

地下街防災用無線補助設備

Fire Alarm Radio System for Underground Town

火災時の避難誘導、消火活動には無線連絡が不可欠である。特に地下街では、無線の不感地帯をなくすため、「消防法」により無線通信補助設備の設置が義務づけられている。また地下街総合防災の観点から、本設備を有効利用するため、警察用、保安用無線を共用する傾向にある。

ここでは無線通信補助設備につき、そのシステム構成法を分類解説し、また設計に必要な無線機器の特性、地下街での電波伝搬特性についての検討を行なった。

また、本システム用に低煙害難燃性ビニルを防火ジャケットとする漏えい同軸ケーブルを開発した。ここに諸特性について述べる。

大西 満* Ônishi Mitsuru
 岩田 茂* Iwata Shigeru
 平沢 稔** Hirasawa Minoru
 森田満雄*** Morita Mitsuo

1 緒 言

地下街防災強化の一環として、漏えい同軸ケーブル(以下、LCXと略す)、又は空中線で構成される無線通信補助設備の設置が義務づけられている(「消防法」施行令第29条の3)。

従来、一部の地下街ではLCXを展張し保安用無線の空中線として使用していた¹⁾。このたびの「消防法」での法制化に当たっては、その有効性が認められたものであり、火災時の使用も考え耐熱構造にするよう規定されている。昭和49年の法制化以来、この設備は各地の地下街に設置され、更に現在工事中のもの、計画中のものも数多くみられる。いずれも「消防法」規制に基づき設置するものではあるが、設備の有効活用の面から、消防、警察用無線、更には地下街自身のもつ保安用無線を共用した総合無線システムとする場合が多い。

本稿では、消防用の無線補助設備を中心に地下街無線システムに関して、その概要、システム設計上考慮すべき点、及び実施例について述べる。

2 無線補助設備の機能

地下街防災活動については、災害発生時に安全な避難誘導を行ない、かつ効果的な消火活動を行なうことが必要であり、そのためには、状況連絡及び適切な指示のための連絡系を確保することが不可欠である。災害発生時には、消防隊、警察官、警備員などが活躍することになるが、これらの機能を図式化すると図1に示すようになる。これらの連絡系として無線が最も適しているが、地下街では電波伝搬が非常に悪く無線通話が確保できない。このため不感地帯対策として無線通

