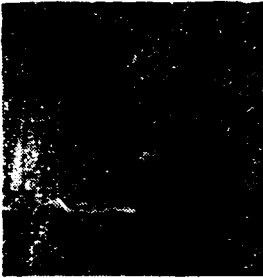


「大東港の航路に就いて」

正會員 關 昌 作*

序 大東港の航路計畫樹立に當り考慮されたる自然現象中、特に潮汐、潮流、流量に就き述べ、次に計畫の
大要と工事實施の經過を述ぶ。



目		次
1. 緒	- 言	6. 水路の掃流力
2. 潮	汐	7. 水理計算法
3. 潮	流	8. 航路計畫の概要
4. 流	量	9. 航路事業實施の經過
5. 海流及び其の他の恒流		

1. 緒 言

大東港は日本内地に例を見ない河口港でありまして、其の航路の建設及維持に就いては從來この種の港灣築造の經驗に乏しかつた故を以て、相當困難視されたのでありますが、河口港は歐米に於ては寧ろ珍しからざる港灣であり、幾多成功の實例もありますから、大東港も亦慎重なる調査の上に計畫を樹て是れを實施するならば決して失敗に終る事は無いと信じます。

吾が大陸は又其の地理的條件より致しましてこの種港灣の築造が相繼いで起るべき事が豫想されますので、大東港建設局に於ては、河口港の技術的「パイロット」たるべく、開局以來鋭意航路に關する諸般の調査を進めて参りましたし、現在に於ても更に續行中であります。

以下現在迄に得ました調査成果の2、3に就き航路計畫に關聯して申述べ、次に計畫の概要並に現在迄の工事實施の状況を簡単に申し上げ度いと思ひます。

2. 大東港の潮汐

鴨綠江の河性其他に就いて御説明申上げる時間の餘裕が御座りませんので省略して直ちに潮汐に就いて申上げます。

潮汐は潮汐波が傳播して行く現象であります。

黄海の潮流が鴨綠江口の細長い水道を進行致します時には途中色々な變形が行はれます又上流から一定量の排

水が行はれ、其の流速が潮流の進行に反對しますから更に現象は複雑になります。

先づ潮流の進行速度でありますが潮汐波は長波でありますからその進行速度は、 $C = \sqrt{gh}$ で與へられる譯であります、然し河の様に深さが著しく減少致しますと潮流の高さ迄が進行速度に利いて参りまして、潮流が河川を溯上する速度は理論上平均水面から潮流の水面迄の高さ y に關係し、次の式で與へられます。

$$C = \sqrt{gh} \left\{ 3 \left(1 + \frac{y}{h} \right)^2 - 2 \right\} - U$$

こゝに h : 河川の平均水深

U : 河水の平均流下速度

y : 平均水面から潮流の水面迄の高さ

g : 重力の加速度

この式に依りますと潮流の高さが水深 h に比較して相當大なる場合に潮流の山は y が大でありますから、その進行速度は y の小なる谷の進行速度より大であります、従つて山は次第に谷に追ひ廻る事になり波の形は恰も遠淺の海岸に波浪が進んで來ると同様に波の前面の傾斜は急になり、後面は緩かくなります。

