

2021年12月2日 シンポジウム

「海洋観測におけるリモートセンシングの活用の今後」

青潮に関するリモートセンシング の現状と今後の展望

横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院

助教 比嘉 紘士

2021年に発生した東京湾の青潮



2021年9月初旬に東京湾にて比較的大規模な青潮が発生（日テレNEWS 24）

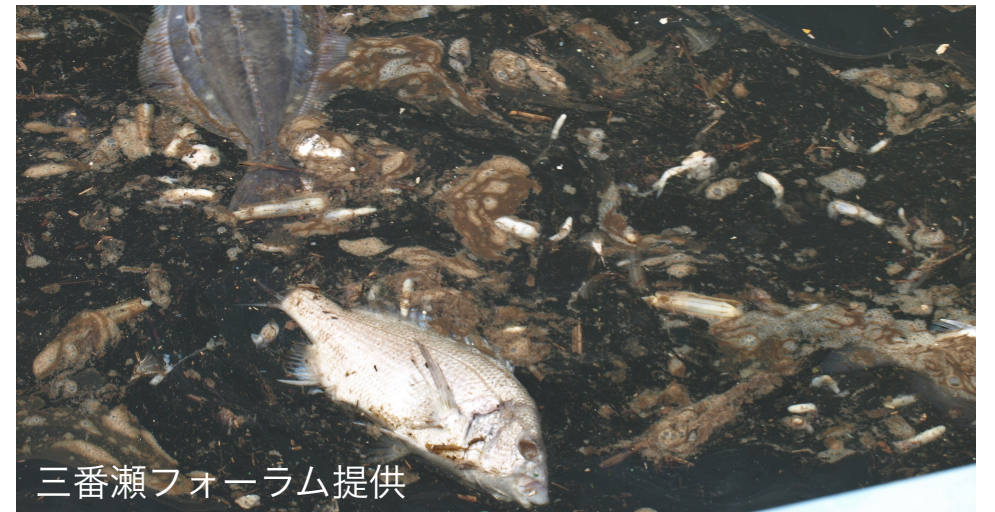
青潮による被害

- 青潮は、無酸素水塊であることから青潮水が生き物の生息場である浅場等に侵入すると、生物の死滅を引き起こす。
- 青潮が大規模な場合には、漁業被害に繋がることから、重大な環境問題として認識。
- 2021年今年の青潮では、貧酸素に強いホンビノス貝の死滅が確認。



