

加十ニ卷

論 說 季 報

土木學會誌 第十二卷第六號 大正十五年十二月

砂濱に於ける港灣修築と漂砂との關係に就て

會員 工學博士 荒 本 文 四 郎

On Harbour Construction on Sandy Coasts.

By Bunshiro Araki, Dr. Eng., Member.

内 容 梗 概

本編は漂砂移動の主要原動力の概要を序し、函館大森濱架設の假足場により、約六箇月間海底移動を實測し、其結果に基づき、海岸に對し直角又は傾斜して襲來する各種波浪に起因する海岸及海底の移動状況を記述し、Sand Ridge 及季節に因る海岸變化の砂濱築港に及ぼす影響を論じ、波浪に起因する漂砂は海岸及海底に於て、波動的移動をなすものなることを結論したる後、潮汐及風の漂砂に及ぼす影響に論及し、漂砂の移動方向及原因並に築港に及ぼす結果を要略し、併て砂濱に修築せし港灣の例四、五を列記せり。

Synopsis

Important transporting agents, by which sand drifts are moved; Erosive and accretive changes both on the beach and the shallow bottom, caused by waves of onshore, oblique ones, and combined ones of the above two, observed, about 6 months, on a temporary trestle at the Ōmorihama coast, Hakodate; Nature of sand ridges, and erosion and accretion on sandy coasts in the calm and stormy seasons, and their effects upon harbours on sandy coasts; Waves cause drifting sands on beaches and shallow bottoms accumulate or erode, according to their conditions, which changes are as like as a kind of wave motion; Effects of tides and winds upon drifting sands; Directions and agents, to and by which drifting sands are moved; Effects of drifting sands on harbours; Some examples of harbours constructed upon sandy coasts.

目 次

緒 言	5
第一章 漂砂移動の主要原動力概要	6
第一節 波 浪	6
第二節 潮 汐	9

第三節 風に起因する潮流	10
第二章 函館大森濱海底移動實驗	10
第一節 實驗設備及其方法	10
第二節 實驗要目	11
第三章 強勢なる海風に起因する波浪の海岸及海底に及ぼす影響	13
海岸勾配部の移動	13
海底の移動	14
第四章 海岸に直角の方向より襲來する波浪の海岸及海底に及ぼす影響	14
第一節 強勢なる波浪の海岸及海底に及ぼす影響	14
海岸勾配部の移動	14
海底の移動	16
第二節 (時化後) 低長なる餘波の海岸及海底に及ぼす影響	16
海岸勾配部の移動	16
海底の移動	18
第三節 海上靜穩なる後低長なる餘波襲來する時海岸及海底の移動	20
第四節 波浪靜穩に近き時海岸及海底に及ぼす影響	20
海岸勾配部の移動	20
海底の移動	21
第五節 波浪の爲砂礫が沖より海岸に打ち寄せられたる實例	21
海底の波紋 (Ripple Marks)	21
第六節 海岸に波碎する波浪數と海岸の移動	22
第五章 波浪の海岸に傾斜して襲來する時海岸及海底に起る移動	23
第一節 波浪強大なる時海岸及海底に及ぼす影響	23
海岸勾配部の移動	23
海底の移動	23
第二節 低長なる餘波の海岸及海底に及ぼす影響	23
海岸勾配部の移動	23
海底の移動	24
第六章 二方向より波浪襲來する時海岸及海底に及ぼす影響	24
第一節 強大なる波浪の海岸及海底に及ぼす影響	25
海岸勾配部の移動	25
海底の移動	25

第二節	二方向より低長なる波浪襲來する際海岸及海底に及ぼす影響	25
	海岸勾配部の移動	25
	海底の移動	25
第七章	Sand Ridges (or Low and Ball)	25
第一節	Sand Ridges の成立	25
第二節	Sand Ridges の前進及崩壞	26
第三節	Sand Ridges の築港工事に及ぼす影響	27
第八章	季節に因る海岸の變化	28
第九章	結論 (漂砂の性質)	29
第一節	直角波に起因する海岸及海底の移動	29
	海岸 A B 部の移動	29
	海岸 B C 部の移動	29
	海底の移動	30
第二節	斜波及二方向より來襲する波浪に因る海岸及海底の移動	32
	海岸 A B 部の移動	32
	海岸 B C 部の移動	32
	海底の移動	32
第三節	潮汐の影響	33
第四節	風の影響	34
第五節	漂砂の移動方向及原因	35
第六節	漂砂移動の要略	35
第十章	砂濱に修築せる港灣實例	36
第一節	岩内港	36
第二節	今治港	37
第三節	函館港	38
第四節	マドラス港	42
第五節	セアラ港	44
第六節	サリナクルス港	44
第七節	上記諸港の漂砂移動	44

附 表 目 次

- 第 1 表 On-Shore wind により波浪起りし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 2 表 強勢なる直角波ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 3 表 低長なる直角餘波の時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 4 表 數日間海上靜穩なりし後低き直角餘波の來りし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 5 表 1. 極めて低き直角餘波の時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 5 表 2. 數日間直角の漣波又は極めて低き餘波の繼續せし時期及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 6 表 一分間に海岸に到着する波浪數と海岸の侵蝕堆積の關係を表はす。
- 第 7 表 海岸に對し斜の方向より強勢なる波浪ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 8 表 1. 海岸に對し斜の方向より低長なる餘波ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 8 表 2. 海岸に對し斜の方向より極めて低き波浪ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 8 表 3. 數日間海上靜穩なる後低き斜波浪ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 9 表 1. 海岸に對し二方向より波浪來りし時其強勢なるものを集め其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 9 表 2. 海岸に對し二方向より波浪來りし時其餘波の時日を集め其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 9 表 3. 數日間海上靜穩なりし後二方向より低き波浪來りし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす。
- 第 9 表 4. 二方向より極めて低き波浪の來りし時日及其等の移動概略を表はす。
- 第 10 表 最初碎波箇所附近海底隆起せし實例。
- 第 11 表 1. 函館港内にて波浪の海底移動に及ぼす實驗。
- 第 11 表 2. 函館港内にて波浪の海底移動に及ぼす實驗。
- 第 12 表 1. 大森濱實驗中強き Off-shore wind の海岸及海底に及ぼす影響を表はす。
- 第 12 表 2. 大森濱實驗中海岸に對し斜沖の方向より吹く強風の海岸及海底に及ぼす影響を表はす。

下記第 1', 2', 7', 3' 及 5' の各表は夫々上記第 1, 2, 7, 3, 5 の各表中に於て前後二回の海底實測の期間比較的同一状態の波浪を連続せしものを摘出し波浪の海岸及海底に及ぼす侵蝕及堆積を數字にて表はす。

第 1' 表 第 1 表より摘出す。

第 2' 表 第 2 表より摘出す。

第 7' 表 第 7 表より摘出す。

第 3' 表 第 3 表より摘出す。

第 5' 表 第 5 表より摘出す。

附 圖 目 次

第一葉 函館港及大森濱平面圖。

第二葉 函館市大森濱實驗用假足場の圖。

第三—九葉 第 1', 2', 3', 5' 及 7' 表に相當する時日の海岸及海底深淺測量比較圖。

第十葉 Sand Ridge の生成, 前進及崩壞圖。

第十一葉 大森濱及函館港内に於て季節(夏冬)により起る海岸及海底の變化圖。

第十二葉 波高, 波長及水深に起因する海岸及海底の波動的變遷圖。

第十三葉 北海道岩内港平面圖。

第十四葉 愛媛縣今治港平面圖。

第十五葉 マドラス (Madras) (Fig. 1.) セアラ (Ceará) (Fig. 2.) 及サリナクルス (Salina Cruz) (Fig. 3.) 各港の平面圖。

寫眞壹葉 假足場の實景。

緒 言

砂濱にある港灣に於て防波堤の如き構造物を築設する時は海底の平衡を亂し、土砂移動し港内の水深維持に困難する例尠からず、之築港工事上最も恐るべきことにして斯の如き港灣にありては其存廢は懸つて漂砂に對する水深維持の能否如何に在るを以て漂砂の性質を審にすること極めて必要なりとす。

茲に“漂砂”とは波浪、潮流又は兩者合同の力により移動する土砂を云ふ、其移動する原動力は主として波浪、潮汐及風又は之等の合同力なりとす。

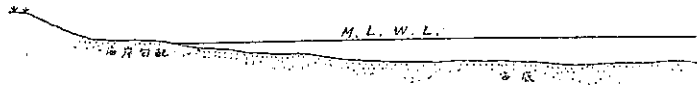
著者は以下之等原動力の漂砂に及ぼす影響の概要を記述したる後、實驗に基き海岸及海底の移動を審にし、以て漂砂の砂濱にある港灣(河口に存在せるものを除く)修築に及ぼす影響を論ぜんとす。

第一章 漂砂移動の主要原動力概要

第一節 波 浪

我等が海中工事を施行する水深は 100 尺を超ゆること稀にして、斯かる淺所に於ては風に起因する波浪の遷進する時、水分子の廻轉運動は圓形より橢圓形に變じ波動は擱波より漸次遷波の性質を帯び水深の益々減少するに隨ひ海底に接する水分子は單に前後に動揺し波浪は遂に最初碎波をなすに至るべし。最初碎波後の波浪は更に海岸に向ひ漸進を繼續し數度波碎しつゝ陸岸附近に達し最終碎波 (Plunge) し、水分子の廻轉運動は變形して海岸勾配上を昇馳 (Up-rush) 及降洗 (Back-wash) する水流と化す。

砂濱の海岸勾配は開敞の度、波浪の強弱、水深、砂粒の細粗等により差異あり、約 $1/4 \sim 1/30$ の間に變遷し $1/8 \sim 1/15$ を普通とす。海岸より沖に至れば第一圖に示す如く緩傾斜せる海底存在す、其勾配も種々の狀況により約 $1/50 \sim 1/1,000$ に變遷し $1/80 \sim 1/800$ を普通とす。



第 一 圖

波浪の海岸勾配に及ぼす影響 波浪の海岸勾配に及ぼす影響は最終碎波 (Plunge) 昇馳流 (Up-rush) 及降洗流 (Back-wash) の各作用に大別し得べし、波浪の海岸に直角の方向より襲來する時、此等作用の勾配砂礫に及ぼす影響は大略下記の如し。

1. 海岸勾配下に起る最終碎波は砂礫を攪亂推動し勾配上に移轉す。
2. 昇馳流は最後碎波直後に起り多量の砂礫を浮載衝動しつゝ勾配上を昇流す。
3. 昇降兩流の勾配上を流動中、摩擦の爲勢力消耗し、又ある水量は砂礫の空隙を透過し地表下に流浸するに因り降洗流は昇馳流に比し流速減少し其砂礫移動力減退す。
4. 降洗流は勾配を流下したる後は潜流となり海底に沿ひ流退し、海岸勾配上の砂礫を沖に移動す。
5. 海岸勾配上の砂礫は地球重力の關係上昇動さるゝに難く降下さるゝに易し。

上記の如く海岸勾配上に波浪襲來する時は諸種作用相錯雜す、而して其侵蝕及堆積は全然波浪の狀況により變化するものにして其理因は後章に序を遂ふて記載すべし。

昇馳及降洗兩流の勾配上に於ける流速に關し大正 5 年夏期各種波浪に就き各々數十回の實驗を施せり、其波長、波高及平均速度を表示せば下の如し。

波高 (尺)	波長 (尺)	昇馳 (Up-rush) (毎秒尺)	降洗 (Back-wash) (毎秒尺)	降洗 (Back-wash) 昇馳 (Up-rush) %	海岸勾配
0.2	15~20	4.10	2.95	72	1/10
0.7~1.3	15~20	5.08	3.92	77	1/10

波高(尺)	波長(尺)	昇馳 (Up-rush) (毎秒尺)	降洗 (Back-wash) (毎秒尺)	$\frac{\text{降洗 (Back-wash)}}{\text{昇馳 (Up-rush)}}$ %	海岸勾配
0.9~1.2	15~20	7.73	6.52	84	1/10
1.5	25~30	7.04	6.66	95	1/11
1.0~1.5	20~30	7.48	6.30	84	1/12
1.5~2.5	60~70	9.80	7.60	78	1/15
2.5	40	9.60	7.93	83	1/13

備考: 上記實驗は海中に 10 尺置きに測桿を建て波高及波長を測定せり、海岸勾配上には 5 尺を距て桿を建て昇馳 (Up-rush) 及降洗 (Back-wash) を測定するに便す。

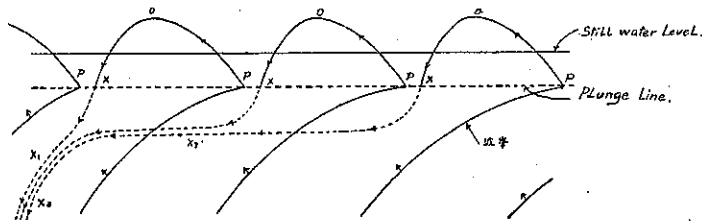
人員は 5 人を用ひ 1 名は海中にて波高及波長を測定す、昇馳及降洗の速度を測る爲各 2 名宛を使用す。前者の測定方法は 1 名は秒測時計 (Stop-watch) を持ち、他の 1 名は木片を用意し、波浪の碎波 (Plunge) 直後水面に投ず、然る時は秒測時計所持者は木片が 5 尺を距てたる桿間を通過する時間を測定記録す。降洗を測定する他の 2 人も亦秒測時計及木片を所持し昇馳を測定せしと同一波動の勾配上を後退する時木片を水面に投じ其速度を測定せり。

上記實驗に於て知り得たる事は次の如し。

1. 波高及波長大なるに隨ひ昇馳及降洗兩流の速度も亦大なり。
2. 昇馳流は降洗流より常に速度大なり。
3. 傾斜の度同一なる時は波高大なるに隨ひ降洗流の昇馳流に對する比大なり。
4. 勾配緩なるに隨ひ降洗流の昇馳流に對する比值尠なる傾向を有す。

之を要するに強勢なる波浪の際は降洗流速は昇馳のそれに比し速度の割合増加し地球重力の作用と協力し勾配砂礫を流下す、時化後海岸勾配緩傾し波高小なる際は昇馳流の速度割合益々優勢にして海岸に砂礫増積する如き結果を呈するものなり。

以上は波浪が海岸に直角の方向より來る場合にして、今波浪が海岸に傾斜して襲來する際、其最終碎波後に於ける昇馳及降洗兩流の徑路は第二圖 P O X に示す如く拋物線形をなすも



第二圖

のにして勾配上の砂礫は上記兩水流に順應し上下に昇降しつつ波浪の方向に移動す、而して此場合に於ける勾配上砂礫の蒙る影響は昇馳及降洗兩流の爲侵蝕又は堆積さるゝ作用以外に海岸を昇降しつつ波向に移動さるゝものなり。

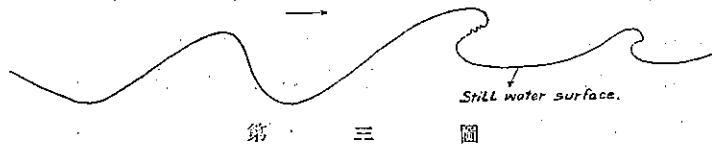
波浪の浅水海底に及ぼす影響 波浪の海岸淺處に漸進する時、其形狀は前面急斜し後面緩傾するに因り水分子の前進運動は急激にして後退速度は緩慢なり、故に前進流は後退流

により移動し難き粗砂礫を海岸に向ひ推動するに便利なり。之に反し細砂は水分子の前進後退兩流孰れにも移動さるゝにより常に海底上に往復すれども其勾配急なる箇所には在りては重力の共助により沖に移動さるゝこと容易なり。

擺波の海岸淺所に向ひ漸進する時は一部還波の性を帯び海水を前方に移動す、斯の如き波動の連續併進するに於ては海岸附近の局部水位上昇するにより平衡を保つ爲海水は海底に沿ひ逆潜流となり沖に流去す、波浪が海岸に向ひ直角に併進する時逆潜流は波峯下に於て一時其流動を阻止さるれども、波谷臻るに及び波動の後退運動と合同し高速度を以て再び波動と反對の方向に流去す、波浪が海岸に對し斜の方向より襲來する時は其方向に順應する沿岸潮流を生じ砂礫を移動す、此場合に於ても海岸附近の水位上昇するに因り其結果海水は平衡を得る爲所々に於て潜流となり沖に向ひ流去す、其徑路は第二圖 $X_1 X_2 X_3$ 線にて示す如し。

斜波浪に起因する沿岸潮流と潮汐のそれと其方向一致する時は砂礫移動に著しき影響を及ぼすものにして、兩者の方向相反し且つ潮流高速なる時は水中に浮遊せる細砂は後者の方向に、粗砂及礫は波浪の方向に移動さるゝを普通とす。

波浪の最初碎波する時は波峯前方に墜落して激潮流を生ずるに因り砂礫移動に著しき影響を及ぼすものなり。碎波後波谷の水位は恩師廣井博士の説明によれば（東京帝國大學工學部紀要第 10 冊第 1 號頁 4）第三圖に示す如く平水面に近きものなり、著者の實驗によるも



亦其波谷水位は著しく上昇し、波峯其面上に突起せるに因り海岸附近局部の水面は沖に比し高昇せり。之逆潜流を誘發する原因にして後章に記載する如く最初碎波後は海底洗掘さるゝ所以なりとす。

波高及波長の比は海底移動に密接の關係を有するものにして大海に於て荒浪の際其高さは長さの $1/20 \sim 1/12$ なるものゝ如く、餘波の際には長さ増加するに因り其比值減少す。著者の實驗中に於て海岸に襲來せし強波浪の高さは長さの約 $1/20$ なり。

波浪の淺水海底に及ぼす影響は波浪進行の方向、水深、海底の勾配、波浪の高低、長短、風の方向等により著しく變遷するものにして、之等の現象に就ては著者の長期に亘る實驗を基礎とし後章に記述すべし。

第二節 潮 汐

潮汐の海岸及海底移動に及ぼす影響を大別する時は次の如し。

1. 潮汐の満干により水面昇降す、隨て海岸に於ては水面の位置を變じ海上にては水深を増減す。
2. 潮汐の満干により潮流を生じ砂礫を移動す。

第 1 項の場合に於て單に潮波のみ海濱に對し進退する時、其影響は普通微弱にして水中に浮遊せる物體を僅に移動するに過ぎざれども波浪を伴ふ際は水面の昇降により海岸の碎波位置を漸次移動し、其作用を擴大す、水面の昇降等速度なる時は碎波の海岸に及ぼす作用も一樣なれども實際に於ては平潮面附近は昇降の度非常に速にして、干満兩潮面に於て滯滯するにより碎波の作用も後者附近特に著しき影響を蒙るものなり。

波浪の海底に及ぼす作用は後章に記する如く水深の増減に密接の關係を有す、水面の昇降なき時は波浪に變化なき限り海岸及海底は或時間の後平衡の状態に達し著しき移動なきに至るべし。

第 2 項潮汐干満に起因する潮流の海濱に及ぼす影響を考ふるに、其方向は普通海岸に平行にして干満により相反するものなれども地勢の形狀により種々變化し岬頭灣口等に於ては時に潮渦を生ず。

普通の海岸に於ては干満兩潮流は其速度及繼續時間殆ど相等しく、隨て干潮面以下の移動力は同一にして其方向相反す、高潮面附近は主として昇潮の影響を受くるものなり。

江灣海峽等に於ては潮汐の干満により急激なる潮流を生じ海底移動に著しき影響を及ぼすものなれども普通の砂濱に在りては水中に浮遊せる物體又は微細なる砂粒を移動し得るに過ぎざる場合多し、然れども波浪の海底を攪亂するに當り干満に依りて生ずる潮流の之を幫助する時は更に其勢を逞ふするに至るべし。

漂砂は普通潮汐及波浪の合成力により移動すれども其作用を分解し最有力素を判別することは極めて困難なる問題にして、之に關し多數技術家及學者の説も區々にして一定せず。此問題は各地の狀況により種々變化するものにして潮汐干満の差大なる江灣海峽附近に在りては急激なる潮流を生ずるにより漂砂は其影響を蒙ること多し。開敞の度大にして潮汐干満の差僅少なる地方に起る漂砂移動は主として波浪の作用に因るものなり。

潮汐に起因する潮流は波浪により攪亂浮遊されたる砂粒を移動するには最も有效なるものにして潮流独自の力により海底上の細砂を移動するには秒速約 4 寸荒砂に於て約 7 寸以上を要すべし。

波浪の作用は海岸淺水箇所に至るに隨ひ其影響大にして潮流の作用は之に反する場合多し、築港工事を施行するは普通水深 60 尺以内の海岸なるを以て特種の場合を除き其移動に

關しては波浪の影響大なるべし。

第三節 風に起因する潮流

風の海上を吹く時は水面上層に潮流を生じ水を移動するにより沖より陸地向ふ風（以下單に海風と稱す）は陸岸附近の水位を上昇す。此堆積水量は平衡を保つ爲潛流となり沖に流去し砂粒を移動す、故に海風は海岸附近の海底を侵蝕す、之に反し陸地より沖に向ふ風（以下單に陸風と稱す）は海岸に向ふ潛流を招來するにより海岸に堆砂することあり。

恒風又は廣海上より來る強風が海岸に斜傾して吹く時は沿岸潮流を生じ漂砂移動には極めて有力なる要素にして兩者の方向相反する海岸にありては其等に起因する漂砂移動の方向も亦相反するものなり。

第二章 函館大森濱海底移動實驗

函館市大森濱は一帯の砂濱にして津輕海峽に面し遠く日本海の波浪襲來し海岸及海底の移動極めて敏活なるものありしにより該箇所を撰定し漂砂移動の實驗を施行せり（附圖第一葉参照）。

第一節 實驗設備及其方法

大森濱に於て大正 5 年 10 月より同 6 年 3 月に至る期間に於て海底移動の狀況を實測する爲附圖第二葉に示す如く延長約 530 尺の假足場を海岸より海に向ひ架設し其上部中央に絲を張り（附圖第二葉斷面圖参照）其絲を基準とし海底深淺測量を施行せり、假足場に波浪の襲來する状態は別葉寫眞に示す如し。陸上には番小屋を設置し風力計を設備せり。

海底深淺測量は午前及午後各々一回を施行し風及波浪の觀測は當初晝間のみ行ひしが、大正 5 年 11 月下旬より晝夜共 3 時間置きに施し必要に應じ臨時追加せり。

假足場の先端海中に軌條を打込み標尺を取付け水位及波高を測定せり。波長は足場軌條間の距離により算定せり。

波高及波長の測定は極めて困難にして連續襲來する波浪と雖も同一の高さ及長さを有すること稀なり。今其一例を擧ぐれば下記の如し。

波高 (尺)	波長 (尺)
3.0	200
3.0	180
2.5	200
2.2	200
2.8	160
3.5	180

備考：大正 6 年 2 月 14 日午後 0 時 30 分より連續して襲來せる波浪の高さ及長さを示す。

波高及波長の観測は其當時の平均數を採用せり、波高5寸内外の長餘波は海岸上の波碎により初めて波浪あることを知り得たる場合多し、又兩方向より同時に波浪來る場合、各々個々の長さ及高さの測定極めて困難なりしを以て多くは主要波浪のみを観測せり。夜間の波浪観測は僅に其高長の略數を測定し得たるに過ぎず。大正5年10月～同6年3月間の波浪の観測表及1日2回施行せし測量圖面は本文中に於て説明上必要なるもの以外は之等を省略せり。

函館大森濱の平均干満潮面の差は約2尺8寸なり、沿岸に於て潮汐に起因する潮流速度が毎秒2寸～4寸なるにより僅に水中浮游物を移動する程度にして、其獨自の力のみにては海底砂礫移動には影響極めて尠少なれども潮汐の干満により水面昇降するにより風浪に際しては海濱上の碎波位置を變ずると共に其海底に及ぼす影響を變動せしにより潮汐は漂砂移動には等閑視すべからざる關係を有すれども其主要原動力は波浪なりとす。

大森濱の砂は少量の混入砂利を除き其細度は大略下記の如し。

Sieves.	Average Percentages in Volume.	
64/□cm	Remaining	11
	Passing	89
144/□cm	Remaining	25
	Passing	75
255/□cm	Remaining	31
	Passing	69

足場支柱の周圍海底は波浪の際1尺～2尺の半徑にて洗掘されしことありたれども、海底の深淺測量は足場断面の中央にて施行せしに因り其影響を受くることなく海底移動の状態は足場外部の變遷と同一なりき。

大森濱約6箇月間の實驗中激浪の爲數回假足場の先端破壊され其修理中該部分の深淺測量を不可能ならしめたり、又或時は荒浪襲來し測量危険なりし爲中止せしことあり。大正6年3月25日の大時化は足場の殆ど全部を破壊し且つ工事も繁忙期に入りしにより、遺憾ながら實測を中止せり。

實驗に關しては恩師廣井博士の指導と、又観測及測量に關しては元北海道廳技手現内務技手志戸田直道君、故北海道廳技手小林環君、同綱島輝一君及北海道廳技手眞壁福太郎君の深甚なる援助を茲に明記し感謝の意を表す。

第二節 實驗要目

波浪の海岸及海底の移動に及ぼす影響は其方向、高低、長短等により差異極めて大なるものなるを以て實驗の結果を下記の如く區分し漂砂の性質を論ぜんとす。

1. 強勢なる海風（海より陸地に
向ひ吹く風）に起因する波浪（普通時化の初期）の海岸及海底に及ぼ

す影響（此種波浪の起りし時日及其狀況は第 1 表及第 1' 表に掲載す）。

2. 海岸に直角の方向より襲來する波浪（以下單に直角波と記す）の海岸及海底に及ぼす影響。

(イ) 強勢なる波浪の海岸及海底に及ぼす影響（同上の事實は第 2 表及第 2' 表に掲載す）。

(ロ) (時化後) 低長なる餘波の海岸及海底に及ぼす影響（同上の事實は第 3 表及第 3' 表に掲載す）。

(ハ) 波浪靜穩なる後低長なる餘波襲來する時海岸及海底の移動（同上の事實は第 4 表に掲載す）。

(ニ) 波浪靜穩に近き時海岸及海底の移動（同上の事實は第 5 表 1 及 2 並に第 5' 表に掲載す）。

3. 海岸に傾斜して襲來する波浪の（以下單に斜波と記す）海岸及海底に及ぼす影響。

(イ) 強勢なる波浪の海岸及海底に及ぼす影響（同上の事實は第 7 表及第 7' 表に掲載す）。

(ロ) 低長なる餘波の海岸及海底に及ぼす影響（同上の事實は第 8 表 1, 2 及 3 に掲載す）。

4. 二方向より同時に波浪襲來する時海岸及海底に及ぼす影響。

(イ) 強勢なる波浪の海岸及海底に及ぼす影響（同上の事實は第 9 表 1 に掲載す）。

(ロ) 低長なる餘波の海岸及海底に及ぼす影響（同上の事實は第 9 表 2, 3 及 4 に掲載す）。

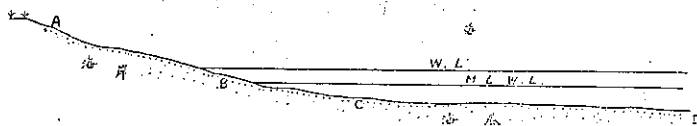
其他波浪の爲海底に起る次記現象を記述せんとす。

5. 海底に出現する Sand Ridges。

6. 夏冬（波の靜穩並に荒暴）の期節に起る海岸及海底の變化。

備考：第 1', 2', 3', 5' 及 7' 表は夫々第 1, 2, 3, 5 及 7 表の中より前後 2 回の海底實測の期間比較的同一狀態の波浪繼續せしものを摘出し波浪の海岸及海底に及ぼす 1 時間の侵蝕及堆積の數量を表はせしものなり。

函館大森濱の海岸及海底の勾配は波浪の狀況により夫々 $1/8 \sim 1/15$ 及 $1/80 \sim 1/500$ の間に變遷せり、而して其移動を論ずるに方り下記第四圖に示す如く便宜上 ABC 部（海岸勾配）及 CD 部（海底）に區分し考究せんとす。



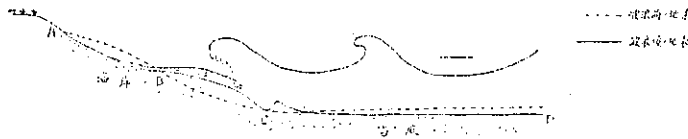
第 四 圖

A 點は波浪到達の頂部とし B 點は平均干潮面と水面との中央にして實驗の結果によれば普通該點附近を境界とし、上下兩部は浸蝕及堆積の作用相反するにより其位置を撰定せり、而して B 點は水面の高低により自然其位置を變ずるものとす、C 點は海岸及海底の急緩勾配の出會點とす。

第三章 強勢なる海風に起因する波浪の海岸 及海底に及ぼす影響

海風強勢なる時は波長短く波高比較的大にして且つ不規則なる波浪襲來するを普通とす、斯の如き現象は多く時化の初期にして漸次長高なる波浪海洋より襲來し海上時化となるを普通の状態とす。

海岸勾配 (ABC 部) の移動 海風に起因する高短なる波浪の最終碎波後、砂濱勾配を昇馳 (Up-rush) 及降洗 (Back-wash) するに方りては兩水流相交錯し複雑なる状態を現出



第五圖

す。降洗水流は其退下中途に於て多くは次續波の昇馳水流に出會す、其昇馳流は降洗流の上層を滑昇するにより勾配上の水流方向は下層後退し、上層昇馳すること第五圖に示す如し。其結果降洗流は勾配上の砂粒を直接移動退下するに反し昇馳流は其等に接觸せざるにより、移動には何等關係なきのみならず已に水流内に浮遊せる砂粒の一部は沈澱し降流中に落下す。

此際波動の勾配砂礫に及ぼす關係を列記せば下の如し。

1. 最終碎波は海底砂礫を勾配上に推動し降洗流に遭遇し相互に流速減退し砂礫を BC 部に遺棄す。
2. 昇馳流は既記の如く勾配上の砂礫移動には影響尠なり。
3. 降洗流は勾配頂部より速度並に砂礫移動力を漸増しつゝ、流下し中途に於て次續波の昇馳流に出會し流速及移動力減減され、砂礫の一部を BC 部に遺棄す。
4. 降洗流は上記の理由により其中途に於て速度減退するにより、それに起因する逆潜流は BC 部より海底に砂粒を移動する力尠なり。
5. 波高比較的大なる爲降洗流の速度大にして重力と協力し勾配上の砂粒殊に AB 部のものを引下すに利便なり。

以上の如き現象を呈するにより相當時間の後には第五圖に示す如く AB 部凹掘し、BC 部凸起す。第 1 表は實驗中強勢なる海風浪の時日を集めたるものにして、其波浪前後の深淺

測量結果を相當附圖に就て比較するに (附圖第三葉 (1), (2) 第四葉 (1), (2), (4), (5). 12. 26 前 8.5 時), 第六葉 (2), (4) (6. 1. 21 后 2 時), 第八葉 (3) 及第九葉 (4) 参照) 殆ど全部平均干潮面と水面との中央 (*B* 點) を境界とし上部浸蝕し下部堆積す, 其各面積は第 1 表に示す如く近似數なるもの多し, 而して其凹掘及凸起の形狀は第五圖に示す如く各々拋物線に類似せり, 之蓋し既記昇降兩流の勾配上に於て互に相錯交する結果にして, 後章に記する強勢なる波浪の影響とは稍其形狀を異にせり。

潮汐干満の差著しき箇所にありては上記浸蝕及堆積の範圍擴大さるゝものなり。

海底 (*CD* 部) の移動 強勢なる海風浪の際は風及逕波に起因する潮流の爲陸岸附近の局部水面上昇するにより逆潜流を誘致すれども, 實驗の結果によれば波高大ならざる場合は其砂粒移動力尠少なり, 波高が水深の約 $2/3 \sim 1/2$ に及ぶ時は (第 1 表, 5. 12. 26. 前 8.5 時, 6. 2. 19. 前 8.5 時及 6. 3. 24. 前 8.5 時等の移動参照) 孰れも沖合に於て波碎し海底附近の海底侵蝕せり。