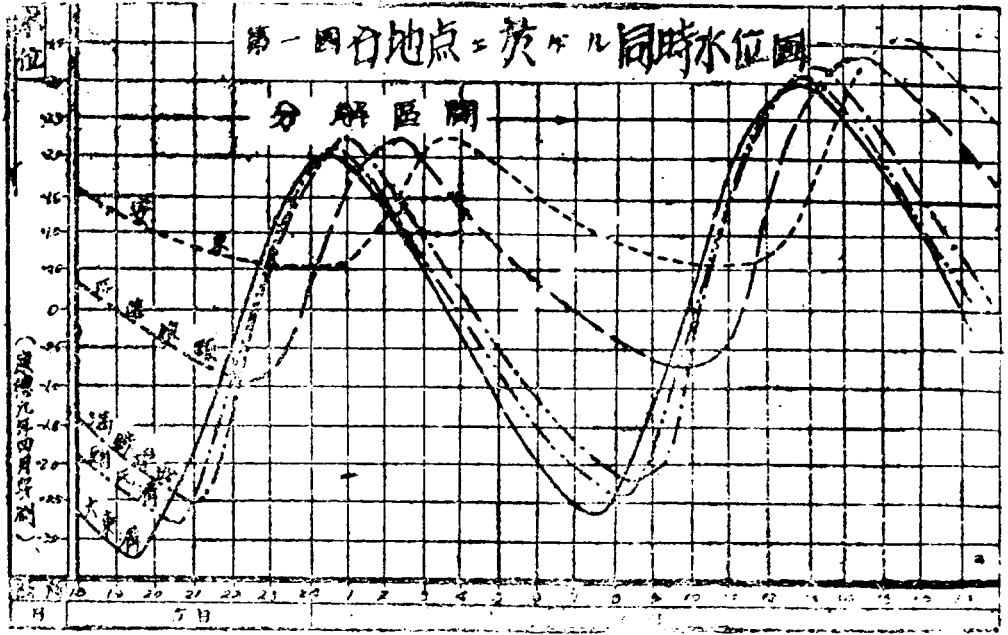
こゝに擧げましたのは鴨綠江感潮區域内各地點の潮位曲線であります。

こゝに明瞭な事は激時は上流程遅れて居ます、この遅れは潮流の進行速度が場所により異つて居ります關係か

* 工學士 大東港建設局筑路科長

ら必ずしも距離に比例して居りません。

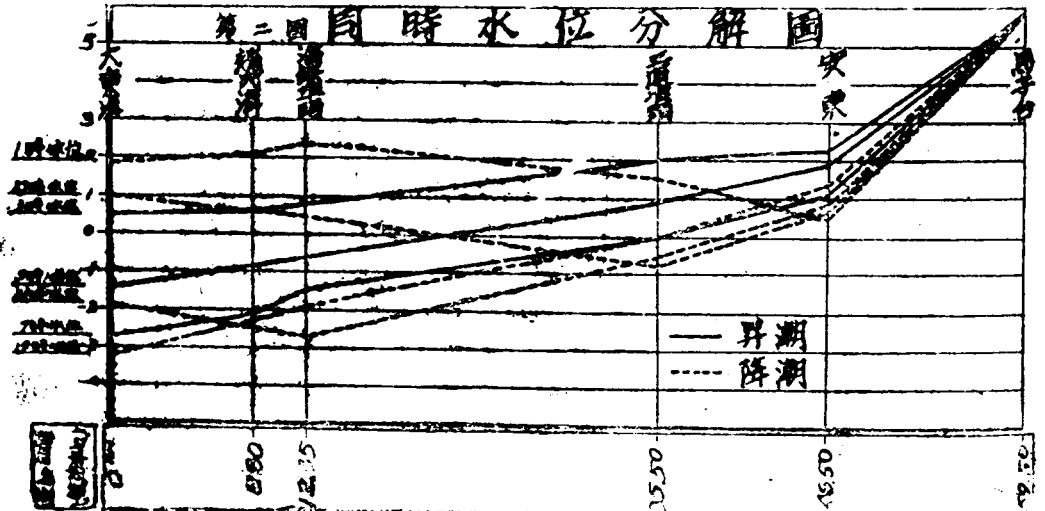
ギ一」を損失して減幅した事に依るものであります。



又波の前面の傾斜は何れも後面より急であり而も上流になる程波が前方に偏して居る事であり、従つて昇潮時間下流より上流に向つて漸減し、降潮時間は反対に漸増して居ります。

尚潮差は下流より上流に向つて減少し、馬子臺に至つて遂に零になつて居りますが、是れは河川を溯上した潮

この減幅の様と潮浪の到達する距離即ち感潮區域河底の傾斜、水深、流下する河水の速度、潮汐の大きさにより一概に言へませんが、一般に河底の傾斜が緩て深が大きく、且つ河水の流下速度の小なる場合は減幅小で感潮區域は遠方迄及ぶ譯でありまして、鴨綠江にける實例の結果は減水は期増水期より潮汐の影響は遠



波が河底の標高、流下する河水等の爲め次第に「ネエル」に及びます。

この第2圖は第1圖から拾ひ出したもので大東港の水面勾配の時間的變化を示したものでありますが、是れに依りますと水位の上昇又は下降が全水域に同時に起らないで、上流部は水位が下降の途中にある中に下流部では既に水位が上昇しつゝあつたり、又この逆の現象が見られたり、一見甚だ複雑でありまして、この點河川流と異つて居る所であります。

さて、この様な複雑なる水位の變化を充分正確に掴みます爲めには長期に亘る水位観測の資料が必要でありまして、大東港には現在8箇所に日記檢潮舎があり観測を致して居りますが、何れも最近の設置に係るものである關係上、資料は比較的短期間のものであり、資料を其の儘集計致しましたのでは信頼性の小さい懼があります、それで建設局では之等比較的短期間の檢潮資料に基き潮汐を幾多の規則正しい分潮に分解し、各分潮の調和常数を求める方法によりまして満足すべき成果を得て居ります。

