第六章　海　　洋

第一節　海洋ノ形相

158. 地表海陸ノ配置　地球ノ表面ハ海洋及陸地ヲ以テ圍マレテアル。是等海陸ノ配置ヲ知ルニハ先ヅ地球ノ大サヲ知ラナケレバナラナイ。地球ヲ楕圓體トシテ其赤道半徑又ハ長半徑 a 及通極半徑又ハ短半徑 b 及扁率 $c=\frac{a-b}{a}$ ノ測定セラレタモノハ次ノ如クデアル。

第九十二表　地球楕圓體ノ大サ

測　定　者	赤道半徑 a (米)	通極半徑 b (米)	扁率 $c=\frac{a-b}{a}$
べっせる (Bessel, 1841)	6377397	6356079	1/299.2
くらーく (Clarke, 1880)	6338249	6356515	1/293.5
へるまーと (Helmert, 1907)	6378200	6356818	1/298.3
へーふぉーど (Hayford, 1909)	6378388 ±53	6356909 ±108	1/297.0 ±1.2
萬國測地學協議會 (1924)	6378388	6356911.9	1/297.000

今萬國測地學協議會ノ結果ヲ用ヒテ若干ノ恒數ヲ見出セバ次ノ如クデアル。

第九十三表　地球ニ關スル恒數

項　目	長サ (粁)
子午線ノ全周	40009.1532
赤道ノ全周	40076.5938
子午線一象限ノ長サ	10002.2883
赤道 1 度ノ弧ノ長サ	111.3239

項　　　　目	長　サ (粁)
子午線 1 度ノ弧ノ長サ(赤道ニテ)	110.5755
子午線 1 度ノ弧ノ長サ(極ニテ)	111.7000
1 地理里 (赤道 1 度ノ弧ノ 1/15)	7.421591
1 海里(子午線 1 度ノ弧ノ平均ノ 1/60)	1.852276

地球ノ體積ハ $1.08331978 \times 10^{21}$ **立米ニ等シイ。**然ルニ我**地球ノ比重**トシテ普通秤法デぽいんちんぐ (Poynting, 1878) ノ得タ値ハ 5.493、りちゃーづ及くりーがー　めんつぇる (Richarz and Krigar Menzel, 1898) ノ得タ値ハ 5.505 デアル。又捩レ秤法デきゃべんぢっしゅ (Cavendish, 1798) ハ 5.45、ぼーいす (Boys, 1895) ハ 5.527、ぶらうん (Braun, 1896) ハ 5.527、よーとふぉす (Eötvos, 1896) ハ 5.534 ヲ得、更ニぶるぢぇっす (Burgess, 1901) ハ 5.55 ヲ得タ。其外振子ノ垂直ノ外レニ依ツテゐるしんぐ (Wilsing, 1887) ハ 5.579 ヲ得、高山ノ振子影響カラ ますけりーん (Maskelyne, 1775) 4.559—4.867 ヲ得タ。坑内重力ノ變化カラえーりー (Airy, 1856) ハ 6.565 ヲ得タガ、すてるねっく (Sterneck, 1886) ハ精密ナ結果ヲ得ナカツタ。

今平均密度ヲ 5.52 トスレバ**地球ノ重量ハ** 5.98×10^{27} **瓦ニ等シイ。**然ルニ地球表層ノ密度ハ 2.65 乃至 2.67 位ヲ平均ノ値トシテ居ルカラ、地球ノ内部ハ非常ニ堅實ナモノデナケレバナラナイ (本書第一章 4 參照)。

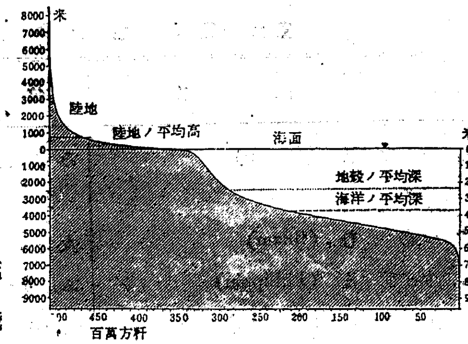
又**地表ノ陸地ノ總面積ハ** 1.487×10^{8} **方粁ニ等シク、海洋ノ總面積ハ** 3.611×10^{8} **方粁、併セテ** 5.10×10^{8} **方粁ニ等シク、其面積ノ比ハ 1 : 2.42 デアル。**又**地球ノ體積ハ** 1.083×10^{12} **立粁、ニ等シク、**くりゅんめる (Krümmel) ニ從ヒ**海洋ノ平均ノ深サヲ 3.681 粁トスレバ其體積ハ** 1.32×10^{9} **立粁、其重量ハ** 1.36×10^{18} **噸ニ等シイ。**次ニこっしんな (Kossinna, 1931) ニ從ヒ**全大陸平均**

ノ高サヲ 875 米トスレバ陸地ノ體積ハ 1.30×10^{8} **立粁ニ等シイ。**

陸上ニモひまらや山脈中ノえべれすと山 (Everest) ノ如キ 8882 米ト云フ高イ突出點モアルガ、他ノ一方海中ニモ亦えむでん海濠 (Emden) ノ如キ 1 萬米ヲ越シタ深イ處モアル。

159. 海底ノ地形　陸上ト同ジク海底モ亦凸凹ガ少クナイ。殊ニ太平洋ノ北部ニハ大平原ガアツテ陸上デハ之ニ必敵スベキモノガナイ。其外高地山脈モ亦海底ニ少クナイガ、尙海底ノ凡テノ凸凹ハ知ラレズニアルモノモアル樣ダ。唯深淺測量事業ガ行渡ルト共ニ細カイ事ガ漸次知ラレテ來ツヽアル。然シ概シテ言ハヾ陸上ニハ侵蝕ノ爲ニ出來タ谷ガ無數ニ有ルケレドモ海底ニハ是ナク、唯沈澱物ノ爲ニ凹窪ノ處ガ埋メラレツヽアル。

陸地ヲ取巻イテ淺イ海底ガ緩イ勾配ヲ以テ漸次深クナツテ居ル處ガアル。此ハ陸地ノ續キト見做スベキモノデ、名ケテ淺床ナドヽ呼ビ、同深線ノ間隔ハ頗ル大デ、深サハ 100 米乃至 200 米位迄デアルガ、時トシテハモツト深イ處モアル。此カラ海底ノ勾配ハ稍々急デ、深サ 1000 米 2000 米又ハ更ニ深イ處マデ降テ再ビ緩傾斜トナリ、大洋ノ底ニ達スルノヲ常トスル。第百五十二圖ハ海陸ノ高低ト面積ノ關係ヲ示シタモノデアル。



第百五十二圖　海陸ノ高低ト其面積

海底ニハ又往古ノ河ノ流レタ谷ガ淺床ヲ切割ツテ殘ツテ居ルモノガアル。例ヘバ歐羅巴ノ北海ノ海底ニハ古イらいん河及其支流ノ谷ガ現存シテ居ル。即其河口ハすこっとらんどノ北方ニ在ツテ、てーむす河ヤたいん河其他東ノ方ニ

流込ム英國ノ諸河川ハ嘗テ皆らいん河ノ支流デアツタノデアル。之ニ似タ海底ノ溝ハぶれとん岬ノ佛蘭西海岸ニふぉつす ぢゅ かっぷ ぶれとん(Fosse du Cap Breton)トシテ殘リ、いんだす河(Indus)、がんぢぇす河(Ganges)及こんごー河(Congo)ノ谷ハ尚海中ニ現ハレ、米國はどそん河(Hudson)ノ谷モ亦能ク知ラレテ居ル。すぺんさー(Spencer)ノ說ニ從ヘバ、はどそん河ノ谷ハ海底カラ120粁ノ遠クマデ其跡ヲ尋ネ得ベク、其深サハ1400米ニ達シテ居ル。

又大洋ノ海底ニハ非常ニ深ク細長イ海濠ト呼バレル溝ガアル。海濠ノ大洋側ノ傾斜ハ緩デアルガ、大陸ノ方ノ勾配ハ頗ル急デ、海濠ノ存在シテ居ル大陸ノ山脈ノ方向ト海濠ノ長軸ノ方向ハ殆ド常ニ海岸ニ平行シテ居ル。然シ若シ海濠ガ大陸カラ離レタ處ニ在ル場合ニハ島嶼ヲ持ツテ居ル海脊ガ近クニ横ツテ居ルノヲ常トスル。思フニ海濠ト山脈トハ其生因ニ淺カラヌ關係ガ有ツテ、前者ニ掘上ゲタモノハ之ヲ後者ニ冠シタモノラシイ。次表ハ今日マデニ知ラレタ有名ナル海濠ノ深サヲ示シテ居ル。

第九十四表 主ナル海濠

海濠名	位置	最大深(米)
えむでん (Emden)	みんだなお島沖	10793
〃	〃	10170
ぐあむ (Guam)	太平洋	9814
ふぃりっぴん (Philippin)	ふぃりっぴん群島東部	9788
まりあな (Mariana)	同名群島附近	9636
日本海濠 (Japan or Tuscarora T.)	日本ノ東部	9435
けるまでっく (Kermadec)	同名群島附近	9427
とんが (Tonga)	〃	9184

海濠名	位置	最大深(米)
にゅーぶりってん (New Britain)	太平洋	9140
ぽるとりこ (Portorico)	西印度洋	8525
ぽらう (Polau)	太平洋	8138
南さんどゐっち (South Sandwich)	大西洋	8050
やっぷ (Yap)	太平洋	8010
あたかま (Atacama)	智利沖	7635
琉球 (Liu-Kiu)	太平洋	7481
すんだ (Sunda)	まらい群島外側	7480
あれうと (Aleut)	あれうと列島沖	7382
ろーまんし (Romanche)	大西洋	7370
たらうと (Talaut)	まらい群島間	7315
南ぼにん (South Bonin)	印度洋	6575
けー (Kei)	まらい群島間	6505
かいまん (Cayman)	大西洋	6415
さんべるなぢの (San Bernadino)	太平洋	6382
北ぼにん (North Bonin)	印度洋	6256
めんたゐ (Menttawi)	〃	5664
あかぷるこ (Acapulco)	南米海岸	5341
ぺたかるこ (Petacalco)	〃	5160
まんぢぁにろ (Manzanillo)	〃	5122

以上ノ中えむでん海濠ハ1927年えむでん號ガ音響測深器ヲ用ヒ、1930年すねりうす號ガ亦同ジク音響測深器ヲ用ヒテ發見シタモノデアル。將來更ニ記錄破リノ深イ海濠ガ發見セラレルカモ知レナイ。1933年米國海軍ノ測量船らばぽ號ハ日本近海伊豆沖デ33006呎ノ深淵ヲ聽音深海測量器ニ依ツテ發見シタト言ハレテアル。若シ之ガ確認セラレヽバ10062.7米トナル筈デア

ル。

海濠ハ一般ニ狹長デ大陸又ハ島嶼ノ構成ニ關係ガアルモノヽ如クデアル。而シテ大西洋ヤ印度洋ニ在ル若干個ヲ除ケバ海濠ハ悉ク太平洋殊ニ其西部緣邊ニ散點セラレテアル。

海濠ノ面積ハ大洋ノ廣サニ比スレバ小サイガ、陸上ノ廣袤ニ比スレバ隨分大キイ。

海濠ノ狹長ニ反シテ海底ニハ亦圓イ窪ミガ存在シテ居ル。海窪又ハ海盆ト呼バレルモノ是デアル。濠洲ノ沿岸すんだ島、もらっか (Molucca) 及ふぃりっぴん諸島ノ間ニハせれべす (Celebes)、すりゅー (Sulu) 及ばんだ(Banda) ノ諸海窪ガアル。之カラ程近ク南支那海ノ北部ニモ海窪ガアル。其外地中海ヤめきしこ灣ニモ亦數個ノ海窪ガアリ、大西洋中ノろーまんし淵 (Romanche Deep) ハ深サ 7370 米ニ達スル海窪ノ一種デアル。海窪ノ深サハ海濠ヨリモ著シク淺ク、3 粁乃至 4 粁内外デアル。西太平洋ねろ淵 (Nero Deep) ノ東方ニ擴ガレルらどろーん海盆 (Ladrone Basin)、ふぃりっぴん海濠ノ東ニ連ッテ居ルふぃりっぴん海盆ナドハ太平洋中ニ在ルモノデ、其外大西洋ニハ北米合衆國ノ東方ニ北米海盆 (North American B.) ガアリ、其南方ニ當ッテ西印度諸島ノ東ニ西印度海盆 (West Indian B.) ガアリ、更ニ又其東方大西洋ノ眞中ニけーぷ　べるど海盆 (Cape Verde B.) ガアル。

又南米ノ東方海中ニハぶらぢる海盆 (Brazil B.) 及あるぜんちん海盆 (Argentine B.) ガアリ、阿弗利加ノ西方海中ニえちおぴや又ハぎねあ(Ethiopian or Guinea B.) ガ横ハリ、最後ニ南氷洋ニ近ク南氷洋海盆 (Antarctic B.) ヲ見ル。

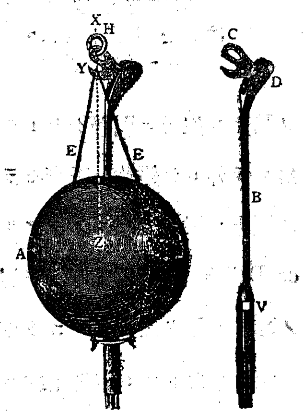
海中ノ淺イ所ニハ前ニ述ベタ淺床海脊ナドノ外ニ孤立シテ居ル淺瀨ガアリ、其船ノ航海ニ危險ナ程度ニ淺イモノハ之ヲ暗礁ナドト呼ンデ居ル。

之ヲ要スルニ大洋ハ一般ニ甚ダ深イケレドモ、大陸又ハ島嶼ノ沿岸ハ概シテ淺ク、灣入シテ居ル入江ナドハ亦一般ニ淺イノヲ常トスル。殊ニ日本海ヤ支那ノ東方ナル黃海、東海、其南方ナル南支那海ノ如キ亦頗ル淺イ。

160. 深淺測量　沿岸ノ淺イ海灣ノ水深ヲ測ルノハ測錘ヲ以テスルコトガ出來ル。勿論一般ニ潮汐ガアルカラ、量水標又ハ檢潮器ノ水位ニ依ッテ、實測シタ深サヲ干潮面カラノ深サトカ又ハ平均水位若クハ其外特ニ定メタ基準面カラノ深サニ改定シナケレバナラヌ。築港工事又ハ其他ノ港灣沿岸ニ關係シタ深淺測量ハ多クノ場合ニ此程度ノモノデアル。

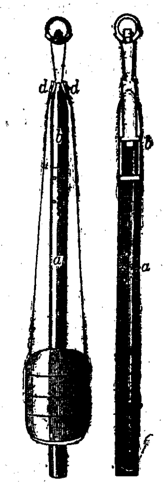
然シ深海測量ノ規模ハ頗ル大袈裟デ特種ノ器械ヤ設備ヲ要スル。

第百五十三圖ハ米人ぶるっく (Brooke) ノ考案ニ係ルモノデ、鋼綱デ球 A ヲ吊シテ有ル。尙 H ハ綱ヲ繫グ環デ、C ハ一部ニ鉤 Y ヲ備ヘタ挺デアル。C ノ一端ニハ樞軸 D ガアッテ、錘桿 B ヲ下ゲ、Y ニハ紐 E デ球 A ヲ引掛ケテ有ル。又 B ノ下端ハ圓錐狀ノ管トナリ、V ニハ小窓ガ付ケテ有リ、更ニ下部ニハ羽莖束ヲ挿入シテ海底ノ泥砂ノ標本ヲ取ル樣ニシテ有ル。今此錘球ヲ下ロシテ海底ニ達スレバ B ハ止ルガ、球ノ重サデ Y ハ下ニ向ヒ球ヲ委棄スルカラ、綱ノ手堪ヘデ果シテ海底ニ達シタカ否カヲ知ルコトガ出來ル。

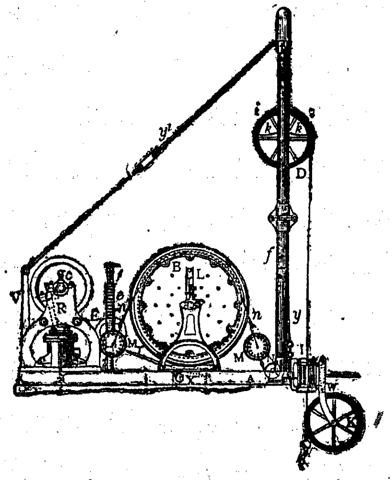


第百五十三圖
ぶるっく測深器

1868 年ノ頃しよーとらんど (Shortland) ガはいどら號デ印度洋ノ測深ヲ行ヒ、從來ノ測深器ニ改良ヲ加ヘタ。卽チ前ノ球ノ代ニ重イ鑄鐵製ノ輪ヲ用ヒ、必要ニ應ジテ何枚カ之ヲ重合ハセ、第百五十四圖ニ示シタ如ク、a ナル長サ 1.2 米ノ丈夫ナ鑄鐵管ニ依テ之ヲ貫イテ居ル。鐵輪ハ針金デ管ノ上部 b



第百五十四圖
はいどら又ハばいりー測深器

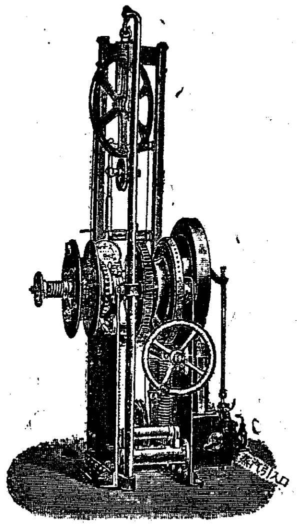


第百五十五圖
しぐすびー測深器

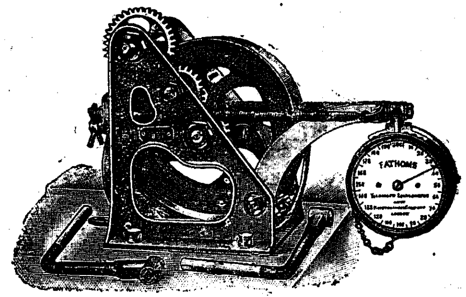
ノ肩ナル尖角ニ引懸ケラレテアル。故ニ測深器ガ海底ニ達スルヤ否ヤ針金ハ肩カラ外レテ鐵輪ハ委棄セラレル。又管ノ下部 f ノ底部ニハ搾ヲ備ヘテ海底ノ泥土ヲ採取シ來ルノデアル。以上ノモノヲはいどら又ハばいりー (Hydra or Baillie) 測深器ト呼ンデ居ル。水中ヲ落下スル際水ノ抵抗ガ少イ爲メ、前ノ球ヨリ早ク測深スルコトガ出來ル。

深サガ大トナレバ針金或ハ綱ノ巻舒モ亦容易デナイ。第百五十五圖、第百五十六圖及第百五十七圖ハ夫々しぐすびー (Sigsbee)、れぶらん (Leblanc) 及りゅーかす (Lucas) ノ綱巻装置デ、綱ヲ巻クニハ汽力又ハ電力捲揚器ナドニ依ルノデアル。

以上ノ測深器ハ皆綱ト錘トヲ用ヒタガ、とむそんノ測深器ハ間接ニ水壓カラ深サヲ知ルコトガ出來ル。卽チ上部ヲ密閉シテ下部ヲ開放シタ管ノ内部ニくろーむ酸銀ヲ塗ツテ有ルガ、此モノハ海水ニ逢ヘバ鹽化銀ガ白ク出來ル爲



第百五十六圖
れぶらん測深器



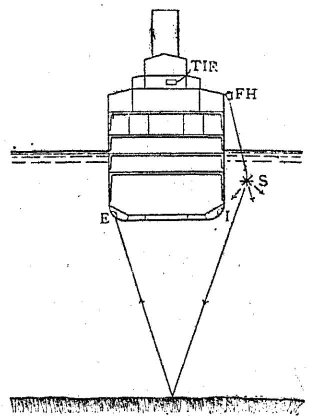
第百五十七圖 りゅーかす測深器

メ、管内ニ海水ノ入ツタ高サガ容易ニ知ラレル。又一方ニハ深サガ増スト共ニ水壓ガ増加シテ管内ノ空氣ヲ壓迫シ中ニ浸入スルカラ、一氣壓デーノ高サノ空氣ナラ、二氣壓トナレバ二分一ノ高トナリ、十氣壓ナラ十分一トナル理窟カラ、特ニ作ツテアル尺度ニ照シテ管内ノ白色銀ノ部分ヲ測レバ深サヲ知ルコトガ出來ル。然シ深サガ大トナレバ減積ガ精密ニ知ラレナイノト、深イ海底デ低溫ノ爲ニ、在來ノ管中ノ濕氣ガ管ノ内壁ニ凝縮ヲ起シテ、殘サレタ空氣ノ容積ハ精密デナイト云フ缺點ガアル爲メ、とむそん測深器ハ餘リ深イ處ニハ用ヒラレヌ。

空氣ノ代リニ液體ノ壓縮ヲ利用セントシタ考案モ色々アル。ゐーれん (Weeren) ノ微壓計ハ蒸餾水ト水銀トヲ用ヒントシ、れなーど (P. Renard) ノ測深器ハ海水ヲ用ヒントシタ如キハ其例デアル。例ヘバ海水ノ壓縮率ハ 0.0000043 デアルカラ、3000 米ノ深デハ 100 りっとるノ海水ハ 0.0000043.100.3000=1.29 りっとるトナル勘定デ之ニ溫度更正ヲ加ヘレバ可イ。然シ是等ノ方法ハ未ダ實行セラレヌ樣ダ。

音響測深ハ海水中ノ音波ヲ利用シテ其發音ト海底ニ反射シテ來ル反射音ヲ

受信シ、其間ニ要シタ時間カラ水深ヲ定メルノデアツテ、英國ノ海軍ニ用ヒラレルモノ、米國ノふぇつせんでん型（Fessenden)、佛國ノらんぢばん型(Langivin)、獨逸ノべーむ型(Behm) ナドノ種類ガアル。各其特長ガアルガ、後ニモ述ベル如ク海水中ノ音速ハ可ナリ大デアル爲メ、餘リ淺イ海デハ觀測誤差ノ方ガ大ナルコトガアリ得ルノデアル。殊ニ音速ハ水溫及鹽分ナドニ關スルカラ、此方面ノ調査ガ可ナリ必要デアル。



第百五十八圖　音響測深機

161. 海底ノ土質　海底ニ於テハ潮流ノ强イ處カ又ハ淺イ處ガ稀ニ岩石ヲ露出シテ居ル外ハ一般ニ沈澱物ガ堆積シテ居ル。沈澱物ニハ陸上カラ流來ツタモノモアレバ、海底ノ岩石ガ波浪ノ爲ニ破壞セラレテ出來タモノモアリ、又生物ノ遺物カラ成ルモノモアリ、又稀ニハ火山ノ噴出物カラ成ルモノモアル。くりゅんめる (Krümmel) ハ是等ノ沈澱物ヲ次ノ如ク分類シタ。

1.　沿岸沈澱物
2.　近海沈澱物
3.　遠洋沈澱物

沿岸沈澱物ハ河カラ推流ス土砂石礫ノ類又ハ波浪ノ破壞力ノ爲ニ出來タ岩石ノ類デ、之ヲ更ニ汀渚沈澱物及淺床沈澱物ノ二ニ分ケルコトガ出來ル。夫々汀渚ヤ淺床ニ見出サルヽ岩片、石塊、砂礫ノ類ヨリ成ル。

近海沈澱物トハ深サ 200 乃至 2400 米内外ノ區域ニ在ルモノデ、陸上カラ來タ細徵ノ土砂ヲ主トシ、之ニ小有機物ノ殼ヲ混ジテ居ル。此沈澱物中ニハ青泥及赤泥、綠砂及綠泥、及石灰泥ノ三種ヲ含ンデ居ル。

遠洋沈澱物ハ大陸ノ淺床緣ヲ離レ深海ニ入ルニ從ヒ、陸成ノ土砂ハ漸次少クナツテ居ルガ、尙細微ナル粘土ハ海流ニ誘ハレテ遠イ洋底ニ沈澱シテ居ル。殊ニ水溫ガ低クテ水ノ比重ガ大ナル程是等ノ沈澱物ハ遠クニ運去ラレル。此沈澱物ハ更ニ小有機物ノ殼ヤ骨骼カラ成ル所ノ石灰質ヤ硅質ノモノナル淺淵沈澱物及赤粘土カラ成ツテ小有機物ヲ含マヌ所ノ、又之ヲ含メバ硅質ノモノニ限ラレテ居ル所ノ深淵沈澱物ノ二トスルコトガ出來、更ニ又之ヲ夫々次ノ如ク小區分シテ居ル。

淺淵沈澱物 { 球形蟲泥土 / 翼足蟲泥土 / 硅藻泥土 }

深淵沈澱物 { 赤色深海粘土 / 放散蟲泥土 }

但シ港灣ノ工事ニ關スルモノハ潮汐干滿ノ間ニ在ル部分カラ之ニ接シタ淺床中ノ極淺イ部分ノミデアツテ、一般ニ干潮面以下 15 米乃至 20 米マデガ極限デ、之ヨリモ深イ海底ノ土質ヲ知ル必要ハ極特種ノ場合ニ限ラレテ居ル。

海底ノ土質ヲ調査スル目的ヲ以テ試料ヲ採集スルニハ水深ノ餘リ大ナラザル處 20 米以内ノ處デハ測錘ノ底部ニ窪ミヲ設ケ、之ニ固脂ノ類ヲ塗ツテ其海底ニ達スルト同時ニ泥砂ヲ粘着シテ引揚ゲレバ可ナリ能ク之ヲ知ルコトガ出來ル。又採泥器又ハ採泥管ヲ測深綱ノ一端ニ附屬シテ海底カラ泥土ヲ掴揚ゲルコト浚渫機ノ掴器ト同樣ナルモノガアル。ぶはなん、丸川式、れーがー型、もなむ型、べたーせん型等皆之デアル。しぐすびー、えくまん型等ハ泥土ヲ採リ、土質採取ノ理ヲ併用シテアル。

162. 海底ノ試錐ト載荷力　淺イ海底ノ土質ハ測錘ノ底ニ設ケタ窪ミニ硬脂ヲ塗付ケテ土ノ標本ヲ採取シ、深イ海底ハ前ニモ述ベタ如ク測深器ノ一

部ニ泥土ヲ採取スル仕掛ガアツテ是等ニ依リ知ルコトガ出來ル。然シ是等ハ孰レモ海底表層ノ泥土ニ限ラレ、殊ニ港灣工事ニ於テハ海ハ淺イガ深層ノ土質ヲ知悉スルコトガ屢々必要デアル。卽チ海底ノ浚渫トカ又ハ工作物ヲ築造スル樣ナ場合ニハ是非共或深サマデノ土質ヲ調査シナケレバナラヌ。

試錐ハ卽チ此目的ニ用ヒラルヽ方法ノ一デアル。陸上ノ試錐ト同一デアルケレドモ、潮程ノ大ナル場合ニハ、屢々高イ櫓ヲ作ラナケレバナラヌノミナラズ、風浪ノ危險モアルカラ、丈夫ナ構造ニ依ラナケレバナラヌ。西洋式ノ試錐ヨリモ近來多ク用ヒラルル上總掘式ニ多少ノ改正ヲ施シタモノハ工費ガ廉デ且ツ簡便デアル。勿論採取スベキ土砂ガ上下混合セヌ樣ノ仕掛ハ孰レノ方法デモ必要デ、又一般ニ海底ガ岩盤又ハ砂利ナドカラ成ル場合ニハ試錐ハ稍々困難ナルヲ常トスル。

防波堤、岸壁、棧橋其他重イ構造物ヲ海底ニ築造スル場合ニハ其ノ載荷力ガ果シテ如上ノ構造物ヲ負擔スルニ耐ヘルカ否カヲ豫メ調査シナケレバナラナイ。之ニハ試錐ト同時ニ或深サニ於テ重量物ヲ載セ、一定ノ時間內ニ沈下スル深サヲ調査スレバ良イ。而シテ鐵桿又ハ鐵管ヲ用ヒテ之ヲ試錐孔ニ支持シ、成ルベク周圍ノ摩擦ヲ避ケテ唯倒潰ヲ防ギ、其上ニ銑鐵塊又ハ水槽ノ類ヲ載セ、桿又ハ管ノ沈下ヲ測ル。又海底ニ捨石ヲ撒布シタ後こんくりーと塊ノ類ヲ重ネテ其沈下ヲ測リ、載荷力ヲ知ルコトガ出來ル。以上ノ方法ハ靜力學的ニ沈下ヲ待ツテ載荷力ヲ知ル方法デ、其放置ノ時間ハ永イ程眞ニ近イ結果ガ得ラレル。是レ泥土ノ壓縮又ハ載荷力ハ時間ノ影響ガ大ナル關係ヲ持ツテ居ルカラデアル。

又杭打ニ依ツテ海底ノ載荷力ヲ知ルコトガ出來ルノハ陸上ノ場合ト異ナル所ガナイ。卽チ重量物ヲ載セテ放置スル靜的ノ方法ニ對シテ動的ノ方法ト考ヘルコトガ出來ル。今二三ノ杭打公式ヲ示セバ次ノ如クデアル。

第一 うぇりんとん (Wellington) ノ公式。

P ヲ杭ノ極限載荷力 (封度)、P′ ヲ杭ノ安全載荷力 (封度)、W ヲ錘ノ重量 (封度)、h ヲ錘ノ落下ノ高サ(吋)、s ヲ最後ノ打擊ニ依ル杭ノ沈下(吋)、W_1 ヲ杭ノ重量 (封度) トスレバ $Ps = Wh$ デアルケレドモ、實際ニハ落下錘ノえねるぎーハ杭頭ノ壓挫、杭及錘ノ壓縮其他ノ操作ニ消費サレルカラ、尙 s ノ外ニ x 吋丈ケ餘分ニ杭ガ沈下セシメ得ラレルノデアル。うぇりんとんハ此 x ヲ 1 吋ト假定シタ。從テ $P(s+1) = Wh$ カラ P ヲ見出シ、更ニ安全率ヲ 6 トシテ P′ ヲ得タ。

$$\left.\begin{aligned} P &= Wh/(s+1) \\ P' &= Wh/6(s+1) \end{aligned}\right\} \qquad [223]$$

或ハ錘ノ落下ノ高サヲ H (呎) トスレバ $12H = h$ デ

$$P' = \frac{2WH}{s+1} \qquad [223']$$

若シ汽鎚ヲ用ヒレバ 1 吋ノ代リニ 0.1 吋ヲ用ヒテ

$$\left.\begin{aligned} P' &= \frac{Wh}{6(s+0.1)} \\ P' &= \frac{2WH}{s+0.1} \end{aligned}\right\} \qquad [224]$$

若シ又安全率 8 ヲ用ヒレバ

$$P' = \frac{Wh}{8s} \qquad [225]$$

是レさんだー (Sander) ノ公式ト呼バレルモノデアル。

第二 でぼーゔ (Debauve) ノ有理公式。

錘ガ杭頭ヲ打ツ時ノ速度ヲ毎秒 u 吋トスレバ勿論 $u^2 = 2gh$ デアル。又錘ニ依ツテ打擊ヲ加ヘル時ノ錘及杭ノ連帶速度ヲ毎秒 v 吋トスレバ

(1) $$v = \frac{W}{g}u \bigg/ \frac{W+W_1}{g} = \frac{Wu}{W+W_1}$$

杭ヲ沈下セシメタル錘及杭ノ動勢ハ

(2)　$$\frac{1}{2}\left(\frac{W+W_1}{g}\right)v^2=\frac{1}{2}\,\frac{W^2u^2}{(W+W_1)g}=\frac{W^2h}{W+W_1}$$

杭ガ s 丈ケ沈下スル際重力ニヨリ為サレル働ハ $(W+W_1)s$ ニ等シク、從テ

(3)　$$Ps=\frac{W^2h}{W+W_1}+(W+W_1)s$$

故ニ

$$P=\frac{W^2h}{(W+W_1)s}+(W+W_1) \qquad [226]$$

是レ**あいてるわいん** (Eytelwein) ノ公式ト呼バレルモノデアル。[226] ノ第二項ハ第一項ニ比スレバ小サイカラ之ヲ省略スレバでぼーゔノ公式ガ得ラレル。

$$P=\frac{W^2h}{(W+W_1)s} \qquad [227]$$

安全率ヲ 6 トスレバ

$$P'=\frac{W^2h}{6(W+W_1)s} \qquad [227']$$

[227] ノ分母及分子ニ $W+W_1$ ヲ乘ズレバ

(4)　$$P=\frac{W^2W_1h}{(W+W_1)^2s}+\frac{W^3h}{(W+W_1)^2s}$$

トナル。第二項ヲ省略スレバ

$$P=\frac{W^2W_1h}{(W+W_1)^2s} \qquad [228]$$

是レ**ぶりっくす**(Brix)ノ公式ト呼バレル所ノモノデアル。

錘及杭ノ平均横斷面積ヲ夫々 F 及 F_1 (方吋)、錘及杭ノ長サヲ夫々 l 及 l_1 (吋)、彈性係數ヲ夫々 E 及 E_1 (毎方吋封度)トスレバ杭頭ヲ打擊シテ生ズル杭ノ短縮ハ杭頭ニ最大ニシテ尖端ニ至ルニ從テ減少スル。杭ガ沈下スル

場合ニ之ニ加ハル壓力ハ杭ノ耐重力 P ニ等シイ。而シテ壓力ハ杭ノ尖端ニ零デ杭頭ニ P ト假定スレバ杭ノ短縮 Δl_1 ハ

(5)　$$\Delta l_1=\frac{\frac{P}{2}\,l_1}{E_1F_1}=\frac{Pl_1}{2E_1F_1}$$

然ルニ杭頭ノ壓力モ亦 O カラ P ニ變化スルカラ杭ノ壓縮ニ費サレル働ハ

(6)　$$\frac{1}{2}P\times\Delta l_1=\frac{1}{2}P\times\frac{Pl_1}{2E_1F_1}$$
$$=\frac{P^2l_1}{4E_1F_1}$$

杭ガ全體トシテ s 丈ケ沈下シタトスレバ之ニ費サレル働ハ Ps デ、錘ガ杭頭ヲ打ツ際ノえねるぎーハ Wh デアルカラ

(7)　$$Wh=\frac{P^2l_1}{4E_1F_1}+Ps$$

從テ

$$P=\sqrt{\frac{4E_1F_1Wh}{l_1}+\frac{4E_1^2F_1^2s^2}{l_1^2}}-\frac{2E_1F_1s}{l_1} \qquad [229]$$

是レ**らんきん** (Rankine) ノ公式トシテ知ラレルモノデアル。

錘ガ杭頭ヲ打ツ際杭ノミナラズ錘モ亦壓縮セラレルカラ之ヲ考入レテ其平均壓力ヲ $\frac{1}{2}P$ トシ、尚杭ニ於ケル平均壓力ヲ $\frac{2}{3}P$ トスレバ

(8)　$$Wh=\frac{1}{2}P\times\frac{\frac{2}{3}Pl_1}{E_1F_1}+\frac{1}{2}P\times\frac{Pl}{2EF}+Ps$$

又ハ

$$P=\sqrt{Wh\,\frac{12EFE_1F_1}{3lE_1F_1+4l_1EF}+\frac{36s^2E^2F^2E_1^2F_1^2}{(3lE_1F_1+4l_1EF)^2}}-\frac{6sEFE_1F_1}{3lE_1F_1+4l_1EF} \qquad [230]$$

之ヲ**べーかー** (Baker) ノ公式ト呼ンデ居ル。

若シ又杭及錘ノ短縮ハ共ニ均等デ壓力ガ共ニ P ニ等シイトスレバ

$$(9)\qquad Wh=\frac{1}{2}P\times\frac{Pl_1}{E_1F_1}+\frac{1}{2}P\times\frac{Pl}{EF}+Ps$$

又ハ

$$P=\frac{EFE_1F_1}{lE_1F_1+l_1EF}\left(\sqrt{s^2+\frac{2lE_1F_1+l_1EF}{EFE_1F_1}Wh}-s\right)\qquad[231]$$

之ヲわいすばっは (Weisbach) ノ公式ト呼ブ。

例ヘバ末口 15.2 糎、長サ 5.5 米ノ杭ノ重量 162 瓩アリトシ、眞矢ノ重サ 48 瓩トスレバ併セテ 210 瓩、錘ノ重量 264 瓩、落程 3.00 米、打込回數 10 回デ 0.07 米ヲ沈下シタトスレバ打込 1 回ニ對スル沈下量ハ 0.007 米デアル。でぼーぢノ公式ヲ用ヒレバ

$$P=\frac{0.264^2\times 3.0}{0.007(0.264+0.210)}=63.02\,t/m^2=6.3\text{瓩/方糎}$$

次表ハ一般ニ土砂ノ載荷力ヲ示シタモノデアル。

第九十五表　土砂ノ載荷力

土質	載荷力		摘要
	每方米噸	每方糎瓩	
1. 硬岩	200—300	20—30	厚サ少クモ 3.0 米、殆ド地平層ノモノ、載荷力
2. 軟岩(砂岩、凝灰岩等)	70—150	7—15	
3. 固著礫	60—80	6—8	厚サ少クモ 3.0 米、岩濕ノ程度ニ濕氣ヲ含メルモノハ細砂ヲ含メル礫ノ載荷力ヲ増ス、粗礫モ著シキ差ナシ、水濕多ケレバ載荷力少シ
4. 固著砂	40—60	4—6	殆ド固著礫ニ等シ
5. 固著細砂(漂砂)	40—50	4—5	厚サ少クモ 3.0 米、水ヲ注グモ其固著破レザル程度ノモノ
6. 壚坶(砂交リ粘土)	30—40	3—4	乾燥シテ厚サ 3 乃至 4 米ノモノ
7. 粘土	30	3	殆ド壚坶ニ同ジ、但シ水ヲ多ク含メバ陵夷崩壞ス
8. 泥	0	0	

第二節　海　水

163. 海水ノ化學的成分　海水ハ人ノ知ル如ク鹽辛ク所謂鹹味ヲ帶ビ、其反應ハあるかり性デアル。海水ヲ蒸發シテ得ラレル殘滓卽チ鹽分ハ平均 3.5 %デ極稀ニハ 4 %ニ達シ、入江ヤ河口ニ近イ處ノ海水ハ鹽分ガ甚ダ少イ。斯クノ如ク海水ハ極稀薄ナル鹽分ノ溶液デアルカラ、其氷點溫度ハ淡水又ハ眞水ヨリ低ク、蒸汽張力ハ眞水ヨリモ少ク、溶液ノ壓力、電氣ノ傳導性、粘性及表面張力ナドハ之ヨリ大デアル。

現在知ラレテアル九十有餘ノ元素ノ中デ海水中ニ見出サレルモノ實ニ 32 元素デ、最モ多イノハ鹽素、臭素、硫黃、なとりうむ、かりうむ、かるしうむ及まぐねしうむ等で其萬國原子量(1933)ヲ示セバ次ノ如クデアル。

第九十六表　海水中ノ元素原子量

元素	鹽素	なとりうむ	まぐねしうむ	かるしうむ	かりうむ	硫黃	酸素	炭素	臭素	[硫酸]	[炭酸]
記號	Cl	Na	Mg	Ca	K	S	O	C	Br	[SO_4]	[CO_3]
原子量	35.457	22.997	24.32	40.08	39.10	32.06	16.0000	12.00	79.916	96.06	60.00

海水 1 瓩中ノ平均鹽分ニ付キ元素別ニ之ヲ示セバ次ノ如クデアル。

第九十七表　海水鹽分ノ主成分

成分	重量(瓦)	百分率	成分	重量(瓦)	百分率
Cl	19.324	55.23	K	0.379	1.08
Na	10.722	30.64	SO_4	2.689	7.68
Mg	1.319	3.77	CO_3	0.074	0.21
Ca	0.420	1.20	Br	0.066	0.19
			和	34.991	100.00

又ふぉるしはんまー (Forchhammer) 及ぢっとまー (Dittmar) ガ許多ノ分析カラ得タ海水ノ成分及總鹽類ニ對スル比ハ次ノ如クデアル。

第九十八表　海水成分ノ鹽類

鹽類名	成分(1000瓦ノ海水中)(瓦)	總鹽類ニ對スル百分率
鹽化なとりうむ又ハ食鹽 ($NaCl$)	27.213	77.75
鹽化まぐねしうむ ($MgCl_2$)	3.807	10.88
硫酸苦土 ($MgSO_4$)	1.658	4.74
硫酸石灰 ($CaSO_4$)	1.260	3.60
硫酸加里 (K_2SO_4)	0.863	2.46
炭酸石灰 ($CaCO_3$)	0.123	0.35
臭化苦土 ($MgBr_2$)	0.076	0.22
計	35.000	100.00

海水ハ稀薄ナル溶液デ其鹽類ハ分子又ハ原子ノ周圍ニ電荷セラレタいおんニ分レテ居ル。水素ヲ標準トシテ鹽素、臭素、硫酸 (SO_4) 及炭酸 (CO_3) ノ如キハ電氣的陰性ノ陰電子あにょんヲ爲シ、なとりうむ、かりうむ及まぐねしうむノ如キハ電氣的陽性ノ陽電子かしょんヲ形ツテ居ル。然シ相互抱合シテ居ル爲メ外部ニ向テハ中性ノ作用ヲ爲シ、且其電離作用ハ不完全ダト云ハレテアル。

海水中ノ鹽類ノ全重量ト鹽素ノ重量ノ比ヲ鹽素係數ト云ヒ、第九十七表ノ數字ヲ用ヒレバ

$$\frac{100}{55.23}=1.811$$

海水中ノ鹽類ヲ形成シテ居ル各原子又ハ原子群ノ重量ノ比ハ殆ド一定デアルカラ、海水中ノ一成分ガ知ラルレバ外ノ成分ハ之ヲ見出スコトガ出來ル。鹽素ハ最モ多量デ且ツ硝酸銀ニ依リ滴定スルコトガ極メテ容易デアルカラ、

海水ノ鹽素係數ヲ知レバ鹽類ノ全量ヲ知ルコトガ出來ル。くにゅーぜん (Knudsen, M.) ハ許多ノ實驗カラ、海水 1 瓩中ニ在ル鹽素ノ總量ヲ Cl(瓦) トスレバ鹽類ノ總量 σ (瓦) ハ次ノ公式カラ見出シ得ルコトヲ發表シタ。

$$\sigma = 0.030 + 1.805\,\mathrm{Cl} \qquad [232]$$

海水トハ違ヒ、河水ノ中ニ溶解シテアル固形分ハ頗ル不同デアルガろーと (Roth, J.) ノ說ニ從ヘバ 1 瓩ノ河水中ニアル鹽類ノ總量ガ平均 0.167 瓦デ海水ノ 1/210 ニ過ギナイ。今河水 100 瓦ノ中ニ含マレル鹽類ヲ示セバ次ノ如クデアル (第五章 56 參照)。

第九十九表　河水中ノ鹽類

鹽類	百瓦中含有量(瓦)
炭酸鹽	60.1
硫酸鹽	9.9
鹽酸鹽	5.2
他ノ鹽類	24.8
和	100.0

故ニ河水 1 瓩ノ中ニハ $\frac{0.167}{1000}\times\frac{60}{100}=\frac{0.100}{1000}$ 瓦 = 100 瓱ノ炭酸鹽ヲ含ム割合デ、海水中ノ炭酸鹽含有量ガ炭酸かるしうむノ 123 瓱ト比較シテ甚シイ差異ガナイ。之ニ反シテ鹽酸鹽ノ含有量ヲ見レバ 1 瓩ノ海水ニハ 31.02 瓦ヲ含ムニ對シテ河水ニハ $0.167\times\frac{5.2}{100}=0.0087$ 瓦ヲ含ムニ過ギズ。方ニ海水ノ 1/3565 ニ近イ。

今ふりっちぇ (Fritsche) ノ推定ニ基ヅキ地表諸川ノ總年流量ヲ 30,600 立粁トシ、海水ノ容積ヲ 1.32×10^9 立粁トシ、其平均密度ヲ 1.026 トスレバ海水ト1年ノ總流量ノ重量ノ比ハ

$$\frac{1.32 \times 10^9 \times 1.026}{3.06 \times 10^4} = \frac{44258}{1}$$

從テ河水ガ1年間ニ海中ニ流送スル鹽酸鹽ノ量ハ現在海中ニ存在スルモノニ比シ

$$\frac{1}{44258} \times \frac{1}{3565} = \frac{1}{157,779,770}$$

卽チ若シ海洋ノ水ノ鹽辛サガ單ニ河水ノ蒸發カラ濃度ヲ增シタモノト假定スレバ1億6千萬年許リ經過シタコトヽナル。

164. 海水表層ノ鹽分 海洋表面ノ鹽分ハ海ノ眞中ニ於テ濃厚デ、海岸ニ近ヅク程稀薄デアル。殊ニ多クノ河ノ流込ム近海ニ最モ鹽分ガ乏シイ。唯交和、海流及波浪ナドハ鹽分ノ量ヲ平均スル作用ヲ營デ居ル。

一般ニ大洋ノ海水鹽分ノ量ハ其變化ガ少ク、例ヘバ大西洋ナドデ34.5乃至37.6‰ノ間ニ在ルガ、海峽ニ依テ大洋ニ連絡シテ居ル海ノ鹽分ハ甚ダ不同デアル。今くりゅんめるノ調査ニ從ヒ海洋表水ノ平均鹽分ヲ示セバ次表ノ如クデアル。

第百表 海洋表水ノ鹽分千分率(くりゅんめるニ據ル)

緯度	太平洋	大西洋	印度洋	海洋全部
90°—80°N	—	—	—	21 ?
80—70	—	—	—	26 ?
70—60	—	33.55	—	30.40
60—50	32.06	34.88	—	32.19
50—40	33.42	35.10	—	33.50
40—30	34.70	36.32	—	35.50
30—20	35.36	37.00	34.23	35.83
20—10	34.67	36.12	34.74	34.98
10—0	34.81	35.27	34.24	34.84
90—0N	34.60	35.82	35.02	33.85
0—10S	35.66	35.54	34.77	35.26
10—20	36.11	36.67	34.89	35.81
20—30	36.04	36.32	35.68	35.99
30—40	35.78	35.34	35.63	35.37
40—50	34.46	34.18	34.54	34.43
50—60	33.90	33.44	33.89	33.78
60—70	33.50	33.8	33. ?	33. ?
70—80	33.20	33. ?	33. ?	33. ?
0—80S	35.10	35.00	34.18	34.98
90 N—80 S	34.91	35.37	34.81	34.49

而シテくりゅんめるハ**海洋表水ノ平均鹽分ハ34.5‰デアル**ト云ツテ居ル。

尙仔細ニ點檢スレバ同ジ海デモ處ニ依リ少ナカラヌ異同ガアルモノモアル。北太平洋デ表水ノ鹽分ハ比較的少ク、其最多量ナルハ我國東部ノ35.9‰デアルガ、南太平洋デハ36.9‰ヲ最多量トシテ居ル。歐羅巴ノ南部地中海デハぢぶらるたる附近デ36.5乃至37.0‰、中央ナルまるた島附近デ37.0乃至38‰、東部デ39乃至39.5‰デアルガ、黑海ハ僅ニ18.0乃至18.5‰ヲ平均トシ、どなう河口デハ其半ニ過ギズ。紅海ノ北部デハ鹽分ガ40‰デアルガ、すえづ灣內ノ海水ハ41乃至43‰ノ鹽分ヲ含デ居ル。歐羅巴ノおすとぜー以東ハ鹽分ガ甚ダ少ク、はぱらんだ(Haparanda)附近ノぼにん灣ヤ、くろんすたっど(Cronstadt)附近ノふぃんらんど灣デハ鹽分2.0‰デ殆ド飲料

トスルコトガ出來ル。

赤道地方ハ一般ニ雨ガ多ク、海水ノ鹽分ガ少イ。亞弗利加ノ海岸デ 34.5‰、南大西洋デ 37.6‰ヲ最多トシ、印度洋デハ紅海及ぺるしや灣ノ口デ 36.5‰ヲ最多トシ、すまとら島附近ノ 34‰ヲ最寡トスル。

165. 海洋深層ノ鹽分 なんせん (Nansen) 及はんせん (Scott Hansen) ガ北氷洋ノ海水ニ就テ或地點デ調査シタ所ニ依レバ北氷洋ノ表水ハ 21‰ノ鹽分ヲ含ムニ過ギナカツタ。是レ米國ヤ西比利亞ノ諸川及融氷ガ北氷洋ニ注イデ海水ヲ稀釋シテ居ル爲デアル。然シ水深ヲ増スト共ニ鹽分ハ急ニ増加シ、深サ 40 米デ既ニ 33.26‰ニ達シ、後徐々ニ其含有量ヲ増シタ。

第百一表 北氷洋ノ水深ト鹽分

水深 (米)	鹽分 (千分率)	水深 (米)	鹽分 (千分率)
0	21.00	2000	35.08
40	33.26	2500	35.19
250	34.97	3000	35.12
450	35.07		

ぢぶらるたる海峽デハ大西洋ノ水ガ地中海ニ流込ム。其表面ノ海水ハ凡ソ 36.35‰デアルガ、まかろふ (Makarow) ハ 25 米ノ水深デ 36.56‰、50 米デ 37‰ 100 米デ 38.07‰、200 米デ 38.30‰、400 米デ 38.46‰ナルコトヲ見出シタ。蓋シ地中海ノ西部デハ表水ガ深イ處ヨリモ鹽分ガ少ク、且ツぢぶらるたるニハ地中海カラ大西洋ニ向テ流ルル潜流ガアル爲、前ノ樣ナ結果ヲ呈シテ居ルノデアル。

此外黑海ヤまるもら海デハ表水ガ亦甚ダ鹽分ニ乏イガ、深イ處デハ 38‰以上ノ鹽分ヲ保ツテ居ル。紅海ハ表水ノ外深處ニ於テモ甚ダ鹽分ニ富ミ、其ノ量 42.2‰ニ達シテ居ル。

故ニ海洋全容積ノ平均鹽分ハ凡ソ 34.7‰ ±0.2‰ デアルト考ヘラレテ居ル。

又 1911 年夏どいちらんど號ガ大西洋ノ赤道及其兩側ニ於テ測定シタ所ニ依レバ次ノ如クデアツタ。

第百二表 海水鹽分ノ垂直分布

(ぶれねっけ 1921 ニ據ル)

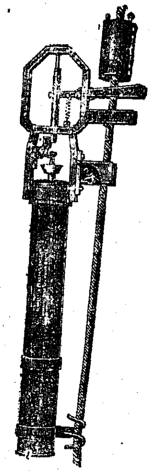
水深 (米)	27°W 27 N	30°W 3 S	34°W 17 S
0	37.2	35.9	37.0
50	37.1	35.9	37.0
100	37.1	35.7	37.0
150	—	35.2	36.6
200	36.6	35.2	36.1
400	36.0	34.7	34.9
600	35.7	34.4	34.5
800	35.6	34.5	34.4
1000	35.4	34.6	34.5
1500	35.3	34.9	34.9
2000	35.2	34.9	35.0
3000	35.0	—	34.9
4600	34.9	34.7	34.8

166. 海水ノ採酌 任意ノ水深ノ處カラ海水ヲ採酌スルニハ採水器ヲ用ヒナケレバナラヌ。

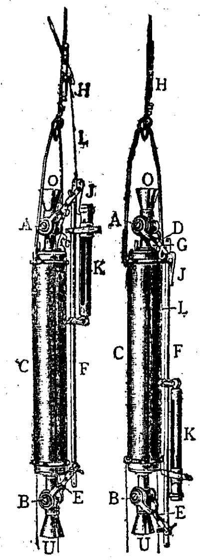
第百五十九圖ハ蘇格蘭型採水瓶デねぐれっち及ざんぶら製ニ係ル。

ぶはなん (Buchanan) ノ採水器ハ第百六十圖ニ示シタ樣ニ、左圖ノ如クシテ下ロシ、右圖ノ如クシテ引揚ゲル。A, B ハ上下二ノ栓デ D 及 E ナル

柄ハ共ニ縱桿 F デ繋ガレ、A 及B ヲ同時ニ開閉スル樣ニナツテ居ル。H ハ紐 L ヲ引懸ケテ居ルモノデ左圖ニ於テハ上下兩栓ハ共ニ開カレ海水ハ U カラ自由ニ圓壔 C ニ入リ、又 O カラ出テ仕舞フ。然シ若シ L ヲ弛メレバ F ハ下ツテ右圖ノ位置トナリ、栓ハ閉ヂテ鈎Gハ確カトDヲ嚙ンデ離サナイ。是ト同時ニ他ノ鈎Jハ寒暖計ノ上部ニ在ル摑ミカラ外レテ、其被套ハ轉覆シテ右圖ノ位置トナリ、採酌シタ水深ノ水溫ヲ示ス仕掛ト爲ツテ居ル。

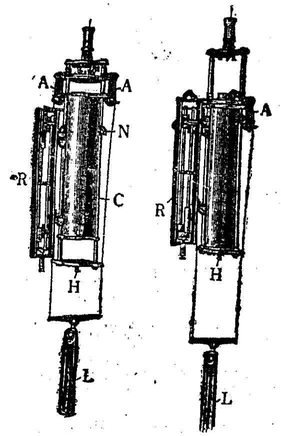


第百五十九圖
蘇格蘭型採水瓶



第百六十圖
ぶはなんノ採水器

第百六十一圖ハくりゅんめるノ採水器デ、採水圓壔ハ熱ノ不導體カラ作ラレテ 500 乃至 800 米マデハ採酌シタ處ノ水溫ヲ保ツコトガ出來ル。左圖ハ器ヲ下ス時ノ狀態デ、右圖ハ其之ヲ引揚グル時ノ形デアル。採水圓壔 C ノ上下共ニ全ク開放シテ、C ハ二ノ小環ニ依テ二本ノ平行ナル眞鍮桿ニ添ウテ滑動スル。今器ヲ下ス場合ニハ AA ナル曲片デ上ノ環ヲ引懸ケ、L ナル錘ノ爲ニ此位置ヲ保チツヽ下ルノデアル。曲A 片Aハ亦蝶番デ圓壔上部ノ蓋ヲ取付ケ、蓋ハ



第百六十一圖
くりゅんめるノ採水器

四個ノ閉合彈條ニ懸テ居ル。R ナル框ニハ二ノ轉倒寒暖計ヲ備ヘテ居ル。今標本採酌ノ深サニ至レバ四個ノ止彈條ハ綱ニ沿ウテ下ロシターノ錘デ引離サレ、上ノ蓋ハ AA ト共ニ錘 L ノ爲ニ引張ラレ、遂ニ C ハ下ノ蓋ニ至ツテ止マリ、A ハ臍 N ノ下ニ引懸カリ、圓壔ハ全然閉合セラレ、是ト同時ニ寒暖計モ覆ヘサレ、上ニ引揚ゲタ後壔内ノ海水ハ栓 H カラ引出シ得ベク、上ノ蓋ニモ亦空氣ヲ入レル同樣ナル栓ガアル。

167. 海洋表層ノ水溫 海水ノ氷點ハ鹽分ガ多イ程低ク、其沸點ハ其多イ程高イ。

第百三表 表海水ノ氷點及沸點

鹽分ノ量(‰)	氷 點	沸 點
0	0°.00	100°.00
10	−0.53	100.16
20	−1.07	100.31
30	−1.63	100.47
35	−1.91	100.56
40	−2.20	100.64

故ニ大洋表水ノ鹽分ガ 35‰ ナレバ其氷點ハ攝氏 −1°.91 デ其沸點ハ 100°.56 デアル。又第百八表カラ鹽分 35‰ デ溫度 −1°.91 C ノ時ノ海水ノ比重ハ 1.02821 デアル。然ルニ第百九表ヨリ海水最大比重ノ水溫ハ −3°.52 C デアルカラ氷點以下ニナケレバナラヌ。從テ大洋ノ水ハ過冷ノ狀態ニ於テ始テ最大比重ヲ有スル勘定デアル。又海水ノ汽壓ハ淡水ノヨリモ低ク、從テ前者ノ沸點ハ後者ノヨリモ高イ。故ニ又海水ノ蒸發ハ淡水ヨリモ永ク掛カル。

海水ノ比熱卽一瓦ノ海水ヲ攝氏一度丈ケ高ムルニ要スル熱量(瓦かろりー)ハ尙充分明瞭デナイガ、攝氏 17°.5 ノ時次ノ如クデアル。

第百四表　海水ノ熱量

鹽分ノ量（千分率）	比熱
10	0.968
20	0.951
30	0.939
35	0.932
40	0.926

今之ヲ乾燥シタ空氣ノ比熱 0.237、花崗石 0.20、石英 0.191、鉛 0.031、氷 0.50. 水銀 0.033. 鐵又ハ鋼 0.115 等ニ比スレバ海水ノ比熱ハ遙ニ大デアル。

海水ノ傳熱率ハ淡水ヨリモ少シ小イ。C.G.S. 單位デ之ヲ表セバ凡ソ0.0012デ、鐵ニ比スレバ三十分一デアル。若シ米時度熱量ヲ單位トスレバ海水ハ鐵ノ凡ソ 1/150 デアル。

太陽カラ輻射セラレタ熱ハ海水ノ表面近クデ吸收セラルヽモノガ多ク、其深層ニ達スルモノガ少イ。しみっと (Schmidt) ガ計算シタ處ニ依レバ、太陽ノ光線ガ 1000 えねるぎー單位ヲ以テ海水ニ垂直ノ方向ニ直射シタ場合ニ、其深層ニ達スルモノガ次ノ如クデアル。

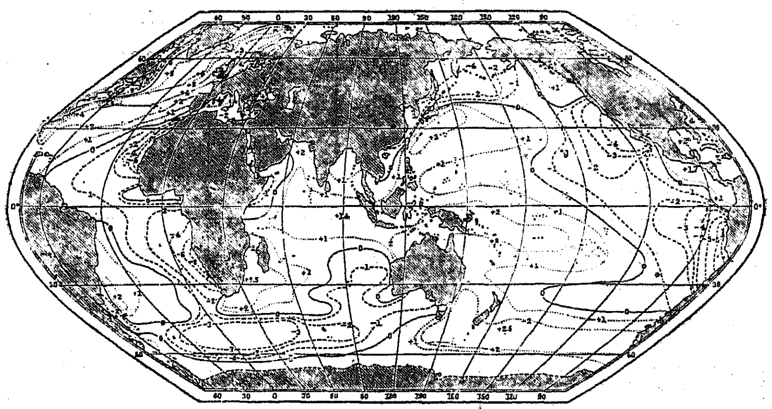
紫外線ハ殆ド全ク表面デ吸收セラレ、目ニ見ユル光線ハ 10 糎ノ深ニ至レバ著シク減少スル。100 米ノ水深トナレバ僅ニえねるぎーノ 1/70 ガ茲ニ達スルノミデ、波長ノ小ナルモノヽミニ限ラレテ居ル。

斯クノ如ク海水ノ比熱ハ大デアルカラ、其暖クナリ又ハ冷クナルノハ極メテ徐々タルモノデ、熱ノ傳播ハ一般ニ甚ダ遲イ。然シ下層ノ水ガ溫クナルトカ、又ハ表層ノ水ガ冷エル時ハ所謂對流ノ現象ガ現ハレ、彼ノ溫度せーしトモ云フベキ海水上下ノ運動ガ起ルコト尚湖水ト同一デアル。

第百五表　海水水深ト光線ノ吸收

水深（米）	到達えねるぎー
0.00001	993.7
0.0001	952.1
0.001	859.4
0.01	780.2
0.1	549.3
1.0	358.1
10	181.5
100	13.9

蒸發ハ海水カラ少ナカラザル熱ヲ奪去ル爲、其結果トシテ海水ノ鹽分ヤ比重ヲ增ス。然シ溫度ガ增セバ之ニ反シテ鹽分ヤ比重ヲ減ズル。雨ハ海水ニ對シテ蒸發ト反對ノ働ヲナシ、兼テ又溫度ノ降下ト同ジ作用ヲスル。此外海流ヤ波浪ハ皆海水ノ溫度ヲ混和スル作用ヲ營ンデ居ル。



第百六十二圖　同溫差線

くりゅんめるニ從ヒ海洋表面ノ水溫平均ノ値ヲ示セバ次ノ如クデアル。

第百六表　海洋表層ノ水溫

緯　度	太平洋（攝氏度）	大西洋	印度洋	海洋全部
90°—80°N	—	—	—	−1°.70
80—70	—	—	—	−1.00
70—60	—	4°.26	—	3.14
60—50	5°.74	8.94	—	6.12
50—40	9.99	12.94	—	10.99
40—30	18.62	20.30	—	18.40
30—20	23.38	23.90	20°.14	23.74
20—10	26.42	25.60	27.23	26.49
10—0	27.20	26.83	27.88	27.33
90—0N	22.20	20.10	27.50	19.20
0—10	26.01	25.70	27.41	26.45
10—20	25.11	23.23	25.85	25.07
20—30	21.53	21.17	22.53	21.73
30—40	16.98	17.09	17.00	17.00
40—50	11.16	9.46	8.67	9.84
50—60	5.00	1.93	1.63	3.05
60—70	1.30	1.30	1.50	1.36
70—80	1.70	1.70	1.70	1.70
0—80 S	16.79	14.13	15.25	15.97
90 N—80 S	19.10	16.91	17.03	17.37

次ニ海洋表水ノ溫度ヲ見ルニ、くりゅんめるハ太平洋ガ平均 19°.10. 印度洋ガ 17°.03. 大西洋ガ 16°.91 デ兼テ**南緯 80° カラ北極マデノ有ラユル海洋ノ表水平均水溫ヲ 17°.4 ト推定シタ**。然ルニはん教授（J. Hann）ハ實際觀

測シタ地表ノ平均氣溫ヲ海面上ニ改正シテ 14°.35 C ヲ得テ居ルカラ、表水ノ一年平均溫度ハ平均氣溫ヨリモ 3° 許リ高イ勘定デアル。

又氣溫ト水溫トノ關係ヲ示ス爲メ我陸地測量部 1930 年發行ノ潮汐記錄 1900 − 1929 ニ據レバ平均ノ値トシテ油壺外五ケ所ノ氣溫及水溫ノ關係ハ次ニ示ス如クデアル。

第百七表　氣溫及水溫

地　名	緯　度	經　度	氣　溫	水　溫	摘　要
油　壺	35° 9′.0N	139° 37.3E	16°.8	17.1	—
細　島	32 25.5N	131 40.3E	17.4	19.0	—
輪　島	37 24.2N	136 54.2E	15.2	15.9	—
Osyoro	43 12.7N	140 51.5E	9.7	11.3	1906—1929 一部缺
高　雄	22 37.2N	120 16.2E	25.2	25.2	1904—1929
本　渡	46 41.1N	141 51.1E	5.9	6.6	1922—1929 一部缺

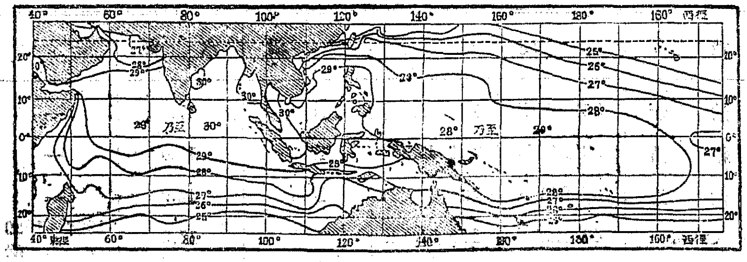
之ニ依レバ北緯 22°37′ カラ 46°41′ 日本近海ニ於ケル氣溫ト水溫ノ較差ハ平均 0°.85 ニ達シテ居リ、水溫ハ氣溫ヨリ高イ。

第百六十二圖ハ海面ノ水溫ト氣溫トノ差ノ相等シキ點ヲ結付ケタモノデ所謂同溫差線デアル。而シテ其正號ハ水溫ガ氣溫ヨリ高キモノデ、負號ハ之ヨリ低キモノヲ示シテ居ル。

又くりゅんめるハ海洋全容積ノ平均水溫ヲ推定シテ太平洋ヲ 3°.7. 印度洋ヲ 3°.8. 大西洋ヲ 4°.0 トシテ居ルガ、之ヲ眞トセバ**全世界ノ海洋全體ノ平均水溫ハ 3°.8 トナル**譯デ、表水々溫トノ差ハ頗ル大デアル。

海洋表水ノ一年水溫ノ最高ナル處ハ紅海及中央亞米利加ノ太平洋側ニ於ケル 28° C 乃至 29° ヲ擧ゲネバナラヌ。28° ノ同溫線ハ赤道ニ沿ウテ太平洋

カラ濠洲ノ多島海ヲ過ギ印度洋ニ延ビテ居ル第百六十三圖ハ五月ノ海面水溫ヲ示シタモノデアル。而シテ最高水溫ハ太平洋ノ西部赤道地方ノ 32°.2、紅海ノ 34°.4 及ぺるしや灣ノ北角ニ於ケル 35°.6 ヲ其尤ナルモノトスルガ、最モ寒冷ナル表水ハ北氷洋及南氷洋ノ −1°.7 デアル。而シテらぶらどる寒流ノのばすこちや (Nova Scotia) ニ於ケル −3°.3 ハ從來觀測シタモノヽ最低水溫ノ一デアル。



第百六十三圖　五月ノ海面水溫

海洋表面ノ水溫ニ就テハ玆ニ其細目ニ立入ラヌ。唯一年ノ平均水溫ハ南半球ノ高緯度ニ於テ殆ド緯度ニ平行シテ居ルコトヽ、東カラ西ニ向フ大ナル赤道洋流ガ大陸ノ東部デ扇開シ極ニ向テ居ル爲ニ、大洋ノ西部ニ於テハ同溫線ガ著シク赤道ヨリモ極ニ近イテ、從テ東部ヨリモ著シク溫暖デアルコト、並ニ北半球ニ於ケル海洋表面ノ平均溫度ハ南半球ヨリモ高ク、前者ガ 19°.2 C ナルニ對シテ後者ハ 16°.0 デアルノハ、南半球ハ極ニ向テ開放セラレテ居ツテ南氷洋ノ寒流ヲ誘致シテ居ルガ、之ニ反シテ北半球デハ亞細亞ト北米トノ間ニべーりんぐ海峽ガ北米ノ寒流ヲ扼スルアリ。歐羅巴トぐりーんらんど間及ぐりーらんど北米間ノ海脊ハ深層ノ寒流ヲ阻止シテ居ル爲デアルコトヲ概說スルニ止メル。

海面一年水溫ノ振幅ハ一般ニ甚少ク、氣溫ヨリ遙ニ變化ガ少デ、唯特別ナル處ニ於テノミ稍々大ナル溫差ヲ見ル許デアル。黃海デハ振幅ガ 27° ニ達シ、黑海デハ其北西部デ最暖最寒ノ水溫ノ差ガ 24° ニ至ル處ガアル。其外北海道ノ南東部デ黑潮ト親潮ノ交々現レル處ヤ、にゅーふぁうんどらんどノ南部デめきしこ灣流トらぶらどる寒流ノ相交錯スル附近ナドデハ、可ナリ大ナル水溫ノ振幅ヲ持ツテ居ル。

しよっと (Schott) ノ圖ニ基イテくりゅんめるガ計算シタ處ニ依レバ、全世界海面ノ 74% ハ 5° 以下ノ水溫振幅ヲ有シ、此中 2° 未滿ノ振幅ノ場所ガ 24% ヲ占メテ居ル。赤道地方ノ海ハ更ニ振幅ガ小デ 1° 以內ナルヲ常トスル。殊ニ太平洋デはわいノ南、ふぇにっくす諸島及にゅーぎにや間カラ延イテ濠洲亞細亞海カラせれべす及ちもるニ亘リ、印度洋中すまとらノ西部ハ此ノ最小水溫振幅ヲ持ツテ居ル所デアル。2° 以內ノ振幅ノ處ハ前記ノ各地點ヲ圍ンダ赤道地方ノ廣イ區域及太平洋及印度洋中南緯 50° 以南ノ處ニ見出サレル。是等ノ諸海面デハ年中溫度ガ齊一デ、前者ハ恒溫、後者ハ恒寒ノ處デアル。

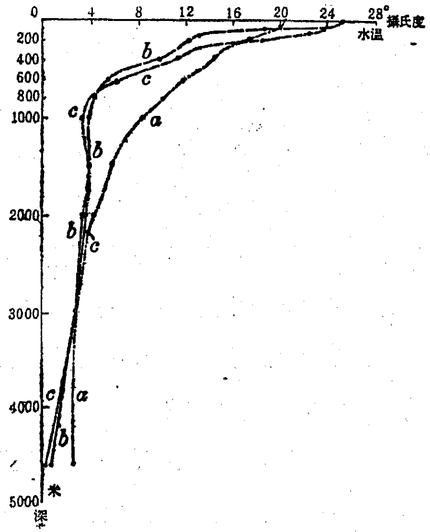
太陽赤緯ノ最大最小ニ比スレバ大陸氣溫ノ最大最小ハ遲レテ現ハレルノガ普通デアル。我國ニ於テ極暑ヲ八月半トスレバ夏至カラ約二ケ月近クモ遲レテ居ル。西歐羅巴ノ氣候ハ凡ソ一ケ月位遲レル。而シテ海面水溫ノ遲レハ尙氣溫ヨリモ大デアル。地中海デ海面水溫ノ最高ハ八月デ最低ハ二月ニ現ハレ埃及諸近海デハ三月ニ現ハレル。北大西洋デハ八月ニ水溫ガ最高デ、或部分デハ九月ニ最溫ク、十月ニ最高水溫ヲ示ス所サヘアル。而シテ最低水溫ハ二月及三月デアル。是等位相ノ遲ハ言フ迄モナク、水ノ比熱ノ大ナルノニ基クモノデ、他ニ海流又ハ洋流ノ水溫ノ影響ヲ閑却スルコトハ出來ヌ。四面環海ノ我島帝國ノ如キモ亦此理由ニ依リ極暑極寒ハ夏至冬至ヨリモ多ク遲レテ居ル譯デアル。

168. 海洋深層ノ水溫　海中ニハ暖流ヤ寒流ガアツテ一年ノ間ニ孰レカ一方ガ優勢トナル爲ニ表面並ニ深層ノ水溫ハ亦之ニ從テ變化スル。又一日或

ハ一年ノ海面水溫ノ變化モ傳導ヤ對流ノ爲ニ若干ノ深イ水中マデ及デ居ル。但シ熱ノ傳導ハ岩石ナドニ於テモ可ナリ少ナク、地溫ノ一年間ニ於ケル變化ノ振幅ハ極テ少ク、淺クテ數米、深クテ 30 米內外デ恒溫層ニ達スル處ガ多イコトハ地溫ノ處デ述ベタ通リデアル。然ルニ熱ノ不導體ナル水ハ僅ニ數糎デ殆ド振幅ヲ認メヌ。唯日光ノ間接透入ヤ縱ノ對流又ハ溫度せーしノ爲ニ深層ノ水溫ハ亦變化ヲ受ケル。

はん教授ハ地中海東部デ一年ノ水溫變化ハ 100 米又ハ 110 米デ止ムコトヲ唱ヘテ居ル。又一日ノ水溫變化ハ地中海ニ於テ僅ニ 20 米ニ達シテ居ルト云フノハはん、のっと (Knott) 及えーめ (Aimé) 共ニ同說デアル。

第百六十四圖ハ 1911 年どいちらんど號ガ大西洋ノ赤道附近及其南北デ調査シタ水溫ノ垂直分布ヲ圖示シタモノデアル。



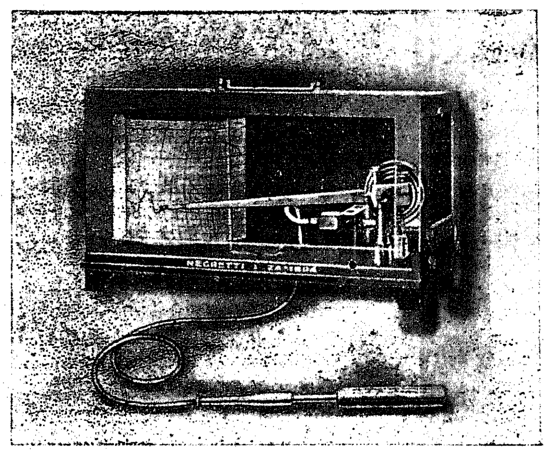
第百六十四圖 海洋水溫ノ垂直分布

今一般ニ海中ニ於ケル縱ノ水溫分布ノ狀態ヲ見ルニ三段ノ變化ヲ示シテ居ル。卽チ表面ニ近イ處ハ水溫ノ減少ガ甚ダ徐々デアルガ、或深ニ近ク水溫ハ急ニ減少シテ不連續層ヲ爲シ更ニ再轉シテ水溫ハ漸近線ヲナシテ水深ノ增加ニ係ラズ殆ド變化セヌ。此水溫變化ノ狀態ハ湖水ニ於ケルモノト殆ド同一デアル。水面附近デ水溫ガ深ト共ニ甚徐々ニ降下スルノハ玆ニ縱ノ方向ニ强イ對流ガ起ツテ水面ノ熱ガ比較的迅速ニ傳導スル爲デ、或水深迄ハ殆ド同溫ナルニ近イ。然シ此水深以下ハ恰モ熱ノ不導體カラ成ル一種ノ厚板ガ上カラ熱

セラレテ熱ヲ多少傳導スル場合ノ様ニ、深ト共ニ水溫ハ急減シ、更ニ海底ニ近ク極テ徐々ニ流レテ居ル所ノ地平海流ノ爲ニ、絕エズ冷イ水ガ稍々溫メラレタ水ニ代リ、玆ニ殆ド一定ノ水溫ヲ示スニ至ツテ居ル。

水深ヲ加フルト共ニ一般ニ水溫ガ低イコト前ニ述ベタ通デアルガ、水深100米トカ 200 米又ハ 500、1000 米等ノ水深ニ於ケル水溫ノ分布モ亦至ル所異ナルガ、暖流寒流等ノ影響ヲ除ケバ深ガ大ナル程水溫ノ變化ガ漸次少クナルノハ勿論デアル。北太平洋ノ大部ヲ占メテ居ル水深 1000 米ノ盆地ノ如キ、其水溫 16° 乃至 17° ノ恒溫ヲ示シテ居ル。然シ是等深層ノ水溫ニ就テ述ベルノハ本書ノ目的デナイカラ、暫ク之ヲ省略スル。

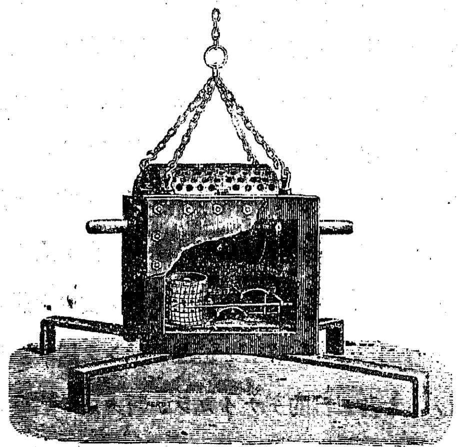
169. 海洋水溫ノ測定 淺イ港灣ナドデ海水ノ溫度ヲ測ルノハ湖沼ノ水溫ヲ測ルノト異ナルコトガナイ。又之ヲ記錄スルモノニ自記水溫寒暖計モアル。第百六十五圖ハ測溫部分ヲ水中ニ裝置スルモノデ、地下水ノ水溫ナドヲ自記セシメ得ルコトハ明デアルガ(地下水第二章 35 參照)、先端ニ重リヲ附シタモノハ船ニ取附ケテ漁業上水溫ノ確定ニ資シタト云フコトモアルカラ或水深マデハ之ヲ利用シ得ル。第百六十六圖ニ示シモノタハりしゃーる型自記水溫寒暖計ノ一デ 40 米位マデハ用ヒ得ル。一定時間每ニ引揚ゲテ其用紙ノ取換ヲ行ハナケレバナラナイ。將來恐ラクハさーもかっぷるノ理デ水



第百六十五圖 自記水溫寒暖計

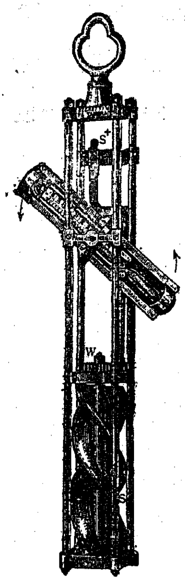
溫ヲ記錄シ得ルモノガ出來ルコトヲ信ズル。

現今深海ノ水溫ヲ測定スル一ノ難關ハ深サノ增加ニ伴フ水壓ノ增加ニ依ル。卽チ假リニ水深 5000 米ノ海中デハ少クモ每方米 5000 噸以上ノ壓力又ハ1方吋3噸以上ノ壓力ニ耐ヘ得ナケレバナラナイ。



