

学位申請論文

地域と共生する再生可能エネルギーにおける
地域経済付加価値分析に関する研究
～地熱発電と洋上風力発電の導入促進に向けて～

山東 晃大

目次

要旨.....	6
第1章 序論	7
1.1 国内外における気候変動対策	7
1.2 再生可能エネルギーと合意形成	8
1.3 本研究の目的と方法	9
第2章 地域経済付加価値分析概論.....	11
2.1 再生可能エネルギーと地域経済の関係	11
2.2 地域経済付加価値分析(RVA)とは	12
2.2.1 国内外における再生可能エネルギーの経済分析	12
2.2.2 地域付加価値の定義.....	14
2.3 RVA の試算方法.....	15
2.3.1 RVA の構造	15
2.3.2 地域付加価値の3要素.....	18
2.4 経済分析手法の比較	19
2.4.1 産業連関分析(IOA)との比較	19
2.4.2 地域経済分析システム(RESAS)との比較	20
2.4.3 RVA の特徴	21
第3章 地熱発電における地域経済付加価値分析.....	24
3.1 地熱発電の概要	24
3.1.1 地熱発電について.....	24
3.1.2 地熱発電の特徴	24
3.1.3 地熱発電の課題	25
3.2 地熱 RVA モデル.....	26
3.2.1 モデル作成の背景.....	26

3.2.2 コストデータ(JOGMEC)	27
3.3 地熱 RVA の試算結果.....	28
3.3.1 地熱 RVA の基本シナリオ	28
3.3.2 地元出資率と地熱 RVA の関係.....	31
3.4 地域と共生する地熱発電における RVA.....	33
3.4.1 地域と共生する地熱発電の事例	33
3.4.2 提供データを活用した実際の地熱発電における RVA.....	34
3.5 地熱 RVA の課題	35
<u>第4章 洋上風力発電における地域経済付加価値分析.....</u>	<u>37</u>
4.1 洋上風力発電の概要	37
4.1.1 洋上風力発電について	37
4.1.2 洋上風力発電の特徴	37
4.1.3 洋上風力発電の課題	39
4.2 洋上風力 RVA モデル.....	40
4.2.1 モデル作成の背景	40
4.2.2 コストデータ(NREL)	40
4.3 洋上風力 RVA の試算結果	43
4.3.1 洋上風力 RVA の基本シナリオ	43
4.3.2 地元出資率と洋上風力 RVA の関係	44
4.4 地域と共生する洋上風力発電における RVA.....	45
4.4.1 地域と共生する洋上風力発電の事例.....	45
4.4.2 提供データを活用した実際の洋上風力発電における RVA.....	46
4.5 洋上風力 RVA の課題.....	48
<u>第5章 地域と共生する再エネの大量導入に向けた政策の検討</u>	<u>50</u>
5.1 RVA を活用した政策選択.....	50
5.2 政策による RVA への影響.....	50
5.2.1 キャピタルリサイクリング	50
5.2.2 再エネ促進法	52
5.2.3 ローカルコンテンツ.....	54

5.2.4 収益納付型補助金	55
5.2.5 マオリ信託と資源管理法	56
5.3 再エネの大量導入を促進する方策	59
5.3.1 再エネ法	59
5.3.2 第三者による資源調査とゾーニング	60
5.3.3 未利用資金の有効活用	61
5.4 エネルギーデザイン	63
5.5 再エネのある日本経済	64
第6章 結論	66
図表.....	68
参考文献.....	70
謝辞.....	75

要旨

2050年までの脱炭素社会の実現に向けて、再生可能エネルギーの大量導入は不可欠である。そして、地域の未利用資源を有効活用する再生可能エネルギーの導入を促進するにあたって、地方自治体や地域住民の理解促進は重要な課題となっている。特に、地熱資源を活用する地熱発電と、海洋を利用する洋上風力発電は、それぞれのエリアで携わる地元住民の理解が必要不可欠である。地熱発電においては、同じく地熱資源の恩恵を受ける温泉地が隣接している場合が多く、地元温泉事業者と共存していく必要がある。洋上風力発電においては、漁業をはじめとする近海や港湾に携わる利害関係者と共存していく必要がある。そのなかで、地域に資する再エネを推進したい地方自治体や地域住民の期待も大きいと、再エネのために地域資源の活用を検討する判断材料の一つとして、再エネ導入による地域経済効果がどの程度のものになるか、非常に関心の高いテーマとなっている。今後日本では、未開発かつポテンシャルが大きいと見込まれる地熱発電と洋上風力発電がいかに関域に還元されるかによって、今後の再エネの大量導入と地域経済の行方が大きく左右される。

そこで本研究では、再エネの大量導入のために必要と考える地域住民や地方自治体の合意形成を促進するために、地熱発電と洋上風力発電における地域経済付加価値分析を作成し、再エネを大量導入するために考えられる具体的な取り組みや政策について、地域経済付加価値を活用して定量的にその効果や特徴を明らかにした。

本研究の構成は、以下の通りである。第1章では、国内外における気候変動対策の経緯と日本における再エネポテンシャルの現状を確認し、再エネの導入に求められる地域住民と地方自治体との合意形成の必要性について述べた。第2章では、再生可能エネルギーと地域経済に関する先行研究をもとに他の経済分析手法と比較し、本研究で扱う地域経済付加価値分析モデルの優位性について明らかにした。第3章では、日本で未開発かつポテンシャルが大きい地熱発電における地域経済付加価値分析モデルを作成し、地域と共生した地熱発電の特徴について明らかにした。第4章では、今後大量導入が見込まれる洋上風力発電における地域経済付加価値分析モデルを作成し、地域と共生した洋上風力発電の特徴について明らかにした。第3章の地熱発電と第4章の洋上風力発電では、地域経済付加価値を高めるためには地元出資率をできるだけ引き上げることを指摘した。第5章では、再エネの大量導入やポストFIT時代に向けて、地元出資率の引き上げを促進する政策を検証するために地域経済付加価値分析の応用について述べた。

脱炭素社会の実現のためには再エネの大量導入の具体策が求められている。本研究では、再エネの大量導入に必要な不可欠な地域住民や地方自治体の理解を促進するために、地域経済付加価値分析モデルを新たに作成し、発電事業の地元出資率を引き上げる取り組みや政策を定量的に検証した。

第1章 序論

1.1 国内外における気候変動対策

持続可能な社会の実現に向けて、気候変動対策が求められている。多くの国では2050年までに温室効果ガス排出量の実質ゼロに向けて動き出している。気候変動対策の先進国であるEUでは、すでに再生可能エネルギー（以下、再エネ）の導入が大幅に進んでおり、全体発電量に占める再エネ導入量は年々上昇している¹。さらに、2020年には欧州域内全体で温室効果ガスの排出量を2050年までに実質ゼロにする目標に対して、法的拘束力を持たせる「欧州気候法案」が発表されたため、今後さらに欧州域内全体で再エネの導入が進むと見込まれる。²

日本においても2011年の東日本大震災以降、固定価格買取制度（以下、FIT）など再エネを後押しする政策もあり、太陽光発電を中心に再エネの導入は大幅に増えている³。2050年に向けても、日本政府は再エネ政策で先を行く欧州等に足並みを揃えて、2050年までに温室効果ガス排出量の実質ゼロの方針を発表した。しかし、日本における現在の電源構成は火力発電によってほとんど占められており、発電部門の温室効果ガスの削減が急務となっている。2050年の脱炭素社会実現の目標に向けて、再エネの大量導入のために、FITに代わるポストFIT時代における具体的な方策が求められる。

日本における発電量の大半は火力発電由来だが、再エネのポテンシャルは日本のエネルギー需要を十分賄えるほど大きい⁴。その中で、太陽光発電の導入はすでに進んだが、それでも全体の電源構成に占める再エネの割合はまだ20%に満たず、このままでは2050年の目標は非現実的である。

日本においてポテンシャルが大きい電源の一つに洋上風力発電がある⁵。排他的経済水域が広い日本における洋上風力発電は、単体で日本全体のエネルギー需要を賄うほどのポテンシャルがあると見込まれている。洋上風力発電分野でも先行する欧州で導入が進んだことでコストが徐々に下がっており、将来的な日本の主力電源としても期待されている。

また、風や太陽光など天候に左右される再エネ電源と違い、地熱発電は年中安定した再エネ電源として期待されている。日本における地熱発電は、世界3位の大きな資源ポテンシャルを抱えている（村岡，2009）。地熱発電のポテンシャルを見込んで、環境省も地熱発電導入量を2030年までに現在の約3倍に増やす目標を立てている（環境省，2014）。

¹ Renewable energy statistics (eurostat)

² EU Climate Law (2020)

³ エネルギー需給実績確報値（経済産業省）

⁴ 環境省 再生可能エネルギー情報提供システム

⁵ 地域別ポテンシャル (<https://www.iseip.or.jp/jsr/2017report/chapter5/5-3>)

1.2 再生可能エネルギーと合意形成

日本にも再エネのポテンシャルが十分あるにも関わらず、そこまで再エネの導入が進んでいない要因の一つに、地域住民との合意形成問題が挙げられる。

合意形成問題とは、再エネの発電所の設置を検討する際に、建設予定地周辺の住民による懸念や反対運動で事業の進行が遅れる問題である。洋上風力発電は主に漁業関係者、地熱発電は主に地元温泉事業者と共存していく必要がある。これらの地域住民や地方自治体の理解が得られないと、円滑な発電事業を進めるのは難しい。地熱発電をはじめ、実際に地域住民の反対運動によって発電事業計画が中止になったケースは少なくない。近年国内でも発電計画が増えてきた洋上風力発電においても、周辺住民の反対運動は増え始めている。

地域住民との関係がうまくいかない大きな要因の一つとして、地域住民や地域全体へのメリットが見えてこないことが挙げられる。例えば、十分な地熱調査が行われるとはいえ、地熱発電の稼働が開始されれば温泉枯渇のリスクはある。仮に、実際のリスクは科学的に小さい場合でも、地元住民の考えるリスクは大きくなる傾向にある。また、温泉を含む観光産業は、地域にとっての主産業であることも多く、地域全体の経済も脅かす可能性も考えられる。これらのリスクを上回るメリットを可視化されなければ、温泉枯渇のリスクに晒される地域住民の理解を得るのは難しい。洋上風力発電においても、大量の洋上風車設置による漁業や景観への影響が懸念されている。このように、市場取引を介さずに発電所設置による隠れたコストは外部不経済という。地域の人にとって観光や漁業への影響は死活問題であり、地熱発電や洋上風力発電の設置によって生じる外部コストを懸念するため、再エネ政策全体には賛同していても、自分の近所には設置してほしくないとする NIMBY (Not in my backyard) の心理が働く。

一方で、再エネは単なる電力を生み出す便益だけでなく、気候変動による外部コストを解消する点も見逃せない。例えば、国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) のレポートでは、再エネの設置が進まず、既存電源が現状で維持された場合、大気汚染や異常気象などの災害によって生じる将来の損害は全世界で毎年 1.2 兆ドルから 4.2 兆ドル (約 120 兆円から 440 兆円) に達すると試算されている⁶。また、隠れた便益として、地域に再エネを設置することによる地域経済効果も見込まれ、地方自治体や業種によってはその恩恵を受ける。

このように、これらの隠れたコストは、将来的に自分たちの借金になる。これらの外部コストを含めて、再エネの設置による便益について天秤にかける必要がある。それらの懸念するリスクを上回る便益を地域住民や地方自治体に対して可視化して示さなければ、日本において再エネの大量導入は難しい。地域住民や地方自治体にこのような便益を示すにあたって、大半の人々に理解しやすいツールである必要がある。再エネ導入による効果を測定する方法はいくつかあるが、そのなか

⁶ IRENA (2016) "Remap 2016: Roadmap for a Renewable Energy Future, 2016 Edition"

で地域の未利用資源を活用する再エネによる地域への経済効果の測定に期待される役割はとても大きい。一般の地域住民にとっても新聞記事などに出てくる経済波及効果は科学的な説明よりも馴染みがあるため理解しやすい。なぜなら、地域経済効果は定量的で金額が表示されるからである。地域住民や地方自治体に対して再エネ導入の是非を問う際に、地域経済効果の可視化が合意形成ツールの一つとしての定量的な選択肢になる。

1.3 本研究の目的と方法

再エネによる地域経済効果を分析した日本の研究は蓄積されている。これらの多くは、中村ほか(2012)や霜浦ほか(2013)など産業連関分析を用いたものとなっている。たとえば、本藤ほか(2013)や稗貫ほか(2015)による拡張産業連関モデルを用いた地熱発電のライフサイクル雇用分析や、科学技術動向研究センター(2013)による拡張産業連関表による再生可能エネルギー発電施設建設の経済・環境への波及効果分析、Nakanoほか(2013)による“Development of a Japanese Input-Output Table for Renewable Energy and Smart Grid System”で、地熱発電による経済効果や雇用効果が分析されている。

また、地方自治体レベルの経済効果を測定する手段の一つとして、ベルリンにあるエコロジー経済研究所(Institut für ökologische Wirtschaftsforschung: IÖW)が開発した地域経済付加価値モデルが挙げられる(Hirschl et al. 2010)。このモデルは、バリューチェーン(Porter, 1985)を用いており、ラウパッハほか(2015)や小川(2018)などで再エネ各電源特有のバリューチェーンを構築し、日本において入手可能な基礎データを活用して地域経済の付加価値を計算している。

そこで本研究では、地域と共生する再エネの大量導入に向けて、国内で資源ポテンシャルが十分見込まれる洋上風力発電と地熱発電の地域経済付加価値分析(RVA)モデルを新たに作成した。地熱RVAと洋上風力RVAは、それぞれで利害関係がある地域住民や地方自治体との合意形成ツールとして活用することを目的としている。また、RVAの応用で、再エネの大量導入の具体策として考えられる取り組みや政策を定量的に明らかにする。

本論文の構成と分析手法は以下の通りである。第2章では、再生可能エネルギーと地域経済に関する先行研究をもとに他の経済分析手法と比較し、本研究で扱う地域経済付加価値分析モデルの優位性について明らかにする。第3章では、地熱発電の大量導入を阻害する合意形成問題に触れ、地熱発電におけるRVAモデルを作成する。また、地熱RVAを活用して地域と共生する地熱発電の特徴について明らかにする。第4章では、多くの発電事業計画が立ち上がる洋上風力発電におけるRVAモデルを作成し、洋上風力RVAを活用して地域と共生する洋上風力発電の特徴について明らかにする。第5章では、第3章の地熱発電と第4章の洋上風力発電で得た結果をもとに、今後の再エネの大量導入やポストFIT時代に向けて、地元出資率の引き上げを促進する政策

を検証するために地域経済付加価値分析を活用して、再エネの大量導入を促進すると考えられる具体的な方策について論じ、第6章で結論を述べる。

本研究を通して、発電事業や政策選択の合意形成ツールの一つとしてRVAを活用することで、地域と共生する再エネの大量導入やポストFIT時代を見据えて、議論の土台となる具体策の検証と実現に貢献することを目指す。

第2章 地域経済付加価値分析概論

2.1 再生可能エネルギーと地域経済の関係

第1章2節にて、再エネの大量導入のために、地域経済効果の可視化が合意形成ツールの一つとして、発電所設置予定の周辺にいる地域住民や地方自治体に対する理解促進に寄与することが見込まれることを述べた。本節では、再エネと地域経済の関係性について明らかにする。

資源に乏しい日本は、これまでエネルギーを輸入するために毎年10兆円以上の資金を費やしている。エネルギーの輸入額は、世界の市場価格や為替によって大きく変動するが、ここ最近では自動車産業など輸出産業の貿易黒字を打ち消すほどの貿易赤字をエネルギーの輸入だけで占める傾向にある。日本において火力発電所や原子力発電所の多くは、国産メーカーで構成されているため、建設時の設備投資の部分で多くの経済効果が見込まれる。しかし、漏れバケツ理論⁷のように、輸出産業などで利益を生み出しても、国外に流出するお金も多い。漏れバケツ理論とは、穴の空いたバケツに水を注ぎ込んでも漏れてしまうように、経済構造によってはどれだけ稼いでもそのお金は海外に流出していく様子を指す。特に2011年の福島原発事故以降、日本における火力発電の割合が増えた。2013年においては、エネルギー輸入額だけで26兆円(石油約18.6兆円、LNG約7.3兆円)に上り、日本にとってエネルギー支出は最大の貿易収支悪化の要因となっている⁸。

一方で、国内の未利用資源を有効活用する再エネの場合、海外の資源に頼る必要がなく、再エネ資源の多くは日本の地方に点在する。つまり、これまで中東などの資源輸出国に流出していた年間10兆円以上のエネルギー支出は、資源輸出国から日本の地方に移転循環することになる。たしかに、国産メーカーで生産される火力発電や原子力発電とは違い、多くの再エネメーカーは海外メーカーが担うことが多く、設備投資による投資額の多くは海外に流出する。しかし、再エネ導入に伴う設備の設置工事や維持管理は国内企業が担う上に、その多くの事業は発電所設置予定の場所に近い企業が下請けとして選ばれることも多い。そのため再エネの大量導入は、環境保全だけでなく、地域経済の活性化にも貢献することが見込まれる。少子高齢化などで衰退する地域経済にとって大きな景気刺激策になり、2014年から始まった地方創生の取組方針にも合致する⁹。また、海外から輸入する化石燃料と違い、為替リスクや市場リスクも少ないため、安定した価格でエネルギー源を得ることができ、日本のエネルギー安全保障の面においても良い影響を与える。

⁷ Plugging the Leaks (New Economics Foundation)

⁸ 財務省「貿易統計」

⁹ 環境モデル都市/環境未来都市 (環境省)

しかし、再エネの大量導入は地域経済に大きな効果をもたらす可能性がある一方、地方で事業展開される多くの再エネ発電事業者は首都圏資本の企業が主体となっているため、現状では発電事業から得られる利潤の多くは首都圏に流出する。そのため、再エネの発電事業が日本の地方で行われることになっても、そのほとんどの利潤は地域外に流出している。発電所自体は近くにあっても地域に何もメリットがなければ、地域住民や地方自治体の理解を得ることは難しく、発電事業者との合意形成に不安を残すことになる。

ただ、実際には域外資本の発電事業でも、固定資産税や雇用創出などで立地自治体にお金は落ちていることが多い。しかし、発電事業の事業スキームや発電所工事の発注先に大きく左右され、地域の状況や環境によって地域経済効果の度合いも内訳も大きく変わるため、一概に再エネ発電事業に対して地域経済効果の有無を断定することは難しい。

そのため、地域住民や地方自治体のメリットを可視化する手段の一つとして、地域経済効果の可視化への期待は大きい。これまで自分たちの周辺で再エネの設置が計画されても、現在の法律では基本的に発電所を設置する土地の所有者が中心となるため、周辺住民が話に入る機会はほとんどない。しかし、このような手段を活用することで、地域住民や地方自治体の関係者に対して「地域経済効果が見込まれる再エネがある未来」と「再エネを設置しない未来」の間で比較できる選択肢を提示し、地域として再エネにどう向き合うか選択の機会を作ることができる。

これらの一連の関係構築が再エネ発電事業者と地域の間で増え、地元へのメリットの可視化が進めば、環境保全やエネルギー安全保障だけでなく、地域経済にも効果が見込まれる再エネの導入は大幅に増えると考えられる。そこで本研究では、合意形成ツールの一つとして、地域経済付加価値分析 (Regional Value-added Analysis) を取り上げる。

2.2 地域経済付加価値分析 (RVA) とは

2.2.1 国内外における再生可能エネルギーの経済分析

国内外で産業連関分析を中心に、再生可能エネルギーによる地域経済効果を分析した研究が蓄積されている。

日本において、霜浦ほか(2013)では環境産業分析用の地域産業連関分析を用いた地域経済効果を分析し、高知県における太陽光発電に関する地域経済効果の比較分析を行なっている。また、松本ほか (2010、2011)では、拡張産業連関表を用いて、太陽光・風力発電導入による雇用効果を研究している。科学技術動向研究センター(2013)では、太陽光・風力・水力・地熱・バイオマスを対象にした拡張産業連関表による再生可能エネルギー発電施設建設の経済・環境への波及効果分析を行なっている。さらに、本藤ほか(2013)や稗貫ほか(2015)は、拡張産業連関モデルを用いた地熱発電のライフサイクル雇用分析、Nakano ほか(2013)による“Development of a Japanese

Input-Output Table for Renewable Energy and Smart Grid System”で、地熱発電による経済効果や雇用効果が分析されている。地方自治体レベルの産業連関分析においては、都道府県レベルの産業連関表から按分する形が多く、中村(2014)では産業連関表から見る地域経済構造で、地方自治体レベルの産業連関表作成の意義と都道府県レベルから按分する手法について論じている。

海外においても Brietschopf et al. (2011)では、再生可能エネルギーによる雇用創出効果や経済効果に関して、グローバルレベル、国家レベル、地域レベルで体系的にまとめられている。また、Lehr et al. (2011)はドイツの国家レベルでの研究、APPA (2009)はスペインの国家レベルの研究が挙げられる。さらに、地域レベルでは、Coon et al.(2012)で米国ノースダコタ州における研究、Allan et al (2010)ではスコットランドのシェトランド諸島における研究が見られる。

産業連関分析は直接効果と間接効果を含む幅広い産業部門ごとに経済効果を測定することができるため、再生可能エネルギーによる経済効果を評価する手法として幅広く用いられてきた。しかし、地域レベルでの再生可能エネルギー事業において産業連関分析を適用する場合、さまざまな問題に直面し、その結果の信頼性は損なわれる恐れがある (Heinbach et al., 2014)。地方自治体レベルまでデータを加工する過程で、どうしてもその精度は粗くなる傾向にある(小長谷ほか, 2012, 渡邊, 2014)。

特に、地方自治体や複数の自治体による広域連合による地域レベルの測定では、産業連関表への投入データと技術特有のデータは不十分である。それは、本来国内全体を対象とする産業連関表をもとに作成するため、乗数効果や部門数の削減や按分などで得られる地域レベルの産業連関表のデータの質は信頼性が薄くなる上に、地域レベルの産業連関表の基本データも古くなりがちである(Flegg et al., 2010)。

さらに、産業連関表において再生可能エネルギー産業は独立した部門として反映されていない。現在は多くの場合、火力発電を含む電力部門やエネルギー全般に関わる部門にまとめられることが多く、再生可能エネルギー事業の特徴や構造を正確に捉えているとは言い難い(Brietschopf et al., 2011)。正確な産業連関分析のためには、再生可能エネルギー関連企業の特定のコストや収益構造に基づいて新たに再生可能エネルギー部門を作って測定する必要がある (Raupach-Sumiya et al., 2015)。

これらの産業連関分析の限界に対応するために、再生可能エネルギー産業に特化したバリューチェーン分析と連携した付加価値分析モデルを用いることで、再エネによる地域経済の直接効果を評価する代替的なアプローチを開発したのが、ベルリンにあるエコロジー経済研究所(Institut für ökologische Wirtschaftsforschung: IÖW、以下、IÖW モデル)の地域付加価値分析である。IÖW モデルは、バリューチェーン理論 (Porter, 1985)を用いて、再エネ各電源特有のバリューチェーンを構築することで、地域で設置される再エネの地域付加価値を明らかにする(Hirschl et al.,

2010)。他にも、トリア大学応用マテリアルフロー研究所 (IfaS) や分散型エネルギー技術研究所 (IdE) など様々なシンクタンクが再エネの費用構造を推計し、バリューチェーンアプローチに基づいて再エネの地域付加価値の分析を行っている。各モデルで分析箇所や対象の再エネ電源など多少の差異はあるが、基本的に地域に焦点を当てた分析という点で共通している(小川, 2018)。

