

## 23年間の開発技術のブレークスルー

### 技術開発ニュース1号からの開発技術変遷

技術開発ニュースは昭和54年1月発行をスタートに、23年を経て100号を数えることとなりました。昭和54年以前、40年に設立した総合技術研究所が発行していた「技研ニュース」をさらに、より効果的なものにするため、全社の各部署で行われている研究成果で技術移転効果のあるものは、広範な周知をはかる方策として、掲載内容を全社の技術開発に広げ、現在の「技術開発ニュース」に改名して発行することとした経緯にあります。(1号あとがきより)

今回はこの100号を記念して、各技術系部門毎に23年間に開発された数々の技術の中から画期的な技術開発成果をピックアップし、「ブレークスルー」として掲載させていただくこととしました。第1表には各部門別にピックアップした開発技術を、簡単な年表にまとめてあります。次ページからは部門ごとにこの技術をご紹介します。

なお、参考に23年間の歴代技術開発担当・本部長、研究所長を第2表に紹介致します。

第1表 特集での開発技術のブレークスルー紹介一覧

	昭和54年～59年 (1979～1984)	昭和60年～平成2年 (1985～1990)	平成3年～8年 (1991～1996)	平成9年～現在 (1997～2002)
火力発電部門			40インチ長翼を碧南火力1号機に導入(3年) ボイラ給水の酸素処理法を知多第二火力1号機に導入(5年)	
系統運用部門	給電用訓練シミュレータ導入(56年)		オンライン演算型安定度維持装置導入(7年)	
送電部門		伊勢幹線で大束径6導体送電線導入(62年)	275kV CVケーブルを知多第二南武平町線に導入(5年)	長距離ガス絶縁電線を新名火東海線に導入(10年)
変電部門			複合絶縁液浸式PFC変圧器を安部変電所に導入(3年) 500kV GISを豊根開閉所に導入(5年)	
制御通信部門	内蔵型光ファイバ複合架空地線の導入(58年) 総合バケット交換網を設置(59年)	ループ型光通信装置を導入(63年) 集中監視制御システムの導入(元年)		
配電部門	耐雷ホーン取り付け開始(55年)	配電線自動化システム運用開始(61年) 耐雷PC取り付け開始(元年)		
土木建築部門		奥美濃発電所で内圧岩盤負担設計を行う(60年)	火力センタービルに異なる仕様による免震構造を適用(5年)	岐阜支店ビルにオイルダンパによる制震構造を適用(13年)
営業部門				超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」販売開始(10年) CO <sub>2</sub> 冷媒ヒートポンプ「エコキュート」販売開始(14年)
次世代部門		個体酸化物型燃料電池開発着手(2年) 酸化物超電導利用技術開発着手(2年)	熔融炭酸塩型燃料電池開発着手(5年)	イットリウム系超電導線材100m製造(14年)

第2表 23年間の歴代研究幹部

研究開発担当<支配人>(昭和54年～58年) 総合技術研究所担当<支配人> (昭和58年～62年6月)	総合技術研究所長 (昭和40年～63年)	
研究開発管掌 林政義 常務(昭和54年7月～昭和56年) 安生晃一郎(昭和54年7月～) 都築宏(昭和57年～) 大坪重遠(昭和58年～) 國島尤(昭和60年～昭和62年6月)	毛利竜夫(昭和54年7月～)  若山幸雄(昭和58年～) 茶畑仁司(昭和60年～) 田中三男 常務(昭和62年～)	
技術開発本部長<常務>(昭和63年～現在)	電力技術研究所長<支配人> (昭和63年～現在)	エネルギー応用研究所長<支配人> (昭和63年発足～平成13年までは電気利用技術研究所)
田中三男(昭和63年～) 高橋英夫(平成1年～) 太田宏次(平成3年～) 大脇洋(平成5年～) 品田知章(平成7年～)  野嶋孝(平成11年～) 望月秀俣(平成13年～) 清水真男(平成14年～)	小杉久夫(昭和63年～)  小林勇(平成5年～)  谷本和彦(平成9年～) 城後讓(平成11年～)	山崎善太郎(昭和63年～)  黒河内暎雄(平成3年～)  河本芳光(平成7年～) 宮原義尚(平成9年～)  高木元明(平成13年～)

## 火力部門の開発技術

### 蒸気タービン用 チタン合金製40インチ長翼の開発

電気事業用の蒸気タービンは、蒸気の流れに沿って十数段の翼車からなるが、昭和60年当時700MW級蒸気タービンは、蒸気が復水器に排出される最終段翼の抵抗(排気損失)の低減が課題であった。

最終段翼の羽根の部分長くすれば排気損失は低減できるが、翼先端部の周速はタービンが3600rpmで回転するため、700m/s以上になってしまう。当時の最終段翼は高クロム鋼製であったため、遠心力の増大による強度の限界から羽根の長さは33.5インチが最長であった。このため、航空機で使われていた軽さの割に強度の大きいチタン合金(Ti-6Al-4V)による最終段翼を開発することとした。蒸気タービン用としては新しい材料であったため、工場材料試験、翼性能試験、振動試験を行い、合金翼材料検証、翼詳細形状を決めていった。また、四日市火力2号機タービンで試験的に使用し、データを蓄積した。

開発されたチタン合金製40インチ長翼は、定格出力でタービン熱効率を相対値で1.6%向上させるもので碧南火力1~3号機(各700MW機)のみならず、新名古屋火力7号系列コンバインド用蒸気タービン、碧南火力4、5号機(各1,000MW)にも採用され、当社の火力総合熱効率の全電力会社中5年連続1位に貢献している。



40インチ長翼外観図

#### ●開発の苦労談話

火力センター 三田所長  
(開発時 火力部火力建設課副長)



チタンは高価で開発しても売れないだろうと、それまで40インチチタン翼の開発にあまり積極的でなかったメーカを、これからの市場や技術開発の意義を訴え当社主導で開発を始めました。ある時にはメーカの技術者と夜遅くまで開発に向けて、又将来の火力技術についての夢を語り合ったのですが、本音で付き合えたと思っています。苦労どころか楽しい思い出ばかりです。40インチを超えるチタン翼も開発されて、最終段翼の主流になっているのを見ると感無量です。

