

2021年
7月

技術士みえ No.16(94)



コロナ禍のオンラインミーティング
2021年6月19日 三重県支部役員会

公益社団法人 日本技術士会
中部本部 三重県支部

技術士みえ No. 16(94)

コーナー	タイトル	筆者	ページ
巻頭言		竹居信幸	1
テクノロジーカフェ	第45回 風力発電大国日本へ	春田要一	3
2021年度第1回セミナー	会員講演 ロナ禍で求められる技術者倫理的実践	打田憲生	18
	～あたらしい社会構築への参加～		
	会員講演 モノづくりの倫理	吉田建彦	22
今後の行事予定など			26



巻頭言

三重県支部長

竹居信幸 技術士（建設、総合技術監理）



2021～2022 年度の三重県支部支部長を担当させていただき竹居信幸です。

私は、1977年に大学の土木工学科を卒業後、ずっと四日市市にある地質

調査を主体とする東邦地水株式会社に勤務しています。2000年以降は、土壌・地下水汚染の調査・対策を主に担当しています。

1998年に建設部門（土質及び基礎）に合格し、2006年に日本技術士会に入会、2017年に三重県支部長に就任し、今度は3期目を務めさせていただきます

令和2年度から、新型コロナウイルス感染症により、ウェブによる支部活動しか実施できていないので、会員の皆様とのコミュニケーションは、HPや会報が頼りの状況です。

三重県支部におきましては、会員数は2021年3月末現在、正会員97名（準会員35名）で、2年前に比べ、正会員が増加し、準会員が減少しています。

支部の運営にあたっては、以下に示す基本方針と具体的活動指針により、インフラ系とものづくり系の会員のそれぞれに役立つ支部としたいと考えています。

1) 基本方針 ‘外部に開かれた会員の役に

三重県支部長 竹居 信幸

〒510-0025 三重県四日市市東新町2-23

東邦地水(株)内

TEL 059-331-7311

FAX 059-331-8107

E-mail: nobuyuki-takei@chisui.co.jp

立つ技術士会活動の実践’

① セミナー（例会）、カフェ、見学会、懇親会等。

② 身の丈にあった支部運営、タスクの明示と責任明確化。

- ・日本技術士会の理念に基づき、技術士が可能な社会的貢献を目指す。

- ・正会員数 100 名超えを目指し、組織力向上を図る。

- ・会員の役に立つ継続的研鑽を図り、思いを反映する。

- ・会員間、諸団体との異業種を含むネットワークを拡大する。

- ・ウェブ開催等を活用したセミナーの活性化と、役員会の経費と時間の節減。

- ・支部役員の役割を明確化し、支部活動の活性化を図る。

- ・技術士制度等の改定についての情報を速やかに伝達することで会員の権利を守る。

2) 具体的活動指針

- ・社会貢献を図るために、防災分野はじめ積極的に技術士活動の紹介を対外へ行う。

- ・年次大会 1 回、セミナー 4 回を開催し、各種情報提供、会員相互の情報交換・親睦を図る。

- ・会員の技術紹介を主とし、大学等の外部招待講演により研修を充実する。

- ・三重県内外企業の工場、工事現場等の見学会を年2回実施し、見聞・見識を広げ、深める。
- ・会報の定期発行（年3回）により情報提供及び会員間の情報交換、外部への広報を図る。
- ・外部からの技術相談、業務委託に積極的に対応する。
- ・ホームページ、フェイスブックを適宜更新し、充実を図る。
- ・理科支援特別講義への積極的な参加を行う。登録者の拡大を図る。
- ・新合格者へのアプローチ及び会員の紹介等による会員拡大を図る。
- ・IT関連または防災関連講演の年1回実施。
- ・みえテクノロジーカフェ（年6回）の認知度向上、定着化および推進。

特に、毎年4月のセミナーを「倫理セミナー」とすることで、支部会員が、技術者倫理のCPDを獲得しやすいうように考えています。

また、支部行事である、セミナー及びみえテクノロジーカフェで講師となつていただくと、講演時間の5倍のCPDが取得できますので、ご希望の方は竹居までご連絡ください。

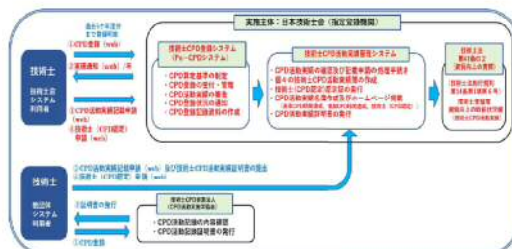
なお、統括本部の技術士制度検討委員会で検討していた技術士更新制度ですが法改正が必要なために、先送りされたことを報告させていただきます。

令和3年度からは、すべての技術士を対象とした技術士CPDデータベースの構築を行う予定となっています。

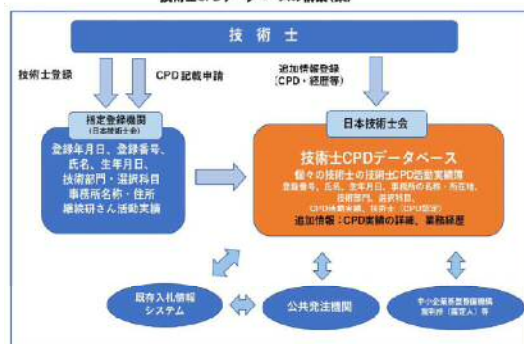
以下に技術士CPD活動の実績の管理及び活用の仕組み（案）と技術士CPDデータベースの構築（案）を示します。

技術士CPD活動の実績の管理及び活用の仕組み（案）

今回の「技術士CPD活動実績の管理及び活用の仕組み」の導入によって、
 ① 技術士登録簿のCPD活動実績欄にその実績を記載可能となり、
 ② CPD活動実績名簿によってCPD活動を通じて資質向上の責務を果たしている技術士であるか否かを確認できる制度が、
 令和3年度から開始されることとなった。



技術士CPDデータベースの構築（案）



2021年度は、文部科学大臣より、技術士会に「技術士CPDガイドラインの策定」の通知があり、CPD活動の実践登録及び更新研修受講が義務化され、技術士会がすべての技術士を対象にCPDを管理するシステムが構築される予定です。

システム稼働後は、CPD活動を実践した技術者に技術士（更新）の称号が与えられます。

また、三重県支部におけるリモート推進として、Teamsを導入し、支部役員会の一部をTeams開催、及びTeams内に議事録、会議資料を保管する予定です。

セミナーについても、4月の倫理セミナーはZOOMによるウェブ開催を標準として運営していきます。

—以上—

第45回

みえテクノロジーカフェ

風力発電大国日本へ

日 時 2021 年 2 月 14 日 (日)

場 所 ウェブ開催

ゲスト 春田要一 技術士 (金属、
総合技術監理)

日経エレクトロニクス 2020 年 9 月号に掲載された「いきなり風力大国」という記事を参考にみえテクノロジーカフェで講演した。

1. 風力発電の概要

約 30GW の風力発電計画/3000 億円の“椅子取りゲーム”に

低空飛行だった日本の風力発電がついに躍進し、桁違いの事業計画ラッシュが起きている。

約 5 年で積み上がった事業計画は「陸上」と「海 (洋) 上」合わせて約 30GW となっている。1990 年から累積導入量約 4GW の 7 倍超に上る。

風況の良い場所、例えば東北地方の日本海側沿岸など巨大計画同士の激しい争奪戦になっている。

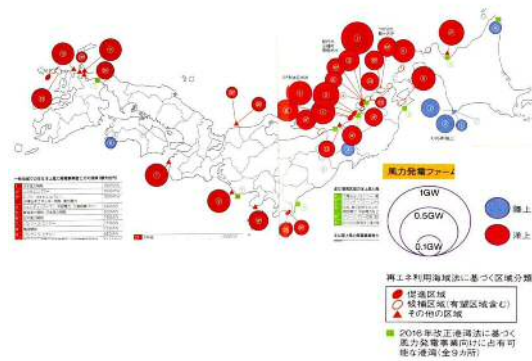
一般海域での主な洋上風力発電事業者とその規模 (最大出力)

1	日本風力開発	1501MW
2*	コスモエコパワー	1000MW
2*	レノバ、コスモエコパワー、JR 東日本エネルギー開発、東北電力	1000MW
4	ウェンティ・ジャパン、中部電力、三菱商事/パワー	840MW
5	青森風力開発、日本風力開発	800MW
6	日本風力開発	780MW
7	パシフィコ・エナジー	750MW
8	電源開発	722MW
9	パシフィコ・エナジー	650MW
10	再エネ主力発電化推進機構洋上平戸発電合同会社	617.5MW
11	大阪ガス、アカシア・リニューアブルズ	600MW
12	住友商事、東京電力リニューアブルパワー、国厚石油開発帝石、JR 東日本エネルギー開発	540MW
13	電源開発、住友商事	513MW

14*	日立造船	500MW
14*	ウェンティ・ジャパン、コスモエコパワー、三菱商事/パワー	500MW
14*	コスモエコパワー、加藤純策	500MW
14*	大成建設、本間組	500MW
14*	パシフィコ・エナジー	500MW
19*	中部電力、三菱商事/パワー	480MW
19*	グリーンパワーインベストメント、東北電力など	480MW

21	大林組、スペイン Siemens Gamesa Renewable Energy	455MW
22	中部電力	450MW
23	INFLUX 次世代電力環境資源洋上風力発電	432MW
24	再エネ主力発電化推進機構洋上唐津発電合同会社	408.5MW
25	東京電力ホールディングスとデンマーク Ørsted	370MW
26*	電源開発	350MW
26*	中部電力、三菱商事/パワー	350MW
28*	中部電力、北陸電力など	200MW
28*	再エネ主力発電化推進機構洋上唐津発電合同会社	200MW
30	ジャパンリニューアブルエナジー (JRE)	180MW
α	清水建設と JERA	規模未公開
β	九龍みらいエナジー、RWE Renewables Japan	700MW*

