

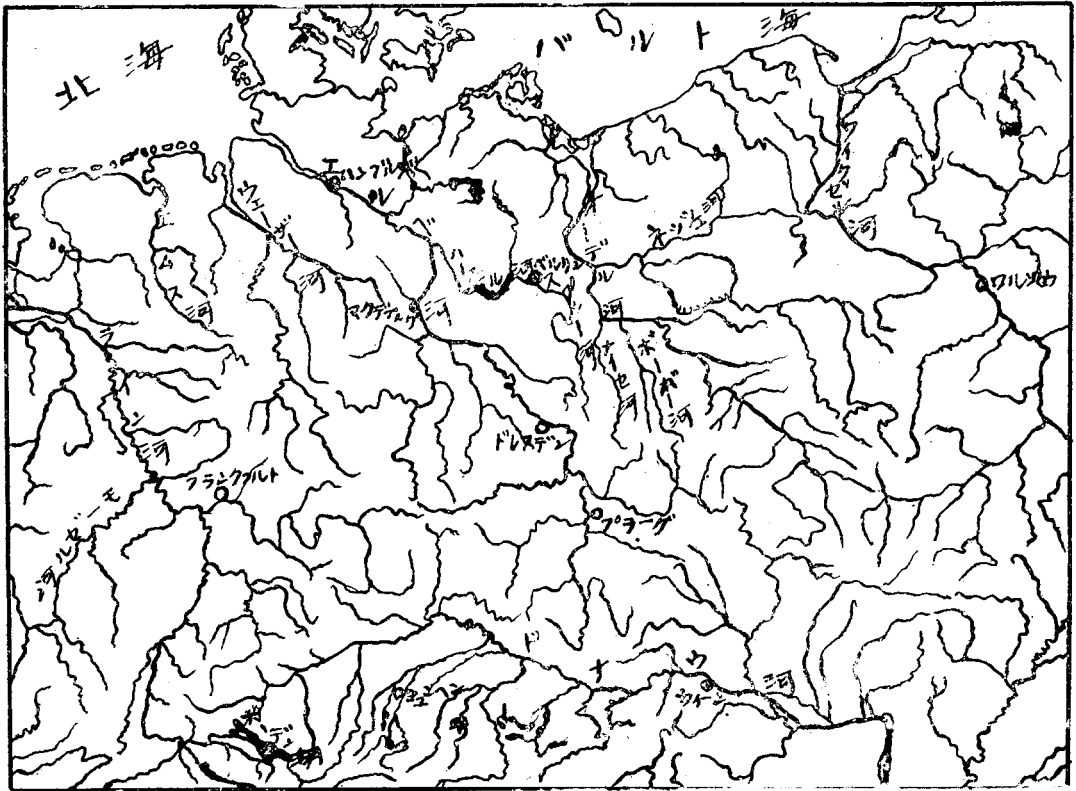
# エルベ河及びオーデル河に於ける 航路改修工事 (其の一)

※ 永 井 莊 七 郎

## 緒 言

滿洲國の2大水系たる松花江及び遼河は、其の流域面積、流路延長、河幅等の大きさに於て、日本内地の大河川なる利根川、石狩川等に比して10數倍乃至30數倍にして、又其の河川の性狀に於て全く相違してゐる。従つて日本の河川に對する智識或は經驗を直に滿洲國の河川に適用するを得ずして、屢々大なる修正を要する。従つて滿洲國內河川と其の性狀、大きさ等に於て類似せる大河川に於ける工法を參考として、國內河川特有の性狀に最も適したる工法を創案する必要があると思ふ。斯る意味に於て、日本の河川工事に對する研究と相並んで、歐米諸國の大河川に對する河川工法を參考として考慮する必要がある。然し滿洲國河川技術者は、日本及び歐米の河川技術に執着す可きは

