

## 諸外国における沿岸海洋の研究について\*

樋 口 明 生

### 1. ま え が き

よく生命の起源は海にあるといわれるが現在地上で生活する人類にとって、その意味では海はそのふるさとといえよう。地球上の人口は、毎年1億の割合で増加しており、21世紀初頭には70億を越えるといわれている。このように急激な勢いで人口が増加しつづけ、それに伴い資源の消費が激しくなると、やがて陸上の資源は涸渇し、勢い活路を海に求めることになるであろう。

海の資源と一口に云っても、その内容には各種のものが含まれている。たとえば、大陸棚に埋蔵されている石油その他の海底鉱物資源、魚介や藻類等の水産資源、波浪や潮汐等のもつエネルギー資源、あるいは海水中に含まれる各種塩類や海水そのもの（水資源）、海中、海底の美観等の観光資源等枚挙にいとまがない。さらに、広大な空間そのものも資源の一つと考えることができるであろう。

このような資源は、今後必要に応じて開発されて行くと思われるが、今日漸く認識され始めたように、これらは決して無限のものではないから、計画的に儉約しながら利用して行かねばなるまい。

一方、最近になって海洋汚濁が問題となり、環境としての海洋が注目されるようになってきたが、これは、これまで無限の包容力を期待していた海洋が、実はそのようなものではなくて、有限であることの証拠であるといえよう。わが国では、近年の経済成長のもととなった多くの臨海工業地帯の発達と、臨海部の都市化により、海洋の汚濁は急激に進み、とくに瀬戸内海をはじめとする内湾では大問題となっている。これは、開発することに急で、後始末をおこたったための当然の帰結であり、狭い国土を上手に利用して行くためには、今後、環境保全に十分留意しながら開発を進めなければならない。

このことは、海洋一般について云えることであるが、開発の面からみても、環境保全の面からみても、さしあたり人類と密接な関係をもつ陸地に近い海域、すなわち、沿岸海洋の開発と保全が重要であると考えられる。

沿岸海洋というのは、厳密な定義はないが、一般に、陸水の影響をうける範囲、あるいは地形的に大陸棚以浅と理解されている。上述の資源あるいは環境汚濁の問題はこのような沿岸海洋に集中している。

沿岸海洋の特徴としては、いろいろあげられるが、物理的にみると、水深が浅いために、水深変化の影響が、地球自転による偏向力の影響より強く現われ、同時に海底摩擦の影響をうけるために、現象は複雑である。また、陸水の影響範囲であり、ここでは淡水の混合が行なわれることや、水深の違いによる熱容量の差に基づく水温差のために、密度変化の影響を大きくうけ、特異な現象がみられる。化学的には、やはり陸水の影響のために海水の成分比が大洋中のものとは異なり、質量欠損などの現象がみられる。生物学的には、陸から供給される各種栄養塩類が豊富なことと、日光の豊富な浅海に藻場が発達することが相まって、水産資源の宝庫であり、産卵場もこの海域に存在する。地質的には、大陸の周辺部ということから、石油をはじめ、各種の鉱物資源が存在する。このような特徴は、この海域が人間の生活と密接に結びついていることを意味する。

このような沿岸海洋の研究を、物理学的立場から行なう場合には、まず、観測によって現実に何が起きているかという実態を把握し、これを理論づけして、さらに観測なり実験なりで検証するとか、あるいは、観測事実を模型で再現して、その機構を探るとか、模型実験で見出された現象を観測によって裏付けるとか

\* 昭和46年度防災研究所研究発表講演会特別講演(1972年2月15日)

いうように、観測と理論と実験との3者を密接に関連させながら進めて行かねばならない。

著者は最近、欧米諸国の研究所、実験所を見学する機会を得たので、そこで見聞したもののうち、観測に必要な測器と沿岸海洋に関係の深い水理模型実験について若干述べてみたい。

