

## シリーズ：語り継ごう！技術は人なり（第4回）

明専会東京支部 鉾山・建設系分会

### —技術四方山話—

#### 奮戦記「土木屋は何でもこなす？」

鶴田 秀典（開土 S42）

久留米市生れ

小学校から高校1年まで福岡市在住

福岡県立修猷館高等学校卒

現在、埼玉県入間市在住

元 NTT 勤務



#### 【略歴】

1967（昭42）年 日本電信電話公社（現 NTT）本社入社  
技術局及び電気通信研究所等の本社機関、電気通信局、電気通信部の各地方管理機関、現場最前線の電報電話局等全ての機関を経験。

1992（平成4）年、NTT 土浦 GPU（茨城県南の土浦、つくば、取手、竜ヶ崎の4支店、30余の電話交換局からなる）統括支店長より、1993（平成5）年 NTT 電気通信工事認定会社・新興通信建設株式会社（後に大和通信建設株式会社と合併、和興エンジニアリング株式会社と社名変更）に移籍、常務取締役・システム事業本部長。

#### 1. はじめに

私は、日本電信電話公社（現 NTT）において、いろんな部署を広く経験してきたが、その中でも電気通信研究所でのテーマ「小断面シールド（M-2）工法」の研究開発に従事したことが、特に強烈な印象として残っている。今回は、技術面だけでなく、その過程で起こったいろんなエピソード等を交えての「技術四方山話」的に紹介してみたい。

土木は「オールマイティの技術」とも言われるが、知識、経験を拓げて行く過程で、いろんな環境に適応して行く、問題を乗り越えるに当たっての「ある奮戦記」として、少しでも面白く読んでいただけたら幸いである。

## 2. 茨城電気通信研究所へ赴任

1980（昭55）年1月、私は建設間もないつくば研究学園都市にある、電電公社屋外設備技術開発組織・建設技術開センター土木技術部構造担当（統括を兼務）から、東海村の茨城電気通信研究所線路研究部研究専門調査役として通信土木研究室に配属された。事業部門採用である私にとって、研究所は全く別会社に行くに等しい。

茨城電気通信研究所は、1960（昭和35）年放射線利用による部品材料の研究実用化のため、電気通信研究所茨城支所として、東海村の原子力研究所と隣接して作られ、部品材料研究部と通信屋外設備（ケーブルやミリ波導波管、通信トンネル等）を研究する線路研究部を擁し、1971（昭和46）年茨城研究所として独立した。

私が赴任した当時、電気通信研究所で最も有名で代表する研究テーマは、「光ファイバーの研究」と我々が従事した「小断面シールド工法の研究」であった。

折しも光ファイバーの研究は、「近い将来、通信手段に一大革命が起こるのではないか」と確信を持って期待され、光ケーブルの材料の研究の実用化に向けて世界と激しい競争の真っただ中にあり、いわば花形の研究チームであった。

1970（昭45）年、世界最大のガラスメーカーとして知られる「コーニング・グラス・ワークス社が新しいガラス繊維の開発（20デシベル/kmという低損失のガラス繊維の開発）に成功というニュースを受けて、これを通信手段に応用するという研究に茨城通研は直ちに取り掛かったのである。

ところが容易ではなく、取り掛かりの選ばれた若い4人の研究者は不思議なことに、全員昭和18年生れの20歳台であった。彼らは、リーダーから「キミ、ガラスと一緒に死んでくれんか。俺も死ぬから・・・」と宣告を受けたそうである。

（経済評論家・内橋克人 最先端技術の世界第三回「通信革命・光ファイバーへの十年」より）

茨城通研に着任した1980（昭和55）年、この光ファイバー研究チームを自分勝手ながら「我々の最強の競争相手」と目して昼夜を問わず凌ぎを削る事となる。又、光ファイバーチームの4人は、全員私と同じ年の生れであったのは偶然であったろうか？