第百六十六圖　りしゃーる型自記水溫測定器

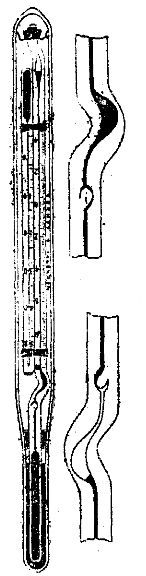
第二ノ難關ハ測定シタ個所カラ水面外ニ持來スマデニ水溫ノ示度ヲ變ゼザラシメルコトガ是デアル。しっくす、りひたー、ねぐれっちー及ざんぶらノみらー(Miller)型最高最低寒暖計ナドモ往時ハ用ヒラレタガ現在最モ汎ク用ヒラレルノハ反轉寒暖計デアル。



第百六十七圖
反轉寒暖計ノ一

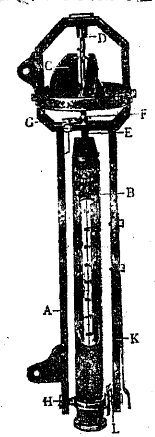
反轉寒暖計ト云フノハ第百六十七圖ニ示スガ如ク硝子管ノ水銀ヲ入レル孔ノ內 A ニ極メテ狹イクビレガアリ、B ニハ小サイ水銀池ガアル。而シテ管ノ底ニハ小サイ空洞 C ガ膨出テ居リ、寒暖計ノ球ガ下ニナツタ場合ニ水銀ノ膨脹ヲ可能ナラシメル、是ノミデハ球ヲ振ルカ特ニ突當テルカスレバ水銀ハ A ノクビレカラ進入スル懸念ガアルカラ更ニ第二ノクビレ D ヲ設ケテ水銀ヲ支持セシメテアル。此寒暖計ヲ使用スルニハ普通ノ寒暖計ト同ジク球ヲ下ニシテ其水銀ヲ昇降セシメ、水溫ヲ測ラントスル水深ノ個所ニ至レバ寒暖計ヲ保テル框ヲ反轉シテ球

ヲ上ニスル。此時水柱ハ A ノクビレノ處デ兩斷セラレ、A ノ下ノ水銀ハ自己ノ重量デ硝子管ヲ下リ C カラ上ニ目盛シタ銀目盛デ反轉ノ瞬間ニ於ケル水溫ヲ讀ム。壓力ノ爲メ寒暖計ノ硝子管ガ破壞スルノヲ防グ爲ニ空氣ヲ拔カズ、且ツ壓力ニ堪ヘル硝子ノ被覆ヲ以テ全部硝子管ヲ包ムトキハ寒暖計ノ感度ハ多少鈍感ニナル虞ガアル。此鈍感ヲ避ケル爲ニ第百六十八圖ニ示ス如ク寒暖計ノ球ノ周圍ニ水銀ヲ入レテ被覆ノ中ニ滿タシ、球頸ノ周圍ヲ密閉シテ、此水銀ヲシテ被覆外ノ溫度ヲ寒暖計ノ內部ニ傳達セシメル工風ヲシタモノハ有效デアル。又反轉シタ水銀柱ノ溫度ヲ知ル爲ニ小サイ第二ノ寒暖計ヲ附屬シテアル。



第百六十八圖
反轉寒暖計ノ二
ねぐれつちざんぶら型

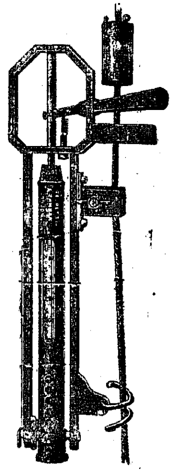
深海寒暖計ノ反轉框ハ深サガ餘リ大ナラザルトキハ中空ノ木框ニ寒暖計ヲ取附ケテ自然反轉ノ位置ヲ取ラシメルノハ最モ簡單デアル。然シ深サガ增セバ綱ノ若干個所ニ取附ケタ寒暖計ヲ取外ス爲ニ水中ノ示度ガ變化スル懸念ガアル。伊太利海軍まにゃぎー提督 (Magnaghi) ノ案ニ成ルモノハ第百六十九圖ニ示スガ如ク A ナル金屬製反轉框ノ中ニ寒暖計ヲ包ム鞘 B ハ框軸 H ニ支ヘラレテアル、又 C ハ螺旋翼デ其軸ノ一端ハ臍 D ノ中ニ廻ハリ、他端ニハ螺旋 E ノ螺糸ガ半吋許リ刻マレテアル。軸ノ上ニハ小鉀 F ガアル。G ハ滑動止子デ寒暖計ヲ使用スルトキ F ハ G ニ當リ、E ハ鞘 B ノ一端ヲ支ヘ、螺旋ノ鞘ニ對スル回轉數ハ F ト G デ調節セラレル。今寒暖計ハ之ヲ海中ニ沈下スルトキハ E ニ依ツテ支ヘラレ、C ハ F ニ依ツテ動カズ、若シ引揚ガ始マレバ



第百六十九圖
まにゃぎー
反轉框

螺旋翼ハ廻轉シテ E ヲ揚ゲ、寒暖計ハ E ヨリ開放セラレテ H ノ周圍ニ回轉シ此點ノ水溫ヲ示ス。

みる (Mill, H. R.) ガ工風シタ蘇格蘭型ト稱スルモノハ前螺旋翼ノ代リニ使錘ナド、呼バレル錘ニ依ツテ挺子ニ働キ寒暖計ノ鞘ヲ反轉セシメルモノデ使錘ハ測深綱ニ沿ウテ滑リ下ロサレルノミデアル。



第百七十圖　蘇格蘭型反轉寒暖計

170. 海水ノ比重　海水ノ比重ハ鹽分及溫度ノ函數デアルト考ヘルコトガ出來ル。

くにゅーぜんハ攝氏 0° ニ於ケル海水ノ鹽分ガ其1粁ノ水中ニ σ 瓦アルモノトシテ同ジク 0° ニ於ケル比重 ρ_0 ヲ與ヘタ

$$\rho_0 = 1 - 93.10^{-6} + 8149\,\sigma\,10^{-7} - 482\,\sigma^2\,10^{-9} + 68\,\sigma^3\,10^{-10} \quad [233]$$

然ルニ海水中ノ鹽分ノ量ト鹽素ノ量トハ殆ド一定ノ比ヲ爲シテ居ルカラ、σ ノ代リニ鹽素 Cl ノ量（瓦）ヲ用ヒレバ

$$\rho_0 = 1 - 69.10^{-6} + 14708\,\mathrm{Cl}.\,10^{-7} - 1570\,\mathrm{Cl}^2.10^{-9} + 398\,\mathrm{Cl}^3.10^{-10} \quad [234]$$

外ノ溫度ニ對スル海水ノ比重ハるっづきーガ左ノ表ニ依テ示シテ居ル。

第百八表　蒸餾水及海水ノ比重

溫度	蒸餾水	鹽分（一瓩ノ水中ニアル瓦數）				
(攝氏)	0	10	20	30	35	40
−2°	(0.99 969)	1.00 792	1.01 605	1.02 415	1.02 821	1.03 233
0	0.99 987	1.00 801	1.01 607	1.02 410	1.02 813	1.03 222
5	0.99 999	1.00 796	1.01 586	1.02 374	1.02 770	1.03 172
10	0.99 973	1.00 756	1.01 533	1.02 308	1.02 698	1.03 093
15	0.99 913	1.00 684	1.01 450	1.02 215	1.02 599	1.02 990
20	0.99 823	1.00 585	1.01 342	1.02 098	1.02 478	1.02 865
25	0.99 708	1.00 461	1.01 211	1.01 959	1.02 336	1.02 720
30	0.99 568	1.90 314	1.01 057	1.01 800	1.02 175	1.02 555
33	0.99 474	1.00 216	1.00 955	1.01 696	1.02 069	1.02 448

蒸餾水ハ攝氏 3°.98 ノ時最大比重ヲ持ツテ居ルガ、海水ハ鹽分ノ多イ程最大比重ノ溫度ガ低イ。

第百九表　海水ノ鹽分、溫度及最大比重

鹽分（一瓩ノ水中瓦量）	溫度（攝氏）	最大比重
0	3°.98	1.00 000
10	1.86	1.00 818
20	−0.31	1.01 607
30	−2.47	1.02 415
35	−3.52	1.02 822
40	−4.54	1.03 232

171. 海水ノ他ノ物理的性質　第一　海洋ノ水色　海洋ノ水ノ薄層ヲ取ツテ見レバ無色透明デアルガ、數米ノ厚サニ光ヲ通セバ蒼色又ハ紺碧色ニ見エル。是レ水ハ紅ヤ黄ナドノ光線ハ吸收セラレテ殘リノ藍紫等ノ光線ハ或

深サカラ反射セラレテ再ビ水面外ニ出テ人ノ眼ニ入ルノガ海水ノ色ト認メラレルノデアル。斯クシテ數百米ノ深サデハ光線ガ殆ド達シナイカラ人ノ眼ニハ此ニ常闇デアルベキ筈デアル。而シテ一般ニ深サガ増スト共ニ紅黃綠等ノ波長ノ長イ光線ガ吸收セラレルカラ益々純藍色ニ近イ色ヲ現ハスベキデアル。然シ海水ニ無機物ヤ有機物ガ浮游シテ居ル場合ニハ紅黃綠等ノ光線ガ充分吸收サレナイ中ニ反射シテ人ノ目ニ入ルカラ綠色又ハ黃綠色トナリ。更ニ黃色ニ移ツテ一見汚濁ノ觀ヲ呈スル。卽チ鑛物ノ粉末ヤぷらんくとんノ如キ微生物ナドノ多イ海デハ其海色ガ帶黃色ニ傾イテ居ル。鹽分ノ多イ海洋デハ無機物ガ速ク沈降スル爲メ有機物ノ發育ニ適セズ蒼色ヲ呈スルニ至ル。是レ濃度ノ大ナル鹹水ノ海洋デハ鹹水湖ト同ジク深碧色ヲ呈スル所以デアル。此外水溫モ亦鹽分ヤ延イテハ水色ニ影響ヲ有スル筈デアル。暖熱地方ノ海洋ノ水ハ其粘性ガ少ク摩擦モ亦少イ爲メ無機物ノ沈降ハ早ク、寒地ノ海ヨリモ有機物ガ少イ。是レ又赤道地方ノ海ハ極地ノ海ヨリモ蒼色ヲ呈スル原因ノ一ト考ヘラレテアル。河口ニ近イ處ハ河川ノ齎ラス浮游沈澱物ノ爲ニ屢々混濁ノ色ヲ帶ビテ居ルノハ支那ノ黃河揚子江ノ河口ニ近イ一面ノ海面ガ黃色ヲ呈スルナドガ其適例デアル。又光線ニ對スル海水ノ屈折係數ハ淡水ヨリモ大デアル。

第二 海水ノ粘性係數 淡水ノ粘性係數ハ溫度ガ增セバ減少スル。μ ヲ淡水ノ粘性係數、η ヲ 0.018 トスレバ

$$\mu = \frac{\eta}{1 + 0.03368\,t + 0.000221\,t^2} \qquad [235]$$

くりゅんめる (Krümmel, O.) 及るっぺん (Ruppin, E.) ノ研究ニ依レバ攝氏 0° ノ海水ノ粘性ヲ 100 トスレバ他ノ溫度ニ對スル粘性ハ次表ノ如クデアル。

第百十表 海水ノ粘性比較表（ベーるんしたいん、ろーと及しぇーるニ據ル）

溫度 (攝氏度)	鹽分含有量 (千分率) 0	5	10	15	20	25	30	35	40
0°	100.0	100.9	101.7	102.5	103.2	103.9	104.5	105.2	105.9
1	96.0	96.8	97.6	98.3	99.0	99.7	100.4	101.1	101.8
2	92.6	93.5	94.3	95.1	95.9	96.6	97.3	98.0	98.7
3	89.7	90.6	91.4	92.2	92.9	93.6	94.3	95.0	95.7
4	84.7	85.5	86.3	87.0	87.7	88.4	89.1	89.8	90.5
5	73.0	73.8	74.5	75.2	75.8	76.5	77.2	77.8	78.5
10	63.6	64.3	64.9	65.9	66.2	66.9	67.5	68.2	68.8
20	56.2	56.8	57.4	58.0	58.6	59.3	59.9	60.5	61.1
25	49.9	50.4	51.0	51.6	52.1	52.7	53.3	53.9	54.5
30	44.9	45.4	46.0	46.5	47.0	47.5	48.1	48.6	49.1

第百十一表 千分ノ三十五ノ鹽分ヲ含メル海水ノ粘性（同 上）

溫度 (攝氏度)	0°	5	10	15	20	25	30
η	0.0189	0.0162	0.0140	0.0123	0.0109	0.0097	0.0088

第三 海水ノ壓縮性 V ナル容積ニ δp ナル壓力ヲ變化スレバ δV ナル容積ノ變化ヲ生ズルカラ $C = \frac{1}{V}\frac{\delta V}{\delta p}$ ヲ壓縮率ト呼ブ。下表ハ每方糎 10^6 だいんノ壓力ニ對スル C ノ値ヲ示シタモノデ之ヲ 1 氣壓ニ對スルモノニ改算スルニハ $\frac{1}{80}$ 丈ケ C ノ値ヲ增スベキデアル。

第百十二表 淡水及海水ノ壓縮率（かいえニ據ル）

種目	溫度 (攝氏度)	壓縮率 C 10^6だいんニ對スル値
淡水 (1—25氣壓)	15°	48.9×10
〃 (900—1000)	15	36.3 〃
〃 (900—1000)	198	55.4 〃
〃 (2500—3000)	14.2	25.8 〃
海水 (Grassi, 1851)	—	43.1 〃

即チ海水1氣壓ニ付キ $\left(1+\frac{1}{80}\right)\times 43.1 = 43.64$ デアル。今水銀ノ比重 13.596 トシ、35% ノ鹽分ヲ含ンダ海水ハ攝氏 0° ニ於テ 1.02813 ノ比重ヲ有スルカラ $\frac{0.76\times 13.596}{1.028} = 10.05$ 米、即チ 10.05 米ノ水深ニ於ケル壓力ハ方ニ1氣壓ニ等シイ。從テ水深1米ニ付キ壓縮率ハ 4.36×10^{-6} デ p 米ニ對シテハ $1+0.00000436p$ ノ比重ヲ有スルコトヽナル。海面デ 1.028 ノ比重ヲ有スル海水ハ 1000 米ノ深サデハ 1.032、5000 米ノ深サデハ 1.050、10000 米デハ 1.073 ノ比重トナル勘定デアル。

第四　海水中ニ於ケル音ノ傳播　液體ヲ通ジテ傳播スル音波ノ速度ヲ v (毎秒糎)、ρ ヲ其密度、C ヲ壓縮率トスレバ

$$v=\sqrt{\frac{1}{C\rho}} \qquad [236]$$

例ヘバ $C = 43.1\times 10^{-6}/10^{6}$ だいん、$\rho = 1.026$ 瓦/立糎トスレバ

$$v=\sqrt{\frac{10^{12}}{43.1\times 1.026}}$$

$$= 151515 \text{ 糎/秒} = 1515.2 \text{ 米/秒}$$

元來にゅーとん (Newton) ハ 1686 年瓦斯體中ノ音ノ傳播速度ヲ研究シテ $v=\sqrt{\frac{P}{\rho}}$ トシタ、此ニ P ハ其瓦斯ノ壓力デ、等溫變化ニ依ルモノトシテ空氣中ニ 280 米/秒ヲ得タ。其後らぷらーす (Laplace) ハ 1816 年等熱變化ニ依ラナケレバナラナイモノトシテ

$$v=\sqrt{\kappa\frac{P}{\rho}} \qquad [237]$$

ヲ發表シタ。此ニ κ ハ定壓ノ比熱ト定容ノ比熱ノ比デ凡ソ 1.4 ニ等シイ。之ニ依レバ空氣中ニ於テ攝氏 0° ニ於テ $v = 331.8$ 米/秒ヲ得タ。液體內ノ音速ハ瓦斯體內ヨリモ大デアルガ、唯水素內ノ音速 1263 米/秒ガ之ニ近イ値ヲ持ツテ居ル。水中ノ音速ハこらどん (Colladon) 及すとぅるむ (Sturm) ガぜね

ば湖ニ於テ 8°.1 ノ時 1435 米/秒ヲ得、ゑるたいむ (Wertheim) ハせーぬ河ニ於テ 15° ノ時 1437 米/秒ヲ得タ。又まるちにー (Martini) ハ純水デ 3°.9 ノ時 1399 米/秒、でるしんぐ (Dörsing) ハ空氣ヲ含マザル蒸餾水ノ中デ 13° ノ時 1441 米/秒ヲ得タ。まるちにーハ又しぇるぶーる (Cherbourg) ノ錨地デ實驗ヲ行ヒ、14°.5 密度 1.0245 デ音速 1503.5 米/秒 ヲ得、此値ハ 1/30% 迄精確ト信ゼラレテ居ル。

とれるふぉーる及あでーる (Threlfall & Adair) ハ 1889 年海中ノ爆發波ニ就キ攝氏 18° ノ時 1730 乃至 2010 米/秒ヲ得タ。又 1925 年うっど (Wood) 及ぶらうん (Browne) ハ海水中ノ音速ヲ毎秒呎デ表シテ之ヲ v' トシ、溫度ヲ攝氏度 (6° 乃至 17° C)、鹽分含有量ヲ千分率デ s トシ次ノ公式ヲ發表シタ。

$$v' = 4756 + 13.8t - 0.12t^2 + 3.71(s-35) \qquad [238]$$

之ヲ米/秒デ表ハセバ呎 ＝ 0.3048 米デアルカラ

$$v = 1450 + 4.21t - 0.04t^2 + 1.13(s-35) \qquad [238']$$

トナル。

固體ノ音速ハ

$$v=\sqrt{\frac{1-\mu}{1-\mu-2\mu^2}}\sqrt{\frac{E}{\rho}} \qquad [239]$$

此ニ μ ハらめー (Lamé) ノ彈性定數、E ハ彈率又ハやんぐノ彈性率ヲ表ハス。

第五　海水中ニ溶解セラルヽ瓦斯　海水中ニハ亦空氣殊ニ酸素及窒素ヲ含ミ、更ニ他ノ瓦斯ヲ溶解シテ居ル。海水ノ鹽分ノ量及溫度ニ應ジテ吸收セラレル瓦斯ノ量ハ或ハ飽和シ或ハ未飽和又ハ過飽和ノコトモアル。ふぉっくす (Fox) ノ材料ニ依リ、くりゅんめるガ示セル酸素及窒素ノ海水 1 l 中ニ溶解セラレル立糎ノ量次ノ如クデアル。

第百十三表 海水1りっとる中ノ酸素及窒素ノ量立糎（くりゅんめるニ據ル）

溫度（攝氏度）	鹽分含有量（1瓩中瓦） 0		10		20		30		35		40	
	酸素	窒素	酸素	窒素	酸素	窒素	酸素	窒素	酸素	窒素	酸素	窒素
−2°	10.88	19.45	10.18	18.18	9.50	16.90	8.82	15.63	8.47	15.00	8.12	14.36
0	10.29	18.56	9.65	17.37	9.01	16.18	8.36	14.99	8.03	14.40	7.71	13.80
5	9.03	16.60	8.48	15.60	7.94	14.59	7.40	13.59	7.13	13.08	6.86	12.58
10	8.02	14.97	7.56	14.13	7.10	13.27	6.63	12.43	6.40	12.00	6.17	11.57
15	7.22	13.63	6.83	12.91	6.43	12.20	6.04	11.48	5.84	11.12	5.64	10.76
20	6.57	12.54	6.22	11.93	5.88	11.32	5.53	10.71	5.35	10.40	5.18	10.09
25	6.04	11.66	5.72	11.13	5.40	10.59	5.08	10.05	4.93	9.78	4.77	9.51
30	5.57	10.94	5.27	10.46	4.96	9.98	4.65	9.50	4.50	9.26	4.35	9.02

溫度ガ低ク鹽分ノ少イ海水程酸素ヲ多ク含ミ得ルノデアル。是レ水產漁業ナドノ方面ニ關係ガ深イ。又水深ト共ニ溶解性酸素ノ分布セラレル狀態ハ次ノ一例ニ依ツテ知ラレル。

第百十四表 海水中溶解性酸素含有量ノ垂直分布 （理科年表ニ據ル）

水深（米）	0	50	100	150	200	400	600	800	1000	1500	2000	3000	4600
水溫（攝氏度）	22°.9	20.6	19.9	—	17.6	14.5	11.7	9.9	8.3	5.9	4.2	2.8	2.5
酸素 %	100	99	99	86	85	76	66	56	56	66	75	74	70

此外海水中ニハ炭酸瓦斯ガ溶解セラレテアル。次表ハ蒸餾水（らんどると及べーるんしたいん）及海水鹽分 35.19 ‰ 中ニ含マレル CO_2（水1l中ノ溶解量）ヲ示シタモノデアル。

第百十五表 蒸餾水及海水中ノ溶解炭酸量

溫度（攝氏度）	蒸餾水中ノ炭酸（l）	海水中ノ炭酸（l）	溫度（攝氏度）	蒸餾水中ノ炭酸（l）	海水中ノ炭酸（l）	溫度（攝氏度）	蒸餾水中ノ炭酸（l）	海水中ノ炭酸（l）
0	1.713	1.41	11	1.154	0.96	22	0 829	0.69
1	1.646	1.35	12	1.117	0.93	23	0.804	0.675
2	1.584	1.30	13	1.083	0.90	24	0.781	0.66
3	1.527	1.25	14	1.050	0.875	25	0.759	—
4	1.473	1.21	15	1.019	0.85	26	0.738	—
5	1.424	1.17	16	1.985	0.82	27	0.718	—
6	1.377	1.13	17	1.956	0.80	28	0.699	—
7	1.331	1.095	18	0.928	0.775	29	0.682	—
8	1.282	1.06	19	0.902	0.75	30	0.665	—
9	1.237	1.025	20	0.878	0.73	—	—	—
10	1.194	0.99	21	0.854	0.71	—	—	—

第三節 波 浪

172. 波浪及其種類 波又ハ波浪ト云フノハ水面ノ凸凹ガ或ハ孤立シ或ハ連續シテ進展シ、水面ハ之ガ爲ニ一起一伏ヲ爲シ、又ハ之ヲ繰返スモノヽ總稱デ、其運動ヲ波動ナドヽ呼ブ。其孤立シテ現ハレル所ノ孤波ハ元來靜止シタ水ノ中ニ或激衝ヲ與ヘタリ、又ハ水中ノ一點ニ急ニ水ヲ注イタリ、或ハ水ヲ除ク爲ニ或ハ盛上リ又ハ沈下ヲ生ジタ樣ナ場合ニ現ハレルモノヲ云フノデアル。地平ノ激衝ヲ水ニ與ヘレバ水分子ハ之ガ爲ニ地平ノ位置變動ヲ來シテ次ノ水分子ニ此運動ヲ傳ヘル。是レ卽チ遷波デアル。船ノ進航ニ際シテ生ズル抵抗波ヤ、水流ノ堰留メラレテ生ズル堰止波ナドモアル。振動波ト云フノハ外力ガ水面ニ垂直ニ働ク爲ニ生ズルモノデ、水分子ハ振動シ、之ガ爲ニ或

ハ平衡ノ位置ニ近ヅイタリ、又ハ之ニ遠ツテ著シク其位置ヲ變ズルコトナク輪狀ノ軌道ヲ以テ動ク。水分子ハ次々ニ動カサレテ外觀上振動ハ前進スルガ、水分子自身ハ反覆シテ舊位置ニ返ル。海波及巨浪ナドハ多ク振動波ニ屬スル。海ノ深淺ニ依リ半波長ガ水深ニ等シイカ又ハ之ヨリ小ナル時ハ水分子ハ圓ヲ描ク爲ニ之ヲ深海波ト呼ビ、若シ半波長ガ水深ヨリ大ナレバ水分子ハ橢圓ヲ描キ、之ヲ淺海波ナドヽ呼ンデ分ケルコトガアル。風ヤ其他ノ原因デ波ガ重ナリ、波高ヲ增ス爲ニ波形ノ維持ガ六ケシクナリ波ノ崩倒スルモノハ狂瀾怒濤ナドヽ云ツテ形容セラレル深海ノ波ト見ルコトガ出來ルガ、海岸ニ進行スル波浪ハ其波頂即チ波ノ頂部ノ進行速度ガ波谷即チ波ノ低部ヨリ大ナル爲メ追ヒカブサル樣ナ形トナツテ海岸ニ碎ケル碎波ナドハ淺海ノ波ト考ヘナケレバナラナイ。元來振動波デアツタモノハ此場合ニハ遷波ニ變化シツヽアルノデアル。若シ水分子ガ其平衡ノ位置カラ遠ク離レテ原位置ニ復歸シナイモノハ海流又ハ海ノ流レトナル。

波ノ運動ハ一般ニ之ヲ波動ト呼ビ、波動ハ又之ヲ自由波及强制波ニ分ケルコトガ出來ル。自由波又ハ放波ト云フノハ一端引起サレタ波動ハ其動量ニ依リ進展移動スルモノヲ云フノデ之ヲ進行波トモ呼ブ。中間ノ媒質ノ性質ヤ重力ニ支配セラレテ傳播スルモノデ、音波ノ如キハ其適例デアル。强制波又ハ迫波ト云フノハ絕エズ外力ノ影響ノ下ニ運動スルモノデ、潮汐波ノ如キハ之ニ屬スル。即チ潮汐波又ハ潮浪ハ日月ノ力ニ依ツテ生ジタ重力性ノ振動デアルト考ヘルコトガ出來ル。又其波動ハ主ニ地平的ノモノデ、垂直線中ノ各分子ノ運動ハ順次ニ殆ド同一デアル。又物體ニ力ヲ加ヘタ場合ニ分子ガ平衡ノ位置カラ餘リ遠ザカラズシテ之ヲ其附近ニ保持スル力ガアル。彈性ヲ有スル物體ニ於テハ內部ノ分子力ガ此波動ヲ生ズルノデ、之ヲ彈性波ト呼ビ、水中デハ重力ノ作用ニ基ヅイテ水中ノ波動ヲ生ズルカラ之ヲ重力波トモ云フ。而シ

テ比較的深イ水中デ波動ノ振幅ガ深サト共ニ急ニ減ズルモノハ即チ表波デアツテ、風ナドニ依ツテ起ル波浪ハ即チ之ニ屬シテ居ル。

微風ガ水面ヲ掠メテ吹イタ爲ニ生ズル漣波ハ水ノ毛管力ニ關係ヲ持ツテ居ルカラ之ヲ毛管波ト呼ンデ居ル。是レ水ハ表面張力ノ爲ニ其表層ハ特種ノ性質ヲ有シ强イ凝集力ヲ持ツテ居リ、之ガ毛管現象ナドヽナツテ現ハレル。然シ毛管波ハ其傳播速度ガ小サク、實際ニハ交涉ガ多クナイ。

波浪ハ普通ニ高サヲ以テ其大小ヲ區別セラレルガ、航空事業ノ發達ナドニ伴ツテ波浪尺ガ出來レバ非常ニ便利デアロウ。次表ハ其一デ、海洋氣象臺法ニ從ヒ分ケラレタ波浪ノ 9 階級デアル。

第百十六表　波浪ノ階級

階級	呼稱	海面ノ模樣
0	Dead calm	鏡ノ如ク全然波浪ナシ
1	Very smooth	僅ニ細漣アリ
2	Smooth	細漣少シク大トナル
3	Slight	小サイ白波所々ニ見ユ、短艇動搖ス
4	Moderate	全部白波トナル、波浪壠見ユ
5	Rather rough	白波高シ
6	Rough	大波トナル、深キ壠見ユ
7	High	大波高シ、波山ノ前面急傾斜トナル
8	Very high	怒濤頗ル高シ
9	Phenomenal	怒濤山ノ如シ

飛行機ナドカラ海上ノ波浪ヲ見下ロス時ニ其階級ガ解レバ船中デ波ノ大小ヲ知ルヨリモ遙ニ有益デアロウ。

173. 水力學等式 液體ノ內摩擦即粘性ヲ無視シタ所謂完全液體ニ關シ

テおいらー及らぐらんぢノ極テ普通ニ知ラレテアル二種ノ水力學等式ガアル。元來同一ノモノデアルガ、問題ニ依ツテハ孰レカ一ヲ用ヒルノヲ便トスル。其等式ヲ得タ徑路ハ之ヲ水力學ノ書籍ニ讓リ、此ニハ單ニ其成形ノマヽヲ擧ゲルニ止メル(附錄參照)。

おいらーノ第一種等式ハ或一點ニ於ケル液體分子ノ運動ヲ表ハシタモノデ、直角座標ニ於テ一點 x, y, z ニ於テ分速度卽チ三ノ方向ニ分解シタ速度ヲ u, v, w, ρ ヲ液體ノ密度、p ヲ其點ニ於ケル壓力、t ヲ時間、X, Y, Z ヲ液體ノ其點ニ働イテ居ル外力ノ分力卽チ三ノ方向ニ分解シタ力トスレバ

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}&=X-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}\\
\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}&=Y-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}\\
\frac{\partial w}{\partial t}+u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}&=Z-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}
\end{aligned}\right\}\qquad [240]$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+u\frac{\partial \rho}{\partial x}+v\frac{\partial \rho}{\partial y}+w\frac{\partial \rho}{\partial z}+\rho\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}\right)=0\qquad [241]$$

[240] ハ動等式、[241] ハ連續等式ト呼バレルモノデアル。此ニ u, v, w, ρ 及 p ハ x, y, z 及 t ノ未知函數デ、唯 X, Y, Z ハ與ヘラルヽ分力デアル。以上 5 個ノ未知量ニ對シテ 4 個ノ等式ガアリ、外ニ密度ヲ壓力ト溫度 T ノ函數トシテ表ハセバ

$$\rho=f(p, T)\qquad [242]$$

此ニ T ナル新函數ガ加ハリ、T ガ與ヘラレルカ、又ハ T ト他ノ可變數トノ關係ガ知ラレナケレバ等式ハ解キ得ラレナイ。然シ多クノ水力學ノ問題ハ水ニ關スルモノデ其壓縮率ハ非常ニ小サイカラ $\rho=1$ トスルコトガ出來、從テ [242] ハ不用トナリ、[241] ハ亦

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0\qquad [241']$$

トナル。

次ニ空間內ノ任意ノ一點 0 ヲ取リ、基點ヨリノ直角座標ヲ x, y, z トシ、0 ニ單位質量ヲ置キ、之ニ作用ヲ及ス所ノ質量 μ_0, μ_1, μ_2 …… ガ 0 ヨリ夫々 r_0, r_1, r_2, …… ニ在リトシ

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\mu_0}{r_0}+\frac{\mu_1}{r_1}+\frac{\mu_2}{r_2}+\cdots\cdots&=\Sigma\frac{\mu}{r}\\
&=V
\end{aligned}\right\}\qquad [243]$$

トスレバ V ヲ名ケテ是等質量ノ**ぽてんしやる**又ハ能ト呼ブ。V ハ勿論 x, y, z ノ函數デアル。0 點ニ作用スル外力 F ノ分力ヲ X, Y, Z トシ、α, β, γ ヲ F ト三ノ座標軸トノ間ノ方向角トスレバ

$$\left.\begin{aligned}
X&=F\cos\alpha=\varepsilon\frac{\partial V}{\partial x}\\
Y&=F\cos\beta=\varepsilon\frac{\partial V}{\partial y}\\
Z&=F\cos\gamma=\varepsilon\frac{\partial V}{\partial z}
\end{aligned}\right\}\qquad [244]$$

此ニ ε ハ外力ガ引力ナルカ又ハ斥力ナルカニ從テ $+1$ トナリ、又ハ -1 トナル。重力ノ場合ニハ勿論 $\varepsilon=+1$ トシテ之ヲ省略スルコトガ出來ル。

又 [244] カラ

$$F=\sqrt{\left\{\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2\right\}}\qquad [245]$$

再ビ水力學ニ立返ツテ X, Y, Z ノ代リニ其ぽてんしやるヲ以テシ、且ツ $P=\frac{p}{\rho}$ トスレバ [240] ハ

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}&=\frac{\partial V}{\partial x}-\frac{\partial P}{\partial x}\\
\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}&=\frac{\partial V}{\partial y}-\frac{\partial P}{\partial y}\\
\frac{\partial w}{\partial t}+u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}&=\frac{\partial V}{\partial z}-\frac{\partial P}{\partial z}
\end{aligned}\right\}\qquad [240']$$

トナル。

おいらーノ第二種等式或ハらぐらんぢノ等式ハ或一定ノ液體分子ノ運動ヲ表ハシタモノデアル。今時間 t_0 ニ於テ或水分子ノ位置ヲ a, b, c トシ、之ニ外力ガ作用シテ時間 t ニ於テ其分子ハ x, y, z ニ來タモノトスル。又液體ノ密度ヲ t_0 ニ ρ_0, t ニ ρ トシ、t_0 時ニ分子ノ享ケタ壓力ヲ p トスレバらぐらんぢノ動等式ハ次ノ如クデアル。

$$\left.\begin{aligned}\left(\frac{d^2x}{dt^2}-X\right)\frac{\partial x}{\partial a}+\left(\frac{d^2y}{dt^2}-Y\right)\frac{\partial y}{\partial a}+\left(\frac{d^2z}{dt^2}-Z\right)\frac{\partial z}{\partial a}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial a}=0\\\left(\frac{d^2x}{dt^2}-X\right)\frac{\partial x}{\partial b}+\left(\frac{d^2y}{dt^2}-Y\right)\frac{\partial y}{\partial b}+\left(\frac{d^2z}{dt^2}-Z\right)\frac{\partial z}{\partial b}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial b}=0\\\left(\frac{d^2x}{dt^2}-X\right)\frac{\partial x}{\partial c}+\left(\frac{d^2y}{dt^2}-Y\right)\frac{\partial y}{\partial c}+\left(\frac{d^2z}{dt^2}-Z\right)\frac{\partial z}{\partial c}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial b}{\partial c}=0\end{aligned}\right\}\quad[246]$$

次ニ時間 t_0 ノトキ一點 a, b, c ニ中心ヲ有スル液體間ノ小區域ヲ直角平行六面體トシ、其緣ノ長サヲ三軸ニ平行ニ測ツテ $\partial a, \partial b, \partial c$ トスル。然ルニ時間 t ノ時此小區域ノ中心ガ x, y, z ニ移リ、一ノ斜六面體トナリ、其緣ヲ三軸ノ方向ニ測ツタモノハ

$$\frac{\partial x}{\partial a}\delta a \qquad \frac{\partial y}{\partial a}\delta a \qquad \frac{\partial z}{\partial a}\delta a$$

$$\frac{\partial x}{\partial b}\delta b \qquad \frac{\partial y}{\partial b}\delta b \qquad \frac{\partial z}{\partial b}\delta b$$

$$\frac{\partial x}{\partial c}\delta c \qquad \frac{\partial y}{\partial c}\delta c \qquad \frac{\partial z}{\partial c}\delta a$$

トナリ、此斜六面體ノ體積ハ

$$\begin{vmatrix}\frac{\partial x}{\partial a} & \frac{\partial y}{\partial a} & \frac{\partial z}{\partial a}\\ \frac{\partial x}{\partial b} & \frac{\partial z}{\partial b} & \frac{\partial z}{\partial b}\\ \frac{\partial x}{\partial c} & \frac{\partial y}{\partial c} & \frac{\partial z}{\partial c}\end{vmatrix}\delta a\delta b\delta c=\frac{\partial(x,y,z)}{\partial(a,b,c)}\delta a\delta b\delta c \qquad [247]$$

ヲ以テ表ハスコトガ出來ル。又其質量ガ變ゼザル限リハ連續等式ハ

$$\rho\frac{\partial(x,y,z)}{\partial(a,b,c)}=\rho_0 \qquad [248]$$

又ハ $\dfrac{\partial(x,y,z)}{\partial(a,b,c)}=D$ トスレバ

$$\frac{d(\rho D)}{dt}=0 \qquad [249]$$

又ハ

$$\frac{dD}{dt}=0 \qquad [249']$$

らぐらんぢノ等式ニ於テモ自變數ハ a, b, c 及 t デ、未知數ハ x, y, z, ρ 及 p ノ 5 個デアル。

174. 長波 水波ノ最モ簡單ナルモノハ水分子ノ運動ガ主トシテ地平デ垂直線中ノ水分子ハ殆ド全線同一ニ動ク所ノ長波ヲ擧ゲナケレバナラナイ。潮浪ノ如キハ其適例デアルガ、潮汐ノコトハ次章ニ詳述スル。

二次ノ波ヲ考ヘ、横軸卽チ x ヲ地平ニ取リ縱軸卽チ z ヲ上向ニ取ル。縱ノ加速度ヲ閑却スレバ任意ノ一點ニ於ケル壓力ハ瞬間的ノ水面ヨリノ深サニ依ツテ定マリ、地平ノ壓力勾配 $\dfrac{\partial p}{\partial x}$ ハ z ニ無關係デ、基點ヲ O トスレバ Ox ニ垂直ナル平面内ノ水分子ハ皆同一ノ運動ヲ爲ス。

x ノ方向ニ於ケル速度 u ガ無限ニ小サイモノトシ $X=0$, ζ ヲ x 點ニ於ケル水面ノ高サ(平均水位ヨリ測リタル)トスレバ壓力 $p=g\rho\zeta$ デアルカラ、水力學地平動ノ動等式 [240] カラ

$$(1) \qquad \rho\frac{\partial u}{\partial t}=-\frac{\partial p}{\partial x}=-g\rho\frac{\partial\zeta}{\partial x}$$

又連續等式ハ [241] カラ

$$(2) \qquad \frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

基點ヲ底ニ取リ、深サヲ一様ナルモノトスレバ (2) ヲ積分シテ

(3)　$$w=-\int_0^z \frac{\partial u}{\partial x}dz=-z\frac{\partial u}{\partial x}.$$

水深ヲ H トスレバ $z=\mathrm{H}+\zeta$ 及 $w=\frac{\partial \zeta}{\partial t}$ ナル近似値ヲ用ヒテ

(4)　$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}=-\mathrm{H}\frac{\partial \zeta}{\partial x}$$

(1) ト (4) ノ間ニ u ヲ省略スレバ

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2}&=\omega^2\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}\\ \omega^2&=g\mathrm{H}\end{aligned}\right\}\qquad [250]$$

此式ヲ解ケバ一定ノ波速 $\sqrt{g\mathrm{H}}$ ヲ以テ傳播スル 二 ノ波系ガ得ラレル。此波速 $\sqrt{g\mathrm{H}}$ ハ深サノ半分ニ等シイ距離ヲ落下スル物體ガ生ズル速度ニ等シイ。

[250] ハ次ノ二式ニ依ツテ滿足セラレル。

$$\left.\begin{aligned}u&=\frac{g\beta}{\omega}\cos k(\omega t-x)\\ \zeta&=\beta\cos k(\omega t-x)\\ \frac{2\pi}{\lambda}&=k,\ \lambda\ \text{波長}\end{aligned}\right\}\qquad [251]$$

以上ノ演繹ニ際シ二ノ假定ヲ用ヒタ。其一ハ縱ノ加速度ヲ無視シタガ、若シ $k\mathrm{H}$ ガ小デ又ハ波長ガ深サニ比シテ大ナル場合ニハ此假定ハ至當デアル。換言スレバ以上ノ理論ハ長波ニ適用スベキモノデアル。又第二ノ假定トシテ (1) 式ニハ二次ノ項ヲ省略シテアルガ之ハ水面ノ昇降 ζ ト深サ H トノ比 ζ/H ガ小サイコトヲ前提トシテアル。公式 [251] ハ水面ガ平面水位ヨリ高ク又ハ低ク昇降スルト共ニ水分子ハ前ニ又後ニ動キ所謂進行波トナツテ移動スルコトヲ示シテ居ル。又 E_k 及 E_p ヲ夫々單位ノ幅ノ進行波ノ動勢及位置勢トスレバ

$$\left.\begin{aligned}\mathrm{E}_k&=\frac{1}{2}\rho\mathrm{H}\int u^2 d\zeta\\ \mathrm{E}_p&=\frac{1}{2}g\rho\int \zeta^2 dx\end{aligned}\right\}\qquad [252]$$

水中ニ表ハレル長波ハ空中ノ音波ニ酷似シ、ζ/H ハ精密ニ後者ノ稀稠度ニ等シイ。運河ノ樣ナ一様ナル斷面ヲ進行スル波動ニ對シテハ其幅ヤ深サガ波長ニ對シテ小サケレバ長波ノ理ヲ適用スルコトガ出來ル。但シ [250] ノ H ハ平均水深ヲ表ハス。斷面ノ大サガ變化シテ居ル場合ニモ亦多少ノ變化ヲ用ヒテ之ヲ應用スルコトガ出來ル。

175. 表波　風ニ依テ生ズル風浪ハへるむほるつ波トモ云ハレ、外部ノ力ガ作用シテ出來タ表面ノ波動デ强制波ニ屬スル。今一般ニ一點ニ於ケル分速ヲ夫々 u, v, w トシ

(1)　$$\left\{\begin{aligned}u&=-\frac{\partial \phi}{\partial x}\\ v&=-\frac{\partial \phi}{\partial y}\\ w&=-\frac{\partial \phi}{\partial z}\end{aligned}\right.$$

ニ依ツテ表ハサレル或函數 ϕ ガ存在スルモノトスル。ϕ ヲ名ケテ**速度ぽてんしやる**又ハ**速能**ト云フ。更ニ渦流ノ一點ニ於テ廻轉速度ヲ三方向ニ分解シタモノヲ**分渦**トシ、之ヲ ξ, η, ζ トスレバ

(2)　$$\left\{\begin{aligned}\xi&=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial y}-\frac{\partial v}{\partial z}\right)\\ \eta&=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial z}-\frac{\partial w}{\partial x}\right)\\ \zeta&=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial x}-\frac{\partial u}{\partial y}\right)\end{aligned}\right.$$

ナルコトハ一般力學ノ示ス所デアル。然ルニ液體分子ガ廻轉ヲシナイナラバ

(2) ノ各式ハ共ニ 0 ニ等シク

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial w}{\partial y}-\dfrac{\partial v}{\partial z}=0 \\ \dfrac{\partial u}{\partial z}-\dfrac{\partial w}{\partial x}=0 \\ \dfrac{\partial v}{\partial x}-\dfrac{\partial u}{\partial y}=0 \end{cases}$$

又ハ

$$(3')\quad \xi=0,\quad \eta=0,\quad \zeta=0$$

卽チ速度ぽてんしやるヲ有スルモノハ渦流ヲ生ジナイ。換言スレバ非廻轉動ヲ生ズル。

おいらーノ連續等式 [241'] ニ (1) ヲ代用スレバ

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\phi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\phi}{\partial z^2}=0 \qquad [253]$$

トナル。二次ノ波動ヲ取レバ

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\phi}{\partial z^2}=0 \qquad [254]$$

水底ガ地平面ヲ爲スモノトスレバ其水底ニ於テハ $\dfrac{\partial\phi}{\partial z}=0$ ヲ爲ス。

おいらーノ水力學等式ノ第一式ヲ取リ (1) ヲ代用スレバ

$$(4)\quad \frac{\partial^2\phi}{\partial t\,\partial x}+\frac{\partial\phi}{\partial x}\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}+\frac{\partial\phi}{\partial y}\frac{\partial^2\phi}{\partial x\,\partial y}+\frac{\partial\phi}{\partial z}\frac{\partial\phi}{\partial x\,\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\mathrm{V}-\frac{p}{\rho}\right)$$

(4) ヲ x ニ就テ積分スレバ

$$(5)\quad \frac{\partial\phi}{\partial t}+\frac{1}{2}\left\{\left(\frac{\partial\phi}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\phi}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial\phi}{\partial z}\right)^2\right\}=\mathrm{V}-\frac{p}{\rho}$$

水分子ノ移動ハ甚ダ小ナル爲メ $\dfrac{\partial\phi}{\partial x},\ \dfrac{\partial\phi}{\partial y},\ \dfrac{\partial\phi}{\partial z}$ ノ二乘ヲ省略スルコトガ出來、又 $\mathrm{V}=gz$ デアルカラ壓力等式ハ (5) カラ

$$(6)\quad \frac{p}{\rho}=\frac{\partial\phi}{\partial t}-gz+\text{常數}$$

(6) ヲ t ニ就テ微分スレバ p ハ t ニ無關係デアルカラ

$$(7)\quad \frac{\partial^2\phi}{\partial t^2}-g\frac{\partial z}{dt}=0$$

然ルニ (1) カラ $\dfrac{dz}{dt}=w=-\dfrac{\partial\phi}{dz}$ デ (7) ハ

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial t^2}+g\frac{\partial\phi}{\partial z}=0 \qquad [255]$$

是レ ϕ ノ微分等式デ、ϕ ノ一般解法ヲ求メナケレバナラナイ。今 H ヲ水深トシ、基點ヲ靜水面ニ取リ、ζ ヲ波高トスレバ (6) カラ

$$(8)\quad \zeta=\frac{1}{g}\left[\frac{\partial\phi}{\partial t}\right]_{z=0}$$

幾何學條件トシテ

$$(9)\quad \frac{\partial\zeta}{\partial t}=-\left[\frac{\partial\phi}{\partial z}\right]_{z=0}$$

ζ ノ一般解法トシテ、β ヲ半振幅トスレバ

$$(10)\quad \zeta=\beta\sin k(x-\omega t)$$

之カラ

$$\phi=\frac{g\beta}{k\omega}\frac{\cosh k(z+\mathrm{H})}{\cosh k\mathrm{H}}\cos k(x-\omega t) \qquad [256]$$

或ハ又 ϕ ヲ單振動トシテ、Z ヲ z 卽チ深サノミノ函數トスレバ、一般ニ

$$(11)\quad \phi=\mathrm{Z}\cos k(x+\alpha)$$

從テ

$$(12)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial^2\phi}{\partial x^2}=-k^2\mathrm{Z}\cos k(x+\alpha) \\ \dfrac{\partial^2\phi}{\partial z^2}=\dfrac{\partial^2\mathrm{Z}}{\partial z^2}\cos k(x+\alpha) \end{cases}$$

[256] 及 (12) カラ

(13) $$\frac{\partial^2 Z}{\partial z^2} = k^2 Z$$

故ニ一般解法トシテ A 及 B ヲ或定數トスレバ

(14) $$Z = A e^{kz} + B e^{-kz}$$

トナシ得ベク、從テ

(15) $$\phi = (A e^{kz} + B e^{-kz}) \cos k (x+a)$$

波長ヲ λ、週期ヲ T、波ノ傳播速度ヲ ω トスレバ $\lambda = \omega T$、且ツ波動ノ類似カラ

(16) $$\begin{cases} k = \dfrac{2\pi}{\lambda} \\ a = -\omega t \end{cases}$$

水面デハ $\left(\frac{\partial\phi}{\partial z}\right)_{z=0} = Ak - Bk = 0$ 叉ハ A = B、從テ

$$\phi = A\,(e^{kz} + e^{-kz}) \cos \frac{2\pi}{\lambda} (x - \omega t) \qquad [257]$$

是レ [256] ト同一デアル。叉 [257] カラ

(17) $$\begin{cases} \dfrac{\partial^2\phi}{\partial t^2} = -A k^2 \omega^2 (e^{kz} + e^{-kz}) \cos k (x - \omega t) \\ g\dfrac{\partial\phi}{\partial z} = Akg\,(e^{kz} - e^{-kz}) \cos k (x - \omega t) \end{cases}$$

z ノ代ニ平均水深 H ヲ用ヒレバ (17) 及 [255] カラ

(18) $$-k^2\omega^2 (e^{kH} + e^{-kH}) + kg\,(e^{kH} - e^{-kH}) = 0$$

故ニ $\tanh$ ヲ雙曲正切トスレバ

$$\left.\begin{aligned} \omega^2 &= \frac{g\lambda}{2\pi} \tanh \frac{2\pi H}{\lambda} \\ &= \frac{g\lambda}{2\pi} \frac{e^{\frac{2\pi H}{\lambda}} - e^{-\frac{2\pi H}{\lambda}}}{e^{\frac{2\pi H}{\lambda}} + e^{-\frac{2\pi H}{\lambda}}} \end{aligned}\right\} \qquad [258]$$

$\frac{2H}{\lambda}$ ガ 1 ヨリ小サケレバ $\tanh \frac{2\pi H}{\lambda}$ ハ殆ド 1 ニ等シク、從テ

$$\left.\begin{aligned} \phi &= \frac{g\beta}{k\omega} e^{kz} \cos k (x - \omega t) \\ \omega &= \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \end{aligned}\right\} \qquad [259]$$

第二式ハ大洋ノ波浪ノ傳播速度ヲ表ハシ、[250] ノ第二式ト同一デアル。又 $\frac{2H}{\lambda}$ カ稍々大デ而カモ $\left(\frac{2\pi H}{\lambda}\right)^2$ 以下ヲ省略シ得ルナラバ

(18) $$\begin{cases} e^{\frac{2\pi H}{\lambda}} = 1 + \dfrac{2\pi H}{\lambda} + \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{2\pi H}{\lambda}\right)^2 + \cdots\cdots\cdots \\ e^{-\frac{2\pi H}{\lambda}} = 1 - \dfrac{2\pi H}{\lambda} + \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{2\pi H}{\lambda}\right)^2 - \cdots\cdots\cdots \end{cases}$$

從テ [258] カラ、叉ハ $\tanh kH = kH$ デ長波ト同ジク

$$\omega = \sqrt{gH} \qquad [260]$$

是レ湖水ナドノ比較的水深ノ大ナラザル所デ波長ノ可ナリ大ナル場合、叉ハ海波ナドニ適用シ得ルモノデアル。第百十七表ハ其數値ヲ第百七十一圖ハ之ヲ圖示シタモノデアル。

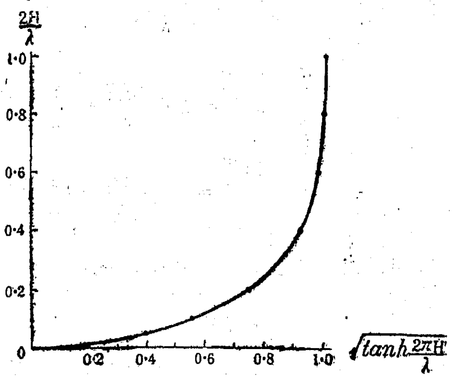
第百十七表 $\sqrt{\tanh\frac{2\pi H}{\lambda}}$ ノ値 (H = 平均水深、λ 波長)

$\frac{2H}{\lambda}$	∞	1	.9	.8	.7	.6	.5
$\frac{2\pi H}{\lambda}$	∞	3.14	2.826	2.512	2.198	1.884	1.570
$\tanh\frac{2\pi H}{\lambda}$	1	0.99626	0.99300	0.98693	0.97564	0.95484	0.91703
$\sqrt{\tanh\frac{2\pi H}{\lambda}}$	1	0.998	0.996	0.992	0.988	0.974	0.958

$\frac{2H}{\lambda}$	.4	.3	.2	.1	.05	.01
$\frac{2\pi H}{\lambda}$	1.256	0.942	0.628	0.314	0.157	0.031
$\tanh\frac{2\pi H}{\lambda}$	0.84995	0.73613	0.55667	0.30406	0.15576	0.0330
$\sqrt{\tanh\frac{2\pi H}{\lambda}}$	0.922	0.856	0.7460	0.554	0.395	0.182

[256] カラ分速ヲ計算スレバ各水分子ハ楕圓調和動ヲ描キ、其地平及垂直半徑 a 及 b ハ夫々次ノ如クデアル。

$$\left.\begin{aligned} a &= \beta\,\frac{\cosh k(z+H)}{\sinh kH} \\ b &= \beta\,\frac{\sinh k(z+H)}{\sinh kH} \end{aligned}\right\} \quad [261]$$



第百七十一圖

$\frac{2H}{\lambda}$ ト $\sqrt{\tanh\frac{2\pi H}{\lambda}}$ ノ關係

此ニ z ハ平均水位ニ對スル水分子ノ高サヲ表ハス。水分子ガ動ク軌跡ノ大サハ水面カラ降ルニ從ヒ小サクナル。波長ノ水分子ハ前進シ、波谷ノモノハ後退スル。

單振動ノ波ノえねるぎーハ半バ動勢デ半バ位置勢デアル、水面ノ單位面積ニ對シ、全勢ハ $\frac{1}{2}g\rho\beta^2$ ニ等シイ。是レ水面ノ水分子ノ半振幅 β ニ等シイ厚サノ液層ヲ $\frac{1}{2}\beta$ ノ高サニ持揚グルニ要スル仕事ニ等シイ。

以上ノ所論ニ於テハ水面ハ一樣ナル氣壓ヲ受ケテアルモノト考ヘテアルガ、異ナル密度ノ二種ノ液體ノ共通面ニ於ケル波ノ場合ニハ、ρ 及 ρ' ヲ夫々下層及上層液ノ密度トスレバ亦前ト同樣ニ兩液ノ深サノ 2 倍ヨリ小ナラザル波長ニ對シ

$$\omega = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}\,\frac{\rho-\rho'}{\rho+\rho'}} \qquad [262]$$

深イ海ノ海面ニ波ノ進展スルノハふーりぇーるノ理ニ依リ單振動ノ若干個ニ分解シナケレバナラナイ。是等ノ波ハ各波長ニ固有ノ速度ヲ以テ傳播スルカラ、是等ニ依リ出來上ル波形又ハ波ノ輪廓ハ絕エズ變ツテ行キ、次ギ次ギノ瞬間ニ於テ水面ハ基點カラノ距離ニ應ジテ異ナル高サ及長サノ波列ガ現ハレル。長イ波ハ短イ波ヨリモ進速ガ速ク、各ノ波ハ絕エズ長サガ延ビテ來テ波ノ前進ト共ニ傳播速度ハ相繼イデ增加スル。從テ水面ノ一點ニ注意スレバ其高サハ昇降モ益々速クナリ、振幅モ益々增加スル。ぽあそん (Poisson) ノ近似式ハ是等ノ事態ヲ言表ハシテ居ル。

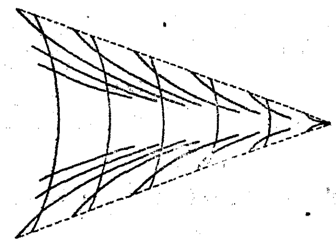
$$\zeta \propto \frac{t^2}{x^{5/2}}\left(\cos\frac{gt^2}{4x} - \sin\frac{gt^2}{4x}\right) \qquad [263]$$

但シ上式ハ x ガ $\frac{1}{2}gt^2$ ニ比シテ大ナル場合ニ有効デアル。又特種ノ波長 λ ガ現ハレルノハ

$$\frac{x}{t} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \qquad [264]$$

ナル關係ガ成立スル。

船ノ進航ニ伴ツテ生ズル波群ハ第百七十二圖ニ示スガ如ク興味アルモノデアル。



第百七十二圖
船ノ進航ニ伴フ佇波

176. とろこいど波 前ニ述ベタ波ハ振幅ガ無限ニ小ナルモノト假定シタガ、此制限ヲ棄テヽ有限ノ高サヲ有スル表波ノ研究モ亦現ハレタケレドモ尙完璧ヲ期シ難イ點モアル。1802年げるすとなー(Gerstner, F. J.)ガ始メテ之ヲ發表シテ後、世人カラ忘レラレテアツタコト半世紀後、1863 年ニ至ツテらんきん(Rankine, W. J. M.) ガ再ビ此波ヲ研究シテ人ノ感興ヲ惹クニ至ツタ。

廣イ靜止シタ大洋ノ海面ヲ $z=0$ ノ平面トシ、z 軸ヲ下方ニ向ケテ z ヲ以

テ深サヲ表ハス。靜止ノ狀態又ハ平均ノ位置 a, c ニ在ツタ水分子ガ或瞬間 t ニ x, z ニ來ツタトスレバ x 及 z ハ a, c 及 t ノ函數デアル。斯クノ如ク二次ノ波ヲ考ヘレバらぐらんぢノ水力學等式 [246] ノ內

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} & \mathrm{X}=0.\quad \mathrm{Y}=0.\quad \mathrm{Z}=g \\ & \frac{\partial p}{\partial b}=0.\quad \frac{d^2y}{dt^2}=0 \\ & \frac{\partial x}{\partial b}=\frac{\partial z}{\partial b}=0 \end{aligned}\right.$$

デアルカラ、$\rho=1$ トスレバ

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} & \frac{d^2x}{dt^2}\frac{\partial x}{\partial a}+\left(\frac{d^2z}{dt^2}-g\right)\frac{\partial z}{\partial a}+\frac{\partial p}{\partial a}=0 \\ & \frac{d^2x}{dt^2}\frac{\partial x}{\partial c}+\left(\frac{d^2z}{dt^2}-g\right)\frac{\partial z}{\partial c}+\frac{\partial p}{\partial c}=0 \end{aligned}\right.$$

又連續等式 [249] ハ

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} & \frac{d\mathrm{D}}{dt}=0 \\ & \mathrm{D}=\begin{vmatrix} \dfrac{\partial x}{\partial a} & \dfrac{\partial x}{\partial c} \\ \dfrac{\partial z}{\partial a} & \dfrac{\partial z}{\partial c} \end{vmatrix} \end{aligned}\right.$$

水分子ガ $t=0$ ノ時 a, c ニ在ツテ等半徑 r ノ圓形軌道ヲ描クモノトシ、x, z ト a, c ヲ連ネル直線ガ縱軸ト爲ス角ヲ θ トスレバ

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} & x=a+r\sin\theta \\ & z=c+r\cos\theta \end{aligned}\right.$$

λ ヲ波長、ω ヲ波ノ傳播速度トスレバ $\theta=\frac{2\pi}{\lambda}(a-\omega t)$ デ

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned} & \frac{\partial x}{\partial a}=1+\frac{2\pi}{\lambda}r\cos\theta \\ & \frac{\partial z}{\partial a}=-\frac{2\pi}{\lambda}r\sin\theta \\ & \frac{\partial x}{\partial c}=\frac{dr}{dc}\sin\theta \\ & \frac{\partial z}{\partial c}=1+\frac{dr}{dc}\cos\theta \end{aligned}\right.$$

從テ $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ トスレバ

$$(6)\quad \mathrm{D}=1+\frac{2\pi}{\lambda}r\frac{dr}{dc}+\left(\frac{dr}{dc}+kr\right)\cos\theta$$

$\frac{d\mathrm{D}}{dt}=0$ ヲ作レバ θ ノミガ t ノ函數デ

$$(7)\quad \frac{dr}{dc}+kr=0$$

又ハ

$$(8)\quad \frac{dr}{r}=-k\,dc$$

或ハ

$$r=\mathrm{A}e^{-kc}=\mathrm{A}e^{-\frac{2\pi}{\lambda}c} \qquad [265]$$

故ニ單振動カラ $2\pi\mathrm{A}=\lambda$ 又ハ $\frac{\lambda}{2\pi}=\mathrm{A}=\frac{1}{k}$ デ (4) ハ

$$\left.\begin{aligned} & x=a+\frac{1}{k}e^{-kc}\sin k(a-\omega t) \\ & z=c+\frac{1}{k}e^{-kc}\cos k(a-\omega t) \end{aligned}\right\} \qquad [266]$$

トナル。又水分子ノ角速度ヲ Ω トスレバ

$$\Omega=-\frac{k\omega e^{-2kc}}{1-e^{-2kc}} \qquad [267]$$

[265] カラ $c=0$ 卽チ靜止水面ニ於テハ水分子ハ半徑 A ニ等シイ圓ヲ描キ、波高ハ 2A ニ等シイ。又 $c=\infty$ 卽チ深サ無限ノ海底デハ水分子ハ靜止シテ $r=0$ トナル。

次ニ T ヲ分子廻轉ノ週期又ハ一ノ波頂カラ波谷ヲ經テ次ノ波頂ニ至ルマ

デノ時間トスレバ $\omega=\lambda/\mathrm{T}$ デ (4) ヲ t ニ就テ再微分スレバ

$$(9)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= -\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 r\sin k(a-\omega t) \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= -\left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 r\cos k(a-\omega t) \end{aligned}\right.$$

(7)カラ $\dfrac{dr}{dc}=-kr$ デアルカラ、(9) 及 (5) ヲ (2) ニ代入スレバ

$$(10)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial a} &= \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}^2}-\frac{g}{\lambda}\right)2\pi r\sin k(a-\omega t) \\ \frac{\partial p}{\partial c} &= \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}^2}-\frac{g}{\lambda}\right)2\pi r\cos k(a-\omega t)+g-\frac{8\pi^3}{\mathrm{T}^2\lambda}r^2 \end{aligned}\right.$$

然ルニ p ハ t 又ハ $k(a-\omega t)$ ニ無關係デアルカラ

$$(11)\qquad \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}^2}-\frac{g}{\lambda}\right)=0$$

或ハ

$$\lambda=\frac{g\mathrm{T}^2}{2\pi}=1.56\,\mathrm{T}^2 \qquad [268]$$

從テ

$$(12)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial a} &= 0 \\ \frac{\partial p}{\partial c} &= g-\frac{8\pi^3}{\mathrm{T}^2\lambda}r^2=g\left(1-\frac{4\pi^2}{\lambda^2}\mathrm{A}^2e^{-\frac{4\pi}{\lambda}c}\right) \end{aligned}\right.$$

水壓ハ單ニ深サニ依テ異ナリ、横卽地平ノ方向ニハ事實上無關係ナルコトガ知ラレル。又 (12) ノ第二式ヲ積分スレバ

$$p=p_0+g\left\{c-\frac{\pi}{\lambda}\mathrm{A}^2\left(1-e^{-\frac{4\pi}{\lambda}c}\right)\right\} \qquad [269]$$

$c=0$ ナレバ $p=p_0$ トナリ、水面ニ於ケル壓力ヲ表ハス、Π ヲ氣壓トセバ $p_0=\Pi$ トモ書クコトガ出來ル。

(11) 又ハ [269] ヲ $\omega=\dfrac{\lambda}{\mathrm{T}}$ ニ代用スレバ

$$\left.\begin{aligned} \omega &= \frac{g\mathrm{T}}{2\pi}=\sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \\ &= 1.25\sqrt{\lambda} \end{aligned}\right\} \qquad [270]$$

又ハ

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{T} &= \frac{2\pi\omega}{g}=\sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}} \\ &= 0.64\,\omega \end{aligned}\right\} \qquad [271]$$

水面ニ於テハ $c=0$, $r=\mathrm{A}$、從テ

$$\left.\begin{aligned} x &= a+\mathrm{A}\sin k(a-\omega t) \\ z &= \mathrm{A}\cos k(a-\omega t) \end{aligned}\right\} \qquad [272]$$

是レ半徑 A ノ圓ナルコト前ニ述ベタ通リデアル。然ルニ $\theta=\dfrac{2\pi}{\lambda}(a-\omega t)$ トスレバ

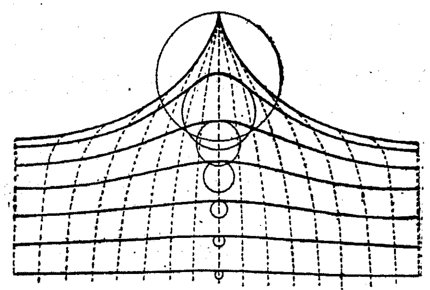
$$(13)\qquad a=\frac{\lambda}{2\pi}\theta+\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t$$

デ之ヲ [272] ニ代入スレバ

$$\left.\begin{aligned} x-\frac{2\pi}{\mathrm{T}}t &= \mathrm{A}\sin\theta+\frac{\lambda}{2\pi}\theta \\ z &= \mathrm{A}\cos\theta \end{aligned}\right\} \qquad [273]$$

是レ卽チ θ ヲ通徑トスルとろこいど波デ、半徑 $\dfrac{\lambda}{2\pi}$ ノ圓ガ直線上ヲ回轉スル時圓周上ノ一點ガ生ズル軌跡デアル。

水面デハとろこいどノ極限ノ場合トシテ $\mathrm{A}=\dfrac{\lambda}{2\pi}$ ノ時さいくろいどト名ケラレル曲線ガ出來、曲尖ガ上向シテ居ル(第百七十三圖)。若シ A ガ $\dfrac{\lambda}{2\pi}$ ヨリ大ナレバ水分子ノ描ク曲線ハえぴとろこいどトナリ、波浪ハ破碎スル（第百七十四圖）。



第百七十三圖　とろこいど

等壓線ヲ描ケバ波ノ水面ノ形ガ得ラレル。等式 [266] 又ハ [272] ハ數學的ニハ立派デ、形ノ上カラ簡單デアルガ、液體分子ノ運動ハ廻轉型デナケレバナラナイ。然ルニ水面ニ如何ナル力ヲ加ヘテモ前ニ靜止シタ液體分子ニ廻轉ヲ生ゼシメ得ナイノハ遺憾ノ至リデアル。


第百七十四圖 えびとろこいど

げるすとなーノ波動論デハ水分子間ノ摩擦又ハ粘力ヲ除外シテ居ル。故ニ波動ノえねるぎーハ不滅デ、波浪ハ永續スベキダガ、實際ニハ然ルコト能ハズ。又げるすとなーハ水深ガ無限ナルモノトシテ有ルガ、若シ有限ノ深サナレバ水分子ハ圓ヲ描カズシテ橢圓ヲ畫クベク、水深ヲ増スト共ニ橢圓ノ長軸ト短軸ノ比ガ増加シテ水底ニ於テ、終ニハ直線ヲ爲スニ至ル。

即チ非常ニ深イ海ノ表面ノ波ノ場合ニハ、とろこいど波ヲ適用スルコトガ出來ルノミナラズ、實驗水槽ナドノ實驗ノ結果ヲ理論ト比較シテ見レバ略ボ近似シタ波ノ形ヲ現ハシテ居ルコトガ知ラレテアル。然シ海ガ淺クナレバ前ニモ述ベタ樣ニ波ノ進ム方向ニ長軸ヲ持ツタ楕圓形ガ底ニ近ツク程扁平トナル。

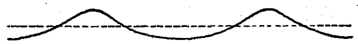
すとーくす (Stokes, G.) ハ一樣ナル傳播ヲ續ケテ波形ヲ變ジナイ所ノ一定ノ高サノ非廻轉性ノ波ヲ研究シタ。即チ無限ノ深サノ場合ニ波ノ形ハふーりえーるノ級數デ表ハサレル。

$$\left.\begin{aligned} z &= a\cos kx + \frac{1}{2}ka^2\cos 2kx + \frac{3}{8}k^2a^3\cos 3kx + \cdots \\ k &= \frac{2\pi}{\lambda} \end{aligned}\right\} \quad [274]$$

又其波速 ω ハ凡ソ

$$\omega = \sqrt{\left\{\frac{g\lambda}{2\pi}\left(1 + \frac{4\pi^2a^2}{\lambda^2}\right)\right\}} \quad [275]$$

[274] ヲ展開スレバとろこいど波ト一致スル。げるすとなーノ波ト同ジク其輪廓ハ波頂ニ尖ツテ波谷ニ扁平デ、單調波ト稍々異ツテ居ル。而シテ振幅ト波長ノ比ガ増加スル程是等ノ形相ハ著シイ。すとーくすノ研究ニ依レバ非廻轉波ノ極端ナル形ハ廻轉性ノげるすとなー波トハ違ツテ波頂ハ 120° ノ鈍角ヲ爲シテ居ル。みっしぇる (Michell, J. H.) ノ計算ニ依レバ波高ハ波長ノ凡ソ $1/7$ デ、波速ハ同波長ノ非常ニ低イ波ノ波速ニ比スレバ 6:5 ヲ爲ス。且ツ是等ノ波ノ水分子ハ純粹ナル振動デナク、傳播ノ方向ニ全體トシテ運動シ、水面ニハ徐々トシテ移動ガ行ハレテ居ルコトハ一般ニ海波ニ觀測セラレテアル。


第百七十五圖 波ノ輪廓

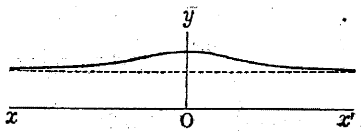
有限ノ深サトナレバ計算ハ困難トナリ、波長ガ深サニ比スレバ非常ニ大ナナル場合ノミニ就テ知ラレテアル。1844年すこっと らっせる (Scott Russell) ガ唱導シタ孤波ハ即チ是デ、ぶーしねすく (Boussinesq, J. 1871) ヤれーれー卿 (Lord Rayleigh) ハ之ヲ研究シテ、水面ノ高サハ

$$\left.\begin{aligned} \zeta &= a\,\mathrm{sech}^2\frac{1}{2}\left(\frac{x}{c}\right) \\ c^2 &= h^2(h+a)/3a \end{aligned}\right\} \quad [276]$$

及傳播速度ハ

$$\omega = \sqrt{\{g(h+a)\}} \quad [277]$$

ナルコトヲ發表シタ。極端ノ形トシテ $a = H$ トスレバ波頂ハ 120° ノ角ヲ爲ス。凹陷形ノ孤波ハ不可能デアル。



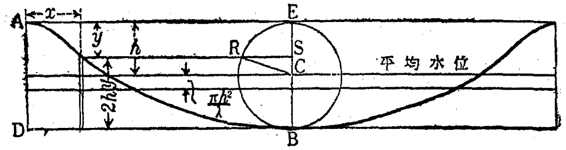
第百七十六圖 波長ノ非常ニ大ナル波

177. 廻轉波ノ平均水位ト平衡水位 波浪ニ伴フ水位ノ變化ハ量水標又ハ檢潮器ナドデ之ヲ觀測スルコトガ出來、更ニ寫眞ナドヲ用ヒテ撮影スル

コトガ出來ル。大海ノ中デハ勿論後法ニ依ルヨリ外ハナイガ、海岸ニ近イ所デハ前法ヲ用ヒルノガ便利デアル、然シ波ガ他ノ障害物ニ逢フカ又ハ淺イ汀渚ナドニ近ヅケバ實際ニハ著シク變形シ、殊ニ波長ヲ減ジテ振幅ヲ増スノヲ通性トスル。

波浪ノ高水位ト低水位ノ中央ノ水位ヲ平均水位トスレバ波浪ガ無イ場合ニ表ハレル水位ハ卽チ**平衡水位**デアル。

今波頂A ニ原點ヲ置キ、横距及縦距ヲ第百七十七圖ニ示スガ如ク x, y トスレバ h ナル半徑ヲ以テ振動スル場合ニ、$\theta = \dfrac{2\pi t}{\mathrm{T}}$ トシテ



第百七十七圖　平衡水位

$$(1) \qquad \begin{cases} x = \omega t - h\sin\theta \\ z = h(1-\cos\theta) \end{cases}$$

(1)ノ x ヲ θ ニ就テ微分スレバ

$$(2) \qquad \frac{dx}{d\theta} = \frac{dx}{dt}\,\frac{dt}{d\theta}$$

然ルニ

$$(3) \qquad \frac{dx}{dt} = \omega - \frac{2\pi}{\mathrm{T}}h\cos\theta$$

從テ $\dfrac{d\theta}{dt} = \dfrac{2\pi}{\mathrm{T}}$ 又ハ $\dfrac{dt}{d\theta} = \dfrac{\mathrm{T}}{2\pi}$ デアルカラ

$$(4) \qquad \frac{dx}{d\theta} = \left(\omega - \frac{2\pi}{\mathrm{T}}h\cos\theta\right)\frac{\mathrm{T}}{2\pi}$$

又ハ $\omega = \dfrac{\lambda}{\mathrm{T}}$ デアルカラ

$$(4') \qquad dx = \left(\frac{\lambda}{2\pi} - h\cos\theta\right)d\theta$$

故ニ波ニ依ツテ描カレタ面積ヲ求メレバ

$$(5) \qquad \int_0^{\lambda}(2k-z)\,dx = \int_0^{2\pi}\left\{2h - \mathrm{A}(1-\cos\theta)\right\}\left(\frac{\lambda}{\pi} - h\cos\theta\right)d\theta$$
$$= h\lambda - \pi h^2$$

平衡水位ハ卽チ此面積ヲ波長 λ デ除ツタ高サニ等シク

$$\frac{h\lambda - \pi h^2}{\lambda} = h - \frac{\pi h^2}{\lambda} \qquad [278]$$

半徑 h ノ圓ヲ振動圓ト呼ベバ**平衡水位ハ平均水位ヨリ振動圓ノ面積ヲ波長デ除ツタ高サ丈ケ低イ**。波長 λ ハ常ニ $2\pi h$ ヨリ大デアル。從テ平均水位カラ測ツタ平衡水位ノ高サハ $\dfrac{\pi h^2}{2\pi h} = \dfrac{h}{2}$ ヨリ小サイ。或ハ又其差ハ全波高 $2h$ ノ $\dfrac{1}{4}$ ヨリ小サイ。

178. 廻轉波ノえねるぎー 廻轉波ノえねるぎーハ位置勢ト動勢ノ和ニ等シイ。

今波ノ中ニ半徑 r ナル圓ヲ描イテ水分子ガ振動ヲ爲シツヽアルモノヲ考ヘレバ此水分子ニ關スル波ノ平均ノ高サハ $\dfrac{\pi r^2}{\lambda}$ デ、dz ナル厚サ及 λ ナル波長ニ對シテ重量 $\rho g \lambda dz$ ト $\dfrac{\pi r^2}{\lambda}$ トノ積 $\rho g \pi r^2 dz$ ハ位置勢ヲ表ハス。故ニ $r = \mathrm{A}e^{-\frac{2\pi}{\lambda}z}$ ヲ代用シテ $\rho g \pi \mathrm{A}^2 e^{-\frac{4\pi}{\lambda}z} dz$ ヲ $z=0$ 卽チ水面ト深サ z_1 ノ間ニ積分スレバ全位置勢ヲ得ベク

$$(1) \qquad \rho g \pi \mathrm{A}^2 \int_0^{z_1} e^{-\frac{4\pi}{\lambda}z}dz = \frac{\rho g \mathrm{A}^2}{4}\lambda\left(1 - e^{-\frac{4\pi}{\lambda}z_1}\right)$$

又波ノ動勢ハ其各分子ノ質量 m ト速度ノ自乘 v^2 ノ積ノ半分 $\dfrac{1}{2}mv^2$ ニ等シイ。速度 v ハ厚サ dz ナル薄層ノ凡テノ分子ニ對シテ相等シク、一ノ分子ノ角速度ハ $\dfrac{2\pi}{\mathrm{T}}$ ニ等シイ。從テ $v = \dfrac{2\pi r}{\mathrm{T}}$ デ、此薄層ノ全質量ハ $\rho \lambda dz$ デアルカラ其動勢ハ $\dfrac{1}{2}\rho\lambda dz\left(\dfrac{2\pi r}{\mathrm{T}}\right)^2 = 2\rho\lambda\dfrac{\pi^2 r^2}{\mathrm{T}^2}dz$ ニ等シイ。然ルニ $\dfrac{2\pi\lambda}{\mathrm{T}^2} = g$ デアルカラ動勢ハ $\rho g \pi r^2 dz$ ニ等シク位置勢ト全ク相等シイ。

一波長間ノ水面カラ深サ z_1、幅 1 米ノ波ガ有スル全えねるぎーヲ $\rho g \mathrm{E}$

トスレバ

$$\rho g \mathrm{E} = \rho \frac{g\mathrm{A}^2\lambda}{2}\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{\lambda}z_1}\right) \qquad [279]$$

z_1 ガ相當ニ大ナレバ括弧内ノ e ノ項ハ之ヲ省略スルヲ得ベク

$$(3) \qquad \rho g \mathrm{E} = \frac{\rho g \mathrm{A}^2\lambda}{2}$$

又ハ $\lambda = \dfrac{2\pi\omega^2}{g}$ ヲ代用スレバ

$$\rho g \mathrm{E} = \rho\pi \mathrm{A}^2\omega^2 \qquad [280]$$

單位ノ幅ノ廻轉波ノえねるぎーハ表面分子ガ畫ク圓内ノ面積 $\pi\mathrm{A}^2$ ノ中ニ含マレル質量 $\rho\pi\mathrm{A}^2$ ト波ノ傳播速度ノ自乘ノ積ニ等シイ。例ヘバ波高 5 米、波速毎秒 8 米ナレバ幅 1 米ノ全えねるぎーハ $1.03\times3.14\times2.5^2\times8^2=1287.5$ 噸米トナル。

