

*Emy. Du mouvement des ondes,
 **Airy, Tides and waves, Encyclop. Metropol.
 ***Weber, Die Wellen-lehre
 °Russel, Waves, Pap. Meet. Br. assoc. 1844
 °°Hagen, Wasserbaukunst, Das Meer

第三章 海理

波浪

波浪ノ性ニ付テハ曾テエミ^{*}、エーリーヴ^{*}ヘバーゲアストナ^{*}、ラッセル^{*}、ハーゲン^{*}等
 深ク之カ討究ヲ重ネシ所ニシテ數理ヲ實驗ニ照シ其符合ヲ見ルニ及ンテハ其誤
 ナキヲ證スルニ足ルモノアリ

凡ソ波動ハ極メテ幻惑的ノ外觀ヲ有シ水邊ニ在テ之ヲ目撃スルトキハ數條ノ水
 畦整列シテ進行スルカ如シト雖モ一度ヒ浮漂物ニ注目スルトキハ更ニ此ノ如キ
 移動ヲ認メスシテ唯タ僅カニ其上下前後ニ動搖スルニ過キサコトヲ知得スヘ
 シ故ニ斯ノ如キ場合ニ在リテ水中隣接ノ水分子分裂スルコトナク且ツ相互ノ位
 置ニ移動ヲ生セサル以上ハ浮漂物ノ動搖ハ之ニ接スル水分子ノ動搖ニ外ナラサ
 ルニ依リ普通ノ場合ニ在リテハ波浪ニ遷進的移動ナキヲ示スモノナリ更ニ一步
 ヲ進メ浮漂物動搖ノ經路ヲ觀測セハ其正ニ一定ノ軌道ニ回轉シ其一回ヲ終ル毎

水分子ノ軌道

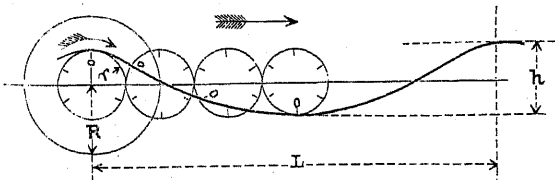
軌道ノ徑

水分子廻轉ノ方向

波浪ノ速度

深水ニ於ケル波動

圖 八 第



ニ舊ニ復スルヲ見ル而テ該軌道ハ圓形ニ最モ近似シ是ニ依テ生スル波形ノ餘擺線ヲ成スコトハ力學ノ明指スル所タリ本圖ハ一瞬間ニ於ケル波形及ヒ水分子ノ位置ヲ表スルモノニシテ元ト平水面ヨリ起リ半徑 R ノ轉圓ノ中ニ r ヲ半徑シテ圓形ノ軌道ニ同轉スル水分子ノ位置ヲ接續スルトキハ \bigcirc \bigcirc ノ波線ヲ生スルコトヲ示スモノナリ

水分子ノ同轉スル軌道ハ其徑水面ニ於テ最モ大ニシテ下層ニ至リテハ急速ニ減スルモノナリ

圖上兩羽ノ矢ハ波浪進行ノ方向片羽ノモノハ水分子同轉ノ方向ニシテ兩者ノ同一ナルハ僅カニ波頭ニアリテ其他ニ於テハ多少之ヲ異ニシ波底ニ至リテハ正反對ナリトス

水分子ハ波頭ノ波長 L ヲ經過スル間ニ一回轉ヲ全フスルモハ水分子同轉ノ速度ト同一ナラス仍テ爰ニ水深無限ノ場合ヲ想像セハ數理上左

ノ等式ヲ得ルモノナリ

$$V = \sqrt{gR} = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}} \dots \dots (6)$$

$$v = \frac{r}{R} V = \frac{\pi h}{L} V = r \sqrt{\frac{2\pi g}{L}} \dots \dots (7)$$

$$r = r_1 e^{-\frac{2\pi d}{L}} \dots \dots (8)$$

$$v' = h \sqrt{\frac{\pi g}{2L}} \dots \dots (9)$$

V ハ波浪ノ速度
 R ハ轉圓ノ半徑
 r ハ水分子軌道ノ半徑
 r_1 ハ水面ニ於ケル前同
 L ハ波長
 g ハ重力ノ加速度 $\left(\frac{9.81}{3.28} \text{ 米} \right)$
 e ハ二、七、一八
 d ハ r ノ水深
 v ハ水分子同轉ノ速度
 v' 水面ニ於ケル前同

速度ハ長サニヨル波動ノ速サナル水深

第六式ニ依レハ無限ノ水深ニ在リテハ波動ノ速度ハ單ニ其長ニ由ルモノナリ亦第七式ニ依レハ水分子同轉ノ速度ハ波浪ノ速度ヲ超ユルコトナシ第八式ニ依レハ水面ヨリ下ルニ從ヒ軌道ノ半徑ヲ減スルコトノ速カナルニヨリ事實上波動ノ消滅ハ水面ヨリ遠カラサルヘシ而モ波長ノ小ナルモノニアリテ最モ然リトス波長ノ大ナルモノニアリテハ軌道ノ減少急速ナラス激浪ノ動搖深ク

大海ニ於ケル波浪

其ノ観測

高サト長サノ關係

最高ノ波浪

水底ニ及ホスコト亦タ此理ニ由ルモノナリ

以上説ク所ハ水深無限ノ場合ニ係ハルモノニシテ實際適用スヘキ場合ナキモノ如シト雖モ大海ニ於ケル波浪ノ如キハ其長及高サニ比シ水深著大ナルニヨリ前掲ノ諸式ヲ應用スルコトヲ得ヘシ然モ翻テ海上ニ於ケル方向速度定リナキ風力ノ動作ニヨリ起ル水中ノ夾雜セル動搖ヲ斯ノ如キ單純ナル等式ニ依リ計算スルノ難キヲ考フレハ實測ト符合セサルコトアルモ敢テ怪ムニタラサルナリ

大海ニ於ケル波動ノ観測ハ精確ヲ期スルコト能ハススコレスビー(Borresby)カ曾テ大西洋ニ於テ目測セシ激浪ハ高サ四十三尺長サ五百六十尺速度毎秒四十八尺ナリシト云フ之ニ前掲ノ式ヲ以テ計算ヲ施サハ速度五十三尺ヲ得兩者ノ差大ナリトセス

