

干潟生態系のレストレーションに際しての生態系機能評価

誌名	ランドスケープ研究
ISSN	13408984
著者名	矢部,徹 野原,精一 宇田川,弘勝 佐竹,潔 広木,幹也 上野,隆平 河地,正伸 渡辺,信 古賀,庸憲
発行元	日本造園学会
巻/号	65巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 286-289
発行年月	2002年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



干潟生態系のレストレーションに際しての生態系機能評価

Functional Assessment for Restoration of Intertidal Sandy and Muddy Flat Ecosystems

矢部 徹* 野原精一* 宇田川弘勝** 佐竹 潔* 広木幹也* 上野隆平* 河地正伸*
渡辺 信* 古賀庸憲***

Tohru YABE, Seiichi NOHARA, Hirokatsu UTAGAWA, Kiyoshi SATAKE
Mikiya HIROKI, Ryuhei UENO, Masanobu KAWACHI, Makoto WATANABE
Tsunenori KOGA

1. はじめに

(1) 生態系の修復と機能評価手法

わが国における湿地のレストレーション(修復)は主にその景観と親水性の観点から他の生態系に比べて早い時期から試みられてきた。現在ではさらに踏みこんで、生態系としての修復が課題とされておりその結果として生物多様性の回復、水質改善や浄化機能の上昇が期待されている。人間活動による開発で回避(avoidance)の手続きがとられずに生態系の一部あるいは全てが破壊されてしまう場合、修復に際し何らかの基準で当該生態系の修復目標あるいは修復程度を評価する必要がある。生態系評価には単位面積あたりの生態系機能とその面的広がりといった質量両面からの評価が必要となる。米国では湿地生態系の評価法としてWET(Wetland Evaluation Technique), HEP(Habitat Evaluation Procedure), HGM(Hydrogeomorphic)アプローチといった手法が利用されてきたが、潮汐湿地は農業や宅地に不適な土地としてみなされ、事例も少ない。いっぽう我が国では古くから漁業をはじめ人間生活と干潟が深く関わり、同時に狭い国土を補うために埋め立ての歴史も古い。現在でも諫早、藤前、三番瀬といった残された貴重な干潟が次々と存続の危機にさらされているにもかかわらず干潟における生態系機能の評価手法は確立していない。

(2) HGMアプローチの特徴

HGMアプローチは湿地生態系に特化した比較的新しい機能評価手法で、はじめに対象湿地を水文地形学的(Hydrogeomorphic)に分類した7つのクラス、すなわち窪地(Depressional)、湖周辺(Lacustrine fringe)、感潮域(Estuarine fringe)、傾斜地(Slope)、河岸(Riverine fringe)、無機土壌平地(Mineral soil flat)、有機土壌平地(Organic soil flat)に分類する(Smith et al., 1995¹⁾)。HGMアプローチを提唱した米国陸軍工兵隊(U.S. Army Corps of Engineers)の管理管轄は平均水面以上の陸域湿地である(Shafer and Yozzo, 1998²⁾)ため、

潮間帯に属するいわゆる干潟についてはこれまで適用されていない。各クラスは上位のサブクラスである地域スケールの気候条件や地質条件などを基準に分類され、さらに下位のサブクラス分類基準である水の供給様式、傾斜、氾濫原および流域の位置と大きさ、塩分濃度、景観構成要素などを基準にして細分される(Smith et al., 1995¹⁾)。HGMアプローチでは同一の水文地形学サブクラスは同等の機能を持つ(Brinson, 1993³⁾)と定義されていることが特徴で、サブクラスに分類する作業は開発に対対象生態系を迅速かつ正確に評価することを意味する。その点でいわゆる詳細な湿地目録や希少種の存否に焦点をおいた生物目録を作成する手法と異なる。サブクラス内には評価対象地域とその季節的および地理的な変異幅を把握するための参照地域および人為の影響をできる限り受けていない参照基準地を含んだ複数の湿地を含む領域(domain)を選定し、領域内に共通に想定される機能を評価チームに属する専門家が設定し、実際の調査を行う(Smith et al., 1995¹⁾)。

本論文では同一の水文地形学サブクラスは同等の機能を持つ、というHGMアプローチの原則を日本の干潟生態系において、検証することを目的とする。湿地生態系の機能の指標についてはBrinson(1993)が提唱した5項目である水の特徴(Water Characteristics)、底質の特徴、栄養条件、pH、色(水色)、に準じて設定した。