三番瀬フォーラム提供

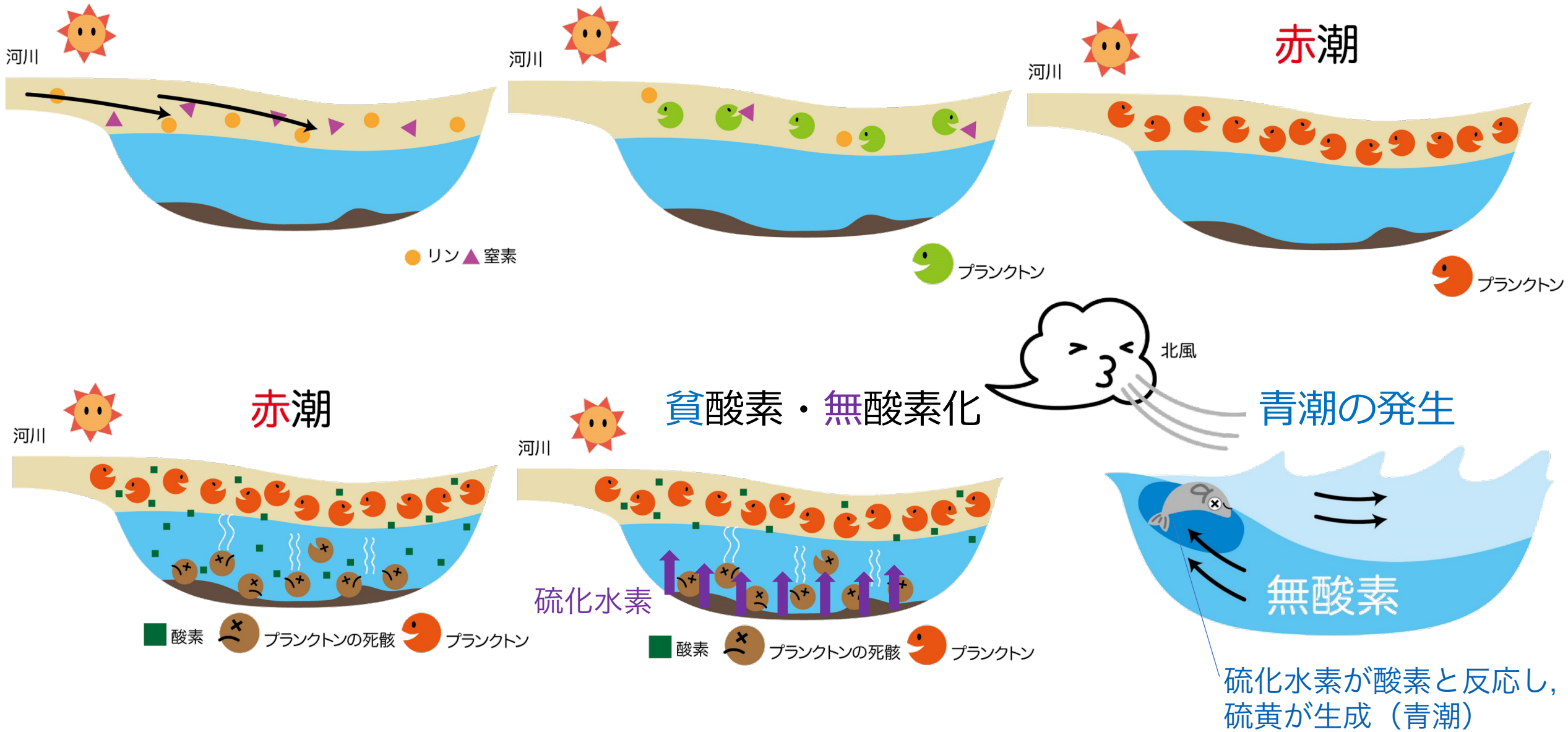
潮目に多くの浮遊物、クロダイ、イシガレイ、スズキの死骸が漂う



三番瀬フォーラム提供

マテ貝が腐敗しガスで膨らんで浮いている

青潮の発生メカニズムとは？

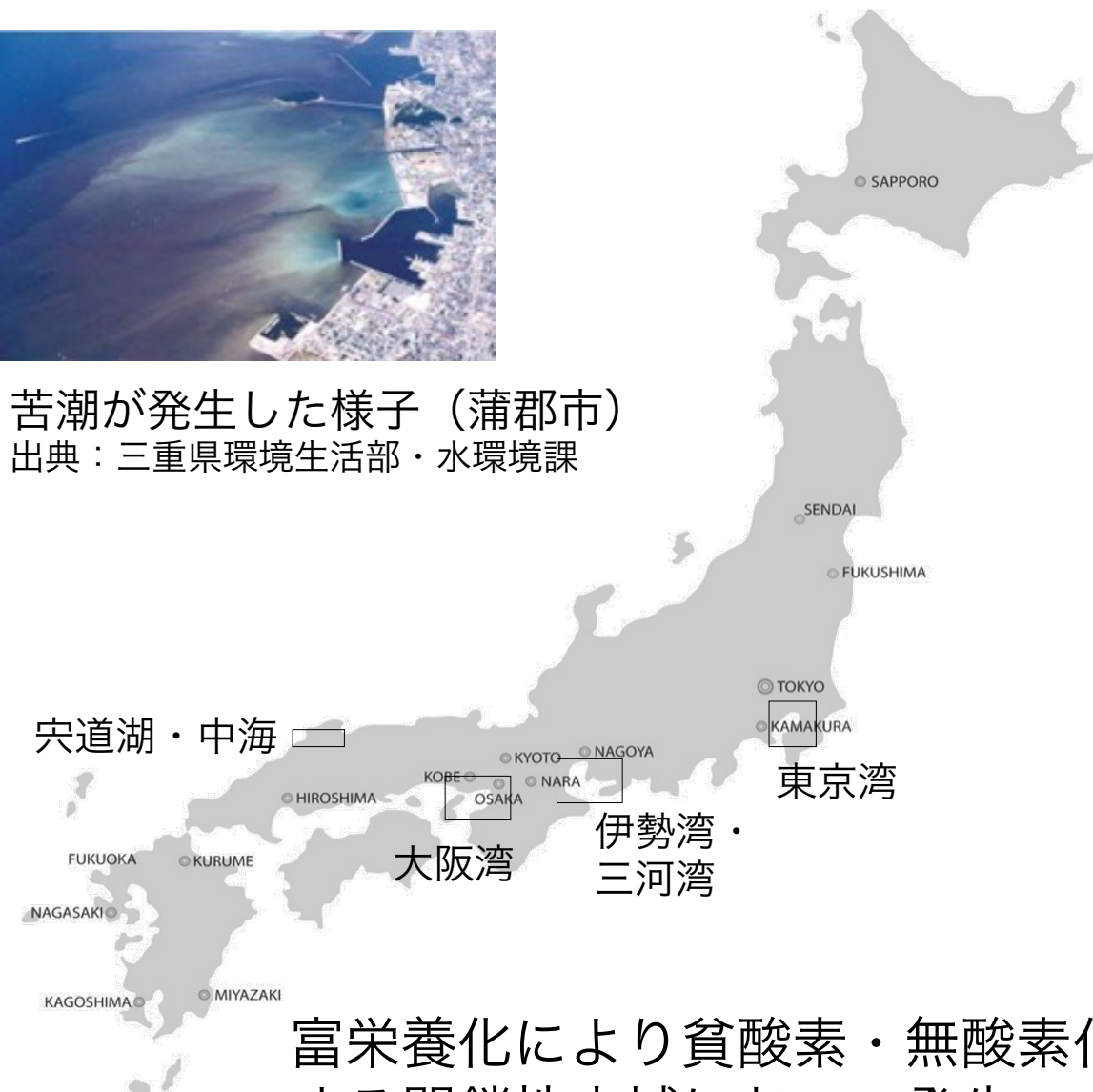


日本における青潮の発生状況



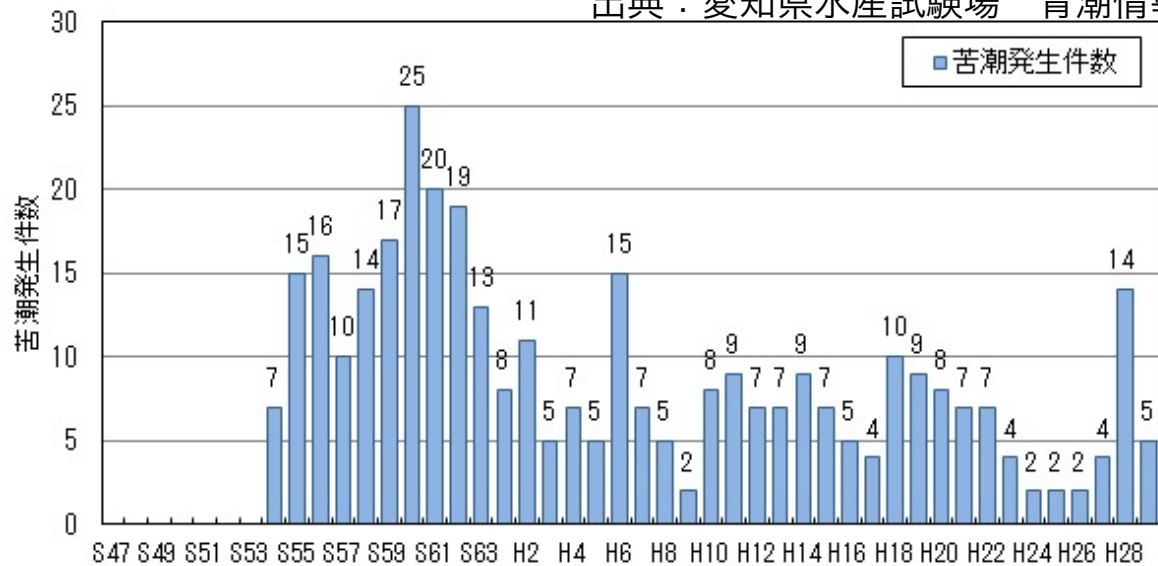
苦潮が発生した様子（蒲郡市）

出典：三重県環境生活部・水環境課



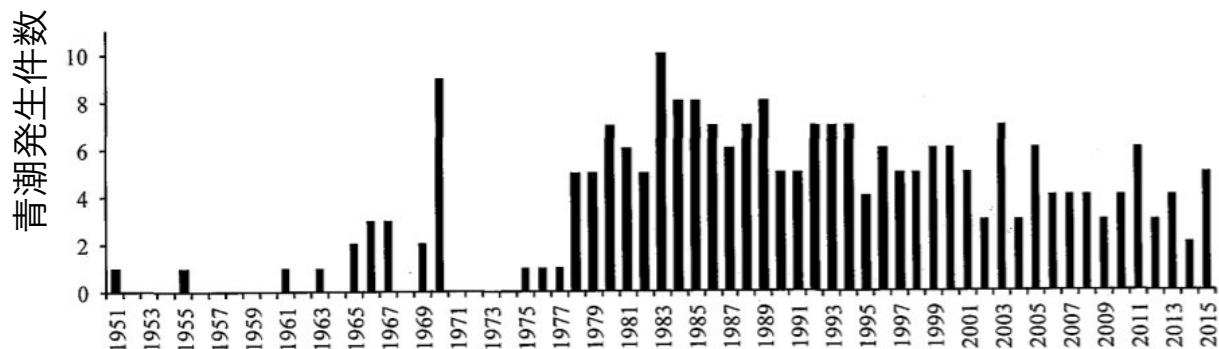
富栄養化により貧酸素・無酸素化する閉鎖性水域において発生

出典：愛知県水産試験場 青潮情報



伊勢湾・三河湾における青潮発生件数の推移

出典：千葉県水産総合研究センター



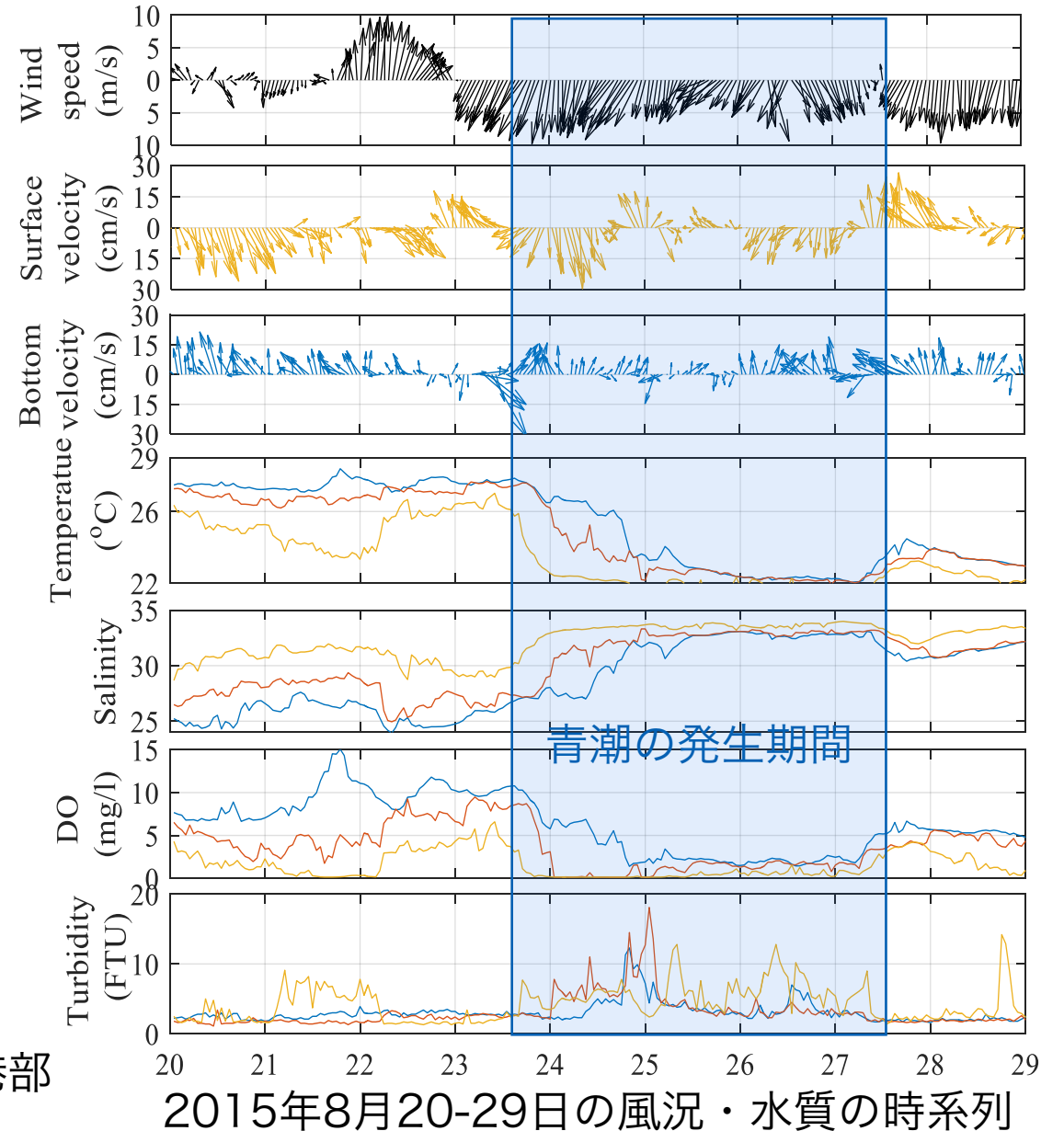
東京湾における青潮発生件数の推移

青潮観測の現状

- 風況による予測
- 水質モニタリングポスト
- 目視による観測と範囲推測
