

シンポジウム

「海洋生物多様性・生態系研究のボトルネックを解消するための、技術開発およびモデリング」

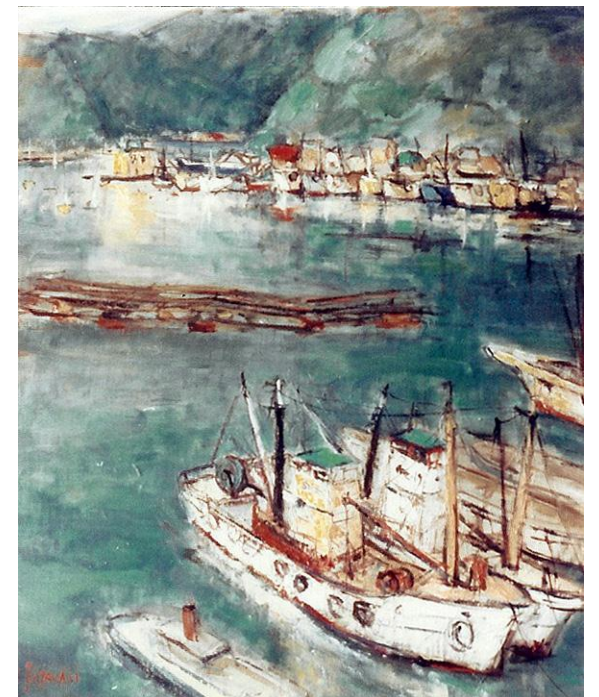
2012年3月30日

海洋生物多様性の計測： 技術シーズに求められるもの

佐藤勝昭、金子健司、川口哲、
永野智己、福田哲也、丸山浩平
(JST研究開発戦略センター)

はじめに

- 我々は、海洋から多くの生態系サービスを受けている。このサービスの恒常性は、海洋生態系および、それを支える物質循環サイクルのバランスによって維持されている。近年、海洋生物の生態系は外因的な危機にさらされているといわれるが、未来も含めその実態を正確に捉えているとはいえない。
- 科学技術振興機構(JST)の研究開発戦略センター(CRDS)では、海洋生物多様性の計測ニーズとそのための技術シーズについて、インタビュー、アンケート、ニーズ・シーズ邂逅のためのワークショップ等を通じて調査してきた。



計測技術に関する研究開発の分類(目的別)

	(基幹) 国家技術	(基礎) 科学技術	(応用) 産業技術
計測を基盤とする他分野 (測ることを手段として利用)	(第1領域) 公共インフラ、テロ対策、防犯等の安心・安全の保障	(第3領域) 生命、ナノ・物質、情報・通信、環境・エネなど基礎科学の進展	(第5領域) 医薬、食品、素材、資源、電子機器、輸送機械等の産業発展・ベンチャー創出
計測分野 (測ることが目的)	(第2領域) 長さ、重さ等の計量標準の設定	(第4領域) 計測科学(計測工学、分析化学、ナノ計測、計測システムなど)の進展	(第6領域) 計測(機器、分析サービス等)の産業発展・ベンチャー創出

科学における未解決問題に対する 計測ニーズの俯瞰調査(2010年度):概要

- 「mother of scienceとしての計測」にフォーカス
- 「科学における未解決問題」において必要となる「計測ニーズ」を俯瞰的に調査。
- 有識者インタビュー、アンケートによって意見を収集し、ワークショップによって内容を確認。各分野の課題リスト、水準(特徴)とトレンド、全体の俯瞰図を導出。大きな視点から以下の点が明らかになった。
 - 計測ニーズの60%が「生命科学」分野
 - より複雑な現象解明へ取り組むための計測ニーズが多い
 - 未来予測も含めた計測ニーズが含まれる(4次元レンズ)
- 計測ニーズ(ウォンツ)は、「メジャメント」と「キャラクタリゼーション」のどちらを目的としているか分離し、さらに測定可能な物理量(メジャランド)に落とし込む作業があつてこそ、計測技術の開発がスタート可能(ニーズとシーズの邂逅)。
- ニーズと幅広いシーズとの邂逅の場の設定が重要

調査報告「科学における未解決問題に対する計測ニーズの俯瞰調査」(2011年3月発行)
科学新聞「科学における未解決問題に対する計測ニーズ俯瞰」 6回にわたり連載

生命科学計測技術のニーズ・シーズ邂逅方針

- 生命科学が扱うべき空間スケールは、分子・細胞レベルから組織・器官・個体、さらには、マクロな生態系にまで広く分布している。
- **今年度は、このうちマクロスケールの「海洋生物多様性に資する計測技術」に注力する。**
 - TEEB:生物多様性の経済効果→根拠となる多様性評価法は？
 - COP10愛知目標→海域の10%の保全→基礎データは？
 - 「より複雑な現象解明」、「未来予測も含めた計測技術」という昨年度調査によって出た計測ニーズにマッチ
 - ニーズ・シーズとの邂逅が必要な「課題解決型研究」である

計測におけるニーズとシーズの邂逅プロセス

(海洋生物多様性計測)

計測ニーズ

メジャメント
: 定量・定性的に測りたい

キャラクターゼーション
: 現象や機能などを理解したい

- 海洋生物学・生態学
- 海洋生物分類学
- 水産学
- 海洋環境学
- 海洋環境経済学
- 海洋政策

計測機器はつukれない。
このようなことが計測できれば解
明できると思うが...

↓ 学問的な流れとかけ離れて出発

必要条件

<各科学計測の体系づくり>
ある指標が計測できると未解決問
題のどこまで解明できるのか整理

ギャップ

邂逅に向け

中間的な研究者

↑ できることから出発

専門のことはわからん。
何を測定すべきか明確な指標で示
してくれれば開発可能だ...

十分条件

<メジャランドの設定>
測定可能な物理量

計測シーズ

計測フロンティア
: 計測の極限化

各科学計測
: 計測の普遍化

- 計測学・分析化学
- リモートセンシング
- バイオテレメトリー
- フェムト秒レーザー
- 超音波、ソナー
- バイオロギング
- 海洋ロボット
- バイオセンシング
- DNAチップ、シーケンサ

インタビュー調査

インタビュー対象（敬称略）	月日	専門内容	キーワード
石丸 隆(海洋大・教授)	7/22	海洋生物学	自動昇降ブイ
竹山春子(早大・教授)	8/02	マリン・バイオテクノロジー	珊瑚礁、メタゲノム
小池勲夫(琉球大・監事)	8/03	海洋生物地球化学	生態系サービス
浦 環(東大・教授)	8/11	海中ロボット学	水中自動走行ロボット
安岡善文(CRDSフェロー)	8/11	リモートセンシング	
和田時夫(中央水研・所長)	9/15	水産学、環境学	海洋空間計画
才野敏郎(JAMSTEC・PD)	9/21	海洋生物学	生物多様性を物質循環で
宗林由樹(京大・教授)	9/30	環境解析化学	微量金属元素
宮下和士(北大・教授)	10/3	水産科学	バイオロギング
寺島紘士(OPRF常務理事)	10/28	海洋政策	現状を把握する科学的知見重要
張 勁(富山大・教授)	11/29	化学海洋学	同位体計測
菊地 淳(理研)	11/30	代謝、NMR	NMRでバイオマーカー見付ける
西 達也(ジナリス)	12/2	ゲノム解析	
北川正成(タカラバイオ)	12/8	ゲノム解析	
豊田岐聡(大阪大学)	12/8	質量分析	
染川智弘(レーザー総合研)	12/9	レーザー	

