

海洋アライアンス シンポジウム

第8回 東京大学の海研究

【攪乱の時代】



2013年7月31日(水)
東京大学 農学部【弥生講堂・一条ホール】
10:00 ~ 17:00

主催: 東京大学 海洋アライアンス

このシンポジウムは、海洋アライアンスと日本財団が連携して進める人材育成と研究活動「総合海洋基盤（日本財団）プログラム」の一環として開催しています。

海洋アライアンス シンポジウム

第8回 東京大学の海研究

攪乱の時代

2013年7月31日(水) 10:00~

東京大学 農学部「弥生講堂・一条ホール」

<海洋アライアンスからの御願ひ>

講演中に撮影した写真は、海洋アライアンスの活動を内外に報告する報告書等あるいはホームページ上で紹介される場合が御座いますことを予め御了承下さい。

よろしく御願ひいたします。

プログラム

司会：羽角博康（大気海洋研究所）

10:00

開会挨拶

松本洋一郎（理事・副学長）

10:10

現在の日本をとりまく地震活動の状況

平田直（地震研究所）

10:50

気象擾乱と海一台風に関する最近の課題からー

新野宏（大気海洋研究所）

11:30

沿岸域の波・流れによる巨大外力場の攪乱と防災減災

田島芳満（工学系研究科）

休憩

司会：多部田茂（新領域創成科学研究科）

13:30

東北地方太平洋沖地震による海洋生物群集の攪乱

ー海洋生物に襲いかかる天災と人災ー

河村知彦（大気海洋研究所）

14:10

沿岸域の水環境への人為影響

鯉淵幸生（新領域創成科学研究科）

休憩

司会：村山英晶（工学系研究科）

15:10

海洋ガバナンス確立への貢献に向けた大学の模索

上田大輔（公共政策大学院）

15:50

パネルディスカッション：「大学の枠を超えた活動 ー挑戦と学びー」

小川太輝（大気海洋研究所）

菊池里紗（農学生命科学研究科）

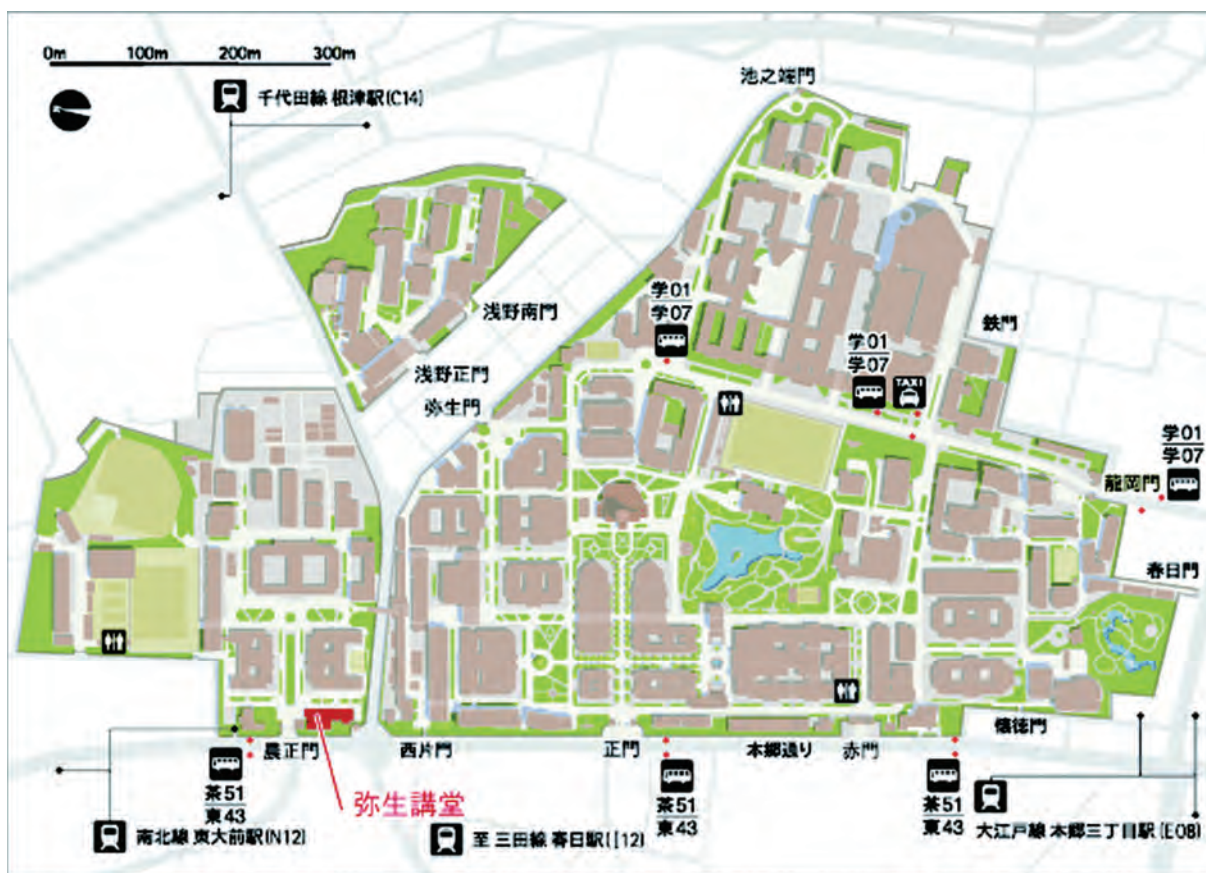
古園勇斗（農学生命科学研究科）

16:50

閉会の挨拶

機構長 日比谷紀之（理学系研究科）

17:15-19:15 懇親会（於：弥生講堂アネックス）



シンポジウム会場(農学部, 弥生講堂・一条ホール)位置図.

【会場】

東京大学農学部「弥生講堂・一条ホール」
〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

【交通】

地下鉄：南北線 東大前駅（徒歩 1 分）
千代田線 根津駅（徒歩 8 分）
丸ノ内線・大江戸線 本郷三丁目駅（徒歩 15 分）
都バス：御茶ノ水駅（JR 中央線，総武線）より，
茶 51 駒込駅南口又は東 43 荒川土手操車所前行，
東大（農学部前バス停）下車徒歩 1 分

© 2013 Naoshi Hirata, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

0. 現在は地震活動の活発な時か？

1923年月から現在までのM>7地震

116 地震/90年
→M7超地震は、毎年10回

2011年 3月11日

100地震/90年

1924 2004

2013.7.10

