海岸砂丘生態系の保全・再生・利用, グリーン・インフラストラクチャーの可能性 ～研究集会の報告～

中田 康隆^{1*}・松島 肇²・平吹 喜彦³・永松 大⁴・
岡 浩平⁵・日置 佳之⁴

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科 〒 277-8568 柏市柏の葉 5-1-5

² 北海道大学院農学研究院 〒 060-8589 札幌市北区北 9 条西 9 丁目

³ 東北学院大学教養学部地域構想学科 〒 981-3193 仙台市泉区天神沢 2 丁目 1-1

⁴ 鳥取大学農学部生命環境農学科 〒 680-8553 鳥取市湖山町南 4-101

⁵ 広島工業大学環境学部地球環境学科 〒 731-5193 広島市佐伯区三宅 2-1-1

**Congress report for conservation, rehabilitation and usage of coastal dune ecosystem, and their
possibility as green infrastructure**

**Yasutaka Nakata^{1*}, Hajime Matsushima², Yoshihiko Hirabuki³, Dai Nagamatsu⁴, Kohei Oka⁵
and Yoshiyuki Hioki⁶**

¹ Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba,
277-8568 Japan

² Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Kita9 Nishi9, Kita-ku, Sapporo, 060-8589 Japan

³ Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University, 2-1-1 Tenjinzawa, Izumi-ku, Sendai, 981-3193
Japan

⁴ Faculty of Agriculture, Tottori University, 4-101 Koyamacho-Minami, Tottori, 680-8553 Japan

⁵ Faculty of Environmental Studies, Hiroshima Institute of Technology, 2-1-1 Miyake, Saeki-ku,
Hiroshima, 731-5193 Japan

⁶ Faculty of Agriculture, Tottori University, 4-101 Koyamacho-Minami, Tottori, 680-8553 Japan

はじめに

わが国の海岸砂丘植物に関する生態学的研究は、100 年ほど前の吉井 (1916) による茨城県太田砂丘の調査に始まる。その後、越智 (1952) は鳥取砂丘で耐塩性に関する生理生態学的な研究を行い、Yano (1986) は海岸砂丘植物の地下茎の発達について研究した。生態学者は海岸砂丘という動的かつ特異的な環境に生育する海岸砂丘植物に興味を抱き、さまざまな研究を行ってきた。

一方、この 100 年の間に、沿岸部の環境は劇的に変化し、その多くは人為によって改変されたもので

* 連絡先: 1700805087@edu.k.u-tokyo.ac.jp

受付: 2017 年 12 月 16 日 / 受理: 2017 年 12 月 28 日

あった。そのため海岸砂丘を生息地とする動植物の多くは、絶滅の危機に瀕し (兼子ほか 2009) 白砂青松や海岸草原、前浜干潟といった生態系や景観が失われてきた。津田ほか (2002) の小清水原生花園における海岸草原復元の取り組み、岡ほか (2009) の湘南海岸における海浜植生の影響評価、松島ほか (2014) の石狩浜における海浜環境の保全活動、永松 (2014) の鳥取砂丘の海岸砂丘植生と人為的影響に関する調査等は、こうした背景の下で実施された保全・再生に関する研究である。さらに今、東日本大震災の復旧・復興工事の進展に伴って海岸砂丘生態系の保全と再生のあり方が大きな課題として浮かび上がってきている (岡・平吹 2014)。また、近年では生態系の保全や再生を進めるための新たな概念・手

法として, グリーン・インフラストラクチャー (以下, GI) が注目されている (グリーンインフラ研究会ほか 2017)。

このような背景から, 筆者らは 2017 年 9 月 22 日に名古屋大学で開催された日本緑化工学会・日本景観生態学会・応用生態工学会 3 学会合同大会 (ELR2017) において, 「海岸砂丘生態系の保全・再生・利用, グリーン・インフラストラクチャーの可能性」と題した研究集会を開催した。本研究集会では, 日本の海岸砂丘生態系と植生の現状・課題を各地の事例にもとづいて総括し, 生物多様性保全, 防災・減災, レクリエーション利用など多様な機能を持ち合わせる海岸砂丘を GI の典型としてとらえた上で, その保全・再生・利用のあり方について議論することを目指した。当日は 34 名の参加があり, 参加者全体で活発な議論を行うことができた (図 1)。ご参加いただいた方々に御礼申し上げるとともに, 本稿にてその概要を報告する。