波浪ノ高及ヒ長ノ關係ニ至リテ計算ノ途ナシ蓋シ波形ニシテ單純ナル擺線ヲ有スルモノナシ實際大海ニ在リテハ高サハ通常長サノ二十分ノ一乃至十二分ノ一ナルモノノ如シ

從來航海者ノ觀察セシ所ニ依レハ大海ニ於ケル高浪ハ其高サ四十五尺ヲ超過セ

淺水ニ於ケル波動

ルモノナキカ如シ長サニ至リテハ二千尺ニ達スルコトアリ
波長及波高ニ比シ水深ノ大ナラサル場合ニアリテハ水分子ノ回轉圓滿ナルコト能ハサルト水底ノ摩擦トニ依リ軌道ハ橢圓形ヲ成スモノナリ而テ波浪及水分子ノ速度ハ左ノ式ヲ以テ表示セラル

$$V = \sqrt{\frac{b}{a} \frac{gL}{2\pi}} \dots\dots(10)$$

$$v' = a \sqrt{\frac{b}{a} \frac{2\pi g}{L}} \dots\dots(11)$$

a ハ水面ニ於ケル大徑

b ハ同小徑

其他ハ前ノ如シ

水分子回轉ノ速度ハ深水ニ於ケル如ク終始等一ナラス軌道ノ上下ニ於テ最も大ナルモノナリ

深水淺水ノ區分ハ波長ト水深ノ關係ニヨルモノニシテ固ヨリ一定ノ比ナシト雖モ水深波長ノ半以內ナルトキハ淺水トシ其以上ナルモノハ深水トナスモノナリ

橢圓ノ小徑ハ水深ト共ニ著シク速ニ減少スルニヨリ水底ノ附近ニ於テハ水分子ハ僅カニ前後ニ動搖スルニ過キサルモノナリ

淺水ニ於ケル波浪ハ其高サヲ水深ト等シカラシムルコト難カラスト雖モ煽動力ヲ休止セシムルトキハ波高ハ忽チ減少シテ前後ノ動搖ニ終ルモノナリ

實地觀測ノ結果ニ依リラッセル(J. D. Russell)ノ案出セシ左ノ式ハ能ク此種波浪ノ速度ヲ表示スルモノナリ

$$V = \sqrt{g \left(d + \frac{h}{2} \right)} \dots \dots (12)$$

g ハ重力ノ加速度(九、八一米
三、三七尺)
 V ハ波ノ速度
 d ハ水深
 h ハ波高

水分子ノ速度

乃チ此場合ニ在リテハ波動ノ速度ハ專ラ水深ニ由ルモノトス
尙ホ水分子動搖ノ平均速度及ヒ波浪ノ長サニ對スルモノハ左ノ如シトス

$$v = \frac{h}{2d} V \dots (13)$$

$$L = 2\pi d \dots \dots (14)$$

h V d ハ前ノ如シ
 v ハ水分子回轉ノ速度
 L ハ波長

水深ト波高

此式ニ依レハ水分子動搖ノ速度ハ波浪ノ速度ノ半ヲ超ユルコトナシ蓋シ波高ハ實際水深ヲ超過スルコトナキヲ以テナリ

白濤

凡テ波動ハ前述ノ如ク水深以上ノ高サヲ維持スルコト能ハサルモノナルニ依リ其淺所ニ達スルヤ忽チ變形シ碎ケテ白濤ヲ生ス此現象タル實際ニ在リテハ水深波長ニ達セサルトキニ於テ已ニ見ルコトアリ殊ニ海底ノ突起スル場合ニ在リテ最モ然リトス稍急勾配ナル砂礫ヨリ成ル海岸ニ在リテハ波浪ハ海底ニ於ケル摩擦ノ爲メ底部ノ退クコト頭部ノ進ムカ如クナラス爲メニ軌道分裂シテ遂ニ波頭ノ墜落スルニ至ル是ヲ碎波(Broken Wave)ト稱ス又其進路ヲ遮ル障礙物アルトキハ其形狀ニ依リ激流ヲ生スルコトアリ

煽波

波浪ノ白頭

風力ノ存續スル間ハ水面附近ノ水ハ波動ノミナラス流速ヲモ有スルモノニシテ斯ノ如キヲ煽波(E. Forced Wave)ト稱ス

風力ノ益、加ハル場合ニ在リテハ波浪ニ白頭ヲ生ス而テ風壓ハ波浪ノ背面ヲ衝クニ由リ水分子ノ軌道ヲ増大ナラシメ又波浪ノ追及シテ相合スルモノアリ高浪ノ成立蓋シ斯ノ如キニ起因スルモノナリ

餘波

風力ノ減退スルトキハ水ノ粘性ヨリ生スル抵抗及ヒ空氣ノ摩擦ニヨリ波浪ハ漸次低下シ風力全ク休止シタル後ソノ尙ホ持續スルモノヲ餘波(E. Free Wave; Swell)ト稱ス

淺所ニ向フ
ル波浪

波浪ノ大海ヨリ海岸ニ向ヒ進行スルトキハ漸次水深ノ減スルニ依リ其始メ深水ノ場合ニ相當シタルモノ漸ク其性ヲ變シ遂ニ水深淺小ノ場合ニ漸近スルニ至リ且ツ著シク其大サヲ減少スルヲ常トス然モ水深ノ急減スルニ及ンテハ一旦甚シク長サヲ減シ高サヲ増シ碎破スルニ及ヒテ後チ全滅スルモノナリ斯ノ如キ長サ及高ノ變化ハ長波ニ於テ最モ顯著ナルモノナリ是レ海濱ニアリテ常ニ目撃スル所タリ

水深ノ急減

波高ノ低減

波高ハ雷ニ水深ノ漸減ニヨリ低減スルモノタルノミナラス波浪進行ノ方向ヲ轉スルニヨリテモ亦タ減少スルコトハ前章ニ於テ廻浪ニ就キ記述セルカ如シ尙ホ狹窄セル通路ヲ經テ廣キニ入ル場合ニアリテモ亦タ然リ此等ハ防波ノ方法ヲ講スルニ當リ利用スヘキ波浪ノ性ニシテ防波堤配置ノ原則ヲ成スモノナリ

