

平成 2 5 年度

鳥取沿岸の砂浜海岸復元・港内堆砂抑制に向けた
新技術・新工法の評価・分析に関する共同研究

報 告 書

平成 2 6 年 3 月

鳥取大学大学院工学研究科

目 次

0. 調査研究の概要	1
1. サンドポンプによるサンドリサイクルシステムに関連する最新技術・工法に関する国内外の情報収集と、その技術・工法に係る整理	3
1.1 オーストラリア東海岸	
サンドリサイクルシステム視察及び資料収集	3
1.2 静岡県磐田市福田漁港	
サンドバイパスシステム視察及び資料収集	13
1.3 まとめ	17
2. 鳥取県の地域特性に適合したサンドポンプの市場性調査とポンプの稼働能力の推測、堆砂・侵食抑制の効果についての分析・評価 (簡易な移動装置を用いたサンドバイパス試験の実施)	19
2.1 実施状況	19
2.2 測定と評価結果	20
2.3 今後の展望	21
3. 鳥取県の沿岸域の地形特性を考慮した風況シミュレーションと風力発電の実施可能性評価 (WRF による鳥取県風況シミュレーション)	23
3.1 メソ気象モデルの概要	23
3.2 WRF による計算領域の決定	23
3.3 鳥取県におけるWRFによる風場推算	25
3.4 鳥取県全域における風場の状況分析	26
3.5 鳥取県中央部および東部における風場の状況分析	62
3.6 結論	65
4. 鳥取沿岸の波浪並びに漂砂特性から見た効率的なサンドリサイクル手法の分析・評価及び適用条件の設定・検証	67
4.1 シミュレーションモデルの精度向上	67
4.2 日本海沿岸における波候の統計的特性とシミュレーション	86

5. その他、必要事項	
サンドリサイクル等への小型風力発電の応用に関する研究	89
5.1 シミュレーションモデルの精度向上	89
5.2 実証実験の結果	92
5.3 3次元CFDシミュレーション	95
5.4 サイズアップしたACBBWTの特性予測	104
5.5 まとめ	111
6. 実施成果まとめ	113

資料編

- ・ オーストラリア東海岸 サンドリサイクル事業関連資料
 - (1) Maroochydoore Beach and Cotton Tree Foreshore Nourishment Approval Application
 - (2) Maroochydoore Beach Nourishment Feasibility Report
 - (3) Maroochydoore Beach and Cotton Tree Foreshore Nourishment-site based Management Plan
 - (4) Maroochy River Sediment Investigation Report
- ・ 参考文献
 - (5) Noosa Beach Restoration scheme
 - (6) Noosa Main Beach Artificial Reef Proposal
 - (7) Noosa River entrance channel dynamics
- ・ 報告書関連資料
 - (8) WRFによる鳥取県風況シミュレーション関係資料
 - (9) 人工リーフ模型実験関連資料

0. 調査研究の概要

研究目的 本研究では、鳥取県が実施している砂丘海岸復元と港内堆砂抑制等の事業に対して、鳥取の地域特性に適合した新技術・新工法を広く調査・分析するとともに、恒久的なサンドリサイクルシステムの実現性や有効性について調査、評価・分析を行うことを目的としている。

研究期間 平成25年4月1日（共同研究契約日）から平成26年3月14日

研究項目 本研究では、再生可能エネルギーを利用したサンドリサイクルシステムの鳥取県への導入可能性に関する調査研究を行う。今年度は以下の各項目を実施した。

1. サンドポンプによるサンドリサイクルシステムに関連する最新技術・工法に関する国内外の情報収集と、その技術・工法に係る整理
 - ・ オーストラリア東海岸 サンドリサイクルシステムの視察及び資料収集
 - ・ 静岡県 福田漁港のサンドバイパスシステムの視察及び資料収集
2. 鳥取県の地域特性に適合したサンドポンプの市場性調査とポンプの稼働能力の推測、堆砂・侵食抑制の効果についての分析・評価
 - ・ 簡易な移動装置を用いたサンドバイパス試験の実施
3. 鳥取県の沿岸域の地形特性を考慮した風況シミュレーションと風力発電の実施可能性評価
 - ・ WRFによる鳥取県の風況シミュレーション
4. 鳥取沿岸の波浪ならびに漂砂特性から見た効率的なサンドリサイクル手法の分析・評価及び適用条件の設定・検証
 - ・ シミュレーションモデルの精度向上
 - ・ 日本海沿岸における波候の統計的特性とシミュレーション
5. その他、必要事項
 - ・ サンドリサイクル等への小型風力発電の応用に関する研究

