

研究評価委員会  
「地熱発電技術研究開発」(中間評価)分科会  
議事録

日 時：平成30年9月13日(木) 10:00~17:10

場 所：WTC コンファレンスセンター Room A (世界貿易センタービル 3階)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	笹田 政克	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会	理事長
分科会長代理	勝田 正文	早稲田大学 理工学術院 総合機械工学科	教授
委員	小池 克明	京都大学 大学院工学研究科 都市社会工学専攻	教授
委員	松山 一夫	株式会社地熱総合研究所	代表取締役
委員	結城 和久	山口東京理科大学 工学部 機械工学科	教授

<推進部署>

近藤 裕之	NEDO	新エネルギー部	部長
権藤 浩	NEDO	新エネルギー部	統括主幹
加藤 久遠(PM)	NEDO	新エネルギー部	主任研究員
讃岐 育孝	NEDO	新エネルギー部	主査
田中 俊彦	NEDO	新エネルギー部	主査
丸内 亮	NEDO	新エネルギー部	主任

<評価事務局>

保坂 尚子	NEDO	評価部	部長
塩入 さやか	NEDO	評価部	主査
原 浩昭	NEDO	評価部	主査

## 議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
  - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
  - 5.2 質疑応答
  - 5.3 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し
  - 5.4 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明及び実用化・事業化に向けての見通し及び取組
  - 6.1 環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発
    - 6.1.1 地熱発電適用地域拡大のためのハイブリッド熱源高効率発電技術の開発
  - 6.2 低温域の地熱資源有効活用のための小型バイナリー発電システムの開発
    - 6.2.1 事業採算性と環境保全を考慮したバイナリー発電システムに供するタービン発電機の開発設計
    - 6.2.2 温泉熱利用発電のためのスケール対策物理処理技術の研究開発
  - 6.3 発電所の環境保全対策技術開発
    - 6.3.1 エコロジカル・ランドスケープデザイン手法を活用した設計支援ツールの開発
    - 6.3.2 地熱発電プラントのリスク評価・対策手法の研究開発 (スケール/腐食等予測・対策管理)
  - 6.4 平成30年度以降の取組について
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

## 議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
  - ・開会宣言 (評価事務局)
  - ・配布資料確認 (評価事務局)
2. 分科会の設置について
  - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき、評価事務局より説明。
  - ・出席者の紹介 (評価事務局、推進部署)
3. 分科会の公開について
  - ・評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明及び実用化・事業化に向けての見通し及び取組資料」を非公開とした。
4. 評価の実施方法について
  - ・評価の手順を、資料4-1~4-5に基づき、評価事務局より説明した。
5. プロジェクトの概要説明
  - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
    - ・事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて、資料5に基づき、推進部署より説明が行われた。なお、その内容に対する質疑応答は、5.2で行われた。

### 5.2 質疑応答

【笹田分科会長】 ありがとうございます。

今、プロジェクトの概要説明の前半部分についてご説明いただきました。この質疑が終わった後、成果、実用化・事業化についてのお話があると思いますので、その話は後でご質問いただくということで、ここでは、今お話しいただいた事業の位置づけ・必要性、マネジメントについてご質疑をお願いしたいと思います。どなたからでも結構ですので、よろしくお願いします。

【松山委員】 いろいろな点から地熱開発を促進しているという取組は、よく理解できました。

個別の質問になりますけれども、最後に出た JOGMEC と NEDO との役割分担と伺いますか、これは以前に話題になった際に、NEDO は利用技術の開発担当という話があり、地熱開発を促進していくための周辺技術の開発を担っているのだと理解しています。それが今後については、よく聞かないとわかりませんが、超臨界地熱発電ということで、次世代技術のところ一気に話が飛んでしまったような感じもしました。その手前でもう少し、今の国の目標もありますから、そのあたりを達成するための技術開発を何かお考えになっているのかどうかということをお尋ねしたいと思います。

【加藤 PM】 それは NEDO の分担というよりも、プロジェクト全体という意味での技術開発について、ということでしょうか。

【松山委員】 そうです。

【加藤 PM】 2030年の地熱発電の目標の達成はなかなか厳しい中、技術開発としてそれに向かって何ができるのかというのをいろいろ考えているところです。残念ながら抜本的にすばらしい案というのはありません。

資料5の5ページ：政策的位置付けの2030年度の導入目標の達成のための3本柱の図で説明したように、JOGMECさんの役割は、どちらかというと新規開発地点の開拓です。METIも事業環境の整備というところで、技術開発というのはその全体の中の一部です。

新規開発地点の開拓は、予算も一番取っているし、一番のドライバーになっていくところで、もう少し頑張る必要がある。JOGMEC の分担で、NEDO の分担ではないのですけれども、ここが成果を上げないと新規出力の増加（資料 5 の 4 ページ：政策的位置付けの 2030 年度の導入目標の達成に向けた開発シナリオ）にはつながらないであろうということで、それを支援しているのが JOGMEC の技術開発です。そういう中で JOGMEC は、一番重要なテーマとなっている資源開発の中で、探査、貯留層、掘削、EGS（人工的に貯留層に手を加え、生産量増大を図る技術）といったことがなされていて、これはこれで少しずつ成果が出ているところなのかなと思います。

