

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

特集

エコエネルギー
地球に優しい技術

クローズアップテクノロジー
波エネルギー

＝ CDIT対談

ゲスト 川勝平太氏

沿岸プロジェクト

絶え間なく寄せる波に、未来を見る
二十一世紀 飛躍する中部の空の玄関

Coastal Development Institute of Technology

特集	3
エコエネルギー「地球にやさしい技術」	
環境にやさしい沿岸域づくり キーワードはエコエネルギー	
クローズアップ・テクノロジー	8
波エネルギー 日本の経験と展望 合田良実	
CDIT対談	10
沿岸の未来を見据えて	
「Way of Life」の条件は整った	
海に開かれたネットワーク	
豊饒の海の三日月弧	
ゲスト 川勝平太	
海外フォーラム	14
UJNR 天然資源の開発利用に関する日米会議	
MFP 第二十三回海洋構造物専門部会	
第一回北東アジア港湾局長会議	
沿岸プロジェクト	16
20世紀を振り返って「酒田港波力発電ケーソン実証実験」	
絶え間なく寄せる波に、未来を見る	
21世紀に向けて「中部国際空港」	
二十一世紀 飛躍する中部の空の玄関	
COASTAL PROJECT REPORT 沿岸事業報告	20
シンガポール国土拡張事業	
Coastal News Flash ニュース・フラッシュ	22
ONE POINT LECTURE 解説	24
海洋の長周期波について	
沿岸虫眼鏡	25
CDITニュース	26

環境にやさしい沿岸域づくり キーワードはエコエネルギー

地球温暖化、化石燃料の枯渇、廃棄物による地球汚染など、二十一世紀に持ち越されている課題は多い。沿岸開発における課題でもあるそれらへの回答の一つが、沿岸域で試みられているエコエネルギー開発といえよう。そのうち今回はまず、海洋そのものが持つエネルギーを活用する波力発電と海洋温度差発電を取り上げる。

波との闘いから利用へ

大小三六〇〇ほどの島々からなる日本の海岸線の総延長は三五〇〇kmと、世界でも有数の長さを誇っている。この海岸線に襲撃する波のエネルギーは、電力に換算すると約三六〇〇万kwにもものぼるといふ。その電力量は、日本の総発電量の四分の一近くにも相

当るのである。

ところが私たちが海を活用しようというとき、打ち寄せる波は大きな障害としてとらえられ、その障害を取り除くことを前提として、海の活用は進められてきた。波を防ぎ、広い海を利用可能な空間にする構造物は防波堤だが、海の波は厳しく、防波堤の歴史は多くの失敗の歴史でもあり、波に耐える防波堤

の設計がほぼ可能になったのは最近のこと。過ぎないはず。

もちろん波の大きな力を目前にして、それを利用しようとする動きも以前からあった。広井勇博士が波によって霧笛を鳴らす装置を研究したり、波力発電防波堤の基本的な考え方を戦後すぐに発表した前出繁吉のような人もいた。益田善雄氏考案の自立型の波力発電

航路標識ブイは実際に使われてもいる。(これらの内容の詳細については、ページの『クロスアップテクノロジー』を参照されたい)自然エネルギー開発を大きく進めたオイルショックが襲うかなり以前から、実用化に向けて様々な試みがなされていたようだ。

一九七三年の第一次オイルショック以後、クリーンで再生可能なエネルギーとして、自



写真 / 航路標識ブイ
(波力発電装置を内蔵している)

然エネルギーに注目が集まった。そこで改めて波エネルギーも資源として位置付けられるようになり、近代的な波力発電としての技術開発が始まったのである。

波力発電 波力発電ケーン防波堤の試み

オイルショック以後、世界的に本格的な波エネルギーの変換装置の研究が進んだ。波エネルギーを利用するためには、それを利用してきる形に変換する必要がある。波エネルギーを空気エネルギーや機械的エネルギーなど、他の力学的エネルギーに変換するための装置を一次変換装置と呼ぶ。一次変換装置で取り出された力学的エネルギーを、さらにタービンや発電機などの二次変換装置で電気エネルギーとして取り出すのである。一次変換装置の考え方によって、波力発電は次の三つに分類されることになる。

機械的なエネルギーに変換する

空気エネルギーに変換する

水的位置エネルギーまたは水流エネルギーに変換する

それぞれの原理については「クローズアップテクノロジー」に詳しいが、下に掲載した海洋科学技術センターの「海明」とノルウェーの「MOWC」の一次変換装置は、イギリスのソルターダックの一次変換装置や、室蘭工業大学で近藤徹郎名誉教授らが進める波浪発電などは、に相当する。は日本では一部の民間会社で実験が行われている。

一次変換装置によって変換された力学的エネルギーは、波エネルギーの特長として、一

般に往復流あるいは往復運動である。そのため、二次変換装置ではそれを一方にする工夫が欠かせない。では往復運動を回転運動に変えるために、ピストン式やロータリー式の油圧ポンプなどが用いられることが多い。では整流バルブを用いたり、往復空気流の中でも常に一方に回転する特殊なタービンを用いたりする。

これらのうち、最も有望視されてきたのがタイプで、運輸省(現国土交通省)も一九八二年から防波堤に設置する空圧式の波エネルギー変換装置(波力発電ケーン)の開発に着手した。基礎研究の当初から開発に携わった、国土交通省港湾技術研究所の高橋重雄特別研究官にお話をうかがった。

にしろ、既存の防波堤に付加するにしろ、独立型の波力発電所を建設するよりコストはかからないわけですから」

では、波力発電ケーン防波堤の構造を簡単に見ておこう。波力発電ケーンは、空気室と呼ばれる中空の箱の部分と、それを支持する通常のケーンの部分とからなっている。

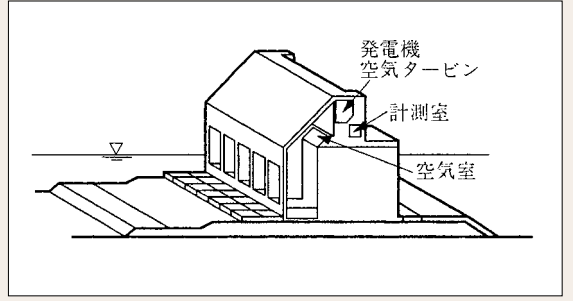
空気室の前壁はカーテンウォールとなっており、波が空気室に侵入できるように開口部を持っている。従って、波の作用によって空気室の水位が変動し、空気室内の空気を圧縮膨張させると空気の圧力のはけ口であるノズルに空気の強い流れが生じる。その空気のパワーをタービンによって回転力に変え、発電機を回転させることによって電力が得られることになるのだ。

一九八二年から五か年にわたる港湾技術研究所での基礎研究などを経て、一九八七年より運輸省第一港湾建設局によって、山形県酒田市の酒田港第一北防波堤の一部に波力発電ケーンの実験設備の設計・施工が行われ、一九八九年夏にケーンは完成。その年の十二月から発電運転は開始された。

酒田港での現地実験は、運輸省と(財)沿岸開発技術研究センターを中心とした民間会社二十九社との共同研究として実施され、一九九九年を持って実証実験等は一段落している。もちろん波力発電のプロジェクトとしては、海洋科学技術センターの沖合浮体式波力発電装置マイティホーエルや民間企業による波力発電システムが、現在も実験的に進められている。ヨーロッパでも、一時頓挫した



写真/
上：海明(海洋科学技術センター)
左：MOWC(ノルウェー)
右：ソルターダック(イギリス)



波力発電開発に、環境保護意識の高まりから再び取り組もうとしている。英国スコットランド西部のアイラ島で波力発電所が稼働したと新聞報道されたのは昨年のことだ。

波力発電の問題点と課題

波力発電ケーソンの今後の課題について、高橋氏にうかがった。

「酒田港での実証実験でかなりの成果を得たと思っっています。実際、酒田では実験を五年くらいのスパンで考えていたんですが、地元のご要望もあり、十年以上稼働させた。すると、そこまで動かすことができたということ、メンテナンスの手間もそれほどかからないうということの証明でもあります。その意味でも、技術的問題はかなり少なく

なつたと自負しています。今後はコスト面の問題をどうクリアするかでしょう」

波力発電の問題点として、高橋氏はまず波が自然任せでいつも安定した波のエネルギーを得られない点を指摘した。

「コスト面にもはね返りも多いため、より大きなエネルギーを得るところですが、四〜五mの波にも対応できる設備を整えなければならぬ。また、五十年に一度というような10mクラスの波は利用しないのですが、これに耐えるようにしなければならぬ。」

最近、風力発電に追い風が吹いていて、技術の進歩もめざましいようです。うちやましい状況でもあるんですが、波力発電に携わっている研究者としては大歓迎。風力にする波力にする電気設備の部分は同じですから、風力が普及する中でタービンや発電機、接続設備のいいものが開発されたり、コストダウンが図られれば、波力発電にも活用できますからね。また、風力にする太陽光にする波力にする

自然エネルギー利用のウィークポイントは安定供給が難しい点にもある。電力会社の至上命題は、電力の安定供給。不安定要素が少しでもあれば、火力や原子力に替わるものとして導入することは考えられず、補助的に使われることになる。

「発電コストの高い小規模なディーゼル発電が使われる離島などで、波力発電はコスト的にもた打ちできることまでできています。ところが二十四時間安定的に電力供給ができると保証しえないために、補助的に導入することしかできない。いいかえれば、燃料の節約的にしか使えないことになり、それにはコストがかかり過ぎると考えられてしまつた。」

いいと分かっているのに、自然エネルギーによる発電がそれほど普及しないわけは、この点にあるのです。ですから、自然エネルギー活用の将来を考えると、設備コストの低減と同時に、電力貯蔵の技術が進歩する必要があります。

また、ヨーロッパで比較的、自然エネルギー発電がうまくいっているのは、ヨーロッパ全体に電力ケーブル網がつながり、電力の売り買いをしているため。足りない国には、他国からでも電力が供給されるのです。日本国内でもうまく電力のやり取りをできるようにすれば、足りないときを補い合うこともできるはずですよ。

水力、火力、原子力、自然力などすべてを含めて、うまく電力を安定的に供給することも考えるべきではないでしょうか」

ただ、安定的に電力供給するには、何と云っても貯蔵技術の進歩は欠かせない。様々な試みもなされているようだ。例えば電気を燃

料電池に置き換える。波力発電で生み出した電気で水素をつくらせて貯蔵し、燃料として使うなど。何よりも、電力の安定供給を革命的に可能にするような電力貯蔵のシステム開発が望まれるところだ。

波力発電活用の新たな展開

国土交通省港湾技術研究所では防波堤のいらない画期的な消波システムを開発し、特許を取得している。「液状化消波システム」とよばれ、地震時に地盤の土粒子間の間隙水圧が上昇し、地盤がやわらかくなって建物や倒壊したりする液状化現象を逆手にとり、人工的に海底地盤を液状化させることで上を通る波の力を減殺しようというもの。液状化させるためにポンプで海底地盤に水を送り込むのだが、その動力を波力発電で得ようというのだ。研究開発に当たった高橋氏にうかがった。「台風などからの激しい波から防波堤で守られている港ですが、船が航行する湾口部からの波の侵入は防げません。そこにこのシステムを設備すれば、普段は船の往来ができ、しかも風のときにシステムを作動させることで港全体を防波堤で囲んだように港内を穏やかにすることが出来ます。その動力として、波力発電装置を防波堤に設備してやることを考えられます。」

つまり、波で電気をもらうのだから、売電ばかりを考えるのではなく、沿岸開発の分野でもいろいろ使えるのではないかと取り組み始めているのです。

例えば漂砂という現象があります。砂浜が波で侵食される現象の一つですが、それに関係しているのが地下水位。波がどンドンやっ

写真 / 波力発電ケーソン

てくればくるほど、砂浜の地下水位が上がって全体が軟らかくなり、波によって大きく持つていかれやすくなる。それを防ぐ一つの方法として、地下に水が溜まらないように井戸のように穴を掘って水を汲み上げるのです。すると砂浜の水位が下がり、波に持つていかれるより堆積するほうが多くなる。汲み上げるのはいつでもいいわけ、ここにも波力発電を動力として使えます。

その他にも、汚れてしまった港内の水の浄化のために使ったり、防波堤灯台の照明、沿岸リゾートへの電力供給など、既に実用化されているものも含めて、波力発電の活用は今後も広がりをを見せていくのではないだろうか。

波を取り入れ、波のエネルギーを変換して発電機を回す動力にするという波力発電のハードの部分は、多くの研究や実験、調査などによって確立されてきた。今後は波力発電のソフトの部分、行政的連係やシステム設計、エネルギー利用における課題をクリアし、プロトタイプを作って実用化へスタートするべき時期にきているといえよう。

波力発電 波のエネルギーが振り子を揺らす

オイルショック後の一九七五年以来、クリンで再生可能な自然エネルギーの利活用の研究に全学で取り組んだ室蘭工業大学では、特に波のエネルギーを機械的に変換して電気エネルギーを発生させる波浪発電の開発研究に着手した。開発研究の中心にいたのは、近藤徹郎名誉教授と渡部重治元教授である。

「港湾土木が専門で、消波ブロックなどの研究をしていたので、波エネルギーを活用する



ことをまず先に考えました。波エネルギーを機械的エネルギーとして吸収できれば、消波効果もあるし、吸収したエネルギーは電力に活用できるのでは。当時はすでに波の力を空気エネルギーに変換する方式が開発されていましたから、新方式であり、かつ防波堤と兼用あるいは併用できるものが経済的だとの判断があったわけです。