若シ波高ヲ h トスレバ $\mathrm{A} = \dfrac{h}{2}$ デアルカラ [280] ハ

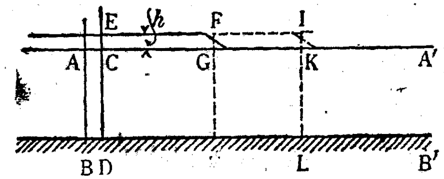
$$\rho g \mathrm{E} = \frac{1}{4}\rho\pi h^2\omega^2 \qquad [280']$$

有限水深ノ場合ニハ、水分子ノ描ク長半徑及短半徑ヲ夫々 a, b トシテ楕圓波ノ平均高ハ $\dfrac{\pi a b}{\lambda}$ ニ等シク、其全えねるぎーハ

$$\rho g \mathrm{E} = \rho\pi a b\,\omega^2 \qquad [280'']$$

179. 遷波　水面カラ水底ニ亘ツテ地平ノ激衝ヲ與ヘレバ之ニ直角ナル縦ノ面ニ在ル水分子ハ之ガ爲ニ地平ノ位置變動ヲ生ジテ次ノ面ノ水分子ニ此運動ヲ傳ヘ此ニ遷波ナルモノガ現ハレル。打波、寄波、碎波トカ又ハ船ノ進航ニ際シテ生ズル抵抗波及堰止波ナドハ之ニ屬スル、殊ニ比較的幅ノ狹イ運河ノ中ヲ曳船ヲスル場合ナドニ船ノ前方ノ水面ハ高クナル。而シテ若シ其船ガ急ニ止マレバ此ニ一個ノ大キナ波ガ起ツテ前進スル。始メすこっと　らっせるハ此種ノ波ヲ遷波ト呼ビ、其後ばざん (Bazin) ナドモ亦各種ノ場合ヲ研究シタ。當時らっせるハ之ヲ孤波トモ呼ンダガ今日デハ遷波ノ中デ形ヲ變ヘズ

傳播スル性質ヲ有スル特種ノモノヲ孤波ト呼ンデ居ル。勿論一時的ニ水面ノ隆起スル代リニ急ニ水量ヲ排除シタ爲ニ水面ノ沈下ヲ生ズル場合モアル。前ノ場合ヲ**正遷波**ト云ヒ、後ノ場合ヲ**負遷波**ト呼ブ。前者ハ形ガ變ラヌケレドモ後者ハ次第ニ形ガ變リツヽ傳播スル。遷波ハ全體水面ノ上ヲ進展スル波先ヲ有スルガ、振動波ハ各波先ガ必ズ一ノ波谷ヲ伴ヒ、且ツ常ニ群ヲ爲シテ其間隔ガ規則正シイ。之ニ反シテ遷波ハ單獨ニ進行スル爲ニらっせるガ孤波ト呼ンダノハ之ニ原因シテ居ル。



第百七十八圖　遷波

地平運河ノ一様ナル横斷面積 F ニ比重 ρ ノ靜止シタ水ガ滿サレテアル。第百七十八圖ニ示スガ如ク AA' ヲ水面、BB' ヲ水底トシ、AB ニハ全横斷面ニ擴ガル水門ガアリ、喞子狀ヲ爲シ地平速度 U ヲ以テ CD ニ前進シタモノトスル。今 CG ナル長サニ渉ツテ水位ガ高クナリ、新水面ハ EF トナリ、其水位ノ上昇卽チ波高ハ CE ＝ h トナリ、他ノ寸法ニ比スレバ小サイモノトスル。運河ノ水面幅ヲ b, 水深 AB ヲ H トスレバ水門ガ AB カラ CD ニ來テ是等兩面ノ水壓ハ夫々 $\rho\dfrac{b\mathrm{H}^2}{2}$ 及 $\rho b\dfrac{(\mathrm{H}+h)^2}{2}$ ニ等シク、其差ハ

$$(1) \qquad \frac{\rho b}{2}\left\{(\mathrm{H}+h)^2-\mathrm{H}^2\right\} = \rho h\left(\mathrm{H}b + \frac{bh}{2}\right) = \rho h(\mathrm{F} + bh/2)$$

此壓力ハ單位時間ニ於ケル水ノ働量ノ増加ニ等シイ。卽チ始メ ED 及 FH ノ間ノ水量ハ速度 U デ一定水量 GHLK ニ傳ハリ、GK＝HL ハ波動ノ傳播シタ長サヲ表ハス。此傳播速度ヲ ω トスレバ移動シタ水量ハ $\dfrac{\rho}{g}\omega\mathrm{F}$ デ其働量ハ水量ト波速 U ノ積ニ等シク、$\dfrac{\rho}{g}\omega\mathrm{F}\mathrm{U}$ ニ等シイ。之ヲ前記ノ壓力

ニ等シカラシムレバ

(2) $$\rho h(\mathrm{F}+bh/2)=\frac{\rho}{g}\,\omega\,\mathrm{F}\,\mathrm{U}$$

又ハ

(3) $$h\left(\mathrm{F}+\frac{bh}{2}\right)=\frac{1}{g}\,\omega\,\mathrm{F}\,\mathrm{U}$$

然シ水ヲ非壓縮性ノモノトシテ FGKI ナル水量ノ增加ハ水門ガ U ナル速度ヲ以テ前進シタ爲ニ背後ニ容積ノ減少ヲ來シタコトヲ考ヘナケレバナラナイ。卽チ

(4)′ $$bh\omega=(\mathrm{F}+bh)\,\mathrm{U}$$

(3) 及 (4) ノ間ニ U ヲ消去スレバ

$$\omega=\sqrt{g\left(\frac{\mathrm{F}}{b}+\frac{3h}{2}+\frac{bh^2}{2\mathrm{F}}\right)} \qquad [281]$$

上式ノ第二及第三兩項ノ和ハ $\frac{h}{2}\left(3+\frac{bh}{\mathrm{F}}\right)$ デ bh ハ遷波ノ爲ニ斷面積ノ增加ヲ表ハシ、F ニ比スレバ非常ニ小サイカラ之ヲ省略スルコトガ出來ル。從テ [281] ハ

$$\omega=\sqrt{g\left(\frac{\mathrm{F}}{b}+\frac{3}{2}h\right)} \qquad [282]$$

トナル。是レ一様ナル斷面ニハ凡テ適用シ得ベキ公式デアル。例ヘバ幅 b、深サ AB＝H ノ矩形斷面ノ運河ニ於テ $\mathrm{F}=b\mathrm{H}$、(4) 及 [282] ハ

$$\left.\begin{aligned}(\mathrm{H}+h)\,\mathrm{U}&=h\omega\\ \omega&=\sqrt{g\left(\mathrm{H}+\frac{3}{2}h\right)}\end{aligned}\right\} \qquad [283]$$

又ハ

(5) $$\sqrt{g\mathrm{H}\left(1+\frac{3}{2}\frac{h}{\mathrm{H}}\right)}=\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3h}{4\mathrm{H}}-\frac{9}{32}\frac{h^2}{\mathrm{H}^2}+\cdots\right)$$

$\left(\frac{h}{\mathrm{H}}\right)^2$ ノ項ヲ省略スレバ

$$\omega=\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3}{4}\frac{h}{\mathrm{H}}\right) \qquad [284]$$

一度波ノ傳播ガ始マレバ縦令波ヲ生ゼシメタ原因ガ止ンデモ、同ジ方向ニ無限ニ波ガ繼續スルコトガ容易ニ知ラレル。

若シ h ガ H ニ比シテ非常ニ小サケレバ所謂長波トナリ

$$\omega=\sqrt{g\mathrm{H}} \qquad [285]$$

[283] ノ第一式ハ此時

$$\mathrm{H}\,\mathrm{U}=h\omega \qquad [286]$$

或ハ

$$\mathrm{U}=h\sqrt{g/\mathrm{H}} \qquad [287]$$

らっせるハ其觀測カラ傳播速度ヲ

(6) $$\omega=\sqrt{g(\mathrm{H}+h)}$$

トシタ。ばざんハ實例ニ依リ之ヲ檢證シタ所ガ ω ハ(6)ヨリ稍々大デ [283] ニ近イ値ヲ示シタ。實際ニハ此種波浪ノ前端ニハ所謂波先トモ云フベキモノガ現ハレ其高サハ $\frac{3}{2}h$ ニ近ヅク。然シ h ハ H ニ比スレバ非常ニ小サク [283] ト (6) トハ殆ド同一ノ値ヲ與ヘルモノト考ヘテ差支ナイ。

180. 波形ヲ考入レタル遷波ノ傳播速度 深サ H ナル地平底ノ廣イ水面ガ靜止スルモノト假定シ、此水面ニ圓壔狀波動ガ進展スルモノトスル。卽チ母線ガ地平ヲ爲シテ波浪ノ水面ハ圓壔狀ヲ爲スノミナラズ、此母線ニ平行ナル地平面上ノ水分子ハ各瞬間毎ニ同一ノ運動ヲ爲スカラ、圓壔軸ニ直角ナル垂直面內ニ在ル水分子ノ運動ヲ研究スレバ足ル譯デアル。

此垂直面內ニ此面ト地平底トガ交ツテ作ツタ直線ヲ x 軸トシ、之ニ直角ナル垂線ヲ z 軸トシ、而シテ矩形運河ノ縦軸ハ x 軸ト重ナルモノトスル。

今運河ノ一點ニ一定量ノ水ヲ急ニ注加シタ爲ニ生ズル波ノ傳播スル方向ヲ橫軸ノ正トスレバ、水面ノ隆起 h ハ原水面ヨリ正又ハ負デ、原點カラノ距離 x ト經過シタ時間 t ニ從テ變化スル。但シ時間ハ兎ニ角、$x=\infty$ トナレバ h

ハ 0 トナル。勿論 H ニ比スレバ h ハ非常ニ小サイモノト假定スル。

今 x, z ニ在ル水分子ノ地平及垂直分速度ヲ夫々 u 及 w トシ、且ツ此點ニ於ケル壓力ヲ p、水ノ密度ヲ ρ、重力加速度ヲ g トスレバ水力學等式[240]カラ

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x} = -\dfrac{\partial u}{\partial t} \\[2ex] \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial z} = -g-\dfrac{\partial w}{\partial t} \end{cases}$$

連續等式 [241′] カラ

$$(2)\qquad \frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

横斷面ノ平均速度ヲ U トシ、單位ノ長サニ等シイ幅ノ波ヲ考ヘレバ其斷面積ハ H + h デ、單位時間内ニ此斷面ヲ通過スル水量ハ (H + h)U デアル。從テ dx 丈ケ離レテ居ル二ノ斷面ノ間ノ水量增加ハ $-\dfrac{\partial(H+h)U}{\partial x}dx$ デアル。又他ノ一面ニハ h ガ時間ト共ニ變化スル割合ハ $\dfrac{\partial h}{\partial t}$ デ、dx 丈ケ離レテ居ル二ノ斷面ノ間ニ單位ノ波幅ヲ取レバ水量ノ變化ハ $\dfrac{\partial h}{\partial t}dx$ ニ等シイ。從テ是等前後ノ兩者ヲ等シイモノトスレバ

$$(3)\qquad \frac{\partial h}{\partial t}dx = -\frac{\partial(H+h)U}{\partial x}dx$$

又ハ連續等式トシテ (2) ニ同一ナル

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial(H+h)U}{\partial x}=0 \qquad [288]$$

(1) ノ第二式カラ

$$(4)\qquad \frac{1}{\rho}\partial p = \partial z\left(-g-\frac{\partial w}{\partial t}\right)$$

之ヲ z ト H+h ノ間ニ積分スレバ勿論 H+h ニ於テ $p=0$ デ

$$(5)\qquad \frac{p}{\rho} = g(H+h-z)+\int_z^{H+h}\frac{\partial w}{\partial t}dz$$

(2) カラ $dw = -\dfrac{\partial w}{\partial x}dz$ デ、且ツ u ハ U ニ等シイモノト想像スルコトガ出來ル。U ハ z ニハ無關係デアルカラ

$$(6)\qquad w = -z\frac{\partial U}{\partial x}$$

又 H ニ對シテ h ガ小ナル場合ニハ、[288] 式中ノ h ヲ省略シ得ベク

$$(7)\qquad \frac{\partial h}{\partial t}+H\frac{\partial U}{\partial x}=0$$

(6) ト (7) ノ間ニ $\dfrac{\partial U}{\partial x}$ ヲ消去スレバ

$$(8)\qquad w=\frac{z}{H}\frac{\partial h}{\partial t}$$

$\dfrac{\partial h}{\partial t}$ ハ水面分子ノ縱ノ分速度デアルカラ、底カラ z ナル高サニ在ル水分子ノ縱ノ分速度ハ底カラノ高サ H ト z トノ比例ニ從フ。(8) ヲ t ニ就テ微分スレバ

$$(9)\qquad \frac{\partial w}{\partial t}=\frac{z}{H}\frac{\partial^2 h}{\partial t^2}$$

(5) ノ積分上限 H + h ノ代ニ H ヲ用ヒレバ

$$(10)\qquad \frac{p}{\rho}=g(H+h-z)+\frac{\partial^2 h}{\partial t^2}\frac{H^2-z^2}{2H}$$

(10) ヲ x ニ就テ微分スレバ

$$(11)\qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}=-\frac{\partial u}{\partial t}=g\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{\partial^3 h}{\partial x\partial t^2}\frac{H^2-z^2}{2H}$$

一垂直線上ニ沿ウテ $\dfrac{\partial u}{\partial t}$ ノ平均値ヲ得ル爲ニ (11) ノ兩節ニ $\dfrac{dz}{H+h}$ ヲ乘ジ、0 ト H + h ノ間ニ積分スレバ

$$(12)\qquad \left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_{mean}=-g\frac{\partial h}{\partial x}-\frac{H}{3}\frac{\partial^3 h}{\partial x\partial t^2}$$

然ルニ

$$(13)\qquad \frac{du}{dt}=\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+u\frac{\partial u}{\partial z}$$

u ノ代リニ平均値 U ヲ用ヒテ $\frac{du}{dt}$ ノ平均ノ値ヲ見出スコトガ出來ル。但シ U ハ z ニ無關係デアルカラ、最後ノ項ハ之ヲ消去スベキデアル。

$$(14)\qquad \left(\frac{du}{dt}\right)_{mean} = \frac{\partial U}{\partial t} + U\frac{\partial U}{\partial x}$$

(12) 及 (14) カラ

$$(15)\qquad \frac{\partial U}{\partial t} + U\frac{\partial U}{\partial x} + g\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{H}{3}\frac{d^3 h}{\partial x\,\partial t^2} = 0$$

[288] 式ハ亦次ノ如ク書表ハスコトガ出來ル。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + H\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial (hU)}{\partial x} = 0 \qquad [288']$$

波動ノ傳播速度ヲ ω トスレバ dt ノ間ニ波ハ x ノ方向ニ $\omega\,dt$ 丈ケ進行スベク、$dx = \omega\,dt$ ニ等シイ。又 $\frac{\partial U}{\partial t} = -\frac{\partial U}{\partial x}\frac{dx}{dt}$ 及 $\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial h}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t}$ デアルカラ、(15) 及 [288'] ヲ多少ノ改算ノ後

$$\omega = \sqrt{gH\left(1 + \frac{3}{2}\frac{h}{H} + \frac{H^2}{3h}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}\right)} \qquad [289]$$

又ハ高次ノ項ヲ省略シテ

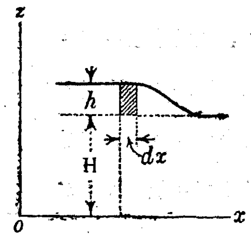
$$\omega = \sqrt{gH}\left(1 + \frac{3}{4}\frac{h}{H} + \frac{H^2}{6h}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}\right) \qquad [290]$$

即チ波ノ傳播速度 ω ハ上昇 h 及曲率 $\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$ ノ函數デ、波ノ垂直横斷面ハ夫々是等二者ノ値ニ應ジテ或ハ速ク或ハ遲ク進行スル。公式 [289] 及 [290] ハぶーしねすくガ始メテ發表シタモノデ若シ其曲率ニ關スル項ヲ省略スレバ [283] 又ハ [284] トナル。

181. 遷波ノ全えねるぎー　限ラレタ時間内ノ波動ニ就テハ波體ノ內摩擦ヲ閑却シ得ベキモノデ、之ヲ閑却スレバ波形ハ如何ナルモノニセヨ、又ハ傳播ノ間ニ如何ナル變形ヲ爲スニセヨ、遷波ノ全えねるぎーハ一定デアル。

Q ヲ急ニ注加シテ波動ヲ生ズル水ノ容積トスレバ、勿論此 Q ガ原水位ヨ

リ上ニ在ルカ又ハ下ニ在ルカニ從テ、正トナリ又ハ負トナル。或ハ原水位ヨリ高ク隆起シタ水面ヲ $+h$ トシ、之ヨリ低ク沈下シタ深サヲ $-h$ トスル。ζ ヲ水面ヨリ Q ノ重心ノ高サ、$H+\zeta$ ヲ縱距、ξ ヲ横距トスレバ、第百七十九圖ニ示スガ如ク、波ノ hdx ナル小部分ノ位置勢ハ其重量 $\rho g\,hdx$ ニ水面上重心ノ高サ $h/2$ ヲ乘ジタモノニ等シイ。從テ波ノ全位置勢ハ $\frac{1}{2}\rho g h^2 dx$ ヲ波ノ全面ニ就テ積分シタル和又ハ全重量 $\rho g Q$ ガ重心ニ集中シタモノト考ヘ、之ニ其重心ノ水面上ノ高サ ζ ヲ乘ジタ所ノ $\rho g Q\zeta$ ニ等シイ。



第百七十九圖
遷波ノえねるぎー

次ニ間隔 dx ノ二ノ垂直面ノ間ニ含マレテアル $(H+h)dx$ ナル部分ニ對シテ、地平速度ヲ凡テ U トスレバ、其動勢ハ $\frac{1}{2}\rho(H+h)\,dx \times U^2$ ニ等シイ。但シ此ニ縱ノ速度ノ自乘ヲ閑却シテアル。然ルニ [283] カラ $(H+h)^2U^2 = h^2\omega^2$ デ且ツ實驗ノ略値トシテ $\omega^2 = g(H+h)$ ヲ代用スレバ $(H+h)U^2 = gh^2$ トナル。從テ之ヲ前ノ動勢 $\frac{1}{2}\rho(H+h)\,U^2dx$ ニ代用スレバ $\frac{1}{2}\rho g h^2 dx$ トナリ、恰カモ位置勢ニ等シイ。故ニ又全部ノ總動勢ハ亦總位置勢ニ等シク $\rho g Q\zeta$ トナル。全えねるぎーハ從テ亦之ヲ $\rho g E$ トスレバ

$$\rho g E = 2\rho g Q\zeta \qquad [291]$$

又ハ

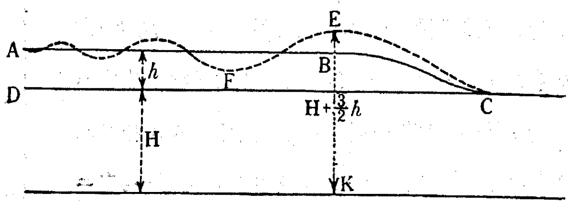
$$E = 2Q\zeta \qquad [291']$$

E ハ一定デ右側モ亦一定デアル。故ニ始ノ水面上ノ波ノ重心ノ高サ ζ モ亦一定デアル。

水ニ働ク外力ト云フノハ重力及底ノ反力ニ止リ、孰レモ垂直ノ方向ヲ持ツテ居ル。從テ働量ヲ地平ニ分解シタモノハ波ノ全質量ト其重心ノ速度 $\frac{d\xi}{dt}$

ノ積ニ等シク一定デアル。

波動ノ重心ガ一定ノ高サニアルコトハ波浪ヲ扁平化シ去ラシメナイコトデアツテ、波動ハ交互ニ正トナリ負トナツテ分解シテモ、其代數的和ハ常ニ不變デアル。正ノ部分ノ重心ト負ノ部分ノ重心トハ始メノ靜止水面ニ益々接近シ、共同重心ハ常ニ同一ノ高サノ直線ノ延長中ニ在リ、第百八十圖ニ示スモノガ之デアル。



第百八十圖　波先ノ昇降

前ニモ述ベタ通リ水ノ内摩擦ハ之ヲ無視シテアリ、えねるぎー E ト重心ノ高サ ζ ハ一定ナルコトハ其唯一ノ條件デアル。

182. 孤波　種々ナル形ノ波浪ガ傳播スル中ニ、其速度ガ波ノ凡テノ部分ニ同一ナルモノハすこっと　らっせるガ研究シタ孤波デアル。即チ遷波ノ傳播速度ヲ表ハス公式[290]ノ變數ヲ含ム二ノ項ノ和ガ不變デアルカラ、h_1 ヲ一ノ定數トスレバ

$$(1)\qquad \frac{3}{4}\frac{h}{H}+\frac{H^2}{6h}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}=\frac{h_1}{2H}$$

トスルコトガ出來ル。又ハ

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}=\frac{3h}{H^3}(2h_1-3h)$$

此兩節ニ $2\frac{\partial h}{\partial x}dx$ ヲ乘ジテ積分スレバ

$$(3)\qquad 2\int\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}\frac{\partial h}{\partial x}dx=\int\frac{3h}{H^3}\left(4h_1\frac{\partial h}{\partial x}dx-6h\frac{\partial h}{\partial x}dx\right)$$

又ハ

$$\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^2=\frac{3h^2}{H^3}(h_1-h)\qquad [292]$$

[292] ノ左側ハ常ニ正デアルカラ、h ハ常ニ h_1 ヨリ小デナケレバナラナイ。

h_1 ハ即チ原水位カラ測ツタ孤波ノ波頂ノ高サヲ表ハス。$\frac{\partial h}{\partial x}$ ハ $\pm$ ノ符號ヲ有シ、h ガ同一ノ値ナレバ $\frac{\partial h}{\partial x}$ ハ凡テ相等シイカラ、孤波ノ形ハ其最大ノ縱距 h_1 ニ對シテ對稱ヲ爲ス。

[289] ノ括弧内ノ最後ノ兩項ノ代リニ (1) ヲ代用スレバ

$$\omega=\sqrt{g(H+h_1)}\qquad [293]$$

此公式ハらっせるやばざんノ非常ニ精密ナル且ツ數多ノ實驗ニ能ク符合シタ。

x ナル距離ニ横斷面ヲ考ヘ、其波動量ハ $h\,dx$ デ、此斷面カラ更ニ前方ニ在ル總波動量ヲ q トスレバ勿論 $q=\int_x^\infty h\,dx$ 又ハ $dq=-h\,dx$ 又ハ $dx=-\frac{1}{h}dq$ デ之ヲ [292] ニ代用スレバ

$$(4)\qquad \left(\frac{\partial h}{\partial q}\right)^2=\frac{3}{H^3}(h_1-h)$$

又ハ

$$(5)\qquad \sqrt{\frac{3}{H^3}}\,dq=\frac{dh}{\sqrt{h_1-h}}$$

之ヲ積分シテ c ヲ一ノ定數トスレバ

$$(6)\qquad \sqrt{\frac{3}{H^3}}(q-c)=2\sqrt{h_1-h}$$

或ハ

$$h=h_1-\frac{3}{4H^3}(q-c)^2\qquad [294]$$

$x=\infty$ トナレバ $h=0$ 及 $q=0$ トナリ、從テ (6) カラ $c^2=\frac{4H^3h_1}{3}$ トナル。若シ又 $h=h_1$ トナレバ q ハ孤波ノ半分ノ波動量ニ等シイカラ、$q=\frac{Q}{2}$。從テ (6) カラ $c=\frac{Q}{2}$ トナル。c^2 ノ値ヲ比較スレバ

$$(7)\qquad \begin{cases} Q^2=\frac{16}{3}H_1h_1 \\ h_1=\frac{3Q^2}{16H^3} \end{cases}$$

[294] ノ h_1 ＝ (7) ヲ代用シ、且ツ $c = Q/2$ ヲ代入スレバ

$$h = \frac{3}{4H^3} q(Q-q) \qquad [295]$$

縦距 h ハ波ヲ二分シテ波動量 q 及全波動量 Q ト q トノ差 $Q-q$ ノ二トシ、h ハ是等ノ部分ノ積 $q(Q-q)$ ニ比例シテ居ルコトヲ示ス。

1755 年葡萄牙國りすぼん (Lisabon) ノ地震ハ同國ノ沿岸ニ津浪ヲ生ジ、數千ノ人命ヲ失ハシメタ。又 1854 年十二月二十三日伊豆下田ノ地震ハ津浪ヲ生ジテ、急ニ 6 米ノ水面沈下ヲ生ゼシメ、半日遲ク對岸ナル太平洋岸、さんふらんしすこ (San Francisco) 及さんぢぇご (San Diego) ニ達シテ、此間毎時 660 粁ノ傳播速度ヲ以テ進行シ、方ニ 12 時間 5 分ヲ要シタ。此津浪ハ二ノ大ナル波頂ガ 35 分ヲ隔テ、かりふぉるにやノ沿岸ニ殺到シ、許多ノ小波ハ之ニ續イテ進行シタ。故ニ兩波頂ノ間隔ハ凡 390 粁デ、さんふらんしすこニ於ケル波高ハ 0.5 米ニ過ギナカツタ。

1868年八月智利ノありか (Arica) ニ起ツタ地震ハにゅーぢーらんど (New-zealand) 及はわい諸島 (Hawaii Islands) ニ津浪ヲ感ゼシメ、前者ニ於テハ波高 3 米ニ及ンダ。又 1877 年五月九日智利いきっく (Iquique) ノ地震ハ津浪ヲ生ジテにゅーぢーらんど、はわい諸島、我國ノ函館、釜石等ニ傳播シタ。ほのるゝ (Honolulu) デハ波高 4.5 米ニ及ビ、にゅーぢーらんどデハ諸河川ニ進入シテ許多ノ橋梁ヲ破壞シ大ナル損害ヲ與ヘタ。

1883 年八月二十六日カラ二十七日ニ亘ツテじやわ及すまとら兩島間ノすんだ海峽 (Sunda Str.) 内ニ在ルくらかとあ (Kracatoa) 山ノ噴火ハ三回ノ大津浪ヲ生ジ、じやわデハ 36 乃至 40 米ノ波高ヲ見タガ軈ガテ亞弗利加及亞米利加ノ沿岸ヲ襲ヒ、南米あるごあ (Algoa) 灣デハ凡ソ 70 分間許ノ間ニ渉ツテ波高 1.5 米ニ達シタ。其傳播速度ハ毎秒 180 米デ波長 756 粁デアル。

1908 年十二月二十八日伊太利めっしな (Messina) ノ地震ニ伴ツテ起ツタ津浪ハしゝりー島 (Sicily) ヤからぶりや (Calabria) ヲ襲ツタノハ比較的新シイ事實デアル。

我邦ノ所謂津浪ハ元來津ノ浪卽チ港灣海岸ヲ襲フ巨浪ヲ指スモノデ、主トシテ海底地震ニ伴ツテ傳播シ來ル一種ノ孤波 (實際ニハ單獨ノ浪デナク、屢々相續イテ來ルガ) ヲ呼ブモノデアルガ、亦暴風ナドニ依ツテ起ル風浪ナドガ灣内ニ進入シテ積疊シ、所謂靜振ヲ引起シタ場合ニモ亦之ヲ津浪ト呼ンデ居ル。然シ前者ハ之ヲ津浪又ハ地震津波トシ、後者ハ之ヲ暴潮又ハ颶風津浪等ト呼ビ互ニ區別スルコトガ便利デアル。

183. 孤波ノえねるぎー 原水面ノ上ニ在ル孤波ノ形ヲ知レバ其重心ヲ見出スコトガ出來ル。此重心ノ高サヲ ζ トスレバ各横斷面ノ重心ノ高サ $h/2$ ト波動量 dq ノ積ノ總和ヲ求メ、之ヲ全波動量 Q デ除レバ ζ ヲ見出スコトガ出來ル。

$$(1) \qquad \zeta = \frac{1}{Q}\int_0^Q \frac{h}{2}dq$$

[295] カラ

$$(2) \qquad h = \frac{3}{4H^3} q(Q-q)$$

(2) ヲ (1) ニ代用スレバ

$$\left.\begin{aligned} \zeta &= \frac{1}{Q}\int_0^Q \frac{3}{8H^3} q(Q-q)\,dq \\ &= \frac{Q^2}{16H^3} = \frac{h_1}{3} \end{aligned}\right\} \qquad [296]$$

卽チ孤波ノ重心ハ其波高ノ 1/3 ニ等シイ。

孤波ノ全えねるぎーヲ單位容積ノ重量デ除ツタ E ハ [291′] カラ $E = 2Q\zeta$ デアルカラ

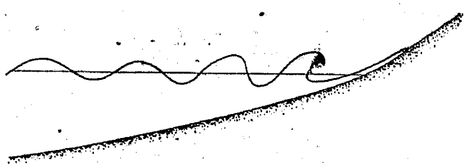
$$\left.\begin{aligned} E &= 2Q\frac{Q^2}{16H^3} = \left(\frac{Q}{2H}\right)^3 \\ &= \left(\sqrt{\frac{h_1 H}{3}}\right)^3 \end{aligned}\right\} \qquad [297]$$

[297] カラ

$$\left.\begin{aligned} Q &= 2H\sqrt{E} \\ h_1 &= \frac{3\sqrt[3]{E}}{4H} \\ \frac{Q}{h_1} &= \frac{8H^2}{3\sqrt[3]{E}} \end{aligned}\right\} \qquad [298]$$

以上ノ公式ハ波浪ガ緩イ勾配ヲ有シ、深サガ徐々ニ減少スル海面ヲ傳播スル場合ノ關係ヲ表ハシテ居ル。例ヘバ緩イ傾斜ノ砂濱ニ寄來ル波ノ現象ナドハ卽チ是デアル。**えねるぎー E ハ不變又ハ殆ド不變デアルカラ波動量 Q ハ水深 H ニ比例シ、波高 h_1 ハ H ニ反比スル、又 Q/h_1 ハ波長ノ樣ナモノデアルガ H ノ 2 乘ニ比例スル、波ガ高ク短クナレバナル程其立脚ノ底部ガ狹クナリ、益々安定ガ乏シクナリ、終ニ碎波トナル樣ニナル。**

又前ノ諸公式カラ波浪ノ進路ニ障碍物ガ横ツテ居ル時之ニ突當ツテ生ズル波浪激衝ノえねるぎーヲ近似的ニ計算スルコトガ出來ル。卽チ波浪ノ全えねるぎーガ激衝ニ消費セラレルモノトスレバ [297] カラ



第百八十一圖 海岸ニ寄スル波ノ形

$$\rho g E = \rho g\left(\sqrt{\frac{4h_1 H}{3}}\right)^3 \qquad [299]$$

例ヘバ深サ 2.00 米ノ海中ニ高サ 0.40 米ノ波浪ガ其進路ニ直角ノ方向ニアル垂直壁ニ激衝シタトスレバ地平ノ幅 1 米ニ對スルえねるぎーハ $\rho g=$ 1028 瓩/立米トシテ

$$1028\left(\sqrt{\frac{4\times 0.4\times 2.00}{3}}\right)^3 = 1130.8 \text{ 瓩米}$$

トナル。孤波ノ各部ハ皆同一ノ速度デ傳播スルカラ、波形ハ無限ニ變ラナイ。

然シ波ノ種々ナル點ノ傳播速度ガ同一デナク、[290] ノ ω ノ中ニ在ル波高及曲率ノ項ノ和ガ一定デナケレバ波ハ傳播スルマヽニ波形ガ變ハル。而シテ速度ノ大ナル部分ハ遲イ部分ニ追付キ、終ニ波形ハ孤波ノ形ニ似ル樣ニナリ、孤波ハ實ニ唯一ノ安定シタ波浪デアル。長サノ餘リ大ナラザル又波動量ノ限ラレテアル波浪ハ高サモ餘リ大ナラズ碎ケナイデ、始メ一定ノ時間ヲ經過スレバ終ニ定マツタ形ヲ現ハスニ至ル。若シ波ガ此狀態ニ達スレバ其傳播速度ハらっせるやばざんガ見出シタ公式 $\omega=\sqrt{g(H+h_1)}$ ニ依ツテ表ハシ得ルノデアル。

184. 非常ニ長キ波浪 波長ガ非常ニ大デ充分扁平ナル波浪ハ其曲率ヲ無視スルコトガ出來ルカラ、其傳播速度 ω ハ [290] ノ最後ノ曲率項ヲ省略シテ

$$(1) \qquad \omega=\sqrt{gH}\left(1+\frac{3}{4}\frac{h}{H}\right)$$

[283] ノ第一式カラ $U=\omega\dfrac{h}{H+h}$ デ

$$(2) \qquad U=\sqrt{gH}\left(1+\frac{3}{4}\frac{h}{H}\right)\frac{h}{H+h}$$

然ルニ

$$(3) \qquad \frac{1}{H+h}=\frac{1}{H}\left(1-\frac{h}{H}+\cdots\cdots\right)$$

$\dfrac{h}{H}$ ノ高次ノ項ヲ省略スレバ

$$(4) \qquad \left(1+\frac{3}{4}\frac{h}{H}\right)\left(1-\frac{h}{H}\right)\fallingdotseq\left(1-\frac{1}{4}\frac{h}{H}\right)$$

從テ (2) ハ

$$U=\sqrt{gH}\left(1-\frac{1}{4}\frac{h}{H}\right)\frac{h}{H} \qquad [300]$$

又 (2) カラ

(2′) $$(\mathrm{H}+h)\mathrm{U}=\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3}{4}\frac{h}{\mathrm{H}}\right)h$$

之ヲ x ニ就テ微分スレバ

(5) $$\frac{\partial(\mathrm{H}+h)\mathrm{U}}{\partial x}=\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3h}{2\mathrm{H}}\right)\frac{\partial h}{\partial x}$$

[288] ノ連續等式カラ

(6) $$\frac{\partial h}{\partial t}+\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3h}{2\mathrm{H}}\right)\frac{\partial h}{\partial x}=0$$

之ヲ積分スレバ

$$x=\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3h}{2\mathrm{H}}\right)t-f(h) \qquad [301]$$

185. 流水内ニ於ケル波浪ノ傳播 靜止シタ水中ニ於ケル波浪傳播ノ公式ハ亦規則正シイ流水内ニ於ケル波浪傳播ニ適用スルコトガ出來ル。今流水ハ其底ヲ地平又ハ殆ド地平トシ、流水ノ平均流速ハ U デアルトスル。傳播速度 $\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3}{4}\frac{h}{\mathrm{H}}\right)$ ヲ以テ波浪ガ水流ヲ降ルカ又ハ昇ルカニ從ヒ、眞ノ傳播速度 ω ハ兩者ノ和又ハ差ニ等シク

(1) $$\omega=\mathrm{U}\pm\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3h}{4\mathrm{H}}\right)$$

流水横斷面ノ水分子ガ凡テ U ナル流速ヲ有スルナラバ前ノ推論ハ正シイノデアルガ事實ハ之ニ反シテ流水各層又ハ精密ニ言ハヾ斷面内各點ノ流速ガ相異ナル爲メ、之ヲ考慮ニ入レテぶーしねすくハ $-\eta\sqrt{g\mathrm{H}}$ ナル更正項ヲ挿入シタ。但シ η ハ常ニ 1 ヨリ小ナルモノデアル。從テ

(2) $$\omega=\mathrm{U}\pm\sqrt{g\mathrm{H}}\left(1+\frac{3h}{4\mathrm{H}}-\eta\right)$$

波頂ガ一ノ斷面ヲ通過スル瞬間ニ平均流速ハ U + U′ トナリ、波高ハ h、水深ハ H + h トナル、U′ ハ平均流速ニ正又ハ負ノ增加ヲ表ハスモノデ關係流速ナドヽ呼ンデ居ル。又ハ [287] カラ

(3) $$\mathrm{U}'=h\sqrt{g/\mathrm{H}}=h\frac{\sqrt{g\mathrm{H}}}{\mathrm{H}}$$

又ハ

(3′) $$h=\pm\frac{\mathrm{U}'}{\sqrt{g\mathrm{H}}}\mathrm{H}$$

之ヲ (2) ニ代用スレバ

$$\omega=\mathrm{U}\pm\sqrt{g\mathrm{H}}(1-\eta)+\frac{3}{4}\mathrm{U}' \qquad [302]$$

水路ノ下流ニ樋門ヲ以テ之ヲ締切リ、水流ヲ止メレバ逆流ガ現ハレル。此場合ニ横斷面ノ流速ハ皆無トナルカラ U + U′ = 0 トナリ、現ハレル波動ハ流水ト反對ノ方向ニ走ツテ上流ニ進展シ

(4) $$-\omega=\sqrt{g\mathrm{H}}(1-\eta)-\frac{1}{4}\mathrm{U}'$$

此傳播速度ハ $\sqrt{g\mathrm{H}}-\frac{1}{4}\mathrm{U}'$ ヨリハ僅カニ少ナイ。ばざんハ η ヲ考慮ニ入レテ次ノ如ク表ハシタ。

$$-\omega=\sqrt{g\mathrm{H}}-\frac{2}{5}\mathrm{U}' \qquad [303]$$

又ハ

$$\omega=\mathrm{U}-\sqrt{g\mathrm{H}}+\frac{3}{5}\mathrm{U}' \qquad [303']$$

186. 海上ノ波浪 由來海洋ハ波浪ヲ生ズル好箇ノ大貯水池デ、或ハ風ノ爲ニ畝リトナリ、或ハ漣ヲ生ジ、或ハ地震其他ノ原因等ノ爲ニ津浪ヲ見ルコトアルハ人ノ知ル所デアル。從テ海洋ノ波浪ハ觀測セラレ、或ハ撮影セラレテ、其輪廓ノ研究セラレタモノガ古來少クナイケレドモ、必ズシモ精密ニ理論ニ符合シナイ。廣イ大洋ノ波ハ狹イ灣内ヨリモ大キク、深サノ大ナル海ノ波ハ淺イ海ヨリモ大イ。然ルニ廣ク且ツ深イ大洋ノ波ハ淺イ海岸ニ近ケバ深サノ減少ト共ニ波速ハ亦減少シ、波長ハ短ク波高ハ大トナリ、且ツ對稱ヲ失ツテ終ニ碎波トナル。

波高ヲ觀測スル場合ニ、船ノ傾斜ノ爲ニ屢々過大ニ波高ヲ見積ツテ居ルガ、10 米以上ノ波高ノ波浪ハ極メテ稀デアル。ぱりー (Pâris) ガ凡ソ 4000 個

ノ波ノ高サヲ觀測シテ得タ結果ハ次ノ如クデアツタ。

第百十八表 海洋ノ波高 (ばりーノ觀測ニ依ル)

海洋	平均波高 (米)	最大波高 (米)	波長ト波高ノ比
西太平洋	3.1	7.5	33.0
支那海及日本海	3.2	6.5	24.6
印度洋—西風區域	5.3	11.5	21.5
〃 貿易風區域	2.8	5.0	35.3
大西洋— 〃	1.9	6.0	35.2

がいやーど (Gaillard, D. D.) ガ公ニシタ所ニ依レバ各海洋ノ最大波高ハ稍々前表ヨリ大デアル。

第百十九表 海洋ノ波高、波長及週期 (がいやーどニ從フ)

海洋	波高 (米)	波長 (米)	週期 (秒)	波長ト波高ノ比	傳播速度 (米/秒)	觀測者
南太平洋	14.0	233	16.5	16.5	14.1	—
大西洋	13.1	170	11.7	13.0	14.5	—
〃	12.2	—	—	—	—	—
びっく灣	12.2	—	—	—	—	Stevenson
北大西洋	12.2	—	—	—	—	Cornish
南大西洋	12.0	214	11.7	17.8	18.3	Schott
〃	11.5	—	—	—	—	Pâris
〃	11.0	—	—	—	—	—
南太平洋	10.1–11.0	—	—	—	—	Zieten
印度洋	10.2	114	7.5	11.1	15.2	Pâris
〃	10.0	129	9.1	12.9	14,2	Schott

波速 ω、波長 λ 又ハ週期 T ノ孰レカ一ヲ實測シ得タトスレバとるこいど波トシテ他ノ量ヲ計算シテ得タモノト比較シテ見レバ可ナリ差ノアルモノモアル。是レ一方ニハ觀測誤差モアリ、又他ノ一方ニハとるこいど波ガ稍々實際ニ符合シナイ處ガアル爲ラシイ ([259]、[268]、[270]、[271] 參照)。

觀測	計算
波速 ω	$\sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$ 又ハ $\frac{gT}{2\pi}$
波長 λ	$\frac{2\pi\omega^2}{g}$ 又ハ $\frac{gT^2}{2\pi}$
週期 T	$\sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}}$ 又ハ $\frac{2\pi}{g}\omega$

次表ハばりーガ集メタモノデアル。

第百二十表 波速、波長及週期

海洋	波速 ω (每秒米) 觀測	波速 計算 $\sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$	波速 計算 $\frac{gT}{2\pi}$	波長 λ (米) 觀測	波長 計算 $\frac{2\pi\omega^2}{g}$	波長 計算 $\frac{gT^2}{2\pi}$	週期 (秒) 觀測	週期 計算 $\sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}}$	週期 計算 $\frac{2\pi}{g}\omega$
西太平洋	12.4	13.6	14.7	102	85	121	8.2	7.5	6.9
支那東海	11.4	11.9	12.4	79	72	86	6.9	6.6	6.3
印度洋 (西風區域)	15.0	15.2	13.7	114	125	104	7.6	8.0	8.3
印度洋 (貿易風區域)	17.6	19.1	13.7	90	88	104	7.6	7.3	6.9
大西洋 (〃)	11.2	10.8	10.5	65	70	61	5.8	6.0	6.2
南大西洋 (西風區域)	14.0	15.5	17.1	133	109	163	9.5	8.6	7.8

たんなー (Tanner, Z. L.) ガ亞米利加ノ海岸カラ程遠カラヌ太平洋デ少クモ 15 米ノ波高ヲ有スル波ヲ寫眞ニ納メタト云ツテ居ル。

是等ノ事實カラ見レバ大洋ノ唯眞ン中デハ極稀ニ 15 米ナドヽ云フ波高ヲ見ルガ、其波長モ 300 米乃至 500 米ヲ出デナイ。然シ日本海トカ支那海トカ云フ枝海トナレバ恐クハ 6 米 7 米ト云フ波高ガ最大ノモノナルベク、然カモ低氣壓ノ氣壓ヤ風ノ强サ及方向ナドヽ關係ガ多ク、一概ニ之ヲ想定スル

コトハ困難デアル。但シ灣内ナドニ於テ積疊スル波ハ所謂津浪トナリ屡々偉大ナル波高ニ達スルコトアルハ颱風ヤ海底地震ナドノ際ニ見ラレル所デアル。

波浪ノ觀測ハ其波高、波長、波速及週期ノ四者デアルガ、普通ノ人ニ最モ能ク知ラレテアルノハ波高デ、稀ニハ海洋ノ中デ波長ナドヲ目測スルコトモアル。普通ノ寫眞測量法ヤ實體寫眞ナドデ撮影スレバ精確ナル波ノ大サヲ知ルコトガ出來ルガ、勿論船中デ波ノアル場合ニ行ハナケレバナラナイ。

海岸ニ於テハ波形モ歪ンデ居ルガ防波堤其他ノ海中工作物ニ必要ナル波高又ハ波壓ナドハ此歪ンダ波形デアル。檢潮器又ハ自記檢潮器ニ依ツテ海水々位ヲ知ルトキハ波高又ハ波形ヲ知ルコトガ出來ル。

187. 風浪 風ガ續イテ水面ヲ吹ケバ小サナ盥ヤ桶ノ中ノ水デモ漣波ヲ生ズル。然シ水面ガ廣クナツテ港灣トナリ海洋トナレバ、其風ノ方向ヤ强サニ依ツテ相當ニ大キナ波浪トナル、風浪ガ卽チ是デアル。風ガ靜止シタ水面ヲ吹ケバ摩擦ニ依ツテ水ノ表面張力ガ破ラレテ、波長ノ短カイ漣波ガ現ハレテ來ル。風ガ强ク且ツ長ク續ケバ水面ノ廣ク水深ノ大ナルコトヽ相俟ツテ終ニ表波トナル。然シ風ナルモノモ決シテ一樣ニ吹クモノデナク、一弛一張所謂脈動ヲナスコトハ人ノ能ク知ル所デ（氣象第四章 47 參照）、之ニ加フルニ必ズシモ水面ニ平行トハ限ラナイ。風ガ表波ヲ生ズル機構ニ至ツテハ今日尙未ダ明カデナイケレドモ、極メテ一般的ニ此種ノ表波ノ傳播速度ヲ擧グレバ次ノ如クデアル。ω ヲ波速、λ ヲ波長、T ヲ毛管定數、ρ ヲ密度、H ヲ深サトスレバ

$$\omega=\sqrt{\left(\frac{g\lambda}{2\pi}+\frac{\mathrm{T}}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda}\right)\tanh\frac{2\pi \mathrm{H}}{\lambda}} \qquad [304]$$

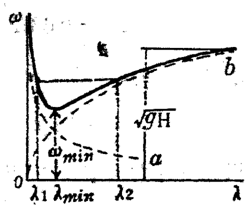
上式ノ中デ括弧ノ中ノ初ノ項ハ長波トシテ既ニ述ベタモノデ、後ノ項ハ卽チ

漣波ニ關スルモノデアル。換言スレバ $\lambda>2\pi\sqrt{\frac{\mathrm{T}}{\rho g}}$ ナレバ長波トナリ、λ ガ大キイ程 ω ハ大トナル。今 T = 72.75だいん/糎、$\rho=1$ 瓦/立糎 $g=$ 980 糎/(秒)^2 トスレバ $\lambda>1.73$ 糎トナル。卽チ波長 1.73 糎ヨリ小サイモノハ漣波トナリ、之ヨリ大キイモノハ長波トナル譯デアル。1.73 糎ノ波長ニ對シテ波速ハ每秒 23.2 糎トナル。是ヨリ小ナル波長ノ場合ニハ表面張力又ハ毛管作用ガ勝ツテ毛管波又ハ漣波トナリ、重力ノ力ガ潜ムノデアル。而シテ之ヨリ波長ノ大ナルモノハ重力ノ影響ガ多イカラ重力波ト呼バレル。石ヲ水中ニ投ゲレバ長波ハ短波ヨリ速ク進展シテ波源ニハ短波長ノモノガ現ハレ、中心カラ遠カル程長波長ノモノガ進展スルコトガ見ラレル。

水深 H ガ大トナレバ $\tanh\frac{2\pi \mathrm{H}}{\lambda}$ ガ 1 ニ近ヅキ、括弧内ノ毛管項ハ消滅シ、ω ハ $\sqrt{\lambda}$ ニ比例シ、深サニ無關係トナル、水深ガ波長ノ大サト餘リ違ハナクナレバ、水深ハ傳播速度ニ影響シ、$\frac{2\pi \mathrm{H}}{\lambda}$ ガ小サケレバ $\omega=\sqrt{g\mathrm{H}}$ トナル。是レ前ニ述ベタ長波ノ波速デアル。

波速 ω ト波長 λ ノ關係ハ第百八十二圖ニ示ス如ク、臨界波速 $\omega_{min}=23.2$ 糎/秒ハ $\lambda_{min}=1.73$ 糎ニ應ジテアル。

$$\omega_{min}=\sqrt{2}\sqrt[4]{\frac{\mathrm{T}g}{\rho}} \qquad [305]$$



a 毛管波 b 重力波

第百八十二圖
毛管波及重力波

觀測ノ結果ニ依レバ風ノ吹キ續ク時間ト其强度トハ開放セラレタ海洋ニ於テ波高、波長、波速及週期ヲ增加スルモノヽ樣デアル。其中波高ノ增大ハ最モ速デ波長ハ始メ徐々ニ增シ、後速ニ增加スル。印度洋ノ貿易風區域ニ於ケル波高ハ比較的大デナイガ、ぱりーノ報告ニ依レバ 15 米ノ風速ヲ有スル風ガ殆ド 4 日吹イテ波長ハ 2 倍トナリ、波高ハ僅カニ 1/6 ノ增加ヲ見タ

ニ過ギナカツタ。波速ニハ頗ル異同ガアリ、殆ド風ノ永續時間及强度ト共ニ徐々ニ增加シテ或一定ノ速度ニ達スル。

同一方向ニ同一强度ヲ以テ吹ク風ハ一定時間ノ後最早波浪ノ大サヲ增加スルコトナク、以後波ハ同一狀態デ繼續スル。海員ハ之ヲ熟波ナドヽ呼ンデ居ル。

熟波ノ波高ト風速トノ關係ガ知ラルレバ風ノ觀測カラ波高ヲ想定スルコトガ出來ル。然シ氣象ニ知ラレル如ク、同一方向ニ同一速度ノ風ガ吹クコトハ極メテ稀デ、言ハヾ熟波ニ達シナイコトガ多イ。從テ風速ト波高トノ關係ハ殆ド特定ノ場所ニハ適用出來ルガ、何時デモ何處ニデモ應用シテ適中スルトハ限ラナイ。

こるにっし (Cornish, V.) ハ h ヲ波高 (米)、w ヲ風速 (每秒米) トシテ次ノ如キ實驗公式ヲ公ニシタ。

$$h = 0.3\,w \qquad [306]$$

くーゔぁん で ぼあ (Coupvent des Bois) ハ次ノ公式ヲ用ヒタ。

$$h = 0.68\,w^{\frac{2}{3}} \qquad [307]$$

更ニくりゅんめる (Krümmel) ハ簡單ナル次ノ公式ヲ用ヒタ。

$$h = 0.5\,w \qquad [308]$$

又こーるぢんぐ (Colding) ハ丁抹ノ海岸ニ於ケル觀測カラ d ヲ海岸カラ風ノ方向ニ於ケル對岸距離 (米)、H ヲ水深トシテ次ノ公式ヲ案出シタ。

$$h = 0.000\,000479\,\frac{d}{\mathrm{H}}\,w^2 \qquad [309]$$

すてべんそん (Stevenson, Th.) ハ次ノ公式ヲ公ニシタ。

$$h = 0.0106\sqrt{d} \qquad [310]$$

然シ對岸距離ガ小デ狂暴ナル風又ハ颷ナドノ場合ニハ

$$h = 0.762 + 0.0106\sqrt{d} - 0.0465\sqrt[4]{d} \qquad [311]$$

又若シ f ヲ海里 (1 海里ハ 1852.3粁) デ表ハセバ [310] 及 [311] ハ夫々

$$h = 0.457\sqrt{f} \qquad 强風深海 \qquad [310']$$

$$h = 0.762 + 0.457\sqrt{f} - 0.304\sqrt[4]{f} \qquad [311']$$

以上諸公式ハ風ノ强サニ就テ何モ制限ヲ置イテナイ。がいやーどハ 0.7 粁乃至 3.6 粁ノ對岸距離デ 8 個ノ觀測ヲシタガ [310]及[310'] ノ示ス h ノ 0.56 倍乃至 1.33 倍ノ波高ヲ得、又 29 粁乃至 479 粁ノ對岸距離ヲ以テ [311]又ハ [311'] ノ與フル h ノ 0.93 乃至 1.21 倍ノ波高ヲ觀測シテ居ル。故ニ大體カラ是等ノ公式ハ可ナリ信憑スベキモノデアルラシイ。

べるげん (Börgen, C.) ハ風ノ繼續時間 t (時) ヲ考慮ニ入レ、w ヲ風速 (米/秒)、h_m ヲ d 及 f ヲ無限トシ w ナル風ヲ生ズベキ波高、a = 常數トシテ次ノ公式ヲ出シタ。

$$h = \frac{h_m}{\left(1 + a\,\frac{1.94}{d}\,w\right)\left(1 + \frac{a}{t}\right)} \qquad [312]$$

$a = 10$、$h_m \fallingdotseq \frac{w}{3}$ トスレバ尤モ能ク實地ニ符合スル。又 λ ヲ波長 (米)、λ_m ヲ $d = \infty$、$t = \infty$ トシタ場合ノ波長、β ヲ或定數、$\beta = 13.31$、$\lambda_m = 12.24\,w$ トシテ最モ能ク實地ニ適合スルト言ハレテアル。

$$\lambda = \frac{\lambda_m}{\left(1 + \beta\,\frac{1.94}{d}\,w\right)\left(1 + \frac{\beta}{t}\right)} \qquad [313]$$

肥沼寬一君ハ $\theta = h/d$, k' ヲ或定數トシテ次ノ公式ヲ見出シタ。

$$\theta = 0.0000658\;k'\,w^2/H \qquad [314]$$

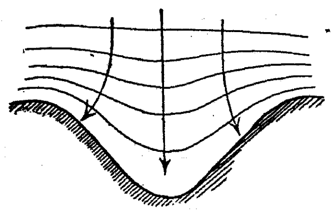
k' ノ値ニ就イテハ稍々明瞭ヲ缺クガ、若シ $k' = 0.007$ トスレバ此公式ハ [309] ト同一ノモノトナル。

此ニ注意スベキコトハ風速ト波高ノ關係ヲ明カニスベキ完全且ツ實用的ノ公式ガ未ダ見出サレナイコトハ遺憾デアル。又天氣圖ヲ手ニシテ見テモ、船

風ノ如キ大低氣壓デモ、其影響ノ範圍ハ精々 1000 粁内外デ、只僅然對岸距離ダカラトテ、日本カラ南米マデノ距離ヲ用フベキデナイ。更ニ第三ニハ我國ハ南東ハ廣漠タル太平洋ニ面シテ居ル許リデナク颱風ノ猛威ニ脅カサレテ居ルコトハ北米南部ノ西印度諸島カラがるべすとん附近ノ海岸ニ髣髴タルモノガアリ、風ガ强イト共ニ波浪モ亦猛烈ナルモノガアル。從テ我邦ノ沿岸デハ最大强風ニ曝サレル危險性ヲ帶ビタ太平洋岸ノ外洋ニ面シタ部分、支那海、日本海等ノ枝海ニ臨メル處、瀨戸內海其他ノ水道等ニ近キ部分及入込ンダ入江ヤ曲浦ナドノ波浪トシテ夫々區別考慮スベキ必要ガアル。太平洋岸ニ適用スベキ波高等ヲ狹イ曲浦ナドニ應用スルハ大ニ比倫ヲ失ツテ居ル。

潮汐干滿殊ニ其高潮ニ近ク颱風ナドガ近ケバ其風ニ依ル吹上ゲ、低氣壓ニ依ル吸上ゲ並ニ波ノ激衝ナドト共ニ海岸ニ近イ所ハ暴潮ノ災害ヲ被ムルコトガ多イ。且ツ我國ノ八九月頃ハ南方海面ハ一般ニ平均水位ガ高イノニ、之ガ大潮トナリ、更ニ低氣壓ナドノ襲來ニ逢ヘバ海面ハ異常ニ高マリ、終ニ海岸堤防ヲ乘越エルコトナドガアル。

188. 海岸ノ形ト波高　深イ海洋ノ中デハ波浪ハ圓壔狀ヲ爲シテ風ノ方向ニ進展スル。然ルニ波浪ガ海岸ニ近ヅケバ深サノ減少ニ依ツテ波速ガ減少スル。從テ沖デハ平行シテ進來ツタ波先ハ深サノ減少ト共ニ波速ヲ減ジタ爲メ第百八十三圖ノ如ク海岸ニ近ヅクト共ニ、海底ノ同深線ニ追從スル樣ナ形トナリ、更ニ波ノ反射ヲ惹起シテ漏斗狀ノ海灣ノ奧ニハ非常ナ波高ヲ見ルヲ常トスル。



第百八十三圖　漏斗形港灣

松澤武雄君ハ V 形灣ハ先窄マリノ梯形灣ノ尖端中央ニ原點ヲ置キ、x 軸ヲ灣ノ中央ニ縦走セシメテ且ツ x ニ於ケル灣ノ幅ヲ $B=b+ax$、深サヲ

$H=hx$ トシ、普通ノ波動ノ公式 $\dfrac{\partial u}{\partial t}=-g\dfrac{\partial \eta}{\partial x}$ カラ $\eta=\eta(x)\sin nt$ トシテ

$$(1)\qquad \frac{\partial^2\eta}{\partial x^2}+\left(\frac{1}{x}+\frac{a}{b+ax}\right)\frac{\partial\eta}{\partial x}+\frac{n^2}{ghx}\eta=0$$

ヲ得、x ガ小サク $\dfrac{1}{x}\geq\dfrac{a}{b+ax}$ ノ場合ニハ解法トシテ

$$\eta(x)\doteqdot A\,J_0\left(\frac{2n}{\sqrt{gh}}\sqrt{x}\right)\qquad [315]$$

ヲ得タ。此ニ A ハ或定數, J_0 ハべっせる函數 0 度ヲ表ハシ、之ヲ U 形灣ノ場合ト考ヘルコトガ出來ル。x ガ大キク $l\leqq ax$ ノトキハ

$$\eta(x)\doteqdot\frac{1}{\sqrt{x}}\left\{B_1J_1\left(\frac{2n}{\sqrt{gh}}\sqrt{x}\right)+B_2Y_1\left(\frac{2n}{\sqrt{gh}}\sqrt{x}\right)\right\}\qquad [316]$$

此ニ B_1, B_2 ハ或定數、Y_1 ハのいまんノ圓壔函數（1度）ヲ表ハシ、中間ノ處ハ機械的ニ積分ヲスルモノトスル。三陸ノ姉吉ニ於テ $h=0.0406$, $b=140$ 米、$a=0.398$, $gh=0.399$、$n=0.022$ デ、灣頭ニテハ振幅 X_0 及波速 $|u|$ ハ

$$(2)\qquad \begin{cases} X_0=J_0\left(\dfrac{2n}{\sqrt{gh}}\sqrt{x}\right) \\ |u|=\sqrt{g}\,\dfrac{J_1\left(\dfrac{2n}{\sqrt{gh}}\sqrt{x}\right)}{\sqrt{hx}} \end{cases}$$

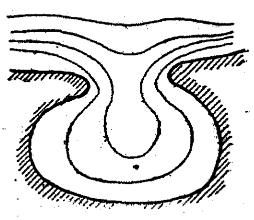
灣口ニ於テ $n=0.028$ トシテ振幅 X' 及波速 $|u|$ ハ

$$(3)\qquad \begin{cases} X'=-\dfrac{n^2}{ghx(b+ax)}\displaystyle\int_0^x(b+ax)X\,dx \\ |u|=\left|g\dfrac{X'}{n}\right| \end{cases}$$

$x=0$ デ $-X'=0.001966$, $X=1$, $x=1200$ 米デ $-X'=0.000304$, $X=-0.0068$ トナル（日本天文學及地球物理學輯報、昭和九年第十一卷第二號ニ據ル）。

之ニ反シテ第百八十四圖ノ如ク波ガ狹イ港口又ハ灣口ナドカラ侵入スルト

キハ灣內ニ於テ波高ヲ減ズ。すてべんそんノ實驗公式ヲ示セバ、b ヲ灣口ノ幅（米）、B ヲ灣內ノ觀測點ニ於ケル波ノ方向ニ直角ニ測ツタ幅（米）、y ヲ灣口ト觀測點間ノ垂直距離（米）、h ヲ灣口ニ於ケル波高（米）トスレバ觀測點ノ波高 x（米）ハ次ノ如クデアル。



第百八十四圖
袋形港灣

$$x=h\left\{\sqrt{\frac{b}{\mathrm{B}}}-0.0269\left(1+\sqrt{\frac{b}{\mathrm{B}}}\right)\sqrt[4]{y}\right\} \qquad [317]$$

或ハ x ト h ノ比ヲ r トスレバ

$$r=\sqrt{\frac{b}{\mathrm{B}}}-0.0269\left(1+\sqrt{\frac{b}{\mathrm{B}}}\right)\sqrt[4]{y} \qquad [317']$$

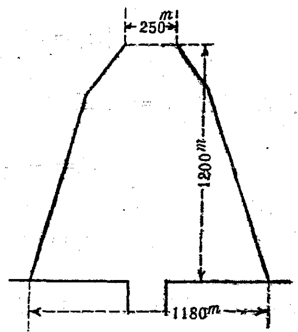
多クノ場合ニ近似的ニ

$$x=h\sqrt{\frac{b}{\mathrm{B}}} \qquad [218]$$

例ヘバあいむいでん港（Ymuiden）ニ於テ兩防波堤ニ依ツテ擁セラレテアル港口ノ幅250米、陸岸ノ距離 1200 米デアル。若シ港口ノ波高 4 米トスレバ陸岸ニ近ク

$$x=4\left\{\sqrt{\frac{250}{1180}}-0.0267\left(1+\sqrt{\frac{250}{1180}}\right)\sqrt[4]{1200}\right\}$$
$$=4\{0.46-0.23\}=0.92\ 米$$

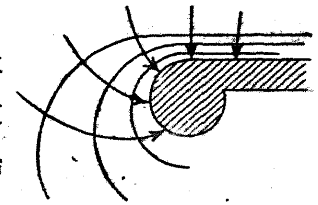
波浪ハ若シ又之ヲ遮ル海岸若クハ防波堤ナドニ空缺ガアレバ其內部ニ侵入シテ廻浪トナル。島嶼ナドヲ双方カラ傳播スル廻浪ノ爲ニ島影デハ反對ノ方向カラ波ガ現ハレテ波ノ積疊ヲ見ルコトガ稀デナイ。第百八十六圖及第百八十七圖ハ是等ノ一ヲ示シタモノデアル。廻浪ニ關シテハ松尾春雄君ノ實驗ガアルガ [Bulletin of the Earthquake Research Institute, Suppl. Vol. I (March. 1934)]、



第百八十五圖
あいむいでん港

尙將來ノ研究ニ待ツベキモノガアル。

若シ又波浪ガ斜ノ方向カラ來ルトキハ直立壁又ハ非常ニ傾斜シタ面ニ打突カリ、此ニ反射ノ現象ヲ生ズル。又直立壁ニ直角ニ又ハ殆ド直角ニ打突ツタ波浪ハ其反射ノ爲ニ一般ニ混亂ヲ生ジ、碎波ヲ伴フ。斯クノ如ク直立壁等ニ波浪ガ突當レバ一部ハ所謂波壓ヲ及ボシ、他ノ一部ハ垂直ニ上昇シテ所謂狂瀾怒濤ナドヽ云ツテ形容セラレルモノトナリ、數十米ノ高サニ達スルコトガアル。又他ノ一部ハ下方ニ沈降シテ底ヲ洗ヒ、壁根ヲ碎キ直立壁ナドノ存立ヲ危クスルコトモアル。

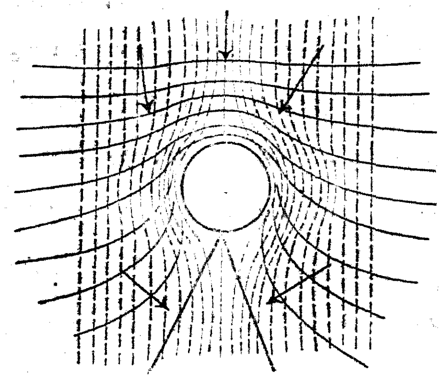


第百八十六圖
突堤端ノ波浪

波ガ直立壁ニ突當ツテ激衝ヲ生ズル仕事ハ其えねるぎーニ依ルモノデアル。

189. 碎波　海洋ノ中デ一般ニ波頂ハげるすとなーノ理論ガ示ス程尖ツテ居ラヌ。然シ波頂ノ尖ガ或程度ヲ越セバ波ハ碎ケテ泡沫ヲ飛バス。泡沫ハ卽チ水ト空氣ノ混ツタモノデ、海面ノ輪廓ガ變レバ水ト空氣トノ境界ガ其壓力ヲ異ニシ殊ニ波頂ニ進ム程水壓ハ氣壓ヨリ高ク、其差ガ水ノ表面張力ヲ越ユレバ終ニ水ハ波面カラ逸出シテ空氣ニ混ジ所謂飛沫トナルノデアル。

風ガ浪ノ方向ニ吹イテ居ル場合ニ、兩者ノ速度ガ相等シケレバ波形ハ對稱ヲ失ハナイガ、若シ風速ガ波速ヨリ大ナレバ波胸卽チ波ノ前部ハ波脊ヨリ短クナリ、終ニ碎波ヲ見ルニ至ル。



第百八十七圖　島嶼ノ廻浪

獨リ風許デナク、海流モ亦波ト反對ノ方向ニ流ルレバ波形ハ不鈞合ヲ生ジ、地平振幅ヲ短縮シテ垂直振幅ヲ増シ、波ヲシテ短ク而カモ高カラシメル。

波浪ハ陸岸ニ近ケバ其形ニ大ナル變化ヲ來シ、波動ハ不齊狂暴トナリ、終ニ亦碎波ヲ生ズル。蓋シ岸ニ近ヅケバ水深ガ漸次小トナツテ、海底ノ摩擦ハ著シク波谷ノ進行ヲ妨ゲ、之ニ反シテ波頂ハ波谷ヨリモ速ニ前進スルカラ、波動ハ其鈞合ヲ失ツテ所謂寄波又ハ碎波トナル。海岸ノ狀態ガ工合ヨケレバ波動ハ對稱ヲ失ヒ乍ラモ規則正シク寄セテハ返スノデアルガ、然シ若シ海岸ガ急傾斜ヲ爲シテ居ルカ又ハ直立シテ水深ガ大ナレバ、茲ニ靜振又ハ定常波ノ現象ヲ生ジ、反射シタ波ハ寄セ來ル波ト相交ツテ積疊干涉シ、直壁ノ面ハ卽チ振動ノ腹ニ當リ大ナル水位ノ昇降ヲ爲スニ至ルベク、水面ハ殆ド上下ノ縱振動ヲ爲スノデアル。斯カル場合ニハ碎波ハナイコトモアルガ、直壁ニ突當ツタ波ハ破レテ飛沫ヲ見ルコトモ少クナイ。又最高水位又ハ最低水位ニ達シタ時ハ可ナリノ流レガ起ル。彼ノ燈臺ナドハ 30 米乃至 40 米ノ高サデ波ノ爲ニ損害ヲ受ケタ例モアリ、又防波堤ニ突當ツタ碎波ガ數十米ニ達シタ樣ナコトハ珍シクナイノヲ見テモ、海中工事ノ施工ニハ波ニ就テ如何ニ大ナル注意ヲ拂ハナケレバナラヌカヾ知ラレル。

寄波ト同時ニ水中ニハ退流ガ起ル。潛退流卽是デアル。北歐、東海ノ邊デハ之ヲそーぐ (Sog) ナドヽ呼ンデ居ルガ、大波ガ岸ニ推寄セタ時ハ沖ニ向テ足ヲ浚ハレルノハ海水浴ヲシタ人ノ知ル所デアル。

寄波ハ非對稱ノ形ノモノデアルガ、之ヲ孤波ト考ヘ得ベク、其傳播速度 ω ハすこっと　らっせるノ公式ニ從ヒ $\omega=\sqrt{g(\mathrm{H}+h)}$ ヲ用ヒルコトガ出來ル。茲ニ H ハ靜止ノ際ノ原水深、h ハ波頂ガ原水位上ニ昇ツタ高サヲ表ハス。

海底ガ徐々ニ陸岸ニ向テ傾斜シテ居ル處ニ波ガ推寄セルトキハ、波頂ノ進行スル方向ガ變リ、又波ノ斷面モ同時ニ變化スル。而シテ波頂ノ方向ハ海岸線ニ直角ナル方向ニ近カントシ、波ノ週期ハ $\mathrm{T}=\frac{\lambda}{\omega}$ ナル關係ヲ失ハズシテ波長ハ速度ト共ニ減少シ、岸ニ近ヅク程波長ガ短クナリ、週期ハ而カモ著シキ變化ヲ受ケナイ。又波ノ方向ガ前ノ如ク變ル爲ニ島嶼ヲ周ヅツテ背後ノ風下ニハ兩方カラ波ガ推寄セテ來ルト云フ樣ナ奇觀モ少クナイ。

開放セラレタ扁イ海岸デ生ズル碎波ノ最モ大ナルハ亞弗利加沿岸ノかるま (Kalema) ト呼バルヽ波デアル。殊ニ六月カラ九月ノ間ニ最モ强ク其週期ハ 6 秒乃至 24 秒平均 15 秒デアル。此波ハ大洋中デハ波長凡ソ 350 米、傳播速度凡ソ每秒 23.5 米デ、從テ週期ハ凡ソ 15 秒デアル。大西洋內貿易風ノ區域カラ來テぎねあノ海岸附近ニ達スル。

190. 波壓　とろこいど波ノ水分子ガ圓ヲ描クトキ其全えねるぎーハ幅 1 米ノ波ニ就テ [280′] カラ

(1)　$$\rho g \mathrm{E}=\rho\pi\frac{h^2}{4}\omega^2$$

此ニ ρ ハ密度、h ハ波高、ω ハ傳播速度ヲ表ハス。今波ガ水面外ノ直立壁ニ當ツタ場合ニ全週期 T ノ間ニ又ハ $\frac{\lambda}{\omega}$ ノ時間內ニ全えねるぎーヲ消費シ去ルモノト考ヘルコトガ出來ル。卽チ $\frac{\lambda}{\omega}$ 秒ノ間 p ヲ幅 1 米ノ上ノ平均波壓トスレバ

(2)　$$\rho g \mathrm{E}=p\,\omega\,\frac{\lambda}{\omega}$$

又ハ

(3)　$$p=\rho\frac{\pi h^2}{4}\frac{\omega^2}{\lambda}$$

p ハ $\lambda=\pi h$ ノ時最大値ヲ有スルカラ

(4)　$$p=\frac{\rho}{4}h\omega^2$$

波壓ハ 0 カラ最大値ノ間ニ變化スルカラ P ヲ最大波壓トスレバ

$$\mathrm{P}=2p=\frac{\rho}{2}h\omega^2 \qquad [319]$$

最大波壓ノ個所ハ靜止水面ノ高サデアル。以上ノ波壓ハ壁幅 1 米、深サ h 方米ノ上ノカデ、之ガ單位面積ノ上ノ平均波壓ヲ P_1 トスレバ

$$P_1 = \rho\frac{\omega^2}{2} \qquad [320]$$

勿論 P_1 モ亦 0 ト最大値ノ間ニ在ルカラ、其最大値ハ

$$P_{max} = 2P_1 = \rho\,\omega^2 \qquad [321]$$

海水デハ $\rho g = 1.026$ 噸/立米デ

$$P_{max} = 0.105\ \omega^2 \text{ 噸/方米} \qquad [322]$$

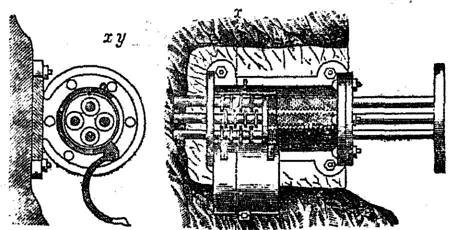
淡水デハ

$$P_{max} = 0.102\ \omega^2 \text{ 噸/方米} \qquad [323]$$

以上ノ諸式カラ見レバ波速毎秒 10 米位ノモノデハ P_{max} ハ凡ソ 10 噸/方米位ノモノデアル。波速ヲ正シク觀測スルコトハ稍々困難デアルガ若シ波長 λ 又ハ週期 T ヲ知レバ [270] 及 [271] カラ $\omega = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$ 及 $\omega = \frac{gT}{2\pi}$ カラ最大波壓ヲ知ルコトガ出來ル。

$$\left.\begin{array}{ll}\text{海水ノ場合} & P_{max} = 0.164\,\lambda = 0.256\,T^2 \\ \text{淡水 〃} & P_{max} = 0.159\,\lambda = 0.248\,T^2\end{array}\right\} \qquad [324]$$

波力計ハ實際ニ海岸ノ岩角懸崖ナドノ中ニ裝置シテ之ニ突當ル波壓ヲ測ルニ用ヒラレルモノデアル。第百八十八圖ハすてべんそんノ波力計デ金屬圓板ガ强力ノ彈條ニ支ヘラレ、此彈條ハ圓筒ノ中ニ在ツテ他ノ圓板ヲ推付ケ、此圓板ハ波力ノ弛ムト共ニ復舊スルガ、小サナ若干ノ革片ガ殘ツテ圓板ノ推付ケラレタ深サヲ知ラシメ、岩石ニ穴ヲ開ケテ中ニ此波力計ヲ取付ケ、後ニ毎平方米何噸ノ波力ガ在

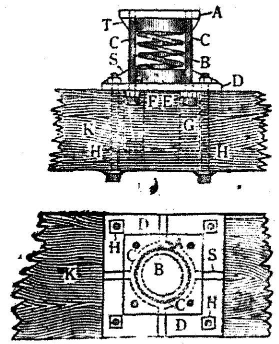


第百八十八圖 すてべんそんノ波力計

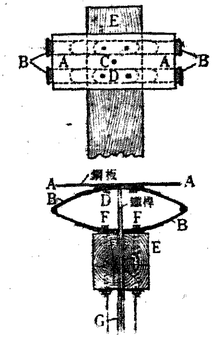
ツタカヲ知ルコトヲ得セシムルモノデアル。

第百八十九圖ハがいやーどノ創意ニ成ル波力計デ、亦彈條ノ力ニ逆テ働ク波ノ推力ハ孔ノ中ニ滿シタばらふぃんGヲ穿ツテ其深サハ卽チ波力ノ尺度トナル。

第百九十圖モ亦同樣ニ鋼版ヲ冠シタ彈條ヲ利用シ、同ジクばらふぃんノ孔中ニ突込ンダ深サニ依ツテ波力ヲ知ルコトガ出來ル。



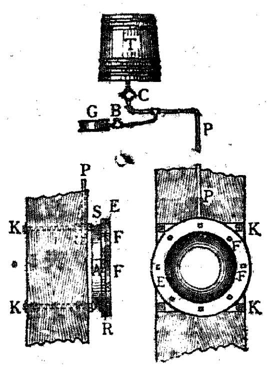
第百八十九圖
がいやーど波力計



第百九十圖
波力計

第百九十一圖ニ示シタモノハ同ジクがいやーどノ護謨ヲ用ヒタ波力計デアル。卽チ E ニ示シタ護謨ハ波力ノ爲ニ推付ケラレル。然ルニ此護謨版ヲ蓋トシタ短イ鑄鐵壔斷面積 900 方糎ノモノハ小サナ管ニ依ツテ水槽 T ニ連リ、栓 C ヲ開キ且ツ S ニ示シタ栓デ空氣ヲ驅除スレバ水ハ鑄鐵壔及管ノ中ニ充滿スル。卽チ兩栓ヲ閉ヂテぐりせりんヲ滿シタ壓力計 G ニ管ヲ接續セシメ、栓 B ヲ開キ置クノデアル。斯クシテ E ノ上ニ受ケタ波壓ハ G ノ上ニ知ラルヽコトヽナル。

同一ノ方法ニ依ツテ護謨蓋ヲ用ヒ、鑄鐵壔內ニハ彈條ノ代リニ强力ノ挺子ヲ裝置シ、且ツ挺子ノ壓力ヲ時計仕掛ノ自記裝置ヲ用ヒテ自記セシメル自記波力計ニハ我廣井博士ニ依ツテ考案

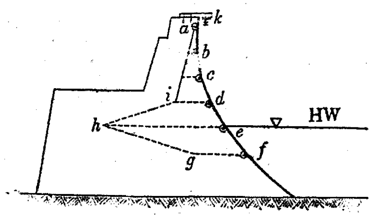


第百九十一圖
波力計

セラレタモノガアル。

すてぶんそんガすこっとらんどノ西部すかりーぶぉあ島(Skerryvore)デ實測シタ最大波壓ハ毎方米29.68噸ニ達シ、東方ナル北海ニ面シタべるろっく島デハ毎方米 14.7 噸、又すこっとらんどノ北岸だんばー(Dunbar)デハ實ニ33.26 噸、ぶっきー(Buckie)デハ 32.79噸ニ及ンダ。以上ノ波力ハ皆比較的小面積デ得タ結果デアルガ、廣イ面積デハ稍々違ツタ値ヲ得タコトガ多イ。