2000年に入り、ドイツで急激に再エネが普及した背景には、地域住民や地方自治体が主体となって自らの手でエネルギーを生産する「エネルギー自治¹⁰」の考えが根差していたことも要因として考えられている。このような分析は、実際の地域のエネルギー計画や気候変動対策などに活用され、環境面だけでなく地域経済面でも地域に便益をもたらすことを明示している(Raupach, 2014)。

地域付加価値分析では、地域特有に発生した付加価値のボトムアップのアプローチで、事業者の税引後利潤、地方税収、従業員の可処分所得の付加価値の配分を分析することができる(Heinbach et al., 2014)。そのため、地域付加価値分析から得られる結果は地方レベルなどの小さな地域経済効果に対して、実際のプロジェクトで得られたデータを積み上げることで検証できるため、信頼できる結果をもたらす(中山ほか, 2019)。地域付加価値分析は、地方自治体レベルの経済効果を測定する手段の一つとして考えられている。本研究では、IÖWモデルをベースに、地熱発電と洋上風力発電に特化した地域経済付加価値分析(RVA)と、その応用について明らかにする。

2.2.2 地域付加価値の定義

地域付加価値とは、発電という生産が行われたとき、その活動と、その一段階上流の生産活動が生み出す付加価値のうち、分析の対象地域の所得になる部分を測定する。

地域経済付加価値分析(RVA)とは、バリューチェーン理論をもとに、再エネ事業による経済活動を主活動と支援活動の機能別に分解して得られる付加価値のうち、地方自治体をはじめとする再エネの対象地域に関わる地域の付加価値を抽出して推計する分析手法である。

RVAが用いるPorter(1985)が提唱したバリューチェーン理論は、企業の経済活動を機能別に分解してどの部分で付加価値が発生するか明らかにする。バリューチェーンとは、原材料の調達から商品やサービスが顧客に届くまでに企業が行う活動の連鎖を捉えたものであり、原材料を製品にして顧客に届けるまでの過程で行われる主活動と、主活動をサポートする支援活動に分けられる。主活動とは製造・物流・販売で、支援活動は調達・人事・技術開発・企業管理などを指す。バリューチェーン分析では、個別の活動ごとに切り分けて分析することで、どの工程で高い付加価値を生み出し、どの工程に問題があるのかを可視化する。

¹⁰ 諸富(2015)

このように、バリューチェーン理論を用いて、再エネ各電源特有のバリューチェーンを新たに構築することで、地域で設置される再エネの地域付加価値を明らかにしたのがIÖWモデルである(Hirschl et al., 2010)。IÖWモデルでは、Porterのバリューチェーン理論とは違い、バリューチェーンの一部となる発電事業による付加価値と関連産業による付加価値のみを測定する。そのためIÖWモデルで活用するのは、すべての主活動と支援活動を足し合わせるPorterのバリューチェーン分析と違い、発電による生産活動とその一段階上流の生産活動が生み出す付加価値のみを対象とした再エネ事業に特化して作成したバリューチェーン分析の簡便版である。そして、再エネ版バリューチェーン分析から得られる付加価値のうち、再エネを設置する対象地域に関連する付加価値のみを抽出したのが地域付加価値である。

Heinbachほか(2014)では、IÖWモデルを用いて各電源の設備容量あたりの地域付加価値や、ドイツの平均的な基礎自治体の付加価値を示している。ラウパツハほか(2015)と小川ほか(2018)では、バリューチェーンアプローチを用いるIÖWモデルに基づいて、日本における同様の再生可能エネルギー事業に関わる一連のデータをもとに、太陽光・風力・小水力・バイオマスにおける地域付加価値分析モデルの構築に取り組んでいる。また、日本特有の地熱発電においても山東(2017)で新たなモデルを作成した。

2.3 RVA の試算方法

2.3.1 RVA の構造

地域の付加価値を試算するためには、各電源の発電事業で投じた総投資額や支出の内容を細分化して分析する必要がある。RVAでは、再エネ発電事業の試算を明確にするために、発電事業を特別目的会社(SPC)で運営することを仮定する。その上で、発電事業全体のライフサイクルを4つの段階に分解する。①「システム製造段階」、②「計画導入段階」、③「運営維持段階(O&M)」、④「システムオペレーター段階」である。表1は、太陽光・風力・小水力・バイオマスにおける再エネのバリューチェーン、表2は地熱における再エネのバリューチェーンである。

表 1 再エネ(太陽光・風力・小水力・バイオマス)のバリューチェーン

事業開始後【1回限り】
① システム製造段階
② 計画・導入段階
操業開始後毎年【20年間(計40年間)】
③ 運営・維持 (O&M) 段階
④ システムオペレーター段階

出所：中山(2016)より著者加筆

表 2 再エネ(地熱)のバリューチェーン

事業開始後【1回限り】
① システム製造段階
② 計画・導入段階
操業開始後毎年【15年間(計40年間)】
③ 運営・維持 (O&M) 段階
④ システムオペレーター段階

出所：中山(2016)より著者加筆

これらの再エネのバリューチェーンは、初期投資段階と事業運営段階に分けられる。初期投資段階とは、①「システム製造段階」と②「計画導入段階」にあたり、発電事業の計画段階から発電所の操業開始までの期間に相当する。事業運営段階とは、③「運営維持段階(O&M)」と④「システムオペレーター段階」にあたり、発電所の操業開始から発電事業の終了までに相当する。地域付加価値を試算するにあたって、初期投資段階は初年度の1回だけ含まれ、事業運営段階においては発電終了までの毎年が試算に含まれる。

「システム製造段階」とは、発電所の設備費用にあたる段階を指す。地熱発電においては発電機や配管設備などにあたり、洋上風力発電においては風車や基礎部分などにあたる。「計画導入段階」とは、発電所の計画と建設段階を指す。発電所導入に向けた調査から発電所の組み立て工事など、発電事業の設計企画費や工事費にあたる。「運営維持段階(O&M)」とは、発電所維持に必要な運営段階を指す。発電所の運開後に発生する保守のための維持管理費などのサービスや人件費など毎年必要な支出を指す。その他に、発電所の地代や銀行融資に伴う支払利子、発電所の保険費、そして発電事業の初期投資の価値から定額法で償却する減価償却費があたる。最後に「システムオペレーター段階」とは、発電事業から生まれた所得を指す。その中には、毎年計上される税引後利潤や地方税収なども含まれる(諸富, 2013)。

4つの段階に分けられたそれぞれのバリューチェーンは、再生可能エネルギー事業で発生した費用のコストデータをもとに、さらにその費用項目を細分化する。発電事業の事業検討段階でRVAを活用するなど、RVAの作成目的によってはコストデータが確定していない場合があるが、これらのデータが詳細であればあるほど精度の高いRVAを試算することができるため、各段階で費やされた投資額の詳細なデータが入手できる限り費用項目を細分化する。

表 3 コスト内訳表

	発電規模 (kW)	データ：METI kWあたりの費用 (円)	地元調達率 %	データソース	
				業種分類	業種コード
円/kW (15年間平均)					
設備投資					
1.直接投資 (設備費)					
2.間接投資					
企画/プロジェクト管理				学術研究、専門・技	83
調査・開発					
敷地造成費				建設業	15
道路建設費				建設業	15
掘削工事費				建設業	15
調査費補助					
その他調査費				学術研究、専門・技	83
設置					
敷地造成費				建設業	15
掘削工事費				建設業	15
基礎工事費				建設業	15
設備工事費				建設業	15
電気工事費				機械等修理業	89
配管工事費				建設業	15
土地補償費				土主	
3.事業運営コスト				合計 (初期投資)	
運営					
O&M費用				機械等修理業	89
修繕費				機械等修理業	89
直接人件費				事業者	
土地賃料				土主	
温泉使用料				土主	
一般管理費				電気業	70
保険費				損害保険業	96
支払利息				銀行	91
減価償却費					
固定資産税				税金	
電気事業税				税金	
支出合計				事業者	
売上				合計 (事業運営)	
経常利益					

Heinbachほか(2014)と同様、コスト内訳表(表3)では手に入れたコストデータを発電所の設備容量1kWあたりの値に変換する。その理由は、幅広い発電規模(kW)の地域付加価値分析を柔軟に試算できるようにするためと、各電源の付加価値を比較分析するためである。

また、コストデータを収集する際に、各工事のコストデータだけでなく、その金額に占める地元調達率についても詳細なデータがあるほど分析の精度を高めることができる。地元調達率とは、各工事の金額のうち対象地域からの調達の割合を示したものである。例えば、再エネの発電事業による対象地域XへのRVAを知りたい場合、発電事業に関わる各工事のコストのうち、地方自治体Xの地元企業や業者に関わる金額の割合を確認する。都道府県単位や複数の地方自治体への影響を試算したい場合は、地元調達率の範囲をそれぞれ都道府県や自治体連合への地元調達率に設定すれば試算することができる。

2.3.2 地域付加価値の3要素

RVAで導き出される地域付加価値は、大きく分けて①事業者の税引後利潤、②従業員の可処分所得、③地方税収の3つの要素から成り立つ(図1)。コストデータをもとに作成された再エネ事業の各費用項目を用いて、各費用項目で発生する税引後利潤・地方税収・可処分所得の3要素をそれぞれ算出し、最終的に各要素を足し合わせたものが地域付加価値額となる。

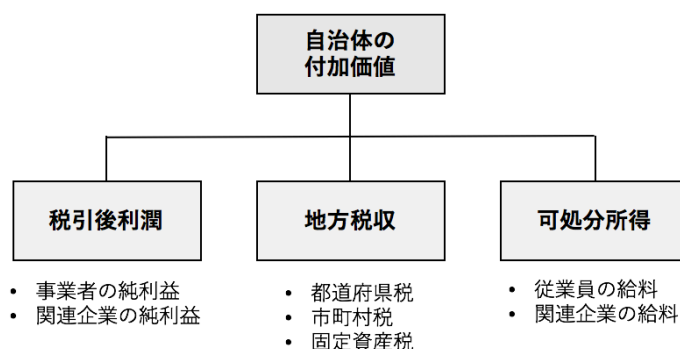


図 1 地域付加価値の3要素

RVAは、税引後利潤・地方税収・可処分所得から構成される地域の付加価値を推計するために、財務省が毎年公開している法人企業統計を活用する。表3のように、発電事業の設置工事費や土木工事費などが対象となる建設業や、維持管理費や修繕費が対象となる機械等修理業など、コスト内訳表の各費用では、法人企業統計に基づいて業種を分類している。本研究では、平成29年度法人企業統計で公開されている各業種の数値をもとに、各業界の売上に占める給与と社会保険料の割合と、売上に占める利潤の割合を算出する。

事業者の税引後利潤とは、再エネ事業者(SPC)とその関連企業で要した税引き前利益から税金分を差し引いた金額である。表3の費用項目において、業種ごとに違う法人企業統計の売上に占める税引前利潤の割合から、各費用項目の税引前利潤を算出する。例えば、発電所の建設工事を請け負った建設会社が受ける税引前利潤は、法人企業統計における建設業の売上に占める税

引前利潤の割合から算出し、そこから税金を差し引いて税引後利潤を算出する。税引後利潤の内訳は、発電事業者の内部留保・配当・地代・利子と発電事業における関連事業者の内部留保である。発電事業者の内部留保とは、発電事業者が得た利潤のうち企業の資本として蓄積したものである。配当とは、利潤のうち株主への配当金を指す。地代は発電事業で発生した土地代などによる所得を指し、支払利子は銀行融資によって発生する。RVAでは、すべての費用項目のうち、発電事業者と関連事業者に関わる地元調達率分の費用項目の税引後利潤を足し合わせたのが図1の税引後利潤である。なお本研究では、SPCの配当性向は100%と仮定するため、発電事業で得た利潤はすべて株主に配当すると仮定する。また、関連事業者は地元企業とした場合、地元出資率100%の地元企業として仮定する。

本研究において従業員の可処分所得は、法人企業統計から各業界の売上に占める給与と社会保険料の割合から税金を差し引いて可処分所得を算出する。ここでは発電所運営の人件費だけでなく、関連事業者による各事業に要した人件費も法人企業統計から算出する。なお、社会保険料は通常いつ自分に返ってくるかわからないが、本研究では社会保険料を支払った分将来的に自分で100%戻ってくると仮定する。RVAでは、すべての費用項目のうち、発電事業者と関連事業者に関わる地元調達率分の費用項目の可処分所得を足し合わせたのが図1の可処分所得である。

自治体の地方税収は、再エネ事業を行う上で発電事業者と関連事業者のすべての費用項目によって生じた固定資産税や法人住民税など地方自治体に納税される金額を足し合わせたものが図1の地方税収である。なお、本研究では現時点の日本国内の税制度に従って作成した。

2.4 経済分析手法の比較

2.4.1 産業連関分析 (IOA) との比較

産業連関分析 (Input-Output Analysis) とは、最終需要が粗付加価値をどれだけ誘発するかを測定する分析である。財やサービスなど産業別の生産構造と販売構造を見ることができ、経済構造の把握や生産波及効果の計算に使われている。前述の通り、再生可能エネルギーにおける地域経済効果の測定では、国内外で産業連関分析が広く活用されている。その理由の一つは試算の簡便性にある。日本において産業連関分析で用いる産業連関表は、政府が多くの人材と資金をかけて5年に一度作成されている。これらの産業連関表は各都道府県や政令指定都市などでデータが公開されているため、再エネによる投入データを入力すれば、その地域における経済構造に応じた経済波及効果の推計が算出できる。オリンピックや万博などの経済波及効果を算出する場合にも産業連関分析が活用されていることが多い。このように再エネだけでなく、幅広い経済活動

で活用されている産業連関分析だが、一方で経済効果の分析目的によっては超えられない限界がある。

一つには、市町村レベルの産業連関表の作成は難しい。産業連関分析の試算のベースは、都道府県や政令指定都市の産業連関表をもとに試算されているが、産業連関表の作成には多くの時間と予算を必要とする。そのため、財政規模が小さい市町村が独自の産業連関表を作成するにはハードルが高い。しかし、地域資源を活用する再エネにおいて、地域住民や地方自治体から理解を得るためには、できるだけ身近でわかりやすい市町村レベルの経済効果測定が求められる。いまのところ、市町村レベルの産業連関分析は、都道府県レベルの産業連関表から按分する形で行われている。中村(2014)による産業連関表からみる地域経済構造で、自治体レベルの産業連関表作成の意義と都道府県レベルから按分する手法について論じている。しかし、渡邊(2014)でも最後に論じているように、市町村レベルまでデータを加工する過程で、どうしてもそのデータ精度が粗くなる傾向にある。

次に、産業連関表のデータが古い点にある。産業連関表の作成は時間がかかるうえに、総務省が中心となって5年単位で公開される。そのため、産業連関表を用いた産業連関分析のデータは開示された時点で古いものにならざるを得ない。2020年時点において利用できる産業連関表は2015年版となる。また、FIT以降、再エネに関する政策は電力小売の自由化や発送電分離など大きな変化があり、今後も再エネ分野における経済状況や経済構造も大きく変化する可能性がある。公共工事など従来の産業構造に基づいた試算をする場合は問題ないが、2012年のFIT施行後に急激に導入が進んだ再エネ分野において5年のタイムラグは大きい。

三つ目に、産業連関表の中で扱うエネルギー産業の特性は、電力・ガス・熱供給が含まれている。細分化された産業連関表における部門分類においても、想定されている電力部門の多くは石油や石炭による火力発電など海外から燃料を輸入するモデルを前提としている。一方、再エネは国内の地域資源を活用するモデルを前提としているため、産業連関表内のエネルギー産業特性とは全く異なった産業構造を有する。これらの変化を追った経済分析のためには、再エネに特化した部門の新設が必要不可欠になる。

このように、再エネの地域経済効果を測定するには、市町村レベルで再エネの効果を測定する別の手法が求められている。

2.4.2 地域経済分析システム(RESAS)との比較

地域経済分析システム(以下、RESAS)とは、2016年から内閣府が産業構造や人口動態などの官民のビックデータを集約して可視化したシステムである¹¹。地方創生の実現に向けて、都道府県

¹¹ 内閣府 RESAS(地域経済分析システム)

や市町村などの地方自治体が客観的なデータに基づく地域の現状や課題を把握することも目的としている。RESAS の中には地域経済循環マップがあり、再エネにおける RESAS の活用も行われている。RESAS の幅広い活用を官民に促進するために、RESAS の活用に関するコンテストを開催するなど、再エネにおける地域経済への影響を把握する手段として期待されている。RESAS は、産業連関分析と同様、投入データを入力するだけで全体的な地域経済効果を算出することができる簡便なツールである。内閣府が中心となって官民のビッグデータをもとに作成されたためデータの信頼性も高い。幅広い分野で活用されている RESAS だが、産業連関分析と同じく経済効果の分析目的によっては超えられない限界がある。

一つ目は、RESAS では各プロジェクトの特性に合わせたカスタマイズが難しい点である。RESAS は最低限の入力情報で多くの推計を得ることができる簡便なツールである一方、ほとんどのデータ元のビッグデータはブラックボックスになっており、地域の経済構造や経済環境などの特性に合わせた柔軟な推計が難しい。例えば、発電事業の自己資本における地元出資率の設定は可能であっても、発電稼働後に地元出資率が変動する想定は RESAS ではされていない。本研究では、地域住民や地方自治体との合意形成を目的とした経済分析ツールを目指している。RESAS では、地方自治体の経済構造に基づいた経済効果の推計は可能であるが、一方で地域の実情や環境に合わせた柔軟な試算を可能とする経済分析ツールが求められるため、柔軟な推計が難しい RESAS ではその点を補うのは困難である。

次に、RESAS では時系列を通して試算することが難しい点にある。RESAS は、地方創生の実現に向けて、地方自治体が客観的なデータに基づく地域の現状や課題を把握するために運用されている。そのため、RESAS が導き出す推計は基本的に算出した現時点の推計が主となる。しかし、地域住民や地方自治体との合意形成で求められる経済分析では、発電事業の計画策定時点のデータだけでなく、発電事業の稼働後の数十年の経済効果の分析も重要である。数十年の間に経済状況や経済構造が変化することは十分に考えられるため、稼働後に経済効果分析の条件を修正できる柔軟な分析ツールである必要がある。地域住民や地方自治体に対して、経済効果の結果だけでなく、数十年続く発電事業における経済効果の過程においても可視化する必要がある。

2.4.3 RVA の特徴

地域住民と地方自治体との合意形成に活用できる経済分析手法として、本研究では地域経済付加価値分析(RVA)を取り上げている。前述の産業連関分析や RESAS がすでに幅広い分野で活用されているが、本研究が目的としている合意形成ツールとしての経済分析には RVA の特徴と合致している点が多い。

一つ目は、RVA の試算は市町村をはじめとする地方自治体レベルで経済効果の試算ができる点にある。RVA が利用するデータは基本的にボトムアップアプローチで試算するため、地元出資

率や地元調達率を調整すれば、経済効果を導き出したい地域の付加価値を算出することができる。都道府県レベルを基本とする産業連関表を用いた産業連関分析に比べて、地方自治体レベルの試算を可能とするRVAは、地域住民や地方自治体との合意形成ツールに適している。

次に、各発電事業の状況や環境に合わせて柔軟な経済分析が可能な点である。発電事業における地元出資率や地元調達率は、試算する地方自治体の規模によっても大きく変わる。例えば、大都市で展開する再エネ事業と小さな村で展開する再エネ事業では、地域内に抱える資本力や企業の多様性に大きな違いがあるため、同条件の発電事業であっても地域に落ちるお金は大きく変わってくる。また、地域の大小問わず、地域の経済状況や経済環境の違いによって、同条件の発電事業であっても、事業スキームの形が変わることは考えられる。さらに、発電事業の計画時点と発電稼働後の長い数十年の間でも地域の状況と環境に大きな変化が起きることも考えられる。総務省が作成する産業連関表や内閣府が運用するRESASは基本的にその中身は公開されておらず、公開されている確報をもとに経済効果を推計するため、合意形成ツールとしてはRVAのように実際のプロジェクトに近い条件で柔軟な経済分析の方が適している。

三つ目の特徴は、発電事業による直接効果とその関連事業による効果のみを測定するRVAの確実性である。第2章2節2で述べたように、RVAはバリューチェーンの簡便版である再エネに特化したバリューチェーンをもとに推計している。そのため、間接効果も含む産業連関分析やRESASに比べると、RVAの推計は低めに算出される傾向にある。しかし、時代の変化が激しい現代において、過去のデータをもとに算出した間接効果の予測は難しく、直接効果のみのRVAに比べて確実性に劣る。地域住民や地方自治体にとっても、大きな地域経済効果は大歓迎だが、その内訳の信頼性がなければ理解を得るのは難しい。一方RVAは、再エネ事業のみを対象とするため、地域住民にとってもシンプルで理解しやすい。

四つ目は、RVAの試算は経済分析に必要なデータの収集に左右されるということである。RVAの試算はできるだけ実際のプロジェクトに近い推計を出すことを目標としているが、収集できるデータが少ないとその精度は落ちる。例えば、発電事業に関わるコストデータが明らかであっても、各コストの地元調達率が不明の場合、それぞれの地元調達率に仮定の数値を入れる必要がある。特に、発電事業の計画段階においてその時点で不明なデータが多い場合、仮定の数値を入れて試算する。産業連関分析やRESASと比べると、地元調達率のデータ収集が必要であるが、地域住民との合意形成で地域に落ちるお金について議論する際には詳細なデータは重要である。

このように、IOA・RESAS・RVAはそれぞれ作成した背景と利用目的が少しずつ異なっており、それぞれの場面と用途で使い分けすることができる。表4では、それぞれの分析手法の特性を比較している。本研究においては、再エネの大量導入の障害の一つとなっている地域住民や地方自治体などの合意形成を促進することを目的としているため、推計範囲・再エネ部門・柔軟性・確実性・時系列を重視してRVAに焦点を絞る。

表 4 経済分析手法の比較表

比較項目	概要	IOA	RESAS	RVA
推計範囲	推計できる地方自治体レベル	△	○	○
再エネ部門	再エネに特化した分析	△	○	○
柔軟性	柔軟な経済分析	△	×	○
波及効果	幅広い効果の推計	○	○	×
確実性	確実性の高い推計	△	△	○
時系列	推移する長期間の分析	×	×	○
データ収集	収集すべきデータの種類	○	○	△

*IOA:産業連関分析 (Input-Output Analysis)

*△:○には劣るが、工夫次第で解決できる場合

第3章 地熱発電における地域経済付加価値分析

3.1 地熱発電の概要

3.1.1 地熱発電について

地熱発電とは、地下から高圧高温の蒸気や熱水を用いて電気をつくるシステムである。これを通常、フラッシュ式発電という。フラッシュ式地熱発電は、深さ数kmまで地熱井戸を掘削して、地熱貯留層と呼ばれるマグマの熱によって温められた蒸気と熱水を取り出す。この地熱貯留層が地表まで達成しているのが温泉である。地熱探査で地熱貯留層の存在が確認できれば、これに向かって地下3kmぐらいまで地熱井戸を掘削し、200℃から350℃程度の高圧熱水を取り出す。この高圧熱水は、掘削によって自然に上昇して減圧すること(減圧沸騰)で蒸気となり、その蒸気圧でタービンを回して発電する。

