

# 漁港における漂砂の評価と新しい漂砂予測手法の開発・適用に関する考察

On the evaluations for physics of sedimentation and a new concept of development and applicability of a prediction method for sedimentation problems around the fishing port

駒口友章\*・佐藤勝弘\*

Tomoaki KOMAGUCHI and Katsuhiro SATO

\* (財) 漁港漁場漁村技術研究所 専門技術員

The sedimentation in the vicinity of fishing ports and fishing grounds, in general, recognized as the serious phenomena raising deterioration of function of the facilities. This paper presents various condition on hydraulic phenomena and littoral drift peculiar to adjacent area of the fishing ports and fishing grounds as well as some comments on concept of countermeasure works against littoral drift and also summarizes the current situation of numerical simulation for sedimentation. In addition, the principles, features and function of newly developed simulation system for littoral drift are clarified and some case studies are introduced.

Key Words: sedimentation, simulations, control structure, coastal processes

## 1. はじめに

漁港の基本施設は、外郭施設（防波堤、護岸、堤防など）、係留施設（岸壁、棧橋、物揚場、船揚場など）および水域施設（航路、泊地）より構成される。これらは漁業者が漁業活動を行う為に必要な施設であり、各施設の整備計画、配置計画については、安全性・機能性、効率性等を勘案し、十分な投資効果をあげるように立案・検討されなければならない。しかしながら、砂浜海岸に位置する多くの中小漁港は、水深-5～-6m程度の砕波帯に港口をもっている為、活発な漂砂によって港口や航路の埋没現象を起こしていたり、また、防波堤の建設によって周辺海岸の汀線変化に影響を及ぼすことも多い。すなわち、漁港における漂砂の問題は、主に水域施設の機能低下や防波堤等の外郭施設の建設にともなう海岸地形の変化という比較的身近な水理現象として一般に認識されている。また、漁場においても、浅海域では漂砂によって魚礁や増殖場の埋没による機能低下が生じる可能性があるため、漂砂現象を十分に考慮する必要がある。水深が-10m以浅の砂浜海域は、海藻類、魚介類、プランクトン、サンゴ礁、底生動物といった生態系にとって、産卵、餌場、生育場として大変重要な海域であるが、同時に最も砂移動が著しい海域でもある。

現在も漂砂の問題は全国の漁港・海岸で数多く発生しており、その対策工として、離岸堤、潜堤、波除堤、防砂突堤などが計画・採用されている。これらの対策工に期待されている機能は、沿岸漂砂の制御、航路や泊地の水深の維持などと考えられる。また、最近、各地で計画・実施が検討されている藻場造成の場合にも、海藻の着生・生育が周辺の漂砂によって阻害されないように十分

な留意する必要がある。このように、漁港・漁場における漂砂の対策工の目的は、“漁港・漁場と海岸に特有な漂砂環境を把握・理解し、その基本的な原因を制御または除去することによって、漁港・漁場の施設や海岸の機能回復を目指す”ものである。しかしながら、現在でも漂砂の力学的機構の解明は、海岸環境学の最も困難な技術課題の一つであり、対策工の効果や事業効果の継続性の評価は、数値シミュレーションや模型実験、現地観測の結果などに基つき総合的に検討する必要がある。

本論文では、漁港や漁場における漂砂問題の現状、漂砂の対策工の考え方等について述べ、今後の整備計画を立案・検討する上での漂砂の評価、留意事項などを明らかにする。さらに、漂砂シミュレーションの現状を整理し、漁港の為に漂砂予測の開発・適用条件について考察した後、新しい漂砂プログラムの概要およびその代表的な適用事例を報告する。

## 2. 漁港・漁場における漂砂問題の現状

### 2.1 漁港・漁場の水理現象と漂砂

わが国の多くの中小漁港は、強風や波浪の遮蔽域（例えば、島の陰、半島や岬の間）や水深の浅い領域（砕波帯内、リ-フ上等）に計画・建設されている。したがって、一般に漁港周辺の地形は大変複雑であり、波の屈折、回折、砕波等の変形現象がみられるとともに、強い循環流が発生する場合があります。防波堤の周辺では、沿い波、反射波等も発生する。また、天然のサンゴ礁による消波効果が知られるリ-フ海岸においては、台風による高波浪が来襲するとともに、異常な水位上昇（サ-フビ-ト）が起

