

また、1970年から可搬型1.2 mφアンテナ(IM-5形パラボラアンテナ)として、ニアフィールドカセグレン形を開発・納入し、アンテナ開口径も0.9 mφ~4.0 mφのタイプを展開しており、要求仕様に応じたパラボラアンテナを提案している。なお、周波数帯域については、使用周波数範囲に応じた一次放射器を選定する事で、反射鏡に依存しない製品設計を可能としており、現在の設計手法の基礎となるものとなった。カセグレンアンテナの設計技術は、その後、放送業務や公共事業用途の各種パラボラアンテナへ展開され、交差偏波識別度・指向特性を高性能化したニアフィールドグレゴリアン形アンテナの開発に繋がっている。

カセグレンアンテナの設計手法を応用し、1994年に大口径衛星通信用地球局アンテナの開発・納品を開始した。当時は30 mφクラスの大型アンテナが実用化されていたが、4 mφクラスの中型アンテナについては、主反射鏡の大きさと比較して副反射鏡の占める割合が多く、副反射鏡の散乱による指向性劣化量が大きくなることから使用されることが少なかった。この課題を解決するため、当社は生産性も考慮した特性改善方法として、副反射鏡に特化した鏡面修正による設計を確立した。この技術により高性能カセグレンアンテナの開発を行い、現在までに衛星通信HUB局として延べ45面を納入している。

現在では、これらの技術を活用して、多周波数共用アンテナ、各種衛星通信用アンテナ、移動局用アンテナ等の固定通信以外においても展開を図り、幅広い製品開発を積極的に行っている。



4.5 mφ衛星通信地球局用アンテナ  
(株長野放送 本社)



IU-114E形4.0 m Dカセグレンアンテナ

## 創立70周年記念特集記事⑤

### 鉄塔事業への取り組み

施設エンジニアリング統括部 宇崎 卓夫

長・中・短波アンテナ及びアンテナの支持構造物として数多くの鉄塔が設計、製作、建設されてきた。ここでは、創立当時から現在に至るまでの代表的な鉄塔工事を紹介すると共に、その中でも特筆すべき鉄塔工事について解説する。

- 1952年 長・中・短・超短波アンテナ施設の設計、製作、建設業務を開始。
- 1953年 佐久間反射板工事(反射板第1号)
- 1956年 ACLB台湾ロンビクアンテナ・カーテンアンテナ及び鉄塔納入(輸出第1号)
- 1958年 四脚式反射板納入(四脚反射板第1号)
- 1959年 イラン100mトラス柱納入(中波トラス柱輸出第1号)
- 1960年 川越工場竣工。関係会社として電気興業アンテナ製作所を設立(後の株デンコー)自社鉄塔製作開始
- 80m支線式トラス柱納入(自社工場鉄塔製作第1号)
- インド中波放送用支線式トラス柱納入(輸出鉄塔自社工場製作第1号)
- 多度無線中継所10m鉄塔工事(自社工場自立式鉄塔製作第1号)

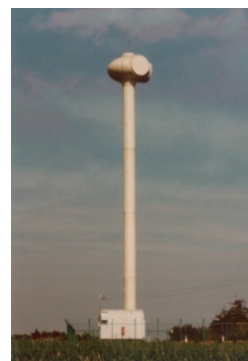


図1

- 1961年 カンボジア 100m 鉄塔納入(自立鉄塔輸出第1号)  
台湾 6m × 8m 反射板納入(反射板輸出第1号)
- 1962年 仙台 125 m鉄塔製作・建設工事  
千葉 UHF 空中線・160 m自立鉄塔工事及び局舎新築工事
- 1970年 マレーシアサバマイクロ回線用鉄塔・空中線工事(海外建設請負工事第1号)
- 1971年 新川無線中継所 40m パイプ鉄塔工事(パイプ鉄塔第1号)
- 1972年 リビア沿岸マイクロ回線鉄塔工事(大規模海外工事第1号)
- 1973年 関係会社として電気興業工事設立
- 1974年 エジプト 320 mテレビ用支線式丸鋼トラス柱納入  
200 m気象観測用支線式鋼管トラス柱製作・建設工事
- 1975年 IP 準ミリ波中継柱納入(第1号)(図1)  
リビアオアシス 79 マイクロ鉄塔建設工事(サハラ砂漠内の難工事)(図2)
- 1980年 川越東部工業団地(芳野台)に新川越工場完成
- 1981年 イラクモニタリングアンテナシステム納入工事(過去最大のアンテナシステムプロジェクト)
- 1982年 シリアマルキエ局 300m テレビ用支線式鉄塔(図3)