地熱発電には、フラッシュ式発電とバイナリー式発電の2種類がある。バイナリー式発電とは、アンモニア水など水より沸点の低い媒体を使うことで、比較的圧力や温度の低い蒸気や熱水で発電することができる。100℃程度の温泉水や既存の地熱発電所からの温排水を二次利用した発電も可能であるため、新しく地熱井戸を掘削せずに未利用の温泉資源を活用できる発電方式として認知されている。

3.1.2 地熱発電の特徴

地熱発電の特徴の一つとして、火力発電のように化石燃料を燃焼させて発電するものではなく、自然に存在する蒸気と熱水を利用する発電であるため、外部から燃料を調達する必要はない。また、発電時には化石燃料を使わないため、火力発電のように多量のCO₂を排出することはない。

地熱発電のもう一つの特徴としては、太陽光発電や風力発電のように、天候の変化に影響されず、比較的安定した発電ができる。太陽光と風力の設備利用率は、それぞれ14%程度及び20%程度である一方、地熱発電の設備利用率は平均70%程度と高い。

このように、地熱発電は、環境に良い安定した電源である。導入量の多い太陽光発電と風力発電には見られない特性であり、ベストミックスでお互いを補完し合う安定したベースロード電源や調整電源として期待される。

3.1.3 地熱発電の課題

2011年の福島原発事故以来、全国の地熱資源を有する多くの地域で地熱発電導入についての検討が実施された。特に、2012年に始まった地熱開発理解促進事業¹²⁾によって、地域住民や地方自治体主導で地熱発電について検討する土壌が生まれた。しかし、検討された多くの地域では地熱発電の導入には至っていない。地熱資源ポテンシャルを有しており、地熱発電の歴史は古いにもかかわらず、日本において導入が進まなかった背景には主に4点ある。

一つ目は、発電コストの問題である。発電開始のために必要な地熱調査や掘削工事などの初期投資は発電事業者が負担することになっているにも関わらず、掘削の結果、地熱資源が出なかった場合のリスクは大きく、これまで投資に見合う収益を見込むことができなかった。これについては、FIT(地熱発電15,000kW以上は26円/kWh、15,000kW未満は40円/kWhで買取期間は15年)の導入で事業性は大幅に改善しつつある上に、地熱調査や掘削工事のリスクについてもJOGMECの支援制度が厚くなっている。これまで多くの事業者が地熱発電事業に参加していたため、地熱発電に対する資本や資源が分散されている。今後必要と考えられるのは、地熱発電事業に関するノウハウや人的資源の集約をすることで、複数の発電事業を同時に実施することによる調達コストや管理コストの低減が求められる。

二つ目の課題は、国立公園の問題である。日本における地熱資源の80%は国立公園地域に存在し、これまで地熱開発に着手することができなかった。この点については、近年の規制緩和で、環境に調和した優良事例であれば、国立公園内での地熱発電も認められるようになった(環境省,2015)。今後必要と考えられるのは、規制緩和された国立公園内で地熱発電の無秩序な乱立と乱開発を防ぐために、ニュージーランドのような地熱ゾーニングを設けることである¹³⁾。地熱ゾーニングとは、対象となる地熱地区を「保護」か「開発」に分類し、開発可能と判断された地区につき1事業者と限定することで、環境に調和した持続可能な地熱発電づくりに取り組むことができる。

三つ目の課題は、地熱発電所が完成するまでのリードタイムの長さである。太陽光発電の場合は計画から数ヶ月で設置可能である。環境アセスメントが必要な風力発電においても数年で設置が完了する。しかし、地熱発電は地熱資源調査のために数年かかる地表調査や掘削調査の実施に加えて、環境アセスメントでさらに数年間を要する。環境アセスメントが終わり次第、発電所に必要な地熱井の掘削を開始し、同時に発電所の建設にも取り掛かる。大規模な地熱発電の場合、この時点で約10年を要することもある。これまでに環境アセスメントの期間短縮が何度か実施されたが、発電事業者にとって大きな負担であることは変わらない。今後必要と考えられることは、地熱先進国であるアイスランドやニュージーランドのように、政府主導で地熱資源の掘削工事や環境アセスメントなどの大規模な地熱調査を進める必要がある。

¹²⁾ 平成 24 年度地熱資源開発調査事業費 (JOGMEC)

¹³⁾ Luketina (2010), New Zealand geothermal resource management, A regulatory perspective

四つ目の課題は、温泉地との合意形成の問題である。日本は地熱資源大国であり、温泉大国でもある。温泉資源の周辺には観光地が多く、温泉が屋台骨の主産業である地域も多い。そのため日本では、温泉地の周辺にできる地熱発電によって大事な温泉が枯渇することを懸念する地元温泉事業者による反対が多い。国内外の多くの科学的な研究によって、地熱発電と温泉の資源はお互いほとんど影響を与えないと報告する研究も多いが、第1章2節でも述べたように、地域住民や地方自治体にとって少しでもリスクのある場合は、地熱発電に対する理解を得ることは難しい。これらのリスクを上回るメリットを示し、定量的な選択肢を提示することが合意形成の始まりである。

地熱発電における合意形成に関する研究は、窪田(2012)と上地ほか(2013)で論じられている。窪田(2012)では、地熱開発事業者と温泉事業者による地域共生に向けた方策について、リスク評価とリスク管理の重要性を挙げた。上地ほか(2013)では、地域との合意形成を経て立地に至った事例と失敗に終わった事例を比較分析した結果、合意形成に重要な要素として地域住民の便益認知・リスク認知・手続的公正性を挙げた。このように、地熱発電における合意形成の課題は、地域住民を含む多くの利害関係者が関わるため複雑化されやすい。その中で、議論の土台となる地域の選択肢の中に、定量的な評価を含む議論の材料を提供する必要がある。本研究では、このような合意形成の際のコミュニケーションツールの一つとして、RVAを活用することを想定している。

3.2 地熱 RVA モデル

3.2.1 モデル作成の背景

IÖWモデルを活用したHirschl (2010)とHeinbach (2014)では、太陽光・風力・バイオマス・小水力発電特有のバリューチェーンを構築して、各電源のkWあたりの地域付加価値を試算している。このモデルの中では、ドイツ特有の制度や市場等に合わせたデータを利用している。つまり、各電源の各発電規模において、ドイツの平均的な自治体に適用可能となった。そのため、中山ほか(2016)では、日本版の地域付加価値分析のために、税制度など日本特有のデータを加え、日本における各電源の地域経済付加価値モデルを試算した。

しかし、Heinbach (2014)では、地熱発電を地域経済付加価値分析の対象としていない。分析対象から除外されていた背景には、IÖWモデルが生まれたドイツや欧州では、地熱発電の資源ポテンシャルが限られていたことが挙げられる。中山ほか(2016)においても、IÖWモデルをベースにしているため、分析対象の中に地熱発電は含まれていない。

地熱発電は、これまで作成されてきた他の再エネ電源と異なる費用構造を有しているため、地熱発電において新たなバリューチェーンを構築した地域経済付加価値分析モデルを必要としている。そのため本節では、新たに地熱発電独自のバリューチェーンを構築し、各段階における費用項目を細分化し、地熱発電版の地域経済付加価値分析モデルを作成した。

3.2.2 コストデータ(JOGMEC)

本研究では、先行研究をもとに、既存の地熱発電における発電所の建設時と事業運営時のコストデータを活用して、100kW・2,000kW・30,000kWの地域経済付加価値分析モデル(以下、RVAモデル)を作成した。

100kW地熱発電(以下、小規模地熱)は、未利用の地熱源泉を利用するバイナリー式発電を想定している。2,000kW地熱発電(以下、中規模地熱)と30,000kW地熱発電(以下、大規模地熱)については、新たに地熱井戸を掘削するフラッシュ式発電を想定する。3つの発電規模の設定は、それぞれ小規模・中規模・大規模モデルになるように設定した。小規模地熱においては、平成26年度「小規模地熱発電プラント設計ガイドライン」のコストデータを基礎データとして用いた。中規模地熱と大規模地熱においては、平成24年度第3回調達価格等算定委員会にて提示された日本地熱開発企業協議会作成のコストデータを基礎データとして用いた。

地熱発電に関するコストデータは、他の電源に比べて公表されたデータが少なく、本研究ではFITで参考に行っているデータを活用するに至った。地熱発電におけるコスト内訳表が表5である。

表 5 コスト内訳表(地熱発電)

発電規模 (kW)	地熱発電RVA (kW)	データ: METI		データソース		個人所得		税引前利潤	税金	付加価値額
		円/kWh (15年間平均)	内訳	kWhあたりの費用 (円)	%	業種分類	業種コード			
設備投資				¥1,082,625						
1.直接投資 (設備費)	発電設備費+蒸気生産設備			¥295,833	0%					
2.間接投資				¥786,792						
企画/プロジェクト管理				¥0	100%	学術研究、専	83	¥0	¥0	¥0
調査・開発				¥313,192						¥0
敷地造成費	敷地造成費			¥10,300	100%	建設業	15	¥1,478	¥760	¥469
道路建設費	道路建設費			¥37,333	100%	建設業	15	¥5,358	¥2,755	¥1,699
掘削工事費	調査井掘削工事費 × (1-掘削成功率)			¥296,867	100%	建設業	15	¥42,609	¥21,906	¥13,510
調査費補助	(調査・開発費-掘削費) × 調査費補助			¥48,975						¥0
その他調査費	地表調査費+設計費+貯留槽評価費+経済性評価費+環境調査費+環境アセス			¥17,667	0%	学術研究、専	83	¥0	¥0	¥0
設置				¥473,600						¥0
敷地造成費	敷地造成費			¥23,133	100%	建設業	15	¥3,320	¥1,707	¥1,053
掘削工事費	生産井掘削工事費 × (1-掘削成功率)			¥250,533	100%	建設業	15	¥35,959	¥18,487	¥11,402
基礎工事費	発電所基礎工事費			¥40,967	100%	建設業	15	¥5,822	¥2,994	¥1,846
設備工事費	構築物建設費			¥51,967	100%	建設業	15	¥7,459	¥3,835	¥2,365
電気工事費	送電線建設費			¥50,000	100%	機械等修理業	89	¥14,360	¥1,967	¥3,402
配管工事費	配管工事費			¥56,233	100%	建設業	15	¥8,071	¥4,150	¥2,559
土地補償費				¥1,167	100%	土主				¥1,167
3.事業運営コスト						合計 (初期投資)		¥124,436	¥58,560	¥39,471
運営										¥255,735
O&M費用	その他稼働費			¥1,500	100%	機械等修理業	89	¥431	¥59	¥102
修繕費	修繕費 (平年時と定検時の平均)			¥4,350	100%	機械等修理業	89	¥1,249	¥171	¥296
直接人件費	所長、電気主任技師、事業員			¥3,000	100%	事業者		¥2,700	¥300	
土地賃料	土地賃料			¥0	100%	土主				¥0
温泉使用料				¥0	100%	土主				¥0
一般管理費				¥267	100%	電気業	70	¥11	¥3	¥11
保険費				¥0	0%	損害保険業	96			¥10
支払利息	設備投資*自己資本率%/15年*利率%			¥0	100%	銀行	91	¥0	¥0	¥0
減価償却費	設備投資/15年間			¥72,175						¥0
固定資産税				¥6,391	100%	税金				¥6,391
電気事業税				¥0	100%	税金				¥0
支出合計				¥87,682	0%	事業者			¥90,016	¥13,237
売上	発電機率*設備利用率*26円/kWh			¥177,698		合計 (事業運営)		¥4,391	¥533	¥90,425
経常利益				¥90,016					¥19,790	¥115,140
										64.8%

地熱RVAを算出する表5の中で、地熱発電特有の費用項目は、初期投資段階において地熱調査費と地熱井を掘るための掘削費である。事業運営段階においては地熱井使用料に相当する蒸気使用料や温泉使用料が地熱発電特有のコストであり、これらは土地賃料の中に含まれる。

試算する地域付加価値額は、FITの買取期間である15年間の運用を前提としている。そのため本研究では、15年間の地熱発電事業で新たに発生する工事や事業収入などで得られる地域経済付加価値額の試算を対象とする。

初期投資段階においては、主に敷地造成費や道路建設費などの土木工事や、発電所の建設工事は地域の建設関係会社が請け負うことも可能と判断し、RVAに利用する費用項目として抽出した。事業運営段階においては、地元雇用を想定した人件費や発電所用地の土地賃料費などを抽出した。温泉使用料のコストデータは不足していたため、今回の想定からは除外した。

なお、本研究では発電タービンなどの設備費などの直接投資については地域付加価値と関係ないと仮定しているため、地元調達率は0%とし、これらの費用項目は表5から表記を省略している。また、実際の発電所工事では地域内企業と地域外企業が合同で取り組む事例も多いが、本節の試算では地元雇用や地域内企業による建設工事であることを想定しており、抽出したすべての費用項目の地元調達率は100%と仮定している。また、地熱井の掘削の結果、地熱資源を得られない可能性もあるため、本研究では掘削成功率を50%と仮定し、掘削工事費のコストを2回分計上している。

3.3 地熱RVAの試算結果

3.3.1 地熱RVAの基本シナリオ

こうして得られた小規模地熱(100kW)、中規模地熱(2,000kW)、大規模地熱(30,000kW)のデータは図2と図3の通りである。

図2と図3は、初期投資段階と事業運営段階における各発電規模の地域経済付加価値額と地域経済付加価値率を示している。地域経済付加価値分析から得られるkWあたりの付加価値額とは、第2章3節の表2のように、初期投資段階においては発電所の稼働初年度、事業運営段階においては15年間毎年創出される付加価値額の平均をkWあたりで出したものである。

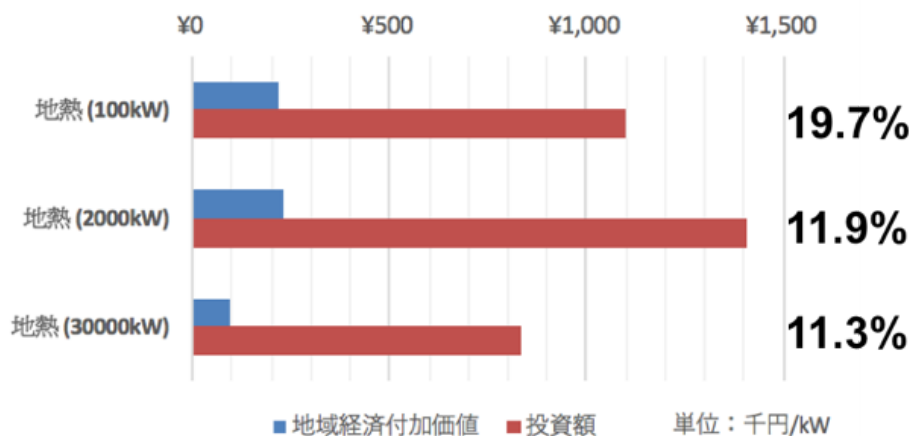


図 2 初期投資段階における地熱発電の地域経済付加価値(千円/kW)

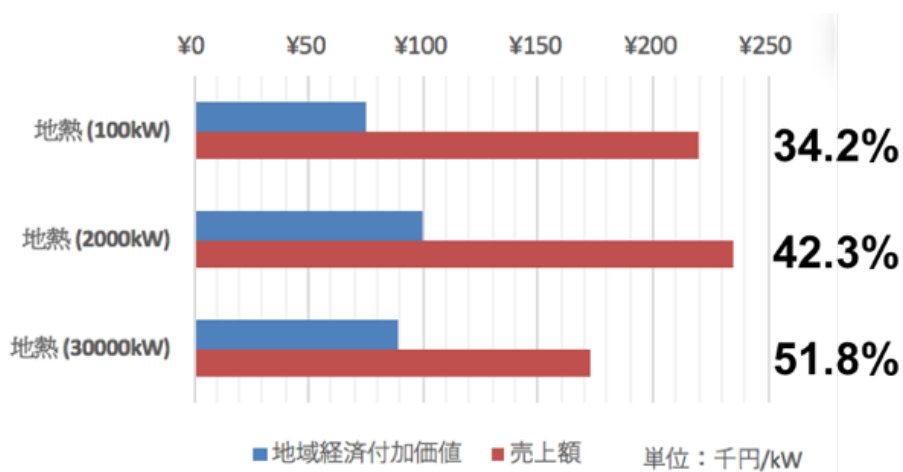


図 3 事業運営段階における地熱発電の地域経済付加価値(千円/kW)

図2の下棒(赤)は、発電事業におけるkWあたりの総投資額である。上棒(青)は、総投資額の中から地域で賄えるものを足し合わせた初期投資段階における地域経済付加価値額である。図3の下棒(赤)は、発電事業における売電収入などで得られたkWあたりの15年間平均の売上である。上棒(青)は、売上高の中から地域で賄えるものを足し合わせた事業運営段階における地域経済付加価値額である。

図2と図3における右部の数値は、各発電規模における総投資額と売上に占める地域付加価値額の割合を示す地域経済付加価値率である。つまり、どれほど地域の経済に貢献している事業であるかその貢献度を示している。

試算の結果、図2の初期投資段階において、大規模地熱に比べて、小規模地熱の地域付加価値率が高い傾向にあるのは、小規模地熱では地域内企業で賄える小規模な工事の比率が高いためである。一方、大規模地熱は地熱井の掘削工事など地域内企業では扱うことができない工程が

増えるため、大規模地熱の地域付加価値率は低下傾向にある。また、kWあたりの投資額で中規模発電が最も高くなっている背景には、地熱井の掘削費用の総投資額に占める割合が高いことにある。小規模地熱では、既存の源泉利用を想定しているため、掘削工事費用は総事業費に含まれていない。大規模地熱における掘削工事費用は、総事業費から見ると中規模地熱に比べて低い傾向にある。図3の事業運営段階において、大規模地熱ほど地域付加価値率が高いのは、発電事業の利益率が中規模地熱ほど高くなる傾向にあるためである。

地熱 (100kW)

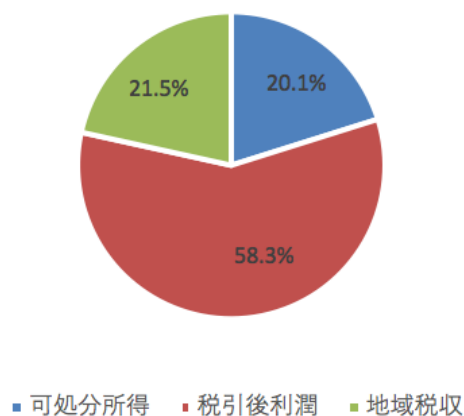


図 4 地熱 100kW における RVA 内訳(事業運営段階)

地熱 (2000kW)

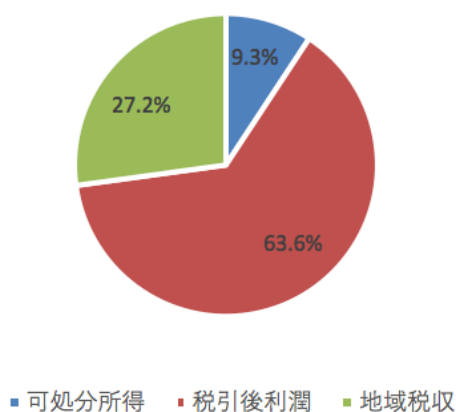


図 5 地熱 2000kW における RVA 内訳(事業運営段階)

地熱 (30000kW)

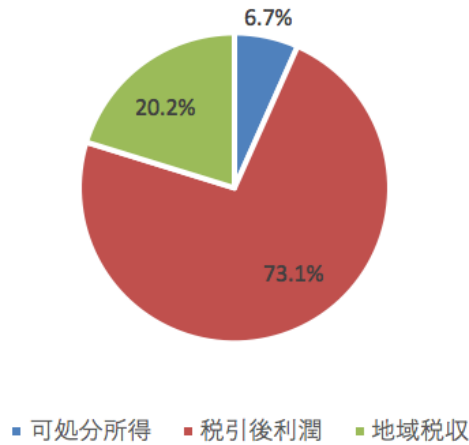


図 6 地熱 30000kW における RVA 内訳(事業運営段階)

図4・5・6では、小規模地熱・中規模地熱・大規模地熱の事業運営段階における各地熱RVAの可処分所得・税引後利潤・地方税収のRVA3要素の割合を図示している。大きな違いは、大規模地熱ほど税引後利潤の割合が高くなり、従業員の給与などを示す可処分所得の割合が下がっている。これは、大規模地熱で生み出す事業の利益率が高いことと、地熱発電の事業運営に必要な人員数は規模に関わらず変わらないことが要因として挙げられる。

ここで試算された結果は、地元出資率や地元調達率を100%と仮定しており、地熱発電事業によって地域に落ちる付加価値額のポテンシャルを示した試算である。

3.3.2 地元出資率と地熱 RVA の関係

第3章3節1では、地熱発電におけるRVAのポテンシャルを示すために、地元出資率と地元調達率を100%と仮定して試算した。しかし、実際の地熱発電事業における地元出資率や地元調達率はもっと低く、ほとんどの地熱発電事業の事業主体は地域外の大企業が担っている。中には、地元資本が全く入っていない地熱発電事業も多くある。地元出資がないということは、それに伴う配当も地元には落ちない。そこで、発電事業の地元出資率が低下した場合、地熱RVAはどの程度影響を受けるかを示したのが図7と図8の比較である。

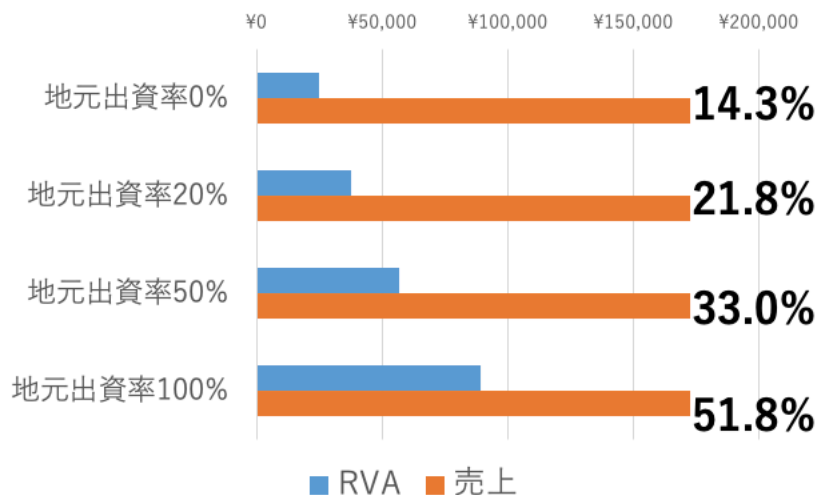


図 7 事業運営段階における地熱 RVA 比較(1 年目～15 年目)

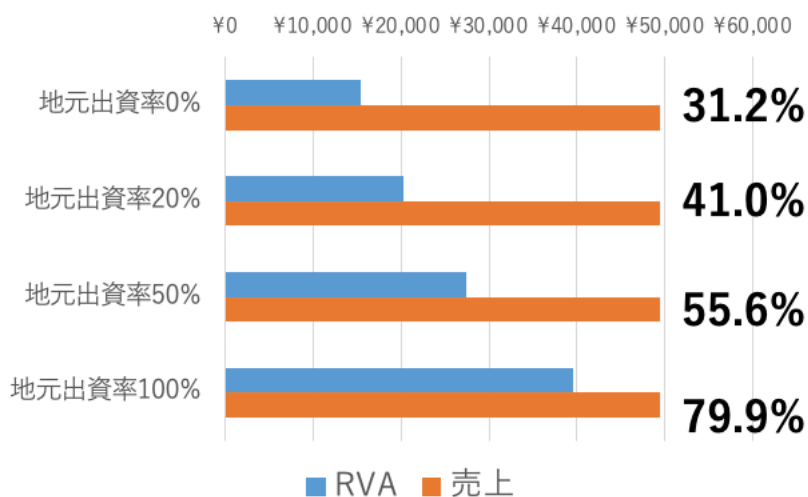


図 8 事業運営段階における地熱 RVA 比較(16 年目以降)