NEDO の技術開発はそれ以外のところですよ。簡単に言うと、見つかった資源をどううまく利用していくかが NEDO の分担で、資料 5 の 12 ページ：事業の目標の研究開発項目と最終目標などで説明した 4 つの項目についてこれまで取組んできて、大局的には成果が出ており、良いなと思っています。

非公開セッションでも話す内容ですが、資料 5 の 14 ページ：研究開発のスケジュール（H30.2 基本計画改定）の表に示すように、今、テーマを再編させています。このうち、③環境保全対策については、2012 年以前の NEDO 事業も含めて、これまであまり取組んでいなかったということと、昨今、国立・国定公園の特別地域の中で条件付き開発が許可されたことから、ここはかなり重要視して取組む必要があるのかなと感じており、この三カ年の後も引き続きテーマ化し、強化していけたらと思っています。

それ以外では、未利用の地熱エネルギーの利用ということで、酸性熱水対策技術を最近立ち上げています。従来は、井戸を掘って酸性の熱水が出るとなかなか利用できなかったのですが、この資源をもう少し生かしていきましょうということで、NEDO が井戸から地上設備の対策技術に取組んでいます。JOGMEC も同じく酸性対策技術について、貯留層のメカニズムというところで取組んでおり、そこでは少し連携的な作業をしているのかなと考えています。

あとは、地熱開発はコストが高いといった課題がありますので、最近の技術である IoT や AI を適用して、できるだけ効率化、コスト削減、出力増大を図ることも、NEDO で行うべき技術分野なのかなと考えています。

超臨界地熱発電を除く技術開発分野については、今のところ、その辺りを重点的にやっているという現状です。

【笹田分科会長】 よろしいですか。

【松山委員】 はい。

【結城委員】 エネルギー基本計画にのっかって、2030 年までに現在の 3 倍の発電容量に当たる 150 万 kW の地熱発電を達成する、というお話はわかりました。今、コスト削減の話が出ましたが、それぞれの開発技術の中で、この程度のコストが削減できるという話はあるのですが、例えば、地熱発電システムとして発電単価をこのくらいまで持っていきたいとか、そのような具体的な目標値が、この中間評価や平成 32 年までの延長事業が終わった後の次の評価の機会に示されるのでしょうか。

【加藤 PM】 なかなか良い質問ですが、発電単価となると、上物の発電設備だけではなく井戸を含めた諸経費の積算が絡んでくることになります。JOGMEC と NEDO で分担してやっている状況で、そういうところまでは議論が進んでいません。

ご発言の通り、発電単価を引き下げるといった具体的な目標をつけた技術開発がやはり重要なかなと思いますので、その辺りは今後考えていきたいと思っています。

【小池委員】 2030 年の政策目標に向かって技術開発が行われて、非常に重要なプロジェクトだと理解しています。しかし、先ほど PM の加藤さんがおっしゃったように、地熱発電の設備容量 150 万 kW の目標を達成するのは簡単なことではありません。日本は、インドネシアのように数万 kW から 10 万 kW、20 万 kW の発電容量をもつ大規模地熱発電所が比較的スムーズにできるような環境ではないので、かなり高い目標ではないかと思います。そこで、目標達成に向かっての今のプロジェクト案件の位置づけを

お尋ねしたいのです。

例えば、資料5の14ページ：研究開発のスケジュール（H30.2 基本計画改定）の表に示された5つの研究開発項目には、①高機能発電システムと②小型バイナリー発電システムの開発があります。ただ、②では出力自体はそれほど大きなものではないと思います。目標の150万kWに向かって5つの研究開発項目の中で一番大きく貢献しそうなのは⑤革新的技術開発の超臨界地熱発電だと思いますが、今のNEDOプロジェクトの案件、特に①、②に関係する部分では、例えば②について、今後、全ての温泉にバイナリー発電設備を付けるようなことを考えられるのか、あるいは、バイナリー発電の出力をかなり画期的に上げられる見込みがあるのでしょうか。

数値目標に向かっての、プロジェクト全体の位置付けをお教えいただければと思います。

【加藤 PM】 今説明したとおり、最終目標は2030年の地熱発電容量150万kWということで、それと、プロジェクトの研究開発項目の①高機能発電システムの開発と②小型バイナリー発電システムの開発がどうかかわっているかということですが、150万kWの目標達成という点では、②の小規模というのは、これ自体で成果を上げていくのが難しいというのはその通りです。しかし、②にはほかの意味もあるということです。温泉バイナリー発電をターゲットにして、できるだけユニット数を増やしていくことで、1つは、温泉利用者さんが反対する事例がいろいろな箇所に出ているのですが、そういう考えを変えてもらう効果とか、さらに小規模発電で地域を活性化させていく効果が期待できます。それを見込んで、こういった小規模バイナリー発電の技術が生まれたのかなと思っています。

今の経済産業省さんは、150万kWの目標達成ということで、大規模地熱発電を志向しています。それをしないと目標が達成できないので、そういう流れにシフトしつつあるのですけれども、だからといって、小型バイナリー開発などのテーマを全くなくしてしまっているのかといった議論もあります。平成25年度にこのプロジェクトを立ち上げたときは、そういう明確な大規模志向はなかったもので、この当時としては、小規模でいろいろな温泉地にユニット数を増やしていくって、地熱開発への理解を深めるという効果を狙って、テーマが立ち上がったのかなと。そういう意図でございます。