では、どのようにして波のエネルギーを機械的エネルギーに変換するのだろうか。近藤先生が考えた方法はこうだ。

沖合から進行してきた波が壁に当たると、後退する波が発生し、両方の波が混じり合う。壁の前に定常波と呼ばれる波ができる。定

常波は水粒子が上下動する振動の『腹』と水平運動をする『節』の部分からなり、この節の部分に可動物体を置けば、エネルギーが吸収できる。可動物体として考えられたのが振り子である。

「節の部分における水平運動をうまく捉えるには、当初考えた水車より、波の動きに合わせて行きつ戻りつする振り子が適していることがわかりました。その振り子の揺動を油圧ポンプを介して回転運動に変え、発電するのが波浪発電システムの原理です。いわば、波のプールの造波装置を逆にしたシステムだと考えれば、わかり易いでしょう。」

波堤で、沖側に開口部を持つケーソンに実験プラントを設置しての実証実験を開始。エネルギー変換率の調査や耐久実験を行い、さらに一九九八年には（社）寒地港湾技術研究センターと共同して開発した効率的にも耐久性にもすぐれたロータリーベーンポンプによる振り子式波力エネルギー変換装置に行き着いたのである。

実用化への展望

振り子式システムの高効率性は世界的にも珍しく、国際的にも高い評価を受けているという。今後は実用にも繋がり易い規模の大きな実験が待たれると期待されている。

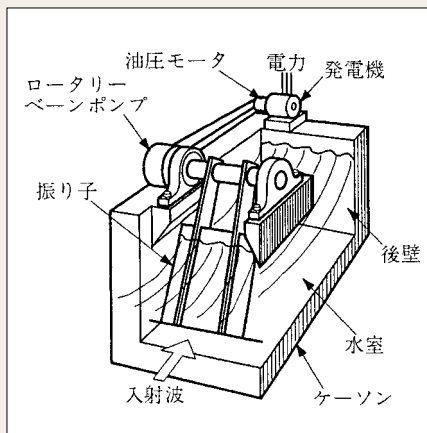
「実用段階での一歩を踏み出すことにネックになっているのが、コストです。しかし、二酸化炭素排出削減という命題から環境コストという点を考えると、決して高いとはいえないのではないだろうか。」

通産省の新エネルギー構想の中に海洋エネルギーが入っていない。風力やソーラーにはかなり国が力を入れて、補助金がある。波力発電は個人ができることではないので、活性化しにくいのです。

我々は既に大学での研究段階は過ぎたと思っています。後は行政や地方自治体などが中心になって、離島などでどんどん実施していく段階では、そうでない、海洋エネルギーも含めたエコエネルギー開発が遅れることにもなりがねません。

エコエネルギーの有効利用には、太陽から風力も含めたあらゆる自然エネルギーをバラバラによく開発していかないと、日本は風も太陽も波も中庸の国で、だからこそ暮らしやすいともいえるのですが、その中で海洋は日本を取り巻いており、もっともエネルギーを秘めているものといえます。その意味では、国としても海洋エネルギー開発に取り組んでもいいのではないのでしょうか。」

二十一世紀のエネルギー体系に波浪発電システムはどういう位置を占めるのだろうか。



写真/室蘭工大実験プラント
図/振り子式波浪発電装置



室蘭工業大学名誉教授 近藤徹郎氏

海洋温度差発電

海の熱エネルギーを取り出す

海の力学的エネルギーを活用する波力発電、波浪発電とはまったく考え方が異なる、海の熱エネルギーを活用する海洋温度差発電とはどんなものだろうか。

プレート式熱交換器とアンモニア

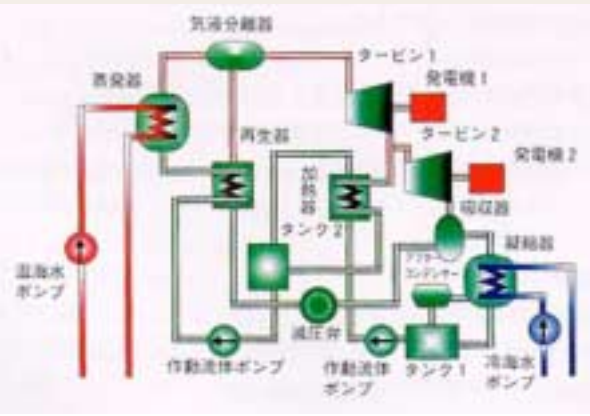
佐賀大学の中原春男教授が三十年前に選んだ研究テーマは低温度差発電だった。

発電所の温排水と常温水との温度差に着目したのだが、温排水は部外の研究には自由



に使えない。結局、表層と深層の温度差が小さく扱いが難しいものの、ほぼ自由に使える海水での研究が始まった。

液体の媒体を海面付近の高温海水で気化させてタービンを回して発電、気化した媒体を深海の低温海水で冷却して再び液化し循環させるのが、海洋温度差発電の原理である。原理そのものは火力発電のモデルが完成した一八八一年には考えられていたが、実用化の試みがことごとく失敗していた。媒体を循環させる動力及び海水を汲み上げる動力で消費される電力量を発電量から差し引いた実質発電量がなかなかプラスにならなかったため。「この難題に対する解答が、媒体にアンモニアを用いたこと、液化と気化をさせるための熱交換器をチューブ式からプレート式にしたことでした。学会で発表した当初は空想に



過ぎないとたたかれましたよ。アンモニアガスでタービンが回せるとは信じられなかったし、プレート式熱交換器など当時は影も形もなかったわけですから。

実証するべく研究を重ねた結果が、一九九四年の国際会議で発表した「ウエハラサイクル」と呼ばれるシステムに凝縮されています。このシステムでは、媒体にアンモニアと水の混合物質を用い、二個のタービンを用いてより効率を上げました。結果、五万〜一〇万kWの大型プラントにすれば、火力や原子力に負けない採算性に達しています。

インドでの洋上実証試験と今後の展望

一九九七年、佐賀大学と海洋エネルギー開発に積極的なインド政府が海洋温度差発電の実用化のための協定を結んだ。中原先生の基本設計に基づいた一〇〇〇kWの実証プラントをインド洋上に設置、今年一月より実証試験が開始されている。

「海の熱エネルギーは無尽蔵な上に、他のエネルギーと違って安定的。規模も、一つのプラントで三〇万kWの発電が可能。インドでは、実証試験の結果を得て、一〇〇〇基におよぶ海洋温度差発電の商用プラントを国内に建設する予定になっています。日本発の新技术として、世界で注目されているのが海洋温度差発電システムなのです。」

一方、日本にも海洋温度差発電に適した海域が多いんですよ。できないのは北海道周辺と玄界灘くらいで、浅いものの底のほうの温度が摂氏零度近いという日本海は最適といえます。日本での展開も楽しみですよ。」



サイクルシステム自体は海洋温度差に限らず、温度差を有する熱源があればあらゆるところで利用できることになる。工場や発電所の温排水と表層海水との温度差、ダム湖での表層と底層との温度差、海水と寒い空気との温度差、さらに地熱水や温泉水と常温水との温度差による発電も可能だ。

また、発電はかりでない展開も考えられているという。特に、海洋温度差発電では冷たい海洋深層水を汲み上げるため、その利活用は注目される。清浄でミネラル豊富な水として飲料水、化粧水などに、冷熱源として沿岸域の冷房や冷凍システムにも応用できる。

沿岸開発においても、海洋温度差発電に期待できるものは少なくありません。



佐賀大学理工学部 中原春男教授

写真 / 上 ウエハラサイクルの実験装置(蒸発器と分離器) 中 ウエハラサイクル下 インドでの洋上実証試験

波エネルギー

日本の経験と展望

合田良実

波エネルギーとは

海の波は大きな力を秘めている。崖にぶつかって高くしぶきを打ち上げる。港を守る防波堤にうち当たってこれを揺さぶり、巨大なケーソンを滑動させることもある。こうした波の力をみるならば、誰でもこれを何とか利用できないかと考えるであろう。

波エネルギーは、人類が利用可能な自然エネルギーの一つであり、昔からその開発が試みられてきた。石炭・石油・天然ガスといった化石燃料の多用によって大気中の二酸化炭素の濃度が高まり、地球の温暖化と平均海面の上昇が懸念される現在、クリーンなエネルギー源の開発に関心が集まっている。

クリーンエネルギー源の多くは、太陽からのエネルギーに依存している。太陽光発電や太陽熱発電はその直接の利用である。風力発電は、太陽からの輻射熱によって地表や海面の温度に局地的な差を生じ、その差異を補償するために大気が移動する、すなわち風が吹く、その風が風車を回して発電する。

こうした風が海の上を吹き渡ると波が起きる。波の大きさは、風の強さと風が吹送る距離に依存する。長い距離を風が吹き渡るほど、波がよく発達する。したがって、波のエネルギーは局地的な風の強さよりも、数百kmの範囲の風力に依存する。

波のエネルギーは、波高の二乗に比例し、周期に比例する（正確には波パワーであるが、簡単のためにエネルギーの語を使う）。東京湾などの内湾や瀬戸内海では波エネルギーが小さいけれども、太平洋や日本海沿岸ではかなりの大きさになる。波浪データから計算すると、一年間の平均で日本沿岸では海岸線1mあたり7kWとなる。日本の全周では三千六百万kWの値になる。わが国の発電施設総量一億七千万kWに比べて無視できない量である。ただし、後述するように波エネルギーは使い勝手が悪く、利用できるのはごく一部に限られる。

波から電気を生み出すには

波によって海の水は大きく運動するけれども、そのエネルギーを人間が使える形に変換するにはいろいろ工夫しなければならない。大きく分けて三通りの方法がある。第一は、水面あるいは水中の構造物を波で動揺させ、その運動の機械エネルギーを電気に変換する

方法である。第二は、水面付近に密封した空気を設け、波による水面の上下運動で空気を圧縮・膨張させて往復空気流をつくり、その空気流でタービンを回して発電機を駆動する方式である。第三は、波の力や平均水面より高いところに水を押し上げ、貯留した水が海へ流下するときの水流を使って発電する方式である。

第一の可動物体型には、水面に浮かせた浮力体の上下運動や回転運動を利用する方式、上端の回転軸からつり下げた鉛直板を波で動揺させる振り子板方式その他いろいろある。こうした可動物体の運動エネルギーは、油圧干渉を介して電気に変換するものが多い。

第二の空気タービン方式では、効率よく空気流をつくり出すことに工夫が凝らされる。また、往復空気流はその方向が周期的に逆転するので、ウエルズが開発した特殊タービンを使用したり、あるいは気流を一方流に整形したりして電気に変換する。

第三の方式では、海底地形を利用して波を集中させ、幅を狭めた箇所に設けた堤防を越波させて海水を貯留する。発電には低落差型タービンを使用する。このほかにも、波のエネルギーを熱に変換する方式などいろいろ考案されている。

波エネルギー利用を考えた人々

波のエネルギーを取り出すことは十九世紀から多くの人たちが考えてきた。イタリアのリンデンは船の形を工夫し、波の力で前進する船を試作した。電力利用が一般化する前の一八八九年のことである。

日本の広井勇博士は、東大教授であった一九一九年に千葉県の大東崎に実験施設をつくり、波の力で霧笛を鳴らして見せた。また、一九三二年頃、モナコの海洋研究所は波エネルギーを使って揚水する施設を建設し、十年ほど実験を続けた。さらに、内務省の前出繁吉技師は防波堤ケーソンの前隔室に孔を開け、波力で往復空気流をつくる装置のアイデアを雑誌『港海』に発表した。日本が敗戦から立ち直ろうと懸命に努力していた一九四八年のことである。九〇年頃、高齢になられた前出氏は、後述の酒田港での波力発電実験の成功を知り、激励の手紙を関係者に出されたそうである。

波エネルギー変換装置を最初に実用化したのは益田善雄氏である。航路標識の灯浮標用に開発したもので、ブイの内部に設けた空気室内の水面が上下し、それによって生じる空気流で衝動タービンを回して発電す

る。往復空気流は開閉弁を作動させて一方向に整流し、発生した電力は電池に貯えておく。灯標の灯火は消費電力が小さいので、発電出力が十W〜五百W級で十分であり、一九六五年に実用化されたからこれまでに千台以上が使用されている。

また、一九七四年にはエディンバラ大学のソルター氏が、特殊な形の浮体式波力発電装置を発明した。アヒルのくちばしのような突出部をとりつけた円形断面の浮体のいかに長く連ね、一本の太い水平軸の回りに回転するようにしている。波が当たると、浮体の上がった方の端が上下し、その様子がアヒルのくちばしの運動に似ているとしてソルター・タックの愛称がつけられた。英国政府等からかなりの研究資金を受けて実証実験も行ったけれども、結果は期待通りではなかったとあって、研究は中止されている。

しかし、ソルター氏は実験室内で海の複雑な波の形を再現しようとしてそれまでにない造波装置、多方向不規則波用）を世界で初めて製作した。港湾技術研究所をはじめとする世界の各研究機関が多方向不規則波の実験を行うようになったのは、ソルター氏の装置に触発された結果であり、その意味での貢献は大である。

波力発電船の実証実験

日本では一九七三年の石油危機によって自然エネルギー開発の気運が高まり、波エネルギーの研究が進展した。大規模な波力発電装置の開発に最初に取り組んだのは、海洋科学技術センターである。波力発電専用の浮体施設「海明」を建造し、一九七八年から山形県鶴岡市由良の沖合に係留して実験を行った。

「海明」は貨物船の形をしているけれども、船底には数ヶ所の大さな孔が開けられ、それぞれの孔が密閉された空気室になっている。波が船の横を通り過ぎると空気室の水面が上下し、空気が圧縮・膨張してタービンを駆動させることが出来る。