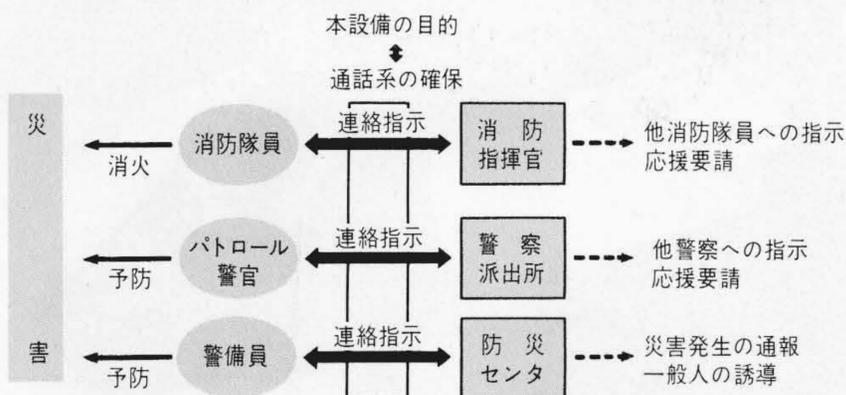


図1 無線補助設備の機能 消防、警察、保安無線の総合機能を示す。

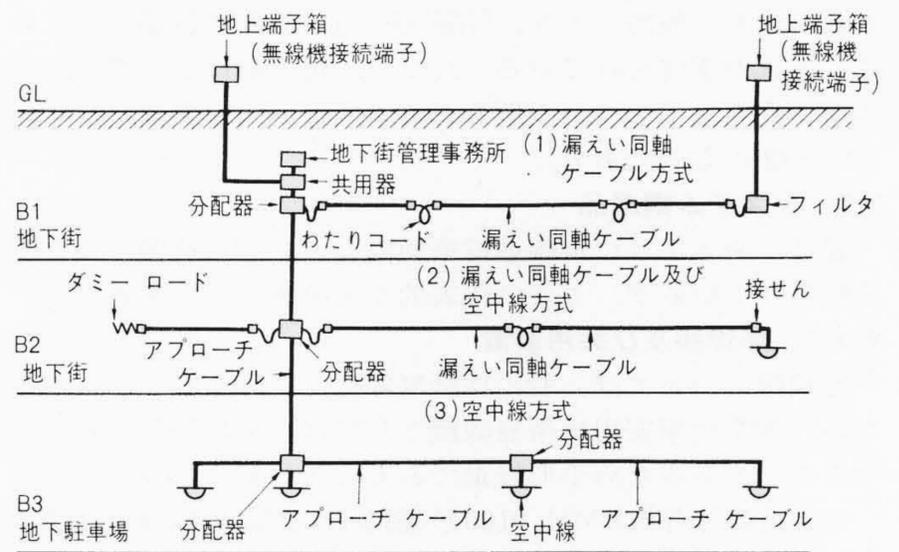


図2 無線補助設備の構成 LCX及び空中線両者で構成した代表例を示す。

信補助設備の設置が義務づけられている。

本設備は、LCXの展張又は空中線の取り付け、あるいは両者の組合せによって構成されるもので、防災センタ又は地上で指揮をとる消防隊員と地下街で消火活動に当たる消防隊員との間の無線連絡を円滑にするためのものである。また、本設備は消防の同意のもとに、警察あるいは保安用の無線を共用することが「消防法」で認められている。なお、この設備を構成するLCX、空中線などには耐熱性が要求されており、火災時でもすぐに機能を失うことのないよう考慮が払われている。

3 無線通信補助設備の構成

3.1 システム構成

システム構成のモデルを図2に示す。

3.1.1 空中線系

LCX及び空中線は「電波法」上はともに空中線として扱われており、両者とも類似の機能を持っているものである。両者を比較すると、LCXは線状のサービス範囲に、空中線は面状のサービス範囲に適している。ただし、天井が金属板の場合にはLCXの天井裏布設ができないため、美観上から空中線が使われることが多い。

* 日立電線株式会社日高工場 ** 日立電線株式会社 *** 日立電子株式会社

3.1.2 無線機系

無線機の空中線との接続方法として次の3種類が考えられる。

(1) 接続端子方式

防災センタ及び地上に無線機接続用端子を準備しておく。非常時には、隊員が携行する無線機をこの端子につなぎ込み、無線補助設備を介して、地下の携帯無線機と交信する。

(2) 無線機設置方式

防災センタに無線機を設置し、常時無線補助設備に接続しておく。必要に応じ、地上にこの無線機の遠方制御装置を設置し、地上からも制御、通話可能としておく。

(3) 自動中継方式

接続端子方式と同様に無線機接続端子を準備しておき、非常時には可搬形自動中継器及び移動用空中線を接続する。これにより地下街無線系と地上無線系とを自動的に中継接続し、両者間の直接通話を可能にする。

以上、いずれの方式を採用するかは、無線系運用者の総合的運用形態により決まってくる。消防無線系としては、(1)の方式が最も一般的であり、「消防法」施行規則第31条の2にはこの方式が挙げられている。ただし、地下街によっては(2)、(3)の方式を採用している例もある。警察・保安無線系ではほとんど(2)の方式である。

3.2 システム構成

図2にあるように無線通信補助設備は、各種機器によって構成されているが、ここに代表的なものをについて述べる。

3.2.1 無線機及び共用装置

無線機については一般の移動無線機と特に変わるところはない。地下街保安用携帯無線機としては、常時警備員の携行するものであるため小形軽量であることが望ましい。

日立携帯無線機EMM-0106形(図3)は重量約500g、寸法幅64×高さ150×奥行41(mm)と従来の約1/2(当社比)に小形・軽量化されており、しかも20dB雑音抑圧感度：3dB μ V以下と高性能を確保している。

本システムでは、消防、警察、保安無線に空中線系を共用する場合が多いので、無線機間の干渉妨害が問題となる。各無線局とも陸上移動局であり、そのほとんどは既に認可済みの電波を使用するため、非常に接近した周波数を共用することになり、共用装置に要求される性能が厳しくなる。最も問題となるのは、他無線局の送信電波により受信機感度が低下する隣接周波数干渉(感度抑圧)と、他無線局の送信時に発生



