

海中コロニーの建設

慶應義塾大学 理工学部3年

北村 太司 きたむら たいし



資源とエネルギー問題、世界人口増加の問題などに対して、海中コロニー建設を提言。構想が雄大で夢があることに加え、既存の海中都市構想に比べて、維持・メンテナンス作業にAIロボットを用いたり、ハニカム構造といった独自のアイデアを提示している点も高く評価されました。

1. はじめに

現在の日本にとって、また世界にとって一番のリスクは何であろうか？ 私は何よりも資源とエネルギーが問題であると考えます。日本は国土が約37.8万平方キロメートルと狭く、資源やエネルギーが算出するような土地はあまりない。しかし領海で約43万平方キロメートル、排他的経済水域では約447万平方キロメートルという、世界でも第6位の面積を保有する国である¹⁾²⁾。

海中コロニー建設は、大規模な公共事業に適しているだけでなく、将来的な利益の取得が見えやすく、先行することで技術や特許を他国に輸出することも可能である。

以上から、日本の資源・エネルギー問題の解消、有効な公共投資、世界人口増加問題への対応として「海中コロニー」の建設を提案したい。

2. 展望・実現して良くなること

すでに海中都市の実現案としては、清水建設より「OCEAN SPIRAL」が提案されている³⁾。私が考える海中コロニーもこれに近いが、海中都市の維持・メンテナンス作業や深海作業などをAI化されたロボットで行う点と、食料生産基地としての人工漁礁の構築が、新しく付け加えた点である。

以下に、海中コロニーによるメリットを挙げていきたい。

- ① 海底資源・天然ガス・メタンハイドレードの採掘
- ② 深海で低温・高圧の実験や工業を簡単に行える
- ③ 新たな居住空間の創設
- ④ 新たな漁場を作成し、食料資源を確保できる
- ⑤ 新たなエネルギー源の開発
- ⑥ 将来的に利益が見込める大規模な公共投資
- ⑦ まだ他国が着手していない先端技術を手に入れられる

まず①についてだが、天然ガスについては従来の海底ガス田の技術を応用する。次にメタンハイドレードなどの採掘だが、現在研究されている減圧法ではなく、AI化されたロボットを使用する。このロボットはハチやアリのように、階層的な役割を持つロボットである(図1)。ハチやアリは個々は高い知能を持っていないが、群れ全体ではまるで知能があるかのごとく正確に巨大な巣を作り、分業によって子育てやエサ集め、外敵の排除を行う。これをモデルとして、上位のリーダーロボットが作業に必要な命令を配下のロボットに伝え、個々の作業ロボットは単純な命令を実行する能力だけを持つAIシステムである。末端の作業ロボットは同一の仕様で作られており、海底を掘りメタンハイドレードを掘り出して一定の容器にメタンハイドレードのまま格納し、集積場まで運ぶ。集積場では集めたメタンハイドレードのポケットを、海底エレベータに積み上げる。

ここで登場するロボットは、1:人間からの命令を配下の作業ロボットに伝達する女王ロボット、2:採掘・運搬を指揮するリーダーロボット、3:メタンハイドレードを採掘・パッケージ・運搬する作業ロボット、4:作業ロボットをチェック・メンテナンス・エネルギー補充するロボットの4種類である。

人間はロボットに「作業の開始と停止」「撤収」程度の命令しか与えず、あとは自律的にロボットたちが作業を行う。またメタンハイドレードは深海で採掘されたまま格納されるので、地上での保管や運搬・貯蔵も便利である。

②は、深海層(水深3,000~6,000m)ともなると水温は1~2度、水圧は300気圧以上ともなる⁴⁾。この低温と高い圧力を利用すれば、地上に比べて様々な化学工業が容易に実現できる。

③は、海上または表層と言われる部分に構築する人間が居住する施設である。オーシャンスパイラルのブルーガーデンに相当する。私はこの居住部分は、球体の二重構造とすることを提案する。この居住部分は球体部分を外殻と内殻の二重構造とし、内殻部分は外殻に対して浮かんでいる状態にすることで、外か