2. 調査地と調査方法

本研究では欧米のHGMアプローチの感潮域クラスよりも水深が深い干潟域、具体的には平均海面より深く低潮時に干出する砂泥底質平坦地(intertidal sandy and muddy flat)を干潟と定義し、調査対象とした。

調査地点には北海道3箇所(春国岱、風蓮湖、琵琶瀬川河口)、東京湾3箇所(西三番瀬、谷津、富津)伊勢湾2箇所(藤前、南知多奥田)有明海2箇所(田古里川河口、七浦)、沖縄3箇所(石垣島網張、西表島古見、干立)の

*独立行政法人国立環境研究所生物圏環境研究領域 **科学技術振興事業団 ***和歌山大学教育学部

13 箇所を選定した。潮汐表⁴⁾から各調査地点に最も近い標準港を選定し年最大干満差を算出した。現地調査は1999年に2度実施し、その間は2潮、約4週間であった。1回目の調査は5月29日(沖縄県)から8月12日(北海道)にかけて、2回目の調査は6月28日(沖縄県)から9月10日(北海道)まで実施し、季節変動については本研究では研究対象としなかった。

各干潟の中央部に10-15m間隔で5つの調査地点を配置し、調査は大潮干潮時の干出直後に行った。干潟内の空間変動については本研究では調査対象としなかった。

電気伝導度(EC)、水素イオン濃度(pH)、酸化還元電位(ORP)、地温はハンディ型計器を用い現場で測定した。

表層から深度10cmまでの底質を直径約55mm長さ約100mm体積250mlの塩化ビニール製のコアサンプラーを用いて各地点5本ずつ採取した。

セラミック製採取器を用いて間隙水を採水し、比色およびイオンクロマトグラフ法で表1に示すような各種イオン濃度を測定した。上げ潮時に採取した干潟直上水についても同様な測定を行った。

底質サンプルは攪拌後分取し、105℃で48時間以上加熱して含水率と乾燥密度を測定した。さらに550℃で2時間加熱して強熱減量を算出した。

サンプルの一部を湿式灰化しプラズマ発光分光分析法で主要元素を測定した。粉碎機により微粉化したサンプルは乾式燃焼法および比色定量によって全炭素、全窒素、全リンを測定した。可吸態リンおよび窒素は抽出後、比色定量で測定した。

粒度分析は湿式篩分法と過酸化水素水による有機物除去後に乾式篩分および沈降法を併用して行い、中央粒径値(Mdφおよびd)および含泥(63μm以下の各分)率を算出した。

底質の流動状態を評価するために、直径約10mmの園芸用のビニール被覆鉄パイプを干出中の干潟底質に4-6本挿入し、突出部の長さの変化率を計算した。

表-1 生態系機能の指標としての調査項目。図中における略号とともに併記した。

底質の特徴 15項目		水の特徴 15項目		栄養条件 10項目	
電気伝導度	EC	年最大干満差	Tide	底質中の含有量	
水素イオン濃度	pH	間隙水中の濃度		可給態窒素	AvN
酸化還元電位	ORP	ナトリウムイオン	InNa	可給態リン	AvP
温度	T	カリウムイオン	InK	全窒素	TN
含泥率	cw	マグネシウムイオン	InMg	全リン	TP
中央粒径	Md	カルシウムイオン	InCa	間隙水中の濃度	
重量含水率	w	塩素イオン	InCl	硝酸および亜硝酸態窒素	InNO
乾燥密度	ρd	硫酸イオン	InSO	アンモニア態窒素	InNH
強熱減量	Li	塩分	InSal	リン酸態リン	InPO
底質流動	Sfu	直上水中の濃度		直上水中の濃度	
底質中の含有量		ナトリウムイオン	Na	硝酸および亜硝酸態窒素	NO
全炭素	TC	カリウムイオン	K	アンモニア態窒素	NH
全アルミニウム	TAI	マグネシウムイオン	Mg	リン酸態リン	PO
全カルシウム	TCa	カルシウムイオン	Ca		
全鉄	TFe	塩素イオン	Cl		
全マグネシウム	TMg	硫酸イオン	SO		
		塩分	Sal		

これら13箇所における40項目(表1)の測定結果から得られた相関係数行列を用いて主成分分析を実施した。

3. 結果

対象とした13干潟を水文地形学的な特徴で分類した。河口より陸側に位置する河口域干潟には琵琶瀬川河口と田古里川河口干潟、海の一部が砂嘴や砂州によって仕切られた半隔離水界である潟湖干潟には、網張、谷津、風蓮湖が分類された。このうち谷津は流入河川を持たなかった。残りの8干潟はすべて前浜干潟に分類され、南知多、富津では付近に大きな河川が無かった。これらをまとめると地形的特徴と水供給源によって5つのクラスに分類された(表2)。