右の方法により、各地點の平均潮位を求めたのがこの圖(第3)圖であります。

就きましては普通一般の時には略々満足すべき程度であります、洪水期、濁水期又は南北の風が強い日には實測値と相當な開を見せまして遺憾であります。

この點に就きましては計算値に鴨綠江自體の流量及び風向、風速による適當な補正值を加へ得るなら問題は解決する譯でありまして、目下研究中でありますから何れ御報告の機會がある事と存じます。

3. 潮 流

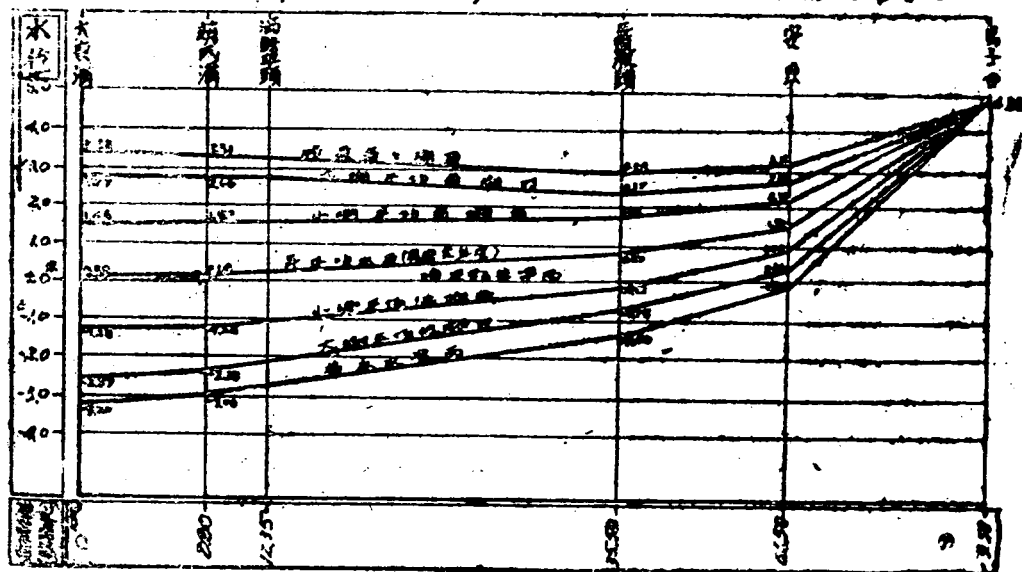
次に大東港の潮流に就いて申述べます。

大東港の潮流は其の流向、流積時間、流速等各地點に於て異り、複雑な現象を呈して居ります。

ここに掲げました圖(第4圖)は其の一例として大東港地先と老溝地先に於ける水位と潮流の流速との時間的變化を示したものでありまして、一般に各地點に就き、轉流時は高潮位、低潮位後約40分であり、流速の最大となるのは昇潮流、降潮流共水位が平均水位附近にある時でありまして、その最大値は大潮時には約4~5節に達します。