- 船舶観測



国土交通省 関東地方整備局港湾空港部
<https://www.tbeic.go.jp/MonitoringPost/top>



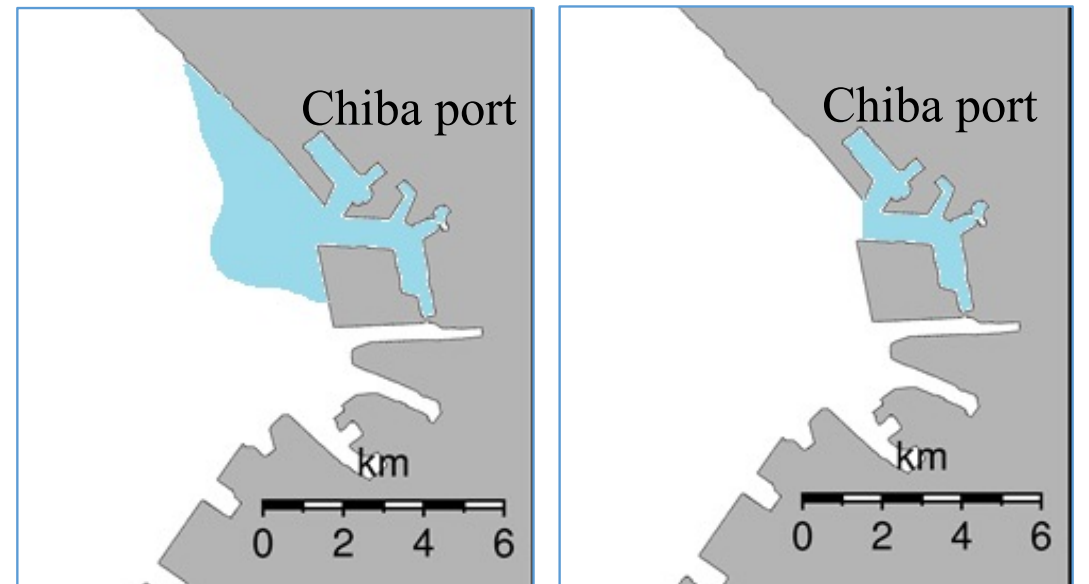
青潮観測の現状

- 風況による予測
- 水質モニタリングポスト
- 目視による観測と範囲推測
- 船舶観測

従来手法では、青潮の時空間的な変化を捉えることが困難であり
衛星データがこれを補完可能か？



2015年8月24日の青潮の写真@千葉ポートタワー



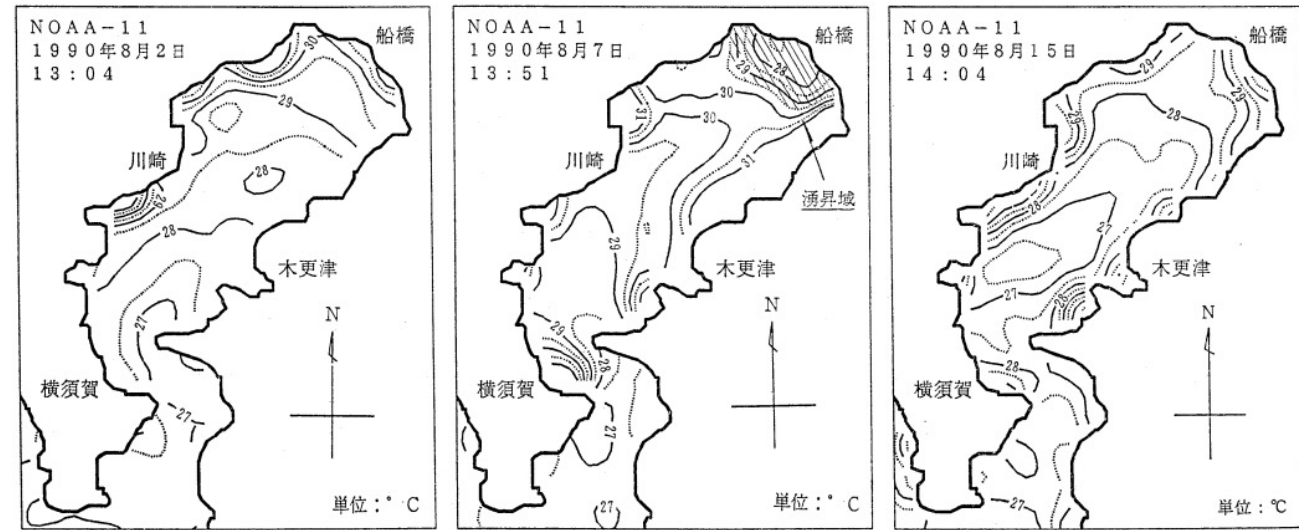
目視観測から青潮が拡がる範囲を推測

衛星データによる青潮のリモートセンシング

□ NOAA-AVHRRによる湧昇域の検出

観測頻度1日約2回, 1.1km解像度により, 熱赤外データを利用し, 青潮の色ではなく低温度の湧昇域を把握.

上野成三, 灘岡和夫, 石村明美, & 勝井秀博. (1992). NOAA-AVHRRデータを用いた東京湾の風に起因する湧昇現象の解析. 海岸工学論文集, 39, 256-260.



