2章 NHKの中波ラジオ送信機

池上耕平[†], 西森博行[†], 三須孝一[†], 正会員 天辰則博[†]

キーワード：中波，送信機

1. まえがき

NHKでは、ラジオ第一(R1)放送、ラジオ第二(R2)放送の二つのメディアで国内中波放送のサービスを行っている。R1はローカル放送を中心としたネットワークで構成、R2は全国放送を基本とした広域ネットワークで構成し、日本全国のあまねくサービスを実現している。一方、最近の中波ラジオを取り巻く環境は、2011年の放送と通信の融合による電波法の改正では安全・信頼性の確保が定められ、また東日本大震災の発生を機に災害時の重要なメディアとして再認識されるなど、高い信頼性が必要とされている。ここでは、最新型の送信機を中心としてNHKの中波送信機および送信設備について概要を紹介する。

2. 中波送信機導入の歴史

中波送信機は1925年の放送開始以来、真空管を使用していたが、1978年には電力増幅部に半導体(MOS-FET)、変調増幅部にPWM方式^{*1}を用いた出力100 Wの送信機を初導入した。図1にブロック図を示す。その後、順次高出力の送信機を開発し、1990年には出力100 kWの送信機を導入した。そして更なる高効率化・高信頼化を目指して現在の主流である「デジタル処理型送信機」の開発に着手、1994年に10 kW送信機を導入した。1998年には国内最大出力であるデジタル処理型500 kW送信機を導入、複数の電力増幅器(PA)を直列合成することで、半導体でも大電力送信機の導入が可能となった。2011年からは送信機の構成を2台切替方式に統一したシステムの導入を進めている。

^{*}1 PWM方式は変調信号を増幅する際、変調信号に応じパルス幅を変化させたPWM信号を生成し、増幅を行った後にLPFで音声を復元し、高効率化を図る方式。

[†] NHK 技術局 送受信技術センター (放送網施設部)

"AM Transmitter of Japan Broadcasting Corporation" by Kouhei Ikegami, Hiroyuki Nishimori, Kouichi Misu and Norihiro Amatatsu (Transmission & Reception Engineering Center, Engineering Administration Department, NHK, Tokyo)

図1 PWM方式中波送信機ブロック図

3. 中波ラジオ送信機

3.1 動作原理とその構成

デジタル処理型送信機の動作原理を図2に示す。この方式は音声信号をデジタル信号に変換し、そのビット信号でON/OFF制御された複数のPA出力を合成し振幅変調波を得る方式である。

送信機に入力されたアナログ音声信号は、DC成分を重畳した後、A/D変換されデジタル信号に変換される。図2の例では、12ビットのデジタル信号を用いてMSB (Most Significant Bit) 側6ビット、LSB (Least Significant Bit) 側6ビットに分けている。MSB側信号はエンコーダによって10進符号に変換され、その変換信号は18台の出力電力一定(P0)の電力増幅器(Bigstep PA)をON/OFF制御する。LSB側信号は2進符号のまま、信号の重み付けレベルに応じて出力が $1/2P_0$, $1/4P_0$, $1/8P_0$, $1/16P_0$, $1/32P_0$, $1/64P_0$ と変化するbinary PA 6台をON/OFF制御する。ON動作したPA出力を合成トランスで合成し、BPFを経由することにより被変調波を得ている。

このようにデジタル処理型送信機は変調増幅部を持たないため調整箇所が非常に少ない上に、総合電力効率の大幅改善も期待できる。

3.2 中波送信機の区分について

NHKが導入している中波送信機の出力は50 W ~ 500 kW

図2 デジタル処理型送信機の動作原理

表1 NHK全国中波送信機数一覧

	出力/送信機数	R1	R2
		224	140
大電力	50 kW~500 kW	5	6
中電力	300 W~20 kW	75	54
小電力	50 W, 100 W	144	80

* 上記の他、離島を中心にFMによる送信機を14式導入している。

と非常に広範囲であるため、送信機の種類也多岐にわたる。表1にNHK全国中波送信機数一覧を示す。100 W以下の送信出力を小電力、100 Wを超え20 kWまでの送信出力を中電力、50 kWを超え500 kWまでの送信出力を大電力と3分類し、それぞれのグループ内で共通仕様化を図り、送信機を構成している。