### 3. 研究所生活開始での洗礼

私は事業部門の採用である。ところが研究所の連中は研究専門の、つまり研究一筋の研究部門採用である。私は本社技術局を振り出しに技術開発を担当する事が多かったが、所謂研究職ではない。研究所からすればよそ者である。我々の事をことある毎に「事業部門の連中」と区別して言っていた。私は技術開発を主に取り組んだ経験があるとは言え、かなり泥臭い、現場に密着したテーマを課せられ、早期に開発し、実用的で直ぐに役立つ形で現場に出す責務を負って来た。

ところが、採用部門が違うとかそんな言い訳は一切効かない。

例えば研究所に着任すると先ず、老いも（とは言っても私は当時36歳）若きも全員、英語のヒヤリング、それに時事英語、一般の英文和訳、和文英訳とかのレベルテストを受けさせられた。それこそ有名大学の大学院を出た若い優秀な研究者で、日頃から論文を国内外に発表する事を生業にしている彼らと、私の様な一過性の研究責任者で、スコップで土を掘る、所謂土方も経験して来ている者が全く同じ土俵で全員、試験を受けさせられるという業務命令、洗礼を受けたのである。しかも1番からラストまで順位を付けると言う。

「俺の様な事業部門の部外者に、今更何でこんな事をさせるのか！！」

といくらバタ狂っても無駄な抵抗であった。

しかし意外だったのは、研究部門採用でなく事業部門採用が大半を占める我が通信土木研究室の若い部下達が、oral test で1番、その他の test で2番、その他10番以内にも入った者もいたという結果を聞いて溜飲を下げた。それから我が研究室が研究所の連中に、一目置かれた気がしたものである。



写真-3.1 茨城電気通信研究所（右上は1960年当時の茨城支所、左下道路を隔てて東海村日本原子力研究所が広がる）

#### 4. 小断面シールド工法 (M-2) の研究開発

##### (1) 発令された理由と役目

茨城電気通信研究所では、トンネル壁をヒューム管とする従来から適用されて来たものを改良した小断面シールド (M-1) 工法を世に出したが、更に高性能の長距離、曲線施工に対応出来る、高能率化、経済化を目指した M-2 工法の研究開発に取り掛かっていた。

M-2 工法は種々の技術が複合したもので、いろんな専門集団を束ねるプロジェクトマネージャーが必要とされていた。しかし、電電公社の通信土木技術はまだ黎明期を脱していない時期であり、まだ専門技術者にも限りがあった。

そこで私は、泥水加圧式シールド工法の設計から施工の現場を経験した事があること、通信土木の先端技術を扱う筑波建設技術センターで、現場に直結する開発の経験があり、又土木技術部の統括業務をも担っていたこともあって、発令されたものと思われる。強いリーダーシップを発揮しながらチームを取りまとめ、早期に実用化を進めるという役目であるが、前途は多難であった。

##### (2) 工法の概要

日本のトンネル築造技術、特に大断面シールド技術は、泥水加圧式や土圧式等あらゆる地盤に適用出来る新工法が続々実用化され、世界でトップレベルにある。しかし小口径のトンネル技術は、従来のセグメント方式やヒューム管方式等にとどまり、長距離築造のネックとなっていた。

本工法は、いわば小口径自動トンネル築造システムで、掘削部と制御部及びパワーユニット部、ライニング部からなるシールド機と掘削土及びライニング材料を運搬する構内運搬システム、早強レジンモルタルを製造する材料プラント、更にシステムを遠隔自動制御する制御システム、操作室等から構成されている。特に構内作業を無人化する事が必要である。このため、ミニコンピューターを用いて掘削機の運転、ジャイロを用いた連続位置計測、ライニングの現場打設、構内運搬車の走行等、一連の工程の自動遠隔制御がシステムの大きな特徴となっている。

##### (3) 研究目標

- (a) 掘進長 500 m
- (b) 線形 (曲率半径) 200 m
- (c) 適用土質 粘性土、礫混り土、湧水あり
- (d) トンネル内径及び収容管路条数 1200 mm、40 条
- (e) 坑内作業を無人化