研究組織 調査研究，分析は，以下の組織で実施する．

氏 名	所属等	役割	専門分野
松原雄平	鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻・教授	研究統括と県内での風力 発電可能性に関する調査	沿岸環境評 価，風力
宮近幸逸	鳥取大学大学院 工学研究科 機械宇宙工学専攻・教授	サンドポンプの機能性， 効率性評価	機械 歯車機構
原 豊	鳥取大学大学院 工学研究科 機械宇宙工学専攻・准教授	サンドリサイクル等への 小型風力発電の応用	風力発電
黒岩正光	鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻・准教授	鳥取沿岸の漂砂特性とサ ンドリサイクル海浜変形 モデルの評価	海岸漂砂
太田隆夫	鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻・准教授	鳥取沿岸の来襲波浪特性 に関する評価	海洋波浪
金 珠烈	鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻・助教	大気モデルによる鳥取沿 岸での風況評価	風況と高潮 分析
澁谷容子	京都大学防災研究所・研究員	鳥取沿岸の漂砂特性に関 する評価	海岸漂砂

平成25年度 鳥取沿岸の砂浜海岸復元・港内堆砂抑制に向けた 新技術・新工法の評価・分析に関する共同研究 研究報告書概要

1. サンドポンプによるサンドリサイクルシステムに関連する最新技術・工法に関する 国内外の情報収集と、その技術・工法に係る整理

(1) サンドシフターによる簡易型サンドリサイクルシステム視察及び資料収集

視察期間：平成25年4月12日～14日

視察場所：オーストラリア東海岸 Noosa Main Beach, Mooloolaba Beach

Noosa Beach で実施されているサンドシフター（サンドポンプ）を用いたサンドリサイクルシステムは比較的コンパクトである。このシステムは鳥取県内におけるサンドリサイクルに適した手法であり、今後このシステムを参考として鳥取県独自のサンドリサイクルの技術・工法を検討する。

(2) 固定栈橋式 サンドバイパスシステム視察及び資料収集

視察期日：平成26年3月5日

視察場所：静岡県磐田市の福田漁港

福田漁港では、オーストラリア Gold Coast で使用されているシステムが導入され、本年度から試運転がスタートする。今後、静岡県サンドバイパスシステム管理者と情報交換しながら、問題点を抽出しシステム開発の参考とする。

2. 鳥取県の地域特性に適合したサンドポンプの市場性調査とポンプの稼働能力の推測、堆砂・侵食抑制の効果についての分析・評価

昨年度は、リサイクル事業の実施状況を調査し、有望と思われる技術を選定し、今年度は選定された技術を用いて「簡易な移動装置によるサンドバイパス試験」を実施し、ポンプの稼働能力の分析・評価を行った。

実施場所： 岩美町陸上 陸上海岸

実施期間： 6月12日～13日（第Ⅰ期、現場準備工）

6月14日～6月28日（第Ⅱ期 試運転）、7月1日～3日（第Ⅲ期 圧送試験）

実施状況と結果： 表層部に砂が堆積しており、これらの砂の移送は順調に進んだ。しかし、掘り進むうちに礫層が出現し、礫層は粒径が大きく、吸引移送には困難をきたした。試験場所を移動して再度、試験を実施しポンプの移送性能を測定した。試運転において5回の計測の後、下記のとおり測定結果を得た。

砂濃度：2.9～9.8%，最大排砂水量： $V_{hs}=317\text{m}^3/\text{h}$ ，最大排砂量： $V_s=31\text{m}^3/\text{h}$ 。