計測対象

物理量	塩分(密度)、水温、水深、流れ(流向・流速)、光量・日照時間、透明度(濁度)、位置
化学量	溶存ガス成分、栄養塩 pH, 濃度, 同位体比
生物量	<p>(目に見えるもの)</p> <p>第1次生産者: 植物プランクトンなど</p> <p>第2次栄養段階生物: 動物プランクトンなど</p> <p>第3次栄養段階生物: イワシ、ニシン、タラなど</p> <p>高次栄養段階生物: マグロ、イカ、サケ、サメ、クジラなど 大きいものは20メートル以上ある。</p>
	<p>(目に見えないもの)</p> <p>バクテリア(細菌): 海洋に生息し、増殖にナトリウムを要求する細菌群。</p> <p>ウィルス: 数nm～数百nmのサイズ。海水1リットル中に、数百億～数千億個が存在すると言われている。</p>

海洋環境における計測の制約条件

① 海洋生物の分布・移動の空間スケールが極めて広大

海洋は、地球の表面積の約7割を占めている。そして、ある生物は太平洋の日本側からアメリカ側までを回遊し、海流・潮流によって卵・稚仔が広い範囲に拡散する。また、海洋生物は深海にも分布し、ある生物は、1日当たり、季節的にもかなりの範囲で深淺を移動する。海洋生物の分布・移動を理解する場合、計測・モニタリングするシステムは、極めて大きな空間スケールを持つ必要がある。

② 海面から海中が見通せない

海上から海中を見通すことが出来ない。海中では情報伝達的手段として光を含め電磁波が使えず、使えるのは音波だけである。

③ 深さにつれて水圧が増加

深さにつれて水圧が増す。この非常に大きな水圧に耐える工夫をしないと、海の深いところでの計測はできない。

④ 洋上では場所(位置)がわからない

見落とされがちだが、陸上と違って海上で自分がどこにいるか、地球上のどこを測っているか、実はその計測も難しい。最近はGPSを使って相当正確に測れるようになったが、本質的な問題を持っている。

「海洋生物多様性の把握に関する 科学的ニーズと先端計測技術シーズとの邂逅」 ワークショップ

2011.12.19 13:00-19:00



ワークショッププログラム

主催者挨拶 吉川 弘之(JST/CRDS)

モデレータ 佐藤 勝昭(JST/CRDS)

セッション1. 海洋生物学者からのニーズの提示(1)

13:20~13:40 小池 勲夫(琉球大学)

13:40~14:00 和田 時夫(水産総合研究センター)

セッション2. 海洋生物学者からのニーズの提示(2)

14:00~14:20 安岡 善文(CRDS)

14:20~14:40 張 勁(富山大学)

14:40~15:00 石丸 隆(東京海洋大学)

15:00~15:20 <休憩>

15:20~15:40 宮下 和士(北海道大学)

15:40~16:00 菊地 淳(理化学研究所)

セッション3. 計測技術者からの提案

16:00~16:10 椎名 毅(京都大学)

16:10~16:20 染川 智弘(レーザー総合研究所)

16:20~16:30 中野 義昭(東京大学)

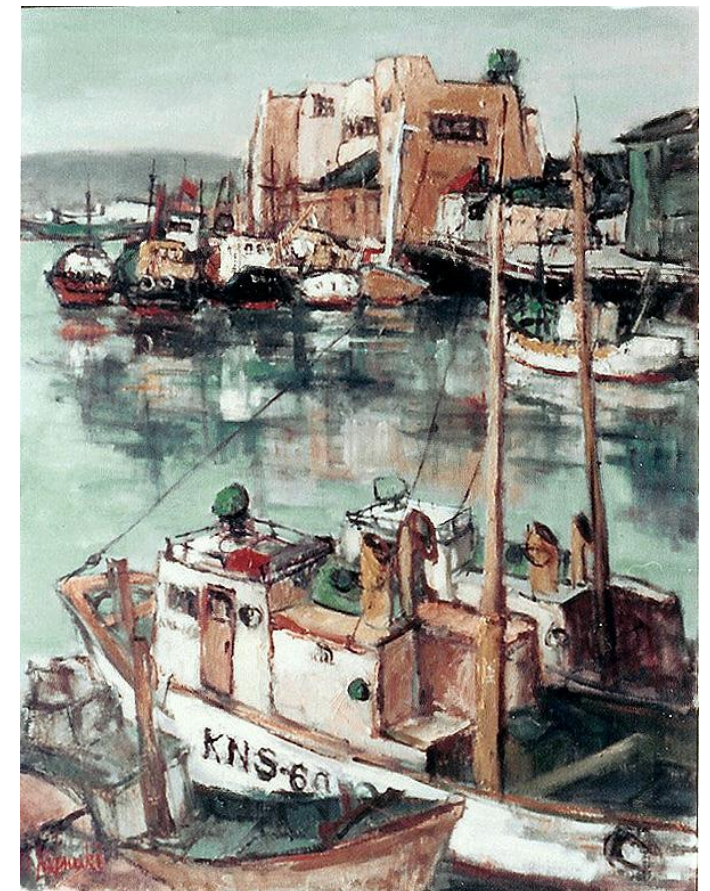
16:30~16:40 豊田 岐聡(大阪大学)

16:40~16:50 北川 正成(タカラバイオ)

16:50~17:00 小菅 一弘(東北大学)

セッション4. 総合討論

17:00~18:00

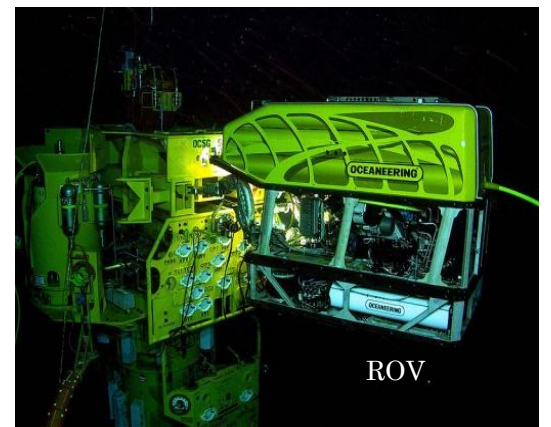


海洋における生物多様性・生態系研究 のための技術開発ニーズについて

小池勲夫(CREST領域総括)



- 日本近海、種としてわかっているものの3万種、記載がないものの12万種→生態系サービスが地球システムを支えている(CoML 2000～2010)
- 生物の認識手法:
 - 数 μm 以下: 形態分類が困難→メタゲノム解析
 - 数 μm 以上: 形によって分類
- 計測技術への要望
 - 操作性のよいAUVまたはROVが欲しい
 - 三次元的な微細構造を生物の代謝機能を保持したまま固定できる技術が欲しい

