

II-87

鵠川河口周辺の汀線変化に関する数値解析

室蘭工業大学大学院 学生員 薄木 琢嗣
 室蘭工業大学工学部 正 員 藤間 聡
 室蘭工業大学工学部 正 員 近藤 俊郎
 室蘭開発建設部 正 員 中田 満洋

1. はじめに

近年、我が国では国土の高度利用が進むにつれ、河川からの流出土砂量の減少、海岸構造物の建設に伴う沿岸漂砂の減少に起因する海岸侵食が、全国的に進行している。

図-1に示す苫小牧の東南東約25キロメートルに位置する鵠川河口部は、広大な干潟を有しており、渡り鳥の飛来地になっている。河口干潟における過去の調査では、北海道に飛来する渡り鳥のうち1/4、82種が確認されている。その干潟面積及び河口砂州は、経年的に減少しており、近年に到っては激減する様相を呈している。鵠川流域にはダムの建設はなく、かつ水文量の経年変化も少ない。

本研究では干潟及び河口砂州の消失が沿岸漂砂量の減少によるものと考え、数値解析法を用いて汀線変化を予測するものである。

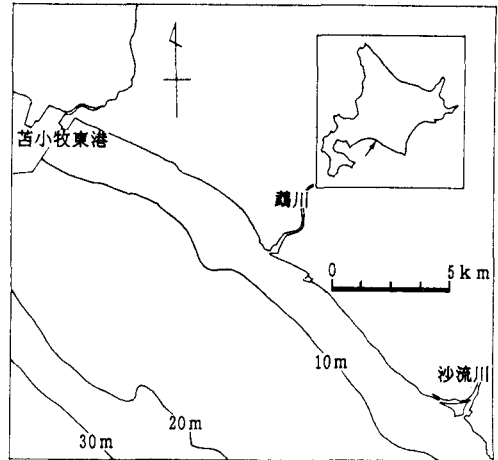


図-1 鵠川河口位置図

2. 鵠川河口周辺の概要

2.1 海浜過程と汀線変化

鵠川河口部の砂浜海岸における海浜過程を知るために、正常海浜(汀線の前進する堆積性海浜)、暴風海浜(汀線の後退する侵食性海浜)であるかの分類を行った。

Dean¹⁾は底質の沈降速度 w と波の周期 T の関係により、底質の移動方向が異なることを提示した。

$$\left. \begin{aligned} \frac{H_o}{L_o} > 1.7 \frac{\pi w}{g T} & \text{ 岸向きの移動(正常海浜)} \\ \frac{H_o}{L_o} < 1.7 \frac{\pi w}{g T} & \text{ 沖向きの移動(暴風海浜)} \end{aligned} \right\} (1)$$

ただし、上式の展開においては $H_o/L_o \div H_o/L_o$ としてある。ここで、沈降速度 w はRobbyの式を用い、現地の底質調査における中央粒径の値を代入すると $0.43 \sim 3.34 \text{ cm/s}$ となる。また、 $H_o = 0.8 \text{ m}$, $T = 6.5 \text{ s}$

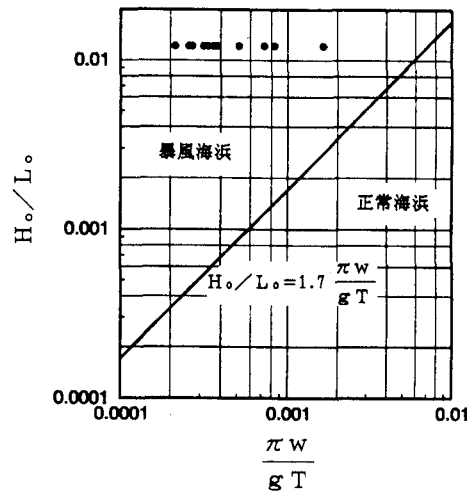


図-2 鵠川河口部の海浜の種類

Numerical Approach to Shore Transformation along Mu River Beach

by Takusi USUKI and Satoshi TOHMA and Hideo KONDO and Mituhiro TANAKA

として式(1)に代入し当海岸に適用してみると、図-2のようになり当河口部沿岸は汀線の後退を示す侵食性海岸であることがわかる。更に、図-3に示す周辺に漁港が存在しなかった昭和42年から、昭和53年における12年間の汀線調査からも砂州の後退状況が確認できる。