研究開発項目の①高機能発電システムの開発については、名前は「高機能」ですが、具体的には、高効率を目指すテーマです。NEDOプロジェクトは終わり、これから実証を目指していくのですが、1つは、発電に用いる地熱蒸気でバイオマスを燃焼して過熱するハイブリッド方式で、従来の発電方式よりも発電出力や電力量を稼ぐという趣旨でテーマを立ち上げたものです。まだまだ出力の引き上げという数字にはつながっていないのが残念ですが、そういう意味では実用化されるまでにもう少し時間はかかるのかなと考えております。

【小池委員】 もう一点お聞きしたいのですが、資料5の4ページ：政策的位置付けに、2030年度の導入目標の達成に向けた開発シナリオという、横軸に時間、縦軸に発電設備容量を示したグラフがあります。

【加藤 PM】 これですか。

【小池委員】 今のご説明と直接関係ない質問で申し訳ないのですが、2030年に29万kWが新規導入される予定になっています。これは、大分の八丁原発電所（出力11万kW）クラスの地熱発電所が3つ、この1年間で稼動するということになりませんが、例えば、そのときまでに環境アセスメントが済んで、リードタイムが終わる新規の大規模な地熱発電所があり、この時期に一気に立ち上がるというシナリオなののでしょうか。

【加藤 PM】 大規模発電所はリードタイムが10年以上かかってしまうので、そういう玉を今つくっているとところです。少し厳しいのですが、それが2025年以降に立ち上がることで、目標である150万kWを達成するというシナリオを描いているということです。

【勝田分科会長代理】 私もこれを見るとかなり厳しいと思うのですが、先ほどのスライド（資料5の14ページ：研究開発のスケジュール（H30.2 基本計画改定）の表）に切りかえていただけますでしょうか。

ただ、開発されているテーマについては、かなりおもしろいのではないかと私は思います。それは、波及効果はかなりあるのではないかと思えるからです。

例えば、①高機能発電システムの開発については、将来導入が予想される水素との絡みとか、発電所との絡みがあります。また、②の小型バイナリー発電の適用先は、温泉だけではなく、これからは地下水からの熱を利用するということもあり、そういうところでの発電の可能性にも、波及できるのではないかと私は思います。そういう意味で、今は地中熱の利用ですが、再生可能エネルギーとの関係をもう少し広めたところに応用できそうな気がします。その辺はいかがでしょうか。

【加藤 PM】 後での説明でも出てくるのですが、②小型バイナリー発電システムの開発については、地熱だけではなく、排熱の利用なども考えられます。もしかしたらそちらのほうがマーケットは大きい可能性もありますので、そういう方面への波及効果は期待できるのかなと思っています。

【勝田分科会長代理】 ただ、バイナリー発電には使用する冷媒の問題があります。今回もそうだと思うのですが、使用冷媒の選定には気をつけないといけないと思います。

【加藤 PM】 ご指摘、ありがとうございます。

【笹田分科会長】 ほかに何かございますでしょうか。

私からは、これまでにご指摘のあった幾つかの点とも関係するのですが、一方では、JOGMEC が技術開発をして、探査も行っています。それから、NEDO も独自に、と言っはいけないかもしれませんが、それぞれテーマを立てて技術開発を進めてきています。しかし、その全体像がよく見えないのです。

エネルギー基本計画で 2030 年の目標をどうするかということが議論されて、数字的には前回と同じ数字が出ているのですが、地熱発電の導入目標としている発電容量 155 万 kW という数字をどうやって実現するのかというときに、もちろん、開発地点の問題もあるでしょうけれども、NEDO で開発している技術がどのように目標実現に関係してくるのかも、重要になります。

例えば、NEDO の技術開発の中で、地熱発電はリードタイムが長いという課題から、リードタイムを短くしようという検討がなされました。その中で、環境アセスメントの部分についてはかなり成果が出てきました。この成果はリードタイムの短縮につながっていると思うのですが、それでは、大きい発電所の場合にリードタイムがいったい何年になるのか、ということが示されるべきだと思います。

そういうものを、資料 5 の 4 ページ：政策的位置付けの 2030 年度の導入目標の達成に向けた開発シナリオの 2030 年までのロードマップのグラフの中に落とし込んでいった場合にどうなるのか。このグラフで、30 年の新規出力として 29 万 kW を導入することは結構大変な数字ではないのかな、という気はしますが、リードタイムが短くなれば、時間を稼げる部分もあると思うのです。そのほかにも、発電所の高効率化とか、バイナリー発電の導入とかの要素もあります。

それから、PM の加藤さんが言われたように、バイナリー発電では、単に数を稼ぐだけではなく、温泉地の理解を深める効果を狙う、という話があったと思います。地熱発電を伸ばしていくに当たって、多方面にかなり総合的に捉えていかないといけないとすると、温泉地の理解を進めていったときには、今後、地熱発電はどの程度伸びる可能性が広がってくるのでしょうか。また、温泉利用の他にも、制度的な規制緩和として、環境省が、国立・国定公園内の第 2 種、3 種の特別地域の開発を条件付で可能とし、優良事例にはこれを適用できるようになりました。優良事例については、この後に具体的な話が聞けるとは思いますが、事例には NEDO の技術開発も関係しています。

今後の展開で地熱発電を伸ばしていくに当たって、今回の成果がどのように活用されて、政策的位置付けの中にどう落とし込めるのか、ということを見えるようにしていかないといけないのかなと思っています。総括的な話ですが、その辺りはコメントも含めてということで話しました。

