

# 北辰の 電磁流量計の歴史

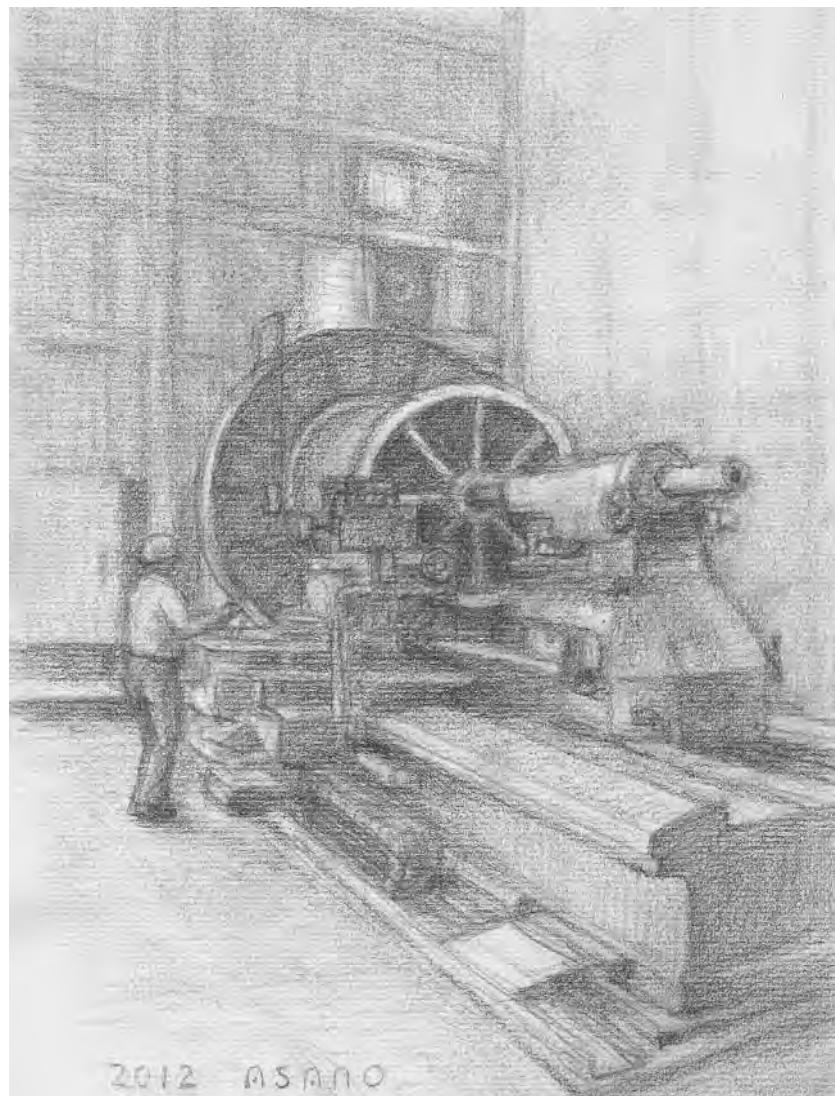


贈呈

1983年の合併で北辰電機の名前は消え、多くの製品は二倍の企業規模を持っていた横河電機の製品に統合されました。その中で北辰電機の持っていた電磁流量計だけは合併でますます光彩を放ち、ついにグローバル製品にまで成長しました。本書はそれに関わった男たちの記録です。お世話になった方々に贈呈させていただきます。コメントなどありましたら編集者（メール：koichi\_mori@nifty.com）にお送りいただけたら執筆者たちで共有させていただきます。

末筆ながら、本書の印刷出版にあたり宮道繁、溝口文雄、酒井敏喜の三氏に多大なご寄進を頂き、かつ（株）エム・システム技研には配達のご負担を頂いたことを記し、ここに深謝いたします。

2012年12月 電磁の会



## 今も働く大型正面旋盤

### 表紙絵「雲出川」のこと

雲出川は三重・奈良の県境に源を発し、伊勢湾津の海岸に注ぐ。流域は古くから大和と伊勢を結ぶ要路であった。上流の山地に雲がよく湧き立つことが、その名の由来との説がある。流量計を担った我々の工場は中流部から下流部に移った河岸の台地にある。表紙絵の依頼を受けて、この川を描こうと思った。そして想像通り、大口径実流タンクの上（17m）が絶好的の見晴らし台であった。10月下旬の一日半、安全ベルト付で数枚のスケッチをさせて貰った。

電磁流量計とこの工場に働く人々に感謝しつつ。（浅野 建）

## 文系の人のための電磁流量計解説

本歴史書に关心を持っていただける少数の非技術系（文系）の方々によりよく理解していただくための初歩的な解説を試みる。

電気という現象の発見は19世紀前半に集中している。（その応用と理論化は19世紀後半と20世紀初頭に集中している）なかんずく電気が磁気と密接なつながりがあることの発見はその後の文明の発展に計り知れない貢献をした。

デンマーク人エルステッドが電流の流れる近辺に置いた磁針が振れることを発見し、これを知った英国人ファラデーが実験を重ねて磁界（磁石のN極とS極に挟まれた磁気の影響のある空間の事）を動かすとその動きの直角方向に電気が発生（発電）することを発見した。これが現今の発電機の原理であり、ファラデーの電磁誘導の法則と呼ばれている。固定した磁界の中でものを動かしても発電するが、そのものが水のような流体であればその水の流れる速さ（流速）に比例した電圧が発生するので、測定した電圧から流量が求められる。これぞ電磁流量計である。つまり電磁流量計は発電機と同じ原理を共有している。流体から電圧を取り出すのには、小さな電極の対とそれ以外の接液面を覆う絶縁体（パイプ）が必要であり、これがこの流量計の適用流体を括げるもととなつた。

ファラデーの電磁誘導は19世紀後半に発電機、モーターとして世界を革命的に変えたが、電磁流量計の方は20世紀前半医療の分野で血液の流れ（血流）の測定で先行した。戦後これが工業分野に応用されて大発展する。

既存の流量計に比べて次の三点で抜群の長所を有している。一つ目はパイプの中に流れを妨げるものがないこと（超音波とコリオリを除くほとんどの流量計は流れの中に何らかの物体を置き、その流れからの反作用で流量を測っている）、二つ目は石油のような電気を通さない液体を除くあらゆる液体に適用できること、三つ目はパイプの口径が小さいもので2.5mm、大きいもので2600mmと実に広範な点である。

のことから半世紀の間に流量計の王者に君臨することになった。

当然沢山の企業がそれに取り組んだし、あまたの克服すべき課題に満ちていた。

本書は日本でもっとも早くそれに取り組んだ会社の物語である。

編者記

## 北辰の電磁流量計の歴史

卷頭言	溝口文雄	.....(4)
回想	小林保	.....(5)
総論	森浩一	.....(9)
開発篇		
I 先んずる者は制す (1951-1959)	森浩一	.....(14)
II 電磁黄金時代への道程 (1960-1965)	宮道繁	.....(20)
III 奢れる者久しからず (1966-1978)	森浩一	.....(24)
E L T 5 4 0 の開発	横山晃	.....(30)
短いエピソード	佐鳥聰夫	.....(33)
IV 1980年代躍進前夜の熱気 (1979-1983)	嘉山長興、源馬宏一郎、黒森健一、松永義則	.....(35)
V 合併後の最初の成果 (1983-1985)	黒森健一	.....(43)
VI AD MAGへの進化 (1984-2003)	黒森健一	.....(48)
AD MAGシリーズの構成	酒井敏喜、黒森健一	.....(58)
営業篇		
I 水処理	梶浦正孝	.....(61)
II 紙パルプ	尾野恵一郎、村上良明	.....(64)
III 鉄鋼	新井正孝、天野 隆美	.....(75)
IV 非鉄	柿沼壽夫	.....(82)
V 食薬、新エネルギー、都市ガス	石川洋次郎	.....(85)
VI 多彩なアプリケーションの数々	並木佳雄	.....(86)
製造篇		
I 下丸子の情景—F L 2 8 0 の時代 (1960-1963)	神谷行親	... ....(89)
II 下丸子の情景—F L 2 8 1 の時代 (1964-1972)	酒井敏喜	... ....(93)
III コストダウンを目指した新型電磁 (1971-1973)	酒井敏喜、坂東日出彦	... ....(100)
IV 大口径電磁の一貫生産を目指して (1973-1974)	酒井敏喜、藤沢武彦、坂東日出彦	... ....(104)
V 三重北辰の設立に向けて (1971-1975)	酒井敏喜、溝口文雄、藤澤武彦	... ....(109)
VI 三重北辰と横河フローテック (1975-2001)	酒井敏喜、染谷治男、橋本敏、遠山克己、富士川克美	... ....(124)
三重北辰と横河フローテックの歩み	酒井敏喜	... ....(152)
付録		
電磁流量計開発年表	酒井敏喜、黒森健一	... ....(154)
檄文	森浩一	... ....(156)

## 卷頭言

溝口 文雄

『電磁流量計』は北辰電機（株式会社 北辰電機製作所）の数ある優秀な製品の中の筆頭であり、北辰電機に働く者にとって、世界に誇りうる自慢の製品であった。

この製品に携わって、企画、開発や営業、製造の各現場で悪戦苦闘した人々にとって、己の青春時代に情熱を燃やした、あるいは人生そのものであった電磁流量計について、共に語り、互いの絆を確かめ合おうとの熱い想いから生まれたのが、「電磁の会」である。この会は、開発の初期の段階から関わってこられた小林 保さんを会長に、合併を経て今や横河の電磁流量計となった製品群を扱っている現役の若い世代の人達をも含めた、洵に和気藹藹の会で、集まれば昔の苦労話に、成功譚に、良き時代の想い出話に花が咲く。

この「電磁の会」のことを耳にし、半世紀に亘る先人達の努力の跡をぜひ記録に留めようではないかと呼び掛けたのが、企画力・リーダーシップに優れた森 浩一さんである。この呼び掛けに対し、熱血漢の多い電磁の会のメンバーは直ちに反応し、多くの賛同者を得て、異例の速さで本書が纏まることになった。とりわけ熱心に執筆に取り組んで戴いたのが、小林 保さん、宮道 繁さん、黒森健一さん、酒井敏喜さんの諸兄であり、森さんによって集大成されて、ここに『北辰の電磁流量計の歴史』が完成した。

本書は「総論」で森さんが述べているように、開発、営業、製造の各現場で電磁流量計を巡って苦労した人達の半世紀に亘る記録であり、単なる製品開発史ではない。

そういう意味では、自分史の集合体のようなところがあつて、各人各様の書き方がされており、文体も整然と統一されたものではない。それが却って、雰囲気を生々しく伝えていて、当時を懐かしく思い出させる。

北辰の電磁流量計は合併後も横河電機の主力製品の一つとなって、清々と成長を遂げている。流量計の専門工場として建設された三重北辰はその後幾多の変遷を経て、何度か社名や組織上の位置付けが変わったが、コスト、品質、経営効率が常に横河グループの中でトップの地位を占め続けたことは、洵に誇らしいことであった。しかし、この度三重の工場が閉鎖される予定とのことで、大変残念に思っている。北辰電機の電磁流量計の幕引きとも言うべき出来事であるが、“北辰のもの作りの精神と技術”がグローバルに展開されることになった証左と考えれば、以って瞑すべきであろう。

一つの新しい製品が生み出され、市場に受け容れられ、世の中の発展に寄与できる段階に至るまでには、企画—開発—営業—製造の各過程に於いて、極めて多くの人々の努力が必要である。本書が単なる回想録にとどまらず、それらに携わる人々にとって、何らかのヒントを与える記録になれば、望外の幸せである。

北辰—横河の電磁流量計が「世界の流量計」であり続けることを願ってやまない。

2012.8.15 記

## 回想

小林 保

### 1： 北辰電磁流量計開発の黎明期

電磁流量計は 1953 年 (1) 大阪大学の桜井良文教授の指導を得て、奈良工場で阪田力および同年入社の白江公輔によりその開発がスタートした。数ヶ月後ごく初期段階にあった開発を、製品の販路が期待されるため本社に移動した。このときの試作品は 4 角な黒いケースに発信器をマウントし、口径も数 mm 程度の、今にして思えばかなり小さい、性能を確認するのが難しいものであった。

注 1：開始時期に関しては上畠さんの証言から白江氏の入社前の 1951 年ないしは 1952 年と思われる。

1953 年 5 月には通産省の補助金をもらい、1953 年 6 月の研野氏の論文に 2, 3 のメーカーが試作を開始していると書かれていてそれに北辰が含まれていないとは考えにくい。また本社に移動したのは上畠さんが奈良から本社に転勤した 1954 年初頭と思われる。(森浩一)

阪田は堤研究室（室長は堤厚）に所属して、早い時期に製品化した Foxboro の発信器と似た発信器の試作を行った。受信計器には当時最先端の電子管式自動平衡計器が使用され、間には一定倍利得の増幅器が挿入された。ともに増幅部は真空管式である。ただし電極の片方は接地し、他方の電極電圧を増幅する構成をとっていたので、「差動式の方が良いのでは」と筆者は質問して阪田さんに煩がられたことを覚えている。この製品の形式は FL 280（亀甲形発信器、管体はステンレスでその内面は Kel F 樹脂でコートされている。資料：ダイヤモンド社発行の“北辰電機” p153 に写真が掲載されている。他の形式は FL 290（一定倍増幅器）、AE 1050（自動平衡形帶記録計モデルで示す）であり、発信器の口径は 13–200mm、最小フルスケール流速は 1m/s、最小導電率  $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、精度は 1% であった。製品として出荷された台数は不詳である。ここで実用上問題となつたのはゼロ点のドリフトが大きいことと、 $90^\circ$  成分 (2) で増幅器がすぐに飽和することであった。

注 2：磁束が変化するとそれに比例した起電力が発生する。正弦波磁束の時間変化率は余弦波、つまり  $90^\circ$  成分となる。(嘉山長興)

その後しばらく筆者は東大に国内留学となり不在であったが、留学を終え 1960 年帰社すると競合相手の横河電機が 0–10mv の 1 種の統一信号方式を発表していた。その中に電磁流量計も含まれ、出力と励振電流の掛算にはホール素子が利用されていた（横河の大野勇氏のアイデアと思われる）。電子式統一信号方式が計装製品の主流になる傾向がはっきりして来た。当時小林（英雄）、渡部、堤、林の 4 研究室から構成されていたが、渡部研究室長は自動平衡計器での受信の考えは変えるつもりがなかった。筆者はゲルマニウム・ホール素子が  $50^\circ\text{C}$  位までしか使えない欠点を何とか克服しなければと考えたのと、2–10mA 電流出力を得るという考えで、結局変換器 ELT530 を開発した(1962 年)。そこには  $90^\circ$  成分を自動補償する傍熱形サーミスタ・ブリッヂ回路を組んだ。

またダンピング調整も可能とした。当時プリント板の設計にはまだ CAD などはなく、黒く細いリボンテープを硫酸紙と呼ぶ半透明な設計図面用紙に張りつけて作った。多面プリント板もなく、せいぜい板の裏、表計 2 面のプリント板を使用する設計であった。

この頃の計測展で、同業とおぼしき技術者が勝手に当社展示品の記録計の電源を切り、指針を少しずらし、又入れて、当人は多分自動平衡記録計の応答を遅くしてあるに違いないと睨んだようであり別のダンピングとは気が付かないらしくしきりに首をかしげていたのを筆者は鮮明に記憶している。

EL T 530 の回路について特許を申請したが、公開されると早速横河から侵害の苦情が来た。横河本社に呼び出されて当方回路と大野方式との違いを説明したが、横河と特許に関して事を構えるのを避けたい北辰上層部の意向で当社の侵害を認めて特許料を払うことになった。不労所得？かつ多額な特許料を前に横河の担当者は感慨一入だったとのことである。

そのような懸案もあって新変換器を作ることになり、F&P 社の製品を参考にして 1968 年 ELT540 が生まれた。変換器の互換性もこのとききちんと取り入れられた。回路担当は技術部の横山晃であった。

一方発信器については、Kel-F に代えて Teflon チューブを張る方式にしたが、時期 (3) は不明である。口径を大きくするにつれて、磁界の内に置かれた管体の損失が増加し。発熱によりゼロ点が不安定になる問題が著しくなった。対策として 1962 年中小口径管体にガラス繊維入りエポキシ樹脂パイプを使用し、コイルは均一磁界のための分割巻きとする FL281 を発表した。管の内面には Teflon スリーブをとりつける。しかし管路としての信頼性に疑問があったので再び非磁性ステンレス管 (SUS32) に戻した。この決定は当時設部長だった関根保の主張による。その形式は FL281-SF である。構造の詳細は筆者著“北辰電機技術史”の一資 67-1 に示してある。

注 3：1961 年からテフロンに対応するようになった。（森浩一）

大口径における発熱の問題はまず管体を当時入手が可能だったバークリート・パイプに着目して外注、利昌工業により流量計としての組み立てが行われた。1 台は大阪市水道局 (4) に納入されたように記憶する。しかるべき樹脂を付けた紙を巻いて作るパイプは信頼性に乏しく大問題であった。この頃、第 1 研究部の枝本章雄は北辰化学会がポリウレタンの遠心铸造技術を持つのを調査し、管路 (5) の内側に鉄心とコイルを取り付ける構造に変える試作を行った。もちろん発熱対策にも有効な訳である。試作結果は良好であり、何よりも発信器の内面が鏡面のようにすばらしかった。以来大口径は一貫してこの構造とするようになった。形式は FL282 である。F&P 社でも北辰の成功にならってポリウレタンの遠心铸造法を取り入れた。

注 4：大阪府村野浄水場であった。（森浩一）

注 5：当時は管路または管体と呼んでいたが、現在の外パイプに相当する。外パイプ、中パイプの考えは静圧変動の問題が生じた 70 年代以降に出てくる。（黒森健一）

以上のすべては外注比率が高く、製品のコストも高くて採算上問題があり、保守も容易でなかった。1973年コスト低減を目指して小・中口径発信器ではケース2分割形とし、専用のシールによりケース内部への浸水を防止した。この形式がF501,F511である。大口径ではフランジーフランジ間 $1.5D$ (Dは管路の公称口径)を実現した。変換器ではケースの小形化と重量の軽量化を図ってD501とした。導電率の下限は $5\mu S/cm$ となった。これが1976年のことである。

## 2：商用周波数駆動電磁の全盛期

以上の製品群はすべて商用周波数励振形であるから、商用周波数のノイズの影響が大きく、対策としてあまり有効な手立てもなく過ぎた。

ただしこの頃米国F&P、ドイツF&Pと北辰の間で毎年一回会場持ち回りの技術情報連絡のための会議を開いた。各社シェアは米国、ヨーロッパ、日本のいずれも40%以上であり、WORLD CONGRESSと呼び、担当者たちの士気はきわめて高かった。北辰での会議の席上、流動電位によるフローノイズが液の導電率に逆比例することを示してF&Pの技術者を感心させたことがある。

小口径の数機種について相手配管のフランジ間に挟みこむ、いわゆるフランジレス構造の発信器が登場した。基本設計はF&P社の新製品と同じであるが、細部に北辰独自の工夫・改良がこらされている。重量も少なく、50A発信器が洋服のポケットに入り容易に持ち歩けるほどであった。変換器もこれに応じて軽量化された。あまりの簡便さに業界には大きな衝撃が走った。話し合いの結果、精度は1.5%とせざるを得なかった。商用周波電磁を生産している間に受注口径は次第に大口径化したが、静圧変動によるゼロ点の変動がしだいに大きくなり生産に差し支えるようになった。(6)

注6：大口径F282に対して1973年に発表された大口径F521は短面間、柔構造で、剛性が低く、流体の充満による静圧の変化に伴う構造の変形によるゼロ点変動が生じやすかつた。(嘉山長興)

## 3：二周波励振時代の到来

この頃ヨーロッパから始まり、米国F&P社を経由して商用電源周波数の偶数分の1の周波数で励振すれば高いS/Nが得られることが見出され、サンプル変換器も入手した(1979年)。しかし出力の応答があまりに遅くて実用にはならない。また低周波のノイズにも弱い。特にパルプ液は電極表面をパルプ纖維が擦るために大きなノイズを発生する。当時プロダクト・マネージメント(PM)部門の松山裕は「紙パで使えない電磁は存在価値が無い」と宣告した。対策はいろいろ考えたがよい案もない。畔上忠の「2周波にしたらどうだろうか」のヒントにより、筆者は50Hzの1/8に相当する6.25Hzと約

70Hz の混合波で励振するいわゆる 2 周波励振方式を考案した (7)。6.25Hz は電源ノイズの消去、70Hz は高速応答のいわば良いとこ取りを狙ったわけである。早速部下の松永義則に簡単な実証テストを実施してもらったが、テストの途中「ナンセンス」と彼は叫んだ。確かに S/N 比を考えなければナンセンスであるが、考えるところがこの考案の味噌である。(8) 説明して理解してもらえたが、一寸分りにくかったようである (1985 年特許も出願した)。大口径では応答、ノイズいずれもあまり問題にならないので低周波励振のままとした。

注 7: このアイデアが生れたのは 1981 ~ 82 年の合併前、84 ~ 85 年ごろの特許調査・出願を経て、実質的にスタディが開始されたのは 85 ~ 86 年で、ADMAG の初期審査が 87 年 3 月であった。これが ADMAG のセールスポイントの一つとなる。(黒森健一)

注 8: この簡潔な一文は超難解である。著者に易しく書き直すように要請したら一層難しい長文が帰ってきて、これはヤブヘビだったと反省し、原文のままとして、詳細を理解したい人には 50, 51 ページに黒森健一が図入りで説明しているのを参照するよう勧めたい。(森浩一)

ともかくこれで万全である。後日談になるが、電磁の先駆者 Altometer 社 (ドイツ Krohne 社の子会社) の 1 技術者が 2 周波方式の特許の隙について、何とかこれを実施しようとしたが、どうしても駄目と判ったと告白したことがある。

#### 筆者紹介 :

小林 保 : 53 年入社。一貫して研究畠を歩く物静かな学究。対象は計測全般に広範。80 歳を越えてなお現役。電磁の会の会長。

## 総論

森 浩一

個人の記憶はその人の人生の集約である。複数の個人の共通の記憶は、彼らの過去の連帶の証しである。

記憶は写真がセピア色に褪色すると同じく、時の流れにより徐々に朽ちていくように思われるが、実は失われたと思われていた記憶はある手段で突然甦ることがあるのも事実である。

高齢期を迎えた私はこんなことを考え、「甦る記憶」に関心を持ち続けていた。一見失われたと思われる記憶は、ふとした小さな別の記憶情報に刺激されて、芋づる式に甦ることがある。その記憶情報とは会話、写真、記録情報などを介して現れる。

さて、今年（2012年）のはじめ、風の便りに「電磁の会」なるものが会合をしていることを知った。私は現役時代に電磁流量計には殆ど関与したことがなかったが、幾つかの接点は持っていた。北辰電機の誇る製品の筆頭である電磁流量計をダシに「甦る記憶」を実現出来ないだろうかと考え始めた。

そこで4月はじめに、大胆にも「電磁の会」メンバーの全員（個人的には殆ど全員知っている）に放談するばかりでなく、その記憶を記録にしようではないかという檄文を書いて送った。（付録参照）

技術の中心メンバーであった嘉山長興が直ちに賛意を示してくれた。直後にある集まりで会った溝口文雄（書をよくする溝口は本書の題字も書いてくれた）も強く背中を押してくれた。

その檄文を北辰のコンピューターの仲間であった源馬宏一郎にも送った。その源馬が応答してくれて、彼の数少ない、しかしながら非常に貴重な電磁流量計との接点を文章にしてくれた。それを「電磁の会」の主力メンバーである嘉山長興、黒森健一、松永義則に送ったところ火がついた。皆、専門外の源馬がまさかと思ったのであろう。（事情を知っている私は「してやったり」と思っていた。）

そこから製造の酒井敏喜、営業、設計の宮道繁が反応し、同時に私のつながりで営業の数人に呼びかけて寄稿、ないしは論述してもらった。電磁の会の会長であり、かつ80歳を越して未だ現役で研究一筋の小林保からも基調論文のような寄稿を頂き、それには回想という題名を付けて、冒頭を飾ることとした。同時に酒井が様々な「古文書」を探し出して来て知られざる過去が白日の下にさらされた。青戸書簡、1972年の宮内回顧文、1976年の渡部レポート、1980年の管理職会報発表原稿など。そして黎明期に関して友人を介して風早メモなるものも見つかった。こうして2ヶ月少々で殆ど

の原稿が出揃ってしまったのである。

この手の編集は、編集委員を選んで、編集委員会なる会合を持つのが定番であるが、今回はただ一度の編集委員会も行なっていない。それでいて、毎日のように、インターネットを介して、甲論乙駁が繰り返され、いずれの原稿も複数の人の意見で修正され、推敲され、注釈され、時には二つの原稿が合流して共著になるなど、インターネット時代の融通無碍を皆で楽しんだ。

歴史を書くにあたってはじめに二つの方針を確認した。

まず電磁流量計の開発史ではなくて、ビジネスとしての電磁を幅広く、技術、営業、製造という三つの視点から書くこと。

もう一つはそれに携った人間を中心に書くこと。

かくして昭和20年代に遡る黎明期から、現代につながる2000年前後のADMA Gの出現辺りまでの約50年の電磁流量計を取り巻く人間の記録が完成した。

上に述べたように歴史の冒頭に電磁流量計はじめフィールド機器の研究開発における我らの最長老、小林保の寄稿を「回想」という表題で配した。この寄稿に対しての関係者のコメントを注釈として挿入する特殊な記事とした。

三つの視点と言ったが、まずは製品ありきであるから技術の人たちの記述が主旋律を奏することになる。

時系列に沿って、現場での悪戦苦闘が語られる。それに関った技術、製造の人々の肖像が浮かび上がる。大学、外注、F&P社などとのさまざまな関りの記憶も残された。

まず実験、試作、初めての製品発表といった模索の時代。これに直接タッチした人はほぼ鬼籍に入られているので、文献で辿るしかない。これを森浩一が「先んずる者は制す」という表題でまとめた。

次が北辰電磁黄金期を飾ったロングセラーの円筒型電磁F L 2 8 1の出現の時代。その誕生の前後がそれの中心人物であった宮道繁によって「電磁黄金時代への道程」として描かれている。

高度成長期にも重なり1970年代オイルショック直前までは北辰の電磁は我が世の春を謳歌していたのだが、その頃から雲行きが変わってきた。上述した酒井敏喜が1980年に管理職会報で発表した資料によれば当時1965年から75年までを市場拡大期（「電磁の北辰」の時代）、75年以降を戦国時代と呼んでいたようだ。70年代半ばに競合相手の日立、東芝が力をつけてきたが、その中で山武ハネウエルが衝撃のデビューをして北辰の牙城を脅かしてきた。この間三重北辰の設立などで地道な品質向上、

コストダウンは計られるが、世界の潮流になかなか乗れない。これを森浩一が「奢れる者久しからず」という表題で描いた。この時代の証言を横山晃と佐鳥聰夫が寄稿してくれた。

70年代も終りになって北辰も本気になった。遅ればせながら79年に低周波の製品を揃え、合併をまたいで、それらをリファインしたYEW MAGで、山武を捕えた。それは復権のうねりであった。「1980年代躍進前夜の熱気」と「合併後最初の成果」は表裏一体の記述である。前者は源馬宏一郎の最初の寄稿に嘉山長興、黒森健一、松永義則らが挙ってコメントを寄せたものを黒森がまとめた。後者も関係者のさまざまな発言を黒森が集約して文章化した。

合併後の強力な営業力で、シェアは回復したが、最早国内市場に大きな成長が望めなくなり、常に技術をリードしてきた欧米勢に対抗できるグローバル製品が待たれた。そして80年代後半に集大成とも言うべきAD MAGが登場する。この製品の完成度、並びに膨大な体系は本文で述べられるが、40年間の先人の努力が花開く感がある。これを高らかに描いたのが「AD MAGへの進化」である。鮮やかな集大成という他ない。これも開発の中心メンバーの一人であった黒森が執筆した。この文章の付録としてAD MAGの製品構成の図表があるが、けだし壯觀である。

我々の歴史はこの時点を終点とすることにした。

それは2000年以降の各種施策の議論は現時点では歴史上の評価が早すぎるからである。

なお黎明期からAD MAGに至るまでの年表を巻末に配したが、幅広い情報収集を通じて酒井敏喜が黒森健一の助言を得てまとめたものである。この表は皆が執筆にあたつての時間に関する記憶を確かめるのに多大な貢献をした。

営業の人々には世の中の流れの中で、計装はどう変わって行ったか、製品には何が求められたか、どんな会社と競合したか、などを業種別の固有の事情を含めて記述してもらっている。電磁の二大業種といえば水処理と紙パルプである。同じ流量測定でも全く異なる事情があったことがよく分かる。

水処理は上水、下水、工水（工業用水）のいずれかの測定で、測定対象は単純だが、口径の大きい需要が多く、初期には北辰が独占していた分野である。そのもつとも華々しかった時代を梶浦正孝が記録する。

一方紙パルプはもっとも難しい測定対象をもつ業種で、電磁流量計は紙パルプ業種の要求に応えるために進歩してきたと言っても過言でない。この分野は尾野恵一郎、村上良明という師弟コンビが叙述する。尾野は紙パルプ市場を越えて独自の視点でこの時代の市場を俯瞰し、村上は営業の視点で見たAD MAGの与えた紙パルプ市場へのインパクトを詳細に語っている。

巨大業種である鉄鋼の需要も大きかった。その最盛期であった70年代を中心に鉄鋼

一筋の新井正孝が寄稿した。それを日本鋼管一筋の天野隆美が体験談で補足した。

また地味ではあるが、非鉄分野の電磁の受け止め方も興味深い。これについては柿沼壽夫が寄稿した。食薬、新エネルギー、都市ガスで仕事した石川洋次郎も見聞を叙述している。長く販売推進に従事した並木佳雄は業種を越えてアプリケーションに応じた特注やエンジニアリングの経験を記述した。

黎明期を除いて、電磁の製造の全ての歴史は酒井敏喜によって回されていたから歴史編纂の旗振りは必然と酒井に委ねることとなった。

まず下丸子で最初の製品FL280、並びにロングセラーのFL281の生産、及び大口径電磁の校正の状況を「下丸子の情景」という表題で神谷行親と酒井敏喜が記述した。次に1973年に発売された新型電磁の開発経過が酒井と坂東日出彦により記述される。開発の話が製造篇で記されるのは異例であるが、この製品は明らかに製造が主体的に動いて完成しているのでここに配置した。さらに酒井は大口径電磁の検定設備で日立に先んじられて奮闘した70年代前半の情景を「大口径電磁の一貫生産を目指して」にまとめる。機械工場の坂東日出彦が精魂を傾けた内製化もここで語られる。

75年に三重北辰、後のフローテックが設立された。建設に当ってSAMプロジェクトなるチームが調査にあたったが、プロジェクト名のいわれであるMの溝口文雄とSの酒井敏喜および藤沢武彦がこの間の経過を記す。酒井は工場建設で中電の横暴に今でも腹がたっていると明かす。

三重北辰は電磁流量計の専門工場であるが、北辰電機ではもっとも重要な工場であった。合併直前に両社長が互いの主力工場を見学しようということで横河は甲府工場を、北辰は三重北辰を選択したことでも分かる。

三重北辰の立ち上げ時の苦労話並びに合併後に横河フローテックと名を変えてからの苦心惨憺と赫赫たる成果も酒井敏喜とその仲間によりつづられた。酒井にとって電磁流量計は正にライフワークであり、誰よりも深く長く渾身の力を振り絞って執筆した。この一文は先の黒森のADMAGへの進化と並んで本書の白眉と称してよい。そして電磁流量計こそ合併の恩恵を受けた典型的な製品であることがよくわかり、30年前に合併現にいささかの関わりを持った筆者には感慨深い。

かくして電磁流量計の一大叙事詩が出来上がったのである。

最後に唐突ではあるが、司馬遼太郎の「街道を行く」シリーズの中に発見した次の節を紹介したい。

「自分がかつていた会社を（このように）褒めることができるのは、人生の幸福の一つに相違ない。」

本書の読者にはそれに共感する人が少なくないに違いない。

## 開発篇

I	先んずる者は制す (1951-1959)	森浩一
II	電磁黄金時代への道程 (1960-1965)	宮道繁
III	奢れる者久しからず (1966-1978)	森浩一
	ELT540の開発	横山晃
	短いエピソード	佐鳥聰夫
IV	1980年代躍進前夜の熱気 (1979-1983)	嘉山長興、源馬宏一郎、黒森健一、松永義則
V	合併後最初の成果 (1983-1986)	黒森健一
VI	ADMAGへの進化 (1984-2003)	黒森健一

### 筆者紹介（アイウエオ順）

嘉山長興：62年入社、一貫して電気技術者として王道を歩む。77年頃から電磁の中堅としてチームを牽引。現在東京計装顧問

黒森健一：72年入社、79年にF&P社出向、80年代半ば以降の開発の中核、95年電磁で博士号取得

源馬宏一郎：63年入社、コンピューター畠のハードウェアエンジニア、79年から技術管理で電磁に関係

佐鳥聰夫：61年入社、機械技術者として各種流量計に関与。73-76年にF&P社出向、合併後欧州に赴任、51歳で退職し技術士として活躍

松永義則：75年入社、若いころから一貫して電磁に関与、早くからコンピューターシミュレーションを得意とする

宮道繁：58年入社、電磁の設計、大阪での水処理のSEを経て72年に独立し、(株)エムシステム技研を創業、現在その会長

森浩一：65年入社、コンピューター畠、SE並びにソフト開発に携わり、合併後はマーケティング、海外ビジネス、最後は欧州勤務

横山晃：62年入社、電気技術者として各種変換器の開発、技術士取得。その後MM部門（ディスクドライブ）、設計課長を経て合併後 外資系企業に転じた。

# 先んずる者は制す

～～～ 実験開始から FL 280 まで ～～～ (1951-1959)

森 浩一

私が 1997 年に（最後に）上畠清郎さんにお目にかかり、北辰の電磁流量計は 1951 年（昭和 26 年）に東大の磯部孝先生に教えてもらって奈良工場で始めたとのお話を伺ったのが、私にとっての原点である。この稿ではその原点以前の日本での電磁流量計研究の源流を探索することと、原点以降、つまり奈良工場での実験とそれを持ち帰つて行われた下丸子での試作し、製品化に至った経緯に関して調べたことを述べてみたい。

## 1：日本の電磁流量計研究の源流を探索する

この稿を起す前にどうしても紹介しなくてはならないのは私の源流探索の案内者である。それは北辰に 1958 年に東大計測工学科の山内二郎研究室から入られた梶浦正孝さんである。梶浦さんは電気試験所から東大に移られた山内先生の、はじめは実験補手として、1949 年からは正式な助手として活動された、昭和 20 年代の計測技術の発展の生き証人である。現在の計測自動制御学会（1961 年設立）の前身（正しくは前身の一つ）である計測懇談会（1954 年からは日本計測学会）は「計測」という機関誌を隔月発行していた。1953 年の 3 号に「電磁式流量計について」という解説記事を機械試験所の研野和人氏が書いておられる。これが日本の学会誌に掲載される論文としての電磁流量計の最初であり、そこからおぼろげに源流の姿が見えてくる。（ちなみに「計測」の前年 6 号の海外文献紹介に米国の電磁の論文が紹介されるが、学会誌に「電磁式流量計」という言葉が登場するのはこちらが最初である。）研野氏はその記事の中で、東大の応用物理学科の計測教室の磯部教授のもとで数年前に（ということは昭和 20 年代前半に）電磁流量計の実験が行われているとだけ述べられている。

我が案内人の興味は、それでは磯部先生はいつ頃電磁流量計に着目されて、どうして北辰に紹介したのであろうかという疑問である。ここからは推測であるが、案内人の証言を整理して並べてみることにする。

日本には 1932 年設立以来日本の学術振興のために日本学術振興会、略して学振というのがある。その第 36 特別委員会は今に続く産業計測のいわゆる学振 36 特である。終戦直後その委員長をされていたのが山内二郎先生で、山内先生の使い走りをしていた我が案内人はその委員会の様子を垣間見ていたのである。そこには大学と企業の一線の人たちが挙って最新の知識を得るために参考していった風景がある。大学、官庁の研究所の他、北辰からは堤厚、宮内鉄也、横河からは西川甚太、有馬敏彦などの方が。狭い海外の門戸を垣間見るのに学も民も一体であった時代である。そのような研究会の中で磯部先生が電磁流量計に着目し、それを研究会のメンバーである堤さんが実験プロジェ

クトを奈良に立ち上げたというのが案内人の推測である。

19世紀のファラディの電磁感応の発見以来、電磁流量計に教科書の冒頭に出てくる Kolin の式は 1930 年代に作られ、1940 年代には欧米において数多くの血流に関する発表がなされていたが、工業応用の発表は 1950 年以降である。

従って 1951 年に北辰が実験に着手したのであれば世界的に見てもかなり早かつたのである。

## 2 : 奈良工場での実験

奈良工場は 1943 年に関西方面の工業計器の修理を目的に発足したものである。工場は奈良駅から桜井線で一駅目の京終（きょうばて）駅の近くにあった。この場所で上畠さんと阪田力さんが実験を開始したようだ。（阪田さんは奈良の旅館の跡取りだったということで、入社 2 年目だからそれと奈良赴任とは関係ないとはいえない。）線路脇だから電車が走るとその地電流の影響で磁場に影響が出たとか、ベークライトでの管の製作、バルボル（真空管式高電圧計をバルボルと呼んでいた）による高入力インピーダンスでの電圧測定、鉛筆を使った電極などの試行錯誤と苦労を重ねたという話である。大阪大学に桜井良文という後に応用磁気学の大家として有名になる若手の助教授がふたりを指導した。上畠さんも当時 20 代半ば、阪田さんは 20 歳前後、桜井先生も 30 歳そこそこの年齢である。

2 年後の 1953 年に桜井研究室から白江公輔さんが入社する。（白江さんは 10 年後に退社して母校阪大の教授になる。）白江さんはその技術を持って東京に帰るという所まで上畠さんから聞いている。実験に関する資料は残されていない。上畠さんは神戸のご出身で奈良にも神戸から通って居られたが、1954 年初めに東京に転勤されており、この時に電磁も上京したと思われる。

さて、なぜこのような実験を奈良で行わなければならなかつたかという疑問に答える資料が見つかった。戦後の北辰の技術を支えた一人である宮内鉄也さんが 1972 年 12 月に北辰ジャーナルに回顧録を残されていて、そこで堤さんが当時そのような実験に反対するトップをかわすために奈良に持つていったと述べられている。なお 1953 年 5 月に通産省から電磁流量計開発の補助金を受けたという記録があるからこの時点では社内公認であったのであろう。

## 3 : 下丸子での第一時試作

北辰の最初の試作品は 1955 年の春季応物関係連合大会で展示されて注目を浴びた。これに関する研究論文は 1955 年発行の「計測」の第 5 卷第 8 号（この頃は既に隔月ではなく毎月学会誌が出ている）に府川弘、阪田力の連名で載っている。府川さんは東大計測の 1948 年卒業で、28 歳で課長になったというからの当時の若手のエースであったのであろう。当時の北辰の工業計器は堤計器工場長が四つの研究室と設計、製造をまとめて統括していた。上畠さんは第三計器課長、奈良から戻って研究に入った白江さんはサポート

ト側に回ったと思われる。機械試験所の研野氏の指導も頂いていたようだ。サイズは1インチの管径で、交番磁界型で電子管式自動平衡型、出力が小さいのでノイズ対策に細心の注意を払い、プリアンプの真空管のヒーターは直流を用い、シールドには当時の最高の技術が使われたらしい。電極を含む導管部分は円形断面と矩形断面のものが作られた。電極はステンレススチール、導管は実験工作に容易なアクリル樹脂が使われた。

府川さんは上記の展示会に並行して行われた電磁流量計討論会にもスピーカーとして登場している。(件の私の案内人も同席しているのだ!)

この試作品は工場では水道水で行い、東洋レーヨン滋賀工場の晒粉溶液のプロセスでフィールドテストを行い起電力が順当に発生することは確認できたが、工場の厳しい環境での使用にはたえず、永続性に問題があることがわかった。

府川さんと一緒に実験を行なった阪田さんは1956年に別の報告で、この試作では導電度がある程度 ( $1000 \mu S/cm$ ) 以上高くなると起電力が下がる現象があり、これが故にこのままでは製品化はできない、しかしこれには(まだ発表出来ないが) 対策が見つかったと書いている。

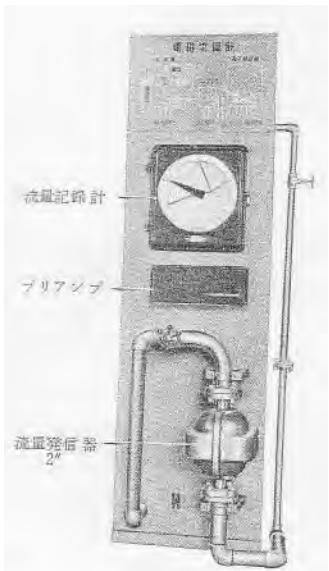
さて後、関係者の話を総合するとこの試作品は奈良の実験を色濃く引き継いでいて奈良での成果を利用して、アンプを整備して、工場および東洋レーヨンでの実験を行なったのが府川さん、阪田さんであったようだ。奈良の実験はアクリル樹脂の管、矩形断面の磁界であったという。そして当時記録計の開発をしていた府川さんがアンプ以降を開発されたらしい。

恐らくは1954年に白江さんが東京に戻って別の研究に移り、発信器の技術は阪田さんが担当して、当時記録計の開発をしていた府川さんがアンプを受け持ち、表に立ったということであろう。

#### 4 : 第二次試作

2年後の1957年に第二次の試作製品が完成した。北辰の社史によればこの年の10月が、会社として電磁流量計を初めて製品として認定した時点と思われる。1957年4月に組織変更があり、前記の計器工場を解体して、研究所と計器工場を分離し、研究所を堤さんが、計器工場を宮内鉄也さんが担当することになった。研究所には工業計器全般を第一研究室(渡部勝室長)と磁気ドラムと計算機を第二研究室(松崎栄一室長)があり、電磁流量計はもちろん第一研究室の担当である。両研究室の最初の成果がこの年の計測展に参考出品されているが、それが第一研究室からの電磁流量計、第二研究室からのデータロガーである。

電磁流量計は発信器、プリアンプ、記録計という組み合わせで出品されている。第一次試作と異なり、ステンレスの管が用いられている。試作品とはいえ、1958年5月号の「ケミカルエンジニアリング」には新製品紹介の欄で採り上げられている。



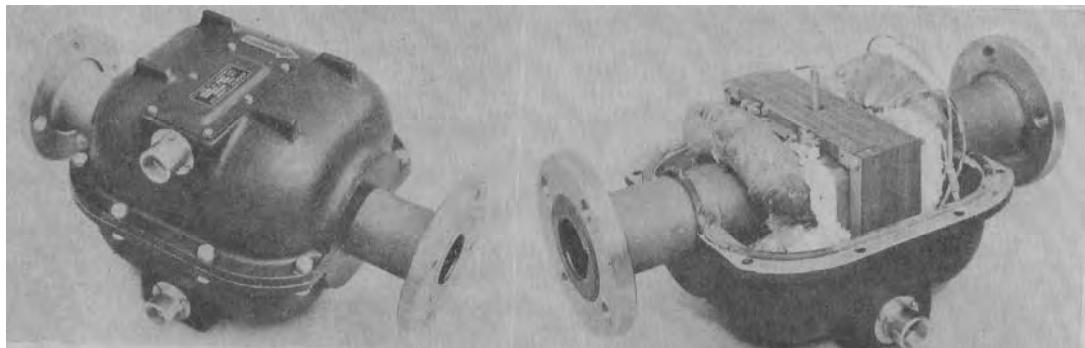
当時の電磁流量計の研究のトップであった渡部勝さんの雑誌エレクトロニクスへの寄稿（1959年2月号）によれば、この試作品は2インチの管径で、フルスケールで20ℓ/分の測定ができた。（フルスケールの1%精度という条件で）当時米国 Foxboro 社で200ℓ/分、F&P 社で100ℓ/分の実力であったからその時点では世界最前線であったという。（実際当時 Foxboro が販売していた Dynalog という電磁流量計の2インチの最小目盛りは10m3/時、つまり300ℓ/分であった）渡部さんは同じ記事で工業計器としては0.3m/sec、実験室用では0.1m/sec以上をフルスケールとする計器が可能と書いておられる。今これを2インチ管径として同じレベルに計算し直すとこれらはそれぞれ33ℓ/分、10ℓ/分になる。これも第二次試作品がトップレベルにあったことを示す。

北辰のコンピューターの開祖の一人である風早さんは色々な記録を残しておられる。仮にそれをここでは風早メモと呼んでおく。これによるとこの第二次試作段階での電磁流量計の開発担当は当初堤研究室、のち渡部研究室の森一さん、石崎喬さんであったらしい。初期の電磁流量計は信号が微小であるから雑音との勝負であった。静電雑音はシールドで防禦できるが、誘導雑音ではどこも苦労したらしい。そこに励磁コイルに直列に抵抗を入れて、基準信号を励振電流から取るという発明（松浦敏行さんの名前で特許になったが、実際は一時的に電磁流量計の研究に携った風早さんのアイデアだったという）が使われた。この技術は現在でも使われていると現役の技術者太田博信さんが証言している。これと佐々木準一常務（当時）発明という管内に励磁コイルを入れるという構造が当時の他社との差別力の根源ではないかと風早メモは推測する。

時代が5年ほど経過したあとの話であるが、風早メモはもう一つ重要なことを記している。北辰は1963年にF&Pと25年の相互無償技術交換契約を結んでいる。（それまでの契約は有償で当時の日本では無償は前例がなかった。）その年に来日したカーミット・フィッシャー（F&P創業者）が北辰の電磁の技術に感動して破格の提案を申し入れた。フィッシャーは北辰がその時電磁の技術をバートン社に供与しようとしているのを知りこの

技術を是非獲得したかった彼がこの異例のオファーをしたのだという。

1958年5月の北辰ニュースの説明では $1/2$ 、1、2、4、8インチが用意され、2インチの最小フルスケールは $40\ell/\text{分}$ となっていて上記の渡部さんの記事とは少し違うが大きな問題ではない。

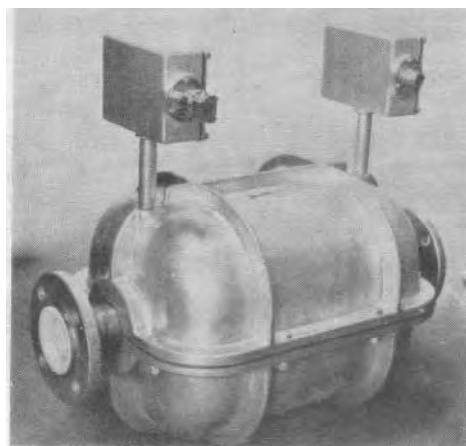


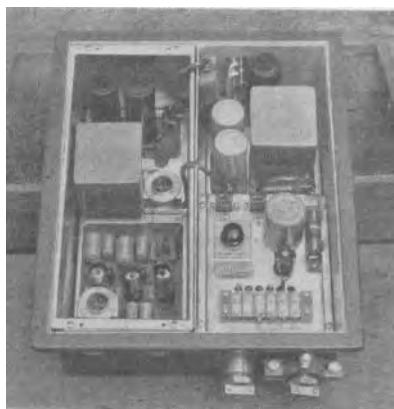
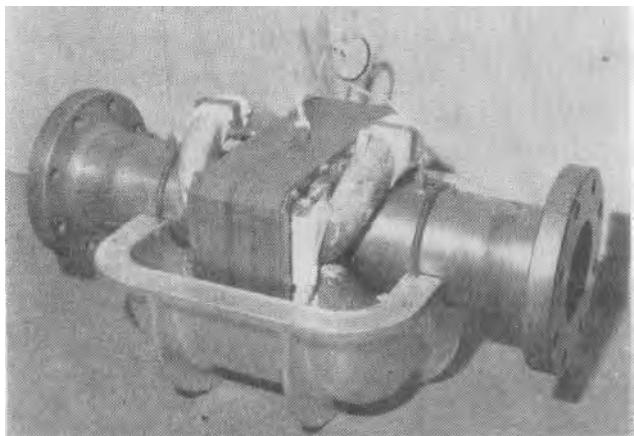
電磁流量計の応用は、工業用よりも医療用として、血流計としての応用が先行していたことを先に掲げたが、北辰でもこの頃、京都大学の人工心肺器の研究に関係した血流計の実験に協力していた。

さて、この記事の最後に研究者としての今後の課題として渡部さんは電磁流量計は導管にステンレススチールを使用するので、高価、かつ重くなるのでそれを使わない方法の開発を一つの課題として挙げておられる。これは本電磁流量計の歴史の別稿で（失敗には終わるのだが）北辰で樹脂パイプを用いた電磁流量計の開発を行なったことに影響しているのではないかと興味深い。渡部さんの慧眼というべきか、はたまた影響力というべきか。

## 5：遂に製品 FL280 登場

この二回の試作を経て、正式な製品として発振器 FL280、真空管を使ったプリアンプ FL290、それに自動平衡計器（記録計）AE 1050との組み合わせで1959年に発表された。（1958年秋の計測展には出品されていると思われる。）この記録計は激しい流量変動にフィルターをかける為に十分ダンピングを利かせていたようである。





同じような時期に国内では横河電機や日立も製品を発表している。なお欧米では既に Foxboro、Bowser、F&Pなどが既に製品を発表していた。

上下に分かれる分割型のケースでその外観から亀甲型と言われた。当時の人はカメノコ型と呼んだらしい。管にはステンレススチールを用い、 $1/2$ 、 $1$ 、 $2$ 、 $4$ 、 $6$ 、 $8$ インチが用意されていた。ライニングに Kel-F とガラスの二種を用意し、テフロン、ネオプレン、各種ゴムの実験も進めているというのが 1959 年の発表であった。

なお最小フルスケールは 2 インチにおいて  $120\ell/\text{分}$  と以前に比べてややコンサーバティブな表現になっているのが興味深い。

テフロンは 2 年後の 1961 年に 4 インチまでのサイズに導入された。

第二次試作からこの製品の製造の中心は鳥海英男さんであったと思われる。また開発側の中心は石崎喬さん、渡辺正康さんらであったと思われる。

なおこの 1959 年の北辰ニュースの発表記事に載っている写真は  $450\text{mm}$  の「大口径」である。そこには写真だけで一切の説明はないが、当時第一研究室では松浦敏行さんをリーダーに青戸正巳さん、石崎喬さん、また後に前島孝雄さんが大口径に取り組んでいた。後に有名になるコサイン巻きは青戸さんが発明者である。

## 電磁黄金時代への道程

～～～第二世代 電磁FL281の誕生（1960-1965）～～～

宮道 繁

1955年に試作品が作られて以降色々な客先にその改良版が試験的に納入された。それらの集大成として1959年に亀の甲の形をした電磁流量計FL280と、真空管アンプFL290の組み合わせとしての最初の正式な製品が発表され、翌年の5月の第4回大阪国際見本市、ならびに11月の大坂での‘61計測展（なぜかこの頃は計測展の頭に翌年の西暦年号が冠されていた）に出展された。この製品は第一製造部第二製品課（鳥海課長）のところで生産されていた。最初の製品は1/2、1、2、4、6、8インチの6機種で、ステンレスパイプに内面を3弗化エチレン（別名KEL-F）を焼き付けたものが採用されていたが、61年5月には1/2、1、2、4インチの4機種についてテフロンチューブをステンレスパイプの内面に挿入して、両フランジ面をフレア加工したものが登場し、紙パルプを中心にして北辰電機の電磁流量計市場の独占へと成長していった。

62年5月の時点で1/2インチ（13mm）から8インチ（200mm）の小中口径で累計1000台の納入を記録したと言われている。

さて、その頃、設計部第一設計係（倉富係長）の元で、新形電磁流量計FL281の設計が進められていた。

1961年夏頃、設計部からそのFL281の図面が製造部に流れて来て、試作品を製作することになったのだが、驚いた事にステンレスパイプに代わって、ガラス繊維とエポキシ樹脂で出来た強化プラスチックのパイプが採用されていた。

この製品は早くもこの年の11月の晴海での‘62計測展で参考出品された。東大生研の大島康次郎先生（当時助教授）はこれを見て「性能向上」として期待の感想を述べられている。

1962年5月にFL281円筒型電磁流量計として新しい変換器FLT530と共に正式に発表されている。その発表によればステンレス内管に代わり合成樹脂をパイプにすることと、ステンレス外管の内側に分割型のコイルを配することにより