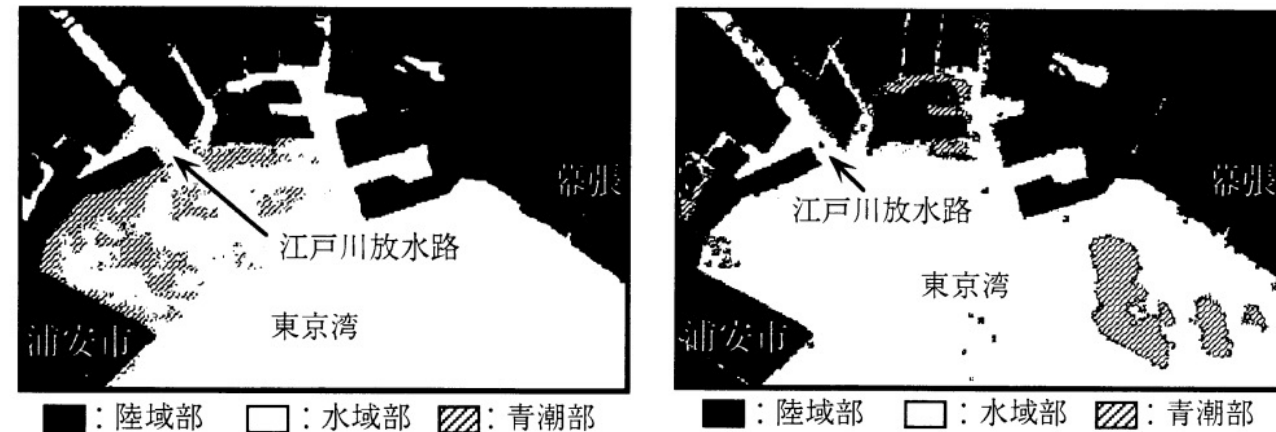
(a) 8月2日 13:04 (b) 8月7日 13:51 (c) 8月15日 14:04
海面温度の空間分布 (1990年8月2日, 8月7日, 8月15日)

□ Landsat TMによる青潮水域の検出

青潮水域, 河口水域, 湾中央部水域の輝度を教師データとして使用し, 類似した輝度特性に対して青潮域を検出.

宮崎早苗, 八木宏, 小倉久子, & 灘岡和夫. (1995). 衛星画像解析に基づく東京湾の青潮発生状況把握の試み. 海岸工学論文集, 42, 1076-1080.

衛星データの観測頻度・解像度が不十分, また分布の検出に留まり硫黄濃度としての推定は困難.



青潮検出結果 (1993年9月10日, 1991年4月30日)

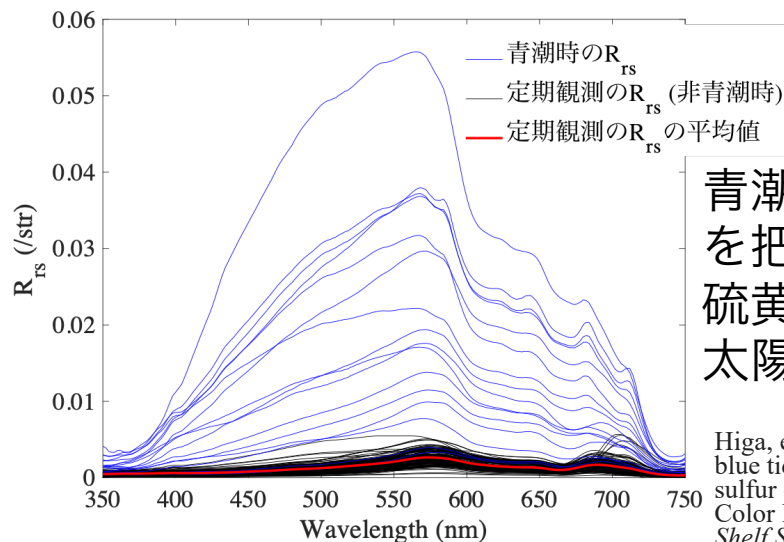
船舶観測による青潮の光学特性の解明とモデル開発

1. 青潮発生時に船舶観測を実施



2015年8月の大規模な青潮の発生時に船舶での観測に成功.

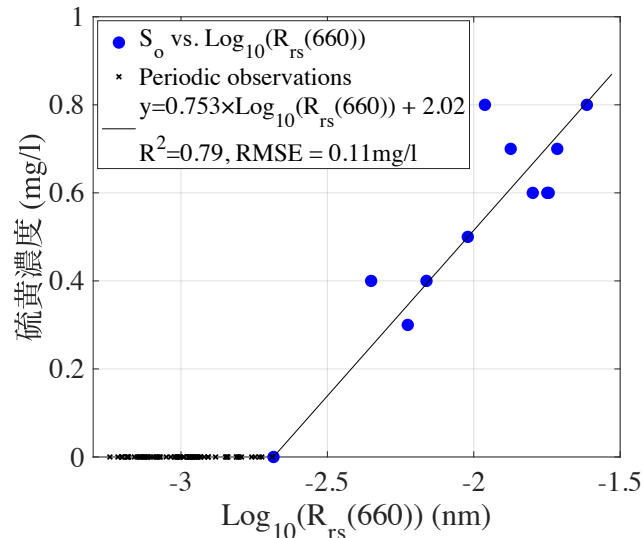
2. 青潮の光学特性を把握



青潮の強い光散乱特性を把握。
硫黄のコロイド粒子は太陽光を強く散乱。

Higa, et al. (2020). An estimation method for blue tide distribution in Tokyo Bay based on sulfur concentrations using Geostationary Ocean Color Imager (GOCI). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 235, 106615.

3. 海色衛星データの硫黄推定モデル作成



測定した硫黄濃度と分光反射率の経験的關係から、**硫黄濃度推定モデル**を開発。

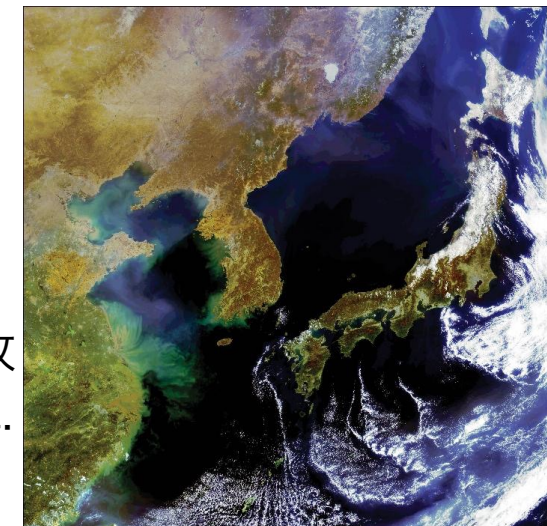
島根大 管原庄吾先生との共同研究

4. 静止海色衛星画像へ適用

静止海色衛星 (GOCI)