【加藤 PM】 その通りだと思うのですが、残念ながら、JOGMEC と NEDO で行っている技術開発が、具体的なシナリオと関連付けられてリンクしていく、ということころまでは行っていません。もう少し

JOGMEC さんといろいろ話し合い、JOGMEC さんだけではなく、経済産業省さんとも話し合いをしながら、この辺りは詰めていくべきなのかなと思います。残念ながら、今何かということは言えません。

【笹田分科会長】 前日も、この辺りの指摘はあったかと思えます。全体が見えるような形でお話ししていただいた中でその評価ができるというのが、望ましい形ではないでしょうか。ぜひ、そこはよろしくお願ひしたいと思ひます。

ほかに何かございますでしょうか。よろしいですか。

それでは、時間も来たようですので、次に移ります。

### 5.3 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

- ・研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて、資料5に基づき、推進部署より説明が行われた。なお、その内容に対する質疑応答は、5.4で行われた。

### 5.4 質疑応答

【笹田分科会長】 ありがとうございます。

それでは、ただ今のご説明に対する質疑に入りたいと思ひます。今ご紹介のあった技術の詳細については、午後の議題6で説明がありますので、この場では、ご説明のあった内容についての質疑ということでお願ひします。

【松山委員】 資料5の研究開発項目毎の目標と達成状況を記したページに、案件ごとの個々のテーマの達成度が書いてあります。当然、×はないわけですが、○であるべきところが△もあるという状況です。その△の一部は、これからも別の助成金で開発を継続する、とご説明がありました。

NEDOとしては、研究開発について、これである程度十分とお考えになっているのでしょうか。それとも、もう少しフォローしていくようなことをお考えなののでしょうか。

【加藤 PM】 前の議論に戻るのですが、平成29年度に、ここで一旦プロジェクトは終了したということで、これから何をやるかということについていろいろ議論しました。先ほど説明した通り、継続性のあるものは、継続してやって行きます。一方、①高機能発電システムの開発と②小型バイナリー発電システムの開発については、これ以上深掘りする必要はないのかなということ一旦終了しており、これについてのフォローは今のところ考えていないということです。

【松山委員】 達成度に○もありますから、終了している部分が多いのだと思ひます。私も一部知ることがあるのですが、最終的なところで何か1つができていないとか、そういうものだろうと思ひます。

後は、基本的には民間の事業者でやって行く、というスタンスになるということでしょうか。

【加藤 PM】 その通りです。

【松山委員】 ここまでやってきたのですから、何らかの形で完成させて、普及させることが一番望ましいと思ひます。事業者の方にも頑張っていただくということで、私も期待しております。

【加藤 PM】 どうもありがとうございます。

【笹田分科会長】 ほかに。

【結城委員】 スケール対策技術については、除去と抑制と回収がありました。それぞれ、結構成果が上がっているように見えます。そこで、このような個別の成果を活かして、例えば、新しいメンテナンスの指針を示したり、標準化することを考えたほうが良いのではないかと、という気がするのです。次の三カ年の中で、スケール対策は余り入っていないように見えます。せっかく良い成果が上がっているのに、それを取りまとめて、海外に先駆けて、メンテナンスの標準を示すのも意味があるのではないかと、聞いていて思いました。標準化というのはやった者勝ちみたいなのところもありますので。

もう一つ、先ほど達成度の話がありましたが、私たちは、科学研究費助成事業で成果を書くとき、必

ずパーセンテージで達成度を書かされます。そのため、評価する側としては、○とか△だとざっくりし過ぎているかなという感がしました。

以上、コメントでした。

**【加藤 PM】** スケール対策技術についてのコメントですが、おっしゃる通りだと思います。我々は標準化というのは余り考えていなかったのですが、これだけやって成果が出ているので、何かそういう取りまとめもあるべきなのかなと思いました。良い意見だと思います。

先ほど説明した通り、スケール対策技術については、経済産業省自体が大規模化志向なので、なかなか小型バイナリー発電に関する技術開発を継続することができなくて、そのため、バイナリー発電に関するスケール対策技術はもうやっていないのですが、平成 30 年以降は、還元井延命化でシリカスケール対策技術の開発をテーマ化しています。プロジェクトで実施したスケール対策技術の全部はフォローできないのですが、一部のテーマは残って継続する予定であることはご理解いただきたいと思います。

達成度については、個別テーマ毎の成果（まとめ）が事業原簿のⅢ-4 ページから記されていますが、個々のテーマの中にも開発項目が 5 つとか 6 つあって、項目ごとに、○、△、×で達成度をつけています。その集計結果が、先ほどご説明した、テーマの達成度（○、△、×）になります。しかし、パーセントでの評価のほうがクリアということもありますので、そこは今後の参考にさせていただきたいと思います。

**【保坂部長】** 少し事務局から補足させていただきます。

事業原簿のⅢ-4 ページからの表に個々の細かい達成度が書いてありますが、「達成度」の横の列に「目標達成のために解決すべき課題」が記述されています。また、資料 4-2 「評価項目・評価基準」の 2 ページ目の「3. 研究開発成果について」の (1) の 2 番目の「・」には、「最終目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、最終目標達成までの課題及び課題解決の方針を明確にしている等、研究開発成果として肯定的に評価できるか。」という評価基準を設けています。こういう視点で見ていただければよろしいかと思います。