- (1) 涡電流を少なくして消費電力が画期的に減る
- (2) 小型軽量になる
- (3) ノイズが少なくなる

という斬新な設計であった。

この発表に営業一線は沸き立った形跡がある。

しかしながらこれを受け取った製造部はこれではとても商品出荷は無理と判断して、FL281 の商品化に異をとなえることになった。例えば多く採用頂いている紙パ工場での電極もれ事故等の対策に追われた経験をしている製造部としては、強アルカリの液体が電極もれを起こしたら、ガラス纖維が強度を失う恐れがある他、弗酸等の流量の計測例も多くあることから、「電磁流量計は流量計である前に強度的に問題のない配管材料でなければならない。」と言う主張をしたのだった。

この主張は過去に起きた事故は Kel-F コーティング型ではライニング破損が、テフロンスリーブ型では電極の絶縁不良であったというデータ分析に裏打ちされていた。

営業の興奮とは裏腹に、センセーショナルな 5 月の発表ではその秋には出荷するときれていたが、実際はほとんど出荷されず、11 月の大阪での「63 計測展」には特段の説明もなく展示された。全面改造の必要が認識されたのだ。

正式には当時の設計部長の関根保さんがこの決定をされた。苦渋の決断であったのではないか。結果として、設計部の電磁流量計担当だった和田氏は東芝に転社し、係長の倉富氏は宝工業に転社することになったとあとで聞かされた。

多分その結果、FL281 の設計メンバーが新たに編成され、係長に製造部から宮道繁、構造設計は枝本章雄氏の下で FL282 の設計に当たった浅田康夫氏が、そして同じく枝本氏の下で腕を磨いていた池谷金吾氏が電気設計に当たった。図面構成は繩井正毅氏が担当した。この時も設計部長は関根保氏であり、次長は衣笠晨策氏、図面チェックは富永隆氏、赤池喜代子さんであった。

先ず手掛けたのが、新たに FL281、FL282 の設計基準書作りだった。それまで別系統だった大口径をファミリーとして扱うことも重要な課題であった。

そこで設計基準として、

- ① 平均流速  $1 \text{ m/sec}$  の時の起電力を全サイズ  $1 \text{ mv}$  になるようにコイル設計をする。
- ② コイルはコサイン巻き。磁界範囲は  $1.5D$  とする。
- ③ 標準サイズを FL281 は  $1/4, 1/2, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12$  インチ ( $6, 12, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300$  ミリトル)

FL282 は  $400, 500, 650, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1350, 1500, 1750, 2000, 2300$  ミリトルとする。

パイプは、FL281 は全てステンレスパイプにテフロンチューブの挿入とした。

FL282 は全て、ポリウレタンゴムの遠心鋳造とした。これだけのサイズの試作と図面化を 1 年で達成する。と明言したのは正に若さの至りであったと思う。

図面化に当たり、共立技研の小林茂さんを始め、遠藤さん他の多大なエネルギーを投入して頂いた事を記しておく。

1963年秋の‘64計測展では12mmから300mmまでがそのまま展示されたが、1964年10月の晴海での第10回計測展（この年から計測展の冠に西暦がつくのはなくなった）に合わせて新型電磁流量計 FL281SFとして大々的に発表した。ステンレス管に戻したというのが基本であるが、実績で浮かび上がった過去のトラブル一掃の整理により結果として北辰電磁の名前が定着し、化学、鉄鋼、紙、水処理等あらゆる方面で活躍し、黄金時代を形成していった。

この作業は、結局6ヶ月遅れで達成されたが、1965年10月完成キックオフ直前に部課長制が廃止を含む大規模組織変更で、この強力メンバーは解体された。

### トピックス（I）

1961年（昭和36年）頃の電磁流量計の製造部で行っていた実流テストは、台秤りの上に家庭用の風呂の湯船のような大きさの金属製の缶に、流量計を流れた水を可動式のトユを「エイッ！」とばかり動かして、その缶に入った水の重量を計測して、実流計算をして目盛りを合わせていた。もう少し合理的に出来ないかと言うことで、スタンドパイプ式の実流テスト装置を考案することになった。

流量計に流した水を、円筒形のスタンドパイプの上から、大形のシャワーを通して降らせ、発信器を通過する水の流速が変わらないようにして、スタンドパイプの側壁に多数の電極を取り付け、水位の上昇時間を測定して実流量を計測するようにしたことで力仕事を解消した。この設備は生産効率をかなり向上させたと思う。その頃の作業メンバーは、芹田さん、太田さん、神谷さん、鈴木さんだったと記憶している。

### トピックス（II）

1962年（昭和37年）頃と思うが、ELT530が完成し、検査出荷することになった。小林保氏の開発によるものと承知していた。この変換器の出現でFL280+ELT530の組み合わせだけで実流テストが行えるようになった。それまでは、FL280+FL290（真空管アンプ）+記録計（ポテンショメータの役割を果たした。）の組み合わせであった。オッシリコを観察しながら90度分の補正を行う必要があったのだが、ELT530には90度分補正回路があつて、見事に自動補正するものであった。オッシリコのバランス波形が生きて見えた。これで一気に市場に於ける北辰の電磁流量計の存在感が増したように感じた。

### トピックス (III)

パイプ内面にテフロンチューブを挿入したものが、テフロンライニングと称して出荷されるようになったのだが、電極漏れを防ぐのに苦労があった。テフロンには電極を取り付けるとクリープ現象を起こし、時間が経つと電極で絞めてある部分のテフロンが伸びて薄くなってしまい液漏れを起こすといった現象に直面した。技術部、設計部が対策に頭を悩ませたが、半形ネジ構造の電極をバネで押さえる構造が考案され解決した。それをさらに改善し、発信器内面に電極がツライチになるようにしたことで、電極問題は無くなった。

# 驕れる者久しからず

～～～ 黄金時代から戦国時代へ ～～～ (1966～1978)

森 浩一

## 1：大口径電磁

北辰の組織は1957年4月に研究所と計器工場に分かれたが、1960年1月からは研究所（堤所長）、第一事業所（中松事業所長）とより明確に二つに分かれた。

事業所の方で中小口径の製品開発（FL280, FL281）が行なわれる一方で、研究所の第一研究部（渡部部長）では大口径の電磁流量計の開発が行なわれていた。その中心人物こそ枝本章雄さんである。東北大学の大学院を出て北辰に入った枝本さんは当初トランジスターの開発に携っていたが、北辰の体力ではそれを続けることが出来ず、電磁流量計に転進されている。

枝本さんは1967年頃北辰を退社され、既に鬼籍に入られており、その後を引き継いだのは浅田康夫さんであった。浅田さんは1962年の入社以来1979年に営業（PM）に移るまで電磁流量計の設計一筋の人であるからこの稿を書くに最適であるが、現在も多忙のためにそれが得られず、やむなく非力ながら私が跡を追ってみることとなったのである。

大口径電磁流量計は基本的には中小口径と変わらないが、口径が400mm以上と大きく、用途はほぼ上下水道と工業用水に限定され、あまり耐食性が要求されず、しかも常温で使われる。しかし発信器が地下のピット内に設置されることが多く、したがって完全水密構造にすることや、水圧に耐える構造、それにそれ自体重いので構造的な堅牢さは絶対に必要な要件であった。

もう一つの問題は目盛りをいかに正確に行なうかであった。大流量なので簡単に実流でチェックできないのできまざまな工夫が必要であった。この稿は技術史を書くことが目的ないので詳述は略すが、早い時期から客先に納入して客の協力の下で実績を積んでそれが他の客の信頼を受けてさらに実績を積んだのは大きかった。

最初の大口径の納入は大阪市市岡下水処理場で、それに続いて四国電力加茂発電所に口径1000mmの電磁が納入されている。これらは1961年後半で、中小口径でFL280が急速に実績を積んでいる頃である。この四国電力への納入では従来発電所で行なわれていた水圧鉄管流量測定法との比較実験を行なう機会に恵まれ、その結果が公表されて評判になった。

1963年には大阪府村野浄水所に1500mmの大口径が、そして1964年には当時で世界最大の2300mm、全長5000mm、重さ9トンの大口径電磁流量計を4台、金額にして4290万円を水資源公団から受注して大きな話題になった。

こうして急速に実績を重ねた結果が1964年1月の実績表に示されている。この時

点では大口径ではほぼ北辰の独占であったと思われる。

大口径電磁流量計受注実績表 39-1-28

客 先	設 置 場 所	口径 (mm)	台数	備 考
大阪府 府	汚 水 处 理 場	450	2	下 水
"	"	600	2	"
四 国 電 力	加 茂 発 电 所	1,000	1	水
大阪府企業局	正 雀 处 理 場	500	1	下 水
"	"	700	1	"
日 本 鋼 管	し ゆ ん 漁 船	500	1	泥 水
大阪市役所	描 間 川 抽 水 場	400	1	下 水
"	"	600	1	"
神 戸 市 役 所	水 道 局 配 水 場	400	1	上 水
大阪府水道局	村 野 浄 水 場	1,500	1	"
千 葉 県 府	五 井 南 部 用 水 場	1,000	1	工業用水
水 野 組	し ゆ ん 漁 船	670	1	泥 水
京都市水道局	鳥 羽 下 水 处 理 場	400	2	下 水
日 立 製 作 所	大阪住吉下水処理場	800	1	"
明 電 舎	し ゆ ん 漁 船 用	750	1	泥 水
日 本 鋼 管	"	512	1	"
京都市水道局	山 内 浄 水 場	1,520	4	上 水
"	"	1,350	2	"
大阪市土木局		600	1	
石 川 島 播 磨	し ゆ ん 漁 船	600	2	泥 水
荘 原 製 作 所	和 歌 山 塩 屋 处 理 場	900	1	上 水
大阪府水道局		1,500	1	"
名 古 屋 水 道 局	千 年 下 水 处 理 場	500	1	下 水
愛 知 県 水 道 部	知 多 用 水	1,000	1	工業用水
水資源開発公団	利 根 導 水 路	2,300	2	
"	"	2,300	2	

なお大口径の記録は1970年に静岡企業局に納入された2400mmで更新されている。これは全長5200mm、重さなんと19トンであったという。

1963年2月に研究所と事業部の技術が統合されて、堤技術本部長の下で、枝本技術部次長が開発側を、宮道係長が設計側を掌握して、大口径は中小口径と同じ路線で統一され、電磁の北辰の黄金時代を築いて行ったのである。この辺りの経緯は迫力ある宮道繁氏の証言がよく叙述している。

## 2：競合各社の登場

魅力ある新しいタイプの流量計に同業各社が黙っているわけがない。

横河電機も北辰の試作と同じ時期に着手していたが、こちらは夙に Foxboro と提携していたので 1957 年 6 月号のオートメーションに有馬敏彦氏と大野勇氏が Foxboro の製品を紹介して、そのアンプや記録計部分を自社で作る姿勢を見せ、後に発信器の国産化を開始した。

1959 年にはテーラー島津がテーラーの製品を国産化した。日立も早くから電磁に目をつけていて、1961 年には製品を発表している。

1966 年には日立が第二世代の製品を出し、その年、東芝も参入した。1973 年には大口径分野に日立が参入して、2000 mmまで実流検定できるのは自分の所だけだと宣伝してきた。

富士電機は 1970 年から北辰の製品を OEM で販売を開始し、1973 年には愛知時計が中小口径に参入した。

1970 年を過ぎて、今までの勢いだけでは続かず、よりきめ細かい対応と技術革新が求められるようになって初めて北辰は守勢に回った。新製品は 1964 年発売の FL 281SF を最後に若干の市場対応を除けば、以下に述べる 1973 年の FL 501 / 511 まで待たねばならなかった。市場シェアは 1975 年には 50% 近くまで行ったが、それをピークに毎年下落して行った。それでも永年の実績から 1 位の座は最後まで譲らなかった。ちなみに 1978 年度の国内シェアは北辰が 36% でトップ、ついで日立（16%）、横河（14%）、東芝（12%）、山武（12%）と続いている。欧米ではいずれも F & P 社が一位で、米国では Brooks, Foxboro が続き、欧洲では Krohne, Kent が続いていた。

しかしながら北辰の電磁流量計市場での優位性は高度成長の続いた 1975 年までは安泰であった。（高度成長期は 1973 年 11 月に終ったとされるが、設備投資はその後 1 年くらいは続いた）このころまでは水処理の大規模投資が続き、また電磁流量計が水処理と並んでもっとも得意とする紙パルプ業界の投資が好調であったから。

## 3：山武の追撃

70 年代になってさまざまな応用に呼応した標準外の電磁流量計が出現した。その一つが横河電機が高炉の羽口漏水検知にしか用途のないと思われる双胴型（TWIN 型）電磁である。これは漏水検知では入口と出口の流量比較を行い必ず 2 個が対で使われるために共通の胴体で逆向きの流量を測定し、コストと設置スペースを節約するものである。これも営業から開発要求が出されたが、特許が壁になり北辰では追随しなかった。ただこの場合は用途が限定的であったし、カルマン渦流量計での対抗策もあって、大きなインパクトではなかった。

同じ頃山武ハネウエルが潜水型電磁流量計なるものを発表した。これは従来せき式流量計やパーシャルフリューム流量計が主役であった開水路の工場排水に狙いを絞ったもので、開水路に仕切り板を設けてその下に電磁流量計を設置し、「管路の中で測る」という従来の電磁流量計の意表をついた製品であった。

70年代になって従来米国の製品を国産化して販売していた横河、島津が自社製品を発表してきた。1970年以来北辰製品をOEM販売していた富士電機も1976年に自社製品を発表してOEMを解消した。しかしあともっとも衝撃的であったのはそれまで米国ハネウエルの製品を国産化して細々売っていた山武ハネウエルが1976年にMagnetronライン電磁流量計でデビューをしたことであった。それはいくつかの点で斬新であった。

その第一は矩形波駆動、つまり従来の商用周波数での励磁に代わって、商用周波数の1/2ないしは1/4の周期の矩形波の励磁電流を用い、かつ信号はサンプルホールドするというアイデアである。後の低周波駆動と同じく数々のメリットがあり、一躍新規参入山武の名前が高まった。矩形波駆動を始めたのは確かに山武で、この後F&P, Krohne, フランスのシュランバーガーなどが追随したようである。

第二の特長は外挿型電極の採用である。電極構造には一般に平型、外挿型、尖頭型の三種類があつて一長一短があつたが、北辰の製品で外挿型を持つものはごく特殊な組合せでのみ可能であった。外挿型の長所は保守性である。即ち電極の交換を発信器本体を配管に取り付けたまま外部から挿入して行なえるようにしたことである。しかも清掃ばかりでなく、流体の腐食性などにより、最適材質の電極に交換することも可能にした。この当時の北辰の製品は工場に持ち帰って電極を交換したのであるからこれは営業には衝撃であった。（営業篇に掲載されている非鉄の電磁流量計（柿沼壽夫）の中でもこれのためにごっそり持つていかれたとの記述がある。）

第三の特長はモールドテフロンの採用である。ライニング材質の中で一般に耐食性でテフロンが最適であることはよく知られていたが、その加工性の困難さと価格から全ての応用に採用するわけには行かなかつたが、その頃出現した溶融成型可能なテフロン（モールドテフロン）をいち早く採用して実用化したのがMagnetronであった。従来のテフロンであるPTFEに比べて、モールドテフロンにくくられるFEPとPFAは融点が低く、高温でもクリープが少ないという長所を有していた。山武はここでパンチプレートを用いた特許で先行し、後の北辰のブリッジ板特許にクレームを付けてくることになる。

こうして山武ハネウエルの名声は一挙に高まり、北辰の王座は揺らいできた。営業は強い危機感を持ち始めた。

1973年に北辰はF501/F511を開発して、実に14年ぶりに計測展に電磁

流量計の新製品を出品することになった。

この製品は以下の点を狙いにしたと北辰ニュースの73年10月号に記載されている。

- (1) 分解、点検が容易になった。
- (2) 現場でパイプの交換が可能。
- (3) 小型軽量。
- (4) 信頼性向上。

ここで実現されたことは‘疑似不均一磁界’による面間短縮、二つ割構造による組み立てやすさの追求の実現、またその結果で重量が約1／3になったことであった。確かに組み立て工数も大幅削減ができて、コストはドラスティックに減少した。従来のFL281の欠点を的確にカバーしている。しかしこの新製品は市場を見るというよりはどちらかというと社内／工場を見ていた。営業が何を求めているかを見る目は不足していたといわざるを得ない。実際、この開発は技術部主導というよりは製造主導であった。このあたりの経緯は製造篇の「コストダウンを目指した新型電磁」に詳述されている。

(筆者は山武が彗星の如く出現した背景が知りたくて、今でも親しくしている大学の同級生で山武ハネウエルに就職した園部忠元常務取締役にそれを尋ねた。彼も私と同じくディジタル畑を歩んだから直接関わったわけではないが、調査して以下の四つの要因を知らせてくれた。

第一に当初山武はハネウエルの電磁を日本市場に出していたが、これの信頼性が乏しく、どうしても自社製品が必要ということで、VSI型コントローラーの開発で勇名を馳せた小川伸一郎氏をリーダーとして自社開発に邁進したこと。(ハネウエルが全ハネウエル社の創造的な技術開発に対してスウェット賞というのを授与していたが日本人で最初に受賞したのが小川氏。ただし MagneW ライン・シリーズで受賞したのは配下の福田隆平氏)

第二にハネウエルとの友好関係は双方に極めて有効に働き、技術者同士がとてもフランクな交流が出来たこと。

第三に当時ディジタル技術が興隆し、それを取り入れて矩形波駆動という新技術に到達したこと。

第四にハネウエルの影響を受けて日本ではかなり早い時点でマーケティング部門が出来て、技術とマーケティングの役割分担と相互交流が上手く働いたこと。

この最後の二点は残念ながら北辰に欠けていたと認めざるを得ない。60年代半ばから70年代初頭までの北辰では赤字の続いたディジタル部門は独立採算を課せられていて、アナログ技術との交流は薄かったから。)

#### 4：北辰の反撃開始

1976年、北辰にとっての電磁の開祖の一人で当時監査役の渡部勝さんは開発の遅れを指弾する痛烈なレポートを書かれている。「K r o h n e の製品計画に思う」という表題のこのレポートは当時の役員だけに宛てられたものである。ちなみにこのレポートのコピーを渡部さんが当時のS Tチームのリーダーをしていた酒井敏喜さんにも渡していたので我々はこれを知ることができる。

レポートにおいて、渡部さんは往時の北辰の電磁は世界の最先端を走っていたのに今や少なくも5年は世の中から遅れていると、具体的に Achema' 76 のカタログにある西独クローネ社の電磁流量計の低周波励磁、コンデンサーライプ電極、面間寸法において大きな遅れを指摘している。

その上で、マーケットインの考え方がない、開発リソースの配分に問題がある（渡部さんはシステムに過剰投入し過ぎているといわれているが）、このままでは企業は衰亡すると指摘されている。

これらは正に、競合各社の追撃にされた営業の不安、不満を代弁する内容であったと今にして言える。（当時はこの文書は公開されていないので一般の人は知らなかつた。）

後に電磁開発チームの課長として10数年に渡ってリーダーシップを取った嘉山長興さんは1975年に電磁流量計に関与するようになった。嘉山さんが最初にぶつかった問題は大口径の電磁流量計のゼロ点漂動の問題であった。その原因を大口径が故の構造変化からくるJ分のノイズであることを究明し、商用周波数では限界があることから、当時F&P経由で伝えられた低周波を初めて適用して大口径の問題を解決した製品が1978年に発表したF551+D503であった。これが先行した山武への反撃の第一弾であった。嘉山さんは、当時工計技術本部の副統括であった浅井さんからはこれで安心しているのではなかろうな、このままでは山武に中小口径の市場を攫われるぞ、即中小口径の低周波化をやれと厳命されたという。翌年中小口径も低周波化が完成し、さらにしばらくあとに業界で初めて精度0.5%の宣言して北辰の電磁健在を市場にアピールした。

1977年から北辰電機ではTQC運動が導入され、マーケットインの思想、並びに系統的な開発を推進すべく設計審査の徹底が認識されて、これを契機に電磁復権の動きが高まってきた。

それでもこの時点では日立がマイコン内蔵、東芝がDC24V駆動、欧米勢が容量型電磁、防爆用電磁、電極洗浄を謳っており、1980年5月に酒井さんが北辰の管理職会報で、電磁チームの代表として全社部課長に油断なく製品を充実していく決意を表明している。

# 電磁流量計 互換型変換器 ELT 5 4 0 の開発

横山 晃

## 1. 経過等

1966年頃 F&P 社から浅井 功さんが帰国され、技術部で北辰の大ヒット商品となつた デジタルブレンディング・バッティングシステム (DB-BS) の開発を始められた。私は入社以来 DP トランスマッターの変換部などアナログ回路の開発・設計を担当していたが、浅井チームで 電磁変換器の開発を担当することになった。

電磁については僭越ながら小林 保さん開発の名機 ELT 5 3 0 (全真空管式であった) の半導体化 (初段のみ真空管を残した) を担当したのがお付き合いの始めであった。

当時電磁は発信器と変換器の互換性の確保その他の問題の解決の必要に迫られ、F&P 社の方式を導入して互換型の発信器と変換器 (仮称 ELT 5 4 0) を商品化することになった。

## 2. 仕様、構造等

F&P 方式を元にした新互換型変換器の主要仕様は次のようなものであった。

### 1) 完全互換性

個々の発信器からの 磁束=励磁電流を表す比較電圧のレベルを、流速 1 m/Sec 時の信号出力 (公称 1 mV) の  $10^4$  倍かつ同位相に基準化する。これにより、発信器、変換器はそれぞれ個別にスパン調整が可能となり、故障修理時などに発信器・変換器と一緒に組み合わせて校正することが不要になる。

### 2) パルス数出力信号とこれによる比率演算

出力信号を 0 ~ 10 kHz のパルス数とアノログ 4 ~ 20 mA とする。パルス数出力はタービンメーター等のデジタル出力流量計に呼応している。

パルスは幅  $20 \mu s$  と一定で、これで比較電圧をサンプリングして比率演算を行う。これによりホール乗算器方式の横河への特許料支払いを免れる。

### 3) 性能向上： 導電率 $10 \mu S/cm$ 、 最小スパン $0.3 m/s$

導電率  $10 \mu S/cm$  は名目上従来よりも 1 ケタ低いレベルで、入力インピーダンスにして約  $1 M\Omega$  と高い値が求められる。最小スパン  $0.3 m/s$  というのは発信器の信号出力の実力値からすると、入力フルスケールは約  $0.2 mV$  と小さく、いずれもノイズの影響や回路の安定性が懸念されるところであった。

さらに回路は当然ながら全半導体化する。また F&P 社変換器の構造は、調節計等と同じラックマウント形で、各部回路ユニットが黒いプラスチックケースに入れられたのが 4 個ほどマザーボードに載せられている形状であった。北辰での設計ではラック形には否定的であったが、浅井さんがラック形を強く主張され、マザーボードとフレームの形状は

ラック形となった。これが後述する ELT500 の製品化につながることとなった。しかし電磁は現場で単体設置されるのが大半なのでラック形筐体では対応し難く、ELT530 と同様の現場型筐体にラック形のフレームと回路基板を収容することとなった。

### 3. 技術的課題と解決策

#### 1) 入力回路とノイズ対策

まずは入力回路のインピーダンスを高くしてしかもノイズを拾わないようにする必要があった。当時はまだ OP アンプの良いものが無くて単体トランジスタ入力でインピーダンスは上がらないので、F&P 社の回路と同様に入力トランジスタを使うこととした。入力トランジスタはパーマロイのコアに入力コイルを 3,000 回ほど巻いて、これをノイズを拾わないように 2 重のシールドケースに入れた。また回路基板の後端の端子盤接続部からの入力配線 2 本は基板の表・裏をツイストし、周囲を広く接地面とした。さらに電源トランジスタ (100V) は入力回路から離して回路基板の前の方に置いた。

このあたりの実装設計はノイズが心配なところであったが割とうまく行った。

#### 2) パルス出力とゼロ点調整

パルス出力は原理上パルス幅の  $20 \mu s$  が変動すると誤差となる。またパルス列が均等な間隔で発生することも望まれる。これらはさほど問題なく達成された。

工夫を要したのはゼロ点調整で、パルス数に 0 以下のマイナスは無いので、限りなく 0 に近いパルス数（例えばフルスケール 10 kHz なので 10 パルス／秒で 出力 0.1% となる）をゼロ点として調整する。これを目視で行い易いように、小さな放電管をパルスで光らせる。パルス数が多いと連続点灯しているが、少なくなると点滅するようになる。毎秒数パルスで点滅するところをゼロ点とする。

#### 3) 製造、サービスへの対応

本器の製造工程で調整・検査を確実・容易に行えるように、専用の調整ステーションを作成した。入力信号は 4 枝の高精度交流ポテンシオメーターを用いて発生する。90 度成分や、比較電圧、電源電圧の変動を加えて出力の安定を検査するなど必要な項目はすべてこのステーションで行えるようにした。

また当時の E ライン計器で初めて全数温度試験（50 度 C 24 時間）を行った。50 台ほどまとめて温度試験に掛けると、種々の初期不良、部品不良が出る。私は修理、原因調査と改善対策のため出荷開始後の 3 ヶ月ほどは製造部へ入り浸っていた。製造部の平向祐幸君や佐藤利通君、他の皆さんには大変お世話になった。おかげで早期に初期不良を解決して、その後は安定な生産が続けられるようになった。

客先現場での点検・保守作業のため、携帯型電磁変換器チェッカーを製作した。比較電圧と多回転抵抗器による信号発生器を備える。本器に接続して簡単な動作チェックとトラブルシュートが行え、サービスマンに喜ばれた。

## 4. 関連機器の開発・商品化

### 1) 防爆型 ELT560

ELT540を簡易防爆構造とするため、防爆型端子箱を設け、そこで配線接続を行う。端子箱と本体の間の接続をケーブルにすると防爆グランドパッキンが大きくてまとまらないので、ハーメチックシール端子を使って端子箱を直接本体の下部に取り付けられるようにした。

### 2) ラックマウント形 ELT500

鉄鋼業の連続鋳造プラントのように電磁流量計を多数使用する計装が出てきて、変換器もラックにまとめて設置するメリットが認識された。そこで本器の本来の形状であるラックマウント形の設計・商品化を行った。問題は端子盤との接続で、調節計などは本体と端子盤の間をフラットケーブルコネクターで接続して動作中も本体を引き出せる構造であった。ELT500の場合、フラットケーブルに信号線も電源線も一緒に通すと、ノイズを拾って誤差になる恐れがあった。そこでフラットケーブルを使わず本体プリント板後端を直接端子盤コネクタに挿入する方式とした。これでは動作中に本体を引き出すと停止するので、前面パネルの引き出し用ラッチは働くないようにした。

ELT500は前面に流量積算値を示す電磁カウンターを備えたモデルもありビジネス的には良く売れた製品となった。

### 3) 電磁流量差計の試作

鉄鋼の顧客から高炉の羽口漏水検知用電磁流量差計の開発依頼があった。発信器は丸いエポキシパイプの真ん中に仕切りを入れて、これと両側から3個の電極を出していた。パイプの両半分に往路と復路の水を流して差がなければ信号は打ち消し合う筈であった。変換器は当時ようやく実用になったOPアンプを使って、両側の流量信号をそれぞれ増幅してスパン合わせをして、その差を出力として電流指示計の中央をゼロとして表示する。

流体が流れているかどうか判るように、一方の流量出力を通常の指示計で表示した。実験回路を直ちにまとめて、1ヶ月くらいで試作品を作ったが、結局商品化はされなかった。

## 5. 結び

ELT540の回路は、ノイズの影響の他、ゼロ点付近では交流波形にパルスで帰還を掛けることになるとか、増幅部に加えて90度補償やパルス回路ほか要素が多いなど、安定動作が心配な面もあった。それで極力ゲインも帯域も小さくして不安定を防いだ。またそれら回路要素を理屈通りに構成したので部品点数も多くなり、コストは安くはなかった。それでも北辰電磁の黄金時代の変換器として役割を果たせたのは良かった。

私は回路屋で、電磁の本質部分である発信器とは殆ど関わりがなく、ELT540等の開発の後はpH計回路などを開発・設計して電磁から離れた。しかし一頃の北辰の主力機器の開発を担当できたことは大いなる喜びであり、人生の記念でもある。ご指導頂いた故 浅井功さんはじめ一緒に苦労して仕事をされた皆さんに心より感謝申し上げます。

## 短いエピソード

佐鳥聰夫

電磁流量計の長い歴史の中で、私が関与した短いエピソードをご報告したい。

1976年に出向先のF & Pから戻り、流量計開発グループの課長に任せられて間もなく、すでに販売中のF551発信器の後継製品F561（小口径）F571（中口径）を急ぎ開発するよう命じられた。新型に要求された条件は、高信頼電極、新型磁気コイル、PFAライニング、保守性向上で、開発期間は一年以内と厳命された。ただし、私のグループは発信器開発のみ担当した。

当時の流量計技術グループでは電磁流量計を渡辺正康さん、保理江義人さん、松永義則さんが担当していたが、皆製品の保守業務に忙しく新製品開発の余力がなかった。そこでPBフリュームを担当していた黒森健一さんを電磁開発に起用し、生産技術から移動してきた橋本敏さん・富士川克美さんにそれぞれ課題を振り当てる。

まず電磁の理論的基礎を固めるべく、当時電磁血流計の研究で知られた上智大学の金井研究室に、黒森さんが週一日通うようアレンジした。三ヶ月後金井先生に様子を尋ねたところ、「黒森さんには驚いた。わずか三ヶ月で英語とドイツ語の専門書各一冊を読み終わり、この研究室でまともに理論的ディスカッションができるのは私しかいない」と感嘆された。これが後年F & Pで磁界・起電力の三次元数式モデルを研究するきっかけになったものと思う。

橋本さんは生産技術の知見を生かし、作りやすい高信頼型電極を何十種類も設計・試験し、ついに「これならば絶対漏れない」という外挿型電極を開発した。この基本構造はその後横河の製品にも長く引き継がれたと聞く。

富士川さんはライニング技術の調査・開発に当たったが、ある日「佐鳥さん、大変だ。テフロンは薬液を通します」と言ってきた。彼が示したデュポン社の技術資料を読むと、「酢酸のように低分子量の薬液はテフロンを気相で透過する」とたしかに書いてある。それまで連日の電極漏れトラブルの対応に追われ、基礎の勉強をしていなかったのだ。電極の短絡トラブルの多くは、「気相で透過した薬液がテフロンチューブの外側で液相に戻り、電極を短絡させた」ためらしい。透過の仕組みが分かったので、それまでテフロンチューブをステンレスチューブに接着していたのを止め、逆にステンレスチューブにガス抜き用の穴をあけたところ、電極トラブルが大幅に減った。これは富士川さんの功績であり、テフロンの特性理解は、PFAモールド技術の開発にも寄与した。

さて自分自身はどうかというと、実は電磁については全くの素人だった。F & P出向前后は面積式とタービンメータを担当し、出向中は面積式と渦流量計の開発に従事したので、電磁を学ぶ機会は一度もなかった。しかし、技術課長という立場上、開発プロジェクトのスケジュール管理は当然しなければならない。当たり前の工程表を眺めているの

も芸がないので、学んだばかりの「PERT 図」による管理手法を試みることにした。これはプロジェクト全体を構成する各作業の相互依存関係を線図にまとめ、時間の一番長い経路（クリティカルパス）を見出して、所要時間の短縮を図る管理手法である。実際の作業は膨大な計算を伴うのでコンピュータが必要だが、当時はまだパソコンもなく、パンチカードの束を IBM 室に持ち込んで計算を依頼した。そのデータを眺めていたある日、F571 用矩形コイルの捲線器がクリティカルパスとして浮上してきた。捲線器が特殊な製品で輸入に半年も掛かるのだ。これに気付いて図面もできぬうちに捲線器を発注し、辛うじて開発期限に間に合った。

長い電磁の歴史の中で F561/571 の開発はほんの短いエピソードだが、その後のデザインの先導役を果たしたのではなかろうか。ここに名前を挙げた方々の他、変換器技術グループ、設計、生産技術、組立の関係者がよくご協力くださいました。当時のプロジェクト進行係として改めて御礼申し上げる。

## IV 1980年代躍進前夜の熱気

～～～ 流量計戦略と新電磁の開発 (1979~1983) ～～～

嘉山 長興、源馬 宏一郎、  
黒森 健一、松永 義則

### 1. 流量計戦略

1979年10月に北辰電機で14年ぶりに部課長という呼称が復活して、大きな組織変更が行われた。工業計器の技術部は、その年に常務取締役になった浅井功本部長がトップとなり、計測技術部長は小林保、制御技術部長は吉井征治、設計技術部長は関口正一、技術管理部長は森浩一という体制になった。それまでの特許標準部門（技術管理部も前身）が特許に特化していたのに対して、この時点からの技術管理部は特許を含む技術行政全般を担うことになった。その中で一課が事務的な管理、二課が技術的な管理、三課が特許という布陣で、二課（2技管と称した）の課長は源馬宏一郎が担当した。源馬がまず着手したのは流量計戦略の立案であった。

当時の北辰は、差圧式、電磁、超音波、カルマン、面積式、タービン式、各種開水路流量計と、数多くのタイプの流量計を製品化し販売していた。源馬は当時PM部の浅田康夫や各業種IMの中堅メンバーの協力を得て、諸種のデータを入手・整理し、半年近くかけて、主要プラントでの計装例も集めて分析を行なった。

結論として、数多くのタイプの流量計を維持販売するのを止め、エレクトロニクス流量計（差圧、電磁および超音波）とメカニカル流量計（カルマン渦、面積式、タービンなど）に大別し、前者に開発リソースを集中すべしとした。最近言われている「選択と集中」路線を提案したものであった。今考えると、浅井本部長が、流量計の素人であった源馬に流量計戦略をやらせて、技術部やPM、製造の反対勢力を抑え込もうとする手立ての一つであったと思い至る。なおこの戦略レポートをもっとも詳細に読んで、源馬を質問攻めにしたのはPM部長の松山裕であった。源馬は、書類を沢山積んだ松山の席に呼ばれて、データの根拠や考え方を詳細に説明させられたことが忘れられない。

その後、流量計タイプの類別については、メカトロニクスという中間領域も考えたほうが便利となり、

- (1) メカニカル：容積式 (PD メータ)、タービン、面積式
- (2) メカトロニクス：差圧式、カルマン渦式
- (3) エレクトロニクス：電磁、超音波、コリオリ

と分けられるようになった。上記の類別（1）、（2）については、流体のエネルギーを利用して信号を取りだすタイプであり、（3）については外部からエネルギーを加え、流体との相互作用による変調成分を信号として取り出すタイプである。その後30年の

流量計の歴史をみると、よりエレクトロニクスの比重が高い流量計タイプへ変遷しつつあり、当時の戦略がいかに先見性のあるものであったかがよく分かる。

余談ながら、北辰がやめたメカニカル流量計については、小さな流量計専業メーカがしだいに勢力を伸ばしてきたのをみても、この戦略は正しかったと言える。また当時、流量計の主力タイプであり現在も主力である差圧式は、広汎な適用範囲、シンプルなオリフィス構造、膨大な実績、整備された標準規格の特徴のほかに、80年代後半の半導体シリコンセンサの技術インパクトがいまなお続いているとみるべきだろう。

## 2. 新電磁の開発

差圧式については、ちょうど発売開始した DPF の市場での好評が確立しつつあったことから、つぎに新電磁シリーズの開発を最優先で進めることになった。折しもデミング賞準備で、源馬は 2 技管の設計審査などの開発手法の改革を推進する立場であり、新電磁シリーズ開発の最初からプロモーターの立場で深く関与した。

製品企画段階で下記のチャレンジングな目標が立案された。1 機種や 1 シリーズに限定されるものではなく、電磁流量計全体の製品ラインナップを一新しようとする画期的な企画であった。

- a) 短面間化（中大口径）
- b) 一体形とウェハータイプ化（小口径）
- c) マイコン電磁（中大口径用変換器）
- d) PFA ライニング

実際の開発は、それまで流量計課長であった佐鳥聰夫が海外関連の業務に異動となつたため、電気関係（計測 4 課）を担当していた嘉山長興が流量計（計測 2 課）をも担当することになり、新電磁全体の開発をリードしていった。嘉山課長のもと、計測技術部では変換器チームは鈴木一宇、鳥丸尚、秋山均、関口敏夫、検出器チームは黒森健一、松永義則、西山清、太田博信、西島剛志、土田亨らが担当し、設計技術部では大野康雄、橋本敏、田名網健雄、伊藤峰夫、吉川修、生産技術部では藤澤武彦、渡辺幹男、染谷治男、富士川克美が主に担当した。もちろん、開発が DM 段階から TP 段階に移るにつれて、製造拠点であった三重北辰の酒井敏喜工場長はじめ多くのメンバーの協力がなければ、実現には至らなかつた。

### 2.1 中大口径の短面間化

1960 年代の検出器は、いかに均一な磁界分布を形成するのかが、電磁メーカの大きな課題であった。1962 年 Shercliff は「Theory of Electromagnetic Flowmeters」の本を著し、管軸方向に 2D 以上で、管断面全体にわたって均一な磁界分布を形成すれば、軸対称な流れに対してつねに平均流量を出力することを示した。均一磁界分布のもとでは、流れが軸対称から外れると誤差が生ずる。多くの設置環境では流れは軸対称とはい

えなかつた。

1965 年、ドイツ F&P の Rummel&Ketelsen は、従来の均一磁界ではなく、重み関数の逆数になるような不均一磁界を形成すれば、非軸対称な流れに対しても、平均流量を出力するという特許を出願した。1970 年代には、実際にアメリカ、ドイツの F&P やドイツ Krohne で不均一磁界の検出器が開発され始めた。

70 年代なかばに、北辰でも技術部の渡辺正康が、大口径に不均一磁界を形成する菱形コイル（ダイアモンドコイル）の試作検討を開始していた。「不均一磁界を採用すると短面間が実現できそうだ」との見通しが電磁メーカの間で広がっていた。

短面間化とは、当時の電磁（中大口径）の流れ方向の長さが  $1.3 \sim 1.5D$  ( $D$  : 管口径) あつたのを  $1.1D$  にしようというものあつた。電磁の据付や周辺の配管が楽になることや、建屋のスペースが減るなどのユーザーメリットも大きいうえに、材料費が大幅に減るので、原価競争力がぐんと増す。変換器も含めて考えると、口径が大きいほどこの効果は効いてくる。このメリットは当時の関係者間で必ずしも共有されていた訳ではないが、重要な点である。

一方、変換器のほうでも、小林技術部長の発案のもとに、商用周波数の偶数分の 1 の低い周波数でパルス的に励磁し、磁界の直流成分の一定時間サンプリングする低周波励磁方式が検討され始めた。この方式を採用すると、商用周波から混入する電磁誘導・静電誘導ノイズが除去されて、ゼロ点が飛躍的に安定する。この低周波励磁方式の開発は、新電磁の企画より前、1975 年頃から新任の嘉山課長のもとに、鈴木、古野、鳥丸が開発を担当した。

この低周波励磁方式と検出器の不均一磁界を組み合わせて、 $0.5\% \text{ of Rate}$  の精度を実現することが目標となつた。開発を進めるには、通常の試作実験のほかに、当時出まわり始めたパソコンを使って、できるだけ試作回数を少なくして開発期間を短縮することが重視された。検出器チームの松永は自宅のパソコン PET2001 を使いながら、一つ一つの励磁コイルによる磁界分布を計算した。この磁界分布と、一定の仮定した軸対称流の流速分布と重み関数を乗ずれば、計算上、電磁の出力が得られる。なお、非軸対称流の流速分布については、小口径について土田が多数の実験を行い、配管要素ごとの必要直管長を求めた。このデータはその後の JIS 配管推奨基準になつてゐる。関根常務の友人であった元早大理工研教授 町山先生が勤務されていた日本工業大学の実流試験設備と学生の協力は、データ採取に不可欠であった。

中大口径の短面間化は、松永の計算したコイルをもとに西山、黒森が実験的な検討を行つた。電磁の特長として流体の導電率が一定以上ならば、出力は変化しないことが挙げられる。面間を短くしていくと隣接管の状態（内面の導電性・絶縁性、管材質の磁性）で影響をうけることが予想された。当時、小口径の小サイズで導電率試験を行うのが常識であったが、口径  $150\text{mm}$ , 面間  $1D$  の検出器を試作し、 $50\ \mu\text{S/cm}$  以下の大量の脱イオン水を使って実流試験をしたところ、 $\sim 10\%$  もの大きな誤差ができることが判明した。

この結果、「世界最小面間」という新電磁の特長の一角が崩れてしまった。しかし、この経験は80年代後半、横河電機との合併後の新しい電磁 YEW MAG シリーズでの面間設計手法の確立へ引き継がれた。この設計手法には、1980年ごろ米国 F&P で電磁の理論解析を行っていた黒森の測定管内の回路網シミュレーションが役に立った。

大口径検出器については、短面間のほかに多電極にも触れておきたい。1978年頃、日本の医療用電磁流量計をリードしていた上智大電気工学科の金井寛先生の指導を受けながら、多電極の電磁流量計の検討を開始した。大口径は直管長がとれない設置例が多いので、流速分布の影響を少なくするため、磁界のみでなく、電極の数と配置をかえる検討を進めた。黒森が小口径で流速分布の影響をへらす効果があることを確認したあと、中口径では西山が日本工大的学生の協力を得ながら、2対の電極を従来の電極軸から  $20^\circ$  離して設けると、いろいろな流速分布変化に対して強いことを見出した。多電極電磁は1984年のYEW MAG 以降、口径 500mm 以上の大口径検出器に適用され、「磁界分布のみではなく電極配置についても流速分布の影響を減らしている」とアピールした。

## 2.2 小口径の一体形電磁 (RINGFLO)

それまでの小口径は、中大口径に比べて、面間/口径比が非常に大きい。1980年、この点に着目した米国 F&P は、極端に面間を短くし、変換部を検出部のうえに搭載した新しい電磁流量計シリーズ Mini-Mag を開発した。アイデアはエレクトロニクスを担当していた Roy Schmock で、技術部の検出器開発のボスであった Elmer Mannhertz が設計した。

サイズ 25mm 以下ではハウジングケース鉄物にボルト穴を設けるという斬新な構造であり、サイズ 40~100mm ではボルト貫通部の内側に検出器を形成し、両側のフランジの間に長いボルトを介して挟み込んで接続するものであった。これらのフランジを使わないで接続するタイプをウェハータイプと呼んでいる。北辰では深町一彦によって RINGFLO と名付けられた。

ハウジング鉄物設計の経験が乏しかった松永は、機械設計のベテランである技術部1課長三沢武則の指導を受けながら、鉄物図面との格闘と鉄物メーカーとの折衝に明け暮れた。基本的な磁界分布は不均一でコンパクトになるものの、ハウジングが非常に小さくなつたため、磁束の一部が漏えいし、近くを通るボルト材質（磁性・非磁性）の影響が懸念された。松永は新しい磁界解析の手法を探りしながら、磁束を閉じ込める検討を進めた。またフランジに挟み込まれるときに測定管にかかる応力の解析には有限要素法が数多く使用された。設計技術部の田名網は、小口径、中大口径に限らず、有限要素法による応力解析を電磁検出器の設計全般へ適用すべく精力的にリードしていった。

それまで変換部のエレクトロニクスは、配管から離れた分離形変換器内に置かれるのが常識とされていたが、この RINGFLO ではエレクトロニクスが配管のすぐ上部に置かれる。当然ながら電子部品の耐震性・耐熱性などに厳しい設計条件が課されることに

なった。分離形検出器の場合、流体の耐熱温度は PFA ライニングでは 160°C であったが、一体形では電子部品の耐熱性が限度となり流体温度は Max100°C に設定された。この上限温度を決める際にも、新たに熱伝導解析が必要とされた。

チャレンジングな目標を達成しようとするときには、新しい解析手法なり設計手法の開発が必要となる典型的な開発事例であった。さらに TQC 活動や田口メソッドが注目される一方、PC やワークステーションの普及と相俟って、従来、大学の中でしか実施できなかつた高度な数値解析が、メーカの技術部でも容易に実施できる環境が整ってきたことも、これらの開発を後押しした。

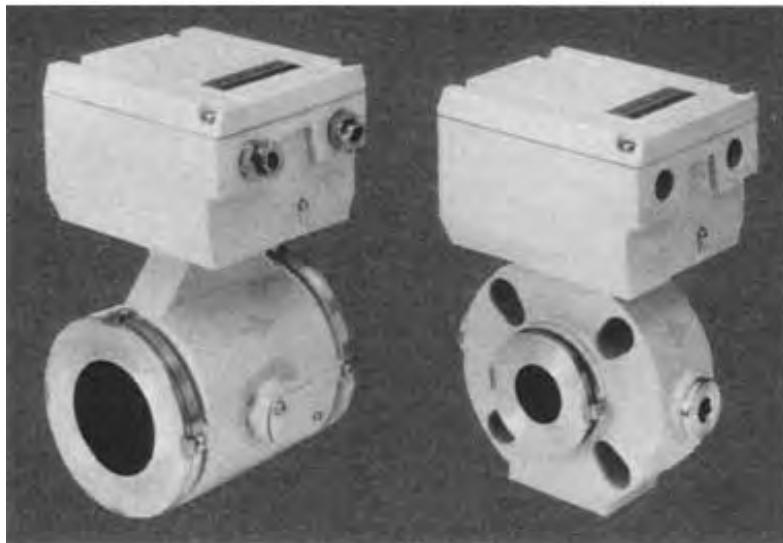


図1 RINGFLO の外観

### 2.3 マイコン電磁（中大口径変換器）

マイコン電磁は源馬が強く推したもので、周囲から「アナログ派だ」と思っていた小林保部長が会議で「やろう」と宣言したのには、一同ビックリしたものであった。変換器全体の開発は鈴木一宇がリードし、マイコン関係は関口敏夫が担当した。関口は後にフィールドバス対応機種の開発にも携わり、フィールド機器開発者の中ではもっとも情報関連技術に精通していた。1976 年開発された D501 のデザイン（板金ではなくアルミ鋳物ケースを採用）を引き継いだ低周波励磁の変換器 D503 が 1978 年にリリースされた。低周波励磁の検出器は、最初に大口径から開発され、変換器 D503 と組み合わせる検出器 F551 が、同じ 1978 年にリリースされた。

マイコン電磁変換器は、この D503 にマイクロプロセッサを搭載するもので、1982 年 D551/D552 (D552 は大口径検出器と組み合わせる) としてリリースされることになる。低周波励磁に関しては、電磁で新規参入してきた山武が 1976 年 ‘矩形波励磁’ として販売していたので後を追う形となった。山武の矩形波励磁は 2 つの DC 状態をパル

ス状に励起する正負の‘2 値励磁’であったが、北辰は正、0、負の‘3 値励磁’で対抗した。また励磁周波数は 50(60)/8Hz とした。低周波励磁がスタートしたころ、電磁各メーカは励磁周波数に関して手探りの状態であった。米国 F&P は商用周波数の 1/16、北辰は 1/8、他メーカは 1/4 などを採用していた。

この励磁周波数の設計にあたっては、低導電率流体が流れるときの流体ノイズ（フローノイズと呼ぶ）とスラリーノイズ（後述）の問題が避けられないことがわかつてき

た。フローノイズについては、横浜国大の電気化学の朝倉先生に教えてもらひながら、渡辺正康や松永がその特性を調べていった。フローノイズは流体の導電率、粘度が低いほど大きくなるが、その周波数特性が  $1/f$  であることが大きな問題であった。つまり励磁周波数が低くなるほど、フローノイズのノイズ成分が大きくなり、せっかくの DC 状態が大きく変動してしまう。フローノイズは流体の帶電現象ともいえるものであり、電磁流量計の開発には電気、機械のみならず、電気化学の知識も必要なことが痛感させられた。

低周波励磁は、商用周波のゼロ点変動に対しては飛躍的に改良されたが、電磁が得意とする紙パルプのようなスラリーに対しては、出力が変動するという新たな問題が発生した。スラリー内の固形粒子が電極に衝突するとき、DC 的なノイズ成分を発生させ、低周波励磁の DC サンプリングの際、ノイズが乗りやすくなることがしだいにわかつてき

た。低周波励磁方式でこのノイズを削減するため、スラリーモード（励磁周波数は、50 (60) /2 Hz のやや高い周波数で正負の 2 値励磁方式）やレートリミット機能（出力の突変を抑えるためのソフト機能）を追加して、紙パルプ業界のユーザに対して積極的に対応した。しかし紙パ・プラントのなかで、種箱直下の電磁流量計の大きなノイズ出力に対しては、対策に大変苦労した。抄紙マシンへ導入されるラインの原料タンクである種箱には、バージンパルプや古紙に混じっている金属不純物がスラリーノイズの原因であることが徐々にわかつてきたものの、種箱の下流では各種の薬注液がよく混合されないで流れるため、導電率不均一な流れによる DC ノイズ発生の問題も重なって、対策を一層困難にしていた。

この問題を解決するため、小林部長は畔上忠とともに、2 周波励磁のアイデアを考案した。この 2 周波励磁の特許は、横河電機との合併後、YEW MAG の次の世代の電磁シリーズ ADMAG で具体化された。

商用周波から低周波励磁を経て 2 周波励磁へと変遷していく励磁方式の歴史は、「電磁流量計開発はノイズとの戦いである」といった先輩たちの言葉そのものであった。

## 2.4 PFA ライニング

ライニングの本質的な機能は、起電力を短絡させず“絶縁”することにある。また“流体に冒されない”ことも重要である。それまでは市販のテフロン（TFE）管を後加工して、管の中に内張りで挿入していた。しかしこのテフロンライニングには、電極部での

液漏れ問題や管路が万一負圧になると潰れてしまうなどの欠点が多々あった。当時の電極は、パイプ内面の内側から内挿する構造をとっていたため、小口径では組み立てにくい欠点があった。さらにテフロンと電極の境界面でシール圧がかかる箇所では「コールド・フロー(Cold Flow)」というテフロン特有の変形現象が起き、電極リークのトラブルは絶えなかった。

PFA ライニングは、その当時ようやく世に出たモールディング可能なテフロン材で、従来の欠点を解消するものであった。しかし競合メーカの山武は、すでに PFA ライニングを採用した電磁流量計シリーズを販売していた。重要客先から、山武の PFA ライニングは測定液が付着しにくいが、北辰のライニング (TFE,FEP) は付着しやすいというクレームが数件寄せられていた。低周波励磁とともに PFA ライニングでも、北辰は山武の後を追って挽回しなければならない状況にあった。

それまでテフロン TFE や FEP などはすべて外部の専業メーカー（日本バルカ一、ニチアスなど）に製作を委託していた。設計技術部の橋本と生産技術部の藤澤、渡辺は、三重北辰のキーメンバーとともに、PFA モールドの内製化を開始した。生産技術部の染谷、富士川は射出成型機（日精樹脂工業）や PFA 原料メーカとの難しい折衝につづいて、モールド充填治具設計の仕事が待っていた。内製化の初期には、モールドの条件出しに非常に苦労した。失敗すると、高価な材料が一度で無駄になるので、相当なプレッシャーであったようだ。この PFA ライニング内製化のときにも、三沢課長のサポートが欠かせなかった。

当時、山武が PFA モールドの際、パンチプレートを入れておく特許を先に出願しており、北辰はいかにそれを回避するかが大きな課題であった。パンチプレート特許は、ステンレス板にパンチで小さな穴をあけ、それを円筒状に巻いたパイプにしてモールド前に固定し、PFA 樹脂モールドの係止（固定）をねらったものである。これを入れると、負圧によってライニングが潰されないような機械的強度が得られる。

新電磁では、多数の矩形の穴を千鳥格子状に打ち抜き、ただし矩形を完全には打ち抜かないで、矩形の両端を残して樹脂の係止効果を出すものとした。北辰ではこれをブリッジ板と呼んでいた。山武のパンチプレートが引っ張り応力で持たせるのに対して、ブリッジ板は剪断応力で持たせるとして、山武特許に抵触しないと主張した。富士川は各種のブリッジ板を試作し、もっとも係止効果の高いブリッジ板の形状を検討した。ブリッジ板には山武の単なる円穴パイプに比べて、モールド時のパイプの位置決めが自動的に出来るという優位性があった。

PFA ライニングの内製化と並行して、設計技術部の橋本、田名網は、三沢課長の考案をもとに、電極構造を従来の内挿電極から外挿電極へ大きな設計改良を行った。PFA モールドのシール面に電極接触面が食いつき、シール性能を向上させるとともに、電極室内部に結露が生じても電極の絶縁劣化が起きない構造とした。またハウジングの外側から交換できる構造とし電極のメンテナンスをやりやすくした。