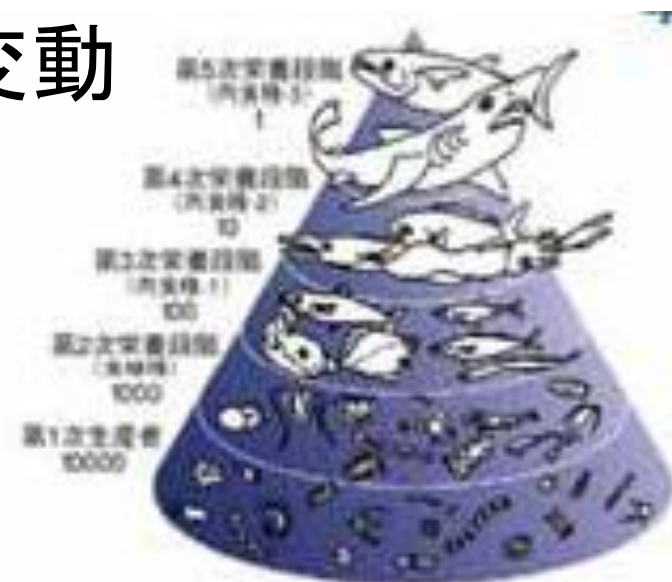




海洋生物学、特に水産学の立場から

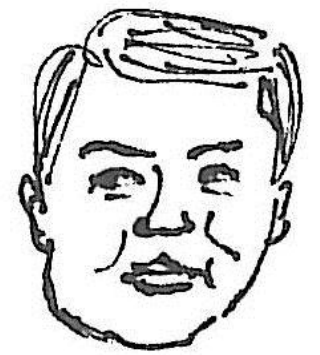
和田時夫(中央水産研)

- 従来の計測の基本スタイル(調査船+網)では時間的・空間的・個体サイズの的に連続的計測が困難
- 技術開発が必要な事項
 - 種別生物量と個体サイズ分布・その季節変動
 - 海洋微生物のメタゲノム解析
 - 多種大量データの統合的解析技術開発
生態系モデルの高度化
- 技術開発への期待
 - 運用も含めた実用的計測システム構築
 - 日本発の海洋生物多様性計測の国際標準の提案と国際的な議論のリード(Post CoML)



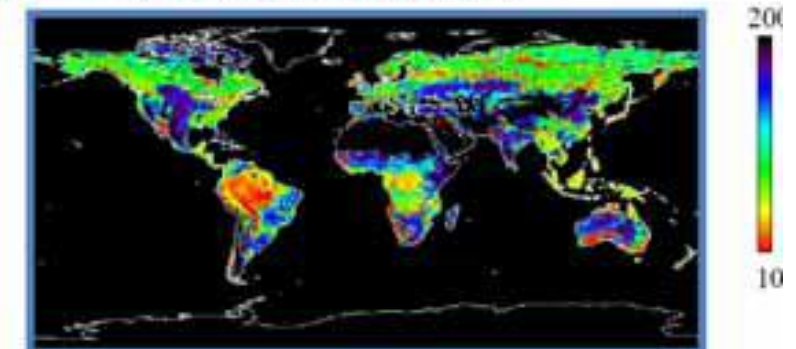
計測の要素技術だけでなく利用まで 考えたシステム的アプローチを

安岡善文 (JST CRDS)



- 環境研究：循環が切れないようにどう回すかが問題。
- 仮想空間でのシミュレーション→予測・評価→実空間に実装→計測・・・
- 実例：SLA(比葉面積)の地球規模の分布
 - 上図は、モデルを衛星による実観測データLAIとあわせ込んだもの。
 - 下図は、衛星からのLAI実測データのみを用いたもの：均質なデータになってしまう。

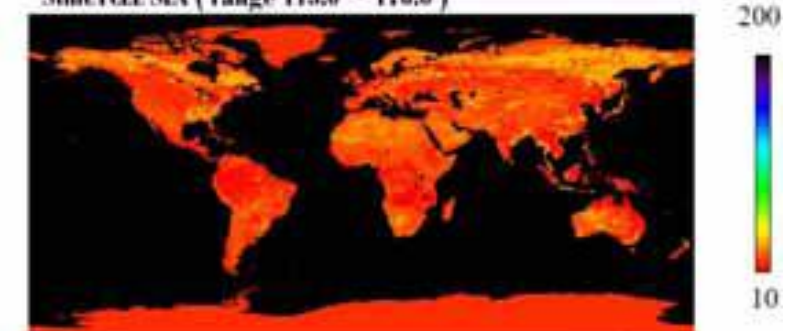
アシミレーションによるSLA分布図



SimCYCLE SLA (range 115.0 ~ 170.0)

アシミレーションによるSLA
(東大生研
安岡研究室).

Sim-CYCLE
で使用され
ているSLA



RR2000プログラム

化学海洋学の視点から

張勁(富山大学)

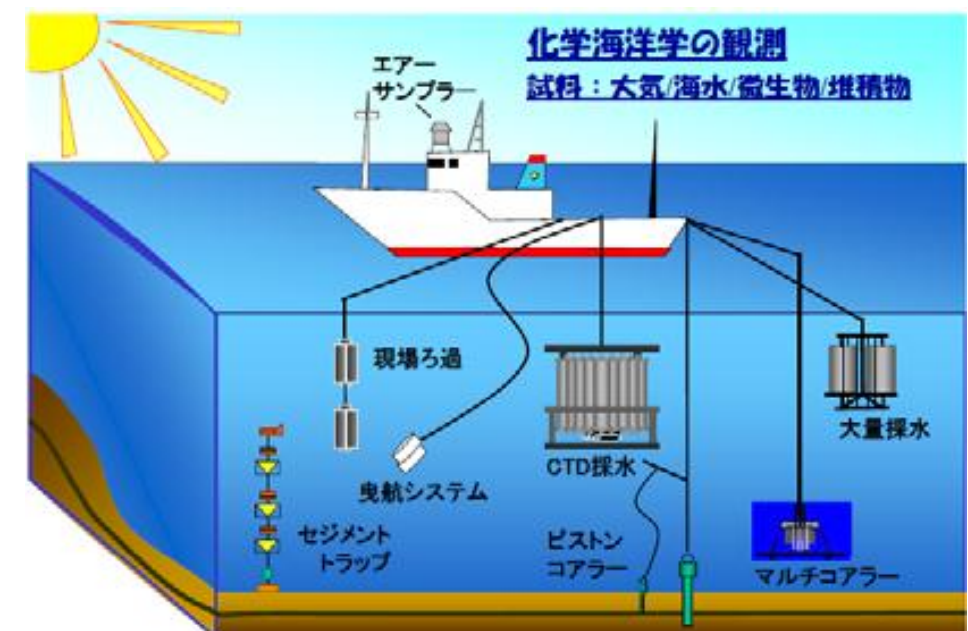


• 海洋観測技術

- GEOTRACES計画の下に様々なモニタリング手法が導入された
- 日本の海洋学における観測は国際的にも高い水準にある
- 白鳳丸はアジア唯一の観測船
- クリーンルームもある