達成度の評価を全部数字で表すというのはなかなか難しく、このような方法を取り入れていますので、よろしく願いいたします。

**【勝田分科会長代理】** 1 点だけ質問させてください。

環境影響評価とかエコロジカル・ランドスケープのデザイン手法はかなり標準化されて、既にホームページなどで公開されているとご説明がありました。では、公開された手法が使われた事例はあるのでしょうか。

**【加藤 PM】** エコロジカル・ランドスケープのデザイン手法は、午後の非公開セッションでも発表があるのですが、まだ具体的に適用された事例は出ていません。しかし、水面下ではいろいろな企業さんと交渉・協議しているという状況でございます。

**【勝田分科会長代理】** 環境影響評価はどうでしょうか。

**【加藤 PM】** 経済産業省の改訂・発電所に係る環境影響評価の手引に引用された、硫化水素拡散予測数値モデルにつきましては、既に、岩手県の安比地熱発電所と鬼首地熱発電所の環境アセスメントで利用され、実用化しています。

**【勝田分科会長代理】** わかりました。

**【小池委員】** スケールの抑制などのスケール対策では、とても優れた技術が開発されていると思います。

では、その対策技術の持続性はどのようなのでしょうか。長期間にわたって、スケールの抑制・除去が実現できる、ということが必要条件になると思うのです。例えば、超音波や電磁的な技術を使ってスケール抑制する方法では、コストがどのくらいかかるのか、安定的に長期間にわたって働くのか、という疑問が湧いたのです。その点はいかがでしょうか。



【加藤 PM】 この事業の中でも経済性評価はしています。従来は、単に運転を停めて、機械的に削り取るという方法でスケールを除去していたのですが、それと比べてコストは20%削減できるであろう、という評価結果が出ています。

機能や効果の持続性については、現状では、実証試験は1カ月とか2カ月という限られた期間しかできないので、年単位の持続性の確認というのはなかなか難しいところがあります。それは今後、事業者さんが実用化する過程で、さらに実証していく課題なのかなと思っています。

【小池委員】 あと、生産井や還元井にスケールが付かないというのは、素晴らしいと思います。

では、そのときに付かなかったシリカ成分はどこに行くのでしょうか。例えば、それがタービンに付着して、タービンの性能を落としてしまう危険性はないのかという懸念が湧いたのですが。

【加藤 PM】 スケール発生の問題は熱水側になりますので、基本的に、蒸気を利用するタービンに悪さをすることはありません。井戸や配管に付かなかったスケールは、また還元井を通して貯留層に戻りますので、特にどこかに悪さをすることはないとご理解いただければと思います。

【小池委員】 それから、ちょっと細かいのですが、資料5の44ページ：知的財産等の取得、成果の普及に示された表に、どれだけ論文が出たかという成果一覧表がありました。各年度で何本論文が出ているとか、学会での研究発表が幾つかという表がございましたよね。これは括弧の中が査読付き論文の数だとすると、査読付き論文が全体の数に比べて少ないように思えます。この表で、査読付きでない論文というのは、どういう論文なのでしょう。例えば、国際会議のプロシーディングなどが、論文の中に含まれているのでしょうか。

【讃岐主査】 論文の件数について、表の項目の記載に誤りがありましたので、訂正させていただきます。

論文数の合計は事業原簿の概要-8にも書いてあり、書き方としてはそちらが正しくて、資料5の44ページの表の論文数の合計欄に記されている数値は、27が査読付きの論文数を示し、(4)はその他の論文数を示しています。細かい件数に関しては1~2件確認が必要なのですが、集計値は、27の方が査読付き論文の数で、括弧内の数字がその他の論文の数ということです。この点を訂正させていただきます。

【小池委員】 あと一点、次のプロジェクトにつながる案件ですが、超臨界地熱資源からの熱抽出で、数km掘れば、岩石物性が脆性から延性領域に変わるという点はその通りだと思うのですが、内陸型の地震での震源の深さは10km程度ですので、数kmの深さでもまだ脆性領域だと思うのです。そうしますと、釈迦に説法になりますが、スイスのバーゼルでの事例のように、深部熱採掘プロジェクトでのボーリングが誘発地震を起こしてしまうという危険性もあると思うのです。初年度の検討として、例えば、安全性の評価の中で、誘発地震に関するご検討は行われたのでしょうか。

また、深部のマグマ水になりますと、普通の地熱貯留層の水に比べて、例えば、ヒ素が多くなったり、ボロンが多くなったり、含有する有害成分の濃度が高くなると思います。含有有害成分についての安全性評価はどのようにされたかということについても、お尋ねします。

【加藤 PM】 それも含めて、今後取組んでいくのですが、地震関係の検討は、水圧破碎とか、そういうテーマがありますので、その中で調べていく話だと思います。

あと、化学性状に関しては、今はあまりデータがない状態です。海外の事例を含めて調べたり、あるいは、個別の室内実験を行うなど、今後取組んでいく課題かなとは思っています。

どうもありがとうございます。

【笹田分科会長】 ほかに何かございますか。

今のご質問にも関係するのですが、超臨界地熱発電技術の開発はチャレンジングな課題で、初めに山委員からお話があったように、一足飛びにそこまで行かなくても、まだ途中に開発する部分があるのではないかと、私も思っていて、段階を踏んでやっていく必要があると思うのです。その点が1つ。

