人は、防災・安全性と空調・騒音の問題を最も優先的に解決すべきと考えていることが分かる(図-15(c)、(d)参照)。

4. 提言

以上の調査結果から、地下空間の環境について配慮すべき点を、心理面、防災訓練、防災施設、室内環境に分けて、下記のように提言したい。

(1) 心理面

地下鉄勤務者と地下街勤務者では、防災・安全性、室内環境の設問では両者に差がなかったのに対して、イメージ、心理面、地下での勤務の設問では両者に差が見られた。地下鉄勤務者は光・明るさの問題を優先的に解決すべきと考えおり、閉鎖的、暗いといったイメージを取り除くために、空間にひろがりをもたせる、自然光を取り入れる、照明設備を充実させることなどが必要である。このような対策により心理的不安を取り除くことができる。しかし、火災、地震などの災害時の心理状態は、不安要因が重なりパニック現象等も考えられる。このため、防災担当者が災害の未然防止に努め、従業員や利用者に不安を与えないことが肝要である。災害防止だけでなく、災害時の対策や災害に対する心理的な備えが重要である。

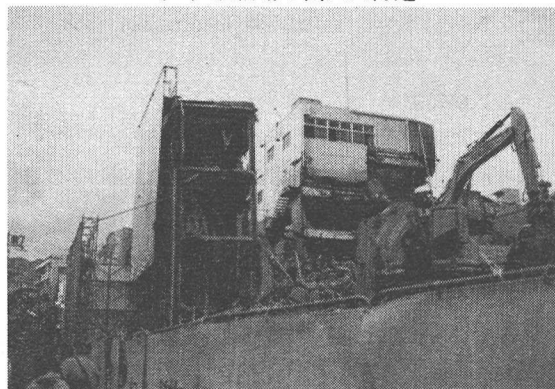
利用者は、地下は地上に比べて安全な空間であるといった意識を持ち、パニック現象を引き起こさないようにすることが肝要である。また、利用者には地下空間の安全性をよくPRしておくことが必要である。

ここで、阪神大震災での地下空間の安全性に関する調査結果について触れておく。写真-2(a)、(b)は、JR住吉駅前の地下自転車駐輪場付近を撮影したものである。写真-2(b)に示すように、駐輪場直上付近の地上構造物が被害を受けているのに対して、写真-2(c)の地下自転車駐輪場内部は、まったく被害を受けておらず、地下構造物の地震に対する安全性が分かる。因みに、図-16に示すように、地下のいろいろな深さの所に地震計を置いて観測すれば、地表に近いほど加速度が大きくなる

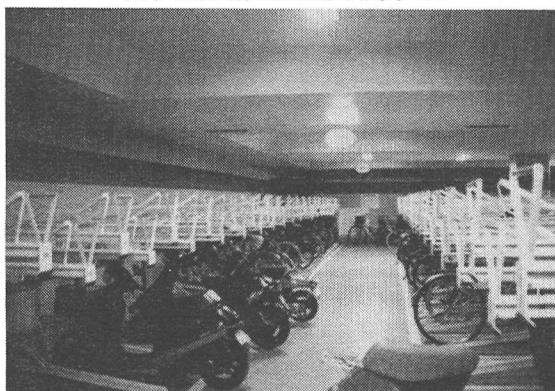
のである。阪神・淡路大震災における地下鉄の被害も、開削工法で施工された地下3～5mの所に集中したが、この深さでの加速度は一般に地表面の加速度の1/2程度であることが分かる⁶⁾。



(a) 駐輪場の出入口付近



(b) 駐輪場直上付近の被災ビル



(c) 駐輪場の内部

写真-2 JR住吉駅前地下自転車駐輪場

(1995年2月10日撮影, 撮影者: 後藤)

(Photo.2 Underground bicycle parking pool in front of JR Sumiyoshi Sta., photographed by K.Gotoh on Feb.10,1995)