各地の事例

全国各地の海岸砂丘生態系および植生の現状と課題を把握するために, 5 件の事例紹介を行った。なお,

図 1. 研究集会の様子

本稿中では砂浜海岸に生育する草本および矮小低木を示す用語として, 海岸砂丘植物, 海浜植物および砂浜植物を同じ意味として扱った。

1. 北海道石狩海岸の海岸砂丘系 (松島肇)

北海道の中部, 日本海に面した石狩湾奥に広がる総延長約 25 km の砂浜海岸が石狩海岸である。周辺人口 220 万人の大都市に隣接しながらも, 砂浜や自然草原としての海岸砂丘, カシワ *Quercus dentata* やイタヤカエデ *Acer pictum* の優占する天然林が, 「系」として一体的に残された自然度の高い海岸であり, 大都市近郊としては国内で唯一, 海岸砂丘系が残されていることが大きな特徴である (松島ほか 2014)。江線からの距離に応じて飛砂や塩分飛沫の減少といった環境勾配が生じ, それにより形成された特徴的なこの景観は, 生態基盤としてだけでなく, 食料や地下水涵養といった供給サービス, 海水浴に代表されるレクリエーションの場としての文化サービス, そして自然堤防として防災・減災に資する調整サービス等の生態系サービスを有している。特に, わが国では 2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災以降はその防災・減災機能が注目され, 自律的復元力 (レジリエンス) に富んだ多面的機能を有する GI (図 2) として見直されつつある (グリーンインフラ研究会ほか 2017)。

しかしながら, 日本における「海岸」の定義がいわゆる砂浜部分に限定されるため, 国内では砂浜が保全されていれば自然海岸と定義され, 後背地 (海岸陸域) の保全状況は考慮されていない。したがって, 自然海岸と定義された砂浜海岸は自然公園区域内であっても, 後背地はクロマツ *Pinus thunbergii* 植林による海岸保安林が整備されている, あるいは農地や宅地開発が行われているものがほとんどである。そのため, 開発の歴史が浅く, 人口密度の低い

図 2. 石狩海岸における海岸砂丘の自律的復元力。a) 侵食により前砂丘が消失, b) 植生が回復し砂が堆積しつつある。

北海道に海岸砂丘系を維持した海岸が広く分布しているのは幸運であった。しかも、札幌のような大都市圏に残された石狩海岸の海岸砂丘系は、緩衝帯として保全することで自然生態系のみならず、都市を危険な自然現象に対する曝露から守り、災害リスクを低減してくれる多機能性に富んだインフラとみなすことができ、人口減少社会における海辺の都市の新しいモデルとなり得る。

残念ながら、海岸砂丘系の保全に対する認識は低く、石狩海岸ではオフロード車の乗り入れによる地形や植生の破壊が1980年代以来、問題となっている(松島ほか2000)。海岸砂丘系の有する生態系サービスを改めて市民に発信して、GIとしての重要性を理解してもらうための継続的な取り組みが今後の課題である。

2. 仙台湾南部海岸で考える「砂浜植物と砂地の自律的再生力」(平吹喜彦)