こる場合があり、これが漁港施設の機能低下をもたらす要因になっている。

一方、漁港の建設にともない、図-1のように、1)沿岸流による漂砂、2)岸沖漂砂、3)循環流による漂砂、4)波による港口流入砂、5)河川流による漂砂等の発生が予想されるが、これらの漂砂はいずれも上述の水理現象と密接に関連している。すなわち、漂砂によって漁港周辺の水深が変化する機構を、a.波の影響によって砂が巻き上げられ、運ばれる現象(主に、1)や4)の漂砂)、b.流れや水位上昇によって砂が運ばれる現象(主に2)や3)の漂砂)、または、c.砂の流入する量と流出する量に差ができる現象(例えば5)の漂砂)と考えれば理解しやすい<sup>1)</sup>。

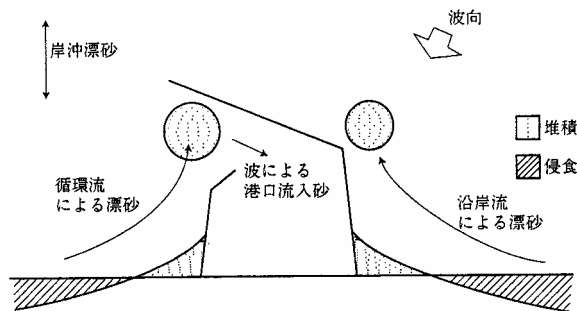


図-1 港口、航路埋没の模式図<sup>1)</sup>

ただし、波高や流速による砂の動きは、移動限界水深によって規制されており、人工構造物(海岸保全施設であることが多い)の建設位置、河川の影響等により、a.~c.の現象は必ずしも独立して発生するとは限らない。実際に砂浜海岸に位置する多くの中小漁港は、航路や港口が移動限界水深よりも浅い場所に位置し、周辺河川からの流出土砂の影響等を受けており、波浪や流況が変化した結果として、漁港埋没や周辺海岸の汀線変化という問題が発生している場合が多い。

また、最近、水産資源量が減少する中で、幼稚魚の生育場としての藻場や海中林の役割が再認識されている。この為、藻場環境を保全することを目的として、海藻類の“磯焼け”対策が重要な課題となっており、消失した藻場の回復、代替藻場造成の手法が検討されている。海藻類には、砂浜域や泥地に生育するアマモや岩礁域に生育するカジメ、アラメがあるが、とくに前者は砂の影響を大きく受けていることになる。藻場を具体的に造成する手法としては、例えば、生育条件の良い海域に予め設置した基盤に、海藻の種をまき、着生・生育させた後、磯焼け海域に移設する方法や、磯焼け海域に基盤を設置した後、直接海藻の種を投入し、着生・生育させることによって基盤の移設工事を行うことなく藻場を回復する方法などが検討されている。しかしながら、上述のように基盤に投入されたアマモの種子は、砂移動の影響によって埋没したり、発芽しても砂層上まで出芽できない

場合や砂移動で発芽体が枯死する場合がある。一般に、種子は覆土厚6cmまでは発芽するが、9cm以上となると全く発芽しないという研究成果<sup>2)</sup>もある。

