

電気技術史

The History of Electrical Engineering

Newsletter

平成 16 年 9 月 9 日発行

(社)電気学会 電気技術史技術委員会 http://www.iee.or.jp/fms/tech_a/ahee/index.html

CONTENTS

- GCB, GIS 開発時代の思い出
富永正太郎 P.1
- 第 3 回 マウイ会議速報
柳父 悟 P.2
- 論文紹介
「フランス国立工芸院(CNAM)の
歴史 - 技術工芸博物館(NAM)を
中心として-」 永田宇征 P.3
- INFORMATION
第37回電気技術史研究会
のご案内 P.4

GCB, GIS 開発時代の思い出

元 三菱電機 富永正太郎

戦後、日本復興の為電力需要が急増し、これを制御する変電機器の大容量化、高性能化が急務となった。たまたま研究開発が行われていた SF₆ ガス機器がこれらのニーズ、特に SLF の厳しい遮断責務や機器の外形縮小化等に対応できる事から、ガス遮断器(GCB)、ガス絶縁開閉装置(GIS)が極めて短期間に開発実用化された。これらは、当時一応成熟機種とされていた変電機器における極めて大きな技術革新であったと考えられる。これらの開発実用化時代にたまたま経験したイベントの中、記憶に残っているエピソード的なものを思いつくまま幾つか紹介してみる。



図 1 . 日本原子力(株) 敦賀発電所の 500 kV GIS

1) 碍子(土瓶)形遮断器とタンク(鉄瓶)形遮断器

戦中、戦後にかけて油遮断器が広く使用されていた時代に、遮断器の消弧室を碍子の筒の中に入れた所謂碍子形(俗称土瓶形)と接地タンク形の中に入れたタンク形(俗称鉄瓶形)とがあり、その優劣が激

しく議論された事があり、「土瓶 - 鉄瓶論争」として有名だった。「土瓶」「鉄瓶」とは夫々の特徴をうまく捉えた面白い表現だったが、そのいずれを採るかによって遮断器の構造、生産方法、コスト等が大幅に変化し、性能的にも一長一短があって、どちらがユーザーに受け入れられるかメーカーにとっては一大関心事であった。

それから 20 年程経って始まった GCB の実用化に当たっても、また同じ様な事が起こった。即ち、三菱電機によって 50kA 級 SF₆ ガス消弧室が実用化された 1965 年頃は、既に碍子形ユニット式の BBC 形空気遮断器が日本の電力会社に普及されつつあり、そのプラクシスが十分ユーザーに浸透していたので、GCB もまずは空気遮断器と同じ形式の土瓶形と云う事で製品化に踏み切った。しかし、三菱電機では、主力の油遮断器として、節油ウオッチケースと呼ばれた鉄瓶形 OCB を製作してきて、その据え付けや保守の簡単さ、良好な耐震性、環境に対する優れた融和性などから好評を得ていたので、GCB については土瓶形と共に鉄瓶形としても検討を進める事にした。後述する GIS は云うまでもなくこの鉄瓶形の延長線上にある構造である。

2) 米国における超高圧 GCB の連続絶縁破壊

1965 年頃米国で Westinghouse 社(W社)の 500kV 碍子形 GCB が数件の爆発事故を起こし、その原因は絶縁破壊といわれていた。当時、三菱電機中央研究所での研究では SF₆ ガス中で課電中の絶縁物表面に水分が結露すると容易に絶縁破壊を起こす事が明らかになっていたので、実機でこれらの現象を確認、フォローし、その対策を纏めて IEEE 論文(1971-9/10 PAS-90)として発表した。New York で行われた Presentation 会場での質疑応答や手許に届けられた Written Discussion から受けた印象は、初めて

GCB の実用性能を検証した論文として顧客（特に米国や南米電力会社）には反響が大きい様だったが、W社は、「あまり格好のよい事を書くな」と云う様な感じの反応であった。何れにしる、この論文によってガス機器に封入された大気圧より高い圧力の SF₆ ガス中にも水分が浸入する事、この為、SF₆ 中水分の管理は絶縁の信頼性を高める上に極めて重要である事等が顧客に十分認識され、又その管理の信頼性を実証する試験として、同論文に記載された北海道電力殿西旭川 S/S での 550kV GCB による SF₆ ガス液化試験（1968 年 1～2 月実施）が注目された様だった。

