

廃炉ビジネスと地域経済活性化の可能性

— 柏崎刈羽原子力発電所の廃炉又はリプレイスを見据えて —

金子 秀光¹

高中 公男²

要 旨

世界には今後20～30年間に廃炉となる原発が200基以上存在する。廃炉の実施には、多様な要素技術が必要で、システムエンジニアリング、放射能測定、除染、安全貯蔵、切断・解体、遠隔操作、廃棄物処理など安全で経済的な技術の開発・実用化が求められており、廃炉ビジネスの市場での優位性を狙った企業のアライアンスや技術開発が活発である。

廃炉ビジネスに地元企業が参入している地域は、地元自治体と産業界が連携し、廃炉技術の研究開発や人材育成に関する地域発展のビジョンを描き、電力会社、国、大学等関係機関を巻き込んで、廃炉ビジネスに参入するための特別の仕組みを構築している。

柏崎刈羽の原子力プラントの廃炉又はリプレイスの機会に、立地地域が経済的効果享受し、将来的に発展していくためには、長期にわたる廃炉作業への地元企業の参画を見据えた計画の策定と産学官金が連携した推進体制の構築が必要である。

キーワード

廃炉ビジネス、廃止措置、原発、地域経済活性化、産学官連携

1 はじめに

1.1 研究の背景と目的

国内の原子力発電施設の供用期間は原則40年と定められていることから、柏崎刈羽原発でも、古いプラントは順次廃炉又はリプレイスしていく必要がある。原子力プラントの廃炉作業は数十年という長期間にわたり、一基あたり数百億円の規模の事業である。地域経済的には、長期的に安定した雇用と経済効果が見込まれ、廃炉作業自体の効果だけでなく、人材育成、食堂や休憩施設などオフサイト・ビジネスへの波及も考えられる。また、廃炉で培った知識や技術、人材、ネットワークが、今後世界中で行われる廃炉事業への参画のみならず、地域の次の産業の種になる可能性がある。そこで、廃炉ビジネスに係る市

¹ 事業創造大学院大学 新潟地域活性化研究所 客員研究員

² 事業創造大学院大学 新潟地域活性化研究所 教授

場や企業、研究機関等の現状と、廃炉で先行する地域の動向を調査し、原発の廃炉又はリプレイスの機会を生かした地元自治体、研究機関、企業の連携と廃炉ビジネス参入による地域経済活性化の道筋を見出すのが本研究の目的である。

1.2 研究の方法

調査期間は2018年5月から2019年2月である。調査方法は、関係先へのインタビュー並びに自治体及び電力会社の公開文書、各種メディアにおける掲載記事の分析による。インタビューは、柏崎刈羽原子力発電所が立地する柏崎市において地域工業の技術高度化・研究開発の推進および人材育成と新産業・新事業の創出を所管している柏崎市産業振興部ものづくり振興課に対して行った。なお、運転を終了した原子力発電所を解体・撤去し、廃棄物の処理処分と跡地を有効利用するための作業を行うことを法令上は「廃止措置」というが、本稿では、一般的な「廃炉ビジネス」に合わせて「廃炉」の用語を用いている。

2 廃炉ビジネスについて

2.1 はじめに

原発には寿命がある。原発施設設備の長年の供用によって、原子炉圧力容器が中性子により劣化し、靱性が弱まるという物理的な理由が1つである（脆性破壊（照射劣化））。もう1つは、運転開始から40年で廃炉という制度的な理由がある（原子炉等規制法。ただし、特別な場合20年まで延長が可能¹）。この規制が原発の寿命となっているのが実態である。

そこで、原発を廃止したい場合だけでなく、重要な電源として原発を維持したい場合にも寿命を迎える施設から計画的にリプレイスしていく必要があり、そこに廃炉ビジネスのニーズがある。全国の原発について、運転期間を40年として試算とすると、2030年末には18基、2050年末には0基となり、運転期間を60年として試算しても、2050年末に18基、2070年末には0基となり、約50年後には国内で稼働する原子炉が皆無になってしまうことから、原発の廃炉とリプレイスの議論は待ったなしの状況にある²。

2.2 世界と日本の廃炉の現状と廃炉ビジネス市場

世界の廃炉状況は、経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）によると³2018年10月現在で、169基の原子炉が永久に運転停止しており、うち41基は北米、19基はアジア、107基はヨーロッパにある。454基が運転中である。うち運転開始から30年以上経過しているものが半分以上に達し、うち40年以上が経過しているものは75基ある。

今後10年で40年を迎える原子炉について、廃炉・解体に要する費用を仮に1基500億円として単純計算すると、既に永久停止の原子炉を除いて11兆円の潜在需要がある。

この巨大市場を巡り、仏アレバ、米ゼネラル・エレクトリック（GE）、エナジー・ソリューションズ（ES）、英キャベンディッシュ・ニュークリアなど世界の原子力大手をは

はじめとする企業がこぞって廃炉ビジネスに参入している。

国内の原発の稼働・廃止の状況をみると、国内で供用された原発は57基あり、うち24基が廃炉決定済み又は廃炉の方針である（表1）。東海原発は2001年12月から国内商用炉で最初に廃炉作業に着手しており、浜岡原発は商用軽水炉としては国内で初めて、2009年11月から廃炉作業に着手している。その後、美浜原発1、2号機、敦賀原発1号機、玄海原発1号機、島根原発1号機、伊方原発1号機も2017年より廃炉作業に着手している。なお、再稼働済みのものは9基、停止中のものが24基である（2019年2月現在）。

40年を超える運転延長は、新規規制基準の導入⁴以降、津波対策やテロ対策等の安全対策に新たに数百億円から数千億円規模の巨額の投資が必要となるケースもあり、採算など電力会社の経営判断により延長申請しない場合がある⁵。

