

# 大東港の航路に就いて

正會員 關 昌 作\*

梗概 大東港の航路計畫の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、計畫の大要と工事實施の經過に及ぶ。

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び維持に就いては、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、之を實施するならば、決して失敗に終る様な事はないと信じます。

我が大陸は又其の地理的條件より致しましてこの種の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の成果の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述べたいと存じます。

## 2. 大東港の潮汐

鴨綠江の河性其の他に就いて御説明申上げる紙數の餘裕がありませんので省略して直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。黃海の潮流が鴨綠江口に細長い水道を進行する時には、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致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、潮汐波は長波で

ありますから、其の進行速度  $C$  は

$$C = \sqrt{gh} \quad \text{で與へられる譯であります。}$$

然し河の縁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波速は理論上、平均水面から潮流の水面迄の高さ  $\eta$  に關係し、次式で與へられます。

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

ここに  $h$  は河川の平均水深

$U$  は河川の平均流下速度

$\eta$  は平均水面から潮流の水面迄の高さ

$g$  は重力の加速度

であります。

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は、潮流の山は  $\eta$  が大でありますから、其の進行速度は  $\eta$  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越る事になり、波の形は恰も遠淺の海岸に波浪が進んで來る時と同様に、波の前面の傾斜は急になり、後の面は緩になります。圖-1 は鴨綠江感潮區域内各地點の潮位曲線であります。

ここに明瞭なことは潮時は上流程遅れて居ります。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上、必ずしも距離に比例して居りません。

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ことでもあります。従つて昇潮時間は下流より上流に向つて漸減し、降潮時間は反對に漸増して居ります。

尙潮差は下流から上流に向つて減少し、馬子臺に至つて遂に消へて居りますが、之れは河川を溯上した潮

\* 工學士 大東港建設局航路科長

圖-1.

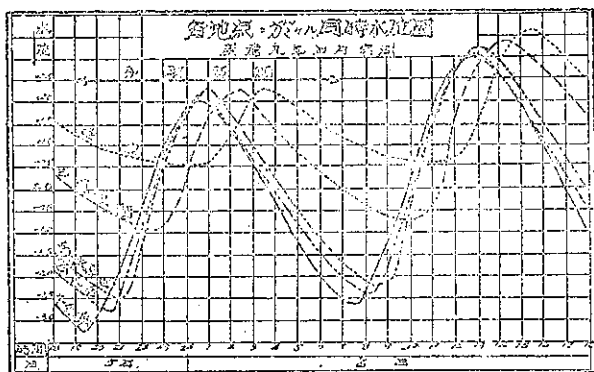


圖-2.

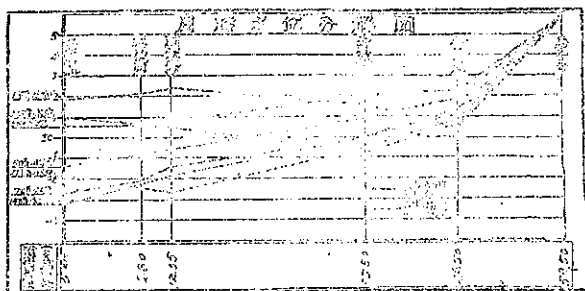
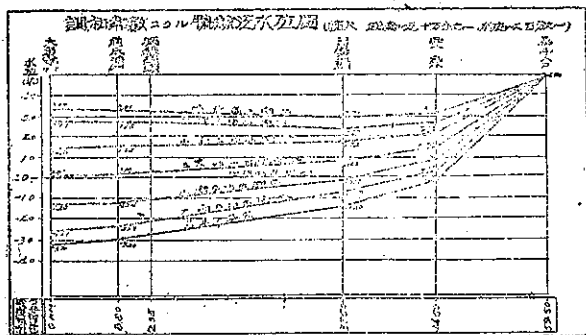


圖-3.



波が河底の摩擦，流下する河水等の爲め次第にエネルギーを損失して減幅した事に依るものであります。

この減幅の模様と潮浪の到達する距離即ち感潮區域は河底の傾斜，水深，流下する河水の速度，潮汐の大きさ等により一概に謂へませんが，一般に河底の傾斜が緩で，水深が大で且河水の流下速度が小なる場合は，減幅が小で感潮區域は遠方迄及ぶ譯でありまして鴨綠江に於ける實測の結果は，減水期は増水期よりの潮汐

影響は遠くに及びます。

圖-2 は圖-1 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，之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時に，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ヶ所に自記檢潮舎があつて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に乏しい憾みがあります。

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數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圖-3 であります。

又潮汐の調和常數を用ひて毎日の潮汐を豫知し，工事の施工に非常の便益を得て居ります。併し其の精度に就きましては，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，濁水期又は偏南，偏北の風が強い日には實測値と相當な開き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値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と思ひます。

