

# わが国の養浜規模と養浜材単価に関する一考察

## BEACH NOURISHMENT PROJECTS IN JAPAN IN TERMS OF ITS SIZE AND COST

西 隆一郎<sup>1</sup>・Robert G. Dean<sup>2</sup>・田中龍児<sup>3</sup>

Ryuichiro NISHI, Robert G. DEAN and Ryouji TANAKA

<sup>1</sup>正会員 博(工) 鹿児島大学助教授 工学部海洋土木工学科 (〒890-0065 鹿児島市郡元1丁目21-40)

<sup>2</sup>Member of ASCE, Ph.D., Professor Emeritus, University of Florida. Weil Hall, Gainesville, FL.

<sup>3</sup>鹿児島測量専門学校教頭 (〒895-5431 鹿児島県始良郡始良町西餅田3554-4)

Hard structures are common shore protection works in Japan. After new coastal law which commenced April 2000 allowed a coastal engineer to use beach nourishment as a legal shore protection work in Japan. However, beach nourishment is not a common shore protection work in Japan yet, even though beach nourishment is standard and preferable shore protection work in US and EU countries. To date, engineering education and qualification systems should be global standard to collaborate internationally, however it looks like that there is still much inconsistency regarding beach nourishment technology and its application in Japan and other developed countries. For instance, beach nourishment project in Japan seems to be small scale and expensive to one of the authors. In addition, beach nourishment is often criticized being short longevity in Japan. Therefore, it is better to compile beach nourishment data in Japan and compare it with US data to realize a reason not to use much beach nourishment yet and hopefully to have future recommendation on beach nourishment project in Japan.

*Key Words : Beach nourishment, project size, project cost, shore protection, Japan, Florida*

### 1. 研究の背景

第二次世界大戦後の1940年代、50年代に海岸海洋災害が多発したこともあり、我が国では海岸保全工法として護岸、突堤、離岸堤や潜堤などのコンクリートを多用するハードストラクチャーが多用されてきた。その後、2000年4月に施行された(新)海岸法の下では、これまで保全に偏りがちであった海岸管理から、保全・環境・利用を総合的に取り組んだ海岸管理へと移行することが期待されている。新海岸法のこのような目的達成のためには、海岸保全工法として法律的に認められた養浜を主要な海岸保全工法として採用することが望ましい。しかも、養浜により砂浜を広くすることは、地元経済にとり資するところも大きい。例えば、沖縄県に来島する約500万人以上の観光客のうち、60%以上が何らかの形で海を観光するとのアンケート結果もある(古波蔵, 2004)<sup>1)</sup>。当然ながら砂浜(ビーチ)が大きな集客効果を持っているわけである。ところが、わが国全体を見れば

砂浜を回復する養浜工法が依然として積極的に採用されているとはいえない。一方、欧米においては、ソフトストラクチャーと呼ばれる養浜が保全工法として主に採用されている。



写真-1 河口浚渫土砂を用いた養浜

米国においては 1970 年代に完全にハードストラクチャーと養浜に使用された工事費が逆転し、それ以降も同様な状況が続いている。同様に、ヨーロッパの国々でも若干の例外があるが、養浜が主要な工法になっている。例えば、デンマークにおいては 1980 年代に入り養浜が少しずつ増え、1996 年においてはコンクリート構造物が全く採用されず、養浜だけが採用されている。現実的には、養浜を安定化させるために端部に構造物を設置するケースが多く、先行して設置された海岸構造物の背後やその間に養浜を行うケースが多いので、このような結果になったとも考えられるが、少なくとも将来的にコンクリート構造物が再度主要な工法になるとは考えにくい。