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の後、仙台湾南部海岸に沿った幅およそ1.5 kmの砂浜海岸エコトーン(平吹ほか2011)では、立地と植生が著しく変動し続けている。私たちは、(1)2011年6月以降、仙台市宮城野区岡田新浜地区の砂浜海岸に設置した調査地で(38°14'N, 141°00'E; 汀線に沿って約550 m, 奥行き約700 m)、野生動植物や立地に関する生態学的なモニタリングを行い、(2)里浜としての「人と砂浜海岸エコトーンの伝統的・共生的かわり」に関する歴史学的な調査成果(菊池2013, 2016)も加味しながら、「復興事業と自然環境の両立」をめざす保全活動を継続してきた(南蒲生/砂浜海岸エコトーンモニタリングネットワーク, <https://sites.google.com/site/ecotonesendai/>, 2017年10月12日最終確認)。

今回の講演では、(1)仙台湾南部海岸の砂浜海岸エコトーンの成帯構造、およびその成立にかかわる立地と人為、(2)東北地方太平洋沖地震に伴う地盤の沈降・液状化と大津波による立地と砂浜植物の攪乱、(3)その直後から砂浜海岸エコトーンの各所で生起した砂浜植物の自律的再生、(4)長大かつ急激な防潮堤と海岸防災林基盤盛土の構築に伴う立地・砂浜植物の攪乱および保全対策、(5)住民や市民が主体となった、残存する自然立地と郷土種を源泉とする里浜復興活動、の5点に関して、それぞれの要点を紹介した。その上で、(1)攪乱と環境圧が常に卓越する、特殊な陸水境界域として海岸エコトーンにおいて、砂浜と

いう立地およびその最前線に適応した砂浜植物が、潜在的に極めて大きな自律的再生力を秘めていること、そして(2)一見したところ冗長とも思える砂浜海岸エコトーンの広がりと連続性を確保しながら、ミクロスケール・ファインスケールで認知しうる地形特性と砂浜植物種の生活史特性に着目して、保全措置や防災・減災対策を講じることが有用であることを提示した。また、(3)今次の震災復興事業、とりわけ海岸エコトーンにおける防災・減災インフラストラクチャーの構築に関して、さまざまなステークホルダーと意見交換を重ねる機会に立ち会って実感した「事業者(行政・工事担当企業)、受益者(住民・市民)、研究者・専門家の3者が真摯に検討を重ねることの大切さ」についても言及した。

3. 房総半島の海岸砂丘とその植生(中田康隆)

砂浜海岸の海浜後背には砂が海岸漂着物や植物に捕捉された高まりである砂丘が形成される。これを一般的に海岸砂丘と呼ぶ。ここで使用する海岸砂丘を海岸砂丘とその動的な砂が創り出す潟湖や丘間湿地を含めたシステム全体と定義する。

千葉県海岸総延長は573.6 km、その内砂浜海岸の総延長は86.2 kmである。房総半島の代表的な海岸砂丘として九十九里浜、平砂浦、富津洲を紹介した(図3)。九十九里浜の砂の供給源は北側の屏風ヶ浦、南側の太東岬の岩石海岸である。この豊富な砂の供給は、海岸線に並行に沿岸洲(バリアー)を発達させ、海を内陸に孤立させた。この内陸に残存した海面を潟湖(ラグーン)と呼ぶ。これはバリアー-ラグーンシステムと呼ばれる。これらのラグーンは、水生の動植物の生息地として機能していたと考えられる(森脇1979)。現在ではラグーンは主に水田へ、砂丘は畑地や砂防林へと土地利用が転換された。また、東日本大震災以降、防潮堤の増設や新設によりさらに生息・生育地の分断化や劣化が進行している。

平砂浦の砂の供給源は、周囲の岩石海岸と海底砂である。この海底砂は1700年以降に発生した地震による海底の隆起が由来となっている(星上ほか2003)。現在、ゴルフ場、畑地や砂防林が建設され、連続性は遮断されている。しかし、海岸線から約1 km離れた内陸部ではかつての海岸砂丘の様相を垣間見ることができ、海岸砂丘に依存した動植物のハビタットとして機能している。

富津洲の砂の供給源は南側の磯根崎である。この

図3. 房総半島の代表的な海岸砂丘と砂の供給源

砂州上には海岸砂丘が形成され，動植物の生息地となっている．特に海岸砂丘植生は 1954 年に県の天然記念物として指定された．しかし，現在では海岸砂丘から保安林・公園へと転換され，部分的に海岸砂丘植生が残存する．

