



# 技術士

## “ちゅうぶ”

～人類の叡智と技を

全ての人と未来のために～

岐阜

愛知

静岡

三重

特集

技術士が科学・技術発展のためにどう行動するか！

2025年 3月



- 15号 目 次 -

カテゴリ	題 目	著 者	頁
巻頭言	地域と未来をつなぐ技術者育成 ～静岡理工科大学の挑戦～	木村 雅和	1
特集	ロボットを利用した課題解決型 I E 教育	森 一明	2
「技術士が科学・技術発展のために どう行動するか！」	CFRPによる軽量化、CO2排出削減の国プロにおける技術士の連携	江口 正臣	12
	科学・技術の発展とともに：科学・技術と社会の関係	大澤 英昭	18
	高齢運転者を対象とした経路探索アルゴリズムの開発	楊 甲 三輪 富生 山崎 基浩	24
合同セミナー	第44回 地域産学官と技術士との合同セミナー（四日市市）	池田 和人	30
理科支援小委員会	小学生向けキャリア教育プログラム「ミライトラベルDAY」に出展して	野本健司	32
国際会議	第53回日韓技術士国際会議に参加して	田島 暎久	34
見学会	株式会社明電舎 沼津事業所 見学会	土井 俊幸	36
特別寄稿	土に棲む微生物の世界と食糧生産・気候変動	齋藤 明広	38
会員寄稿	日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター - 地質環境特性に関する研究の歩み -	大澤 英昭	40
	分散型水供給システムの可能性：日本とサブサハラ地域の比較	下川 映	48
	電気学会講演 直流電気鉄道き電回路の現状と課題	岡井 政彦	50
技術士補・JABEE	地理空間情報を活用した施工の最適化について	石田 純一	52
技術士業務	技術者活動を振り返って	渡邊 好啓	54
行事報告	第58回 日本技術士会・中部本部長杯 懇親ゴルフ大会	企画委員会	58
中部本部事務局	事務局さんぽみち	山口/松田	59
	協賛企業紹介		61
	編集後記	井上/中山/栗本	63

本号表紙「薩埵峠（さつたとうげ）からの駿河湾と富士」 写真撮影：岡井政彦  
 静岡市の薩埵峠から富士を見る。下方は左からJR東海道線、国道1号線、東名高速道路、  
 背景には青く深い駿河湾が広がる。

## 地域と未来をつなぐ技術者育成

### ～静岡理工科大学の挑戦～

静岡理工科大学 学長 木村雅和



このたび、公益社団法人日本技術士会中部本部が発行する広報誌「技術士“ちゅうぶ”」の巻頭言を担当させていただく機会を頂戴し、誠に光栄に存じます。

静岡理工科大学は、「豊かな人間性を基に、『やらまいか精神と創造性』で地域社会に貢献する技術者を育成する」という理念のもと、地域に根ざした教育・研究活動を推進しております。本学は、先端機器分析センターややらまいか創造工学センターといった県内有数の研究・教育施設を活用し、地域産業界との連携を深めながら、学生たちの若い力と融合させることで、社会の課題解決に貢献する教育研究を展開してまいりました。

2017年の建築学科開設を皮切りに、2020年にはデータサイエンス専攻、2022年には県内初となる土木工学科を設置し、2学部7学科1専攻体制へと進化を遂げてまいりました。本年4月には、新たな教育・研究拠点として「SIST グループ静岡駅前キャンパス」を開設し、情報学部サテライト研究室を設置するとともに、産学官連携の推進や社会人教育の場として「SIST コラボスクエア」を開設するなど、地域社会との結びつきをより一層強化しております。

さらに、本学は現在、学部・学科の大規模な再編を計画しており、2026年4月には、2学部7学科から3学部3学科体制へと移行する予定です。この再編により、理工学部の建築学科および土木工学科を統合し、新たに「建築・都市デザイン学部」を設立いたします。また、エアモビリティ、半導体、医工連携、製薬、防災、仮想世界などの分野において、他大学や企業、行政機関と連携した先端融合教育プロジェクトを導入し、最先端の技術と知識を備えた専門人材の育成を目指します。

このダイナミックな学部学科再編を通じて、従来の学問領域の垣根を越えた横断型の教育研究の推進、および研究活動のさらなる活性化を図り、地域産業や社会のニーズに応える技術者を育成してまいります。特に、持続可能な社会の実現に向けて、地域企業や自治体との協働を一層深め、研究成果の社会実装を促進していく所存です。

本学のこうした取り組みは、技術者としての専門性を高め、社会に貢献するという日本技術士会の理念と通じるものであると確信しております。今後も、技術士の皆様と協力しながら、地域社会の発展と技術革新に貢献することを目指し、歩みを進めてまいります。最後になりますが、公益社団法人日本技術士会中部本部のさらなる発展と、会員の皆様の益々のご活躍を心より祈念申し上げます。

## ＜ロボットを利用した課題解決型 I E 教育＞

森 一明 技術士（機械、経営工学）

静岡県支部



本テーマは大学における「ものづくり技術者教育」に「社会・企業の目線に立った人材づくり」を目指して企画・実践したもので、そのための方法論を紹介する。この講座は大学でも高く評価され講師定年の70歳まで10年間継続した。また中部地区の大学連合による教育工学研究会でも講演した。広く各地の大学で応用・実践されるよう、ここに提案する。

### 1. はじめに

「良いものを安く」は製造業の永遠のテーマである。またグローバル競争の中で生き残るにはカイゼンのPDCAを回し「良いものを安く」作る技術開発を通して他社にない独自性を図ることが大切である。

カイゼンを行うのは人であり、ものづくり現場における中核人材の育成が求められている。企業がこれらの人材に求めている知識・ノウハウは「品質管理」、「生産ラインの合理化・改善」である。

大手企業では各工場に配属する設計者と生産技術者の新入社員教育として I E 改善技術と Q C 手法を半年かけてみっちり教えている。I E とは Industrial Engineering 生産工学のこと、Q C とは Quality Control 品質管理のことである。筆者はこれらの教育に長年関わってきた。また I E 改善プロジェクトのリーダーとして配属後の技術系新入社員の O J T (On the Job Training) を体験した。

そんな中、大学における「ものづくり技術者教育」を担当する機会を得、企業での経験を元に新しい試みとして、ロボットを使った I E 改善技術の講座を企画実践した。短期間で効率的に改善手法の習得ができ、モーションマインドの育成に効果絶大との感触を得たので、ここに紹介する。

### 2. 企業における技術者教育

大手企業では各工場に配属する設計者と生産技術者の新入社員教育として I E 改善技術と Q C 手法を半年かけてみっちり教えている。製造業の基礎であり、カイゼンの元だからである。これらは座学と現場実習という組合せで行われる。座学では社内外の講師によって理論を教える。その後の現場実習では、現場が抱える課題の中からテーマを選び、中堅技術者の O J T を受けながら現状分析から改善案の作成までを行い、工場のトップにプレゼンテーションを行う。

また I E 改善プロジェクトのリーダーとして工場へ配属後の技術系新入社員の O J T を体験した。I E 改善プロジェクトは工場の原価低減のため中堅生産技術者と監督職から構成したプロジェクトチームである。コストや生産性という観点から各加工区、職場の課題を明確にしテーマを抽出する。テーマごとに I E 改善技術を駆使して現状分析を行いボトルネックを見つけ対策する。まさにカイゼンがメンバの日常業務である。

工場に技術系の新入社員が配属されると、生産準備を担当する前に先ずこのプロジェクトに1ヶ月間配置しカイゼン技術を身に付けさせる。「1ヶ月という短期間で実戦に使える生産技術者になる」と社内でも非常に高い評価を得た。

また筆者は経営トップの要請で関連中小企業へ出向き管理監督者に I E 改善技術を指導した体験を持つ。管理監督者というベテランの中核社員にとっても I E 改善技術は生産性向上活動の成果を出す上で大きな役割を果たすものである。

### 3. 大学における技術者教育

そんな中、大学における「ものづくり技術者教育」を担当する機会を得、企業内教育の経験を元に新しい試みとして、ロボットを使った I E 改善技術の講座を企画し実践した。

静岡理科大学では地域社会に貢献する技術者を育成するため、「教養教育」と「専門教育」に「やらまいか教育」を加え、教育の 3 本柱としている。「やらまいか」とは遠州弁で「一緒にやってみよう」という意味である。「やらまいか教育」とは、実習を通して“モノ”を知り、やらまいか精神と創造性、コミュニケーション能力など、ものづくりに関する知識や社会人としての素養を培う教育である（図 1）。

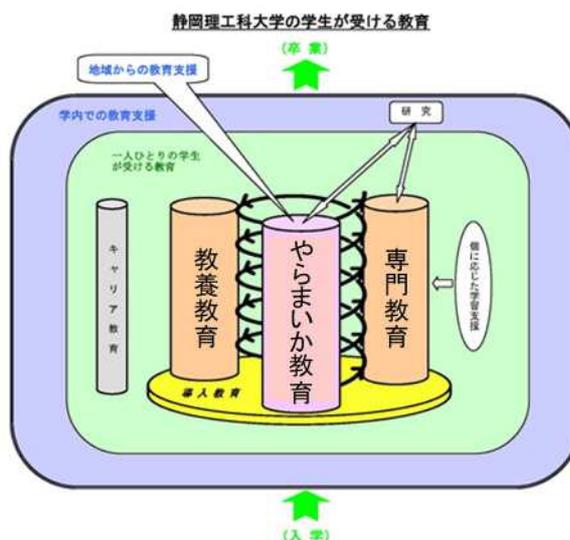


図1 やらまいか教育

I E の訳語でもある生産工学を学部を持つ大学は日本では日本大学だけである。日本大学生産工学部は「ものづくり教育」を特徴とし、産業界に最も近い位置にあると自負している。「ものづくり」の精神と技術を学び、「さらに工夫する力を引き出す教育」を行い、「社会・企業の目線に立った人材づくり」を目指している。

このように大学における「ものづくり技術者教育」では実学が重視される。企業ではチームワークによって課題達成する場面が多い。チームワークでコミュニケーション能力を高めながら理論を実践することで創造性を発揮できるような教育システムが要求される。

学際という概念がある。一つの分野や領域のみでは問題解決できないテーマについて複数の学問分野が共同で取組むことである。「ものづくり」も同様に複数の考え方やアプローチの方法を組合せて問題解決を図る。

I E が製造業の基礎と述べたが、ここで I E について米国 I E 協会の定義を引用したい。「I E とは、人・モノ・設備の総合されたシステムの設計・改善・確立に関するもので、そのシステムから得られる結果を明確にし、予測し、かつ評価するために、工学的な解析・設計の原理や方法とともに、数学・物理学・社会科学の専門知識と技術とを利用する。」このように I E は製造業の基礎であると同時に実学的学際的で技術者教育にとっても最適な技術分野だと考える。

#### 4. 講座の狙い

I E は産業革命から大量生産が生まれる中で考え出された経営手法で、その後の経営工学の元になった。I E には様々な考え方や手法があるが基礎はテイラーの時間研究 Work Measurement とギルブレスの方法改善 Method Engineering である。2つの手法は I E の 2 本柱、2人は I E の始祖と言

われる。

講座では I E の基礎を知った上で、カイゼン力の元となるモーションマインドを身に付けることを狙いとした。モーションマインドとは「ムダが一目で発見でき気になってならない感覚。ムダをどう変えればよいか直ちに案出できる能力。正しい改善の手順に従った思考プロセスが自動的にたどれる習慣」のことで、訓練によって身に付けることが出来る。

方法改善の中心的手法であるサーブリッグはモーションマインドを身に付ける為の打って付けなツールである。サーブリッグを使うと誰でもムダが発見でき、正しい改善の手順に従った思考プロセスをたどることが出来る。サーブリッグとは、人の動作を目的別に細分化し、あらゆる仕事に共通な基本要素に与えられた名称のことである。空手、つかむ、運ぶなど 18 個の記号からなる。先ず 1 サイクルの作業を要素作業に分解する。次に各要素作業を動作要素に分割しサーブリッグ記号で表す（図 2）。それぞれに動作経済の法則を適用し改善案を考える。

パターン1 物を取り・・・置く

番号	サーブリッグ	動作
1	∪	材料に手をのばす
2	∩	材料をつかむ
3	⊖	材料を運ぶ
4	∩	
5	⊖	材料を手放す
6	∪	手をもとに戻す

図2 サーブリッグ

I E は実学であるが故に、座学だけでは実践で使いこなせない。そこで実践を通して企業実務の疑似体験ができるようにしたいと考えた。講座ではサーブリッグを中心に据え、改善の手順に従ってチームで課題解決をはかり、目標達成という成功体験をするまで P D C A サイクルを回すことを狙った。

## 5. 講座の構想

企業には工場という実践の場があるが、大学にはない。そこで工場のシステムをモデル化し実践の場を模倣的に作る工夫が要る。筆者は実務でロボットのサイクルタイム短縮に取り組んだ経験がある。このとき元々人に適用するツールであるサーブリッグがロボットにも応用できることを見つけ「ロボット動作改善手法」を開発した。この手法はその後、より大規模なラインに適用し、部下を指導しながらチームで取り組み、大きな成果を出した。この取り組みは企業と大学で構成される学会においても高く評価された。ロボットの長所は人と違って文句を言わないこと、トライ&エラーが容易なこと、効果の測定が正確なことである。

工場のシステムをモデル化するに当たって改善案の組合せの多い事例として、「はくりロボット」を選んだ。対象ワークは小型モータサイクル用発電機の点灯コイルである。エナメル線を剥離しハンダメッキする一連の工程を複数の浸漬槽と搬送ロボットで構成するシステムである。ロボットが 1 つの槽からワークを取り次の槽へ置くハンドの経路が多数考えられ、改善案の組合せの多い事例として好適である。

実習では安全面を考慮する必要がある。工場のロボットは一般的に大型で安全柵に囲まれ、ヘルメットをかぶり安全教育を受けた特定の作業員しか操作できない。馴れない学生が扱うには不向きである。そこで大学の機械工学科にある小型の教育用のロボットを使用することにした。物や手に当れば負荷を検知して自動的に停止する。また槽やコンベアなどの機器は厚紙と色紙で、ワークは木のブロックで縮小模型を作

ることにした。改善案の作成が容易である（図3）。



図3 はくりロボット縮小模型

## 6. 講座の設計

### 6-1. シラバス

シラバスを紹介する。講座の名称を「生産ラインの改善技術」とした。講座は動機付け、座学、実習の3部からなる。以下に示す。

#### 1. 動機づけ

- 1-1. 自動車産業と中小企業の役割
- 1-2. 製造工程と生産ライン
- 1-3. 自動車部品工場の見学

#### 2. 座学

- 2-1. I Eの基礎とサーブリック
- 2-2. 工場実作業のビデオ分析

#### 3. 実習

##### 3-1. Plan 計画

- ・予備調査
- ・目標設定と評価ものさし
- ・ラフ現状分析
- ・詳細現状分析
- ・ラフ改善案の作成
- ・詳細改善案の作成
- ・改善計画

##### 3-2. Do 実行

- ・改善設計
- ・ロボットプログラムの作成と動作確認

##### 3-3. Check 評価

- ・効果確認

##### 3-4. Action 改善

- ・報告書の作成とプレゼンテーション

## 6-2. ロボット動作改善手法のストーリー

全体の流れはP D C Aサイクルを意識したものとなっている。P D C Aサイクルは第2次世界大戦後に米国のデミングらによって提唱された品質管理手法でデミングサイクルとも呼ばれる。デミングはこの手法を終戦後の日本に広め日本の品質管理の質を大幅に向上させた。Q Cサークルやデミング賞は、その産物である。最近では、国際規格 ISO14000 環境マネジメントシステムの骨格を成し、その後 ISO9000 品質管理システムの改定版にもP D C Aサイクルが取り入れられた（図4）。

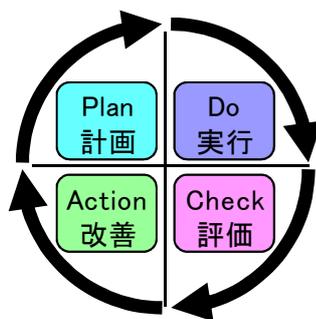


図4 PDCAサイクル

この改善ストーリーでは Plan 計画の「目標設定と評価ものさし」と Check 評価の「効果確認」がポイントとなる。

## 6-3. ロボット動作改善手法の特徴

実習で用いる「ロボット動作改善手法」の特徴は分析と改善の2段階方式にある。ラフと詳細の組合せ、全体を俯瞰した上で細部をみるという考え方である。

ラフ現状分析ではレイアウト&ハンドパス図やタイムチャートなどを使って大きな着眼点を拾い出す（図5）。

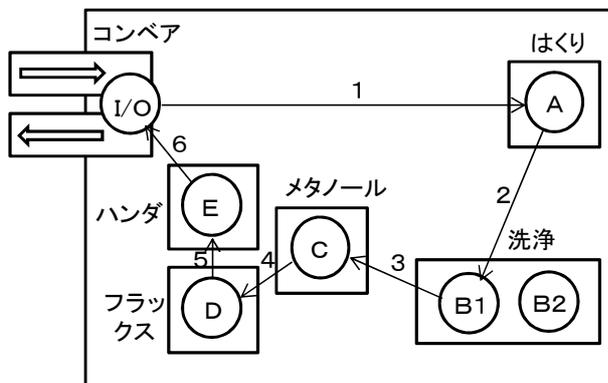


図5 レイアウト&ハンドパス図

詳細現状分析ではサーブリックやプログラム動作手順書などを使って細かい着眼点を拾い出す（図6）。例えて言うと目の大きな網で大きな魚を取り、更に目の細かい網で小さな魚を残らず取る様なものである。

No.	動作要素	サーブリック	位置と動き			昇降速度		ハンド 開閉 指令	タイム (秒)	要素作業/備考
			位置 パス	装置名	上下 昇降	下降	上昇			
	(待機位置-第2原点)		I/O	INコンベア	上			開		IN、OUT共通点 INコンベア搬入
1	空手で下がる	∪	I/O		↓	低速				I/Oワークとり、はくり おき
2	つかむ	∩	I/O		下			閉		
3	持って上がる	∪	I/O		↑	低速				
4	はくりへ運ぶ	∪	I		上					
5	持って下がる	∪	A	はくり	↓	低速				はくり槽はくり始め
6	はなす	∩	A		下			開		
7	空手で上がる	∪	A		↑	高速				
8	はくり待ち	∪	A		上				14	はくり上に停止

図6 プログラム動作手順書

ラフ改善案の作成ではレイアウト図とブロックを使って試行錯誤しながら、なるべく多くのハンドパス案を作成する。その中からパス回数によるラフ見積りによって最適な案を選ぶ。

詳細改善案の作成ではプログラム動作手順書を用いる。サーブリックごとに動作経済の法則を適用しながら着眼点を拾い出し改善案を検討する。

ラフ改善案と詳細改善案を統合して改善計画を作成する。詳細見積りをし目標達成できるか確認する。出来ない場合は目標を超えるまで改善案を追加する(図7)。

R1 結果	R2 現象	R3 現象	f1 要因	改善案	効果 予想
ロボット CT	待ち	洗浄 26⇒3"	待ちの 間に他 の動作可	待たず に次の 動作に	△23"
82⇒41"	40⇒3"	はくり 14⇒0"			△14"
案計 CT22"					
	ハンド 上下	低速上昇 2.5"x6回⇒	ハンダ 以外 高速可	高速上昇 0.6"x5回	△9"
	36⇒13"	低速下降 2.3"x9回⇒		高速下降 0.6"x8回	△14"
	アーム 移動	I/O⇒A 450mm⇒	遠い	距離を短く 190mmに	△0.3"
	4.4⇒4.1"				

図7 改善計画体系図

## 7. 講座の実施

### 7-1. 学科指導案

それぞれのコマ(授業1回90分)毎に学科指導案を作成した(図8)。

### 7-2. 理解度の評価

動機づけと座学では理解度テストを実施した。理解度テストとは講義のキーワードを空欄にしておき、講義の始めと終わりに10分程度の同じテストを行うものである。通常、受講者本人に書かせる理解度アンケートをよく見かける。アンケートは理解度の高い受講生でも自分に満足できないと低目の評価をし、理解度の低い受講生でも自分に満足すれば高目の評価をする傾向があるので正確に把握することが出来ない。これに対して理解度テストは受講生の理解度を領域別に客観的に正確に把握することが出来る。

1. 表題 ロボット動作改善案の効果確認とまとめ  
 2. 目標 ①結果を正しく測定し評価できる。②順を追って整理できる。

指導段階	指導項目と展開方法	時間(分)
		90
導入	(1)今日の予定配布	3
提示	効果確認とまとめ	
	(1)時間観測:CT測定	15
	(2)生産性指標グラフ:結果を記入、目標達成か否か確認	10
	(3)作業手順&時間表を作成:予測と比較し差が小さいかみる	10
	(4)タイムチャート作成:予測と比較し差が小さいかみる	10
	(5)m-mチャート作成:	10
要点 ・順序 ・展開 ・教材 ・板書	・はくり時間が制約条件の11秒以上になっているか確認	5
	・洗浄時間が制約条件の26秒以上になっているか確認	5
	(6)まとめ	
	・まとめ用紙に記入する。	5
適用	(1)まとめを代表者が発表する	10
まとめ	(2)ファイルを提出	2
	(3)次回の予定を確認	5

図8 学科指導案

### 7-3. 動機づけ

日本の製造業の状況をグローバルな見地から知ってもらうため、自動車業界と中国の躍進をテーマに講義した。また工場とはどんな所か、製造工程は、どうなっているかを自分の目で実際に見てもらった(図9)。



図9 工場見学と製造工程

自動車産業の裾野を支えているのは中小企業であること、工場の設備や工程を自分の目で見て、ものづくりにおける技術ノウハウの重要性や、継続的カイゼンによってノウハウを積み重ねることの重要性を感じてもらえたようである。

### 7-4. 座学

座学といっても講義の合間に簡単な実習を交えて行った。知識と共に技能を訓練するためである。サーブリッグの実習ではペンのキャップの抜き挿しという簡単な作業を講師が目の前で見せ分析させた。動作を受講生の習熟度に合わせて最初はゆっくり、慣れてきたら普通のペースで行うことが出来る。更に工場の実作業のビデオを見ながらサーブリッグ分析を行った。工場で行うサーブリッグ分析の疑似体験である(図10)。



図10 工場実作業のビデオ分析

モーションマインドの尺度として、着眼点を出す量と質がある。簡単な実作業や工場実作業のビデオ分析で着眼点をたくさん出す訓練を行った。受講生は講師が想定していた以上の着眼点を出し、講師を驚かせた。

7-5. 実習

実習は3人1組のチームで行った。3人という人数は全員が主体的な関わりを持ちチームワークが発揮できる最適な単位と感じた。

実習では理解度テストを実施せず、実習に集中させることにした。目次とインデックス付きの空ファイルを渡し、配布し作業した資料をその都度ファイレインさせた。最後の Action 改善で報告書を作り1冊の本としてファイルを完成させた。ファイルの出来具合を採点表で細かく評価することで理解度の評価とした(図11)。

期	テーマ	インデックス	名称	内容	IY		IY		KS		KS		TR		TR			
					出次	理解度	向上度	参加度	出次	理解度	向上度	参加度	出次	理解度	向上度	参加度		
1	1	1	1	1	100	80	100	4	3	100	60	100	5	3	80	30	3	2
2	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
3	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
4	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
5	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
6	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
7	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
8	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
9	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
10	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
11	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
12	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
13	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
14	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
15	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
16	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
17	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
18	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
19	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
20	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
21	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
22	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
23	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
24	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
25	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
26	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
27	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
28	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
29	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3
30	1	1	1	1	100	100	100	4	3	100	100	100	5	3	100	100	5	3

図11 実習の評価表

なるべくロボットというモノに触れてもらうため作業手順書を作成し受講生自ら操作が出来るようにした。作業手順書は工場で新人の訓練に使ったり、作業標準を明確にする目的で作られるものである。受講生は作業手順書を1行ずつ音読しながら1つずつ手順を進め、「自動運転」、「非常停止からの復帰」などを自ら操作しながら行った(図12)。

機械No.		文書番号	Robo-01	作成	承認
設備名	三菱多関節ロボット	制定	2012年6月1日	2012/6/1	森一明
		改訂			
No.	作業手順			ポイント	
1	電源on自動運転				
2	ブレーカをONにする。			上面に小さな字でONとOFF表示あり。 SWは前面右下、 <input type="checkbox"/> がON。 オーバーライド60%の意。 AutoでEnableだと警告音が鳴り自動運転でできない。AutoとDisableの組合せにしてResetキーを押し警告音を消す。	
3	制御BoxのPOWER(電源SW)をONにする。				
4	しばらく待つ→ディスプレイ表示が「0.060」となる。				
5	制御Boxのキー-SWをAuto op. (左)にし、ティーチングBoxのキー-SWをDisable (左)にする。				

図12 「自動運転」の作業手順書

I E 改善技術が主テーマで、ロボット操作の講座ではないので、改善案のNCプログラムは講師側で作成した。受講生には、①レイアウト&ハンドパス図、②作業手順&時間表、③プログラム動作手順書の3点セットを作成させた。プログラム動作手順書の1行がNCプログラムの1ブロックに対応する。動作確認(デバッグ)を体験させるため「プログラム修正」の作業手順書を作成した。改善案のNCプログラムを自動運転させてサイクルタイムと洗浄槽の浸漬時間を測定し、作業手順書を見ながら自分達でタイ

