

地熱開発と地域の在り方

慶應義塾大学経済学部 4 年

大沼あゆみ研究会 15 期

学籍番号：21702393

稲田 達樹

-要旨-

現在、日本は安定供給の側面からエネルギーミックス実現のために再生可能エネルギーの最大限の導入を目指している。地熱発電はそのポテンシャルの高さから、2030 年までに 150 万 kw 達成の目標を掲げており、日本全国で地熱調査・開発が進められている。しかし地熱開発は様々な複合的問題を抱え、発電は約 52 万 kw に留まり、目標達成を疑問視する声も少なくない。日本の地熱発電導入の阻害要因の一つとなっているのは、地域理解を得ることの難しさにある。地熱発電が活用する地熱資源は、多くの場合、地元の温泉事業者が利用する温泉資源と隣接している。そのため、温泉への影響を懸念する地域住民の理解が絶対条件となり、開発において地域との関係を考慮する必要があるため、なかなか導入までに至らない状況にある。本論文では、地域で地熱開発を検討する判断材料の一つとして、地熱発電導入による地域への経済・環境的影響がどの程度のものになるか、その波及効果を考えていきたい。また、地熱開発と地域の共存、さらなる発展させるために今後必要なことは何か、環境経済学的な視点を取り入れながら考察を進めていく。

経済なき道徳は戯れ言であり、

道徳なき経済は犯罪である

二宮 尊徳

目次

序章	5
第1章 地熱発電	6
第1節 日本のエネルギー状況と地熱発電の立ち位置	6
第1項 海外へのエネルギー依存	6
第2項 3E+S 電力需要構造の変化	8
第2節 地熱発電について	9
第1項 日本と地熱資源	9
第2項 日本の地熱発電所	11
第3節 地熱開発	12
第4節 地熱開発の歴史的背景	13
第2章 地熱発電の現状分析	15
第1節 先行研究紹介	15
第2節 今後の地熱発電	16
第3節 地熱発電のメリットと障壁	17
第1項 地熱発電のメリット	17
第2項 地熱発電の障壁	18
第4節 問題提起	19
第1項 開発中止の事例	19
第2項 問題提起	20
第3章 地熱開発についてヒアリング	21
第1節 地熱発電についてのヒアリング	21
第1項 岩手県八幡平市 沸騰地熱塾	21
第2項 北海道札幌市 地熱シンポジウム in 札幌	22

第2節	EIMY とデュアル・エネルギーパス	23
第3節	ヒアリングを通して	25
第4章	開発における SH 分析と諸問題に対する提言	26
第1節	SH 分析とその整理.....	26
第2節	諸問題に対する提言	29
第1項	地熱開発がどれくらい温泉に影響するのか	29
第2項	地熱温泉熱の地域利用拡大の可能性	30
第3項	観光資源として、どれだけの効果があるのか	33
第4項	地熱開発の円滑な受け入れ態勢の構築	34
第5項	地熱事業・地域の理解をする（相互理解）	35
第6項	事業として、経済的に地熱発電が成り立つのか	36
第7項	事業環境の改善	40
第8項	まとめ	42
第5章	開発と地域、共存への考察	43
終章	47
参考文献	49
あとがき	52

序章

本論文では、2030年エネルギーミックスにおける地熱発電の目標である150万kw達成のために、ヒアリングを通して地域目線で地熱開発の可能性を探り、分析・考察をする。そして最終的に、開発と地域、地熱と温泉、対立関係に陥る場合もある両者を、相互利益を生み出すような関係を提案していくことが本論文の目的である。

日本のエネルギー自給率は約9.6%であり、先進国の中でも極めて低く、資源の大部分を海外輸入に頼っている。日本を取り巻く資源エネルギー環境は、中国・インドなどの新興国を中心とした資源需要の拡大、それに伴う資源獲得競争の激化、東日本大震災以降のエネルギー構造の変化、CO₂削減に向けた石炭火力発電からの脱却など、大きく変動している状況である。エネルギーの安定供給確保は日本の最重要課題の一つだといえる。こうした中で太陽光・風力・地熱・水力・バイオマスといった再生可能エネルギーは、温室効果ガスを排出せず、国内生産できることから低炭素の国産エネルギー源として大きな期待を寄せられている。特に地熱は、環太平洋火山帯に位置する日本で世界第3位の資源量2,300万kw¹を保有し、ベースロード電源として位置づけられている。私たちの足下には大きなエネルギー源が眠り、戦前から研究されてきた。しかし、全国の地熱発電所の発電出力を合計すると約52万kwに留まっている。未だに地熱発電がなぜ普及していないのか疑問に感じ、地熱に関心を寄せた。また、Iターン者による地熱を利用した新たな農業という記事を読み²、去年自身が三田論文で研究した内容を踏まえつつ地熱発電による地方活性化について考えたいと思い、本論文の執筆に至った。

これまでの地熱情報研究所代表 九州大学名誉教授 江原幸雄氏の研究³によれば地熱発電における阻害要因には(1)発電コスト問題、(2)国立公園問題、(3)温泉問題という3点が明らかにされている。ただ、(3)温泉問題については、地熱発電と温泉事業者の関係性のみの言及であり、地熱開発と地域の在り方について十分な検討がなされていない。そこで本論文では、ヒアリングを通して地域目線で地熱開発の可能性を探り、発電コストの分析・考察、地域への諸影響について検討する。

第1章では基本となる地熱発電について前提的知識を述べる。第2章では地熱発電の現状と課題について言及し、第3章ではヒアリングを通し浮かび上がってきた問題と“EIMY”という考え方について説明する。第4章ではコスト・SH分析、政策提言を行い、第5章では得られた結果についてさらに考察を深め、まとめを行う。

¹ 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC) 地熱資源情報

/http://geothermal.jogmec.go.jp/information/geothermal/world.html 参照 2021.01.20

² JOGMEC 地熱部地熱開発課担当調査役 高橋由多加/「地方新聞社東京支社長との意見交換会資料 地熱開発と地域の共生事例」(2017) /http://geothermal.jogmec.go.jp/report/file/session_170125_02.pdf 参照 2021.01.20

³ 地熱情報研究所代表・九州大学名誉教授 江原 幸雄/「地熱発電の現状と今後の展望」(2016)

/http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/ider-project.jp/stage2/feature/00000166/file04.pdf 参照 2021.01.20

第1章 地熱発電

第1章では、地熱発電に関する前提的知識について述べる。第1節では日本のエネルギー状況と電力需要における地熱の立ち位置、第2節では地熱発電について、第3節では地熱開発のステップについて、第4節では地熱開発をめぐる3つの歴史的背景について述べる。

第1節 日本のエネルギー状況と地熱発電の立ち位置

第1項 海外へのエネルギー依存

日本はエネルギー資源に乏しい一方で、その消費大国でもある。図1-1が示すように、日本は原子力の有無にかかわらず約9割以上を他国からの輸入に依存しており、自国でのエネルギー自給率は10%未満である。

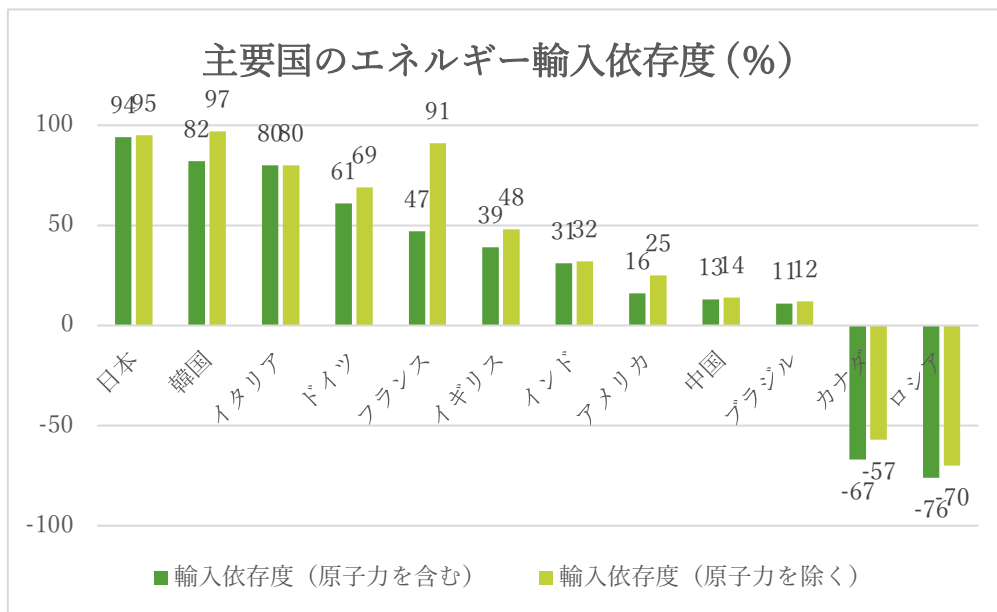


図1-1 主要国のエネルギー輸入依存度 (%)

ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2014 より作成

参考：<http://geothermal.jogmec.go.jp/information/energy/situation2.html>

資源が少ないにもかかわらず、消費量の多さは世界でも有数である。図1-2 国別の電力消費量では日本は世界第3位に位置し、図1-3 主要国一人当たりの電力消費量でも第4位であり、世界平均の約2.6倍を消費する電力消費大国といえる。

国別の電力消費量 世界計22.0兆KWH

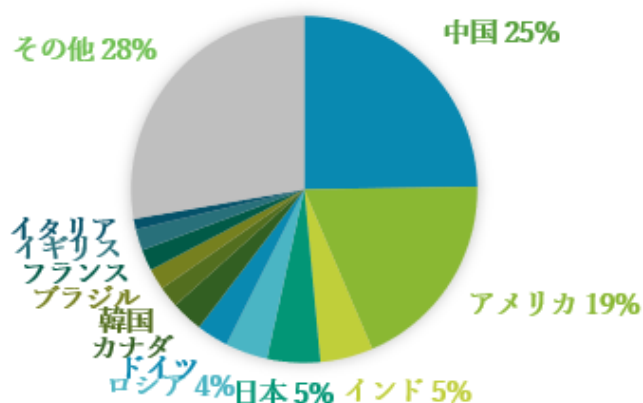


図1-2 国別の電力消費量

IEA – Key World Energy STATISTICS 2016 <https://webstore.iea.org/>より作成

主要国一人当たりの電力消費量 (kwh/人・年)

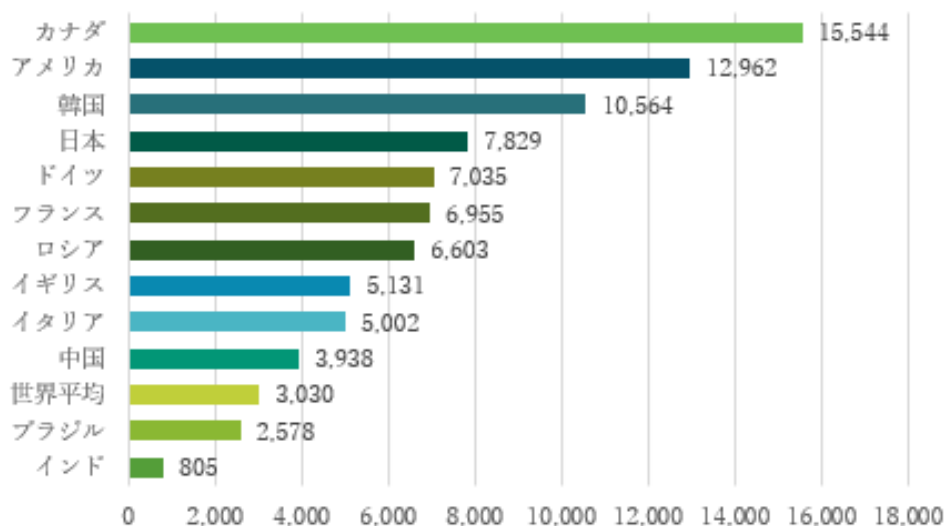


図1-3 主要国一人当たりの電力消費量(kwh/人・年)

IEA – Key World Energy STATISTICS 2016 <https://webstore.iea.org/>より作成

第2項 3E+S 電力需要構造の変化

日本は世界的に見ても電力消費が多く、エネルギー資源は乏しい。人口増加と経済成長によって発展途上国では、石油・石炭・天然ガス・ウランといったエネルギー資源の消費量は増加をたどり、輸入に頼る日本との資源獲得競争はさらなる激化が予測される。日本では1970年代のオイルショックを受けて石油依存度をなるべく低減してきたが、2011年の東日本大震災以降、原子力発電の全国的な停止から、再び化石燃料への依存度が高まる傾向にあった。こうした資源に関する様々な課題を抱える日本は、世界的な化石燃料から再生可能エネルギーへの動きを鑑みて、再生可能エネルギーに大きな期待を寄せている。

再生可能エネルギーは、再生可能で持続的利用が可能なエネルギーをさし、水力・太陽光・風力・バイオマス、そして地熱などが該当する。それらは出力等に諸問題はあるものの、発電時や熱利用時に地球温暖化の原因となる二酸化炭素を排出せず、また純国産のエネルギー源であるため、今後の日本のエネルギー体制において重要な立ち位置を占める。経済産業省 資源エネルギー庁 HP⁴によると、2015年7月にエネルギー政策の基本視点である、安全性 (Safety) / 安定供給 (Energy Security) / 経済効率性 (Economic Efficiency) / 環境適合 (Environment) の3E+Sについて達成すべき政策目標を想定し、再生可能エネルギーの比率を拡大した2030年度電力需給構造の見通し図1-4を策定した。地熱については現状52万kwから約3倍の150万kw、総発電電力量の1.0~1.1%を目指すこととし、さらなる開発促進が必要となっている。

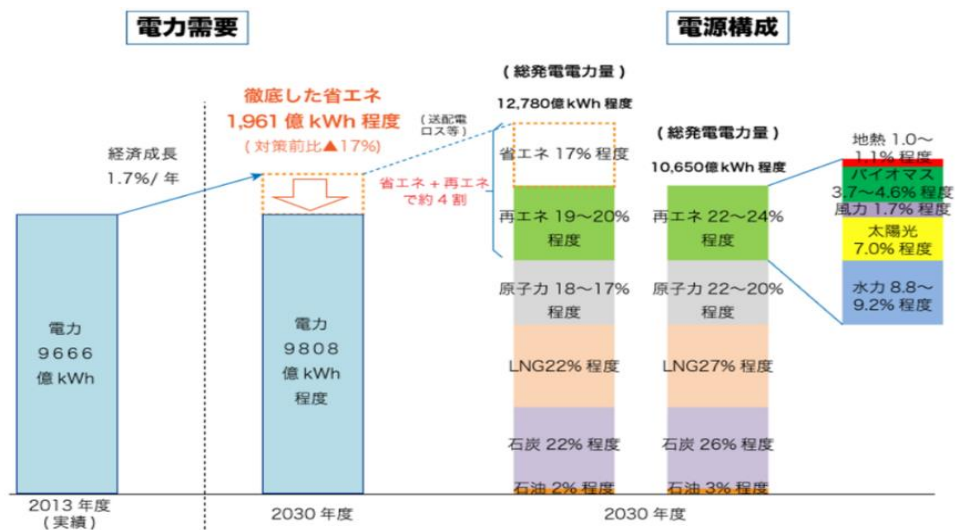


図1-4 2030年度の電力需給構造

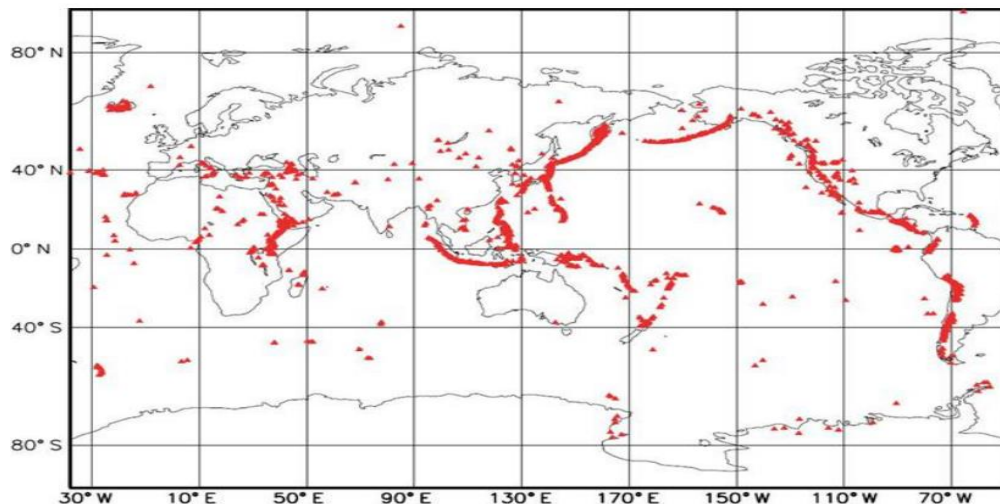
経済産業省『長期エネルギー需給見通し』（2015年7月）より

⁴ 経済産業省資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し」（2015）

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee 参照 2021. 01.20

第2節 地熱発電について

第1項 日本と地熱資源



(注) 火山は過去概ね1万年間に活動のあったもの。 スミソニアン自然史博物館（アメリカ）の Global Volcanism Program による火山データをもとに、気象庁において作成。