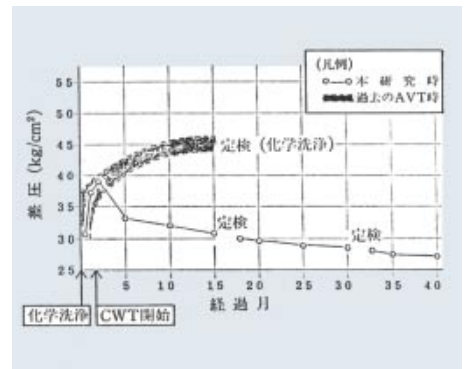
### ボイラ給水処理 「酸素処理法(CWT)」の導入

我国の貫流ボイラの給水処理は、揮発性物質処理を採用してきたが、蒸気条件の高圧化・変圧運転の採用に伴い昭和50年代後半から、スケールによるボイラ差圧の上昇・給水ポンプの動力損失などの問題が顕在化した。

このため、欧州で実績のある酸素処理法の適用性について、日本の電力の中では先駆的に取り組み、知多第二火力1号機で平成2年8月から実証研究に着手した。その結果、ボイラ差圧の大幅な低減等、技術的にも経済的にも従来法より優れていることが実証された。特に、給水ポンプの動力損失の削減、ボイラ化学洗浄間隔の延伸等により、大幅なコストダウンを達成した。

そこで、順次、知多火力4~6号機、知多第二火力2号機、渥美火力3・4号機、川越火力1・2号機、碧南火力1~5号機に水平展開し良好な結果を得ている。

酸素処理法は給水に微量の酸素を注入する方法であり、従来法が極力腐食の要因となる酸素を除去していたのに対し全く逆の発想であったため、基礎研究から実証研究を経て実用化に至るまで10年余の歳月を要した。



ボイラ差圧の挙動図

#### ●開発の苦労談話

川越火力発電所 若原副所長  
(研究時 火力部火力技術課副調査役)



本研究に出会ったのは火力部に転動した昭和63年であり、基礎研究開始から実証研究終了まで携わりました。実証研究はエース電源の700MW機、その頃は需給がタイトで、研究成果に対し自信はあったものの、相当のプレッシャーを感じてスタートしました。CWT転換1ヶ月後でボイラー差圧低下、1年後の定期点検でスケール量の大幅な減少と好結果を得られはしましたが、ステライト材の損傷・電磁フィルターの詰まり等問題が発生し、その解決に発電所・火力センター・本店とで汗と智恵を出し合ったことが思い出されます。最後に、本研究が成功裡に終了したのはボイラー差圧で困っていた知多第二火力の所員の方々の熱意ある取り組みによるものと感じています。

## 系統運用部門の開発技術

### 給電用訓練シミュレータの開発

昭和40年と昭和52年のニューヨークでの大停電事故などにより、給電運用者の役割の重要性が再認識されるとともに、電力系統の大規模化、系統監視機能の強化、系統復旧の迅速化への対応が必要となった。そこで、昭和56年の中央給電指令所の自動給電システム機能強化に合わせ、リアルタイムでの本格的な故障復旧訓練が可能な給電用シミュレータを世界で初めて開発・導入した。

本シミュレータは、自動給電システムの2系列中の1系列を利用して系統異常時の動作模擬(SSC・OLリレー・UVリレー・発電機出力応動など)を行い、短周期(5秒)ごとに周波数・電圧・潮流・出力など系統変化状況を計算し、その結果を訓練室の系統盤・CRTにリアルタイムで表示するものであった。



第1図 給電シミュレータ訓練室

また、系統現象の模擬だけでなく、自動給電システムのソフトウェアがそのまま使え、ほぼ実運用に近い形態で訓練操作ができるため、重大故障時の対応のほか、平常時の系統状態、作業時系統のチェックなどに幅広く活用できるものであった。

本シミュレータの技術は、現状の電力分野の訓練用シミュレータの基礎となっているものである。

本シミュレータの技術は、現状の電力分野の訓練用シミュレータの基礎となっているものである。

C o l u m n

#### ●開発の苦労談話

(オンラインTSC)

名古屋支店系統運用センター名西給電制御所  
早野博彦 所長



オンラインTSCには、高信頼度が求められたため、A系とB系を異メーカーとした異機種異論理の二重系システムを構築した。開発における最大課題は、検証試験であり、有効な試験データ作成と演算結果の良否判定であった。特に、三者三様(当社; 電中研Y法)の演算結果が出た以降は、各社とも実績に頼らず基礎理論から見直し・論戦しあい、正解を求めた。これによりTSCチームとして世界初のシステムが開発でき、感謝しています。

### オンライン演算型安定度維持装置(オンラインTSC)の開発

電力系統に落雷故障等が発生すると、発電機が加速し、系統条件によっては脱調する可能性がある。この状態を継続させると、発電機が連鎖的に脱調し広範囲な停電を招くため、故障状況に応じて適切に電源制限(電制)を行うことで脱調を未然防止する対策(安定度維持対策)が必要である。しかし、従来のオフライン演算型の事前整定方式では系統変更に対応できない、また、運用制約による電源出力抑制が発生しやすく経済性が阻害される等の課題があった。このため、系統変化に追従できる新しい安定度維持システムの開発の必要性が生じていた。

そこで、500kV第二外輪線の構築に合わせて、平成7年6月に世界で初めて、500kV基幹系統を対象に、時々刻々の系統情報に基づいて安定度計算を行うオンライン演算型安定度維持装置(基幹系オンラインTSCシステム: Transient Stability Controller)を開発・導入し、その親局を基幹給電制御所のある千代田ビルに設置した。

オンラインTSCの実用化は未知の世界であり、その性能を検証するため実系統状態に近い条件での検証が不可欠であった。このため、そのような解析に適応したPSA(大規模アナログシミュレータ)を開発・設置し、膨大かつ詳細



第2図 オンライン基幹系TSC-P(親局)



第3図 PSAオペレーション室

なシミュレーション検証を行うことで、オンラインTSCの実用化を達成した。

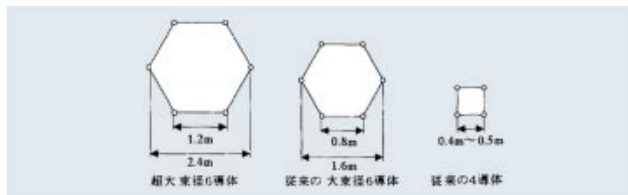
オンラインTSCは、500kV基幹系統への導入に始まり、大規模電源系統の安定度維持を目的に、西部方面(川越) 愛知・東部方面(知多) 新三河方面(碧南)の3方面へも導入した。