## 2. 観測について

沿岸海洋の観測には、さまざまな測器が用いられるが、測定の範囲を広げたり、精度を高めるために、つぎつぎと改良されている。運動の場を知るためには、水位と流速との観測が必要である。現象を周期を基準にして分類し、風波、うねり等数秒ないし10数秒の水位変動を測定するものを波高計、数分ないし数10分用のものを津波計、潮汐周期のものを潮位計と名付けているが、このうち、とくに興味をひいたのは、英国の沿岸海洋潮汐研究所<sup>1)</sup>で行なわれている、各種の潮位計の改良開発である。この研究所は、元はリバプール大学の付置研究所であったが、1969年から、自然環境研究会議 (Natural Environment Research Council) の下部機構となっており、アイリッシュ海や北海の潮汐、高潮などの研究を行なっている。ここでは、潮位記録に含まれる各種の誤差、たとえば、フース型検潮器のように浮子の上下を機械的に記録する型の潮位計の場合に含まれる機械的誤差や、検潮用井戸の中の水と外海水との密度差に基づく誤差、井戸と海とを結ぶ導水管の開口部の外側の流れによる圧力低下、波の影響等々、考えられる各種の誤差要因についての検討を行なっている。また、気泡式潮位計、水圧式潮位計など異なった方式の潮位計の比較検討も行なっている。新しい方式のものとしては、現在、電気容量式の潮位計を開発中である。これは、1cmの幅の銅板を2cmのピッチでフレキシブルなプラスチック板の中に封じ込み、測定に際してはこれを杭などに取り付け、この銅板と海水との間にできる電気容量の変化によって電氣的にゲートを閉閉し、その間に通過する電気パルスの数から水位を求めるもので、そのままの信号からは波浪を、また電氣的に積分することによって潮位を求めるものである。これは、わが国でも、波浪観測に用いられている階段抵抗式波高計と同じ考え方で、ただ、電気抵抗を電気容量におきかえたものといえるが、接点が露出する抵抗式に較べ、測定の障害となる付着生物の影響は大幅に減少するものと考えられる。現在開発中であり成果が期待される。

海底に設置する方式の潮位計は、英国の海洋研究所<sup>2)</sup>で作られている (Photo. 1)。これは外形は直径60cm位の球形で、水圧、水温、球の温度、電源電圧を45週間分、内蔵の磁気テープに記録するもので、水圧を電気容量の変化に置き換え、さらに周波数の変化に変換し、15分間の平均値がデジタルで記録できるようになっている。海底に設置後、必要な記録を取り終れば、船から発射する音波をうけてバラストが切り放され、浮上するような回収装置が着いている。現在、パイロトロンを用いる新しい型のものを開発中である。この新型のものには、0.001度の精度をもつ水晶温度計が着けられる予定である。

流速計として、興味を引いたのは、ノルウェー製のサーボニア型の自記流向流速計である (Photo. 2)。これは、本体は直径12.8cm、全長136cmのもので、これに36×100cmのベーンをつけて使用する。流速1.5~250cm/sec、水温 $-2^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}\pm 0.025^{\circ}\text{C}$ 、電気伝導度0~60millimho/cm、深度200, 500, 1000, 5000 p.s.i.±0.5%、の範囲の測定が可能で、1/4吋幅の60000語の磁気テープが内蔵されているほか、14~18 KHzの音波で800mまで遠隔測定が可能である。測定間隔は10分が標準であるが、2~60分の間で調節できる。

リバプール大学では、アイリッシュ海の共同観測にこの流速計を用いている。これは、数値実験に必要な境界条件を現地観測により求めようとするもので、合計14個の測点で、3層観測を行なっている。一方、これと同時に、マン島付近で、海底ケーブルを用いて地磁気により発生する電位差を測定することにより潮流の観測を行なっている。

そのほか、超音波ドブラー方式による3次元流速計や、レーダーやラジオブイを用いる浮標追跡による方法も随時用いられているようである。

水温に関しては、通常の測器の他に赤外線放射による表面水温の測定が行なわれており、温排水の拡散の調査などが行なわれている。日本でも最近使われるようになったが、これらの資料は電子計算機と周辺機器

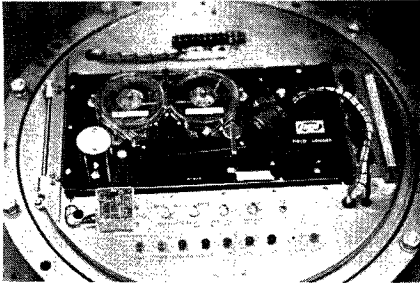


Photo. 1 Underwater tide gauge.

