

# VHF-Low 帯域対応 漏洩同軸 (LCX) ケーブルの開発

## Development of leaky coaxial (LCX) cable corresponding VHF-Low band

太田 勇希                      成田 敏浩  
Yuki OTA                      Toshihiro NARITA

田中 俊之                      田邊 賢吾                      村瀬 知丘  
Toshiyuki TANAKA          Kengo TANABE                  Tomotaka MURASE

わが国では、2011年のアナログ方式の地上テレビジョン放送終了に伴い、空き周波数をFM補完放送やV-Lowマルチメディア放送として運用することが決められた。一方、現在運用されているLCXケーブルは一部周波数帯域に適合していないため、放送サービスを完全に提供できない場合が生じる。今回、我々は外部導体のスロット設計を最適化することで、十分な電気特性を持ち、従来のLCXケーブルと同等の作業性・機械特性・耐熱特性を実現したV-Low帯域対応漏洩同軸ケーブルを開発したので、その内容について報告する。

In our country, the open-frequencies were decided to operate as FM complementary broadcasts and V-Low multimedia broadcasts, in accordance with the termination of analog terrestrial television broadcasting in 2011. On the other hand, since the current LCX cable doesn't conform to a part of the open-frequency band, broadcast service may not be provided completely. In this paper, we introduce the new LCX cable for V-Low band which has advanced electric characteristic, and the same workability, mechanical and heat resistant characteristics as the current LCX cable, by optimizing the slot design of the outer conductor.

### 1. はじめに

産業の発展にともない、わが国の鉄道交通、自動車交通の発達は著しく、日本全国の幹線のネットワーク化が大規模に進められている。わが国の国土の特徴として、山岳の多い地形から幹線路にはいくつかのトンネルが含まれる状況にある。また、大都市およびその周辺の交通路の傾向として、地下鉄道化、地下道路化がすすめられている。

鉄道交通、自動車交通などにおける交通量の増大に対応した諸計画において安全かつ快適な運行を確保するためには、通信施設の拡充、強化が必須条件と考えられる。これら交通の移動体を対象とする通信には無線による方式があるが、電波の届かない電波不感地帯が生ずることは避けられない。電波不感地帯では、防災情報を提供するラジオ放送が聞こえなくなるなど安全上の問題が発生するため、不感地帯対策として、漏洩同軸ケーブル(Leaky Coaxial cable: LCXケーブル)を用いた方式が開発され、安定した品質を確保できることから広く採用されている<sup>1)</sup>。

一方、わが国では、2011年7月のアナログ方式の地上テレビジョン放送終了に伴い、空き周波数を活用するため、

周波数再編が行われ、アナログテレビで使用していた1～3チャンネルの周波数帯域:90～108MHz(VHF-Low帯域:V-Low帯域)は、FM補完放送やV-Lowマルチメディア放送として運用することが決められた(図1参照)<sup>2)</sup>。V-Lowマルチメディア放送は、①「携帯性・移動性」(携帯端末や車載型の受信機で、移動しながらも情報を入手できる)および②「一斉同報性」(不特定多数に対して同時に情報を提供できる)を実現する新たなメディア放送である。V-Low帯域に対応したケーブルを実現するには使用周波数帯域の広帯域化が必要となり、80MHz帯において、76～90MHzの対応から76～108MHzの対応まで広げる必要がある。

LCXケーブルの広帯域化には、外部導体に対してケーブルの長手方向に設けられた電波を発信する細長い孔(スロット)の再設計が必要となり、今回新たなスロット構造を検討するとともに実際にケーブル開発を行い、電気特性・信頼性について評価を行ったので、以下に報告する。