© 2013 Naoshi Hirata, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

1. 2011年東北地方太平洋沖地震とその日本列島への影響

(概念図)

高橋肇記氏のホームページより引用
<http://staff.aist.go.jp/msk.takahashi/index.html>

2013.7.10

© 2013 Naoshi Hirata, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

【海洋アライアンスシンポジウム:第8回東京大学の海研究「攪乱の時代」】(2013/7/31)

現在の日本をとりまく地震活動の状況

東京大学地震研究所
地震予知研究センター

平田直

日時: 2013年7月31日(水)
10:00~10:45

場所: 東京大学農学部・学生ホール
シンポジウム「一条ホール」

2013.7.10

© 2013 Naoshi Hirata, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

明治時代以降(120年間)、日本で1000人以上の死者・不明者を出した12地震

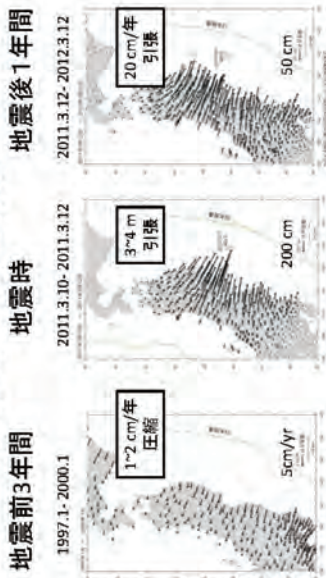
発生年月日	マグニチュード(M)	震源深さ(震源の深さ)	震害(死者・不明者)	被害(死者・不明者)	被害(死者・不明者)
1 明治24(1891)年10月20日	8	深発地震	死者 7,273	-	最大震害(死者・不明者) 100人以上
2 明治29(1896)年04月15日	8.2	相模湾沖地震	死者 21,959	0 (0~1)	死者・不明者中心、大津波、東北地方
3 大正12(1923)年09月01日	7.9	関東大震災(相模湾沖)	死者不明(19万5千名)	0 (0)	死者、死者、死者
4 昭和21(1946)年03月07日	7.3	北方地震	死者 2,025	0	5 級弱 沿岸津波
5 昭和21(1946)年03月08日	8.1	昭和21年三陸地震	死者不明(3,084)	0	5 級弱 沿岸津波
6 昭和18(1943)年09月10日	7.2	豊後地震	死者 1,003	-	死者、死者、死者、死者
7 昭和18(1943)年12月07日	7.9	豊後地震	死者不明(1,223)	0	死者、死者、死者、死者
8 昭和20(1945)年12月13日	6.8	三才地震	死者 2,306	0	死者、死者、死者、死者
9 昭和21(1946)年12月25日	8	南海地震	死者 1,330	0	死者、死者、死者、死者
10 昭和23(1948)年05月26日	7.1	奥平地震	死者 3,709	-	死者、死者、死者、死者
11 平成7(1995)年01月17日	7.3	兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)	死者 6,434 不明者 2,004	0	死者、死者、死者、死者
12 平成23(2011)年03月11日	9.0	東北地方太平洋沖地震	死者 16,278 不明者 2,664	0	死者、死者、死者、死者

