

第Ⅲ部
有識者ヒアリング結果

有識者ヒアリング結果

海洋資源・エネルギー分野における産業化をめぐり、諸外国と比較した我が国の課題について、12名の有識者（学識経験者、企業関係者）に2012年10月10日～11月14日にヒアリング調査を実施した。

I 結果概要

1 海洋エネルギー

(1) 洋上風力発電分野の産業化について

諸外国、特に欧州では洋上風力発電の産業化の速度が速いということが指摘された。その理由としては、石油・ガスの資源開発の歴史が長いという背景により海洋エネルギー産業化の基盤が整っていること、偏西風や遠浅の海域等の自然条件に恵まれていること、国策として再生可能エネルギーに注力していることにより国民の意識が高いこと等が挙げられた。

一方、日本については、欧州と比較すると産業化は遅れているということが指摘された。開発のインフラが整っていないこと、電力の買い取り価格等で開発者にインセンティブがないこと、エネルギーの開発計画の中で欧州ほど注力されていないこと、また漁業者との調整が難しいこと等がその要因となっている。技術開発面では、現在は着床式洋上風力発電で着実な技術開発を進め、今後浮体式への技術展開もすべきとの意見があった。

表1 洋上風力発電分野の産業化の課題等についての意見

国際的な状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 北海油田については現在、衰退傾向にある一方、新たな取り組みとして、洋上に風車を数十基以上設置した洋上風力発電の開発が現在進められている。そして、油田開発で培ったインフラや技術、労働力等が洋上風力発電の開発へと活用され、2011年末時点で洋上風力発電は約4GWの発電設備が建設され、洋上風力で発電した電力を欧州域内で消費している。 ● 英国、欧州（ノルウェー等）が洋上風力発電開発の先進国である。着床式が開発の中心ではあるが、ノルウェーでは浮体式にも取り組んでいる。ドイツのプレーマーハーフェンにおける着床式洋上風力発電設備の設置は、全世界的に知られている。ポルトガル、スペイン、フランス等では、浮体式の実験設備を一基有している。アメリカは当該分野の研究開発が盛んであるため、その動向を継続的に把握する必要がある。 ● 欧州は国策として再生可能エネルギーの研究開発・産業化を進めていることが、企業の参入を後押ししているという印象である。
日本のポテンシャル	<ul style="list-style-type: none"> ● 我が国においては、(中略)、洋上風力や海洋エネルギーなど海洋再生可能エネルギーの利用に関する検討が現在、進められている。特に、我が国の海は欧州と比較し、急峻な海底地形であると共に、地震・津波や台風等、技術的に乗り越えなければならない課題を有している。
日本の状況	<p>【日本の風力発電についての専門家の多様な見解】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 我が国では陸上を中心に2011年度末時点で約2.5GWの風力発電設備が建設されており、一部の港湾や沿岸には洋上風力発電が建設されている。我が国では欧州と比較し、複雑地形による乱流の影響、地震・津波や台風等、厳しい条件を有しており、欧州の産業事例をそのまま我が国に取り入れることができない状況にある。 ● 日本では、石油及びガスの掘削インフラがもともとなく、欧州にあるような洋上風力発電の産業がほとんど育っていない。 ● 浮体式洋上風力については、まさに技術開発はこれからであり、社会的なものも含め、具体的な課題はこれから明確になる状況にある。 <p>【政策支援と事業者の動向】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 日本では、研究開発費の補助等の支援が現状では不十分であり、民間企業の参入が容易ではない状況である。
日本における産業化の課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 我が国においては、地震・津波、台風等、気象・海象条件、更には、陸上においては複雑地形の影響による乱流の影響、洋上においても急峻な海底地形や海底地質の条件等、欧州と比較し、高い技術ハードルを有している。また、洋上風力や海洋エネルギーは、ウィンドファームに代表されるように広域な海面を占有するケースもあり、海運や漁業、地域住民や自治体等、他の産業や利害関係者との調整、鳥類や魚類等への環境影響評価等が不可欠である。

(2) 洋上風力以外の海洋エネルギー分野の産業化について

当該分野においては、日本においてエネルギー開発のポテンシャルが高くないということが、産業化を妨げる最も大きな要因として指摘された。

表2 洋上風力以外の海洋エネルギー分野の産業化の課題等についての意見

国際的な状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 海洋エネルギーは、洋上風力以上のFITやROCによる買取インセンティブが課されており、産業化に向け研究開発や実証研究が進められている。 ● 欧州は国策として再生可能エネルギーの研究開発・産業化を進めていることが、企業の参入を後押ししているという印象である。研究開発費の積極的な補助があり、海流、潮流発電に関しても研究開発が推進されている。
日本の状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 漁業従事者間でそれぞれのテリトリーの争いがあり、常に複雑な調整が行われている状況である。その中で、発電設備設置の許可等を得るには大きな困難が伴う。
日本における産業化の課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本の海洋エネルギーの技術開発や産業化においては、漁業関係者との調整が難しいという課題がある点が特徴的である。水深がすぐ深くなることから、立地に適した場所に乏しいという自然条件に加え、漁業従事者との調整への対応という社会的条件が加わることが、日本における海洋エネルギーの産業化を妨げる要因となっている。

2 海洋資源

(1) 海底熱水鉱床、マンガン団塊、コバルトリッチクラスト等の産業化について

当該分野においては、欧州、カナダ、オーストラリア等の特定の企業で、条件付きではあるがすでに産業化の動きがあることが、多くの有識者より指摘された。また中国・韓国では当該分野において国策として注力していることも特徴である。

日本においては、自国水域で資源の開発のフィールドを有するが、資源量の把握が十分でないため民間企業の参入が難しいという状況が指摘された。海底のマンガン団塊の資源開発に民間企業が試行的に参入した歴史があるが、本格的な産業化に向けての取り組みは始まったばかりであり、採算性確保の条件（資源価格、技術レベル等）は現時点では整っていないとの意見があった。

国の政策への意見からは、明確な開発プロセスを国として打ち出すことが必要とした上で、環境影響評価や法制度の整備等、企業参入に向けて国として取り組むべき課題が多く残されていることが浮き彫りになった。

表3 海底熱水鉱床、マンガン団塊、コバルトリッチクラスト等の産業化の課題等についての意見

<p>国際的な状況</p>	<p>【欧米諸国の状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 日本と異なり、欧米は、新しい技術にチャレンジするという精神がある。オーストラリア、シドニー、バンクーバーなど、鉱山関係の市場に投資する会社が多い。バンクーバーには約500社の探鉱会社があり、ジュニア（小規模な探鉱会社）が多い。その1つであるノーチラス社の動きを見ておくことが海洋資源の動向を把握する際に重要であろう。ノーチラス社が海洋資源・エネルギー分野で先進的であり、事業の結果を参考に、注目点や課題などを見るべきである。 ● 欧米では海洋資源に関する技術を保有している。最初に掘削船を製造したのはノルウェーであったが、現在は韓国系企業に買収されてしまった。 ● 現在のノルウェーでは掘削機器が発達している。フィールドが近く、製造、販売した後、ユーザーからのフィードバックを受けて改良を重ね、進化させているためである。 ● 北極のポーフォート海において、アメリカとカナダの企業が国の支援を受けて海底資源の開発を行った。試掘したが結果的には十分な資源が確認されなかったドライホールに関して、試掘にかかった費用を企業に補償したという。リスクのある資源開発に取り組む際、政策に基づいた支援が不可欠である。 <p>【アジア諸国の状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 中国、韓国は研究中の船を使って太平洋の公海域の探査を始めており、公海が中国、韓国に押さえられてしまうのではないかと危惧している。 ● 韓国は、自国海域に海洋資源は殆どないが、自国電機・機械産業の国際競争力を維持するため、国策として造船業を海洋開発業に転換させている。
<p>日本のポテンシャル</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本周辺のポテンシャルとしては、膨大な資源がある可能性があることが言える段階である。 ● 日本は何より自国水域で資源開発フィールドを持っていることが最大の強み。自国水域で環境を考慮した資源開発経験を積み、それを訴求すれば他の海域でも共同開発を持ちかけられる。
<p>日本の状況</p>	<p>【課題の多い日本の海洋資源開発状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 海底資源の探査は始まったばかりであり、観測、解析、産出のための技術課題は山積みである。 ● 陸上における資源開発の場合、開発に携わる人材を人単位で調整することが可能である。一方で、海洋資源の場合は人材が不足した場合船単位で増員する必要があり、大幅なコスト増につながってしまうという点で、非効率さがある。探査船を建造するためには300億円程度が必要となる。JAMSTECの船を借りることも検討したいとは考えるが、海底資源調査の目的の違い（科学研究か、産業化か）等もあり、調整が難しいだろう。 ● マンガン団塊については、鉱区は取得しているものの採掘や製錬技術等に係るコストがネックとなり、未だ採算性を確保することが難しい状況であるが、近年新たに鉱区申請をする国が増加している。また、現在、コバルトリッチクラストや海底熱水鉱床については探査段階であり、解決すべき課題は多い。

日本の状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 資源量、資源分布、鉱石の性質などが十分把握されていない段階では、どのような機械や設備、プロセスを（採鉱・揚鉱・選鉱に）用いることが最適かどうか正しい判断はできない。現段階では、鉱床の表層部分はおおむね把握されてきているが、深部や横方向への広がりなど全体像を解明するまでには至っていない。 【日本の海洋資源産業化に関する過去の失敗】 ● かつて、日本が世界有数の掘削船を製造していた時期があった。しかし、日本に掘削船建造事業が根付かなかった理由は、①思い切った投資をしてこなかったこと、②国際競争による厳しい市場であること、③日本近隣にフィールドがないこと、が挙げられる。 ● 過去の国家プロジェクトは「技術屋」の仲間内プロジェクト。最初は高い理想で始まるが、最後には「できることをやる」になりがち。
日本における産業化の課題	<ul style="list-style-type: none"> 【データ把握・蓄積の必要性】 ● まずは資源の量、場所、密度を明らかにする必要がある。 ● 熱水鉱床についていえば、資源量が確定していないことが産業化への道のりを妨げる大きな要因となっている。その点、石油やガスとは状況が異なる。当該分野を統括する独立行政法人であるJOGMECによる資源量評価も完了していない。 ● 可能性を探る意味で、探査はもっと実施すべきである。現状では探査データが圧倒的に欠けている。例えばメタンハイドレートでもまだ探査ができていない場所もあるし、熱水鉱床など探査はこれからという段階。資源の可能性をきちんと示しておけば、将来技術が向上したら、意欲ある企業が開発に乗り出すかもしれない。 ● 熱水鉱床を産業化のきっかけとするのが良い。開発規模が小さいため試験操業のオペレーションコストが小さくて済むことは勿論、下流企業（精錬会社）が国内にあるためマテリアルフローを検証できる。熱水鉱床の開発経験は他の海洋開発でも生きる。 【民間企業動向の把握の必要性】 ● 日本で真に海洋鉱物資源開発を伸ばそうとするのであれば、国内の非鉄金属系企業の考えや業界が置かれている状況を、正しく把握しておくことが重要である。現在、どのような分野・対象の開発を行っているのか、今後の計画はどうするつもりなのかなどである。各社とも多数の事業を進めているが、海底資源開発を本気で扱っている会社はほとんど存在しないのではないかと。 【産業化進展を左右しうる制約：漁業・技術・他の資源】 ● 海洋開発する上での制約としては、漁業者との調整がある。また、自律式探査技術は魚雷に近い技術が用いられることから、技術の海外展開が難しいという事情がある。 ● 海洋資源の産業化の進展は、レアアース、レアメタルの需要・価格の動向にも左右される。 【必要とされる政策】 ● 現状で採算が取れないものについて、いくら組み合わせ、積み上げて議論しても、やはり採算が取れないものにしかならず、それだけでは議論にならない。国としての強い理念・意思・目標を打ち出して、強いリーダーシップの下で計画を立案・遂行することが必要である。 ● 海洋資源の産業化における国の支援については、現状の通り探鉱のための予算を継続的に確保することが最も重要であると考えられる。探鉱がある程度目処がついた後は、民間企業に開発を任せることが望ましいだろう。 ● 資源量評価と、探鉱・掘削等の技術的フィージビリティ評価、さらに経済性の評価については、今後も経済産業省を中心として国が主導して実施すべきである。その後の実際の開発では、産業界にバトンタッチすることが望ましい。 ● 海洋資源開発に携わる人材を継続的に確保するための支援も重要である。資源価格や技術開発の状況が産業化に適した時期となるまで、研究者が途切れないようにすることが重要である。現在は、陸上鉱山でも技術者の確保にも困難さがある。一般に、技術者の養成には10年程度要するため、継続的な人材育成策が必要である。 ● ビジネス経験が積める国家プロジェクト制度設計、具体的にはユーザー企業までのマテリアルフローを検証できる「試験操業」を行うことが必要。 ● 海底資源開発の試験操業を行うとなると、現行の鉱山保安法がボトルネックとなる。海洋開発を想定しておらず、海洋資源開発で議論されている生物多様性への配慮も抜け落ちている。 ● これまでのように将来も日本が各国の陸域で開発を進めることを考えると、政策として海外企業の日本近海の開発における参入を妨げることは望ましくないと考えている。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 熱水鉱床の環境評価のワーキンググループでは、海底生物の保護という観点で、掘削対象となっている海底の遺伝子解析を実施することの重要性が指摘された。生物学の研究者によると、生物進化の上流の遺伝子を残すことで、ある程度種を保存することが可能という話であった。このような生物学に関する議論に、民間企業が参画することは難しい。遺伝子解析を資源調査の一環として実施したという経験はほとんどないだろう。

(2) メタンハイドレートの産業化について

当該分野においては、技術開発では日本は世界の中で優位性がある一方で、資源量の把握が不十分であるため民間企業が参入するにはリスクが大きい、開発のための人材が国内に育っていない等の課題も指摘された。

表2 メタンハイドレートの産業化の課題等についての意見

<p>日本の状況</p>	<p>【世界の中での日本のメタンハイドレート研究】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●メタンハイドレートに関する日本の研究レベルは世界トップレベルである。メタンハイドレートの地層からの産出挙動のシミュレーターや、環境影響を評価するシミュレーターも開発されている。 ●メタンハイドレートの深度分布の把握が必要である。現在把握が進んでいるBSRは、メタンハイドレートの下限を示す値であるが、上限が分からず、資源量の全部の把握ができない。また、BSRがなくてもメタンハイドレートが存在する可能性もある。さらなるサンプリングを可能とする予算レベルが必要であると考え。 <p>【着実な日本のメタンハイドレート開発計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」のフェーズ2の一環として、2013年に初めて海洋産出試験が行われる予定である。日本における産業化のスピードが遅いという印象はなく、着実に開発が進められている。 ●メタンハイドレートの計画はチャレンジングなプロジェクトであると考えており、国家プロジェクトとして、中長期的に研究を進めるのがふさわしいと思う。 <p>【メタンハイドレートに関する民間企業の動向】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●日本の企業は、まだメタンハイドレートに関するビジネスに参入するか、決めかねていると思う。
<p>日本における産業化の課題</p>	<p>【現場での試験の継続的実施の必要性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ラボの実験だけでは検討が不足しており、現場での試験を継続的に実施することが大切である。来年実施される海洋産出試験はその第一歩となる。 <p>【人材】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●メタンハイドレート開発にあたり、海底資源に関わる技術者、作業員等の人材の不足は課題となっている。日本においてはそれらの人材を養成する教育機関が少なくなっている。また、海洋掘削業界の学生の認知度が低い。この状況では、開発の核となる人材を養成することが難しい。 <p>【必要とされる政府支援と技術的課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●長期間の海上試験や陸上試験を実施するための予算措置を講じることが、産業化支援につながる。技術的なボトルネックは、生産レート、コスト、環境リスクの3つがあるとされている。