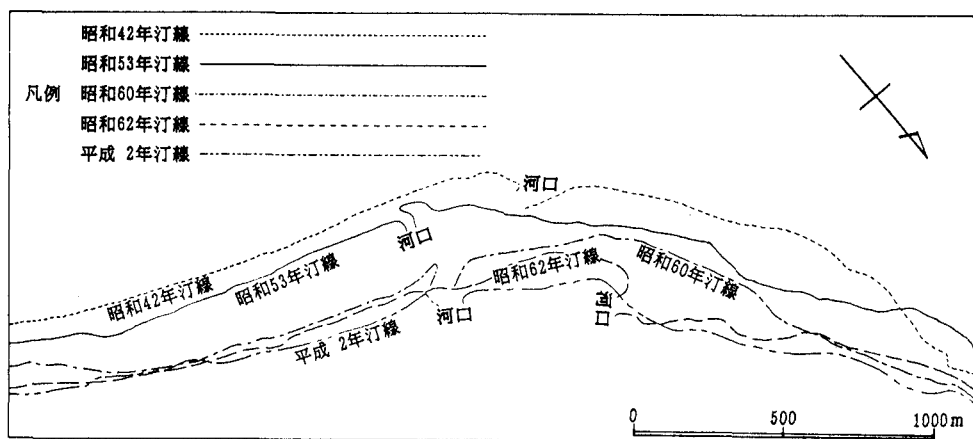


図-3 汀線の後退状況

2.2 沿岸流

沿岸流は漂砂の原因の一つであり、また漂砂は海岸地形や海岸構造物に大きな影響を与えるものである。鵜川河口東側12キロメートルに位置する富浜地区における1966～1968年の沿岸流調査結果を鵜川河口に当てはめると季節により卓越方向が変化し、2月下旬から西向きの傾向が現れ、6～8月で沿岸流が最大となり、この時期を過ぎると東向きの傾向が現れ、1月で最大となる。これらの転流は非常に緩やかで、年間を通じての卓越方向は西向きで全体の3/4を占める。

沿岸流において転流の存在することは図-4に示す河口砂州の移動状態からも明かである。季節による河口砂州形状は夏期には左岸砂州が西側に伸延し、冬季には東側に発達する傾向が顕著である。これは沿岸流の季節別卓越方向と一致するものである。

2.3 汀線変化の概況

前節で鵜川河口汀線は汀線の後退する侵食性海浜であることが分かったが、昭和53年を境にして汀線変化に大きな差がみられる。昭和53～60年にかけての急激な汀線の後退は、鵜川河口南東側のA漁港の建設工事、完成時期と一致している。現時点ではA漁港東側の防波堤が沿岸漂砂を貯留し、そこでの沿岸漂砂のバランスの崩壊により海岸線位置の後退を招いたと判断される。一方、沿岸流の上流側に当たるA漁港の東側では汀線の前進がみられ、当漁港において沿岸漂砂が捕捉されていると考えられる。

鵜川河口部において、昭和42～53年における年間平均土砂流失量は約 $8\text{ m}^3/\text{年}$ である²⁾。それが昭和53年以降では $20\text{ m}^3/\text{年}$ となり急激な増加を示す。 $20\text{ m}^3/\text{年}$ のうち $8\text{ m}^3/\text{年}$ を暴風海浜による海浜侵食として、 $12\text{ m}^3/\text{年}$ は沿岸漂砂の変化によると考えられる。この変化は、完全移動限界水深以深まで突出しているA漁港防波堤において沿岸漂砂が捕捉され、西側への移動が阻止されていることを意味する。

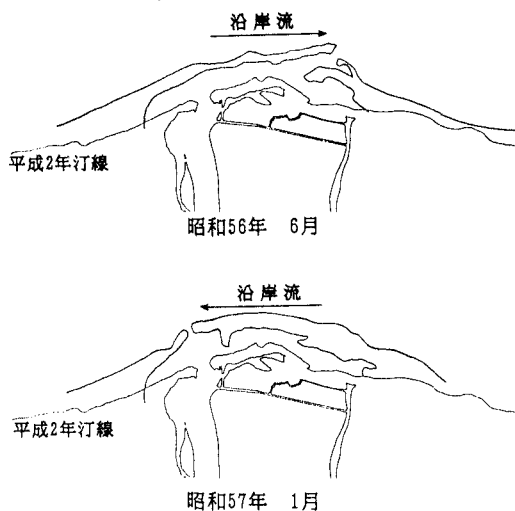


図-4 河口砂州形状

3. 汀線変化の予測モデル

3.1 基礎方程式

図-5に示すように沿岸方向に y 軸、岸沖方向に x 軸をとり、海岸線位置を $x_s(y)$ とする。汀線変化の予測モデルでは、沿岸漂砂及び岸沖漂砂の流出入土砂量の収支に基づいて海岸線位置 $x_s(y)$ の変化を予測するものである。このモデルの解析対象は数年の期間にわたる海浜の侵食と堆積であり、海岸線縦断形状は変化しないものとして仮定してある。海岸線位置 x_s と土砂移動量 Q との関係は、図-6から次式のように表せる。