1858 年ニすてぶんそんハだんばー港内ニ高水位以下 2.1 米乃至 3.5 米ノ水深ヲ有スル海底ニ一ノ防波壁ヲ作リ、之ト同時ニ更ニ孤立シタ杭ヲ立テ、1.0 米乃至 1.5 米ノ低クシテ面カモ碎ケヌ波ノ壓力ヲ測ツタガ、防波壁ハ杭ノ 8.27 倍ニ等シイ大波力ヲ受ケタ。然ルニ 2.1 米乃至3米ノ高イ波ガ碎ケテ壁ニ取付ケタ波力計ニ及シタ波壓ハ杭ガ受ケタ波壓ノ 1.46 倍ニ過ギナカツタ。又すてぶんそんガ高サト波力トノ關係ヲ知ル爲ニ、第百九十二圖ニ示シタ如ク海壁ノ種々ナル高ニ波力計ヲ据付ケテ波力ヲ測定シタガ、高水位ニ於ケル波壓ガ最モ强カツタ。又壁頂ニ下向ニシテ波力計ヲ据付ケタガ其波力ハ直側ノ地平ノモノニ比シ 84 倍ノ大ナル値ヲ示シタ。以上すてぶんそんノ仕掛ニハ多少不完全ナ點モアリ、殊ニ地平波力ト上向波力トノ關係ハ壁面ノ曲直、波浪ノ狀態、海底傾斜ノ緩急ナドニモ依ツテ異ルベク、精密ニ波力ノ數量ヲ表シテ居ラヌケレドモ、**大體ニ於テハ高水位ノ附近ニ最モ大ナル波力ヲ見ルノミナラズ、上向キノ波力モ亦甚ダ强大デ、從テ海壁面ハ如何ナル突出物モ、少ナカラザル危險ヲ伴フカラ、海壁等ノ前面ハ平滑ナル直線又ハ曲線ヲ以テ設計シナケレバナラヌ**ト云フコトヲ示スニ必要ナル實

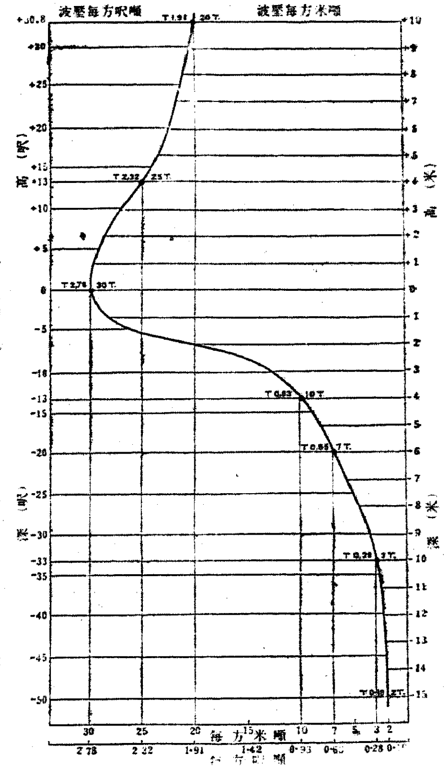


第百九十二圖 海壁上ノ波壓

驗デアツタ。

然シナガラ以上ノ諸例ハ非常ニ大ナル波力ノ例デアルガ、普通ニ最大波力トシテ知ラルヽモノハ更ニ小ナルモノデアル。卽チふらんちうす(Franzius, L.)及しるりんぐ(Schilling, C.)ハ獨逸ノ北海岸ニ於テハ毎方糎 1.5 瓩卽チ 15 米噸、東海ノ岸ニ於テハ 10 糎瓩卽チ 10 米噸ヲ最大波力トスベキコトヲ言ツテ居ル。佛蘭西ノ大西洋岸デハ 2.0 糎瓩卽チ 20 米噸ヨリ大ナル波力ガ未ダ觀測セラレタルコトナク、最モ波浪ニ曝露シタ所デモ一般ニ毎方米 15 乃至 18 噸ヲ最大波力トスル樣ダ。

伊太利ノるゐっぎー教授(Luiggi)ハ高サ 6 米乃至 7.5 米位ノ碎波ニ應用シ得ベキ遷波ノ波壓曲線ヲ作ツタ。是ニ依レバ平水位ニ於ケル最大波壓ハ毎方米 30 噸デ、水面下デハ深サト共ニ波力ハ急ニ減ズルガ、水面上デハ其減少ノ度ガ緩徐ダ。第百九十三圖ハ此波壓曲線ヲ示シタモノデアル。此波壓ハ之ニ依ツテ如何ナル大サノ塊ヲ防波堤ナドニ用ヒナケレバナラヌヲ知ルベク、又水面下ノ波壓ハ實ニ捨石層ノ天端ヲ如何ナル深サニ保チ、之ニ如何ナル大サ又ハ重サノ石材ヲ用ヒ、又ハ法リヲ如何ナル傾斜ニスベキヤ等ヲ決定スル基礎


第百九十三圖 るゐっぎーノ波力圖

コトナルモノデアル。

今二三ノ實例ニ依ツテ波力ノ偉大ナルコトヲ想定スルコトヽシヨウ。嘗テ佛國しえるぶーる (Cherbourg) デハ 40 立米ノ混凝土塊ガ一個地平距離 4 米高サ 4 米ノ處ニ波ノ爲ニ移動サレタコトガアル。又地中海岸ノせっと港 (Cette) デハ 70 立米ノ一混凝土塊ガ波ニ曝露シタ面積唯僅ニ 7.5 方米デ、一米モ彼方ニ法リノ上ニ持上グラレタコトガアル。英國ノしえっとらんど島 (Shetland) デハ重サ 8 噸ノ塊ガ大潮ノ高潮面上 6.1 米デ 22 米モ遙ノ處ニ波デ運去ラレタ。1872 年冬すこっとらんどノ北角ニ近イゐっく港 (Wick) デ重サ 800t ノ場所詰混凝土塊ハ波ノ爲ニ他ノ 80 噸乃至 100 噸ノ塊ト共ニ防波堤外カラ港內ニ投込マレタコトガアル。1901 年四月獨逸ぴらう (Pillau) ノ南防波堤頭ハ總重 1680t ノモノデアツタガ、波ノ爲ニ前端デ 1.32 米沈下シ、兼ネテ 3.75 米海ノ方ニ廻ハツタ。

然シナガラ是等ノ場合ニハ或ハ特殊ノ地形風向ナドカラ局部的ニ大ナル波浪ヲ生ジタリ、或ハ基礎工ヲナシテ居ル所ノ捨石ナドガ浪ニ浚ハレタ爲ニ、上部ノ混凝土塊ガ移動崩壞シタモノガ多ク、是等ノ事蹟カラ直ニ波力ヲ斷定スルコトハ困難デアル。

伊太利ぜのば (Genova) ノ防波堤ガ其長イ胸壁ヲ波ニ浚ハレタ時、べるなるぢにー (Bernardini, O.) ハ毎方米 15 噸ノ平均波力ヲ計算シタ。是ハ波ガ一割ノ捨石ノ法リヲ昇ツテ生ジタ波壓デアル。

傾斜シタ岩礁ノ上ニ立テラレタ孤立ノ燈臺トカ又ハ削ツタ樣ナ絕壁ガ水中ニ傾斜シタ根ヲ持ツテ居ル時ナドハ波浪ハ高ク奔騰スル。べるろっくノ燈臺デハ碎波ハ 32 米ノ上ニ達シ、しえるぶーるノ防波堤デハ 36 米ノ高ニ上リ、大西洋岸ノえっぢーすとーん (Eddystone) 燈臺ニ於テハ實ニ碎波 50 米ニ及ブト謂ハレテ居ル。1859 年しゝりー (Sicilly) 島ノびしょっぷろっく (Bishop Rock) 燈臺ニ於テハ一棍ニ懸ケタ重サ 150 斤ノ釣鐘ガ 30 米ノ上カラ波ノ爲ニ打落サレタ。こーるんをーる (Cornwall) ノ海岸デハ 90 米ノ下ナル海面カラ、又那威ノわすべるげん (Wasbergen) ノ海岸デハ 120 米ノ海面上ニ嵐ノ時ニ波ガ打揚ゲタコトガアルソウダ。

191. 海底ノ波ト其速度 廣イ範圍ニ亘ツテ風ガ吹ケバ時トシテ海水ハ其全水深ニ亘ツテ共同振動ヲ行フ樣ニナル。水分子ノ描ク軌跡ハ圓形又ハ楕圓形デ、底ニ近ヅクト共ニ小サク又ハ扁平トナル。若シ底ガ地平ナラバ底ノ水分子ハ種々ナル速度ヲ以テ地平ニ移動スル。而シテ波自身ノ高サガ 0 ノ時卽チ波ガナイトキ此速度ハ亦 0 トナリ、波ノ傳播ノ方向ヲ正トスレバ底波ノ方向ハ負トナル。又底ノ水分子ガ波頂又ハ波谷ノ垂線中ニ在ルトキ其速度ハ最大トナル。然シ底ガ傾斜スルトキハ是等ノ關係ハ必ズシモ前ノ規則ニ一致シナイ。波ノ進行ノ方向ヲ正トシテ水底ガ上リ勾配ヲ保ツ時ハ最大速度ハ此垂線ニ先ダチ、底ガ下リ勾配ヲ有スルトキハ此垂線ヨリ遲レテ現ハレル。

海底ガ昇リ勾配ヲ保ツテ居レバ水深ノ大ナル部分ノ動量卽チ質量及波速ノ積ハ水深ガ減ズル爲メ質量ガ少クナリ速度ヲ增サシメ、斯クシテ著シク底ノ波速ヲ大ナラシメル。波動ガ遠クカラ波及セル程此波速ノ增加ガ大デアル。海底ガ地平ナラバ此波速ノ增加ハ起ラナイ。又海底ガ下リ勾配ナレバ波速ハ減少スル。卽チ深サガ增セバ波速ガ減ズルノミナラズ、水ノ動搖ハ表層ニ止ツテ底ニ達シナイ。波ハ海濠又ハ海窪等海底ノ深處ヲ通過スルトキ波高ハ減少スル。是レ不變ト考ヘラレタ波ノえねるぎーハ大ナル質量ニ分布セラレル爲デアル。但シ波ガ海底ノ窪ミヲ通ツタ後ハ復タ始ノ波高トナラナイ。えねるぎーノ大部分ハ深イ海床ニ擴ガリ、摩擦ヤ激衝又ハ渦卷ナドヽナツテ消散スル。

風ハ一般ニ波浪ノ原因ヲ爲シテ居ルガ、若シ海底ガ絕エズ深サヲ增シテ風

ノ作用ガ及バナクナレバ其波動ハ急ニ弱クナル。之ニ反シテ若シ風ガ絶エズ吹イテ波浪ヲ涵養スレバ水ノ質量ニ作用シテ之ガ運動ヲ生ゼシメツヽアルえねるぎーハ増加シ、深サガ増スト共ニ質量モ増加シ、波ハ深層ノ底ニ達スル様ニナル。然シ若シ相當ニ離レタ距離ニ海底ガ再ビ隆起シテ淺クナツテ居ル場合ニハ波ハ高マリ底ノ波速ハ増加シ、其底ガ充分淺クナレバ終ニハ碎波トナリ、斯クシテ波ノえねるぎーノ大部分ハ底ノ摩擦ナドノ爲ニ消耗セラレル。海底ガ斯ク一端隆起シテモ後再ビ低下ヲ始メル時ハ波ハ再ビ擴ガツテモ前ノえねるぎーハ餘ス所幾何クモナクナル。此現象ハ開放錨地ナドニ見ラレルモノデ、外觀上最強風ノ方向ニ開放セラレテアツテ特ニ防波堤ト云フベキモノモナイノニ、尙ホ能ク船舶ニ安全ナル投錨ヲ爲シ得ベカラシメルノハ此方面ニ淺イ海床ガ横ツテ居ル爲メ、深海ニ於ケル波動ノ傳播ヲ中斷スル効果ヲ持ツテ居ル爲メデアル。

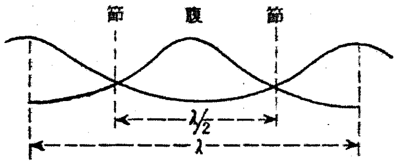
風ニ基ヅイテ起ツタ波浪ガ遠方カラ來リ、或區域内ノ全水量ニ波及シテ居ル爲メ、其水深ガ相當ニ大デアツテ海底ノ波速ハ相當ニ大ナル勘定デアル。但シ更ニ大ナル突風ガ現ハレテ淺イ海底ニ沈置シタ塊ノ類ヲ殆ド移動スルニ至ラナイコトガ屢々見ラレル。是レ一見前ノ推定ニ矛盾シタ様デアルガ、塊ノ沈置セラレテアル水深ニ於テ、海底ノ波浪ハ反對ノ方向ノ波速ヲ有シテ相償ツテ居ル爲メ、塊ナドガ攪亂セラレナイ爲デアル。

海底ガ地平デアレバ底ノ波速ハ 180 ノ [287] カラ計算スルコトガ出來ル。然シ海底ガ傾斜シテアレバ底ノ波速ノ計算ハ困難デアル。こるなぐりあ (Cornaglia) ハ海岸カラ若干ノ距離ヲ隔テ、中立線ナルモノガアリ、之ヨリ陸側ノ海底デハ海ヨリ陸ニ向テ流ルヽ流ガアリ、之ヨリ海側デハ陸ヨリ海ニ向テ流ルヽ流ガアリ、此中立線デ多少海底ガ隆起シタ沈泥ヲ見ルト云ツテ居ル。波ガ高ケレバ中立線ハ海側ニ動キ、砂濱ノ傾斜ガ緩ナレバ亦岸カラ遠ク

ナル。こ氏ハ地中海デハ 10 米ノ深サニ中立線ヲ見ルト云ツテ居ル。

192. 波浪ノ重疊ト干渉 振幅ノ小サイ週期的ノ波ガ重レバ重疊ノ現象ヲ呈スル。今進行性ノ波卽チ進行波ノ波速 ω ハ波長 λ ノ函數デアルガ、波浪ノ重疊ノ爲ニ波長ト呼バレルモノガ變化シテ、波浪ノ永久性ガ失ハレル。重疊ノ中デ二ノ簡單ナル場合ヲ擧グル。

第一、振幅モ波速モ相等シイ二ノ波浪ガ相會スル時ハ進行性ヲ失ツテ一種ノ定常波又ハ立波トナリ、二ノ節又ハ腹ノ間隔ハ前ノ進行波ノ半波長ニ等シイ。第百九十四圖ニ示ス如ク、腹ニ於ケル垂直面内ノ水分子ノ運動ハ垂直デ地平ノ移動ガナイガ、節ニ於ケル水分子ハ地平ノ移動ガ最大デ、垂直ノ運動ヲ見ナイ。



第百九十四圖 波浪ノ昇降

一ノ定常波ハ此種ノ垂直平面ヲ以テ界スルコトガ出來、恰カモ波ガ直立壁ニ反射シテ生ズル様ナ波相ガ現ハレル。二ノ垂直壁ノ間ニハ少クモ一ノ定常波ヲ生ジ得ベク、湖沼ニモ亦定常波ヲ生ズルノト相似テ居ル。而シテ水深ノ小ナル處デハ以上ノ如ク波長ヲ半減又半減シ、而カモ振幅ヲ増ス爲、所謂懸潮又ハ過潮ナルモノガ潮浪ナドニ現ハレル。

直立壁ニ反射スル任意波長ノ進行波ハ一個ノ定常波ヲ生ズルガ二個ノ垂直平面ニ依ツテ界セラレル湖沼ニハ只一定ノ振動ガ生ズル。卽チ二ノ進行波ノ重疊又ハ干渉ニ依ツテ生ズルモノト考ヘラレ、其半波長ハ湖沼ノ長サ又ハ之ヲ整數デ除ツタモノニ等シイ。

第二、殆ド相等シイ波長ト、相等シイ波速ヲ有スル二ノ波浪ガ同一方向ニ傳播スルトキハ干渉ノ現象ガ起ル、是レ音波ニ能ク知ラレテアル顫動ノ現象ニ酷似シテ居ル。卽チ此場合ニハ波群ガ現ハレテ、其振幅ハ兩側カラ漸次中央ニ向テ増大シ、二ノ波群ハ其中間ニ凡ソ一定ノ長サノ間隔ガ横ハリ、波體

ノ場合ハ殆ド全然靜止シテ居ル。而シテ此種ノ波群モ嘗テ固定セルモノデハナク、在來ノ進行波ノ傳播速度ト異ナル速度ヲ以テ進行スル。此速度ヲ波群速度ト呼ビ、Ω ヲ以テ之ヲ表ハセバ Ω ハ波群ガ全體トシテ進行スル速度デ、ω ヲ在來ノ波ノ平均傳播速度、λ ヲ其平均波長トスレバ

$$\Omega = \omega - \lambda\frac{d\omega}{d\lambda} \qquad [325]$$

是レ重力波ノ波群ノ性質ヲ帶ビ、毛管波ノ波群トハ異ナツテ居ル。無限水深ノ水道ニ於ケル重力波ノ波速ハ $\omega = \sqrt{\frac{\lambda g}{2\pi}}$ デ $\Omega = \frac{\omega}{2}$ 即チ波群速度ハ個々ノ波ノ傳播速度ノ半分ニ等シイ。毛管波ノ波速ハ $\omega = \sqrt{\frac{2\pi\rho}{\lambda}}$ デ $\Omega = \frac{3\omega}{2}$。

相等シイ二個ノ波ガ反對ノ方向カラ進行シ來ルトキ、例ヘバ一方カラ風浪ガ、他方カラ其反射シタ波ガ傳播シ來ル場合ニハ其合成波ハ變位ノ皆無ナル所ガ現ハレル。是レ即チ節デ、其中間ニハ正負兩樣ノ昇降ガ起リ、其最大ナル垂直變位ヲ有スル處ガ腹トナル。是レ即チ湖沼ニ述ベタ靜振又ハ定常波ノ現象デアル。例ヘバ一ノ波動ヲ

(1)　$y_1 = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$

トシ、他ノ背進スル反對ノ波動ヲ

(2)　$y_2 = A\cos\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right) + 2\varepsilon\right\}$

トスレバ其合成波ハ $y = y_1 + y_2$ デ

$$y = 2A\cos\left\{2\pi\frac{t}{T} + \varepsilon\right\}\cos\left\{2\pi\frac{x}{\lambda} + \varepsilon\right\} \qquad [326]$$

トナル。今若シ $2\pi\frac{x}{\lambda} + \varepsilon = (2n+1)\frac{\pi}{2}$ 即チ

$$x = \left\{(2n+1)\frac{\pi}{2} - \varepsilon\right\} \Big/ \frac{2\pi}{\lambda} \qquad [327]$$

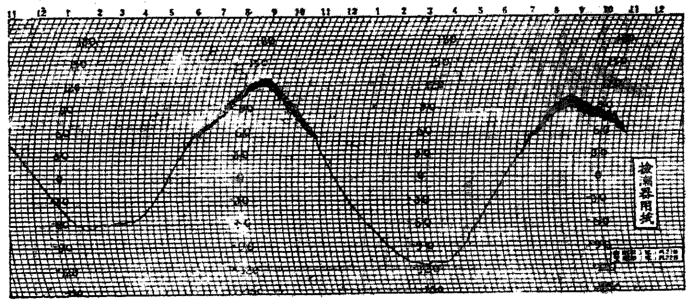
ナラバ n ガ任意ノ整數ノ時、t ノ値ノ如何ニ關セズ常ニ $y=0$ トナル。是レ永久ニ振動ノ節ヲ成ス處デアル。

第一節ト第二節ノ間又ハ任意ノ相隣リスル二節間ノ距離ハ n ガ 1 丈ケ異ナ

ル所ノ x ノ差デ $\left\{(2n+1)\frac{\pi}{2} - \varepsilon\right\} - \left\{(\overline{2n-1}+1)\frac{\pi}{2} - \varepsilon\right\} = \pi$、$\pi \div \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\lambda}{2}$ 即チ定常波ノ波長ハ前進又ハ背進ノ在來ノ波ノ半波長ニ等シイ。

次ニ二種ノ波ガ同一點ヲ通過スルトキ其變位ガ互ニ相殺スルトキハ此現象ヲ波ノ干涉ト云フノデ、定常波モ亦或部分ニハ干涉ガ起ル爲ニ生ズルノデアル。

193. 灣內ノ靜振ト津浪　灣內ニ於テハ潮汐干滿ノ外ニ湖沼ニ現ハレル靜振ノ現象ガ潮汐圖ノ上ニ見ラレル。第百九十五圖ハ博多灣ノ潮汐圖ヲ示シタモノデ、滿潮又ハ干潮ノ時ニ最モ著シク靜振ガ現ハレテ居ル。



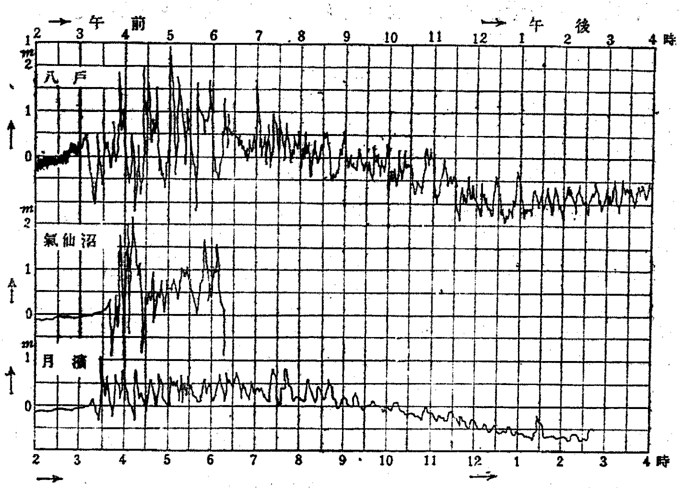
第百九十五圖　博多灣ノ潮汐圖

1872 年ノ頃早ク既ニえーりーハまるた島ノ潮汐圖ヲ檢討シテ週期 20 分乃至 21 分振幅 45 糎ニ達スル非常ニ規則正シイりずむ的ナ振動ノアルコトヲ觀測シタコトガアル。ふぉーれる (Forel) ハ べおちー (La Beotie) トねぐれぽん (Négrepont) 島ノ間ノ海峽ゆーりーぷ (Euripe) ニ可ナリ强イ流ガ生ジテ、而カモ 1 日數回其方向ヲ變ズル特性ガアルコトヲ述ベテ人ノ注意ヲ喚起シタコトガアル。通例此方向變換ハ 24 時間 50 分ノ 1 太陰日ニ 4 回現ハレテ普通ノ潮汐ニ呼應シテ居ルガ、時トシテ變化ハ更ニ多ク、1 日12回

乃至 14 回起ツテ其繼續時間モ 100 乃至 130 分ニ亙ツタ。ふぉーれるハ之ヲあとらんた水道ノ振動トシ、ぜねば湖ノ靜振ニ類シタモノトシテ說明シタ。あとらんた水道ハゆーりぽすノ北西ニアツテ長サ 115 粁平均ノ水深 100 乃至 150 米ニ達スル殆ド遮閉セラレタ湖水ニ比スベキモノデアル。

前ト同一ノ關係デ海峽ナドニモ亦固有ノ定常波ガアルベク期待セラレル。

182 ニ述ベタ樣ニ海底ニ起ツタ地震殊ニ其陷沒ニ伴ツテ起ル津浪ハ先ヅ海岸ノ水位ノ下降ヲ來シ、幾クモナクシテ巨浪ガ海岸ヤ港灣ニ襲ヒ來ルモノデ、孤波狀ノ進行性波浪デアルガ、るっづきーナドガ云フ如ク單獨ナモノデナク、續イテ若干ノ波ガ進ンデ來ル。第百九十六圖ハ昭和 8 年 3 月三陸ノ津浪又ハ



第百九十六圖 昭和八年三月三陸ノ津浪

海嘯ノ自記檢潮器ノ潮汐圖デ、八ノ戶、氣仙沼、月濱ニ於ケルモノヲ示シ、津浪ノ始ハ殆ド常ニ水位ノ下降ヲ示シテ居ル。此進行波ハ兎ニ角岸ニ反射シテ反射波ヲ生ズレバ此ニ定常波ヲ生ズベク、此定常波ハ波ノ重疊ノ理ニ依ツテ可ナリノ高サニ達シ、而カモ其週期ハ其灣ニ固有ノモノデ、進行波ニ正面シタ漏斗狀ノ港灣ナドニ振幅ノ增大ガ著シイコトハ三陸ノ津浪ナドニ明デ、袋

形ノ港灣ヤ震源ニ斜向シテ居ル所ハ比較的波高ガ小デアル。海底ノ傾斜ヲ考入レヽバ問題ハ複雜デアルガ、湖海ノ岸ナドニ於テ一般ニ靜振ノ腹ガ表ハレルカラ、甚大ノ被害ヲ及ボスモノハ主トシテ此高イ振幅ノ波デアル。三陸海岸ノ陵里ノ漏斗形灣內ニ於テ昭和 8 年 3 月ニ 29 米內外、明治 30年 6 月 15 日ニ 38 米內外ニ達シタノニ、其附近ノ大舟渡デハ深ク橫ノ方向ニ入込ンダ灣形デ是等二回ノ津浪ニ僅ニ 3 米以內及 5 米餘ニ出テナカツタノヲ比較シテ見レバ略ボ波浪ノ重疊等ノ靜振的現象デアルコトガ知ラレル。沖ノ方デハ此津浪ヲ生ズベキ大畝リニ乘ツテ居ル船ガ殆ド氣付カズニ居タ例モアルソウダ（188 參照）。

又暴風ノ爲ニ風浪ヲ生ジ之ガ爲ニ靜振ヲ引起シテ津浪ヲ生ズルコトモ亦略ボ想像ガ出來ル。第 21 圖ノ雷雨ナドノ爲ニ琵琶湖水面ノ靜振ニ非常ニ大ナル振幅ヲ表ハシタノヲ見テモ知ラレル現象デ、我國ノ太平洋岸ヤ九州東西兩岸ナド颱風ニ曝露セラレテアル地形デハ前ニ述ベタ暴潮ヲ生ジ易イノデアル。其灣形ナドヲ充分ニ考慮シテ大凡ソ靜振ノ振幅ヲ推定出來ルカラ、之ニ對シテ亦暴潮防禦ノ對策ヲ立テナケレバナラナイ。勿論暴風ニ伴フ津浪ハ潮ノ干滿、殊ニ低氣壓ナドノ爲ニ著シク膨大シテ時トシテハ高潮ナドヽモ呼バレルモノトナル。

津浪ハ屢々海底地震ニ伴ツテ起ル。1755 年葡萄牙國りさぼん (Lisabon) ノ地震ハ其沿岸ニ津浪ヲ生ジ、數千ノ人命ヲ失ハシメタ。又 1854 年十二月二十三日伊豆下田ノ地震ハ津浪ヲ生ジテ、急ニ 6 米ノ水面沈下ヲ生ゼシメ、半日遲ク對岸ナル太平洋岸、さんふらんしすこ (San Francisco) 及さんぢぇご (San Diego) に達シテ、此間每時 660 粁ノ傳播速度ヲ以テ進行シ、方ニ 12 時間 5 分ヲ要シタ。此津浪ハ二ノ大ナル波頂ガ 35 分ヲ隔テヽかりふぉるにやノ沿岸ニ殺到シ、許多ノ小波ハ此ニ續イテ進行シタ。故ニ兩波頂ノ間隔

ハ凡 390 粁デ、さんふらんしすこニ於ケル波高ハ 0.5 米ニ過ギナカツタ。

1868 年八月智利ノありか (Arica) ニ起ツタ地震ハにゅーぢーらんど (Newzealand) 及はわい諸島 (Hawaii Islands) ニ津浪ヲ感ゼシメ、前者ニ於テハ波高 3 米ニ及ンダ。又 1877 年五月九日智利いきっく (Iquique) ノ地震ハ津浪ヲ生ジテにゅーぢーらんど、はわい諸島、我國ノ函館、釜石等ニ傳播シタ。ほのるゝ (Honolulu) デハ波高 4.5 米ニ及ビ、にゅーぢーらんどデハ諸河川ニ進入シテ許多ノ橋梁ヲ破壞シ大ナル損害ヲ與ヘタ。

1883 年八月二十六日カラ二十七日ニ亘ツテじやわ及すまとら兩島間ノすんだ海峽 (Sunda Str.) 內ニ在ルくらかとあ (Kracatoa) 山ノ噴火ハ三回ノ大津浪ヲ生ジ、じやわデハ 36 乃至 40 米ノ波高ヲ見タガ軈ガテ亞弗利加及亞米利加ノ沿岸ヲ襲ヒ、南米あるごあ (Algoa) 灣デハ凡ソ 70 分間許ノ間ニ渉ツテ波高 1.5 米ニ達シタ。其傳播速度ハ每秒 180 米デ波長 756 粁デアル。

1908 年十二月二十八日伊太利めっしな (Messina) ノ地震ニ伴ツテ起ツタ津浪ハしゝりー島 (Sicily) ヤからぶりや (Calabria) ヲ襲ツタノハ比較的新シイ事實デアル。

之ヲ要スル津浪ハ港灣ノ巨浪デ、海底地震ヤ風浪ナドニ依ツテ靜振ノ現象ヲ引起シ、著シク其本來ノ振幅ヲ增シタ恐ルベキモノデアル。斯クシテ見レバ靜振モ決シテ漣波ニ比スベキ遊戲的動搖デナク、我國ノ如キ四面環海ノ沿岸ヲ有スル所デハ能ク之ヲ各所ニ硏究シテ豫メ災害ヲ防グベキデアル。

194. 波浪ノ侵蝕 波浪ハ亦機械的ニ岩石ヲ侵蝕洗掘スル力ガアル。又海水中ニ溶ケテアル鹽類、炭酸及酸素ナドハ海岸ノ岩石ヲ分解シテ表面ガ多孔狀トナル。其外介殼類ハ岩石ニ孔ヲ穿ツテ漸次之ヲ破壞スル。海草ニハ岩ノ割目ニ根ヲ張テ之ヲ崩壞スルモノモアル。而シテ岩石ノ割目ニ在ル水ハ霜ヤ氷ノ爲ニ氷結シテ膨脹シ、爲ニ岩石ヲ破壞スル。又波ト共ニ漂來ル砂礫岩片ハ海岸ノ岩石ヲ磨剝シテ漸次之ヲ粉碎スル。

斯クノ如クシテ海岸ガ侵蝕セラルヽ度合ハ處ト時ニ依ツテ素ヨリ同一デナイガ、海岸ノ岩壁ガ一年平均 5 米位ノ割合デ剝落崩壞シツヽアル所ハ少クナイ。我國デモ日本海ノ海岸ハ漸次缺ケテ行クガ、殊ニ北陸道ノ北岸ガ最モ多イト言ハレテアル。

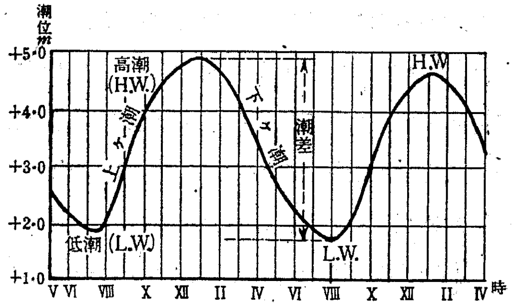
波浪ノ侵蝕ハ上ト下トニ限ガアル。卽波ハ或ル高マデ揚ガルガ、之カラ上ハ直接ニ侵蝕セラルヽコトハ少ク、下部ガ洗掘セラルヽ爲ニ上部ノ岩モ亦崩壞スルコトガ多イ。殊ニ集塊岩質ノモノハ最モ崩壞ガ多イ。又侵蝕ノ下限ハ波力ガ微弱トナリ岩片ヲ翻弄シテ海底ヲ破壞洗掘スルニ足ラヌ處デ、從テ此下限以下ノ岩石ハ漸次海底ニ殘リ、緩徐ナル勾配ノ岩盤ガ海中ニ橫タハルモノ卽チ是デアル。

波浪ハ一方ニハ前ニ述ベタ如ク侵蝕ヲ營ムガ、亦他ノ一方ニハ侵蝕シタ土砂岩片ヲ運去ツテ外ノ處ニ沈澱セシメルノデアル。斯クノ如クシテ波浪ハ沿岸流等ト共ニ土砂ヲ以テ新ニ平扁ナル低イ砂濱ヲ作リ、或ハ砂嘴砂丘ノ類ヲ築ク。殊ニ河口ノ砂ノ多イ處ニ最モ多イ。

伊太利ノ水理學者ハ海底ニ**中立線**ナルモノガアルト云ツテ居ル。此線ヨリ陸側デハ海底ノ砂ガ磯ニ向テ移動シ、之ヨリ海側デハ砂ガ海ニ向テ動搖スル。地中海デハ中立線ノ深サハ 8.2 乃至 10.2 米ノ處ニ在ル。但シ此中立線ハ風ヤ浪ナドノ關係デ其位置ヲ變ズルガ、波ガ絕エズ動搖シテ居ルニモ係ラズ、海中ノ砂洲ガ固着シテ居ル所以ノモノハ一ハ此ノ中立線ニ當ル處ノモノガ多イカラダトこるなぐりや (Cornaglia) ハ說明シテ居ル。

第四節　潮　汐

195. **潮汐ノ現象**　多クノ海岸ニ於テハ、凡ソ 1 日ノ間ニ海面 2 回昇ツテ 2 回降ル。之ヲ我邦デハうしほ(潮)ト云ヒ、略シテしほトモ云フ。古英語デハ tid ト云ヒ、古獨逸語デハ Zeit ト呼ンダ。是ハ「時」又ハ「時季」ノ意味デ、潮汐ニ依ツテ四季ヤラ其日其日ノ時ガ知ラレル意味デアル。梵語ノ a-diti (無限) ノ語根ニ關係ガアル。尙精密ニ言ヘバ平均太陽時ノ 24 時 50 分 28.3 秒ノ間ニ月ハ子午線ヲ二回程經過シ、海面ハ若干時ノ遲レテ以テ同ジ時間內ニ 2 回高クナリ、又 2 回低クナル。海水面ガ上昇スレバ益々陸ニ寄セテ來ルカラ之ヲ潮ガ**あげる**又ハ**さす**ナドヽ云ヒ、**出テ潮**、**上ゲ潮**、**サシ潮**、**昇潮**又ハ**漲潮**ト云フ。又沖ニ退クヲ**ひく**ト云ヒ、又**入リ汐**、**引キ汐**、**下ゲ潮**、**退潮**又ハ**落潮**ナド、呼ンデ居ル。潮ノ最モ高クナツタノヲ**みつる**ト云ヒ、**みちしほ**、**滿潮**又ハ**高潮**トモ云フ。又最モ低クナツタノヲ**ひる**ト云ヒ、**底干**、**干潮**、**乾潮**又ハ**低潮**ト云フ。漢字ノ潮汐ノ文字ハ朝潮、夕汐ナドノ意味ニ出テヽ居ル。



第百九十七圖　潮　汐　圖

潮汐ノ干滿ヲ起ス原因ハ太陰及太陽ノ引力デ、是等ガ地球ノ海洋ノ水ヲ牽引スルニ依ル。引力ハ言フ迄モナク質量ニ比例シ、距離ノ自乘ニ反比例スル爲メ、太陰ノ引力ハ凡ソ太陽ノ 2.3 倍ニ當ル。

若シ潮汐ノ發達ヲ妨ゲルモノガナケレバ理論的ニハ日月ノ天體ガ某地ノ正南ニ來ツテ所謂南中シタ場合ニ其天體ガ子午線ヲ經過スルノデアツテ、其地ノ高潮ヲ現ハスベキデアルガ實際ニ於テハ海陸ノ分布、海洋ノ深淺又ハ海水ノ摩擦ナドノ爲ニ潮汐ハ其運動ヲ妨ゲラレテ、高潮ハ天體ノ子午線經過後直ニ起ラザルノミナラズ、若干時間ノ遲レヲ示シ、其昇降モ所ニ依リ著シク不同デアル。

潮汐干滿ノ差卽チ低潮面ト之ニ次グ高潮面ノ間ノ高サノ差ヲ**潮差**又ハ**潮程**ト呼ブ。一地點ニ於テ高潮ヤ低潮ハ毎日其高サト時間ヲ異ニスル許リデナク、其潮差ガ亦相異リツヽアルヲ常トスル。而シテ太陰及太陽ガ同時ニ同一方向ニ在ルトキ其潮差ガ最モ大デ、互ニ象限ノ位置ニ在ル時最モ小デアル。卽チ朔望又ハ新月及滿月ノ後、若干時日ニ於テ潮汐ノ干滿ハ最モ大デ、所謂**大潮**トナリ、低潮(基本水準面)カラ測ツタ高潮ノ高サモ亦從テ最大トナルガ、月ガ朔ト望ノ中間又ハ望ト朔ノ中間ニ在ル時卽チ**上下弦**ノ時ハ地球ニ對シテ太陰ト太陽トガ象限ノ關係ヲ爲シ、之ヨリ若干時日ノ後潮差ハ最小トナリ、所謂**小潮**トナル。大潮及小潮ノ際ノ潮差ヲ夫々**大潮差**及**小潮差**ト呼ブコトガ出來ル。

大潮差ハ通例小潮差ノ凡ソ 3 倍ニ達シ、而カモ各港灣ニ於テ大潮カラ小潮ニ推移スル高サヤ時間ノ關係ハ皆相同ジデナク、其變化ノ法則ハ非常ニ複雜デアル。而シテ水位ノ振動的昇降ヲ見レバ殊ニ灣內デ高潮カラ低潮ニ至ル時間ハ通例低潮カラ高潮ニ至ル時間ヨリ長ク、是等ノ差ハ小潮ヨリモ大潮ニ大デアル。

大低潮ノ平均水面ヲ**基本水準基面**ト云ヒ一般ニ水深ヲ示ス基準面トシテ用ヒラレ、大高潮ノ平均面ハ總テ陸上物體ノ高サヲ測ルニ用ヒラレル。基本水準基面上日々ノ高潮面ノ高サヲ潮昇ト云ヒ、大潮ニ於ケル平均潮昇ヲ**大潮升**、小潮ノ平均潮昇ヲ**小潮升**ト呼ンデ居ル。

一太陰月卽チ 2 週間ヲ週期トシテ月ハ地球ノ周圍ヲ回轉スル爲メ此間ニ潮汐ノ高サガ不等ヲ生ジ、引續イタ高潮及引續イタ低潮ガ互ニ相等シクナイ。此現象ヲ潮汐ノ**日不等**ト呼ンデ居ル。此外ニ尙ホ他ノ原因カラ起ル不等ガアル。例ヘバ月ハ地球ノ周圍ヲ其軌道上ニ走ル場合ニ其地球ニ最モ近イ點ハ卽チ**近月點**デ、月ガ相次イテ近月點ヲ通過スルニ要スル時間ハ平均 27 日 13 時間 18分 33.3 秒デ之ヲ**一近點月**ト呼ベバ、潮汐ノ高サニモ 1 近點月ニ等シイ週期ノ不等ガアル。此外半年ヲ週期トスル潮高ノ不等モアリ、之ヲ**半年潮不等**ト呼ンデ居ル。春分秋分ノ頃ノ大潮卽チ**彼岸ノ大潮**ハ夏至冬至ノ頃ノ大潮ヨリモ大デアル。更ニ又**年潮不等**ナドモアル。

又太陰カラ起ル潮汐ヨリモ太陽カラ起ルモノガ優勢デ、一太陽日ノ中ニ 2 個ノ滿潮ト 2 個ノ干潮トガ現ハレル處モアリ、更ニ一日ニ 4 個ノ滿潮ト 4 個ノ干潮トヲ見ル處モアル。

實地ニ就テ潮汐ノ强弱ヲ見レバ 1 日ヲ週期トスル**一日潮**ト半日ヲ週期トスル**半日潮**ノ强弱ガアル。例ヘバ太平洋岸ハ比較的大キナ一日潮ヲ持ツテ居ルガ佛蘭西ナドノ海岸デハ一日潮ガ薄弱デアル。又とんきん灣 (Tonkin) ナドデハ半日潮ガ干涉ノ爲ニナクナツテ一日潮ノミガ現ハレテ居ル。

干滿ノ間ニ潮汐ハ一種ノ波浪又ハ流トナツテ移動スル。**潮波**、**潮浪**又ハ**潮流**ナドヽ呼バレルモノガ是デ、外海ニ於テモ亦明ニ之ヲ認メ得ベク、河口又ハ海岸ナドハ殊ニ能ク之ヲ知ルコトガ出來ル。河口ニ於テハ高潮ノ後可ナリ永イ時間河ヲ遡リ、低潮ノ後同樣ニ河ヲ流下スル。是レ勿論潮波ノ傳播スルモノデ、海水自身ガ潮汐ノ達スル限界卽チ**潮限**マデ昇ルノデハナク、波動ガ及ブ限界ヲ指スノデアル。潮流トカ又ハ潮汐トカ云フ語ハ稍々混雜シテ用ヒラレテアル。殊ニ高潮ト張潮流ノ間ニハ複雜ナル關係ガアリ、水位ノ變化ト上ゲ潮及下ゲ汐ノ關係ハ河潮ニ於テ最モ複雜デアル (河潮 221 參照)。勿

論灣內ノ高潮ハ河上ノ高水位ニ先ダツテ現ハレ英國ノてーむす河ナドデハ河口ノまるげーと (Margate) ニ於テ正午ニ高潮ヲ見、ぐれーゞせんど (Gravesend) ニ於テハ午後 2 時 15 分ニ、ろんどん ぶりっぢ (London Bridge) ニ於テ 2 時 45 分ニ高潮ヲ見ルノ類是デアル。低潮カラ高潮マデノ時間ハ河上ニナル程短縮スル。處ニ依ツテハ昇潮ト退潮ノ時間ノ差ガ著シク、又各高潮ニ二又ハ三ノ昇降ガ附屬スルモノモアル。さゞんぷとん (Southampton) ニハ複高潮ガ見ラレ。博多灣ニハ三重ノ高潮ヲ見ルコトガアル。

淺イ海、狹イ水道及港灣等デハ種々複雜ナル潮汐現象ヲ示スコトガ少クナイ。河川ニ於ケルトハ反對ニ張潮時間ガ落潮時間ヨリモ長イコトガアリ、或ハ高潮ハ單一ナラズシテ先ヅ一度高潮ヲ見、次イテ海面少シク低下シ暫時ニシテ再ビ上昇シテ第二ノ高潮ヲ生ズルコトアリ。或ハ之ト反對ニ低潮ガ二ノ小低潮ヨリ成ルモノアリ。斯クノ如キ現象ヲ雙潮ナドヽ呼ブ。明石瀨戶ノ南岸江崎ニ於テハ高潮ニ於テ雙潮ノ現象ヲ呈スルコトガアル。博多灣ナドニ於テモ前ニ述ベタ樣ニ三重ノ高潮ヲ見ルコトガアルガ、是レハ定常波又ハ靜振ノ波ガ大キイ爲ニ、波頂又ハ波谷ニ時トシテ此異常ヲ見ル樣デアル。

狹長ナル水道又ハ海峽ナドデハ其潮汐ハ河口ニ似テ居リ、且ツ靜振ノ現象ヲ伴ツテ居ル。其潮流ハ河潮ノ場合ニ似テ、高潮ノ前後 3 時間水道ヲ遡リ低潮ノ前後 3 時間亦水道ヲ降ル。然シ水道ノ兩岸ヤ灣口ニ近ク地形ノ凸凹ガアレバ此ニ渦卷ヲ生ズルカラ潮流ノ變化ハ非常ニ複雜デアル。殊ニ尾道水道ノ如キ岸線ノ出入比較的少イ所デハ潮流ノ變化ハ簡單デアルケレドモ、關門海峽ノ如キ水路ガ蛇行迂曲セル外ニ廣狹ガ非常ニ複雜ナ所デハ潮流ガ或ハ東ヨリ來リ或ハ西カラ來ル外ニ、局部的ノ渦流ノ爲ニ少ナカラザル潮流ノ混亂ヲ見ル爲メ、舟運ノ方面カラ見レバ非常ナル難所タル所以デアル。又二ノ灣ノ間ニ岬又ハ地角ガ突出シテ居レバ通例此ニ非常ニ速イ潮流ヲ見ルベ

ク名ヅケテ急潮トド、云フ。阿波ノ鳴門ノ如キハ其最モ有名ナルモノデ、太平洋ノ潮波ガ瀬戸内海ニ侵入セントスル場合ニ其咽喉ヲ扼シテ居ル爲メ、非常ナル落差ト急潮ヲ生ジ、併セテ渦卷ヲ生ジテ居ルノデアル。

四國又ハ九州ノ如キ大島嶼ノ場合ニハ雙方カラ潮浪ガ推寄セル。例ヘバ四國デハ東方紀伊水道紀淡海峽ヤ阿波ノ鳴門カラスルモノト、西方土佐伊豫ト九州ノ間ノ豐後水道及豐豫海峽ヲ北上シ更ニ東上スルモノト瀬戸内海デ相會シ、波浪ノ重疊ニ依リ此ニ相當大ナル振幅ノ靜振ヲ生ジテ居ル。又九州ノ東岸ヲ北上シテ關門海峽ニ入來ル潮浪ハ初メ東口カラ西ニ向フケレドモ、後ニ九州ノ西岸ヲ北進シテ來ル潮浪ハ西口カラ東ニ向ツテ流レル樣ニナル。

一般ニ日本海トカ地中海トカ云フ樣ナ内海デハ沿岸ノ潮汐ハ殆ド解ラナイ程度ノモノガ多ク、唯其長イ入江ナドニ於テ潮汐ノ重疊ノ爲ニ時トシテ稍々大ナル潮差ヲ呈スル處ガアル。從テ日本海ノ沿岸デハ多ク潮差 30 糎内外デ、處ニ依リ 60 糎ニ達スル。地中海ナドモ亦殆ド同樣デまるた島 (Malta) デハ殆ド認ムベキ潮汐ヲ見ナイガあどりや海ノべねちやナドデハ潮汐ガ頗ル顯著デアル。

强風ガ潮汐ノ高サニ影響スルコトハ一般ニ顯著デ、殊ニ灣内ニ於テ著シイ。是レ風浪ト潮浪トノ合併シテ生ズル靜振ト見做スベキデアル。又颶風ハ低氣壓ニ伴ツテ起リ、氣壓ノ低下ハ潮ノ高サニ影響シ、之ニ風ノ力ガ作用スルコトヽナル。近似的ニ水銀柱 1 糎ノ低下ハ凡ソ海水位 13 糎ノ隆起ヲ生ズルト云ハレテアルガ、此氣壓直接ノ影響ノ外ニ風力ノ關係ヲ考ヘナケレバナラナイ。風力ハ勿論、風向、永續時間並ニ對岸距離及灣入ノ狀態又ハ地形ナドニ關係シ、强風ニ依ル潮汐ノ關係ハ可ナリ複雜デアル (215 暴潮豫報參照)。

196. 大洋中ノ潮汐 地形海陸ノ配置等カラ來ル影響ノナイ海洋内ノ潮差ヲ計算スレバ太陽潮ガ 0.25 米、太陰潮ガ 0.55 米トナルベキデ、大潮ノ時ハ併セテ 0.80 米内外トナルベキ勘定デアル。絕海ノ孤島トモ云フベキ大洋中ノ港灣ニ於テハ其潮差ハ通例 60 糎乃至 90 糎内外デ觀測セラレタ潮差ハ次ノ如クデアル。

第百二十一表 海洋中ノ潮差

島名	位置	潮差 (米)
あぞーるす (Azores)	北太平洋	1.2
せんとへれな (St. Helena)	南大西洋	1.0
あっせんしょん (Ascension)	〃	0.6
もーれしうす及れーゆにおん (Mauretius, & Réunion)	印度洋	0.6
ほのるゝ (Honolulu)	南太平洋	0.6
たいちー (Taiti)	〃	0.3

然シナガラ潮差ノ非常ニ大ナル海岸モ亦少クナイ。是レ漏斗狀ヲ爲シタ入江デ潮汐ガ波浪ノ重疊ヲ爲ス爲デアル(第六章 193 參照)。例ヘバぶりすとるちゃんねるノ入口デハ大潮ノ潮差ガ凡ソ 5.5 米ニ過ギナイモノガ其奥ナルちぇっぷすとー (Chepstow) ニ於テハ凡ソ 15.3 米ニ達シテ居ル如キ是デアル。今大ナル潮差ノ地點二三ヲ擧ゲレバ次ノ如クデアル。

第百二十二表 大ナル潮差ノ地名

地名	位置	平均朔望潮差 (米)	彼岸潮ノ潮差 (米)
みなす灣 (Minas Basin)	にゅー すこっとらんど ふあんぢー灣	15.4	19.6
がれろす港 (Gallelos)	大西洋ぱたごにや	14.0	18.0
ぽるちすへっと (Portishead)	英國ぶりすとる水道	12.8	16.3
こくそーく (Koksok)	らぶらどる、うんがば灣	11.7	15.0
ぐらんびる (Granville)	佛蘭西、どーばー海峽	11.5	14.7
ふぃちろい (Fitzroy)	濠洲、きんぐさうんど	11.0	14.0
漢江	朝鮮、仁川	10.3	13.2
ばうながる (Bhaunagar)	あらびや海、がんべー灣	9.7	12.4
ころらど河口 (Colorado)	北米かりふぉるにや灣	9.6	12.3
しっする水道 (Thistle)	西濠洲すぺんさー灣	9.1	11.7
はいたん水道 (Haitan)	臺灣海峽	7.3	9.3

197. 潮汐ノ研究歷史 潮汐ノ現象ハ古來東西ノ諸國ニ知ラレテアルガ、其最モ古イモノハ支那デアル。支那ノ古文書ニ水、海ニ朝宗ス(說文)ナド、見エルノハ所謂河潮ナドノ現象ヲ言ツタモノデ、王充ノ論衡ニ水者地之血脈隨氣進退而爲潮ナド、書イテアルノヲ見レバ恰カモ人身ノ動脈ニ血ガ脈搏ヲナス樣ニ地中ノ水ガ進退ヲスルト說明シタ。又水朝夕ニシテ至ルヲ潮ト云フナド、モ云ヒ、海潮ハ地ノ喘息ナリ、月ニ隨テ消長ス。早キヲ潮ト云ヒ晚キヲ汐ト云フ（皇極經世）ナド、云フニ至ツテ月ニ關係アルコトヲ氣附イタニ相違ナイノデアル。

あらびや及氷洲ナドノ古イ文獻ニモ潮汐ノ事ガ見エテ居ルト言ハレテアル。希臘ヤ羅馬ハ潮汐ガ殆ド無イ地中海ニ面シテ居ル爲ニ、潮汐ノコトヲ書イタモノガナイ。すとらぼ (Strabo) ハ西班牙ノ大西洋岸ノ潮汐ヲ引用シテ之ヲ月ノ運行ニ歸シタノモ面白イ。彼ハ又ばびろん人せりゅーかすガ觀測シタ印度洋ノ潮汐ノ理ヲ說明シ、其潮汐ノ日不等卽チ日每ニ變リ行ク現象ニ關スル法則ヲせりゅーかすガ敷演シタコトヲ書イテアル。1687 年にゅーとんハ萬有引力ノ法則ヲ發見シテ、兼ネテ潮汐ノ理ニ及ビ、此方面ニ貢獻スル所大デアツタ。けぷらー (Kepler, J.) ハ大洋ノ水ガ日月ノ中心ニ向テ動クコトヲ早ク認メテ居ツタガ、未ダ計數的ニ之ヲ說明シ得ナカツタ。がりれお (Galileo) ハ地球ノ囘轉及軌跡上ノ運行ヲ以テ潮汐ノ現象ヲ說明シタ。

にゅーとんハ其著ぷりんしぴやノ第一冊第 66 定理ノ系第 19 ニ於テ地球ヲ圍ンデ居ル水道ノ概念ヲ入レテアル。彼ハ水道ノ水ニ一衞星ノ影響ヲ考ヘテ、始メテ日月ニ依ル潮力ヲ定メタ。卽チ水ガ全地球ヲ覆フモノトシテ各瞬間ニ於ケル平衡ヲ假定シ、潮汐ヲ生ズル所ノ起潮體ガ赤道上ヲ運行スルモノト假定シタ。太陽及月ハ夫々異ナル楕率ヲ有スル楕圓體ヲ生ジ、其重ナリ工合ニ依リ潮汐ノ變化ヲ生ズルコトヲ說明シ、更ニ緯度ガ潮程ニ影響アルコトナドヲ考ヘタ。

1738 年巴里ノ學士院ハ賞ヲ懸ケテ潮汐ノ理ヲ明ニセントシタガ、おいらー (Euler)、まくろーりん (Maclaurin)、べるぬーいゆ (Bernouille) 及がばれりー (Cavalleri, J.) ハ其受賞者デアツタ。

1774 年らぷらーす (Laplace) ハ潮汐ノ理ヲ研究シテ此方面ニ光明ヲ投ゲタ。卽チ外力ガ週期的ニ働ケバ水分子ハ亦週期的ニ動キ、其水位及週期モ外力ノ週期ニ等シク變化スルコトヲ說明シタ。然シら氏ノ潮汐論ハ尙不完全デ、觀測ノ事實ヲ說明スルニ不充分ナ爲メ、之ヲ補綴スルニ煩鎖ナル方法ガ用ヒラレタ。

はっと (Hatt) ハ其著 Des Marées ニ於テ地上ノ一點ニ働ク天體ノ引力ハ此點ニ於ケル垂線ノ方向ヲ變ズル結果ヲ齎ラス。而カモ此變化ハ重力ノ値ノ變化ヨリモ大デ、其結果トシテ潮汐ヲ生ズルナド、云フ說ヲ唱ヘタガ、是レ勿論質的ノモノデ、量的ニハ說明ガ出來ズ、晦澁ヲ免レ得ナカツタ。以上ノ外力ハ一定ノモノ又ハ緩慢ニ變化スルモノヤ一日半日ノ週期ヲ持ツタモノデアル。與ヘラレタ一點ニ於テ平衡水位上ノ海面ノ高サ y ハ三項カラ成リ、其一ハ一定又ハ緩ク變化スルモノ、他ノ二者ハ週期的ノモノデ外力ト同一ノ週期ヲ有スルモノデアル。以上ノ假定ト推論カラはっとハ極距 δ ナル天體ノ引力ノ下ニ時角 H、地心距離 $\varDelta$ ヲ以テ水位ノ差 y ハ

$$y = \mathrm{A}_0 + \frac{\mathrm{A}_1}{\varDelta^3}\sin\delta\cos\delta\cos(\mathrm{H}-\alpha_1) + \frac{\mathrm{A}_2}{\varDelta^3}\sin^2\delta\cos^2(\mathrm{H}-\alpha_2)$$

ナルコトヲ發表シタ。此ニ A_0 ハ非常ニ小サイ量デ、天體ノ赤緯ノ函數ヲ表ハシ、徐々トシテ變化スルモノ、A_1, A_2, α_1, α_2 ハ或定數ヲ表ハス。而シテ若シ又他ノ天體ガアレバ前ト同樣ニ y' ヲ見出シ、y ト y' ノ代數的和ガ眞ノ高サヲ表ハスコト、ナル。之ヲ實際ノ例ニ適用シ、日月ノ潮汐ヲ引起ス數量ヲ計算シテ見ルト、大洋ニ近イ海岸ナドニハ適用セラレルケレドモ一般ノ潮

汐現象ヲ說明スルニ不完全デアツタ。

第十九世紀ノ初メ、英國ノらぼっく (Lubbock, J.) ヤほゑる (Whell) ハ各地ニ於ケル潮汐觀測ノ結果ヲ集メテ其性質ヲ研究シタ。又英國ノえーりーハ潮汐ノ研究ニ關シテ嶄新ナル見解ヲ持ツテ居タガ、一般ノ公海ヨリモ寧ロ水道內ノ潮汐ヲ主トシタノデ、其應用ノ範圍ヲ狹カラシメタ。

第十九世紀ノ半ニ至ツテ潮汐ノ理論ハけるゔぃん卿 (Lord Kelvin)、だーゐん (Darwin, G. H.) 及ぽあんかれー (Poincaré, H.) ニ依テ完成セラレタ。けるゔぃんハ其靜力學ノ理ニ遡ツテ之ヲ玉成シ、更ニ調和分解機ヲ作ッテ潮汐豫知ノ方法ヲ成就シタ。だーゐんハ潮汐論ノ種々ナル點ニ就テ研究ノ步武ヲ進メ、就中調和分解ノ應用ヲ試ミタ。ぽあんかれーハ其豐富ナル數學ノ力ヲ利用シテ潮汐論ヲ公ニシタ。米國ノふぇれる (Ferrel, W.) ヤはりす (Harris, P. A.) ハ亦潮汐ヲ論ジ、べるげん (Börgen) ヤはふ (Haugh) ノ研究モ亦重要ナルモノデアル。

でふぁんと (Defant)、してるねっく (Sterneck) 等ハあどりや海ノ如キ特定ノ海灣ニ就テ精密ナル潮汐ノ研究ヲ行ツテ好果ヲ收メタ、1920年てーらー (Taylor) ハ有限ノ長イ矩形ノ水道例ヘバのーるど ぜー (Nordsee) ノ如キモノヲ取ツテ興味アル潮汐ニ關スル計算ヲ發表シタ。湖沼ノ自由振動ニ依ル水位ノ變化ヲ更ニ擴張シテ前ニ述ベタ水道ニ及ボシタモノデアル。潮汐ヲ貯水池ニ連絡シ、而カモ時間ト共ニ變化スル斷面ヲ以テ海水ヲ出入セシメルコトハ所謂潮力發電ノ基礎ヲ爲スモノデ、1923 年ちゃつぷまん (Chapman, S.) ガ之ヲ研究シタ。

灣內及河口ニ侵入スル潮汐ノ問題ハ工事施工ノ爲ニ港灣ヲ變更シ、之ガ潮汐ニ及ス影響ヤ並ニ河ヤ海ノ間ノ相互ノ關係ナドハ殊ニ興味アルモノデ、前者ニハろれんつ (Lorentz, H. A.) ノ計算ニ係ルづいだーぜー (Zuyderzee)

ノ計劃、しると (Sylt) ノ築堤工事及のーるだーねー (Norderney) ノ築堤計劃ハくれー (Krey) 及えるぜん-らいねっけ (Öltzen-Reineke) ノ計算ニ係ルモノデアル。

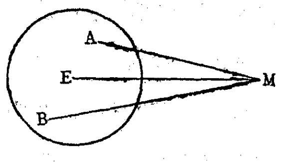
198. 潮汐ヲ生ズル力又ハ起潮力 我地球ト月ノ運動ヲ見レバ月ハ 27.3 恒星日ヲ以テ地球ノ周圍ヲ一回轉スル。而シテ月ノ軌道面ハ地球ガ回轉スル黃道面ト 5° 8′ 43″ ノ傾斜ヲ爲シテ居ル。

今或惑星ガ一個ノ衞星ヲ有スル場合ニ惑星ノ表面ニ對シテノ運動ハ恰カモ此惑星ノ中心ガ靜止シテ居ルモノト考ヘテ論究スルコトガ出來ル。若シ此系統內ノ各物ニ惑星ノ中心ノ速度ト等シク且ツ反對ノ速度ヲ與ヘレバ惑星ノ中心ハ靜止スル。而シテ之ガ爲ニハ惑星ノ中心ノ加速度ト相等シク且ツ反對ノ加速度ヲ各物ニ與ヘレバ良イ譯デアル。

M 及 m ヲ夫々惑星及衞星ノ質量、r ヲ惑星ノ中心カラ測ツタ衞星（一點ニ集中シタモノト考ヘタル）ノ動徑又ハ距離、ρ ヲ運動ヲ知ラントスル點ト惑星ノ中心トノ距離、z ヲ r ト ρ ノ間ノ角トスル。衞星ハ惑星ノ周圍ニ楕圓形ノ軌道ヲ以テ運行シ、其加速度ハ兩者ノ共通重心ニ對シテ r ニ沿ヒ惑星ノ方ニ $\frac{(M+m)}{r^2}$ デアル。惑星ト衞星ノ質量中心ハ空間ニ固定セラレ、惑星ノ中心ハ此質量中心ノ周圍ニ軌道ヲ畫キ、恰カモ衞星ガ惑星ノ周圍ニ軌道ヲ畫クノト同樣デアルガ、唯其割合ハ m ト $M+m$ ノ比ヲ長サノ寸法ノ比ニシタモノデアル。卽チ惑星ノ中心ノ加速度ハ兩者ノ質量中心ニ向テ m/r^2 ニ等シイ。換言スレバ惑星ノ中心ヲ靜止ノ狀態トスルニハ此系統ノ各分子ニ、r ニ平行シテ而カモ衞星カラ惑星ニ向ツテ $\frac{m}{r^2}$ ナル加速度ヲ附加シナケレバナラナイ。

今第百九十八圖ニ於テ m ヲ月ノ全質量トスレバ、m ハひんくす (Hinks) ノ研究ニ依リ (1909) 地球ノ質量ノ 1/81.53 ニ等シク、月ト地球ノ兩中心間

ノ平均距離ハ地球半徑ノ 60.27 倍ニ等シク、相當ニ大デアルカラ全質量ハ其中心 M ニ集中シタモノト考ヘルコトガ出來ル。又 E ヲ地球ノ重心トスレバ月ガ E 又ハ地球表面上ノ任意ノ點 A 及 B 等ニ於ケル單位質量ニ對スル引力ハ夫々 $-\frac{km}{(ME)^2}$, $-\frac{km}{(MA)^2}$ 及 $-\frac{km}{(MB)^2}$ ニ等シイ。此ニ k ハ引力定數ト呼バレ C.G.S. 式デハ

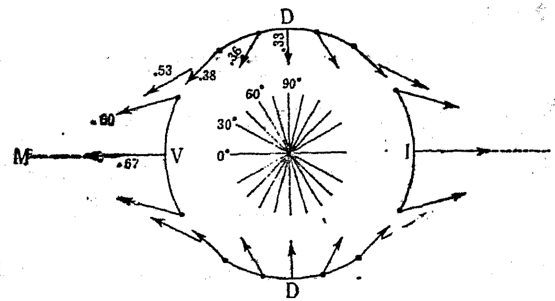


第百九十八圖
地球ト月

$$k = 665.8 \times 10^{-10}\ \mathrm{cm^3/g.(sec)^2} \qquad [328]$$

ニ等シイ。今暫ク k ヲ不問ニ附シテ $k=1$ トスレバ前ノ三ノ引力ハ夫々 $-\frac{m}{(ME)^2}$, $-\frac{m}{(MA)^2}$ 及 $-\frac{m}{(MB)^2}$ ニ等シイ。此ニ「−」ハ引力ヲ表ハス。然ルニ ME ハ前ニ述ベタ如ク地球ノ赤道半徑ノ凡ソ 60.27 倍ニ過ギナイカラ、ME、MA 及 MB ニハ長サニ相違ガアルノミナラズ、其方向モ亦同一デナイ。從テ引力ノ强サモ相異ナリ、方向モ亦異ナル譯デアル。斯クノ如ク方向ト强サガ同一ナラザル力ガ一ノ物體ノ上ニ働ケバ回轉トナリ變形ヲ生ズル。卽チ A 點及 E 點ニ於ケル月ノ引力ヲ共ニ或直角座標ニ對シテ分解シ、前者カラ後者ヲ差引ケバ、是等二ノ力ノ差ハ地平ノ方向及垂直ノ方向ニ現ハレ、起潮力又ハ**潮汐ヲ生ズル力**トナル。換言スレバ中心ニ集中セラレタモノト考ヘラレル月ノ質量ハ地球及海洋ノ各分子ニ引力ヲ及ボシ、而カモ各分子ノ位置ニ依リ之ニ働ク力ニ强弱ガアル爲メ、潮汐ヲ生ズルノデ、卽チ起潮力ハ單ニ**潮力**ト呼バレルモノトナル。月ニ面シタ地球ノ部分ハ平均ノ力ヨリモ稍々强イ力デ月ノ方ニ引付ケラレ、月ニ背イタ他ノ半面ノ地球ノ部分ハ平均ノ力ヨリモ稍々弱イ力デアルカラ月ト反對ノ方ニ引クト同一ノ結果ヲ現ハシテ居ル。勿論是等平均ヨリ强イ力ハ之ヨリ弱イ力ト殆ド相等シク、地球ノ中心ト月ノ中心トヲ連絡スル直線ニ直角ニ地球ノ中心ヲ過グル大圏ニ於

テハ平均トノ差力ハ皆地球ノ中心ニ向ツテ居ル。卽チ起潮力ハ月ニ向ヒ、及ビ月ノ反對ノ方向ニ水ヲ引キ、又之ト直角ノ方向ニ水ヲ推付ケル結果ヲ生ジテ居ル。第百九十九圖ハ之ヲ説明シタモノデ、M ハ月ノ方向ヲ示シ、起潮力ノ强サヲ數字デ示シテアル。V ハ月ノ見エル半球ノ中心デ、I ハ其見エナイ半球ノ中心デアル。又 DD ハ潮力ガ地心ニ向フ部分デアル。V 及 I ニ於テ外方ニ向フ力ハ精密ニ DD ニ於テ内方ニ向フ力ノ二倍ニ等シイ。



第百九十九圖　地球ノ上ノ起潮力

地球ガ回轉セズ休止シテ居ルナラバ地球ヲ圍ム水ハ扁平楕圓體ヲ爲シ、其長軸ハ地球ト月ノ兩中心ヲ結ブ直線ノ方向ニ重ナリ、短軸ハ地心ヲ過ギテ前ノ直線ニ直角ナル大圏ノ通極半徑ニ重ナル。

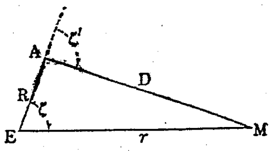
然ルニ地球ガ回轉シテ居ル爲メ事態ハ全然異ナツテ來ル。今假リニ赤道ヲ繞ツテ地球ヲ取卷ク水道ガアルト考ヘ、何等カノ原因デ一大波浪ヲ生ジ、此波浪ガ月ノ地球ヲ一周スル速度卽チ 24.84 時間デ赤道ノ周圍 40076.8 粁ヲ通過スルト考ヘタモノガえーりーノ水道潮汐論デアル。卽チ海洋ノ振動ハ月ニ依ツテ起潮セラレ、其後ニ追從スル波動ノ組合セガ潮汐ヲ成スモノト説明シタ。然ルニ月ノ方ハ迅速ニ移動スルガ、水道內ノ自由波ハ若シ之ヲ其自然ノ振動ニ委セテ置クナラバ、月ニ面シタ處ト之ニ反シタ處ハ反テ低水位ヲ生ズベク、而カモ潮力ハ高水位ヲ生ズベキデアル。

若シ又月ガ地球ノ周圍ニ回轉シテ居ルモノトスレバ、水面ハ扁平ナル楕圓體トナリ、其長軸ハ月ニ向フベキデアリ、地球ノ回轉ハ更ニ此複雜ニ拍車ヲ

加ヘル。

斯クシテ水道潮汐論ハ潮汐ノ現象ヲ説明セント試ミタガ、地球ガ大洋ヲ以テ包マレテ各瞬間ニ平衡ヲ保ツベク扁平球ヲ作ルモノト想定スルヨリモ陸ヲ以テ一部被ハレテアル地球ノ潮汐ノ方ガ眞ニ近イ。實際ノ觀測ニ依レバ月ガ子午線ニ在ルトキ高潮ヲナスヨリモ寧ロ低潮ヲ爲ス方ガ多イ。即チ一太陰日ニ二回ノ低潮ガアツテ其時間ハ凡ソ月ガ子午線上ニ地平ノ上又ハ下ニ在ル時デ、高潮ハ低潮ノ中間ニ在ル樣ニ見エル。

起潮力ニ依ツテ干滿ヲ生ズルコトハ既ニ述ベタ通リデアルガ、起潮力ノ代リニ其ぽてんしやる又ハ能ヲ以テシ、最後ニ力ノ關係ヲ知ルコトガ便利デアル。



第二百圖
月ノ起潮ぽてんしやる

第二百圖ニ於テ月ノ重心 M ト地球上ノ任意ノ點 A トノ距離ヲ D、地球ノ中心 E ト A トノ距離ヲ R、地心ト月ノ重心トノ距離 ME ヲ r トシ、且ツ角 AEM$=\zeta$ ヲ地心角即チ E ニ於テ A ト M トヲ夾ム角、ζ' 即チ角 EAM ノ外角ヲ擬天頂角、k ヲ引力定數トスレバ A ニ於ケル單位質量ニ對スル月ノ引力ノぽてんしやるハ [243] カラ $\dfrac{km}{\mathrm{D}}$ デアル。又直線 EM ト三ノ座標軸ト爲ス角ノ餘弦 $\cos\alpha, \cos\beta, \cos\gamma$ ヲ方向餘弦トスレバ、E ニ於ケル單位質量ニ對スル月ノ引力ハ $-\dfrac{km}{r^2}$ デ其分力ハ夫々 $-\dfrac{km}{r^2}\cos\alpha,\ -\dfrac{km}{r^2}\cos\beta,\ -\dfrac{km}{r^2}\cos\beta$ デアル。今 E(x_0, y_0, z_0)、M(x_1, y_1, z_1) 及 A(x, y, z) ノ三點ガ爲ス三角形カラ

$$
(1)\quad \begin{cases} \mathrm{D}^2=(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2 \\ \mathrm{R}^2=(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2 \\ r^2=(x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z_1-z_0)^2 \end{cases}
$$

及ビ

$$
(2)\quad \begin{cases} \cos\alpha=\dfrac{x_0-x_1}{r} \\ \cos\beta=\dfrac{y_0-y_1}{r} \\ \cos\gamma=\dfrac{z_0-z_1}{r} \end{cases}
$$

(2) ヲ引力ノ分力 $-\dfrac{km}{r}\cos\alpha,\ -\dfrac{km}{r}\cos\beta,\ -\dfrac{km}{r}\cos\gamma$ ニ代用レスバ、其中ニハ全然 A ノ座標ヲ含マナイ。今月ノ引力ノ分力ハ一ノぽてんしやるノ位置的微係數デアルカラ、分力ヲ c_1, c_2, c_3, ぽてんしやるヲ U トスレバ [244] カラ

$$
(3)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial \mathrm{U}}{\partial x}=c_1=-\dfrac{km}{r^3}(x_0-x_1) \\ \dfrac{\partial \mathrm{U}}{\partial y}=c_2=-\dfrac{km}{r^3}(y_0-y_1) \\ \dfrac{\partial \mathrm{U}}{\partial x}=c_3=-\dfrac{km}{r^3}(z_0-z_1) \end{cases}
$$

故ニ c ヲ任意定數トスレバ (3) ヲ積分シテ

$$
(4)\quad \begin{aligned} \mathrm{U}&=c_1x+c_2y+c_3z+c \\ &=-\frac{km}{r^3}\Big\{(x_0-x_1)x+(y_0-y_1)y+(z_0-z_1)z\Big\}+c \end{aligned}
$$

$c_1\ c_2$ 及 c_3 ノ代リニ分力ヲ用ヒ、且ツ其方向餘弦ノ代リニ (2) ヲ代用シ、加フルニ c ヲ

$$
(5)\quad c=\frac{km}{r^3}\Big\{(x_0-x_1)x_0+(y_0-y_1)y_0+(z_0-z_1)z_0\Big\}+\mathrm{C}
$$

トシ、C ヲ更ニ他ノ不定數トスレバ

$$
(6)\quad \mathrm{U}=-\frac{km}{r^3}\Big\{(x_0-x_1)(x-x_0)+(y_0-y_1)(y-y_0)+(z_0-z_1)(z-z_0)\Big\}+\mathrm{C}
$$

トナル。然ルニ解析幾何カラ

$$
\cos\zeta=\frac{1}{2\mathrm{R}r}\Big\{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2
$$

$$(7)\qquad +(x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z_1-z_0)^2 -(x-x_1)^2-(y-y_1)^2-(z-z_1)^2\Big\}$$

$$=\frac{-1}{\mathrm{R}r}\Big\{(x_0-x_1)(x-x_0)+(y_0-y_1)(y-y_0)+(z_0-z_1)(z-z_0)\Big\}$$

故ニ

$$(8)\qquad \mathrm{U}=\frac{km}{r^2}\mathrm{R}\cos\zeta+\mathrm{C}$$

起潮力ノぽてんしやるハ卽チ $\frac{km}{\mathrm{D}}$ カラ U ヲ減ジタ差デ之ヲ V′ トスレバ

$$(9)\qquad \mathrm{V}'=\frac{km}{\mathrm{D}}-\frac{km}{r^2}\mathrm{R}\cos\zeta-\mathrm{C}$$

然ルニ

$$(10)\qquad \mathrm{D}=\sqrt{r^2-2\mathrm{R}r\cos\zeta+\mathrm{R}^2} =r\sqrt{1-2\frac{\mathrm{R}}{r}\cos\zeta+\left(\frac{\mathrm{R}}{r}\right)^2}$$

前ニ述ベタ通リ地球ト月ノ兩中心間ノ距離 r ハ地球ノ半徑 R ノ凡ソ 60 倍ニ等シイカラ之ヲ球調和函數トシテ展開スレバ急ニ收斂スル。卽チ

$$(11)\qquad \frac{1}{\mathrm{D}}=\frac{1}{r}\left[\mathrm{P}_0+\mathrm{P}_1\left(\frac{\mathrm{R}}{r}\right)+\mathrm{P}_2\left(\frac{\mathrm{R}}{r}\right)^2+\mathrm{P}_3\left(\frac{\mathrm{R}}{r}\right)^3+\cdots\cdots\right]$$

此ニ $\mathrm{P}_0, \mathrm{P}_1, \mathrm{P}_2$ 等ハれーぜんだーノ係數ト呼バレルモノデ次ノ如キ値ヲ持ツテ居ル。

$$(12)\qquad \left\{\begin{array}{l}\mathrm{P}_0=1\\ \mathrm{P}_1=\cos\zeta\\ \mathrm{P}_2=\frac{3}{2}\cos^2\zeta-\frac{1}{2}\\ \mathrm{P}_3=\frac{5}{2}\cos^3\zeta-\frac{3}{2}\cos\zeta\\ \cdots\cdots\cdots\cdots\end{array}\right.$$

(11) ニ (12) ヲ代用シ、且ツ更ニ之ヲ (9) ニ挿入スレバ

$$(9')\qquad \mathrm{V}'=\frac{km}{r}\left[1+\cos\zeta\left(\frac{\mathrm{R}}{r}\right)+\left(\frac{3}{2}\cos^2\zeta-\frac{1}{2}\right)\left(\frac{\mathrm{R}}{r}\right)^2+\cdots\cdots\right]$$

$$-\frac{km}{r^2}\mathrm{R}\cos\zeta-\mathrm{C}$$

又ハ

$$(13)\qquad \mathrm{V}'=\frac{km}{r}+\frac{km}{r}\left(\frac{3}{2}\cos^2\zeta-\frac{1}{2}\right)\left(\frac{\mathrm{R}}{r}\right)^2+\cdots\cdots-\mathrm{C}$$

C ハ全ク不定々數デアト共ニ A ノ座標ヲ含マヌカラ $\frac{km}{r}-\mathrm{C}=0$ トスルコトガ出來ル。而シテ $\frac{\mathrm{R}}{r}$ ハ小サイカラ $\left(\frac{\mathrm{R}}{r}\right)^2$ ノ項ノミヲ取ツテ他ノ項ヲ省略スレバ

$$\mathrm{V}'=km\frac{\mathrm{R}^2}{r^3}\left(\frac{3}{2}\cos^2\zeta-\frac{1}{2}\right)\qquad [329]$$

此ニ k ハ前ニモ述ベタ通リ重力定數デ C.G.S. 單位デ表ハセバ [328] カラ知ラレル。

[329] ハ起潮力ノぽてんしやるデ、之カラ更ニ起潮力ノ分力ヲ見出スコトガ出來ル。

第二百圖ニ於テ E ヲ極トシ、EM ヲ極軸トシテ極座標ヲ用ヒレバ ζ ハ極角ヲ表ハス。R ハ地球ノ半徑デ $\frac{\partial \mathrm{V}'}{\partial \mathrm{R}}$ ハ下カラ上ニ向フ起潮力ノ分力デ

$$\frac{\partial \mathrm{V}'}{\partial \mathrm{R}}=2km\frac{\mathrm{R}}{r^3}\left(\frac{3}{2}\cos^2\zeta-\frac{1}{2}\right)\qquad [330]$$

又 ζ 角ノ增加 $\partial\zeta$ ト R トノ積ハ地平ノ弧ノ長サヲ表ハシ、$\frac{1}{\mathrm{R}}\frac{\partial \mathrm{V}'}{\partial\zeta}$ ハ地平分力ヲ示ス

$$\frac{1}{\mathrm{R}}\frac{\partial \mathrm{V}'}{\partial\zeta}=-\frac{3}{2}km\frac{\mathrm{R}}{r^3}\sin 2\zeta\qquad [331]$$

