

表-2.1 海外のサンドリサイクル・サンドバイパス事例一覧

場所・名称	国	タイプ	年	土量(m <sup>3</sup> /年)	備考
<b>Australia</b>					
Nerang River Entrance	Australia	Fixed	1986-	500,000	
Tweed River Entrance	Australia	Fixed	2001-	700,000	
◎ <u>Noosa Beach</u>	<u>Australia</u>	<u>Fixed</u>	<u>2004-</u>	<u>40,000</u>	
Port of Portland	Australia	Fixed	Unknown	100,000	
Lakes Entrance	Australia	Fixed	2007-	250,000	
Mandurah Inlet	Australia	Mobile	1996-	100,000	
<b>USA</b>					
South Lake Worth Inlet	USA	Fixed	1937-	53,500	
Oceanside Harbour	USA	Fixed	1989-96	14,000	
Indian River Inlet	USA	Mobile	1990-	91,000	
Lake Worth Inlet	USA	Fixed	1958-	61,000	
Carolina Beach Inlet	USA	Mobile	1965-	122,000	
East Pass	USA	Mobile	1930-	N/A	
Hillsboro Inlet	USA	Mobile	1952-	50,000	
Jupiter Inlet	USA	Mobile	1929-	600,000	
Little River Inlet	USA	Mobile	1983-	N/A	
Masonboro Inlet	USA	Mobile	1959-	215,000	
Ponce de Leon Inlet	USA	Mobile	1969-	535,000	
Santa Barbara	USA	Mobile	1927-	250,000	
Rudee Inlet	USA	Semi-Mobile	1969-	300,000	
Ventura Marina	USA	Mobile	1972-	600,000	
Port Sanilac	USA	Fixed	1958-	N/A	
Mexico Beach Inlet	USA	Mobile	1971-78	30,000	
Sebastian Inlet	USA	Mobile	1962-	190,000	
◎ <u>Cape Canaveral</u>	<u>USA</u>	<u>Mobile</u>	<u>2010</u>	<u>152,000</u>	95,98,07年
◎ <u>Santa Cruz harbor</u>	<u>USA</u>	<u>Mobile</u>	<u>1997-2007</u>	<u>200,000</u>	
Morro Bay Harbor	USA	Mobile	N/A	60,000-100,000	
Channel Islands Harbor	USA	Mobile	N/A	760,000	
◎ <u>Port of Hueneme</u>	<u>USA</u>	<u>Mobile</u>	<u>2000-</u>	<u>60,000</u>	
Marina del Rey Harbor	USA	Mobile	N/A	100,000-150,000	
King Rey Harbor	USA	Mobile	N/A	60,000	
Newport Harbor	USA	Mobile	N/A	30,000-60,000	
◎ <u>Dana Point Harbor</u>	<u>USA</u>	<u>Mobile</u>	<u>2009-</u>	<u>60,000</u>	
<b>EUROPE</b>					
◎ <u>Capbreton</u>	<u>France</u>	<u>Fixed</u>	<u>2008-</u>	<u>100,000</u>	
○ <u>Hvide Sande</u>	<u>Denmark</u>	<u>Fixed</u>	<u>1991-</u>	<u>170,000</u>	
○ <u>Torsminde</u>	<u>Denmark</u>	<u>Mobile</u>	<u>-2004</u>	<u>100,000</u>	
○ <u>Marina di carrara</u>	<u>Italy</u>	<u>Fixed</u>	<u>1970-74</u>	<u>200,000</u>	
○ <u>Playa de castilla</u>	<u>Spain</u>	<u>Mobile</u>	<u>1989-90</u>	<u>390,000</u>	
<b>AFRICA</b>					
○ <u>Nggura Port,</u>	<u>South africa</u>	<u>Fixed</u>	<u>2007-</u>	<u>200,000</u>	

場所前の○印は、概要を調査した事例。◎印は、そのうち詳細を調査した事例（現地調査未実施）。

## 2.3 小規模事例を中心とした適用技術比較

前節で説明した事業事例のうち、特徴的な Cap Breton (キャップ ブレトン、フランス)、Noosa Main Beach (ヌーサ メイン ビーチ、オーストラリア)、Port Canaveral (ポート カナベラル、アメリカ合衆国)、Santa Cruz Harbor (サンタ クルーズ ハーバー、アメリカ合衆国)、Port of Hueneme (ポート オブ ワイナーメー、アメリカ合衆国)、Dana Point Harbor (ダナ ポイント ポート、アメリカ合衆国) について、その特徴や適用技術を比較して表-2.2 に示した。以下では、各事例の概要を整理する。

