

Title	原発業界をプラットフォーム戦略で再生する条件とは
Author(s)	亀井, 一央; 若林, 秀樹; 小林, 憲司
Citation	年次学術大会講演要旨集, 38: 655-659
Issue Date	2023-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/19089
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

原発業界をプラットフォーム戦略で再生する条件とは

○亀井一央, 若林秀樹, 小林憲司 (東京理科大 MOT)
8822218@ed.tus.ac.jp

1. はじめに

我が国が脱炭素の達成やエネルギー安全保障の確保を目指し、原子力発電（以下、原発）を継続利用するためには、2011年3月11日の東日本大震災による福島原発事故後の業界の魅力低下および新規建設機会の喪失による人材不足および技術力低下の課題解決が必要である。

原発では日々の発電、保全、設計等の活動を通して大量のデータが蓄積されている。また非常に多くの企業が関係することで建設・維持されている。これらをプラットフォーム（以下、PF）で繋ぐビジネスモデルとなるように業界構造を転換できれば、ネットワーク効果によりこれらの課題を解決できるのではないかと。

本研究では原発 PF 構想を前提とした①業界構造の再編、②業界の寡占化および③そのプロセスについて検討し、新たなビジネスモデルを立案する。また、本原発 PF 戦略により業界の課題を解決し、業界を再生するための条件を探る。

2. 研究の背景

2.1 原発業界を取り巻く環境

第6次エネルギー基本計画^[1]では、2030年の電源構成における原発比率を20~22%とすることを目標としているが、足元の21年度では7%程度である。この目標を達成し、かつ継続していくためには業界のさらなる活性化が必要であるが、国内原発業界は人材不足および技術力低下の課題に直面している。例えば、図1に示す通り、原発関

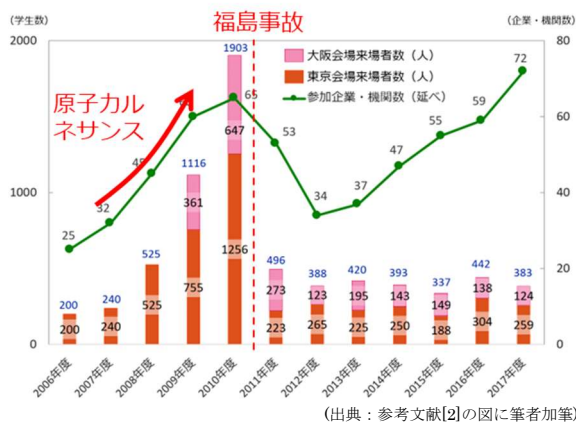


図1 原発関連企業への就職活動状況

連企業への就職希望者は福島事故後に激減している^[2]。また、図2に示す通り、新規建設機会の喪失により新設経験者の高齢化が進み、また原発業界から撤退する製造サプライヤーが急増している^[3]。

2.2 先行研究

PFについては近年、IT業界のBtoCを中心に広く適用されているが^{[9][10]}、原発業界に適用する先行研究は見当たらない。ただし、PF化に資するデジタル技術の原発への適用については近年研究が開始されている。参考文献[4]では、他業界や国内外の原発業界の調査から導入に向けた課題と各デジタル技術の導入の可能性を整理し、本格的な議論に向けた土台が整備されている。導入技術の例として、「設計図書や運転・保全履歴のデータベース化・電子ワークフロー化」や「状態監視・診断技術 (AI 利用含む)」等が挙げられ、導入の容易性 (規制対応、技術成熟度、導入コスト) や便益 (経済性、安全性、その他の人材育成やパブリックアクセプタンスなど) の簡易評価が行われている。適用に向けた原発特有の課題として、他業界より厳しいセキュリティによるデータの採取や持ち出しの制限、巨大複雑系システムである原発への適用への有効性などが挙げられている。

