平成25年11月13日
第11回環境研究シンポジウム
－水圏・海洋を巡る環境研究
の最前線－

干潟・砂浜の生態地盤学

佐々真志
動土質研究チームリーダー
(独)港湾空港技術研究所　地盤研究領域

従来の研究

干潟・砂浜海岸の生物生態と地形動態

→ 主に波・流れなどの地盤上の水理環境に関連

“大きく見過ごされてきた地盤内部の土砂物理環境”

生物生息場の修復・創造：多様な生物が定着しない, 地形不安定が課題

干潟・砂浜潮間帯の地盤内部の物理環境動態の体系的なモニタリング・評価手法の開発

観測・実験・解析

↓

潮汐作用下の土中水分張力の変化を核とした土砂環境動態

多様な底生生物の住環境の形成

土砂の保水動態, 間隙／硬軟構造, 表面せん断強度および表面形状の時空間変化

漂砂・地形動態に果たす地盤内部の土砂物理の役割

巣穴形成や潜砂に代表される生物住活動と土砂物理環境の関わり

を世界に先駆けて解明！

「生態地盤学」

多種多様な生物生息場を担う地盤表層の土砂物理の体系的な理解を基に、地盤と生態の関わりを系統的に探究・解明し、生態保全・再生に直接資する工学的指針を構築する

工学・理学・生態学を横断する学際新領域

現在までの知見:

地球物理学, 海の生態学分野の世界のTop journals に掲載

- 干潟・砂浜土砂環境場の体系的なモニタリング・評価手法の開発

  砂質干潟、泥質干潟、浚渫土砂を含む造成干潟、砂浜潮間帯

- 多様な土砂環境動態と発現メカニズムの解明

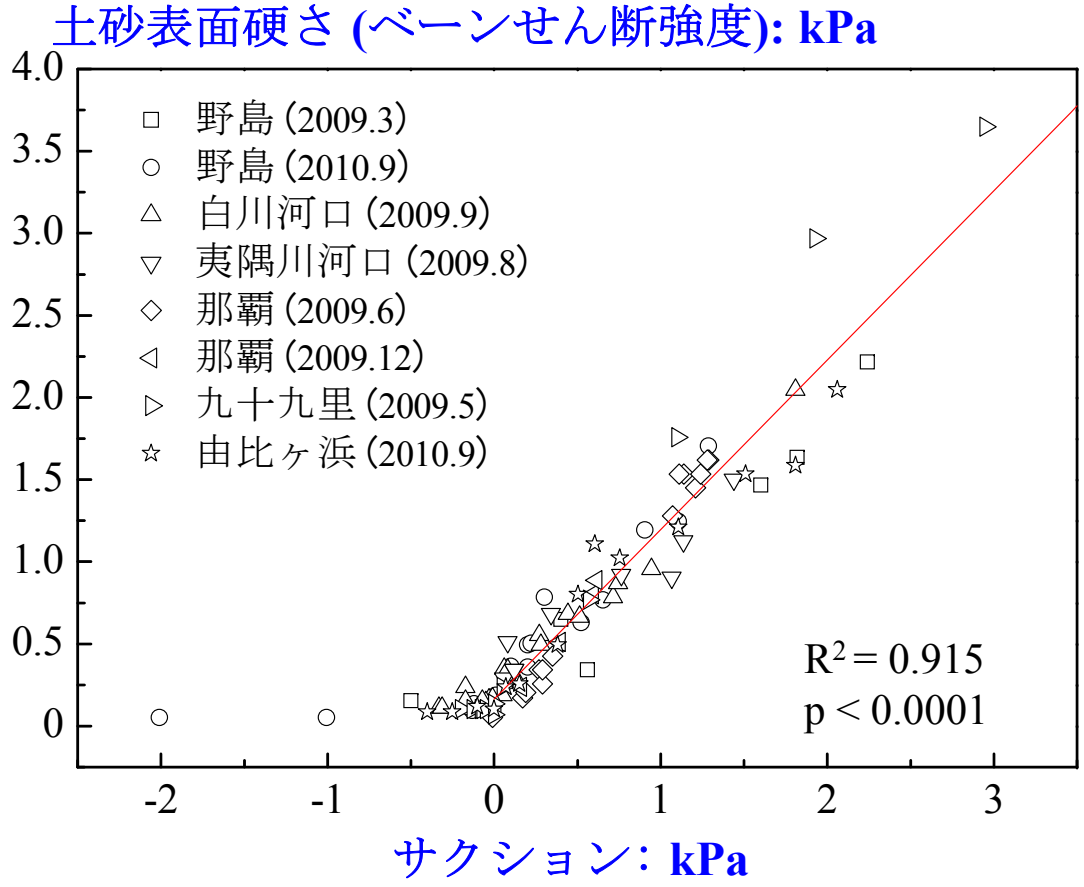
  保水動態、土砂の安定性、堆積構造の形成、砂州地形

- 生物活動の適合土砂環境場の解明

  巣穴住活動、潜砂活動、鳥の採餌活動、環境選択行動

- 生物住環境の評価・設計・管理指針の構築

  土砂性能、生物多様性、絶滅危惧種



干出・冠水に伴う 地下水位変化と連動したサクション (水分張力)の動態が,
水際土砂の間隙, 剛性, 硬さ等の生物住環境の顕著な時間的空間的変化
(土砂硬さにして20–50倍) を引き起こしている！

