

巻頭言

- 1 原子力文化 榎本晃章

時論

- 2 日本人に原子力を使う意思はあるのか 大場紀章
- 4 「現象」にとらわれず、今後の社会の在り方を妄想してみる 江田健二

Perspective

- 6 電力自由化の失敗、エネルギー安定供給を見据えた長期展望を 山本一郎

23 高繰り返しレーザー核融合実証に向けた先端レーザー研究

浜松ホトニクスは、パルスエネルギー 250J (数 10 ナノ秒) を 10Hz で出力可能な LD 励起 Yb:YAG レーザ装置を開発した。この高繰り返しレーザー技術を活用することで、大量のデータ取得からの統計的手法によるレーザー核融合研究が可能となる。 玉置善紀

特集 民間資金での核融合研究

15 世界の民間核融合業界で今何が起きているのか

近年、注目を集めている民間核融合業界。世界には自社で核融合炉実現を目指す企業が 25 社存在し、資金調達額は 5,000 億円を超える。また約 3,000 億円が 2021 年単年で投資され、核融合におけるスタートアップの勢いが増している。

武田秀太郎, キーリー竜太アレックス, 馬奈木俊介

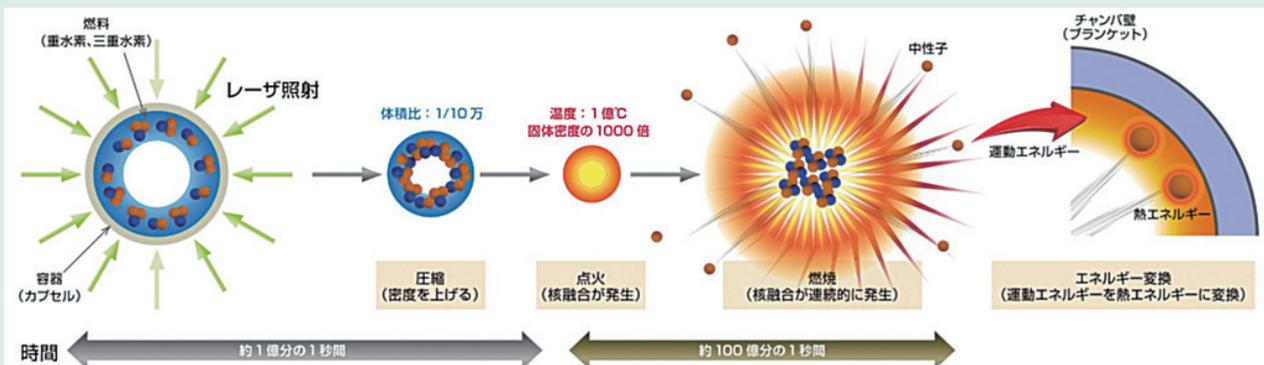
19 京都フュージョニアリング株式会社による核融合産業化

核融合分野では近年、民間努力による実用化研究が脚光を浴びている。ここでは京都フュージョニアリング社の事例をもとに、スタートアップ企業が担う役割とその方法論について報告する。 小西哲之

28 レーザー核融合炉開発を加速する EX-Fusion 社の取り組み

レーザー核融合は基礎研究フェーズから開発研究フェーズに移行しつつある。EX-Fusion 社は実用化に必要な技術開発を加速していくとともに、その過程で得られる光制御技術・知見を様々な産業分野の技術開発にいかしていく。