3.3 送信機のシステム構成

送信機のシステム構成は真空管式送信機の時代から「3/2台(切替)方式」を採用し、各県の親局送信所に採用してきた。これは、図3に示すように定格出力の1/2出力をもつ送信部を3台設置し、このうち2台を合成して規定の送信出力を得るものであり、デジタル処理型送信機のシステムもこれを踏襲してきた。

近年、放送のさらなる高信頼化を求めて検討を行った結果、新たに2台切替方式を採用することとし、これまでの仕様を変更して整備を進めている。放送電波の確保はもとより、製造コストや期間および各放送局での運用性を充分に考慮して検討を進めシステム変更を実施した。開発においては、旧システムの仕様を積極的に活用し大幅な設計変

図3 中波送信機のシステム構成概要一覧

更を回避した。結果、効率的な設備整備を推進することができている。

大電力送信機において、R1用送信機には2000年から先行し2台切替方式を採用し、一部を除きR2用送信機には2

台合成方式を採用している。それぞれが大電力送信所におけるR1の24時間放送や送信出力規模に適応したシステムである。なお、2015年の大阪R2用（羽曳野ラジオ送信所）送信機更新をもって全ラジオ送信所の真空管式送信機の更新を完了する予定である。

4. 大電力用送信機

大電力送信所は、我が国最大の送信出力である500 kW送信所の3施設を含め全国で10施設あり、そのうち首都圏ではおよそ2,000万世帯をカバーする重要な送信所の一つである。それぞれの施設は図4に示すように札幌から熊本まで日本全国に設置されており、いずれも広域で放送サービスを行っている。

4.1 大電力送信機構成

表2に300 kW 向け真空管式送信機とデジタル処理型送信機の比較を示す。デジタル処理型送信機は変調段を持

たず、送信機の消費電力の大半が高効率D級増幅器（PA）で消費されるため、真空管式送信機よりも2割以上の省エネが可能である。図5に大電力送信機の例を示す。電源高圧トランスや変調トランスは不要となり、省スペース化にも大きく貢献している。

4.2 デュアルバンドシステムについて

図6にデュアルバンド送信機の系統図を示す。R2用送信機にR1の送信機能を持たせ、R1の予備送信機として整備している。この機能は東京R2用送信機へ導入している。R1送信所での大規模補修など電波を停止して作業が必要な場合、R2の休止時間帯にR1用送信機に切替え24時間放送を継続することが可能である。この機能を活用し、放送サービスを継続しながら補修整備や点検等を実施する検討

表2 真空管式送信機と新送信機の比較

	真空管式送信機	デジタル処理型送信機
方 式	真空管式送信機 変調：終段プレート変調 デバイス：9F45R計6本	全固体化デジタル処理型送信機 変調：デジタル処理型振幅変調 デバイス：MOS FET PA：約300台（総数）
構 成	150 kW送信機 2台並列合成方式	150 kW送信機 2台並列合成方式
冷 却	蒸発冷却（水）	強制空冷
電源電圧	DC12 kV	DC260 V程度
総合効率	約60%	約80%

図4 全国の大電力送信所

図5 大電力送信機（150 kW送信部）の例

図6 デュアルバンド送信機の系統図

を進めている。

5. 中電力用送信機

NHKの中電力送信機は親局ならびに基幹放送用周波数利用計画^{*2}に記載された中継局が大部分を占めており、各県のローカル放送を支える重要な送信機として位置づけている。この中電力用送信機も大電力送信機と同様、2011年より送信機更新に合わせて2台切替方式を採用し、整備している。

5.1 中電力送信機構成

中電力送信機は親局用として1kW、3kW、5kW、10kW、20kW、中継局用として300W、500W、1kWの出力で整備している。図7に親局送信機の系統図、図8に5kW送信機の構成例および外観を示す。送信機はオペレーションを行う操作表示板や音声板などを収めている操作盤、1号送信機、2号送信機、切替盤およびダミー装置の5架で構成し、3/2台方式送信機と同等の床面積で収まるよう省スペース化を図った。

図7 親局送信機の系統図

図8 5kW送信機の構成例

*2 1998/10/1 郵政省告示第六百六十一号の第7項。

非常入力を含めた3系統の音声入力は音声板で切替えたあと、1号および2号へ分配する。音声板は能動素子を使用しておらず、音声を補償増幅する機器は各送信部へ実装している。

共通系設備は音声板の他、号機切替や監視制御を行う操作表示板が該当するが、PA部、発振器、励振制御部、音声補償増幅器などは完全2台化とし冗長系を持っており、共通系の障害が発生した場合でも放送の継続が可能となっている。