## 2.2 漂砂の対策工の考え方

漂砂問題の発生は、防波堤等の構造物を建設した結果として、漂砂環境を改変した反作用である場合が多い。これに対して、漁港と海岸に特有な漂砂環境を把握・理解した上で、その基本的な原因を制御または除去することが、現在の漂砂対策の基本的な考え方である。一方、わが国の海岸侵食対策としては、古くから海岸堤防、突堤、潜堤等が築造され、また、サンドバイパスを用いた養浜が経験的に行われており、昭和40年代以降は離岸堤の築造が急増した<sup>3)</sup>。これらの海岸保全施設は急激な海岸侵食を一時的に抑えたり、局所的な海岸欠損を改善する効果はあるが、侵食原因を根本的に取り除くものではない。この為、その後、海岸堤防の前面の基礎洗掘や高波浪の来襲によって離岸堤や突堤そのものが沈下する現象が新たに生じており、離岸堤の嵩上げ、基礎地盤の改良、海岸護岸の築造等の継続的な侵食対策が必要となり、長期的な侵食傾向に対しては十分な抑止効果が得られていない。このように、対策工として新たな人工構造物を建設すると、反作用として周辺環境が不安定となるので、自然海浜が波や流れの作用に対して安定状態になるうとする機構に着目した安定海浜工法(R. Si lvester(1976)、土屋ら(1979,1985))が提案された<sup>4)5)6)</sup>。この工法では、海岸侵食制御における最も重要な課題として、漂砂の連続性の確保を取り上げている。そのためには、出来るだけ消波機能が高い自然の砂浜を形成させて、反射波を軽減し、沖方向へ向かう漂砂量を抑止するとともに、サンドバイパス等によって沿岸方向の漂砂の連続性を確保するか、あるいは上手側よりの土砂供給がなくても、人工のヘッドランド群を形成して安定な海岸線を作り出す方法などが考えられている。図-2に、河川からの土砂供給が減少して海岸侵食が生じた場合の安定海浜工法の適用例を示す(土屋(1985))<sup>6)</sup>。また、沖合潜堤の設置によって前浜を創出し、砂浜の消波効果を生かすとともに、対策工の規模をあまり大きくせず、複数の海岸保全施設を面的に展開することによって総合的な侵食抑止効果を得る面的防護工法(大河原(1983)、長田(1985))が提案されている<sup>7)8)</sup>。この工法で潜堤、突堤等の構造物を設置した場合には、その影響によって波高分布、海浜流の分布が変化し、施工途中にも新たな地形変化が生じて、砂浜が安定しない可能性があるため現地海岸への適用には十分な検討が必要である。

また、天然のサンゴ礁による波浪減殺効果に注目した人工リーフ工法(宇多ら(1984))が提案され、多くの海岸の侵食対策で実際に適用されるようになった<sup>9)</sup>。人工リーフは、図-3のように比較的海底勾配の急な海岸に

