海洋スペースの利用と開発

佐久田昌昭*

はしがき

海洋スペースを利用するという知恵は，人類創世紀よりすでに発達していた。古代文化発生のナイル河口，チグリス・ユーフラテスのデルタ地帯，黄河流域等々の遺跡を見ると，そこには，水を利用した人類社会，あるいは水が主要な構成要素であった共同生活が存在したことがわかる。また，同時にそれらの河に接続する海を利用し，近隣の社会，対岸の異民族との交易を行ない，文明が展開してきた事実も明らかなことである。一方，人類は，海から生存に必要な資源を獲得していた。海水から“塩”を得，海中・海岸より魚・海生物・貝類を得て，個人・家族・種属の生活を行なっていたことも事実で，至るところにその“跡（貝塚）”がある。海に関する神話が多いことも，わが国の祖先が，海を利用していた証明であろうか。

このように，海洋スペースの利用は，海上交通・運搬の場としての活用，塩・海生物獲得の場としての活用という二面で，大古から行なわれてきた。この数千年の歴史の過程で，技術の進歩，技術の交流はたえず行なわれ現在に至っている。海面上の運輸は，50万トン超大型タンカーで代表される大型化，30ノット船団の拡大という高速化の傾向で高能率をはかり，海水淡水化，増養殖漁業のごとく，海水の徹底利用，人工的な海生物の育成に進んでいる。以下，これら海洋スペースの利用と開発の現況を述べて，あわせて将来の展望を付記したいと考える。

1. 海洋開発の現況

表—1 に，「資源の獲得」と「スペースの利用」という二大項目に分類した海洋開発の内容を示す。これによって明らかなように，海洋開発，とくに海洋スペースの利用について構造物・海洋構造物の開発が中心を形成していることがわかる。資源の獲得の一部（淡水・造塩プラント）を除き，人間が自由に制御しうる海洋スペースをいかにして得るか？　そのために構造物はいかなるものか，いかなる形状・仕様で必要とされるかという設問がスタートになって，海洋構造物の開発が行なわれつつあるともいえよう。「はしがき」で述べたごとく，海洋開発が，宇宙開発・原子力開発と異なって，在来の技術を引き継ぎ，同じ分野での開発，その結果として，在来産業との境界線・境界面の不明，海洋開発がいかなる内容を持ち，どこまで含むのか？という質問に対する回答いかんで，**表—1** の内容は異なるのであるが，このような分類も，一つの方法と判断し示したしだいである。海上，海中，海底という位置で分類するのも方法であろうし（資源の項の分類），対象物，目的で分類する方法（スペースの利用の項の分類）もあろう。

海水から塩を採取する方法は，ここ30年ですっかり変わった。塩田法にかわり，隔膜・蒸溜技術の進歩で，大量かつ安価な塩および海水含有物質が，安定して獲得できるようになった。瀬戸内海沿岸の塩田の消滅が示すごとき現況である。また，工業用水の不足は，わが国にも局部的に発生し，大容量の淡水化プラントの建設が，地方自治体においても計画されてきた。外国では，中近東の砂漠地帯ではすでに淡水を，石油関係プラント，都市上水用の面で実用化し，その容量も数十万ガロン/日という大規模なものに成長している。海水による冷却装置と表裏一体となって組み合せているところもある。

海から魚を獲得する水産業は，過去における自然栽培，収奪的手法にかわり，水産資源を増養殖するため，品質の改良から，人工的な生育の制御法まで，一貫した人工栽培・資源保護的手法に変わりつつある。とくに世界人口の増加量と必要たん白資源確保の問題から，海洋牧場の急速な研究・開発が要請されている。全国各地の水産試験所，栽培漁業センターにおいて，これら増養殖技術は着々と開発されつつあり，タイ，ハマチ，エビ類については，著しい成果を収めつつある。

海底面には，「砂鉄」をはじめ，マンガン，ニッケルを豊かに含んだ，いわゆるマンガン・ノジュール（塊）がある。砂鉄の現在必要量は，わが国でも海底から採取しているが，マンガン，ニッケルについては，今後の技術開発の進捗で，“いつ”“どこで”（水深何米で）経済的に可能となるかが決定されよう。自然の精錬プラントで精製された鉱物資源を，人類が新しく入手する時代も遠