圖一. ドイツ河川圖



※ 哈爾濱工業大學教授

なく、之等外國に於ける河川技術を基礎として、滿洲國特有の河川工法の研究に努力す可きであると思ふ。

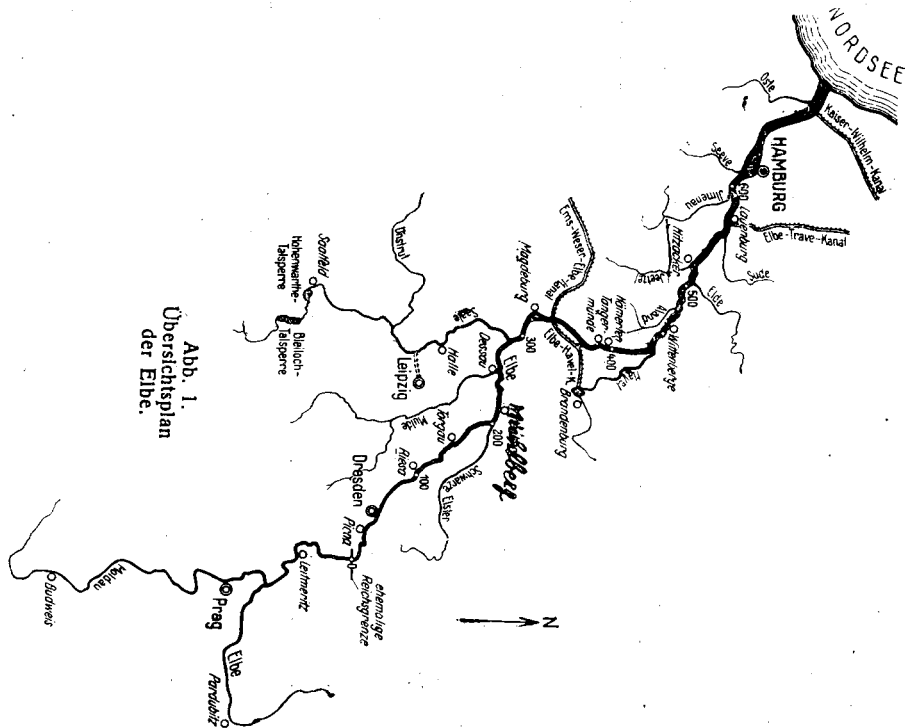
以下ドイツ國內の大河川なるエルベ河 (Elbe) 及びオーデル河 (Oder) に於ける航路改修工事を記述す、若し滿洲國河川技術者の参考資料の一端となれば幸甚である。

### 2. エルベ河の概要

#### (1) 流域及流路

エルベ河は其の水源をボヘミヤ (Bohemia, 前チエツコスロバキヤ領) 山地スデート山脈 (Sudetsgebirge) に發し、約 250 km 西北流して、プラグ市 (前チエツコスロバキヤ首府 Prague) 下流約 50km 地點にて、ボヘミヤ森 (Bohemiawald) より北流する一大支流モルダウ (Moldau) 河を合流し、更に約 150km 北流にドレスデン (Dresden) 市に達し、之より次第にドイツ平野に出でて西北流域は北流し、チューリンゲル森 (Thüringer Wald) より北流したる大左支川ムルデ (Mulde) 河及ザーレ (Saale) 河を合流し、右より西北流して來たるハーフエ (Havel) 河エルスター河 (Elsster) を合流し、平野を流れること約 700km にして北海に注ぐ。(圖一1及圖一2参照)

圖一.2. エルベ河流域平面圖



其の流域面積及び、幹川流路延長を外國主要河川と比較對照して示せば表一1 の如くである。

又流域平均B幅(流域面積/流路延長及び幹川流路延長LとBとの比、即ち  $L/B=L^2/A$  を示せば表-2の如くである。

表-1

表-2

河川名	流域面積 (Km <sup>2</sup> )	幹川流路延長 (Km)	河川名	流域平均幅 $B=A/L$ (km) $L/B=L^2/A$	
Amagon	7,000,000	5,500	Amagon	1,272.73km	4.32
Mississippi	3,250,000	6,500	Mississippi	500.00	13.00
Nile	2,870,000	5,500	Nile	521.82	10.54
揚子江	1,950,000	5,150	揚子江	378.64	13.60
Ganges	1,580,000	2,400	Canges	658.33	3.65
黄河	1,260,000	4,700	黄河	268.09	17.53
Donau	820,000	2,700	Donau	303.70	8.89
松花江	523,200	2,000	松花江	261.60	7.65
黒龍江(滿洲國)	332,700	4,054	遼河	171.13	7.67
遼河	224,700	1,313	Rhein	213.33	4.92
Rhein	224,000	1,050	Elbe	121.53	9.17
Elbe	134,900	1,110	Loire	189.38	3.38
Loire	121,200	640	Oder	137.76	6.25
Oder	118,611	861	Po	104.71	6.49
Po	71,200	680	鴨綠江	79.29	9.96
鴨綠江	62,640	790	利根川	48.95	6.58
利根川	15,760	322	石狩川	41.30	8.91
石狩川	15,200	368	信濃川	33.12	11.17
濃川	12,254	370			

L/Bは河川流域平均幅に對する幹川流路の長短を表はす値にして、河川流路に彎曲が多い程此の程は大である。即ち此の値の大なる時は、其の河川は緩勾配にして蛇行し、從つて洪水波の傳播が緩慢にして、又一年を通じ流量が比較的均一であることを示し、此の値の大なるものは、洪水波傳急速にして洪水波形は高く尖つた形となる。