以上は一般の場合に於ける潮流の概略でありまして、

第三圖 調和常數ニヨル鴨綠江水位圖 縦尺 距離五十分一、水深二百分一

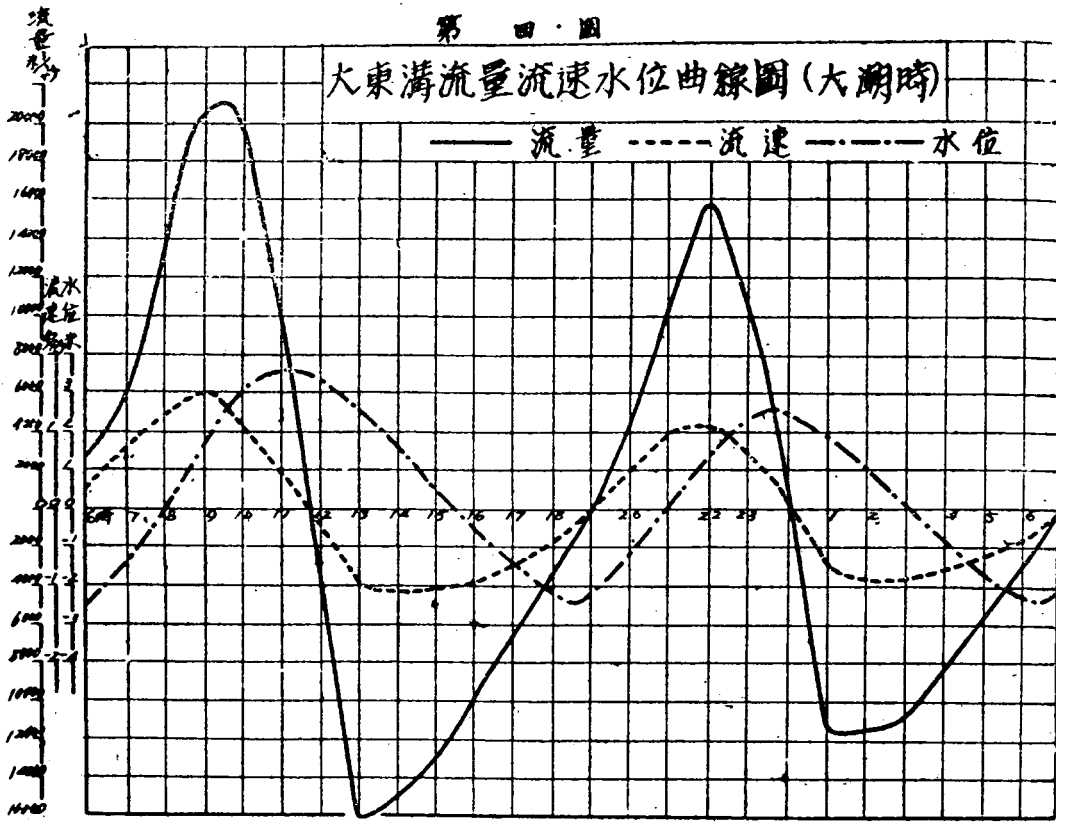


又潮汐の調和常數を用ひまして毎日の潮汐を豫知し工部の施工に非常な便益を得て居ります、而しその精度に

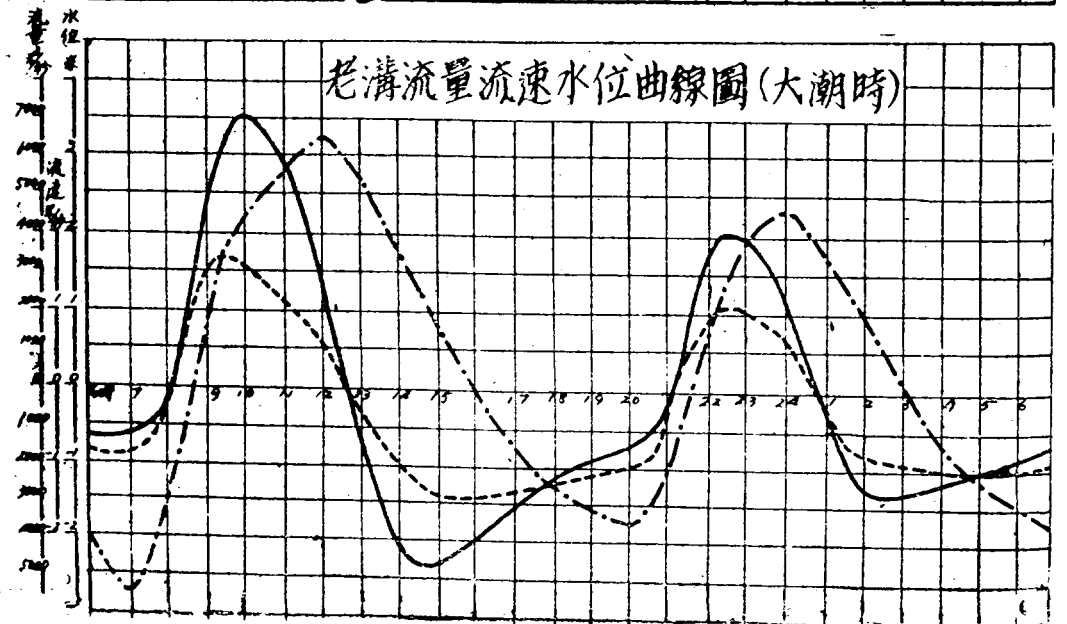
鴨綠江の増水は昇潮流を弱め、落潮流を強め、昇潮時間を短縮し、落潮時間を延長する事は當然想像される事で

第四圖

大東溝流量流速水位曲線圖(大潮時)



老溝流量流速水位曲線圖(大潮時)



が實測の結果は正にその通りであります。

尙一般に河口附近では外海水上に河水が層積して其の間に不連続面を形成し、爲めに上層と下層とは著しく流動の様相を異にするのを常と致しますが、潮流の如きもかかる所では上下兩層間で差異あるべき事が想像され、時に下層が逆流を呈して居る時に上層が優勢なる落潮流を現す場合等もあります。大東港に於ける實測の結果も亦右の事實を裏書して居ります。

