

# 海浜地形変化量による沿岸漂砂量の推定

Estimation of littoral drift from beach topographic changes

(株) アルファ水工コンサルタンツ 名誉会員 近藤 徹郎 (Hideo Kondo)  
 同 正会員 川森 晃 (Akira Kawamori)  
 同 O正会員 林 健太郎 (Kentarō Hayashi)

## 1. まえがき

砂浜海岸の海岸侵食や港の埋没などの海浜変形を支配しているのは、その海岸の漂砂現象である。中でも沿岸漂砂量  $Q_l$  ( $m^3/y$ ) は、最も重要な要因でこれを定量的に推定できなければその海岸の漂砂問題の解明は困難である。しかしながら、従来、わが国の殆どの海岸については知られていない。 $Q_l$  は左右両方向から  $Q_{lL}$ ,  $Q_{lR}$  からなっていて、両者の差のネット量  $Q_{lN}$  や両者の絶対値の和のグロス量  $Q_{lG}$  のみからでは、地形変化を正しく予測できない。現時点での推測法は、波エネルギーから推定する方法があるが、それ以外の要因もあるので適用性には限界がある。

著者らは前報<sup>1)</sup>で突堤周辺の地形変形量と沿岸漂砂量との関係式を用いて沿岸漂砂量を推定する簡略な解析法を提案し、その方法によって北海道の13の海岸の  $Q_{lL}$ ,  $Q_{lR}$  を推定した。その後、一部を修正した方法で、噴火湾奥に所在する大中漁港と黒岩漁港について推定し、その結果に基づいて中間にある国縫漁港の沿岸漂砂量を定め、未解明の島式港による海浜地形変形の特性を明らかにした<sup>2)</sup>。

本論文ではこの論文で具体的にされていなかった計算方法について、大中漁港と鶴川漁港を事例にして示すとともに、海浜の地形変化に岸沖漂砂が無視できない大規模港湾や Tidal Inlet (感潮湖口) についての式を提案し、サロマ湖口について適用する。

## 2. 推定式

図 - 1 のように小規模な港で左岸からの沿岸漂砂量  $Q_l$  により生ずる堆積土砂量  $V_D$ , 埋没土砂量  $V_S$ , 侵食土砂量  $V_E$  とすると

$$p Q_l = (V_D + V_S) (1 - \lambda) \dots(1)$$

$$p' Q_l = V_E (1 - \lambda) \dots(2)$$

$Q_l$  の海岸線直角(x)方向分布は図 - 1 に示すように仮定する<sup>1)</sup>。  $p$  は  $Q_l$  のうちで上手側の堆積量や港内埋没量に關与する割合で、図中に太線で示した部分とすると、次式で求まる。

$$p = 1 - 0.5 \{ 1.5 - (l / X_B) \}^2 - 0.125, \quad \text{但し } 1.5 (l / X_B) \leq 0.5$$

$$= 0.5 \{ 0.5 + (l / X_B) \}^2 - 0.125, \quad \text{但し } 0 (l / X_B) \leq 0.5 \dots(3)$$