卽チ起潮力ノ縱ノ分力モ亦地平分力モ地球ト月ノ中心間ノ距離ノ 3 乘ニ反比シテ居ル。

[330] ニ於テ $\zeta=0$ 又ハ $\zeta=\pi$ 卽月ガ天頂又ハ天底ニ在ル時ハ垂直ノ方向ニ於ケル起潮力ガ最大デ $2km\frac{\mathrm{R}}{r^3}$ ニ等シク、又 [331] ニ於テ $\zeta=\frac{1}{4}\pi$ 又ハ $\zeta=\frac{3}{4}\pi$ ノ時ニ地平ノ起潮力ガ最大デ $\frac{3}{2}km\frac{\mathrm{R}}{r^3}$ ニ等シイ。

今 M ヲ地球ノ全質量トスレバ地表ノ引力 a ハ次ノ如クデアル。

(14) $a = k\frac{M}{R^2}$

故ニ起潮力ノ最大垂直及地平分力ト地表ノ引力ノ比ヲ求メレバ夫々 $\frac{2m}{M}\left(\frac{R}{r}\right)^3$ 及 $\frac{3}{2}\frac{m}{M}\left(\frac{R}{r}\right)^3$ ニ等シイ。

地球ト月ノ質量ノ比 $\frac{m}{M}$ ヲ凡ソ 82 トシ、地球ノ半徑 R ト地球ト月ノ中心間ノ距離 $\left(\frac{R}{r}\right)$ ヲ $\frac{1}{60.27}$ トスレバ月ノ爲ニ生ズル起潮力ノ垂直分力及地平分力ト地表引力トノ比ハ夫々 $2\times\frac{1}{82}\times\left(\frac{1}{60.3}\right)^3=\frac{1}{8988504}$ 及 $\frac{3}{2}\times\frac{1}{82}\times\left(\frac{1}{60.3}\right)^3=\frac{1}{11934672}$ ニ等シイ。

月ガ天頂又ハ天底ニ位スレバ $\zeta=0$ 又ハ $\zeta=\pi$ デ起潮力ノ垂直分力ハ最大デ、然カモ地平分力ガナイカラ、水分子ハ上下ニ昇降ルスノミデアル。$\zeta=\frac{\pi}{2}$ ナル大圏デハ亦地平分力ガナク、低潮ノ時ハ亦水分子ガ上下ニ昇降スルノミデアル。$\zeta=\frac{\pi}{4}$ 及 $\zeta=\frac{3}{4}$ トナレバ地平分力ハ最大トナル。

以上起潮力ノぽてんしやるニ關スル公式 [329] 及起潮力ノ分力ニ關スル公式 [330] 及 [331] ハ月ノ質量ノ代リニ太陽ノ質量ヲ用ヒ、地球ト月ノ距離ノ代リニ地球ト太陽ノ距離ヲ用ヒレバ太陽ニ依ツテ生ズル起潮力ヲ見出スコトガ出來ル。今太陽ノ質量ハ地球ノ 327214 倍デ太陽ト地球ノ平均距離ハ 1.494×10^{11} 米デ地球ノ赤道半徑 6.378×10^{6} 米ノ 23424.3 倍ニ等シイ。從テ月ト太陽ノ起潮力ノ比ハ 2.2:1 トナル。

$$\frac{1}{82}\times\left(\frac{1}{6.03}\right)^3:327214\times\left(\frac{1}{23424.3}\right)^3=2.2:1$$

卽チ太陽潮ハ太陰潮ノ凡ソ半分ニ等シク、正午ト夜半ノ凡ソ二回高潮ヲ生ジ、凡ベテ太陽日ニ依ル。日月兩潮ノ重疊ハ海底ヤ地形ナドノ關係ヤ摩擦干渉ナドニ依ツテ合成シタ潮トナツテ現ハレル。朔望ニ大潮ヲ生ジ、兩弦ニ小潮ヲ見ルノハ周知ノ事實デ太陽ノ起潮力ヲ 1 トスレバ太陰ハ 2.2 ニ等シク、合

セテ 3.2 トナル。之ヲ其差 $2.2-1=1.2$ ニ比スレバ凡ソ 3 倍ニ近ク、大潮ノ潮差ガ小潮ノ凡ソ 3 倍ニ近イ事實ト比較スレバ興味アル對稱ヲ爲シテ居ル。

從來太陽及太陰ガ赤道上ヲ運行スルモノト考ヘタガ月ノ軌道ト太陽ノ黄道面ハ地球ノ赤道面ト傾斜ヲ爲シテ居ル。此傾斜角ハ月及太陽ノ赤緯ヲ爲シ、月ノ赤緯ハ 27.3 日ノ間ニ一ビタ最大トナリ、亦一タビハ最小トナル。又太陽ハ夏至ノ 23°27′ ト冬至ノ −23°27′ ノ間ニ變化スル。而シテ月ノ赤緯變化ノ範圍ハ可ナリ大キク、$28^\circ\frac{1}{2}$ 乃至 $18^\circ\frac{1}{2}$ ヲ極限ノ値トシテ居ル。且又地球ト月ノ距離ハ絕エズ變化シテ遠月點ニ最モ遠ク、近月點ニ最モ近ク、月ガ近月點ヲ相次イテ通過スル間ノ平均時間ハ一近點月デ前ニモ述ベタ如ク 27 日 13 時 18 分 33 秒デアル。又少シク精密ニ言ヘバ或地點ニ於テ月ガ子午線ヲ 2 回經過スル場合ニ其上經過ニ於ケル天頂距離卽チ天球ニ於ケル北極ト月トノ間ノ距角ハ下經過ニ於ケル天底距離ト同一デナイ。然ルニ天頂及天底距離ガ小サイ程起潮力ハ大ク、從テ相續イテ起ル經過ニ對シ其起潮力ハ異ナツテ居ル。若シ月ガ赤道上ヲ運行スルモノナラバ此現象ハ起ラナイ。卽チ二ノ太陰潮又ハ月潮ハ以上ノ理由ニ依ツテ日々其起潮力ノ大サヲ異ニシ斯クシテ起ル高サノ不等ハ前ニ述ベタ日潮不等デアル。月ガ赤道上ニ來レバ此不等ハ消滅スベク、其二週間每ニ赤道上ニ來ル爲ニ太陰一日潮ハ亦 2 週間每ニ消滅スル譯デアル。同樣ニ夏及冬ニ於テ相續ク太陽潮ハ一般ニ其高サヲ異ニシ、春ヤ秋ハ其差ガ不明瞭デアル。

又近月點ト遠月點ニ於テ月ト地球ノ中心距離ハ赤道半徑ノ 55.85 倍乃至 65.07 倍デ其比ハ 1:1.165 デアル。然ルニ此距離ハ 3 乘ノ形トナツテ起潮力ノ分母ニ表ハレルカラ、起潮力ノ比ハ $1.165^3:1$ 又ハ 1.357:1 トナリ、少ナカラザル影響ガアル。更ニ又太陽ト地球トノ距離モ亦不同デ現今知ラレテ

アル偏心距デハ近日點ガ最モ小ク、地球ノ赤道半徑ノ 23046 倍ニ達シ、遠日點ニ於テ最大デ、其 23832 倍ニナツテ居ル。

之ニ加フルニ月ノ運動ニハ他ノ不規則ナル變化ガアル。秤動ノ如キハ其最モ著名ナルモノデ、軌道ノ上ニ不規則ナル三種ノ運動ヲ爲シ、之ニ依ツテ地球上ノ一觀測者ヲシテ其表面ノ 6/10 ヲ眺メ得セシメテアル。從テ起潮力モ實ニ多種多樣デアルト考ヘナケレバナラナイ。

而カノミナラズ太陰ト太陽ノ運動ハ其週期ニ於テ整除シ得ラレナイ爲メ兩者カラ胚胎シタ潮汐ハ夫々合併シテ合成潮ヲ形ツクルガ、同一ノ潮汐ハ決シテ再ビ現ハレテ來ナイ。是レ又實ニ潮汐ノ現象ヲ一層複雜ナラシメテ居ル主ナル原因ヲ爲シテアル。

199. 靜力學的潮汐論　今地球ガ全面海水ヲ以テ覆ハレタモノト假定スレバ、月ナリ太陽ナリ、潮汐ヲ生ズル天體ノ中心ト地球ノ中心ヲ結ブ直線上デハ海面ガ隆起シ、之ト 90° 離レテアル點デハ海面ガ降下スル。而シテ水ノ惰性ヲ省略シテ海面ハ常ニ此釣合ヲ保ツタ形ヲ爲スモノト考ヘルノガ靜力學的ニ論ジタ潮汐學デアル。實際ニハ永期ノ潮汐ニシテモ、又ハ海岸カラ相當ニ離レテ居ル短週期ノ潮汐デ其運動ガ遲ク水ノ惰性ヲ閑却シ得ル樣ナモノニシテモ、尙ホ靜力學的ニ得タモノト實際觀測ノ結果ト比較スルトキハ相符合セヌノミナラズ、此理論デハ滿足ニ說明シ得ヌ點ガ多イ。

重力及潮汐ヲ生ズル力ノぽてんしやるヲ夫々 W 及 V′ トスレバ海水面ガ平衡ノ釣合ヲ保ツ以上ハ

(1)　$W' + V' = C$

玆ニ C ハ或定數デアル。今單ニ月ノ場合ノミヲ取ツテ考フルニ、假ニ月ガ無カツタナラバ、海水面ハ亦一ノ平衡ヲ得テ

(2)　$W = W_0$

此ニ W_0 ハ亦一ノ定數デアル。

(2) ハ卽チ海水面ノ平均水位ヲ表スベキモノデ、潮汐ノ間、海水面ハ刻々之ヨリ異ルハ人ノ知ル所デアル。卽チ (1) ニ示シタ W ハ平均海水面上ノ局部的ノ高 h ノ函數デ

(3)　$$W = W_0 + h\frac{\partial W}{\partial n} + \cdots\cdots$$

ナル形ヲ持ツテ居ル。此ニ ∂n ハ (2) ノ面ニ對シテ外方垂直線ノ方向ヲ表シテ居ル。然ルニ $\frac{\partial W}{\partial n} = -g$ デ、g ハ重力デアルカラ、(1) ハ

(4)　$$W_0 - gh + V' = C$$

今全地球ガ凡テ海水ヲ以テ圍マレテ居ルモノトシ、且ツ重力 g ハ全海水面上ニ一定ナルモノト假定シ、(4) ノ兩節ニ小サナ面積 $d\sigma$ ヲ乘ジ、全表面 A ニ就テ積分スレバ

(5)　$$(C - W_0)\,A = \int V'\,d\sigma - g\int h\,d\sigma$$

トナル。然ルニ球函數ノ性質トシテ $\int P_n d\sigma = 0$. 又平均海水面ヨリ上ニ在ル全容積ト之ヨリ下ニ在ル全容積トハ相等シイカラ、右節第二項モ零ニ等シイ。從テ

(6)　$$C = W_0$$

故ニ (4) 及 [144] カラ

(7)　$$h = \frac{V'}{g} = k\frac{m}{g}\frac{R^2}{r^3}\left(\frac{3}{2}\cos^2\zeta - \frac{1}{2}\right)$$

g ノ代ニ地表ノ引力 a ヲ用フレバ $\frac{k}{a} = \frac{R^2}{M}$（前條(15)參照）デアルカラ

$$h = \frac{m}{M}\left(\frac{R}{r}\right)^3 R\left(\frac{3}{2}\cos^2\zeta - \frac{1}{2}\right) \qquad [332]$$

今 $\frac{m}{M}\left(\frac{R}{r}\right)^3$ ハ殆ド $\frac{1}{17712000}$ ニ等シク、R = 6370000米トスレバ、$\zeta = 0$ 又ハ $\zeta = \pi$ ノ處デ靜力學的ニ考ヘタ上ゲ潮ノ最大ノ高サハ 37 糎ニ達スル

カ達セヌカデアル。又下ゲ汐ノ最大深ハ $\zeta=\frac{\pi}{2}$ デ 18 糎ヲ出ヅルコト多クナイ。従テ月ノ起潮力カラ來ル全潮程ハ殆ド 55 糎内外デアル。之ニ太陽カラ來ル全潮程 25 糎ヲ加フルモ大潮ノ時ニハ併セテ 80 糎内外ナルベキ筈デアル。

大洋ヲ以テ取卷カレテアル地球ガ他ノ外力ノ爲ニ生ズル平衡ノ形ハ球面調和函數ヲ以テ現ハスコトガ出來ル。

以上靜力學的潮汐論又ハ潮汐ノ平衡論デハ大洋ガ瞬間毎ニ重力ト潮汐ノ下ニ平衡ノ形ヲ表ハスト云フノデアルガ、然シ若シ地上ニ大陸ガアレバ此法則ハ多少ノ拘束ヲ受ケテ水ノ昇降ガ充分ニ滿足サレナイ筈デアル。此理窟ハべるぬーいゆ (Bernouille) ハ知ツテ居タガ、けるゔぃん (Kélvin) ハ之ヲ看過シタ。換言スレバ海陸ノ分布殊ニ其不規則ナル配置ノ爲ニ若干ノ修正ヲ必要トスル譯デアル。

200. 動力學的潮汐論 然ルニ潮汐ハ前ニ述べタ樣ニ引力ト重力トガ釣合ヲ保ツテ居ル爲ニ表ハレタモノデナク、反ツテ動力學的ニ海水ガ運動シテ居ル爲ニ起ル現象デアル。1896 年ぽあんかれー (Poincarée) ハ水陸交錯シタ大洋ノ潮汐ヲ數學的ニ取扱フコトヲ考ヘタガ、大洋ガ全地球ヲ覆フ場合デサヘ非常ニ複雜デアルノニ、海洋個々ノ犬牙錯綜シタ樣ナ場合ハ之ヲ理論カラ推定スルコト思ヒモ寄ラナイ。けるゔぃんハ 1880 年廻轉スル水ノ重力ニ依ル振動ヲ發表シタ。らぷらーすハ Mécanique Céleste ニ依ツテ種々ノ簡單ナル場合ノ問題ヲ解イタガ、亦非常ニ複雑ヲ極メタ。即チ地球ガ全部水ヲ以テ覆ハレテ三ノ天體ノ重力はてんしゃるノ作用ノ爲ニ地表ニ生ズル水ノ運動ヲ知ラントスルノガ此動力學的潮汐論デアル。之ニ質量ノ惰性カラ起ル潮汐ノ遲レモアルベク、又海ノ大サニ依ル自由振動モ可能デアル。らむ(H. Lamb) ハ其著水力學ニ之ヲ載セテ居ル。1897 年乃至 1898 年ニはふ(S. S. Hough) ハらぷらーすノ潮汐論カラ更ニ海洋相互ノ引力ヲ考ニ入レ、海水ノ自由振動ノ性質ヤ其週期ヲ定メタ。蓋シはふノ潮汐ハ果シテ實際ニ符合シテ居ルヤ否ヤハ疑シイガ、此種ノ動力學的問題ハ自由振動ニ併セテ强制振動ヲ論ズルデナケレバ解決シ得ラレヌモノデアルカラ、潮汐ノ眞現象ヲ究ムルニ必要ナルモノデアル。

初メ 1813 年ノ頃えーりー(Airy)ハ所謂水道潮汐論ヲ唱導シタ。ふぇれる (W. Ferrel) ハ太西洋中ニ略半日ノ週期ヲ以テ繰返サレル太陰半日潮ハ海水ノ定常波デアルト言ヒ、はりす (A. Harris) ハ更ニ之ヲ各海洋ニ及シタ。はりすハ又半日一日等ノ原搖ノ週期ヲ持ツテ居ル振動區域ニ各海洋ヲ區別シタガ、實際ノ結果トはりすノ説トヲ比較スレバ餘リ甚シク違ツテ居ラナイ。

之ヲ要スルニ潮汐ノ現象ハ非常ニ複雜ナルモノデ、古來學者ノ頭腦ヲ惱マシタコト甚大デアルケレドモ、而カモ今日ノ程度デハ特別ナル場合ニ就テ研究セラレタノミデ、未ダ滿足ナル一般ノ説明ヲ得ナイ。今前ニ若干ノ學説ヲ擧ゲタケレドモ其細目ニ入ルコトハ本書ノ爲シ得ザル處デアル。

201. 潮候時 月ガ或ル觀測地ノ子午線ヲ經過シテカラ次ノ高潮又ハ低潮トナル迄ノ時間ハ其地點ニ對シテ略ボ一定シテ居ル。此時間ヲ夫々高潮間隙及低潮間隙ト呼ビ兩者ヲ合併シテ月潮間隙ト呼ブ。而シテ朔及望ニ於ケル高潮間隙ヲ普通潮候時、朔望高潮時又ハ朔望高潮ト呼ブ。即チ滿月及新月ニ於テ月ガ子午線ヲ通過シテカラ、次ノ高潮ノ現ハレルマデニ經過スベキ平均ノ時間デ、High water at full and change 又ハ平均高潮間隙 (MHWI トモ書ク) ト呼バレルモノデ海圖ニハ H. W. F. & C. ト記シ、又之ヲ潮候時トモ呼ビ、太陰ノ子午線經過時零時零分又ハ 12 時零分ノ時ノ月潮間隙デアル。滿月又ハ新月ト大潮ノ間ノ平均間隙ヲ潮齡ト呼ビ、凡ソ 1 日乃至 1.5 日ヲ

常トスルガ處ニ依ツテハ此二倍ニ達スル。

月潮間隙ハ一般ニ朔卽チ新月カラ次第ニ減少シテ次ノ上弦ト朔トノ中間ニ最小トナル。其後漸次增加シテ上弦ヲ過ギ、上弦ノ次ノ望卽チ滿月ノ中間ニ最大トナル。是カラ後ハ漸次減少シテ望ヲ過ギ、望ト下弦トノ中間ニ最小トナリ、以下朔カラ望ニ至ルト同一ノコトヲ繰返スノデアル。斯クノ如ク略半ケ月間ニ月潮間隙ハ消長スルカラ、其間ノ平均ヲ取テ之ヲ**平均月潮間隙**ト呼ビ、更ニ高潮ト低潮トヲ區別シテ、其高潮ノ場合ヲ**平均潮候時**、**更正潮候時**又ハ**平均高潮間隙**ト云ヒ、低潮ノ場合ナル**平均低潮間隙**ニ區別シテ居ル。

相次デ來ル二ノ高潮又ハ二ノ低潮ハ其高サガ多少異ナルノヲ常トシ、二高潮又ハ二低潮間ノ時間モ一般ニ同一デナイ。此クノ如キ現象ヲ**日潮不等**ト呼ビ、二ノ高潮ノ中高イ方ヲ**高々潮**、低イ方ヲ**低高潮**ト云ビ、二ノ低潮ノ中低イモノト高イモノトヲ夫々**低々潮**及**高低潮**ト云フ。

今我國近海ノ沿岸各地ニ於ケル朔望高潮時及大潮升ヲ擧グレバ次ノ如クデアル。

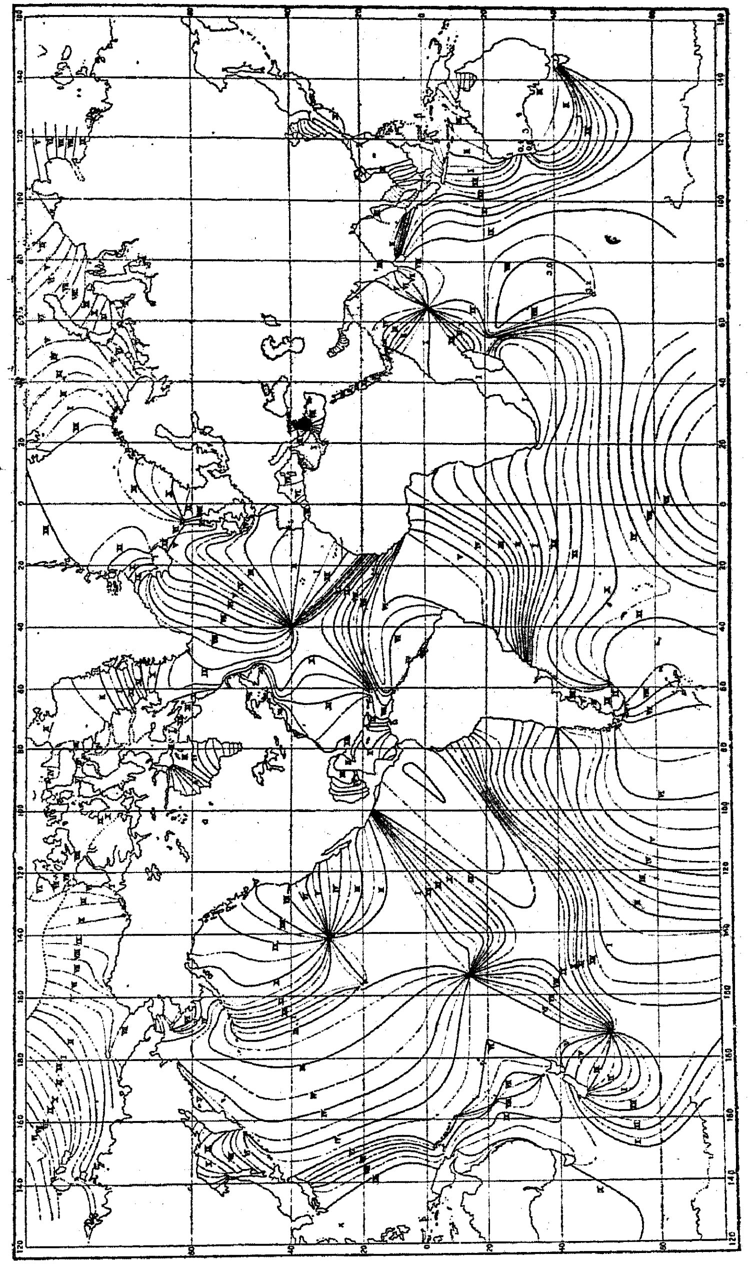
第百二十三表　日本近海ノ朔望高潮及大潮升

海洋	地名	朔望高潮時 (時)	(分)	大潮升 (米)	(呎)
太平洋	根室	4	9	1.68	(5.50)
	室蘭	3	46	1.83	(6.00)
	函館	4	10	3.89	(12.75)
	宮古	4	19	1.52	(5.00)
	品川	5	50	2.21	(7.25)
	橫濱	5	45	2.21	(7.25)
	橫須賀	5	34	2.13	(7.00)
	下田	5	50	1.98	(6.50)

海洋	地名	朔望高潮時 (時)	(分)	大潮升 (米)	(呎)
	四日市	6	23	2.74	(9.00)
瀨戶內海	大阪	7	34	1.90	(6.25)
	神戶	7	34	18.3	(6.00)
	吳	9	52	3.96	(13.00)
	尾道	11	22	3.96	(13.00)
	下關（外濱）	9	25	2.74	(9.00)
太平洋	鹿兒島	7	22	3.13	(10.25)
	那覇	7	4	2.36	(7.75)
	基隆	9	21	1.14	(3.75)
臺灣海峽	馬公	11	52	3.05	(10.00)
	高雄	8	19	1.07	(3.50)
	厦門	0	0	5.79	(19.00)
支那東海	若津	9	25	5.49	(18.00)
	長崎	8	14	3.43	(11.25)
	佐世保	8	44	3.35	(11.00)
	若松	10	5	1.45	(4.75)
	三池	9	17	5.56	(18.25)
	福岡	9	44	2.21	(7.25)
	上海	1	30	3.05	(10.00)
黃海	鎭海灣	8	23	2.10	(7.00)
	木浦	2	12	4.19	(13.75)
	群山浦	3	57	7.09	(23.25)
	仁川（濟物浦）	5	3	9.53	(31.25)
	鐵島	9	23	6.71	(22.00)
	龍岩浦	10	41	5.49	(18.00)
	大連	10	38	3.36	(12.00)
	旅順	11	7	2.74	(9.00)

海洋	地名	朔望高潮時 (時)	(分)	大潮升 (米)	(呎)
	營口	5	0	3.36	(12.00)
	太沽	3	30	3.36	(12.00)
	威海衞	11	20	2.44	(8.00)
	青島	6	0	3.36	(12.00)
南支那海	香港	9	0	2.74	(9.00)
朝鮮海峽	釜山	8	17	1.30	(4.25)
	竹敷	9	17	2.36	(7.75)
日本海	境	2	17	0.38	(1.25)
	舞鶴	2	32	0.38	(1.25)
	敦賀	2	28	0.38	(1.25)
	新潟	3	17	0.31	(1.00)
	船川	3	32	0.38	(1.25)
	大湊	4	3	0.76	(2.00)
	函館	4	10	1.14	(3.75)
	小樽	4	12	0.38	(1.25)
	浦鹽	2	30	0.31	(1.00)
	元山	3	17	0.46	(1.50)
	城津浦	3	9	0.38	(1.25)
宗谷海峽	大泊	3	54	1.45	(4.75)

202. 同潮時線 海岸ヤ島嶼ナド海洋ニ近イ地點デ潮汐ノ觀測ヲ行ヘバ其ノ變化ノ狀態ヲ知ルコトガ出來ル。而シテ潮汐ハ進行波ナラバ所謂潮浪トナツテ海洋ヲ傳播スル狀態ヤ、同一地點ニ於ケル海面ノ變化スル狀態ヲ知ルコトガ出來ル。然シ潮浪ハ必ズシモ進行性ノモノデナク、海中ノ一線ノ周圍ニぎっこんばったん狀ヲ爲シ、一側ハ高ク他側ハ低クナリ、交々高低シテ居ルノガ認メラレル。卽チ半バ進行波デ、他ハぎっこんばったん又ハ靜振狀ノ波動

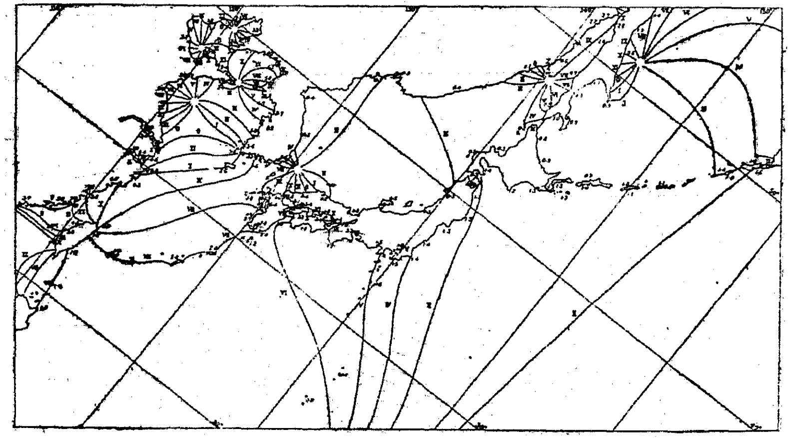


第二百一圖 ろーらん及はりすノ半日潮ノ同潮時線

ヲ爲シテ居ル。狹クナツタ海デハ潮浪ハ確カニ進行性ノモノデアルガ、廣イ海洋ニ於ケル潮浪ノ性質ハ稍々明瞭ヲ缺イテ居ル。

同一ノ潮候時ヲ有スル海上ノ諸點ヲ結付ケレバ同潮時線ガ得ラレル。滿月及新月ニ於テ同時ニ高潮トナル諸點ガ同潮時線トナルノデアルガ、之ニハぐりにっち時間ヲ用ヒテ I II III 等ノ曲線デ表ハスノヲ便利トスル。是レ高潮ガ月ノ子午線經過後 1 時、2 時、3 時等ニ高潮トナルノヲ示シテ居ルノデアル。從テ地方時又ハ特種ノ標準時ニ據ル場合ニハ其子午線ノ關係ヲ考ヘナケレバナラナイ。今月ガ地球ヲ一周スルニ 1 太陰日卽チ平均太陽時ノ 24 時 50 分許リヲ要シ、其 $^1/_{24}$ ガ卽チ 1 太陰時デアル。故ニ同潮時ガ 6 時ナラバ月がぐりにっちノ子午線ヲ經過シテカラ 6 太陰時デ高潮トナルノヲ云フノデアル。第二百一圖ハろーらん (Rollin, M.) 及はりす (Harris, A.) ノ作ツタ半日潮ノ同潮時線デアル。

新月及滿月以外ノ時ニハ前ノ數字ハ亦之ニ若干ノ更正ヲ加ヘナケレバナラナイ。例ヘバ月齡卽チ新月カラ起算シタ太陰日數ガ凡ソ 19 日又ハ滿月ノ後



第二百二圖　日本近海ノ潮浪進行圖（日本海軍水路部潮汐表ニ據ル）

五日ナラバ前ノ數字ヨリ 1 時間ヲ減ジ、I, II, III 等ガ XII, I, II 等トナル。又若シ月齡ガ 24 日又ハ滿潮ノ後 10 日ナラバ凡ソ 1 時間ヲ加ヘテ II III IV 等トナル。

第二百二圖ハ日本近海ノ潮浪進行ヲ示シタモノデ、羅馬數字ハ太陰ガ東經 135 度ヲ經過シテカラ高潮トナル迄ノ平均時間ヲ太陰時デ表ハシタモノ、亞剌比亞數字ハ大潮升（米）ヲ示シタモノデアル。

潮浪ハ太平洋ニ生ジ、誘致セラレテ大西洋ニ傳播シ、歐洲ノ岸ヲ洗フト考ヘタモノモアル。少クモ太平洋ノ西岸卽チ我日本ノ沿岸デハ東北カラ南進シテ更ニ囘轉シ北進シテ黃海ニ入ル。喜望峰トうゑっさんと (Ouessant) ノ間ノ潮浪進行ノ速度ハ每秒 176 米デらぐらんぢノ公式 $\omega=\sqrt{g\mathrm{H}}$ ニ符合シテ居ル。卽チ大西洋ノ平均水深ヲ 3160 米トスレバ $\omega = 174$ 米/秒トナル。然シ大西洋ニ於テ潮汐ノ生ズル說明ガ出來ナイ。殊ニぶらじるノ海岸デハ潮汐ハ北カラ南ニ傳播スル。

第二百三圖　英國近海ノ潮浪進行圖

天體ノ引力ノ爲ニ大洋ノ東岸ト西岸トニ交互ニ送出サレ、大洋ノ眞中ニハ縱ノ振動ヲ生ジ更ニ地平ノ波動ハ岸ニ阻止セラレテ著シイ高サニ達スルト說明スルコ

トガ出來ル。

一タビ波動又ハ水ノ振動ガ大洋中ニ成立スレバ波ハ前ニ述ベタ法則ニ從テ傳播シ、此ニ週期的ノ波動トナル。大西洋ニ於ケル潮浪ノ傳播速度ガ計算ト實際トガ能ク符合シテ居ル許リデナク、英佛海峽ニ於テうゐっさんとぶーろーに (Boulogne) ノ間ノ平均波速ハ毎秒 21 米デ之ヲ逆ニ深サ H ヲ計算スレバ 45 米トナル。是レ亦深淺測量ノ結果ト良ク符合シテ居ル。但シ潮浪ガ廣狹一ナラザル海洋ノ間ヲ傳播スルトキハ可ナリノ不合ヲ生ズルヲ免レナイコトハ勿論デアル。

海岸ニ於テハ同潮時線ニ依リ潮浪進行ノ片鱗ヲ窺知ルコトガ出來ルガ、海洋ノ中央ニ於テハ進行波ト定常波トガ入亂レテ、其眞相ハ未ダ充分明デナイモノガアル。

同潮時線圖ヲ見レバ潮波ガ如何ナル方向ニ進行スルカガ知ラレル。概シテ大洋ノ中ハ同潮時線ノ間隙ガ疎クテ潮波ノ速度ガ大ナルヲ示シ、大陸島嶼ハ其進行ヲ阻止スル爲メ、同潮時線ノ間隙ガ密デアル。從テ海峽ヤ内海ナドデハ同潮時線ガ極テ複雜デ、或ハ兩方カラ潮波ガ進入シテ來タリ、又ハ島嶼ナドデハ其周圍ヲ回轉スルコトモアル。

我國ノ沿岸デハ北太平洋ニ生ジタ潮汐ガ南西ニ向テ推寄セ、其千島列島ニ於ケル同潮時ハ東經 135° ノ子午線ヲ月ガ經過スル時間ヲ起點トシテ二時デアル。而シテ其九州東岸及臺灣ノ東岸ニ達スルノハ七時デアル。

我國ノ南西諸島カラ支那東海ニ向フ潮波ハ方向ヲ北西方ニ轉ジ、同潮時ハ七時半カラ始リ九州ノ西海岸ニ沿ヒテ北西進シ、朝鮮半島ノ西ヲ掠メテ黄海カラ終ニ渤海ニ入ル。此ノ潮波ノ中ニハ南ノ方臺灣ノ西岸ヲ南進シテ臺灣呂宋間ヲ北進シタモノト臺灣海峽デ合スルモノト、對馬海峽ヲ經テ日本海ニ入ルモノトアル。

支那東海カラ日本海ニ入ッタ潮浪ハ九州ノ北岸及本州ノ北西岸ヲ進行シ、朝鮮南東岸ニ沿ヒテ南西ニ進ミ日本海入口ノ中央ヲ中心トシテ十二時間デ時計ノ針ト反對ノ方向デ一回轉スル。

日本海ノ潮汐ハ主トシテ對馬海峽カラ入リ來ル所ノ潮浪ニ支配セラレ、沿岸ノ潮程ハ甚ダ小デ 0.30 米内外ニ過ギヌ。津輕海峽カラ太平洋ノ潮浪ガ進入シ來テ前ノ南西カラ來ル潮浪ト相會シ、宗谷海峽デハおほつく海カラ來ル潮浪ト相會スル。而シテ日本海ハ北進スル程其幅ト深サガ減ズル爲メ、次第ニ潮程ヲ增加シ、間宮海峽附近デ大潮升 2.74 米 (9 呎) トナッテ居ル。

千島列島カラ北西ニ進ム潮浪ハ樺太島ノ東岸ニ沿ヒテ進ンデ居ル。

瀨戸内海ノ潮汐ハ東ノ方紀伊水道カラ來ルモノト、西ノ方豐後水道カラ來ルモノト二ノ潮浪ガアッテ讃岐ノ粟島附近デ相會シテ居ル。紀伊水道カラ入込ムモノハ同潮時六時ニ此水道ニ入リ、友ケ島水道カラ七時半ニハ明石海峽ニ達スル。淡路島ノ西ニハ有名ナル阿波ノ鳴門ガアリ、淡路島ト阿波トノ間ヲ扼シテ居ル。此狹イ水道ハ急ニ幅ガ狹クナッテ居ル爲メ、急ナル潮流及渦卷ヲ生ジ舟楫覆沒ノ危險ガアル。豐後水道カラ入ルモノハ一派ヲ西ニ出シテ、其主ナルモノハ東ニ向ヒ、前ノ西來ノ潮浪ト合スル。而シテ西セル一派ハ同潮時九時ニ下關海峽東口ニ達スル。此海峽ハ其水路迂曲セル外ニ其廣狹一ナラザル爲、或ハ渦流反流等ヲ生ズル。殊ニ東口ノ潮汐ハ西口ニ比シテ大ナル爲、東口ノ高潮及低潮ノ時、海峽ノ西口ニ於ケル水位ノ差ガ略ボ最大トナリ、東口ノ高潮ノ時ハ潮流ガ最大ノ東流トナリ、其低潮ノ時最大ノ西流トナル。而シテ其流速ハ七浬ノ大ニ達スルコトガアル。

英國沿岸ノ同潮時線ヲ見レバ潮浪ハ大西洋ヲ北進シ、一分岐浪ハ英佛海峽ニ入リ歐大陸ノ北岸ヲ東進スル。他ノ分岐浪ハぶりすとる水道及あいるらんど海峽ニ侵入シ、すこっとらんどノ北部ヲ迂回シテえんぐらんどノ東海岸ヲ

南進シ、和蘭ノ海岸デ西方カラ來ル潮浪ト出遇フ。恰カモ我四國ヲ東西カラ進行スル潮浪ガ讃岐ノ沖デ出遇フノト同工異曲ト見ルベキデアル。

203. 任意ノ時ニ於ケル潮位 海上ノ一點ニ於ケル平衡水位ヨリノ海面ノ高サ又ハ潮位ヲ y トシ、A_2 及 A'_2 並ニ α_2 α_2' ヲ常數、δ ヲ天體（太陰若クハ太陽）ノ極距、R ヲ地球ノ中心ノ距離トスレバ

$$y = \frac{A_2}{R^3}\sin^2\delta\cos 2(H-\alpha_2) + \frac{A_2'}{R^3}\sin^2\delta\cos 2(H-\alpha_2') \qquad [333]$$

此公式中 $\frac{A_2}{R^3}\sin^2\delta$ 及 $\frac{A_2'}{R^3}\sin^2\delta'$ ハ共ニ徐々ニ變化スル係數デ、之ヲ夫々 A 及 A' ヲ以テ表ハシ、φ ヲ月及太陽ノ赤經ノ差トスレバ

$$y = A\cos 2(H-\alpha) + A'\cos 2(H+\varphi-\alpha') \qquad [334]$$

若シ月潮ニ對シテ二項ヲ結付ケテ一項トシ

$$B = \sqrt{A^2 + A'^2 + 2AA'\cos 2(\varphi+\alpha-\alpha')} \qquad [335]$$

トスレバ

$$y = B\cos 2(H-\beta) \qquad [336]$$

β ハ一ノ定數デアル。振幅 B ノ最大ハ $\varphi+\alpha-\alpha'=0$ ノ場合デ $A+A'$ ニ等シク、最小ハ $\varphi+\alpha-\alpha'=\frac{\pi}{3}$ ノ場合デ $A-A'$ ニ等シイ。

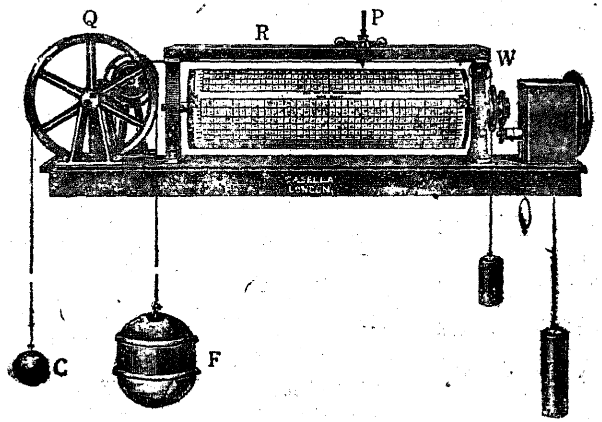
月潮ト日潮ノ比ハ前ニ述ベタ如ク 55 糎ト 25 糎ノ比ニ等シク、大潮ト小潮ノ振幅ノ比ハ $55+25:55-25$ 又ハ 8 ト 3 ノ比ニ等シイ。

204. 潮位ノ觀測 潮汐ノ變化又ハ潮位ヲ知ルノ必要ハ水深ガ潮位ト共ニ變化スルノト更ニ科學研究ノ方面カラ起ル。通例海圖ニ記載スル水深ハ總テ大低潮ノ平均水面ヲ基準面トシテ此水面カラノ深サヲ示スモノデアルカラ、錘測施行中ノ水深ハ常ニ之ヲ基準面ニ改算シナケレバナラナイノミナラズ、變化シツヽアル潮位ノ爲ニ海圖ノ示ス水深ニモ亦變化ヲ見ル實狀ニアルノデアル。換言スレバ實測ノ水深ハ大低潮面ヨリ上ノ高サ丈ケヲ更正トシテ減少シナケレバナラナイ。從テ又航路ノ深サ閘閾ノ深サ等航海上必要ナルモ

ノハ潮位觀測デアル。

潮位ノ觀測ハ時間ヲ定メテ海面ノ高サヲ實際ニ測定スルモノト、器械ニ依リ之ヲ自記セシメルモノトアル。前者ハ臨時ニ潮位ヲ知ル必要アル場合ナドニ用ヒラレルモノデ、河川ノ水位觀測ニ用ヒラレル量水標ト同ジク、潮位ノ觀測ニハ之ヲ檢潮器ト呼ンデ居ル。其簡單ナルモノハ目盛ヲ施シタ桿ヲ海中ニ建テタリ、又ハ保護用ノ函ノ中ニ浮子ヲ浮シテ目盛ヲ中ニ併設、海中ニ樹テヽ一定時間毎ニ潮位ヲ觀測スルノデアル。勿論檢潮器ヲ据付ケル場所ハ附近ノ海面ト能ク連絡シタ所デ風浪カラ遮蔽セラレタ所デナケレバナラナイ。時トシテ井戶又ハ水槽ヲ設ケテ海水ト自由ニ連絡セシメルカ、又ハこんくりーと等デ塔ヲ海中ニ建テ此ニ檢潮器ヲ据付ケタモノモアル。孰レニシテモ最低潮面ヨリ 2 米乃至 3 米位下ニ鐵管又ハこんくりーと管ニ依リ海水ニ連絡セシメベキデアル。而シテ成ルベク波動ナク、潮位ト共ニ昇降スル樣ニ連絡セラレテアルヲ必要トスル。

潮位ハ絕エズ變化スルカラ河川ノ水位ト異ナリ之ヲ自記セシメルヲ便トスル。自記檢潮器卽チ之デ其自記シタモノヲ潮汐圖ト呼ブ。自記檢潮器ハ河川ニ用ヒラレル自記量水標ト同理ニ依リ作ラレルモノデ第二百四圖ニ示ス如ク、滑車ヲ廻ツテ浮子 F ト對重 C トガ紐デ連絡セラレテアル。滑車ト同一心棒ノ小車

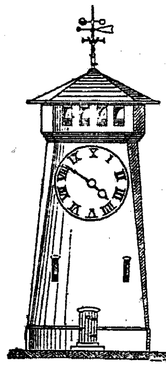


第二百四圖 自記檢潮器

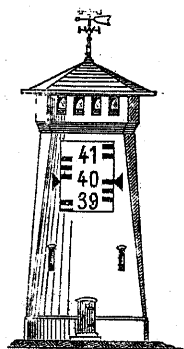
Q ニ嚙合フ齒棒又ハ針金 R ノ上部ニハべん P ヲ附屬シ、潮位ノ變化ハ浮子ノ昇降ヲ生ジ、之ガ W ナル時計仕掛ノ圓筒ニ卷イタ紙上ニ潮汐圖トナツテ表ハサレル。潮汐圖ノ用紙ハ豫メ紙面ニ時間ヲ横距トシテ印刷シ、潮位ヲ縱距トシテ表ハシ、1 日一回或ハ 1 週間 1 回位用紙ヲ取換ヘル。自記檢潮器ニハ此外弧面型、螺旋型其他種類ガ多イ。又携帶用ノ水路部型ナドモアル。是レハ第五章 77 ニ述ベタ壓氣自記水位計ト同理ノモノデアル。

檢潮器ノ高サノ零位ハ大低潮ヨリモ低クシテ、如何ナル低水位ノ時モ赤字又ハ負號ノ高サヲ示サヾル樣ニシナケレバナラナイ。自記檢潮器ノ場合モ同樣デアル。又檢潮器ノ零位ト基準面ノ關係ヲ明ニスル爲メ其附近ノ陸上ニ準據標ヲ樹立シテ之ヲ保護シ、檢潮器ノ零ト準據標トノ高低及準據標ト基準面ノ關係ヲ明ニシテ置カナケレバナラナイ。例ヘバ隅田川河口靈岸島量水標零位(之ヲ A.P. ト呼ンデ居ル)ハ元來東京灣中等潮位ナル基準面ヲ算出シタ母體デ之ヨリ下 1.1344 米ニ在リ、東京府市荒川中川多摩川筋ナドニハ A.P. ヲ基準トシテ用ヒテ居ル。又江戸川堀江量水標ノ零位(之ヲ Y.P. ト呼ブ)ハ東京灣中等潮位ヨリ下 0.8402 米ノ高サニ在ル。而シテ陸地測量部水準原點標高ハ東京灣中等潮位ノ上 +24.414 米ニ在ル。主トシテ利根川渡良瀬川鬼怒川等利根水系ノ基準面トシテ用ヒラレテアル。

又 O.P. ナル基點ハ蘭人技師ガ大阪天保山ニ設置シタ水位標ニ依リ凡ソ 1 年間觀測ノ結果カラ、其最低潮位ヲ O.P. ± 0.0 トシタモノデ、淀川改修工事ニ此 O.P. ヲ移シ置イ



第二百五圖 圓盤狀潮位塔



第二百六圖 長帶狀潮位塔

タ處ガ、大正12 年 1 月比較測量ヲ行ツテ見レバ天保山ノ O.P. ハ 0.38 尺ノ沈下ヲ示シテアツタ。依テ O.P. ハ淀川ノモノヲ用ヒルコトヽナツタ。又淀川ノ O.P. ± 0.0 ハ中等潮位 − 1.045 尺デアル。

又港內ニ於テハ其潮位ヲ展望セシメル爲メ、同ジク浮子ニ依ル潮位塔ヲ樹テ、第二百五圖ノ如キ時計狀ノ針ヲ用ヒ、又ハ第二百六圖ノ如キ帶狀ノ目盛尺ヲ昇降セシメルモノモアル。夜間ニハ內部カラノ照明ニ依リ亦遠クカラ其潮位ヲ讀ムコトガ出來ル。

205. 平均水位 高潮ト低潮ノ高サノ平均ハ潮位ノ變化ト共ニ變化スル許リデナク、氣象ノ變化ヤ季節ニ依リ異同ガアル。而シテ海水ノ平均水面ハ徐々ニ變化スル許リデナク半ケ月 1 ケ月ヲ週期トスル變化モアルガ比較的少量デアル。唯風雨氣壓溫度等ノ氣象ニ關スル變化ハ皆多少海面ノ高サヲ變化セシメル。然シ相當永イ期間ヲ擇ンデ其中暴風海嘯等偶發ノ原因ニ基ツクモノヲ除外シテ水位ノ平均ヲ作レバ廣イ區域ニ渉ツテ略々一定シタ水平面ガ得ラレル。之ヲ**平均水位**ト呼ブ。本邦沿岸ニ於ケル海水ノ平均水面ハ 1 月乃至 4 月ニ最低デ 7 月乃至 10 月ニ最高デ其差通例 30 糎內外デアル。旅順港ナドデハ其差 60 糎ニ達シテ居ル。此平均水面ノ變化ハ主トシテ風及氣壓ノ作用ニ依ルモノデ我邦ハ冬春ノ交ハ氣壓高ク且ツ流行風ガ大陸カラ外洋ニ向テ吹ク爲メ、風ト氣壓ノ二ノ原因デ附近ノ海面低下ヲ來シテ居ル。然ルニ夏秋ハ之ニ反シ、氣壓ガ低ク、且ツ風ハ外洋カラ大陸ニ向テ吹キ、附近海面ノ隆起ヲ來ス。暴風雨又ハ地震等ハ異常ナル海面隆起ヲ起スコトガアル。斯クノ如ク平均水面ノ變化ハ比較的大デアル爲メ、日本海ノ如ク潮汐ノ干滿ガ比較的小ナル處デハ春季ノ高潮面ガ秋季ノ低潮面ヨリ反ツテ低ク一見甚ダ奇異ナル現象ヲ見ルコトガアル。

然シ平均水位ニ就テ考フベキ他ノ影響ガ少クナイ。卽波浪ノ影響ガ其一デ

アル。一上一下海水面ハ一日ノ間デモ幾回トナク、波浪ノ爲ニ昇降スルガ、然シ是モ多數ノ觀測ヲ平均スレバ眞ニ近イ平均水位ガ得ラレル。

潮汐ノ影響モ勿論平均水位ヲ見出スニ當リ障害ヲ與フル他ノ原因デアル。然シ潮汐ハ非常ニ規則正シク去來スルノデ、永イ間ノ觀測ヲ平均スレバ所謂眞ノ平均水位ガ得ラレル筈デアル。月ト太陽トノ關係的位置ハ凡ソ 18年 $11\frac{1}{3}$ 日又ハ $12\frac{1}{3}$ 日デ再ビ元ニ還ルカラ、此期間丈ケ潮汐ノ觀測ヲ續ケレバ、日潮月潮ノ有ラユル組合セガ得ラレル譯デアル。

波浪ヤ潮汐ノ如ク週期ヲ持ツテ居ルモノハ前ノ如ク永イ期間觀測スレバ、正負交々相消去シテ所謂平均ノ値ヲ得ラレルガ、然シ非週期的原因カラ來ルモノハ影響ヲ抹殺スルコトガ困難デアル。風、氣壓其他ノ氣象カラ來ルモノガ是デアル。

一般ニ天氣氣候ナドノ爲ニ或年ノ平均水位ト次年ノ平均水位トハ同一デナイ。此年平均水位ノ差ハ 8 糎カラ 14.5 糎位迄ノ間觀測セラレテ居ル。更ニ永期ニ渉ツテ海水位ノ變化モ亦起リツヽアル樣デアル。蓋シ**氣象ノ永期變化ヤ地球自身ノ變形ノ影響ヲ受ケテ海水位ハ徐々ニ變化シツヽアルノデアル。**

地殼ガ徐々ニ變化スル結果トシテ嘗テ海底ニ在ツタモノガ陸上ニ露ハレタリ、又ハ之ニ反シテ陸上ノモノガ海中ニ沒シタ樣ナ例ハ少クナイ。近年我國ナドデモ本州南部、北海道北西岸及東岸等ハ其平均水位上昇シ、其他ノ所デハ沈下シツヽアルト云フコトデアル。北九州ノ西海岸デモ所ニヨリ海底ノ岩石ガ徐々海面上ニ露出スルニ至ツタ所ガアル樣デ、是等ハ主トシテ附近ノ土地ガ昇降スルニ起因スルモノラシイ。唯此地殼ノ變形カラ起ル陸上ノ海面カラノ高サハ變化ヲ見ルニシテモ海水面ト平均水位トニハ關係ガナイ譯デアルカラ、是ハ寧ロ陸地ノ高サノ變化ト云フ點カラ考フルヲ至當トスル。

氣象ノ永期變化ハ十年二十年ノ觀測カラ之ヲ消去スルコトハ困難デアル。

從テ平均水位ナルモノハ精々精密ニ測定シテモ數糎ノ範圍內ニ一定セルモノト云フ外ハナイ。

此外海流ノ方向ノ變化ナドモ多少平均水位ニ影響ヲ持ツテ居ルケレドモ極メテ微少ナルモノデアルラシイ。

輓近水準儀モ精巧ナルモノガ作ラレ、其高低測量ノ方法モ亦益精密ヲ加フルニ至ツタ爲メ、遠ク離レテ居ル海洋ノ平均水位ヲ比較スルコトモ亦從テ信ヲ措クニ足ル樣ニナツテ來タ。然シ尙絕對ニ各種ノ誤差ヲ消去スルコトハ困難デ、海洋平均水位ノ高サノ差ナルモノモ屢々此推差ノ範圍內ニ隱レテ了フコトガ少クナイ。

らるまんど (Ch. Lallemand) ハ大西洋及地中海ノ平均水位ヲ研究シテ其差 7.5 糎ヲ得タガ、是モ推差ノ範圍內ニ在ル。歐羅巴北部ノ東海、北海及大西洋ノ平均水位ハ其差 30 糎ニ達シナイ。例ヘバらるまんどノ調査ニ依レバ北海ノおすたんど (Ostende) 及地中海ノ平均水位ハ其差僅ニ 15 糎デアルガ、是トテモ又推差ノ中ニ在ル。

北米合衆國デちっとまん(O. H. Tittmann)及へーふぉーるど(J. F.Heyford)ガ大仕掛ノ精準測量ヲ用ヒテ、太平大西兩洋ノ平均水位ノ差ヲ測定シタ所ニ依レバ 19 糎ニ達セズ。大西洋岸にゅーよーく附近ノさんちー ふっく(Sandy Hook) トめきしこ灣北部ノがるべすとん (Galveston) トノ平均水位ノ差ハ 4 糎未滿デアル。是等ノ場合ニモ水準測量ノ距離ガ大ナル爲メ其誤差モ亦大ナルベキハ當然デアル。

206. 水準基面 海底ノ深サ又ハ時トシテ陸上ノ高サヲ表ハスニ必要ナル水準面ヲ**水準基面**又ハ**基準面**ト呼ビ、又**基本水準面**ナドヽモ云ハレル。各國共夫々異ナル基準面ヲ用ヒテ居ルノミナラズ、目的ニ依ツテハ異ナル基準面ヲ用ヒ、又ハ假定ノ基準面ニ依リ深淺ヤ高低ヲ定メ、他日眞ノ基準面トノ

關係ヲ見出ス場合モアル。

我邦ノ海軍ニ於ケル水深ノ基準面ハ印度大低潮面ト呼バレルモノデ、調和分解ニ依ル四分潮ノ潮差ニ關係シテ居ル。

分潮種類	分潮ノ名稱	記號	半潮差
半日週潮	太陰半日潮	M_2	H_m
	太陽半日潮	S_2	H_s
日週潮	日月合成一日潮	K_1	H'
	太陰一日潮	O	H_0

A_0 ヲ或一定面カラ測ツタ平均水面ノ高サトスレバ基本水準面ハ次ノ如クデアル。

$$基本水準面 = A_0 - (H_m + H_s + H' + H_0) \qquad [337]$$

此水準面ハ略ボ最低々潮面ニ相當シ、如何ナル大低潮デモ此水準面以下ニ達スルコトハ稀デアル。又東京灣中等潮位ハ陸地測量部ノ基準面ヲ爲スコト前ニ述ベタ通リデアル。

英國海軍ハ本國其他日潮不等ノ少イ沿岸デハ大潮ノ平均低潮面ヲ基準面ニ用ヒテ居リ、大潮升ハ大潮々差ト其値相等シイ。北米合衆國ノ大西洋沿岸ハ平均低潮面ヲ、太平洋沿岸及ふぃりぴん諸島ニ於テハ、平均低々潮面ヲ以テ水深ノ基準面トシテ居ル。又獨逸ハ大潮ノ平均低潮面以下0米3ヲ水深ノ基準面 N.N. トシ、佛蘭西ノ基準面ハ 1885 年 2 月 1 日ヨリ 1895 年 1 月 1 日マデノまるせーゆニ於ケル平均水位ニ2粍以内ニ符合シテ居ル。白耳義ノ基準面ハ 1878 年カラ 1885 年ニ至ル間ノおすたんどニ於ケル平均水深ニ等シク、ばっさん ちゅ こんめるす(Bassin du Commerce)ノ閘閾ヨリ 3.658 米ノ上ニ在リ、1878 年カラ 1905 年マデ 27 年間ノ平均水位ハ前ノ水位ヨリ 0.6 糎丈ケ高イ。和蘭デハ 1701 年カラ 1871 年ニ至ル 170 年ノあむすてるだむニ於ケル平均水位カラ 16.2 糎丈ケ高イ水準面ヲ基準面トシ、之ヲ A.P. ト名ケテ居ル。

207. 潮汐ノ調和分解 或ル時間ニ於ケル潮位ヲ豫知スルコトハ航運關係者ニ必要ナル許リデナク、港灣ノ事業ニモ甚ダ肝要デアル。今潮汐ニハ種々ノ不規則ガアルケレドモ、或地點ニ於ケル潮汐ハ一個ノ太陰ヤ太陽ニ依ツテノミ起ルモノデナク、多クノ天體ヲ假想シ、各假想天體ガ各自ニ規則正シイ小潮汐又ハ分潮ヲ惹起シ、是等ノ諸分潮ガ種々ノ組合ヲ行ツテ此ノ實際ノ潮汐ヲ成スモノト考ヘルコトガ出來ル。斯クノ如ク潮汐ヲ規則正シイ多クノ分潮ニ分ケルコトヲ**潮汐ノ調和分解**ト云フ。普通最モ必要ナル分潮ノ數ハ 20 餘個デ、其中 6 個許リガ特ニ肝要デアル。而シテ各分潮ヲ生ズル假想天體ガ子午線ヲ經過シテカラ高潮トナル迄ノ時間及潮差ハ各港灣ニ夫々一定ノモノデアル。

潮汐ハ前ニ述ベタ如ク多クノ分潮ヨリ成リ、其中太陰ニ依ルモノ、太陽ニ依ルモノ、及是等ノ組合ハセタモノガアル。今太陰ニ依ルモノヽ中半日ヲ週期トスルモノハ之ヲ**半日潮**ト呼ビ、1 日ヲ週期トスルモノハ之ヲ一日潮ト呼ンデ居ル。而シテ赤緯ノ變化ニ伴フ太陰潮ハ約半ケ月ヲ以テ舊位ニ復シ、所謂**長期潮**トナル。太陽ニ依ツテ生ズル太陽潮モ亦半日潮一日潮及長期潮ニ分ケルコトガ出來ル。但シ太陽ノ赤緯ハ6ケ月ヲ以テ一週スル。太陰ノ赤緯モ永イ期間ヲ以テ變化スルカラ、他ノ分潮ヲ起ス原因トナル。又太陰ノ軌道ト地球ノ赤道面ノ交軌點ト地球トノ距離ハ潮汐ニ影響ガ頗ル多ク、其最近點ノ潮ハ最遠點ノ潮ヨリ大デアル。

一般ニ半日潮ノ昇降ハ後ニ述ベル如ク δ ヲ赤緯トスレバ $\cos^2\delta$ ニ比例スルカラ、δ ガ零ナレバ最モ大ナル振幅 生ズルケレドモ、赤緯ガ增スト共ニ減少シ、之カラ起ル變化ハ比較的大デナイ。然シ一日週潮ノ昇降ハ $\sin 2\delta$

ニ比例スル爲ニ、赤緯ノ變化ト共ニ急激ニ變化シ、赤緯零ナレバ其差ハ零デアルガ、赤緯ノ増加ト共ニ殆ド其角度ノ 2 倍ニ比例シテ増加スル。

一日潮ハ一日中ノ高潮時及低潮時及高サヲ不等ナラシメル所謂日潮不等ヲ生ズルモノデ、振幅ガ大ナル程不等モ亦大デアル。

長期潮モ亦赤緯ト共ニ變化シ $(1-3\sin^2\delta)$ ニ比例スル。從テ半月潮不等及半年潮不等ナドヽナツテ現ハレル。

以上半日潮又ハ一日潮ト云ツテモ其週期ハカツキリ半日又ハ一日ト云フノデハナイ。而シテ潮汐ハ其運動ガ非常ニ複雑デ且ツ不等デアルケレドモ、主トシテ太陰ノ運動ニ支配セラレルカラ、潮汐ノ計算ハ凡テ太陰子午線經過ノ時カラ起算スルヲ常トスル。

潮汐ノ昇降ガ規則正シケレバ太陰子午線經過ノ時刻相同シイ日卽チ同月齢又ハ月齢ヨリ 14 日ヲ差引イタ月齢ノ日ニハ高低潮ノ時刻及潮高ハ略ボ相等シイカラ、子午線經過時カラ起算シテ觀測シタ潮汐ノ平均結果カラ未來ノ高潮時及潮高ヲ算出スルコトガ出來ル筈デアル。然ルニ多クノ地方ハ潮汐ノ昇降ガ不規則デ太陰ノミノ原因ニ歸スルコトガ出來ナイカラ、此方法デ潮汐ヲ豫知スルコトハ多ク困難デアル。從テ不規則ナル潮汐ヲ若干ノ規則正シイ分潮ニ分解シ、再ビ之ヲ實際ニ卽シタ様ニ組立テレバ將來ノ潮汐干滿ヲ豫知スルコトガ出來ル。斯クノ如ク若干ノ分潮ニ分ケルノガ卽チ所謂調和分解デ、其目的ハ各分潮ノ潮差及遲角ヲ知ルノニ在ツテ、是等ヲ調和常數、潮汐常數又ハ根數ナドヽ呼ブ。根數ハ卽チ各地點ニ於ケル潮汐ノ性質ヲ示ス常數デアル。

今一ノ分潮ニ就テ任意ノ時ニ於ケル平均水位上ノ高サヲ h、潮汐ノ昇降スル潮差ノ半分又ハ半振幅ヲ R、假想天體ノ變化角又ハ引數ヲ A、假想天體ノ子午線經過ヨリ高潮ニ達スル迄ノ時間ヲ角度デ表ハシタ遲角ヲ K トスレバ

$$h = R\cos(A-K) \qquad [338]$$

此ニ R 及 K ハ觀測ニ依リ見出サレ得ルモノデアル。而シテ R 及 A ハ時ト共ニ變化スル項ヲ含ンデ居ル。今 H ヲ平均半潮差、f ヲ一ノ係數トスレバ

(1) $R = fH$

f ハ太陰ノ場合ニハ其軌道ト黄道トノ傾斜角ニ關係シ、約 19 年ヲ週期トシテ變化スルカラ、各年ニ於ケル潮汐ヲ比較シ、H ヲシテ毎年同一ノ値ヲ取ラシメルニハ f ヲ除カナケレバナラナイ。但シ太陽潮ノ場合ニハ其値 1 ニ等シイ。

A ハ時ト共ニ一定ノ割合ヲ以テ増加スル V ト、時ト共ニ殆ド變化セザル u ナル二ノ項ノ和カラ成リ

(2) $A = V + u$

此ニ V ハ太陰ノ平均黄經 ☾, 太陽ノ平均黄經 ⊙, t ハ地方平均太陽時、p 及 p' ハ太陰及太陽ノ近地點ノ平均黄經ノ項ヲ含ミ、u ハ太陽軌道ト赤道ノ交點ノ太陰軌道上ノ黄經 ζ 及同上交點ノ赤經 ν ヲ含ンデ居ル。從テ

$$h = fH\cos(V+u-K) \qquad [339]$$

今一ノ分潮ノ速度卽チ平均太陽時ノ毎1時間ニ對スル變化角ノ變化スル割合ヲ n トスレバ平時 t ニ於ケル分潮ノ高サハ ふーりえー 級數ニ依リ次ノ公式ヲ以テ表ハスコトガ出來ル。

$$h = A_0 + A_1\cos nt + B_1\sin nt + A_2\cos 2nt + B_2\sin 2nt + \cdots\cdots + \cdots\cdots\cdots\cdots \qquad [340]$$

此ニ $A_0\,A_1\,B_1\,A_2\,B_2$ 等ハ觀測カラ定メラレベキ値デアル。今若シ假リニ

$$(3)\quad \begin{cases} A_1 = R_1\cos\zeta_1 & B_1 = R_1\sin\zeta_1 \\ A_2 = R_2\cos\zeta_2 & B_2 = R_2\sin\zeta_2 \end{cases}$$

トスレバ

$$\left.\begin{aligned} R_1 &= A_1\cos\zeta_1 = B_1\operatorname{cosec}\zeta_1 \\ R_2 &= A_2\sec\zeta_1 = B_2\operatorname{cosec}\zeta_2\cdots\cdots \\ \tan\zeta_1 &= B_1/A_1,\quad \tan\zeta_2 = B_2/A_2\cdots\cdots \end{aligned}\right\} \qquad [341]$$

トナリ

$$h = A_0 + R_1\cos(nt-\zeta_1) + R_2\cos(2nt-\zeta_2) + \cdots\cdots \qquad [342]$$

短期ノ觀測デハ R_1 ヲ含ム項ハ１日ヲ週期トシ、R_2 ノ項ハ半日ヲ週期トスル。而シテ A_0 ハ１日中ノ平均値ヲ表ハス。

t ヲ零時トシ、此時ニ於ケル變化角 V ノ値ヲ V_0 トシテ速度 n ヲ有スル潮汐ヲ求ムレバ (1) 及 [342] 等カラ

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} &R = fH \qquad H = \frac{R}{f} \\ &\cos(nt-\zeta) = \cos(V+u-K), \quad -\zeta = V_0 + u - K \end{aligned}\right.$$

故ニ

$$K = V_0 + u + \zeta \qquad [343]$$

u ハ變化ガ甚ダ小デアルカラ、通例檢潮期間ノ平均値ヲ用ヒテ宜シイ。$t=0$ ノ時卽チ調和分解ヲ始メル最初ノ時ヲ創始時ト呼ブ。

T ヲ一日潮ノ週期或ハ半日潮ノ週期ノ 2 倍トスレバ、T ハ 24 時間ニ近イ値デアル。從テ T ヲ 24 分スレバ、T ノ毎一時間ニ對スル潮汐ノ變化角ヲ與フベク、半日潮ニ於テハ凡ソ 30°, 一日潮ニ於テハ凡ソ 15° ヲ増加スル勘定デアル。T ノ毎時間ニ對スル潮高ガ實測カラ知ラレタトスレバ、t 時ニ於ケル潮高 h ハ

$$h = A_0 + A_1\cos nt + B_1\sin nt + A_2\cos 2nt + B_2\sin 2nt + \cdots\cdots \qquad [344]$$

此ニ n ハ 15°、t ハ 0, 1, 2, 3, …… 23 ヲ表ハス。此式ノ中ニ未知數ハ A_0 A_1 B_1 A_2 B_2 等デ毎時ニ就キ前式ノ如キモノガ得ラレルカラ、$t=0$ カラ $t=23$ マデノ間ニ合計 24 個ノ等式ガ知ラレル。從テ最少自乘法ニ依ツテ是等ノ未知數ガ得ラレル。卽チ

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned} &t=0,\ h_0 = A_0 + A_1 + 0 + A_2 + 0 + \cdots\cdots \\ &t=1,\ h_1 = A_0 + A_1\cos 15^\circ + B_1\sin 15^\circ + A_2\cos 30^\circ + B_2\sin 30^\circ + \cdots \\ &t=2,\ h_2 = A_0 + A_1\cos 30^\circ + B_1\sin 30^\circ + A_2\cos 60^\circ + B_2\sin 60^\circ + \cdots \\ &\cdots\cdots\quad \cdots\cdots\cdots \\ &t=23,\ h_{23} = A_0 + A_1\cos 345^\circ + B_1\sin 345^\circ + A_2\cos 690^\circ + B_2\sin 690^\circ \\ &\qquad + \cdots\cdots \end{aligned}\right.$$

左右兩節ヲ節々相加フレバ

$$(6)\qquad \Sigma h = 24A_0$$

又ハ

$$A_0 = \frac{1}{24}\Sigma h \qquad [345]$$

(5) ノ各式ニ $\cos nt$ ヲ乘ジテ節々相加フレバ

$$(7)\qquad \Sigma(h\cos nt) = A_1\Sigma(\cos^2 nt) = 12A_1$$

又ハ

$$A_1 = \frac{1}{12}\Sigma(h\cos nt) \qquad [346]$$

又各式ニ $\sin nt$ ヲ乘ジ節々相加フレバ

$$(8)\qquad \Sigma(h\sin nt) = B_1\Sigma(\sin^2 nt) = 12B_1$$

又ハ

$$B_1 = \frac{1}{12}\Sigma(h\sin nt) \qquad [347]$$

同樣ニ

$$\left.\begin{aligned} A_2 &= \frac{1}{12}\Sigma(h\cos 2nt) \\ B_2 &= \frac{1}{12}\Sigma(h\sin 2nt) \\ &\text{等々} \end{aligned}\right\} \qquad [348]$$

斯クシテ t ハ 0 乃至 23 ノ整數、n ハ 15° ナルガ故ニ上式ノ正弦及餘弦ハ $0, \pm\sin 15^\circ, \pm\sin 30^\circ, \pm\sin 45^\circ, \pm\sin 75^\circ \pm 1$ ノ中ニ在ルノデアル。

調和分解ハ水位ノ毎時觀測ヲ必要トスルモノデ、其期間ハ半ケ月ヲ半期トシ、1 ケ月ヲ一期トスルノデアル。是レ卽チ短期檢潮デ之ニ依リ次ノ 6 分潮ガ得ラレル。

	分潮名	符號	半潮差	遲角
半日潮	太陰半日潮	M_2	H_m	K_m
	太陽半日潮	S_2	H_s	K_s
	日月合成半日潮	K_2	H''	K''
一日潮	日月合成一日潮	K_1	H'	K'
	太陽一日潮	P	H_p	K_p
	太陰一日潮	O	H_0	K_0.