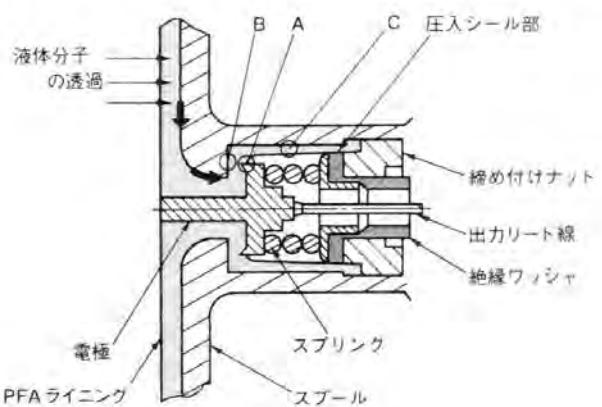


図2 PFAライニングの外挿電極構造

さらにこの構造は電極室とコイル室を分離しているため、万一電極漏れが生じても、コイル室や信号線には影響が及ばない特徴を備えていた。この外挿電極構造は、RINGFLOと合併後のYEWMAGに適用され、電磁検出器の最大トラブルであった電極漏れトラブルを著しく減少させることができた。

その後、RINGFLOとYEWMAGの25,000台で電極漏れが全くなかった実績をもとに、ハウジング外側から交換可能としなくともよいとの判断によって、この外挿電極は、基本構造を変えることなくハウジング内にすべて納めたADMAGの電極構造に受け継がれていった。

### 3. TQC

1981~1982年、新電磁の開発時期と並行して、デミング賞獲得をめざすTQC活動が活発となった。嘉山課長は、「RINGFLOをのぞき、電磁・超音波の開発はTQCが合格するまでペースダウンしてもやむをえない」とメンバーに話した。嘉山課長はPDCAとPERT(スケジューリング技法)を組み合わせた方法を発表。また浅野課長は品質機能展開、FMEA(故障モードとその影響分析)などの統計手法を発表した。全社規模のTQC審査の席上では、藤村宏取締役が中心となって対応した。TQC審査委員に対しては、多くの統計手法の一環として、有限要素法などのシミュレーション技法を紹介した。

有限要素法による応力解析が、いかに試作回数を少なくし開発期間を短縮するか審査委員がどれほど理解してくれたのかは分からぬが、「シミュレーション」という言葉が絶えず話され、設計技法の有力なツールになるとの予感と熱気に満ちた時代であった。

## V 合併後の最初の成果

～～～YEW MAG のリリース (1983~1985)～～～

黒森 健一

### 1. 合併前の横河電機の電磁流量計

70 年代の横河は、流量計においては、渦流量計にもっとも力を注いでいた。電磁流量計は、Foxboro の設計をそのまま持ち込んだ製品 MF シリーズとして製造販売していた。技術的には 60 年代の商用周波励磁のスタンダードな設計であった。中小口径は他メーカーと同じラインナップであったが、大口径は北構内の実流スタンドが 1000mm までしか使えないため、北辰や東芝に遅れをとっていた。また 70 年代、新規参入した山武のような技術的なインパクトのある製品を出せなかつた。ただ漏水検知用として双胴型の検出器が Foxboro で開発され、日本でも高炉の羽口冷却水の漏水検知に使用された。同じ磁界の中を、正方向と逆方向の測定管を並べて設置し、差流量を出力させるアイデアは注目された。

70 年代に電磁各メーカーが低周波励磁を開発していたので、横河でも遅ればせながらも「低周波励磁ユニット」の開発を始めていたころ、合併が発表された。そのころ、技術部の電磁担当者は、電気エンジニア 後藤茂をリーダーにわずか 3 名であった。

当時、両社の製品毎の打ち合わせをしていた PM 部の浅田さんから聞いた話が印象に残っている。「電磁流量計のエンジニアの数を比較すると、B（旧北辰電機）社は A 社（旧横河電機）の 3 倍以上もいる。しかし電磁の売上はほぼ同じぐらいだ。A 社の営業力の強さにはかなわない」と話していた。

北辰が 1982 年、マイコンを搭載した低周波励磁変換器 D551/552 をリリースしたころ、横河でもマイコンをいれた変換器の計画が進んでいた。そのまえの 1981 年、横河は渦流量計やオリフィスの適用範囲を広げるため、流量演算器 YFCT（温度・圧力補正して質量流量を出力する）を開発した。この YFCT のアルミ鋳物ケースを使って、電磁のマイコン入り変換器を開発する計画である。これらフィールド機器の開発は、システムからフィールド機器へ異動した深井吉士課長がリードしていた。開発メンバーは後藤茂、久保田龍作が電気関係、吉野昭男が検出器全部と変換器のメカ関係を担当していた。ただし、A 社の電磁検出器は Foxboro 図面をベースにしているため、生産技術部の三好課長のところで、検出器図面の管理を行っていた。A 社技術部で図面発行までやっていたので、仕事は北辰の計測技術部 + 設計技術部の範囲をカバーしていた。なお合併後、両社の開発部隊は工計技術部という大きな技術部の中にまとめられた。

## 2. 製品の統廃合と YEW MAG シリーズ

合併に伴う大きな課題は製品の統廃合である。1982 年北辰からリリースされた一体形 RINGFLO は、発売したばかりでもあったから引き続き販売することになった。電磁の主力であった分離形に関しては、何度も長い協議と検討の結果、変換器は A 社で開発中アンプの励磁方式を B 社の‘3 値励磁’に設計しなおすこと、検出器は B 社のもので進めることになった。B 社の検出器は、小口径は RINGFLO の検出部、中口径は新中口径として開発をすすめてきたもの、大口径は F551（低周波励磁、不均一磁界）としてすでに販売しているものを使うことが決められた。製品シリーズ名は A 社のよく普及しているロゴ YEW を冠した‘YEW MAG’ シリーズとなった。

A 社の開発していた電磁変換器 YMA11 は、製造や客先で面倒な仕事になっていた「仕様選択」を極力減らすため、‘All in One’をセールスポイントとしていた。この考えは深井さんの上司 田村久取締役の考えを強く反映したものであった。YMA11 には、A 社がその前から導入していた自動マルチレンジ（流量に応じて 100% のスケールが切り替わる）の特徴や、マイコンを活かした表示・演算機能が搭載された。YMA11 開発の最終フェーズはソフトウェアのデバッグであった。新しく電磁変換器チームに入った秋山均はソフトデバッグのため武蔵野勤務が増えた。（合併後 1 年間、B 社は下丸子勤務だった。）また、A 社の後藤、吉野は 1 年間下丸子勤務となり、開発業務のほかに B 社技術者に A 社の図面体系や膨大な技術ドキュメント（設計基準）を説明する仕事があった。大野課長率いる B 社の設計担当者（橋本、伊藤、田名網、矢島）にとっても、B 社検出器の膨大な図面を A 社の図面体系にしたがつて作成していく作業は、大変な労力を要するものであった。ただし大野課長と橋本は 83 年 4 月の正式合併までであり、そのあと、これらの図面管理をふくめた開発業務は工計技術部 2 課の嘉山課長と鈴木が引きついでいった。



図 1 YEW MAG 変換器と検出器群の外観

さらにB社の設計担当者にとって、A社のインダストリアルデザイン室（ID室長：佐久間修）の活動は目新しいものであった。外観の色とデザインはID室が決定権を持っていた。それまで両社とも工業計器の塗装色はプラントでできるだけ目立たない色が使われていたが、YEWMAGでは、本体：アイボリー・ホワイト、端子箱蓋：モスグリーンのツートーンカラーが採用された。

A社、B社で合併前からそれぞれのシーズを仕込んでいたことから、YEWMAGシリーズは合併からわずか1年後の1984年にリリースした。合併後の初の大型製品の発表であり、フィールド機器にしては大きな反響を呼んだ。

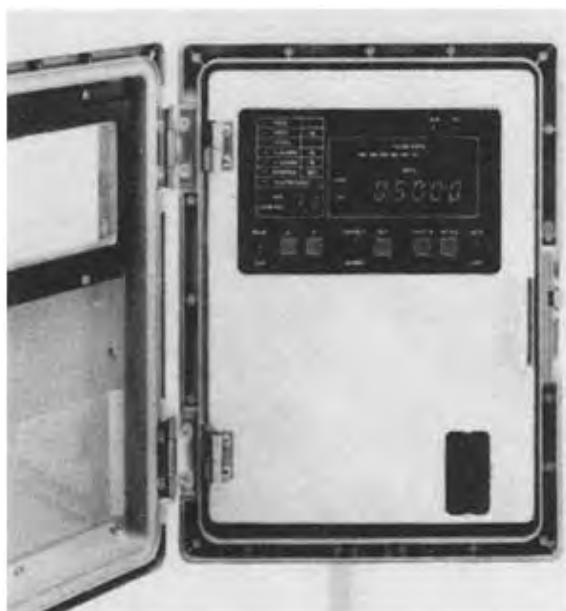


図2 YEWMAG 変換器の操作パネル

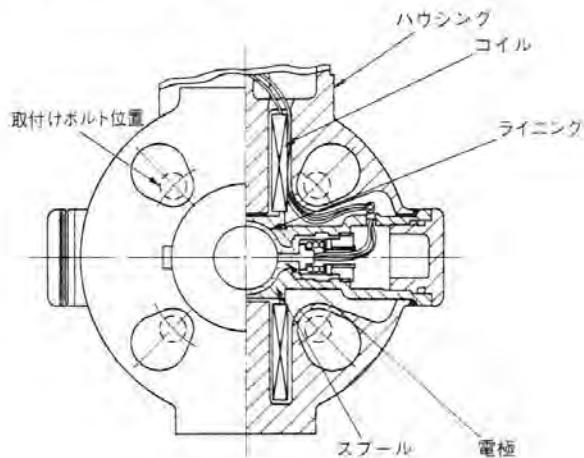
### 3. Compact YEWMAG (CYM, 一体形電磁)

電磁流量計主力の分離形をYEWMAGとして発売したつぎは、一体形の開発が待っていた。一体形の変換部はRINGFLOの変換部をさらに小さくすることが求められた。小型化するため、多くの素子をまとめてIC化するHybrid ICの技術が活用された。一体形の変換部は、両社の電気エンジニアが協力しながら設計を進めた。中でもRINGFLOのときから変換部エレクトロニクスを設計したB社の鳥丸、関口がリードしていった。変換部メカ設計ではA社の若い設計マン吉野とB社設計担当者の伊藤、矢島らとの緊密な協力態勢ができあがった。

小口径RINGFLOの検出部は、それまでの耐圧防爆の構造を一変させるものであった。すなわち、それまでの防爆ケースは信号線・コイル全体を大きな耐圧ケースで閉じ込める構造をとっていたが、RINGFLOでは樹脂充填防爆（コイル室をエポキシ樹脂で充填し爆発性ガスが存在しない状態とする）という新しい考えのもとに、防爆性能の承

認をとりつけた。電極周りの本安防爆とコイル室の樹脂充填防爆を組み合わせる B 社考案の手法 ( $i+d$  防爆) である。この RINGFLO の考えは分離形の YEWMAg の小中口径にも適用され、防爆タイプ YEWMAg としてリリースされた。

(a) 口径25 mmの場合



(b) 口径50 mmの場合

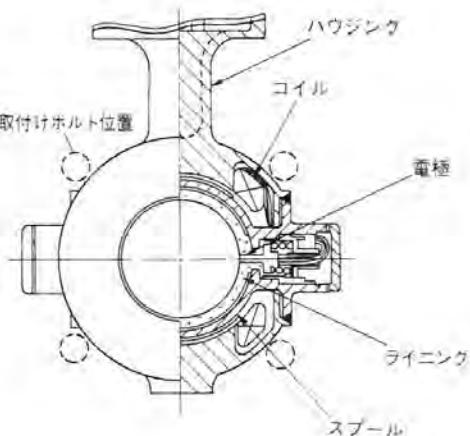


図 3 RINGFLO 検出部の構造

一体形はアメリカでは Integral type とよばれたが、ヨーロッパでは Compact type とよばれていたので、合併後のあたらしい一体形は Compact YEWMAg と名付けられた。この外観デザインにも、ID 室が関与し、従来の分離形端子箱を横に膨らました感じの一体形アンプが形となった。当時はやった映画「E.T.」の異星人に似ていることから E.T.アンプとも云われた。アンプの蓋全体がねじ込んで締結され、ネジやドライバーを不要とした。またケーブル接続のハーモニカ端子採用もフィールド機器として初めてだった。Compact YEWMAg は 1985 年にリリースされた。

一体形の特徴は配線が非常に楽になるため、販路が急激に広がった。今まで電磁を売ったことがない営業マンも電磁を販売しはじめた。Compact YEWMAg は低周波励磁を採用していたため、スラリーノイズやフローノイズに弱い。Compact YEWMAg (CYM) の発売後、スラリーノイズトラブルが急に増え、技術部、PMK はその対策に悩まされた。



図4 Compact YEWMAg の外観

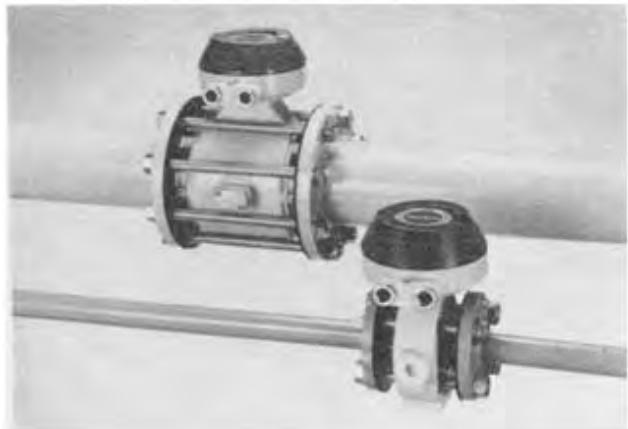


図5 Compact YEWMAg の配管装着状態

低周波励磁の導入で、商用周波励磁の誘導ノイズによるゼロ点ドリフトの問題は解決されたが、スラリーノイズやフローノイズの問題と応答が遅いという二つの問題点が浮かび上がった。低周波励磁の時代に入って、以前の商用周波励磁が 50 (60) Hz の高周波帯域の信号処理によりスラリーノイズなどに強いこと、また応答が速いという長所が、あらためて認識されたのは皮肉なことであった。ヨーロッパの紙パルプ・プラントメーカー Kamyr 社では中濃度以上のパルプ液に対しては、低周波励磁ではなく、商用周波励磁を使うことを勧めていた。

スラリーノイズなどの流体ノイズの解決には、YEWMAg のつぎの電磁シリーズ ADMAG まで待たなければならなかつた。合併後 YEWMAg, CYM とたて続けてリリースするあいだにも、セラミック電磁や 2 周波励磁の先行シリーズを育てることができたのは、合併によって開発リソースに余裕がでてきたためであった。

Compact YEWMAg をリリースした 2 年後の 1987 年、このアンプの流量出力をスイッチ出力に改造したものを、「フロースイッチ」として開発した。これは、水力発電所の発電機の冷却水監視用として開発されたもので、東電、九電、東北電などの水力発電所に使用された。きれいな水質だったのでトラブルもなく、2000 年ごろまで 100 台/年前後の受注があった。

## VI ADMAGへの進化

～～～グローバル市場へ本格進出（1984～2003）～～～

黒森 健一

### 1. YEW MAG の反響と市場動向

1984 年の YEW MAG、1985 年の Compact YEW MAG (CYM\*A) の発売によって、合併後の新しい会社のイメージ製品となった YEW MAG シリーズは、市場に好印象で受け入れられた。それまで A 社（旧横河電機）の製品を使っていたユーザには、B 社（旧北辰電機）技術による小形でコンパクトな YEW MAG 検出器は設置しやすく、また合併前 B 社製品を買っていたユーザには、A 社設計の MMI(マンマシンインターフェース) がよく考えられた変換器 YMA11 は使いやすかった。また低周波励磁方式も PFA ライニングも備わっていたため、70 年代先行していた山武をキャッチアップし、すくなくとも国内では優位な位置を確保しつつあった。

しかし、低周波励磁ではスラリーノイズの問題があり、難しい紙パルプのラインでは、スラリーモードやレートリミット対策や凌いでいたが、すべてのトラブルを解決する状態ではなかった。分離形ではスラリーモードの対策はあるが、一体形ではそのような対策をとっていないため、販路の広がった一体形でのスラリーノイズトラブルに悩まされた。当時、PMK 部や工計推進メンバーは YEW MAG と CYM の売り分けを代理店に説明して回らなければならなかつた。さらに、サニタリータイプを使う食品・薬品などでは、バッチプロセスが徐々に増え始め、低周波励磁の応答の遅さを問題視するユーザも出てきた。

海外の電磁メーカーでドイツの Krohne は、80 年代はじめ、セラミック電磁を開発し、技術的にリードしていることを PR した。Krohne ではすでに 70 年代エポキシ樹脂ライニングの静電容量式電磁を発表していたので、技術的な先進性という点からみると 70~80 年代前半は、Krohne がトップで、アメリカ F&P が 2 番手という状態であった。さらにヨーロッパでは、とくに水市場へ低価格を武器としてドイツ E+H が強力な販売攻勢を進めてきた。

合併後の新会社は、グローバル市場への展開を主目的にしていたので、当然ながらフィールド機器の 2 大製品（差圧伝送器、電磁流量計）のつぎの製品戦略は、グローバル市場を目指すものでなければならなかつた。

### 2. 先行シーズの仕込み

電磁開発の本隊が YEW MAG、CYM を開発しているあいだ、黒森や鳥丸がつぎの世代の電磁シーズ開発に注力した。1982~85 年の期間、先行シーズとしてつぎの 3 つを

取り上げていた。

- (1) セラミック電磁
- (2) ライニングレス電磁
- (3) 2周波励磁方式

このうち、(1)、(2)は早い段階からすすめていたが、(3)は特許申請が一段落した1985年頃から、松永と後藤が最初はパソコン上のスタディを開始する。セラミック電磁のスタディはKrohneが発売した直後1982年に、入社2年目の西島剛志と黒森によって開始された。

セラミック材料は、Krohneがすでにアルミナで製品化していること、原価や電極接合の問題からやはりアルミナで進めることができることが賢明と判断した。アルミナを使って測定管を製作する際、もっとも大きな課題は電極をどのように組み込むかであり、もう一つは、金属ハウジングとアルミナ本体の結合部の課題である。アルミナは耐食性もあり耐熱性や耐摩耗性は優れているが、急冷卻（熱衝撃）に弱いというセラミック特有の弱点をもっている。

Krohneのセラミック電磁は、棒状の白金電極を泥漿アルミナで包み込んで、一体焼結で結合する構造を特長としていた。アルミナ測定管そのものは、セラミック製造メーカーに依頼すればサンプルチューブを製作できるが、Krohne特許に抵触しないで、白金電極をどのように結合させるか、2年間の長い試行錯誤の日々が続いた。白金電極の接合工程までセラミックメーカーに依頼すると、セラミック焼成まで3ヶ月の期間を要する。1年かけても3~4回の試作しかできない。鼻息のあらい京セラではなく、日本化学陶業という大阪の堅実なセラミックメーカーが共同の試作検討に協力してくれた。しかしながら、Krohneと同じ電極構造の製作すら難しく、Krohneを凌ぐには道は遠かった。

ライニングレス電磁とは、電磁検出器で不可欠とされていたライニングを使わない電磁のことである。秋山忠次は1980年ごろ東大計測工学科の山崎弘郎先生の研究室に行っていたが、先生との談話の中から「ライニングなしの電磁」が可能ではないかとのアイデアが生まれた。それは一対の電極に生じた電位をフィードバックさせた電流をステンレス測定管に流すことによって、管壁に誘起された電位に等しい電位分布を形成すれば、管内の起電力が管壁にショートすることなく、流量比例の信号が得られるというものである。このスタディも、いくつかの試作実験を1年ほど続けた結果、流体の導電率が変化するときのフィードバック電流の制御が難しいこと、口径が大きくなると大電流を流さなくてはならないため、実用化を断念する旨、山崎先生に報告してシーズ開発を中断した。

### 3. セラミックの内作化とサーメット電極

横河電機の研究部門では、機能性セラミックを研究している河合さんが、セラミックの造粒から焼成までを小規模ながら手がけていた。当時の研究部門長であった田村久取

締役へセラミック電磁の話が伝わり、田村さんから直接「セラミックそのものの内作から始めよ」との指示があった。計測器の開発エンジニアにとって「材料から開発せよ」といわれたようなものである。

アルミナ原料から各種バインダ配合、噴霧造粒、グリーン（焼成前のセラミック）成型、焼結という工程を、最初河合さんに教えてもらいながら学び始めた。ちょうど異動してきた岡田高志が専任となって、セラミックの内作化に取り組む態勢がつくられた。セラミック製造メーカに、原料、バインダの選定、各工程の諸条件など聞いても、「秘中の秘」で絶対に教えてくれない。セラミック製造工程には、スプレードライヤー（噴霧造粒器）や冷間等方静水圧圧縮機（CIP）という大きな装置が必要となる。岡田は、この装置メーカ数社と折衝するなかで、セラミック製造工程のポイントをつぎつぎと聞き出した。また原料メーカや各種添加剤業者、材料試験機を扱う商社、名古屋工業試験所なども有力な情報源だった。セラミック業界は、旧来の伝統的な焼き物産業（窯業）と近代的な工業用セラミック製造プロセスがまだらに混在していた状態であった。そのうち、横河でセラミックを内作しているらしいとのうわさがユーザまで知られるようになった。田村さんの友人であった十条製紙石巻の野本工場長が「もちは餅屋に任せておけばよいものを。横河がセラミックを作るとは？」と話しているとの批判まで伝わってきた。

白金電極の埋め込みに苦闘していた西島は、ソリッドの白金を使わず、白金粉末とアルミナ粉末を混合して一体成型したのち一体焼結したらどうかというアイデアを考案し、いろいろな白金粉末や配合比を検討し、短い期間で最適含有率を見出すことに成功した。この検討には社内にセラミック製造プロセスが小規模ながらできていることが不可欠であった。外部セラミックメーカに依頼すれば3ヶ月かかる試作が1~2週間で結果が出る。

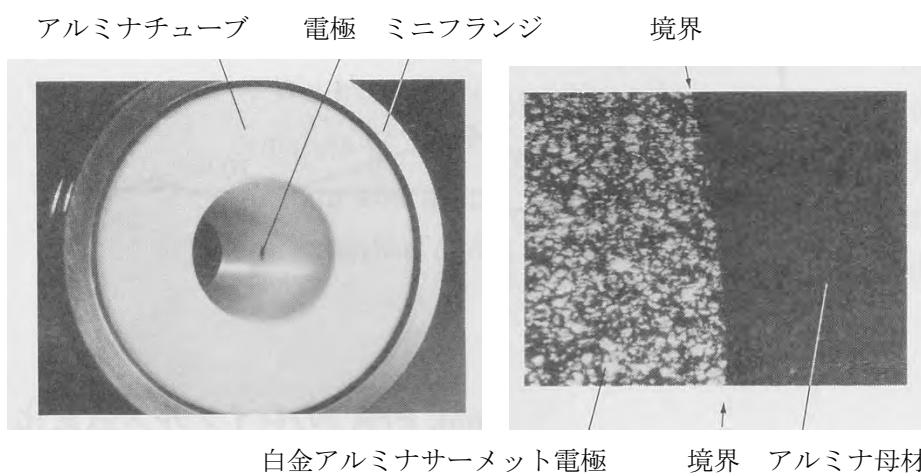


図1 セラミックチューブの外観と白金アルミナサーメット電極の境界部  
(白い部分：白金、黒い部分：アルミナ)

電極界面ではサーメット電極内のアルミナと母材のアルミナが界面を超えて焼

結するため、電極漏れの問題が生じない。アルミナと白金のミクロな境界は物理的に接合されており化学的に変化しないこと即ち耐食性は変わらないこと、使用温度の範囲で熱膨張差による亀裂が入らないことなどを確認した。この独自の電極構造は‘白金アルミナサーメット電極’と名付けられた（サーメットは Ceramics と Metal の粉末複合材料を表す一般用語）。当初困難と思われたセラミック内作化に着手したことがきっかけとなって、Krohne の白金電極構造を凌ぐ可能性が出てきたのである。

技術部からスタートしたセラミック内作化は、サーメット電極の見通しが出てきたころから、生産技術部の本田、細入や YFT のキーマン岩脇幸哉を巻き込んで、次第に大規模になっていった。岩脇は YFT へ大型装置が導入される前から、横河本社に長期出張し、アルミナ製造工程の詳細なノウハウを岡田から学んだ。YFT の製造設備として CIP を購入するとき、技術部では、それまで CIP のゴム型などのノウハウを教えてもらった油研工業がよいと考えたが、美川社長のラグビー友達が経営する神戸製鋼も CIP を製作していたため、トップセールスで神戸製鋼に決まった。岡田と黒森が「せっかくのノウハウを教示してもらったのに、購入に至らなかつたのは誠に申し訳ない」と藤沢の油研工業本社までお詫びにいったてん末は忘れられない。

#### 4. *Fleming* 開発チームの発足

2周波励磁方式は、ゼロドリフトに強いがスラリーノイズに弱い低周波励磁と、ゼロ点は不安定だがスラリーノイズに強く応答も速い商用周波励磁を、周波数領域で組み合わせて二つの励磁方式の長所を引き出すことをねらって考案された。高低二つの周波数を重ね合わせるので2周波励磁と呼ぶ。

合併前の 1981~82 年、小林技術部長と畔上忠によって考案されたものであったが、84 年特許調査・出願を経て、85 年から実質的なスタディを開始した。低周波励磁の経験から、低周波側は  $50/8\text{Hz}$  前後が適切であることはわかっていた。高周波側の周波数については、いろいろなノイズの性質を考慮して、 $(50/8) \times 12 = 75\text{Hz}$  が適当であることが、パソコン上のシミュレーションで求められた。 $60\text{Hz}$  に対しては、低周波側が  $6\text{Hz}$ 、高周波側は  $6 \times 12 = 72\text{Hz}$  が選択された。

2周波で励磁された磁界に応じた誘起起電力は、低周波側（低周波サンプリング+ローパスフィルタ）と高周波側（高周波サンプリング+ハイパスフィルタ）の二つの回路で信号処理される。高周波側では、スラリーノイズが混入せず高速な応答ができる。低周波側では、商用誘導ノイズを除くサンプリングを行い、スラリーノイズが入ったときでも、時定数の大きなローパスフィルタにデジタル的に変更することにより、スラリーノイズの影響を除いている。ただし、高低二つの信号成分を合成し正しい流量信号をうるには、二つのフィルタの時定数が同一である条件が課される。フィルタ時定数がアダプティブにデジタル処理されることによって、従来の二つの励磁方式の長所のみが実現できることがわかった。マイクロプロセッサのない時代には実現できない技術であった。

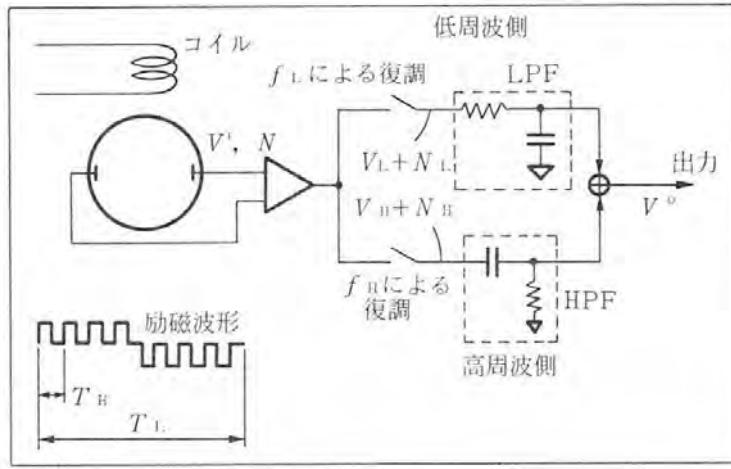


図 2 2 周波励磁方式の原理

特許調査から、ヨーロッパのメーカー、セレ社が、二つの周波数を重ね合わせるのではなく、時間的にずらして交互に励磁する特許を出願していることがわかった。技術的な課題が明確になったときには、誰かがその解決案を探しているものである。この 2 周波励磁は、その後、フランスのシュランベルジュ社から販売された。

セラミック電磁と 2 周波励磁の基本技術の見通しが出てきたころ、次期電磁の企画立案が始まった。外部に対してはこの 2 つの特長を前面に押し出すが、ヨーロッパの電磁の価格動向から、社内的には一層のコストダウンが必要なことがわかつてきだ。次期電磁開発の愛称は Fleming と名付けられた。Fleming 開発チームは後藤をチームリーダーとし、さらに、変換器、PFA 検出器、セラミック検出器の 3 つのサブチームに分かれ、それぞれを後藤、松永、西島がリードしていく。

## 5. ADMAG のリリース

1986 年の Fleming 開発チーム編成から、1987 年の大坂計測展出品までのわずか 1 年余のあいだに、実験モデル (EM) から開発モデル (DM) へと開発は一氣呵成に進んだ。基本技術のスタディに十分時間をかけていたので、全シリーズの開発であつたにもかかわらず、短期間のうちに開発は進んだ。

YEW MAG の小口径 PFA 検出器は、ハウジングをすべて精密鋳造 (ロストワックス) で製作していた。また、外挿電極が交換できる構造としていたため、複雑な形状となり、鋳物ハウジング部品コストは非常に高かった。RINGFLO と YEW MAG のトラブル履歴を調べた結果、電極漏れトラブルがまったく出ていないことを確認した。それまで、交換可能をセルスピントにしていたが、高信頼性を謳うことによって、電極室全体をハウジング内に納める設計に変更した。この変更によりサイズ 25~100mm のハウジングは、板金で十分となり、大幅なコスト低減を図ることができる。一体形変換部の耐

振性確保には、首下のビーム部分をロストワックス鋳物にすることで対応した。

この電磁シリーズの名称は、Advanced Magmeter を省略した ADMAG とすることが決まった。金光透事業部長は「東芝のシステム製品 ADMAP に近い発音だが、やはり ADMAG がいい」と強調した。

ADMAG として分離形と一体形をシリーズとしてそろえ、変換部は同一ケースを使い、エレクトロニクスもほとんど同一の設計とした。ただし、のちに高性能の分離形変換器を Phase2 で開発したので、この分離形変換器 AM12 を‘簡易分離形’と呼ぶ。

計測展出品から約 7か月のちの 1988 年 6 月に最初の ADMAG が出荷された。

PFA ライニングはすでに YEW MAG で実績があるので、リリース時に全サイズが整う。しかし、セラミックのスプール（糸巻き）はサイズが大きくなると、径の 3 倍に比例して、大量の造粒粉が必要となる。またサイズ毎に CIP 成型のゴム型、グリーン加工治具、焼成炉治具などを準備しなければならない。したがって、セラミック検出器はまず微小口径～10mm まで、つぎに小口径～25mm まで、さらに～50mm と段階的にリリースすることにした。微小口径を出してから、50mm を出すまで約 1 年、最大口径 200mm を出すまで約 3 年余の月日が必要であった。

セラミックススプールには、さらに面倒な難題があった。セラミックススプールは、セラミックのみで、測定管としての強度と電気的絶縁の機能を果たしているが、脆性材料であるため、急な熱衝撃に弱い。一定の耐熱衝撃性（例えは流速 5m/s に対して急冷  $\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$  に耐える）を保証するには、それより強い熱衝撃を与えるスクリーニングテストが必要となる。セラミックの品質保証には、焼成ロットごと試験片サンプルをつくり、平均強度とバラツキの程度（ワイブル係数）を求める作業が必要であった。‘焼き物’の世界ではなく、多サイズ多量のセラミックススプールを一定の品質で製造するためには、辛気臭い強度試験と統計的手法が不可欠であった。50mm のセラミックススプールができたのち、日本工業大学の熱水試験装置を使って、160°C の加圧した熱水で実流試験を行った。オリフィスを基準流量として試験したが、指示流量も耐熱性も問題ないことが確認された。

セラミックメーカの京セラに最初にコンタクトしてから 7～8 年後、横河電機で内作した高純度アルミナセラミックの平均強度とワイブル係数を伝えたところ、「横河さん、セラミックで商売できますよ」との返事がかえってきた。その後 1992 年、実現はしなかつたが、横河と京セラが共同で、セラミックススプールを Krohne に売り込む話まで検討された。



図3 ADMAG 一体形の外観  
(PFA ライニング)



図4 ADMAG 分離形セラミック検出器  
(左から口径 5mm, 50mm, 10mm)

## 6. ADMAG シリーズの完成と市場の反応

計測展での反応は好評であった。2周波励磁やセラミック電磁の技術的な新規性は、営業関係者にとっても、ユーザに訴求しやすい内容であった。競合メーカは YEW MAG を出してわずか3~4年後に、新機種 ADMAG を出してきたことに驚いていた。

ADMAG の一般形をリリースしたあと、サニタリー形、防爆形など特殊仕様の機種や小口径フランジタイプの開発作業が残っていた。

初ロットが出荷されて半年程たったころ、配管が空の状態から流量計を運転する際、流体が充満しても指示が出ないというトラブルが数件報告された。空のとき、磁束微分ノイズでアンプが飽和し、低周波側、高周波側のバランスがくずれ、液が充満しても、空時の大気な時定数が蓄積されているためであった。微分ノイズ飽和検出回路を付加する対策をとった。実験室や工場では、測定管内が空の状態からスタートするケースを考慮していなかったためである。幸いに、この‘空トラブル’は、既納入品についてもROM 対策で処置し、拡大を食い止めることができた。

初ロット出荷から半年後 ADMAG Phase2 の開発をスタートさせた。その目的は、分離形変換器の統合とセラミック検出器のサイズアップである。ADMAG の分離形変換器 AM11 は、YEW MAG 変換器 (YMA11) の ‘All in One’のコンセプトを継承しつつ、YMA11 と簡易分離形 AM12 を統合するものとし、ユーザが選択しやすくするため、スタンダード、ハイグレード、バッチの3タイプに分けた。

合併以来、YEW MAG、ADMAG のエレクトロニクス開発を引っ張ってきた後藤課長は差圧伝送器 EJA の開発へ異動し、AM11 は太田、宿谷らの若手メンバーが主力となって開発され、91年1月、初ロットが出荷された。この AM11 のリリースで ADMAG の全シリーズは完了した。電磁から離れることになった後藤は「YEW MAG の寿命が4年と短かったのは残念だった。もう少し ADMAG は後でもよかつたかもしれない」との感想を残した。

ふり返れば、ADMAG は日本経済のバブルの絶頂期に開発されリリースされたのだが、Phase2 の製品が出るころには、バブルがはじけ先の見えない不況の時代にかわっていた。

## 7. その後の ADMAG シリーズ

国内では電磁の売り上げが伸びない状態であったが、わかりやすい特長をもつ ADMAG は北米、ヨーロッパ、アジアで順調に売り上げを伸ばしていった。90 年代の終わりには、売上台数のみで比較すると、国内と海外が半々に達した。差圧伝送器の EJ・EJA シリーズと並んで、ADMAG は横河の電磁流量計ブランドとしてグローバル市場で定着していった。

しかし、グローバルな売上の拡大を維持するためには、つぎつぎとファミリー機種を開発することが必要であった。いわゆる ‘追い炊き’ である。2000 年までに ADMAG を冠した AE (汎用一体形) , CA (容量式) , SE (海外輸出向け) , AB (充填形) の 4 機種が開発された。2000 年までの ADMAG シリーズ構成表 (酒井さん作成) を別表に示す。2003 年には変換器 AM11 や AE の機能をさらに向上させ、検出器のライニング種を増やした ADMAG-AXF シリーズが開発された。最近では 2 周波 2 線式の ADMAG-AXR の新機種が開発されている。これらのうち 90 年代にリリースした CA, AE, SE, AB の 4 機種が開発された背景と特徴、さらには ADMAG シリーズの後継と位置づけられる最新の ADMAG-AXF シリーズの技術について簡潔に触れてみたい。

### 7.1 ADMAG-CA (容量式電磁)

90 年代初め、山武は 2 線式電磁を発表した。2 線式は配線が容易になる利点があるものの、4mA 以下で励磁と增幅を行うため、信号起電力が非常に小さい。当時、技術部ではセラミックの内作化が首尾よくいったため、セラミックスプールを用いた容量式電磁のスタディが始まっていた。容量式電磁とは、接液電極のない構造で、管壁の静電容量 (コンデンサー) を介して、誘導起電力をピックアップする電磁のことをいう。測定管の外側に、一定の面積の面電極を設け、これと対向する測定管内面が、静電容量のもう一方の仮想電極となる。液体に接する金属製の電極はない。

まず、山武の 2 線式とも競合しながら、なお技術的なリードが見込める「2 線容量式」という高い目標を掲げて詳細な検討を進めたところ、2 線式としても、容量式としても、中途半端なものしかできないことがわかった。そこで、セラミック内作化というアドバンテージを活かし、容量式のみで世界の電磁の Niche 市場をねらえる製品を開発することにした。食品・薬品の分野において、導電率の低い純水、アルコール、糖液などの流体は、接液電極タイプでは測定できない場合が多く、80 年代以降、急速にコリオリ流量計が浸透した市場である。

容量式の最大の長所は、導電率の下限が接液電極タイプの 1/500 すなわち 0.01

$\mu$  S/cm までの流体の流量測定ができることである。セラミック管壁のインピーダンスが非常に高いため、流体自身のインピーダンスが従来電磁より高くてもよいこと、すなわち導電率が低い流体まで測れることを意味する。接液電極がないのでスラリーノイズはない。絶縁性付着物が付いても、管壁インピーダンスに比べて小さいため、ほとんど出力に影響を与えない。しかし低導電率流体のフローノイズが懸念されたため、高周波 82.5Hz または 165Hz の方形波で励磁する設計とした。高周波单一励磁は初めての経験ながら、高入力インピーダンスのプリアンプ、スプール外周のガード電極、微分ノイズを除くシールドなど多くの課題を解決して 1995 年リリースされた。検出器を担当した若手の石川、今井と、変換器を担当したベテラン鳥丸との緊密な連携が功を奏した。予想どおり、食品・薬品の分野で数多く使用され、発売後 17 年たった現在もなお、ADMAG のラインナップの一機種となっている。

## 7.2 ADMAG-AE（汎用一体形）

1988 年リリースされた最初の ADMAG 一体形変換器は、「簡易分離形」との共通化をねらったため、四角形をベースにしたデザインであった。しかし、フィールド機器の世界では、差圧伝送器の円筒形 2 way access（前面指示計、背面端子箱）が一般的である。Phase2 の分離形変換器が AM11 としてリリースされると、ADMAG の一体形変換器も「簡易分離形」と共通である必要がなくなるから、デザイン変更の要請が強くなつた。差圧伝送器と合わせた円筒形デザインを採用してさらにコストダウンを図ることが企画された。

90 年代のフィールド機器の計装において、注目されたのはフィールドバス対応機器の普及である。80 年代後半にアナログ信号+デジタル双方向通信の特徴をもつフィールドセンサが発表されたが、いずれも各社の独自規格に基づいていた。横河では Brain シリーズを開発していた。

ユーザからフィールドバスの統一規格が望まれていたが、当時、Fundation Fieldbus の規格がまとまった段階であった。ADMAG-AE は、この FF 規格によるフィールドバスにも対応する汎用一体形として、太田、小池を中心にして開発され、1994 年リリースされた。円筒型デザインを採用し、プリント板がコンパクトに収納され、面倒なヨーロッパの CE マーク (EMC 電磁波両立性) やグローバルな防爆性能基準をクリアした。

ADMAG シリーズ全体の流れをたどると、1988 年のリリースのあと、1992 年セラミック検出器が 200mm までサイズアップし、1991 年の分離形変換器 AM11 と 1994 年の汎用一体形 ADMAG-AE のリリースにより、普及機種としてようやく完成された。

## 7.3 ADMAG-SE（海外輸出向け）と ADMAG-AB（充填形）

1990 年代に急速に拡大したグローバル市場には、高性能の ADMAG 普及機種のみでは対応しきれない市場が目立つようになった。一つは新興国での社会インフラ建設の需

要に対応した低コスト・低価格の製品が求められ、もう一つは食品業界のバッチ充填プロセスに適合した電磁専用機の市場が急速に拡大していた。前者に対しては ADMAG-SE が開発され、後者に対しては ADMAG-AB が開発された。

ADMAG-SE は生産技術部から山口正雄が技術部に出向して開発責任者となり、生産技術の観点から徹底した低コストを追求した。低コストを重視すると ADMAG の看板であった 2 周波励磁でなくても低周波励磁で十分という結論となり、変換器の励磁回路や検出器の磁気回路を切り詰めた海外輸出向けの電磁が開発された。

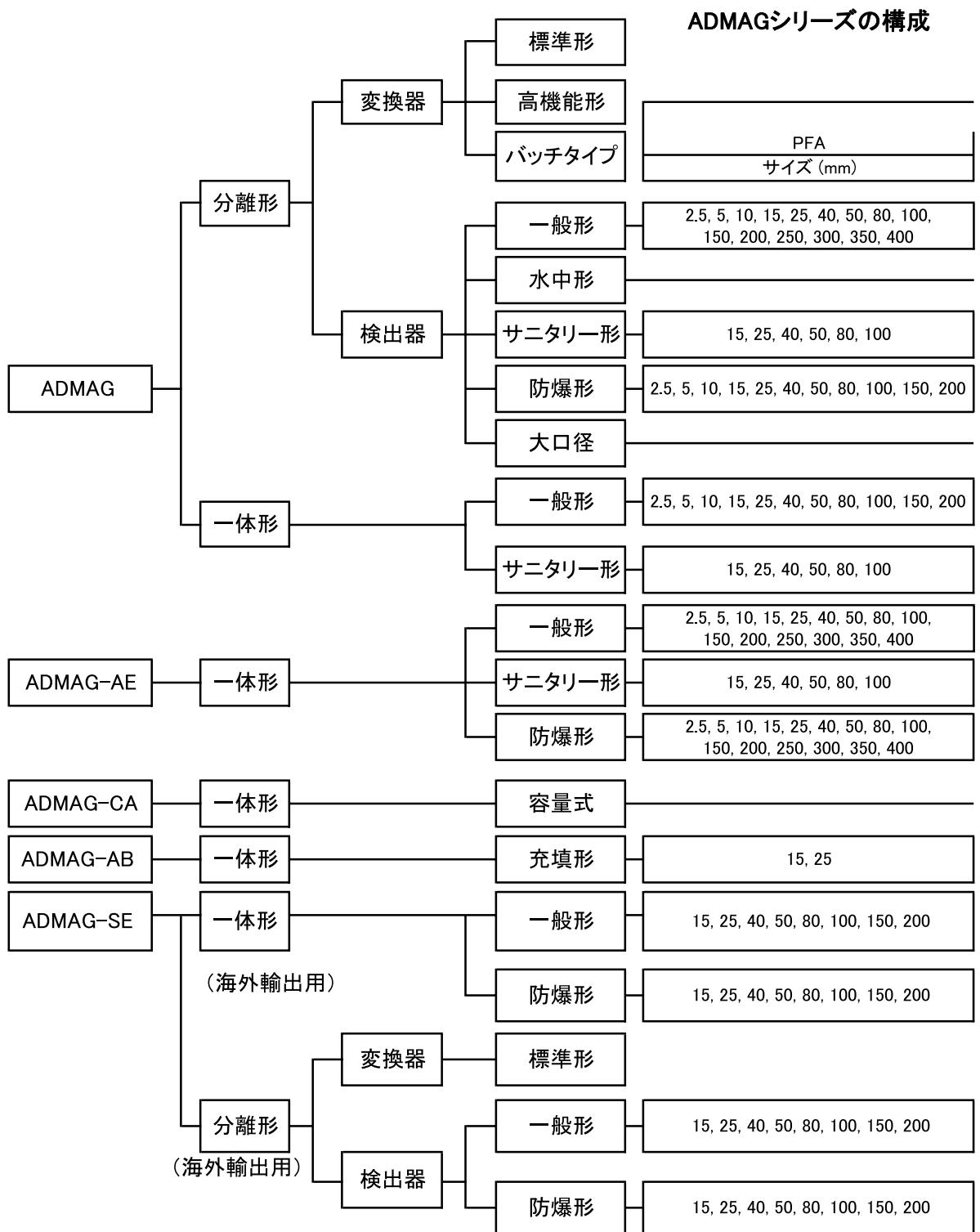
ADMAG-AB は、食品プロセスの充填機ラインに設置される電磁の専用機であり、国内では美川社長との縁があった渋谷工業の充填機向けから開発が始まった。検出器が近接して設置されるため、磁界の干渉が生じてノイズとなる。若手の小池、今井らが、隣接する検出器の励磁周波数をずらすことによって、この課題を解決していった。

#### 7.4 ADMAG-AXF シリーズ（ADMAG シリーズの後継）

これら電磁の周辺ファミリー機種は、海外では E+H や Krohne と、国内では山武と激しく競合していたが、2000 年前後には、電磁の主力市場（紙パ、化学、上下水など）でも、ADMAG シリーズの技術的な「テコ入れ」が要求されるようになった。この背景には、フィールドバス通信が普及するにつれて、フィールド機器の役割が単なるプロセス量の検出にとどまらず、メンテナンスに役立つ診断情報が得られる可能性がでてきたことが挙げられる。技術部の中では、フィールド機器の診断情報として、差圧伝送器の導圧管つまり診断と電磁流量計の電極付着診断が重要であるとみなされていた。

PMK 部長の米谷を中心にして次期電磁 AXF シリーズの商品企画が練られ、技術部では太田をリーダとして、検出器は吉川、田辺、新井、変換器は宿谷、田中らの AXF 開発チームが編成され、2003 年に AXF シリーズの最初の機種群がリリースされた。

ADMAG-AXF シリーズは、ADMAG シリーズの後継シリーズと位置づけられ、電極付着診断機能を電磁として初めて備える一方、ADMAG の特長である 2 周波励磁を深化させた拡張 2 周波励磁方式を採用し、最小導電率  $1 \mu S/cm$  として適用範囲をさらに拡大させたものである。電極付着診断は、電極とアースリングの間に微弱な電流を流し、絶縁物付着の程度をその抵抗変化から捉える。この電流成分は、信号周波数の偶数倍で流すことにより、流量信号成分には影響を与えないで、抵抗変化分のみを測定する。また拡張 2 周波励磁では、高周波側を  $160Hz$  とすることにより、スラリーや低導電率のノイズを一層減少させることができる。オプションで拡張 2 周波励磁を設定する場合（口径 25~200mm）には、従来の  $5 \mu S/cm$  より低い  $1 \mu S/cm$  までの流体が測定できる。その後、デジタル通信については、従来の Brain 通信、HART 通信のほか Foundation フィールドバス通信形の専用機種も開発されている。検出器もゴム系の新しいライニング材が 2 種追加されており、ADMAG-AXF シリーズは、文字通り長年の技術を集積した最新の電磁流量計として、世界のさまざまな業種のプロセスで数多く使われている。



**ADMAGシリーズの構造**：コイルは矩形(小口径以上)、ケースはSUS鋼板溶接で、コイル室にエポキシ樹脂充填  
**ADMAGシリーズのサイズ別型式**は、**微小口径、小口径、中口径、大口径、超大口径**の**5型式**。

ADMAC-Fの開発責任者は小口正雄で、開発完了と同時にYETIに提出。検出器担当の吉野

ADMAG-SEの開発責任者は山口正雄で、開発完了と同時にYF1に出向。横出器担当の吉野もYF1に出向。  
監修者一同は吉野と山口の二人で、YF1の開発を終了した後は吉野がYF1に常駐して監修する形となる。

励磁方式：2周波励磁。ただし、SEと大口径、超大口径は低周波励磁。CAは高周波励磁。

(1988～2001)

By T.Sakai & K.Kuromori

ライニング アルミナ サイズ (mm)	ポリウレタン サイズ (mm)
2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200	25, 40, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400
<hr/>	

2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200	ネオプレンゴムライニングもあり 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1350, 1500, 1600, 1800, 2000, 2200, 2300, 2400, 2600
2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200	25, 40, 50, 80, 100, 150, 200

2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200	25, 40, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400
--	--

2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200	<u>微小口径 : 2.5, 5, 10, 15</u>
15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200	<u>小口径 : 25, 40, 50, 80, 100</u>
10	<u>中口径 : 150, 200, 250, 300, 350, 400</u>

大口径 : 500, 600, 700, 800, 900, 1000

超大口径 : 1100, 1200, 1350, 1500, 1600, 1800, 2000, 2200, 2300, 2400, 2600

で、配管ラインへの接続は、挿み込み(フランジレス)方式と溶接フランジあり(小口径)。

大口径はSUS中パイプ方式で。大・超大口径の電極は左右2対方式。埋設形を含む。

保証精度は20%付近から 0.5%/R。 微小口径のコイルはボビン巻き。

## 営業篇

I 水処理	梶浦正孝
II 紙パルプ	尾野恵一郎、村上良明
III 鉄鋼	新井正孝、天野隆美
IV 非鉄	柿沼壽夫
V 食薬、新エネルギー、都市ガス	石川洋次郎
VI 多彩なアプリケーションの数々	並木佳雄

### 筆者紹介(アイウエオ順)

**天野隆美:** 53年入社、鉄鋼営業一筋、中でも日本钢管一筋。昭和40年代9年間福山出張所長。

**新井正孝:** 65年入社、鉄鋼SE、住友金属を皮切りに一貫してSE、セールスとして鉄に専念

**石川洋次郎:** 60年入社、営業、仕様作成部門を経て食品、化学、新エネ、FA、都市ガスの各SE、トレーニングセンター(教育部門)専任講師など歴任

**尾野恵一郎:** 64年入社、紙パルプ、化学のSE。合併後はシンガポール、インドに赴任、最後はYKV社長。現在、エム・システム技研顧問。

**柿沼壽夫:** 56年入社。非鉄の SE、セールス経験が長い。合併後、非鉄SEを数年担当しその後機械関係の SE を担当。現在自営でコントローラのソフトを作成。

**梶浦正孝:** 58年東大計測の助手から転じて北辰に入社。技術管理畠から営業に転じ、最初が水処理、その後営業各部署をめぐる営業の大長老の一人

**並木佳雄:** 73年入社。特注設計を経て、合併直前から電磁を中心とした販売推進が長い。

**村上良明:** 75年入社。紙パのSE。92年オルガノ(株)入社。現在、エム・システム技研顧問。

## 水処理と大口径電磁

——1960年代の勃興期——

梶浦 正孝

最初に私事になるが、1958年に北辰電機にお世話になることになって最初の二年は研究所でデータロガーに関わっていた私は1960年1月から技術管理室で製品計画や技術管理を担当する仕事に変わった。この流れで1964年6月に社長に就任した清水正博社長が指揮したF&P社への中堅部課長などの10名を越える大視察団の一員に加えられた。F&P社でもっとも印象に残ったのは営業が技術の開発した製品ただ売るのではなく、営業が業種のニーズを組織的にまとめて技術と共に客のニーズに応えて全社一丸となって活動していることであった。1965年11月の組織改革ではIMは業種別にすべて技術畠の大物で固めた。IM化学の府川弘、IM鉄の衣笠晨策、IM紙パの松山裕、IM官庁・学校の松崎栄、そしてIM水処理は私自身が就任した。ついでにこの時、これら業種とマトリックスの関係で営業内に製品別の推進部隊PMも誕生した。それは北辰創設以来の営業の大改革であった。

さて、私が担当することになった水処理の状況はというと既に電磁流量計、特に大口径と切っても切り離せない状況になっていた。電磁出現以前は水処理向けにはせいぜいクロリネーターくらいしか特長のある製品がなかったが、電磁の出現で俄然北辰が水処理の世界で着目されるようになった。

口径300mm以上を大口径と称していたが、最初に水力発電の水圧管に納められ、1962年には1000mmまでの大口径が大阪中心に納入され、1963年5月には大阪府水道局に1500mm大口径が、そして遂に1964年8月には水資源公團経由で利根川導水路に当時世界最大の2300mmの大口径（その時点ではF&P社とFoxboroが製作した72インチ（1830mm）が世界最大とされていた）を4台納入する快挙を遂げていた。



折しも水道整備は全国的課題になっており、この良いタイミングにIM水処理は発足

したのである。

そこで IM 水処理では電磁流量計を水処理プラント計装の中心的製品として計装例を軸として全国のセールスの協力を引き出した。特に導水路を決めるときには電磁が計画されることに注目して提案したので全国主要都市の水道局、下水道局、上下水コンサルタント、建設省、水資源公団などが着目してくれて、爆発的な売上となった。