ここで  $l$  としては施設の先端までの距離を採る。また  $p'$  は下式で推定するものとする<sup>2)</sup>。

$$p' = p \sin \alpha_b \dots(4)$$

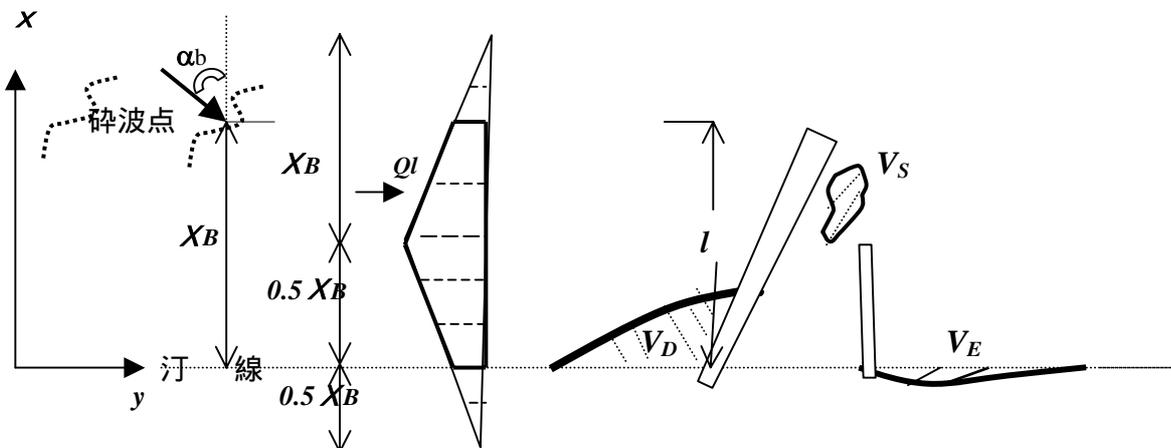


図 - 1 一方向の沿岸漂砂量  $Q_l$  による地形変形量

実海岸では左右両方からの沿岸漂砂  $Q_{iL}$  と  $Q_{iR}$  を受けるが、その際の式は以下ようになる。

$$p_L Q_{iL} = (V_{DL} + V_{S,L})(1 - \lambda) \quad \dots(5)$$

$$p'_L \cdot Q_{iL} = V_{ER}(1 - \lambda) \quad \dots(6)$$

$$p_R Q_{iR} = (V_{DR} + V_{S,R})(1 - \lambda) \quad \dots(7)$$

$$p'_R \cdot Q_{iR} = V_{EL}(1 - \lambda) \quad \dots(8)$$

$$V_L' = V_{DL} - V_{EL} \quad \dots(9)$$

$$V_R' = V_{DR} - V_{ER} \quad \dots(10)$$

$$V_S = V_{S,L} + V_{S,R} \quad \dots(11)$$

深浅図などから推定できるのは地形変形量  $V_L'$ ,  $V_R'$ ,  $V_S$  であり、 $p$  と  $p'$  は式(5)から推定するとして、これら7個の代数式から8個の未知数  $Q_{iL}$ ,  $Q_{iR}$ ,  $V_{DL}$ ,  $V_{DR}$ ,  $V_{S,L}$ ,  $V_{S,R}$ ,  $V_{EL}$ ,  $V_{ER}$  を解くことになるので、そのうちの1個は推定しておく必要がある。ただし、埋没土量  $V_S$  が無視できる単一の防波堤や突堤の場合は、未知数と方程式の数が一致するので、そのまま解ける。 $Q_i$  と  $V$  の単位は1年当りに統一する。

### 3. 事例研究

#### 3.1 水域内堆砂 $V_S$ が無い場合 (大中漁港)

大中漁港は噴火湾奥の海岸のほぼ中央部にあり、島式として著名な国縫漁港は南約7kmにある(図-1)。ここでは大中漁港の沿岸漂砂量の推定過程を表-1に示す。地形変形量  $V_L'$ ,  $V_R'$  1987-1990の南防波堤建設期間中の深浅図から推定した。来襲する波パワーは海岸にほぼ直角方向が主であるが、左岸よりも、右岸がやや強い。

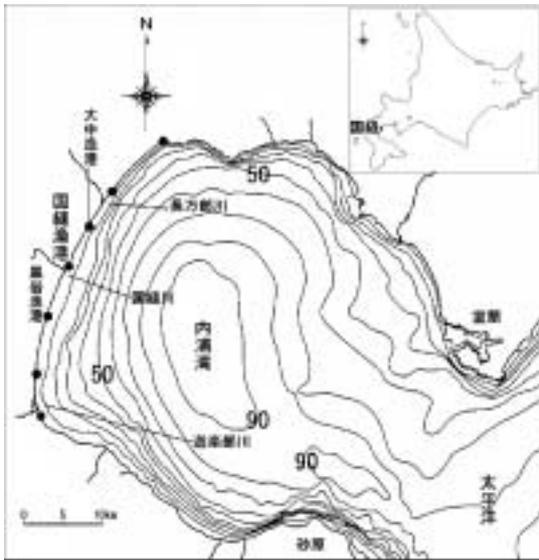


図-1 大中漁港の位置 (山本ほか、2005<sup>2)</sup>)

このため  $Q_{iL} = 5,000(m^3/y)$ ,  $Q_{iR} = 18,000$  となった。なお約15km南にある黒岩漁港は  $Q_{iL} = 2,000(m^3/y)$ ,  $Q_{iR} = 15,000(m^3/y)$  である。