*本誌推定



2. 国内動向

2.1 噴火寸前“風力発電マグマ”、超大手が強力に押し上げ

30 年以上動きがほとんどなかった日本の風力発電に、巨大な地殻変動が起きている。稼働こそしていないが、開発中の案件が約 30GW も積み上がっている。仮にすべてが稼働すれば日本は一躍世界の風力発電大国になる。既に風力発電バブルとも言えるほどの盛り上がりだが課題も多い。現実的には事業者の計画の 1/5 しか実現できないという見方もある。

「風力発電が儲かるビジネスであることがついにバレてしまった。」とある風力発電事業の関係者は、日本で風力発電事業の新規案件が桁違いに増えている背景をこう語る。

風力発電は世界では再生可能エネルギー（再エネ）の代表選手だが、日本ではこれまでの約 30 年間、鳴かず飛ばずだった。

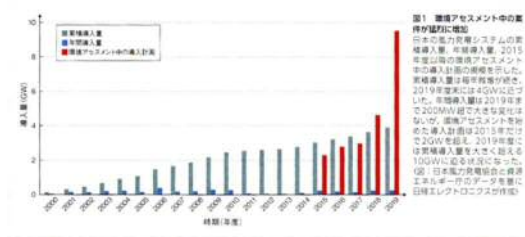
2009 年に国内で始まった本格的な固定価格買取制度（FIT）という強力な“追い風”が吹いたことで、太陽光発電は年間 5G~9GW のペースで猛烈に増えた。

ところが、風力発電は一時むしろ新規案件が減った。「FIT で風力発電が減った国は日本だけ」（ある風力発電の関係者）。日本で風力発電はもはや望みがないと考える人も少なくなかった。

2.2 マグマの噴火は 2021 年

水面下では風力発電事業へ巨大なエネルギーが火山のマグマのように溜まり、地上に向かって動き出している。

2015 年ごろから、国内で風力発電の新規案件が急増したのである（図 1）。



案件数だけでなく、1 案件の規模も桁違いに大きく、0.5GW 前後という例は多数。1GW という標準的な原発 1 基並みの規模の案件さえある。

これまで日本で 30 年かけて導入された風力発電の累計は約 4GW 足らずである。ところが 2015 年以後の新規案件は 2G~約 10GW/年と 10~30 倍の規模になった。

30 年分の累積導入量を新規の半年分で超えてしまいそうな勢いなのである。新規案件の累計は約 30GW に上る。

ただし、この地殻変動は実際の風力発電の

稼働実績としてはまだまったく表れていない。ほとんどの新規案件は 2015 年ごろから増え始めたが、ほぼすべてが約 5 年かかる「環境アセスメント」と呼ばれる導入手続きの最中だからである。

しかもそこからさらに諸手続き後に建設工事を始めるため、新規案件の急増が実際の発電につながり始めるのは 2021 年となる。本格的に増え始めるのは 2023~2024 年になりそう。大規模案件では検討開始から稼働まで 7~8 年かかるケースが多い。

2.3 アメと” 阻害要因の撤廃 “が奏功

こうした地殻変動の理由は大きく 2 つ。アメとムチならぬアメと“阻害要因の撤廃”である。

アメはすなわち FIT である。FIT は当初太陽光発電の買い取り価格が小規模システムで 48 円/kWh、大規模システムで 40 円/kWh と高く、多くの発電事業者が太陽光発電に飛びついた（図 2）。

電力	タイプ、規模など	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
太陽光	10kW 未満	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
太陽光	10kW 以上 100kW 未満	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
太陽光	100kW 以上 1MW 未満	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
太陽光	1MW 以上	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
風力	10kW 未満	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
風力	10kW 以上 100kW 未満	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
風力	100kW 以上 1MW 未満	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
風力	1MW 以上	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
水力	10kW 未満	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
水力	10kW 以上 100kW 未満	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
水力	100kW 以上 1MW 未満	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
水力	1MW 以上	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

図 2 再エネは固定価格から入札制へ
再エネの買取価格の推移。太陽光発電が当初の 40 円/kWh から 12 円/kWh と急激に下がった一方、風力発電は 22 円/kWh から 12 円/kWh まで下がった。海上風では 2019 年度まで 36 円/kWh と高値で推移していた。ただし、2020 年度以降は 12 円/kWh とした Feed-in Premium (FiP) という新制度への移行期になっている。図：資源エネルギー庁のデータを基に日経エレクトロニクスが作成

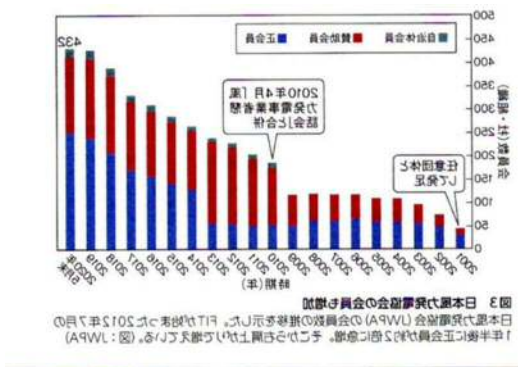
ところが、その後買い取り価格が大きく下げられ、現在は 12~13 円/kWh または入札制になっている。

一方、風力発電向けの FIT の買い取り価格は当初から 22 円/kWh と低く抑えられた代わりに、低下分も小さく、2010 年代後半は相対的に風力発電事業の魅力が高まった。

2015~2019 年に環境アセスメントを始めた陸上風力発電案件の累計だけで約 14GW に上る。2014 年からは買い取り価格が 36 円

／kWh の洋上風力発電の категория が設けられた。

2014 年に日本風力発電協会（JWPA）の正会員数が倍増したが、理由はこれかもしれない（図 3）。



ただし、これは話の半分でしかない。

2019 年以降、洋上風力発電事業の案件が急増したが、これには“阻害要因撤廃”の効果が大きい。“阻害要因撤廃”とは、これまで洋上風力発電事業への参入に大きな障壁となっていた課題に、新しい法律が制定され、解決の方向性が見えてきたことを指す（図 4）。



2.4 10 年近い取り組みが実を結ぶ

当初から商用目的で建設された洋上風力発電の稼働第 1 号は、先に成立した改正港湾法に基づいて丸紅などが主導して導入した秋田県秋田港や能代港の風車になる見通しである。

導入規模は両港併せて 140MW で、2021 年には商用運用が始まる予定である。

丸紅は 2011 年には英国の洋上風力発電プロジェクトに参画。2012 年には風車を洋上

に運搬して設置するための「SEP 船」を運用する英 Seajacks International に出資して洋上風力発電事業を推進してきた（図 5）。



現在は SEP 船を 5 隻そろえ、世界中の洋上風力発電ファームの建設案件に携わっている。秋田港、能代港ではそのうちの 1 隻が設置作業にあたるという。

ただし、ここまで来るには先行企業としての苦労もあった。1 つは日本市場の立ち上がりが当初の想定より遅かったこと。「ただ、今後の市場立ち上がりは順調で、これまでの取り組みが実を結びつつある」（丸紅洋上風力開発代表取締役社長の真鍋寿史氏）。

もう 1 つは前例がない取り組みだったことである。改正港湾法では協議会までは想定していなかったため、「前例やルールがない中、地元との調整を含めた事業モデルを開拓していかなければならなかった。その点、一般海域の再エネ海域利用法はルールが整備されている分、進めやすい」（真鍋氏）という。

2.5 指定獲得競争が厳しい

ただ、案件開発の企業にとって再エネ海域利用法も諸手を上げて賛成とはいかないようである。理由の 1 つは、洋上風力発電ファームを設置する場所である促進区域としての指定を受けるのが容易ではない点である。多数のライバルとの競争になるから

[illegible]

そして、地元との調整が順調に進むと「有望区域」と呼ばれる有力候補になり、地盤調査などの調査対象になる。その後、協議会をすぐにも発足できる状況になってはじめて促進区域として指定を受けられる。

しかも、促進区域は今後、年間3区域程度しか増えないもので、必然的に他の候補区域との激しい競争になる。競馬に例えて、「促進区域指定ダービー」と揶揄する見方もあるほどである。

促進区域の指定を受けても先行事業者の苦労はまだ続く。1 促進区域を利用できるのは1 事業者または1 チームのみ。結果、後発の事業者チームとの事業者認定競争になる。

このうち、秋田県の能代市、三種町および男鹿市沖とやはり秋田県の由利本荘市沖南北の計3区域は風況が特に良く、競争倍率が現時点で5倍と高い。

具体的には、能代市、三種町、男鹿市沖には日本風力開発、東京電力リニューアブルパワー（東京電力 RP）と住友商事などのチーム、中部電力と三菱商事パワー、大林組とスペイン Siemens Gamesa Renewable Energy、清水建設と JERA といった、そうそうたるビッグネームの 5 チームが名乗りを挙げた。

由利本荘市沖の南北2区域は、事実上促進区域指定に汗をかいたレノバや東北電力などのチームに加えて、九州電力の子会社である九電みらいエナジーとドイツの電力会社大手の日本法人 RWE Renewables Japan、中部電力と三菱商事パワーのチームなど5チームによる争奪になっている。

これら 3 区域での案件の規模は平均で約 600MW。洋上風力発電システムの導入コストが一般に 1kW あたり 50 万円程度であることを考慮すると、導入コスト総額は約 3000 億円。ある意味、その額の椅子を巡っての椅子取りゲームである。