多種多様な生物生態に重要かつ本質的な役割を果たしている！

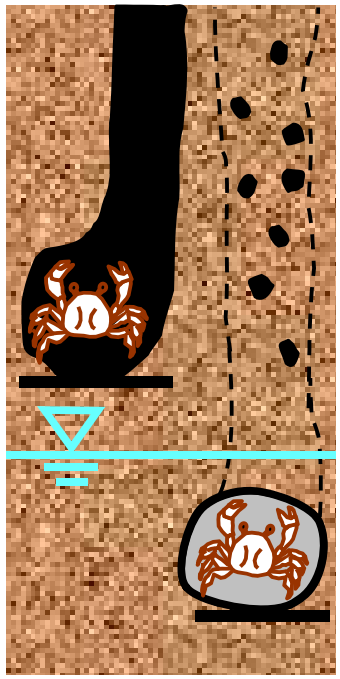
干潟底生生物の巣穴住活動に果たす土砂物理環境の役割

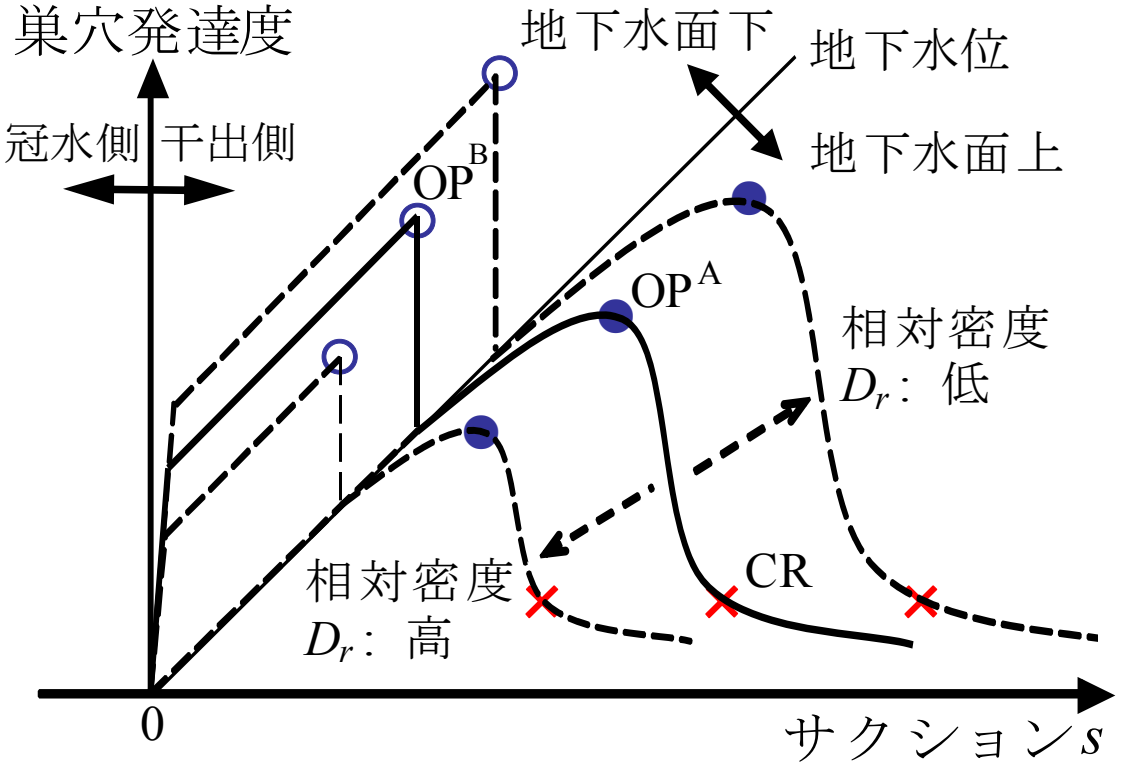
現地観測とともに，大気・水環境因子を統一し土砂環境条件を精緻に制御・変化させて生物応答を詳しく検証しうる生態地盤実験手法の開発

十分に発達した巣穴の存在

⇩

様々な生命活動を支える根本





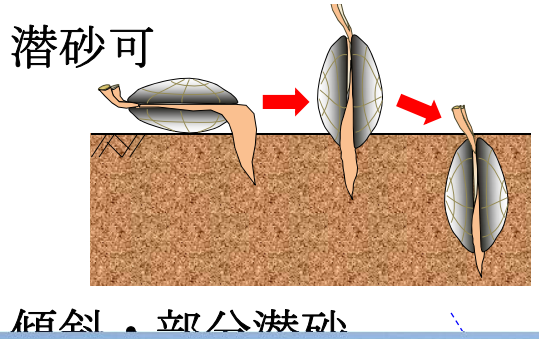
コメツキガニの巣穴住活動－土砂環境場のリンクモデル

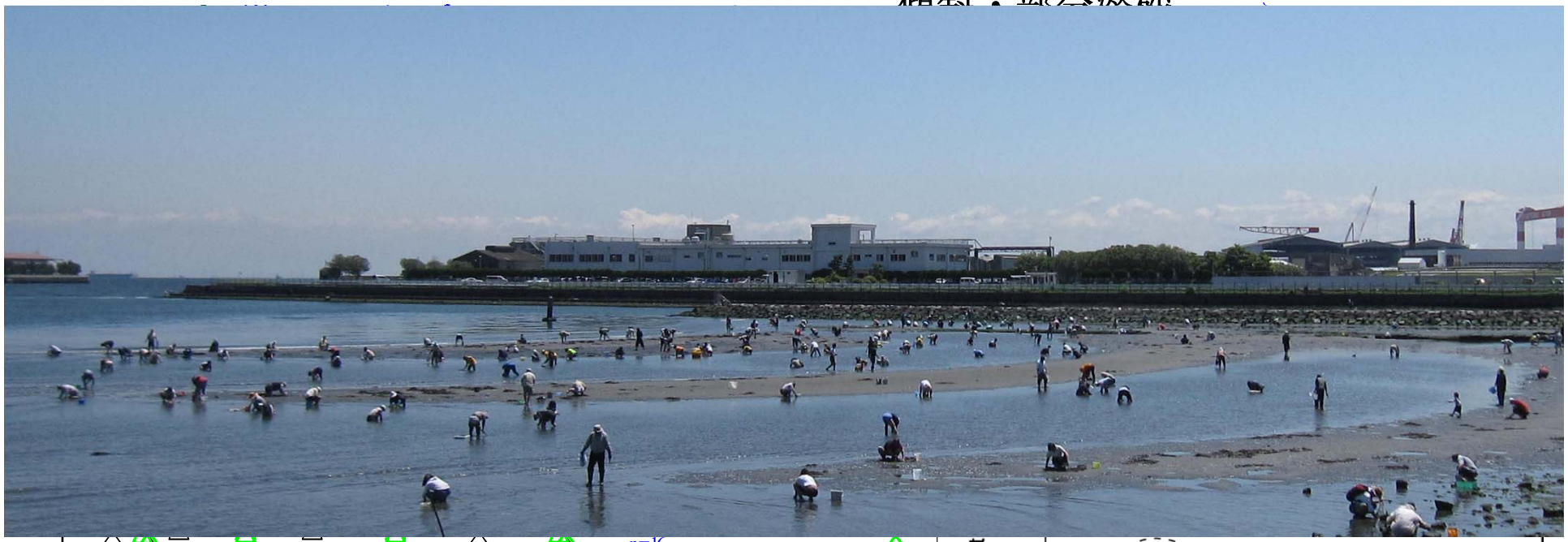
⇩

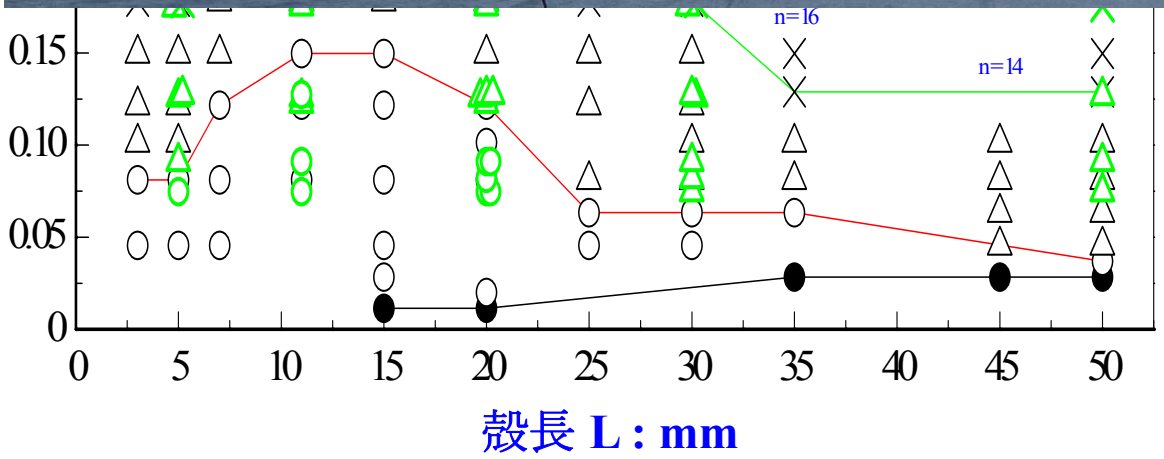
サクション (土中水分張力) を核とした土砂物理環境が，
巣穴住活動の臨界･最適･限界条件を支配している！