参考：「漁業権」について

漁業法に基づく都道府県知事の免許により、「一定の水面において特定の漁業を一定の期間排他的に営む権利」を漁業権といい、この権利に基づいて行う漁業を漁業権漁業という。また、漁業調整及び水産資源の保護培養等のため、特定の漁業を営むにあたって許可制による漁業管理を行っており、このもとで行われる漁業を許可漁業という（管理主体の違いから、大臣許可漁業と知事許可漁業に大別される）。さらに、こうした許可によらずに操業できる自由漁業がある。

漁業補償では、これらすべての漁業が対象となり、「公共用地の取得に伴う損失補償基準要綱」（昭和37年閣議決定、改正：昭和42年/平成14年）における規定に基づき補償が行われる。すなわち、漁業権等の消滅や制限に対して、「当該権利を行使することによって得られる収益を資本還元した額を基準とし、当該権利に係る水産資源の将来性等を考慮して算定した額をもつて補償」される。

これまでの埋立て等の沿岸開発では、補償をめぐる調整に労力が割かれてきたが、現在の海洋再生可能エネルギーの実証などの際には、補償によらない調整と合意形成にも努力が払われている。

株式会社三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 研究員 小野 槇子

II 結果

- 1 秋山 義夫氏（三菱マテリアルテクノ株式会社 代表取締役 顧問）
- 2 伊藤 正治氏（（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部 自然エネルギーグループ 主任研究員）/大重 隆氏（（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部 自然エネルギーグループ）
- 3 磯崎 芳男氏（（独）海洋研究開発機構 海洋工学センター長）
- 4 市川 祐一郎氏（日本海洋掘削株式会社 代表取締役 専務執行役員）
- 5 今北 明彦氏（三井造船株式会社 船舶・艦艇事業本部 事業開発部 事業開発部長）
- 6 木村 健氏（関東天然瓦斯開発株式会社 茂原鉱業所 取締役）
- 7 黒崎 明氏（三井造船株式会社 事業開発本部 再生可能エネルギープロジェクト部 本部長輔佐 兼 東京大学生産技術研究所 機械・生体系部門 特任教授）
- 8 小松 正夫氏（三菱重工業株式会社 船舶・海洋事業本部 航海技術総括部 エネルギー・海洋グループ 主席技師）
- 9 増田 信行氏（秋田大学 国際資源学教育研究センター 准教授 兼 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 特別顧問）
- 10 矢野 州芳氏（三菱重工業株式会社 船舶・海洋事業本部 航海技術総括部 エネルギー・海洋グループ 主席技師）
- 11 山崎 哲生氏（大阪府立大学 工学部 海洋システム工学科 教授）
- 12 山野 澄雄氏（株式会社フグロジャパン 代表取締役社長）

※所属および職位は、ヒアリング調査実施時のもの

参考：ヒアリング調査結果での主な関連主要独立行政法人略称

JAMSTEC 独立行政法人 海洋研究開発機構

JOGMEC 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

NEDO 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

1 秋山 義夫氏（三菱マテリアルテクノ株式会社 代表取締役 顧問）

(1) 実施日時

2012年10月16日（水）

(2) 実施者

武藤 正紀（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

小野 槇子（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

(i) 日本の海洋資源・エネルギーをめぐる状況について

- 日本における海洋資源の探査は、1970年代初頭からマンガン団塊を対象として開始した。多数の企業等が参加する、大規模なプロジェクトであった。
- 現在は、伊豆・小笠原海域のベヨネーズ、沖縄の伊是名では海底熱水鉱床の資源ポテンシャルが高く、その周辺を中心として集中的に調査を進めている。また、その他の地域でも資源ポテンシャルの高い地域がある可能性があり、白嶺を使って地道に調査を進めるべきであると考えている。
- 一般に、海底鉱床調査は、物理探査、カメラ、サンプリング、ボーリングの順に行う。第二白嶺丸の海底着座型のボーリング設備に比較して、白嶺では、船上設置型の大型機械に置き換わり、ムーンプールから直接掘削するため試錐深度及びコア回収率で大幅に改善することが期待される。
- 国の計画では、平成30年までに海底熱水鉱床のフィージビリティ・スタディを行う計画で、現状ではボーリングを集中的に行っている伊是名の北部マウンドを中心とする地域に対して、経済性評価を行う可能性が高い。但し、伊是名一箇所のみではまず採算は取れないと考えている。他の地域を含めて調査をすること必要であろう。広域調査については、日本の排他的経済水域を地道に調査することが必要だと考えている。場合によっては、白嶺と同様の調査船をもう一隻調達することも一案である。
- 最近日本でも秋田でシェールオイルの試験採取に成功したが、2012の時点ではまだコストが大きいため採算性の確保が難しい。そのため、産業化が今後次々に進むことは考えにくい。北米の事例を参考として産業化に向けた調査・研究開発を継続することも重要である。

(ii) 日本で海洋資源・エネルギーの産業化において課題となっている点

(a) 鉱物の価格・採算性

- 品位の高い海底鉱物資源が一定量発見され、採算性が確保されることが産業化の前提となる。現段階では、技術面のハードルを除いても、コスト面で陸上の鉱物資源の方が優位であるため海底鉱物資源に比べて競争力がない。産業化に向けては、品位・量ともに高い優良鉱床が見つかることが重要である。
- 石油価格が急騰して北米のシェールガス開発が一気に進んだように、資源価格が高値になれば採算性の確保につながり海洋資源でも産業化への道のりが開ける可能性がある。そう

した事態が発生した場合に即座に産業化に対応できるよう、現在から地道な探査、技術開発を進めることが望ましい。北米のシェールガス開発も、採算性の取れる先の時期を見越して30年以上前から進められてきた地道な研究開発が日の目を見た事例である。

- 例えば、現在は、銅が1ポンド3.6～3.7ドル、金は1オンス1,700ドル程度である。銅はかつて1ポンド1ドル程度、金は200ドル程度であり、価格は経年で変化している。値上がりにより、これまで対象とならなかった鉱床の採掘が可能となったという例は数多くある。
- 銅、金等の金属資源は、地金を生産する製錬の段階でコストに差が生じる。この製錬コストが、鉱山の最終生成物である精鉱価格に影響しているため、製錬コストの安い中国企業等に比べて日本の製錬所は海外鉱山からの精鉱購入で競争力がない。
- なお、鉱物資源価格はロンドン金属取引所（LME）で世界一律で決定されており、それに基づいた取引が行われる。こうした透明性があるため、鉱物資源は開発できれば売れるという構造が出来上がっている。

(b) 技術的な課題

- 日本の海底熱水鉱床等の海洋資源の産業化を妨げている要因の一つに技術開発が現段階では産業化の段階には達していないという点も挙げられる。ただし、技術開発については基本的に十分な投資さえ行えば解決できるとの認識である。
- 製錬技術については、日本に技術的な優位性がある。カナダやインドにも技術を輸出している。
- 一方で、鉱山技術はカナダやオーストラリア等と比較して高くはない。陸上鉱山の休廃止が続き、鉱山技術者がいなくなってしまったことがその要因の一つである。
- 日本においては、探査船や掘削船の台風対策は、技術的な課題となっている。白嶺も台風には耐えられないだろう。船の稼働率が高い方が採算性の確保という観点では望ましいが、台風が開発海域に差し掛かると、撤退せざるを得ず、1週間程度操業ができなくなる事態が想定される。このことは、採算性という観点で大きな問題である。

(c) 漁業者との調整

- 漁業者との調整も課題になる可能性がある。陸の資源開発においても地権者との交渉は必要であるが、陸上の場合には地権者の土地を買い上げるという対応が取られるのに対し、海域の場合には開発行為が漁業者の事業に直接的な影響を与えうるという特殊性がある。時間をかけ、和解を目指して調整を行うことが重要であろう。

(d) 環境規制

- 海底資源開発に適用される環境規制が確立されていないことが、海底資源の産業化を妨げている要因の一つとなっている。特に、環境規制の内容によっては使用する機器も制限を受ける可能性があるため、その点が明確でないと事業コストの見積もりもできない。
- JOGMECの熱水鉱床の環境評価のワーキンググループでは、海洋生物多様性の保護という観点で、採掘で影響を受ける対象地域周辺の海底生物の遺伝子解析を実施することの重要性が指摘された。生物学の研究者によると、生物進化の上流の遺伝子を残すことで、ある程度種を保存することが可能という話であった。ただし、実際に資源開発の一環として

遺伝子解析までを要求されるとなると、民間企業の参画のハードルが高くなる可能性がある。

(e) 廃棄物

- 選鉱場をどこに置くかということは他でも課題となっている。陸上の鉱物資源についても同様である。例えば高品位鉱石を海外から日本に輸送して選鉱場で処理をするケースもあるが、輸送の効率化という観点からは、本来は採鉱地に選鉱場を設置することが適切である。海底熱水鉱床に関しては、鉱床の場所にもよるが、選鉱場は鉱床から数百キロ以内におくべきであろう。

(f) 諸外国の状況と、諸外国と日本を比較した際の日本の課題

1) ノーチラス社（カナダ）及びネプチューン社（英国）の動向

- 海洋資源の動向を把握する際には、ノーチラス社の動きを見ておくことが重要であろう。ノーチラス社が海洋資源分野で先進的であり、事業の結果を参考に、特に技術的な課題などを見るべきである。
- 日本と異なり、欧米は、新しい技術にチャレンジする文化があり、鉱山関係の市場に投資する会社が多い。バンクーバーには約500社のジュニア（小規模な採鉱会社）と呼ばれる採鉱会社がある。
- 資源ジュニアは採鉱に特化した事業を担う企業である。カナダのノーチラス社はジュニアの一つであり、国内の市場からの投資を受け、採鉱資金を調達する。出資元は、Teck Resources、Anglo American等の資源メジャーである。現在までに、海洋資源の採鉱にノーチラス社は50億円程度費やしている。それに対して、陸上での採鉱のための費用は一般的に数億～10億円程度である。さらに、海洋資源の開発段階では採鉱コストの50～100倍程度が必要となる。そのような大金は資源ジュニアでは調達できないため、資源メジャー等の支援がないと開発は実現できない。
- ネプチューン社（英国）もノーチラス社同様、採鉱に取り組む資源ジュニアである。今のところ海洋資源開発に取り組む企業はこの2社のみであるが、この事実は多くの民間企業は参入が難しいと考えている証左でもあろう。このため、業界内で熾烈な参入競争になるということにはなっていない。2社を比較すると、ノーチラス社が優勢であるという印象である。ノーチラス社は、最近探査船の技術改造を開始したというニュースリリースがあった。
- ノーチラス社が取り組んでいるパプアニューギニアのプロジェクト（Solwara 1 Project）は日本の伊是名よりも品位的に優良（Cu、Auの含有率が高い）である。銅に換算した品位は、伊是名は5.9%、Solwara 1は11.6%である。この程度の品位のある鉱床を1企業で5つ程度確保できれば、採算が取れると考えている。なお、ノーチラス社は20程度の炭鉱プロジェクト（Solwara1～20）を実施しているようである。
- 日本でも、採算に乗ることが分かれば、途上国等で開発を行うのも良いだろう。途上国の開発支援にもなるため、ODAに絡めて行う意味があるだろう。
- ネプチューン社は、日本の排他的経済水域にも鉱区申請を行っている。しかし日本はこれまでのところ申請許可をしておらず、許可待ち状態となっている。

2) ノーチラス社やネプチューン社と比較した際の日本企業の状況

- 日本企業が世界の海洋資源開発をけん引するという状況には至っていない。日本では、試行的に掘削を実施しているという状況である。ただし、ノーチラス社の取組は、一企業の取組であり、採算見通しが立たないことが明確になった場合、その時点で開発は打ち切りとなる。日本においては、国が主導して海洋資源開発を実施しており、採算の見通し立たない場合でもある程度開発を持続させることができるという点で強みがある。

3) その他の国の動向

- 韓国、中国は近年海洋資源開発に乗り出している。開発の取組状況は、日本と同程度かそれ以下であろうという印象である。商業化に向けて大きく進んでいる状況ではない。

(g) その他

- 技術開発、環境規制、金属価格は相互に関連しており、3点がバランス良く維持されることが採算性の確保につながり、産業化が可能となる。ただし、一定期間採算性が確保できても、将来にわたって継続するとは言えないことには配慮が必要である。
- 陸上における資源探査の場合、探査に携わる技術者を人単位で調整することが可能である。一方で、海洋資源の場合は船単位で増員する必要がある、建造或いはリース費用を含めて大幅なコスト増につながってしまうという点で、非効率さがある。探査船を建造するためには300億円程度が必要となる。JAMSTECの船を専用に借りることも検討すれば良いとは考えるが、海底資源調査以外の目的もあり、調整が難しいだろう。

(iii) 海洋資源の産業化を進めるにあたり、望ましい国の支援の在り方

- 海洋資源の産業化における国の支援については、現状の通り探鉱のための予算を継続的に確保することが最も重要であると考え。探鉱がある程度目処がついた後は、民間企業に開発を任せることが望ましいだろう。
- 海洋資源開発に携わる人材を継続的に確保するための支援も重要である。資源価格や技術開発の状況が産業化に適した時期となるまで、技術者が途切れないようにすることが重要である。現在は、陸上鉱山でも技術者の確保にも困難さがある。一般に、技術者の養成には10年程度要するため、継続的な人材育成策が必要である。
- 尖閣諸島に関連する問題が3年前頃から表面化して以来、平成21年度「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」における関連項目の設定（11年間の海底熱水鉱床開発計画）、海洋関連調査への集中的な予算付け等がされた。海洋政策は外交等の状況に左右されやすい。継続的な研究開発を実施するためにも、5～6年等で予算が打ち切りとなるような事態が生じないようにしてほしい。
- これまでのように将来も日本が各国の陸域で開発を進めることを考えると、政策として海外企業の日本近海の開発における参入を妨げることは望ましくないと考えている。
- 当該分野において、省庁の縦割りが問題になっている。同じ海洋資源を扱っている文部科学省傘下のJAMSTECと、経済産業省傘下のJOGMECがあるが、前者には100億単位の予算がつくのに対し、後者は少ない。