図1-5 世界の火山分布状況

内閣府 『2010年度版防災白書』 図1-1-3 より

出典：https://www.soumu.go.jp/main_content/000376106.pdf

	地熱資源保有量	
第1位 アメリカ	3,900 万 kw	世界最大のザ・ガイザーズ地熱地帯
第2位 インドネシア	2,700 万 kw	多くの火山島からなる
第3位 日本	2,300 万 kw	環太平洋火山帯

表1-1 世界の地熱資源保有量

村岡洋文、OHM社 2011.7 をもとに作成

地熱発電とは、主に火山活動による地熱エネルギーを利用した発電のことである。特に日本は図1-5が示すように環太平洋火山帯に位置するため、その地熱資源保有量は非常に豊富である。世界的に見ても、その地熱保有量は第3位でありポテンシャルの高さが伺える。しかし、次ページの図1-6 世界各国の地熱発電の設備容量を見ると、日本はその資源量の多さを全く活用できず、2015年の発電設備容量は世界第10位まで後退している。一方で、近年では日本よりも保有量は少ないニュージーランド、アイスランド、トルコ、ケニア等の国々が地熱開発の伸びが著しいことも伺える。地熱資源に豊富という強みを十分に活かされていないのが現状である。

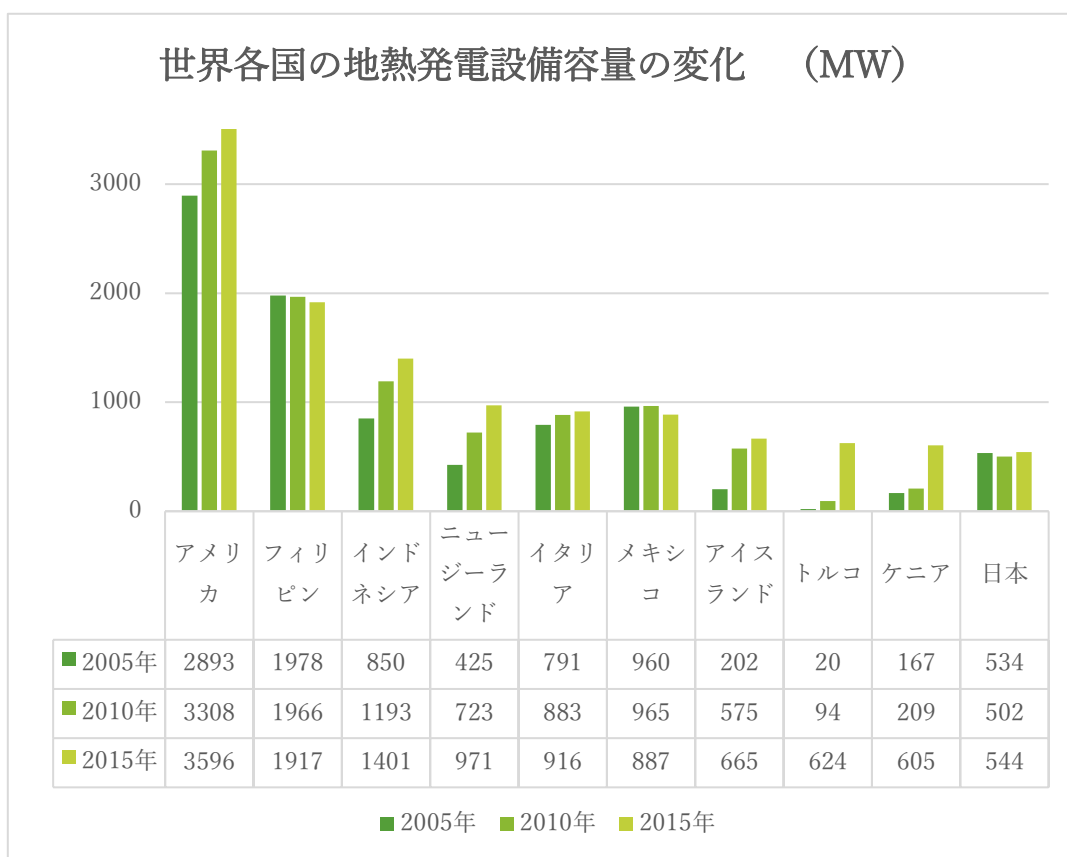


図 1-6 世界各国の地熱発電設備容量の変化

BP Statistical Review of World Energy, June 2016 より作成

参考：<http://geothermal.jogmec.go.jp/information/energy/situation2.html>

第2項 日本の地熱発電所



図1-7 日本の地熱発電所

火力原子力発電技術協会、地熱発電の現状と動向 2014年より

出典：<http://geothermal.jogmec.go.jp/information/geothermal/japan.html>

図1-7から、わかるように日本の地熱発電所は東北と九州に集中的に建設されている。これは火山フロントと呼ばれるような帯状の火山分布の線上と一致するためである。地熱発電所の数は2014年3月末までは全国17か所、同年10月からFIT制度により小規模な数百kwの地熱発電所の運転も開始され、新たに29か所もの発電所が誕生した。全国の地熱発電の発電出力合計は約52万kw、発電電力量は2,559GWh（2015年度）となっている。これらで日本全国の電力需要の約0.3%をカバーしているが、もしも日本が保有する地熱資源を全て発電に利用することができれば約13%まで電力需要を賄うことができる。日本政府は地熱をベースロード電源として位置づけ、2030年までに現状52万kwから約3倍の150万kw、総発電電力量の1.0~1.1%を目指すこととし、さらなる開発促進を目指している。代表的な国内の発電所としては、国内初で50年の歴史を持つ岩手県・松川地熱発電所、国内最大出力で11万2,000kwを誇る大分県・八丁原発電所、唯一の離島に位置する東京都・八丈島地熱発電所などがある。

第3節 地熱開発

地熱発電所の操業までには長いステップがある。これらのステップをまとめて地熱開発と呼称するが、1万kwを超すような大型の地熱発電所の開発は10年以上の歳月が必要になってくる。多くの許認可を受け、地表調査、地下探査・評価、自然や温泉等の環境影響評価等を経て、ようやく建設、操業へと進んでいくため、時間もコストも非常に高い。そのため事業自体のリスクも高く、慎重に開発を進めていかななくてはならないことが開発の特徴として挙げられる。開発は図1-8 地熱開発の進め方 の5つのステップで進められる。



図1-8 地熱開発の進め方

第一段階の地表調査では、地熱徴候と言った地下に何らかの地熱活動がみられる場所を探り、地熱発電における重要な要素である熱と水の流れを推定する。場所の選定には衛星画像・航空写真を利用した空中探査を用い、熱水の推定には物理探査や地化学調査を行う。第二段階の地下探査・評価では実際に坑井と呼ばれるような井戸を掘削して、地熱の状態を確認する。さらに噴気試験を行い、地表に噴き出す熱水や蒸気を測定する。十分な温度と量が確認されたら、発電計画を立てる。第三段階の環境アセスメントでは1997年に制定された環境影響評価法に従って、開発が及ぼす周辺環境や温泉への影響評価を行う。あらかじめ事業者自らが環境への影響について調査し、その結果を公表、地方公共団体や関係者から意見を集め、環境保全の観点からより良い事業へ計画する。地熱発電は大規模なプロジェクトであるため、関わる事業者や自治体なども多く、必要な法令の許認可も比例して多くなっている。森林法・河川法・温泉法・国土利用計画法・電気事業法など、関連する法令の許認可等も進め、このような環境アセスメントには手続終了までに、概ね4年以上の年月をかけて行う。第四段階の建設では、実際に利用する生産井と還元井の掘削を行い、気水分離機や冷却塔など地熱発電特有の設備を準備する。建設の際は、周囲の地形を利用して色やデザインなど景観への配慮が必要となっている。そして、ようやく第五段階へと進み地熱発電所の操業が開始される。操業後の地熱発電所では地熱の状態を常にモニタリングし、技術的な設備メンテナンスも定期的に行い、長期間の発電を可能にしている。

このような5つの開発ステップの中で常に行われているのが、地元説明とその同意である。地表調査から操業までに、地元住民や温泉事業者の方々からの理解と同意、協力を得るために、情報交換や意見交換を継続的に実施している。

第4節 地熱開発の歴史的背景

日本の地熱発電の歴史というのは、1919年大分県別府市での噴気孔掘削から始まり、出力はわずか1.12kwながらも国内初の地熱を利用した発電が1925年に成功した。その後、第二次世界大戦が終戦するまで特に大きな発展はなかったが、1966年岩手県松川発電所が日本で初めての本格的蒸気卓越型地熱発電所として操業し、地熱開発の歩みが始まる。しかし日本は、前述のとおり地熱開発は海外と比較しても遅れており、国産資源の地熱は大きな期待が寄せられる一方、それは今現在も十分に生かされていない。地熱をめぐるのは、幾度も開発が隆興した時期と、進展が横ばいの時期を繰り返している歴史的背景が存在する。地熱開発の3つの歴史的背景をここでは述べる。



図1-9 地熱開発をめぐる3つの歴史的背景

1970年代、日本政府は2度の石油危機を経験し、電力供給体制の抜本的な見直しを図った。石油代替エネルギー政策サンシャイン計画が追い風となって、国と電力会社が積極的に地熱開発を行い、国内の地熱事業は大きく進展した。そして1996年には地熱発電設備50万kwを超えて、世界第5位となっている。また地熱技術も発展し、日本は世界でもトップに入る地熱技術を持ち、今現在でもタービンや発電機におけるシェアは世界1位であり、6割強を占めている。

このまま地熱発電はさらなる進歩を遂げると思われたが、2003年に経産省が導入した再エネ推進策であるRPS法によって地熱冷遇の時代となっていく。RPS法とは、風力や太陽光といった再生可能エネルギーの拡大を目指して、電気事業者が利用する電力に対して一定量の再エネの利用を義務付けるものとして公布された。開発の逆風となったのが、このRPS法の定める再エネの定義から地熱発電は除外されてしまったことにある。これは、従来型の大規模地熱発電である蒸気フラッシュ発電は、蒸気が減衰するので持続可能ではないとの理由からであった。政府はエネルギー政策を原子力重視に移行し、ベース電源を担う地熱とは競合にあるため、地熱冷遇の時代となっていった。2002年には、既に国の技術開発予算が終了し、これ以降、建設された大規模発電所は2006年の八丁原バイナリー発電所のみとなった。

長らく地熱開発は、横ばいの時代が続いたが 2011 年、東日本大震災を機に状況は一変する。東日本大震災では原子力発電の全国的な停止を受け、日本は深刻なエネルギー危機に見舞われた。これにより日本のエネルギー体制は大きく変動することになった。地熱開発では制度面でも 2 つの大きな改革が行われた。それは FIT 制度の施行と開発規制の緩和の 2 点である。環境意識の高まりと大震災をきっかけに 2012 年より施行された固定価格買取制度、いわゆる FIT は、再生可能エネルギーで発電された電力の一定量を、国が定める固定価格で一定の期間、電気事業者が買い取る制度のことである。表 1 - 2 が示すように、地熱発電の場合、1.5 万 kW 以上の場合 26 円/kWh、出力 1.5 万 kW 未満の場合 40 円/kWh と設定され、調達期間は 15 年と定められている。FIT 制度は RPS 法とは異なり、従来型の大規模地熱（蒸気フラッシュ発電）も制度の対象となっている。また、石油天然ガス金属鉱物資源機構 JOGMEC の地熱調査助成金、探査出資、債務保証も始まり、地熱発電の課題であったコストの負担を軽減させ、事業者は地熱開発に参入しやすくなった。また自然公園内での開発でも条件付きで規制が緩和され、全国の開発可能地域が大きく広がった。地熱開発のための様々な支援、国立公園等の開発に関する法令の規制緩和が進み、再び全国的な地熱の調査、探査が開始された。これらの追い風を受けて、2015 年秋田県湯沢市で、4.2 万 kW の本格的な地熱発電所建設が開始し、鹿児島県指宿市、大分県九重町、福島県福島市などでも中小規模ながらも地熱バイナリー発電が操業している。日本政府も 2030 年までに現状 52 万 kw から約 3 倍の 150 万 kw を目指し、さらなる地熱開発に意欲的である。経産省と環境省から開発における初期コストの負担低減を目的とした約 200 億円の予算が毎年度付けられ、今後の開発の後押しとなっている。

太陽光		250kw以上	50kw以上250kw未満	10kw以上50kw未満	10kw未満
	2020年度	入札制度により決定	12円+税	13円+税	21円
	調達期間	20年間			
風力		陸上風力	陸上風力（リプレース）	着床式洋上風力	浮体式洋上風力
	2020年度	18円+税	16円+税	入札制度により決定	36円+税
	調達期間	20年間			
水力		5,000kw以上30,000kw	1,000kw以上5,000kw未満	200kw以上1,000kw未	200kw未満
	2020年度	20円+税	27円+税	29円+税	34円+税
	調達期間	20年間			
地熱		15,000kw以上		15,000kw未満	
	2020年度	26円+税		40円+税	
	調達期間	15年間			
バイオ		メタン発酵ガス	木質バイオマス2,000kw以	木質バイオマス2,000kw未満	
	2020年度	39円+税	32円+税	40円+税	
	調達期間	20年間			

表 1 - 2 FIT 制度 2020 年度以降の価格表（調達価格 1kwh 当たり）

経済産業省 資源エネルギー庁より作成

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_kakaku.html

第2章 地熱発電の現状分析

第2章では地熱発電の現状と課題、そして問題提起を行う。第1節では、地熱発電に関する先行研究を紹介し、第2節では地熱発電の今後を述べ、第3節では地熱発電のメリットと障壁、第4節では浮かび上がってきた問題を提起する。

第1節 先行研究紹介

a.佐藤涼祐(2017),「白浜町における熱水融通システム構築とバイナリー発電の適用について」,『土木学会第45回環境システム研究論文』

白浜町地域産業連関表を作成し、独自に作成した計算式を基に事業会社が温泉熱による発電を行った後、旅館等に給湯する事業を構想している。採算性の検討では、売電にFIT制度を活用してもFIT制度適用期間内に初期投資の回収が難しいという結果になり、初期投資に対する補助金が必要であることがわかった。この事業におけるCO₂削減効果としては年間約46.9tと算定された。また経済波及効果を検討したところ、見学による新規の客数増加を考慮すると直接投入金額の約1.5倍の経済波及効果が試算された。

b.馬場健司,高津宏明,鬼頭美沙子,河合裕子,則武透子,増原直樹,木村道徳,田中充(2015),「地熱資源をめぐる温泉利用に向けたステークホルダー分析-大分県別府市の事例-」,『環境科学会誌28(4)』p316-329