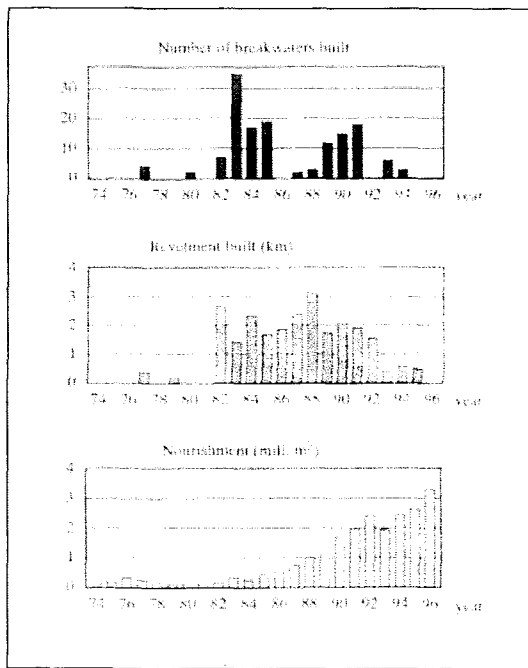


図-1 デンマークの養浜事情(西ら, 1999)<sup>2)</sup>

一般にわが国で養浜が採用されにくいのは、海岸保全工法としての養浜の信頼性がまだ十分に得られていないためとも考えられる。例えば、養浜により浜幅を広げることで、具体的にどの程度の防災効果があるかを実感できる国内のデータはあまり示されていない。この点に関しては、Dean(1988)<sup>3)</sup>がハリケーン来襲後の背後地被災額と、被災地前面の浜幅の関係を図にまとめている。その結果、浜幅の広さに応じて海岸背後地の被災額が急激に低減すること、つまり、養浜により広い浜幅を確保することで海岸保全の効果が急激に高まること分かる。養浜には常に養浜寿命の問題が付きまとい、ハードストラクチャーには常に下手側の侵食問題および構造物の維持の問題が付きまとう。両者ともに一長一短があるが、少なくとも技術的には国内において養浜がこれほど採用されにくい理由は理解しがたい。例えば Sudar et al. (1995)<sup>4)</sup>によれば、1950 年から 1993 年までに米国の Corps of Engineers (陸軍工兵隊) が関与した 82 の養

浜プロジェクトの 1 プロジェクト当たりの平均費用は \$ 175,400 (約 1,877 万円) で、その平均区間長は 4,426m である。これに対して、ハードストラクチャーを用いた場合の平均費用は \$ 12million (約 128,400 万円) であり、ハードストラクチャーによる海岸保全が、養浜に比べて高価なことが分かる。また、Cummings And Basco (1997)<sup>5)</sup>によるバージニアビーチでの海岸保全計画では、ハードストラクチャーによる保全と養浜による保全の比較を設計段階で具体的にを行い、維持まで含めたトータルコストで養浜が安価であることを示している。

養浜の防災効果に対する技術的な信頼性だけでなく、法律的にも養浜しか採用できない州が米国内には、例えば、ノースカロライナやフロリダ、カリフォルニア州などのようにある。現状では、日米の海岸保全技術者が全く別の概念・哲学に基づいて海岸保全工法の計画を行っている。技術者教育の国際相互認証に代表されるような技術のグローバルスタンダード化が進む今日にあって、海岸工学も例外ではない。しかし、上記したように少なくとも養浜工法に限っては国内の常識と国外の常識が乖離している。養浜工法の採用箇所が少ないこと以外にも、例えば、主に 1980 年代までの米国太平洋岸・メキシコ湾岸・大西洋岸 (Leonard, L. A., et al., 1990)<sup>6)</sup>、ヨーロッパ諸国 (Hamm, L., et al., 1998)<sup>7)</sup>、ロシア (Kicknadze, A. G., et al., 1990)<sup>8)</sup>、オーストラリア (Bird, E. C. F., 1990)<sup>9)</sup>、東京湾岸 (Koike, K., 1990)<sup>10)</sup> の養浜規模とコストを見ると、我が国の養浜が一般的に小規模で養浜材が高価格であることが分かる。そこで、近年の養浜規模やその養浜材単価などの代表的な項目に関して国内の現状を調べ、養浜の現状を概観することにした。なお、将来的にも「保全・環境・利用」がキーワードとなった海岸保全を進展させる上で養浜は避けて通れない海岸保全技術であり、このような養浜の基礎資料の充実を国レベルで行うことが必要と思われる。