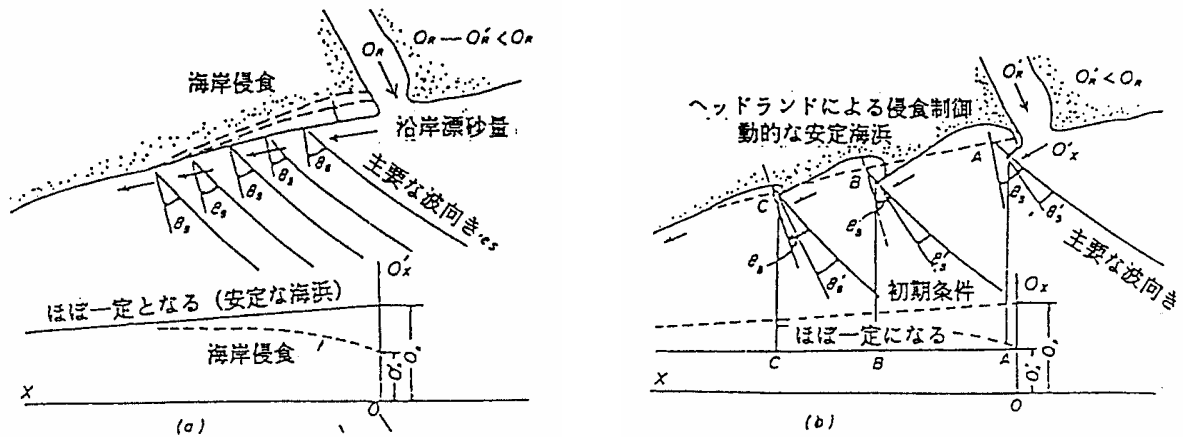


図-2 安定海浜の形成による侵食対策<sup>6)</sup>

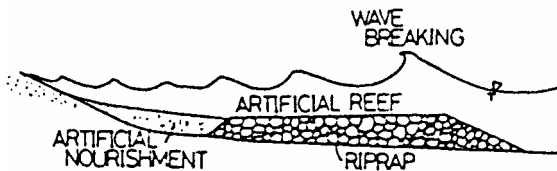


図-3 人工リーフ模式図<sup>9)</sup>

石等によって浅い棚状の海底を設け、波高の減殺を図るとともに、沖への漂砂を防止する。人工リーフは、土砂の損失を防止する他、景観を損なわず、また、養浜と併用すればリーフ背後に緩勾配の海浜を造成することができるので、海浜のレクリエーション利用も可能である。この他、岸沖漂砂を制御する工法として、岬状の地形を造り、岬周辺の波の屈折効果を利用して岸向き的大海流を発生させて、沖への漂砂移動を阻止する人工岬工法や海底の砂防ダムを造る海底崩壊防止工等を念頭において十分な検討を行うようにしたい。最近、わが国の海岸侵食対策工法は、侵食した海岸を出来るだけ本来の自然海岸に近づくように修復することによって、侵食制御効果を最大限に得ようとするものに変化してきた。また、防災目的からの侵食対策だけではなく、失われていた自然景観が復活することにも大きな期待が寄せられている。

### 2.3 漁港・海岸計画における漂砂の評価

新たな漁港計画を立案・検討する場合には、外郭施設などの建設によって、現在の漂砂環境に大きな影響を与えないようにすることが重要であるが、施設の施工順序によって漂砂問題が生じることがあるので、できるだけ長期間を対象とした検討を行うことが必要である。とくに、防波堤等の施工により、波や流れが大きく変化することが予測される場合には、港口や航路の埋没、反射波、沿い波、海浜流の発生による操船障害、防波堤前面の洗

掘によって機能低下や災害となる可能性がある。この為、

できるだけ自然の地形を生かし、現在、安定状態にある海岸地形にできるだけ影響が少ない防波堤計画を立案するとともに、漂砂対策の効果を継続的にモニタリングしながら施工することが望ましい。

## 3. 漁港のための漂砂予測手法の開発

### 3.1 漂砂シミュレーションの現状

一般に漂砂問題の要因として、1) 上流ダムの建設等にもなう河川からの流下土砂量の変化、2) 構造物による沿岸漂砂の連続性の障害、3) 岸沖方向の離岸流などによる縦断面変化などがあげられる。この他、4) 大規模な防波堤などの構造物が建設された結果、構造物の遮蔽域の内外で波浪場が変化して侵食・堆積を生じる場合、5) 外海に面した海岸で台風や季節風による高波浪や海底崩壊によって土砂が沖側に持ち去られることにより、長期的な海岸侵食を生じている場合もある。漂砂シミュレーションは、これらの要因にともなう地形変化予測計算を行うものである。以下、代表的な地形変化予測モデルの概要を示す。

#### (1) 2次元の計算モデル

1-line モデルは、1~10 年程度の時間スケールの地形変化の予測計算に対して有効であり、沿岸距離スケールは数 km ~ 数 10 km を対象とする。このモデルでは、底質の移動を沿岸漂砂のみで取扱っているが、海岸線に直角方向の岸沖漂砂を考え、汀線を含む 2 本以上の等深線の変化を求める方法も考えられている。その代表的なモデルは 2-line モデルと呼ばれており、岸沖方向の流入物として、河口流出土砂、養浜砂、海食崖、また流出物として港内堆砂、海谷への流出、砂利採取などを考慮する。ただし、これらのモデルは波浪条件(波高、波向角)、地形

