# 東京技術士会報

第9号社会貢献する技術士集団



# 目 次

東京	<b>討技</b> 行	析二	七会	便	IJ						•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	1
巻	頭	言	•	Γ	再	巨可	能	三	ネ	ル	ギ	_	•	地	熱	発	電	J	(	<u> </u>	宮	孝	夫	)		•	•	•	•		•	•	2
論	文	Γ	修	習	技	術	者	か	ら	技	術	士	^	· 0,	成	、長	事	<b>F</b> (	列	J	(	小	林	進	)	•	•	•	•	•		•	3
論	文	Γ	地	球	温	暖	化	と	$\equiv$	酸	化	炭	素	地	中	則	官			( 1	左	々	木	猛	)	•	•	•	•	•		•	5
技術	<b>析解</b>	説	Γι	中力	卜企	:業	に	お	ける	る む	支徘	iセ	3	ナ	_	のi	舌月	用_	]	( 煎	長坊	艾省	台)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	7

# 東京技術士会便り

広報委員会 委員長 奥田孝之

皆様、いかがお過ごしでしょうか。東京 技術士会は会報第9号を発行いたします。

昨年は中東のカタールで「2022FIFA ワールドカップ(W杯)」が開催されました。日本のサムライブルーが優勝経験国のドイツとスペインを破ったことが大きく報道されました。

ところで今回の大会では各種の最先端 技術が使われていることが評判となって います。たとえば半自動オフサイド技術が あります。大会の公式球「アル・リフラ」 は球の中心部に慣性計測装置(IMU)を内蔵 しており、球の位置情報を1秒間に500回 ビデオ・オペレーション・ルームに送信し ます。またスタジアムの屋根の下に 12 台 の専用追跡カメラを設置しており、「ボー ルの位置情報」と「選手に関する最大 29 個 のデータポイント」を 1 秒間に 50 回追跡 しています。ボールがキックされたらその 位置をリアルタイムに検出し、選手のつま 先、スパイクの先、かかと、膝、肘、指先、 頭などがピッチのどの位置にあるかを測 定します。オフサイドポジションにいた攻 撃者がボールを受け取ると、ビデオオペレ ーションルームに対し自動的にオフサイ

ド警告が発信されます。オフサイドの判定時間を短かくするため、VAR(ビデオ・アシスタント・レフェリー)レビューによりオフサイドかどうか短時間で判定が下されます。さらに3Dアニメーションを自動的に生成し、スタジアムの巨大スクリーンに表示します。これにより数センチや数ミリの精度でオフサイド判定ができるようになりました。このようにして対スペイン戦での「三苫選手の1mm」が生まれました。

そのようなセンサーを内蔵しているにも関わらず、大会玉は熱接合技術により縫い目の無い表皮構造をとっており、過去のどのボールよりも速く空中を移動できます。さらに会場のひとつである Stadium 974 は輸送用コンテナ (974 個) とスチームのフレームで組み立てられており、容易に解体が可能であり、大会終了後は部材を再利用することにしています。

世界的に大きなイベントごとにこのような先進的な技術が開発され、4年ごとに技術進歩が図られています。開発された技術は他の用途に対する波及効果は大きいものと考えられます。

# 再生可能エネルギー・地熱発電

会長 二宮 孝夫 Ninomiya Takao

我が国は世界有数の火山国である。火山の地下にはマグマがあり、それの枝葉が地下水を熱し多くの温泉へ絶え間なく供給している。この地球の恩恵を活用するのが地熱発電である。COP25の「2050年に於けるカーボンニュートラルゼロ」を目指して、菅義の前首相は、「2050年までに、温室効果がわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すこと」を宣言した。そのためには、自然エネルギー電力目標を45%程度に引き上げ、全ての石炭火力発電を停止し、2030年度に40%強の自然エネルギー電力を求める提案を行政・企業に求め賛同が広がっている。(出典;2020年10月26日

色々な自然エネルギーの中で、地熱発電について調べてみる。

公益財団法人 自然エネルギー財団)