(iv) 当該分野における規制・基準の整備状況

- 海洋資源開発を含めた鉱物資源開発の適正管理を目的として、昨年に鉱業法が改正となった(2012年1月施行)。しかし、法整備はいまだ十分ではない。特に、鉱山保安法については、企業の立場に配慮した内容となっており海洋資源開発において適用されることが望ましいが、海洋鉱物資源まで対象として規則が策定されていないので、それを適用する事はできない。例えば、採掘をした後のテーリング(廃棄物)をどうするかが最大の課題である。また、現行法では採掘鉱区内で鉱山に敷設される選鉱場も鉱山保安法の適用対象であるが、選鉱場が例えば離島に設置された場合には、鉱業権対象範囲外の選鉱場には一般法が適用され、管轄も環境省になるといったことが発生する。将来的な海底資源開発の進展に備え、こうした問題が生じないように法整備を強化することが必要である。
- 公海に資源が存在する場合の開発については、国際海底機構において規則を定めるプロセスが進行中である。

2 伊藤 正治氏((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部 自然エネルギーグループ 主任研究員) / 大重 隆氏((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部 自然エネルギーグループ)

(1) 実施日

2012年10月10日(水)

(2) 実施者

辻 早希子((株)三菱総合研究所 経営コンサルティング本部 事業戦略グループ 研究員)

寺澤 千尋((株)三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 低炭素エネルギー戦略グループ 研究員)

(3) ヒアリング内容

(i) 日本の海洋資源・エネルギーをめぐる状況について

- 欧州では北海油田を中心に海洋から資源を取得し、域内で消費する、海洋資源・エネルギーの地産地消がこれまで進められてきた。北海油田については現在、衰退傾向にある一方、新たな取り組みとして、洋上に風車を数十基以上設置した洋上風力発電の開発が現在進められている。そして、油田開発で培ったインフラや技術、労働力等が洋上風力発電の開発へと活用され、2011年末時点で洋上風力発電は約4GWの発電設備が建設され、洋上風力で発電した電力を欧州域内で消費している。更に洋上風力発電の開発は北海のみならず、バルト海、大西洋へと検討が進められている。
- 我が国においては、海底鉱物資源やメタンハイドレート、海底熱水鉱等の探査や開発が行われていると共に、洋上風力や海洋エネルギーなど海洋再生可能エネルギーの利用に関する検討が現在、進められている。特に、我が国の海は欧州と比較し、急峻な海底地形であると共に、地震・津波や台風等、技術的に乗り越えなければならない課題を有している。
- 経済産業省が所管するNEDOは再生可能エネルギーに係る技術の開発、実証研究、導入普及業務を推進している。現在、洋上風力及び海洋エネルギーの実証研究プロジェクトを実施しており、国内における導入普及や我が国企業の国際競争力の強化を図っている。

(ii) 日本で海洋資源・エネルギーの産業化の状況について

- 欧州では北海油田における一大産業が既に形成されており、港湾・船舶等のインフラ、海上での作業経験や技術・知見等を各種メーカーが有している。一年を通じ安定した偏西風と共に、比較的平坦な陸域を利用した風力発電については、2011年末時点で約90GWの発電設備が建設されており一大産業が形成されている。近年、北海油田の衰退や陸域における風力発電の適地減少等、新たな産業として洋上風力発電が形成されつつある。
- 欧州においても、洋上風力発電が現状に至るまでには、実証研究や技術開発プロジェクトの推進、導入目標の設定やロードマップの策定、FIT (Feed-in Tariff: 固定価格買取制度) や ROC (Renewables Obligation Certificate: 再生可能エネルギー証書) により他の発電と比較し高い買取インセンティブの構築等、政策支援が行われてきた。なお、海洋エネルギーについては、欧州においても未だ研究開発や実証研究の段階にあり、産業化前に位置付けられる。
- 我が国では陸上を中心に2011年度末時点で約2.5GWの風力発電設備が建設されており、一部の港湾や沿岸には洋上風力発電が建設されている。我が国では欧州と比較し、複雑地形による乱流の影響、地震・津波や台風等、厳しい条件を有しており、欧州の産業事例をそのまま我が国に取り入れることができない状況にある。
- 特に沖合における洋上風力及び海洋エネルギーは、欧州における事例をそのまま利用することができないため、実海域における風況 (風向・風速等) や海象 (波高・周期、潮流) 等、資源量の実測調査に基づく発電量の評価、更には予測技術の高度化が不可欠である。そのため、実際に実海域における実証研究を行い、調査・設計・設置・運転・保守に係る技術の確立を行う必要がある。
- NEDOでは、「洋上風力発電等技術研究開発」において、気象・海象条件の異なる日本海側・太平洋側にて洋上風況観測及び洋上風力発電を国内で初めて実証研究すると共に、「海洋エネルギー技術研究開発」では、同じく気象・海象条件の異なる海域で波力発電や潮流発電の実証研究を実施し、発電に係る技術等を確立する。

(iii) 日本で海洋資源・エネルギーの産業化が進まない (遅れている) 原因について

- 欧州では域内の貿易の拡大と安全保障の観点から、資源・エネルギーの自給が進められている。また、2020年までに再生可能エネルギーの比率を20%とする目標達成のため、法的拘束力のある目標値を各国に課している。特に風車については、オランダの風景に代表されるように17世紀頃から市民生活に調和して存在しており、一年を通じ安定的に風を得ることができる偏西風は欧州における再生可能エネルギーの切り札となって、陸上のみならず洋上での風力発電の建設が進められている。現在、欧州で盛んに行われている陸から洋上への風力発電のシフトは陸上の適地の減少のみならず、北海油田を中心に培われた技術や知見、労働力等も幸いしている。更に、海洋エネルギーは、洋上風力以上のFITやROCによる買取インセンティブが課されており、産業化に向け研究開発や実証研究が進められている。
- 我が国においては、地震・津波、台風等、気象・海象条件、更には、陸上においては複雑地形の影響による乱流の影響、洋上においても急峻な海底地形や海底地質の条件等、欧州と比較し、高い技術ハードルを有している。また、洋上風力や海洋エネルギーは、ウィン

ドファームに代表されるように広域な海面を占有するケースもあり、海運や漁業、地域住民や自治体等、他の産業や利害関係者との調整、鳥類や魚類等への環境影響評価等が不可欠である。

- 現在、NEDOが推進している洋上風力及び海洋エネルギーに係る実証研究は、我が国におけるモデルケースとしての側面を有しており、利害関係者との合意形成を基に実海域における実証研究を行い、実海域における各種データの蓄積や技術の確立を図ると共に、課題検証を行う。そして、実証研究の成果をガイドライン等に取りまとめ、洋上風力及び海洋エネルギーの産業化に向けた基盤を整備する。

(iv) 日本のメーカーの海外展開について

- 既に世界的に産業化が図られている風力発電について、風車は約1万点近くの各種部品から構成されており、素材、部品やコンポーネント等の供給の観点から我が国企業が世界市場に供給実績を有している。軸受けや発電機、インバーターについては我が国企業が多くの供給実績を有している部品やコンポーネントである。
- 特に洋上風力発電については、洋上風車までのアクセスに船舶が必要になると共に、作業が海象条件に左右される等、保守に係る時間と頻度が限られると共に、一度の故障が事業採算性に大きな影響を及ぼす等、部品やコンポーネントに求められる性能や信頼性が高い。更に洋上風車は現在、5MW以上の定格出力を有する大型風車の開発が盛んに行われている。そうした中、NEDOでは、世界的にも通用する7MW級の超大型風車の開発を風車メーカーと推進しており、我が国における洋上風力発電事業の事業性の向上を図ると共に、近年大型化が顕著になっている海外の洋上風車市場のシェア獲得を目指している。
- 海洋エネルギーについては世界的に現在、研究開発や実証研究が進められており、我が国においては、NEDOが推進している実証研究や要素技術開発の成果が国内のみならず諸外国への展開も視野に造船メーカーやタービンメーカー等とプロジェクトを推進している。

(v) その他

- NEDOでは洋上風力発電の研究開発支援、日本特有の技術的課題解決支援、制度面の整備に取り組んでいる。

3 磯崎 芳男氏（(独) 海洋研究開発機構 海洋工学センター長）

(1) 実施日

2012年10月17日（水）

(2) 実施者

角田 智彦（(株) 三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 主任研究員）

辻 早希子（(株) 三菱総合研究所 経営コンサルティング本部 事業戦略グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

(i) 日本の海洋資源・エネルギー産業をめぐる背景について

- 私は海洋研究開発機構（JAMSTEC）に入る前は、民間企業で国内外石油産業向けの掘削船等に携わってきた。その後、地球深部探査船「ちきゅう」の設計・建造を手掛けた。
- かつて、海洋産業において、日本が世界有数の掘削船の建造国である時期があった。日本では、米国が最盛期だった頃に米国の図面をもとに建造することから始まった。その後、日本で独自に設計するようになり、海外企業からも受注し、建造した時期が存在する。結果として、日本に掘削船建造事業は根付いていないが、その理由として海洋分野が日本の造船業にとってあまり大きな分野ではなく、ニッチ分野であることがあげられる。海洋分野の事業には大きな投資が必要であるが、船舶の開発・建造の合間に海洋分野の投資をする程度のことしかしてこなかった。このため、日本での造船事業では従来型の造船が中心となり、海洋分野があまり育たなかったと考えられる。
- 現在、海洋石油掘削船はほとんど韓国で造られている。韓国は、不転換の覚悟で思い切った投資を行い、世界中から受注している。
- 日本で海洋分野の産業化が進んでいない理由は、①思い切った投資をしてこなかったこと、②国際競争の厳しい市場であること、③日本近隣にフィールドがないこと、が挙げられる。
- 海底から石油が産出される場所は日本の周辺にはほとんど無い。これまで生産の主体となってきたのは、北海やメキシコ湾である。この周辺では、機器製造やサービス産業が発達している。フィールドの近くの方が、現場からのフィードバックが容易なので各種関連産業は発達しやすい。
- 日本の掘削船に関する技術力は、以前は高かった。韓国企業は、参入したばかりの頃は、納期が守られないなどのトラブルが多かったが、次第に価格競争力だけではなく、技術的にも国際競争力をつけてきた。
- 日本では唯一、三井海洋開発（MODEC）が成功していると言える。MODECは、ほぼ米国企業といってもよい。従来、深海域で石油の生産を行う場合、固定のパイプラインを長距離にわたって整備する必要があった。油田規模が小さくなると経済性が劣ることになるので、これを解決するために、FPSO（Floating production, storage and offloading；浮体式生産貯蔵積出設備）という、沖合で石油を生産・貯蔵する施設が開発された。MODECは、自ら複数のFPSOを保有し海洋石油生産事業を推進している。
- メキシコ湾におけるBP社の原油流出事故の例からもわかるように、資源の産出を主体的

に行うのはリスクが大きい。これまで、日本のメーカーはハードウェアを製造して納めることしかしてこなかった。MODECはリスクをとって自らオペレーションし、成功した。このようにオペレーションの主体者となると、ノウハウが社内に蓄積され、さらに技術に磨きをかけることができる。

(ii) 日本の海底資源ポテンシャルについて

- 日本近海の海底資源には期待している。石油と異なり日本の周りにフィールドがあるので、あとは実行の問題である。メタンハイドレートや海底熱水鉱床の場合、1,000～3,000mという水深で採鉱する必要がある。石油の産出では、ブラジル沖等で2,000m程度の水深で掘削しているが、日本で深海域にアプローチした経験を有する企業はない。そのきっかけを与えるのは国の仕事だと考えている。
- 海底資源の産業化のためには、まずどこにどの程度の資源があるか、調査が必要である。石油の開発では、水深数m程度の深さから徐々に範囲を広げた。海底資源の場合、最初から深い領域での開発が対象となる。JAMSTECとしては、まずポテンシャル調査を行うことがミッションであると考えている。そのためには国の後押しが必要である。
- 海底資源の産業化が進むかどうかは、レアアースの需要・価格の動向にも左右される。例えば、石油価格が上昇すると、脱石油の動きが進むが、価格が落ち着くと再び石油の利用に戻る。脱レアアースの技術が進めば、海洋からの資源産出の重要性は下がるが、天然資源からのレアアース産出が必要な状況が続く限りは、海底資源からの産出のための準備を進めておく意味がある。
- 米国は国内で算出される石油を温存し、まず価格の安い中東の石油を輸入する戦略をとってきたと言われる。日本の周りにレアアースが存在し、産出できることが確認されれば、レアアースの輸入における交渉のカードとなる。
- 日本周辺のポテンシャルとしては、膨大な資源がある可能性がある、ことが言える段階である。ただ、資源の量、場所、密度等が明らかになるまでは産業化は進まないだろう。石油の掘削の歴史でも、最初は油田に当たる確率は低く、1,000か所掘って、3か所程度当たる程度であった。現在は、データが蓄積され、調査・シミュレーション技術が発達しているので掘削して油田を見つける確度が上がった。
- 海底資源の探査は始まったばかりであり、調査、解析、産出のための技術課題は山積みである。JAMSTECは調査・研究を中心、JOGMECは開発・生産を中心に取り組んでいるが、オールジャパンで連携して取り組むべきことであると考えている。海洋基本法でグラウンドデザインが描かれたことで、色々な組織の連携がやりやすくなった。石油探査の歴史と同様に、海底資源についても様々な技術が連携して、総合的な探査技術が向上するものと期待している。何よりフィールドが近くにあることは大きな強みである。
- いずれ海底資源が産業として展開するときには、プライベートカンパニーが主体となるだろう。石油産業も民間企業が主体となっている。資源が利益を生み、税金、雇用、経済の活性化という形で国益にフィードバックされればよい。
- 日本の海底資源のポテンシャル調査は10年程度かけて行うことになる。広い海域を調査するのは大変であるので、日本全体として計画を立てて進めることが重要である。

(iii) 技術的なボトルネックについて

- 限られた予算で効率的に探査する技術開発も必要である。JAMSTECでも海底資源探査のための新たなプラットフォームとしてAUV（Autonomous Underwater Vehicle；自律型無人探査機）、ROV（Remotely operated vehicle；遠隔操作無人探査機）の開発を手掛けている。早く実海域での運用に供することが重要であると考えている。
- 大学を中心に資源探査のための基盤ツール開発が進められている。まだ研究段階の技術であり実際の探査に用いるためには評価が必要である。また、その成果を民間で活用するために橋渡しが必要であると考えている。海底を走り回るプラットフォームに装着して稼働させ、定量的なデータを採取する段階まで開発しなければならない。
- 石油開発の歴史と同様、探査技術が発達して、海底資源のポテンシャルに応じた採鉱計画が立てられるようになれば非常に効率性が高まる。
- 探査機器にもビジネスの可能性があると考えている。民間企業が探査機器の開発をしたり、探査機器で大学発ベンチャーが立ち上がるケースがあってもよいのではないか。日本発の探査技術を開発できれば、他の島嶼諸国等に対しても貢献できるだろう。
- 海洋に限らず、一般的に日本では海外のような大学発のベンチャーが生まれにくい。日本社会が成熟化してきたためなのかもしれない。40年前、JAMSTECが立ち上がったばかりの当時は、何をやるのも試行錯誤でありベンチャー精神が色濃かった。今は、過去の蓄積を重んじ、確実な道を踏襲しつつ、改良を重ねている業務が多いという印象であるが、さらなる新しい途も目指すべきと考えている。
- JAMSTECではベンチャー支援も行っている。一例として、コンパクトな海底地震計の開発が挙げられる。一般的な海底地震計は直径40cm強の大きさがあり、ガラス球と棒球体内機器から構成されている。これは大きくて取り扱いにくかったため、小型化し、かつガラス球に貫通棒孔のない地震計を開発した。ハンドリングしやすいので、一人でも扱うことができるようになった。また、ガラス球の貫通部がないので信頼性も向上した。
- 他にもJAMSTECで開発した技術、要素技術を民間の力を活用して海洋分野の関連機関に展開したいと考えている。
- 海洋は大きな産業ではないが、資源開発と結びつけば、産業として大きくなる。これまでに培った技術が大きく花開くことを期待している。
- 昨年の東北地方太平洋沖地震発生源となった日本海溝の深さは8,000m以上ある。個人的には日本海溝で様々な調査を行える技術は開発したいと考えている。技術の高みを目指して開発すれば、付随する要素技術の広がりも他の分野にも波及し、効果は大きい。
- ニーズ起点の技術開発だけでなく、シーズ起点の技術開発も重要だと考えている。ウォークマンやiPodのように、市場調査に依存しないで開発された製品のインパクトは大きかった。海洋分野では、「しんかい6500」に続く水深10,000m級の探査技術の開発を目標に掲げてもよいのではないかと考えている。