強勢なる海風の時は海岸及其附近海底の侵蝕さるゝことは屢々聞く所にして上記實驗の結果によれば海岸水面以上の部分は明に其現象を呈すれども海底の部分は波高低き時其影響尠少にして其侵蝕は寧ろ強海風の結果なる高波浪に因るものなり (第 1 表及附圖参照)。

第 1 表に於て波長は波高の 10~30 倍にして其値は海底移動に著しき關係を有す, 此等の事實に就ては章を遡つて徐々に記載すべし。

第四章 海岸に直角の方向より襲來する波浪 (以下單に直角波と記す) の海岸及海底に及ぼす影響

第一節 強勢なる波浪の海岸及海底に及ぼす影響

強波浪の海洋より襲來する時, 即ち時化の最盛時に於ては海岸及海底に極めて重大なる變化を及ぼすものなり。

海岸勾配 (*ABC* 部) の移動 此種波浪に起因する海岸勾配上の最終碎波, 昇馳流及降洗流の砂礫移動に及ぼす關係, 即ち其等移動力の優劣を判定することは極めて興味ある問題なり, 今其等の作用を列擧せば下の如し。

1. 最終碎波は砂礫を勾配上に推動す。
2. 昇馳流は波浪強勢なる爲高速度を以て砂礫を上方に移動す。
3. 降洗流は昇馳流よりは速度稍少なれども相當高速度にて勾配上の砂礫を流下しつゝ水面に入り速度減退し砂礫の一部を *BC* 部に遺棄す。
4. 降洗流は勾配を流下したる後潜流となり海底に沿ひ流退し, 勾配上の砂粒を沖に移動す。

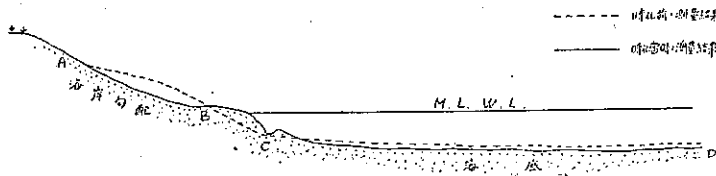
5. 波高大なる爲昇流量大にして砂礫の空隙を滲透流没する水は全量に比し其割合尠なり、故に降洗流勢を減すること少し。
6. 勾配上の砂礫は昇馳する時重力に反し、降退の時は其協力を受く。
7. 波長大なる爲昇馳及降洗兩流は勾配上にて遭遇すること尠く各々全能力を發揮す。

上記の如く波浪強勢なる時勾配上の各作用は極めて複雑にして其判定頗る困難なり、今第2表（實驗期間強勢なる直角波を集めたるもの）の結果によれば波高約4尺以上にして海岸勾配 $1/8 \sim 1/15$ （普通砂灘の勾配）なる時降洗流は地球重力と協同し其移動力優勢にして多くの場合平均干潮面の上部（B 點）を境界とし勾配上部 AB を侵蝕し其下部 BC に堆砂せり。

最終碎波が海岸勾配を攪亂したる際及水流の降洗したる時、細砂は水中に浮動し其幾部は降洗流に起因する潜流の爲沖に移動され荒砂残留するに因り海岸勾配は全體として漸次侵蝕さるゝ結果を呈するものにして、第2表に於て AB 部の侵蝕面積が BC 部の堆積面積より大なる所以なりとす。其等移動の高さは時化毎に1尺以上の箇所を生ぜり、以て波動の砂礫移動に及ぼす影響の著大なるを知り得べし。（第2表中 5. 12. 27 前 8.5 時、6. 1. 22 前 8.5 時（附圖第六葉（4））及 6. 2. 3 后 2 時の各測量當時は波浪漸次靜穩に歸し、次章に述ぶる低長なる餘波の時期に入りし爲 AB 部に堆積現出せり）。

最初碎波箇所と海岸勾配の移動を検するに波高大にして沖にて最初碎波せし時は AB 部侵蝕し BC 部堆積す、波高底く海岸附近にて最初碎波せし場合は之に反する移動を呈す。

勾配の下部最終碎波箇所（C 點）附近には第六圖に示す如く多くは凹凸部を生じ、（附圖



第 六 圖

第三葉（3）、（4）第六葉（4）（6. 1. 22 前 8.5 時）、第七葉（5）及第八葉（1）、（6. 2. 14 前 8.5 時）波浪靜穩に歸するに及び其形狀消失す、而して此部分の表面は荒砂礫を以て掩はるゝを普通とす。

強勢なる波浪に際しては海上平穩なる時に比し低水面附近に於て勾配緩傾すること第六圖及上記附圖に示す如し。該傾斜度は波浪の狀態に變化なき限り、ある時間後砂粒の細粗、波浪の強弱等に應じ並行の域に達するものなり（附圖第四葉（4）、5. 12. 26 后 2 時實測參

照) 第三章及本節に相當する附圖を参照するに、海岸勾配の侵蝕及堆積狀態稍異なるものあり、前者(第五圖)は各々拋物線に類似すれども後者は然らざるもの多し、之海風の影響否寧ろ波長と波高の影響と認め得べく、其比は第1表(第三章)にては強海風當時 10~30 にして第2表(本節)にては強波當時 20~40 なり、此等の關係に就ては結論の章に於て記載すべし。

時化の最盛時に於ける海岸勾配の移動は上記の如くなるに因り潮汐の干満に起因する水面昇降は自然侵蝕及堆積範圍を擴大するものなり。

海底(CD部)の移動 強大なる直角波の淺水箇所を漸進する時は一部選波の性質を帯び最初碎波後は益々其傾向著しく、海岸局部の水位上昇し沖に向ひ洗去する逆潜流を誘導す。波浪に起因する前進潮流及逆潜流は時化に際し海底砂礫を移動する主要原動力にして其作用は互に相反す、海底の侵蝕及堆積は此等の優劣に因り起るものなり。

普通の海底勾配(1/80~1/500)の箇所において第2表に示す如く波高が水深の約 2/3~1/2 なる時、最初碎波起り其箇所と陸岸間の海底侵蝕せり、之第一章に記せし如く最初碎波後は水位上昇し優勢なる逆潜流を誘發するに因るものなり(上記各附圖参照)。

第2表實測の多くは短時間内に侵蝕の深さ尺餘に及びし箇所あり、以て浪の海底移動に重大なる關係を有することを知り得べし(上記各附圖参照)。

波浪が最初碎波をなす時、波峯は恰も瀑布の如く前面に墜落し岸に向ふ潮流を生じ海底砂礫を推動す、該潮流は逆潜流に出會し速度減殺され砂礫を遺棄するに因り最初碎波箇所附近海底には堆砂現出すること附圖第三葉(3)、(4)(5. 10. 31 后)第四葉(4)第七葉(5)等に示す如し。

海底勾配急斜せる箇所において砂礫の沖に移動さるゝに方り重力の協助を受くること大なるに因り逆潜流の爲容易に洗掘さるゝものなり。

第2表に於て波長は波高の約 15~40 倍にして其値 20 附近の時海底侵蝕程度最も甚しく 40 附近にて減少する傾向を有す、波浪の狀態長時間略同一なる時は 5 年 12 月 26 日午後 2 時(附圖第四葉(4))の實測に示す如く海底は並行の域に達し變化尠少なり。

上記の如く海底砂礫の直角波に因り移動さるゝことは水深に密接の關係を有するにより潮汐干満は其潮流と共に海底移動に著しき影響を有す。

第二節 (時化後) 低長なる餘波の海岸及海底に及ぼす影響

海岸勾配の移動 低長なる餘波は普通時化後に起る現象にして海岸勾配に及ぼす影響は 2 期に區分し考ふるを便とす、第 1 期は波浪最盛時の後波高未だ比較的大なる時期とし、第 2 期は餘波益々低長なる時期とす。第 1 期に於ては波浪が勾配砂礫移動に及ぼす影響は下の如

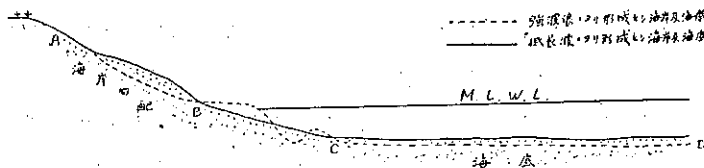
し。

1. 海岸勾配下に起る最後碎波は海底より砂礫を勾配上に推動す。
2. 波浪の最盛時期に比し波高低く昇馳水量尠少なる爲勾配上に於て地表下に流没する水は全量に比し其割合増加し、且つ時化により勾配緩傾せるに因り降洗流勢を稍減退す、該流勢は水面に出會し益々衰弱し砂礫を *BC* 部に遺棄す。
3. 降洗流速減退せるに因り、勾配を流下後に起る潜流も亦速度大ならず。
4. 時化に因り勾配緩傾せる爲砂礫流下に際し重力の協力を受くること比較的僅少なり。

上記の諸作用は海岸勾配上殊に *BC* 部に堆砂するに利便なり、之を實驗に徴するに第 3 表 (低長なる直角餘波を集めたるもの) に於て波高比較的大なる時日の實測 (第 3 表中○印参照) の結果によれば、降洗流により海底に流去さるゝ量よりも最後碎波及昇馳流により海底より勾配上に推動さるゝ砂礫多量にして *ABC* 部は全體として増積し (此場合に於て波高は未だ比較的大なるに因り既記時化の際の現象に類似し勾配上部に於ては昇馳流に比し降洗流及重力の合成力優勢なることあるに因り *AB* 部は侵蝕されしものあり) 殊に *BC* 部に堆砂せるもの多し (附圖第三葉 (4), (5. 10. 31 后 3 時), 第四葉 (5), 第五葉 (5) (6. 1. 15 前 8.5 時) 第八葉 (5) 参照) 就中高餘波比較的長時間繼續せしもの、例へば第 3 表中 5. 10. 31 后 3 時 (附圖第三葉 (4)) 6. 1. 15 前 8.5 時 (附圖第五葉 (5)) 6. 2. 15 前 8.5 時等の實測にありては堆砂尺餘に及び時化前に比し海岸著しく増殖せり、故に時化後の餘波は海岸勾配に砂礫を増積する作用をなすことを知り得べし。

第 2 期に至り餘波益々低長なる時波動の勾配上砂礫に及ぼす作用は下記の如し。

1. 低長なる餘波の最後碎波は *BC* 間の勾配上に於て起り、該部分の砂礫を上部に推動するにより第七圖に示す如く *BC* 部侵蝕、*AB* 部堆積す。
2. 波浪益々低長にして勾配上の昇馳水量尠少なるにより砂礫の空隙を滲透し地表下に流没する水量の割合比較的多大にして降流量著しく減少し流速及移動力衰弱す、故に昇馳流の砂礫移動力優勢にして長時間後には *BC* 部侵蝕、*AB* 部堆積す。
3. 殊に降流頂部附近に於ては流動水量の全部又は大部分地下に流没し水流は薄層をなし流下するにより、昇馳流の推動し來れる少量の砂粒と雖も移動する力缺乏す、故に長時間後には *AB* 部に堆砂す。



第七圖

以上の如き關係により第3表中○印以外の實驗結果の多くはBC部侵蝕AB部堆積せり。而して後者の量は前者より大なるもの多し、故に餘波長時間に及ぶ時は海岸は全體として砂礫増積す(附圖第五葉(2)(6.1.7后2時)第六葉(3)(6.1.20前8.5時)(5)第八葉(1)(6.2.13后2時)第九葉(1)(3)(6.3.17后2時)(5)参照)。

既記の事實より考ふる時は時化の初期(波長(l)/波高(h) $\approx 10\sim 30$)に於ては勾配AB部侵蝕、BC部堆積し其量稍均等なり、強勢なる波浪($l/h \approx 20\sim 40$)襲來するに及び前者は侵蝕著しく、後者には堆砂すれども海岸勾配全體として砂粒流失す、波浪漸減するに隨ひ先づBC部隆起し靜穩の度益々加はるに及び($l/h \approx 40\sim 100$)BC部の砂はAB部に移送さる、而して勾配全體とし砂粒増積す。換言せば海岸の砂は時化の爲持ち去られ餘波の時期に補給さるゝものなり。

波浪に起因する海岸勾配上の侵蝕及堆積作用は平均干潮面と水面との中間附近を境界とし其上下部は移動狀態相反す、其變化は主として l/h に關係するものにして其値40以下なる時はAB部侵蝕、BC部堆積し50以上なる時は之に反す。換言せば海岸勾配は l/h の値に應じ一種の波動的變遷をなすものなり(結論の章に詳記す)。

海底(CD部)の移動 低長なる直角餘波が海岸淺所に漸進する時は波形前面の勾配急斜、後面緩傾し波動も一部遷波の性質を帶ぶ、此種波浪の海底砂粒に及ぼす影響を列記せば大略下記の如し。

1. 波峯附近水分子の前進運動は迅速急激にして波谷附近の後退運動は緩漫なるにより前者は後者の移動し能はざる粗砂及礫を前進せしむるに有效なり。
2. 波浪一部遷波の性質を帶ぶるにより砂礫を前進するに有效なり。
3. 波浪低長なる爲逆潜流微弱なり。

以上の如くなるにより低長なる波浪は砂礫を陸岸に向ひ移動するに有效なれども、海底勾配の緩急により差異を生ずること勿論にして著者の實驗せし $1/80\sim 1/500$ の傾斜(普通砂濱海底の勾配)に於て此種波浪は砂粒を前進移動すること第3表並に附圖第三葉(3)(5.10.31前8.5時)(4)(5.10.31后3時)、第四葉(5)第五葉(2),(5)(6.1.15前8.5時)、第六葉(1),(3)(6.1.20前8.5時)(5)、第八葉(1)(6.2.13后2時)(5)、第九葉(1)に示す如し。

第3表に於て波高は水深の約 $1/2$ 以下にして前節強勢なる波浪當時は $1/2$ 以上に及び海底侵蝕せり、此事實より察するに波高が水深の約 $1/2$ に達する時は其箇所と陸岸間の海底侵蝕し $1/2$ 以下なる時は堆積現出するものなり、水深は海底移動に極めて關係深きものなること前記の如し、故に潮汐干満は砂粒侵蝕に影響すること至大なりとす。

第2表(強大なる波浪の表)及第3表に於て最初碎波箇所を比較するに、前者は波高が水

深の約 $2/3 \sim 1/2$ 附近に起り其部分と海岸間の海底侵蝕し、後者に於て水渚附近にて最初碎波起りしもの、大部分は CD 部に砂粒堆積せり、故に大體に於て普通の傾斜を有する海底にありては最初碎波前は砂粒波動と共に前進し、其碎波後は之と反すと認め得べし。

此等現象の原因と認むべき諸作用を列記せば次の如し。

1. 最初碎波後は第一章に記せる如く強逆潜流起り海底を侵蝕す。
2. 逆潜流は最初碎波箇所を通過後波浪の遷進運動に會し流勢漸衰し遷次砂粒を海底に遺棄す。
3. 最初碎波前に於ては上記の如く遷進性波浪の爲緩斜せる海底にありては砂礫を波動の方向に前進移動す。
4. 最初碎波箇所附近に於ては逆潜流及時々に起る碎波の前進潮流は相互に其運動を減退し該箇所附近に砂礫を遺棄す。

緩傾せる海底にありては大略上記の如き理由により最初碎波箇所附近を境界とし、其沖方は砂礫堆積し、其陸方は逆潜流の爲沖に移動さる、是等は第2表及第3表の實測結果と略一致せり、又最初碎波箇所附近に砂礫堆積することは5年12月26日前8.5時、(附圖第四葉(4))、6年2月14日前8.5時、(附圖第八葉(1))及同年3月6日前8.5時(第九葉(1))=(以上直角波の強勢なるもの)、5年10月31日前8時、(第三葉(3))、同后3時(第三葉(4))及6年3月17日前8.5時(第九葉(3))=(以上低長なる餘波)の各測量圖に示す如し。

上記の事實は伊太利の碩學 Cornaglia の唱道せし海底の“Neutral Line”とは其趣を異にし、碎波箇所を境界とし其以内海底は砂粒侵蝕され、其以外は堆積する海底波 (“Bottom wave”) の現象にして詳細は結論の章に於て記載すべし。

波長と波高とに關聯し海底の移動を検するに其 l/h の値第2表に於ては約 20~40、第3表に於ては約 40~100 なり。實驗箇所の如く海底緩斜せる淺所にありては其比 40 附近の時侵蝕及堆積中立状態にあるもの、如く、此場合に於ける實測圖(6. 2. 14 前 8.5 時比 40、(第2表附圖第八葉(1))又第3表中に於て 5. 11. 12 前 8 時比 45、6. 1. 7 前 8.5 時比 50、(附圖第五葉(2)) 6. 3. 17 后 2 時比 60、(附圖第九葉(3) 参照)を見るに海底凹凸し蝕積相錯交せり、之逆潜流と波動の前進運動と並行の狀に達せしものにして最初碎波箇所の漸次海岸に向ひ移動する時なりとす、波浪の l/h の比約 45 以上なる時は海底に堆砂す、殊に 60 附近の時其程度最も著しきものにして結論の章に於て明示すべし。

既記の事實により知る如く海底勾配、水深、波高及波長、砂粒の細粗は海底移動に深基なる關係を有する要素なりとす。

開敞の度大にして海底の勾配急なる砂濱にありては上記の理由により時化毎に海岸及海底著しく侵蝕され、餘波の時期に砂礫の沖より復歸する機會尠く、海岸移動防禦の爲突出する

防砂堤も海洋に向ひ移動する砂礫を防止するに由なきにより、河川等より充分なる砂礫の補給なき場合に於ては國土の保全困難にして、桑田變じて滄海となるの運命を免れ能はざるべし。

第三節 海上靜穩なる後、低長なる餘波襲來する時、海岸及海底の移動

數日間海上靜穩にして海岸に砂粒堆起し勾配急斜せる際に低長なる餘波、海洋より襲來する時、海岸勾配の蒙る移動變化は恰も既記強勢なる波浪の際に起りし結果と相似たる移動狀況を呈す。

海岸に昇馳する水流により上方に移動さるゝ砂礫は勾配急斜せる爲重力の作用に牽制さるゝこと至大なるに反し、降洗水流は其援助を受くるにより水面以上の部分 (*AB* 部) 侵蝕され *BC* 部に堆砂現出す (第 4 表 (數日間海上靜穩なりし後低長なる餘波來る時日を集めたるもの) 参照)。

低長なる餘波の海岸 *AB* 部に及ぼす作用は勾配の緩急により前記第二節及本節に示す如き差異を生ずるものなるに因り、波浪の砂濱に及ぼす影響を研究するには長期間連続し測量を施行すること肝要なりとす。

海底に及ぼす影響は第二節低長なる餘波と其作用相等し。

第四節 波浪靜穩に近き時海岸及海底に及ぼす影響

海岸勾配 (*ABC* 部) の移動 海上靜穩にして一見移動を認め能はざれども磯打つ碎波により僅に低長なる餘波を感知し得るが如き場合又は漣波ある時、海岸勾配上の昇馳及降洗兩水流の砂粒移動に及ぼす優劣を比較するに、後者は前者に比し流速比較的弱少にして且つ波浪低き爲昇馳水量少く、砂粒空隙を滲透流浚する量全體に比し其割合多く、昇馳區域の頂部に於ては全部地下に没消する場合多きにより長時間の後には *BC* 部の砂粒を *AB* 部に移送する結果を呈す。

第 5 表の 1 (波浪靜穩に近き時日を集めたるもの) に於て大部分は *BC* 部侵蝕し *AB* 部堆積せり、而して直角波の同一狀態長時間に及ぶものは *ABC* 勾配全體として堆積増殖する傾向を有す、之低長波の爲砂礫沖より來積せしに因るなり (附圖第五葉 (3), (4) 第六葉 (3), (6.1.20 后 2 時) 第七葉 (1), (2), (3), (4) 第八葉 (2), (4) 参照)。

第 5 表の 2 は低長波及漣波、數日間繼續せし期間を集めたるものにして前記と同一結果を呈せり。波高約 1 尺以下の漣波の場合 (5. 11. 14~17, 同 23~24 参照) には波長の如何に關せず水面以上に少量の砂粒堆積せり、之と同じ理由により潮汐に起因する漣波の場合に於ても亦同一現象を呈するものなり。

以上諸種の事實より知り得る如く時化の時は海岸の砂礫流失し、海上靜穩に歸するに及び

再び補給さるゝものなり。潮汐干満の差大なる所に於ては海岸の侵蝕及堆積の範圍擴大さるゝは論を俟たず。

海底の移動 海底の移動は波浪低き爲其影響少く第5表の1及前記附圖に就て見るに多少の堆積又は不變と認むべきもの多し。

波高は水深の約 $1/5$ 倍以下にして、波長は波高の約100倍以上なり。水深が波高の5倍以上に及ぶ時は波浪の海底に及ぼす影響激減するものなり。

第五節 波浪の爲砂礫が沖より海岸に打ち寄せられたる實例

既記實驗の結果に因れば餘波の際砂礫は沖より海岸附近に移動さるゝものにして今類似せる例二三を掲ぐれば下記の如し。

Mr. Murray が Min. Proc. Inst. Civ. Engrs. (XIX, P. 670. 1860. "On the Effect of Waves on Breakwaters") 誌上に記述せる所によれば英國 Sunderland にて海岸より7~10呎沖、水深10~20尋の箇所に投棄せし砂利が風浪の爲再び海岸に來積せり。Mr. Kinahan は海草の附着せる玉石が波浪の爲90~120呎の深所より海濱に打ち上げられたるを實見せり (Min. Proc. Inst. Civ. Engrs. LVIII. P. 284. 1879)。

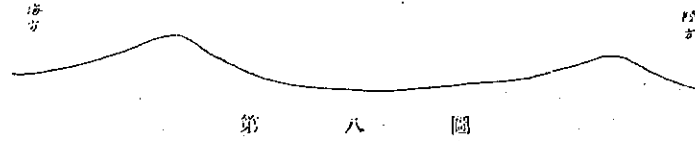
Mr. Methven が Durban 港にて實驗せし所によれば海岸より1呎沖、水深60呎の箇所に投棄せし細砂が波浪の爲再び海岸に襲來せり (Min. Proc. Inst. Civ. Engrs. CXCIII. P. 13) 又 Mr. Darley の説く所によれば New South Wales のある海岸に於ては風浪の後、海岸に金を含有する砂粒來積し其採取のため多數の土人生活し居れりと、而して其陸岸附近には金坑なきことを記述せり (Min. Proc. Inst. Civ. Engrs. CLXXXV. P. 122)。

Mr. Cornish の "Waves of the Sea and other Water Waves" (P. 162) に記述する所によればブランクサム・シヤイン附近の海底は風浪に因り侵蝕され勾配緩となり、海上靜穩に歸するに及び、殊に陸風に際し砂粒再び來積し Sand Ridge を成形せしを發見せりと。

波動により沖に浮動されたる細砂は遠く深所海底に沈澱するに因り陸岸に再來すること稀なれども、海底勾配緩なる淺所に移動せし砂礫は上記の例及既記實驗結果に示す如く餘波の際海岸に再來する機會を有するものなるに因り築港工事に際しては特に留意すべき事項なりとす。

海底の波紋 (Ripple Marks) 砂粒の海底は波浪又は潮流の爲波浪形の凹凸を生ず、波浪に起因する海岸淺所の海底波紋は主として餘波又は漣波の際に生じ波浪の方向に前進す (潮流の影響なき時は)、該移動は沖より波浪前進する時は海岸に向ひ漸次砂粒を移動する作用をなすものにして、既記低波浪の際砂粒の沖より移動せしは主として該波紋漸進の結果なるべし。下表は著者が函館港沿岸に於て漣波の際、海底波紋前進の實驗結果にして其當時に

於ける波紋の形は下記第八圖に示す如し。



測定箇所	水深 (尺)	一時間に波紋の進行 (尺)	摘 要
A	2.8	0.08	此測定は大正 4 年 9 月 22 日午後 2 時より函館港内第二防砂堤の北方にて施行せしものにして、其方法は海底波紋の峯に細き針金を刺し以て其移動を測定せり、當時波高 2~3 寸にして波長 5~6 尺なり。
B	2.8	0.05	
C	2.7	0.06	
D	2.0	0.03	
E	2.4	0.02	
F	2.1	0.03	
G	1.4	0.10	
A	1.1	0.30	大正 4 年 9 月 24 日午前 10 時より施行す、波浪は前記 22 日と殆ど同一の漣波なり。
B	1.0	0.20	
C	0.8	0.15	
D	0.2	0.10	
E	0.9	0.08	
F	0.7	0.17	

第六節 海岸に波碎する波浪數と海岸の移動

Mr. Palmer 及 Mr. Coode は海岸の移動は 1 分間に到着する波浪の數により異なるものなることを論ぜり (Shore Processes and Shoreline Development, Johnson, P. 144)。前者の説によれば 1 分間に來襲する波浪數 10 回以上なる時は海岸侵蝕し、それ以下なる際は海岸堆積す、又後者の開陳する所によれば 1 分間 9 回以上波碎する時は海岸増積し 7 回以下なる際は侵蝕す、今二者の説を見るに殆ど正反對にして孰れが正當なるかを判別するに苦しまざるを得ざると共に如何に波浪に起因する移動狀態が難解の問題なるかを知り得べし。

第 6 表は既記第 1~5 表中より各々 3, 4 の例を摘出し、海岸水面以上の移動と 1 分間の波浪數の關係を示すものにして時化の初期低長なる餘波及靜穩なる日の後、海洋より餘波來る際に於ける海岸の移動狀態は全部 Palmer 氏の説の如し。只波高き際 (普通の砂濱にて約 5 尺以上) 及約 1 尺以下の波浪の時は碎波數の如何に關せず前者は侵蝕し後者は堆積す、即ち兩氏の説は適否相半せり。

海岸の侵蝕及堆積は既記諸種の場合に述べし如く主として波高、波長及勾配の緩急に關係するものにして單に 1 分間に襲來する波浪の數により左右すべき問題に非ざるべし。

第五章 波浪の海岸に傾斜して襲來する時 (以下單に斜波と記す)

海岸及海底に起る移動

第一節 波浪強大なる時海岸及海底に及ぼす影響

海岸勾配 (ABC 部) の移動 斜波強大なる時、最後碎波後、昇馳 (Up-rush) 及降洗 (Back-wash) 兩流の海岸勾配に及ぼす影響は、直角波の時と同じく後退移動力優勢にて AB 部侵蝕し BC 部堆積するものなり、之を實驗の結果に徴するに第 7 表 (實驗中強勢なる斜波を集めたるもの) に於て勾配の移動は其斜傾の状態により多少差異あれども大體、上記と同一結果を呈せり、然れども昇降兩流の通過徑路は直角波の如く同一ならずして既記の如く斜に上下しつゝ常に砂礫を波向に移動し、且つ海岸勾配を引き均す如き作用をなすにより AB 及 BC 兩部は夫々凹掘、凸起する傾向尠く、寧ろ水面以上の部分直線に近似せり。之等の事實は第 2 表 (強勢なる直角波の表) 及第 7 表の附圖 (第三葉 (3) (5.10.30 后 2 時) (4) (5.11.1 前及后)、第五葉 (1) (6.1.5 前 8.5 時) (5) (6.1.15 后 2 時)、第八葉 (3)、第九葉 (4)) を参照せば自ら明なるべし。

第 7 表に於て、波長/波高 = 8~30 にして波浪短高なる爲 海岸勾配の移動稍盛なること直角波の場合に於ける如し。

此場合に於て海岸上の砂礫は昇馳及降洗兩流に因り勾配上を昇降しつゝ波高に順應移動す、これ直角波の作用と異なる點なりとす。

海底 (CD 部) の移動 斜波強大にして波高が水深の約 1/2 以上なる時は第 7 表に示す如く海底侵蝕し、波長が波高の約 20 倍なる時其程度最も著しく、最初碎波箇所附近に堆砂の傾向を有することは凡て直角波の場合と同一なりとす。而して海底侵蝕の状態は海岸附近に於て其程度著しき傾向を有す (5.10.30 后 3 時 附圖第三葉 (3)、6.1.5 前 8.5 時 附圖第五葉 (1) 及 6.2.19 前 8.5 時、附圖第八葉 (3) 参照)、これ第一章に記せる如く波動に起因する沿岸潮流及潜流が海岸附近の砂礫を移動せし結果にして強勢なる直角波は海底を概ね一樣に侵蝕せり、これ兩者作用の差異ある所なり。

第二節 低長なる餘波の海岸及海底に及ぼす影響

海岸勾配 (ABC 部) の移動 此場合に於ても直角餘波の時と同じく強勢なる波浪の漸減しつゝある如き場合、例へば第 8 表 1 の○印に於ける如く波高比較的大なるものにおいて BC 部に砂粒來積する傾向を有す、波浪益々低長なる時は第 8 表の 1 (○印以外) に示す如く多くは AB 部に砂礫堆積し BC 部侵蝕す、又波高 1 尺内外の時も波長の如何に關せず同一現象を呈す (第 8 表の 2)。之等は直角餘波に起因する移動と同じ、然れども凸起、

凹掘の形狀は直角餘波の如く顯著ならず稍直線形を呈す。以上の事實より考ふる時は斜波の場合に於ても亦波浪強勢なる時海岸水面以上の部分流失し、低長なる餘波の時補給する傾向顯著なりとす、但し其量は直角波に比し稍僅少なり。

海上平穩にして水面上に著しく堆砂し勾配急傾せる際、比較的微小なる斜波來る時も直角波の節記載せる如く *AB* 部侵蝕し *BC* 部に堆砂すること第 8 表の 3 に示す如し。然れども其量は比較的尠少なり。

是等の場合に於ても海岸上の砂礫は昇馳及降洗兩流の爲勾配上を昇降しつゝ波向に順應流動す。

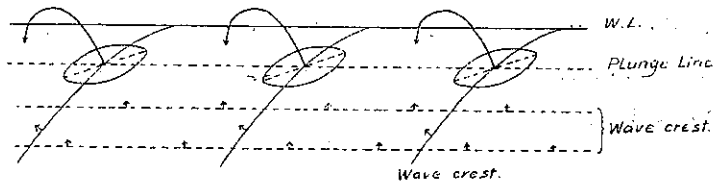
波底 (*CD* 部) の移動 第 8 表の 1 に於て波浪比較的高く沖にて碎波起りしものは其附近海底に砂礫堆積し、該箇所と陸岸間の海底侵蝕せる場合多し、これ強斜波の現象と同一なり、第 8 表 1 及 3 に於て斜波低き時海底は堆積、侵蝕又は侵蝕堆積相錯雜せり、これ蓋し沿岸潮流、潜流及波動の影響にして前二者は海底より細砂を移動し、後者は之に反し沖より砂粒を持ち來すに因り其等の優劣により差異を生ぜし結果なるべし。第 8 表 2 の如く波高低き時海底は殆ど移動なし。

低き直角波動は海底に堆砂するものなれども、低斜波の時海底は前記の如く、互に相反する諸作用の優劣に支配さるゝものにして其移動明確ならず。

水深/波高の値 5 以上なる時海底の移動極めて尠少なること (第 8 表の 2 参照) 及碎波箇所附近の海底堆積することは直角波の場合と同一なりとす。

第六章 二方向より波浪襲來する時海岸及海底に及ぼす影響

海上に餘波存在する時他の方向より風浪起る場合には海岸に二方向より波浪襲來す、此等波浪は海岸よりある距離に於て交叉し短小なる斜の碎波を生ず。



海岸 = 直角 = 進行せる波浪 (虚線) 及斜 = 波 (実線), *up-rush* 及 *back-wash* 経路 (After Krümmel)

第九圖

上記の如く二方向より波浪襲來する時海岸勾配上を昇馳及降洗する水流の狀態は大體第九圖に示す如く兩方向波の影響を受け、其合成力に支配さるゝものにして拋物線に似たる徑路を取り砂粒を移動す、其狀況は直角波と異なり寧ろ斜波に類似す。

第一節 強大なる波浪の海岸及海底に及ぼす影響

海岸勾配 (ABC 部) の移動 波高大なる時海岸勾配の移動は普通 AB 部侵蝕し B C 部堆積する傾向を有することは、既記直角波及斜波の場合と同一なりとす (第 9 表の 1 参照)。此場合に於ても斜波の際と同じく海岸の砂粒は波向に順應し勾配上を昇降しつゝ漸次移動す。

海底 (CD 部) の移動 波高が水深の約 $1/2$ 以上に達する時は、最初碎波をなし海底を侵蝕する傾向あるは直角波及斜波の場合の如し (第 9 表の 1 参照)。

第二節 二方向より低長なる波浪襲來する際海岸及海底に及ぼす影響

海岸勾配 (ABC 部) の移動 低長なる兩方向波の際は第 9 表の 2 及 4 に示す如く多くは AB 部に堆砂し BC 部侵蝕すること直角波及斜波と同一結果を呈す。

數日間海上靜穩なる後低長なる波浪來る時は AB 部侵蝕し BC 部に堆積すること直角波及斜波の章に記せし如し (第 9 表の 3 参照)。

海底 (CD 部) の移動 二方向より低長なる餘波來る時、海底の移動は其等の内の強勢なる波浪の影響を蒙ること大なるにより、侵蝕並に堆積共に判然せざること第 9 表 2, 3 及 4 に示す如し。

第七章 Sand Ridges (or Low and Ball.)