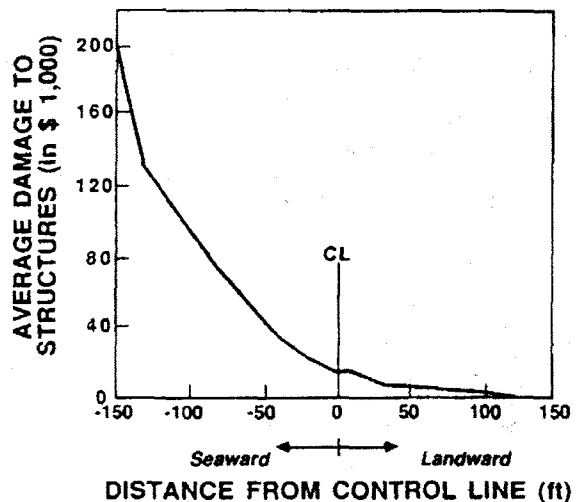


図-2 海岸構造物の被災額と CCCL との関係 (Dean, 1988)

## 2. 国内の養浜に関するデータマイニング

養浜に関連した基礎資料を得るために、まずは海岸工学論文集を文献調査しデータベース作成したが、本研究で着目する養浜量や養浜材の単価および養浜材供給源などの基礎資料が記載された文献はあまり収集できなかった。そこで、インターネット上で「養浜」というキーワードで検索をかけ、リストアップされたホームページの中から海岸管理事務所などの公的機関を抽出し、担当者宛に養浜に関するアンケート（図-3 参照）をEmailで送信した。また、一部データはホームページ上で公開されているものを使用した。

\* \* \* 県 \* \* \* 局 \* \* \* 建設部 \* \* \* グループ  
担当各位 殿：

貴部署におかれましては時下ますますご清祥のこととお喜び申し上げます。当方、鹿児島大学工学部海洋土木工学科で海岸保全について教育・研究を行っている\*と申します。

貴部署のホームページを拝見させていただき、その中で以下のような養浜工事をなされていることを知りました。もし宜しければ、養浜区間の区間長、（年度毎の）養浜量および購入先、養浜事業額（砂の単価）、施工年度などに関して、差しさわりの無い範囲でご教示いただけませんでしょうか。また、その他の海岸で養浜が行われておられるようであれば同様な情報を教えていただけますでしょうか。ご多忙の折とは存じますが、ご検討のほどよろしくお願いいたします。

図-3 質問用紙の一例

その結果、島根県の田儀港、益田港、重栖港、新潟県上越地域海岸、静岡県熱海港田賀地区、鳥取県米子市富益地先、静岡県富士海岸吉原地区、北海道胆振海岸白老地区、鹿児島県知覧町松ヶ浦、東串良町柏原三重県長島港城ノ浜地区海岸、神奈川県小田原市小田原漁港、富山県下新川郡入善町、入善漁港、静岡県沼津市西浦平沢西浦漁港、和歌山県田辺市田辺漁港、岡山県倉敷市玉島黒崎沙美漁港、岡山県笠岡市白石島白石島漁港、山口県下関市下関漁港、愛媛県温泉郡中島町長師漁港、高知県土佐清水市中ノ浜中ノ浜漁港、大分県臼杵市大字佐志生佐志生漁港、鹿児島県大島郡喜界町早町漁港、山口県はなぐり海水浴場、伊保田海水浴場、ビー玉海岸、庄南ビーチ、伊保庄マリパーク、ほうせんぐり海岸、有家地区、広島県因島相川地区、岡山県渋川海岸、岩手県宮古市赤前海岸、茨城県鹿嶋海岸、波崎海岸、兵庫県淡路島大浜海岸、三重県那智勝浦町浜の宮の「ブルービーチ那智」などのデータが収集できた。また、5年以上の継続的な養浜を行っている海岸データとしては、胆振海岸白老地区養浜工施工経過、静岡海岸のデータが取得できた。こ

のように、北海道から鹿児島県にかけて、工区や年度の重複を含め約42養浜のデータが集まっているが、ただし、データベースを現在も拡充している最中であり、2004年末でのデータベースに基づいて考察を行うことにする。