3) 海外学会への投稿論文は輸出促進の強力な武器

我々の GCB、GIS を海外の顧客に使用してもらう為には然るべき学会に投稿、審査の上採用された論文が大きな説得力を持っていた。当時、日本の電気学会誌には英文で書いたものが殆どなかったので海外では読まれなかったが、南米やカナダ方面の顧客は米国電気学会誌に、中近東、南アフリカ、オーストラリア方面は CIGRE（フランス）や英国電気学会誌に掲載された査読済み論文が一応権威あるものとみなされていた様である。従って、この種論文を販促用資料に添付しておく方が下手な PR 会をやるより遥かに効果的であった。こういう事情もあってか、昭和 50 年代には米国電気電子学会（IEEE）へ日本から投稿される Switchgear 関係論文は大幅に増加し、その発表会場はあたかも日本の学会の様な状況になった事もある。

4) 大容量 GCB に使用された油圧操作機構

遮断器用操作機構として従来は圧縮空気式やバネ式が使われてきたが、大容量 GCB、特に単圧パuffer 形用には更に高速大出力が要求されるので当時欧州で既に普及されていた油圧機構が注目された。三菱電機では、日本の油圧専門メーカーと協同で開発を計画していたが、1961 年頃欧州の状況を調査した結果、フランスの ETNA 社が最も優れた実績を持ち、

我々の GCB にも組み合わせ易く、我々独自で開発するよりもむしろ ETNA 社のものを使った方が有利である事がわかった。ただ、ETNA 社は 320 気圧の油圧を使用しており、日本のユーザーには圧力が高過ぎて不安であるとする声があった。ある顧客からは「戦時中、せいぜい数十気圧の油圧を使用する飛行機の油圧機器の油漏れで命を落としかけた。320 気圧等とんでもない」と言われた事もある。しかし、種々検討の結果、油圧が高い程、部品類が小型軽量化出来る事、パッキングのセルフシール効果がより確実に成る事、油漏れの確率が少なくなる等の理由から 320 気圧を採用することに決めた。その後、他のメーカーでも 320 気圧の油圧を使う例が増加し、航空機でもフランスのコンコルドが 4000psi（280 気圧）、エアバス A380 が 5000psi（350 気圧）の油圧を使っている事等から見ても 320 気圧採用の決断は妥当なものだったと考えられる。

5) GIS への展開

SF₆ ガスは電気絶縁性も極めて優れている為絶縁距離を大幅に縮小できるので、タンク形 GCB に CT、断路器、接地スイッチ、各種モニタリング装置等が簡単に取り付けられる様になった。従って、自然な流れとしてこれらを一体化した GIS が実用化され GCB 自体もタンク形の利点が認識されて主流となった。GIS 採用の決断やその構成はユーザーの意向に大きく左右されるので、ユーザーの協力が GIS 発展の決め手になったのは勿論である。「GIS」という呼称は元々 Gas Insulated Switchgear or Substation の略称として社内で使っていたものであるが、何時の間にか IEC の様な国際的な規格においても正式に使用される様になった。こうして GCB は漸次多様な機能を備えたシステム機器に変貌していったわけである。今後も周辺機器の進歩に支えられて更に進化した総合システム機器として成長していく事が期待される。



第 3 回 マウイ会議速報

東京電機大学 柳父 悟

2004 年 6 月 30 日と 7 月 1 日の 2 日間、第 3 回マウイ会議がロンドンの University College London で開催された。

マウイ会議はその名が示すとおり第 1 回を米国ハワイ州のマウイ島で行われた事からその名が付けられた技術史研究の Workshop である。第 1 回は 1995 年 12 月 7 日・8 日に行われているが、日本電気学会と IEEE との日米会議として開催されている。その後、第 2 回のシンガポール及び今回第 3 回のロンドンと会を重ねるにつれ、参加国も増え、技術史研究の国際会議として、この分野での国際交流の中心的な役

割を担う会議として、その重要性も増してきた。

今回から、日本電気学会技術史技術委員会、IEEE、IEE の共催となり、日、米、欧 3 極の電気学会が主催する Workshop となった。このことは、マウイ会議が国際的な技術史の意見交換の場として更に発展していくために意義が大きい。今年はフレミングの真空管の発明から 100 年に当たり、当時フレミングの勤めていた University College London において IEE の記念大会が 7 月 1 日から 3 日まで、開催された。マウイ会議はこれに先立っての開催とした。また、IEEE の記念大会が、更にマウイ会議の前に開催されており、マウイ会議はこの 2 つの会議の参加者も参加しやすいようにとの配慮を行っている。