表1 国内廃炉原発の一覧

2019年2月13日現在

No.	発電所名	号機	認可出力 (万kW)	設置者	炉型	設置県	廃炉作業の状況等
1	女川	1	52.4	東北電力(株)	BWR (沸騰水型)	宮城県	
2	福島第一	1	46	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	作業中。
3	福島第一	2	78.4	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	作業中。
4	福島第一	3	78.4	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	作業中。
5	福島第一	4	78.4	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	作業中。
6	福島第一	5	78.4	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	
7	福島第一	6	110	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	
8	福島第二	1	110	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	
9	福島第二	2	110	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	
10	福島第二	3	110	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	
11	福島第二	4	110	東京電力(株)	BWR (沸騰水型)	福島県	
12	東海		16.6	日本原子力発電(株)	GCR (ガス冷却炉)	茨城県	作業中。商用炉初。
13	敦賀	1	35.7	日本原子力発電(株)	BWR (沸騰水型)	福井県	作業中。
14	美浜	1	34	関西電力(株)	PWR (加圧水型)	福井県	作業中。
15	美浜	2	50	関西電力(株)	PWR (加圧水型)	福井県	作業中。
16	大飯	1	117.5	関西電力(株)	PWR (加圧水型)	福井県	
17	大飯	2	117.5	関西電力(株)	PWR (加圧水型)	福井県	
18	浜岡	1	54	中部電力(株)	BWR (沸騰水型)	静岡県	作業中。商用軽水炉初。
19	浜岡	2	84	中部電力(株)	BWR (沸騰水型)	静岡県	作業中。商用軽水炉初。
20	伊方	1	56.6	四国電力(株)	PWR (加圧水型)	愛媛県	作業中。
21	伊方	2	56.6	四国電力(株)	PWR (加圧水型)	愛媛県	
22	島根	1	46	中国電力(株)	BWR (沸騰水型)	島根県	作業中。
23	玄海	1	55.9	九州電力(株)	PWR (加圧水型)	佐賀県	
24	玄海	2	55.9	九州電力(株)	PWR (加圧水型)	佐賀県	

(出所) 筆者作成。

国内の廃炉市場の規模はこれまで3兆円といわれてきたが⁶、最近の試算をもとにするると6兆円を超えるとみられる⁷。廃炉ビジネス市場と巡る日本企業の技術開発や連携の動きも活発で、日立製作所が2015年、米GE社との合弁を通じ、廃炉作業の経験を持つ仏アレバのグループ会社など2社からノウハウ提供を受ける内容の協定を結んだ。三菱重工業も2015年に廃炉を専門とする部署を新設している⁸。

電力会社では、2016年に日本原電が米国の廃炉専門会社ES社と敦賀1号機の廃炉に向けて協力することで合意している。また、関西電力は、2016年に九州、中国、四国の3社と提携し、資機材の共同調達や技術の共有、人材育成などで協力し、廃炉作業のコスト

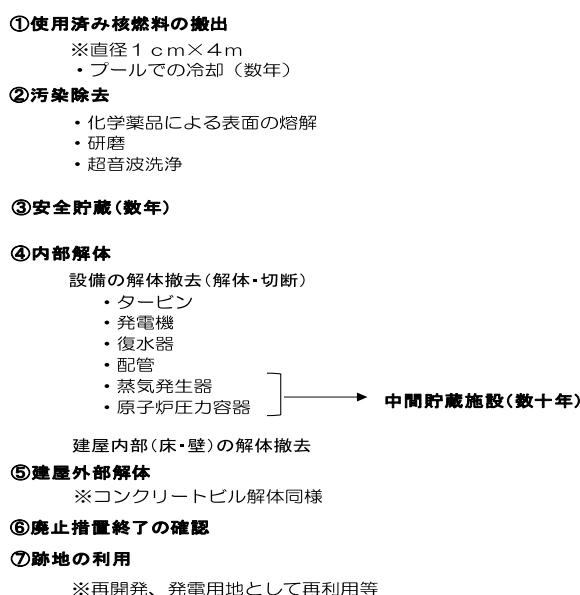
圧縮を進めている。ゼネコンでは2016年に清水建設が英キャベンディッシュ・ニュークリアと技術協力協定を結んでいる⁹。

機器・重機メーカーでは、富士電機が放射性廃棄物の固化技術を持つ英エンジニアリング大手、エイメック・フォスター・ウィラー（AFW）と固化剤の使用について基本合意している。三菱電機は原発作業員や作業車両向けの放射線計測装置や周辺地域へのモニタリング設備の提供をしている。IHIは2016年に液体窒素を使った除染システムの試験設備を国内で初めて設置するなどしている¹⁰。

2.2 廃炉の工程と必要な技術

廃炉の工程は、使用済み核燃料の搬出に始まり、施設設備の除染、解体、測定評価、廃棄処分、保存処分等があり、解体撤去完了まで20～30年はかかる（表2）。廃炉作業の実施には、発電に必要な技術（火力+ボイラー+タービン+緊急冷却機能）とは異なる多様な要素技術が必要で、システムエンジニアリング、放射能測定、除染、安全貯蔵、切断・解体、遠隔操作、廃棄物処理などに係る技術開発が必要である。被ばくの低減など作業員の安全性をより高め、より経済的、効率的な手法での廃炉作業が進めるためのイノベーションが課題となっている。

表2 廃炉の工程



（出所）筆者作成。

具体的にみると¹¹、まず、解体作業従事者の被ばく低減と解体に伴って発生する放射性廃棄物量を低減するために、解体前の除染技術と残存放射能評価技術が必要である。コンクリートビル施設や各種設備を解体するための切断、解体技術も必要で、レーザー、高圧水、ハンドソー等の技術、装置が使われ、放射能放出を最小にすることが重要である。

プラントの廃炉に伴い発生するのは、金属やコンクリート等の固体廃棄物がほとんどで

あり、大量に発生する。これら解体後の除染技術が必要であり、化学薬品による表面の溶解、研磨、超音波洗浄など化学的又は機械的な除染技術が用いられる。その他に発生する気体に対処するフィルタや浄化技術、液体に対処する濾過・濃縮技術も必要となる。