波力

波浪ノ蓄有スル勢ハ動位ノ二種ニシテ前者ハ水分子ノ回轉ニ存シ後者ハ波體重心ノ昇程ニ伏在スルモノナリ而モ兩者ノ量ノ等一ナルコトハ數理ノ示ス所ニシテ左ノ等式ヲ以テ表示セラル、モノナリ

波勢

$$E = \frac{mgr^2}{R} = \frac{wh^3}{16L} (2L^2 - \pi^2 h^2) \dots \dots \dots (15)$$

E ハ 深水ニ於ケル波浪ノ動力

m ハ 質量

w ハ 水一立方單位ノ重量

其他ハ前掲ノ如シ

本式ニヨレハ同高異長ノ波浪ニ伏在スル勢ハ長サノ大ナルモノニ於テ多キコトヲ示スモノナリ

波撃ノ壓力

此動力タル終始波動ニ伴フモノナレハ凡ソ波浪ノ進路ニ横ハルモノアルトキハ其一分ハ該障碍物ニ移動若クハ破壊的作用ヲ生スルモノニシテ其及ス所ノ力量ハ專ラ衝突ノ瞬間ニ於ケル波浪ノ狀態如何ニアリトス而テ後者ハ障碍物ノ形狀、水深、風力等ニヨリ之ヲ異ニスルモノナリ乃チ深水ニ直立スル物體ニ對シテハ波浪ハ僅ニ其前面ヲ昇降シテ比較的僅少ナル壓力ヲ及スニ過キス殊ニ餘波ニアリテ最モ然リトス夫ニ反シ障碍物ノ附近ニ於テ急ニ水深ノ減スルトキハ波浪ハ其形狀ヲ一變シテ碎波ノ狀態ヲ呈シ強烈ナル壓力ヲ及スモノナリ此場合ニ於テ波頭ニ在ル水分子ノ速度ハ回轉ノ速度ニ加フルニ墜下ヨリ生スルモノヲ以テシ尙ホ煽波ニアリテハ其以上ニ達スルコトアルヘシ故ニ最モ激烈ナル波力ノ實現ハ碎波ニアルモノニシテ凡ソ海岸ノ侵蝕構造物ノ破壊等ノ如キ其ノ多クハ波頭墜落ノ一瞬ニ生スルモノナリ

嚮キニ第八圖ニ表ハシタル斷岸侵蝕ノ形跡ヲ觀ルニ水面上ニ於テ波撃ノ最モ激

波力ノ計算

甚ナルヲ示スニ足り而モソノ干満ノ中間ニ存スルコトハ水位ノ昇降其附近ニ於テ最モ多キノ故ヲ以テナリ

波動ノ衝突ニヨリテ生スル壓力ヲシテ射水衝突ノ場合ニ於ケルモノト同一ナリトセハ乃チ左式ニヨリ計算スルコトヲ得ヘシ

$$p = \frac{wv^2}{g} \dots (16)$$

g ハ重力ノ加速度
 v ハ射水ノ速度
 w ハ水一立方單位ノ重量

p ハ衝突ニヨリ生スル一平方單位ニ於ケル壓力

本式ニ於テ前記波頭ニ於ケル水分子ノ最大速度ヲ置換スルトキハ碎波ノ最高壓

度ヲ得ヘシ即チ左ノ如シ

$$p = 2wh \left(\sqrt{\frac{\pi h}{4L}} + 1 \right)^2 \dots (17)$$

h ハ衝突當時ノ波高
 L ハ前同ノ波長
 其他ハ前掲ノ如シ

最大壓度

平均壓度

此ノ如キ壓度ハ大ナル面積ニ同時ニ働クヘキモノニ非スシテ水面附近ニ於テ小面積ニ其動作ヲ認ムルモノナリ
波浪ノ全高ヲ通シタル平均壓度ニ至リテハ左式ニ於ケル p_1 ヲ超過スルコトナカルヘシ

$$p_1 = wh \left(\frac{\pi h}{6L} + \frac{4}{5} \sqrt{\frac{\pi h}{L}} + 1 \right) \dots (18)$$

 p_1 ハ平均壓度

其他ハ前掲ノ如シ

以上兩式ニヨレハ波撃ノ壓度ハ波高ト波長ノ比ニ據ル所多シ是レ長波ノ恐ルヘキ所以ナリトス蓋シ長波ハ前述ノ如ク衝突スルニ當リ著ク波高ヲ加ヘ波長ヲ減

斜壓度

スレハナリ

以上ハ射水ノ衝突面ニ直角ニ當ル場合ニ適用スルモノニシテ若シ之ニ對シ斜ナルトキハ左ノ式ニ依リ減少スヘキモノトス

$$p' = p \sin a \dots (19)$$

 p ハ直角ノ場合ニ於ケル壓力 p' ハ斜面ノ場合ニ於ケルモノ a ハ斜角ノ度海中工事ニ於ケル波動ノ變遷
防波堤ニ於ケル波力ノ計算法

海中工事ニ在リテハ其施設ノ箇所ニ於ケル水深五十尺ヲ超ユルモノ極テ稀ナリ故ニ高浪ノ之ニ接近スルヤ前述ノ如ク其性ヲ變セサルヲ得ス乃チ長サヲ短縮シテ高サヲ増スモノナリ防波堤ニ於ケル波浪ノ壓力ヲ計算スルニハ其附近ノ深サヲ以テ波浪ノ高サ(最高四十五尺)ト爲シ第十八式ニ於テ波高ト波長ノ比ヲ十分ノ一ト假定スルトキハ之ニ相當スル平均壓力ヲ得ヘシ乃チ左ノ簡單ナル式ハ略其壓力ヲ與フルモノナリ波頭ニ於ケル最高壓力ハ蓋シ此二倍以上ニ達スルコトアルハ第十七式ニヨリ知ルヘキナリ

實例ニ對ス
ル計算

左ニ實地ノ觀測ニ對シ波力ノ計算ヲ試ミタル二三ノ例ヲ擧クヘシ

$$p = 1.5wd \dots (20)$$

p ハ一平方單位ニ於ケル壓力

d ハ水深

w ハ水ノ立方單位ノ重量

函館港ニ於テ會テ防波堤ノ混凝土塊ニ及ホセシカハ塊ノ移動ヨリ推測スルニ平均一方尺ニ對シ〇、二九噸ヲ下ラス其附近ノ水深七尺内外ナリシヲ以テ之ヲ前記ノ式ニヨリ計算スルトキハ壓力〇、三噸ヲ得ルモノナリ