表—2のL/Bの値より考ふれば、エルベ河の値は石狩川の値に最も類似してゐることよりして、エルベ河の流水の状態が石狩川に類似してゐると考へられる。石狩川が大なる石狩平野を日本の一般の河川に比して頗る緩かなる勾配 1/7000~1/10000 を以て東西に蛇行してゐる如く、エルベ河も亦 1/5000~1/10000 (Hamburg 附近で平均の 1/8000) 勾配を以てドイツ平野を蛇行してゐると考へられる。

尙序に松花江及び遼河のL/Bの値が夫々 7.65 及び 7.67 にして極めて良く類似せることは、兩二大水系の流れの性状が良く類似せる事を示すのではなからうか。

(2) 縦 斷 勾 配

エルベ河の水面勾配は Sachsen ザクセンの山間地方では、最大 1/500 乃至最小 1/11000, 平均 1/4000 にして、ザクセンを出てプロシヤ地方 (Preu Szen) に於ては平均 1/4000 (低水位と平水位の中間)、プロシヤの平地部で平均 1/5000, ハンブルグ (Hamburg) 市上流で平均 1/8000 (低水位と平水位の中間) である。今河口より海拔 100m の地點までの流路に沿つての距離を示せば表—3の如くである。

表 — 3

國 名	河 川 名	箇 所	河口よりの距離 (km)
日 本	利 根 川	前 橋 市	202
〃	信 濃 川	橋 村	119
〃	木 曾 川	八 百 津 町	84
〃	富 士 川	富 河 村	27
〃	常 願 寺 川	大 森 村	14
滿 洲	遼 河	東 遼 河 合 流 點 下 流 8 軒 の 點	523
獨 逸	Elbe	Dresden	662
〃	Rhein	Karlsruhe	621
〃	Oder	Breslau	524

獨逸	Weser	Karlshafen	399
佛國	Seine	Aube 河合流點	574
〃	Loire	Orleans	370
〃	Garonne	Toulouse	380
〃	Rhone	Valence	220

(3) 降水量、水位及び流量

ドイツ國內の年降水量は平地部に於て平均 660mm にして、山地に於て平均 2500mm 最大日雨量は 100mm 乃至 150mm である。

一年の雨量の分布は百分率で表はすと、冬 18%、春 22%、夏 24%、秋 36%、である。月雨量は 7 月最大にして、6 月・8 月之に次ぐ。

エルベ河流域の年雨量は平均 650mm、最小 350mm、最大 1750mm にして、其の流域内 2、3 箇所の年雨量月雨量及日雨量を示せば表一4 の如くである。

表一4

地名	平均雨量(mm)	最大月雨量(mm)	月	最大日雨量(mm)
Dresden	571	—	—	102
Halle	486	206	7 月	89
Thürnger 森	930	—	—	—

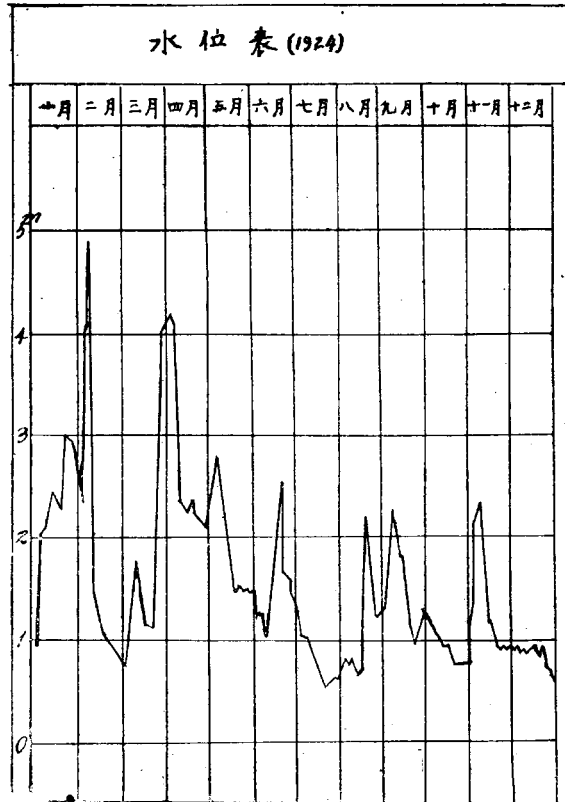
滿洲國內の年雨量は哈爾濱 577mm、新京 644mm、奉天 674mm、營口 648mm であるから、エルベ河流域内の平地部の年雨量は滿洲國平地部と略同一である。唯山地部に於ける降雨量は松花江及遼河の水源地方に比して遙かに大である。(滿洲國內最大年雨量は土門子の 1350mm である)。

又滿洲に於ては其の雨期なる 6、7 及 8 月の 3 ヶ月間に年雨量の 60~70% 降るに對して、エルベ河及オーデル河流域に於ては斯る、降雨量の偏位はなく、一年間を通じ比較的均等にして、6、7 及 8 月に於て稍多く、年雨量の 30~40% 降水する。