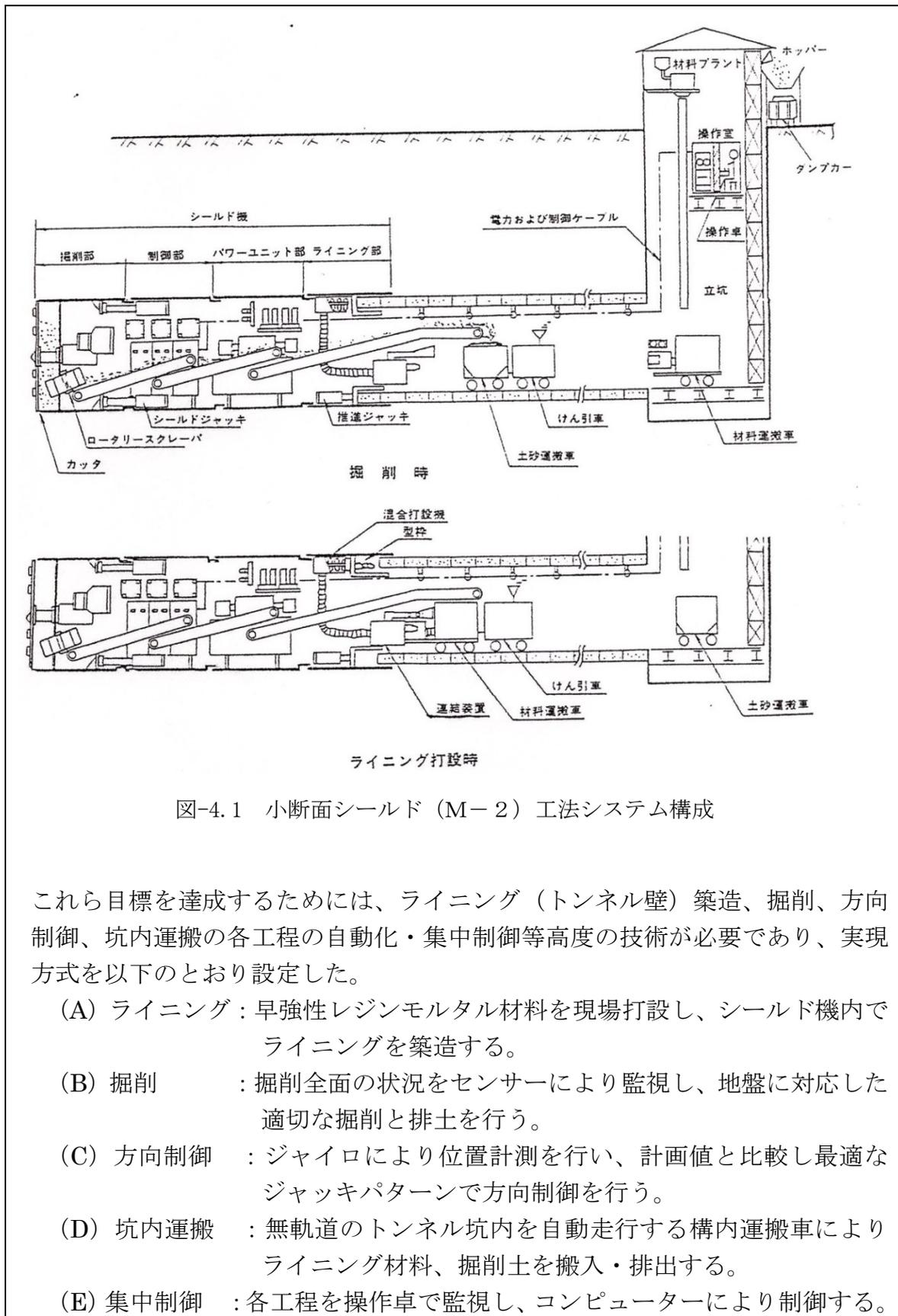


図-4.1 小断面シールド (M-2) 工法システム構成

これら目標を達成するためには、ライニング（トンネル壁）築造、掘削、方向制御、坑内運搬の各工程の自動化・集中制御等高度の技術が必要であり、実現方式を以下のとおり設定した。

