

## 第6章 調査検討のまとめ

### 6. 1 調査検討のまとめ

昨年度の屋内試験、机上検討を中心とした臨時災害放送局の高度利用に関する調査検討を引継ぎ、今回は屋外でのフィールド試験にて複数の臨時災害放送局を実際に置局し、課題や成果を明らかにした。

#### 6. 1. 1 臨時災害放送局の電波伝搬環境のまとめ

##### (1) 机上検討からの考察

昨年度の調査検討より、臨時災害放送局の電波伝搬環境のまとめとして下記の通り考察された。

(シミュレーション)

放送エリアを推定するためには、第一フレネルゾーン内の障害物による遮蔽や大地反射への影響を配慮したシミュレーションが重要である。また、大地平面反射波の影響や都市減衰を考慮したエリアシミュレーションが必要である。

伝搬経路に海上を含む場合は潮汐による受信電界強度の変動に注意する必要がある。安定な受信のためには、海上からの反射波が受信されないよう、建物で遮蔽するなど、アンテナの設置場所を配慮することが重要である。

(エリアカバー範囲と空中線高)

臨時災害放送局で使用される FM 放送の周波数帯の伝搬特性、受信形態からエリア半径は数km程度の見通し範囲であり、送信場所は、自治体庁舎や避難所(公民館、学校等)を中心とした比較的低い場所(10m~30m程度)となることが想定される。

##### (2) 屋外電波伝搬試験からの考察

屋外フィールド試験に先立ち、広島市立大学の構内で臨時災害放送局を想定して比較的低い送信高にて電波伝搬試験を行った。従来の電波伝搬理論と大きくかけ離れる結果は得られなかったものの、水平偏波のほうが計算値に近い結果が得やすいことが判明した。垂直偏波については計算値に近い結果が得にくいいため、設計において5dB程度のマージンを見込んだ方が良いと考えられる。また、建物の遮蔽においては、半分遮蔽では想定通り約6dB以上の遮蔽損失が、全部遮蔽では約16dB程度の遮蔽損失が生じることが判明した。臨時災害放送局のアンテナ設置は屋上に設置されるケースが多いと思われるが、構造物の遮蔽の影響を受けない場所にアンテナを設置することが望ましいことがあらためて立証された。

## 6. 1. 2 屋外フィールド試験のまとめ

屋外フィールド試験においては、昨年度の調査検討の内容を引き継ぎ、坂町および熊野町のご協力を得て実際に臨時災害放送局を想定して複数置局を試み、下記の項目について実証することができた。

### (1) 放送波中継における複数置局の考察

坂町においては縦に長いエリアを放送波中継することにより、課題となっていた小屋浦地区を救済することができた。2周波を使用した放送波中継が問題なく実現でき、その上で更に回り込みキャンセラーを使用した1周波における放送波中継も試みた。回り込み量をアンテナで抑制するには課題もあるが、回り込みキャンセラーの開発により放送波中継の1周波数化が不可能ではないことが実証できた。

### (2) 同期放送における複数置局の考察

160MHzSTL中継方式および有線方式での同期放送による複数置局において、同期放送システムの設計手法に従い、電界シミュレーション、D/U分布確認、遅延時間の調整を行い、坂町および熊野町にて平成30年豪雨災害時の課題を克服し臨時災害放送局の複数置局を実現することが実証できた。

### (3) モノラル方式の優位性

放送波中継方式および同期方式のフィールド試験にてステレオ方式とモノラル方式をSINADおよび実聴にて比較したが、屋内試験と同様にモノラル方式のほうが干渉領域において歪みが少なく音質が良いことが確認できた。

### (4) 総通局設備を使用した場合の同期放送

総通局設備の変調部をスルーさせ、電力増幅部(出力フィルター部含む)を放送機の最終段として使用し、同期放送を実現することができた。これにより、高出力対応の総通設備を使用し、同期放送対応の変調部を組み合わせることで必要最小限の改修で100W級の臨時災害放送局を実現できることが実証できた。

## 6. 1. 3 避難所およびギャップファイラー方式のフィールド試験のまとめ

避難所およびギャップファイラー方式のフィールド試験においても、坂町および熊野町、ならびに広島市立大学のご協力を得て実際に臨時災害放送局の避難所を想定してギャップファイラー局の置局を試み、下記の項目について実証することができた。