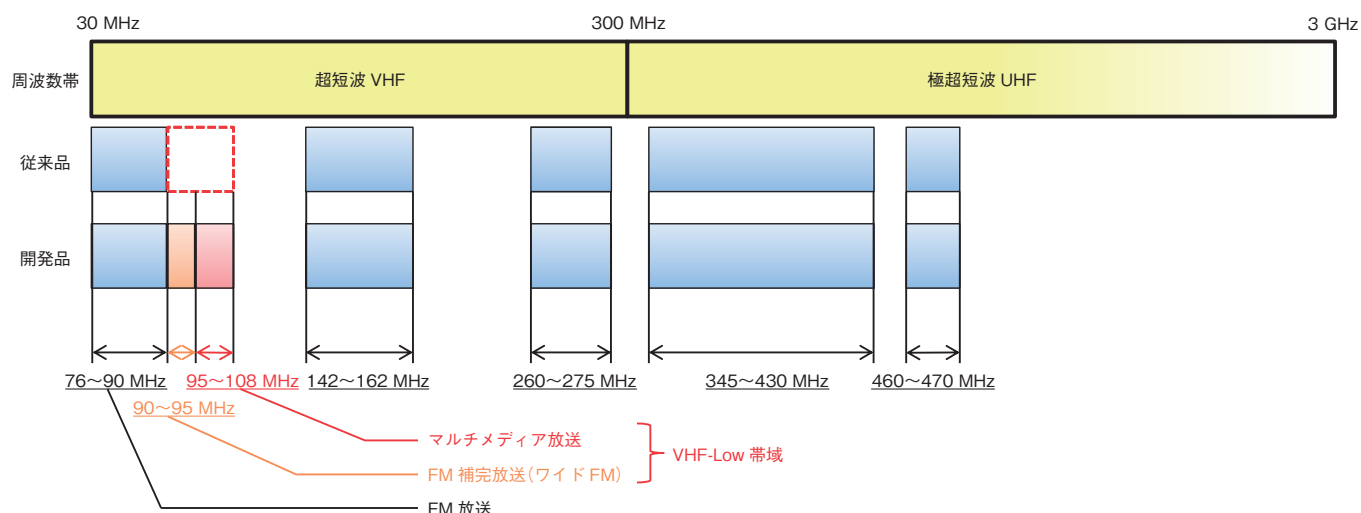


図 1 周波数再編成

## 2. ケーブル設計

今回の V-Low 帯域対応 LCX ケーブルの開発目標を表 1 に示す。一般的に鉄道交通、自動車交通で使用される LCX ケーブルは、43D サイズ (43: 絶縁体外径約 43 mm, D: 特性インピーダンス約 50 Ω) であり、減衰量・従来コネクタとの整合性を考慮し、従来と同一構造で設計を行った。また、電波不感地帯はおもにトンネルや地下街であることが多く、消防法に規定される難燃・耐熱性能を考慮した。

表 1 V-Low 対応 LCX ケーブルの開発目標

| 項目        | 開発目標   |
|-----------|--|
| 周波数       | 76 ~ 108, 140 ~ 160, 260 ~ 275, 335 ~ 430, 450 ~ 470 MHz の周波数に対応すること |
| 電気特性・機械特性 | 従来ケーブルと同等であること <sup>1)</sup>   |
| 耐熱特性      | JCS 5501 に規定される耐熱試験法にて、耐電圧・絶縁抵抗・延焼・定在波比の各種要求に合格・認定すること               |
| 作業性       | 従来ケーブルと同等であること <sup>1)</sup>   |
| 周辺物品との整合性 | 従来ケーブルと同等であること <sup>1)</sup>   |

### 2.1 LCX 構造

一般に LCX ケーブルは、同軸ケーブルの外部導体に長手方向にスロットなどの電波漏れ機構が設けられた構造となる。中心導体は中空パイプで構成され、その周りを螺旋状にポリエチレン製の紐が巻きつけられ、さらにパイプ状にポリエチレンが被覆され、外側に外部導体が固定された構造となる。このとき外部導体は、ケーブルの曲げによる応力を緩和するため、細かい波形の皺がつけられている。また、外部導体に設けられるスロットは、支持線に対し反対側に設けるよう配置されている。