らの揺れを軽減する(図2)。

また居住空間とする内部は、ハニカム型の階層構造とすることで、破損して海水が侵入してきた場合でも被害が一部に収まるようにする。これも図にするとスズメバチの巣のようなイメージとなる。居住空間としては球体が望ましいかもしれないが、農業プラントの場合は、逆ピラミッド型やダイヤモンド型が良いだろう。尖った部分を下にし、内側に柵田や段々畑のような階段状にすることで、栽培面積をできるだけ有効にする。海面に出ている上部では、レンズやミラーを用いることで効率的に内部に光を取り込むようにする。

④の新しい漁場の作成は単純である。丈夫で腐食に強い繊維(炭素繊維を想定)で目の非常に大きく太い巨大な網を作成し、ブイなどで大洋上に浮かせておく(図3)。網自体は海水よりは若干重いものとし、この網が流されてしまわないように海底やコロニー本体にロープで固定しておく。あとはこの網に海草が繁殖し、そこにさまざまな生物が住み着き、イワシなどの魚類が住み着くのを待つだけである。これらの浮遊漁礁を多数作ることで、利用可能な水産資源はさらに増えるだろう。また、中層に莫大な資源量を持つハダカイワシ類も、有益な食料資源である。中深層遊泳性深海魚の資源量は10億トンとも言われており、これらの豊富な未利用資源を活用することも考えられる⁴⁾。

⑤の新たなエネルギー源としては、第1に海洋温度差発電で

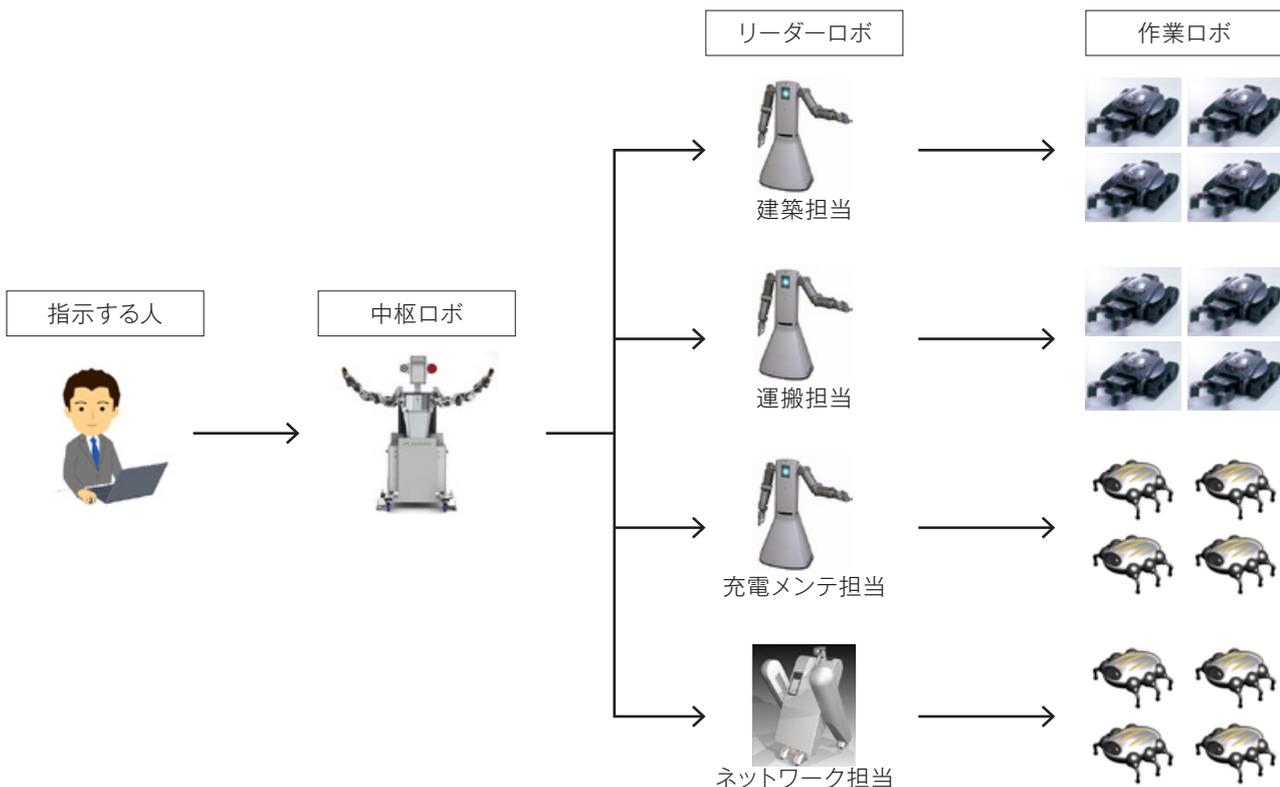
ある⁵⁾。これは既にある程度実証されている技術であり、深海と表層の海水の温度差によって発電する。第2には海流発電がある。既に黒潮での海流発電は東大、IHI、東芝、三井物産戦略研究所で研究が始まっている⁶⁾。日本のEEZ内では他にも3つの海流があり、そちらでも発電可能だろう。第3に波力発電である。ジャイロ方式で波の上下動を回転運動に変換し、海上に設置することが可能である。第4に潮汐発電である。浮遊する居住部分は、多数のケーブルで海底と接続されている。これらに多数の発電装置を取り付け、潮汐力により居住部分が上下動することによって発電する方式である。