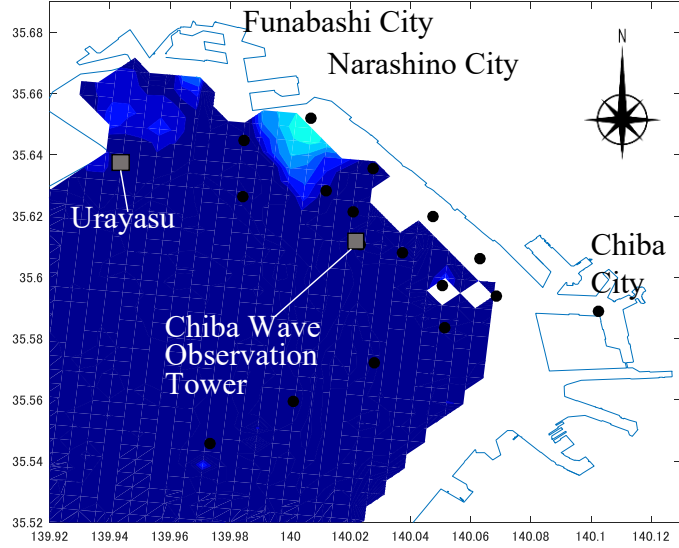


500m解像度で1日に日中8枚に画像を取得する静止衛星。青潮の動きを把握可能に。

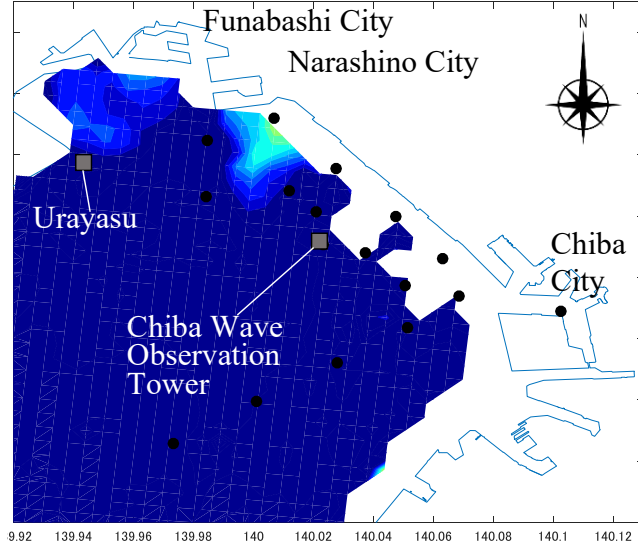


青潮を硫黄濃度として推定可能に

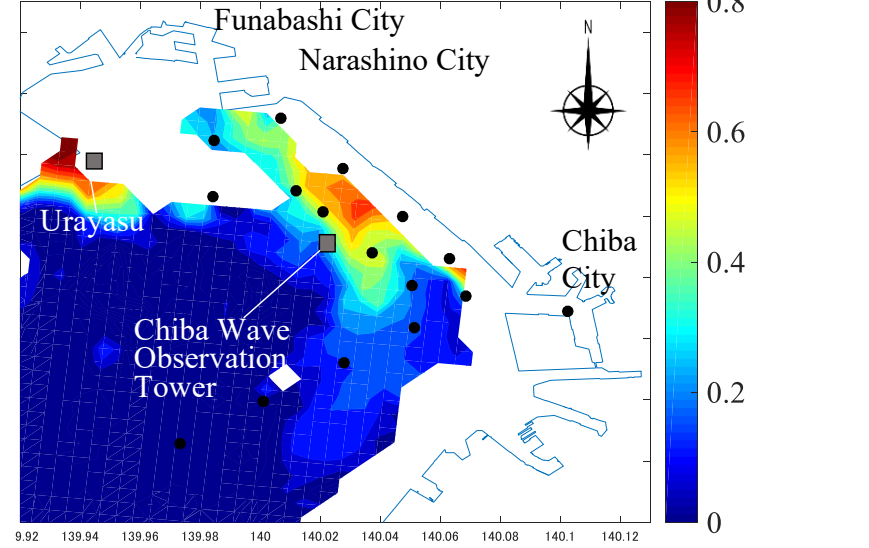
10:30 23 May 2012



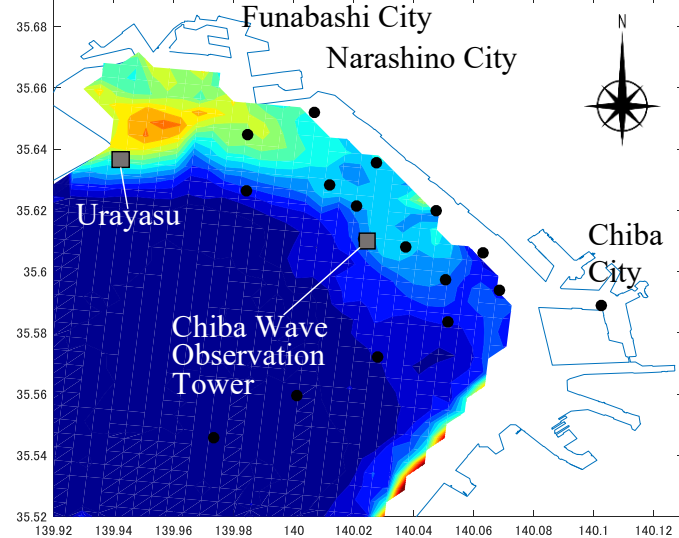
11:30 23 May 2012



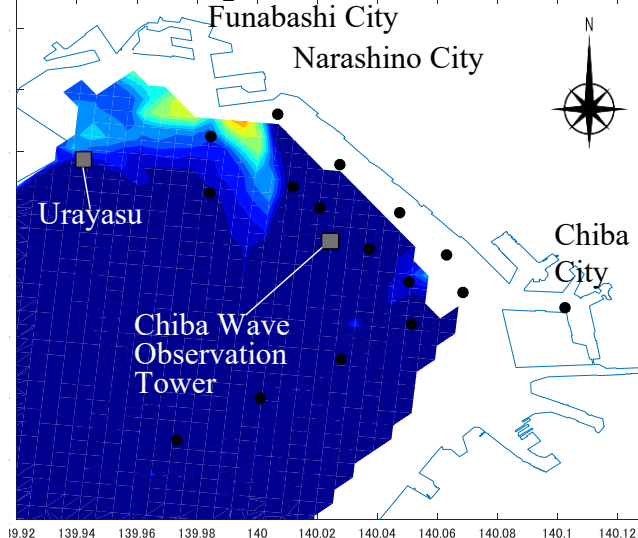
9:30 24 September 2012



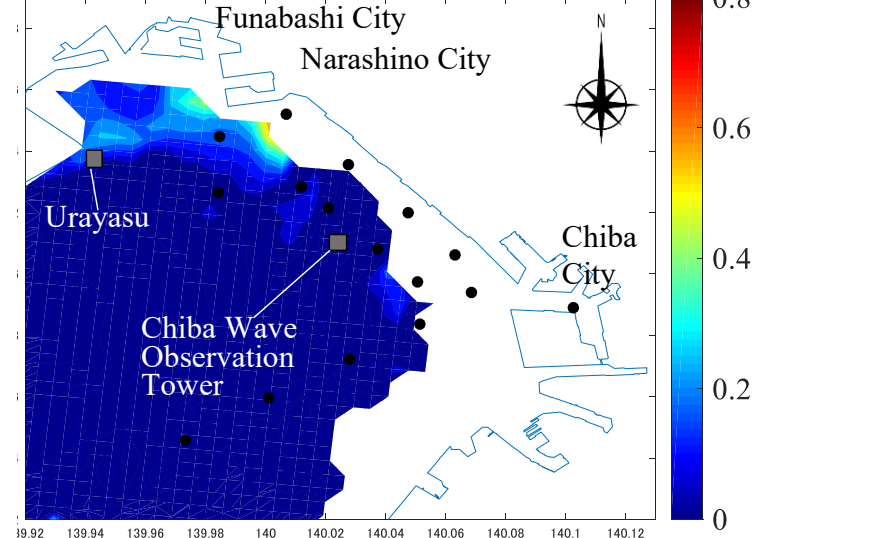