### 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，流續時間，流速等各地點に於て異り複雑な現象を呈します。

圖-4 は其の一例として，大東港地先と老耨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、其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流潮の概略でありまして鴨綠江の増水は昇潮流を弱め、落潮流を強め、昇潮流時間を短縮し落潮流時間を延長する事は當然豫想される所でありまして、實測の結果は正に其の通りであります。

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模様に異なるのを常と致しますが、潮流の如きもかゝる所では、上下兩層間で差異あるべき事が想像され、時に下層が昇潮流を呈して居る時に、上層が優勢な落潮流を現す場合等もありまして、大東港に於ける實測の結果も亦同様の事實を裏書して居ります。

#### 4. 流 量

次に流量に就いて申述べます。

流量は港内の各地點に於て異なる事勿論であります但各地點に就きましても時間的に複雑な變化を致します。

かゝる複雑な變化を致します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、從來之れに就いての資料は殆ど無く、建設局が非常な困難を同じ得た2,3の流量の實測資料が唯一のものであります、この程度のもものでは、場所的、時間的の複雑な變化を全般的に知るには不十分であり更に數多の實測資料を必要と致します。

併し充分な資料を流量測量より直接に求めます事は其の作業が非常に困難な關係から殆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より水位観測の資料から流量を求めて、實測資料を補ひ問題の解決を圖らんとして居ります。

式の誘導は簡單でありますから省略致しまして其の結果だけを掲げます。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。

こゝに  $Q_x$  は或る一定断面より  $x$  なる距離にある任意断面の  $t$  時の流量

$Q_0$  は同上定断面の  $t$  時の流量

$\frac{dh}{dt}$  は水位の  $t$  時に於ける上昇率

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

$x$  は定断面より求める任意断面迄の距離

であります。

右の式中  $Q_0$  は定断面に於て潮流を最小約1週間連続観測するならば、潮流の調和分解法により時の函数として表し得るものであります。

$dh/dt$  は潮汐の調和分解法により  $h$  が  $t$  の函数として表されて居りますから、之れ又  $t$  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単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其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こと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の函数として表し得て居るならば、流量も亦時の函数として表す事が出来ます。

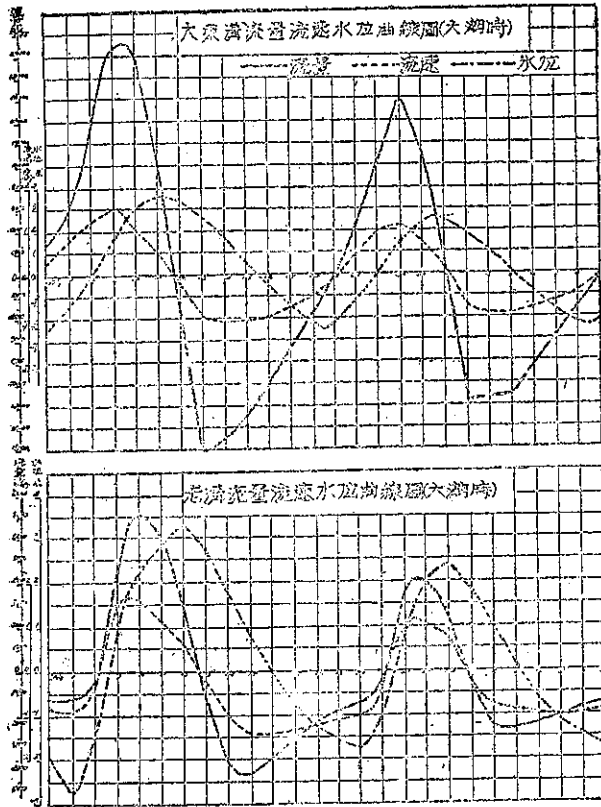
尤も上述の式には實測の稍々困難な  $Q_0$  なる項がありますが、之れとても  $Q_0$  の比較的容易に求め得る場所例へば感潮区域の上流端を起點に選び、順次に計算を進めて行くならば、實測の困難を解消し得る譯であります。

圖-4 は實測流量の1,2の例であります、之れから判ります事は老蔞の流量は大東蔞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、之れは下流断面の流量は、上流断面の流量と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依りますと、大東蔞地先を1昇潮流時間内に通過、溯上致しました總入潮量は 158 000 000 m<sup>3</sup>、同じく老蔞地先を通過溯上致しました總入潮量は約 38 000 000 m<sup>3</sup> でありまして、差引 117 000 000 m<sup>3</sup> 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、其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1降潮流時間内に大東蔞地先を通過下向した出潮量は、約

圖-4.