変化高などによって変化量が影響されるので、これらの設定に関して十分な予備検討が必要である。

## (2) 3次元の計算モデル

対象領域内の水深を直接計算するモデル（パワーモデル、フラックスモデル）が開発され、3次元海浜変形モデルと呼ばれている。計算の手順は、まず、3次元の波と流れの場の計算を行って、次いで海浜流の分布や波高、平均水位の分布を計算し、最後にこれらを外力として水深変化量を予測する。対象の時間スケールは、数日～季節程度であり、沿岸距離スケールは数百km～数kmである。これらのうち、パワーモデルは波と流れが共存する場の局所漂砂量を平均流による成分と波の直接作用による成分にモデル化し、波による漂砂方向関数を導入して岸沖漂砂量を評価し、局所的な底面勾配の影響も考慮する。一方、フラックスモデルは、水深変化が底面の砂の浮上するフラックスと沈降するフラックスの差及び掃流砂の収支によって生じると考えるモデルである。

## 3.2 漁港向けの漂砂予測手法の開発・適用条件

漁港における漂砂対策としては、水深を維持する為の浚渫作業、サンドバイパス、波除堤の設置、捕砂ポケットの設置、岸沖漂砂に対する離岸堤・潜堤の設置、沿岸漂砂に対する防砂突堤の設置、養浜工、防波堤の延伸、航路変更等が試みられている。また、周辺海岸への影響を抑えるとともに、沿岸漂砂を通過させる漁港整備事業（国縫漁港、道川漁港）も進められている。こうした漁港整備事業を円滑に進めていく為に、漂砂予測プログラムには、少なくとも上述の対策工の効果および効果の継続性を予測し、確認する程度の計算精度が求められる。

### (1) 開発条件

- 漁港周辺は複雑な地形となっている場合が多いので、局所的な漂砂対策工の効果が容易に確認・再現できるモデルであり、また、ほとんどの漁港が位置する波と流れが共存する砕波帯域への適用性が高い水深変化モデル（パワーモデル）を選択し、基本プログラムとした。
- 周辺の河川などからの外部流入の影響を考慮できるモデルとした。
- 湾奥、リーフ海岸等に位置する漁港では、長周期の水位変動（うねり、サーフピット）が漁港周辺の地形変化に大きな影響を与えるので、このような現象にも対応できる機能を備えた。

### (2) 適用条件

- 波と流れの計算において、計算結果と現地観測データなどを照合し、プログラムの適用性の検証を行うことを前提とした。
- 波の計算に関しては、「1方向規則波」および波の進行方向を考慮した「多方向不規則波」の取扱いを可能とし、漁港域の静穏度や操船の安全性を検

討する為の基礎資料となる波高分布、流速分布の計算のみにも適用できるようにした。

## 3.3 漂砂プログラムの概要

基本プログラムはパワーモデルである。ここでは、漁港向けとしての本プログラムの代表的な機能を示す。

### (1) 波の計算プログラム

- 多方向不規則波、1方向不規則波、規則波の計算が可能。
- 任意地形を対象とした波浪変形（回折、屈折、反射、浅水変形、砕波）計算が可能。

### (2) 流れの計算プログラム

- 汀線からの距離を考慮した水平混合係数の評価（Jamesの式）を行う。
- 流れによる摩擦力評価だけではなく、海底流速を考慮した波・流れ共存場の摩擦力評価が行える。
- 外部流入（河川など）による流れ場への影響の計算が可能。

### (3) 水深変化の計算プログラム

- 渡辺ら（1984）のパワ-モデルによる局所漂砂量の計算により、砂の移動を評価する。
- 波・流れ共存場における底面摩擦係数による摩擦速度の評価が可能。
- 海底勾配の影響による底質の移動が考慮できる。
- 岩盤上に堆積する砂移動を考慮した計算が可能。

## 4 漂砂予測の適用事例

### 4.1 長周期の水位変動を考慮した事例

#### (1) 対象地点の概要

沖縄県A島のリーフ海岸を対象として、漂砂プログラムを適用した。この海岸における主要な外力は台風による高波であるが、約1km沖合まで広がるリーフによって強制的に砕波が生じ、現地観測では入射波高5m以上の高波が来襲する場合には、異常な水位上昇（サーフピット）が観測された。ここでは、養浜、離岸堤、階段護岸等を組み合わせた面的防御方式の海岸保全事業を計画し、その効果を検討した。図-4～6に現況および計画案を示す。