図3 携帯無線機EMM-0106形 出力1W、小形化されている。

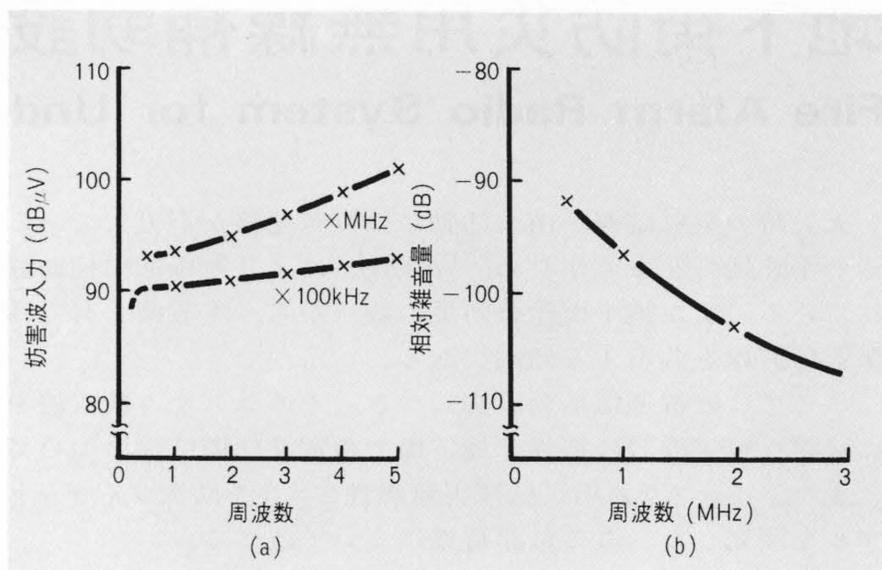


図4 干渉妨害に関する無線機特性例 (a)は6dB感度抑圧特性を示すもので、これ以上の妨害波入力では感度抑圧をもたらす。(b)は送信機雑音特性を示すもので、無線機から発生する不要電波の最大値を示す。

する雑音による同一周波数干渉(送信機雑音)であり、これらを満足するよう共用装置の端子間結合量を設計する必要がある。無線機の感度抑圧及び送信機雑音の特性例を図4に示す。

3.2.2 耐熱漏えい同軸ケーブル

「消防法」施行規則により地下街に使用されるLCX、空中線などには耐熱性及び難燃性が要求されている。

日立耐熱LCX(図5、表1)では従来のポリエチレンシースに対し、次の改良を施すことにより電気特性を損なうことなく良好な耐熱性、難燃性を確保している。

(1) ガラステープの絶縁層を持っている。

燃焼時絶縁用ポリエチレンを保護し、最悪時にも内外導体の短絡を防止する。

(2) シースを2層構造とし、内層を従来どおりのポリエチレン、外層を低煙害難燃性ビニルとした。

外層は防火ジャケットの役目を果たしている。低煙害難燃性ビニルは別途発表されているように²⁾、ビニルに対し燃焼時に発生する塩化水素の捕捉剤を加え、更に難燃性を増すための添加剤(難燃助剤)を加えたものである。次にその主な特長を挙げる。