159 000 000 m<sup>3</sup>, 然るに同一降潮時間内に老溝地先を通過, 下向した出潮量は約 54 000 000 m<sup>3</sup> でありまして, 差引 105 000 000 m<sup>3</sup> 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, 其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。

之等の實測の結果により, 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 3 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, 流量が 0 となりますのは, 前に申述べ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遅れて居りまして, 3 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互り申述べ

べる迄には到つて居りませんが, 極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溝地先に於て 21 000 m<sup>3</sup>/sec, 趙子溝地先に於て 11 000 m<sup>3</sup>/sec, 老溝地先に於て 7 000 m<sup>3</sup>/sec, 龍巖浦地先に於て 12 000 m<sup>3</sup>/sec, 安東の鐵橋附近で 4 000 m<sup>3</sup>/sec 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平均 500 m<sup>3</sup>/sec 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から次の事が言ひ得ると思ひます。即ち

(1) 鴨綠江口附近に於ては一般に, 洪水期以外は河川流に對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潮流に對して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の利用を根本方針とすべきこと。

(2) 流量, 従つて掃流力は, 水路の湛水量に支配される事が大であるから, 計畫に當つては可及的に湛水量の確保に留意すべきこと。

(3) 流量は下流から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から上流に向つて漸減すべきこと。であります。

### 5. 海流及び其の他の恒流

次に大東港々外海流並に水道内の河川流其の他の恒流に就いて申述べます。

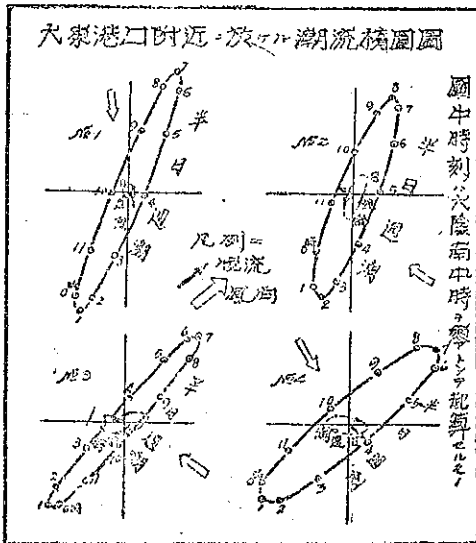
之等に就きましては直接觀測の方法がありませんので, 潮流調査の結果から歸納的に求めるより外ありません。

港内外の數要點に就いて 2 潮時以上, 潮流の流速及び流向を連續測定致しました資料に就いて, 潮流の調和分解を行ひ, 潮流橢圓を描いたのが圖-5 であります。

此の圖に依りますと, 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。尤も此の圖にはこの様に恒流が表はれて居る様であります, 之等は何れも微弱であり, 而も一定した方向を有せず, 其の時其の時の風向と完全に一致して居る點から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る門州を掃流すべき優勢な海流

圖-5.



の存在は認められず、南東の恒風に起因する風浪が港口の漂砂に對して主因として活くのではないかと想像して居ります。

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の維持は潮流に據つて居るものであり、計畫に當つては潮流の掃流力の利用を根本方針と爲すべき事が上述の調査からも謂へます。

次に潮流の掃流力の利用と謂ふ根本方針から見た時の信調水道の如き副水道の功罪如何であります。或る副水道の吐き出す水量より呑み込む水量が小さい場合は、其の水量の差に比例し主水道の掃流力の増加に貢獻し、其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。

この信調水道に就きましては其の潮流橋圖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獻するものでは無く、別の方面の理由から寧ろ縮切るべきものと考へられます。

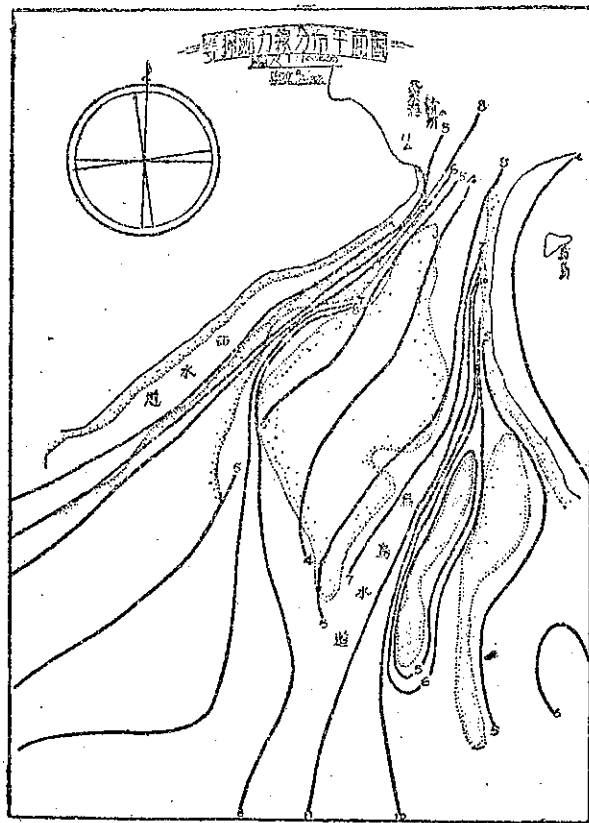
尙又各地點とも半日週潮流が優勢で、日週潮流が微弱な事もこの圖から了解されます。

### 6. 水路の掃流力

次に水路の掃流力に就いて申述べます。

こゝに申述べ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いて色々調査を行ひました中の、掃流力の比較に就い

圖-6.