また、発生した廃棄物は低レベル放射性廃棄物、放射性物質として扱う必要のない廃棄物（クリアランス）、放射性廃棄物ではない廃棄物に分類される。これらの測定、評価、仕分けを高精度かつ効率的に行うために、残存放射能測定技術（クリアランス測定）が必要となる。また、放射能レベルを精密に示すモデリング・ソフトウェアも必要である。

そして、放射性廃棄物でない廃棄物については、それを処理し、再利用する技術が必要であり、放射性廃棄物については、最終的処分まで安全に貯蔵しておく技術が必要である。さらに、最終的処分を視野に入れれば、バックエンド技術（使用済核燃料の処分技術）が必要である。使用済み核燃料を長く安全に閉じ込めておくための技術が必要であり、コンクリート詰め、鉄製コンテナ、地下深くに埋蔵する方法が考えられる。これらは、公害対策や土壤汚染対策技術応用が可能と考えられる。また、これら原子力発電所の廃炉に必要なさまざまな技術を合理的に組み合わせて廃炉を実施していくために、工事計画、工事管理（システム・エンジニアリング、プロジェクト・マネジメント）技術が必要である。

2.3 廃炉による地域経済への効果

廃炉作業は数十年に渡ることから、もし、地域の企業が参加できる場合には、長期にわたり安定的な効果が期待できる。作業には電力会社、プラント・メーカー、ゼネコンが直接に請け負う部分、地元の企業が下請けとして行う部分がある。建設や定期検査のように短期間に集中的に人数が投入されることはなく、雇用数は比較的安定したものになると期待できる。地域経済にとっては、外来者増、雇用増、サービス・物品・機器・車両の受注増、税収の長期安定的な増加が期待できる¹²。

海外の例をみると、ドイツのルプミンに所在するグライフスヴァルト原発は、ドイツ政府出資の廃炉専門会社、北部エネルギー製造会社（エネルギーヴェルケ・ノルト（EWN））が廃炉作業を手掛けている。グライフスヴァルト原発では、建設時に3,000人、稼働時に2,000人の雇用があったが、現在の廃炉事業においては700人を雇用している。EWN社によると、東ドイツ側の他の地域は経済崩壊と高齢化に苦しむ中、立地地域の雇用悪化は悪くなく、廃炉の解体と膨大な切断作業に伴って、鉄鋼関連の機械工業が成長し、ロシアからヨーロッパへのガスパイプラインの入り口でガス関連企業が誕生しているとのことである¹³。そして、現在、同発電所敷地では、バイオディーゼル工場、前タービンホールの大形造船部品の製作、風力発電工場の部品／基礎の製作、海上クレーンの部品製作、バルト海パイプラインのガス出荷基地、ガス発電所（計画中）等の施設が再開発されている¹⁴。

2.4 地元企業の廃炉ビジネス参入に係る取り組み事例

2.4.1 福井県

福井県には原発が13基あり、廃止が決定しているもの5基、稼働中4基、停止中2基である。研究開発段階炉2基を含めると7基の原子力施設が廃止となっている（表3）。

美浜1、2号機の廃炉を担う関西電力、敦賀1号機の廃炉を担う日本原子力発電、高速増殖炉原型炉「もんじゅ」、新型転換炉原型炉「ふげん」の廃炉を担う日本原子力研究開発機構は、地元企業との廃炉工事に係る情報交換会の実施や、廃炉の進捗に応じて現場に即した課題を地元企業等に提示して研究成果を現場で積極活用すべく地元企業等との共同研究を行って参入に必要な高度な技術を開発するなど、地元企業と連携している。

表3 福井県の原子力発電所等

2019年2月14日現在

No.	発電所名	号機	ステータス	認可出力 (万kW)	炉型	設置者
1	敦賀	1	廃止	35.7	BWR（沸騰水型）	日本原子力発電(株)
2	敦賀	2	停止中	116	PWR（加圧水型）	日本原子力発電(株)
3	美浜	1	廃止	34	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
4	美浜	2	廃止	50	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
5	美浜	3	停止中	82.6	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
6	大飯	1	廃止	117.5	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
7	大飯	2	廃止	117.5	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
8	大飯	3	再稼働済み	118	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
9	大飯	4	再稼働済み	118	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
10	高浜	1	停止中	82.6	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
11	高浜	2	停止中	82.6	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
12	高浜	3	再稼働済み	87	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
13	高浜	4	再稼働済み	87	PWR（加圧水型）	関西電力(株)
14	もんじゅ	※	廃止		高速増殖炉原型炉	日本原子力研究開発機構
15	ふげん	※	廃止		新型転換炉原型炉	日本原子力研究開発機構

※上記のうち、もんじゅとふげんは研究開発段階発電用原子炉で、原子力発電所に含まない。

（出所）筆者作成。

日本原子力開発機構では、2018年6月16日に「ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点」が開所した。これは2016年度の文部科学省の地域科学技術実証拠点整備事業（1拠点当たり最大10億円を支援）を活用したものである。廃炉作業に係る3つの体験施設があり、廃止措置解体技術検証フィールドでは、複合現実感（MR）システムを使って、精密に再現した解体現場をバーチャル体験ができ、レーザー加工高度化フィールドでは、レーザーの遠隔操作で安全な作業の実現、高出力レーザーも体験可能である。廃止措置モックアップ試験フィールドでは、実際の原子力発電所の実機材を使って気中切断、水中切断の体験ができる。国内外で原子力発電所の廃止措置ニーズが高まる中、福井県の強みを活かし、若狭地区電気事業者と連携を図り、技術強化等により廃炉ビジネスをリードする地元企業の成長を支援し、地域経済の発展と廃炉課題解決に貢献する目的である¹⁵。

関西電力が美浜1、2号機の廃炉に関連して地元企業等と行っている共同研究は7件（表4）、日本原子力発電が行っている共同研究は3件ある¹⁶。廃炉作業に関する研修会も積極的に実施し、地元企業との人材育成に取り組んでいる。