マの時間値を修正して最適化をはかる作業を行わせた。

## 8.まとめ

### 8-1. 座学の学習効果

知識の習得度は理解度テストで評価した。研修の前と後で理解度が大幅に向上し、座学の有効性が確認できた（図13）。

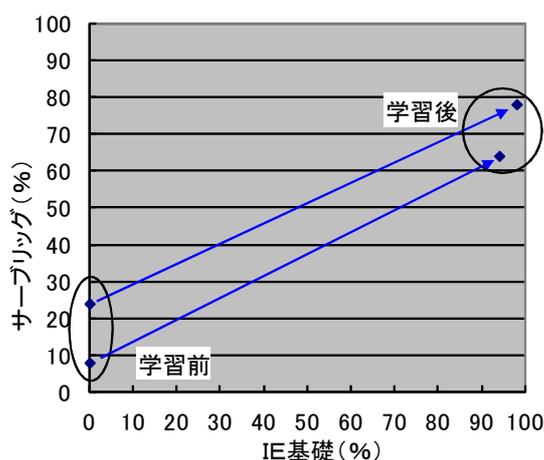


図13 座学の学習効果

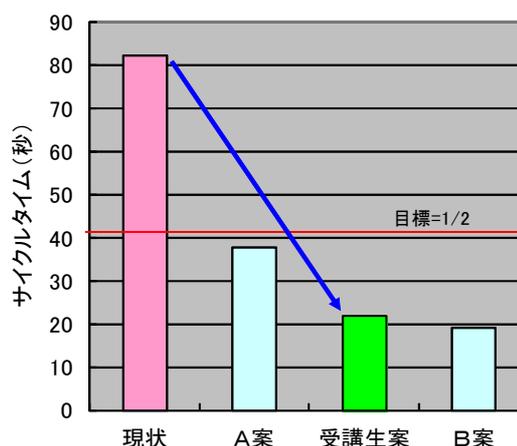


図14 実習の学習効果

時間観測やサーブリッグなど、技能の習得度は受講生の観察から判断した。

時間観測では当初ストップウォッチの操作に慣れず1サイクルの測定にも手間取った。しかし研修の後半ではスムーズに扱えるようになり、1サイクルを10前後の要素作業に分割してラップで連続測定できるまでになった。

サーブリッグでは当初「ペンのキャップの抜き挿し」を講師がゆっくり何度もやってみせ、やっと記録ができたのが、研修の後半ではロボットの連続動作を見ながら記録できるまでに習熟した。

### 8-2. 実習の学習効果

「はくりロボット」モデルのサイクルタイム半減を課題として与えた。講座を始める前に講師側で改善案をA、Bの2案作成しサイクルタイムを測定した。A案は通常で達成可能な案、B案は最大の改善効果が得られる案である。受講生が考えた改善案のサイクルタイムはB案に肉薄した優れたものとなった（図14）。

### 8-3. 結論

この講座は短期間で効率的に改善手法の習得ができ、カイゼンカの元となるモーションマインドの育成に効果絶大との感触を得た。

製造業の裾野を支えているのは中小企業である。大企業ほど人材や余力がないため技術系新入社員に「ものづくり」の基礎であるIE改善技術やQC手法の教育が十分に出来ないのが実情である。

大学における「ものづくり技術者教育」に、このような講座を取入れることによって、会社に入ったらすぐ役立つ「社会・企業の目線に立った人材づくり」ができると考える。

「ロボットを利用した課題解決型IE教育」が今後の「ものづくり技術者教育」に貢献できれば幸いである。

〈参考文献〉

- 1) 通商産業省編「2012 年版ものづくり白書」、  
<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2012/pdf/gaiyou.pdf>
- 2) 静岡理科大学HP、大学概要＞基本理念・教育方針・学則、「理念と使命」「教育方針」
- 3) 2012 年日本大学生産工学部後援会誌、学部長メッセージ、松井勇「生産工学部におけるものづくり教育」
- 4) 2012 静岡理科大学公開講座、前期第 2 回“これでいいのか！ものづくり教育”、埼玉大学 教育学部 准教授 内海能亜著「教員養成大学と中学校技術科のものづくり教育」
- 5) 静岡理科大学紀要第 19 巻 2011 年、関山秀雄、丹羽昌平、野崎孝志他共著「“やらまいか教育”の平成 22 年度実施報告」
- 6) 財団法人職業訓練教材研究会発行、厚生労働省職業能力開発局監修「職業訓練における指導の理論と実際」八訂版
- 7) 日本 I E 協会HP「I E とは」、<http://www.j-ie.com/about/about-ie/ie-history/>
- 8) 日本設備管理学会東海支部発行、平成 15 年第 7 回設備保全シンポジウム予稿集、ヤマハ発動機 金原大悟著「クランクシャフト加工ラインにおける搬送ロボットの動作改善」

＜CFRPによる軽量化、CO2 排出削減の国プロにおける技術士の連携＞

江口 正臣 技術士（化学）

三重県支部



1. はじめに

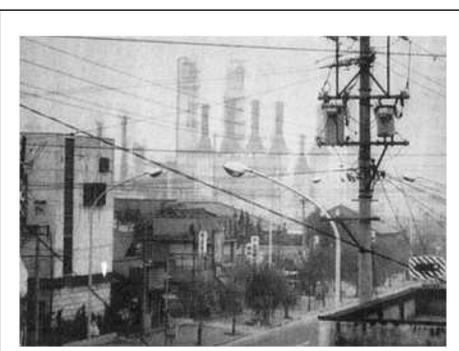
今回、特集テーマ記事：「技術士が科学・技術発展のためにどう行動するか！」が募集された。この機会に、過去の「四日市公害」に技術者として、新技術の普及・経済成長の陰の部分（副作用）に対応してきた事例と、最近地球規模の課題となっている SDGs に対応する新素材である炭素繊維複合材料の航空機・自動車等の軽量化、炭酸ガス排出量削減国家プロジェクト NCC（National Composite Center）に取組んだ中部本部の技術士仲間との連携の成果事例を紹介したい。

2. 四日市公害の反省（新技術の見落とされた副作用）

子供の頃から四日市で育ち、美しい伊勢湾が「四日市公害」により汚染されていく現実直面し、これを化学技術者として回復する責務を痛感していた。大学4年の大学祭では「公害展」を開催した。四日市コンビナートの亜硫酸ガス排出企業を訪問して意見交換し、工場排水の分析、四日市保健所の亜硫酸ガスの大気濃度分布等のデータ、写真を収集して展示し、亜硫酸ガスの脱硫技術もデモでPRした。四日市だけではなく、九州の八幡製鉄おける煤煙で太陽が見えない暗黒の写真も掲載した。1972年（昭和47年）に四日市公害訴訟判決で住民側が勝訴した。その後、産学の技術者の新技術の開発が功を奏し、現在では、青空と美しい海を取り戻すことができた。今では、コンビナートの美しい夜景を楽しむクルージングが人気の的である。ここまでの苦闘の経緯を「国策による負の遺産、四日市公害」～そこからの教訓を、原発にどう反映するか～と題し、中部本部化学部会と三重県支部で講演させていただいた。



学童通学(四日市喘息)



塩浜地区のコンビナート周辺のスモッグ



八幡製鉄の煤煙



四日公害の激甚地区（磯津）

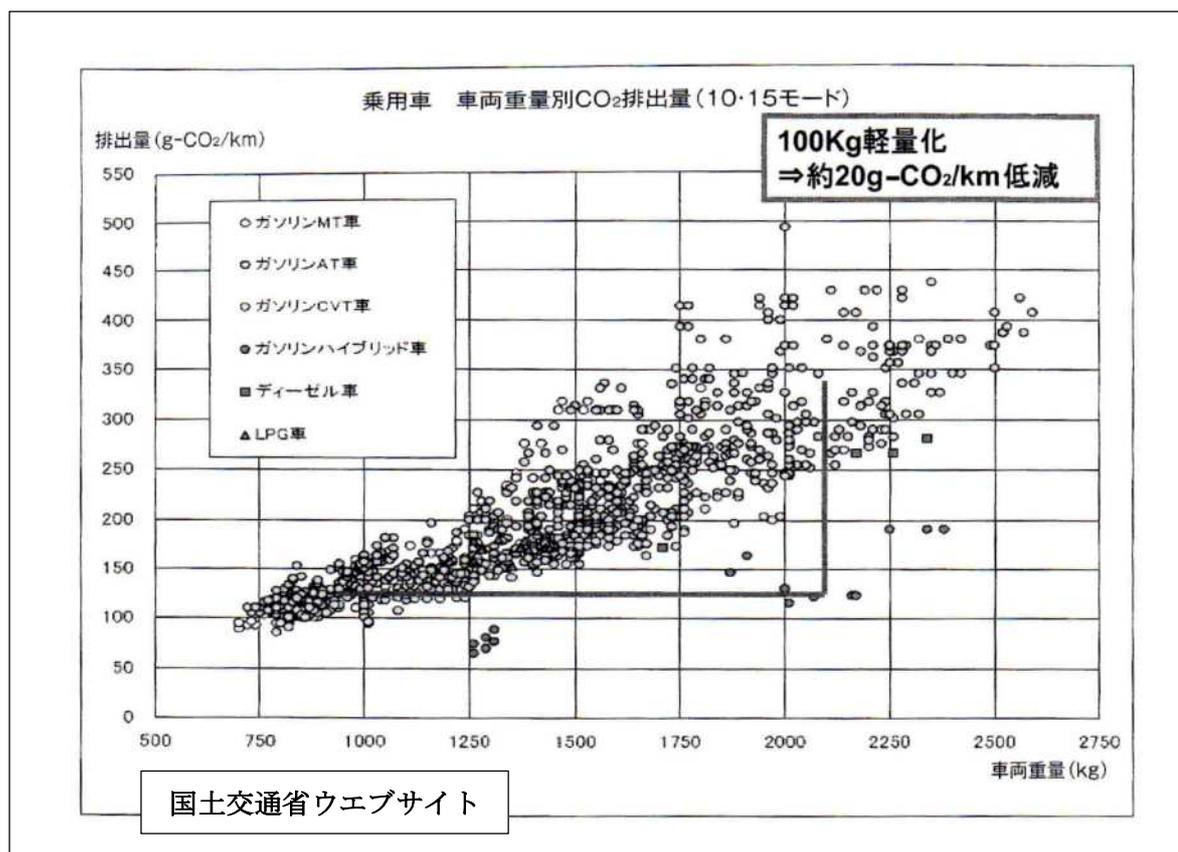


青空を取り戻した現在の四日市コンビナート

### 3. 炭素繊維複合材料（CFRP）による軽量化、炭酸ガス排出量削減国家プロジェクトの推進

化石燃料の枯渇問題から燃費向上、炭酸ガス排出量削減が叫ばれてから、かなりの年月が経ってきた。2030年のSDGs、2050年のカーボンニュートラルへと地球規模の喫緊の課題となっている。最近の技術展示会での原料メーカーの展示内容は、サステナブル、サーキュラーエコノミーのテーマ色である。

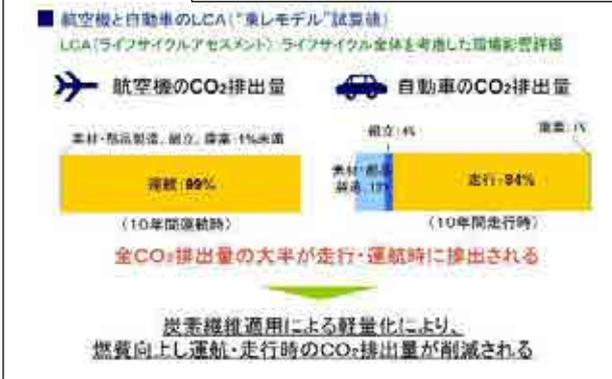
炭酸ガス排出量削減のために、航空機、自動車等の燃費向上のために、軽量化新素材として CFRP を普及促進する国家プロジェクト NCC(National Composites Center)が中部経済産業局で推進された。当初は、中部経済産業局のもと中部科学技術センターで「ものづくり創生協議会」のアドバイザーとして、中小企業のものづくり技術支援、補助金の申請支援、などの活動を行っていた。その後、航空機産業における軽量化新素材である CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics) が脚光を浴び、これをバネにして航空機産業の成長拡大が叫ばれた。YS12 以来国産民間航空機の開発がなく、三菱重工の MRJ（三菱リージョナルジェット）に期待が集まった。我々技術士仲間が（一社）中部航空宇宙産業技術センター（通称：c-astec）に集結することになった。技術士の航空部門2名（S氏とT氏）で、三菱重工、川崎重工の出身である。それに小生（東レ：炭素繊維メーカー）である。初期は、航空機関係が主で、東大・九大・名大・金工大等の航空関係の先生方、JAXA、産総研との活動から始まった。



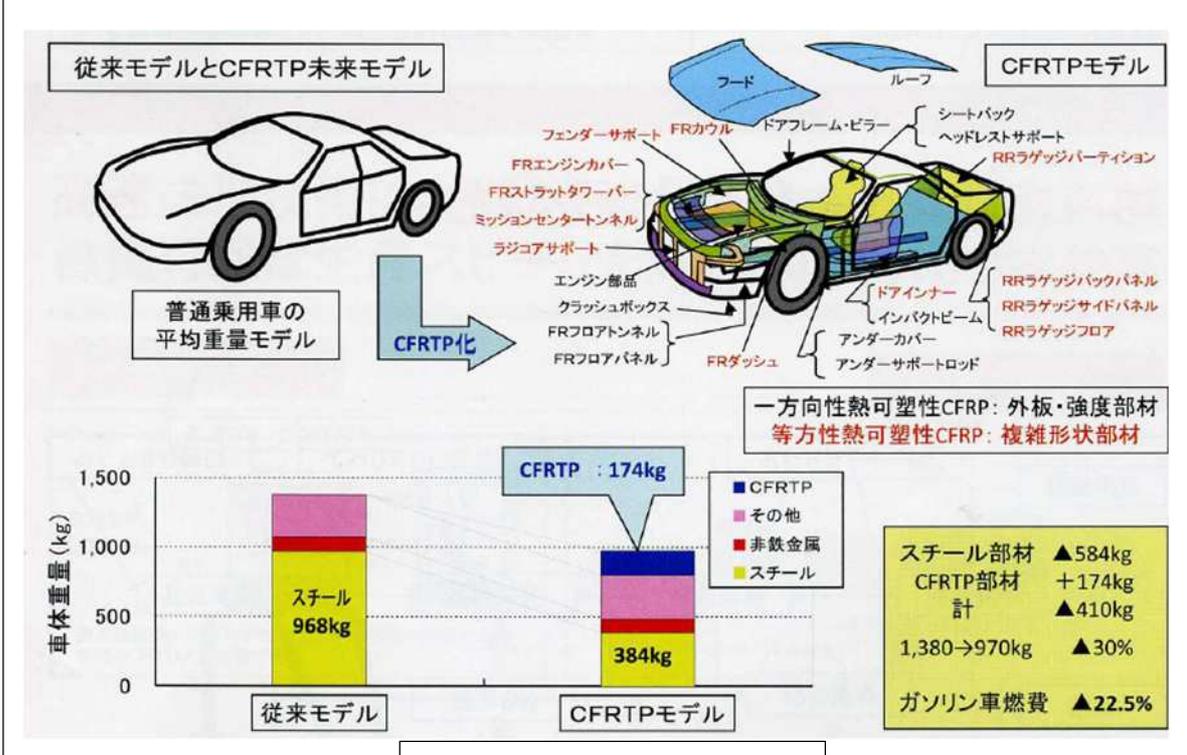
航空機へ CFRP を適応するための周辺課題に取り組む中、中部地区の大きな産業の要である自動車の軽量化の重要性が認識されてきた。当時は GFRP（ガラス繊維強化樹脂）が主流であり、CFRP（炭素繊維強化樹脂）の軽量化の省エネ効果と特性・価格・課題解決が、大きなテーマであった。

東レでは、航空機、自動車の軽量化による省エネ効果、CO<sub>2</sub> 排出削減効果を LCA（ライフサイクルアセスメント）を考慮し、その有効性を評価していた。炭素繊維のリサイクル化についても、福岡県大牟田市にあるエコタウンでの試作プラント（60 t / 月）でその可能性を実証していた。

東レ：第3回 IT-2010 戦略セミナー（炭素繊維複合材料）2008.4.11



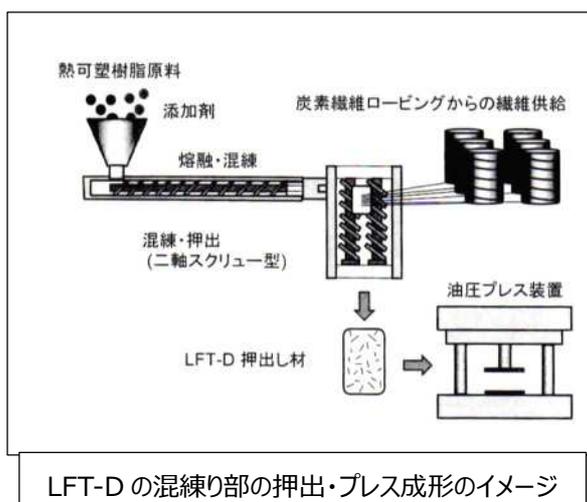
このような背景の中、NCCの戦略的位置づけ、目指す方向、取り組むべき課題・テーマ等が関係者により、集約された。自動車の生産性から、熱硬化性樹脂 CFRP から熱可塑性樹脂 CFRTP（Carbon Fiber Reinforced Thermo Plastics）の開発が必須であるとの方向性が示された。



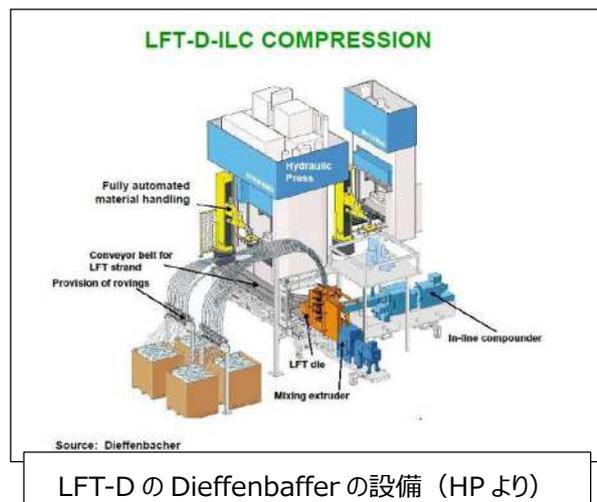
4. NCCの設備仕様と国際競争入札に勝つために対応する事前準備と技術士の連携

4.1 設備構想

目指す方向性は、共有された。自動車の現状生産ラインのタクトタイム1分/台を想定した実機用大型圧縮プレスの仕様決定と、国際入札に勝つために対応する事前準備が急務であった。1億2000万円以上の設備投資に対しては、国際入札がされることになっている。為替が約85円の円高では、輸入設備に対し価格的に不利であり、国際競争入札に対抗できる技術データが必要であった。コストダウン、連続成形ライン化のため、LFT-D(Long-Fiber-Thermoplastic-Direct)方式で炭素繊維の糸を熱可塑性樹脂と直接エクストルーダーに投入し、比較的長繊維で切断され、混練りした熔融樹脂を保温した状態で大型圧縮プレスにロボットで移送し、成形品とするプロセスである（目標物性：CFRP≧CFRTP）。



LFT-D の混練り部の押出・プレス成形のイメージ



LFT-D の Dieffenbacher の設備 (HP より)

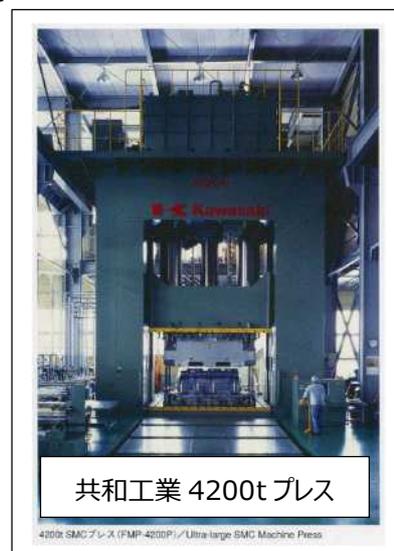
このプロセスは、GFRP ではドイツの Dieffenbacher 社が既に確立し、市販されていた。JAXA は先行している該社の装置を導入し、早期立ち上げを希望した。日本でも某自動車会社が導入しており、海外設備導入のメリット・デメリットの情報収集のため訪問した。海外設備の導入では、手直し・改善のたびに追加費用が必要で、本国ドイツとのやり取りで時間を要し、立上げまでに約 3 年を要したとのことであった。

国産の技術はどうか、元神戸製鋼所出身で技術士の N 氏とプラスチック加工研究会（東・名・大で約 150 社が加入）の会長である H 技術士に日本の技術力を伺った。N 技術士によると、かなり前に 4000 t プレスを某自動車メーカーに納入した実績はあるが、その時代ではニーズがなく進展していないが、技術力はあるとのことであった。川崎油工では多数の大型プレス納入実績があることが分かった。大型プレスに適応する大型金型については、H 技術士から世界一の日本のメーカー共和工業を紹介してもらい、建設予定の名大の先生方を引率し、4000 t クラスの大型プレスを見学した。後は、実務のできる運転要員である。設備導入しても大学の先生方では運転操作ができないため、国産設備で実績のある企業の協力体制が必要であり、プロジェクト遂行のために国産設備の導入が必須であると、再確認した。

#### 4. 2 世界初の炭素繊維によるダイレクト混練りの可能性の確認

設備構想は、自動車会社を中心に仕様が検討された。現在の自動車生産ラインをイメージした生産プロセスであり、約 2 m<sup>2</sup> の断面積の部品を圧縮成形できる 3500 t 大型プレスが選ばれた。プレスの平行度の要求精度として、自動車会社から ±0.00 mm が提示された。競合企業 Dieffenbacher 社には制御機構がなく、川崎油工は 4 本の油圧シリンダーによる制御機構を備えていた。

次に炭素繊維と樹脂（例えば PA 樹脂）とのダイレクト混練りが可能かの確認が必須条件である。日本製鋼所を訪問し、技師長と相談した。ガラス繊維では前述したように技術確立されていたが、炭素繊維については、短繊維にカットされた混練りは一般的に使用されているが、ダイレクト混練りの実績がなく、この技術データを確認することが競争入札に勝つポイントだと確信した。その当時の感覚では、技師長はエクストルーダーに炭素繊維が巻き付き、切断できないかもしれない、と心配した。小生は、考え



共和工業 4200t プレス

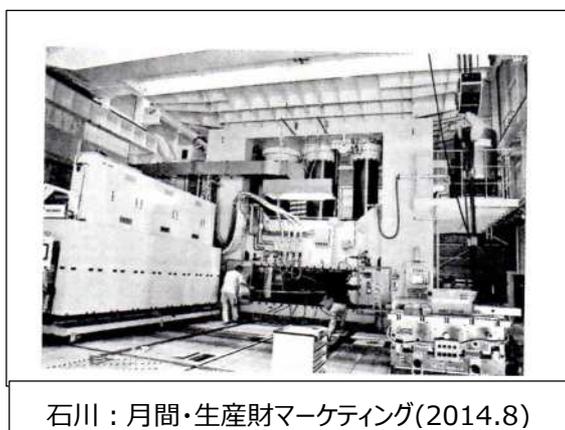
4200t SMCプレス (FMP-4200P)/Ultra-large SMC Machine Press

ているより、やってみるべきだと主張した。炭素繊維が高価であり、費用をどこが負担するか、中部経済産業局のメンバーも思案したが、最終的には東レに交渉し、了解を得た。「案ずるより産むは易し」で、下記の写真のように、容易に切断された溶融樹脂の塊が得られた。この2つの技術的優位性により、設備価格では不利であったが、名大の国産設備発注の根拠が得られ、国際入札に勝つことができた。



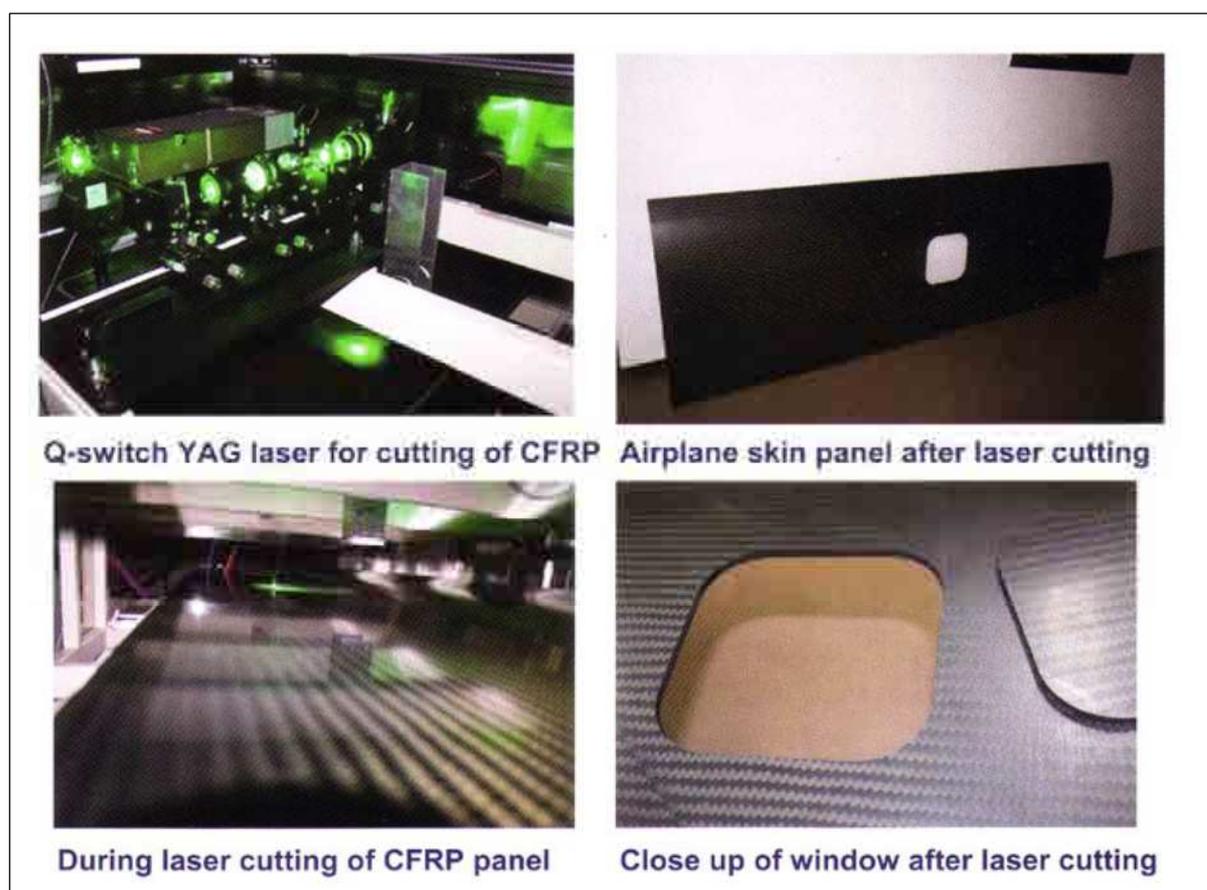
#### 4. 3 NCC の体制と設備の完成

NCC の設備に対する国際競争入札で名大が、技術的に必須の2つの要件、プレス機の平行度精度と制御が可能なこと、炭素繊維と樹脂のダイレクト溶融混練りの可能性の確認（世界初）を根拠として、価格的には為替の約85円/ドルの厳しい競争下で、技術的優位性で国産企業に落札した。