これらのチームの中で、取り組みが 2015 年と最も早く、しかも案件の規模が定格出力で 700MW と 1~2 位を争うほど大きいのが、レノバをリーダーとするチームである（図 7）。



レノバは2000年創業の再エネ各種の発電事業者で、2018年2月に東証第1部に上場している。

2015年に由利本荘沖での事業を検討しはじめ、2016年には風況観測を開始。2017年には地元の漁業関係者と海底地盤の調査を始めた。

「地元の町内会レベルで交流するなど丁寧なコミュニケーションを通じて理解を得るのが当社のポリシー。しかも案件が取れたら終わりではなく、20年以上地元に関わる覚悟で話を進めている」（レノバ執行役員プロジェクト推進本部長の福真清彦氏）。

既に建設工事の施工者や風車メーカー選定も終え、送電線容量の確保にも不安はないというレノバ。2020年9月の公募（事業者選定手続き）開始を前に準備は万端だとする。ただし、事業者の選定基準が明確とはいえない上に、他のライバルも強力なだけに安心はできない。「油断はしないが、負けることは考えていない」（レノバの福真氏）という。

2.8 レガシー企業が続々本格参入

レノバは再エネが本業といえるが、実は今回の風力発電ブーム、特に洋上風力では、珍しい存在になっている。代わりに目立つのが、レガシー企業とも呼ばれる、これまで社会の各種インフラを支えてきた超

大手企業が業種を超えて”新規参入“してくるケースだ。中小企業が主役の太陽光発電とは大きく違う点にもなっている。

例えば、東京電力や中部電力、関西電力、東北電力などだ。電力事業という点では変わらないものの、これまで距離を置いてきた出力変動が激しい再生可能エネルギー事業に本格参入する姿勢である。

NTTと三菱商事は全国7300カ所のNTT局舎などを拠点にした再エネ電力の発電と提供サービスを開始する。送電網には既存の電力システムを利用するが、局舎から近い企業や公共機関には直流給電の自営線を敷く。

利用予定の再エネは2030年時点で7.5GWである。太陽光発電や地熱発電など各種の発電源を含むものの、既存の再エネは太陽光発電約300MWなど決して多くなく、大部分が新規開発になる。このため、多くが洋上風力発電由来になるとみられる。

2.9 石油の臭いを消して再エネへ

コスモエネルギーホールディングスは、風力発電事業の老舗だったエコ・パワーを買収して洋上風力発電に参入した。

欧州ではデンマークのオーステッド（Ørsted、旧 Danish Oil and Natural Gas Energy）やノルウェーEquinor（旧 Statoil）など、石油系だった企業が化石燃料ビジネスを大幅縮小または売却すると同時に社名から“石油の臭い”を消して、再エネ会社として再出発し、大きく成長した例が目立つ。日本でも将来的に同様なことが起こる可能性は低くはない。

これらレガシー企業の再エネへの投資額は年間数1000億円単位（表1）。2030年に想定する再エネの発電規模の合計は分かっているだけで28GW以上となっている。

表1 国内大手企業の再エネへの投資規模の例

企業	新規投資額	2030年までの新規導入目標量 ^{*1}
東北電力	未公表	2GW ^{*2}
東京電力EP	数兆円(2030年前半まで) ^{*1}	6GW~7GW
中部電力	未公表	2GW以上 ^{*3}
JERA	未公表	3GW(2025年度まで)
関西電力	未公表	2GW ^{*4}
東京ガス	2100億円(2022年度まで)	5GW
大阪ガス	未公表	1GW ^{*5}
NTTグループ	2025年度までで6000億円、以降も順次追加投資を計画	7.2GW ^{*6}
合計	8兆円以上 ^{*4}	約28GW以上

東京電力EP：東京電力リニューアブルパワー

- *1 一部報道による
- *2 1GW当たり平均3000億円という本誌推定に基づいた計算例
- *3 太陽光発電などの再エネと海外分を含む
- *4 出資した発電会社などを通じた設備容量累計。2030年までではなく「できるだけ早期に達成予定」(東北電力)
- *5 2018年度時点の2.61GW(2.14GWが水力発電由来)からの増分
- *6 関西電力は2017年6月時点で8.3GW分の再エネ(水力発電含む)の設備容量を保持
- *7 2世の2GWに増やす方針との一部報道あり
- *8 既存の設備容量(太陽光発電0.3GW)を含む場合は7.5GW

その多くが洋上風力発電を想定している。実現すれば、日本のエネルギー事情に大きく影響する水準にある。

2.10 スーパーゼネコンも海洋へ進出

洋上風力発電に期待するレガシー企業はまだある。スーパーゼネコンと呼ばれる建設会社や総合商社である。

これらの企業の多くが、洋上風車を運搬、設置するためのSEP船を買収、または自ら建造して洋上風力発電インフラの建設に参入する姿勢である(表2)。

表2 日本の商社・建設会社が所有、または建造中の洋上風車搬入用(SEP)船またはスリッドリフト船の概算

船名	船主	船種	建造年	建造会社	船主	船種	建造年	建造会社
シージャックス・ジパング丸	シージャックス・ジパング丸	SEP船	2018年3月	大船組	シージャックス・ジパング丸	SEP船	2018年3月	大船組
シージャックス・ジパング丸	シージャックス・ジパング丸	SEP船	2018年3月	大船組	シージャックス・ジパング丸	SEP船	2018年3月	大船組
シージャックス・ジパング丸	シージャックス・ジパング丸	SEP船	2018年3月	大船組	シージャックス・ジパング丸	SEP船	2018年3月	大船組
シージャックス・ジパング丸	シージャックス・ジパング丸	SEP船	2018年3月	大船組	シージャックス・ジパング丸	SEP船	2018年3月	大船組

*1 SEP船を保有している東 Seajacks International を 2012 年に売却した東亜建設工業の再建計画

清水建設は500億円を投じてSEP船を建造中。洋上風力発電事業は「5兆円ビジネス」(同社)とみる。同社はJERAと共同で、秋田県の促進区域で、洋上風力発電ファームの建設にも手を上げている。

2.11 海外からも「日本はカモ」と参戦

こうした日本の洋上風力発電事業の盛り上がりには海外企業も黙っていない(図9)。

丸紅	×	英 Seajacks International (洋上風車470本設置の実績)	=	秋田県の秋田港、能代港で港湾区域としては国内初の商用洋上風力発電稼働へ
日本郵船	×	オランダ Van Oord (欧州で40件以上の洋上風力プロジェクトの実績)	=	洋上風力発電設備の設置事業の協業
東京電力ホールディングス	×	デンマーク Ørsted (洋上風力6GW分の実績)	=	千葉県銚子市沖の風力発電ファーム
大林組	×	スペイン Siemens Gamesa Renewable Energy (洋上風車最大手)	=	秋田県能代市、三種町、男鹿市沖の風力発電ファーム
九電みらいエナジー	×	ドイツ RWE Renewables Japan (8GW分の実績)	=	秋田県利根市沖の風力発電ファーム
三菱重工業	×	デンマーク Copenhagen Infrastructure Partners	=	北海道の洋上風力発電事業で協業

仏 Total や浮体式風車で実績があるノルウェー Equinor も日本の洋上風力発電事業に参入の見通し

図9 海外の再エネ企業大手も続々参入

海外、特に欧州の洋上風力大手の日本市場参入が相次いでいる。多くは、日本企業と事業提携する形だ。日本の企業にとっては、10年以上先行している企業の技術・設備・ノウハウを学ぶチャンス。同時に、海外市場での競争力強化にもなる。

既に触れた Seajacks International、Ørsted や RWE Renewables のほか、SEP 船大手のオランダ Van Oord、投資会社のデンマーク Copenhagen Infrastructure Partners (CIP) が日本の企業と組む形で日本市場に参入した。さらには Equinor や石油メジャーの仏 Total も参入を検討している。

「経済規模がある程度大きな国で、風力発電の導入が進んでいないのは日本とロシアぐらいである。欧州の風力発電事業者には、日本は手つかずの草刈り場に映っている」(日本風力発電協会)。

ただし、一方的に利益を吸い取られるだけにはならない。日本の企業はノウハウ不足で事業失敗だけは避けたい事態。協業は、欧州のノウハウに触れられるメリットがあり Win-Win の関係になるといえる。

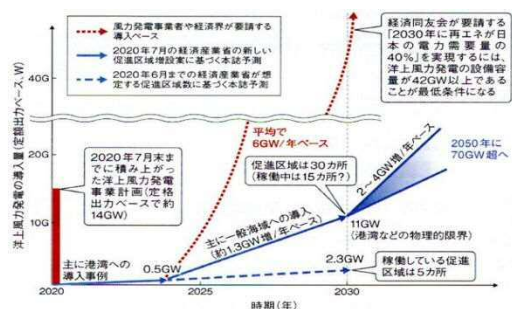
2.12 産業界は6GW~10GW/年増を要請

日本の風力発電事業、特に洋上風力発電が前途洋々かといえ、答えは否である。

こうした産業界を挙げての盛り上がりの一方で、制度上または政府の導入政策の観点から実際に日本で洋上風力発電をどこまで導入できるかには大きな懸念がある。

現時点で事業者が環境アセスメントの手続きを進めている洋上風力の合計は既に

<图 10>



これを 40%に引き上げるには、太陽光発電の導入ペースがこれまでと変わらない 6GW／年だとすれば、洋上風力を 2023 年以降、約 6GW／年のペースで増やす必要がある。仮に太陽光発電が今後まったく増えない場合は、洋上風力を同約 9GW／年のペースで増やさねばならない。