* 工博　芙蓉海洋開発（株）常務取締役

からず到達しよう。現在，わが国およびアメリカ合衆国においては，試験的に 3 000～5 000 m の水深の太平洋海底から，種々の資源をバケットで採取している。

海底内には，陸地と同様に各種資源が埋蔵されていることは当然であるが，わが国でも昔から陸上から斜坑を海底に向けて掘進させ，石炭その他の資源を入手していた。近年，陸上における石油・天然ガスの探査技術の進歩が海洋にも応用され，相当な信頼度で，かつ能率よく海上を航行する調査船で埋蔵地域の探査が可能になってきた。この裏には，慢性的な石油需要対供給比のアンバランスがあり，現在では水深の 100 m 海底石油，天然ガスでも，条件によっては，経済的にその採取が成立するようになってきた。北海海域，メキシコ湾海域，また渤(ぼっ)海湾海域が，現在および近い将来，大規模な採油計画が行なわれるところとされている。

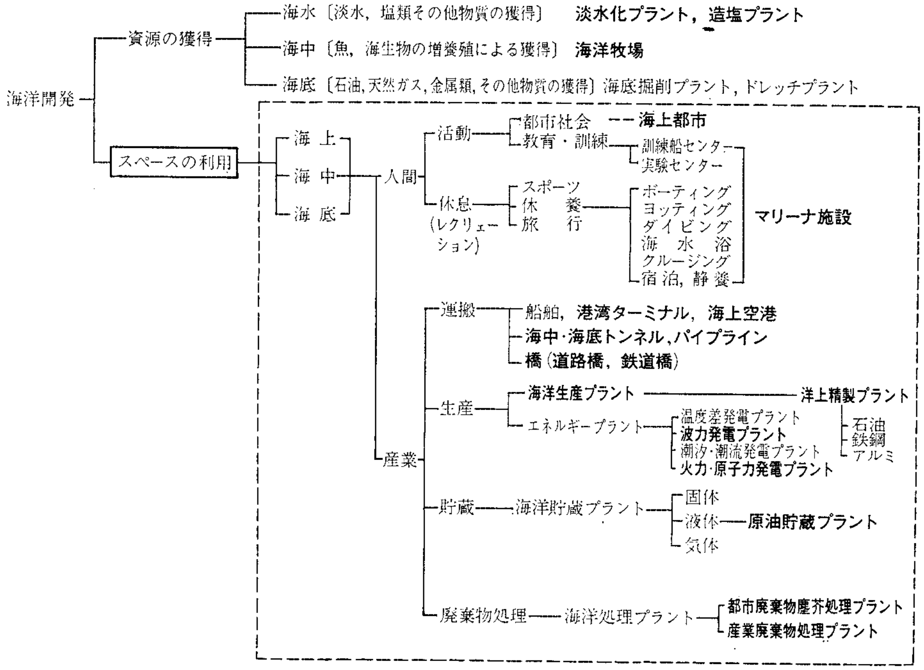
2. 海洋スペースの利用

(1) 人間中心の海洋スペースの利用

表―1 で示したように，人間中心海洋スペースの利用の場合は，海上都市と海浜レクリエーション基地（広義のマリーナと解釈）に分類されよう。海上都市の構想は最近の既存都市の否定からスタートしているが，海上に人間生活の基盤を移すことには，陸上生物の人類の本能から問題視する人々が多い。自然の緑の中に生活の場を求め，情報システムの開発を頼りに，新しい共同社会，新しい都市を形成する傾向は強まると考えた場合，海上都市が成立するには，そこに画期的な技術開発と，需要の増大がなければなるまい。イギリスのピルキントン・グループの提案（海底固定式），ハワイ沖の海上都市構想（浮遊式），等々があるが，まだ実証されたものはない。わが国では，昭和 50 年（1975）開催予定の沖縄海洋博の政府館に，直径 100 m 強の浮遊体を半潜没式にて設計・建造し，水深 100 m 以内の沿岸浅海域にアンカーさせ，この内部に 3 000～4 000 人の不特定多数の一般観客を収容する予定である。この政府館の使用結果によっては，貴重な資料を得ることができよう。とくに台風通過海域における巨大浮上構造物の安全性の問題，数千人に及ぶ一般客の海上での挙動，防災安全性の検討等々，われわれが深い関心を持つ質疑に対し，ある程度の回答が得られるものと期待している。また「島を活用しての人工地盤建設，新しい島づくりへの積極的協力も考えられ，島々で構成されるわが国の場合，とくに開発を急速に進めるために，この離島開発と海上都市の構想は不可分の関係になると考えられる。