IMのメンバーは水処理のシステム作りに注力し、社内にSEとしての存在が認識されるようになったのもこの頃からである。陣容は東京の清水正剛、市川洋、浜徹、山本忠男他、大阪に和田義久、宮道繁他といった精銳であった。これらの人々が開発、製造、サービスの協力も得て生き生きと活動した時代であった。

1966年10月に東洋一の朝霞浄水場が通水することになる。



北辰はこの計装を全面的に受注し、中央管理室の計装をはじめ、着水井出口に200mm大口径電磁を4本納入している。（清水社長はこの時に時の東竜太郎都知事から計装工事に関して表彰を受けている）

大口径の電磁の一番の問題点は実流テストが出来ないことであった。

水道局からこの流量計の精度を実流で確認したいとの要求が出てきた。当時既にドライキャリブレーションという発信器内の磁場の強さを測って、計算により目盛りを行う方法（磁場計測法）が確立していた。朝霞浄水場の後藤所長の指揮の下で所員がまず着水井を満水にして、その水位を正確に測定して、その水を流すという前代未聞の実験に協力した。通水量と磁場測定で得た数字は0.5%の精度で合致して合格した。朝霞浄水場の計装工事も無事完了し、この実験テストに立ち会えたのはIM水処理のマネージャー時代の一番の思い出である。

現場では時折考えられないようなことが起る。

上に述べた私がIMに来る前に納入した利根川導水路の2300mmの電磁の指示にヒゲが出て、時折誤差が出るという所員からの報告があった。サービスが現地に行って調査すると犯人は流量計の中を泳ぐ鯉であることが分った。実はその電磁流量計の前

後に侵入防止用に柵が設けられていて、小魚だと中に入れる。しかし魚が中で成長してしまうと出られなくなってしまい、その魚の動きが誤差の原因らしいと分かった。柵をはずして鯉を追い出したら問題はぴたっと収まった。

### 別のエピソード

奈良県水道局に納入した大口径電磁は水の取引量を測る目的であった。ところが雨の日などに精度がおかしくなる。この電磁は高圧線の直下に設置されていた。雨の日は高圧線の周りにコロナ放電が発生して、それが電磁流量計の磁界に影響するとわかった。既に電磁流量計のアースに関しては技術基準が明確になっていたが、どうやらそれが不徹底であったらしい。アースをきちんと点検したらこの問題は収束した。

この他に思い出すままに幾つかの話題を述べておく。

#### ○ 埋設型電磁

大口径の設置には大きなピットを掘ってメンテナンスがよく出来るようにならなかった。埋設型はピットが不要になるので、大変便利であったが、耐水性等で大難しい設計になっていたようだ。

応用としてかねてからの念願であった海流や河水の流速測定に進出しようとしたが、大きな成果は残せなかつた。

#### ○ 水道配管の漏水検知

先に朝霞で後藤所長にお世話になったことを書いたが、この方が後に東京都水道局の漏水防止課長になられた。大口径電磁を使って都内の水道本管の漏れを調べたいとのご要望で、私もIMやサービスの方々と共に徹夜して、深夜水道が使われない時間帯に都内の各街角からのデータ収集に協力させていただいたことを思い出す。

#### ○ 温水水管網の管理

別府や箱根町で町内に電磁が取り付けられているところがある。秋田の葛根田（かつこんだ）地熱発電所でも活躍している。いずれも高温コレージョン対策が問題であった。

私は1968年に西日本支店長を拝命して転出して水と直接の縁は切れたが、以降も水の発展はずっと注目していた。

後に三重に専門工場が出来て、立会い試験が不便になった。（水処理の客は殆どのケースで立会い検査が必要であった。）しかし三重工場の献身的な努力で、立ち会い検査はいつもスムースに受けることができた。なお絞り加工の下請けが堺地方にあったことでも地の利があり、移転は地元にも喜ばれ、電磁の歴史に三重は欠かせないところになった。

私は水処理の上昇期、そして電磁の勃興期に開発、製造、営業の密な協力体制の真っ只中で過ごした時代を懐かしく、お世話になったすべての方々に感謝する。

# 紙パルプ産業における電磁流量計

尾野 恵一郎

## 1. 1964年～1970年、いざなぎ景気時代の紙パ業界と電磁

この時代は、振り返ると、電磁流量計が質的にも量的にも、最も飛躍的向上が見られた輝かしい時代ではなかったかと思われる。

電磁流量計の大口需要先であった紙パ業界でも同様であり、参考として、小生の経験を紹介しながら述べてみたい。

小生は1964年のいわゆる不況期に入社、紙パ業界担当の営業技術者として配属された。松山裕課長の下、一通りの紙パに関する計装技術の実習を受けた後、偶然、翌年三菱製紙・八戸工場の新設プラント北辰側責任者として担当させられた。担当を拝命したときは、このプラント建設が業界でどのような意味を持つのか、そして日本中の紙パ業界がどれほど注目していたか、入社二年目の小生としては、当然理解していなかった。

三菱製紙にとって、この八戸第一期工場は、もともと印画紙のような特殊な高級紙を得意としていた同社が、より市場需要の大きい、一般上質紙の分野へ本格進出する先駆けとして、重要な戦略的意味合いが込められていた。

きっかけは、1962年、八戸以下全国の15都市を対象にした新産業制定都市建設促進法の成立だった。それを受け、新法のインセンティブを活用するため、殆ど一漁港に過ぎなかった同地域に、あえて、本格的大規模プラントの建設に踏み切った。

新産法の狙いは、従来比較的大都市圏に近い場所に立地していた工場地帯を地方へ分散させることによって、地方開発へ繋げることと、大都市圏での防災上の意味など、いろいろな目的が込められていたが、基本的には戦後の復興から本格的高度成長経済へバトン・リレーする大きな転換点を示すものであった。マクロ的にはこうした時代背景ということになるが、個々の企業にとっては、同時に、先に見えてきた市場規模の増大と多様化に対し、如何に市場競争に打ち勝ち、生き残るか、熾烈さが増していく時代でもあった。その典型的な例の一つがこの八戸工場であった。

この工場の第一期では多種類のパルプを混合し、また要求される品種に対応して、パルプ纖維の長さやその毛羽立ち、絡み具合を調整する調成行程、それを紙に抄き上げる抄紙工程と、さらにその紙を需要先の要求する長さや幅に仕上げる仕上げ工程から構成されていた。

そして、この工場の特徴は、徹底してプロセスを連続化し、操業高率を高め、且つ生産量と品種を出来るだけこまめに変更させるという、二律背反的な目的に対する、果敢な挑戦であった。

通常、上質紙のような多品種・変動生産量の製造工程では、かなりバッチ的な製造手段をとるか、需要先の納期を長めにし、量産を確保、もしくは在庫を抱えるなどして

調整いたが、この工場の場合、特に、電磁が多く使われる調成工程では、パルプ液を混合するライン、そのパルプ液に含まれる纖維の長さや絡み具合などを調製するリフアイナーと呼ばれる装置ラインを多数段、複合ライン的に用意し、要求品種に対応して、その組み合わせや流量を自在に変更、しかも格段ごとに用意されるチェストと呼ばれるタンクを従来の概念に比べ、かなり思い切って小さなものにし、こうした目的に対応していた。このチェストの小型化により、連続工程での品種変更に伴う過渡段階でのロス分を抑える考えだった。この多段ラインと複合ラインを駆使し且つ各ラインごとの品種組み合わせに対応した大幅な流量変更は電磁流量計のレンジアビリティの大きさを活用して初めて可能であった。

また、紙には木材纖維のパルプだけでなく、各種の染料や石灰液、明礬など各種の薬剤も品種に応じて添加されているが、これら薬液にも大胆に電磁が採用された。

従来は定量ポンプやバッチ式の計量タンクが一般的であったが、本ライン側の思い切った連続・生産料変更に対応し、これら薬剤側もレンジアビリティの広い、且つ、詰まらない電磁が最適であった。

北辰電機がこの時代、紙パルプ業界で圧倒的に強かったのは、この頃過去の苦労と実績からようやく品質的に安定し、耐久力のあるFL281シリーズが完成したことと、薬剤向けなどの小口径電磁を含めたレパートリーの広さが際立っていたことも大きく貢献していた。

もう一つ忘れてならないのは、製造ラインの連続化に対応して、パルプ液の品質に大きく影響するパルプ濃度の管理に、北辰だけがフィッシャー・ポーター社のインライン式パルプ濃度計をセットで提供できることも大きい。山武など他社のものはバイパス・サンプリング方式で、新しい連続化の時代要求にはそぐわなかった。

この八戸工場は紙パ業界ではかなり注目されていた。実際に、建設完工後、小生自身多数の客先で、計装関係者よりもプラント設備関係者から、より関心を持たれたことを覚えている。

この工場では当時の一般的工場に比べ、2～3倍多くの電磁流量計が使われている。こうしたプロセスの転換と電磁流量計の多用は全国の工場に広まっていった。

1965年頃からいざなぎ景気と云われた日本全体の高度成長経済が始まった。そののなかでも、三白景気と呼ばれる紙・纖維・砂糖業界は戦後の生活レベル向上に伴い、より華やかに市場規模は大きくなっていた。もっともこの時代より前、朝鮮戦争勃発後に最初の三白景気があった。その時は紙なら何でも良し、布なら何でも良し、甘ければどんな砂糖でも良しという質のことなぞかまといられなかつた時代であった。しかしこの第二期とも云える三白景気の時代は内容的に大きな変化があった。前述のように、これは他の業界でも見られた傾向で、企業間競争は熾烈となり、いずれもプロセスの連続化と多様化する品種変更への対応がカギとなっていた。

三白景気のもう一つの纖維業界において、北辰電機の開発したπライン式温度制御スキヤナーシステムがあれだけ売れたのも、いつに撚糸の一本一本まで品種・生産速

度に対応して、全ライン同時に温度を設定変更し且つ高精度に制御するため、それを可能にするシステムの導入なら、多額のコストを惜しまなかつた企業間競争が背景にあった。

砂糖業界でも同様だった。その結晶化という製造工程上、プロセスは基本的にバッチ式であったが、バッチサイクルの短縮と、日本独特の過剰ともいえる品種変更とその品質管理のため、高度な自動化が一挙に進められ、それに対応した北辰電機のシステムが独壇場だったことは覚えておられると思う。

その他の業界でも鉄鋼やアルミの連続鋳造工程の冷却制御に見られるように、冷却水の流量測定に多数の電磁流量計が使われたが、その理由も、生産量変更や品種変更に伴う溶融体の流れ方向に対するきめ細かい温度パターンを正確に変更するため、レンジアビリティが大きい電磁流量計の採用は必須だった。また冷却水に海水を使うなど条件の悪さに対しても電磁流量計が最適だった。

どの業界でもこの時代のプロセス産業の基本的な考え方は紙パと同様、生産量変更と多品種対応が基本課題であった。

もう一度紙パ業界を振り返って見よう。

その後、需要先要求の多様化と短納期は一層強まっていった。紙パ工場の最終製品は抄紙工程で抄き上がった太巻きの紙ロールを最終仕上げ工程で客先要求に応じて長さ、幅をカットして最終製品ロールとして製造される。問題は客先のそれぞれ異なるカット要求をどう組み合わせるか、いわゆるトリミング問題が生産効率と短納期化、在庫の縮小のため企業の重要な課題となるところまで競争は激化して来た。この最終工程のシビアな管理はそれだけ前行程の抄紙・調成工程の柔軟対応能力を必要とし、さらに、その工程管理自体を全体的に電算機制御する考えが導入され始めた。（北辰電機も東海パルプにHOC 300 納入）

云いかえれば、それだけ電磁流量計の精度と安定性が重要となってきた。そして、日本中の工場で、生産増量以上に電磁流量計が採用される機会と数量は増加していく。

と同時に、日本の紙パ産業はまた新たな転換期を迎えた。相次ぐ生産の増量・増大で競争は激化、結果として、価格安、そのためさらに市場需要は増大する完全な高度成長期のパターンに入ってきた。

今度は紙の原料となるパルプの不足、そして原質工程（パルプ製造工程）の見直し・改善が次の課題となってきた。

パルプ製造工程は木材チップを苛性ソーダー系の薬液で高温溶解し纖維質を分離する木釜工程、その後、纖維以外の混入物を取り除く精選工程、さらに塩素、酸素など

の漂白剤により、パルプ液を白くするさらし工程へ続き、出来上がったパルプは前述の調成・抄紙工程へ送られる。

従来木釜工程の主流はバッチ式であったが、量産化には不向き、且つバッチごとに品質のムラが生じがちだった。そこにスエーデンのカミヤ社が開発した連続木釜（連続ダイジェスター）が登場する。設置面積当たりの生産量は従来に比べ、殆ど一桁異なるほど効率性もよく、日本の大手、中堅企業が競争でこの連続木釜を導入した。一時世界の連続木釜の60%近くが日本向けに製作されたといい、総数45基がこの時代に建設されている。当然、次工程の精選・さらし工程も大量生産と連続化に対応し、従来のプロセスとは一変するようになった。自動化レベルも格段に強化され、この建設ラッシュと相まって電磁流量計の売上げは急カーブで上昇した。また、生産量の増大にともない口径もサイズアップしている。勿論、北辰は電磁流量計との得た営業活動により、この分野でもトップシェアを取っていた。逆に、横河電機、山武ハネウェルは同じように活況だった石油・石化分野で圧倒的強みを見せていました。

## 2. 1970～80年代の紙パ業界と電磁流量計

しかし、この好景気も1970年の大阪万博の終幕をもって急激に不況へ突入した。未曾有のいざなぎ景気の終焉である。さらにその後1973年と1979年に発生した2回のオイル・ショックの影響を受け、日本紙パ産業の新規増設ブームは二度と訪れるることは無くなった。紙パ業界の主要課題は環境問題と省エネ対策、そして、最終抄紙工程の紙の厚み・水分を管理する品質競争へ移っていました。計装関連の需要としては、これらの課題対策としてそれなりに有ることはあった。横河電機のBM計が典型である。

紙パ関連の計装投資の大半はこのBM計の導入に向けられたと云えるほどであった。北辰電機も、カナダの企業と組んで販売を開始したが、やや時遅く、陽の目を見る前に横河電機と合併となり終幕した。

一方、北辰電機に対する電磁流量計の需要は、一部排水処理関係のプロセスで残ったものの総量では激減した。

むしろ、この時代に移ってから、電磁流量計にとっては予期せぬ難題が待ち構えていた。

メンテナンス関連である。

一つは不況に合わせて、紙パ業界の人員削減が始まり、計装関係も縮小・弱体化されたことである。

電磁流量計はパルプ液の流量計としては他に選択の余地がないほど最適な原理・形状を保有しているが、現実には、パルプ液にはピッヂとよばれる樹脂状のものが含まれ問題を起こしている。これは通常ミクロン単位の微粒子でイオン化しているため、電磁の電極に電気メッキをしたように付着し、電磁を不安定化させる。この粒子がもう少し大きければパルプ液はスラリー状なので、自己洗浄の形で剥ぎ取るが、この超微粒子の場合は厄介である。しかし、ベテランの計装課員がいるときは、流量計の動きから事前に察知し、電磁流量計を取り外し、この付着物を取り除くなど、大事に至

らず、電磁とうまく付き合って行くことができていた。また、こうしたピッチ付着が生じやすい工程・頻度なども比較的よく把握されていた。しかし、こうしたベテラン要員の減少にともない、大問題になるケースが増えてきた。

二つ目はチップ材の質の変化である。

不況対策の一貫として、コスト削減を狙い、従来使われたことのない、安価なチップ材（木材の小片）を使う企業が増加して来た。もともとはピッチ（パルプ中に混入する一種の不純物）が多く含まれるチップ材は電磁流量計だけでなく、他の機器装置や品質そのものにも影響するため、極力避けられていた。チップ材は大別すると針葉樹と広葉樹に分けられるが、それぞれに特質が異なり紙の品種に対応して適正に混合させている。そのうち、纖維質が長く強い針葉樹は紙の強度を上げるために必須だが、比較的ピッチの含有量が広葉樹より多い。それでもピッチ質の比較的少ない良質のもの、例えば北欧・カナダ産のダグラスファー（モミの木の一種）などがそれである。

しかし、これらは世界中のパルプ企業が使用していたため、価格も上昇、さらに環境問題から森林資源保持の動きも追い打ちを掛け、この不況時代にはコスト高となってきた。そのため、ピッチ質の比較的多い安価な針葉樹も使うようになった。その他、従来考えられなかった南方材、例えば、ゴムの木の廃材、マングローブなども使われ始めた。

ゴムの木は老木となるとゴムの採取量が減るため、廃材とするが、これは極めて安価に調達できた。しかし、廃材とは云っても、ゴム質はかなり残っているため、電磁流量計の電極のみならず、ライニング部までゴム質のものが被るケースまで出てきた。

マングローブは南方材特有の成長の早さからこれも安価に調達できるが、海水域に生息しているため、塩分他ミネラル分の含有量が多く、スケール付着がひどくなってきた。

さらに、コスト削減と自然に優しい環境対策として、回収古紙の混合比率を増加させていった。古紙は脱臭・脱墨（印刷インキ除去）しているが、微量の纖維質以外のものをどうしても完全除去できず、ピッチと同じように電磁流量計不安定の原因となりがちであった。

このように、ユーザー側計装要員の減少と原料パルプの変化が重なり、電磁流量計のトラブルは増加していった。

電磁流量計メーカーとすれば新設の総需要は激減、トラブル増加という最悪の時代を迎えたわけである。

しかし、北辰電機としては、この時期、900TX, DPFが開発・販売されたこともありターゲット市場を石油化学に集約的に絞っていた。小生自身も紙パググループから化学グループへ移り、紙パ関係の営業関係は相当縮減されていった。

結果、営業側の問題点として、こうしたマーケット側の構造的变化情報の社内フィードバックは不足し、また新たに生じたトラブル要因に対応した新型電磁の開発要求力も弱かったと云わざるを得ない。

この時、山武ハネウェルが、これらの問題を考慮した新型電磁流量計を引っさげ登場してきた。矩形波励磁と電磁を本管から取り外すことなく電極を清掃できる外装型電極である。当初は、序序に滲透してきたが、実績で検証されるにつれて急速に北辰の電磁流量計は置き換えられていった。

北辰電機は電磁流量計において、紙パ業界の勃興・拡大期に圧倒的な強みを見せて、断突の市場シェアを確保したにも係わらず、メンテナンス時期に入ると、手を抜き市場を失っていったことは、理由はさておき残念でならない。

本来企業活動は狙った市場に足場を築いたら、好況期であろうと不況期であろうと徹底的にその市場を取り囲み稼ぎきる、特にメンテナンス段階では熟した果実を刈り取りきると云う執念がなければ収益を上げられる企業にはなれないと思う。

この時代の北辰電機の対応は反面教師として再び繰り返すことのないよう期待したい。

### 3. 1980年代以降の紙パ産業と電磁流量計

たぶん、昔から云われていた定期修理時における電磁の弱点が問題化されていると思う。

つまり、紙パ産業では石油・石化産業などと異なり、原料にパルプという有機物を取り扱う関係で、配管内の洗浄周期はかなり短い。数ヶ月、品種によっては数十日単位で洗浄される。これは、配管内のフランジや設置機器、バルブなど隙間の部分に溜まったパルプが腐食し、いわゆるスライムとなり、紙にシミを作り、品質に大きな影響をあたえるためである。

しかし、この洗浄は高温水、場合によってはスチームページが使われ、急激な温度変化を起こすため、この時は電磁流量計を配管から外し、代わりに同じ長さの短管を取り付ける。この作業はかなりの負担をユーザーに強いている。

もし、急激なヒートショックに耐えられる電磁流量計が開発されれば、コスト削減が至上命令のプロセス産業にとっては相当な福音となろう。

これは、食品業界でも同様と思われる。

### 4. 追記 将来の市場と電磁流量計 (紙パと関係ない小生の一つの意見)

今後とも電磁流量計はその構造からして、広く、いろいろな分野で重要センサーとして使われ続けられよう。

なかでも水処理は期待できる分野と思われる。最近の時代の流れを見ていると、グローバル的な水ビジネスの成長・拡大は目覚ましく、そう遠くなく超ビッグビジネスになると期待されている。そこで電磁の役割も大きいと思われる。

水ビジネスは2010年世界全体で約10兆円の規模だったが、2025年には100兆円を超えると云われている。これはその頃の化石燃料ビジネスを凌駕し、プロセス産業としては、今世紀最大級の市場規模になると期待されている。

このビジネスは、単なる設備建設ではなく、上下水設備の計画段階から、資金融資、機器の調達、プラント建設、さらに施設の運営・保守まで完全な一貫請負が新しいト

レンドとなっている。現在は水メジャーと云われる、フランスのヴェリオア、スエズ、英國のチームズ・ウォーター社が断トツのビッグ3で、既に日本でもヴェオリアが松山市、千葉市と財政的に弱体化した公共機関に参入している。

日本勢もようやく、地方の公共機関と総合商社、設備メーカー間でコンソシアムを組み、例えは、東京都グループのオーストラリア、大阪市グループのベトナム、横浜市グループのフィリピンで受注が決まり、神戸市、北九州市グループなど他の地方公共機関も海外進出に腰を上げてきた。しかしその他、ドイツ、シンガポール、韓国なども国家ぐるみの体制でこの分野をターゲットに動きだしている。

このビジネスの本格スタートは始まったばかりといえるが、参入企業も国家もあたかも米国の西部開拓時代のランド・ランのように死にものぐるいで、且つ総力戦で取り組んだところが勝ち組になると思われる。

いずれにしても、この分野では電磁流量計の出番は大きいと思われる。ただし、主役は電磁なのか、超音波式か、あるいは別の原理のセンサーとなるか、小生の知識では何とも云えない。グローバルベースでコスト、調達ルートさらにメンテナンスまでメリットが出せるもの、言いかえればグローバル・スタンダードとなり得るもののが主役センサーとして採用されるであろう。

もしかすると、使用場所、サイズなどカテゴリー別にそれぞれ異なった最適センサーが選ばれるかもしれない。

この追記で、申し上げたいのは、北辰電機の電磁流量計の歴史の教訓から、市場ニーズの充分な収集と的確な分析そして収益を上げる執念と利益構造の構築が極めて重要と反省してきたが、これからビジネスはそれらに加えて、グローバル・スタンダードを視野に入れることがさらに重要な課題となるだろうということである。

## 80年代以降の紙パッケージにおける電磁流量計

村上 良明

### 1 : 山武の低周波励磁形電磁流量計の台頭

山武が打ち出した低周波励磁形の電磁流量計は、0点の変動が従来の商用周波励磁形の電磁流量計に較べて数十分の一程度とされ、圧倒的に勝っていた。また、磁束分布の改良などによるリニアリティの改善とあいまって、より高精度で安心して使える流量計として市場でのシェアを急速に延ばし、存在感を増していった。当時、北辰電機をはじめとする従来形（商用周波励磁形）の電磁流量計メーカーにとって山武の低周波励磁形は脅威であり、そのままで自社製品の存続さえ危ぶまれたといつても過言ではないであろう。その対抗策として、北辰電機では「3値励磁方式」と呼ばれる独自の低周波励磁方式の製品の開発を急いだが、山武の後塵を拝し、市場での劣勢は明らかだった。

### 2 : 低周波励磁形の弱点—スラリーノイズ

しかし、低周波励磁形の電磁流量計が市場に浸透するにつれ、思わぬ弱点が指摘されはじめた。それは、スラリー性の流体を測定する場合「スラリーノイズ」と呼ばれるインパルス状のノイズが発生することである。（筆者は専門外なので、スラリーノイズの発生メカニズムをここに詳述することはできないが）当時、スラリーノイズは「DC ポテンシャルノイズ」とも呼ばれており、発生原理としては、流体中のスラリー成分などの固い物が電極をこする時に電極表面に形成された薄い皮膜が破壊されて直流電位のバランスが崩れ、それが再度修復されるといった過程で生ずるノイズであるとの説明がなされていた。そして、スラリーノイズのスペクトラムとしては周波数の低いほどエネルギーが高いので低周波励磁形でその影響がきわめて顕著になるのである（図 A）。

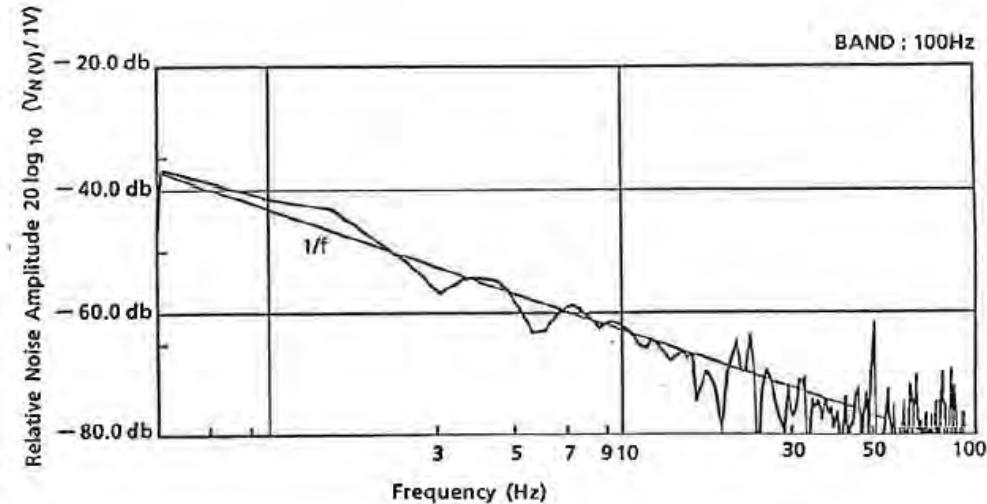


図 A スラリーノイズのスペクトラム

のことから、スラリー成分が固くて含有量が多い流体ほどこのノイズレベルが高く、多発するという理屈になる訳であるが、固いセルロース成分が水中で懸濁状態 (Suspended) になったパルプ液はスラリー性流体の代表格ともいえるので、紙パプロセスにおける低周波励磁形の電磁流量計ではスラリーノイズ問題が頻発することになる。

スラリーノイズは、計装システムにおいて単に指示が揺動するといった問題だけでなく、インパルス状のノイズがコントロールループの外乱になりハンチングを起こしたり、場合によってはトリップ警報の発生に至るなど重大トラブルの原因にもなる可能性があり、大きな問題点として指摘されはじめた。その対策として、電磁流量計の計測信号ラインにある程度長い時定数を持つフィルターを入れるか、あるいは変化率制限をかけるなどの処理を行うことによりノイズ分の影響を低減させることができたが、これらの処理は流量変化に対する応答性と背反するので、処理を強くかけ過ぎると応答が遅くなり逆に制御性を悪化させるなどの問題があった。

一方、従来の商用周波励磁形の電磁流量計は原理的にスラリーノイズの影響がほとんど無いことから、製紙会社によっては低周波励磁形電磁流量計の見直しが行われることもあった。新規プラントの建設であえて従来形の商用周波励磁形を選定したり、既設プラントで一度低周波励磁形にリプレースしたループを再び商用周波励磁形へ戻すこともあったようだ。このような事情から、一度は脅威に思われた山武の低周波励磁形の電磁流量計であるが、紙パックにおいては北辰電機の従来形の電磁流量計もしぶとく健闘していたのではなかろうか。

### 3：低周波励磁形の苦悩

前述した、合併直前に北辰電機が開発した3値励磁方式の電磁流量計は、新生の横河北辰電機では「YEWMAG」として製品化された。しかし、この製品も基本的には低周波励磁形の電磁流量計であったため、スラリーノイズ対策に迫られていた。対策の一つとしては、「レートリミット機能」があったが、これは前述の測定信号に対する変化率制限と同じであり、一種の逃げに過ぎない。もう一つは、「スラリーモード」と称するスラリーフロード専用の励磁モードを設けることである。スラリーモードでは、商用周波数の倍周期（半分の周波数）の矩形波で励磁してスラリーノイズの影響の低減を図ろうというものであり、いわば低周波励磁形と商用周波励磁形の妥協案のようなものであるが、その効果も妥協的に許せる程度にしか過ぎなかった。さらに、センサーの電極にWC（タンクステンカーバイド）材質を採用し、ノイズ自体の発生を低減させようという対策も採られた。これは、流体の種類によってはそれなりの効果が得られたが、耐食性など他の要素からの材質適合が制限されたため対応範囲が限られた。

### 4：新形電磁流量計 ADMAG の登場

このような状況が1980年代の半ばまで続くが、1987年、横河北辰電機からスラリーノイズの影響を抜本的に解決する画期的な新形電磁流量計「ADMAG」が登場した。

ADMAG は 2 周波励磁と呼ばれる新しい励磁方式を採用していた。2 周波励磁方式とは低周波（商用周波数の 8 倍周期の矩形波）に高周波（低周波の 1/12 倍周期の矩形波）を重畠した波形で励磁を行なうものである。そして、低周波に同期したサンプリングタイミングと高周波に同期したサンプリングタイミングで電極信号を検出する（図 B）。これらの検出信号にフィルター（前者に対するローパスフィルター、後者に対するハイパスフィルター）処理を行ったあと両者を合成することにより、0 点の安定性に優れ、かつスラリーノイズの影響が少ない測定信号を得ることができる（図 C）。

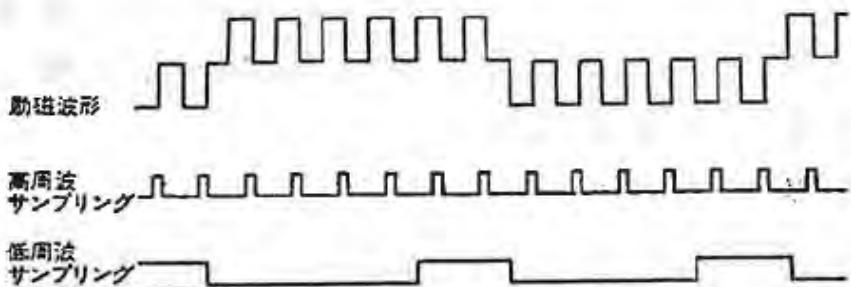


図 B 2 周波励磁の波形と信号サンプリング

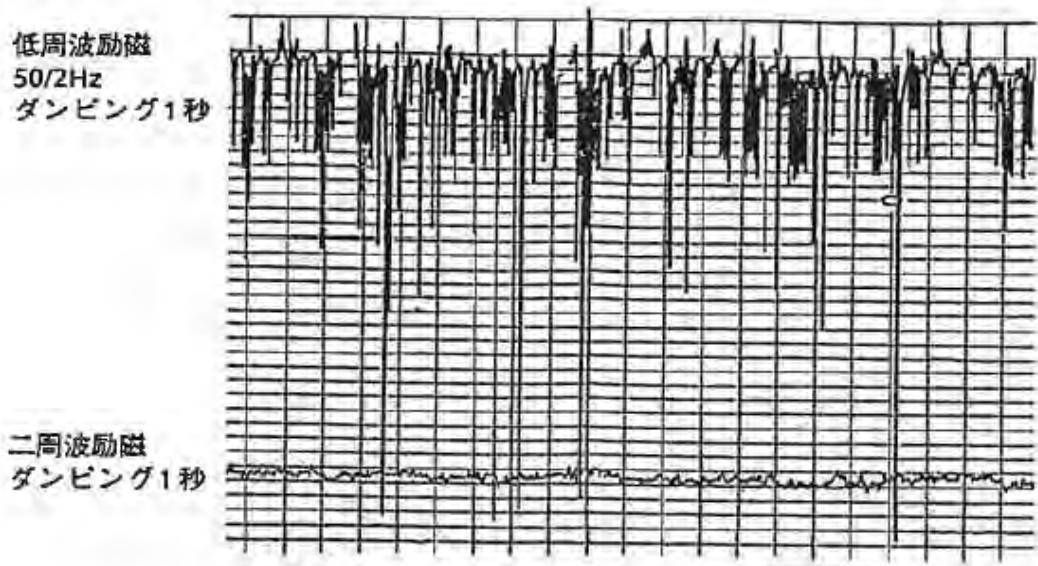


図 C 2 周波励磁形と低周波励磁形の測定結果

ADMAG は低周波励磁形と商用周波励磁形のいわば良いところ取りをしたような製品であり、理想的な電磁流量計ともいえるものであった。ADMAG の 2 周波励磁方式が登

場した背景には、当時急速に普及が始まったマイクロプロセッサの存在があると考えられる。複雑な励磁波形を生成したり、サンプリングの微妙な同期を取るなどの高度な処理は、マイクロプロセッサであればこそ可能になったと考えられるからである。現在、2周波励磁方式は、電磁流量計の定石ともいえる技術として各社の電磁流量計に採用されているが、当時の ADMAG はその嚆矢となる製品であった。

2周波励磁方式の電磁流量計 ADMAG は、紙パペ業界でも大きな注目を集めることとなる。業界では、紙パルプ計装技術発表会（主催：紙パルプ技術協会=JAPAN TAPPI、企画：自動化委員会）という、昨年で35回目を数える伝統的イベントが毎年開催される。紙パペ業界では、ユーザ同士での情報の横通しが比較的良好であり（逆にいえば、技術的な企業秘密が少ないとも言えるのか）、このイベントでも製紙会社や計装メーカー、プラントメーカーなどが最新のアプリケーション技術や導入例、新製品情報などを持ち寄って発表する。昭和63年の紙パルプ計装技術発表会において、筆者は「新型電磁流量計『ADMAG』について」と題して発表を行ったが、センサー単体の新製品紹介としては意外なほど反応の大きかったことを覚えている。電磁流量計がパルプ液の流量を正確に計れる唯一の流量センサーであるが故に新製品に対するユーザーの興味も少なからずであったことと思われる。

この時期以降、横河北辰電機（後の横河電機）は紙パペ業界の中で圧倒的なマーケットシェアを有するに至るが、BM 計や CENTUM をはじめとする大型システムが続々と工場に導入される中で、この優れた電磁流量計は礎となる存在の一つであった。

# 鉄鋼における電磁流量計

新井 正孝

紙パや水処理に比べて、鉄鋼業には電磁流量計は余り縁がないと一般に思われがちで、現にこの稿の依頼主もそのような感覚を持っておられたようなので、鉄鋼営業一筋40年の私としては敢えてそれを払拭したいと筆を取ることにした。

## 1：連続鋳造（CCM）の冷却用

連続鋳造に沢山の電磁流量計が使われる背景をきちんと理解するのには戦後の日本の製鉄所の建設状況にまで遡って考える必要がある。

### **(1) 製鉄所の立地条件の変更**

太平洋戦争で敗戦を迎えて以後の日本の鉄鋼業は、鉄鋼業の立地条件である原料の鉄鉱産地かエネルギー源の石炭の産出地の近くで成り立っていた常識を破り、大型タンカーが接岸できる臨海地帯に製鉄所を建設して、世界的な鉄鋼生産国に上り始めてきた。この理由は、国内では良い鉄鉱石も良い石炭も調達出来ず、石油もほぼ100%近くを海外からの供給を受けるという事情があったからで、特にエネルギー源としての石油の存在が大きな比重を持つようになってきたことも大きな理由であった。

### **(2) 1973年の第一次石油ショック前と後の製鉄所**

1972年までの期間、エネルギー価格は、1円/Mcal程度で、石油系燃料、石炭、電力の価格差はほとんど無かった。この期間では、石油の価格が大変安価な時代であった為、大いに石油に依存した操業が行われていた。

オイルショック後は、石油系燃料は一挙に3倍の3円/Mcalに高騰し、電力価格も同じレベルとなった。しかし、石炭価格も同時に上昇したものの、その上昇率は石油、電力までには至らず、2円/Mcalに止まった。

このようなエネルギー価格の変動が原因で、製鉄所の運営では、オイルショック前は設備能力の拡大／生産性向上、設備の近代化を目指してきたが、オイルショック後は、生産性向上・歩留り向上、プロセスの連続化・連続鋳造化を目的に省エネルギー設備への転換を図って行くようになってきた。

### **(3) 均熱炉と連続鋳造機の違い**

オイルショック前には日本の連続鋳造化率（連続鋳造化率＝（連続鋳造生産量／全粗鋼生産量）×100）はわずか20%位であったが、1973年以降連続鋳造機は設置件数が増え続け、10年後の1983年には連続鋳造化率は90%と近くまで急伸していった。

70年代半ばに建設された新日鉄大分は均熱炉を持たない（つまり100%CCMである）最初の製鉄所であった。

均熱炉は、オイルショック前は高品質製品を生産するには欠かせない存在であった。

均熱炉では、粗圧延する前に、鋳塊（ingot）の内部まで均一に熱する必要があり、この為のエネルギーは莫大な量を必要としていた。また加熱中には炉内の鋳塊は酸化を受け、均熱炉では歩留まりの平均値は5%位悪化すると言われている。

一方オイルショック前の連続鋳造機では、生産性を第一の目的に同一サイズ、同一品質の鋳片を大量生産していた。しかし、オイルショック後は、技術進歩が多いに進み、異鋼種を連続的に鋳造する「異鋼種連々鋳」や鋳片の幅を鋳込み中に変更する「オンライン幅可変」と言った操業が可能になってきた。

異鋼種連鋳やオンライン幅可変が可能になってきた結果、省エネルギー、生産性向上・歩留り向上といった目的が達成され連続鋳造機の導入が急速に進んで行った。

#### （4）北辰への恩恵

日本の連続鋳機の主なメーカーは、日立造船、住友重機械、三菱重工、神戸製鋼所が挙げられる。この中で三菱重工のCCMはビレットが主な製品であるので、計装は比較的簡単であったが、日立造船、住友重機は大型のスラビが主な製品で計装は大掛かりなものとなっていた。神戸製鋼は大型のスラブから小型のビレットまで広い製品に対応していた。

幸いなことに、神戸製鋼を除く3社は、計装を含めたプラント全体を受注したときは、計装品は北辰へ特命で発注してくれた。これは北辰の鉄鋼SEの先輩達の過去の努力の賜物と思っている。神戸製鋼1社はどうして横河電機とのつながりが強く北辰時代は受注に結びつけることが出来なかつた。

#### （5）連続鋳造機と冷却水流量計

連続鋳造においていかにして冷却するかは冶金上製鋼における本質的な問題を含んでいる。転炉から出てきた高温の溶鋼をモールド（鋳型）に入れて急冷するのが連続鋳造プロセスだが、最適な冷却速度で冷却することで上質な製品が出来上がる日本の世界に誇る高度な技術である。

モールドで溶鋼を凝固させてスプレーゾーンで鋳片を理想的な状態で冷却するには、スプレー流量を広範囲わたり精度良く制御するには流量計と制御弁の選定が重要であった。

オイルショック前の連続鋳造機では、冷却水の流量測定にオリフィスも使われていた。特にビレットを製造するCCMではオリフィスが主流であり、現在でも使われていると思う。しかしスラブ鋳片のCCMでは、高炉の場合とちがって電磁流量計がはっきり優位性を持っていていた。

北辰の先輩SE達が電磁流量計を販売するように仕向け、その結果定着したことも事実のようであるが、当初電磁流量計を採用する主な理由は、圧損のない電磁が給水ポンプの選定を容易にすることであった。それと共に直管長が短くて済む電磁が最適でもあった。それがオイルショック後、技術進歩が発達し、スラブCCMでは、「異鋼種連々鋳」や「オンライン幅可変」が一般的に行われるようになると、製造する鋳片によっては冷

却水流量が大幅に変化させる必要が生じる。この時レンジアビリティの広い電磁流量計が最適な物との評価が確立した。

ひとつの CCM に対して 20～60 台の電磁流量計が使われ、大型の新銳製鉄所では連続鋳造全体で 500～1000 台もの電磁が使われていた。オイルショック後の 1973 年から 1997 年までに 224 件の CCM を受注している。

私の記憶では、1993 年から 10 年間は鉄鋼営業部の売り上げの 30% 近くを占めていた。ドル箱プラントであったと言えよう。

## 2：高炉の羽口の冷却用

高炉には熱風炉からの熱風を炉内に吹き込む水冷銅製の羽口と呼ばれるものが放射状に大きなものでは 40 本ぐらい配置されている。この羽口はその冷却目的の循環水が必要であった。何らかの理由で破損して炉内に水が入ると大きな事故になるので、製鉄所では以前から色々な方法で冷却水の漏洩をいち早く検出することに腐心していた。

例えば冷却水の中に何らかの元素（ヨウ素が使われた）を入れておいて、高炉の炉頂ガスをガスクロマトグラフで常時監視し、元素が検出されれば漏洩だと判断して修理を行うというものである。

別 の 方法として、冷却水の戻り側に温度計を挿入し、チェックする時に羽口冷却水入り口のバルブを閉めて行って冷却水圧を高炉炉内圧よりも低くする。もし羽口に穴があいていれば高温の炉内温度で冷却水の温度が異常に上るので漏洩を未然に検知できるというものである。

いずれの方法も不完全で、危険が伴った。

1971 年に第一高炉が火入れをした新銳製鉄所である住友金属鹿島製鉄所の第二高炉（1973 年火入れ）が稼働直後水素爆発を起こして人身事故が発生した。原因は正に羽口の冷却水漏洩であると判明した。事態を重く見た通産省が「羽口冷却水漏洩検知は冷却水の入り口と出口に流量計を設置して漏洩を検知すべし」と鉄鋼業界への指導を行なった。冷却用の循環水の供給口と排水口に各々一台ずつの流量計を取り付けてその差を検出して途中で水漏れが起こったことを検出せよという示達である。これは北辰電機としては大変有難い通達であった。

しかし横河電機はこの点では先行していた。双胴型電磁流量計（ツイン電磁と呼ばれた）という一台の流量計で流量差を検出するという羽口専用の電磁流量計である。これが売り出されると北辰の電磁は売れなくなるし、売れても大幅値引きが必然となる。この情報に接すると直ちに営業は横河の特許にからずに北辰もそのような流量計を開発できないかと技術側に検討を依頼したが、結論は不可であった。

この目的の流量計は流量を正確に測るのが目的でなく、二つの流量の差を見ることが目的であった。その点で 70 年代の電磁はまだ零点変動の問題の根本的対策が出来ていなくて（これは後の低周波励振で根本的に解決した）、電磁流量計はこの目的では主役

にならず、北辰が1968年頃から早稲田大学の指導を得て開発を進めていたカルマン渦流量計急遽製品化して1974年に流量差警報器と組み合せた羽口冷却水漏洩検出警報システムを発表した。先行した横河の双胴型電磁流量計に主にコスト面で対抗するためであったが、1978年からはマイコンと組み合せたLSIフローモニターとして集約化された。横河とはすべての製鉄所で熾烈な競争をしたが、この事件でシェアを失うことはなかった。事故を起こした住友金属からも沢山買ってもらった。住友金属鹿島製鉄所の大型高炉では羽口が複雑な構造をしている為、羽口あたり4台の流量計を取り付け、40羽口で160台のカルマン流量計を使っている例もあった。カルマン渦流量計一台で15万円前後の利益を得ることが出来たから鉄鋼営業としては大変儲けの多い製品であった。

本稿は本来電磁流量計について書くべきであるが、このように羽口冷却水漏洩検知の主役の流量計は北辰ではカルマン渦流量計であった。ただ渦流量計は必ずシェダーバーという渦を発生させるための障害物が必然であるために、海水を冷却水に使う場合は使用できず電磁の出番となった。それは海水に混入する浮遊物（クラゲとか藻とか）が障害物に引っかかると漏洩を検知したと誤って判定して、操業する人々の信頼を失うからであった。

それで営業として以下のような方針で臨んだ。

- ① カルマン渦流量計は冷却水に海水を使う場合は販売しない。
- ② 淡水を冷却水に使う場合でも冷却水は布切れ、木の葉、髪の毛など繊維状のものが混入しない様、冷却槽を含めクローズドシステムにしていただく。

これが守れない客先には電磁流量計の採用をお願いした。

カルマン渦流量計並びにフローシステムではそれぞれ当時のアナログ技術の井出大史さん、ディジタルの平野徹さんに絶大なる支援をいただいたことを付記する。

他の流量計の検討余地はなかったか。オリフィスで測ることも検討はされたが、渦の場合と同じく海水でオリフィスに異物が付くことと差圧伝送器のゼロドリフトや劣悪な環境での再現性に不安があつて見送った。

なお羽口以外に高炉の本体（これを鉄皮という）の冷却水監視にも使われたことを付記しておく。

## 日本鋼管と電磁流量計

天野 隆美

1954年、私は商業高を卒業し18歳で北辰に入社した。元海軍艦政本部海軍少将、松尾実営業部長から”君には鉄をやって貰う。奮励努力し社の将来を開いて貰いたい。”と言われて以来37年。入社以来日本鋼管一筋、北辰の仲間には北辰でなくて、日本鋼管に就職したのではないかとからかわれたくらいであった。特に昭和40年代に足かけ10年福山出張所長として福山製鉄所にかかわったことを中心に電磁流量計に焦点を当てて思い出をつづってみたい。

しかし電磁流量計を語る前に当時の日本の製鉄並びに日本鋼管についてざか述べることをお許しいただきたい。

戦災で日本鉄鋼は壊滅。私の北辰入社時の日本鋼管は惨憺たるものであった。設備は老朽化し諸々のパイプから蒸気のムダな漏洩が激しい。

ストは反復され組織は麻痺していた。しかし、この時代、昭和20年後半入社の学卒は密かに日本鉄鋼の建設（再建でなく建設）を企図していた。

川鉄の大島真（東大）、新日鉄の宮崎義利（東大）、NKKの藤井靖治（京大）・・・所謂、鉄鋼3人男の出現である。若い彼等が日本の鉄鋼を牽引した。

鉄鋼の経営者も稻山嘉寛（八幡製鉄）、西山弥太郎（川鉄）、日向方斎（住金）、永野重雄（富士鉄）、赤坂武（日本鋼管）等といった国士的な風格の面々が一杯いた。逞しく、若い日本の元気な全てがそこにあり、将に「鉄は国家なり」の時代であった。思えば随分、長い間、鉄の輸出でドルを稼ぎ、原油や家を建てる材木を輸入した。鉄鋼3人男の彼らは互いに交流して、今迄にない画期的な製鉄所を作ろうとした。

1960年代半ばに日本は1000万t製鉄所を7カ所（君津、鹿島、扇島、水島、福山、加古川、大分）に建設をもくろみ、やがてその通りに完成させた。

さて、日本鋼管は1960年代初頭に神田橋に福山建設本部を設置し本格的な踏査に入った。実は北辰には福山第1期建設当時はこの大製鉄所に見合う計器が無かった。同業に対して明らかに遅れていた。ゲルマニューム素子のEラインは未完で、サブパネルは寸法が違いチグハグ。2~10MADCを得る為に計装ループに弁当箱と呼ばれた信号変換器を用いている。制御精度は明らかに落ちる。赤面の思いだった。差圧変換器はマグネシンを抱いた馬鹿でかいバートンB199型。

何としても1000万t製鉄所計装に相応しい機器が少ない。やっとF&P提携のESLが来たと思ったら機械精度が悪く、筐体が隙間だらけ、しかもカスケード設定用のポテの断線が相次ぐ。数100台の新品のELC120をポテ交換の為、鋼管福山の検

査工場に並べ、福山C S（カスタマーサービス部門）住本敏郎以下2名が必死の交換作業をしているのを常務荒井茂氏が見て絶句した。（この苦労は北辰開発のE Kが出現し扇島で採用されるまで続いた。）

一体、品管は何をしているのかと思った。貴重な儲けがドンドン流出してゆく。福山J O Bに何かと心を配って、人と人の和に心を配った営業次長の中村吉雄氏に、「下丸子では皆頑張っているのだ。必ず良い品が出来る。それまで待つて呉れ。」と諭された。油だらけ煤だらけのCS住本敏郎はこの光景をジッと見ていた。

しかし現場の作業長、工長、工員の皆さんには好意的だった。後でウカツにも知った事だったが、東京から工員さん、工長さんが福山に引っ越して来ると福山C S住本敏郎は引っ越しの手伝いに行き、少しでも仲良くなろうと努力した事を。北辰の総力をかけた第5期建設スタートの時、住本の韓国CS特別要員としての派遣を、下丸子より要請があった。このまま住本を福山に置けば必ず体を壊すと思い断腸の思いで要請を受けた。悲痛な表情で福山に何時までも居たいと言った住本を今も思い出す。

福山のトラブルは本当に多かった。品管の矢野倉勇吉氏は福山よりトラブルの報告が来ると必ず100台単位なので緊張したとの事。

後にD P F, E Kの誕生で面目を施したが苦難の時代であった。その中で電磁流量計だけは高く評価されていた。

日本鋼管に対し本格的に電磁が納入されたのは福山製鉄所と京浜製鉄所扇島であつた。

最初に納入されたのは連続鋳造であった。

その実績から1970年頃、高炉羽口漏水検知で双胴型電磁流量計（羽口冷却水の出側と入り側差流量測定専用の電磁）が出来ないかとの要請が後に本社の取締役にまでなられた藤井靖治課長（当時）から出された。北辰はこれを2か月で完成。（編者注：横河電機が双胴型電磁を発売した話は本誌別稿に登場するが、北辰がそれに数年先駆けてトライした話はこの天野証言まで関係者は知らなかった。）その実験結果は素晴らしいもので、北辰側の技術中心であった衣笠晨策氏は珍しく興奮した。

しかしシーメンス社が特許を持っている事が北辰特許部の調査で判明した時の衣笠氏の落胆振りに、むしろ藤井氏が慰める程だった。試作品といつてもツギハギでなく立派な製品だった。塗料ピカピカの試作品を開梱した時の日本鋼管、北辰のメンバーの感嘆の声を今も忘れない。

此のころの北辰の電磁の技術、開発、製造のパワーは凄まじいものがあった。

電磁需要の中心は連続鋳造。冷却水の流量測定には、どうしてもレンジアビリティの高い電磁が適當とする鉄SE衣笠晨策氏の熱の籠った説明が功を奏し、北辰の技術力の高さを圧倒的と認められ日本鋼管計装購入一般仕様書に電磁は北辰と指定される。

購入仕様書にメーカー名が明示されるのは稀有な事。衣笠氏を藤井氏は信頼し、よく専門誌に寄稿を要請された。藤井氏の言によれば、衣笠氏の原稿は添削不要で、すぐさま専門誌に送れるといっておられた。衣笠氏の言は日本鋼管に多くの反響を戴いた。連鉄のみならず鉄鋼プロセスの水処理及び工業用水、上4水にまで電磁の使用範囲は拡大。

福山市水道局（以下、福山市水と略）より供給の工業用水800口径、上水300口径にも電磁の用途は拡大していった。

市水出側、日本鋼管受け側の2セットなので結構大きな金額になる。それまでは翼車式が用いられ「福山市水迄、日本鋼管の指定は拡大しない。」との競合メーカーの強弁で福山市水の塔元敏忠係長（当時、後に局長に昇進）から、日本鋼管がそこまで北辰を評価するなら、実際に私の前で評価の実施テストをせよとの命が出る。その頃福山市水の中央制御はセンタムを含めオール横河。競合は横河、東芝、超音波、北辰の4社の筈だったが何故か、超音波と北辰の2社競合に成了。日本鋼管福山の立会は、のちに制御技術部長、NKK富山電気製鉄所長、トーラスチールの専務になる笹尾宏明係長。面目に掛けても負ける訳にはいかない。北辰のテスト出席は北辰福山所長の私（当時）住本敏郎CS（当時）。超音波工業は8名。（専用のテスト車迄、持てて来た。しかし住本が余裕綽々なのをみて安心。）なかなか埒が明かず、だれて来たところに市水の傍を走る福塙線の電車で超音波の波形が何故かメチャクチャに成り、北辰電磁の採用が即座に決まった。

市水採用の電磁には後日談がある。

市水出側とNKK入側の流量差がある程度の精度に入らないと大変な事になる。しかし不思議にも誤差ゼロ。これは私の在任9年で全く変わらなかった。

福山建設初頭に大雨あり、300口径上水入側電磁は泥水に埋没。しかし発信は続行。恐るべき機械精度とパッキンの威力だった。発信部にシリコン注入を行い今後に対処、連鉄電磁にも注入された。

扇島にも同様に電磁が大量に採用された。計器購入一般仕様書も電磁は北辰指定だった。

福山も扇島も納期繰り上げが、日常だったので三重の酒井敏喜さんには随分、無理を言った。しかし、悉く引き受けて呉れた。電磁は北辰指定の価値が充分あると日本鋼管福山、扇島ともに評価された。

電磁発信部にシリコン樹脂を充填したくらいで、本当に電磁はノントラブルであった。北辰の技術のシンボルと思った。どのようなエンジニアが、どの様な葛藤で作り上げていったのか、競合業界の踏査をどの様に行っていたか、きっと何方かが誇りを持って書いて下さると思い、拙い本稿を擱きます。