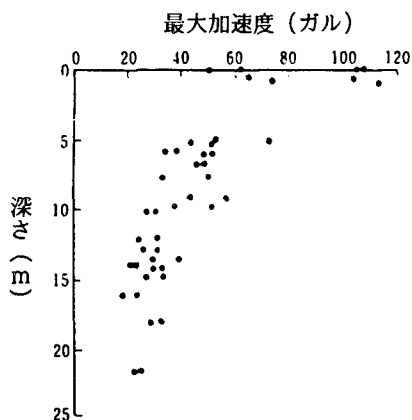


図-16 地表面からの深さと最大加速度⁶⁾
(東京) (東松山地震1968年)

(Fig.16 Relation between depth from earth surface and the maximum acceleration, Tokyo, Higashimatsuyama Earthquake 1968)

(2) 防災訓練

地下の防災・安全性に不安を感じる理由として、現状の防災訓練や災害時の避難、誘導体制に不安を感じるといった意見が多く挙げられた。このため、従業員の日頃からの防災訓練も、現行は火災を想定して行われているが、地震を想定して防災訓練・啓発教育などを行うことが大切である。地下街のテナント店員は、出勤時間のずれや短期間しか働いていないため、ほとんど参加したことのない人が多い。また、訓練は事前通告した上で、従業員を通行人に見立てて訓練を行っているが、従業員は非常出口などの防災施設がどこにあるか予め知っているため、純粹の通行人とは違う。このため、もっと多くの従業員が参加して、通行人や利用者と一緒にの訓練を、年に複数回行うことが望ましい。

(3) 防災施設

地下空間は防災施設としても位置付けられており、災害時も安全で安心できる環境を維持し、不安を与えないようにする必要がある。非常時の火の始末、非常時に利用者がむやみに動かないように放送による案内・誘導により落ち着かせることや、通路や店内が真っ暗では人間は非常に不安になるため、例えば非常灯や放送設備の充実が考えられる。

(4) 室内環境

調査結果から、現状の室内環境に不満を感じてい

る人が多いことが分かった。しかし、地下には限られた空間しかなく、自然換気も期待できない。このため、限られた空間を有効に利用でき、災害時も機能する空調、換気設備の充実が必要である。

5. おわりに

本研究では、アンケート調査の実施が阪神・淡路大震災の前後になり、その影響が調査結果にも表れ、また、貴重な意見を得ることができた。この結果、実際に地下の防災に関して、再検討が行われることが期待される。今後は、同様のアンケート調査を続行するとともに、防災対策や室内環境保全技術について、考察を重ねていく予定である。

謝辞：本研究を進めるに当たって、アンケート調査にご協力いただいた、札幌市および福岡市交通局、福岡市天神および博多駅地下街、空知炭鉱、ならびに福岡市岩田屋デパートの従業員の皆様に深謝するとともに、下記の各氏に深甚の謝意を表する次第である。

札幌市交通局さっぽろ管区駅長	高田政春
福岡市交通局乗客課長	平川 晃
福岡地下街開発(株)総務課長	山口成彦
(株)博多ステーションビル販売促進課長	森田常満
空知炭鉱労働組合執行委員長	町端幸雄
岩田屋コーポレートセンター副長	岩佐充浩

参考文献

- 1) 土木学会地下空間研究委員会幹事会：地下空間研究NEWS・LETTER, No. 3, 1995. 3.
- 2) 大野春雄・荏本孝久：都市型地震に学ぶ市民工学—兵庫県南部地震の現場から—、山海堂、pp.30~31、1995.
- 3) 土木学会編：ニューフロンティア 地下空間、技報堂出版、pp.233~242、1990.
- 4) (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センターガイドブック研究会編：地下空間利用ハンドブック、清文社、pp.305~311、1994.
- 5) 氏家勝巳・土井 誠：マグロウヒル大学演習統計、オーム社、pp.71~73、1995.
- 6) 宇佐美龍夫：地震と建築災害、市ヶ谷出版、pp.70~71、1991.