以上ノ中 S_2 ト K_2 トハ速度殆ド等シク、之ヲ分離スルコトハ困難デアルガ、$K''=K_s$, $H''=\dfrac{1}{3.67}H_s$ ナル關係カラ、S_2 ヨリ K_2 ヲ推算スルコトガ出來ル。又同様ニ K_1 ト P モ $K_p=K'$, $H_p=\dfrac{1}{3}H'$ ナル關係カラ K_1 ヨリ P ヲ推算スルコトガ出來ル。

S_2 ハ略ボ K_1 ノ 2 倍ノ速度ヲ持ツテ居ルカラ、同時ニ調和分解ヲ施スコトガ出來ル。從テ 6 組ノ調和定數ヲ得ル爲ニハ 3 段ノ分解ヲ必要トスル。第一 M_2 ノ分解、第二 O ノ分解、第三 S_2, K_2, K_1, P ノ分解ガ卽チ是デアル。

208. 分潮ノ週期 月ノ起潮ぽてんしやる V′ ハ [329] カラ

$$V'=km\frac{R^2}{r^3}\left(\frac{3}{2}\cos^2\zeta-\frac{1}{2}\right) \tag{1}$$

今第二百七圖ニ於テ P ヲ極、Z ヲ與ヘラレタル一點ノ天頂、M ヲ地球ト月ノ中心ヲ連ヌル直線ガ天球ヲ貫ク點トスレバ球面三角 PZM ニ於テ ∠ZPM = ∠A ハ月ノ時角、δ ヲ月ノ赤緯、φ ヲ與ヘラレタル一點ノ緯度トセバ、$ZM=\zeta$, $PZ=\dfrac{\pi}{2}-\varphi$, $PM=\dfrac{\pi}{2}-\delta$ デ、球面三角ノ理カラ

$$\cos\zeta=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos A \tag{2}$$

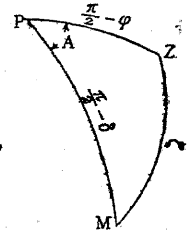
及

$$\cos^2 A=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\cos 2A \tag{3}$$

デアルカラ、之ヲ (1) ニ代用スレバ

$$V'=\frac{3}{4}km\frac{R^2}{r^3}\Big[\cos^2\varphi\cos^2\delta\cos 2A+\sin 2\varphi\sin 2\delta\cos A+\frac{(1-3\sin^2\varphi)(1-3\sin^2\delta)}{2}\Big] \qquad [349]$$

φ ハ地上ノ與ヘラレタル一點ニハ一定デアルケレドモ、A 及 δ ハ月ノ位置ニ依ツテ變化スル。而シテ一太陰日ノ間ニ A ハ 0° ト 360° ノ間ニ變化シ、δ ハ平均 27 日 7 時 43 分 4.7 秒ノ間ニ一最大ト一最小ノ間ニ變化スル。[349] 中ノ cos 2A ヲ含ム所ノ第一項ハ半日潮ニ應ズルモノデ、cos A ヲ含ム第二項ハ一日潮ニ應ジ、全然 A ヲ含マザル第三項ハ半月及一月潮ニ應ズルモノデアル。是等ノ中第一項ハ勿論最大ノ値ヲ有シ、一地點ノ潮汐ノ高サニ關スル最モ肝要ナモノデアル。



第二百七圖 月,極及天頂ヲ角頂トスル球面三角形

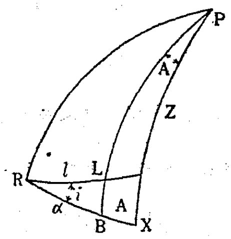
若シぐりにっつちカラ西ニ測ツタ月ノ時角ヲ h'_0, 觀測點ノ西經ヲ l_0 トスレバ月ノ時角 A ハ h'_0-l_0 ニ等シク、[349] ハ次ノ如ク表ハスコトガ出來ル。

$$V'=\frac{3mR^2}{2r^3}\Big\{\frac{1}{2}\cos^2\varphi\cos^2\delta\cos 2(h'_0-l_0)+\sin 2\varphi\sin\delta\cos\delta\cos(h'_0-l_0)+\frac{3}{2}\left(\frac{1}{3}-\sin^2\delta\right)\left(\frac{1}{3}-\sin^2\lambda\right)\Big\} \qquad [349']$$

次ニ第二百八圖ニ於テ、P ヲ天球ノ極、RX ヲ赤道、RL ヲ月 L ノ軌道ヲ含ム平面ト天球トノ交線トスレバ、赤道ト月ノ軌道トノ交點（天球上ニ於ケル）R ヲ過グル子午線ハ卽チ PR デ、PL ハ月ノ中心ヲ過ギ、PX ハ地表ノ與ヘラレタル一點 X ヲ過グル子午線デアル。RL = l ハ R カラ計ツタ月ノ經度、BL = δ ハ其赤緯、RB = α ハ其赤經、XB = A ハ月ノ

時角、$\chi=\alpha+\mathrm{A}$ ハ R 點ノ時角、i ヲ赤道ニ對スル月ノ軌道ノ傾斜角トシ、且ツ

$$(4)\quad \begin{cases} \cos\frac{1}{2}i=p \\ \sin\frac{1}{2}i=q \end{cases}$$



第二百八圖
赤道及月ノ軌道

トスレバ、直角球面三角 RBL カラ

$$(5)\quad \sin\delta=\sin i\sin l=2pq\sin l$$

$$(6)\quad \cos\alpha\cos\delta=\cos l$$

又三角形 RLP カラ

$$(7)\quad \sin\alpha\cos\delta=\sin l\cos i$$

先ヅ第一ニ半日潮ノ $\cos^2\varphi\cos^2\delta\cos 2\mathrm{A}$ ヲ見ルニ、$\mathrm{A}=\chi-\alpha$ デアルカラ

$$(8)\quad \cos^2\delta\cos 2\mathrm{A}=\cos 2\chi\cos^2\delta\cos 2\alpha+\sin 2\chi\cos^2\delta\sin 2\alpha$$

然ルニ (6) 及 (7) カラ $\cos^2\delta(\cos^2\alpha-\sin^2\alpha)=\cos^2\delta\cos 2\alpha$ デアルカラ

$$(9)\quad \cos^2\delta\cos 2\alpha=\cos^2 l-\sin^2 l\cos^2 i =\frac{1}{2}\sin^2 i+\frac{1}{2}(1+\cos^2 i)\cos 2l$$

又 (6) ト (7) トヲ節々相乘スレバ

$$(10)\quad \cos^2\delta\sin 2\alpha=\cos i\sin 2l$$

(9) 及 (10) ヲ (8) ニ代用スレバ

$$(11)\quad \cos^2\delta\cos 2\mathrm{A}=\frac{1}{2}\cos 2\chi\left\{\sin^2 i+(1+\cos^2 i)\cos 2l\right\} +\sin 2\chi\cos i\sin 2l$$

然ルニ (4) カラ

$$(12)\quad \begin{cases} \cos i=p^2-q^2,\quad 1=p^2+q^2, \\ \sin^2 i=4p^2q^2,\quad (1+\cos^2 i)=2(p^4+q^4) \end{cases}$$

(12) ヲ (11) ニ代用スレバ

$$\cos^2\delta\cos 2\mathrm{A}=p^4\cos 2(\chi-l)+2p^2q^2\cos 2\chi+q^4\cos 2(\chi+l) \qquad [350]$$

同樣ニ一日潮ノ項 $\sin 2\varphi\sin 2\delta\cos\mathrm{A}$ ニ就テモ

$$\sin 2\delta\cos\mathrm{A}=-2\left\{p^3q\sin(\chi-2l)-pq(p^2-q^2)\sin\chi-pq^3\sin(\chi+2l)\right\} \qquad [351]$$

又半月潮及一月潮ニ就テモ

$$1-3\sin^2\delta=p^4-4p^2q^2+q^4+6p^2q^2\cos 2l \qquad [352]$$

斯クノ如ク [349] 式ノ月ノぽてんしやるハ δ 及 A ナル變數ヲ脱シテ p, q, χ, l ヲ以テ表ハサレルコトトナツタ。尙又 R カラ測ツタ近月點ノ經度ヲ ω_1, 月ノ軌道ヲ假ニ橢圓ト考ヘ、其長半徑ヲ a, 其偏心率ヲ e トスレバ、$e=0.0549$ デアル。今極座標デ表ハシタ月ノ軌道ノ橢圓等式ハ

$$(13)\quad r=\frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(l-\omega_1)}$$

デアルカラ、e^2 等高次ノモノヲ除ケバ

$$\frac{1}{r^3}=\frac{\left(1+\frac{3}{2}e^2\right)+3e\cos(l-\omega_1)+\frac{3}{2}e^2\cos 2(l-\omega_1)+\cdots}{a^3(1-e^2)^3} \qquad [353]$$

故ニ [350] 乃至 [352] ヲ [349] ニ代用シ、兼ネテ $\cos\alpha\cos\beta$ ヲ $\frac{1}{2}\left\{\cos(\alpha+\beta)+\cos(\alpha-\beta)\right\}$ ナル和ノ形トスレバ、潮汐ヲ生ズル月ノぽてんしやる V′ ハ l, χ 及 ω_1 ニ關シテハ一次ノ引數又ハ變化角ヲ有スル圓函數ノ和トシテ表ハサレ得ルノデアル。

然シ圓函數ノ係數ハ一定デハナイ。卽チ i ハ徐々ニ變化シ、其上限ハ赤道ト地球ノ軌道卽チ黃道トノ傾斜角 23°27′4″.04 ト月ノ軌道ト黃道トノ傾斜角 5°8′43″ ノ和 28°36′ デ、其下限ハ是等ノ差 18°18′ ノ間ニ在リ。全年ノ平均ヲ取レバ $\frac{1}{2}(28°36'+18°18')=23°27'$ デアル。故ニ $p=\cos\frac{1}{2}i=0.979$, $q=\sin\frac{1}{2}i=0.203$。從テ $q^4=0.0017$ デ、q^4 ノ項ハ省略スルコ

トガ出來ル。

又 e ハ時間＝比例シテ變ジナイノト、月ノ運行＝ハ出差及變差ト名クル不等ガアルノミナラズ、實際＝ハ月ノ軌道ハ [353] ＝示シタ如ク楕圓デナイ。故＝是等二ノ月不等ヲ考入ルレバ次ノ補正項 $\varDelta$ ヲ [353] ＝附加ヘネバナラナイ。

$$\varDelta=\frac{1}{a^3(1-e^2)^3}\left\{\frac{45}{8}me\cos(s-2h-\omega)+3m^2\cos 2(s-h)\right\} \quad [353']$$

此＝ m ハ月及地球ノ平均運動ノ比デ、$m=0.0748$, s ハ月ノ平均經度、ω ハ近月點ノ經度、h ハ太陽ノ平均經度又ハ平均太陽ノ赤經ヲ表ハシ、凡テ春分點カラ起算シタモノデアル。故＝ s 及 h ハ時間＝比例スル變數デアル。又 ξ ヲ月ノ軌道ト赤道トノ交點 R ノ經度デ春分點カラ起算シタモノトスレバ

$$l=s-\xi+\mathrm{S} \quad [354]$$

此＝ S ハ s, ω 及 h ＝關シテハ一次ノ引數ヲ有スル圓函數ノ級數カラ成リ、其級數ノ第一項ハ e ト同程度ノ係數ヲ有シ、第二項ハ e ノ更＝高次ナル係數ヲ持ツテ居ル。又

$$\left.\begin{aligned}\omega_1&=\omega-\xi\\ \chi&=t+h-\nu\end{aligned}\right\} \quad [355]$$

此＝ t ハ平均太陽ノ時角デ、卽チ平均太陽時ヲ表ハシ、ν ハ R 點ノ赤經デアル。

[354] 及 [355] ＝現レタ量 t, h, s 及 ω ハ時間＝比例シ、ν 及 ξ ハ然ラズシテ唯極メテ徐々＝變ルノミダカラ、一年內デハ其平均ノ値ヲ用フルコトガ出來ル。唯 [354] 式中ノ S ハ若シ e ノ一次及二次式ノミヲ取リ、且ツ其小イ爲＝

$$(14) \qquad \cos(l-\omega_1)=\cos(s-\xi+\mathrm{S}-\omega_1)$$
$$=\cos(s-\xi-\omega_1)-\sin(s-\xi-\omega_1)\mathrm{S}$$

トスルコトガ出來ル。同様＝ l ヲ含ンデ居ル外ノ項＝モ同ジ代用ヲナスコトガ出來ル。

斯クノ如クシテ**潮汐ヲ生ズル月ノぽてんしやるハ圓函數ノ積ノ級數トシテ表ハサレ、更ニ其積ハ之ヲ圓函數ノ和トシテ表ハスコトガ出來ル。**

太陽ノぽてんしやるモ全ク同樣デアル。前ノ月ノ軌道ノ偏心率ノ代＝太陽ノ偏心率ヲ用ヒ、月ノ平均經度及近月點ノ平均經度ノ代＝太陽ノ平均經度及近日點ノ平均經度ヲ用フレバ宜シイ。又月ノ軌道ノ傾斜角 i ノ代＝黃道面ノ傾斜角 $23°27'$ ヲ用ヒ、月ノ ν 及 ξ ヲ單＝0トスレバ可デアル。斯クシテ得タ式ハ亦半日潮、一日潮、半年潮等ノ凡ベテ必要ナル週期ヲ含ミ、實用ノ目的＝ハ充分精密ナルモノデアルガ、永期ノ振動ヲ含ンデ居ラナイ。

月並＝太陽ノ各ぽてんしやるハ多クノ圓函數カラ成立ツテ、之ヲ種類＝依ツテ群＝分類スルコトガ出來ル。

月ノぽてんしやるハ前＝モ述ベタ通リ。第一群ハ凡テ 12 太陰時ノ週期ヲ持ツタ圓函數ヲ含ミ、第二群ハ凡ソ 24 太陰時ノ週期ヲ持ツタモノデ、第三群ハ凡ソ一週間又ハ一ケ月以上ノ週期ヲ持ツタ圓函數ヲ含ンデ居ル。

第一群＝ハ最モ肝要ナル**主太陰半日潮** M_2 ヲ含ミ、其引數又ハ變化角ハ $2t+2(h-\nu)-2(s-\xi)$ デアル。今平均太陽時 t ハ一平均太陽日中＝ $360°$ 丈ケ增加スルカラ、一平均太陽時中＝ハ $15°$ 丈ケ增加スル勘定デアル。又平均太陽ノ赤經 h ハ一年＝ $360°$ 丈ケ增加スルカラ、一日＝ハ $0°.9856464$, 一時間＝ハ $0°.0410686$ 丈ケ增加スル。從テ $t+h$ ハ一時間內＝ $15°.0410686$ 丈ケ增加スル。是レ卽チ地球公轉ノ角速度 $\varOmega$ デアル。又月ノ平均經度 s ハ月ノ平均動ト呼バレテ居ル速度 n ヲ以テ增加シテ居ル。一時間ノ度數デ言ヘバ $n=0°.5490165$ デアル。ν 及 ξ ハ定數ト見做スコトガ出來ルカラ、M_2 潮ノ引數ガ增加スル角速度ハ一平均太陽時＝對シテ $2(\varOmega-n)=28°.9841042$

ヅヽ増加スル譯デアル。是レ即チ M_2 潮ノ週期ハ半太陰日又ハ $\frac{360}{28.9841} = 12.4206$ 平均太陽時ナル所以デアル。

半日潮ノ第二項ハ**日月合成半日潮** K_2 デ、其引數ハ $2t+2(h-\nu)$ デアル。其角速度ハ一平均太陽時ニ $2\Omega = 30°{,}0821372$ デ、週期ハ半恒星日即チ 11.9672 平均太陽時ニ等シイ。此外 12.659 時 12.192 時及 12.905 時等ノ週期ヲ持ツタ凡ベテ八個ノ圓函數ハ月ノぽてんしやるノ第一群ヲ爲シテ居ル。

第二群ハ亦八個ノ圓函數ヲ含ミ、其週期ハ皆殆ド一太陰日ニ等シク、其第一項ハ一太陰日ヲ週期トシ、一平均太陽時ニ付キ 13°.943 ノ速度ヲ有スル**太陰一日潮** O ヨリ成リ、第二項ハ一恒星日ヲ週期トシ、15°.041 ヲ速度トスル**日月合成一日潮** K_1 カラ成立ツテ居ル。

第三群ハ五個ノ永期週潮デ、其中二個ハ殆ド二週間ノ週期ヲ有シ、他ノ二個ハ殆ド一ケ月、殘ル一個ハ 219.19 時即チ 9 日 3 時 11 分ノ週期ヲ持ツテ居ル。

太陽ノぽてんしやるモ亦三群ヨリ成リ、第一群中ニハ丁度半太陽日ヲ週期トシ、從テ毎時間ノ角速度 30°.00 ニ等シイ所ノ**主太陽半日潮** S_2 及凡ソ半日ニ等シイ週期ヲ有スル他ノ二分潮ガアル。第二群中ニハ二項ヲ有シ、共ニ凡ソ一日ノ週期ヲ持ツテ居ル。其中ノ一ハ即チ 24.07 時ヲ週期トシ、14°.959 ヲ速度トスル**太陽一日潮** P デアル。第三群ニハ半年ヲ週期トスル一項ヲ持ツテ居ル。

之ヲ要スルニ潮汐ヲ生ズルぽてんしやるハ凡ソ 28 個許ノ項ヲ含ミ

$$V' = \Sigma C_n \cos(\beta_n t + u_n) \qquad [356]$$

ナル形ヲ有ツテ居ル。此ニ $\beta_n = \frac{2\pi}{\tau_n}$, t ハ時間、τ_n ハ週期デ、C_n 及 u_n ハ定數ヲ表ハス。

[349′] カラだーゐんノ方法ニ依リ太陰潮及太陽潮ヲ表記スレバ次ノ如クデアル。但シ p' 及 p_1' ハ夫々近日點ノ平均經度及黄道ト赤道ノ交點カラ測ツタ近日點ノ經度、ω' ハ黄道ノ傾斜ヲ表ハス。

第百二十四表 太陰潮表 共通係數 $= \frac{3}{2}\frac{m}{M}\left(\frac{R}{r}\right)^3/R$

(i) 半日潮 一般係數 $= \cos^2\varphi$

潮名	符號	係數	係數ノ平均値	引數 $2t+2(h+\nu)$	速度 1平均太陽時ニ對スル(度)
主太陰潮	M_2	$\frac{1}{2}\left(1-\frac{5}{2}e^2\right)\cos^4\frac{1}{2}i$	0.45426	$-2(s-\xi)$	28.°9841042
日月合成半日潮	K_2	$\frac{1}{2}\left(1+\frac{3}{2}e^2\right)\sin^2 i$	0.03929	—	30.0821372
大橢圓半日潮	N	$\frac{1}{2}\cdot\frac{7}{2}e\cos^4\frac{1}{2}i$	0.08796	$-2(s-\xi)$ $-(s-p')$	28.4397296

(ii) 一日潮 一般係數 $= \sin 2\varphi$

潮名	符號	係數	係數ノ平均値	引數 $2t+2(h+\nu)$	速度 1平均太陽時ニ對スル(度)
太陰一日潮	O	$\left(1+\frac{5}{2}e^2\right)\frac{1}{2}\sin i\cos^2\frac{1}{2}i$	0.18856	$-2(s-\xi)+\frac{1}{2}\pi$	13°.9430356
日月合成一日潮	K_1	$\left(1+\frac{3}{2}e^2\right)\frac{1}{2}\sin i\cos i$	0.18115	$-\frac{1}{2}\pi$	15.0410686
大橢圓一日潮	Q	$\frac{7}{2}e\cdot\frac{1}{2}\sin i\cos^2\frac{1}{2}i$	0.03651	$-2(s-\xi).-(s-p')+\frac{1}{2}\pi$	13.3986609

(iii) 長期潮 一般係數 $= \frac{1}{2} - \frac{3}{2}\sin^2\varphi$

潮名	符號	係數	係數ノ平均値	引數 $2t+2(h+\nu)$	速度 1平均太陽時ニ對スル(度)
平均水位ノ變化	—	$\left(1+\frac{3}{2}e^2\right)\frac{1}{3}\left(1-\frac{3}{2}\sin^2 i\right)$	0.252241	N ノ可變部	19°.34/年
二週間潮	M_f	$\left(1-\frac{5}{2}e^2\right)\frac{1}{2}\sin^2 i$	0.07827	$2(s-\xi)$	1.0980330

第百二十五表 太陽潮表 共通係數 $=\frac{3}{2}\frac{m}{M}\left(\frac{R}{r}\right)^3/R$

(i) 半日潮 一般係數 $=\cos^2\varphi$

潮名	符號	係數	係數ノ平均値	引數	速度 1平均太陽時ニ對スル(度)
主太陽半日潮	S_2	$\frac{\tau_1}{\tau}\left(1-\frac{5}{2}e_1^2\right)\frac{1}{2}\cos^4\frac{1}{2}\omega'$	0.21137	$2t$	30°.0000000
日月合成半日潮	K_2	$\frac{\tau_1}{\tau}\left(1+\frac{3}{2}e_1^2\right)\frac{1}{4}\sin^2\omega'$	0.01823	$2t+2h$	30.0821372
大楕圓半日潮	T	$\frac{\tau_1}{\tau}\ \frac{1}{2}\ \frac{7}{2}e_1\cos^4\frac{1}{2}\omega'$	0.01243	$2t-(h-p_1')$	29.9589314

(ii) 一日潮 一般係數 $=\sin 2\varphi$

潮名	符號	係數	係數ノ平均値	引數	速度 1平均太陽時ニ對スル(度)
太陽一日潮	P	$\frac{\tau_1}{\tau}\left(1-\frac{5}{2}e_1^2\right)\frac{1}{2}\sin\omega\cos^2\frac{1}{2}\omega'$	0. 08775	$t-h+\frac{1}{2}\pi$	14°.9589314
日月合成一日潮	K_1	$\frac{\tau_1}{\tau}\left(1+\frac{3}{2}e_1^2\right)\frac{1}{2}\sin\omega\cos\omega'$	0.08407	$t+h-\frac{1}{2}\pi$	15.0410686

(iii) 長期潮 一般係數 $=\frac{1}{2}-\frac{3}{2}\sin^2\varphi$

潮名	符號	係數	係數ノ平均値	引數	速度 1平均太陽時ニ對スル(度)
半年潮	S_{sa}	$\frac{\tau_1}{\tau}\left(1-\frac{5}{2}e_1^2\right)\frac{1}{2}\sin^2\omega'$	0.03643	$2h$	0°.0821372

以上ノ外比較的必要ナラザルモノガアルガ、精密ナル潮汐研究ニハ之ヲ閑却スルコトハ出來ナイ。月潮ハ半日ヲ週期トスルモノガ最モ大ク、小楕圓潮L大小出差潮 ν 及 λ、變差潮 μ ガ是デアル。又月潮ノ一日潮ニ小楕圓潮 M_1 及速度 $\gamma+\sigma-\varpi$ ノ J 潮ガアル。更ニ長期潮ノ中ニ二週間ヲ週期トスル MSf 潮ガアル。又月ノ視差ノ 4乘ニ關スル M_1 及 M_3 潮ヤ、二種ノ潮ノ組合カラ成立ツ 2SM, SO, MS, MN ヤ M_6, S_4 ナドノ種類ガアル。

斯クノ如クシテだーゐんノ定メタ分解ハ合計 28 個ニ上リ、其一平均太陽時ノ速度ハ次ノ如クデアル。

第百二十六表 だーゐんノ分潮及角速度表

半日潮		一日潮		長期潮	
分潮	角速度(毎時度)	分潮	角速度(角速度)	分潮	角速度(毎時度)
K_2	30°.0821372	OO	16°.1391016	$3\sigma-\varpi$	1°.642 4077
S_2	30.000 0000	J	15.585 4433	Mf	1°.098 0330
T	29.958 9314	K_1	15.041 0686	$2(\sigma-\eta)$	1. 015 8958
L	29.528 4788	P	14.958 9314	Mm	0. 544 3747
λ	29.455 6254	M_1	14.492 0521	$\sigma-2\eta+\varpi$	0. 471 5211
M_2	28.984 1042	O	13.943 0356	Ssa	0. 082 1372
ν	28.512 5830	$\gamma-3\sigma-\varpi+2\eta$	13.471 5144	—	—
N	28.439 7296	Q	13.398 6609	—	—
μ	27.968 2084	$\gamma-4\sigma+2\varpi$	12.854 2862	—	—
2N	27.895 3548	—	—	—	—

潮浪ガ淺イ海ヲ進行スレバ前ニ述ベタ如ク波相又ハ波形ノ變化ヲ生ジ、驟潮又ハ過潮ト呼バレルモノトナリ、主太陰潮及主太陽潮ガ主ニ此影響ヲ表ハス。從テ天文潮 M_2 及 S_2 ナドノ外ニ、驟潮 M_4 (速度 57°.9682084), M_6 (86.°9523126), M_8 (115°.9364168) 及 S_4 (60°.0), S_6 (90°.0) ナドガ調和分解ノ結果現ハレテ來ル。

異ナル速サノ二ノ潮浪ガ淺イ海ヲ傳播スルトキハ合成潮ヲ生ズル。主要ナル潮汐ノ速度ヲ組合ハセレバ多クノ場合ニ天文潮又ハ氣象潮ノ速度ト同一ノ速度ヲ有スル一個ノ合成潮ガアルコトガ知ラレル。斯クシテ O, K_1, P, M_2, Mf, Q, M_1, L 潮ハ淺イ海デ擺動又ハ混亂シタ振動ノ傾向ヲ表ハス。

週期ガ 1 平均太陽日又ハ赤道年ノ整數位又ハ其小數ニ等シイ所ノ潮汐ハ凡テ氣象ノ狀態ニ影響セラレル。從テ主ナル太陽氣象潮S系ノ潮ハ其速度ガ

$\gamma-\eta$, $2(\gamma-\eta)$, $3(\gamma-\eta)$ 等デ凡テ多少ノ氣象上ノ擾動ヲ受クル。此ニ γ ハ地球公轉ノ角速度、η ハ太陽ノ平均運動ヲ表ハス。S_1 潮ハ天文潮 P ト混同シテ之ヲ區別スルコト困難デアル。而シテ之ガ又速度 γ ナル潮ヲ生ジ、K_1 ノ天文的部分カラ區別スルコトガ出來ナイ。同樣ニ天文潮 K_2 ハ速度 $2(\gamma-\eta)$ ナル天文半日潮內ノ半年不等ノ爲ニ擾動セラレル。又一日潮 S_1 又ハ $\gamma-\eta$ 及半年及一年潮ノ速度ハ 2η 及 η デ天文上ノ原因カラ起ルモノトシテハ凡テ全ク不感受的デアルガ、相當重要性ヲ帶ビテ居ル。1 年潮及半年潮ハ河川ニ依テハ非常ニ必要デアルノハ雨季ニ年々洪水ヲ引起スモノガアルカラデアル。S 系ノ潮ノ引數ハ t, $2t$, $3t$ 等デ 1 年潮、半年潮三ケ月潮ノ引數ハ h, $2h$, $3h$ デアル。是等ノ潮ノ潮差ハ年ガ年中一定デアル。

だーゐんノ分潮表ハ 1883 年太陰及太陽ノ起潮ぽてんしやるヲ展開シテ得タモノデアルガ 1921 年英國ノどぅーづそん (Doodson) ハ球函數ヲ用ヒテ展開ヲ試ミ、或分潮ノ餘弦項ノ係數がだ氏ト著シク異ナルモノガアルコトヲ發見シ、獨逸海洋氣象臺ノらうしぇるばっは (Rauschelbach, H.) ハ淺イ海ノ合成潮及懸潮ヲ淺海分潮ナドヽ呼ンデ調和分解ニ關スル論文ヲ發表シタ。今ど氏ノ分潮 60 ト其角速度ヲ擧グレバ次ノ如クデアル。

第百二十七表 どぅーどそんノ分潮及角速度表 (A° ハ平均水位)

分潮	角速度(毎時度)	分潮	角速度(毎時度)	分潮	角速度(毎時度)	分潮	角速度(毎時度)
A	0°.0000000	—	—	MP_1	14°.0251729	K_1	15°.0410686
Sa	0.041 0686	$2Q_1$	12°.8542862	M_1	14.492 0521	ψ_1	15.082 1353
Ssa	0.082 1373	σ_1	12.927 1398	χ_1	14.569 5476	ϕ_1	15.123 2059
Mm	0.544 3747	Q_1	13°.3986609	π_1	14.917 8647	θ_1	15.512 5897
MSf	1.015 8958	ρ_1	13.471 5145	P_1	14.958 9314	J_1	15.585 4433
Mf	1.008 0331	O_1	13.943 0356	S_1	15.000 0000	SO_1	16.056 9644

分潮	角速度(毎時度)	分潮	角速度(毎時度)	分潮	角速度(毎時度)	分潮	角速度(毎時度)
OO_1	16°.1391017	L_2	29°.5284789	SO_3	43°.9430356	—	—
OQ_2	27.341 6964	T_2	29.958 9333	MK_3	44.025 1729	$2MN_6$	86°.4079380
MNS_2	27.423 8337	S_2	30.000 0000	SK_3	45.041 0686	M_6	86.952 3127
$2N_2$	27.895 3548	R_2	30.041 0667	—	—	MSN_6	87.423 8337
μ_2	27.968 2084	K_2	30.082 1373	MN_4	57.423 8337	$2MS_6$	87.968 2084
N_2	28.439 7295	MSN_2	30.544 3747	M_4	57.968 2084	$2MK_6$	88.050 3457
ν_2	28.512 5831	KJ_2	30.626 5120	SN_4	58.439 7295	$2SM_6$	88.984 1042
OP_2	28.901 9669	$2MS_2$	31.015 8958	MS_4	58.984 1042	MSK_6	89.066 2415
M_2	28.984 1042	—	—	MK_4	59.066 2415	—	—
MKS_2	29.066 2415	MO_3	42.927 1398	S_4	60.000 0000	—	—
λ_2	29.455 6253	M_3	43.476 1563	SK_4	60.082 1373	—	—

209. 調和常數 207 ニ述ベタ如ク、海面ノ一點 Q ニ於ケル水位ハ圓函數 $A\cos 2\pi\frac{t}{\tau}+B\sin 2\pi\frac{t}{\tau}$ ナル形ノ有限級數デ表スコトガ出來ル。此ニ τ ハ前ニ見出シタ天文上ノ週期、又ハ其 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, 又ハ一般ニ $\frac{1}{n}$ ノ週期、或ハ合成シタ週期ヲ表ス。故ニ Q 點デ觀測シタ結果カラ係數 A 及 B ヲ定メナケレバナラヌ。自記檢潮器ニ依ル潮汐圖又ハ潮汐ノ毎時觀測表ハ此目的ニ用フルコトガ出來、殊ニ調和分解器ヲ用フレバ潮汐圖カラ係數ヲ見出スコトガ出來ル。

今週期ガ τ 及其分數ヨリ成ルモノトシ、一群ノ週期ハ $\tau_1, \frac{1}{2}\tau_1, \frac{1}{3}\tau_1, \cdots\cdots$、第二群ハ $\tau_2, \frac{1}{2}\tau_2, \frac{1}{3}\tau_2, \cdots\cdots$、等トスレバ、$h_0$ ヲ平均水位トシ、任意ノ時 t ニ於ケル水位 h ハ

$$\left.\begin{aligned} h = h_0 &+ A_{1,1}\cos 2\pi\frac{t}{\tau_1} + B_{1,1}\sin 2\pi\frac{t}{\tau_1} + \cdots \\ &+ A_{1,2}\cos 4\pi\frac{t}{\tau_1} + B_{1,2}\sin 4\pi\frac{t}{\tau_1} + \cdots \end{aligned}\right\} \qquad [357]$$

$$+ A_{2,1}\cos 2\pi\frac{t}{\tau_2} + B_{2,1}\sin 2\pi\frac{t}{\tau_2} + \cdots$$
$$+ A_{2,2}\cos 4\pi\frac{t}{\tau_2} + B_{2,2}\sin 4\pi\frac{t}{\tau_2} + \cdots$$

平均水位 h_0 ヲ見出スニハ、平均太陰日ノ整數倍ノ時間ヲ擇ブヲ便トスル。今平均太陽日及太陽時デ 365 日 9 時間即チ 8769 時ハ殆ド精密ニ 353 太陰日ニ等シイカラ、自記檢潮器ノ潮汐圖カラ、其零ヨリ上又ハ下ニ在ルモノヲ夫々 $h_1, h_2, \cdots$ 等トシ、之ニ夫々 ＋又ハ － ノ負號ヲ附シテ所謂平均ノ値 h_m ヲ見出セバ

$$h_m = \frac{1}{8769}\Sigma h \qquad [358]$$

$h_1, h_2, \cdots$ ハ [357] ノ $t=1$ 時、2 時乃至 8769 時ヲ代用スレバ得ラルヽモノデアルカラ、[357] 及 [358] カラ

$$h_m - h_0 = \frac{1}{8769}\Sigma\Sigma\left(A\cos 2\pi\frac{t}{\tau} + B\sin 2\pi\frac{t}{\tau}\right) \qquad [359]$$

今凡ベテ 8769 個ノ級數カラ $\tau=1$ 太陰日ヲ週期トセル項ヲ取出セバ、是等諸項ニハ同一ノ係數ヲ持ツテ居ルカラ、其和ハ $A\,\Sigma\cos 2\pi\frac{t}{\tau} + B\,\Sigma\sin 2\pi\frac{t}{\tau}$ ナル形デ表ハスコトガ出來ル。此ニ t ハ 1, 2, … 8769 時ヲ表ハス。然ルニ m, n ヲ整數トスレバ一般ニ

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} &\sum_{k=1}^{n}\cos 2\pi k\frac{m}{n} = 0 \\ &\sum_{=1}^{n}\sin 2\pi k\frac{m}{n} = 0 \end{aligned}\right.$$

ナル關係ガアルカラ、1 太陰日ヲ週期トセル諸項ノ和ハ 0 トナル。此關係ハ太陰半日潮ニ就テテモ同樣デアル。

次ニ一太陽日ヲ週期トスルモノヽ諸項ノ和ニ就テ見レバ、$t=1$ 時ノモノト $t=13$ 時ノモノトハ圓函數ノ値ガ相等シクテ唯符號ガ反對デアル。又

$t=2$ 時ノモノト $t=14$ 時ノモノト、或ハ $t=3$ 時ノモノト $t=15$ 時ノモノトハ皆夫々絕體値ガ相等シクテ符號ガ相反シテ居ル。以下之ニ準ジテ唯 8769 カラ 12 ノ倍數ヲ減ジタ殘リ 9 時間ガ餘ル。同樣ニ半太陽日ヲ週期トスルモノモ唯最後ノ三時間ニ關スル諸項ヲ殘スノミデ、凡テ其外ノ諸項ノ和ハ消去スル。

最後ニ一恒星日又ハ半恒星日ヲ週期トスル圓函數ニ就テハ 365 太陽日ハ 8760 時デ恰モ 366 恒星時ニ等シイカラ、亦 (1) ノ理ニ依リ 8760 個ノ圓函數ノ和ハ夫々最後ノ九個及三個ヲ餘シテ零ニ等シイ。

故ニ [357] ノ諸項中同一ノ係數ヲ持ツテ居ルモノヽ和ハ唯少數ノ諸項ヲ殘シテ零トナリ、其殘ツタモノモ一部ハ正デ一部ハ負デ、加フルニ之ヲ 8769 ト云フ大數デ除スルノダカラ、[359] ノ右節ハ非常ニ小ナル値デ、從テ

$$h_0 = h_m \qquad [360]$$

是ニ至ツテ係數 A 及 B ヲ定メナケレバナラヌ。今太陰半日潮ニ就テ、357 平均太陰日ノ期間ヲ取レバ殆ド精密ニ 369.5 平均太陽日ニ等シイ。而シテ潮汐圖ノ横軸上ニ平均太陰時ヲ目盛リ、之ニ應ズル縱距ヲ潮汐圖ノ上ニ見出シ、是等ノ縱距カラ 12 組ノ平均ヲ見出スノデアル。其平均ノ作リ方ハ 357 太陰日ノ中デ第 1 時及第 13 時ノ縱距ヲ取リ、凡テ 714 個ノ縱距ノ平均ヲ取ツテ之ヲ h_1 トシ第 2 時及第 14 時ノ凡ベテノ縱距ノ平均ヲ h_2 トシ、以下 h_{12} ヲ得ルノデアル。斯クノ如ク太陰半日潮ヲ表ハス所ノ圓函數ハ $h_1, h_2, \ldots\ldots$ 等ノ縱距デ表サレテ居ル。然ルニ太陰一日潮ト太陽半日潮ハ夫々互ニ消去シテ居ル。

蓋シ太陰一日潮ノ第 m 番目ノ太陰時ト第 $m+12$ 番目ノ太陰時ニ應ズル圓函數ハ其値ガ相等シクテ而カモ互ニ正負反對ノ符號ヲ持ツテ居ルカラ、互ニ相消合フ。又太陽半日潮モ (1) 式ヲ應用スルコトガ出來ル。即チ第 μ 番目ノ太陰時ニ對スル縱距ノ和ハ

(2) $$S = A\sum_{n=0}^{713}\cos 2\pi(\mu + 12n)\frac{q}{\tau_2} + B\sum_{n=0}^{713}\sin 2\pi(\mu+12n)\frac{q}{\tau_2}$$

デ、此ニ q ハ或ル太陰時、τ_2 ハ太陽半日潮ノ週期卽チ 12 太陽時デ、μ ハ 1,2…12 迄ヲ含デ居ル。前ノ級數ノ諸項ニ μ ハ同一ノ値ヲ有スベキ故、前ノ和ハ

(3) $$S = C_1\sum_{n=0}^{713}\cos 24\pi n\frac{q}{\tau_2} + C_2\sum_{n=0}^{713}\sin 24\pi n\frac{q}{\tau_2}$$

ニ等シイ。玆ニ C_1, C_2 ハ容易ニ計算シ得ル定數デアル。然ルニ前ニモ述ベタ通リ 357 太陰日ハ 369.5 太陽日ニ等シイカラ。

(4) $$714\times 12q = 739\tau_2$$

又ハ

(4′) $$\frac{q}{\tau_2} = \frac{739}{714}$$

故ニ前ノ和ハ次ノ如クナル。

(5) $$S = C_1\sum_{n=0}^{713}\cos 2\pi n\frac{739}{714} + C_2\sum_{n=0}^{713}\sin 2\pi n\frac{739}{714}$$

之ヲ (1) 式ニ比スルニ又二ノ Σ ハ共ニ夫々自消スルカラ、太陽半日潮ノ影響モ亦皆無トナル。

自餘ノ小ナル潮浪ハ全然消去サル丶ト云フコトモナイガ、或ハ正或ハ負トナツテ、而カモ其値ハ極テ少ナルモノデアル。而シテ各個ノ縦距ノ和ニハ太陰半日潮ノ 714 倍ニ平均水位 h_0 ノ 714倍ヲ加ヘタモノガ殘ルノデアル。故ニ此和ヲ 714 デ除スレバ

$$\left.\begin{aligned} A\cos\frac{2\pi}{12} + B\sin\frac{2\pi}{12} &= h_1 - h_0\\ A\cos\frac{4\pi}{12} + B\sin\frac{4\pi}{12} &= h_2 - h_0\\ &\cdots\cdots\cdots\\ A\cos 2\pi + B\sin 2\pi &= h_{12} - h_0 \end{aligned}\right\} \qquad [361]$$

是等12ノ等式カラ最小二乘法ニテ係數 A, B ヲ定メルコトガ出來ル。又ハ

$$\left.\begin{aligned} A_k &= \frac{1}{6}\sum_{n=1}^{12}(h_n - h_0)\cos\frac{kn}{6}\pi\\ B_k &= \frac{1}{6}\sum_{n=1}^{12}(h_n - h_0)\sin\frac{kn}{6}\pi\\ k &= 1,2,3,\cdots\cdots \end{aligned}\right\} \qquad [361']$$

[357] ニ於テ $\frac{2\pi}{\tau_n} = \beta_n$, $A_n = R_n\cos\zeta_n$, $B_n = R_n\sin\zeta_n$ トスレバ

(5) $$\left\{\begin{aligned} R_n &= \sqrt{A_n^2 + B_n^2}\\ \zeta_n &= \tan^{-1}\frac{B_n}{A_n} \end{aligned}\right.$$

故ニ [357] ハ

$$h = h_0 + \Sigma R_n\cos(\beta_n t - \zeta_n) \qquad [362]$$

ナル形トナル。然ルニ [356] カラ潮汐ヲ生ズル力ノぽてんしやる V' ハ

(6) $$V' = \Sigma C_n\cos(\beta_n t + u_n)$$

(6) ト [362] ノ引數ノ差ヲ k_n トシ、$\beta_n t + u_n - (\beta_n t - \zeta_n) = \zeta_n + u_n = k_n$ 之ヲ [362] ニ代入スレバ

$$h = h_0 + \Sigma R_n\cos(\beta_n t + u_n - k_n) \qquad [362']$$

k_n ヲ名ケテ位相ノ遲レ又ハ單ニ遲角ト云フ。今 $\beta_n t + u_n$ ハ假想天體ノ變化角デ、A ヲ以テ表ハシ、K ヲ遲角卽チ假想天體ガ子午線ヲ經過シテ後高潮ニ達スル迄ノ時間ヲ角度デ表ハシタモノトシ、R ヲ半潮差トスレバ、各分潮ノ高サハ $R\cos(A-K)$ ナル形ヲ以テ表ハスコトガ出來ル。然ルニ R 及 A ハ時ト共ニ變化スル項ヲ含ムカラ、f ナル係數ト平均半潮差 H ヲ用ヒテ $R = fH$, $A = V + u$ トスレバ各分潮ノ高サハ $fH\cos(V+u-K)$ ナル

形トナル。或ハ $\cos(nt-\zeta)=\cos(V+u-K)$ カラ $-\zeta=V_0+u-K$,

$K=V_0+u+\zeta$ トナル。V_0 ハ創始時ニ於ケル V ノ値ヲ表ハス。

調和分解ノ法ハ其結果良好デ、潮汐ノ豫報ハ單ニ位相ノミナラズ、其高ニ就テモ之ヲ豫知スルコトガ出來ル。唯强風ノ日ハ障害ヲ見ルヲ常トスル。

210. 主ナル分潮ノ調和常數ノ一斑　潮位ノ毎時觀測(潮汐圖ニ依ルモ可) ヲ若干日間繼續スレバ同時刻ニ對スル平均ノ高サハ其週期ニ對スル潮汐ノ毎時ノ高サガ得ラレル。然ルニ實際ノ潮汐ハ週期ノ異ツタ分潮ノ合成シタモノデアルカラ、精密ニ言ハヾ夫々異ツタ週期ニ對スル毎時ノ潮位ヲ知ラナケレバ役ニ立タナイ。是レ非常ニ繁雜デアルカラ、潮汐ノ觀測ニハ常ニ平時ヲ用ヒ、之ニ更正ヲ施シテ各分潮ノ週期ニ對スル毎時ノ高サニ改算シナケレバナラナイ。此更正量ヲ倍率ト呼ビ、平時ノ毎時平均潮位ニ乘ズベキ因數ヲ示ス。例ヘバ A_1 及 B_1 ニ對シテハ 1.00286、A_2及B_2 ニ對シテハ 1,01152 ノ倍率ナルガ如シ。

連續觀測ノ期間ハ半ケ月若クハ一ケ月デ、而カモ其期間ハ一定ノモノデナケレバナラナイ。卽チ一ノ分潮ノ毎時潮位ヲ求メルコトハ成ルベク他ノ分潮ノ影響ヲ避ケ得ル樣ナ日數ヲ擇ブベキデ、S_2 潮ノ毎時ノ高サヲ求メルニハ M_2 潮ノ影響ヲ避クル爲メ太陰ノ半ケ月卽チ 14 日或ハ其一ケ月卽チ 27 日ノ期間ヲ採ルノ類ガ是デアル、他ノ分潮ニ就テモ同樣デアル。

斯クシテ地方時ノ零時ヲ以テ創始時トシテ之ヲ零日零時トシ、平時ノ毎時潮位ヲ檢潮表ニ記入スルカ、又ハ自他檢潮器ノ描イタ潮汐圖カラ毎時潮位ヲ拾集メル。而シテ横ニ 0 時ヨリ 13 時ニ至リ、縱ニ日ヲ記入シ、日時ニ呼應シテ潮位ヲ記入スル。半ケ月及一ケ月檢潮ノ兩方ノ利用出來ルノヲ便トスル。而シテ SMO 潮ノ檢潮表ヲ作リ、S 表ニハ一日潮ト半日潮トノ記入日數同ジカラズ、其後ノ計算モ亦別々ニ行フ。以上ノ記入終ラバ毎時ノ平均ヲ求メ、更正ヲ施コサヾル各分潮毎時ノ高サガ得ラレル。

S 表ハ檢潮表カラ初日ノ正午ヲ零日零時ノ部ニ記入シ、以下 1 時 2 時等順次ニ潮位ヲ記入スル。半期ノ觀測ハ 14 日ヲ最終列トシ、13 日 14日ノ間ニ一空列ヲ設ケ、一期ノ觀測ニハ 29 日ヲ最終列トシ、26 日ト 27 日ノ間ニ 3 空列ヲ設ケル。其 13 日或ハ 26 日ハ一日潮ニ關シ、14 日或ハ 29 日ハ半日潮ニ關スル。

M 表ノ記入ハ S 表ニ同一デアルガ、所々ニ界線ガアル。初メ S ト同ジク零日零時カラ記入シ次ノ數ヲ線上ゲテ下欄ニ記入スル。以下斯クノ如クシテ進ミ、最後ニ半期ノ觀測ナレバ最終ノ日卽チ 13 日 23 時ニ S ノ 14 日 11 時ノ處カラ寫取ルベク、又一期ノ觀測ナレバ最終ノ日 27 日 23 時ニ S ノ 28 日 23 時カラ寫取ルベキデアル。

O 表ハ M ト同樣デアルガ其內半期觀測ニハ最終ノ日 12 日 23 時ニ S ノ 13 日 23 時ヨリ寫シ、又一ケ月ノ觀測ニハ最終ノ方 24 日 23 時ニハ S ノ 26 日 20 時ヨリ寫取ル。

以上 SMO ノ三表ハ各行ノ數ヲ加ヘテ之ヲ平均スル。而シテ S表ハ各行ノ除數皆相等シケレドモ他ノ二表ハ所々ニ界線ガアリ、各行ノ除數ガ同一デナイ。

S 表カラ 14 日ノ列ト 27 日 28 日 29 日ノ列ヲ加ヘヌモノト是等ヲ加ヘタモノトノ二通ノ和ガ得ラレル。而シテ S ノ第一通卽チ S_1 及 O カラ A_1 及 B_1 ヲ見出シ、Sノ第二通卽チ S_2 及 M カラ A_2 及 B_2 ヲ見出スコトガ出來、外ニ S_2 カラ A_0 ヲ見出スコトガ出來ル。

又 [341] カラ R 及 ζ ヲ見出シ、各分潮ニ夫々符號ヲ附クル。例ヘバ S_1 ニハ R', ζ', S_2 ニハ R_2, ζ_2, M ニハ R_m, ζ_m, O ニハ R_0, ζ_0 ナド是デアル。

A 及 B カラ R 及 ζ ヲ計算スルニハ次表ヲ參照スルヲ要スル。

A	+	−	−	+
B	+	+	−	−
ζ	0−90°	90−180	180−270	270−360
象限	I	II	III	IV

ζ ノ正切ノ値ガ 1 ヨリ小イトキハ $R=A\sec\zeta$ デ計算シ、1 ヨリ大イトキハ $R=B\operatorname{cosec}\zeta$ ヲ計算スベキデアル。又勿論角度ハ 360° ヨリ小イ正ノ整數ヲ用ヒ、之ヨリ大イトキハ 360° ヲ減ズル。

検潮推算ニ常數トシテ記載セラレル所ノ [346] 乃至 [348] ノ正弦及餘弦ハ 0, $\pm\sin 15°$, $\pm\sin 30°$, $\pm\sin 45°$, $\pm\sin 60°$, $\pm\sin 75°$, ± 1 ノ外ニ出デナイカラ。$\pm 0_1$ $\pm S_2$ $\pm S_3$ $\pm S_4$ $\pm S_5$ ± 1 ナル符號デ表ハサレル。

M 潮ノ調和分解ニハ毎時ノ平均ヲ分解シテ $12A_2$ 及 $12B_2$ ヲ求メ、又 $\tan\zeta_m=\dfrac{12B_2}{12A_2}$ カラ ζ_m ヲ求メル。R_m ハ $\tan\zeta_m<1$ 又ハ $\tan\zeta_m>1$ ニ從テ異ナル。

$$\tan\zeta_m<1 \qquad R_m=12A_2\sec\zeta_m\left\{\frac{1}{12}\,(A_2B_2\ \text{ニ對スル倍率}\ 1.01152)\right\}$$

$$\tan\zeta_m>1 \qquad R_m=12B_2\operatorname{cosec}\zeta_m\left\{\frac{1}{12}\ A_2B_2\quad〃\quad 1.01152)\right\}$$

カラ計算スル。此ニ

$$\log\left\{\frac{1}{12}\,(A_2B_2\ \text{ニ對スル倍率}\ 1.01152)\right\}=8.92579$$

S 潮ノ調和分解ニハ長イ方ノ S_2 潮ト短イ方ノ S_1 潮トアル。S_2 潮ノ毎時平均ヲ分解シテ $12A_2$ $12B_2$ 及 A_0 ヲ求メ、$\tan\zeta_s=\dfrac{12B_2}{12A_2}$ カラ ζ_s ヲ求メル。又 $R_s=12A_2\sec\zeta_s\times\left(\dfrac{1}{12}\right)$ 或ハ $R_s=12B_2\operatorname{cosec}\zeta_s\left(\dfrac{1}{12}\right)$ カラ R_s ヲ求メル。

S_1 潮ノ毎時平均ヲ分解シテ $12A_1$ 及 $12B_1$ ヲ求メル。又 $\tan\zeta_1\,\dfrac{12B_1}{12A_1}$ カラ ζ_1 ヲ求メル。次ニ $R'=12A_1\sec\zeta_1\left(\dfrac{1}{12}\right)$ 或ハ $R'=12B_1\operatorname{cosec}\zeta_1\times\left(\dfrac{1}{12}\right)$ カラ R' ヲ求メル。此ニ $\log\dfrac{1}{12}=8.92082$

O 潮ノ調和分解ニハ毎時ノ平均ヲ分解シテ $12A_1$ 及 $12B_1$ ヲ求メル。$\tan\zeta_0=\dfrac{12B_1}{12A_1}$ カラ ζ_0 ヲ求メル。又 $R_0=12A_1\sec\zeta_0\times\left\{\dfrac{1}{12}\,(A_1B_1\ \text{ニ對スル倍率}\ 1.00286)\right\}$、或ハ $R_0=12B_1\operatorname{cosec}\zeta_1\times\left\{\dfrac{1}{12}\,(A_1B_1\ \text{ニ對スル倍率}\ 1.00286)\right\}$ カラ R_0 ヲ求メル。但シ $\log\left\{\dfrac{1}{12}(A_1B_1\ \text{ニ對スル倍率}1.00286)\right\}=8.92208$ デアル。

M_2 潮及 O 潮ナル二ツノ太陰潮ハ [341] 及 [343] ニ依テ之ヲ計算スルガ、太陰及太陽カラ起ル K_2 潮及 K_1 潮並ニ太陽潮 S_2 潮及 P 潮ノ計算ハ多少之ト異ナル。即チ短期検潮ニ依ツテハ K_2 潮及 K_1 潮ヲ分離出來ナイカラ、其結果ヲ理論上ノ値ノ比デ分ケル。又太陽潮ハ太陽ノ赤緯及視差ノノ影響ヲ受ケルカラ之ヲ除去シナケレバナラナイ。從テ S_2,K_2,P,K_1 四潮ノ計算ハ極メテ複雑トナル。即チ前ノ ν 及 ζ ノ外ニ ν' 及 $2\nu''$ ナル太陰軌道ト赤道ノ交點ノ位置ニ關スル計算ガ必要トナル。

航海暦カラ創始時ニ相應スル太陽軌道ノ昇降點ノ平均黄經ヲ見出シ、之ヲ Ω トシ、次ノ諸式カラ $\nu,\zeta,\nu',2\nu''$ 及係數 f ヲ計算スル。此ニ Ω ハ昇節ノ平均經度デ 0° ト 180° ノ間デハ＋トナリ、180° ト 360° ノ間デハ－トナル。

$$\left.\begin{aligned}\nu&=12.°9\sin\Omega-1.°3\sin 2\Omega\\ \zeta&=11.8\sin\Omega-1.3\sin 2\Omega\\ \nu'&=8.9\sin\Omega-0.7\sin 2\Omega\\ 2\nu''&=17.7\sin\Omega-0.7\sin 2\Omega\end{aligned}\right\}\qquad[363]$$

及

$$\left.\begin{aligned}f&=1.037\cos\Omega\\ f'&=1.006+0.115\cos\Omega-0.009\cos 2\Omega\\ f''&=1.024+0.286\cos\Omega+0.008\cos 2\Omega\\ f_0&=1.009+0.187\cos\Omega-0.015\cos 2\Omega\end{aligned}\right\}\qquad[364]$$

次ニ又航海暦カラ半ケ月若クハ1ケ月間ノ観測ノ中央ニ相應スル太陽ノ視差ヲ求メ、之ト其平均視差トノ3乗比ヲ求メテ之ヲ p トシ、$3.71p$ ハ半ケ月ノ観測ニ、$3.84p$ ハ1ケ月ノ観測ニ用ヒル。

斯クノ如ク ν, ζ, ν', 及 $2\nu''$ ノ角度及係數 f ガ得ラレル。M_2, K_1, K_2 及 O 潮ノ係數ハ f, f', f'' 及 f_0 デ太陽潮ノ係數ハ $f=1$ デアル。

更ニ航海暦カラ創始時ニ於ケル太陰及太陽ノ平均黄經 ☾ 及 $\odot$ ヲ求メル。但シ1時ヲ $15°$ トシテ角度ニ改算スル。觀測地ノ經度東ナラバ更正ヲ減ジ、西ナレバ更正ヲ加ヘ、☾ ノ日々ノ增加ハ $13°.18$ デアル。又 ☾ ノ更正ハ經度 $1°$ ニ付キ $0°.549$ デ $\odot$ ノ更正ハ同ジク $0°.041$ デアル。次ニ -2(☾$-\zeta$)、$\odot-\nu$、$2(\odot-\nu)$、$\odot-\nu'$ ヲ求メテ之ニ依ツテ創始時ノ變化角ヲ計算スル。即チ

$$
\left.\begin{aligned}
V &= 2(\odot-\nu) - 2(☾-\zeta) \\
V' &= \odot-\nu' + 270° \\
V'' &= 2\odot-2\nu'' \\
V_0 &= \odot-\nu-2(☾-\zeta) + 90°
\end{aligned}\right\} \qquad [365]
$$

半ケ月ノ觀測ニハ 7.5 日ニ對スル差、又1ケ月ノ觀測ニハ 15 日ニ對スル差ヲ $\odot$ ニ加ヘテ觀測中ノ平均 $\odot$ トシ、其1日ノ差ハ $1°$ ト見做シ、7日ニハ $7°\frac{1}{2}$, 15日ニハ $15°$ ヲ其差トスル。此値ヲ用ヒテ $2\odot-\nu'$ 及 $V''=2(\odot-\nu'')$ ヲ求メル。

前式中 M_1, K_2, K_1, O ノ V_0+u ノ値ハ V, V', V'', V_0 ヲ、ζ 及 ν ヲ含ム項ハ即チ u デアル。以上ノ諸項ヲ以テ根數ノ推算ヲ行フ。

第一、太陰主潮 M_2 ノ推算 半潮差ヲ H_m、遲角ヲ K_m トシ、M 表カラ算出シタ R_m, ζ_m ヲ以テ

$$
H_m = \frac{R}{f} \qquad K_m = \zeta_m + V \qquad [366]
$$

第二、太陽主潮 S_2 及日月合成半日潮 K_2 ノ推算 S_2 ノ半潮差ヲ H_s, 遲角ヲ K_s トシ、K_2 ノ半潮差ヲ H'' 遲角ヲ K'' トシ、次ノ如ク Ψ ヲ求メル、V'' ハ V' ノ値ニ依リ正負兩様アル。

$$
\left.\begin{aligned}
\tan\Psi &= \frac{f''\sin V''}{3.71p + f''\cos V''} \\
&\text{又ハ} \\
\tan\Psi &= \frac{-f''\sin V''}{3.84p + f''\cos V''}
\end{aligned}\right\} \qquad [367]
$$

次ニ S 表カラ見出シタ R_1 及 ζ_1 ヲ以テ H_s 及 H'', K_s 及 K'' ヲ見出ス。半ケ月及1ケ月ニ對スル H_s ハ其係數ヲ異ニスル。

$$
\left.\begin{aligned}
H_s &= \frac{3.71p\cos\Psi R_s}{3.71p + f''\cos V''} \quad (\text{半ケ月}) \\
H_s &= \frac{3.84p\cos\Psi R_s}{3.84p + f''\cos V''} \quad (\text{1ケ月}) \\
H'' &= \frac{H_s}{3.67} \\
K_s &= K'' = \zeta_s + \Psi
\end{aligned}\right\} \qquad [368]
$$

第三、日月合成一日潮 K_1 及太陽一日潮 P ノ推算 K' ノ半潮差ヲ H', 遲角ヲ K', P ノ半潮差ヲ H_p 遲角ヲ K_p トスル。而シテ次式カラ ϕ ヲ求メル。

$$
\tan\phi = \frac{\sin(2\odot-\nu)}{3f' - \cos(2\odot-\nu')} \qquad [369]
$$

ϕ ニハ ± ガアル。

S 表カラ見出シタ R' 及 ζ' ヲ用ヒテ半ケ月及1ケ月ニ對シテ夫々 H' 及 $K'=K_p$ ノ係數ヲ異ニスル。

$$
\begin{aligned}
H' &= \frac{3.007\cos\phi}{3f' - \cos(2\odot-\nu')}R' \quad (\text{半ケ月}) \\
H' &= \frac{3.007\cos\phi}{3f' - \cos(2\odot-\nu')}R' \quad (\text{1ケ月})
\end{aligned}
$$

$$\left.\begin{aligned} H_p' &= \frac{1}{3}H' \\ K' &= K_p = \zeta' + V' + \phi + 6^\circ.9 \quad (\text{半ケ月}) \\ K' &= K_p = \zeta' + V' + \phi + 13.^\circ 3 \quad (1\text{ケ月}) \end{aligned}\right\} \quad [370]$$

第四、太陰一日潮 O ノ推算　O ノ半潮差ヲ H_0, 遲角ヲ K_0 トスル。O表カラ R_0 及 ζ_0 ヲ見出シ

$$\left.\begin{aligned} H_0 &= \frac{R_0}{f_0} \\ K_0 &= \zeta_0 + V_0 \end{aligned}\right\} \quad [371]$$

以上ノ方法デ潮汐ノ根數中主要ナ 6 組ガ得ラレル。A_0 ハ檢潮器ノ目盛ノ零カラ測ツタ平均水位ヲ表ハス。

211. 調和分解器ニ依ル調和常數　調和分解器ニ依リ潮汐圖ヲ分解スルトキハ容易ニ調和常數ヲ定メルコトガ出來ル。

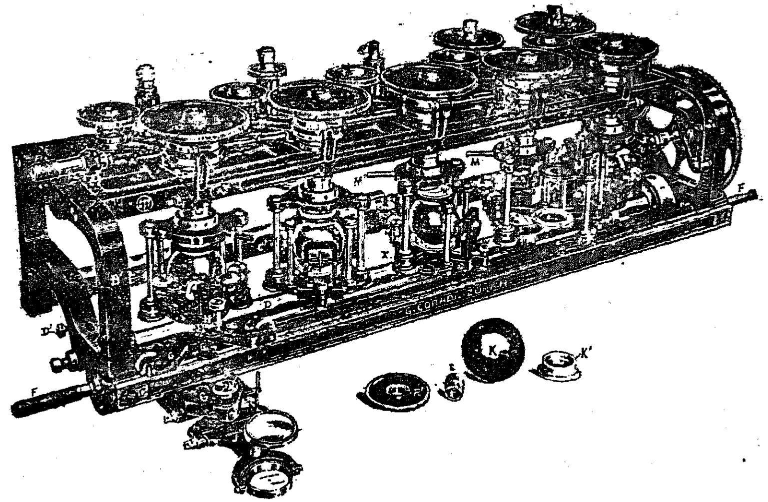
今任意ノ平面上ノ直線又ハ曲線ハ [340] 又ハ [342] ニ述ベタ如ク、ふーりえーノ級數ニ依ツテ表ハスコトガ出來ル。即チ其線ヲ $f(x)$ トスレバ

$$\left.\begin{aligned} f(x) = A_0 + A_1\cos x + A_2\cos 2x + \cdots + A_n\cos nx + \cdots \\ + B_1\sin x + B_2\sin 2x + \cdots + B_n\sin nx + \cdots \end{aligned}\right\} \quad [372]$$

此ニ n ハ 1, 2, 3, … 等正ノ整數ヲ表ハシ、且ツ A_0, A_n, B_n 等ハ定數デ

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= \frac{1}{2\pi}\int_0 y\,dx \\ A_n &= \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} y\cos nx\,dx \qquad n = 1,2,3\cdots \\ B_n &= \frac{1}{\pi}\int^{2\pi} y\sin nx\,dx \qquad\quad 〃 \end{aligned}\right\} \quad [373]$$

部分積分ヲ行ヘバ [373] ノ第二第三式ハ



第二百九圖　こらぢノ調和分解器

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} A_n &= \frac{1}{n\pi}\Big[y\sin nx\Big]_0^{2\pi} - \frac{1}{n\pi}\int_0^{2\pi}\sin nx\,dy \\ B_n &= \frac{-1}{n\pi}\Big[y\cos nx\Big]_0^{2\pi} + \frac{1}{n\pi}\int_0^{2\pi}\cos nx\,dy \end{aligned}\right.$$

(1) ノ第一項ハ共ニ 0 ニ等シイカラ [373] ハ

$$\left.\begin{aligned} A_n &= -\frac{1}{n\pi}\int_{x=0}^{2\pi}\sin nx\,dy \\ B_n &= \frac{1}{n\pi}\int_{x=0}^{2\pi}\cos nx\,dy \end{aligned}\right\} \quad [373']$$

トナル。是等 A_n 及 B_n ノ凡テヲ求メ得レバ $f(x)$ ノ値ガ得ラレル譯デ、調和分解器ハ是等 A_n, B_n ヲ定メル器械デアル。調和分解器ニモ數多ク種類ガアルガ、第二百九圖ニ示シタモノハ齒車式五球ノモノデ我九州大學河海工學實驗室ニアルへんりっち　こらぢ (Henrici-Coradi) 製ノモノデアル。圖ノ中央ニ摺硝子製ノ球 K ガ 5 個並ンデアルガ、器械ニ依ツテハ 1 球ノモノ 3 球ノモノナドモアル。K ノ上ニハ垂直軸ノ周圍ニ摩擦聯動ヲ爲シ得ル齒車 R ガアル。但シ此齒車ノ代リニ滑車ヲ備ヘ、細イ針金デ兩端ノ滑車ノ

間ニ捲附ケラレテアル分解器モアル。

今曲線 $f(x)$ ノ下ニ x 軸又ハ基線ヲ定メテ其方向ヲ分解器ノ軌條 C, C′ ヲ有スル横框ト平行ニシナケレバナラナイ。即チ圖紙ヲ平ニ延ベテ其上ニ分解器ヲ載セ、車 G ニ附帶スル前垂 J ノ擴大鏡ヲ左右ニ動セバ鏡中ニアル小サイまーくハ基線ト横框トガ果シテ平行デアルカ否カヲ直チニ判別サセル。而シテ此まーくヲ x 軸ノ始點又ハ原點ニ載セタ後左側ノ框 B′ ノ制動螺旋 D′ ヲ推込メバ全装置ハ緊付ケラレル。是ニ於テ大螺旋 H ヲ螺旋込メバ車 G ハ軌條 C ノ上ニ自由ニ動ク樣ニナリ、擴大鏡ノまーくガ x 軸カラ外レテアルヤ否ヤヲ知ルコトガ出來ル。車 G ヲ動カシ遊標 G′ ヲ見テ軌條 C ノ目盛ノ O ノ近クニ持來シ、H ヲ弛メ縱框ノ兩側面ニ突出シテアル螺旋棒 F, F ヲ廻シテ G ト聯動セシメ、まーくヲ眞ノ O ニ重ナラシメル。次ニ縱框 B′ ノ上部ニ在ル横ノ螺旋棒 P ヲ廻シテ齒車 Q ヲ取換可能ノ齒車 R′ カラ外ス。硝子球ノ載セラレテアルノガ自由ニ廻ル樣ニナル。此時靜カニ螺旋 W ヲ弛メレバ硝子球 K ハ D 軸ノせるろいどヲ卷イタ車輪ノ上ニ乘ル。而シテ止環 S ヲ外セバ R′ ハ之ヲ他ノモノト取換ヘルコトガ出來ル。

右方ノ大車 Z ハ R″ 及 R‴ カラ外シテ掛金ノ上ニ載セテ後 T ヲ廻ハシ、Z ヲ $n=1 \backsim 5, 6 \backsim 10, 11 \backsim 15$ ノ値ノ孰レカ一組ニ呼應セシメルコトガ出來ル。斯クシテ Z ヲ再ビ下シテ R″ 及 R‴ ト聯動セシメル。R ノ垂直軸ノ下端ニ突出スル把柄 M ヲ右ニ廻シテ更ニ止框 N ヲ下ゲ、P ヲ弛メテ R′ ト Q トヲ連絡スル。之ト同時ニ F, F ヲ廻シテ齒車ノ聯動ヲ良クスル。又 F ニ依ッテ G′ ノ遊標ヲ O ニ合セル。更ニ車ヲ轉ガシテ擴大鏡ノまーくト $x=0$, $y=0$ ノ點ヲ重ネ、螺旋ヲ弛メテ把柄 M ヲ輕ク N ノ止螺旋 N′ ニ當テ、緊メル。最後ニ N ヲ上グル（圖ハ N ノ上ゲラレタ位置ヲ示ス）。

以上ノ如クシテ分解器ハ D 軸ノ兩端ノ輾輪ト框 C′ ニ附屬シタ他ノ輾輪

（圖ニハ見エナイ）ニ依ッテ支ヘラレ、y 軸ニハ平行ニ動クガ、x 軸ノ方向ニハ動キ得ナイ。又其 x 軸ノ方向ニ左端カラ右端マデノ長サハ基線ノ長サデ本分解器ハ 40 糎ヲ用ヒテ居ルガ 36 糎ヲ用ヒテアルモノモアル。此長サガ 2π ニ相當シテアル丈ケデ別ニ意味ハナイガ、36 糎ハ 360° ニ對シテ稍々便宜ナコトモアル。K ナル摺硝子球ハ D 軸ノ上ノせるろいど輪ノ上ニ載セラレ、其輪ハ勿論紙面ニ觸レテ居ナイ。從テ分解器ガ y 軸ニ平行ニ動ケバ之ニ應ジテ K ハ廻轉スル。

K ニハ輕ク之ニ觸レテ居ル三ノ車輪ニ依ッテ支ヘラレ、其各輪トノ接觸點ハ球心ヲ過グル水平面上ニ在ル樣ニ出來テ居ル。三ノ中二ノ車輪ハ其回轉ヲ精密ニ讀取リ得ル目盛盤ヲ備ヘタ所ノ所謂讀輪デ、其輪軸ハ勿論水平面内ニ在リ、且ツ正確ニ球ノ半徑ニ直角ヲ爲シ、且ツ球心ト接點ヲ結付ケル直線ハ互ニ直角ヲ爲シテ居ル。第三ノ車輪ハ唯 K ヲ支ヘル役目ヲシテ居ルノミデアル。斯樣ニ K ハ三ノ車輪デ同一水平面上ニ支ヘラレ、更ニ底部ノせるろいど輪ト都合四個ノ車輪ニ依リ、四點デ支ヘラレテアル譯テアル。前ノ三ノ車輪軸ハ一個ノ共通ノ框ニ挿入セラレ、此框ノ軸ハ外框ヲ貫通シテ上部ノ齒車 R（又ハ滑車）ノ軸ニ固定セラレテアル。從テ R ガ回轉スレバ之ニ應ジテ框ハ垂直軸ノ周圍ニ回轉シ、又 K モ之ニ伴ッテ垂直軸ノ周圍ニ廻轉スル。

先ヅ原點ニ於テ二ノ讀輪ノ始讀ヲ取リ、之カラ x 軸ニ垂直ニ $f(x)$ ノ曲線ニ至リ、更ニ曲線ニ沿ウテ基線ノ長サニ相當スル $f(x)$ ノ間ヲ指針ノ尖端デナゾリ行キ $x=2\pi$ 即チ 40 糎進ンダ所デ x 軸ニ垂直ニ戻ッテ此ニ終讀ヲ取リ、始終兩讀ノ差ガ回轉ノ長サヲ表ハシ、之ヲ其球ノ番號 n デ除レバ求メル所ノ A 及 B ガ得ラレル。

今 R ノ半徑ヲ p トスレバ指針ガ x 丈ク動イタ際、硝子球ガ垂直軸ノ周圍ニ廻轉シタ角 θ ハ

(2) $$x = p\theta$$

ナル關係ヲ持ツテ居ル。此角 θ ハ指針ガ原點ニ在ル時硝子球ノ中心ト第一ノ讀輪ヲ結付ケル直線又ハ動徑ガ丁度 x 軸ニ平行ナル樣ニ、且ツ第二ノ讀輪ハ手前ノ方ニ在ル樣ニ豫メ調整シテ置ケバ指針ガ x 丈ケ動イタ場合ニ x 軸ト始ノ動徑トガ爲ス角ハ θ ヲ表ハス。而シテ指針ガ極僅カ動イタ長サヲ x, y ノ方向ニ夫々 dx, dy トスレバ硝子球ガ垂直軸ノ周圍ニ $d\theta$ 丈ケ廻轉スルト同時ニ x 軸ニ平行ナル軸ノ周圍ニモ廻轉スル。$d\theta$ ハ dy ニハ無關係デ、x 軸ニ平行ナル軸ノ周圍ノ廻轉角ハ dy ニ比例シ、dx ニハ無關係デアル。硝子球ガ水平軸ノ周圍ニ廻轉シタ角度 $d\varphi$ ハ

(3) $$d\varphi = \kappa\, dy$$

デ、κ ハ或係數デアル。θ ハ變化シテモ讀輪ハ廻轉シナイケレドモ、φ ガ變化スレバ讀輪ハ廻轉シテ其目盛盤ハ夫々移動スル。其動ク大サハ θ ノ大サニ支配サレ、第一ノ讀輪ノ緣ガ動イタ長サハ硝子球ノ半徑ヲ ρ トスレバ $\rho\sin\theta$ ト $d\varphi$ トノ積 $\rho\sin\theta\, d\varphi$ ニ等シク、第二ノ讀輪ノ緣ガ動イタ長サハ $\rho\sin\left(\theta+\frac{\pi}{2}\right)d\varphi$ 又ハ $\rho\cos\theta\, d\varphi$ ニ等シイ。若シ $\kappa\rho=q$ トスレバ第一第二讀輪ノ目盛ハ夫々 $q\sin\frac{x}{p}\,dy$ 及 $q\cos\frac{x}{p}\,dy$ ヲ増ス。從テ指針ガ原點カラ出發シ、曲線ヲ追ツテ漸次ナゾリ行キ終ニ $x=2\pi$ 丈ケ進ンデ更ニ x 軸ニ達スル迄ニ二ノ讀輪ノ目盛ガ進ンダ大サハ夫々 $q\int_{x=0}^{2\pi}\sin\frac{x}{p}dy$ 及 $q\int_{x=0}^{2\pi}\cos\frac{x}{p}dy$ トナル。q ノ大サヲ $\frac{1}{\pi}$ ニ等シク取レバ p ハ車輪 R ノ半徑デアル。實際ノ分解器ニ於テハ R ノ半徑ハ x ノ範圍卽チ 2π 分ノ 1 或ハ其整數分ノ 1 卽チ $p=1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{6} \cdots \frac{1}{x} \cdots$ 等ニ等シクナル樣ニ作ツテアル。本分解器ハ x ノ範圍卽チ基線ノ長サヲ 400 粍ニ作ツテアルカラ R ノ半徑ハ $\frac{400}{2\pi}, \frac{400}{4\pi}, \frac{400}{6\pi}, \cdots$ 粍ニ等シクシテアル。換言スレバ指針ガ原點カラ曲線ヲ傳ツテ $x=2\pi$ ニ應ズル點マデ進ム間ニ最モ大キナ車輪ハ丁度 1 回轉

シ、其次ノ車輪ハ 2 回轉シ、以下順次ニ 3 回、4 回等回轉スル樣ニ作ラレテアル。從テ第一第二ノ讀輪ノ目盛ノ進ミ方ハ夫々 $\frac{1}{\pi}\int_{x=0}^{2\pi}\sin nx\,dy$ 及 $\frac{1}{\pi}\int_{x=0}^{2\pi}\cos nx\,dy$ トナル譯デアル。是レ恰カモ求メル係數 A_n 及 B_n ノ n 倍ニ等シイ。但シ A_n ハ負號ヲ附スル必要ガアルガ、器械ニ依ツテハ第一ノ讀輪ノ目盛ヲ逆ニ付ケテアルモノモアル。此場合ニハ負號ヲ付ケルニ及バナイ。

調和分解器ノ操作ハ $x=2\pi$ 丈ケ進ミ、x 軸ニ來レバ良イノデアルガ、更ニ x 軸ニ沿ウテ原點ニ復歸スルマデ指針ヲ動シテ出發ノ時ノ原點ノ始讀ト斯クシテ得タ最終ノ終讀トガ果シテ同一デアルカ否カヲ比較スベキデアル。是等ノ差ハ卽チ誤差ノ程度ヲ表ハスモノデ、1 %以內ノ誤差トスルコトハ六ケシクナイ。

A_0 ハ [373] ノ第一式ニ示スガ如ク測面器デ見出シタ面積ヲ 2π デ除レバ良イ。5 個ノ球ヲ用ヒレバ一擧シテ A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 及 B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 ヲ見出シ得ベク、次ニ R ヲ順次取換ヘレバ他ノ A_n 及 B_n ヲ見出サレル。本實驗室ノ分解器ハ 5 球デ 6 回曲線ヲ追跡スレバ $n=30$ 迄係數ヲ見出シ得ル勘定デアル。

分潮ヲ見出ス場合ニハ 1 年間ノ觀測又ハ自記シタ潮汐圖カラ週期又ハ之ニ近イ期間ヲ用ヒテ平均ヲ取リ、之ヲ基線ノ長サ 40 糎ニ納メル樣分解器ニ掛ケルノデアル。但シ分潮ニハ 28 分潮ノ外ニ 19 年ト云フ樣ナモノモアルノデ、斯クシテ見出シタ合成潮ハ實際ノ潮汐トハ多少ノ不合ヲ免レナイガ、非常ニ接近シテ居ル。殊ニ靜振ガ表ハレテ居ルカラ、高潮及低潮ナド潮流ノ弱クシテ上下動ノ著シイ部分ニ能ク看取セラレル。

次表ハ昭和七年四月一日正午ヨリ同八年三月三十一日ニ至ル 1 ケ年ノ博多灣ノ潮汐圖カラこらちノ調和分解器ヲ用ヒテ見出シタ分潮ノ調和常數ノ値デアル。

第百二十八表 博多灣分潮ノ調和常數表

(A_0 = 122.83 糎 (昭和 7 年 4 月 1 日正午ヲ創始時トス)

分潮	半潮差H (糎)	遲角K (度)	分潮	半潮差H (糎)	遲角K (度)
S_1	0.37	189	N	10.10	187
S_2	26.02	140	L	2.61	232
S_4	0.29	144	ν	2.13	63
S_6	0.31	304	O	16.58	34
P	5.30	264	J	0.66	162
K_1	15.90	99	Q	3.36	312
T	1.51	60	μ	2.02	17
R	1.08	102	2SM	0.48	203
K_2	10.52	163	MS	1.54	344
M_1	1.42	312	Sa	20.99	331
M_2	54.36	283	Ssa	4.88	300
M_3	1.57	254	MS	1.04	325
M_4	2.08	137	Mf	2.14	145
M_6	0.35	218	Mm	2.64	155

又更ニ博多灣ノ一日ノ潮汐圖、殊ニ小潮ノ干滿ヲ用ヒテ之ガ調和分解ヲ試ミタ處ガ、次ノ如キ週期ト半振幅トヲ得タ。但シ半振幅ノ方ハ日ニ依リ異同ガアルガ、週期ノ方ハ可ナリ能ク一致シテ居ル。是レ過潮及靜振デアル。

第百二十九表 博多灣潮汐ノ過潮及靜振

週期 (時間)	(分)	半振幅 (糎) (糎)	週期 (分)	半振幅 (糎) (糎)
3	(180)	40 ～ 70	45	5 ～ 20
時間分 2—40	(160)	30 ～100	35	10
2—20	(140)	20 ～ 50	28	5
1—46	(106)	15	17	5
1—28	(86)	5 ～ 15	13	1 ～ 3

以上ノ中半振幅ノ大ナルモノ三個ヲ以テ夫々其遲角ヲ用ヒ (此ニハ遲角ヲ擧ゲテ居ラナイ) 再ビ合成潮ヲ作レバ非常ニ能ク實際ノ波形ニ一致スル。尙以上ノ波ヲ仔細ニ點檢スレバ週期 $3^{h}=180^{分}$, $1^{h}30^{分}=90^{分}$, 45^{1}; $2^{時}20^{分}=140^{分}$ $35^{分}$, $17^{分}$; $1^{時}46^{分}=106^{分}$, $28^{分}$, $13^{分}$ 及 $2^{時}40^{分}=160^{分}$ ナドノ數群ニ分ケルコトガ出來ル。所謂過潮ハ S_2 潮又ハ S_2 潮ヲ整數除シタルモノニ等シク。反射ニ依ツテ波長又ハ週期ヲ半減又半減シ、靜振ナルモノニ推移スルデハアルマイカ。之ハ他日ノ研究ニ讓ル。

212. 水準基面、朔望高潮時、大小潮升並ニ潮差ノ計算 一般ニ觀測期間ガ半期若クハ一期ニ達スレバ潮汐ノ調和常數ハ之ヲ確定使用スルコトガ出來ルガ若シ觀測ガ更ニ永ク數期ニ亘レバ其各期ニ見出シタ常數ノ平均値ヲ見出サナケレバナラナイ。

基本水準面又ハ水準基面ハ錘測ノ水深ヲ得ルニ必要ナル水準面デ、前ニモ述ベタ通リ時トシテハ之ヲ假定スルコトモアルガ、此場合ニハ最低潮面ヨリモ低ク之ヲ設ケ、赤字ノ出ナイ樣ニスルコトヲ便トスル。A_0 ハ卽チ檢潮器ノ零點カラ測ツタ平均水位デ、此水位カラ H_m H H′ H_0 ノ和ヲ減ジタ水位ヲ檢潮器上ノ水準基面トスル。卽チ [337] ニ示シタ如ク

$$\text{水準基面} = A_0 - (H_m + H_s + H' + H_0)$$

此ニ H_m,H_s,H′ 及 H_0 ハ主ナル分潮 M_2, S_2, K_1 及 O 潮ノ半潮差デ、他ノ分潮 K_2 及 P 潮ノ半潮差 H″ 及 H_p ハ通例甚ダ小サイカラ之ヲ除イテアル。從テ前ノ方法ニ依ツテ水準基面ヲ定メレバ之ヨリ下ニ海面ガ低下スルコトハ極メテ稀デアル。

朔望高潮時ハ朔望ニ於ケル高潮時ノ平均ノ値デ H. W. F. & C. トシテ表ハサレル。

$$\text{H.W, F. \& C.} = \frac{1}{29}\left\{ K_m + \tan^{-1}\frac{\sin(K_s - K_m)}{\dfrac{H_m}{H_s} + \cos(K_s - K_m)} \right\} \quad [374]$$

斯クシテ見出シタ度數ハ之ヲ 15 除スレバ時間數トナリ、朔望高潮時ガ得ラレル。式中 $K_m/29$ ハ 1 ヶ月間ニ於ケル月潮間隙ノ平均デ、第二項ハ之ヲ朔望ニ於ケル値トスル爲ノ更正量デアル。

大高潮平均水面ハ平均水位カラ上ニ主ナル四分潮ノ半潮差ヲ加ヘタモノデアル。

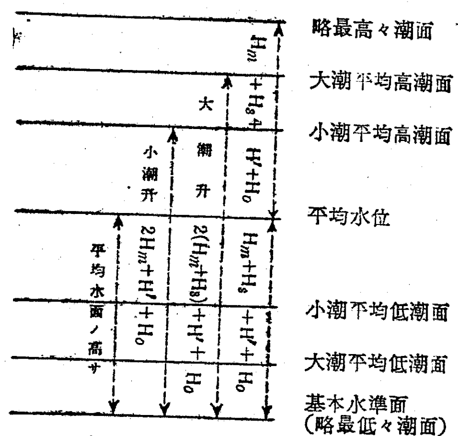
$$\text{大高潮平均水面} = A_0 + (H_m + H_s + H' + H_0) \quad [375]$$

大潮升ハ水準基面ヨリ大高潮平均面ニ至ル高サデ

$$\text{大潮升} = 2(H_m + H \;\; + H' + H_0) \quad [376]$$

但シ邦ニ依リ大潮升ヲ $2(H_m+H_s) + H' + H_0$ トスル所モアル。我國ノ新規程ハ之デアル。

小潮升ハ $2H_m + H' + H_0$ デ小潮差ハ $2(H_m - H_0)$ カラ之ヲ見出ス。



第二百十圖
各種潮位ノ關係

$$\left.\begin{aligned} \text{小潮升} &= 2H_m + H' + H_0 \\ \text{小潮差} &= 2(H_m - H_0) \end{aligned}\right\} \quad [377]$$

213. 我國諸港ニ於ケル潮汐ノ調和分解 世界各國ノ潮汐ノ調和常數ハ日英米佛各國ノ水路部及獨逸ノ海洋氣象臺等カラノ出版物ニ發表セラレテアルガ、大體しゅーるまん (Schurman, P.) ノ著書ヤもなこノ水路局ノ特別報告ナドニ載セテアル。

我邦近海ノ調和分解ニ關シテハ 1911 年理科大學紀要第七編第 28 卷ニ平山信博士ノ報告ガ載セラレテアル。太陰潮ノ 6 半日潮、5一日潮、3 長期潮太陽潮ノ 3 半日潮、2一日潮、2 長期潮及 5 懸潮及 2 合成潮合計 23 分潮ヲ含ミ、14 ヶ所ノ檢潮ニ依リだーゐんノ方法ヲ用ヒテ半振幅ト遲角ヲ求メラレタ。即チ太平洋ニ 6 ヶ所、日本海ニ 4 ヶ所、瀬戸內海ニ 1 ヶ所、東海ニ 2 ヶ所、支那海ニ 1 ヶ所等是デアル。

水路部報告第 7 號（昭和八年）ニハ我近海 704 ヶ所ニ付キ M_2 S_2 K_1 O ノ 4 分潮ノ調和常數ヲ調査發表シタ。此外ニモ尚若干ノ觀測ガアル。

214. 潮汐ノ推算及潮汐表 日月ノ運行ト潮汐ノ關係ハ可ナリ古クカラ觀測セラレ、實際家ハ潮汐ノ推算ヲ行ヒ、純經驗的ノ方法ニ基ヅイタ所謂潮汐表ナルモノヲ發表シテアル。第 18 世紀及第 19 世紀ノ初葉ノ頃ハ貴重ナル家傳トシテ潮汐推算ノ法ヲ秘シタコトモアル。潮汐表ノ此種ノ最適例ハりばーぷーるノ潮汐表デ、ほーるでん (Holden) ガ或港長ノ 20 年間觀測シタ材料ヲ用ヒテ之ニ依ツテ表ヲ作ツタト傳ヘラレテアル。1832 年ノ頃ほゑゑる (Whewell, W.) ヤらぼっく (Lubbock, J.) ハ秘法ニ依ツテ作ツタ經驗的潮汐表ニ改良ヲ加フベキ方法ヲ指摘シ、此時カラ潮汐表ヲ作ルコトガ科學ノ一分科トナルニ至ツタ。

通例或地點ノ潮汐表ニハ高潮及低潮ノ時間ト高サヲ示スモノデ一定ノ年ノ毎日ニ於ケル是等潮汐ノ推算ヲ揭ゲテアルコト暦ト同樣ダ。勿論此潮汐表ハ其地點ニ對スル潮汐ニ關スルモノデアルケレドモ若シ時間ト高サニ相當ノ更正ヲ施セバ附近港灣ニ對シテ可ナリ精密ナ推算ヲ行フコトガ出來ル。文明諸國デハ其肝要ナル港灣ニ對スル潮汐表ヲ出版シテ居リ、我國水路部ノ潮汐表ヲ始トシ、英佛獨及北米合衆國ノ發行スル潮汐表ノ如キ是デアル。又月ノ子午線經過ノ時間カラ割出シテ干滿ノ時間及高サヲ擧ゲテアル潮汐表モアル。