Sand Ridges は砂濱よりある距離を置き、それに並行なる海底の隆起 (Ball) にして該箇所と海岸との間には相當水深を有する低所 (Low) 存在す。

Mr. Russell の説によれば Lake Michigan の湖岸には二列又は三列の Sand Ridges 數百哩の間連續して存在せり、Herr Hagen の是等に關し記載せる所によれば、緩勾配の海底に Sand Ridge の生ずるは普通の現象にして多くは三列をなし、時に五列存在し海岸に近きもの最も高く、沖に至るに隨ひ其高さを減少す、著者の海底移動實驗中大正 5 年 10 月 30 日 ~ 11 月 2 日 (附圖第十葉 (1) 参照) に於て一列の Sand Ridge 生じ、波浪の爲海岸に漸進すると共に其高さ増加し、遂に大正 5 年 12 月 26 日 (附圖第十葉 (4)) の時化により破壊せり、以下實驗を基とし其性質を記述すべし。

第一節 Sand Ridges の成立

Sand Ridges の成立に就ては潮流其原因なりとの説と、波浪に起因するものとの二説存在す。著者の實驗によれば波浪に起因する逆潜流が碎波の前進水流に出會し、兩者の速度緩和し相互に移動し來れる砂礫を遺留するに原因するものにして波浪の状態に變化妙く、最初碎

波位置長時間移動少き時は該海底附近漸次隆起す、斯の如く波浪状態の變化比較的僅少なることは普通時化後の餘波に起る現象にして、逆潜流が波向と反對に流去する時は前記の海底隆起に極めて利便にして是は直角波の際に起る状態なりとす、故に Sand Ridges は普通緩斜せる海底に於て比較的高き直角餘波が其状態に變化少く長時間繼續する時に生成するものなり。

函館大森濱海底移動實驗中、大正 5 年 10 月 31 日及同 11 月 2 日の波浪（第 10 表参照）に因り附圖第十葉（1）に示す如く最初碎波箇所附近の海底著しく隆起せり、其兩日に於ける餘波の方向は海岸に直角又はそれに近く、波高及波長の同一状態長時間繼續し水深の變化比較的僅少にして（大正 5 年 10 月 31 日は舊曆 10 月 5 日）碎波箇所略一定せり。

此海底隆起は附圖第十葉に示す如く漸次其高さを増加しつゝ陸岸に接近し、遂に大正 5 年 12 月 26 日崩壊せり、其他實驗中第 10 表の時日に於ても最初碎波箇所附近の海底著しく隆起（附圖第五葉（1）、第七葉（5）、第九葉（2）、（3）、（6）、3.17 前 8.5 時）せしと雖も前記 Sand Ridges の發生せし時日を除きては各其直後に來れる大波浪の爲洗掘されしにより前者の如き Sand Ridge 出現せず、而して其等時日の波浪状態も殆ど既記の如き條件を具備せり。

第二節 Sand Ridges の前進及崩壊

實驗中に出現せし Sand Ridge は其崩壊に至る迄 2 ヶ月に於て高さを増加すること 3 尺餘、陸岸に前進せし距離、約 150 尺にして前面の勾配は前進と共に漸次急傾し、後面は之に反し、緩斜すること恰も波浪の海岸に接近する際に起る状態に酷似せり（附圖第十葉参照）。

Sand Ridge 存在中に於て波高大にして Ridge 上の水深に稍等しかりしは 11 月 20 日（波高 5 尺）及 12 月 15 日（波高 4.5 尺）にして其當時 Ridge 上の水深は夫々約 6 尺及 5 尺なり、此時日に於て海底の變化を見るに海岸と Sand Ridge 間及 Ridge より沖は夫々逆潜流並に波動の爲侵蝕され Ridge の頂部及前面に著しく堆砂し其形體前進せり。

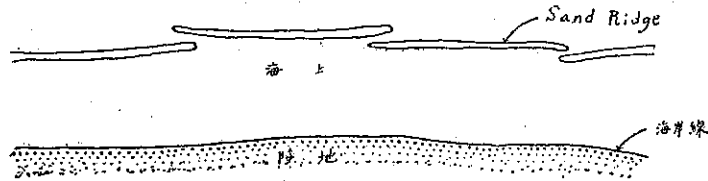
其他波高が Ridge 上の水深より少き時、海岸及 Ridge 間、並に其頂部には砂礫堆積し Ridge より沖は侵蝕し砂峯前進す、其生成より崩壊に至る迄の測量圖面を比較するに Ridge と海岸間との海底は砂礫増積せり（附圖第十葉（4）参照）。

以上の事實より考ふる時は Sand Ridge を構成せる砂礫の大部分は沖の海底より移動來集せしものにして、砂濱築港工事に是等 Ridges の著しき影響を及ぼすことを知り得べし。

該 Ridge は大正 5 年 12 月 26 日早朝海風を伴ふ波浪の爲崩壊し、其砂礫は逆潜流により沖に移動し僅少の海底隆起を残存せり、此部分も大正 6 年 1 月 5 日及同 7 日の兩時

化の爲全く其形狀を存せざるに至れり（附圖第十葉（4）参照），此等時化に於ける波高は夫々 6 尺、7 尺及 7.5 尺にして Ridge 上の水深は夫々約 5.8 尺、7 尺及 7 尺なり。即ち Sand Ridge は其頂部水深以上の波浪來る時は崩壞さるゝ結果を呈せり、之等の事實より考ふる時は波浪高き箇所に於ては Sand Ridge の水面以上に其頂部を露出し、陸岸との間に Lagoon を構成する如き機會は蓋し尠少なるべし。

函館大森濱の Sand Ridge は海岸に並行し只一列存在し、而かも其隆起は連続せずして下記略圖の如く所々切斷重覆せり、これ斜波其他の場合に於ける逆潜流の結果なるべし。



第十圖

第三節 Sand Ridges の築港工事に及ぼす影響

Sand Ridge を構成する砂礫は大部分沖の海底より集合漸進するものなる故、其港口又は港内に進入し來る時は急激に其水深を減少し、一度防波堤被覆面積内に入る時は其砂礫は再び波浪の爲持ち去らるゝ機會尠く港灣に非常なる危害を與ふるや論を俟たず。

港灣内に波浪の爲短時日間に砂礫堆積することは屢々起ることにして今二、三の例を挙げれば Mr. Thorowgood の Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers (Vol. CLVI. P. 244) 誌上にて Madras 港に關する論議中次の記事あり。

“When the Concrete block-work had reached what was then the 4-fathom line, and was now 2 fathoms, the whole of the rubble base was one day covered 8 feet deep by very fine sand……, until one day there came a cyclone which disturbed the whole water of the Bay of Bengal, and swept away all the sand,……. After that, there was no more trouble with sand in the foundation, but in the following year the same thing happened at the corresponding point on the south pier.”

又同誌の 252~3 頁に Mr. Dobson は Salina Cruz 港の海底移動に關し次の如く陳述せり。

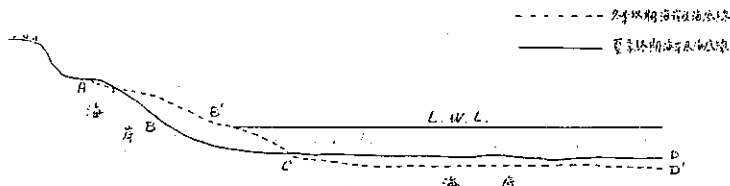
“In March and April, 1902, when the breakwater had reached a point 820 feet from its commencement, the bottom of the bay off the end of the breakwater silted up suddenly to the extent of 13 feet……. At first it was difficult to understand the sudden silting up of 13 feet off the end of the breakwater…….”

又智利國の沿岸に在りては深さ 20 尺内外の港口に於て漂砂の爲屢々水深の半を減ずることありと云ふ。

以上の例は詳細なる狀況を知り能はされども、著者は Sand Ridge が工事附近に襲來せしに非ずやと考ふるものにして Madras 及 Salina Cruz 港に關するものは地形其他より推察し Sand Ridge の害なりと斷定し蓋し誤り無かるべし。

第八章 季節に因る海岸の變化

一般夏季は時化後餘波の時期僅少にして短時間内に海上静穩に歸し、冬季は之に反し時化屢々來ると共に海上常に低長なる餘波存在するを普通とす、殊に北海道等の沿岸に於て然りとす。此等季節に於て海底勾配緩なる海岸の變遷は下記略圖に示す如く冬季に於て(點線)海岸に著しく堆砂し ($AB'C$)、海底の部分は稍侵蝕され (CD') 夏期は之に反する現象を呈す。



第十一圖

附圖第十一葉は著者が函館大森濱(第十一葉(1), (2)), 及同港第二防砂堤の北方(第十一葉(3), (4), (5)) に於て實測せし結果にして同圖(1)に於て5年10月18日~6年2月26日間は海岸勾配に著しく堆砂し海底 CD 部は稍水深を増加せり、又同圖(2)に於て6年2月26日~3月24日間は著しき時化無かりし爲冬季の現象より夏季のそれに復歸する傾向を呈せり、換言せば海岸侵蝕し海底に堆砂せり、但し6年3月25日の大時化は、海岸及海底を再び冬季の状態に復歸せり。

同圖(3), (4) 及 (5) は函館港内第二防砂堤北側の實測にして海岸勾配の變遷に明に上記の事實と一致すれども海底移動は稍不明瞭なり。

Elliott J. Dent は上記と相似たる海岸移動を Proceedings of the American Society of Civil Engineering (Vol. XLII. No. 5. May, 1916, P. 635) 誌上に發表せり。

之を要するに冬季は海岸に夥しき砂礫堆積するものなるが故に砂濱築港工事には最戒心すべき時期なりとす。

今季節に因る海岸變遷の理由を列記せば大略下の如し。

冬 季

1. 勾配 ABC 部は屢々襲來する時化の爲侵蝕さるれども平時は餘波常に海上に存するにより時化前に比し却つて堆砂す(既記直角餘波の章参照)。
2. 屢々來襲する高波は上記第十一圖 C 點附近にて碎波し、夏期に成形せる勾配緩な

る BC 部に砂礫を増積すること容易なり。

3. 海底の部分は強烈なる波浪により既記の如く侵蝕され餘波動により砂礫を填補堆積すと雖も冬期屢々來襲する時化の侵蝕作用に匹敵すべくもあらず（既記直角波の章参照）。

夏 季

1. 時化後短時間にて海上靜穩に歸し餘波の時期僅少なること普通なるに因り、海岸勾配は時化の爲侵蝕されたる砂礫を補足する機會少く海岸は侵蝕さるゝ傾向を有す。
2. 漣波又は低波浪の時日多きに因り海岸上部には砂礫堆積し勾配急斜す、故に時化に際し砂礫流失し海底 CD 部に移動し易し。
3. 夏季に於ける時化は普通冬季のそれより低小にして CD 部の水深は冬季の影響を蒙り稍増加せるに因り、最初碎波は海岸にて起る機會多く既記の事實より CD 部に堆砂するに利便なり。

之を要するに季節に因る海岸及海底の變化は主として時化の度數及餘波の斷續如何に起因するものにして常に餘波存在する如き砂濱にありては砂粒海岸に集積するものなり。

第九章 結 論 (漂砂の性質)

第一節 直角波に起因する海岸及海底の移動

海岸 AB 部の移動 海岸 AB 部の侵蝕及堆積と波長 (l) / 波高 (h) との關係は附圖第十二葉 (1) に示す如し (同圖は第 1', 第 2', 第 3' 及第 5' 表に於て 1 時間の侵蝕及堆積と l/h との關係を曲線にて表はせしものなり)。即ち AB 部の侵蝕は l/h の値 20 附近に於て其程度最大にして 40~50 の間にて侵蝕より堆積に轉換し 60 附近の時は堆積最も甚しく、波浪低長なるに及び其値漸減す。而して波高約 1 尺以下なる時は l/h の値如何に關せず堆積す (第 5 表の 2 参照)。

上記の如く海岸の移動は Delicate のものなる故、其局部に於て砂礫を採取する時は平衡破れ隣接地の崩潰を招來す。

海岸 BC 部の移動 海岸 BC 部の移動と l/h の關係は附圖第十二葉 (2) に示す如くにして AB 部とは波浪の作用全然反對なり、而して AB 及 BC 兩部の曲線を比較するに l/h の値 20~30 間及 60 以上に於ては AB 部の絶對値稍大なり、換言せば海岸勾配 ABC 部は波浪強勢なる時砂粒流失し餘波の時期には海岸に砂粒増積するものなり。

直角餘波の爲沖より海岸に來積せし砂粒 (Sand Ridge を含む) は斜波に因り海岸に沿ひ移動する爲開敞の度大にして海底勾配緩く、直角波及斜波の存在する海岸にありては沿岸漂

砂は豫想以上に多量に及ぶものなり。

上記 l/h と砂礫の侵蝕及堆積は地方的關係即ち開敞の度、波浪の強弱、勾配の緩急、砂粒の細粗等により蝕積の量には差異を生ずべしと雖も普通海岸勾配部は波浪の作用により平均干潮面と水面との中間附近を境界とし波動的變遷をなすものなるに因り、此性情を利用し水面附近に於て海岸に並行し僅に地表に露出する如き構造物を施設するに於ては水面以上の侵蝕作用を防止するに有效なるべし。

海底 CD 部の移動 l/h と海底 CD 部との關係は附圖第十二葉 (3) に示す如し (同圖は第 2', 第 3', 第 5' 及第 7' 表に於て直角波及時化に際し、一時間の移動平均深さと l/h の關係を曲線にて表はせしものなり)。海底侵蝕は l/h の値 20 附近に於て程度最大にして 40~50 の間に於て侵蝕より堆積に轉じ 50~60 附近堆積最も盛にして波浪低長なるに及び其程度漸減す、海岸及海底 $ABCD$ の部分は l/h に對し上記の如く B 及 C 點附近を境界とし波動的變遷をなす。

上記の事實より推す時は斜の餘波も亦沖より海岸に向ひ砂粒を移動することを知り得べし。

海岸淺所にて波浪の海底移動力は波高及水深に關係を有す。著者の實驗せし所に因れば其等の關係も附圖十二葉 (4) に示す如く波動的變遷を起すものにして (同圖は第 2', 第 3', 第 5' 及第 7' 表に依り作成せり) 其移動は $d/h < 2$ なる時侵蝕し $d/h > 2$ なる時堆積す、其値大なるに隨ひ海底移動の程度遞減す、而して最初碎波は $d/h = 3/2 \sim 2$ 附近に起れり、故に時化に際しては大體該箇所を境界とし、陸方海底は侵蝕し沖方は砂礫堆積するものと認め得べし。

附圖第十二葉 (3) 及 (4) を比較するに、緩傾せる海底に於て其水深が該土地に起る高波の 2 倍内外を有する箇所、即ち普通築港工事を施行するが如き水深に於ては波浪の爲左の如き移動をなす (漣波を除く)。

$l/h < 45$ なる時 $d/h = 2$ なる箇所に於て碎波し海底侵蝕す。

$l/h = 40 \sim 50$ なる時 $d/h = 2$ にして海底の蝕積相錯交す。

$l/h > 50$ なる時 $d/h > 2$ にして波浪は海岸にて最初碎波し海底増積す。

波浪の海岸淺所に漸進する時は其高さを増加し長さを減少す、即ち波高及波長は各々水深に關係を有す。Mr. Gaillard の説によれば、波浪の Energy は h^3 及 l に關係するものなりと、今 h, l, d 及海底移動の關係を求むる爲 (第 2', 3', 5', 及 7' 表より) d^3/h^3l と海底の侵蝕及堆積の變化を曲線にて表せば附圖第十二葉 (5) に示す如し。

同圖によれば水深淺く波勢大なる時は海底侵蝕し、 $d/h = 2$ 及 $l/h = 45$ なる時侵蝕より堆積に轉じ、水深漸増する場合、又は波勢漸減する時、海底堆積は遞減す、而して h, l 及 d に對しても海底は波動的移動をなすものなり。

上記は主として海底の勾配 1/80~1/500 なる箇所の實驗なり、其勾配急なる所に在りては砂礫は波動の爲沖に移動さるゝに便利なるに因り港灣として漂砂の害は緩和し得れども海岸侵蝕の不利を有す。

海底の勾配緩にして細砂を以て掩はれ大洋に開敞し常時餘波襲來する如き港灣にありては既記實驗結果に示す如く、沖より著しく漂砂侵入す、其漂砂は一度防波堤の被覆面積内に入り沈澱する時は時化に際しても沖に移動し去る機會尠く港内水深を減少すべきに因り、港口は波動の海底を移動せざる深所に設くること肝要なり、之を要するに海底勾配急にして沿岸荒砂を以て掩はるゝことは漂砂に關聯し港灣に必要な一條件なり。

上記の如く水深、波高、波長、開敞の度、勾配、砂粒の細粗等は海底移動に重大なる關係を有する要素なり、而して一般に波浪は水深幾何にして其作用停止し海底の移動に及ぼす影響皆無となるべきものなるや之難解にして且つ砂濱築港工事に須要なる一問題なり、之に關し從來多數識者の説も區々にして一定せず、又地方の狀況により差異極めて大なるは論を俟たざるべし。附圖第十二葉 (4) の曲線に於て $d=(8\sim 10)h$ にて海底堆積は激減せり。

又附圖第十二葉 (5) の曲線より d, h 及海底移動の關係を求めんに其移動停止し Accretion ≈ 0 なる所は同圖上より

$$\frac{d^3}{h^2} \doteq 7.5$$

波浪の堆積作用最も活動的なる時、即ち $l=60h$ なる場合に海底堆積が停止する爲には

$$\frac{d^3}{h^2 \times 60h} \doteq 7.5$$

$$d^3 \doteq 7.5 \times 60 h^3$$

$$d \doteq 7.7 h$$

即ち海底勾配緩なる箇所に於ては波動の堆積作用は其地に起る最高波の約 8 倍の水深にて停止するものにして、漂砂は海岸と該水深間の區域を流動す。勿論上式は一つの實驗式にして理論上海底移動皆無なる水深を示すものに非ずして寧ろ工事に於ける參考資料たるに過ぎず。

函館港内第二防砂堤附近海底に潜水夫を用ひ 100 餘本の小杭を列を正して打ち込ましめ其頭部を海底面と同高となし以て堆積及侵蝕の試験を行へり。大正 4 年 6 月 4 日は波高 2.5 尺内外、波長 100~120 尺にして海底移動の狀況を潜水夫を使用し調査せしに、其結果水深 20 尺以上の海底に於ては何等の異狀なく 19 尺以下の水深別波動は第 11 表の 1 に示す如し。大正 4 年 6 月 23 日~24 日の時化は波高 3.0~3.5 尺波長 100~150 尺にして其結果は第 11 表の 2 に示す如し、同表に於て水深 27 尺以上の杭頭に堆積せしは多くは泥にして、之時化の際海水中の浮游物沈澱せし結果と認め得べく、直接波動の爲海底移動せしは 26 尺以

内にあるものゝ如し。要するに以上 2 實驗の結果に於ても波高の約 8 倍以上の水深箇所は其移動極めて微弱なり。

之を要するに砂濱に施行する防波堤又は防砂堤の頭部は常時其地に起る波高の 8 倍以上の水深箇所に置くを安全とすれども、經費上之を許さざるに於ては尠くも其波高の 6 倍（附圖第十二葉 (4) 及 (5) に於て $d/h=6$ なる時は移動僅少なるに因る）以上の箇所に置くこと必要なり。

深水箇所に突出せる岬角が砂礫の移動を防止するは上記、波高及水深の關係を保つ爲なり。

第二節 斜波及二方向より來襲する波浪に因る海岸及海底移動

斜波が海岸に及ぼす影響は其進行の方向と海岸間の角度に關係あるものゝ如し、而して著者の實驗せし斜波の度数僅少なるにより其作用は直角波の如く分明ならざるを遺憾とす。

海岸 AB 部の移動 斜波が AB 部に及ぼす影響は直角波の如く明瞭ならざれども大體に於て $l/h < 50$ なる時侵蝕し $l/h > 50$ なる時堆積す（第 7 表、第 8 表 1 参照）。

波高 1 尺内外なる時は l/h の値如何に關せず堆積す（第 8 表 2 参照）。

二方向より波浪來襲する時 AB 部の移動は殆ど上部と同一の結果を呈することは第 9 表の 1, 2 及 4 に示す如し、而して $l/h \doteq 20$ の時侵蝕最も盛なり。

上記二種の波浪に際しても時化の時 AB 部侵蝕し波浪低長なる時堆積す、而して勾配上の砂礫は海岸を昇降しつつ波向に移動す。

海岸 BC 部の移動 斜波又は二方向よりの波浪海岸に來る場合に於て BC 部の侵蝕堆積は AB 部と殆ど正反對なることは第 7 表、第 8 表の 1 及 2 並に第 9 表の 1, 2 及 4 に示す如し。此等の場合に於ても直角波と同じく AB 及 BC 部は l/h の値により波動的變遷の傾向を有す、故に常時斜の餘波ある海岸にては水面以上の部分に砂粒集來し、且つ波向に移動するに因り海岸上の漂砂移動は益盛なり。

海底 CD 部の移動 斜波は其波勢比較的強き時は第 7 表に示す如く海岸附近の海底を侵蝕し又最初碎波箇所附近に堆積すること直角波の場合の如し、而して之等侵蝕砂粒は沿岸潮流に因り海岸に沿ひ移動す、波勢劣弱なる時海底移動は第 8 表の 1 に示す如く明確ならず、之蓋し斜波に起因する沿岸潮流は海底砂粒を侵蝕し、低長なる波動は沖より砂粒を持ち來るに因るものなり。

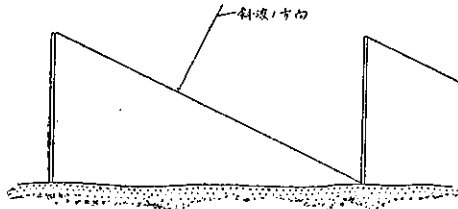
上記の如くなるに因り斜波は海岸附近の海底に波動的移動を生ぜざれども沿岸潮流を起し波高の約 8 倍の水深以内の區域に於て海岸に沿ひ帶狀に流動する漂砂を生ず、故に港口の方向は其地漂砂の主要流動方向を避け、且つ船舶の出入に支障なき範圍に於て其幅員を縮少す

ること肝要なり。

二方向より來る波浪の影響は其等の合成力に因るものにして多くの場合に於て斜波に似たる性質を帯ぶるに因り、其海底移動に及ぼす關係も斜波の場合と同一なることは第9表 1, 2 及 4 に示す如し。

海底勾配緩にして常時強斜波の襲來を受くる細砂濱にありては既記の如く海岸及沿岸附近に於て漂砂盛に波向に移動するに因り、斯かる海岸より防波堤を築出する時は其堤側に砂粒堆積し海岸前進す。浚渫又は反對方向の波浪に因り之を除去し能はざるに於ては漂砂は遂に港内に侵入し水深減少の危害を興ふるに至るものなり。又斯の如き海岸に島堤を築き港内に潮流を疏通し以て海岸の前進及漂砂の沈澱を防止せんとするも流砂は防波堤内側の静隠箇所

に沈澱堆積し港内有要水面の水深を減少すべし。



第十二圖

斜波に起因する漂砂の港灣に接近するを防禦する爲には海岸に直角の方向に數列の防砂堤を作り、其堤頭水深は既記の如く常時起る高波浪の6~8倍に達せしむること肝要なりとす、各防砂堤間の距離は第十二圖に示す如く（東京帝國大學工學部紀要第11冊第3號62頁より拔萃）

堤頭と次列の堤根部を連結する直線が斜波の方向と直角をなすを限度とす、此場合に於ては連結線の如き堆砂状態に達せし時と雖も波浪は砂濱に對し直角をなすに因り、其獨自の力のみにては港内に向ひ漂砂を移動する力僅少なればなり。漂砂の量多からざる場合は上記の方法に於て其移動を防禦し得べしと雖も其量多き時は人力により防止するは至難の業たるべし。

斜波に起因する海岸移動は直角波の作用の如く著しく凹凸せずして寧ろ直線に近きものなることは第五章に記載せる如し。從來海岸移動防禦の爲勾配面に並行し僅に其上に露出せる水制の有効なるは之が爲なり。

第三節 潮汐の影響

海岸は水平水面附近を境界とし波浪の強弱に應じ波動的變遷をなし、海底も亦水深及波浪の状況により移動をなすこと既記の如し、然して潮汐の干満は水面の昇降及水深の増減を起すにより海上に波浪起る時は海岸蝕積の範圍を擴大し海底移動に至大の關係を有す、又其干満に起因する潮流は波浪の攪亂浮游せし砂粒を移動す、故に潮汐は波浪と協同するに於ては砂粒移動に著しき影響を有す。又其干満に起因する漣波動は海岸水面以上の部分に堆砂すること既記の如し。

既記實測結果より強波浪の海岸及海底に及ぼせる作用を見るに第 2 表及第 7 表に於て波高約 5 尺以上の時は常に海岸又は海底に深さ 1 尺以上の堆積又は侵蝕箇所を現出せり、其他波高 3~4 尺の際に於ても 5~6 寸の移動箇所を残留す、然して實測箇所は平時潮流の秒速 2~4 寸なるにより之等移動は主として波浪に原因せるものなり。

上記の結果より波動及潮汐の海底移動に及ぼす優劣を比較判定するに、江灣海峡等にありては時に急激なる潮流沿岸を流動し海底移動の主因をなすことあれども、斯かる特種の場合を除き普通強波浪の襲來する沿岸淺所の移動は波動の影響優勢なりと斷定するも蓋し過なかるべし。

時化に際し海岸の淺水海底は波動の爲攪亂され細砂は水中に浮游す、此等細砂は潮流の爲沿岸を移動さるゝに因り海岸よりある距離内の海水濁濁す、波浪高く時化永續する時は此等濁濁部は漸次其範圍を擴張し波浪治まるに及び浮游細砂は海底に沈澱す、故に濁濁部の位置により時化の際潮流（潮汐及風に起因する）の海底堆積に及ぼす範圍を知り得べし。

第四節 風 の 影 響

海風（海より陸に向ひ吹く風）の際には其波浪の影響により海岸水面以上の部分侵蝕し、海底の移動は主として波浪の高低に起因し海風の影響顯著ならざること既記せる如し（第三章参照）。

陸風（陸より海に向ひ吹く風）は斜底を昇進する波動に對抗し、其降退するに至る迄の間に於て多少の時を經過せしめ以て砂粒の沈滞を容易ならしむると共に沿岸局部に於て陸岸に向ふ潜流を誘導する傾あるにより海岸及海底に砂粒の來積を幫助するものなり。

波浪低長にして陸風長時間に及ぶ時は海岸水面以上に砂粒堆積することあり（附屬第 12 表 1 及附圖中 6.1.25 前 8.5 時（第七葉 1）、6.2.13 后 2 時（第八葉 1）及 6.3.27 前 8.5 時（第九葉 5）の實測参照）、然れども強き陸風は必ず海岸に堆砂を誘導するものに非ずして、其主因は波浪なることは第 12 表 1 中に於て強陸風の時と雖も水面上に堆積現出せざることにより明なるべし。

陸風の沿岸附近海底に及ぼす影響は第 12 表 1 の結果に示す如く特に著しき現象を認めず只低長なる直角波の砂粒堆積作用を容易ならしむる程度のものなるべし、之を要するに陸風の際海岸及海底の移動主因は波浪にして風の爲起る潮流は之を幫助するものなり。

海岸に對し斜傾又は並行して吹く強風は斜波及沿岸潮流を生じ又沖に向ふ逆潜流をも誘發す、之等の風に起因する潮流が波動と協力する時は海底移動に著しき影響を及ぼすものなり。斜風波の強勢なるものを第 7 表より摘出し第 12 表 2 を作成す、其海底移動を見るに海岸附近のある區間著しく侵蝕さるゝ傾向を有す、之波動及風に起因する兩潮流が海岸に遭遇し沿

岸潮流となり該區域を高速度を以て流動し海底を移動せし爲にして潮流砂速は屢々2尺以上に及べり。

波動及風に起因する潮流の海底移動に及ぼす影響を比較するに、上記實驗の結果より其主動力は前者なれども後者と協同するに於ては移動作用益大なるものなり。

第五節 漂砂の移動方向及原因

既記の事實より漂砂の移動方向は下記の四種に大別し得。

I. 海岸及海底より沖に向ひ移動する漂砂。

1. 直角波及斜波の逆潜流に因るもの。
2. 海風に起因するもの、但し波高大ならざる時は影響著しからず。

II. 沖より海岸及海底に向ひ襲來する漂砂。

1. 直角及斜の餘波によるもの。
2. Sand Ridge によるもの。
3. 陸風によるもの、但し其影響は微弱なり。
4. 潮波に起因するもの、但し干満の差大ならざる所にては其影響極めて微弱なり。

III. 海岸を上下しつゝ移動する漂砂。

1. 斜波によるもの。
2. 潮汐に起因する潮流によるもの、但し影響は微弱なり。

IV. 沿岸海底を移動する漂砂。

1. 斜波によるもの。
2. 潮流（潮汐の）によるもの。

砂濱に築港を計畫する際は上記各種の漂砂に就て調査すること肝要なり。

第六節 漂砂移動の要略

1. 時化に際し海岸は侵蝕し海上靜穩に歸するに及び砂礫來積す。
2. 漂砂は直角波の $1/h$ の比に應じ（海底勾配緩なる所にては）海岸及海底に於て波動的移動をなし去來す比值 20 及 60 附近の時移動最も盛なり。
3. 砂濱に築設する防波堤及防砂堤頭の水深は其地に常時起る高波の 8 倍以上の箇所に置くを安全とす。
4. 最初碎波箇所を境とし陸方は侵蝕し沖方は堆積す（普通の海底勾配に於て）、又最初碎波箇所附近海底には波動及逆潜流の爲砂礫堆積し Sand Ridge 發生の原因をなす。
5. 海岸に斜の強風又は恒風或は常時斜の餘波存在する所にては海岸及海底に於て多量の漂砂を生じ、海岸より波高の約 8 倍の水深に至る區域に於て帶狀をなし波向に順應移動す