ドイツ河川の水位は、日本の河川と同様春から夏にかけて上昇し、6、7 月頃最高に達し、冬季は減水する。然しエルベ河は他のドイツ河川と多少性質を異にし、圖一3 に示す如く、冬から

春にかけて最も高く、他の季節は低い。之はボヘン山間に於ける春先の雪融水に因る増水であらうと思はれる。斯る點、稍滿洲河川に類似してゐるが、唯増水の季節は遙かに早く、2月初旬の如く思れる。

圖-3. エルベ河水位表



エルベ河の洪水量及比流量を示せば表の如くである。

表 - 5

河 川 名	地 點	流 域 面 積 (km <sup>2</sup> )	洪 水 量 (m <sup>3</sup> /sec)	最 大 比 流 量 (m <sup>3</sup> /sec/km <sup>2</sup> )
Elbe	Merniz	41,810	4,300	0.103
	Tetzen	51,000	4,700	0.092
	Dresden	53,100	4,600	0.087
	Magdeburg	94,944	4,320	0.046
	Artlonburg	134,944	3,600	0.027

即ち日本の河川に比すれば遙かに小である。

2, 3 の地點に於ける水位流量曲線式を示せば次式の如くである。

$$Q=84.17 (h+1.13) 1,527 \dots\dots \text{Barby にて}$$

$$Q=71.13 (h+0.40) 1,587 \dots\dots \text{Mühlberg にて}$$

$$Q=61.21 (h+0.62) 2,044 \dots\dots \text{Torgan にて}$$

茲に  $Q$  = 流量 ( $m^3/sec$ ),  $h$  = 水位 ( $m$ ) である。

又エルベ河流域の平均年流出係数は下流に於て 24~26% の上流山地に於て 26~31% である。

最大洪水流量の計算に對して P, Kresnik (Wien, 1886年) は次式を興へてゐる。

$$Q_{max} = \alpha \frac{32}{0.5 + \sqrt{A}} A \quad (m^3/sec)$$

茲に  $A$  = 流域面積 ( $km^2$ ),  $\alpha$  は流域の性狀に因り異なる係數にして、一河川の流域内に於ても場所により異り、エルベ河に於ては下流で 28~31%, Hamburg で 31%, 中流の Magdeburg で 44%, Dresden で 63%, 上流の Praj 附近で 88% である。

### 3. エルベ河の航路改修

#### (1) ドイツに於ける河川運輸の概要

ドイツ國內河川は各河川及湖沼を縦横に連絡する運河と相俟つて重要な輸送機關にして、鐵道と相對してゐる。1817年に初めて蒸汽船がドイツに發明され、之が1841年以來曳船として、利用せられ、又各河川の航路が改修されて水深及河幅を増大するに至つて、河川に因る水運は益々隆盛となつた。1877年ドイツの水路網を運行する船舶の數は 18,000艘、積載力は 1,400,000噸であつたが、1912年には船舶の數は30,000艘に積載力は7,400,000噸に増大した。又1877年には1艘の平均噸數が 80 噸であつたものが、1912年には 280 噸に増大した。主要なる河川はエルベ河、オーデル河、ライン河、ウエーゼ河、ワイクゼル河及メーメル河である。

エルベ河のみに就いては、1880年頃より以後40年間に、運搬荷物の噸數は約 4 倍になり、以前は Magdeburg と Ham-burg の間を 1 年間に 2 及至 3 回往復したに過ぎなかつたのが 1910年には平均 7 往復に増し、今日では更に頻繁となつた。

#### (2) エルベ河航路改修の歴史

西紀1815年より前のエルベ河は全く原始河川にして、河岸の破壊、砂洲の形成、急激なる彎曲分岐等凡有る暴威を恣にしてゐた。之に加ふるに樹根、岩石、河水車等が河道内に存在して、船の航行を阻害した。そこで船舶業者及び商業界方面から航路の改修が要望され、遂に河道の改修に着手した。元が1815年である。之以後のエルベ河改修工事を大別すると大體 3 つの時代に分れる。

##### (i). 1815年から1865年迄

此の時代はエルベ河改修の初期にして、其の流域内の幾つかの區劃に於て、各異つた官廳が各

勝手な改修工事を行ひ、エルベ河水系全體の改良を目的とした、總合改修計劃を樹立するに至らなかつた。

(ii). 1866年から1910年迄

1866年ロシア政府はエルベ河川工事事務所 (Eldestrom-bauverwaltung) を造り、Mühlberg から Wittenberg までの河川工事を監督せしめた。此の時に至つて初めて、エルベ河改修工事を統一監督し得て、改修工事は茲に新時代に入つたのである。(此の河川事務所は1939年4月1日水路監督局と改稱され、其の監督範圍は當初より遙かに擴大された)。