合計36団体(計53名)に聞き取り調査を実施し、ステークホルダー(SH)を分析した。SH間で一定の見解の相違はみられたものの、目立った利害対立はみられなかった。ただし現在は明確なコンフリクトは発生していないが、将来的には起きる可能性があるという点でも、利害対立のリスクは依然として残り、あらかじめ地熱資源への影響についての説明を行い、何らかの影響が出た場合の解決策について合意をしておくことによって、そのようなリスクを回避する必要があると結論付けた。

c.野田徹郎(2011),「地熱発電と温泉との共生への道 Steps to Harmonious Coexistence of Geothermal Power Generation and Hot Spring Utilization」,『第64回日本温泉科学会』,p161-168

文献調査、八丈島への地熱発電所への聞き取りを行っている。島では『クリーンアイランド構想』を掲げ、島の環境を保全しながら、自然の力を利用した再生可能エネルギー利用を推進しており、10年で観光客は約2.5倍に増加し、温泉が八丈島の有力な観光資源となったとしている。また、地熱発電の余剰熱を2つの大規模な温室団地に供給し、温室の維持など地域産業への振興にも寄与し、理想的な共生システムとして挙げていた。

第2節 今後の地熱発電

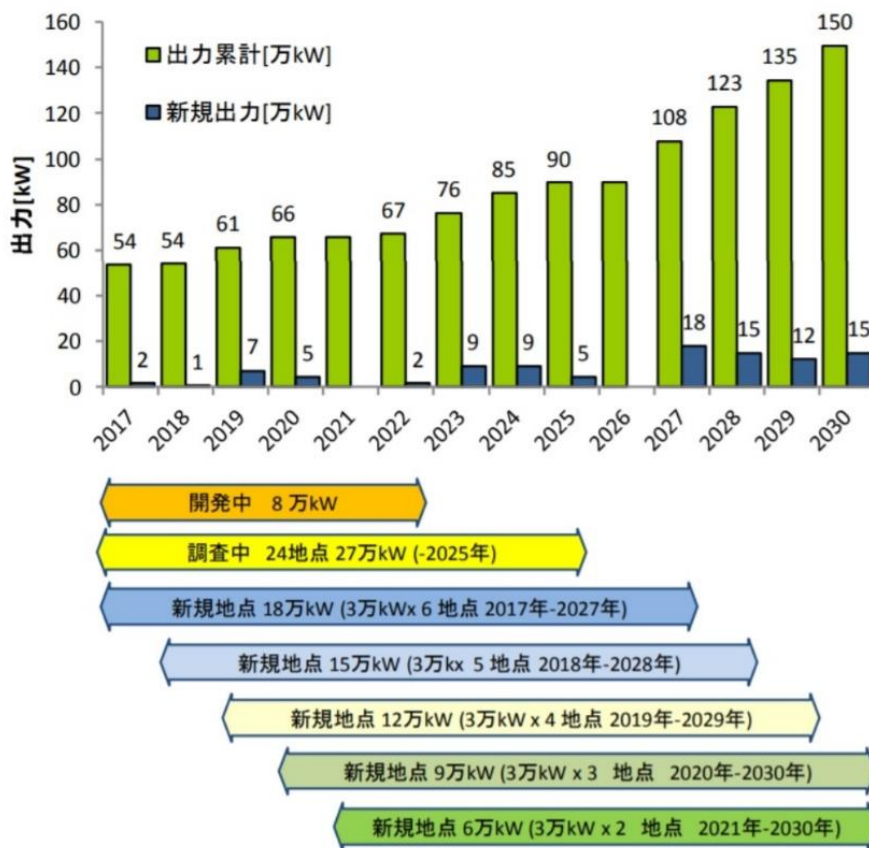


図2-1 地熱発電 150 万 kW 達成までのロードマップ

経済産業省 https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/より

日本政府は 2030 年までに現状 52 万 kW から約 3 倍の 150 万 kW まで地熱発電を伸ばすとしている。達成のための計画は、図 2-1 地熱発電 150 万 kW までのロードマップを参考にしている。目標である 150 万 kW は、FIT 開始前から 3 倍増で、国内の総発電電力量の 1.0~1.1%を担っている。このロードマップでは FIT 前から開発中の 8 万 kW 規模のプロジェクトに加えて、新規の 3 万 kW レベルの大規模地熱発電を約 20 地点で開発する見通しを立てている。そのために年単位で細かい達成目標が設定されているが、2019 年 FIT 開始から 8 年たっても、新規の導入数は 41 件・7 万 4600 kW に留まっており、他の再エネと比較しても開発は大きく出遅れてしまっている。地熱情報研究所代表で九州大学名誉教授の江原幸雄氏も、現在の調査や開発中の案件の多くが上手くいったとしても 150 万 kW の達成は不透明であると指摘している。2030 年時点での 150 万 kW の操業が厳しいとしても、進められているプロジェクトを合わせて数年後には 150 万 kW 達成が現実的にあるというラインまで開発を持ち上げることが、今後の地熱開発の焦点になっている。

第3節 地熱発電のメリットと障壁

何故ここまで地熱発電は大きな期待を寄せられているのか。ここでは一般的に述べられている地熱発電のメリットと障壁について比較し、地熱発電の可能性と課題について探る。

第1項 地熱発電のメリット

地熱発電は、以下の表2-1の5つの長所が挙げられる。

表2-1 地熱発電の5つのメリット

地熱発電の5つのメリット	
1. 純国産エネルギー	エネルギー自給率向上に貢献、海外に依存しない
2. 安定した電力供給・ベース電源	季節や天候に影響されず、長期的に発電が可能
3. クリーンエネルギー	CO ₂ 排出量が少なく地球に優しい
4. 再生可能エネルギー	適正に利用すれば、永続的利用が可能
5. 発電・熱利用兼用型エネルギー	熱水のカスケード利用、観光産業

① 純国産エネルギー

世界有数の地熱資源を保有し、また技術的にも世界最高水準である日本。地熱は純国産のエネルギー源であるため、エネルギー自給率向上に貢献でき、エネルギー・セキュリティ上でも重要な位置づけとなる。海外に依存しないため、他の石油・天然ガスのような資源と比較して、国外の不測の事態にも柔軟な対処が可能となる。

② 安定した電力供給・ベースロード電源

季節や天候に影響されず安定電源として供給体制を築くことができる。設備利用率も約70%と高く、一旦発電所が建設されると長期的に発電が可能である。継続的に一定量の電力を安定して低コストで供給するため、今後の日本のベースロード電源として期待されている。山間地を有する地方自治体に貢献し、災害リスクに強い分散型電源でもある。

③ 環境にやさしいクリーンエネルギー

他の再生エネルギー同様に、CO₂排出量が少ないクリーンエネルギーである。また、NO_x、SO_x、PM2.5を排出しない。

④ 再生可能エネルギー

地下からの熱水と蒸気を利用する地熱発電は、減った分の地下水が地層から浸透し補給されれば、使用できる蒸気量は一定に維持され、永続的な利用が可能となっている。

⑤ 発電・熱利用兼用型エネルギー

発電以外にも、発電後の予熱や熱水を様々な産業でカスケード利用することができる。八丁原地熱発電所は2012年に約5億円の経済波及効果をだし、観光資源としての役割も果たしている。

第2項 地熱発電の障壁

日本の地熱資源のポテンシャルと、地熱発電が海外と比較して普及していない現状は、地熱開発に以下の表2-2 4つの障壁が存在するからである。

表2-2 地熱発電の4つの障壁

地熱発電の4つの障壁	
1. コストとリードタイム	発電所建設までに長期間を要する
2. 自然公園との調和	高い地熱ポテンシャル域が偏在している
3. 各種の許認可制度	調査から建設に至までの各種規制・手続き
4. 温泉問題	既存温泉地など地域との共存・共生

① コストとリードタイム

第1章3節 地熱開発で述べたように、地熱発電所は建設操業までに10年以上の歳月が必要になっている。また地熱井掘削や資源探査など技術的にも難易度が高い事業が続ぎ、コストも高い。コストとリードタイムが非常に長いため、開発が長引くほどコストは膨らみ、事業が失敗した時の損失は大きくなる開発リスクを抱えている。このため、大規模地熱発電所となると火力発電所や他の再生可能エネルギー等に比べても、初期投資インシヤルコストがやや高くなってしまう。そのため、なるべく開発リスクを減らすように国からの助成金や債務保証制度が施行されている。

② 自然公園との調和

国内の地熱資源の多くが国立・国定公園内に存在し、法律上の制限を受けている。地熱開発によって自然環境や周辺の景観に影響が出ることも懸念されており、開発は自然公園と調和を成す計画で行われなければならない。開発を制限する法律に関して、2011年その見直しがなされた。環境省では地熱発電事業に係る自然環境影響検討会が設立され、国立・国定公園内での開発は条件付きで認可された。具体的には、国定公園外からであれば地下の貯留層への斜め方向の傾斜掘削と特別地域での垂直掘削の認可である。

③ 各種の許認可制度

関係する事業者や自治体、団体が多くなるため探査から発電所建設に至るまで、森林法・河川法・温泉法・国立公園法・電気事業法・国土利用計画法等の様々な規制があり、許認可にも4年以上の時間を要してしまう。これに関しては、現在手続きの簡略化、短縮化が検討されている。

④ 温泉問題

多くの温泉地が国内にあり、そのほとんどは地熱開発と地域と被ってしまうケースが多い。地下の蒸気と熱水を発電でも温泉でも利用するため、温泉事業者や地域住民からは、地熱発電が温泉の水質・量に影響を与えるのではないかという懸念もされている。実際に

地元住民からの反対の声が上がり、理解を得られず地熱事業が中止になった例は少ない。詳細は次節で述べる。開発を進めるためには、地域の理解と協力関係を構築し、地域との共存・共生を図る事が重要である。

第4節 問題提起

ここまでで地熱に寄せられる大きな期待とそのメリットを述べた。そして、開発には様々な障壁があり、それらをクリアしなければ2030年の150万kwの達成には届かないこともわかった。残り10年という少ない時間の中で開発を進めるとなると、懸念されるのは国の政策と地方の開発意識の乖離である。政府が開発を急ぎすぎるあまり、地元住民の理解を得られず結局開発が頓挫してしまうリスクは大いにある。実際に開発に反対し中止になったケースや反対声明等を以下に挙げる。

第1項 開発中止の事例

① 群馬県嬭恋村と草津町

2007年に新エネルギー産業技術開発機構 NEDO が公募した新エネルギービジョン策定事業において、嬭恋村が地熱発電所の建設を構想した。しかし隣接する草津町から源泉に影響を及ぼす可能性があることから、ボーリング調査の段階で猛反対を受け、事業計画は中止となった。当時、嬭恋村の熊川栄村長は、地熱発電による電力の売買を村の収入にあて財政健全化を模索していた。しかしボーリング調査は草津温泉地全体の約60%を供給する万代鉍源泉から約3.5キロしか離れていなかったため、地元の旅館協同組合青年部を始め、反対の声を上げた。嬭恋村と草津町、2つの地区での対立となり、結果的に開発は中止されてしまった。

② 鹿児島県指宿市

指宿市は砂風呂で全国的に有名であり、観光客数も多い。2015年指宿市は国立公園内に掘削し、取り出した蒸気を九州電力に売却する事業計画を公表した。しかし掘削ポイントは温泉街から約10キロしか離れていなかったため、旅館事業者は湯量減少や温度低下の危険性があり、その損害を補償する制度も整っていないとして反対する。結果、事業は計画凍結という形になった。

③ 日本温泉協会

2012年4月27日、日本温泉協会は、地熱問題に対する基本的な考え方をまとめ、「自然保護・温泉源保護・温泉文化保護の見地から『無秩序な地熱開発に反対』します」と声明文を公表した。同年9月6日に要望書を環境省、観光庁、資源エネルギー庁に提出

した。地熱開発においては、電力確保と温泉資源保護の2つが共存することが前提となり、無秩序な状況を回避するために次の5つを提案した。

- (1) 地元（行政や温泉事業者等）の合意
- (2) 客観性が担保された相互の情報公開と第三者機関の創設
- (3) 過剰採取防止の規制
- (4) 継続的かつ広範囲にわたる環境モニタリングの徹底
- (5) 被害を受けた温泉と温泉地の回復作業の明文化

日本温泉協会は、このような声明文を公表し開発においては慎重な姿勢を取るよう日本政府および地熱事業者に要請した。

第2項 問題提起

前項に挙げた3つのケースに留まらず、地熱開発に地元の温泉業者が湯に影響する懸念があるとして反対する事例は多い。日本だけではなく海外でも、新たな地熱開発に対して反対の声が上がることもある。日本の温泉事業者のように組織化はしていないものの、主な反対理由は森林破壊で、アメリカのカリフォルニアやハワイ、インドネシアのバリ島⁵などで活動が報道されている。このような実態から私は地熱開発に対しここで問題提起をする。

私がここまで地熱開発について様々な文献から研究してきた中で、疑問を感じたのは“開発は本当に地域に必要なものなのか”という点である。政府主導で開発を進めているも、地域住民との意識の差は大きく、開発はそもそも地元の厄介者として扱われてしまっているのではないだろうか。特に地熱発電というのは、温泉事業者との対立になりやすい。いわゆる NIMBY ニンビーな施設として扱われてしまう。NIMBY とは“Not In My Back Yard”（我が家の裏には御免）の略語で、「施設の必要性は認めるが、自らの居住地域には建てないでくれ」を意味する。公共のために必要な事業であることは理解するが、自らの居住地域内での建設は反対し、そこには施設の受益者と被害者の乖離が存在する。地熱発電は、第3節1項 地熱発電のメリットで述べたような長所ばかりにスポットが置かれる傾向にある。しかしこれらのメリットは開発される地方にとっても同様の便益を生み出すのであろうか。2030年の目標を達成するには迅速な開発が急務であるが、それはエネルギーミックスやCO₂削減などの国家的要請や世界からの要求を、一方的に地域に押し付けてしまう構図になってしまう可能性もある。地熱開発と地域の共存、さらなる発展させるために今後必要なことは何か、地域にとって地熱開発の意味を次章以降では探っていく。

⁵ 近藤浩正, 内山由紀子. 「再生可能エネルギー：地熱利用の展望」 海外での地熱利用の広がり. (2012)
https://www.jeri.or.jp/membership/pdf/research/research_1211_01.pdf 参照 2021.01.20

第3章 地熱開発についてヒアリング

第3章では、地熱開発について地域と事業者がどのような視点を持っているのかヒアリング調査を行った結果を述べる。第1節では地熱発電についてのヒアリング、第2節ではヒアリングで得た新たな知見について、第3節ではヒアリング結果のまとめを行う。

第1節 地熱発電についてのヒアリング

地域にとって地熱開発はどのようにとらえられているのか、研究にあつたて一度現場に行く必要があると感じた。しかし2020年コロナ禍の情勢を踏まえて、現地でフィールドワークを行うことは残念ながら中止という決断に至った。このような中でも地熱開発に関するセミナー等は積極的に開催されており、私はその2つの会議にオンラインを通して参加し、地域住民や事業者の声をヒアリングすることにした。10月2日開催の岩手県八幡平市の沸騰地熱塾「地域のための地熱資源の利活用」と10月19日開催の北海道札幌市 地熱シンポジウム in 札幌～北海道の特性を考え、地域・自然との共生を目指した地熱開発～にそれぞれ参加した。オンラインながらも地熱事業者、地域住民などの様々な立場の人々が集う意見交換会であり地熱に関わる人々の生の声をヒアリングできた。