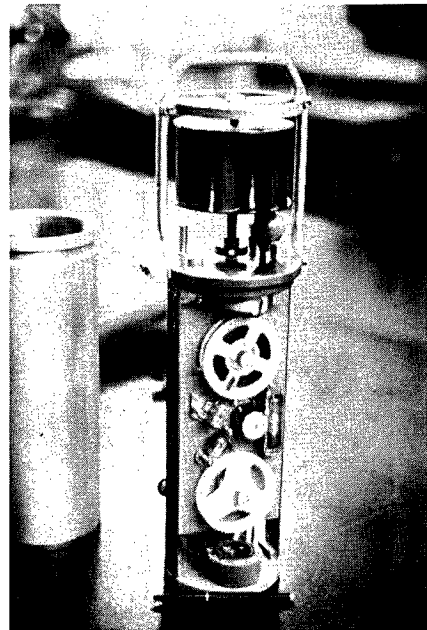


Photo. 2 Recording current meter.

により、高速度で能率よく処理され、必要に応じて等値線を機械的に画いたり、面積を求めたりできるようになっている。また、可視域と波長をずらしたいわゆるフォールスカラー、あるいは、いろいろの波長別フィルターを用いるマルチスペクトルカメラ等も用いられているが、これらの遠隔観測装置は、人工衛星の利用と相まって、広域の同時観測という意味で重要な情報を提供している。米国沿岸警備隊では、赤外放射カメラによって、連日太平洋岸の汀線の変動の観測を行なっている。

このような測器を使うときに不可欠なことは、各測器間の相互較正であり、これを通してこそ、比較検討する場合に信頼できる資料を得ることができよう。

### 3. 実験について

沿岸海洋における諸現象を解明するための手法の一つに、数値実験があげられる。沿岸海洋潮汐研究所で行なわれているアイリッシュ海の潮汐の計算などは典型的なものであろうが、くわしいことは省略する。現在、普通に用いられているのは、大型のデジタル計算機であるが、英国海洋研究所の石黒は、アナログ計算機により北海の潮汐の研究を行なっている。彼は特殊な発電装置により、メッシュの一成方向の電流に比例する電流を、これに直交する他の一つの成分方向に流すことによって、コリオリの力を近似し、現地に対応する無潮点を発生させるなど、興味ある結果を得ている。

他の一つの方法に、水理模型実験があげられる。着目する現象によって、いろいろな種類の実験が考えられ、模型の大きさは、数m程度のものから100mを越えるものまで、縮尺は数10分の1から数万分の1まで、その包含する範囲も、原型で数100mから数100kmまで、きわめて広範囲である。水理的には、層流か乱流か、あるいは定常流か非定常流かという問題もあり、非定常流の中にも波浪のような短周期の現象、潮汐のような長周期の現象が含まれている。一方、問題の性質によって、固定床であったり、移動床であったりするし、また、均質の水を使用する場合や、淡塩水あるいは冷温水を使用することもある。ここでは、主として著者がとくに興味をもっている潮流模型について述べてみたい。

水理模型実験を行なう場合に重要なことは相似性の問題であるが、模型内であらゆる現象を原型と相似に

することは不可能であるから、現象に応じて必要な因子を限定する必要がある。現象に応じて抽出される因子について相似が成り立っている場合に、その模型は相似であると考えられるわけである。潮流の実験では、地形的に広範囲を取り扱う関係上、縮尺が小さくなるのが常であるが、水平縮尺と同一の鉛直縮尺を採用すると水深が極端に浅くなりすぎて不都合が生じるので、通常異なった縮尺をもついわゆる歪模型を用いる。この場合、フルードの相似則を用いるが、歪に応じて誇張される海底摩擦は、人工粗度等によって調節される。人工粗度としては、模型底面のモルタルを刷毛仕上げとしたり、針金で柵のようなものを作ったり（スウェーデン電力水理実験所<sup>3)</sup>、グルノーブル大学流体研究所<sup>1)</sup>）、有刺鉄線（ハノーバー工科大学水理実験所<sup>5)</sup>）や、コンクリートブロック（デルフト水理実験所<sup>6)</sup>）、あるいは金属片（米国水路実験所<sup>7)</sup>、サンフランシスコ湾模型<sup>8)</sup>）などを用いているが、これらの人工粗度については、水路実験所の資料等が若干あるのみで、大部分は試行錯誤により実験的に決定しているようである。