地元出資率の変化によるRVAへの影響を可視化するために、大規模地熱のコストデータを活用して、同条件で4パターン地元出資率によるRVAを比較した。図7と図8では、それぞれ地元出資率が0%・20%・50%・100%の場合のRVAを比較している。なお、地元出資率によって影響がないと思われる初期投資段階は除外し、図7は15年間あるFIT期間中の事業運営段階、図8は16年目以降のFIT後における事業運営段階を示している。

双方で共通しているのは、地元出資率がRVAに大きな影響を与えていることを示している。例えば、図7の地元出資率0%と20%とでは7.5%上昇しており、図8の地元出資率0%と20%とでは9.8%のRVA上昇が見られる。また、発電事業の設備投資に関わる減価償却費の負担が大きいFIT期間中と、

減価償却費の大部分が解消されるFIT後では、発電事業の利益率に大きな変化が生じる。他の地元出資率のパターンを比較しても同様で、地元出資率がRVAに大きな影響を及ぼすことを示している。

実際の地熱発電事業の多くは、地元出資率が低い傾向にある。つまり、図7と図8によると、地熱発電の事業利益率は高い傾向にあるため、地元出資率を引き上げて事業の配当を得ないとなかなか地域にお金が落ちにくいことを示している。地元調達率の変化についての影響も考慮するべきだが、地元出資率のインパクトに比べるとその影響は限りなく小さい。

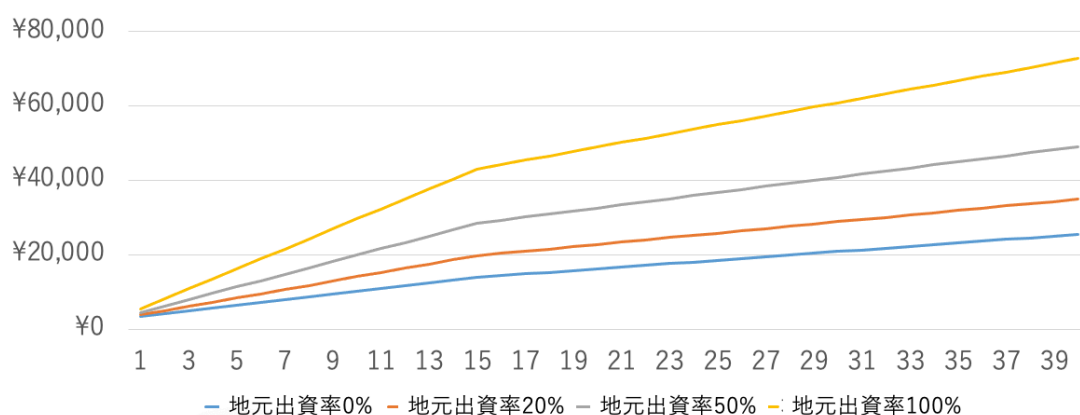


図9 40年間にわたる地元出資率別の地熱RVA累積(百万円)

図7と図8は単年度(15年間の平均)のRVAだったが、これが40年間積み重なると図9のような地熱RVAの累積が想定される。大規模地熱(3万kW)を想定した場合、総投資額は約300億円(100万円/kW)が考えられる。40年間の運営を実現した場合、地元出資率0%と地元出資率100%には約500億円の地域経済付加価値の差が生まれることになる。地元出資率の4つのパターンでこれほどのRVAの差が生まれる。

RVAから得た地熱発電の特徴として、発電事業における自己資本の地元出資率をいかに引き上げるかが、地熱発電におけるRVAの引き上げ、ならびに地域経済効果の上昇につながると考えられる。

3.4 地域と共生する地熱発電におけるRVA

3.4.1 地域と共生する地熱発電の事例

地域と共生した地熱発電の事例として、福島県の土湯温泉と熊本県のわいた温泉の取り組みが挙げられる。

土湯温泉では、福島原発事故の影響で温泉街への観光客が激減したことに危機感を募らせたことから、地元の温泉協同組合が主体となって400kWの小規模地熱発電事業が運営されている。また、発電事業で得た収益の一部と、発電所から排水される温水を生かしてエビの養殖事業など熱利用事業にも広く取り組んでいる。

わいた温泉では、小国町の山間部にあるわいた地区の人口減少に危機感を持ったことから、住民30人で構成する合同会社が設立され、発電事業者と共同で2000kWの中規模地熱発電所を運営して、地区内に豊富な地熱資源を新たな収益源に変えている。

他にも地域と共生した地熱発電の事例はあるが、土湯温泉やわいた温泉の事業のように地元資本による運営をしている事例はまだ少ない。地域住民のオーナーシップが再エネにおける合意形成に大きな影響を与えていると言われるが、このような地域と共生する地熱発電事業の事例が大規模地熱にも、全国にも広がれば、地熱発電に対する地域住民や地方自治体の見方にも影響を与える可能性もある。

3.4.2 提供データを活用した実際の地熱発電におけるRVA

第3章3節までに試算した結果は、資源エネルギー庁やJOGMECなど既存のコストデータを活用して分析したRVAである。地域と共生する地熱発電事業が本当に地域に経済的な効果をもたらしているのかを試算するためには、実際に稼働している地熱発電事業の実データを得る必要がある。そこで、ある発電事業者のご協力のもと、現在稼働している地熱発電所Aの実データを預かり、それらのコストデータと地元調達率をもとに地熱発電所AのRVAを試算した。

表 6 地熱発電所 A の提供データ

発電事業	事業費 (円)	地元調達率 (%)	地元企業への事業費
設備投資合計 (①+②)			
①直接投資 (設備コスト合計)			
②その他の投資コスト			
調査・開発 (合計)			
敷地造成費			
道路建設費			
調査費補助金			
掘削工事			
その他			
設置 (建設コスト合計)			
敷地造成費			
発電所基礎工事費			
設備工事費			
電気工事費			
配管工事費			
③事業運営コスト (合計)			
サービス/メンテナンス費			
- O&M費用			
- 修繕費			
直接人件費			
土地賃料			
外注費			
一般管理費 (SPCの維持コスト、光熱費含む)			
減価償却費			
支出合計 (③)			
売上 (売電収入)			
経常利益 (税金前)			

地熱発電所Aの発電事業者からは、表6にあるコストデータと地元調達率に関するデータの提供にご協力頂いた。表6の費用項目は筆者が用意し、発電事業者の方には各費用項目の金額と、その金額に占める地元企業への地元調達率のうち、把握しているデータのみ空欄を埋めて頂いた。表6の赤部分が今回発電事業者に提供して頂いたデータである。また、地熱発電所から排水された熱源を活用した熱利用事業のデータも提供頂いたが、初期投資の多くを補助金で賄っていた上に、事業採算性について検討の余地があったため、本研究では取り扱わないことに決めた。

表6のように、ほとんどの項目のデータ提供にご協力頂いたため、とても詳細な地熱RVAを算出することができた。その試算結果が、図10である。図7で示したように、地熱RVAモデルで試算した際には地元出資率0%の場合はRVA14.3%および、地元出資率20%の場合はRVA21.8%であった。地熱発電所Aの場合は、地熱RVAモデルを上回る25.7%のRVAが算出された。地熱発電所Aの事業スキームは地元出資率20%のパターンに近いいため、地熱RVAモデルによる想定よりも実際の地熱発電事業の方が地域に貢献していることを示している。

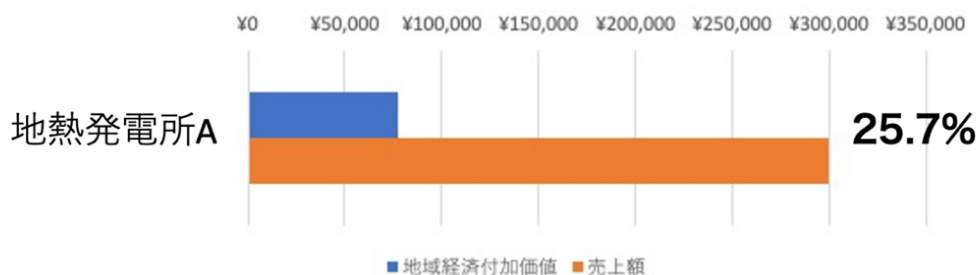


図 10 地熱発電所 A における RVA(事業運営段階)

このように、発電事業におけるコストと地元調達率のデータがあればRVAを試算することができる。発電事業の計画策定時の想定されるコストデータや、過去の発電実績に基づくコストデータをもとに、それぞれ発電事業の状況と環境に応じてRVAを示すことができる。

3.5 地熱 RVA の課題

第3章を通して、地熱発電におけるRVAモデルの作成とその活用について明らかにした。これまで地熱発電版の地域経済付加価値分析がなかったことから考えると、新たな地熱RVAモデルを作成できた意義は大きい。また、地熱RVAモデルを活用して、実際の地熱発電事業の現状に即して地元出資率と地熱RVAの関係についても言及することができた。

しかし、地熱RVAを作成する過程で本研究の中で解決できなかった課題がいくつかあった。一つ目は、データ収集の困難さである。精度の高い地熱RVAを試算するためとはいえ、毎度地熱発

電事業者の協力を仰ぐのは物理的に限界が出てくる。発電事業者としてもデータの提供はマル秘情報であることが大きく、何らかの方法で発電事業者にとってデータの提供が簡便かつ秘密が守られるデータ収集の方法を考える必要がある。

二つ目は、地熱発電事業とセットで語られることが多い熱利用事業における RVA である。地熱発電所 A の熱利用事業や、他地域の熱利用事業に関するコストデータや地元調達率のデータを複数拝見したが、ほとんど採算性度外視の事業が多く、熱利用事業単体で経営を成り立たせている事例は少なかった。地熱発電事業と熱利用事業がセットで採算性が高い事例が増えてくれば、良質なデータが収集しやすくなり、地熱 RVA と熱利用 RVA のセットで試算することも可能である。

第4章 洋上風力発電における地域経済付加価値分析

4.1 洋上風力発電の概要

4.1.1 洋上風力発電について

洋上風力発電とは、海上に風力発電設備を作って電気をつくるシステムである。これまでの風力発電は主に陸上風力発電であったが、日本の場合、風況が良いエリアは山間部など傾斜が激しいことが多く、陸上風力発電の建設費は他国に比べて高かった。その風車を海上に持ってきたのが洋上風力発電である。

洋上風力発電は、主に風車設備・基礎・送電線の3つで構成されている。現在、欧州を中心に導入が急拡大しているのが着床式洋上風力発電である。水深約100mより浅い海底に基礎を作り、その上に風車を設置する。水深が浅く風況の良い北海やバルト海などで洋上風力発電の導入が進んでおり、EUは今後も同様の導入を継続することを表明している。

洋上風力発電には、現在拡大する着床式の他に、浮体式洋上風力発電がある。比較的水深が深い海上エリアに大きな浮体を浮かべて、海底と鎖等で固定された浮体物の上に風車を設置する方式である。着床式に比べて浮体式のコストが高く、現時点では本格的に導入している事例はまだ少ない。しかし、浮体式洋上風力発電は、水深に合わせて基礎を設置する着床式と違い、設置される風車の浮体物と海底を鎖で繋ぐだけなので、風車・浮体・送電線はすべて同じ規格で生産することができる。そのため、どの環境でも対応できる自動車の生産のように、浮体式洋上風力発電が普及すれば、着床式に比べて、大量生産によるコストダウンも期待される。

4.1.2 洋上風力発電の特徴

洋上風力発電の特徴の一つとして、陸上風力発電のように風の力によって回転させて発電するもので、自然に存在する風を利用するため、火力発電のような既存電源と違い、海外から燃料を調達する必要はない。他国の市場や為替に関係なく、安定してエネルギー源を得ることができる。

二つ目の特徴としては、発電設備の大型化が可能な点である。陸上風力を設置する際に、既存の道路の大きさの関係もあり、風車に必要なブレードなどの部品の高さに限度があるため、陸上では約2000kWの風力発電が限界と言われている。しかし、海洋上の場合には風車の部品運搬の制限がほとんどないため、発電機の大型化が可能である。すでに1基あたり1万Wの風車も市場に出ている上に、1万2000kWの風車の開発も進んでおり、今後さらに風車の大型化が進むと見られる。

三つ目は、再エネ電源であるにも関わらず、発電所の大規模化が可能な点である。太陽光発電をはじめ再エネ電源の多くは分散型エネルギーであり、再エネの設置には広大な土地が必要となるため、国土の狭い日本で再エネを大量導入するのは非現実的であった。しかし、洋上風力発電

を設置する海上では広さの制限は少なく、大型化された風車を大量に設置することができる。欧州では実際に1GW級のウィンドファームプロジェクトも登場している。世界8位の排他的経済水域の広さを有しており、日本は図11のように北海道から日本海にかけて風況の良いエリアが点在しており、洋上風力発電のポテンシャルは日本の全電力を賄えるほどあると言われている(図12)。

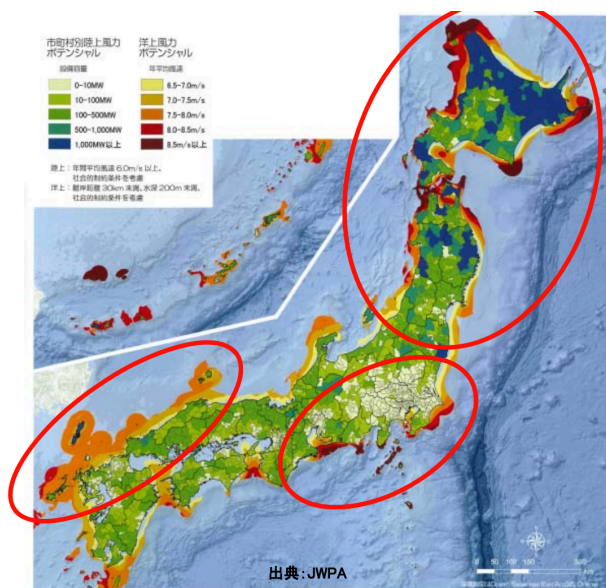


図 11 洋上風力発電のポテンシャルマップ¹⁴

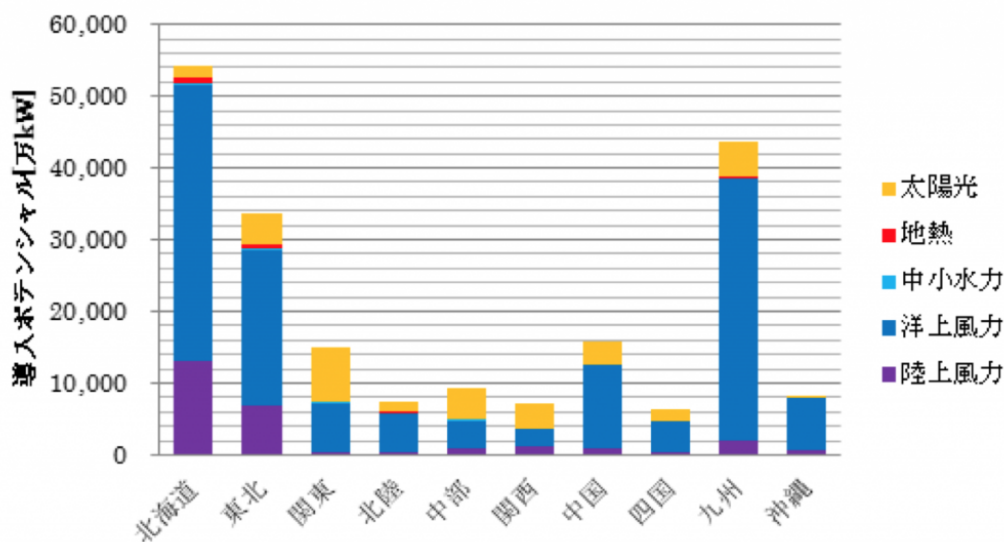


図 12 地域別再エネポテンシャル¹⁵

¹⁴ 日本風力発電協会より引用したものより筆者加筆

¹⁵ 環境エネルギー研究所より引用

このように、洋上風力発電は、日本における主力電源になりうる再エネ電源である。これまで輸入エネルギーに頼ってきた国が、自国の広大な未利用の海を活用したエネルギーに切り替えることで、エネルギー支出の移転循環だけでなく、洋上風力発電に関する運営と維持管理においても大きな経済効果が期待できる。

4.1.3 洋上風力発電の課題

福島原発事故以来、日本において再エネの導入の機運が高まっている。そして近年、再エネの先進地域である欧州において洋上風力が大量に導入され始めたことで、日本においても洋上風力発電導入の機運が高まっている。しかし、洋上風力発電にはいくつかの課題が残っている。

一つ目は、発電コストの問題である。発電開始のための海洋調査や建設工事など初期投資が大きく、これまで投資に見合う収益を見込むことができなかった。2016年に新たに洋上風力発電のFIT(洋上風力発電36円/kWhで買取期間は20年)が新設された。2020年度より着床式については入札制度に移行した。脱炭素社会を目指す政府の動きに合わせて、風力関連企業が大量生産を目指した大規模投資を増やすことができれば、今後一層設備の低価格化と採算性の向上が考えられる。

二つ目の課題は、洋上風力発電に関わる事業環境の問題である。海洋上で事業を行うためには、日本では手続きの煩雑性や占用年数など事業環境は決して十分ではなかった。しかし、2018年に制定された再エネ海域利用法¹⁶によって、洋上風力発電の設置を前提とした事業環境が整備されつつある。再エネ海域利用法に基づく促進区域の指定によって、今後順次発電事業者の公募が始まる。

三つ目の課題は、洋上風力発電を設置する周辺の地元住民との合意形成である。日本は漁業大国で、水産業が全国に広がる。洋上風力発電が設置されることで漁業活動が妨げられる懸念を持つ地元漁業関係者や、観光資源と考えている景観が損なわれることを懸念する地域住民が多い。しかし、地域と共生する漁業に関しては、洋上風力発電の基礎部分や浮体部分は魚が集まる魚礁にもなり、漁業活性化のためにも設置した方が良いという長崎県五島市の事例もある。ただ、第1章2節でも述べたように、地域住民や地方自治体にとって少しでもリスクがある場合、洋上風力発電に対する理解を得ることは難しい。これらのリスクを上回るメリットを示し、定量的な選択肢を提示することが求められる。

国内において洋上風力発電の事例が少ないため、複数の事例を比較分析した合意形成研究は少ない。安田ほか(2015)では、新潟県村上市の洋上風力発電事業を事例に、地元還元のある事

¹⁶ 海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律(平成30年11月30日成立、平成31年4月1日施行)

業スキームの提言を述べている。松浦(2018)では、長崎県五島市で浮体式洋上風力発電が設置されるまでの経緯や事業者と地域住民との関係について述べている。このように、地域と共生する洋上風力発電では、多くの利害関係者が絡む中で話が徐々に複雑化していくことがある。そのため、地域に対して明確な選択肢を提示するために、議論の土台となる定量的な評価手法を含める必要がある。本研究が扱う洋上風力発電における地域経済付加価値分析は、このような合意形成の際のコミュニケーションツールの一つとして利用することを想定している。

4.2 洋上風力 RVA モデル

4.2.1 モデル作成の背景

IÖWモデルを活用したHirschl (2010)とHeinbach (2014)では、太陽光・風力・バイオマス・小水力発電特有のバリューチェーンを構築して、各電源のkWあたりの地域付加価値を試算している。また、中山ほか(2016)では、日本版の地域付加価値分析のために、税制度など日本特有のデータを加え、日本における各電源の地域経済付加価値モデルを試算した。さらに、山東(2017)または第3章において地熱発電の地域経済付加価値分析モデルを作成した。しかし、これまで想定されてきた風力発電は陸上が主であったため、現在増加している洋上風力発電の地域経済付加価値分析モデルはまだ作成されていない。

洋上風力発電は、これまでの陸上風力発電の費用構造をもとに加えて、新たに海洋関係の費用構造を加えた。そのため本研究では、洋上風力発電独自のバリューチェーンの各段階における費用項目を細分化し、洋上風力発電版の地域経済付加価値分析モデルを作成した。

4.2.2 コストデータ(NREL)

本研究では、既存の洋上風力発電の事例が不足しているため、米国の国立再生可能エネルギー研究所(The National Renewable Energy Laboratory : NREL)が作成した報告書¹⁷にある詳細なコストデータを活用して、洋上風力発電特有のバリューチェーンを構築して、地域経済付加価値分析モデル(以下、RVAモデル)を作成した。洋上風力発電に関するコストデータは、他の電源に比べて公表されたデータが少なく、本研究では海外のデータを活用するに至った。一方で、税制度や法人企業統計など、コストデータを除くその他のデータに関しては日本のデータを採用した。そのため、米国NRELのコストデータと同条件の発電事業を日本で設置した場合を想定したRVAの試算となる。

¹⁷ NREL Offshore Wind Farm Baseline Documentation (2016) pg.10~12

なお、本研究では試算する地域付加価値額は、FITの買取期間である20年間の運用と、売電単価36円/kWhを前提としている。今後入札制度で売電単価は下がることが見込まれているが、現時点ではFIT価格を使う。洋上風力発電20年間の洋上風力発電事業によって新たに発生する工事や事業収入などで得られるRVAの試算を対象とする。

表 7 洋上風力発電(40万 kW)のコスト内訳表

円/kWh (20年間平均)	洋上風力発電RVA (kW)	データ：NREL		データソース		個人所得		税引前利潤	税金	付加価値額	
		NREL項目名	kWhあたりの費用	%	業種分類	業種コード	所得				社会保険
設備投資			¥342,088								
1.直接投資 (設備費)	風車調達費+基礎+ケーブル+変電所		¥273,402	0%							
補助金			¥0							0	
タービン	Turbine supply		¥182,512	0%	建設業	15	¥0	¥0	¥0	¥0	
基礎	Foundations supply		¥78,324	0%	建設業	15	¥0	¥0	¥0	¥0	
電力ケーブル	Array cable supply		¥12,566	0%	建設業	15	¥0	¥0	¥0	¥0	
設計			¥0	0%	学術研究、専門・技	83	¥0	¥0	¥0	¥0	
2.間接投資			¥68,686								
企画/プロジェクト管理	Project Management + Contingency		¥54,168	0%	学術研究、専門・技	83	¥0	¥0	¥0	¥0	
調査	Development		¥14,518	0%	学術研究、専門・技	83	¥0	¥0	¥0	¥0	
設置	基礎設置		¥26,230	100%	建設業	15	¥3,765	¥1,936	¥1,194	¥1,053	¥7,947
発電機設置費	Turbine installation & commissioning		¥19,154	100%	建設業	15	¥2,749	¥1,413	¥872	¥769	¥5,803
洋上変電所建設費	Offshore substation		¥20,496	100%	建設業	15	¥2,942	¥1,512	¥933	¥823	¥6,210
ケーブル敷設費	Offshore and Onshore export cable supply & ins		¥24,766	100%	建設業	15	¥3,555	¥1,828	¥1,127	¥995	¥7,504
系統接続費	Onshore substation & grid connection		¥9,638	100%	電気業	70	¥2,768	¥379	¥656	¥251	¥4,054
建設保険	Construction insurance		¥5,856	0%	損害保険業	96	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0
土地補償費			¥0	100%	土主				¥0	¥0	¥0
3.事業運営コスト					合計 (初期投資)		¥15,778	¥7,068	¥4,781	¥3,891	¥31,518
			¥11,139								9.2%
O&M費用	点検		¥7,430	100%	機械等修理業	89	¥2,134	¥292	¥506	¥193	¥3,125
修繕費	修繕		¥3,709	100%	機械等修理業	89	¥1,065	¥146	¥252	¥97	¥1,560
直接人件費	日常管理		¥805	100%	事業者		¥725	¥81			¥805
土地賃料	海域占有		¥0	100%	土主				¥0		¥0
漁業補償費			¥0	100%	土主				¥0		¥0
一般管理費			¥0	100%	電気業	70	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0
保険費	保険		¥5,856	0%	損害保険業	96					
支払利息	設備投資*自己資本率%/20年*利率%		¥0	100%	銀行	91	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0
減価償却費	設備投資/20年間		¥17,104								¥0
固定資産税			¥1,514	100%	税金					¥1,514	¥1,514
電気事業税				100%	税金					¥0	¥0
支出合計			¥36,419	100%	事業者				¥67,335	¥7,288	¥74,623
売上	送電端率*設備利用率*36円/kWh		¥103,753		合計 (事業運営)		¥3,924	¥519	¥68,093	¥9,092	¥81,628
経常利益			¥67,335								78.7%