往年蘇國ウイック港ニ於テ防波堤ノ破壊セラレシ當時ノ波力ハ實ニ絶大ナルモノニシテ波高四十二尺ニ達シ其附近ノ水深六十五尺ニシテ第十八式ニ依ルトキハ平均壓力每方尺ニ對シ一、八噸トナリ當時波浪ノ破壊力ニ稍近シトス

千八百七十八年七月古倫母防波堤ニ異動ヲ生セシ壓力ハ突堤ノ重量ヨリ計算スルトキハ一方尺ニ對シ凡ソ〇、八噸ナリシモノ、如シ該突堤附近ハ深サ二十尺内外ナリシヲ以テ第二十式ニ依リ計算スルトキハ一方尺ニ對シ〇、八六噸ヲ

得ヘシ

千八百九十八年十月蘇國ピーターヘッド (Peterhead) 防波堤ニ移動ヲ生セシ激浪ハ當時ノ觀測ニヨレハ平均壓力一方尺ニ對シ二噸ニ達セリト云フ該防波堤附近ノ深サハ五十尺ナルヲ以テ波高ヲ四十五尺トシ第二十式ニ據ルトキハ最大平均壓力一方尺ニ對シ一、九三噸ヲ得ルモノナリ

前記數例ニ於ケル波力ハ皆是大形ノ物體ニ於テ現出セル平均壓度ニシテ其一小部ニ對シテハ固ヨリ之ヲ超過シタルモノタルヘク現ニ小樽北防波堤ニ於ケル平均壓度ハ每方尺一、五噸内外ニ過キサリシト雖モ波力計ノ示度ニヨルトキハ屢々每方尺三、五噸ニ達セルモノアリ從來觀測セル最高波浪三十尺長百二十尺ヲ以テ第十七式ニヨリ計算スルトキハ其壓力每方尺ニ三、六噸トナリ第十八式ニヨルトキハ一、五噸ヲ得ルモノナリ

以上說ク所ニ依レハ全ク大海ニ向テ開敞セル地ニ在リテ防波堤ノ設計ヲ爲スニ當リ別ニ觀測ヲ施セシコトナキ場合ニアリテハ波浪ノ壓力ハ前述ノ計算ニ依リ略之ヲ知ルコトヲ得ヘキモノトス

波力ノ豫測

波力現出ノ實例

波浪ノ海中工事ニ及ホス動作ハ固ヨリ枚舉スルニ遑アラスト雖モ左ノ數例ハ以テ其一斑ヲ窺ハシムルニ足ルヘシ

蘭國アムステルダム運河口ニ於テ築設セシ防波堤アリ高サ平水ヨリ十三尺最深ノ部分ニアリテハ總高四十尺餘ニシテ其外側ニ於テ更ニ碎波ノ目的ヲ以テ重量二十噸ノ混疑土塊ヲ堆積シ頗ル堅牢ナル構造ナリシニ拘ハラス屢暴風ノ爲メニ損害ヲ受ケ甚シキニ至リテハ波浪ノ爲メ其塊ハ約十尺上ナル堤上ニ持擧ケラレ次回ノ激浪ニヨリ更ニ突堤ノ内側ニ打入レラレタリ

アルダーニー港ニ於テハ防波堤ノ捨石ニ使用セシ九噸ノ石塊ヲ殆ント四十五尺ノ高サヲ有セル防波堤ヲ越エテ港内ニ打入ル、ニ至レリ

エッヂストランノ燈臺ニ於テハ滿潮ヨリ高サ六十三尺ニ於テ六十餘噸ノ重量ヲ有スル構造物ヲ洗ヒ去レリ

佛國ロアー河口ニアル岩石ニ於テ曾テ築設セシ立標ハ其高サ滿潮面上十三尺上

徑八五尺下徑十一尺ノ堅牢ナル石造ナリシカ暴風ニ際シ激浪ノ爲メ其下部ニ近ク切斷セラレタリ

蘇國ウイック港ニ於テ防波堤ニ使用セシ一千三百五十餘噸ノ混疑土ノ一體ハ激浪ノ爲メ除去セラレ更ニ五ヶ年ヲ經テ其カ修理ノ爲メニ使用セシ二千六百餘噸ノ大塊モ亦タ推倒セラル、ニ至レリ

小樽港ニアリテハ水面以下十尺ニ於テ重量十二噸ノ塊ノ轉倒セラルコト稀ナラス而テ其水面ニ近キモノハ一回ノ激浪ニヨリ防波堤ニ沿ヒ五百餘尺ヲ移搬セラレタルコトアリ

潮汐

潮汐ノ原理

海潮觀測ノ方法ニ就テハ既ニ第二章ニ於テ之ヲ述ヘタリ

海潮干満ノ日月ノ引力ニ起因スルコトハニウトン以來能ク人ノ知ル所タリ而テ月ノ地球ニ及ホス引力ハ太陽ノ力ニ比シ殆ント百七十三分ノ一ナルニモ拘ハラズ其海面ニ及ホス力ノ後者ニ比シ大ナル所以ハ力源ノ遠近ニ基クモノニシテ左

ニ計算ヲ以テ説明スヘシ

地球ノ中心ヨリ月ノ距離ハ地球半径ノ凡ソ六十倍ニ當リ太陽ノ距離ハ二萬三千百三十四倍トス而テ引力ハ距離ノ自乗ニ反比例タルニ依リ地球上遠近ノ兩點ニ對スル日月引力ノ差ヲ比較スルトキハ左ノ如シ

地球上ノ最遠點ニ於ケル月ノ引力ハ其最近點ニ於ケルモノニ比シ $(59)^2 \div (61)^2 = .936$ 倍タリ故ニ後者ヲ一トスルトキハ兩者ノ差ハ前者ノ殆ント十五分一ニ當レリ

又太陽ニ就キ前同様ノ比較ヲ爲ストキハ其引力ノ差ハ $(23133)^2 \div (23135)^2 = .999827$ 乃チ地球上太陽ニ對シ最近ノ點ニ於ケル引力ヲ一トスルトキハ最遠近ノ兩點ニ於ケル差ハ其五千八百十四分ノ一トス故ニ月ノ海面昇降ニ及ホス引力ハ太陽ノソレニ比シ $5814 \div (15 \times 173) = 2.24$ 倍ニ當ルモノトス