(iv) 技術以外の制約について

- カナダにISE（International Submarine Engineering）という会社があり、AUVを広く輸出している。国際的に主要な海中探査の会社は防衛産業から発展したところが多いが、日本ではあまり例がない。

- ただ、AUV等を購入して運用するだけでは、オペレーションに不備が生じたり、故障等トラブルの際には場合によってはカナダまで運ぶ必要性が生じるなど、運用上の問題が発生する可能性が大きい。
- JAMSTECとして、可能であれば日本の技術で世界に貢献することも検討したいが、日本の民間企業が取り組んでも、高度な技術であればあるだけ海外に自由に展開できないという問題がある。
- また、JAMSTECではAUVの海底における長時間無補給の長距離航行を可能とする動力システムとして、独自の燃料電池開発を行った。こうした技術を海洋分野だけにとどめておくのはもったいないので、他の分野にも展開していきたいと考えている。
- 海洋開発する上での制約としては、漁業権との調整がある。再生可能エネルギー施設の設置の場合には、さらに慎重な漁業権への配慮が必要となる。また、特に洋上風力発電の場合、日本特有の問題として、台風への対応が必要であることも挙げられる。

(v) 欧米の状況について

- 欧米では海洋石油・ガス開発に関する技術を保有している。最初に掘削船を建造したのは米国、次いで欧州の造船所であった。しかし、日本や韓国が造船に参入してから競争力が低下した。
- 現在のノルウェーでは掘削機器製造産業が発達している。海洋石油生産フィールドが近く、建造、販売した後、ユーザーからのフィードバックを受けて改良を重ね、進化させているためである。中国でも掘削機器の製造に参入しようという動きがあるが、これまでの技術蓄積が乏しい上に、フィールドも遠いので、実用性の高い製品を作るのは難しいのではないかと思う。
- 海洋再生可能エネルギーの取り組みについては、欧州は進んだ取り組みを行っており、日本も学ぶべき点がある。

(vi) 中国・韓国の状況について

- 中国の有人潜水艦「蛟竜 (Jiaolong)」は太平洋マリアナ海溝で水深7,020mまで潜航し、日本の「しんかい6500」が達成した6,527mの記録を抜いたと報道されている。中国で「蛟竜 (Jiaolong)」を見学したことがあるが、技術者たちは日本の「しんかい6500」のオペレーションについて高い関心を持っていた。例えば、電池を交換するタイミング、毎年の点検の方法等に関して質問を受けた。中国では動力源に銀亜鉛電池を使っているのでも、日本で使われているリチウムイオン電池を採用したい、とのコメントもあった。探査のための船を作り、潜航深度の大小だけが技術ではない。長期間無事故でオペレーションしてきた高い信頼性も日本のJAMSTECの技術力である。
- 韓国のKORDI (Korea Ocean Research and Development Institute) はKIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology) という組織に改組された。新しい海洋研究船を建造しており、JAMSTECと交流がある。韓国はトンガ海域で熱水鉱床の探査を行っており、海洋への進出を推し進めている。
- 中国では国家海洋局にて海洋分野に一元的に取り組んでおり、戦略的に開発を進めている。中国は排他的経済水域が狭いことから、ISAが管理するような太平洋の公海に進出してい

る。中国、韓国ともに研究船を使って太平洋の公海域の探査を始めており、日本の公海での調査の必要性を感じている。

- 従来、日本は海洋を海運と漁業にしか活用できていなかった。海底資源探査を契機に、もっと可能性を開拓すべきではないか。

(vii) 海洋エネルギーについて

- 海洋エネルギーに関しては、1998-2002年にJAMSTECが三重県でマイティホエールの海域実験を行った。マイティホエール（沖合浮体式波力装置）実験は研究に特化しており、経済性の検討が十分ではなかった。また、当時の日本のエネルギー政策は、再生可能エネルギーの普及を必ずしも後押しするものではなかった。マイティホエール実験によって、波力発電が可能であるということが技術的に立証されたが、競争力のある価格で発電することは困難であった、というのが結論である。
- 現在、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）のプロジェクトとして、防波堤に組み込むタイプの波力発電システムの技術開発が実施されており、JAMSTECも参画している。マイティホエールよりも、価格競争力があると考えられる。建造・設置するだけでなく、ランニングコスト、維持・修理のコスト試算も検討すべきである。また、事業主体をどうするかという点も重要である。
- 波力発電で本土の電力をまかなうのは難しく、離島での利用が適すると考えている。例えば、南鳥島の周辺海域にはコバルトリッチクラストがある。探査のための基地を設け、そのエネルギー源として防波堤組み込み型の発電所設備を設置することはあり得るのではないかと考えている。
- マイティホエール実験をしていた時期とは異なり、現在は、政策的に再生可能エネルギーの普及が推進されているので関連する技術開発の好環境下にある。
- 風力発電に関しては、日本にはポテンシャルがあるものの、陸上は山がちで設置場所が限られており、海域は水深が急に深くなるので欧州で普及しているような着底式は設置が難しく、浮体式を開発することが必要であるという課題がある。また、台風への対策も必要である。これらの課題を解決して、再生可能エネルギーも、いずれはエネルギーとして従来型のエネルギーに対して競争力のある価格にして普及させたいと考える。

4 市川 祐一郎氏（日本海洋掘削株式会社 代表取締役 専務執行役員）

(1) 実施日

2012年11月14日（水）

(2) 実施者

角田 智彦（株式会社三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 主任研究員）

小野 槇子（株式会社三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

(i) 我が国の海洋資源・エネルギーの産業化の状況

(a) 概要

- 我が国ではメタンハイドレートに係る研究開発に継続的に取り組んでいるが、海洋資源・エネルギー全般から言えば、関連産業が少ないことに加え、人材不足、予算不足、漁業交渉の困難さ等による影響があり、同分野の産業化を促進する上で支障となっている。

(b) 当該企業の状況

- メタンハイドレートに関しては、平成元年に関連する技術開発を開始した。非在来型天然ガス開発の一貫としての位置づけであり、社内にメタンハイドレート開発室という専門の部署を作った。その後、一貫して日本のメタンハイドレート開発技術の研究開発に関わってきている。

(c) 当該企業以外の日本企業の状況

- 現在、国際競争力を有する海洋資源産業関連の日本企業は、三井海洋開発等の限られた企業である。また、小規模な企業を除くと、海洋掘削に関するハードを主力事業として扱う日本の企業は当社を除き存在しない。以前には幾つかの企業が事業を行っていたが撤退をした。そのため、当社では、シンガポール等の企業にて掘削リグを建造し、主要搭載機器を米国や欧州から購入しているが、納品までの期間や価格という点で課題がある（サブシー機器の場合、2～3年の納期となる）。日本企業では十分な技術力を有しており、日本企業で実施してほしいと感じている。
- 2012年10月にアイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド社（当時）は、愛知工場で当社グループ運用の掘削リグ「NAGA 1」の改造工事を完成させた。今後も技術開発に取り組む意向はあるようであり期待している。
- 日本企業が少ない理由の一つとして、近くに市場がないということがあげられるも。北欧では北海油田によって参入企業数が増加したという背景がある。メタンハイドレートも同様に、大きなポテンシャルが確保されれば、日本企業の参入が進むと期待している。韓国のように近くに市場がなくても、海洋産業の創出・成長促進がなされた例もある。
- 海底資源開発の分野では実績が重んじられるため、現状では、日本企業が参入することは難しい。今後のメタンハイドレートの開発において参入する民間企業を増やすためには、産業政策の一環として、早い時期から海洋資源産業の育成を国として集中的に実施する必要がある。

(ii) 日本の海洋資源・エネルギーの産業化における課題

(a) 技術的な課題

- 日本のメタンハイドレート生産技術等の研究実証では、陸上算出試験よりも海洋産出試験を優先すべきであったと考えている。海域と陸域ではメタンハイドレートの状態は異なっているため、陸上産出試験の結果を海域に活用できるかどうか不明であるためである。
- メタンハイドレートの海洋産出試験では、海流対策やコストが課題となる。海流に関しては、予定されている南海トラフでは5ノットを超えるような海流を記録している。このよ

うな大きな海流に対応するには、ライザー管等の技術開発が必要である。

- 大水深で利用する掘削リグには、一日あたり50～60万ドル程度の費用を要することも課題の一つである。メタンハイドレートの場合は掘削深度が浅いため（地層の浅い場所に資源が存在するため）、リグの能力を下げるなどのリグの最適化を検討する余地はある。

(b) 資源ポテンシャル、資源量探査

- 資源量の把握は現段階では不十分であると考えている。これまでの地震探査により南海トラフ等の海域において面的なメタンハイドレートの賦存状況の把握が進んでいる。しかし、地震探査では賦存の厚みの情報は取得できず、本当にどれだけの量のポテンシャルがあるのか分かっていない。ボーリングによるコアサンプルの取得をさらに積極的に実施するための予算措置が必要である。
- メタンハイドレートの深度分布の把握が必要である。現在把握が進んでいる海底擬似反射面（Bottom Simulating Reflector:BSR）は、メタンハイドレート層の下限を示す値であるが、上限が分からず、資源量の全部の把握ができない。また、BSRがなくてもメタンハイドレートが存在する可能性もある。さらなるサンプリングを可能とする予算レベルが必要であると考えられる。
- メタンハイドレート開発に適した場所の探索にあたっては、賦存状況の把握に加え、効率的な資源回収の観点での検証も必要である。コアサンプルの取得は、連続した回収ができる場所の探索のためにも重要である。
- また、広域調査を並行して行う必要もある。南海トラフ等の海域に加え、より広い海域にて調査を実施すべきである。尚、一部実施されている例はあるが、一元化されていない為、問題がある。

(c) インフラ整備

- 大水深域の資源開発に用いる掘削リグは、一基あたり500～600億円程度の投資を必要とする。
- 当社としては、このような掘削リグを作り、メタンハイドレートの産出試験等にも活用したいと考えている。国の支援が望まれるのは、その掘削リグを使用してもらえるとという保証であり、これがないと民間はなかなか投資には踏み切れない。大きな投資に対する使用の保証（5～10年）が是非とも欲しいところである。
- 現在は、大水深域の掘削は「ちきゅう」でしか実施できない。子会社である日本マントルクエスト社では「ちきゅう」の運用管理にあたっているが、そのスケジュール管理の煩雑さは課題である。利用のニーズが多い中で、利用に制限がある状況である。そもそも、「ちきゅう」は研究船であるので、産業開発のために活用することは本来の役目ではない。

(d) 漁業者との調整

- メタンハイドレートの資源開発にあたり、漁業者との調整は非常に大きな課題である。例えば現在研究が進む南海トラフは、春から夏にかけて金目鯛等の好漁場となり、産出試験をできる時期に制限がある。効率的な開発を進めるためにも法制度の検討を期待したい。

(e) 人材

- メタンハイドレート開発にあたり、海底資源に関わる技術者、作業員等の人材の不足は課題となっている。日本においてはそれらの人材を養成する教育機関が少なくなっている。また、海洋掘削業界の学生の認知度が低い。この状況では、開発の核となる人材を養成することが難しい。
- 当社としては、自国産業への寄与という観点で、できれば日本人を中心として、日本企業との協力のもとで開発を進めたいという希望がある。
- 世界的には、大水深資源開発に専門性のある人材は引く手数多であり、優秀な人材の人件費も高騰している。このことは、採算性を確保するという観点での課題になっている。なお、トップ技術者の年収は3,000~4,000万に上ることがあり、是が非でも安定的なマンパワーが必要である。
- 教育システムの改革については、海外でも動きがある。イスタンブール工科大学、アンゴラの海洋大学、ポーランドの海洋大学、サンパウロ大学が共同で、海洋プラントで働く人材を養成する学校を立ち上げるという企画があった。教育用の実証プラントを構築するなど大規模な計画であり、日本の大学にも協働の話が来たが、講師として派遣できる教員の目処が立たず、企画に参加することができなかった。
- JOGMECでも資源開発に関わる人材育成の取組を実施しているようではあるが、資源開発関連学科からの卒業生のうち実際に資源開発業界に入るのは全体の20%程度に留まっていると聞いている。対処療法的な対策ではなく、政策から根本的に取り組む必要がある。
- 人材を国内で確保することが難しい現状では、外国の人材を活用する必要があるが、質の良い人材とは限らないところが悩ましい。やはり、自国にオペレーションノウハウを蓄積するために、国内で有能な人材を体系的に育てることが、産業化にあたっては大きな一歩となる。当社では、海洋に関係しない分野の学生を採用し、社中で育てるとしている。
- 「ちきゅう」に関しては、運用開始当初は携わる技術者の大半が外国人であったが、近年は日本にノウハウが蓄積し、日本人の割合が増えてきた。

(f) 諸外国の状況と、諸外国と比較した際の日本の課題

- 中国・韓国の政策は参考にすべきであろう。海洋産業発展を目指す推進力の大きさには目を見張るものがある。
- 韓国や中国の海洋資源政策では、日本と比較すると、リスクの高い技術開発に果敢に取り組んでいるという印象である。日本においても、メタンハイドレート開発で構築したインフラ等を石油・天然ガスにも展開する等も念頭に置き、積極的な予算措置が望まれる。

(g) その他

- メタンハイドレート開発を政策の支援のもとで進展させるためには、経済性の把握が当面の課題となるだろう。
- また今後は、民間企業も積極的に今後のメタンハイドレート開発の在り方を考えていくべきであろう。石油資源開発株式会社は南海トラフにメタンハイドレート産出の可能性の高い鉱区を有しており、国内企業のけん引役となって欲しいと期待する。産業を育成すると