### (1) 避難所の考察

避難所においては、建物の構造にもよるが屋内の電界は屋外に比較して概ね5dB~15dB低下することがわかった。このことにより、避難所の設置が想定されるエリアでは室内の受信環境を考慮し、避難所を電界強度60dB $\mu$ V/mの強電エリアに含むように設計することが望ましいと考えられる。

また、周囲が住宅に囲まれた避難所においては低層階より高層階の方が、受信電界が高いことが確認できた。市街地の避難所は周囲の建物の影響を受けることが立証された。

## (2) ギャップファイラー方式の考察

弱電界となった避難所等において、ギャップファイラーは有効な手段であることが確認できた。2周波のギャップファイラーは勿論のこと、回り込みキャンセラー技術の開発により送信電力 0.1W 程度の小電力ギャップファイラーであれば1周波での置局も比較的容易に行えることが確認できた。

回り込みキャンセラーの遅延時間の影響により、避難所の周囲の等電界ポイントに品質劣化を生じると想定されたが、小規模局の場合は等電界ポイントも小さいエリアでしか発生しないことが確認できた。

## 6. 2 公開試験

### 6. 2. 1 公開試験の概要

公開試験は、広島市立大学、坂町、熊野町で実施したフィールド試験の中から 160MHzSTL 回線を使用した FM 同期方式と避難所ギャップファイラー方式を行った。

臨時災害放送局は、短期間に設置し運用を開始できることが求められ、複数局を設置する場合の一例を公開した。(FM 同期技術を活用した運用形態・事例紹介)

#### (1) 開催日時

2021年3月26日(金)13:30～15:00

#### (2) 試験場所

広島市安佐南区大塚東 広島市立大学構内

### 6. 2. 2 公開試験での実施項目

広島市立大学の学内をひとつの自治体と見たて、情報科学部棟(親局)と体育館(子局)で 160MHzSTL 中継方式と FM 同期放送技術を使用した複数置局を行った。また、体育館を避難所に見たて、回り込みキャンセラーを使用したギャップファイラー方式の試験を行った。

- ・160MHzSTL 中継方式を使用した FM 同期放送の実現
- ・FM 同期放送技術を使用した複数置局の置局手順の実演  
(置局→等電界ポイントでの遅延時間測定→遅延時間調整→音質の改善)
- ・D/U 比や遅延を変化させ、また、ステレオ方式とモノラル方式による干渉度合い等を実際に来場者が受信機で音声実聴
- ・改修した総通局設備(臨時災害放送局装置)で FM 同期放送を実現
- ・緊急設置を想定し電波測定車に機器を搭載して運用する形態を披露
- ・体育館を避難所に見たて、ギャップファイラー方式を実現(同一波方式・二周波方式)
- ・受信場所の制約を緩和できる方策として、回り込みキャンセラーの活用による効果検証  
(回り込み量をプラス D/U→マイナス D/U へ変化させ、仮想避難所での受信品質を実際に来場者が受信機で音声実聴)

### 6. 2. 3 公開試験の様子

公開試験の様子を図 6-1 に示す。



図 6-1 公開試験の様子(その1)





図 6-1 公開試験の様子（その 2）

#### 6. 2. 4 公開試験結果

##### (1) 160MHzSTL 中継方式を使用した FM 同期放送の実現

情報科学部棟に親局(0.1W、87.1MHz)と体育館に子局(0.1W、87.1MHz)を設置し、160MHzSTL 中継装置にて中継回線を構築し、構内全体を 1 周波の FM 同期放送でカバーすることが実現した。なお、親局と子局の中間点が試験会場であるため、出力を微調整して試験会場が等電界ポイントとなるように設定した。

##### (2) FM 同期放送技術を使用した複数置局の置局手順の実演

親局からの電波発射後に親局単体での音質実聴を行う。音声品質は良好であった。その後、子局の電波発射を行い、試験会場は遅延時間が未調整の状態の等電界エリアとなる。音声を確認した結果、干渉による歪みが認められ、また SFN アナライザーによる遅延のずれは $417.0\mu\text{sec}$ であった。子局の遅延時間を調整して試験会場が遅延時間差 0 となるように設定し、音声品質が改善されることを実聴により確認してもらうことができた。

##### (3) D/U 比、遅延時間、ステレオ／モノラル方式を変化させての実聴

等電界エリアにて遅延時間を調整し最良の受信状況を構築した後、遅延時間を変化させたり、ステレオ／モノラルでの受信品質比較などを実際に来場者に体験してもらった。また受信しているラジオのアンテナの向きを変えることで容易に D/U を可変できることも披露した。