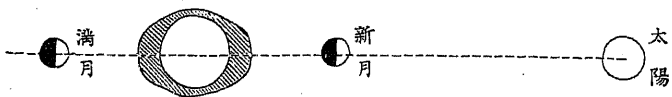
是レ乃チ干満ノ多ク月ノ位置ニ依リ二十四時間五十分(月一週時間)毎ニ二回之ヲ繰回ヘシ而シテ日月ノ位置一直線ニ近寄ルニ隨ヒ昇降ノ度ヲ加フルハ當然ノ理タリ故ニ新月若クハ満月ノ當時ニ在リテハ其前後合セテ一週間ニ於ケル干満ヲ大潮(E. Spring Tide) (策九圖)ト稱ス亦新月ノ間ニ在リテ日月ノ位置地球ニ對シ殆ント直

大潮

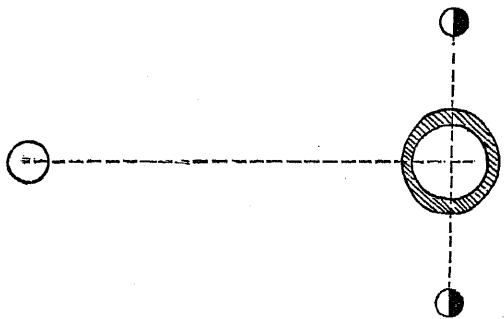
小潮

春秋ノ大潮

第九圖



第十圖



角ナルトキハ兩者ノ動作相反スルニ依リ昇降低減スコレ乃チ小潮(E. Neap Tide)ナリ(第十圖)而テ該圖ニ示ス如ク干潮若ハ満潮ノ同時ニ地球ノ兩面ニ生スル所以ハ水面各所ニ於ケル重力ノ差ノ兩面ニ於テ相等シキニ依ルモノナリ

月ノ軌道ハ赤道ヲ離ル、コト五度九分ヲ超ユルコトナシト雖モ太陽ハ二十三度二十七分餘ニ達ス故ニ兩者動作ノ一直線ニアルコトハ春分及ヒ秋分ノ前後ニ在リ且ツ當時太陽ハ地球ニ近キカ

潮汐ノ源

大海ニ於ケル潮汐

各所ノ干満及潮候時

故ニ干満ノ差最モ著シク之ヲ春秋ノ大潮 (E. Equinoxial Spring-Tide) ト云フ
日月ノ水面ニ及ホス引力ハ其軌道ニ沿ヒ充分ナル海面ノ廣袤ヲ有セサルトキハ
動作ヲ遅フスルコト能ハス故ニ裏海、地中海等ニアリテハ海面ノ昇降ハ平時殆ン
ト皆無ニシテ地球上各地ニ於ケル潮汐ハ其源ヲ大西、大平兩洋ノ南部ニ有スルモ
ノナリ

潮汐ハ其始メ洋中ニ起ルヤ高サ二尺内外ニ過キサルモ陸地ニ接近スルニ及ンテ
ハ其進行ヲ阻マル、ニ依リ地勢ニ依リテ昇降ノ度ニ著シキ變動ヲ生シ殊ニ其漏
斗形ノ江灣ニ向フトキハ最モ著シキ高潮ヲ生スルモノナリ故ニ隣接ノ地ト雖モ
干満ニ甚シキ差アルコトアリ

左表ハ世界各所ニ於ケル港灣ノ潮候時ト干満ノ差ヲ示スモノナリ
大平洋諸港

港	名	朔望潮候	大潮 (尺)	小潮 (尺)
桑港	(San Francisco)	〇、〇 <small>時分</small>	四、三	三、五

巴奈馬	(Panama)	三、二三	一八、四	一三、〇
バルパライゾウ	(Valpariso)	九、三二	五、〇	—
ホノル、	(Honolulu)	四、〇〇	二、〇	—
シドニー	(Sydney)	八、三五	四、六	三、九
上海		一、三〇	一〇、〇	六、九
基隆		九、四六	三、〇	一、〇
淡水		一一、二三	一〇、八	五、〇
那覇		七、〇四	八、〇	二、〇
長崎		八、一一	一〇、八	三、六
浦戸		六、四三	六、六	一、六
清水		六、〇八	六、〇	一、三
品川		五、五〇	七、五	一、六

横濱	五、四五	四、九	二、三
太東岬	五、〇六	四、〇	二、〇
荻濱	五、三〇	四、九	一、六
函館	四、〇〇	三、〇	一、六
ベーリング海峡 (Behring)	〇、一五	一三、五	—
神戸	七、三四	六、二	〇、六
下關	九、二二	八、九	二、五

日本海諸港

釜山	七、四五	六、九	三、〇
敦賀	二、二八	一、二	〇、三
境	二、〇〇	一、〇	〇、二
船川	三、三二	一、三	〇、三

黄海諸港

直江津	三、二五	一、〇	〇、二
七尾	三、一〇	一、三	〇、三
小樽	四、二〇	一、三	〇、三

大西洋諸港

仁川	五、三	三、二	一、八
大連	—	一六、七	七、五

ファンデー江入口 (Bay of Fundy)	八、二七 〇、四一	五、八 〇、〇五	六、五 四、三八
ボウストン (Boston)	一一、一二	一一、〇	九、五
チャーレストン (Charleston)	七、二六	五、九	四、九
フロリダ岬 (Florida)	八、三六	一、六	一、六
ミシシピー河口 (Mississippi)	—	一、六	—

ガルベストーン (Galveston)	—	一、六	〇、六
リバプール (Liverpool)	一一、二三	二七、五	二〇、〇
シャープール (Cherbourg)	七、四九	一七、〇	一二、八
リサボン (Lisabon)	三、三〇	一二、〇	八、九
カナリー島フェロ (Ferro, Canaries)	〇、三〇	八、九	—
セネガンビヤ河口 (Senegambia)	八、四二	六、五	—

地中海諸港

ジブラルター (Gibraltar)	一、四七	三、九	二、六
ツリースト (Trieste)	九、三五	一、九	—
ポルトサイド (PortSaid)	—	一、六	—

北海諸港

ラステンデ (Ostend)	〇、二五	一七、〇	一三、一
----------------	------	------	------

アムステルダム (Amsterdam)	三、〇〇	五、二	—
ロンドン (London)	一、五八	二〇、五	一七、四
エディンバラ (Edinburgh)	二、二七	一六、四	一二、七