#### 4. 4 CFRP (CFRTP) 難削材加工の技術の開発

CFRP (CFRTP) の航空機・自動車等への適応を遂行するためには、素材だけでは成り立たず、そのための新しい加工技術が必要である。ボルト締めをする穴加工が従来のドリル加工では、数個で摩耗してしまう。難削材加工技術開発が急務であった。このために、①ワイヤーカット、②ドリル加工によるドリルの耐摩耗材料、③低摩擦係数を狙った研削液中へのファインバブルの混相、④レーザー加工による加工時間の短縮化、バリ無し加工、等の研究開発が並行して進められた。航空機の方はボーイングの B787 では炭素繊維が50%を占める機体が採用されることになった。レーザー加工に関しては、川崎重工退社後、名古屋大学教授を経て、定年後「最新レーザー技術研究センター」を起業された沓名宗春氏とのコラボレーションには助けられた。これも技術士の人脈のお蔭である。その後も、軽量化材料としてドローンやマウンテンバイク等への展開に向けて、中小企業のレーザー加工技術開発支援にご指導を賜っている。



沓名宗春：講演資料「航空宇宙産業へのレーザー技術の応用」(2010.11.25)

## 5. おわりに

今回、特集テーマ記事：「技術士が科学・技術発展のためにどう行動するか！」が募集され、投稿する機会を得た。新素材として炭素繊維複合材料（CFRP・CFRTP）が軽量化材料として、燃費向上・CO2 排出量低減に寄与することから、航空機から自動車等へ展開するプロジェクトが推進された。

このプロジェクトのコーディネーターとして、産学官の連携をどう進めるのか、その責任と重圧に押しつぶされそうになった。自分の技術能力だけでは、到底遂行できるはずもない。有難いことに「技術士」の各専門部門の仲間がいることで、次から次へとネットワークが繋がり、面白いように課題を解決することができた。

中部経済産業局の方々を中心とした推進力はもちろんであるが、それを技術面でサポートして構築していくのは、我々技術士・技術者の技術力・開発力であるが、自分一人の力では遂行できない。幸運にも各部門の技術士仲間にも恵まれて、そのネットワークにより、国家プロジェクト NCC(National Composite Center)が国産設備と国内の技術力で遂行できたことを、この紙面をお借りして、感謝を述べると同時に、改めて技術士会のネットワークの有難さを痛感した次第である。

## <科学・技術の発展とともに：科学・技術と社会の関係>

大澤 英昭 技術士（応用理学）

岐阜支部



### 1. はじめに

科学・技術と社会との関連に関し、「トランス・サイエンス」と呼ばれる科学と社会(政治)が交錯する領域という概念<sup>1)</sup>が日本で話題にされてから約 20 年あまりたちます。この領域は、『科学によって問うことはできるが、科学によって答えることのできない問題群からなる領域』であり、これらの問題群を解決する際は、科学・技術以外の様々な要素を含めて検討される必要があるとされています<sup>2)</sup>。そのため、小林(2007)<sup>2)</sup>は、このような領域に存在する問題群は、科学・技術の専門家といった限られた人だけで判断することは困難で、リスクとベネフィットの両方を受ける市民などの意思決定への参加が重要な意味をもつ、と指摘しました。

昨今の科学・技術の開発とその利用により、トランス・サイエンスの問題群も益々複雑化、その範囲も拡大し、人間社会や環境に新しいタイプの影響を生み出し、その影響もグローバルになってきています。そのような状況の中で、国内外で様々な市民参加型の熟議も試行されてきています。

本稿では、小林(2007)<sup>2)</sup>の指摘も踏まえ、改めて市民が科学・技術をどのように理解するのか、市民と熟議を進めるために、これまで国内外でどのような取り組みが行われてきたのか、今後、新たな科学・技術を社会とつなぎ、国民の福祉をもたらすために、技術士としても、どのようなことに留意して社会貢献を行うとよいのか、について考えていることを述べたいと思います。

### 2. 市民は科学・技術をどのように理解するのか

そもそも、市民と専門家では対象となる課題に対する専門的な情報量、リスクの感じ方が異なります。専門家は豊富な専門的情報量に基づきリスクをハザードと発生確率の積とした科学的な評価を行い、社会的必要性や技術的なコントロール可能性を重視するとされています<sup>3)</sup>。しかし、専門家は、日々の取り組みをとおして、科学・技術を社会に役立てたいと考えているため、科学・技術をコントロールできるという信念が形成されやすく、リスクを過小評価する傾向もあると指摘されています<sup>4)</sup>。一方で、市民は、リスクが社会(自分たち)にどのような影響を与えるのかに関心があります。専門的内容について吟味する能力がある場合にはリスクの情報を熟慮し評価しますが、そうでない場合には、情報の熟慮ではなく、周辺の手がかり(例えば、「信頼できる専門家が言っているから正しい」)によりヒューリスティックな判断を行うとされています<sup>5)</sup>。そのため、市民は自分が日ごろから馴染んでいず、かつそのリスクに関する関係者や専門家が信頼できなければ、報道されている事故や災害など、想起しやすい情報を優先し、リスクを程度としてとらえず、安全か危険かといった選択肢で、結果としてゼロリスクを求めてしまいます。

それでは、市民は、科学・技術のリスクをどのように理解するのでしょうか。これについては、2000 年頃に日本で初めて行われたコンセンサス会議が一つの例になります。コンセンサス会議は、1987 年からデンマークで開始された市民の参加型テクノロジーアセスメント(TA)の一手法です(TAとは、科学・技術の負の社会的影響に備える制度をつくらうと、1960 年代に米国で生まれたもので、『科学技術の開発や利用に関する社会的意思決定を支援するため、科学技術の社会的影響を多面的に予測し評価する活動や、そのための制度』<sup>6)</sup>のことです)。コンセンサス会議は、『社会の縮図となるよう、年代や職業、学歴などが多様な十数人から 20 人程度の参加者を一般から抽出して行う市民会議です。コンセンサス会議の参加者は、

テーマとなる技術について、事前にバランスの取れた情報提供を受けたうえで、専門家との対話も交えつつ、数回の週末に分けて断続的に3～8日間程度かけて話し合い、最終的に参加者全員の合意で評価文書をまとめます<sup>6)</sup>。日本では、1998年に「遺伝子治療を考える市民の会議」、2000年に「遺伝子組換え農作物を考えるコンセンサス会議」が、社会科学技術論分野の専門家を中心に試行されました。上記の2例のコンセンサス会議の内容は小林(2004)<sup>7)</sup>や木場(2000)<sup>8)</sup>に詳しく紹介されていますが、この会議の中で、市民は、意見の異なる専門家の話を聞き、それらと比較しながら、どこに意見の食い違いがあるのか、それが社会にどのような影響をもたらすのかを考え、かつ市民の過去の経験の中で蓄積してきた経験的な知識(ローカルナレッジ<sup>9)</sup>)とも比較しながら、その科学・技術が、社会(自分たち)にどのような影響を与えるリスクがあるのかを理解・抽出し(一部は、個々の専門家が気づいていなかったリスクも含めて)、今後、社会においてその科学・技術をどのように扱って欲しいのか、ということ提案しています。また、これまでの他の研究でも、市民は対象となる課題に対しリスクの結果や影響の予測可能性、社会的必要性、国や企業などの専門家への信頼など、より社会的な側面を重視するとされています<sup>3)</sup>。一方で、このような専門家と市民のリスクの理解の違いにより、コンセンサス会議の終了後に専門家は、その会議は有意義だったと評価しつつも、「やはりわかってもらえなかったな」、自分の研究がこんな感じで受け取られていたのかと衝撃を受け、自分の研究を否定されたような感覚を持った、という感想を漏らす専門家の方が多くいたそうです<sup>7)</sup>。それらについて、小林(2007)<sup>7)</sup>は、『専門家には専門家に根ざした専門家ならではの意見や視点があることは当然であるが、同時にこれは専門家の視野狭窄をも伴う可能性があることに注意しなければならない』とし、市民の熟議への参加により、『科学技術の専門家や行政官といった少数の人々による問題設定の偏りが是正される可能性も高まる』<sup>7)</sup>と指摘しています。

このように、従来は、市民に科学・技術の十分な知識はなく、情報を市民に提供すれば理解を示すようになるといった「欠如モデル」に基づき、一方向のコミュニケーションが行われてきましたが、市民は熟議をとおり、専門家とは異なる視点(社会(自分たち)への影響)で市民はリスクを理解・抽出することが可能であり、新たな科学・技術と社会をつなぐためにも市民の熟議は有効なのだというのが、これまでの市民参加型会議をとおりして理解されてきています。

### 3.市民の熟議のこれまでの取り組みは

本章では、市民における熟議を進めるために、国内外でどのような取り組みが行われてきたのかを、主に三上(2020)<sup>6)</sup>や八木(2020)<sup>10)</sup>で述べられているエッセンスを用いて紹介します。

三上(2020)<sup>6)</sup>によると、TAは、科学・技術の負の社会的影響に備える制度をつくらうと1960年代に米国で生まれたもので、米国ではTAを専門に扱う機関が設置(米国議会技術評価局(OTA))<sup>注1)</sup>、『欧州諸国でも1970年代後半からTAの必要性の議論が活発』になり、1980年代になるとTA機関が設立された、とされています。米国のTAでは立場の異なる専門家やステークホルダーの間の対話でしたが、欧州では新たな展開として市民による参加型TAが行われるようになります。市民による参加型TAの先駆的な取り組みとして、例えば2章で示したコンセンサス会議があげられます。コンセンサス会議の発祥の地であるデンマークでは、デンマーク議会の諮問機関(TA機関)として設立されたデンマーク技術委員会(DBT)において、様々な科学・技術をテーマに市民による熟議が行われ、政策に反映されました。市民参加型会議では、TAの領域だけでなく、環境や町づくりなど様々なテーマで議論が喚起され、市民の意見が反映されています。最近では、科学・技術の社会への影響がグローバルになってきていることも考慮に入れ、コンセ

ンサス会議といった少人数のものから、国境を越えたグローバルで数百人規模の市民参加に力点が置かれ、世界市民会議(World Wide View)<sup>注2)</sup>など、世界規模でミニ・パブリックを実現しようとする取り組み(無作為抽出により社会の縮図を作り、政策決定などに活用するために議論を行うという取り組み)が行われるなど、市民参加や熟議を拡充する方向で民主主義を刷新するための仕組みを編み出そうとする流れになってきています<sup>6)</sup>。OECD Open Government Unit は、これまで行われた公共的意思決定のための熟議プロセスを分析・整理し<sup>11)</sup>、目的にそって4つに分類しています。『政策課題に対する十分な情報に基づく市民の提言形成』(例えば、コンセンサス会議)、『政策課題に対する市民の意見の把握』(例えば、討論型世論調査<sup>注3)</sup>、世界市民会議)、『住民投票にかけられる法案の評価』<sup>注4)</sup>、『常設の抽選代表による熟議機関モデル』<sup>注5)</sup>、の4つになります(各市民参加会議のイメージは参考文献 11)の原本<sup>注6)</sup>を参照)。いずれの手法も、ミニ・パブリックを構築することがポイントで、政策課題の影響を受ける市民から無作為抽出で参加者を募るといった方法となっています。これにより、抽選代表による熟議プロセスにより、『世論ではなく、熟議を通じて勘案された人々の判断が、当該の政策争点について十分な情報に基づいた提言になるため、より良い政策の成果が得られる』<sup>11)</sup>と指摘されています。4つのモデルに対し様々な手法が試行されていますが、政策課題の複雑性、提言の深度、参加者に与えられる自由度(ルール形式が厳格か柔軟か)、必要なコスト、プロセスの長さ等により、その適用性が異なることが示されています。また、熟議プロセスの成功の原則として、目的の明確性、説明責任、プロセスの透明性、参加者の代表性・包括性、幅広い情報提供、グループ討議の公正さ、誠実性、学習と熟議のための十分な時間、参加者の独立性を保つためのプライバシーの尊重、客観的な基準に基づくプロセスの評価など、があげられています。

日本でも、コンセンサス会議をはじめ、福島第一原子力発電所事故を受けて実施されたエネルギー環境に関する国民的議論で適用された討論型世論調査で、原子力発電比率を今後どうするのか、といった熟議が行われています(OECD Database of Representative Deliberative Processes and Institutions <sup>注7)</sup>で取り上げられている日本の事例はこれのみ)。しかし、日本では、『対立する価値の調整という政治的な問題に関わるはずの TA が、日本では、技術的な問題解決の手段として受容された結果、技術予測やプロジェクト評価で代替可能なものと位置づけられ、その意義存在が薄れ定着しなかった』<sup>6)</sup>とされ、TAは制度化に至っていません。また八木(2020)<sup>10)</sup>は、これまで、市民が気楽に参加できることを念頭に、サイエンスカフェや科学実験教室など、『科学・技術の理解増進』の取り組みが行われてきていますが、『科学・技術のリスクの側面』(科学・技術の社会的・公共的なリスク・課題)や『そのガバナンスのあり方に念頭をおいた』対話の場や、『政策との接続を念頭においた対話の場』(認識されたリスク・課題をどのように取り扱い、政策に反映するのかといったリスクガバナンスに関する議論をする市民参加型の取り組み)が不足していると、指摘しています。

#### 4. 科学・技術の発展とともに

昨今の科学・技術の発展は、これまでとは異なるタイプの影響を環境や人間社会にもたらし、かつその影響範囲はグローバルになっています。例えば、急激に発展した AI は、新薬開発への期待<sup>12)</sup>など、AI を使って科学研究を加速させようとする動きがある一方で、AI の悪用と倫理的課題が指摘され、EU では AI 包括規制法が世界で初めて成立<sup>13)</sup>するなど、国内外で AI 倫理に関わる活動が広がっています<sup>14)</sup>。AI 研究の一部の専門家からは、人間以上に賢い AI が早ければ 5 年後には生まれ、人間に様々な脅威を与えると、SF さながらの将来世界が指摘されています<sup>15)</sup>。科学・技術の発展でこのような新しいタイプの影

響が環境や人間社会にもたらされる中で、技術士は豊かな創造性を持って、複合的な問題(リスク)を明確にし、解決策を提示するコンピテンシーを、今後も求められることとなります。しかし、様々なリスクに対する、複数の解決オプションの中から、多様な価値観を有する人々に受け入れられる解決策を選択することは、とても一人の技術士だけできることではなく、多様な人々の異なる意見に留意して、それらを反映していくことが必要です。

例えば、私がこれまで従事してきた高レベル放射性廃棄物の将来の管理方針について、英国では、将来数万年にもわたって環境や人間社会に影響を与える可能性があることも踏まえ、図 1 に示すような合意形成プロセス(Public and Stakeholder Engagement (PSE))で、複数の解決オプションの中から地層処分政策を選択しています<sup>16)17)</sup>。合意形成は、

- ・PSE1(2004. 11～2005. 1) ; 放射性廃棄物のインベントリの確認、考えられる全ての放射性廃棄物の長期管理オプション(ロングリスト)およびそのショートリスト化の基準の策定、
- ・PSE2(2005. 4～2005. 6) ; ショートリスト案の策定、ショートリストの評価に用いる基準策定、
- ・PSE3(2005. 10～2006. 2) ; ショートリストの評価(多基準意思決定法、全体論的評価)、
- ・PSE4(2006. 5) ; 放射性廃棄物管理委員会(CoRWM) の勧告案(実施方法や公衆の信頼を高める方法を含めて)の策定、

の4段階で、科学・技術や社会科学(倫理学(将来世代と現世代や、地域間の公正ほか)、経済学(コストほか)等)の専門家の意見や、様々な市民(様々な地域、性別、年齢、社会階級の人々、11～18 歳

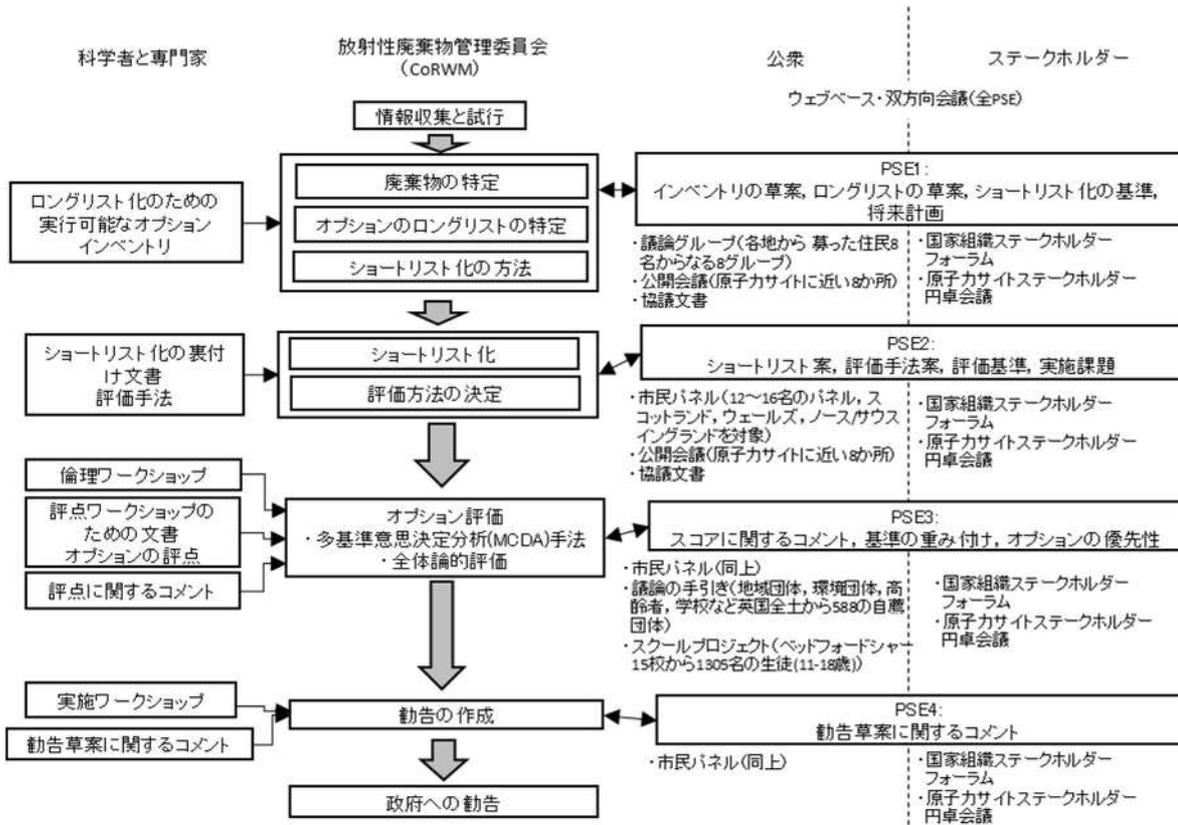


図 1 高レベル放射性廃棄物の管理方針に関する英国における PSE (参考文献 16) の図 5 を一部修正して転載、

公衆及びステークホルダーとの PSE の参加者や目的は、内容は参考文献 17) の Table 7.1 (p.45) を参照)

の生徒、原子力施設立地地域住民ほか)、およびステークホルダー(政府、原子力業界、規制機関、地

方政府、環境団体等)の熟議を経て、行われました。このうち PSE3 では、様々な評価基準項目(公衆の安全(短期的、長期的(300年を超える期間))、労働安全、セキュリティ、環境、社会経済、快適な空間、将来世代への負担、実現可能性、柔軟性(予測できない事象や環境の変化への対応)、コスト)に対し、多様な価値観を有する市民はその評価基準項目の考慮に対する重み付けを、科学・技術や社会科学の専門家は評価基準項目の評価(採点)を行い、それに基づく多基準意思決定分析でショートリストの比較を行っています。重み付けについては環境 NGO など、原子力分野に批判的意見を有する機関も参加し、その上で、地層処分政策が選択されています<sup>16)17)</sup>。

このように、今後、特に、複合的なリスクを包含し、かつ社会への影響が大きい科学・技術を社会に導入する際には、益々、科学・技術の専門家や政策決定者だけでなく、多様な市民やステークホルダーの参加・熟議を得て、リスクを確認し、人々が納得のいく社会での解決策を選択する、といった合意形成プロセスが必要になるときに留意することが必要かと考えられます。その中で、

- ・科学・技術の専門家は、技術的に何が確実に分かっている、何が分かっていない(不確実)で、それらが社会的にどのような影響を与えるのかを提示、
- ・倫理学の専門家は、例えば、科学・技術の社会への導入に際し、どのような世代間・世代内(地域間)の公正さの考えや、その他の倫理的考えが必要なのかを提示、
- ・市民は、その科学・技術を自分達の生活の中に受け入れる上で、社会への影響が十分抽出・理解されているかどうかを確認、それらに対しどうして欲しいかを提示、
- ・それらを反映して政策決定者が判断する、

というのが一つの理想像です。私たち技術士も、これまで、社会的貢献の一環として、科学技術週間サイエンスカフェ、サイエンスアゴラ、サイエンス・インカレへの参画、「理科教育用教材等事例集」の充実等の活動など<sup>18)</sup>の「科学・技術の理解増進」を意図した取り組みを行うとともに、個々の会社で請け負っている公共事業をとおして市民参加型の取り組みに参加したり、都市計画や町づくりなどにおける市民との対話に協力している技術士も多いと思います。今後、業務におけるリスクの設定や解決策の選定において、複合的なリスクを包含し、かつ社会への影響が大きいと想定される状況に遭遇する機会が増えるかと思いますが、そのような場合には、多様な市民やステークホルダーの参加による熟議の取り組みを一度検討することが、問題解決の近道になるかもしれません。また、日本技術士会は、「技術士プロフェッション宣言」で、技術士の行動原則の 3 つ目として、『業務を遂行するにあたりそれが社会や環境に与える影響を十分に考慮し、これに適切に対処し、人々の安全、福祉などの公益をそこなうことがないよう、社会に対して責任を持つ』<sup>19)</sup>としています。この原則について、日本技術士会は、科学・技術と社会の橋渡しに貢献するためにも、多様な科学・技術分野の人材が会員となっているという強みを活かして、市民参加の取り組みを試行している科学技術社会論の専門家やそのような取り組みを必要としている学協会等とともに、新たに発展してきた科学・技術の社会的・公共的なリスク・課題の明確化、認識されたリスク・課題の取り扱いや解決オプションの提示、政策への反映といった、リスクガバナンス的な取り組み(市民参加型の取り組み)の企画・運営や、その中で科学・技術の専門家の知見・意見の提供に協力していくのもよいかもしれません。このような取り組みの体験により、社会貢献という観点で技術士のコンピテンシーを向上することも可能になりますし、市民から技術士(技術者)への信頼も向上するという効果や技術士の認知度の向上にも効果があると考えられます。いずれにしろ、これからも新たに発展する科学・技術に対し、それらを活用して業をなす技術士としては、それら科学・技術と社会をつなぐためにも、市民参加による熟議に参加・支援していくことが益々

---

必要になることを記憶に留めておく必要があると、改めて痛感する次第です。

注釈：

- 注 1) 1995 年、『時間とコストをかけて科学技術の社会的影響についてバランスのとれた予測と評価を行う方法が、非効率との批判』を受け、廃止され、その後、専門の TA 機関は設置されていない<sup>6)</sup>。
- 注 2) 多くの国や地域から 100 人程度の市民を集め、政策課題に関連する複数のテーマを特定し事前に準備されたビデオを使い紹介、その後小グループでダイアログを実施、最後に議論された課題に対する質問に投票し、意見を表明する方法<sup>11)</sup>。
- 注 3) 無作為に選出された参加者に対し、課題に対する初期態度を測定するための最初の意見調査を実施、その後小グループでの対話の後 2 回目の意見調査を実施し、意見の変化を分析、公表する方法<sup>11)</sup>。
- 注 4) 抽選代表による市民グループが住民投票にかけられる法案を評価し、投票用紙とともにすべての有権者に賛否両論の情報を提供するために考案されたモデル<sup>11)</sup>。
- 注 5) 常設の抽選代表による機関による熟議・提案を受け、地域の議会・政府が法案などを決定するモデル<sup>11)</sup>。
- 注 6) [https://www.oecd.org/en/publications/innovative-citizen-participation-and-new-democratic-institutions\\_339306da-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/innovative-citizen-participation-and-new-democratic-institutions_339306da-en.html)
- 注 7) <https://airtable.com/appP4czQIAU1My2M3/shrX048tmQLI8yzdc>

参考文献：

- 1) Weinberg, Alvin M. (1972). Science and Trans Science, Minerva, 10, 209-222.
- 2) 小林傳司 (2007). トランス・サイエンスの時代 科学技術と社会をつなぐ, NTT 出版.
- 3) 土屋智子 (2011) : リスクコミュニケーションの実践方法 計画策定から実施・評価のプロセスと課題 平川秀幸・土田昭司・土屋智子 (著) : リスクコミュニケーション論 第 4 講, 大阪大学出版会, 167-217.
- 4) National Research Council (1989) : Improving Risk Communication, National Academy Press Washington, D.C. (林裕造・関沢純 (監訳) リスクコミュニケーション 前進への提言 化学工業日報社) .
- 5) Petty, R. E., Cacioppo, J. T. and Goldman, R. (1981) : Personal involvement as a determinant of argument-based persuasion, Journal of Personality and Social Psychology, 41, 847-855.
- 6) 三上直之 (2020) : 第 7 章テクノロジーアセスメント, 科学技術と社会—具体的課題群, 科学技術社会論の挑戦 2, 127-148, 東京大学出版会.
- 7) 小林傳司 (2004) : 誰が科学技術について考えるのか コンセンサス会議という実験, 名古屋大学出版会.
- 8) 木場隆夫 (2000) : コンセンサス会議の成立過程及びその意義に関する考察, 研究技術計画, 15(2), 122-131.
- 9) コリンズ・ヘンリー, ピンチ・トレヴァー著 村上陽一郎, 平川秀幸訳 (2001) : 迷路のなかのテクノロジー, 化学同人.
- 10) 八木絵香 (2020) : 第 4 章市民参加型ワークショップの設計, 「つなぐ」「こえる」「動く」の方法論, 科学技術社会論の挑戦 3, 68-93, 東京大学出版会.
- 11) OECD Open Government Unit (著), 日本ミニパブリック研究フォーラム (訳) : 世界に学ぶミニパブリック くじ引きと熟議による民主主義のつくりかた, 株式会社学芸出版社. (原本 : [https://www.oecd.org/en/publications/innovative-citizen-participation-and-new-democratic-institutions\\_339306da-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/innovative-citizen-participation-and-new-democratic-institutions_339306da-en.html)) (2024.12.10 閲覧).
- 12) 産経新聞 (2024) : 新薬開発に期待「AI によるたんばく質の構造予測」の意義は 大阪公立大の乾隆教授 明解！ 公大ゼミ (1), 12/10 (火) 8:13 配信, <https://news.yahoo.co.jp/articles/36a48e439081c6a449dae7f4b2223952b9a5ea35> (2024.12.10 閲覧).
- 13) 朝日新聞 (2024) : EU AI 包括規制法 世界初の成立 域外も適用へ, 13 版, 1, 2024 年 5 月 22 日朝刊.
- 14) 武田英明 (2024) : 国内外の AI 倫理の最近の動向, 技術士 PE, 通巻 692 号, 2024 年 8 月.
- 15) 読売新聞オンライン (2024) : 「人間以上に賢い AI、早ければ 5 年後」「AI の脅威は単なる SF ではない」…ノーベル物理学賞・ヒントン名誉教授が語る未来, 12/4 (水) 10:37 配信, <https://news.yahoo.co.jp/articles/31f38ecbf9dd8230ecbcc55889530de1ce167f6c?page=1> (2024.12.10 閲覧).
- 16) 大澤英昭ほか (2019) : 高レベル放射性廃棄物の管理方策の選択に関する意思決定プロセス—スイスと英国を例として—, 社会安全研究, 9, 145-160.
- 17) Committee of Radioactive Waste Management, Managing our Radioactive Waste Safely (2006) : CoRWM's recommendations to Government, CoRWM Doc 700, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/294118/700\\_-\\_CoRWM\\_July\\_2006\\_Recommendations\\_to\\_Government\\_pdf.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/294118/700_-_CoRWM_July_2006_Recommendations_to_Government_pdf.pdf) (2024.12.10 閲覧).
- 18) 日本技術士会 (2024) : 本会の社会貢献, 日本技術士会の案内, [https://www.engineer.or.jp/c\\_topics/000/000311.html](https://www.engineer.or.jp/c_topics/000/000311.html) (2024.12.10 閲覧).
- 19) 日本技術士会 (2024) : 公益社団法人日本技術士会, 日本技術士会の案内, <https://www.engineer.or.jp/sub01/> (2024.12.10 閲覧).