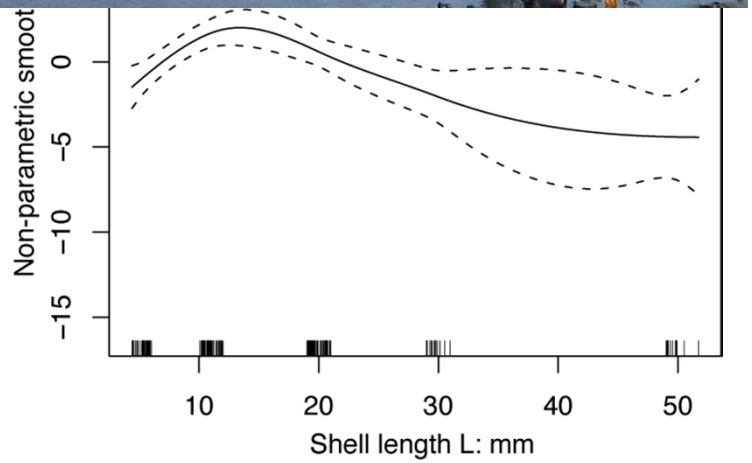
二枚貝の潜砂活動に果たす土砂物理環境の役割

ー最適・遷移・限界潜砂領域の存在



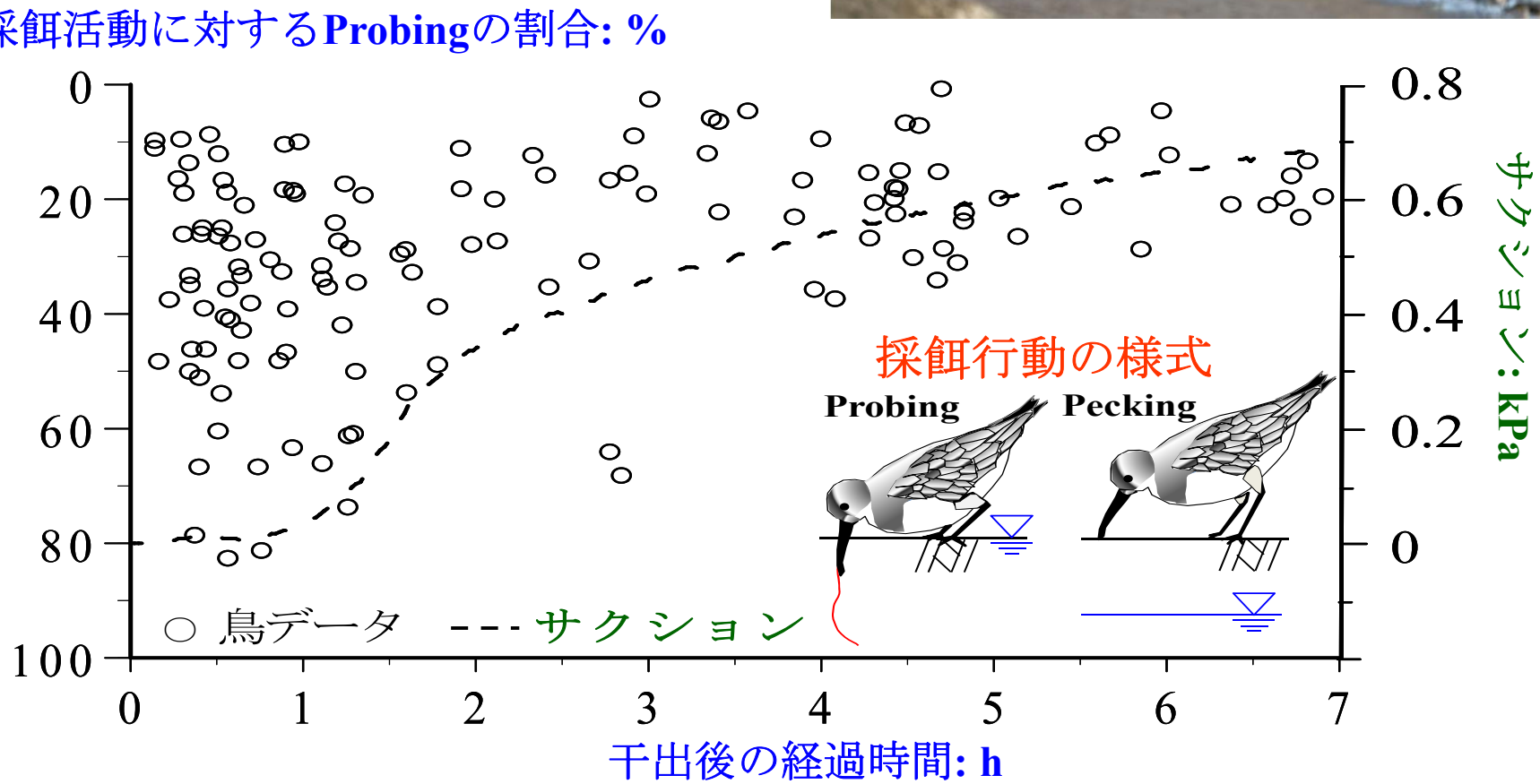




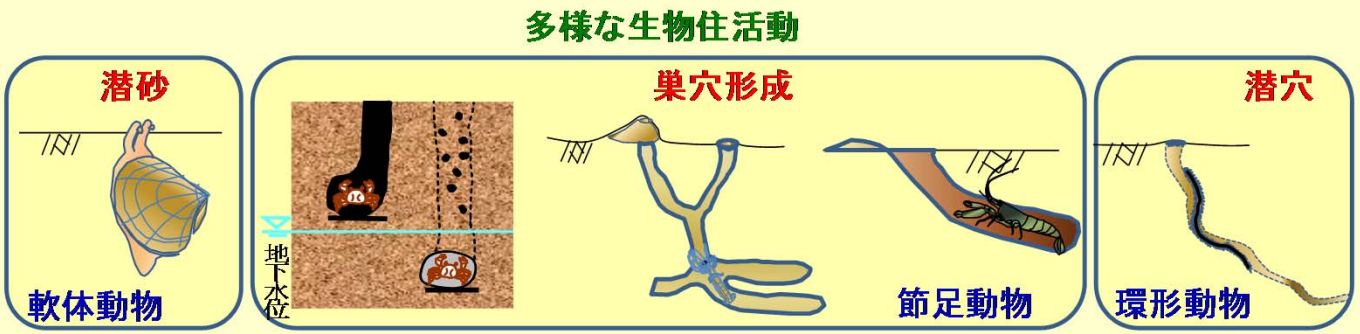


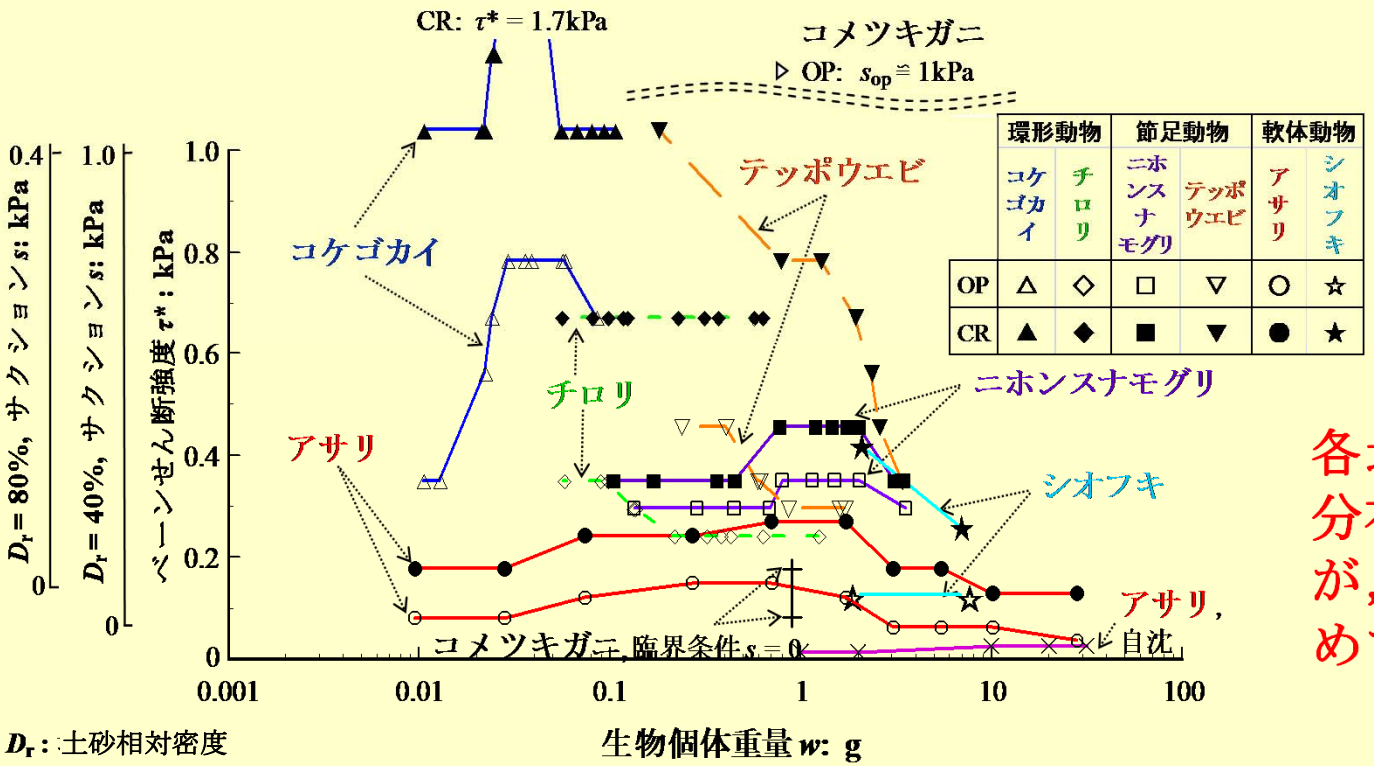
鳥と地盤と底生生物の関係に果たす土砂物理環境の役割

－ハマシギの採餌活動とサクション動態の密接な関係を示す現地観測結果－