データ集計項目は、養浜箇所、養浜年度、養浜量、養浜区間長、養浜材の単価ないしは養浜施工金額、養浜砂の供給源（購入先）、その他（養浜材の規格など）である。ほぼすべてのアンケート対象海岸で、養浜量と養浜年度のデータが集積されたが、それ以外のデータは得られた海岸数にばらつきがある。表-1に示すような集計データに基づいて、養浜量、養浜材の単価、養浜区間長についてグラフを作成し、その現状を調べた。なお、本データ収集を行いながら、国内の養浜では養浜寿命に関するデータがほとんど手に入らないことが分かった。国外においては、砂浜幅の維持および海岸保全能力の保持のために再養浜の検討を行い、そのために養浜寿命の検討も行わざるを得ないが、一般的にわが国においては養浜を海岸保全構造物という観点で取り扱い、養浜構造物の維持および寿命を検討する視点が希薄である印象を受けた。養浜寿命の検討は、国内においても技術的にはなんら問題なく検討できるはずであり、保全構造物の維持という観点からぜひ事業計画で考慮すべきものである。

表-1 アンケート回答例

* * * *	
延長	約290m
養浜数量	42,000m <sup>3</sup>
養浜事業費	442,500千円
砂単価（実績）	8,853円
養浜材購入先	中国（玉石）
事業期間	H13～H19
H15年度迄数量	29,590m <sup>3</sup>
H15年度迄事業費	261,988千円

## 3. データ解析

集計データのうち、単年度養浜量、養浜区間長、養浜材単価、養浜材供給源などの項目について、データ解析および考察を行う。

### (1) 単年度養浜量

養浜が単年度で終わらず予算の関係上複数年度で計画・実施される場合や、同一海岸でも複数工区が設定される場合もあるが、ここでは工区別および単年度ごとの養浜量についてデータ解析を行う。図-4に各養浜海岸の単年度養浜量を、図-5にその頻度分布を示す。

本アンケートの単年度養浜量平均値は約44,800m<sup>3</sup>で

あったが、養浜箇所5割は28,000m<sup>3</sup>以下の養浜であり、また、平均値以下の養浜箇所は全体の79%（約8割）であった。継続的に養浜の多い米国では、例えば、一海岸当たりの累積養浜量を見れば太平洋岸で5,714,315m<sup>3</sup>、大西洋岸で3,878,051m<sup>3</sup>、メキシコ湾岸で501,883m<sup>3</sup>の養浜が行われている。更に、ヨーロッパで養浜の多いオランダでは、1970年から始まった養浜に関し1箇所当たり1回の平均養浜量が733,000m<sup>3</sup>で、一海岸当たり平均5回の養浜を行うので、1養浜海岸当たりこれまでに平均3,700,000m<sup>3</sup>の養浜を行っているという試算<sup>6)</sup>もある。したがって、欧米諸国の養浜に比べて日本の養浜は比較的小規模なものが多い。なお、本データベースには100,000m<sup>3</sup>を超える養浜は4箇所しか含まれておらず、最大でも280,000m<sup>3</sup>である。ただし、国内においてもより大型の養浜が行われた実績はある。例えば、鹿児島県東串良町柏原海岸においては堆積の著しい隣接海浜から約1,150,000m<sup>3</sup>の海浜砂を浚渫し、侵食部にパイプ輸送し最大で浜幅を約100m拡幅した事例もあるが、現時点では価格などのデータが得られておらず、データベースに含まれていない。養浜データは今後も継続的に収集する予定であるために、より大型の養浜事業も可能な範囲で本データベースに包含する必要がある。