また、国内原発への全面的な適用は未実施であるが、デジタル技術を用いた具体的な製品が各社で立ち上がりつつある^{[5][6]}。

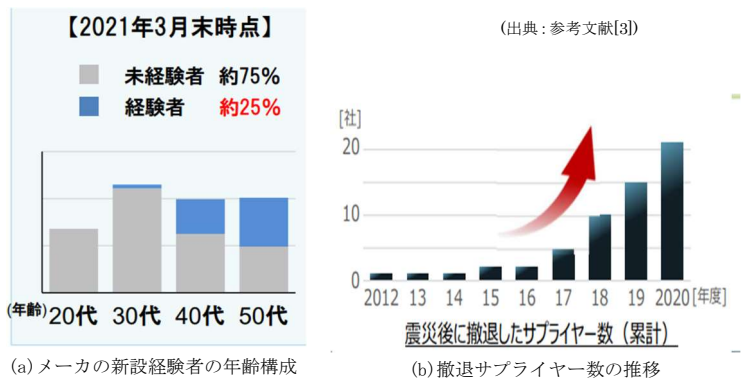


図2 原発業界の人材不足、技術力低下の現状

3. 仮説

日本国内では現時点で廃炉を除くと 36 基の原発が存在し（建設中含む）、11 の電力会社にて運営されている¹⁸。これらの原発では日々の発電、保全、設計等の活動を通して大量のデータが蓄積されている。これらの原発は主に 3 つの国内原発メーカーが元受けとして設計・製造・建設を担い、これを数百社の製造ベンダーが支える業界構造となっている¹⁹。このため日々生み出されるデータを活用し、電力会社、原発メーカーと製造ベンダーを PF で繋ぐ業界構造への転換ができれば、ネットワーク効果により 2.1 項に示す業界の課題を解決できるのではないかと仮説を立てている。

ただし、ここで言う PF は、GAFAM などに代表される一般消費者を対象とした一般的な PF とは異なるものである。提案する PF はプラント内の「もの」から得られるデータを用いた PF で、そのデータにより企業間をつなぐ IoT 型 BtoB PF である。

4. 検証方法

仮説を検証するにあたり、まずは課題を解決するためのポイントを整理する。2.1 項より人材不足、技術力低下の課題を直接的に解決するには、原発特有の人材と技術を要する原発の新規建設、原発特有の特殊機器の製造、大規模新規開発などの機会創出が必要であることは明らかである。

しかしながら、21 年度の電源構成に占める原発の割合はわずか 7%程度であり、エネルギー基本計画が掲げる 2030 年度 20~22%には程遠い状況である。このため、業界は福島事故以降に停止した原発の再稼働のための安全性向上対策一色の状況である。2023 年現在、加圧水型炉を有するいくつかの電力会社は再稼働済であるものの、安全対策工事に多額の費用を投じたため、その後の大規模な投資は抑制しているのが現状である。また原発メーカーや製造ベンダーも短・中期的には再稼働安全対策工事による一定収益が見込めるものの、この工事では原子炉特有機器（例えば、原子炉圧力容器など）を製造する機会はなく、また再稼働後の業界の動向が不透明なため、大規模な新規開発への投資がしにくい状況にある。

以上の状況を業界の PF 化により解決できるのではないかと筆者の仮説を、以下の 3 つのサブ仮説に分解して検証していく。

- ① データを活用したビジネスモデル中心に業界構造を転換し、売電益上昇や取引コスト低減によりさらなる利益を創出し、積極的な投資を促す。

- ② 業界の寡占化を進め、人材や英知を結集し、イノベーティブな新規製品を実用化しやすくする。

- ③ 最終的な業界の PF 化を目的として、小規模な企業の統合から始め、徐々に同業他社も加えることでスケールし、業界を寡占化する。

なお、本検証にあたっては、前提条件として日本政府がエネルギー基本計画を変更せず、脱炭素の達成やエネルギー安全保障のために安全確保を前提とした原発推進の方針を維持し、かつ世論も一定の理解を示していることとする。

5. 検証結果

5.1 サブ仮説①の検証

電力会社には日々の原発運転データや保全データなどが、原発メーカーには設計データなどが、製造ベンダーには製造データなどが蓄積されている。現状はこれらをそれぞれが囲い込むことによる情報の格差により取引コストが高く、また情報のやり取りに時間を要する傾向にある。この現状を打破するには、これらのデータを開放し、情報格差を無くすことによって生じる不利益に対し、それを上回るような新たな価値を各階層に提供することができるビジネスモデルへと転換する必要がある。表 1 にこれを達成するためのデータ活用例と各階層が得られる価値のアイデアを示す。ただし、参考文献[4]の課題でも挙げられている通り、現状の業界構造のままでは原発特有のセキュリティ等の課題が解決できず、実現が難しい状況にある。