故に港口の方向は漂砂の帶狀流動方向を避け且つ支障なき範圍に於て其幅員を縮少すること肝要なり。

6. 斜波は強弱に關せず海岸附近の海底を侵蝕する傾向顯著なり。

7. 冬期は海岸に多量の砂礫堆積し夏期は之に反す、故に前者は港灣に漂砂集來する活動期なり。

8. 潮汐は其潮流により漂砂を移動する以外に其干満に因る水面の昇降は風浪の際海岸及海底に著しき影響を有す。

9. 海風は波浪と共同する時は海岸及海底を侵蝕する作用をなせども其主因は波浪にして陸風は波浪の堆積作用を幫助すれども其影響は大ならず。

10. 海底の勾配急斜し開敞の度大なる所にては砂礫の供給充分ならざる限り陸地保全困難なり、之に反し海底の勾配緩にして開敞の度大なる細砂濱は砂漂の移動盛なり。

海底の勾配緩く大洋に開敞し常時餘波海岸に襲來し砂礫の供給充分なる砂濱に修築する港灣に對しては既記 II, III, IV 種の漂砂盛に集來し港内の水深維持に困難を感ずるに至るべし。

第十章 砂濱に修築せる港灣實例

砂濱に修築せる二、三の港灣に就て其漂砂の移動及堆積の狀況を下に記載すべし。

第一節 岩 内 港

北海道岩内港は自西南至東北の間に於て日本海に開敞し、恒風は南々西乃至北西間にして西北西のもの最も強勢なり。本港は明治 43 年其西方に 1,600 尺の防波堤を竣工せしに（附圖第十三葉參照）港内に漂砂の侵入甚しく、自大正元年 9 月至同 4 年 6 月 3 年間に約 110,000 坪の土砂港内要部に沈澱せり。大正 3 年 10 月港の東部に起工せし第 1（延長 1,500 尺）及第 2（延長 450 尺）防砂堤の同 5 年 10 月竣工後は漂砂の堆積狀態改善し、防波堤及防砂堤の先端に築設せし總延長 2,800 尺の兩潛堤（起工大正 8 年 10 月、竣工同 11 年 10 月）は、浚渫作業と相俟つて港内埋没を減少せり、大正 7 年～同 11 年の 5 年間に於て港内の堆砂は約 14,000 坪にして一箇年の平均は約 2,800 坪なり。

本港の西方海岸は砂礫を以て掩はれ、其延長 1 里内外にして岬角に達す、[東北方の海岸は勾配緩なる（1/80～1/100）砂濱にして延長十數里に及べり、潮汐干満平均の差は約 1 尺 3 寸にして其干満に起因する潮流は秒速 9 寸以上に及ぶこと稀なるにより、潮流独自の力にて砂粒移動に影響する場合は極めて尠少にして其作用は波動を幫助する程度なるにより、本港埋没の原因は主として波浪の影響なりとす。

本港に襲來する漂砂は西方海岸並に東北方海岸より移動し來るもの及沖より前進し來る三

種類なり、就中後二者優勢にして前者は地勢上甚劣勢なり、Sand Ridge は防波堤築造以前の圖面（附圖第十三葉参照）に於て見る如く其存在の傾向顯著にして、著者の屢々本港を視察せし際も海岸よりある距離に於て Sand Ridge の存在せしことを實見せり。

防波堤築造以前に於て東北の砂濱及沖より港内に侵入せし漂砂は海岸に沿ひ南方に流出し又は西乃至西北風により北方に移動し港内の水深は平衡状態を呈せしが、防波堤の築造以後之等漂砂は其流出路を遮斷さるゝと共に波浪の掃蕩力を減少せしにより港内に堆砂を現出するに至りしものなり。

防砂堤及潜堤の築造以後は港内に侵入する上記流砂の大部分は其進路を遮斷されしにより港内の水深維持をして容易ならしめたり、第一防砂堤は其位置方向當を得たるに因り北方砂濱より移動し來る漂砂と西北強風浪の掃蕩力と平衡の狀を保ち、第一防砂堤北部沿岸の前進を防止せり。

本港に於て大正 9 年海底移動を驗する爲鑄鐵製の函を水深 47 尺 5 寸の海底に定置せしに函内に厚 1 寸 5 分砂粒堆積せり、然して同港の高波浪は下表の如し。

年月日	波高(尺)	波長(尺)	風位	風速(米/秒)
9.11. 8	15.0	170	西北西	35.0
10.12.18	18.0	220	同	43.3
12.10. 4	16.0	180	北西	25.4
12.11. 8	18.0	200	同	35.0
13. 1. 7	16.0	180	北西	30.0
13.11.30	18.0	220	西	35.0

（上表は北海道廳技師長谷川正發君の好意により知るを得たり、茲に同君に感謝の意を表す。）

本港に常時襲來する高波は 8~10 尺にして上記實驗は其約 5 倍の箇所に於て海底移動存在することを示すものにして、潜堤築造以後に於ても波高及水深の關係上港内に多少の漂砂侵入は免れ能はざるべし。

第二節 今 治 港

愛媛縣今治港は瀬戸内海備後灘に面し開敞の度最も大なるは東南~東北間にして、北々東には約 2 哩を隔て島嶼存在す、本港より北方約 2 哩にして來島海峡あり、又市街の東南約 1 哩の所に總社川存在し盛に砂礫を流出し本港漂砂の源泉を成形す。

本港の恒風は東~東北東間、並に西南西~西北西間にして、最強風も亦恒風と其方向同一なり。而して本港に強波浪を起す風は前者の方向より來るものとす。

本港最大満潮平均面は 12 尺 4 寸にして、其潮流速度は附近に存在せる來島海峡の影響を蒙り秒速 2 尺を超過する場合多く、其方向は昇潮に際し東南に流れ退潮は之に反す。

本港附近は一帯の砂濱にして殊に東南海岸は延長數里に亘り、其間に總社川存在し砂礫を

海岸に流出す、波浪に因り本港に襲來する漂砂は西北及東南兩砂濱より移動し來るものにして前者は延長遠からず、對岸距離も短小なるに因り漂砂の移動著しからず、後者は之に反し連續數里に及び備後灘に面し、且つ有力なる砂礫供給河川存在し、地形上より遠觀する時は防波堤築造後本港の運命に危惧の感無き能はず、Sand Ridge は沿岸の勾配急なるに因り存在せず、潮汐に起因する潮流は其干満に際し互に相反する方向に漂砂を移動す。

今治港の防波堤は大正 9 年、市に於て起工し同 11 年竣工せり、其延長 245 間にして(附圖第十四葉參照) 同港船入湖舊防波堤を起點とし西北に向ひ弧狀を成形し、主として東北東備後灘より襲來する暴風浪を防禦し船舶の碇泊を安全ならしむ。(大正 12 年より本港は内務省指定港灣として同省に於て内港設備、浚渫及埋立工事に着手せり)。

防波堤工事中著者は市當局の囑託を受け、其用務の爲屢々同港に來往せし機會に於て防波堤外の海岸前進と港内堆砂とに注意せしに、港内にては何等水深の異狀を認めず、只防波堤築造に際し海岸附近捨石上に多少の堆砂を認めたることあれども、海岸線の前進する程度に至らず、深水箇所には殆ど堆砂の影響を認識せず、又工事完成以後今日に及ぶも港内及防波堤外に於て水深の異狀を發見せず。

本港が漂砂の危害を免れ得たる原因は蓋し下記事情に因るものなり。

1. 大洋に面せずして波浪強からず、且つ餘波の時期短小なるに因り東南海岸より移動し來る漂砂の量比較的僅少なること。
2. 沿岸粗砂を以て掩はれ防波堤外は海底勾配急激(約 1/8~1/10)にして殊に堤頭附近に於て甚しく且つ潮流速度及水深共に大なるに因り東南海岸より堤外に來る流砂を深水箇所に移動するに極めて有利なること。
3. 本港に起る普通の高波は 5 尺内外にして防波堤頭は水深 40 尺の海中に存在し波浪に起因する漂砂の影響少なること。
4. 防波堤の方向直しきを得堤外堆砂を海底深所に移動するに利便なること。
5. 本港より來島海峡に至る西北海岸には縣廳に於て海岸保護の爲築造せし長短多數の防砂堤存在し、波浪の爲移動する漂砂を防止し且つ港内に向ふ昇潮を沖に轉向す。

本港が漂砂の害より免れたるは全く設計其當を得たるに因るものにして、設計者内務技師安藝博士及愛媛縣技師坂本一平君に對し茲に深甚の敬意を表す。

第三節 函 館 港

北海道函館港は渡島半島の南端に在り、津輕海峡に面し南西より巴狀に陸地に鑿入せり(附圖第一葉參照) 本港の西北海岸は延長約 3 里の砂濱にして其間數個の小河川存在し砂礫を海中に吐出す、市街の南西には函館山高く聳立し其外側は絶壁を以て海に接す。

本港の恒風は秋冬及春期には西南~北間より、夏季は東~東南間より來り、強波浪は西南

及南の方向より襲來す。西〜北間より來る波浪は港内に向ひ漂砂を移動し、東〜南間の波浪は上記に反する方向に漂砂を移動すれども對岸距離の關係上、港内に於て其作用微弱にして北に進むに隨ひ漸増す。

港内に於ける大潮干満平均の差は 2 尺 8 寸にして、其潮流の速度は 1 秒間に 1~4 寸なるに因り、獨自の力にては漂砂移動に影響すること甚微弱なり。

本港内に侵入する漂砂の主なるものは、西〜北の風浪に因り本港東岸を移動し來るもの及西南又は南方の餘波の爲沖より沿岸に來襲せし砂粒が再び西北風浪の爲港内に向ひ移動する二種なりとす、而して第 2 及第 3 防砂堤附近に於ては高さ 2 尺内外の Sand Ridge 常に海底を去來せり、西〜北の風浪により漂砂の港内に侵入するを防止する設計は明治 29 年函館改良工事に當り廣井博士により立案されしものにして、其要點は延長 1,500 尺の第 1 防砂堤（附圖第一葉參照）を港の東部に築設し、其先端を水深 14 尺に達せしむ、而して第 1 堤以北には漂砂堆積すべきに因り 10 年を出でずして第 2 及第 3 防砂堤の築造を必要とすべし。以上 3 個の防砂堤全備するに及びては其相距る僅々 1 哩に過ぎざれば、強風の水中に及ぼす動作も至微なりとす、而して第 3 堤附近の漂砂は東〜南風に際しては北進し、西南〜北風に際しては南方に移動し、或は外部の廣闊なる深水海面に流入して平衡の狀を呈すべく是にて本港防砂工事は完成するものなりとす（明治 32 年 4 月廣井博士の編成に係る函館港改良工事報文參照）。

上記の設計に基き第 1 防砂堤は明治 29 年 10 月着手し同 31 年 9 月竣工せり、而して本堤は其效果著しく港外より灣内に向ふ流砂を防遏し堤の北部海岸は 10 年間に 600 尺前進せり。

明治 43 年起工せし函館築港工事は防波堤（延長 3,300 尺）第 2 及第 3 防砂堤（各々延長 1,600 尺）を含有し、全然既記設計により施工せり。第 2 防砂堤は大正 3 年 4 月着手同 6 年竣工し、第 3 防砂堤は大正 5 年 4 月起工同 7 年竣工せり。

各防砂堤間の距離は其長さの約 4 倍にして、第 1 堤頭部と第 2 堤根部を連絡せる直線及第 2 堤頭部と第 3 堤根部を連結せる直線は本港恒風なる西又は西北西の風浪に對し、直角を成すに因り、該連絡線形に砂粒堆積する場合と雖も波浪の爲港内に侵入する漂砂の量は尠少なりとす。

各防砂堤は西南及南より襲來する本港最強波に對し開敞する程度を異にするを以て、各堤延長も其度に順應せしむる爲第 1 堤は干潮面以下 14 尺の箇所に、第 2 堤は同 17 尺の箇所に、第 3 堤は同 24 尺の箇所に設置せり。

本港東岸の海底勾配は北進するに隨ひ漸次急斜す、建設當時第 1 堤の海底は約 $1/100$ 、第 2 堤は約 $1/80$ 、第 3 堤は約 $1/65$ にして、各堤は開敞の度に應じ順次波浪の爲堆積砂粒の外

海深水箇所に移動さるゝ程度を異にし第3堤最有利なりす。

大正2年～同7年間に於て前記3個の防砂堤兩側附近の漂砂移動狀況を示せば下の如し。

第1防砂堤北側

期 間	堆積坪數	摘 要
大正2年 5月～同 年12月	3,360	
同 3年 5月～同4年11月	8,577	第1堤北側に於て民間にて海面埋立を施工せしが間もなく工事を中止し其土砂海中に流出せり。
同 4年11月～同5年 7月	3,920	
同 5年 7月～同6年 5月	3,649	

第2防砂堤北側

期 間	堆積坪數	摘 要
大正3年 8月～同 年12月	1,726	
同 3年12月～同4年 9月	2,609	
同 4年 9月～同5年 4月	160 (減)	
同 5年 4月～同5年11月	4,776	
同 5年11月～同6年 5月	180	
同 6年 5月～同6年10月	1,021	
同 6年10月～同7年 7月	2,284	

第2防砂堤南側

期 間	堆積坪數	摘 要
大正3年12月～同4年 9月	4,691	備考参照
同 4年 9月～同5年 4月	1,096	
同 5年 4月～同5年11月	163	
同 5年11月～同6年 5月	175 (減)	
同 6年 5月～同6年10月	1,751 (減)	
同 6年10月～同7年 7月	919 (減)	

第3防砂堤北側

期 間	堆積坪數	摘 要
大正5年 6月～同5年12月	4,030	
同 5年12月～同6年 6月	2,540	
同 6年 6月～同6年10月	2,312	
同 6年10月～同7年 8月	1,890	

第3防砂堤南側

期 間	堆積坪數	摘 要
大正5年 6月～同5年12月	546	備考参照
同 5年12月～同6年 6月	5,204	
同 6年 6月～同6年10月	2,067	
同 6年10月～同7年 8月	1,890	

備考：前表第 2 及第 3 堤の南側に起工當年の冬多量の土砂堆積せし原因は、浅水箇所に築造せる石堤の北側に集積せる漂砂が西北風浪の爲堤端を廻り其南側に漂到せること、及浅所に投入せし捨石に西北風浪激しく海底を洗掘し石材を埋没し砂粒を南方に移動せるに起因するものにして、當時工事中の捨石先端附近の南側著しく潤濁せしは常時認めたる現象なり。

各防砂堤頭附近の水深減少の程度は第 1 堤は約 20 年間（明治 32 年～大正 7 年）に 2~4 尺（其期間函館築港工事の爲明治 43 年に約 8,000 立坪、同 44 年に約 3,000 立坪の土砂を第 1 堤北側海底より浚渫し、又大正 4~5 年に民間にて埋立を施工後中止せし爲約 3,000 立坪の土砂海中に流出せり）第 2 堤は 4 年間（大正 4~7 年）に約 1 尺、第 3 堤は 2 年間（大正 6~7 年）に著しき變化なし、各堤北側の海岸線前進程度は夫々上記期間中に第 1 堤は約 600 尺、第 2 堤は約 120 尺、第 3 堤は約 50 尺なり。

本港第 3 防砂堤附近に起りし高波浪の數例を掲ぐれば下の如し。

年月日	風向	風力 (米/秒)	波高 (尺)	波長 (尺)
6. 1. 8.	S.W.	25	5.0~6.0	70
6. 3. 15.	W.	25	3.0	80
6.11. 5.	S.W.	30	4.0	80
6.11. 4.	W.	30	3.0~4.0	120
6.11.21.	W.	12	4.5	80~120
6.12.11.	W.	10	4.0~4.5	100
7. 1. 17.	W.	12	4.5~5.0	60~80
7. 9. 25.	S.S.W.	36	12.0~16.0	120~160

上表に示す如く本港第 3 防砂堤附近に常時起る高波浪は 4~5 尺にして共約 6 倍の水深に於ては海底の移動著しからず。

時化に際し第 1 堤~第 3 堤沿岸には波動及潮汐に起因する潮流の爲細砂浮動し海水の潤濁部を生じ風波長時間に及ぶ時、該部は漸次沖に擴大し防砂堤附近殊に著しく、波浪靜穩に歸するに及び濁水は次第に消失す、海底移動調査の爲潤濁部分の海底に定置せし管内に 1 回の時化に於て沈澱せし泥砂の深さ 2~5 分に及ぶこと稀ならず。故に該潤濁部は時化に際し潮流に起因し海底深水箇所に泥砂の沈澱する範圍を知る目標たるべし。

第 2 防砂堤築造後は恒風下なる南側沿岸崩潰せり、之流砂の進路を遮断せし爲なり。

西~北の恒風に起因する波浪は對岸距離の關係上第 3 防砂堤附近より漸次強勢の度を加ふるに因り、港内に向ふ南進漂砂も其移動量を漸増す、之に反し東~南の風浪は第 3 堤以北に於て漸次其勢力を増加し港外に去る北進漂砂を漸増す、即ち第 3 堤附近は恰も前記南及北に進む漂砂の平衡箇所に相等す。

函館市街の沿岸に於て 18 尺以上の水深箇所は全體を通じ何等埋没の痕跡を認めざれども 18 尺以内の浅水箇所は 1 年平均 1 寸 4 分の水深を減少せり、其原因は大雨に際し函館山

急坂を流下する雨水の移動し來る土砂、船舶投棄物及下水等の沈澱物の然らしむる所にして大雨後に於ては該沿岸の海水は常に著しく黄濁色を呈せり。

本港漂砂の狀況は大約上記の如くにして各防砂堤沿岸の狀況は今日に於ても大正7年と大差なく數年間の後には平衡の狀態を呈するに至るべし。

既記の如く本港漂砂移動の防止工事は明治29年廣井博士により豫想されし如く好成绩を擧ぐるに至れり、之一つは沿岸漂砂の移動猛烈ならざるにも因ることなれども(1年間の移動量は5,000~6,000立坪)其主因とも認め得べきものは立案に際し調査を完備し巧に地形及波浪の狀況を利用し既記の如く各防波堤の位置及延長を決定せしことに起因す(本港工事の詳細は函館築港工事報文参照)。

海岸淺所に築設する防砂堤工事に捨石を使用する場合に注意すべきことは海底に投入せし石材は波浪の爲海底深く沈没するに因り、所要石材は豫想外に多量を要するものにして其二、三の例を掲ぐれば次の如し。

地 名	設計當初の捨石増加豫想率	實際増加せし率
函館港第2防砂堤	3割	6割
同 第3防砂堤	3割	5割
岩内港第1防砂堤		6割
岩内港 第2防砂堤		16割
同 西 濬 堤		6割
今治港防波堤淺水箇所	2割	約5割

實施増加量は其地開敞の度により異なれども、大體に於て斷面積より計算せし數量の5~6割の増加を必要とすべし、函館第3防砂堤に於ては波浪の爲海底洗掘され石材の沈下を防止する爲捨石投入に先ち豫め石材採取箇所より得たる石屑を海底に散布せしに所要石材の約1割を減少せり。

第 四 節 マドラス (Madras) 港

マドラス港は印度東岸にあり、海岸は砂濱の連続400哩に及び其間多數の河川海に注ぎ砂礫を供給す、印度洋の恒風なる貿易風の方向は3月~8月迄は西南、10月~翌年1月迄は東北なり、其波浪の方向は前者に於ては南々東、後者の際には東北にして各々海岸に約30度の角度を以て進行す、而して前者は後者に比し砂粒の移動力優勢にして約60倍に達すと云ふ。

本港南北防波堤は1,876年~1,895年に亘り築造されしものにして兩堤間には、515呎の港口を設置せり、南防波堤の工事中より其南側には漂砂盛に堆積し1,912年迄に3哩の距離内に於て其量約650,000,000立方碼に及び、海岸線の前進は平均1年間に70呎に達せり、之に反し北方砂濱は南方よりの流砂を遮斷せし爲侵蝕起り其量1,912年迄に3哩以内に於て

約 450,000,000 立方碼に達せしと云ふ。

港口の水深は 1,888 年に於て 45.5 呎なりしが 1,909 年には 30 呎に減少し、防波堤築造以前に於て海岸より 2,000 呎の沖に存在せし 5 尋線は堤の彎曲部に前進し、漂砂は波浪及潮流に因り堤の外部を迂回し港口及港内に侵入し、所によりては水深 6 呎を減少せり（附圖第十五葉第 1 圖）

當初設置されし港口の位置は、波浪及漂砂の港内に侵入するを防禦するに不利なりし爲 1,906 年~1,909 年間に於て附圖第十五葉第 1 圖に示す如く其位置を變更せり、新港口は北堤の沖に設け其幅員 450 呎とし 1,600 呎の被覆堤を以て其外側を保護せり。

本港の漂砂は既記せる如く、兩貿易風に起因し北及南に移動さるゝものにして、其原動力は波浪及風に起因する潮流なり。潮汐、干満の差は 3~4 呎なるに因り其潮流は砂粒移動に影響少なり、Sand Ridge は既記せる如く防波堤築造中急激に細砂集積し Cyclone の際退去せし事實より徴するに時々去來せしものゝ如く、該 Ridge は舊港口を通過し港内に侵入し其水深減少に多少の影響を及ぼせしことは疑なかるべし。

港口の位置變更以來西南風波に起因する漂砂の港口及港内に侵入することは稍減少せしものゝ如しと雖も東北風浪及 Sand Ridge の爲移動する漂砂は被覆堤の内側に沈澱し、年々 22,000 立方碼の浚渫を必要とせり、本港南側には年々約 800,000 立方碼の砂粒堆積するに因り有力なる浚渫船を使用し之を除去せざる限り或る時期に於て海岸線は南堤彎曲部に達し漂砂壺に北進し遂には被覆堤の内側に沈澱し港口を劫かすに至るべし。

本港に於て沿岸を北進する漂砂極めて優勢なる原因に關し Mr. Mackenzie が The Madras Harbour Trust Board の一員として調査せし所によれば (Min. of Proc. of the Inst. of C. E. Vol. CXCIV. P. 211) 下記の如し。

“The prevailing winds were southerly, and they blew both longer and stronger than the northerly winds. In addition there was a southerly swell from the Indian Ocean, even when there were northerly winds blowing in the Bay, and in calm weather in the north-east monsoon this swell could always be seen.”

即ち漂砂北進の原因は西南風優勢なること及印度洋より餘波常に襲來し砂粒を北進するに利便なればなり。

海底の移動は 7 尋附近に於て殆ど停止し 5 尋附近には小型の海底波紋存在せりと云ふ。

之を要するに本港の如く連亘數百哩の砂濱に存在し、海底の勾配緩にして (1/200) 漂砂壺に移動し、之に反抗中和する天然力に缺乏せる港にありては其運命は蓋し時期の問題たるべし。

第五節 ゼアラ (Geará) 港

ブラジル國ゼアラ港は大西洋に面し連続 600 哩の砂濱の約中央に位し一帯は遠淺にして 30 呎の水深は海岸より 3 哩の沖に存在す。海岸より 1/4 哩沖に水深 10 呎の珊瑚礁あり、海岸と珊瑚礁間に 18 呎の水深箇所存在す (附圖第十五葉第 2 圖)。

本港恒風の方向は東にして沿岸には又西流する赤道流存在し、其速度昇潮に於て 2/5 海澨退潮に際し 3/10 海澨なり、潮汐干満の差は平均 8.5 呎なり。

本港防波堤は 1,893 年に築設され、其延長 1,700 呎の島堤にして陸岸との間に 750 呎の棧橋を架設せり、漂砂は先づ棧橋を通過し港内静水箇所に沈澱し遂に 1,903 年には附圖第十五葉第 2 圖に示す如く港の内外全く埋立地と變形し港の西方沿岸は侵蝕せり。

本港の埋没は主として波浪及潮流の爲沿岸を西方に移動する漂砂に原因するものにして本港の如きは位置、風向、潮流、海底勾配等漂砂に對し最悪の條件を具備せるものにして、斯かる港灣に在りては多額の浚渫費を支辨し得る収入の途無きに於ては寧ろ防波堤を築設せざるを以て得策とす。

第六節 サリナクルス (Salina Cruz) 港

サリナクルス港はメキシコ國大太平洋岸にあり、防波堤は附圖第十五葉に示す如く海岸に平行し西方に向ふものにして 1,890 年に起工せり、防波堤工事の進捗するに隨ひ港内漸次埋没し、遂に 1,902 年 2 月低水線は工事起工以前の水深 26 呎の箇所に前進せり、同年 3~4 月の候、堤の延長 820 呎に達せし時、堤の先端急激に水深 13 呎に埋没せり、此所に於て設計を變更し附圖第十五葉に示す如く堤の方向を南方に轉ぜしが、不幸にして堤上の Titan Crane 地震に起因する波動の爲海中に轉落せしにより一時工事を中止せり (附圖第十五葉第 3 圖)。

本港の恒風方向は 1 箇年を通じ 4 箇月は北 (陸風)、8 箇月は南 (海風) にして潮流は常に西より東に向ひ流動す、港内の埋没は前記波浪及潮流の爲移動されたる沿岸漂砂及 Sand Ridge が静穩箇所に沈澱せしに起因す。

既記堤頭附近の急激なる埋没は防波堤存在の有無に關せず一時的に起る現象にして南風の時期に砂粒襲來し北風の時期に流去するを普通とすと云へり。著者の考察にては南風の時期に Sand Ridge 前進し來り時化に際し退去せしもの、如く、之等 Sand Ridge の砂粒は港内静水箇所に侵入し其埋没に有力なる要素を形成せしなるべし。

第七節 上記諸港の漂砂移動

開闢の度大にして海底の勾配緩く常時海岸に斜の波浪ありて砂礫の供給充分なる砂濱に修築する港灣は海濱及沿岸を漂砂盛に移動し、又餘波に際しては沖より海岸に向ひ砂粒襲來すべきに因り港口及港内の水深維持に困難を生ずるものにして、從來漂砂の危害に苦しめる港

灣は上記の如き地勢を有するもの多し、例へば Madras, Ceará, Salina Cruz 等に於ける如し。

開敞の度比較的小にして海底粗砂を以て覆はれ且つ勾配急斜し港口附近を強潮流の通過する時は今治港に於ける如く漂砂の禍害を僅少ならしむることあり。

開敞の度大ならず海底勾配比較の急にして相異なる方向より來る波浪互に漂砂の移動を平衡するが如き箇所によりては、設計宜しきを得ば漂砂移動の防禦比較的容易なることあり。

島堤は潮流により漂砂の移動を自由ならしむるよりは寧ろ堤内側静水箇所に砂粒沈澱する場合多きにより、漂砂移動盛なる港にありては有力なる浚渫船を以てするも水深の維持困難なり。

港口は漂砂の港内侵入に關係極めて大なるに因り出來得る限り深水箇所を撰ぶこと肝要にして上記諸港中、常時其地に起る高波の 6~8 倍の水深に設置せる防波堤又は防砂堤の頭部海底は移動少なり。

上記諸港の實例より推察する時は港灣に危害を與ふる漂砂の種類は、既記 II, III 及 IV 種にて殊に後二者に於て甚しく、地勢としては前章漂砂移動の要略の節第 5 項及第 10 項後半に記せる如き現象存在する港灣に於ては、流砂の移動極めて盛にして餘波の爲沖より海岸附近に來積せし砂粒は斜波に因り海岸に沿ひ移動する爲沿岸漂砂は豫想以上の多量に及ぶものなり、又海底勾配急斜し且つ荒砂を以て覆はる箇所が存在する港灣は漂砂の禍害より免るゝ機會多し、此等に關しては結論の章に記載せる如し。

砂濱に修築せる港灣は多く其水深維持に苦しむものにして近時發達せる有力なる浚渫機は漂砂の量過多ならざる限り其害を減退し得と雖も其費用支辨の方法を考慮する必要あること勿論なりとす。

(完)

第 1 表 On-shore wind により波浪起りし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

観測 年 月 日 時	波高 h (尺)	波長 l (尺)	l/h	波浪の継続せし時間数 (T)	橋橋先端の水深 D (尺)	風向	風速 (米/秒)	波浪の方向 (時々直角波) 斜波	最初碎波箇所水深、尺	最初碎波箇所、尺	海 底 CD 部の移動	A B 部の移動面積 (平方尺)				B C 部の移動面積 (平方尺)				附圖 葉數	摘 要
												侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T		
5. 10. 25. 后 3	3.0	60	20	午後 1 時頃より 2.0	10.8	W	12.0				200'-400' 稍侵蝕	20.8	10.4			20.0	10.0	3			
5. 10. 29. 前 10	4.0	50																			
" " " 后 3	4.0	50	13	午前 10 時頃より 5.0	10.8	S.S.E.	10.0	斜波	10.1	500	250'-400' 侵蝕 500' 附近稍堆積	42.3	8.5			23.0	4.6	3			
5. 11. 8. " 3	約 4.0 2.5	約 100 20			10.2	S.W.	7.0	直角波 斜波	8.7	300	200'-400' 侵蝕 450'-530' 侵蝕	11.8				57.2					
5. 11. 13. " 2	4.0	40	10		9.1	W.	17.5	斜波	6.1	400	250'-330' 侵蝕			3.7		2.1					
5. 11. 17. 前 10						S.E.	20.0														
" " " 后 2	1.5	120	80		9.0	S.E.	10.0	斜波	1.5	150	甚しき變化なし	3.5				37.6					
5. 11. 27. 前 1						S.	20.0														
" " " " 4	約 2.5			夜半頃より		S.W.	12.4														
" " " " 8	2.5	100	40	8.0	10.1	N.W.	6.7	直角波	6.3	400	甚しき變化なし	30.6	3.8			40.0	5.0	4			
5. 12. 7. " 10	1.5	50				S.E.	11.0														
" " " 后 2	1.8	60	33	午前 10 時頃より 4.0	10.4	S.S.E.	11.7	斜波	6.0	350	甚しき變化なし	22.5	5.6			28.0	7.0	4			
5. 12. 26. 前 1						S.	20.0														
" " " " 4	約 5.0	120				S.	18.0														
" " " " 7	6.0	120	20		10.4	W.N.W.	8.2														
" " " " 85	6.0	180	30	午前 4 時頃より 5.0	9.5	N.W.	6.0	直角波	9.5	540	200'-400' 侵蝕 450'-530' 堆積	35.0	7.0			33.2	6.6	4			
6. 1. 18. " 4	約 2-3.0					E.	10.8														
" " " " 8.5	3.0	90	30	午前 4 時頃より 4.0	9.0	S.E.	14.0	斜波	6.8	200	250'-400' 堆積	24.7	6.2			28.5	7.1	6			
6. 1. 18. 后 2	3.5	150	41	5.5	8.3	S.S.E.	15.0	直角波	6.2	200	蝕積相錯雑す	18.0	3.3			16.2	3.0	6			
6. 1. 21. 后 2	4.0	60	15	午後 1 時頃より 1.0	9.4	S.S.E.	18.0	斜波	9.4	470	稍侵蝕す	6.0	6.0			9.0	9.0	6			
6. 2. 19. 前 1						S.W.	8.5														
" " " " 4	約 6.0	約 140				W.	12.0														
" " " " 7	6.0	120			9.6	W.S.W.	7.5														
" " " " 8.5	5.0	120	24	午前 4 時頃より 4.5	9.6	W.N.W.	12.0	斜波	9.6	530	200'-400' 侵蝕 450'-530' 稍堆積	22.0	5.0			48.9	10.9	8			
6. 3. 24. 前 8.5	4.5	60	13	午前 1 時頃より 7.5	8.4	E.S.E.	22.7	斜波	9.0	550	侵蝕す	58.0	8.0			22.0	3.0	9			