## 地熱発電の現状

日本は火山大国で、地熱資源が豊富である ことはいうまでもない。(米国。インドネシ アに次ぎ世界3位の地熱保有国)。地熱発電

フラッシュ発電 高温の蒸気で直接タービンを回す

マせた温圧気水るでら、・のとで「熱れ高高蒸熱あ地

の温度

150 °C

程度以

下と低

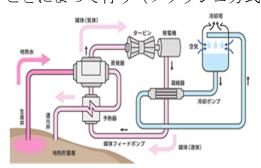
く、熱

水が多 く含ま

が

はマグ

熱流体」の高いエネルギーを電力に変える ことによって行う(フラッシュ方式)、蒸気



れる場合に使う(バイナリー方式)とあり、いずれの技術も蒸気・温泉水を地下 1000m~3000 mまで井戸を掘り(生産井)、鋼管で汲みあげ、汲み上げた高温の蒸気・温泉水を直接利用、媒体利用してタービンを回し発電する

二宮 孝夫 (にのみやたかお) 二宮技術士事務所 資格:技術士(経営工学) 一般社団法人 東京技術士会 会長



わけです。(出典;日本環境技術推進機構)

JOGMEC (独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)によれば、日本の地熱発電資源量は年間 2,347万kW に達するそうですが、今のところ約53万kW の発電量に留まっている。技術的には問題ないのに、なぜ日本では普及が進まないのでしょうか。

## 1. 国立公園内の開発規制

国立公園内では環境保護や景観維持のため、1974年に「地熱発電所の新規計画は原則認めない」という方針で開発不能となり、1994年に「規制の緩い地域に関しては個別で判断して認める」となり、2012年2月に環境省は「国立公園で直接掘ってはいけないものの、公園外から斜めに掘るなら良い」という方針に見直した。

2. 初期費用が高く立ち上げ時間が長い 井戸1本掘るのに数億円、1ヶ所の発電所で10~20本掘る必要があるので、初期費用がかかり投資制約となる。発電所が出来て、運営段階までいけばその後は無尽蔵に電力が得られるので、コストは自然エネルギーの中でも安い方になる、説もある。

# 3. 温泉街から反対される

技術士として、SDGs の目標の一つである再生可能エネルギー推進となる、地熱発電事業の調査・企画・設計・建設・資金調達・運営に是非とも貢献したいと考える。

# 修習技術者から技術士への成長事例

小 林 進

Susumu Kobayashi

こばやし すすむ

#### 小林 進

小林進 IT&E 技術士事務所代表 技術士(情報工学/総合技術監理) 中央大学電気同窓会会長 日本大学非常勤講師

連絡先: s\_kobayashi@m. ieice.org



(要旨) 2000 年の技術士法改正により技術士第一次試験合格者すなわち「修習技術者」が技術士へと成長する過程を IPD(Initial Professional Development)と定め、その重要性が明確になった。このような中で、筆者は技術士法改正当時から修習技術者を技術士に育成する委員会の委員、委員長を長年務め、多くの修習技術者が成長する姿を見て来た。そこで、当時を振り返り、もっとも記憶に残る事例を紹介したい。

#### 1. はじめに

筆者が IPD という言葉に出会ったのは、2000 年の技術士法改正から間もなく発行された「修習技術者書類審査指針」である。昭和 58 年の法改正で技術士補制度が設けられていたが、技術士補を育成するという考え方は明確ではなかった。しかし、2000年の法改正により修習技術者が技術士へと成長する過程、すなわち IPD という概念が明確になった。

それから、20 年近い年月が経ち、IEA(国際エンジニアリング連合)が「Graduates Attributes and Professional Competences」を発表した。その後、文部科学省が「技術士に求められる資質能力」を発表し、コンピテンシーという言葉が知られるようになった。そこで、修習技術者から技術士へと成長した後、担当業務を通して資質・能力を高め、海外で活躍している事例を紹介したい。

## 2. コンピテンシーとは

コンピテンシーとは専門職技術者に見られる複数の行動特性で構成され、それらは包括的に評価されると IEA の文書には記載されている。そこで、最近手にした書籍<sup>1)</sup>に、成果に繋がる行動特性として、次の「成果の方程式」が紹介されていた。

成果=保有能力×行動力×合致係数・・・・①

保有能力は専門知識などの知能指数と意欲やモチベーションなどの心の知能指数、合致係数とは市場ニーズや組織の方針と自身の考えとの合致度合であり、全てが掛け算になっている。そのため、「行動力」あっても、心が付いてこなければ成果に繋がらない。これは、誰もが経験していると思う。