- ### • 化学海洋学における計測ニーズ
- 四次元・リアルタイム計測技術
 - In-situの質量分析装置が欲しい
 - 中長期的な評価システムが必要
 - 実践的な野外教育による人材の育成



センサ・サンプリング・プラットフォーム

石丸隆（東京海洋大学）



- 海洋生態系の把握
 - CTDは当初水分と塩分のみ→最近では、水中の照度、クロロフィル、海底からの高さの情報等同時測定可能に
- センサーシステムの問題点
 - 長時間運用の困難さ
 - センサーの時定数の問題（クロロフィル、ウラニンは短いが溶存酸素は長い。比色は使えない。
- サンプリングの問題点
 - 予めプランクトンの時空分布がわかっている必要あり。
 - 多段階ネットを開発。ネットに各種センサーを搭載したい。
 - デジタルホログラフィ技術が最近発展

海洋生態系計測学の立場から

宮下和士(北海道大学)



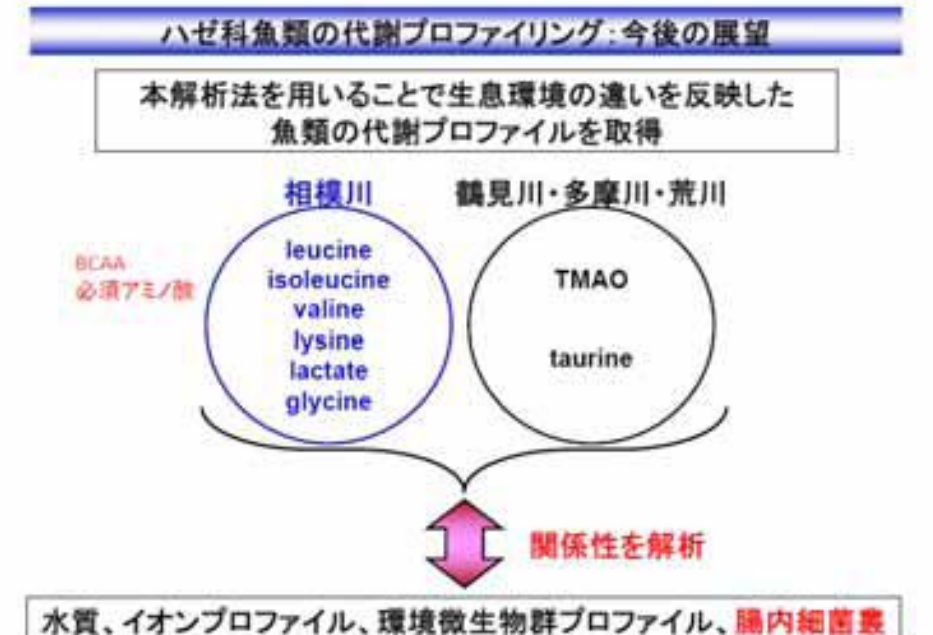
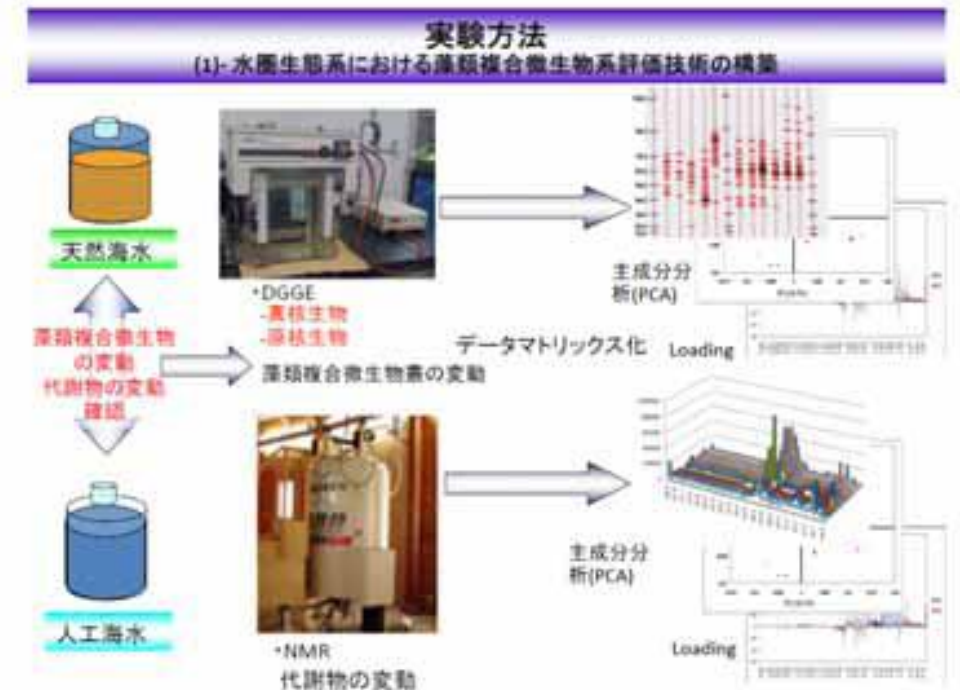
- 計量魚探
 - 水産音響により量・サイズ・種・餌と関係を見る
 - 個体や群れの行動推定
- バイオロギング
 - 動物等にもたせたセンサーで各種情報を取得
 - 音響タグで追跡する方法
- 音響テレメトリー
 - カナダは紅ザケのおなかに毎年3000個のタグをつけて、受信機のカーテンでモニタリング
- ボトルネックは？
 - 小型化と電力供給が課題

メタボロームとゲノム・プロテオームを 組み合わせたマルチオミクス解析

菊地 淳 (理化学研究所)



- 複合微生物系による共代謝の解析技術を水圏の複合生物系に適用、自然界の水や小動物を使い、その相互作用を調べる。お台場の天然海水あるいは人工海水で培養したDNAでは特徴的な真核生物あるいはバクテリアがクラスタリングされた。
- 近辺で採集できるハゼ科の魚類で同様にNMRにて代謝プロファイリングをしている。ハゼは回遊せず、地域の環境情報を濃縮すると考えられる。河川の違いの方が種の違い(ハゼとヌマチチブ)よりも大きく特徴づけられた。
- この変動の特徴がどのような物質に依存するのかについてローディングプロットを見ると、主にアミノ酸類やトリメチルアンモニウムオキサイトが比較的きれいな相模川と比較的汚い鶴見川とでクラスタリングされる。