### 2.3.1 Cap Breton (キャップ ブレトン、フランス)

2008 年より、浚渫量 75,000m<sup>3</sup>/年のサンドバイパスが実施されている(別冊資料参照)。その方法は、Sand Ejector (サンドイジェクター) という大型ジェットポンプによる浚渫が主体となる。当事業では 1983~2007 年にダンプトラックによる砂輸送で、15,000m<sup>3</sup>/年程度のサンドバイパスが長年にわたり実施されていた。しかしながら、陸上輸送量の制約などから必要輸送砂量が確保できず効果が不十分であったため、新規に砂の採取・圧送システムを開発し、2008 年から浚渫量を 75,000m<sup>3</sup>/年程度に増加させて事業を再開した。

### 2.3.2 Noosa Main Beach(ヌーサ メイン ビーチ、オーストラリア)

2003 年より、Sand Shifter (サンドシフター) という独自のシステムを利用してサンドリサイクルを実施している。1980~1990 年代には、Noosa 川の砂を数箇所から採取して砂浜へ投入していたが、持続性が課題となりサンドリサイクルに取り組んだ。2003~2004 年に開発されたシステムを適用して試験施工を実施したのち、効果が確認できたため 2012 年から本格的なシステムを稼働させている。

このシステムの長所としては、以下が挙げられる。

- (1) 砂輸送量 40,000-80,000m<sup>3</sup>/年程度に比較して、海中に設置する施設規模が小であり、大型の栈橋などが必要ない。
- (2) 必要に応じて、小規模な施設の移設や増設が可能であり、砂浜内での採取場所の変更が可能である。
- (3) 比較的広範囲から砂を採取可能である(1回の採取で 2,000m<sup>3</sup>程度)。波の作用を利用して継続的に砂採取することが可能である。

また、このシステムの短所としては、以下が挙げられる。

- (1) 砂採取部にジェットポンプ(ジェット水を噴射して、砂を流動化させるポンプ)を利用しているため、水中ポンプに比較してエネルギー効率が悪い。

鳥取沿岸では、Noosa Main Beach に比較して砂輸送量が少量であること、白砂青松の景観を保護しつつ観光資源として活用するために大規模な施設の建設はできるだけ避けることなどから、小規模かつ低コストを実現する技術が求められている。この観点から、Sand Shifter は鳥取沿岸への適用性が高いと考えられるため、その詳細を次章で説明する。

### 2.3.3 Port Canaveral(ポート カナベラル、アメリカ合衆国)

1995、1998、2007、2010 年に大規模なサンドバイパスが行われているが、その都度湾の入口を横断する海底配管を設置し、グラブ浚渫機(クラムシェルを含む)を用いて沖合に堆積した砂を掘削し、土運船(バージ)によって浚渫・輸送するなど、多様な砂掘削搬送管理がなされている。湾口部に港湾が建設されており、導流堤にさえぎられた砂が漂砂上手側の北側に堆積しているため、サンドバイパスの他に海岸を保全するための方策が複数採用されてきた。現時点では、150,000m<sup>3</sup>/年程度の南向き漂砂量と同等の土量となるようなサンドバイパスが、ポンプ浚渫やグラブ浚渫などの方法で実施されている。なお、浚渫量は 200,000m<sup>3</sup>/年程度である。

### 2.3.4 Santa Cruz Harbor(サンタ クルーズ ハーバー、アメリカ合衆国)

中小港湾に属する Santa Cruz Harbor は、規模に比較して多量の浚渫量 200,000m<sup>3</sup>/年程度のサンドリサイクルが実施されている。実施時期は冬季の 11 月から 4 月であり、港湾管理者が所有する施設を独自に運転している。当初、浚渫場所から海上配管で直接圧送されていたが、安全上の問題から陸上部における地中配管を用いて圧送されている。

### 2.3.5 Port of Hueneme(ポート オブ ワイナーメー、アメリカ合衆国)

Port of Hueneme は、海軍と商船のみが利用する中小港湾であり、増深と汚染砂の処分のため全量 1,000,000m<sup>3</sup>程度が浚渫された。そのうち、良質な浚渫砂 600,000m<sup>3</sup>程度が養浜としてリサイクルした。浚渫・搬送は、主としてポンプ浚渫・グラブ浚渫・土運船により実施された。本事例では、港湾管理者・海軍・陸軍工兵隊により構築された協力体制に基づき、それぞれの担当部分の施工がなされている点で斬新である。