25年 47年

<http://www.mri.u-tokyo.ac.jp/column/2013-06-23.html>

2013.7.10

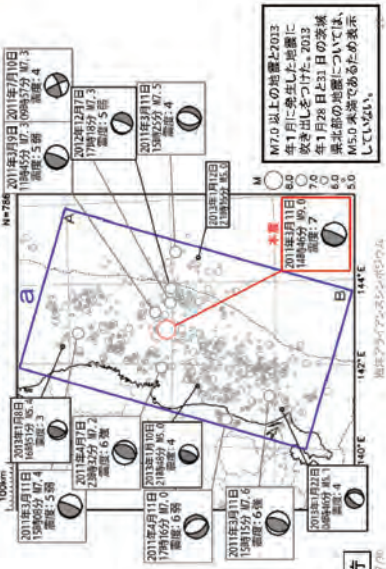
東北地方の地殻変動



(国土地理院) <http://www.gsi.go.jp/csis/chikakuhenndo40012.html>

2. 余震と関東の地震活動

震央分布図(2011年3月1日~2013年1月31日、深さすべて、 $M \geq 5.0$)
2013年1月の地震を深く表示(「震度J」は、「最大震度J」の意味)

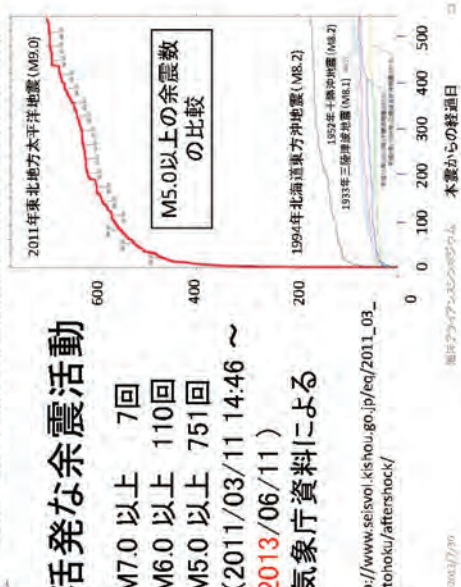


気象庁 2013/7/26

活発な余震活動

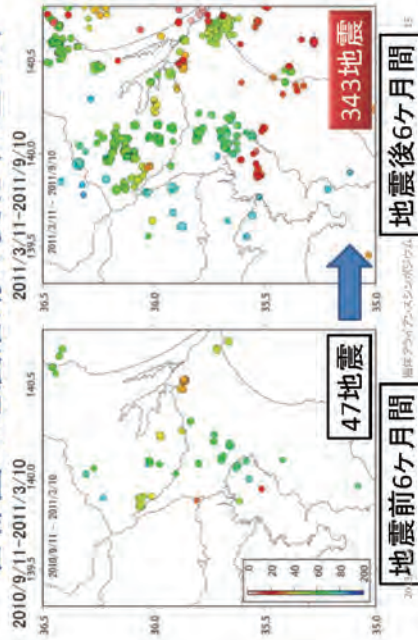
- M7.0 以上 7回
 - M6.0 以上 110回
 - M5.0 以上 751回
 - (2011/03/11 14:46 ~ 2013/06/11)
- 気象庁資料による