福井県では、原子力発電所の廃炉業務において、県内企業が製造・販売する製品の積極活用を促すため、電力事業者やプラント・メーカー等で構成する「廃炉業務評価委員会」で製品の活用可能性について評価を行い、販路拡大や研究開発を支援している。2017年には県内企業17社から29件の応募があり、製品としての完成度と廃炉業務における需要等の観点から活用の可能性が見込まれる28件を採択し、2018年には県内企業7社から15件の応募があり13件を採択している。これらの製品については、今後、関係機関への周知を図ると共に、廃炉関連企業向けの展示商談会などビジネス・マッチングの場の提供、原子力施設における試験運用や研究開発等を通じ、廃炉業務において活用を促進していくとしている¹⁷。福井県若狭湾エネルギー研究センターも人材育成や情報提供を行っている。

表 4 美浜原発1・2号機の廃炉に係る関西電力と地元企業等との共同研究

年度	分類	研究内容	企業等
2016	廃止措置の作業に活用できる製品・技術の開発等の研究	安全性向上 (作業環境)	耐久性向上等の改善を行い、価格競争力がある作業着の開発に関する研究 セーレン(株) (福井市)
		被ばく低減	線量低減効果の改善を行い、価格競争力がある遮蔽シートの開発に関する研究 (株)ニュークリアテクノロジー (美浜町)
	地元企業が行う製品・技術開発の支援となる研究	放射性廃棄物発生を抑制し、価格競争力がある除染装置の開発に関する研究 (株)協立技術工業 (敦賀市)	
2017	廃止措置の作業に活用できる製品・技術の開発等の研究	廃棄物低減	廃コンクリート中の骨材を再利用するため、既存設備を用いたプロセスの開発に関する研究 美方生コン(株) (美浜町)
		安全性向上 (作業環境) 被ばく低減	アスベストを含むケーブルやケーブルトレイ切断時の作業環境改善および被ばく低減(作業効率向上)に関する研究 株式会社 平本興業 (敦賀市)
2018	地元企業が行う製品・技術開発の支援となる研究	被ばく低減 廃棄物低減	小口径配管内面除染による廃棄物低減を図るため配管切断時の被ばく低減(作業効率向上)に関する研究 若狭原子力技術 シニアコンサルティング 株式会社(敦賀市)
		廃棄物低減	クリアランス物の発生から、検認、製品化、市場流通までの流れを計算機でシミュレーションし、製品の候補選択、流通に至るまでの問題点の抽出、課題解決の方法、再利用シナリオの最適化など廃棄物低減に関する研究 国立大学法人 福井大学

(出所) つるが国際シンポジウム(2018年11月23日) 関西電力資料。

国内で他の原発に先駆けて廃炉措置が進む日本原子力発電の東海原発では大半が自社や関連企業で作業が実施され、地元企業の参入はほとんどないにもかかわらず、福井県においては、以上に見たように、廃炉ビジネスに関して地元企業参入に配慮した産学官及び電力会社の連携体制が構築されている。ここに至るまでには、福井県を中心に産官学をあげて行われた次のような取り組みの経緯がある。

まず、「ふげん」がほとんど実運転を行わないままに2003年に停止し、国内2例目の廃止原子力施設として2008年より廃炉作業を開始することとなった。

2005年3月、福井県は原発の技術を産業振興につなげる「エネルギー研究開発拠点化計画」を打ち出した。これは廃炉事業も対象にして、廃炉に関する研究開発拠点化も目指したもので¹⁸、2004年8月9日に美浜原発3号機で人身事故¹⁹があったことを契機として、国及び電力事業者の協力を要請するものだった。地元経済界としても、原発がありながら、地元企業が参入できていないとの問題意識があり、福井商工会議所の江守幹男会頭は「福井県に原発が立地して40年近くになるのに、原子力関連産業は1社も育っていない。」と福井市で開いたセミナーで地元企業の奮起を促した。敦賀商工会議所では「原子力立地

地域産業創出・育成協議会」が設立されたが、廃炉ビジネスに重点をおいた同協議会の検討会では、地場の参入企業の大半は孫請け以下で、業種も建設業が約6割で、製造業はわずか4%という厳しい数字が議論の中心で、電力側は「モノづくりより、保守点検の技術を磨く方が良い」「『作るが先』ではハードルが高すぎないか」と技術の壁を強調し、地元企業からは「今の技術力で参入できる仕事は本当はないのか」「電力側から新規参入枠などの数値目標を出してほしい。いつ仕事をとれるかわからない」などの声が出る状況だった²⁰。

2013年10月、福井県は「廃炉・新電源対策室」を設置。いずれ生じてくる原子力発電所の廃炉の問題等に対応するため、国内外からの情報収集はもとより様々な観点から対策が講じられるよう検討を進めていくこととした。

2014年4月には、福井大学は附属国際原子力工学研究所に原子炉・廃止部門を設置し、同年8月、福井県は国に対策を求める報告書「廃炉・新電源対策に関する内外の現状と課題について—第1次報告書—²¹」を提出した。

2015年3月、関西電力と日本原子力発電は、福井県内に立地する運転開始から40年以上が経過した3基の原子力発電所の廃炉を決め、県と美浜町、敦賀市に報告した。福井県の西川一誠知事らは廃炉が地元経済に悪影響を及ぼさないよう強く要請し、電力側も地元への発注や雇用を増やすなど地域振興への配慮と地元企業との協力体制を表明した²²。

2016年2月、福井県は、福井県内に立地する原子力発電所の廃炉に関し、関西電力、日本原子力発電、日本原子力研究開発機構、美浜町、敦賀市と安全確保、環境保全、地域振興に係る諸対策の継続的实施に向け協定を締結した²³。また同年5月、関西電力が「美浜1・2号機の廃止措置に係る地元企業の発展・雇用促進策」を策定した。

2016年末、国がもんじゅ廃止方針を決定し、2017年6月には、もんじゅ廃止措置に関する基本方針決定した。もんじゅ廃止措置と並行して、地元の協力を得て敦賀エリアを原子力・エネルギーの中核的研究開発拠点として整備することとし、関係機関が協力し、若狭湾にある軽水炉、もんじゅ、ふげんといったあらゆる形式の原子炉等の諸施設を活用して、原子力の安全技術、廃炉、高経年化について、研究や人材育成を実施するとしている²⁴。