第1項 岩手県八幡平市 沸騰地熱塾

八幡平市では、2017年に「地熱を活かしたまちづくりビジョン」Hot Up Hachimantaiを作成し、地域固有の自然エネルギーである地熱の活用を進めている。これらの活動の一つとして沸騰地熱塾は開催され、セミナーの中では火山や地熱と共生してきた八幡平の暮らしと産業について紹介されていた。

八幡平市は地熱資源に豊富な土地であり、日本初の地熱発電所である松川地熱発電所を始め、2019年には松尾八幡平地熱発電所の運転が開始、また新たに安比地熱発電所の開発にも着手している。1971年に松川発電所の蒸気を利用した温泉水がホテルに供給されたことから八幡平温泉郷の発展の基礎を形成した。現在、温泉水は八幡平温泉郷のホテル、旅館、別荘、病院、介護施設などに給湯され地熱発電は地域経済に大きく貢献している。温泉だけではなく産業面でも地熱発電は活用されている。松川発電所の地熱蒸気を利用した地熱染めという染め物が名産品としてあり、世界でも珍しい技法で生産を行っているという。また、市へのIターン者が温泉からの熱エネルギーを利用して馬糞を発酵させ堆肥生産に役立っている。他にもIoT次世代熱水利用施設園芸ハウスや、熱利用をしたマッシュルーム生産など、地元の雇用拡大につながるような新しい農業の試みを多く開始しているという。



図 3-1 八幡平市地熱蒸気染め

出典：<http://geothermal-model.jogmec.go.jp/model02.html>

八幡平市の地域の方々にお話を聞いていると、地元住民たちが率先して地熱エネルギーを活用していこうという姿勢が度々垣間見えた。受け身ではなく自らも当事者となって開発に携わっていく、その様な雰囲気を感じた。オンライン開催であったにも関わらず地熱沸騰塾には 50 名～70 名程の参加者がおり、地元にある地熱発電所に対する当事者意識の高さが伺えた。セミナーには東北大学名誉教授 新妻弘明先生を講師として迎えており、第 2 節で詳細を述べるが、EIMY、デュアル・エネルギーパスといった地域開発における非常に重要な考え方をお伺いした。

第 2 項 北海道札幌市 地熱シンポジウム in 札幌

地熱シンポジウム in 札幌では「北海道の特性を考え、地域・自然との共生を目指した地熱開発」をテーマに、道内外から地熱開発に関わる有識者、実務者等の基調講演がされた。公演では、北海道の地熱ポテンシャル、開発状況、課題と展望、北海道の観光・温泉の現状と課題について解説しパネルディスカッションが行われた。

北海道には 20 の活火山があり、地熱資源はかなり豊富である。北海道茅部郡森町の森発電所は大規模地熱発電と同時に農業利用もされている。地熱蒸気の生産時に発生する温水を園芸ハウスに供給し、冬 11 月から翌 6 月は春トマトときゅうり、6 月から 11 月は秋トマトの生産を可能にしている。パネルディスカッションでは森町のハウス役員、弟子屈町町長、地熱事業者、IoT を利用した農業関連会社代表など様々な立場の有識者が集い、建設的な意見交換がなされた。地熱シンポジウムでは地域住民だけではなく、町長や知事も集い、地熱事業には多くの関連者がいることが再度確認できた。

第2節 EIMY とデュアル・エネルギーパス

ここでは、沸騰地熱塾で伺った東北大学名誉教授 新妻弘明先生の考える EIMY とデュアル・エネルギーパス、そして地域と地熱開発の在り方について述べる。

EIMY (Energy In My Yard)とはエネルギーの地産地消を提唱する概念であり、NIMBY (Not In My Back Yard) 問題の中で生まれた考え方である。Energy In My Yard というように、EIMY は“あるエネルギー需要体があったとき、その地域にある再生可能エネルギーを、技術的 経済的条件が許す限り、最大限“地域のために”利活用するエネルギーシステム・社会システム” (新妻、2011a) のことを示すと唱えた。重要なのは最大限地域のために利活用する社会システムを構築することである。従来の開発では想定システムがあり、そこに地域社会が合わせていく形であったが、EIMY では地域社会が第一にあり、そこから想定システムを計画することが求められている。

またデュアル・エネルギーパスという地域社会における新たなエネルギー供給の在り方も唱えている。図 3-2 デュアル・エネルギーパスを参照してほしい。通常、私達のエネルギー消費は、生活する上で必要不可欠なエネルギー、社会生活で営むのに必要なエネルギー、交通・商店街等社会インフラに必要なエネルギー、産業に必要なエネルギーと、次第に大きくなる。現代社会では火力発電や原子力発電を代表するように高効率・高性能・大規模なシステムが低コスト高品質なエネルギーを供給している。このような図 3-1 の右側に表記される流通エネルギーに依存する現代社会に対して、デュアル・エネルギーパスという考え方が唱えられた。

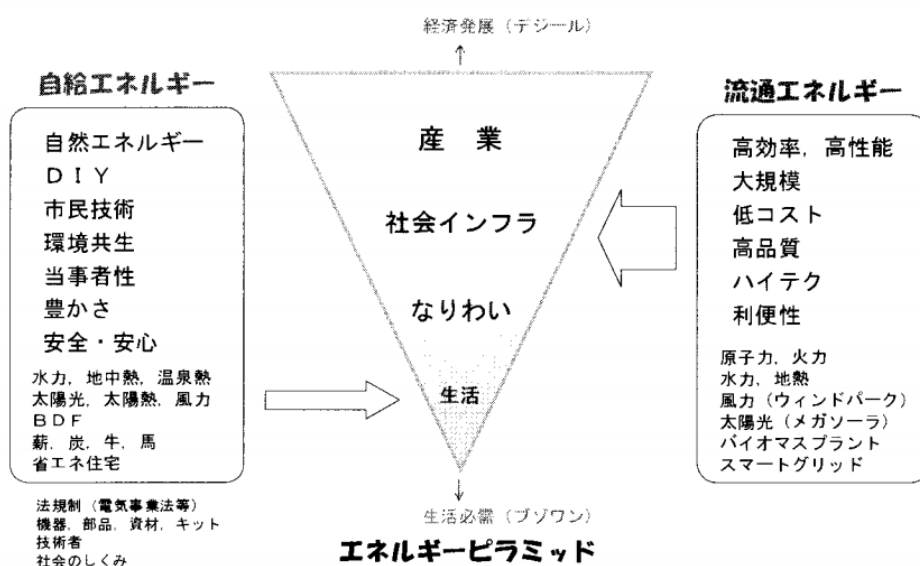


図 3-2 デュアル・エネルギーパス

<http://ve.cat-v.ne.jp/ni.eimy/niitsuma/dep.pdf>

デュアル・エネルギーパスは、私たちの生活に必要な最低限は自給エネルギーで賄い、社会を流通エネルギーだけでなく2つの道筋からエネルギーを供給する考え方⁶である。自給エネルギーでは自分たちでエネルギーを確保することで、地域と地域の人々にエネルギーに関する当事者性を持たせることができるという。地熱開発は地熱貯留層の状態、出力を柔軟に対応させることができるため、大規模地熱発電であれば流通エネルギー、発電によって副次的に発生する温泉熱や熱水を自給エネルギーとして活用することが可能である。

これらの考え方をもとに、地熱開発と地域の在り方において EIMY 型の開発という開発の進め方が提言されている。図3-3 従来の開発と EIMY 型開発の比較を見てほしい。



図3-3 従来の開発と EIMY 型開発

従来の開発では、ある程度の出力やコストなど想定されるシステムに見合った地域を選定し開発へと進んでいた。しかし、その場合問題提起でも述べたように温泉事業者との対立や地域経済への十分な貢献が証明できず、地域は地熱開発を NIMBY と判断し事業は中止される可能性がある。しかし EIMY 型開発では、第一に地域があり、地域に合わせたシステムを設計することで温泉事業者との対立も回避され、八幡平市や森町のように地熱発電を地域産業に取り入れた事業計画がなされる。そして地域に合わせてスムーズに地熱発電の予熱や熱水をカスケード利用することが期待できる。開発と地域、地熱利用と温泉事業者の両者が共存して地域経済に携わっていくことが可能となっている。今回の問題提起への大きな手掛かりとなる考え方であり、今後の章では EIMY 型開発、デュアル・エネルギーパスを念頭に置いて考察、分析を行っていく。

⁶ 新妻 弘明,「デュアル・エネルギーパス」(2011) . <http://ve.cat-v.ne.jp/ni.eimy/niitsuma/dep.pdf> 参照
2021.01.20

第3節 ヒアリングを通して

2つのヒアリングを通して、地熱開発について地域と事業者にどのような意見があったのか、双方の視点をヒアリング結果としてここでまとめる。

まずは地域視点から述べる。地熱開発において地域住民が気になっていたことは、温泉への影響と地熱・温泉熱利用事業についてである。特に、地熱の利用事業の規模を拡大は講演でも幾度も話題に上がっており農業だけでなく、暖房、融雪、水産業、プールなど様々な事業への応用を期待していた。熱を使う産業分野で多段階利用が可能であるため、農業ハウス、木質乾燥、温浴施設など新たな雇用創出にもつながるといふ。また、ジオパーク・エコツーリズムなど観光資源としての活用も積極的に考えているようだった。地熱発電があることで地域のエネルギーを地域で賄うことができ、他県にお金を流出させないことや地熱発電所の固定資産税による税収で、地域の税収に貢献できるといった意見もあった。しかし、3.11の地震以降、急速に地熱開発容認サイドに舵が切れ、無秩序な開発が促進されることは容認しがたいという考えを持つ温泉事業者の声もあった

事業者は地熱発電が経済的に成り立つのかどうかの一つの焦点であるという。FIT制度を最大限に活用し15年で高い初期投資の回収を図ることや温泉モニタリング装置の設置、水質を常時監視し、温泉事業者の不安を取り除く動きが見られた。また、EIMY型開発のために国からの助成金制度の活用や政府主導で法律関係の整備を求めるなど、ある程度国の介入の必要性も感じられた。開発地域には先入観で入口の議論すら受け入れないのではなく、共存共栄を図ってもらいたいとしていた。事業者は長い間地域との関わり合いで信頼関係を築き、採る地熱から地域で管理する地熱を目指すという。

講演者や質問者の方々は真摯に地熱開発と向き合っており、今後の開発において地域と事業者側が協力体制を築いていく大きな希望を感じた。一方で、やはり開発に関係するステークホルダーは多いため対立に陥りやすいということもでき、次章ではこのヒアリング結果を基にそれらの整理と提言を行っていく。

第4章 開発におけるSH分析と諸問題に対する提言

第4章では開発におけるSH（ステークホルダー）の分析と諸問題に対する政策提言を述べる。第1節ではSH分析とその整理、第2節ではコスト分析などを通して浮かび上がってきた諸問題に対する提言を行う。

第1節 SH分析とその整理

ここでは、ヒアリング結果をもとに各SHの役割、視点、懸念点を整理した。各SHの地熱開発における立場を表す図4-1を参照してほしい。

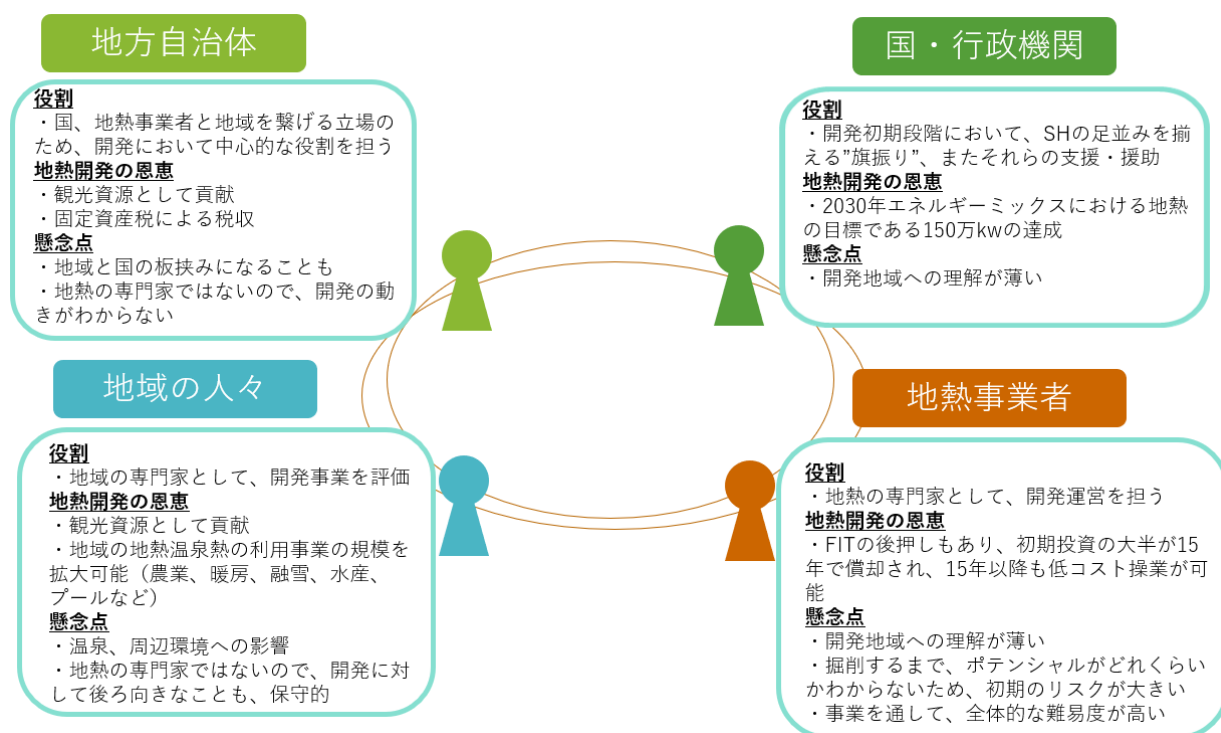


図4-1 各SHの地熱開発における立場

今回のSH分析では、地熱開発において対立又は独自の役割や視点を持つSHを大きく4つの立場として分けた。国・行政機関、地熱事業者、地方自治体、地域の人々の4つであり、それぞれ開発において非常に重要な役割を持っている。

まずは国・行政機関の役割、得られる恩恵と懸念点について述べていく。国・行政機関は開発初期段階において、SHの足並みを揃える旗振りという役割を持つ。EIMY型開発では地方が率先して開発を促進するような流れが好ましいとしているが、現実では最初から専門的知識の少ない地方自治体や地域住民が行うのは難しいと思われる。そのため、国・行政

機関が開発初期に旗振り役となって開発をスムーズに行うための体制や基礎調査を行う必要がある。そして開発が軌道に乗り始めたら、公的な支援・援助を行うことも重要な役割である。このような役割を果たし、幾つもの地熱発電所が操業を始めた時、国・行政機関はエネルギーミックスやクリーンエネルギーCO₂削減目標などを達成することができる。開発における懸念点としては、やはり開発地域への理解が薄いことが挙げられる。地域理解が薄いと地域住民との対立関係に発展してしまう恐れがあり、最終的に開発が中止になる可能性もある。

次にSHとして挙げるのは地熱事業者である。役割としては地熱の専門家として、開発・運営を担うこととなる。開発の恩恵としては、FIT制度の後押しもあって、初期投資の大半がFIT調達期間内の15年で償却され、15年以降は低コスト操業が可能になることである。これにより、操業後15年の時間が経過すれば大きな利益を生み出すと想定されている。懸念点としては国・行政機関と同様に、開発地域への理解が薄いこと、掘削するまで地熱のポテンシャルがどれくらいかわからないため事業失敗時の初期のリスクが大きいこと、事業全体を通して難易度が高く専門的な知識・技術・資本を持つ事業者しか参入できないことなどが挙げられる。地熱事業者は国・行政機関と同様に、開発を行う側であるため地域との対立関係になりやすいという性質を持つ。