相似則に関する特殊な例として、地球自転の影響を遠心力で代用させるための回転模型があげられる。このような回転模型は、地球規模の現象、たとえば黒潮やメキシコ湾流の研究等には比較的古くから使われている（ウズホール海洋研究所<sup>9)</sup>）が、せいぜい直径2m程度の小規模なものであり、実用的な価値をもつものとしては、グルノーブル大学にある直径14mの回転水槽が唯一の例であろう。ここには、英佛海峡の5万分の1の模型が作られており、これによって、海峡の北岸（潮差3m）と南岸（同12m）との潮差の違いや、高調波の無潮点の分布等がよく再現されるという興味ある結果が得られている。現在は、この回転円板を用いて内部ケルビン波の研究が行なわれている。

このほか、デルフト水理実験所では、多数の円板をつけた円柱を鉛直軸のまわりに水中で回転させることにより生ずるマグナス効果を利用して、地球自転の影響に代えている。ここでは広域模型にこの円柱（Coriolis-top）を数m間隔に多数並べて使用している（Photo. 3）。

起潮機は、英国の水理研究所<sup>10)</sup>にある気圧式のもの一例を除いては、堰式のものが多く、ポンプ式のものも若干用いられている。堰式は、貯水槽の水をポンプで模型水槽の端にある溢流堰の前面に吐出し、堰の天



Photo. 3 Coriolis-top.

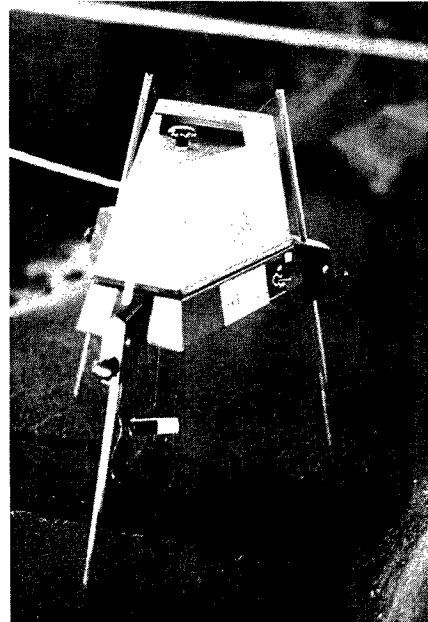


Photo. 4 Water-level gauge.

端高を調節することによって模型内の水位を制御するものである。すべて自動制御されているが、その方式には各種あり、水面に浮べたフロートの上下によって、スイッチを開閉し、堰を上下する最も簡単な方法（ドイツ国立水理実験所<sup>11)</sup>、ハノーバー工科大学<sup>5)</sup>）から計算機制御（デボースト水理実験所<sup>12)</sup>）まで各段階のものが用いられている。

つぎに計測装置について述べてみたい。水位計は、潮流模型のように長周期の水位変動を取り扱う場合には、触針式のものが多い（Photo. 4）。これは、振動子の先端の針金を上下に振動させて、水と接触させたり離したりし、針金と水とで構成される回路を通じて流れる電流を測定して、接触している時間と離れている時間とが等しくなるように振動子をサーボ機構で上下させ、その変位をポテンシオメーターを通して測定する方式で、精度は0.2~0.3mmのものである（デルフト水理実験所、フランス中央水理実験所<sup>13)</sup>）。少数の例ではあるが、フロートの上下を直接ドラムにペン書きさせている例もある（ハノーバー工科大学<sup>5)</sup>）。

流速計は、プロベラ式のものが多いが、中にはプロベラの回りをプラスチックの円筒で取り巻き、それに等間隔に数10個の穴を開け、2本の電極を円筒の外側のごく近くに配置し、穴が電極の前面に来たときに電気抵抗が小さくなることを利用して、回転速度を測定するものもある（デルフト水理実験所<sup>6)</sup>）。これによって、微流速や流速の細かい変動を測ることができる。同様な考え方で穴あき円板をのせたカップ式流速計も用いられている（米国水路実験所<sup>7)</sup>）。