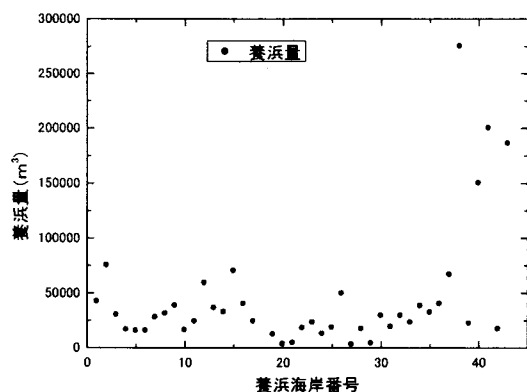


図-4 各海岸の単年度養浜量データ

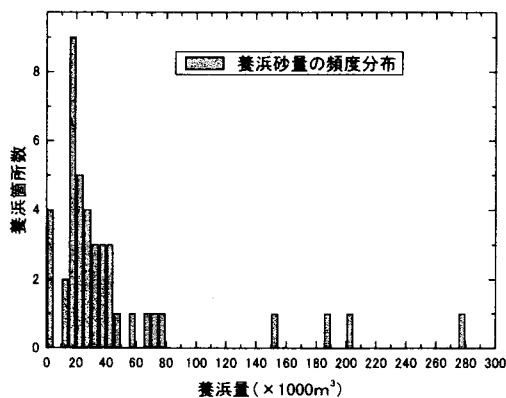


図-5 単年度養浜量頻度分布

## (2) 養浜区間長

図-6に養浜区間長を示す。データ数が14箇所と少ないが、その内約64%以上は沿岸方向区間長が200m以下の養浜で、9割以上は500m以下の区間（工区）長の施工形態である。一般的に養浜の寿命（養浜材の拡散などによる流出量）は区間長の二乗に比例することを考慮すれば、外洋に面する自然海岸でこのような規模の養浜を行っても海岸保全という観点では効果をそれほど期待できるとは考えにくい。しかし、本データが得られた多くの海岸は両端あるいは前面も人工構造物で囲まれ、養浜材の流出が生じないようにした海岸であるために、養浜区間長を出来るだけ長くしたほうが良いという米国型の一般的な概念からは想像し難い結果となったようである。上述したように養浜量が少ないことから見れば当然であるが、養浜区間長も米国に比較すればかなり小規模である。一般的に、我が国の養浜は自然海岸での養浜よりは、港湾や漁港周辺でのレクリエーション用人工海浜での養浜事業が多いこともこのような結果になった一因と考えられる。言い換えれば、外洋に面した砂浜海岸で、沿岸漂砂を阻止する海岸保全構造物により生ずる大規模侵食の事例は多数報告されている（宇多，1997）<sup>11)</sup>が、そのような海岸にまだ養浜が積極的に採用されていないことを裏付けるデータとも言える。

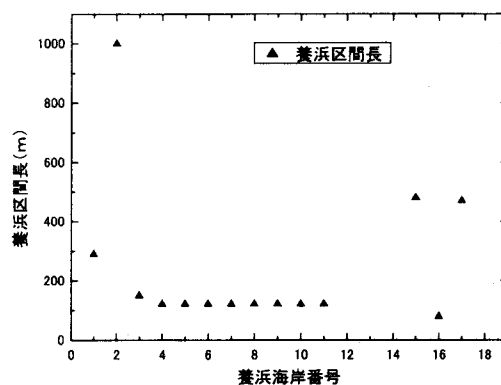


図-6 各海岸の単年度養浜区間長

## (3) 養浜材の単価

養浜材の単価に関しては、入札等の関係もあり詳細を得ることが若干困難であった。そのために、養浜材の購入単価と、運搬費や敷均しなどの施工費を含めた単価を混在したデータが図-7に示してある。本データベースの範囲では、最高値で約8,500円、最安値は300円で、多くは2,000円～6,000円の範囲にある。