次のマリーナについては，土木と密接に関係あるもので，各種の施設に関し，新しい開発が活発になされつつある。元来，海を教育・訓練のスペースとして利用することは，海事を職業とする者，一般青少年を問わず対象

表―1 海洋開発の内容



注：ゴシックは 海洋スペースの利用に直接関係ある「施設」を示す.

にして行なってきたことである。冒険心・決断力の養成，自然力と人間の力の調和とそれらの限界等についての理解を得られる海洋訓練は，わが国のごとき海洋国家では，昔から各地で各様に行なわれてきた。「遠泳」は，その中で一番素朴な形であろう。

これに加えて，人間の休息のための海洋の利用も，開発されてきた。海浜を利用しての海水浴・日光浴に始まり，ボート・ヨット遊び，次いで海中へ，スクーバーを整備して，潜水して楽しむ水中ダイビング，大洋に乗りだし帆走するクルージング等々，精神の休息のためのレクリエーション，肉体の休息のためのスポーツ，いずれも海と陸との接点である海浜を中心にして発達してきた。マリーナは，この教育・訓練と，レクリエーション，スポーツの目的の施設を一体化したもので，現在は在来のボート・ヨットハーバーが中心施設のごとき観があるがしだいに多様化するにつれて，施設の構成も複合化するであろう。欧米では，週休2日制の普及と社会の価値観の変化で，人間らしい生活を目的とした，これらレクリエーション施設への需要は急速に増大し，とくに変化の激しい海浜のスペースを利用した海浜レクリエーション施設・マリーナ施設への庶民の期待は大きい。一部の先進国では，長期休暇制の拡大も加わって，セカンドハウス（別荘）の付属した，マリーナ施設が建設されつつある。わが国でも，最近は大都市の近郊にプレージャボート基地を中心に，分譲別荘・アパートを建設し，本格的な海浜レクリエーションをめざす計画が数は少ないが実現しており，また計画されつつある。とくに複雑な海岸線と内海を持つわが国の特徴として，これらを群・グループとして活用するクラブ制度も，いよいよ活発化するものと考えられる。

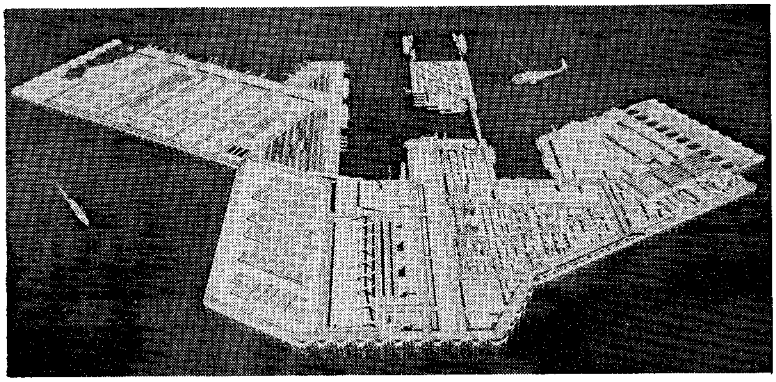
（2） 産業中心の海洋スペースの利用

運搬の面では，規模の拡大，システムそのものの変化により，船舶，ターミナル施設の変化が行なわれつつある。船舶の質量二面の変化は，港湾施設の変化を強制している。高能率のための船舶の大型化・高速化は，大水深のバース，コンテナ用ヤード，艀（はしけ）（バージ），ラッシュ船用ヤードの新設，荷扱い設備の近代化を促進させたわけである。これらは，いずれも海洋構造物の開発と密接に関係していることは明らかである。大水深の海底への大口径パイル打設，あるいはジャケットの定着等の現場技術の開発が要請されている。