いう観点では、海域産出試験の段階でも大学等の研究機関ではなく、産業化を目指す民間企業が積極的に関わりスピード感をもって進めていくことが望ましい。

5 今北 明彦氏（三井造船株式会社 船舶・艦艇事業本部 事業開発部 事業開発部長）

(1) 実施日

2012年11月14日（水）

(2) 実施者

榎 考浩（国立国会図書館 調査及び立法考査局 文教科学技術課 調査員）

寺澤 千尋（(株)三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 低炭素エネルギー戦略グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

(i) 日本の海洋資源・エネルギーをめぐる状況について

- 日本の洋上風力を取り巻く環境、支障・課題は以下のとおりである。
 - 日本周辺は遠浅の海域が少ないことから、すでに実用化されている着床式洋上風力発電の開発が難しい。
 - 石油・ガス産業がなく、海洋土木等、洋上風力発電を開発する基盤技術が育っていない。
 - 海底の所有権が明確ではなく、英国等のように開発可能海域の指定が難しい。
 - 漁業者等、関連ステークホルダーとの調整が複雑。
 - 洋上風力発電の実績が少なく、固定買取価格制度の対象にもなっていないことから、現状では事業採算性の確保が可能か判断できない。
- 洋上風力開発においては、日本の置かれる自然条件による支障も大きく、歴史的に石油・ガス産業が存在しないこと等、諸外国と比較して不利な環境にある。

(ii) 日本で海洋資源・エネルギーの産業化において課題となっている点

(a) 技術的課題

- 浮体式洋上風力については、まさに技術開発はこれからであり、社会的なものも含め、具体的な課題はこれから明確になる状況にある。
- 再生可能エネルギーは、コスト削減が重要課題である。浮体式洋上風力は、技術的に開発可能だが、浮体構造のコストや設置コストの削減が必要である。また、大型風車を設置可能な作業船がないため、欧州等からリースすると、コスト高になる可能性がある。
- 福島県沖の浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業、3種類の浮体を設置する予定である。三井造船が最初に2MW機を導入する予定で、浮体構造には4カラム型セミサブ式を採用している。この構造は水深100m程度にも設置が可能で、風車を立てた状態で沖に運べる点等にメリットがある。IHIMUおよび三菱重工は7MW機用浮体を開発予定で、浮体構造にはスパーク型とセミサブ型を用いる予定である。スパーク型は水深を必要とするが、構造がシンプルであるため、製造コストにメリットが出てくると考えられる。
- セミサブ式、スパーク式等の浮体構造は、石油・ガス産業の技術の延長である。石油・ガス

産業は事故の発生による経済的・人的損失が大きいことから、安全性を重視した技術開発が成されてきたが、風車は無人であり、特に沖に設置される洋上風力は経済性を重視した設計が必要と考える。

(b) 漁業者との調整

- 諸外国にも漁業権はあるが、例えば英国では海底は女王が所有しており、Crown Estateが一元的に管理をしていることから、洋上風力開発を進めやすい。一方、日本では海底の所有権は存在せず、歴史的に漁民が海を管理してきた。漁業法の中に漁業権が規定されており、行政側が調整するのは難しい。海は漁業者の生活の場であり、当然ながら、海域利用に当たっては漁業者の生活を守ることが重要である。
- 洋上構造物には漁礁効果が期待できる。例えば高知県沖の黒潮牧場（魚の生産増大を目的として、漁業者のために設置されている表層型浮魚礁）では、実際に魚が集まっている。海に構造物を置けば必ず魚は集まるため、漁業者へのメリットが示せれば、漁業協調型の開発を進めることが出来る。
- 欧州で設置されている洋上風力は着床式であり、海底ケーブルも海底に固定されていることから、タワー部分以外は船の航行に支障はない。浮体式洋上風力の場合、係留索が船の航行や、網漁等に影響を及ぼす可能性がある。一般的に、風車の間隔は直径の10倍の距離を取ることとされているが、技術的な発想ではなく、海洋利用者のことを考えた風車間隔を設定することも重要である。

(c) インフラ、制度面、その他の課題

- 欧州では、北海の石油・ガス産業のインフラや海洋土木のノウハウがあり、低コストで洋上風力開発が可能である。
- 福島県沖の浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業は工期が長く、港湾施設も必要となるが、数か月単位で港湾施設を占有するのは難しい。
- 系統連系に係る調整、手続き等に多くの時間を要する点が課題である。
- 洋上風力は沖合に設置するため、騒音の影響はないが、パイルの打ち込み等、工事の際に海洋生物に与える影響について検討する必要がある。

(iii) 海洋資源の産業化を進めるにあたり、望ましい国の支援の在り方

- 国として支援すべきは、設置場所の確保、導入目標の設定、固定買取価格の設定、の3点である。
- 設置場所の確保について、事業者単独で、漁業者等の関連ステークホルダーと調整することは困難である。国や地方自治体が仲介・調整役となることにより、事業者の負担を減らすことが重要である。
- 導入目標の設定について、将来市場が見通せない中で投資することは難しいため、国が明確な目標を示すことが重要である。
- 固定買取価格の設定について、コスト目標が定まれば、事業者はそれに合わせて技術開発を進めることが出来る。失敗するか成功するかは分からないが、コスト目標がない中で技術開発を行っていくことは難しい。

- 制度面でのバックアップは、事業者にとって大変重要である。安全面では、浮体式洋上風力は船舶安全法の管轄下にある。国土交通省により、「浮体式洋上風力発電施設技術基準」が2012年4月に策定された。本基準は、メーカー等との意見交換や諸外国の制度を研究して策定されており、内容に優れている。非常にスピード感を持った対応であり、浮体製作者にとっては大変有難い。
- 洋上風力を含め、再生可能エネルギーの導入は、国民負担の増加につながるため、国民の理解を得ながら導入を進めていくことが重要である。
- 海洋エネルギーの経済効果や雇用効果にも着目する必要がある。洋上ウィンドファームには日常的なメンテナンスが必要である。地元の漁業者等に講習・訓練を受けていただく、あるいは必要に応じて技師の資格を取っていただき、優先的にメンテナンス要員とすることが考えられる。また、観光客やビジネス客の取り込みによる経済効果も重要な視点である。欧州の洋上ウィンドファームには観光船などが航行している。

6 木村 健氏（関東天然瓦斯開発株式会社 茂原鉱業所 取締役）

(1) 実施日

2012年10月19日（金）

(2) 実施者

角田 智彦（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 主任研究員）
辻 早希子（（株）三菱総合研究所 経営コンサルティング本部 事業戦略グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

(i) メタンハイドレートをめぐる状況について

- 関東天然瓦斯開発では、海洋での石油開発には参加していない。ただし経済産業省のメタンハイドレート開発実施検討会に委員として加わっているため、メタンハイドレート開発の状況は理解している。
- 2001年から我が国で、メタンハイドレート開発実施へ向けた検討が開始された。フェーズ1（2001-2008年度）で我が国海域での探査、賦存有望地域選定、産出試験実施場所の確定、カナダ陸域での産出試験、探査技術・分解生成技術等の基礎研究が実施され、2009年度からフェーズ2として、我が国における海洋産出試験、生産技術・環境影響評価等の基礎研究を計画、実施している。次いで、フェーズ3で商業的産出のための技術の整備が予定されている。また、計画実現のため、産学官連携の体制の下、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムが組織された。
- メタンハイドレートの計画はチャレンジングなプロジェクトであり、国家プロジェクトとして、中長期的に研究を進めるのがふさわしいと思う。メタンハイドレートに関する日本の研究は世界トップレベルである。メタンハイドレートの地層からの産出挙動を予測するシミュレーターや、環境影響を評価するシミュレーターも開発されている。
- 「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」のフェーズ2の一環として、2013年に世界

で初めて海洋産出試験が行われる予定である。日本における産業化のスピードが遅いという印象はなく、着実に研究が進められていると思う。

- 室内での研究成果を踏まえた上で、現場での産出試験を実施することが大切である。試験において従前のさまざまな仮説の検証がなされ、また、これまで想定していなかった新たな課題も出てくるだろう。
- 現状、予算上の制約から、海洋での長期の産出試験は難しい。長期試験を実施するためには陸上での産出試験を試みるべきだと言われている。ただし、日本には陸上産出のための適地が存在しないため、米国等、海外で候補地を探すことになる。地下にメタンハイドレートが存在しうる温度、圧力などの条件が国内の陸上にない。
- 関東天然瓦斯開発では、水溶性天然ガスの開発を行ってきた。水溶性天然ガスとメタンハイドレートは地下での賦存状態が異なる非在来型天然ガス資源であるが、水溶性天然ガスの採掘においては、井戸によって産出挙動が異なることを経験的に把握している。メタンハイドレートについても、井戸による産出挙動の違いなどが予想されるので、複数の井戸での、長期的な生産データを蓄積することが望ましい。
- メタンハイドレートのプロジェクトでは、予算の融通性を高めるべきだという指摘もある。実際の海洋試験では不測の事態が起こることが十分に想定されるが、そうした場合に予算が尽きて何もできなくなる可能性がある。
- メタンハイドレート用のシミュレーターは石油天然ガス業界で使われている産出挙動予測用のシミュレーターにプラス α の要素が加わっている。シミュレーターは地下の挙動を理論的に計算するものである。生産開始から採取までの理論的な計算を行うことは可能であるが、条件設定のためのデータは現場での探査や調査で求める必要がある。地下の地質は通常、不均質であり、その不均質性も生産挙動に影響を及ぼす。シミュレーターの結果通りの産出とは必ずしもならないであろうが、シミュレーションの理論を検証する、必要に応じてそれを見直していくといった観点からも実証試験が大切である。また、現場でのデータ蓄積とともにシミュレーションモデルも改善され、生産挙動や地盤変形の予測精度も高まっていく。

(ii) メタンハイドレートの技術的なボトルネックについて

- メタンハイドレートの技術的なボトルネックは、生産レート、コスト、環境リスクの3つがあると言われている。
- 千葉県で水溶性天然ガスの開発に携わってきた。ここでは、井戸ごとに産出挙動が異なる。多くの井戸での産出挙動の把握やコストなどの改善といった経験を積み重ねて、次の新しい井戸開発へ備えてきている。メタンハイドレートの産出は減圧法が中心である。その生産レートを上げるためには、減圧法を基本技術として、さらに加熱等を組み合わせて試す方法が考えられているが、まずは現場で減圧法を試し、その結果を評価して次の生産性の向上へと取り組んでいく必要があると思う。最終的な回収率、回収量がコストにも影響する。
- 千葉や新潟県での水溶性天然ガス田において、環境面では地盤沈下に配慮して、それを抑制しながら生産活動を展開している。コンソーシアムではメタンハイドレートの生産に伴う地盤変形のシミュレーターを保有し、海洋産出試験では海底面での変形量が計測される

予定である。

- 水溶性天然ガスの販売価格は、都市ガス会社のLNGの仕入れ価格と競合できうるものである。最終的にはメタンハイドレートも同程度の価格で産出することが求められるであろう。そのためには、環境と調和させつつ、生産レートを上げること（最終的な回収率・回収量を上げること）、投資を抑えることが重要である。
- また、米国のシェールガスは資源メジャーではなく、中堅石油開発企業が手がけてきた。シェールガスの井戸1本の生産量は、従来型の構造的天然ガス田と比較して大きくはないようであるが、井戸の掘削密度が高い。陸上であるため投資が比較的抑えられ、既存技術の活用と改良、そして、地質データなどの蓄積が進み、コスト的に見合うようになったことが、今日の成功につながったのであろう。（ただし、後追いで環境問題がでてきているようである。）
- メタンハイドレートの商業生産にも実績と経験を積むことが大切であると思う。当面は、予算などの制約から、室内での研究成果を実証試験で試して、開発技術を磨いていくという仮説の検証作業を適切に行っていくことが肝要である。また、実証試験の回数を増やす、その期間を延ばすといったことは研究のスピードアップにつながるであろう。
- コンソーシアム内にはフェーズ2が終わった段階で民間企業が興味を持てる技術基盤を研究開発することを目標としたいという考えがあり、それは妥当と思う。また、現在は、まだ経済性について検討できる段階ではないという意見もある。

(iii) 国際連携による経験の蓄積について

- 関東天然瓦斯開発では千葉県における水溶性天然ガスの開発・生産に加え、米国内における小規模な石油・ガス開発事業に参加している。米国ではオペレートはしていないが、米国企業の水攻法のプロジェクトに参加している。水攻法とは、地下に水を注入し、油を増産させる方法である。
- 千葉県での水溶性天然ガスの生産の経験しかなかったため、その他の地域でのプロジェクトに参加し経験を積みたいと考えた。地下の評価は水溶性天然ガス開発にも共通する基盤技術であり、さらに、構造的油・ガスの生産方法も学ぶことで、日本における事業にも役立つとの考えから、日本の技術者を派遣して米国企業のプロジェクトに参加している。
- 米国の陸上では、大規模な投資ではなく、水溶性天然ガスと同程度の投資で生産しているプロジェクトが多くあり、また、水溶性天然ガスとオペレーション上の共通点もある。
- テキサス州からニューメキシコ州を中心として、企業を訪問するなどして、継続的に新規のプロジェクト情報を収集している。

(iv) 国際動向について

- 国際的に気になる動向としては、シェールガスがある。現在は米国中心に開発が進められているが、中国にも膨大に存在すると言われている。この動向はガス価格に影響する。中国では環境問題が深刻化しているので、今後、ガス開発は慎重に進められるのではないかと。

(v) メタンハイドレートの商業化について

- 関東天然瓦斯開発として、今後のメタンハイドレートへの取り組みのスタンスは定めてい

ない。メタンハイドレート開発実施検討会の委員として参加しているが、会社として「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」には加わっていない。メタンハイドレートに対しては、他社もまだビジネスとして参入するかを判断する時期ではないように思う。

- フェーズ2の終了時点で民間企業が興味を持つような技術基盤の研究開発が進められれば、その次のフェーズ3以降のロードマップがより明確化されるであろう。現時点で商業化の時期についてはまだ論じられないと思う。
- 長期の海洋試験や陸上試験を実施するための予算措置を講じることや国外の陸上試験候補地の探索の調整などが、産業化支援につながると思う。
- シミュレーションや資源の探査技術は、メタンハイドレート以外の分野、例えば既存の石油天然ガスの開発にも役立つだろう。研究を進めることの波及効果は大きいと思われる。

(vi) その他

- 南海トラフでの産出試験に関しては、コンソーシアムで地震の影響が検討されている。産出試験では、井戸1本から2週間～1か月程度の生産を計画している。コンソーシアムで地震が産出試験に与える影響と産出試験が地震に与える影響について検討がなされ、今回の産出試験ではともに問題はないと評価されている。また、コンソーシアム内には「環境有識者会議」が設置されており、環境面の助言がなされている。
- 石油天然ガスの開発によって明らかにされた地下情報は、通常全ては公開されない。メタンハイドレートの開発においても、国益に関わる制約も十分に配慮して研究成果が開示されている。

7 黒崎 明氏（三井造船株式会社 事業開発本部 再生可能エネルギープロジェクト部 本部長輔佐 兼 東京大学生産技術研究所 機械・生体系部門 特任教授）

(1) 実施日

2012年10月15日（月）

(2) 実施者

寺澤 千尋（（株）三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 低炭素エネルギー戦略グループ 研究員）