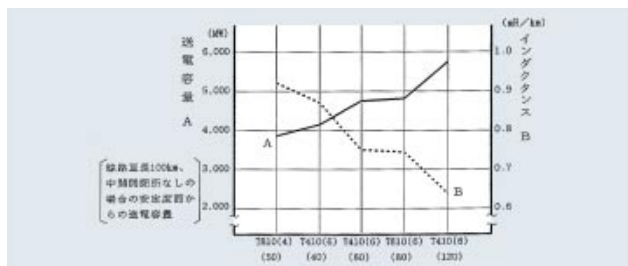
## 送電部門の開発技術

### 大束径6導体(低インダクタンス)送電線の開発

需要規模の増大ならびに電源の大規模・遠隔地化が益々進むなかで、大容量長距離送電線の送電容量は電線の温度上昇に伴う熱容量より、それを遥かに下回った系統安定度により決定される。この対策として多導体送電線の電線間隔を広げ、線路インダクタンスを低減させること(第1図、第2図参照)が経済性等から有効な方策であり、当社において昭和62年に275kV(500kV設計)伊勢幹線でTACSR/AC410mm<sup>2</sup>の大束径6導体(束径:1.6m)を、500kV第二外輪線(静岡幹線、豊根幹線、愛岐幹線、三岐幹線、平成5年~平成10年完工)にはTACSR/AC810mm<sup>2</sup>の大束径6導体(束径1.6m)を世界に先駆けて開発・導入した。さらに、北陸電力との連携強化、将来の日本海側の安定送電対策として、さらなる送電容量の増大を図る必要性から、長距離大容量(低インダクタンス)送電技術の集大成である超大束径6導体(TACSR/AC410mm<sup>2</sup>、束径2.4m)を平成10年に越美幹線に導入した。



第1図 導体構成の比較



第2図 当社大容量送電線のインダクタンスと送電容量

#### (1)第二外輪線

電線にTACSR/AC810mm<sup>2</sup>の大束径6導体を採用して線路の低インダクタンス化を図るとともに、鉄塔に新高張力鋼管材(STKT590)超大型圧延山形鋼材を採用するなどの新技術を導入し、コストダウンを図った。

#### (2)越美幹線

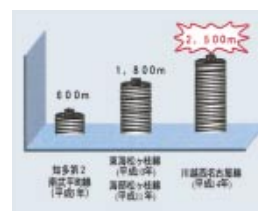
施工限界である束径2.4mの超大束径6導体を採用した。それに伴い大型化する架線金具のコンパクト化を図るため径間途中のスペーサで束径を広げる異束径方式を開発し、北陸試験線による実証試験を行って冬季気象の厳しい高標高山岳地への適用を実現した。



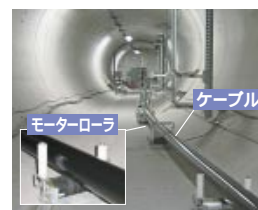
第3図 超大束径6導体送電線

### 275kV大容量ケーブルの採用と長尺化

当社では、名古屋市内の電力供給対策として275kVを昭和63年に東からOFケーブルで、平成5年および10年に南、平成11年に西から大容量CVケーブルで導入した。また、電源引出線として新名火東海線に大容量GILを、川越西名古屋線には大容量CVケーブルを採用した。CVケーブルでは、高信頼度化とコストダウンを図るためにケーブル布設工法を開発し、ケーブル1スパンの長尺化により接続部の削減を図った。また全ての線路では、竣工検査として新たに開発した部分放電測定併用のAC耐電圧試験を実施し、高信頼度の線路を完成させた。



第1図 275kVケーブル長(1スパン)の推移



第2図 モーターローラ工法



第3図 川越西名古屋線布設基地



第4図 新名火東海線GIL

#### (1)知多第2南武平町線

当社初の275kV CVケーブル線路であり、線路の健全性確認方法として部分放電測定を併用したAC耐電圧試験を国内で初めて実施した。

#### (2)東海松ヶ枝線

長尺ケーブル布設に適したモーターローラ工法を開発し、国内初の1,800m級長尺275kV CVケーブルを実現させた。

#### (3)川越西名古屋線

ケーブル製造技術を確立し、国内最長の2,500m級275kV CVケーブルを実現させた。

### 新名火東海線GIL

世界最長の長距離ガス絶縁電線(GIL)として新名火東海線にGILを採用した。長距離トンネルへの適用技術として曲線部への布設に対応可能なGIL接続方式や高効率で信頼度の高い施工技術の開発と、長距離GILに適した竣工試験の確立を図った。

### C o l u m n

#### ●部分放電測定を極める

工務部 五味善昭

ケーブルの長尺化と世界最長のGILを成功させた裏には、部分放電測定の高精度化との戦いがありました。高精度の部分放電測定を行うには、ノイズの小さい環境を作り上げ、感度の高いセンサを効果的に配置する事が重要です。さらに、最後の判定には監視する人達の豊富な経験が大切となります。測定は長時間に及び、ある時には原因不明のノイズに悩まされるなど試行錯誤の連続でした。高精度の部分放電測定を実施し、事前に不具合を排除する事ができました。これも部分放電測定に対する深い思い入れの結果に他なりません。

## 変電部門の開発技術

### 高品位500kV GISからコンパクト形GISへ

当社は、昭和44年に守山変電所にガス封じきり型の我が国初となる77kV GISを開発導入して以来、77kV縮小形、300kV全三相一括形など、現在世界に誇れる高品位GIS開発に、一貫して指導的役割を果たしてきた。中でも、第二基幹系統の皮切りとなる豊根開閉所に適用した当社初の500kV絶縁レベル低減GIS(三相一括形主母線)は、工場品質管理を含め徹底した高品位を目指し、かつコンパクト化・保守点検性の向上について新設計思想を織り込んだものである。また、豊根開閉所以降に建設した愛知変電所、岐阜・三重開閉所においてもこのGIS設計思想を踏襲し、品質の確保・合理的な配置設計が為されている。

その設計思想と主な適用技術の概要を以下に示す。

#### 一 高品位の追求 一

##### 機器の高信頼度化

- 異物混入対策、工期短縮のため、主要機器の低圧ガス封入状態における輸送(産地直送思想)
- 主母線の回線間スペース2重化による開放組立の局限化(故障影響範囲の拡大防止にも寄与)
- 駆動部下部の水平スペースレスによる絶縁信頼度向上
- 現地クリーンハウス工法の適用 など