以上のように、福井県にはもともと全国の4分の1近くの原子力施設が立地し、多くの関連事業者や研究機関があったものの、原発に関連した地元企業の参入は不十分であったが、ふげんの廃炉が決まり、地元自治体や産業界に危機感がひろがり、県が中心となって、今後の廃炉も見据えた地域発展のビジョンを策定して関係機関の参加を要請し（エネルギー研究開発拠点化計画）た結果、これが電力会社、研究機関、地元企業・産業界、自治体の連携基盤となって、地元企業を入れた共同研究や人材育成などの具体的な連携事業が始まった。こうした連携基盤の存在の上に、国策として進めてきたもんじゅの廃止を契機とした国からの研究開発・人材育成拠点整備の支援が得られて今日につながっている。

2.4.2 愛媛県

伊方町に設置されている伊方原発3基のうち、1号機（加圧水型軽水炉（PWR）、56.6万KW）は、2016年5月10日に運転を終了し、2017年6月28日に原子力規制委員会から廃止措置計画の認可を受けた。その後、同年9月8日に愛媛県・伊方町は当該計画を了解している。第1段階の作業を2017年9月12日より開始し、約40年間かけて作業が完了する計画である。2号機（PWR。56.6万KW）は2018年5月23日に運転を終了し、同年10月10日に廃止措置計画に係る原子力規制委員会への申請及び安全協定に基づく愛媛県・伊方町への事前協議申入れが行われている。3号機は稼働中である（2019年2月現在）。

2016年に四国電力と愛媛県は、伊方原発1、2号機の廃炉に備えて「廃止措置研究に係る検討会」を設置した²⁵。この検討会の目的は、PWRプラントの特徴を踏まえた既存の廃止措置技術に係る課題を抽出し、その課題を解決するために必要となる技術を整理するとともに、国、地元企業および地元大学等との連携の在り方について検討し、廃止措置への適用に向けた研究開発を行うことにあった。

参画機関は、四国電力、国（資源エネルギー庁）、愛媛県（県民環境部 防災局、経済労働部、産業技術研究所）、愛媛大学（社会連携推進機構 産学連携推進センター）、地元企業である。

第1回の検討会が2016年5月19日に伊方発電所で開催され、廃止措置に係る既存技術の整理、研究開発分野の選定および既存技術の改善を図るための課題・ニーズの抽出を実施した。その後、抽出された課題等に関して地元企業・地元大学が保有する技術の活用とその高度化について研究開発を行うとともに、中長期的に取り組むべき課題の抽出とその解決に向けた研究・技術開発の計画を検討している。

具体的な研究開発テーマ²⁶は（1）効率的・効果的な除染技術の開発、（2）除染時に発生する廃液の効率的な放射能低減技術の開発、（3）高圧ジェット水に対応する防護服の開発、（4）現場ニーズに幅広く対応する防護服の開発、（5）セルロースナノファイバーによる軽くて強い防護具の開発、（6）防護用全面マスクで使用可能な音声通話装置の開発である。除染技術については、人工鉱物「ゼオライト」を使った効率的な除染装置の開発を進め、防護服については、廃炉作業において高圧ジェット水でコンクリートを削る作業などに想定される従来にない耐高圧で耐久性の高い防護服の開発に取り組んでいる。1～2年での実用化を目指し、製造は県内の繊維関連企業が担う。「技術は廃炉だけでなく、他のビジネスへの応用にまで発展させたい。地域経済の活性化につながれば²⁷」との狙いがある。

3 柏崎刈羽原子力発電所の廃炉ビジネスに関わる状況

3.1 柏崎刈羽原子力発電所の現状と地元関係機関の動向

新潟県柏崎市と刈羽村にまたがる柏崎刈羽原発は7機全機が停止している。6号機と

7号機は適合性審査に合格しており、再稼働に向けた地元自治体との協議が続いている。全機の廃炉費用は約4,907億円になる²⁸（表5）。

柏崎市の桜井雅浩市長は、2016年12月の就任記者会見で、柏崎刈羽原発が廃炉の時期に来たときに備えて、柏崎商工会議所と連携しながら、福島の新潟の廃炉作業に市内の事業者が関われるようにアプローチするなど、廃炉ビジネスに市内事業者が関われるようにしたいとの意向を示し²⁹、2017年4月に「電源エネルギー戦略室」を総合企画部内に新設して選挙公約の柏崎刈羽原発への依存度引き下げと廃炉ビジネスの振興の構想をすすめている。

2017年6月、桜井市長は柏崎刈羽原発6、7号機の再稼働の条件として、1～5号機の廃炉計画を2年以内につくるよう東電に求め、7基が集中立地するのは多すぎるので、いずれかの廃炉に早期に着手することで地元での廃炉ビジネスを促したいと話した³⁰。これに対して、東京電力の小早川智明社長は、1～5号機の廃炉計画について2019年6月までに回答する意向を示している³¹。

東京電力は、6号機と7号機の再稼働に向け、防潮堤やフィルタ装置などを設置し、安全対策費に累計6,800億円を投じ³²、2017年12月27日に適合性審査に合格した。

2018年3月、柏崎市は、再生可能エネルギーや次世代エネルギーの活用、環境エネルギー関連産業の育成に関する将来の方向性を示す「柏崎市地域エネルギービジョン」を策定した。これによると、市は、柏崎刈羽原発の安全安心の基盤となる安全技術や、将来の廃炉に対応できる廃炉関連産業育成に向け、電気事業者、地元産業界、新潟工科大学や長岡技術科学大学、行政、金融機関が連携したプラットフォームを構築するとしている³³。そして、2018年度予算において、廃炉ビジネス調査研究費45万円を計上し、廃炉ビジネスについて調査研究を進めることとした。