会議の参加者は IEE の Brian Bowers、John Mitchell、Anne Locker ら、IEEE からは Arthur Stern、Frederik Nebeker、Wally Read、Barney Finn、Pilar Molina Gaudo、Roland Saam、Vonderheid Erica ら、および電気学会からは、柳父 悟、荒川 文生、田中 國昭、矢野 昌雄、大来 雄二、田中 秀雄、松本 栄寿らが参加している。

会議では、3学会の今後の協力のあり方、次回以降のマウイ会議の開催等について議論し、この結果をロンドン宣言としてまとめた。

ロンドン宣言には、今後もマウイ会議を継続して実施し、技術史に関する情報交換の場とすること、次回からはアジア・米国・欧州の3極で持ち回りの

開催とし、より多くの国からの参加を呼びかけることが明記された。

日本の活動としては、日本電気学会が立ち上げる調査専門委員会において、IEEE、IEE、また独電気学会からも委員として参画することを可能とするなど、委員会活動としてより踏み込んだ内容となっている。

また、今後、このロンドン宣言を実行に移すための作業が各学会で進められていくが、技術史研究を各国連携して行うことは、技術史研究の精度を高め、史実を客観的に捕らえるために必要不可欠であり、マウイ会議を契機として、技術史研究の各国間の連携がより深まっていくことが望まれている。



図2. マウイ会議出席者



論文紹介 「フランス国立工芸院(CNAM)の歴史 —技術工芸博物館(NAM)を中心として—

松本栄寿 小浜清子

博物館学雑誌 第29巻 第1号(通巻39号) 平成15年12月25日発行

技術史家の松本栄寿氏が博物館学雑誌にフランスの国立工芸院(CNAM)、とくにその中の技術工芸博物館(NAM)について、その設立の経緯、歴史、特徴、展示の内容について記した論文を寄稿しているので、この概要を紹介する。

CNAMはフランス革命後の1794年に創立されたが、これには二人の人物がかかわっていた。一人はCNAMの正門が面する通りにその名を残す発明家ヴォーカンソンである。彼は生前に各種自動人形、撚糸機、ジャガード織機の原型となった完全自動織機などに加え、旋盤、ドリルなどの加工用の道具など、多くのものを作った。彼の死後、これらのコレクションが国に遺贈され、「王立機械室」として発明家と職人に公開された。世界初の工業博物館であり、CNAMの前身となった。いまひとりは、聖職者であり政治家であったグレゴワールである。彼は、革命のために闘い、ユダヤ人の解放に尽力し、奴隷制度に反対した活動家であった。貴族と教会の特権の廃止を主張

し、ナポレオン専制にも反対した。公教育委員会に所属し、教育政策、文化政策の必要を訴え、「無知な国民は決して自由な国民にはならないだろう」と説いた。こうして、1794年に「エリートのみを対象とするのでない技術文化」という理念を掲げてCNAMの創立にこぎつけた。この背景には、イギリスの産業革命による経済進出に対抗するために産業人を育成し、技術の進歩によって産業を推進させることが焦眉の急となっていた、という事情も与っていた。

CNAMの教育の基本方針は創立以来、産業界に技術革新と科学の進歩を推進することにある。創立当初から「実地教育」が重要視された。次いで製図、綿紡績、幾何学などが加えられ、1819年に王令により高等教育も付加された。現在では航空学、電気化学、原子力、情報科学、科学の倫理性などのほか、経済・労働、コンピュータサイエンス、材料・エネルギーと、ほぼ産業の全分野をカバーしている。

NAMは1794年に修道院の施設内に設置された。創立時はヴォーカンソンのコレクションが中心をなしていたが、次第に数を増していった。主なところでは、ラヴォワジェの実験道具、シャルルの物理実験室、フーコーの振り子、最初のディーゼル機関といったものがある。この博物館の特徴は、実演を主力

とする教育施設にある。グレゴワールの意見書に「模型のそばで行われる教育は、実演者を必要とする」とあるが、彼自身初期の実演者であった。製図教室が設けられ、機械、工具、道具類の図面コレクションが形成された。現在これらの図面コレクションは15,000点に達し、世界的にユニークなコレクションになっている。シャルルも物理実験を実演した。展示室には、博物館から教材を運び込むのに使われたレールが今も残っている。礼拝堂は実験工場と化し、水力機械や蒸気機関が他の設備を動かせるために動いていた。このような中でカセリの記録電信機(FAXの祖先)やフロマンの電磁鉱石分離機、オーロラを再現する器具と言った機械が実際に動いていた。このようにCNAMは19世紀末には博物館としては異色の存在であり、記憶と発見の場、教育と研究の場であった。