11:30 24 September 2012



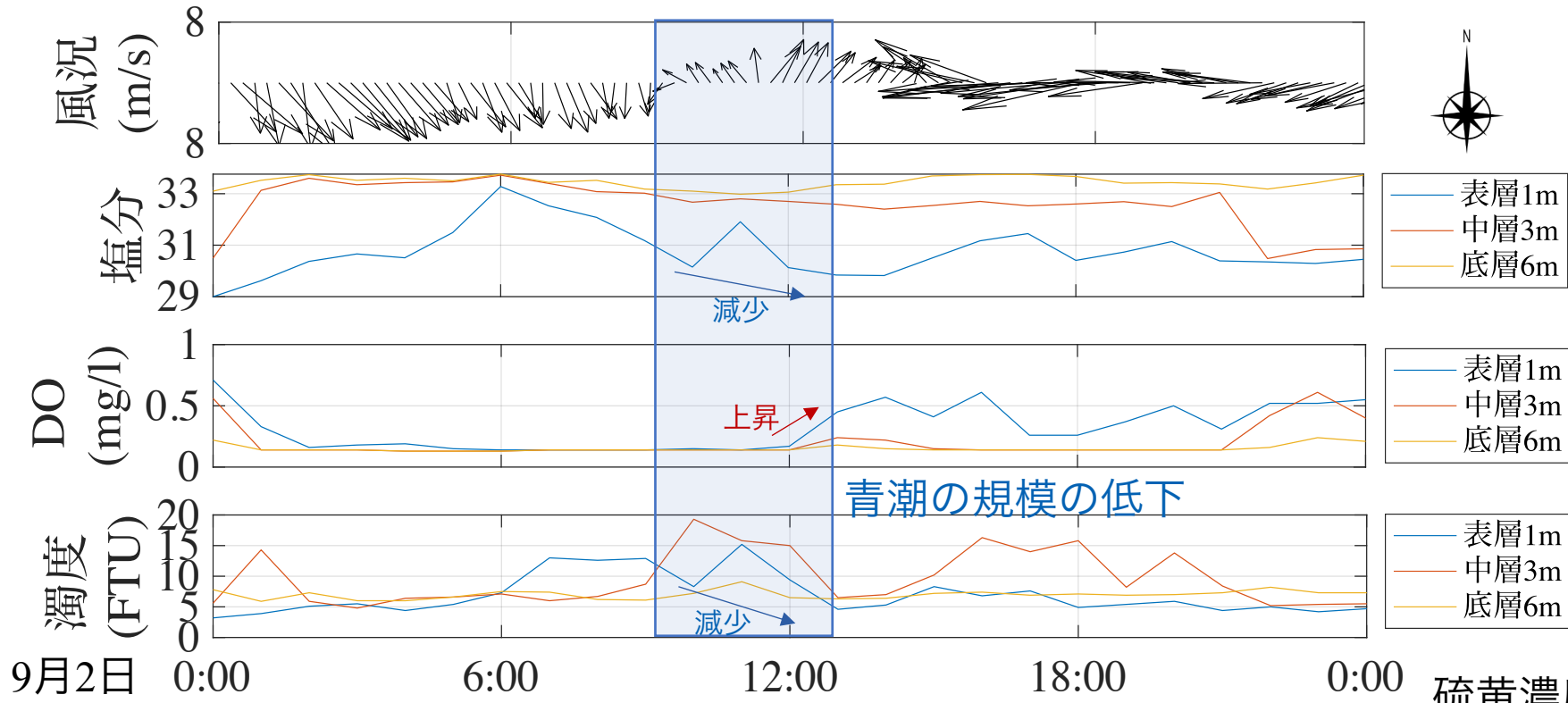
13:30 2 September 2014



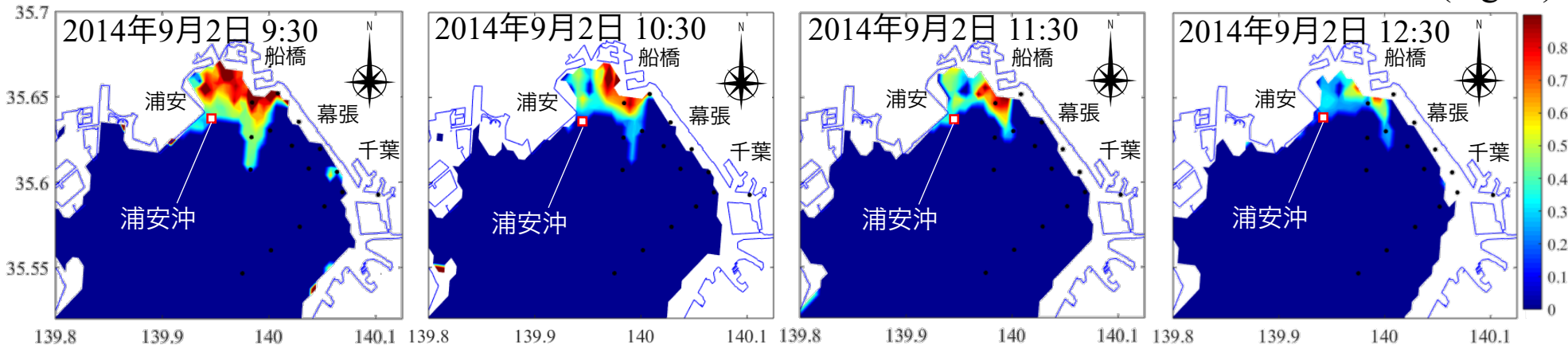
14:30 2 September 2014



青潮の空間的な時系列変化



衛星データ取得期間

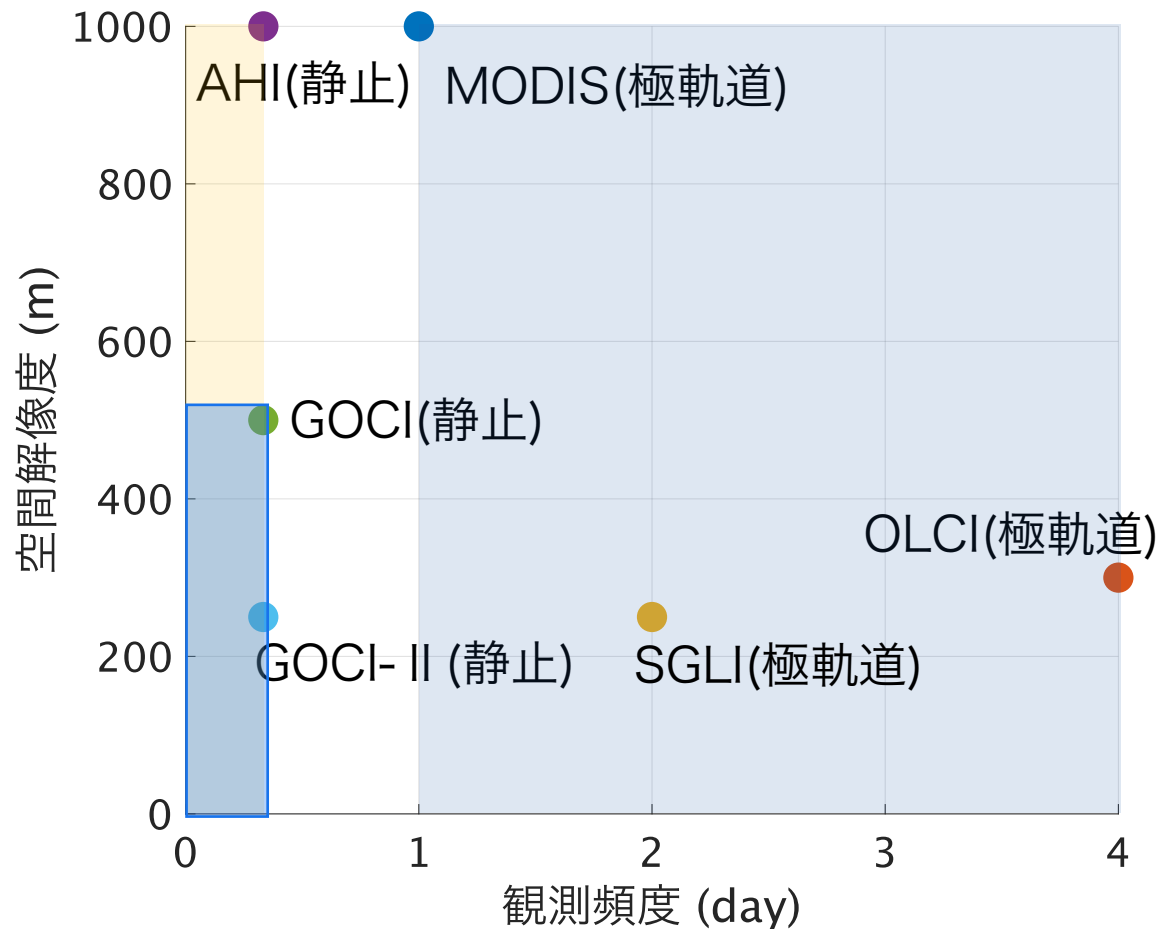


南風の連吹により、青潮分布が短時間で徐々に縮小する過程を観測。

時空間的に小規模な現象を衛星データで捉える

□ 衛星の空間解像度と観測頻度との関係

従来から衛星データは時空間スケールが大きい対象に効力を発揮.