国内における浮体式洋上風力で先行するのが戸田建設。2007 年に 1/100 のスケールの実験を始め、2009 年には 1/10 試験機を佐世保港内に設置。2012 年 6 月以降は長崎県五島市沖で 1/2 スケールで 100kW 級の試験機、2016 年 4 月からは 2MW 級の実証機（設置は 2013 年 10 月）で運用を続けていた（図 11）。



図11 戸田建設は浮体式風車向けに超低コストの仕組みを構築
戸田建設が以前から進めてきた長崎県五島市沖での浮体式風車を引いた電力発電の実証事業の様子(左)。独自開発したスパー型の浮体と2016年3月から2MW級の風車(右)が海上に組みあがって、実証運転中だ。同社は2016年5月に市川町と結盟で、環境省の支援を受けて浮体式風車実証事業を進めている。

2.14 港で製造しそのまま沖へ曳航

欧州で戸田建設と同様、浮体式に早期から取り組んできた Equinor もスパー型を採用している。ただ、浮体には他の形状もある（図 12）。はしけ船（バージ）のように喫水が浅い「バージ型」や、一部を潜水させる「セミサブ型」などである。

(a) 洋上風電の浮体の種類

(b) 浮体の種類と典型的な寸法、採用企業など

浮体の種類	典型的な寸法	採用企業など
バージ型	浮体の長さ: 15m 浮体の幅: 10m 吃水: 1.2m 総高: 1.2m 浮体の質量: 約 100t	パナソニック、三菱重工
マット型	浮体の長さ: 15m 浮体の幅: 10m 吃水: 1.2m 総高: 1.2m 浮体の質量: 約 100t	パナソニック、三菱重工
スパーブイ型	浮体の長さ: 15m 浮体の幅: 10m 吃水: 1.2m 総高: 1.2m 浮体の質量: 約 100t	パナソニック、三菱重工

図12 浮体式は水深の深さで2種類に大別
浮体式風車の主な種類を示した(a), それぞれ、様々な違いで多くの民生タイプがあるが、水深の深さでは2種類に大別できる。水深が100以上のスパー型、30m以下のバージ型やセミスパア型である(b), スパー型を採用したものはノルウェーや米国、一方、バージ型やセミスパア型は採用する企業がやや少ない。

9

自造船、そして JERA と組んだ仏 IDEOL はバ
ージ型を採用する。

セミサブ型やバージ型の最大の強みは喫
水が浅いこと。スパー型の喫水が 100m 前後
と深いのに対して、セミサブ型やバージ型
は 7~30m。セミサブ型はバラスト水の出し
入れで喫水を調節もできる。港によっては
波止場から曳航して沖に出られる（図
13）。SEP 船などが不要なのである。

実際、Principle Power は、港湾上で浮
体と風車を流れ作業で組み立て、それをそ
のまま海に浮かべて沖まで曳航することを
想定する。

「セミサブ型の多くは喫水が浅くても 10



図13 バージ型/セミサブ型は港から曳航できるのが強み
Principle Power のセミサブ型浮体と風車の運搬ラインのイメージ (a)。港内の海上で浮体を組み立て、それをそのまま海に浮かべて沖まで曳航する (b)。バラスト水の出し入れで喫水を調節できるという、自立式風車は船でPortと港の間に曳航する必要がある (c)。図説 (a)~(d) はYouTubeのPrinciple Powerの動画からキャプチャー。 (c) は日経新聞

~15m で、日本の港の多くは対応できな
い」（ある風力発電事業の関係者）という
指摘もあるが、まったくないわけではな
く、現状より選択肢が大きく広がるのは確
かである。こうした点は、着床式との発電
コスト差を集める上でも有利に働きそうで
ある。

2.15 陸上風力は急増が止まる

これまで、洋上風力発電への取り組みを
中心に紹介してきたのは、陸上風力発電の
今後の伸びしろが大きくはないとみられ
る。

実際、環境アセスメント手続きに入った
陸上風力発電の案件は 2015~2019 年秋で計
14GW と非常に多いが、2019 年秋以降は案件
数の増加が大幅に鈍っている。

陸上風力発電には近隣住民への低周波騒
音問題や景観問題、風車運搬用の道路の未
整備など洋上風力ではないか、あっても深
刻ではない課題が幾つもある。中でも最も
高い障壁が送電線問題。

陸上風力発電ファームは、山間部の尾根
筋など、洋上風力以上に市街地から離れた
場所に設置されることが多く、自力で送電
線を敷くにしても法律や権利関係の手続き
が容易ではない。

送電線の空き容量がない課題と合わせ
て、陸上風力の増加を大きく律速し始めて
いると考えられる。

2.16 “えりも岬” 争奪で 4 社が名乗り

こうした課題の対策で新しい手法を示し
たのが、再エネベンチャー企業の afterFIT
である。今後の陸上風力だけでなく、洋上
風力発電の発展にも貢献する可能性があ
る。

afterFIT は北海道の東南端にあるえりも
岬に最大出力 471.7MW と、陸上風力として
は国内最大規模の風力発電ファームを計画
している。

同岬にあるえりも町は、「風速 10m/秒
の風が吹く日が年間 260 日以上ある」（同
町）という風力発電には最適な場所であ
る。

このため、JR 東日本エネルギー開発や日
本風力開発など 3 社も風力発電の計画を立
てており、激しく競合している。最終的に
は入札での勝負になる。

既存の電気系統から発電源である洋上風力発電にとって、外部交流電源が不要でしかも長距離を高効率に送電できる自励式 HVDC はまさに渡りに船の技術である。

欧州でも北海で HVDC を大規模に敷設する計画が進んでいることを受けて、日本風力発電協会も「例えば、日本海を縦断する送電線を敷設すべきである」と訴えている。

3. 世界動向

3.1 主役は陸上から洋上へ、風車版“ムーア則”も再起動

これまで陸上風力発電が主流だった海外でも、より大規模化しやすい洋上風力発電の導入が本格化し始めた。

発電コストは急速に低下しており、陸上風力に迫りつつある。当初は着床式が先行するものの、長期的には浮体式が規模や発電コストで洋上風力発電の主軸になる可能性が高い。

世界の風力発電は日本のはるか先を行っている。世界全体の導入量は 2019 年末で約 650.7GW（図 1）。

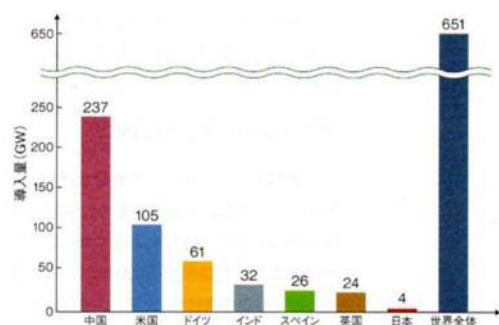


図1 世界は651GWの風力発電を導入済み
2019年末における国・地域別陸上風力と洋上風力を合わせた累計導入量の比較。
世界全体では約651GW分が導入されている。(図：ドイツWorld Wind Energy Association (WWEA) の調査データを基に日経エレクトロニクスが作成)

年間発電量で日本全体の電力需要を賄っておつりが来る水準である。トップは中国、2位は米国、3位はドイツとなっている。ドイツは 61GW で、経済産業省の想定での 2030 年の導入規模である約 10GW の 6

倍。一見すると日本はとても追い付けそうにない。

ただ、現時点の風力発電の世界の導入量は、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）が 2050 年に目指す導入目標である 6044GW からするとまだ 1 割強に満たない。

42.195km のマラソンに例えれば、スタート時点でのトラブルで先頭ランナーからいきなり 4.5km ほど差を付けられた状態。差は小さくはないが、マラソンは長丁場。その程度の差がついた後に、先頭のペースが急に鈍って逆転することはあり得る。

実際、これまで導入された風力発電の大部分は陸上風力発電だが、その導入ペースは一部地域では急激に鈍っている。

例えば、ドイツでは 2017 年まで 4G~5GW / 年のペースで増えていた陸上風力が、2019 年は 1GW 増にまで大幅にペースダウンした。

ドイツが 2000 年に固定価格買取制度（FIT）を導入して以来、最も少ない導入量だという。2020 年の増加も同程度とみられている。

3.2 反対住民との訴訟騒ぎに

ペースダウンの理由はコロナ禍も含め幾つもあるようだが、最大の要因は景観や騒音環境の悪化に対する住民の反対などで陸上風力の設置場所の選定がいよいよ難しくなってきたことである。

住民の訴訟が相次いでいることで、2019 年時点で 2000 基、約 11GW 分の建設計画が宙に浮いた格好になったもようである。

住民の一部はドイツの国会議員に働きかけて風力発電に対する規制強化を迫るまでになっている。具体的には 2019 年、住宅地や空港などから 1km 以内のエリアに新たに

風車を立てることを禁止する法案が提出され、国民的議論になった。

同法案では、既に設置されている風車についても、設備更新の際には適用される。これに危機感を持ったドイツの連邦環境庁は、「陸上風力の設置可能面積が最悪 2~5 割減ってしまう」と警告した。

もっとも多数のドイツ人は基本的に再エネ推進政策を支持しており、この法案は可決されていない。この件は 2020 年 6 月になって国全体ではなく連邦州ごとに住宅との距離基準を制定することで一応決着した。

いずれにせよ、ドイツで陸上風力を大幅に増やすことが事実上難しくなっているのは確かといえる。

3.3 英米インドが 2030 年に 30GW

これはドイツに限らず世界的な傾向といえる。代わりに注目を浴び始めたのが洋上風力発電である（図 2）。



図2 洋上風力は英国、ドイツ、台湾が世界をリード
洋上風力発電の国・地域別の主な導入量の実績（2019年）と予測。英国は2030年までに約12GW増やす計画。米国は現状で稼働している洋上風力発電はわずかだが、2030年に30GWにする目標を立てている。欧州全体では2050年に450GWという目標がある。海中風車を含む海に置いた陸上風車と比べると英国並みに積極的に導入すれば達成できる。（図：国際エネルギー機関）