地域の人々は、地熱発電の恩恵を受ける場合も悪い影響を受ける場合も、まとめて地域住民としてSHとして挙げた。主に前者は地熱を活用する産業の従事者、後者は温泉に影響を受ける旅館・ホテルを経営する温泉事業者をさす。地域の人々の役割は、地域の専門家として開発事業を評価することにある。そのため地熱発電のカスケード利用のように活用することも、温泉への影響を懸念して開発中止を求めることもある。地熱開発の恩恵としては、発電所をもとに新たな観光資源の創出を生むことや、農業、暖房、融雪、水産、プールなどに地域の温泉熱の活用が可能な点がある。一方、懸念点としては温泉・周辺環境への影響や地熱の専門家ではないため、そもそも開発に対して保守的な部分があることである。地域住民が地熱事業の理解を深め、開発を率先する立場になれば、地域のための地域によるEIMY型開発を望むことができる。

最後に挙げる地方自治体は、今までの国・地熱事業者と地域を繋げる立場のため開発において中心的な役割を担う。具体的には、地域と地熱事業者の相互理解を深めるためのセミナーや説明会、法令等の整理、地域産業への地熱利用促進などがある。地熱開発の恩恵としては、観光資源として地域への貢献、新たな産業の創出、発電所の固定資産税による税収などが挙げられる。懸念点としては、関連する法令の数が多く整理に時間がかかること、地域と国の板挟みになること、地熱の専門家ではないので開発の動きがわからない点などがある。

このように4つのSHは各種、異なる役割・恩恵・懸念点を持っている。それぞれの役割を十分に果たし、懸念点を改善しない限り、地熱における地域と開発は両立しないといえる。しかしこれらの懸念点を改善することによって、地熱開発が地域のためになるといえるのではないだろうか。懸念点を改善する上で地域側と開発側、それぞれに必要な情報・要素・理解を下記に述べる。また、ここで指摘した7点は最低限改善すべき諸問題として、次節で解決案や政策の提言をしていく。

地域側（地方自治体、地域の人々）にとって必要な情報・要素・理解

1. 地熱開発がどれくらい温泉環境に影響するのか
2. 地熱温泉熱の地域利用拡大の可能性
3. 観光資源として、どれだけの効果があるのか
4. 地熱開発の円滑な受け入れ態勢の構築
5. 地熱事業の理解をする（相互理解）

開発側（国・行政機関、地熱事業者）にとって必要な情報・要素・理解

6. 事業として、経済的に地熱発電が成り立つのか判断する
7. 事業環境の改善
- 5'. 地域の理解をする（相互理解）

1～5は地域側の視点、5～7は開発側の視点で論じていく。ただし5.に関しては、題目が相互理解のため地域側・事業者側の双方に関連しており、両視点をまとめている。

第2節 諸問題に対する提言

第1項 地熱開発がどれくらい温泉に影響するのか

地熱開発が地域住民に反対される大きな理由の一つは、温泉への影響がどの程度なのか不透明な点にある。事業者側はこの問題に対し、必ず対策を立てなければならない。日本温泉科学会 野田徹郎氏⁷によると、“地熱発電は絶対に温泉に影響を与えないと言うことはできない”と結論付けられている。海外では地熱開発が温泉に影響を与えた事例がいくつか確認されているが、日本ではそのようなことを示す十分なデータは確認できなかった。これは掘削する地熱貯留層と温泉を採取する温泉帯水層は地下の深度が異なること、発電に用いる蒸気から分離した熱水を地下に戻して地下層の水が枯渇しないようにしていること、影響を与えないシステムの構築とシミュレーションをしていること、これらが行われているからだと考えられる。しかしこのような対策がとられ日本では温泉に影響が出る事例は過去になかったとしても、その可能性がある限り地域住民の納得は得られない。特に地熱は九州や東北に集まり、そのような地域は温泉を基礎とした観光に依存した都市であることが多いため、温泉に影響がでるかは死活問題である。影響がでない根拠、温泉の状態を確認するモニタリング機能、影響が出た場合の対処とその損害に対する補償制度を整えて、初めて十分な対策といえるだろう。これらの3つに絞り対応策を講じていく。

影響がでない根拠としては、地下層の状況が図4-2が示すような5つのパターンの中でどれに属するかで評価することができる。図右側、独立型は影響する可能性はなく、左側の同一熱水型に行くほど影響のリスクは高くなる。地下がどの状況にあり温泉へのリスクがあるのかを、セミナー等を通じて伝えることで、地域住民の理解促進を促すことが可能である。

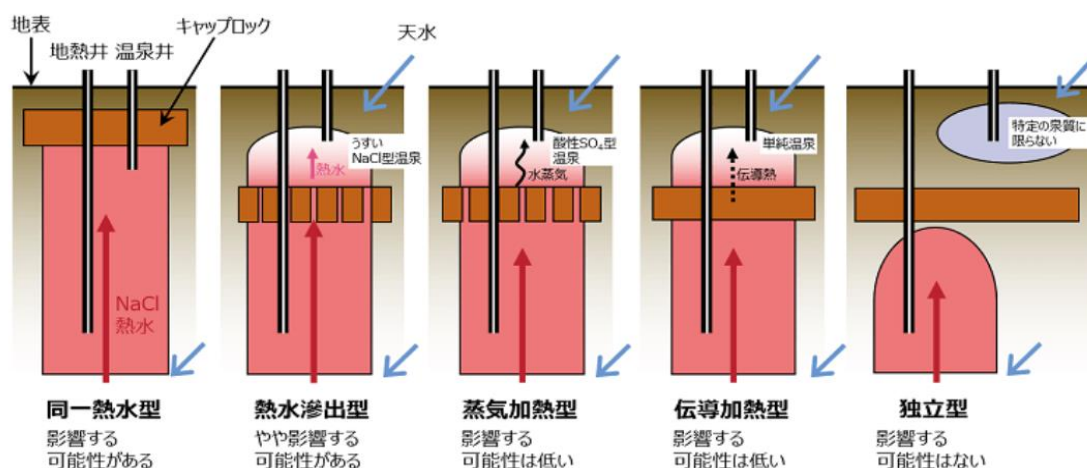


図4-2 地熱貯留層と温泉帯水層の関係

出典：https://www.ena.or.jp/?fname=gec_h29_4_1-2.pdf

⁷ 野田徹郎 (2011), 「地熱発電と温泉との共生への道 Steps to Harmonious Coexistence of Geothermal Power Generation and Hot Spring Utilization」, 『第64回日本温泉科学会』, p161-168

しかし地下の状態が独立型以外の場合、可能性は低くとも温泉への影響が懸念されるためモニタリング装置の導入は必要不可欠だと考える。もしモニタリング機能を導入するのであれば、これは地熱事業者側が負担・運営をしなければならない。今回は地域側も事業者側も WIN-WIN の関係性の構築を考えているため、これらのコストを事業者が負担した上で十分な採算を得る必要もある。コストは温泉モニタリング装置の導入に 118 万円、その運用 1.3 万円/年がかかるという。第 6 項でコスト分析をする際に、このデータをもとに行と分析の算出を行う。温泉のモニタリングは環境省からその基準が提示され、水位、流量、温度、電気伝導率を計測することになっている。

そして万が一モニタリング上で影響が確認され温泉に問題が発生した場合には、その対処と損害への補償制度の整備も必要である。温泉に影響が確認できた場合、地下の状態を再度ボーリング調査等で調べるがその費用は高く、温泉地の旅館の営業を休止せざるえない状態に陥った時、事業者は地熱発電の売電費用だけでは保証できないほどの負担が発生する可能性もある。そうしたケースを踏まえた対策としては保険制度の活用が考えられる。地熱発電事業による温泉影響の損害賠償保険は東京海上日動が 2016 年に新設し、国内初の販売が始まっている。従来、損保会社は再生エネ関連保険の分野は太陽光発電事業者向けの火災保険が中心であったが、近年は地熱（東京海上日動）、風力（損保ジャパン日本興亜）、バイオマス（三井住友海上、あいおいニッセイ）などの再エネ向けのサービス・保険も広がっている。地熱発電は現在東京海上日動の保険のみだが、需要を見込み各社が新たな保険を投入する可能性はあり、地熱事業者側も多くの保険制度からその開発地域にあったものを選ぶことができ、開発の負担軽減につながると考えられる。

第 1 節の総括として地熱開発が温泉事業に影響を及ぼす可能性について、提言を述べる。開発が温泉に影響を及ぼさないとは言い切れないので、事業者側はこれに対して対策を講じるべきである。具体的な対策は、開発が温泉に影響するのか地下調査、温泉モニタリング装置の導入、そして万が一の場合を想定した損害への補償制度整備である。ただし、モニタリング装置の導入の際には事業者側も採算がとれるようにする必要はある。損害補償に関しては、事業者側の負担軽減のため、東京海上日動の保険を利用することが好ましいと考えている。

第 2 項 地熱温泉熱の地域利用拡大の可能性

ヒアリング結果でも述べたように、地熱温泉熱の地域産業への活用を期待する住民は多い。地熱の地域利用は新たな産業や雇用の創出につながり、地方活性化の一助となる。なぜ地熱が地域の産業貢献につながるのか。多くの産業分野では熱を必要とし、地熱発電であれば、熱・熱水・電気等、様々な形でエネルギーを地元から安価で提供することができるからである。特に熱利用であれば、温度によって多段階の利用ができる。次の図 4-3 を見てほしい。

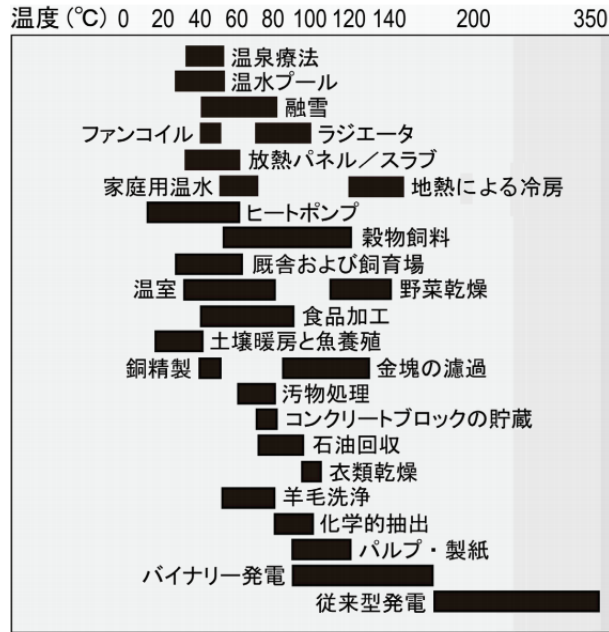


図 4-3 温度別の地熱利用方法

出典：<https://grsj.gr.jp/wp-content/uploads/what-is-geothermal-j-2008.pdf>

150°C以上の地熱は発電に使用されるが、それ以下の地熱は温度別に様々な利用方法があることが読み取れる。実際に地域で活用されている主な例は、農業・暖房・融雪・水産等が挙げられる。活用例も十分あり地熱温泉熱の地域利用の拡大の可能性は大いにあるといえるが、懸念としては地域住民は地熱の専門家ではないため、活用したくても具体的な方法がわからないという点がある。この場合、地熱事業者と地方自治体が地域住民に協力して地熱の効率的な活用事業を提案していく必要がある。例えば、以下のようなシステム図4-4を考えることができる。

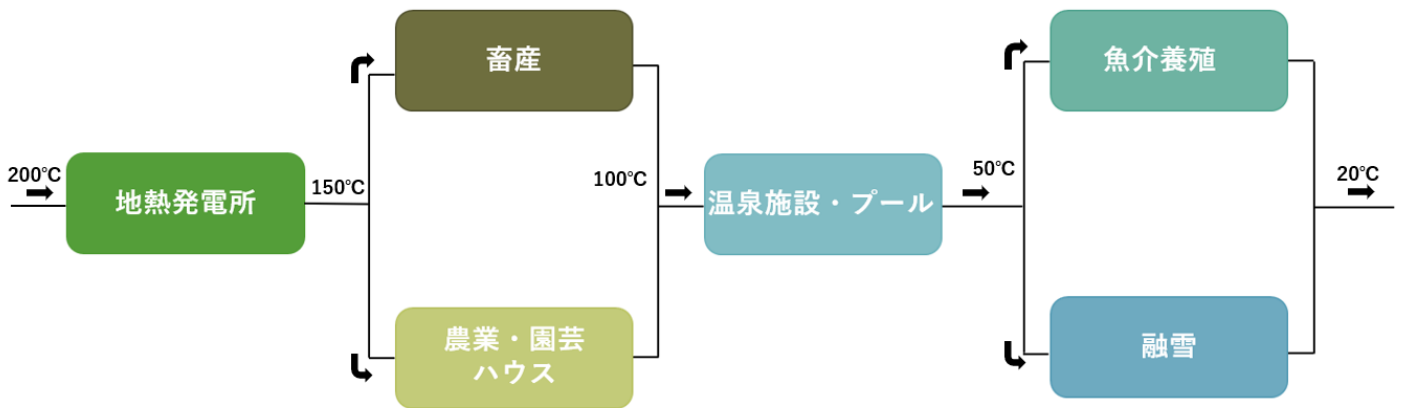


図 4-4 地熱の多段階利用の提案

これは、図4-3を基に、地熱の多段階利用を図式化したものである。発電所で使われた熱水は徐々に温度が減少するが、上流部からの排水を温度に見合った産業に供給することができる。図に挙げた産業は代表的なもので、地域の特性に合わせてカスタムすることが可能である。例えば、八幡平市であれば織物染めや堆肥の発酵に使うなど、地域独自の産業と組み合わせている。このようなシステム構築には、地方自治体が主導となって各産業に呼び掛けあい、具体的な供給体制については地熱事業者が計画する手段が良い。

ここで、農業園芸ハウスに地熱を利用した場合に経済的・環境的にどの程度評価されるのか、コストの分析とCO₂の排出量を求める。基礎的なデータは八丈島市の試算⁸を基にする。

地熱を利用した施設園芸はどれだけのメリットがあるのか試算する。200坪のハウスを、外気温が5°Cの時でも25°C程度に保つために必要な熱供給設備の15年間のコストを比較する。比較対象は灯油ボイラー、木質バイオマスボイラー、地熱利用型ハウス加湿器の3つである。熱供給設備の稼働時間は冬を想定し、1日4時間、4カ月120日と設定されている。園芸施設は200坪で、287kwの能力を持つ熱供給設備とする。以下は八丈島市で行われた試算の結果である。

	ランニングコスト (千円/年)	初期投資 (千円)	15年での総経費 (千円)
灯油ボイラー	2,011	3,000	33,169
木質バイオマスボイラー	533	12,900	20,900
地熱利用型ハウス加湿器	944	6,697	20,849

表4-1 各農業園芸ハウスの15年のコスト比較

表4-1を見てわかるように、15年の期間であれば地熱利用型のハウス加湿器が一番コストを抑えることができている。地熱は灯油ボイラーと比較してランニングコストが低く、初期投資も木質バイオマスボイラーよりも低く抑えられていることが起因している。

次に環境面でCO₂排出がどれだけ抑えられるのか検討する。コスト分析の際に上記した条件のままに灯油ボイラーと地熱利用型ハウス加湿器のCO₂排出量を比較する。まず温室ハウスを十分に保温するための熱量は、1日当たり287kw×4h=1,148kwhと算出できる。1kwh=3.6MJなので、必要な熱量は1,148kwh×3.6MJ=4132.8MJとなる。この熱量を発生するために排出されるCO₂量を求める。

