

干潟造成技術マニュアル(Ver. 1)

～成功事例に学ぶ干潟造成技術～

平成 18 年 3 月

国土交通省中国地方整備局

広島港湾空港技術調査事務所

干潟基盤の状況



海老地区造成干潟空中写真：2005年6月6日撮影（推定潮位 C. D. L+0.45m）

干潟面上の岸沖方向の細く白っぽい部分は砂分が多い砂州地形である。干潟沖の干潟と汀線方向の黒い部分は潜堤の影である。



干潟の微地形

干潟表面の緩やかな凹凸により、大小様々な大きさのタイドプールや砂州地形などの微地形が形成されている。



干潟の保水性

干潮時にも干潟基盤表面からの地下水位の低下幅が小さく、干潟表層に水分が保持され、湿潤な環境が維持されている。



干潟を蛇行するクリーク



干潟面に多数に存在する生物の生息孔
（写真の方形枠は 50cm × 50cm）

干潟機能の発揮



干潟に生息するアサリ



干潟に生息するハクセンシオマネキ

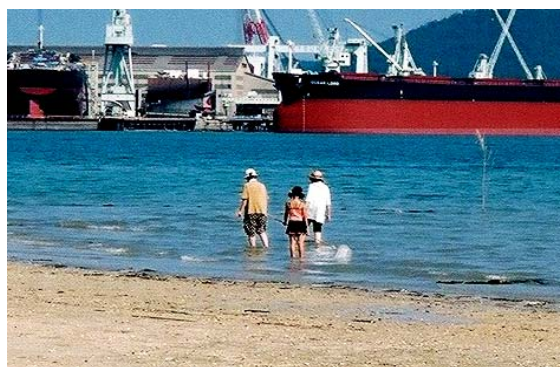


干潟に生息するスナモグリとその巣穴(写真右上)

巣穴壁面をシルトで覆う裏打ち構造を施した巣穴を形成している。



干潟汀線付近に生育するアマモとアマモに産み付けられたコウイカの卵(写真右上)



干潟で自然に触れあう親子



干潟で潮干狩りを行う地元漁業者

はじめに

2003年より「自然再生推進法」が施行され、沿岸域においては干潟や藻場等の再生(保全, 修復, 創造)が強く求められている(海の自然再生ワーキンググループ, 2003)。また、瀬戸内海においても瀬戸内海にふさわしい環境を確保し維持すること、また、これまでの開発等に伴い失われた環境の回復を目標とし、環境修復にかかる施策を総合的かつ計画的に推進するため「瀬戸内海環境修復計画」が策定された。この中で、今後約20年間で藻場・干潟等の浅場を約600ha修復することが目標とされている。

上記の通り、瀬戸内海をはじめとする沿岸域の環境修復については、近年その必要性及び重要性が多くの人々に認識されているところである。

一方で、沿岸域の環境修復に必要な科学的な知見、実現する為の技術は不足しており、ニーズと技術のギャップが大きく、これまでに造成された干潟に対する否定的な評価も多く存在する。

特に、干潟の機能発揮の前提となる干潟基盤については、圧密沈下及び漂砂等によるある程度の変化を許容しつつも、干潟生態系という人為的なコントロール及び予測評価が非常に難しい機能の発揮を前提としており、技術的検討の内容及び項目は、生態工学、海岸工学及び地盤工学等、非常に複雑かつ多岐に渡り、その検討・照査方法も研究途上にあるものも多い。

本マニュアルは、成功事例として評価されている造成干潟の現地調査等に基づき、自然に近い生物生息機能を発揮するための干潟基盤の物理的必要条件を明らかにし、今後、干潟を造成する場合に事業主体あるいは技術者がどのような情報を整理・解析し、照査するべきかその参考としてとりまとめたものである。

本マニュアルの活用により、干潟造成技術に関する生態工学、海岸工学及び地盤工学等の協働が促され、今後造成される干潟について成功(目標達成)の確率が向上することを期待したい。

広島港湾空港技術調査事務所

瀬戸内海海域環境技術検討調査委員会委員名簿

区分	氏名	所属・役職	専門分野
委員長	土田 孝	広島大学大学院工学研究科教授	地盤工学
委員	西嶋 涉	広島大学環境安全センター教授	生態工学
委員	日比野 忠史	広島大学大学院工学研究科助教授	海岸工学
委員	長尾 正之	(独)産業技術総合研究所 地質情報研究部門 研究員	環境水理
委員	中村 由行	(独)港湾空港技術研究所 海洋・水工部領域長	沿岸環境
委員	栗山 喜昭	(独)港湾空港技術研究所 海洋・水工部室長	海岸工学
委員	佐々 真志	(独)港湾空港技術研究所 地盤・構造部 研究官	水際地盤
委員	古川 恵太	国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 室長	自然再生
委員	横山 正樹	(社)日本埋立浚渫協会 技術委員会 専門委員	施工全般