これまで最も洋上風力に熱心だった英国が「2030 年に 30GW」という導入目標を掲げるとインドや米国も同様な目標を掲げ始めた。

米国やインドの洋上風力はまだ始まったばかりという点で日本とほぼ同じスタートラインに立っている。ただ、そこから 10 年で 30GW を導入するスピード感は、日本（経済産業省）と大きく違う。

ドイツは以前からの北海での洋上風力建設プロジェクトの建設がほぼ完了し、建設ラッシュが一段落した状況だったが、2020

年 7 月に新しい導入計画を発表した。「洋上風力を 2030 年に 20GW、2040 年に 40GW」というもので、米国などに比べるとやや慎重だがやはり日本よりは速いペースである。

3.4 欧州全体で 2050 年に 450GW

日本の風力発電の関係者が驚いたというのが、欧州の風力発電の業界団体 Wind Europe（旧 European Wind Energy Association、欧州風力エネルギー協会）が 2019 年 11 月に発表した目標である。

欧州全体で 2050 年に 450GW の洋上風力を導入することを掲げる。欧州の各国に個別に導入の数値目標を定めたのが特徴で、英国が 80GW、オランダが 60GW、フランスが 57GW、ドイツが 36GW、デンマークが 35GW などと増加分を細かく割り当てている。

今から進めていけば決して高いハードルではないが、足並みがそろうかどうかが焦点になる。

3.5 第 2 の北海油田に

欧州では、洋上風力発電の目立つ導入計画がもう 1 つある（図 3）。「北海風力発電ハブプログラム」である。

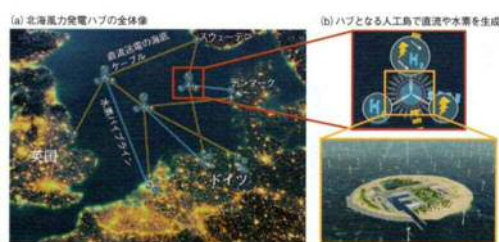


図3 北海で100GWの洋上風力発電計画へ
オランダとドイツのTenneTとデンマークのEnerginetが2017年3月に発表した。北海に約1万基、100GW分の洋上風車を設置する構想。ただし、海岸線から遠い場所からでは交流送電の損失が大きい。個別にAC-DC変換するとコストがかかるため、人工島を設けてそこでまとめてAC-DC変換し、HVDCで各国へ送電する「ハブ＆スポーク方式」を採用する。当初は計画になかった。電力を水素に変換する装置も人工島に設け、パイプラインで輸送する。2030年にも稼働する計画。（図：North Sea Wind Power Hub Programmeの図に目標とレイトロニクスが追加）

これは、北海に 1 万基、計 100GW の洋上風車を設置し、しかもその電力を人工島で AC-DC 変換して HVDC で各国に送電するという計画がある。

洋上風力発電の課題の 1 つが、交流での

送電距離が長くなると送電損失が急速に増す点である。このため、今までは海岸線から100kmを超えるような場所には設置できなかった。

HVDC のケーブルや AC-DC 変換器のコストはやや高く、各風車で直流に変換して HVDC で送電する選択肢はない。

代わりに、各風車が発電した交流電力をハブとなる人工島に集約し、そこで一括して直流に変換して長距離を送電するというのが基本的なアイデアである。

450GW を掲げる Wind Europe も、ハブを使うことでコストを 5~10% 低減できると試算している。

2019 年にはこの構想に、発電した電力で海水を電気分解する水電解装置を人工島に設置し、そこで取り出した水素をパイプラインで各国に送るという計画が加わった。北海をエネルギー源にするという点で、かつての北海油田の再来にも映る。

3.6 北欧の水力発電を蓄電に使う

日本のある風力発電の関係者は、もう1つこの構想の“裏”の狙いを指摘する。北欧の豊富な水力発電インフラを、風力発電の出力変動を吸収する「揚水発電システム」として使う狙いである。

欧州では以前にアフリカ大陸のサハラ砂漠に設けた大量の太陽光発電や太陽熱発電システムから送電線を通じて欧州に電力を送るという壮大な「DESERTEC」構想があった。

しかし、送電線の敷設コストが高かったことに加え、不景気が重なり事実上の立ち消え状態になっている。

ある風力発電関係者は「今回のハブ構想は幾つもの具体的なメリットがあり、実現

性が高い」とみる。

3.7 発電コストが陸上風力に迫る

これらの陸上風力から洋上風力へ、という大きなトレンド転換の背景には、洋上風力発電システムの発電コストが劇的に下がってきていることもある。

IRENA の見積もりによれば、陸上風力発電の典型的な発電コスト（LCOE、均等化発電原価）は 2019~2020 年で 5 米セント／kWh（1 米ドル＝106 円で、5.3 円／kWh）。太陽光発電の発電コスト（LCOE）も同水準である。風況や日照条件が特に良い地域では、いずれも 2~4 米セント／kWh になっている例もあるという。

一方、北海における着床式の洋上風力発電の LCOE は 2017 年時点では約 9 円／kWh（図 4（a））。以前に比べて大きく下がったとはいえ、陸上風力と比べると依然としてかなり割高だった。このままでは、洋上風力を大量導入する動機は高まりにくい。

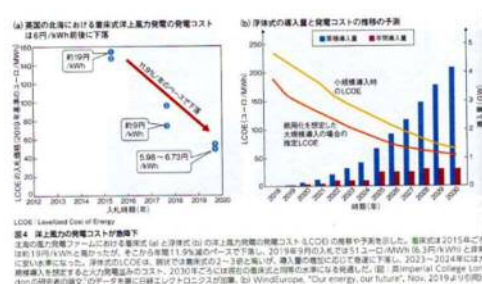


図4 洋上風力の発電コストが急降下

ところが、北海での洋上風力導入計画における LCOE は、2019 年 9 月には約 5.98~6.73 円／kWh とさらに大幅に低下し、陸上風力の LCOE に迫る水準になってきた。

遠くない将来、洋上風力の発電コストは陸上風力に並ぶか、より低コストになる可能性がある。すると、洋上風力発電の導入ペースがさらに高まり、しかもそれが発電コストをさらに押し下げる、という正の循環

環が起こり得る。

その根拠の1つは、洋上風力発電システムが風車の数の上でも、風車1基の発電規模の上でも陸上風力に比べて大規模化しやすいことである。大規模化は、発電コストを下げる非常に有効な手段である。

3.8 浮体式でさらに発電コスト低下も

陸上風力 VS 着床式の構図は、5～10年後にそのまま着床式 VS 浮体式に当てはまる可能性がある。

浮体式の洋上風力発電の発電コストは現時点でこそ着床式の2～3倍と高い。しかし、それは開発段階だからで、数年前の陸上風力に対する着床式と同じといえる。

大規模な商用化が始まれば量産効果によって発電コストは急速に低下するとみられている（図4（b））。

浮体式には着床式に対する優位点が多い。具体的には、前節で日本での浮体式に対する取り組みでも触れたように、

- (1) 着床式よりも潜在的な設置可能エリアが広い。
- (2) 設置作業ははるかに容易である。
- (3) バージ型やセミサブ型はそれ自体が船で、専用のSEP船が不要。
- (4) 仮に故障すれば港に戻して修理した後に、再び沖合に設置することも可能といった点である。

浮体自体も最近はコンクリートを使うなどして大幅なコストダウンが進んでいる。

3.9 風車版ムーアの法則で低コスト化

発電コスト低下の道筋は大きく2種類ある。1つは単純に量産効果である。ただ、製品ごとというよりは過去の製品もすべて累積した生産量に対して発電コストが下がる「学習曲線」と呼ばれるタイプの量産効

果である。

もう1つは、風車の大型化やタワーの伸長による発電出力の向上によるコスト低下である。風車はブレードの長さのおよそ2乗に比例して定格出力が高まる。

加えて、背が高くなると上空の強く安定的に吹く風を受けることができるので、1日を通しての平均出力が高まる。こうして風車1基当たりの発電量を増大させられれば、風力発電ファームとして同規模であれば、必要な風車の本数が減るため設置の工事費用が減り、費用対効果、つまりは発電コストが低下する。

陸上風力ではこれらの量産効果や風車の大型化が発電コストを下げてきた。大型化のスピードはローター径がおよそ10年で2倍になるというペースである。

微細化と大型化という方向性は正反対ながら、風車版ムーア則が約40年間続いてきたのである。ところが、最近はそのペースが急激に鈍り、10MW級が事実上の上限になっていた。

ドイツのように景観や騒音問題で訴訟が相次いだり、風車の大型化が運搬コストや設置コストを急激に押し上げるようになっていたりして大型化の限界が迫り、発電コストを下げられなくなってきた可能性がある。

3.10 ローター付きエッフェル塔が多数

一方、洋上ではそうした限界はまだしばらく先で、大型化は依然として大きなメリットがある。いくら大きくても船に載りさえすれば運搬は容易で、設置時の風車の重量も海中では軽減されるからである。