騒音・保安のため，存来陸上に設置されていた空港を海上に移すという海上空港構想は，わが国でも欧米でも提唱されてきたが，大都市に近接する国際大規模空港の場合，付近住民との利害の調整が陸上の場合不可能と判断され，急速に具体化されつつある。4000 m 級の滑走路，膨大な乗客・貨物取扱い施設を含めると 1000 ha の面積を洋上に確保することになり，量的な面からの施工技術の開発が要望されている。既得諸権益が，陸上に比較してまだ多重化していない海上の場合でも，海上空港の対象となる大都市に近接した海域は，当然航行権その他複雑で，建設期間中，運航開始後のこれら諸権益の調整には，狭い海域での急速施工，材料のプレキャストプレハブリケーション化が求められている。これら海上空港と陸地―陸地間を結ぶ海中トンネル，海底トンネル計画も順次実行・実現されている。超浅海での短距離海中トンネルは，鋼製またはコンクリート製の沈埋管工法で成功し，海底トンネルは戦中の関門鉄道トンネル，戦後の本州・北海道連絡（青函）トンネルに代表されるが一方，海底（海中）パイプラインも，直径数 in パイプという上水道パイプから始まり，最近では直径数 m の送油パイプにまで拡大されてきた。海底からの原油の採取地点から，陸上貯蔵タンク，シーバースまでの原油の移送など，いずれも大口径鋼管パイプが要求され，水深 100 m までの設置は可能になってきた。そのための敷設作業船をはじめ，作業システム全体の開発等が活発に行なわれているのが現状で，近い将来，これら作業の信頼度も高くなっていくものと考えられる。また，移送するものも一般原油のごとき液体のみではなく，粉体を，固体を，スラリー状のものをと拡大され，コンテナ状のユニットも取り扱えるようになるのが望ましいとされている。

海上スペースを利用して運搬に供する手段の一つに，古来用いられている“橋”があるが，わが国では，本四連絡橋の大工事がいよいよ本年秋からスタートすることになる。詳細は省略するが，下部工・上部工いずれも大半は海上・海中での工事となり，とくに急潮流での水深 50 m 下の下部基礎工作業は種々の困難が予想される。これらが完成すれば，わが国の海洋構造物の計画・施工技術は，画期的な進歩をとげることは疑いない。

生産面では，わが国の場合，生産の場を海洋に確保しようという傾向が強くなってきた。元来，原料輸入，精製・加工・組立てを行ない，さらに完成品を輸出するわが国では，臨海工業地帯が基幹産業の場として成立してきた。東京湾岸（京葉・京浜），伊勢湾岸（中京），大阪湾岸（阪神），洞海湾岸（北九州）の埋立地およびその上に設置された大規模・集中プラント群が新鋭高能率であることから，現在の日本経済の急速な発展が可能だったわけで，欧米でも内陸工業地帯，河岸工業地帯からの臨海地帯への移動が活発化しているのも，この教訓に基づいている。しかし，一方，わが国の場合，これらの工業地帯が在来の都市機能と重複して建設されたため，人口の過密化，都市廃棄物と産業廃棄物の影響の混在化が



洋上コンビナート全体構想の一例
総面積 950 ha，2 000 万 t 製鉄一貫プラント，30 万 t アルミ精錬プラント，30 万 BBL・30 万 t（エチレン）石油化学プラント，原子炉・淡水プラント・廃棄物処理プラントを海上の人工地盤上に設置し，5 万 kl 容量のコンクリート製タンク 3 000 個が海中構造物を形成する．タンク躯体は二重構造であり，水深 50～70 m の外洋，汀線から約 10 km の沖合を想定し，1985 年運開を目標としている．総建設費約 1 000 兆円．