多種多様な生物住環境診断チャートの作成と検証

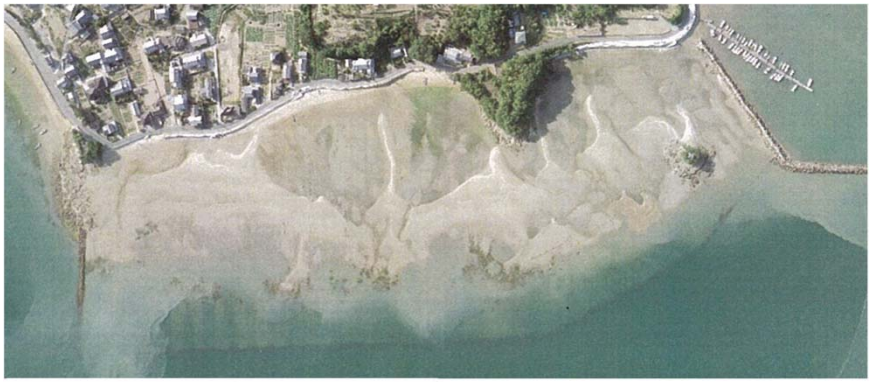


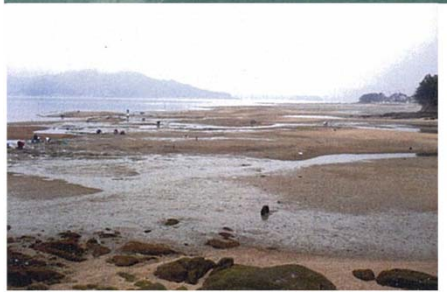


多様な生物住活動の適合土砂環境場と限界土砂環境場の両者が生物種ごとに存在することを世界で初めて明らかにした！

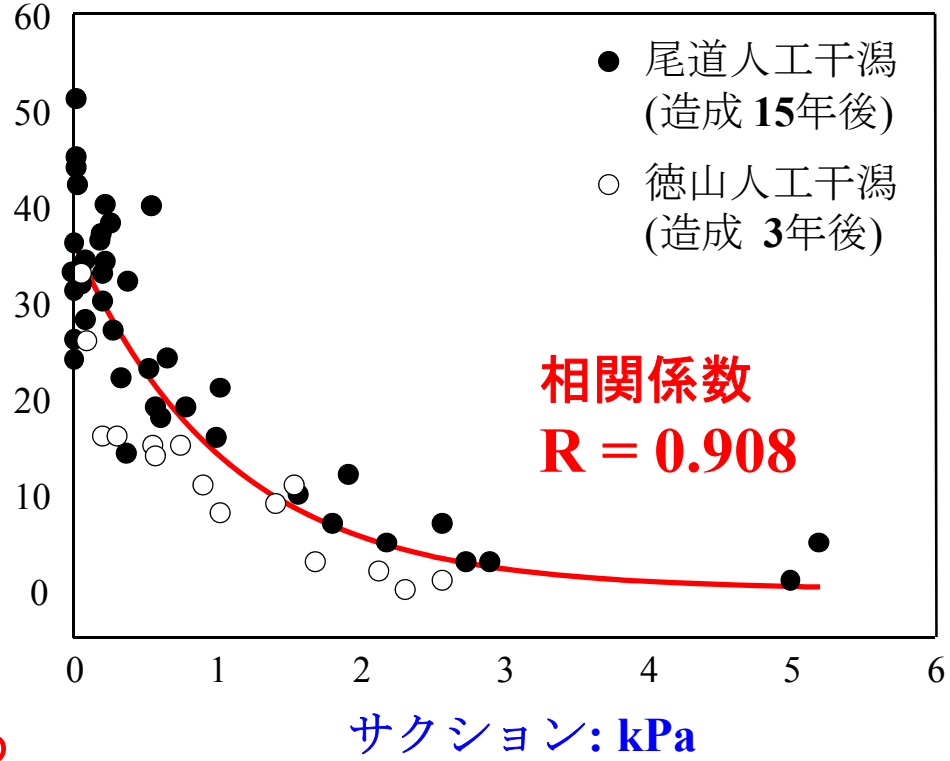
各地の底生生物の生息分布と住み分けの実態が，同チャートときわめて良く整合している！