LCX の中心導体と外部導体の間に信号電圧が印加されると、それぞれの導体に電流が流れ、外部導体に設けられたスロットの影響で電流の分布状態が変化し、これに伴いスロットから電磁界が発生する仕組みとなる<sup>3)</sup>。

### 2.2 スロット設計

今回、LCX ケーブルの広帯域化にあたり、外部導体のスロット構造の見直しをおこなった。従来スロットの設計では V-Low 帯域近傍で電圧定在波比 (Voltage Standing Wave Ratio: VSWR) が 1.5 以上と悪化したため、使用周波数帯域とスロットの共振周波数を考慮しながら、VSWR が悪化しないようにスロットの長さ、幅、傾斜角度、周期について最適化を行った。ここで、スロットの開口面積は結合損失を変化させ、傾斜角度は波源強度を変化させ、周期は VSWR の共振周波数を変化させる。最終的にケーブルとしての結合損失や減衰量等が最適となるようスロット構造を決めた。

図 2 および表 2 に今回開発した V-Low 帯域対応 LCX ケーブルの構造を示す。また、図 3 に開発ケーブルの外観を示す。従来ケーブルと同等の構造寸法を実現しており、コネクタ等の周辺機器との整合性も問題ない。

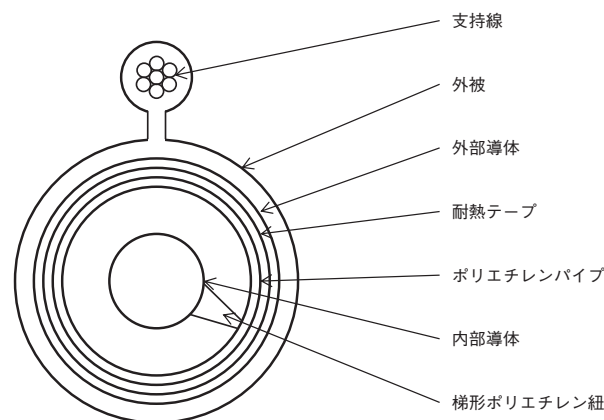


図 2 V-Low 対応 LCX ケーブルの断面図

表2 V-Low 対応 LCX ケーブルの寸法 (代表値)

| 項目          | 開発品  | 従来品  |
|-------------|------|------|
| 内部導体径 (mm)  | 17.3 | 17.3 |
| 絶縁体外径 (mm)  | 42.3 | 42.0 |
| 外部導体外径 (mm) | 44.8 | 44.3 |
| ケーブル外径 (mm) | 50.0 | 49.5 |

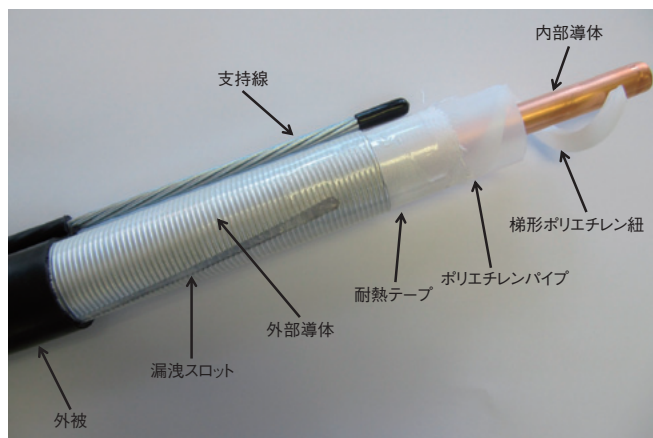


図3 V-Low 対応 LCX ケーブル

### 3. ケーブルの電気特性評価

V-Low 帯域対応 LCX ケーブルの結合損失が異なる 50 dB 型と 65 dB 型の 2 種類について、それぞれのケーブルの電気特性評価結果 (VSWR, 減衰量, 結合損失) を次に示す。