気候サブクラスについては、陸上植物の分布から得られた気候区分(沼田, 1987⁵⁾)に従えば亜寒帯:北海道3箇所、暖温帯:本州5箇所および九州2箇所、亜熱帯:沖縄3箇所に分類された。さらに海流の影響を加味した海藻分布から得られた気候区分(千原, 1997⁶⁾)に従えばI区:北海道3箇所、II区:本州5箇所、III区:九州2箇所と沖縄3箇所に分類された。

底質サブクラスについては、有明海2地点で含泥率70%以上と高かった。琵琶瀬川河口では40%程度であったが、有機物除去後は藤前、谷津、風蓮湖と同様に20%-30%に低下した。そのほかの干潟では10%以下であった。Wentworth区分によれば七浦がsiltyclay、田古里川河口がsand-silt-clay、他の地点は全てsandに分類された。本研究では、泥干潟(有明海2地点)、砂泥干潟(藤前、谷津、風蓮湖、琵琶瀬川河口)、砂干潟7地点に分類し、底質サブクラスを3つに分類した。

次に生態系機能に関する指標40項目による主成分分析の結果、13干潟を類型化した結果を図1に示した。第1および第2主成分の累積寄与率は64%、第1主成分だけでも48%が決定されていた。調査項目による変量プロットと調査地点の主成分分析結果から、第1主成分は塩分濃

表-2 調査地の水文地形学的な分類結果

地形サブ クラス	主要な 水供給源	その他の水供給源	調査地	地形サブ クラス	
前浜 干潟	海	特になし(小河川)	富津干潟(東京湾) 南知多奥田海岸(伊勢湾) 七浦海岸(有明海)	B1	
		隣接する大きな河川 (下げ潮時影響大)	香取湾(東京湾) 西三浦湾(東京湾) 藤前干潟(伊勢湾) 古見干潟(沖縄西表) 千立海岸(沖縄西表)	B2	
潟湖 干潟	海	特になし(小河川)	地下水	谷津干潟(東京湾)	L1
		隣接する大きな河川 (下げ潮時影響大)	風蓮湖(北海道) 網走干潟(沖縄石垣)	L2	
河口域 干潟	河川	海(上げ潮時影響大)	琵琶瀬川河口(北海道) 田古里川河口(有明海)	E	

度に代表される海水と淡水の供給状況および底質の含泥率と鉱物組成の影響、第2主成分は底質の有機物量とリン、アンモニアに代表される流入負荷の影響を示していると解釈された。

以下に因子負荷量の高かった項目について、水文地形学的分類と併せて結果を示す。ECは地形サブクラスB1(表1を参照、以下同様)に属する七浦、藤前(B2)、田古里川河口(E)で高く、海水同様高いpHを示したのは南知多(B1)、古見と干立(B2)、風蓮湖(L2)であった。

含水率は琵琶瀬川河口(E)、田古里川河口と七浦が50%以上と高く、乾燥密度は低かった。そのほかの干潟では含水率は20%前後であった。藤前では含水率は他の地点と大きく変わらないが乾燥密度は低かった。

塩素イオン濃度は間隙水、直上水とも七浦、藤前、網張(L2)で低かった。有明海の七浦、田古里川河口と流域が都市部である西三番瀬(B2)、藤前で直上水の硝酸及びアンモニア濃度が高く、リン酸態リンは七浦、西三番瀬、藤前、谷津(L1)、流域に牧場を持つ春国岱(B2)、風蓮湖で高かった。

底質の全炭素については泥炭が形成されていた琵琶瀬川河口で卓越した。底質中の可給態リンについては藤前で卓越し、流域負荷の高い東京湾3地点、北海道3地点においても比較的高かった。干立、網張ではカルシウムが多かった。有明海2地点ともアルミニウムが卓越した。伊勢湾2地点では鉄とアルミニウムがほぼ等量存在し、その他の干潟ではアルミニウム、鉄、カルシウム、マグネシウムの存在比は海域ごとに類似した。