## <高齢運転者を対象とした経路探索アルゴリズムの開発>

楊 甲\*、三輪 富生\*\*、山崎 基浩 技術士（建設）\*\*\*  
\*（前職）（公財）豊田都市交通研究所・主席研究員 博士（工学）  
\*\*東海国立大学機構名古屋大学大学院環境学研究科・教授 博士（工学）  
\*\*\*（公財）豊田都市交通研究所・主幹研究員 博士（工学）



愛知県支部

### 1. はじめに

高齢者の運転支援対策として、安全運転支援システムを搭載したセーフティ・サポートカーの普及が期待されているものの、新車への買い替え意向の低下や、高齢運転者の事故に多い出会い頭事故の防止対応の困難さが課題となっている。このため、高齢者が事故リスクの高い道路状況を回避できる経路案内が求められている。しかし、現状では高齢運転者を対象とした経路案内技術に関する研究や知見が極めて少ないのが実情である。

そこで本研究では、高齢運転者による交通事故の削減を目指し、デジタル道路地図や交通事故情報、さらに高齢者のプローブデータを活用して、高齢運転者の事故リスクが低い走行経路の探索方法を検討する。また、インタビュー調査やアンケート調査を実施することで、高齢運転者向けカーナビシステムの開発に役立つ基礎的な知見を得ることを目的としている。

本稿は説明資料のボリュームの関係で、すべての研究内容を報告することができない。そこで、研究の現状および本研究の狙い、経路探索システムの構築、高齢者を対象としたインタビュー調査について概要を報告する。本研究内容の詳細については、当研究所のHPに掲載された報告書<sup>1)</sup>をご覧ください。

### 2. 研究の現状および本研究の狙い

#### 2.1 カーナビゲーションシステムの最新動向と高齢者支援に向けた問題点

国内および海外の研究文献を調査し、高齢者を対象としたカーナビゲーションシステムの経路探索に関する既往研究をレビューした。また、既存のカーナビゲーションシステムが高齢者に使用される際の問題点（例えば、不要な情報提供や操作の難しさなど）の整理に加えて、高齢者が事故に遭遇することを回避するための道路環境や運転特性との関連性を把握した。それらの調査結果は以下の通りである。

- 高齢者の補償運転の特性について、高齢運転者は速度を抑えて走行し、幅員が狭い道路や高速道路の利用を避ける傾向がある<sup>2, 3)</sup>。ここで、高齢者の補償運転とは、加齢に伴う運転技能の低下を補うため、体調や天候、道路状況などを考慮して安全な運転を行うことである。
- カーナビ大手企業の最新製品（2022年10月時点）の運転支援方法について、狭い道路を避ける経路や詳細な道路情報の提供、ドライブレコーダーなどとの連携によって高齢者を支援する機能が追加されていることがわかる。しかし、運転支援に関する情報提供は多いものの、事故リスクの低い経路を案内する機能は実装されていない。

#### 2.2 事故リスクの計測および経路探索方法に関する既往研究

交差点および単路部の事故リスクの設定方法や、候補経路の事故リスクの算出方法を把握するための関連文献のレビューを実施した。それらの調査結果は以下の通りである。

- 事故リスク予測モデルについて、高速道路での予測モデル<sup>4)</sup>、一般道路での予測モデル<sup>5)</sup>、細街路エリアでの予測モデル<sup>6)</sup>などの既往研究がある。これらの先行研究では、ポアソン回帰モデルによる事故リスク分析例が多いことや、これを適用することで、交通量や道路周辺環境などと事故リスクの有意な関係が明らかにされていることが示された。
- 事故リスクを考慮した案内経路情報の生成方法について、Noseinadehらの先行研究<sup>7)</sup>が挙げられる。著者らは距離や旅行時間をリンクコストとして複数の経路を探索し、それらに事故リスクを付与した上で案内経路の抽出手法を提案した。
- Stated Preference（以降、SPと称する）調査による事故リスクを考慮した経路選択行動分析について、倉内らの先行研究<sup>8)</sup>が挙げられる。既存カーナビの提供情報（所要時間、料金）に加えて、事故リスクの情報も追加して、被験者の反応を確認する調査方法が把握できた。

## 2.3 本研究の狙い

文献調査の結果を踏まえ、高齢運転者を対象とした事故リスクが低い走行経路の探索アルゴリズムを提案するため、既往研究で検討されていない以下の問題点に着眼する。

- 日本国内では、高齢運転者を対象とした経路案内技術に関する研究や知見が極めて少ない現状にある。このため、デジタル道路地図、交通事故情報、及び高齢者のプローブデータを活用し、事故リスクが低い走行経路の探索アルゴリズムの開発を試みる。
- 構築した事故リスクの低い走行経路の探索アルゴリズムの妥当性を確認するため、高齢運転者を対象としたインタビュー調査を実施する。該当調査では、自動車運転およびカーナビ利用に対する課題などを確認し、被験者が避けるべき道路環境などを把握する。
- 市販カーナビの問題点、事故リスクの低い経路探索に向けた要件、および高齢者へのリスク情報の提供方法を把握するため、高齢者を含む運転者を対象としたWEBアンケート調査を実施する。その結果を踏まえ、高齢運転者を対象とした安全運転情報提供機能付きカーナビシステムの開発に向けた基礎的な知見を提供する。

## 3. 経路探索アルゴリズムの開発

### 3.1 使用データ

カーナビ経路探索アルゴリズムを検討するにあたり、使用するデータの一覧を表 1 に示す。使用したデータには、デジタル道路地図、交通事故情報、および本研究実施者らが過去に実施した助言型 ISA 実証実験で得られた高齢者のプローブデータがある。ここで、交差点および単路部別の交通事故件数を把握するため、道路形状や道路種別を考慮したマップマッチング手法を提案した。また、高齢者モニターの移動経路および急ブレーキ（ $-0.3G$  以上）の発生箇所を特定するため、移動経路を基にしたマップマッチング手法を用いた。

本研究で提案した道路形状および道路種別を考慮したマップマッチング手法（図 1 参照）は次の通りである。1）交差点ノードから 10m 以内に位置する事故は、交差点事故と定義した。なお、高速道路やバイパス道路などの高架道路が存在する場合、事故情報の路線コードを基にマッチングすべき道路を識別した。2）交差点以外の事故データについて、単路部へのマッチングを行う際には、最寄りのリンク上に事故位置を設定した。なお、より正確な位置情報をマッチングできるように、事故箇所の道路種別と DRM

の道路種別を一致させた。ここで、DRM と事故データに付与される道路種別が異なったため、約 4.8%の事故データのマッチング誤差（マッチング前後の位置の直線距離）が 20m を超えた。このため、当該事故データは対象外とした。

また、本研究で用いた移動経路ベースとしたマップマッチング手法の概要は以下の通りである。1) 自動車プローブデータに基づいて、移動経路を把握した。2) 把握した移動経路に位置するリンクにプローブデータを紐づけて、急ブレーキの発生箇所が特定できるようになった。これは自動車プローブデータに適用した最も成熟したアルゴリズムであるため、その説明を割愛する。

表 1 使用データの一覧

名称	内容	利用目的
デジタル道路地図	日本デジタル道路地図協会から提供された Digital Road Map(DRM)データ	区間長、通行規制、道路幅員、交差点形状などの道路構造情報の抽出
交通事故情報	警察庁の事故オープンデータ（2019 年、2020 年、2021 年の 3 か年間） <sup>9)</sup>	道路形状・種別を考慮したマップマッチングによる交通事故の発生箇所の把握
プローブデータ	助言型 ISA 公道実証実験による高齢者 10 名の運転行動及び位置情報データ（約 6 か月間、収取間隔 1 秒毎）	移動経路ベースとしたマップマッチングによる高齢者モニターの移動経路および急ブレーキ（-0.3G 以上）の発生箇所の把握



図 1 本研究で提案した道路形状・種別を考慮したマップマッチング手法のイメージ

### 3.2 経路探索アルゴリズムの仕組み

以上に示したデータを用いて、経路探索システムを構築した。具体的には、Python ライブラリの NetworkX を活用し、QGIS 上で第 K 番目の最短経路探索アルゴリズムを実装した。その際、5.5m 未満の生活道路を迂回する経路探索方法を考慮するため、5.5m 以上の道路区間のリンクコストをリンク長とし、5.5m 未満の道路区間のリンクコストをリンク長の 100 倍とした。

以上の結果を活用し、インタビュー調査において被験者ごとに提示する候補走行経路を 2 種類（起点：井郷地区または浄水地区、終点：豊田市役所付近）作成した（図 2 参照）。地図上では、候補走行経路の 2 ルート、高齢運転者の事故発生箇所・内容・類型、および被験者の自動車運転時のプロブデータ解析による急ブレーキ発生箇所が示される。

ここで、本研究で提案した経路探索アルゴリズムを用いて、5 本目の最短経路を探索した結果、候補経路の共通区間が多いことが分かった。そのため、最短経路を経路 1 として、通過リンクや事故件数などについて最短経路との差異が大きい経路を経路 2 として絞り込み、候補経路として提示した。

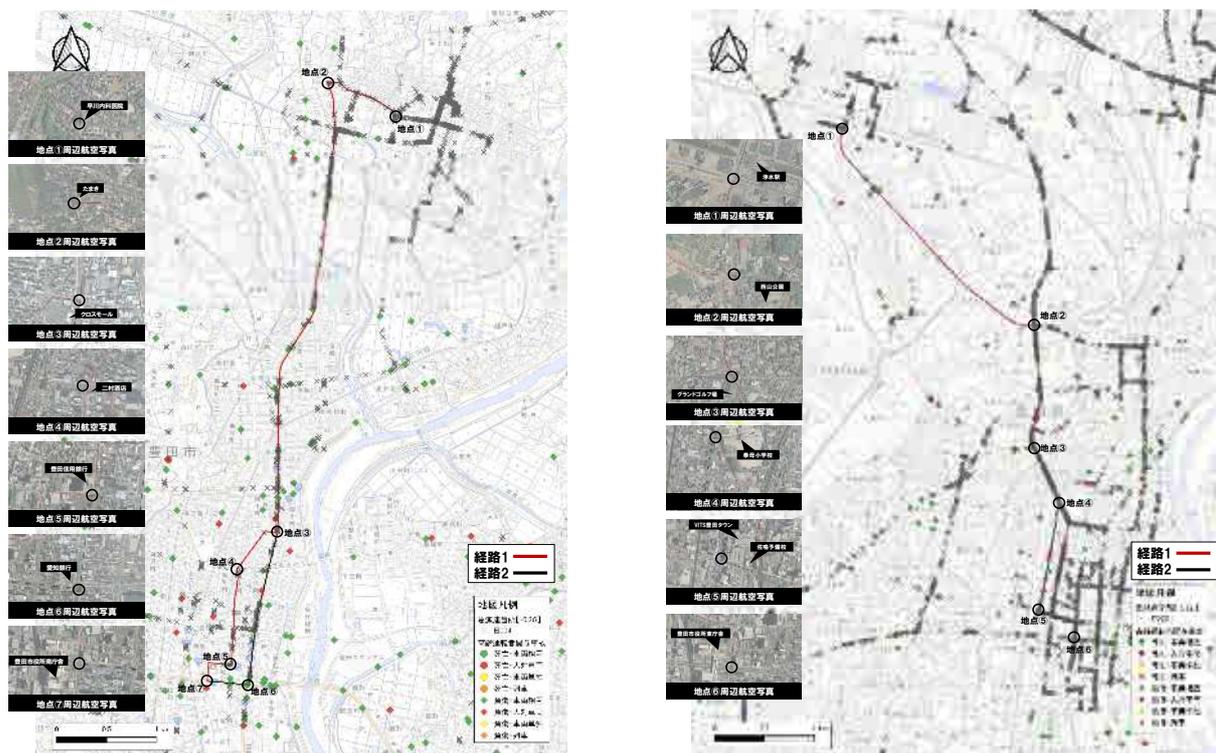


図 2 インタビュー調査の移動経路の設定結果の例（井郷地区起点【左】・浄水地区起点【右】）

#### 4. 高齢者を対象としたインタビュー調査結果

インタビュー調査から得られた主な知見を以下に示す。

- 10 名の被験者のうち、6 名はドラレコを使用しており、9 名はバックモニターを利用している。また、5 名の自家用車は自動ブレーキを搭載している。
- 4 名には過去 5 年間に事故の経験があるが、これとは関係なく、多くの被験者（8 名）が運転に不安を感じている。避けたい道路環境としては、狭い道路（7 名）、渋滞が発生しやすい道路（6 名）、高速道路や交通量が多い道路（各 5 名）を挙げる被験者が多く、道路環境からストレスを受けていることが伺われる（表 2 参照）。なお、8 名の被験者が、安全な経路について情報が提供されれば、普段利用している経路を変更する可能性があるという回答した。
- 事故リスク情報が提供されない場合、5 名の被験者が最短走行距離の経路を利用すると回答した。事故リスク情報が提供される場合、4 名の高齢者が事故リスク最小の経路を利用したいと回答した。
- 多数の高齢者モニターはみずからの急ブレーキ運転行動をあまり意識していないことが分かった。

- 経路探索システムを使って作成した2つの経路を提示し、経路選択における意向を調整した結果、被験者が選びたい経路は、提示した経路やその他の検索された経路と異なる場合が多く、より精緻な経路探索法の開発が必要であることが示された。

表 2 高齢者モニターの避けたい道路環境の結果

被験者	事故経験	運転不安意識	避けたい道路環境
A	物損事故 1 件	とてもあてはまる	高速道路、車道幅員が狭い道路、交通量が多い道路、渋滞が発生しやすい道路、大規模信号交差点
B	なし	あまりあてはまらない	車道幅員が狭い道路、渋滞が発生しやすい道路
C	なし	ややあてはまる	高速道路、車道幅員が狭い道路、子供、歩行者が多い道路
D	なし	ややあてはまる	特段なし
E	なし	ややあてはまる	高速道路、車道幅員が狭い道路、交通量が多い道路、渋滞が発生しやすい道路
F	なし	ややあてはまる	交通量が多い道路、渋滞が発生しやすい道路
G	なし	どちらでもない	高速道路、車道幅員が狭い道路
H	物損事故 1 件	ややあてはまる	車道幅員が狭い道路、交通量が多い道路、渋滞が発生しやすい道路、大規模信号交差点
I	物損事故 1 件	ややあてはまる	特段なし
J	物損事故 2 件	ややあてはまる	高速道路、車道幅員が狭い道路、交通量が多い道路、渋滞が発生しやすい道路、大規模信号交差点

## 5. 方策提案

報告結果を踏まえた方策提案内容を表 3 に整理する。特に、DRM データを活用して事故リスクを考慮した経路探索アルゴリズムを効率的に構築するためには、DRM データに一方通行などの交通規制を追加することや、事故データに DRM のリンク・ノード番号を付与することが重要な課題であると考えられる。

表 3 本稿の報告結果を踏まえた方策提案

項目名	調査結果からみた問題点	提案内容
デジタル道路地図の整備	警察による一方通行規制の情報が含まれていないため、該当する DRM データを用いて作成した経路探索結果が正確でない場合がある。	日本道路交通情報センターの HP に掲載された交通規制データ <sup>10)</sup> を活用し、DRM 協会のデジタル道路地図データに一方通行などの規制情報を追加することが望ましい。
交通事故情報の整備	DRM のノード・リンクに事故箇所を紐付ける作業には手間がかかる。特に、DRM の道路種別情報は警察が使用しているデータと異なるため、マップマッチングできない事故箇所が存在する。	道路交通センサスの調査結果と同様に、DRM 協会が提案するノード・リンクのパーマネント ID を交通事故情報に付与することが望ましい。
高齢者の安全運転意識	インタビュー調査によると、多数の高齢者モニターは急ブレーキ運転の行動をあまり意識していない傾向が見られる。	高齢者講習では、急ブレーキを回避するための運転行動に関する安全教育を強化する必要があると考えられる。

### <謝辞>

本研究の一部は、一般財団法人日本デジタル道路地図協会研究助成（研究代表者：名古屋大学 三輪富生、番号：22-03）により実施されました。また、本研究で使用した高齢者プローブデータは、（公財）豊田都市交通研究所、豊橋科学技術大学（松尾幸二郎准教授）、中京大学（向井希宏教授、菅野甲明氏）の共同研究（平成 28 年度 助言型 ISA の長期効果の計測およびインセンティブプログラムの効果検証）によって収集されたものです。さらに、本研究の遂行にあたり、名古屋大学大学院工学研究科の山本俊行教授から貴重なコメントをいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

### <参考文献>

- 1) 公益財団法人豊田都市交通研究所。高齢運転者を対象とした経路探索アルゴリズムの開発 報告書、令和 5 年 3 月。 [https://ttri.or.jp/ttri\\_report/r04/03/#page=1](https://ttri.or.jp/ttri_report/r04/03/#page=1)
- 2) 松浦常夫。高齢ドライバーの運転技能低下と補償運転、警察庁有識者会議資料、2017 年 2 月。 <https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/koureuntent/kaigi/2/shiryo/shiryo-6.pdf>
- 3) Zhao, Y. N., Yamamoto, T. & Kanamori, R. (2020). Study of older male drivers' driving stress compared with that of young male drivers, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7 (4), 467-481. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.10.011>
- 4) 大藤武彦、岩里泰幸。リアルタイム事故リスク情報提供システムの構築 ～阪神高速道路の事故リスクマネジメント～、土木計画学ワンデーセミナーNo83 発表資料、2017 年 3 月。 [https://www.cee.ehime-u.ac.jp/~keikaku/labo-hp/activity/traffic\\_accident\\_risk/PDF/daito.pdf](https://www.cee.ehime-u.ac.jp/~keikaku/labo-hp/activity/traffic_accident_risk/PDF/daito.pdf)
- 5) 兵頭知、吉井稔雄、柴崎宏武。一般道路における時間帯交通量別交通事故リスク分析、土木計画学ワンデーセミナーNo83 発表資料、2017 年 3 月。 [https://www.cee.ehime-u.ac.jp/~keikaku/labo-hp/activity/traffic\\_accident\\_risk/PDF/hyodo.pdf](https://www.cee.ehime-u.ac.jp/~keikaku/labo-hp/activity/traffic_accident_risk/PDF/hyodo.pdf)
- 6) 塩見康博。細街路エリアにおける事故リスク要因の分析、土木計画学ワンデーセミナーNo83 発表資料、2017 年 3 月。 [https://www.cee.ehime-u.ac.jp/~keikaku/labo-hp/activity/traffic\\_accident\\_risk/PDF/shiomi.pdf](https://www.cee.ehime-u.ac.jp/~keikaku/labo-hp/activity/traffic_accident_risk/PDF/shiomi.pdf)
- 7) Hoseinzadeh, N., Arvin, R., Khattak, A. J., & Han, L. D. (2020). Integrating safety and mobility for pathfinding using big data generated by connected vehicles. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 24 (4), 404-420. <https://doi.org/10.1080/15472450.2019.1699077>
- 8) 倉内慎也、吉井稔雄。事故リスク情報の提供がドライバーの行動に及ぼす影響の分析、土木計画学ワンデーセミナーNo83 発表資料、2017 年 3 月。 [https://www.cee.ehime-u.ac.jp/~keikaku/labo-hp/activity/traffic\\_accident\\_risk/PDF/s.kurauchi.pdf](https://www.cee.ehime-u.ac.jp/~keikaku/labo-hp/activity/traffic_accident_risk/PDF/s.kurauchi.pdf)
- 9) 警察庁。交通事故統計情報のオープンデータ（2019 年～2021 年）。 [https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/index\\_opendata.html](https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/index_opendata.html)
- 10) 日本道路交通情報センター。各種情報の提供（オープンデータ）【交通規制情報】。 <https://www.jartic.or.jp/service/opendata/>

<第 44 回 地域産学官と技術士との合同セミナー（四日市市）>

池田 和人 技術士（化学・総合技術監理）  
三重県支部長



1. セミナーの全容とプログラム

昨年 11 月 5 日火曜日、三重県四日市市で『第 44 回 地域産学官と技術士との合同セミナー（四日市市）』を開催しましたので、その概要を報告させていただきます。ご存じのとおり、四日市は、中部地方を代表する『石油化学コンビナートの街』です。当日は、『カーボンニュートラルとコンビナート』をテーマに、産学官からその分野のキーマンの皆様方をお招きし、基調講演とパネルディスカッションを行いました。

【全容】

日時	11 月 5 日（火） 13:00～17:40 （セミナー終了後、交流会あり）
場所	四日市市地場産業振興センター（じばさん）6 階ホール（近鉄四日市駅近く）
参加費	セミナー：無料 / 交流会：一人 5,000 円
主催	公益社団法人日本技術士会
後援	経済産業省 中部経済産業局、三重県、四日市市、国立大学法人三重大学大学院 工学研究科、昭和四日市石油株式会社 <sup>※1</sup> 【※1】産学官からそれぞれ後援名義をいただきました。協賛・後援の選定にあたっては、日本技術士会の規程に従う必要があります。

【冒頭挨拶】 13:05-14:10

開会挨拶	公益社団法人日本技術士会 中部本部 本部長 平田賢太郎氏
主催者挨拶	公益社団法人日本技術士会 副会長 小林政徳氏
来賓挨拶	経済産業省 中部経済産業局 資源エネルギー環境部 カーボンニュートラル推進室 参事官 カーボンニュートラル推進室長 長谷川大晃氏（壇上）
	四日市市 副市長 舘英次氏（壇上）
	与党技術士議員連盟 事務局長 参議院議員 新妻秀規氏（公明党）（壇上）
	三重大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 教授 工学研究科長 森香津夫氏（席上）
	三重県 雇用経済部 新産業振課 課長 江藤浩太氏（席上）

【基調講演】 14:25-15:25

(演題) 『カーボンニュートラルに向けた三重大学での取り組み』
(講師) 三重大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 教授 池浦良淳氏
(演題) 『コンビナートの脱炭素への試み』
(講師) 三重大学大学院 工学研究科 特任教授 岡良明氏

【パネルディスカッション】 15:40-17:10

産	昭和四日市石油株式会社 四日市製油所 副所長 山崎拓也氏
学	国立大学法人三重大学 大学院 工学研究科 特任教授 岡良明氏
官	四日市市 商工農水部 工業振興課 係長 花尻尚史氏
技術士	技術士（機械部門）／公益社団法人日本技術士会 フェロー 公益社団法人日本技術士会中部本部 三重県支部 副支部長 山口昇吾氏
ファシリテーター	公益社団法人日本技術士会中部本部 三重県支部 支部長 池田和人

【交流会】 18:20-20:20

会場	The CENTRAL（四日市一番商店街） （結婚式の二次会などで利用されるお店です。立食形式の交流会を催しました。）
参加費	一人 5,000 円

## 2. 四日市コンビナートとカーボンニュートラル化

石油化学コンビナートでは、原油を海外から輸入し、その原油を精製・処理し、様々な化学製品を生産しています。そして、石油化学産業は、川下産業のための素材供給を担うベース産業であり、重厚長大な装置産業です。従いまして、石油化学コンビナートでのカーボンニュートラル化の取組みは、気候変動問題を抱える昨今、極めて重要な意味を有します。公益社団法人日本技術士会が、当セミナーを通じて、四日市コンビナートでのカーボンニュートラル化の取組みの『社会発信の役目』を担えたのは光栄な事です。