表5 柏崎刈羽原子力発電所の稼働状況等

2019年2月22日現在

号機	認可出力 (万kW)	炉型	稼働状況	営業運転 開始年月日	(注1)	(注1)	建設工事費 (億円)	(注3)
					運転から40年 経過年月	運転から60年 経過年月		廃炉費用 (億円)
1	110	BWR (沸騰水型)	停止中	1985/9/18	2025年9月	2045年9月	4,760	754
2	110	BWR (沸騰水型)	停止中	1990/9/28	2030年9月	2050年9月	3,000	674
3	110	BWR (沸騰水型)	停止中	1993/8/11	2033年8月	2053年8月	3,250	643
4	110	BWR (沸騰水型)	停止中	1994/8/11	2034年8月	2054年8月	3,340	656
5	110	BWR (沸騰水型)	停止中	1990/4/10	2030年4月	2050年4月	3,560	687
6	135.6	ABWR (改良型沸騰水型)	停止中 (注2)	1996/11/7	2036年11月	2056年11月	4,180	748
7	135.6	ABWR (改良型沸騰水型)	停止中 (注2)	1997/7/2	2037年7月	2057年7月	3,620	745

(注1) 運転期間は使用前検査に合格した日から起算して40年とされるが、使用前検査に合格した日が確認できなかったため、便宜上営業運転開始日からの経過年月を記載。

(注2) 6号機と7号機は2017年12月27日に適合性審査に合格。

(注3) 廃炉費用は東京電力の見積額（廃止措置実施方針。2018年12月26日）による。

(出所) 筆者作成。

これまでの柏崎市の産業界の意識は、現在停止している原発をまずは再稼働するという議論に向けられており、廃炉はその先にあるものとしてこれまであまり意識されてきては

いなかった。そこで柏崎市は、地元産業界の基本的な認識を高めるため、2019年9月に柏崎商工会議所や柏崎技術開発振興協会と連携して、「エネルギー政策の未来と柏崎」と題して廃炉ビジネスの内容も含めた講演会を開催した³⁴。その後、柏崎商工会議所の機械金属工業部会において廃炉産業をテーマに桜井市長との意見交換会が開かれ、地元産業界も一定の関心を示している。しかし、地元企業が廃炉作業のどのような分野に参入できるのか、参入にどのくらいのハードルがあるのかなど、具体的なところはまだ見えていない³⁵。

新潟県は、2018年1月に原子力発電所事故に関する検証総括委員会を設置し、福島原発事故の原因、原発事故が健康と生活に与えた影響、安全な避難方法等の検証作業を独自に進めており³⁶、花角英世知事は検証結果が出るまで原発再稼働の議論はしない姿勢である。

3.2 立地地域の産業特性と関係機関

柏崎市の産業全体の構造は、電気・ガス・水道産業、食品製造業、機械金属加工業の生産額が大きい。原発立地以前から、製造業が基幹的な産業であったが、現在は電気・ガス・水道産業の割合が最も大きく、柏崎原発の占める割合が大きくなっている。

柏崎における製造業の集積は、明治中期に設立された日本石油会社（現JXTGエネルギー株）が、当初海外に依存していた製油機器、さく井機、油槽等を生産するため株新潟鉄工所柏崎分工場（現日本フローサーブ株）を設立したことに始まる。また、昭和2年に理化学研究所がその研究成果の企業化の拠点として設立した理化学興業（現株リケン）が本市に進出し、ピストンリング、切削工具、電線等の量産を開始した。石油製造業は昭和30年代以降衰退したが、我が国の自動車産業、電機産業、機械産業等の発展を背景として、一般機械器具製造業を中心に成長を続け、現在、大手関連企業や伸線機、エンジンのアルミダイキャスト金型、超精密プレス加工など、高度な特殊技術を有する地元企業など、市内に製造業約400社集積するに至っている。更なる工業集積を目指し、平成21年6月に新産業団地「柏崎フロンティアパーク」がグランドオープンしている³⁷。柏崎を拠点とする主な企業と研究機関等は次のとおりである。

<大手関連企業>

株式会社ブルボン（食品製造）

株式会社アドバネクス新潟工場（精密ばねなど）

日本フローサーブ株式会社（石油ポンプなど）

東芝インフラシステムズ株式会社 柏崎工場

株式会社リケン（産業機械）

株式会社ティクスTSK 柏崎工場（一般機械 掘削・バルブ 石油 地熱 ガスなど）

株式会社コロナ 柏崎工場

<地元の有力企業>

株式会社テック長沢（切削加工など）

山崎工業株式会社（プレスなど）

株式会社サイカワ（一般機械 ワイヤ、ケーブルなど）

株式会社米谷製作所（金型）

柏崎ユーエステック株式会社（家庭電化、事務機器）

<大学・研究機関（所在地）>

- ①新潟工科大学（柏崎市）：原子力耐震・構造研究センター（耐震、施設亀裂、情報伝達）、原子力安全・安心創造センター、地域産学交流センター（機械、電気、情報、化学、バイオ、建築土木等）。
- ②新潟産業大学（柏崎市）：経済学研究科がある。新潟産業大学附属柏崎研究所では、柏崎地域の課題解決及び振興に寄与を目的とし、柏崎の産業、経済に関する分野等の研究も行っている。
- ③長岡技術科学大学（長岡市）：原子力システム安全工学専攻を平成24年4月に設置。産学官・地域連携／知的財産本部中心に産業界との共同研究を実施。災害対応ロボット研究では国内をリード。
- ④長岡工業高等専門学校（長岡市）：機械工学、電気電子システム、電子制御工学、物質工学、環境都市工学の各学科があり、地元企業との共同研究、受託研究、技術相談を実施。「第3回廃炉創造ロボコン」（2018年12月15日福島県の楢葉遠隔技術開発センター）で学生チームが最優秀賞。
- ⑤新潟大学（新潟市）：理学部、工学部、自然科学研究科が設置されている。地域創生推進機構において、企業との共同研究や受託研究を実施。
- ⑥新潟県工業技術総合研究所（新潟市）：県の機関で、産学官共同研究を実施。切削、金属加工等をはじめとする技術開発研究を行い、県内企業への技術移転を実施。