1)下山明央(2003)『中堅・中小企業のためのコンピテンシー入門』同友館

#### 3. 育成の考え方

筆者の性格から、部下を指導する場合、細かく指示するのが苦手で、方針を示した後は部下に任せ、報告を聞きながら進めるタイプである。そのため、細かいところは全て部下に任せ、部下が動きやすい環境を作るのが自分の役割と考えている。

この考えは、筆者が責任者を務めた委員会でも同じで、事前に各行事のテーマ、方針を示し、その中身は各委員に一任し、月一回の会合で進捗状況、問題点を確認する形で行っていた。この委員会のメンバーに新しく加わったのが、今回紹介する技術士に成長して間もないAさんである。

#### 4. 活動事例

現在、Aさんは海外にグループ企業を立ち上げ、 そこの責任者として現地で業務を行っている。

#### 4. 1 研修会での様子

写真1は、2002年の11月に行った修習技術者向けの研修会の写真である。この写真の右列前方にAさんが座り、熱心に話を聞いていた。

その後、Aさんは技術士資格を取得し、2006 年より、筆者と一緒に活動するようになった。



写真1 研修会の様子

#### 4. 2 Aさんが企画したセミナー

当初、受講者として参加していたAさんが研修会の企画・運営側のメンバーとして活動してから 2 年目の 11 月に一泊二日で行う研修会の担当をお願いした。この時、筆者にはAさんが企画すれば、内容のある研修会になるとの期待もあった。それから間もなく、講師に工学院大学理事長で JABEE 会長の大橋秀雄先生を呼びたいと提案があった。この提案を聞いた時、筆者の脳裏には講師を受けて頂けるか、限られた予算内での講師料で大丈夫かなどの懸念が一瞬過ぎった。しかし、Aさんの真剣な眼差しに押され、進める判断をした。その後、筆者から大橋先生に面会を申込み、Aさんと二人で新宿にある工学院大学の理事長室にお願いに伺った。

セミナーの企画に関する説明はAさんに任せ、その間、筆者の頭の中は講師料の調整で一杯であった。 説明が一通り終わった頃、筆者から日取りと講師料 の話を切り出した。すると、大橋先生から「技術士 会さんには、いつもお世話になっていますから心配 されなくていいですよ」と返事があり、その場で予 定を確認して頂き、快諾の返事が得られて安堵した ことを今でも鮮明に覚えている。

#### 4. 3 Aさんの研鑽の仕方

Aさんは担当業務の目的を理解し、その目的を達成するために周囲の協力を得ながら前に進むことで、成果に繋げているように思う。現在、Aさんは海外で業務を行っているが、筆者と一緒に活動していた時から英語を勉強しており、海外の仕事を希望していた。そのため、筆者との活動が終了すると、海外と交流する活動に参加している。そのころ、勤務先にも海外進出の必要性を提案しており、海外事業部発足と同時に部署を異動したと聞いている。このようなAさんの行動を見ると、常に、自分の目的と組織の目的の一致点を見出し、その中で主体的に行動し、成果に結び付けているような気がする。

したがって、Aさんは筆者らが提供した研修会だけで育ったのではなく、研修会で得た知見と経験をベースに自らの問題に置き換えて、主体的に行動することで自らの成長に繋げているように思える。

#### 4. 4. 現在のAさん

Aさんが海外に移られてからは会う機会がない ため、現在の状況について直接、話を伺えていない。 しかし、この原稿の執筆を契機にネット上を調べる とAさんの海外での活動が学会等で高く評価され ていることを知った。また、海外で会社を立ち上げ るまでの苦労を記載した記事もあった。その記事に よると、海外で仕事を受注するには、現地に会社を 作る必要があった。しかし、Aさんの周囲には経験 者がいないため、参考書を探して一から勉強して自 ら立ち上げたようである。また、会社を作り、技術 力が評価されてもすぐに受注には繋がらず、数年、 無償で仕事を行い、実績を積んでいたとの記載もあ った。このように地道に努力する中で、現地のプロ フェショナルエンジニア (PE) から評価を得て、推 薦状を書いてもらえたことが大きかったとも書か れていた。これを読んだとき、Aさんが企画した研 修会の講師に大橋秀雄先生を招きたいとの申し出 のあったときの光景が蘇った。常に、真剣に、ひた むき取り組むAさんの姿勢が評価され、現在の成功 に繋がっていると感じた。