## 3. 最後に

三重県と四日市市は、四日市コンビナート企業や三重大学などとともに、『四日市コンビナート カーボンニュートラル化推進委員会』を立ち上げ、その活動を活発化させています。当セミナーでは、同推進委員会に関係するご来賓や産学官のキーマンの皆様方が壇上で会場を大いに盛り上げてくれました。また、会場には、地元ケーブルテレビ CTY の記者が取材に来られ、セミナー終了後に素晴らしいテレビ番組を社会に向けて放映してくれました。弊社一同、ここに厚く御礼申し上げます。



【写真 1】 基調講演の様子



【写真 2】 パネルディスカッションの様子

## ＜小学生向けキャリア教育プログラム「ミライトラベル DAY」に出展して＞

理科支援小委員会 委員長

野本健司（のもとけんじ） 技術士(機械) 愛知県支部



### 1. はじめに

日本技術士会中部本部 理科支援小委員会は、小学生向けの理科出前授業を長年実施しています。今回、名古屋市教育委員会キャリア教育推進センターが主催する「ミライトラベル DAY」に出展しました。「ミライトラベル DAY」は、名古屋市内の小学校4～6年生（4日間計42校、約2,500名）を対象として、昨年11月と今年1月に開催され、各回30の企業・団体がブースを出展、子どもたちは興味のあるブースに参加し、様々な業界の仕事内容や技術、働く人の思いに触れることで、将来について考えるきっかけを得ます。

当委員会は、「風力発電機をつくってみよう！～技術の力を体験しよう～」という講座を出展しました。小学生のキャリア教育＝職業体験にチャレンジした取り組み結果と、今後に向けての思いを述べます。

### 2. 出展内容

理科支援小委員会の出展内容は右表のとおりで、

- ・技術、技術士の説明
- ・風力発電のトピック紹介
- ・PETボトル風力発電機作り
- ・作成した風車の発電量改善（発電チャレンジ）
- ・まとめ

の流れで行いました。

#### ＜児童の様子＞

最初は電圧値1.2～1.5V付近で苦戦する児童が多かった。

講師のヒントで“カイゼン”例を行うと、多くの児童が2V前後への電圧上昇に成功。さらに、3V、4Vを叩き出す児童もいた。電圧値が改善するたびに、児童は興味や驚きを示した。

### 3. アンケート

児童のアンケート結果を見ると、ペットボトル工作による風力発電機作り・発電チャレンジを、7割ほどの児童は楽しんだようです。

### 4. 教育関係者との交流

教育関係者からの注目：多くの教育関係者がブースを訪れ、技術士会の活動に興味を示していました。引率の先生方だけでなく、市内の小学校の校長先生や教育委員会の関係者も技術士会ブースを訪れ、名刺交換などを行い、風力発電機作り以外にも多種多様な理科教室の準備があることを伝えました。

中学校との連携の可能性：中学校のキャリアナビゲーターからも注目されました。

市内の中学校のキャリアナビゲーターが技術士会ブースを訪れ、名刺交換を行いました。今後中学生向けキャリア教育にも関わってほしいとの意向でした。

#### 理科支援小委員会ブースの出展内容（1月開催）

##### テーマ

PETボトル工作による風力発電機作りを通して、技術の力を体験する

##### 対象

将来、技術者や研究者を目指す児童  
20～22名×4コマ×2日＝約170名

##### 用意したもの

- ・PETボトル
- ・モーター、モーターとの連結具
- ・ハサミ
- ・テスト、扇風機（サーキュレータ）
- ・拡声器（主催者側より支給）

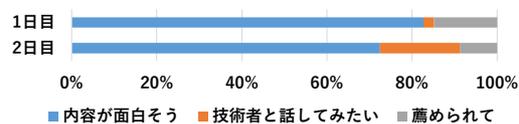
No.	内容	時間
1	はじめに	5
2	風力発電機作り	15
3	発電量の改善	20
4	まとめ	5

## 児童アンケート集計結果（1月開催）

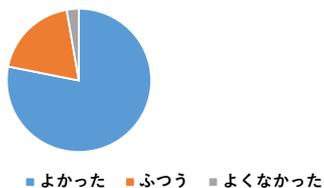
風力発電の話（1日目／2日目）



なぜこのブースに参加しましたか  
（複数回答可）



風力発電機を作る（1日目／2日目）



プログラムの全体評価（5段階）



### 5. 今後に向けて

「ミライトラベル DAY」への出展は、小学生に技術の面白さを体験させるという点では一定の成果を上げましたが、キャリア教育としての効果を高めるためには、プログラム内容やアプローチを見直す必要があります。さらに、技術士という職業を具体的に伝え、将来への児童に対しての動機付けとするためには、技術士会全体で知恵を絞り、取り組みを重ねていくことが求められます。

以上

※ ミライトラベル DAY 出展プロジェクトチーム

野本 健司（機械）以下いずれも愛知県、新實 智嗣（建設）、新美 由香史（経営工学）

野々部 顕治（化学、上下水道、衛生工学）、東尾 治伸（建設、環境）

西本 テツオ（建設、衛生工学、農業、応用理学、環境、総合技術監理）

＜第 53 回日韓技術士国際会議に参加して＞

田島 暎久 技術士（航空・宇宙） 岐阜県支部



第 53 回日韓技術士国際会議が韓国技術士会の主催により、昨年 10 月 26 日～28 日の日程で韓国南西部のリゾート地「麗水（ヨス）」において開催されました。当地での開催は 2 年前の第 51 回大会で計画されていましたが、コロナ禍の影響で急遽、ソウル・東京拠点のオンライン大会に変更された経緯があります。今回、中部本部からは同伴者も含めて 7 名が参加。

ヨスは、古くは朝鮮出兵した豊臣秀吉の軍と李舜臣（イ・スンシン）将軍率いる水軍が激突した地であり、最近では 2012 年に海をテーマとした海洋万博（麗水 EXPO）が開催されました。日本側の参加者の多くは、ソウルからヨスまで高速鉄道 KTX 全羅線を利用して韓国縦断の旅を 3 時間余にわたって満喫。車窓から見る韓国の秋景色は飽きることなく続きました。

10 月 27 日（日）の本会議・分科会と晚餐会の他、前日にはサッカー大会、女性技術士交流会、前夜祭、本会議当日の同伴者ツアー、翌日には研修視察など、コロナ禍以前に行われていた恒例の全行事が戻ってきました。会議の詳細は、近々に月刊「技術士 PE」に掲載されますのでここでは簡単に写真で紹介いたします。

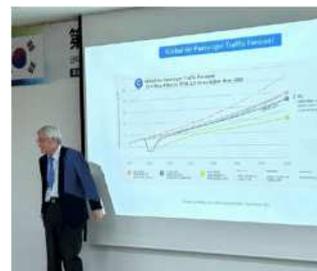


ヨス駅到着、たすき姿の韓国技術士歓迎団





本会議参加者全員で集合写真



第4分科会で発表の筆者



晩餐会のショー



晩餐会の最後に来年の新潟大会を紹介

## 余談

KTX 始発のソウル駅や途中の駅では、迷彩服の若い兵隊を時々見かけた。休暇で帰省するのだろうか。武器こそ持たないが、そのまま戦場へ直行できるような戦闘服姿だ。日本ではありえない光景だ。ここは休戦状態だが未だ戦争が続いている国だと、あらためて実感した。この国に生まれた男子には、20 歳になると 1 年半以上の兵役義務がある。兵役を終えなければ「一人前の男」として社会的に認められない、と聞いている。今回の会議で日本語が達者な韓国技術士の方と談笑する機会があったが、彼は陸軍の戦車隊で 2 年間の兵役を務めたと自慢げに話した。さらに「兵隊に行ったおかげで時間にルーズだった自分がすっかり変わった。兵役の良い面もあるよ。」と付け加えた。日本では未来永劫全くありえないことだが、もし、日本の若者が一定期間の自衛隊勤務を義務付けられたら、どうなるのだろうか。ふと、妄想してみた。社会、経済への影響は？ わからない！ つくづく日本に生まれ育ってよかった、とあらためて感謝。

この拙文を書く数日前、「韓国で非常戒厳宣言」のニュースが唐突に入ってきた。一瞬、戦争が始まった、のかと思ったが韓国内の政変とわかってほっとした。これも日本ではありえない。

＜静岡県支部 第4回例会「株式会社明電舎 沼津事業所 見学会」＞

土井 俊幸 技術士（環境）

静岡県支部



### 1.はじめに

静岡県支部では、支部 CPD 委員会が企画する支部例会行事として年一回の見学会を開催しています。2024 年度は株式会社明電舎 沼津事業所を見学しました。同社は、電力や鉄道、水処理施設向けインフラ関連電気設備、及び電気自動車用モーター／インバーターなどを製作し、国内外で幅広く事業を展開しています。沼津事業所は、同社の国内生産拠点の中でも最大の事業所になります。

### 2.開催概要

○日 時： 2024 年 11 月 6 日(水) 13 時 00 分～16 時 30 分

○会 場： 株式会社明電舎 沼津事業所「GX 特高変電所」「技術研修センター Manabi-ya」

### 3.開催内容

#### 3.1 明電舎技術士会

見学会に先立ち「明電舎技術士会」の紹介をいただきました。同会は 2014 年 5 月に企業内技術士の資質向上と技術士の受験支援を目的に設立され、現在は会員 56 名(正会員 27 名、準会員 14 名、OB 会員 15 名)で CPD 勉強会や電気メーカー技術交流会、受験者支援講座開設など企業内外で精力的に活動しているとのことでした。

#### 3.2 GX 特高変電所 (GX : Green Transformation)

GX 特高変電所は 2021 年に竣工した沼津事業所の 66kV 受電設備であると同時に、自社の環境配慮型製品、及び ICT 技術を活用した点検省力化・スマート診断の常設展示の役目を果たしています。

GX 特高変電所は高い信頼性を確保するため、冗長性を高め二重系で構成されています。実際に使用している主な環境配慮型の製品は、表 1 のような製品です。



写真 1 GX 特高変電所

表 1. 環境配慮型の製品

(1)キュービクル形ドライエア絶縁開閉装置 (Eco C-GIS)
電流遮断部は真空遮断器 VCB を実装、キュービクル部は低圧ドライエア絶縁との組合せによる高い絶縁性を活かして「脱 SF6 ガス※」を実現。 ※SF6 ガスはこれまで多く使用されてきた絶縁ガスで、絶縁性に優れるが地球温暖化係数が非常に高く、地球温暖化防止の観点では使用しないことが望ましいとされている。
(2)エステル油入変圧器 (Eco 変圧器)
絶縁油に植物由来の菜種油や大豆油、パームヤシ脂肪酸エステルを採用(脱鉛油)した循環型社会の高効率変圧器。
(3)塗装・溶接レス形配電盤 (Eco 配電盤)
環境に配慮した配電盤製作に取り組み、盤枠に高耐食溶融めっき鋼板を使用した塗装レス配

電盤の一部に採用。塗装工程で発生する CO2 排出削減及び揮発性有機化合物 VOC などの有害物質の放出を抑制する。

一方、ICT 技術を活用した点検省力化・スマート診断は、ICT 技術により特高変電設備の信頼性をさらに向上させるとともに、設備保全業務の省力化を支援しています。各種センサーやカメラを用いた自動計測により点検項目数を削減し、点検時間の短縮、効率化が図れるとしています。特にアナログ計器をわざわざカメラで撮った映像から画像処理を行って数値を読み取るなど、既存の設備に後付けでスマート診断が行えるよう工夫されていることに関心を深めました。

### 3.3 技術研修センター Manabi-ya (学び舎)

「技術研修センター Manabi-ya (学び舎)」では、技術者の早期育成を目的とした技術教育専用施設で、XR を活用した安全・技術の体験学習や教育専用の実機を用いた体験型メンテナンス技術教育を行っています(XR：仮想現実 VR、拡張現実 AR、複合現実 MR 等の仮想や空間技術を利用した情報処理の総称)。

見学では、①メタバースを利用した非常用発電機の起動方法の教育、②VR 安全体感装置を利用した安全教育、③非常用発電機の実機を利用した起動の実習を体験しました。

#### ① メタバース活用教育

各見学者は VR ゴーグルを装着し、仮想空間で自分のアバターを使って、非常用発電機 ZX シリーズの起動方法について学び、他者とコミュニケーションを取りながら、手順を踏んでヴァーチャルの非常用発電機を起動する訓練を行います。

#### ② VR 安全体感

VR 安全体感装置では、VR ゴーグルを装着した状態で実際には体験できない危険事象をヴァーチャルに体得し、危険に対する感受性を高めることを狙っています。

#### ③ 実機教育

メタバースで学習した非常用発電機の起動を、次に実機を用いて実際に起動を行い、ヴァーチャル教育の実効性を体感します。その他にも原動機や制御盤など様々な実機を用いた現場教育を展開し、ものづくり力の強化につなげているとのことでした。

### 4.まとめ

今回の見学会では、特に XR による安全・技術教育を実際に体験してみて、その有効性については目を見張るものがあり、XR 技術の重要性を改めて認識することができました。今後も会員の皆様の関心を引き付ける、最新技術が体験できる見学会を企画していきたいと考えています。最後に、この見学会の準備、当日の説明と案内など対応いただいた株式会社明電舎様に心より感謝申し上げます。



写真 2 技術研修センター Manabi-ya



写真 3 メタバース活用教育の様子(左)  
VR 安全体感の様子(右)

## ＜土に棲む微生物の世界と食糧生産・気候変動＞

齋藤 明広 教授  
静岡理科大学理工学部物質生命科学科



**1. はじめに** 本稿は、2024年12月7日（土）に静岡県男女共同参画センター「あざれあ」で行った「土に棲む微生物の世界と食糧生産・気候変動 – 私たちの暮らしを支える土壌微生物のお話 –」と題した筆者による講演の内容を極々コンパクトにまとめたものである。講演内容は、土壌とそこに棲む微生物のはたらきを紹介し、それらの大切さを考えていただく機会になればと思いつつ準備させていただいた。本稿冒頭ではあるが、講演の機会を下さった技術士会静岡県支部の石垣治久氏と加藤信之氏、本稿寄稿の機会を下さった岡井政彦氏に深く御礼申し上げる。

**2. 地球温暖化、プラネタリーバウンダリー** 近年、地球環境は大きく変化している。地球温暖化が指摘されつつけているが、「酷暑」や「地球沸騰化」といった表現がされるようになって、より多くの方々が、危機感を持つようになったと思う。一方、80億の地球人口を支える食糧の生産に用いられる窒素とリンの使用量は、すでにプラネタリーバウンダリー（地球環境を正常に維持できる循環許容量）を大きく超えていることが報告されている。このような、見えにくい、感じにくいところでも、人類の活動は、地球環境を後戻りできない状況につつあるのである。人類はどうしたらよいのか。そんな中、人類が温室効果ガスであるメタンやオゾン層破壊物質の排出を削減したことが、1998年から2007年までの10年間の地球の平均気温の上昇の抑制に大きく寄与していたことが報告された<sup>1)</sup>。人類がきちんと努力すれば地球環境がそれに答えてくれることを示した貴重な報告である。

**3. 自然における土壌微生物の役割** 土壌は地球にしかない。岩石が風化して、それに生物の活動によって生じた有機物が混じり、つねに安定状態を目指して変化しつつけている物質である。土壌は、陸上生態系を支える土台である。森の生態系は、光合成をする植物（生産者）が二酸化炭素を有機物に変え、その有機物を動物（消費者）が食べて一部の有機物を二酸化炭素にし、土壌動物や土壌微生物（分解者）が動植物の遺骸や排泄物に含まれる有機物を二酸化炭素にして大気に戻す。これは中学校の理科で学ぶ、森林を例とした生態系における炭素循環の説明だ。中学校では教えてもらえないが、炭素と同様に、窒素やリンといった他の元素も有機化と無機化を繰り返しながら地球環境を循環している。植物は基本的に無機物しか栄養にできない。有機物を無機化する土壌動物や土壌微生物が存在しなければ、陸上の生態系は存続しないし、肥料に有機物を用いる有機農業も成り立たない。

**4. 人類の活動によって増加した二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素** 地球上のあらゆる生物を炭素量に換算すると、植物が生物全体の83%以上を占めるのに対し、動物は4%以下、ヒトの割合は0.01%程度にすぎない、との報告がある<sup>2)</sup>。そんな存在比の人類の活動によって、温室効果ガスである二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の大気中濃度が上昇し続け、地球温暖化が進行している。地球の平均気温には、温室効果ガス濃度だけでなく、海流や太陽の活動も影響するが、前述の通り<sup>1)</sup>一定の効果があるとされているのだから、人類は積極的に、大気への温室効果ガスの排出量や大気中の温室効果ガス濃度を減らしていくべきだ。炭素を土壌に貯留する方法として、近年、不耕起栽培とバイオ炭の施用が注目されている。不耕起栽培では、耕起しないことで土壌への酸素供給が制限され、それによって

土壌微生物の呼吸活動を介した二酸化炭素排出が抑制され、代わって土壌への有機炭素の蓄積が促進される。一方、植物に含まれる炭素は大気中の二酸化炭素に由来するが、植物を炭化することで生産されるバイオ炭は、微生物によってほとんど分解されない。土壌改良剤としてバイオ炭を農耕地土壌へ施用することで、大気中に二酸化炭素として存在していた炭素を土壌に貯留することができる。この他、中干し期間の延長による水田からのメタン排出量の削減や、硝化抑制剤入り化学肥料や石灰窒素を含む複合肥料の施用による茶園土壌からの一酸化二窒素排出量の削減が推進されている。

**5. 微生物の力でエコフレンドリーな食糧生産を目指す** 食糧生産（植物の栽培）に必要な植物栄養としての窒素やリンの確保をめぐる問題の解決や、温室効果ガスの排出量と大気中濃度の削減、農薬使用量の削減に向けて、土壌微生物の利活用や制御技術の確立が期待されている。学術界では基礎から社会実装まで様々なレベルで研究が展開されている。

- (1) 窒素固定菌： 窒素ガスをアンモニウム塩に変換する化学反応であるハーバーボッシュ法は、その反応に必要な高温高压条件を作るために、多くの化石燃料が必要である。窒素固定菌は、同様の反応を常温常圧下で行うことのできる微生物である。マメ科植物と共生する根粒菌も窒素固定菌である。窒素固定菌の利活用を増やせば、ハーバーボッシュ法で用いられる化石燃料消費量を削減することができる。
- (2) 菌根菌： 菌根菌は、地球上の 7 割の植物と共生している微生物（真菌）である。土壌中の不溶化しているリン酸塩を可溶化し、植物に供給する。菌根菌菌糸が伸びる広範囲の土壌からその他の養分や水も吸収し、植物に供給する。肥効向上や減肥を目的とした利用が期待できる。
- (3) 温室効果ガスを食べる微生物： 二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素といった温室効果ガスを栄養源やエネルギー源として利用できる微生物が存在する。これらの微生物を利用し、温室効果ガスの排出量や大気中濃度を減らそうとする研究が行われている。
- (4) 発病抑止土壌： 植物にも微生物を病原体とする感染症があり、食糧生産に影響する。植物の病害の中で、土壌伝染性のものを土壌病害というが、土壌病害が起きない、あるいは少ない土壌がある。このような土壌を発病抑止土壌といい、その成立には、土壌の物理的、化学的、生物的な性質が関わる。発病抑止の仕組みはいくつか詳細に解明されているが、未だ体系的理解には至っていない。農薬使用量の低減へ向け、発病抑止土壌の人工的作出を目指した研究が行われている。

**6. おわりに** 古代文明の栄枯盛衰と土壌には深い関係がある。肥沃な土壌での食糧生産は容易だが、人の活動による土壌への塩類の集積や土壌養分の喪失は、食糧生産を不可能にする。現代は、食糧生産だけでなく、地球環境の維持、というさらに根本的で巨大な問題を抱えている。本稿を執筆中に、地球温暖化をめぐる注目すべき報告があった。南極海の海氷は、2016 年以降、記録的な減少を続けているが、「2030 年や 2040 年から緩和策を講じて温室効果ガスによる放射強制力を減らすと、海氷は 2100 年まで増加する（回復する）ことがわかった」との報告である<sup>3)</sup>。「まだ間に合う」、ということだ。

<引用文献> 1) Su ら (2024) *Commun. Earth Environ.*, 594.; 2) Bar-On ら (2018) *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 115, 6506-6511.; 3) Morioka ら (2024) *Nat. Commun.*, 10511.

<土壌微生物に関する書籍の紹介> 南澤究・妹尾啓史 編著、青山正和・齋藤明広・齋藤雅典 著「エッセンシャル土壌微生物学 作物生産のための基礎」講談社（2021）（右図）



＜日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター  
- 地質環境特性に関する研究の歩み -  
(ボーリング孔を利用した地質環境調査技術の開発を取り上げて)＞

大澤 英昭 技術士 (応用理学)

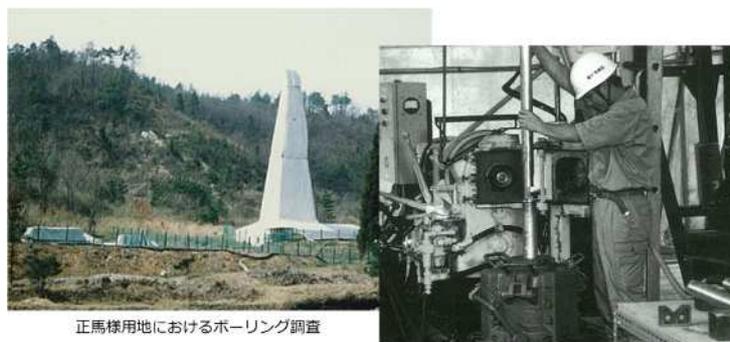
岐阜県支部



## 1. はじめに

日本原子力研究開発機構(JAEA: Japan Atomic Energy Agency)は、高レベル放射性廃棄物等の地層処分事業の実施主体が行う地質環境調査、処分システムの設計・安全評価、および国による安全規制上の施策などのための技術基盤を整備・提供することを目的に、高レベル放射性廃棄物等の地層処分研究開発を行っています。東濃地科学センター(TGC:Tono Geoscience Center)では、1986年より、地層処分研究開発のうち、深地層の科学的研究(地層科学研究)を行っています。地層科学研究の目的は、地層処分の実現に向け、「わが国の地質構造の特徴を踏まえ、地質環境(地下深部の地質・地質構造、地下水流動、地下水化学、岩盤力学など)が本来備えている諸特性や、そこで発生している現象を幅広くとらえ、そのメカニズムを究明すること、またそれらの知見と地質学的考察により、地質環境の将来変化を予測し、地質環境の長期安定性を示すことにある」とされました<sup>1)</sup>。この目的に沿って、具体的な研究は、地質環境特性に関する研究(深部地質環境特性の調査・解析・評価技術の開発)と、大澤(2023)<sup>2)</sup>で紹介した地質環境の長期安定性に関する研究(地震活動・断層運動、火山・熱水活動、隆起・侵食の特徴や個々の履歴、影響の程度を把握する手法を整備することを目的とした研究)の2つの項目で構成されました。先の記事<sup>2)</sup>では地質環境の長期安定性に関する研究について紹介しましたが、今回は地質環境特性に関する研究に重点をおいて記載します。

TGC が行ってきた結晶質岩を対象とした地質環境特性に関する研究は、2019 年度で当初の目標を達成し研究開発が終了しました。TGC が本研究を開始してから既に約 40 年が経過、当初から関わってきた人材(JAEA 職員のみならず、本研究に関わられた様々な機関・民間企業の方々も含めて)は退職、離職時期を迎えています。結晶質岩を対象とした地質環境特性の調査・解析・評価技術の技術基盤は整備されたものの、将来的に、新しい科学技術の導入、実施主体が行う地質環境調査の対象岩盤にあわせた技術の改良などが行われる可能性が想定されます。その際は、これまで対応してきた課題を理解した上で行うことが必要になると考えられます。そこで、本稿では、TGC が行ってきた地質環境特性に関する研究のうち、地表から地下深部までの地質環境特性を直接取得する重要な要素技術の一つであるボーリング孔を利用した調査技術(特に、水理試験技術、地下水の地球化学調査に関わる調査技術、ボーリング孔掘削(図 1)を含む調査の品質管理手法)を例として、どのような課題があり、それらをどのように解決してきたのか、に焦点をあてて紹介します。



正馬様用地におけるボーリング調査

ボーリング掘削 (S61~)

図 1 ボーリング調査の例

## 2. TGC の歩み

まずは背景として、簡単に TGC のこれまでの歩みを紹介します(図 2)。1962 年に土岐市でウラン鉱化露頭が発見されたことを契機に事務所が開設され、東濃地域でのウラン探鉱を進めるとともに、国内・海外ウラン探鉱の拠点としてウラン探査に取り組んできました。そのため、当事務所は、ウラン探査という観点で地質、物理探査などの専門家や地質調査の経験を蓄積し、また東濃鉱山<sup>3)</sup>や正馬様用地などの施設(図 3)を保有していました。これらの資源を有効活用し、TGC (当時は中部事業所)では、1986 年から地質環境特性に関する研究を開始しました。

本研究は、万が一、高レベル放射性廃棄物が地質環境に溶け出して、地下水とともに移行し生物圏に到達した場合の影響を評価する上で、地下水の流れを評価することが重要なポイントになることから、地下水の流れ方(亀裂中を流れるのか、砂や泥の粒子の間隙を流れるのか)から大きく結晶質岩系と堆積岩系に区分して研究が進められました。本地域の地質は、広く分布する白亜紀花崗岩類と中・古生層、濃飛流紋岩を基盤とし、これらを新第三紀中新世の堆積岩(瑞浪層群)と鮮新世の砂礫層(瀬戸層群)が覆っています(図 4)。TGC における地下深部の地質環境特性の研究は、本地域の地下深部に広く分布する結晶質岩(花崗岩; 亀裂性媒体)を主な対象としました。なお、堆積岩系に関する研究は、北海道幌延町の幌延深地層研究センター<sup>2)</sup>で進められています。