<商工団体、支援機関、金融機関等>

- ①柏崎商工会議所
- ②柏崎技術開発振興協会
- ③柏崎青年工業クラブ
- ④柏崎青年会議所
- ⑤ながおか産業活性化協議会（NAZE）
- ⑥にいがた産業創造機構（NICO）
- ⑦第四銀行、北越銀行（2018年10月に経営統合。2021年合併予定。）
- ⑧柏崎信用金庫 等

4 まとめと考察：地元企業の廃炉ビジネス参入に向けた取り組みの方向性と課題

廃炉ビジネス市場は、国内だけでも数兆円、世界でも今後の潜在需要の顕在化による拡大が見込まれる。1基あたり20～30年を要する長期の作業であり、長期に安定した雇用

や経済効果が見込まれる。廃炉作業の実施にはさまざまな要素技術が必要であり、作業員の安全性向上や、作業の経済性向上を図るイノベーションは途上である。したがって、地元企業が独自技術を生かして参入する余地は十分にあるものといえる。

柏崎地域には、切削加工、製缶、メッキ、鋳・鍛造、プレス、金型などを中心とする基盤技術が集積し、伸線機、エンジンのアルミダイキャスト金型、超精密プレス加工など、高度な特殊技術を有する地元企業も多く、これらの技術を生かし、廃炉作業を安全・効率化する技術・機器等を開発することなどが考えられる。

しかし、柏崎地域の地元企業にとっては、廃炉作業自体にどのようなニーズがあるのか、自社の技術や強みが生かせるのかどうかが見えない中で、個々の企業努力で参入するにはハードルが高い。また、原発関連ビジネスを実施していくには、他のビジネスよりも高度な審査基準等を満たすことも必要となることから、個々の企業がそうした体制を整えることができるかどうか懸念材料の1つとなる³⁸。このような地元企業の参入障壁を緩和するための特別の仕組み、環境を整えない場合には、大半が電力会社やプラント企業の関連会社で作業が実施され、地元企業の参入は非常に困難となるので、地元経済への効果も限定的となってしまう。

したがって、地元企業を廃炉ビジネスに参入させて地域経済を潤すためには、地元の産官学金が一体となった連携、推進体制を構築するとともに、東京電力の協力を得る必要がある。廃炉技術に係る研究開発や関連企業の集積に関する拠点化計画の策定や、関係機関との相互協定締結により、廃炉作業に地元企業が参入できる特別の仕組みを設ける必要がある。先行事例では、県が主導的な立場となり、市町村域を超えた幅広い研究機関、経済団体、企業、電力会社、国の各省との必要な調整を行っている。

①地元企業の廃炉ビジネス参入に対する意識向上や知識向上に向けたセミナーや説明会の実施や情報交換、②廃炉に必要な技術に関する研究開発・共同研究の実施、③廃炉作業を担う人材育成のための研修等の実施の3点を柱に関係機関が連携して事業を推進し、地元企業の意識的・物理的な参入障壁を低減しながら、廃炉ビジネスのニーズと地域の資源のマッチングを進めていくことが求められる。

柏崎刈羽原発では7基の原子炉の廃炉や再稼働が未決定であることから、廃炉ビジネス参入に向けた具体的なアクションがとれない現状にあるが、2019年6月に東京電力が示す予定の廃止計画や、県による検証結果は現在の膠着状態を動かす契機となり、廃炉ビジネスによる地域経済活性化に向けた取り組みが動き出すことが期待される。

<謝辞>

本稿作成に際して、大変貴重な時間を割いてインタビューにご対応いただいた方々に、この場を借りてお礼申し上げます。特に、柏崎市総合企画部電源エネルギー戦略室の山崎浩子室長、大塩久雄室長代理、石橋昭二主任、同 産業振興部ものづくり振興課の井比孝広

課長（兼ものづくり活性化センター所長）、産業振興部ものづくり活性化センターの伊藤明紀次長、同 ものづくり振興課ものづくり振興班の真貝利彦係長には心よりお礼申し上げます。

<追記>

本稿作成に際して、平成30年度事業創造大学院大学特別奨励研究費（研究課題：新潟地域の企業によるアジア展開に関する研究）による助成研究を一部活用したことを付記する。

【注】

- ¹ 2012年改正。発電用原子炉設置者が発電用原子炉を運転できる期間は、使用前検査に合格した日から起算して40年とする。ただし、この運転期間はその満了に際し、原子力規制委員会の認可を受けて、1回に限り、20年を超えない期間であって政令で定める期間を限度として延長することができる。延長を希望する発電用原子炉設置者は原子力規制委員会に認可の申請を行い、原子力規制委員会は、長期間の運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況を踏まえ、安全性を確保するための基準として原子力規制委員会で定める基準に適合しているときに限り、認可をすることができる。
- ² 橋川武郎 経済教室エネルギー基本計画の論点上「原発『建て替え』の戦略示せ」日本経済新聞朝刊（2018年5月14日）参照。
- ³ 2018年11月22日つるが国際シンポジウム資料。 <https://www.tis.mext.go.jp/>
- ⁴ 2013年7月。津波対策の大幅な強化など大規模自然災害への対策や、炉心損傷・放射性物質拡散などのシビアアクシデント、テロへの対策強化が要求されることとなった。
http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei/shin_kisei_kijyun.html
- ⁵ 最近では、九州電力が営業運転開始から40年を迎える玄海原発2号機について、新規制基準に適合させるためのテロ対策施設の設置に十分なスペースの確保ができないことなどから廃炉を決めた（2019年2月13日）。
- ⁶ 北村（2018）p.37。過去に経産省が試算したところでは、廃炉費用は軽水炉原発（54基）すべてを廃炉した場合、3兆円となっている。
- ⁷ 読売新聞集計（2019年1月13日）。2017年の原子炉等規制法改正等により事業者公表が義務づけられた廃止措置実施方針における見積もり数値の積算。福島第一原発1～4号機や建設中の原発は、費用の見積もりが困難なため含んでいない。
- ⁸ 「グリーンBiz——廃炉ビジネス動き出す、3兆円市場に的、日本原電、ノウハウ蓄積で先行（日経電子版から）」2017年5月2日 日経産業新聞。
- ⁹ 「廃炉、次は解体技術、規制委、4原発5基認可、電力各社や三菱重工、内外で連携探る。」2017年4月20日 日本経済新聞 朝刊。
- ¹⁰ 「動く廃炉市場、参入続々、富士電機、外資と協業、三菱電機は監視技術応用。」2017年8月5日 日本経済新聞 朝刊。
- ¹¹ 「原子力発電プラントの廃止措置」東芝レビュー2010 VOL.65 No.12 pp.47-49などを参照。
https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2010/12/65_12pdf/a13.pdf
- ¹² 北村（2018）pp.37-38
- ¹³ 広瀬（2014）pp.40-46
- ¹⁴ 2018年11月22日つるが国際シンポジウムIAEA資料。