洋上風車の寸法の大型化は最近むしろ加速しており、10MWを一気に超えて12M～14MWに達しつつある（図5）。あたかも、

陸上風車の大型化を洋上風車が引き継いだ格好になっている。

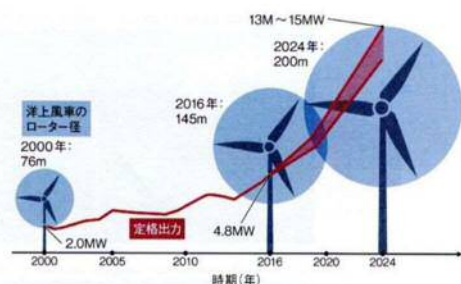


図5 洋上風車の大型化が加速
洋上風車の寸法と定格出力の推移。実証実験がほとんどだった2000年ごろはローター径が76m、2016年ごろは同145mと陸上風車に比べても小型だった。その後、商用利用が見えてくるにつれて急速に寸法と出力が大型化して陸上風車を上回るようになった。2024年にはローター径は200m、出力は13M~15MW規模の風車が使われる見通しである。(図: German Offshore Wind Energy Foundationの図を本誌が加筆修正)

現在、最も大型の風車は、米 GE Renewable Energy の12M級風車「Haliade-X12MW」と、スペイン Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) の14M級風車「SG14-222DD」で、ローター径は共に220mを超える(図6)。最大高さはフランスのエッフェル塔の300mに近い260m程度である。

その風力発電ファームの建設は、ローター一付きエッフェル塔を多数立てているようなものといえる。



この2基は現在、世界の洋上風力発電ファームで覇権を争っており、メーカー2社はこれらの風車を受注した洋上風力発電ファームを次々に発表している。メーカー名は未発表だが、日本の幾つかの洋上風力発電計画でも12MW級の風車を使う構想がある。この巨大風車を扱うSEP船も既にある。

例えば、丸紅が出資する英 Seajacks International の「Scylla号」で14MW級の風車を運搬、設置できるという(図7)。丸紅は2015年の時点でScylla号を建造、竣工させていた。



図7 据え付け用SEP船も大型化
丸紅などが出資する英Seajacks InternationalのSEP船「Scylla号」。船は自航式で1500トン規模。14MW級の風車数基を一度に搬送することができ、2021年には台湾の洋上発電プロジェクトでの設置作業に携わる予定である。(写真: 丸紅)

SGRE が受注した台湾 HaiLong2 (海龍2号) プロジェクトなどで2021年に設置作業に就くことが決まっているという。

3.11 巨大化が寡占化を加速

風車メーカーの多くにとってこうした風車の大型化、巨大化は容易ならざる道。風車1モデルの開発に数百億円という多額の費用が掛かる一方で、モデルの賞味期限は短くなる。次の大型モデルが出るまでに相当規模の受注を獲得できなければ、利益どころか開発に投じた費用さえ回収できずに、資金が回らなくなるリスクがある。

国内のほとんどの風車メーカーはこのリスクをとれずに市場から撤退してしまった。こうした背景から世界の風車メーカーは寡占化が進んでいる(図8)。



特に、超大型風車が主力となる洋上風車では既に4~5ブランドしか残っていない。ただし寡占だからこそ一発逆転の目もあるようだ。最近まではSGREが市場シェアの

約7割前後を握り、デンマーク MHI Vestas offshore Wind がそれに続くという構図だった。

ところが、Hadiade-X 12MW の受注が増える一方で、MHI Vestas の風車の大型化が出遅れているため、2020 年は業界2位のメーカーが入れ替わる可能性がある。

3.12 2022 年に 20MW 級が登場か

洋上風車は今後、どこまで大型化するのだろうか。早ければ2022年、遅くても2030年までには20MW級まで大型化するというのが業界一般の見方で、実用化のための研究開発が始まっている。米エネルギー省 (DoE) は2019年5月、15MW級の風車の研究開発に補助金を出すプロジェクトを発表した。

DoE 傘下の再エネの研究機関である National Renewable Energy Laboratory (NREL) は2020年2月、15M~20MW級風車の実用化を見据えた、15MW級の着床式と浮体式の両方の風車の設計例を発表した。ローター径は240m、最大高さは270mになるとする。

風車の試験設備を持つ非営利の検査機関デンマーク Lindo Offshore Renewables Center (LORC) は2019年8月に、16M~22MW級の風車を試験できる設備の建設を始めたと発表した。2022~2028年の運用を想定しているという。

ドイツの研究所である Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems (IWES) も2020年2月、最大20MWの風車を想定した風車と電力系統を接続するためのインバーター回路を設計するシミュレーションソフトウェアの開発を始めたと発表した。

一般に火力発電などで利用するタービンは電力系統と周波数が同期している。ところが、風力発電の場合は同期が難しく、インバーター回路をタービンと電力系統間に設けなくてはならない。開発期間は3年で2022年には利用可能にする計画である。

3.13 タワーを 3D プリンターで製造

巨大な風車の重量を軽くする研究や運搬を容易にする試みは10年以上前から始まっている。ドイツ Enercon は約11年前の2009年、風車のタワーを区切ってコンクリートで製造し、設置先で組み立てるタイプの風車を開発した(図9)。



図9 大型風車をいかに安く軽く作るか
風車のさらなる大型化に備えた製造技術の例。Enerconは風車のタワーを高さ4m前後で区切ってコンクリートで製造し、最後にグレーンで組み立てる手法を2009年ごろに開発した(a)。運搬が容易で、シーズにおいてタワーの重さなどを減らせるのがメリットだ。ただし、区切られたタワー同士はボルトの組み立ての面で取り扱いが難しく、むしろ大型化の妨げになった可能性もある。GE Renewable Energyは2020年6月に、コンクリート製の軽量タワーを3Dプリンターで製造するプロセスを発表した(b、c)。超大型3Dプリンター装置のデンマーク COBO社。コンクリートを提供するのはLafargeHolcimとの共同開発だという。(写真：(a)はEnercon、(b)はGE Renewable EnergyのYouTubeの動画からキャプチャー、(c)はGE Renewable Energy/COBO/LafargeHolcim)

風車やタワーの寸法変更や大型化に柔軟に対応できるというのが狙いだった。ただし、この技術自体は、区分化したタワーが重くて取り扱いが容易ではなく、必ずしも施工上のメリットが得られないとして他のメーカーに広がっていない。もっともこの技術の派生技術は幾つも提案されてきた。

最新の派生技術が GE Renewable Energy が2020年6月に発表した、コンクリート製タワーを3Dプリンターで作る手法である。コンクリート製でありながら、藤編みのかごのような構造にすることで強度を維持しながら大幅な軽量化を図れるとする。

—以上—

2021年度第1回セミナー

会員講演レジュメ（1）

日 時 2021年4月10日（土）

場 所 ウェブ開催

【講演題目】

コロナ禍で求められる技術者倫理的実践
～あたらしい社会構築への参加～

【講師】

打田憲生 技術士（上下水道、総合技術監理）

中部本部倫理委員



はじめに

技術者倫理協議会主催の倫理セミナー（2020.12.07 打田が受講）での小林傳司氏（科学技術振興機構）の講演：「不確実性の時代における技術者の役割と倫理」から以下の要点を紹介した。①世界に、経済の重心がシフトする「経済・地政学的変化」と、地球環境等の問題を踏まえた「マインドセット（企業戦略等での意思決定）の変化」が迫っている。②科学技術コミュニケーションが一方向で、関心のない層に十分に届いていない。③今後の政策決定や技術政策の遂行には、ELSE（倫理的・法的・社会的課題）への適切な対応が必要である。以上の3点は、後半で述べる新しい社会構築への参加を提言する要点であるので紹介した。

1. 技術者の視点・コロナ禍をどう見るか
近年、地球温暖化が原因と考えられる大規模な気象災害が地球規模で拡大しており、これに対する対応策は、もはや日本国内での洪水調整や、堤防の嵩上げなどでは限界があるといわれている（社会資本整備審議会 2008

年答申等）。そして、根本的な対策として、温暖化抑止策に方向転換することが示され、そのためのSDGsアクションプランが示されている。特に、社会資本整備に関しては国土交通省等が具体的な施策の推進を急ピッチで図りつつある状況の中で、それに覆いかぶさるコロナパンデミックが地球規模で蔓延し、その実行の障害となって立ち足はだかっているように見える。

技術者は「技術が社会や環境に与える効果や影響を理解し、そのことに責任を負っていることを自覚している」社会的存在として、医療従事者らと同様にコロナ禍の只中であっても、なんとかその責任を全うしようと考えているはずである。しかし、感染リスクに対して手も足も出ない状況にあるのではないかと感じている。そして、早期の持続可能社会への移行こそが、温暖化抑止の最も近道であるという「パリ協定」での国際的合意、それを批准した我が国の履行にも黄色信号が灯ることにならないか、との危惧を強く抱くことになった。

2. 技術者の実践上の倫理と課題/問題意識

コロナ禍において、技術者にできることは何かと考えることは、技術者の倫理的な態度としては重要な姿勢であろう。しかし、非専門分野である防疫や医療行為に関して、ほとんど関与の余地はなさそうに思える。

コロナ禍における社会的に不都合な状況の中身を見てみると、世界中への人・モノの大規模な流動化がパンデミックの根本要因との指摘の妥当性に思い至った。それは、最新の科学技術の成果として実現した国際的な流通システムによる、「光と影」を体験しているのではないか、コロナ禍とはそれを表していると認識することができる。社会的・

経済的に必須なシステムである、地球規模での遠隔地間での密な対面交流の実現と、防疫上それしか手段のない、「分断・隔離・途絶」という、真逆の断行こそが社会的不都合の本質と捉えることができる。この問題を工学的な課題と捉えなおせば、技術者が立ち向かう方向が見えるのではないか。