#### 一 経済性の追求 一

- 主母線一体形断路器の適用によるコンパクト化と輸送性、組立性の向上
- 最適レイアウトによる母線の縮小化
- 高性能避雷器適用によるLIWVの低減 など

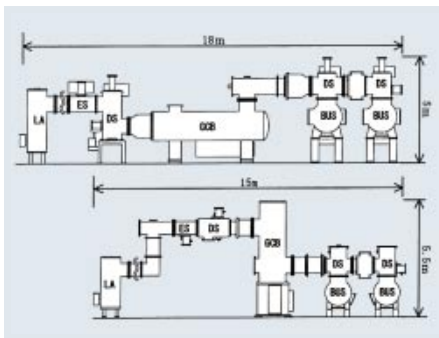
#### 一 運用・保守性の向上 一

##### 点検スペースの合理的確保

予測保全技術の適用による重大事故の未然防止などさらに近年、遮断器・酸化亜鉛形避雷器の性能向上を背景に、GISタンク径を支配する絶縁設計・通電設計の合理化を行い、設置スペースの縮小・部品点数の削減・工期短縮など総合的なコストダウンを追求したコンパクト形GISを開発した。(第1図)

このGISの

絶縁設計は、制限電圧を低減した避雷器を適用し、雷インパルス耐電圧を500kV GISでは、1550kVから1425kVに、275kV GISで



第1図 500kV GIS構成比較(上:従来形 下:コンパクト形)

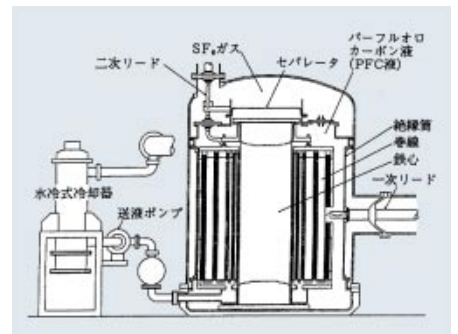
は1050kVから950kVに低減している。また通電設計は、温度上昇限度を主回路導体で65Kから70Kに、タンクでは30Kから40Kに引き上げることに、大幅なタンク径の縮小を達成している。

### 超高圧地下変電所への大容量不燃変圧器適用

大都市の超高圧地下変電所に設置する大容量変圧器は、不燃性、防爆性に加え変電所面積と所要容積の低減からコンパクト性が要求される。このようなニーズに対し、中容量以下の変圧器では既に油入変圧器に代わるSF<sub>6</sub>ガス絶縁変圧器が実用化されていたが、当時の大容量ガス変圧器は、ガスの冷却性能上からSF<sub>6</sub>ガスのみを用いる方式では対処できず、不燃変圧器の大容量化は大きな課題であった。そのため、C<sub>8</sub>F<sub>16</sub>O、C<sub>8</sub>F<sub>18</sub>を主成分とする完全な不活性液体であり全くの不燃性を示し、かつ高い冷却能力(絶縁油の約1.8倍)を有するパーフルオロカーボン(PFC)液を適用した複合絶縁液浸式PFC変圧器を開発した。

複合絶縁液浸式PFC変圧器は、巻線および鉄心を絶縁筒の中に収納し、その絶縁筒内にPFC液を満たすとともに、絶縁筒と変圧器タンク間にはSF<sub>6</sub>ガスを封入している。平成3年に屋外地上変電所(安倍変電所)に初号器となる275/77kV 250MVA PFC変圧器を設置し、平成6年には下広井変電所(地下式)に275/33kV 150MVA変圧器を設置した。更に、これらの運転実績と培った絶縁技術を基に大容量化を果たし、平成11年6月に名城変電所では、275/154/31.5kV 450MVA PFC変圧器が運用を開始している。(第2図)

この世界的に例を見ない大容量不燃変圧器は、特別三相構造の採用や負荷時タップ切替器(LTC)の大容量化技術等により実現したものである。



第2図 275/154/31.5kV 450MVA PFC変圧器

またコンサベータの省略およびLTCの水平配置化により、従来の油入変圧器に比べ高さを抑え、階高を4.5m低減し建築工事費の大幅削減と工期短縮にも寄与した。

### ●日本の技術をリード

工務部 技術開発G 江川 武

ここ数十年の当社変電部門の技術開発は、まさに我が国の先駆的役割を果たしている。不燃変圧器、分解形変圧器、可変容量SHR等、挙げれば暇がない。中でも、豊根コンベにおける500kV高品位GISは、大手3メーカーと当社若手技術陣の2年余りに亘る葛藤の末、完成したもので、現在世界に誇れる高品位GISである。これを通して、双方技術者の目を見張る技術力向上は、今でも語り種になっている。人が育ち、チームとしての実力がめきめきと上がっている様子を目の前で見て、改めて目標とチームプレーの重要性を認識したことが思いで深い。



# 制御通信部門の開発技術

## 通信部門の技術開発の変遷

通信関係のここ20数年の技術進展は、隔世の感があるほど著しい。キーワードは、「アナログ」から「デジタル」技術の变革。

### 1 内蔵型光ファイバ複合架空地線

(以下OPGW<sup>®</sup>)の開発(昭和58年導入)

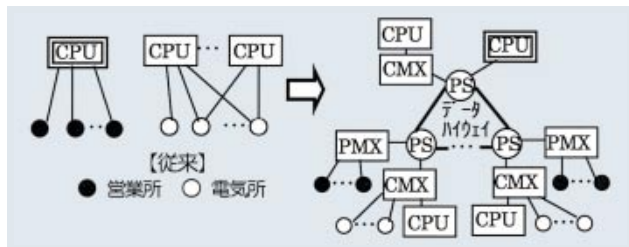
長距離区間を高い信頼度で伝送でき電力特有の支持物(送電鉄塔)を利用したOPGWを開発した。これにより、一気に光ファイバ網が全社に展開される足掛かりとなり、デジタル化が進化した。当初開発品は5心、現在では48心が導入されている。さらに多心化が必要な区間に巻付型OPGWも導入(平成9年)されている。