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/aftershock/



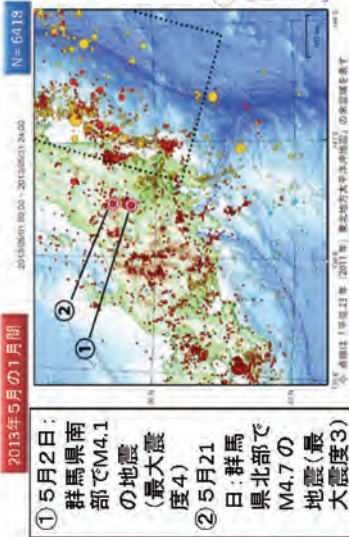
気象庁

首都圏の地震活動の変化 ($M \geq 3.0$)



地震前6ヶ月間 地震後6ヶ月間

関東の最近の地震活動

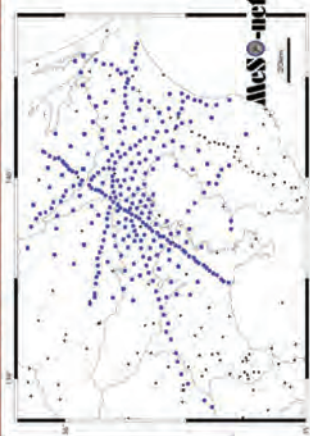


4. 首都圏地震観測網

MeSO-net: Metropolitan Seismic Observation network

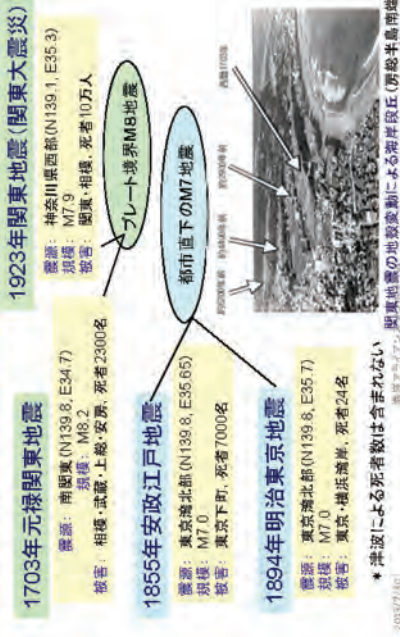
文部科学省防災事業 首都圏地下地震防災・減災特別プロジェクト(2007年-2012年3月)

「プレートの構造」は実際には？
明治以降の5つのM7級地震はどこで起こるか？

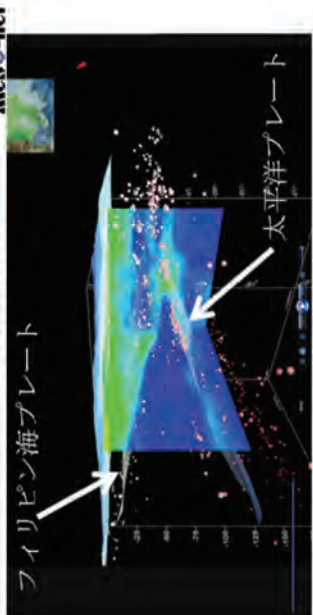


296か所の地震観測点

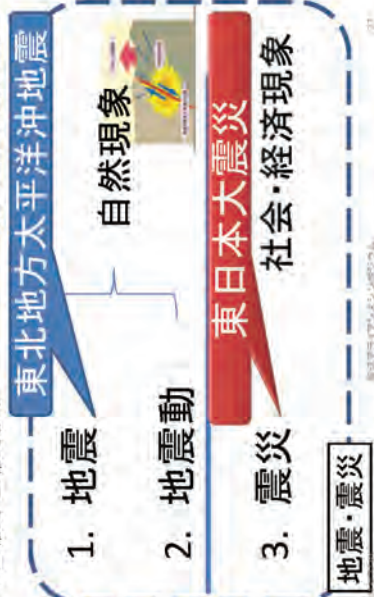
3. 南関東ではたびたび大地震が起きていた



5. 関東の下の地震の分布とプレートの境界の位置



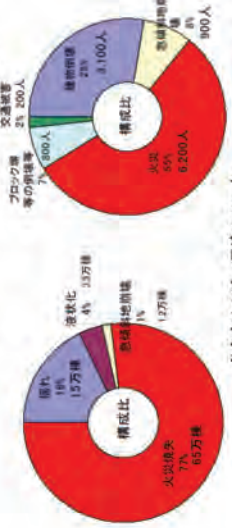
6. 地震と震災



7. 内閣府・中央防災会議による想定

建物被害、人的被害(東京湾北部地震M7.3)