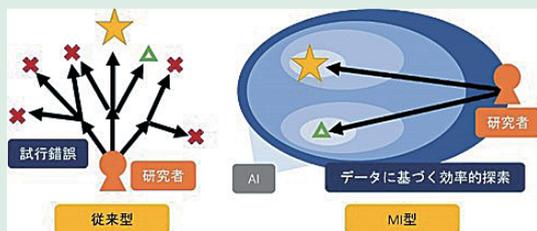
松尾一輝, 森 芳孝, 増田晃一



レーザー光による爆縮から燃焼に至るプロセス

31 新材料開発とマテリアルズ・インフォマティクス

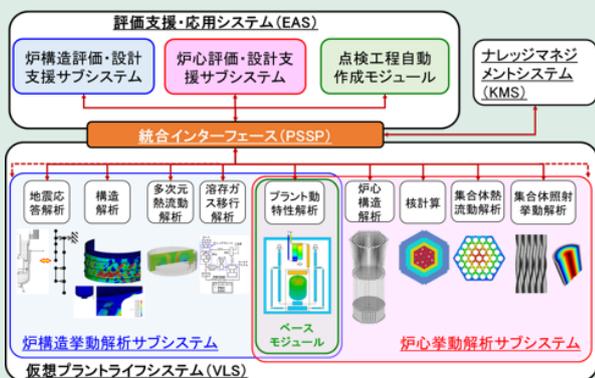
近年注目を集めているマテリアルズ・インフォマティクス (MI) を概説するとともに、MI に関する研究事例を二つ紹介する。 **黒崎 健**



従来型 (左) と MI 型 (右) の材料開発のイメージ

34 ARKADIA 一次世代原子炉プラント設計のイノベーションに向けて—原子炉構造設計最適化プロセスの実装

原子力機構は、民間で実施する原子炉システムの概念検討を支援するため、既往知見を最大限活用した設計最適化や安全評価を実現する「AI 支援型革新炉ライフサイクル最適化手法 (ARKADIA)」の整備を進めている。 **森 健郎, 岡島智史, 菊地紀宏, 田中正暁, 宮崎真之**



ARKADIA-Design の全体構成

38 超音波探傷画像の AI による診断技術

超音波探傷試験は内部欠陥の検出に有効だが、データから欠陥を評価する作業は、検査員の技量に大きく依存する。本研究では AI の手法を用いて、探傷画像から“欠陥あり”, “欠陥なし”の 2 クラスに分類するシステムについて紹介する。 **高橋菜太**

43 構造健全性確保の取り組みの概要 (その 1)

原子炉圧力容器は運転中の経年劣化を考慮に入れた構造健全性の確保が必要となる。特に中性子照射脆化に対しては、状況を的確に把握し、運転管理に反映することが求められる。 **曾根田直樹**

51 チームワークと認知 **秋保亮太**

52 為すべきことをよりよく成し遂げるために **川村慎一**

48 Column

科学の勝利・科学者の挑戦 **越智小枝**
National Security (安全保障) **小出重幸**
SDGs と原子力発電 **佐々木帆南**
テキストとしての標準? **菅原慎悦**
福島を目指して (1) **妹尾優希**

理事会だより

53 経営改善への継続的取り組みとその方向性 **新堀雄一**

- 9 News
- 47 新刊紹介「トリウム、プルトニウムおよび MA の化学」 **坂村義治**
- 54 会報 原子力関係会議案内、誤記訂正、英文論文誌 (Vol.59, No.10) 目次、主要会務、編集後記、編集関係者一覧
- 56 vol.64 (2022), No.10 J-STAGE 閲覧購読者番号・パスワード

学会誌に関するご意見・ご要望は、学会誌ホームページの「目安箱」 (https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos/meyasu) にお寄せください。

学会誌ホームページはこちら
https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos





(一財)日本原子力文化財団 理事長

梶本 晃章 (ますもと・てるあき)

横浜市生まれ。1962年東京電力入社後、企画部調査課、原子力部、電気事業連合会広報部長、東京電力取締役広報部長、常務取締役、取締役副社長、電気事業連合会・副会長などを歴任。

当財団は、1969年、日本原子力文化振興財団として誕生した。原文振と呼ばれて親しまれてきたが、「振興」は今では財団名から削除されている。

日本で原文振が設立されたのと同じ頃、米国カリフォルニアでは、南カリフォルニア電力がサン・オノフレ号機の営業運転を始めたところだった。カリフォルニア最初の原子力発電所に接して、同州の公衆衛生放射線衛生部門責任者のSimon Kinsman氏が「Public Acceptance of The Nuclear Age」という著書を著わしている。