- 15 日本原子力発電機構ホームページ
<https://fsd.jaea.go.jp/maintenance/index.html>
- 16 2017、18年度で3件の共同研究を行っている（リサイクル金属による遮蔽性能及び強度向上の研究、キャピラリーバリア礫財への建設発生廃棄材料の適用、環境負荷低減型エココンクリートの実用化に関する研究）を採用し地元企業との共同研究を行っている。つるが国際シンポジウム（2018年11月23日）日本原子力発電資料。
- 17 福井県ホームページ。廃炉業務に活用できる県内企業製品の公募結果について
<http://www.atom.pref.fukui.jp/press/h30/p034.pdf>
<http://www.atom.pref.fukui.jp/press/h29/p016.pdf>
- 18 エネルギー研究開発拠点化計画策定委員会第1回会議資料。
<http://www.werc.or.jp/base/keikaku/sakutei.html>
- 19 2004年8月9日、美浜原発3号機のタービン建屋において、復水配管（2次系配管）が破損する事故により、作業員5名が死亡、6名が重傷を負った。
- 20 「原発関連参入に地元の期待熱く、定期検査狙い目、『廃炉』にも商機（再開美浜3号機）」
2006年6月7日 日本経済新聞 地方経済面 北陸。
<http://www.atom.pref.fukui.jp/press/h26/report1.pdf>
- 21 「原発3基廃炉へ、関電・原電、地域振興配慮を表明、地元、廃炉ビジネス期待。」2015年3月18日 日本経済新聞 地方経済面 北陸。
- 22 「福井県と関西電力など、廃炉に関する協定締結」JAIFニュース 2016年2月12日 <https://www.jaif.or.jp/160212-1>
- 23 2017年6月7日 もんじゅ関連協議会（第7回）。2018年11月23日つるが国際シンポジウム文部科学省研究開発局資料。
- 24 四国電力（株）ホームページ
<https://www.yonden.co.jp/energy/atom/ikata/decommissioning.html>
- 25 第9回検討会（2019年1月31日）
- 26 愛媛大学産学連携推進センターの野村信福教授。「電力変容（下）廃炉ビジネスに活路——伊方、防護服など産学で。」日本経済新聞 2018年6月8日 地方経済面 四国。
- 27 廃止措置実施方針の公表について 2018年12月26日 東京電力ホールディングス株式会社
http://www.tepco.co.jp/press/news/2018/1511841_8965.html
- 28 市長定例記者会見での質疑応答（平成28年12月7日）
<https://www.city.kashiwazaki.lg.jp/jhashin/shise/gaiyo/shichoshitsu/kaiken/h28kaiken/1612071200.html>
- 29 市長定例記者会見での質疑応答（平成29年6月1日）
<https://www.city.kashiwazaki.lg.jp/jhashin/shise/gaiyo/shichoshitsu/kaiken/h29kaiken/1706011101.html#genpatsu>
- 30 2019年1月15日。桜井柏崎市長との会談。
- 31 2017年10月16日。産経新聞。
- 32 『柏崎市地域エネルギービジョン』 pp.24-38
<https://www.city.kashiwazaki.lg.jp/energy/shise/kekaku/1804041301.html>
- 33 柏崎市主催講演会「エネルギー政策の未来と柏崎」（2018年9月3日開催。柏崎エネルギーホール。）東京理科大学大学院教授橘川武郎氏が講演。定員140人満員に近い参加者があった。
- 34 2018年12月13日柏崎市市役所で行った筆者による産業振興部ものづくり振興課におけるヒアリングによる。
- 35 新潟県「原発事故に関する3つの検証について」
<http://www.pref.niigata.lg.jp/genshiryoku/1356877564383.html>
- 36 柏崎の商工業の歩みについて、柏崎フロンティアパーク企業誘致推進協議会ホームページを参照。
<http://www.kashiwazaki-fp.jp/kashiwazakicity/industry.php>
- 37 原子力発電所関連の設備やメンテナンス業務については、高度な審査基準に対応することが困難な

ことが、地元企業が参入しない理由の一つとなっているとのことである（2018年12月13日柏崎市役所で行った筆者による産業振興部ものづくり振興課へのヒアリング）。

【参考文献】

- 1 橋川武郎（2018）「エネルギー政策の未来と柏崎」柏崎市主催講演会資料（2018年9月3日 柏崎エネルギーホール）。
- 2 立石雅昭・にいがた自治体研究所編（2018）『原発再稼働と自治体—民意が動かす「3つの検証」—』自治体研究社。
- 3 柏崎市『柏崎市地域エネルギービジョン』2018年3月。
- 4 北村俊郎（2018）「原発廃炉時代の到来で動き出す廃炉ビジネスの可能性と課題」『商工ジャーナル』2018年3月号、pp.36-39。
- 5 「原発廃炉時代の本格到来で始動する廃炉ビジネス」『産業新潮』2016年5月号、pp.32-35。
- 6 篠田航一・宮川裕章（2016）『独仏「原発」二つの選択』筑摩書房。
- 7 福井県『福井県エネルギー研究開発拠点化計画』2015年3月。
- 8 広瀬隆（2014）『原発処分 先進国ドイツの現実』五月書房。
- 9 福井県安全環境部 廃炉・新電源対策室「廃炉・新電源対策に関する内外の現状と課題について—第1次報告書—」2014年8月。