このほか、流速測定には浮標追跡による方法も広く用いられている。浮標はなるべく平均流速を示すように、円筒状のものが用いられる場合もある（デルフト水理実験所<sup>8)</sup>）。

そのほか、水温はサーミスター、塩分は電気伝導度計、染料濃度は採水して蛍光光度計により測定されるのが通常である。

移動床の実験用として、小舟から先端に電極のついた棒をおろし、底に近づくことによって生ずる電気抵抗の変化により水深を測定する装置（ドイツ国立水理実験所<sup>10)</sup>）や、小型の音響測深器（SOGREAH<sup>14)</sup> 精度1/20mm）なども用いられている。

以下、著者の見学した各国における大型潮流模型の実験例について概説する。

#### 1) スウェーデン国立電力水理実験所<sup>3)</sup>

スウェーデン最大の水理実験所で、Forsmark 原子力発電所の取排水の実験を行なっている。発電所の能力は350~900万 kw で、冷却水の流量は200~450m<sup>3</sup>/sec、取排水の温度差は10度である。この発電所完成後の、地先海域における冷却水の再循環の模様を実験的に求めるもので、水平縮尺1/350、鉛直縮尺1/50の模型（Photo. 5）が用いられている。実験室は45×43mのテント張りで、室内の気圧を高めて、風船のようにふ

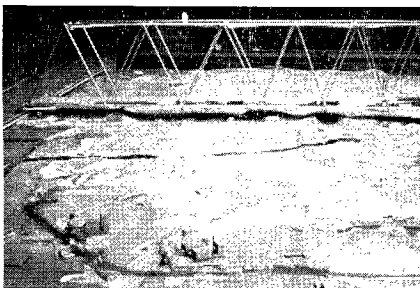


Photo. 5 Model of Forsmark.

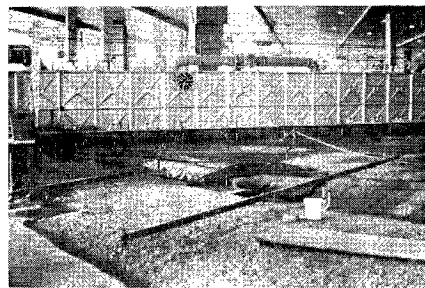


Photo. 6 Model of Morecambe Bay.

くらませて使用している。ここでは潮流を擬似定常とみなして、いくつかの代表的な流況について、定常流で実験を行なっている。水温の測定はサーミスター、記録はデータロガーで行なっている。

#### 2) 英国国立水理研究所<sup>10)</sup>

アイリッシュ海に臨むモアカム湾の湾口に、延長30哩の潮止め堰を設け、内部を淡水化しようという計画のための実験で、堰の建設による流れおよび海底地形の変化を知ろうとするものである。この辺りの大潮差は10m、小潮差は3mである。水平縮尺1/1000、鉛直縮尺1/100の模型(Photo. 6)が造られ、固定床と移動床と両方の実験が行なわれている。ここでは唯一の例として気圧式の起潮機が用いられている。等潮時線に沿った4つの空気室がパイプで結ばれ1台のプロアーにより水位制御が行なわれている。移動床の実験には、底質として、直径0.5mmの木屑に湯を通したものをを用いている。現地では、底質の移動を放射性同位元素を用いて測定しているが、底質の移動の再現性についての証明は困難なようである。

### 3) ドイツ国立水理実験所<sup>11)</sup>

ドイツ最大の水理実験所で、北海に注ぐ大河川(東からエルベ、ウェーザー、エムス)の模型実験を行なっている。代表的なものは、エルベ河口の実験で、目的は、河口導流堤の延長による航路埋没の問題である。模型は、水平縮尺1/500、鉛直縮尺1/100の固定床模型と、水平1/800、鉛直1/100の移動床模型(Photo. 7)

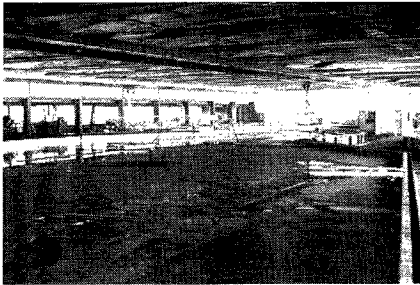


Photo. 7 Model of Elbe Estuary.