軽水炉を生んだ彼の地で、原子力発電を社会に“受容”してもらおうというパブリック・アクセプタンス：PAという言葉が言われ始めたのだった。日本でもこの言葉は使われた。

米国でPAが言われ始めたのと軌を一にするかのように、日本では、“原子力文化”が生まれた。思えば、この言葉の誕生の頃には、広島長崎にまだ被ばく被災者が何人もおられた。先人が原子力文化という言葉を生み出した社会的背景としてこの日本固有の事情が影響していたに違いないと思う。ただ、記録を辿るとこの言葉を使おうと決めた先人たちは、そう難しく考えていたわけではない。

原子力分野にはSafety Cultureという概念があるが、原子力文化は日本固有である。

原子力施設は多様な技術から成り立っている。中枢に“核物理”があり、関係する技術が全体として総合され、安全確保を始めとして施設としての機能が維持されている。財団発足の翌年一月、今も続く、機関誌月刊「原子力文化」が発刊された。創刊号には、往時財界の良心と言われた木川田一隆経済同友会代表幹事・東京電力社長が、“機械文明と社会とのかかわり”を論じた巻頭言を寄せ、原子力文化の意味を語っている。

それから、半世紀後の今、社会一般から見る原子力の現実、なかなか厳しい。1970年大阪万博に美浜一号機の試運転電力が送られ“原子の灯とも”と歓迎されたのが例外のようにすら映る。1957年の英国セラフィールド原子力発電所火災を始めとして、原子力船“むつ”、TMI、チェルノブイリ、福島第一などと関連施設でのトラブルが続いて来ている。これが、一般社会から見た原子力開発の現実なのだ。社会から見る原子力は負の側面が多かったと言わざるを得ない。

そして、今、21世紀のエネルギー・トレンドは、“電化”と“脱炭素”である。ビル・ゲイツ氏の言葉を借りるまでもなく、原子力発電は時代が求める中核的エネルギー源である。

日本では、今、青森県六ヶ所村で、日本原燃(株)が使用済原子燃料の再処理工場の運転再開を予定している。五大核保有国以外の国としては、世界でただ一国、IAEA公認の事業である。使用済原子燃料再処理は、日本が原子力開発に取り組んだ最初からの国策である。国内にエネルギー資源を持たないわが国にとってこの事業の成功は悲願だといえる。

日本の原子力開発は、発電所の再稼働という足元の課題を抱えながらも、新しい時代に向けて動き出しつつある。原子力技術は失敗に学び、前進してきた。関係者の社会からの信頼回復は、いまだ途上だが優れて重要である。社会では高齢化と人口減少、そして、世代交代が進む。日本の経済状況はこのところ低迷傾向にある。“原子力文化”は、時代に応じて姿を変えてきている。

当財団は、原子力技術の過去とこれから、そして、変わりゆく世の中の双方を踏まえながら、地を這うようにして事業を着実に進めたい。そして、原子力開発と社会に貢献してゆきたい。

皆様方のご協力ご支持をお願いしたい。

(2022年8月16日記)



日本人に原子力を使う意志はあるか



大場 紀章 (おおば・のりあき)

ポスト石油戦略研究所 代表
1979年生まれ。京都大学理学研究科修士課程修了。民間シンクタンク勤務を経て現職。株式会社JDSCフェロー。経済産業省「クリーンエネルギー戦略検討合同会合」委員。専門は、化石燃料供給、エネルギー安全保障、次世代自動車技術、物性物理学。

岸田文雄首相は7月14日の記者会見で、電力需給の逼迫が懸念される今冬に、最大9基の原発の稼働を進めるよう経済産業大臣に指示したことを明らかにした。この表明を受けて、「英断だ」との評価があった一方で、一部の電力業界から「9基稼働は既定路線であり拍子抜けだ」と嘲笑する声も聞かれた。筆者は、このように反応が分かれたこと自体に、日本のエネルギー問題の根深さを見る。