養浜材の単価が最も高価であったものは中国からの購入材で、単価が最も安かったものは、同一流砂系の河口で海岸とは異なる管理機関が行った浚渫事業の砂を転用

したものであった。なお、本データを概観した範囲では、必ずしも輸送距離に比例したような価格関係にはなかった。

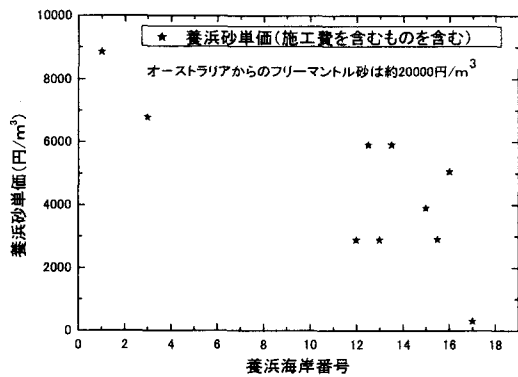


図-7 養浜材の単価

養浜砂の供給源が分かっているものは29箇所あり、そのうち、国外が1箇所(約3.4%)、県外が10箇所(34%)、県内が15箇所(52%)、県内であるが同一流砂系と考えられるものが3箇所(10%)であった。将来的に海浜回復のために養浜を大量に行うためには、養浜材の単価も重要な因子となる。実際に安価な養浜材を確保するためには、同一流砂系あるいは隣接した流砂系で砂を採取することや、管理機関を超えた土砂のやり取りの調整が重要であるはずであり、総合土砂管理を実際に行うのであれば、基本的に同一流砂系から養浜材を確保する努力および地元住民とのコンセンサスの形成が重要との印象をもった。

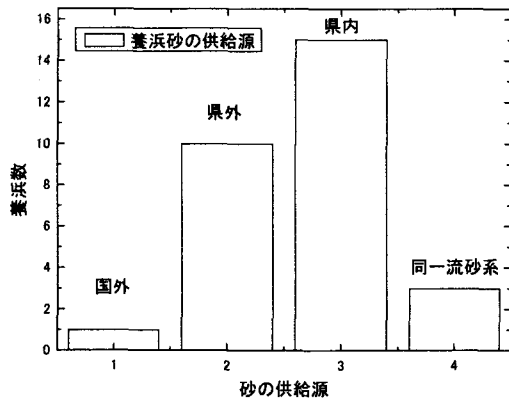


図-8 養浜砂の購入先(供給源)

加えて、海岸環境の保全の意味からも、同一流砂系以外から養浜材を供給することになれば、生態系の在来種

を駆逐する可能性のある種を養浜砂とともに海域に投入することになる。よって、海岸生態系の保全および水産業への影響という観点からも、地元の天然資源である砂の「地産池消」とも言える、同一流砂系での養浜材の確保に優先順位をおく配慮が必要である。またそのためには、養浜材として利用できる砂の資源調査(賦存量調査)を流砂系内で早急に行う必要がある。

#### 4. 最近の米国フロリダ州の養浜事情

1990年代以降にフロリダ州で行われた養浜データが、フロリダ州立大学(FSU)のホームページ<sup>12)</sup> <http://beach15.beaches.fsu.edu/>に記載されている。図-6に、そのデータを基に作成した最近のフロリダ州養浜の養浜量を示す。66養浜事業のデータでは、平均養浜量が803,648m<sup>3</sup>で、最小養浜量は1,529m<sup>3</sup>、そして最大養浜量が6,969,329m<sup>3</sup>であることが分かった。その他の基本的な養浜指標をもとめると、平均養浜長が4,208m、最小養浜長は628m、そして最大養浜長が28,163mである。平均浜幅は46.5mで、最小浜幅が8.8m、そして最大浜幅が96mである。平均養浜体積密度(単位汀線長当たりの養浜量)が191.1m<sup>3</sup>/m、最小密度が30.1m<sup>3</sup>/m、最大密度が546.9m<sup>3</sup>/mである。加えて、ほとんどの養浜砂は隣接するborrow areaから浚渫されている。

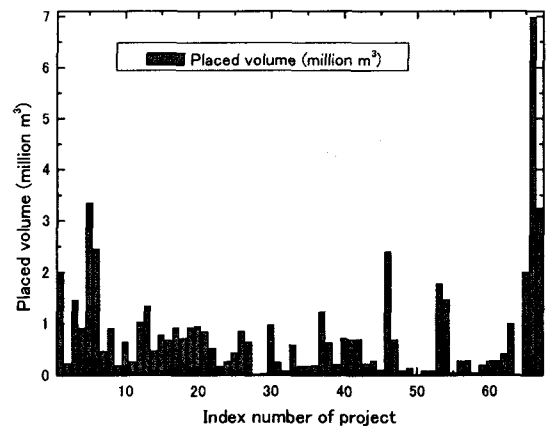


図-9 フロリダ州内の養浜海岸の近年の養浜量

#### 5. 結論

本調査は全国すべての養浜を網羅したものではないが、北海道から鹿児島県までの多様な海岸の42養浜を含んだアンケートである。得られた主な結論を列挙すると以下ようになる。