千葉県の海岸砂丘植生の特徴は，南限域と北限域にあたる種が多いことである．例えば，南方系のネコノシタ *Melanthera prostrata* やビロードテンツキ *Fimbristylis sericea*，北方系のハマナス *Rosa rugosa* やテンキグサ *Leymus mollis* が挙げられる．海岸砂丘植生の健全な状態の指標として成帯構造が着目されることが多い．この構造は飛砂量や飛塩量等が汀線から内陸に向かって変化することに対し，植物が棲み分けを行うことで形成される．千葉県の代表的な成帯構造は汀線側からハマヒルガオ群落，コウボウムギ群落，ネコノシタ群落・ケカモノハシ群落，チガヤ群落へと植生が移行する．

最後に海岸砂丘の GI の可能性について説明した．千葉県の海岸砂丘では比高が数 m 程度あることから天然の防波堤として機能する可能性があると考えられる．また，海岸砂丘はレジリエンスを持っていることについても言及した．今後は，海岸砂丘の防波効果の検証やレジリエンスの評価が課題である．

4. 海岸砂丘の利用と GI としての可能性: 鳥取砂丘(永松大)

日本列島各地には大小の海岸砂丘が発達するが，今日その大部分は人工的に改変され，砂丘本来の生態系は残っていない．鳥取県の海岸総延長は 129 km に過ぎず，海に面した 39 都道府県の中で最も短い．

しかしその一角を構成する「鳥取砂丘」は地域のシンボルとしてよく知られている．鳥取砂丘はもともと，東西 16 km，南北 2.4 km の広がりをもつ砂丘である．このうち，海岸線に沿った約 2.0 km の部分が砂丘として残され，この部分が国の天然記念物および山陰海岸国立公園の特別保護地区に指定されて（天然記念物鳥取砂丘），生態系の保全が図られるとともに砂丘景観の維持管理が行われて，地域の代表的観光地となっている．鳥取砂丘の大部分は海岸林や農地，住宅地，空港用地として改変され，19 世紀末の砂丘地の 1 割強の面積が「天然記念物鳥取砂丘」として保全されていることになる（永松 2014）．

2014-2015 年に実施した植物相調査では，146 ha の天然記念物鳥取砂丘内に，維管束植物 132 種を確認した．海岸性の植物 20 種の生育に加えて，砂丘内の丘間低地ではカンガレイ *Schoenoplectus triangulatus*（カヤツリグサ科）など湿地性の植物も見つかっている．また 2015 年には 24 都道府県のレッドリストに掲載されているハマハナヤスリ *Ophioglossum thermale*（ハナヤスリ科）が 24 年ぶりに再発見された（永松ほか 2016）．天然記念物鳥取砂丘は，除草や踏圧など，人為による影響を受け続けているものの，海岸砂丘特有の微細立地を包含しており，海浜の生物多様性，生態系保全に一定の役割を果たしている．

今日，天然記念物鳥取砂丘はさまざまに利用され，これらを GI の構成要素とみることができる．その基本は砂丘を取り囲む飛砂防備保安林である．強風時に砂丘から発生する大量の飛砂は，周囲の保安林が砂丘外への飛散を軽減している．休日には多数の

図 4. 砂丘におけるレクリエーション利用: サンドボード (鳥取砂丘 2008.6.7 撮影)

図 5. 海岸にせまるクロマツ植林と堆砂垣により形成された人工砂丘と海浜植生群落 (鳥取砂丘 2012.11.5)

観光客が訪れる観光地であり、イヌの散歩、パラグライダー、サンドボード(図 4)などのレクリエーション利用、近隣の小学校による行事利用も多い。天然記念物外では、農業の場としてラッキョウ生産もされている。長らく、砂丘は瓦礫置き場や埋葬場所として利用される程度で、砂が飛んでくるだけのやっかいものであったが、今日では地域資源としての活用が進んでいる。