目 次

第1章 マニュアルの概要		
1.1	マニュアルの目的	1-1
1.2	マニュアルの全体構成	1-1
1.3	マニュアルの対象範囲と留意点	1-2
1.3.1	マニュアルで対象としている主な機能と対象範囲	1-2
1.3.2	マニュアルの使用上の留意点	1-3
第2章 干潟の特徴と機能		
2.1	干潟の地形的特徴	2-1
2.2	干潟基盤の特徴	2-3
2.3	干潟の機能	2-4
2.3.1	生物生産機能	2-4
2.3.2	生物生息機能	2-5
2.3.3	水質浄化機能	2-5
2.3.4	親水機能	2-6
2.3.5	その他の機能	2-6
第3章 海老地区造成干潟の機能発揮要因		
3.1	海老地区造成干潟の概要	3-1
3.1.1	事業概要	3-1
3.1.2	海老地区造成干潟の立地(自然)条件	3-2
3.1.3	海老地区造成干潟の現況	3-3
3.1.4	海老地区造成干潟の生物の生息状況	3-4
3.2	海老地区造成干潟の機能発揮要因	3-7
第4章 長期安定的に機能発揮する造成干潟の定義		
4.1	干潟基盤の長期的な安定	4-1
4.2	生態系の復元力の発揮	4-1
4.3	上記要件を満足するための指標	4-1
4.3.1	地形の安定	4-1
4.3.2	テラス地盤高	4-1
4.3.3	干潟基盤表層の性状(シルト・粘土分及び有機物含有量)	4-1
4.3.4	干潟基盤表層の保水性	4-1
第5章 海老地区造成干潟の機能発揮要因に基づく干潟の設計手法		
5.1	マニュアルで提案する設計手法の概要	5-1
5.1.1	従来の干潟設計の考え方と課題	5-1
5.1.2	今回提案する設計手法の骨格	5-1
5.1.3	提案する干潟造成の具体的検討手順	5-3
5.1.4	干潟検討手順の考え方	5-3
5.2	干潟基盤の具体的検討	5-5
5.2.1	現況調査	5-5
5.2.2	目標設定	5-7
5.2.3	物理的必要条件の定量化手法	5-7
5.2.4	物理的必要条件を満足するための設計(照査)手法	5-9
5.2.5	施工	5-12
5.2.6	維持管理	5-13
第6章 干潟設計手法のケーススタディ		
6.1	ケーススタディの前提条件	6-1
6.2	現況調査	6-1
6.2.1	計画地周辺の自然干潟の選定	6-1
6.2.2	現況調査計画の策定及び実施	6-1
6.2.3	現地調査時の留意点	6-2
6.3	造成干潟の目標設定	6-3
6.4	造成干潟の設計	6-3
6.4.1	造成干潟の設計手順	6-3
6.4.2	物理的必要条件の定量化	6-4
6.4.3	干潟断面の検討	6-7
6.4.4	地下水位低下幅の照査	6-11
6.4.5	圧密沈下の検討	6-11
6.4.6	地形変化(漂砂)の照査	6-12
6.4.7	干潟断面の比較・決定	6-12
参考資料		
資料-1	海老地区造成干潟の知見に関する技術的根拠(現地調査・解析結果)	資料 1-1
資料-2	海老地区造成干潟の設計・施工・維持管理の概要	資料 2-1
資料-3	マニュアル中の主な用語解説	資料 3-1

第1章 マニュアルの概要

1.1 マニュアルの目的

本マニュアルは、造成干潟の成功事例として評価されている尾道糸崎港海老地区造成干潟の機能発揮要因に基づき、干潟造成の技術的検討の考え方を提案するものである。

一般的な造成干潟の理想像は、自然干潟となるべく似ていること、つまり、造成干潟における生態系の構造や機能が、自然干潟のそれと類似していることである。しかし、広島県内53箇所の干潟を対象に実施された調査によると、造成干潟について以下のように報告されており、機能面において自然干潟に比較して劣っているとの報告¹⁾もある。