これらのエネルギーを併用することで、海中コロニーはエネルギーが自給できるだけでなく、日本本土に対してもエネルギーを供給できるようになる。

⑥としては、海中コロニーは巨大な公共投資となる。清水建設では深海平原(3,000~4,000m)に建設した場合、費用を3兆円と見積もっている。日本の2016年度の予算案が96兆7,218億円で、公共事業が5兆9,737億円、文教科学に5兆3,580億円となっている⁷⁾。この公共事業と文教科学から1兆円ずつ捻出すれば、既に2兆円である。あとは民間から株式として公募すれば、1人当たり9,000円としてほぼ1兆円となる。この程度の投資なら、希望する人は多いのではないかと

1kWhの発電コストは、石炭火力が12.3円、LNG火力で

図1 ハチやアリのような階層分業ロボットによるAIシステム



13.7円、太陽光発電で24.3円となっているので、海中コロニーでの発電が1kWhで15円程度なら採算が取れるだろう⁸⁾。仮に1カ所の発電量を100万kWとして、単純計算で10年間に1.3兆円の電力を売り上げることができる。電力だけでほぼ建設費用を賄うことが可能である。

メタンハイドレードの場合は、天然ガスの価格は変動が大きいですが、純国産エネルギーとして算出できることのメリットは大きい。他にもレアメタルやコバルト・リッチクラスなどの海中資源、漁業資源に農業プラントなどから上がる利益が期待できる。

また海中コロニーと陸上との交通手段は、船舶以外は飛行艇が良いだろう。日本は自衛隊が採用しているUS-2があり、これは世界的にもきわめて優秀な飛行艇である。着水可能波高3m、航続距離4,500km、離水距離280m、着水距離330mと、他国の飛行艇とは比べ物にならない性能である⁹⁾。この極めて優秀なUS-2を旅客機・輸送機として海中コロニーへの航空輸送に転用することで、日本の航空業界へのメリットになる。

以上のように、海中コロニー建設は新しい日本産業の活力に十分になり得ると考えている。

⑦では、海中コロニーの建設を本格的に研究している国はあまり聞かない。日本が早期に海中コロニーの建設に取り組むことで、先端技術や特許等の先行者利益を得ることが出来る。さらには海中コロニーを維持していく上で、重要なメンテナンスのノウハウなども得られる。

また、地球人口増加問題にも解決の手段になり得るだろう。地球上の人口は2015年時点で約73億人である。2000年時点の61億人から約12億人も増えおり、2050年には97億人にも達するという予測もある¹⁰⁾。このままでは人が住める土地、食料、エネルギーが不足してくることは明白である。海中コロニーは、これらの世界的な問題の解決手段となり得ると同時に、建設から維持・メンテナンス等の技術は世界中で必要とされるだろう。

以上が、海中コロニーを建設することで得られるメリットである。純国産の資源とエネルギー、世界規模の巨大市場の創出、そして世界のどの国も未着手であること。これらから考え、海中コロニーの建設は日本にとって大きなメリットをもたらしてくれる産業だと言える。