表-1 大中漁港の沿岸漂砂量の推定

|                                   | 左岸 L  | 港内                 | 右岸 R   | 備考   |
|-----------------------------------|---|--------------------|--|------|
| 1年確率波<br>深水波諸元                    | T 7.0 sec.<br>L <sub>0</sub> 76.4 m<br>H <sub>0</sub> 2.7 m<br>θ 5°                     |                    | T 7.0 sec.<br>L <sub>0</sub> 76.4 m<br>H <sub>0</sub> 2.7 m<br>θ 15°                     |      |
| 上記の波の<br>砕波点諸元                    | h <sub>b</sub> 3.5m<br>H <sub>b</sub> 3.4m<br>θ <sub>b</sub> 0°<br>X <sub>b</sub> 175 m |                    | h <sub>b</sub> 3.5m<br>H <sub>b</sub> 3.4m<br>θ <sub>b</sub> 10°<br>X <sub>b</sub> 175 m |      |
| p                                 | 0.36  |                    | 0.36   | 式(3) |
| p'                                | 0   |                    | 0.06   | 式(4) |
| Net 土量<br>(1000m <sup>3</sup> /y) | V <sub>L</sub> ' = 3  | V <sub>s</sub> = 0 | V <sub>R</sub> ' = 11  |      |
| 沿岸漂砂量<br>(1000m <sup>3</sup> /y)  | Q <sub>iL</sub> = 5   |                    | Q <sub>iR</sub> = 18   |      |

#### 3.2 堆砂 $V_S$ がある場合 (鶴川漁港)

鶴川漁港は太平洋に面する日高海岸の西部に位置し、1級河川沙流川が東5km、西は2kmに同鶴川、9km離れて苫小牧東港がある(図-2)。日高海岸は地形的に、海に向かって左側からの春夏のS方向からの波が、秋冬のW方向からの波よりも卓越することから多くの漁港が西向きの漂砂による港内埋塞に悩まされて来た<sup>3), 4)</sup>。しかし、西に行くほど左右両方向の差は小さくなり、また同漁港は両河川が形成した大きな三角州の中にあることと、近年約20年間に急速に完成した苫小牧東港東防波堤の地形的影響が、周辺他海岸と異なる要因である<sup>5)</sup>。

左岸の  $V_L'$  は深浅測量結果から<sup>6)</sup>、右岸の  $V_R'$  は深浅測量範囲が狭いので航空写真も参照して求めた。港内堆砂土量  $V_S$  は浚渫土量の平均値を用いている。推定結果は表-2下端に示すように  $Q_{iL} = 67,000(m^3/y)$ ,  $Q_{iR} = 43,000$  となって、右岸の侵食原因が確認された。



図-2 鶴川漁港の航空写真(1983)

表 - 2 鶴川漁港の沿岸漂砂量の推定

|                                   | 左岸 L  | 港内                  | 右岸 R  | 備 考  |
|-----------------------------------|---|---------------------|---|------|
| 1 年確率波<br>深水波諸元                   | T 8.5 sec<br>L <sub>0</sub> 113 m<br>H <sub>0</sub> 4.4 m<br>θ <sub>0</sub> 45°           |                     | T 7.3 sec<br>L <sub>0</sub> 83 m<br>H <sub>0</sub> 3.2 m<br>θ <sub>0</sub> 23°          |      |
| 上記の波の<br>砕波点諸元                    | H <sub>b</sub> 5.8m<br>H <sub>b</sub> 4.8 m<br>θ <sub>b</sub> 23°<br>X <sub>b</sub> 500 m |                     | h <sub>b</sub> 4.1m<br>H <sub>b</sub> 3.4m<br>θ <sub>b</sub> 12°<br>X <sub>b</sub> 400m |      |
| P                                 | 0.63  |                     | 0.75  | 式(3) |
| p'                                | 0.25  |                     | 0.16  | 式(4) |
| Net 土量<br>(1000m <sup>3</sup> /y) | V <sub>L</sub> ' = 4  | V <sub>S</sub> = 11 | V <sub>R</sub> ' = -4   |      |
| 沿岸漂砂量<br>(1000m <sup>3</sup> /y)  | Q <sub>L,L</sub> = 67   |                     | Q <sub>L,R</sub> = 43   |      |

3.3 インレットの場合(サロマ湖口)

Tidal Inlet(感潮狭口)の地形変化は、漂砂に及ぼす外力として波に加えて狭口を通る潮流の影響が加わるので、極めて複雑であることは周知されている。従って沿岸漂砂量をその地形変化から推定することには敵していない。宇田居<sup>7)</sup>はサロマ湖内に、1929-1966 の 37 年間に湖口潮流で形成された砂堆(Bay Shoal)の容積は 1,970,000(m<sup>3</sup>/y)であるとした。