短時間なる故海岸の變化尠し

備 考 : 深淺實測は各日午前 8 時又は 8 時半、及午後 2 時又は 3 時に施行せり {内の其他の時日は波浪の變遷を示す爲に列記せり
 波浪の継続せし時間は大凡同種同高及同長の波浪ありし時間數なり
 侵蝕又は堆積は當該波浪當時の深淺測量結果と其直前の測量結果の比較なり AB 部及 BC 部に於ける移動は堆積を (+)とし侵蝕を (-)とし其面積を加算し大なるものを表示せり
 最初碎波箇所及 CD 部の數字は附圖上にて陸岸基點よりの距離を示す
 附圖葉數の項に於ける數字は其等に相當する附圖中に夫々の實測圖あるを示すものなり
 波浪の方向とは海岸に對する角度を云ふ

第 2 表 強勢なる直角波のありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實 測 年 月 日 時	波高 h (尺)	波長 l (尺)	λ h	波浪の継続せし 時間數 (T)	棧橋先端の 水深 D (尺)	風向	風速 (米/秒)	最初碎波箇所 水深 (尺)	最初碎波 箇所 (尺)	海 底 CD 部の移動	AB 部の移動面積 (平方尺)				BC 部の移動面積 (平方尺)				附圖 葉數	摘 要	
											侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T			
{ 5. 11. 19. 后 6	約 2.0																				
{ " " 20. 前 6	" 3.0																				
{ " " " " 8	5.0	100	20		9.6	N.W.	1.0	7.2	450	250' 及 400' 附近堆積 300' 及 500' 附近侵蝕	9.9			46.0							
{ 5. 12. 15. 前 4	約 1.5																				
{ " " " " 7	4.0-4.5			午前 6 時頃より																	
{ " " " " 8.5	4.5	120	27	3.0	10.2	N.N.E.	2.0	7.0	400	180'-330' 間侵蝕 350'-530' 堆積	35.4	11.8		9.0	3.0	4					
{ 5. 12. 26. 前 7	約 6.0	約 120	20		10.4	W.N.W.	8.4		540												
{ " " " " 8.5	6.0	180	36	午前 4 時頃より 約 5.0	9.5	N.W.	6.0	9.8	540	200'-400' 侵蝕 450'-530' 堆積	35.0	7.0		33.2	6.6	4					
{ 5. 12. 26. 后 2	6.0	180	36	午前 8.5 時より 5.5	10.4	W.N.W.	7.0	9.9	500	殆ど變化なし	2.7	0.5		8.1	1.5	4					
{ 5. 12. 27. 前 1	2.0																				
{ " " " " 5	約 5.0																				
{ " " " " 8.5	4.0	150	37		10.0	N.W.	8.5	7.8	350	200'-280' 及 400'-530' 堆積 280'-400' 侵蝕			10.9	2.2							
{ 6. 1. 21. 后 10	約 7.0	約 80-100																			
{ " " 22. 前 8.5	2.5	180	72		9.3	N.N.W.	3.2	3.4	160	200' より沖侵蝕			15.0	35.0						6	
{ 6. 2. 3. 前 8.5	3.0-5.0	200	44	2 日午後 2 時より 18.5	9.8	N.N.W.	1.7	10.4	300 及 550	250' より沖堆積	64.8	3.5		20.0	1.1	7					
{ 6. 2. 3. 前 10	6.0	200	33		9.8	N.	3.5		500												
{ " " " 后 2	3.0	250	83		9.9	N.	5.5	7.6	180	250' より沖侵蝕			1.5	5.0							
{ 6. 2. 14. 前 1	3.0-4.0																				
{ " " " " 4	約 7.0																				
{ " " " " 7	6.5	200																			
{ " " " " 8.5	4.5	180	40	午前 1 時頃より 8.0	9.6	N.	1.0		500	蝕積相錯雑す											
{ " " " " 8.5	4.5	180	40		9.1	N.W.	1.0	10.7	500	500' 附近堆積	48.8	6.1		25.6	3.2	8					
{ 6. 3. 6. 前 1	約 5.0																				
{ " " " " 8.5	1.5-4.0	120 約 30			8.6	N.N.W.	10.7	4.0	170	蝕積相錯雑す 500' 附近堆積	52.0			11.0							

備 考： 第 1 表の備考参照

第 3 表 低長なる直角波の時日及其等の海岸及海底移動の概略を表す

年	月	日	時	波高 h(尺)	波長 l(尺)	l h	波浪の總長さ し時間數(T)	棧橋先端の 水深D(尺)	風向	風速(米 秒)	最初碎波箇所 水深(尺)	最初碎波 箇所(尺)	海 底 CD 部の移動	AB 部の移動面積 (平方尺)				BC 部の移動面積 (平方尺)				附圖 葉數	摘 要		
														侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T				
5.	10.	31.	前 8	3.0	150	50	30日午後4時頃 より 16.0	9.1			6.6	400	200'-280' 蝕積錯雑す 300'-530' 堆積	5.0	0.3			44.0	3.0			3	○		
"	"	"	后 2	3.0	180	60	7.0	10.2	E.S.E.	3.0	8.0	450	200'-530' 堆積			10.0	1.5			24.0	3.4	3	○		
5.	11.	4.	前 8	2.0	100	50		9.3	N.W.	2.0	6.4	400	200'-350' 間堆積	1.6						0.5				○	
"	"	12	" 8	4.0	90	45		9.3	N.W.	1.0	6.3	420	蝕積相半す			0.5		7.0						○	
{	5.	12.	1.	后 1	1.0	150						110													
"	"	"	后 2	2.0	150	75		9.4	S.W.	4.0	3.8	140	著しき變化なし			2.1		2.1							
{	5.	12.	2.	前 4	1.0	120																			
"	"	"	" 8	2.0	150	75	午前4時頃より 4.0	10.0	S.S.E.	2.5	6.4	400	300'-350' 堆積 400'-530' 侵蝕			3.1	0.8	2.0	0.5						
{	5.	12.	3.	" 1	約1.5																				
"	"	"	" 8	3.5	90	26		9.7			5.0	370	170'-400' 堆積 400'-450' 侵蝕	2.2				21.2						○	
{	5.	12.	15.	" 8	4.5	120		10.2	N.N.E.	2.0		400													
"	"	"	后 2	2.5	100	40	午前8時より 6.0	9.9	N.E.	0.5	4.9	350	270'-350' 堆積 350'-420' 侵蝕	5.4				8.3						○	
{	5.	12.	17.	前 1	約0.8																				
"	"	"	" 8.5	2.5	100	40		10.3	N.	1.0															
{	5.	12.	18.	" 1	2.5																				
"	"	"	" 8.5	2.5	100	40	午前1時頃より 7.5	10.9	E.N.E.	1.7	5.7	330	200'-330' 堆積	2.5				2.6							
{	6.	1.	3.	" 8.5	3.0	120-150	35					125	著しき變化なし	3.3	0.5					11.0	1.5			○	
"	"	"	后 2	4.0	90-150	30	午前8.5時より 5.5	11.0	N.N.W.	8.0	6.7	300	250'-530' 侵蝕	34.2				41.0						○	
{	6.	1.	3.	后 7	1.0			10.7	N.N.W.	3.5	7.8	300	250'-500' 稍堆積			0.7	0.13			19.0	3.5	4		○	
"	"	"	4.前 8.5	4.5	120	27		10.4	N.W.	1.5	8.0	350	240'-290' 堆積 390'-450' 堆積			3.4		28.7						○	
{	6.	1.	6.	后 4	4.5	150						500													
"	"	"	7.前 8.5	3.0	150	50		9.0	N.	2.2	7.6	170	200'-400' 稍堆積 450'-530' 侵蝕			6.8				1.0				○	
{	6.	1.	7.	" 10	2.0	180						130													
"	"	"	后 2	1.0	80	80	午前8.5時より 5.5	9.6	N.E.	1.0	2.1	120	300'-450' 堆積			11.4	2.08			14.9	2.7	5			
{	6.	1.	14.	前 1	約1.0	約120																			
"	"	"	" 8.5	2.0	200	100	午前1時頃より 7.5	9.7	N.N.E.	2.2	9.5	420	著しき變化なし			23.8	3.2	9.4	1.3						
{	6.	1.	15.	" 7	2.5	150	60																		
"	"	"	" 8.5	1.5	180	120	14日午後2時 より 13.5	9.4	N.N.E.	5.0	2.3	120	堆 積	22.0	1.2					50.6	2.8	5		○	
{	6.	1.	15.	后 4	2.0	110																			
"	"	"	16.前 8.5	2.5	110	44	15日午後4時頃 より 16.5	8.6	N.W.	6.0	1.8	160	堆 積			22.0	1.3	12.0	0.8					6	
{	6.	1.	19.	后 4	2.0	120																			
"	"	"	20.前 8.5	1.5	120	80	19日午後4時頃 より 16.5	9.2	N.N.W.	1.7	2.2	130	堆 積			26.0	1.6	14.6	0.9					6	
{	6.	1.	23.	" 9	2.5	150-180																			
"	"	"	后 2	2.5	180	72	午前9時頃より 5.0	11.0	N.	9.2	2.5	120	蝕積相錯雑す			8.0	1.6	8.5	1.7					6	

第 3 表 續き

實 測 年 月 日 時	液高 h(尺)	波長 l(尺)	l/h	波浪の継続せし 時間数(T)	棧橋先端の 水深D(尺)	風向	風速(米/秒)	最初碎波箇所 水深(尺)	最初碎波 箇所(尺)	海 底 CD部の移動	AB部の移動面積(平方尺)				BC部の移動面積(平方尺)				附圖 葉數	摘 要		
											侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T				
6. 2. 2. 前 4.0	3.0																					
" " " " 8.5	2.5	150	60	午前4時頃より 4.5	10.0	N.	1.0	5.3	160	400'-470' 稍堆積	3.0	0.7			6.0	1.3					○	
6. 2. 4. " 4	3.5																					
" " " " 8.5	3.5	150	43	午前4時頃より 4.5	9.3	N.E.	3.0	4.2	180	堆 積	0.6	0.1					1.5	0.3			○	
6. 2. 13. 后 2	2.5	180	72	午前8.5時より 5.5	8.7	N.	17.5	3.9	170	著しき變化なし			20.0	3.7	18.0	3.3						8
6. 2. 15. 前 4	3.5	150																				
" " " " 8.5	2.0	200	100		9.4	N.	2.0	6.3	190	堆 積	27.9						29.3				○	
6. 3. 2. 后 10	約4.0																					
" " 3. 前 8.5	2.0	250	125		8.2	N.E.	2.0	2.0	150	200'-400' 侵蝕 450'-530' 堆積			17.4		17.0							
6. 3. 4. 后 4	2.0	100																				
" " 5. 前 8.5	2.0-2.5	110	48	4日午後4時頃 より 16.0	9.1	N.	1.0	2.7	140	堆 積	13.0	0.8			11.0	0.7						8
6. 3. 5. 后 2	3.0-4.0	150	43		9.5	E.	5.5	9.5	530	堆 積	6.4	1.2			4.0	0.8						8
6. 3. 6. " 2	2.5	180	64	午前8.5時より 5.5	9.7	N.N.W.	3.7	2.8	135	300'-400' 堆積			19.5	3.6	16.0	3.0						9
6. 3. 16. " 7	約3.0	120																				
" " 17. 前 8.5	2.5	140	56	16日午後7時よ り 13.5	9.2	E.N.E.	1.0	8.7 7.8	500 時々200	200'-300' 侵蝕 400'-530' 堆積					3.1	0.2	44.0	3.3				9
6. 3. 17. 后 2	2.0	120	60	午前8.5時より 5.5	7.7	N.N.W.	8.2	7.2	500 時々170	蝕積錯雑す			7.0	1.3	6.0	1.1						9
6. 3. 25. " 7	約12.0																					
" " 26. 前 1	約8.0																					
" " " " 4	約5.0																					
" " " " 8.5	3.0	180	60		10.5	E.N.E.	1.0		500		25.9						30.4					○
6. 3. 26. 后 2	3.0	200	66	午前8.5時より 5.5	10.2	S.S.E.	2.7		500				20.0	3.7	14.0	2.6						9
6. 3. 27. 前 8.5	2.5	120	56	26日午後2時よ り 18.5	11.2	N.	7.5		170				39.0	2.1	48.0	2.6						9

備 考： 第 1 表の備考参照

第 4 表 數日間海上静穏なりし後低き直角波の來りし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實 測 年 月 日 時	波高 h(尺)	波長 l(尺)	l/h	波浪の継続せし 時間数(T)	棧橋先端の 水深D(尺)	風向	風速(米/秒)	最初碎波箇所 水深(尺)	最初碎波 箇所(尺)	海 底 CD部の移動	AB部の移動面積(平方尺)				BC部の移動面積(平方尺)				附圖 葉數	摘 要	
											侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T			
5. 11. 19. 前 8	3.0	120	40	18日午後3時 頃より 17	9.3	N.	0.5	6.3	380	200'-400' 堆積 450'-530' 侵蝕	6.6	0.4					6.0	0.4			
6. 2. 13. " 8.5	2.0	100	50	13日午前1時 頃より 7.5	9.6	N.	12.2	3.4	155	250'-530' 稍堆積	20.0	2.6					35.0	4.6			
6. 3. 9. " 8.5	2.0	60	30	午前4時頃より 4.0	7.6	E.	1.0	5.2	170	250'-530' 稍堆積	36.0	9.0					32.3	8.0			

備 考： 第 1 表の備考参照

3月25日夜の時化により棧橋先端破壊せり

第 5 表 の (1)

極めて低き直角餘波の時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

年	月	日	時	波高 h (尺)	波長 l (尺)	λ h	波浪の継続時間 数 (T)	棧橋先端の 水深 D(尺)	風向	風速(米 秒)	最初碎波箇 所(尺)	海 底 C D 部の移動	AB 部の移動面積 (平方尺)				BC 部の移動面積 (平方尺)				附圖 葉數	摘 要	
													侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T			
6.	1.	10.	后 1.0	約 0.5	60-70																		
"	"	11.	前 8.5	1.5	70	40		8.6	N.	2.7	130	著しき變化なし		7.9		4.0							
6.	1.	11.	后 2	2.0	100	50	5.5	8.7	N.W.	8.0	130	著しき變化なし	2.0	0.4	4.0	0.8							5
6.	1.	12.	" 4	1.5	120																		
"	"	13.	前 8.5	1.0	120	120	12 日午後 4 時 頃より 16.5	8.9	E.N.E.	1.2	130	著しき變化なし	16.5	1.0			8.9	0.5					5
6.	1.	20.	后 2	1.5	180	120	5.5	9.0	S.E.	2.5	120	著しき移動なし	4.0	0.8	7.0	1.3							6
6.	1.	25.	前 8.5	0.8	150	186	18.5	9.5	N.N.W.	6.7	120	著しき移動なし	25.0	1.3	24.0	1.3							7
6.	1.	27.	" 6	1.2	60																		
"	"	"	" 8.5	1.8	80	45	午前 6 時頃より 2.5	9.7	N.	1.0	125	著しき移動なし	2.0	0.8	7.0	2.9							
6.	1.	28.	前 8.5	1.0	120	120	18.5	10.1	W.	1.0	130	稍 堆 積	17.0	0.9			1.6	0.1					7
6.	1.	28.	后 2	0.8	80	100	5.5	9.0	N.	6.7	130	著しき移動なし	11.0	2.0	5.0	1.0							7
6.	1.	29.	" 2	0.8	180	225	5.5	9.4	N.N.E.	1.0	120	著しき移動なし	1.1	0.2	1.2	0.22							7
6.	1.	30.	前 8.5	1.2	200	167	18.5	10.6	N.N.E.	2.0	107	稍 堆 積	11.0	0.6	11.0	0.6							7
6.	1.	31.	后 2	0.8	100	125	5.5	9.5	N.	7.0	125	著しき移動なし	2.7	0.5	0.2	0.04							7
6.	2.	6.	前 6	2.0	180																		
"	"	"	" 8.5	2.0	180	90	午前 6 時頃より 2.5	9.0	N.N.W.	2.3	160	230'-300' 稍堆積 300'-530' 蝕積相錯雜	6.0	2.4	15.0	6.0							
6.	2.	9.	" 1	1.0																			
"	"	"	" 8.5	0.7	90	130	午前 1 時頃より 8.0	9.0	N.E.	1.0	140	堆 積	0.4	0.05			10.1	1.3					
6.	2.	12.	" 1	1.5																			
"	"	"	" 8.5	0.8	120	150	午前 1 時頃より 8.0	9.1			125	300'-350' 稍侵蝕 450'-530' 稍堆積	8.6	1.1			15.5	1.9					
6.	2.	16.	" 8.5	0.8	80	100	18.5	9.9			125	稍 堆 積	15.0	0.8	4.0	0.3							8
6.	2.	20.	" 4	2.0																			
"	"	"	" 8.5	1.0	120	120	午前 4 時頃より 4.5	9.2	N.W.	6.0	125	230'-320' 侵蝕 350'-500' 堆積	36.0	8.0	9.0	2.0							
6.	2.	20.	后 2	1.0	90	90	5.5	10.7	N.W.	9.0	120	230'-400' 稍堆積 400'-500' 稍侵蝕	8.9	1.6	6.1	1.2							8
6.	2.	21.	前 8.5	0.4	55	140	18.5	8.7	N.	3.5	125	320'-500' 稍堆積	28.6	1.5	3.0	0.2							8
6.	2.	24.	" 4	1.0																			
"	"	"	" 8.5	1.3	120	90	午前 4 時頃より 4.5	8.2	W.	1.0	145	稍 堆 積	21.6	4.8			4.5	1.0					
6.	3.	2.	" 4	3.5																			
"	"	"	" 8.5	2.0	120	60	午前 4 時頃より 4.5	9.2	N.N.E.	1.0	150	240'-300' 稍堆積	22.8	5.0	23.5	5.4							
6.	3.	7.	" 1 約 1.0																				
"	"	"	" 8.5	1.5	250	170		8.1	W.N.W.	2.7	150	240'-300' 稍堆積	1.7		5.2								
6.	3.	27.	后 7	2.0																			
"	"	28.	前 8.5	0.7	100	130		11.1	N.	2.5	125		26.1		13.6								

備 考： 第 1 表の備考参照

第 5 表 の (2) 数日間直角の漣波又は極めて低き餘波の繼續せし時期及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實 測		波 高 (尺)	波 長 (尺)	棧橋先端の水深 (約尺)	波 向	AB 部の移動	BC 部の移動	CD 部の移動	附圖葉數
年 月 日	時								
5.	11. 14-17	0.5~1.0	50-120	8.5-9.5	主として直角波	堆積す	稍侵蝕す	稍堆積す	4
"	11. 23-26	0.3~1.2	100-120	9.0-11.0	"	稍堆積す	"	殆ど移動なし	
"	12. 19-24	0.5~1.6	30-120	10.0-11.0	"	"	堆積す	sand ridge の前面 及頂部に堆積す	
"	" 28-6.1.2	0.5~1.3	60-120	9.5-11.0	"	著しく堆積す	侵蝕す	稍堆積す	
6.	1. 9-14	0.4~2.0	50-200	9.5-11.0	"	"	"	殆ど移動なし	7
"	" 24-2.2. "	0.5~2.0	60-180	9.5-11.0	"	"	"	"	
"	" 2. 5-12	0.4~2.0	30-300	9.5-11.0	"	"	"	"	
"	" 20-22	0.4~2.0	60-120	9.0-11.5	"	堆積す	"	"	
"	" 26-28	0.3~0.8	60-180	9.0-11.5	"	"	稍侵蝕す	"	8
"	" 3. 12-15	0.5~1.3	30-150	7.5-9.0	"	稍堆積す	"	"	
"	" 27-29	0.3~2.5	50-120	9.0-11.0	"	"	"	"	

第 6 表 一分間に海岸に到着する波浪數と海岸の侵蝕堆積の關係を表はす

實 測		波 高 h (尺)	波 長 l (尺)	棧橋先端 水深 d (尺)	波浪の速度 (尺/秒) 波峯到着數/分		海岸 AB 部の移動	海岸 BC 部の移動	摘 要	附圖 葉數
年 月 日	時				v	N				
5.	10. 25. 后 3	3.0	60	10.8	19.9	20.0	侵 蝕	堆 積	水面上の移動は Palmer の説に同じ	3
"	" 29. " 3	4.0	50	10.8	20.4	24.5	"	"	"	
6.	1. 18. 前 8.5	3.0	90	9.0	18.4	12.3	"	"	"	
"	" 3. 24. " 8.5	4.5	60	8.4	18.6	18.6	"	"	"	
5.	12. 15. " 8.5	4.5	120	10.2	20.1	10.0	侵 蝕	堆 積	水面上の移動は Palmer の説に同じ	4
"	" 26. " 8.5	6.0	180	9.5	20.1	6.7	"	"	" " Coode "	
6.	2. 3. " 8.5	5.0	200	9.8	19.9	5.9	"	"	"	7
"	" 2. 14. " 8.5	4.5	180	9.1	19.2	6.4	"	"	"	
5.	12. 18. " 8.5	2.5	100	10.9	19.8	12.0	侵 蝕	堆 積	水面上の移動は Palmer の説に同じ	8
6.	1. 14. " 8.5	2.0	200	9.7	19.4	5.8	堆 積	侵 蝕	"	
"	" 2. 13. 后 2	2.5	180	8.7	18.0	6.0	"	"	"	
"	" 3. 3. 前 8.5	2.0	250	8.2	17.3	4.1	"	"	"	
"	" " 6. 后 2	2.5	180	9.7	18.8	6.1	"	"	"	
5.	11. 19. 前 8.5	3.0	120	9.3	18.7	9.4	侵 蝕	堆 積	水面上の移動は Palmer の説に同じ	8
6.	2. 13. " 8.5	2.0	100	9.6	18.5	11.1	"	"	"	
"	" 3. 9. " 8.5	2.0	60	7.6	16.7	16.7	"	"	"	
6.	1. 11. " 8.5	1.5	70	8.6	17.4	15.0	堆 積	侵 蝕	水面上の移動は Coode の説に同じ	7
"	" 25. " 8.5	0.8	150	9.5	17.9	7.2	"	"	" " Palmer "	
"	" 28. " 8.5	1.0	120	10.1	18.5	9.3	"	堆 積	"	
"	" 2. 16. " 8.5	0.8	80	9.9	18.3	13.8	"	侵 蝕	水面上の移動は Coode の説に同じ	
"	" " 21. " 8.5	0.4	55	8.7	17.0	18.6	"	"	"	

備 考： 波浪の一秒間の速度 v を算出するには下式を用ひたり

$$v = \sqrt{g(d + \frac{h}{2})}$$

$$g = 32.37 \left(\frac{\text{shaku}}{\text{sec}^2} \right)$$

第 7 表

海岸に對し斜の方向より強勢なる波浪ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

観測 年月日時	波高 h(尺)	波長 L(尺)	L/h	波浪の継続せし時間數(T)	棧橋先端水深 D(尺)	風向	風速(米/秒)	波浪の方向	最初碎波箇所水深(尺)	最初碎波箇所(尺)	海 底 CD部の移動	AB 部の移動面積 (平方尺)				BC 部の移動面積 (平方尺)				附圖 葉數	摘 要
												侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T		
5. 10. 30. 后 3	5.0	140	28	午前 8 時より 7.0	10.8	E.N.E.	2.0	S.E.	約12.0	600	陸岸近く侵蝕す 碎波箇所附近堆積す			3.8	0.5			42.7	6.1	3	
" 11. 1. 前 8	5.0	120	14	午前 4 時頃より 4.0	10.0	S.E.	12.0	S.E.	約 9.5	550	侵 蝕 す	3.6	0.9			9.0	2.5			3	
" " " 后 3	5.0	140	18	午前 8 時より 7.0	9.9	E.S.E.	14.0	E.S.E.	約11.5	600	蝕積相錯交す 碎波箇所附近堆積す			3.3	4.7			3.3	4.7	3	
{ 6. 1. 5. 前 4	約6.0																				
" " " " 7	7.0	140~150	21		9.3	E.	4.5	S.E.													
" " " " 8.5	6.0	120	20	午後 4 時頃より 4.5	9.6	E.N.E.	5.2	S.E.	約10.0	540	230'-470' 侵蝕す 碎波箇所附近に堆積す			27.1	6.0	51.3	11.4			5	附屬観測表に示す 如く 8 日早朝より 波浪高く同日は測 量不可能なりき
" " " " 8. " 7	7.5	60	8			W.	15.3	S.S.W.		530											
" " " " 9. " 8.5	2.0	200			8.4	N.N.W.	2.5	S.S.W.	2.2	140	侵 蝕 甚 し	50.5						62.4			
" " " " 15. 后 1	3~4	100																			
" " " " 2	4.5	120	27	午後 1 時頃より 1.0	7.9	N.	10.2	S.W.	7.9	400	稍 侵 蝕 す	1.9	1.9			8.2	8.2			5	
{ 2. 19. 前 4	約6.0	約140																			
" " " " 7	6.0	120	20		9.6	W.S.W.	7.5	S.S.W.		530											
" " " " 8.5	5.0	120	24	午前 4 時頃より 4.5	9.6	W.N.W.	12.0	S.S.W.	9.6	530	200'-400' 侵蝕す 450'-530' 稍堆積す	22.0	5.0					48.9	10.9	8	
" " " " 3. 24. " 1	約5.0																				
" " " " 6	5.0	60	12			E.S.E.	26.3	E.S.E.													
" " " " 8.5	4.5	60	13	午前 1 時頃より 7.5	8.4	E.S.E.	22.7	E.S.E.	約9.0	550	侵 蝕 す	58.0	7.8					20.0	2.7	9	
" " " " 2.4 后 4	6.0	60	10			E.S.E.	25.0	S.E.		550											
" " " " 25. 前 7	7.0	90	13	24日午後 2 時頃より 18.5	10.7	E.	2.0	S.E.		550											三月二十四日午後 に至り棧橋先端破 壞せり
" " " " 8.5	7.0	120	17		9.9	E.	2.0	S.E.		550	侵 蝕 甚 し	89.0	5.0					69.0	3.7		

備 考： 第 1 表の備考参照

第 8 表 の 1 海岸に對し斜の方向より低長なる餘波ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實測 年 月 日 時	波高 h(尺)	波長 L(尺)	L/h	波浪の継続せし時間數(T)	棧橋先端水深D(尺)	風向	風速(米/秒)	波浪の方向	最初碎波箇所水深(尺)	最初碎波箇所(尺)	海 底 CD部の移動	AB部の移動面積(平方尺)				BC部の移動面積(平方尺)				附圖 葉數	摘 要
												侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T		
5. 11. 2. 前 8	3.0	150	50		9.4	E.	1.0	S.S.E.	6.9	410	200'-400' 蝕積相錯雜す 400'-530' 堆 積 す			3.3			13.0			○	
" " " 后 3	2.0	150	75	午前8時頃より 7.0	10.5	S.S.E.	0.5	S.S.E.	7.6	400	200'-400' 蝕積相錯雜す 450'-530' 稍 侵 蝕 す			6.3	0.9	12.2	1.8				
" " 13. 前 8	4.0	120	30		9.6	N.W.	11.0	S.W.	7.2	450	240'-400' 堆 積 す	16.4				0.8				○	
6. 1. 5. 后 2	4.0	150	38	正午頃より 2.0	9.4	E.S.E.	7.7	S.E.	9.2	500	200'-400' 蝕積相錯雜す 400'-530' 堆 積 す	5.9	2.9				15.0	7.5	5	○	
" " 6. 前 8.5	4.0	180	45	5日午後2時より 18.5	9.0	N.E.	1.7	S.S.E.	8.0	400	300'-400' 侵蝕す 400'-530' 堆積す			16.1	0.9	6.8	0.4			5	
" " 9. 后 2	2.0	180	90	午前8.5時頃より 5.5	8.6	N.W.	7.2	S.W.	2.1	130	稍 侵 蝕 す			2.9	0.5	13.8	2.5				
" " 14. " 2	4.0	100	25	正午頃より 2.0	8.7	S.W.	7.5	S.W.	8.5	450	230'-380' 侵蝕す 380'-470' 堆積す	20.0	10.0				8.0	4.0		○	
" " 19. " 2	3.5	100	30	正午頃より 2.0	8.4	N.W.	22.5	S.W.	6.3	200	蝕積相錯雜す	20.0	10.0				6.5	3.3		○	
" " 22. " 2	2.5	60	24	午前8.5時より 5.5	9.1	E.S.E.	11.7	E.S.E.	7.0	200	侵 蝕 す			5.5	1.0	4.7	0.8				
" " 23. 前 8.5	3.0	100	33	22日午後2時より 18.5	7.1	"	21.0	"	7.8	時々500 170	"	9.0	0.5				5.0	0.3		○	
" " " 后 2	4.0	100	25	午前8.5時より 5.5	9.0	"	17.0	"	9.0	530	蝕積相錯雜す 400'-530' 堆積す			11.7	2.1	15.0	2.8				

備 考： 第 1 表の備考参照

第 8 表 の 2 海岸に對し斜の方向より極めて低き波浪ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實測 年 月 日 時	波高 h(尺)	波長 L(尺)	L/h	波浪の継続せし時間數(T)	棧橋先端水深D(尺)	風向	風速(米/秒)	波浪の方向	最初碎波箇所水深(尺)	最初碎波箇所(尺)	海 底 CD部の移動	AB部の移動面積(平方尺)				BC部の移動面積(平方尺)				附圖 葉數	摘 要
												侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T		
5. 11. 28. 后 2	1.5	30	20	午後8時より 6.0	10.4	N.W.	16.0	S.W.	2.6	100	殆ど移動なし			7.3	1.2	7.8	1.3				
" 12. 8. " 2	0.8	60	75	午前8時より 6.0	10.6	W.N.W.	11.7	S.W.	1.6	92	"			7.0	1.2	4.9	0.8				
6. 1. 12. 前 8.5	0.5	50	100	11日午後2時より 18.5	8.6	N.	3.0	S.W.	1.6	120	"			4.8	0.3		1.6	0.1			
" 2. 9. " 8.5	0.7	90	130	午前1時頃より 7.5	9.0	N.W.	1.0	S.W.	2.1	140	"			0.7	0.1		10.9	1.5			
" 3. 16. " 8.5	0.5	150	300	15日午後10時頃より 10.5	9.3	N.N.W.	7.5	E.S.E.	2.0	130	"			13.2	1.3		2.3	0.2			

備 考： 第 1 表の備考参照

第 8 表 の 3

数日間海上静穏なる後低き斜波浪ありし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實測 年月日時	波高 h(尺)	波長 l(尺)	波長の継続せし時間數(T)	棧橋先端水深D(尺)	風向	風速(米/秒)	波浪の方向	最初碎波箇所水深(尺)	最初碎波箇所(尺)	海 底 CD部の移動	AB部の移動面積(平方尺)				BC部の移動面積(平方尺)				附圖 葉數	摘 要
											侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T		
5. 12. 7. 前 8	1.0	30	30	9.6	E.N.E.	6.2	E.S.E.	2.3	110	殆ど移動なし	0.7					7.5				
" " 22. " 8.5	1.5	50	33	午前1時頃より7.0	10.5	N.N.W.	4.5	S.W.	2.7	120	280'-310' 堆積す 310'-420' 侵蝕す	3.5	0.5			12.2	1.7			
6. 1. 12. 后 2	2.0	50	25	午前10時頃より4.0	8.3	W.	5.7	S.W.	4.7	170	殆ど變化なし	13.4	3.3			5.0	1.3			
" 2. 22. 前 8.5	1.0	60	60	21日午後7時頃より13.5	8.2	W.	5.5	S.W.	1.9	150	"	5.3	0.4			5.2	0.4			
" " " 后 2	2.0	90	45	正午より2.0	9.8	W.N.W.	12.5	S.W.	3.3	140	蝕積相錯雜す	7.0	3.5			0.2	0.1			
" " 25. 前 8.5	3.0	60	20	午前5時頃より3.5	8.9	W.	3.0	S.W.	8.8	530	稍侵蝕す	25.5	7.3			31.6	9.0			
" 3. 1. " "	1.5	70	47	28日午後10時頃より10.5	9.8	W.N.W.	1.0	S.W.	3.7	160	270'-450' 堆積す	19.3	1.9			3.6	0.4			
" " 22. " "	2.5	60	24	21日午後7時頃より13.5	7.3	E.S.E.	13.0	E.S.E.	6.9	500	堆積す	13.0	1.0			50.3	3.1			