#### 3.1 電圧定在波比

VSWR は、LCX のスロットによって生じた反射電力と入射電力の比率を示しており、VSWR = 1.0 は反射のない理想的な状態を表す。実運用上は VSWR = 1.5 以下で問題ない。表 3 に開発品と従来品の VSWR の測定結果を示す。開発品は使用周波数帯域が広帯域化しているにもかかわらず、VSWR の値がすべての周波数帯域において 1.3 以下であることを確認した。

表3 開発品の VSWR 特性

|             |            | 開発品     |         |
|-------------|------------|---------|---------|
| 周波数         | 結合タイプ      | 65 dB 型 | 50 dB 型 |
|             | 76-108 MHz |         | ≦ 1.07  |
| 140-165 MHz |            | ≦ 1.09  | ≦ 1.08  |
| 260-275 MHz |            | ≦ 1.08  | ≦ 1.09  |
| 335-430 MHz |            | ≦ 1.22  | ≦ 1.11  |
| 450-470 MHz |            | ≦ 1.12  | ≦ 1.16  |
|             |            | 従来品     |         |
| 周波数         | 結合タイプ      | 65 dB 型 | 50 dB 型 |
|             | 76-90 MHz  | ≦ 1.06  | ≦ 1.03  |
| 142-162 MHz |            | ≦ 1.07  | ≦ 1.11  |
| 260-275 MHz |            | ≦ 1.10  | ≦ 1.17  |
| 345-430 MHz |            | ≦ 1.11  | ≦ 1.27  |
| 460-470 MHz |            | ≦ 1.13  | ≦ 1.28  |

### 3.2 減衰量

LCX の減衰量は、線路システム設計の関係上、各周波数で規定の損失が定められている。開発品についても従来品と同等の減衰量が求められる<sup>4)</sup>。図 4 に開発品と従来品の減衰量の測定結果を示す。開発品の減衰量特性は、従来品と同程度の水準を示し、50 dB 型の高周波数域 (400-460 MHz) においては、改善が見られた。

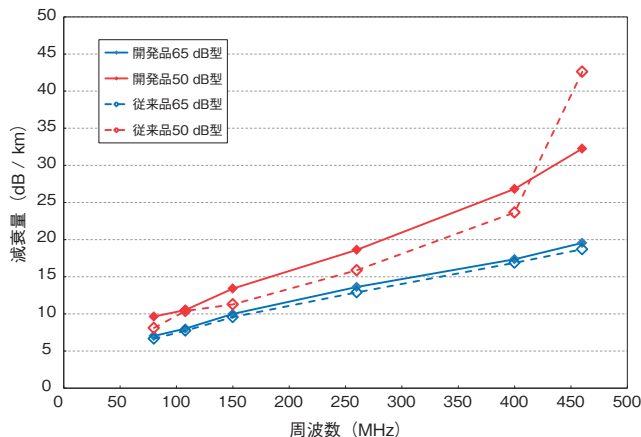


図4 開発品の減衰量特性

### 3.3 結合損失

LCX の結合損失は、ケーブルより 1.5 m 離れて設置されたダイポールアンテナの受信電力とケーブルの伝送電力の比によって求められる<sup>4)</sup>。図 5 に開発品と従来品の結合損失の測定結果を示す。開発品の結合損失は、従来品と同程度の水準を示し、使用周波数帯域全域における均一性についても良好な結果が得られた。

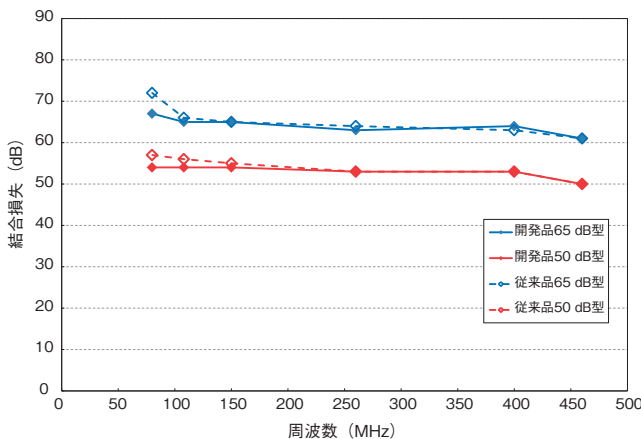


図5 開発品の結合損失特性

## 4. ケーブルの信頼性等の評価

開発品の信頼性試験結果を表 4 に示す。すべての試験において良好な結果が得られた。また、機械特性も問題なく、作業性においても既存コネクタ・工具にて取り付けが可能であることを確認した。