本研究で活用するコストデータを用いた基礎データをもとに、RVAで用いるkWhあたりのコスト内訳表を作成した(表7)。NRELから得られたコストデータを設備・建設・事業運営の3つの工程に分類した。費用項目の細分化は、入手したデータが詳細であるほど細分化が可能になり、細分化された費用項目があるほど精度の高い地域付加価値額を試算することができる。本研究で得たNRELのコストデータはほとんど細分化されていたため、最低限の編集でコスト内訳表を作成することができた。

続いて、RVAモデルでは本来地域に寄与する可能性のある費用項目のみ必要とするため、通常は発電設備や基礎などの設備費用を含むシステム製造段階のコストは費用項目から除外する。しかし、洋上風力発電の場合、一カ所で大規模な発電所に発展するケースもあり、一部の発電設備や基礎の生産を地域に誘致することも考慮し、今回のコスト内訳表には、地域内の企業では賄うことが難しい工程も含めて、NRELのコストデータをすべて費用項目に盛り込んだ。また、NRELで得

たデータはユーロであったため、1ユーロ122円¹⁸で試算している。本研究の洋上風力発電で取り扱う費用項目は表8の通りである。

初期投資段階は、費用項目の中の直接投資と間接投資に当たり、発電事業の稼働までの費用が対象で、風車や基礎部分などの設備費や建設費を含む。事業運営段階においても、地元雇用を想定した人件費や発電所の維持管理費などを抽出した。

なお、実際の発電所工事では地域内企業と地域外企業が合同で取り組む事例が多い。しかし本節の試算では、抽出した各費用項目のうち、設備費などの直投投資は地元調達率を0%とし、工事などの地元調達率は100%と仮定した。第3章の地熱RVAモデルと同様に、発電設備は地域外企業から賄うことを想定する。また、地元出資率は100%と仮定する。そのため、本節のRVAモデルは、直接投資を地域外に頼る中で、洋上風力発電における地域付加価値額の最大値を示すことになる。

表 8 洋上風力発電における抽出した費用項目

122	400000	洋上風力発電RVA (kW)	データ：NREL
円/kW (20年間平均)	NREL項目名		kWあたりの費用
設備投資			¥342,088
1.直接投資 (設備費)	風車調達率+基礎+ケーブル+変電所		¥273,402
補助金			¥0
タービン	Turbine supply		¥182,512
基礎	Foundations supply		¥78,324
電力ケーブル	Array cable supply		¥12,566
設計			¥0
2.間接投資			¥68,686
企画/プロジェクト管理	Project Management + Contingency		¥54,168
調査	Development		¥14,518
設置 基礎設置	Foundations installation		¥26,230
発電機設置費	Turbine installation & commissioning		¥19,154
洋上変電所建設費	offshore substation		¥20,496
ケーブル敷設費	Offshore and Onshore export cable supply & install		¥24,766
系統接続費	Onshore substation & grid connection		¥9,638
建設保険	Construction insurance		¥5,856
土地補償費			¥0
3.事業運営コスト			¥11,139
O&M費用	点検		¥7,430
修繕費	修繕		¥3,709
直接人件費	日常管理		¥805
土地賃料	海域占有		¥0
漁業補償費			¥0
一般管理費			¥0
保険費	保険		¥5,856
支払利息	設備投資*自己資本率20%/15年*利率3%		¥0
減価償却費	設備投資/20年間		¥17,104
固定資産税			¥1,514
電気事業税	事業者税引後利潤*0.007		
支出合計			¥36,419
売上	送電端率*設備利用率*36円/kW		¥103,753
経常利益			¥67,335

¹⁸ 2020年11月時点の為替

4.3 洋上風力 RVA の試算結果

4.3.1 洋上風力 RVA の基本シナリオ

こうしてNRELから得られたコストデータをもとに試算した洋上風力発電モデルの試算結果は、図13と図14の通りである。

図13と図14は、初期投資段階と事業運営段階における地域経済付加価値額と地域経済付加価値率を示している。地域経済付加価値分析から得られるkWあたりの付加価値額とは、初期投資段階においては発電所の稼働初年度、事業運営段階においては20年間毎年創出される付加価値額の平均をkWあたりで出したものである。

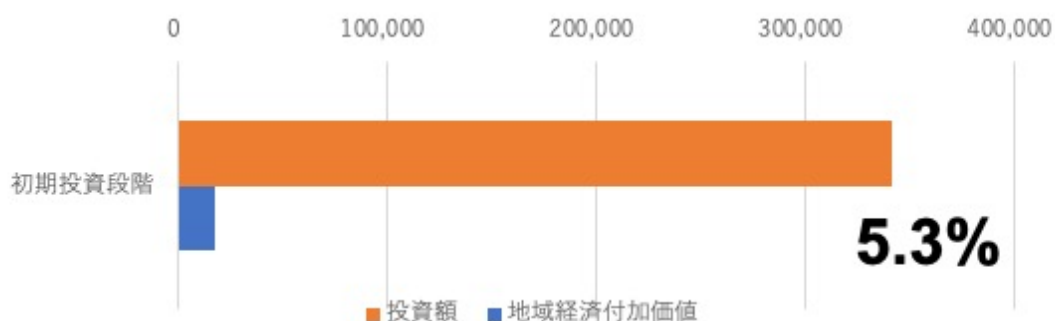


図 13 初期投資段階における洋上風力発電の地域経済付加価値(円/kW)

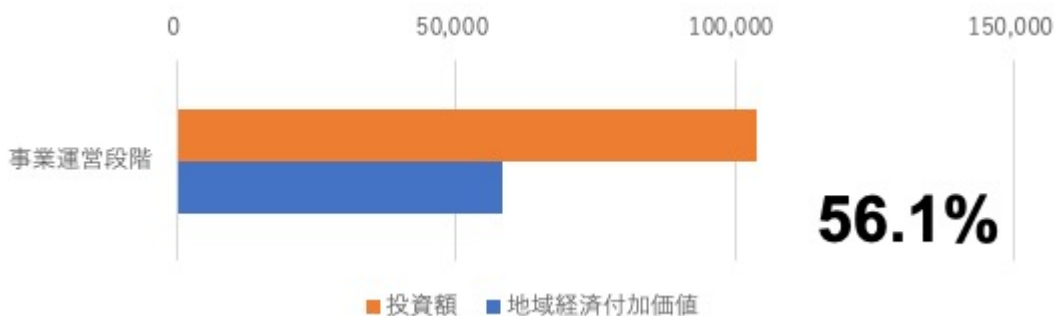


図 14 事業運営段階における洋上風力発電の地域経済付加価値(円/kW)

図13の上棒(赤)は、発電事業におけるkWあたりの総投資額である。下棒(青)は、総投資額の中から地域で賄えるものを足し合わせた初期投資段階における地域経済付加価値額である。

図14の上棒(赤)は、発電事業における売電収入などで得られたkWあたりの20年間平均の売上である。下棒(青)は、総売上高の中から地域で賄えるものを足し合わせた事業運営段階における地域経済付加価値額である。

図13と図14における右部の数値は、各発電規模における総投資額と売上に占める地域付加価値額の割合を示す地域経済付加価値率である。つまり、どれほど地域の経済に貢献している事業であるかその貢献度を示している。

試算の結果、図13の初期投資段階において、今回の仮定では設備投資を省き、建設工事のみを対象としたため、地域経済付加価値率は約5.3%になった。図14の事業運営段階において、今回の過程ではすべての事業において地元調達率100%とした結果、地域経済付加価値率は約56.1%となった。また、図15では洋上RVAの事業運営段階における可処分所得・税引後利潤・地方税収のRVA3要素の割合を図示している。ただし、ここで試算された結果は、地元出資率や地元調達率が100%であると仮定した試算である。この結果は、洋上風力発電によって地域に落ちる付加価値額のポテンシャルを示している。

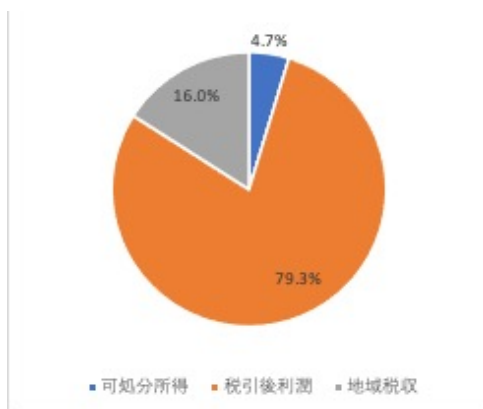


図 15 洋上風力 RVA の内訳(事業運営段階)

4.3.2 地元出資率と洋上風力 RVA の関係

第4章3節1では、洋上風力発電におけるRVAのポテンシャルを示すために、地元出資率と地元調達率100%で試算した。しかし、実際の洋上風力発電事業では地元出資率や地元調達率はもっと低い。日本において洋上風力発電事業の事例は少ないが、大半の事業主体は大企業が担うことになる想定される。地元出資がないということは、それに伴う配当も地元には落ちない。そこで、発電事業の地元出資率が低下した場合、洋上風力RVAはどの程度影響を受けるかを示したのが図16である。

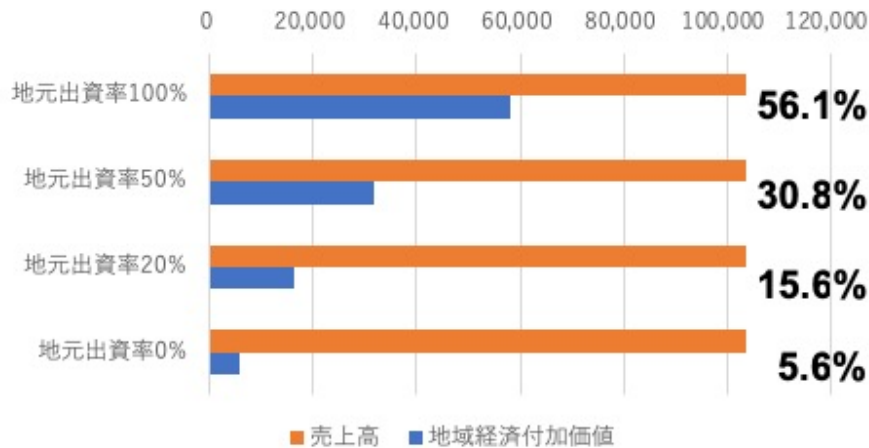


図 16 事業運営段階における洋上風力 RVA 比較

地元出資率の変化によるRVAへの影響を可視化するために、コストデータを活用して、同条件で4パターンの地元出資率によるRVAを比較した。図16では、それぞれ地元出資率が0%・20%・50%・100%の場合のRVAを比較している。なお、地元出資率によって影響がないと思われる初期投資段階は除外し、図16はFIT期間中の事業運営段階のRVAを示している。

地元出資率がRVAに大きな影響を与えていることを示している。例えば、図16の地元出資率0%と20%とでは、RVAが10.0%上昇している。40万kWの洋上風力発電の場合、地元出資率0%は年間23億円のRVAがあり、地元出資率20%は年間64億円のRVAが見込まれる。これがFIT期間中の20年間続いた場合、双方では800億円以上のRVAの差が出ることになる。

実際の洋上風力発電事業の多くは、地元出資率が低くなると見られる。洋上風力発電も、第3章で述べた地熱発電と同様、地元出資者への配当額に影響する地元出資率を引き上げないとなかなか地域にお金が落ちにくいことを示している。

RVAから得た洋上風力発電の特徴として、発電事業における自己資本の地元出資率をいかに引き上げるかが、洋上風力発電におけるRVAの引き上げ、ならびに地域経済効果の上昇につながると考えられる。

4.4 地域と共生する洋上風力発電における RVA

4.4.1 地域と共生する洋上風力発電の事例

地域と共生した洋上風力発電の事例として、長崎県の五島市の取り組みが挙げられる。五島市のプロジェクトの特徴は、浮体式であることと、五島市と地元漁業関係者が事業主体の戸田建設と協働で展開していることである。洋上風力発電設備を建設するには、設置地点は共同漁業権が設定されているので、地元漁協から了解を得る必要がある。そこで地元漁業関係者が注目したのは、

風車の浮体部分を魚礁として漁業で活用することと、発電所の建設の際に必要な警戒船などの効果である。このような話し合いを続けた結果、地元漁業組合の理解を得ることができた。

現在では、さらなる増設に向けて2016年から環境影響評価調査を開始し、2017年には建設資金として100億円のグリーンボンドで調達することができた。増設計画によると、水深100mから150mの15km沖で最大10基の風車を設置する予定である。増設されれば、魚礁効果を見込んだ海洋牧場も想定されている。

まだまだ事業採算性は望ましい状況ではないが、浮体式洋上風力発電事業のノウハウを蓄積している。今後、発電コストの低下が見込めることができれば、浮体式風力発電の発電適地は着床式風力発電に比べて広大であるため、より風況の良い適地に設置することができる。また、魚礁効果も合わせて、地域の漁業と共生した洋上風力発電を促進が期待される。

4.4.2 提供データを活用した実際の洋上風力発電における RVA

前節までに試算した結果は、NRELのコストデータを活用して分析したRVAである。地域と共生する洋上風力発電事業が本当に地域に経済的な効果をもたらしているのかを試算するためには、実際に稼働している洋上風力発電事業の実データを得る必要がある。そこで、洋上風力発電事業の事例が少ない中、環境省事業として発電実験をしていた長崎県五島市における浮体式洋上風力発電のコストデータを活用することにした。

環境省報告書の中に記載されていたコストデータは、環境省図書館にて保管されていた¹⁹。前提として、五島の洋上風力発電は浮体式のためコストが高い上に、さらにこのコストデータは実証事業に関するコストデータのため、非常に高いコストであることを留意頂きたい。その上で、現状を把握するために比較すべきだと考え、図示したのが初期投資段階の図17と事業運営段階の図18である。それぞれ、洋上風力RVAモデルで活用したNRELデータのRVAと比較している。地元出資率は100%と、地元調達率は洋上風力RVAモデルと同じとしている。

¹⁹ 環境省 浮体式洋上風力発電実証事業 報告書

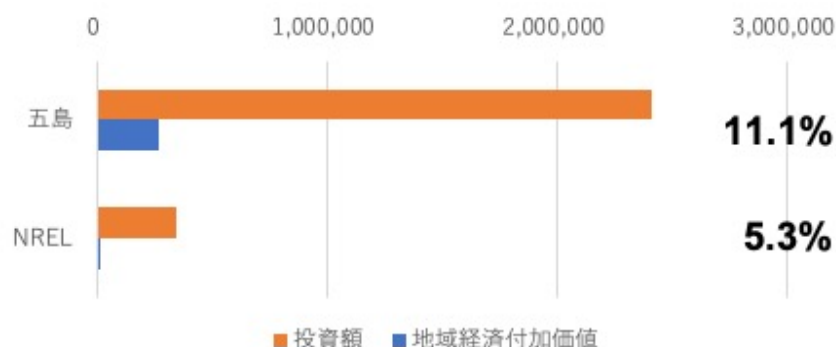


図 17 NREL/五島の RVA 比較(初期投資段階)

図17でわかるように、五島がNRELのkWあたりの初期投資コストを大幅に上回っている。これは前述の通り、浮体式であることと実証事業であることが関係していると思われる。地域経済付加価値率に五島とNRELで差が生まれたのは、五島のプロジェクトにおいて、双方ともRVAに入れている建設部門の割合が高いことを示している。実際に、初期投資段階の設備費と工事費の割合において、五島のプロジェクトは40%と60%にも関わらず、NRELでは80%と20%となっており、初期投資の内訳が全く逆になっている。これが、浮体式と着床式の違いなのか、設備費や建設費のコストの違いなのかはここではわからない。

図18では、五島とNRELの事業運営段階のRVAを比較している。地域経済付加価値率に大きな差があることがわかる。図19の五島のRVA構成を見ると、地元出資率100%で試算しているにも関わらず、税引後利潤の割合が8.4%と低いことがわかる。地元出資率100%の場合、NRELの税引後利潤の割合は79.3%であった。これは、五島のコストデータでは経常赤字を出しており、発電事業による利潤を生み出していなかったことにある。そのため、地元出資率0%の場合も、五島の税引後利潤は地元出資率100%と変わらない8.4%である。

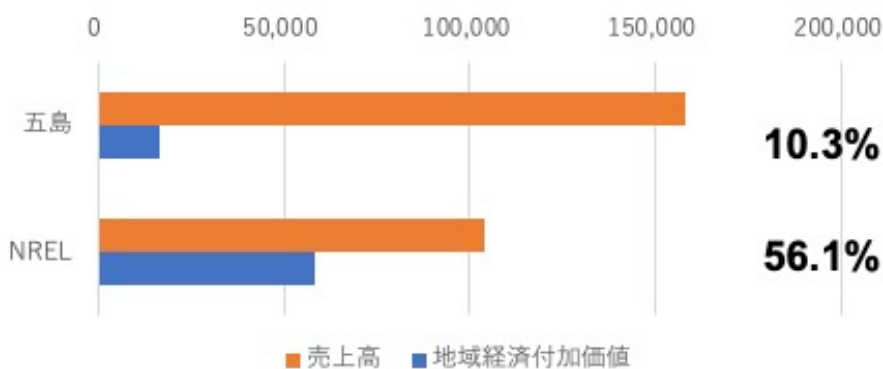


図 18 NREL/五島の RVA 比較(事業運営段階)

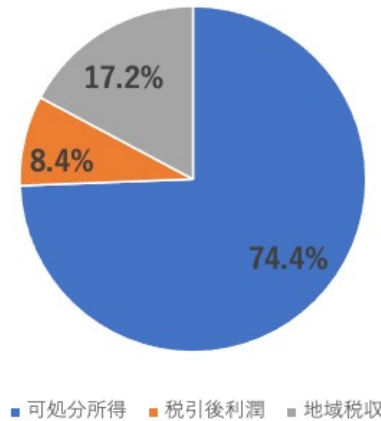


図 19 五島における洋上風力 RVA の内訳(事業運営段階)

五島とNRELの比較は前提条件が全く違うため、公平な比較とは言えない。ただ、洋上風力発電の事業計画や発電実績をもとにしたRVAを活用すればこのような比較が可能であり、各プロジェクトの特性や状況を知ることができることを示した。今回の五島プロジェクトのRVAについては、あくまで実証事業段階の現状把握が目的であり、実証事業を通して得たノウハウや大量生産効果などでコストが大きく下がると思われる。また、現状では浮体式洋上風力発電はコストが高くなる傾向にあるが、浮体式洋上風力発電は設置先の環境に左右されない規格で大量生産できるため、着床式洋上風力発電に比べて大量生産によるコストダウン効果は高い可能性がある。

4.5 洋上風力 RVA の課題

第4章を通して、洋上風力発電におけるRVAモデルの作成とその活用について明らかにした。これまで洋上風力発電版の地域経済付加価値分析がなかったことから考えると、新たな洋上風力RVAモデルを作成できた意義は大きい。また、洋上風力RVAモデルを活用して、実際の洋上風力発電事業の現状に即して地元出資率と洋上風力RVAの関係についても言及できた。

しかし、洋上風力RVAを作成する過程で本研究の中で解決できなかった課題がいくつかあった。一つ目は、洋上風力発電事業におけるコストデータ不足である。そもそも日本において洋上風力発電事業はほとんどなく、現状では海外のコストデータを得るしかない。しかし、洋上風力発電のコストの大半は初期投資段階にあたり、発電所の設置場所と設備工場や組立工場との距離によって大きくコストが変わってくる。現状では、日本国内には洋上風力発電に特化した設備工場と組立工場はないため、当初は台湾の工場から海上輸送することが考えられる。その場合、欧州の洋上風力発電のどのようなコストデータを活用すべきか別の議論が必要になる。ただ、現在公募してい

る発電事業者の事業計画の中にある想定コストデータがあれば、日本における洋上風力RVAを試算することができる。

二つ目は、着床式と浮体式の違いについて詳細な調査が必要である。地域と共生した洋上風力発電のためには、RVAを高める手段を検討するために、初期投資段階のコスト構造も把握する必要がある。現状では、欧州に着床式データが揃っていると考えるが、欧州においても浮体式洋上風力発電に関する事例は少ない。浮体式洋上風力発電の事業採算性が見込むことができれば、水深の深いエリアでも設置可能になるため、再エネの大量導入のためには無視できない。

第5章 地域と共生する再エネの大量導入に向けた政策の検討

5.1 RVA を活用した政策選択

再エネの大量導入のためには、目標を実現するために具体策が求められている。第3章の地熱発電と第4章の洋上風力発電では、RVA を高めるためには地元出資率を可能な限り引き上げることが指摘した。

RVA を高める方策を考える際に、発電事業で得た収益の一部を無条件で地域に還元する事例も考えられる。例えば、発電事業者が独自に地域に還元する場合もあれば、原子力発電所の立地地域の産業基盤や社会基盤を整備するための電源三法交付金のような公的資金もある。しかし、地域側が全くリスクのない状態で交付金を受け取った場合、地域住民や地方自治体は関係者ではなく無関心になる。発電所稼働後に問題が起きた場合に、「発電事業者」対「地域」という構図が生まれてしまう。しかし、地域住民や地方自治体も出資して発電事業の経営に直接参画することで、発電事業者と地域住民の共同体が生まれ、稼働後も同じ目標に向かって地域と共生した再エネを進めることができる。Musall & Kuik(2011)によると、地域住民や地方自治体などが再エネ事業に参画するか検討する場合、地元出資率を引き上げて地域のオーナーシップを高めることが、実際に立地地域に対する社会受容性を左右することが報告されている。

これらのことから、再エネの大量導入に欠かせない地域との合意形成促進のために、RVA を高める政策について議論する必要がある。第5章では、RVA を高める政策を検証するためにRVAの応用と展望について述べる。このような取り組みを、根拠に基づいた政策立案(EBPM)として、政策プロセスの中で活用することが増えている²⁰。

5.2 政策によるRVA への影響

5.2.1 キャピタルリサイクリング

キャピタルリサイクリング(CR)とは、固定資産の売買のことで、保有している再エネの事業権の売買を指す。キャピタルリサイクリングモデルは、再エネ発電事業の初期段階においてハイリスクハイリターンを求めた投資家が再エネ事業に投資し、ある程度発電事業の安定稼働を確認した後、年金や保険関係のファンドなどローリスクローリターンの長期運用を方針とする別の投資家に再エネの事業権を売り渡す金融的な取り組みである(図20)。