そこで本課題を解決しつつ表 1 のようなサービスの提供が可能な業界構造として、図 3 の原発 PF を提案する。現状の原発メーカーが自社工場製品に固執しないよう、まずはソフト（設計）とハード（工場）を分離し、ソフトの範囲のみを切り出した企業とする。そこに、電力会社から運転や保全のデータを提供しやすく、かつ電力会社間の情報共有を円滑化できるよう、電力会社からも出資かつ設計や保全に関する人的リソースを提供する合弁の PF 企業とする。これにより、表 1 に示すようなデータ活用をしやすくなる。

なお、電力会社の発電所運営の機能を含めて統合することは、万一の原子力事故に備えた原子力損害賠償法に関する議論が発生し、複雑さが一段と上がる。解決には国の関与も必要となるであろう。このため、本検討の前提としてそこまでの統合には踏み込まず、民間で実現可能な範囲での検討としている。

表 1 原発関連データを用いた提供サービスと得られる価値のアイデア

(出典：筆者作成)

取扱データ	提供サービス	電力会社が得る価値	ベンダーが得る価値
日々の原発運転・保全データ (from 電力会社)	<ul style="list-style-type: none"> 最適な仕様・時期・費用の部品交換メーカーとのマッチング 電気出力、効率、稼働率を向上するための運転方法や最適なパーツの改良提案 	<ul style="list-style-type: none"> メンテ維持費の低減 安価な原発電気の売電量増加による利益向上 (サービスの対価として PF へのインセンティブ供与も可能) 	<ul style="list-style-type: none"> 改良部品の提供機会増加による売上向上
メーカーの設計仕様・図面等 (from 原発メーカー)	<ul style="list-style-type: none"> 技術情報検索サービス 電力会社・ベンダーからのアクセスログ分析による最適な提案 	<ul style="list-style-type: none"> 技術情報入手の簡素化による効率改善により、本来業務への集中 調達コスト低減 	<ul style="list-style-type: none"> 未参入電力会社への参画機会の創出 新規部品開発の機会創出

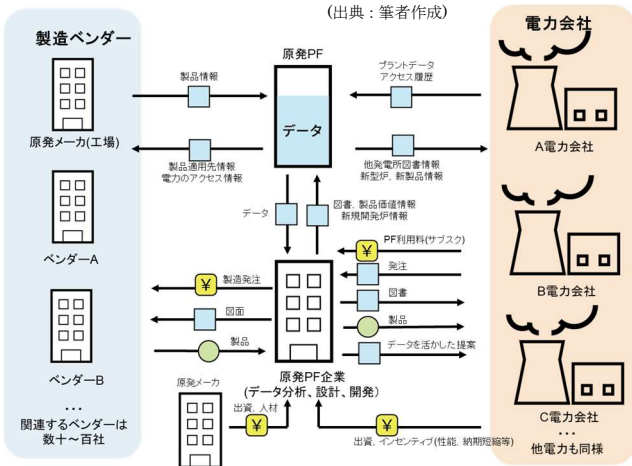


図 3 原発 PF の構造案

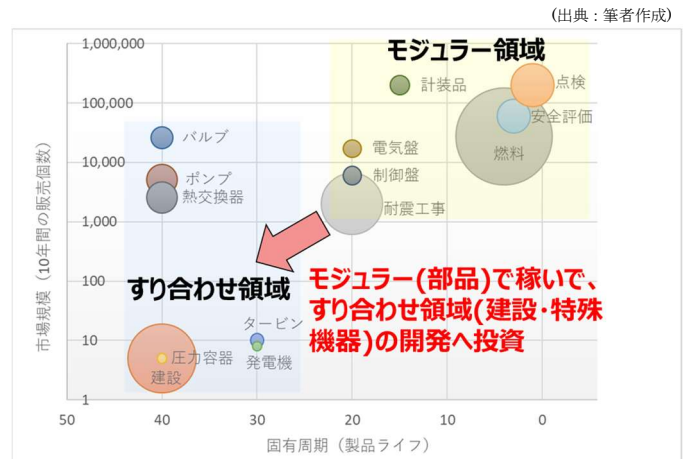


図 4 原発構成要素のディスアグリゲーション

さて、原発というのは寿命が 40~60 年程度であり、一般的に考えると原発業界では PF で扱うような製品が存在しないのではないか、との疑問が湧いてくる。4 項で示した通り、本来の目的である人材不足、技術力低下の課題を解決するには、原発特有の人材と技術を要する原発の新規建設、原発特有の特殊機器の製造、大規模新規開発などの機会創出が必要である。これらは寿命(交換周期)が長く、数が出る製品ではない(すなわち、「すり合わせ」領域の製品)ため、PF とは直接的な相性が悪い。