この現地実験には、その途中の一部で国際エネルギー機関（IEA）が共同研究に加わり、イギリス、アメリカ、カナダ、アイルランドの研究者が参加した。

実験は二期に分けて行われ、一九九〇年代初めで一応終了した。その成果に基づいて、海洋科学技術センターでは第二世代に当たる「マイティ・ホル（力強い鯨）」を建造し、三重県南勢町五ヶ所湾沖で九七年度から実験を行っている。

合田良実（ごうだ・よしみ）

横浜国立大学名誉教授。工学博士。（財）沿岸開発技術研究センター技術顧問。

1935年生まれ。57年東京大学工学部卒業。63年マサチューセッツ工科大学大学院修士課程修了。86年港湾技術研究所長。88年横浜国立大学教授。運輸省港湾審議会委員（91～97）、科学技術庁海洋開発審議会委員（89～95）、科学技術庁技術士審議会委員（95～00）、瀬戸内海環境保全審議会委員（97～00）

波力発電ケーソンの開発

一 酒田港での実証実験

波力発電の問題点は、設備投資に多額の資金が必要なことである。波力発電を他の目的と兼用で行うことが出来るならば、初期投資の負担が軽くなる。港の静穏度を確保するための防波堤は、既に前出技師が指摘したように、波力発電の本体施設として活用可能である。特に、わが国で設計施工技術を磨き上げたケーソン式防波堤は、空気タービン方式の発電にもっとも適している。

二つした観点から港湾技術研究所では一九八一年度から五ヶ年間の特別研究を組んで波エネルギー利用の基礎理論を固め、波力発電ケーソンの設計データを取得した。運輸省港湾局ではこの成果を生かすために八五〇八年度に波力エネルギー利用に関する総合調査を行い、八七年度からは第一港湾建設局酒田港海工事務所で波力発電ケーソンの製作・据付工事を実施し、ケーソンに働く波力や発電能力その他の詳細な計測を開始した。発電機の最大出力は六十kWであった。波力で発電した電力は海底ケーブルで海岸のデモンストラクション・ハウスに送られ、煌々と照らす照明灯を点灯させたり、地下水を大量に汲み上げたりして市民の方々の注目を集めた。

この実証実験は、(財)沿岸開発技術研究センター(以下、沿岸センター)が調査を受託することにも民間各社と共同研究体制を組むことで積極的に対応した。この酒田港での実証実験の詳細については、本誌の別記事を参照していただきたい。

固定式波力発電装置の開発

室蘭港での実証実験

室蘭港では別の実証実験が行われてきた。室蘭工業大学名誉教授の近藤徹郎博士は一九八〇年から室蘭港の防波堤外側に実験プラットフォーム(コ)字型の鉄筋コンクリート製)を設置し、いろいろな計測を続けてきた。当初は水車による発電を試みたが、一九八三年からは振り子式の装置に取り替えて実験を行った。

この方式では、鉛直板をプラットフォームの上に固定した回転軸が上下に下げてあり、波力によってこの鉛直板が振り子のように前後に動揺し、これによって上の水

平軸が回転揺する力で油圧ポンプを駆動し、油圧モータを回転させて発電する。最大出力は十六kWである。この装置では油圧回路の設計と油圧ポンプの選定が重要であり、機械学科の渡部吉宏教授の協力を得ながら開発を進めた。最終的にはローター・ベーンポンプを用いることで、エネルギー変換の総合効率四十%以上を得ることが出来たと報告されている。

日本におけるその他の実証実験

わが国におけるこのほかの波力発電としては、たとえば竹中工務店はエンジニアリング振興協会の協力を得て定住化タンク方式と呼ばれる空気タービン利用の発電システムを千葉県九十九里町片貝の護岸の外側に設置し、最大出力三十kWの稼働試験を行っている。

また、東北電力では原町火力発電所の防波堤ケーソン二箇に波力発電装置を組み込み、一九九六年から試験を行っている。水弁集約式といふ、空気を一方向に整流して空気タービンを回す方式である。最大出力は百三十kWである。このほかにもいろいろな波力発電の実証実験が行われているが、割愛させていただきます。

海外での波エネルギーの開発

波エネルギーの研究は世界的に活発であり、専門の国際会議が幾つも開かれ、また波エネルギー利用に関する書物も刊行されている。現地実験もいろいろ行われており、インドのケララ州では空気タービン方式の実験が続けられている。しかし、商業化を前提とした開発を進めてきたのは、ノルウェーである。

ノルウェーの沿岸には北極海からの高波がうち寄せ、年間平均の波エネルギーは海岸一mあたり四十kWにも達する。ノルウェーでは、越波貯留型三百五十kW)及び空気流方式(五百kW)の大型発電装置が開発された。前者は北海に面した南部海岸の岩礁地形を利用して建設され、一九八六年から試験運転が続けられている。英語の頭文字をとってタブチャンと呼ばれている。

空気タービン方式はタブチャンに隣り合う、高さ一十mの断崖を削って一九八五年に建設され、多重共振式振動水柱型)の頭文字であるMOWCの略称と呼ばれた。完成後は順調に試験運転を行っていたが、一九八八年十一月二十四日のクリスマススノープに産の上まで打ち上がるような暴風に襲われ、タービン・発電機

を納めた主塔が倒壊して海中に没してしまつた。

ノルウェーの二つの実験施設は、いずれも民間会社が石油エネルギー省からの資金援助を受けながら自己資金で開発したもので、発電プラットフォームとしての販売を目指している。インドネシアやトンガ王国の間でプラットフォーム建設の交渉が行われた由であるが、詳細は不明である。

波エネルギーは使いやすいか

自然エネルギーは、その大きさが変動するのが特徴である。波は時々刻々にその高さが変化し、また季節によつてその大きさが異なる。日本海沿岸のように、夏はべたなきが長く、一方、冬は荒波のシーズンとなる。こつした波の変動性は、エネルギー利用の上ではマイナス要因となる。ノルウェーで実験中の越波貯留方式の場合には、数十分規模のエネルギー変動は平滑化できるけれども、日単位の変動をカバーすることはむずかしい。可動物体方式や空気タービン方式では、単位の波動の影響を直接に受けてしまつた。

こつした変動性のために、波エネルギーを電力として利用する場合に、主発電施設に対する補助施設として位置付けられる。

もつこの問題は、波がある限度以上に大きくなつたとき、装置が破壊されないように運転を停止しななければならないことである。風力発電とも共通する問題であり、それぞれの地点における賦存エネルギーの全量が利用可能わけではない。

自然エネルギーとしての波力発電の検討には、こつした変動性と利用上の制約を考慮する必要がある。

波エネルギーの経済性は

波力発電の原価は設置地点や発電方式によって大きく異なる。ノルウェーの二つの民間会社では、条件が良ければ五百kW級の発電施設で1kW時あたり十四円と見積もっている由である。

沿岸センターが組織した研究会の調査では、空気タービン方式の波力発電装置を離島の防波堤に付設し、商用電力の補助電力として利用した場合、1kW時あたり二十五〜四十円の試算結果が得られている(商用電力の二〜三割を受け持ち、二十四時間稼働の場合)。

離島では、ディーゼル発電機による小型火力発電所

に頼るのが普通であり、発電コストは1kW時あたり百三十円前後、場合によっては三百円にもなる。したがつて、離島などでは波力発電が経済的となる可能性が高い。

波エネルギーの将来展望

波エネルギーの利用技術、特に防波堤ケーソンを利用して気流を生みさせ、空気タービンを回して発電する方式は、技術的問題点がほとんど解決されている。最大の課題は経済的競争力である。右で述べた発電コストは現状での推測値であつて、今後の研究によつてさらに低減できる可能性がある。

地球規模でいえば、波エネルギー利用に好適な場所は、中規模のうねりが絶え間なしにうち寄せる海岸である。インド南端で波力発電の研究を続けているのは、インド洋の南からうねりが卓越しているためである。南緯四十五度の南氷洋は強風が吹き荒れ、高波が発生する。こつした高波は数千kWを越えて伝播し、中南米大陸の沿岸にまで到達する。こつしたうねりは、ボードサーファーがもっとも好む波浪条件であり、サーファーのメッカが波力発電の好適地といえよう。

また、港湾技術研究所では波エネルギーを使って波そのものを減殺することを研究している。海底の砂地盤に地中のパイプから水流を吹き出させると、砂地盤が液化化する。液化化された箇所の上を波が通過すると、波は砂粒を運動させよつとしてエネルギーを消費し、波高が減衰する。波エネルギー変換施設を組み込んだ防波堤から水流発生装置へエネルギーを供給し、港口部の海底を液化化させることで、港内へ進入する波を減殺するこつ方式である。

波エネルギーは、それを取り出す技術的見通しが確立し、これからはその実用化へ向けて努力する段階である。経済性の向上や、行政・法制的に解決すべき課題も少なくないが、その未来は明るいといえよう。

「Way of Life」の条件は整った 海に開かれたネットワーク 豊饒の海の三日月弧

その著書を通して、海の文明の可能性を辿って、開かれた海洋国家を目指すのが、日本の進路だと主張される川勝平太氏。その大きなスケールと斬新な着想から導かれる21世紀の日本の姿、そしてこれからの港湾、沿岸域はどうあるべきかお話を伺いました。



ゲスト 川勝平太氏

1948年生まれ。早稲田大学政治経済学部卒業。同大学院経済学研究科博士課程修了。オクスフォード大学留学(D.Phil取得)。早稲田大学政治経済学部教授を経て、現在、国際日本文化研究センター教授。主な著書に『富国徳論』『文明の海へ』『文明の海洋史観』のほか最近著に『海洋連邦論』(PHP)等。

海に開かれた国

井上二十一世紀の幕が開き、戦争の時代といわれた二十世紀に対し、この新しい世紀が戦争と対峙する豊かで深みのある平和な国際社会を実現していく世紀になってもらいたいという願望を世界中の人が持っているのではないだろうか。

その中で、日本が、今後どのような行動をとっていくことが求められているのか。これが日本に対する新世紀の命題ではないかと思っています。

今日は、先生の著書にある『海洋史観』から導かれる二十一世紀の日本の姿、そしてこれからの日本の港や沿岸域が、どのような役割を果たしていくのか。このようなことについて先生のお話を伺いたいと思っております。

はじめに、『文明の海洋史観』の中で、二十一世紀には太平洋文明が到来すると思われておられます。さらに『海洋連邦論』の中では、「西太平洋津々浦々連合構想」も提唱されておられますけれども、こういうようなメッセージを出された背景。さらにその意味するところについて、お話を伺わせていただければと思います。

川勝 おっしゃる通り、二十一世紀の課題は「戦争の時代から平和の時代へ」といえることができます。冷戦が終わって、「富国強兵」という力の文明から力の大小に関わらず小国でも自立できる時代に移りつつある、と思えます。

日本の理想は、「富国強兵」ではない、



(財)沿岸開発技術研究センター
理事長 井上 興治

「國有徳」でありシビライズドであると考えています。富士山は日本の象徴ですが、富士山の「富士」というのは英語でいえばプロスペラルス、リッチ、ウェルシィで、「土」は立派な人物すなわちシビライズドの意味です。プロスペラルス・アンド・シビライズド・マウンテンが誰が決めるともなく日本の象徴になっていきます。四つの漢字で表す「文明開化」や「富国強兵」などが座りがいい。日本は富士の理念を体現する「富国徳」の国になるのが理想だと思います。富士山のように誰が決めるともなく仰ぎ見られるような国。押しつけるのではなく、品格の高さによって、相手に仰ぎ見られるような国の形こそが新しい大国の条件であると思います。

日本の魅力はどこにあるか。いままでアメリカ型になるか、ソビエト型になるかで東西冷戦の中であえいできました。日本はアメリカやロシアのような大陸ではなく島国です。

島国というのは、「島国根性」ということでマイナスのイメージがありました。島は海に開かれています。日本の歴史は海との関わり無しには考えられない。日本は海に囲まれているというよりは海に開かれている。開かれている海の広がり、地球大に広がっていますから、地球の海に開かれた日本という島を考えるのです。

一言でいえば、力の文明の時代は終わりました。その次に来るのは惹きつける文明。人に感動を与える「美の文明」といえるものかもしれません。翻って近代日本の歩みを見れば、非西洋

圏で唯一力の文明を成功裡に成し遂げた国です。日本は沿岸に巨大な港を作り、人間の技術の力を加えることによって、一種の素朴な美というものを失ってしまいました。同時に、海への親近感も失われてきている。海に親しむべき島国にとって危機的な状況です。一八五九年以降、日本は海に開かれたはずであったのに、かえって日本人の心の中は陸中心国になっています。

一方、国全体を表わすときに津々浦々という。津々というのは港のことで、浦々というのは海辺です。つまり全国は港と海のネットワークとしてイメージされてきた。そういうネットワーク性は、全国津々浦々、地球津々浦々に広がっています。



井上日本人が海洋に向かつて進まないといけない。海洋に開かれた国になるべきだと

いう海洋志向論に対して、実は日本人は「島国根性」という言い方で代表されるように閉鎖主義的な傾向を持った国民ではないかという言い方をする方もいる。

「日本人は海洋民族とはいえない。海岸民族じゃないか」という人もいます。

海に囲まれながら、閉鎖的な民族だといつてもいいんでしょうけれども、これは何の障害もなければ、ほとんど海洋に向かつていく民族なのか。それとも何かのきっかけによって海外に目を向ける民族なのか。