それまでに諸種の改良工事が行はれてきたにも拘らず、未だ河道は極めて不規則にして、殊に淺瀬、狹窄部等が多かつたので、先づ統一された考への許に平水位の河道工事を行ひ、巨大な砂洲を取除き、洗掘及河岸の破壊を防止する必要があつた。又同時にエルベ河の標準幅を確定しなければならなかつたがそれが爲には先づ廣範圍の河川調査を必要とした。

(a) 専門委員會設置

1873年に大臣の許可を得て、エルベ河工事事務所長が委員長となり、専門委員會が開かれた。委員は Riesa から Hamburg まで (約550km) 實地調査を行つた。其の結果、エルベ河の航行を容易ならしむるには、正確にして而も廣範圍の河川調査に基いて標準幅員を定だめる必要があると言ふに意見が一致した。そこでエルベ河の河岸諸國家の代表技術者に因り調査委員會が設置され、調査に際し採用す可き測定方法に就き協定した。此の委員會は河川工事事務所長が、委員長となり、1874年から1883年迄存続した。

(b) 第一回エルベ河總合計畫

1877年4月1日に初めてエルベ河の總合改修計畫が立てられ、2年後の1879年10月、エルベ河總合改修計畫書が發表されて、改修工事の提進に役立つた。斯くして1880年より1888年まで9年間に8,600,000 Mark の工費を以て水制工事を實施した。

(c) 第二回エルベ河總合計畫

1893年12月、第二回改修計畫書が發表された。其の改修計畫は Havel (ハーフェル) 河口より下流は高水制 (Kopfschwleem) により、之より上流は床止 (Deckwerk) により河床勾配を整理せんとしたのである。又強く流水の衝突する凹岸には石張護岸を行ひ、尙在來の水制の中間に石張中間水制を挿入した。之等の改修工事により、河道内の樹根、岩石及砂洲が除去され、船舶の航行は容易になつた。

(iii). 1911年以後

航行船舶數及び大きさが増加するに従つて今迄の水深では不足を告ぐるに至つた。之に加ふるに1904年及び1911年に大洪水が到來し、殆んど船の航行が不可能になつた。そこでエルベ河工事事務所は、Sachsen (ザクセン) と Preussien (プロイセン) との境から Seeve (ゼーフエ) 河口までの低水河道の改修を計畫し、Saale (ザール) 河口より上流は1904年の低水位水深より1.10



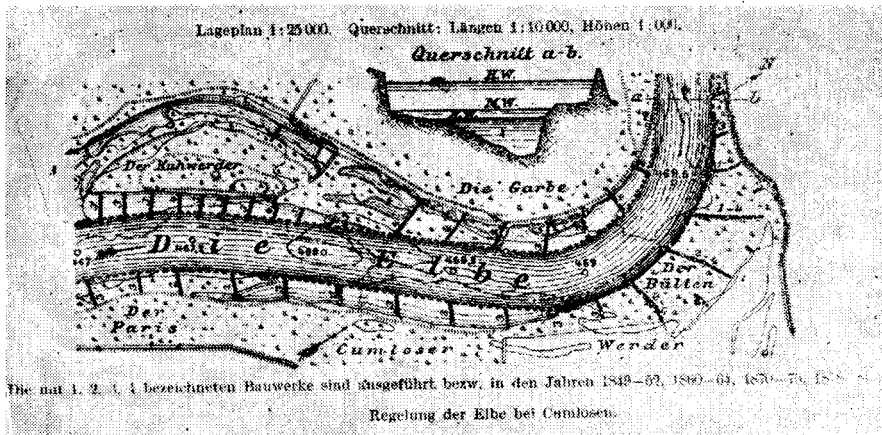
mを、それより下流は 1.25m を増加せんとしたが其の工費の財源を關稅により得んとした爲、餘り良く實行出来なかつた。

1928年に至り、航運業者から航路改修に對する要求が益々盛んになつたので、水路局 (Reichswasserstra Szenverwaltung) が上記の計畫を取擧げ、之を變更して、茲に第三回の總合計畫を樹立した。之は1931年5月10日に發表され、其の工事種類は、水制の延長、新築、導流堤の築造、床止工、堰堤築造等極めて廣範圍であつた。之等工事の監督は水路局が行ひ、工法の統一を期した。其の効果に就いては未だ僅かしか判つてゐない。圖一及圖二で明かな如く、航路は確かに改良され淺瀬砂洲は除去せられ、河床の形狀は規則正しくなつた。航運の著しき増大が此の事實を實證してゐる。

### (3) 水制及床止工事

水制は殆んど總て上向水制にして、其の傾斜角は河岸又は水制法線に對して、直流部では  $70^{\circ}$  ~  $80^{\circ}$  凹岸は大體直流部と同じ凸岸では大體  $80^{\circ}$  ~  $90^{\circ}$  である。