大北洋諸港

スピッツベルゲン (Spitzbergen)	八、五六	三、三	—
ノヴァゼンブラ (Nova Zembla)	一、三〇	四、二	—
アーケンジェル (Archangel)	七、二八	二、六	—

印度洋諸港

バタビヤ (Batavia)	八、〇〇	五、九	五、〇
マドラス (Madras)	八、三五	三、六	二、三
コロンボウ (Colombo)	一、〇〇	一、九	—
ボンベイ (Bombay)	一一、四〇	一三、一	六、五

赤海諸港

ナタル (Natal)	四、三〇	五、九	—
スエス (Suez)	一、〇〇	六、九	三、九
アーデン (Aden)	八、〇〇	四、九	二、九

表中大潮トアルハ大潮ノ平均 (E. Ordinary Spring-Tide) ニシテ春秋ノ大潮若ハ強風ニヨリ嵩水ヲ生スル場合ニ在リテハ之ヲ超過スルコト少ナカラス例之函館港ニ於ケル春秋ノ大潮ハ三、六尺以上ニ達スルコトアリ

前掲ノ表ニ依レハ遠ク大洋ニ於ケル干満ハ例ヘハ洋中ノ弧島ニアルホノル、ニ於ケルカ如キ其差僅カニ二尺ナルニモ拘ハラス大陸ノ沿海ニ達スルヤ十尺以上ニ及フ个所少ナカラス

從來ノ觀測ニ依レハ地球上干満ノ最モ大ナルモノハ北米フンデール灣ニシテ其差五十尺ニ達セリ

干満ノ差最大ナル所

複潮

我國東西海岸ニ於ケル干満ノ差

潮汐ハ一大波動ナリ

潮波

干満ニ因ル潮流

干満ノ利害

干満ハ二十四時間五十分間ニ二回アルヲ以テ常トスト雖モ潮路ノ複雑セル場合ニアリテハ一回ニ過キサルモノ又タ複潮ト稱シテ毎回ニ二高潮アルモノアリ我邦沿岸ニアリテ太平洋ニ面スル部分ハ概シテ干満ノ差多シト雖モ日本海ニ面サル地ニアリテハ海潮ハ宗谷、津輕、下關等ノ海峽及九州南部ヲ通過セサルヘカラ潮汐ハ一大波動ニ異ナラス而テ其波頭ハ滿潮ニ波底ハ干潮ニ當リ波長六千哩ニ互リ深サ一萬五千尺ノ大洋ニアリテハ第十二式ニ依リ計算セハ毎秒凡ソ七百尺ノ速度ヲ以テ進行シ其陸地ニ接近ルヤ水深ノ減スルニ從ヒ其速度ヲ減シ高サヲ増スコト悉ク前章ニ於テ述ヘシ所ノ波浪ノ性ヲ具フルモノナリ故ニ之ヲ稱シテ潮波 (E. Tidal Wave) ト云フ

潮波ノ進行前述ノ如ク大洋ニアリテハ殆ント單純ナル波動ニ異ナラスト雖モ其陸地ニ達スルヤ最モ錯雜ナル現象ヲ呈シ殊ニ江灣海峽ニアリテハ急激ナル潮流ヲ生スルヲ以テ築港工事設計ノ上ニ於テ最モ精確ナル調査ヲ要スルナリ干満ノ差著大ナル地方ニ在リテハ之ヲ利用スルコト多ク其歐洲諸港ニ於テ物貨

積卸ノ爲メニ設クル夥多ノ開船渠ハ皆滿潮ヲ利用スルノ設備ナリ(後説)
干滿ノ差大ナルヲ以テ最モ利アリトナスハ河港ニシテ滿潮ニ依リテ船舶ヲ遠ク
内地ニ迦ラシメ且ツ沿岸幾多ノ開船渠ニ出入セシメ退潮ニ依リ河底ノ泥土ヲ輸
送シ水深ヲ維持セシムルニアリ

防波堤、阜頭、岸壁等ノ工事ニ於ケル干滿ノ關係ニ至リテハ其差ノ大ナルニ伴ヒ用
材ノ多キヲ要スルノミラナス波浪ノ動作ハ干滿ノ間ニ於テ最モ激烈ナルニ依リ
之ニ對スル堅牢ナル構造ノ範圍ヲ大ナラシムルノ不利甚シキモノアリ是ニ反シ
海中ノ作業ニ於テ干滿ヲ利用シテ重量多大ナルモノヲ上下シ又ハ容易ニ海底ニ
達セシムル等ノ如キ却テ其差ノ大ナルヲ好機トナスコトナキニアラサルモ水面
ノ昇降ニ關セス一定ノ水深ヲ下ル可カラサル港灣ノ修築ニ屬スル工事ニ在リテ
ハ不利益ノ點多シトス

潮候時ノ用

潮候時ヲ知ルハ主トシテ潮港ニ出入スル船舶ノ爲メ必要ナリト雖モ亦タ其ニヨ
リ沿海ニ於テ干滿ヨリ起ル潮流ノ方向速度ヲ推測スルコトヲモ得ヘシ
干滿ニ依リテ生スル潮流ハ河口改良ニ關シテ重大ナル關係ヲ有ス其詳細ニ至リ

テハ後卷河口改良ノ章ニ於テ之ヲ詳述スヘシ

海岸ノ異動、漂砂

波浪ノ海濱ニ及ホス動作駸々トシテ停止スル所ナク斷岸絶壁モ星霜ヲ經ルニ隨
ヒ漸次侵蝕セラレ殊ニ泥土砂礫ノ如キモノニ在リテハ變轉シテ究リナク古來陸
地ノ變シテ海トナリ江灣ノ漸次陸地ニ化セシモノ少ナカラス而テ人工ノ此等ニ
對スルモノハ海岸潰決スルノ場合ニ在リテハ之カ防禦工事ヲ施シ其目的ヲ達ス
ルコト比較的容易ナリト雖モ之ニ反シテ漂流スル泥土砂礫ノ堆積スルモノニ至
リテハ築港工事上最モ恐ルヘキモノ一ナリトス殊ニ河港若ハ砂濱ニ於ケル港
灣ニ在リテハ其存廢ハ懸テ漂砂ニ對スル水深維持ノ難易如何ニ在リ