#### (2) 計算条件

潮位条件は、外海からの波がリーフに侵入しやすい条件としてH.W.L.+2.1mとした。また、対象海岸の沖合で実施された波浪観測結果（表-1）から、漂砂の安定性を検討する波浪諸元として、台風9713号による最大有義波諸元を用いた。この場合の長周期変動成分は、波高0.7m、周期156.3secであり、継続時間は擾乱時の総エネルギーフラックスと等価となるように27時間とした。なお、養浜砂の中央粒径は、購入砂が限定される

ことから  $d_{50} = 0.6\text{mm}$  とした。

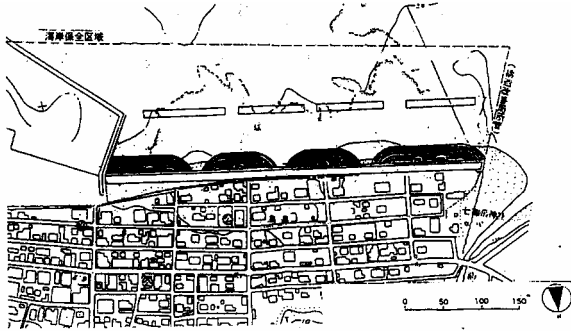


図-4 現況

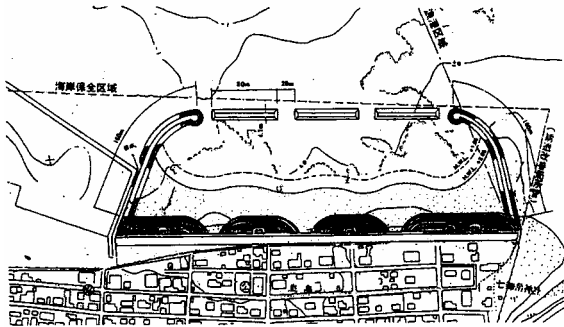


図-5 計画案1 (突堤+離岸堤+階段護岸)  
ただし、計画案3は離岸堤+階段護岸

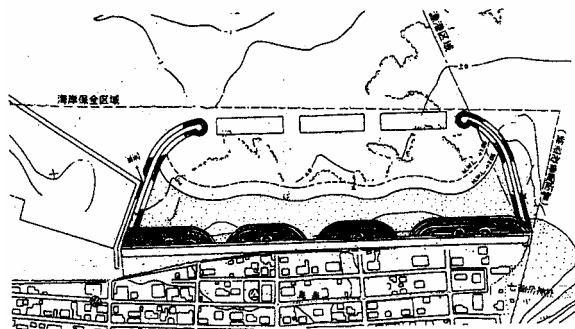


図-6 計画案2 (突堤+潜堤+階段護岸)

表-1 最大有義波諸元および5年確率波諸元

	波高 (m)	周期 (s)
台風9711号による最大有義波	6.28	11.4
台風9713号による最大有義波	8.47	12.1
5年確率波高 (S)	12.24	15.07

表-2に、現況および各計画案における地形変化の比較結果を示す。ここで、侵食量と堆積量との差が対象期間内(27時間)の地形変化の収支となる。なお、水深の変化量は、防波堤基部から西へ沿岸方向480m、岸沖方向185mの範囲で集計した。

表-2をみると、現況に対する計算結果は発生漂砂量が少なくなっているが、これは砂浜がほとんど消失してい

る為であり、侵食量が堆積量よりもかなり多い傾向となっている。また、従来の方法(海浜流のみ)では、リーフ上での波高が小さい為に、全体的に流速も小さくなる為、計画案1(離岸堤案)と計画案2(潜堤案)を比較しても侵食堆積量に大きな差異を生じないので、海水交換性の良い潜堤案が有利になる。ところが、長周期の水位変動を考慮した場合には、いずれの計画案でも地形変化量が増大する傾向にあり、計画案2(潜堤案)では計画案1(離岸堤案)に比べて、潜堤天端上での流れが強く促進される結果となった。こうしたシミュレーション結果より、潜堤案では離岸堤案よりも海水交換が期待できるが、地形変化の規模範囲が大きくなる事がわかる。