小野 槇子（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

- 日本における海洋資源・エネルギーの産業化の状況について
- 海洋エネルギーの分野において、産業化は遅れているという実感がある。陸上洋上どちらにおいても、立地に適した場所の確保や、関係者（近隣住民や漁業者）との調整の困難さという点から大規模な産業化には至っていない。このため量産ができず、メジャーが育たない状況である。

(ii) 日本の海洋資源・エネルギーの産業化において課題となっている点

(a) 技術的な課題

- 今後海洋エネルギーの分野で、採算性の取れる発電技術を確立することは可能だと考えている。近年は効率が良い発電技術も発表されており、技術革新の余地は大きいと考える。
- 波力、潮力に関しては技術的課題が多いが、風力は問題が解決されつつある。
- 潮流はスクリー、プロペラの回転により発電する簡単な構造であるが、メンテナンスが大きな課題である。一度壊れてしまうと、水中の構造物をメンテナンス可能な船上や地上に引き上げる必要があるため、メンテナンス戦略が重要となる。また、羽の音の魚への影響などもまだ把握できていない。
- 波力にはさらに難しい技術的課題がある。波は波長や周期が一定でないために、波の頻度等を考慮して最も多くの発電量が得られるように最適化して発電設備を構築している。しかし、台風時等に大きな波が来ても壊れることのないように、構造物全体は頑丈に設計する必要があり、コスト高につながっている。安全性やコストとのバランスを考慮した、最適な設計を検証していく必要がある。
- 設置場所にあわせて最適な技術を選ぶことも重要である。

(b) 立地

- 洋上風力発電は、浅い海では着床式洋上風力発電、水深が大きい場所で浮体式洋上風力発電の技術が用いられる。日本においては、前者に適した場所が少ないため、後者に産業化のチャンスがあると考えている。
- 海洋エネルギーのポテンシャルについては、日本でもある程度確保できると考えている。特に太平洋側では、海流や北半球中緯度の偏西風等の影響を受け、うねり等が生じ、十分なエネルギーの密度を確保することができる。水深がある程度確保できる場合は特に、エネルギーが大きくなる。いっぽう日本海側では、一年の中で波が高い時期が限定的であり、ポテンシャルは高くない。太平洋側では冬にポテンシャルが大きくなるが、ポテンシャルの把握が十分にできていないとは言えず、特に季節変動の把握が進んでいない。
- 国土交通省が管轄する港湾区域は漁業権がないため、海洋エネルギー設備の立地場所の候補に挙げられる。ウィンド・パワーかみす洋上風力発電所（茨城県神栖市）は総出力50～100万キロワットの風車設置を計画しており、これからも、港湾区域内に拡大していく予定である。ただし、港湾区域であっても、設置には近隣の漁業協同組合との調整が必要である。漁業協同組合は、工事中や操業中の音が漁獲量に影響を与えないか、周辺環境を汚さないか、という点を懸念していた。
- 現在実証しているところから成功例を作り、今後設置する可能性のある地域に対し、海洋エネルギーに対する理解を深めることが重要である。

(c) インフラ整備

- 現在、洋上風力発電所設置のための作業船は日本にはない。一般的なクレーン船はあるものの数は少ない状況であり、また海外並みの定格出力5メガワット級の風力発電機の設置能力を持つものはない。
- インフラの整備は、最初は国が支援しなければならない。海洋エネルギーの産業化には、各種インフラを備えた実証フィールドの建設が必要であり、また将来的には民営化につなげる必要がある。

(d) 環境規制・法律整備

- 環境影響は参入を検討している企業の最も懸念している点の一つであり、民間企業単体ではリスクを負うことは難しいため、国によるリスクヘッジのための支援が必要である。

(e) 漁業者との調整

1) 概要

- 日本の海洋エネルギーの技術開発や産業化においては、漁業関係者との調整が大きな課題である。水深がすぐ深くなることから、立地に適した場所に乏しいという自然条件に加え、漁業者との調整という社会的条件が加わることが、日本における海洋エネルギーの産業化を妨げる要因となっている。
- 日本においては、漁業法の中で漁業従事者の権利が保護されている。漁業権等の職業権は重要であり、先に事業を行っていたところが優先される。

2) 調整の難しさ

- 漁業従事者間でそれぞれのテリトリーの争いがあり、常に複雑な調整が行われている状況である。その中で、発電設備設置の許可等を得るには大きな困難が伴う。
- 沖合、沿岸の分け方に関して、ローカルルールが沢山あり、非常に複雑である。基本的には沿岸から2キロ程が沿岸漁協の範囲である。またこの先にも、県によっては沿岸の小型漁船を中心とした漁船漁業の範囲がある。その外に沖合漁業の巻き網禁止ラインがあるが、アジ・サバ等巻き網の小型船は認められる領域等のローカルルールもある。
- 漁業従事者と海洋エネルギー関係企業の調整は、基本的には話し合いで行われる。伊豆諸島における波力発電施設設置においては、現在では双方の話し合いにより調整ができていく。エネルギー利用という一方的な見方から計画を立てるのではなく、漁業者を含む地域コミュニティへのメリットもしっかりと考えながら、十分な話し合いのもとに調整を進めることが重要である。
- 国としては、後継者問題や海外の競合等により日本の漁業が今後10年で衰退する可能性もあることを踏まえ、その中で、どのように新しい産業を育成するかは検討課題である。この問題は長期的に考えなければならない。漁業者に対しては、新しい産業を作るという観点からの働きかけが受けやすいだろう。そのあたりは、おのずと協調できるようになるかもしれない。
- 地域エネルギー委員会（新エネルギー財団）で、2年に1度アンケートを取っている。以前は海洋エネルギーの話が出ていたのは東京都のみであったが、今は状況が違う。岩手、青森、佐賀等、多くの自治体が海洋エネルギーに関心を持ち始めており、地方が動けば国も動くだろう。
- 海洋エネルギー発電の設備は、漁礁効果がある。例えば、ワイヤーに藻がつく、小魚が集まりさらに大きな魚が集まる等がある。一方で、網が引けなくなる、イルカが寄ってきて、網が破られる等の悪影響も懸念される。今後地域毎で実証しなければならない課題である。

(f) 雇用

- 洋上風力発電で雇用を創出するには、一定程度のメンテナンス作業等を確保する必要があることから、総出力100万キロワット程度の導入が必要となるだろう。
- 洋上風力発電は、過疎地域では、観光産業を生む可能性がある。この観光産業は、個人観光に加えて、視察等のビジネス観光も含まれる。例えば、デンマークのサムソー島は再生可能エネルギーのみでエネルギー需要をまかなっている島であり、年間50万人もの観光客が訪れている。
- 発電設備のメンテナンスの雇用は、地元によっては大きな経済効果が期待できるかもしれない。地元のメンテナンス会社（マリコン等）は現状では小さいので、海洋エネルギー発電設備等のメンテナンス業務が増加すれば雇用創出効果があるだろう。このほかに研究所誘致や工場誘致など外部からの誘致、国際シンポジウムを開く等で観光客を誘致することによる雇用も考えられる。

(g) 諸外国の状況

- ヨーロッパでは、北海等遠浅で着床式洋上風力発電の設置に適した場所が比較的多い。ノルウェーなどでは、水深が深い海域で浮体式洋上風力発電の技術開発が盛んである。

(iii) 望ましい国の支援の在り方

- 国はそれぞれの課題と地域による違いを認識し、忍耐強く支援してほしい。
- 国は失敗を恐れず、失敗が次の成功にフィードバックされる体制を築くべきだろう。

8 小松 正夫氏（三菱重工業株式会社 船舶・海洋事業本部 航海技術総括部 エネルギー・海洋グループ 主席技師）

(1) 実施日

2012年10月10日（水）

(2) 実施者

武藤 正紀（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

小野 槇子（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

(i) 日本の海洋資源・エネルギーの産業化の状況について

- 現在日本で浮体式洋上風力の実証実験等が進んでいるのは、五島列島、福島沖、等限られた地域である。
- 日本は洋上風力の設置作業船等のインフラ・資機材が整備されていない。また、現状では海外から作業船等の資機材を積極的に購入するほどの開発規模にも達していない。

(ii) 日本の海洋資源・エネルギーの産業化における課題

(a) 技術的な課題

- 浮体式の場合は、浮体構造に関する研究開発を進めることが重要である。これまで造船業の中で十分技術を培ってきたが、今後はコスト低減が技術開発の際の課題となるだろう。なお浮体式は、構造物の構築に加え、洋上に設置するための曳航、係留等のコストが生じるため、着床式と比較するとコスト高となる。
- また、自動船位保持装置（DPS）に関する技術開発も重要である。浮体式洋上風力発電機を設置するために、DPSを搭載した作業船が必要である。開発環境の整備を望む。

(b) 立地

- 欧州で着床式の洋上風力発電設備の設置が進んでいるのは、遠浅で設置に適した海域が周辺に存在しているということがその背景の一つとなっている。一方、日本は遠浅の地形が少なく、着床式の適地が少ない。
- また、浮体式洋上風力発電の設置が検討される太平洋沖は、外洋であるため波が大きい。このことは、設置作業を難しくしている。

(c) 漁業者との調整

- 洋上風力発電設置にあたっては、漁業者との調整が必要となる。例えばイギリスでは、洋上風力を設置する大陸棚も王室が所有（Crown Estate社が管理）しているため、その許可を得ることで設置が可能となるが、日本では対象地域の漁業者と独自の調整を進める必要があり、それには時間や労力を有することになると想定される。

(d) 諸外国の状況と、諸外国と日本を比較した際の日本の課題

1) インフラ整備

- 洋上風力発電開発の先進国は、英国、欧州（ノルウェー等）である。着床式が開発の中心ではあるが、ノルウェーでは浮体式にも取り組んでいる。ドイツのブレーマーハーフェンにおける着床式洋上風力発電設備の設置は、全世界的に知られている。ポルトガル、ノルウェー等では、浮体式の実験設備を一基有している。アメリカは当該分野の研究開発が盛んであるため、その動向を継続的に把握する必要があると考えている。
- また、欧州では北海の石油及びガスの開発で培ったインフラを、洋上風力設備設置を含めた他の海洋エネルギー分野にも活用できている。なお、洋上風力発電設備を設置するにあたっては、ジャッキアップ式作業船が主流なものとなる。
- オランダでは、従来から浚渫作業用の作業船の整備が進んでいる。海洋土木に関連する仕事が多く、業者が多数存在していることは、洋上風力発電設備の設置を円滑に進めることにつながっている。
- 欧州では洋上風力発電設備のメンテナンスを実施する基盤が育ってきているという印象である。そのことは、デベロッパーの参入障壁を下げることにつながるだろう。
- 日本では、石油及びガスの掘削インフラがもともとなく、上記のような産業がほとんど育っていない状況である。

2) その他

- 欧州の国民の再生可能エネルギーへの関心の高さが、当該分野の研究開発を国として推進

することを可能としている側面がある。

- イギリスでは20～30年後までの洋上風力開発計画海域をラウンド1～3として段階的に設定しており、企業による開発投資判断の手助けとなっている。
- 欧州は国策として再生可能エネルギーの研究開発・産業化を進めていることが、企業の参入を後押ししているという印象である。研究開発費の積極的な補助があり、海流、潮流発電に関しても研究開発が推進されている。日本においては、そうした支援が現状では不十分であり、民間企業は参入が容易ではない。

(iii) 洋上風力発電の産業化を進めるにあたり、望ましい国の支援の在り方

- 浮体式での産業化を見据えて、まずは着床式での産業化を目指すべきであろう。資機材運搬用、浮体建設のための船舶等のインフラ整備、メンテナンス手法の確立等を経たのち、浮体式へと応用を進めることが良いであろう。
- 洋上風力発電事業に民間企業が参入することを考えると、その初期投資額の大きさと減価償却期間等を考慮すると、上述の着床式から浮体式への発展といったような長期的な開発計画を国として有していることは、企業の参入障壁を下げることに繋がると考えている。
- 大規模化することで、採算性は下がるだろう。加えて、電力の買い取り価格を陸上との風力発電と洋上風力発電で差をつける等の対応も、採算性という観点では重要かもしれない。
- 作業船を作るための資金を支援してほしい、というような具体的な要望もある。
- 洋上風力発電設備立地候補地の選定のためのポテンシャル調査や、調査に基づいた開発計画海域の設定等の実施を推進してほしい。また、漁業団体との調整を含む立地の支援を国・企業等で一体となって推進する仕組みづくりも重要である。
- 現在、アメリカやノルウェーの企業が、洋上風力発電システムを整備するための製品の販売に力を入れている。そのような機材の供給体系が整備されると、より産業化への道筋が明確となるだろう。

(iv) 当該分野における規制・基準の整備状況

- 最近国土交通省が、船舶安全法に基づく、「浮体式洋上風力発電施設の技術基準」を発行した。また日本海事協会は、「浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン」を発行した。これらの規制、ガイドラインは今後、技術開発を進める上での1つの拠り所になるだろう。これまでは、建築基準法により、洋上風力発電設備を規制してきた。しかし、建築基準法では着床式の洋上風力発電のみを扱っており、浮体式の洋上風力発電は規制対象となるのかあいまいであったが、今回、浮体式に関してそれに対応するものができたという認識である。
- これらの基準、ガイドラインは、福島沖に浮体式洋上風力発電を設置する動きを受け、急速に整備が進んだものである。現状では、こうした安全基準の国際標準が決まっていない状況であるが、日本がそれを主導した形となっている。

9 増田 信行氏 (秋田大学 国際資源学教育研究センター 准教授 兼 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 特別顧問)

(1) 実施日

2012年10月18日 (木)

(2) 実施者

角田 智彦 ((株) 三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 主任研究員)

小野 槇子 ((株) 三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員)

(3) ヒアリング内容

(i) 日本の海洋資源・エネルギーをめぐる状況について

(a) 全般

- 熱水鉱床に限らず深海底資源開発全般において、現状では産業として成立する段階にはない。今のところ陸上の資源で需給バランスが保たれている状況であり、リスクとコストの面から産業界だけで海洋資源開発に新たな投資を行っていく環境ではない。このような背景から、国が調査を行っている段階である。

(b) 人材育成

- 資源開発全般について言えることであるが、海外における開発のためにも日本人技術者の養成は必要である。資源分野でJOGMECは秋田大学と、技術開発能力や、人材、設備等を相互に利用するための包括連携を結んでいる他その他東京大学、早稲田大学、九州大学等とも同様の連携関係を結んでいる。
- 経済産業省管轄の資源大学校では、商社やメーカー等も含めた資源開発のための企業人材を育成する取り組みを実施している。

(ii) 日本の海洋資源・エネルギーの産業化における課題

(a) 技術的な課題 (海底熱水鉱床について)

1) 全般

- マンガン団塊については、鉱区は取得しているものの採掘や製錬技術等に係るコストがネックとなり、未だ採算性を確保することが難しい状況であるが、近年新たに鉱区申請をする国が増加している。また、現在、コバルトリッチクラストや海底熱水鉱床については探査段階であり、解決すべき課題は多い。