海岸ノ潰決
ハ波動ニ起
因ス海岸ノ潰決
係ト地質ノ關

波浪ノ力及ヒ其實現ニ關シテハ既ニ述フル所ノ如シ而テ海岸ノ潰決多クハ蓋シ
波力ノ作用ニ起因シ漂砂ハ乃チ之カ直接ノ結果ナリトス若シ夫レ干滿ニ依リテ
生スル潮流ノ之ヲ幫助スルコトアラハ更ニ其勢ヲ逞フスルニ至ルモノナリ
海岸潰決ノ多寡ハ地質及ヒ海陸ノ狀況ニヨリテ大ニ之ヲ異ニスルモノニシテ其

波動ト海岸ノ平衡ト移動ト人工ノ關係

海岸侵蝕ニ關スル例

甚シキモノニ至リテハ一个年間ニシテ數十尺ノ陸地ヲ侵蝕セラル、モノ少ナカラス而テ崩壊セル土砂ハ直ニ波浪ニヨリ沿岸ニ輸送セラル、モノナリ斯ノ如ク岸地ノ移動ハ頻劇ニシテ天然ノ地形ヲ保持スルモノ尠シ殊ニ海岸ニ於ケル人工ノ施設ニ依リテ其變化ノ一層甚シキヲ見ルアリ此レ全ク波動ト砂濱ノ間ニ存スル天然ノ平衡ヲ壞亂スルニ起因スルモノナリ今試ミニ砂礫ヨリ成ル斜濱ニ於テ突堤ヲ築カハ其頭部ハ忽チ洗掘セラレ側部ニ砂礫ノ堆積スルヲ見ルヘシ之ニ反シ海岸ニ於テ砂礫ヲ採掘シテ陸上ニ搬出セハ之カ缺ヲ補ハンカ爲メ隣地ノ崩壞ヲ醸スニ至ル其他人工ノ施設其宜シキヲ得サルニ由リ潮流ニ變化ヲ生シ遂ニ天然ノ良港ヲ埋没スルニ至リシ例アリ要スルニ海岸ニ於ケル各種ノ施設ハ國土保安上豫メ考究ヲ要スヘキモノナリ

海岸ノ侵蝕ニ關シ古來記錄ニ存シ且ツ其痕跡ヲ止ムルモノハ北海(North Sea)ノ東西ニ在リ乃チ英岸ニ在リテハ白堊ノ絕壁ヲ崩破シ往時ニ存セシ村落ヲシテ海中數里ノ个所ニ陷没セシメ又蘭岸ニアリテハ專ラ砂濱ナルヲ以テ其被害殊ニ甚シク古來市邑ニシテ此厄ニ罹リシモノ尠カラス蘭人ノ護岸工事ニ妙ヲ得タル蓋シ

岩質ノ海岸ト一帯ノ砂濱

シ故ナキニ在ラサルナリ

硬岩ヨリ成ル海岸ニ在リテハ概シテ水深ニ富ミ且ツ陸上及ヒ海中ニ於ケル異動徴々タリト雖モ一帯砂濱ノ海岸ニアリテハ變轉甚シク海陸ノ區域確定セサルモノアリ

淺所海底ノ移動

淺所ノ海底ニ在リテ土砂ノ初メ波浪ニヨリ攪亂セラル、ヤ細微ナル部分ハ水ニ混シ直ニ漂流シ稍粗粒ノ砂ハ波動ノ爲メ波狀的遷進ヲ爲シ而テ其進路ハ常ニ海岸ニ沿ヒ其原動力タル風力ノ惹起スル潮流ニ伴フモノナリ故ニ波浪ノ攪亂スル區域内ニ在リテハ海底ノ移動甚シク春秋ニ於テ其深淺ヲ異ニスルモノ少ナカラス

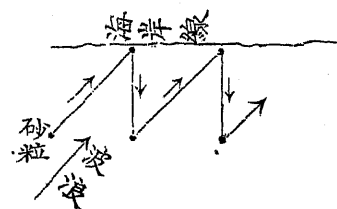
我邦ノ東海岸九十九里濱ノ南端ニ當レル太東岬ニ於テハ風向ニヨリ水深ニ六尺餘ノ差ヲ見ルコト稀ナラス

智利國ノ沿海ニ在リテハ深サ二十尺ノ港口ニ於テ漂砂ノ爲メ屢水深ノ半ヲ減シ風向ノ轉スルト共ニ亦舊ニ復スルノ奇觀アリト云フ

砂濱ニアリテハ潮流ノ有無ニ關セス波浪ノミニヨリ移動ヲ生スルコトアリ乃チ

海底移動ノ異例

第十圖



第十一圖ニ示ス如ク波浪ノ海岸ニ斜ニ打寄スルニ當リ其方向ニ押揚ケラレタル砂粒ノ降下スルトキハ自然海岸線ニ直角ナル最短路ヲ採ルモノナレハ屈曲セル進路ニヨリ沿岸ニ移動スヘシ

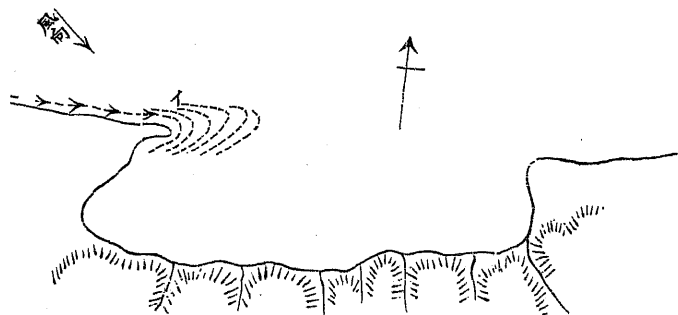
海潮干満ノ差著大ナル地方ニアリテハ砂礫ノ移動ハ干満ヨリ生スル潮流ニ依ルコト多ク乃チ入潮ニ際シ沿岸ニ於ケル波浪ハ潮流ヲ幫助シテ砂礫ヲ移遷ス其方向ハ自然入

潮ト之ヲ同フスルモノナリ

陸風(陸地ヨリ沖ニ向)ハ堆積ヲ生シ海風ハ反對ノ作用ヲナスコトハ古來人ノ知ル所タリ其理未タ明瞭ナラスト雖モ陸風ハ波浪ノ前進ニ對抗スルニヨリ斜底ヲ昇ル波動ヲシテ其降退スルニ至ル迄ノ間ニ多少ノ時ヲ經過セシメ以テ砂礫ノ沈滞ヲ容易ナラシムルニアルモノノ如シ