第1図 開発当初のOPGW 5心・外周テンションメンバタイプ例

### 2 総合パケット交換網の開発(昭和59年導入)

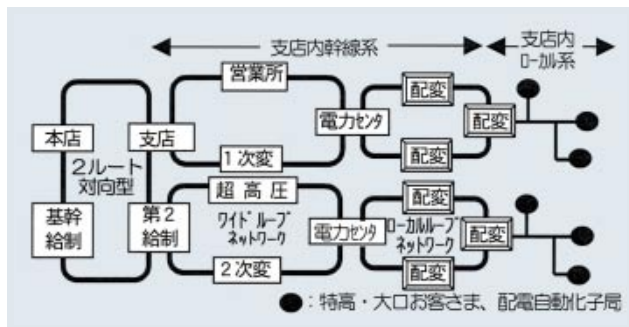
給電情報(CDT情報)や営配オンラインなどの情報は、固定回線で必要箇所に伝送していた。情報の多角的利用に対応するため、各拠点(本支店)にパケット交換機(PS)CMX(給電用CDT多重化装置)PMX(事務用情報多重化装置)を設置した。データをパケット(小包)化し、複数の箇所に効率的に伝送、以後のデータ伝送(蓄積交換)方式のはしりとなった。



第2図 総合パケット交換網

### 3 ループ型光通信装置の開発(昭和63年導入)

変電所テレコン回線は、対向型(1対1)で構成され、必要箇所は、2ルート構成されていた。本装置により、複数の変電所等をループ状にして、情報をドロップ・インサートし、見かけ上2ルート構成とし、コストダウンを図った。当初、32Mワイドループ、6Mローカルループを開発し、平成10年に150Mを導入した。



第3図 光通信ネットワークの基本構成

OPGW : Optical Ground Wire

## 制御システム部門の技術開発の変遷

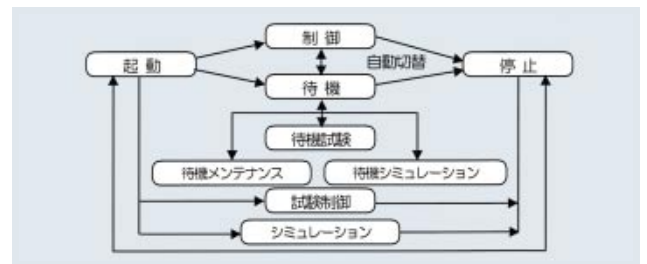
昭和47年に策定された「設備総合自動化構想」に基づき、昭和52年から制御用計算機による発変電所監視制御の大規模集中化がスタートし、順次各支店社に制御所が設置された。その後、平成元年から、高度情報化社会に対応するため最新技術を取り入れた第二世代システムへのリプレースを実施し、現在は、大幅なコストダウンと拡張性向上を図った第三世代システムへとさらなる高度化を推進している。

### 【集中監視制御システムの導入

(第二世代システム、平成元年導入)】

制御所システムは100箇所以上の発変電所を管轄し、発変電所の故障や襲雷時には膨大な故障情報が入力される。これらの情報を整理し、運転員に分かりやすい形で表示することが早期復旧に欠かせない条件であり、第二世代システムは、人間の特性とその情報認知プロセスを踏まえたマンマシン設計を行い、系統総括図の採用、図形・グラフの活用、重要表示の電気所単結内への集中化、復旧ガイド表示、人間工学を考慮した機器のデザインにより、直感的な情報把握のできるシステムとした。

第二世代システムは、CRT画面設計、故障処理などを全社統一仕様とした初のシステムであり、システム構成は、前処理計算機を置くことによって多重故障時の計算機負荷を分散させ処理性能の向上を図るとともに、重要な機器は全て二重化しシステムの一部故障により全面的なシステム停止とならないものとした。更に、オンライン・データメンテナンス手法の開発により、従来、システム(常時二重系運転)の片系列を停止しなければできなかった電力設備の新増設に伴う電力設備データの変更から現地との対向試験までを、二系列ともオンラインのまま実行可能とした。



第4図 第二世代システムの運転モード

## C o m m u n

### ●通信部門1~3の苦労談話

#### 1 藤井克幸(現CTC三重事業所長)

送電(電気導体)と通信(光絶縁体)の両技術を併せたもので、多くの制約があり開発には、送電部門の協力が欠かせなかった。既設線路適用制約、誘導電流・雷アーク、架線時・設置後の各種ストレスへの耐性の確認などは、長期観測して検証後導入した。

#### 2 長島芳行(現電事連副部長)

給電・事務情報を一緒に扱う全電力初の交換網でした。「モジュロ」等聞き慣れない専門用語、メーカー4社と数種のプロトコルを勉強。障害に備えた「迂回ルートテーブル」を、細心の注意を払い作成した(パソコンもなく大量の紙を反古)記憶がある。

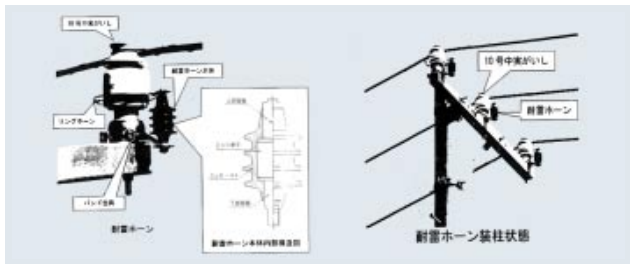
#### 3 杉野孝(現中部国際空港情報通信(株))

当初子局は柱上設置で検討開始、約半年耐候試験しましたが、屋内変更となり、「幻」の装置となった。2社との共同研究開発後、メーカーの拡大では、先行研究の技術開示の問題で、各社オリジナル方式で開発したため、検討に手間取った。今では良い思い出です。

## 配電部門の開発技術

### ● 耐雷対策

配電線は送電線に比べて使用電圧の違いから、碍子や各種機器の絶縁レベルが低い。このため、配電線故障の中で大きなウエイトを占める雷に対しては、直撃雷のみならず誘導雷に対しても被害を受けやすく、耐雷対策として10号格差絶縁をはじめ耐雷ホーン、耐雷PCを開発・導入してきた。これにより、全国的に見て雷の多い当社管内において、雷アーク断線、変圧器焼損など雷被害の格段の縮小を実現した。**10号格差絶縁の導入**: 昭和40年代後半までは避雷器・架空地線による耐雷対策を実施してきたが、昭和50年代に入ると高压配電線の絶縁化に伴う雷アーク断線の防止が課題となった。この対策として、高压本線の絶縁を6号から10号に格上げし、雷閃絡を変圧器周辺(6号)に集中させて本線被害を防止する10号格差絶縁方式を導入した。この方式によって、高压配電線の本線被害率を数十%低減できた。**耐雷ホーンの開発**: 10号格差絶縁方式では数千kVにまで達する雷サージを完全に抑制することが困難であり、雷アーク断線の抜本的な解決策として耐雷ホーンを開発した。(第1図)