表-2 地形変化量の比較

地形条件	流れの条件	侵食量 (m <sup>3</sup> )	堆積量 (m <sup>3</sup> )	差引
現況	海浜流のみ	224	49	175
現況	海浜流+長周期変動	694	654	40
計画案1	海浜流のみ	371	238	133
計画案1	海浜流+長周期変動	1872	1648	224
計画案2	海浜流のみ	366	251	115
計画案2	海浜流+長周期変動	5581	5066	515
計画案3	海浜流のみ	799	666	133
計画案3	海浜流+長周期変動	7427	6727	700

#### 4.2 サンドポケットを利用した事例

##### (1) 対象地点の概要

山形県B漁港は、河川の横に位置する漁港であり、防波堤建設によって水域の機能向上を図ってきた。ところが、1998年秋頃から航路の著しい埋没現象を生じたために、この時点の港形における埋没機構の解析および漂砂対策工の再検討を実施した。

現地観測、流れのシミュレーション等による航路埋没機構の検討結果より、冬季風浪時に、港内において西防波堤前面先端付近に向かう強い流れを伴う循環流の発達とその流れによって運ばれた砂が航路、特に西防波堤先端付近に堆積することが予想された。さらに、この部分の水深が浅くなると港内に侵入した比較的小波高の波もこの位置で砕波するようになり、港内へ押し込められ西主防波堤背後の航路部に堆積する(図-7(a))。

##### (2) 漂砂シミュレーションの結果

上記の結果から、漂砂対策工を以下の方針で立案し、その効果を漂砂シミュレーションで比較し、適切な施設平面配置を検討した。すなわち、a. 港内に侵入する漂砂量を減らす、b. 一旦港内に侵入してきた漂砂を、航路より静穏な水域を創出し、そこに堆砂させサンドポケットとして、航路部に堆積することを防ぐ、c. 航路部へ移動する漂砂量を低減させる、等の方針である。図-7は防波堤を延伸した場合と現況の砂移動の軌跡(漂砂量フラックスの流線)を比較した検討例である。図より、防波堤延伸により港内に砂が侵入する可能性が低くなる事が確認