2) 探査

- 産業化という観点では、資源量の把握が最も重要な命題である。継続的に利益を確保できるように、一定以上の鉱量が確保できることが保障されることが必要である。
- 海底熱水鉱床の鉱量を把握するために最も重要な手段は、ボーリングである。今後の海底熱水鉱床の探査を考えると、白嶺のようなボーリング設備を有する船舶が今後の産業化に向けてますます必要となるだろうと考えている。地球深部探査船「ちきゅう」でも海底熱水鉱床のボーリングは可能であるが、その仕様は海底熱水鉱床の探査や探鉱には不向きで

ある。例えば、海底熱水鉱床であれば深度100m程度までのコアが採取できればおおむね目的を果たすことができると考える。

- 現在JOGMECが実施している海底熱水鉱床の探査では、鉱床の性格や規模などのデータを蓄積するためにモデルエリア（マウンド）を選定して、ボーリングを行っているところである。そこから得られたデータに基づき、採掘や選鉱・製錬の方法を検討している。
- 活動を休止あるいは停止した海底熱水鉱床が存在しているという説があるが、その存在を確認することや資源として有望なものかどうかについての検証は不十分である。
- 現在までの沖縄海域や伊豆小笠原海域での調査結果を踏まえて5,000万トン程度の鉱物資源が存在すると推測されている。この程度の規模の鉱床があることが確実であれば民間企業が開発を検討する価値が出てくるものと考えられる。今後は、この推測をさらに精緻化することとともに新たな有望鉱床を発見することで開発可能性の高い資源量を増やしていく必要がある。

3) 採鉱・揚鉱・選鉱

- 資源量、資源分布、鉱石の性質などが十分把握されていない段階では、どのような機械や設備、プロセスを用いることが最適かどうか正しい判断はできない。現段階では、鉱床の表層部分はおおむね把握されてきているが、深部や横方向への広がりなど全体像を解明するまでには至っていない。
- 海底選鉱技術が必要との意見もあるが、現状では構想段階であると思っている。現行の陸上での選鉱プロセスを深海底でそのまま適用することは大変難しいだろうし研究開発には十分な時間や予算を要するものと考えている。

4) 製錬

- 採鉱・揚鉱・選鉱同様に、鉱床の実態が十分把握されていない段階で、どのような製錬プロセスが最適なのかを正しく判断するのは困難である。
- 従来、海底熱水鉱床は陸上の黒鉱と同様であると考えられ、選鉱・製錬はその技術をそのまま適用すれば良いというような考え方があったようだが、探査が進捗するに従い、陸上の黒鉱と同様とは言えないことが分かってきている。

5) 環境保全のための対策

- 現在までの調査により、採掘そのものが海洋の生態系に深刻な影響を及ぼすことはないという結果を得ている。一方で、開発に当たって、環境への影響が懸念されるのが、選鉱後の尾鉱である。鉛やカドミウムなどの重金属分やヒ素が含まれており、廃棄する場所及びその場所の管理が問題となるだろう。
- 廃棄物の海洋投棄を規制する、いわゆるロンドン条約では、現時点では海底鉱物資源の開発に伴い発生する鉱業廃棄物は条約適用外としているが、将来的に禁止していく方向で議論がなされている。陸上で廃棄する場合は鉱山保安法あるいは廃掃法等に従うことになると思われるが十分な検討が必要である。
- いずれにしても、環境面での不都合を極小化するためには、できる限り鉱石以外の部分は海上に吸い上げないことを意識した技術開発や採掘法が必要であろう。

(b) 諸外国の状況と、諸外国と比較した際の日本の課題

- 諸外国の企業（現状で海底熱水鉱床の開発に投資している民間企業はカナダのノーチラス社とオーストラリアのネプチューン社のみ）と比較して、日本における海底熱水鉱床の開発に関する探査や技術開発が遅れているとは必ずしも言えないと考えている。
- カナダのノーチラス社は、最近資金難から海底熱水鉱床の開発活動を休止したと発表した。同社は、必ずしも資源量が多くないにもかかわらずパプアニューギニア沖での海底熱水鉱床の開発を進めていた。開発は揚鉱までで、その後採掘した鉱石を他社選鉱所に売るというビジネスモデルであり、日本で検討している製錬までを含むようなトータルの開発は考えていなかったようである。また、カナダにおいてはリスクの高い資源開発に取り組むための資金調達の方法が整備されているため、資金調達の方法など民間企業の資源開発に取り組む姿勢や環境が日本とは異なっている。

(iii) 望ましい国の支援の在り方

- マンガン団塊は、JOGMECと民間企業が共同で出資する深海資源開発株式会社が鉱区を取り、探鉱・開発を担っている。
- 一般に鉱物資源開発は民間が主体となって実施するもので、必要な場合に限りJOGMEC等の国の組織が後方支援（探鉱・開発資金の支援、技術開発などによる支援など）する形をとっている。今後海底熱水鉱床の探鉱・開発が進展する際には、民間企業が主体となりつつも、リスクの高い部分については国の支援策が必要となる可能性は高い。

(iv) その他

- 海底のレアアース泥について、今のところ産業化ポテンシャルを推定することは困難である。レアアースが泥質に含まれていることは分かっているが、その分布状況や処理方法、需給の見通しなどが十分解明、検討されているとは思われない。研究者などによるさらなる調査研究が必要である。

10 矢野 州芳氏（三菱重工業株式会社 船舶・海洋事業本部 航海技術総括部 エネルギー・海洋グループ 主席技師）

(1) 実施日

2012年10月10日（水）

(2) 実施者

武藤 正紀（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

小野 槇子（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

(i) 日本の海洋資源・エネルギーをめぐる状況について

- 自身が海洋資源に関わり始めて以来、近年は特に当該分野に焦点が当たっているように感じる。

(ii) 日本の海洋資源・エネルギーの産業化における課題

(a) 資源ポテンシャル、資源量探査

- 熱水鉱床についていえば、資源量が確定していないことが産業化への道のりを妨げる大きな要因となっている。その点、石油やガスとは状況が異なる。当該分野を統括する独立行政法人であるJOGMECによる資源量評価は完了していない。
- 資源量探査のための設備（船）については、今年完成した「白嶺」によって大きな技術的な進展があった。これまで（第二白嶺丸）では、海底面から10m程度しかボーリングすることができず、探査のための十分なボーリングデータを得ることができなかった。このことは、海底資源掘削において、産業化に結び付く素地ができていない状況を生み出していた。「白嶺」に整備されているボーリングマシンでは、50m程度ボーリングすることが可能である。さらに、船上設置型の掘削システムを有しており、海底面下を200～400m掘削することが可能である。今後JOGMECでは、白嶺を使った資源ポテンシャル調査を推進していく。
- 探査をして資源量を明らかにすることでようやく、産業化への道のりが開けるといえる。海洋基本計画⁽¹⁾では平成20年からの10年計画で海底熱水鉱床の商業化を進めるとあるが、今後しばらくは時間を有するだろう。
- 探鉱・資源量評価・採鉱等の技術的フィージビリティ評価、さらに経済性の評価については、今後も経済産業省を中心として国が主導して実施すべきである。その後の実際の開発では、産業界にバトンタッチすることが望ましい。しかしそのようなシナリオがその通り実現するかどうかは、他の多様な問題との兼ね合いがあるため、不明である。

(b) 環境規制・法律整備

- 産業化のためには、環境規制が整備される必要がある。現在では、環境アセスメント及び環境に関するルールの制定が進んでいない。鉱山開発に適用される規則としては鉱山保安法があるが、海洋の鉱物資源については規定が完備していない。環境アセスメントの考え方も整備されていない。今後の深海資源開発では鉱山保安法の整備が必要と考えている。もしある程度採算性があると見積もることのできる採鉱のシステムを構築できたとしても、開発後に環境規制に関する法律が制定された場合、その見積りを上回るコストが実際に必要となることが判明するということも起こり得るだろう。そのような事態は避けたい。国が主導し、問題が起きてからではなく、前倒しの法整備を進めて欲しい。
- ロンドン条約での規定では、海洋鉱物資源開発によって生じる廃棄物は、海洋投棄の規制対象となっていない。日本においても、ロンドン条約は十分に考慮して規定を制定して欲しい。
- ズリ、尾鉱等を産業廃棄物として処理することは、大きなコストを要する。海底への廃棄は、コストという観点では望ましいが、環境アセスメントの観点から認められないであろう。
- 石油及びガス分野では、環境アセスメントの考え方は比較的確立されている。とはいえ、産業界にとって望ましいあり方にはなっていないという印象である。環境省、経済産業省、国土交通省、文部科学省とそれぞれが関係しているが検討を一本化し、バランスの良

(1) 2008年閣議決定

い環境アセスメントに関する規制設定を実現してほしい。環境アセスメントに限らずとも、海洋資源開発の分野では、各省で予算権限が分かれており、一貫した海洋資源政策が実現しづらい状況となっている。総合海洋政策本部も、各省庁の寄せ集めでしかないと感じる。

- 諸外国においても、海洋鉱物資源に関する規制は未整備である国が大部分であるが、海洋石油及びガスでは、欧米諸国で規制の整備が進んでいる。1994年にFPSO（浮体式海洋石油・ガス生産貯蔵積出設備）を我が国で初めて英国に引き渡した際は、欧米諸国が整備していたHSE（Health safety Environment）の適用に苦しんだ。それは当時、未だHSEがルールとして確立されていなかったからで、現在では随分と規制が整備されて、設計・建造もやすくなっている。
- このように歴史的には、資源開発の発展と共に規制の整備が進むことが多い。海洋鉱物資源に関しては、現在は未だ産業化の目処が立たず、法整備やルール作りも進んでいないという段階である。メタンハイドレート、熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、レアアース泥、など、近年は海洋資源に対する期待感が高まっている。政府も期を逃さずに、ルール整備に動いて欲しい。

(c) インフラ整備

- 欧米は海洋の石油及びガスの開発によって培われてきた産業インフラ、具体的には機器や設備の基盤ができていますが、日本にはそれがない。JAMSTECによるROV（遠隔操作無人探査機）等はあるものの、これは科学目的であり、産業用の水中ロボット開発、特に重作業用ROVの開発が必要である。海洋産業インフラの弱さが、政治家の意識を海洋資源開発の政策検討から長らく遠ざけてきたように思う。我が国の海洋開発のインフラの整備は、産業界が海底資源開発に取り組む上で非常に重要な要素である。

(d) 諸外国の状況と、諸外国と比較した際の日本の課題

- 北極のボーフォート海において、アメリカとカナダの企業が国の支援を受けて海底資源の開発を行った。試掘したが結果的には十分な資源が確認されなかったドライホールに関して、試掘にかかった費用の110%を企業に補償したという。高いリスクのある海洋資源開発に取り組む際、政策に基づいた支援が不可欠である。企業が高リスクを負えるような政策を打ってほしい。未だ資源量が確認されていない現状では、時期尚早だろうが、今後経済性が確認された時には国による具体的な資源開発の支援策が示されるべきであろう。
- 海洋鉱物資源開発のようなプロジェクトでは、リスクを民間企業と国で少しずつ分配する仕組みが必要である。企業と国が、責任とコストの分担について話し合う場が必要だ。
- 我が国がリスクの大きい海洋資源開発への投資に消極的になったのは、過去の失敗例が影響しているのかもしれない。石油公団時代は、オイルショック後にエネルギーの自給を目指し、北極海における石油・ガス開発を進めるため北極石油株式会社を設立し、融資をしたが、実を結ばなかった。また、マンガン団塊の開発に関して、かつて国の資金や人材を投入して大規模に資源開発に取り組んだが、これも成果が実らなかった。こういう事例がトラウマとなり、海洋資源開発において国は慎重に取り組むようになったという印象がある。

(1) 実施日時

2012年10月30日 (火) 14:00~15:00

(2) 実施者

森 卓也 ((株) 三菱総合研究所 プラチナ社会研究センター 主任研究員)

(3) ヒアリング内容

(i) 日本で海洋資源・エネルギーの産業化が進まない(遅れている)原因は何か。

- 日本に海底資源メジャーが生まれなかった理由は2つある。一つは日本人あるいは日本社会にリスク回避志向が強いこと、もう一つは、実際に資源開発を「ビジネス」として行った経験が不足していることである。
- 前者の「日本人あるいは日本社会のリスク回避志向」については、高度成長期時代に日本全体が「先進国の後追い」「2番手狙い」で経済成長できたこと、カイゼン(改善)だけで国民全体が「食べていけた」ことが影響している。ただし、現在そして今後はそのような時代ではない。
- 後者の「ビジネス経験が不足している」と言ってしまうえば元も子もないのだが、その経験を積むチャンスは日本にもあった。1970年代前半、日本も海洋資源開発(対象は石油、天然ガス)を目指しており、通商産業省(当時)も海洋資源開発のプラットフォームレス技術の研究開発を国家プロジェクトとして主導していた。当時の技術開発目標(アイデア)のいくつかは、現在実用化され始めているものもあり、当時のプロジェクトには先見性もあったと思う。ただし、その国家プロジェクトとしての経験が「ビジネス経験」として根付かなかったことが問題で、現在では欧米企業との経験の差が大きく開いてしまった。
- 技術開発成果がビジネスとして根付かなかった原因はいくつかある。一つは、技術開発を行ってもその成果を応用する実運用フィールドが日本周辺に無かったことである。そのため、技術開発の成果を用いて、海洋資源開発に取り組む国内企業が出て来なかった。海洋資源開発のフィールドは浅い近海から深度3,000mの深海まで幅がある。深いところでも使える技術を開発したと言っても、浅い海底でいいので、実際に運用した経験を積まなければ実運用に耐えられる技術とみなされない。実運用で用いられる技術は「実績データの積上げ」が必要であり、実績データの積み上げのない技術は脆い。この部分を支えるのは産業界であるが、産業界にこの実績を積み上げるための「仕事」がなかった(資金を出すスポンサーがいなかった)。

(ii) 過去の国家プロジェクトの成果を、何故、日本はビジネス経験として活かせなかったのか。

- 成果を活かすという観点からは、日本の国家プロジェクトの制度設計上の問題もある。国家プロジェクトが立ち上がる時の理念・目標は素晴らしいが、プロジェクトが進展するにつれ、理念が忘れられ、目標がかわり、つまらない結果(ビジネスにつながらない成果)に終わるのが常である。国家プロジェクト制度の問題は、日本の行政構造にある。最初に予算を取るときは、熱意あふれる行政官が先導し、壮大な構想の下で綿密なフィージビリティ

ティ検証が行われ、万全の状態です。これは「予算を取る（プロジェクトを起案する）」ことが行政組織の中で最も評価されるためである。一方、既に開始しているプロジェクトを引継ぎ、良い結果で終わらせることは行政官として評価されない。国の予算制約がある中、施策（プロジェクト）の“Scrap and build”は不可欠であるが、“Build”ばかりが評価される。「こんな施策を始めた」は高く評価されるが、「この施策をきちんと終わらせました」はまったく評価されない。国家プロジェクトが成果を出し、その成果を産業界がしっかり継承していくことを評価する行政構造に換えなければ、海洋資源開発プロジェクトも成果が出ない。