行なわれ，“公害”問題が緊急に解決を必要とされることになった。これと一体となって，人間生活を太陽と緑に囲まれた自然環境でという社会運動が活発となり，生産プラントの隔離化が行なわれる傾向も生じてきた。これら原材料輸入・加工・輸出パターンと，自然環境の保全の両面から「海洋生産プラント」の構想は成立するわけで，湾内の人工島の建設からスタートし，現在は，外洋の水深 50 m の海域での人工島で，数千 ha 規模のものが提唱されている。日本列島改造，国土利用計画の見直しから，大都市に偏在していた各種生産プラントが，地方に分散することは一段と促進・実施されるであろうが，プラントが群になって，そのメリットを相互に受ける在来のコンビナート構成プラント，あるいは基幹産業の生産プラント群の場合は，この海上（海洋）生産プラントに移行していくものと考えられる。そこはエネルギー発生・供給プラント・廃棄物処理プラントを併設した一大人工島であり，大水深を利用しての超大型船用バース・流通センター的機能もあわせ持つ洋上基地と多様化・複合化していくであろう。エネルギープラントとしては，現在波力発電が浮標の電源として実用化しているが数 kW 程度であり，大規模化には，相当の技術開発が必要となろう。ただし，独立した浮標には，広範囲に利用されることは，発電の原理・利用法から当然といえよう。潮汐の干満差を利用しての発電はフランスで実用化されたが，わが国の自然条件では，実現は困難である。火力・原子力を洋上へ，あるいは，さらに海中・海底へという計画は，わが国では，深刻な発電プラント用地難が原因であり，ドライブがかかってきた。電力問題は，広域の都市廃棄物処理問題と同じく，広域のサービスのために，局地的にプラントを建設するという広域福祉型にならざる得なかったが，これは，プラント設置の地元福祉直結型でない限り，用地は獲得できない社会情勢になってきた。これは，欧米においても同じ傾向であるが，この地元優先型も限界があり，高能率・大規模な発電センター構想は，前述のプラント群の理念と同じく要請されている。これに応ずるために提唱されているのが，洋上発電センター計画である。装置は在来の火力・原子力プラントであるが，これらを浮函の中に収納し，その浮函を海底にアンカーする浮上式，浮函を海底面に沈めておく沈設式，海底の岩盤に固定する固着式，あるいはこれらの混合方式等々各種あるが，いずれも海洋構造物の技術開発いかんによって，いつ建設しうるか？ということが決定されよう。合衆国では，東海岸に浮上式の原子力発電プラント（100 万 kWe）の建設をスタートさせたが，わが国でも，関係官庁の指導で，試験的なプラントが実現する予定である。これらは，いずれも燃料の受取り，冷却水の獲得，廃棄物処理移送，プラント・メンテナンスのパッケージ化等々で，陸上プラントに比較し，メリットありと強調されている。

貯蔵面では，原材料の備蓄が主課題となっている。とくに基幹産業のうち，石油の備蓄が 1 億 kl（1980 年）程度必要とされ，2 000 万 kl（15 万 kl のタンク×140 基）の備蓄基地 5 か所程度の建設が必要とされている。これらは，在来の陸上型で臨海埋立地に建設しうる立地もあるであろうが，大型タンカーの安全性，大水深の問題，二次輸送タンカー，精製プラントへのパイプ輸送の問題等で，海洋に備蓄タンク群を建設し，これらの問題をいっきに解決する計画が検討されている。タンクを浮上式，着底式，固定式に分類することは当然であるが，油と海水置換の際のスラッジ，汚染，防災上の問題が残り，社会一般の合意を得るには，技術開発とその実証が急がれている。これらも，海洋構造物の開発で左右される問題ともいえよう。自然災害，人工災害に対する防災施設・防災設備の信頼度の向上が必要である。

固体・気体面では，鉄鉱石備蓄ヤード，天然ガス貯蔵タンク等のスペースに海洋を利用する案があるが，まだ実現はされていない。

廃棄物処理面では，海洋は昔から活用されてきた。厠（かわや）の時代から，都市廃棄物を房総沖の黒潮に投棄してきた最近まで，われわれは海に依存し，海の持つ膨大な浄化力に頼り切ってきた。産業廃棄物も同様で，海に流せば「何とかなる」式でしのいできた。しかし，沿岸におけ

る廃棄物の局部的集中，たとえば瀬戸内海の汚染等，人間生活に密着した魚・海生物の汚染まで到達すると，これら廃棄物処理について，海はいかなる役割を分担するか？について，改めて検討する必要が生態学の立場にたって出てきた。液状・固体状の廃棄物の質・量の規制，あるいは時間による制限等いろいろと行なわれつつあるが，一方，廃棄物処理プラントを海洋へ，という計画も提案されている。東京湾の埋立地造成に都市廃棄物（固体）を利用した“夢の島”計画をさらに前進させ，ある程度の臭気を発する都市廃棄物焼却処理プラントを大都市前面の洋上に浮上式または固定式で建設する案で，この末端処理をいかにするかで，大都市近辺の湾内でどの程度適用されるかが決定されるだろう。いずれにせよ，相当規模の海洋構造物となるはずである。