川勝 私は、日本の歴史を二千年ぐらいの間で見れば、海洋志向と内陸志向というのが順番に繰返しているように思います。

江戸時代は内陸志向型ですね。それ以前室町時代、南北朝ぐらいに溯りますと、和寇も海洋に出ています。戦国時代に日本人は東南アジアにまで出ていっています。それ以前の鎌倉、平安時代はいかにも内陸志向です。しかし、ずっと昔からかという日本人について記した中国の歴史書からは倭人は海に潜って魚を探っていると書いてあります。

また、歴史的事実としては、海上から舶来するものを抵抗なく受け入れてきた民族です。この国は仏教も朱子学も盛んに受容し、非西洋圏で西洋文明を主体的に入れた。西洋文明を強制されないでトータルに入れた国は唯一日本だけです。

また、日本には時代的に海洋・内陸志向が順番に繰返しただけではなく、海洋志向的な志向を持っている地域と、内陸志向を持っている農本主義的な地域が共存していると思います。

水を愛でる審美眼

井上 そういう海外の文化を受容する懐の深さというものが多分日本の国の資産。ある意味では富める資産を形成しているものだと思うんです。先生は、その国の国民の資産を見れば、その国の品性もわかるとおっしゃっておられる。そして、今の日本の景観というのは非常に見苦しいと。

たぶんこれは資産すなわち、社会資本が貧弱である、貧しいことと同義語ではないかと思っているわけです。

日本が品性のある民族になっていくためには、国民資産を豊かなものにしていかなければいけない。そういう豊かな社会資本を蓄積していくために、今後何をしていく必要があるでしょうか。

川勝 日本人の審美眼、美意識は非常に高いものがあります。理屈にしないままに、短歌にあるいは俳句に詠み込んでしまっ。なぜ万物が美しいか、理屈倒れの美学論にしないで詩に転じているところがあった。感性が非常に鋭いがゆえに西洋の力の文明に十九世紀に接したときの日本人の対応の仕方は、実にすばやかだった。力の文明にもし屈すれば、もともみにくい存在になる。それは植民地の状態です。日本人が本来持っている審美眼を犠牲にして力をつけることに邁進してきた百五十年ではなかったか。

今追いつけ追いつかせの時代がようやく終わり、むしろ追いつかれ追い越されるモデルになる側に立たされた。日本の総合力が試されています。総合力というのは、目に見えるもの。見えないもの。計算できるも

。できないもの。すべてを含んでいますから、なかなか厄介なものです。経済力をどう使うかという使い方が試されている。いままでのようなバイを大きくしていくというやり方だとやはり見苦しい。ではどういふふうにするばいいのかということに逡巡があると思います。

しかし、この国を美しくしていくことといえば、何も説明しなくてもわかると思いますが。森を美しくしていく。せせらぎを作らう。湖をきれいにしていく。汚れている海をなくしていく。これは老若男女問わずその通りだと理屈ぬきでわかる。特に日本人は水に対する感性が非常に高いと思います。

「瑞々しい」とか「水際立った」とか「水も滴る」とか。「瑞々しい」という語は英語にもならない。

この国の審美眼というのは日本の自然に対する感性を通して、いつでも取り戻すことができるものであると思います。

二十一世紀は日本人の美意識が発揮されるでしょう。

井上 先生がおっしゃるように、日本人は近代化してからしゃにむに自然と対峙する、自然の猛威に対して立ち向かい、そのための技術開発や研究を長い間やってきた。これが最善の手段だと思つものを追求してきました。それが今日では環境や景観と調和する技術開発を志向するといつようにまた違った形のもので、地域あるいは人々の要請として出てくると思つんですね。そういう変化に我々も対処していかなければならない。世の中の変化に対して、いつも情報

を受け取るためのアンテナを高くしていくということやはり必要なことです。それでないとなかなか闇雲に自然を破壊していたとが、また、あまり美しくない国づくり、港づくりをやっていたという批判につながると思つんですね。

川勝 やはり、自然を育てるといふか自然を活かすといふか、「活かす」といふのは働きの媒体になることです。滅私奉公というのではありません。自らも何かの媒体になって自らもよくなるという。自分のためだけにやるということではなくて、人のためにやることがかえって自分のためになるといふ個々の自立と公の確立の両方という段階に

来た。いまこれだけ情報が行き渡り、全国津々浦々、地域間ネットワークができて、自分たちのことをよくすることが実は国全体にとつてためになるという段階に来たといふ気がしています。

先程、社会資本と言われましたけれども、最近では公共事業と言わずに社会資本の整備といひますね。

基本的なインフラの整備は、公共だけがやるのではなく、民間だってやれるのです。PFIが紹介されたりしていますし、さらに行政と企業と地域住民が一体となつていつしよに社会資本を作り上げていく方法も模索されています。各地域の歴史や実態や自然を十分に理解しないとなりません。全国一律的な方法でやっていくと返つて反発を食らう。

井上 地方の自立の方向ですね。川勝 自立の方向ですね。地域自立の流れは

止めることができない。日本の国土は一種集中のメリットにも増してデメリットも自覚されてきた。デメリットを真剣に考えてなるべくデメリットが少なくなるようにするには、多極分権といひますか、地域の自立は必然です。それが正に全国津々浦々といふことになると思つんですね。中央に対して地方といふのではなくて、地域間関係で日本ができていく。津々浦々関係です。その整備の仕方、それぞれ地域の力が試される。瀬戸内海でやる護岸と、北海道でやる沿岸域の整備とは、当然違つてこよう。それだけに高度な技術水準を発揮できる段階に来ている。

三月のアイランズ

井上 日本だけとても多彩な文化、多様な個性がある。アジア全体を見てもそういう非常に多様性に富んだ国なり地域なりがある。その中でそれぞれが交流し、ネットワークを構築していく。そういう新しい時代になっていくであらうと思ひます。

その交流という視点から、交流のひとつとして物の流れがある。先生は昨年、新世紀の港湾ビジョンの懇談会の委員として、懇談会の中でさまざまな発言もされておられると聞いておりますけれども、多様化の時代。そしてアジア地域が、いま物流の世界で非常に大きなウエイトを占めてきている。こういう時代の中にあつて交流の中の日本の港のあり方についてはどんな考えをお持ちでしょう。

川勝 いままで日本の日本人による日本のためだけの国づくりだったんですけど



れども、ご指摘の通り、海洋アジアといひますが、NIES、ASEAN地域が勃興して「東アジアの奇跡」といわれるようになり、自立的な経済圏ができあがっていますので、日本人によるこつこつ地域を含めた港づくりが必要になってきます。

それは、激しい競争を伴つと思ひます。効率性の追求が欠かせないです。水運と陸運が一体になった中核あるいは拠点港といふものが必要。同時に、いままですべて一律に作つていた港ではなくてそこに来り暮らしたくなるような港づくりをやつてみようとなりまして、やはり日本らしい港町の景観づくりといふことになると思つんですね。日本と海洋アジア。さらにその南の西太平洋といひますか。縦につながる海ですね。ここには島が一番多いわけですね。ここには島が一番多いわけですね。島々アイランズ。その形が三日月状クルセント。非常にきれいなイメージです。ヨーロッパ大陸に対してアフリカ大陸、北アメリカ大陸に対して南アメリカ大陸とい



う大きい島が二つではなくて、無数の島々からなっている海洋世界の中核、あるいは中軸に日本が位置している。強い港、弱い港、大きな港、小さな港、これらが全て存在価値があるように日本を作り変えることはモデルケースになる。西太平洋地域を「豊饒の海」にしていく。豊饒の海とは魅力があるということです。魅力があるということはいつてみれば文明です。惹きつける力があれば、小さい方がきれいにできていいあとということで、かえって大きなものより光ることがある。可能性を持つ

っている地域です。かつて栄えた文明はすべて大陸文明であった。海をベースにした文明圏となりまして歴史上の画期にもなる。日本は七千もの島からなる魅力ある国だといわれると思います。日本が文化が豊かであるということにもまして、Golden Heart of Islands といえますかね。水の地球のことも美しい部分である、というふうにいわれる。森と水が見事に育てられ、海の幸、山の幸を上手に活かした技術が開花した日本の生活景観、これが日本の力になると思っています。

「Japan is Beautiful Islands」というのが、原型であり理想です。大陸と違った海に開かれたネットワーク性を持った「Way of life」として発揮できる条件がようやく整ったかなと思います。

井上 そういう日本人の行き方とか暮らし方というものが、アジアの中なり、世界の中で理解してもらったためには、日本人が内向きの姿勢でいたのでは到底理解されるものではないわけで、必然的に外の方に、海の方に向かって目を向け、行動もしていかなないと日本のそういう暮らし方、生き方というのは、世界の人間に理解してもらえないということになってくる。

川勝 そういうことです。いまキーワードをいわれました。「暮らし」、「Way of life」。これを

海を通して世界と結び付けていくというビジョンが、今度の港湾ビジョンです。

物流の拠点は、重要ですが、今度はどうやって物流を効率化し、かつ物づくりの技術をさらに上げていくのか。そうしてつくられたものをどう使うか。正に暮らしですね。その暮らしの素材を提供しあっているのがアジアの国々でありますから、正にその地域の人も同じように津々浦々のネットワークから知恵を得て、啓発し合えるような日本に成りうる。暮らしを海と世界に結び付ける。これが、日本の港湾にかかっている使命だと思っております。津々浦々、全国が海に開かれた姿勢を持つべきではないでしょうか。

井上 当沿岸センターは、陸域と海域の境界特に海側のエリアで未解明の課題に対する見識を深め、新しい技術開発を行っています。

例えば、風力発電や新しいタイプの防波堤や海岸の保全・修復。またメガフロートという長さ一〇〇メートル、幅約六十メートル、厚さ三メートルの超大型浮体構造物の安全性や信頼性についての検討も進めています。

空港としての利用や建物を建てたり、居住環境を整えたり、あるいは防災基地にするような利用方法については見通しがつきつつあるという感じです。

川勝 ヘロドトスの『歴史』という本があり、ペルシャ戦争を扱っています。何百万という大軍がペルシャから襲ってくるわけですね。アテネは驚いてデルフォイの神託を聞きにいきます。「この地を去れ」、そして

「木の柵に拠れ」というわけです。木の柵が何かといえば船です。危機に対して、たま船があったわけですが、今度は、ギリシャの時代から数えて二千五、六百年の英知を傾けて、今の日本に現代の「木の柵」その理想は「浮いてる森」ですね。二ついうものが研究されているということは、非常に重要だと思います。

井上 大変貴重なお話しだと思えます。本日はどうもありがとうございました。



メガフロートにおける防災拠点実証試験（平成11年9月1日）

UJNR — 天然資源の開発利用に関する日米会議 MFP — 第二十三回海洋構造物専門部会

はじめに

「天然資源の開発利用に関する日米会議」(UJNR)の第二十三回海洋構造物専門部会(MFP)が二〇〇〇年五月に東京・関西地区で開催されました。

第二十三回海洋構造物専門部会(MFP)

海洋構造物専門部会(MFP)とはU

当センターから論文を一編提出し、そのうちの二編が発表されましたので、ご報告します。



JNRを構成する十八の専門部会の一つで、海洋資源の開発・利用・管理等に用いられる各種海洋構造物の分野に関わる日米の技術者、研究者、経営者等によって構成されており、運輸省船舶技術研究所と国防省デビッド・テラーR&Dセンターが部会長となっています。

今回の会合には、日本側からは足立船舶技術研究所所長をはじめ約百名の専門家が参加し、米国側からはブルーム・クワイスト(デビッド・テラー・リサーチ・センター)をはじめ約三十名の専門家が来日しました。次に第二十三回MFPの概略スケジュールを示します。

五月九日、十六日 スタディーツアー
五月十七日、十八日 全体会合
五月十九日 合同部会最終会議

このうちの全体会合が、東京電力関西電力で行われ、次に示す四のセッションと日米共同議長により、西国の最新の研究活動についての発表が行われました。

海洋工学：前田久明(東京大学教授) Joseph R. VADUS (Global Ocean Inc.)
高性能先進船舶・不破壊(船舶技術研究所) Dick BLOOMQUIST 海洋環境保護：細田龍介(大阪府立大学教授) Craig ALG (Naval Surface Warfare Center, Carderock Div.) 海洋構造物：上田茂(鳥取大学教授) Trevor MILLIS (Ray Modemat, Inc.)