- (A) ライニング：早強性レジンモルタル材料を現場打設し、シールド機内でライニングを築造する。
- (B) 掘削：掘削全面の状況をセンサーにより監視し、地盤に対応した適切な掘削と排土を行う。
- (C) 方向制御：ジャイロにより位置計測を行い、計画値と比較し最適なジャッキパターンで方向制御を行う。
- (D) 坑内運搬：無軌道のトンネル坑内を自動走行する構内運搬車によりライニング材料、掘削土を搬入・排出する。
- (E) 集中制御：各工程を操作卓で監視し、コンピューターにより制御する。

#### (4) 実験状況

実験は、研究所内のライニング実験棟やその周辺のフィールド等で実施した。所内試験では、110mの掘進を行い、ライニングトンネルを実際に築造しながら各システムの動作状況を確認し、改良を加えて行った。



写真-4.1 ライニング実験棟及び周辺中央右には立坑が見える



写真-4.2 立坑に設置されたシールド機掘削部



写真-4.3 実験棟で打設された早強性レジンモルタルライニング

(5) 研究開発協力会社

協力会社は下記のように 8 社にのぼり、その連携、調整が重要であった。

- (a) シールド機関連、レジンモルタル混合打設機関連 三菱重工 (株)
- (b) 集中制御システム関連 住友電気(株)、フジクラ電線 (株)  
日本航空電子 (株)
- (c) 材料運搬車関連 古河電気(株)、古河電池 (株)
- (d) ライニング材料関連 昭和高分子 (株)
- (e) 各種実験、試用・実地試験施工関連 日本通信建設 (株)

(6) 開発の進め方の特徴

この研究開発の最大の特徴は、土木、機械、電気、電子、制御、化学、材料等の多岐に亘る複合技術であるという事である。

この研究・開発を進めるには、多種、多様の専門技術者、多分野のメーカー、施工会社が複雑に絡みあって困難を極めた。それらが噛み合わなければ即、システムダウンにつながった。特に早強性レジンモルタルを扱う当システムは混合打設機が固まり、或いは打設したライニングに異常を来した。

それらをメーカーや施工業者に外注して、つまり任せて進めることはできない。何しろ未知の分野であり、判らないことばかりである。それで自らが直接手を下し、その場その場で判断し進める他ない。それは責任者である私もその一つの歯車になって動かねば、その次の段階に進む議論にも何一つ参加出来ない。我々は度々、精神的に肉体的にも追い詰められ、それは研究従事者である我々の精神、肉体の耐久テストを行っている様なものでもあった。



写真-4.4 システムダウンを起こし、天井部設置の固まった混合打設機を降ろす。一度トラブルと 1 週間単位の日数と多大の金が吹っ飛んだ。

シールド機を担当した三菱重工とマシンの製作状況の確認と、現物を前にしての細部打ち合わせを行なうため、明石工場に出向いた。

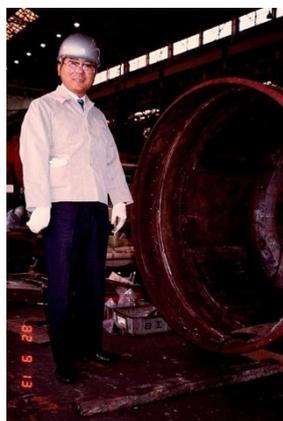


写真-4.5 製作中の小断面  
シールド機



写真-4.6 完成寸前の下水道用大断面シールド機

工場内の直径1.2mの小断面シールド機の近くには、直径10mの大口徑下水道用シールド機があり、その大きさの差が際立って見える。

三菱重工の説明では、

「小口径であっても大口徑に劣らず、当社最重要プロジェクトとして力を入れて、開発に取り組んでいる。」

との説明を受ける。



写真-4.7 所内試験でのシールド機発進式（右端は司会の鶴田）

### (エピソード) トラブル対策中での気分転換

私と副リーダーの N、三菱重工の担当 M 氏との 3 人は、トラブル対策に行き詰まる事が度々あった。

その打ち合わせ中での雑談から思いも掛けず 3 人共、剣道の有段者であることが分かった。(私は九工大 2 年時に剣道 4 段に昇段)