備 考： 第 1 表の備考参照

第 9 表 の (1)

海岸に對し二方面より波浪來りし時其強勢なるものを集め其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實測 年月日時	波高 h(尺)	波長 l(尺)	波長の継続せし時間數(T)	棧橋先端水深D(尺)	風向	風速(米/秒)	波浪の方向	最初碎波箇所水深(尺)	最初碎波箇所(尺)	海 底 CD部の移動	AB部の移動面積(平方尺)				BC部の移動面積(平方尺)				附圖 葉數	摘 要
											侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T		
6. 1. 19. 前 1	5.0					10.0														
" " " " 8.5	約 2.0 1.4	80	57	午前4時頃より4.5	9.5	N.W.	14.0	7.0	200	直角波 S.W. 波 240'-370' 間侵蝕す 380'-420' 間堆積す			22.2	4.9	27.1	6.0				
" " 22. 后 2	約 2-3.0 4.0	100	25	正午頃より2.0	11.1	W.N.W.	8.5	8.7	200	直角波 S.W. 波 蝕積相錯雜す	12.5	6.3			10.7	5.4				
" " 23. 前 8.5	約 2-3.0 4.0	80	20	22日午後2時より18.5	9.5	N.E.	2.0	6.5	200	直角波 E.S.E. 波 220'-270' 間堆積す 270'-320' 間侵蝕す 350'-450' 間堆積す	41.0	2.2			56.0	3.0				
" 3. 16. 后 2	時々 5-6.0 4.5	150	35	正午頃より2.0	7.8	N.W.	17.5	7.8	530	直角波 S.W. 波 侵蝕す	11.2	5.6			6.9	3.5				

第 9 表 の (2)

海岸に對し二方向より波浪來りし時其餘波の時日を集め其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實測 年月日時	波高 h (尺)	波長 l (尺)	l h	波浪の継続せし時間數 (T)	棧橋先端水深 D (尺)	風向	風速 (米/秒)	波浪の方向	最初碎波箇所水深 (尺)	最初碎波箇所 (尺)	海底 CD 部の移動	AB 部の移動面積 (平方尺)				BC 部の移動面積 (平方尺)				附圖葉數	摘要		
												侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T				
5. 12. 27. 后 2	4.0	150	37	午前 8.5 時より 5.5	11.0	N.W.	11.2	(斜連波) 直角波	9.1	400	200'-320' 間堆積す			0.1	0.02								
6. 2. 4. " 2	約 2.0 4.0	120	30	午後 1 時頃より 1.0	9.8	N.E.	1.0	直角波 E.S.E. 波	7.7	200	蝕積相錯す			4.7	4.7	4.6	4.6						
" " 14. " 2	2.0	200	100	正午頃より 2.0	8.3	W.N.W.	12.7	S.W. 波	2.8	170	300'-400' 間侵蝕す			13.4	6.7	7.8	3.9						直角餘波あり
" " 15. " 2	2.5	200	80		8.7	N.W.	10.7	S.W. 波	5.9	190	稍侵蝕す			3.1		12.3							直角餘波あり
" " 23. 前 8.5	時々 5-6.0 3.0	200	66	午前 1 時頃より 7.5	8.9	N.N.W.	2.0	時々直角波 S.W. 波	8.9 5.0	時々 540 200	堆積す			8.0	1.0	3.6	0.5						
" " " 正午	時々 5-6.0 3.5	150	43			N.	6.0	直角波 S.W. 波															
" " " 后 2	時々 3-4.0 2.5	250	100	午前 8 時頃より 5.5	9.5	N.	5.0	直角波 S.W. 波	9.7 3.3	時々 500 160	230'-270' 間堆積す 280'-340' 間侵蝕す			7.3	1.4		0.4	0.08					
" 3. 1. " 2	時々 4-5.0 3.0	70	23	正午頃より 2.0	8.2	W.	8.2	直角波 S.W. 波	8.2 4.9	時々 530 200	堆積す			8.6	4.3	8.0	4.0						
" " 2. " 2	時々 5-6.0 3.5	120	33	"	8.5	W.N.W.	19.5	直角波 S.W. 波	8.5 6.3	時々 530 200	"	4.5	2.3			15.6	7.8						
" " 11. 前 8.5	時々 4-5.0 3.0	150	50	夜半より 8.5	8.1	W.	17.0	直角波 S.W. 波	7.9 7.9	時々 500 300	280'-340' 間侵蝕す 350'-500' 間堆積す			21.0	2.5	11.2	1.3						9
" " " 后 2	時々 5-6.0 3.0	150	50	午前 8.5 時より 5.5	8.6	W.N.W.	10.7	直角波 S.W. 波	8.4 6.7	時々 500 200	280'-340' 間堆積す 350'-530' 間侵蝕す			16.6	3.0	20.0	4.0						

第 9 表 の (3)

數日間海上靜穩なりし後二方向より低き波浪來りし時日及其等の海岸及海底移動の概略を表はす

實測 年月日時	波高 h (尺)	波長 l (尺)	l h	波浪の継続せし時間數 (T)	棧橋先端水深 D (尺)	風向	風速 (米/秒)	波浪の方向	最初碎波箇所水深 (尺)	最初碎波箇所 (尺)	海底 CD 部の移動	AB 部の移動面積 (平方尺)				BC 部の移動面積 (平方尺)				附圖葉數	摘要		
												侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T				
5. 12. 4. 后 2	1.5	100	67	正午頃より 2.0	9.1	S.E.	3.0	S.E. 波	5.0	130	殆ど移動なし	4.0	2.0			6.6	3.3						低き直角餘波あり
6. 1. 27. " 2	時々 1.0 1.4	70	50	午前 8.5 時より 5.5	8.9	W.	6.2	直角波 S.W. 波	3.0	150	"	5.8	1.1			8.7	1.6						
" 2. 1. 前 8.5	1.3	60	46	午前 4 時頃より 4.5	10.5	N.E.	5.5	E.S.E. 波	3.0	120	"	0.5	0.1				0.6	0.1					低き直角餘波あり

第 9 表 の (4)

海岸に對し二方向より極めて低き波浪の來りし時日及其等の概略を表はす

實測 年月日時	波高 h (尺)	波長 l (尺)	l h	波浪の継続せし時間數 (T)	棧橋先端水深 D (尺)	風向	風速 (米/秒)	波浪の方向	最初碎波箇所水深 (尺)	最初碎波箇所 (尺)	海底 CD 部の移動	AB 部の移動面積 (平方尺)				BC 部の移動面積 (平方尺)				附圖葉數	摘要		
												侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T	侵蝕面積	同上/T	堆積面積	同上/T				
5. 12. 8. 前 8	約 1.0 0.7	40	57	午前 4 時頃より 4.5	9.6	W.N.W.	13.7	直角波 S.W. 波	1.3	107	310'-350' 間堆積す			9.3	2.1	9.8	2.2						
" " 9. " 8	約 1.0 0.8	100	125	午前 1 時頃より 7.5	10.3	W.N.W.	11.7	直角波 S.W. 波	3.1	120	"			18.6	2.5	14.5	2.0						
6. 3. 8. " 8.5	1.0	120	120	夜半頃より 8.5	7.5	W.	6.0	S.W. 波	1.7	165	270'-330' 間侵蝕す			9.3	1.2		13.6	1.5					

備考： 第 1 表の備考参照

波浪の方向欄内に二種の方向を列記せるものは該二方向よりの波浪來るを示すものにして其等の波高は夫々波高欄内上下に列記せる數字に相當す

第 10 表

最初碎波箇所附近海底隆起せし實例

観測				波高(尺)	波長(尺)	最初碎波箇所水深(尺)	最初碎波箇所	風向	風速(米/秒)	波向	最初碎波箇所附近海底移動	附圖葉數
年	月	日	時									
5.	10.	31.	前 8	3.0	150	6.6	400			直角波	最初碎波箇所附近海底隆起す	3
"	"	"	后 3	3.0	180	8.0	450	E.S.E.	3.0	"	"	3
"	11.	2.	前 8	3.0	150	6.9	410	E.	1.0	直角波に近し	"	
6.	1.	5.	后 2	4.0	150	9.2	500	E.S.E.	7.7	斜波 S.S.E.	"	5
"	"	6.	前 8.5	4.0	180	8.0	400	N.E.	1.7	" "	"	5
"	2.	3.	" "	4-5.0	200	10.4	550	N.N.W.	1.7	直角波	"	7
"	3.	11.	" 8.5	4-5.0(直角波) 3.0	150	7.7	500(時々) 300	W.	17.0	斜波及直角波	"	9
"	"	17.	" "	2.5	140	7.8	500(時々) 200	E.N.E.	1.0	直角波	"	9

第 11 表の 2

函館港内にて波浪の海底移動に及ぼす實驗
(大正 4 年 6 月 23 日夜の時化に起因する海底移動)

水深(尺) (杭頭水深+潮位尺)	杭數	泥砂により埋没 されたる杭數	洗掘されたる 杭數	泥砂に移動なき 杭數	埋没最大なる杭上 の堆積寸法(尺)	洗掘最大なる杭 の露出寸法(尺)
33	5	2	—	3	0.01	—
32	7	4	—	3	0.02	—
31	15	5	—	10	0.02	—
30	16	5	—	11	0.04	—
29	15	7	—	8	0.02	—
28	13	7	—	6	0.05	—
27	6	2	—	4	0.01	—
26	15	9	—	6	0.07	—
25	4	3	—	1	0.01	—
24	9	8	—	1	0.05	—
23	6	4	—	2	0.03	—
22	8	4	—	4	0.04	—
21	7	4	—	3	0.05	—
20	3	1	—	2	0.02	—
19	9	6	—	3	0.08	—
18	10	5	3	2	0.08	0.05
17	3	—	3	—	—	0.05
16	2	—	2	—	—	0.02
15	9	4	4	1	0.05	0.04
14	3	3	—	—	0.06	—
13	2	—	—	2	—	—
9	12	3	7	2	0.02	0.08
8	14	13	1	—	0.04	0.04
7	11	3	7	1	0.04	0.06
6	16	5	10	1	0.08	0.08
5	9	6	3	—	0.04	0.05
4	3	2	—	1	0.08	—

第 11 表の 1

函館港内にて波浪の海底移動に及ぼす實驗
(大正 4 年 6 月 4 日の時化に起因する海底移動)

水深(尺) (杭頭水深+潮位尺)	杭數	泥砂により埋没 されたる杭數	洗掘されたる 杭數	泥砂に移動なき 杭數	埋没最大なる杭上 の堆積寸法(尺)	洗掘最大なる杭 の露出寸法(尺)
19	9	7	—	2	0.07	—
18	10	3	—	7	0.03	—
17	4	4	—	—	0.05	—
16	3	1	—	2	0.06	—
15	9	4	—	5	0.05	—
14	3	2	—	1	0.04	—
13	2	2	—	0	0.04	—
9	12	10	—	2	0.05	—
8	14	13	—	1	0.08	—
7	11	3	—	8	0.06	—
6	16	4	3	9	0.04	0.06
5	9	5	4	—	0.05	0.02
4	3	1	—	2	0.05	—
2	3	1	—	2	0.04	—

備考： 第 11 表は潜水夫を用ひ海底に小杭を打込みし其頭部を海底面と同高ならしめ以て波浪の海底に及ぼす影響を實驗せしものなり
水深は杭頭水深に潮位 1 尺を加へしものを採用せり
杭頭水深は寸以下を四捨五入せり
第 11 表 1 は水深 19 尺以上の箇所にては海底の移動なし

第 12 表 の (1) 大森濱實驗中強き Off-shore wind の海岸及海底に及ぼす影響を表はす

實 測				波高(尺)	波長(尺)	風 向	風速($\frac{米}{秒}$)	AB 部の移動概略	BC 部の移動概略	CD 部の移動概略	附圖葉數
年	月	日	時								
5.	12.	20.	前 8.5	なし		N.N.W.	15.7	稍堆積す	侵蝕す	250'-300' 間稍堆積 450'-530' 間侵蝕す	
"	"	"	后 2	0.6		"	18.7	殆ど變化なし	殆ど變化なし	450'-530' 間堆積す	
"	"	30.	" 2	なし		N.	9.2	稍堆積す	"	250'-300' 間稍堆積す	
6.	1.	15.	" 2	4.5	120	"	10.2	殆ど移動なし	侵蝕す	280' 及 400' 附近稍侵蝕す	
"	"	16.	" 2	2.5	120	N.N.W.	8.2	稍侵蝕す	蝕積相錯交す	250'-300' 間稍侵蝕 400' 附近稍堆積す	
"	"	23.	" 2	2.5	180	N.	9.2	稍堆積す	"	蝕積相錯交す	6
"	"	24.	" 2	0.7	120	"	15.5	著しく堆積す	侵蝕す	殆ど移動なし	
"	"	24.	" 4	0.7	180	"	12.5				
"	"	24.	" 10	0.8	不明	"	8.0				
"	"	25.	前 4	0.8	"	N.N.W.	10.0				
"	"	25.	" 8.5	0.8	150	"	6.7	著しく堆積す	侵蝕す	殆ど移動なし	7
6.	2.	2.	后 2	3.0	180	"	8.0	堆積す	蝕積相錯交す	著しき移動なし	
"	"	13.	前 1	2.0	不明	"	10.5				
"	"	"	" 8.5	2.0	100	N.	12.2	著しく侵蝕す	著しく堆積す	稍堆積す	
"	"	13.	后 2	2.5	180	"	17.5	著しく堆積す	著しく侵蝕す	殆ど移動なし	8
"	"	3.	6. 前 4			"	5.3				
"	"	"	" 8.5	1.5-4.0	120	N.N.W.	10.7	著しく侵蝕す	堆積す	300' 附近侵蝕す 450'-530' 間堆積す	9
"	"	17.	后 2	2.0	120	"	8.2	堆積す	侵蝕す	稍侵蝕す	9
"	"	19.	" 2	0.5	100	"	8.5	稍堆積す	"	殆ど移動なし	
"	"	27.	前 8.5	2.5	120	N.	7.5	著しく堆積す	著しく侵蝕す		9
"	"	"	后 2	0.8	60	"	6.0	移動なし	著しく堆積す		

第 12 表 の (2) 大森濱實驗中海岸に對し斜沖の方向より吹く強風の海岸及海底に及ぼす影響を表はす

實 測				波高(尺)	波長(尺)	風 向	風速($\frac{米}{秒}$)	AB 部の移動概略	BC 部の移動概略	CD 部の移動概略	附圖葉數
年	月	日	時								
5.	11.	1.	前 8	5.0	120	S.E.	12.0	殆ど變化なし	蝕積相錯交す	200'-500' 間侵蝕す	3
6.	2.	19.	" 1			S.W.	8.5				
"	"	"	" 4	約 6.0		W.	12.0				
"	"	"	" 7	6.0	120	W.S.W.	7.5				
"	"	"	" 8.5	5.0	120	W.N.W.	12.0	侵蝕す	著しく堆積す	210'-450' 間侵蝕、450'-530' 間堆積す	8
6.	3.	24.	" 6	約 5.0		E.S.E.	26.3				
"	"	"	" 8.5	4.5	60	"	22.7	著しく侵蝕す	著しく堆積す	210'-530' 間侵蝕す	9
6.	3.	24.	后 4	6.0	60	"	25.0				
"	"	"	" 10	約 7.0		"	23.5				
"	"	25.	前 8.5	7.0	120	E	2.0	著しく侵蝕す	著しく堆積す	250'-450' 間侵蝕す	

第 1' 表

實測 年月日時	$\frac{h'+h''}{2}=h$ (尺)	$\frac{l'+l''}{2}=l$ (尺)	$\frac{l}{h}$	波浪の継続 時間數	$d'+d''=d$ (尺)	$\frac{d}{h}$	$\frac{d^3}{h^2 l}$	實測圖面に於て300'-350'間海底移動平均高(尺)				A B 部 1 時間の移動面積 (平方尺)		B C 部 1 時間の移動面積 (平方尺)		附 葉	圖 數	摘 要
								侵蝕の高さ	1 時間侵蝕 高さ	堆積の高さ	1 時間堆積 高さ	侵蝕面積	堆積面積	侵蝕面積	堆積面積			
5. 10. 25. 后 3	3.0	60	20	午後 1 時頃より 2.0	6.5+2.8 = 9.3	3.1												
" " 29. " 3	4.0	50	13	午前 10 時頃より 5.0	6.5+2.3 = 8.8	2.2				10.4			10.0		3			
" 11. 27. 前 8	2.5	100	40	夜半頃より 8.0	5.6+2.0 = 7.6	3.0				8.5			4.6		3			
" 12. 7. 后 2	1.8	60	33	午前 10 時頃より 4.0						3.8			5.0		4			
" " 26. 前 8.5	$\frac{5+6}{2} = 5.5$	$\frac{120+180}{2} = 150$	28	午前 4 時頃より 5.0						5.6			7.0		4			
6. 1. 18. " 8.5	3.0	90	30	午前 4 時頃より 4.0	6.5+2.0 = 8.5	2.8				7.0			6.6		4			
" " " 后 2	$\frac{3+3.5}{2} = 3.3$	$\frac{90+150}{2} = 120$	37	午前 8.5 時より 5.5	6.4+2.0 = 8.4	2.6				6.2			7.1		6			
" " 21. " 2	4.0	60	15	午後 1 時頃より 1.0	6.4+2.6 = 9.0	2.3				3.3			3.0		6			
" 2. 19. 前 8.5	$\frac{6+5}{2} = 5.5$	$\frac{140+120}{2} = 130$	24	午前 4 時頃より 4.5						6.0			9.0		6			
" 3. 24. " 8.5	4.5	60	13	午前 1 時頃より 7.5						5.0			10.9		8			
										8.0			3.0		9			

第 2' 表

實測 年月日時	$\frac{h'+h''}{2}=h$ (尺)	$\frac{l'+l''}{2}=l$ (尺)	$\frac{l}{h}$	波浪の継続 時間數	$d'+d''=d$ (尺)	$\frac{d}{h}$	$\frac{d^3}{h^2 l}$	實測圖面に於て300'-350'間海底移動平均高(尺)				A B 部 1 時間の移動面積 (平方尺)		B C 部 1 時間の移動面積 (平方尺)		附 葉	圖 數	摘 要
								侵蝕の高さ	1 時間侵蝕 高さ	堆積の高さ	1 時間堆積 高さ	侵蝕面積	堆積面積	侵蝕面積	堆積面積			
5. 12. 15. 前 8.5	4.5	120	27	午前 6 時頃より 3.0														
" " 26. " 8.5	$\frac{5+6}{2} = 5.5$	$\frac{120+180}{2} = 150$	28	午前 4 時頃より 5.0	4.6+2.6 = 7.2	1.3	0.08	1.42	0.28				11.8		4			
" " " 后 2	6.0	180	30	午前 8.5 時より 5.5	4.6+2.5 = 7.1	1.4	0.08						3.0		4			
6. 2. 3. 前 8.5	$\frac{3+5}{2} = 4.0$	$\frac{180+200}{2} = 190$	48	2日午後 2 時より 18.5	6.5+1.9 = 8.4	2.1	0.19						7.0		4			
" " 14. " 8.5	4.5	180	40	午前 1 時頃より 8.0	6.8+1.6 = 8.4	1.9	0.16	0.05	0.01				0.5		7			
													3.5		7			
													6.1		8			

Sand ridge 存在せる
爲海底の移動は順當な
らず

第 3' 表

實 測 年 月 日 時	$\frac{h'+h''}{2} = h$ (尺)	$\frac{l'+l''}{2} = l$ (尺)	$\frac{l}{h}$	波浪の継続 時間数	$d'+d'' = d$ (尺)	$\frac{d}{h}$	$\frac{d^2}{h^2 l}$	實測圖面に於て 300'-350' 間海底移動の 平均高 (尺)				AB 部 1 時間の移動 面積 (平方尺)		BC 部 1 時間の移動 面積 (平方尺)		附圖葉數	摘 要
								侵蝕の高さ	1 時間侵蝕 高さ	堆積の高さ	1 時間堆積 高さ	侵蝕面積	堆積面積	侵蝕面積	堆積面積		
5. 10. 31. 前 8	3.0	150	50	30 日午後 4 時 頃より 16.0	6.2+2.4 = 8.6	2.9	0.47			0.52	0.033	0.3		3.0		3.	
" " " 后 3	3.0	$\frac{150+180}{2} = 165$	55	午前 8 時より 7.0	5.6+2.2 = 7.8	2.6	0.32			0.31	0.044		1.5		3.4		3.
6. 1. 3. " 2	$\frac{3+4}{2} = 3.5$	150	43	3 日午前 8.5 時 より 5.5	4.8+2.2 = 7.0	2.0	0.19			0.02	0.004		0.13		3.5		4.
" " 7. " 2	$\frac{3+1}{2} = 2.0$	$\frac{150+80}{2} = 115$	57	午前 8.5 時より 5.5	5.5+2.5 = 8.0	4.0	1.11			0.05	0.01		2.08		2.7		5.
" " 15. 前 5	$\frac{4+1.5}{2} = 2.8$	$\frac{100+180}{2} = 140$	50	14 日午後 2 時 より 18.5	6.6+2.2 = 8.8	3.2	0.62			0.05	0.003	1.2			2.8		5.
" " 16. " 5	2.5	110	44	15 日午後 4 時 より 16.5	5.6+2.1 = 8.6	3.4	0.93			0.21	0.013		1.3	0.8			6.
" " 20. " 5	1.5	120	80	19 日午後 4 時 より 16.5	6.3+2.3 = 8.6	5.7	2.36			0.11	0.006		1.6	0.9			6.
" " 23. 后 2	2.5	180	72	午前 9 時頃より 5.0	6.9+2.8 = 9.7	3.9	0.81			0.104	0.021		1.6	1.7			6.
" 2. 13. " 2	$\frac{2+2.5}{2} = 2.3$	$\frac{100+180}{2} = 140$	61	午前 8.5 時より 5.5	6.8+1.8 = 8.6	3.7	0.86			0.06	0.011		3.7	3.3			8.
" 3. 5. 前 8.5	$\frac{2+2.5}{2} = 2.3$	$\frac{100+120}{2} = 110$	48	4 日午後 4 時頃 より 16.0	7.2+2.0 = 9.2	4.0	1.34			0.173	0.011	0.8		0.7			8.
" " " 后 2	$\frac{2.5+3.5}{2} = 3.0$	$\frac{120+150}{2} = 135$	45	午前 8.5 時より 5.5	7.1+2.2 = 9.3	3.1	0.66			0.11	0.02	1.2		0.8			8.
" " 6. " 2	$\frac{2.8+2.5}{2} = 2.7$	$\frac{120+180}{2} = 150$	56	午前 8.5 時より 5.5	7.0+1.9 = 8.9	3.3	0.64			0.14	0.025		3.6	3.0			9.
" " 17. " 2	$\frac{2.5+2}{2} = 2.3$	$\frac{140+120}{2} = 130$	56	午前 8.5 時より 5.5	7.4+1.2 = 8.6	3.7	0.92	0.056	0.01				1.3	1.1			9.
" " 26. " 2	3.0	$\frac{180+200}{2} = 190$	63	午前 8.5 時より 5.5									3.7	2.6			9.
" " 27. 前 8.5	$\frac{3+2.5}{2} = 2.8$	$\frac{200+120}{2} = 160$	57	26 日午後 2 時 より 18.5								2.1		2.6			9.

備 考 : 第 3' 表は前後二回の海底實測間に於て比較的同一状態の波浪長時間継続せしものを第 3 表より撰出せり
 海岸の移動は連続せる前後二回の實測間より堆積面積 (+) 及侵蝕面積 (-) を加算し其大なるものを表示せり
 海底の移動は連続せる前後二回の實測間に於て 300'-350' 間の堆積面積 (+) 及侵蝕面積 (-) を加算したる後 50' 間の侵蝕又は堆積の平均高さを算出せり
 h' 及 l' は前回實測當時又はそれに近き時の波高及波長なり
 h'' 及 l'' は後回實測當時の波高及波長なり
 h 及 l は前後兩度の平均波高及波長なり
 d' は實測間 300'-350' 間の干潮面以下の水深なり
 d'' は前後實測間の平均潮位なり

第 5' 表

観測 年月日時	$\frac{h'+h''}{2}=h$ (尺)	$\frac{l'+l''}{2}=l$ (尺)	$\frac{l}{h}$	波浪の継続 時間数	$d'+d''=d$ (尺)	$\frac{d}{h}$	$\frac{d^2}{h^2 l}$	観測圖に於て 300'-350' 間海底移動の 平均高 (尺)				AB 部 1 時間の移動 面積 (平方尺)		BC 部 1 時間の移動 面積 (平方尺)		附圖葉數	摘要
								侵蝕の高さ	1 時間侵蝕 高さ	堆積の高さ	1 時間堆積 高さ	侵蝕面積	堆積面積	侵蝕面積	堆積面積		
6. 1. 11. 后 2	$\frac{1.5+2}{2}=1.8$	$\frac{70+100}{2}=85$	47	午前 8.5 時より 5.5	$6.5+1.7=8.2$	4.6	2.01			0.04	0.007	0.4	0.8	5.			
" " 13. 前 8.5	$\frac{1.5+1}{2}=1.3$	120	91	12 日午後 4 時 頃より 16.5	$6.5+2.0=8.5$	6.5	3.03			0.03	0.002	0.6	0.5	5.			
" " 20. 后 2	1.5	$\frac{120+180}{2}=150$	100	午前 8.5 時より 5.5	$6.4+2.5=8.9$	5.9	2.09			0.066	0.012	0.8	1.3	6.			
" " 25. 前 8.5	0.8	$\frac{120+150}{2}=135$	170	24 日午後 2 時 より 18.5	$7.0+2.6=9.6$	12.0	10.24			0.055	0.003	1.3	1.3	7.			
" " 28. " 8.5	$\frac{1.4+1}{2}=1.2$	$\frac{70+120}{2}=95$	80	27 日午後 2 時 より 18.5	$6.7+1.6=8.3$	7.0	4.18			0.097	0.005	0.9	0.1	7.			
" " " 后 2	$\frac{1+0.8}{2}=0.9$	$\frac{120+80}{2}=100$	110	午前 8.5 時より 5.5	$6.7+1.6=8.3$	9.2	7.84			0	0	2.0	1.0	7.			
" " 29. " 2	0.8	180	225	午前 8.5 時より 5.5	$6.7+2.0=8.7$	11.0	5.72	0.011	0.002			0.2	0.22	7.			
" " 30. 前 8.5	$\frac{0.8+1.2}{2}=1.0$	$\frac{180+200}{2}=190$	190	29 日午後 2 時 より 18.5	$6.7+2.0=8.7$	8.7	3.47			0.112	0.006	0.6	0.6	7.			
" " 31. 后 2	$\frac{1+0.8}{2}=0.9$	$\frac{140+100}{2}=120$	140	午前 8.5 時より 5.5	$6.7+2.2=8.9$	9.9	7.25			0	0	0.5	0.04	7.			
" 2. 16. 前 8.5	$\frac{2.5+0.8}{2}=1.6$	$\frac{200+80}{2}=140$	90	15 日午後 2 時 頃より 18.5	$6.7+1.7=8.4$	5.3	1.65			0.047	0.003	0.8	0.3	8.			
" " 20. 后 2	1.0	$\frac{120+90}{2}=105$	105	午前 8.5 時より 5.5	$7.3+2.7=10.0$	10.0	9.52			0.08	0.014	1.6	1.2	8.			
" " 21. 前 8.5	$\frac{1+0.4}{2}=0.7$	$\frac{90+55}{2}=73$	104	18.5	$7.3+1.7=9.0$	13.0	20.4			0.026	0.0014	1.5	0.2	8.			