圖一4. 1849年より1884年までの間に設置された 水制 (エルベ河中流)



水制の構造は、其の基礎に浚渫土砂を置き、其の上を粗礫或は沈床で蔽はれた。又水制頭部前方及水制兩側の水平位以下は捨石により、頭部及幹部の下部洗掘を防止された。凹岸に於ては水制域内或は河岸が洗掘されたので、斯る部分には中間水制を設置し、水制域に浚渫土砂を満たし河岸には石張護岸を行つた。中間水水制は主水制より稍低くし、石張工としたるに、水制域内の堆砂を促進し、効果を得た。又中間水制の頭部を鎌出水制 (Hakenbuhne) として導流に好結果をもたらした。

水制兩側の法は頭部で  $1:5$ 、幹部で  $1:3$  (法線後方10mの所で  $1:3.5$ ) に造られ、頂幅は2mに定められた。水制高は水制頭部では大體平水位で、河岸に向つて  $1/150$  ~  $1/200$  の勾配で高くされた。

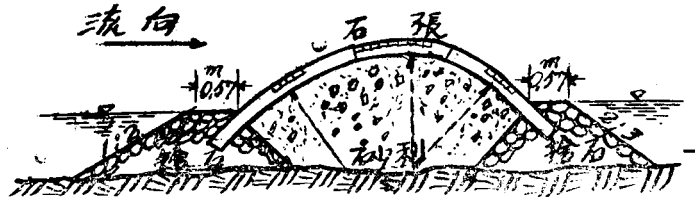
水制間隔は場所により異り一様でないが、凹岸では水制法線間隔の  $1/2$ 、凸岸では  $9/10$  位にな

つてゐる如くである。

圖—4 はエルベ河中流の彎曲部に於ける水制配置を示す、

河幅を標準幅迄縮小する爲に導流堤が用ひられた。其の構造は浚渫土砂の兩側に捨石を行ひ、上部を石張で蔽つたものが用ひられた。圖—5は其の 1 例である。

圖—5 導流堤斷面



堤頂の高さは初め夏季低水位上 2.16m、或は年平均水位上 1.24m に造られたが、後では場所に應じて多少低くし、凹岸では夏季最低水位上 2.10m、凸岸では 1.60m~1.10m に造られた。

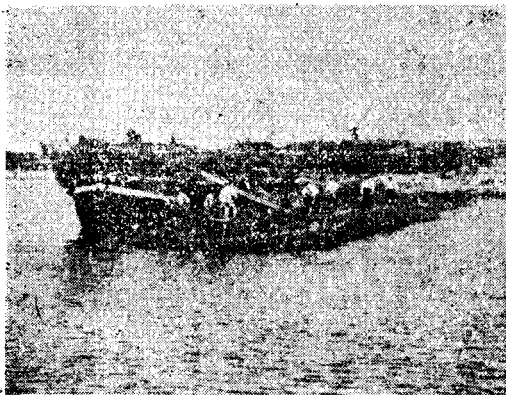
床止工は河床勾配を整へる爲に盛んに使用され、河川を横斷して水制法線後方 10m 位迄達するもの、或は水制で平行な物も造られた。其の構造は一般に砂利の上に敷石したものである。

圖—6は 石張水制の心に用ひられる沈床、圖—7 は水制頭部の石張工、圖—8 は柳筒式浚渫船による浚渫狀況を示す。

圖—9 (a) 及び (b) は水制延長及び中間水制設置に因る堆砂及河心の浚渫効果を示す。又圖—10エルベ河下流の水制域堆砂狀況を示す (1877年及1878年築造のもの)。

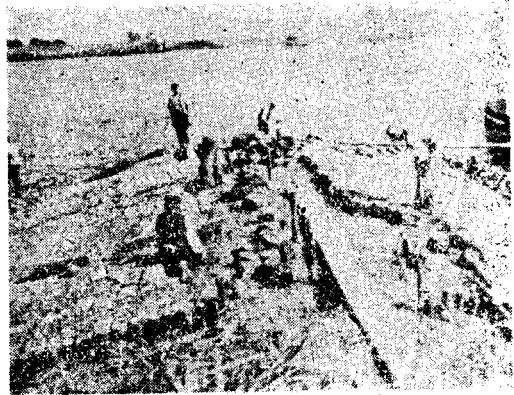
圖—6, 沈 床

Abb, 5, Print



圖—7, 石 張 工

Abb, 7, Print



圖—8, 吸場唧筒による 浚深工事 Print Ab 8.



圖 — 9 Print Ab 10 d' 11 .