技術者間の情報交換やWeb. 情報検索から、多様な企業群の取り組みを見ることができた。生物工学系の技術者によるアビガン等の治験的使用実績報告や、自動車産業系の生産設備の提供による電子機器メーカーによる緊急のマスク製造・販売、PCR 検査機器類の緊急製造販売の開始などが、コロナ禍での特異な企業活動事例として知ることができた。また、建設現場でのリモート工程会議の実施や、施工現場での発注者によるリモート検査の実施なども、専門誌上での報告として知ることができた。これらの取り組みでは、防疫・医療従事者の懸命な活動と同様に、不慣れな業務とリスクの高い環境での懸命の創意工夫がなされたであろうことが想像される。

3. コロナ禍対応策と SDG s 17 の共通性

ここまで考えてきたうえで、気づいたこととしてコロナ禍の災厄と、地球温暖化の災厄の共通性がある。コロナパンデミックによる地球規模での感染拡大による「人命の危機」と、感染対策による「人流・物流の隔絶」あるいは「産業の停滞」がある。一方の地球温暖化による国際的にみられる自然災害リスクの急拡大傾向による「多くの国と地域での人命の危機」と「財産や生活財の喪失」、それに「国や地域間の途絶」状況の頻発があげられよう。

このことから、コロナ禍での技術に課せられた喫緊の課題は、非接触型の生産システム

の緊急の創出であったり、途絶がつづくコミュニケーションや流通システム、サプライチェーンの再構築であることが見えてこないだろうか。

ここで、改めて 2015 年 12 月にパリで開催された国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）を振り返って見ると、IPCC（国連の気候変動に関する政府間パネル）の第 5 次報告での地球温暖化の科学的根拠を加盟 195 か国が承認。これはその後の国際的な温暖化対策の科学的なよりどころとなっている。そのうえで、上記の締約国会議でパリ協定が採択された。さらに、温暖化の不可逆性の懸念から、2018 年には地球の平均温度上昇を産業革命以前のそれより「1.5℃」以内に抑えるためには、国際的に前例のない社会システムへの移行が緊急に必要であるとする「IPCC1.5℃特別報告」が発表された。ここでは、温暖化対策を実行するには、自然科学的取り組みだけでは不十分で、社会科学（政治・経済）とリンクした検討がより重要であること、気候対策以外の目標との相乗効果を考慮することが重要であるとされた。

コロナパンデミックは地球規模での緊急性の高い非常事態であるが、じつは温暖化の進行を抑止するうえで「1.5℃」以内に抑え込む緊急行動が必要だとの科学者からの警告をうけていたのである。それ故に、技術の側はコロナ禍での不都合な状況を解決する共通の課題を明確にして、躊躇することなく SDG s 17 の目標を具体化して新しい社会システムを構築することは、防疫・医療行為と同様に、コロナ後ではなく今というコロナ禍の只中で、その実践が求められていると理解する必要があると考える。

4. SDGsアクションプランの概要

「IPCC1.5℃特別報告」を受けて日本政府は緊急のアクションプラン 2019(外務省版)を発表している。これは、パリ協定批准国の義務として作成されたものであるが、「人間の安全保障」の理念に基づき、世界の「国づくり」と「人づくり」に貢献する国際的な「公益」を創出する政策の骨格として、技術関連では以下の2項目が示されている。

① SDGsと連動するSociety5.0の推進

◆中小企業におけるSDGsの取組強化

- ・大企業や業界団体での取組強化
- ・SDGs経営/ESG投資の普及啓発
- ・途上国におけるSDGsビジネス支援

◆科学技術イノベーションの推進

- ・SDGsタスクフォース設立
- ・G20関連会合での国際的議論の促進

② SDGsを原動力とした地方創生、強靱かつ環境に優しい魅力的なまちづくり

◆SDGs未来都市選定、地方創生

- ・官民連携プラットフォーム等の推進
- ・オリンピック、関西万博でのSDGs推進
- ・ICT等先端技術活用による地域活性化
- ・スマート農林水産業の推進

◆強靱な循環型社会の構築

- ・国内外での防災の主流化の推進
- ・質の高いインフラによるネットワーク
- ・日本技術/経験による気候変動対策貢献
- ・省エネ・再生エネ等の推進

以上が、閣議決定された内容の一部であるが、これを受けて経団連から「経団連SDGsの達成目標に『企業行動憲章』改訂の推奨」が出されている。ここでは、特に大企業の多様な業種に即した「問題解決」と「未来創造」の視点を兼ね備えた新たな成長モデル、そして国連で掲げられたSDGsの達成に貢献する

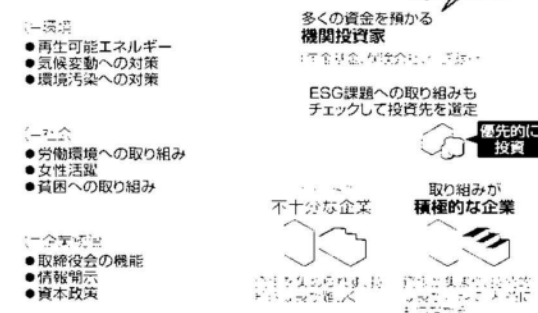
る具体的な未来ビジネスモデルが例として示されている。



5. 企業倫理とCSR/CSVの最近の動向

経団連の企業行動憲章の改訂奨励を紹介したが、これはSDGs目標の達成には、従来の国際的行動とは全く異なる、政治的・経済的スキームを含む取り決めであるからです。それは、企業の社会的責任CSRを戦略的CSVに誘導することで、SDGs目標の達成に集中化すること、そのことで温暖化抑止効果を加速し、現在以上の市場経済規模の創出を図る構想への合意だったからです。

ESG投資とは



冒頭に紹介した『地球環境等の問題を踏まえた「マインドセット（企業戦略等での意思決定）の変化」の認識』や『今後の業務遂行にはELSE（倫理的・法的・社会/経済的課題）への適切な対応が必要』の提言の背景には以上のような動向によるものであろう。

6. SDGs17 の目標：インフラ系技術分野

持続可能な世界を実現するための 17 のゴールが目指すのは経済成長、社会問題の解決、環境保全がバランスよく達成された持続可能な新しい世界の実現。そのための社会的価値の高い企業活動の優遇や有用性の高いプロジェクトへの国際的支援である。



ここでは、インフラ系技術分野から 6. 7. 11. に関するターゲット事例を示す。

目標 6 安全な水とトイレを世界中に
この課題解決提案が SDGs プロジェクト 6

- ・世界中の 30% の人々は安全に管理された飲料水サービスを利用できていない。
- ・敷地内で水の得られない世帯の 80% では女性と女兒が水汲みの責任を担っている。
- ・世界中の 60% の人々は安全に管理された衛生設備を利用できていない。
- ・洪水等の水関連災害は、自然災害による死者数全体の 70% を占めている。
- ・山地、河川、湖沼などの水に関する生態系の保護と回復を行うこと。

目標 7 エネルギーをみんなに/クリーンに

- ・手ごろで信頼でき、持続可能かつ近代的エネルギーの供給を確保する。世界人口の 13% はまだ電力利用ができていない。
- ・世界の 30 億人が薪、石炭、動物の排泄物等を調理や暖房に用いている。
- ・エネルギー消費にともなう温室効果ガスの排出量は全世界の 60% を占めている。

- ・エネルギーミックスの再生可能エネルギー割合を大幅に拡大させる。
- ・世界全体のエネルギー効率の改善率を倍増させる。

目標 11 住み続けられるまちづくりを

- ・都市を包摂的で安全、レジリエントかつ持続可能にする。
- ・今後、都市膨張の 95% は開発途上地域で起きるとみられている。
- ・適切で安全、安価な住宅・サービスへのアクセスを確保し、スラムの改善を急ぐ
- ・人口が急増する都市部の人の生活維持のためのエネルギー消費を改善する。
- ・都市人口の過半数は安全基準の 2.5 倍以上に相当する大気汚染にさらされている。WWF による委嘱報告（エコフィス・シナリオ）では、2050 年に再生可能エネルギーにより 95% の需要が賄えると試算されている。

おわりに

技術者は「技術が社会や環境に与える効果や影響を理解し、そのことに責任を負っていることを自覚している」社会的存在として、改めて公益に資する技術の営みに積極的に参加することが求められている。それは、コロナ禍で献身的努力をつづける医療従事者と同様に、コロナ禍において実際に今、求められているという認識を持つことから始めなければならないと考える。

そして、社会的ニーズ対応として、企業の実践目標が SDGs に方向づけられつつある中で、企業の中核技術者であるはずの技術士は、積極的に企業の CSV づくりに本格的に参加していくことを通じて、初めて公益確保を責務とする仕事を業務として取り組む機会の提供と受け止めよう。ー以上ー

2021年度第1回セミナー

会員講演レジュメ (2)

日 時 4月10日(土)

場 所 ウェブ開催

【講演題目】モノづくりの倫理

【講師】

吉田建彦 技術士(経営工学、
総合技術監理部門)

静岡県支部

吉田技術士事務所 代表

1. はじめに



モノづくりは分野を広げて考えれば、工業製品製造だけではなく、その設計や一般的なソフトウェア開発、さらには農業や工芸なども含められる。

モノづくりの影響は生産者と消費者の経済的関係だけではなく、社会的・文化的側面など多面的に捉えることが必要である。本稿では「モノづくり、モノづくり企業のあるべき姿」について、5つの視点を述べる。

2. モノづくり企業の社会的責任

～品質と供給～

モノづくりの目的は品質、価格、納期の3点で顧客を満足させることである。

2-1. 品質

2017年～19年ごろ、日本の企業における品質不祥事が多発し、経営者の品質に対する視点が劣化したと言わざるを得ない。品質と利潤のバランスをとることが企業経営者の責務である。最近も企業の品質不祥事は続いている。モノづくりのなかでもとりわけ人の