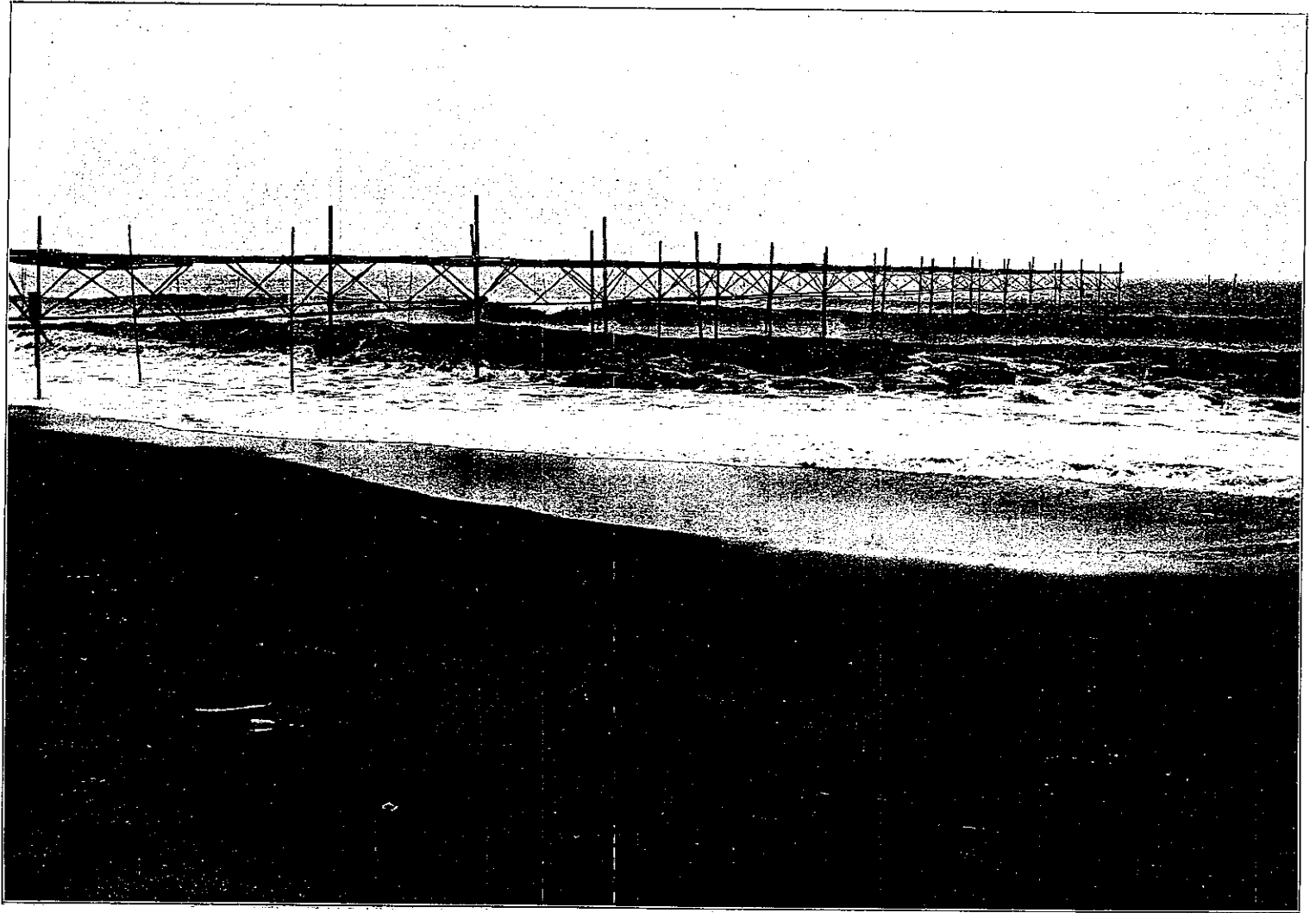
備考：第 5' 表は前後二回の海底観測間に於て比較的同一状態の波浪長時間継続せしものを第 5 表より撰出せり
以下第 3' 表の備考参照

第 7' 表

實 測 年 月 日 時	$\frac{h'+h''}{2} = h$ (尺)	$\frac{l'+l''}{2} = l$ (尺)	$\frac{l}{h}$	波浪の継続 時間數	$d'+d'' = d$ (尺)	$\frac{d}{h}$	$\frac{d^3}{h^2 l}$	實測圖面に於て 300'-350' 間海底移動平均高(尺)				A B 部 1 時間の移動面積 (平方尺)		B C 部 1 時間の移動面積 (平方尺)		附 圖 葉 數	摘 要
								侵蝕の高さ	1 時間侵蝕 高さ	堆積の高さ	1 時間堆 積高さ	侵蝕面積	堆積面積	侵蝕面積	堆積面積		
5. 10. 30. 后 3	5.0	$\frac{120+140}{2} = 130$	26	午前 8 時より 7.0	6.3+2.0 = 8.3	1.7	0.18			0.47	0.067					3	
" 11. 1. 前 8	5.0	120	24	午前 4 時頃より 4.0	6.0+2.0 = 8.0	1.6	0.17	0.48	0.12							3	
" " " 后 3	5.0	$\frac{120+140}{2} = 130$	26	午前 8 時より 7.0	6.0+2.4 = 8.4	1.7	0.19			0.27	0.038					3	
6. 1. 5. 前 8.5	6.0	120	20	午前 4 時頃より 4.5	5.5+2.7 = 8.2	1.4	0.13	0.55	0.12							5	
" " 15. 后 2	4.5	120	27	午後 1 時頃より 1.0	6.6+1.3 = 7.9	1.7	0.20	0.08	0.08							5	
" 2. 19. 前 8.5	$\frac{6+5}{2} = 5.5$	$\frac{140+120}{2} = 130$	24	午前 4 時頃より 4.5	7.2+1.4 = 8.6	1.6	0.18	0.61	0.14							8	
" 3. 24. " 8.5	4.5	60	13	午前 1 時頃より 7.5	7.2+0.8 = 8.0	1.8	0.36	0.19	0.025							9	

備 考： 第 1', 2', 7' 表は前後二回の海底實測間に於て比較的同一状態の波浪長時間継続せしものを第 1, 2, 7 表より撰出せり。海岸の移動は連続せる前後二回の實測間より堆積面積 (+) 及侵蝕面積 (-) を加算し其大なるものを表示せり。海底の移動は連続せる前後二回の實測間に於て 300'-350' 間の堆積面積 (+) 及侵蝕面積 (-) を加算したる後 50' 間の侵蝕又は堆積の平均高さを算出せり。h' 及 l' は前回實測當時又は其に近き時の波高及波長なり。h'' 及 l'' は後回實測當時の波高及波長なり。h 及 l は前後兩度の平均波高及波長なり。d' は實測間 300'-350' 間の干潮以下の水深なり。d'' は前後實測間の平均潮位なり。曲線を畫くに方り第 1' 表中波高低きもの (波高大なるもの例へば 5. 12. 26 前 8.5 時は第 2' 表, 6. 2. 19 前 8.5 時及 6. 3. 24 前 8.5 時は第 7' 表にあり) を省略せし理由は低波動は砂粒を前進し強海風に起因する逆潜流は砂粒を後退するに因り砂粒移動に及ぼす影響明瞭ならざる爲なり。第 7' 表に屬する斜波の海岸砂粒移動作用は直角波のそれと稍異なるに因り曲線を畫くに方り其等を省略せり。

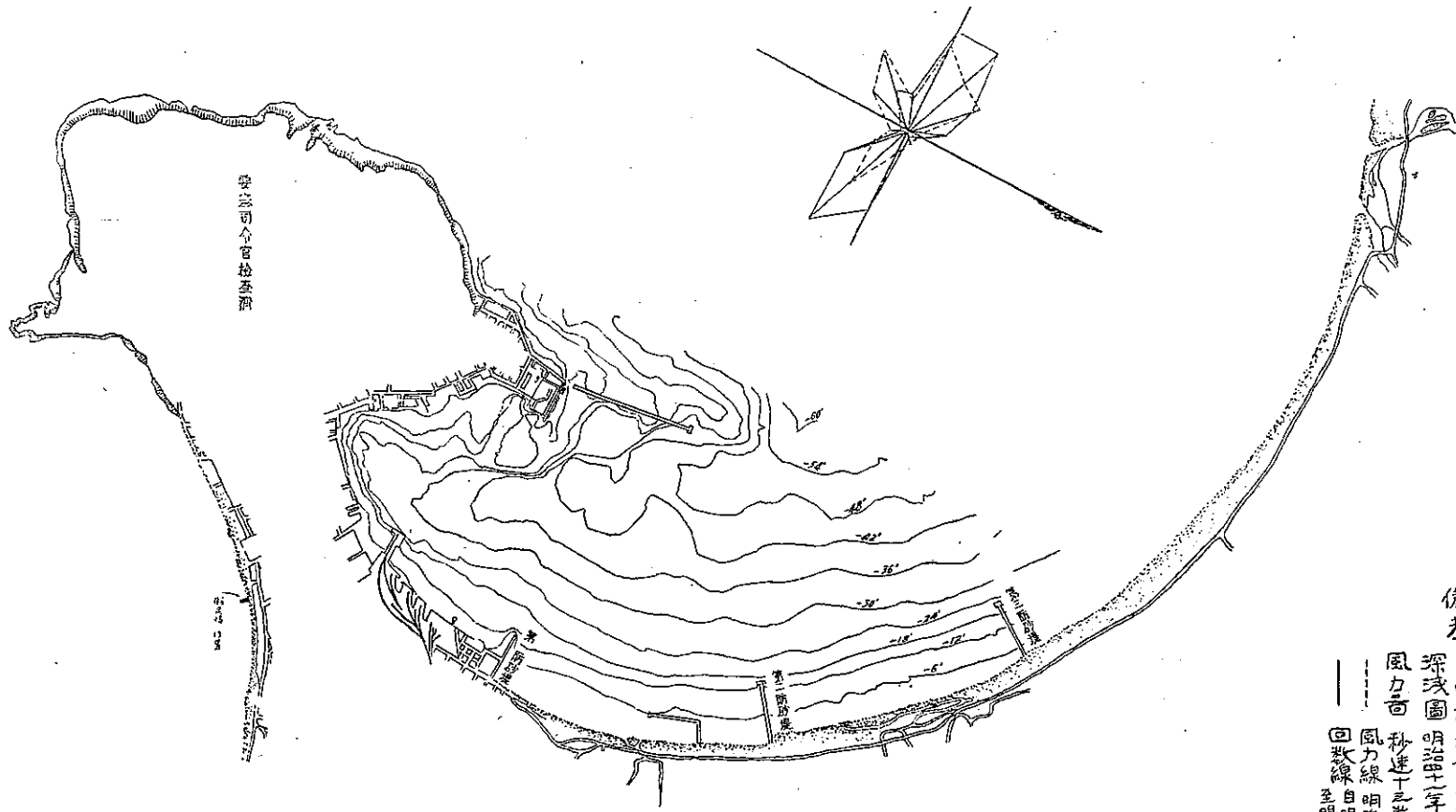
寫眞第一



(土木學會誌第十二卷第六號附圖)

假足場の實景

第一圖 附圖

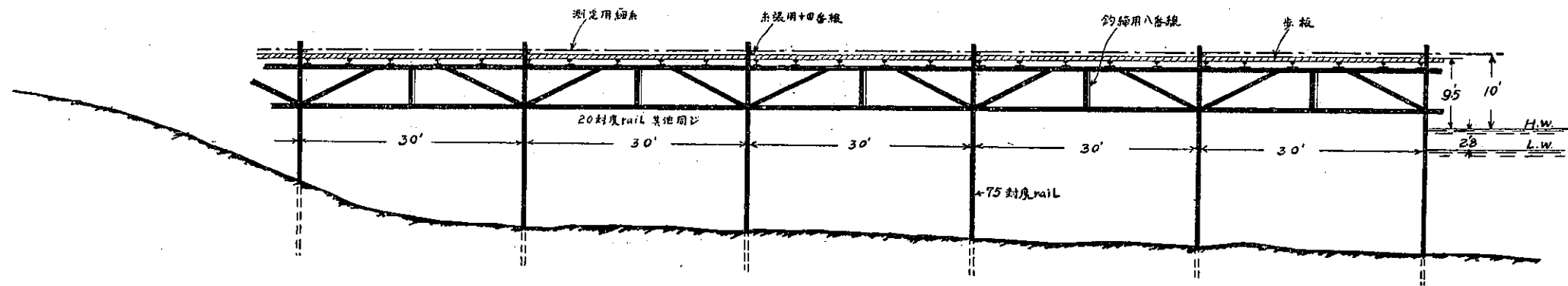


函館港平面圖 縮尺四萬分之一
 備考 平面者 大正十三年測
 深淺圖 明治三十二年家測
 風力高 秒達十之米定以下
 風力線 明治三十四年
 回數線 自明治三十四年
 至明治三十五年

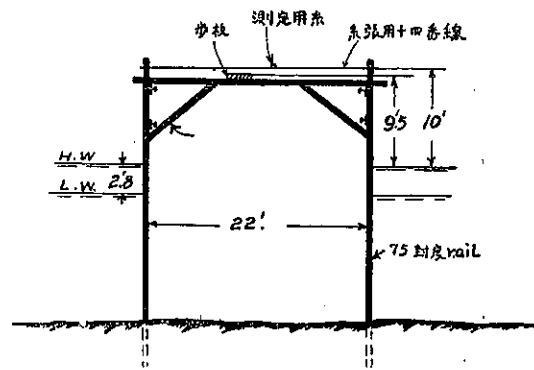
(土木學會誌第一二卷第六號附圖)

附圖第二 函館市大森濱實驗用假足場之圖

Side View.

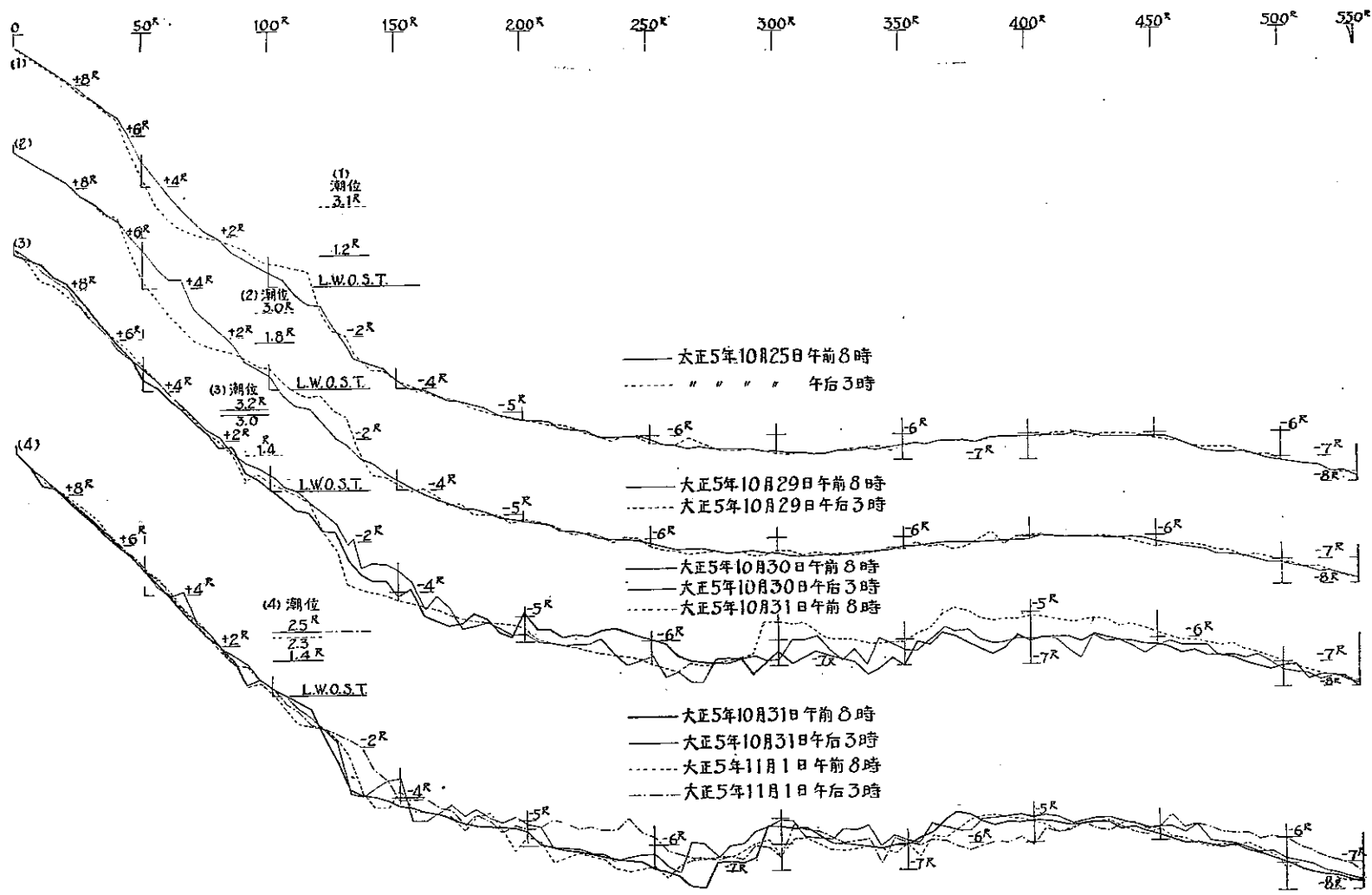


Front View.



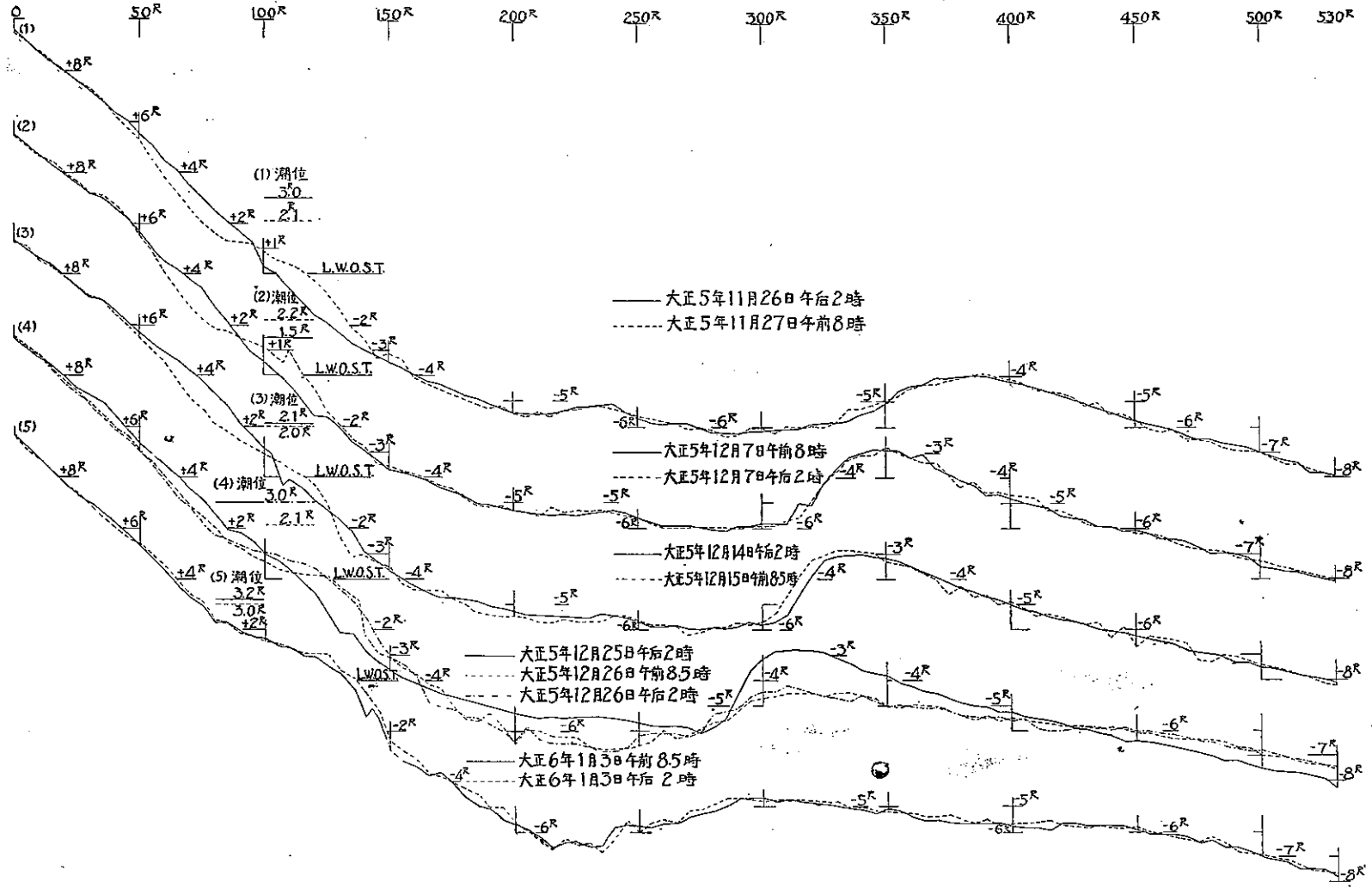
(土木學會誌第十二卷第六號附圖)

附圖第三 海岸及海底深淺測量比較圖



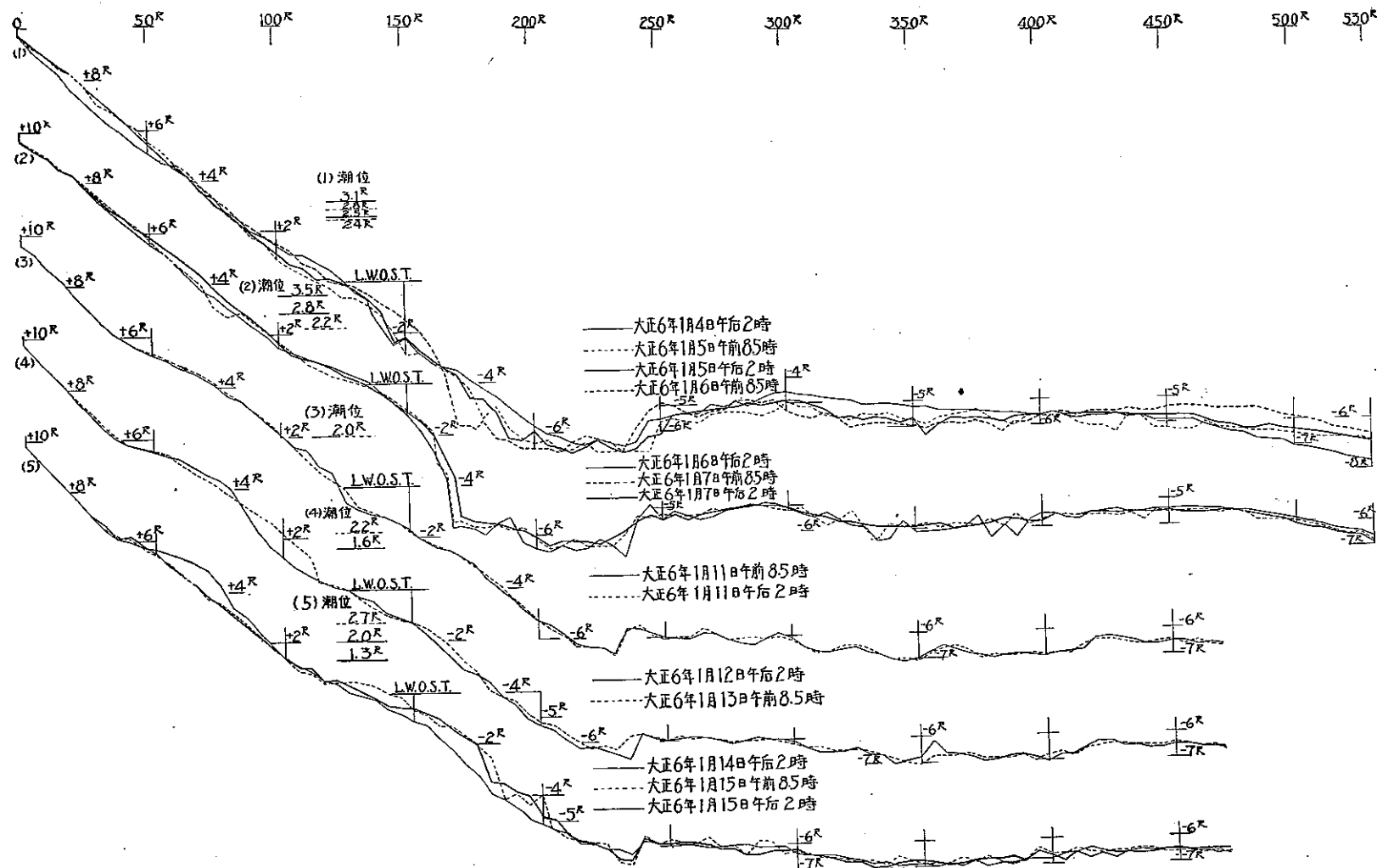
(正北線合註第十二卷第六號附圖)

附圖第四 海岸及海底深淺測量比較圖

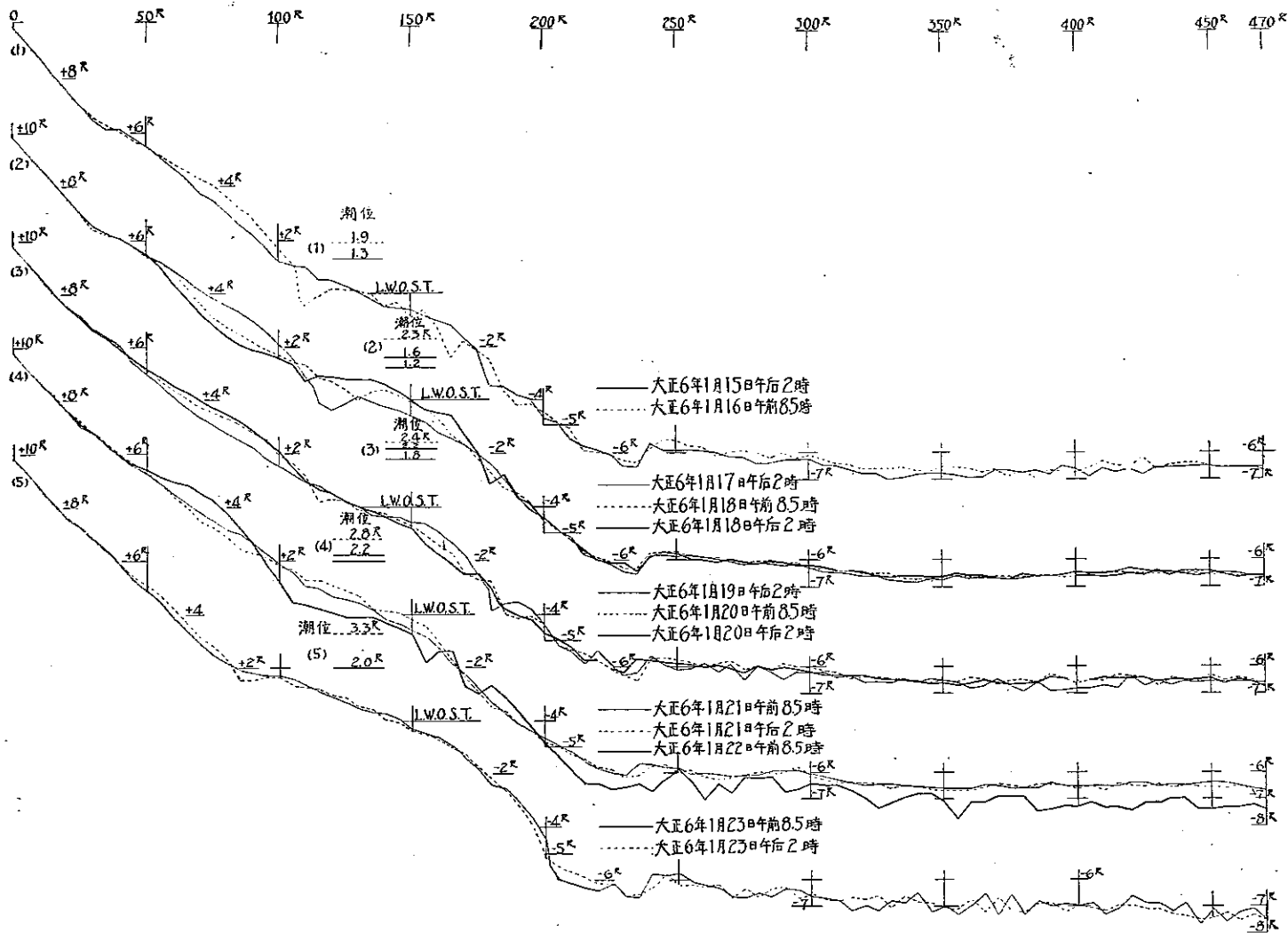


（圖中數字係以海圖十號為準）

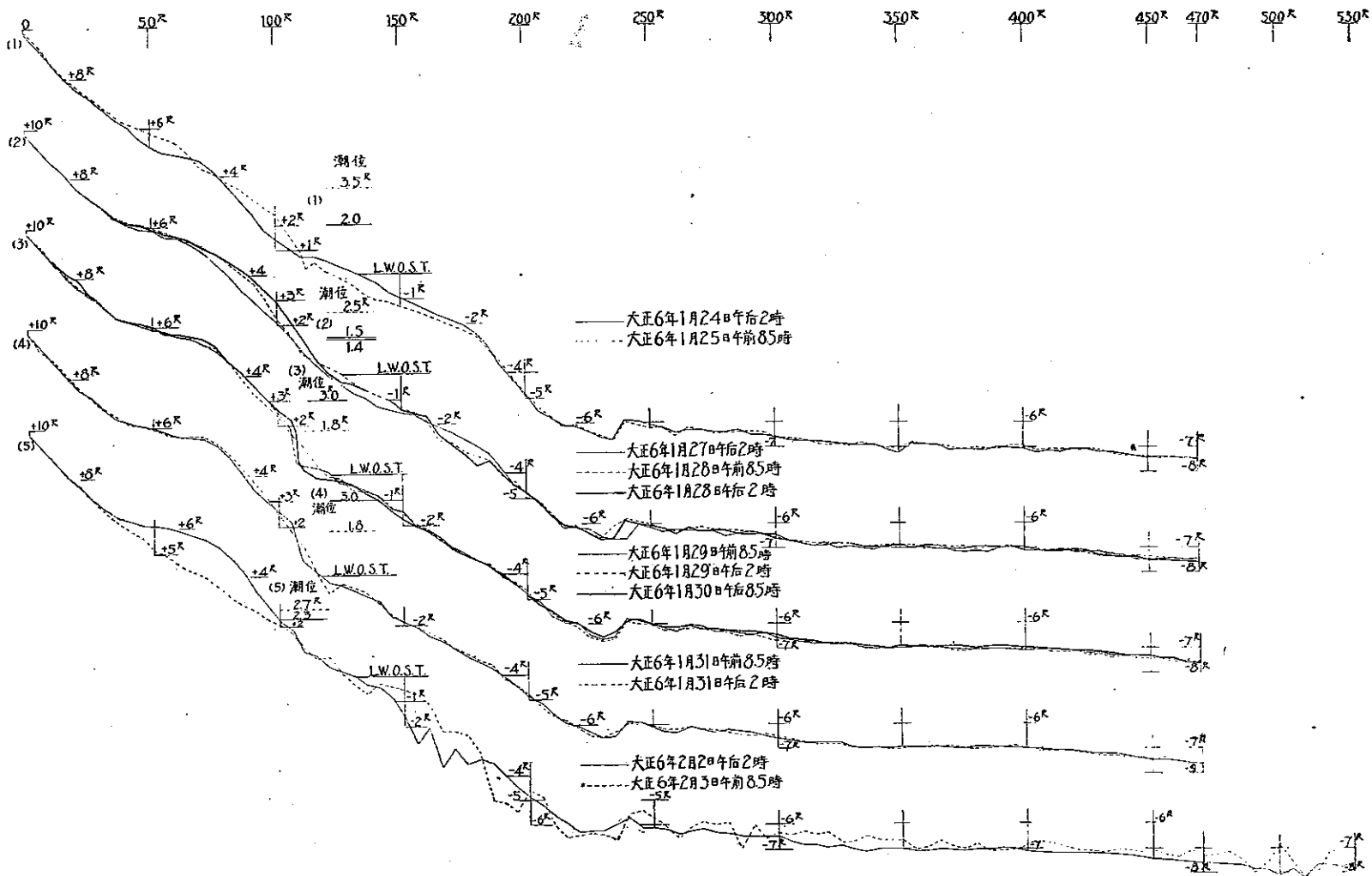
附圖·第五 海岸及海底深淺測量比較圖



附圖第六 海岸及海底深淺測量比較圖

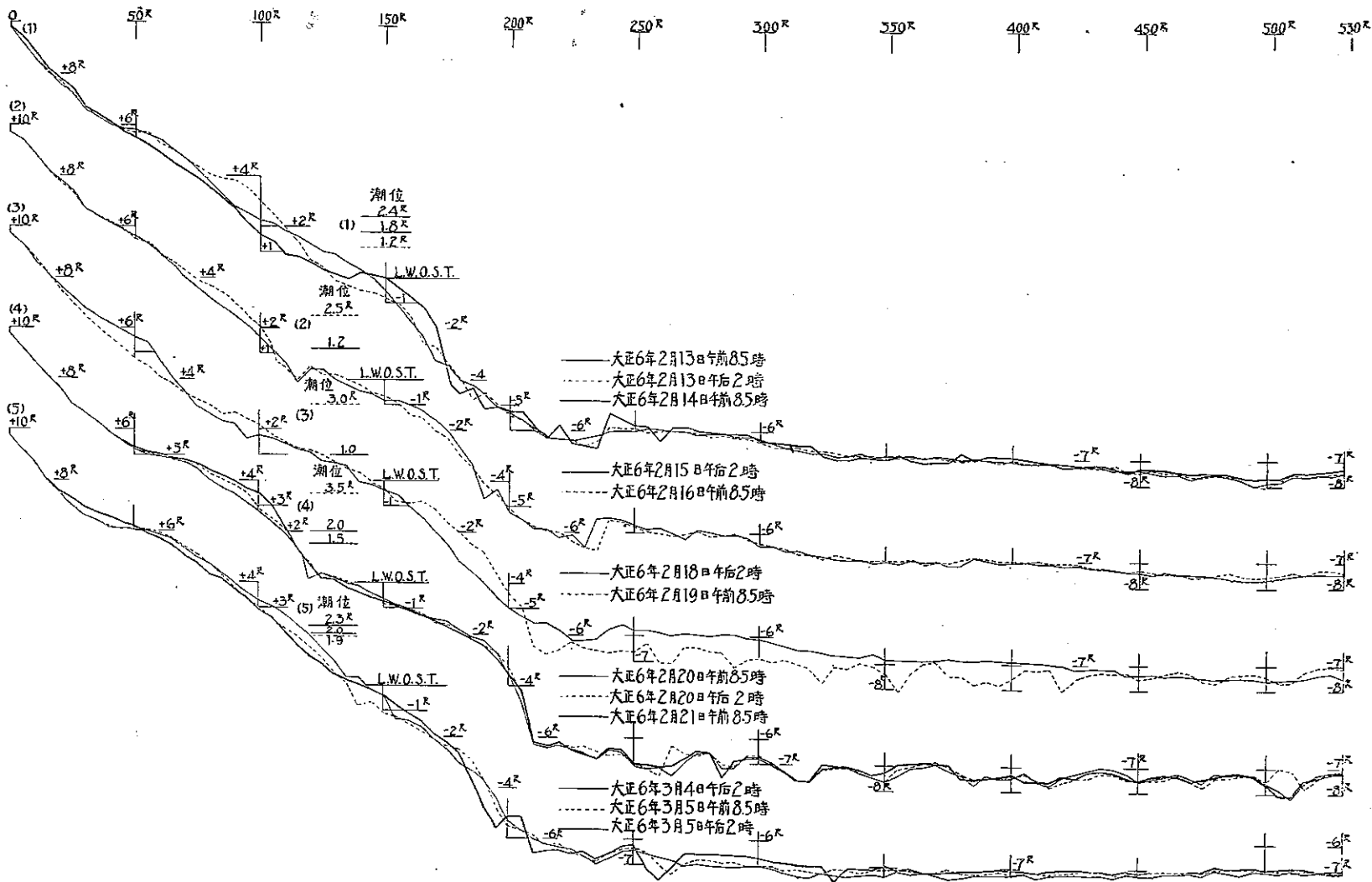


附圖第七 海岸及海底深淺測量比較圖



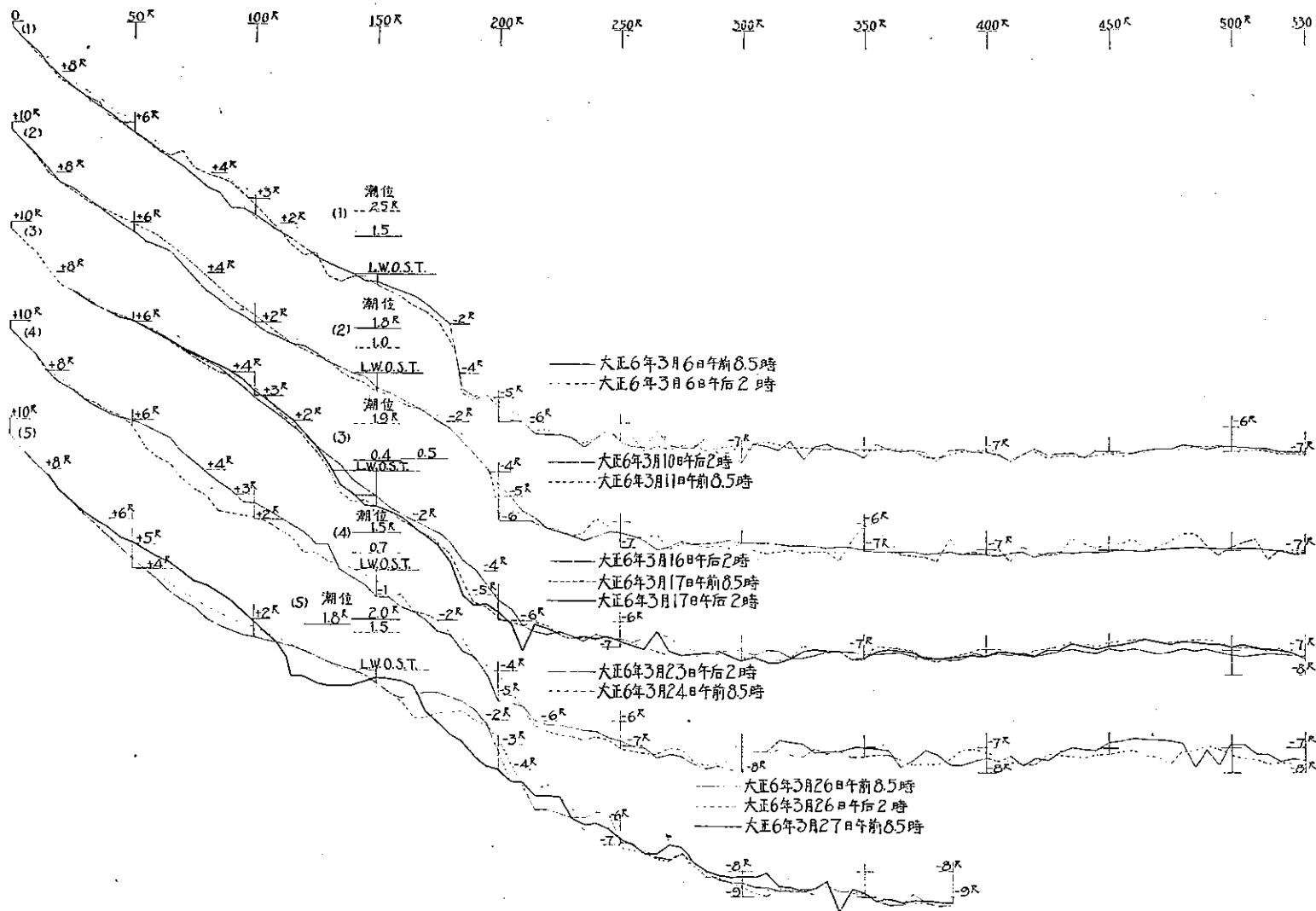
(日本海軍測量部測量圖)