どちらからともなく、この状況を乗り切る気分転換のため、次回の打ち合わせ時に「剣道の稽古をしよう」と言う事となった。幸い隣接した原子力研究所内に、部外者にも開放されている剣道場がある。

我々は各自剣道防具を用意し、当日を迎えた。勿論その日は打ち合わせが主目的であるが、それを中断して 18 時が稽古開始の原子力研究所道場へ向かった。

我々 3 人共勿論初手合せで、まして道場の方々とも全員初顔合わせ、全く実力も何も判らないまま稽古を開始した。当時の 3 人は皆 30 歳台と若く、ストレス発散を目的で来たのであるので、激しい稽古となった。恐らく大学までかなり本格的に稽古をし、実力を付けたと判る稽古内容であった。

その内、原研の方々もお手合わせをお願いする事となった。私は当然礼儀として、一番上座の年配の方に真っ先に稽古をお願いした。私は最盛期の様に動けないまでもまだ若く、思い切り稽古をさせていただいた。後に

「チョットやり過ぎたのでは」

と言われたが十分に稽古をする事が出来、満足であった。

ところが稽古後何故か、道場入口前には最高級車「プレジデント」が横着けして待っていた。

私が稽古した方は、原子力研究所の所長であった。

それから研究室に戻って、中断していた打ち合わせを再開した。

稽古で疲れてはいたが気分がスッキリし、何故かトラブル対策が上手く進んだ様な気がしたものである。

#### (7) 現場実地試験

110mの実地盤掘進の所内試験結果をもとに改良を加えたシステムを用いて、1982（昭和57）年9月から筑波の建設技術開発センターの敷地内において立坑等諸設備の建設とシステム調整を進め、全長300mのPAT（現場実地試験）を実施した。

その結果、現場への適用確認を行い、実用化出来る事を確認した。

それで1983（昭和58）年10月、現場実地試験の様子を報道関係者に公開した。



写真-4.8 完成したレジンモルタルトンネル



写真-4.9 遠隔操作卓

自動化し、坑内に入らず汚れない作業となるため「タキシード工法」と名称変更しようかと、冗談を言い合う。



写真-4.10 東京の記者クラブ等を招いて、現場試験説明会を開催  
(説明中の鶴田)



写真-4.11 掘進現場（立坑）に案内。  
記者達も実際の動きを見て  
理解。下方に見えるのは、無  
軌道材料運搬車

## 5. 国際シンポジウムで発表

1983（昭和58）年5月16～19日の第9回 ITA（世界トンネル協会）ワルシャワ総会と同時開催の NOT ポーランド技術協会連盟主催の「UNDERGROUND WORKS MAN ENVIRONMENT」

国際シンポジウムのセッション A「環境保護を目的とした地下利用」に英文投稿、ポーランドワルシャワの技術協会にて発表した。発表題名は

“Automatic Tunneling System with High-early-strength Resin Mortar”

（内容は、小断面シールド（M-2）工法）

総会は加盟国33ヶ国のうち22ヶ国及び友好2団体から代表が参加、10の作業部会の会合も同時に開かれた。その中の研究開発部会には10ヶ国13名が出席、日本代表として都立大学今田助教授（元土木研究所耐震研究室長）と電電公社鶴田の2名が討議に参加した。



写真-5.1 会場となったポーランド技術協会入口にて



写真-5.2 小断面シールド工法の論文の発表（発表中の鶴田）

“Tunnels & Tunneling, September, 1983”に“Underground communication in Warsaw”と言う見出しでの記事が掲載された。下記は当発表に関する文である。

The successful development of cast-in-place linings on a large scale in Germany and on a small scale automatically in Japan are featured in paper by Babenderde and Tsuruda. It would appear that, after all the hesitation the consideration of the use of this method over the last decade, it is about to take off. The German example uses steel fiber concrete to get early strength and the forms are leap-frogged forward, whereas the Japanese in their remotely controlled micro-tunnel use resin concrete and continuously sliding forms.