命や健康に関連する食料品、医薬品、乗り物(車、鉄道など)の3種の製品は品質不祥事の影響が重い。

(1) 食料品

カネミ油症事件は1968年に起きた食品公害事件である。ライスオイルにPCBが混入し、死者80人、患者数は2,000人に近い。2020年12月4日付け新聞報道では、「カネミ油症被害者支援センター」は患者の子供や孫にも影響が出ているとして厚労省に救済を求める要望書を提出している。

(2) 医薬品

本年2月、医薬品会社2社(小林化工、日医工)は品質検査での不祥事のため、いずれも業務停止処分を受けている。

(3) 乗り物

本年2月、ブレーキ製造大手の曙ブレーキは検査不正があった旨、発表している。以上のような品質不祥事は、内部品質監査が機能していないことを表している。筆者は勤務企業や他社の監査側、被監査側の立場で内部品質監査に係ってきたが、不正を見抜くつもりで監査すれば、長年にわたる同種不正は発生しないと考える。内部監査が機能しないのは、監査側と被監査側で「なれあい監査」をしており、監査員が「不正を指摘したくない、指摘すると後の処置が困るから」と考えているからである。「なれあい監査」を防ぐには経営者が監査員に対し「不正を見抜いて報告してほしい、社長の自分が責任を取る」と言わねばならない。又品質不祥事が発生した場合は、ISO/TS16949に要求されているように、当該ライン以外の製造ラインや他工場にも対策を水平展開せねばならない。さらにメディアで他社の品質不祥事を知った場合、「自分の会社は同種の不祥事は起きないか、直ち

に内部監査しよう」と考えて水平展開する姿勢を提案したい。「他人の振り見てわが振り直せ」という日本の諺を実践すべきである。

2-2. 供給

モノづくり企業には環境（コロナ禍、運輸事故、自然災害、火災、テロ等）変動があっても、顧客に製品を継続供給する責務がある。自動車部品業界ではサプライチェーンが切断されれば自動車の製造に影響する。最近ではルネサス社や旭化成における半導体ラインの火災の影響が懸念されている。予防処置としてはBCP（事業継続計画）の作成が必要であるが、中小企業におけるBCPの作成比率は30%程度と言われており、BCP作成は急務である。

3. モノづくりはひとつづくり

モノづくりはひとつづくりから始まるが携わる人の仕事で対応が異なる。

3-1. 一次産業

農林業での主要な課題は次世代の担い手を養成することである。日本の食料自給率は30%程度であり、一次産業に若い人が魅力を感じ就業してもらう施策は国レベル、地方自治体レベルでいろいろ行われている。しかし毎年の就農者は5~6万人程度で、高齢化に伴う跡継ぎ不足には対処しきれていない。

3-2. 二次産業

製造工場のひとつづくりは業務で異なる。

（現場作業）モチベーション、生きがいを与えるためには、現場作業のOJT、OFFJT教育のほかQCサークル、改善提案、5S活動などが有効である。

（技能職）次世代への技能の伝承を図らせる。

（スタッフ）「指示待ち人間」ではなく創造力や難問に挑戦する意欲を持たせるため

のプログラムで仕事を与える。

4. モノづくりの創造

4-1. 静岡県のモノづくり

都道府県別工業生産出荷額では、愛知県がトップ、静岡県は第4位、三重県は第9位である。静岡県の西部はヤマハ、本田、スズキ、河合、浜松ホトニクスなどの企業の創業の地である。東部は医薬品開発のファルマバレーで知られており、中部は商業が盛んである。

世界最初にテレビ技術を開発した高柳健次郎が浜松高等工業学校（現・静岡大学工学部）助教授であったように、浜松は発明の地でもある。

4-2. モノづくりの創造

モノづくりは既成技術による製造と新しく創造した技術による製造に分かれるが、後者をモノづくりの創造として考えたい。モノづくりの創造はイノベーションと言われるが、殊にベンチャー企業による新技術開発に絞って検討したい。静岡県西部には静岡大学などの大学や、光創起イノベーション研究拠点などの研究機関、浜松イノベーションキューブなどのインキュベーション施設があり、イノベーションに向けた活動が活発に見える。筆者は浜松イノベーションキューブのマネージャーを5年間勤め、また2つの大学で非常勤講師をしてきたが、イノベーションを一層活発化させるためには次の課題があるようである。

（1）イノベーションには多種多様な意見・アイデアが望ましいが、女性や外国人研究者の参加が少ない

（2）学生たちのイノベーションへの関心が高くない

5. 技術革新への対応

モノづくりは社会の変化や技術革新に対応

せねばならない。その理由は

A. 自らの生き残り及び効率向上のため

B. 社会の変化や要請に対応するため

の2点であるが、AB双方の理由によるケースもある。事例として5例挙げる。

(1) EV化への自動車部品製造業の対応

(2) インダストリー4.0への対応

(3) AIやドローンなど新しい技術の活用

(4) SDGs(持続可能な社会)への対応

(5) 自動車の自動運転への対応

以上のうち、特に(1)は死活問題である。ガソリン車・ディーゼル車専用の部品を製造している企業の雇用は2百万～3百万人ともいわれ、EV化が進めばその雇用が失われる。浜松工業技術センターではEV車を解体してその部品を展示し、ガソリン車・ディーゼル車の部品を製造している企業に開発・製造可能なEV用部品を検討する場を設けている。

6. 社会貢献

モノづくり企業はその利益を社会に還元すべきである。社会貢献の考えは日本では昔からある。

A. 江戸時代、近江商人の「売り手よし、買い手よし、世間よし」という商道德

B. 明治～昭和の実業家である渋沢栄一の「道德経済合一説」

モノづくり企業の社会貢献としては2つの方向がある。

6-1. メセナ

メセナとは「学問・芸術の保護」を意味するフランス語であるが、企業の社会貢献活動を表す言葉として、日本では1980年ごろからその考えが取り入れられてきた。事例を3点挙げる。

(1) 教育支援

技術士会中部本部理科支援委員会が行っている小学校理科教育の出前授業には、山崎自然科学教育振興会(TDK社長を務めた山崎氏が創設)の支援を受けている。

(2) 学術支援

米国では実業家が企業の利潤で大学を創設して社会に寄付するケースが多い。日本では豊田工業大学などが挙げられる。

(3) 災害支援

遠州灘に設置しつつある対津波防潮堤には、一条工務店など地元企業が多額の寄付を行っている。

6-2. 本業と社会貢献の両立

メセナは金銭的には企業からの持ち出しになるので、財政的にゆとりがない企業には実行が難しい。そこでアメリカの経済学者マイケル・ポーター教授が2011年に提唱したCSV(クリエイティブ・シェアード・ヴァリュ)という考えがあり、本業と社会貢献を両立させようというものである。

(1) 事例1

スイスのコーヒーメーカー・ネスル社が途上国での零細経営が多いコーヒー豆農家を支援しながら、他社と差別化出来る高品質の豆を確保している

(2) 事例2

富士山麓の湧き水を使ってペットボトル入りのお茶やミネラルウォーターを製造しているアサヒ飲料株式会社は水源地保存のための森づくりを支援しようと計画している

7. まとめ

(1) モノづくりは品質と供給の責任があり、

① 品質不祥事対応として「なれあい監査」ではない有効な監査を行う

- ② 他社、特に同業他社の品質不祥事発生の際、自社製造工程での発生有無可能性を監査する
- ③ 供給責任を全うすべく、BCP（事業継続計画）を作成・訓練する
 - （２）モノづくりはひとつづくりと考えた人材教育を行う。
 - （３）モノづくりの創造の原点となるイノベーションの活発化を検討する必要がある。
 - （４）モノづくりは技術革新（EV 化、SDGs、インダストリー 4. 0 など）への対応が必要である。
 - （５）モノづくりは社会貢献すべきであり、メセナ以外に GSV（クリエイティブ・シェアード・ヴァリュ）と言われる社会貢献と本業の両立を図る活動も強めるべきである。

－以上－

今後の行事予定など

★セミナー★

2021年度 第3回セミナー

日程: 2021年10月9日(土)

13:30～16:45

場所: じばさん三重(四日市市)

(ウェブ開催の場合もあります)

会員講演

松谷孝広 技術士(建設/総合技術監理)

特別講演

鈴鹿医療科学大学

教授

吉川大弘様

★セミナー★

2021年度 第4回セミナー

日程: 2022年1月8日(土)PM

場所: 三重県教育文化会館(津市)

(ウェブ開催の場合もあります)

会員講演

「IT関連」

橋川勝規 技術士(情報工学)

特別講演

三重大学 副学長

今西誠之様

★中部本部行事★

◎中部本部年次大会 ウェブ開催

日程: 2021年7月24日(土)

13:30～16:45

基調講演

佐宗章弘 名古屋大学 副総長

場所: ウェブ開催

◎秋季講演会

日程: 2021年9月4日(土)

場所: ウィンクあいち 1203

13:20～16:50

◎冬季講演会

日程: 2021年12月4日(土)

場所: 安保ホール

13:20～16:50

◎春季講演会(技術士業績・研究発表会)

日程: 2022年3月5日(土)

場所: ウィンクあいち 1001

13:20～16:50

公益社団法人 日本技術士会 中部本部 三重県支部

「技術士みえ」発行及び責任者

竹居信幸 技術士(建設、総合技術監理)

〒510-0025 三重県四日市市東新町2-23

東邦地水(株)内

TEL 059-331-7311

FAX 059-331-8107

E-mail: nobuyuki-takei@chisui.co.jp

広報委員

西方伸広 技術士(機械)

井上正喜 技術士(機械、総合技術監理)