(1) 難燃性が強く、燃焼時に発泡炭化層を形成し断熱効果がある。

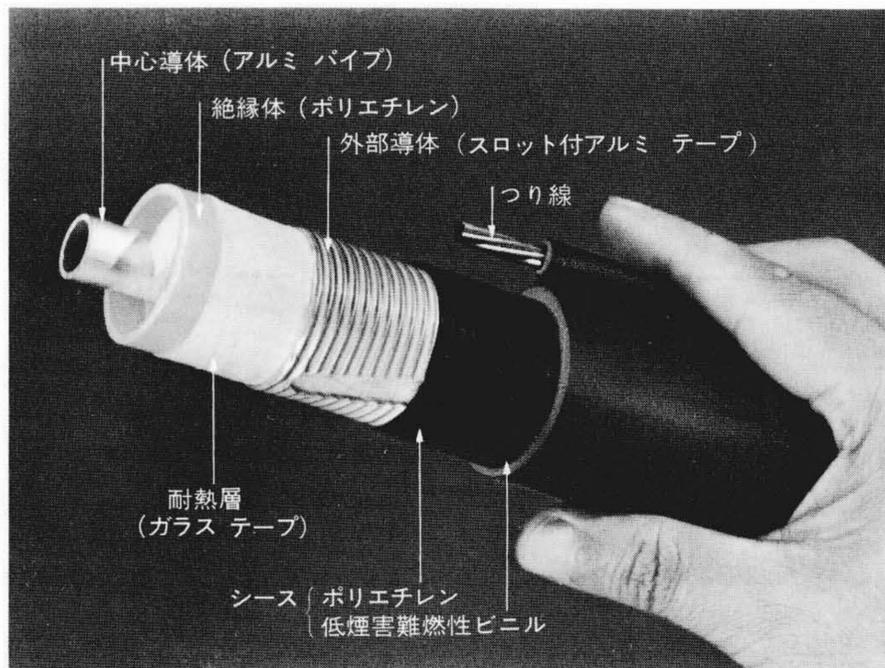


図5 耐熱漏えい同軸ケーブル 耐熱絶縁層と外層シースに特色がある。

表1 耐熱漏えい同軸ケーブルの構造及び特性 絶縁体及びシースに耐熱ケーブルとしての特徴がある。

ケーブルサイズ	内部導体	絶縁体	外部導体	シース	ケーブル部外径(mm)	概算重量(kg/m)
42D-LCX(FR)-M	アルミパイプ	PEコルデル+PEチューブ+耐熱テープ	スロット付アルミテープ	ポリエチレン+ 低煙害難燃性ビニル	50	1.45
33D-LCX(FR)-M	"	"	"		40	1.15
20D-LCX(FR)-M	軟銅パイプ	"	"		27	0.9

ケーブルサイズ	150MHz		400MHz	
	結合損失(dB)	伝送損失(dB/km)	結合損失(dB)	伝送損失(dB/km)
42D-LCX(FR)-M	55	17	50	40
33D-LCX(FR)-M	60	19	55	45
20D-LCX(FR)-M	60	26	55	55

(2) 燃焼時の塩化水素発生量が少なく(一般ビニルの約15%)、また煙の量も少ない(約1/2)。この特性は特に地下街などの用途に適している。

(3) シース材料としての特性はすべて満足している。

以上により、消防庁耐熱電線認定試験法に準じ、JIS A1304(建築構造部分の耐火試験方法)に定める加熱曲線の1/2の温度で30分間加熱した後(最終温度420°C)、消防庁耐火電線と同じ次の特性を持っている。

(1) 加熱試験後DC 500Vの絶縁抵抗試験器で測定した値が0.4MΩ以上あること。

(2) 加熱試験炉の内壁より150mm以上延焼しないこと。

3.3 地下街における電波伝搬特性

システム設計に当たり最も問題となるのは、地下街での電波伝搬特性である。地下街では地上に比べて著しく伝搬損失が増加する。原因は地下街がコンクリート壁などで囲まれた空間であり、しかもその中には店舗間仕切り、商品、通行人など各種のものが含まれることにある。

理論検討のため周囲のコンクリート壁を誘電体とし、地下街を誘電媒質内の長方形トンネルとみなす。トンネル内を垂直方向に電界を持つ(1,1)モードの電波が伝わる時の電波の減衰は(1)式のように導かれる³⁾。

$$\alpha_v = 4.343\lambda^2 \left[\frac{1}{d_1^3(\epsilon_1 - 1)^{1/2}} + \frac{\epsilon_2}{d_2^3(\epsilon_2 - 1)^{1/2}} \right] \dots (1)$$

ここに α_v : 伝搬損失(dB/m)
 λ : 波長(m)
 ϵ_1, ϵ_2 : 比誘電率(ϵ_1 ; 上下壁, ϵ_2 ; 左右壁)
 d_1, d_2 : 地下街寸法(m)

地下街周囲をコンクリートとすれば、 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 10$ となる。

(1)式より、地下街寸法と伝搬損失の関係は図6のようになる。

実際には誘電体壁ばかりでなく金属体もあり、またトンネル内にも誘電体とか金属体が含まれているが各種地下街の伝搬特性実測結果よりみて、トンネル寸法、周波数と伝搬損失の関係は、図6の傾向を示すことが確認されている。実測データの一例を図7に示す。

LCX、空中線などのルート設計は、これら伝搬特性に基づいて行なうことになる。

4 札幌市交通局地下歩道無線補助設備

「消防法」に定められた無線通信補助設備は既に各地地下街に設備されているが、ここに札幌市交通局大通り駅地下無線防災システムを例として取り上げる。なおこの設備は、札幌都市開発公社の地下街系と接続運用されている。