議事の進行は、共同議長のコメントのあと、最近の日米両国の船舶・海洋構造物の研究成果に関し、わが国からは、「海底探査AUV」「URASHIMA A」の開発、「メガフロート空港モデルを用いた飛行試験」、「揺れない浮体構造物」など計十六編の論文、米国からも計十八編の論文がそれぞれ英語で発表され、活発な討論が行われました。会議は、英語で進行しますが、質疑は逐次通訳を利用できます。

当センターからは「揺れない浮体構造物」と、超大型浮体構造物の安全基

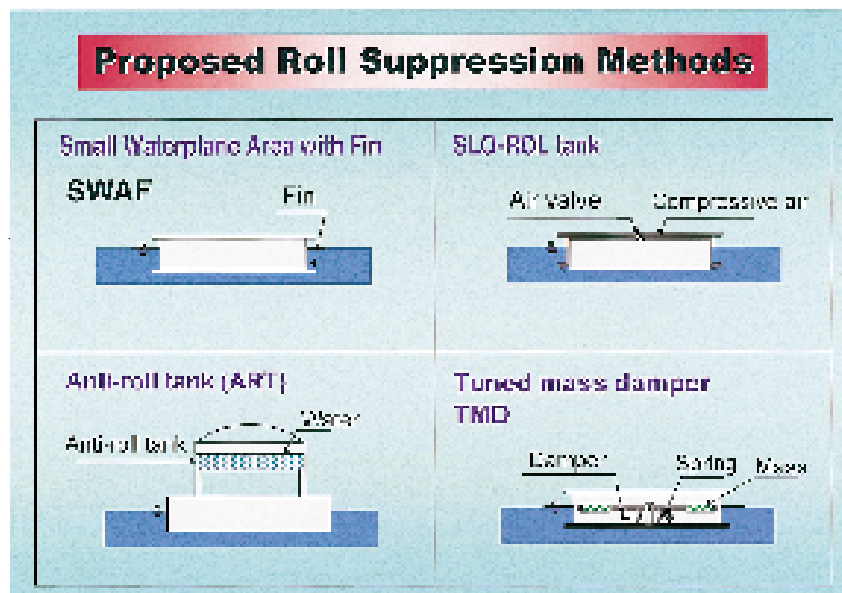
準案)について論文を提出し、前者について加納主任研究員が発表を行いました。

揺れない浮体構造物 (Study on Motion Suppression Systems Applied to Floating Structures for Coastal Development)

浮体構造物は、環境への影響が小さい、潮の干満に対して追随性がある等の利点を有する反面、港内波や航走波により生じる揺れが利用者の乗降時の安全性や荷役作業の効率の低下等を招くことがあります。

「揺れない浮体構造物」は、浮体構造物の中規模浮体構造物に対して、没水部形状の工夫、制振装置等の付加、

或いはそれらを適宜組み合わせることにより、波浪等による揺れを大きく低減し、人及び設備への影響を無くすことを目的としたものです。本研究は、日本財団の補助を受け、三菱重工業の協力のもと行ったものです。本研究の実施にあたり、当センター内に技術検討委員会(委員長：広島大学高木幹雄教授)を設置し、本会合より上田茂共同議長に



動揺抑制機構

も委員として参加していただきました。

本研究の特徴は、浮体構造物の利用用途ことに動揺制限目標値を設定し、それを満足する各種の動揺抑制機構を提案したことです。

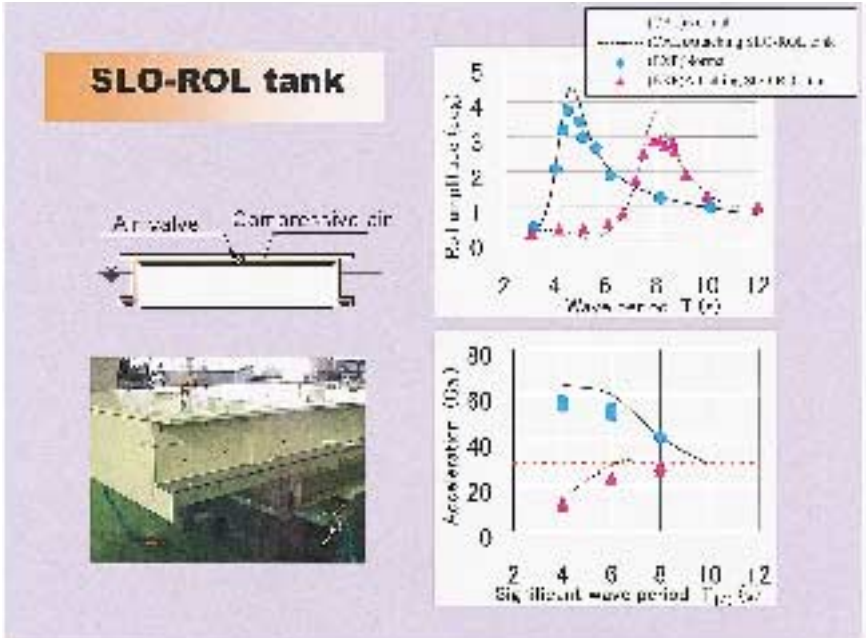
当センターで実施したアンケート調査の結果より、浮き橋の利用者の多くは揺れが気になっており、特に浮体の近くを通過する船舶が引き起こす航走波の影響が大きいことが判りました。航走波の固有周期は、六秒以下であり、浮き橋等の中規模浮体はこれと同調し易くなっています。そこでこれを改善するため、船舶等に適用されている種々の動揺抑制機構の中から、前頁の図に示す四形式を選定しました。

動揺制限目標値は、ISO2631「全身振動暴露の評価に関する指針」などを参考にして、上下方向の加速度とロール角について設定しました。例えば、バリアフリーに対応した浮き橋や浮体式ヘリポートでは、一番厳しい目標値として加速度三十ガル、ロール角三度を設定しました。

本研究で提案した四形式の動揺抑制機構の中で、コストも含めて最も高い性能を示したスロロールタンク(SLO-ROL tank) 付加タイプを一例として下図に示します。実験及び解析結果より、本タイプは周期六秒以下で大きな動揺抑制効果があることが判ります。この成果を、シミュレーションを含むミニユアルとして設計手法をとりまとめました。併せて、試設計も行い、コストの増大もほとんど無いことが確認されており、この成果が浮き橋等へ広く普及されることを期待しています。なお、本研究の詳細については、日本財団のホームページで見ることが出来ます。

おわりに

本部会は第一回が一九七〇年五月に開催され、三十年に渡る歴史を有するものです。このような日米間の技術交流は継続することが大切であり、継続していく中で日米間での共同研究の良いテーマが見つかるのではないのでしょうか。



スロロールタンクの特性

今回、本部会に参加する機会を得て、日米の海洋構造物分野の最先端の研究を知ることができました。港湾及び沿岸の技術的検討を行う当センターとしては、今後このような会合へ積極的に参加していきたいと考えています。

文／(財)沿岸開発技術研究センター
調査部研究員 眞壁知大

海外フォーラム 2

第一回北東アジア 港湾局長会議

「第一回北東アジア港湾局長会議」は、日韓中三国における国際化の進展及び三国間相互の交流の拡大を背景として、中華人民共和国交通部水運司長、日本国運輸省港湾局長及び大韓民国海洋水産部港湾局長が、三国の港湾の容量と効率の改善のため、港湾開発及び管理に関して意見交換を行うとともに、三国の港湾関係者の友好関係の増進に資することを目的として、毎年一回会議を開催することにしたものである。平成七年度から、日本と韓国で毎年日韓港湾局長会議を開催してきたが、平成十二年度から中国も参加し、名称も改められたものである。

第一回会議は平成十二年九月十四日(木)に、運輸省十一階国際会議室で開催された。韓国からは海洋水産部港湾局長、金 英南局長他六名、中国からは交通部水運司、彭 翠紅副司長他二名、わが国から運輸省港湾局長、川島毅局長他六名が参加した。会議では北東アジア港湾局長会議設立の方針が合意された。この方針に従い、次回局長会議は韓国で、実務者会合は中国で、それぞれ平成十三年に開催されることになった。また、二つのテーマに関する共同研究が実施されることになった。共同研究のテーマと実施機関は、以下の通りである。

現在、ISO(国際標準化機構)ではあらゆる分野における国際規格の策定作業を進めている。国際規格の原案は、専門委員会(TC)及びそれらの分科会

(SC)、作業グループ(WG)の活動を通じて、必要に応じて他のTC及び国際機関と連絡を取り合いながら作成される。港湾整備等に関連する技術についても、技術規格の国際調和が求められていることから、欧米の地域規格を中心にISO等の規格制定への動きが活発になっている。わが国は港湾整備に関して独自の規格を持っているが、北東アジア地域での地域特性に対応した共通規格が作成できれば、世界的な場での規格制定で有利となる。

会議での合意を受けて、実務者レベルの初会合が平成十三年三月十二日から十四日まで、中国の北京で開催されることになっている。

テーマ	国	実施機関
1. 北東アジアにおける海運物流コリドーの将来の発展	韓国	韓国海洋水産開発院(KMI)
	中国	交通部水運科学研究所
	日本	(財)国際臨海開発研究センター(OCDI)
2. 港湾建設に関する技術基準の国際標準化	韓国	韓国海洋研究所(KORDI)
	中国	交通部水運科学研究所
	日本	運輸省港湾技術研究所(PHRI) (財)沿岸開発技術研究センター(CDIT)

文／(財)沿岸開発技術研究センター
理事 鶴谷広一

「酒田港波力発電ケーソン実証実験」

絶え間なく寄せせる波に、未来を見る

ボーダレスな知の結集で図る 新エネルギー開発

オイルショック後に湧き起こった自然エネルギー開発への要請を受けて、一九八二年から運輸省（現国土交通省）が進めてきたのが波のエネルギーの活用であった。効率と経済性を考えると防波堤と波力発電を兼ねるシステムにするのが合理的であるとの判断から、運輸省港湾技術研究所（現国土交通省港湾技術研究所）を中心に、波力発電ケーソンの開発が進められてきた。



酒田港

波力発電ケーソンは新規に建設する防波堤や護岸利用して発電するもので、ケーソン前面はスリット構造なため反射波が少ないという特長もある。このため、防波堤・波力発電というそれぞれの機能当たりの建設コストが、独立して設置する場合よりも低減できる。それまでに単独に試みられていた波力発電システムより発電コストを大幅に低減できることも期待されるものである。

（財）沿岸開発技術研究センターでは、一九八五年と一九八六年に『波力エネルギーの利用に関する総合調査委員会』（合田良実委員長）を設け、運輸省（現国土交通省）港湾局、運輸省港湾技術研究所、海上保安庁灯台部、水産庁漁港部、大学、海洋科学技術センター、ならびに電力、電気、鉄鋼、造船、建設などの民間会社の技術者、研究者を結集。波力発電ケーソン防波堤による波エネルギー利用技術の確立に向けて、設計施工法の具体的検討、得られたエネルギーの利用システムの検討がされたのである。

一九八九年、運輸省第一港湾建設局

は波力エネルギーの利用に関する総合調査委員会などの成果を受け、波エネルギー利用システム開発の最終段階として、波力発電ケーソンを山形県酒田市の酒田港第一北防波堤の一部に設置し、実証実験に入った。実証実験には、（財）沿岸開発技術研究センターを中心とした民間会社二十社と大学や研究機関、山形県や酒田市からなる『防波堤利用の波力発電に関する研究会』が組織された。また、第一港湾建設局が組織した『波エネルギー利用防波堤現地実証実験委員会』（合田良実委員長）に検討結果が諮られた。

実証実験に入った一九八九年、（財）沿岸開発技術研究センターにおいて『防波堤利用の波力発電に関する研究会』の事務局で実験の運営・調整に当たった長沢洋一氏に当時を振り返ってもらった。

「実証実験では、発電装置やエネルギー変換装置などのハードの部分は、製作・改良など、（財）沿岸開発技術研究センターが組織した研究会各社のノウハウを持ち寄り、技術を結集しました。

すでに、運輸省港湾技術研究所の基礎研究で、その機能・安定などが明らかにされていましたが、それら設計法の検証比較は非常に興味深く、議論も白熱しました。

元来、土木屋なので、電気や機械など勉強することも多く大変でしたが、さまざまな分野の方と交流でき、非常に有意義な時期でした」

ここで、酒田港に設置された波力発電ケーソンの概要について説明しておこう。

波力発電ケーソンは長さ二一 m、幅二六 m、高さ二七 mの上部斜面型ケーソンで、水深一八 mの地点に設置された。ケーソンは波エネルギーを空気流に変換するための空気室およびタービン・発電機を設置するための機械室を持つ。空気室には前面の開口部から波

が入り、空気室内の水位が上下することにより空気流を発生させ、波のエネルギーを空気エネルギーに変換するのである。空気室に発生した空気流は空気流調整弁を通過して機械室に入り、タービン・発電機を回転させる。空気流調整弁は、タービンの回転数によって制御されており、弁の開度を全開から



全閉までの五段階に調整することによって、タービンの過回転を防止し、発電出力を安定させ、また運転の始動・停止装置をも兼ねている。タービンには、往復の空気流に対しても一方向に回転するウエルズタービンが用いられた。発電機は定格6 kWの同期発電機で、二枚のタービンの中央に設置されている。

一段落したプロジェクトが、さらに開くもの

運転開始から第一期の実証実験に入った。研究課題は、耐波設計法の検証、空気室設計法の検証、熱力・波動法に基づいた発電システムの検証、発電システム設計法の検証、計測システムの検証、発電運転システムの検証、などとなっており、防波堤を利用した波力発電システムの有効性を確認している。また、光ファイバー海底ケーブルで波力発電ケーソンとつながれた陸上観測局において、電力利用の各種デモンストレーションや実験を行い、一般公開していた。長沢氏は、「研究会のメンバーの中の担当者が交代で現地につめて、実証実験に立ち合っていました。陸上観測局に併設されたデモハウスでは発電した電気でテレビがちゃんとついたとが、駐車場に敷いた融雪パネルが作動したと、ひとつひとつが驚きの連続でした」と語る。

一方、当初の計画では、発電開始から一年間のデータ解析で波力発電装置は撤去されることになっていた。地元の間心も高まり、電力供給の可能性を探るためにも、さらに実験を継続した

波力発電ケーソンが設置され、機室の施工から発電システムの運転開始へとという時期を見守った、酒田港湾工事事務所・元所長の大根田秀明氏は、波力発電の作動の瞬間に立ち合った。「見学者を案内してたまたま波力発電ケーソンが上がったとき、機室内に据え付けたタービンをいろいろ調整していました。電機関係の技術者が「ちょ

いどの声が高まった。大根田元所長も継続に尽力した一人だ。「電力九社に共同研究への参加を要請したり、予算の追加を要請するなど、実験期間の延長を要請し、実験を継続することができました」