²⁰ 総務省 EBPM(エビデンスに基づく政策立案)に関する有識者との意見交換会報告

米国では、風力発電で CR の枠組みが確認されている。当時は風力発電における発電計画の信頼性は低く、実際に 3 年ほどで発電所の安定稼働が確認された後に CR が実施されていた。しかし、最近では陸上風力発電だけでなく、欧州を中心に洋上風力発電においても発電量の予測が可能になってきたため、洋上風力発電の事業許可が下りた時点で CR を実施して、長期運用するファンドに売却しているケースも見られる。

本研究でキャピタルリサイクリングを取り上げたのは、地元出資率を少しでも引き上げる手段の一つとして CR が活用できると考えたからである。基本的に、地域住民や地方自治体は資金的に余裕がない場合が多いが、地元出資がなかなか進まない大きな要因は投資リスクである。欧米のように事例が増えることで投資リスクも予測できるようになれば、地元出資率について議論ができる。しかし、現状では地熱発電も洋上風力発電においても初期投資の割合が大きく、安定稼働が見込まれない限り地域内で投資を集めるのは難しい。

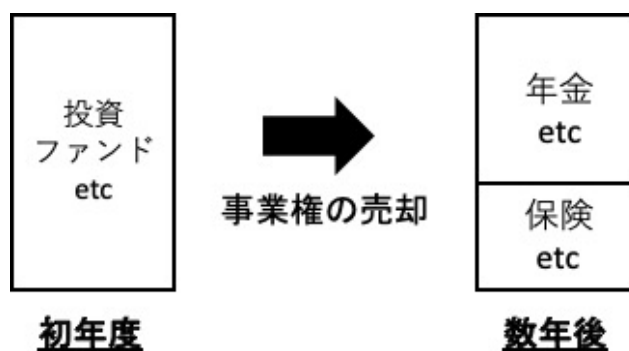


図 20 キャピタルリサイクリングモデル

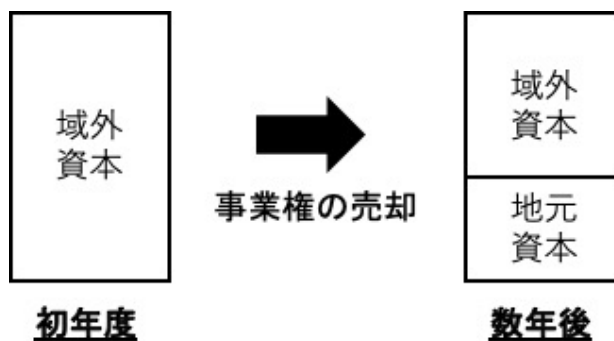


図 21 RVA 版キャピタルリサイクリングモデル(イメージ)

地元出資率を向上させるための RVA 版 CR は図 21 のようになる。発電事業の初期段階においては域外資本である発電事業者が出資し、数年後に安定稼働が確認された後に地元出資を一部受け入れる。この場合、CR を実施する年数や出資額や出資率の上限などを決めるなど、事前に地域との合意の条件に RVA 版 CR を盛り込むことができる。

RVA 版 CR では、数年遅れて地元出資率の引き上げができるが、実際にどの程度の RVA が見込まれるのかを示したのが図22である。大規模地熱が地元出資率 0%で運開した 5 年後に、地元出資率を 20%に引き上げた場合に生まれる 15 年間の地熱 RVA(CRRVA)である。図22では、地元出資率 0%の場合は 17.9%、CRRVA の場合は 24.6%になっている。図23では、各地元出資率の地熱 RVA と CRRVA における 15 年間の地熱 RVA の比較である。CRRVA と地元出資率 20%を比較すると、地元出資が 4 年間 0%だった CRRVA との地熱 RVA の差は 0.8%であった。つまり、地元出資率の引き上げが数年遅れても十分高い地熱 RVA につながることを示している。

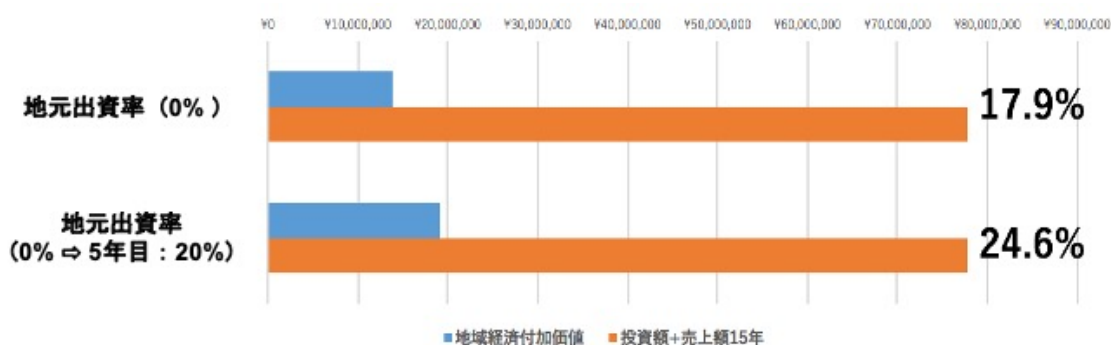


図 22 事業運営段階における地熱 RVA と CRRVA の比較

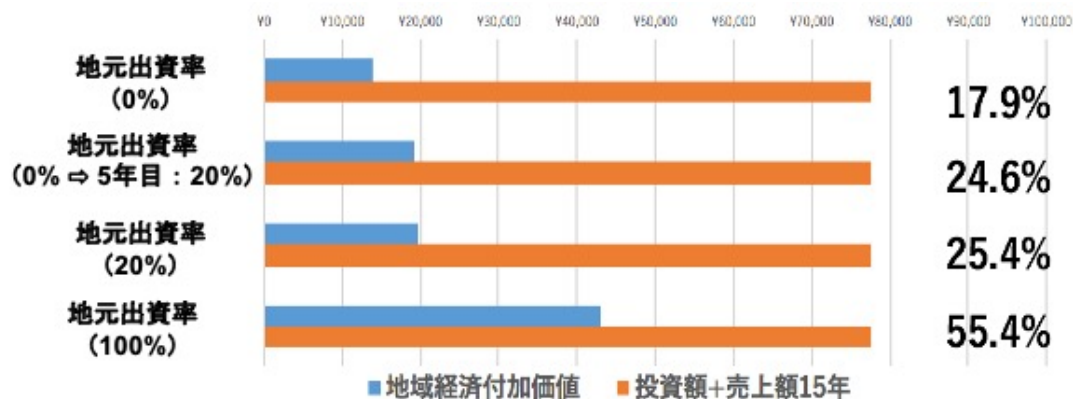


図 23 事業運営段階における地元出資率別地熱 RVA の比較(円/kW)

5.2.2 再エネ促進法

再エネ促進法(Promotion of Renewable Energy Act)とは、デンマークで施行されている取り組みで、発電所周辺地区に住む地域住民や地方自治体は、発電事業に出資する権利と機会が与えられる。現在ではデンマークやドイツの一部の州で同様の取り組みが施行されている(図24)。

2009年に施行されたデンマークでは、風力発電から半径4.5km以内の住民に対して、風力発電の総投資額の20%を出資する権利が与えられている。

また、2016年にドイツのメクレンブルク・フォアポメルン州(MV州)で施行されたウインドパークへの自治体・市民参加法(Citizens and Municipalities Participation Act)では、設置される風力発電の半径5km以内の住民と地方自治体に対して、それぞれ風力発電の総投資額の10%ずつ出資する権利が与えられている。住民の場合は、一部の住民に出資が偏らないように、一口あたり500ユーロ以下に抑えられている。

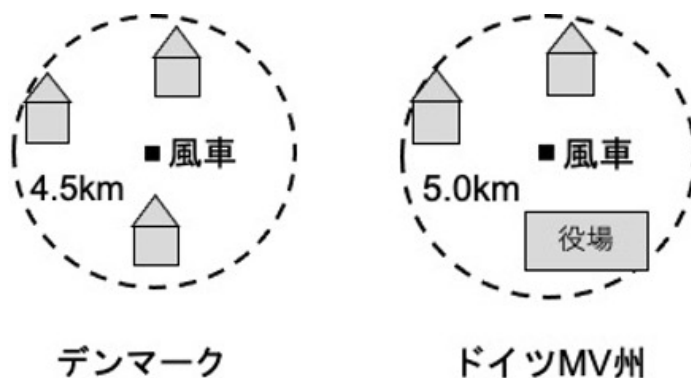


図 24 再エネ促進法(イメージ)

本研究で再エネ促進法を取り上げたのは、仮に日本の地熱発電や洋上風力発電に適用された場合、それぞれ地元出資率を引き上げることになり、地熱発電と洋上風力発電の双方でRVAを高めることが見込まれるためである。

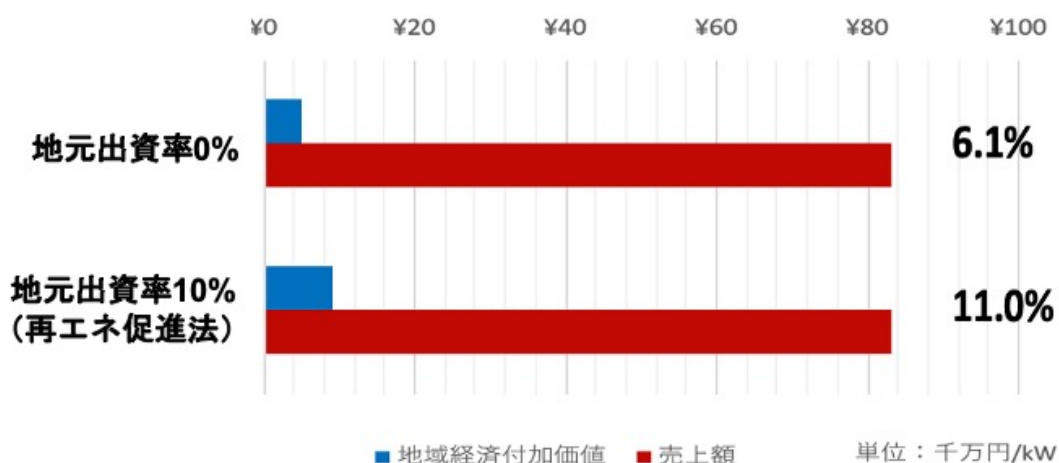


図 25 再エネ促進法がある洋上風力 RVA

図25は、従来通り地元出資率 0%の場合と、法律で地域住民や地方自治体に出資する権利を 10%与えた場合を比較したグラフである。洋上風力 RVA が約 1.8 倍に増えている。40 万 W のウィンドファームを想定した場合、地元出資率 0%の場合の洋上風力 RVA は年間約 20 億円、地元出資率 10%の場合は年間約 34 億円になる。発電事業が仮に 30 年間続いたとすると、単純計算で洋上風力 RVA に約 400 億円の差が生まれることになる。発電事業者にとって利益が減ることは避けたいはずだが、この政策によって発電事業に必要な地域との合意形成に関する社会リスクを回避できる可能性もある。再エネ促進法を日本で適用する場合の範囲や条件は日本に合わせて作成すれば良いが、地熱発電でも同様の効果が見込まれ、地域経済にとっては無視できない効果が見込まれる政策である。

5.2.3 ローカルコンテンツ

ローカルコンテンツとは、自国や地域内で事業を行う域外企業に対して、一定比率以上地域内に何らかの方法でお金を落とすことを義務付ける取り決めである。最近では英国や台湾をはじめ、洋上風力発電事業者に対して、風車の部品製造やメンテ拠点の運営などローカルコンテンツの条件を求める国は増えている。

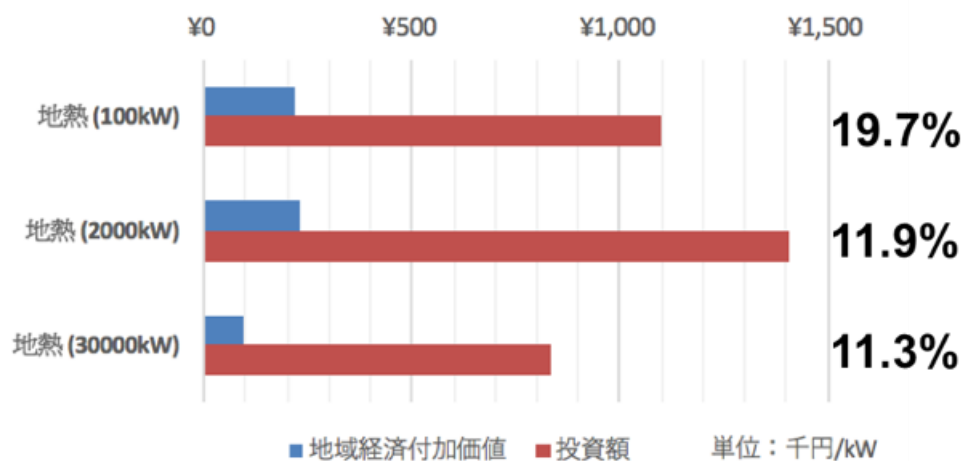


図 26 地熱 RVA(初期投資段階)

本研究でローカルコンテンツを取り上げたのは、初期投資段階における地元調達率を引き上げ、RVA を高めると考えたからである。例えば、図26は、地熱発電における初期投資段階の地熱 RVA を示している。地熱発電事業を展開するために20%のローカルコンテンツが条件に加えられた場合、20%のローカルコンテンツの条件を満たすためには、大規模地熱(3万 kW)では8.7%の地元調達の積み上げが期待できる。実際には、地域の企業が請け負っても国税などで地域外に流出

する金額もあるが、実質ローカルコンテンツ 20%は地元調達率が約 20%前後になるのと同等と考えられ、大規模地熱に比べて約 10%の地元調達率の上積みが可能である。地元調達率の向上による初期投資段階における RVA10%の上積みは約 30 億円に値する。

ローカルコンテンツは、域内企業を優遇することで RVA を高められる見込みはあるが、逆に事業のコストが高騰することも考えられるため、ローカルコンテンツの範囲や再エネ電源によって条件を考慮すべきである。しかし、地元産業への経済効果を目指す地域にとっては重要な指標である。

5.2.4 収益納付型補助金

収益納付型補助金とは、長野県が 2015 年に創設させた地域主導の再エネ導入を促進するための支援制度である。制度の内容は、地域主導型再エネ事業に認定された事業者は投資額の一部補助を受けることができる。再エネ事業で収益が生まれ始めたら、利益に応じて交付された補助金額の全額または一部を返納する仕組みである(図27)。

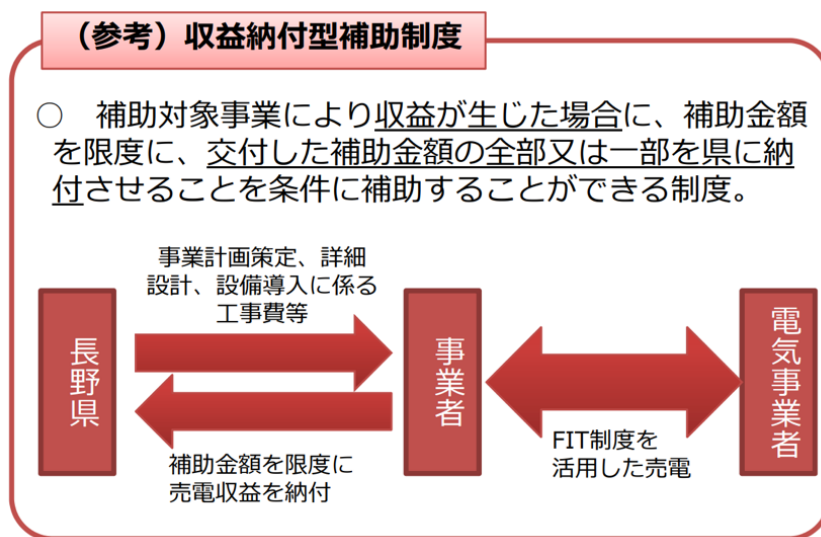


図 27 収益納付型補助制度(長野県)

これまで地域住民や企業が主導する地域主導型の再エネ事業をするための資金調達が難しく、事業化への移行にハードルがあった。そのため、地元資本の再エネがなかなか増えず、再エネによる地域経済の効果は低い傾向にあった。しかし、収益納付型補助金によって、初期の資金調達のハードルをクリアしたことで地域主導型再エネ事業の立ち上げを促進した(図28)。

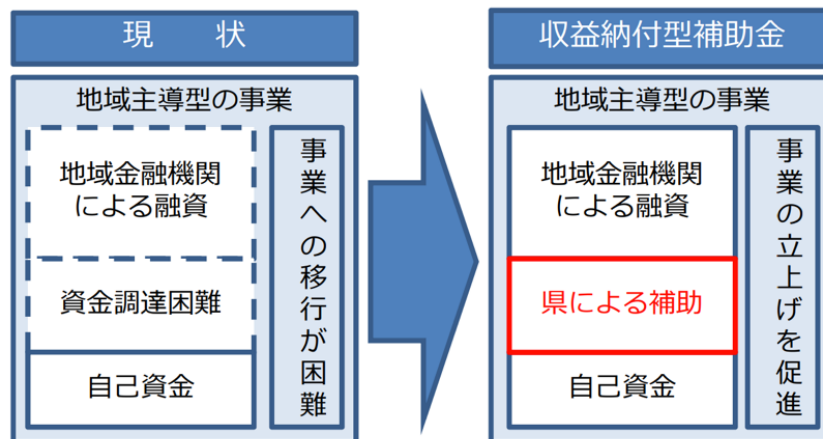


図 28 収益納付型補助金の支援イメージ(長野県)

本研究で収益納付型補助金を取り上げたのは、図28の通り、補助金によって事業開始前の資金調達の問題をクリアしたことによって、地元出資率を引き上げることに成功している点である。仮に、県が洋上風力発電事業に対して、総事業費の10%に対して収益納付型補助金を適用する場合、返納は基本的に金利ゼロなので、地元出資率10%と同等の地域経済効果をもたらすことになる。第5章2節2の図25で示したように、地元出資率を10%に向上するという事は、第5章2節2で述べた再エネ促進法と同等の30年間400億円の新たな効果を生むことが見込まれる。

収益納付型補助金については、長野県としては金利分の補助金で地元出資の再エネ事業を増やすことができるメリットがある。ただし、発電事業が失敗し、補助金で投じた資金が返納されない場合も想定する必要がある。しかし、これらのリスクを分散するために地域金融などと組み合わせた政策スキームが考えられる。

5.2.5 マオリ信託と資源管理法

マオリ信託(Maori Trust)とは、ニュージーランドにおける地熱発電の取り組みの一つである。ニュージーランドの資源管理法(Resource Management Act:RMA)では、地熱発電事業者は地熱資源の権利を持つ土地所有者と関係を構築する必要がある。RMAによれば、地熱資源は公的にも私的にも誰の所有でもないとしているが、資源開発の許可を申請するためには、資源が存在するエリアの土地所有者の承諾を得る必要がある。ニュージーランドにおいて多くの地熱資源はマオリ族が住む北部に集中しており、昔から地熱を利用していたマオリ族が住むエリアであった。そのため、マオリ族への便益や土地利用の集約的な管理を目的としてマオリ信託が作られた。

マオリ信託とは、複数のマオリの人々によって所有されている土地を一括して開発し、地域のために利用するための手段である。その手段は、信託によって違い、地熱資源がある地域の住民が

それぞれ地域に合った取り組みを実施している。マオリ信託については、水野(2012)にてまとめられている。

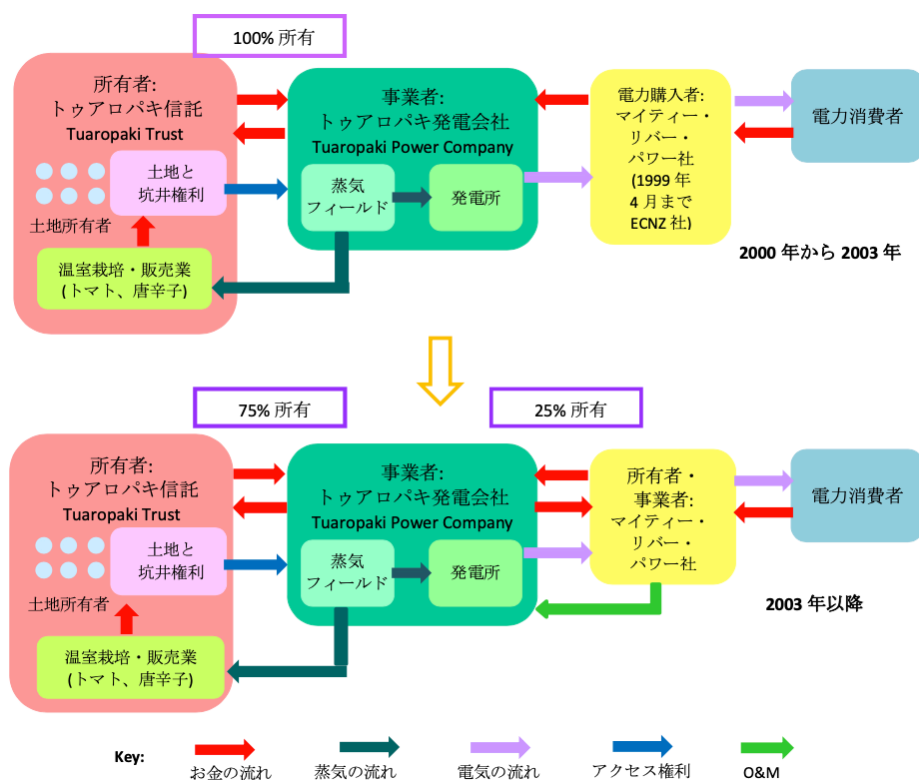


図 29 トゥアロパキ信託のイメージ²¹

タウポ市にあるトゥアロパキ信託(Tuaropaki Trust)では、3900haの土地と土地所有者約1700人によって構成されている。トゥアロパキ信託の100%出資で、2000年から稼働したモカイ地熱発電所と25haの温室栽培を運営しており、発電した電力はすべてマイティ・リバー・パワー社(以下、マイティ社)に売却されている。これらで得られた収益は、教育への補助金や奨学金を通じて信託の株主の便益に役立てられている(Tuaropaki, 2012)。2003年からは、地熱発電事業の25%の所有権がマイティ社によって取得され、モカイ地熱発電所を運営する合弁会社の共同出資者となった(図29)。