干滿ト共ニ彼ノ月齡ヲ併セ擧ゲタモノハ亦此潮汐表ニ近イト考ヘルコトガ出來ル。一定地點ニ適用シ得ルノミナラズ、又凡テノ時間ニ應用スルコトガ出來ル。月ノ子午線經過ハ我國水路部ノ潮汐表ヤ英國ノ航海曆 Nautical Almanac ナドヲ見レバ之ヲ知ルコトガ出來ル。然シ前ノ如クシテ作ツタ潮汐表ハ其高サヤ時間ニ於テ尙相當ノ誤差ヲ免レナイ。殊ニ天候ノ關係ヤ潮自身ノ複雜性及日不等ノ爲ニ推算ト實際トノ不合ヲ來スノハ已ムヲ得ナイ。

今某港ノ高潮及低潮ノ時及高ヲ推算スルニハ勿論其港ノ過去ニ於ケル水位ノ實測ヲ基礎トスルモノデアル。或ル港ニ於テハ其ノ月潮間隙ガ略ボ一定シテ居ルカラ、數ケ月間ノ月潮間隙ヲ實測シ、其平均カラ平均月潮間隙ヲ見出スコトガ出來ル。故ニ將來ノ或日ノ潮候時ハ其日ニ於テ太陰ガ其地ノ子午線ヲ經過スル時ヲ曆面カラ求メ、之ニ前ノ平均月潮間隙ヲ加フレバ得ラレル筈デアル。又或日ノ潮汐ノ高低ハ先ヅ其日ノ月齡ヲ知リ、少クモ一ケ年ノ實測カラ推シテ、之ヲ知ルコトガ出來ル。

然ルニ月齡ニ依ツテ高潮及高低潮ノ時間ハ異ルノミナラズ其潮程モ亦同一デナイカラ、此月齡トノ關係ハ稍々永イ時間ニ渉ツテ月ノ子午線經過ノ眞ノ時間ト高潮間隙幷ニ低潮間隙ノ關係及月ノ子午線經過ノ眞ノ時間ト潮程トノ關係ヲ知リ、之ヲ圖ニ表ストキハ、任意ノ時日ニ於ケル潮時及潮差ヲ知ルコトガ出來ル。但シ實際ノ潮位卽チ高低潮ノ眞ノ高ヲ見出スニハ平均水位ヲ少クモ一年間ニ渉ツテ知ラナケレバナラナイ。

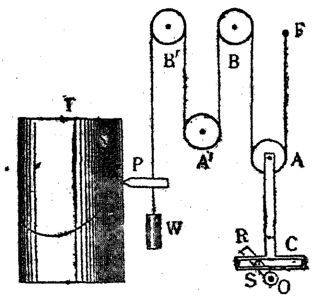
日潮不等ノ少イ港灣デハ前ノ方法デ觀測スルトキハ數年ノ後ニ可ナリ正確ナル潮汐ノ推算ヲ爲スコトガ出來ルケレドモ、其多イ處デハ之ニ對スル更正ヲ加ヘナケレバナラヌ。蓋シ日潮不等ハ日月ガ赤道上ニ在ラザル爲ニ生ズルモノデアルカラ、潮時及潮差ガ日月ノ赤緯ニ對シテ如何ニ變化スルカヾ了解レバ宜シイノデアル。是ニハ同一ノ月齡ノ場合ニ於ケル月ノ赤緯ト潮時及潮差ヲ求メテ之ヲ圖ニ表セバ、前ニ得タル月齡及潮時潮差ノ圖ニ照合セテ更正數ヲ見出シ得ル道理デアル。太陽ヨリ生ズルモノニ就テモ同樣デアル。

又調和分解ノ方法ニ依ツテ調和常數ヲ見出ストキハ將來ニ於ケル潮汐ノ推算ニ正確ナル値ヲ求メルコトガ出來ル。而シテ計算ヲ省略セズニ潮時及潮差ヲ求メレバ正シイ結果ヲ得ルコトガ出來ルケレドモ、實際ニハ計算ガ甚ダ複雜デ手數ヲ要スルコト夥シイ。

調和常數ヲ用ヒ潮汐推算器ニ依ルトキハ最モ正確ニ最モ迅速ニ潮汐ヲ推算スルコトガ出來ル。

潮汐推算器ハ各分潮ノ調和常數ト遲角トヲ用ヒテ將來ノ潮汐ヲ最モ正確ニ知ルコトヲ得ルモノデ、1872 年けるびん卿ガ器械的ニ潮汐表ヲ組立テルコトヲ發表シ、ろばーつ (Roberts, E.) ハ初メテ之ヲ機械化シ、實現スルコトニ與ツテ大ニ力ガアツタ。英國ノ國立物理實驗室デ用ヒテ居ル潮汐推算器ハ印度政府ノ爲ニけるびん卿ノ指揮ノ下ニ作ラレタモノデアル。印度政府ノモノハ 20 分潮ヲ持ツテ居ル。又佛國政府ノ爲ニ作ラレタモノモアリ、巴里ニ用ヒラレテアル。又米國わしんとんデ北米合衆國沿岸大地測量局ノ作ツタモノモアリ、1910 年ニハぶらぢる政府ノ爲ニ作ラレタ。

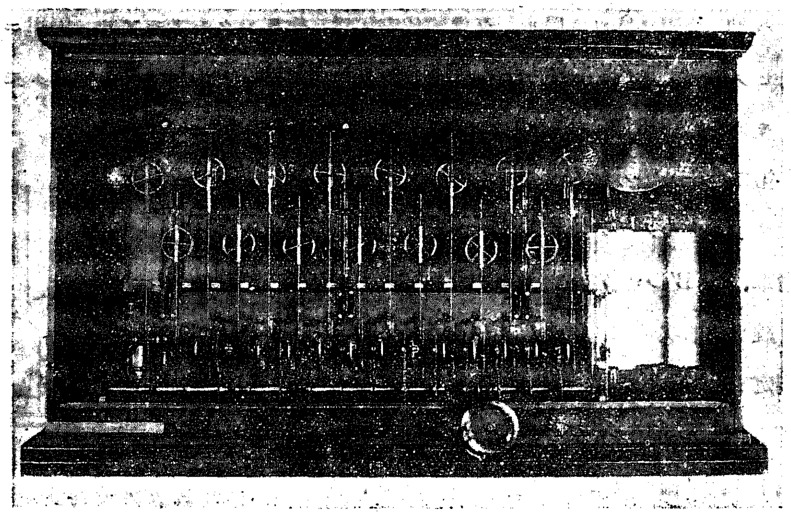
第二百十一圖ハけるびん式潮汐推算器ノ原理ヲ示シタモノデアル。A, A′ ハ移動シ得ル滑車、B, B′ ハ固定セル滑車デ、是等ノ滑車ヲ繞ツテ順次ニ絲ヲ懸ケ、其一端ハ F 點ニ固定シ、他端ハ錘 W ヲ下ゲ、且ツ其上ニぺん P ヲ附屬シテ居ル。又 A 滑車ニハ圖ノ如ク地平ノ溝ヲ備ヘタ T 形ノ枠 C ヲ固定シ、R



第二百十一圖
潮汐推算器原理

ハ O ヲ中心トシテ廻轉シ得ル直桿デ、其前面ニハ小突起 S ガアリ地平溝ノ

中ヲ動キ得ルノデアル。今 R ガ O ノ周圍ニ廻轉スレバ S モ亦 O ヲ中心トシテ廻轉スルカラ、C ノ溝モ亦上下ニ動キ、滑車 A モ亦之ニ伴ツテ上下ニ運動スル。然ルニ C ノ地平溝又ハ A ノ上下動ハ OS ヲ半振幅トスル餘弦ニ等シイカラ、他端ニ附ケタぺんハ其二倍ダケノ上下動ヲスル譯デアル。故ニ T ナル時計仕掛ノ圓筒ニ紙ヲ卷イテ之ヲ回轉セシメレバ P ハ $2\overline{OS}$ ニ等シイ振幅ヲ持ツタ餘弦動ヲ紙上ニ描クノデアル。而シテ若シ R ガ二廻轉スル間ニ T ガ一廻轉スルモノトセバ圓筒紙上ニハ二回ノ規則正シイ餘弦曲線ヲ得ルノデアル。此場合ニ圓筒ガ一日ニ一回轉スレバ A ハ卽チ十二太陽時ヲ週期トスル所ノ S_2 潮ヲ表ハスコトトナル。又 A′ 滑車ニモ A ト同一ノ仕掛ニテ唯圓筒ガ一廻轉スル間ニ附屬桿ガ $\frac{24}{12.42}=1.93227$ 卽チ 1.93227 廻轉スル樣ニスレバ A′ ハ卽チ M_2 潮ヲ表スコトヽナル。從テ又 A, A′ ガ同時ニ働ケバ S_2, M_2 兩分潮ガ合成シタ潮汐曲線ヲ圓筒紙上ニ描ク筈ダ。尙外ニモ若干ノ滑車ガアツテ他ノ分潮ニ應ズル廻轉ノ餘弦動ヲナストキハ、凡

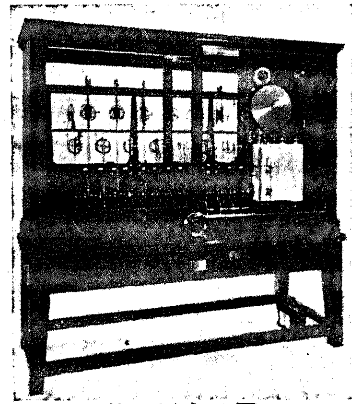


第二百十二圖　日本海軍水路部潮汐推算器

テ是等分潮ノ適當ナル組合セニ依ツテ實際ノ潮汐曲線ヲ得ル筈デアル。

此原理ハけるびん卿ノ工夫ニ成ルモノデ潮汐推算器ノ構造ハ甚ダ複雜デアルケレドモ、原理ハ以上述ベタ所ニ外ナラナイ。英國ヤ米國デ使用シテ居ルモノハ頗ル精巧ナモノデ、我海軍水路部デモ其一臺ヲ持ツテ居ル。

第二百十二圖ハ日本海軍水路部用けるびん型潮汐推算器デ、中央氣象臺ニモ亦同型ノモノヲ備ヘテ居ル。第二百十三圖ハりばーぷーる大學ノ潮汐研究所ニ用ヒテ居ル同器デけるびん型ヲ增補シタモノデアル。又第二百十四圖ハ北米合衆國沿岸大地測量局デ用ヒツヽアルモノ、第二百十五圖ハ獨逸はんぶるぐノ海洋氣象臺ニ於テ用ヒツヽアルモノデアル。



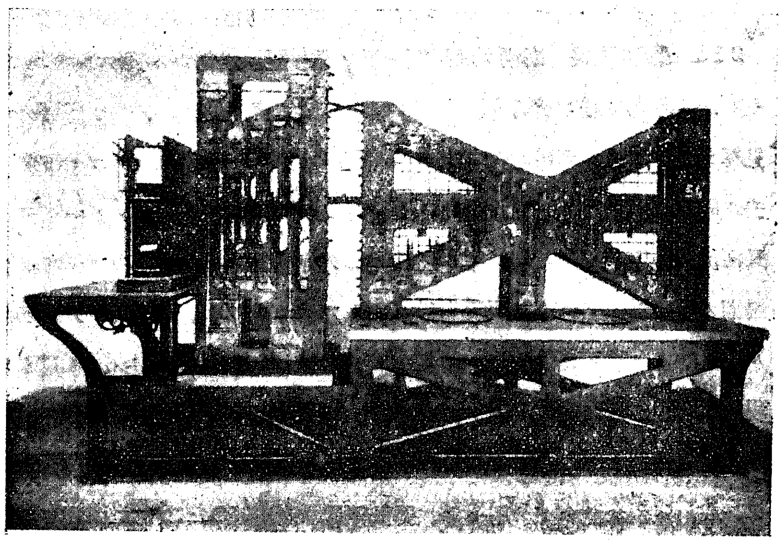
第二百十三圖
りばーぷーる潮汐推算器

215. 暴潮豫報　高潮ガ低氣壓ヤ風ノ爲ニ更ニ異常ナル高サニ達スルトキハ之ヲ暴潮ト呼ンデ居ル。我邦ノ如キ周圍ニ海ヲ繞ラシ、且ツ颱風ナドノ見舞ヲ絕エズ受ケテ居ル處デハ亦津々浦々ニ暴潮ノ被害ヲ見ルコトガ多ク、去ル昭和九年九月廿一日大阪灣ノ暴潮ノ如キハ其最大ナルモノヽ一デアル。又河流ノ中ニハ恰モ暴潮ヲ生ジ易イ河口ヲ持ツテ居ルモノガ少クナイ。從テ暴潮ノ豫防ヤ豫報ナドガ如何ニ行ハレテアルカヲ知ルコトハ極メテ必要デアル。豫防ハ勿論平日ノ施設ニ係ルモノデ未然ニ之ヲ防ガントシ、豫報ハ其出現ノ前ニ之ヲ發表シテ災害ヲ少クセシメントスルモノデアル。最モ我國ニ於テモ他ノ諸國ト同ジク中央氣象臺ヤ府廳ノ測候所ナドデ、或ハらぢをヲ通ジ、或ハ氣象信號ナドヲ用ヒテ、暴風警報ヤ漁業氣象豫報ナドヲ發表シ中央地方共力シテ、颱風ノ進路速度ナドヲ發表シテ居ル。暴潮豫報ノ最モ組織立

ッテ行ハレテ居ルノハ獨逸はんぶるぐ海洋氣象臺 (Seewarte) ヲ推サナケレバナラナイ。潮汐ノ推算ト暴風ノ爲ニ起ル水位ノ上昇トヲ併セテのーるどぜー沿岸及えるべ河殊ニはんぶるぐ港ノ暴潮ヲ豫報シテ居ル。

えるべ河 (Elbe) 畔はんぶるぐ港ニ於テ 1825 年 2 月 4 日其水準基面 (H. N.) 上 ＋8.74 米ヲ示シタガ、當時平均高潮ハ ＋5.1 米デアルベキ筈デ、方ニ 3.6 米ノ暴昇ヲ示シタ。是レ實ニ暴潮ノ結果デ、日月ノ起潮力以外ニ風力及氣壓ノ影響ト兼ネテ上流ナル諸支川ノ關係モ之ニ手傳ッタガ、其最大原因ハ實ニ風ノ爲デアッタ。

風ガ水面ヲ吹クバ海ノ深サヤ廣サニ應ジテ種々ナル程度ノ波ガ立チ、小ハ漣波カラ大ハ狂瀾怒濤ナド、呼バレルモノニモナルコトハ既ニ述ベタ通リデアル。又深サガ増セバ波ハ大クナリ、又風ノ吹拂フ水面卽チ風向對岸距離ガ廣クナル程波ハ其振動ヲ積疊シテ或程度迄大クナル。若シ風ガ陸ノ方カラ

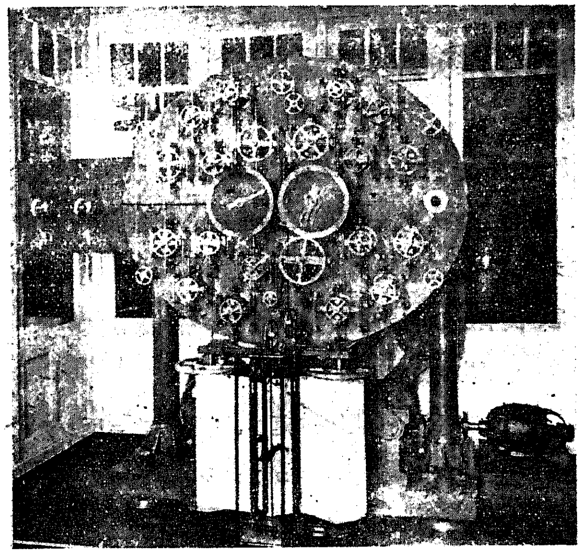


第二百十四圖　北米合衆國潮汐推算器

吹ケバ從テ高イ波ハ海岸ニ起ラナイ。

各地點ニ於テ各風向ヤ風速ガ相當ニ永ク繼續スレバ之ガ爲ニ生ズル海面ノ吹上ゲニハ限度ガアリ、傾斜シタ海面ノ過壓ト風力ガ平衡スルモノデ、同一程度ノ風ナラバ如何ニ永ク吹イテモ之以上ニハ吹上ゲヲ生ジナイ。風ノ方向風速及對岸距離ノ變化ニ對シテ如何ナル吹上ゲヲ生ズルカハ之ヲ研究スルコトガ出來ル (第六章第三節 187 [306] 乃至 [314] 參照)。

一、河ノ上流部ニ對スル暴潮ノ影響　えるべ河口ノ暴潮ハ 165 粁ノ上流マデ傳播スル。但シ之ヨリ上ハ水面モ河底モ其傾斜ガ急デ暴潮ハ遡ラナイ。はんぶるぐヲ境トシテえるべ河ノ上流部ガ低水位ナレバ暴潮ハ最モ容易ニ河上ニ傳播シ、之ニ反シテ上流部ガ高水位ノ時ハ暴潮ノ波ハ河上ニ遡ラナイ。上流部ガ高水位ナレバ河ニハ多量ノ水ガアル上ニ暴潮ハ下流カラ水量ヲ推上ゲル爲メえるべ感潮部ノ上流部ノ潮高ハ増加スル。唯上流部ノ高水位ト大暴潮トガ重ナル場合ハ實際ニハ極メテ稀デアル。



第二百十五圖　はんぶるぐ潮汐推算器

二、潮汐ニ對スル暴潮ノ影響　のーるどぜーノ獨逸海岸ニ於テ暴潮ガ荒レル最大ノ原因ハ潮汐デアル。1 日 2 回平均 2 米乃至 3 米ノ水位ノ昇降ハへるごらん

ど沖(Helgoland)カラえるべ河ヲ遡ツテ、はんぶるぐ港(河口カラ約140粁)マデ現ハレ、之ガ風ノ爲ニ或ハ强化セラレ或ハ弱少セラレル。

大西洋カラすこっとらんどヲ回グツテ北カラ推寄セテ來ル潮浪ハ獨逸一帶ノのーるどぜー沿岸ヲ浸シ、更ニえるべ河ヲ遡ツテ平均水位ナラバ通例河口カラ 140 粁ノ上流ぎーすたっはと (Geesthacht) 附近デ消滅スル。潮汐ノ平均繼續時間ハ 12 時 25 分デアル。但シ昇潮及降潮ノ平均繼續時間ハくっくすはーふぇん (Cuxhaven) デ夫々 5 h 39 m 及 6 h 49 m、はんぶるぐデ 4 h 55 m 及 7 h 30 m デアル。くっくすはーふぇんノ平均高潮ト低潮ノ高サハ H. N. ノ上 + 4.82 米及 + 1.98 米、平均 + 3.40 米デアルガ、はんぶるぐニ於テハ + 5.11 米及 + 3.00 米デアル。

太陰及太陽ノ位置ニ依リ特定ノ日ニ對スル潮位ハ 19 年ノ週間ヲ以テ最小最大ノ範圍内ニ變化スル。而シテ高水位ノ平均トノ最大差ハくっくすはーふぇんニ於テ凡ソ 0.5 米、大潮及小潮ノ差ハ僅カニ 0.2 米ニ過ギナイ。

水位ノ差ガ以上擧ゲタ高サヨリモ大ナルモノハ他ノ原因ニ依ルモノデ先ヅ風ヲ擧ゲナケレバナラナイ。

三、風ノ方向ト暴潮 風ガのーるどぜー沿岸ノ港灣ニ影響スル狀態ハ東部くっくすはーふぇん及ゐるへるむすはーふぇん (Wilhelmshaven) ノ觀測水位ノ結果ヲ比較研究スレバ知ラレル。16 風向ト相當ニ永イ時間現ハレタ高潮又ハ低潮ノ關係ヲ研究スレバ是等高潮及低潮ニ及ボス風ノ影響ガ解カル。其外異ナル高サノ水位ト風向ニ對スル平均ノ値モ亦知ラレル。

のーるどぜーニ於テ實際西風ハ水ヲ湛ヘテ堰止ヲ起シ、東風ハ之ニ反シテ水位ヲ低クスル。但シ北風及南風ハ水位ニ影響スルコトガ少イ。而シテ暴潮ニハ北西風ガ主トシテ最モ多ク水位ヲ高メル。之ニ次イデ北西北風及西風ノ影響ガ多イ。南東風ハ東風ヨリモ遙ニ大ナル水面ノ沈下ヲ生ズル。此現象ハ

我國沿岸ノ港灣ニモ全ク同様デ、南寄ノ風ハ太平洋岸ノ南向ノ港灣ニ水位ヲ高メ、北寄ノ風ハ之ヲ低メルガ、北向スル日本海沿岸ノ港灣ハ全然之ニ反シテ居ル。又本州ノ東部奧羽ノ東岸及西岸ハ亦東風ニ依ツテ水位ノ高低ヲ生ズル。

能ク研究シテ見レバ高潮モ低潮モ等シク風ニ影響セラレル。而シテ潮汐及風ノ吹上ゲニ依ルモノヲ結付ケレバ大體實際ニ近イ結果ガ得ラレ、低潮ニ對スル風ノ影響ハ高潮ニ對スルモノヨリモ一般ニ强イ。

四、如何ニ屢々暴潮ガ起ルヤ 先ヅ高潮ト暴潮トノ區別ヲ明ニシナケレバナラナイ。暴潮ハ住民ガ危險ニ曝サレル程度ノ高潮デ、くっくすはーふぇんニ於テハ H.N. ノ上 + 5.9 米ヲ越エ、はんぶるぐニ於テハ H.N. ノ上 + 6.3 米以上ノモノヲ云フ。以前ハ + 6.3 米ノ水位トナレバはんぶるぐノ最低市區殊ニ其窖ナドハ氾濫ノ虞ガアル。

1841 年カラ 1924 年マデ 84 年間ニ凡ソ 60000 個ノ高潮ガ現ハレテはんぶるぐニハ H.N. 上 + 6.3 米以上ノ暴潮 640 個ガ見ラレタ。卽チ 100個ノ高潮ニ 1 個ノ暴潮ガ現ハレタ割合デ、又 31000 日ニ 640 個又ハ 50 日ニ 1 回ノ暴潮ヲ見タ勘定デアル。

統計ハ勿論年々變行ク筈デアルガ、1924 年ニ至ルはんぶるぐノ暴潮ノ中 +6.30 米以上ノモノ 640 個ヲ 100% トスレバ +7.00 以上ノモノ 14.22% + 8.00 以上ノモノ 1.25% +8.6 米以上ノモノ 0.16% トナツテ居ル。又 1 年間ニ現ハレタ最多暴潮ハ 1866 年ニ 27回、1851 年及 1910 年ニ 1 回モナカツタ。而シテ 1 年平均 8 回ノ暴潮ヲ見タ勘定デ、其最高暴潮ハ 1825 年ノ 2 月 4 日ノ + 8.74 米、1845 年 1 月 2 日ノ +8.62 米、1845 年 10 月 21 日ノ + 8.47 米等ガアル。

暴潮出現ノ時期ハ 10 月カラ 3 月ニ至ル冬半年ガ最モ多ク、全數ノ 8 割 5 分ヲ占メ、就中 2 月ガ最モ多ク 18.12% ニ達シ、全年ノ平均數ヨリ 10%

モ多イ。

五、暴潮豫防　海岸ヤ河口殊ニ其低地ナドニハ海岸堤防又ハ海壁ヲ築イテ暴潮ノ侵入ニ備ヘルコトハ最モ必要デアル。歐羅巴ニ於テハ一般ニ冬堤ヲ主要堤防トシテ居ル意味ガ能ク解カル。夏堤ハ夏期ニ起ル暴潮ヲ防グ目的ヲ以テ作ラレテアル。然シ我邦ニ於テハ夏冬ノ交8 9月ノ頃ニ起ル暴潮ガ多イ。

第二ハ警戒デアツテ、暴潮ノ高サニ達スバ氾濫スル樣ナ市區ニハ之ニ地盛ヲ行フトカ又ハ其侵入ヲ喰止メル堰ノ類ヲ設ケテ萬一ニ備ヘナケレバナラナイ。くっくすはーふぇんトはんぶるぐノ間ニハ電線ヲ連絡シ前者ニ H.N. 上+5.9 米ニナレバ直チニ後者ニ通報スル。+6.30 米ノ暴潮ガはんぶるぐニ達スルニハ一般ニ $3\frac{1}{2}$ 時間乃至 5 時間ヲ要スルカラは市デハ 3 發ノ大砲ヲ發射シテ暴潮ヲ警戒セシメル。く市デ更ニ 0.3 米水位ガ上レバ其都度は市デハ 3 發ノ大砲發射ヲ繰返ス。

夜間暴潮ヲ見ル時ハ殊ニ窖ノ住民ニハ其財實ヲ始末シ、商賈人ハ貴重ナル商品ヲ安全地帶ニ運出サナケレバナラナイ。時ニ或ハ砂嚢土俵ノ類ヲ用ヒテ低凹ノ空缺ヲ補フ必要ガアル。

六、暴潮豫報　のーるどぜー及河口沿岸ノ低地ニ對シテハ暴潮豫報ノ必要ナルコト洪水豫報ニ劣ラナイ。而シテ潮汐ノ推算ニ依リ各地ノ潮位ハ豫メ能ク知ラレテアルカラ、之ニ天候殊ニ風向及風力ト水位ノ關係ヲ豫報スルコトガ出來ル。はんぶるぐノ海洋氣象臺デハせんと　ぱうり橋 (St Pauli Br.) ノ遠方自記水位計ヲ臺內ニ自記セシメツヽ推算潮位ト參照シテ暴潮豫報ヲ行ツテ居ル。

豫報ニハ如何ナル程度ノ精度ヲ充分トスルカハ第一ノ問題デアルガ、10糎ノ精度ナラバ凡テノ要求ニ對シテ一般ニ充分ト信ゼラレテアル。之ニハ天氣圖ノ氣壓ノ等壓線ノ傾斜カラ風向及風力ヲ豫定シ、之ニ當時及以後ノ潮位ヲ

參照シテ風ノ吹上ゲノ高サヲ豫定スルノデアル。卽チ之ニ依ツテ暴潮ノ危險ガ有ルカ無イカヲ豫知シ、多クノ場合ニ 10 糎內外マデ正シイ暴潮ノ水位ヲ豫報シツヽ偉大ナル貢獻ヲ爲シツヽアル譯デアル。

我國デハ颱風ニ伴フ暴潮モ一般ニ之ヲ津浪ト呼ンデ居ルガ、大小島嶼ノ長汀曲浦各々狀態ヲ異ニシ、暴潮ノ關係モ亦非常ニ複雜デアル。而シテ一般舟運ノ外ニ漁港ヤ海岸堤防干拓事業ナド暴潮ノ警戒又ハ豫報ヲ必要トスルモノガ甚ダ多イ。

暴潮ヲ豫報スルニハ先ヅ潮汐干滿ノ推算ヲ行ツテ完全ナル潮汐圖ヲ得ナケレバナラナイ。既ニ颱風襲來ノ前後ニ於ケル潮汐圖ヲ得レバ颱風ノ强サ卽チ低氣壓ノ深度及風速ヲ推定シテ颱風襲來ノ時間ヲ豫定シ、之ニ依ツテ暴潮ノ高サヲ豫報スルコトガ出來ル。例ヘバ昭和 9 年 9 月 21 日颱風ガ大阪灣ヲ襲ツテ午前8時半ニ大阪ノ沿岸ニ達スルモノト推定サレタト假定スル。勿論之ニハ天氣圖ヤ其他ノ氣象ノ速報ヲ利用シ得ナケレバナラナイ。而シテ若シ颱風ガ無ツタナラバ現ハルベキ潮汐圖ハ豫メ推算セラレタモノトシ、前述ノ8 時半ニハ其高サガ O. P. ノ上 $H_0 = +1.05$ 米デアルベキ筈デアルモノトスル。

次ニ颱風低氣壓ノ中心示度ガ p 粍、標準氣壓ヲ $p_0 = 760$ 粍、海水ノ比重ヲ平均 $\rho = 1.026$. 水銀ノ比重ヲ 13.6 トスレバ此低氣壓ノ爲ニ生ズル海水面ノ吸揚又ハ上昇 h_1 (米)ハ

$$h_1 = \frac{(p_0 - p) \times 13.6}{1.026} \times \frac{1}{1000} = (p - p_0) \times 0.0133 \text{ 米}$$

トナル勘定デ、前述ノ大阪ノ場合ニ $p = 715.6$ 粍トスレバ $h_1 = 0.59$ 米トナル。

最後ニ風ノ爲ニ起ル風下海水面ノ吹揚又ハ上昇ハ今日尙ホ精密ナル理論ニ缺ケテ居ル嫌ガアルアレドモ、[309] 等カラ之ヲ h_2 (米) トスレバ

$$h_2 = 48 \times 10^{-8} \frac{d}{\mathrm{H}} w^2$$

此ニ d ハ風向ニ於ケル對岸距離（米）、H ハ平均水深（米）、w ハ風速（毎秒米）ヲ表ハシ、風向ト云ヒ風速ト云ヒ非常ニ變化多キモノデアルコトハ既ニ知ラレル通リデアル。今大阪ノ場合ニ d ヲ 55 粁、H ヲ 27 米、w ヲ平均 45 米/秒、瞬間 60 米/秒 デアツタカラ、之ヲ其折半ニ近ク、50 米/秒トスレバ $h_2 = 2.44$ 米トナルベク、暴潮ノ高サハ H_0, h_1 及 h_2 ノ和デ

$$\mathrm{H}_0 + h_1 + h_2 = +1.05 + 0.59 + 2.44 = +4.08\,(\mathrm{O.P.})$$

トナルベキ勘定デアル。實際ニ大阪灣ニ面スル新淀川河口ニ近イ西島閘門外ノ量水標ハ O.P. 上 +4.03（午前 8 時 40 分）ノ最高水位ヲ示シタ。而シテ當日滿潮ハ午前 5 時 55 分ニ近ク、其潮位ハ +2.10 米ニ近カツタカラ、不幸ニシテ此滿潮ノ時ニ颱風ノ中心ガ襲來テアツタナラバ暴潮ハ更ニ 1 米モ高ク數倍ノ災害ヲ生ジテアツタヾロウ。

以上大阪ノ暴潮ニ際シテ自記潮汐圖ヲ流去ツタ爲ニ、精密ナ水位ノ關係ガ得ラレナカツタケレドモ、暴潮ノ波ハヤハリ靜振ノ週期ヲ以テ振動シタコトハ大正元年九月二十一日ノ大阪暴潮ノ場合ト同一デアツタ。

暴潮ニ關シテ更ニ參考トナルコトハ琵琶湖ニ於ケル颱風ノ影響デアル。琵琶湖ハ其廣袤ニ於テモ、颱風ノ針路ニ對シテモ凡ソ大阪灣ニ似タモノデアルガ、唯颱風ガ琵琶湖 邊マデ來テハ大分衰弱シテ來タ外ニ、潮汐ノ影響ハ無ク、湖水ノ西南デハ著シク水位ノ降下ヲ見タケレドモ、其東北岸デハ風ノ吹揚作用ガ顯著ニ現ハレタノミナラズ、亦靜振的水位ノ昇降ヲ認メ得ラレタ。

暴潮ニモ增シテ我國ノ沿岸ヲ襲フ所ノモノニ地震津浪ガアル。其襲來ハ咄嗟ノモノデ、今日ノ科學デハ未ダ能ク之ヲ豫報シ得ル域ニ達シテ居ナイケレドモ、警戒又ハ豫防的ニ平日カラ萬一ニ備ヘ置クコトハ暴潮ト共ニ我國ノ焦

眉ノ急デアル。

216. 潮流 潮浪ノ傳播ハ海水ノ地平移動ヲ誘致シテ交互ニ潮流ヲ引起ス。U ヲ此潮流ノ平均速度、h ヲ波高トスレバ h ハ勿論水深 H ニ比スレバ小サイモノデアル。此場合ニハ [283] ノ第一式ガ成立シ、水ノ容積ノ不變ヲ示ス。ω ヲ波ノ傳播速度トスレバ勿論 $\omega = \sqrt{g\mathrm{H}}$ デアルカラ [287] ニ示シタ如ク

$$\mathrm{U} = h\sqrt{g/\mathrm{H}} \qquad (1)$$

公海ヤ其他潮波ガ障害ナク傳播シ得ル處デ且ツ水分子運動ノ軌跡ガ規則正シイ處デハ、U ハ常ニ凡テノ深サニ對シテ同一デ高潮及低潮ニ於テ最大トナリ、半潮ノ時方向ヲ變ジ消滅スル、ぶーるでる（Bourdelles）ハ之ニ對シテ多クノ研究ヲ行ツタガ、べるへる提督（Belcher, E.）ハべる岬（Cap Vert）ノ沖ヲ深サ 925 米迄表面ト同一ノ流速ヲ有スルコトヲ觀測シタ。

潮浪ノ傳播スル方向ニ進行スル潮流ハ張潮流デ、之ニ反スル場合ニハ落潮流ト呼バレル。水深 H ガ非常ニ大ナル海デハ一般ニ潮流ハ少イガ水深ガ減ズレバ潮流ハ其强サヲ增ス。張潮流及落潮流ガ止ンデ後ニハ直ニ夫々反對ノ方向ニ他ノ潮流ガ現ハレントスル際ノ潮態ヲ夫々張滯流及落滯流ト云ヒ是等ノ海流ハ半潮ノ時現ハレル。滯流ハ又憩流トモ呼ブ。然シ海底ヤ海岸デハ潮汐ガ喰止メラレテ多少大ナル變動ヲ受ケル爲メ、一般ニ滯流ハ半潮ノ前又ハ後ニ現ハレ、同一地點ニハ殆ド同一時間丈ケ前後スル。

又主波ト反射ナドニ依ル副波トガ干渉ノ爲ニ變動ヲ生ズルコトガアル。相反スル二ノ波ノ干渉ノ現象ハ容易ニ計算スルコトガ出來ル。今二ノ波ノ波長 λ ガ相等シク、傳播速度モ相等シク、週期 T モ相等シク、只其振幅ガ相異ナル場合ニ振幅ノ半分即チ平均水位カラ上ニ兩波ノ高サヲ夫ニ h_1 及 h_2 トシ、平均水位ヲ横軸トシ其上ノ一點ヲ座標ノ原點トシテ $t = 0$ ノ時兩波ハ共ニ此

原點ヲ過グルモノトスル。卽チ兩波ハ同一位相ニ在ツテ所謂合ニ應ズルモノデアル。是等兩波ハ次ノ等式ヲ以テ表ハスコトガ出來ル。

$$(2)\qquad \begin{cases} y_1 = h_1 \sin 2\pi\left(\dfrac{x}{\lambda} - \dfrac{t}{\mathrm{T}}\right) \\[2ex] y_2 = h_2 \sin 2\pi\left(\dfrac{x}{\lambda} + \dfrac{t}{\mathrm{T}}\right) \end{cases}$$

兩波結成後ノ縱距ヲ y トスレバ $y = y_1 + y_2$ デ

$$(3)\qquad y = h_1 \sin 2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{\mathrm{T}}\right) + h_2 \sin 2\pi\left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{\mathrm{T}}\right)$$

此式ハ次ノ如ク表ハスコトガ出來ル。

$$y = \mathrm{K}\sin\frac{2\pi}{\lambda}(x-\varphi)$$

此ニ

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{K}^2 &= h_1{}^2 + h_2{}^2 + 2h_1 h_2 \cos\frac{\pi t}{\lambda} \\ \tan\frac{2\pi\varphi}{\lambda} &= \frac{h_1-h_2}{h_1+h_2}\tan\frac{2\pi t}{\mathrm{T}} \end{aligned}\right\}\qquad [378]$$

最大振幅ハ K ガ最大ノ場合デ $h_1 + h_2$ ニ等シク、橫距 $\dfrac{\lambda}{2}$ ノ處ニ現ハレ、最小振幅ハ前ノ橫距ノ中間ニ表ハレル。與ヘラレタ一點ニ於テ一全振動ノ時間ハ常ニ T ニ等シイ。同樣ニ與ヘラレタ瞬間ニ於テ波動ノ全長ハ常ニ λ ニ等シイ。其平均傳播速度ハ兩波ノ各ノ傳播速度ニ等シイガ、其速度ガ時間ト共ニ變化スル場合ハ次ノ如クデアル。

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t} = \frac{\dfrac{\lambda}{\mathrm{T}}}{\dfrac{h_1-h_2}{h_1+h_2}\sin^2\dfrac{2\pi t}{\mathrm{T}} + \dfrac{h_1+h_2}{h_1-h_2}\cos^2\dfrac{2\pi t}{\mathrm{T}}}\qquad [379]$$

$t=0$ 及 $t=\mathrm{T}/2$ 等ノ時 $\dfrac{\partial\phi}{\partial t}$ ハ最小デ、$t=\dfrac{\mathrm{T}}{4}$ 及 $t=\dfrac{3\mathrm{T}}{4}$ 等ノ時最大デアル。

兩波ハ重疊セル點卽チ滿潮ト干潮ニ於テハ

$$(4)\qquad y_1 = y_2$$

又ハ

$$(5)\qquad h_1 \sin 2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{\mathrm{T}}\right) = h_2 \sin 2\pi\left(\frac{x}{\mathrm{T}} + \frac{t}{\mathrm{T}}\right)$$

之カラ

$$\tan 2\pi\frac{x}{\lambda} = \frac{h_1+h_2}{h_1-h_2}\tan\frac{2\pi t}{\mathrm{T}}\qquad [380]$$

傳播ノ速度ハ

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{\dfrac{\lambda}{\mathrm{T}}}{\dfrac{h_1-h_2}{h_1+h_2}\cos^2\dfrac{2\pi t}{\mathrm{T}} + \dfrac{h_1+h_2}{h_1-h_2}\sin^2\dfrac{2\pi t}{\mathrm{T}}}\qquad [381]$$

$\dfrac{\partial x}{\partial t}$ ハ $t=\dfrac{\mathrm{T}}{4}$ 及 $t=\dfrac{3\mathrm{T}}{4}$ 等最小デ、$t=0$、$t=\dfrac{\mathrm{T}}{2}$，$t=\mathrm{T}$ 等ノ時最大デアル。

兩波ガ同一ノ振幅ヲ有スルナラバ $h_1 = h_2$ デ潮流ノ運動ハ漣波トナル。

潮流ノ現象ヲ綜合スレバ次ノ如クデアル。

1. 合ノ瞬間ニハ潮流ノ速度ハ水道ノ全區域ニ亘ツテ無クナリ、其合成波ノ振幅ハ各分波ノ振幅ノ和ニ等シイ。

2. 衝ノ瞬間ニハ潮流ノ速度ハ水道ノ全區域ニ亘ツテ最大トナリ、平均水位トナル。

3. 滿潮及干潮線ノ位置ハ潮汐ノ間不變デ合ニ於ケル波頂ノ線ト合ス。

あいるらんどノ海デ合ノ線ハまん島 (Man) ノ前面ニ在リ、振幅ガ最モ大デアル。同時ニ滯流ガアル。又あいるらんど水道ニ反對ノ方向ヲ有スル二ノ漲潮流ガアリ、其遭遇點ニ相殺シテ居ル。同樣ニ落潮流ニハ其方向相反シテ此一點カラ水道ノ兩端ニ向テ分レル。此點ノ附近デ漲潮流ト落潮流ハ高潮及低潮ノ瞬間ニ相反シ、其最大流速ニ達スルノハ半潮ノ時デアル。

衝ノ線ハだぶりんノ南 50 哩ノくーすたうん (Coustown) ニ在ル。此點デ

ハ潮ノ上下動ハ皆無デ潮流ハ最大速度ヲ持ツテ居ル。

兩波ガ不同ナル場合ニハ其現象ハ非常ニ複雜デアルコト英佛海峽ナドニ見ラレル。高潮及低潮ノ合ノ線ハかいゆー (Cayeux) トへすちんぐす (Hastings) ノ地先ヲ結ブ線內ニ在リ。衝ノ線ハしぇるぶーる (Cherbourg) トすわねーぢ (Swanage) ノ地先ヲ結ブ線內ニ在ル。以上兩線ノ上デハ潮流ハ半潮ノ時其方向ヲ反轉シ、理論通リニ動イテ居ル。然シ深サヤ幅ノ不規則ノ爲メ此現象ハ非常ニ複雜デアル。

潮流ハ屢々其方向ヲ轉換スルコト前ニ述ベタ通リデアルガ、全水深同一速度ヲ以テ水ガ動イテ居ルカラ反對ノ方向ニ流レル時ハ同時ニ凡テノ深サノ點ガ其流向ヲ換ヘルト考ヘラレルガ、多クノ規則ニ依レバ流速ノ反轉ハ常ニ下部ヨリ始ツテ居ル。是レ海底ノ摩擦ノ爲ニ表面ヨリモ早ク底部ノ流速ガ消サレテ早ク反對ノ流速ヲ見ルノデアル。此現象ハ灣內ナドニ於テ殊ニ著シイ。

底部ヤ海岸ニ於テハ潮流ノ反轉ガ早ク行ハレル爲メ、同一垂線中ノ流速ハ均一デナイ。從テ各潮汐ノ潮流ハ先ヅ下カラ上ニ反對ノ潮流ガ進展シ、終ニ表面ノ潮流ガ反轉スルニ至ルノデアル。故ニ相異ナル層ノ潮流ノ流速ハ各瞬間ニ進行ノ異ナル位相ニ在ル譯デアル。

同樣ナル現象ハ亦海岸ノ近ヅク爲ニ地平ノ方向ニ現ハレル。一ノ垂直線中ニ於テ潮流ハ異ナル時期ニ潮流ノ方向ガ反轉スルト同樣ニ潮波傳播ノ方向ニ直角ナル同一地平線上ニ異ナル時期ニ潮流ノ方向ガ變ハル。海岸ニ沿ウテ反流ガ現ハレルコト尙ホ海底ニ反流ガ生ズル現象ニ類似シテ居ル。而カモ沿岸ノ迂曲ヤ局部的ノ事情ニ依ツテ影響ヲ受ケ、潮流ノ流速ヤ進行ノ形ナドハ甚シク變化シテ居ル。

海岸ノ遠近ハ殊ニ潮波傳播ノ狀態ヲ變ヘル。漏斗狀ヲ爲シテ狹マル灣內ニ於テハ波動ノえねるぎーハ變ラズ、而カモ潮波ニ遭遇スル水量ハ奥ニ進ムト

共ニ益々少ク、從テ振動ハ益々著大トナルノデアル。又水ノ內摩擦ヤ海底沿岸ノ摩擦ハ速度ト共ニ增加シテ、此波動ノえねるぎーノ一部ヲ吸收スルカラ、是等二ノ原因ハ相反スル方向ニ働キ、事情ニ依ツテハ非常ニ異ナル結果ヲ生ズルコトモアル。

斯クシテ振幅ハ重疊シテ增加スル爲メ、灣內ニ於テハ其波高ヤ傳播速度ガ著シク增加シ、[285] ヨリモ遙ニ大ナル値ヲ有スルコトガアル。例ヘバふぁんぢー灣 (Fundy B.) ニ於テ波ノ傳播速度ガ每秒 81 秒ニ達シテ居ルガ、之ヲ右ノ公式カラ計算スレバ深サ 657米ニ應ズル。然ルニ實際ノ水深ハ 100米以內デアル。

之ト同時ニ振幅ノ增加モ亦著大デアル。例ヘバ北米せーぶる岬(Cap Sable) ニ於テ其灣口ノ潮差ハ 2.00 米乃至 2.60米ニ過ギナイガ、まいんす灣 (Basin of Mines) 內ノ奥デハ 12.40 乃至 14.60 米ニ達シテ居ル。

佛國かすこーに灣ノ狹小ハ甚ダ顯著デハナイガ、少クモ其潮差ニ及ボズ影響ハ亦閑却出來ナイ。沿岸ノ前面ニ所謂淺床又ハ海底平原ガアル。此ニ 100 米ノ波速ヲ生ジテ居ルガ、之レ 1000 米ノ理論的水深ニ呼應スベキモノデアル。但シ實際ノ平均水深ハ 50 米以內デアル。

大キナ河ノ河口ナドニハ前ノ原因カラ潮浪ノ重疊ヲ見ルノハ之ガ爲デアルガ、淡水ノ流下ニ影響セラレテ其現象ハ複雜デアル。

週期性波動殊ニ潮浪ハ無限ノ區域ニ於テ、又ハ少クモ不變ノ斷面ヲ有スル水道ナドニ於テ、理論通リニ傳播スル機會ガ多イ。大洋ノ只眞中ニ潮浪ハ亦殆ド理論ニ近イ狀態ヲ爲シテ現ハレル。

然シ潮浪ガ海岸ニ近ヅケバ漸ク變形シテ大洋內ノモノトハ異ナルニ至ル。種々雜多ナル障害ノ影響ヲ受ケ、殊ニ深サガ益々減少スル爲ニ潮浪ハ週期性波動ノ形ヲ失ヒ遷波ノ形ニ近ヅク。但シ公海ニ於ケル潮流ハ前ニ述ベタ如ク、

半潮ノ時ニ反轉シテ前ト異ナル方向ヲ取リ、海岸ニ近ヅケバ其不規則ヤ迂曲等ニ伴ツテ複雜化スルノデアル。

瀬戸トカ海峽トカノ中ニ於テ其兩端ノ水位ガ相異ルトキハ亦潮流ガ現ハレル。而シテ其瀬戸海峽等ガ廣狹屈曲シテ不規則ナルトキハ潮流モ或ハ渦流トナリ、又ハ反流トナルノミナラズ、表流ト潜流トハ其方向及流速等ガ相等シカラズ、非常ニ複雜ナル潮流ヲ生ジ船舶ヲ行ル者ノ虞ヲ爲スコトガ多イ。

潮流ハ浮子、流速計、ぴとー管等河川ノ流速ヲ測ルト略ボ同樣ノ方法ヲ以テ其流速及流向等ヲ測ルコトガ出來ル。瑞典ゆんぐまん (Ljungmann) 社製ノ流速計ハ其製作ガ稍々洗練ヲ缺クモノガナイデモナイガ、海水ニ對スル金屬ノ電離作用ヲ防ギ、兼ネテ方向ヲ知ル特殊ノ設備ヲ持ツテ居ル點ヲ以テ知ラレテ居ル（第二百十六圖）。

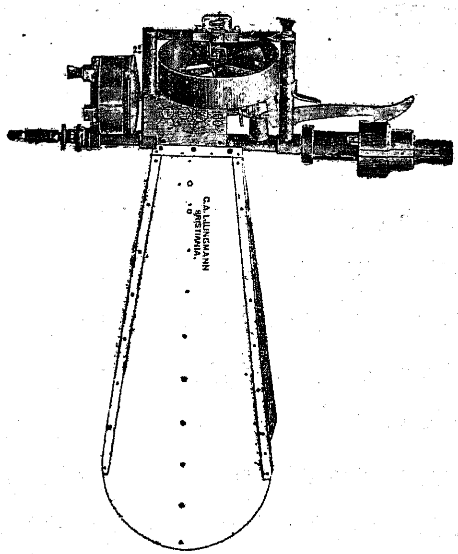
217. 潮差ト海ノ深サ　深サ無限ナル水中ニ振動波ガ現ハレ、平衡水位ヨリ高サ h, 傳播速度 ω ヲ以テ進展シツヽアル場合ニ、若シ何等カノ原因デえねるぎーノ消耗ガ起ラナイモノトスレバ其全えねるぎーハ $\rho g \pi h^2 \omega^2$ ナル値ヲ有スルコト既ニ述ベタ通リデアル。えねるぎーガ不變ナレバ $\rho g \pi h^2 \omega^2 =$ 不變デ又ハ

(1)　　$\omega h =$ 不變

又ハ H ヲ水深トスレバ

$\omega = \sqrt{gH}$ デ

$h\sqrt{H} =$ 不變　　[382]



第二百十六圖　ゆんぐまん流速計

此關係ハこもあ (Comoy) ガ見出シタモノデアル。即チ海洋ニ於テ半波高ト水深ノ平方根ノ積ハ一定デアル。而シテ $h\sqrt{H} = 20$ トスレバ實際ニ能ク符合スルト言ハレテアル。次表ハ [382] カラ潮浪ノ半波高ト水深ノ關係ヲ示シタモノデアル。

第百三十表　潮浪ノ半波高ト水深 ($h\sqrt{H} = 20$ ヨリ計算)

水深 H (米)	半波高 h (米)	H (米)	h (米)	H (米)	h (米)
1	20.00	30	3.65	300	1.16
2	14.14	40	3.16	400	1.00
3	11.55	50	2.83	600	0.80
4	10.00	60	2.58	800	0.71
5	8.94	70	2.39	1000	0.63
7.5	7.30	80	2.24	1500	0.52
10	6.37	90	2.11	2000	0.45
15	5.17	100	2.00	3000	0.37
20	4.47	200	1.41	5000	0.28

今水面ノ一分子ガ低潮カラ半潮ニ達シ、更ニ高潮ヲ經テ再ビ半潮ニ降リ、終ニ當初ノ低潮ニ至ルマデノ間ニ潮浪ハ傳播ノ方向ニ l ナル距離進行スルナラバ其平均速度ハ高潮又ハ漲潮流ノ速度デ之ヲ U トスレバ l/U ハ此間ニ經過シタ時間ヲ表ハス。又半波長ヲ $\lambda/2$, 傳播速度ヲ ω トスレバ波面ガ $\frac{\lambda}{2} + l$ ヲ進行スルニ要スル時間ハ $\left(\frac{\lambda}{2} + l\right)\Big/\omega$ デアル。從テ

(2)　　$$\frac{\lambda}{U} = \frac{\frac{\lambda}{2} + l}{\omega}$$

又ハ $HU = h\omega$ デアルカラ

$$l = \frac{\lambda h}{2(H-h)}$$　　[383]

218. 水道内ニ於ケル潮汐 海洋ニ連ル水道内ニ潮浪ノ傳播スル場合ニハ波浪 184 ノ [301] ヲ適用スルコトガ出來ル。今水道ノ入口カラ相當ノ距離ニ潮汐ヲ感ズルモノトシ、水道底カラ平均水位ノ高サヲ H, 時間 t ニ於ケル平均水位カラ潮汐ノ高サヲ h、水道底カラ海ノ平均水位ノ高サヲ a, 潮汐ノ半振幅ヲ R, 相續ク二ノ潮浪ノ間ノ時間ヲ T, 水道ノ入口ヲ横距ノ原點 $x=0$ トスレバ

$$H+h=a\left(1+R\sin\frac{2\pi t}{T}\right) \qquad [384]$$

又ハ之カラ

(1) $$t=\frac{T}{2\pi}\sin^{-1}\frac{H-a+h}{Ra}$$

從テ [301] ニ於テ $x=0$ トスレバ

(2) $$f(h)=\sqrt{gH}\left(1+\frac{3}{2}\frac{h}{H}\right)\frac{T}{2\pi}\sin^{-1}\frac{H-a+h}{Ra}$$

之ヲ [301] ニ代用スレバ水面ヲ表ハス公式ハ

$$x=\sqrt{gH}\left(1+\frac{3}{2}\frac{h}{H}\right)\left\{t-\frac{T}{2\pi}\sin^{-1}\frac{H-a+h}{Ra}\right\} \qquad [385]$$

此公式カラ或波高 h ニ應ズル x ヲ種々ナル t ニ就テ計算シ、水面ヲ描クコトガ出來ル。公式 [300] ハ速度 U ヲ與ヘル。

此公式ハ理論上面白イケレドモ摩擦ヲ閑却シテアル。卽チ潮汐内ノ内摩擦ヤ潤周ノ摩擦ノ爲ニ或距離ニ於テ潮汐干滿ヲ感ゼザルニ至ル事實ハ正シク摩擦ノ影響ヲ示スモノト考フベキデアル。此事實以外ニ、入口ト傳播速度ノ不等ノ爲ニ水面ガ或曲率ヲ生ズベク、前ノ公式ハ此點マデ適用シ得ラレル。

一定時間ノ終ニハ水道ニ侵入シタ波浪ノ水量ハ皆無トナル。卽チ

(3) $$\int_0^T (H+h)U\,dt=0$$

又ハ [285] ノ第一式カラ

(4) $$\int_0^T \omega h\,dt=0$$

然ルニ [284] カラ

(5) $$\int_0^T \omega h\,dt=\int_0^T\sqrt{gH}\left(1+\frac{3}{4}\frac{h}{H}\right)h\,dt=0$$

又ハ

(6) $$\int_0^T\left(\frac{h}{H}+\frac{3h^2}{4H^2}\right)\frac{dt}{T}=0$$

然ルニ 218 ノ [382] カラ

(7) $$\begin{cases}\dfrac{h}{H}=\dfrac{a-H}{H}+\dfrac{Ra}{H}\sin\dfrac{2\pi t}{T}\\[2ex] \dfrac{h^2}{H^2}=\left(\dfrac{a-H}{H}\right)^2+\dfrac{R^2a^2}{H^2}\sin^2\dfrac{2\pi t}{T}+\dfrac{2a(a-H)R}{H^2}\sin\dfrac{2\pi t}{T}\end{cases}$$

從テ (6) ニ (7) ヲ代入スレバ

(6′) $$\int_0^T\left\{\frac{a-H}{H}+\frac{Ra}{H}\sin\frac{2\pi t}{T}+\frac{3}{2}\frac{a(a-H)R}{H^2}\sin\frac{2\pi t}{T}+\frac{3}{4}R^2a^2\sin^2\frac{2\pi t}{T}\right\}\frac{dt}{T}=0$$

a ヲ乘ジテ多少ノ變形ノ後積分ヲ行ヘバ

$$H=a\left(1+\frac{3}{8}R^2\right) \qquad [386]$$

此ニ由テ觀レバ海ノ平均水位ハ水道口カラ離レテアル水道ノ部分デ潮汐ヲ感ジナイ、且ツ水深ガ殆ド H デ變ラナイ水面ノ平均水位ヨリモ僅カニ低ク、其差ハ $H-a=\frac{3}{8}aR^2$ ニ等シイ。

以上ハ遷波トシテ潮波ヲ考ヘタモノデアルガ、若シ週期性波又ハ振動波ガ水道ヲ傳播スルモノト考ヘレバれびー・ちびた (Levi-Civita) ニ從テ複ぽてんしやる Ω ヲ用ヒルヲ必要トスル。

$$\Omega=\omega\left\{y-\frac{h\lambda}{2\pi}\sin\frac{2\pi}{\lambda}y\right\} \qquad [387]$$

此ニ λ ハ波長、h ハ波高、x 軸ヲ運河底ニ取ル、水深 H ハ ω 及 λ ニ關係スル。

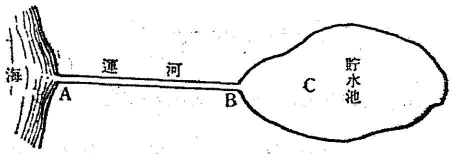
$$\left.\begin{aligned}\frac{2\pi\omega^2}{\lambda g} &= \tanh\frac{2\pi H}{\lambda}\\ \Omega &= -\omega\frac{h\lambda}{2\pi}\sin\frac{2\pi}{\lambda}(y+\omega t)\end{aligned}\right\}\qquad[388]$$

分速 $\frac{dx}{dt}$ 及 $\frac{dy}{dt}$ ハ次ノ如クデアル。

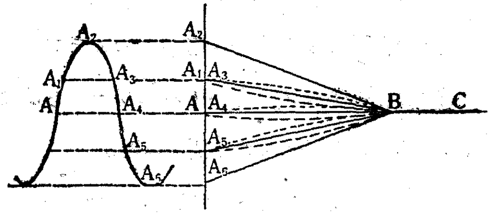
$$\left.\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= u = -\omega h\cos\frac{2\pi}{\lambda}(x+\omega t)\cosh\frac{2\pi}{\lambda}y\\ \frac{dy}{dt} &= v = -\omega h\sin\frac{2\pi}{\lambda}(x+\omega t)\sinh\frac{2\pi}{\lambda}y\end{aligned}\right\}\qquad[389]$$

是レえーりーガ始メテ發表シタモノデ波面ハ正弦曲線ヲ爲ス。但シ複素數ニ關スル前記ノ演繹ハ稍々複雜デアルカラ此ニ其結果ヲ擧ゲルニ止メル。

219. 大ナル貯水池ニ連絡スル運河内ノ潮汐 一定ノ横斷面ヲ有スル殆ド地平ノ運河ガアツテ一端ガ外海ニ連リ、他端ハ殆ド無限大ノ貯水池ニ接續スルコト第二百十七圖ニ示スガ如キモノトスレバ貯水池ノ水位ハ不變ノモノト考ヘルコトガ出來ル。第二百十八圖ニ於テ A ヲ外海ノ平均水位且ツ無限大ナル貯水池ノ水位 BC ト同一ナルモノトシ、A_2 及 A_4 ヲ潮汐ノ高潮及低潮トスル。或瞬間ニ於テ水ガ平衡ノ狀態ニ達シ海ノ水位ハ A ニ在ツテ運河ノ全長ヲ通ジテ水面ガ地平ヲ爲



第二百十七圖 平面圖



第二百十八圖 縱斷面圖

スモノト假定スル。潮汐圖ガ示ス如ク海水々位ハ上昇シテ A_1 ニ至リ、此點ニ相當永ク止ツテ居レバ A_1 ト B ノ間ニハ水ハ絕エズ流レテ水面ハ二點ノ間ニ上凸ナル曲線ヲ生ジ、A_1 ニ於ケル切線ハ地平ヲ爲ス。然ルニ外海ノ水位ハ絕エズ變化シテ A_1B ノ不變流下ヲ許サナイ。卽チ水位ハ或任意ノ高サ A_1 ニ達シテモ河口カラ進入スル水ハ全部三角形 AA_1B ヲ滿サズ、A ハ他ノ諸點ヨリモ比較的早ク上昇スル爲メ水位曲線ハ上ニ向テ凹ンダ曲線ヲ爲スコト長點線ニ示スガ如クデアル。之ニ反シテ水位ガ A_2 カラ A ニ向ツテ降ル時ハ水位曲線ハ上ニ向ツテ凸形ヲ爲シテ短點線ニ示ス樣ナ曲線ヲ爲シ、不變河況ニ應ズル水位ヨリ上ニ在ル。

平衡水位ヨリ下ニ振動スル場合、卽チ A ト A_3 ノ間ニモ同樣ナル結果ガ現ハレル。水位ガ降ツテ A_3 ニ達スレバ運河ノ水面ハ上ニ向ツテ凸形ヲ爲スノデアルガ、其昇ルトキハ之ニ反シテ凹形ヲ爲ス。卽チ漲潮ノ間其水位ハ長點線ニ依ツテ表ハサレル曲線ヲ爲シ、其落潮ノ間ノ水位ハ短點線ニ依ツテ表ハサレル。

以上ノ狀態ノ下ニ運河ノ各點ニ於テハ半潮ノ瞬間ニ水位ハ平均水位ヲ經テ其流速ハ皆無トナリ方向ガ反對トナル。高潮ト低潮トニ潮速ハ最大トナリ水位ノ變化ハ亦最大トナル。

潮浪ハ運河ノ全長ニ亘ツテ瞬間的ニ斷續シナイ。高潮、澱ミ、底干及低潮ハ運河ノ全區域ニ對シテ同時ニ現ハレズ、波ノ傳播ノ遲レヲ免レナイ。而シテ傳播ノ速度其自身同水深ノ運河内デ起ルモノト異ツテ居ル。今若シ外海ノ水位ガ或ル高サ A_1 ヲ保ツテ相當ノ時間繼續シ其河況ガ之ニ應ジテ不變デ其平均流速ガ U_1 ナラバ更ニ A_1 ニ生ジタ波動ハ U_1 ヨリモ大デ凡ソ此深サニ應ズル速度ヲ以テ B ニ向ツテ傳播スル。又潮浪ハ運河ヲ傳播スル場合ニ摩擦等ニ依ツテ消失スルモノヲ除ケバ其えねるぎーハ不變デアル。A_2 ト B ノ

間ハ深サガ漸次變リえねるぎーノ不變カラ速度ヲ増加シ之ガ爲ニ亦其傳播速度ノ増加ヲ來ス。斯クノ如ク運河ノ入口デハ其平均水位Aヨリ高イカ低イカニ依リ、波ノ傳播速度ヤ流速ガ變化スル。而シテ高潮 A_2 ニ達シタ場合ニ其水面ガ傾斜ヲ有スル爲メ、同一ノ深サデ地平ノ水面ヲ有スル運河ヨリモ大ナル傳播速度ト流速ヲ有スルノデアツテ、是等ノ差ハBニ近ヅク程増加スル。

220. 外海ニ連絡スル乾船渠內ノ水位 水面積Fナル乾船渠ガ側暗渠ノ類デ外海ニ連リ、且ツ低潮ヨリモ充分深ク、其全斷面積ヲ f トスル。乾船渠ハ多少ノ階段デ側壁ヲ築造シテアルカラFハ一定デハナイガ、此デハ簡單ノ爲メ之ヲ一定ト假定スル。又暗渠ハ潮汐ノ如何ナル低水位ヨリモ低クシテアル。

外海ノ平均水位ヲ基準面トシ、或時間 t ニ於テ外海及船渠ノ水位ヲ基準面カラ測ツテ夫々 u 及 z トスル。勿論 u 及 z ハ正又ハ負デアルガ、常ニ $u>z$ デアル。dt ナル時間ニ船渠ニ流入ル水量ハ $F\,dz$ デアル。暗渠ニ於ケル流量係數ヲ μ トスレバ此水量ハ $\mu f\sqrt{2g(u-z)}\,dt$ ニ等シク

(1) $$F\,dz=\mu f\sqrt{2g(u-z)}\,dt$$

或ハ $$\frac{\mu f}{F}\sqrt{2g}=2m \quad トスレバ$$

$$\frac{dz}{dt}=2m\sqrt{u-z} \qquad [390]$$

m ハ一般ニ既知ノ量デアル。u ハ時間ノ函數デ、縱軸ヲ有スル拋線ノ4種ノ弧カラ成ル潮汐曲線ノ高サヲ表ハス。低潮カラ測リ 2θ 及 $2\theta'$ ヲ上ゲ潮及下ゲ汐ノ繼續時間トスレバ $2\theta+2\theta'$ ハ $12h\,25m\,15s=44715$ 秒即チ1潮汐ノ全繼續時間ニ等シイ。今潮汐ヲ拋線ト假定シテ

$$t=0\sim\theta \qquad u=\alpha t^2-\alpha\theta^2$$

$$\theta\sim2\theta \qquad u=\alpha\theta^2-\alpha(2\theta-t)^2$$

$$2\theta\sim2\theta+\theta' \qquad u=\alpha\theta^2-\alpha'(t-2\theta)^2$$

$$2\theta+\theta'\sim2\theta+2\theta' \qquad u=\alpha'(2\theta+2\theta'-t)^2-\alpha\theta^2$$

今潮汐ノ高サ $2h$ ハ平均水位カラ測ツテ高潮ハ $+h$, 低潮ハ $-h$, 從テ $\alpha\theta^2=\alpha'\theta'^2=h$ 之カラ α 及 α' ヲ見出スコトガ出來ル。

低潮ト半潮トノ間、$0<t<\theta$ ニ於テハ [390] ヲ自乘シテ

$$\left(\frac{\partial z}{\partial t}\right)^2+4m^2z-4m^2(\alpha t^2-\alpha\theta^2)=0 \qquad [391]$$

今 $$m=\beta-a. \quad \alpha=a\beta \quad トスレバ$$

(2) $$\begin{cases} a=\frac{1}{2}(\sqrt{m^2+4\alpha}-m) \\ \beta=\frac{1}{2}(\sqrt{m^2+4\alpha}+m) \end{cases}$$

[391] ヲ積分スレバ

$$\left\{\sqrt{\alpha t^2-\alpha\theta^2-z}-at\right\}^a\left\{\sqrt{\alpha t^2-\alpha\theta^2-z}+\beta t\right\}^\beta$$
$$=\left(\sqrt{u-z}-at\right)^a\left(\sqrt{u-z}+\beta t\right)^\beta \qquad [392]$$

[392] ノ右節ハ暗渠ヲ開イタ瞬間ニ t 及 z ノ始ノ値ニ對シテ定メラルベキ定數デアル。

[392] ヲ t ニ就テ微分スレバ

(3) $$\frac{1}{2}\frac{d(u-z)}{dt}+(\beta-a)\sqrt{u-z}-a\beta t=0$$

之ニ $u=\alpha t^2-\alpha\theta^2$ 及 a 並ニ β ノ値ヲ代入スレバ [390] ガ得ラレル。

[392] ハ t, z 及既知量ノ間ノ關係ヲ示シテ居ルカラ、t ノ任意ノ値ニ對シテ z ヲ計算スルコトガ出來、又 z ノ値ヲ與ヘレバ反對ニ t ヲ知ルコトガ出來ル。此公式ハ $t<\theta$ ナル始ノ期間ニ對シテ船渠內ノ水位ノ變化ヲ表ハス法則ヲ與ヘル。外ノ三期間ニ對シテモ同樣デアル。

以上ノ公式ハ複雜ニ過ギ之ヲ實際ニ適用スルコトガ困難デアル。唯 a 及 a' ハ m^2 ニ比スレバ通例小サク、α ハ亦 β ニ比スレバ小サイカラ是等小サイ量ヲ省略スレバ公式ハ簡單ニナルケレドモ尚ホ非常ニ煩雜デアル。

船渠ガ全部空虚デ外海ガ低潮ナルトキ暗渠ヲ開放スレバ $t=0$ デ $z=u=-a\theta^2$ 且ツ $A=0$, $\sqrt{u-z}$, a 及 β ハ正デ

(4) $\sqrt{u-z}-at=0$

(4)式ノ第二項ガアル爲メ t ガ負ナレバ問題ハ成立シナイ。斯クシテ

(5) $u-z=a^2t^2$

卽チ外海ト船渠ノ兩水位ノ差ハ低潮ニ於テ 0 ニ等シク、時間 t ノ自乘ニ比例シテ增加スル。半潮ニハ $t=\theta$ デ $u=0$ デアルカラ

(6) $z=-a^2\theta^2$

此高サト半潮ノ振幅トノ差ハ $\dfrac{a^2}{a}$ デアル。第二期ノ間此高サハ消エズ終ニ θ^2 ト或ル正ノ係數ノ積トナリ頗ル複雜デアル。

之ニ反シテ若シ豫メ船渠ニ或水位マデ滿水シテ、變化スル水位ノ外海ニ排水スル場合ニハ前ノ微分等式 [390] ハ

$$-\frac{\partial z}{\partial t}=2m\sqrt{z-u} \qquad [390]$$

トナル。前ト同様ニ解クコトガ出來ルガ亦非常ニ複雜デアル。

以上ノ外種々ナル水位ノ關係ガ外海ト船渠トノ間ニ起ルコトハ第三ヤ第四ノ時期ニ見ル通リデアル。

221. 河潮 潮浪ガ河口カラ上流ニ傳播シ、又ハ一旦遡ッタモノガ下流ニ進展スルトキハ波浪ノ部ニ述ベタ様ニ益々複雜ヲ加ヘル。卽チ潮浪自身ノ傳播ニ加フルニ河川ノ淡水流量及流速ガ新ナル作用ヲ營ミ、且ツ河川ニ依ッテ又同一ノ河川デモ時期ニ依リ其流況ガ非常ニ異ナル。從テ一般ニ河潮ヲ述ベルコトハ頗ル困難デアリ、推論サレル結果ニシテモ特種ノ河川ニ應用シ得ルニ過ギナイモノガ多イカラ、一般的ノ性質ヲ持タナイ。

之ニ加フルニ公海ニ於テ潮汐ハ一種ノ振動性波動デアルガ、其上流ニ傳播スル時ハ遷波ノ性質ヲ帶ビル。此二ノ事實ハ或程度迄共ニ正シイノデアル。是レ河潮ノ原因ハ潮波ノ爲ニ或量ノ海水ガ河川ニ侵入シテ河口ニ波動ヲ生ジ此波動ガ河ヲ遡ッテ上流ニ傳播スルノハ遷波ノ傳播ト同理ニ依ルモノデ、漲潮ノ波先ガ河口ニ達シ、潮浪ノ波頂ガ之ヲ通過スルマデ潮位ハ上昇ヲ續ケ、其波頂ハ遷波狀ヲ爲シテ河ヲ遡リ、大河トナレバ波頂ハ順次ニ後カラ累進シテ來リ、河ノ流量、勾配及潮浪ノ高サ等ニ應ジテ所謂潮限マデ傳播スルノデアル。

先ヅ河口ノ外海ニ於テハ若干ノ分潮カラ成ル潮波ガ存在スルモノトスル。之ハ前ニ述ベタ如ク調和分解ノ理ニ依リ若干個ノ單振動ノ波動ニ分ケルコトガ出來ル。

今直線水道又ハ河川ガ一様ナル深サ H デ、其水道ガ公海ニ連リ、其公海ニハ次ノ公式デ示ス様ナ水位ノ昇降ガアルモノトスル。

(1) $\zeta=h\sin nt$

此ニ ζ ハ或時間 t ニ於テ其平均水位ノ上ノ水面ノ高サ、$2\pi/n$ ハ振動ノ週期、h ハ半振幅ヲ表ハス。此波ガ水道ヲ傳播スル場合ニ水道ノ口カラ x ナル距離ニ於ケル振動ヲ表ハス公式ハ

$$\zeta=h\sin n\left(t-\frac{x}{\sqrt{gH}}\right)+\frac{3h^2n}{4H\sqrt{gH}}x\sin 2n\left(t-\frac{x}{\sqrt{gH}}\right) \qquad [393]$$

第一項ハ原潮ニ基ヅクモノデ第二項ハ懸潮デアル。若シ更ニ他ノ近似項ヲ加ヘレバ懸潮ハ第一第二第三等トナル。而シテ第二項ハ x ニ比例スルカラ若シ水道ガ無限ニ長ケレバ第二項ハ亦無限トナル。然シ實際ニハ摩擦ノ爲ニ波動ガ消滅スルカ、又ハ第二ノ海洋ナドニ水道ガ連絡スレバ其波動ト調和スル

ノデアル。凡テノ懸潮ハ原潮ト同一ノ割合ヲ以テ河ヲ遡ルノデアルガ其振動ヤ波速ハ皆夫々異ナリ、二重三重四重等ノ波トナル。又其第一懸潮ト原潮トノ比ヲ r_1 トスレバ

$$r_1 = \frac{3}{4}\frac{h}{\mathrm{H}}\frac{nx}{\sqrt{g\mathrm{H}}} \qquad [394]$$

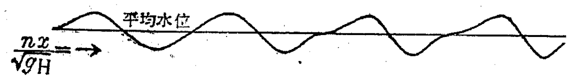
例ヘバ河口ニ於ケル潮差ガ 6 米、河川ノ水深ガ 15米、半日潮ノ速度ヲ毎時 28.°98 又ハ毎時 $\frac{1}{1.9}$ 弧度、$\sqrt{g\mathrm{H}} = 12.1$ 米/秒 = 43.6 粁/時、依テ

$$r_1 = \frac{3}{4} \times \frac{3}{15} \times \frac{1}{1.9} \times \frac{x}{43.6} = \frac{x}{552}$$

從テ 55 粁ノ上流デハ懸潮ハ原潮ノ 1/10 デ 60 糎ノ振幅ヲ有スル。

若シ河ガ徐々ニ幅ヲ狹メルナラバ又公式ガ適用サレ、懸潮ノ高サハ深サノ $\frac{3}{2}$ 乘ニ比例スル。

第二百十九圖ハえーりーノ潮汐及波浪カラ轉載シタモノデ波頂ノ傾斜ガ漸次急ニナリ、高潮ト低潮ノ間ノ時間ガ漸次短クナリツヽアルコトガ知ラレル。



第二百十九圖 河川ノ潮浪

河ヲ傳播スル潮浪ハ異ナル週期ノ二ノ波ガ同時ニ淺イ水道ヲ傳播スルモノデ簡單ニ二ノ相異ナル波ヲ組合ハセタ丈ケデハ充分デナイラシイ。今河口ニ於ケル公海ノ振動ヲ

$$\zeta = h_1 \sin n_1 t + h_2 \sin (n_2 t + \varepsilon) \qquad [395]$$

デ表ハシ得ルモノトスレバ河口カラ x ナル距離ニ於ケル波動ハ

$$\zeta = h_1 \sin n_1 \left(t - \frac{x}{\sqrt{g\mathrm{H}}}\right) + h_2 \sin \left\{n_2 \left(t - \frac{x}{\sqrt{g\mathrm{H}}}\right) + \varepsilon\right\}$$

$$+ \frac{3h_1h_2}{4\mathrm{H}} \frac{n_1+n_2}{\sqrt{g\mathrm{H}}} x \sin\left\{(n_1+n_2)\left(t - \frac{x}{\sqrt{g\mathrm{H}}}\right) + \varepsilon\right\}$$

$$- \frac{3h_1h_2}{4\mathrm{H}} \frac{n_1-n_2}{\sqrt{g\mathrm{H}}} x \left\{\sin(n_1-n_2)\left(t - \frac{x}{\sqrt{g\mathrm{H}}}\right) + \varepsilon\right\} \qquad [396]$$

初ノ二項ハ恰カモ個々別々ニ兩波動ガ存在スルモノト同一デアル。第三第四ノ兩項ハ其組合ハセデ所謂合成潮ト呼バレルモノデ其中初ノ項ハ合併潮、終ノ項ハ較差潮ヲ表ハス。又 ε ハ小サイ遲角ヲ表ハス。

例ヘバ深サ 15 米ノ河口ニ於テ太陽半日潮ガ $2h_2 = 1.2$ 米、太陰半日潮ガ $2h_2 = 3.6$ 米ナレバ $n_1+n_2 = \frac{59}{57}$ 弧度/時及 $n_1 - n_2 = \frac{1}{57}$ 弧度/時且ツ前ト同ジク $\sqrt{g\mathrm{H}} = 43.6$ 粁/時トシテ

$$\frac{3h_1h_2}{4\mathrm{H}} \frac{n_1+n_2}{\sqrt{g\mathrm{H}}} x = \frac{3\times0{,}6\times1.8}{4\times15} \times \frac{59}{57} \times \frac{x}{43.6} = \frac{x}{780}$$

是レ調和分解デ MS 潮ト呼バレルモノデ、39 粁ノ上流デハ $\frac{1}{20}$ 米又ハ 5 糎ノ潮差ヲ示ス筈デアル。二ノ相重ナル分潮ガ殆ド同一ノ速度ヲ有スルトキハ其合成潮ハ兩者ノ中ノ大キイ方ガ主トナル。而シテ若シ河ガ漸次淺クナレバ此公式ハ亦適用サレル。

初メ兩潮ガ大潮ノ際ノ如ク同一位相ニ在レバ

$$n_1 t = n_2 t + \varepsilon \qquad [397]$$

此場合ノ波高ハ

$$\zeta = (h_1+h_2) \sin n_1 \left(t - \frac{x}{\sqrt{g\mathrm{H}}}\right) + \frac{3h_1h_2}{4\mathrm{H}} \frac{n_1+n_2}{\sqrt{g\mathrm{H}}} x \sin\left\{2n_1 t - \frac{(n_1+n_2)}{\sqrt{g\mathrm{H}}} x\right\}$$

$$+ \frac{3h_1h_2}{4\mathrm{H}} \frac{n_1-n_2}{\sqrt{g\mathrm{H}}} x \sin \frac{(n_1-n_2)}{\sqrt{g\mathrm{H}}} x \qquad [398]$$

潮浪ノ前面傾斜ハ小潮ノ時ヨリ大潮ノ方ガ急デアル。而シテ合成潮ハ大潮ノ時ニハ始ノ懸潮ガ增大シタ樣ナ形ヲ爲シテ居ル。小潮ノ時ハ之ニ反スル。又平均水位ハ河ヲ遡レバ僅カツヽ變ツテ來ルノハ最後項ノ不等ニ依ツテ知ラレル。