- また、担当行政官は頻繁に交代するため、国家プロジェクトの継続性がなく、交代の度に、プロジェクトの目標見直しが発生するというロスがある。
- 「技術開発」メーカーだけでプロジェクトを進めていることも問題である。技術屋だけに閉じた技術開発コンソーシアムだと「できることをする」だけの国家プロジェクトになってしまう。国家プロジェクトには、確立した技術開発により、ビジネスをする（利益を得る）ユーザー企業が参画することが不可欠である。
- これまではメーカー主体のため、とりあえず技術開発面で一定の成果を挙げるのが国家プロジェクトのゴールとなってしまう。技術開発がゴールになること自体は否定しないが、その成果が実運用を意識したものでなければならない。例えば海洋開発で用いられる技術には「耐久性」が重要となるが、国家プロジェクトではメーカーはそれを評価するデータまでは取得しない。そのため、成果を用いてビジネスをしようとする企業は、もう一度、耐久性データを取得しなおさなければならない。
- ユーザーが明確になれば、ニーズ（＝要求仕様）が明確になり、技術開発内容そのものも変わってくる。「ユーザー」とは、商社や製錬会社ではない。本当のエンドユーザーである日本の製造業（自動車や機械産業）である。これらの産業は安定的かつ安価で原材料を確保していかなければならないため、資源開発へのユーザーニーズを具体的に持っている。このニーズに答えるような海洋資源開発を行わなければならない。

(iii) 新しい国家プロジェクトの制度設計はどうあるべきか。

- このような問題を改善するためには、国家プロジェクトを「試験操業（パイロット操業）」まで国がサポートする制度に変更するべきである。最低でも丸1年、可能であれば2～3年は実際に海洋で操業してみることが重要である。例えば、台風シーズンでのトラブルを経験しなければ本当の操業経験にならない。
- 海外の国家プロジェクトは試験操業でトラブルが発生することをむしろ期待しており、その失敗を通じて技術は進歩していくということを肌身で感じている。まるっきり海洋資源開発経験のない日本企業が欧米企業とのギャップを埋めるためには試験操業のフェーズを国がバックアップする必要がある。
- 海洋基本法には海洋分野で新産業を生み出すと記載されている。そのために必要な措置を講じるべきで、海洋基本法を額面どおりに考えれば、試験操業まで国が支援しなければ新産業は生まれない。

(iv) 国家プロジェクトはどのような体制・テーマとすべきか。

- 国家プロジェクトは「オールジャパン」でなくて良い。総合エンジニアリングの部分日本企業が抑えられれば、その他の参加メンバーは海外企業を交えても問題ない。
- 石油・天然ガス開発では日本企業がこれから総合エンジニアリングの経験を積んでも既存メジャーに勝つことは難しい。その点、「海底熱水鉱床」を国家プロジェクトのテーマとするのは非常に良い。開発規模が小さいため試験操業のオペレーションコストが小さくて済む。さらに鉱石を引き上げた後の下流産業（製錬会社）が存在するためマテリアルフローを検証できる。これが、メタンハイドレートだと、下流産業（ガス会社）につながる部分が現時点では存在しないため、マテリアルフローがつかない。勿論、熱水鉱床での試験操業経験は他の海洋資源開発でも生きるため、当面は熱水鉱床で経験を積むのが最適である。
- 「総合エンジニアリング」を担う日本企業がいなければ、公設民営で進めるべきである。ただし、この場合の「民」は試験操業の経験を生かして海洋資源開発ビジネスを世界に展開するという強い意思をもった企業でなければならない。商社は5年位で試験操業が可能となるプロジェクトであれば参加するはずである。ただし10年だと厳しい。
- 「深海資源開発株式会社」のような、事実上、国が出資している会社は存在している。そのままの形態では難しいかもしれないが、増資を行う等により海洋資源開発の総合エンジニアリングを展開できるはずである。

(v) 海洋資源開発は日本の新産業となりうるのか。

- ビジネスとして見れば、エネルギー（石油、天然ガス）よりも資源、特に金属資源が良い。金属資源は（エネルギーと比較して）代替物が見つかりにくいいため価格変動に強い。
- 海洋資源開発は、単に「安全保障」という側面ではなく、成長産業として位置づけることが必要である。今後、途上国が経済発展すれば世界的に金属需要が間違いなく増える。いまコスト面で陸上資源開発が優位だが、今後どこかのタイミングで海洋資源開発の方が、陸上資源開発よりも低コストとなる。その理由は環境問題で、いま陸上資源開発は、環境問題を無視して成立している面がある。その点を考えれば50～100年スパンで海洋資源開発を成長産業に育てるべきである。
- 現在の日本はユーザー産業（＝製造業）にのみ依存の状況（車で例えれば片輪走行）なので、車の両輪として金属資源を保有し利用する資源産業を育てる必要がある。日本は資源やエネルギーを安価で輸入できた時代に、現在の産業構造を構築した。その時代には意識されなかった諸問題（環境、生物多様性）が今後顕在化する。やっかいな廃棄物を資源産出国に残し、きれいになった部分のみを輸入し、その上に繁栄を築くという「いいとこ取り」を再考するという人類全体の意識変革が必要であり、日本自身がそのビジネスモデルを構築できれば世界に通じるものとなる。

(vi) 日本は何を強みとして海洋資源開発に取り組むべきか。

- 海洋資源開発において、日本企業は世界のトップを目指すべきであり、実際に実現できる強みを有している。日本は何より海洋資源開発のフィールドを持っていることが最大の強みである。自国海域でビジネス経験を積み、世界の海洋資源開発市場で勝負できる。

- 海洋資源開発のポイントは環境対策・生物多様性対策の技術である。例えるならば、海底の石油・天然ガス採掘は「採血」で、鉱物資源採掘は「切開」である。「採血」は注射針を抜いた後に何もしなくても傷は残らないが、「切開」は縫合が不可欠であり、縫っても傷跡は残る。どうすれば傷跡が小さくなるか、後から傷跡が目立たなくなるかを考える必要がある。海洋資源開発ではこの「傷跡対策」＝環境対策・生物多様性対策がポイントとなる。
- 当然、日本の海域で資源開発を行う場合も、環境や生物多様性への配慮は不可欠であり、日本人の高い環境意識や漁業権への配慮を鑑みると、相当高い水準で環境対策・生物多様性対策が求められる。自国海域で環境・生物多様性に配慮した海洋資源開発の実績を積み、その成果を世界にPRするとともに、そこで適用した技術を世界標準にしていくべきである。
- いま太平洋の島国の周辺海域に眠る海底資源を世界中の企業が狙っている。ただ資源開発において環境対策で手を抜けば、島国の基幹産業（観光、漁業）に深刻な影響を与えてしまう。日本が自ら環境問題に対応した資源開発のモデルを提示することで、高い信頼感の下で他の海域での共同開発を持ちかけることができる。
- 例えば韓国は国策として造船業を海洋開発業に産業転換させているが、自国海域に海洋資源は殆どないため、環境対策も「他国の海域」で経験を積まざるを得ない。中国は環境や生物多様性への意識は高くない。この点で、日本は韓国・中国と差別化できる。
- 日本は世界に対する情報発信が下手である。海洋資源開発で産業化を目指すのであれば、積極的な情報発信が不可欠である。環境・生物多様性を強く意識していること、実際にいまその対策に取り組んで海洋資源開発を行っていることを世界に情報発信していかなければならない。

(vii) 立法面での改善点について

- 実際、試験操業を行うとなると、現行法の鉱山保安法がボトルネックとなる。鉱山保安法は海洋資源開発の所与の条件になっており、例えば海洋汚濁防止法でもMiningは（鉱山保安法と重なるため）除外されている。同法は、陸上の鉱山開発に従事している人の安全と周辺住民に影響を与えないことを想定している。海洋開発を想定しておらず、時代背景も異なる。例えば鉱山労働者を保護することを前提にされても、海洋資源開発では開発現場には人はいない。逆に海洋資源開発で議論されている生物多様性への配慮といった点は完全に抜け落ちている。ただ、同法を完全に改正してしまうのが良いのか、EEZ鉱業暫定措置法のように当面は暫定措置法で対応し、試験操業を行う中で法律をアップデートしていく方が良いのかは検討すべきである。
- 深海での海洋資源開発であっても漁業への影響は不可避である。そのため、環境影響予測や回復期間予測が不可欠であり、その結果によっては開発規制も必要となるかもしれない。しかし、沿岸部の漁業権とは異なり、深海での海洋資源開発での漁業権はそれほど調整に難航しないと思われる。

12 山野 澄雄氏（株式会社フグロジャパン 代表取締役社長）

(1) 実施日

2012年10月17日（水）10：00～11：30

(2) 実施者

山野 宏太郎（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

小野 槇子（（株）三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 科学技術グループ 研究員）

(3) ヒアリング内容

(i) 日本の海洋資源・エネルギーをめぐる状況について

- 1970年代はアメリカを中心とした国際コンソーシアムがマンガン団塊採掘を目指した技術開発や探査を進めたが、1980年代に入ると深海のマンガン団塊は経済性がないということがはっきりしたので、国際ジョイントベンチャーの活動はほぼ終了した。
- 一方、日本では、1980年代になって漸く工技院のマンガン団塊採掘技術開発の大型プロジェクトを立ち上げた。1980年代は日本だけ開発投資が突出したため、現在でもある意味で技術的に進んだ位置にいる。
- いずれにしても1980年代に始まったこの大プロはその後海洋鉱物資源開発を取り巻く環境が大きく変化したにも関わらず、16年間続き、数100億円を投入するまで終了とはならなかった。大規模なプロジェクトを始めるのであれば、優秀なリーダーに責任を持たせて、プロジェクトの中止も含めた柔軟な運営ができるようにするべきである。
- 過去の海洋開発プロジェクトでは「オールジャパン」の名の下、当該分野の主要な企業が集まった。その結果、関係が複雑になりすぎてしまい、柔軟な運営ができないということがあったと思う。途中でなかなか中止することができなかったのも、そこに原因があるのではないかと考えている。当初計画にしばられて、途中の柔軟なマネジメントができなかったのが「失敗」の原因だと思う。
- 日本で真に海洋鉱物資源開発を伸ばそうとするのであれば、国内の非鉄金属系企業の考えや業界が置かれている状況を、正しく把握しておくことが重要である。現在、どのような分野・対象の開発を行っているのか、今後の計画はどうするつもりなのかなどである。各社とも多数の事業を進めているが、海底資源開発を本気で扱っている会社はほとんど存在しないのではないかと。
- 海外の海底鉱物資源の開発に関し一部のベンチャー企業の活動の動きをみて日本でも同様のプロジェクトを立ち上げるべしという方々もいるようだが、これまでのこれらベンチャー企業の設立経緯や現状を十分に理解していないでそのようなことを述べておられる方が多いのではないかと。

(ii) 日本の海洋資源・エネルギーの産業化の状況について

- 海底資源は陸上資源とは異なり、技術的観点からみても採算が確保できる状況には未だない。
- 技術開発は続けなければならないと思う。しかし陸上資源に比べて海底資源は採掘がはるかに困難でコストがかかる。現状で採算確保は困難であるという現実を辛い事だが関係

者は素直に直視するところから次の議論を展開すべきである。

- 現状はあくまでも、海底資源の採掘可能性を確認するための試掘段階に過ぎない。しかし、試掘ができればすぐにも商業ベースに乗せることができると勘違いする人が多い。

(iii) 日本の海洋資源・エネルギーの産業化における課題

(a) 総論

- そもそも、産業化が進んでいないという視点が正しいのか。既に述べたように、技術的な観点からも採算が確保できる状況ではなく、民間側から見れば産業化しないのは当然のことである。
- 海洋資源開発の採算は、将来的な資源・エネルギー需要や陸上資源の生産状況・コストなどを合わせて考慮しなければ検討できないし、開発計画を立案することもできない。海洋資源だけを単独で見ているのは適切な議論ができない。
- 海洋は、基本的には国や国際機関が管理するものであり、海洋の開発は国の開発方針に大きな影響を受ける。現状の日本でのいわゆる「海洋開発」の研究は、国の研究開発機関が粛々と進めるようになってきている。海洋基本法は理念を示したものであり、海洋基本計画において、民間レベルで実現できるものは実際にはほとんど含まれていない。
- このように海洋開発に関する動向では、民間を巻き込んだ取り組みが抜けているように思うが、本当に民間企業にも参加してもらいたいのであれば、民間企業を巻き込むためにかなりの覚悟・意思が必要である。
- 現状で採算が取れないものについて、いくら組み合わせ、積み上げて議論しても、やはり採算の取れないものにしかならず、それだけでは議論にならない。例えばアポロ計画のように、国としての強い理念・意思・目標を打ち出して、強いリーダーシップの下で計画を立案・遂行することが必要である。
- 可能性を探る意味で、探査はもっと実施すべきである。現状では探査データが圧倒的に欠けている。例えばメタンハイドレートでもまだ探査ができていない場所もあるし、熱水鉱床など探査はこれからという段階。資源の可能性をきちんと示しておけば、将来技術が向上したら、意欲ある企業が開発に乗り出すかもしれない。

(b) 法律整備

- 鉱業権は物権であり、鉱業資源を合理的に開発する為に国から付与されたものである。平成24年1月に改正鉱業法が施行され戦後のある種特殊な状況でできたと言われていた先願主義も見直され、又経済的基礎がしっかりしていなければ資源開発に参画できない等の改善がなされたことは長期的に見た場合、海洋鉱物資源の健全な開発の為に有難い事だと思う。

(c) 漁業者との調整

- やはり漁業者との調整は難しい。ただ、これは日本独自の問題ではないようであり、アメリカでも同様の問題について話を聞いたことがある。既存権益者と敵対するのではなく、協調して新たな事業をつくるという視点が必要である。

(d) 諸外国の状況と、諸外国と比較した際の日本の課題

- 有名な海底資源開発企業であるノーチラス社は、ベンチャー企業である。その背後には出資企業が多数存在しており、リスクにもチャレンジしやすい環境にある。一方、日本はそうした産業構造になっていないので、「やってみよう」だけでは事は進まず、ある程度の利益が見込まれるような事業でないと始められない。
- 風力発電については、欧米企業に比べて日本は出遅れているという印象がある。
- 日本における非鉄金属系の企業は非鉄メジャーに比べて一般に利益がその数分の一と低いので、陸上も、海洋資源開発も非鉄メジャー程投資する余裕はない。なぜ日本ではできないのかと責めても、無理がある。日本と海外とも大きな意味では類似点もあるが、基本的には探鉱費は経費として処理できるので、欧米の非鉄メジャーは可成の金額になる利益の一部を研究・開発に充てることができる。一方、日本では、探鉱費が投資という位置づけにしにくい場合もあり、実質的には探鉱費を投資という形で出資し投資分を回収することが前提となる。そのため、事業を始めにくいし、一度始めてしまうと中止することも難しい。
- イギリスのヨーロッパ海洋エネルギーセンター（European Marine Energy Centre : EMEC）などは、国として共同研究のプラットフォームを提供しているという点で注目事例ではないか。日本でも最近では経済産業省、環境省、NEDO等が主導して積極的に技術開発を行っていると思う。