4. 流 量

次に流量に就いて申し上げます。

流量は港内各地點により異なる事勿論であります。各地點に就きましても時間的に非常に複雑な變化を致します。

かかる複雑な變化をする流量を測定するが爲めには長時間の連続観測を風浪に曝されながら實施するを要する關係から流量測量は非常に困難でありまして従來之れに就いての資料は殆んど無く建設局が非常な困難を冒して得た2、3の流量の實測資料が唯一のものであります。この程度の資料では流量の場所的、時間的の複雑な變化を全般的に知るに充分では無く更に數多くの實測資料を必要と致します。

而し充分なる資料を流量測量より直接に求めます事はその作業が非常に困難な關係から殆んど不可能でありますので建設局では次に申述べます計算方法に水位観測の資料より流量を求めて實測資料を補ひ、問題の解決を計らんと致して居ります。

式の誘導は簡單でありますから省略致しましてその結果だけをここに掲げます。

即ち水位の變化が一定と見做し得る區間に就きましては、

$$Q_x = Q_0 - \frac{dh}{dt} \int_0^x \frac{\partial f}{\partial h} dx$$

が得られます。

ここに

Q_x : ある一定断面よりなる距離にある任意断面の T 時の流量。

Q_0 : 上の定断面の T 時の流量、

$\frac{dh}{dt}$: 水位の t 時に於ける上昇率、

$\frac{\partial f}{\partial h}$: t 時の水位に於ける河積の増加率、

x : 定断面より求むる任意断面迄の距離、

この式中 Q_0 は定断面に於て潮流を最小約一週連続観測するならば潮流の調和解法により時の函数として表し得るものであります。

$\frac{dh}{dt}$ は潮汐の調和解法により h の時の函数として表されて居りますから之れ亦時の函数として表し得るものであります。

$\int_0^x \frac{\partial f}{\partial h} dx$ は深淺測量圖から比較的簡單に計算し得るものであります。

即ちこの式に依りますと各地點の流量はその水位曲線から求められますから非常に困難な流量測量を行はず比較的簡單、容易な水位観測を行ふ事により流量を求める事が出来ます。

尙又各地點の水位の變化が時函数として表し得て居るならば流量も亦時函数として表す事が出来ます。

尤も上の式には實測稍々困難な Q_0 なる項があります。之れとても Q_0 の比較的容易に求め得る場所、例へば感潮區域の上流端を起點に撰び、順次に計算を進めて行くならば實測の困難を解消し得る譯であります。第 4 圖は實測の流量の 1、2 の例であります。之れから判ります事は老灣の流量は大東灣の流量より遙に小であります。斯様に上流程流量が小さくなつて居る事は實測した他の例全部に見受けられる事でありまして、之は下流断面の流量は上流断面の流量とのこの兩断面間の湛水量の増加又は減少との和に等しい關係にあるからであります。

一例を申しますなら、實測によりますと大東灣地先を一昇潮時間内に通過潮上致しました總入潮量は約 153,000,000 立米、同じく老灣地先を通過潮上致しました總入潮量は約 36,000,000 立米でありまして差引 117,000,000 立米の入潮量は何處へ消へたかと申しますとこの兩断面間に湛水されてその水位を低潮位から高潮位迄高めた湛水量の増加に充てられたのであります。

出潮量に就いても同様でありまして同日の一降潮時間内に大東港地先を通過下向した出潮量は又約159,000,000立米、然るに同一降潮時間内に老瀨地先を通過下向した出潮量は約54,000,000立米でありまして、差引105,000,000立米の水は何處から来たかと申しますとこの兩断面間に湛へられて居りました水量がその水位を高潮位から低潮位迄減少した事により補給されたものであります、之等の實測により大東港水道の入出潮量は水位の變化による港内の湛水量の増加又は減少により支配されて居る事が明瞭になつたのであります。

次に水位、流速、流量、三曲線間の關係を見ますに流速の最大となりますのは昇潮流、落潮流共水位が平均水位に近い時で、流速が〇になりますのは前に申しました通り高低潮位後約40分位の所であります。

流量の曲線は總體に流速の曲線より時間的に多少後れて居りまして三曲線の「クレスト」の順は流速、流量、水位の順序に續いて居る事が見受けられます。

尙各地點の流量を種々な場合に就き詳細に亙り申述べる迄には至つて居りませんが、ごく大雑把に申しますなら、大潮時に於ける最大流量は大東港地先に於て毎秒21000立米、趙氏瀨地先に於て毎秒7,000立米、龍岩浦地先に於て毎秒12,000立米、安東の鐵橋附近で毎秒4,000立米程度でありまして、何れに致しましても鴨綠江自體の流量が毎秒平均500立米程度なるに比較致しますと非常に大きいものであります。