天然記念物鳥取砂丘の東方には飛砂防備林に囲まれてラッキョウの農地が広がる。砂浜のすぐ背後に堆砂垣による高さ 10 m 近い人工砂丘が造成され、その背後にクロマツ林、さらに内陸側にラッキョウ畑、という構成である。人工砂丘＋クロマツ林には、防潮・飛砂防備機能が備わっている。海浜近くまで海岸林が造成されているものの、起伏のある人工砂丘には海浜植生が凝縮して成立・維持されている(図 5)。課題はクロマツ林の手入れ不足である。内陸性の外来植物が繁茂し、海浜植物は皆無である。人工砂丘と手入れした海岸林の組み合わせは生物多様性にも減災にも効果がある可能性がある。

5. 瀬戸内海沿岸の海浜植生の事例(岡浩平)

瀬戸内海は、日本海や太平洋の沿岸地域に比べて、大規模な海浜が少なく、海浜植物の生育地は小規模なものが多い。瀬戸内海の中部沿岸に位置する岡山、広島、山口、香川、愛媛の 5 県の合計 22 地点の海浜では、合計 21 種の海浜植物のうち、ハマウツボ *Orobanchae coerulescens* やネコノシタなど 9 種は 3 地点以下にしか生育していない(戎谷ほか 2015)。この 9 種の中にはオニシバ *Zoysia macrostachya* やハマニガナ *Ixeris repens* など日本海や太平洋の沿岸には広く生育する種も含まれており、瀬戸内海沿岸では、海浜植物の絶滅の危険性が他の海域に比べても高い実態が浮き彫りとなっている。

瀬戸内海中部沿岸の 22 地点のうち、大規模な海浜が残っているのは、山口県虹ヶ浜と香川県有明浜の 2 地点だけである。香川県有明浜では、合計 21 種すべての海浜植物の生育が確認されている。有明浜は 2.1 km の海浜延長があり、南部の広いところでは海浜幅が 100 m を超え、コウボウムギ帯→ハマゴウ帯→カワラヨモギ帯と明瞭な成帯構造が形成され(戎谷・岡 2016)、後背地には白砂青松 100 選にも指定されている樹齢 100 ～ 200 年のマツ林が広がっている。2004 年に台風による高潮被害が発生し、その対策として 1 m 弱の起伏の人工砂丘が造成され、現在では、表層に砂が堆積し、コウボウムギ群落が形成されている。この人工砂丘は、近年注目を集めている GI の一つと言えるだろう。一方、北部では海浜幅が広いところでも 50 m 程度と狭く、海浜に隣接して地上高 3 m 程度の防潮堤が設置されている。瀬戸内海沿岸のように、砂の移動の少ない海浜では、防潮堤の前面では生育環境が過剰に安定し、ウチワサボテン属など大型の外来植物や樹木が優占している。有明浜ではこれらの外来植物の駆除や希少種のモニタリング、地域住民への観察会などを地元のボランティア団体と広島工業大学緑地保全学研究室が協働して実施しており、お互いの強みを活かした保全活動が展開されている。

虹ヶ浜では、海浜規模は有明浜と同程度であるが、海浜植物の種数は大きく下回る。過去にはビロードテンツキやオニシバの生育が記録されているが、現在では絶滅と推定されている。虹ヶ浜では、マツ林の海側への植栽によって海浜植物の生育地が減少しており、海水浴利用も多く、その周辺では踏圧やピーチクリーナーによる裸地化が目立つ。一方、瀬戸内海では希少なケカモノハシ *Ischaemum antheophoroides*

が 2015 年に発見され、地域のボランティア団体による保全活動が広がりを見せつつある。虹ヶ浜の海浜植物群落は、2.7 km の海浜延長の中でも、河口砂州で面積や種数が多い(岡・上田 2017)。砂丘の発達は、津波や高潮への防災機能を高める効果が期待される。しかし、河口砂州では、河口閉塞によって、洪水時の流下阻害を引き起こし、氾濫の危険性を高めるため、すべての場所で砂丘の発達が許容されるわけではない。