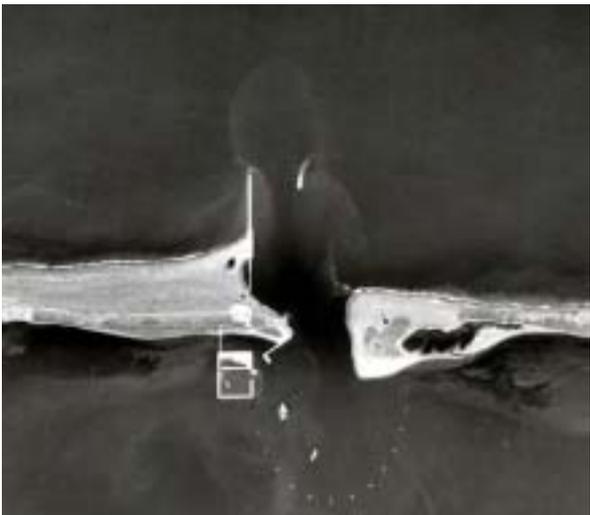
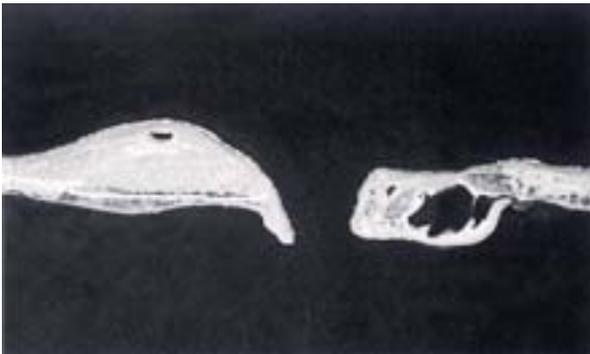


図 - 3 サロマ湖口の航空写真(上 1954,下 2000、国土地理院より引用)

岸沖漂砂量を考慮した場合の(11)式は、次のように書き直される。

$$*p_L Q_{IL} + *p_R Q_{IR} + *p_X Q_X = (1 - ) V_s \quad ..(12)$$

ここで Q<sub>IL</sub>, Q<sub>IR</sub> はそれぞれ左右からの沿岸漂砂量 Q<sub>IL</sub>, Q<sub>IR</sub> のうちで湖口に入るもの、Q<sub>X</sub>は湖口の海側端での岸沖漂砂量、\*p はそれらのなかで V<sub>s</sub> となる割合を表す係数である。

サロマ湖の旧湖口のような広い自然の感潮狭口では Q<sub>IL</sub> = Q<sub>IL</sub>, Q<sub>IR</sub> = Q<sub>IR</sub> と推定できる。また\*p は自然湖口では、沿岸漂砂量の殆どは往復的な湖口潮流の影響を受けて、湖口の外の海と、湖内に掃流されるので\*p は 1/2 と推定される。

Q<sub>X</sub>は現時点では不確定であるが、Dean や Kriebel による単位幅当たりについての q<sub>X</sub>(=Q<sub>X</sub>/B)の下式<sup>8)</sup>

$$q_X = K(D - D_{eq}) \quad ..(13)$$

を適用した次式を用いる。

$$q_X = 137 [3h^{1/2} (dh/dx) - 2A^{3/2}] \quad ..(14)$$

ここで A は、海底の横断面形状を下式

$$y = Ax^n \quad ..(15)$$

で表現した場合の係数である。

\*p<sub>X</sub> については、同様に 1/2 と推定される。

以上のことから (12)式は下式となる。

$$(1/2) [ Q_L + Q_X ] = (1 - ) V_s \quad ..(16)$$

前述した湖内の砂堆容積から V<sub>s</sub>=53,000(m<sup>3</sup>/y)、また式(12)で計算した Q<sub>X</sub> = 5,000 となった。それらと =0.4 として(13)式から求めた Q<sub>L</sub> = 60,000 となった。ここまででは左右方向の漂砂量 Q<sub>L,L</sub>, Q<sub>L,R</sub> は解からない。それらを推定するには両者の割合を推定する必要がある。その一つの方法は沿岸漂砂量推定式における波パワーの比較である。川森<sup>9)</sup>によれば湖口では波パワーは右岸からが卓越していることから、湖口地形は図-4の左のパターンとなるとしている。その割合を 6:4 と仮定したものが表-3の最下段の Q<sub>IL</sub>, Q<sub>IR</sub> である。