以上申述べました流量測量の結果より次の事が言へると思ひます。即ち

(1) 鴨綠江の河口附近に於ては一般に洪水期以前は河川流にたいし潮流が壓倒的に優勢であり、大東港水道に於ては河川流は流量にたいし無視し得べき程度でありますから大東港の航路計畫は潮流の掃流力利用を根本方針とすべき事。

(2) 流量は水路の湛水量に支配される事が大であるから、計畫に當ては可及的に湛水量の確保に留意すべき事。

(3) 流量は下流より上流に向つて漸減して居るから水路の計畫断面も亦之れに倣つて下流より上流に向つて

漸減すべき事。であります。

5. 海流及其他の恒流

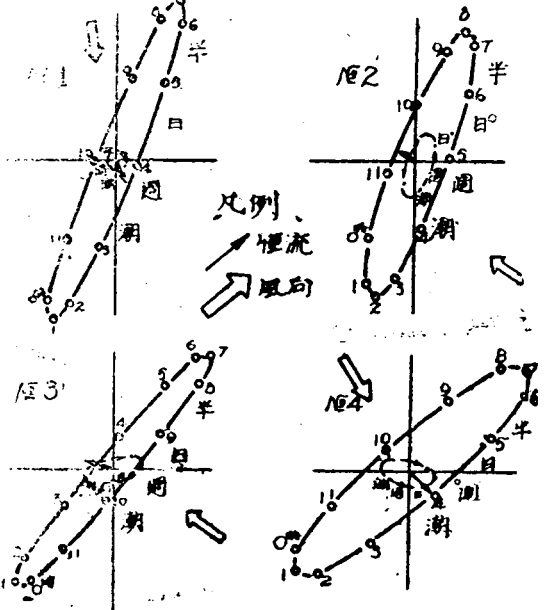
次に大東港、港外の海流並に水道内の河川流其の他の恒流に就いて申し上げます。

之等に就きましては直接に観測の方法がありませんので、潮流調査の結果より歸納的に求むるより外ありません。

第五圖

大東港附近に於ける潮流楕圓圖

① 圖中時刻は六時南中時を零時と起算する。



ん、港内外の之等の數要點に就いて二潮時以上潮流の流速及流向を連續測定致しました資料に就いて潮流の解析を行ひ、潮流楕圓を描いたのがこの圖(第五圖)であります。

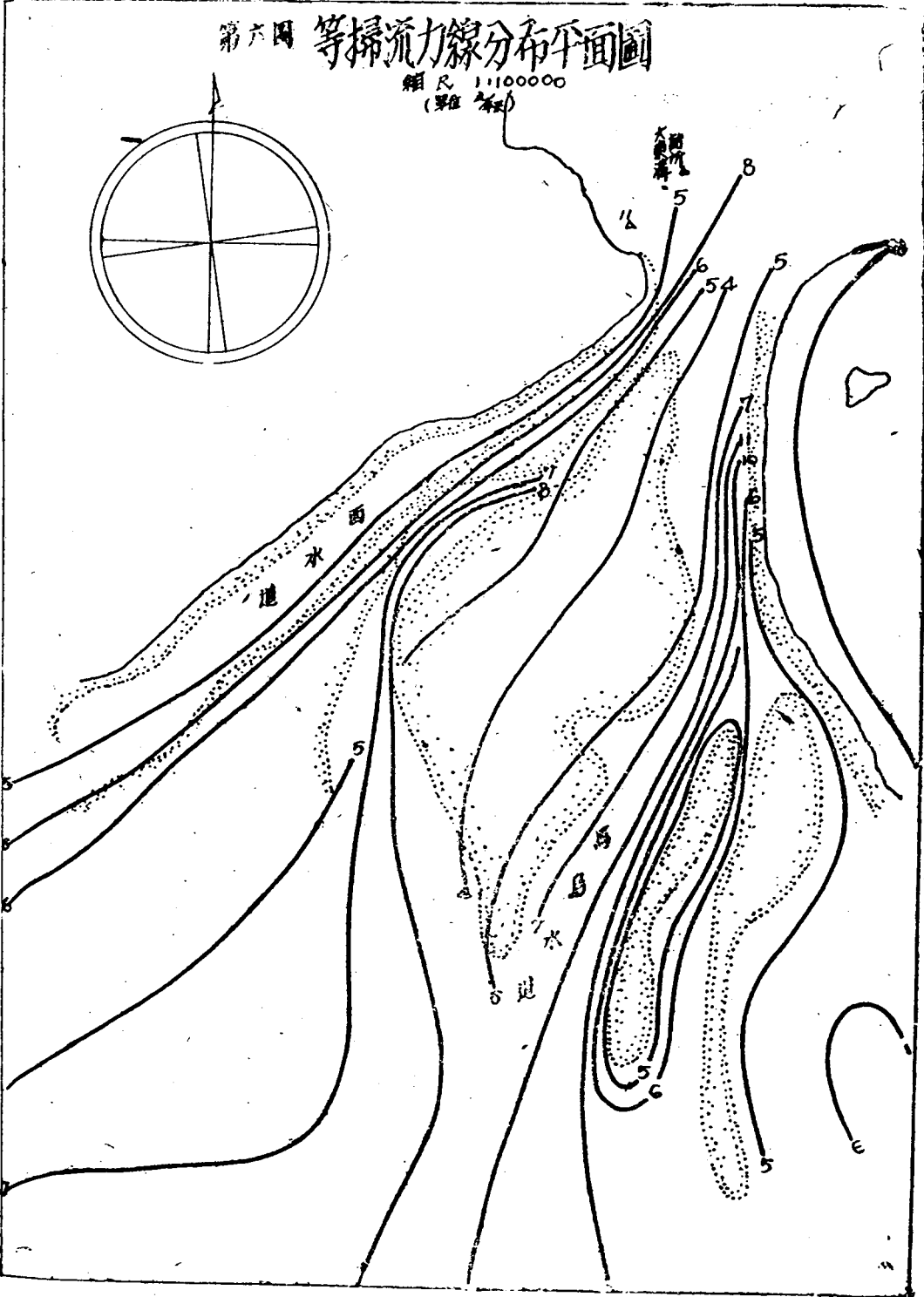
この圖に依りますと海流、河川流又は其の他の恒流と認むべきものが存在致しません。

尤もこの圖にはこの様に恒流が認められる様でありすが、之等は何れも微弱であり、而も一定した方向をせず、その時その時の風向と完全に一致して居る點が考へまして風による吹送流と斷定する事が出來ます。

従つて港口に發生すべき門洲を掃流すべき優勢な海

第六圖 等掃流力線分布平面圖

縮尺 1:100000
(難解)



の存在を認められ、南東の恒風に起因する風浪が港口の漂砂にたいし主因として働くのでは無いかと想像致して居ります。

又河川流が殆ど認められない點から致しまして水道内の水深維持は潮流に依つて居るものであり、計畫に當つては潮流の掃流力利用を根本方針とすべき事が右の調査よりも言へます。