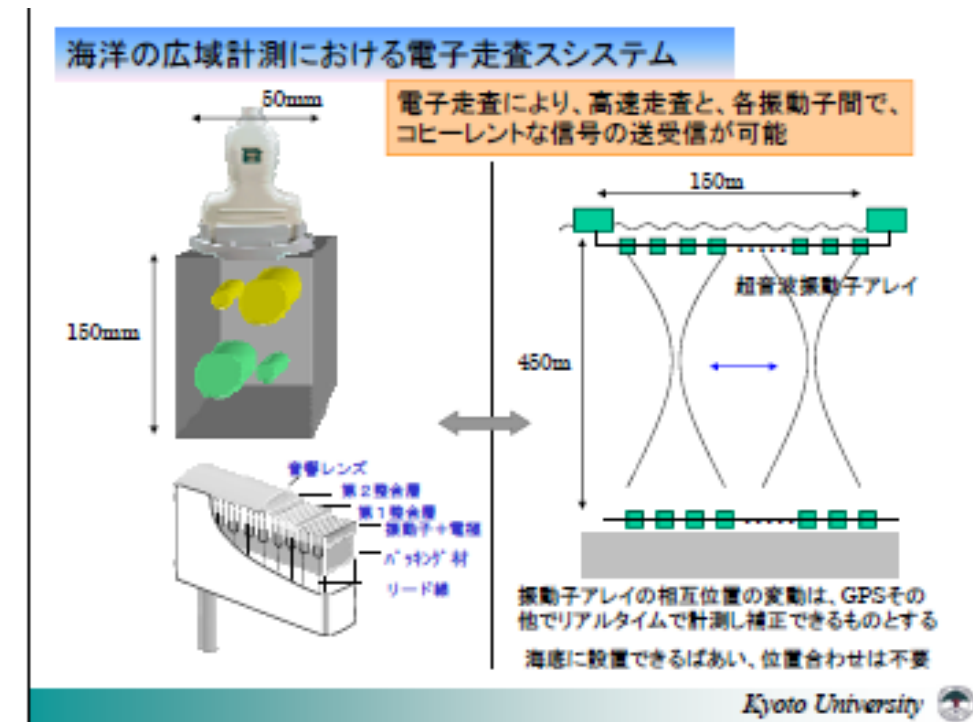




音響計測分野からのシーズ提案

椎名毅(京都大学)

- ここまで進んだ医用超音波技術
 - Bモードは形態の断層をとる
 - ドプラ法: 血流の移動を測る
 - エラストグラフィ: 硬さを画像化
 - 光音響イメージング: 微細な血管造影
- 海洋音響への適用
 - 医用に比し周波数が1/100, 深度は4桁大開口、測定点、移動速度が異なる
 - 医用とのいちばんの違いはビーム成形
 - 医用では電子プローブ走査、海洋では機械的移動
 - エラストグラフィ: ロボットアームでプローブ接近
 - 光音響: ミクロ計測ではプランクトン、酸素飽和度測定可
マクロ計測では光照射し得られる超音波信号から検出



レーザー技術の適用

染川智弘(レーザー総研)



ラマンライダー

- ラマン分光法では、レーザー入射に対して分子等の振動エネルギー準位による波長のずれたラマン散乱光を利用する。この波長ずれからその物質の同定が、強度からその物質の濃度が求められる。
- このラマン・ライダーの応用として、水蒸気分布からの降雨予測の研究が行われている。
- 海中溶存CO₂のラマン・ライダーを提案する。

LIBS(レーザー誘起ブレークダウン分光法)

- レーザーを用いた成分分析手法として、レーザー誘起ブレークダウン分光法がある。観測システムは非常に単純で、レーザーを物体に集光照射し、そのプラズマ発光を分光器で測定するだけである。
- 20種の物質を入れた気体に対する信号の時間経過によって原子の信号等が非常にきれいに分離できる。
- LIBSの特徴: 試料の前処理が必要ないことで、リアルタイム・オンラインの成分分析が得られること



オプトエレクトロニクスの適用

中野義昭(東京大学)

- 光ファイバー海底通信ケーブル
 - 世界中の海にファイバー網が張り巡らされており、海底には電源もあれば通信手段もある。利用を考えるべき
- 光ファイバーセンシング
 - 構造物のひずみを検出したり、内視鏡＋マイクロマシンでアクチュエーションもできる
- カプセル内視鏡
 - バイオロギングに適用できる
- 重要なポイント
 - 電源は、光があれば太陽電池、振動があれば振動でエネルギーを取り出せる。最近の電子機器はわずかな電力で動く
 - コモディティ部品を徹底的に転用して低コスト化を図るべし

質量分析装置の小型化

豊田岐聡(大阪大学)



- マルチターン飛行時間質量分析計
 - 彗星探査機に乘せる質量分析計として開発
 - 40cm四方の板に載っている装置で500周くらいの閉軌道、距離にして640mを飛ばす。
 - 市販装置より高性能
 - 宇宙に比べれば、海洋でのオンサイト計測は遙かに容易





次世代シーケンサ

北川正成(タカラバイオ)

- 次世代シーケンサーの要素技術が進展
 - Massive parallel 局所的に1分子をもとにDNAを増殖しパラレルに読む
 - 酵素反応で放出される光や取り込まれる蛍光物質を検出するCCDカメラの高性能化
 - 得られる大量のデータ処理の計算機能力の向上
- メタゲノムも16S rRNAではなくホールゲノムで
- インコンプリートを含め1万を超える数の生物のゲノムが決定されつつある。



Field Robotics

小菅一弘(東北大学)

- SLAM:
 - 地図がなくても地図をつくりながら自分の位置を認識するアルゴリズム→underwater SLAM
- Sea Glider:
 - iROBOT社が開発、動力が不要。浮上時に衛星にデータをはき出す。
- 水中ロボット:
 - ソナーで魚群を追跡しその経路をSLAMで位置情報を確認しながら追尾することが可能
- 提案
 - セシウム137とともに海洋生物調査を長期にわたってモニタリング→国産の観測システム構築で会社を育てることも重要。

関連する先端計測技術（1）

<p>プラットフォーム</p>	<p>海洋環境における計測を実施するための空間的な移動手段を総称してプラットフォームと呼ぶ。船舶、浮遊ブイ、飛行機、人工衛星、ROV、AUV、グライダーなどの技術。 AUV、ROVについては、JAMSTECによって開発された「しんかい6500」などが有名。</p>
------------------------	--

開発すべき技術シーズ／計測システムの例

<p>プラットフォーム</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・表層付近の流れの強い場所における操作性の良いAUV、ROV ・複数のプラットフォーム（船舶、ブイ、AUV、ROV等）の協調システム化
------------------------	--

関連する先端計測技術 (2)

<p>サンプル採集技術</p>	<p>計測の対象物を分析するために海中から採集する技術(特定のもののみを分離する技術も含む)。海洋に生息する微生物から魚類・無脊椎動物・大型動物や植物までの生物サンプルや、その場の海水サンプルなど。</p> <p>採水器、ネット、網などの技術。現状、100 μm程度までは採水器、それ以上はネット、網による採集を行っている。深海などでは、周辺環境の圧力や温度を維持したままサンプル採集する必要がある。</p>
------------------------	---

開発すべき技術シーズ／計測システムの例

<p>サンプル採集技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・立体構造や周辺環境(含圧力・温度等)を維持したままのサンプリングできる機器の開発 ・現場センシングによる微細粒子と浮遊生物の分離手法 ・AUV、ROVに搭載可能な高性能なマジックハンド(光音響などに使用)
------------------------	---

関連する先端計測技術 (3-1)