3. リスク・実現して悪くなること

海中コロニーの建設に関するリスクは、やはり台風や地震などの天災が第一に考えられる。

まず台風についてだが、これは海中に潜水することによって回避できる。台風では海上は大きく荒れるが、海中では深く潜れば潜るほど安定していて台風の影響を受けない。よって、海中コロニーの浮き沈みを調整しているバランスボールに注水して海面下200m程度に潜水しておくことで、台風の影響は避けられる。

次に地震についてだが、津波が一番のリスクである。海中に潜水しても、津波の場合は海上から海底までの水全体が動いているため、避けることにはならない。ただし深度3,000mくらいの深海平原に建設する海中コロニーでは、海水が上下動するだけで、陸上沿岸部ほどの破壊的な被害にはならないと考える¹¹⁾。過去の例を見ても、大地震が発生してもそれで海洋を航行中の船舶が沈んだ記録は見当たらない。

私が海中コロニー建設で一番の問題と考えるのは、領海問題である（正確には排他的経済水域の問題だが、簡便に領海問題と記述する）。日本では、中国との間で尖閣諸島問題、韓国との間で竹島問題、ロシアとの間で北方領土問題がある。

海中コロニーが建設されるようになると、領海が新たな領土になるため、各国が今まで以上に領海問題に神経を尖らせるようになるだろう。

図2 二重構造・ハニカム型の居住空間

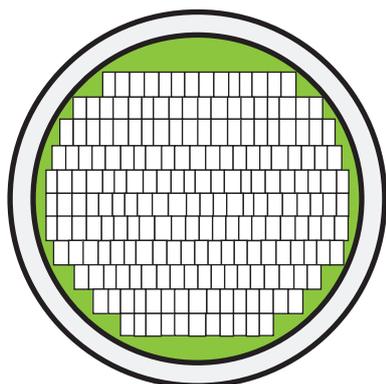
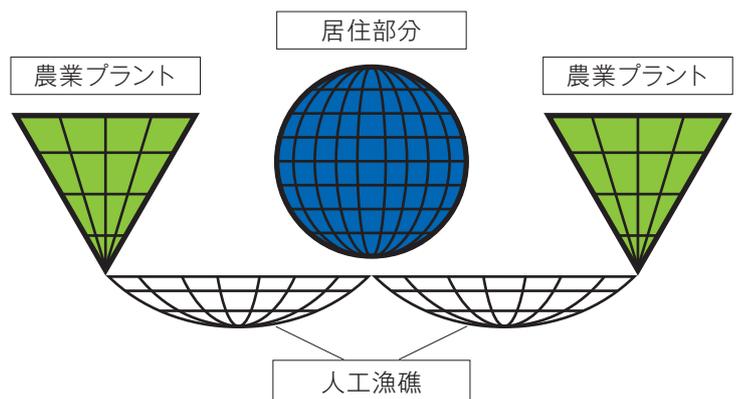


図3 居住部分と農業プラント、人工漁礁の構造



4. 課題・実現するための問題点

海中コロニー建設などと言うと、あまりに壮大で荒唐無稽な話に思えるが、上記のように1つずつ検討してみると、現在の日本のさまざまな分野の技術を結集すれば決して実現不可能ではないと思われる。この論文上で、現時点で実現できていない技術は「ハチやアリのように自律的に行動するAI搭載ロボット」のみである。しかし、これも私は実現可能であると考えている。

複雑な命令を出すのは人間であり、各作業ロボットは単純な命令を実行するだけだからだ。海中コロニーの建設が終われば、リーダーロボットを入れ替えることで、コロニーの維持・メンテナンス、またはメタンハイドレードやコバルトリッチクラススの採掘に転用することができる。このように海中コロニーの建設については、技術的には大きな問題はないと考える。

また、国による海中コロニーに関する法整備も必要だろう。同時に、国際社会への根回しと排他的経済水域の問題も、明確にしておく必要がある。海中コロニーを建設してから「その場所は歴史的に我が国が利用していた海域である。日本の施設建設は認められない」などと言われることがないように、入念に調査した上で、近隣国以外の諸外国にも日本を支援してくれるように調整しておくことが必要だ。