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{R + h_m} \left(\frac{\partial Q}{\partial y} - q \right) = 0 \quad (2)$$

ここで、 Q は沿岸漂砂量、 R は浜頂高、 h_m は完全移動限界水深である。また q は岸沖方向の土砂量で $q = q_s + q_o$ であり、 q_s は岸側断面より、 q_o は沖側断面より流出入する単位幅当たりの土砂移動量である。

沿岸漂砂量 Q を求めるため、本文ではKomor・Inmanの式を小笹・Brampton³⁾が拡張した次式を用いる。

$$Q = a_1 \cdot F_b \cdot \left(\sin 2\alpha_{Bs} - a_2 \cdot \frac{\partial H_B}{\partial y} \cdot \cot \beta \cdot \cos \alpha_{Bs} \right) \quad (3)$$

ここで β は海浜断面の傾斜角、 F_b は碎波点における波浪エネルギーフラックス、 α_{Bs} は汀線と碎波点における波峰線のなす角である。また、 a_1, a_2 は定数であるが小笹・Bramptonはこれらの値として各々0.385/ γ_s (γ_s は底質の水中重量)、3.24を与えている。

碎波時の波峰線と基線のなす角度を α_B 、汀線と y 軸のなす角を α_s とすると図-7に示すように、碎波時の波峰線と汀線との角度 α_{Bs} は次式で示される。

$$\alpha_{Bs} = \alpha_B - \alpha_s = \alpha_B - \tan^{-1} \left(\frac{\partial x_s}{\partial y} \right) \quad (4)$$

汀線変化の計算は以上(2),(3),(4)の3式を連立して差分法を用いて解くことになる。

3.2 計算条件

① 波浪諸元：苫小牧港沖水深50.7m地点における1980～84年の5年間の月別平均有義波高および周期を使用した。一般に汀線変化予測に用いる波浪条件は年間出現有義波とその平均周期、卓越波向きを用いるが、本計算では2.2で述べた鶴川河口での沿岸流の向きを考慮した6～8月の値を使用した。波向きは、1970, 81, 83年における航空写真から読みとった波向き $S10^\circ W$ とした。波浪諸元をまとめると次のようになる。