底質流動は春国岱、七浦、干立で堆積が卓越し、田古里川河口では侵食がみられた。それ以外の地域では流動は少なかった。西三番瀬では人為的攪乱で欠測した。

4. 考察

水文地形学的クラス(表2)は、前浜干潟(B1, B2)で生態系機能の指標と対応がとれなかった(図1)。また前浜干潟、潟湖干潟、河口域干潟という分類は扱うスケールによって入れ子構造を示すことが七浦、藤前で示唆された。多くの河川を内包する有明海湾奥に位置する七浦は数100m程度の小スケールではB1に区分された。しかし七浦(B1)は琵琶瀬川河口、田古里川河口(E)と類似した機能指標(ECや含水率)を示した。これは数km離れた鹿島川や塩田川、さらに数10km程度離れた六角川、筑後川の影響であると考察された。また、伊勢湾湾奥に位置する藤前(B2)は日光川、庄内川、新川河口内部には位置しないが数100mで隣接する。これら河川の影響を強く受けて河口域干潟的な機能指標(ECや乾燥密度)を示したと考察された。したがって水文地形学的クラスはスケールによって結果が左右される分類方法であると結論した。

気候および底質サブクラスと生態系機能指標の分類結果

の対応関係を図2に示した。生態系機能指標は泥、砂泥、砂干潟の底質サブクラスに対応して3群に分類された。気候サブクラスについて、陸上および海藻植生による気候分類との対応はとれなかったが、北海道では土壌に未分解の植物遺骸が泥炭となって堆積しており北海道の気候が生態系機能に大きく影響していた。沖縄の一部干潟の底質は熱帯海域の特徴である有孔虫の死殻から構成され、それに起因するカルシウムはリンの吸着に大きな影響を与えること

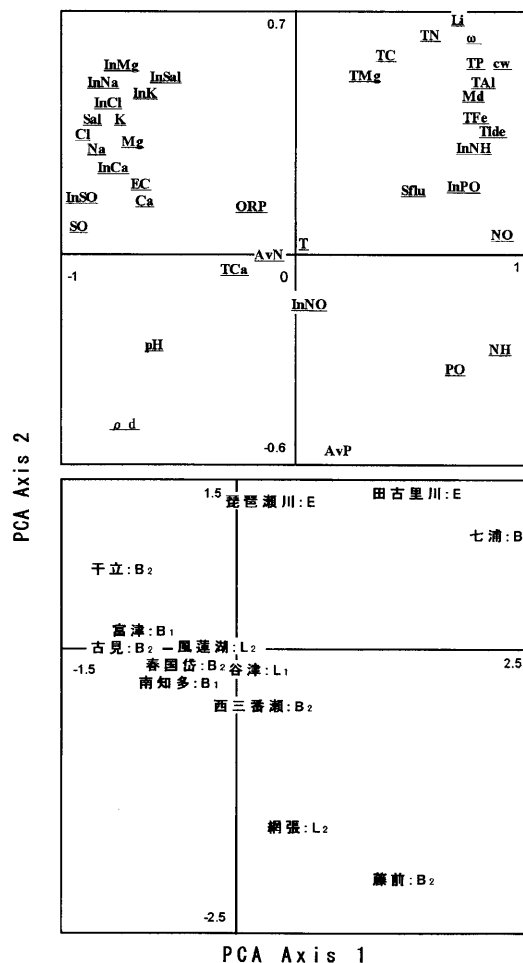


図-1 主成分分析の結果。測定項目の变量プロット(上)と各調査地点の主成分得点(下)。上図中の略号は表1、下図中の地点名に続く略号は表2を参照。

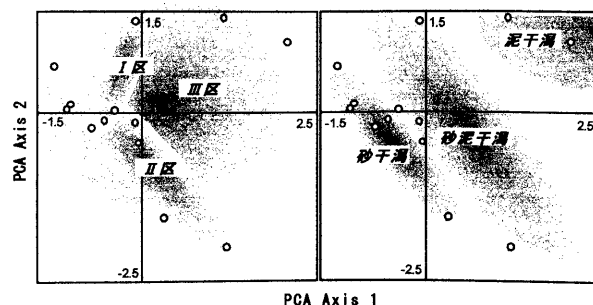


図-2 調査地点の機能指標による分類結果と気候サブクラス(左)、底質サブクラス(右)との対応。気候サブクラスは海藻植生によるものを示した。

が予想される。したがって気候サブクラスは海域サブクラスとも言い替えることができる下位のサブクラスとして利用できると考察した。

欧州で HGM アプローチを用いて湿地の生態系評価手法の確立を試みている欧州湿地生態系機能解析 (FAEWE: Functional Analysis of European Wetland Ecosystems) プロジェクトでは水文地形学的に均一な天然の地形単位では土壌・底質も同一であるという原則に基づいて研究を進めている (Maltby, E. *et al.*, 1994⁷⁾)。米国と異なるのは欧州の湿地スケールが小さいため、水文地形区分 (HGM U: Hydrogeomorphic Unit) を小さくしていること、古くから人間が湿地を管理および改変してきたという背景を反映し植生を生態系機能の指標に利用しないことにある (McInnes, R.J. *et al.*, 1998⁸⁾)。日本の干潟においても欧州型 HGM アプローチと同様に対象地域に対し数 100m 以下の小スケールで水と底質の特徴に応じて水文地形区分を分類し評価を行うことが、干潟における最も迅速で適切な生態系機能の評価手法であると考察した。