中継局送信機は親局とユニットの共通化、切替盤とダミー盤の1架構成、演奏所からの監視制御を行うリモコン機能の簡略化などにより、省スペース化や低廉化を図った。またR1およびR2の2メディアを運用している送信所では、待機号機を含め送信機は4台となるが、受電容量の増加を避けるため、保守点検時には4台目の起動を制限する機能を設けた。

6. 小電力用送信機

送信出力50～100 Wの小電力送信機は全国144局の送信所で使用している。この小規模の送信所は送信機を収納する局舎スペースが限られるため、高信頼化と小型化が最優先の課題であった。2012年から更新に合わせて整備を始めている新送信機では、2台切替方式を選定し信頼性を向上させるとともに大きく省スペース化した構成とした。

6.1 小電力送信機構成

図9に100 W送信機の全体構成を示す。音声入力を複数系統化(3入力)し、高信頼化を図っている。図10に100 W送信機の外観例を示す。最新型ではこれまで分割構造であった送信部と電源部を一体構造とすることにより、省スペース化を図り、1メディア当たり高さ2,000 mm標準ラック1.5架程度のスペースで整備可能となった。

7. 整合・二重給電子設備

NHKではR1とR2の2メディアでサービスを行う送信所

図9 100 Wシステムおよび送信機構成図

図10 100 W送信機

が半数以上を占めている。そのため、空中線と送信機のマッチングを行う整合回路に加え、2メディア局には一つの空中線で2メディアを共用する二重給電子も備えている。これら整合・二重給電子設備は100 W～100 kWまでの出力や周波数に応じて個別に設計している。また空中線から誘導される落雷に対しては、空中線や二重給電設備でさまざまな落雷対策を施し、送信機への影響を低減化している。図11に100 W小電力局に用いている整合回路および二重給

図11 小電力局用整合・二重給電子構成図

図12 大電力送信所の整合回路外観

図14 札幌R2の支線更新工事

図13 中波送信所のプログラム回線概要図

電子の構成例、図12に500kW大電力送信所に用いているコイルの設置例を示す。

8. 周辺設備の状況

中波ラジオ送信機を構成する設備の中で、特に近年の変化が大ききものは、プログラム回線と送信アンテナである。

図13のように、中波送信所は親局および中継局ともに音声プログラム回線が必要であり、自営無線回線やNTT専用回線が用いられる。NTT専用回線(AMラジオ放送線など)は従来のメタル回線から光回線に更新されており、耐雷性をはじめとしてその信頼性は大幅に向上した。一方、自営無線回線の設備更新は周波数移行と連動しながら急ピッチで全国整備を進めている。

基部絶縁式円管柱鉄塔を用いた送信アンテナは、定期的に支線の更新を必要としている。NHKでは2011年から鉄塔高が100mを超える大電力送信所の支線更新に着手し、これまで2局の更新を完了した(図14)。

9. むすび

放送開始から90年を迎えた現在、中波送信機や送信所を構成する部品の確保が極めて困難な状況や、中波送信技術力の継承など、中波を取り巻く環境は年々厳しさを増している。そのような環境下であるが、中波ラジオ放送は、非常災害時にはライフラインを確保する情報を届ける重要なメディアでもあるとともに、普段の生活に密着したメディアであり、多くの方々に親しまれ続けている。今後も放送の安定確保と品質の向上に向けて取り組んでいく。

(2014年11月27日受付)

池上 耕平 いけがみ こうへい 1988年、NHKに入局。帯広放送局、菫蒲久喜ラジオ放送所、テレビ中央送信室、福岡放送局を経て、2011年より、技術局送受信技術センターにて、中波送信機の設備整備に従事。

西森 博行 にしもり ひろゆき 2001年、NHKに入局。宮崎放送局、菫蒲久喜ラジオ放送所を経て、2007年より、技術局送受信技術センターにて、中波送信機の設備整備に従事。

三須 孝一 みす こういち 1997年、NHKに入局。青森放送局、技術局送信技術センター、菫蒲久喜ラジオ放送所を経て、2013年より、技術局送受信技術センターにて、中波送信機の設備整備に従事。

天辰 則博 あまたつ のりひろ 2003年、NHKに入局。宮崎放送局を経て、2012年より、技術局送受信技術センターにて、中波送信機の設備整備に従事。正会員。