- ① 造成干潟は一般的に構造上不安定なものが多い。
- ② 生物の種及び量が少ない上に、生息する生物の安定性も悪い。
- ③ 生態学的価値も浄化能力も低い。

一方で、航路浚渫土砂を活用して造成された尾道糸崎港海老地区の造成干潟では、周辺の自然干潟と同程度の底生生物現存量(個体数及び湿重量)及び多数の貴重種等が報告^{2)、3)、4)}されており、成功事例として社会的にも高く評価(H15年度土木学会環境賞受賞)されている。しかし、どのような条件で設計・施工を行えば、自然に近い干潟が造成されるのか、その要因は明らかになっていない。

本マニュアルは、海老地区造成干潟を自然に近い干潟(長期安定的に機能発揮する干潟)として位置付け、現地調査等により整理された海老地区造成干潟の機能発揮要因に基づき、干潟基盤造成の検討・実施に際して、技術的検討の考え方を提案するものである。

1) 広島県ホームページ <http://www.pref.hiroshima.jp/eco/c/higata/tokusei/>
2) 大山洋志(2003): 浚渫土を用いた干潟・藻場再生事業、土木施工44巻7号 p.38~43
3) 春日井康夫ら(2003): 広島県尾道糸崎港における干潟再生事業、海洋開発論文集Vol.19 p.107~112
4) 大山洋志ら(2003): 干潟の生物生息機能-尾道糸崎港の整備干潟調査事例-、海洋調査協会報No.73 p.28~31

1.2 マニュアルの全体構成

本マニュアルの全体構成は図-1.2.1に示すとおりである。

第1章は、本マニュアルの目的、前提条件及び使用上の留意点等について記載している。

第2章は、干潟の定義や機能についての一般的認識や知見を、既存文献から引用し記載している。

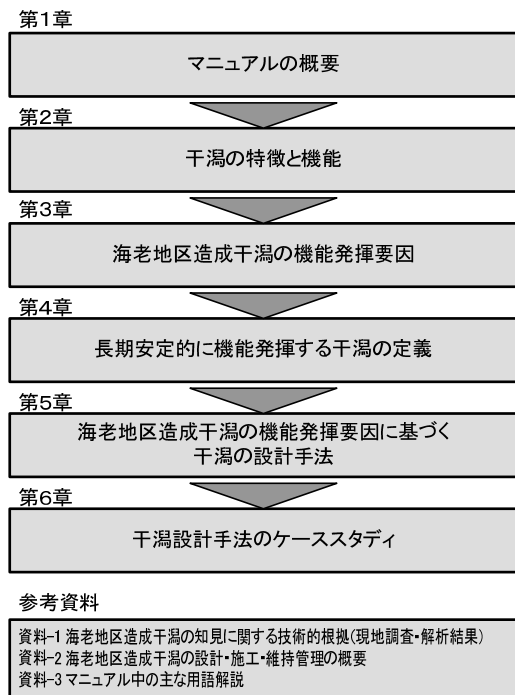
第3章は、海老地区造成干潟の現地調査等に基づく機能発揮要因について記載している。

第4章では、第3章において示した海老地区造成干潟の機能発揮要因に基づき、長期安定的に機能発揮する干潟の定義について提案している。

第5章では、第3章及び第4章に基づいて干潟の設計手法への展開について提案を行っている。

第6章では、第5章で提案した干潟の設計手法について、任意の干潟造成計画を仮定し、ケーススタディを示している。

また、巻末参考資料には、海老地区造成干潟の現地調査等から得られた知見及び技術的根拠、海老地区造成干潟の設計・施工・維持管理等に関する情報及びマニュアル中の主な用語解説を添付している。



1.3 マニュアルの対象範囲と留意点

- 干潟の持つ機能のうち生物生息機能を主な対象とする。
- 干潟基盤の造成に関する技術的検討を主な対象範囲とする。
- 比較的静穏な海域に造成されるテラス幅が150～300m程度の前浜干潟を対象とする。
- 中詰め材にシルト・粘土分を主体とした浚渫土砂を活用した2層構造の干潟を対象とする。

1.3.1 マニュアルで対象としている主な機能と対象範囲

(1) マニュアルで主に対象とする機能

一般的に生物生息機能とその他の機能(生物生産、水質浄化及び親水機能)は相互に密接に関連している。その中で生物生息機能は、その他の機能を発揮するために前提条件になる機能となっている。(図-1.3.1 参照)