筆者自身は、岸田首相の表明について一定の評価をするものである。確かに、その内容に政治判断としての具体性は乏しいかも知れないが、原発政策は国民世論の支持と信頼があってこそ成立するものである。これまで多くの政治家が世論等の反発を恐れて原子力政策に触れないようにしてきたことを考えると、現職の首相として原発の稼働数に言及し、世論を喚起したこと自体が、現時点で実行可能なギリギリの政治判断だったといえるのではないか。

あるいは、「何もしないことが支持の源泉」とさえ言われる岸田政権にあって、世論の後押しなしに大きな判断を先行すれば、世間から「参院選の勝利で調子に乗って暴走が始まった」と受け止められ支持率が下がり、政権内部からは警戒され、今後の判断が硬直化してしまうリスクもあっただろう。無論、今後の展開を見守らなければ最終的な評価はできないが、筆者は岸田政権が電力政策に関してなんらかの大きな政治決断を行おうとする意志を感じている。膠着状態が続いていた原子力政策が「前進」することを今は期待したい。

一方、「拍子抜け」との評価については疑問を呈したい。そう言いたくなる気持ちはわからないではないが、このような評価は岸田首相の表明が「期待値」に達していないことから生まれていると考えられる。つまり、裏を返せばそれだけ政治判断に高い期待を寄せているということの意味している。筆者はそこに、「政治さえ判断してくれれば」、「自分がやれることはすべてやっている」という、どこか当事者意識を欠いた他人任せのようなニュアンスを感じてしまう。

果たして、政府だけが国家の将来に責任を持つのだら

うか。実情を知り、将来を憂い、真に日本に原子力発電が必要だと信じるのであれば、ただ「鶴の一声」としての政治判断を待つのではなく、世論とも政治とも向き合い、自らも現状を変えることができない責任者の一人として建設的な提言に繋げていこうとするべきではないだろうか。

筆者がこのように感じるのは、震災以降に電力大手関係者(特に経営に近い層)や原子力行政に関わる官僚の方々と話す中で、「われわれの口からは言えませんが、大場さんから原子力の重要性を世間に訴えて下さい」とか、「もはや大停電にならなければ日本人は原子力の必要性を理解できない」、などといわれたことが度々あったからだ。当人にしてみれば、その立場を踏まえた表では言えない本音でしかなかったのだろう。しかし、筆者はそのようにいわれる度に、暗澹たる気持ちになった。もしかしたらこれは、原子力という特殊な技術が社会に与える構造的な負の影響と管理運用の難しさなのではないか、日本という社会は原子力技術をちゃんと扱うことができる能力や覚悟が本当にあるのか、などと考えてしまうのである。

とはいえ、現在の日本のエネルギー供給の状況は、少しでも早く、一基でも多く、原発を稼働させる以外に道がないというところまで追い込まれてしまっている。なぜならば、短期的には、電力の供給不足問題(特に冬期の東日本)や、エネルギー価格高騰問題があり、中期的にはロシアによる対欧州天然ガス供給削減やサハリン2権益接收後のLNG供給懸念の問題、そして長期的に脱炭素を実現しなければならないという極めて大きな問題があるからである。

昨今の電力供給不足の問題に関して、「脱炭素政策で再生可能エネルギーを優先したために火力発電が離脱してしまった」、などと語られることがあるが、これは現実の一面にすぎないのであって、筆者の見解では正しく因果関係を説明していない。まず、再エネの導入拡大を実現した固定価格買取制度(FIT)は、脱炭素のためというより震災後に停止した原発に代わる電源として再エネの導入を期待したものであった。そして、その後を実施

された電力システム改革はFITによる莫大な再エネの拡大を前提として設計されたものであって、本来であれば再エネが増えたとしても安定供給が担保されるように制度設計されるべきものだっただろう。再エネの量が問題なのではなく、再エネ導入に調和させる制度設計ができなかったことが問題なのではないだろうか。

「電力不足は再エネが増えたせい」という説明に人気があるのは、「火力 vs. 再エネ」という対立構図が単にわかりやすいというだけでなく、再エネタスクフォースなど一部の「再エネ推進派」のこれまでの主張に対する感情的な反感があるからなのではという気がするが、そのような対立軸で物事をみることは、冷静な情勢分析を歪めてしまいかねない。そして、FITも電力システム改革の失敗も、原発事故によってうまれたものだ。