一九九二年から一九九四年にわたる第二期実証実験では、波力発電電力利用システムのさらなる実用化を図るため、新たに電力九社を加えた共同研究会が設置された。電力利用システムの検証を目的に、海水交換、サブサンドフィルター工法といった動力供給型への利用を想定した大容量揚水試験、波力発電を一般商用電力と同品質に変換し商用電力系統に接

つと回してみましようか」と提案。そこでブレーキを外すと、波高が5 cm くらいの静かな波でしたが、それでも回り始めた。まだケーブルもつないでいない状態で、針が振れる。「あつ、発電成功ですよ」と。これが本当に最初の発電成功の瞬間で、感激しましたよ」

続する系統連携試験が実施された。さらに引き続き第三期実証実験が、波力発電ケーソンの耐久性の検証、保護対策装置（バイパス弁）の耐久性検証、発電装置（タービン、発電機）



波力発電により点灯するタワーに設置された照明

波力発電システム調査研究事業

年度	課題・調査名
1985	波力エネルギーの利用に関する総合調査
1987	波エネルギー吸収型防波堤実証試験調査
1988	波エネルギー利用防波堤現地実証実験
1989	波エネルギー利用現地実証試験調査
1990	波エネルギー利用現地実証試験調査 防波堤利用の波力発電に関する研究
1991	防波堤利用の波力発電に関する研究 波エネルギー利用防波堤現地実証実験
1992	波エネルギー利用防波堤実用化調査 防波堤利用による波力発電の実用化に関する研究
1993	波エネルギー利用防波堤実用化調査 防波堤利用による波力発電の実用化に関する研究
1994	波エネルギー利用防波堤実用化調査 防波堤利用による波力発電の実用化に関する研究
1996	波力発電ケーソン防波堤の実用化検討調査
1997	波力発電効率化検討基礎調査 防波堤利用による波力発電の保護対策装置等の経年劣化試験業務
1998	防波堤利用による波力発電の経年劣化試験に関する研究 酒田港波力発電事業化推進調査
1999	防波堤利用による波力発電の経年劣化試験に関する研究、保護対策装置等の経年劣化試験業務

の耐久性検証を目的に実施されたが、一九九九年七月にて終了している。実験終了後の地元での様子を酒田港湾工事事務所の高橋豊画企画振興室長に聞いてみた。

「実証実験が終わって一般市民にもアピールしたデモハウスも撤去され、今は地元の関心が風力発電に移っています。もっとも、実証実験を通して波力発電の将来性は確認できたし、エコエネルギーへの関心は相変わらず高いのだから、波力発電にもう一度目が向くときがくると思いますね」

現在、国土交通省北陸地方整備局新潟港湾空港技術調査事務所（前運輸省第一港湾建設局新潟機械整備事務所）では、酒田で培われた波力発電システムを応用した小型タービンを何十、何百とケーソンのすき間（目地）に取り

付け、港外と港内との潮位差による流れをタービンにとらえて電力を得る手法等の調査研究に入っている。それらの電力を港湾構造物の施設に活用できないかというものだ。国土交通省東北地方整備局酒田港湾工事事務所の伊花稔所長は語る。

「酒田での事例が、新たな波のエネルギー利用の可能性を広げています。日本全国に整備されている防波堤に新たな施設をつくらなくても、波のエネルギーを取り出す方法はあるのではないかと、既存の施設を利用して波の力で電気を起こせないかという段階に移ってきていると思います」

波力発電に関するプロジェクトを通して磨かれたエコエネルギー開発の技術は将来へと確実にひきつがれようとしている。

「中部国際空港」

二十一世紀 飛躍する中部の空の玄関

地域から発案されたプロジェクトは 官民のノウハウを結集して実現へ

中部圏の人口は約二〇〇万人、製造品出荷額は全国の約四分の一を占め、その経済規模はカナダや韓国といった国々より大きい。二十一世紀において中部圏は先端的産業技術の世界的な中心としてますます飛躍することが期待されている。中部国際空港はこのような中部圏の空の玄関として、その整備の必要性が地域から発案されたものである。現在の名古屋空港は利用客の増加により空港の処理能力が限界に達しつつあるが、市街地にあるためこれ以上の拡張が困難である。このため、今後の利用客の増加に対応し、中部圏が世界各国との交流を深めるためには新空港の整備が不可欠と考えられた。

新空港の構想は昭和四十年代からあったが、地域での検討が本格化したのは昭和六十年以降である。平成元年三月には愛知、岐阜、三重の三県の知事と名古屋市長が会談し、建設候補地を常滑沖とすることで合意が得られた。このような地域の動きを受け、平成三年からは地域と国の共同作業により空港計画策定のための様々な調査が行な

われた。この間（財）沿岸開発技術研究所センターは空港の建設に関わる技術的調査を実施することによりプロジェクトの推進に協力してきた。こうした検討の結果、平成十年度の政府予算編成作業の中で、事業主体を国、地方自治体、民間出資による株式会社とし、二〇〇五年の開港をめざして総事業費七六八〇億円をもって事業を進めることが決定した。平成十年四月には「中部国際空港の計画案（最終まとめ）」が公表され、「中部国際空港の設置及び管理に関する法律」が施行された。そして、同年五月、事業主体となる中部国際空港株式会社が設立された。

その後、工事開始のための手続きが進められ、昨年四月に運輸大臣が飛行場設置を許可し、六月には愛知県知事が埋立を免許した。そして、八月一日、いよいよ現地工事が始まった。新空港は名古屋の南約三十五キロメートルの伊勢湾の海上、知多

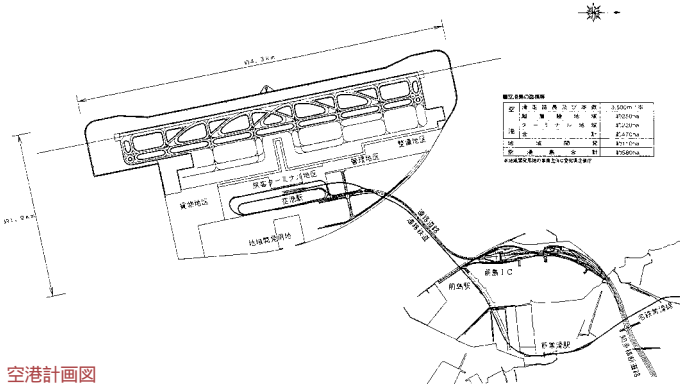
半島の常滑沖に建設される。名古屋都市心から三十一・四十分でアクセスできる。長さ三五〇メートルの滑走路一本を有する二十四時間運用の国際空港である。空港島の全体面積は約五八〇ヘク

タール、うち空港会社が整備する空港用地は約四七〇ヘクタールであり、残り約一一〇ヘクタールは愛知県企業庁が空港関連産業の立地を進める地域開発用地として整備する。同庁は空港島の対岸部、常滑側においても約二二〇ヘクタールを地域開発用地として整備する。空港へのアクセスは連絡鉄道と連絡道路が整備される。連絡鉄道は第三セクターの中部国際空港連絡鉄道

（株）が事業主体となり、名鉄常滑線が延伸される。連絡道路については愛知県が有料道路として整備する予定である。このように、関係する事業主体がそれぞれ協力してプロジェクト全体が進められる体制となっている。空港の建設位置の平均水深は約六メートル。空港島の東側部分の海底には粘土層があり最大で二・三メートル程度の地盤沈下が想定される。地盤沈下が予想される区域については、必要に応じ地盤改良を行い、空港施設の建設開始までにおおむね沈下を終わらせる計画である。埋立土量は約五六〇万立方メートル。水深が浅く地盤沈下の影響も小さいことから関西国際空港一期工事の約三分の一の土量である。

埋立には山土のほか、名古屋港の浚渫土砂が用いられる。国土交通省中部地方整備局（前運輸省第五港湾建設局）と空港会社との連携事業として、約一〇〇〇万立方メートルの名古屋港の浚渫土砂が空港島の北側部分に固化処理されて投入される。固化処理は、空港島まで船で運ばれた浚渫土砂を埋立地内に送る配送管の中で、セメントと土砂を練り混ぜることにより行われる。浚渫土を有効に活用して低コストで急速に埋立地盤をつくることが可能である。これだけの量を固化処理して埋立

中部国際空港計画図



空港計画図

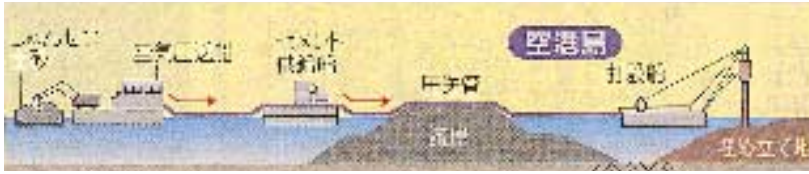


旅客ターミナルビル（PTB）計画図

するのはわが国でははじめてのことである。セメントによる浚渫土の管中混合固化処理工法はまだ生まれただけの技術であることから、中部国際空港での工事の結果が注目される。

環境アセスメントは平成九年六月に公布された「環境影響評価法」の趣旨を先取りして行われた。空港建設位置では伊勢湾を南下する潮流があるが、これを妨げないように空港島の形に曲線を取り入れたり、海の生物の生育環境に配慮して、護岸は石積みの構造を基本とするとともに護岸の前面に人工的な藻場を造成するなどの工夫をしている。工事の実施中は環境監視が行われ、その結果は公表される。また、昨年十一月、空港会社はSOA1001を取得した。わが国の空港整備関係機関でははじめての取得とのことである。

愛知県では二〇〇五年三月末から国際博覧会が開催される。新空港はこれに間に合うように開港する計画である。あと四年ほどしかない非常にきびしい工程であるが、空港会社は工程短縮のための工夫をこらし、愛知県企業庁等関係者と協力して、工期内の工事完成をめざしている。



管中混合固化処理工法

きびしい工程の中、工事は順調 二〇〇五年三月の開港めざす



工事現場全景航空写真（平成13年1月11日撮影）



護岸築造の作業状況（2点）

昨年八月一日に現地着工した工事は、護岸工事と地盤改良工事が現在進められている。このほか、愛知県企業庁の護岸及び地盤改良工事や道路連絡橋の橋脚工事などが行われている。このため、現場では地盤改良などの工事をすすめる作業船や土砂の運搬船などの様々な船が多く見られる。このような工事関係の船や工事現場の周辺を航行する船の安全を守るため、常滑の海岸沿いに航行安全センターが設けられている。

センターにはレーダーや現場を監視するモニターカメラが設置され、工事に関係する船の位置を把握するとともに、航行安全のために必要な情報を船に提供するなどの仕事を二十四時間体制で行っている。また、工事を計画的かつ安全に進めるためには、現地の気象や波浪を把握することが必要であるが、これについては（財）沿岸開発技術研究センターのCOMEINS（沿岸気象海象情報配信システム）が活用されている。

これまで大きな事故はなく、昨秋は台風がこなかったことなど天候にも恵まれ、今のところ工事は順調に進められている。環境監視の結果も特になんとも問題ないとのことである。上空から現地を見ると、既に護岸の大部分が海面上に現れており、空港島の輪郭がわかるようになってきている。工事の見学者に対しては、航行安全センターの屋上から工事現場が一望できるようになっている。また、航行安全センターの近く

がまとまり、その概要が公表された。PTBは四階建て、左右のウイングとセンターピアを有する構造である。三階が出発階、二階が到着階になる。設計にはユニバーサルデザインの考え方を導入し、誰もが使いやすい施設となるようにしている。また、レストランや物販店など魅力ある商業空間や、飛行機を間近で見られる空間を提供するなど、飛行機の利用者以外の一般の人にも楽しめるような施設になっている。また、空港会社では、空港施設の整備についてのアイデア募集を行っている。これには飛行機の離着陸を見る展望風呂などのアイデアが寄せられているそう、今後どのように具体化されるか楽しみである。

中部国際空港の工事は、順調に進められ二〇〇五年の開港に向けて関係者一同がんばっています。空港島は、国土交通省中部地方整備局（前運輸省第五港湾建設局）（財）沿岸開発技術研究センターによる検討の成果を活かし、非常に合理的かつ安全な構造で建設が進められており、特に国土交通省中部地方整備局で開発された管中混合固化処理工法は、名古屋港から出る浚渫土砂を固めながら埋立に利用するなど環境にも対応した正に一石二鳥の工法ともいえます。護岸も石積みの傾斜護岸にして、漁礁効果を加味し周辺の生態系にも配慮した設計になっています。



中部国際空港（株）取締役（建設） 早田修一 氏

シンガポールの国土拡張事業

はじめに

シンガポールは、北緯一度の赤道直下に位置し、国土面積六四三平方キロメートル、人口三〇万人の都市国家である。一九六五年のマラヤ連邦からの独立後三十五年の短い歴史の中で、「アジアの奇跡」と言われた東南アジアの高度経済成長の中心的な役割を担い、今日では世界一のコンテナ取扱量を誇る港湾施設や、世界有数の金融都市などの様々な顔を持つアジアにおける経済大国の地位を不動のものとした。

国土開発及びインフラ整備は、長期マスタープランに基づき計画的に進められており、居住・商業・工業区域に分けて重点的に開発を行うことで、狭い国土を効率よく利用している。また、海上交通の要衝としての地理的な優位性、交通や通信システムなどの社会基盤システムの信頼性と経済性、生活面での安全性からこれまで多くの外国企業の誘致に成功している。