システム系統図を図8に示す。本システムの特長をまとめると次のようになる。

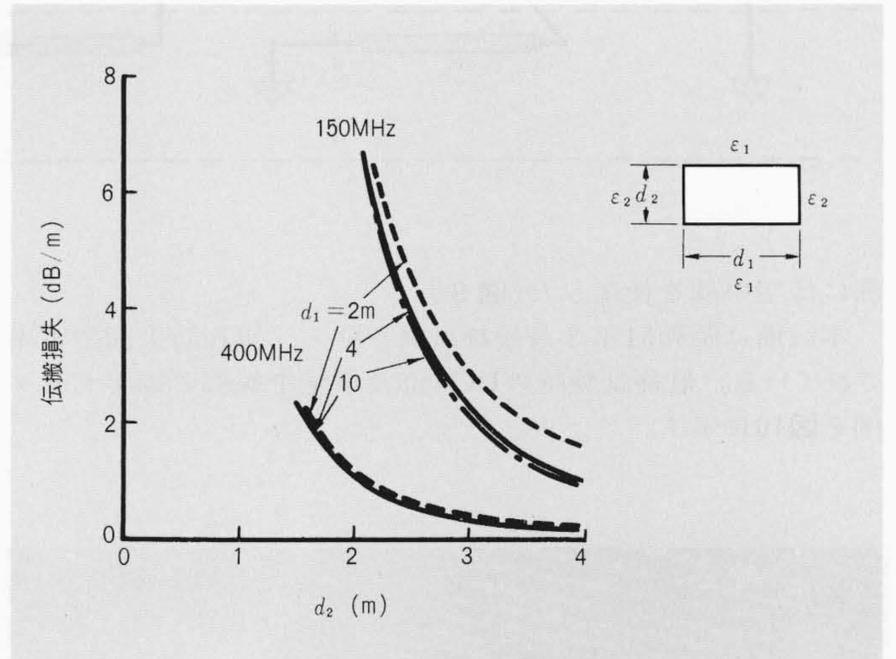


図6 地下街における伝搬特性の理論検討 誘電媒質内の長方形トンネルでの垂直方向に電界を持つ(1,1)モードの伝搬損失を示す。ただし、 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 10$, d_1, d_2 = 地下街寸法