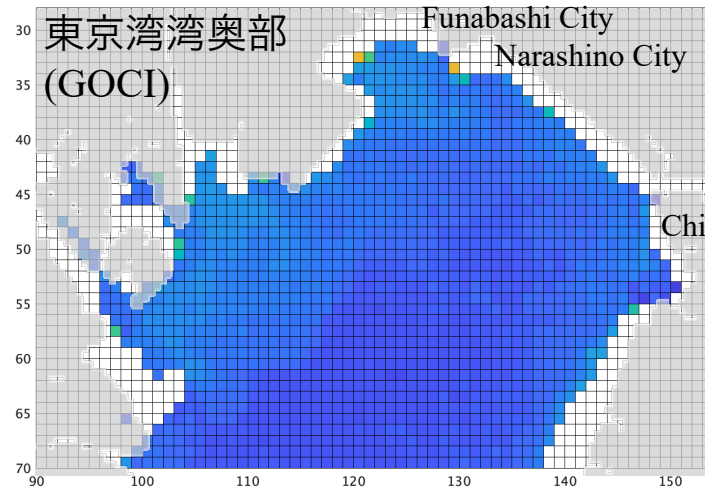
青潮 (時空間的に小規模な現象) のリモートセンシングにおいて,

- 500m解像度は十分か?
- 1時間インターバル撮影で十分か?
- マルチスペクトルセンサで十分か?

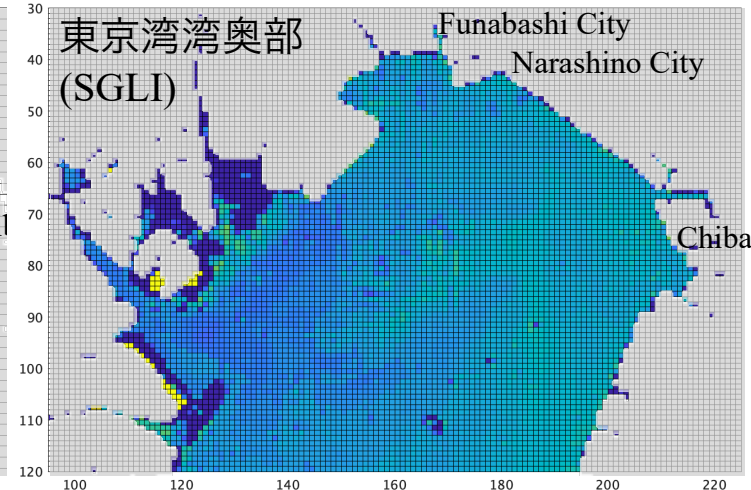
時空間的に小規模な現象のリモートセンシング

□ 空間解像度

- 500 m解像度では, 港内, 浅場, 養殖場等の小領域を捉えることは困難.
→ 赤潮・青潮の発生は, 生き物の生息場となる小領域で重要.
- 250 m解像度では河川は困難. 港内, 浅場, 養殖場の周辺水質が把握可能.



500 m空間解像度



250 m空間解像度

□ 時間解像度

- 1日1回では, 青潮はx.
- 雲の影響がクリティカル.
→ 沿岸域の短期スケールで複雑な変化を捉えられない.
- 1時間間隔で湾スケールの青潮は把握可能. 小スケールの変化は困難

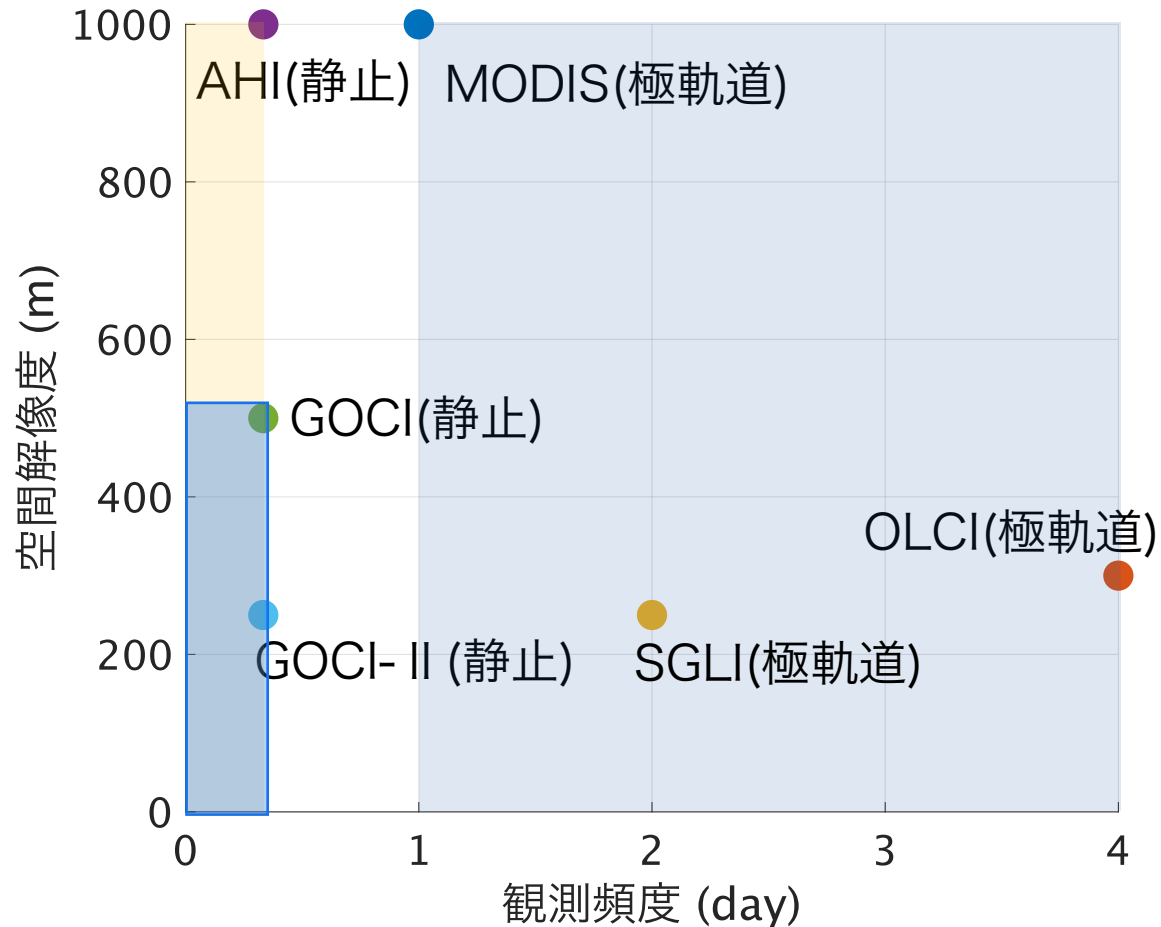


固定カメラによる青潮の連続撮影

時空間的に小規模な現象を衛星データで捉える

□ 衛星の空間解像度と観測頻度との関係

従来から衛星データは時空間スケールが大きい対象に効力を発揮.



青潮 (時空間的に小規模な現象) のリモートセンシングにおいて,

- 500m解像度は十分か?
- 1時間インターバル撮影で十分か?
- マルチスペクトルセンサで十分か?

対象を **どこの視点** から捉えるか.
当然, 対象の時空間スケールに依存.