狭い国土を拡張する

国土の拡張を国の最重要課題と位置づけるシンガポールの埋立事業は、一八七

九年のテロククマヤ地区の埋立を端緒に、これまで総埋立面積一七〇平方キロメートル（国土の十六％に相当）が埋立てられてきた。事業主体として、空港及び港湾区域をPASA（Port Authority of Singapore、現PSA Corporation：港湾公社）、住宅商業区域をHDB（Housing & Development Board：住宅開発公社）、工業区域をJTC（Jurong Town Corporation：ジュロン開発公社）が担当し、国土開発のマスタープランに基づき継続的に埋立を実施してきた。



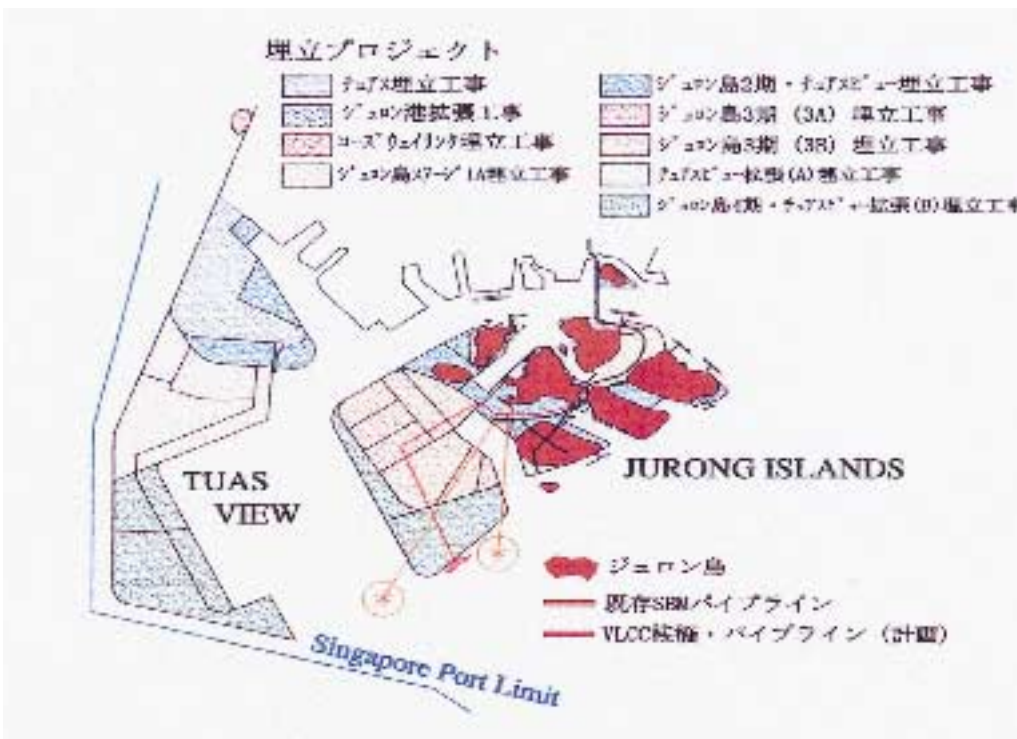
ジュロン島3期(3B)埋立工事

ここでは、本島南西部に位置するジュロン及びチュアス地区の埋立事業について紹介する。

ジュロン・チュアス地区

ジュロン・チュアス地区の埋立事業は、八四〇八年にかけて行われた六・五平方キロメートルのチュアス沖の埋立に始まる。これまでに総埋立面積四・二平方キロメートルの埋立プロジェクトが完了しており、現在は九九年十一月から三年の工期で、面積九・七七平方キロメートル、埋立土量約二億立方メートルの第1期B工事が進められている。また、二〇〇六年六月には、面積二四・六平方キロメートル、埋立土量約七億立方メートルの世界最大規模の埋立工事が新たに発注された。工期五年のこの工事が完了する二〇〇五年には、ジュロン・チュアス地区は、ほぼシンガポールの港湾境界まで陸域が拡大する予定である。

なお、埋立造成してきたジュロン地区には、石油精製から石油化学製品の製造から輸出まで行う石油化学コンビナートの誘致に、チュアス地区は、公共産業用地として大型産業廃棄物処理場、淡水化プラント、火力発電所等の施設や工場の誘致に成功している。



ジュロン/チュアス埋立計画

TSHDで大量急速施行

埋立は、主として日本、シンガポール、韓国、オランダ、ベルギーの建設会社が

請け負っており、埋立材である海砂のマレーシア、インドネシア海域での採取、シンガポールまでの運搬及び埋立区域での投入までを一貫管理することが契約で定められている。



トレーリングサクシオンホッパー浚渫船 (TSHD) (Queen of Penta-Ocean: 20,000m³)

短期間で大量の海砂を採取、運搬するには、トレーリングサクシオンホッパー浚渫船 (Trailing Suction Hopper Dredger: TSHD) と呼ばれる自航式特殊浚渫船が不可欠である。

サクシオン機構により採取された海砂は、埋立地まで自航して運搬され、投入地点の水深が十二メートルより深い場合には、底層パブルを開放して直接投棄。浅い場合には、軸先に装備したノズルから水とともに噴



ジュロン3期(3B)埋立工事も早2年が経過し、ネットで1億5千万m³の海砂運搬、投入が完了しており、順調に推移しています。今後は埋立材の安定供給と4期工事との円滑な移行に向けて取組みます。

五洋建設(株)シンガポール営業所
ジュロンアイランド3B埋立工事
事務所長 道下 勲 氏



アショアポンピングによる砂の排送

出するレインボーと呼ばれる方法、あるいは軸先に装備した配管用カップリングにフロート鉄管を接続して排送するアショアポンピングと呼ばれる方法により所定地点に排出される。

世界各地で稼働している、ホッパー容量が一万七千方メートル以上の最大級のTSHD九隻のうち、実に六隻が第三期B埋立事に従事している。

伸長する地元の技術力

シンガポールの国土拡張事業や社会インフラ整備は、長期マスタープランに沿って順次実施に移されており、そのスピードには目を見張るものがある。この背景には、政府の決断の早さ、安定した財源の確保、土地収用等についての法律あるいは漁業権などの既得権益の排除があり、政府が強力なリーダーシップを發揮していることによる。



レインボーによる砂の排出

九九年の統計では、シンガポールの公共、民間の建設総投資額は、一〇六三百万シンガポールドル(S\$)にのぼり、GDPの約七%を占める。建設業者数は四八七九社、そのうち三〇百万S\$以上の公共工事の入札資格を有する企業(G7/G8)は二〇二社あり、その約二十%は日系企業を含む外国企業である。

大規模公共事業の発注は、事前資格審査後に適確業者による国際競争入札が実施され、施主契約に条件が付されない場合には、最低入札価格を提示した業者が受注する。

工事契約は、初期は国際建設契約約款(FIDIC)に準拠していたが、これまでの過去の工事契約での係争を踏まえて随時変更が加えられて、現時点ではFIDICとの関連が希薄になっている。

また、シンガポールでは実績の少ない新技術や新工法の導入に対しても積極的であり、コストダウン、品質向上、工期短縮を可能とする技術提案は歓迎されている。近年では、地元建設業者も技術力を向上させており、高層建築やプレキャストコンクリート橋などの構造物の受注はきびしい競争となっている。

しかし、施工機械、設備に多額の投資が必要な埋立浚渫などは、しばらくの間は外国施工業者の経験、技術力に基づく高いコストパフォーマンスに頼らざるを得ない面があるといえる。

本コーナーでは、港湾に関する最近のニュースをピックアップしてお届けします。

二〇〇〇年

◆「新潟みなとトンネル」 貫通記念見学会開催

新潟西港の左右岸を繋ぐ沈埋トンネル「新潟みなとトンネル」が、八月二十一日貫通した。これを記念して、九月三日に現場見学会が行なわれた。初めてトンネルを通過できるこの見学会には、約三二〇〇名の市民が集まった。

◆第一回北東アジア 港湾局長会議開催

九月十四日、第一回北東アジア港湾局長会議が、東京・霞ヶ関の運輸省国際会議場において、日本、韓国、中国の代表者が出席して開催された。

会議では、北東アジア港湾局長会議開催ガイドライン、「北東アジアにおける海運物流コリドールの将来の発展」、「港湾建設に関する技術基準の国際標準化」の二テーマに関する共同研究の実施の二つの事項が合意された。

共同研究の二テーマのうち、「港湾建設に関する技術基準の国際標準化」では、アジアの実態を含めた国際技術基準が定められるよう取り組み、二国で情報交換

を行う。日本の実施研究機関として運輸省港湾技術研究所（財）沿岸開発技術研究センターが同テーマを三年間の予定で検討していく。

◆首都圏新空港の早期実現のためのシンポジウム 開催

九月二十七日、東京・日比谷公会堂において、首都圏湾奥新空港研究会の主催で、シンポジウム「首都圏湾奥新空港の提案」が開催された。

◆港湾局鳥取県西部地震 災害対策本部設置

十月六日、鳥取県西部を震源とするM七・一の地震によって受けた港湾関係の被害状況を調査するため、同夜に運輸省港湾局長を本部長とする災害対策本部を設置した。被害にあった港は、境港、安来港、松江港、米子空港など。港湾関係被害額概算は、境港一十六億円を含む。鳥取、島根県全体で四十四億円。

◆APEC 港湾地震防災 セミナー開催

十月十二日、運輸省港湾局 第三港湾

建設局 神戸市及び（財）国際臨海開発研究センター主催の「APEC 港湾地震防災セミナー」が神戸市で開催された。

阪神・淡路大震災から約五年半を経た神戸で、APEC 運輸ワーキンググループの港湾専門家会議のメンバーと日本の港湾関係者が、APEC 地域における港湾の地震被災に関する経験と知識を交換するともに、地震防災に対する港湾の役割について考えることを目的に実施された。

◆常陸那珂港東防波堤 四〇〇メートル達成

十月二十四日、常陸那珂港東防波堤が四〇〇メートルに達成したことを記念し、作業基地及び防波堤等事業施工者への感謝状贈呈式がひたちなか市文化会館にて行なわれた。

◆第四回海岸シンポジウム 開催

十月二十七日、東京・麹町会館にて第四回海岸シンポジウムが全国海洋事業促進連合協議会の主催で開催された。今回のテーマは「津波・高潮と防災」人々の安全を求めて。

◆洋上風力発電の技術 マニュアル（案）の策定

（財）沿岸開発技術研究センターは民間企業との共同研究で平成十一年十月から「風車基礎に関する研究」を実施していたが、その成果を「洋上風力発電の技術マニュアル（案）」としてとりまとめた。今後、学識経験者による委員会の審議を経てマニュアルとしてとりまとめて公表する予定。

◆運輸大臣が 民間技術評価を告示

運輸省港湾局は十一月一日、港湾に係る民間技術の評価制度に基づき、平成十一年度課題の「液状化対策工法」等の三課題について申請のあった三十七社二十技術について、同月七日官報に告示し、評価証を交付すると発表。

七日には、運輸省共用大会議室にて交付式が行なわれ、川島港湾局長より三十七社それぞれに運輸大臣名の評価証が交付された。

◆全国港湾整備振興活動 報告会開催

十一月一日、東京・砂防会館において日本港湾協会、港湾海岸防災協議会、全

国港湾整備・振興促進協議会、全国市町
会港湾都市協議会、日本港湾振興団体連
合会の港湾五団体で組織する港湾整備促
進協議会は、初の「全国港湾整備振興活
動報告会」を開催した。

この報告会は、昨年までの予算獲得の
ための大会とは異なり、港湾も整備、活
動状況を関係者に広く理解してもらい、
新たな世紀にふさわしい港づくりを進め
るために開催した。

◆ドラグサクシヨン浚渫船 兼油回収船の起工式典 開催

運輸省第一港湾建設局新潟港湾空港工
事事務所の浚渫船「白山丸」の老朽化に
併せて、新しいドラグサクシヨン浚渫船
兼油回収船を建造することとなり、十一
月九日、東京、新潟の二方所において起
工式典を開催。同船完成後は、新潟港に
配備され、名古屋港の「清龍丸」、北九州
港の「海翔丸」と併せて三船体制となり、
緊急出動態勢の抜本的な強化が図られる。

◆十二年度補正予算案 閣議決定

十二年度補正予算案が十一月十日に閣
議決定し、国会に提出された。港湾整備
事業の補正額は単年度分国費五十七億円。
港湾海岸事業の補正予算は「平成の大改
修」を中心に単年度分国費七十四億円。空
港整備公共事業費の予算額は「東京国際
空港沖合展開」、「関西国際空港一期事業
(地下水対策)」等に二〇一億円。

◆港湾審議会 第一七四回部会開催

十一月十七日、運輸省特別会議室にて
港湾審議会第一七四回部会が開催さ
れた。部会では、八港の港湾計画の改訂
一部変更、「港湾の開発、利用及び保全並
びに開発保全航路の開発に関する基本計
画」の変更を審議し、了承し答申した。
今後は関係行政機関との協議を経て十二
月下旬に官報告示される予定。

◆運輸技術審議会が答申

昨年五月の運輸大臣の諮問に対して、
十一月十一日、「二十一世紀初頭の交通技
術開発の基本的方向について」、「IT革
命時代の交通技術開発」を答申した。

◆北米定期コンテナ船 常陸那珂港に初入港

常陸那珂港では、これまでコンテナ埠
頭の整備を行ってきたが、十一月十九日
にNPSC運航のフルコンテナ船「NA
GOYAE EXPRESS」(八九三九ト)
が、北埠頭外貿ハース(水深・十四メー
トル)に初入港した。