# 非鉄金属における電磁流量計

柿沼 壽夫

非鉄金属とは鉄以外の金属で、誰でも知っている金属だけでも10種以上ある。おまけに電線等の非鉄金属の加工まで含む広い産業分野である。

そして鉄と大きく違うのはその生産量である。銅を例に上げればおよそ年200万tで、鉄1億tの2%でしかない。

亜鉛、鉛などを加えても、290万tで鉄鋼の規模にはとても追いつかない。このようなことから、使用する電磁流量計の数量は多くはない。

鉱石から金属を取り出すプロセスは製鉄に似たものから、化学プラントに近いものまであり、電磁流量計の使われ方も、一様ではなく、そして問題も多様である。

業種IMの「非鉄金属」が発足した時期は定かでない、1975年の#4IM(鉄鋼)住所録には、のちに非鉄担当となった人が数人含まれている。この後、松岡泰マネージャー(故人)のもとに発足したと思われる。非鉄金属以外にも窯業、ガラスも担当した。

以下、各プロセス毎に、電磁流量計の使われ方や問題点を列記したい。

## 1：銅精錬

非鉄精錬プラントの代表格である銅精錬。銅精錬は日本の近代産業のはしりであり、礎である。住友の別子銅山(1691年創業)、古河の足尾銅山(江戸時代創業)など古くからの銅山は1880年ころから生産が本格化された。

銅精錬のプロセスは鉄鋼のそれに似ているところが多い。原料の鉱石はほとんど輸入で、プラントは一部を除き、臨海部にある。精錬は、反射炉、転炉、高炉に似た自溶炉などによる。炉回りは取り立てて、電磁流量計の出番はない。

自溶炉は羽口が無く鉄鋼の高炉とは様子がちがう。しかし、どのプロセスでも必ず有るのが、硫黄の処理だ。非鉄金属のおもなものは、地球上では硫化物として存在している。

鉄は酸化鉄の酸素をCOなどで還元し最終的にはCO<sub>2</sub>として大気に放出すればよいが、非鉄はSO<sub>2</sub>としては出せない。

このガスを硫酸として回収し有効活用しようというのが、非鉄金属精錬所にはどこにもある硫酸プラントである。ここで電磁流量計登場。濃硫酸に耐える物質は、SUS316、テフロン。濃度がうすくなるとチタン、白金などを使用する。材質以外、問題はなかつたと思う。

しかしながら硫酸プラントで使われる電磁流量計の数は一桁程度だと記憶している。なかなか主役になれない。

転炉で精錬された銅は、鋳造機(連続ではない)で電気銅の元となる陽極を作る。

陽極は希硫酸を電解液として電気分解し陰極に電気銅を生成する。この過程で、不純物が除去され、99.99%の銅となる、不純物からは金銀等の貴金属が回収される。精錬所からは、金属を含む廃酸が出る、処理が不十分で、カドミウム公害を出したところは数ヵ所ある。

石灰乳を加え、アルカリにして金属を析出回収するが、電磁流量計のライニングが石灰により摩耗する。摩耗部分は両端のフランジ付近である。その防止用に金属ハットと呼ばれた山高帽の天井が無いような形状のつばをフランジの両端から挿入して対応した。その挿入長は口径と同じくらいであった。

## 2 : 亜鉛精錬

年間生産量は約 60 万 t で、銅に次ぐ生産量である。精錬プロセスは、乾式と湿式がある。乾式の代表は ISP 方式とよばれ、焼結機、熱風炉があり高炉に似ている。

亜鉛と鉛を同時に精錬する。

羽口冷却では、高炉と同じく漏水検知があるが、標準の電磁流量計で対処した。高炉に比べ、規模が小さく、使われる電磁流量計の数も僅かである。

湿式は、焙焼炉で亜鉛鉱石(浮遊選鉱されたもので精鉱という)を焼き酸化亜鉛とし、希硫酸に溶かす。溶液は精製され、電気分解により亜鉛を製造する。

亜鉛溶液測定に数台の電磁流量計が用いられる。この溶液はスケールが生成しやすく、定期的に点検し、スケールの除去を行う。他によい流量計が無いので、やむなく使用していた、後述のアルミナ精錬でも同様である。

## 3 : 鉛精錬

年産 25 万 t で、ISP 法による亜鉛と同時生産されるためか、鉛精錬プラントの計装品を受注した記憶は 1 件しかない。しかも乾式精錬で、電磁流量計は無かったと思う。

## 4 : アルミニウム精錬

アルミニウムは電気の缶詰といわれ、1 t のアルミ地金を電解精錬するのに約 1.4 万 KWH を消費する。10 円／KWH で計算すると 14 万円になる。地金建値 20~25 万円／トンの 6、7 割で、電気料金の安い海外の精錬所とは、競争にならない。したがって、オイルショック後 1980 年ころより撤退が始まり、1988 年には 1 工場を残すのみとなった。日本軽金属(株)蒲原工場である。ここは、富士川の自家発電によりコスト競争力を保っている。しかし、生産量は日本の需要 400 万 t の 1 %にも満たない。

オイルショック前は、アルミナ工場で電磁流量計を大量に使用していたので、簡単にふれる。精錬工程は、ボーキサイトからアルミナに精製する「アルミナ工場」と、アルミナを電気分解する「電解工場」に分かれる。

アルミナ工場では電磁流量計がたくさん(1 工場で 100 台くらい有ったと思う)使わ

れていた。鉄を含有する「ボーキサイト」を苛性ソーダで溶解し精製するため、電磁流量計のライニングには、スケールが常に付着する。

定期的に取り外し、塩酸で洗ったり、そぎ落としたりするのでテフロンスリーブがいたむ。いたんだ発信器は北辰電機にスリーブのみ交換依頼があり、お客様のメンテ担当者が電極を取り付け、実流テストをして使用していた。付着防止にアルミナチューブを鏡面仕上げしたものを納入したが、効果は期待ほどではなかったと記憶している。こんな状況のもと、山武から外挿型電極の電磁が発売され、保用品の注文をごっそり持って行かれた。

話は変わるが、三井金属がアルミ精錬に乗り出したとき、横河電機とアルミナ工場の計装をあらそった。北辰の FL281 は実績と外装が鉄でありソーダが付着しても溶解しないと売り込んだが、営業力で負けた。

合併後三井アルミナを訪問したら、その横河製の電磁は鋳鉄製の亀甲型電磁 (FL280 と同じような形状) であった。円筒型の FL281 に比べたら、重量は相当重そうに見えた、製造もメンテも苦労したことだろう。標準のアルミでよかつたのではと思った。(FL281 の鉄製外装パイプの両端はアルミで保持されている、端子箱もアルミだ)。

## 5 : 金

金は貴金属を代表する金属である。その輝き、何にも侵されず (王水には溶ける)、伸展性に優れ、電気の良導体で、電子産業、美術工芸、宝飾の世界には無くてはならない金属だ。

昔は砂金として採取され、アメリカ西部のゴールドラッシュを生んだ。

今、街の鉱山と言われている電子機器の廃材は、天然の鉱石より、金の含有率が多いといわれている。非鉄精錬会社が黙っているはずはない、回収が行われている。電磁流量計の活躍の場は無い。

## 6 : 非鉄金属加工

計装がある分野は、電線や伸銅、アルミ押し出し関係である。これら工場には、電気銅や、アルミインゴットを溶解し、連続鋳造機でビレットを作る工程がある。

鋳型を冷却する水の測定に電磁流量計が使われる。台数は鋳造機 1 台に 1 ~ 2 台だったように思う。

# 私の関わった電磁流量計

石川 洋次郎

## 1：食薬業種

私は1972年前後2年くらい食薬のセールスとして千種課長の下で働いたことがある。その頃の電磁流量計に関する見聞をつまみ食い的に書いてみる。

食薬（食品・薬品の略）のSEをしている頃、三ツ矢サイダー福島工場で国内初のサイダー自動充てん用に電磁流量計を適用した。

水、糖蜜、香料をそれぞれ測定し、タンクでブレンドするものである。水、糖蜜はまったく問題なく測定できたが、香料に関してはその成分が企業秘密で、かつ導電率が極端に低かったため安定測定にもついていくのに苦労した覚えがある。その頃の電磁は導電率の下限がまだ大きかった為であるが、後にその下限が改良されたから以降は問題はなかったのであろう。

みそ製造ラインに試用したことがある。一般の味噌は気泡が含まれていてノイズとなるため不適だが、最近店頭に並んでいるような水で薄めた流動体であれば問題なく測定可能である。

醤油製造やビール、日本酒製造では電磁流量計は最適な流量測定センサーである。

この時代（70年代初頭）はまだサニタリーに関してはL社を除いて仕様上で強要されておらず、内部の洗浄が可能であれば使ってもらえる時代であった。

## 2：新エネルギー分野

私は70年代末から80年代にかけて新エネルギー分野の営業で働いたが、そこでは地熱発電所や温泉測定に電磁流量計の適用例が沢山あった。いずれも設置当初は非常に良く測定できるが内面スケールが時間とともに厚くコーティングされ測定不安定や測定不能にいたるという問題があった。このスケールはケイ素系で石のよう硬く物理的に除去できないため定期的に本管からはずし酸類による溶解処理をしなければならない。そのため、電磁流量計は面間を短くし、軽量化で保守を楽にするとことが求められた。

## 3：都市ガス計装

90年以降都市ガスの計装に関わった。国産天然ガス生産井では、天然ガスと共に地下水も上がってくる。この地下水の管理に電磁流量計が井戸元毎に設置された。特に千葉地区の地下水にはヨウド成分が含まれていてヨウドは水と分離して化学薬品としての価値が高い。電磁流量計は標準仕様で十分であった。

## 多彩な電磁流量計のアプリケーションの数々

並木 佳雄

私が電磁流量計に関わったのは1982年に田辺潤二部長／菅章宏／大野康雄／渡邊嘉正さんのもとで特注設計業務に携わったのが始まりである。合併後しばらくで、販売推進に移り、定年まで電磁流量計を中心に営業のサポートを行なった。その間の経験を思い出すままに並べてみることとする。

### 1：海洋探索船『深海』

合併直前、海底2、000mのマンガン塊採取の測定用に電磁流量計を使用するとのことで検出器の耐圧試験を吉川修さんと行ったが、42kg/cm<sup>2</sup>で測定管内の電極のシール部より電極室に浸水し、7～80kg/cm<sup>2</sup>程度で検出器への電源・信号線用電線の電線被覆が圧力で変形し電線の擦りの溝に沿って電気配線口との間に隙間ができ端子箱内へ浸水するなどの製品限界の確認試験を行ったが結果的に客先要求には耐えられないことが判明した。

### 2：東京都落合処理場向け2, 600mm

ここは垂直設置であったため、自重荷重による検出器の変形や自然流下による渦流、泡の巻き込み状態等の発生が考えられた。処理場の最終沈澱池から神田川へ放流するラインに設置された。沈澱池から垂直配管へ流れ込むときに吸い込み渦が発生し、上流直管部の短い垂直配管の電磁にどのような影響が出るのか前例のないケースであった。いかに設置するかに腐心し、生産技術部富士川さんが水力学の権威である東洋大学の本間仁先生の自宅を訪問し「渦発生を抑える放射状の板からなる整流部を設けるとよい」とのアドバイスをもらい上流側に整流管を設ける提案をした。ところが施工ゼネコンが流量計上流の流入路を螺旋状に設計施工してしまった。

その後何年かたち東京都から測定誤差が大きいと苦情が出たが流入路がこちらの提案と異なっているので当社の責任ではないと申し開きに訪問したことがあった。

### 3：車載用電磁流量計

三菱自動車で試作車のラジエター水量測定で使用したいとの引き合いがあった。ラジエターとエンジンの隙間に検出器を設置するためボンネットに開口部を設けるなど色々な工夫をし、またディストリビューターからのノイズを排除するためにディーゼル車での実験を繰り返した。

このアプリケーションには意外な副産物があった。車載にするため12V電源をAC

100Vに昇圧する専用インバーターを開発したが、これが化学プラントのバッテリーバックアップを必要とするプロセス向けに200台近く売れたのであった。

#### 4：汚泥処理でのアプリケーション

YEWMA Gでは対応できなかったプロセスであるため ADMAGでの有効性を確認するため金沢市のごみ焼却場で下水処理で発生した汚泥と一緒に償却するためこの汚泥の流量測定に使用したいとの要求があり、現地に赴きテストを行った。送泥ポンプの設計圧力は100kg/cm<sup>2</sup>で検出器の耐圧値を大きく上回るためポンプより長距離はなすことを提案し約100m離し吐出口付近に設置し無事測定は可能となった。精度確認のため吐出された汚泥を計量して比較して、無事客先要求のFS1.0%以内を確認したが実力は0.3%/R程度であった。

この後、この実験を依頼してきたNGKと共同で焼却プラントへの導入が進んだ。しかしながら処理汚泥の成分は工業地帯や観光地などの地域性、季節性で大きく変動することにより耐食材料、スラリーノイズと電極の相性・耐摩耗性によるクレームも発生したが、後に開発されたセラミックライニングを使用することでほぼ解決が出来た。その後、汚泥処理場数箇所でテストし無事実用に供することが出来た。

#### 5：グラウト（地盤強化材）注入装置向の用途

北辰時代から開拓されたこの応用は営業の箱崎守甫さんより強く小形一体型の供給を求められており、RINGFLOの登場で解決した。

90年代中盤頃までは根強い需要があり Compact YEWMA Gが廃止された後のADMAGでは変換部が大き過ぎて問題にされたが、注入量の管理のため必ず記録計がセットになるためこれとのセット販売で従来よりも合計金額を下げてなんとか対応した。その後、御徒町での道路陥没事故を受け記録計の封印付きが同協会の規格となり認定を受けたためほぼ独占状態となった。しかしながら国内の需要が減り東芝等との価格競争も激しくなった。グラウト業者も海外への進出が活発になり国内で使用した中古品の再使用が主流となり新規需要が減少し当時の10%程度まで低迷している。

#### 6：土木スラリーの測定

建設ゼネコンよりトンネル掘削時の排土を測定したいとの要求が営業の嶋恵三さんよりあり鹿島建設と測定精度の確認を現場で行った。確認のためダンプカーを準備してもらい空荷と積載時の重量を測定し積算値と比較し検証したがこれもRD1%程度で非常に良い結果が出た。しかしながら問題はライニングの磨耗が激しく早いところでは数日しか持たなかった。

原因は排土中に含まれる鋭利な岩石によるもので地域の地質で異なり数キロ掘削しても耐える場合と数十メートルで岩盤（地山と称する）の変化で駄目になる場合があり

対策の余地が無かつたがある程度は使用に供された。

同じ土木目的で本四橋の基礎に流すコンクリート、セメントの注入量の測定を行いたいとの要求が建設省の神戸より90年頃にあり芦屋の埠頭で立ち会った。当初、話があった時点でスラリーノイズ測定は不可能と話をしておいたが案の定、駄目であった。その後、同様な要請が98年ごろ三菱重工神戸の高砂研究所からもあり高砂でテストを行ったが水に砂の混入量を1~10%程度変化させても当然測れるわけもなく終了した。検出器の電極が無電極に変わったとは言え測定管内を擦過するノイズが強度、量とも大きいため測定できないことは未だに課題である。

## 7：電解プラントでの応用

電解プラントではノイズ対策が常につきまとう。

商用励磁に比べ低周波励磁、励磁電圧電流の省エネ化によりS/N比の低下があることと起電力に比べリーク電流の値が大きいためアース電位（アンプ初段入力）が高くハンチングが起き満足な測定ができないことがある。

非金属配管の検出器上下流側に金属の単管を設けそこからリーク電流をアースに流す、またアースリング間をバイパスの電線でつなぎ抵抗の低いほうに分流させ変換器に流入する電流を低減するなどの工夫を考え解決した。また技術部太田（博）さん等にも協力いただき基板上にDCノイズカット回路も特注で付加いただくなどの対策も行った。現在は技術資料に記載し広報し再発防止と客先への販売指導を行った。しかし2009年に旭化成／旭化成エンジより同社の中国へ納入したプラントでノイズ問題が頻発し天津、陝西省金泰（内蒙古自治区まで3百キロ、中国の北西部、陝西省の奥地で国共内戦時に毛沢東が転々とした地域）、徐州の同社納入プラントを訪問し解決に当たったが配管でアースは取られていず、またアース棒をチェックしたがアースに落ちていない等が原因であった。

## 8：大阪府水での東芝とのせめぎ合い

大阪府水より1800mmの引合いがあったが、東芝から「(横河の電磁は) 中パイプ方式ではないため垂直取付などを行うとライニングの自重でコイルが下方に引っ張られその際にコイル位置がずれゼロ点が経時的に変化する」との話が大阪府水にあり、三重工場でクレーン車により垂直に立てた状態でそのような変化が無いことを実験して貰い、そのような事象は発生しないことを説明し無事納入した。また同府水でフランジ規格の仕様ミスがあり水協規格であるべきところJISで発注された。そのため規格を調べたところボルト穴径を若干広げれば良いことが判明したので三重工場の縦旋盤で追加工をして無事納入できたこと等があった。

## 製造篇

- I 下丸子の情景—F L 2 8 0 の時代 (1960–1963) 神谷行親  
II 下丸子の情景—F L 2 8 1 の時代 (1964–1972) 酒井敏喜  
III コストダウンを目指した新型電磁 (1971–1973) 酒井敏喜 坂東日出彦  
IV 大口径電磁の一貫生産を目指して (1973–1974) 酒井敏喜 藤澤武彦 坂東日出彦  
V 三重北辰の設立に向けて (1971–1975) 酒井敏喜 溝口文雄 藤澤武彦  
VI 三重北辰と横河フローテック (YFT) (1975–2001)  
酒井敏喜  
執筆協力者：染谷治男 橋本敏 富士川克美 遠山克己  
三重北辰と横河フローテックの歩み 酒井敏喜

### 筆者紹介(アイウエオ順)

**神谷行親**: 59年入社、航空、電磁、成分計、差圧計の製造を経て、三重北辰に移り、最後はフローテック常務取締役工場長

**酒井敏喜**: 54年入社、温度計、記録計、変換器の製造を経て64年に流量計に配属となり、半生を電磁流量計に捧げる。最後はフローテック代表取締役社長。

**染谷治男**: 55年入社、機械工場、生産技術、購買と一貫して生産現場をめぐり、電磁流量計ではPFA導入のメンバー。最後は全国圧接業協同組合連合会専務理事。

**遠山克己**: 75年入社、大部分を生産技術で送り、関わった製品はセンサー関係を中心に多種多様。81年PFAプロジェクトに関与。後年は技術標準センターにも所属。

**橋本敏**: 67年入社、機械工場、生産技、設計、PMKなどで常に電磁流量計を担当。設計、生産、製品資料、販売推進とあらゆる側面で電磁流量計に関与した。

**坂東日出彦**: 67年入社、機械工場を振り出しに、甲府、青梅、小峰、シンガポールを歴任。最後は横河電機常務執行役員兼横河電子機器社長。

**富士川克美**: 70年入社、所属は生産技と技術部を往復したものの一貫して流量計の生産技術に従事。その間二度フローテックに出向している。

**藤澤武彦**: 57年入社、生産技術に長く携わり、のちPM部門、合併後PMK部。86年東京計装に転じ、定年後も顧問として引き続き勤務、勤務中に急逝(2012.9.25)。

**溝口文雄**: 61年入社。経理部を振り出しに企画室、営業管理を経て、合併後はFC統括など技術開発以外はすべて担当。99年代表取締役副社長。現在は社友。

# I 下丸子の情景 (1) FL280 の時代 (1960—1963)

神谷 行親

## 1. 電磁流量計への異動と作業の内容

1960 年 8 月頃、航空計器部門から工業計器部門 第 1 計器課に職場異動した。1960 年頃から航空計器が落ち込み、工業計器が伸び始めた頃だった。当時航空計器部門には、角田永治さんと服部誠一さんがおられたが半年後ぐらいに工業計器部門に異動された。

第 1 計器課の電磁流量計は旧棟の 3 棟南側にあり、課長は時川武雄さん、班長は棚部さんで、電磁班の人員は 4 名（棚部誠さん、福島照磨さん、臨時工の中島さんと神谷）で、部品調達や工事進行を管理する事務員が一人いた。

その後、第一計器課と第二計器課(面積式流量計、バルブ、操作端)が一緒になって、第一製造部第二製造課となり、鳥海英男さんが課長になられた。このころ新棟の建設が進んでいた。

私の配属後 6 ヶ月間は、毎日 4、6、8 インチの KEL-F ライニングパイプの電極部耐水圧テストが中心で、パイプに水を張り盲板フランジと平ゴムパッキングで締め付け、パイプに水圧を掛け電極の漏れを確認するのだが、平ゴムが飛び出しなかなかスムーズに作業が進まなかった。耐水圧テストだけで 1~2 本/日程度の生産だったと記憶している。

半年後には 4、6、8 インチの組み立ても経験した。作業台はなく、床にパイプを横に置き、信号線 (1mm のメッキ線にテフロンチューブを被せたもの) をエポキシ接着剤で固定、シールドケースを付けるが DM 接着剤が垂れなくなるまで待ち(1 時間程度)、その後パイプを立ててコイル、コアをねじ止めし、亀の甲の下部ケースをパイプにあてて 2 人がかりで横にして上部ケースを載せ、ボルトで止め、励磁線と信号線をケースの端子箱内に配線組み立てて完成させる方法だった。1960 年頃の生産は 1 台~1.5 台/日程度であり、のんびりした生産状況だった。

この頃の FL280 は 1/2、1、2、4、6、8 インチの 6 種類で、ライニングは KEL-F (3 フッ化樹脂) だったが、FL280 旧タイプの 1、2 インチにはガラスライニングもあった。

実流校正装置は 4 棟 5 棟の間のトタン小屋内にあり、組立完成品をここまで運び、実流校正した。

4、6、8 インチは台秤の上に 2m 四方程度の大きさの金属製の缶に流量計を通した水を可動式樋を使い、ストップウォッチ on と同時に人力で缶側に入れ、目標とする流量(重量)が入ったところでストップウォッチを off にすると同時に可動式樋を缶から外し、缶に入った水の重量と時間で実流校正する方法で、作業は 2 人かかりだった。

1/2 インチは水道水を流し、ストップウォッチを持ち直接バケツで受け、重量を測り校正した。1 インチと 2 インチは面積式ガラス管の校正装置を借りて作業をしていたと

記憶している。

当時の実流校正は検出器 F L 280、真空管増幅器 F L 290、記録計 AE1051(丸型チャート)AE1031(帶形ロールチャート)と組み合わせて行い、記録計の流量指示と測定した実流量との差を F L 290 のレンジカードにある抵抗値を調整し、精度を合わせる方法だった。

4、6、8 インチは、実流校正時、検出器に水を充満しただけで信号出力と同じノイズ出力(同相分と呼んでいた)が大きく、記録計のゼロ点が取れず、検出器の組立て直し(信号線の張替えとコイル、コアの位置ずらし)が当たり前だった。1/2、1、2 インチも同相分の大きいのはあったが問題は比較的少なかった。これはコイルが樹脂で固めてあり、位置だしが正確に出来たためと思われる。

この頃、実流校正は福島さんが主であったが、私は 1961 年 8 月頃から実流校正の仕事もマスターし、組立てから実流校正まで全て出来るようになった。この頃の生産は 30 台/月程度だった。

水の供給は構内の水路(防火用水路)を利用した。水路の上にポンプと校正装置を設置しトタンで囲った小屋で、水路には金魚や鯉が泳いでおり、休み時間には釣りを楽しんだ。

1962 年中頃から KEL-F の剥がれるトラブルが指摘されるようになり、1/2, 1, 2, 4 インチにテフロンライニング(ステンレスパイプにテフロンチューブを挿入、両端を法兰ジ部に折り返しフレアー加工したもの)が登場した。テフロンライニングが 4 インチまでだったのは、それ以上はテフロンスリーブがまだ出来なかつたからだと思う。しばらくして 6、8 インチもテフロンライニングになった。

このテフロンライニングは電極とのシールが難しく、社内での電極気密漏れ、客先での電極からの液漏れトラブル(その結果コイル室への流体侵入)が続発した。

電極の形状変更、電極とテフロンの間にシールテープを挟んだり、いろいろテストを重ね、最終的には電極を半球形に成型してスプリングで引き込む構造で解決した。技術、設計、製造とも長期間大変苦労した覚えがある。

電極液漏れの解消に苦労している間、生産は進まず約 3 ヶ月分(100 台ぐらい)の納期遅れが発生し、営業本部長から大目玉を頂いた。

その他には、テフロンスリーブのフレア一部が時間の経過と共に元の形(円筒)に反り戻るトラブルがあった。特に 4 インチ以上は反り戻ると元に戻すのが大変だった。

この対策に、法兰ジと同形のベニヤ板(プロテクターと称した)をフレヤーが広がらないように、組立て・校正時以外は常に法兰ジにボルトで締めつけていた。

客先で、配管業者が配管前にプロテクターを外し放置したため法兰ジ面のフレヤーが反り戻り、配管に取り付かないのでフレヤーをカットして取り付けたなどと云う話があった。

対策として法兰ジ面のフレヤーを押えるステンレス製の保護法兰ジをネジで締

め付けることで、流体アースを取る機能も持たせた。腐食性の流体には保護フランジの接液部分にコの字型のテフロンスリーブを被せた保護フランジを取り付け、流体アースを取る電極を付けることで対応した。

この方法を取る以前の流体アースは、電磁のフランジに5~6ミリのねじ穴を付けてあり、客先側の配管に繋ぐことで流体アースを取る方法だった。

一方、2インチ以下では、客先でテフロンのコールドフローにより、フランジ面のテフロンがパイプの内面にはみだし、配管と電磁の取り付け面から液漏れするトラブルも発生していた。これにはなかなか手が打てず、後年、テフロンの接着が可能になった時、フランジ面に薄いアスベストガスケットを貼り、そこにテフロンを貼り付けることで解決した(バルカ一工業)。

## 2. 新型電磁の登場

1962年後半に入り検出器は新型としてFL281と云う型式の円筒形の検出器が開発され製造に流れたが、パイプがガラス纖維のエポキシ樹脂製でびっくりした。これと一緒に変換器ELT530が開発され、実流校正は記録計が不要になった。しかし、FL281は強度問題や薬品に弱いなどで、宮道繁さんが開発されたFL281SFとなり、ステンレスパイプに変更された。製品の切り替えには時間が掛り、まだFL280の受注も多かった。

## 3. 新しい実流校正作業場所

1962年から1963年にかけて、旧棟の3,4棟間の面積式実流装置室に電磁流量計用として、生産技術の藤澤さんによる、新しい実流校正装置が構築された。

1/2、1、2インチ用の台秤を利用する重量法と流量が多いときの2インチ用のスタンドパイプ法、と4、6、8インチ用のスタンドパイプ法である。

FL281SFが流れ始めたこと、校正装置が新しくなったこと等で生産は50台/月程度に増加しつつあった。

## 4. 新棟完成で職場分散

新棟が完成し、電磁グループは全員が新棟3階に移動した。この時から工計流量計課となり、小柴洋児さんが課長になられた。朝会が終わると組立て作業者は新棟3階に残り、実流作業者は旧3棟に行くと云う変則職場になった(実流装置は旧3棟と4棟の間にあった)。

この頃、電磁の受注が増え始め、納期遅れが問題になりつつあった。

1964年度に入り、服部誠一課長と酒井敏喜さんが班長として工計表示計器課から工計流量計課に来られ、酒井さんは電磁グループに入られた。以降は酒井さんの原稿に譲ります。

## II 下丸子の情景(2) FL281の時代(1964-1972)

酒井 敏喜

### 1. 電磁流量計グループへ異動

#### 1-1. 始めに

1964年7~8月頃、電磁流量計は納期遅れが問題になっていた。日当たり3台程度の生産換算で3ヶ月分程度の受注残があるように報告されていた。当時の日当たり完成台数は2台程度だったようだ。

そこで、新棟4階の工計表示計器課にいた酒井が、工計流量計課(電磁流量計、面積式流量計、バルブ、操作端)の電磁グループへの職場異動を志願した。当時、表示計器課の服部誠一課長との折り合いが悪く、申し出たものだが、即OKを頂いた。1週間ほど経って人事発令が出ると、服部課長も流量計の課長として異動されたのには唖然とした。その後服部さんとの付き合いは長く、横河との合併後も関係部署でご指導ご支援を頂いた。恩人である。

電磁流量計グループへの異動は1964年9月だった。1954年に入社し10年間で工業計器の主力の温度計、表示計器、調節計、変換器等を経験し、それなりに物づくりのイロハが身に付いていたので、なんとかなるだろうと思っていたが、その後、電磁流量計と37年も付き合うことになろうとは夢にも思っていなかった。ましてや、仕事を離れた11年後に電磁流量計の歴史を書くなどとは…。

#### 1-2. FL280

当初の電磁流量計の実流校正は検出器FL280と変換器FL290と電子管記録計E1051(円形チャート)又はE1031(帶形ロールチャート)との3点を組み合わせて行う方法だった。

電磁流量計検出器FL280は、二つ割りのケースで、電極、信号線、コイル、コアーを組付けたパイプを挟む方式で、小口径は、1/2, 1, 2インチ、中口径は4, 6, 8インチの6種類あり、4インチ以上の検出器は非常に重く、2人がかりで組立てを行っていた。

#### 1-3. FL280Z

富士フィルム向け専用の口径10mmの特殊な小型の検出器があった。この製品はロット生産方式で、1回に10台、ほぼ正方形のケースの中に、パイプ、電極、コイル、コアーを仮組付けして入れ、端子筐を取付けるネジ部のある2本の首の付いた蓋(信号線と励磁線を取り出してある)をしてエポキシ樹脂を流し込んで翌日まで放置、樹脂の硬化熱が冷めたところで、ケースから出ているパイプ部を上下にして水を張り、更に翌日までゼロ点の変化を記録計に記録させ、ゼロ点の安定しているものが校正に回っていた(10台中6~7台が合格した)。

## 2. FL281 の時代

1962年頃にFL280の次世代の検出器として和田さんが開発されたFL281(口径12、25、50、100、150、200、250、300mm)がでている。構造は、パイプがガラス繊維のエポキシ樹脂製で、流体によりテフロンスリーブが施されていた。

形状はパイプの両端がラッパ状にテーパーになっていた。これは、円形のくさび状の部品2個を利用してフランジを固定し、保護フランジを取り付ける方法だった。

### 〈組立方法〉

フランジを付ける前の、パイプに電極と信号線とコサイン巻きと云われるコイルを取り付け、励磁線を出し、円筒形のケース(内側左右にパイプとケースを固定するドーナツ状の部品(1)(2)を入れるためのスペースを残して、硅素鋼板が固定してあり、ケース外部の左右にネジを切った短管と、ケースの下部に支台が溶接してある)に入る。

そして、信号線と励磁線を、ネジを切った短管に入れ、左右にドーナツ状の部品(1)を入れてケース外部の両端にネジで固定し、次にケースの内径とパイプの外径に合った0リングを左右に入れ、更にもう1枚のドーナツ状の部品(2)を左右に入れ、ドーナツ状の部品(1)にネジで締め付けた後、パイプ外部にネジで固定することで、パイプとケースの固定と機密を保ち、ネジを切った短管に端子匡をねじ込み、励磁線と信号線をはんだ付けした端子を組付けたのち、パイプの端面がラッパのように傾斜していて、このパイプ端面に合ったテーパーの部品2個でフランジを付けたのち、保護フランジをネジで締め付けて完成となる製品で、組立てにくい製品だった。

宮道繁さんの記事では樹脂パイプは配管ラインの一部としての強度不足が指摘されたと報告されている。

このとき、小林保さんが開発された変換器ELT530が出て、検出器と変換器との組合せのみで実流校正ができるようになっていた。

私が異動した当時(1964年9月)は、FL281の受注品は1台もなく、部品としてのガラス繊維のエポキシ樹脂パイプやケースやその他の部品を目にしただけで、早々と生産中止されたらしく、樹脂パイプのFL281の出荷は100台を下回っていたようである。

## 3. FL281SF の時代

1964年に宮道さんが開発したFL281SF(6、12、25、50、80、100、150、200、250、300mm)が出た。構造はFL281を基本とした形状であったが、フランジはパイプ両端にねじ込む方式になっていて、支台の溶接が無くなり、パイプとケースを密閉固定するドーナツ型の部品(2)に支台の機能を持たせてあり、スマートになっていたが、FL281と同じで組立てにくく、パイプがSUSになったため重い製品となっていた。当時はまだFL280の受注が続いており、FL280の修理品も多かった。

### 〈当時の電磁の組立て〉

電磁流量計グループのメンバーは、部品を管材と工務に請求・調達および工事進行を

担当する事務職が1人、電磁の組立てを担当する4人、実流校正を担当する神谷さんを含めた3人の他に、旧棟4棟にある管材から部品を新棟3階に運んだり、電磁の組立て完成品を新棟3階から校正ラインに運搬するアルバイト1人の合計9人に私が加わった。この他に校正完了の電磁を検査する検査課の人達がいた。

私が異動した時は、検出器の組立完成したFL280や281SFを旧棟の3棟に運搬し実流校正していた。FL280(特に4, 6, 8インチ)はゼロ点が安定しない、出力が安定しないなどの理由で再び新棟3階に返却されるものが多く、特に原因が判明している訳ではなく、ケースを外し、パイプに組付けられたコアーとコイルを取り外して、信号線の張り替えをした後、再び組立て直して旧棟の3棟に運んでいた。

この解体・組立て直しをせざるを得ないFL280の問題は、電極からの信号線のシールド方法(テフロン被覆の信号線をパイプに這わせてエポキシ樹脂で固めたのち、大型のシールドカバーを取り付ける)と、コイルとコアーが正確に取付けられないことが原因と考え、信号線をシールドテフロン線に替え、大型のシールドカバーを廃止した。さらに、コイルとコアーが位置的に正しく取り付けられる簡単な治具を作ったことで、トラブルの発生がなくなり、作業性が向上し、コストダウンになった。

#### 4. 大口径電磁流量計と埋設電磁流量計

浅田康夫さんが開発した大口径電磁FL282(口径400、500、600、700、800、900、1000、1200、1350、1600、18000、2000、2200、2300)と、埋設型電磁F285(200, 250, 300, 400, 500, 600, 700mm)があった。埋設型はタールエポキシ樹脂塗装がされていた。

#### 5. ポリウレタンゴムライニング

大口径電磁流量計FL282は、パイプ、フープ状コアー、コサイン巻き分割コイル等が北辰化学工業(株)(川崎市尻手)に納入されると、タクシーを利用し北辰化学に行き、1350mm未満は2人、1500mm以上は4人で、1日がかりで組み立てたものだった。終わると又タクシーで帰社した。昼食に寿司が出るのが作業者には楽しみだったようだ。

酒井が初めて大口径(1350m)の組立てを経験した時、コアーとコイルを止める金具の取り付け穴(8mm)がいやと云うほど開いており、パイプの外部に鋸止め塗装がしてあるため、その塗料がネジ穴を塞いでおり、この穴の塗料をタップでさらい、ドライバーでコアーとコイルを止める金具のねじの締付作業で、手首が痛くなり、手のひらに水ぶくれが出来た。この対策として、エヤードライバー(タップも付く)を購入し使用したところ、作業が楽に、しかも早くなつたことで口径1350mmぐらいまでは午前中で完成するようになった。このため寿司が食べられなくなったことで作業者の不評を買った。

北辰化学では、組立ての済んだ大口径電磁のフランジ穴を利用してポリウレタンゴムが溢れ出ない程度の円形のフランジ(治具=ライニングタイヤ)を取付けた後、加熱炉の機能を持った回転台(回転台の前後の扉を閉め、上部に蓋をすると簡単な密閉炉になる)

に乗せ、回転させながら硬化剤を調合したポリウレタンゴムを流し込み、表面に出てくる気泡をガスバーナーの炎で溶かした後、扉を閉めて一定温度に保ち電磁流量計を回転させながら硬化を待つ方法であった(遠心鋳造法)。

ポリウレタンゴムに硬化剤を入れて、攪拌し、大口径に流し込み、表面に出てくる気泡をガスバーナーの炎で溶かすまでの作業は、監督者がストップウォッチを持って秒単位で進められていた。

ポリウレタンゴムが硬化すると、まだライニングの内部に留まっている気泡があり、この部分を削り取ってポリウレタンゴムで埋め、加熱硬化させた後、内面全体をグラインダーで荒らし、接着剤を塗布して、再度ポリウレタンゴムライニングを行うこと(2回注入)で鏡面のライニングを完成させていた。後年、三重北辰では、1回の注入でライニングを完成させる方法に改善し、生産性を高めた。

## 6. 電磁流量計の実流校正法

電磁流量計の実流校正は5つの方法があった。2つは中小口径電磁、3つは大口径電磁用である。基本は、地下水槽からくみ上げた水を被校正検出器を通して流し、基準と比較する方法である。

### 6-1. 秤量法

台秤にドラム缶を乗せ、そのドラム缶に触れない可動性のある通水栓がセットしてあった。実流校正するには、測定流量(重量)に合わせた分銅を、台秤の分銅皿に載せ、一方の手でストップウォッチを持ち、ストップウォッチONと同時に、他方の手で水の流れている栓をドラム缶に移動させ、水を溜めてゆき、台秤の分銅皿が上がり始めると同時に、ストップウォッチをOFFにし、水の栓をドラム缶から外し、ドラム缶に溜った水の重さと、所要時間で校正する方法で、テクニックを要した。

対象サイズは1/2、1、2インチと12.5、25、50mmだった。

### 6-2. スタンド パイプ法

直立したパイプに電極が取付けてあり、水を流し電極間に溜った水量と時間から校正する方法で、流量の多い2インチと50mm用の1台があった。

直立したパイプに目盛の付いたガラス管のマノメーターが付けてあり、取りこんだ水量と所要時間から校正する4、6、8インチと100、150、200mm用の1台があった。その後、受注増に合わせ4、6、8インチと100、150、200mm用のスタンド パイプ1台が増設された。

### 6-3. 地下タンク容積法

地下タンク(コンクリート製)の水を高架水槽に揚水し、校正ラインに取り付けた被校正電磁流量計を通して地下タンクに取り込んだ水量と所要時間から校正するものである。このため、地下タンクは精度良く構築されており、地下タンクの水を高架水槽に揚水し、30KLの基準タンクを介して地下タンクを校正し、基準器の機能を持たせてあつ

た。

#### 6-4. マスター・メーター法

地下タンク容積法で校正した 600mm の大口径電磁流量計をマスター・メーターとし、マスター・メーターの上流に設けられた被校正電磁流量計接続ラインに、校正する電磁流量計を接続し、マスター・メーターの出力と被校正電磁流量計の出力を 2 ペンの記録計で比較する方法で、口径 400mm～1500mm までが対象だった。パイプラインの開閉は電動ボルバルブが使用されていた。

#### 6-5. ドライキャリブレーション法

完成した電磁流量計に励磁電流を流し、ライニングパイプ内の 20 数個所の磁場の強さを測定し、計算でメーターファクターを求め精度保証する方法で 1600mm 以上が対象だった。

朝霞浄水場にドライキャリブレーション法で校正された大口径 2300mm 2 台と口径の同じダミーパイプ 2 台、合計 4 本の水路が設置され、荒川からの取水流量（2300mm の出力 2 台分 × 2）の測定に用いられた。

朝霞浄水場の完成（1966 年）を待って行った浄水場の貯水槽を使った校正で、精度が 1.0% 以内に入っていることが証明されている。

### 7. 作業現場と作業方法の改善

組立てと実流校正の現場実習中に、本格的な生産性向上にも取り組んだ。

#### 7-1. 組立と校正作業者の集中

まず始めに新棟 3 階にある電磁の組立作業を旧棟の 3 棟南側に移し、検出器と校正作業を 1 か所に集めることだった。旧棟の 3 棟南側は、バルブと操作端の組立グループが使用していたが、旧棟の 2 棟に移ってもらうことで実現した。

#### 7-2. 3 棟と 4 棟の空間的結合

実流校正域に入るには 3 棟西側に観音扉のドアが 2 ヶ所あり、校正するための製品を持ち込むには、この 2 か所のドアを通らなければならず、これが作業性を悪くしていた。そこで、建物の柱だけを残してドアと側面のコンクリートの撤去を提案した。

これは設備管理部から危険との異論が出たが、外部の専門家に検討してもらったところ問題なしとなり、実現した。これにより空きスペースが確保でき、作業スペースも広がり、作業者と製品の移動距離も短縮した。

検出器組立作業者は部品置き場から必要部品を持ってきて作業をしていたが、部品調達者に工事命令書ごとに部品をキットさせ、サイズ毎の組立時間を設定し、これに挑戦する作業者のアイデアや改善で生産性が向上した。私が職場異動した 1 ヶ月後ぐらいには納期間問題は解消の見通しが立っていた。

その後は FL280 と FL281SF の受注が完全に入れ替わり、FL281SF の受注が増加していく。

### 7-3. 変換器 ELT530 の取り込み

検出器と変換器との担当職場が異なるため、受注が増えるにしたがって、検出器と変換器の完成が同期しないために、組立て完成した検出器が停滞したり、組立て前の検出器に対応した変換器が届くようになった。そこで、変換器や電子機器を製造している電子機器部門に変換器 ELT530 の製造移管を申し込み、承諾を得た。友岡精二さんが旧棟3棟に異動してきて、ELT530 の組立調整(1昼夜の連続運転含む)を開始した。検出器の組立てと変換器が同期して完成するように管理することで、完成品の停滞が改善した。ELT530 の組立てでは、外注で作った電気部品と差し込みソケットの付いたベースボードに数枚の電気回路のユニットを差し込み、板金ケースに入れてから通電し、調整するものだった。

### 8. FL281N1 の時代

1969年に浅田さんが開発した検出器 FL281N1 と横山晃さんが開発した変換器 ELT540 が生産ラインに乗った。これは FL281SF を引き継いだ構造だったが、FL281SF には励磁用と信号用の端子匡がケースの両端に独立して付いていたが、FL281N1 にはこれが一体化されてケースの真ん中に付けられ、比較回路が入っていた。これにより検出器と変換器の完全互換が可能となった。なお、検出器をつり下げるリングがケースの両端に溶接してあった。FL281SF と FL281N1 の切り替りは比較的スムーズに行き、受注は一段と多くなっていった。

この頃からパイプに電極を取付け、耐水圧テストをする専任者を置き(藤澤さんに簡単にパイプをセットし、加圧する装置を作ってもらった)、検出器の組立作業者は電極の付いたパイプ(1本)と組立てに必要な部品がキットされた箱を持ってきて組立てる方法にしたことで生産性が向上した。

1969年頃から FL281N1 の小サイズ(6, 15, 25, 50, 100mm)はフロログリーン(FEP)と呼ばれるテフロンモールドライニング(日本アスベスト担当)も加わり、これも受注増に寄与したが、日本アスベストでの歩留まりが悪い一方、品質も悪く、電極漏れトラブルが多く、途中で中止されたように覚えている。

1971年には両氏が開発した検出器 FL281N1E、変換器 ELT560 の防爆型電磁流量計が追加され受注増に寄与した。市場には好意を持って受け入れられる FL281N1 シリーズだったが、あらゆる部品が全て外注製で、重量が重く組立てに時間の掛る生産性の低い製品で、利益が少ないので欠点だった。

## 9. ルーマニアへの技術指導

時代は遡るが、1963年3月に北辰電機はルーマニアと工業計器に関する技術援助契約を締結した。内容は、製品設計図・技術資料や部品の提供、そして技術者派遣による指導等だった。

電磁流量計も対象で、藤澤さんは電磁流量計の部品(機械加工部品、コイル、テフロンスリーブライニング等)について調査し、資料作成等に当っている。酒井は記録計課で記録計の部品や組立作業のオペレーションマニュアルを作成した(1963年の5月頃から64年8月まで)。

その後、藤澤さんは1967年9月から、酒井は1968年6月からルーマニアに行き製造指導をしている(期間は出入国を含め1.5ヶ月)。酒井は記録計の資料を作成したが、ルーマニアでの指導は電磁流量計の検出器・変換器の組立てと実流校正だった。なお、製品はFL281N1とELT540だった。

### III コストダウンを目指した新型電磁 (1971-1973)

酒井 敏喜、坂東 日出彦

#### 1. ST プロジェクトの発足

1971年、社長は年頭教書で、工業計器を製品別に利益管理する責任体制（製品別利益責任体制=ST プロジェクト）を提唱された。これを受け、電子式計器、空気式計器、自動平衡計器、流量計、差圧・圧力・レベル計、分析計、温度計、パネル、ディジタルの ST プロジェクトが結成され。各プロジェクトは営業(PM)、技術・設計より各 1 名。製造は生技、部品調達、組立より各 1 名、合計 5 名のメンバーで構成された。

流量計プロジェクトの製品は、電磁流量計、面積式流量計、タービンフローメーターで、プロジェクトリーダーは技術の伊藤勝次郎さん、メンバーは、大楽朝衛(PM)、佐鳥聰夫(技術)、藤澤武彦(生技)、宮崎栄一(部品調達)、酒井(組立)の 5 名でスタートした。

最初に、現状についての打ち合わせを行い、受注拡大、調達部品の価格調査と値下げ、組立時間の短縮等が当面の課題として確認された。

そのうち、伊藤さんから外注部品の中で M 社製の電磁のコイルが異常に高い、外注先を変更しようと持ちかけられた。しかも酒井と二人だけで秘密裏に取組もうと云う事になり、洗足にあった巻線メーカー協立電機に的を絞った。ここは北辰にも各種電子機器用変圧器を納入している会社で、大型の巻線機を持っていて。FL281N1 のコサイン巻きコイルを試作させたところ、いとも簡単に作ってきて、しかも価格は M 社の半額程度だった。これでいけると安心したところ、協立電機から辞退する旨の申出があった。理由は、北辰の部品調達担当者がこのコイルに気付き、電磁のコイルをやるなら電子機器用変圧器の発注を中止すると云われたとのことだった。これで電磁コイルのコストダウンは暗礁に乗り上げてしまった。

この件を生産技術の藤村宏製造コーディネーター(製品別利益管理体制リーダー)に報告すると、それなら内作しようと云う事になり、藤澤さんが担当し、巻線機を調達した。しかし M 社の関係部門への強力な働きかけで実現しなかった。あらためて外注の力を認識したものだった。巻き線機はお倉入りになってしまった。(この件は次節に述べるように新型電磁で実を結ぶことになる)

その後伊藤さんはエム・エス・エイ北辰(北辰の子会社)の社長に就任され、流量計の ST プロジェクトリーダーは酒井が引き継いだ。

1972 年 4 月から、各 ST プロジェクトが「北辰ジャーナル」にプロジェクトの現状を発表している。流量計 ST プロジェクトは、1971 年の下期は、大口径電磁が 2400mm を筆頭に空前の受注増を見せており、その量は従来の 50% 増しで、客先に官庁が多く、立会検査待ちの完成品の置き場をはじめ、作業場所、部品調達(外注)に始まる工程、日程管理に苦労があり、大口径電磁生産推進連絡会議を発足させ無事乗り切ったことを発

表している。

## 2. ST プロジェクトが生んだ新型電磁

1972 年の始めごろ、関根工計技術総括と藤村製造コーディネーターから、もっと利益の出る電磁を開発すべきとの意見が出された。ST プロジェクトとして、まず中小口径の開発に取り組んだ。PM の大楽さん、技術の保理江義人さんと黒森健一さん、設計の内山宏さん、生産技術の藤澤さん、工計組立の神谷さん、ST プロジェクトリーダーの酒井とで進めることになった。開発リーダーは保理江さんだった。

開発コンセプトは『品質とコストダウン第一』として取り組むことにした。ケース二つ割りの Y 社の電磁を購入して解体調査した結果、FL280 と同じでパイプにコイルとコアを取り付ける方法だった。また、組み立て直すことで組立時間を測定したりした。この頃、技術では短面間で、磁界を不均一にして非軸対称な流れに対して強い検出器とする研究が進んでいて、それにはコイルは菱形がいいとのことだった。

これまでの均一磁界形のコイル(コサイン巻きコイル)は、軸対称な流れの変化には強かったが、非軸対称の流れには誤差が生じた。そこで、パイプは短面間、ライニングはテフロンスリーブ、小口径のコイルは矩形で、中口径には(大口径にも)菱形コイル(ダイヤモンドコイルと命名)を採用した。

組立て易くするため、ケースは二つ割り(アルミ鋳物製)とし、ケースにコアとコイルを正確に取り付ける方式とした。

そして、パイプには電極と信号線だけを取付け、信号線の最終端に差し込みソケットを付け、最終組立て時にケース内の端子板の裏側のソケットに差し込むだけと云うものだった。

中口径のコイルは、熱熔着性のあるホルマル銅線を菱形に巻いてテーピングし、サイズ毎にパイプの曲率に合った受け型と押し型との間にに入れ十分発熱する程度の電流を流しながら型を締付けた後、冷ます方法で、小口径の矩形コイルは角に丸みをつけた型枠に熱熔着性のあるホルマル銅線を巻いてから通電加熱し、冷ます方法で、コイル内作の見通しが立った(お倉入りしていた、藤澤さんが調達した巻き線機の出番が来た)。

小口径に菱形コイルを採用しなかったのは、ダイヤモンドコイルではケースを大きくしないと収まらなかつたため、小型軽量を優先した。

FL281N1 と比べると極端に短時間で組立てられる予感がし、コイルとパイプを内製化することで、大幅コストダウンが図れると予測できた。

関根さんと藤村さんには毎週進行状況を報告しご指導を戴いていた。パイプとコイルの実物と内山君が発泡スチロールで作った小口径と中口径のハウジングのモックアップを基に、この内容で試作を開始したいと報告して OK を貰った。藤村さんはパイプの内作に掛ろうと提案された。

新型電磁の試作品を社内に発表すると、FL281N1 の円筒型に比べると見劣りするとの

意見が多く、特に営業の反対は強かった。

新電磁の販売戦略を発表しなかったことが評価の低い原因であった。そこで戦略を発表した。

### 3. 新型電磁の開発戦略

「品質とコストダウン第一」をベースに。

1. 「小型軽量」パイプ短面間とアルミ鋳物ケースによる扱いやすい製品。
2. 「パイプ交換型」客先でトラブル発生時、パイプに問題があればパイプ部分だけの注文で（あるいは修理で）、客先で元のケースに組付けるだけで、精度を保証する製品。（これは業界初の試みでインパクトがあった）
3. ライニングは、従来通りのテフロンスリーブとするが、「次回開発時はPFAモールドライニングに挑戦する。」

これが認められて、開発が急ピッチで進み、1973年の半ばには、小口径F501 中口径F511が完成した。変換器は横山さんが開発したELT500（ラックマウント形）とELT540（パネルマウント形）で、検出器との完全互換形だった。

「パイプ交換型」は、全サイズで試験した結果、全て精度内に収まることを確認した。

一方、短面間の大口径電磁F521は開発設計が遅れてスタートしたため、全サイズの設計完了は1974年後半だったと思う。

1973年11月に開催された「第15回計測工業展」に、F501/F511とELT500/ELT540が展示された。

「北辰ジャーナル」に、当社の電磁流量計は小型軽量化や保守（メインテナンス）に便利なパイプ交換形などの工夫が随所にみられ、好評だった。と報告されている。

このF501/511シリーズは北辰電機始まって以来のSTプロジェクトによる、PM、技術、設計、生技、機械工場、工計組立の協業による開発の成果であった点が特筆される。

### 4. 新型電磁の生産状況

当時は石油ショックの渦中にもかかわらず、F501・511とFL281N1との完全切り替えには若干時間が掛ったが、客先での評価は良く、3ヶ月後ぐらいから少しづつ切り替えが進んだ。その後、順調に受注が伸びることで、電磁流量計の北辰の名を高め、他社を大きく引き離すこととなった。

「小型軽量」は、小口径50mmを例にとると、FL281N1の面間長500mmに対してF501は330mm、重量はFL281N1の40kgに対してF501は23kgと、大幅な小型軽量化が実現された。

「パイプ交換型」はそれなりの宣伝効果を挙げたが、パイプだけの注文は少なかったと記憶している。これは、短面間になったことでテフロンスリーブの剥がれが無くなった

ことによる電極漏れトラブルが減ったためと推測される。

したがって、品質もこれまでの FL281 系に比べると客先トラブルは少なく、コイルもパイプも試作時から内製していて、利益も大きく予想され、コンセプトの『品質とコストダウン第一』は達成されたと評価できた。

この頃天井クレーンのある、パネルやコンピューターの匡体を製造する 14 棟が出来ていて、この 14 棟の一角で、中小口径のパイプ・フランジの機械加工と溶接が、機械工場の坂東日出彦係長の下で進められていて、軌道に乗っていた。