20世紀に入ると教育施設としての機能と、博物館としての機能は次第に分離して博物館は停滞する。しかし、1990年にNAMのリノベーション計画が国家プロジェクトの一環として認められ、1994年に博物館の北5kmのサン=ドニに8,000m²の収蔵庫が新設された。2年後には博物館(10,000m²)の建築工事が終了し、それから内装工事や展示準備の期間を経て2000年に開館した。新装開館なったNAMを、著者は「近代の技術革新の起源を明らかにする技術史博物

館である」とする。常設展は「測定器」、「加工材料」、「建設」、「コミュニケーション」、「交通」、「エネルギー」、「機械」の7部門から成っている。

サン=ドニの施設を「見学できる収蔵庫」として、研究者に開放しているほかに、上記7部門のそれぞれに「キオスク」と称する、来館者が自分で情報を探せるセルフサービスのパーソナル・ステーションがある。また、インターネットの情報網を駆使して地球規模の交流も行っている。NAMでは「見学できる収蔵庫」、「キオスク」、「インターネット」をバーチャル博物館として位置づけてPRしている。

現在では類似の施設として、国内にポンピドゥー・センターやラビレットがある。NAMの収蔵品点数は8万点で、他の国の科学技術博物館と比較してあまりに少ない。では、その存在意義はどこにあるのか。著者は、その特色を近代技術の原点にかかわる収蔵品が多数あることだとしている。質量不変の法則を証明したラヴォワジエの天秤、マリン・クロノメーター、メートル法以前の度量衡のコレクション等々とくれば、確かに垂涎措くべからざる宝物群である。

博物館の意義を、教育と教養の場であるとし、発見による喜びや感嘆から、深く知ろうとする意欲を育むことにあるとする著者の博物館観からCNAMとNAMを分析していることが伺える。

永田宇征(国立科学博物館)

INFORMATION

第37回電気技術史研究会

[委員長] 末松安晴(国立情報学研究所)
 [副委員長] 柳父 悟(東京電機大)
 [幹事] 石垣幸雄(日立), 高橋正雄(東芝)
 [幹事補佐] 田井修市(三菱電機), 圓岡才明(東芝)

日時 平成16年9月9日(木) 13:00~15:00
 会場 東京電機大学 神田キャンパス 7号館
 7301教室(東京都千代田区神田錦町2-2)
 JR: 御茶ノ水駅(中央線・総武線) 徒歩8分 / 神田駅(山手線・京浜東北線) 徒歩8分
 地下鉄: 淡路町駅(丸ノ内線) B7出口・徒歩3分 / 新御茶ノ水駅(千代田線) B7出口・徒歩3分 / 小川町駅(都営新宿線) B7出口・徒歩3分 / 神保町駅(半蔵門線・都営三田線) A7出口・徒歩8分 / 神田駅(銀座線) 1番出口・徒歩8分 / 竹橋駅(東西線) 3B出口・徒歩8分

場所の詳細は、次のURLをご参照ください。
<http://www.dendai.ac.jp/map/kanda2.html>

共催 電気学会 東京支部(支部長 塚本修巳)
 議題 テーマ「電気技術史一般」
 座長 武内 良三(日立製作所)

HEE-04-9 電気技術史から見た産業用ロボットの発展
 楠田喜宏(国立科学博物館)

HEE-04-10 産学連携における寄附講座の役割
 (九州工業大学工学部の事例を中心として)
 松本 聡, 木村 健, 渡邊政幸, 大塚信也,
 三谷康範, 匹田政幸(九州工大)

HEE-04-11 佐野昌一が詳述していた米国特許無効
 判決の顛末と特許局への提言
 時田元昭(元NEC), 小泉直彦(元日立)

HEE-04-12 矢頭良一の2-5進法機械式卓上計算機
 「自動算盤」について 山田昭彦(東京電機大)

電気技術史 第34号

発行者 (社)電気学会
 電気技術史技術委員会
 委員長 末松安晴
 副委員長 柳父 悟
 編集人 News Letter 編集委員会
 〒102-0076
 東京都千代田区五番町 6-2
 HOMAT HORIZONビル 8F
 発行日 平成16年9月9日
 禁無断掲載