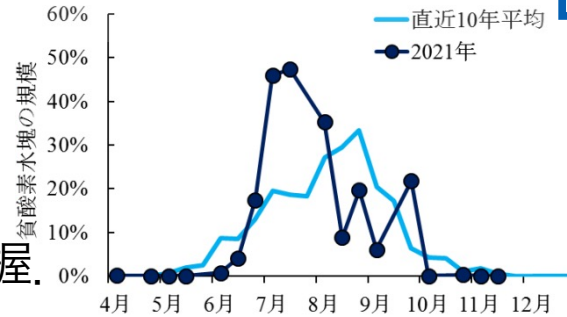
どこの視点から捉える **必要があるか**.
→ **その意義は?**

青潮リモートセンシングの意義とは？

リモートセンシングデータは”取得した瞬間から過去データ”

□ 青潮の規模の長期変化

- 沿岸環境の保全・維持・管理におけるデータ利用。
- 有機物・溶存酸素だけでなく青潮の頻度・規模を把握。



貧酸素水塊の規模 (千葉県水産総合研究センター)

□ 青潮のデータ同化による予測

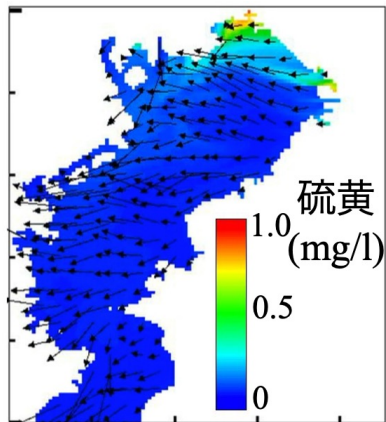
- データ同化は海洋分野で先行。沿岸域の水質データ同化例は少ないが進められつつある。(電中研, 港空研)

課題が多い

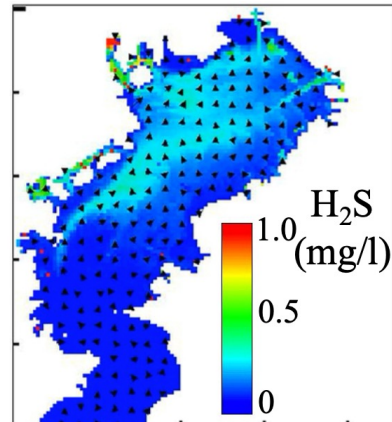
- 青潮の短い時空間スケールの変化に対し意味を成すか？
- 衛星データの沿岸域における水質推定誤差の影響は？
- その活用方法は？
- ブレイクスルー必要

□ 流動・生態系数値モデルの開発と検証

- 青潮の再現には、物理的・化学的・生物学的プロセスの理解とモデル化が必要不可欠。
- 従来検証データなし。

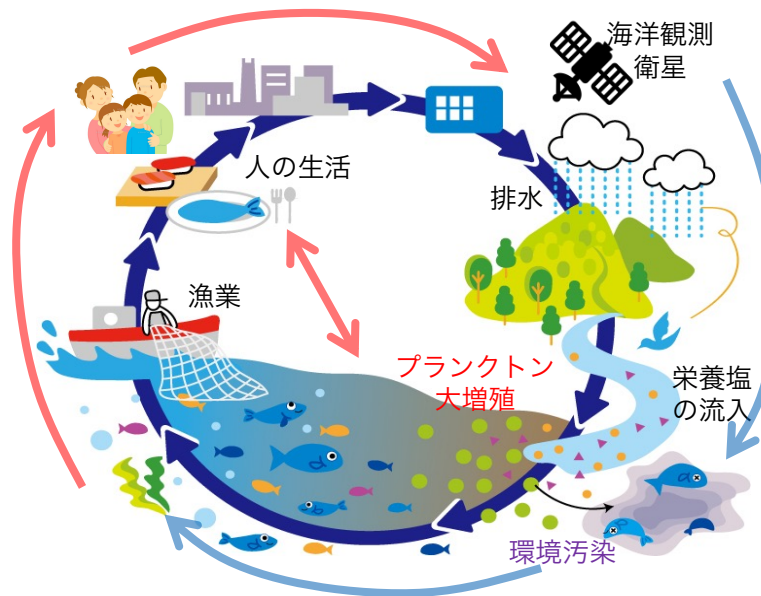


表層の硫黄 数値計算結果



底層の硫化水素 数値計算結果

□ 「豊かな海」物質循環のバランス

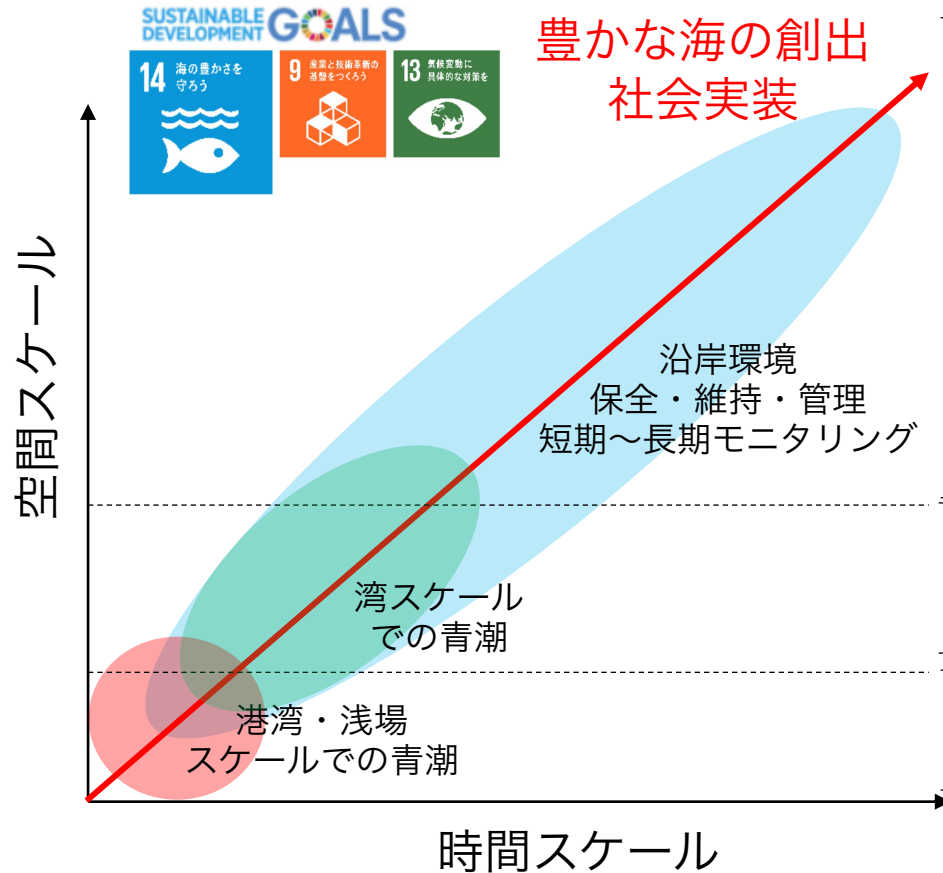


沿岸環境の物質循環の概念図

- 生産力の高い豊かな海の創出といった大きなテーマと関連。
- 様々な視点からの融合的利用においてリモートセンシングデータが活用。

将来センサーへの展望

□ 時空間スケールと青潮現象



衛星の種類・スペック

極軌道衛星
頻度: 1日～数日に1回程度
解像度: 500 - 1000 m程度
青潮を捉えるには困難.
環境の長期変遷の把握

静止衛星
頻度: 1日8回程度
解像度: 100 - 500 m程度

動画撮影
頻度: 数秒 - 10分程度
解像度: 数cm - 数m
緊急性を有する対象に有効. ドローンや固定カメラ利用

**ハイパー
スペクトル**
水中物質の構成
の違いを分離

**マルチ
スペクトル**
対象の濃度の
推定

RGB
分布のみの把握

対象をどの視点で捉えるか、実現可能性を含め、意義に基づく将来センサーの検討

青潮被害を軽減するための課題

気候変動の影響
沿岸環境の保全・
維持・管理

流動・生態系モデル
開発・検証

再現と予測の間に
大きなギャップ

データ同化による
青潮予測

青潮の軽減や回避
ブレークスルーを
要する領域

まとめ

青潮リモートセンシングの現状

- 静止海色衛星により，青潮を硫黄濃度として空間的に推定することが可能に。
 - 初めて青潮の時空間的動態を明らかにした意義は大きく，今後の青潮対策の研究へ貢献すると考えられる。
 - 少なくとも500m以下の解像度，1時間間隔の頻度が必要。
 - ハイパースペクトルセンサーにより，河川起源の土砂と青潮を明確に分離できる可能性あり。
- 青潮リモートセンシングは，青潮対策といった大きな課題に対し様々な視点から貢献する。

今後の展望

- 将来センサーや次世代の地球観測衛星は，将来の技術的ブレークスルーを構想しながら，多種多様な課題に対し，科学的知見に基づき何ができて何ができないかを含めて“意義”を明確化し，あるべき姿を検討する必要がある。