- 1) 日米(フロリダ州)のデータを比較すると、日本の典型的な養浜量は米国フロリダ州の1/19(約

5.3%)、そして、養浜の寿命に最も効く養浜長で言えばフロリダ州の1/17 (5.9%) という結果になった。

- 2) 本データ解析の結果、国内の養浜が比較的の小規模でかつ養浜材の単価が高価であるというわが国の養浜の概観をある程度定量的に明らかにすることが出来た。
- 3) 日本の養浜に用いる養浜材の購入先(供給源)に関しては、調査データの約10%だけが同一流砂系という低い数値であった。一方、米国の場合には漁業者との軋轢が生じにくいということもあるが、基本的に隣接海域のborrow areaから供給されている。
- 4) 日本のデータのうち最も養浜単価が安価であったケースは隣接河口からの養浜であった。養浜のコストを縮減しかつ海岸生態系への負荷を減らすという観点、および流砂系の総合土砂管理という観点からも、従来わが国で行われている養浜の現状は大幅に改善されるべきである。

なお、本調査には鹿児島県柏原海岸で行われた115万 $m^3$ の養浜(1993年)や、神戸須磨海岸の67万 $m^3$ (1973~1988年の第1期区分)などのわが国では非常に大きい養浜の公式データを含んでいないことも考慮する必要があり、今後そのような公式データを充実させなければならぬと考える。

謝辞：本調査・研究を行うに当たり、海岸管理に携わる多くの方々からのデータ提供を受けた。紙面の関係で個別の機関名および氏名を記載することは出来ないが、本調査結果を公表することで、紙面を借りて深湛の謝意を表させていただくことにする。また、独立行政法人港湾空港技術研究所の栗山室長には、我が国の養浜に関して有益なアドバイスを頂き、紙面を借りて謝意を表させていただきます。

## 参考文献

- 1) 古波蔵 健：海岸環境整備事業による海岸利用の促進，海岸，Vol. 44, No. 1, pp. 39-43, 2004.
- 2) 西隆一郎，宇多高明，長谷川準三，佐藤道郎：デンマークおよびスウェーデンの海岸事情について，海洋開発論文集，第15巻，pp. 487-492, 1999.
- 3) Dean, R.G.; Realistic economic benefits from beach nourishment, Proceedings of 21st Coastal Engineering Conference, pp.1558-1572, 1988.
- 4) Sudar R. A., J. Pope, T. Hillyer, and J. Crumm: Shore protection projects of the U.S. Army Corps of Engineers, Journal of Shore and Beach, pp. 3-16, April, 1995.
- 5) Robert B. Cummings, II. And David. R. Basco. : Soft solution wins over hardened structure, environmentally, and economically, for shore protection project at Naval Training Center in Virginia beach, Virginia, Proceedings of the 1997 National Conference on Beach Preservation Technology, pp.30-43, 1997.
- 6) Leonard, L. A., Dixon, K. L. and Pilkey, O. H. : A comparison of beach nourishment on the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf Coasts, Journal of Coastal Research Special Issue No. 6, pp.127-140, 1990.
- 7) Hamm, L., H. Hanson, M. Capobianco, H. H. Dette, A. Lechuga, and R. Spanhoff : Beach fills in European projects, practices, and objectives, Proc. of ICCE 1998, pp.3060-3073, 1998.
- 8) Kicknadze, A.G., Sakvrelidze, V.V., Peshkov, V.M. and Russo, G.E. : Beach forming process management of the Georgian Black Sea coast, Journal of Coastal Research, Special issue No.6, pp. 33-44, 1990.
- 9) Bird, E.C.F.: Artificial beach nourishment on the shores of Port Phillip Bay, Australia, JCR Special issue No. 6, pp. 55-68, 1990.
- 10) Koike, K., : Artificial beach construction on the shores of Tokyo Bay, Japan, JCR Special issue No. 6, pp. 45-54, 1990.
- 11) 宇多高明：日本の海岸侵食，山海堂，442p, 1997.
- 12) F S U ; <http://beach15.beaches.fsu.edu/> (フロリダの養浜)