◆最後の運輸白書を公表

森田運輸大臣は、十一月二十八日の閣
議で最後の「運輸白書」を報告し、公表
した。
運輸白書のポイントは、「最後の運
輸白書」として、日本型交通体系の形成
過程を概観していること、都市交通、

IT、環境など、わが国が直面する重要
課題を分析し、国土交通が進める二十
一世紀の交通政策を展望していること。

◆第一回空港技術報告会 開催

運輸省航空局は十一月二十九・三十日
運輸省共用会議室にて第一回空港技術報
告会を開催した。

空港の国際間の競争が激化する中で
わが国の空港も競争に耐えられる空港を
つくる必要がある、また空港も高質化を
図る必要がある。

このため技術革新のレベルの高い空港
については、これまで土木建築などそれ
ぞれの分野で行われていた報告会を、二
十一世紀には違った分野でも空港技術を
確立するための総合化を図り報告会を一本
化して再スタートするもの。

◆新世紀港湾ビジョン 懇談会が新世紀港湾 ビジョンを発表

昨年五月から八回にわたり、森田茂東
京大学教授を座長に審議を行ってきたが、
十二月六日に「暮らしを海と世界に結ぶ
みなとビジョン 国と地域のパートナー
シップによるみなとづくり」をとりま
とめた。

◆十三年度予算が閣議決定

港湾関係事業では総事業費一兆六五五
億円(国費三四六三億円)。海岸事業では
事業費七一九億円(国費二七七億円)。空

港関係では、一般空港七八三億円、羽田
沖合展開一七五四億円、成田空港四三五
億円、関西国際空港二二六八億円、中部
国際空港四二一八億円(いずれも財投込)
のほか、首都圏第三空港調査事業十二億
円が認められた。
また、海上技術安全局を中心に要求し
ていたメガフロート情報基地機能実証実
験が二十億円認められている。

◆一月六日 国土交通省 が発足

運輸省、建設省、国土庁及び、北海道開
発庁を統合国土交通省が発足した。初代
大臣は、扇千景、副大臣は、高橋一郎
(衆)、泉信也(参)が就任した。国土交
通省の地方支分部局として地方整備局が八
局設置された。

地方整備局八局は次の通り。
東北地方整備局、北陸地方整備局、関
東地方整備局、中部地方整備局、近畿地
方整備局、中国地方整備局、四国地方整
備局、九州地方整備局。
また、各地方整備局には新たに港湾空
港技術調査事務所が設置された。

ONE POINT LECTURE

海洋の長周期波について

～波に関するQ&A～

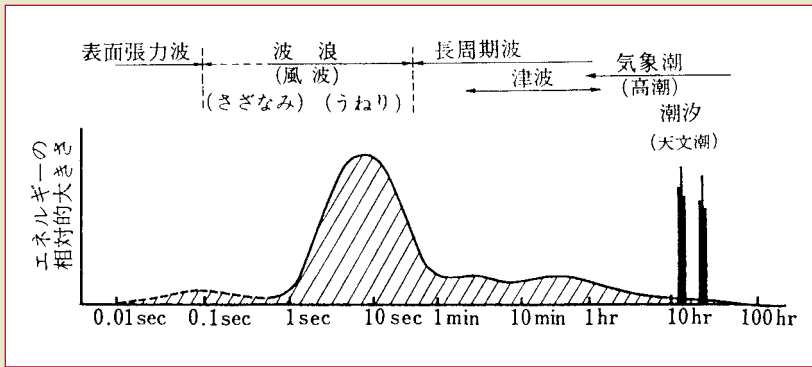


図 1 周期による海面の運動の分類の例¹⁾

波のエネルギーの相対的大きさは、周期が短くなるにつれて急激に大きくなる。図 2 は、一秒毎に観測した海面（水位）変動です。周期数秒の波が、破線で示した周期一、二分の波に重なっています。前者が波浪、後者が長周期波なのです。

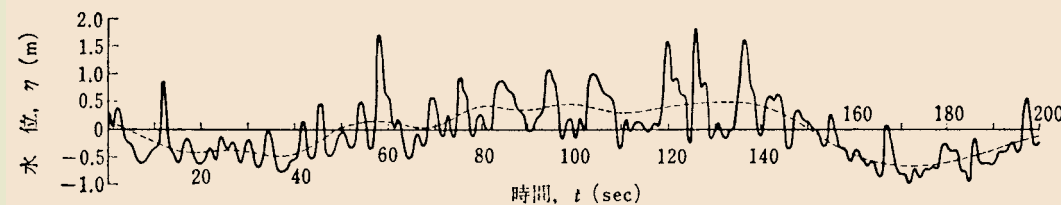


図 2 長周期波の実例²⁾

表 1 苫小牧東港 14m岸壁における被害状況³⁾

年月日	船名	総トン(DWT)	係船索切断本数
1985. 1.28	札幌丸	48,884	1
4.10	同上	同上	1
1986. 9.02	NEPUTUNE CANOPUS	30,703	3
1987. 6.21	ASIAN THISTLE	37,472	4
11.19	栄龍丸	30,767	2
1988.11.26	LITO	28,093	1
1989.11.13	札幌丸	48,884	4
1990. 1.19	WORLD AGAMEMNON	19,296	4
11.20	DAPHNE OCEAN	38,891	1
1991. 1.26	宮城丸	37,582	1
10. 3	FAR EASTERN GRAIN	37,159	1
1992. 3.31	GOLD STAR	36,264	2
5. 7	ASCENSION	35,191	2
9.25	ANTOINS I ANGELICOUSSIS	36,986	2
10.26	札幌丸	48,884	2
11. 7	YOU XUAN	25,891	1
1993. 1.29	MOZU ARROW	23,149	5
6. 4	ORIANA	36,606	3
8.29	PEGASUS	36,764	1
9. 4	RUBIN ENERGY	36,560	2
10. 9	札幌丸	48,884	4
11.14	同上	同上	1
1994. 3.10	GORTYS	38,131	2
9.18	ENERGY PIONEER	36,493	4

表 1 は、十四m岸壁における被害状況です。係船索の切断事故が、毎年数回ずつ発生し、多い年には年六回も発生していることがわかります。図 3 は、岸壁前面の長周期波高とサージ（船の前後方向の揺れ）の大きさとの関係を示したものです。サージの大きさは波高の十倍以上もあるため、海の表面が静穏に見えても、油断できないことがわかります。サージの大きさが10m以上になることもあるそうです。

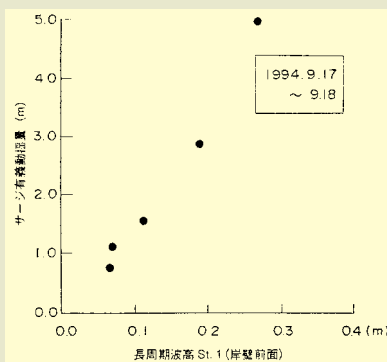


図 3 船体サージ動揺量と長周期波高の比較

長周期波とはどのような波でしょうか。

長周期波の話をする前に、海の中の色々な波についてご紹介しましょう。

海の波と言えば、沖から岸にうち寄せる、あの波を思い浮かべるのが普通でしょう。しかし、海の中には色々な波があるのです。海の波とは、海面が上がったり下がったりを繰り返す運動のことです。上がったり下がったりが繰り返され、また上がるまでの時間を周期といいます。この周期が短いものから長いものまで、様々な波があるのです（図 1）。私達が普通に波と呼んで

いるものは正式には波浪と呼ばれており、周期が数秒〜二十秒くらいです。波浪には、風によって直接起こされる風波（風浪）と、風波が伝わって行って、風が吹いていない場所に到達したうねりがあります。

長周期波による被害の例を教えてください

長周期波による被害は、外洋に面した全国各地の港でみられますが、ここでは苫小牧東港の例を紹介しましょう。苫小牧東港地区は、港内の岸壁前面で、有義波高50m以下の期間（静穏度）が年間の九十八%以上になるように計画されていますが、十四m岸壁の供用が開始されて以後、港内が静穏であるにもかかわらず、この岸壁に係留した船舶が数分程度の周期で動揺することが報告され始めました。

従来、港は通常の波浪（風波、うねり）の港内への進入を防ぐ目的で設計されており、実際、港内では波浪は大きく減衰して、その目的は達成されています。しかし、長周期波は港内に入っても殆ど減衰せず、場合によっては増幅することもあるため、ご紹介したような被害が発生しているのです。

CDIT NEWS

[CDITニュース]

第二十五回評議委員会

開催日：平成十二年十月三十日（月）

十六日、十七日

場 所：東条インペリアルパレス曙の間
決議事項：

一、平成十二年度事業計画及び収支予算の修正について

二、平成十三年度事業計画及び収支予算



について

右記決議事項について審議の結果、原案通り承認されました。

特別講演

「空港をめぐる最近の話題

首都圏第三空港など」について

運輸省航空局飛行場部計画課長

上田寛



第四十回理事会

開催日：

平成十二年十一月二日（木）

十一日、十三日

場 所：

経団連会館9F902号室

決議事項：

一、平成十二年度事業計画及び収支予算の修正について

二、平成十三年度事業計画及び収支予算について

右記決議事項について審議の結果、原案通り承認されました。



「港湾・沿岸構造物の設計・施工法に関する講習会」

ジャケット工法技術・格点式ストラット工法技術・港湾用PC矢板技術

平成十二年十二月二十二日（金）コクヨホールにおいて「港湾・沿岸構造物の設計・施工法に関する講習会」ジャケット工法技術・格点式ストラット工法技術・港湾用PC矢板技術を開催しました。

早稲田大学清宮教授の特別講演を始め、各マニユアルの発刊に協力いただいた執筆者の方々から内容について説明をしていただきました。年末の多忙な時期にも関わらず多数ご参加いただきました。



「技術講演会 in 神戸」及び「テクノ・オーシャン2000」

平成十二年十一月八日(水)にテクノ・オーシャン2000(十一月九日、十一月十一日)の併催行事として、神戸商工会議所会館3F 神商ホールにて技術講演会を開催しました。当センターの研究成果として、「日本沿岸域における波浪について」、「人と地球にやさしい揺れない浮体構造物」、「押出沈埋トンネル工法の開発」の二題について発表しました。なお早朝にもかかわらず多数の参加をいただき、盛況のうちに終了しました。

また、テクノ・オーシャン2000の学術研究団体展(於神戸国際展示場)へも出展いたしました。最近の研究内容についてパネルや模型の展示に加え、パソコンによるシミュレーションのデモンストレーションを行い、実際に手に触れ体験できるように工夫を凝らしました。



期間中は国内外から多数の方が訪れ注目を集めました。

さらに同時に開催された国際シンポジウムに、「港湾施設・水域調査ユニット実用化の研究」、「浮体式防災基地の整備について」の二編の論文を発表しました。



編集後記

二十一世紀の幕開けに伴い、(財)沿岸開発技術研究センターの機関誌のリニューアルを行うこととしました。これまでのCoastal Developmentも発刊以来三十二号を数え、好評判をいただいているところですが、コンパクトで一般の方にも読み易いものにし、これまで年二回の発刊を四回とさせていただきニューズ性を重視しました。このかわり、調査報告については、別途年一回発刊することにしたと考えています。ホームページのリニューアルも検討しており、当センターの研究報告会とあわせて、これから情報発信をして参ります。読者の方々からも情報提供いただければ幸いです(E-mail: kikanishi@cdit.or.jp)。 (中村豊)

二十一世紀を迎えて未だ進むべき方向が見えてこない中、川勝先生の、力の支配する時代から、新世紀は、感動、美、心地よさの支配する時代への移行という話は印象的でした。

また、先生は、海の持つ役割を二〇〇〇年の歴史観から位置付けられ、社会資本整備の意味とわが国の果たすべき役割を明らかにされました。これからの世紀を担う景観、リサイクル、パリアフリー、メガフロートといったプロジェクトの意味が浮かび上がってきます。是非、東洋の国日本において二十一世紀の「木の誓」たるFloating Green Islandsという社会資本を実現し新たな文明の礎を築きたいものです。理事長の高い見識と周到な準備とが功を奏して川勝先生には、当センターのファンになっていただきました。この機関誌を通してファンが増えていきますことを!! (加納敏幸)

初めて機関誌に携わることとなりしかもリニューアル第一号ということで緊張の連続でした。そのような中、佐賀大学の原教授を取材させていただき、先生の海洋温度差発電にかける情熱と信念を感じて帰ってきました。新しい技術を追求されている方々にはどこか人を引きつけるものがあるように思っています。特集のエコエネルギーにつきましては次号にも連載の予定です。記事の中で掘り下げ方が浅いところもあるうかと思いますが、少しでもたくさんの方に読んでいただけると幸いです。快く取材に応じて下さいました皆様、また読者が理解しやすいようにご執筆いただきました皆様に厚く御礼申し上げます。 (佐藤 茂樹)

新しい世紀を迎え、省庁再編により新たに国土交通省が誕生しました。当センターの機関誌も新しく生まれ変わりました。新しいことづくめの二十一世紀、良い時代になりたいものです。そのためには古き時代の社会資本を大切に、持続的発展可能な社会を構築するための新しい技術を開発する必要があります。これからも新しい情報を積極的に発信していきたいと思っております。最後に新機関誌の発刊にあたり、ご多忙の中、執筆にご協力いただいた皆様と情報をご提供いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。 (真壁 知大)

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

発行 財団法人 沿岸開発技術研究センター
〒102-0092 東京都千代田区隼町3-16 住友半蔵門ビル6F
TEL. 03-3234-5861 FAX. 03-3234-5877
URL <http://www.alpha-web.ne.jp/cdit/>
2001年2月1日発行
制作協力:(株)バス・コーポレーション