また、民主党政権から第二次安倍政権が電力システム改革を引き継いだ当時は、一定程度の原発稼働による安定した電力供給が前提となっていたが、実際には想定通りに稼働数が伸びなかったことが制度の破綻を招いてしまったという側面もある。稼働の可能性のある原発を保有する発電事業者は、追加の火力発電所の開発投資を行いにくくなるため、さらに供給力の不確実性が増してしまうからだ。

つまり、電力供給力不足の問題というのは、単に少ない稼働数ということだけでなく、3つの意味(再エネ拡大、制度設計の不備、火力発電の不足)においても、原子力に起因する問題なのである。

脱ロシアやLNG供給懸念の問題にも原子力は深く関わっている。海外からみて、日本ほど稼働していない原発を保有している国は存在しない。諸処の事情を顧みず、廃炉が決まっていない30基ほどの原発がすべて物理的に稼働したと仮定すれば、年間で約3,000万トンのLNGに相当する化石燃料需要を削減することになる。これは欧州が脱ロシア産ガスのために短期的に調達しようとしているLNG量に匹敵する。つまり、西側諸国における対ロシアの戦いにおいて、エネルギー供給面で日本は救世主になるポテンシャルを持っていて、海外から見れば日本はそれを政治的に実行できない国ということになる。

また、近年では日本の事業者がLNGの安定供給を担保する長期契約を敬遠する傾向にあることが問題になっているが、これは原発の将来の稼働量が見込めないことによるLNG需要見通しの不確実性の高さがその一因となっている。つまり、ウクライナ戦争の行く末に対して

も、日本のLNG調達に対しても、日本の原子力政策にその責任の一端がある。

そして、脱炭素政策についても同様である。多くのエネルギー供給関係者は、脱炭素問題を単なる電源構成比の「政治的見栄え」程度の問題だと考えがちだが、脱炭素とはエネルギー需要者の企業にとって死活的な事業競争力の問題であり、日本の経済力に直結する話である。政府は7月27日に岸田首相を議長とした「第1回GX実行会議」を実施。ここでは、エネルギーの安定供給と産業のGX(グリーントランスフォーメーション)を実現するために必要な投資の財源を議論することになっているが、そのどちらの議論をするにも原発政策の不透明さを晴らすことが前提となっていこう。

このように、現在日本が抱えるエネルギー問題は、その原因も解決方法も両面において原子力政策が深く関わっていて、長年塩漬けにしてきたツケがまわり、待たなしの状況になっている。筆者はこれほどまで追い込まれた状況で、原子力政策を議論しなければならないという現実を非常に残念に思っているが、それでも前に進む以外にない。

「金融の神様」あるいは「マエストロ」などと称された元FRB議長のアラン・グリーンスパンは、「金融政策当局が目指すべき物価とは、人々がその変動を気にかける必要がない状態にして、経済活動に専心できるようにすること」という趣旨のことを述べている。しかし、現在の金融政策の主流派の考えでは、少しでも消費者に金融政策に関心を持ってもらうことが重要だと考えられているのだという(「物価とは何か」渡辺勉)。

エネルギー政策も似たようなことが言えるのではない。筆者は「エネルギー政策が目指すべきは、人々がエネルギー問題を気にすることなく、経済活動に専心すること」と考えてきた。しかし、エネルギー事業が(少なくとも形式的に)自由化された現在では、大きく変動するエネルギー価格によって市場メカニズムを通じてシステムが調整されなければならない、人々はエネルギー政策に関心を持たざるを得ない。これが果たして理想的といえるのかはわからないが、少なくとも言えることは、袋小路に入ってしまった現状を打破するために、人々がエネルギー政策に深い関心を持ち、政府がよりよい政治判断が行えるようにするしかないということだけだ。今やエネルギー政策は政府にのみ責任があるわけではない。原子力を今後どうするのか、日本人の意志が問われている。