### (シンポジウム発表に際してのこぼれ話)

シンポジウムへの論文投稿が決まった1983（昭和58）年3月、研究全般に目を光らせている企画管理室より、発表指導を行うので各種準備を下記により進めるよう連絡が来た。

- (1) 口頭発表原稿とスライド図面は英文添削を受け（4月11日）
- (2) 各部での発表リハーサルを8号棟大会議室で行い（4月15日）
- (3) 外人講師による個別指導（クディラ社）を3時間、東京京橋の事務所に出かけて受け、**Presentation Evaluation Report** を直ちに企画管理室に提出（4月20日）
- (4) このリハーサルで発表準備が充分でないと判定された場合、東京三鷹の武蔵野研究所内の研究開発本部でリハーサル（4月27日）
- (5) これでも更に準備不十分な場合再リハーサル（適宜）

私には、またまた厳しい通知である。噂では一度でパスしないと更に難しくなるとの事、それも短期間に集中。かなりのプレッシャーが掛った。

先ず(2)の各部でのリハーサルでは、大会議室に他研究室員も含め、不思議な程多くの観衆？が詰めかけた。「鶴田は一体、どんな英語発表をするのであろう？」と興味津々であったのかもしれない。そして質問と意見をそれこそ雨霰の如く浴びせられたのである。(3)は、当時の私は外人と1対1で話すのはそれまで機会が無く、全くの未経験、それも事であろうに3時間である。

東京の指定された全然見知らぬ事務所に、茨城・東海村から重い足取りで出掛けて行った。そこは予測に反して木造の、垢抜けのしない事務所であった。社員は外人ばかりがビッシリいる商社風で、雰囲気は全く外国であった。この局面に対応するには真面目と真剣さでカバーする他ないと覚悟を決める。ところが担当 R 氏にそれが好印象を与えたい。それに前日に、外人に事前添削済の英語の口頭発表原稿を清書し、上司に当たる U 茨城企画管理室長（日本人）に見てもらった所、真っ赤になるほど訂正、指導されてしまった。それでほとんど徹夜でタイプ打ち直しして持参したのである。外人が直した最終文章を、それも日本人が赤ペンで真っ赤になるほど訂正したのである。大丈夫か？と半信半疑であったが、R 氏はその文章を一目見るなり「Perfect！」と褒めたのである。これで又心証を良くし、真剣さ、真面目さでカバーしたのも功を奏したのであろう、評点の後に「Good Luck！」と一発で合格点を貰ったのである。しかし終わって指導された事務所をフラフラとなりながら出て空を仰ぐと、ホッとした気持ちよりも緊張と疲労で目がクラクラし、本当に空が黄色く見えたのであった。後日談では、今回の外国発表者の中で一発合格者は、一人だったと聞いた気がするが、今ではその真偽は判らない。

## 6. むすび

茨城電気通信研究所での4年間の研究生活、その研究テーマは、広く他分野に亘る技術を総結集しなければならない、とてつもなく大きなテーマであった。その責任者として着任した1980（昭和55）年は長年、部分毎に検討して来たシステムを一つにまとめた総合試作に取り掛かる詰めの段階、規模は全く違うが、アメリカのNASAの様な進め方を要求されると思ったものである。又、当時流行った「金食い虫」と揶揄される程に、当研究には多大の研究費も使った。他研究室では、このプロジェクトを横目を見て「上手く行かないよ」と噂をしていた様である。