図2



図3

- 1982年 タイ TOT 向けマイクロ鉄塔の製作・建設工事  
～ 1982年頃よりタイ TOT プロジェクトを受注開始した。LD1/I, W-6, W-8, 5P- I, 5P- II 他プロジェクト納入総鉄塔数700基以上, 特に W-6 プロジェクトは, 過去最大のマイクロ鉄塔プロジェクトとなり519基納入した。その後, ルーラルプロジェクト, 5P- IIIプロジェクトと続き, 国内製作からタイ現地(現DSE)製作へと移行した。鉄塔は, 自立式四角断面山形鋼鉄塔, 支線式山形鋼トラス形式を採用した。パラボラアンテナ搭載数による鉄塔タイプ分け, 地盤耐力による基礎のタイプ分けによる標準化を進めたことで, プロジェクト管理の確実化と工場生産性の向上, 現場工事の省力化に貢献した。
- 1985年 イラク UHF-VHF, FM 放送アンテナ及び350 m支線式トラス柱製作, 建設工事(当社最大高さの鉄塔)
- 1986年 川越工場に溶融亜鉛めっき工場完成
- 1987年 タイ PRDch-11 空中線鉄塔その他工事 180 m TV 送信鉄塔(海外工事自立鉄塔最大高さ)(図4)



図4

## 1988年 えびの送信所第1次～第3次建設工事

えびの送信所建設工事は、昭和63年～平成3年まで実施され、南北2500m、東西1000m、約250ヘクタールにまたがる広大な敷地に、最高高さ272m、最大支線径 $\Phi 84$ さス柱を550m間隔で、片側4本ずつ、2列合計8本建設するものであった。1鉄塔の中における支線アンカーの最大高低差65mにも及ぶ激しい起伏、中間碍子による分割の多さ、鉄塔としては、強力かつ、重量ワイヤーロープの使用、という条件の中で、鉄塔の設計剛性を満たし、基部調整機構のおさまりが揃うように算定、製作を試みながら進めなければならなかった。本施設は構造評定を取得している。建設工事、その施工範囲は、幅550m、長さ1650mの長方形の広範囲にわたった。碍子を伴った支線の展張範囲は、さらに広範囲となり、これらの建設場所は、山林の中で山越え、谷越え、沢越え等の起伏が大きく地形的条件も悪かった。アンテナは、250m上空に展張しなければならず、展張区域全長に亘って起伏に富む山間部であり、かつ樹林に覆われており、環境保全のため伐採面積も制限される、という環境条件下での長大逆L形アンテナ工事であった。工事は困難を極めたが、無事故無災害で建設を完了した。



## 1989年 スカイトワー西東京(田無タワー)製作、建設

スカイトワー西東京は、東京周辺の電波利用の需要増大に対応し、かつ、都心部における建築物の高層化に伴い、深刻化する電波障害への対応のためマルチメディアタワーとして建設された。タワーの概要は、長方形を重ねたような平面の立方体であり、主材12本からなる八角形の鉄塔である。塔高195m、重量2040tonと、建設当時では、東京タワー、福岡タワーに次ぐ日本第3位の高さを誇った。本鉄塔は $\Phi 914.4$ mm大径の鋼管が主材となる大型構造物のため、製作当初より予見される(1)鋼管の化学成分及び精度(2)主柱材の製作精度(3)突合せ溶接部の端部処理(4)溶融亜鉛めっきによるヤケ、ハクリ等の課題検討を十分に行い、製作が行われた。建設工事は、現場作業スペースが非常に狭く、建方順序に合わせ1日の建方工程に必要な材のみを随時搬入することとした。建方は、20mまでの低層部をトラッククレーン、それより上部は、タワークレーンをリフトアップしながら行った。本工事では、水平落下養生を兼ねた作業床と外部垂直養生を一体化した「L型ユニットステージ」を使用し、1フロアを8ユニットで被い、建方中は完全に養生された鳥かごの中作業する万全の対策をとった。施工条件を考慮し、建方計画を先行して行い、それに基づいて、製作計画を行うなど、製作・施工一体となった取り組みで無事工事を完了させた。



## 1990年 ケニア KBC 中波・FMプロジェクト空中線納品及び現地工事

中波ラジオ放送網拡大を目的としたODA案件で、新設5局、リハビリ局5局の計10局の工事で、鉄塔は、150m～80m、送信出力100kW－9基、50kW－6基計15基の支線式鋼管柱からなる。本プロジェクトは、当社最大規模のODA受注案件であった。





1994年 新佐原 TV局 217m 鉄塔製作, 建設工事

UHF テレビ放送用として建設された新佐原 TV局鉄塔は、塔高 217 m、根開き 40m、鉄塔重量約 1000ton と当社設計、製作、建設の自立式鉄塔最大である。鉄塔部材構成は、等辺山形鋼を採用(最下節は、4本の L250 x 35 からなる組立構造)し、単材の軽量化で重量低減が図られ、施工性にも配慮したものであった。施工は、低層部は「クローラクレーン工法」高層部は「エレクター工法」を採用した。クレーン設置地盤や鉄塔本体・部材の強度検討を実施し施工を行った結果、仕様を大きく上回る高い精度での建方を実現した。