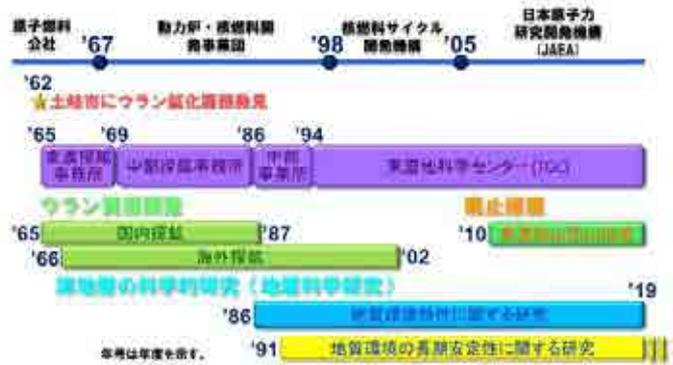


図 2 TGC の歩み



図 3 TGC の主な施設 (瑞浪超深地層研究所は 2019 年頃、東濃鉱山は 2010 年頃の姿)

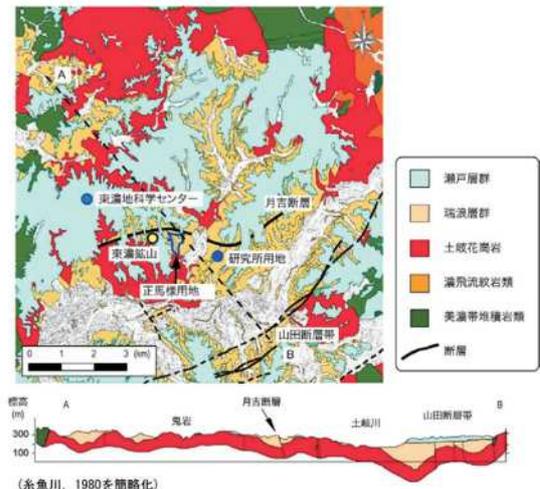


図 4 TGC 周辺の地質

## 3. TGC における地質環境特性に関する研究の歩み

地層処分の基本的な考えは、地殻変動などの影響が小さく、地下資源が存在する可能性が低い地層および適切な埋設深度を選び、地下深部の地質環境が本来備えている特性(天然バリア)と、地下水による核種の溶出・移行を防ぐ観点から有効と考えられる工学的な機能(人工バリア)を有効に組み合わせた多重バリアシステムを構築することにより、安全を確保することです(参考文献 2)の図 3 を参照)。そのため、

地層処分を行うにあたっては、将来長期にわたって、万が一、ガラス固化体から放射性物質が溶出し、地下水を介して生物圏に至った場合、人間や他の生物にどの程度影響を与えるか、将来にわたって人間の生活環境に有意な影響を与えないか、を評価(安全評価)することになります。この安全評価の条件設定や地下施設などの設計のためには、本来、深部の地質環境が有する地下水の流れや、地層中に存在している地下水の化学的性質、物質移行特性、岩盤の力学的・熱的特性を理解する方法(深部地質環境特性の調査・解析・評価技術)が必要になります。

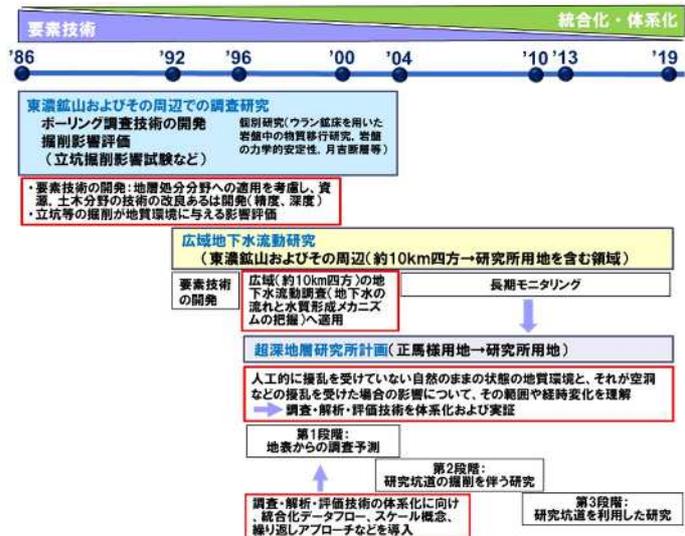


図 5 TGC における地質環境特性に関する研究の主なプロジェクト

TGC では、この課題の解決に向けて主に3つのプロジェクト(「東濃鉱山およびその周辺での調査研究」、「広域地下水流動研究」、「超深地層研究所計画」)(図5)を、図3に示す主な施設およびその周辺で行いました。「東濃鉱山およびその周辺での調査研究」では、ボーリング調査技術などの要素技術の開発やウラン鉱床を用いた物質移行研究などの個別研究を行いました。「広域地下水流動研究」では、約10km四方の広域の地下水の流れや水質形成メカニズムを把握する手法の整備を目的とし、ボーリング調査や物理探査、それらを踏まえた地下水流動解析などを行いました。「超深地層研究所計画」では、人工的な擾乱を受けていない自然のままの状態での地質環境を対象とし、それらが空洞を掘削することなどによる擾乱を受けた場合の影響について、その範囲や経時変化を理解することをとおして、「深部地質環境の調査・解析・評価技術および深地層における工学技術の基盤の整備」を行うことを目的とし、地質環境調査技術の体系化を行いました。

#### 4.地質環境特性に関する研究の当初の課題

放射性物質の生物圏への移行を遅延させる一つのバリア(天然バリア)として、人工バリア周辺の岩盤の特性を利用する地層処分の安全性を将来にわたって評価するためには、本来の岩盤の性質を可能な限り乱さずに、断層・割れ目帯など地下水の流れの速い領域だけではなく、流れが緩慢で地層処分に好ましい領域の流動状況や、地下深部における地下水の水質や賦存状況を、品質を確保しつつ把握することが必要になりました。具体的には、調査技術に必要な要件として、地層や地下水の性質をできるだけ変化させずにそのままの状態です計測・測定すること、当初、海外で想定されていた処分深度(約500m)を評価するために必要な地下深部(約1,000m)での圧力や温度の下でデータを取得すること、地質環境をできるだけ非破壊で把握すること、取得データの品質を確保することなど、が求められたということです<sup>4)</sup>。しかし、1986年、「東濃鉱山およびその周辺での調査研究」開始当初、ボーリング調査で地下深部の本来の地質環境特性のデータを取得するにあたり、それまでの資源分野では、地下に存在する周囲とは違った特別な何か(例えば、鉱床の存在を示す異常帯など)を見つけること<sup>4)</sup>、土木技術では、例えば軟弱な岩盤や地下水が流れやすい部分を見つけその対策や構造物の設計に活かすことに主眼がおかれていたため、当

時の資源探査や土木分野で用いられていた地下水調査技術や地下水の地球化学調査技術などをそのまま適用することができませんでした。5 章では、以上のような課題を解決するために開発されたボーリング孔を利用した地質環境調査技術の開発の例を紹介します。

## 5. ボーリング孔を利用した地質環境調査技術の開発

### (1) 水理試験技術

水理試験に関しては、当初、土木分野では難透水性岩盤( $10^{-8}\text{m/sec}$ 以下の岩盤)は不透水層として扱われていて、わが国には難透水性岩盤を測定可能な水理試験装置や試験技術が十分に整備されていませんでした。そのため、まずは深度 1,000m まで、難透水性岩盤を測定可能な水理試験装置(パルス法、スラグ法)を開発し(図 6(1)、5 連のマルチパッカーと装置の先端に BTV を装着、パイプ方式)、その後、難透水性岩盤から高透水性岩盤までの幅広い透水性に対応するための水理試験装置(図 6(2)、揚水試験も可能)を開発しました<sup>5)</sup>。これらの装置で、 $10^{-6} \sim 10^{-12}\text{m/sec}$  オーダーの幅広い岩盤の透水性を測定することは可能になりましたが、圧力損失、孔内貯留、および試験区間の設定などに課題が残りました。圧力損失については、当初、ボーリング掘削および調査全体のことを考えず、資源探査などによく用いられていたボーリング孔径(HQ サイズ; 約 100mm)を想定して装置を開発したため、試験装置の内部配管の直径が数 mm 程度と小さくされていました。それにより、高透水性岩盤では一般的には水圧低下量が小さくなるため、揚水試験の場合に明瞭な水圧変動データが取得できず、圧力損失の影響が大きくなってしまいました。そのため、ボーリング孔径を拡大し((3)参照)、試験装置の内部配管の直径を拡大、かつ配管の曲がりを少なくする改良をし、圧力損失を低減しました。孔内貯留については、揚水試験の初期、岩盤からボーリング孔への地下水流が少なく、ボーリング孔内に溜まっている水だけを揚水している状態になり、水理特性を把握する障害となりました。そのため、ポンプの上にパッカーを取り付け、揚水時に試験区間を閉鎖系にでき

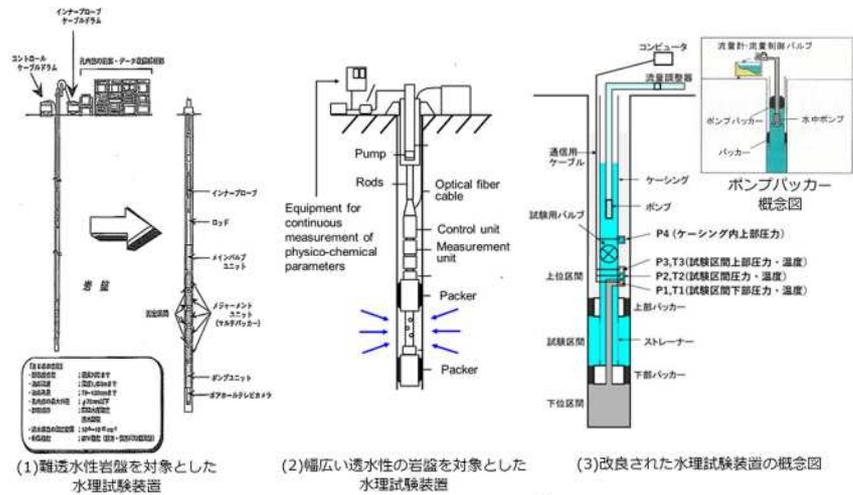


図 6 水理試験装置<sup>5)</sup>

定可能な水理試験装置(パルス法、スラグ法)を開発し(図 6(1)、5 連のマルチパッカーと装置の先端に BTV を装着、パイプ方式)、その後、難透水性岩盤から高透水性岩盤までの幅広い透水性に対応するための水理試験装置(図 6(2)、揚水試験も可能)を開発しました<sup>5)</sup>。これらの装置で、 $10^{-6} \sim 10^{-12}\text{m/sec}$  オーダーの幅広い岩盤の透水性を測定することは可能になりましたが、圧力損失、孔内貯留、および試験区間の設定などに課題が残りました。圧力損失については、当初、ボーリング掘削および調査全体のことを考えず、資源探査などによく用いられていたボーリング孔径(HQ サイズ; 約 100mm)を想定して装置を開発したため、試験装置の内部配管の直径が数 mm 程度と小さくされていました。それにより、高透水性岩盤では一般的には水圧低下量が小さくなるため、揚水試験の場合に明瞭な水圧変動データが取得できず、圧力損失の影響が大きくなってしまいました。そのため、ボーリング孔径を拡大し((3)参照)、試験装置の内部配管の直径を拡大、かつ配管の曲がりを少なくする改良をし、圧力損失を低減しました。孔内貯留については、揚水試験の初期、岩盤からボーリング孔への地下水流が少なく、ボーリング孔内に溜まっている水だけを揚水している状態になり、水理特性を把握する障害となりました。そのため、ポンプの上にパッカーを取り付け、揚水時に試験区間を閉鎖系にでき

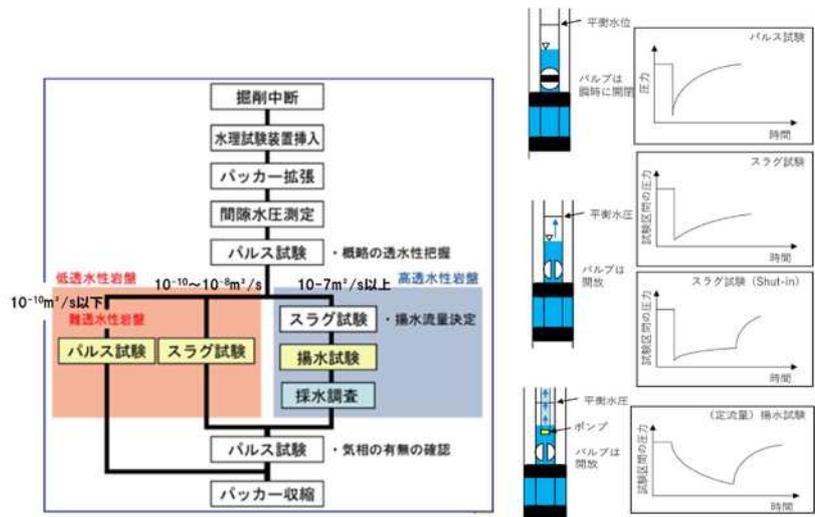


図 7 シーケンシャル試験<sup>5)</sup>

るポンプパッカー(図 6(3))を開発しました。さらに、試験区間の設定においては、試験の対象とする割れ目が試験区間の上下に連続し、試験区間と異なる位置でボーリング孔と交差していると、水圧が割れ目を介して区間外に逃げ、水理試験ができません。そのため、試験中に試験区間の上下の水圧をモニタリング可能なセンサーを設置し(図 6(3))、試験区間が閉鎖されているかどうかを確認できるように改良しました。

また、試験区間の透水性に相応した試験手法を適切に選択し、効率的な試験の実施が可能なよう、シーケンシャル試験(図 7)を構築しました。シーケンシャル試験では、最初にパルス試験を実施し、透水量係数がおおむね  $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  以下の場合には、再度パルス試験を実施して再現性を確認し水理試験を終了します。概ね  $10^{-10} \sim 10^{-8} \text{m}^2/\text{s}$  の透水量係数が推定された場合はスラグ試験を実施します。概ね  $10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$  以上の透水量係数が推定される場合は揚水流量を決定するためにスラグ試験を実施し、その後、揚水試験を実施します。最後のパルス試験は、最初に実施したパルス試験とその圧力挙動を比較(再現性を確認)することにより、その間に実施されたスラグ試験や揚水試験による試験区間の岩盤の水理的な変化の有無を確認するために実施します。さらに、パルス試験ではその試験中の水圧差と装置に流入した地下水の体積から試験区間の圧縮率が算定できることから、各パルス試験で算定された圧縮率と一般的な水の圧縮率とを比較することで、試験区間において遊離した気相の存在の有無を推定することもできます。これにより、迅速な透水性の判定や水理試験終了の適切な判定が可能となり、水理試験の信頼性と試験時間の効率性を上げることができました。

その他、圧力変化の時間微分(デリバティブ)プロットを導入することにより、従来は専門家の判断で行っていた取得データから透水性を算出するデータ領域を適切に抽出することが可能になりました。具体的には、試験データを評価する際の有効なデータ範囲(例えば、揚水試験における直線勾配法での直線区間、図 8 上図)や境界条件による影響などを、時間微分プロット(図 8 下図)を用いることで、放射状均質流れの状態(地下水の流れが Jacob-Cooper の理論式における前提条件を満たしていると想定される状態)と境界条件の影響を受けている領域などを容易に確認可能とし、技術者の経験などによる評価結果のばらつきを低減しました<sup>5)</sup>。

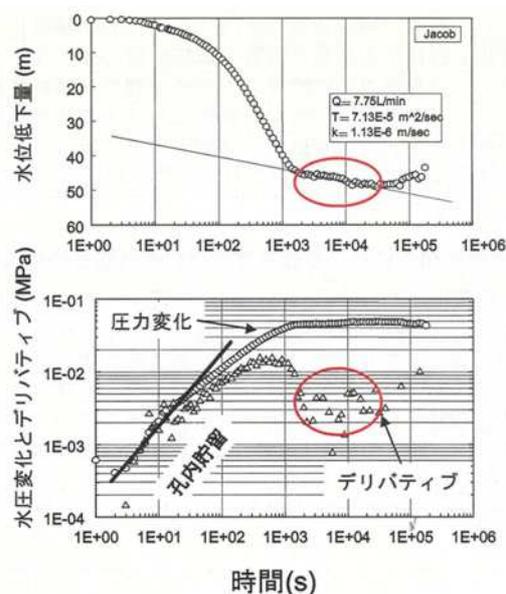


図 8 デリバティブを用いた揚水試験の評価事例<sup>5)</sup>(上図：方対数グラフによる透水性評価、下図：圧力変化とデリバティブによる評価領域の抽出)

## (2) 地下水の地球化学調査に関わる調査技術

地下水の採水および物理化学パラメータの測定に関しては、地層水の混合、掘削水の混入、地下水と大気との接触による物理化学パラメータへの影響、被圧地下水の圧力開放による溶存ガスへの影響などの課題を考慮し、地下深部の本来の地下水の地球化学特性を把握する装置や手法を整備する必要があります。そのため、3種類の調査装置(パッカー式地下水サンプラー、MP システム、1,000m 対応地下水の地球化学調査機器)を開発あるいは導入しました<sup>6)</sup>。各々の装置の特徴は図 9 に示したとおりです。上記の調査機器は、地球化学調査だけでなく、ボーリング調査全体の目的、工程、予算、ボーリング掘削位置の地盤の状況を含めて使い分けられます。孔内崩壊やそれに対する保孔がなく、ボーリング掘削後に順次、地球化学調査を行うことが可能なのであれば、①の調査機器のように物理化学パラメータの原

位置での測定とバッチボトル式による被圧不活性状態の採水のできる機器を選択することが理想的ですが、例えば、大量の掘削水が採水区間で逸水をして短時間に掘削水を排除することを優先させた場合は、③の調査機器のように短時間で大量の地下水を揚水できる水中ポンプを用いることができ、水理試験を同時に実施できる装置が有利になります。逆に、掘削中に孔径拡大や孔壁崩壊が起こらず、掘削水に逸水がほとんどない場合には、掘削を中断せずにボーリング孔を最終深度まで掘削後に②の多区間を対象とした調査機器を用いるほうが、単区間を対象とした装置を用いるのに比べ装置の入れ替えの作業を削減できるため工程上有利であり、かつ長期的なモニタリング孔として活用することも可能になります。

また、掘削水の混入による本来の地下水の化学的特性に対する影響も踏まえ、採水の品質管理手法も整備しました。具体的には、①掘削水に地下水の水質に影響がでない蛍光染料をトレーサーとして加え、ボーリング掘削中一定濃度に管理（汚染源となる掘削水にマーキングする）、

②採水区間を決定し、パッカーで遮蔽（他の区間からの地下水の混合を防ぐ）、③岩盤内に浸透した掘削水を揚水（予備排水による掘削水の排除）するとともに、蛍光染料濃度と物理化学パラメータを連続モニタリング、④蛍光染料の低下と物理化学パラメータが一定値に収束したことで掘削水の排除を確認し採水、といった手順で採水の品質を確保しました（図 10）<sup>6)</sup>。

しかしながら、ボーリング掘削中に掘削水が逸水する割れ目（帯）に遭遇し、大量（数十～数百 m<sup>3</sup>）の掘削水を岩盤に注入してしまったため、掘削水による汚染を除去できず、これらの区間からの地下水採水が不可能な事象が確認されました。そのため、岩盤中への掘削水の混入量を低減させる観点から、掘削中の逸水発生時に掘削を中断して揚水試験と組合せて実施する手順に改善しました。また、ボーリング孔の掘削終了から排水開始までに時間がかかったため、長く排水したにもかかわらず掘削水が除去できない事例も確認されました。掘削により汚染された水が時間とともに岩盤中に拡散し、排水時に回収しきれなくなったと考えられ、加えて、トレーサーが十分に抜けなかった理由として総排水量が少ない、採水区間長が長い、揚水速度が遅い、揚水時間が短いといった点が挙げられたため、採水調査時は、余裕のある工程、短い採水区間の設定、高い能力のポンプを使用し、速やかな採水作業への移行するような工程に改善されています。

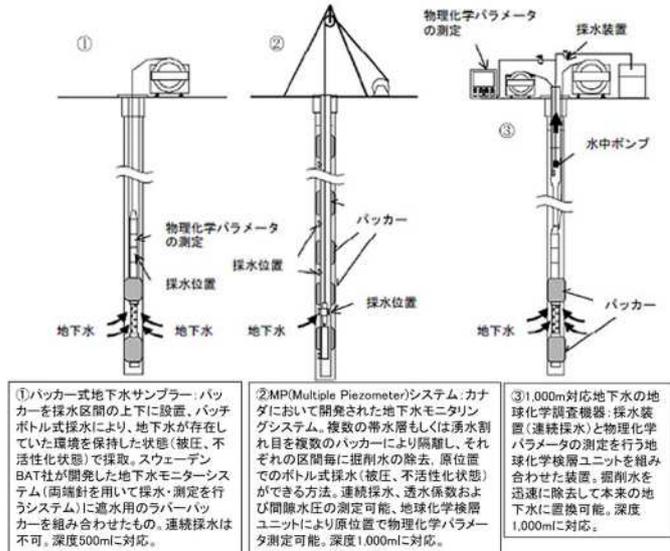


図 9 採水装置<sup>6)</sup>

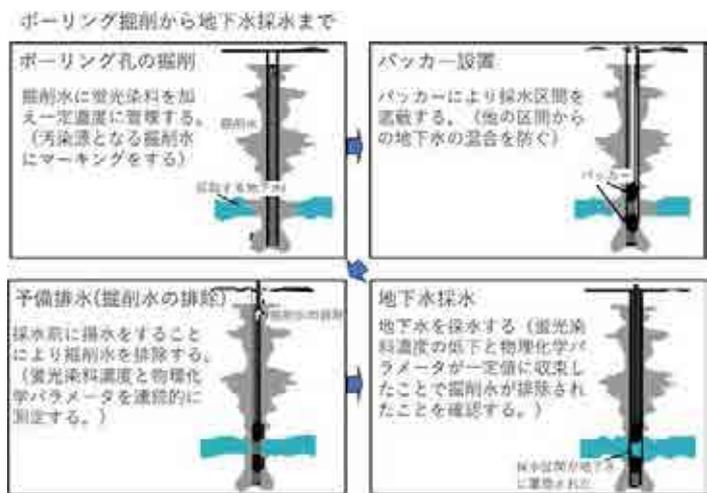


図 10 採水の品質管理手法<sup>6)</sup>

### (3) ボーリング掘削を含む調査・試験の品質管理手法

ボーリング孔の掘削は 1 孔のボーリング孔からできる限り品質の良い情報を取得することが効率性の観点から重要であり、ボーリング孔を利用する複数の調査・試験に必要な適正な孔の仕上げ、および掘削作業から得られる各種の情報を取得して調査・試験の実施の判断などに提供することが求められます。そのため、ボーリング孔の掘削においては、調査・試験および長期観測孔としての目的から、ボーリング孔の最終孔径、ケーシングプログラム（ケーシングのサイズと設置深度）、掘削水の選定と管理、掘削パラメータの取得、ボーリングコア採取方法、孔跡管理、これらに必要な掘削機器の選定が重要になります。「超深地層研究所計画」の第 1 段階後半では、高透水部を対象とした水理試験装置の挿入、採水時の高揚程・高流量ポンプの挿入を可とすること、孔壁崩壊や大規模逸水での掘削困難時での小孔径への変更オプションの確保（多段掘削ケーシングプログラム）、さらには、ボーリングコアの採取率を向上することも考慮し、最終ボーリング孔径を原則約 135mm 以上に変更し、ボーリング調査計画およびその場の地質環境の状態を勘案して、孔径およびケーシングプログラムを組むようにしました<sup>7)</sup>。最終ボーリング孔径を 135mm 以上にしたのは、深い深度で断層などに遭遇し掘削が困難になった場合、それまでに使用している掘削パイプをケーシングに代用し、以深の掘削を一回り小さい孔径（例えば 4 インチ）で行うことができるオプションを残しておくためです。

また、一般のボーリング孔の掘削は、通常、掘削スライムの排出不良、掘削パイプの回転トルクの上昇、孔内崩壊などによる掘削障害の防止などの対策のため、ベントナイトなどを主成分とする泥材を添加した掘削水（泥水）が用いられていました。しかし、泥水を用いると、目詰まりなどによる岩盤の透水性への影響や掘削水の混合による地下水の水質への影響が起り、データが取得できなかつたり品質が低下する懸念がありました。このため、要素技術の開発の当初から、これまで経験のなかった清水掘削を採用し、掘削原水として TGC では井戸水、河川水などを使用しました。さらに、「超深地層研究所計画」では、ボーリング孔の掘削中は掘削原水の採取場所は変更しない、雨水の混入や直射日光を可能な限り受けないなど、掘削原水の管理も行いました。また、清水掘削を採用するにあたり、想定される様々な掘削障害への対策を行いました。一つ目が、掘削循環水の比重が掘削スライムの比重より小さくなることで、掘削スライムの排出不良が生じないよう、できる限りスライムを微細にするよう掘削時のビットの掘削効率や摩耗状況を記録し、最適なビットを選定するようにしました。二つ目は、掘削孔径と掘削パイプ径がほぼ同じのワイヤーライン掘削工法を用いて、孔壁崩壊を起こさない程度まで掘削循環水の流速を上昇させました。三つめは、掘削循環水の中に残された掘削スライムによる孔壁拡大や循環不良が生じないよう、遠心分離装置などを使用して掘削スライムを除去するなどの対策を行いました。しかし、規模の大きな断層などに遭遇することによる孔壁崩壊は避けられないこともあります。この場合には、セメントによる保孔を行い、その後、清水で掘削を継続するようにしました。四つ目は、清水掘削でも掘削水の残留による影響が想定されるため、地下水の採水を行う際に掘削水の地下水への混入割合を確認できるよう（詳細は「(2) 地下水の地球化学調査に関わる調査技術」を参照）、掘削水にトレーサーを添加し、掘削中は掘削水のトレーサー濃度を一定に保つよう管理しつつ、分析用試料では、トレーサーの濃度を基に、掘削水の残留割合で評価しました<sup>7)</sup>。