できる。

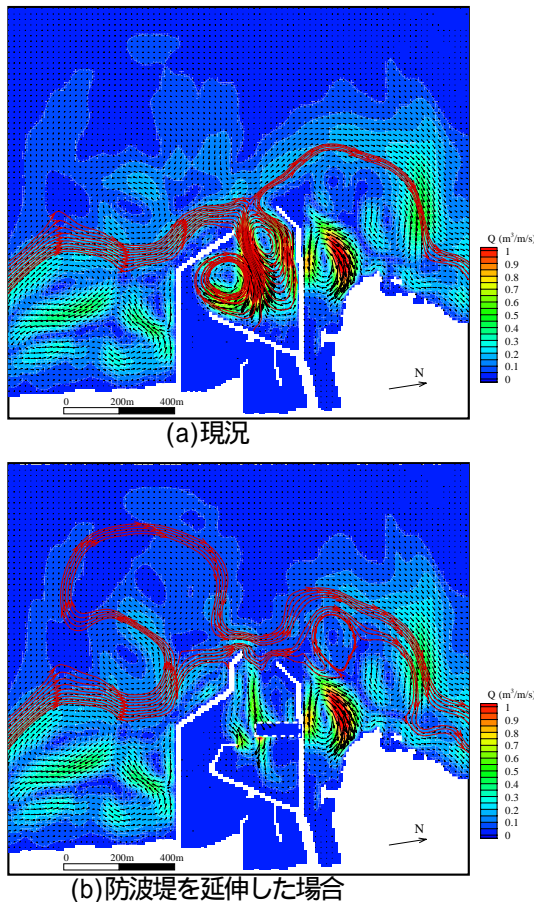


図-7 現況および防波堤延伸時の漂砂の軌跡比較例

以上の検討結果より、最も合理的な対策案として速効性の高い防砂突堤を建設し、堆砂部をサンドポケットとする対策案を提案した。

## 5. 考察

沖縄県A島の漁港海岸の事例では、対象地点に特有な水理現象として異常な水位上昇（サーフビート）に着目し、長周期の水位変動が漂砂予測に大きな影響を与える事を明らかにした。従来手法のように、波と流れのみを取り扱う場合には、リーフ内の波高が小さいことから、砕波にともなう海浜流の効果が小さく評価され、対策工の選択が難しい。一方、この事例では長周期の水位変動を考慮した結果、離岸堤を用いた場合と潜堤を用いた場合とで侵食堆積量に大きな差異が生じている。なお、こうした長周期の成分は、泊地奥の堆砂現象にも大きく寄与するので十分に留意する必要がある。

また、山形県B漁港の事例では、現地調査、シミュレーション等により航路埋没の実態を調べた。この結果、港口が広く開いた港内で発達する循環流が航路埋没に最も大きな影響を与えることを明らかとなったので、a. 防砂突

堤の設置、b. 人工リーフ（潜堤）の設置、防波堤の延伸による港口幅の縮小等の対策案を立案し、漂砂シミュレーションによって各々の効果を検討した。海浜流をベースとした漂砂予測プログラムは上述の循環流にともなう地形変化を良く再現するが、浮遊砂の影響が大きい場合や、港口部が狭くても長周期波の影響が大きい場合には予測精度が低下するので、現地調査の結果を用いてモデルの再現性を事前に検証しておくことが重要である。

## 6. おわりに

本研究論文では、漁港や漁場における漂砂問題の現状、漂砂対策工の考え方を整理し、漁港や海岸の整備計画を立案・検討する上での漂砂の評価方法を示した。さらに、漂砂シミュレーションの現状を整理し、漁港向けの漂砂プログラムの概要および適用事例を示した。漁港周辺の漂砂に係わる技術課題はまだ多く、新しく開発したプログラムについてもより多くの事例に対して検証を行い、改良を重ねることによって汎用性を高め、その適用範囲を広げていくことが望まれる。

本論文中の漂砂解析の事例は、沖縄県、山形県からの委託調査の結果から引用させて頂いた。ここに記すとともに、資料掲載の許可および理解を頂いた関係機関、関係各位に深く謝意を表する。

## 参考文献

- 1) (社)全国漁港漁場協会:漁港・漁場の施設の設計の手引き, pp. 299-302, 2003.
- 2) 辻本剛三:生態系に関わる漂砂, 漂砂環境の創造に向けて, 土木学会, pp. 153-159, 1998.
- 3) Toyoshima, O.: Design of a detached breakwater system, Proc. 14th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp. 1419-1431, 1974.
- 4) Silvester, R.: Headland defence of coasts, Proc. 15th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp. 1394-1406, 1976.
- 5) 土屋義人他:安定海浜工法による海岸侵食制御について、第26回海岸工学講演会論文集, pp. 191-194, 1979.
- 6) 土屋義人:海岸侵食制御について、第17回海岸実務講義集、(社)全国海岸協会, pp. 11-19, 1985.
- 7) 大河原 満:海岸事業の課題と展望, 海岸, 22, pp. 1-7, 1983.
- 8) 長田雅弘:面的防御工法の課題, 第32回海岸工学講演会シンポジウム概要集, pp. 7-12, 1985.
- 9) 宇多高明他:人工リーフによる波浪と漂砂の制御, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 340-344, 1984.

## 関連発表論文

- 1) 三橋宏次・鹿田正一・駒口友章:漁港の為に新しい漂砂シミュレーションの開発, 第43回全国漁港建設技術発表会,

pp.81-97 , 1998.