1994年 NTTドコモ 各地基地局鉄塔納入(多数)

1994年からの NTTドコモ向け標準鉄塔は、20年近くにわたり、鉄構部門の主力製品となった。1994年、1996年に三角ラーメン鉄塔とシリンダー鉄塔がリリースされた。NTTドコモ初の標準鉄塔であった。外観・強度に注力した鉄塔で三角ラーメン鉄塔は、梁が扇状形状で NTTドコモの象徴的な鉄塔となった。

その後、高規格の三角ラーメン鉄塔とシリンダー鉄塔がリリースされた。1998年には、当社の設計提案である小型シリンダー鉄塔がリリースされた。長野オリンピック向けへの対応を含めたが、小型基地局用として数多く採用された。



三角ラーメン 小型シリンダー シリンダー アンクル

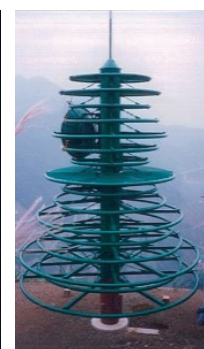
2003年に IMT用シリンダー鉄塔がリリースされた。2005年にアンクル鉄塔がリリースされた。シンプルな形状で製作性、施工性が良く、多数建設された。2008年には、NTTドコモ初の全国標準鉄塔の新タイプアンクル鉄塔とシリンダー鉄塔がリリースされた。

1995年 厚木 50m 無線中継塔・南山 15m 無線中継塔製作, 建設工事

厚木は、高さ 50m、鋼管径 3m、総重量 200ton の展望台付きシリンダー鉄塔であった。鉄塔の規模が大きいうえに、展望台・ステンレスルーバ付き螺旋階段などを付帯した景観重視のものであった。南山は、高さ 15 m、鋼管径 1.2m と小規模ながら、FRP 製を含む意匠リング 16 段配し、アンテナの送受信に影響のないように配慮されたものであった。



厚木



南山

1995年 嘉数テレビアンテナ共用 10kW 基部接地型中波アンテナ鉄塔製作, 建設工事

塔高 121m 根開き 18m 四角断面鋼管トラス鉄塔 総重量約 900ton。U-10kW×2波 TV 空中線設備及び中波 10kW 基部設置型空中線設備を搭載する特徴を持つ鉄塔である。主材最下節鋼管径Φ 812.8, 塔高 96m 付近より地上に向け、12本の副導線を配し、塔高 96m 付近より上部は、TV 送信アンテナ搭載のために急激に絞り込んだ形状となっている。



## 1998年 観音堂送信所 UHF テレビ送信アンテナ鉄塔製作、建設工事

塔高 160m,  $\Phi$  3m のシリンダー(内塔)を塔高 70m の八角断面鋼管トラス鉄塔(外塔)で支持する構造で、総重量約 640ton となる。本鉄塔は、デジタル放送用送信鉄塔であり、頂部 20m は、 $\Phi$  2m の FRP レドームに覆われた送信アンテナを配している。鉄塔設計に当っては、風洞実験を実施し、風による振動の測定と、抗力係数の算定を行った。高さ 130 m 位置には、オイルダンパー方式の制振装置を設置し、渦励振によるシリンダー部の揺れを軽減する対策を講じている。本鉄塔建設地は、積雪が多く、着雪による落雪被害の対策も求められた。シリンダー部は構造強度上接合部が現場溶接となるに加え、外塔主材接合部も現場溶接を採用し、着雪防止へ配慮した。建設工事は、外塔部は「クローラクレーン工法」を採用し、シリンダー部は、「プッシュアップ工法」を採用した。「プッシュアップ工法」は、本鉄塔のように、同一径のシリンダー鉄塔を建設するのに有効な工法であり、地上付近で、長さ 6m のシリンダー部の差し込み、現場溶接、ジャッキアップ、を繰り返すことで、安全に構造物を構築することができるものである。



## 1998年 川内長波標準電波局整備工事(支線式鋼管柱 250m 鉄塔)

高さ 250m, 最大支線径  $\Phi$  62mm, 最大支線アンカー距離 170m の鋼管径  $\Phi$  1500mm の基部絶縁型 4 段支線式単鋼管柱構造。鉄塔頂部にアンテナエレメントを 6 方向に展張した傘型空中線である。支線錨塊は敷地及び地形のデータを基に、構造計算により最適点を求めた。