(2022年8月5日記)



「現象」にとらわれず、今後の社会の在り方を妄想してみる



江田 健二 (えだ・けんじ)

RAUL 株式会社 代表取締役
慶應義塾大学経済学部卒業、東京大学
Executive Management Program (EMP) 修了。
アクセンチュア株式会社に入社後、エネルギー/化学業界を担当し、電力会社や大手化学メーカーの業務改善プロジェクト等に参画。IT コンサルティング、エネルギー業界の知識を活かし、2005年にRAUL 株式会社を設立。

社会は今後どうなっていくのか。ビジネスを進めていく上でとても重要な視点です。エネルギー業界や社会全体はどのような方向に進んでいくのでしょうか。本稿では今後の社会の在り方について筆者なりに大胆に妄想してみたいと思います。

最初にこの数年を振り返ってみましょう。2020年のコロナ以降に限ってもエネルギー業界ではさまざまな変化が起きました。例えば、コロナ禍初期でのエネルギー需要の世界的減少。日本でも電力市場が記録的な低価格となります。その後の2021年、アメリカのパリ協定復帰。菅首相のカーボンニュートラル宣言。デジタル化、蓄電池や電気自動車への期待、再生可能エネルギーの主力電源化の動きが加速します。最近では2022年2月のロシアによるウクライナへの軍事侵攻。世界的な天然ガスの供給危機、日本では電力市場高騰が今も続いています。

上記のようなエネルギー業界で起こるさまざまな「現象」。各々の「現象」が世界規模であり、規模が大きいので、目も心も奪われてしまいます。「現象」の発生に反応して、なぜその「現象」が起こったのかについて多くのことが語り合われています。起こった「現象」から犯人捜しをする、何かしらの結論を出したいと試行錯誤する。それ自体は悪いことではありません。しかし、ある「現象」を分析している間にも新たな「現象」が起こり、消化不良のまま状況が刻々と変化しているのではないのでしょうか。

筆者はそれぞれの「現象」同士が、日々ぶつかり合いながら動いている、互いに影響し合っていると感じます。1つの大きなビリヤードの台の上を各ボールがコロコロと転がり、ぶつかりあっている。各ボールを見ても未来は予見できません。1つ1つの「現象」の背景にあるビリヤードの台。「構造全体」までズームアウトする。俯瞰し、注意を払うことが大切だと思います。

ビリヤード台に目を向ける。そのような視点で観察すると「こんなにボールがコロコロと転がっているのは、ビリヤードの台自体の形や大きさ、向きが変わっている

のではないか？」という仮説が頭に浮かびます。つまり、エネルギー業界全体の構造が大きく変わろうとしているのではないか、更に言うと社会全体の構造が大きく変わろうとしているのではないかという仮説です。あくまでも筆者の妄想です。ですが、「現在は、社会全体の構造が大きく変わろうとしているのではないか？」という問いをスタート地点にここでは3つのポイントを提起したいと思います。

① 中央集権型からネットワーク型へ

まず中央集権型からネットワーク型への移行です。これは社会のあらゆる場面で起こっています。エネルギー業界でも起こります。20世紀はエネルギー生産者である電力会社・ガス会社から多くの消費者へとエネルギーが一方向に供給される中央集権型の体制でした。しかし、これからのエネルギー業界は、太陽光発電・電気自動車(EV)・蓄電池などが家庭の中に導入され、あらゆる場所で発電、蓄電が行われます。すると各家庭や事業者が生産者であり消費者である、「生産消費者」が増えていきます。「生産消費者」が21世紀のエネルギーの主役となります。「生産消費者」は、互いが繋がり合い、エネルギーがネットワーク型になっていくと予見します。現在はその過渡期です。過渡期であるが故にさまざまな「現象」が起こっています。しかし、10年単位でみれば確実にその方向に向かっていくでしょう。(もう少し予見しておくとも2050年以降は、ネットワーク型から再度集中型へとギアチェンジします。なぜなら人類の宇宙開発が本格化するからです。)