### 2.3.6 Dana Point Harbor(ダナ ポイント ポート、アメリカ合衆国)

2009 年に 90,000m<sup>3</sup>/年程度の浚渫が実施され、汚染砂を廃棄して、残りを養浜としてリサイクルした。

水中ポンプにより浚渫された砂は、陸軍工兵隊により 3.2km のパイプラインで輸送されている。現在、2013 年～2014 年の将来計画が策定されつつある。

表-2.2 (1) サンドパイパス・サンドリサイクル事例の比較表


番号	場所 期	パイパス土量 底質特性	システム構成 システムの概要	輸送方法	システム能力	初期建設費	維持管理費	
①	フランス南西部 Cap Breton (キャップブレトン) 2008年～ 240km 続く海岸線 (ボケットビーチでは無い)	75,000m <sup>3</sup> /年 底質特性：不明 1983～2007年、トラックで 輸送(15,000m <sup>3</sup> /年)。この 輸送量では足りないことは 予測されていた。	Hydro-ejector (Indian River Inlet 同等) 海水供給ポンプ 中継ポンプ 運河を横断するパイプ 等間隔に配置された放出口 放水パイプ→フレキシブルパイプ	パイプラインが湾口を 横断 (水中)	180m <sup>3</sup> /時間 詳細データなし。別冊資料 によれば、Indian River Inlet 同等のシステムを活用	€4,500,000 (¥100/€として2,800万円) €2.9/m <sup>3</sup> (回：¥290/m <sup>3</sup> ) (比較：トラロック輸送€5/m <sup>3</sup> )	年間予算：€280,000 (¥100/€として2,800万円) €2.9/m <sup>3</sup> (回：¥290/m <sup>3</sup> ) (比較：トラロック輸送€5/m <sup>3</sup> )	
②	オーストラリア東部 Noosa Main Beach (ヌーサメインビーチ) 2012年～ Noosa Head に隣接している (ボケットビーチでは無い)	40,000～80,000m <sup>3</sup> /年 底質特性： Swash zone: 330um Middle shore: 271um Upper shore: 257um	Slurry Marine Systems 社の Sand Shifter で採取。 長さ15m/基で2基設置。 ポンピングステーションで加圧し自動運 転。 高圧受電 (22,000V、深夜電源使用)	パイプラインであり、 漁業場所からボードウォ ークの地下に設置されて いる。	187.5m <sup>3</sup> /時間 280kw (海水ポンプ) 280kw (スラリーポンプ) 1,300m パイプライン、 受泥層、配管作業	AUS\$2,500,000 (¥80/AUS\$として、約2 億円) AUS\$400,000 (¥80/AUS\$として、約3,200万 円)費用は、ホテルなど沿岸の 受益者への特別税と、Council の財源で賄う。		
③	アメリカ フロリダ州 Port Canaveral (ポートカナベラル) 1995年から随時 (不定期)	1995 68,000 m <sup>3</sup> 1998 75,600 m <sup>3</sup> 2007 60,500 m <sup>3</sup> 2010 52,900 m <sup>3</sup> 底質：250um	Cram Shell+ポンプ圧送 仮設の水中パイプラインで港口を横断→ 陸上設置のパイプライン	パイプラインが湾口を 横断 (水中) パイプラインは常設され ていない。	 Cutter 2,983kw	設備の建設はない。 パイプラインはその 都度設置される。	詳細不明	
④	アメリカ カリフォルニア州 Santa Cruz Harbor (サンタクルーズハーバ ー) 1986年～	平均：206,000m <sup>3</sup> /年 USACE からの認可量 湾口：1,940,000m <sup>3</sup> /10年 湾内：416,000m <sup>3</sup> /10年	ポンプ浚渫(Hydraulic Dredge system) パイプライン 港湾管理者が保有・運転 ポンプ能力 350hp	パイプライン (水上) が 常設されている。	 450m <sup>3</sup> /day	詳細不明	\$12.3/m <sup>3</sup> (10,000m <sup>3</sup> あたりで積算) (\$1=80円として、約¥1,000)	
⑤	アメリカ カリフォルニア州 Port of Hueneeme (ポートオブホイネーメ ー) 海軍と商船のみが利用 2000～2005年 2009年大規模浚渫	増深と汚染砂の処分のた め、全量1,000,000m <sup>3</sup> を浚 渫。良質の砂を600,000m <sup>3</sup> 養浜に利用。	以下の組合せで施工 ・ポンプ浚渫 ・ホッパー浚渫+バージ ・クラムシェル浚渫+バージ	以下のシステムを併用 ・パイプライン (水上) ・バージ(400～1,500m <sup>3</sup> ) ・バージ	・7,500～30,000m <sup>3</sup> /日 ・バージのサイクルタイム に依存 ・7,500m <sup>3</sup> /日	初期建設費込 \$14/m <sup>3</sup> (1,000,000m <sup>3</sup> あたりで算出) (\$1=80円として、約¥1,120)		
⑥	アメリカ カリフォルニア州 Dana Point Harbor (ダナポイントハーバー) 1999年～	1999～2000年 38,000m <sup>3</sup> の浚渫を実施 2009年 90,000m <sup>3</sup> の浚渫。 一部を養浜に利用。 2013-14年の将来計画を策 定中。	ポンプ浚渫 (Hydraulic Dredge System)	パイプラインにより 3.2km 輸送	 Hydraulic Dredging 1000 m <sup>3</sup>	\$2,100,000 (\$1=80円として 1,680万円)	詳細不明	