5. おわりに

以上のように、私は「世界を変える、新たな挑戦」として「海中コロニーの建設」を提案する。海中コロニーの建築による海洋開発は、日本の産業や経済を発展させるだけでなく、世界全体の人口増加や食料問題、エネルギー問題にも有効な手段になり得ると考える。今までは漠然と自分のイメージとして考えていただけであったが、今回の小論文を書くにあたってさまざまな資料を調べてみたところ、実現性は高いということに気が付いた。海中コロニー建設は大きな景気対策になると同時に、日本の戦前からの夢であったエネルギー自給にも貢献する。海洋資源の有効利用は、日本だけでなくこれからの世界にとっても必要である。日本がその先駆けとなり、先行者利益を得て、全てがWin-Winの関係になることを期待している。

文中注

- 1) 山田吉彦『日本は世界4位の海洋大国』講談社+a新書、2010年
- 2) 海上保安庁 海洋情報部 「日本の領海等概念図」
http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/ryokai/ryokai_setsuzoku.html
- 3) 清水建設 シミズのごと「シミズ・ドリーム OCEAN SPIRAL」
<http://www.shimz.co.jp/theme/dream/oceanspiral.html>
- 4) 静岡県水産技術研究所「静岡県周辺に生息するハダカイワシ科魚類の脂質成分について」『碧水』第143号、2013年
http://fish-exp.pref.shizuoka.jp/04library/4-7/pdf_hekisui/hekisui_no143.pdf
- 5) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構編「海洋温度差

発電の技術の現状とロードマップ」『NEDO再生可能エネルギー技術白書』pp.365-406、2010年

<http://www.nedo.go.jp/content/100107275.pdf>

- 6) 日本IBM企業広報誌『mugendai』海洋技術でグリーン・イノベーションをー「黒潮」の巨大エネルギーを海流発電として利用しない手はない」2014年5月30日
<http://www.mugendai-web.jp/archives/1330>
<http://www.mugendai-web.jp/archives/1346>
- 7) 財務省ホームページ 平成28年度予算政府案「平成28年度予算のポイント」
http://www.mof.go.jp/budget/budger_workflow/budget/fy2016/seifuan28/01.pdf
- 8) スマートジャパン 「2030年の発電コストが決まる、原子力は10.1円、太陽光は12.7円」2015年4月28日
<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1504/28/news036.html>
- 9) 新明和工業株式会社ホームページ 航空機事業「世界の飛行艇」
http://www.shinmaywa.co.jp/aircraft/us2/us2_world.html
- 10) 総務省統計局「世界の統計2016」第2章2-1世界人口の推移(1950~2050年)
<http://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.htm>
- 11) 石垣島地方気象台ホームページ「津波の基本知識」『津波防災マニュアル』八重山地方防災連絡会作成 平成25年3月
<http://www.jma-net.go.jp/ishigaki/tmanual/pdf/m5.pdf>

参考文献

- ・ 経済産業省 資源エネルギー庁「資源物資源政策——海洋開発施策の概要」
http://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/mineral_resource/002/
- ・ 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構[JOGMEC]「海の資源・エネルギー」
<https://www.jogmec.go.jp/content/300059269.pdf>
- ・ 財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター[SCOPE]「特集 海洋資源の可能性——日本の海を活かす」[SCOPE NET] 2011 SUMMER VOL.60
http://www.scopenet.or.jp/main/scope_net/pdf/vol60.pdf
- ・ 東京大学東洋文化研究所 田中明彦研究室『世界と日本』戦後日本政治・国際関係データベース「海洋法に関する国際連合条約」
<http://www.ioc.u-tokyo.ac.jp/~worldjpn/documents/texts/mt/19821210.T1J.html>

【受賞者インタビュー】

手直しを繰り返して
論文をまとめ、
高校時代に続いて
コンテストに再挑戦



——コンテストに応募した理由、きっかけは？

高校時代にインターネットでこのコンテストを知って応募したことがあり、大学生の間に再挑戦しようと思い、今回応募しました。

——この論文を書く上で苦労したことはありますか？

草稿では規定の5千字の倍以上の量になってしまい、大胆に内容をカットする必要があり、応募のために10回近く書き直したことです。

——この論文を書いたことで良かったことはありますか？

SFの世界にしかないと思われる海中コロニーも、現代の技術を持つてすればまざら夢ではないと考えられるようになったことです。改めて「夢を持つて大切だな」と感じました。

——今、どんなことに興味を持っていますか？

AIやロボットの技術の進歩と、それらが人や社会とどのように関わっていくかについて、強い興味を持っています。