計測技術 1/2

- ①**光技術・リモートセンシング**: レーザー技術(フェムト秒レーザー、レーザー誘起ブレイクダウン分光法(LIBS)など)、リモートセンシング: 生物多様性の変化のモニタリングとして利用。例えば、植物プランクトンのクロロフィル・センシング、赤潮モニタリング、サンマ漁場のセンシングなど。
- ②**画像・映像技術**: 海中カメラ、海中ビデオなど、ダイバー、もしくはROVなどの移動手段によって、海中から画像、映像を取得する技術である。高感度画像技術や3次元映像技術など、さらなる高度化が求められている。
- ③**音響技術**: いわゆる超音波・ソナーを使った計測技術。海水中では、光や電波の減衰が大きいため、伝統的に音響が広く用いられてきた。計量魚群探知機は、日本では古野電気社、北欧(ノルウェー)ではシムラッド社などが製造している。

開発すべき技術シーズ／計測システムの例

計測技術

- ①**光技術・リモートセンシング**:
 - ・衛星センシングによるサンゴ礁や藻場などの形態の解析
 - ・ラマン・ライダーによる水溶存CO₂の遠隔観測
 - ・LIBSを用いた周期律表全元素、全同位体のリアルタイム測定方法の開発
- ②**画像・映像技術**:
 - ・光超音波イメージングによる暗闇でのその場観察
 - ・AUV、ROVに搭載可能な焦点深度の深い3Dカメラ、ビデオ装置
 - ・触ると壊れてしまうような生物を非接触で観察できる装置
- ③**音響技術**:
 - ・広域を一気に観測することができるセンシング技術(例えば超音波による自動魚種判別)
 - ・光・音・電界等を使った水中パッシブセンシング技術
 - ― 引生産量(個体数)と個体サイズの分布、その季節変化の把握

関連する先端計測技術 (3-2)

計測技術 2/2

④**バイオリギング**: 人の視界や認識限界を超えた現場において、生物自身やそれを取り巻く周辺環境の現象を調べるための手法。具体的には超小型のデータロガーを生物自身に装着して様々なデータを取得する手法や、電波、超音波発信機を動物に装着して遠隔的に動物の行動や現場の情報を得るテレメリー手法を用いた研究。この分野では、日本の研究者がパイオニアとして独創的なアイデアに基づいて独自の機器を開発し、優れた研究成果をあげてきている。

⑤**化学分析・遺伝子解析**: 分析化学手法、バイオセンサなどである。従来から、海水等をサンプリングし、船上または研究室に持ち込んで計測、分析を行うスポット的な観測が一般的。これらの手法は、サンプリングの環境変化にともなう状態変化の可能性が排除できない、物理、化学及び生物的な計測、分析が別個に行われるためにデータの整合性がとれない、時空間的に連続したデータが得られないことなどの問題がある。これらを解決する現場型センサーが求められている。

開発すべき技術シーズ／計測システムの例

計測技術

④**バイオリギング**:

- ・より「長期」「小型」「深く」まで測定可能なバイオリギング、タギング技術
- ・泳ぐ動作の振動からエネルギーを取得するバイオリギング技術

⑤**化学分析・遺伝子解析**:

- ・海洋環境中でDNA分析や質量分析を可能とする小型軽量計測機器の開発
- ・新たな発想にもとづく海洋生物専用のDNAバーコーディング技術
- ・特定の機能(微生物の硫酸還元機能)判別に使えるデジタルチップアナライザー
- ・環境変動を把握できるバイオマーカーの発見と簡易検査方法の開発(腸内細菌など)

関連する先端計測技術（４）

システム技術	海洋環境という制約条件において、計測の目的を達成するために必要な技術全般を言う。自動化設計、高信頼性設計、可搬設計、堅牢設計（耐圧・防水）、高感度・高精度設計、電源供給技術、エネルギー・ハーベスティング技術、無線通信技術など。
--------	---

開発すべき技術シリーズ／計測システムの例

システム技術	・生物の運動時の振動を利用して効率的にエネルギーを取り出す技術の開発
--------	------------------------------------

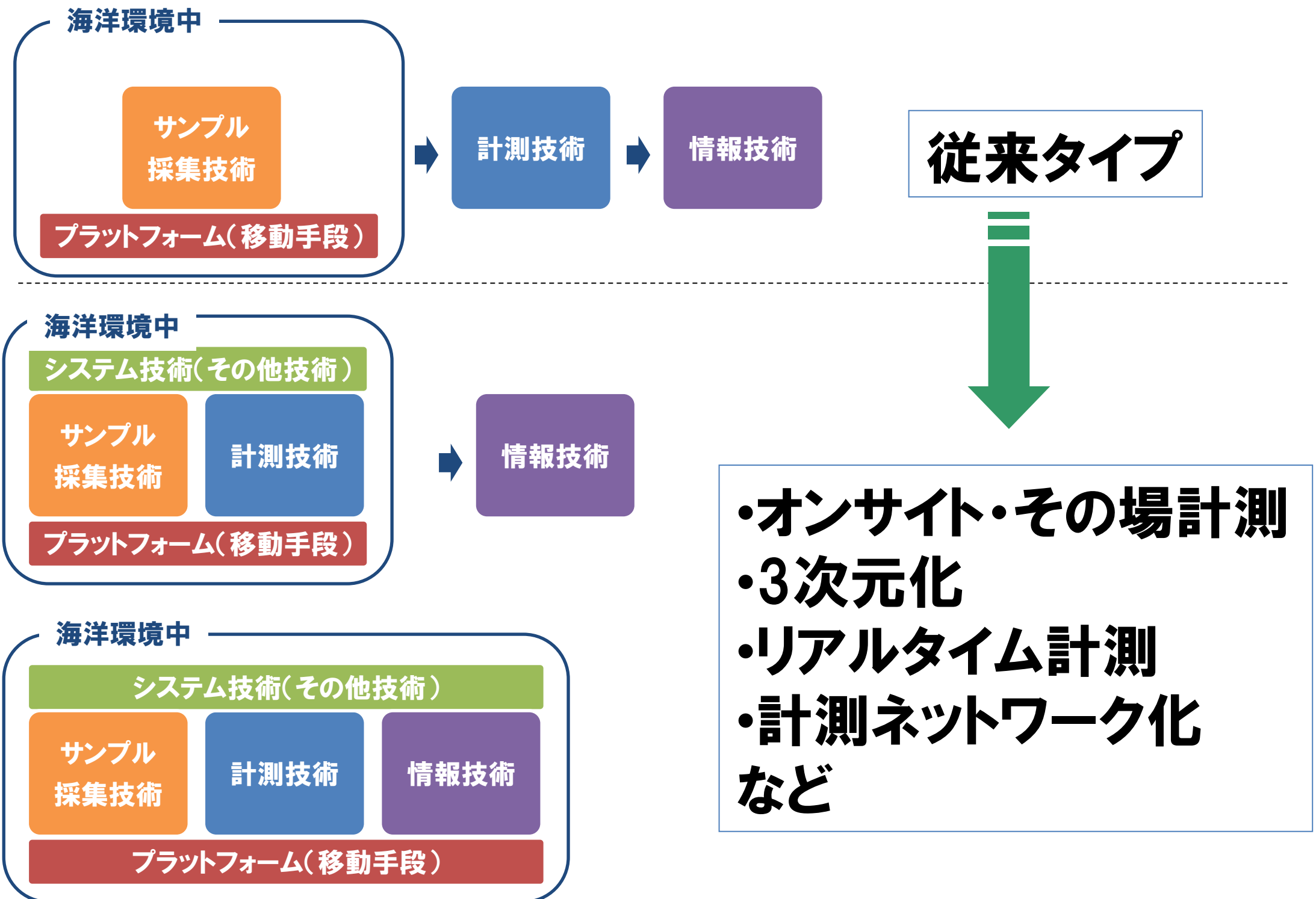
関連する先端計測技術 (5)