尾道人工干潟 (国土交通省中国地方整備局)





底生生物の種類数

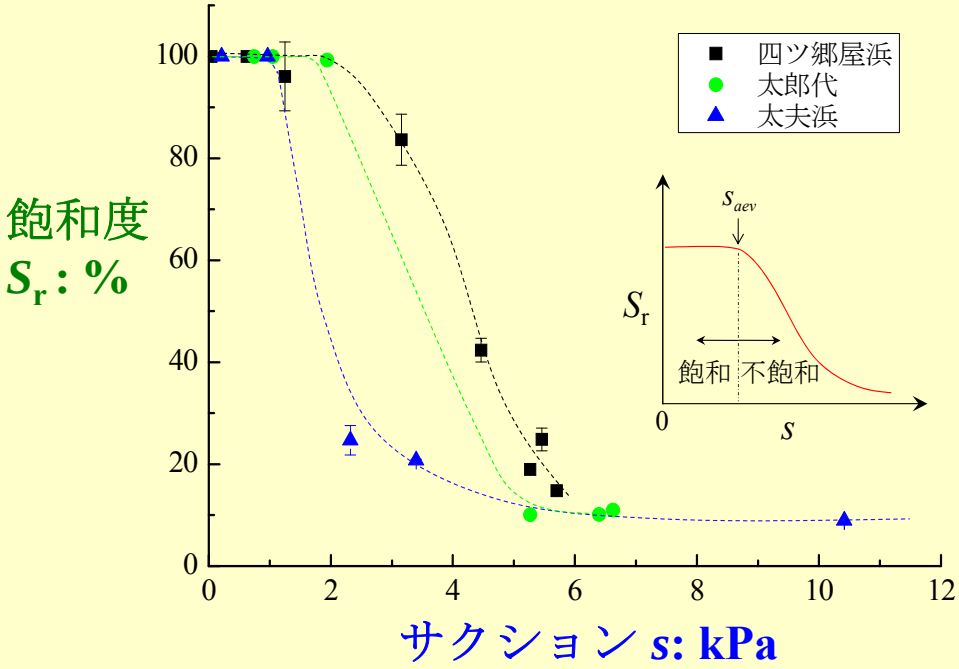


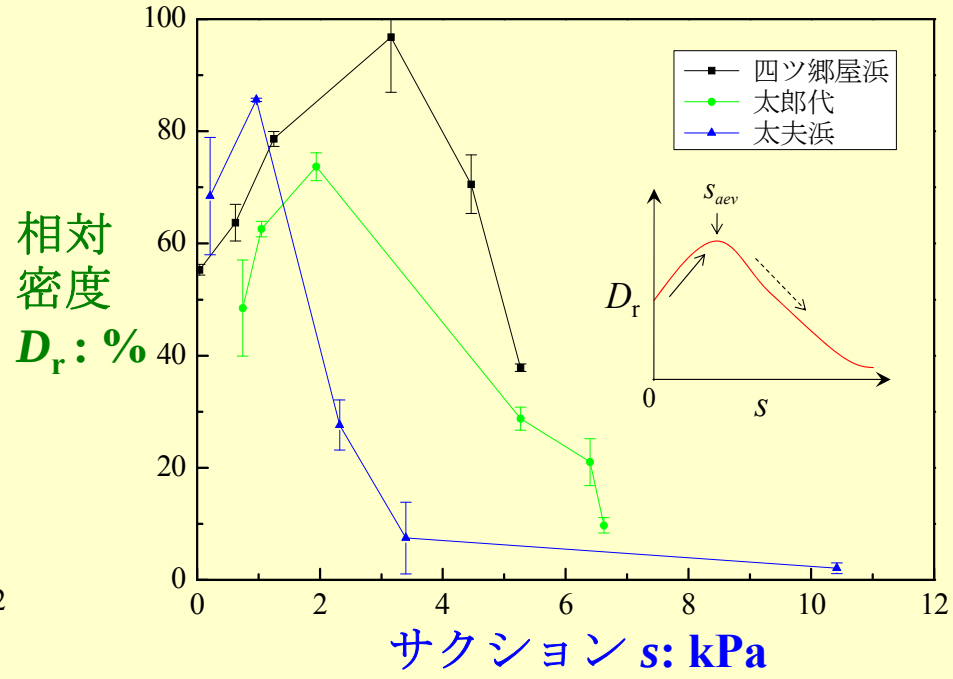
従来の環境指標を格段に上回る
サクションと生物多様性間の
密接なリンク → 多種多様な生物住環境診断チャートと整合

粘土から細砂までの幅広い土質の自然干潟においても成立
(カナダ **Roberts bank**干潟と**Sidney Bay**干潟)