表 4 V-Low 対応 LCX ケーブルの信頼・作業性および機械特性について

| 項目    | 単位             | 開発品   |   | 従来品     |         |
|-------|----------------|---|---|---------|---------|
| 結合タイプ | —              | 65 dB 型   | 50 dB 型                                   | 65 dB 型 | 50 dB 型 |
| 直流抵抗  | 内部導体           | Ω / km  | 0.38                                      | 0.38    | 0.38    |
|       | 外部導体           |   | 1.18                                      | 1.26    | 1.17    |
| 絶縁抵抗  | MΩkm           | 186000  | 116000                                    | 232000  | 186000  |
| 耐電圧   | —              | 良   | 良   | 良       | 良       |
| 耐熱性能  | 耐電圧            | —   | 加熱中, AC 600 V を印加したときに短絡なし                |         |         |
|       | 絶縁抵抗           | —   | 加熱終了直後, DC 500 V の絶縁抵抗計で 0.4 MΩ 以上        |         |         |
|       | 供試ケーブルの<br>燃焼長 | —   | 加熱により, 炉の内壁より突き出たケーブルのシース部が 150 mm 以上燃焼なし |         |         |
|       | 電圧定在波比         | —   | 加熱終了後, 5.0 以下                             |         |         |
| 機械特性  | —              | ケーブル本体外径の 30 倍の直径 (1400 mmφ) で 180° 2 往復屈曲に対し, 外部導体および内部導体に亀裂等の異常なし |   |         |         |
| 作業性   | —              | 既存コネクタとの整合性問題なし, 特殊工具の追加不要  |   |         |         |

## 5. ま と め

外部導体のスロット構造を再設計することにより, V-Low 帯域に対応した LCX ケーブルを開発した。本ケーブルは良好な電気特性を持つとともに従来品と同等の作業性・機械特性・耐熱特性<sup>5)</sup>を持つことを確認した。

今後, 本 V-Low 帯域対応 LCX ケーブルが電波不感地帯におけるマルチメディア放送等に使用されることが期待される。

## 参 考 文 献

- 1) 池辺輝一 他: 低損失漏洩同軸ケーブルの開発, 昭和電線電纜レビュー Vol.26, No.1, p.21 (1976)
- 2) 情報通信審議会:「携帯端末向けマルチメディア放送の技術的条件」に関する一部答申, (2009)
- 3) 岸本利彦 他: LCX 通信システム 2 版, 社団法人 電子通信学会, p.14, 22 (1985)
- 4) 林田睦生 他: 最近の漏洩同軸ケーブルの通信システムについて, 昭和電線電纜レビュー Vol.28, No.2, p.147 (1978)
- 5) 池辺輝一 他: 難燃, 耐熱型漏洩同軸ケーブル, 昭和電線電纜レビュー Vol.26, No.1, p.28 (1976)

昭和電線ケーブルシステム(株)  
太田 勇希 (おおた ゆうき)  
通信システムユニット 技術部 技術課  
通信ケーブルの研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)  
成田 敏浩 (なりた としひろ)  
通信システムユニット 技術部 技術課 主査  
通信ケーブルの研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)  
田中 俊之 (たなか としゆき)  
営業本部 営業技術部 主幹  
通信ケーブルの設計・拡販に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)  
田邊 賢吾 (たなべ けんご)  
通信システムユニット 技術部 技術課 課長  
通信ケーブルの研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)  
村瀬 知丘 (むらせ ともたか)  
通信システムユニット 技術部 部長  
通信ケーブルの研究・開発に従事