そこで、原発を経営重心®の手法⁷⁾を応用してディスアグリゲーションし、構成要素を固有周期(製品ライフ)と市場規模(10年間の販売個数)の2軸で整理すると、図 4 のようになる。いわゆる「モジュラー」領域の製品として、安全評価や点検などのソフト、燃料や電気品などハード(部品)等、PF に適した商品が一定の市場規模で存在することが分かった。

モジュラー領域の商品を PF の主な商品として日々の業務の効率化ならびに業界全体での利益創出に貢献し、すり合わせ領域である原発の新規建設や特殊機器の製造・開発の投資の源とすることで、人材不足、技術力低下の課題を解決しようのではないかと考える。

5.2 サブ仮説②の検証

3 項に示す原発業界構造は、国内市場規模に対し、やや企業数が多いように感じられる。この状況がイノベーション創出に適しているのかを確認するため、原発先進 6 カ国の業界国有化率と近年の新型原発の新規建設基数を図 5 の通りマッピングした。国有化率が高いことを寡占化と見なすと、寡占化している国の方が、新規建設基数が多くイノベーションの創出・実用化が進んでいると言える。このことから、原発のような比較的国策に近い業界では、寡占状態の方がイノベーション実現には有利と考える。

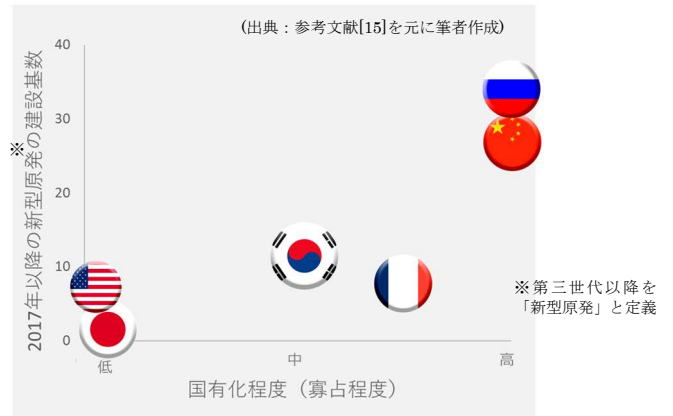


図 5 各国の原発業界国有化率と近年の最新型原発の新規建設基数

5.3 サブ仮説③の検証

現在の業界構造は、原発産業が我が国に根付き始めたころから数十年間継続してきたものであり、すぐに転換することは不可能である。このため、まずは小規模な業界構造の変更からスタートし、段階的に拡大させることで寡占化したPF企業とするプロセスが現実的である。一般的なPFの成長については、参考文献[10]に例が示されており、これを参考に原発業界のPFの成長曲線を図6の通り作成した。コールドスタートから転換点を迎え、脱出速度から天井に向かう一連の流れに合わせて各社を統合していくイメージを図7に示す。第一段階では、1つの電力会社と1つの原発メーカーの設計・保守にかかわる範囲を垂直統合する。これにより成功を収め、評判により他の電力会社も加わり第二段階を迎える。さらに、他原発メーカーも本ビジネスモデルの優位性を認めざるを得なくなり、PFに参画し、第三段階を迎える。これにより、最終的に5.2項に示す寡占状態になるシナリオが考えられる。

なお、本PF企業が第三段階に達し、寡占化により国内市場全体をカバーできた状態での市場規模は、2030年代で約4,000億円程度と推定している[11][12][13][14]。