(酒井 記)

## 5. 中小口径電磁流量計のパイプ内製化

中小口径の電磁流量計のパイプ内製化のため、石井博機械工場長から、電磁流量計の新製品開発プロジェクトに入って頑張るよう指示された。特に具体的な説明はなかったが、「品質向上」「コストダウン」「製造リードタイムの短縮」を実現することで、競合他社と一層の差別化を図ることが目的と理解した。

1972 年の 6 月頃から、14 棟の一角で準備を始めたが、私は大変面白そうな仕事だと多少興奮気味だったことを覚えている(私はこの年の 4 月に 29 歳で結婚して、新婚ほやほやの中にもかかわらず、仕事に熱中していた)。

中小口径電磁用パイプとフランジの機械加工と溶接は既存の技術・スキルで対応可能であった。中小口径電磁のパイプを対象とするような小型溶接機の技術革新は著しく、試作時は被覆棒による電気溶接だったが、その後、溶接ワイヤーが自働供給される TIG 溶接機が現れた。丁度受注が増え始めた頃で、これを機に、TIG 溶接機のワイヤーが自働供給される速さに、ワーク(パイプとフランジを仮溶接したもの)の回転が同期する、ワーク自動回転装置をメーカーに作らせたことで、品質も生産性も飛躍的に向上した上に作業環境も改善され、中小口径のパイプ内作化は、試作品の段階から順調に立ち上がった。

(坂東 記)

## IV 大口径電磁の一貫生産を目指して(1973-1974)

酒井 敏喜、藤澤 武彦、坂東 日出彦

### 1. 大容量実流設備の計画

1973年1月、社長は年頭教書で『新しい時代に対応する経営管理の強化』と題し、「1. 重点管理」、「2. 経営管理のシステム化」、「3. 子会社を含めたオール北辰の力の発揮」、「4. 実力主義と能力主義」について話されている。

同月、藤村製造コーディネーターの下で、技術部長の伊藤、PMの大栗、技術の佐鳥、生技の藤澤、品証の福岡重治、製造の酒井で大容量実流設備の新設について打合せを持った。

その後藤村さんは、今福常務/角田総括宛に『大容量実流設備の計画』と題した資料を提出された。土地は廉価な地方を前提としていて、校正能力は1650mmまでとし、原則として2000mmまでを可能とする。というもので、2400mmまでを対象としたのでは経済的でない。なお、ポリウレタンライニングも取り入れた大口径の一貫生産工場が望ましいとされている。これは、社長の年頭教書「子会社を含めたオール北辰の力の発揮」(SAMプロジェクト=オール北辰構想)を意識されての提案だった。

これが承認されて、藤村さんから、藤澤と酒井で、大口径電磁の機械加工、溶接、組立、ポリウレタンゴムライニング、実流校正、塗装等の一貫生産を検討するよう指示された。2人は藤村さんから工場設計に関する生産技術の本(プラントエンジニアリング)をもとに指導を受ける傍ら、積極的に他社の工場を見学した。

検討を進める中で、二人の意見は必然的に、大口径のサイズは2600mmまでとし、3000mm(東京都が計画している)まで可能にしようということになった。

大口径電磁の客先は官公庁が多く、受注が年度下期に集中することから、負荷の変動対策として中小口径も加えることにした。

機械加工、ウレタンゴムライニング、塗装に関しての担当は藤澤。組立、実流校正装置の担当は酒井ということにし、3月早々に藤村さんに計画を提案しOKを貰った。これを踏まえて、二人は実現化に向けての本格検討に入った。

今にして思うと、藤村さんが今福常務と角田総括に提出された資料の内容が小規模だったのは承認を得るための作戦だったようだ。

### 2. 日立が大口径実流校正装置設置を発表

日立製作所は、1962年頃から電磁流量計に参入し、1972年には大口径を発売した。そして1973年半ば、日立製作所那珂工場に大口径実流校正装置設置を発表した。

日立の大口径校正装置のある工場の写真が新聞で報道されたが、コンクリート建て工場の屋上を水槽としていて、この水槽から外部にU字パイプ(口径1800mm?)で工場内に

引き込んでいた写真だった。

これは、北辰電機の電磁関係者には、大きなショックだった。

### 3. 日立の大口径実流校正装置で北辰の電磁流量計の校正

1974年初め頃、北辰は東京都から FL282N1-1600mm(相手配管側が 1650mm の接続管付き)4台を受注していて、ドライキャリブレーションで精度を保証する対象サイズだったが、この実流校正を、日立の校正設備でするよう東京都から指示された。しかし、日立での校正費は対象電磁 1 台につき、その売価の 10%が要求されていたため、東京間に申し入れ、日立での実流校正は 1 台にしてもらった。

これは日立の作戦だったと思われる。すなわち、北辰電機の電磁の性能を、自社の校正装置で確かめることと、これによって自社の校正装置をアピールすることである。

北辰にとって FL282N1-1600mm は初めての受注で、しかも 4 台と多く、初めて生産ラインに乗るものだった。そこで、酒井をリーダーに、技術(渡辺)、設計(浅田)、生技(藤澤)、組立(神谷)、品証・検査(福岡)の実務関係者で対応に取り組んだ。

1600mm 以上は、ドライキャリブレーションの対象になっていたが、今回は自社の装置で校正することにし、1600mm をラインに取り付けるクレーンの改造、校正ラインに取り付けるレジューサーの製作、ウォーターハンマー対策等と、当時問題になっていた静圧変動の補償を確実に行って、600mm のマスターメーターによる校正と、地下タンクによる容積法の校正を行った。

なお、日立に持ち込む 1 台はドライキャリブレーションでも校正したが、3 方法とも全て保証精度内に入っているデータで、さすが北辰の電磁と自信を深めたものだった。

この 1 号機を日立の那珂工場に送り込み、校正作業をするために日立に行ったのは福岡、神谷、酒井の 3 名だった(1974 年の 8 月頃で、事前に作業者の経歴と職位を提出させられている)。校正作業はもとより、超大口径の実流校正装置の詳細を調べて来ることも目的であった。

午前 10 時頃、那珂工場に着き守衛に挨拶したところ、酒井さんは現場に入ることは遠慮して欲しいと云われ、その時点から校正作業が完了するまで、工場の敷地外にある立派な日本家屋の和室で流量計関係の担当部長である藍さん(伊藤勝次郎さんと同期)と校正作業が終わるまで話をしたこと覚えている。校正作業は午後 3 時頃に終了し、精度は±1%未満に入っていた。

福岡と神谷の話によると、水は建物の屋上にある水槽から外部の U 字パイプで直間部をかせぎ、被校正電磁を通して地下水槽に落とす方式だったとのことだが、電磁を取り付けた場所には入れてもらはず、工場の端にある地下室内に案内されたとのことだった。その室内にはコンピューターやプリンター、記録計やタイマーやレベル計等があり、北辰の電磁の変換器が既に配線して置いてあったとのことである。

そして案内された室内には、地下水槽の一部がプラスチックで水槽の底から上部まで

見えるようになっていて、ガラス管のマノメーターが設置してあり、案内された時、水は上部水槽に上がっていた。ガラス管のマノメーターでゼロ点を確認した後、水を流し被校正電磁を通して地下タンクに取りこみ、地下タンクが満水になったところで流量を止め、貯まった水位を、階段を上ってマノメーターを読むのだが、水位の変動(上下のゆれ)が30cm以上もあり、水位が安定してから水位を読み取るまでの時間が、40分もかかったと報告を受けた。

これは、地下水槽の深さが浅く、面積で容積を確保する方法のため、地上タンクと同じように工場の地下を水槽としていると思われ、大口径電磁の校正装置としての機能はそれほど高くないと推定できた。

このことは、校正装置を検討していた酒井にとっては大いに参考になり、揺れを抑えるアイデアはこのとき浮かんだ。三重北辰に設置した地下タンクに、水を流しこんだときの水面の揺れは、日立の装置の1/10の30mm程度で、10分程度経つと水位の上下の揺れの振幅が安定てきて、振幅の中間を読むことで正確な取り込み容量を知ることができた。

藤澤も酒井も1600mmの、日立での校正と云う事態で多くの時間を取られたが、着々と電磁流量計の一貫生産工場の検討は進めていて、概略の構想はまとまっていた。

(酒井、藤澤 記)

#### 4. 大口径電磁のパイプの内製化

中小口径パイプの内製化が順調に進み、テフロンライニングを除き一貫生産が可能になったことで、藤村さんは坂東に期待して、大口径パイプの内製化を決意された。

1973年の2月頃、石井部長(機械工場長)から「今度は大口径のパイプ内製化に取り組む事になった。なんとしてでも成功させてくれ」と指示された。背後にポリウレタンライニングも含む、大口径の一貫生産の作戦があるとのことで、中小口径内製時とは比べものにならない魅力を感じたものだった。

大口径電磁のパイプは大型で、北辰の機械工場では全く未知の世界。取り組む手立ても浮かばず、苦労が予測されたが、挑戦するにはまたとない仕事だと、気持ちが昂ぶったのを記憶している。

挑戦するメンバーは、高橋紘一郎さん、佐藤養治さん、前野勝彦さん、武田光男さん、山内義博君、後藤章二君と坂東の7名だった。

スタート時の主な機械は、大型正面旋盤、汎用大型旋盤、大隈のラジアルボール盤、溶接用叩き定盤、精密定盤、ガス溶断機、電気溶接機、TIG溶接機、MIG溶接機等の各1台で、14棟に配置した。

大口径のパイプの内製化に取りかかる前に、石井部長に北辰の大口径電磁のパイプを作っている外注、葛飾鉄工の見学をお願いしたところ、人まねでは良いものは作れない、苦労して実現すればそれが全部自分達の実力になると諭された。そのかわり、北辰化学

のウレタンゴムライニングの装置と作業の見学には率先して引率していただいた。これは、やがて葛飾鉄工の負荷を取り上げることを予見された石井部長の配慮だったと思われる。

作業には地上操作の天井クレーンとフォークリフトの運転が必須で、全員でクレーン、玉掛け、フォークリフトの運転講習会に参加し、資格を取った。

フランジは厚板の素材からガス溶断機でドーナツ状に溶断した。材料歩留まりを上げるために大きなサイズから小さいサイズを溶断した。その後サイズ毎のドーナツの組合せ表を作ったが、大口径は受注生産のため、待っているサイズのオーダーがなかなか来ず、残材の消化には苦労した。結果的に少し小さいサイズでも無理やり溶断して使用した。しかし、素材の板厚は最初の大きいサイズに合わせてあるので、旋盤の削り代が多く時間が掛った。

正面旋盤でフランジとパイプの単体加工や溶接後のパイプ Assy の加工には、4本締めチャックで取り付け、芯押し台側との芯出しを精度よくやった上に、ワークが飛び出さないように強過ぎず、弱過ぎずに取り付けるのは、当初はかなりの困難を伴った。

この頃の大物加工は全てが初めての経験で、正面旋盤でパイプ径 500mm の芯出しに 2 時間近くかかり、藤村製造コーデネーターが心配そうに見ておられたのを覚えている。また、回転中のパイプのせり出しを恐れてチャックを締め過ぎたためパイプが変形し、パイプを反転させて加工するとパイプの肉厚がほとんど無くなる個所ができる失敗もした。

旋盤作業で出た切り屑(ダライ粉)を当初スコップで木箱に入っていたが、熱で木箱から煙が上がり慌てたことがあり、金属の箱にした。機械加工中に飛んでくるダライ粉による火傷防止に、夏場でもヘルメットと長袖の作業着を着用していたものである。

フランジに機械加工でパイプが入る溝加工をして、その溝にパイプを入れて外側と内側を全周溶接してパイプ Assy するのだが、溶接は被覆を被った溶接棒で電気溶接するもので、パイプの内側の溶接は防塵マスクとヘルメットが必要品で非常に息苦しく暑くて大変な作業だった。

初めてフランジをパイプに全周溶接した時、熱収縮でフランジが「きのこ形」になり、旋盤加工するとフランジ厚さが不均一になり面間寸法が不足した。反面、リブを溶接する側のフランジ面とパイプとの直角度が 90 度以下になり、お釧迦になってしまった。

この対策に、サイズ毎のひずみ量を推測して、フランジに旋盤加工で前もってひずみ分だけテーパに加工した。このテーパ加工には最適値を見つけるのに苦労したが、最終的には溶接後のリブ溶接側も直角になり、フランジの厚さも均一になった。

パイプ Assy の旋削加工が終わると、次はフランジへの取り付けボルトの穴開け作業である。大隈のラジアルボール盤で穴をあけるのだが、パイプ Assy を立てるため、脚立が必要となった。脚立上での作業は危険なので、工場の床を 1.5m 程掘り下げて、そこにラジアルボール盤を沈めて設置した。

そして、ボール盤のテーブルに、2枚の厚い鉄板の円盤の間に金属球を入れた自作のインデックステーブルを作り、パイプ Assy を立てることで、安全に穴あけ作業が出来るようになった。

穴あけ作業が終わると、端子匡部品とクレーン用の吊具と電極室部を溶接し、パイプ内面にコアとコイルを取り付ける、スタッドボルトの熔着である。このスタッドボルトの熔着は一見簡単のように見えたがなかなか難しく、安定した熔着が出来るまでには時間が掛った。

スタッドボルトの熔着が終わると、流量計グループの作業者がコアとコイルを取り付けた後、北辰化学でポリウレタンゴムライニングが行われた。

FL282 タイプでサイズ 600mm の特別な試作品があった。流量計グループの作業者がコアとコイルを取り付けた後のパイプ Assy に、SUS の中パイプを入れて両端面を溶接し、SUS の外形 25mm 程度のパイプ 2 本を中パイプ側と電極室側に入れてから、SUS の中パイプに溶接し、反対側を電極室部に溶接して(左右 2 カ所)完成となり、この後北辰化学でポリウレタンゴムライニングが行われるものだった。しかし、外注が作って来た中パイプの外形寸法のばらつきが大きく、パイプ Assy に入らなかつたり、小さすぎたりして、外注とのやり取りに時間が掛った。

大口径電磁は受注生産のため、パイプ内製には当初の試作パイプを除き、全て受注対応であり、関係した全員が苦労したが、10 ヶ月後ぐらいには 100% 問題なく出来る態勢になっていたと記憶している。

なお、取り組んだ最高サイズは FL282N1 の 1200mm だったが、これは、当時我々の持っていた設備の限界が理由である。

(坂東 記)

中パイプの入った 600mm は、三重北辰でマスターメーターとして使用する FL282N1-600 で、これは静圧変動対策として試作されたものである。静圧変動対策として成果は上々だったが、当時はコストが UP するため、中パイプの導入はされなかった。

(酒井記)

## V 三重北辰設立に向けて

溝口 文雄、酒井 敏喜、藤澤 武彦

### 1 : SAMプロジェクト

1971年のニクソン・ショック（所謂ドル・ショック）は世界経済に大きな影響を与えたが、とりわけ日本経済は深刻な打撃を蒙ることになった。

とくに、アメリカへの輸出に依存していた産業は急激な円高によってきわめて大きな影響を受け、中には壊滅的な状況に陥る産業もあった。その一つが洋食器などをアメリカ、ヨーロッパに輸出していた新潟県・燕市の中小企業であった。

これを奇貨として捉え、不況に陥り値下がりした新潟の燕市、三条の土地を購入し、将来の生産拠点の備えにしようと考えたのが当時の佐藤悟朗常務で、勝滋さん（経理）と溝口（企画室）が現地に派遣され、そこに滞在して、本社との間を何度も往復しながら、土地の購入に当たった。これが、その後「新潟北辰」となった燕市小池の敷地である。

その頃、企画室では千葉正皓室長のもとで『長期経営計画』策定に取組んでいたが、将来にわたっての生産拠点をどう配置するか、コストダウンをいかにして実現するか、という大きな課題を抱えていた。

1972年7月、田中内閣が発足すると、首相はかねてからの持論であった地方の振興を推進するため「日本列島改造問題懇談会」を設置、「日本列島改造論」が本格的に動き出すこととなった。

これは『日本列島を高速道路、新幹線などの高速交通網で結び、地方の工業化を促進し、過疎と過密や、公害の問題を同時に解決しようとするものであった』

これに共鳴されたのが製造を担当していた藤村宏製造コーディネーターで、提案を受けた企画室は、この考え方を長期経営計画の中の生産拠点配置の基本的な柱に据えて検討を進めることになった。

すなわち

- (1) 東京を中心に東北地方から関西までの各地に工場を配置し、地方の工業化を推進し、雇用を促進する。 製品・部品の移動は整備された交通網を最大限に利用する。
  - (2) 地方の豊富な労働力を活用し、雇用機会を創出するとともに、低廉な人件費によって原価構成を改善し、製品のコストダウンを図る。
  - (3) 地方の人件費はいずれ上昇すると考えられるが、それはむしろ日本経済にとっては喜ぶべきこととして受容する。 本社と地方の賃金格差は、それが解消するには常に相当期間のタイムラグがあるため、コスト低減には十分有効である。
- という極めて高邁な考え方をベースとするものであった。

この基本方針に基づいて、長期的な生産拠点配置計画が立案されることになり、企画室と製造部門を中心となって検討が開始された。

最初の会合は、千葉さん、藤村さん、酒井敏喜さん(工計流量計) 浅野 尚さん(機械工場)、溝口(企画室)の5名が箱根で合宿して論議を重ね、大まかな方向付けを決定。

2回目以降は酒井、浅野、溝口の3名で進めることになり、必要に応じて千葉さん、藤村さんに報告、指導を受けることになった。

マル秘プロジェクトであったため、酒井のS、浅野のA、溝口のMを取って『SAMプロジェクト』と名付けた。通常の業務をこなした上での作業であったため、活動は定時間後か休日がほとんどであった。

SAMプロジェクトでは、先ず地方に工場を展開するに当たって理想とする工場の在り方、本社と地方工場の関係などについて検討。並行して、アンリツ、アマダ、日本電気、東北パイオニアなどの工場見学を行った。

「理想工場」は、

- ① 最大限の利益(有形無形)を生みだすこと。
- ② ユーザーが満足し、期待する工場であること。
- ③ 従業員のモラールが高く、働き甲斐があること。
- ④ 地域社会に受け入れられる工場。
- ⑤ 社会の発展に寄与する工場。

でなければならないとし、それらを構成する要素を詳細に検討した。

また、地方に配置する工場は本社の分工場ではなく、100%出資の独立会社にすることとし、本社と関連会社の関係について運営・管理の基本方針、責任窓口の明確化などが検討された。

10数回に及ぶSAMプロジェクトでの調査・検討の結果、北は岩手から南は三重に至る新たな生産拠点配置計画案が決定し、『オール北辰構想』の一環として、役員会に提案・了承され、1973年の社長年頭教書で発表された。

この計画に基づき、その後新たに設立された生産拠点は以下のとおりである。

1973年； 新潟北辰(コンピューターの外部記憶装置の製造)

三重北辰(電磁流量計および各種流量計の製造)

1974年； 福島北辰(工業計器の電子機器の製造と板金加工)

岩手北辰(工業計器の各種変換器の製造)

既に設立され稼働していた盛岡計器、北辰計装、エム・エス・エイ北辰、長野北辰の各関連会社に本社工場、奈良工場を加えた10の生産拠点が整備され、オール北辰構想が完成することとなった。

(溝口 記)

## 2：三重工場の選定

大口径の電磁流量計に対する需要が増大する中、藤村さんを中心に流量計関係者で検討を行った結果大容量実流校正装置の設置と大口径電磁の機械加工やポリウレタンゴムライニングを導入した一貫生産の必要性が認識され、今福常務と角田製造総括に提案されて了承が得られ、即、藤澤と酒井に検討を開始するよう指示があり、2人は検討を進めた。

そして、「オール北辰構想」の基本方針にのっとり、地方の活用を前提に土地の選定条件を次の通りとした。

第一条件は、大型のパイプと法兰ジ材の調達(安価)が容易であること。

第二条件は、東京都が計画している 3000mm の電磁を東京に送れること(長時間の路上運転は不可)。

第三条件は、大口径電磁は立会検査が必須で、主な客先が東京都、大阪府・市、横浜であることから、第一条件、第二条件を満足すれば主要客先の線上の中心にあることが理想である。

この頃、企画室では「SAM プロジェクト」を念頭に置き、流量計専門工場用の土地の検討をしていて、この条件に合う土地は二ヶ所あった。一ヶ所は愛知県、もう一ヶ所は三重県の久居市であった。

しかし、福島北辰(福島県岩瀬郡鏡石町)が既に登記上の設立をしていて、持ち込む製品がなかなか決まらないため、建設が延び延びになっていて現地の役所が苦情を呈していた。そこで電磁流量計は福島北辰でやるべきと云う役員がおられ、藤澤と酒井が現地鏡石町を訪問し各種の調査をしたが、土地の選定条件を満足せず、福島案は立ち消えになった。

この結果、土地の価格差と 3000mm の超大口径の輸送で、三重県の久居市に軍配が上がり、土地は、久居市庄田町の南側に流れる雲出川(くもづがわ)を見下ろす、民家から離れた雑木林の丘陵 34000 m<sup>2</sup>を取得することになった。

第一条件の「大型のパイプと法兰ジ材の調達が容易であること」に対しては、三重県津市の伊勢湾に日本鋼管津造船所があり最適だった(鉄鋼加工の外注もあった)。

第二条件の「東京都が計画している 3000mm の電磁を東京に送れること」に対しては、日本鋼管から船で東京の有明埠頭に送り込める事を確認した。

第三条件の「立会検査について」は東京からも、大阪からも日帰り可能のことと、会社から 20 分ほどのところに有名な榎原温泉があり、お客様の宿泊に便利と思われ、土地としては申し分なかった。

1973 年 11 月 25 日に三重北辰の設立登記が完了した。

名称は、株式会社 三重北辰。 所在地は、三重県久居市庄田町字若林 2202-2。

### 3：三重工場の設立

12月1日に三重北辰設立準備委員会が発足した  
委員長今福達男常務取締役、副委員長関根保(取締役工計技総括)、委員は藤村部長(製造CO)、阪田力(奈良工場長)、清水敬洋(PED担当)、由比英二(大阪経理担当)、酒井敏喜(工計担補)、大楽朝衛(PM専任主任)、藤澤武彦(生技主任)、粕谷寿光(企画室)の陣容だった。(当初は1974年10月操業開始の案だったが最終的に1975年4月操業に変わった)。

阪田さんと由比さんは、会社設立に向けての各種検討調整進行、及び操業開始前に下丸子で実習するための従業員の採用等を担当された。

藤澤と酒井は、工場設計とレイアウト及び各種機械・装置の担当。

各種切削加工機械・ポリウレタンゴムライニング・塗装関係については藤澤が担当。

使用電力の計画と実流校正装置については酒井が担当した。

阪田さんと由比さんは早速従業員の採用に入られた。地元の新聞に折り込み広告を入れ、久居市商工会議所の会議室を借用して面接し、9名を採用した。

大学卒2名(奥田好洋、駒田正志)、勤めている会社を退社して来る人2名(瀬古邦雄、森克也)、森は電検3種を持っていて、三重北辰の電気主任技師を担当することになる。残る5名は翌年工業高校/普通高校を卒業する新人だった(小林龍一郎、瀬田節義、竹内隆明、中山均、溝田修一)。

これら9名は1974年4月に正式採用と同時に北辰電機に出向し下丸子で現場実習に入っている(電磁流量計の組立現場に6名、機械工場に3名)。

下丸子に来た三重北辰一期生の竹内隆明君、中山均君の2人は機械加工の実習、溝田修一君は溶接の実習に入った。彼らは誠に真面目に仕事に取組み貪欲に作業を吸収したので、実習期間が終わる頃にはかなりの戦力になっていた。 (坂東日出彦 記)

電磁の組立て現場に入った奥田好洋君、駒田正志君、森克也君、瀬古邦雄君、小林龍一郎君、瀬田節義君のうち奥田好洋君は部品の入出庫の実習、残る5人は中小口径電磁と大口径電磁の組立てと校正の実習をしている。

彼らは熱心に作業を吸収していたが、機械工場に入った3人も含め三重北辰の従業員として纏まることはしなかった(例えば、全員で一杯やりに行くとか)。東北出身の酒井にとっては不思議なことだったが、三重に出向して生活していく中で理解(想像)出来た。三重県は気候温暖で一年中新鮮な季節の野菜が自宅の周りで採れ、魚貝類が獲れることで、助け合う(必要以上に関わり合う)と云う文化がなかったようである。

1974年早々には北辰から三重北辰に出向する人事が内定している。阪田(代表取締役)、由比(取締役総務部長)、酒井(製造部長)、高橋正昭、福岡重治、佐藤養治、後藤章二、

大石捷太、友岡精二の9名だった。酒井は製造関係の出向者には家族同伴を前提としてお願いした。これは北辰電機がはじめて経験する大型の工場で、家族と別れての出向では力が発揮できないことと、家族との絆が保てないと考えたからだった。幸い全員が応じてくれ、由比さんも家族同伴で出向された。

大石はポリウレタンゴムライニングの実習のため、大口径が北辰化学に流れるたび北辰化学に勉強に出かけていた。4月から生産技術に異動し、藤澤とポリウレタンゴムライニングの本格導入に取組んでいる。

この頃、まだF521-2600mmの設計が済んでおらず、我々は担当する各種機械や装置の大きさを決定できなかったがFL28N1に比べ短面間になることは分かっていたので概略の設計は完了していた。

これを基に、三重北辰設立準備委員会で工場建設に関して業者を選定した。土木建築関係は五洋建設、実流パイプラインは荏原製作所で、我々は詳細打合せに入った(1974年1月頃)。業者による設計も完成し見積りの段階になり、当時は石油ショックのさなかだったため、荏原製作所の見積りは有効期限6ヶ月という期間限定であった。これに対し藤村部長は大口径パイプ(F521の試作パイプとFL282N1の1200mmまで)を坂東君が内作しているから、場合によってパイプラインは内製しようと提案された。

一方、資金の関係で土地は段々畠のように整地して必要に応じて工場を増設すべきとの意見もあったが、段々の土地では将来計画上、設備や人の移動を考えるとムダが多く、せっかくの広い土地が有効に使えないと主張し、造成費はアップするが一面の広い土地に整地にすることになった。

#### 4：工場建設

三重北辰をスタートさせる目的は、中小口径から大口径を含む電磁流量計の一貫生産だったが、実流校正設備の地上タンクと地下タンクの設置は地震対策を考慮する必要があった。五洋建設が整地を開始する前に行った地質調査の結果、雲出川寄りの土地の境界線側は岩盤であることが判明した。

この岩盤上に地上タンクを構築し、実流校正パイプラインが工場内を通過することとし、34000m<sup>2</sup>の土地の南西に小さい松林の丘を残して整地し、南側の雲出川寄りに平行して4200m<sup>2</sup>の工場(長さ100m、幅40m、高さ10.2m、一部2階あり)を建設することになった。自然環境を生かした緑豊かな公園工場を目指した。

1974年の7月ごろから五洋建設により工事が開始し、進行に合わせて荏原製作所も工事に入った。

同年9月阪田さんと由比さんと酒井と溝口担当補佐で1975年に入社する作業者を久居市商工会議所の会議室を借用して面接し、工業高校/普通高校卒業予定の10名を採用

した(池村斉、稻垣一彦、田村真一、西村利一、森田隆、山本照久、大野きさ子、小瀬古きみよ、松井まさ子、笠井照代)。

工場建設にあたり、三重県特例の公害事前審査申請の申請義務があり、藤澤は概略の建設計画を基に申請書類を作成し 1973 年末に久居市に提出した。その後県の審査委員会によるヒアリングを 2 回受け承認されている。

また、通産局への特定工場届出も概略の工場計画をもとに作成し提出している。

1974 年 10 月には久居市と公害防止協定を締結している。

使用電力(契約電力)を担当していた酒井は 1974 年 9 月から中部電力三重支店津営業所(以下中電という)と交渉を開始した

中部電力の担当者は管轄下の電力が逼迫していて割り当てる電力に余裕がない、どの程度の電力を必要としているのか機器別の詳細を来週提出せよと高飛車な申出を受けた。一時、福島県進出を検討させられた時、東北電力はいつでも必要な時に必要なだけ送電しますと、丁重に対応されたのとは打って変わった対応ぶりに驚いたものだった。

機器別の詳細を提出した時、またも現状では割り当てる余裕がないと云われた。そこで会社は三重県と久居市の誘致を受けて進出するもので、電力が供給されないと考えてもいなかつたと食い下がった。するとまたも、検討しておくので来週来てくれと云われた。次週訪問すると、希望電力をもう少し下げられないかと迫られる一方、自家発電の設置を強く要求された。自家発電など考えてもいなかつたが、一応検討しますと引き下がった。

中電との交渉がうまくいかないため、中電営業所長と今福常務が、学校が同期とのことで挨拶に行ってもらったが交渉好転の兆しきはなかった。ただ契約だけは早まったような気がする。

今福常務の中電訪問の後、宿題の自家発電の答えを持って中電を訪問した。停電しない事にこしたことではないが、急な停電で問題を起こすような事はないので、自家発電は設置しない旨を報告した。すると担当者は 10 月半ばに会社の代表を交えて決定しようと提案された。

そこで阪田さんと由比さんと酒井の 3 人で中電を訪問した。名前は忘れたがこのとき初めて営業の課長が出席されて最終交渉に入った。三重北辰の希望電力は 485KW、自家発電装置は設置しないと提案した。

すると中電の代表として出席された課長が突然机を叩いて、こんな低い電力では契約できないと怒鳴られた。これにはびっくりした。酒井はこれまでの打合せで電力を下げるよう指導してきた結果の提案ですと反論した。ところがくだんの課長は 500KW 以上でなければ応じられないと強硬に云われた。

500KW 以上で契約すると大電力となり、月次の基本料金が 10 万円以上も上がるため

(阪田さんも承知)、更に反論しようとした時阪田さんから向うずねを蹴られた。そして、阪田さんはでは何 KW がいいですかと質問されたところ、550KW にはしてもらいたい、なお本日中に書類を提出して欲しいと云われ、阪田さんはそうしますと答えられて中電退去した。

この原稿を書いている現在も当時の屈辱感が蘇ってくる。結局、中電の近くの喫茶店で書類を書き替えて提出したが、手が震えて下手な字がいっそう下手な字になったことを覚えている。

後日、名古屋通産局の事務方から下丸子の三重北辰設立準備委員会に電話があり、契約電力と使用負荷に大きな隔たりがある、出頭してその理由を報告するようにとの内容だった。

そこで、中電のくだんの課長に電話してその旨を伝え、どのように報告しましょうかと質問したところ、「それはそっちが考えることだ、近い将来負荷増になるので今回の契約にしたのでしょう」と、しれっと云われた。名古屋通産局には近い将来負荷増になるのでと答え、了解を得て契約電力はけりがついたが、不愉快極まりない契約だった。

ところが、この契約にはオマケが付いてくることになる。会社が創業して 4 年後の 1979 年に中電の子会社東海工事と云う会社の社長が突然来社され、貴社の契約電力は大き過ぎるので下げるお手伝いをしたいと云われ、後日必要事項記入済みの書類を持参され、社印を押しただけで当初申し込みの 485KW に下がった。年間 130 万円強の余分な金を 4 年間支払わされたことになった。

後で知ったことだが、三重北辰が購入した土地は、庄田地区工業団地(未整地の雑木林)として売りに出されていて、全体で 3 万坪強あり、西側の 1 万坪を三重北辰が購入し、残る 2 万坪強の土地は関西岡村が購入する予定だったが、理由は不明だが実現しなかった。

当時の久居市は市制特別法(?)により市になっていたが人口は 35,000 人程度であった。久居市の野垣内市長はなかなかのやり手で、市になるには 50,000 人以上の人口が必要だったが、久居町長の時代に国内の 30,000 人以内の町長の音頭を取って国に働きかけ 30,000 人以内で市になれる市制特別法を制定させ初代久居市長におさまり腕をふるつていて、工場誘致に熱心だった。

久居市には大きな工場が無く、したがって大電力の変電所も無かった。久居市は関西岡村の進出が確定する前に中電に北辰と関西岡村の進出を前提に久居市に大電力変電所の設置を要請し、中電もその気になららしいが、関西岡村の進出が無くなっこことで、中電がへそを曲げ、三重北辰との電力交渉を遅らせ、結果として、三重北辰に大電力の契約をさせることで、久居市に大電力の変電所を作った。

その後聞いた事だが、残っていた庄田地区工業団地の未整地の雑木林を整地し 2 社の企業誘致に成功したことにより、三重北辰の契約電力ダウンが図られたのが事の顛末ら

しい。

2社の企業は、日本真空<sup>(株)</sup>と河西工業<sup>(株)</sup>だった。その後、他にも工場団地が開発され、住友電工三重工場やトステム三重工場等の大型工場のほか、大小さまざまな工場が誘致されている。

1975年2月に久居市中心街のパチンコ店の2階を借りて仮事務所を開所し、地元業者との打合せ時に利用した(常駐はしなかった)。

## 5：対象製品と工場のレイアウト

生産対象となる電磁流量計は、下記の4種類(サイズ)であった。

小口径 F501(6、12.5、25、50、80、100mm)

中口径 F511(150、200、250、300、400、500mm)

大口径 F521(300、400、500、600、700、800、900、1000mm)

超大口径 F521(1100、1200、1350、1500、1600、1800、2000、2200、2300、2400、2600mm)

三重北辰設立の最大目標は、大口径電磁流量計の一貫生産だった。すなわち、口径3000mmまでの大口径電磁の機械加工(含む溶接)、組立、ポリウレタンゴムライニング、耐水圧検査、実流校正、ショットブラスト(塗装の下地処理)、塗装、出荷検査、梱包、出荷の全工程を社内で行うというもので、これを前提に工場を設計した。

機械加工は1200mmまで内製可能になっていたが、1350mm以上の機械加工、ポリウレタンゴムライニング、ショットブラスト(塗装の下地処理)、塗装、梱包は外注だった。

工場は敷地の南側に、東西に長さ100m横40m、高さ10.2mで、長手方向に2列(10mおき)の間柱を入れて幅13.4m、13.2m、13.4m(スパン間に間仕切りのない)の3列のスパン(長さ100m)とした。

東側の3列のスパンに大口径の校正パイプラインを配置し、パイプラインエンドの地下タンクの上にHOC900(コンピューター)やレベル計、プリンター等が装備された校正室を設置した。

大口径ラインの近くの西側の左スパンと中スパンにかけて中小口径の校正ラインを配置した。中口径の250~400mmまでのラインは、大口径の1200mmマスター・メーターラインの東側に設けた。

工場南側の右スパンは大口径電磁の一貫生産ランとして充てた。機械加工、組立、ポリウレタンゴムライニング、耐水圧検査、実流校正、ショットブラスト(塗装の下地処理)、塗装、立会検査、出荷、の流れに沿ったラインを基本として、ライン内の加工中や製品の移動はクレーンとフォークリフトとパレットトラックを使用した。左スパンに

は 5ton と 2.8ton クレーン 2 台、中スパンには 5ton と 2.8ton のクレーン 2 台、右スパンには 7.5ton と 2.8ton 2 台の 3 台のクレーン、合計 7 台のクレーンを設置した。

## 6：電磁流量計校正装置の設計

大口径校正装置は、地上タンクから地下タンクに水を自然落下させる方式として、地上タンクから被校正電磁に至るパイプは 2000mm(被校正電磁の下流のパイプは 1200mm のライン) と 1000mm(被校正電磁の下流のパイプは 600mm) の 2 本のラインを設けることにした。

生産対象の大口径の最大口径は 2600mm だったが、3000mm も可能とする計画だった。そこで、校正装置の能力を決めるには 3000mm の校正可能な流量を得ることで、流速 1m/sec ( $300,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ) に設定し、流量を、バルブを開けてから締め切るまでの間に(地上タンクは空にしないで)フルスケール付近の流量指示を 60 秒以上保持する必要があった。この条件を満たす検討は既に済んでいた。

上記の内容で荏原製作所に地上タンク・地下タンク及びパイプラインの設計を依頼した(1974. 1.)。

日立の校正装置を参考にして、地下タンクは深さで容積を稼ぐことにした。更に地下タンクを十文字に隔壁で仕切り、取りこむ水はタンク下部までパイプで導き、取り込んだ水は隔壁の下部に設けた 4 個の開口部から地下タンクの下部から上部へと充満することで、取りこんだ水の流れの最小化を狙った。地下タンクの深さは 6m(水を取りこむパイプのくる場所は 7m で、有効面積は約  $110 \text{ m}^2$ 、容積は  $640 \text{ m}^3$  となった)。

地上タンクは円形(内部直径 12.5m) とし面積で容積を稼ぐことにした。水を貯めるタンク部の高さは 3.5m で容積は  $430 \text{ m}^3$ 。地上タンクには水が降下するとき渦が発生しないように 4 枚の板を等間隔に設けた。荏原による試験時この渦防止の板が効果を表していることが確認されている。なお、タンク下部の地上高さは 7.5m あった。

上流 2000mm と下流 1200mm のパイプラインに充満する水は  $210 \text{ m}^3$  になった。なお、上部・下部タンクとも容量には余裕を持せており、地下タンクの最大容量は  $700 \text{ m}^3$  取りこめた。

この大口径校正装置の完成後に荏原製作所による試験が行われた。2000mm ラインはバルブを開け始めてから約 25 秒で最大流量  $33800 \text{ m}^3/\text{h}$  に達し、60 秒で  $30000 \text{ m}^3/\text{h}$  になりバルブを閉じている(地上タンクを空にしない)。このことは、 $30000 \text{ m}^3/\text{h}$  以下を目標にバルブの開度を調整することで、目標流量レベルの維持は 60 秒が可能となったことで一安心した。1000mm ラインは最大  $8500 \text{ m}^3/\text{h}$  流れていて満足した。

なお、地上タンクも地下タンクも長期にわたって安定した機能を維持できるよう、五洋建設に強く申し入れ、地上タンクは岩盤の上に設置することと頑丈な設計施工でマグニチュード 7.5 クラスには十分耐えると保証された。地下タンクは寸法精度のよい施行

とし、タンクの内外壁と底部に防水処理を施すことで長期使用に耐える構造とした。

地下タンクにはガラス通管(目盛 1mm のマノメーター)と梯子が付けてあり、地下タンクの水を地上タンクに揚水した(2000mm のパイプラインも充満して)水を地下タンクの近くの屋外に設置した 30K1 の基準タンクを通して地下タンクを校正し、更に 50mm のオーバルメーターでも校正し基準器の機能を持たせた。

そして、ガラス通管の目盛と容積の関係データを HOC900 にインプットしておき、0 点の目盛と満水時の目盛をインプットすることで基準となる水量を知ることが出来た。

この地下タンクを用いて 1200mm と 600mm の電磁を校正しマスターメーターとしている。

各ラインには校正用のキュービクルがあり、校正に要する各種スイッチとマスターメーターと被校正電磁の出力(4—20mA)を逆極性で繋ぎ、ゼロ点を中心(+/-)左右に目盛られた丸形指示計が付いていて、この指示計の出力が 0 点に来るよう変換器の抵抗器(メーターファクター)を加減することで、校正する方法で、校正結果はコンピューター HOC900 により自動計算され、プリントアウトされた。なお、校正は 0 点、25%、50%、75%、100% 点の 5 点で行われた。

中小口径電磁の校正ラインは、基準タンク(生産技術が内作した 10KL、3KL、1KL、300L の 4 基あり、計量研名古屋支所から基準タンクと基準フラスコを借用してきて校正した)とマスターメーター法によるものである。

三重北辰の各種基準器の校正関係の作業は全て福岡が担当し、彼の頑張りで大口径の校正ラインはもとより中小口径のラインを含む全てのラインに魂が入った。

なお、三重北辰の校正装置はきちんとしたトレーサビリティーに基づいて管理されていた。

大口径校正ライン 工場内写真

ここは HOC900 のある校正室



ラインの右側は被校正電磁流量計の 2400mm と 1000mm。

ラインの左側はマスターメーターの 1200mm と 600mm。

## 中小口径校正ラインの写真

写真のラインは 200mm(150mm 含)、100mm(80mm 含)、50mm、25mm、12.5mm(6mm 含)の 5 ライン。



注：400mm ライン(300m、250mm 含)は、マスターメーター 1200mm ラインの後側に設置している。

(酒井 記)

## 7：ポリウレタンゴムライニング製造工程

ポリウレタンゴムライニング工程を担当していた北辰化学工業はゴム関係の化学製品の製造専門工場だった。大口径電磁流量計に応用されたポリウレタンゴムライニングは北辰電機と北辰化学で共同開発した遠心铸造法といい、電磁流量計の管体の内側にコア、コイル等を組み付け、管体のボルト穴にライニングタイヤと云う金属のタイヤを取りつけて回転台に乗せ高速回転し、その管体に液状のポリウレタンゴムを流し込むことでコア、コイル等をゴムで覆い、ゴムがコアーやコイルの隙間にに入る際に発生する気泡をガスバーナーの炎で除去し硬化させる。硬化した内面に残っている気泡を除去した個所をウレタンゴムで埋め熱を加えて硬化させた後、全体をグラインダーで荒らし、再度遠心铸造によりゴムライニングを行い内径寸法の確保と鏡面の仕上がりを得る製造工法だった。 北辰化学のライニング設備はバラック建て風の小屋の地下に回転台を設置し建屋内に熱風を入れられるようになっており、回転台の駆動にはモーターにトラックのトランスミッションを連結し回転制御していた。最大口径は 2400mm までのライニングが出来たようだが、それ以上の口径は装置の大きさやスペースの関係で不可能だった。

三重北辰の製造する口径は 2600mm がシリーズとしてサイズが確定していくが、3000mm まで可能にすべく取り組んだ。

技術的に我々には未知の分野だったが、北辰化学の全面的な協力が得られ大石捷太と藤澤は北辰化学に何度も訪問し木本工場長以下の方々のご指導を戴いた。なお、大石は流量計の職場にいたが、1974年1月から大口径が生産される度に北辰化学に行きポリウレタンゴムライニングの工程を実習していて、4月から生産技術に異動し、藤澤の下でポリウレタンゴムライニングの製造工程の準備を担当した。三重北辰設立後は三重北辰に出向しポリウレタンゴムライニング工程を見事に立ち上げている。

ポリウレタンゴムライニング装置(炉の機能を持つ遠心铸造機)は4セットあり、2セット(F炉、E炉)は中小口径用で、残る2セット(B炉、A炉)が大口径用で、B炉は400～1000mmまで、A炉は1100～3000mmまでとした。

A炉の内容積は幅3.5m、奥行き5m、回転台は床面より地下に沈め高さは4.5m位だったと思う。躯体は鉄筋コンクリートで造り前面の観音扉は鋼製にし、炉内は全面に断熱材を貼り付けた。組立の済んだ電磁を炉内に入れ回転台に乗せるために、炉の前面の扉を開き天井からクレーンで吊り下げた状態で搬入出来るようワイヤーの通路を設け、電磁を回転台に降ろして後はワイヤーの通路に断熱材を張り付けた蓋を被せる方式にした。なお、炉の裏面にも開閉扉を設け、両サイドからウレタンゴムを注入できるようにした。B炉も同様の構造(小型化)とし、A炉と並列に設置した。

中小口径用のF炉(15～100mm)、E炉(100～300mm)は北辰化学から移設した。

ポリウレタンゴムライニング装置は回転台、炉の躯体の他にいろいろな付帯設備が必要だった。熱風発生機(熱源は小型ボイラーで蒸気熱交換機を応用した)と送風機、回転制御には明電舎のSF直流モーターを採用、ポリウレタンゴムの原料加熱、脱泡機、注入前の硬化剤混合と攪拌機、電磁にゴムを流し込むためのハンドリング装置などなど。

注入する電磁の大きさによって、原料のワンショットのハンドリング量が異なり、口径2600mmではワンショット500kg程度だったと思う。そのために大量の原料の加熱、脱泡、注入前の硬化剤混合と攪拌、そして電磁への注入等々のハンドリングスペースはA炉、B炉、E炉、F炉に沿って80平方メートル(20m×4m)必要だった。なお、E炉、F炉は小型で移動可能だった。

ライニング製造工程に関し特に苦しんだのは焼却炉だった。ゴムの原料のハンドリングに使用するSUSの容器はゴムが付着して固まるため、繰り返し使用するためにゴムの付着硬化した容器を焼却する必要があった。当時は公害防止活動がさかんの中で、三重北辰ではこのゴムの焼却炉の設置が必須で、焼却設備の選定と設置申請、認可、完成検査が大変だった。当時小型焼却炉で3次処理までして綺麗な排気ガスとする焼却炉を造る業者は少なく、選定した業者(片寄工業)は工事の進行中に倒産てしまい、その後は日商岩井に引き継ぎ完成した。しかし三重北辰の操業には間に合わず、2ヶ月ぐらい容器の焼却が出来ずラインからクレームが出た記憶がある。

なお、ポリウレタンゴムの取り扱いについて、労働科学研究所の先生方に相談し作業環境の注意点などの指導を受けている。

### 8：機械加工と溶接工程について

口径 1200mm までは北辰で内作実績があるので、それらの製造設備は全て三重北辰に移管したが。さらに大口径のパイプ Assy を製作するための設備を導入した。溶接関係はガス供給設備を工場建屋の屋外に小屋を造り、ガスボンベを集中し、配管で工場内に引き込んだ。ガスの納入業者にこんなきれいな溶接現場は見たことがないほめられた。

パイプ Assy 機械加工は口径 2600mm までを社内で加工できる大型正面旋盤とし、3000mm は外注することにした。被加工物として面板径 3m、長さ 5m、重量 5ton までとし、両端のフランジ部分の加工が出来ることを条件に、正面旋盤の専門メーカーの藤井精機に特注依頼した。この旋盤の導入には生産技術の舛田栄一君の協力を得た。業者でもこんな大型の一体ものは稀有だったという。

三重北辰への搬入は 1975 年 11 月、工場内に 40ton クレーン車がはいり、引続き正面旋盤(総重量 35ton)を積んだトレーラーが入り、工場内で吊り上げ意外に簡単に定置にセットした。ちなみに正面旋盤の価格は 2600 万円だった。

### 9：ショットブラスト装置について

鋼材に塗装するには、鋼材の表面の下地処理として 1 級ケレンとされているショットブラストを行うことが重要であり、当時北辰電機の塗装は埋設型も含め良い塗装をしていると評価されていた。三重北辰でもこの工程を一貫生産ラインに組み入れるため口径 2600mm までのパイプ Assy をショット出来る装置を導入した。装置の内容積は、縦横 4m 高さは 5m 位で、パイプ Assy を鋼製の回転台に乗せ前面の両開き扉を開き台車ごと装置内に軌条を使って搬入した。搬入後扉を締め外部からの制御により自動操作できた。ショットグリットは側壁の 3 力所から噴射しパイプ Assy は回転台とともに槽内で回転しパイプ Assy の内外面を同時に研掃することが出来た。槽内は前面ゴム張りにして痛んだら張替えできるようになっていた。

槽外にはショットブラスト噴射機構、噴射ショットグリットの回収エスカレーターがあり、研掃された粉じんの排気処理のバグフィルターはブラスト設備からつながる工場建屋の外部に設置した。回転台はトロッコのように軌条を走るので、重量物のスパン間移動を目的に隣のスパンまで軌条を敷設した。

### 10：塗装室について

塗装室の内容積は縦横高さがそれぞれ 5m ぐらいで、前面は開放で、左右と天井は鋼製の建屋にした。

奥壁には全面にフィルターパネルを貼り付けた。溶剤を含んだ空気はこのフィルター

パネルを通して工場建屋外に設置した活性炭を入れた集塵機に吸入させきれいな空気として放出した。

塗装は一般的なエアーガンによるものと埋設型にはエアーレスガンによるタールエポキシ樹脂塗装をした。工場内で有機溶剤を取り扱うので作業環境維持のため、労働基準監督署に何度か訪問したことを記憶している。また、火災防止にも注意が必要で、要所々にABC消火器を配置した。

(藤澤 記)

### 1 1 : 下水処理施設の設置

久居市はまだ下水道が普及しておらず、汲み取り方式による浄化施設を持っていて雲出川(三重北辰の上流)に放流していた。三重北辰の下水は自社で浄水し雲出川に放流してよい。ただし、放流する水質はBOD(生物化学的酸素要求量)5ppm(法的規制値は160ppm)、SS(浮遊物質)5ppm(法的規制値は200ppm)以下のこと、と云う飲み水レベルの水質を要求された。

この規制は法的規制値を大幅に下回っていて、酒井は市の環境担当者に設定の理由を尋ねると共にもう少し緩めてもらいたいと申し出たが受け付けてもらえなかった。そこで放流する雲出川の水質を検査してもらったところ、要求された基準を上回っており、久居市は市の浄化施設を改善し、雲出川の水質を高める羽目になったが、それでも雲出川の水質は三重北辰に要求した水質にはならなかつたと聞いた。

後で耳にしたことだが、当初の担当者は適当に低く設定し議会に提出し、議会で承認されたため変更が出来なかつたようだが、この水質規制値は久居市に工場が進出するたびに問題になり、やがて大幅に緩められることになる。

三重北辰のし尿等の下水浄化槽は五洋建設の紹介で、当時国内では最高の浄化槽を造る藤吉工業という業者に施工を依頼し、活性汚泥長時間三次曝気槽という浄化槽にした。大きさは将来計画を基に200人を対象とした槽にした。

スタート時は人数が少ないため、汲み取り式のし尿を入れて浄化槽に必要な微生物の繁殖を促したが、一次放水する池に浄水が放出される間隔が長く、池がなかなか満杯にならず藻が発生するため水道水で希釈した。そして、この池から溢れる水が雲出川に放流された。なお、雲出川に放流される水量は50mmの電磁流量計で測定し記録計で記録し、毎月業者が測定する水質と共に市役所と保健所に提出した。

### 1 2 : 株式会社 三重北辰の完成

1973年、社長が年頭教書の中で触れられた「オール北辰」構想から、2年3ヶ月の歳月を経て、三重北辰が完成した。1975年3月31日七栗神社の宮司による竣工式が関係者により厳かに執り行われた。

関係者の発意に基づき大勢の関係者の協力と努力により将来が大きく期待される大型工場の完成である。

### 写真は完成時の雄姿



(酒井 記)

## VI 三重北辰と横河フローテック(YFT) (1975~2001)

酒井 敏喜

執筆協力者：染谷 治男、橋本 敏、富士川 克美、遠山 克己

### 1. 三重北辰入社式と操業式

1975年4月1日、新入社員の入社式の後、阪田社長以下総勢28名で三重北辰操業開始式を行った。その後、全員で記念撮影をした。

### 2. 組織

阪田代表取締役社長

「総務部」由比取締役総務部長 他女子1名。

「製造部」酒井部長

「品質管理係」 福岡係長 他3名(内女子1名) 部品検査、実流校正検査。

「生産管理係」 高橋係長 他4名(内女子2名) 受注・出荷処理、部品発注・  
入出庫管理。

「機械加工係」 佐藤係長 他4名 中小口径・大口径のパイプAssy。

「中小口径組立係」友岡係長 他4名 中小口径のコイル製作、組立て、実流校正。

「大口径組立係」 大石係長 他4名 大口径のコイル製作、組立て、ウレタンゴム  
ライニング、実流校正、塗装。

なお、「中小口径組立係」と「大口径組立係」は、負荷の状況により、工数移動を頻繁に行つた。

### 3. 安全衛生への取組み

いよいよ、三重北辰として作業を開始することになるが、その前に全員で決意しておくことがあった。電磁流量計の製造は危険との隣り合わせの作業である、特に大口径電磁のそれは、こと細かく説明する必要もあるまい。

「品質とコスト」は三重北辰の原点であるが、その三重北辰のスタートに当っては、まず「安全第一」を基本に据え、労災ゼロを目指した。

スタート時の全員によるこの決意は、連綿と受け継がれ、労災のない工場として評価され、各種表彰を受賞し、後々、休業災害ゼロ記録を次々と更新していくことになる。

### 4. 本格作業前の準備

北辰からの出向者と1年前に入社して北辰で実習していた新人は、3月から三重北辰に来歩いて、北辰から送り込まれた機械や実流校正装置の調整・立ち上げ、各種部品を所定の部署へ移動を完了させた後に、生産を開始した。

新入社員も加わり、4月半ばには本格作業が開始できる体制になったが、その前に、26日に行われる式典の準備があった。

式典後の工場案内時に紹介する製品の生産、生産工程のデモンストレーション等の準備である。

このデモンストレーションの準備に、下丸子から関係者が応援に駆けつけてくれ、準備は万全だった。と言いたいところだが、大口径電磁 2400mm の静圧変動対策が解決しないまま、式典を迎えることになった。