しかし、海外では会社を作り、技術力があり、仕事を受注しても社内に PE がいないと元請けになれないようである。そのため、現在、Aさんは自ら PE の資格を取り、元請けとして仕事を受注し、13人の部下の先頭に立って業務を行っている。

#### 5. おわりに

Aさんがどのように研鑽し、成長したかについて筆者なりの視点で紹介した。冒頭で紹介した「成果の方程式(①式)」を、Aさんは実践しているように思える。少し話は異なるが、筆者が学生に向けて話しをするとき、教育の限界として「You can lead a horse to water, but you can't make it drink.」を紹介することがある。これをAさんに当てはめると真逆で、Aさんは自ら水を求めて、様々な活動に取り組むことで、自分の夢を実現しているように思う。

Aさんの更なる活動を祈念するとともに、機会 があれば、いろいろ話を伺いたいと思っている。

## 論文

# 地球温暖化と二酸化炭素地中貯留

佐々木 猛

Sasaki Takeshi

#### ささき たけし **佐々木 猛**

サンコーコンサルタント(株)

技術士(情報工学) 博士(工学) 連絡先

sasakit@suncoh.co.jp



(要旨)近年、地球温暖化現象による気候変動が私達の生活に様々な影響を与えている。エジプトで行われた COP27 では地球の平均気温上昇を 2050 年までに 1.5 度以内に押さえることが大きな目標となっている。ここではこの対策の一つとして考えられている二酸化炭素地中貯留について紹介する。

# 】 二酸化炭素地中貯留技術の課題

## 1.1 貯留サイトの選定と我が国特有の課題

地球温暖化対策の一つとして、温室効果ガスの発生源となっている火力発電所や製鉄所などから排出される CO<sub>2</sub>を分離・回収して地中(深部塩水帯水層)へ貯留する技術(以下 CCS: Carbon dioxide Capture and Storage, 図-1)について述べる。CCSは、貯留する CO<sub>2</sub>の漏洩問題の研究が重要となっている。日本列島は4枚のプレートの収斂域に位置し、世界でも有数の地震国である。貯留した後に予期しない巨大地震が発生した場合の貯留層や遮蔽層へ与える影響予測が重要となる。

#### (1) 貯留サイトの選定

CCS サイトは図1のように陸域や沿岸海底に存在する泥岩と砂岩の互層状の地盤で、二酸化炭素は地表から約1000m程度の泥岩層(キャップロック)直下の砂岩層に液体状(超臨界状態)で圧入される。圧入された二酸化炭素は約1000年程度漏洩なくその場所に安定して存在することが必要条件となる。

#### (2) 地震時の安定性評価手法

貯留層に対する強震動の影響について, 例えば東

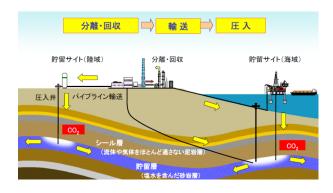


図1 CO<sub>2</sub>地中貯留のイメージ

北地方太平洋沖地震のような長周期の強い運動が 深部流体飽和層に対して与える地盤変形とそれに 伴う間隙水圧の影響について地盤の安定性評価が 重要となる。筆者らはマニフォールド法(以下 NMM)を用いて変形-水圧連成を考慮した強振動時 の CO<sub>2</sub> 貯留サイトの安定性評価法を開発してきた。

# 2 NMM による変形-流体連成解析

#### 2.1 不連続面を含む変形-水圧連成解析手法

NMM (Numerical Manifold Method) は不連続性も考慮可能な連続体の解析手法である. 基盤ブロックの局所的な変形の大きな動きや剛体の回転も扱え,褶曲構造にも対応可能な手法である<sup>1)</sup>。

#### 2.2 NMM の基本方程式

NMM による変形-水圧連成を考慮した解析では式(1)で表される地盤(固体)の力の釣り合いと.