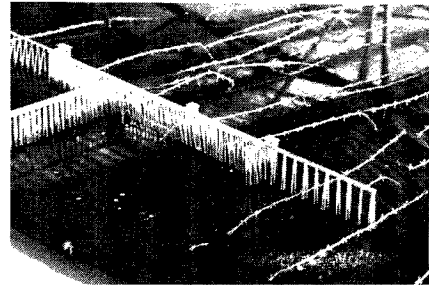


Photo. 8 Model of Scharboern Deep Sea Harbor.

とがある。移動床の底質はプラスチックの粉末を使用している。

### 4) ハノーバー工科大学<sup>3)</sup>

エルベの河口港であるハンブルグ港の棧橋の実験(水平縮尺1/500、鉛直縮尺1/100, Photo. 8)、ウェーザー河口の潮止め堰の建設による流れの変化の実験(1/200, 1/100)、クエートのシャイバ港の温排水の再循環の実験(1/100, 1/100)、ウェーザー河口部の流況の実験(1/300, 1/100)などを行なっている。ウェーザー河の模型では、高潮と潮汐が重なった場合の実験を行なっている。

### 5) グルノーブル大学流体力学研究所<sup>4)</sup>

回転模型による英佛海峡の潮汐の実験を行なっている。海峡の北岸(英国)では潮差は3m、南岸(フランス)では12mあり、フランスではこれを利用して、ランス河の河口に潮力発電所を作った。この装置は、その調査のために作られたもので、高調波の無潮点を含めて、海峡内の潮汐がよく再現されている。水平縮尺は1/50000、鉛直縮尺は1/500、フラッター式の起潮機がついている(Photo. 9)。回転台は直径14mのコンクリート製で、リムドライブにより回転する。人工粗度として針金を組み合わせた枠を用いている。

### 6) デルフト水理実験所<sup>6)</sup>

i) デルタ計画で実現する淡水湖(Brouwershavensche Gat)を対象に、拡散実験に対する水理模型の適用性と縮尺効果の研究が行なわれている。水平縮尺と鉛直縮尺がそれぞれ、1/2400と1/64、および1/300と1/100の模型による実験結果と、現地観測資料とから、染料濃度の時間的変化について比較している。結論はまだ出ていないようである。

ii) 同じくデルタ計画の一つとして建設予定のEuroportに関連して、ライン河口付近の塩水クサビの問題と、埋立地造成による流況の変化を知るために、水平縮尺1/640、鉛直縮尺1/64の模型(Photo. 10)が使われている。人工粗度として7cm角のコンクリートブロックが用いられており、追跡用の浮標として、直径1cm、長さ4~5cmの白い塩化ビニールの円筒が用いられている。

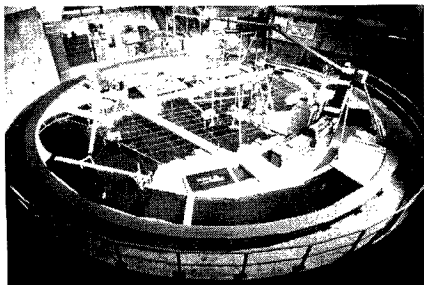


Photo. 9 Model of English Channel.



Photo. 10 Model of Rhine Estuary.

7) デボースト水理実験所<sup>12)</sup>

さきのデルフト水理実験所の分所で、アイゼル湖の下拓地にある実に広大な敷地 (1×2km) をもつ実験所で、40個以上の模型が常設され各種の実験が行なわれている。

代表的なものは、デルタ計画の一つである Oosterschelde の縮切りに関連した研究で、延長約 10km の縮切り堤を作るために、縮切り工法の研究を行なっている。工事の順序、最後に残される 3つの開口部の配置および縮切りの順序、縮切り地点の両岸の洗堀、工事時の海底の洗堀等の研究を、水平および鉛直縮尺が 1/80 の移動床模型 (Photo. 11) で、定常流により行なっている。流量 200l/sec のポンプ15台を備え、10m の可動堰25門によって流量を制御し、上げ潮、下げ潮の代表的な流れについて定常流について実験を行なっている。将来は、非定常流 (潮流) の実験が行なわれる予定である。移動床の底質は、ポリスチレンで、電気抵抗式の測深器で水深変化を測定している。

一方、この模型に与える境界条件を決定するために、広域の潮流模型が用いられている。水平縮尺は

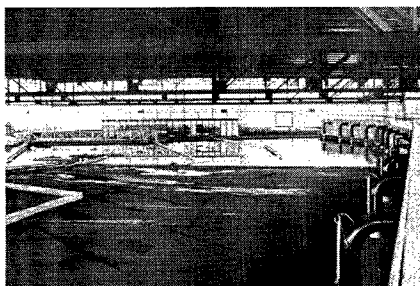


Photo. 11 Model of Oosterschelde with movable bed.