てであります。

圖-6 は兩水道の河床から其の表面の土砂を採取して篩別分析を行ひ、其の結果から河床各地點に就き、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、其の數字は抵抗掃流力を毎平方米瓦で表したものであります。之れにより馬島水道は西水道に比較して潮流の掃流力は遙に大で、大東港の主水道を爲して居ることが明瞭であります。

### 7. 水理計算法

次に水理計算法に就いて申述べます。

水理計算の目的は水制、導流提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ことであり、この計算たるや工作物の築造により潮位曲線が變化する上に、流速、流量が非常に複雑に變化致します爲めに、一般の河川の様に簡單には參りません。或は妥當ならざる假定かも知れませんが、次の様に考へたら簡單に計算し得る様になるのではないかと考へ

て居ります。即ちこの大東港水道は外海と斗龍浦地先の海との、二つの異つた潮汐を有する海を結ぶ狭小な水道と考へるなら、此の大東港水道内に起る潮汐、潮流は、この両端の口から入つて来る潮汐波の干渉に因つて起る現象と見る事が出来ます。斯様な場合の潮流は理論的に解かれて居りますが、其の流速は近似的には次式で與へられます。即ち

$$V = \sqrt{2g(\zeta - \zeta')}$$

で與へられる流速を有つ潮流が起り、その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  $\zeta$  と  $\zeta'$  は平均水面から測つた兩海の海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、一般には次式で與へられます。

$$V = c\sqrt{\zeta - \zeta'}$$

こゝに  $c$  は水路の状態により變化する係數であります。

前に申しました様な假定が妥當なりと致しましたなら、大東港水道の潮流の流速は、斗龍浦地先と外海との水位差の平方根に比例することになり、比較的簡単な計算法により問題を解き得る様に思はれますので、今後はこの方向に向つて研究を進めたいと考へて居ります。

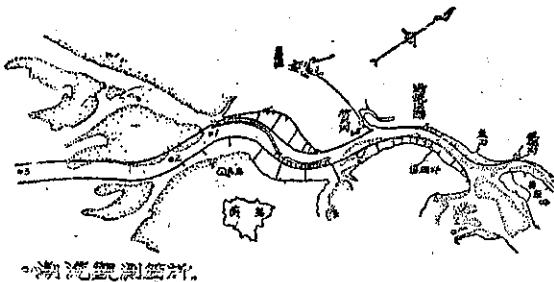
## 8. 航路計畫の概要

次に航路計畫に就いて概要を申述べます。

趙子溝合流點より上流約5kmの區間は從來から最低々潮面下7~8m程度の水深を常に保持して居り、3,000噸級船舶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瀋定されましたが、本地域か

圖-7.

### 大東港航路計畫平面圖



趙子溝合流點

ら外海に通ずる水路は濤筋の變遷甚しく、水深1mに充たない個所等もあり甚だ不良な状態にありました。

航路計畫は右の公共埠頭瀋定地より外海に達する水路を、總噸數4,000噸級の船舶が満載吃水を以て略々支障無く通航し得る様に、水深7~8m、幅員100m航路に改修せんとするものであります。

計畫内容の詳細に互つての説明は省略致しまして、圖-7「大東港航路計畫平面圖」により御了解願ふこととし、たゞ計畫に當り考慮された2,3の根本的な事項に就いて申述べます。

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なる而も安定性ある曲線形を選定した事、並に亂流部に對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、特に雁島附近は濤筋の變遷著しく、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、慎重對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、船型の増大に對しても支障なく對應して行き得る様に、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述べます。

大東港建設局の開局は康徳6年6月(昭和14年6月)でありましたが6年度は人員、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たのは7年5月でありました。

以來現在迄に實施致したのは、趙子溝合流點より下流、大東港合流點に至る從來最も不良な状態にあつた個所の大略であります。其の結果當初混沌として變轉極りなかつた水路が、全般に互り略々計畫航路内に安定し、水深、幅員の點に就きましても漸時良好となりつゝあり、要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上げてこの稿を終る事に致します。

(昭. 19. 8. 5 受付)