⁸ 地熱利用型農業温室利用モデル(2014) http://www.landbrains.co.jp/re/140306poster_all1.pdf 参照 2021.01.20

灯油の場合、燃料に使用した時の CO₂排出係数⁹は 0.0678tCO₂/GJ と設定されている。
灯油ボイラーを使用した時の 1 日当たりの排出量は

$$4132.8MJ \times \frac{0.0678tCO_2}{GJ} = 0.28 tCO_2$$

と試算できる。

一方、地熱を利用した時の CO₂排出量は、他人から供給された熱の使用による CO₂排出量は蒸気・温水・冷水のとき排出係数 0.057 tCO₂/GJ¹⁰と設定されている。

地熱利用型ハウス加湿器を使用した時の 1 日当たりの排出量は

$$4132.8MJ \times \frac{0.057tCO_2}{GJ} = 0.23 tCO_2$$

と試算できる。

よって、1 日当たりの CO₂排出量は、地熱と灯油で 0.05t の差が出ることがわかり、地熱利用型の方が環境にも優しいということが出来る。よって、地熱利用の農業園芸施設はコスト的にも環境的にも優れているとわかった。

第 2 節の総括として地熱温泉熱の地域利用について述べる。地域に活用できる可能性は十分にある。特に多段階利用はシステムとしても、環境面としても、合理的かつ経済的である。特に図 4-4 のようなシステム構築が望ましい。しかし各産業だけでは供給体制を築くことは難しいと考えられるため、地方自治体と地熱事業者の協力が必要である。

第 3 項 観光資源として、どれだけの効果があるのか

地熱発電所が地域にもたらすプラスの側面として、地域産業への活用と共に期待されているのは観光資源の一つになることである。地域側としても地熱発電所を建設して、観光客が増えるのか、経済効果はどの程度なのかという点は関心のある点である。例えば、アイスランドのスヴァルスエインギ地熱発電所の発電の際に取り込んだ地下熱水の排水を利用した温泉浴場ブルーラグーンは 1987 年から一般公開され、今では年間 70 万人が訪れる有数の観光名所となっている。日本国内ではこのような規模の地熱利用の温水施設は確認できなかったが、観光客の需要は一定数存在する。別府大学国際経営学部 阿部博光氏によると大分県八丁原発電所は、訪れた見学者が地元にもたらした経済波及効果は 2012 年度で約 5 億円¹¹という試算が発表された。調査は 11 月に実施され、見学者 152 人に聞き取った平均

⁹日本 LP ガス協会 「燃料の発熱量・CO₂排出係数の一覧表」 https://www.j-lpgas.gr.jp/nenten/data/co2_ichiran.pdf 参照 2021.01.20

¹⁰環境省 「温室効果ガス排出量計算のための算定式及び排出係数一覧」 https://www.env.go.jp/earth/ondanka/suishin_g/3rd_edition/ref2.pdf 参照 2021.01.20

¹¹ 大分合同新聞社「経済効果は 5 億円 八丁原発電所の見学者」2014 年 1 月 4 日

支出額は約 2 万 8 千円、日帰りで町内だけを観光した人は約 5 千円という結果であった。その総額は 2012 年度の発電所見学者数（4 万 7816 人）を基に算出している。昨今流行する、ジオパークやエコツーリズムなどの観光産業の流れのひとつだと考えられる。環境・エネルギー問題に関心を持つ視察者たちを受け入れられるような体制を地熱事業者も整える必要がある。しかし発電所がなくても温泉などの観光資源があれば豊かになれるという地域住民からの指摘がある。この指摘は非常に的を射ている、地熱発電所はあくまでも発電所であって観光施設ではない。発電という従来の役割を持ち、そこに温泉施設への活用、地域全体の産業への活用などの付加価値が付いて初めて視察見学対象の施設になると考えられる。直接的な経済効果を狙うというよりも、地熱という切り口で注目を集め、地域の PR の一つとして発信していくことが現実的かつ効果的である。

第 3 節の総括として地熱発電の観光資源としての効果を述べる。地熱発電所は、ジオパーク・エコツーリズムなどで観光産業の一助になりうるが、あくまでも発電所であって観光施設ではない。観光資源として直接的な効果を狙うのではなく、地熱という特徴で地域の PR とし、訪れた見学者が地元で経済波及効果をもたらすことを期待したほうが良いと考えられる。

第 4 項 地熱開発の円滑な受け入れ態勢の構築

地熱開発が地域住民からの理解を得たとしても、開発が始まる段階で地方自治体が開発受け入れの体制が十分にできていない可能性がある。森林法・河川法・温泉法・自然公園法・電気事業法・国土利用計画法などの地熱開発に関連する法律の多さが原因である。許認可手続きには平均 4 年という莫大な時間がかかってしまう。

円滑な受け入れ態勢の構築のためには法律上の問題がある。特に温泉法と地熱の関連に関して指摘がなされている。地熱開発の手続きや開発者の権利・義務を規定している法律の中で、日本は坑井の掘削に対して温泉法が適応¹²されている。温泉法の対象は温泉であり、発電を目的とした地熱開発には適した法律とは言えない。小規模な浴用利用を適正化するために制定された温泉法を地熱開発の主軸の法律としておくことは疑問である。目的に地熱開発の促進とした法律が必要であり、関連する自然公園法、森林法等の調整を網羅的に含めた地熱開発基本法の制定が望まれている。これは地方自治体単位で進む話ではなく、国が介入して初めて改善されることであり、地域理解を得るためにも早急に法案成立に繋げる必要がある。未だ、地熱開発基本法の制定に至っていないが、法律条例関係には改善の兆しもある。2016 年経済産業省では、地熱開発が行われている自治体向けに、地域社会において秩序ある持続可能な地熱開発を進めていくための「地熱発電に係る市町村条例」のひな形を作成した。これによって協議会の設置や地熱発電条例を制定、地域住民や自治体に事業内容

¹² 金子正彦(2012),「世界の地熱法」,日本地熱学会誌 第 34 巻 第 3 号 p.123-137

の説明等の制度化が円滑になっている。ひな形は「地熱発電の推進に関する研究会平成 28 年度報告書」¹³の別添に掲載されており経済産業省の HP からダウンロードが可能で、どの自治体でもこれらの条例をベースにある程度の受け入れ態勢を構築することができる。他にも地熱メールマガジンといった、地方自治体向けの地熱開発の案内が配信されており全国で水平方向の事業促進がなされている。

第 4 項の総括として、地熱開発の円滑な受け入れ態勢の構築について述べる。まず開発初期段階は、地熱開発に関わる市町村条例のひな形を利用して協議会や説明会の設置など、開発を正しく評価できる体制を早急に築くことが必要である。現状、地熱開発基本法は制定されておらず温泉法やその他法令の許認可に時間がかかってしまうため、国を中心として地熱法の制定は今後の課題であるといえる。

第 5 項 地熱事業・地域の理解をする（相互理解）

第 1 項から第 4 項は地域側の視点のみであったが、第 5 項は地熱事業・地域の相互理解を扱うため、両者の視点を合わせて論じる。ヒアリングでは、地域側は地熱事業への理解が薄く効率的な利用事業の促進に至っていないことや無秩序な開発を不安視する声もあった。一方、開発側は地域への理解が薄く、地熱を地域の産業と結び付け切れていないことや地域の関心をなかなか得られないことが意見として挙げられていた。この問題は相互理解が足りていないために発生してしまっている。例えば、八幡平市では地熱と地域の織物染めを結びつけて地熱染めという新たな文化を誕生させている。これは八幡平市が沸騰地熱塾を始めとする説明会やセミナー等を積極的に開き、地熱事業の理解を得ただけではなく開発側が地域の理解を深めることができたことが起因したと考えられる。本来ならば、対立に陥る両者を対立させないためにはまず相互理解というステージが必要である。具体的な方法としてはやはり定期的な説明会やセミナー等が効果的である。しかし、それだけではなく開発側は、第 1 項から第 4 項まで述べたような一つ一つは細かいが地域に向き合う姿勢というものを見せる必要がある。例えば、温泉モニタリングの導入や損害補償制度、多段階利用の構築提案や視察者の受け入れ、法整備等である。このような取り組みと説明会を継続すれば、EIMY 型開発に近づき、地域理解を得られると考えている。一方、地域側は先入観だけで開発を拒否するのではなく、多くの地方が抱える人口減少や活気不足に対する一つの解決策として地熱開発を捉えて、長期的な視点で評価をしていくことが必要である。このような相互理解のためには第 1 節で述べたように地方自治体が地域と開発側の間に立ち、両者を繋げることが重要であると考えられる。

¹³地熱発電の推進に関する研究会「地熱発電の推進に関する研究会平成 28 年度報告書」

http://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/society/report_28fy/pdf/report_002.pdf 参照 2021.01.20

第6項 事業として、経済的に地熱発電が成り立つのか

第6項からは開発側の視点で地熱開発の懸念点について分析していき、事業として経済的に地熱発電が成り立つのかを判断していく。地熱発電の開発・導入に伴い発生するコストを分析し、発電に伴う費用が売電価格を下回り事業として成立し初期投資の回収が十分に可能かを確認する。

まず、発電コストを算出する。発電コストは年間総経費÷年間発電電力量で求められる。年間総経費は建設費×年経費率+人件費によって求められる。以下の式で求めると定義する。

$$\text{発電コスト} = \frac{\text{建設費} \times \text{年経費率} + \text{人件費}}{\text{年間発電電力量}}$$

今回はデータがある程度揃っている葛根田、山川、上の岱の3つの発電所のコストを分析する。開発、発電に関わる詳細な機器や土地調達価格等のコストは不透明な部分があるため、ある程度の前提条件をここで定義する。主要機器の価格はLCSのデータベース¹⁴と低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書¹⁵を参考にした。まず、建設費については坑井掘削費・フラッシュャー建設費・蒸気輸送管建設費・発電設備費の地熱特有の必要な機器を含む値段にする。また、新たに追加費用として温泉モニタリング装置も導入しこれも建設費(導入118万円/運用1.3万円/年)に含める。坑井に関しては各発電所が使用している本数と同じとし、掘削単価は生産井460万円、還元井243万円¹⁶とする。年経費率は15%に設定し、人件費は、運転要員5人・労務費を400万円/人/年とする。設備利用率は80%、所内率は10%とする。開発初期段階にかかる調査費や用地取得費は国の助成金制度で賄われるものとしてここでは除外する。なお、3つの発電所では、地下の地熱状態によって蒸気分離回数が異なり、シングルフラッシュ(SF・汽水分離1回)とダブルフラッシュ(DF・減圧器でさらに1回)方式の採用によってコストに変化があるため今回はSF方式に絞って算出する。

¹⁴国立研究開発法人科学技術振興機構(JST) 低炭素社会戦略センター(LCS) <https://www.jst.go.jp/lcs/> 参照 2021.01.20

¹⁵ LCS「地熱発電(Vol.1) -発電量拡大に向けた設計・評価-」2015 <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2014-pp-07.pdf> 参照 2021.01.20

¹⁶ 日本地熱協会 「わが国の地熱発電-現状と課題-」2018 https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/039_03_00.pdf 参照 2021.01.20

葛根田地熱発電所の場合

発電出力 56 MW

建築費 229 億 119 万 3 千円

(内訳：坑井掘削費 154 億円/蒸気生産設備 5 億円/発電設備 70 億円/

温泉モニタリング装置 119.3 万円)

年間発電電力量 353×10^6 kWh

$$\text{発電コスト} = \frac{(22,901,193,000 \times 0.15 + 20,000,000) \text{円}}{353,000,000 \text{kwh}} = 9.78 \text{円/kwh}$$

山川発電所の場合

発電出力 31MW

建築費 108 億 1,119 万 3 千円

(内訳：坑井掘削費 62.4 億円/蒸気生産設備 2.3 億円/発電設備 43.4 億円

温泉モニタリング装置 119.3 万円)

年間発電電力量 195×10^6 kWh

$$\text{発電コスト} = \frac{(10,811,193,000 \times 0.15 + 20,000,000) \text{円}}{195,000,000 \text{kwh}} = 8.42 \text{円/kwh}$$

上の岱地熱発電所の場合

発電出力 32 MW

建築費 102 億 6,119 万 3 千円

(内訳：坑井掘削費 57.6 億円/蒸気生産設備 2.1 億円/発電設備 42.9 億円

温泉モニタリング装置 119.3 万円)

年間発電電力量 202×10^6 kWh

$$\text{発電コスト} = \frac{(10,261,193,000 \times 0.15 + 20,000,000) \text{円}}{202,000,000 \text{kwh}} = 7.72 \text{円}$$

		葛根田地熱発電所	山川発電所	上の岱地熱発電所
発電出力 (MV)		56	31	32
建設費	坑井掘削費 (億円)	154	62.4	57.6
	蒸気生産設備 (億円)	5	2.3	2.1
	発電設備 (億円)	70	43.4	42.9
	温泉モニタリング装置 (万円)	119.3	119.3	119.3
年経費率(%)		15	15	15
人件費 (万円)		2000	2000	2000
年間発電電力量(×10 ⁶ kwh)		353	195	202
発電コスト (円/kwh)		9.78	8.42	7.72

表 4-2 地熱の発電コスト

これらの試算によって地熱の発電コストは 9.78 円/kwh～ 7.72 円/kwh だとわかった。時期や地熱の状態によってコストには多少の変化が生じるものの、今回の発電コストは算出結果の中央値を取ることにし、8.75 円/kwh と想定することにする。

第 1 章 4 節で述べたように、2020 年度の FIT 制度適用の地熱発電の買い取り価格は、15,000kw 以上で 26 円/kwh、15,000kw 未満で 40 円/kwh である。今回は 15,000kw 以上の大規模発電の試算であるため FIT の調達期間内は、26 円/kwh－8.75 円/kwh（発電コスト－売電価）より、17.25 円/kwh の収益が見込まれる。葛根田地熱発電所であれば年間約 60 億円、山川発電所であれば約 33 億円、上の岱地熱発電所であれば約 34 億円の収益が期待される。ただしこれらの収益を上げられるのは FIT 制度適用下の 15 年間のみであり、調達期間を過ぎると市場の価格に合わせた設定となる。例えば、東京電力¹⁷は最初 120kWh まででは 19.88 円で販売しているので、これを参考に試算する。15 年目以降の売電価格を 19.88 円に設定すると 11.13 円/kwh の収益と算出される。15 年目以降の葛根田は年間約 40 億円、山川は約 22 億円、上の岱は約 22 億円と年間収益は変化する。

利益は確かに上がっているが、これは初期投資の回収まで至っているのであろうか。NPV 正味現在価値の計算を基に、投資家のような第三者から見ても地熱開発事業が利益を生むのかを算出した。以下の表 4-3 を見てほしい。

経過年数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PV (現在価値)	58	113	164	213	259	301	341	379	414	446	476	505	531	552	578	586	593	599	604	609
NPV (正味現在価値)	-390	-335	-284	-235	-189	-147	-107	-69	-34	-2	28	57	83	104	130	138	145	151	156	161

表 4-3 葛根田地熱発電所の PV と NPV

¹⁷ 東京電力エナジーパートナー 従量電灯 B 料金単価 <https://www.tepco.co.jp/ep/private/plan/old01.html> 参照
2021.01.20

PV（現在価値）とは、将来獲得する金額を現時点での価値に換算するものであり、以下の数式で求めることができる。

$$PV（現在価値） = \frac{\text{将来見込まれる金額} \cdot \text{利益}}{(1 + \text{割引率})^n \text{年後}}$$