さらに、ボーリング調査では、調査全体および個別調査の目標を策定し、それに向けて必要な調査手法が適用されます。これら複数の調査の品質を確保するために、個々の調査手法を具体化した調査マニュアルの整備や調査ごとの品質管理計画書を策定することになりました（例えば、掘削作業手順書、岩芯調査実施計画書、岩芯室内試験実施計画書、ボアホールテレビ測定実施計画書、物理検層・流体検層実

施計画書、水理試験実施計画書、井戸水・掘削水・揚水試料の分析実施計画書(各々の品質管理チェックシートを含む)。さらに、発生し得る事象を事前に可能な限り想定し、それぞれの事象への対応策を検討・準備しておくことが重要です。そのため、目的を達成するために、その過程で発生し得る事象を抽出し、それぞれの対応策をフローチャートの形式で示したものを、すなわち掘削・調査における各々の判断のプロセスの関係を示した Process Decision Program Chart(PDPC)手法(図 11)を導入しました<sup>8)</sup>。

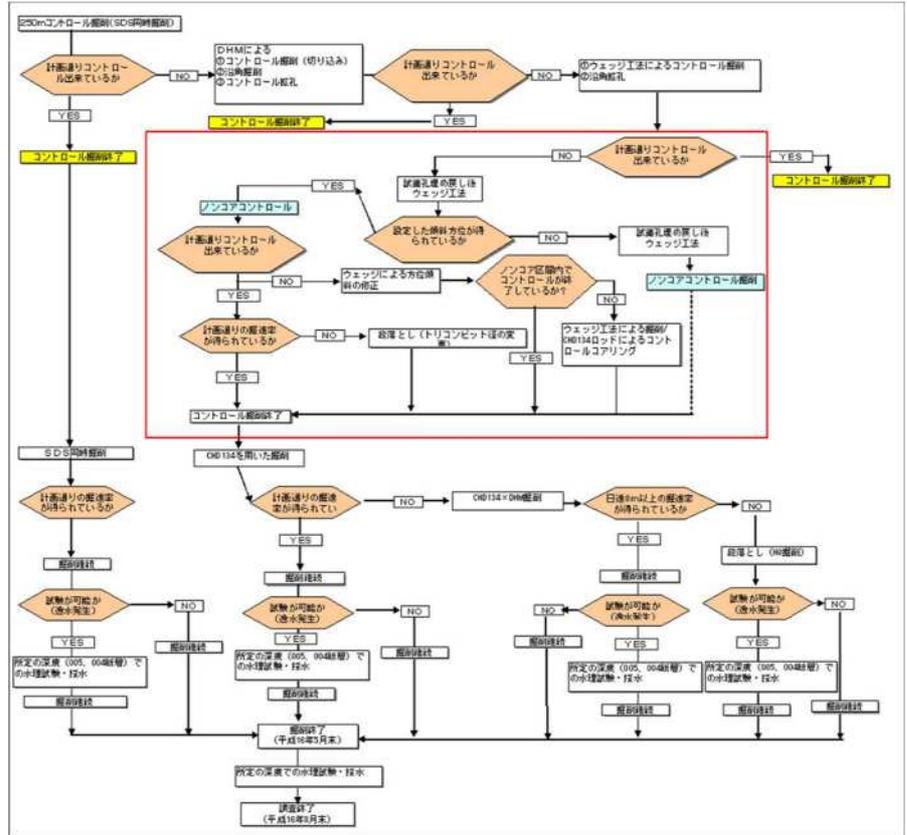


図 11 PDPC の例<sup>8)</sup>

## 6.おわりに

本稿では、TGC で進めてきた地質環境特性に関する研究の歩みの一例として、ボーリング孔を利用した調査技術を取り上げて紹介しました。他にも様々な技術開発が行われていますので、興味のある方は TGC のホームページ (<https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/index.html>)をご覧ください。

## 参考文献：

- 1) 山崎真一(1993)：地層科学研究 1.地層科学研究の概要，高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発特集，動燃技報，PNC TN1340 93-001，127-129.
- 2) 大澤英昭(2023)：日本原子力研究開発機構東濃地科学センター土岐地球年代学研究所の現況，技術士“ちゅうぶ”，第 12 号，34-41.
- 3) 杉原弘造(2022)：文献でたどる東濃鉱山の歩み，JAEA-Review 2022-006.
- 4) 動力炉・核燃料開発事業団(1992)：2.1.6 地質環境条件の調査技術の開発，高レベル放射性廃棄物 地層処分研究開発の技術報告書－平成 3 年度，PNC TN1410 92-081，2-92～100.
- 5) JAEA TGC (2022)：1\_12\_6 水理試験技術，深度 500m の地質環境の挑戦 超深地層研究所計画で得られた研究成果，[https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/1/1\\_12/1\\_12\\_06.html](https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/1/1_12/1_12_06.html) (2024.7.24 閲覧).
- 6) JAEA TGC (2022)：1\_12\_7 地球化学特性の調査技術，深度 500m の地質環境の挑戦 超深地層研究所計画で得られた研究成果，[https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/1/1\\_12/1\\_12\\_07.html](https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/1/1_12/1_12_07.html) (2024.7.24 閲覧).
- 7) JAEA TGC (2022)：1\_12\_3 ボーリング調査のための掘削技術，深度 500m の地質環境の挑戦 超深地層研究所計画で得られた研究成果，[https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/1/1\\_12/1\\_12\\_03.html](https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/1/1_12/1_12_03.html) (2024.7.24 閲覧).
- 8) JAEATGC (2022)：1\_12\_11 品質管理手法，深度 500m の地質環境の挑戦 超深地層研究所計画で得られた研究成果，[https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/1/1\\_12/1\\_12\\_11.html](https://www.jaea.go.jp/04/tono/miu/history/1/1_12/1_12_11.html) (2024.7.24 閲覧).

## ＜分散型水供給システムの可能性：日本とサブサハラ地域の比較＞

下川 映 技術士（上下水道）

岐阜県支部



### 1. はじめに

2024年に技術士資格を取得しました。私はこれまで、政府開発援助（ODA）事業において海外の水道施設建設に施工業者として携わってきたのですが、技術士資格取得のために国内の水道事業について勉強を進めるにつれて、小規模給水施設の維持管理に関して共通の課題があることがわかり、国内外ともに持続可能な水道インフラを構築する上で重要なテーマと考えました。

本稿では、日本の小規模給水施設とアフリカ・サブサハラ地域の村落給水施設に共通する課題を整理し、現地での経験を踏まえた持続可能な水道インフラの構築について考察したいと思います。

### 2. 日本の小規模給水施設の課題

日本では水道インフラの老朽化が進み、和歌山県六十谷の水管橋崩落事故など、水道事故が深刻化しています。水道インフラ全体の約3分の2を占める管路の更新需要は非常に高く、その更新には多大な費用と時間を要する一方で、人口減少に伴い水道料金収入が減少し、その更新需要に財源が追いつかない問題があります。

水道事業者は事業統合や管理の共同化など広域連携を進めることで対応していますが、特に人口減少と高齢化が進む過疎地域での小規模水道では、水需要者一人当たりの管路延長が長くなり、不採算となりやすい状況にあります。

このような課題に対し、小規模分散型の水供給システムが注目されています。このシステムは、大規模な浄水場や配水池・配水管を基盤として広範囲に給水する集約型ではなく、伏流水や地下水を水源とし限定した範囲に給水するものです。この小規模分散型と大規模集約型とを最適に組み合わせることで、管路の更新需要を抑え、より経済的な水供給システムの運用が期待されます。

### 3. 法適用外水道

水道事業は、通常市町村が主体となり運営されますが、給水人口100人以下の水道では水道法が適用されず、地域住民で組織される水道利用管理組合等により運営されます（以下、「法適用外水道」）。

法適用外水道は、工事を含む維持管理を自前で行う、断水などの不便が許容される、コストのかかる水質分析の義務が軽減される等により、維持管理コストが抑えられるメリットがあります。一方で、水質事故のリスクや非常時の対応・復旧、資産管理の整備等の点で問題を抱えています。

今後、さらなる人口減少や高齢化により法適用外水道が増加することが見込まれるため、これらの課題への対応が必要です。これを検討する上で、同様の管理体制で運営されるサブサハラ地域の村落給水施設の事例を参考にみてみることにします。

### 4. サブサハラ地域の村落給水施設の課題

アフリカ・サブサハラ地域では、人口増加率が平均2.5%と高く、給水施設整備が追いつかない状況が

続いています。特に、人口増加率が高い地方村落では、水源ごとに分散型の水供給システムが一般的に普及しています。

施設構造は、ハンドポンプ式井戸給水施設や、管路と配水池を組み合わせた管路系給水施設が主流です。持続的な維持管理が行うため地元で調達可能な資機材を使用し、塩素消毒のみで給水するなど技術的に簡素なシステムが採用されています。

管理体制は、地域住民が組織する水管理組合が維持管理を担うのが一般的です。しかし、組合主導での維持管理が機能しない場合も多くあり、地方政府の介入や民間企業への委託など現在も試行錯誤が行われています。

課題としては、持続的な維持管理が挙げられます。村落地域では、利用者からの水道料金徴収の支払いが滞る、徴収した水道料金が私的に流用されるなどにより十分な財政基盤を築くことができない場合が多く、施設の不具合を修理できず給水停止となる事例が多くみられます。

## 5. サブサハラ地域の村落給水施設の事例

サブサハラ地域の村落給水施設には、日本の法適用外水道の参考となり得る点があります。

### (1) オーナーシップとリーダーシップ

日常の維持管理が行き届き、適切に水道料金を積み立てて管理する水管理組合の特徴として、維持管理に率先して取り組むリーダーがあり、給水施設を「自分たちのもの」と認識しているところです。日本では水道施設は公共インフラであるという意識が強く、水道法でも市町村がリーダーシップをとるという点で、大きく異なります。

### (2) 技術革新の活用

サブサハラ地域では、携帯電話を介してお金のやり取りをするモバイルマネーや ICT を活用する事例が増えており、日本の参考になりうる点があります。簡易なマイコンを使用した遠隔監視システムによる施設状態のリアルタイム確認や、モバイルマネーをチャージしたカードをかざすことで給水栓が自動で開閉する自動料金徴収システムなど試験的に導入が進んでいます。日本でも、これら技術を導入することで、水道利用管理組合等の負担軽減や維持管理の効率化が期待されます。

## 6. まとめ

日本の小規模給水施設（特に法適用外水道）とサブサハラ地域の村落給水施設では、共通の課題を抱えるとともに、学び合うべき点も多くあります。サブサハラ地域にリープフロッグで導入された技術を、日本に逆輸入することで、新しい視点が得られる可能性があります。

技術士としての入口に立ち、新技術や現地の知見を現場に還元できる仕組みを構築し、持続可能な水道インフラの実現に向けて尽力していきたいと気持ちを新たにす次第です。

## <電気学会講演 直流電気鉄道き電回路の現状と課題>

岡井政彦 技術士（電気電子）、静岡県支部  
電気学会上級会員、同 IEEJ プロフェッショナル



### 1. はじめに

2024年12月6日、電気学会では東京都立産業技術研究センターと連携セミナーを開催しました。（会場：都立産業技術研究センター東京イノベーションハブ）このセミナーで、岡井は学会 IEEJ プロフェッショナル会員の一人として、標記の講演を行いました。本稿で電気鉄道システムの現状の課題について、その一端を知って頂ければ幸いです。

### 2. 電気鉄道の電気方式

電気鉄道は、基本的にトロッコ線という架空線（銅線）とレール（鉄の導体）を使って、電車に電力を送達する仕組みとなっています。Fig.1 に示すように電力としては直流電力と交流電力の2種類の方式が採用されています。大まかに言えば、交流方式は新幹線鉄道と一部の在来線（JR九州内や北陸線など）で使われ、都市内鉄道や東海道線、民鉄などの主要な在来幹線では、直流方式（電圧は1,500Vが主、その他一部の地下鉄などでは700Vなどもあり）がメインとなっています。以下本文では、直流電気鉄道または直流電車などと称します。

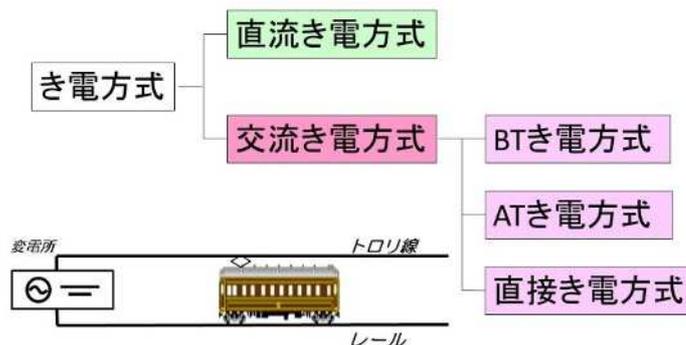


Fig.1 き電回路と電圧

直流電気鉄道の特徴を3つ挙げます。

- (1) き電電圧が1,500Vと交流電気鉄道（電圧30,000Vの新幹線）に比べて流れる電流が大きくなるので、送電線による電圧降下の問題が顕在化しやすい。電線の電圧降下は電力ロスとも言える。
- (2) 送電線（トロッコ線など）の抵抗は線路の抵抗のみを考慮すればよいので、電気回路の諸計算が線形計算で済む。交流の諸計算にはインピーダンス（複素数）の概念が必要で扱いが複雑で面倒である。
- (3) 回生車の回生電力の処理をどうするか考慮する必要がある。

### 3. 電圧降下の課題

直流電圧は1,500Vと低いので電線に流れる電流による電圧低下が問題となりやすいのが、直流電鉄の一番の悩みです。直流電鉄の電車への電力供給は、通常は2つの直流変電所の並列回路による電力供給が行われ、上り線と下り線を有する複線構成の場合には、上り側の電線と下り側の電線を相互につないで電車に電力が送られます。Fig.2はこの状態を示しており、電流を分散させることで電圧降下を防止し、電車パンタグラフ電圧が走行に支障をきたさないように回路は構成されます。電車運行本数が多く、変電所中間部分での電圧降下が問題となる場合には、変電所を増やして変電所間隔を短くする対応をします。JR山手線では、ほぼ1駅に1変電所を設備して朝夕の高密度運転を支えています。また現在はまだ基礎研究の段階ですが、電線に超電導ケーブル（電気抵抗0Ω）を用いて電線の電圧降下を防止する試みが進められています。Fig.3は伊豆箱根鉄道大仁駅で行われている超電導送電の長期実証

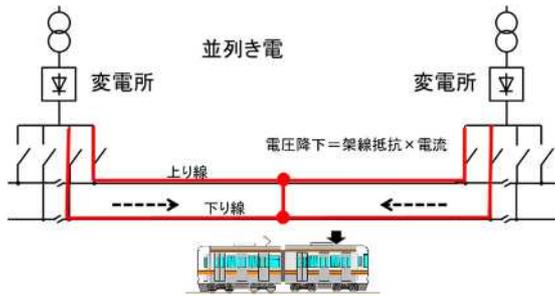


Fig.2 並列き電

試験を示します。(JR 総研ニュース) 実用化は、超電導線の電力節減効果と、冷凍機など超電導維持のための電力の大小比較が鍵となります。



Fig.3 超電導ケーブル実証試験

#### 4. 回生電力処理の課題

現代の直流電車はブレーキ時にモータを発電機モードにして、その回生電力を他の走行電車に供給します。Fig.4 はこれを概念的に示したものです。電車の回生電力は自動車の何 10 倍にもなり、これを短時間で処理する必要があります。

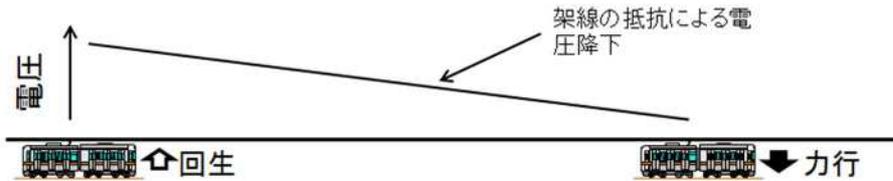


Fig.4 回生電力

従来は直流電車の変電所には電力貯蔵のための電池などは設備されていませんでした。近年の自動車の PHVD や EV で実証された充電電池 (Ni 水素、Li イオンなど) が、さらに大電力用にも採用されるようになり、これを直流電車の回生電力貯蔵に活かしつつあります。このような電池を変電所に置くと

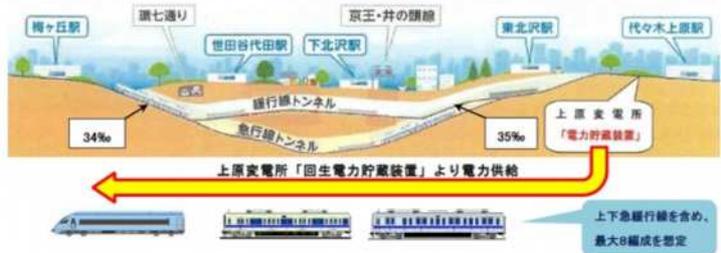


Fig.5 変電所に電池を置く (小田急電鉄提供)

電力会社の送電が停電した場合に、電池から電車に電力を供給して、例えば駅間で停止した電車を最寄り駅まで移動するなど、非常時の輸送サービス向上にも役立ちます。

Fig.5 は小田急電鉄の下北沢駅の地下化に合わせて、変電所に電池を置いて回生電力吸収と非常時の電車への電力供給を示すものですが、特に首都圏を中心とする高密度運行区間では、近年は変電所に電池の電力貯蔵装置を設備する例が増えつつあります。

#### 5. まとめ

電車の回生電力の有効活用に向けては、今後も各種電力貯蔵方式やパワーエレの進歩に従い、鉄道への応用が進むものと考えられます。さらにコンパクトな大容量電池が実用化されれば、大容量電池を搭載した電車が非電化区間へ直通で乗り入れるなど、輸送サービス向上にも一歩近づくと思われます。

## <地理空間情報を活用した施工の最適化について>

石田 純一 JABEE 修了  
静岡県在住



### 1.はじめに

平成28年よりICT施工が広く導入され始め、今では国交省発注工事のほとんどが対象となっています。私が所属する会社でも、ICT施工を導入し内製化を進め、5つあるステップの4つを自社で行うことができています。このように、地場の建設会社でも徐々に浸透しています。さらに、昨年度からはBIM/CIMが原則適応となり、i-construction2.0が発表されました。そこで、今回は当社で行った一例を紹介します。

### 2.現場紹介と施工における課題

令和4年の台風15号により、旧採石場で土砂崩れが発生しました。その災害復旧工事が実施現場となります。再び雨水が集中し更なる土砂の流出が発生する可能性があるため、山を掘削し導流堤を設置することで水の流れを変更します。

施工順序は次の通りです

[伐採工→法切工→水路工→函渠工(ボックスカルバート)→水替工→導流堤]

施工における課題は、法切工と水替工施工時にありました。

#### ①水替工-導流堤を施工するために水替えを行うが、その仮設の設計が課題

導流堤はドライな状態で施工する必要があります。しかし、施工箇所は降雨時に雨水が最も集中する場所にあるため、水替えをしなければなりません。大型土のうを設置し、前ステップで施工したボックスカルバートに水を流す計画でしたが、土のうの高さや配置位置によっては水が越流し施工箇所に流れこむ恐れがあります。そこで、施工性の向上と安全確保のため土のう設置高さと位置の検討を行いました。



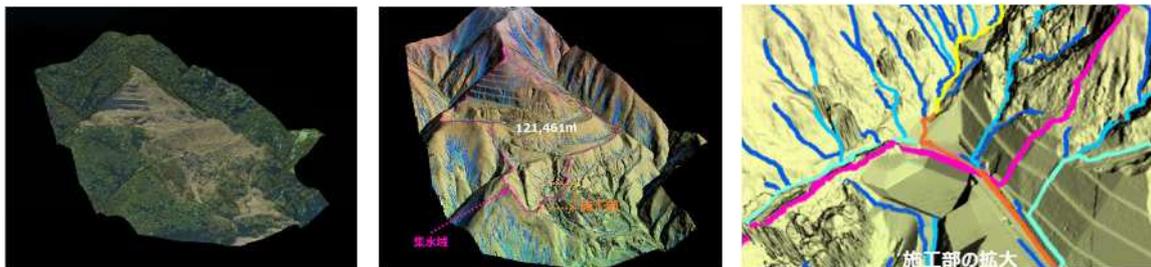
#### ②法切工-掘削範囲は急峻な地形であり、重機足場の確保が課題

水の流れを変えるため、山を掘削しボックスカルバートと水路を施工します。しかし、掘削箇所の地形は急峻であるため、重機足場の確保が困難な箇所が現場を調査した際に確認されました。そのため、重機足場を確保し安全な施工を行うための掘削順序を検討する必要性がありました。

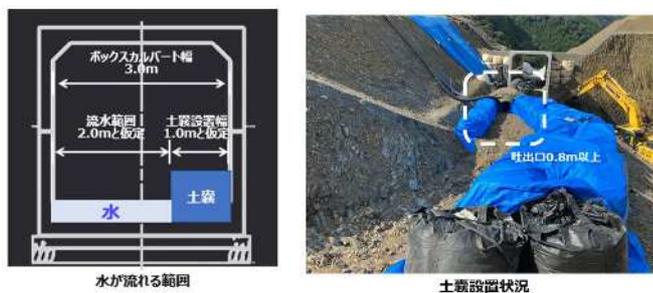
### 3.各課題における検討

#### ①水の流れ解析を用いた土のう設置高さの検討

まず、導流堤施工箇所に流れ込む水の量を検討しました。そのためには、流域全体の点群データが必要ですが測定範囲が広域となるため、ドローンや地上型レーザスキャナーでは時間がかかり、航空レーザではコストの負担が大きくなります。そこで、静岡県が作成したオープンデータを使用し山全体の点群データを取得しました。詳細なデータが必要となる施工箇所についてはドローンによる写真測量を行いました。この2つの点群データを用い、水の流れを解析することで流域面積を確定させました。下の図は左が静岡県のオープンデータ、真ん中と右の図がオープンデータを基に流域と水道を表したものです。



次に、想定降雨量と流域面積、流出係数(道路土工要領の数値を参照)から流入量を算出しました。想定雨量は現場から最も近い気象庁のデータを参考に 60 mm/h と仮定し流域面積は 121,461 m<sup>2</sup>、流出係数は 0.85 としました。その結果、導流堤施工箇所に流れる水量は、最大 1.72 m<sup>3</sup>/sec と算出できました。この流量を吐出するため土のうの設置高さについては、ボックスカルバートの大きさと勾配から吐出水量(カタログ値を参考とした)を求め、算出しました。下図の左のように土のうを設置した際に想定降雨量を吐出するためにはボックスカルバート端部で 0.8m 必要となることが判明しました。この結果を基に仮設水路の施工を行いました。よって導流堤施工期間中の水替機能は良好でした。



## ②デジタルツインを活用した施工検討

重機足場を確認するため、起工測量の点群データと施工ステップごとの 3 次元データから、将来の地形を作成しデジタル空間に重機を配置しました。その結果、6 段目掘削時に重機の足場が狭くなるのがわかり、重機足場確保のため土砂の搬出量を調整し、土砂を落とす場所を考慮することで重機足場を確保することとしました。また、デジタルツインのメリットとして現場を再現し、実際に重機の乗った視点で操作することができます。今回は、施工するオペレータに操作してもらうことで、施工のイメージの共有だけでなく、施工手順の検討をより正確にできました。



## 4.まとめ

水の流れ解析やデジタルツインを使用することで、仮設工事の根拠を発注者へ提示でき協議をスムーズにできたことや監督員の安心感の向上につながるなどメリットが多く今後も使用していくべき技術だと感じました。しかし、解析のためのデータは地形の点群データや 3 次元設計データ、構造物のモデルデータなど多岐にわたるため作成するのにハードルが高い状況です。特に地場の建設会社では、専任ではなく通常の監理業務を行いながらの作業となるため、負担は大きくなるのが BIM/CIM を進めていく上での課題となりました。

## <技術者活動を振り返って>

渡邊 好啓 技術士（機械・総監）  
岐阜県支部



### 1. はじめに

私は、最初の“東京オリンピック開催”の頃に、技術者として活動を開始しました。計算は“計算尺”で、まだアナログコンピューターも利用していた頃です。

私が、技術に興味を持つことになったきっかけは、東大の渡辺茂先生の“作詞・作曲コンピューター”で3,000曲以上との話からでした。「なぜ、デジタル論理で、アナログ対応ができるのか？」という疑問からでした。そこから、人間の脳に関する疑問にも進み、「シナプスの話」までが興味津々の対象でした。

そこから、技術展開は見事に発展していきましたが、そこに関わって今日まで来ましたことは、とても面白いことの連続でした。このような激変する技術に関して、関わって今日まで来ました、とても良かったです。当時の会社への出勤は、電車と自転車が中心で、マイカーは殆どなかったのですが、みるみる駐車場は拡大していきました。そんな中、産業も大きく変わり、技術的にも大きく変化していきました。

当時の私は、なぜか活動に対する指導者には恵まれなかったが、引き立てて頂ける方には恵まれました。結果、自分にとって興味ある内容に取り組んで、技術者活動をしてきたのです。

その取り組みは、28歳で会社をリタイアするまでの技術者活動をベースに、勝手に飛び込み営業から、顧客の困りごと対応の製品を考え、設計し、製造し、その後のメンテナンス対応を行うという一連の活動へとつながっていきました。私が、そこから学んだ言葉は、それなりに意味のある内容だったと思いますので、ここに書き出してみたいと思った次第です。

私たちは、明確なシナリオに基づいて、明確な論理に基づく展開を求めています。それは誰もが願う普通の進むべき道でしかないように思えます。しかし、激変期の技術者の対応では、それだけでは物足りないのです。そこには、どのように課題や問題を咀嚼して、その**問題解決の為の問題をどのように考えるか**が、問われるのです。それが**今、新しい激変期に遭遇し始めております**ので、振り返る意味も出てきたと思っています。 (注) 未来推論、リスクアセスメント、PDCAスパイラルアップ、など