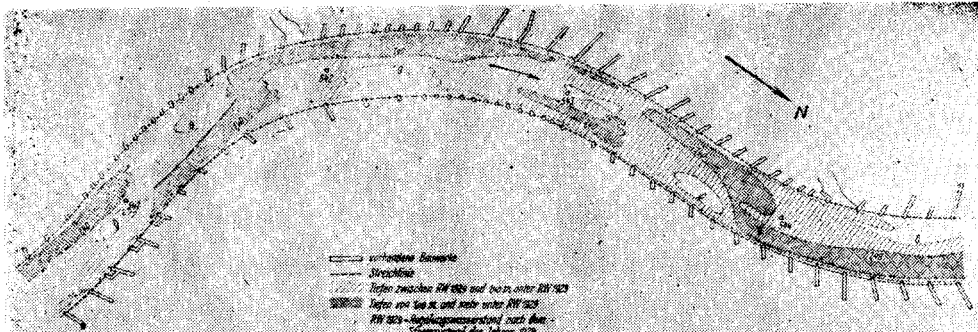


Abb. 10. Tiefenplan der Elbe auf einer bestimmten Strecke. Stromzustand vor dem Ausbau.

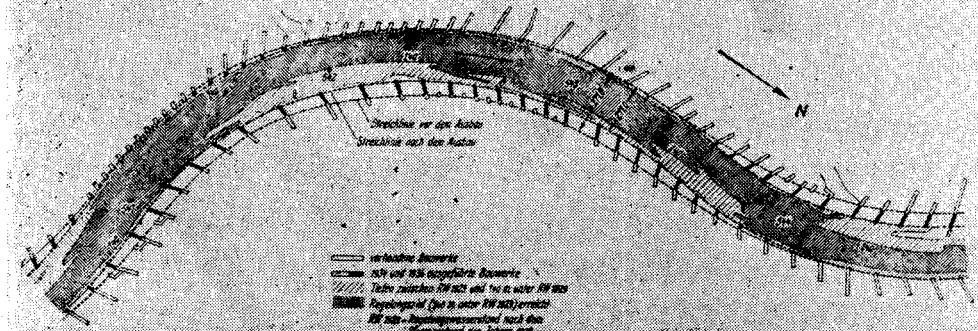


Abb. 11. Tiefenplan der Elbe auf derselben Strecke wie vorstehend. Stromzustand nach dem Ausbau.

圖-10 エルベ河プロイセン地方に於ける制或堆砂狀況

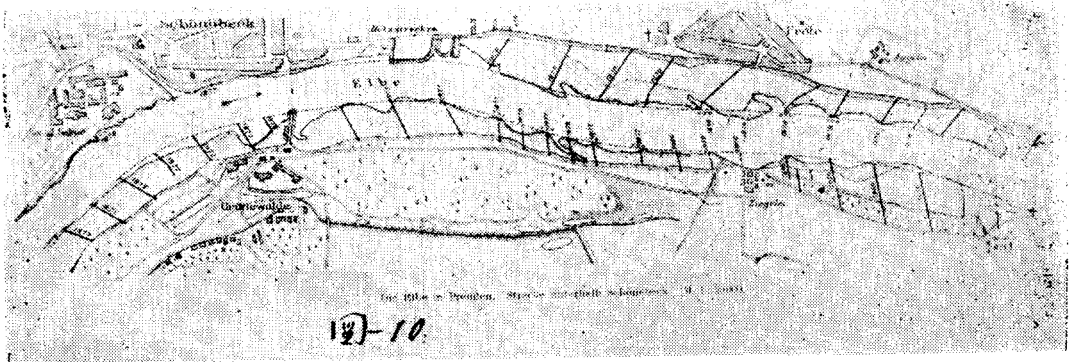


圖-11. (a) Elbe 河下流に於ける航路の變遷を示し同圖 (b) は1903年に於ける深淺圖を示す  
 一般に水制頭の直前が深く洗掘され、且斯る深所が Zigzag に形成されてゐる點に注意す可きで  
 ある。圖-11 (a) で見らるゝ如く、此の Zigzag 型の航路は、洪水毎に略平行に下流に移動し  
 てゐる。

圖-11 (a) エルベ河下流の直流部に於ける航路の移動

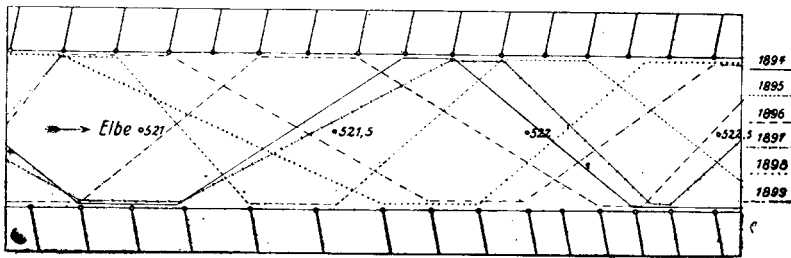


Fig. 265. Staudorte der Landbaken zur Bezeichnung der Fahrinne.