$$\sigma_{ij} = 2\mu_{\mathcal{E}_{ij}} + \lambda \delta_{ij} \varepsilon_{kk} + \alpha_B \delta_{ij} P_s \tag{1}$$

式(2)で表される流体の連続条件を NMM 要素を解析 領域全体で重ね合わせ連立方程式として解かれる。

$$\varsigma = -\alpha_B \varepsilon_{kk} + P/M + q_N (P_S - P_J) S \tag{2}$$

ここに、 $\sigma_{ij}$  ;個体の応力テンソル、 $P_S$  ;個体の流体圧力、 $\varsigma$  ;流体の体積ひずみ、 $\varepsilon_{ij}$  ;個体のひずみテンソル、 $\mu$ , $\lambda$  ;Lame の定数、 $\delta_{ij}$  ;Kroneker のデルタ、 $\alpha_B$  ;Biot の連成係数、M ;Biot の統計性係数、 $P_J$  ;不連続面(断層)の流体圧力、 $q_N$  ;固体部分と断層の流体収支係数である。

#### 2.3 ニューマークのβ,γ法による時間積分

式(3)は、流体圧力は中心差分、時間積分の動的 応答式はニューマークの $\beta$ =0.5 と $\gamma$ =1.0 を用いた マトリックスの変形-水圧連成方程式を表している。

$$\begin{bmatrix} [\overline{K}] & [C] \\ [A] & [[\widetilde{H}] + [E]] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta u \\ \Delta p \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F\} + [C]\{p_t\} \\ \{\Delta Q\} + \left[[E] - \frac{\Delta t}{2}[H]\right]\{p_t\} \end{Bmatrix}$$
(3)

ここに、[K];固体の剛性、粘性、質量、[C];流体 圧力の固体に与える影響、[A];固体の変形が流体 圧力に与える影響、[H];流体の浸透性、質量、安 定性に関形、[E];流体の不飽和特性に関する各マ トリックス、 $\{\Delta u\}$ ;変形増分、 $\{\Delta p\}$ ;間隙水圧増 分、 $\{F\}$ ;地震加速度に関する各ベクトルである。

# **3** NMM による地中貯留モデルと結果

#### 3.1 地中貯留モデル

図2に示すNMMによる解析モデル<sup>2)</sup>は深さ1700m,幅2000mの7層区分,背斜構造を仮定した.境界条件は、下端は固定境界,左右端は粘性境界,上面は排水境界とした。

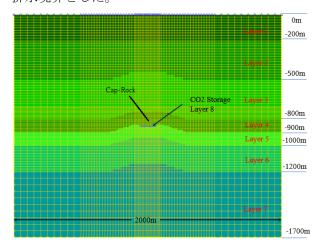


図2 NMMによる地中貯留モデル

#### 3.2 入力加速度

地震波形は K-NET 小千谷(新潟県中越地震 (2004)). SHAKE により深度 50m まで引き戻し, その波形を底面から入力して地表面で 600gal 程度になるように加速度を 50%に調整して入力している。

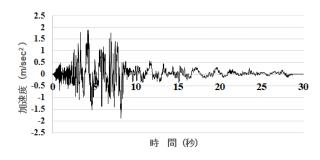


図3 入力加速度(K-NET, Ojiya, 2004)

#### 3.3 解析結果

図4はキャップロックの間隙水圧応答を示す。赤線は弾性解析、青線はDrucker-Prager による弾塑性解析結果である。弾塑性解析の水圧が周辺要素の塑性化で排水条件が悪くなるため上昇している。

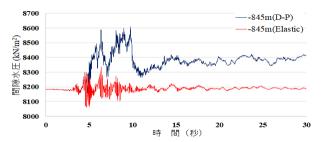


図4 キャップロックの間隙水圧応答

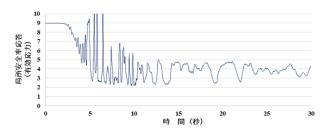


図5 キャップロックの局所安全率応答

図 5 はキャップロックの局所安全率応答結果である。局所安全率(強度応力/現状応力=1.0 が降伏状態)は2.0以上を示しキャップロックは安定的で破壊しないことを示している。