## 5. 株三重北辰本社工場新築落成記念式典

4月 26 日に株三重北辰本社工場新築落成記念と銘打って、県・久居市の有力者をはじめ、北辰電機の役員および関係者出席のもとに、事務所 2 階のホールで式典を催した。

その後工場を案内し、製品 F501、F511、F521 の完成品多数の展示と各種デモンストレーションを行った。

デモンストレーションでは、大型正面旋盤に取り付けたパイプ Assy、ショットブラスト前と後の塗装下地の違い、塗装ブースに釣り下げた塗装後の大口径電磁、ポリウレタンライニングの遠心铸造状態の展示、超大口径電磁流量計 2400mm の実流校正実演を行った。

しかし、超大口径電磁流量計の実流校正実演デモンストレーションだけは、被校正電磁流量計 2400mm に静圧変動があり関係者の努力にもかかわらず、実演時にゼロ点が少し狂ってしまった。

浅井取締役から、こんなことは事前に分かっていたのだから、工夫して、堂々とデモンストレーションするものだと叱られた。

来客は全員、天井の高い、広々とした工場、大口径・中小口径電磁流量計の校正設備、一貫生産の工程ごとの展示、実演に感心された。

屋外に設けた下水処理施設は、稼働しているものの、浄化した排水はまだ出ておらず、1次放水用の池には水道水を注水していて、久居市から求められている水質は現在の池の水とほとんど変わらないものだと説明した。

当日は素晴らしい晴天に恵まれ、三重北辰の躍進を約束するにふさわしい記念式典となつた。

## 6. 電磁流量計の本格生産開始

式典終了後、いよいよ本格生産の開始である。小口径電磁は F501、中口径電磁は F511、大口径電磁は F521 と FL282N1(1978 年に生産終了)で、変換器は岩手北辰から供給された。作業指示書(工事命令書)の発行は北辰電機で立ちあがっていた W システム(コンピューターによるオンラインシステム)により、仕様変更、完成処理等への対応も含め、各関連会社で発行管理できる体制になっていた。

## 6-1. 中小口径電磁

下丸子と同じ工程で作業を開始したが、スペースが十分あるため、工程の流れに合わせたレイアウトと作業性のいい校正装置により、下丸子時代よりは 30%程度生産性が上がったと思われた。

## 6-2. 大口径電磁

パイプやフランジ材の発注・入荷から、機械加工・溶接、パイプ内面のショットブラスト、コイル製作、組立、ウレタンゴムライニング、実流校正、パイプ外面のショットブラスト、塗装…と、かつて、組立てと実流校正だけ(他は外注)だった大口径電磁が、計画通り一貫生産が確立したのである。実流校正装置の安定稼働と合わせ、感無量であった。

## 7. 由比さん北辰に帰任 (1976 年 4 月)

由比取締役総務部長が、北辰の総務部長として帰任されることになり、取締役を退任、替わって酒井が取締役に就任した。なお、総務部長として松島忠男が企画室から出向してきた。

## 8. FMプロジェクト (1976 年 7 月スタート)

三重北辰スタート時はまずまずだったが、1976 年度に入って電磁の受注の伸びが停滞し、危機感を持った。北辰の電磁を OEM 販売していた富士電機が、この年の 4 月から自社開発した電磁の発売を開始したこともある。三重工場建設に関わった一人として、責任を重く感じるとともに、将来展望の必要性を強く感じた。

そこで関根常務/千葉常務/浅井取締役/角田取締役/藤村取締役/渡部顧問 (CC 大楽/溝口/佐鳥聰夫/浅田/藤澤/阪田社長)宛に、流量計(特に電磁)について、将来計画を検討する時期に来ているのではないかと提案した。

これに対し企画室から「流量計の北辰の将来方向について」の答申書を提出すること、メンバーは、主査 三重北辰取締役製造部長 酒井敏喜、委員 PM 部門 主任部員 大楽朝衛、企画室 担当補佐 溝口文雄、計測技術部門 主任部員 佐鳥聰夫、設計技術部門 主任部員 浅田康夫、生産技術部門 主任 藤澤武彦とするとの指示があった。

早速、FMプロジェクトと命名し、委員で各種調査をし、それを基に検討・討論を重ねた。そして 1976 年 8 月 30 日付けで答申書を提出した。

内容は、三重北辰に設計、生産技術並びに変換器製造を取り込み、営業に製品別販売体制を新設し、電磁を主力とした流量計専門工場として拡大するという戦略であった。

これに対し千葉常務、藤村取締役、渡部顧問、後藤設計担当、高田生産技術担当、松山 PM 部門長、水谷生産技術主任部員から評価を戴き、KJ 法で纏め、報告した。

問題提起はしたものの、北辰にとって消化しにくいアイテムだったのか、経営トップを動かすには至らず、その後、特段の変化が無いまま過ぎた。

しかし、横河と北辰が合併した後、横河フローテックとなった三重北辰は、全ての変

換器類を担当し、生産技術部も設け、FM プロジェクトの答申に沿った形で発展してゆくことになる。

#### 9. FL281N1E(防爆電磁)と FL285(埋設電磁)北辰より製造移管(1976 年 9 月)

FL281N1E(6, 15, 25, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300mm) と FL285(サイズ 80, 100, 150, 200, 250mm) のノックダウン方式による製造移管を受け、1978 年度下期に終了している。

これは、F501/511 に防爆形と埋設形が無かったためで、大口径 F521 の 300mm には埋設形があった。

#### 10. トヨタ生産方式との出会い(1978 年)

我々は、品質向上と生産性向上のために、これまでの生産方法の中でさまざまな取組みを行ってきて、それなりの改善の成果を上げてはいたが、三重北辰として更にダイナミックに発展するには、今一つ満足できないものを感じていた。

三重北辰が操業開始した頃は、第一次石油ショック(1973 年)後で、まだ景気回復の兆しが見えない中、トヨタ自動車の成長だけが関心を集め、トヨタ生産方式が話題になり始めていた。

1978 年に大野耐一氏(豊田自動車工業副社長)による『「トヨタ生産方式」—脱規模の経営を目指して—』なる本がダイヤモンド社から出版された。早速この本を購入して製造部の管理監督者で勉強会を始め、「かんばん」の講習会にも参加したが、昔からのモノ作りの文化が浸みこんでいる我々素人が読んで、応用できるほど簡単なものではなく、これまでのモノ作りとは全く異なる考え方だと分かつただけで、挫折してしまった。

しかし、これをきっかけに、社内旅行にトヨタの自動車工場見学を入れようという事になり、トヨタ自動車の元町工場を見学した。

異なる車種の自動車がランダムに混合で流れている中で工程が進み、数分間隔で完成した車が、急発進、急ブレーキ、急カーブしながら走り去るのを目の当たりにして、自分たちのモノ作りとの違いの大きさに衝撃を受けたものだった。

阪田社長は、車が急発進、急ブレーキ、急カーブで走るのは、作業者を危険にさらしていく問題だと云われた。酒井は、これは車の最終検査工程ではなかろうかと云った覚えがある。

1 泊旅行が終わって会社に戻り、トヨタ工場見学の感想を KJ 法で纏めようと、社長と監督者に白紙のカードを渡して書いてもらつたが、阪田社長の細部にわたる批判のカードが一番多かった。せっかく『トヨタ生産方式』を勉強し、三重北辰が取り組むべき新しい生産方式としての認識を引き出すつもりの作戦は、見事に失敗し、KJ 法での纏めは中止した。その後阪田社長から、どうなつたと質問されたが、うやむやに答えた。

## 1 1. 低周波励磁電磁の生産開始

### 11-1. 大口径電磁 F551(含埋設形)+D503 の生産開始(1978年4月)

検出器 F551 と組み合わせる変換器 D503 は、検出器への励磁電流を変換器から与えるトライアック制御が取り入れられた低周波励磁で、大口径につきまとった静圧変動トラブルの解決を目標としていた。長年、静圧変動トラブルに苦しんできた三重北辰にとって記念すべき出来事だった。

### 11-2. 中小口径電磁 F561(F531 防爆)/F571(F541 防爆)+D503 の生産開始(1979年4月)

この中小口径低周波励磁化によって、電磁の開発初期から 28 年続いた商用周波励磁の時代は終わった。

なお、これを機にライニングは PFA のモールド(ニチアス担当)となり、6 年前の F501/511 開発時に、「次期開発では PFA モールドライニングに挑戦する」と宣言した約束も守られた。

### 11-3. 実流校正精度の向上

中小口径電磁 F561(F531 防爆)/F571(F541 防爆)+D503 の校正精度は、これまでの 1%/FS(フルスケール)から、0.5%/FS に向上した、このため実流校正は、2 台のマスターメーターの校正を毎朝実施し 0.1%以上の差が出た時は、2 台のマスターメーターを基準タンクで校正し直す方法で対応した。

なお、6mm と 12.5mm はダイバーダーを用いる秤量法(質量法)にした。

## 1 2. 人事異動

ここで、北辰からの出向者の動向と組織について紹介しておきたい。

1978 年 4 月 後藤章二 退社。出身地鹿児島に帰り溶接工場開業。

1978 年 5 月 堀尾昭成 北辰より出向、機械技能士 1 級、機械加工技能指導員。

1978 年 6 月 佐藤養治 北辰に帰任。堀尾昭成 機械加工係長になる。

1978 年 6 月 生産技術係を設け、大石が係長になり、森が大口径組立係長になる。

1981 年 4 月 谷本信靖 北辰より出向。総務部長。

1981 年 8 月 神谷行親 北辰より出向。製作課長。「I 下丸子の情景」の著者。

## 1 3. 阪田社長の引退(1980年)

1951 年、阪田さんは北辰の電磁流量計の最初の開発を奈良工場で下丸子工場に秘密裏に上畠氏と担当され、北辰に電磁の産声をあげさせられた。そして、24 年後に三重北辰の初代社長となられて、三重北辰を軌道に乗せ、引退。1 年間非常勤顧問をされた後、退社された。

三重北辰設立準備委員会がスタートしたとき、酒井は阪田さんからガリ版刷りの月刊誌「北辰」に、電磁流量計について寄稿された記事を見せてもらったことがある。その文章は、若々しい表現で電磁流量計の原理から始まり、流速に比例した信号を得るのが

いかに至難の業であるかを述べられている、一方で、今後の発展を見越しておられるものだった覚えがある。

今考えると、三重北辰設立準備委員会が出来た当時は、少なからず興奮されていたであろうと思われたが、設立準備委員会の頃から一緒に仕事をしている中で、阪田さんの興奮は伝わってこなかった。

背筋をしやんと伸ばした姿勢が印象的で、寡黙で、決まり(法)を厳格に守られる姿勢は徹底しておられた。三重北辰が完成した時、工場の数カ所にタンクを設置するよう指示された。労働基準法に設置が義務付けられているというのが理由だった。北辰に入社した1954年頃は、目蒲線の駅のホームにタンクがあったことを思いだしたが、いつのまにか見当たらなくなっていた。このことを言っても、阪田さんは引き下がられず、調達するよう指示された。あちこちと探したが、入手できなかつたと報告し、暗黙の了解を得たことがある。

酒井が知っている範囲で、久居市との各種交渉でも、この態度は変えられなかつたが、といって自分の意見を強引に述べられることはなかつた。

三重北辰が操業して2年ぐらい経った頃、大阪大学の桜井教授と白江教授を会社にご招待したことがある。この時、桜井教授は、企業というものは大したことをするものだ、奈良工場で実験していた電磁がこんな大きな工場を作るとは、というような事を云われた時、阪田さんが満面の笑みを浮かべられたことが忘れられない。酒井は白江教授に大口径の静圧変動について話したら、それは起こりうることだと、いとも簡単に云われたのに驚いた記憶がある。

この後は、角田永治氏(北辰電機取締役)が非常勤の代表取締役社長に就任された。

#### 14. 北辰の管理職会報で電磁流量計について報告

いつから始まったか記憶にないが、毎月、月初めの日、朝8時から、社長をはじめ全役員、全社の管理職が一堂に会して、各種情報が提供される「管理職会報」という会合があった。ここでは、各種製品の実情を説明する機会があり、1980年5月6日の会合で、酒井は電磁流量計の実情説明をした。オーバーヘッドプロジェクターを用いて20項目20頁に亘る説明をしている。

説明項目の一部の内容を簡単に紹介する。(1)…(18)は発表項目のNo.である。

##### **(1). 国内の流量計の市場(200億円)と北辰の関係(1978年度)**

容積式流量計が 38%(トップはオーバルで、75%を占めている)。

電磁流量計が 28%(トップは北辰で36%を占めている)。

面積式流量計が 24%(トップは東京計装で35%を占めている)。

その他の製品が 10%(タービンフローメーター、超音波流量計、堰式、カルマン等)。

なお、差圧式流量計の市場は80億円で、山武26%、横河22%、北辰20%、日立18%その他14%となつてゐる。注:差圧式流量計は独立した流量計として扱つてゐる。

### (3). 国内の流量計の市場の推移と見通し

1969 年度、1978 年度、1985 年度の市場の大きさを、機種別に積み上げて棒グラフで説明しているもので、市場は上記の年度別に 83 億円(実績)、200 億円(実績)、286 億円(予測)とされている。その中で、電磁の 1978 年度の伸びは 1969 年度実績の約 6 倍、1985 年度の予測の伸びは 1978 年度実績に対し約 1.7 倍となっている。

### (7). 主要ユーザーの分布と競合する最近の流量計

横軸にサイズを対数目盛で表し、主要ユーザーのサイズの範囲を棒グラフで示したもので、25~50mm 建設(グラウト)、6~150mm 化学、50~300mm 紙パ・鉄・非鉄、100~1200mm 下水、150~3000mm 上水としている。

なお、競合する最近の流量計として、50~150mm 横河の渦流量計。300~3000mm 東京計器、富士、日立の超音波流量計を挙げている。

### (9). 超音波流量計と電磁流量計の価格比較

横軸にサイズ 6mm から 3000mm の対数目盛、縦軸は価格(万円単位の対数目盛)で、電磁と超音波の価格を書き込んだグラフである。

電磁は 100mmあたりまでは緩やかなカーブで上昇しているが、200mm あたりから、口径 1mm当たり 1 万円の価格カーブとなっている。

一方、超音波は 100mm で 250 万円、3000mm で 400 万円の直線であり、電磁とのクロス点は、300mm である。

超音波はクランプオン型のため、ユーザーのパイプに外部から取り付けるだけなので電磁との価格に大きな差があるが、測定出来る流体は電磁ほど広くない。

精度で見ると電磁は 300mm 以下で 0.5%/FS、400mm 以上で 1.0%/FS になっているのに対し、超音波は全域で 2.0%/FS である。

### (10). 電磁流量計の売上と市場占拠率(北辰)

横軸が 1972 年度から 1979 年度まで、縦軸が数字のグラフで、売上、市場占拠率、原価率、値引き率を折れ線グラフで示している。ここでは 1973 年度から隔年で表示する。

年 度	1973 年度	1975 年度	1977 年度	1979 年度
売 上	15 億円	20 億円	16.7 億円	23.3 億円
市場占拠率	48%	54%	40%	35%
原価率	65%	52%	55%	50%
値引き率	20%	18%	20%	25%

### (11). 1979 年度電磁流量計代表製品別生産実績と原価率(北辰)

売上	中小口径	大口径	変換器	補 器	合 計	原価率
	11.8 億円	4.9 億円	5.8 億円	0.8 億円	23.3 億円	49.7%

### (12). 電磁流量計の品質(北辰)

左縦軸 故障率(%/千時間)、右縦軸 MTBF(万時間の対数目盛)とし、横軸に 1977 年度から 1982 年度まで 6 年間の目盛で、自社開発の FL280 から、FL281、FL281SF、FL281N1、

F501/511 と変わるに従って、故障率は急激に下がり、一方 MTBF は急激に上がって、1982 年度には、故障率と MTBF は理想とされる「極満足」の範囲に入ると予想している。

#### (13). 競合メーカーの状況(電磁流量計)

横軸を年とし、縦軸にメーカーとし、1955 年～1965 年を搖籃期、1965 年～1975 年を市場拡大期、1975～1985 年を戦国時代として、各メーカーの進出時期、開発機種の実績と予想をしたもの。

#### (18). 目標

電磁と超音波流量計で 1985 年に、売上 50 億円、市場占拠率 45%、原価率 39% とする目標であった。

これらのデータは ST グループメンバーで作成し、小林保さんにチェックして頂いた。

### 15. TQCへの取組み(1977～1983)

北辰は日本科学技術連盟(通称日科技連)の TQC 「デミング賞」受賞を目指した TQC 改善活動があり、「デミング賞」審査に向けて、1980 年 7 月頃から活動が活発化した。

三重北辰は各種改善に取り組み、成果を上げていて、「デミング賞」受賞審査で関連会社を代表して審査を受けることになっていた。

発表を予定していた内容は「大口径電磁流量計ポリウレタンゴムライニング工程の改善」で、従来 2 回の注入で完成していたポリウレタンゴムライニング工程を、改善により 1 回注入で完成することに成功した事例を、パレート図、特性要因図、時系列の改善推移等を、PDCA で回した内容を資料にしている。

成果は、ライニング工程のリードタイムが、3.5 日から 1.5 日と大幅に短縮したことである。これは、大石係長と森係長を中心になって進めた。

しかし、北辰と横河の合併発表により、審査は行われなかった。

### 16. PFA ライニングの内製

PFA ライニングについては、『「1980 年代躍進前夜の熱気」～流量計戦略と新電磁の開発(1979～1983)～』に技術関連の記述があるので、ここでは、内製について、取組み段階から安定した段階に至るまでを紹介する。

内製について大変苦労された、染谷治男、橋本敏、富士川克美、遠山克己から寄稿してもらったが全ては書ききれないので、遠山と富士川に要所をまとめてもらい、これを基に酒井が記述した。

#### 16-1. PFA ライニングの内製取組み開始

1980 年頃、技術部の富士川克美が三重北辰に来て PTFE テフロンスリーブライニングの実験をしていた。そこで酒井は藤村取締役に PFA のモールドライニングの内製化を提案し、了解を得た。

1979 年に生産開始した中小口径電磁 F571/F561 のパイプには、PFA ライニングが取り

入れてあり、ライニングメーカーはニチアスだった。三重北辰はニチアスの要求で大量のパイプを送り込んだが、納期が不安定で生産に支障をきたす一方、品質も悪かった。

当時、藤澤が PFA のモールド部品の検討をしていた関係で、モールド装置を製作している日精樹脂工業が紹介された。また、テフロンは米国デュポン社の製品名で、清水市にある三井フロロケミカルがテフロン PFA のペレットを製造していることも把握していた。

1980 年の 7 月頃、北辰電機の営業代理店清水計機の紹介を得て、浅田、染谷、藤澤、富士川、酒井は三井フロロケミカル清水工場を訪問した。

対応していただいたのは、沖工場長とエンジニアの齋藤善孝さんだった。我々は、電磁流量計のパイプの PFA モールドライニングをニチアスに依頼しているが、自社で行いたいので、原料の PFA ペレットを供給してほしいと申し入れた。その結果、バルカーやニチアスの業界に進出しない事を条件に供給を了承された。一方、現在発注しているニチアスやバルカーに秘密が漏れないよう依頼し、了解を得た。なお、射出成形の導入試験は、北辰の生産技術部が社内に極秘で進める予定なので、北辰の購買部にも秘密にするため、ペレットの納入先は三重北辰とし、今回の訪問が PFA モールドを自社導入する準備段階であることを理解して頂いた。その後、PFA モールドに関する技術的な話を聞き、分厚い英文成形マニュアルをもらって、三井フロロケミカル清水工場をあとにした。

### 16-2. デュポン英文資料解読から射出成形機発注まで

当時、生産技術部にはサーベイナー制度があり、染谷がプラスチック関係を受け持っていた。また、染谷は、治工具設計から、方法技術課(大森英彦課長)に移っていたが、金型設計が出来ることもあって、生産技術部の水谷部長と藤村取締役により PFA プロジェクトに任命されたと理解している。

PFA モールドの参考資料は、米国デュポン社の英文成形マニュアルがあるのみで、全く新しい生産技術の開拓であり、英語に弱い染谷にとっては厳しいスタートであった。

PFA の樹脂は、汎用プラスチックより射出温度が 100°C 程度高く、温度管理及び成形機の耐食性に問題があった。成形機の発注は技術的に優れていた日本製鋼所と交渉したが、契約に至らなかった。そこで、汎用射出成形機のトップメーカーである長野県坂城町にある日精樹脂工業を、当時汎用プラスチックの内製担当の山崎君と訪問した。日精樹脂工業の技術者は初めての経験であるが、今後のこともあり、是非やらせて欲しいとの表明があり、契約、発注した。

金型の設計は、染谷の提案を踏まえ、市居彰が担当した。

(染谷 記)

### 16-3. 電磁流量計の品質向上と PFA 内製化のドッキング

北辰の電磁流量計は日本のトップシェアを誇っていたが、当時、その主力ライニングであった PTFE は、多くの客先、特に化学や紙パのユーザで電極絶縁不良トラブルを多発していた。その頃の電磁流量計トラブルの 40% は、電極絶縁不良トラブルで、サービスメンバーには多大なご苦労をおかけしていた。

その原因究明の為、富士川が電極絶縁不良は、電極からの液漏れではなく、「ライニングの透過」で発生するのではないかという想定のもとで文献調査や実物テストで知見を得ていった。当時 PTFE 外面をエッチング加工してエポキシ接着剤で管体内壁に接着していた。透過性の流体（塩酸、酢酸、フッ酸など）は長期間の使用により PTFE を通して裏側に透過して接着剤を侵して接着力がなくなったものが散発され、透過対策としてはライニング外壁と管体内壁に溜まった透過分子を管体に小孔をあけ外部に排出することが最適である事が確認された。

富士川の基礎調査が終わった頃、橋本が電極構造改善を担当する事になり、電極絶縁不良が電極部分から液漏れするのではなく、特に流体温度が 60°C 以上と高い時、主として水蒸気がライニングから透過、ライニングと金属パイプの間に溜まり、温度が冷えた時結露、それが電極部に流れ込むという電極絶縁不良発生プロセスを解明、対策としてのテフロンハットの性能評価、客先への報告書作成と説明を担当、電極絶縁不良トラブルを一応収束した。

しかし、PTFE ライニングにテフロンハットを付けたり、ライニング外壁と管体内壁に溜まった透過分子を管体に小孔をあけ外部に排出するという対策は、絶縁信頼性向上の切り札と言えるほど信頼性が高いとは考えられず、内作化が検討されている PFA ライニングであれば、射出成形という特徴を生かし、電極を取り巻く部分をライニングと一緒に成形する事により、従来とはレベルが異なる高信頼電極構造が実現できる方向が見えてきた。この時点で、電磁流量計の製品品質向上要求と PFA ライニングの内作化が融合した。

(橋本 記)

#### 16-4. 橋本と富士川が取り組んだブリッジ板

PFA ライニングは物的には優秀なライニングという事は分っていたが、射出成形という製作方法である為、電磁の金属パイプ内に PFA モールドライニングを行うと PFA 樹脂が冷える時に収縮し、金属パイプとの間に隙間が出来、流体圧力や温度の変化による測定誤差が発生する。その為、ライニングと金属管を密着させる対策を取らないと精度が保証できないという問題があった。

PFA ライニングも最初は、FEP ライニングで採用していたアリ溝方式で試作したが、FEP ライニングより成形温度が 50°C も高い PFA ライニングは冷却時の収縮量が大きく、アリ溝方式では全く繋止出来なかった。そこで、濾過プラントに使用するスクリーンを製造しているメーカーのカタログから SUS 板に小穴がたくさん開いた多孔板を購入して試作したところ実用化できそうだという結果が出た。そこで、特許を調べたところ、既に山武が特許を取得していて、この多孔板計画はおじやんになってしまった。ここで引き下がる訳にはいかず、スクリーン製造メーカーのカタログを眺めていたら、橋桁のような突起を配置したスクリーンがあるのを見つけた。これなら山武の特許を回避できるのではと、特許管理室にいた渡辺正康さんに問い合わせたところ、山武とは異なる特許として成立すると回答を得た。この方法を「ブリッジ板」方式とした。

このブリッジ板を電磁のパイプの内面に円筒状に溶接し、PFA モールドの係止は成功したが、フランジ面にはブリッジ板が使用できないため、逆ハ字状のアリ溝（鳩尾溝）を作ることでフランジ面の係止をした。

ブリッジ板方式と、高信頼型電極構造は橋本、渡辺正康の特許及び実用新案となり製品に適用された。

しかし、その後、最初に採用したブリッジ板は、80°Cの殺菌用热水と5°Cのビールが交互に流れるビールプラントではライニングとブリッジ板の係止が外れるという問題が発生、富士川は「ブリッジ板」の橋桁の形状(幅、長さ、深さ)について研究し、最良形状にたどりついた。これも富士川、太田博信、鈴木一宇、深井吉士、嘉山長興の特許として成立し、一層の信頼性向上を実現した。  
(橋本 記)

#### 16-5. PFAペレットの準備

1980年12月下旬、酒井は、三井フロロケミカル清水工場に、「1月初めに射出成形機が納入されることになった」と報告し、三重北辰へのPFAペレットの納入を依頼した。ペレットは12月中旬に三重北辰に納入され、各サイズのライニング用のパイプとともに、三重北辰の定期便で生産技術宛に送り込んだ。その後は、染谷氏の情報をもとに、ペレットとパイプを三重北辰から染谷氏宛に送る方式にした。

#### 16-6. 射出成形機の立会と再提案

日精樹脂工業で装置が完成したという事で、染谷、山崎、富士川、市居が実験に立ち合った。対象試験体は鋼管の口径250mmとした。実験は失敗に終わった。理由は射出成形機のシリンダー容量が小さく、一度の射出では充填出来ないことが判明した。樹脂の膨張量を見込んでいなかったことが原因だった。

日精樹脂工業の技術者も染谷も頭が真っ白になってしまった。染谷は夜中にうなされて、飛び起きたことが思い出される。

翌日、日精樹脂工業の技術者から提案があった。射出成形機はシリンダー内に一定量溶融された樹脂を、一度に射出することが通常であるが、新しい提案はシリンダーの作り直しは行わず、シーケンスの修正のみで、溶融樹脂をシリンダー内に一定量貯めるだけではなく、不足分はスクリュー溶解樹脂を直接管体に充填する。サイズに関係なく、複数のパイプに続けて充填できる方式だった。

染谷の独断でこの提案を了承した。但し、この方式の弱点は金型の温度管理が大切で、温度が低くなると樹脂が途中で固まってしまうことと充填時間が長くなることの問題を抱えていた。  
(染谷 記)

#### 16-7. 射出成形機の完成

成形機が搬入されるまでの間、富士川と染谷は、英文資料を首っ引きで解読しようと苦心を重ねた。専門用語が多く理解しにくいところが多々あったが、二人で新用語を作りながら射出成形の要点を見出していった。

1981年1月に射出成形機が生産技術部に納入された。設置場所は7棟の東側半分の

ガランとした部屋。西隣りの南北に細長い部屋には、型締力30～50トンクラスの小型の熱可塑性プラスチック射出成形機が2台設置され、プラスチック部品の生産が小規模ではあるが始まっていた。ライニング実験部屋では北側奥に成形機を設置し、周りにパイプと金型（円盤状の上型、下型、マンドレル）やバンドヒーター等の実験器具を置いていた。部屋入口のシャッターの裏側に天井から塩ビのブルーシートを下げ、『部外者入室禁止』の張り紙を掲示した。

成形機は金型を左右に1型ずつ載せられるテーブルを持っており、正面から見ると両翼を広げたように見えた。成形時間が長いので、樹脂を注入している金型の他に、次に注入する金型を載せて加熱することが出来る2ステーションの機能を備えたテーブルである。これらの機能を有する成形機は背も高く、床を数10cm掘り下げて設置した。

装置の納入に合わせて、三重北辰から西口彰君が、次いで若林君が出向してきた。この頃から実験の計画作成や条件出しに遠山も加わった。製造条件確立までに1年弱の実験を要した。メンバーは染谷、富士川、山崎、市居、遠山、西口、若林で、苦労を重ねることになった。

（染谷、遠山 記）

#### 16-8. 成形条件出しに残業の日々

成形条件出しには、実験計画法の直交配列法をなるべく使うように心がけたが成形機1台の工程にしては成形条件パラメータが多くなったため、きれいな直交配列実験にならないことが多かった。理由は直交配列実験では取り上げた因子以外の誤差を小さくすることが重要であるが、PFAライニングでは、室温変動（成形時間が長い、季節）やパイプと金型の組立状況、同一サイズのパイプを何本も用意することの困難さなど、誤差要因と思われたことも多かったからである。一つのサイズで決めた製造条件がそのまま他のサイズに使えるというのではなく、サイズ別に条件を変えざるを得なかつた因子もある。金型構造は、基本的考え方は同じとしてもサイズによっては、構造を変えて設計せざるを得ないものも多かった（例えばマンドレル内の構造）。マンドレルが抜けにくいことも経験した。今ではマンドレルが抜けるのが当たり前であるが当時はPFAとマンドレルがこびり付き抜けないものが散発した。口径250mmなど大きいサイズでは特に苦労した。マンドレル表面粗さを小さくすることや離型剤塗布などで対処した。

ライニング作業は力仕事から始まる。マンドレルが付いた下金型に、パイプ（ブリッジ板を溶接済）を上からおろし、次に上金型を載せる。パイプフランジ穴に通したボルトで上下金型を締め、さらにパイプの外側から二つ割りの鉄製バックアップリングをボルトで締め付ける。バックアップリングが必要なのは、高温のパイプに型締力を軸方向に与え、同時に樹脂による内圧をかけるとパイプが樽状に膨らむので、これを防ぐためである。ボルト締めに大きな力が必要で、ボルトを締め付ける作業は若かったとは言え数が多いとかなりきつかった。なお、バックアップリングの外側には、二つ割りのバンドヒーターを巻き付けて加温する方法だった。

テーブル上の金型が成形可能温度になるとテーブル全体を油圧で押し上げ、ノズルブ

ロックへ金型上部をコンタクトさせ型締する。ノズルブロックには樹脂が通る穴があり、この穴を通ってスクリューで押されてきた樹脂が金型内へ入っていく。充填を終えると次は冷却で、金型やマンドレル内に仕組まれた穴内へ冷却エアーを注入する。樹脂は温度が下がると収縮する、そのままだと樹脂圧力が低下するので樹脂が固まるまで保圧をかけ続けた。成形後は逆にボルト外しが待っていた。

ライニングのポイントは気泡が無いことが第一であるが、避けられないとしたら気泡が存在してはいけない部位のPFA樹脂を先に固め気泡をそこに残さないこと。従って樹脂を固める理想順序は、接液面側から管側に向けて固め、垂直に立てたパイプ内の樹脂は下方から上方側に固めていく。パイプとマンドレルの間にブリッジ板がありこれがPFA樹脂の流れの抵抗となる。ブリッジの隙間に樹脂を押し込んでいく際に、パイプと樹脂の温度を共に高くすると樹脂が流れ易く入っていくが気泡も多く出易い。しかも、樹脂が高温に長く滞留するほど樹脂の高分子構造の鎖が短くなり（メルトフローレート値が大きくなる）、透過性流体がライニングを透過しやすくなり、電磁の耐腐食性能に影響が出る。よって、これらのバランスも勘案して温度と成形時間を決める必要があった。

電極部の樹脂に気泡が残らないようすることも重要なポイントで、電極治具の構造や電極部の冷却にも気を使った。実験結果を皆で検討し金型を修正することも多々あった。市居さんに描いてもらった図面と金型を台車に乗せ、B棟1階南西の試作工場に持つて行き修正加工などをしてもらった。

直交配列実験の考えを入れながら各因子（温度、圧力、速度、時間）の良否の方向を見極め山登り的に条件を決めていった。生産になんとか使える条件出しがサイズ毎に次第に出来上がっていった。決めた条件は成形条件表をサイズ毎に作り埋めた。当時PLCは無く、サイズ毎に温度、圧力、時間など決めた多数の条件は以後、成形パイプサイズを変更する度に成形条件表を見ながら各機器に手でいちいち設定した。

また、金型温度を250°C以上にコントロールするためには、1回の実験に数時間掛かるため、3日続きの徹夜も経験した。会社を休んだのは、日曜日も入れて1年間で7日しかなかった。染谷は家内から、うちは母子家庭だからと云われたことを思い出す。

毎日が残業で、夕食は出前を取って実験室で食べた。フッ素ガスは人体に影響があるので、全員で注意をしていた。ただ、アルコールはその影響を少なくすることが文献にあり、出前時に守衛に見つからないようにビールを持ってきてもらって、堂々と晩酌したことが懐かしく思い出される。  
(染谷、遠山 記)

## 16-9. 実験終了と三重北辰への移設

11月までには、全てのサイズの射出成形の条件出しが、ほぼ完了したので、11月上旬に射出成形機と金型とバンドヒーターを三重北辰に移設・設置し、完全に動作することを確認した。

七栗神社の宮司による安全祈願の後、製造が開始された。染谷と富士川は2週間程滞

在して西口君と一緒に取り組む作業者をサポートした。

染谷は酒井製造部長をはじめ多くの方々に労いの言葉を戴き、苦勞が吹き飛んだ。充実した仕事だったと回想している。  
(染谷 記)

三重北辰では射出成形機の樹脂の溶融と金型の加温に時間が掛るため、これらの装置にタイマーをセットして、始業時からショット出来るようにした。1月頃になると不適合品は出るもの、まずまずの生産量が確保できるようになった。

なお、導入した射出成形機ではライニング出来ない口径 300、350、400mm はバルカ一に外注することにした。後年、大口径 500mm も依頼している。

#### 16-10. ライニングの生産性向上とトランスマッサー成形機の構築

1983 年 10 月、横河北辰電機(三鷹)から富士川が出向ってきて、ライニングの生産性向上に取組み、成形金型をバンドヒーター加熱方式から電気炉加熱方式に変更することで、品質と生産性を向上させた。

この間、300、350、400mm のライニングの内製に向けても取り組んでいる。それはトランスマッサー成形（成形金型の上部に成形に必要な 1 台分のペレットを入れた円筒の型を乗せて電気炉で加熱し、所定の温度になったら取り出して、油圧シリンダーで金型に PFA 樹脂を圧入する）という方法で、全てが人作業で時間はかかったが一応 400mm まで成形できる形まで漕ぎつけて、1985 年 12 月、三鷹に帰任した。後に、三重北辰の大石、森、今井が半自働で成形できる装置にして、250～400mm も生産性が大幅に向上した。

#### 16-11. 射出成形機 2 号機の内作

横河と合併し、NYPS を開始していた三重北辰は、電磁の注文が増え始め、PFA ライニング工程が間に合わなくなり始めていた(1987 年頃)。そこで、横河の生産技術部が、日精樹脂工業から納入された 1 号機を参考にして 2 号機を内作した。NYPS では内作した機械や装置をブルーマシーンと呼んでいた。安定して稼働するまでには時間が掛ったが、やがて頼りになる装置になった。

#### 16-12. 射出成形機 3 号機の調達

1993 年 12 月に第 3 工場( $1800 m^2$ )を増設した。大石は、これに合わせて日精樹脂工業に小口径専用の射出成形機を発注、導入した(3 号機)。この 3 号機とブルーマシーンの 2 号機を第 3 工場に設置して 2 台稼働させることで、小口径ライニングパイプのリードタイムは 5 分/台になった。

#### 16-13. PFA 残材の再生ペレット化

PFA ライニングを内製開始した 1981 年 11 月から、ライニング時にでる残材やフランジ部を旋盤加工するときに出る切り屑、ライニング失敗品から削りとった PFA を捨てないで保管していた。

1992 年、この残材や切り屑を再製ペレット化し、再使用する装置の検討を生産技術部の今井孝昌に指示した。但し、現在取り組んでいる作業の合間に検討すること、とい

う条件をつけた。今井は、作業の合間に、PFA の残材や切り屑を破断粉碎し、金属分離器で金属を除き洗浄する処までたどり着いた後、プラスチックペレットを作る機械メーカー日本油機株を見つけ、このメーカーに特注し、洗浄した PFA 破材を機械に入れるだけで、連続して再生ペレットができる装置を導入した。

貯め込んでいた残材や切り屑が再使用できるペレットになった金額は正確には覚えていないが、2000 万円をはるかに越えていた。

この再生ペレットの使用はバージンペレット 8 に対し 2 の割合で使用した。

#### 16-14. PFA ライニング内製化の成果

PFA ライニングの内製は苦難の道だったが、NYPS による道具の改善で手扱い時間が減り、歩留まり率も向上し、中小口径電磁も一貫生産が出来るようになった。NYPS による 1 個流し化でライニングパイプの在庫も少なくなり、高信頼電極構造によるトラブルレス、ブリッジ板による高精度実現と負圧でライニングがつぶれるという問題も同時に解決し、電磁流量計の付加価値を高めることで大幅なコストダウンを実現した。

PFA ライニング内製に生産技術部が取組んで成功したのは、①小規模ながらもプラスチック射出成形の技術があったことと、②金型を設計製作修理出来る設計・試作工場機能があったことが背景の一つだと思う。

藤村取締役がよく言っておられた『製品の基本技術は社内に取り込んで、品質を社内で確立する』を見事に具現化した大型プロジェクトであった。

(染谷、橋本、富士川、遠山、酒井 記)

#### 17. 重要な来客

忘れもしない 1982 年 2 月 1 日(月)、三重北辰に大変重要なお客様と言われる来客があった。お客様は 3 人で、清水社長、角田常務(三重北辰非常勤代表)と森浩一さんが同行された。

その一週間前に角田常務が来社され、来週月曜日清水社長が同行されて、非常に大切なお客様が三重北辰を見に来られる。会社全体を整理整頓して粗相のないように、会社を案内し説明するようにと言われた。

どんな人が来られるのですかと質問すると、それは言えないといわれた。そして来客に出す昼食をどうするかということで、角田さんと津の有名な割烹(行ったことのない)をめぐり歩いたが、こっちは一見の客、まともに挨拶を聞いてもらえなかつた。津では格式の高いなぎ屋で酒井の自宅近くにあり時々利用していた店に行き、特上うな重を 6 人前届けてもらうように頼んだところ、当店はお客様の顔を見てからうなぎを割くので、配達はしないと断られた。

それでは会社から車で出発するときに電話するから(会社から 20 分程かかる)、それに合わせて作ってほしいと頼み了解を得た。

角田さんが下丸子に戻られて、清水社長に報告された結果、奈良の都ホテルからコックを呼んで料理を作らせようとのことで、角田さんから可能かと質問された。会社には

従業員用の食堂に家庭用の流しとガスコンロが1個あるだけなので、料理を作るのは無理だらうと返事した。その結果、角田さんから計画通りうな重で良いことになったが、清水社長はうなぎが嫌いなので、だし巻(卵焼き)重を1個追加するようにとの指示があった。それではうな重を1個減らしましようというと、君の分にするから、うな重6個とだし巻き重1個で考えておくようにと指示された。

来客のある2月1日は管理職会報が行われる日であったことから、大変重要なお客様という認識はもてた。

お客様3人と清水社長、角田さん、森さんが来られ、会議室にご案内し、担当製品と工場レイアウトの概要を説明した後、工場案内に入った。

3人のお客様で一番高齢と思われる人は、どこかで見たような気がしたが思い出せなかつた。工場案内している時、その人が、他の2人から社長、社長と呼ばれているのを聞き、横河電機の社長ではないかと気がついた。横河や山武の社長や清水社長の写真は良く新聞に載っていて漠然と記憶していた。

一方、北辰の3人は、一言も3の方の名前を呼ばれなかつたことから、これは複雑なことが絡んでいるなど想像したものだった。

工場案内が済んで会議室に戻り質問を受けたが、特に答えに窮することもなく応答できたと思っている。工場案内に予定より時間がかかり、その後の質疑応答もあり、昼食は少し遅れたが、その時間に合わせて、「うな重」と「だて巻重」が届き、予定していた昼食になつた。酒井も従業員の食事が終わった食堂で、一人複雑な思いの中で「うな重」を味わっていた。お客様が食後の歓談中と思われるとき、角田さんが食堂に現れ、労をねぎらわれた。

その時、お客様は横河社長ではありませんかと言うと、角田さんは非常に驚いた顔で、誰に聞いたと質問された。競争会社の社長は新聞で見ているので、社長と呼ばれる人が横河電機の社長と気が付きましたよ、と答えたところ、今日のことは絶対秘密にしておくことと、厳しく釘を刺されたものだった。

今日の三重北辰訪問は、横河電機が北辰の電磁流量計のOEMでも検討されているのだろうと漠然とした考えで納得して、それ以後気にすることはなかつた。もちろん横河電機の三重北辰訪問を他言することもなかつた。

1982年3月24日、「近畿圏生産工場集約化」として奈良工場の閉鎖(同年12月末)が発表された。三重北辰への移籍を主とし、希望によっては大阪支店への異動も可という内容だった。なお、同年7月には新潟北辰の閉鎖(同年12月末)が発表された。

これらの発表を、横河社長の三重北辰見学は、横河電機が北辰の電磁流量計のOEMでも、との考えは、一転して、横河電機と北辰電機との合併の前触れではなかつたかと思うようになった。会社の業績を考えると、対等合併はあり得ないので、とも考えた。横河社長と付き添いのお二方に対する、北辰サイドの対応の不自然さに、ようやく納得がいったものである。

## 18. 横河電機と北辰電機の合併発表

案の定、1982年8月31日21時過ぎ、東京12チャンネルの映画放送の最中に、横河電機と北辰電機の合併のテロップが流れた。翌9月1日、日経は勿論、三大新聞は横河電機と北辰電機の合併のニュースを掲載した。

『今回の合併はライバル会社どうしの合併という今迄にない特異な形をとった、長期低成長下での企業の存続の新形態として注目される(日本経済新聞1面)』と北辰ジャーナル1982年9月6日号は報じている。同日の北辰ジャーナルに『名実共に世界一の会社を築こう』と題した清水社長の談話(9月1日)と『「協力と努力で世界にはばたこう！」北辰電機のみなさんへ』と題した、横河社長のメッセージが載っている。

9月1日以降、北辰電機も横河電機との合併に向けた各種取り組みが主体となっていく。北辰の製造では「新生産方式」という、1個流し生産の取り組みが始まった。

三重北辰は、引き続き電磁流量計を担当することになった。鳥肌が立つような緊張を覚え、頑張らねばと決意を新たにした覚えがある。

## 19. 二機種の新製品生産開始(1982年4月)

### 19-1. $\mu$ プロセッサー+3 値励磁の電磁流量計

F556 +D552(大口径)、F566+D551(小口径)、F576+D551(中口径)。

### 19-2. 変換部一体形電磁流量計 RINGFL0-F401

RINGFL0は国内初の変換部一体形、フランジレス、定電圧低周波励磁のコンパクトな製品だった。アメリカF&P社のMini-Magを参考にして開発されたもので、サイズは15、25、40、50、80、100mmまであった。

パイプとハウ징はロストワックス鋳物で、PFAモールドライニングのパイプにハウ징を溶接し、ハウ징の首部分に変換部のケースを取り付ける構造だった。

口径15~40mmは、ハウ징にボルト通し穴があいていて、客先側のフランジに長いボルトで止める構造だったが、一方、50~100mmは検出部の外側をボルトが通る構造だった。検出部の管軸と前後配管の管軸を合わせるために、2枚のステンレス薄板が結合された配管治具を介して、隣接配管のフランジの間に挟み込む方法を探っていた。

なお、変換部の完成ユニットは北辰から供給された。

## 20. 近畿圏生産工場集約化

1982年の春、「近畿圏生産工場集約化」が発表された。北辰電機の疎開工場として1943年にスタートし、工場新築を経て、オール北辰構想の一翼を担ってきた奈良工場の閉鎖である。三重北辰には1982年12月に西尾靖男課長、盛岡鴻、西本伊璋、山本昭雄、世古雅文、田中勉、仲西健式、田中正信、藤本和之、徳田坦、木下詔二、井上恒治、中谷香(女子)の13人が移籍され、三重北辰・横河フロー・テックの発展に大きく寄与さ

れた。

## 2 1. 超大口径電磁流量計 F556 - 2600mm の 出荷

1983 年 3 月、表題電磁 1 号機を東京都下水道局に納入した。新宿区落合処理場の放流渠に設置されるもので、総重量は 10ton 近くあり、口径と合わせ、世界最大だった。2 号機を 2 年後の 2 月に納入した。

残念なのは、1、2 号機共、機械加工 Assy を外注したことである。同形式の 2400mm は、内製したが、非常に苦労したことがあり、安全を優先して外注した。2600mm のポリウレタンゴムライニングは、初めての経験だったが、複数作業者のライニング予行演習を何回も試みて、無事成功させた。

機械加工 Assy が納入された時、関係者で、会社の近くにある、七栗神社に安全祈願の参拝に行き、その後、作業に掛かる前に、七栗神社の宮司による「安全と無事完成」を祈願するお祓いを頂いて、無事完成した。

まぎれもなく、北辰電機の電磁流量計の歴史を飾る、大きな 1 ページであった。

## 2 2. 北辰電機と横河電機の合併

1983 年 4 月 1 日、新親会社、横河北辰電機株がスタートした。電磁の受注は、横河からの受注が入りだしていて、これまでの期初より多忙になっていた。

酒井は期初の挨拶で、『三重北辰は横河北辰電機の電磁流量計を担当することになった。電磁の受注は既に増加の兆しがあり、これからは更に拡大する、また、新製品の計画もあり、電磁流量計拡大のベースが出来あがった。これに対し「我々はどう対応するか、横河北辰電機の耳目を集めている。全員で頑張り、更に努力して、横河北辰電機に電磁流量計ありと云われる会社にしよう』』というような話をした覚えがある。

その後、谷本総務部長と酒井は、親会社から合併の挨拶に関する Q&A の文書をよく理解するよう示達を受けていて、これを熟読し、三重県の官公庁や久居市の関係部署と取引銀行への挨拶回りをした。親会社とは COSMOS (オンラインシステム) で繋がった。

合併後、1982 年 2 月に三重北辰を視察され、横河社長に付添われたお二人は、片桐道男常務取締役と金光透総合企画室室長と判明した。

その後は、横河社長をはじめお二人からご指導ご支援を戴くことになる。

## 2 3. NYPS への取組み

北辰電機と横河電機の合併発表後、横河電機には NYPS という特殊な非常に厳しい生産活動があるとの噂が聞こえていて、北辰の工計製造では、新生産方式と云う 1 個流しの生産が開始されていた。

1983 年 5 月に藤村宏取締役が来社され、管理監督職全員に NYPS の概要と横河電機での取り組み状況の説明をされたのが、NYPS との最初の出会いだった。

このとき NYPS がトヨタ生産方式をベースにしていることを知り、5 年前に大野耐一氏の本を勉強したことを思い出し、NYPS への期待が高まった。

さっそく翌 6 月から NYPS トレーナーによる指導が開始された。トレーナーは中川睦昭さんと水谷純一さんで、中川氏は非常にソフトに指導され、NYPS の指導は厳しいとの印象は受けなかった。この指導会は『巡研：巡回研究会』と呼ぶとのことで、これが第 1 回目の巡研だった。

当初は職場全体の 2S (整理・整頓) の指導が中心で、そのほかには在庫部品の配置・保管の仕方だったように記憶している。7 月には電磁流量計のパイプの在庫管理に「かんばん」を導入する指導を受けた。

#### 〈片桐常務のご指導〉

8 月、3 回目の巡研の折、片桐常務が来社され職場巡回された。我々はそれなりに 2S の進んでいる職場へご案内したが、即座に片桐常務から私に向かって怒声が飛んだ『こんな汚い所で製品を作っているのか！』と。30 年近くになる会社勤めで、このような怒声を浴びたのは初めての経験で、心臓が飛び出しそうになったことを記憶している。当日はその後も『かんばんを始めるのは半年早い』との怒声が飛んだ。この出来事は管理監督職が「よし、やってやろう！」と NYPS に取組む意識を高めるきっかけになった。

後年、片桐常務に NYPS の成果を認められ、『大分むぎ焼酎 二階堂(一升瓶 10 本)』を頂いたことで面目を施した。

1983 年 10 月にトレーナーが望月秀晃さんに替わられた。主に機械加工グループの指導となり、機械加工グループの整備が進んだ。

#### 24. 電磁流量計 YEWMAG シリーズ の生産開始

1984 年 1 月から、合併後に開発された新電磁流量計 YEWMAG の生産を開始した。

シリーズとして、サイズ(口径)毎に略称が付された。

微小口径 2.5、5、10、15mm。 ボビンコイル。

小口径 25、40、50、80、100mm。 小、中、大、超大口径は矩形鞍形コイル。

中口径 150、200、250、300、350、400mm。

大口径 400、500、600、700、800、900、1000mm。 左右 2 対電極。

超大口径 1100, 1200, 1350, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2400, 2600mm。左右 2 対電極。

変換器 YMA11 は、 $\mu$  プロセッサー搭載の定電圧 3 値励磁だった。

同年 3 月から、下丸子工場で生産していた YMA11 も担当することになった。下丸子工場から大勢の人が来て、箱かんばん化された変換器の部品棚と、フローソルダー装置等が設置された変換器の 1 個流しの組立ラインが、またたく間に構築された。当社では到底不可能な作業であり、NYPS の横のつながりが認識できた貴重な体験だった。

この YEWMAG シリーズの開発は、合併発表後から横河、北辰の技術者が共同して開発を進めていたもので、合併 9 ヶ月後に発売され、市場からは驚きと好感をもって受け入

れられ、性能も評価された。

同年9月、超音波流量計 YEWSONIC の生産開始。同年10月、流量演算機 YFCT の生産を開始している。

### 25. NYPSの基本と方向付けの定着

1984年5月からは4人目の、濡木伸一郎さんによる生産管理課(業務・工務グループ)の改善へと移った。業務グループは受注管理とラインへの負荷平準化、工務グループは「かんばん」による在庫管理と部品調達(社内外)への取り組みだった。後半は製造部の組立てラインへも改善が及び、1年にわたる緻密なご指導で、NYPSの基本と方向付けが定着した時期だった。

当時、巡研時の改善作業は夜遅くまでかかり、夕食は会社からカレーライスを出した。この頃、横河で指導を受けた準トレーナーと NYPS の正トレーナー教育の聴講生が誕生している。

### 26. 社名変更

1984年10月、社名を、三重北辰㈱から横河フローテック㈱(略称YFT)に変更した。横河北辰電機の流量計工場として、気持ちを入れ替える大きなきっかけとなった。

当時の総人員は66名。

### 27. 横河系代理店との電話攻防

1984年の後半頃から、電磁流量計の受注が増加し始めた。そして受注が増えると横河関係の代理店から納期確認の電話がひっきりなしに入るようになり、少人数の業務グループは対応に頭を上げる始末だった。そこで問合せの電話には「守ります」と返事し、納期絶対厳守の平準化体制で臨んだ。ところが、納期通りに完成しても出荷指示書が出てこないケースが多く、YFTから逆に出荷指示書の督促をすることになった。やがて、YFTは必ず納期を守ってくれると安心され、納期確認の電話は入らなくなった。

### 28. スローガン設定

NYPSを進めていく過程で、全社員が一丸となって NYPS に取り組む態勢の必要を感じ、会社スローガンを制定した。

NYPSの「後工程はお客様」をヒントに『心をこめたモノづくり』と、間接作業も含め、あらゆる作業をリズミカルにスムーズにしようということで『リズミカルにスムーズに流れるラインづくり』をYFTの大黒柱として掲げた。

このスローガンを社内の各所に掲示し、折に触れて話題にし、全社員で暗記し、心の拠りどころとした。

## 29. 新製品 2号機、3号機登場

1985年、フランジレスAMP一体型、低電圧低周波励磁方式のCompactYEWMAGの生産を開始した。サイズは、2.5、4、6、15、25、40、50、80、100、150、200mmまで。

1987年、CompactYEWMAGの流量出力をスイッチ出力に改造した、フロースイッチFSを開始した。サイズは、15、20、40、50、100、150、200mmまで、発電所の発電機の軸受け冷却水を制御するものだった。

## 30. 5人目のNIPSトレーナー

1985年5月からトレーナーは5人目の富澤国昇さんに替わった。富澤さんの指導はその後7年間に及び、当社全体のライン化が整った時代である。この間、坂東日出彦さんや須見彰さんのご指導も頂いている。

## 31. カルマン渦流量計 YEWFL0 の生産移管

1986年4月からカルマン渦流量計YEWFL0の生産移管を受けることになった。

### 31-1. 実流校正ライン構築

YEWFL0の生産開始に先立ち、横河の本田康夫さんと福岡と酒井で計量研究所のオーバーフローへッドタンクを見学し、これを参考に、大口径電磁のパイプラインの空きスペースを利用して、YEWFL0用の校正装置を設計構築した。屋外に設置したオーバーフローへッドタンクの高さは25m、容積は8m<sup>3</sup>だった。