²¹ 水野瑛己(2012)「ニュージーランドにおける地熱発電」『自然エネルギー財団報告書』(2012年9月)より引用

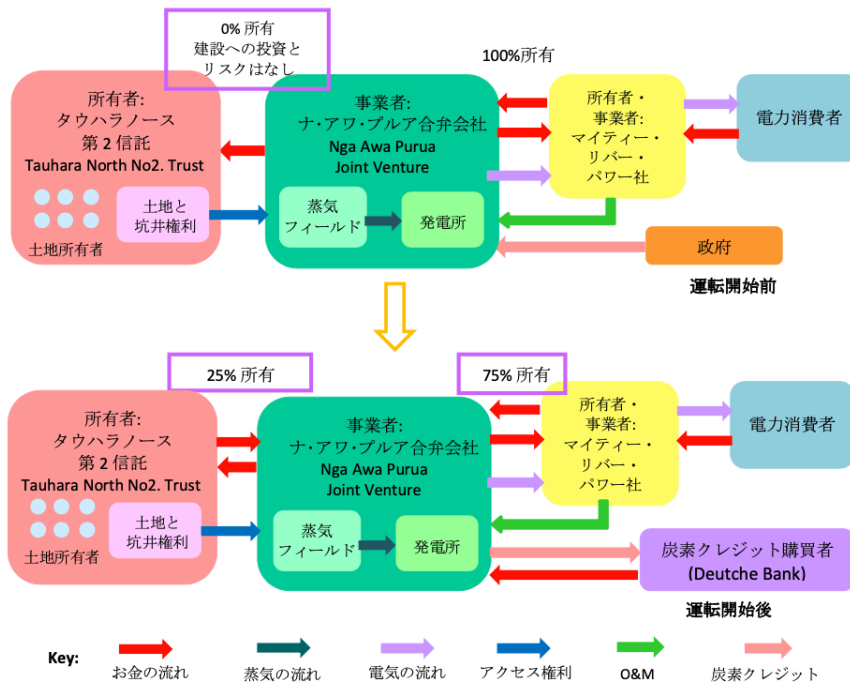


図 30 タウハラノース第2信託のイメージ²²

同じくタウポ市にあるタウハラノース第2信託(Tauhara North No.2 Trust)では、トアロパキ信託とは逆のパターンで発展した。マイティー社が専門知識と初期投資の提供をする一方、タウハラノース第2信託が土地と資源開発許可への協力を約束する基本合意がなされた。マイティー社がナ・アワ・プルア地熱発電所の初期投資を行い建設した後、発電所の運転が開始した時点で信託側が事業への資本参加をするオプションが提供された。その結果、タウハラノース第2信託は25%の所有権を取得し、75%の所有権を持つマイティー社と共同で運営を続けている。この取り組みは、キャピタルリサイクリングモデルの取り組みに近く、資本力が弱い地域にとって参考になる事例である。

本研究でマオリ信託を取り上げたのは、このような方法が地域住民や地方自治体との合意形成が求められる地熱発電と洋上風力発電を促進すると考えたからである。マオリ信託の成功を後押ししているのは、ニュージーランド政府がRMAという法律をしっかりと整備し、地熱資源は公私ともに誰にも所有権はなく、資源開発許可は土地所有者である地域住民にあると明確に明言している点にある。その結果、地域にも利益や情報が還元され、地域と共生する土壌を作っている。

²² 水野瑛己(2012)「ニュージーランドにおける地熱発電」『自然エネルギー財団報告書』(2012年9月)より引用

日本においてRMAが整備された場合、地熱発電に限らず、上記のトゥアロパキ信託やタウハラノース第2信託のような地域と共生した再エネの事例が増えると考えられる。その結果、地元出資率を引き上げて、RVAを高めることにつながる。

5.3 再エネの大量導入を促進する方策

5.3.1 再エネ法

日本における脱炭素社会の実現に向けて再エネの大量導入を促進するためには、再エネを想定した法律の整備が不可欠である。再エネの大量導入のためには主に発電コスト・系統制約・調整力・事業環境の問題が挙げられるが、本節では本研究の主題である地域住民や地方自治体との合意形成に焦点を絞る。

前節で述べた、デンマークの再エネ促進法とニュージーランドの資源管理法の共通点は、再エネ資源の所有権について明確に定義づけ、立地する地域住民や地方自治体にも還元がある仕組みを作ったことにある。再エネ促進法では地域住民も再エネ事業に参加できる権利を与え、資源管理法では土地所有者に地熱開発の裁量権を与えた。

長野県飯田市に地域環境権の取り組みがある。飯田市の条例で、再エネで活用される資源においても地域住民が優先的に利用できる権利を地域環境権として制定した²³。再エネ資源の所有権について曖昧な定義のみである日本の中で、地域環境権は再エネ資源が地域住民に優先されることを明確にした珍しい取り組みである。

表 9 事業実現性に関する評価項目

大項目	小項目	確認の視点の例	確認方法の例
地域との調整、 地域経済等への波及効果	関係行政機関の長等との調整能力	▶ 地域との調整のため、関係行政機関の長等と調整を行う者の実績	・関係行政機関の長等との調整の実績 - 国内の洋上風力における実績 - 国内の陸上風力における実績 - その他国内における実績
	周辺航路、漁業等との協調・共生	▶ 関係漁業者や関係海運業者等との協調・共生方法	・関係漁業者や関係海運業者等の地元関係者に、どのように対話し、理解を得ながら進めていくのかが明らかにされているか
	地域への経済波及	▶ 地域への経済波及はどれくらい見込まれるか	・例えば以下を確認 - 地元雇用がどこにどれだけ増えるか - 地元で工場等がどれだけつくられ、どれだけ投資が促進するか 等
	国内への経済波及	▶ 国内への経済波及はどれくらい見込まれるか	・例えば以下を確認 - 国内雇用がどこにどれだけ増えるか - 国内で工場等がどれだけつくられ、どれだけ投資が促進するか 等

²³ 長野県飯田市 再生可能エネルギーの導入による持続可能な地域づくりに関する条例

洋上風力発電において、再エネ海域利用法によって最低限の事業環境が整備された。発電事業者を選定する過程で配点される事業実現性に関する評価項目で、120点満点のうち20点は地域との調整、20点は地域経済への波及効果が考慮されている²⁴。地域との調整は、関係行政との調整能力(10点)と、周辺航路や漁業との協調・共生(10点)が配点されている(表9)。しかし、ここには洋上風力発電に関する地域の権利については明言されていないため、この配点では地域住民や地方自治体との合意形成が不十分でも、ある程度の限られた関係者と調整できていれば、他の配点で補うことができてしまう。

また、洋上風力発電による国内経済効果や地域経済効果を高めるためには、他国で導入実績があるローカルコンテンツという手段もある。再エネ海域利用法は洋上風力発電の事業環境を整備した面で評価できるが、地域と共生する事業環境という面においては改善の余地があると見られる。

地熱発電においては、日本ではニュージーランドの資源管理法のような地熱法はまだ整備されておらず、温泉利用を想定した温泉法をベースに事業を進めている。しかし、地熱発電と温泉利用では求められている事業環境が大きく違い、地熱発電を促進する上で大きな障害となっている。特に、地熱資源の所有権がどこにあるのかを明言されていないことが、地熱発電の導入がなかなか進まない問題の根源になっている。ニュージーランドでは資源管理法によって、所有権は公私ともに属さないが、発電事業の許可は土地所有者に裁量権が与えられている。しかし日本では、地熱資源の所有権の明確な定義がないため、地熱発電予定地から数十km離れた地点でも、温泉の枯渇を懸念する温泉事業者等は所有権を主張することができる。県条例で距離を定義している場合もあるが、その範囲もバラバラで統一されていない。地域と共生する地熱発電を促進するためには、資源管理法のような政府による地熱法の整備が求められる。

このような地域の権利も考慮した再エネ法の整備が、日本における再エネの大量導入には不可欠である。地域住民や地方自治体にも周辺の発電事業に参加できる権利を与え、地域にも一部の収益を循環させてRVAを高める仕組みが必要である。

5.3.2 第三者による資源調査とゾーニング

地域と共生した再エネの実現には、事業計画段階で発電適地であるか確定する必要がある。地域住民による合意形成の場で、発電事業者による資源調査や環境影響調査では信用できないという声もある。それは、何もルールがない中で、発電事業者にとって都合の悪い情報は隠すことができるので地域住民が懸念しているためである。

²⁴ 一般海域における占有公募制度の運用指針(2019年9月時点)

これらの問題を解決するためには、発電事業と調査事業の主体を切り分け、第三者による資源調査と環境影響調査を推進することが挙げられる(図31)。ニュージーランドでは、まず地熱資源調査と環境影響調査を実施し、発電適地(Development)と自然保護地区(Protected)に分類していく。その中で発電適地と判断されたエリアは発電事業者を公募するプロセスに入る。つまり、第三者による資源調査と環境影響調査をもとに発電できるエリアをゾーニングし、そのあと公平な場で発電事業者を選定する流れである。発電事業と調査事業の主体を切り分けることで、発電事業者と地域住民にとって透明性かつ公平性を備えた選定プロセスが可能になる。このようなオープンなプロセスによって、発電事業者と地域住民は同じ便益を目指して関係を構築する土壌が生まれる。

また、ゾーニングの評価は、資源ポテンシャルや環境影響調査などの環境的な視点だけでなく、周辺住民への影響や既存産業への干渉状況など地域の経済的・社会的・文化的な視点から判断する必要がある。これらも再エネ法に裏付けられた第三者による評価で進めることが、地域と共生する再エネを促進するには欠かせない。

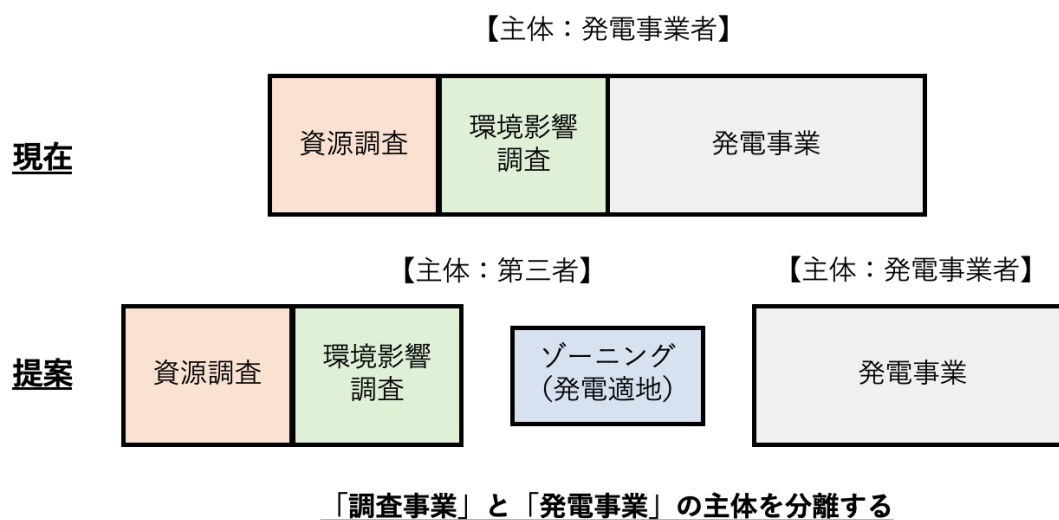


図 31 「第三者による調査事業」と「発電事業」の分離イメージ²⁵

5.3.3 未利用資金の有効活用

RVA を高めるためには地元出資率を引き上げると前章までに述べたが、地域住民にとって資金調達はハードルが高いため、改善策として前節のキャピタルリサイクリングや収益納付型補助金を提示した。しかし、キャピタルリサイクリングは地域住民が安定稼働後に資金調達する必要があり、

²⁵ 筆者作成

収益納付型補助金も公的資金であるため予算には上限がある。そこで活用できると考えられるのが、民間企業の内部留保などの未利用資金の有効活用である。

ここでいう企業の内部留保とは、企業が所有する資産のうち自己の利益によって調達した部分の中の利益剰余金を指す。内部留保は一般的に、市場環境の変化などに対応するために準備している資金であるが、最近では内部留保を溜め込む企業に対して、株主や経済に貢献していないという声もある。内部留保を溜め込むことに対する賛否はあると思うが、現状では企業の利益剰余金は年々上昇しており、2019年時点で約470兆円²⁶とされている(表10)。企業の非常時を除いて、これらの未利用資金を活用できると考えられる。

表 10 利益剰余金の推移

(単位：億円、%)

区分	2015 (平成27)		2016 (平成28)		2017 (平成29)		2018 (平成30)		2019 (令和元)	
	金額	増加率	金額	増加率	金額	増加率	金額	増加率	金額	増加率
全産業 (金融業、保険業を含む)	4,292,157	6.5	4,606,122	7.3	5,074,454	10.2	5,260,166	3.7	5,385,772	2.4
金融業、保険業	513,468	5.2	543,775	5.9	609,610	12.1	628,859	3.2	635,612	1.1

内部留保の活用方法として、前節で述べた長野県の収益納付型補助金モデルが挙げられる。現在、収益納付型補助金は長野県の予算で運用されているが、地方自治体が運用する収益納付型補助金(以下、地域再エネファンド)に対して、民間企業の内部留保資金を活用する方法が考えられる。地域再エネファンドがこれらの未利用資金を元手に地域の再エネ事業を支援することで、地元出資率の高い再エネ事業を増やすことができる。一方で、企業にとっては資金を提供することによる利子と、非常時に地域再エネファンドから資金を回収できる保証が求められる。利子に関しては、グリーン投資減税²⁷などの優遇措置や ESG 投資による市場価値向上などで企業に対してメリットを提供できる。非常時の資金回収に関しては、政府や地方自治体の支援を必要とする。前述した再エネ法でこれらの減税や非常時の保証について明記することもできる。

内部留保470兆円のうち10%でも活用された場合、地元出資率を引き上げる地域再エネファンドの元手として全国の地域に約50兆円の資金が生まれることになる。内部留保の他にも、年金積立金管理運用独立行政法人(以下、GPIF)が運用する約170兆円²⁸も考えられる。また、都道府県や

²⁶ 法人企業統計年報(2019) 利益剰余金の推移(金融業、保険業を除いた全産業の数値算出)

²⁷ グリーン投資減税は2020年から省エネ再エネ高度化投資促進税制に名称変更

²⁸ 年金積立金管理運用独立行政法人 2020年度第2四半期運用状況

市町村の地方自治体においても、非常時に積み立てている財政調整基金が約 21 兆円²⁹あり、地方自治体が運営する収益納付型補助金の元手の一つとしても活用が考えられる。

これらの未利用資金を再エネ事業の地元資本の元手として活用することによって、収益納付型補助金を運用する地域再エネファンドで地元出資率を引き上げることができ、再エネによる RVA への影響は非常に大きなものになると考えられる。これらの取り組みを支援するためには、内部留保や GPIF などが地域再エネファンドに資金を提供しやすい環境を整備する必要がある。

5.4 エネルギーデザイン

脱炭素社会の実現に向けて、日本のエネルギーを再設計する段階に来ている。デザインとは、特定の環境下や様々な制約の中で、目的を達成するために、未完成の要素を組み合わせ、要求を満たすような使用を明示することである。地域の環境や状況下で、脱炭素社会の実現のために再エネの大量導入が求められる今、地域自らも再設計に向けてエネルギーをデザインする時代である。

地域のエネルギーを再設計するためには、まず現時点での地域エネルギー収支を把握する必要がある。第2章1節で述べたように、日本におけるエネルギー源の大半は海外から輸入している化石燃料であるため、資源は海外、発電所は港湾近くに偏在している。多くの地域では、エネルギーを地域外から調達しているため、漏れバケツ理論と同様、地域として稼いだ利益はエネルギーで域外に流出していることが多い。再設計のためには、その現状を把握する必要がある。

次に、地域エネルギーの資源ポテンシャルを把握する必要がある。資源調査については、すでに多くの地域で実施されていることも多く、既存の文献などで確認できることも多い。特に、毎年発行されている永続地帯報告書³⁰は、各地域のエネルギー供給実態を把握するためにはとても参考になる報告書である。

最後に、把握したポテンシャルをもとに、再エネを導入した場合のエネルギー収支を試算する。これまで漏れたバケツから流出していたエネルギー支出がどのように地域内で循環する可能性があるかを確認する。前述するように、発電事業の地元出資率を引き上げない限り RVA を高めることは難しいが、地域として自分たちのエネルギーを見直す機会になり、再エネのある地域について想像することができる。

以上のように、エネルギーデザインの3つのステップを経て、地域として再エネのある地域について想像できる材料を揃えることが、地域と共生する再エネについて検討するための第一歩とな

²⁹ 総務省(2017) 地方公共団体の基金の積立状況等に関する調査結果のポイント及び分析

³⁰ 千葉大学倉阪研究室・NPO 法人環境エネルギー政策研究所「永続地帯 2019 年度版報告書」

る。これらのデータが揃い始めたら、地域住民や地方自治体が再エネの導入について検討するための判断材料と選択肢を作ることができる。

5.5 再エネのある日本経済

各地域がエネルギーの再設計を検討し、第5章2節と3節で述べたRVAを高める政策による環境が整えば、脱炭素社会の実現に向けて地域と共生する再エネの大量導入が現実的になる。

現時点では、日本のエネルギー経済は漏れバケツ状態であるが、洋上風力発電や地熱発電の大量導入が進めば、エネルギー資源輸出国に流出していた年間10兆円以上の資金が日本の地方に流入する。特に、北海道・東北・九州は大きな再エネポテンシャルを抱えている。これまで日本の経済は1960年に策定された国民所得倍増計画で提唱された「太平洋ベルト地帯構想」を中心に発展してきた(図32)。いまでも日本経済の中心は太平洋ベルトである。

しかし、日本で再エネが大量導入された場合、再エネポテンシャルの高いエリアには年間10兆円以上のエネルギー支出と関連事業による経済波及効果が見込まれる。特に、図33のように、主力電源になる可能性のある洋上風力発電の適地は、北海道・東北・九州の日本海側に広く分布している。地熱発電についてもポテンシャルの多くは北海道・東北・九州に分布している。これまで経済発展の中心であった太平洋側ではなく、これまで経済発展が太平洋側に比べて遅かった日本海側に新たな経済圏が生まれる可能性がある。太平洋ベルト地帯に次ぐ、日本海経済圏の形成である。再エネによって各地域だけでなく、日本海をはじめとする日本全体の経済発展が見込まれる。

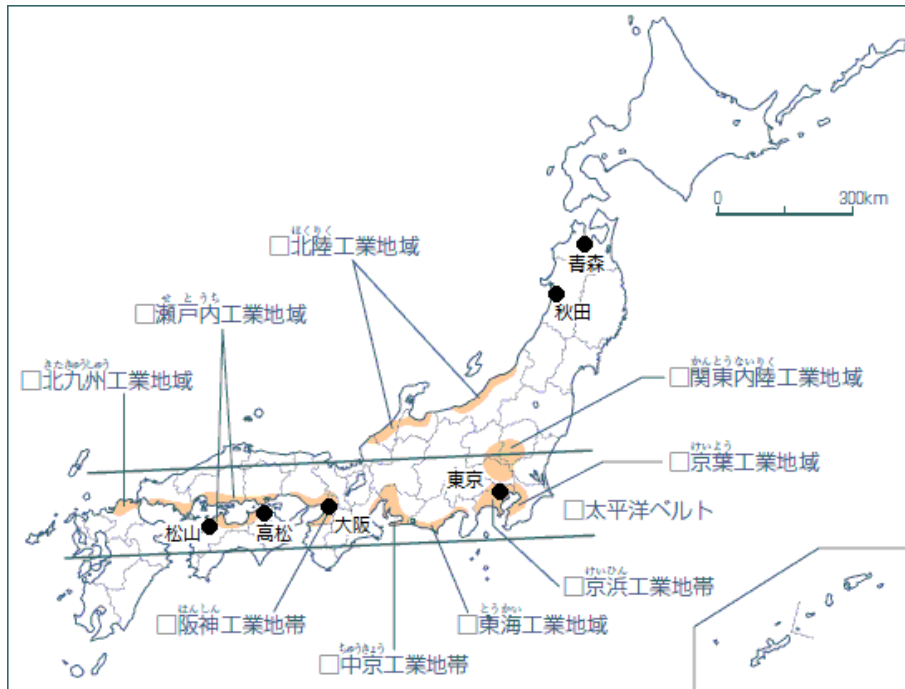


図 32 太平洋ベルト地帯

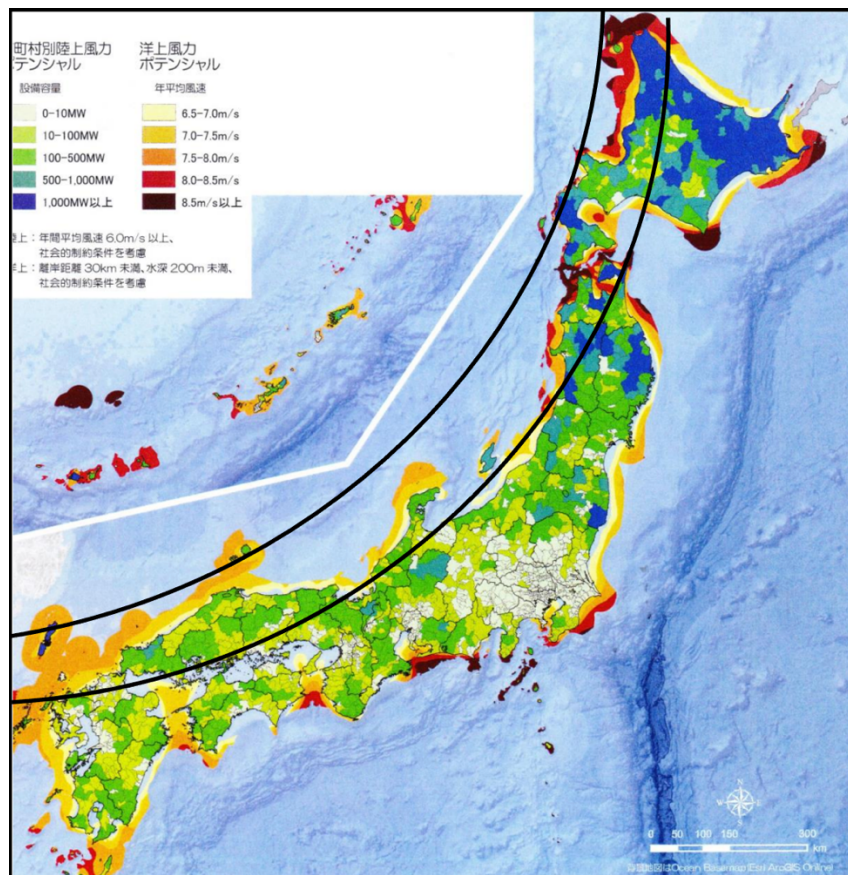


図 33 再エネによる日本海経済圏

第6章 結論

脱炭素社会の実現に向けて、日本は再エネの大量導入のために現実的な具体策が求められている。地域住民と地方自治体の理解を促進するためには、地域が受けるリスク以上のメリットを可視化する必要がある。そこで、本研究では判断材料の一つとして地域経済付加価値分析(RVA)を取り上げ、地域と共生する再エネの大量導入に向けた取り組みや政策の特徴を定量的に明らかにした。

化石燃料などの輸入資源に頼る現在の日本に比べ、再エネが大量導入された日本では、持続可能な発展のために環境保全・地域経済・産業経済・安全保障の面で効果がある。その効果は、再エネによる環境保全、国産エネルギーである再エネによる地域経済効果と国家全体への産業波及効果、海外の市場リスクや為替リスクと関係なく安定供給が期待されるエネルギー安全保障、の4点である。この中で本研究では、再エネの大量導入を促進する地域との合意形成には地域経済の視点が重要と考え、今後導入促進が見込まれる洋上風力発電と地熱発電におけるRVAモデルを新たに作成し、今後再エネの大量導入を後押しすると考えられる取り組みと政策について定量的に検証した。