次に潮流の掃流力の利用と言ふ根本方針から見た時の信備水道の如き副水道の功罪如何であります。

或る水道の吐き出す水量より呑み込む水量が小さい場合にはその水道はその水量の差だけ主水道の掃流力の増加に貢献し、その逆の場合には主水道の掃流力を減少せしめて居る譯であります。

この信備水道に就きましてはその潮流精圓に恒流の存在を認め得ない事から致しまして主水道の掃流力に對しては何等貢献するものでは無く、別の方面からの理由で寧ろ締切るべきものと考へられます。

尙又各地點とも半日退潮流が優勢で日退潮流が微弱な事も上の圖より了解されます。

6. 水路の掃流力

次に水路の掃流力に就いて申し上げます。

こゝに申し上げますのは大東港より外海に至る航路としては西水道と馬島水道との何れを選ぶべきかに就き色々の調査を行ひました中の掃流力の比較に就いてであります。

こゝに掲げました圖(第6圖)は兩水道の河床から其の表面の土砂を採取して篩分分析を行ひ、其の結果より河床各地點に就き河床の抵抗掃流力を算出し、其の同一の點を連ねたもので、この數字は抵抗掃流力を毎平米、瓦で表したものであります。

これにより馬島水道は西水道に比較して潮流の流掃力は遂に大で大東港の主水道を爲して居る事が明瞭であります。

7. 水理計算法

次に水理計算法に就いて申し上げます。

水理計算の目的は水制、導流堤等の工作物により潮流が如何様に變化するかを數量的に求むる事でありませ

が、この計算たるや工作物の築造により潮位曲線に對して來す上に流速、流量が非常に複雑な變化を致し、ために一般の河川の様には簡單には參りません或は妥當な假定かも知れませんが、次の様に考へたら簡單に算し得るんぢやないかと思ひます。

即ちこの大東港水道は外海と斗龍浦地先の海との間にた潮汐を有する2つの海を結ぶ狭小な水道と考へるが、この大東港水道内に起る潮汐、潮流はこの兩端の口から入つて來る潮汐波の干渉に依つて起る現象と見る事が來ます。