瀬戸内海沿岸では、太平洋沿岸のように、大規模な津波の襲来が予測されているわけではないが、防災への関心の高まりもあり、今まで以上に防災と環境の両立が求められている。海浜植物の保全を進めていくには、有明浜の事例のように、GI としての砂丘や海浜植物の利活用を進めると同時に、海浜植物の魅力や価値を地域に発信し、保全活動につなげていくことも重要であるだろう。

議論とまとめ

本研究集会における議論の焦点は「海岸砂丘の保全や再生における広域的な視点の重要性と課題」および「海岸砂丘の GI としての可能性とそのための評価」についてであった。以下、議論の概要を示す。

1. 海岸砂丘の保全や再生における広域的な視点の重要性と課題

海岸砂丘は「陸と海を繋ぐ動的生態系」であるため、合理的な管理を実現するためには、エコトーンさらには沿岸域、流域といったより広域的視点を導入する必要がある。景観生態学に加えて海岸工学の知見やアプローチが欠かせない。

海岸砂丘の第一の特徴は、砂が創出する動的な生態系という側面にある。供給される砂は、河川によって運搬された陸域の土砂と波によって侵食を受けた岩石海岸から沿岸流によって運搬された土砂に大別される。砂浜に流れ着いた砂は、当初は湿っているが太陽光によって乾き、海側から陸側に吹く風によって内陸方向に輸送される。砂を捕捉するのは海岸漂着物や植物である。特に海岸砂丘植物は、埋没しても地下茎を延ばし、分枝を繰り返しながら上向き成長を続けるので、そこで砂丘が徐々に成長してゆくことになる。この点から砂丘は海岸砂丘植物と砂の相互関係によって創出された地形であると言える。一方、陸側に輸送された砂は、内陸から海側に

も風送される。この砂は海底に堆積した後、再び波によって運搬され、砂丘に供給される。この海浜と砂丘間を砂が往復し、動的平衡状態が保たれるシステムを *beach-dune system* という。海岸砂丘は砂の絶妙な供給バランスによって海域と陸域が接する領域に形成されたエコトーンである。

しかし、全国の海岸砂丘の多くは海岸構造物の設置、あるいは港湾や道路、公園等の土地利用によって改変され、エコトーンとしての連続性が遮断されている状況にある。また、河川上流に造られた治水ダムや、越波防止堤・導流堤等を有する港湾は、広域で見た流砂や漂砂の流れを乱している。そのため、海岸砂丘の保全にあたっては、海浜から砂丘にかけての場の確保とともに、沿岸域の漂砂の流れ、山地から河川を経由し海に至る土砂の流れといった広域スケールの流砂系を意識する必要がある。

この流砂系の攪乱は、海岸侵食を引き起こす。この現象を定量的に把握する学術分野として、海岸工学が存在する(宇田ほか 2013)。また、このような地表面で起こる侵食や堆積現象を扱う学術分野として、地形学が存在する(小花和・徳永 2013; Tamura *et al.* 2008)。海岸砂丘の動的な特徴を考慮し、保全や再生を計画するためには土木工学(海岸工学)や自然地理学(地形学)等との共同研究が有益であろう。

海岸工学の分野においては、海岸侵食による国土減少を食い止めるため、より精度の高い侵食予測や砂丘の変動予測の開発が進められているが、そのためには上述したような植生と地形の関係性を考慮する必要がある。植生や生態系、エコトーンといった生態学の視点が注目されつつある(清野 2000; 磯部 2008)。したがって、両者のさらなる歩み寄りが期待され、また、工学と生態学の境界領域に存在する GI は、まさに両者の協働を促進する魅力的課題と言える。