地熱開発における割引率は3%と設定¹⁸されており、それを活用し葛根田地熱発電所のPV及びNPVを求めた。NPVは正味現在価値を意味し、NPV=PV-投資額で求まる。理論的には、NPV=0ならそのプロジェクトに投資しても意味がないとされ、NPVが0以上で大きいほど事業としても良いとされる。今回、投資額は初期投資額とし、一般的に言われている地熱発電の開発費1kw当たり80万円～120万円というデータから、その初期投資を算出する。葛根田地熱発電所の場合、発電出力は56MVのため、初期投資額は448億円と試算できる。これを基に、経過年数ごとのNPVを求め、表にまとめたのが表4-3 葛根田地熱発電所の正味現在価値である。表を見ると、10年目から～11年目にかけてNPVが0を超えており、初期投資が回収され、事業としても軌道に乗り始めたことがわかる。

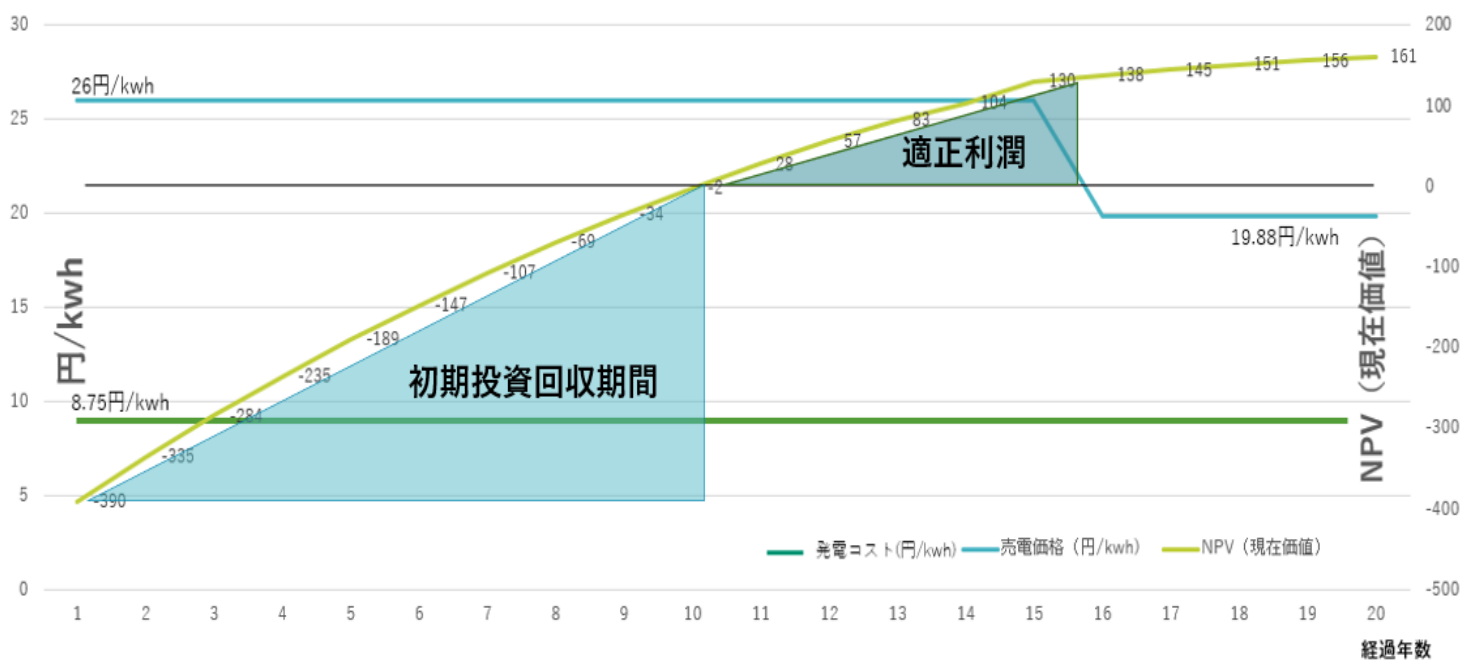


図4-5 葛根田地熱発電における初期投資の償却

図4-5では、葛根田の初期投資の償却の流れを図式化した。10年から11年で初期投資が回収され、それ以降は適正利潤になることがわかる。

¹⁸ 日本地熱協会 「わが国の地熱発電-現状と課題-」 2018
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/039_03_00.pdf 参照 2021.01.20

第 6 項の総括として、地熱開発が事業として成立するののかについて述べる。コスト分析の結果から、地熱開発は長期的な視点から見ればコストパフォーマンスに優れているといえる。事業としても十分に成り立ち FIT 制度の適用終了後も自立して操業ができる。10 年～15 年で初期投資の大半が償却され、その後は 100 年規模で低コストの操業が可能になる。初期の建設等のコストはやはり高いものの、運転コストは一般火力プラントより遥かに安い。NPV の分析を見てもわかるように高い初期投資は、運転コストの節減分で回収することが十分に可能である。発電所を建設する際には、最低限、初期投資が回収できる間は問題の発生しないような耐久性が必要である。

第 7 項 事業環境の改善

地熱開発は専門的な事業のため必要な資格等も多い。開発コストも莫大なため、事業リスクも高い。2030 年の導入目標を達成するためには、既に開発調査が行われている地域を発電祖業に必ず結びつける必要があり、そのためには開発事業者及び掘削事業者の事業環境の整備が重要である。以下のグラフは地熱掘削事業者の課題点をまとめたものである。



図 4-6 地熱掘削事業者の主な課題

※国内地熱掘削事業者 13 社に調査 各社とも上位 3 つの課題を選択し 1 位 3 点 2 位 2 点 3 位 1 点で集計
 みずほ情報総研（株）による調査結果 [report_001.pdf \(meti.go.jp\)](https://www.meti.go.jp/report_001.pdf)

図 4-6 によると、地熱掘削事業者の主な課題は、地熱掘削人材の確保・掘削機リグの老朽化・冬季活動の制限が上位 3 点であるとわかる。

地熱掘削人材の確保¹⁹に関して、新卒の確保が難しいこと、給与面の待遇は悪くないが山の中の作業環境で定着しない、各社間で人材融通が可能になると人繰りに柔軟性が出るが法律上困難という声が上がっている。これらの人材不足の対応策について、外国人技術者の導入が考えられる。外国の掘削事業者と国内の事業者の連携が確立されれば、技術者の派遣も検討される。しかし、外国人技術者は人件費も高く、コスト面での増加につながるため、短期的な導入が望ましいと考えている。人材不足が続く中、今ある事業を成功まで導くために外国人技術者の短期的導入を検討し、少しずつでも新卒の確保と人材育成を進めることで人材確保の改善につながると考えている。

掘削機リグに関して、調査対象になった 13 社で 35 台のリグを保有しており、今後の掘削需要の増加に対しても十分に対応できる台数は整っているとされた。しかし購入してから 20～30 年経過しているリグが多く、老朽化が進んでいる可能性が高い。新規リグはフルセットの場合約 20 億円、一部再利用の場合 13～15 億円である。法定耐用年数（償却年数）は 5 年であるため、15 億円で新規のリグを購入した場合、年間 3 億円の償却費が発生する。年間に掘削を 3 本行うとすれば、坑井 1 本当たり償却費 1 億円となる。リグの稼働率を上げることで掘削本数を増やし、坑井 1 本当たりの償却費を減らすことが可能になる。老朽化したリグのメンテナンスや稼働率を上げることで、年間の掘削本数を増やすことが対応策として考えられる。冬季の活動が制限される中でも、稼働率を上げるためにはやはり掘削技術者の充分の各派と掘削業界全体での資機材の円滑な融通等が必要である。

第 7 項の総括として、地熱開発事業者の環境改善について述べる。開発者、特に掘削事業者が課題に感じている点として人材の確保と掘削機リグの老朽化、冬季活動の制限が挙げられていた。今後の掘削需要を見込んでも国内のリグの保有台数は十分であるが、老朽化が課題であった。老朽化したリグのメンテナンスや稼働率を上げることが必要である。稼働率を上げるためには人材不足という課題があり、短期的に外国人技術者の導入で改善が図れると考えられる。外国人労働者はコスト高なため、新卒の確保と人材育成が今後の焦点となってくる。

¹⁹ 地熱発電の推進に関する研究会「地熱発電の推進に関する研究会平成 29 年度報告書」2018
https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/society/report_29fy/pdf/report_001.pdf 参照
2021.01.20

第8項 まとめ

第4章1節では、以下の7点を地熱開発において必要な情報・要素・理解として挙げた。

地熱開発において必要な情報・要素・理解	
地域側（地方自治体、地域の人々）	1. 地熱開発がどれくらい温泉環境に影響するのか
	2. 地熱温泉熱の地域利用拡大の可能性
	3. 観光資源として、どれだけの効果があるのか
	4. 地熱開発の円滑な受け入れ態勢の構築
	5. 地熱事業の理解をする（相互理解）
開発側（国・行政機関、地熱事業者）	6. 事業として、経済的に地熱発電が成り立つのか
	7. 事業環境の改善
	5'. 地域の理解をする（相互理解）

表4-4 地熱開発において必要な情報・要素・理解

そして、第4章2節では第1項から7項までで、浮かび上がった諸問題に対する提言をしてきた。ここで第1項から7項までの問題点と提言をまとめる。これらの提言がなされて初めて開発側と地域側のWIN-WIN関係を築きEIMY型の開発の促進が期待できることができる。

諸問題に対する提言		
地域側	1.	地下調査、温泉モニタリング装置の導入、損害補償制度の整備
	2.	経済面、環境面でも合理的な排水の多段階利用
	3.	効果は確認されているが期待し過ぎず、地域PRの一つとして捉える
	4.	「地熱開発に関わる市町村条例のひな形」の利用、国主導の地熱開発基本法の早期制定
	5.	定期的な説明会・セミナー等の開催
開発側	6.	10年～15年で初期投資の大半が償却され、その後は低コストの操業が可能
	7.	リグの稼働率上昇と、人材確保のため外国人技術者の短期的導入と国内の人材育成

表4-5 諸問題に対する提言

第5章 開発と地域、共存への考察

第5章では、今まで得られた知見を踏まえて開発側と地域側が如何にして共存しているのか、考察を深める。ここではゲーム理論的分析を行う。開発側と地域側が対立に陥ってしまうのは、地熱開発が地域に受け入れられてもらえないことが原因である。何故、地熱開発が地域側に受け入れられないのか、ゲーム理論的分析を行う。

まず、前提条件として1つの地域の中の2つの地区のどちらかで地熱開発が期待されているとする。この2つの地区（自分たちの地区Ⅰ、相手の地区Ⅱ）は同質的であり、一方のどちらかに地熱発電所は建設される。そして発電所はいずれの地区に建設されても、両地区の住民の効用は等しく上昇する。住民は、発電所がどちらかに地区に建設されることについて以下の選択ができる。

- 選択1. 賛成 自分の居住する地区に建設されることを受け入れる又は賛成する
- 選択2. 反対 自分の共住する地区に建設されることを受け入れない、反対する

NIMBY 的地熱開発と EIMY 的地熱開発が、それぞれどのような均衡になるか検討する。

NIMBY 的地熱開発では、開発された地区に対して負の影響を及ぼし、立地した地区の住民の効用を下げる。ここでいう負の影響とは、例えば地下調査が十分に行われず温泉に影響があり旅館などの観光業に損失が出ることや、周囲の自然環境への悪影響、さらにはそれらに対する開発側からの十分な補償がなされないこと等が挙げられる。このような場合、以下のような図式になる。

		相手の地区	
		反対	賛成
自分の地区	反対	(d,d)	(a,b)
	賛成	(b,a)	(c,c)

図 5-1 NIMBY 型のゲーム理論

相手の地区が賛成、自分の地区が反対を選んだ時、発電所は相手地区に建設されるため、自分の地区の利得は最善の値となる（図 5-1 右上）。この値を a とした。相手地区が反対し自分の地区が賛成した時、自分の地区の利得は次善の値の b とした（図 5-1 左下）。相手地区と自分の地区も賛成した時（図 5-1 左下）、開発は場所が決まらない等の何らかの状況に陥り、両地区とも c という利得を得る。相手地区も自分の地区も開発に反対した時（図 5-1 左上）、開発は先延ばしにされる等の状況に陥り、両地区は d という利得を得る。

ここまで挙げた a~d の利得に対しての大小関係を整理する。a は、NIMBY 的な施設を相手地区に建設でき、さらにはその恩恵も受けられるため、利得の中でも最大 ($a > b, c, d$) である。また両地区が反対しあった利得 d よりも、両地区が賛成し誘致しあった利得 c の方が少なくとも同じかあるいは大きいと想定できるので $c \geq d$ と考えられる。ここまでの大小関係は前提であり、よって「a」「b」「c」「d」の4つの利得については次の3つのケースが可能性としてありうる。

ケース 1: $a > c \geq d > b$

ナッシュ均衡を考える上では、先に相手の行動を想定しそこから自らの行動を決めるとする。このケースの場合、相手地区が反対を選ぶなら自分の地区も反対、相手地区が賛成を選ぶなら自分の地区は反対を選ぶことになり、両地区とも反対を選択することになる。ケース1のナッシュ均衡は、いずれのプレイヤーも「反対」という戦略の組み合わせ (d, d) という利得になり NIMBY に陥ってしまう。

ケース 2: $a > c > b > d$

このケースの場合、相手地区が反対を選ぶなら自分の地区は賛成、相手地区が賛成を選ぶなら自分の地区は反対を選択することになる。一方の地区が「反対」、他方の地区が「賛成」という戦略の組み合わせがナッシュ均衡となる。このケースの場合の焦点は、「どちらの地区に立てるか」交渉が行われる。しかし結局のところ、どちらの地区に立てるのか地熱発電所の押し付け合いになり、これも NIMBY となる。

ケース 3: $a > b > c \geq d$

ケース 2 と同様に、相手地区が反対を選ぶなら自分の地区は賛成、相手地区が賛成を選ぶなら自分の地区は反対を選ぶことになり、一方の地区が「反対」、他方の地区が「賛成」という戦略の組み合わせがナッシュ均衡となり、結果、NIMBY に陥る。

ケース 1 ~ 3、全てで NIMBY に陥ってしまい、開発が進まない状況に陥る。これは地域間で地熱開発問題を解決しようにも限界があることを示している。開発が行われるには、何か特別な交渉があって、どちらかの地区が負の影響を受け入れるしかない。するとすべての SH が利益を享受できるような関係構築はできず、本論文の目的とはそぐわない。

では EIMY 型開発ならば、どのような均衡になるのだろうか。第 4 章で指摘したような開発姿勢であれば、地熱は地域側にも大きな利益をもたらす。負の影響は抑えられ、逆に経済的にも環境的にも優れている予熱温泉熱の地域利用拡大やエネルギーの地産地消で他県にお金を流出させないこと、固定資産税による税収等、様々な良い影響をもたらす。地域側は地熱を軸に社会システムを構築することができ、開発促進の立場をとることになる。そして発電所を建設した地区は大きな利益を生み出すことができる。このような場合、次のような図式になると考えられる。

		相手の地区	
		反対	賛成
自分の地区	反対	(d.d)	(b.a)
	賛成	(a.b)	(c.c)

図 5-2 EIMY 型のゲーム理論

図 5-1 と大きく異なる点は、自分の地区が賛成し相手地区が反対した時（図 5-2 左下）、地熱発電所は自分の地区に建設され大きな利益をもたらすため、自分の地区の利得は最善の a となる。一方、自分の地区が反対し相手の地区が賛成した時（図 5-2 右上）、自分の地区の利得は次善の b となる。