したがって、本マニュアルでは、主に生物生息機能、すなわち干潟に生息する生物の現存量(種類数、個体数及び湿重量)に着目している。

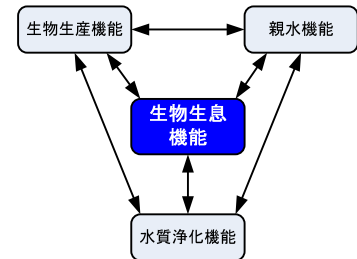


図-1.3.1 干潟機能相互の関連模式図

(2) マニュアルの検討範囲

干潟生態系の発達過程は、図-1.3.2に示すレベル1からレベル3までの3つの段階に分けられる。¹⁾

干潟の底生生物の多くは、多産・短寿命・卵や幼生や個体の大きな分散能力といった増殖特性を持ち、外乱や環境変動による生息個体の損失を補うことができ、生息場所が適切に整備され適切な環境条件が提供されていれば、周囲に浮遊する卵・幼生等の加入・定着が期待でき、その場を好み・その場で生息できる生物種を中心に場所に応じた生態系の形成も期待できる。²⁾

しかし、その干潟生態系の発達過程を人為的に制御することは困難であることから、物理・化学的な条件と生物生息機能との関係を明らかにし、生物生息の条件を制御していく必要があり、まずは干潟生態系の発達の前提となる干潟基盤を造成することが重要と考えられる。

したがって、本マニュアルでは、干潟生態系発達の前提条件となる「様々な生物が定着する可能性の高い干潟基盤の造成(レベル0)」に関する技術的検討を主な検討範囲とする。

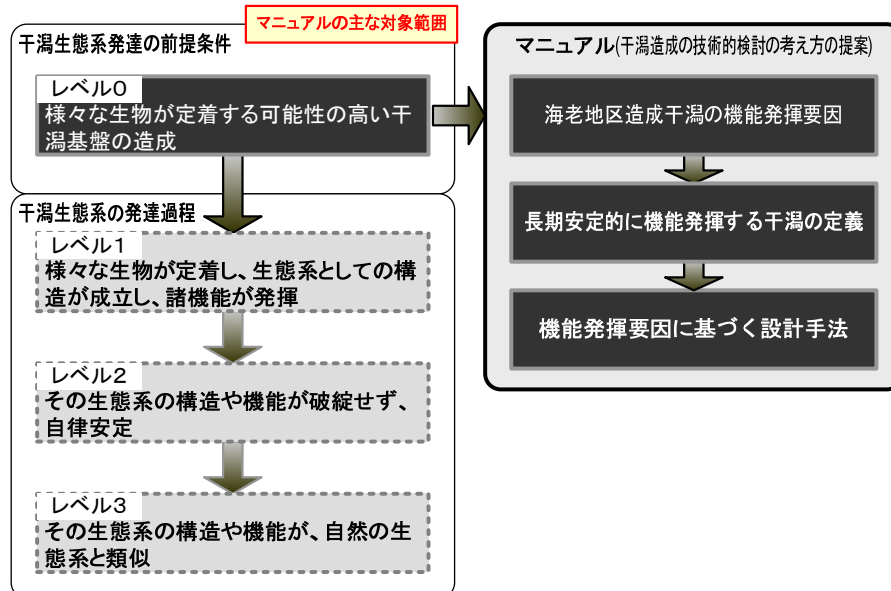


図-1.3.2 マニュアルの対象範囲と干潟生態系の発達過程

1) 桑江朝比呂, 造成された干潟生態系の発達過程と自律安定性, 土木学会論文集 No790/VII35, 25-35, 2005. 5

2) 国土交通省港湾局, 海の自然再生ハンドブック (第2巻干潟編), p. 36

(3) マニュアルで主に対象とする干潟のタイプ等

本マニュアルは、海老地区造成干潟の現地調査結果等に基づき提案するものであり、その海老地区造成干潟の立地条件、干潟構造等から、その対象範囲は、以下のとおり限定される。

『瀬戸内海の比較的静穏な海域に造成する砂泥質の干潟で、構造的にはテラス幅が 150～300m 程度（表-1.3.1 参照）¹⁾の前浜干潟（図-1.3.3 参照）²⁾で、中詰め材にシルト・粘土分を主体とした浚渫土砂を活用した 2 層構造の造成干潟（図-1.3.4 参照）』