2. 海岸砂丘の GI としての可能性とそのための評価

GI はコンクリート構造物(グレーインフラ)に対して、多機能性、高い持続可能性、長期的な維持管理コストの安さといった優れた特性を有しているとされる(西廣ほか 2014)。海岸砂丘生態系も、海岸砂丘に限定した動植物だけでなく、水産生物へのハビタットの提供、前浜干潟における水質浄化、地下水の涵養、白砂青松や原生花園等の景観創出、高潮や津波に対しての防災・減災効果などの多様な機能

を有しており、また攪乱後も自律的に再生しうるシステムとして、高い持続可能性を有していると考えられる。

しかし、現時点ではこれらを統合した視座からの「GIとしての機能・価値評価」が十分に行われておらず、社会的認知を得るための「見える化」を進めることが喫緊の課題である。本研究会においても、「実際のところ、海岸砂丘のGIとしての評価はどのように実施されるべきなのか？」という問いかけが参加者からなされた。現行の評価方法としては、金銭ベースでの評価と物理的な評価があり、前者では代替法やCVM等が（國井 2016）、後者では、海岸砂丘が持つ津波の減衰能力をシミュレーションにより計算する事例等がある（野口ほか 2012）。社会実装性を高める上で、まずは全国各地の海岸砂丘に対して上述の評価を適用することが必要ではないか。一方、環境保全地域や自然公園等の指定、あるいは希少種や生物多様性の存続といった従来の規範・価値づけでは、国民的な認識が深まらないという現実もあり、新たな保護・保全戦略が模索されているといえよう。

3. まとめ

全国各地の海岸砂丘生態系と植生の現状についての事例紹介を基に、保全や再生の方向性の確認、およびGIの可能性について議論した。その中で、保全や再生に関しては、海岸砂丘が「海と陸を繋ぐ動的生態系」であるという特徴を考慮することの重要性が再確認され、海岸工学等の流砂系を研究対象とする専門家との共同研究の必要性が指摘された。また、海岸砂丘のGIとしての可能性に関しては、防災・減災効果はもとより、海水浄化や景観創出、レクリエーション利用など多様な機能を有することが確認され、これらの機能・価値の「見える化」が必要であることが議論された。しかし、これらの機能・効果の総合的な評価手法はいまだ確立されておらず、経済的価値も織り込んだ上でGIとしての社会実装性を高めるような研究、環境経済学者との共同研究の必要性がより鮮明化された。そして、地域の住民や行政等と共同した日常の活動こそが、保全や再生、GI社会実装のカギであることが改めて確認された。

引用文献

戎谷遵・二神良太・岡浩平. 2015. 瀬戸内海中部沿

岸域における海浜植物の希少性評価. 日本緑化工学会誌 41(1): 275-278.

戎谷遵・岡浩平. 2016. 小型 UAV を活用した香川県有明浜の海浜植生と微地形の把握. 日本緑化工学会誌 42(1): 163-166.

グリーンインフラ研究会・三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング・日経コンストラクション. 2017. 決定版！グリーンインフラ, 392pp. 日経 BP 社, 東京.

平吹喜彦・富田瑞樹・菅野洋・原慶太郎. 2011. 東日本大震災・大津波で被災した仙台湾砂浜海岸エコトーンとその植生状況. 薬用植物研究 33(2): 45-57.

星上幸良・小林照男・宇多高明・熊田貴之・酒井和也・三波俊郎. 2003. 千葉県外房に位置する平砂浦海岸における保安林造成と海岸浸食. 海洋開発論文集 19: 487-492.

磯部雅彦. 2008. 国土管理の基本となる流砂系土砂管理. 学術の動向 13(3): 52-53.

兼子信吾・大田陽子・白川勝信・井上雅仁・堤道生・渡邊園子・佐久間智子・高橋佳孝. 2009. 中国 5 県の RDB を用いた絶滅危惧植物における生育環境の重要性評価の試み. 保全生態学研究 14: 119-123.