表-2.2 (2) サンドパイパス・サンドリサイクル事例の比較表

番号	場 所 場 期	稼働期間	発注方式 管理運営方式	維持管理体制	排出部の環境	環境への影響
①	フランス南西部 Cap Breton (キャップブレトン) 2008年～ 240km 続く海岸線 (ボケットビーチではない)	夏前の12～15週/年	費用負担は地元政府。この地域は旅行者に依存している。	地元機関 (詳細不明)	排出部にはパイプラインが固定されている。先端に、フレキシブルパイプが接続される。	1983～2007年に、北側で採取された15,000m <sup>3</sup> /年の砂が南側へ供給された(ダンプ輸送)。砂輸送能力が足りずに、新しいシステムを稼働。
②	オーストラリア東部 Noosa Main Beach (ヌーサメインビーチ) 2012年～ Noosa Headに隣接している (ボケットビーチではない)	系統電源 高圧受電 夜間電力を活用してピークカットを配慮	Sunshine Coast Council, (Queensland州)	設計・管理・運転・メンテナンスについては、Slurry Systems Marine Pty Ltd 社に15年契約で委託。	Noosa Head Surf Lifesaving Club 駐車場前に排出される。	2012年から始まった事業の評価実施中。 1980年代～90年代に川から浚渫していた方法に比較して小さいと考えられる。
③	アメリカ フロリダ州 Port Canaveral (ポートカナベラル) 1995年から随時(不定期)	定期的な運用はなし	連邦政府100%出資	港湾管理者	入江南側の侵食域では、大幅に前浜が消失していた。	1951～1954年に入江を人為的に構築し開港した。北側で300mの砂浜が広がった反面、南側53kmで侵食が拡大した。 1995,1998,2007,2010年にサンドパイパスを実施。パイプラインはその都度設置さる。
④	アメリカ カリフォルニア州 Santa Cruz Harbor (サンタクルーズハーバー) 1986年～	毎年11月から4月	毎次浚渫は、港湾管理者とThe U.S. Army Corp of Engineers(USACE)が共同実施	サンタクルーズ港当局およびUSACEとの共同作業	3箇所にパイプラインで供給されている。	当初、60m 沖合の海上パイプラインで輸送していたが、安上上の理由で地中配管となる。
⑤	アメリカ カリフォルニア州 Port of Hueneme (ポートオブフイネーム) 海軍と商船のみが利用 2000～2005年 2009年大規模浚渫	10月1日～3月15日	港湾管理者	港湾管理者・U.S.Navy・USACEの協力体制。それぞれが分担して浚渫。	サンドリサイクルにより、港の南部にある海岸を養浜。	汚染砂の廃棄PJの一環として全量1,000,000m <sup>3</sup> の砂浚渫を実施。得られる良質の砂を砂浜へ還元。 250,000m <sup>3</sup> の汚染砂を分離(廃棄)している。
⑥	アメリカ カリフォルニア州 Dana Point Harbor (ダナポイントハーバー) 2009年	6ヶ月	The U.S. Army Corp of Engineers (USACE)	港湾管理者	浚渫砂のうち、4,500m <sup>3</sup> の砂が近接する海岸に、36,000m <sup>3</sup> が3.2km 先へパイプラインで輸送。	1999～2000年に約39,000m <sup>3</sup> の浚渫と砂の廃棄が行われている。浚渫により、砂の品質が向上している。

表-2.2 (3) サンドバイパス・サンドリサイクル事例の位置図