本研究では、まず第1章で国内外における気候変動対策の経緯と日本における再エネポテンシャルを確認し、再エネの導入に求められる地域住民と地方自治体との合意形成に地域経済効果を示す定量的な分析が必要であることを述べた。第2章では、再生可能エネルギーと地域経済に関する先行研究をもとに産業連関分析と地域経済分析システムを比較し、本研究で扱う地域経済付加価値分析モデルの特徴と合意形成ツールとしての有用性について明らかにした。第3章では、日本で未開発かつポテンシャルが大きい地熱発電における地域経済付加価値分析モデルを作成し、地域と共生した地熱発電の特徴を定量的に明らかにした。第4章では、今後大量導入が見込まれる洋上風力発電における地域経済付加価値分析モデルを作成し、地域と共生した洋上風力発電の特徴を定量的に明らかにした。第3章の地熱発電と第4章の洋上風力発電では、地域経済付加価値を高めるためには発電事業の地元出資率をできるだけ引き上げる必要があることを指摘した。第5章では、RVAを活用して、地元出資率の引き上げやRVAの向上を促進する取り組みと政策を定量的に検証した。第5章2節では、地元出資率や地元調達率の引き上げなど、地域と共生する再エネを促進すると考えられる政策の事例を取り上げ、それぞれRVAの視点からその効果について論じた。キャピタルリサイクリング・再エネ促進法・収益納付型補助金・マオリ信託に関しては主に地元出資率の向上を促進し、ローカルコンテンツは地元調達率の向上を促進することをRVAで明らかにしている。第5章3節では、第5章2節の事例を参考にしながら、再エネの促進に対応した法律・第三者による資源調査とゾーニングの実施・未利用資金の有効活用など、再エネの大量導入に有効と考えられる政策についてRVAで定量的に論じている。また、今後再エネ

に関する政策を議論する際は、地域と共生する再エネのためには地域側も行動を起こす必要がある。第5章4節では、自分たちが住む地域のエネルギーを把握し、再エネの可能性を聞き、再エネのある未来について想像することで、再エネの導入に関して議論できる土壌と選択肢の提示について述べた。最後に第5章5節では、太平洋ベルトを中心に経済発展した日本において、再エネの大量導入を実現した場合、北海道・東北・九州を中心とした日本海経済圏の形成の可能性について述べた。

日本の脱炭素社会の実現に向けて必要不可欠な再エネの大量導入に向けて、本研究では地域住民や地方自治体との合意形成の促進が必要と考え、国内で十分な資源ポテンシャルが見込まれ、今後導入を進めるべき洋上風力発電と地熱発電に特化して地域経済付加価値分析モデルを作成し、それぞれの発電の地域付加価値を明らかにした。また、地域経済付加価値分析を活用して再エネの大量導入のための具体策と見込まれる効果を定量的に可視化した。今後の課題としては、2050年までに温室効果ガス排出量の実質ゼロに向けて、根拠に基づいた具体策を求める政府や地方自治体に対して、地域経済付加価値分析モデルで得た結果を信頼できる提案にするために、第一にコストデータの収集と、第二に地域経済付加価値分析活用の簡便化が挙げられる。これらの課題を改善し、発電事業や政策選択の合意形成ツールの一つとしてRVAを活用することで、地域と共生する再エネの大量導入を促進し、ポストFIT時代を見据えて議論の土台となる具体策の検証と実現に貢献することを目指す。

図表

図 1	地域付加価値の 3 要素	18
図 2	初期投資段階における地熱発電の地域経済付加価値(千円/kW)	29
図 3	事業運営段階における地熱発電の地域経済付加価値(千円/kW)	29
図 4	地熱 100kW における RVA 内訳(事業運営段階)	30
図 5	地熱 2000kW における RVA 内訳(事業運営段階)	30
図 6	地熱 30000kW における RVA 内訳(事業運営段階)	31
図 7	事業運営段階における地熱 RVA 比較(1 年目～15 年目)	32
図 8	事業運営段階における地熱 RVA 比較(16 年目以降)	32
図 9	40 年間ににおける地元出資率別の地熱 RVA 累積(百万円)	33
図 10	地熱発電所 A における RVA(事業運営段階)	35
図 11	洋上風力発電のポテンシャルマップ	38
図 12	地域別再エネポテンシャル	38
図 13	初期投資段階における洋上風力発電の地域経済付加価値(円/kW)	43
図 14	事業運営段階における洋上風力発電の地域経済付加価値(円/kW)	43
図 15	洋上風力 RVA の内訳(事業運営段階)	44
図 16	事業運営段階における洋上風力 RVA 比較	45
図 17	NREL/五島の RVA 比較(初期投資段階)	47
図 18	NREL/五島の RVA 比較(事業運営段階)	47
図 19	五島における洋上風力 RVA の内訳(事業運営段階)	48
図 20	キャピタルリサイクリングモデル	51
図 21	RVA 版キャピタルリサイクリングモデル(イメージ)	51
図 22	事業運営段階における地熱 RVA と CRRVA の比較	52
図 23	事業運営段階における地元出資率別地熱 RVA の比較(円/kW)	52
図 24	再エネ促進法(イメージ)	53
図 25	再エネ促進法がある洋上風力 RVA	53
図 26	地熱 RVA(初期投資段階)	54
図 27	収納納付型補助制度(長野県)	55
図 28	収益納付型補助金の支援イメージ(長野県)	56
図 29	トウアロパキ信託のイメージ	57
図 30	タウハラノース第2信託のイメージ	58

図 31 「第三者による調査事業」と「発電事業」の分離イメージ.....	61
図 32 太平洋ベルト地帯.....	65
図 33 再エネによる日本海経済圏.....	65
表 1 再エネ(太陽光・風力・小水力・バイオマス)のバリューチェーン.....	16
表 2 再エネ(地熱)のバリューチェーン.....	16
表 3 コスト内訳表.....	17
表 4 経済分析手法の比較表.....	23
表 5 コスト内訳表(地熱発電).....	27
表 6 地熱発電所 A の提供データ.....	34
表 7 洋上風力発電(40 万 kW)のコスト内訳表.....	41
表 8 洋上風力発電における抽出した費用項目.....	42
表 9 事業実現性に関する評価項目.....	59
表 10 利益剰余金の推移.....	62

参考文献

- ・一般社団法人日本風力発電協会(2018)「洋上風力発電の導入促進に向けて」
<http://jwpa.jp/k5u8z6e6/gfifsf4vk/180316_offshore_request.pdf>2019年5月14日アクセス
- ・岩瀬忠篤、佐藤真樹(2014)「法人企業統計から見る日本企業の内部留保(利益剰余金)と利益配分」『ファイナンス』2014年7月シリーズ日本経済を考える 40、86-95頁
- ・上地成就、村山武彦、錦澤 滋雄(2013)「地熱発電開発に対する地域における社会的受容性の要因分析—柳津西山地熱発電所と小国発電所計画を事例に」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/ceispapers/ceis27/0/ceis27_283/_pdf
- ・江原幸雄(2009)「経済的・社会的観点から見たわが国の地熱発電の課題と新しい展開の方向」『九大地熱・火山研究報告』第18号2-8頁
- ・小川祐貴(2018)「再生可能エネルギーへのエネルギー転換の経済効果(日本における多面的量評価)」『京都大学学術情報リポジトリ(2018年3月26日)』
- ・小長谷一之、前川知史編(2012)「経済効果入門」日本評論社
- ・海上保安庁(2020)「日本の領海等の概念図」『海上保安庁海洋情報部』
https://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/ryokai/ryokai_setsuzoku.html
- ・科学技術動向研究センター(2013)「拡張産業連関表による再生可能エネルギー発電施設建設の経済・環境への波及効果分析」
- ・環境省(2010)「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」
<http://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/>
- ・環境省(2010)「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」
<http://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/>
- ・環境省(2011)「平成23年度 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」
<http://www.env.go.jp/earth/report/h24-04/および>
- ・環境省(2012)「平成24年度 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」
<https://www.env.go.jp/earth/report/h25-03/index.html>
- ・環境省(2012)「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第3作業部会:再生可能エネルギー源と気候変動緩和に関する特別報告書」
- ・環境省(2014)「平成26年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書」第4章、再生可能エネルギーの導入見込量
(<http://www.env.go.jp/earth/report/h27-01/>)
- ・環境省(2018)「浮体式洋上風力発電実証事業委託業務成果報告書」

- ・環境省(2019)「地域経済循環分析ツール」『環境省大臣官房総合政策課』
https://www.env.go.jp/policy/mat06_1-1-1.pdf
- ・窪田ひろみ(2012)「地熱発電開発と温泉事業との相互理解と地域共生に向けた方策」『電力中央研究所報告(研究報告 V11033)』(2012年4月)
- ・経済産業省(2019)「一般海域における占有公募制度の運用指針」『経済産業省資源エネルギー庁・国土交通省港湾局』(2019年6月)
- ・経済産業省(2020)「2018年度エネルギー需給実績」
<https://www.meti.go.jp/press/2020/04/20200414002/20200414002.html>
- ・財務省(2015)「平成27年産業連関表における部門分類」
- ・財務省(2020)「年次別法人企業統計調査(令和元年度)」『財務総合政策研究所』(2020年10月)
- ・山東晃大(2017)「地熱発電における地域経済付加価値分析」『財政と公共政策』39(2)
- ・資源エネルギー庁(2018)「2030年エネルギーミックス実現へ向けた対応について」(2018年3月26日)
- ・資源エネルギー庁(2020)「固定価格買取制度」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_kakaku.html
- ・資源エネルギー庁(2020)「省エネ再エネ高度化投資促進税制(再生可能エネルギー部分)」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/new/information/180404a/summary.html (2020年11月)
- ・自然エネルギー財団(2017)「浮体式の洋上風力発電で日本初の商用運転―長崎県五島市で漁業との共生を目指す―」『自然エネルギー活用レポート(No.10)』
- ・自然エネルギー財団(2017)「地熱発電で年間6億円の収入を過疎の町に一熊本県小国町の住民30人が合同会社で事業化―」『自然エネルギー活用レポート(No.4)』(2017年7月)
- ・自然エネルギー財団(2018)「地熱発電が被災した温泉地に活力もたらす:福島県土湯温泉で排熱をエビの養殖にも」『自然エネルギー活用レポート(No.14)』(2018年5月)
- ・自然エネルギー財団(2020)「自然エネルギー導入ポテンシャル」
<https://www.isep.or.jp/jsr/2017report/chapter5/5-3>
- ・霜浦森平・中澤純治・松本明(2013)「環境産業分析用地域産業連関表を用いた太陽光発電の地域経済効果―高知県における事業形態による効果の比較分析―」『日本地域学会第50回年次大会報告論文』
- ・諏訪亜紀・柴田祐希・村山武彦(2018)「コミュニティと共生する地熱利用」『学芸出版社』
- ・総務省(2017)「地方公共団体の基金の積立状況等に関する調査結果のポイント及び分析」『総務省自治財政局』(2017年11月)

- ・千葉大学倉阪研究室(2019)「永続地帯 2019 年度版報告書」『永続地帯』 <https://sustainable-zone.com/>
- ・長野県(2015)「収益納付型補助金の活用による再エネ導入促進(長野県)」
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/pdf/nagano.pdf>
- ・中村良平(2014)「まちづくり構造改革」 日本加除出版
- ・中山琢夫・ラウパッハ スミヤ ヨーク・諸富 徹(2016)「日本における再生可能エネルギーの地域付加価値創造 —日本版地域付加価値創造分析モデルの紹介、検証、その適用—」『サステイナビリティ研究』(法政大学)第6号、101-115頁
- ・中山琢夫・ラウパッハ スミヤ ヨーク・諸富 徹(2016年)「分散型再生可能エネルギーによる地域付加価値創造分析—日本における電源毎の比較分析」『環境と公害』(岩波書店)Vol.45 No.4 20-26頁
- ・日本風力発電協会(2012)「日本の洋上風力発電」 <http://log.jwpa.jp/content/0000289388.html>
- ・日本風力発電協会(2014)「風力発電導入ポテンシャルと中長期導入目標 V4.3」
http://jwpa.jp/page_195_jwpa/detail.html
- ・年金積立金管理運用独立行政法人(2020)「2020 年度第2四半期運用状況(速報)」
https://www.gpif.go.jp/operation/2020-Q2-1106-Jp_880369.pdf
- ・稗貫峻一・本藤祐樹 (2012)「拡張産業連関表を用いた地熱発電のライフサイクル雇用分析」『第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンスプログラム講演論文集』。
- ・稗貫峻一・本藤祐樹 (2013)「拡張産業連関モデルを用いた地熱発電のライフサイクル雇用分析」『日本エネルギー学会誌』No.92, pp.164-173.
- ・稗貫峻一・本藤祐樹 (エネルギー技術の地域別社会経済効果の分析における全国/地域産業連関表の利用)『日本エネルギー学会誌』96巻6号 176-185頁
- ・松浦正浩(2018)「日本における洋上風力発電立地の合意形成:成功事例に見られる地域共生に向けた教訓」『海洋空間計画の策定と国際ネットワーク形成に関する基礎的研究(科研費報告書15H01936)』
- ・水野瑛己(2012)「ニュージーランドにおける地熱発電」『自然エネルギー財団報告書』(2012年9月)
- ・村岡洋文(2009)「資源量評価」, 61-69, 地熱発電, (社) 火力原子力発電技術協会
- ・諸富徹(2013)「再生可能エネルギーで地域を再生する」『世界』(岩波書店)2013, pp.164-173.
- ・諸富徹(2015a)「電力システム改革と再生可能エネルギー」(日本評論社)
- ・諸富徹(2015b)「再生可能エネルギーと地域再生」(日本評論社)
- ・諸富徹(2019)「入門地域付加価値創造分析」『日本評論社』

- ・安田公昭(2015)「洋上ウインドファーム事業の合意形成プロセスに関する事例研究と提言」『土木学会論文集 B3(海洋開発)』2015年 Col.71, No.2
- ・安田陽(2017)「再生可能エネルギーはなぜ世界中ですいしんされているのか」『コラム連載(再エネを語る。未来を語る。』(京都大学再生可能エネルギー経済学講座), http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/occasionalpapers/occasionalpapersno54
- ・安田陽(2018)「再生可能エネルギーがもたらす便益とは」『科学』(岩波書店)2018年10月 Vol.88, No.10, pp.0992-0996.
- ・柳沢明 (2014)「貿易赤字とエネルギーと火力発電と」『日本エネルギー研究所』IEEJ2014年7月掲載

- ・Allan G., Mcgregor P., Swales K. (2010), The importance of revenue sharing for the local economic impacts of a renewable energy project: A social accounting matrix approach, *Regional Studies*, volume 45, pp1171-1186.
- ・APPA (2012), Study of the macroeconomic impact of renewable energies in Spain, Spanish Renewable Energy Association (APPA).
- ・Breitschopf, B., Nathani, C., Resch, G. (2011), Review of approaches for employment impact assessment of renewable energy deployment, Franhofer ISI, rütter + partner, Energy Economics Group, Study commissioned by IEA-RETD, November 2011.
- ・Coon, Randal C. & Hodur, Nancy M. & Bangsund, Dean A.(2012), Renewable Energy Industries' Contribution to the North Dakota Economy, *Agribusiness & Applied Economics Report*
- ・European Commission (2020) Regulation of the European Parliament and of the Council (European Climate Law)
- ・Eurostat (2018), Renewable energy statistics, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_ren/default/table?lang=en
- ・Flegg A, Thomo T (2010) Regional input-output tables and the FLQ formula: A case study of Finland. *Regional Studies Association Annual International Conference 2010: Regional Responses and Global Shifts: Actors, Institutions and Organisations*, Pecs, Southern Hungary, 24-26 May 2010, University of the West of England, Bristol. download under <http://eprints.uwe.ac.uk/12338/>
- ・Heinbach K., Aretz A., Hirshl B., Prah A., Salecki S. (2014) Renewable energies and their impact on local value added and employment, *Energy, Sustainability and Society*, Springer Open Journal, <http://www.energysustainsoc.com/content/4/1/1>

- Hirschl B., Aretz. A., Prahl A., Böther T., Heinbach K., Pick. D, Funcke S. et al. (2010)
Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien, Schriftenreihe des IÖW 196/10, Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung
- International Energy Agency (2014)「Promotion of Renewable Energy Act」『IEA/IRENA Renewable Policies Database』(2014年5月12日)
- International Renewable Energy Agency (2016) “Remap 2016: Roadmap for a Renewable Energy Future, 2016 Edition”
- JOGMEC(2012)「平成24年度地熱資源開発調査事業費助成金交付事業」
<http://www.jogmec.go.jp/news/release/release0463.html>
- Lehr U, Lutz C, Edler D, O’Sullivan M, Nienhaus K, Nitsch J, Breitschopf B, Bickel P, Ottmüller M (2011) Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt.
- Luketina K (2010), New Zealand Geothermal Resource Management –A Regulatory Perspective–
- Nakano S, Washizu A (2013) Development of a Japanese Input–Output Table for Renewable Energy and Smart Grid Systems, 早稲田大学社会科学総合学術院ワーキングペーパー No.2013–7p.1 – 162013/10
- NREL(2016) IEA Wind Task 26 offshore wind farm baseline documentation, 2016/06
- Mecklenburg–Western Pomerania(2016)「Law on the participation of citizens and municipalities in wind farms in Mecklenburg–Western Pomerania」 <http://www.landesrecht-mv.de/jportal/portal/page/bsmvprod.psml?showdoccase=1&st=lr&doc.id=jlr-WindPB%C3%BCGemBGMVrahmen&doc.part=X&doc.origin=bs>
- Porter M. E. (1985) *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, Free Press, NY
- Ward B, Lewis J (2002)「Plugging the Leaks」『New Economics Foundation』
<https://neweconomics.org/uploads/files/plugging-the-leaks.pdf>

謝辞

本研究は、著者が京都大学大学院経済学研究科博士後期課程と、京都大学経済研究所先端政策分析研究センターに在籍中の研究成果をまとめたものです。京都大学大学院経済学研究科の諸富徹先生には、指導教官として在学中から多方面にわたって多くの研究や出会いの機会を頂きました。ここに深く感謝致します。博士後期課程に在籍中から研究会や催し物になかなか参加していなかったにも関わらず、再生可能エネルギー経済学講座などとても貴重な経験をさせて頂きました。

著者が本研究で扱った地域と共生する再生可能エネルギーに関心を持ったのは、長崎県小浜温泉の地熱発電プロジェクトがきっかけです。2012年8月にたまたま友人の紹介で知った小浜温泉の住環境とポテンシャルを気に入り、当時住んでいた大阪市から思い切って移住することを決めました。その決心をした直後、たまたま小浜温泉で開催されていた「長大・京大合同研究会」という再生可能エネルギーに関する研究会にいらしたのが諸富先生です。今でも覚えているのは、小浜温泉の伊勢屋旅館で開催された懇親会で諸富先生と、研究会に参加されていた九州大学の江原幸雄先生と知り合い、著者と3名で30分ほど小浜温泉に移住してやりたいこと・地熱でできそうなことを話し合いました。当時まだ関西学院大学経済学研究科修士課程に所属していた著者は、博士後期課程に進むことは考えておらず、そのまま小浜温泉で仕事に就くことを考えておりました。また、著者の当時の研究テーマは、神戸空港の財務諸表を新たに作成し、財務分析をする地方財政を主テーマとしており、再生可能エネルギーとはほとんど関係のない分野を研究しておりました。そんな中、前述の伊勢屋旅館の草野肇社長(当時)より博士後期課程への進学のスズメもあり、諸富先生を頼って京都大学経済学研究科に進学することになりました。

小浜温泉では、小規模温泉バイナリー発電所の実証事業と事業化を目指して、一般社団法人小浜温泉エネルギーの一員として活動しておりました。小浜温泉エネルギーでは、特に地元温泉事業者などの地元住民に対する説明会や協議会の開催など、地域住民と触れる機会がとても多かったです。これらの活動は、本多宣章代表理事をはじめ、佐々木裕事務局長や山下浩一理事などここではすべての名前を書き切れないほど多くの小浜温泉の方々に支えられながら、4年半小浜温泉バイナリー発電所づくりに携わることができました。著者が移住者であるにも関わらず、小浜温泉の方々は温かく見守って頂き、一緒にお酒を酌み交わす度に仲良くなり、地熱発電に対する地域住民のホンネを聞かせて頂くことも多くなりました。このように地域住民側と発電事業者側の双方の考えを汲み取る立場におり、本研究のような現場を考慮した学術的な研究に落とし込むことができたと考えております。それが、地域と共生する再生可能エネルギーと、再生可能エネルギーと合意形成に問題意識を持つきっかけになりました。

地域住民の声を聞き、再エネに関する地域の選択のためにも、数値的根拠を含む定量的な分析が必要不可欠だと考えていたところ、立命館大学のラウパツハ先生による講演で地域付加価値創造分析の存在を知りました。京都大学の研究会の後、研究会に参加していたラウパツハ先生と江原先生と3人で食事をしていた時に、ラウパツハ先生から当時の地域付加価値分析には地熱発電が含まれていないという話になり、直後に江原先生に「山東くん、やってみてよ」と言われ、即答で「やります」と返答しました。それが、地熱RVAを作成するに至った経緯です。

小浜温泉エネルギーで現場の経験を得ながら、同時に京都大学の研究調査や研究会などにも参加しました。研究調査では、諸富先生や多くの先生からお誘い頂き、国内外の先進的な取り組みをする地域を訪れました。諸富先生のお誘いで、ドイツにおける地方自治体のシュタットベルケの取り組みや北欧の再エネ政策など、現場の方々から直接お話を伺う機会を頂きました。また、滋賀県立大学平岡俊一先生や島根大学上園昌武先生などの研究者と実践者の混合チームでドイツ・オーストリア・スイス・イタリアの再エネ先進自治体を訪れました。ここでは、どんな小さな村でも工夫次第で再エネによる地域活性化は可能であると感じ、合意形成ツールになりうるRVAを活用して日本でも実践したいと思うきっかけになりました。

京都大学再生可能エネルギー経済学講座では、学術面においても実践面においても、第一線で活躍されている方々のお話を聞く機会を頂き、多くの学びと気づきを得ることができました。特に、毎回研究会に参加されている山家公雄先生・内藤克彦先生・荒川忠一先生・永田哲朗先生・竹内敬二先生・加藤修一先生からは、それぞれの学術・経験をもとに多角的な面からのコメントがあり、著者の研究発表に対しても多くのコメントを頂き、深く感謝しております。特に、安田陽先生から伺った欧州の洋上風力発電のお話は、のちに洋上風力RVAを作成するきっかけになりました。洋上風力RVAを研究し始めた後も、とても参考になるアドバイスを多々頂きました。そして、中山琢夫先生からは、著者が博士後期課程に入った頃から大変お世話になりました。中山先生とはこれまで国内外の調査に同行することも多く、毎年講演に行くJOGMEC地熱開発研修の度に最近の研究動向、研究者としての心構えや今後のキャリアについてもお話を伺いました。そして、地域付加価値創造分析に関する詳細なアドバイスもたくさん頂きました。深く感謝しております。

当時、小浜温泉のプロジェクトは、小規模地熱発電の中で先進的な取り組みで、発電事業の現場にいたこともあり、先進地域の視察で訪れる多くの研究者や事業者と知り合う機会を得ることができました。そこから講演や共同研究のお話を頂き、関係が継続する方々も多くおりました。地熱発電においては、電力中央研究所の窪田ひろみ先生やエンジニアリング協会の奥村忠彦所長には、地熱発電に関する現場の状況や求められている研究など地熱RVAについて多くのアドバイスを頂きました。洋上風力発電においては、五島市の洋上風力発電を担当されている北川数幸さん・戸田建設の佐藤郁さん・五島ふくえ漁協の熊川組合長から現場の状況や洋上風力発電の可能性について伺い、洋上風力RVAの必要性を強く感じるきっかけになりました。

現在所属している京都大学経済研究所先端政策分析研究センターでは、清水延彦先生と前任者の竹谷理志先生には、著者の研究に理解を示して頂き、それぞれ環境省職員として得た知見や経験からアドバイスを頂きました。深く感謝致します。

これまで大変多くの方々にご協力頂き、本研究をまとめることができました。改めて、深く感謝致します。最後に、生まれてから今まで、多くの心配をかけながらサポートして頂いた著者の両親に深く感謝致します。みなさま、本当に有難うございました。