校正方法は電磁流量計をマスターとするマスターメーター方式で、1ラインにマスターメーターを2台付け、15mm、25mm、40mm、50mm、80mm、100mm、150mm、200mmの8ラインとした。

1次基準器はダイバーダーを用いた秤量方式で、取り込み量5000kgと300kgの容器を2台の台秤(ロードセル)で受けていて、マスターメーター方式も秤量方式も校正結果はYEWMACで処理され、プリントアウトされた。

この校正装置の設計は本田と福岡が担当した。

### 31-2. YEWFL0の生産

YEWFL0は電磁流量計と違って機械加工精度が2桁も高い製品のため、横河電機の中にはYFTでの生産を危ぶむ声もあり、これの受け入れには神経をつかつた。

受け入れ当初からサイズ混合の1個流し、センサー部はチップによる同期化生産に挑戦した。親会社から山市功二さん、山口雅章さん、石川尚志さん、安西利幸さん達の出向応援を得て無事立ち上がった。これは、横河でYEWFL0の生産責任者だった岡崎正之さんと本田さんのご指導が大きかった。

当初は、ある生産数に達したら2直にする計画だったが、その生産数になつても1直で消化できる態勢になっていた。YFTでは電磁も含め、2直生産はしなかつた。

一方、アメリカのYCAでは米国向けとヨーロッパ(YEF)向けを生産していたが、YEF

で YEWFL0 の受注が増える一方、YCA の品質と納期が悪いことから、ヨーロッパの YEWFL0 は YFT が担当することになった(1987 年 2 月頃)。

### 31-3. YEWFL0 をめぐる大事件

1987 年 8 月頃、YEWFL0 には大きな方向転換を迫る事件があった。それは『YEWFL0 は YCA から日本も含め全世界に供給する』と云うものだった。これには驚いたが、YCA から作業者を受け入れ、センサーの加工組立てやボディの 1 個流しラインの指導を行った。

1989 年後半から、YCA がセンサーも担当して、全世界に YEWFL0 を供給すべくライン構築し、ヨーロッパ向けも再度取り込んでスタートした(当時日本国内向けは YFT 担当)。しかし品質と納期でまたも YEF の不評を買い、再度 YFT がヨーロッパ向けを担当することになった。

このような経緯から『YEWFL0 を YCA から全世界に供給する計画』は『生産集中による危険を分散するため YFT と YCA で生産する』との名目で中止され、YFT は YEWFL0 の生産を継続することになった。

この事件は、国内にマザーファクトリーの機能を持つ工場を持つことの、重要性を認識させるものだった。

### 3 2. 角田代表の引退

横河との合併で、横河北辰電機の取締役をされていた角田永治氏(YFT の非常勤代表)が、1985 年に横河を引退されたのを機に、YFT の常勤代表取締役になられた。その後 1989 年 4 月に引退され、後任に酒井が就任した。なお 1988 年に神谷製造部長、谷本総務部長が、1998 年に高橋生産管理部長が取締役に就任した。

### 3 3. ADMAG シリーズの生産開始

1988 年 ADMAG シリーズの生産を開始した。検出器の構造は、パイプ部分が SUS パイプの機械加工で、フランジレス(挟み込み)とフランジ付(溶接フランジ)があり、ケースは SUS 鋼板溶接で、コイル室にエポキシ樹脂を充填し完全に密閉する方式だった。検出器は変換器一体形と分離形があり、2 周波励磁方式であった。

保証精度は指示値の 50%以上が 0.5%/R(指示値)となった。このため、生産を開始する前に、校正装置の構築が必要だった。屋外に高さ 20m、容積 8 m<sup>3</sup> のオーバーフロー ヘッドタンクを作り、校正ラインを工場内に導き、ラインに電磁流量計 2 台を取り付けたマスターメーター方式とし、1 次基準はダイバーダーを用いた秤量法とした。秤量タンクに取り込んだ重量の測定はロードセルを用い、校正作業はコンピューターによる自働校正とした。

ラインは 2.5-5-10mm、15-25mm、40mm、50mm、80mm、100mm、150mm、200mm の 8 ラインで、秤量タンクは 4 台設置した。校正ラインは福岡、ダイバーダーは大石が設計した。

コンピューターによる自働校正は、生産技術の森課長の指導により平井良和が担当し、人作業と機械作業とに分かれていた。

人作業は、ワークをラインに取りつけ、作業指示書(工事命令書)のバーコードから必要事項をラインコンピューターに読み込ませ、スタートボタンを押すまで。

続いて、コンピューターのソフトによる機械作業で校正作業が進められ、作業が完成すると、検査成績書が印刷され、更に検出器に取りつける SUS の銘版に金属用の印字機で印字して完成となり、完成ランプが点灯する方式だった。

校正完了のワークの取り外しは人作業。これにより作業者一人で複数のラインを担当することができた。この装置を「ながら自働校正装置」と呼んだ。

毎朝 2 台のマスターメーターを校正比較し、その差が 0.1%以上あつたら秤量法で 2 台のマスターメーターを校正し直す方式であった。

セラミック電磁が出ると、マスターメーターは全てセラミック電磁に置き換えた。これにより、マスターメーターの器差がほとんど出なくなった。

後年、電磁の精度が指示値の 20%以上から、0.5%/R になった時、工場内に構築してあった校正装置全体を囲って、室内を恒温室化した。

ADMAG シリーズの機種の詳細については、付表「ADMAG シリーズの構成」及び「電磁流量計 開発年表」を参照されたい。

### 34. 本館工場建設

電磁流量計と YEWFL0 の受注が増える中、セラミック電磁流量計が開発され、セラミックの造粒、同パイプの生産、セラミック電磁の一貫生産を行う計画があり、装置等の発注を検討していた。このため生産スペースの不足や、従業員増による食堂の狭隘化、立会検査増による会議室等の不足が顕在化してきたために食堂、会議室、事務所をはじめ工場域増設の検討を開始した。

#### **34-1. 和田直行氏による調査と工場設計**

三重北辰が工場増設を検討していることを耳にされた横河社長は、横河東亜(株)の和田直行氏を当社に派遣され、和田氏からいろいろと質問を受けた。

広い土地の南側に工場を建設した理由は、大口径電磁流量計の地上タンクを岩盤上に設置するため、電力と水道は、将来の工場拡張を考えて、敷地北東側の境界から引いてあること、造成と工場建設は五洋建設が担当したこと等を説明し、工場案内をした。

和田氏は、詳細な報告書を横河社長に提出された(コピーは酒井にも届けられた)。この結果、和田氏が工場設計を担当され、建設は五洋建設で進めることになった。

#### **34-2. 本館・第二工場竣工**

1989 年 5 月 総 2 階建 1,800 m<sup>2</sup> の本館工場が竣工した。竣工式の折、横河社長に、YFT の木である楠の記念植樹をして戴いた。

この本館工場竣工で YFT は横河電機の流量計工場にふさわしい威容を整えた。

総人員 112 名。

建屋玄関には、すりガラス屋根のある車寄せがあり、玄関を入ると、広いスペースに受付と総務部の事務域があり、反対側に来客用の応接セットを置いた。そして総務部の事務域に接して独立した代表室を設けた。この他に、給湯室やトイレがあり、使用スペースは 450 m<sup>2</sup>程度だったろうか。

1 階の残る 450 m<sup>2</sup>には、変換器の部品管理域と変換器関係の組立ラインを構築した。2 階には、社員の食堂を兼ねた大ホール、製品展示ホール、大会議室、VIP 応接室、中応接室、小応接室 2 部屋、トイレ、休養室(男女各 1)、図書室、物置等を設けた。

### 3.5. セラミック(アルミナ)パイプの生産開始(1989~1992)

第 2 工場の竣工に合わせ、アルミナの水中粉碎回転タンク、スプレードライヤー(噴霧造粒機)、冷間等方静水圧圧縮機(CIP)、焼成炉等を設置して、生産を開始した。指導は横河センサ技術部の岡田で、1 年間岡田の下で実習してきた YFT の岩脇幸哉が担当した。なお、横河から細入龍五が出向して来て加わり、いろいろな問題はあったものの、2.5mm~100mm までが 1989 年中に完成。150mm は 1991 年、200mm は 1992 年に完成している。

この頃、焼成後の歩留まり率が 100% という月もあり、生産性は良かった。

### 3.6. NPS 研究会に入会

1989 年 10 月、NPS 研究会に準会員として入会させられた。NPS の会員になると大巡研と称する、大変厳しい巡回研究会が行われることで、当時 NPS 研究会の横河電機の幹事をされていた、藤村久二夫取締役に丁重にお断りしたが、聞き入れてもらえず、それなら YFT では大巡研をしないという条件でお願いしますと申し入れたところ、NPS に条件を付けて入会するなどとは聞いたことがないとお叱りを受けた。幸い大巡研は実行されなかった。

この月の巡研から NPS の黒柳正弘先生(実践委員)が参加され、NYPS トレーナーの指導とは一味も二味も違う厳しい指導を受けた。その後黒柳先生から谷口先生、関岡先生へと替わられている。

1990 年 1 月、帝国ホテルでの NPS 新年会に初参加した折、横河社長から大野耐一先生にご紹介していただき感激したことを覚えている。

### 3.7. 横河電機からの最後のトレーナー

富澤トレーナーの任期が 1992 年 3 月に終了し。6 人目のトレーナーとして岡本政行さんが 1992 年 4 月から 1995 年 9 月まで担当された。その後は横河からのトレーナー派遣ではなく、NPS 研究会の先生方だけの指導になり、2000 年まで続くことになる。

### 3.8. 第3工場竣工

1993年12月、平屋建て1800m<sup>2</sup>の第3工場が本館工場(第2工場)に接続して竣工。在籍人員119名。和田氏の設計で、建設は五洋建設。

電磁流量計やYEWFL0の受注増、海外拠点への電磁流量計とYEWFL0の部品供給増、その他の製品の製造担当拡大等が重なり、生産スペースが狭くなつて、一貫ラインの構築にも支障をきたすようになり、また気体(空気)流量校正装置のニーズもでてきたために、工場増設に至つたものである。

### 3.9. NYPSラインの本格構築

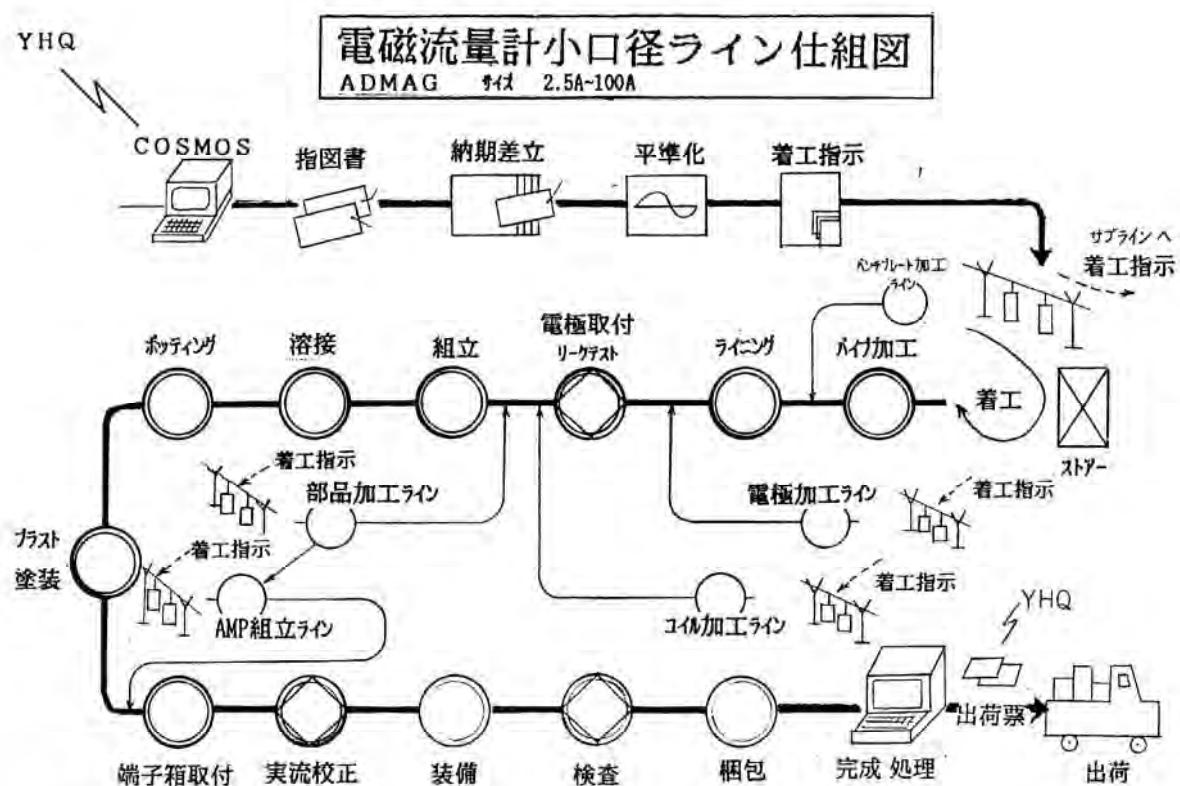
第3工場の増設により、部品や製品の理想的な生産ラインができた。すなわち部品や製品の工程の流れに同期して部材や部品が供給されるラインである。

全ての製品・部品を1個流しのラインにしたが、一番成果を上げたのは小口径電磁流量計のラインである。その概要を受注受付から出荷までのライン仕組図として紹介する。

しかし、NYPSをある程度知つていないと、内容が理解しにくいことは避けられない。

小口径電磁流量計のラインは、関係する作業全てを第3工場に移して構築した。

下記の「仕組み図」は堀尾昭成が作成したもので、彼はライン化にも大きな力を発揮してくれた。



「パイプ加工」から「梱包」までをメインラインとし、パイプ加工工程への着工指示

は指図書である。その後はこの指図書がワークについて流れる。サブライン(「パンチプレート加工ライン」「電極加工ライン」等)への着工指示は工番と仕様を記したチップで、メインラインに流れているワークに対しサブラインから必要部品が、同期して届けられる仕組みである。

パイプ加工から端子箱取り付けまでの各工程には、人作業が1個流しで途切れなく続けられるよう、標準手持ちという仕掛け(機械時間)があった。

ラインへの着工指示書の発行は日に4回だった。これは、当日の仕様変更や特急工事に対し、素早く対応するためだった。

このラインでは、サイズはもとよりライニング材質、電極材質等全てランダムに納期順に流れていた。特に「電極取付リークテスト」工程から「端子箱取付(AMP組込)」工程まではサイクルタイム(C.T)で繋がっていて、朝会・清掃等の時間15分を除く定時間465分で日当たり100台の生産を上げたこともあり、C.Tは5分を切っていた。残業も含めると中口径を合わせた生産台数は日当たり150台程度の生産を続けたことがある。

流量計は流体を流して校正するため、生産台数が増えれば校正作業の消化能力も要求される。YFTの生産技術部は独力で「ながら自働校正装置」を設計し立ち上げている。

ラインを構築するには生産技術力も大切だが、ラインで働く人達の技能の向上と改善提案が欠かせない。特にサイクルタイム短縮には作業者の協力が重要で、YFTの作業者は積極的に協力してくれた。

この頃には横河電機の電磁流量計の国内市場占拠率は50%以上、高い時には65%レベルに達していた。

## 40. 海外の工場応援

### 40-1. ROTA YOKOGAWA

1991年、横河電機はローターメーターで有名なドイツのローター社を買収し、YEWFLOを担当させた。YFTはROTA社の従業員を受け入れて指導した。これにより、それまでYFTが担当していたYEF受注のYEWFLOは、全てROTA YOKOGAWAが担当することになり、ヨーロッパのYEWFLOの受注が拡大した。

### 40-2 上海横河儀表有限公司(YSI)

1994年、横河電機は中国上海儀表廠自動化九廠と合弁会社(YSI)を設立し、電磁流量計を担当させることになった。YFTはYSIの従業員を受け入れて指導し、数次にわたりYFTの人員を送り込み指導した。

なお、YEWFLOは1980年代に自動化九廠との技術移転契約により既に生産されていた。

### 40-3 YCAとROTA YOKOGAWAへのADMAGの製造移管

1993年10月、センサ生産技術部から安達滋が出向ってきて、YFTの生産技術部長に就任した。生産技術をまとめる傍ら、従来YFTではセンサー事業部(安達)を介して行っていたYCAやROTA YOKOGAWAとの情報交換や対応を安達が直接行う事になった。

1996年、YCAにADMAGのノックダウン製造移管した(検出器はライニングパイプ、コイル、コア、ハウジング等をYFTから供給、変換器はYCA担当)。

1999年、ROTA YOKOGAWAにADMAG-SEのノックダウン製造移管した(検出器はライニングパイプ、コイル、コア、ハウジング等をYFTから供給、変換部はROTA YOKOGAWA担当)。移管後、安達と横河のセンサ事業部の浅野建が度々両社を訪問し指導している。

酒井はYSIとROTA YOKOGAWAの開所式に招待され、出席した。

#### 4.1. 矢継ぎ早なADMAGシリーズの追加

しばらく新製品の開発が遠のいていたが、堰を切ったようにADMAGシリーズとして新製品がリリースされた。

1994年にADMAG-AE 検出器と変換器の一体化製品で、一般形、サニタリー形、防爆形があった。

1995年にADMAG-CA 同上の一体化製品で、セラミック(アルミナ)の容量式電磁。

1996年にADMAG-AB 同上の一体化製品で、ビールや、ジュース等の充填を行うもの。

1997年にADMAG-SE 検出器と変換器が一体化した、海外輸出用の一般形。低コストを目標にしたため、2周波励磁ではなく低周波励磁を採用。

ADMAGシリーズの機種の詳細については、付表「ADMAGシリーズの構成」及び「電磁流量計開発年表」を参照されたい。

ADMAG-SEの開発責任者だった山口正雄が、1997年12月からYFTに出向ってきて、生産技術部長として部内をまとめる傍ら、ADMAGシリーズの技術的フォローをした。安達生産技術部長は海外とのコンタクトが頻繁になる一方、海外出張が多くなったため生産技術を外れ、海外担当部長として専念していたが、1999年2月に流量計センターにマネージャーとして帰任した。

#### 4.2. NYPSの成果

NYPSの進行に合わせて送り込んでいただいたトレーナーの皆さんには、全社を対象とした積極的なご指導を頂き、パートタイマーも含め全員が本気に取り組んだ。巡研発表こそしなかったが、総務部門もNYPSの思想を理解し、道具を使って改善を進め成果を上げて、「横河一のNYPS工場」になったと自負している。

YFTの売り上げは、担当する製品の機種別カタログプライスに対する仕切方式であった。仕切率は右肩下がりに毎期々々確実に下げ、2000年度には一番生産台数の多い小口径電磁流量計の一部の機種の仕切率を1桁台にした。これは親会社への仕切還元額が右肩上がりに伸びていたことを意味する。

品質と納期は、お客様の窓口代理店の方々に安心して任せて戴けるレベルになっていた。

2000年度における決算の結果、YFTは内部留保13億円強(借入金ゼロ、合併時の借入

金は9億円弱)を持つ企業なった。

1997年の日経ビジネス(12月/1号)の未公開株式評価で、YFTの株価は1,327円/株(基準株価50円)と評価された、これは基準株価の約27倍であり、これが何よりもYFTの実力の客観的な数字であろう。

#### 4.3. 横河フローテックの結末 (YFT)

2000年の6月、横河フローテックの代表取締役社長を山口正雄と交代して顧問となつた酒井は2001年の3月末に退社した。

##### **43-1 横河電機関連会社の合併**

2001年4月に、横河フローテック(株)、横河エレクトロニクス(株)、横河プレシジョン(株)、横河エビデンコンポンネンツ(株)、横河ファインテック(株)の5社が合併し、横河エレクトロニクス・マニファクチャリング(株)(YMF)が発足した。そして、横河フローテックはYMFの三重工場となった。

1975年にスタートした三重北辰は、横河と北辰の合併で、社名を横河フローテック(YFT)と替え、親会社のご支援で成長し、親会社にも貢献してきたが、2000年度を持って25年の歴史に幕を閉じた。

##### **43-2 YMF、社名をYMGと変え、YMF三重工場を閉鎖**

YMFは中国の蘇州に電磁流量計やYEWFL0や記録計を生産する工場の建設を開始した。そして、2004年4月に社名を横河マニュファクチャリング(株)(YMG)と替えると同時にYMF三重工場が生産していた電磁流量計とYEWFL0を建設が完成した中国蘇州の工場YCSに移し、その他の製品は甲府工場に移した。そしてYMFの三重工場(元横河フローテック)は閉鎖された。

##### **43-3 いまだ完全移管には至らず**

しかし、8年経った現在も完全移管には至らず、山本照久さん(甲府工場第2製造部三重分室室長)を先頭に数人の作業者が元YFTの工場で、中国へ部品の一部を供給しながら、日本国内向けの大口径電磁を引き取って生産している。

この三重分室も2014年3月末をもって閉鎖、処分されるようである。

#### 4.4. 力を蓄えていたYFTの元従業員たち

中国への全面移管でYMFの三重工場となっていた旧YFTが閉鎖され、多くの従業員が再就職を余儀なくされた。

しかし、この人達が再就職先の企業で力を發揮し、これを認められて大勢の人が重要な役割を担って活躍していることを聞くたびに『NYPS』と『心をこめたモノづくり』と『リズミカルにスムーズに流れるラインづくり』は何にもまして人を育てたと実感している。

## 三重北辰と横河フロー テックの歩み (1/2)

年	月	内 容
1973	11	三重北辰設立登記完了、資本金 5千万円。 場所 三重県久居市庄田町字若林 2202-2
	12	三重北辰設立準備委員会設立。 1974年入社の従業員9名採用(1974年4月から北辰電機で実習)。
1975	3	三重北辰竣工 (第1工場 4200m <sup>2</sup> )
1975	4	三重北辰操業開始。 口径 2.5~3,000mmまでの電磁生産開始。 ポリウレタンゴムライニング内製。 総人員28名。
		カルマン渦流量計の生産移管を受ける。 1982年に中止。
1976	9	FL281N1E(防爆形電磁)とFL285(埋設形電磁)の生産移管を受ける。 1978年に中止。
1977	10	P-B フローメーターの実流校正開始。 資本金5千万円増資で、1億円となる。
1978	4	低周波励磁の大口径電磁F551(含埋設形)+D503 生産開始。
	10	面積式流量計(マグナレーター、金属管、パージメーター、パージメーターセット)の生産移管を受ける。
1979	4	低周波励磁の中小口径電磁F561/571+D503 生産開始。 テフロンPFAモールドライニング(ニチアス担当)。
	7	全国労働衛生週間ににおいて、三重県労働基準局長より「努力賞」受賞。
1980	12	中央労働災害協会より「第2種無災害記録 1500日達成」の表彰を受ける。
1981	1	TQC の「デミング賞」受賞を目指し活動本格化。
	11	テフロンPFAモールドライニング(射出成形) 内製開始。
1982	4	μプロセッサー + 3値励磁、大口径電磁F556 + D552、中小口径電磁F566/F576 + D551 生産開始。
		国内初の「AMP一体型電磁 RINGFLO F401」(低周波励磁) 生産開始。
1983	3	* 世界最大級の超大口径電磁2600mm(重量10ton) 1号機を東京都下水道局へ納入。 同2号機を1985年2月納入。
	4	北辰電機製作所と横河電機製作所が合併。 社名 横河北辰電機株となる。 (資本比率 0.35:1.0)
	4	レベル計 L700 生産開始。
	5	NYPS スタート。
1984	1	電磁流量計 YEWMAグシリーズ 生産開始。
	3	電磁流量計 YEWMAグシリーズ の変換器 YMA11 生産開始。
	9	超音波流量計 YEWSONIC 生産開始。
	10	流量演算機 YFCT の生産移管を受ける。
		社名三重北辰を横河フロー テック(略称YFT)に変更。 総人員66名。
1985	9	一体型電磁 COMPACT-YEWMA 生産開始。
1986	4	カルマン渦流量計 YEWFO の生産移管を受ける。 親会社 社名 横河電機株となる。
1987	4	フロースイッチ FS の 生産開始
	5	レベル計 YL100の 生産開始
	7	全国安全週間ににおいて、三重県労働基準局長より「進歩賞」受賞。
1988	3	超音波レベル計 U-LEVEL 生産開始。
	6	世界初の2周波励磁による電磁流量計 ADMAG シリーズ 生産開始。 口径 2.5~2600mm。 ADMAG シリーズにセラミック(アルミナ)電磁含む。 2.5~20mm88年 40~50mm89年 80~150mm90年 200mm92年
1989	5	本館工場(第2工場 2階建 1800m <sup>2</sup> ) 竣工。 総人員112名。

## 三重北辰と横河フロー・テックの歩み (2/2)

年	月	内 容
1989	8	電磁流量計用 セラミック(アルミナ)パイプ 内製開始 (造粒工程から一貫生産)
	10	全国労働衛生週間において、三重県労働基準局長より「優良賞」受賞。
1990	12	国内QC大会(於 松山市)で「インベーダー79サークル」成果発表。
1991	7	三重県の推薦で、(財)日本緑化センターより「日本緑化センター長賞」受賞。
	9	渦流量計と電磁流量計、高圧ガス保安協会より「高圧ガス設備製造機器」として認証取得。
	7	全国安全週間において、三重県労働基準局長より「優良賞」受賞。
1992	10	全国労働衛生週間において、労働大臣より「努力賞」受賞。
	12	国際QC大会(於 シンガポール)で「ヤングサークル」成果発表。
1993	1	国際品質保証規格 ISO9002 認証取得 審査機関 (LQA)。1995年1月 ISO9001認証取得 (LQA)。
	1	温度変換器 YT200 生産開始。
	12	第3工場(平屋建 1800m <sup>2</sup> )竣工。総人員119名。
	12	国際QC大会(於 那霸市)で「ヤングサークル」成果発表。
1994	3	2周波励磁 電磁流量計 ADMAG-AEシリーズ 生産開始。
	4	ボランティア活動開始 全社員による会社近隣の市道清掃(月1回 休日)。
	7	質量流量計 MASS YEWFLOシリーズ 生産開始。
	9	高圧ガス設備製造事業所として通商産業大臣の認証取得。
1994	10	センサーリプレーサブル超音波渦流量計 URTLA-YEWFLO UYF100 シリーズ生産開始。
1995	1	阪神淡路大地震発生(1/17) 義捐金483K¥を贈る(会社300K¥ 個人183K¥)。
	2	高周波励磁 容量式電磁流量計 ADMAG-CA シリーズ 生産開始。
	7	久居市市制25周年記念式典で、市への貢献を評価され、感謝状を授与される。
1996	4	4月22日 電磁流量計 20万台 出荷達成!。 「第7回創意工夫功労者表彰」で増田隆成君「科学技術長官賞」受賞。対象:「ながら塗装装置」(森課長指導)。
	7	全国安全週間において労働大臣より「進歩賞」受賞。
	9	2周波励磁 充填装置用電磁流量計 ADMAG-AB 生産開始。口径 10. 15mm
	10	横河電機(株)の創立41周年記念式典において「業績表彰」受賞。
	11	国際QC大会(於 シンガポール)で「マーガレットサークル」成果発表。
1997	3	センサーリプレーサブル超音波渦流量計 URTLA-YEWFLO UYF200 シリーズ生産開始。
	8	海外輸出用 低周波励磁 電磁流量計 ADMAG-SE シリーズ 生産開始。
	12	日経ビジネス(12月/1号)の未公開株式評価で当社株 1,327¥/株 と評価される(基準価格 50¥/株)。
1998	8	国際環境マネジメントシステム規格 ISO14001 の認証取得。
	10	温度変換器 YTAシリーズ 生産開始。
	11	休業災害ゼロ記録 11月30日現在 曆日で5,119日 14年に達した。
	12	渦流量計 YEWFLO-E フィールドバス 生産開始。
2001	3	3月16日 電磁流量計 30万台 出荷達成!!。
	*	大口径電磁 500~1000mm、超大口径電磁1100~2600mmの全サイズを出荷したが、本表では2600mmのみ表示。

## 電磁流量計開発年表

西暦	製品発表時期と形式他メモ	パイプ	最小導電率	精度	サイズ
1951	実験	下丸子に秘密裏に研究開始された由。出典 宮内鉄也氏の役員退任回顧文(北辰)			
1953	5月 通産省より電磁流量計に関し補助金を受く。「21世紀への道」ある先駆者に見る生きたオートメーション発達史				
1954	ある先駆者とは北辰電機製作所創業者清水莊平氏を指す			口径 FL280 はインチ FL281 以降は mm	
1955	試作品発表	アクリル樹脂	100 $\mu$ S/cm	1%/F.S	1
1957	第2次試作	SUS	100 $\mu$ S/cm	1%/F.S	1/2, 1, 2, 4, 8
1959	FL280+FL290+記録計	SUS	100 $\mu$ S/cm	1%/F.S	1/2, 1, 2, 4, 6, 8
1961	FL280+FL290+記録計	SUS	100 $\mu$ S/cm	1%/F.S	1/2, 1, 2, 4, 6, 8
1962	FL281+ELT530	エポキシ樹脂	100 $\mu$ S/cm	1%/F.S	12.5, 25, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300
1964	FL281SF+ELT530	SUS	100 $\mu$ S/cm	1%/F.S	6, 12.5, 25, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300
	FL282+ELT530	F	100 $\mu$ S/cm	1%/F.S	400~2300
1968	FL285+ELT540	SUS	10 $\mu$ S/cm	1%/F.S	200, 250, 300, 400, 500, 600, 700
1969	FL281N1+ELT540	SUS	10 $\mu$ S/cm	1%/F.S	6, 12.5, 25, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300
	FL282N1+ELT540	F	10 $\mu$ S/cm	1%/F.S	400~2600mm
1971	FL281N1E+ELT560	SUS	10 $\mu$ S/cm	1%/F.S	6, 12.5, 25, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300
1973	F501+ELT500	SUS	10 $\mu$ S/cm	1%/F.S	6, 12.5, 25, 50, 80, 100
	F511+ELT500	SUS	10 $\mu$ S/cm	1%/F.S	150, 200, 250, 300, 400, 500
1974	F501+D501	SUS	5 $\mu$ S/cm	1%/F.S	6, 12.5, 25, 50, 80, 100
	F511+D501	SUS	5 $\mu$ S/cm	1%/F.S	150, 200, 250, 300, 400, 500
1975	F521+D501	F	5 $\mu$ S/cm	1%/F.S	300~2600
	4月1日 (株)三重北辰 創業開始				中小口径のパイプ機械加工、溶接 内製。大口径 2600mm までコイル、機械加工、溶接、ボ
1978	F551+D503	F	5 $\mu$ S/cm	0.5%/F.S	400~2600
1979	F561+D503	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/F.S	6, 12.5, 25, 50, 80, 100
	F571+D503	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/F.S	150, 200, 250, 300, 400, 500
1982	F556+D552	F	5 $\mu$ S/cm	0.5%/F.S	400~2600
	F566+D551	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/F.S	6, 12.5, 25, 50, 80, 100
	F576+D551	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/F.S	150, 200, 250, 300, 400, 500
	RINGFLO・F401	SUS	5 $\mu$ S/cm	1.5%/F.S	15, 25, 40, 50, 80, 100
1983	4月1日 北辰電機と横河電機 合併 (資本比率 0.35 : 1.00)				
1984	YM100+YMA11	SUS	5 $\mu$ S/cm	1%/R	2.5, 5, 10, 15
	YM200+YMA11	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/R	25, 40, 50, 80, 100
	YM300+YMA11	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/R	150, 200, 250, 300, 350, 400
	YM400+YMA11	SUS	5 $\mu$ S/cm	1%/R	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000
	YM500+YMA11	SUS	5 $\mu$ S/cm	1%/F.S	1100~2600
1985	Compact YEW MAG	SUS	10 $\mu$ S/cm (最良) 0.5%/R	2.5, 4, 6, 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200	
1987	フロースイッチ FS	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/R	15, 20, 40, 50, 100, 150, 200mm
1988	ADMAG	SUS	5 $\mu$ S/cm	(最良) 0.5%/R	2.5~2600
1989	ADMAGの一部(セラミック電磁)	アルミナ	5 $\mu$ S/cm	0.5%/R	2.5 (1989年)~200 (1992年)
1994	ADMAG-AE	SUS	5 $\mu$ S/cm	(最良) 0.5%/R	2.5, 5, 10, 15, 25, 50, 80, 100, 150, 200 250, 300, 350, 400
1995	容量式ADMAG-CA	アルミナ	0.01 $\mu$ S/cm	0.5%/R	15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200
1996	充填用ADMAG-AB	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/R	10, 15
1997	海外輸出用ADMAG-SE	SUS	5 $\mu$ S/cm	0.5%/R	15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200

★テフロンスリーブ → FEP = フロログリーンと呼ぶ フッ素樹脂モールドライニング(日本アスペクト)を 1972年 15, 25, 50, 80,

1961年大阪市市岡下水処理场上に400mm、四国電力加茂発電所に1000mm納入。1963年大阪府野村浄水場に1500mm納入。

1983年東京都に1600mm(2台)納入。1983年東京都下水道局に2600mm(2台)納入。1987年に中国北京市に2200mm(2台)納入。

ライニング	検出器	変換器	
ジャーナル1972.12.7)より	奈良工場で 上畠、阪田		
白水 胖著 より	奈良工場上畠、阪田、白江	大阪大学の桜井良文助教授の指導で本格研究開始	
	府川、阪田、白江	1954年から下丸子で	
ゴム管	府川、阪田		
ガラスまたはダイフロン	阪田、森(一)、石崎		
KEL-F (3弗化エチレン)	石崎、渡辺(正)	1インチと2インチにはガラスライニングもあった	
テフロンスリーブ	石崎、渡辺(正)	後に 6, 8インチもKEL-Fからテフロンスリーブになった	
エポキシ樹脂のまま	和田	小林(保)	検出器と変換器のみで校正可能となる。一部テフロンスリーブにした。
テフロンスリーブ	宮道	小林(保)	
ポリウレタン	浅田	小林(保)	
ポリウレタン	浅田	横山	中・大口径 埋設電磁 A515 = 分離形比較回路
★テフロンスリーブ→FEP	浅田	横山	商用周波励磁。 ELT540から検出器と完全互換となる
ポリウレタン	浅田、小林(茂)	横山	
テフロンスリーブ	浅田、内山	横山	防爆形 (検出器+変換器)
テフロンスリーブ	保理江、黒森	横山	C形積層コア+矩形コイル。二つ割ハウジング(F501/511)
テフロンスリーブ	保理江、黒森	横山	Dコイル = ダイアモンドコイル。ELT500:ラックマウント形
テフロンスリーブ	保理江	鈴木	C形積層コア+矩形コイル。二つ割ハウジング(F501/511)
テフロンスリーブ	保理江	鈴木	F511:Dコイル。 D501:アルミ鑄物ケース
ポリウレタン	渡辺(正)小林(茂)	鈴木	短面間大口径 Dコイル 埋設形F553 A515
リウレタンゴムライニング、塗装 内製。			(↑)1973年からコイル内製開始
ポリウレタン	松永	鈴木	Dコイル 埋設形含
PFA モールド	鈴木	鈴木	低電圧低周波励振 C形積層コア+矩形コイル
PFA モールド テフロンスリーブ	松永	鈴木	Dコイル。二つ割ハウジング(F561/571)
ポリウレタン	松永	鈴木	矩形鞍形コイル 埋設型含 PFA モールドライニング 内製開始
PFA モールド	鈴木	鈴木	μプロセッサー+定電圧3値励磁 C型コア+矩形鞍形コイル
PFA モールド テフロンスリーブ	松永	鈴木	矩形鞍形コイル。 二つ割ハウジング(F566/576)
PFA モールド, ポリウレタン	松永、太田	関口、鳥丸	フランジレス AMP一体形 定電圧低周波励磁
PFA モールド	松永、太田	後藤、鈴木	YEWMAG シリーズ 微小口径 ボビンコイル
PFA モールド	松永、太田	後藤、鈴木	小口径 矩形鞍形コイル
PFA モールド	西山、西島	後藤、鈴木	μプロセッサー+定電圧3値励磁 中口径 矩形鞍形コイル
ポリウレタン	西山、橋本	後藤、鈴木	大口径 矩形鞍形コイル 左右2対電極
ポリウレタン	西山、橋本	後藤、鈴木	超大口径 矩形鞍形コイル 左右2対電極
PFA モールド, ポリウレタン	吉野、伊藤	鳥丸、関口	フランジレス AMP一体形 定電圧低周波励磁
PFA モールド		秋山(均)	Compact YEWMAG の流量出力をスイッチ出力に改造
PFA モールド	黒森、松永	後藤、宿谷	埋設形含
ポリウレタン	吉野、黒木	鳥丸、太田	500mm以上にはネオプレンゴムライニングもあり
アルミナ	西島、岡田		セラミックの造粒・パイプ製作・検出器の一貫製作開始
PFA モールド	吉野、黒木	太田、宿谷	2周波励磁。フランジレスと溶接フランジあり。
アルミナ	黒森、石川	鳥丸、後藤	CAIは高周波励磁。 大・超大口径は低周波励磁
PFA モールド	今井、新井	太田、小池	1996.4.22 電磁流量計 20万台 出荷達成
PFA モールド	山口、吉野	鳥丸、後藤	低周波励磁
100mm に一時導入した。しかし、パイプとの繋止とコールドフロートラブルがあり、中止した。			
1964年利根川導水路に2300mm(2台)納入。1970年静岡県企業局に2400mm納入。1974年東京都に1600mm(4台)納入。			
1993年台湾に2200mm納入。1999年米国アーノルド空軍基地に1800mm(4台)納入。1983年東京都に2600mm納入。			

## 檄文

(これは本書を成すにあたって電磁の会のメンバーに最初に送られた文書である)

2012年4月 森 浩一

### はじめに

今年(2012年)の初頭に元横河電機取締役の中川脩一さんから「記録計開発の歴史」という本が送られてきた。計測技術の大御所の杉山卓(元横河電機専務、元 GE横河メディカル社長)さんが提案されて、中川さんがまとめたものだ。周知のごとく記録計(レコーダー)は終始横河の中で優等生の製品で(それはマーケティング理論で言う金の成る木(cash cow)、つまり低成長市場で高い市場シェアを得ている製品は競争が少ないので低い投資で高い収益を上げる典型的な例)、うまくデジタル化の波にも乗って今でも地道に収益に貢献しているのである。この本の中で瞠目すべきは深町一彦さんが 24 ページわたって第七章 北辰電機の記録計を執筆されていることである。深町さんはもちろん記録計の開発に携わったわけではないが、多数の北辰のオールドボーイズに接触し、自らも記録を涉獵して 1983 年の合併に至るまでの北辰の記録計の全容を示された。この中で最初の北辰の記録計は工業用としては横河よりもはるかに古く1927年にまで遡ることを明らかにされている。

実は中川さんからこの本を送っていただいた旬日後に深町さんからも同じ本をお送りいただいた。

そこで私はすぐに深町さんにメールを書いた。

「対抗する訳ではないが記録計に対応して北辰には電磁流量計という優秀な製品があった。これを北辰の仲間で書けないだろうか。深町さんが旗を振って頂ければ私が事務局をやります」と。

これに対して深町さんから直ちに返信があった。実は深町さんは前年暮れに奥さんが病を得て手術をされて術後が必ずしも芳しくなくて介護に当たられているという話は既に知っていたのではあるが、案の定「この様なわけで、電磁流量計については、全くお手伝いできる余裕がありません。」というお返事であった。

実は、私は2009年にたくさんの人からの情報をまとめて「北辰のコンピューターの歴史」という私本を(といってもPCの上に乗っているだけだが)なしている経験がある。これを電磁にも適用できないかと考えたのだ。しかし私自身が電磁に関わったのは極めて限定的である。

電磁流量計に関係していた人はたくさん知っているが、日常交流のある人はいないし、誰もが等しく歳を重ねていって、座していれば全ては朽ちて埋もれてしまうのは自明だ。

そこで私は決断した。

私の知っている電磁流量計のすべてを記載してみる。それは悲しいくらいごく一部でしかない。しかしそれを電磁流量計に関連した人々の眼に晒して、その人たちの記憶を刺激して、あわよくば電磁流量計の歴史を単に酒飲み話に流すのではなく記録として留める動きが形成できないだろうかと密かな期待を秘めている。

以下の記述はすべて私の見聞したことだけでなされているので極めて一面しか見ていないのは言うまでもない。記載は電磁流量計の時間の流れに乗ってまとめており、私の見聞の時点とは異なる。

### 1: 最初の電磁流量計

1997年6月欧州駐在していた私は出張で一時帰国した折に上畠清郎さんと会食する機会があった。上畠さんは昭和15年に神戸高等工業(現神戸大学)を卒業して北辰に入社され、最後は常務取締役まで務められた。私は上畠さんとは仕事でのつながりは全くなかったが、それがなぜ会食の機会があったかというと上畠さんの一人娘(圭子さん)が妻と小学校以来の親友で、その年4月に来られてオランダの我が家に泊まられて、会食はそのお礼ということでなされたのである。

席上様々な北辰時代の思い出を話されたが、特に昭和30年代に鶴の木にあった上畠邸には様々なレベルの人々が訪問さ

れたということを特に記憶の良い奥様が話されていた。ちなみにその時に上がった名前が記録にある。

——堤、宮内、古川、館石、浅野(尚)、浅野(建)、藤田、田上、白江、土屋、原、河原、——。

さて本題に戻る。

上畠さんは当時可動コイル計器を製造していた奈良工場に昭和22年から7年間勤めて居られた。昭和26年に東大の磯部孝先生が海外の学会の発表の中から電磁流量計を見つけてそれを紹介し、開発してみないかと言われたのが北辰の電磁の発端であったらしい。上畠さんは早速ペークライト(絶縁物だから)のチューブ、鉛筆の電極(炭素だから)、それにコイルを巻きつけて、バルボルで(高い入力インピーダンスがないと測れないから)電圧を測るといった状況であったという。

電車が通るたびに影響を受けて(奈良工場は奈良駅の近くにあった)苦労し、大阪大学に教えを受けに行き、桜井良文先生などが興味を示してくれたという。

桜井先生のところから直後に白江公輔さんが奈良工場に入社して、これを商品化するために東京に持ち帰ったそうだ。

ということで上畠さんと白江さんが北辰の電磁流量計の開祖であることをこの時に知った。(上畠さんはこの二、三年後に亡くなっているが白江さんは健在のはずなのでこの時の様子が伺えるかもしれない)

## 2: 私の入社した頃

私は昭和40年4月に北辰に入社しているが、この前後の電磁に関わることを思い出してみたい。

私は大学4年の夏、すなわち昭和37年に北辰電機に実習で4週間働いている。さて、その夏配属されたのが技術部でその時の課長が白江公輔さんであった。そしてその技術部で電磁流量計の開発を担当していたのは枝本章雄さんであった。

その三年後に入社した時に私は同じ技術部に配属された。

しかしそこには白江さんの姿はなかった。あの夏の少しあとに退職されて、大阪大学に移られていた。そして枝本氏さんは在籍しておられたが、2、3年後に退職されている。(私事になるが、その後大阪大学の教授になられた白江さんに95年、欧州赴任直前に大阪出張のついでに挨拶にいった。残念ながら不在で、名刺をおいてくるにとどまった。もうそれから15年以上経つ。)

私は入社して初めて電磁流量計を勉強した。変換器はELT530という名前であった。発信器のコイルの巻き方に工夫があつて、それをコサイン巻ということだ。これは枝本さんの工夫だと聞いた覚えがある。枝本さんの下で働いていたのが昭和32年入社の渡辺正康さんであった。

## 3: 特許紛争

入社半年でデジタルの世界に転出した私は電磁流量計には縁のない領域にいたが、その後ある事件に関与した。

1976年のある日に会社で突然当時取締役で、かつ上司であった浅井功さんに役員応接室に呼び出された。そこにはF&P社からの来客があった。それまでに二、三回は海外出張を経験してはいたが英語は不満足な状態でびびったが、そこで問われたことは大学の同級生、森尾稔さんを知っているかという質問。森尾さんは東大電子工学科の同級生、ソニーのテレビ、トリニトロンの開発に従事した優秀な技術者で、後にソニーの副社長になり、大賀さんのあとの大賀さんを出井さんに取られて社長の座は逃した男だ。

聞いてみると森尾さんが提出した卒業論文が、F&Pの出願していた特許と同じ内容でしかも先行しているのでそれは特許にならないとF&Pのライバル Krohne が主張しているとのこと。

北辰が技術提携していたF&Pの本社は米国東海岸のフィラデルフィアの南の Warminster に所在するが、電磁流量計に関する開発の本拠はドイツのゲッティンゲンにあった。後に知ったが、ゲッティンゲンは学術都市として有名で当地のゲッティンゲン大学は2000年当時で16人のノーベル賞受賞者を出しているとのことであった。

その特許とは電磁流量計の磁界分布に関するものであった。軸対称流れであれば均一磁界で平均流量が出力されることが

知られていたが、多くの場合、配管内の流速分布は一様ではなく、偏流などのように軸対称から外れているため、たとえ電磁流量計の磁界が均一であっても誤差が生じる。軸対称でなくても平均流量を求められないかというのが当時の電磁メーカーの課題であった。この特許は特定の（重み関数の逆数に相当する）磁界分布を実現するとそれが実現できるというものであった。後に不均一磁界と呼ばれるものである。（筆者注：このあたりの技術的に正確な記述は原文を黒森健一氏が修正してくれた結果である）。それを森尾さんが卒業論文で完成させているのは大したものである。

F&Pの来客に同行したドイツ人の弁理士の求めに応じて森尾さんに電話して数日後に品川の高輪プリンスホテルでドイツ人弁理士との面会を実現した。特許担当の植田部長に同行して自分もその席に連なった。森尾さんの研究室（医療電子工学（ME）を始めた阪本捷房先生の研究室）にドイツから研究生が来ていてそれが後に Krohne に就職したか、あるいは Krohne から派遣されたかの理由でその内容が Krohne に伝わったのであった。問題は森尾さんの卒論が特許法でいう公知の場所に置かれているかであった。早速翌週本郷の電気工学科を訪ねた。森尾さんの出た阪本研究室は宇都宮先生に引き継がれていたので宇都宮先生にも面会して、卒論の配置されている電気工学科の図書室も見せてもらった。学部の卒論は電気工学科図書室に置かれて関係者しか閲覧できないが、修士ならびに博士の論文は東大の中央図書館に置かれてそこは誰でも閲覧できるので公知の場所であると分かった。

この結果をドイツに送った。暫くしてお礼といってこげ茶色の革のジャンパーが送られてきたがサイズがやや小さくて捨ててしまった。

20年後に欧州に赴任してから2000年ごろドイツのカントリーマネージャーに Bernt Kamman を迎えた。広いおでこで（前頭部が禿げ上がっていたのだが）明るく、切れ味の鋭い Kamman は魚の蛋白質にアレルギーの持ち主であった。初めて彼が日本に出張した時に私は予め Kamman を殺したかったら魚料理を食わせるに限るとメールを送つておいた。日本の料理にはどこにもだしが入っていて魚蛋白を除去するというのは難しいのではないかと危惧したが、彼の舌は魚蛋白に対して非常に敏感に出来ているとのことで未然に検知できるとのことで何の問題も生じなかった。その Kamman は前職がドイツのF&P（既に当時別の会社の傘下にあったが）で住居はカーセルとゲッティンゲンの間にある風光明媚なハンミュンデンにあってドイツのデュッセルドルフのオフィスには毎日は通ないので週末だけ帰宅するという生活を続けていた。私は Kamman にある日、上に書いた電磁流量計の特許の話をした。すると彼はその特許に深く絡んでいて、F&Pでは管の断面方向ばかりでなく軸方向の補正のための磁界分布も研究していたと語ってくれた。その後この特許がどう扱われたかは聞かない。

これほど大げさな話ではなかったが、私は電磁の特許にはもう一つ関与している。

電磁流量計の管の内面には流体をなめらかに流せるように摩擦の少ない物質を貼り付ける。これをライニングと呼ぶ。そのライニングを安定に内面に付着させる技術がいろいろあるが、そのひとつがブリッジ板という名の穴のあいた金属を内装せるものであった。そのある形状が山武ハネウエル（現在はアズビル）の特許になっていて、北辰の製品が侵害しているとクレームされていた。私は1979年から技術管理部長を拝命して、その中のひとつのユニットの機能が特許であったのでその議論には絡んだ。結論は忘却のかなたであるが。

#### 4: 三重北辰

これに関しては北辰の電磁において必ず記載されるべきであるが、私自身の関与が希少なので余人の筆に待ちたい。わずかに流量校正用の計算機のソフトの整備のお手伝いをしたにとどまる。

#### 5: 流量計戦略

上述のように1979年に技術管理部長を拝命した私のひとつの仕事はその年に常務取締役になって開発全般の最高責任者になった浅井功さんの指導の下で製品系列を見直して、最適な開発投資戦略を策定することであった。すべての技術行政を戦

略的視点から見直すことを指向された浅井さんは全製品に関する青写真を示され、その中から私と一緒に技術管理部に配された源馬宏一郎さんが流量計に関する戦略に専念することになった。確かに電磁は色々な点で日本市場で優位を持っていて、かつ採算的に最も貢献する製品であった。しかも冒頭に書いた記録計のような衰退市場でもないし、技術的に新しい展開が見込まれていた。さらに提携先の F&P 社の技術(特にドイツ F&P)は評価が高かった。当時からシステムビジネスの重要性はもちろんあったが、単体製品では電磁流量計が首位を占めることはその頃には全社的なコンセンサスであった。

この時点で合併まで数年あったが、この間に二周波励磁、PFAライニング、セラミック電磁などの技術が進展し、三重北辰という強力な製造体制とあいまって、業界で一番の地位は確立されていった。

#### 6: 合併

1983年の横河電機との合併は既にいろいろと書かれているので、ここでは電磁流量計だけに絞って記載する。

合併に先立って両者の主力工場である三鷹と下丸子を両社長が極秘裏に相互訪問した。そしてその直後に、両者の最大の地方工場を見てみようと企画されたのが横河の甲府工場と北辰の三重北辰であった。三重北辰の実質的な工場長はずっと酒井敏喜さんであった。(形式的には角田常務であったが)三重訪問は1982年2月であった。酒井さんには重要な客の訪問ということだけが伝えられていたが、横河正三社長の顔は見ればわかる。何事かと訝ったが、酒井さんは淡々と説明に終始し、横河社長には痛く感銘されたようであった。

合併することで多くの製品は競争力の高い横河側の製品に吸収されたが、電磁流量計だけは(おそらく工業計器では唯一であろう)北辰側の製品に統一された。

#### おわりに

上記記録計以外にこの数年間にいくつかの回顧録が発行された。最初が「横河電機ヨーロッパにおける横河電機」、ついで「横河電機コーポレートマーケティング小史」、さらに「医療機器事業ことはじめ」である。

共通しているのは記憶は風化するが、風化を避けてそれを記録として止めておきたいという願望である。

私が電磁流量計を記録に留めたいという願望を抱くのも同じ精神である。特に北辰時代の電磁に関する記憶は正に朽ちなんとしていて寸刻の猶予もない。(合併以降に関しては私は楽観している。数十年後に私のような思いを持つ人が現れても資料の保存から見て記録はさほど困難ではないであろう。)

まず製品開発史を関係者にまとめて貰わなくてはならない。技術は広範で、電極、ライニング、コイルと励磁、変換器など生産技術まで含めてカバーしなくてはならない。そして応用も欠かせない。様々な口径、材質が応用分野ごとに開発されていったこともカバーすべきだ。三重北辰を中心とした製造での問題も重要だ。ここではキャリブレーション、最適調達など話題は多い。そして採算性や市場での競争等マーケティング的回想も必要であろう。

こうして見ると流量計の記述は世代を越えた多くの人の協力がなくては実現できない。果たして「チーム電磁」が結成できるであろうか。仄聞するところによれば近年「電磁の会」なる集まりが発足したという。そこへの参加者はそこでの会話を酒飲み話で流しておいて、風化に任せておいて満足しているのであろうか。

そのような会に招かれないと理由も無い者の愚痴であるが。

以上

無断での転載、並びにインターネットなどの公開はご遠慮下さい。

## 北辰の電磁流量計の歴史

2012年12月発行

発行：電磁の会

編集：森 浩一

題字：溝口 文雄

表紙デザイン：浅野 建

印刷：明生（株）



工場全景