表 - 3 サロマ湖口の沿岸漂砂量の推定

|                                  | 左岸 L                     | 湖口                        | 右岸 R                     | 備 考                    |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| 岸沖漂砂量<br>(1000m <sup>3</sup> /y) |                          | 海側端<br>5                  |                          |                        |
| 堆積土量<br>(1000m <sup>3</sup> /y)  |                          | 湖内 V <sub>s</sub><br>= 53 |                          |                        |
| *p                               | 0.5                      | 0.5                       | 0.5                      |                        |
| 沿岸漂砂量<br>(1000m <sup>3</sup> /y) | Q <sub>L,L</sub> =<br>24 |                           | Q <sub>L,R</sub> =<br>36 | Q <sub>L</sub> =<br>60 |

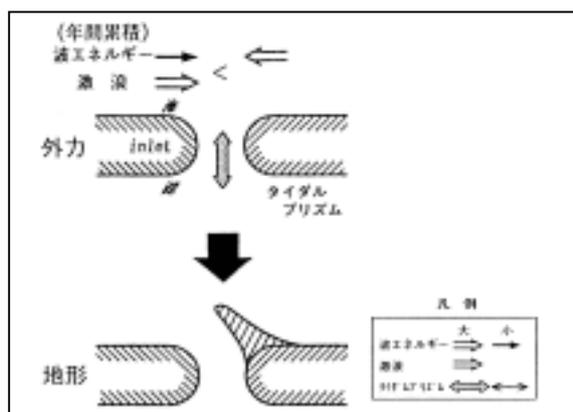


図 - 4 外力によるインレット地形パターン (川森)

#### 4. むすび

海岸の環境保全が一層重視されているが、砂浜海岸については、最重要な環境である漂砂についての理解が基本である。本法で推定されている沿岸漂砂量などは厳密なものとは言えず、大まかな値である。原理的には、短期的よりも長期的に、小領域よりも大領域に適するものである。その意味では岬の間のポケットビーチなどの長期の海浜変形などに有用である。また インレットや大規模港湾の埋没にも適用可能と考える。

漂砂に関する現地問題は複雑であり、容易に判ることは少ない。それぞれの現場で地形変化や波の観測データを継続的に取得し、系統的に整理しておくことが現象の正しい理解への唯一の道である<sup>10)</sup>。本法の適用にとってもそのことが必要であることを強調しておきたい。

終わりに本論文執筆に際して頂いたご協力頂いた各位に感謝する。とりわけ大中、鶴川両漁港関係の資料については北海道水産林務部漁港漁村課、同函館土木現業所並びに同室蘭土木現業所に、およびサロマ湖口については北海道開発局農林水産部水産課、同網走開発建設部に感謝する。

#### 参考文献

- 1) 近藤倅郎・川森 晃：北海道沿岸の漂砂要因の推定、土木学会道支部論文集,61, (CD-Rom), II-35, 2005.
- 2) 山本明宏・中西昌満・沼田辰巳・柏葉尊徳・近藤倅郎 島式漁港による海浜変形特性と移動床模型実験の有効性、海岸工学論文集, 52, pp.476-480, 2005.
- 3) 尾崎 晃：会長退任記念論文集、寒地港湾技術研究センター、2000.
- 4) 鴻上雄三、得永道彦、松井弘夫：北海道の漁港における漂砂問題とその対策について、開発局土木試験所月報、232, pp.1-25, 1972.
- 5) 近藤倅郎・藤間 聡：南西北海道太平洋沿岸の気象・海象・海岸過程、水文水資源学会誌,8-4, pp.410-418, 1995.
- 6) 北海道水産林務部漁港漁村課：4 . 鶴川漁港、漁港実験年報 (平成 12 年度), 29, pp.4-144, 2001.
- 7) 宇田居吾一：湖口処理に関する一考察、北海道開発局土木試験所報告、46, pp.1-20, 1968.
- 8) 土木学会海岸工学委員会編：海岸施設設計便覧、2000.
- 9) 川森 晃：北海道オホーツク海沿岸感潮湖沼の湖口海浜過程の研究、室蘭工科大学院博士論文、1993.
- 10) 近藤倅郎・佐伯 浩・佐々木幹夫・佐藤幸雄・水野雄三、海岸工学概論、森北出版、2005.