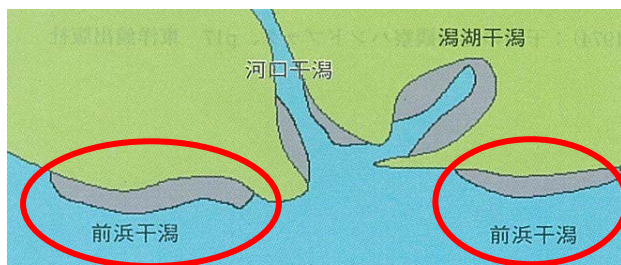


図-1.3.3 対象とする干潟のタイプ

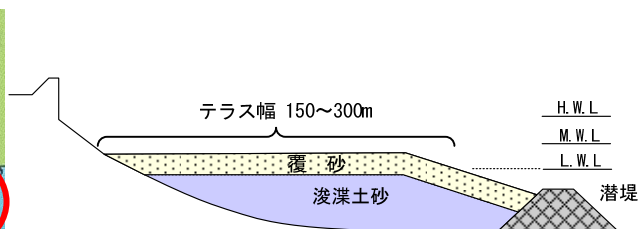


図-1.3.4 対象とする干潟の構造（2層構造）

1) 姜岡求ら：自然・人工干潟の地形及び地盤に関する現地調査(2001)港湾空港技術研究所資料 No.1010 を編集し作成
2) 国土交通省港湾局/環境省自然環境局, 干潟ネットワークの再生に向けて

1.3.2 マニュアル使用上の留意点

(1) 本マニュアルは、海老地区造成干潟での事例調査に基づき、汎用的に適用可能な知見を主として取りまとめたものである。類似の干潟のタイプの造成においては、具体的な目標設定・評価指標が例示されているので、自然環境の変動、地域的な特性、事業の性格等に配慮し、示された現況調査・目標設定・施工・維持管理の手法を弾力的に適用することが本マニュアルの活用方法として適当である。

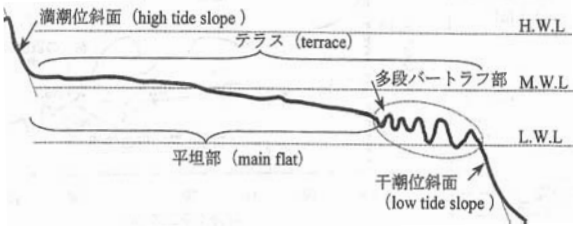

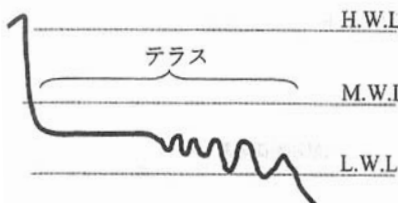
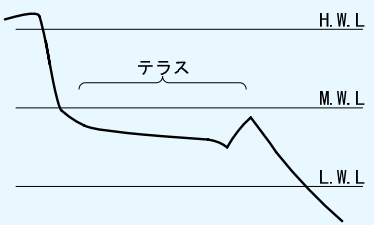
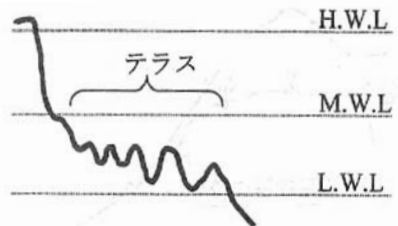

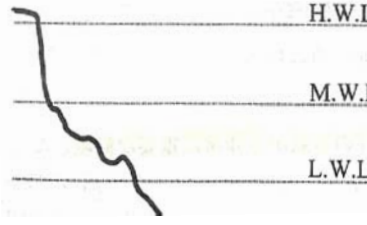
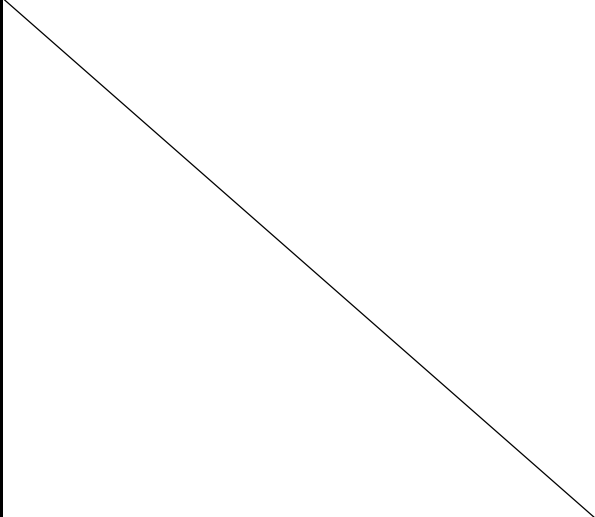
なお、異なる干潟のタイプにおいては、本マニュアルの適用範囲外であるが、現況調査手法や維持管理のための評価指標等、ここに示された知見を部分的に参考にし、適用することができる。