波向き： $S10^\circ W$ 、波高：0.8m、周期：6.5sec

② 計算領域：平成2年の鶴川河口の沿岸方向6000m、岸沖方向4000m

③ 計算格子間隔：岸沖・沿岸方向ともに $\Delta x = \Delta y = 50m$

④ 底質粒径：当海岸近傍の富浜漁港の底質調査結果から、中央粒径 $d_{50} = 0.14mm$

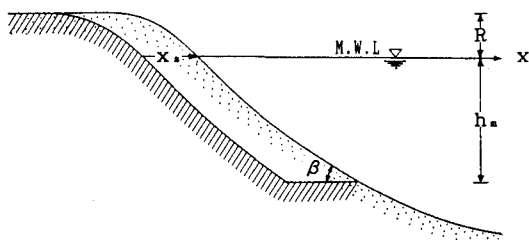


図-5 海浜断面変化の模式図

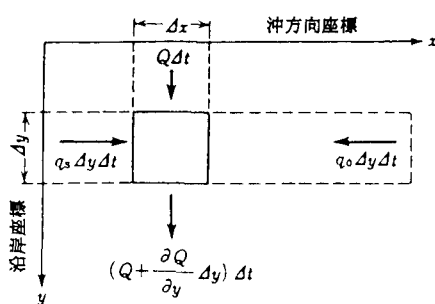


図-6 海岸線変化量と砂移動量の関係

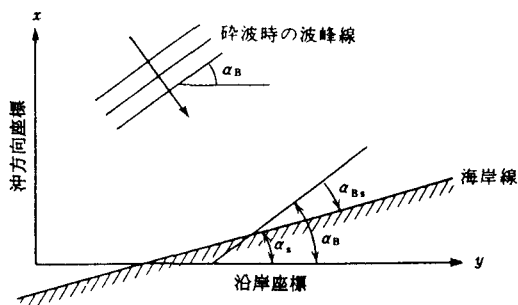


図-7 α_{Bs} の定義

- ⑤ 完全移動限界水深：佐藤ら⁴⁾の完全移動限界水深図表から $h_m=1.85\text{m}$
 ⑥ 碎波波高および碎波水深：合田⁵⁾による碎波波高と碎波水深の図表より $H_B=1.12\text{m}$ 、 $h_b=1.47\text{m}$
 ⑦ 計算時間間隔：式(2)を差分法で解く場合には、以下に示す安定条件を満たす必要がある。

$$\Delta t < \frac{R + h_m}{2F} \cdot (\Delta y)^2 \quad \text{ただし、} F \doteq 0.77 / \gamma_s \cdot F_b \quad (5)$$

本計算では、 $\Delta t=60\text{分}$ とした。また、計算時間は5年とした。

3.3 計算結果及び考察

3.3.1 波の場の計算

沿岸流は波が汀線に対し斜めに入射する場合、あるいは碎波波高が沿岸方向に変化する場合に生じ、漂砂はこの沿岸流によって沿岸方向に移動する。計算は3.2に述べた諸元を用い、それぞれの格子点における波高分布、碎波波高、碎波水深、碎波位置、碎波点における波向き等をエネルギー平衡方程式に基ずく計算法で、回折についてはエネルギー分散法を用い、碎波後の波高計算については合田のモデル⁶⁾を使用した不規則波浪計算により算出した。以上の計算結果の一例を図-8a～8dに示す。