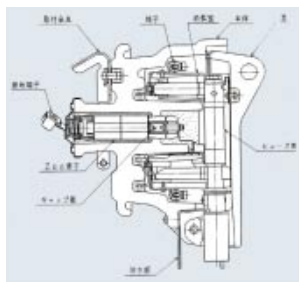


第1図 耐雷ホーン

耐雷ホーンは、雷サージを電線と10号碍子に取付けたリングホーンとの間でフラッシュオーバーさせ、限流素子(ZnO)により続流を遮断する。この取付けにより、雷アーク断線を取付け前の約1/10にできた。(昭和58年以降)

**耐雷PCの開発**: 高压本線の対策が完了した時点での雷害は、大半が変圧器周辺被害となった。このような状況の中で次のステップとして変圧器周辺の被害防止のため耐雷PCを開発した。(第2図)

耐雷PCは、変圧器周辺の雷サージ処理をサージアブソーバ(放電ギャップ+限流素子)により行い、変圧器本体とPC等も保護するものであり、取付(平成元年から)によって約1/5の被害となった。

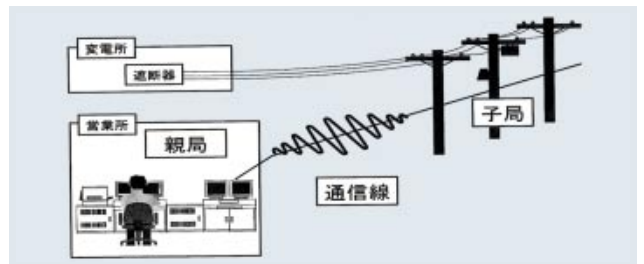


第2図 耐雷PC

### ● 配電線自動化システム

昭和50年代後半までは、配電線故障が発生した場合には現場に出向き、柱上等に設置した開閉器を操作して故障区間の切り離し、健全区間への送電を実施していた。その後社会の高度情報化やハイテク化等の進展に伴い早期送電への社会的要請が高まるとともに、当社としても業務の省力化・効率化を進める必要性が生じてきた。

この対応として昭和60年代初頭に、営業所に設置した親局から通信線・子局を介して開閉器を遠隔監視制御する配電線自動化システムを開発し、名古屋市をはじめ、主要都市部の営業所に導入した。これにより、停電範囲、時間が従来よりも大幅に短縮されるとともに、業務の効率化が図れた。(第3図)



第3図 配電線自動化システムの概要



第4図 配電線自動化システム

**親局の開発**: 営業所に設置し、操作者との接点となる親局は、当直時間帯等の対応を考え、配電関係者全員が確実に操作できるようにCRT画面の「ガイドメッセージ」「文字のカラー表示」などに配慮した。また、実際の操作にあたっては選択・制御の2挙動とするなど確実な操作が行えるものとした。

**子局の開発**: 子局は時限順送機能に加えて、遠隔監視制御や自己診断機能を保有している。マイクロコンピュータなどの電子デバイスを多数使用することで、多機能・小型化を実現している。信号伝送は、周波数偏移変調方式で、反転2連送、パリティチェック、定マーク検定をすることで信頼性を高めている。

### ● 開発の苦労談話

販売本部配電部 技術G 近藤泰吉

耐雷ホーンの開発では、絶縁電線の被覆を剥がずにかつ活線で取付可能な構造とする動作時にアーク断線や碍子損傷がなく保守が不要な性能とするという、従来にない設計思想を確立することに苦労した。耐雷PCの開発では、超高压・大型碍子の接合技術にヒントを得て、PCに内蔵する放電ギャップを磁器封入する技術を確立し、サージアブソーバ部分の吸湿劣化に卓越した長期信頼性を持たせることに苦労した。



### ● 開発の苦労談話

販売本部配電部 自動化G 永田高博

柱上等に設置する子局は、多機能・小型化のため電子デバイスで構成されているが、配電部門ではこのような装置を屋外に設置するのは初めてであった。このため、耐雷・耐電波ノイズ・耐水性能などの長期信頼性をいかに確保するか腐心した。特に雷サージや電波・伝導ノイズを論理部に進入させないハード対策に加え、万一進入しても論理部が誤判断、誤動作しないソフト的対策にも頭を悩ました。





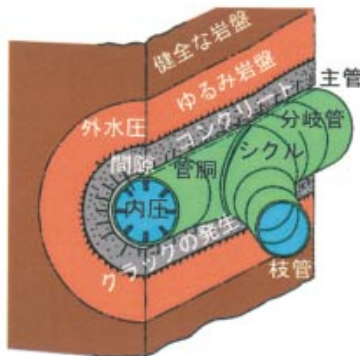
## 土木建築部門の開発技術

### 大規模揚水発電所建設と水圧鉄管の技術革新

日本経済の高度成長期、伸び続けるピーク電力需要に対応するため、昭和51年には奥矢作発電所、昭和60年には奥美濃発電所が建設され、多くの新技术を導入した。中でも水圧鉄管の技術開発は、大規模揚水発電所を合理的に設計するための重要課題の一つであった。



写真1 奥矢作第一発電所水圧鉄管エッシャーウィス型分岐管



第1図 奥美濃発電所水圧鉄管分岐管の岩盤負担の概念

奥矢作発電所では、わが国で初めてエッシャーウィス型分岐管を採用した。これは、大容量高落差に対処するため積極的に新技术の導入を図ったもので、シクルプレートによる内部補強に特徴があり、掘削断面を縮小できるとともに水理特性も優れたものである。また、奥美濃発電所では、奥矢作発電所での経験を踏まえ、エッシャーウィス型分岐管を採用するとともに内圧の岩盤負担設計を行った。複雑な構造の分岐管の岩盤負担設計は世界で初めてのことであり合理的設計が可能となった。設置後の応力測定、解析により設計の妥当性を確認している。このように、本件がわが国の水圧鉄管の技術革新に貢献した役割は極めて大きい。

また、奥美濃発電所では、奥矢作発電所での経験を踏まえ、エッシャーウィス型分岐管を採用するとともに内圧の岩盤負担設計を行った。複雑な構造の分岐管の岩盤負担設計は世界