斯様な場合の潮流は理論的に解かれて居りますが、の流速は近似的に

$$V = \sqrt{2gh(\xi - \xi')}$$

で與へられ、流向は海面の高い方から低い方に向つて居ります、こゝに ξ 及び ξ' は平均水面から測つた兩海の面の高さであります。

即ち流速は水面の高さの差の平方根に比例し、一般は次の式で與へられます。

$$V = C\sqrt{\xi - \xi'}$$

こゝに C = 水路の状態により變化する係數、

前に申しました様な假定でありますならば大東港内の潮流の流速は斗龍浦地先と外海との水位差の平方根に比例する事になり、比較的簡單な計算法により問題をき得る様と思はれますので今後はこの方向の研究を進めたいと考へて居ります。

8. 航路計畫の概要

次に航路計畫に就いて概要を申し上げます、(第7圖参照)。

趙氏溝合流點より上流約5杆の區間は從來から最低潮面下7—8米程度の水深を常に保持して居り3千噸船船の良好なる錨地でありましたので大東港の公共埠頭地域に豫定されましたが、本地點から前海に通ずる方は溝筋の變遷が甚だしく水深1米にも充たない箇所等あり甚だ不良な状態にありました。

航路計畫は上の公共埠頭豫定地より前海に達する水を總噸數4千噸級の船舶が満載吃水を以て略々支障なく通航し得る様に水深中等潮面下7.8米幅員100米の航路

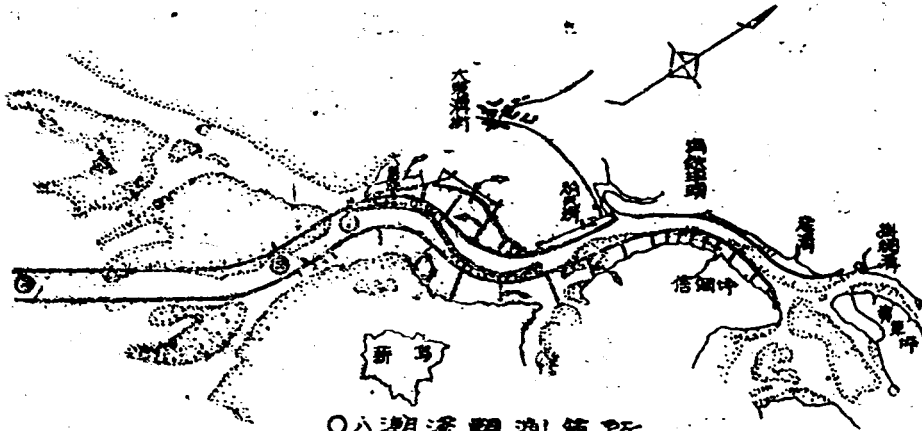
改修せんとするものであります。

計畫内容の詳細に亘りましての御説明は省略致しまし

六年度は人員、器材の整備及び基礎的な二、三の調査に
終りまして實際に工事に着手致しましたのは七年の五月

大東港航路計畫平面圖

網入 参考島分の一



○ハ潮流観測箇所
△ハ塞施箇所

此所に掲げてあります航路計畫圖に依り御了解願ふ
事と致しまして、ただ計畫に當り考慮された 2.3 の根本
的な事項を申述べます。

大東港は潮差極めて大なる關係上水路の水深維持は潮
流の掃流力によるものでありますから本計畫に於きまし
ても潮流の掃流力の有效なる利用を主眼とし更に航路の
平面形を研究して維持の容易で而も安定性ある曲線形を
選定した事並に亂流部にたいして流路幅員の集約を行つ
た事であります。

尙大東港より安東、三道浪頭に至る水路中特に雁島附
近は滞筋の要著しく、不良な状態にあり何等かの施設
を必要とする様に考へられますが、朝鮮側との關係もあ
り、今後尙充分なる調査の上慎重対策を講ずる豫定であ
ります。

又大東港將來の發展に伴ふ船隻數の増加船型の増大に
たいしても支障なく對應して行ける様に計畫に弾力性を
有せしめて居ります。

9. 航路事業實施の經過

次に工事實施の經過に就いて申し上げます。

大東港建設局の開局は康徳 6 年 6 月でありましたが、
6 年度人員、器材の整備及び基礎的な 2.3 の調査に終り
まして實際に工事に着手致しましたのは 7 年の 5 月であり
まして以來現在迄に實施致しましたが、計畫圖中矢印を
以て表した部分であります。その結果當初の混頓として
變轉極り無かつた水路が全般に亘り略々計畫航路内に安
定し幅員、水深の點に就きましても漸次良好となりつゝ
あり要しまするに航路事業は大體に於て所期の効果を擧
げつゝある事を申し上げてこの講演を終る事に致します。

以上