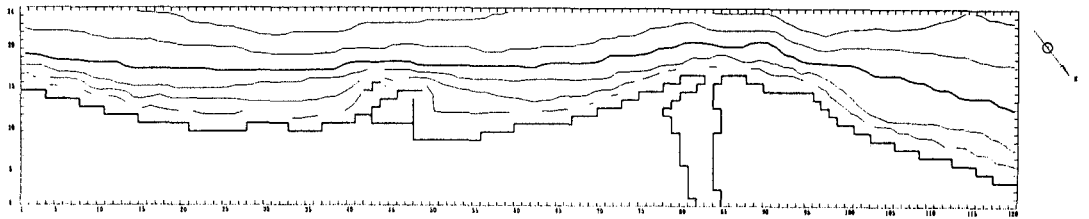


図-8a モデル図

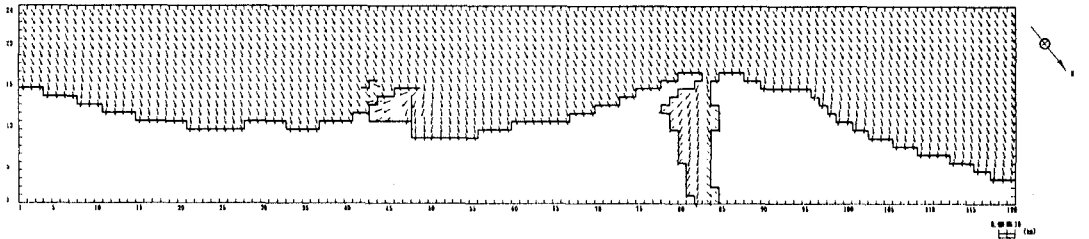


図-8b 波向分布図

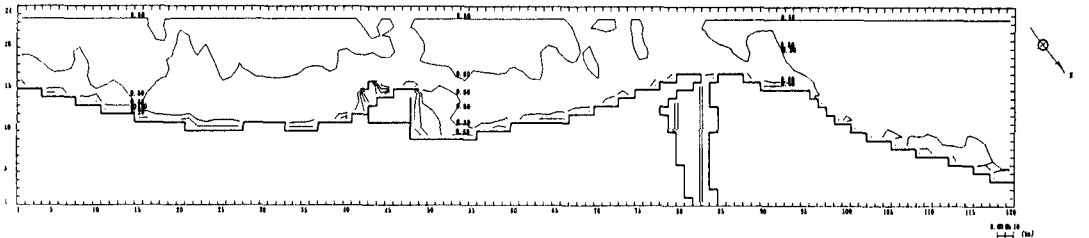


図-8c 波高分布図

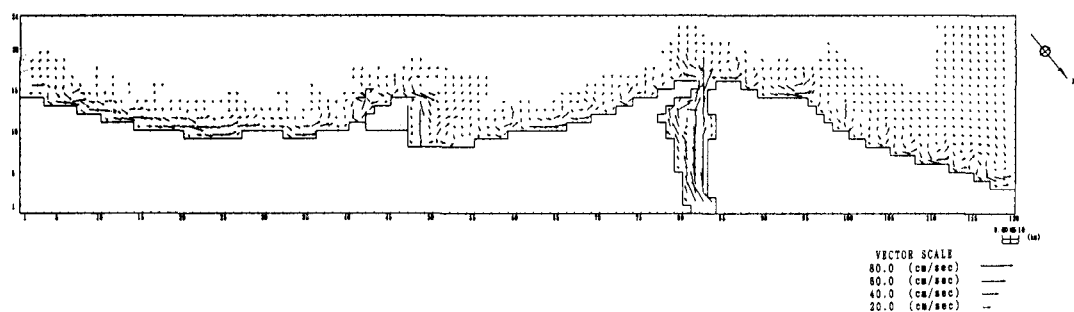


図-8d 流況ベクトル図

3.3.2 汀線変化の計算

波の場の計算結果より、碎波点における水深、波高、波向きを算出して汀線変化の計算の入力データとした。河口からの流砂量は室蘭開発建設部²⁾の調査による表-1に示す掃流砂量計算結果の平均 $478.85\text{m}^3/\text{年}$ と、鷗川河口部における平均土砂流失量 $20\text{m}^3/\text{年}$ を比較すると、鷗川からの流砂量は河口部の流失量に比べ微小であるため本計算では、河川による流砂量を無視して行った。その計算結果を図-9に示す。

表-1 掃流砂量計算結果(鷗川橋: m^3)

年\月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年計
S 5 1	6.05	2.99	3.57	143.43	77.80	19.81	3.35	6.72	40.97	71.57	91.28	13.70	481.24
S 5 2	4.77	2.48	35.00	148.15	178.49	10.14	3.35	41.67	41.66	7.95	40.34	23.98	537.94
S 5 3	5.18	2.59	6.53	104.48	115.29	51.18	18.33	18.47	10.70	11.10	24.30	16.99	385.11
S 5 4	4.57	4.49	6.58	148.10	81.93	31.27	24.20	21.28	42.08	120.99	93.68	42.05	821.21
S 5 5	13.49	5.69	9.29	161.26	131.88	35.87	8.67	15.30	29.94	19.53	38.93	31.13	500.97
S 5 6	6.87	4.27	11.01	112.46	66.28	13.55	177.14	391.09	95.20	65.24	19.08	9.09	971.25
S 5 7	8.72	3.95	8.52	134.80	105.49	25.34	3.37	45.04	72.35	22.46	41.70	68.65	540.39
S 5 8	6.84	3.90	9.30	97.82	32.38	10.46	15.85	11.31	24.58	13.01	12.48	7.83	245.75
S 5 9	3.46	2.32	4.29	37.26	40.87	4.25	11.83	4.19	5.96	20.68	14.74	9.77	159.42
S 6 0	4.84	2.85	4.95	111.80	31.25	1.69	18.61	5.61	67.31	51.45	26.44	6.32	333.19
S 6 1	5.35	3.01	6.00	174.05	88.52	9.50	10.13	9.25	52.04	21.81	22.58	8.96	409.15
S 6 2	5.20	4.14	32.60	132.87	178.91	4.16	33.55	44.66	15.85	12.93	28.30	6.98	500.14
S 6 3	5.42	2.74	5.85	117.44	76.97	13.48	2.32	12.45	19.82	11.88	38.20	32.01	338.56
H 1	5.94	4.13	38.23	157.22	29.47	19.85	3.69	61.05	86.66	31.48	141.88	21.23	600.83
H 2	6.69	12.14	17.64	148.96	33.72	4.55	19.44	47.68	135.20	51.47	53.30	26.75	557.54
合計	93.17	61.70	199.36	1930.10	1267.30	255.10	353.83	735.77	740.32	533.55	687.21	325.36	7182.69
平均	6.21	4.11	13.29	128.67	84.49	17.00	23.59	48.38	49.35	35.57	45.81	21.69	478.85
百分率	1.30	0.88	2.78	26.87	17.64	3.55	4.93	10.24	10.31	7.43	9.57	4.53	100.00