それから、今ご指摘のあった安全性とか環境への配慮の部分は、かなり大きな問題ではないかと思っ

ています。もし地震とかが起こってしまうと、地熱開発全体に対しての影響はすごく大きいと思うのです。ですから、そこは十分に検討していただきたいと思います。今回は意図的に水圧破碎をやるというよりは、結果的に水圧破碎になってしまうケースが出てくるだろうと思うのです。水圧破碎というのは、制御するのもすごく難しい技術ですが、高温の領域に入ったときに、そこが未知の領域とはいいながらも、スイスの例とか、その他の高温岩体で、既にかなり地震の研究が行われています。その調査であるとか、流体の安全性については、以前 NEDO でされた深部地熱の調査でいろいろな物質が出てきていますよね。揮発成分だけではなくて、NaCl 濃度が非常に高いものが出てきたというデータもありますから。

これまでのレビューももちろんきちんとやられていると思うのですが、単に新しい資源を開発するという視点だけではなくて、環境への配慮について、以前、深部地熱のプロジェクトをやった時点と比べると、現状はかなり状況が変わってきているのではないかと思いますので、そこは十分に配慮して欲しいと思います。

**【加藤 PM】** どうもありがとうございます。

**【笹田分科会長】** それから、スケール対策技術の関係で、先ほどご指摘があったように、かなりいろいろな成果が出ていると思うので、それをうまく活用できる方向で進めていただくと良いと思います。スケール対策についてはテーマの数がすごく多いので、NEDO の中で委員会を作って整理されているというお話を、前回の中間評価のときにお聞きしています。そういう中で研究開発を進めてこられていると思うのですが、今後それを皆さんに使っていただくということを考えたときに、マニュアルであるとか、その成果を見える形にしておく必要があると思います。それぞれの企業が成果を出した時点で終わってしまうのではなく、それを皆さんがうまく活用できるような方策を考えて欲しいと思うのです。

それから、スケール対策について、小池委員から経済性のご質問がありました。その際の回答についてですが、経済性の考え方は、20%のコスト削減ができれば、という形で評価されたと理解してよろしいのですね。

**【加藤 PM】** はい。

**【笹田分科会長】** 既存のスケール除去技術に対して、コストが 20%削減できたということですね。

**【加藤 PM】** そうです。新しい装置の導入費用も、ランニングコストも含めて、トータルで 20%削減するという意味です。

**【笹田分科会長】** それから、成果をこれからどうやって皆さんに使っていただくかということを考えたときに、資料 5 の 51 ページ：実用化・事業化に向けた具体的取組の温泉モニタリングシステムに関する記述に、今後も IoT や AI とかで継続して技術開発を進める一方、今までの成果についても普及させていく、ということが書いてあります。その点について、具体的に温泉に対して、どうやってこれを使ってもらうように方策を考えられているのでしょうか。これは終わっているテーマなので、既に実施されているのだろうと思うのですが、その辺についてお聞きしたいのです。

**【加藤 PM】** 温泉モニタリングシステムについては、オブザーバーから意見を求めてよろしいですか。では、浅沼さん。

**【浅沼研究チーム長（産総研）】** 本事業の開発責任者の産総研の浅沼でございます。

この装置は、昨年度までのプロジェクトが終了した時点で、横河電機様との共同研究ですけれども、ほぼそのまま市販できるタイプが出ております。今のところ最大のマーケットとして導入を考えているのは、自治体等が管理する比較的大規模な温泉配管システムに入れてモニタリングを行うということ、まずはそこがマーケットとして考えられるだろうと考えております。さらに、デベロッパーの方々のご理解をいただいて、地熱発電所近傍での温泉の連続モニタリングというマーケットも見つけるべく、今活動しているということになります。

以上です。

【笹田分科会長】 ありがとうございます。

ほかに、成果の実用化・事業化について、ご質問、ご意見などあれば、お願いします。

【小池委員】 先ほど、資料5の38ページ：各実施者の開発概要の中の1つの技術に、コロイド状シリカを回収すると同時にリチウムを回収するという、優れた技術が提案されていました。これは実際のところ、どうなのでしょう。リチウムが高い精度で回収できるようになったのでしょうか。

【加藤PM】 今の質問も、事業者さんから意見を求めてよろしいでしょうか。

では、大里さん。

【大里取締役事業開発統括部長（地熱技術開発株式会社）】 地熱技術開発の大里でございます。

今回の技術は、シリカを回収することで、シリカとの吸着をなくしてリチウムの回収効率を上げるということで、それについては非常にいいデータが出たところでございます。ただ、日本の地熱発電所のリチウム濃度が、今回やったところは2~3ppmだったので、リチウム回収をするときの電力が結構かかってしまい、今の段階ですと経済的に回収できるレベルには至っていないというのが現実でございます。ただ、国内でも10ppmを超えるような地点がございますので、今後はそういうところへの適用も含めて、全体システムとして考えていかなくてはならないと思っていますところ。

以上でございます。

【笹田分科会長】 ありがとうございます。

よろしいですか。それでは時間も参りましたので、これでここでの質疑は終わらせていただきます。

(非公開セッション)

#### 6. プロジェクトの詳細説明及び実用化・事業化に向けての見通し及び取組

省略

#### 7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

#### 8. まとめ・講評

【笹田分科会長】 それでは、議題の8番、最後から2つ目の議題になります。「まとめ・講評」ということで、それぞれの委員の方から御発言をお願いしたいと思っています。このセッションについては、一般の方に入っていただきます。また、議事録に記録が残るという形になります。