情報技術	<ul style="list-style-type: none"> ・各種の計測された膨大な高精度データの解析技術や、得られたデータを統合し、現象をモデル化する技術、さらにはモデルに基づいて挙動予測を行う手法 ・バイオインフォマティクス技術、モデリング技術、シミュレーション技術など。データからノイズ情報を除いて骨格の情報を明らかにするデータマイニング技術なども含む。
-------------	---

開発すべき技術シーズ／計測システムの例

情報技術	<ul style="list-style-type: none"> ・海洋生物多様性に関する膨大で多種多様な情報の中から、課題・目的に適した情報を整理して抽出するデータマイニング技術
-------------	---

空間的・時間的に連続した計測の実現



海洋生物多様性の把握に関する邂逅

	測定手段	物理量				化学量		生物量				
		水温	密度	流れ	光量	O, N, P, COx	栄養塩	遺伝子	原核微生物	プランクトン	高次生物	生物種
観察・計測・モニタリング	リモート・センシングイメージング	<div>○沿岸では、透明度も重要</div> <div>○迅速な鉛直プロファイルの取得</div> <div>○継続的な観測(係留系)</div> <div>○広域的な観測(曳航体, AUV)</div> <div>○海底環境(底質)の測定</div>				<div>○CO₂分圧、pH、溶存酸素</div> <div>○N,Cなどの同位体トレース</div> <div>○可搬できる小型質量分析計</div> <div>○精密な自動観測</div> <div>○時定数の小さいセンサー</div>		<div>○海洋生態系における高次生物の計測技術</div> <div>○現場でのDNA抽出、増幅技術</div> <div>○現場での遺伝子情報の網羅的解析技術</div> <div>○生物種別の生物量と個体サイズ分布の同時計測技術</div> <div>○海洋生物の鳴音の収集とライブラリー化</div> <div>○ビデオ観察(大型から微小生物まで)</div> <div>○音響観測(各サイズ対応, 生物量の測定)</div> <div>○生理活性の自動測定</div> <div>○遺伝子の計測技術</div>				
	画像・映像解析技術											
	音響技術											
	バイオテレメトリ・バイオリギング											
	分析化学手法					<div>○各層海水の迅速な採取</div> <div>○堆積物の確実な採集</div>		<div>○小型生物の各層採集</div> <div>○広域的な連続採集</div> <div>○高速遊泳生物の採集</div>				
	ゲノム解析技術											
その他	対象採取							<div>○物理量、化学量との一体的解析</div> <div>○各種のデータベースの構築と連携</div>				
	ICT情報通信											
	解析(インフォマティクス)							<div>○大規模海洋生態系を対象とした生態系の動態モデルの構築</div> <div>○種の特性を反映できる生態系モデルの開発</div>				
	モデル化											
◆生息区分												

◆生息区分

水平:汽水、内湾、沿岸、外洋
鉛直:表層、中層、深層、底層

◆プラットフォーム

衛星、船、係留システム、ROV、AUV、グライダー

推進すべき技術開発のポイント

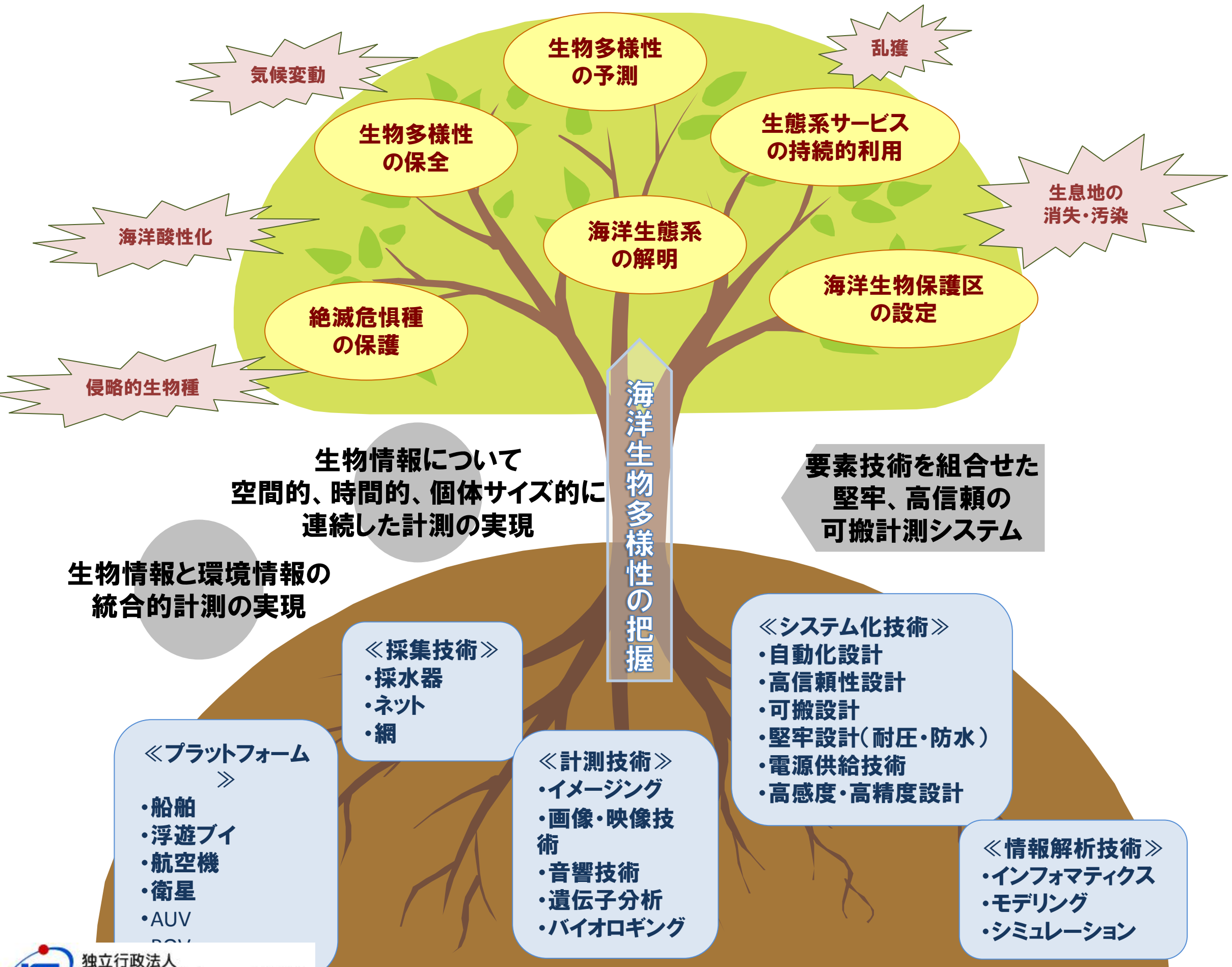
- 生物情報について空間的、時間的、個体サイズ的に連続した計測の実現
- 生物情報と環境情報(物質循環等)の統合的計測の実現
- 要素技術を組合せた堅牢、高信頼の可搬計測システムの構築