漂砂ノ移動ハ單リ海中ニ止マラス陸上ニ在リテモ亦タ強風ニヨリ連立セル砂丘ヲ築キ附近ニ於ケル總テノ人工ヲ埋没スルモノ多シ

第二十圖



海中ニ於ケル漂砂ノ動作ハ鹹湖ノ成立ニ於テ最モ顯著ナリトス

左ニ掲クルモノハ猿瀾湖調査ニ關スル報文ノ一節ニシテ鹹湖ニ於ケル漂砂現象ノ一斑ヲ示スニ足ラ

猿瀾湖ハ北海道北見國常呂紋別兩郡ニ跨ル一大鹹湖ニシテ其周圍二十里二十四丁面積九、八平方里ナリトス其地勢南及ヒ南東ハ山麓高岳湖岸ニ迫リ東西ハ原野ニ接シ北ハ平谿ニシテ僅カニ一帯ノ砂濱ニ由リ大海ヲ阻隔セリ其狀恰カモ堤防ノ如ク一見人ヲシテ往時海灣ナリシヲ追想セシム海灣曲江ノ變シテ鹹湖トナルモノ其例少ナカラスト雖モ猿瀾ノ如キハ其顯著ナルモノトス而シテ其北岸砂堤ノ成立ハ西北風ニ際シ猿瀾以西ノ沿海ニ起ル漂砂ノ例ハ第十二圖ノ(イ)點ニ達スルヤ灣内ノ靜水ニ合シ忽チ其速力ヲ失フト同時ニ沈澱シ漸次土砂ヲ堆積セシメ滿潮ノ淺瀬ハ干

潮ニ露出シテ砂洲トナリ草木ノ漂著シテ止マルモノ激浪ノ淺底ヨリ打揚クル砂礫及ヒ風力ノ海邊ヨリ吹寄スル土砂ノ重積シテ草木種子ノ發芽スル等幾千年ノ星霜ヲ經テ遂ニ今日ノ現狀トナリシハ疑ヲ容レサルナリ
北岸ノ延長ハ六里餘ニシテ其幅最モ廣キハ八丁餘狹キハ六十間ニ過キス幅員ニ如是甚シキ不同アルハ數年ノ土功ノ一朝怒濤ノ爲メニ侵蝕セラレ更ニ其工ヲ修繕シタル个所アルニ由ルモノノ如シ

漂砂ニ關スル調査ハ第二章ニ於テ説述セル方法ニ依ルノ外其性及ヒ多寡ハ假設セル突柵ニヨリ確知スルコトヲ得ヘシ

漂砂ハ常ニ波狀ヲ成シテ進行スルモノナリ其進路ハ該地方ニ於ケル恒風ト其方向ヲ同フスルモノニシテ樹枝ノ生向及河口ノ方向等ニヨリテモ亦タ推知觀察スルコトヲ得ヘシ

漂砂ハ又タ波浪ノ攪亂シ得ル海底ニ存スルモノニシテ其區域ハ開敞ノ度ニ依リ差アリト雖モ人工ヲ加ヘサル砂濱ニ在リテハ通常水深二十五尺内外ノ所ニ於テ其跡ヲ斷ツモノノ如シ故ニ海中ニ突出シテ築設スヘキ防波堤ノ如キモ是範圍外ニ出サルトキハ海岸若クハ淺所ノ前進スルヲ待タスシテ推砂ノ襲來スル處トナ

漂砂ト築港

ルコトアルヘシ若シ夫海岸ニ於ケル突堤ニシテ漂砂ノ進路ヲ遮ルモノニ至リテハ忽チ其側面ニ於テ土砂ヲ堆積セシメ漸次海岸ヲ前進セシムルハ自然ノ理ニシテ只其遲速ハ漂砂ノ量ニ據ルモノナレハ突堤ノ存スル限リハ終局ノ埋没ハ遂ニ免レサルヘシ故ニ一帯砂濱ノ地ニ於ケル築港工事ハ古來其維持ニ困難ヲ極メシモノ多ク就中其侵入ニ對抗スルコトヲ得スシテ遂ニ全ク廢棄ニ歸スルニ至リシモノ尠ナカラス

羅馬帝國ノ時代ニアリテ首府羅馬ヨリ海ニ至ル航通ノ途ヲ開クノ目的ヲ以テラスチャニ港灣ヲ修築セリ然モ後幾何ナラスシテ堆砂ノ爲メ全ク其効用ヲ失スルニ至リ今日ニ於テハ海岸ヨリ遠ク二哩ノ内地ニ在リト云フ亦往古英國ノ五港ト稱セラレシモノハ其一ニヲ除クノ外ハ久ク堆砂ノ爲メ廢滅ニ歸シ其他各國トモニ斯ノ如キ例少ナカラス近代ニ至リテハカレ、ツンケ、マドラス、セツト其他漂砂ノ爲メ維持ノ危殆ニ瀕セシモノ少ナカラス我邦ニ在リテモ近キハ野蒜港ノ失敗ヨリ沿海ノ小港ニシテ堆砂ニ埋没セラレタルモノ枚舉ニ遑アラス
伯刺西爾國セアラ灣ニ於テ漂砂ヲ遮リ築設セシ防波堤ハ深水ニ達スルニ先チ堆

漂砂ノ工事
ニ及ホセシ
實例

砂ノ追及スル處トナリ全ク港内ノ埋没ヲ招クニ至レリ又タ近世ノ工事中彼ノ地中海ノ一隅ニ於テ蘇士運河口ニ築設セシ突堤ハ竣功後四年ニシテ既ニ堆砂ノ爲メ存立ヲ危クシ更ニ千六百尺ヲ延長セサルヲ得サルニ至レリ要スルニ漂砂ハ砂濱ニ於ケル築港工事ノ最モ恐ルヘキ強敵ニシテ之ニ對スル作戰ノ計畫ハ最モ周到ナル調査ニ據ラサルヘカラス

河口ノ洲モ亦タ漂砂ノ一種タリ此ニ關シテハ後卷河口改良ノ章ニ於テ詳述スヘシ