本研究は環境庁重点国際共同研究「干潟等湿地生態系の管理に関する国際共同研究」の一環として、欧州 FAEWE 研究グループ、米国 HGM アプローチ研究グループらとの共同研究として実施されたことを付記する。

謝辞

本研究の調査地選定に際し貴重な助言を下された、千葉県水産試験場富津分場柴田輝和氏、千葉県立浦安高校新谷直人教諭、森山町郷土資料館村山茂樹学芸員、野外調査において施設使用を快く許可して下さった、浜中町霧多布湿原センター、習志野市谷津干潟自然観察センター、名古屋女子大学、森山町郷土資料館、七浦地区干潟展望館、環境庁(当時)国際サンゴ礁保護研究センターおよび沖縄自然保護事務所と西表分室、琉球大学熱帯生物圏研究センター西表実験所の皆様に深く感謝いたします。現地調査に際し便宜をはかって下さった根室市春国岱原生野鳥公園、根室湾中部漁業協同組合、船橋漁業協同組合、富津漁業協同組合、千葉県漁業協同組合連合会、南知多ビーチランドおよびビーチランド西海岸奥田中あさり組合、野間漁業協同組合、鹿島市漁業協同組合と千葉県、富津市、船橋市、習志野市の

各担当部局、財団法人海中公園センター、そして本研究に関わって下さった全ての皆様に感謝いたします。

引用文献

- 1) Smith, R.D., Ammann, A., Bartoldus, C. and Brinson, M.M. (1995): An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices. : Technical report WRP-DE-9. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS., 71pp.
- 2) Shafer, D.J. and Yozzo, D. J. (1998): National guidebook for application of hydrogeomorphic assessment to tidal fringe wetlands. : Technical report WRP-DE-16, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS., 59pp.
- 3) Brinson, M.M. (1993): A hydrogeomorphic classification for wetlands. : Technical report WRP-DE-4. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS., 79pp.
- 4) 海上保安庁 (2000): 潮汐表 第1巻 日本及び付近., 454pp
- 5) 沼田 真 (1987): 植物生態学論考. 東海大学出版会, 東京, 918pp
- 6) 千原光男 (1997): 日本沿岸の海藻フロラ.: 植物の世界,(12), 朝日新聞社, 東京, 254-256
- 7) Maltby, E., Hogan, D.V., Immirzi, J.H., Tellam, J.H. and van der Peijl, M.J. (1994): Building a new approach to the investigation and assessment of wetland ecosystem functioning : In: W.J. Mitsch (Ed). Global Wetlands: Old World and New. 637-658.
- 8) McInnes, R.J., Maltby, E., Neuber, M.S. and Rostrun, C.P., (1998): Functional analysis: transforming expert knowledge into a practical management tool. : In: A.J. McComb and J.A. Davis (Eds) Wetlands for the Future. Gleneagles Publishing, Adelaide, 407-429.

Summary : The restoration of the wetland ecosystems is an essential problem in the world, however, the evaluation technique for the functions of ecosystems, especially in the intertidal wetlands, has not been established still in spite of the ecosystems adjoining with the human life. The Functions of a wetland tend to roughly correspond with characteristics of both the water and sediments of the wetland. In this study, the 13 intertidal sandy and muddy flat wetlands were selected from Hokkaido to Okinawa, and the indicators for water and sediments were investigated as a first step of the functional ecosystem assessment in Japan. The classification for traditional landform subclass, i.e. fore-beach, estuary and lagoon, was unclearly changeable, and it often did not agree with the functional classification. In the intertidal sandy and muddy flat wetlands in Japan, the subclass for HGM Approach should be set corresponding to the characteristics of influent water and sediments, and it was considered that the ecosystem evaluation should be carried out in each Hydrogeomorphic Unit classified at smaller-scale than the original HGM Approach in U.S..

(2001.12.28 受付, 2002.2.22 受理)