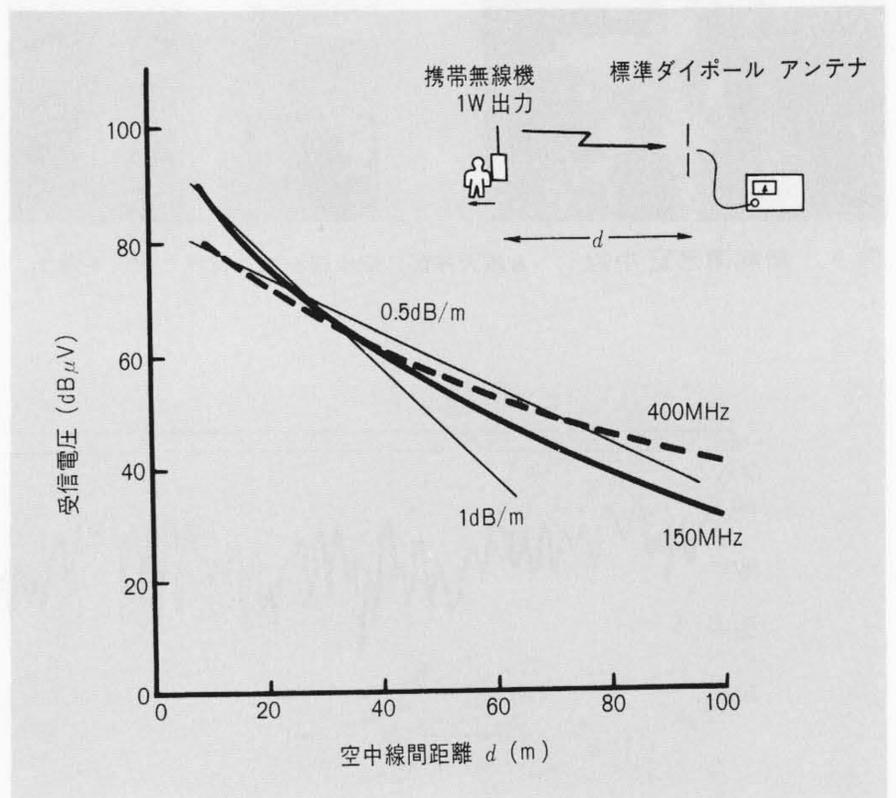
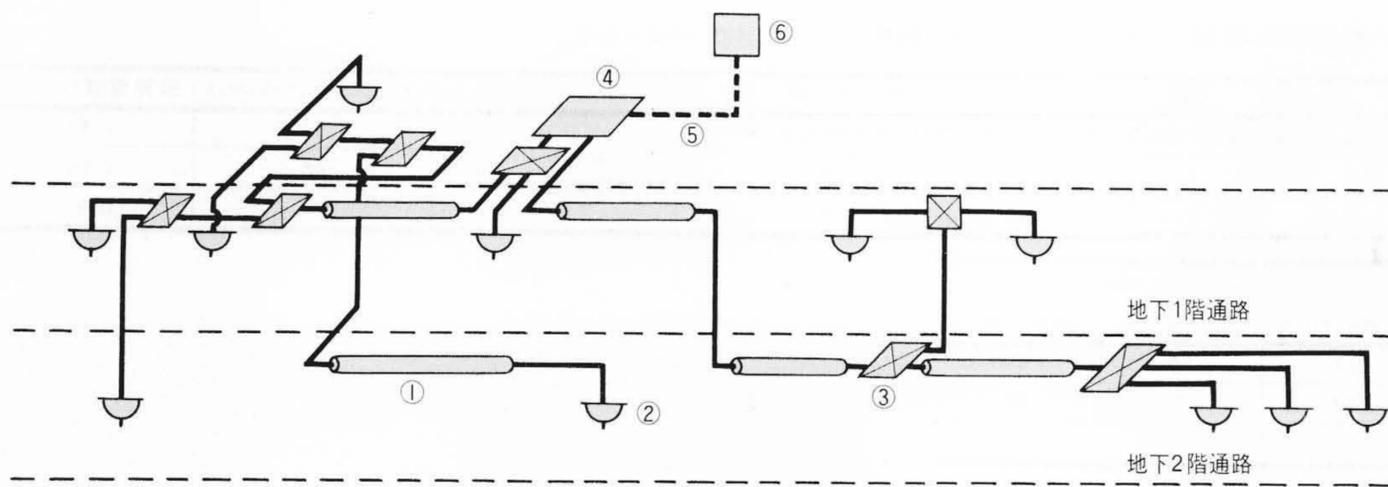


図7 地下街における伝搬特性の実測例 1W携帯無線機出力を標準ダイポールアンテナで受信した受信電圧の距離特性を示す(地下街幅=15m, 高さ=3m)。

- (1) 消防用、警察用、公社用無線を共用している。
- (2) 無線系は無線機設置方式を採用し、消防用は遠隔制御方式とした。
- (3) LCX及び空中線両者を使用している。

ルーバー天井部にはルーバー上に、また金属天井部には専用ピット(鋼入りガラスでふたをする)にLCXを収容し、広場及び天井裏スペースの関係でピット作りができない金属天井



- 注：① 耐熱形33D-LCX-M
 ② 耐熱薄形空中線
 ③ 分配器
 ④ 防災センタ
 ⑤ 耐熱制御ケーブル
 ⑥ 地上遠方制御器

図8 札幌市交通局地下歩道無線補助設備システム系統図 33D-LCX(FR)-M約800m, 空中線II基より成るシステムであり, 消防用, 警察用, 管理用無線を共用している。

部には空中線を使用した(図9)。

本設備は昭和51年3月最終試験を終え, 現在防災面で実用されている。最終試験時のLCX部及び空中線部の電界データ例を図10に示す。



図9 耐熱薄形空中線 金属天井部に空中線を取り付けた状況を示す。

5 結 言

漏えい同軸ケーブル, 空中線が地下街での無線不感地域解消に効果的であることが認められ, 防災設備として「消防法」にも採り入れられた。ここでは漏えい同軸ケーブルなどを使った地下街防災無線通信補助設備について述べるとともに, 実施例として札幌市交通局地下歩道無線通信補助設備を紹介した。

最後に, この無線通信補助設備の取りまとめに際し, 御指導と御協力をいただいた札幌市交通局, 札幌都市開発公社, 北海道警察通信部及び札幌市消防局の関係各位に対し深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 大西, 高橋ほか:「漏えい同軸ケーブル各種応用分野の開発」, 日立評論, 55, 495 (昭和48-5)
- 2) 高畑, 川和田ほか:「低煙害難燃性ビニルケーブルの開発」, 日立評論, 58, 315 (昭和51-4)
- 3) A.G.Emslie, R.L.Lagace and P.F.Strong: "Theory of the Propagation of UHF Radio Waves in Coal Mine Tunnels", IEEE Trans. AP-23 2 (March 1975)