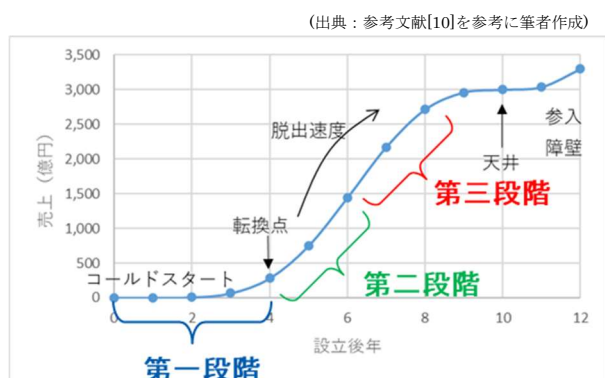


図6 原発PFの成長曲線イメージ

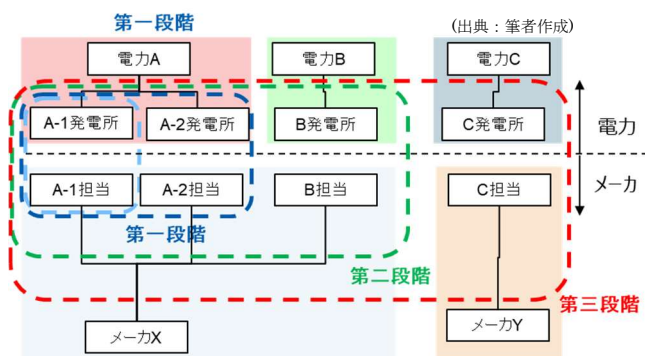


図7 原発PFの段階的成長

6. まとめと今後の課題

原発業界にPFモデルを適用し、業界の課題である人材不足および技術力低下を解決できる見込みを得た。これまでのPFはGAFAMなどの一般消費者を対象としたものが主であったが、これを異なる形のIoT型BtoB PFとして原発に適用する考えは、これまでになかった発想である。

仮説検証を通じて、原発業界をPF戦略で再生する条件は以下であると整理した。

- ・ PFにより寡占化し、新規開発のイノベーションを促すこと。
- ・ メーカーはソフト(設計)をハード(工場)から切り離し、PF企業化すること。
- ・ PFへの発電・保守データ提供のため、電力会社からもPFに出資及び人的リソースを提供すること。
- ・ 原発をディスアグリゲーションし、モジュラー領域の製品でネットワーク効果を生み出すこと。
- ・ PF企業は、プラント性能向上(発電効率の向上等による売電量増加)やプラントコスト低減(建設コストや維持管理コストの低減)を実現するサービスを提供し、発電会社の収益改善に貢献し、それによるインセンティブを得ること。
- ・ ネットワーク効果でベンダーの新規参入機会増加および部品開発モチベーションを促すこと。
- ・ 企業の段階的な統合によりPFをスケールすること。

なお、現時点ではPFへと成長する各段階(特に初期段階)におけるビジネスとしての成立性を定量的に評価するに至っておらず、今後の課題である。他のPF(例えば通信ネットワーク業界)の事例を参考にして、本PFのデータサービスの実現性を検討していく予定である。

また、本研究では国内原発業界を範囲に検討したが、近年、海外の原発業界では従来の大型原発(約100万kW)よりも小型(~30万kW)な小型モジュール炉(以下、SMR)の開発がブームである。SMRは小型ゆえ、大量に製造しコストを低減することが必須のため、比較的PFとは相性が良い。日本はSMRの開発では出遅れているため、至近では海外SMRメーカーへの部品提供などでも、人材確保や技術力向上の課題を一時的に解決できる可能性がある。今後、このような海外の動向も踏まえつつ、研究を進めていく。

参考文献

- [1] 第6次エネルギー基本計画, 資源エネルギー庁, 令和3年10月
- [2] 原子力分野の人材育成を進めるために, 資源エネルギー庁, 2018年10月4日
- [3] 第1回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 革新炉ワーキンググループ, 経済産業省, 2022年4月20日
- [4] Society5.0の実現に向けた原子力デジタル産業基盤の構想 Society5.0の実現に向けた原子力デジタル産業基盤の構想, 三菱総合研究所, 2022年3月31日
- [5] TOSHIBA SPINEX for Energy, (株)東芝
- [6] 横河が描く Industrial IoT リファレンスモデルと、お客様への取組み紹介, 横河ソリューションサービス株式会社, 2016年5月24日
- [7] 若林秀樹, 経営重心, 幻冬舎
- [8] 原子力政策の状況について, 資源エネルギー庁
- [9] アレックス・モサド, ニコラス・L・ジョンソン, プラットフォーム革命, 英治出版
- [10] アンドリュー・チェン, ネットワーク・エフェクト, 日経BP
- [11] (株)東芝 有価証券報告書 (第183期) 自2021年4月1日至2022年3月31日
- [12] (株)日立製作所 有価証券報告書 (第153期) 自2021年4月1日至2022年3月31日
- [13] 三菱重工グループ 統合レポート 2021年度
- [14] 三菱重工(株) 2021 事業計画推進状況、2023年4月5日
- [15] World Nuclear Association, Reactor Database