### 2. 技術者は、結果出しのために、リアルな“イメージ遊び”を楽しみましょう！

宇宙空間とは、1 Km 四方に1個の原子が存在するような空間と言われます。それでも、光の速度で走る光波ロケットでは、現存する材料では、殆どが溶けてなくなると言われています。その宇宙であっても、宇宙時間で原子は接近をはじめ、分子となり、物質となり、それは偏在するところから次第に集合を始める。いつしか、それは渦となり、更に巨大な星となり、その巨大さによって、ビッグバンの発生で宇宙の誕生となります。そのような壮大な動きも、私たちはイメージすることもできるのです。

また、電子顕微鏡の中の1個単位の分子を、操って、立体成形を試みたり、文字を描いてみたりで、大学生は嬉々として体験し、その活動の半分は遊びです。その行為は、以後のイメージ遊びとして、自在に描くことも可能になります。その世界は、マイクロマシンの世界を、思い描いて、その製造・組立・作動などを、イメージで誕生させることも可能になるのです。私たちのイメージ展開は、本当にすごいことだと思います。

この両方の極端の大きさの違う世界を、私たち人間は、イメージで思い描くことができます。そして、日常の技術者活動の場においても、課題であるテーマの解決案を計画する前に、漠然とした基本的な解決

の為の概念による、基本設計もどきを実行できるのです。

普通には、機械を構成する材料の特性を学んだり、構造物の形状に作用する強度を計算で求めたり、課題内容の仕様値に基づいて動く作動特性を、運動力学で計算したり、など、いろいろと学んで技術者となります。しかし、初めて遭遇する「開発設計」では、目標とする出来上がり品質を、どのように達成するかは見通せないのです。

考え方のマクロ展開では、達成する目標の要素の、Q（品質）、C（コスト）、D（納期）なのですが、それらの為の要素は、殆どが、相互作用するのです。つまり、「このように高度な品質の達成」は、「このように高価な製品」と目論みたいのです。これを、どのように整合させるか？ やっと達成の道筋を見つけても、そのための要素の入荷期間が問題であるなどで、短納期では完成しないことも発生します。

やっぱり、日頃に「リアルな“イメージ遊び”を楽しむ」ことの意味も、大いにありそうです。

(注)・マイクロマシン、・宇宙物理学、・地球物理学、・人工光合成を含めた人工食物、など

### 3. 技術者の有効な発想には、「役立つ下地が大事です！」

私たちは、達成したい課題に対して、その急所となる「課題のポイント」を対象に、考えます。そして、その内容に有効な論理ベースを、最初に考えます。そこでは、その考えのモデルを基本に、解決の可能性を追求します。しかし、難題を対象にして、すぐに解決策が見つかるかどうか、大方の試行錯誤が必要になることが多いわけです。

そこで重要になることで、物性の利用などがあります。例えば、「普通の水は、とても固いです！」、かなりの高圧にしても、破壊することはありません。これを利用しようとして、複雑な微細形状を細工した金型に、対象の水圧で素材の成型を試みるという発想が出てきたりします。こんな発想は、いろいろな場面で利用されています。また、水の場合は、比熱が大きいですから、ここを用いて「水を熱の容器として用いる」ことも、考えとして出てきます。但し、こんな場面では、対象の温度域という制約条件も加味しなくてはなりません。

対象となる金属に対して、形状を与えるという「成形加工」という工程も、いろいろな場面で用いられていますが、やみくもに実施しても、目論見通りにすぐ実施できるわけではなりません。やはり、金属の変形に対する特性を理解していることが必要です。

こんな塑性加工では、イメージとしては、「鉄は、極めて流動抵抗の大きな“流体である”」などと考えます。普通の冷たい鉄が“流体である”とは、なかなか考えにくいのですが、最初の基本となるイメージ発想では“流体”と仮に考えます。そうすると、可能な範囲で“微小流動”を考える必要があるわけです。それは、どのように「素材の鉄に、微小流動を与えるか？」との発想が出発点になります。・・・ここから達成できた成形加工では、担当の技術者の方々が言われる、「ヒケ」とか、「カケ」とかの不良品との戦いになるわけです。

つまり、「役立つ下地」とは、**物理的な知識**とか、**化学的な知識**とか、・・・いろいろな関連の情報を事前に理解していることが、とても大事になるんです。

(注)基礎知識(物理学、化学)、材料力学、運動力学(GD<sup>2</sup>計算など)、流体力学、構造力学、振動理論、熱力学、など

### 4. 難題に出会ったときは、その“難しい問題との遭遇を喜ぶ”べきです！

実務に携わる技術者の場合、「**お客さんから好評を得られる製品にして欲しい!**」などの、指示をうけることが多いです。ならば、どうすれば良いのか？ これを明確にすることは、とって難しいことです。そこで多いことは、コストを下げることや、コンパクトサイズにすることや、作動速度を上げることなどが考えられます。

---

しかし、市場での競争の原理が作用する場面での考え方では、簡単なことではないのです。一般的にはコストは品質と関わりますし、性能はコストにも、納期にも関わります。このトレードオフを裁くことは、とって難しいことになります。

ここで「**難しい問題に遭遇し、これを解決しようとする**こと」は、技術者としては、ありがたいことです。目標を見すえての活動は、「**ほっとする**」し、「**やる気**」も出ます。しかも、オリジナル発想で解決しようとする時には、ありがたい場面です。

かなり昔のことですが、「千台の全自動機械を作動させたとき、**故障の原因はどのようなことになるか？**」を考えました。若い時ですから、単純発想で、「**衝撃で機械は故障する！**」と発想しました。そして、それに対する解決案は、「**生産自動機に対して、止まらない機械が良い！**」と考えました。そして、設計開発した自動機は、全カム式の連続運転機械でした。・・・結果の欠点は、**機械が大きくなった**ことでした。この場合では、「**そこそこ**」までの評価でした。

私たちの知恵では、一つの解決案を達成すると、そこに内在している欠点が、どのように顕在化するかが問われることとなります。つまり、「**そこそこ**」の評価だったというわけです。

(注)TRIZ手法(40個の発明原理、物理・化学・幾何学効果)、KJ法、など

## 5. 技術者の活動は、常に仲間と得意の力量で貢献し合うべきです！

技術者の活動場面では、多くの得意技を持った方々との連携作業になります。ところが、特別な立場で秘密の開発内容と取り組む場合など、どこまで公開して、どこまでを周りの技術者を取り込むかが、とても難しいこととなります。

企業で技術者として活動する場合には、かなりの得意技を持った方々も沢山います。この方々と、どのように「**知恵を借りるか？**」。同じ会社だとすれば、なんの問題も無いように思えますが、これが、なかなか難しい。

やはり、**日頃から仲間となる方々との連携プレーを、仕込んでおかない**とできません。ここには、理想と現実の問題が、顕在化してきます。・・・

(注)ブレンストーミング、知的所有権、5ゲン主義 など

## 6. 私たちの幸運は、不運の顔してやってきます！

私たちには、「**時には、がっかりすることが起こります！**」。しかも、それが続いたりします。でも、時間も経過して、それを振り返ってみますと、そのことがきっかけで、良い仲間ができたり、自分としても良い体験となったり致します。

それは、何の不満もなく、順調に過ぎていく場面よりも、**大変な重い任務を指令されたりしながら、苦勞した体験**が、その後の自分にとって、とても大事な経験や、場面であったと気づくことが分かりました。

最近の事件簿などを見たり聞いたりしていると、不運が原因で、精神的に切れたりすることが原因だったなどとの報道も出てきます。このことに、とって残念に思う事になります。

私たち技術者としての活躍の場においても、**理不尽と思う場面にも遭遇**します。その内容を振り返ってみますと、職場においても誰も経験していない場面で、万全の配慮は有り得ないのです。そこで得た内容は、それまでには得られなかった、貴重な体験であることが多いです。

私の若い頃のできごとですが、土曜日の勤務時間が終わる頃に、上司から「**緊急の製造ラインでの大クレーン対応**」が指示されました。「**月曜日までに、大改造実施が、どうしても必要！**」という訳です。その事

態に、対応できる社員は、若い私だけでした。当時の私には、「重すぎる指令！」でした。止むなく、残っている社員を全部、帰宅を止めて頂き、短時間で大改造計画を簡単にまとめました。

そこに居る社員に、何ができるかの判断もなしに、内容を割り当てて、実行にしたわけです。大変なブーイングの中で、一斉に、皆で開始しました。・・・結果は、月曜日の朝までに、何とか完了しました。自分にとって、思いがけない、とっても大変な実行でしたが、得難い経験になりました。

もしかすると、それらの体験が、それからの自分にとって、とっても大事な体験になるのかもしれないのです。私たちは、「**幸運は、不運な顔をしてやってくる！**」との自覚は、大事にした方がよいと思っています。

(注) 哲学、倫理学、社会学、組織学、など

## 7. これからの技術者へのメッセージ

いよいよ社会は、「**AI、人工生物学**」の時代に突入します。そこに、「**量子コンピューター**」が加わるのかも知れませんが、やはり、我々人間の知恵が大事にされる社会であって欲しいと願っています。

現在の、「**AI の有効活用**」面からのコメントでは、対応件数では、20～30 歳代の方が多いようですが、効果的な利用面では、50 歳代が多いとの報道もあります。この意味するところは、何なのかを考えてみますと、やはり、知的処置量の面ではなくて、課題に対する「**問題の立て方に原因があるのではないか？**」とっております。

私の過去を振り返っての思いからみても、「**経験からだけで、今後の推論を展開する場面では、私たちに有効化で評価できるどころ**」は、小さいのではないかとっております。

私のささいな大学での学生との接触でも、学生さんは、「**新しい論理をしりたい**」、「**新しい外国語を理解したい**」、・・・など、**自分にとっての理解能力のレベルアップを望んでいます**。

しかし、私は思うのです、「**今後は、今まで以上に、新しい問題の立て方や、新しい私たちのあり方が重要になるのではないか？**」というところ です。

そのような発想をしていますと、今までの学習の場面と機会では対応が難しいのではないかと、今までの基本となる内容の理解での学習効果の評価から、**もっと概要から、深く思考する学習へと進まなくては追いつかないのではないか**との危惧も出てきます。

ここで思い通りの飛躍をイメージしますと、現在の人間による環境破壊が進んでいくと、住めない地球に近づいていきます。その段階では、人間は「**宇宙に飛び出す！**」のでしょうか？ そこでは、人間は月の基地を足掛かりに、火星に移動し、昔の住みやすかった「**地球に近い星を探す！**」のでしょうか？

その段階では、もう領土を奪い合う戦争の意味もないでしょうし、贅沢三昧の高級料理も無意味になるでしょう！ 食事とは、人間の活動エネルギー源に過ぎないのでしょうか？

このような荒唐無稽な発想でも、イメージ遊びはやってみるべきだし、楽しいものです。 以上

(注) AI(Chat-GPT、ビッグデータ)、人工生物学(遺伝子工学、人工生物)、宇宙物理学、など

<第 58 回 日本技術士会・中部本部長杯 懇親ゴルフ大会（2024 年秋）報告>

企画委員会 委員長 竹居 信幸、企画委員 服部 幸浩、平澤 征夫  
世話役 野尻 一男

1. **開催日時**：2024 年 10 月 31 日（木） 天候：晴天、気温 Max22℃
2. **場所**：さくらカントリークラブ 岐阜県加茂郡八百津町上飯田 1488
3. **参加者**（合計 40 名）：技術士 14 人、弁護士 2 名、建築士 1 名、宅建士 3 名、IT コーディネータ 1 名、TPS 指導員 1 名、岐阜技術コーディネータ 1 名、国会議員秘書 2 名、他 15 名以上。多くの士業の方々にご参加をいただきました。厚く感謝申し上げます。
4. **入賞者**：W ペリア方式

	Gross	Hcp	Net
優勝：萱原 信英（参議院秘書）	101	28.8	72.2
準優勝：山口 昇三（総合監理・建設）	89	15.6	73.4
3 位：上田重幸（技術士補）	99	25.2	73.8
5. **感想**
  - (1) ゴルフ プレーで 1 日を楽しみ過ごし、プレー後の懇親会で名刺・情報交換・LINE 登録をしました。
  - (2) 初参加 13 名、総勢 40 名の多数の参加で、色々な情報収集・交流を図る事が出来ました。
  - (3) 技術士間の懇親のみならず、他士業の拡大と充実した情報交流のプラットフォームづくりを目指す。
  - (4) 次回は、会計士、弁理士、税理士、防災士等、他士業の方々にお声かけをして、「発信と交流」を積極的に進めたいと考えています。
6. **次回のご案内**：2025 年 3 月 27 日（木）、さくら CC（今回と同じ場所）



(左から 3 位、優勝、準優勝)



2024 年 10 月 31 日（木）コンペの集合写真（OUT 組、I N 組） 場所：さくら CC の広場

＜事務局さんぽみち＞

山口正隆、松田あゆみ



一昨年秋に第49回全国大会(愛知・中部)を終え、余韻冷めやらぬ昨年元旦、能登半島地震が発生した。また8月に宮崎県日向灘沖地震が発生し、初めて南海トラフ地震臨時情報が発表された。地震への備えの大切さと、気象災害に対する関心が高まった1年となった。

日本技術士会黒崎会長の「年頭所感」で、「世界各地で災害や社会変動は毎年のように発生し、新たな技術の社会実装に急激な変化が生じる。私たち技術士が技術者としての普遍的な価値を追い求めていくためには、技術の研鑽に加え、広く人文・社会科学の分野にも視野を広げていくが必要になる。」と述べられた。また公益社団法人土木学会佐々木会長との特別企画会長対談で、「組織の活性化(複数のコミュニティの場を持ち、日常的対話ができる事)が重要」との共通認識を語られた。中部本部活動においても大変重要な指針と考える。

さて今年の干支は、「乙・巳(きのと・み)」である。乙は「草木が伸びる」、巳は「神様の使いで、脱皮を繰り返す、不老不死のシンボル」とされる。つまり「再生や復活(変化を繰り返しながら柔軟に発展)の年」になりそうです。また「ギリシア神話での、医神アスクレピオスの(ヘビが巻きついた)杖」は、世界保健機構(WHO)の旗章として医療・医術の象徴である。

過去の巳年について、戦後からの出来事を調べてみました。

【己年での過去の出来事】

	時代背景	出来事
1953年(昭和28年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「バカヤロー」発言で内閣不信任、解散</li> <li>・「李承晩ライン」が外交問題に</li> <li>【首相】吉田 茂</li> <li>【流行語】さいざんす、コネ、八頭身</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NHK テレビ放送(日本初)</li> <li>・国際電信・電話(KDD)設立</li> <li>・奄美大島日本返還</li> <li>・大阪、高層ビル「第一生命ビル」(日本初)</li> </ul>
1965年(昭和40年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・YS-11(国際旅客機)就航</li> <li>・日本サッカーリーグ開幕</li> <li>【首相】佐藤栄作</li> <li>【流行語】ジャルバック、シゴキ、夢の島</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・米国ベトナム戦争介入(北爆)</li> <li>・日韓基本条約成立</li> <li>・赤字国債の発行(戦後初)</li> <li>・ノーベル物理学賞(朝永 振一郎)</li> </ul>
1977年(昭和52年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小野田少尉 帰還(ルバング島)</li> <li>・田中角栄首相退陣</li> <li>【首相】福田赳夫</li> <li>【流行語】よっしゃよっしゃ、超法規</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・青酸コーラ事件</li> <li>・有珠山大爆発(北海道)</li> <li>・ハイジャック事件(タカ日航機)</li> <li>・756号本塁打で世界記録に(王選手)</li> </ul>
1989年(昭和64年) (平成元年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リクルート時間</li> <li>・美空ひばりさん逝去</li> <li>【首相】竹下 登、宇野宗佑、海部俊樹</li> <li>【流行語】セクハラ、山が動いた、マドンナ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・昭和天皇崩御</li> <li>・消費税のスタート</li> <li>・天安門事件発生(中国)</li> <li>・ベルリンの壁崩壊</li> </ul>
2001年(平成13年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・米国同時多発テロ</li> <li>・デフレ進行、失業率5%台</li> <li>【首相】小泉 純一郎</li> <li>【流行語】聖域なき改革、感動した!</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・米国同時多発テロ発生</li> <li>・イチロー-選手首位打者(大リーグ)</li> <li>・BSE 感染牛(国内初)</li> <li>・小泉内閣が発足</li> </ul>
2013年(平成25年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・福島第一原発汚染水問題深刻化</li> <li>・伊豆半島土砂流(自然災害)の影響</li> <li>【首相】安倍晋三</li> <li>【流行語】今でしょ?、倍返し、ブラック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「アベノミクス」(経済対策)始動</li> <li>・2020年夏季五輪開催地(東京に決定)</li> <li>・中国 PM2.5 汚染が深刻化</li> <li>・富士山(世界の文化遺産に登録)</li> </ul>



**伊良部大橋(沖縄県 宮古島)**  
全長 3,540m (無料で渡れる橋日本一)  
<2015 年完成 コバルトブルーの海>



**胡蝶蘭**  
[全般の花言葉]  
(幸福が飛んでくる)  
[白色の花言葉]  
「純粹」  
「清純」

**内ヶ谷ダム (岐阜県 郡上市) 【見学会】**  
長良川治水計画 (重力式コンクリートダム)  
2027 年度完成を目指している。  
<2024.6.21 中部建設部会・岐阜県支部企画>

**【前期の主な予定】**

- ・ 第一次・二次試験合格者合同説明会・交流会  
5月24日(土) (名古屋工業大学 52号館)
  - ・ 中部本部講演会 8月23日(土) 特別講演会  
(名古屋工業大学ナイツホール)
- < 定時総会・年次大会 >
- 統括本部定時総会 6月16日(月) (大手町サンケイプラザ)
  - 年次大会：中部本部 7月26日(土) (今池ガスビル 7F：ダイヤモンドルーム)
  - 岐阜県支部 5月10日(土) 静岡県支部 5月31日(土)
  - 愛知県支部 6月7日(土) 三重県支部 6月21日(土)
- < 技術士二次試験 > 7月20日(日)、21日(月)
- 詳細はホームページ等を参照して下さい。 <https://chubu-ipej.sakura.ne.jp/>

これからも統括本部の活動動向を伝え、地域本部の活性化を図るように、諸問題の解決に取り組んでいきます。皆様方のご支援、ご指導、ご鞭撻を宜しくお願い致します。

## 土木×建築 まちづくり

都市の総合的なプロデュース

わたしたちは、これまで蓄積してきた土木・建築領域に  
誇る技術と経験を活かし、公共を中心としたこれまでの  
業務領域をよりサステナブルに、そして生活者視点で深  
化させていくと共に、さらに発展させ、都市空間領域に  
おける都市の総合的なプロデュースに関わることで、近  
年、近年の複雑化する都市課題の解決を図り、社会に貢  
献していきます。

# NIPPON KOEI

## Urban Space

### 日本工営都市空間株式会社

(旧 玉野総合コンサルタント株式会社)

本社 名古屋市東区東桜二丁目17番14号 TEL:052-979-9111

支店 仙台・東京・静岡・大阪・九州・沖縄

URL <https://www.n-koei.co.jp/urbanspace/>







人・街・自然・いきいき

## 中日本建設コンサルタント株式会社

Nakanihon Engineering Consultants Co.,Ltd.

業務内容：道路・橋梁・河川・鉄道等公共事業全般  
廃棄物処理・廃水処理  
上水道・下水道・工業用水道

おかげさまで60年

代表取締役社長 庄村 昌明

社 〒460-0002 名古屋市中区丸の内一丁目16番15号  
TEL (052) 232-6032 FAX (052) 221-7827  
URL <https://www.nakanihon.co.jp/>



## New Amenity Creation

かたちを超える「もの」づくり

ソーシャルデザイン(環境・防災)  
プロダクトデザイン  
グラフィックデザイン  
WEBデザイン  
イベント企画・運営



株式会社 ナックプランニング  
代表取締役 山田厚志(建設部門・総合技術監理部門)

〒454-0962 名古屋市中川区戸田三丁目1311番地 LIFAビル2F  
TEL 052-309-7955 FAX 052-301-7982  
E-mail [nac-planning@nifty.com](mailto:nac-planning@nifty.com) URL <http://nac.c.ooco.jp/>

# yec 八千代エンジニアリング株式会社

代 表 取 締 役  
社 長

高 橋 努

執 行 役 員  
支 店 長

津 田 光 則

名古屋支店 〒460-0004  
電話：052-950-2150

名古屋市中区新栄町2-9 スカイオアシス栄  
FAX：052-950-2151

【協賛企業紹介】

---

広告以外に下記2社からも賛助会員として協賛していただいています。

株式会社5D o o r s'  
中部エレクトロニクス振興会

☆中部本部では、協賛いただける企業・団体を募集しております。協賛の申込みにあたっては、中部本部へご連絡いただくか、ホームページ「協賛団体募集要項」をご確認ください。

<https://chubu-ipej.sakura.ne.jp/patronage.html>

## 編集後記

今回も技術士会員の皆様から大変示唆に富む記事を多くいただきました。私自身の個人業になりますが、専門分野外の様々な業種業態の企業現場を訪問して改善指導する機会があります。いつも各産業分野の固有技術に戸惑いながらも敬意を払いつつ、生産プロセスの付加価値の流れに着目して全体俯瞰するように努めています。もしかしてこの冊子も同じで、初めて出会う用語がこれでもかと沢山でできますが、専門外の私にもわかりやすくまとめていただいているので、全体の流れに沿って読み通すと何となくわかったような気持ちになり、共感したり、考えさせられたりします。皆さんはどのように読まれているのでしょうか。毎号多種多様な意見発表をしていただけることに、改めて感謝申し上げます。

(編集委員：井上 正喜 記)

近年、生成 AI が急速に進化し、社会のあらゆる分野に浸透し、企業やクリエイターが AI を活用する事例が増え、文章生成、画像生成、動画編集、音声合成など、技術革新を加速させています。しかし、その利用には創造性の維持や倫理的課題への配慮も求められます。我々技術士としても、これらの新技術を学び、異分野と協力しながら、持続可能な発展を意識しなければなりません。社会に貢献できる技術の発展を支えるとともに、生成 AI の適切な活用、人間の創造性と責任ある行動の必要性が求められていると実感しております。

(編集委員：中山 久仁厚 記)

本号では「技術士が科学・技術発展のためにどう行動するか！」を特集しました。昨年の能登半島地震や相次ぐ豪雨災害を目の当たりにし、技術士が果たすべき役割の大きさを改めて実感しました。迫りくる南海トラフ巨大地震による災害の予防・対応・早期復旧において、私たち技術士が持つ知見と経験をどのように社会に還元できるか、今こそ真剣に考える必要があると思います。今回の記事を通じて、知識の共有、技術の倫理、持続可能な発展への関わり方など、多角的な視点で考える機会となれば幸いです。

(編集委員：栗本 和明 記)



広報委員会では皆様からの記事を随時受け付けており、会員の多種多様な意見・技術論文・社会貢献などについて手広く掲載することを目指しております。

「技術士“ちゅうぶ”」は皆様の原稿で成り立っています。

「技術士“ちゅうぶ”」は会員の皆様に意見発表の場を提供します。

投稿をご希望の方は、広報委員あるいは中部本部事務局（メール受付）までお気軽にご連絡ください。

### 中部本部 広報委員会委員

委員長 岡井 政彦（電気電子）

副委員長 ○栗本 和明（建設/総合） 西方 伸広（機械）

委員 ○井上 正喜（機械/総合） 小島 茂樹（建設） 武田 晃（建設）

○中山 久仁厚（電気電子/総合） 原 善一郎（情報工学）

西本 テツオ（建設/衛生工学/農業/応用理学/環境/総合）

(○：第15号編集担当者)

## 【次号の特集記事を募集します】

中部本部広報誌「技術士 ちゅうぶ」第 16 号（2025 年 9 月発行）では、下記の特集テーマで会員の皆様からのご意見・自由投稿記事を募集いたします。ご執筆いただける方には書式ファイル（Word 形式）を別途送信いたしますので、下記連絡先のいずれかにご連絡をお願いいたします。

### 記

#### 1. 特集テーマ「インフラの老朽化対策」

<理由> 八潮市の道路陥没で顕在化したインフラの老朽化について、維持管理技術（AI/IoT/ドローン/ロボティクス等）、長寿命化や予防保全としての最新診断技術など

<キーワード> 防災、災害リスク、技術者不足、維持管理、診断技術、非破壊検査、予防保全、長寿命化、モニタリング技術、SDGs、都市と地方の格差

#### 2. 執筆様式 技術士“ちゅうぶ”の記事様式に従い、直接原稿を作成願います。中部本部事務局または下記編集委員へ問い合わせ頂ければ、書式を送付します。

※執筆にあたっては、執筆者の顔写真、技術部門、所属支部は必ず入れて下さい。

#### 3. 締切日 令和 7 年 7 月 25 日（金）

#### 4. 連絡先 広報委員長（岡井、hiko.okai@nifty.com） 副委員長（西方、west.nobuhiro@gmail.com）

### 【編集余話】 技術士“ちゅうぶ”編集 編集子 岡井

別に新聞社や出版社のような高尚な編集者ではないが、皆様から集まった記事を技術士“ちゅうぶ”の俎上に載せるにあたり、できる限り失礼のない状態で中部本部 1,600 人余の会員に正確に届けたい。少なくとも文中の用語や日本語に関して、その正確な標記、技術・専門用語の表記方法など、正しいものにしてプリント・アウトできる状態にまとめるのが、広報委員会の編集の勤めではないか。



手元にあるのは、共同通信社で出している「記者ハンドブック」第 14 版。志の輔師匠推薦の図書である。これと毎日らめっこしている訳ではないが、ちょっと気になる用語に出くわした時に参照する。技術士になって 35 年、工学以外のこのような本を手にするなんて考えたこともなかった。ハンドブックを利用するようになって世の中に編集者というものが存在している理由がなんとなくわかったような気がする。



**技術士 “ちゅうぶ” 2025年3月 第15号**



[http://chubu-ipej.sakura.ne.jp/member/  
data/magazine.html](http://chubu-ipej.sakura.ne.jp/member/data/magazine.html)



〒450-0002

名古屋市中村区名駅五丁目 4 番 14 号花車ビル北館 6 階

TEL (052) 571-7801 FAX (052) 533-1305

<http://chubu-ipej.sakura.ne.jp/>

E-mail : [g-chubu@asahi-net.email.ne.jp](mailto:g-chubu@asahi-net.email.ne.jp)

発行責任者 平田賢太郎