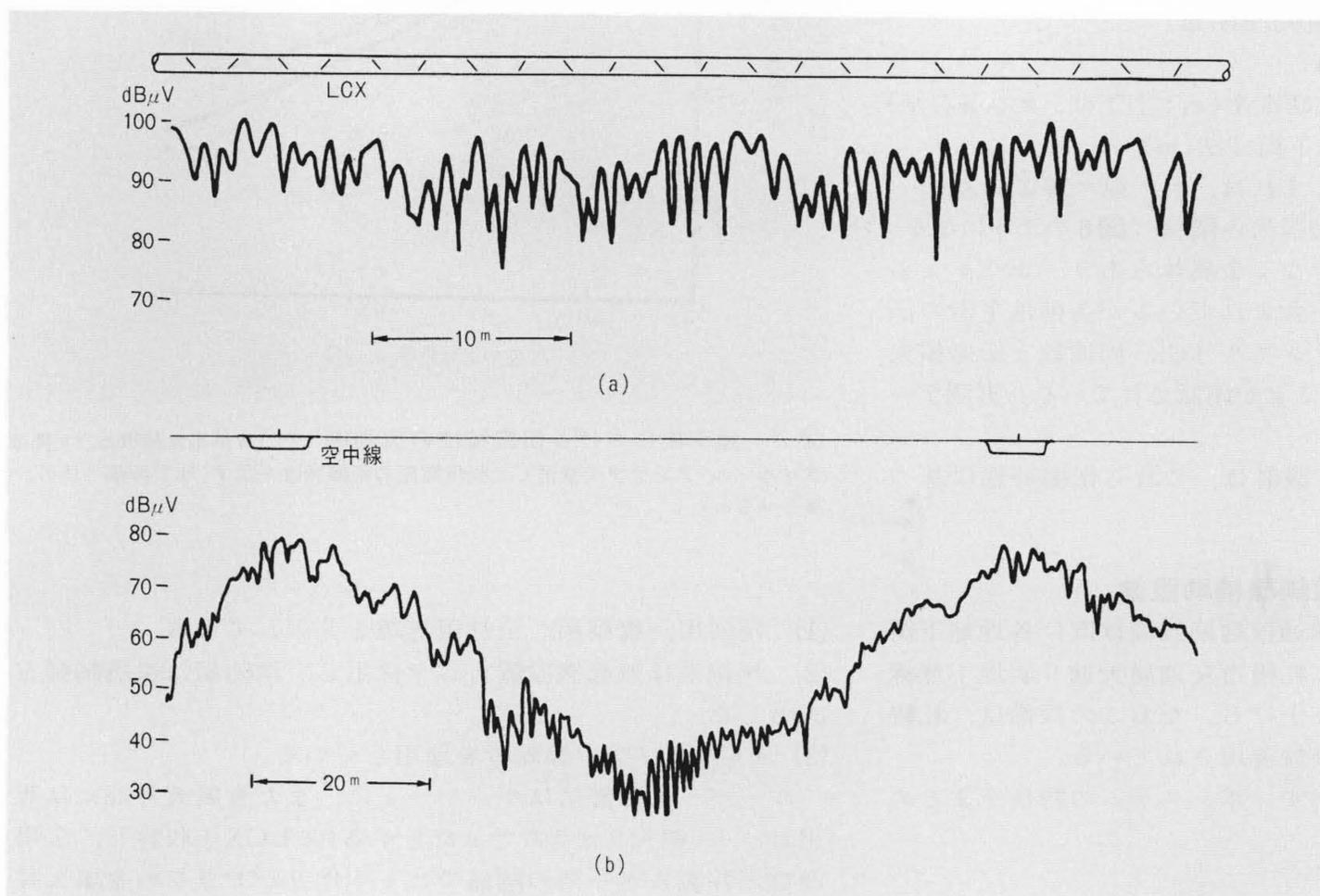


図10 無線通信補助設備電界特性例(150MHz) (a)はLCX方式, (b)は空中線方式, 空中線間隔85m地下街における電界の長手方向の分布を示す。