当初の目標値は、それぞれ $V_{hs}=140\text{m}^3/\text{h}$ 、 $V_s=21\text{m}^3/\text{h}$ （砂濃度 15.0%）であった。なお、第Ⅲ期の圧送試験においては、13%の砂濃度が確認された。

試験運転、圧送試験による砂濃度は目標値 15%より低いですが、1時間当たりの排砂量は目標値を上回っており、実験結果は、これらの目標値を達成していると思われる。

上記の実験結果は、新しいサンドリサイクル技術として実用化が十分可能であることを示唆している。鳥取県における砂の状況が、すでに実用化が進んでいる地域とは異なり、瓦礫を多く含むので、これらの瓦礫の扱い方を工夫した技術も検討する必要があるが、これについては、実際に進めていく上で対策可能な項目であろうと思われる。

3. 鳥取県の沿岸域の地形特性を考慮した風況シミュレーションと風力発電の実施可能性評価 (気象モデル WRF を用いた鳥取沿岸での風況評価)

WRF と呼ばれる気象シミュレーションモデルを用いて鳥取沿岸域の風況計算を行った。

対象領域 : 図-1 に示す範囲における風況計算結果を出力

対象期間 : 2011年01月01日06:00～07月03日18:00まで

- ・陸域の沿岸付近でなおかつ海面から70m以上では、鳥取市千代川～湖山池周辺の鳥取県東部、北栄町付近の中央部および米子・境港市の西部において、平均風速が7m～9m/s程度で有意な風況であるが、それ以外の地域は地形の影響が強く風速が弱い。陸域では有意な地域は限定される。

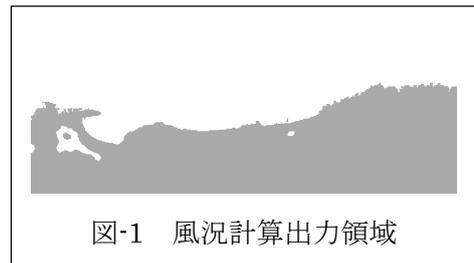


図-1 風況計算出力領域

- ・沿岸付近（陸域から800m～1500mの範囲）における海面上60m～140m高さの全期間平均風速は9～10m/sである。この結果は、通常の洋上風力発電（海面上60m程度の高さにおける年平均風速が7m/s以上の基準）を満たす。一方、高度5m～10mでは、約7m/sの全期間平均風速が計算された。この結果は、後述する小型鉛直軸風車による風力発電に対して有意な値である。
- ・前述した沿岸域よりさらに沖合の領域では海面上高度が高いほど全期間平均風速が増加し、海面上60m～140mの全期間平均風速は10～12m/sである。

鳥取全域における周年の風況予測結果は、風力発電の実施可能性評価の根拠資料となること、また風況予測結果を3次元海浜変形予測モデルに導入することによって、サンドリサイクルによる海浜変形効果検証の精度向上が期待される。

4. 鳥取沿岸の波浪並びに漂砂特性から見た効率的なサンドリサイクル手法の分析・評価及び適用条件の設定・検証

本項目での目的は、サンドリサイクルの適切な手法（実施時期、土砂投入量や位置、効果検証方法など）の確立を目指したもので、そのツールとしてのシミュレーションモデルを構築することを目的としている。鳥取沿岸の漂砂特性から見た効率的なサンドリサイクルの手法を設定しその効果を検証するためには、まず、対象とする

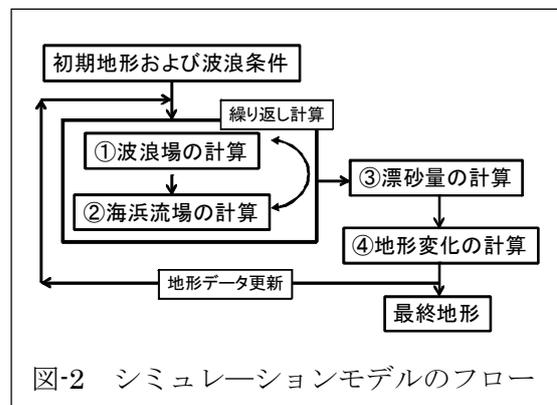


図-2 シミュレーションモデルのフロー

地域の漂砂・海浜変形特性を把握しておくことが必要である。また、適切なサンドリサイクルを実施するためには、コンピューターシミュレーションによって様々なパターンの検証が必要とされる。