② 「領域と領域の間」に新たなビジネスチャンスが生まれる

2つ目は、これまでの「領域と領域の間」に新たなビジネスチャンスが生まれる点です。これまではエネルギーが家庭や企業に届くまでの流れとして、以下のような大きく3つの領域がありました。

- ・発電＝創る
- ・送配電＝運ぶ
- ・電力小売り＝販売する、利用する

この3つの領域は各々大きな市場規模があります。そのため、ビジネス事業者も、各々の領域で自社のビジネスを最適化してきました。しかしこれからは、先述した通り、脱炭素化やデジタル化がきっかけとなりさまざまな変化が起きます。例えば、発電では太陽光発電の普及や、洋上風力発電導入の動き、石炭火力発電への厳しい目、水素・アンモニア発電、水素と二酸化炭素からメタンを合成するメタネーションの実用化といった動き。送配電では、地域間連携線の増強、配電ライセンス制度、電力網のデジタル化。加えて、電力小売りでは、2016年の小売り全面自由化、エネルギーデータの見える化などです。「領域」と「領域」の境界線にビジネスチャンスがあります。なぜなら、そこが今までの部分最適化の影響で一番非効率のだからです。発電、送配電、電力小売りの領域を超えたビジネスモデルが生まれようとしています。具体的には、PPA(第三者所有モデル)やマイクログリッド、エネルギーデータ産業、カーボンリサイクル、デマンドレスポンス(DR)・バーチャルパワープラント(VPP)などです。今後は、各領域での最適化ではなく、領域を超え、領域を横串にしたサービスを創ることが飛躍のチャンスになります。

③ エネルギー産業は自動車産業、通信産業と一体に

最後にエネルギー産業は自動車産業、通信産業と一体になっていき、より大きな市場になっていくと妄想しています。2022年現在は、エネルギー産業、自動車産業、通信産業の3つの異なる産業が存在しています。筆者はこの3つが融合していくと考えています。しかも3つを合わせた市場規模は今よりも大きく成長していく。先ほどの横串されたサービスモデルの考え方を応用すると、エネルギー産業、自動車産業、通信産業を顧客視点で横串し、業界を超えてサービスを展開する会社が登場する

でしょう。これから5年、10年、15年かけて新会社「XYZカンパニー」が現れる。そういった企業の先駆者は、アメリカのテスラです。テスラは、エネルギー業界では蓄電池・太陽光・家電、自動車産業ではEV・EVトラック、通信業界では宇宙通信を手掛けています。テスラは、顧客視点で3つの業界を統合し、顧客が望むサービスを提供していく予感がします。実はテスラ以外にもこのような動きはあります。欧州の電力販売の最大手の1つであるE.ON。以前は単にエネルギーを販売していましたが、現在は、太陽光、蓄電池、EVとの連携もはじめています。その他にも自動車大手のフォルクスワーゲンが子会社に電力会社を設立し、電気自動車を中心に据えたエネルギービジネスの新たなモデルを模索しています。

顧客視点で業界を超えてサービスを展開する企業は今後も増えるでしょう。日本の場合、「XYZカンパニー」がベンチャー企業として登場するのか、既存の大手企業が変身するのかまでは、未だ分かりません。これまで、これ以上は超えられないと信じ込んでいた「領域」。その「領域」を超え、2つの「領域」を顧客視点で繋ぎ合わせていくところに多くのビジネスチャンスが眠っています。

まとめ

現在、毎日のように勃発する1つ1つの「現象」に右往左往せず、根っこにある構造の変化に着目する。現在は、社会全体の構造転換の途中です。社会の在り方が変わる過程でエネルギーのあり方も同様に変わります。エネルギーシステムは中央集権型からネットワーク型へ移行し、業界内の領域は崩れます。将来は自動車業界、通信業界と融合するでしょう。ビジネス視点で言えば、「領域」を意識して設計することが大切です。もしかすると読者の方に少し「妄想がすぎる！」とお叱りをうけそうですが、2040年頃にどうなったかと答え合わせが出来たらと思います。

(2022年7月2日記)