Photo. 12 Model of Oosterschelde with fixed bed.

1/400、鉛直縮尺は1/100で、長さ約170m、幅80mの模型 (Photo. 12) である。模型の一端に、北海の潮汐を与えるために10mの自動制御堰8門が備えられている。この模型に、さききのべた Coriolis-top が使われている。

この2つの模型は、総延長350m、幅80m (床面積 25000m<sup>2</sup>) の建物の中にあり、中央制御室で運転・制御、計測・記録が行なわれている。測定資料は96要素のペン書きと、電算機用の磁気テープと両方に記録される。これらの模型は、工事完了予定の1978年まで使われる予定である。

8) 米国水路実験所<sup>7)</sup>

米国では、この種の大型模型は、ミシシッピ州にある水路実験所に集中されており、陸軍技術部隊が管理している。実際には、大学の研究者との共同研究が行なわれている。

## i) ニューヨーク港模型 (Photo. 13)

いろいろな港湾計画のもとにおける、潮汐、潮流、塩分の模様や、浚渫の効果を調べたり、熱汚染を含む水質汚濁の研究をするために、水平縮尺1/1000、鉛直縮尺1/100の模型が使われている。起潮機は3台ありバルブにより流量調節を行なう方式である。2台は天文潮を、1台は高潮を再現するために用いられている。拡散実験用の染料は、ウランのほか、ポンタシルブリリアントピンクが用いられ、蛍光光度計で濃度測定が行なわれている。

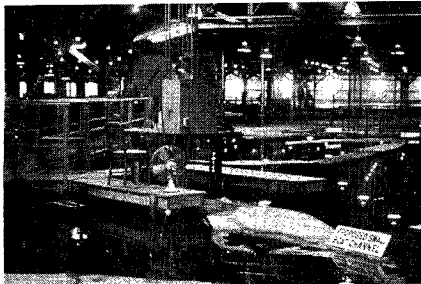


Photo. 13 Model of New York Harbor.

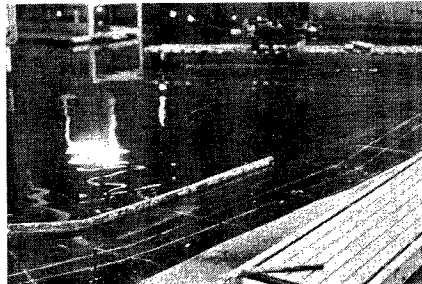


Photo. 14 Model of Tillamook Bay.

## ii) ティラムク湾模型 (Photo. 14)

湾口の防波堤の建設による、湾内の流況と塩分の変化を知るために、水平縮尺1/500、鉛直縮尺1/100の模型が用いられている。起潮機は、カムによるプログラムで水銀スイッチを作動させ、スルース弁を開閉して潮汐を発生させる方式のものである。塩分は、採水して、滴定により校正しながら電気伝導度計により測定している。

## iii) デラウェア湾模型 (Photo. 15)

湾内の潮汐、潮流等に関する基礎調査、航路拡張、堤防や河川工作物の建設による流況や塩分分布の変化、潮汐混合、水質汚濁、熱汚染等、きわめて広範囲の研究を行なうために水平縮尺1/1000、鉛直縮尺1/100の模型が用いられている。現在は、チェサピーク湾と結ぶ運河建設により生ずる塩分分布の変化が研究されている。



Photo. 15 Model of Delaware Bay.

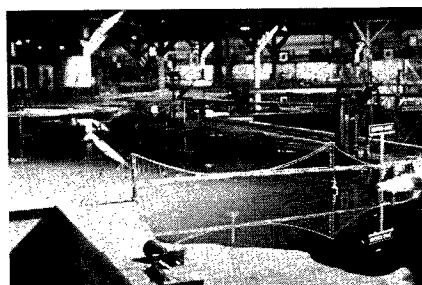


Photo. 16 San Francisco Bay -Delta Model.