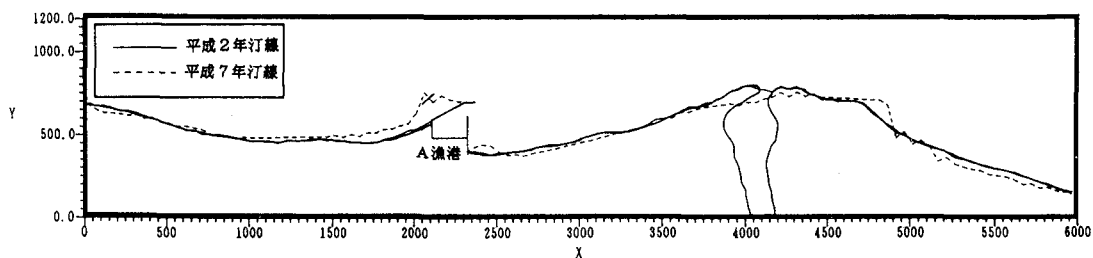


図-9 汀線変化計算結果

4. 結論

本研究によって得られた結果をまとめると以下のようになる。

波の場の計算において、図-8bに示す波向きは、航空写真より得られた $S10^\circ W$ を満足する結果が得られた。河口部左岸では汀線に対し角度を持った波向きであるが、右岸では汀線に対し直交する形で波が進入す

ることが分かる。図-8cに示す波高分布は、海底勾配が $1/150$ と緩やかなため変化せず、水深 1m 以浅において変化することが分かった。図-8dの流況ベクトル図によると、右向きの沿岸流が発生し沿岸流の卓越方向と一致している。また、計算による流速の最大値は 40cm/s であり、現地における実測値 37cm/s とほぼ等しい値が得られた。

汀線変化の計算結果は、図-9よりA漁港の東方領域については漂砂が捕捉され外防波堤まで汀線が前進し、河口部領域については河口両岸ともに汀線は後退するが、特に左岸側での後退量が大きくなった。ここで、A漁港東側における汀線の前進に伴う堆積、河口部における汀線の後退に伴う侵食に対する土砂移動量の算出を行った。その結果、A漁港東側における堆積土砂量は約 $2\text{万m}^3/\text{年}$ 、河口部における侵食土砂量は約 $1.5\text{万m}^3/\text{年}$ となる。また、A漁港東側においては昭和58年～平成4年における航空写真から読み取った堆積土砂量は $4\text{万m}^3/\text{年}$ 、河口部においては $20\text{万m}^3/\text{年}$ であることが分かっている。堆積および侵食土砂量について、今回の堆積侵食土砂量の計算および航空写真過去の調査における値を比較すると $1/2$ 、 $1/10$ ほどの差が見られ、汀線変化における計算での侵食堆積土砂量の方が小さな値となる。これは、現地の海浜が暴風海浜で岸沖漂砂も活発であるのに対し、汀線変化の計算では岸沖漂砂に対する実測がないため、それを考慮できなかったためと考える。

本計算によって得られた汀線変化は、航空写真と比較して汀線の前進後退といった傾向は再現できるものの河口砂州形状といった履歴を含むような現象を再現できないことが分かった。

今後は汀線変化の計算では再現の困難な河口砂州形状といった局所的な地形変動の算定も可能である3次元モデルを取り入れて研究を行う予定である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、資料提供、プログラム作成に御協力を頂いた株式会社アルファ水工コンサルタント、川森晃、佐々木哲士、泉田典彦の皆様に謝意を表します。

参考文献

- 1) R.G.DEAN: Physical modelling of littoral processes, Physical modelling in coastal engineering /ed. by Robert A.Dalrymple, pp.125-127, 1985.
- 2) 室蘭開発建設部: 鶴川河道特性検討業務報告書, pp.73-84, 1992.
- 3) 小笹博昭、Brampton, A.H: 護岸のある海浜の汀線変化数値計算, 港湾技術研究所報告, 第18巻, 第4号, pp.77-104, 1979.
- 4) 佐藤昭二: 表層移動および完全移動限界水深, [新編]海岸工学(堀川清司著), 東京大学出版会, pp.256, 1991.
- 5) 合田良実: 碎波指標の整理について, 土木学会論文報告集, 第180号, pp.33-49, 1970.
- 6) 合田良実: 浅海域における波浪の碎波変形, 港湾技術研究所報告, 第14巻, 第3号, pp.59-106, 1975.