菊池慶子. 2013. 失われたクロマツ林の歴史復元 — 仙台湾宮城郡の御舟入土手黒松・須賀黒松 —. 『歴史としての東日本大震災』（岩本由輝編）, 123-53. 刀水書房, 東京.

菊池慶子. 2016. 仙台藩の海岸林と村の暮らし クロマツを植えて災害に備える. よみがえるふるさとの歴史 10, 74pp. 蕃山房, 宮城.

國井大輔. 2016. 農業・農村の多面的機能と生態系サービスの定義と評価手法に関する整理. 農林水産政策研究 25: 35-55.

松島肇・愛甲哲也・近藤哲也・浅川昭一郎. 2000. 北海道石狩浜における海浜植生の被覆面積の変化. 環境情報科学論文集 (14): 295-300.

松島肇・有田英之・内藤華子・菅原峻. 2014. 石狩海岸における海浜環境の多様性とその保全への取り組み. 景観生態学 19(1): 41-49.

森脇広. 1979. 九十九里浜平野の地形発達史. 第四紀研究 18(1): 1-16.

永松大. 2014. 鳥取砂丘における最近 60 年間の海浜植生と人為インパクト. 景観生態学 19(1): 15-24.

永松大・坂田成孝・矢田貝繁明. 2016. 鳥取砂丘で

- のハマハナヤスリの再発見と鳥取県内でのトラノオスズカケとヤナギスブタの新規確認. 山陰自然史研究 No.12: 22-25.
- 西廣淳・原慶太郎・平吹喜彦. 2014. 大規模災害からの復興事業と生物多様性保全: 仙台湾南部海岸域の教訓. 保全生態学研究 19: 221-226.
- 野口宏典・佐藤創・島田宏行・真坂一彦・阿部友幸・木村公樹・坂本知己. 2011 年東北地方太平洋沖地震津波によるクロマツ海岸林被害の数値シミュレーションを用いた検討. 海岸林学会 11(2): 47-51.
- 小花和宏之・徳永朋祥. 2013. 南九十九里海岸の汀線変化に対する地盤沈下の影響評価: 海浜土砂収支に基づく検討. 沿岸域学会誌 26(3): 153-165.
- 越智春美. 1952. 砂丘植物の生理生態学的研究. 生態学会報 2(4): 177-179.
- 岡浩平・吉崎真司・小堀洋美. 2009. 湘南海岸沿岸域における砂丘の開発が海浜植生に及ぼす影響. 景観生態学 14(2): 119-128.
- 岡浩平・平吹喜彦. 2014. 2011 年大津波を受けた仙台湾南蒲生の海浜植物の再生状況. 保全生態学研究 19: 189-199.
- 岡浩平・上田優介. 2017. 山口県虹ヶ浜における海浜植物群落の成帯構造とその保全. 自然環境復元研究 9(1): 27-34.
- 清野聡子. 2000. 日本の沿岸環境保全における応用生態工学の展望—特に海岸の現状と問題点—. 応用生態工学 3(1): 1-6.
- Tamura, T., Murakami, F., Nanayama, F., Watanabe, K., and Saito, Y. 2008. Ground-penetrating radar profiles of Holocene raised-beach deposits in the Kujukuri strand plain, Pacific coast of eastern Japan. Marine Geology 248: 11-27.
- 津田智・富士田裕子・安島美穂・西坂公仁子・辻井達一. 2002. 小清水原生花園における海岸草原植生復元のとりくみ. 日本草地学会誌 48(3): 283-289.
- 宇多高明・野志保仁・熊田貴之・水垣 浩・宇野 晃. 2013. 九十九里浜北部(飯岡漁港～片貝漁港)の地形変化の再現と長期予測. 土木学会論文集 B2(海岸工学) 69(2): 531-535.
- Yano, N. 1986. Root Development of Sand Dune Plant Community. The Bulletin of Kobe College 32(3): 43-93
- 吉井義次. 1916. 太田山砂丘における砂丘植物の生態学的研究. 植物学雑誌 30: 359-377.