⇨ 多種多様な生物の適合・限界場をサクションを核とした土砂環境場が支配し,
それらの違いが多様な底生生物の生息分布の形成に大きく寄与している！

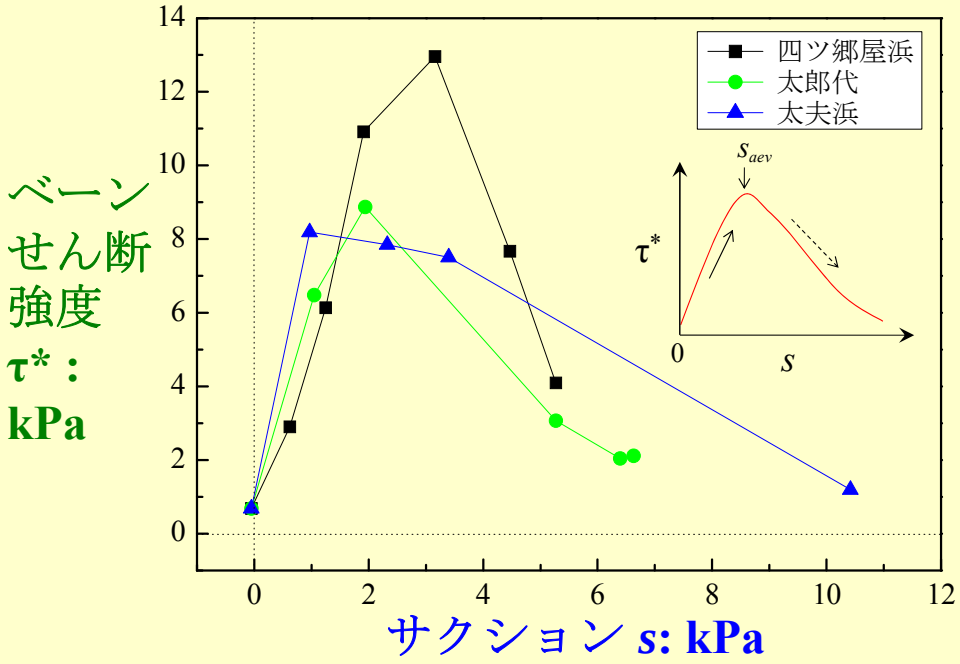
砂浜海岸の生物住環境特性：地盤環境変化



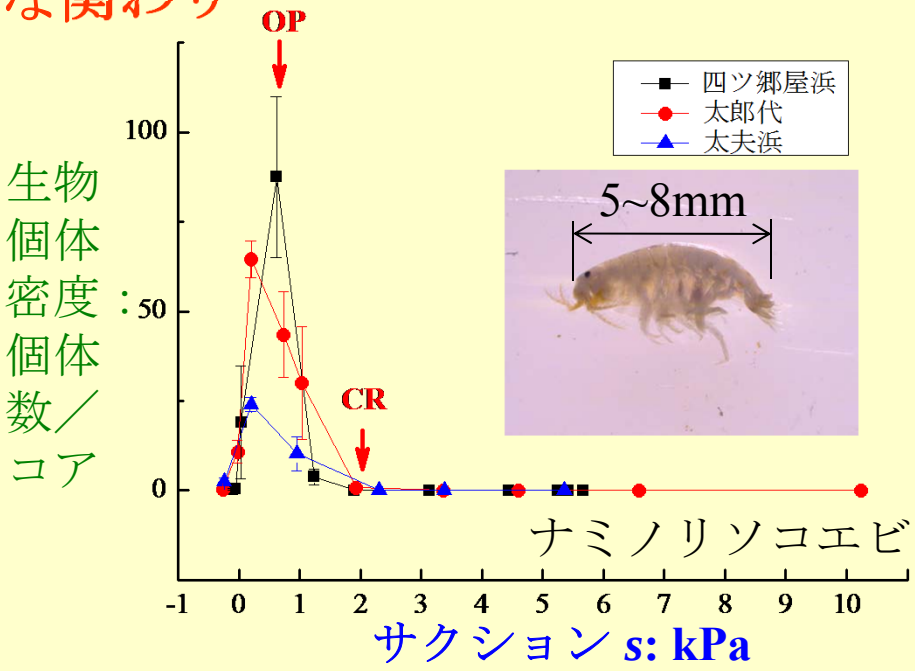


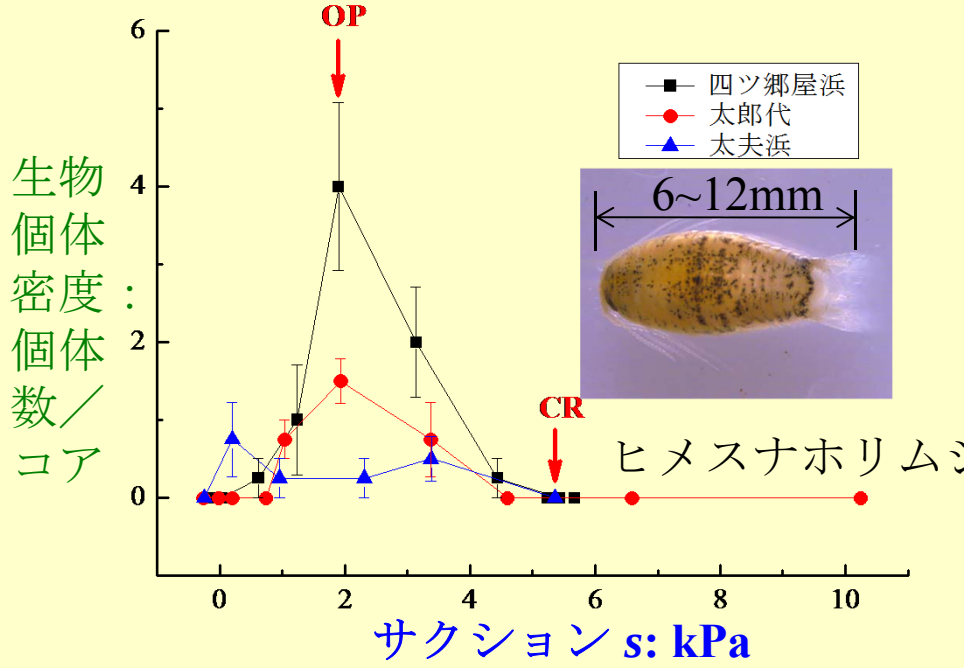
実質飽和状態で干出・冠水を繰り返す土砂においては，サクションの動態の厳しさに応じて顕著な繰り返し弾塑性収縮が生じて間隙・硬軟構造に忠実に反映される