## 2000年 九州長波帯標準電波局整備工事(支線式鋼管柱 200m 鉄塔)

川内が標準周波数 40kHz に対し、九州は 60kHz とされたため、高さが 200m となったが、川内、九州共にほぼ同じ構造とした。



## 2000年 九州熊本ビル新築工事

建物屋上高さ 62 m, 四角断面角型鋼管ラーメン構造鉄塔, 総重量約 600ton

本鉄塔の建設工法は、「BOX 組積上げ工法」を採用した。鉄塔の各節を地上にて BOX 組立し、外装パネルまで取り付けたうえで屋上に荷揚げし、ブロック単位で積上げる工法である。本工法では、各節梁部の溶接・溶射までを地組で完了させるため、建て入れ及びレベルの精度は、地上で全て確認する必要があった。そこで、地組場に油圧ジャッキを配置し、レベルを  $\pm$  200mm の範囲で調整可能な地組構台として対応した。鉄塔を建物屋上で組み上げる従来工法に比べ 1.5 ヶ月の納期短縮を達成した。





## 2005年 絵下山送信所鉄塔製作工事

塔高122m、根開き15.6mで、92m四角断面鋼管トラス鉄塔の頂部に30m六角断面鋼管ラーメン構造の送信アンテナ柱を有し、デジタル送信多面合成アンテナが配置されている。総重量約410ton。鉄塔の下部主材は、 $\Phi 914.4\text{mm}$ と太く、高さ35m付近までの接合部には、4ツ割の円筒形プレートを主材内外に配したスリーブ接合方式(192本のM24HTB)を採用し、高さ35mより上部は、フランジ接合方式を採用した。建設工事は、「タワークレーン工法」を採用した。鉄塔横には、4階建ての局舎も建設され、現場敷地も狭いため、現場施工に当っては、元請け建設会社との工程調整、鉄塔材の搬入計画など厳しい現場管理が必要であった。



## 2002年 風力発電用タワー納品

2005年～2010年頃にかけて、鉄塔等塔状鋼構造物の派生として、風力発電用タワーの製作に取り組んだ。高さ10mの小型から高さ80mの大型まで、納入本数は、85本に及んだ。高さ約70m規模の場合、基部直径 $\Phi 4\text{m}$ 、頂部直径 $\Phi 3\text{m}$ のテーパースリランダー柱、ブレード直径 $\Phi 80\text{m}$ のタワー部分の製作納品であった。設計解析に於いては、通信鉄塔には無い、発電時(ブレード回転時)、非発電時の解析が必要となり、頂部にブレード、ハブ、ナセル計約100tonの重量物を搭載することから、暴風時、地震時共に風力発電タワー特有の設計が求められた。テーパースリランダー柱の分割接合部は、柱内部でのボルト接合であった。ボルト径 $\Phi 39\text{mm} \times 136$ 本などの接合であり、接合設計にも配慮が必要であった。



## 2014年 釧路 ラジオ送信所 移転新設工事

高さ103m、5段支線式鋼管柱 支線基礎根開き50m  
2007年建築基準法改正に伴い、60m以上の鉄塔等工作物にも建築物と同様に大臣認定の取得が義務付けられた。超高層建築物等構造評定対象として、時刻歴応答解析により大臣認定を取得する必要性が生じた。支線式鉄塔の応答解析は非常に難易度が高かった。本鉄塔は、法施行後、当社初の支線式鉄塔の大臣認定取得となった。



## 2016年 阿見 無線中継所建設工事

高さ86m、根開き12m 自立式四角断面鋼管鉄塔 総重量約220ton マイクロアンテナ搭載鉄塔である。本鉄塔は、改正建築基準法施行後、当社初の自立鉄塔の大臣認定取得となった。

2017年以降も、移動通信向け鉄塔、放送事業者の新社屋鉄塔、官公庁向け鉄塔等の受注、また、放送・通信用鉄塔の技術を活かした排気塔支持鉄塔への展開など、様々な鉄塔への対応を進めている。鉄塔は、放送・通信を支える重要なインフラ設備であり、既存鉄塔の設備更新、長寿命化、メンテナンスへの対応の機会も増大している。

最後に、70周年記念企画として、当社の鉄塔記録の掲載、特筆すべき鉄塔の解説を行った。本稿作成に当たっては、過去の電興技報、電気興業40年史などの資料を参考にした。当社の鉄塔の記録を辿るに従い、あらためて、創立当初よりの先輩諸氏の活躍ぶりを伺い知ることが出来た。何より、鉄塔解析ツール、建設機材が乏しい状況の中、今日でも誇れる大規模鉄塔を構築してきたことは、当社の技術力の高さを物語るものであった。

当社の今後の発展のために、当社の鉄塔技術を継承、発展させ、当社の歴史に恥じない事業を展開して行かなければならない。