河潮傳播ノ速度ハ殊ニ地方的ノ事態ニ依ツテ著シク異ナル。即チ前ニ手述

ベタ通リ、灣内ガ漏斗狀ヲ爲シテ次第ニ狹クナル場合ニハ潮浪ハ漸次重疊シテ高クナリ、之ニ反シテ灣内ニ注グ淡水ノ流速ガ相當ニ大ナル場合ヤ、淺瀬又ハ島嶼ナドノ障害物ガ横ハリ、或ハ又河幅ノ廣狹著シク不規則デ渦流ナドヲ生ジツヽアル處デハ波ノえねるぎーガ速ク吸收セラレテ傳播速度ヲ減少スル。ぶーるでる (Bourdelles) ノ觀測ニ依レバせんと　ろーれんす河 (St. Lawrence R.) ノ河口ナルみんがう島 (Mingau) ト上流 240 哩ニ在ルびっぐ島 (Big) ノ間ヲ潮浪ハ毎秒 200 米ノ平均速度ヲ以テ傳播シテ居ル。之ヲらぐらんぢノ公式ニ適用スレバ 4000 米ノ深サニ相當スルノデアルガ實際ノ平均水深ハ 150 米ヲ出デナイ。若シ此水深ナレバ速度ハ 40 米内外デアルベキ筈デアル。又之ニ反シテさぐねー河(Saguenay, R.)ハせんと　ろーれんす河ノ支流デびっぐ島ノ上ニ合流シテ居ルガ合流點カラ 71 哩ノ距離ニ潮汐ハ毎秒 19 米ノ速度ヲ以テ傳播シテ居ル。之ハ水深 36 米ノ理論的水深ニ相當スルモノデ平均水深ヨリ遙ニ少イ。即チ前ノ場合ニハらぐらんぢノ公式ノ示スモノヨリモ潮浪ノ波速ガ遙ニ大デ、後ノ場合ニハ之ヨリモ頗ル少ナイ。佛蘭西ノぢろんど河ナドニ於テモ潮浪傳播ノ速度ハ大潮ヨリモ小潮ノ方ガ大デ理論ニ矛盾シテ居ルガ、或ハ之ヲ摩擦ノ影響ニ歸シテ居ル人モアル。即チ小潮ノ時ハ潮浪ニ對シテ河床ノ障害ガ少ク、從テ摩擦ガ少イケレドモ大潮トナレバ其潤周ノ摩擦ガ小潮ノ時ヨリモ遙ニ增加スルト云フノデアル。

之ヲ要スルニ河ヲ遡リ又ハ之ヲ降ル河潮ノ傳播狀態ハ理論的檢討ヲ容サナイモノガアリ、之ヲ計算ニ依ツテ定メルノハ頗ル困難デ今日ノ科學ノ程度デハ實地ニ觀測スルヨリ外ニ良法ガナイ。

河潮ノ傳播ニ伴フ流速ノ如キモ亦之ニ類シタ複雜ナル現象デ、更ニ六ケシイ問題デアル。此流速ヲ生ズル要素ノ中デ波ノ傳播速度ト之ニ影響ヲ與ヘル環境ナドヲ考ヘナケレバナラナイ。海洋ノ只眞ン中ニ於テハ振動波ノ形ハ如何ナルモノデアツテモ海岸ニ近ヅケバ波ハ漸次變形シ、沿岸ニ於テハ實際運送波ニ推移スルヲ普通トスル。而シテ河口ニ於テハ海中ニ於ケル流速ノ分布ヲ考入レ、灣口カラ河ノ上流ニ漸次河幅ヲ減ジ、且ツ波ノ傳播ヲ妨ゲル洲渚ヤ河幅ノ不規則ナドノ障碍物ノ存在ノ爲ニ波速ノ影響セラレルト共ニ河自身ノ淡水流量ニ對スル流速ト水位ノ變化ニ依ル流速ナドモ亦之ヲ併セ考ヘナケレバナラナイ。

此外張潮流及落潮流ノ方向轉換ハ常ニ海底及岸ノ附近カラ始マリ、同様ニ最大流速ヲ表ハシテ居ル。最大流速ノ後滯流ノ生ズル地域ハ漸次ニ高マリ、或時間繼續サレル。こんごー河ノ如ク表面ノ潮流ハ方向ヲ變ヘズ只多少短イ期間流向ガ反轉スルノヲ認メルノハ底及其附近デ、此高サハ淡水ノ流量ニ從ヒ變化スル。

潮浪ノ振幅ハ其速度ノ如クえねるぎーヤ摩擦ノ影響ニ依ツテ消長シ、灣ノ内部ニ侵入スル程度ニ應ジテ增減スル。せんと　ろーれんす河ニ於テハ其河口ニ於ケル潮高 1.83 米ノモノガ 300 哩ノ上流けべっく(Quebec)ニ於テ 5.35 米ニ增加シテ居ル。然シ之ヨリ更ニ遡レバ漸次潮浪ノ振幅ヲ減ジ、終ニ消滅スル所ノ區域ガアル、是レ潮限デアツテ、河口ノ潮差ノ大小ニ依ツテ或ハ深ク内地ニ入リ或ハ更ニ河口ニ近イ處ニ在リ。河口自身ニ此區域ノ存在スル河川モ少クナイ。

平均水位ハ振幅ガ變ラナイ限リハ亦殆ド變化ナシニ維持セラレテアル様デアル。其結果トシテ上流ノ低潮ハ下流ノ低潮ヨリモ低イ水位ニ在ルコトガアル。然シ振幅ガ增加スレバ平均水位ハ異ナリ、從テ小潮ト大潮トハ同一ナラザル平均水位ヲ有スル様デアル。又平均水位ハ河口ヨリ遡ル程高クナリ、而カモ大潮ノ方ガ小潮ヨリモ此關係ガ明瞭デアル。一般ニ振幅ト平均水位ノ變化ニ從テ變化ニ富ンダ且ツ時トシテハ矛盾トモ見エル様ナ現象ガ多クノ河

口灣ニ遭遇スル。

222. **河潮ノ前後ニ於ケル河ノ平均流速ノ略算** 一般ニ河口ト潮限迄ノ間ヲ其河ノ感潮部ト呼ブ。河口ノ勾配ガ緩デ河幅ガ大ナル河デハ一ノ潮波ガ未ダ潮限ニ達シナイ中ニ後カラ後カラト次ノ潮浪ガ進來ツテ同時ニ數個ノ潮浪ガ感潮部ノ中ニ傳播シツヽアルコトガアル。南米ノあまぞん河ノ如キ 1000 粁ノ感潮部ヲ有シ、7 個乃至 8 個ノ潮浪ガ同時ニ其感潮部ニ移動シツヽアルト云ハレテアル。而シテ成ルベク潮限ヲ上流ニ進メテ河口ニ多量ノ潮ヲ呑ムコトハ獨リ航路ノ維持ニ必要ナ許リデナク、河口ニ土砂ノ沈澱堆積ヲ防グ上カラ殊ニ肝要デアル。河川ガ上流カラ運來ツタ土砂ハ河口ニ來レバ勾配ハ緩ニ流速ガ少イ爲メ、河水ハ最早遠ク之ヲ運去ル力ヲ失ヒ、沿岸流ガ之ヲ更ニ遠クニ運ビ去ル以外ニハ漸次附近ニ委棄セラレテ所謂砂洲ヲ生ジ、屢々三角洲ヲモ作ル傾ヲ作リツヽアルノデアル。而シテ高潮低潮ノ前後、波頂又ハ波谷ノ附近デハ河水ノ澄ムコトガ多イノハ河口ニ屢々見ラレル現象デアルガ是レ沈澱ガ此期間ニ最モ多ク生ズルコトヲ物語ツテ居ルノデアル。但シ之ニハ多少ノ除外例ガアル。然シ成ルベク此沈澱ヲ小クスルコトハ成ルベク潮限ヲ遡ラシメテ潮波ノ移動ヲ敏活ニシ潮ノ呑吐量ヲ多クスルヨリ外ニ方法ハナイ。是レ實ニ强潮河川又ハ有潮河川改修ニ先ヅ着眼スベキ點デアル。

223. **河口灣内ノ流況** 河口灣ハ一方ニハ河ノ淡水流量ノ變化及流下ノ土砂混入ノ異動ヲ見、他ノ一方ニハ潮汐ノ出入並ニ沿岸流ノ影響ガアツテ流況甚ダ複雜デアル。從テ之ガ一般的研究ハ困難デアル。こもあ (Comoy) ハ其全貌ヲ窺フ爲メ河口灣内ノ現象ヲ三期ニ分ケテ研究シタ。第一期ハ高潮ガ河口ニ達スル迄ノ間、第二期ハ河口ニ高潮及昇潮滯流ヲ生ジタ後、第三期ハ之カラ後潮浪ガ潮限ニ於テ消滅スル迄ノ間是デアル。

第一期間ニハ河ノ流量ガ滿潮ノ波先ト干潮ノ滯流ノ間ノ容積ヲ埋メルノデ

アツテ、落滯流ノ位置ハ其河ノ流量ニ依ツテ定マリ、此位置ハ亦流量ガ大ナル程昇潮ノ波頂カラ離レテ居ル。洪水ノ場合ニハ昇潮ノ波先ガ現ハレタ後長時間ヲ經テ降潮ハ終ヲ告ゲル。又非常ニ大ナル洪水ノ時ニハ潮流ハ其方向ヲ反轉セズ降潮ガ全潮汐ヲ支配スル。斯カル場合ニハ海水ハ河ニ入ラズ河潮ノ全波動ハ河水ニ生ジ、海水ガ上昇スレバ河水ノ流レハ或ハ遲メラレ或ハ阻止セラレル。然シ最モ普通ニ底干卽チ降潮ノ滯流ガ現ハレヽバ流速皆無ノ點ト河口ノ間ニハ海水ガ入來ル爲メ水位ガ高マラナケレバナラナイ。從テ Δt ナル時間ニ、河口ニ於ケル河ノ斷面ヲ S トシ、此斷面ノ平均流速ヲ v トスレバ $Sv\Delta t$ ハ河ニ入ツタ海水ノ量デアル。而シテ降潮ノ滯流ガ河口カラ Δt ノ間ニ平均 D ナル距離ヲ進行シ、此 D ノ間ノ平均河幅ヲ L, 同區間水位ノ平均上昇ヲ Δh トスレバ

$$Sv\Delta t = DL\Delta h \qquad [399]$$

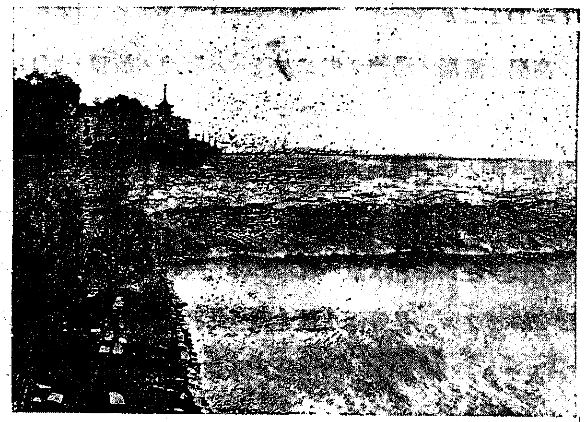
第二期ハ河口ニ於テ高潮ト滿潮ノ滯流ヲ生ジタ後ニハ潮浪ノ波頂ハ河口カラ或距離傳播シテ河中ニ在リ、而カモ滿潮ノ滯流ノ時迄海水ハ河ノ中ニ入リ來ル。今此期間ノ或時期ニ河ノ中ノ波頂ノ位置ガ昇潮ノ波先カラ D, 河口カラ D', 河幅ノ平均ヲ夫々 L 及 L', 水位ノ變化ノ平均ヲ Δh 及 $\Delta h'$ トスレバ波頂ト昇潮ノ波先ノ間ニ在ル增加水量ハ $DL\Delta h$ デ河口ト波頂ノ間ノ減少ノ全水量ハ $D'L'\Delta h'$ デアル。是等兩水量ノ差ガ此區間ニ於ケル水量ノ增加デ Δt ノ間ニ河ニ入ツタ $Sv\Delta t$ ナル海水量ニ等シクナケレバナラナイ。從テ第二期ニ於テハ

$$DL\Delta h - D'L'\Delta h' = Sv\Delta t \qquad [400]$$

第三期ハ河口ニ昇潮ノ滯流ガ現ハレタ時卽チ $v=0$ 以後デアル。此時期ノ間昇潮ノ滯流ハ河中ヲ前進スル。斯クシテ河潮ノ波ガ全然出來上ル。今之ヲ三部ニ分ケレバ上ゲ潮ノ波先ト干潮ノ滯流ノ間ニ含マレル部分ヲ第一トシ、

容積ノ增加ハ全然河水ニ依ツテ滿サレル。第二ハ降潮ノ滯流ト昇潮ノ滯流ノ間ニ含マレル部分デ水ハ入リモセズ又出去リモシナイカラ其容積ハ不變デアル。第三ハ昇潮ノ滯流ト河口ノ間ニ含マレル部分デ容積ノ減少ハ海ニ向ケ河口ヲ流去ツタ水ニ依ル。是等三部ノ各ニ對シテ前ト同一ナル關係ガ現ハレル。

224. 河津浪　河口灣ニ於テハ上ゲ潮ハ遷波トナツテ一波ノ次ニ他波ガ相續イテ打寄セ、上流ニ傳播スル樣ナ有樣ヲ現ハス。而シテ水位ガ上ル爲ニ個々ノ波ハ益々大ナル波速ヲ以テ進展スルカラ、後ノ波ハ漸次前ノ波ニ追附イテ其波先ガ重ナリ、壁立シテ前進スル許リデナク、終ニ逆卷ク倒瀾トナル。水深ノ少イ河口灣ナドニ河潮傳播ノ一異狀ト見ルベク、之ヲ河津浪又ハ暴潮湍ナド、云ヒ、英語ノ Tidal bore, 佛語ノ Le barre 及 Mascaret, 獨語ノ Flut randung, Sprungwelle, Stürmer ナド皆是デアル。佛國セーヌ河口デハ高サ 3 米ヲ越エナイガ、印度ノがんぢぇす河ヤ南米ノあまぞん河デハ 5 米乃至 6 米ニ達シ、殊ニあまぞん河デハ之ヲぽろゝか (Pororoca) ト呼ンデ居ル。又支那錢塘江ノ海嘯ハ即チ亦河津浪デ高サ 8 米乃至 10 米ニ達スル。第二百廿圖ハ杭州ノ海嘯ヲ表ハシタモノデアル。



第二百二十圖　杭州ノ海嘯

河津浪ハ河ノ或點デ最高ニ達シ、之カラ上流ニ上ルニ從ツテ次第ニ低クナル。且ツ河津浪ハ河ニ入レバ殆ド常ニ河ノ全幅ヲ占メ、河ノ上流ニ向ツテ凹形

ノ曲面ヲ呈シ、時トシテハ流向ニ傾斜シタ方向ニ進展スルコトモアル。是レ河ノ流速ノ大ナル部分ニ於テ此河津浪ノ速度ガ遲メラレル爲デアル。

河津浪ガ充分深イ河中ヲ傳播スル時ハ其形モ順滑デアル爲メ時トシテ水ノろーらーナド、呼バレルコトサヘアル。然ルニ深サガ可ナリ淺クナレバ河津浪ハ碎波トナリ、之ニ反シテ若シ深サガ漸次增加スレバ河津浪モ亦漸ク衰弱シ、終ニ消滅スル。

河津浪ガ一地點ヲ通過スレバ其水面ハ幾ラカ高クナル。然シ此水面ハ一般ニ河津浪ノ高サヨリ低イ。而シテ河津浪ノ浪頭ノ次ニ來ル高イ波頂ノ全波高ハ殆ド前ノ波頭ノ高サノ 3 倍ニ等シイ。こもあガせーぬ河ノ河津浪ヲ研究シテ嘗テこーでべっく (Caudebec) ニ於テ低潮ノ上 2.17 米ニ上ツタガ河津浪ノ通過シタ後水面ハ 1.48 米高クナツタ。或ハ 2.17 米ノ 2/3 ハ 1.45 米ニ等シク、前ノ水面ト殆ド相等シイ。

ふぁんぢー灣ニ開口スルぷちー こぢあっく河 (Petit Codiac) ニ於テハ河口カラ 24 粁ノ上流地點もんくとん (Moncton) ノ河津浪ハ高サ 3 米ニ達シ、其中最下ノ 1 米許ハ第二百廿一圖ニ示ス如ク A カラ B 迄壁立シ、自餘ノ 2 米 B カラ波頂 C 迄ハ多少ノ階段狀ヲ保ツテ居ル。此處ニ於テ津浪ノ傳播速度ハ毎秒 3.8 米位デアル。

ω ヲ河津浪傳播ノ速度、v ヲ河津浪ニ伴フ漲潮流ノ速度、原水深ヲ H, 波高ヲ h トスレバ容積不變ノ理カラ

$$\frac{v}{\omega}=\frac{h}{h+H} \qquad [401]$$

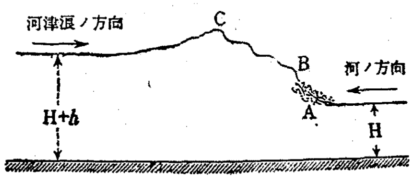
ばざん (Bazin, H.) ハぱるちおー (Partiot) 及ぽあれー (Poirée) ノ觀測材料ヲ用ヒテ河津浪ノ速度 ω ヲ

$$\omega=\sqrt{g(H+h)}-U \qquad [401']$$

カラ見出シタ。此ニ U ハ退潮ノ速度ヲ表ハス。但シ之ハ普通ノ河潮ノ傳播速度デアル。例ヘバ $U=0.4$ 米/秒、$H=3.3$ 米 $h=0.4$ 米トシテ $\omega=5.62$ 米/秒ヲ得タガ、實際ニハ 5.36米/秒デアツタ。而シテ單位時間内ヲ流ルヽ退潮ノ量ハ HU デ、河津浪ノ遡ル水量ハ $h\omega$ デアル。$h\omega \gtreqless HU$ ニ從ヒ、河津浪ハ起リ又ハ止ム。

前ニ述ベタ如ク、佛蘭西デハ之ヲばる (La Barre) 又ハますかれー (le-Mascaret) ト云ヒ、せーぬ河口ハ此河津浪ヲ以テ最モ有名デアル。又あまぞん河口ノぽろゝか (Pororoca), 支那浙江省錢塘江ノ河口杭州ニ於ケル海嘯等皆是デ、殊ニ大潮ノ時最モ高ク轟然タル泡聲流音ヲ聞クベク、屢々護岸ヲ崩壞シ工作物ヲ粉碎スルコトガアル。

河津浪ノ高サハあまぞん河口ニ於テ 5 米ニ達シ、錢塘江口デ 8 乃至 10米ノ壁立セル倒潮ヲ見、せーぬ河口デハ 3 米ノ高サニ達スルコトガアル。其進行速度ハ毎秒 7 乃至 8 米ニ達スルコトガアツテ、船舶ニモ危害ヲ與ヘルコトガアル。ふぁんぢー灣　開口セルぷちーこぢあっく河(Petit-Codiac)デハ、河口カラ 24 粁ノ上流地點ナルもんくとん (Moncton) ニ於テ河津浪ハ 3 米ノ高サヲ有シ、其中最下ノ一米許ハ (第二百二十一圖 A ヨリ B 迄) 壁立シ、自餘ノ 2 米ハ B カラ波頂 C マデ階段狀ヲナシテ居ル。此處ニ於ケル津浪ノ傳播速度ハ毎秒 3.8 米位デアル。ぱるちおー (Partiot) ガせーぬ河ノ或ル河津浪ヲ記セル處ニ依レバ高サ 2.18 米ノ波ガ 5. 6 個相續テ、其波頂ガ中間ノ波谷ヨリ 1.5 乃至 2.0 米程高イ。津浪ノ經過シテカラ 2.25 分許デ水面ハ急ニ 1.68 米高クナツタ。之ヲ要スルニ河口灣ノ淺洲又ハ水深ノ少ナイ所ニ潮浪ガ侵入シ來



第二百二十一圖　もんくとんノ河津浪

レバ波頂ト波谷ノ進行速度ガ異ナリ、波頂ハ波谷ヨリモ速イ爲、波相ガ對稱ヲ失ツテ終ニ壁立進行スルニ至ルノデアル。殊ニ河水ノ流向ガ潮浪ノ方向ト相反スル處デハ波谷ハ著シク其進行ヲ妨ゲラレル。

上流ニ遡ル程河津浪ハ弱ツテ低クナル。唯あまぞん河ノ如ク數百粁ノ上ニ遡ルノハ稀有ノコトニ屬シ、普通 20 又ハ 30 粁位遡ルニ過ギヌ。ぷちーこぢあっく河デハすとーにー　くりーく (Stoney Creek) ナル河口カラ 13 粁ノ處デ河津浪ガ起リ、其上流 34 粁ノさりすぶりーじぁんくしょん (Salisbury Junction) ニ終ツテ居ル。而シテ河津浪ハ河床ガ狹クテ淺イ處ニ起ルモノガ多ク、必ズシモ河口トノミハ限ラヌ。

ろーど　れーれーハ河津浪ノ起ル前ノ流速ヲ無イモノトシテ、其速度 ω ヲ次ノ如ク定メタ。

$$\omega=\sqrt{\frac{1}{2}g\frac{(2H+h)(H+h)}{H}} \qquad [402]$$

又河津浪ノ後ノ潮流ノ速度 v ハ

$$\left.\begin{aligned} v=&\sqrt{\frac{1}{2}g(2H+h)\frac{(H+h)}{H}} \\ &-\sqrt{\frac{1}{2}g(2H+h)\frac{H}{(H+h)}} \end{aligned}\right\} \qquad [403]$$

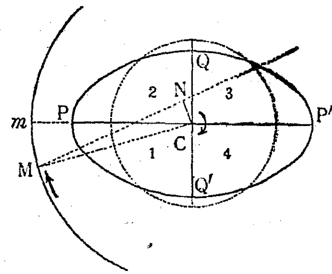
ぼあれかんーモ亦波頂波谷ノ進速ノ遲速カラ河津浪ヲ論ジテ居ル。

河津浪ヲ組立テル連續シタ波ハ海灣ノ形ヤ深サナド及河口ノ狀態ナドニ依リ、又潮波ノ速度ナドニ依ツテ生ズルモノデ、凡テノ河川ニ通有ナルモノデハナイ。

225. 潮汐摩擦　固體ハ凡ベテ應力ヲ受ケテ多少變形スルガ、若シ完全ナル彈性ヲ有スルモノナラバ應力ヲ除ケバ再ビ原形ニ復スル。而シテ地球ハ完全ナル彈性體デモ又ハ不完全ナル彈性體デアルトモ起潮力ノ爲ニ變形スル

コトハ免レ得ナイ。へっかー (Hecker, O.) ノ業績ハ此方面ニ光明ヲ投ゲタモノヽ如クデアル。

不完全ナル彈性又ハ粘性ヲ有スル地球ノ上ニ潮汐ガ移動スル爲メ勿論摩擦抵抗ヲ受ケテ居ル筈デ、大洋ノ潮汐ハ必ズヤ此事實ガアル。今第二百二十二圖ニ於テ C ナル惑星ノ周圍ヲ M ナル衛星ガ矢ノ方向ニ回轉シツヽアルモノトシ、其軌道ハ此紙面ニ在ルモノトスル。惑星ノ回轉ハ衛星ヨリモ速イカラ 1 日ハ 1 ケ月ヨリ短イ事ハ明カデアル。而シテ惑星ガ全然液體カラ成ルカ又ハ衛星ノ直下又ハ殆ド直下ニ高潮ヲ生ズル樣ナ深サノ大洋ヲ有スルモノトスレバ衛星ガ m ニ來テ而カモ摩擦ガ無ケレバ惑星ハ膨レテ圖ニ示ス樣ナ楕圓體トナリ、前ノ球ヲ切ルコトヽナル。潮ノ爲ニ海面ガ膨出スル狀態ハ勿論此ニ誇大ニ示サレ、且ツ衛星モ非常ニ惑星ニ近ク描イテアル。若シ液體ニ摩擦ガアレバ潮ハ前ニ述ベタ樣ニ衛星ニ相對追從スルコトガ出來ナイデ、此潮ノ遲レヲ生ズル。卽チ衛星ガ子午線又ハ正南ヲ通過シテ後若干時ヲ經テ始メテ高潮トナルデアル。今衛星ガ第一象限內ニ有ルモノトスレバ突出點 P ハ P′ ヨリモ衛星ニ近ク、凹陷點 Q ハ Q′ ヨリモ衛星ニ遠イ。從テ衛星ニ對スル惑星ノ合成力ハ MN ノ如キ線ニ在ルベク、惑星ニ對スル衛星ノ作用又ハ力ハ相等シク且ツ相反シテ NM 內ノ力ハ惑星ノ中心ヲ過ギラズ惑星ノ回轉ニ對シテ之ヲ遲メル偶力ガ出來ナケレバナラナイ。此偶力ノ量ハ挺距ノ長サニ依ツテ異ナル。是レ卽チ潮汐摩擦偶力ト呼ブベキモノデ潮高及衛星ノ距離ニ依ツテ異ナル理窟デアル。又潮汐膨出ノ高サハ衛星ノ距離ノ 3 乘ニ反比シ、衛星ニ近イ突出ト遠イ突出ニ對スル衛星ノ引力ノ差ハ亦距離ノ 3 乘



第二百二十二圖
衛星ト潮汐

ニ反比スル。從テ潮汐摩擦偶力ハ衛星ノ距離ノ 6 乘ニ反比スル勘定デアル。M ニ働ク力ヲ CM ノ方向ト之ニ直角ナル方向トニ分解スレバ垂直分力ハ衛星ノ速度ヲ加速スル傾向ヲ有シ、C ニ向テ中心力ノ爲ニ引戾サレルヨリハ寧ロ C カラ遠クニ衛星ヲ追遣ル傾向ヲ持ツテ居ル。衛星ハ螺線ヲ描キ殆ド圓ニ近イ軌道ノ上ヲ運行スル。次ニ地平分力卽チ CM ニ沿ウタ力ヲ螺線ニ接線ノ方向及垂直ノ方向ニ分解スレバ其接線ノ方向ノ分力ハ衛星ノ速度ヲ遲メル傾向ヲ有シ、之ニ反シテ前ニ述ベタ如ク妨ゲル力ハ之ヲ加速スル傾向ヲ持ツテ居ル。二物ノ間ノ引力ノ法則デハ遲メル方ハ早メル方ヨリ大キクナケレバナラナイ。潮汐摩擦ノ作用ハ稍々矛盾シテ居ル樣ダガ精密ニ直線速度及角速度ノ加速ノ反對デ抵抗ヲ與ヘル媒質ヲ通ジテ動ク所ノ衛星ノ距離ノ減少ノ反對デアル。潮汐摩擦ハ斯クシテ惑星ノ回轉ヲ減少シ、衛星ノ距離ヲ增シ軌道上ノ角速度ヲ減少スル。二ノ角速度ノ減少ノ割合ハ一般ニ頗ル異ツテ居ル。若シ衛星ガ惑星ニ近ケレバ衛星ノ週期又ハ一ケ月ノ增加率ハ惑星ノ廻轉ノ週期又ハ一日ノ增加率ニ比スレバ大キイ。然シ若シ衛星ガ惑星ヨリ遠カレバ之ニ反スル。從テ若シ衛星ガ惑星ニ非常ニ近ク動出スナラバ其一ケ月卽チ惑星ヲ一回轉スルニ要スル時間ハ惑星ノ一回轉スル一日ヨリモ稍々長ク、衛星ガ遠カルニ從ヒ其一ケ月ハ直チニ增加シテ數日ヲ要スベク、一ケ月ノ日數ハ最大トナツテ減少スル。終ニ二ノ角速度ハ減退シテ第二ノ相等トナリ、一日ト一ケ月トハ相等シクナリ、且ツ非常ニ長クナル。

衛星ニ面シタ處ニ低潮ガ起ルナラバ摩擦ハ潮ヲ遲メル代リニ之ヲ早メテ居ルトモ考ヘラレ、前ノ論議ハ此反潮ニモ等シク適用サレル。

潮汐摩擦ノ爲ニ地球ノ回轉ガ如何ナル程度ニ遲メラレルカハ充分明瞭デナイ。兎ニ角潮汐摩擦ノ爲ニ地球ノ周圍ニ於ケル月ノ角速度ハ遲クナル。今地上ノ觀測者ハ地球ノ回轉ヲ以テ時刻ヲ定メルノデ、月ノ角速度ノ眞ノ遲滯ヲ

加速度ト考ヘル。今月ノ角速度ノ眞ノ加速ナルモノガアル。此加速度ハ太陽ノ周圍ヲ廻グル地球ノ軌道ノ楕率ガ徐々トシテ變化スルノニ基ヅイテ居ル。數千年ノ後ニハ此加速度ハ轉換シテ遲レトナルベク、而カモ今後將來ニ亘ッテ永イ間續クベキデアル。此眞ノ加速度ノ量ハ月及地球ノ運動ガ眞ニ良ク解カレバ知ラレル筈デアル。らぷらーすハ斯クシテ潮汐摩擦ノ量ヲ計算シ得タト自認シタガ、あだむす (Adams, J. C.) ハらぷらーすガ誤ッテ僅カニ半分ヲ取ッタコトヲ指摘シタ。

斯クノ如ク月ノ運動ノ加速度ニハ引力ヲ以テ説明ノ出來ナイ部分ガアリ、之ハ潮汐摩擦ニ歸スベキモノカモ知レナイガ其正シイ量ハ未ダ正確ニ知ラレナイ。地球ノ廻轉速度ヲ增ス樣ナ傾向ヲ生ズル所ノ反對ニ働ク影響ガアッテ其爲ニ此非常ニ小サイ量ノ加速度ガアルコトハ不可能デハナイ。冷却ノ爲ニ地球ガ收縮シ、之ガ爲ニ斯カル回轉速度ノ增加ヲ起スコトモ亦有リ得ベキコトデアル。然シ之ヲ要スルニ潮汐摩擦ノ爲ニ生ズル各種ノ變化ハ人間一代ノ間ニハ起ラズ、數代又ハ數百萬年ニ亘ラナケレバ解ラナイ問題デアル。

潮汐摩擦ノ爲ニ惑星ニ近イ位置カラ衞星ハ段々遠クナッタコトヲ説明スルコトガ出來ル。此理窟ヲ月ト地球ノ場合ニ適用スレバ月ハ嘗テ非常ニ近ク地球ニ接近シテアッタコトガアリ、更ニ一歩ヲ進メレバ其ノカミ月ガ地球カラ分離シタモノデアルコトガ知ラレル。

226. 地潮　起潮ぽてんしやるハ 198 ニ述ベタ如ク地球ノ中心カラノ距離ノ自乘ニ比例シ、之ニ應ジタ力ハ其全質量ノ各點ニ働イテ居ル。然ルニ地球ハ 4 ニモ述ベタ如ク絶對剛性ヲ有セズ潮汐ノ爲ニ彈性變形ヲ受ケルコトハ可能ナル事實デアル。彈性球體ガ應力ヲ受ケテ歪又ハ變形ヲ生ズル問題ハ始メテらめー(Lamé, G.) ガ之ヲ解イタケレドモ物理的説明ニ乏シカッタ。其後けるびん卿ハ之ト無關係ニ解決ヲ求メテ地球ニ關スル興味アル結論ヲ得ルニ

至ッタ。

今半徑 R 密度 γ ノ彈性球體ガアッテ其積彈率及剛性率ヲ夫々 k 及 n トシ、此球ガ其單位容積ニ對シ $\tau\gamma R^2\left(\sin^2\lambda-\frac{1}{3}\right)$ ニ等シイぽてんしやるニ依ル力ヲ受クルモノトスル。但シ此ニ τ ハ或係數、λ ハ緯度ヲ表ハシ、此球ニ生ズル變形ヲ求メル。潮汐ノ場合ニハ $\tau=\frac{3}{2}\frac{m}{r^3}$ デ m ハ月ノ質量、r ハ地球ノ中心ト月ノ中心ノ間ノ距離ヲ表ハス。回轉ノ場合ニハ $\tau=-\frac{1}{2}\omega^2$ 此ニ ω ハ極軸ノ周リノ角速度ヲ表ハス。表面ニ對スル等式ハ

$$\rho=R\left[1+\frac{15\gamma R^2}{19n}\left\{1+\frac{\frac{6}{95}\frac{n}{k}}{1+\frac{4}{57}\frac{n}{k}}\right\}\tau\left(\sin^2\lambda-\frac{1}{3}\right)\right] \qquad [404]$$

多クノ固體ニ於テ其積彈率ハ剛性率ヨリモ著シク大キイカラ k ニ比スレバ n ヲ閑却シテ差支ガナイ。此近似法ニ依リ表面ノ楕率 e ハ

$$e=\frac{5\gamma R^2}{19n}\tau \qquad [405]$$

今球ガ重リヲ備ヘテ居ルモノトシ、$\mathfrak{r}$ 及 $\mathfrak{g}$ ヲ次ノ如キモノトスル。

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{r}&=\frac{19n}{5\gamma R^2}\\ \mathfrak{g}&=\frac{2}{5}\frac{g}{R}\end{aligned}\right\} \qquad [406]$$

此ニ g ハ地球ノ表面ニ於ケル重力ヲ表ハス。若シ彈力ガナケレバ楕率ハ $e=\frac{\tau}{\mathfrak{g}}$ カラ見出サレ、又重力ガナケレバ $e=\frac{\tau}{\mathfrak{r}}$ カラ見出サレル。然ルニ重力ト彈性ハ双方共ニ作用シテ居ルカラ

$$e=\frac{\tau}{\mathfrak{r}+\mathfrak{g}}=\frac{\tau}{\mathfrak{g}}\frac{1}{1+\mathfrak{r}/\mathfrak{g}} \qquad [407]$$

n ヲ鋼ノ剛性率トシ、球ガ地球ノ大サト且ッ同一ノ平均密度ヲ有スルモノトスレバ $\mathfrak{r}/\mathfrak{g}=2$。又硝子ノ剛性ナラバ $\mathfrak{r}/\mathfrak{g}=2/3$。從テ鋼カラ成ルモノト考ヘタ

地球ガ起潮力ヲ受ケタ場合ノ楕率ハ液體カラ成ルモノト考ヘタ場合ノ楕率ノ 1/3 ナルベク、硝子カラ成ルモノト考ヘタ場合ノ楕率ハ液體ノ 3/5 ニ等シイ。今球ヲ被覆スルニ大洋ノ水ヲ以テシタナラバ固體潮ノ上ニ液體潮ガ現ハレ、其差ガ目ニ見エル潮汐トナル理窟デアル。故ニ又鋼體ノ場合ニハ大洋ニ起ル潮汐ハ 2/3 ニ減少シ、硝子球ノ場合ニハ剛性地球ノ潮汐ノ 2/5 トナル勘定デアル。

中心核ガ歪ミヲ起サズ、之ヲ大洋ガ被覆シタ場合ノ大洋ノ潮汐ヲ計算スルコトハ一般ニ不可能デアルガ、らぷらーすハ潮汐摩擦ノ爲ニ長期潮ヲ生ジ、之ガ平衡論ニ符合シテ居ルト述ベタ。此考ニ基イテだーゐんハ各港ヲ 33 年間觀測シタ長期潮ヲ研究シテ歪マザル地球ノ上ノ潮ノ 2/3 ニ等シイコトヲ見出シタ。是レ地球ノ彈性ガ鋼ニ等シイコトヲ示シテ居ル。しゅゑーだーモ亦此計算ヲ繰返シテ殆ド同一ノ結果ヲ得タト云ハレテアル。但シらぷらーすノ論議ハ尚ホ不確デ、其結論モ亦疑ハシイ。然シれーれーハ大洋ノ中ニ大陸ガ介在シテアル爲メらぷらーすガ摩擦ニ歸シタト同一ノ結果ヲ生ズルコトヲ說明シテ以上ノ結果ガ確カデアルコトヲ證明シタ。

緯度ノ變化ト云フ全然異ツタ方面カラ推論シタ所ニ依ルモ亦地球ガ鋼ト殆ド同一ナル剛性ノモノデアルト云フ結論ニ達スルト言ハレテアル。

227. 氣潮 地球ヲ圍ム大氣モ亦起潮力ノ爲ニ全體ノ變形ヲ來シ、從テ地球ニ於ケル氣壓ノ變化ヲ生ズベキ理窟デアル。是レ即チ氣潮又ハ氣象潮デアル。然シ氣壓ノ變化ハ以上ノ外ニ種々ノ原因ガアル爲メ、其現象ハ非常ニ複雜デ單ニ氣潮丈ケヲ取出スコトハ稍々困難ナルノミナラズ其潮差モ亦一般ニ甚ダ小サイ。

228. 潮力發電 水量ト高サガアレバ其えねるぎーニ依リ發電シ、動力ヲ得ルコトガ出來ル。潮汐ハ亦其干滿ヲ利用スレバ潮力發電ヲ爲スコトガ出

來ル。之ニハ四種ノ方法ガアル。浮子式、潮流式、壓氣式及潮池式ガ是デアル。

浮子式ハ昇潮ノ際ニ一定ノ重量ヲ有スル浮子ヲ浮シテ或高サニ揚ゲ、降潮ノ際杆桿又ハ齒車ヲ用ヒテ、浮子ノ重力ニ依リ仕事ヲ爲サシメルモノデ、其原理ハ非常ニ簡單デアルガ、實際ニハ効力ガ少イ、第十九世紀ノ前後兩半期ニ英佛諸國ニ研究セラレタルモノハ此種ノモノデアル。

潮流式ハ潮流ノアル箇所ニ舟筏ヲ碇着セシメ、之ニ一箇又ハ數箇ノ翼車ヲ取付ケ、潮流ヲシテ翼車ヲ廻轉セシメ車軸ニ力ヲ傳達スル方法デアル。前式ヨリハ稍々優ツテ居ル樣デアルガ、大規模ノ發電ハ困難デアリ、潮流ノ無イ時間モ少クナイノデアル。

壓氣式ハ適當ナル構造ノ密閉氣室內ニ潮汐ヲ昇降セシメ、之ニ依ツテ空氣ヲ壓縮シ、其壓氣ヲ利用スル方法デアル。前記兩式ヨリハ稍々良好デアルガ、出力極メテ少ク、其使用範圍ハさいれん用ノ程度ニ過ギナイ。第十九世紀ノ中葉以後ニ英佛諸國ニ於テ此方法ニ依ル特許ガ可ナリ多ク現ハレタ。

潮池式ハ海中ノ島嶼ナドヲ利用シテ堰堤ヲ連ネ、感潮河口ノ一部又ハ强潮海ヲ締切ツテ、一個又ハ二個以上ノ潮池ヲ造リ、適當ノ箇所ニ閘門及發電所ヲ設ケテ外海潮位ノ變化ニ順應シ、閘門ヲ開閉シテ各潮池及外海ノ間ニ生ズル水面ノ高低差ト是等潮池間ニ出入スル海水ヲ利用シ、之ニ依ツテ發電スル方法デ、潮力利用ノ諸式中最モ多量ノ出力ヲ得ラレル。

英國ノ水力資源調査會ノ發表シタ計劃ニ依レバ、せゔるん (Severn) 河口ニ潮池ヲ作リ、此世界有數ノ大干滿ノ差ヲ利用シ、100 萬馬力ヲ得ントシタモノデアル。又佛蘭西ぶれたーにゅ (Bretagne) ノ北海岸あーべる ぶらっは (Aber Vrach) ノ河口ニ發電所ヲ設ケ 2200 馬力ヲ得ントシタ。朝鮮仁川ニ近イ江華島附近ニ於テ約 2500 町步ノ區域デ平均 4500 馬力ノ發電能力ガア

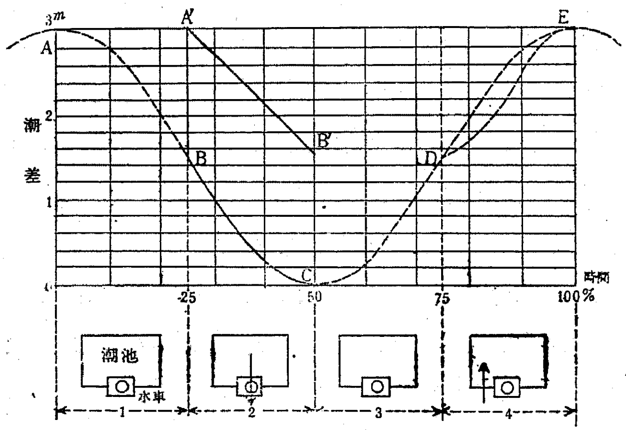
ルコトガ調査發表セラレタ。

潮池式發電ノ方法ヲ分ケテ干滿ノ內若干時間ニ限ル所ノ斷續式及干滿全部ニ亘ル所ノ連續式ノ二種トスルコトガ出來ル。斷續式ハ一個ノ潮池ヲ用ヒ連續式ハ二個以上ノ潮池ヲ用ヒル。

1. 斷續式	單潮池	A. 單流式
	同	B. 複流式
2. 連續式	二潮池	C. 單流式
	同	D. 複流式

229. 潮池式發電ノ理論 **斷續單流式** ハ一箇ノ潮池ヲ用ヒテ水門及發電所ヲ備ヘ、外海カラ潮池ニ海水ヲ導入レルカ、又ハ潮池ノ水ヲ外海ニ流出セシメルモノデ、前者ハ流入法ト云フベク、後者ハ流出法ト呼ブコトガ出來ル。

流出法ニ於テハ昇潮ノ際ニ水門ヲ開イテ外海ヨリ海水ヲ潮池ニ容レ、降潮ノ際ニハ水門ヲ閉ヂテ池ト海トガ一定ノ落差ヲ生ジタ後、潮池ノ水ヲ水車ヲ通ジテ流出セシメルノデアル。流入法ニ於テハ海ト池トノ關係ハ前ト逆ニナリ運轉ノ狀態ハ同一デアル。

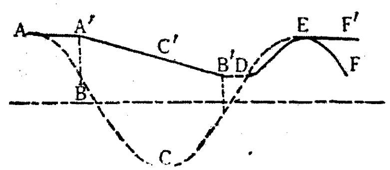


第二百二十三圖 定落差斷續單流式

定落差ヲ以テ水車ヲ働カセルニハ海水位ガ恰カモ半潮差又ハ平均水位ニ下ツタトキ水門ヲ開ク。第二百廿三

圖ニ於テ ＡＢＣＤＥ… 等ハ外海ノ潮位ヲ表ハシ、假ニ潮差ヲ 3 米トスル。始メ潮池ハ其水位ガ殆ド外海ノ高潮ト同一水位ノ A′ マデ滿水シテアルガ、外海ノ潮位ハ半潮差丈ケ降ツテ B ニナツタ時、水門ヲ開ケバ水車ハ運轉ヲ始メ、潮位ガ低潮 C トナルマデ繼續シ、C ニ於テ水車ヲ閉ヂル。潮位ガ潮池ト同水位トナツタ D ニ於テ、再ビ水門ヲ開イテ海水ヲ潮池ニ入レ、E ノ高潮ニナツテ更ニ水門ヲ閉ヂ、潮位ガ平均水位ニ降ツタ時潮池ハ前ノ A′ ト同樣ニ運轉スル。此方法ニ於テハ一太陰日 24 時間 50 分ノ間ニ凡ソ其 4 分ノ 1 卽チ 6 時間 12 分丈ケ運轉シ得ルノデアル。

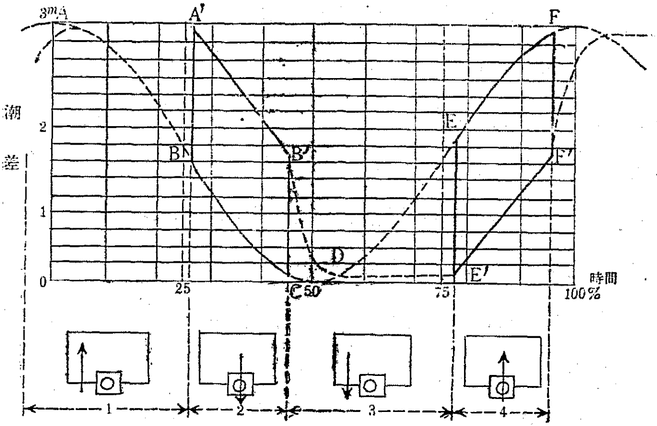
前ノ如ク落差ヲ一定トセズ、最小最大落差ノ範圍內ニ水車ヲ運轉セシメレバ其運轉時間ハ多クナル。第二百廿四圖ニ於テ B ガ 1.2 米丈ケ高潮 A ヨリ降ツタ時水門ヲ開キ、低潮 C ノ時潮池ノ落差ハ 2.5 米トナリ、海水ハ上昇ヲ始メテ B′ ニ於テ 1.2 米トナル迄繼續スル。之ニ於テ水門ヲ閉ヂ、DE ノ間潮池ニ水ヲ入レテ A′C′ 及 C′B′ ハ各 7 時間 9 分トナリ、24 時間 50 分ノ間ニ運轉時間ハ 14 時間 18 分トナル。



第二百二十四圖 不定落差斷續單流式

斷續複流式ニ於テハ一個ノ潮池ノ外ニ水門及發電所ヲ備フルコト前式ト同ジデアルガ、發電所運轉休止中ノ短時間ニ水門ヲ開イテ海水ヲ潮池內ニ取入レ、又ハ貯水ヲ外海ニ排出スル。而シテ發電ハ昇潮及降潮ノ際共ニ之ヲ行ヒ、殆ド潮力ノ全理論馬力ニ近イモノヲ發生シ得ルノデアル。第二百廿五圖ノ A ノ高潮水位ト同ジク潮池ノ水位ヲ A′ トシ、水門ヲ閉ヂテ潮位ガ半潮差丈ケ降ツテ B トナツタ時、潮池デハ A′ カラ水車ノ運轉ヲ始メテ潮位ガ C ニ達シタ時水門ヲ開ケバ潮池ノ水位ハ B′ ヨリ D ニ降ル。是ニ於テ水門ヲ閉

ヂ潮位ガ半潮差 E ニ達スルマデ潮池ヲ其儘持續スル。海水位ガ E ニ至レバ水車門ヲ開キ流入法ト同ジク海水ハ F、潮池ハ F′ 迄水車ヲ運轉シテ水車門ヲ閉ヂ、水門ヲ開ケバ池ハF′ト同ジク高潮々位ヲ有スルニ至ル。此方法デハ潮池ノ B′ カラ D マデ及 F′ カラ F マデ短時間ニ海水ヲ流出及流入セシメルコトガ必要デアル。

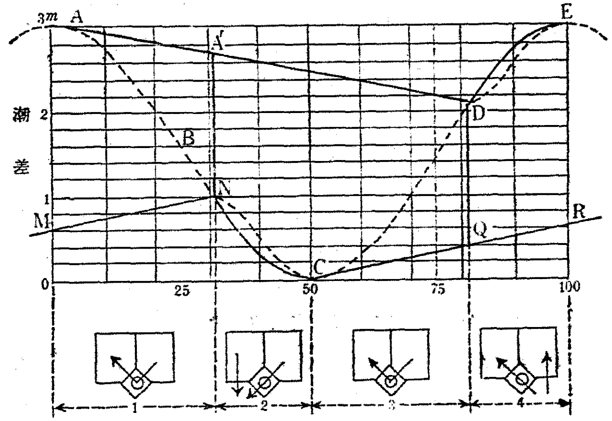


第二百二十五圖　斷 續 複 流 式

此方法デハ 24 時間 50 分ノ中凡ソ 12 時間 25 分丈ケ發電スルコトガ出來ル。

連續單流式ハ一般ニ高潮池及低潮池又ハ更ニ多クノ潮池ヲ利用シテ發電所ノ運轉休止時間ヲ除クモノデ、其最モ簡單ナルモノハ單流式デアル。本法ニ於テハ水門及發電所ノ外ニ高低兩潮池ヲ有シ、外海潮位ガ高潮池水位ヨリ高イトキハ常ニ高潮池內ニ海水ヲ取入レ、同時ニ發電所ヲ通ジ外海カラ低潮池ニ流入發電シ、外海潮位ガ低潮池水位ヨリ低イ場合ニハ、常ニ低潮池カラ海水ヲ外海ニ排出シ、同時ニ高潮池カラ發電所ヲ通ジ外海ニ放出シテ發電スル。其他ノ場合ニハ高潮池ヨリ發電所ノ連絡運轉ヲ爲ス。第二百廿六圖ニ於テ A A′ DE′ ……ハ高潮池ノ水位ヲ示シ、MNCQ R……ハ低潮池ノ水位ヲ示シテ居ル。高潮池ノ運轉ハ A カラ A′ マデハ低潮池ニ向ツテ水車ヲ動カシ、A′ カラ D マデハ外海及低潮他ニ向ツテ水車門ヲ開キ、D カラ E マデ外海ノ水ヲ引入レル。又低潮池ノ方ハ N ヨリ C 迄水門ヲ開イテ潮池ヲ空虛ニシ、C

ニ水門ヲ閉ヂ、C カラ Q マデ高潮池ノ水ヲ容レ、Q カラ滿潮卽チ R マデ外海ノ水ヲ容レテ水車ヲ動カス。以上ノ方法デハ不定落差デ連續運轉ヲ行フモノデアル。

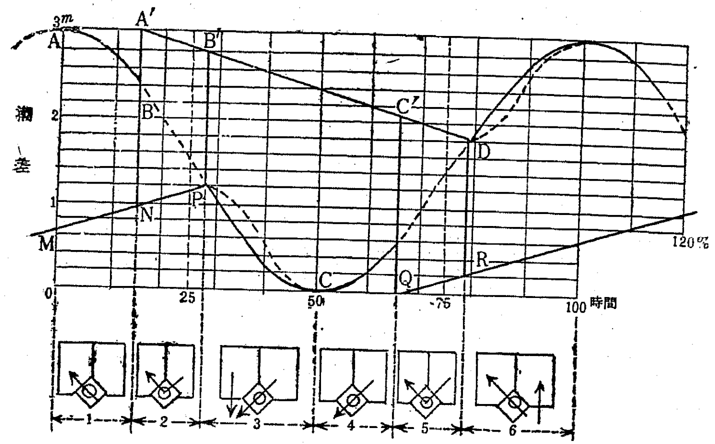


第二百二十六圖　連 續 單 流 式

連續複流式

前法ノ變形デ前ノ運轉方法ノ外、外海潮位ガ高潮池水位ヨリ低イ場合ニ於テモ或期間ハ發電所ヲ通ジテ低潮池ニ放出シ、外海潮位ガ低潮池水位ヨリ高イ場合ニ於テモ或期間ハ貯水ヲ高潮池カラ發電所ヲ通シテ外海ニ放出シテ出力ヲ大ナラシメルコトガ出來ル。第二百二十七圖ハ其運轉ノ狀態ヲ示シタモノデ、高低兩潮池ノ面積ノ比ヲ 1：10 ノ如クスルコトガ出來レバ低潮池ノ水位ノ上昇ハ甚ダ少ク、外海ト低潮池ノ間ノ落差ハ常ニ大ク又高低兩潮池ノ間ノ落差モ大キイ爲メ、大ナル出力ヲ得ル勘定デアル。卽チ潮位 A カラ B マデ、及ビ高潮池 A′ カラ B′ マデ水車ヲ通シテ低潮池ニ水ヲ送リ、潮位ト低潮池ノ水位ノ等シイ P ニ於テ水門ヲ開キ水位ヲ C 迄下ゲル。次ニ B′ カラ C′, C′ カラ D マデ高潮池ノ水ヲ夫々外海及低潮池ニ送リ、D 以後ハ外海カラ低潮池ニ送水發電スル。

今 F（方米）ヲ潮池ノ面積、H（米）ヲ潮差、x（米）ヲ一定ノ作業落差トシ、水車ガ低潮マデ運轉スルナラバ落潮ノ間水車ヲ通過スル水量ハ F(H$-x$) 立米デ其利用セラレルえねるぎーハ 1 潮毎ニ 1000 F(H$-x$)x 瓩米デアル。



第二百二十七圖　連續複流式

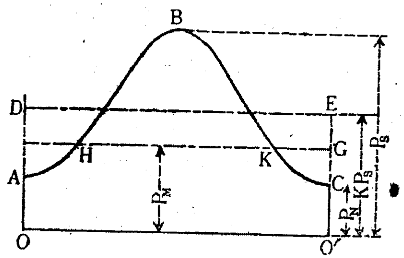
是レ $x = H/2$ ノ時最大デ、換言スレバ作業落差ガ半潮差ニ等シイ時利用えねるぎーガ最大デ、其値 25 F H² 瓩米ニ等シイ。

若シ F ヲ方粁デ表ハシ、水車ノ効率ヲ 75 % トスレバ 1 潮毎ニ馬力時デ表ハシタ出力 N ハ

$$N = \frac{0.75 \times 1000 \times 1000^2\, F H^2}{4 \times 75 \times 60 \times 60} = 696.6\ FH^2 \text{ 馬力時} \qquad [408]$$

半太陰月ノ間各日ノ潮差、作業時間及平均落差ヲ知レバ 1 潮ニ得ラレル馬力時ノ出力ガ知ラレル。此 1 潮毎ノ出力ヲ基線ノ上ニ描ケバ出力曲線ガ得ラレ、此曲線ノ平均ノ高サガ主水車ノ平均出力ヲ表ハスノデアル。

潮汐ノ干滿ガ $\pm h$ ナル昇降ヲ爲シ、平均高 H ナル正弦曲線ニ依ツテ表ハサレルモノトシ、且ツ作業落差ハ潮差ニ比例スルモノト假定スレバ、與ヘラレタ水車ノ能力ヲ以テ 1 潮ニ得ラルル出力ハ大體潮差ノ平方ニ比例ス



第二百二十八圖　潮汐發電出力曲線

ルコト前ニ示シタ通リデアル。今一ノ潮ニ就テ k ヲ定數トスレバ

(1)　　出力 $= k(H + h\sin\theta)^2$

半太陰月ニ對スル平均出力ハ

$$\frac{k}{\pi}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (H + h\sin\theta)^2\, d\theta = k\left\{H^2 + \frac{h^2}{2}\right\} \qquad [409]$$

大潮ノ間ノ出力ヲ P_S 馬力時、小潮ノ間ノ出力ヲ P_N トスレバ

$$(2)\qquad \begin{cases} P_S = k(H+h)^2 \\ P_N = k(H-h)^2 \end{cases}$$

[409] ノ H 及 h ニ P_S 及 P_N ヲ代入スレバ主水車ノ平均出力ハ半太陰月ニ就テ

$$\frac{3(P_S + P_N) + 2\sqrt{P_S P_N}}{8} = KP_S \text{ 馬力時} \qquad [410]$$

例ヘバ大潮ノ潮差ガ小潮ノ 2 倍ナレバ $P_S = 4P_N$, 平均ノ出力ハ $0.594\,P_S$ デアル。若シ $P_S = 8P_N$ ナラバ平均出力ハ $0.51\,P_S$ トナル。第二百二十七圖ノ曲線 ABC ハ $P_S = 4P_N$ ノ場合ノ 1 潮ノ出力ヲ表ハシ、OD ハ半太陰月ノ平均出力ヲ示スモノデアル。

若シ主水車ノ出力ノ p % ヲ貯藏シテ再ビ之ヲ發電ニ利用スルモノトシ、q ヲ主水車ガ 1 全潮時ノ間ニ運轉スル小數トシ、P_M ヲ 1 全潮時ニ馬力時デ表ハシタ平均出力トスレバ P_M ハ面積 OAHKCO′ ノ平均ノ高サノ q 倍ニ等シカルベク、OF ハ P_M ヲ表ハス。平均ノ高サヲ X トスレバ

貯藏出力ノ減損 $= \frac{p}{100}\left\{KP_S - qX\right\}$

分配式ノえねるぎー $= KP_S - \frac{p}{100}\left\{KP_S - qX\right\}$

凡ソ $X = P_M$ デアルカラ

$$P_M = KP_S\left\{\frac{100-p}{100-pq}\right\} \qquad [411]$$

若シ $p = 50\ \%$, 水車ノ運轉時間ヲ 1 潮ニ 5 時間トスレバ $q = 5/12.5 = 0.4$

$$P_M = \left\{ \frac{100-50}{100-20} \right\} K\,P_S = 0.625\ K\,P_S$$

若シ主水車ノ出力ハ凡ソ之ヲ潮池ニ汲揚グルニ用ヒレバ $0.50\ K P_S$ ノ出力ヲ得ベキデアル。

若シ $P_S = 4P_N$ トスレバ $K = 0.594$, P_M ノ値ハ $0.371\ P_S$ 又ハ $1.48\ P_N$ トナル。

1 潮ニ 10 時間運轉セシメ得ルモノナラバ P_M ハ $0.835\ K P_S$ ニ等シク，主水車ノ出力ヲ凡テ貯水ニ用ヒタ場合ノ出力ヨリハ 66% 大キイ。

第五節　海　流

230. 海流ノ流速及大サ　波浪ニ於テハ水分子ガ其靜止ノ狀態カラ前後ニ振動シテ行キツ戻リツスルニ反シ、海流ニ於テハ水分子ハ一地點カラ他ノ地點ニ移動シテ遠クニ去ル。

海流ニハ其水溫ニ依ツテ**暖流及寒流**ノ區別ガアル。暖流ノ中デ最モ有名ナルモノハめきしこ灣流及黑潮デアル。寒流ハ兩極カラ來ル所ノモノヲ含ム。又海流ニハ表面ヲ流ルヽ**表流**ト深イ處ヲ流ルヽ**潜流**トガアル。

海流ノ流速ハ頗ル少イ。其最大ナルめきしこ灣流又ハふろりだ海流デモ一晝夜 120 海里 (第四章 **129** ニ從ヒ、我地球ノ通極象限ノ長ヲ 10002100 米トスレバ 1 海里ハ一般ニ子午線ノ平均一度ノ長ノ六十分一デ 1852.24 米又ハ端數ヲ切捨テ 1852 米トスル) 又ハ毎秒 2.57 米ニ過ギナイ。又亞弗利加ノ南部ナルあがらす海流 (Agulhas str.) ハ毎時 3.7 海里或ハ毎秒 1.9 米ナルコトヲ知ラレタ。故ニ是等非常ニ大ナル流速ヲ有スル海流デモ風速トハ殆ド比較ニナラヌ。又どなう河ノゐーん市ニ於ケル高水位流速ハ毎秒 2 米ニ近

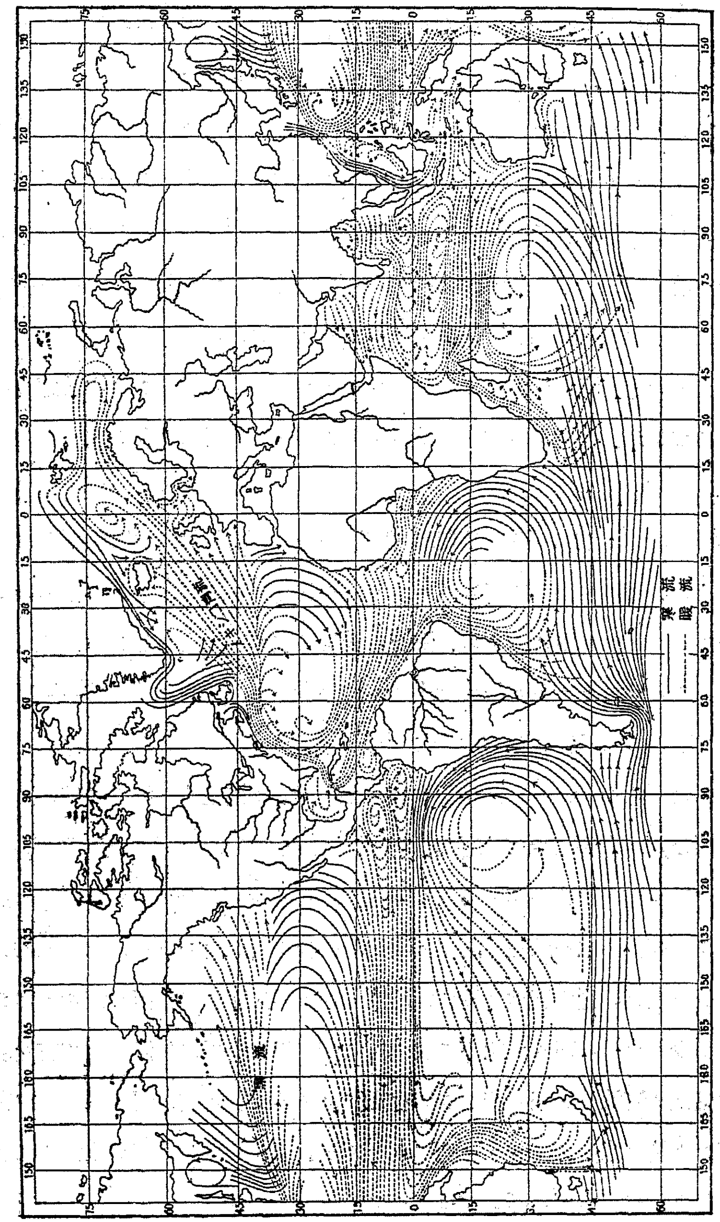
イカラ、速度ノ大ナル海流ハ稍々河ノ流速ニ近イガ、而カモ一般ニ海流ハ其速度ガ甚ダ小デ、之ヲ認識スルコトサヘ困難ナコトガアル。

海流ノ大サハ甚ダ大デ、其幅ハ數百粁ニ亘リ、其長サハ一大洋カラ他ノ大洋ニ達スルモノガ多イ。然シ海流ハ境界ガ明瞭ナラヌ爲メ精確ナル寸法ヲ擧グルコトハ困難ダ。而シテめきしこ灣流ヲ除キ海流ノ深サハ甚ダ大ナラズ、表流ハ僅ニ 200 米內外ニ過ギヌコトハ水溫ノ測定カラ能ク知ラレテ居ル。第二百二十九圖ハ世界海流ノ一斑ヲ示シタモノデアル。

海流ノ流速ハ海面ニ大デ、深ヲ增スト共ニ減少スル、但シ最大流速ハ水面ニ在ラズシテ、少シ下ニ在ル。殊ニ海流ノ方向ト反對セル風ガ吹ク時ニ然リトスル。

231. 海水比重ノ差ヨリ起ル海流　一般ニ大洋ノ水ノ比重ノ差ハ極メテ少イガ、是ニハ鹽分ノ差ノ外ニ水溫ノ影響モアル。然シ是等カラ起ル比重ノ差ノ爲ニ啻ニ水中ノミナズ、海面ノ表流ヲ生ズル。之ニ加フルニ風ノ爲ニ海流ハ或ハ助長セラレル結果ヲ生ズル。海水上下ノ溫度ノ差ノ爲ニ溫度セーしゅヲ生ズルノハ嘗テ述ベタ通デアル。

ぺーたーそん (O. Peterson) ノ說ニ依レバ、北極地方ノ海デ融雪ノアル處ハ其鹽分ガ二 14% 過ギナイ。而シテ其ノ比重ハ攝氏 0° デ、1.01123 デアル。然ルニ大西洋ノ鹽分ハ 35 % デ其ノ密度ハ 0° デ 1.02813 ニ達スル。然シナガラ大西洋ノ水ハ天然ノ高溫ノ爲比重ガ少クルナケレドモ、尙北極地方ノ水ヨリモ重ク、從テ極地ニ於テ低緯度ノ地ニ向フ寒流ガ表面ヲ流ルヽノヲ見ルコト少クナイ。而シテ此下ヲ流ルヽ暖流ノ下ニハ再ビ低溫ノ水ガ有ル。蓋シ此低溫ノ潜流ハ由來表流トシテ存在シタモノガ、氷結ノ爲ニ重ク且ツ鹽分ニ富ンダ結果水中ヲ流ルヽニ至ツタモノデ、低溫ノ表流ハ卽チ氷雪ノ融解ノ爲メ輕クナツテ表面ニ浮ンダモノデアル。



第二百二十九圖 世界ノ主ナル海流

比重ノ相違ノ爲ニ出來タ海流ハ小ナ海ト大海又ハ大洋ヲ繫イデ居ル所ノ海峽ニ最モ多ク見出サレル。我國ノ津輕海峽、宗谷海峽及臺灣ト支那ノ間ナル臺灣海峽ナドニ見出サレルモノ卽チ是デアル。

紅海ハ赤道ノ直下ニ近イ爲ニ一年 4 米ノ水分ガ蒸發スルト言ハレテ居ル。從テ其海水ハ鹽分ニ富ミ、此水分ノ缺亡ヲ補充スル爲ニ外ノ海カラ流込マナケレバナラヌ。然ルニすえづ運河ハ狹クテ且ツ淺ク、加フルニ運河ノ中部ニハ紅海ヨリモ更ニ鹽分ニ富ンダびったー湖 (Bitter Lake) ガアル爲、地中海カラ流込ム水量ハ甚少イ。すえず灣ノ北角ニ於ケル海水ハ實ニ 42.7‰ ノ鹽分ヲ含ミ、攝氏 17.°5 ノ溫度デ 1.03263 ナル密度ヲ有シ、最モ鹽分ノ多イノヲ見テモ之ヲ證スルコトガ出來ル。故ニ紅海ハ印度洋カラ專ラ補充ヲ受ケテ居ル。ばぶ える まんでぶ (Bab-el-Mandeb) ノ海峽ハぺりむ島 (Perim Is.) ニ依テ兩分セラレテ居ルガ、東水道ハ狹クテ淺ク、西水道ハ深サ 300 米ニ達シ、幅 12 海里ニ及デ居ル。而シテ印度洋カラ紅海ニ向テ流ルヽ輕イ水ハ表層ニ浮ビ、100 米乃至 180 米ノ下ニハ紅海ノ重イ水ガ反對ニ印度洋ニ向テ流レテ居ル。

ぼすぼらす海峽ハ黑海ト地中海トヲ連テ居ルガ、前者ハ鹽分稀薄デ後者ノ半分ニ過ギナイ。此海峽ノ表流ハ黑海カラ地中海ノ支海まるもら海(Marmora Sea) ニ向テ流レ、潛流ハ之ト反對ノ方向ヲ以テ流レテ居ル。但シ是等ノ海流ハ時季ニ依ツテ變ジ、どなう河ノ高水ノ際ニハ流勢殊ニ大デアル。まかろふ (Makarow) ノ測定ニ依レバぼすぼらす海峽ノ中央淺瀨ノ處デ、其深 42 米ニ過ギナイ。表流ハ毎秒 1.22 米以上ノ流速ヲ以テ流レテ居ルガ深サト共ニ流速ヲ減ジ、24 米ノ深サデ流速ハ零トナリ、是以下ハ反對ノ方向ヲ以テ潛流ガ存在シ、始メ流速ハ急ニ增シテ後徐々ニ增加スル。深 20 米ノ處ニ最大流速ガアツテ毎秒 0.8 米ニ達スル。深 40 米デ毎秒 0.4米ノ速度ヲ持ツテ

居ル。表流ノ比重ハ攝氏 17.°5 ニ改算シテ 10 尋卽チ 18.3 米ノ深サマデ殆ド一定シテ凡ソ 1.015 デアルガ、10 尋乃至 14 尋ナル表流ト潜流ノ界デハ擴散ノ爲ニ比重ガ增シ、14 尋ノ處デ比重方ニ 1.027 ニ及ンダ。以下海底マデ徐々比重ヲ增シ海底附近デ凡ソ 1.031 ノ比重ヲ持ツテ居ル。

ぢぶらるたる(Gibraltar)ノ海峡ヤ、瑞典丁抹間ノかてがっと海峡(Kattegat)等ニモ皆各表流ト潜流トガアル。

232. 風ノ爲ニ起ル海流 風ガ海面ヲ掠メテ吹ケバ波ノ外ニ亦海流ヲ生ズル、是レ空氣ト海面トノ摩擦ノ爲ニ水分子ガ風ノ方向ヘ曳摺ラレテ行クカラデアル。而シテ風ガ陸ニ向テ吹ケバ、海岸ニ於テ跡カラ跡カラト水ハ吹送ラレテ水位ハ高クナリ、時トシテ非常ナル高水位ヲ生ズルコトハ暴風ニ際シテ灣内又ハ瀨戸ナドニ非常ニ高イ水位ニ達スルコトガアルノニ徴シテ知ラレル。殊ニ強イ風ガ永ク吹ク時ヲ最モ然リトスル。斯クノ如ク風ガ陸ニ向テ吹ク時海面デハ風ト同方向ノ表流ガ現ハレルガ、水中若干ノ深サノ處ニハ之ト反對ノ方向ニ流ルヽ所ノ潜流ガ起ル、之ヲ補流ナドヽモ呼ブ。蓋シ補流ハ壓力ノ不平均カラ起ルモノデアル。

若シ又風ガ陸カラ海ニ向テ吹ク時ハ水分子ハ海ニ向テ吹送ラレ、海岸ノ水位ハ下ガル。而シテ此場合ノ補流ハ卽チ海カラ陸ニ向フモノデアル。

淺イ海デハ海底ノ摩擦ノ多イノト、流ルヽ場所ノ少イノトデ補流ガ妨ゲラレ、從テ陸ニ向テ風ガ吹ク場合ニ淺イ汀デハ著シク平均水位ガ高マルコトガアル。1902 年十二月 25 日 26 日ノ颶風ハ丁抹ノ海岸ヲ吹荒シテかてがっと海峡ノ水位ヲ高メ、ぜーらんど島 (Seeland) ノ北部海岸ヲ水ニ浸シタ。此海峡中ふれでりっくすはーふぇん (Frederikshaven) ニ於テハ水位ノ上昇平均水位ノ上 1.11 米ニ及ビ、あーるす (Aarhus) ニ於テ 1.21米、こっぺんはーげん (Copenhagen) ニ於テ 1.57 米モ水位ガ高クナツタガ、之ニ反シテ東海ニ

面シタ海岸ニ於テハ水位ガ著シク降下シタ。こっぺんはーげんノ南西 30 粁ニ在ルくぇーげ市 (Kjöge) ニテハ水位ガ 3.00 米モ下リ、ふぁるすたー島 (Falster) ノ南端ぢぇっちょー (Gjedser) ニ於テハ 1.50 米モ水位ガ降下シタ。

貿易風ハ東カラ西ニ向テ吹ク爲ニ回歸線地方デハ亦海流ハ西流スル。故ニ大陸ノ東部ニ於テハ一般ニ暖イ海流ガ岸ニ向テ吹クガ、西岸ニ於テハ冷イ補流ガ岸ニ向テ流來ル。

赤道ヲ軸トシテ對稱ヲ爲セル循環表流ガアル。北半球ニ於テハ時計ノ針ト同一ノ方向ニ循環シ、南半球ニ於テハ之ト反對ノ方向ニ循環スル。是等ハ中緯度ノ邊ニ及テ居ルガ、更ニ支流ヲ派シテ高緯度ニ達セシメテ居ル。然シ是等ノ支流ハ勿論南北對稱ヲ爲シテ居ラヌ。又太平洋及大西洋デハ可ナリ南北釣合ツテ居ルガ、印度洋デハ單ニ南方ノ循環系ヲ有スルノミデ、北方ニハ陸地ノ爲ニ海流循環ノ餘地ガ無イ。

南北兩循環系ニハ共ニ赤道ニ近ク、東カラ西ニ向フ支流ガアル。是レ言フ迄モナク貿易風ノ影響ニ依ルモノデアル。而シテ此支流ノ流向ハ殆ド東カラ西ニ向ツテ居ルガ、貿易風ハ北東カラ西南ニ吹イテ居ル。蓋シ北半球ニ於テハ地球ノ自轉ノ爲ニ凡テノ海流ヲ右ニ外レシムル外ニ、比重ノ差ハ海流ヲ南北ニ向ハシムル傾向ガアリ、更ニ赤道地方ニ於テハ大雨ガ多ク、從テ蒸發ノ爲ニ鹽分ノ濃度ヲ增シツヽアル回歸線地方ヨリモ表水ノ鹽分ガ少イ爲、是等ノ原因ガ結付テ終ニ東カラ西ニ向ツタ海流ヲ生ジテ居ルモノデアル。南半球ニ就テモ全ク同理デアル。

兩極ニ近ク中緯度ニ有ル支流ハ此附近ノ恒風ト殆ド同一方向ヲ有シ、西カラ東ニ向ツテ居ル。南半球ノ中緯度ニ於ケル恒西風ハ殊ニ強ク且ツ定續シテ吹イテ居ル。又北大西洋ノ恒西風モ中緯度ノ地ニ強ク、唯北太平洋ニ於テハ夏期ノ季節風ハ其方向ガ前者ト反對デアルガ、而カモ一年ノ平均カラ言ヘバ

尙西分ノ風ガ多イ。

風ニ依ツテ起ツタ海流ハ表面ニ於テ最大ノ流速ヲ持ツテ居ル。然シ時トシテ海流ト反對ノ方向カラ風ガ吹來ル場合ニハ少クモ表面ノ流速ハ少クナリ、又ハ時トシテ阻止セラレルガ、反ツテ水面以下或深サノ處ニ最大流速ガ表ハレ、是以下ハ漸次復タ流速ガ減少スルコトモアル。めきしこ灣流ハ勿論風ノミニ依ツテ起ツタモノデハナイガ、强大ナル流速ガ稍々深イ處ニ在ルノハ卽チ是ガ爲デアル。

表面ニ在ツテモ尙海流ノ流速ハ風速ヨリモ遙ニ小デアル。しあるぢー (Cialdi) ハ是等兩者ノ比ハ其比重平方根ノ比ニ反比例スルト云ツテ居ル。今海面上ニ於ケル空氣ノ比重ハ蒸溜水ニ比シテ 0.001293 デ、其平方根ハ 0.03596 デアル。而シテもーん (H. Morhn) ハ兩者ノ比ヲ 0.0322 トシ、ゑーげまん (G. Wegemann) ハ之ヲ 0.0466 ニ增加シタ。然シ孰レニシテモ是等ノ比ガ何故ニ其比重ノ平方根ニ反比スルカハ未ダ理論的ニ證明セラレテ居ラヌ。

海流ハ其比重ノ差カラ起ルニシテモ、又ハ風ノ爲ニ起ルニシテモ、共ニ地球回轉ノ影響ヲ受ケルガ、而カモ是レ大體ノ方向ニ關スルモノデ、精密ナル數學的ノ理論ヲ示スコトハ困難デアル。殊ニ局部的ノモノニ至ツテハ種々ナル原因ノモノガ結付テ成ルモノガ多ク、玆ニ其細目ニ入ルコトハ出來ヌ。今ハ特種ノモノ又ハ局部的海流ニ就テ少シク記載スルニ止メ置ク。

233. 沿岸流及漂砂 沿岸流ト稱スルモノハ海岸ニ沿ウテ流ルヽ一種ノ海流デ、亦風及潮汐等ヲ其主ナル原因トスル。沿岸流ハ海岸ノ淺イ所ヲ流ルヽ爲メ、海底ノ土砂ヲ運搬シ、又ハ河川ガ其上流カラ齎ラシ來ツタ浮游物ヲ荷ヒ去ツテ長汀曲浦ノ或ル處ニ沈澱セシメ、築港ナドノ海中工事ニハ最モ恐ルベキモノデアル。而シテ沿岸流ノ爲ニ運搬セラルヽ土砂ヲ**沿岸漂砂**ト呼ブ蓋

シ沿岸流ハ猶河水ガ土砂ヲ流去ル如クデアルケレドモ、水制ノ背後又ハ河幅ノ廣イ入江ナドニ至レバ、河水ハ渦卷ヲ生ジテ終ニ流勢ヲ失ヒ、荷來ツタ土砂ヲ沈澱セシムルト同ジク、沿岸流モ亦出入セル海岸デ或ハ渦流ヲ生ジテ沈澱ヲ起シ、或ハ工作物ノ根ヲ洗ツテ深イ窪ミヲ作ルナド、流速ハ一般ニ甚小ナレドモ其絕間ナキ沿岸漂砂ノ爲ニ全然築港ヲ失敗ニ歸セシメタ樣ナ例ハ少クナイ。

地中海ノ沿岸流ハぢぶらるたるカラ起ツテ海岸ヨリ若干ノ沖ヲ掠メ、其流速毎秒 5 乃至 6 糎位デアル。亞弗利加ノ北岸ヲ洗ヒ、ないる河口ノ土砂ヲ運去ツテぽーとさいど (Port Said) ノ防波堤頭附近ニ齎ラシテ居ル。

ばるちっく海 (Baltic Sea) ヤあどりやちっく海 (Adriatic Sea) モ亦皆顯著ナル沿岸流ヲ持ツテ居ル。

我國ノ沿岸ニモ亦至ル所此沿岸流ヲ見ルベク、或ハ河口ノ一方ニ砂濱ヲ延バシ、或ハ港內ニ泥土ヲ送込ンデ、絕エズ海中ノ工作物ニ困難ヲ與ヘテ居ル。

234. 潮流 漲潮ト落潮トニ依ツテ夫々漲潮流ト落潮流トヲ生ズルコト前ニ述ベタ通デアル。而シテ一般ニ同潮時線ニ直角ナル方向ニ進行シ、一箇所ニ於テハ潮流ガ時計ノ針ト反對ノ方向ニ廻ル處モアレバ之ト同方向ニ廻ル處モアル。潮流ハ殊ニ海峽又ハ狹イ瀨戶ナドデ其流速殊ニ大デアル。

—〔終〕—