⇨ サクションが砂浜潮間帯の飽和・不飽和，緩密，硬さ軟らかさ等の生物住環境の発現を支配している！



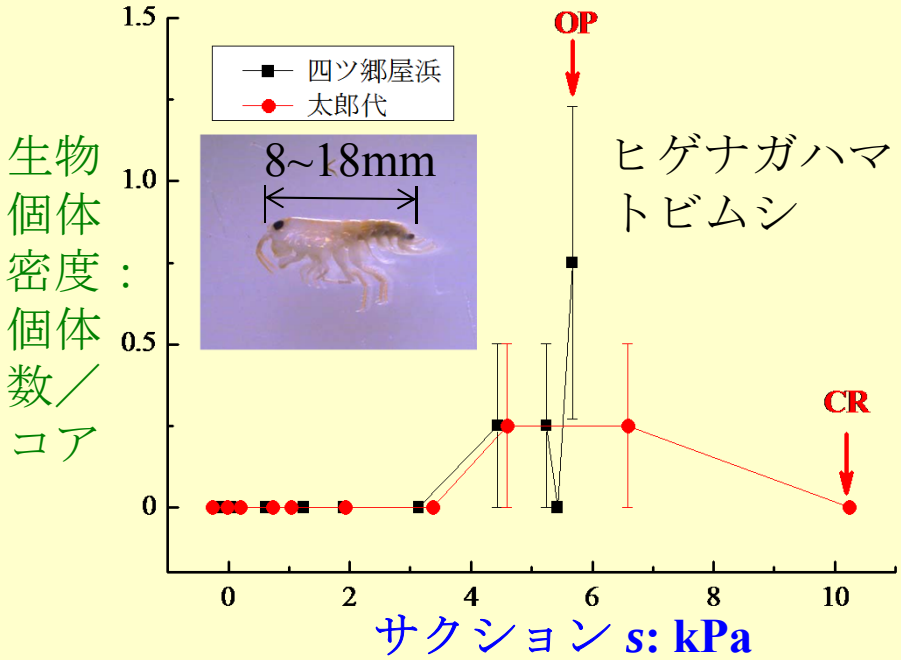
砂浜海岸における水産有用魚類の餌資源生物分布と土砂物理環境の密接な関わり



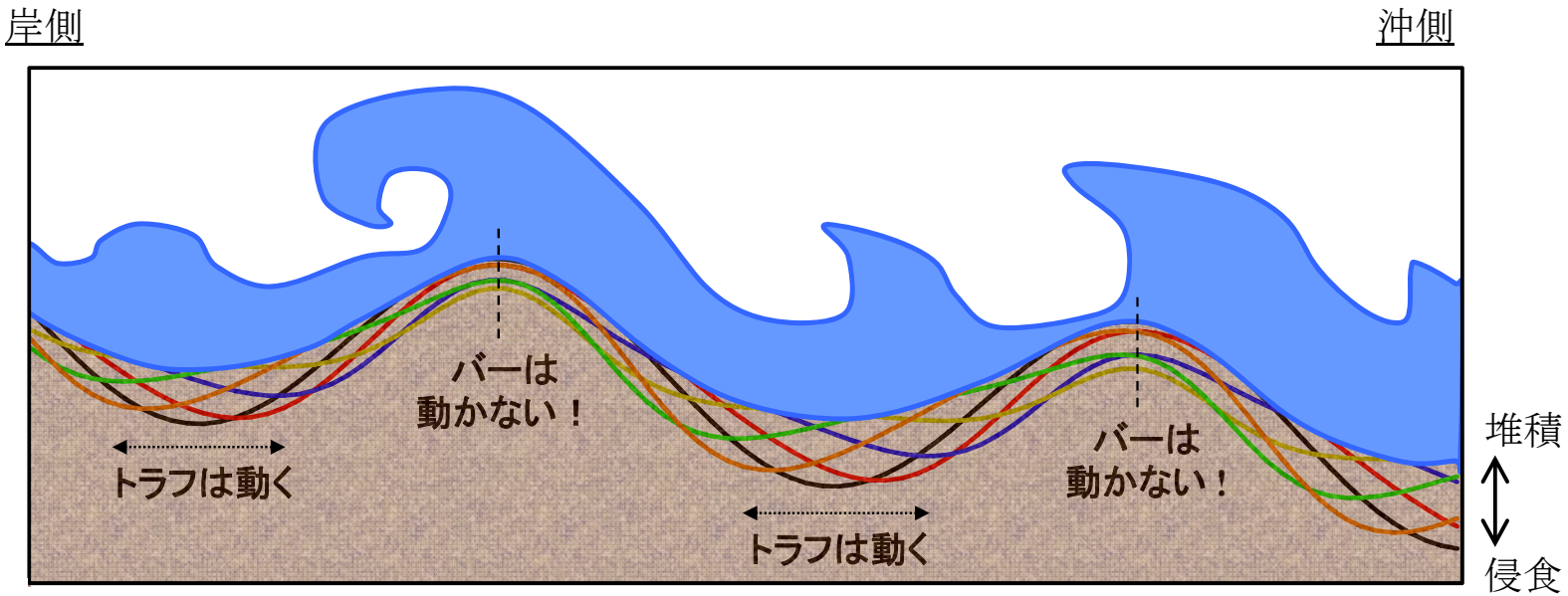


生息密度がゼロの生息限界域 (CR) および生息密度の有意なピークが現れる高密度域 (OP) が，生物ごとに特有のサクション場において現れ，かつ，その値が砂浜に依らず一致している