#### (4) 改修した総通局設備（臨時災害放送局装置）で FM 同期放送を実現

子局(0.1W、87.1MHz)の送信設備は同期放送に対応した変調部と、改修した総通局設備を電力増幅部(PA)として組み合わせたものを使用し、改修した総通局設備で FM 同期放送が実現できることを披露した。

#### (5) 電波測定車に機器を搭載して運用する形態を披露

緊急時の置局を想定し、電波測定車に臨時災害放送機材およびアンテナを設置した状況を披露、また、一般車両であっても臨時災害放送機材およびアンテナを設置できることを披露した。

#### (6) 体育館を避難所に見たて、ギャップファイラー方式を実現

情報科学部棟に親局(0.1W、87.1MHz)と体育館内に GF 局(0.1W、77.3MHz 若しくは 87.1MHz)を設置し、親局からの受信状況が良くない避難所(体育館)でギャップファイラーを実現した。2 周波にあっては受信良好であることは勿論のこと、1 周波であっても回り込みキャンセラーを使用して簡単にマイナス D/U であっても置局できることを披露した。

#### (7) 回り込みキャンセラーの活用による効果検証

1 周波でのギャップファイラーにおいて、ギャップファイラー装置での回り込み量を変化させ、回り込みキャンセラーを使用した時のプラス D/U およびマイナス D/U における受信品質比較などを実際に来場者に体験してもらった。

## 6. 3 臨時災害放送局の高度利用の課題と展望

### 6. 3. 1 臨時災害放送局の高度利用の課題

臨時災害放送局関係法令のうち、臨時災害放送局に限って適用される関係法令としては、電波法関係審査基準(資料 1)のとおり、開設目的や免許主体等が示されている。

本検討会で行う技術的検討で、開設目的や免許主体等の見直しに直接関係する結論が得られることは考えにくい。

一方で、本検討会においては、臨時災害放送局の高度利用のニーズを踏まえ、様々な高度利用の方策を検討してきた主な課題としては下記があげられる。

#### (1) 周波数の選定

瀬戸内地域では、FM放送の周波数が逼迫しており、既設局への混信妨害を避けることから使用可能な周波数の選定が難しい。また、既設局への混信妨害を与えないことが前提となる。非常災害時に使用可能な、各自治体単位での周波数の選定が必要となる。

VHF160MHzSTL はプログラム伝送手段としては有効であるが、実際に使用するまでの手続きが難しい。既設局への混信保護比の確保が必要となる。また、自局への混信の影響もあり、周波数の確定までに時間を要する。

機器が直ぐに調達できない。入出力フィルターの製作に時間を要する。臨時災害放送局の使用可能な周波数を選定できれば、事前の機器調達や入出力フィルター準備が可能となる。

同一周波数中継方式は、新たな地域へのエリア拡大に有益であり、同一数波数でのリレー中継は有効である。

#### (2) 機材の確保

地方総合通信局に配備の可搬型 FM 送信機、可搬型送信アンテナ、音声調整装置等、臨時災害放送局の開設に必要な機材一式に加えて複数局を設置するために必要な機材の調達について(事前準備、緊急調達など)の確保が必要となる。

#### (3) 運用面での課題

臨時災害放送局は災害時に地域情報を提供するために運営される放送局であり、コミュニティ放送などの母体なしに開局される場合もあり、開局運営のリソースも限られている。災害時は特にメディア間の連携が重要となり、事前の整理が必要である。

災害時には電源の確保が重要となってくる、役場には自家発電装置を備えていても停電対策として無停電電源装置(UPS)などが必要となってくる。

臨時災害放送局の運営にあたっては、地方公共団体等において、防災や広報の経験がある職員を選定するなど、円滑な運営が可能となるスタックの確保が望まれます。平時から臨時災害放送局の開設・運営を想定し、運営体制や地域の協力体制の確保および放送局を運用する無線従事者の確保を検討しておくことが必要となる。



### 6. 3. 2 臨時災害放送局の高度利用の展望

平成30年西日本豪雨災害時に臨時災害放送局を設置した、熊野町および坂町での課題や問題点を解決するために、臨時災害放送局の高度利用の検討を行い複数置局のシミュレーションを行い課題や問題点の克服をすることができたと考える。