それでは、あいうえお順の逆に、結城委員からお願いしたいと思います。

【結城委員】 今回、地熱発電の最前線というか、いろいろな技術について知ることができました。関係各位の皆様には敬意を表して、感謝申し上げたいと思います。

私自身は原子力に携わってきた人間ですが、今、原子力が非常に不透明な状況です。ベースロード電源を確保していくことは非常に重要で、技術力を上げて地熱発電容量を2030年までに約150万kWまで上げるというのは、非常に重要な事業だと考えています。今回、いろいろと御紹介のあったテーマ、開発技術に関しても、現在の地熱発電の課題がふんだんに盛り込まれておりますし、こういった新しく開発された技術が、次世代の地熱発電の高度な基盤技術になっていくのではないかと期待しています。

それぞれの開発内容については、非常に有益な成果が出ています。私自身は核融合炉とかもやってみて、ああいう新しい発電炉をつくる時は、まず、実験炉、パイロットプラントみたいなものをし

っかりつくって、実証炉、発電炉へとつなげていかないといけません。地熱発電においても、今回の成果を用いて、できるのであれば、パイロットプラントみたいなものを作っただけであればと思います。なかなか難しいのかもしれませんが、それができないのであれば、今回の技術をうまく活用できるようなものにしてほしいなと思います。これを誰がどのようにやるかというのはわからないですが、こういったところをしっかりと取組んでほしいと思っています。

最後に、今後の地熱発電に対する期待になりますけれども、150万kWという目標は、将来の日本のエネルギー事情を考えると絶対量としては非常に少ないので、これを劇的に上げるような努力をしていただければと思います。超臨界地熱発電というのがその候補になっていくと思うのですが、それを実現するためには、当然、設置認可を得るために、原子力でも非常に苦労される対話スキルの向上、地元に対するエネルギー教育なども、とても重要な課題になってくると思います。そういったことも早期に並行して実施していただければ、と期待しております。

以上です。

**【松山委員】** 本日はいろいろな事業の内容をご説明いただきまして、ありがとうございます。

先ほども少し申し上げましたが、今までのプロジェクトに関しては皆さん非常に頑張っておられて、それなりの成果を挙げられていると思います。一部は国にも採用された、というような結果も出ていますので、非常に成功しているのではないかと思います。ただ、今後も一部フォローしなければいけないところもあると思います。その辺は各実施者さんがおやりになるところもあるでしょうし、NEDOさんでフォローされることもあると思いますけれども、今後も引き続き進めていただければありがたいと思います。

最後に、今後の地熱発電の発展については、数値目標的なものもありますので、それを達成していくには、新規地点が一番いいし、なおかつ、大規模開発が一番それに近づくのですが、現実的にはなかなか難しいと思います。例えば、既設の地熱発電所の熱水はほとんど地下に還元しているのですが、そういう還元熱水を利用したバイナリー発電というのが、滝上でも実際に事例が出ております。既設の熱水利用といいますか、未利用地熱エネルギーの利用ということになるかもしれませんが、そういうものも少しずつやっていけば、数字としては積み上がって大きくなっていくのかなと思います。バイナリー発電の研究もされておりますので、そういうところに反映できればいいと思っています。当然、スケールの対策とかも含めてですね。そういうことで期待したいと思います。

あと、将来的には、超臨界地熱発電がテーマとして挙がっております。これは非常に難しいテーマだと思います。笹田分科会長からもお話があったように、一つ一つ階段を登るように着実にやっていく必要があると思いますので、時間のかかるプロジェクトになるでしょうが、しっかり基礎を固めてやっていただければ良いのではないかと思います。

以上です。

**【小池委員】** 本日は先端的な地熱の研究を御紹介いただきまして、ありがとうございます。私自身、非常に勉強になりました。

地熱発電設備容量150万kWを2030年までに達成する、という高い数値目標がありまして、なかなか難しいことだと思います。現状から100万kW近く設備容量を引き上げるに当たり、例えば、そのうちの60万kWはこのプロジェクトで目指すとか、大ざっぱな具体的目標があったほうがより良いのではないかと思います。そのほうが、全体像の中での意義づけ、位置づけが明確になり、この研究の意義がよりわかりやすくなるのではないかと思います。

このプロジェクトは、特にバイナリー発電が重視されているということが良くわかりました。バイナリー発電というのは発電量としては小さいのですが、日本には温泉地が3,000カ所あると言われています。1つの温泉地が100kWの発電設備容量を持てば、総計30万kWになります。1,000kW

の設備を持てれば 300 万 kW の発電量になり、これは 2030 年目標の 2 倍近くの発電量に当たります。非常に大きなポテンシャルがあると思います。

そのポテンシャルを実現化するためにも大事なのは、普遍性であったり、コストの面であったり、持続性だと思うのです。コストが安くて、しかもそれほど高い技術を要しなくても導入できる、つまり、各温泉地にバイナリー発電が導入できるということと、安いコストで長期間にわたって安定的に発電できるというようなことがそろえば、地熱発電の非常に大きな起爆剤になるのではないかと思います。もちろん大規模発電も大事だと思うのですが、バイナリー発電を重視するというのも、日本の特徴で特技になるのではないかと思いますので、バイナリー発電の技術を国際的にもアピールして、この分野でも日本の優位性が高まっていければと思っております。