砂浜底生生物の住み分けには，多様な生物住環境とともに生物住活動の最適・限界条件を支配するサクションが重要な役割を担っている！



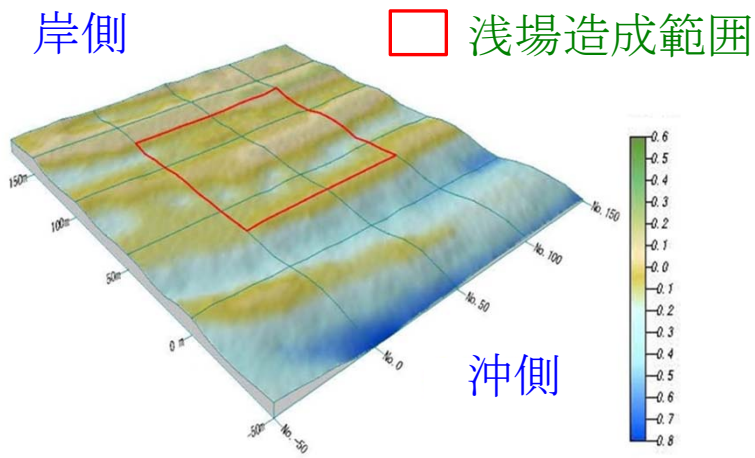
干潟砂州の地形動態の「長年の謎」の解明



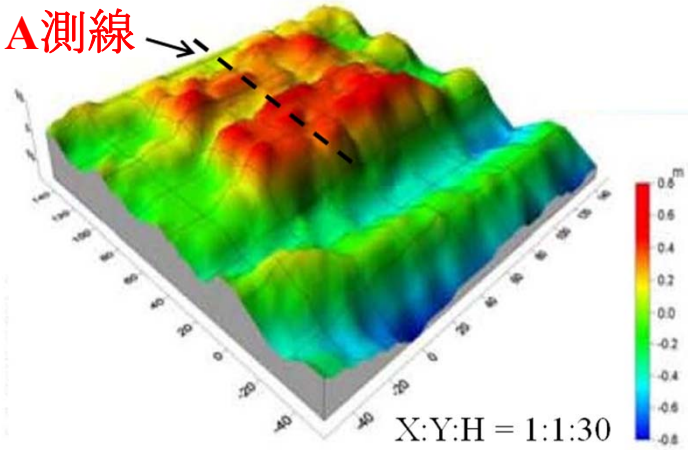
台風や暴波浪を経験しても，干潟の砂州（バー）は動かない

東京湾小櫃川河口にある盤州干潟の砂州：干潮時

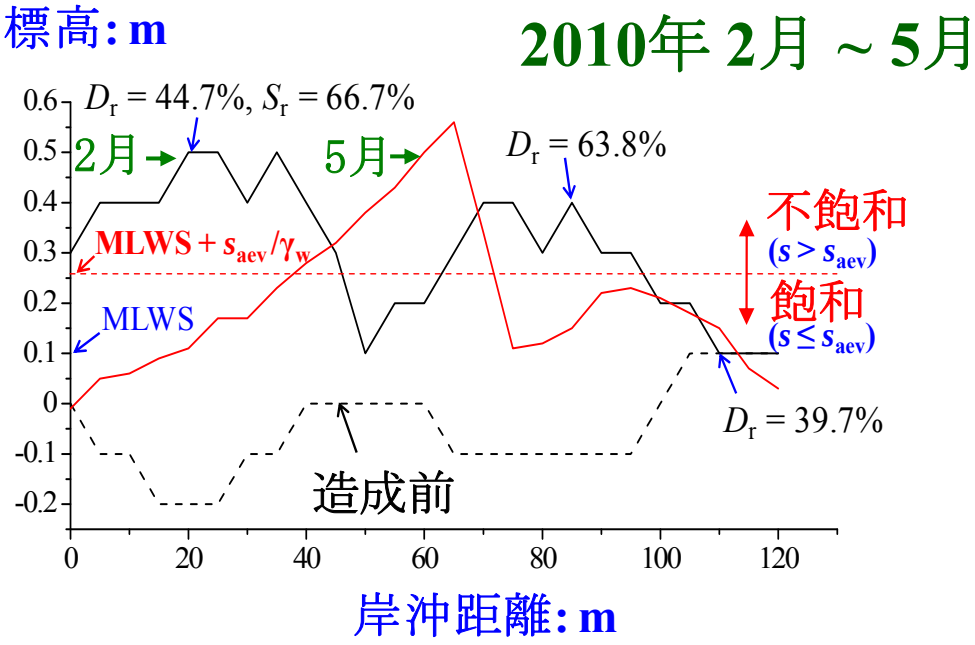
新たに見出した干潟地盤の動的安定原理の浅場造成事業による検証： 東京湾葛西沖

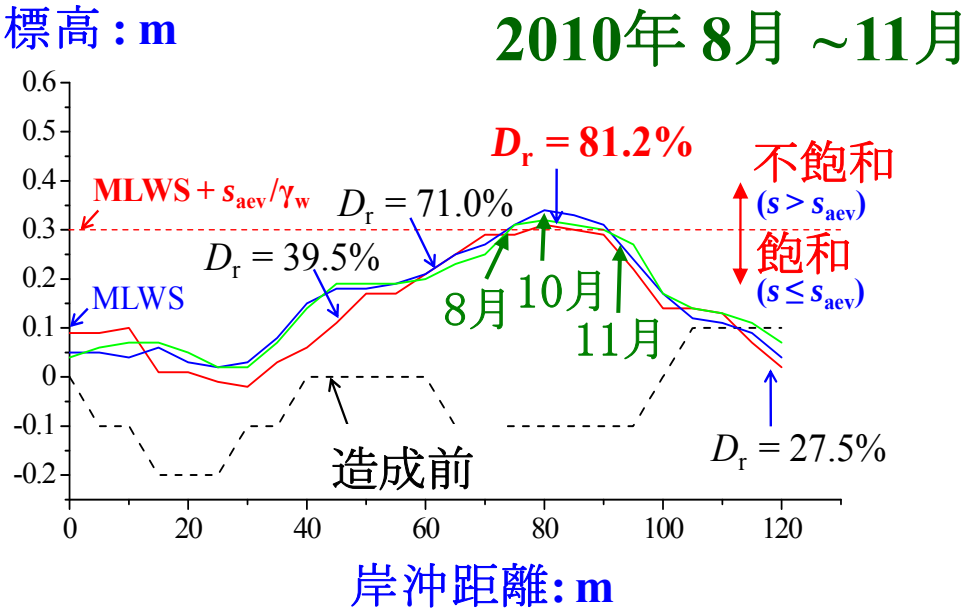


造成前



造成直後 ：2010年2月

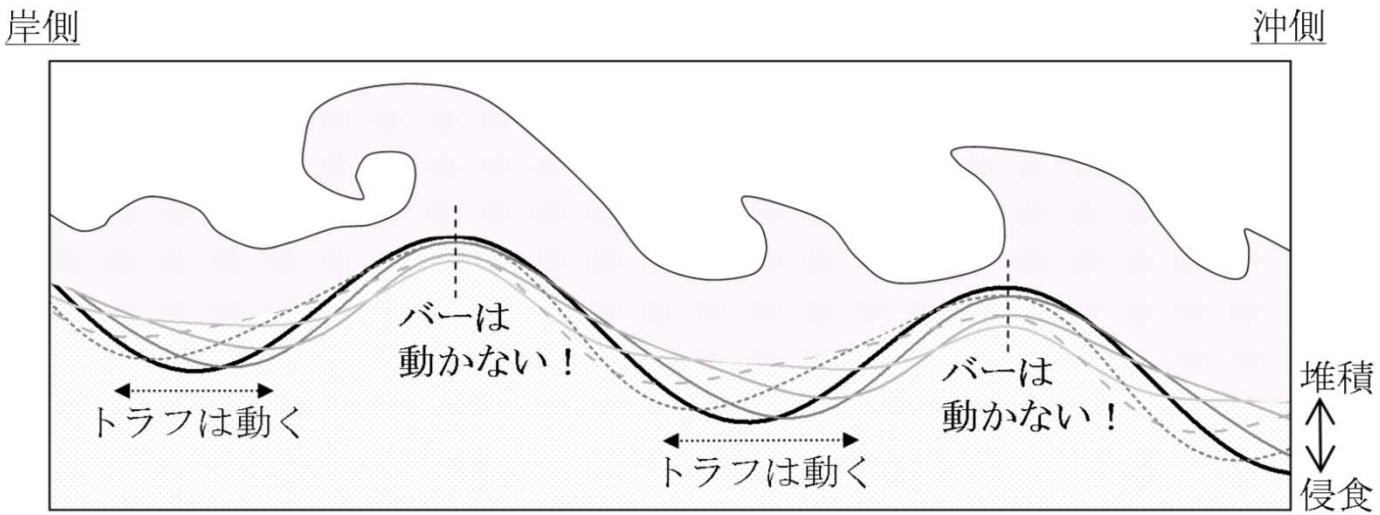




MLWS: 大潮平均低潮位， s_{aev}: 空気侵入サクション

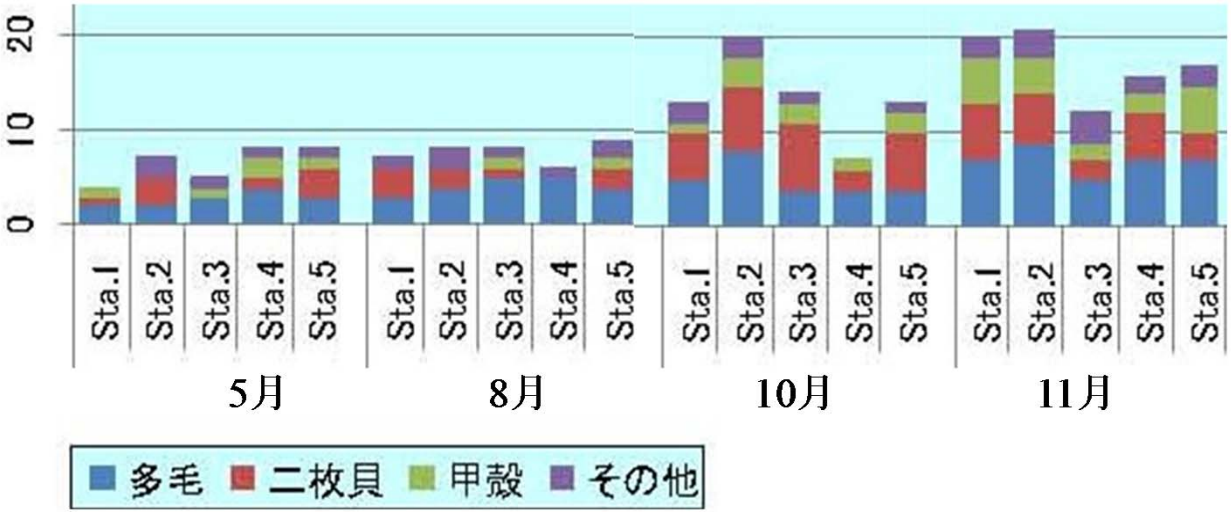
赤点線は，予測安定地盤高を示す．

生物多様性と地形安定の両立を実現する工学指針



潮間帯砂州の動的安定原理 に基づくバリア地形の概念図

底生生物の種類数



実質飽和域の
地盤高に遷移
し造成砂州が
自律安定化
した後に,
生物種が
顕著に増加！

まとめ：

水と地盤と生態を融合した学際新領域“生態地盤学”の展開を通じて，干潟および砂浜海岸の多種多様な生物生態ならびに地形動態に果たす地盤環境の役割を体系的に解明し，新たな科学技術基盤･工学指針を構築・提示した.

得られた知見は，従来，困難であった多様な生物種に対応した生物住環境の評価・モニタリング・管理を実現可能とし，沿岸環境・生態系の保全・回復に大きく寄与することができる.

生物多様性と地形安定の両立を実現しうる工学指針は，沿岸域の減災と調和した環境・生態系の保全・再生に向けた今後の干潟・浅場造成事業において広く活用されることが期待される.