(2) 本マニュアルは、干潟造成の技術的検討を行う際の参考資料として位置づけられるものであり、拘束力を持って統一された値や手法を限定的に定めたものではない。

本来、造成される干潟の目的及び要求される機能については、個別事業毎に合意形成参加者(市民、NPO、漁業者、行政等)と事業主体(意思決定者)が合意したレベルで決定されるべきもので、目的及び要求される機能に応じて計画地の自然条件、社会的条件等、必要な調査・検討を実施し、個別に決定することが必要である。

(3) 本マニュアルは、海老地区造成干潟の底生生物の現存量(種類数、個体数及び湿重量)に着目し、海老地区造成干潟内における相対的な比較により、底生生物の現存量が多い要因を明らかにし、それに基づき干潟造成の技術的検討の考え方を提案することを目的としている。干潟を評価、または造成する場合、均一な干潟基盤を造成するのではなく、生物の多様性に着目し干潟基盤自体に多様性を持たせることによって生物の多様性を期待する考え方も存在するが、それについては今回の検討の対象外としている。

表-1.3.1 前浜干潟のタイプ¹⁾

<p>a) Type-I</p> <p>このタイプは、通常の内湾で波高が比較的大きく、砂質になっている人工干潟を、テラスの幅によって盤洲平潟(自然干潟)のように十分大きいタイプ(Type-I-1)から前浜海岸(自然砂浜)のように小さいタイプ(Type-I-5)まで分けている。テラスの幅は全体としてのそこにある土砂量を示し、その量によってタイプ分けができる。</p>	<p>b) Type-II</p> <p>このタイプは、Type-Iに比べて波高が小さく、砂質になっている場合であり、テラス幅がType-I-3と同規模の150~300m程度である場合を対象に、テラスの地盤高が低いか高いかによって分けている。</p>
<p>Type-I-1</p> <p>このタイプは、盤洲干潟のように、十分大きいテラス幅があれば、沖側で多段のバー・トラフが形成され、ここで来襲波を受け止めるため、岸側に静穏な平坦部が確保できる。</p> 	<p>Type-II-1</p> <p>このタイプは、テラスの地盤高が低くなっている場合であり、金沢八景人工海浜が相当する。バー・トラフの規模はType-I-3より小さく、ある程度の平坦部が確保できる。ただし、平坦部の幅が小さいため、本格的な自然干潟とは言えない。</p> 
<p>Type-I-2</p> <p>このタイプは、自然干潟が埋立てなどによって、満潮位汀線が沖側に前進している場合であり、吉田干潟などがこれに相当する。すなわちType-I-1とほぼ同じであるが、テラス部が短くなっているものである。人工の干潟でもテラス幅が200mより十分大きければこのタイプとなる可能性がある。</p> 	<p>Type-II-2(海老地区造成干潟のタイプ)</p> <p>このタイプは、テラスの地盤高が高い場合で、沖側で規模の大きい1本の砂州(バー)が形成され、その岸側に静穏な平坦部になる。</p> 
<p>Type-I-3</p> <p>このタイプは、さらにテラス幅が短くなっている場合であり、葛西の西なぎさが相当する。テラス幅が150~300m程度であると、テラス全体が多段のバー・トラフ部となり、平坦部はほとんど確保できなく、干潟としての機能が保持できないと思われる。</p> 	<p>Type-III-1</p> <p>このタイプは、底質が泥質になっている場合で、基本的に波高が小さい所のみ可能であり、江奈干潟が相当する。このタイプでは、多段のバー・トラフ部の幾何スケールが小さい。なお、地盤の透水係数が小さく、地下水の低下が小さいため、テラスの地盤高はある程度高い。</p> 
<p>Type-I-4</p> <p>このタイプは、テラスの幅が150m以下の場合であり、幕張の浜が相当する。Type-I-3と同様にテラス全体がバー・トラフ部となり、平坦部はほとんど確保できなく、生物の生息場は少ない。</p> 	
<p>Type-I-5</p> <p>このタイプは、さらにテラス幅が短い場合である。</p> <p>I-5: 通常の砂浜</p> 