# 4 むすびと今後の課題

現在、地球温暖化対策は世界的にも喫緊の課題である。本稿では二酸化炭素地中貯留技術の研究項目の一つとして、我が国特有の地震時における地盤の安定性評価技術を紹介した。本テーマは地震国の我が国での重要な技術開発であり、今後、実際のサイト選定に適用予定である。本研究は環境省による研究プロジェクトとして実施されている。

#### 〈参考文献〉

- Sasaki, T., et. al, (2021), Seismic response in the hydraulic-mechanical coupling analysis of a CCS site model by NMM, ICADD15, pp.52-61.
- 2) 堀川滋雄,他,(2022),「変形-水圧連成解析による CO<sub>2</sub> 貯留サイトの強振動時安定性評価」,応用地質学 会,年次講演会,No.30.

## 技術解説

# 中小企業における技術セミナーの活用

熊坂 治 Kumasaka Osamu

## 1. リスキリングの重要性

社会の変化が急激な昨今、獲得した業務スキルの 有効期間は必然的に短くなり、巷では社会人のリス キリングが注目されています。

今年10月には政府が、「デジタル・グリーンなどの注力分野へのリスキリングに5年間で1兆円を投入し、制度の創設や企業への補助金施策を行う」と発表し、その流れはさらに確かなものとなりました。

## 2. 中小企業従業員教育の現状

私が産学官連携コーディネーターとして担当地域の中小製造業200社を訪問し、重要課題を尋ねた際、 圧倒的に多かったのが人手不足、次いで多かったの が人材教育でした。

大手企業は優秀な人材を集めやすいだけでなく、 教育専任者が必要な教育を企画し、社内外の講師を 的確に使って効果的に実行することが可能です。一 方中小企業の多くは優秀人材の採用が容易でないか らこそ入社後の教育が重要ですが、OJT という名で 暗黙知の複製教育に頼りがちです。

OJT は必要な作業に限定すれば非常に効率的な仕組みですが、教える側のスキルに大きく依存することと、全く新しいプロセスを導入したり、新規の技術分野に進出する時には役に立ちません。

そんな時に有効な Off-JT では適切な講師が社内 に不在で、社外から呼んだり、社外の集合研修への 参加は一般に大きな費用が発生し、自治体など公共 組織が開催する研修の利用に留まるのが現状です。

#### 3. コロナ禍におけるセミナーの変化

コロナ禍の緊急事態宣言当時、ほとんどの会場セミナーが中止、延期に追い込まれ、その後急激にオ

熊坂 治 熊坂技術士事務所 代表 技術士(経営工学部門,総合 技術監理部門)、博士(工学)

技術経営修士 (専門職) o. kumasaka@gmail.com



ンライン化が進み、今では以前を超える受講者が集まるまでになりました。それまで交通の便が良い東京会場だった多くのセミナーが、オンライン化されたことで地方からの移動時間と費用から開放されたことも大きいでしょう。

一方通行になりがちなオンラインも、2 年以上続いたことでシステムのインフラが整い、双方向のノウハウも蓄積されてきました。

## 4. 社内教育でのセミナー活用

そもそも熾烈な企業間競争を勝ち抜くためには、 生産性の向上が必須であり、そのための手段は業務 システムの改善と従業員のスキルアップしかありま せん。オンラインセミナーの質と種類が充実してき たことで、これを従業員教育に組み込むという選択 肢が有力になってきました。

まずは現在および今後の自社に必要となる能力を 整理し、現状との比較から必要な教育項目を設定す るところから始めて下さい。

従業員教育を充実させることは、社員能力の向上 はもちろん、「会社が自分に投資している」と感じる ことで従業員の意欲向上にも有効です。

#### 5. 東京技術士会が提供するセミナー

私たち東京技術士会は100名を超える技術専門家 集団であり、各所からの要請に応えて最先端の固有 技術、管理技術のセミナーを実施してきました。

現在ではオンラインセミナー対応も可能となっていますので、詳細をホームページのセミナー案内コーナー(https://peit.or.jp/seminar)でご覧のうえ、貴社のご要望を添えて気軽にご相談ください。



東京技術士会報 Vol. 9, No. 1

発行日 令和5年4月1日

発行者 一般社団法人 東京技術士会

主所 東京都港区西新橋2丁目8番1号 ワカサビル 4F