設置の手順としては、役場や市役所など情報を発信することができる場所に設置して情報伝達を図ることが第1段とする。複数置局としては親局の電波が受かりにくいところを補完するように、アンテナの指向性および偏波面を変えることにより、混信状況を改善することが効果的であることを確認した。中継方式により、エリア拡大することが有効である。

伝送手段として STL 方式は有効であることを確認できたが、周波数的な制約があり、幅広い地域で使用可能な周波数の選定が必要である。NTT などの光回線でのプログラム伝送は、事前に整備されておれば、有効な伝送手段となる。市役所および支所などの関連施設間で光回線が設営されていればこの上ない。

設営するまでに、時間を要することが、短所となる。また、地震などでの有線などの断線も皆無ではないため、万能ではない。

臨時災害放送局の高度利用には、下記の技術要素が必要となる。

#### (1) 同期放送技術

臨時災害放送局を複数置局し面的なエリアカバーを行う場合、同期放送技術を活用し、周波数を同一にすることが可能となる。この場合、段階的に置局を行うためには、各局が独立して FM 同期放送を実現し、後から下位局を容易に追加できる独立同期方式が適していると考えられる。同期放送を行うには精密な調整が必要であり、一方で、迅速に臨時災害放送局を開設するための考慮が必要である。

#### (2) ギャップファイラー

臨時災害放送局におけるギャップファイラーは AM ラジオ放送や FM ラジオ放送等が法定電界強度を下回り、ラジオ受信機による聴取が困難となる体育館や小規模避難所が想定される。ギャップファイラーは放送事業者以外の者が容易に開設できるよう、無線局検査を省略できる技術基準適合証明の対象無線設備であり、また、無線局を操作する無線従事者の選任を不要であるため小規模な避難所等で柔軟に難聴対策を行える方式である。

#### (3) 中継方式

臨時災害放送局を早期に複数局を立ち上げできる方式は、放送波中継方式、60MHz帯、160MHz帯の STL 中継方式である。

周波数を 2 波以上使用できる場合の放送波中継方式は非常に簡易ではあるが、エリアが変わると受信機の再設定が必要となることは考慮しておく必要がある。周波数を 1 波で構築する場合の放送波中継方式は、送信波の回り込み対策を行わなければならないため、送受信アンテナの設置場所の配慮が必要となる。回り込みキャンセラーを活用することで受信場所の制約を緩和できることが確認できた。

STL 中継方式は、放送機とは別に STL 中継装置及び STL 用アンテナを用意する必要があるが、下位局受信への送信波の回り込み対策が不要であるため、FM 同期放送を行う場合は有効な中継方式といえる。

また、光ケーブル、IP 回線による中継方式もあるが、発災による光ケーブルの切断、IP 回線の安定性などの問題が発生する可能性がある。しかしながら、放送波及び STL 波が届かない地域へも情報伝送の可能性があるため、事前に伝送回線としての利用可否等を検討しておくことが重要である。

#### (4) 回り込みキャンセラー

回り込み対策については、上位局の放送波を受けて同じ周波数を下位局へ送信する放送波中継による同期放送の場合、下位局への送信波が受信へ遅延して回り込む遅延波の影響を抑制しなければならない。

受信アンテナには近傍の送信アンテナから送信された強い電波が回り込み、受信品質、GFの送信品質に大きく影響をあたえるため、回り込み波を低減しなければならない。

その手法として下記を上げ、フィールド試験で低減できることを確認した。

##### ・アンテナの配置による回り込み波の低減

上位局受信アンテナと下位局送信アンテナの離隔距離を保つこと、建物の遮蔽を利用して受信アンテナから送信アンテナが見えないように配置することで低減が図れることが確認できた。

##### ・偏波面効果の利用

上位局の偏波面と下位局送信波の偏波面を異偏波とすることで下位局送信波の回り込みの影響を軽減できることが確認できた。

##### ・回り込みキャンセラーの活用

回り込みキャンセラーを活用することで受信場所の制約を緩和できることが確認できた。今実験では、回り込みキャンセル機能を搭載した装置を用いて、受信にてDU比 $-5\text{dB}$ ～ $-15\text{dB}$ での実用が可能なが確認できた。

#### (5) 空中線

構造が比較的簡易で、取り扱い易いアンテナ形式としては、ダイポール型、八木型などがある。ダイポールアンテナの前後に素子を追加すると水平面の指向特性を鋭くすることができ、目的の方向に電波のエネルギーを集中させることができる八木アンテナとなる。