また、先ほどから出ています超臨界地熱発電も、非常にチャレンジングなもので、技術的にもおもしろい大事なテーマだと思います。実現させようとする過程では、いろいろな地球科学的あるいは資源工学的に重要な知見が得られていくと思います。その点は、この事業だけではなくて、日本全体、特に大学関係者がサポートしていかなければいけない問題だと思っております。

以上です。

**【勝田分科会長代理】** 私もいろいろ勉強させていただいたと思っております。

結局、最終的には各テーマとも、社会的受容性、ソーシャル・アクセプタンスにかかわる重要な課題を技術的な面からイノベーションしていると感じております。また、私の専門の伝熱等についても今後使えるのだなと強く思いました。また何かございましたら協力していきたいと考えております。

日本の持続可能なエネルギーは太陽光発電や風力発電に重点が置かれているように思いますが、地熱利用という大きな目標がございますので、それに向かって着実に研究開発を進めていただければ良いのではないかと思います。

以上です。

**【笹田分科会長】** ありがとうございます。

それでは、私からのコメントですが、今日の午後にご説明いただいた個々のプロジェクトは、非常に良い成果が出ていると思えました。個々のテーマにはとても斬新なアイデアが織り込まれていたと思うのですが、午前中にも少しお話ししたように、全体の目標に対するプロジェクトの位置づけをもう少し明確にする必要があるのではないかと思います。

全体の目標をどのように置くかについては、2030 年に 155 万 kW の地熱発電容量を達成するという目標が立てられています。155 万 kW という目標はすごく大事なのですが、地熱発電は、ほかの再生可能エネルギーに比べて設備容量当たりの発電量が非常に多いという特性があります。その部分が地熱発電の大きな特徴ではないかと思うのです。

2030 年目標も、エネルギーミックスの中で地熱発電がどのくらい貢献できるかということで、エネルギー量を上げていかなければいけない。それを上げていくのは、発電所を新設する、ということと共に、今ある発電所の維持、これがとても大きな課題ではないかと思うのです。今、大きな地熱発電所ができておらず、既設の地熱発電所の発電量がどんどん減っている状況にあります。ここは技術のほうでも見ていかなければいけない課題ではないかと思っています。そういう流れで見ると、先ほどもお話ししましたが、どういうところに地熱発電量の減衰の原因があるのか、というところまで検討していくことも大事なのではないでしょうか。減衰の原因がどこにあるかというようなことが見えてくれば、新しい地熱発電所を造るときの設計の中にもその対策を組み込むことができると思います。そのあたり、これまでの地熱発電所の運転も含めた形で、技術開発の課題について考えていただけるといいのではないかと思います。

それから、超臨界地熱発電については、私もこういう大きい、先を見たテーマを挙げていくのは、と

でも大事なことだと思っています。今、日本のエネルギー計画は、2030年目標だけではなくて、2050年の目標も出ています。2050年の目標の中で地熱発電によってエネルギー需要をどれだけ賄うかを考えるときには、この超臨界地熱発電のこととか、そのほかにも考えることがあるような気がします。新しいチャレンジングな課題を挙げていただいて、それに向かって技術開発をしていく中で、新しい素材とか、今の発電所でも使えるような技術も出てくるのではないかと思います。先を見たチャレンジングなテーマで、高い目標を掲げた研究を、ぜひこれからも進めていただきたいと思います。

以上でございます。

**【原主査】** ありがとうございます。

それでは、推進部から一言、ございますでしょうか。

**【近藤部長】** 新エネルギー部長の近藤でございます。遅れて参りまして、申し訳ございません。

今年度からは、PMが加藤、その上に権藤、それから部長の私と、こういう体制で進めております。どうぞよろしく願いいたします。

本日は、ご多忙の中ご出席いただきまして、また、これまでの取組に対する良い評価と今後に向けた力強いコメントをいただきまして、ありがとうございます。

このプロジェクトは、今年度を含めてまだ3年間続きます。未利用熱の有効利用、運転管理の高度化、環境配慮というテーマで進めておりますので、本日いただきましたご意見などを反映していきたいと思っております。

それから、超臨界地熱発電についても力強いメッセージをいただきまして、ありがとうございます。ちょうど今日、今年度分の採択のプレスリリースをしたところですが、昨年度1年間は、フィージビリティスタディを行いました。井戸1本当たり2万kWに相当する熱量を工学的に抽出できることの蓋然性が示され、条件によっては既存の地熱発電所と同程度のコストでそれが抽出できるということも示された、こういった成果も出てきているところでございます。超臨界地熱発電は、2030年以降、2050年の実用化を目指したもので、経済産業省との仕切りもあって、地上設備・地下設備ともJOGMECではなくてNEDOがやらせていただいております。しかし、JOGMECとの関係については、推進委員に入っていただくことや、今後NEDOとJOGMECで定期的に会合を持つことも予定しており、連携を深めて取組んでいきたいと思っております。

引き続きどうぞよろしく願いいたします。

**【笹田分科会長】** ありがとうございます。

9. 今後の予定

10. 閉会

## 配布資料

- 資料1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料4-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料4-2 評価項目・評価基準
- 資料4-3 評点法の実施について
- 資料4-4 評価コメント及び評点票
- 資料4-5 評価報告書の構成について
- 資料5 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料6 プロジェクトの詳細説明及び実用化・事業化に向けての見通し及び取組資料（非公開）
- 資料7 事業原簿（公開）
- 資料8 今後の予定

以上