このような EIMY 型の場合、a~d の利得の大小関係について整理する。d は自分の地区も相手の地区も反対であり、地域に大きな恩恵をもたらす地熱発電所が建設できないことになるので、その利得は最小である (a.b.c>d)。また、相手地区が反対して自分の地区に建設されたときの利得 a よりも、両地区が賛成し誘致しあった利得 c の方が少なくとも同じかあるいは大きいと想定できるので $c \geq a$ と想定できる。両地区賛成の時、地熱の地域利用の拡大が円滑に進み、理想的な多段階利用のシステムが構築されると考えられるためである。ここまでの大小関係は前提であり、よって「a」「b」「c」「d」の 4 つの利得については次のケースが挙げられる。

ケース 4 : $c \geq a > b > d$

このケースの場合、相手の地区が反対を選ぶなら自分の地区は賛成、相手の地区が賛成を選ぶなら自分の地区も賛成を選択する。ケース 4 のナッシュ均衡は、いずれのプレイヤーも「賛成」という戦略の組み合わせ (c.c) という両地区ともに最大の利得の選択となる。NIMBY は回避され開発は進むことになる。

地熱開発が地域側に受け入れられることによって、開発と地域の対立は防がれ、一つの地区だけではなく地域全体に利得をもたらした。地域と地熱開発の共存を目指すにあたってはケース 4 のような関係性を構築すべきである。このケースの達成のために必要なことは、開発側の介入である。開発側は 4 章で指摘したような諸問題に対して対策をとり、地熱開発の負の影響を抑え、そして良い影響を地域に及ぼす。これが成し遂げられない限り、地熱開発は地域のためになるということとはできない。開発と地域、地熱と温泉、対立関係に陥る両者を相互利益が生まれるような関係にするには、両地区が開発に賛成する地熱開発の利益というものを提示することが重要である。

地熱開発が地域の利益になる要素として挙げられるのは、観光資源としての PR 効果、デュアル・エネルギーパスの中で地域の自給エネルギーになりうる等あるが、一番具体的に地域に影響を及ぼすのは地熱の予熱排水の多段階利用だと考えている。第 4 章で述べたように地熱利用事業は、経済的・環境的にも優れており、初期投資はかかるものの、その回収も 15 年で可能であるという試算も出た。また、八幡平市の地熱染めのように地域産業と結びついて新しい産業を確立することもある。開発側はこの多段階利用が積極的に行われるように地域と開発事業者の相互理解を深め、地域システムにあった利用事業を提案していく必要がある。これによって、地熱開発における地域の利益というものが具体的に示され、ゲーム理論的にも地域側が賛成していくような地熱開発が進めることができる。

終章

現在、日本は安定供給の側面からエネルギーミックス実現のために再生可能エネルギーの最大限の導入を目指している。地熱発電はそのポテンシャルの高さから、2030年までに150万kw達成の目標を掲げており、日本全国で地熱調査・開発が進められている。しかし地熱開発は様々な複合的問題を抱え、発電は約52万kwに留まり、目標達成を疑問視する声も少なくない。日本の地熱発電導入の阻害要因の一つとなっているのは、地域理解を得ることの難しさにある。地熱発電が活用する地熱資源は、多くの場合、地元の温泉事業者が利用する温泉資源と隣接している。そのため、温泉への影響を懸念する地域住民の理解が絶対条件となり、開発において地域との関係を考慮する必要があるため、なかなか導入までに至らない状況にあった。地熱情報研究所代表 九州大学名誉教授 江原幸雄氏の研究によれば地熱発電における阻害要因には(1)発電コスト問題、(2)国立公園問題、(3)温泉問題という3点が明らかにされている。ただ、(3)温泉問題については、地熱発電と温泉事業者の関係性のみ言及であり、地熱開発と地域の在り方について十分な検討がなされていない。そこでヒアリングを通して地域目線で地熱開発の可能性を探り、発電コストの分析・考察、地域への諸影響について検討することを、他の研究と比較したとき自身の分析の意義とした。

本論文では地域と地熱開発の在り方についてステークホルダーを整理し、地域側と開発側の双方向の視点から問題点を指摘、共存・相互利益をもたらす関係構築に必要なことを提示した。ヒアリングから地域側（地方自治体、地域の人々）に必要な情報・要素・理解となるのは下記の5つの項目と分かった。地熱開発がどれくらい温泉環境に影響するのか、地熱温泉熱の地域利用拡大の可能性はあるのか、観光資源としてどれだけの効果があるのか、円滑な受け入れ態勢は整っているのか、そして地熱事業に対する理解不足である。これらの項目に対して開発側（国・行政機関、地熱事業者）は具体的な対策を講じ、地域側の不安解消に努めなければならない。

まず温泉環境について、開発が影響を及ぼさないとはいえ切れないので、事業者側はこれに対して対策を講じるべきである。具体的な対策は、地下調査、温泉モニタリング装置の導入、そして万が一の場合を想定した損害への補償制度整備である。ただし、モニタリング装置の導入の際には事業者側も採算がとれるようにする必要はある。損害補償に関しては、事業者側の負担軽減のため、東京海上日動の保険を利用することが好ましいと考えた。地熱利用事業の拡大の可能性に関しては、施設園芸ハウスについて灯油ボイラーを使用するより地熱利用型の方がコストが低く、またCO₂の排出量も200坪1日当たり0.05t抑えられることがわかった。地熱の観光資源としての利用については、直接的な効果を狙うのではなく、地熱という特徴で地域のPRとし、訪れた見学者が地元で経済波及効果をもたらすことを期待したほうが良いと考えている。最後に、地熱開発の円滑な受け入れ態勢の構築について述

べる。まず開発初期段階は、地熱開発に関わる市町村条例のひな形を利用して協議会や説明会の設置など、開発を正しく評価できる体制を早急に築くことが必要である。現状、地熱開発基本法は制定されておらず温泉法やその他法令の許認可に時間がかかってしまうため、国を中心として地熱法の制定は今後の課題であるといえる。

一方で、開発側に必要な情報・要素・理解とは3つの項目からなり、事業として経済的に地熱発電が成り立つのか、事業環境の改善、そして地域理解をすることだとわかった。地域側の5つの項目の対策を講じるコスト負担もあるため、事業が成り立つのかの判断は重要になってくるが、コスト分析とNPVの試算から、10年目から～11年目にかけてNPVが0を超えて初期投資が回収され、事業としても軌道に乗り始めると推測される。また、地熱開発事業者の環境改善については、特に掘削事業者が課題に感じている点として人材の確保と掘削機リグの老朽化、冬季活動の制限が挙げられていた。今後の掘削需要を見込んでも国内のリグの保有台数は十分であるが、その老朽化が課題であり、老朽化したリグのメンテナンスや稼働率を上げることが必要であるとわかった。稼働率を上げるためには人材不足という障壁があるが、短期的に外国人技術者の導入で改善が図れると考えている。外国人労働者はコスト高なため、新卒の確保と人材育成が今後の焦点となってくる。

以上を踏まえて地熱開発をさらにゲーム理論的に分析し、地熱開発が地域に受け入れてもらうために必要なことは、地熱がどれだけ地域の利益となるのか示すことだと考えた。地熱は観光資源や自給エネルギーなどの側面ももつが、地域に直接的な利益をもたらすのは予熱排水の多段階利用である。地熱利用事業は、経済的・環境的にも優れており、初期投資はかかるものの、その回収も15年で可能であるという試算も出た。また、八幡平市の地熱染めのように地域産業と結びついて新しい産業を確立することもある。

地熱発電は、その長所ばかりにスポットが置かれる傾向にある。しかしこれらの長所は開発される地域にとっても同様の便益を生み出すわけではない。2030年の目標を達成するには迅速な開発が急務であるが、それはエネルギーミックスやCO₂削減などの国家的要請や世界からの要求を、一方的に地域に押し付けてしまう構図になってしまう可能性もある。ヒアリング上では講演者や質問者の方々は真摯に地熱開発と向き合っており、今後の開発において地域と事業者側が協力体制を築いていく大きな希望を感じた。一方で、やはり開発に関係するステークホルダーは多いため対立に陥りやすいということも確認でき、それらの整理や分析は地域の力につながると考えた。そして自身の分析では、地熱開発と地域の共存、さらなる発展させるために今後必要なことは何か、それらを含めた政策を提言することができた。経済的にも環境的にも優れたこの事業を開発側は積極的に地域に提案し、地域にとって地熱導入の利益を示す。そしてヒアリングから浮き上がった7つの諸問題を改善することで地域と開発、地熱と温泉の共生関係の構築が可能になるのではないだろうか。

参考文献

1. 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC) 地熱資源情報
<http://geothermal.jogmec.go.jp/information/geothermal/world.html>
参照 2021.01.20
2. JOGMEC 地熱部地熱開発課担当調査役 高橋由多加.
「地方新聞社東京支社長との意見交換会資料 地熱開発と地域の共生事例」(2017)
http://geothermal.jogmec.go.jp/report/file/session_170125_02.pdf
参照 2021.01.20
3. 地熱情報研究所代表 九州大学名誉教授 江原幸雄.
「地熱発電の現状と今後の展望」(2016)
http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/ider-project.jp/stage2/file04.pdf
参照 2021.01.20
4. ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES OECD 諸国のエネルギー収支 2014
<https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-balances-of-oecd-countries-2014>
参照 2021.01.20
5. IEA – Key World Energy STATISTICS 2016 <https://webstore.iea.org/>
参照 2021.01.20
6. 経済産業省 資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し」(2015)
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee
参照 2021.01.20
7. 内閣府 『2010 年度版防災白書』
https://www.soumu.go.jp/main_content/000376106.pdf
参照 2021.01.20
8. 村岡洋文. 「日本の地熱発電の現状と将来への期待 (特集 地熱発電--世界 3 位の地熱エネルギー資源を持つ日本の現状と世界の動き)」. 2011.07. OHM.
9. BP Statistical Review of World Energy, June 2016
<http://oilproduction.net/files/especial-BP/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>
参照 2021.01.20

10. 火力原子力発電技術協会, 「地熱発電の現状と動向 2014 年」, 東京, 火力原子力発電技術協会, 2015.06, p.95
11. 経済産業省 資源エネルギー庁 「固定買取制度 2020 年度以降」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_kakaku.html
参照 2021.01.20
12. 佐藤涼祐 (2017), 「白浜町における熱水融通システム構築とバイナリー発電の適用について」, 『土木学会第 45 回環境システム研究論文』
13. 馬場健司, 高津宏明, 鬼頭美沙子, 河合裕子, 則武透子, 増原直樹, 木村道徳, 田中充(2015), 「地熱資源をめぐる温泉利用に向けたステークホルダー分析-大分県別府市の事例-」 『環境科学 会誌 28 (4)』 p316-329
14. 野田徹郎 (2011), 「地熱発電と温泉との共生への道 Steps to Harmonious Coexistence of Geothermal Power Generation and Hot Spring Utilization」 『第, 64 回日本温泉科学会』 ,p161-168
15. 経済産業省 資源エネルギー庁 「地熱発電について」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/
参照 2021.01.20
16. 近藤浩正, 内山由紀子(2012). 「再生可能エネルギー：地熱利用の展望」 海外での地熱利用の広がり.
https://www.jeri.or.jp/membership/pdf/research/research_1211_01.pdf
参照 2021.01.20
17. 新妻弘明. (2011) 「デュアル・エネルギーパス」
<http://ve.cat-v.ne.jp/ni.eimy/niitsuma/dep.pdf>
参照 2021.01.20
18. 新妻弘明, 「エネルギーの地産地消 E I M Y (エイミー) ～新しい文明のかたちを求めて～」, N T T 出版, 地域力創造選書, 2011
19. Mary H. Dickson, Mario Fanelli, 「地熱エネルギー入門 第 2 版」, 日本地熱学会 I G A 専門部会, 2008

20. 地熱利用型農業温室利用モデル(2014)
http://www.landbrains.co.jp/re/140306poster_all1.pdf 参照 2021.01.20
21. 日本 LP ガス協会 「燃料の発熱量・CO₂排出係数の一覧表」
https://www.j-lpgas.gr.jp/nenten/data/co2_ichiran.pdf 参照 2021.01.20
22. 環境省 「温室効果ガス排出量計算のための算定式及び排出係数一覧」
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/suishin_g/3rd_edition/ref2.pdf
参照 2021.01.20
23. 大分合同新聞社「経済効果は 5 億円 八丁原発所の見学者」 2014 年 1 月 4 日
24. 金子正彦(2012),「世界の地熱法」,日本地熱学会誌 第 34 卷 第 3 号 p.123~137
25. 地熱発電の推進に関する研究会「地熱発電の推進に関する研究会平成 28 年度報告書」
2017
http://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/society/report_28fy/pdf/report_002.pdf 参照 2021.01.20
26. 国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) 低炭素社会戦略センター (LCS)
<https://www.jst.go.jp/lcs/> 参照 2021.01.20
27. LCS「地熱発電 (Vol.1) - 発電量拡大に向けた設計・評価 -」2015
<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2014-pp-07.pdf> 参照 2021.01.20
28. 日本地熱協会 「わが国の地熱発電-現状と課題-」2018
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/039_03_00.pdf 参照 2021.01.20
29. 東京電力エナジーパートナー 従量電灯 B 料金単価
<https://www.tepco.co.jp/ep/private/plan/old01.html> 参照 2021.01.20
30. 地熱発電の推進に関する研究会「地熱発電の推進に関する研究会平成 29 年度報告書」
2018
https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/society/report_29fy/pdf/report_001.pdf 参照 2021.01.20

あとがき

私は温泉が好きで、特に関東近郊の草津温泉には毎年訪れています。年によっては2, 3回訪れることもありましたが、冬は、露天風呂の雪の寒さと温泉の暖かさが良い塩梅で、心も体も癒されます。当然、エネルギー問題や地熱分野にもともと関心を寄せていたこともありましたが、そんな温泉好きということもあって、3年生の頃は地熱開発をテーマに発電所や地域をフィールドワークしつつ、好きな温泉も存分に楽しんでしまおう、そんな心意気でいました。論文でも述べたように草津と嬬恋村ではかつて地熱開発を巡って、対立が生じています。私も草津温泉の一観光客でありますので、温泉に影響がでる可能性があるならば開発は中止して欲しいという正直な思いもあります。しかし、環境経済学の門を叩いた身としては問題を俯瞰して、それぞれの立場に立ち、地域と開発側、互いに得するような関係を築く必要がありました。本論文では、どちらかの立場に決して傾かず、客観的に評価することに努めました。

論文執筆にあたって大きな障壁となったのは全国規模の新型コロナウイルスの感染拡大でした。2020年4月には緊急事態宣言が出され、先行きの見えない不安の中で調査が始まります。現在2021年1月でも再度、緊急事態宣言が出され、未だ感染者数の減少の兆しは見えていません。そして本論文では3つの地熱特化地区へのフィールドワークを中止する決断に至りました。非常に残念でした。しかし、このような状況でも地熱開発への想いを失うことなく活動する人々に助けられ、オンライン上ではありますが2つのセミナーに参加することができました。そこで地域の人々と開発側の視点を何とか集め、ステークホルダーの整理まで進めました。具体的な分析に至るまでは、どのような資料が必要で何のデータを使うのか、何度も頭を悩ませつつ、今に至ります。得られた結論は、今後の地熱開発と地域の関係性において非常に興味深く、最後までやり遂げて良かったと思っております。

このような暗い情勢の中、私が根を詰めずに論文執筆に向き合ってこられたのは、大沼先生とゼミ員の存在でした。オンライン上でも先生には論文の方向性に関して幾度もアドバイスをいただきました。またゼミの同期からは質問を通して幾つもの建設的な意見をもらいつつ、同じように論文のクオリティをあげる彼らの姿は私自身の励みになり、心の支えになりました。2年間にわたってご指導くださった大沼あゆみ先生、そしてゼミの同期、後輩、お世話になった全ての人に心から感謝いたします。