ダイポールアンテナ、八木アンテナを複数組み合わせることで、必要な放送エリアに電波のエネルギーを効率よく集中させるアンテナ特性を作り出すことができる。

使用する周波数に都度調整が必要となるアンテナではなく、臨時災害放送局が使用する周波数の範囲において調整が不要なアンテナであれば、より迅速に設置調整を行うことができる。

今回のフィールド試験では、無指向性アンテナ(クロスダークポールアンテナ)と指向性アンテナ(レフダイポールアンテナ)、八木アンテナを組み合わせを行った。設計シミュレーションによる検討に基づいて実施した測定結果は、遅延調整がなされていれば満足いける結果を得ることができた。

また、臨時災害放送局における電波伝搬には、下記の特徴が挙げられる。

#### (1) エリアカバー範囲と空中線高

臨時災害放送局で使用される FM 放送の周波数帯の伝搬特性、受信形態から、エリアカバー範囲を、広域エリア局で半径約 6.6km、局所的なエリアを補完する局では半径約 1.2kmと想定した。臨時災害放送局の送信点地上高は 30m程度と比較的低くなると想定され、受信アンテナ高もポケットラジオを想定し 1m程度と低いため、建物や地形の影響を受けやすいことが想定される。

#### (2) シミュレーション

放送エリアを推定するためには、第一フレネルゾーン内の障害物による遮蔽や大地反射への影響を配慮したシミュレーションが重要である。また、大地平面反射波の影響や都市減衰を考慮したエリアシミュレーションが必要である。

伝搬経路に海上を含む場合は潮汐による受信電界強度の変動に注意する必要がある。安定な受信のためには、海上からの反射波が受信されないよう、建物で遮蔽するなど、アンテナの設置場所を配慮することが重要である。

最後に、モノラル方式による臨時災害放送局の優位点を以下に挙げておく。

#### (1) 受信機の SN 比

一般に FM 放送は受信機の特性においてモノラル方式の方がステレオ方式に比べて SN 比が良いことから、同じ受信入力電圧の場合、ステレオ方式よりモノラル方式の放送エリアが広がる。このため、エリアカバーの観点から、モノラル方式が有利である。

また、モノラル方式の信号構成は、L+R のみであり、ステレオ方式と比較してシンプルで同期すべき信号の構成としてもシンプルなため、同期放送を行う場合においても有利である。

#### (2) 同一周波数による干渉時のひずみの影響を受けにくい

屋内試験から得られた結果から、1周波数で構成する臨時災害放送局を複数設置する場合においては、モノラル方式の方がステレオ方式に比較して同一周波数による干渉時のひずみの影響を受けにくく、評価3を得られる範囲が広がることが判明した。

なお、今回の調査の結果で、一般に市販されている FM 受信機のほとんどの機種が信号強度に応じて、ステレオ／モノラルの自動切り替えを行う機種であることが判明した。モノラル方式のエリアカバーの優位性を確保するためには、臨時災害放送局はパイロット信号を挿入しないモノラル方式とすることが必要となる。

## あしがき

本調査検討会は、災害の被害軽減のために開設する臨時災害放送局が、被災地域が広範囲にわたる場合、複数の臨時災害放送局を開設することになり、番組伝送用の通信回線の構築や局間における電波干渉の影響を考慮する必要がある。また、短期間に設置し運用を開始できることが求められ複数局設置のモデル的な構成方法を確立するため、臨時災害放送局の特性を踏まえ技術的条件や運用条件等を明らかにすることが目的として、令和元年度から2カ年にかけて調査検討等を行ってきた。

臨時災害放送局が考案された平成初期においては技術的に同期放送を取り入れることは困難であったが、近年の同期放送技術、回り込みキャンセル技術を活用し臨時災害放送局の高度利用ができ、同一周波数で広いエリアをカバー出来ることが実証できた。

今後FM同期技術を有効活用して、本調査検討による調査検討結果が、臨時災害放送局を複数設置する上での指針となり、災害発生した場合に災害の被害軽減を図り普及促進されることに貢献できれば幸いである。

最後に、適切なお指導をいただいた西先生をはじめ、アドバイスをいただいた総務省中国総合通信局、並びに調査検討会構成員の方々に厚くお礼を申し上げる。