それが一つのシステムに統合した試作機を完成させ、試用試験に漕ぎ着けたのである。しかしその過程においては予想通り、言い知れぬ困難を極めた。それにはいろんな逸話があるが、ともかくもそれを一歩、一歩進め、実地試験（PAT）では、実地盤において全長300mの早強性レジンモルタルトンネル築造に成功し、実用化出来ることを証明した。



写真-6.1 ライニング実験棟における研究スタッフ

カーキ色作業服者は、各種試験の土木施工に密着協力した日本通信建設K工事長(元北海道の炭鉱技術者)

これらの研究成果は、その経過を含め長年にわたって土木学会、土質学会等に  
発表し注目された。

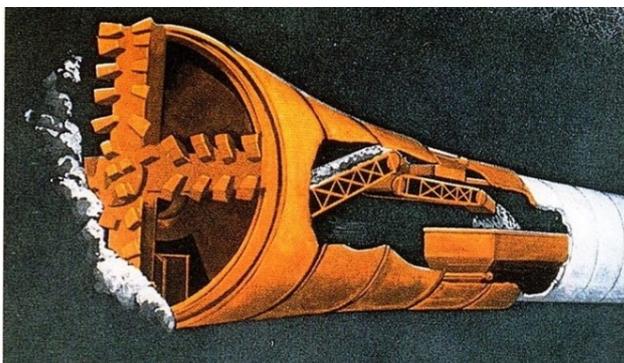


写真-6 シールド施工①  
小断面シールドの掘削・排土(推進)、ライニング  
等トンネル内全作業を無人化



写真-7 シールド施工②  
大断面シールドの掘進作業を自動制御



写真-8 シールド施工③  
重いセグメントを精度良く自動組立て



写真-9 盛土締固めロボット  
タンピングの効果にもとずき  
振動数、振幅、締固め回数な  
どを自動制御し、所要の締固  
め度を得る



写真-10 傾斜面舗装システム  
湾曲面形状が変化する傾斜面  
を高精度に仕上げる

写真-6.2 建設ロボット —自動化・無人化に向けて—

土質工学会誌 1988年 Vol.36、No.1 No.360 より

又、その間の活発な学会活動により、1990（平成2）年、土木学会論文査読委員に指名された。ところがその時は既に事業部門に戻り、研究活動から全く離れていたため、一度査読の機会をいただいただけで終わることとなった。

今回、当時職員33万人を越え、毎年の新規採用者9000人とされた電電公社という大組織における研究活動の一端を紹介した。

それから30年以上を経た現在、記憶も薄れつつあるが、反省すべき点は研究成果を真に実用化するには、その連続性・継続が如何に重要であるかという事である。技術は常に改善、改良を行って行かねば、高度な真に実用的な技術は一挙には確立出来ない。

小断面シールド（M-2）工法も実地盤での実地試験に成功し、実用化出来る事を見届けたとは言え、飛行機で言えばやっとなんか空を飛ぶことを証明した様なものである。現場では更なる性能を要求して行くであろう。

しかし、それからしばらくして、当研究開発は一段落してしまった。それが今でも大変心残りである。

1984（昭和59）年2月、私は研究所の対岸の組織に位置するとも言える、神奈川県登戸電報電話局長に発令となった。電電公社が1985（昭和60）年、民営化して新生NTTとなる一大転換直前の時期である。

その民営化に際しては、未経験の嵐の中で戸惑う社員の先頭に立って、大変化に立ち向かうこととなった。

- ・ 公社時代には考えられなかった組織、仕組みの大改編
- ・ 今まで経験した事のない営業活動 等

一方で、旧のクロスバー交換機から電子交換機、デジタル交換機への全面的な切り替え、ケーブルの光ファイバーへの更改等、設備の技術的な大転換期にも丁度、差し掛かったのである。

これらを乗り切るには新しい試みを自ら大胆に進める事が必要であり、これまで経験した事のない未知の世界を目指して行くという意味では、電気通信研究所での様々な経験が役立った。

それらを振り返り総括すると

「よくまあ、こんなに広く、多くの経験をさせてもらったものだ！」

と、土木屋の一人として、とても幸せを感じるものである。