オンサイトでの同時物理量化学量測定と生物量測定

生態系の恒常性→物質循環系の恒常性

既存技術・コモディティ技術を活用



まとめ(1)

- 海洋計測のプラットフォーム、特にAUV・シーグライダーなどの開発は重要で、これらは、今後の水産資源開発にも適用可能であるため市場性が見込める。
- 従来型のサンプリングによる生物種把握には限界がある。大部分の微生物は培養できない。生物種がどれだけあるかはメタゲノム解析が有効。シーケンサが進んで全ゲノムも読める。課題は膨大なデータ処理である。
- 生態系の機能を定量化するのは難しいので物質循環を軸に展開するのが現実的。採集すると壊れるものも代謝物は残る。酸素、窒素、リンなどの化学種を同位体比も含めを少量の試料で短時間に感度よく定量測定できる技術開発が求められる。

まとめ(2)

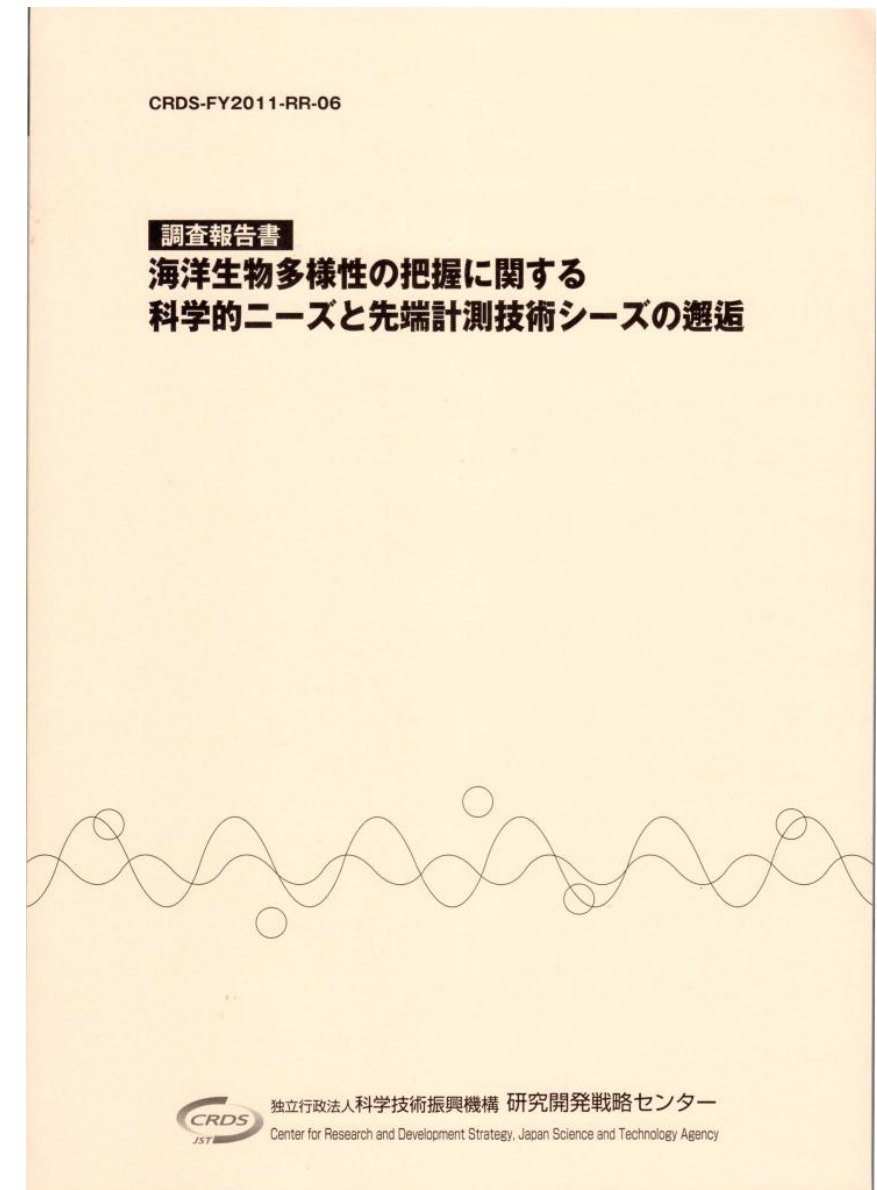
- センサーや計測装置・分析機器が小形化・省電力化すれば、プラットフォームに設置できるようになり、物理/化学量と生物量との対応が可能。特に質量分析装置とシーケンサの小型化は最重要の技術課題である。
- バイオロギングにおいても、小型省電力高解像度撮像技術は進んでおり、センサーが超小型化され、生物の振動による電源で動作できるなら長期観測が出来る。
- 海中では、超音波技術が魚群探査、海中通信に使われてきたが、医用超音波技術の進展により、より解像度の高い超音波画像が得られるようになった。エラストグラフという硬さを判定する技術や光音響技術など最先端技術の海洋への応用も考えられる。

今後の進め方への提言

- 海洋生物に関するモニタリングは長期にわたって継続することにより意義があり、ファンディング方式では限界がある。公的機関が継続的に行うことが必要。これにより企業も参画するし人材も育つ。
- 現在の海洋計測の研究は、インドアサイエンスの研究に偏っている。フィールドに出て調査する研究者の人材育成が課題である。
- 海洋関係のモニターには、観測船方式では限界がある。アメダスに相当する小型観測機器をフェリーや商船、漁船に取り付けてデータを収集するような民間を巻き込んだ取り組みがあれば機器の市場ができ企業も参入しやすい。
- 日本発の海洋生物多様性計測の国際標準の提案と国際的な議論のリードを実践することで、民間企業も交えた海洋生物多様性計測のエコシステム構築が期待される。

調査報告書の刊行について

- JST-CRDS調査報告書11RR06「海洋生物多様性の把握に関する科学的ニーズと先端計測技術シーズの邂逅」が刊行されました。
- 報告書本文のpdf (14MB)がCRDSのホームページからダウンロードすることができます。
<http://crds.jst.go.jp/> (研究開発戦略センター)
 →クイックアクセスメニューの先端計測技術
 →スクロールして下の方の2012年3月
- 検索エンジンで下記のキーワードを入れてもOK
調査報告書 海洋生物多様性の把握



おわりに

- 海洋生物多様性の計測という大きなテーマに対し、今回の調査はニーズとシーズの邂逅という作業の糸口をつくったに過ぎない。
- 今後、CREST「海洋生物多様性および生態系の保全・再生に資する基盤技術の創出」(総括:小池勲夫先生)が開催するワークショップ、シンポジウムなどの場を通じて、さらなる邂逅の作業が行われることで、この分野の進展があるものと期待している。