9) サンフランシスコ湾模型<sup>8)</sup> (Photo. 16)

これも、陸軍技術部隊が管理している。1956年に完成したもので、当初から、水供給、水質保全、船舶の航行、洪水調節、潮止め堰や埋立地造成による潮汐・潮流の変化の研究等多目的であったが、後にデルタ地帯の水供給、水質保全の問題が提起され、デルタ部分の模型をつぎ足した。水平縮尺は1/1000、鉛直縮尺は1/100、で、太平洋の一部(17×25哩)を含み、模型の大きさは約100×100mである。模型は四隅をジャ



ッキで支えた約4 m角の部分模型を多数つなぎ合わせたもので、年1回高さの調節を行なって地盤の不同沈下に対処している。模型内には多数の金属片の人工粗度がおかれている。

起潮機は、1サイクルが25時間に相当する2つのカム（プログラム）により給排水用のスルース弁の開度調節を行なうものである。大潮差は5呎である。

実験には32%の人工海水を用い、外海側の塩分を一定に保つように調節しているが、塩を節約するために、河川水による表層の低塩分水を捨てるように工夫されている。染料実験の場合には20～40周期、塩分分布の実験では50～60周期繰り返され、最長300周期の実験が行なわれている。

## あ と が き

以上、諸外国における沿岸海洋の研究のうち、とくに観測用測器と、大型水理模型実験について、興味深かったものを書き並べたが、これらを見て感じたことは、国によって差はあるが、一般に設備が充実していることである。また一つの模型が、総合的に利用されており一連の実験が終っても、すぐ取りこわさずに長期間保存され、新しい問題が出るたびに何度も使用されており、わが国のように、同一海域の模型が何カ所かで作られるような不経済なことはない。

また、データ集録・処理装置の充実により、省力化・能率化を計っており、大規模な実験を小人数で能率よく行なえるよう努力している。一方、電気・機械関係の熟練者を擁している所が多く、新しい実験用機器や測器の開発が各所で行なわれていることも見逃してはならない。

これらのことを参考にして、今後ますます沿岸海洋の研究を発展させて行きたい。

- 1) Institute of Coastal Oceanography and Tides, England
- 2) National Institute of Oceanography, England
- 3) Hydraulic Laboratory of Swedish State Power Board, Sweden
- 4) Laboratoires de Mécanique des Fluides des Solides et des Sols, Université de Grenoble, France
- 5) Franzius-Institutes für Grund- und Wasserbau der Technischen Universität Hannover, Germany
- 6) Delft Hydraulics Laboratory, Netherland
- 7) Waterways Experiment Station, U. S. A.
- 8) San Francisco Bay-Delta Hydraulic Model, San Francisco District, Corps of Engineers, U. S. A.
- 9) Woods Hole Oceanographic Institute, U. S. A.
- 10) Hydraulics Research Station, England
- 11) Bundesanstalt für Wasserbau, Germany
- 12) De Voorst Hydraulics Laboratory, Netherland
- 13) Laboratoire Central D'Hydraulique de France, France
- 14) Société Grenoble d'Études et d'Application Hydrauliques (SOGREAH), France

## ON THE EXPERIMENTAL STUDIES OF COASTAL OCEANOGRAPHY IN FOREIGN COUNTRIES

*Haruo HIGUCHI*

### **Synopsis**

Some of large scale hydraulic models used for studies of coastal oceanography in Europe and U. S. A. are introduced as well as the measuring instruments for field observation.

As to the instruments, a new tide gauge developed by Institute of Coastal Oceanography and Tides, an underwater tide gauge by National Institute of Oceanography in England, and the Recording Current Meter made in Norway are described.

The hydraulic models used at Swedish State Power Board in Sweden, Hydraulics Research Station in England, Bundesanstalt für Wasserbau and Technischen Universität Hannover in Germany, Université de Grenoble in France, Delft and De Voorst Hydraulics Laboratory in Netherland, Waterways Experiment Station and San Francisco District of Corps of Engineers in U. S. A. are described.