圖-11 (b) 1903年の同上區間の深淺圖

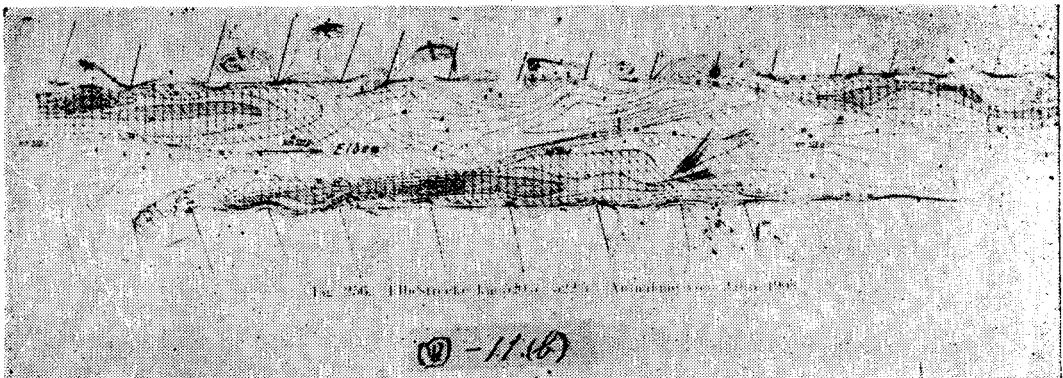


圖-12, (a) 及 (b) はエルベ河上流部に於ける1901年及1902年に於ける航路の深淺を示す。  
 此處に於ても、水制頭部直前の深所が Zigzag に形成され、其れが1901年から1902年に至つて略  
 平行に下流へ移動してゐる。

圖 — 12 (a) 1901年

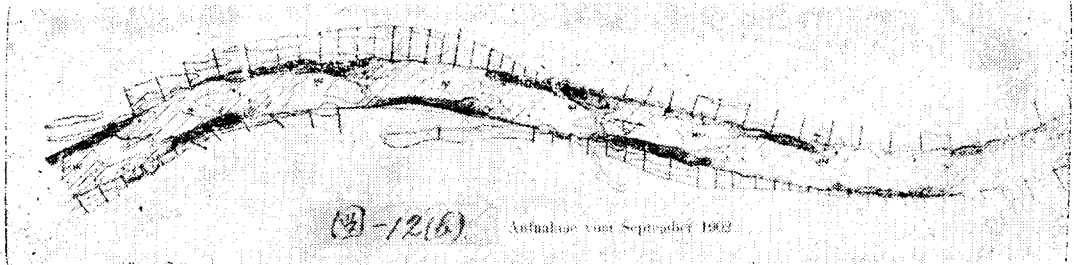
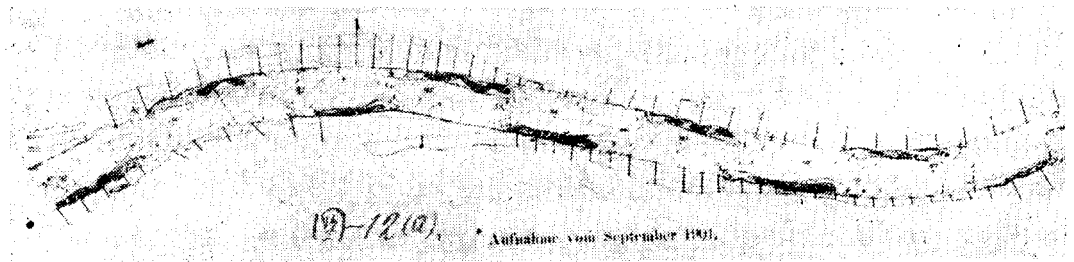


圖 — 12 (b) 1902年



## (4) 貯水池の築造

1931年5月10日發表の計畫に於て Saale 河上流の Kleinen Bleiloch 及び Hohenwar'e に 2 つの堰堤を又 Pirna に貯水池を築造する事を考慮した。此の 2 つの堰堤は Saale 河下流の流量を調節して低水量を増し、低水時の水深を維持する爲であり、又 Pirna 貯水池は Barby 上流の水位を上昇せしむる爲のものである。(未完)

以上の参考文献を下に記す。

W. Melschies; Der Ausbau der Elbe zum Schiffbaren

Sirom, Bauingenieur, 20. Oktober, 1936.

Fr. Kreuter; Der Wasserbau,

Handbuch der Ingenieurwissenschaften

III. Teil VI. Band. 1921.

H. Engels; Handbuch des Wasserbaues.

3. Auflage. I. Band. 1923.

A. Schoklitsch; Wasserbau. I. Band. 1929