で初めてのことであり合理的設計が可能となった。設置後の応力測定、解析により設計の妥当性を確認している。このように、本件がわが国の水圧鉄管の技術革新に貢献した役割は極めて大きい。

#### 開発の苦労談話

東海コンクリート工業(株) 社長 宮口友延



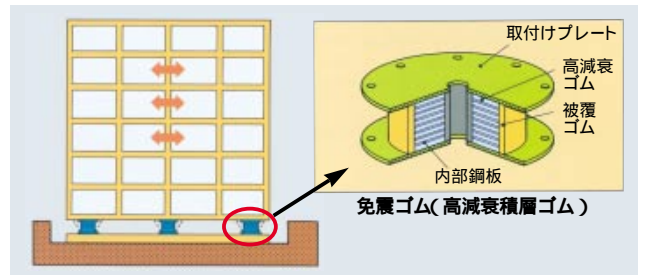
1977年エッシャーから得た設計法は、実験の集積によるもので、文献を漁ったがその力学的根拠は不明。模型を造り脱むこと数週間、そのうち解析方法が見えてきた。提案した方法(土木学会論文報告集、1981年3月)による解析結果と実験値が一致し、この分岐をもに出来たと思ったのは、出会いから約一年後。今では大型分岐管の大部分が国の内外を問わず同じタイプとなってきたのは嬉しい限りです。

### 建物への免震・制震技術の適用

近年、免震技術はマンションや戸建て住宅にも適用されているが、当社では、それらに先駆け、実建物への適用を行ってきた。また、コンセント程度の小電源で、建物の揺れをコントロールして、大幅に耐震性を高める制震技術の開発・実建物への適用を行ってきた。

#### (1) 火力センタービル

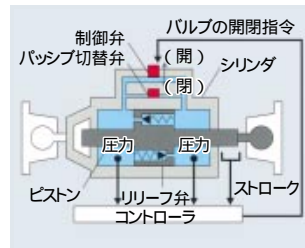
平成5年5月に竣工した火力センタービルは、構造的に独立した東棟・中央棟・西棟の3棟で構成されている。その内の東棟・西棟に、免震効果比較のため、異なる仕様の免震構造を適用した。これは、免震ゴムを建物と地盤の間に設置し建物の固有周期を長周期化することで、建物の振動応答を低減するものである。



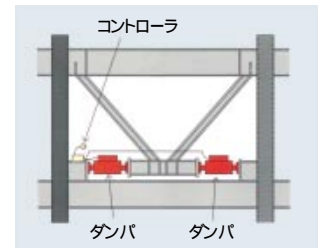
第2図 免震構造と免震ゴム

#### (2) 岐阜ビル

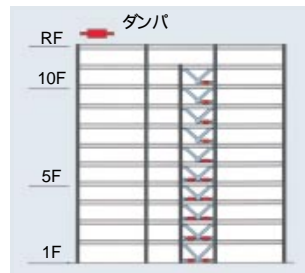
平成13年3月に竣工した岐阜ビルには、災害復旧活動の拠点として、地震時における高い構造安全性を確保するために、セミアクティブ型オイルダンパ(第3図)を用いた制震構造を適用した。これは、コントローラが、制御弁を適切なタイミングで開閉制御することで、従来型オイルダンパの約2倍のエネルギー吸収能力を発揮するものである。



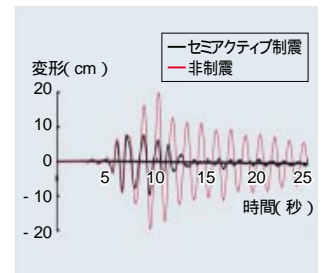
第3図 セミアクティブ型オイルダンパ模式図



第4図 ダンパ取付図



第5図 南北方向軸組図



第6図 時刻歴波形(屋上変形の比較)



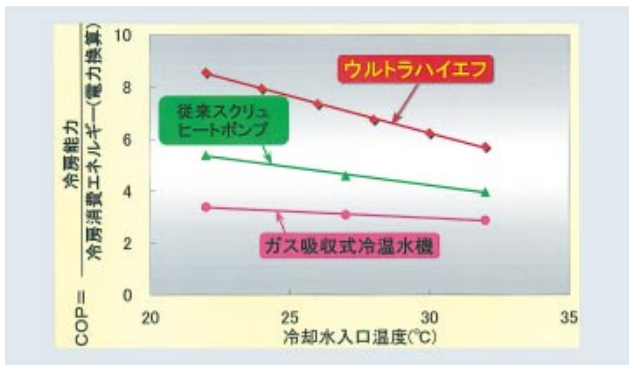
## 営業部門の開発技術

### ● 超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」

当社は、地域熱供給やビル空調、産業用冷却設備などを対象として、エネルギー効率を従来機の1.5倍に向上させた超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」を平成10年度に開発した。



第1図 超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」



第2図 「ウルトラハイエフ」のエネルギー効率

ウルトラハイエフはその技術的革新性、省エネルギー性が高く評価され、平成11年度の日本機械学会賞と省エネ大賞、平成13年度の中日産業技術賞と優秀省エネルギー機器表彰を受賞した。

第1表 「ウルトラハイエフ」のラインアップ(60Hz地区)

冷房能力(kW)	686	981	1,291	1,751	2,465	3,295
冷房消費電力(kW)	129	186	247	333	465	628

上記性能は、冷却水温度32(入口)/37(出口)、冷水12(入口)/7(出口)時を示す。

### ● 開発の苦労談話

エネルギー応用研究所 お客さま技術G 櫻場一郎

小容量機の開発では計画性能が得られたので、その設計手法を踏襲して実用規模の大型機を試作したところ、性能未達となりました。研究期間終了間際になって、スタート点に戻って全項目を見直し、問題点をピックアップして解決を試みました。計画性能が出たときには、一同達成感に浸りました。



### ● CO<sub>2</sub>冷媒ヒートポンプ給湯機「エコキュート」

ヒートポンプは高効率であり、冷暖房空調に利用されているが、フロン冷媒では、加熱温度が最高60程度と低いため、給湯にはあまり利用されていない。また、フロン冷媒は、オゾン層保護の観点から段階的に削減されている。

そこで、当社は、高温特性に優れ、オゾン層を破壊せず、かつ、温暖化係数の小さいCO<sub>2</sub>を冷媒とする家庭用給湯機「エコキュート」を開西電力(株)、ダイキン工業(株)と共同開発し、平成14年2月に商品化した。