本年度は、前年度に構築したサンドリサイクル3次元海浜変形シミュレーションモデル(図-2)の高精度化を図るため、漂砂・海浜変形の外力となる波浪場(図-2①)と海浜流場(図-2②)の計算精度検証を模型実験結果と現地調査結果を用いて行った。また、海浜変形計算を行うための波浪条件として、現地波浪の統計的特性にもとづいて、有義波高の時系列データを与える方法を検討した。

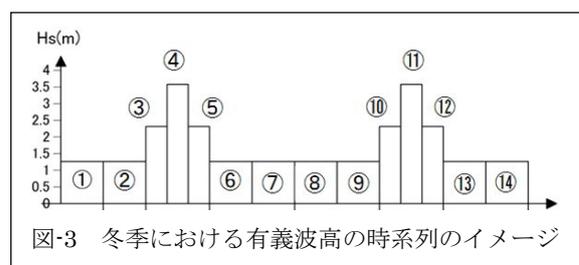
(1) シミュレーションモデルの検証

対象地域：海岸侵食と港口部の堆砂が問題となっている岩美海岸（浦富地区）を対象
特に、人工リーフ周辺の波と流れについて

検証方法：模型実験および現地観測結果との比較によりモデルに含まれるパラメータの設定方法の検討。

(2) 日本海沿岸における波候の統計的特性とシミュレーション（有義波高の時系列データを与える方法）

現地波浪の統計的特性にもとづいて、スペクトル法を用いた有義波高 H_s の時系列データ(図-3：イメージ図)を与えるシミュレーションの方法を示した。図-3のような有義波高の時系列データは、海浜変形予測シミュレーションを実施する際に対象領域での波浪の設定に適用される。



数値シミュレーションモデルの構築と高精度化はまだ開発途上にあるが、将来、本シミュレーションモデルを用いて、サンドリサイクルを効率良く実施するための手法が設定可能となることが期待される。ただし、数値シミュレーションモデルの特性として、必ず各現場に対応したパラメータの設定が必要となるが、ある程度パラメータの設定方法は、本年度の検証結果を参考に容易となる。また、対象領域の波浪条件を適切に与えることで、より精度の高い海浜変形シミュレーションが可能となる。

今後、鳥取県内におけるサンドリサイクルの計画から実施まで、実施後の評価などに、開発した3次元海浜変形予測シミュレーションモデルは有効なツールとなり、サンドリサイクル事業だけでなく、様々な海岸侵食対策や、航路堆砂問題を解決する有益なものとなる。

5. その他、必要事項

本年度は、サンドリサイクル等への小型風力発電の応用に関する研究を行った。

小型垂直軸風車のアルミ円形翼パタフライ風車(ACBBWT)のサンドリサイクル等への応用可能性を明らかにするために、試作機(直径 2m)の3次元流体シミュレーション(CFD：数値流体力学)を行って、実証実験および風車特性予測の信頼性を向上した。さらにロータ直径 7.5m

を想定し、鳥取県沿岸域の風況シミュレーション結果を利用して、3kW と 6kW の2つのシステムに関する年間発電量とサンドポンプの稼働時間を予想した。その結果、3kW を 2 台用いることで6kW よりも多くの発電量が得られることを示した。また、この場合、37kW のサンドポンプの稼働時間は年間約 270 時間が期待されることが示された。

以上 ACBBWT のような小風力・小型風力発電システムを構築することで、比較的弱い風況であつても必要発電量が得られれば、簡易的なサンドリサイクルが期待される。

本業務で検討した小型垂直軸型の風力のような小風力発電機の開発、さらに間欠的に発生する風に対して蓄電する方法も考慮した電力供給システムの検討が必要であろうと考えられる。