附圖第八 海岸及海底深淺測量比較圖



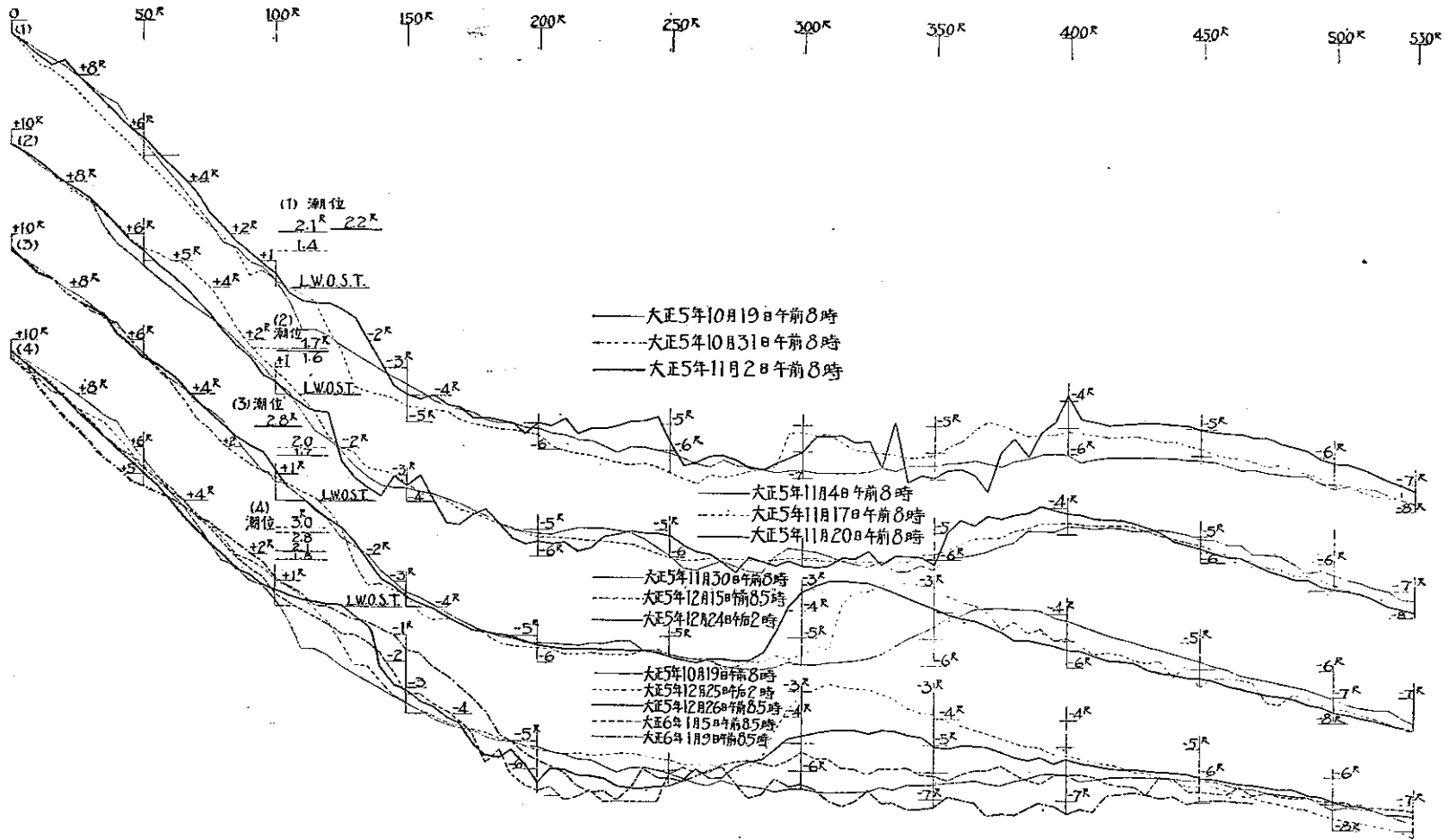
土木學雜誌第十二卷第六號附圖

附圖第九 海岸及海底深淺測量比較圖

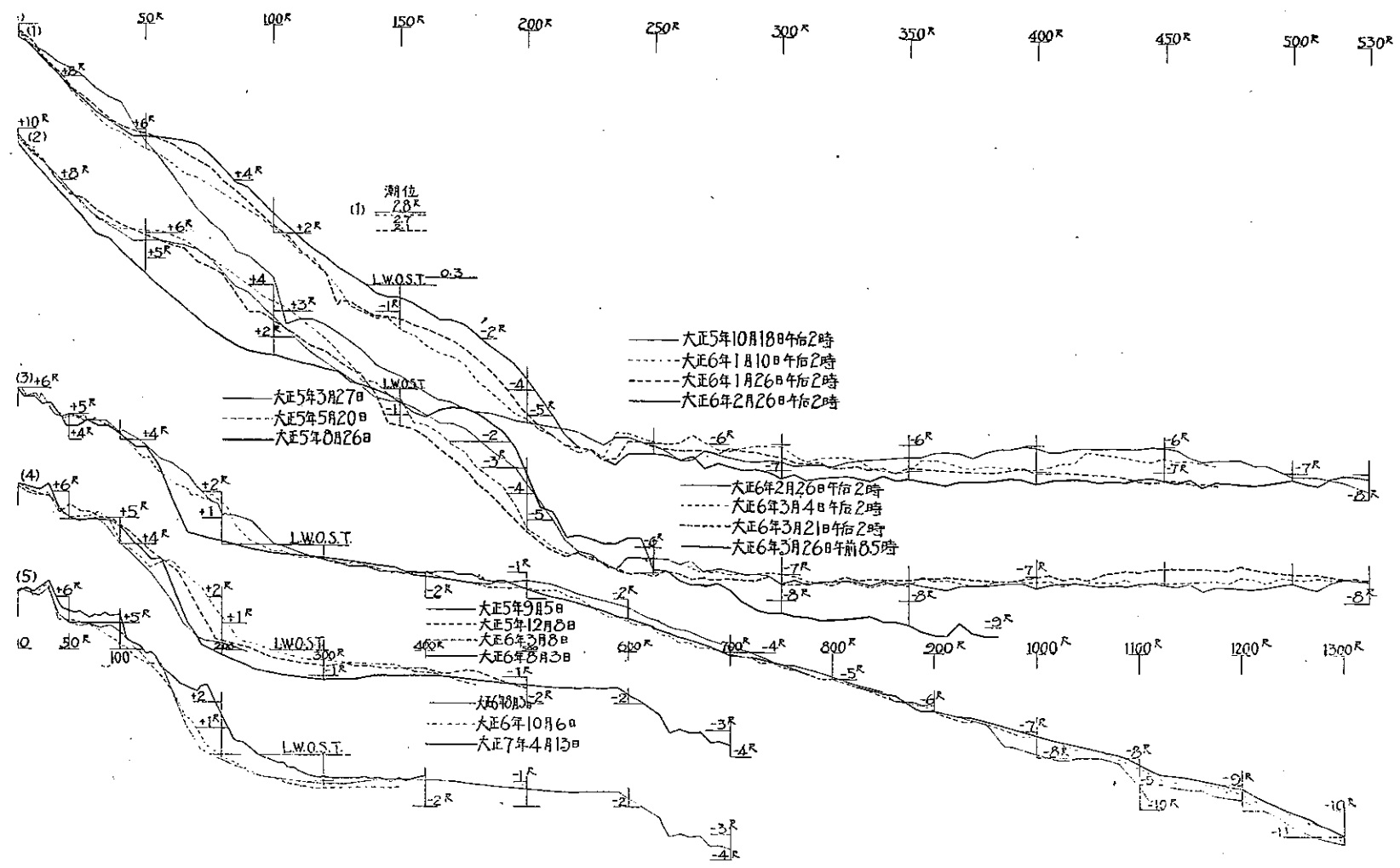


（此圖係會議第十二卷第六圖附圖）

附圖第十 Sand Ridge の生成, 前進及崩壊圖



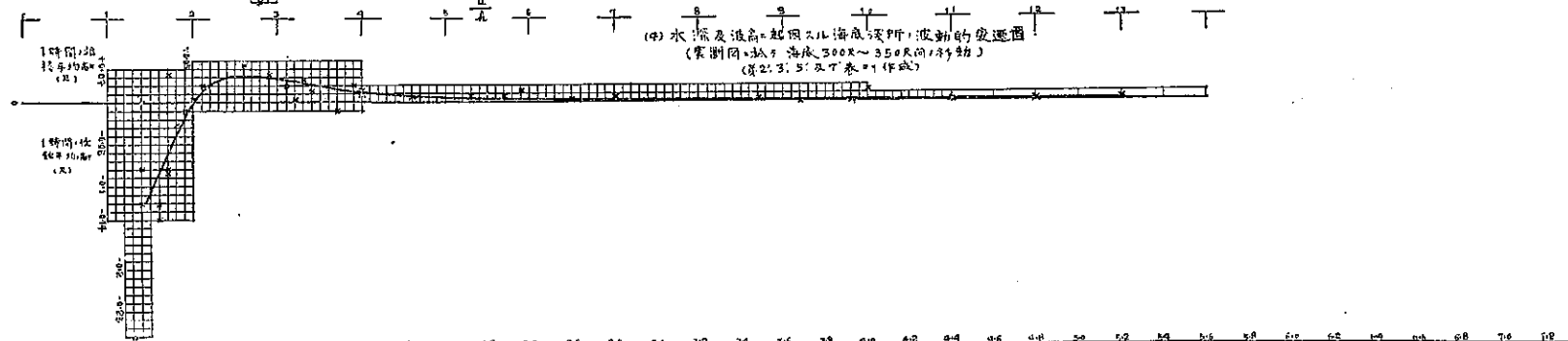
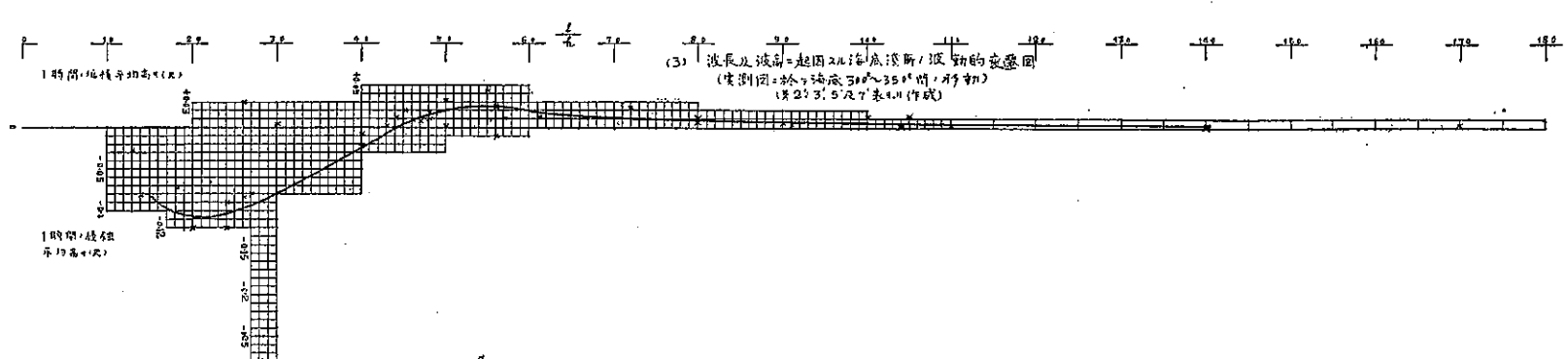
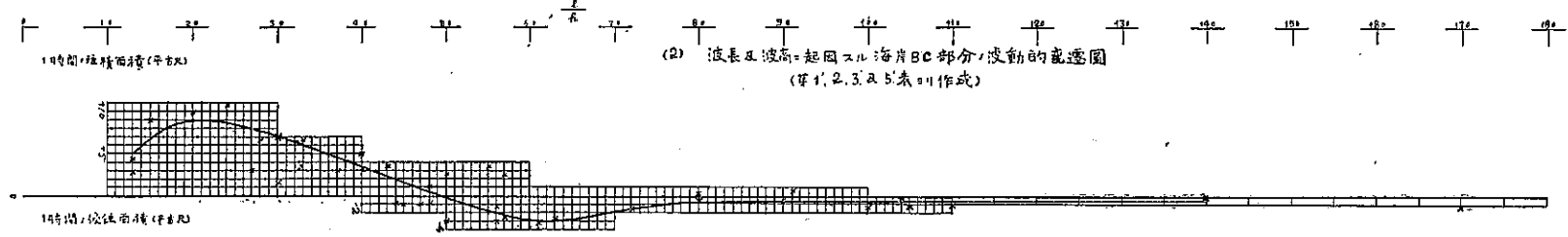
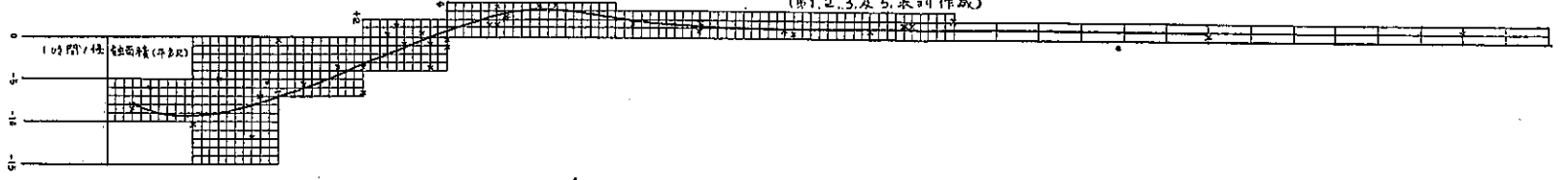
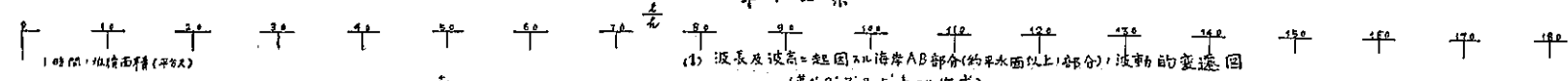
附圖第十一 (1) 及 (2) は函館大森濱に於て季節(夏冬)に因る海岸及海底の變化圖
 (3)(4) 及 (5) は函館港内に於ける同上



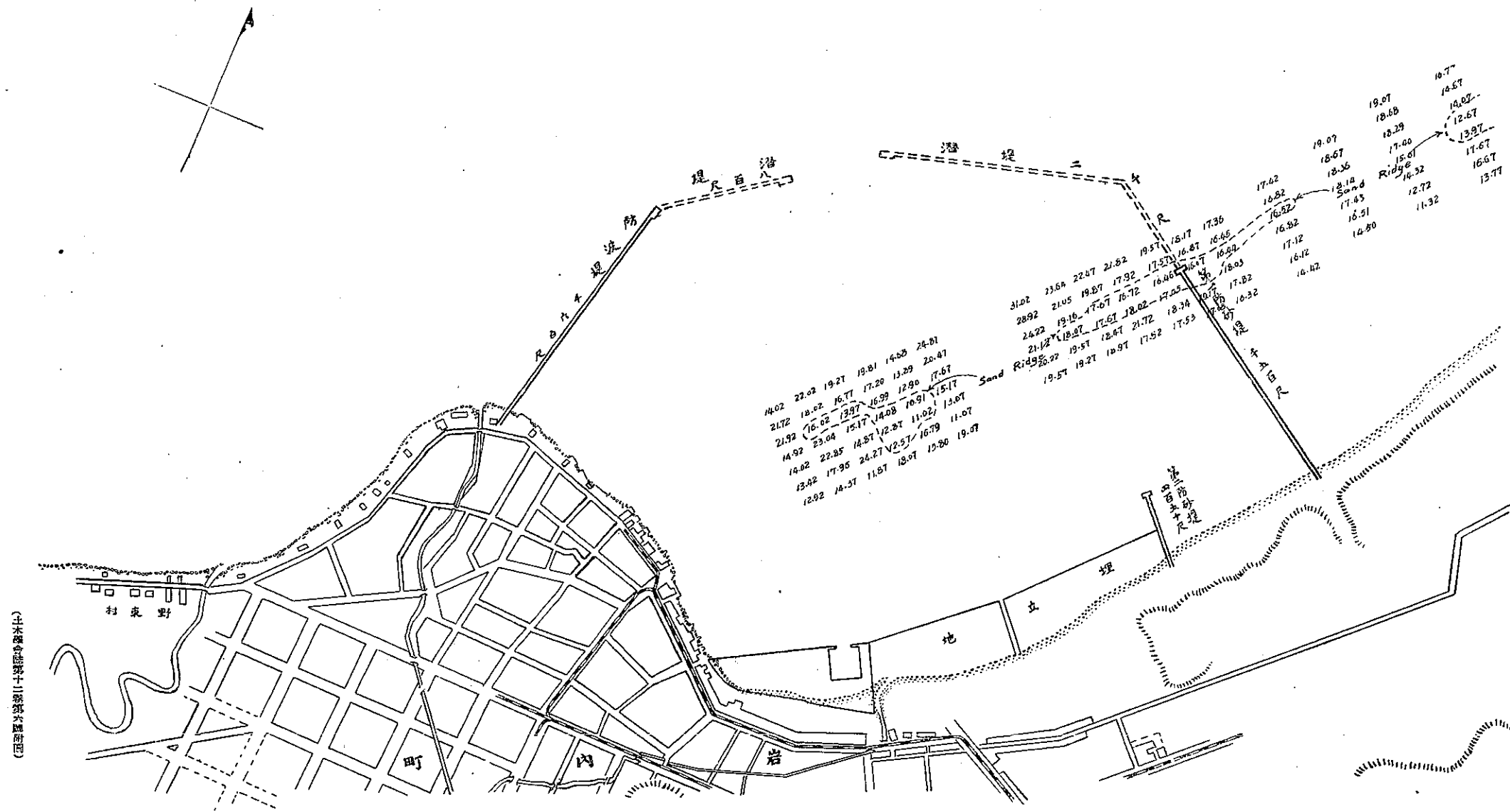
(正) 函館大森濱の海岸線

附圖 第十 二

第 1 2 葉

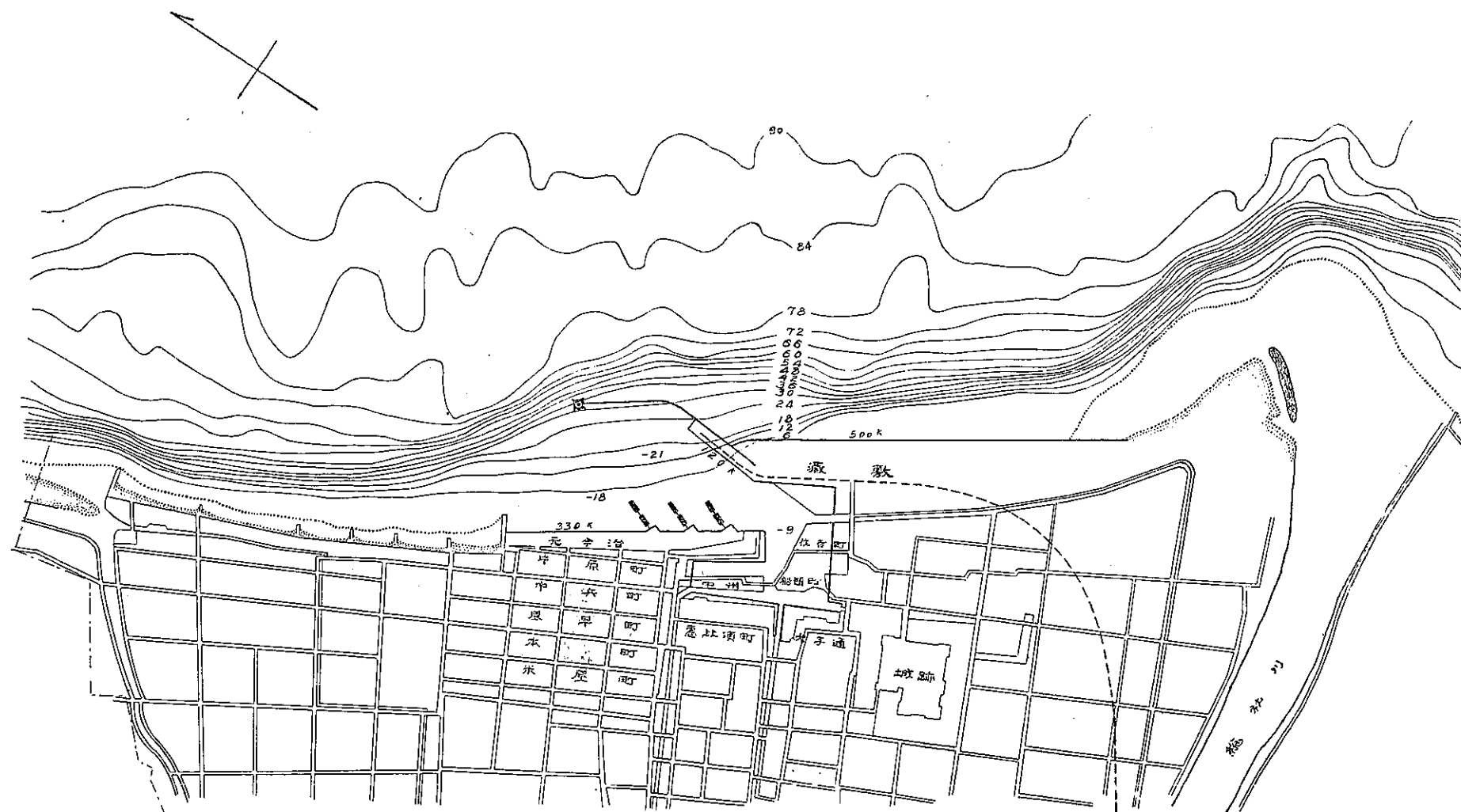


附圖第十三 岩內漁港修築計畫圖



(土木學會誌第十二卷第六圖附四)

附圖第十四 今治築港平面圖



（土木部今治第十二號地籍附圖）

附圖第十五

Fig. 1.

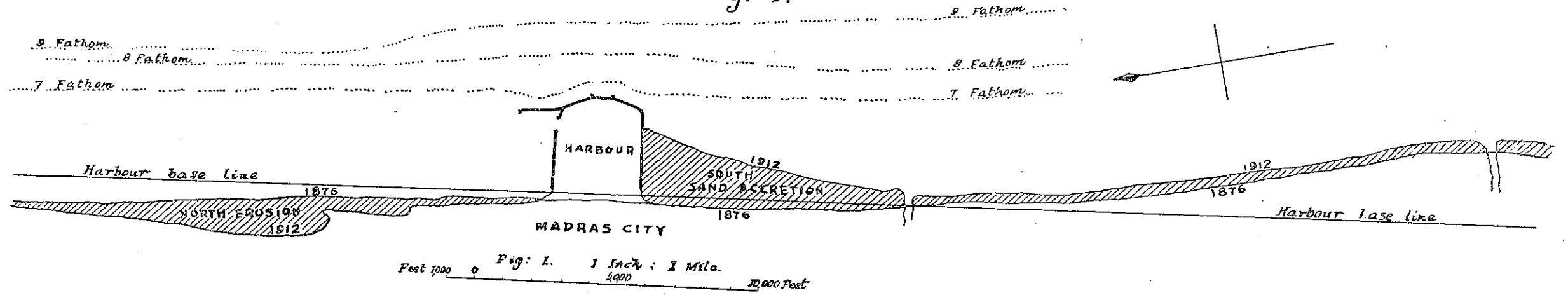


Fig. 2.

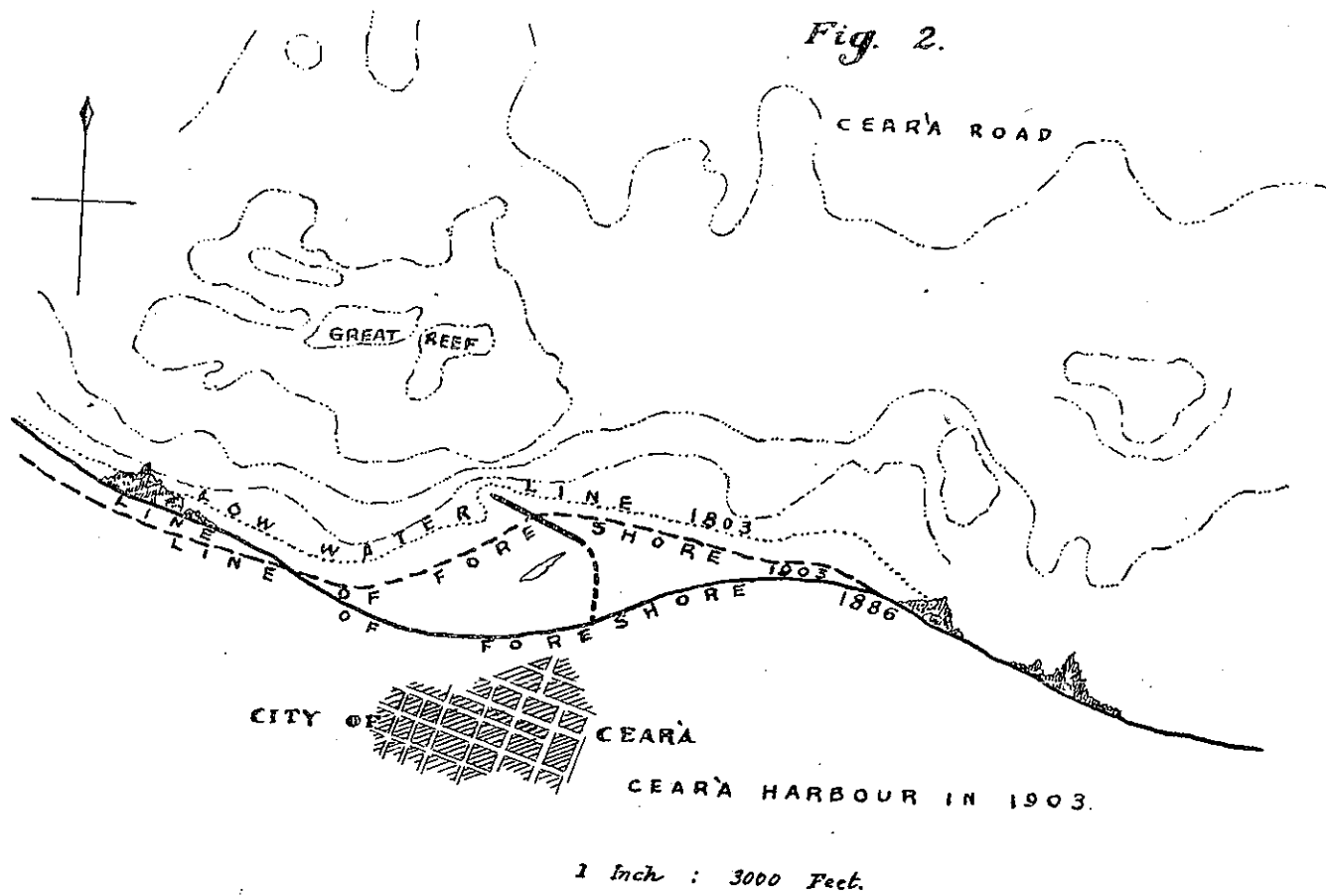


Fig. 3.