第3図 家庭用給湯機「エコキュート」

第2表 「エコキュート」の特長

機種	エコキュート	ガス給湯器
1次エネルギー消費量(Gcal/年)	4.3	5.8
ランニングコスト(千円/年)	15	80
CO <sub>2</sub> 排出量(t-CO <sub>2</sub> /年)	0.63	1.13

エコキュートは、300リットル オートタイプでの値。

第3表 「エコキュート」のラインアップ(60Hz地区)

機種	オートタイプ	フルオートタイプ
タンク容量(リットル)	300	370
給湯温度(°C)	65~90	
定格加熱能力(kW)	4.5	
消費電力(kW)	1.21	
ヒートポンプユニット寸法(mm)	H735 x W825 x D300	
貯湯ユニット寸法(mm)	H1809 x W612 x D617	H1788 x W667 x D700

定格加熱性能は、外気温度16、給水温度17、出湯温度65の条件での値。

### ● 開発の苦労談話

エネルギー応用研究所 お客さま技術G 志村欣一

エコキュートは、CO<sub>2</sub>冷媒を使用するため、動作圧力が約10MPaの高圧かつ高差圧状態となります。そこで、試作機を設計・製作し、約60件のフィールド試験を行い、信頼性の向上に努めました。開発の途中では、強度不足による圧縮機弁割れや高温湯の貯湯不良による湯切れの発生等、開発は困難を極めました。しかし、開発者全員が一丸となって問題点の解決に当たった結果、高圧に耐える小型高性能圧縮機の開発や、貯湯性能向上を達成する、水回路の開発など、大きな成果を生み出しました。



## 次世代部門の開発技術

### ● 燃料電池発電技術の変遷

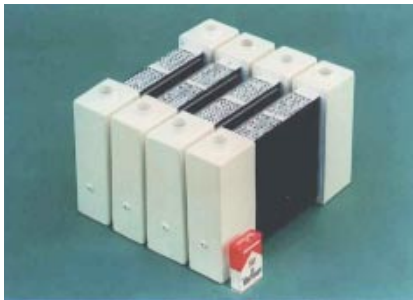
最近、燃料電池の開発が再びブームとなってきた。環境や省エネルギー対応技術として、自動車・ガス業界が固体高分子形燃料電池の開発競争を始めたからである。

我が国の本格的な燃料電池開発は、1981年の国家プロジェクトに始まるが、当社はそれ以前の1973年から基礎研究を開始しており、国家プロジェクトが始まってからは、これにも積極的に協力をしてきた。

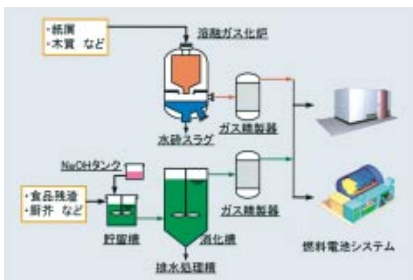
1984年には1,000kWりん酸形燃料電池開発を、1993年からは溶融炭酸塩形燃料電池の開発組合の中心的会社として1,000kWおよび300kWの実用機を、当社火力発電所構内に設置し開発を担ってきた。

固体酸化燃料電池(SOFC)については、1990年から三菱重工業(株)と共同研究を開始した。独創的な高性能構造(MOLB形)を考案し世界的にも注目されている他、2001年には15kWで7,500時間の運転により世界最高レベルを達成している。2002年からは、MOLB形SOFCの50kW級コージェネレーション機の開発に着手し、早期実用化を目指すこととした。

また、バイオマスのガス化技術の研究も行っており、燃料電池と組み合わせたシステムを2005年の愛知万博に新エネルギーとして提案しており、地球規模の環境問題にも貢献したいと考えている。



MOLB形SOFC



燃料電池とガス化システムの組合せ

### ● 開発の苦労談話

電力技術研究所 吉田 弘



私は、PAFCの国家プロジェクトの受託をきっかけとして燃料電池の虜になって20年になる。1989年、60%を超える夢の発電技術として平板形のSOFC開発を計画した。何事もまず人材が肝心と、早速新卒の研究者を採用し、翌年から研究を開始した。

以来、14年、苦悩と喜びで次々と世界最高を達成、若い研究者が多くの国際会議で発表した。

今、実用化に向かって挑戦中、これからが正念場である。

### ● 現実となる夢～超電導技術の実現へ

超電導・・・電気抵抗がゼロとなるこの現象は、大電流を取り扱う電力分野において、発電、送変電、貯蔵と幅広い応用が可能であり、次世代の電力を支える技術として期待されてきた。なかでも、1986年に発見された銅酸化物超電導体は、高温超電導体とも呼ばれ、今までの金属系超電導体には無かった数々の優れた特性を持つ一方、全く新しい物質であるため、基礎から、特に材料開発を行う必要があった。

当社では、発見当初より材料開発から機器開発まで、実用化に積極的に取り組み、材料開発では、世界に先駆けた数々の成果を挙げ、

- 世界初のイットリウム系線材長尺化技術の開発
- 多段合成技術による100m線材
- 世界最高性能のピスマス系線材の開発
- 臨界電流密度20万A/cm<sup>2</sup>(10テスラ磁場中)
- 世界最大の超電導バルク体の開発
- 直径15cmの超電導バルク体

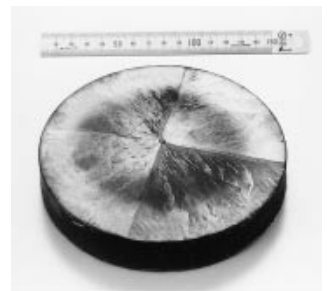
また、この材料成果を受けて、

- 転位導体を用いた低交流損失超電導ケーブルの開発
- 瞬低補償用超電導貯蔵システム(SMES)の開発
- 超電導フライホイールの開発

等、超電導機器の実用化に全力で取り組んでいる。



イットリウム系超電導線材(100m)



超電導バルク体(直径15cm)

### ● 開発の苦労談話

電力技術研究所 電力ネットワークG  
長屋重夫



20世紀最後の発見と言われ、世界中を巻き込んだ一大開発競争から15年、実現を信じて進めた開発が、今、実を結び始めています。物質から材料へ、出来る技術から使える技術へ、21世紀に間に合いました。