このほか，産業廃棄物・放射性廃棄物処理を洋上で行なうとか，海底に固形物として沈下させる提案も多い。廃棄物の処理スペースに海洋を利用する構想の一つといえよう。

むすび

以上，海洋スペースの利用と開発について，海洋開発全般より概説したわけであるが，現状と一部将来の展望についてふれたところもある。海洋スペースの利用という技術は，水産業から鉱業に至るまで，ほとんどすべての産業と密接に関連し，さらに人間社会（個人・家族・共同自治体・企業・国家・人類）の発展と，深い関係を持って変化していくものである。しかし，この深い関係というのを，定性的な直観で判断し，「人類の進歩に役立つ」とか，「社会福祉に貢献する」と論じても，現代では通用しない。そこには，この海洋スペースの利用で，どのような影響が人間社会に加わるか？　好ましい影響とその反対の影響を系統的に分類・評価し，結論をある定量的な表現で述べなければならない。合衆国における技術開発の場合，その技術開発の評価法が，1960年代より各研究所・大学が活発に検討・開発され，わが国にも Technology Assesment（技術の全体的評価）というテーマで移入・検討されている。

海洋スペースの利用というプロジェクトは，大小にかかわらず，この Technology Assesment の技法を基本にした Project Assesment にて評価し，その実施の可否，実施順位（優位性），予算の配分，プロジェクトの着工・完成期日まで統一して行ないたいものである。いずれにしても，自然に手を加えるわれわれとしては，海と人間の共存共栄を目標に，謙虚な気持で海洋空間の活用，技術の開発に進みたいと念願するしだいである。

なお，末尾に建築方面をいままで手がけてきた者として，土木方面の方々へのお願いを二，三付け加えさせていただきたいと思う。わが国においては，土木（Civil Engineering）と建築（Archtecture）が，個々に独立したパターンで発展してきたが，これは歴史的にみて，非常に有意義かつ効果的で，過去一世紀（西欧技術と接触してから）の成果を認識することで，その評価は十分であろう。その中間に都市計画・地域計画の分野があって，現在の国土計画の混乱は，その原因について，技術関係者として謙虚な反省が必要であろうが，一方海洋開発については，在来の土木・建築の両方の分野からアプローチすることが適当と考えられる。もちろん，既述のように，海洋開発が，すべての在来技術の新しい組合せに基礎をおく以上，造船，機械，水産，電気等々からも過去の蓄積を提供・利用するのは当然であろうが，とくに，海洋構造物については，全体計画から，詳細設計に至るまで，在来の土木・建築の両面からのアプローチが期待されている。海岸・河岸の構造物，港湾構造物から海洋へ独立した構造物（固定または浮上），その周囲に人間を配置してはじめて効果を発揮する施設，地域計画と直結している全体計画等々，海洋空間利用についての担当技術者の責任は大である（筆者は，わが国では大学課程で建築学を専修した者の一人であるが，アメリカ合衆国の大学院留学時代に，土木工学のコースを学ぶ機会を得たので，将来の土木と建築という両分野の接合部について，勉強ができたことは，いまでも幸福に感じている）。ここで卆直な表現を許されるならば，土木分野からは，人間中心の概念を十分尊重した海洋空間の利用（海洋構造物を含め）を志向し，建築分野からは，構造物を中心にした海洋空間の利用（人間生活に対する配慮を含めて）を志向する必要があろう。このことは，とりもなおさず，土木・建築おのおのの過去の得意とする区画された小分野を基礎に，未開発の区画に勇気をもって踏み込むことであろう。とくに，土木・建築両学会の「共同開発作業」の開発が望まれるしだいである。

トンネル標準示方書解説　A5判 144ページ 800円 会員特価 700円（〒120円）

シールド工法指針　A5判 138ページ 800円 会員特価 700円（〒120円）