- ①建物全壊棟数・火災発生棟数 約85万棟
- ②死者数 約11,000人
- ③負傷者 210,000人
- ④重傷者 37,000人



地震! そのとき10ポイント

- 大きく揺れた時の行動(地震発生から0~2分)
 - 1. グラツときたら身的安全
 - 地震時および直後の行動(地震発生からおおむね2分~5分)
 - 2. ずばやい消火 火の始末
 - 3. あわてた行動 けがのもと
 - 4. 窓や戸を開け 出口を確保
 - 5. 落下物 あわてて外に飛び出さない
- 地震後の行動(地震発生からおおむね5分以降)
 - 6. 門や扉には近寄らない
 - 7. 正しい情報 確かな行動
 - 地震後の行動(地震発生からおおむね5分以降)
 - 8. 避難の前に 安全確認 電気・ガス
 - 9. 確かめ合おう わが家の安全 お隣りの安全
 - 10. 協力し合って 救出・救護

まとめ

- 0. 現在は地震活動の活発な時か? → そうとも限らない
- 1. 2011年東北地方太平洋沖地震とその日本列島への影響
 - 甚大な影響が、今でも続いている。
- 2. 余震と関東の地震活動 → 今でも続いている。
- 3. 地震活動は活発になり、今でも続いている。
- 4. 南関東ではたびたび大地震が起きていた → そもそも地震活動は高い。
- 5. 首都圏地震観測網 → 地震がどこで起きるかを知る
- 6. 関東の下の地震の分布とプレート境界の位置は理解できてきた。
- 7. 地震と震災 → 区別すべきである。
- 8. 中央防災会議(2005)の想定地震震源断層と、新研究による震源断層モデル → 従来より強い揺れの範囲が広い。

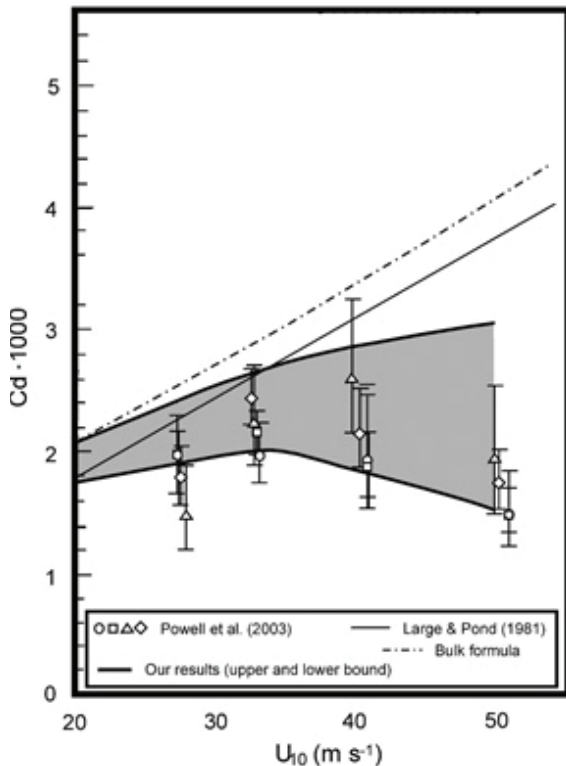
気象擾乱と海—台風に関する最近の課題から—

新野 宏
大気海洋研究所

1. はじめに

大気と海洋は、海面における運動量や熱・物質の交換を通して、様々な影響を及ぼし合っている。海洋の風成循環は海面に働く風応力が駆動しているし、深層循環には極域での冷却や大気擾乱が励起する慣性重力波の砕波に伴う混合が影響している。一方、海水温の分布は気団変質や様々な大気擾乱の振る舞いに大きな影響を与えている。

大気・海洋が、より強い相互作用をしている現象の例としては、熱帯域のエルニーニョ—南方振動(ENSO)やインド洋ダイポールモード (Saji *et al.*, 1999)、太平洋の10年規模振動などがある。これら



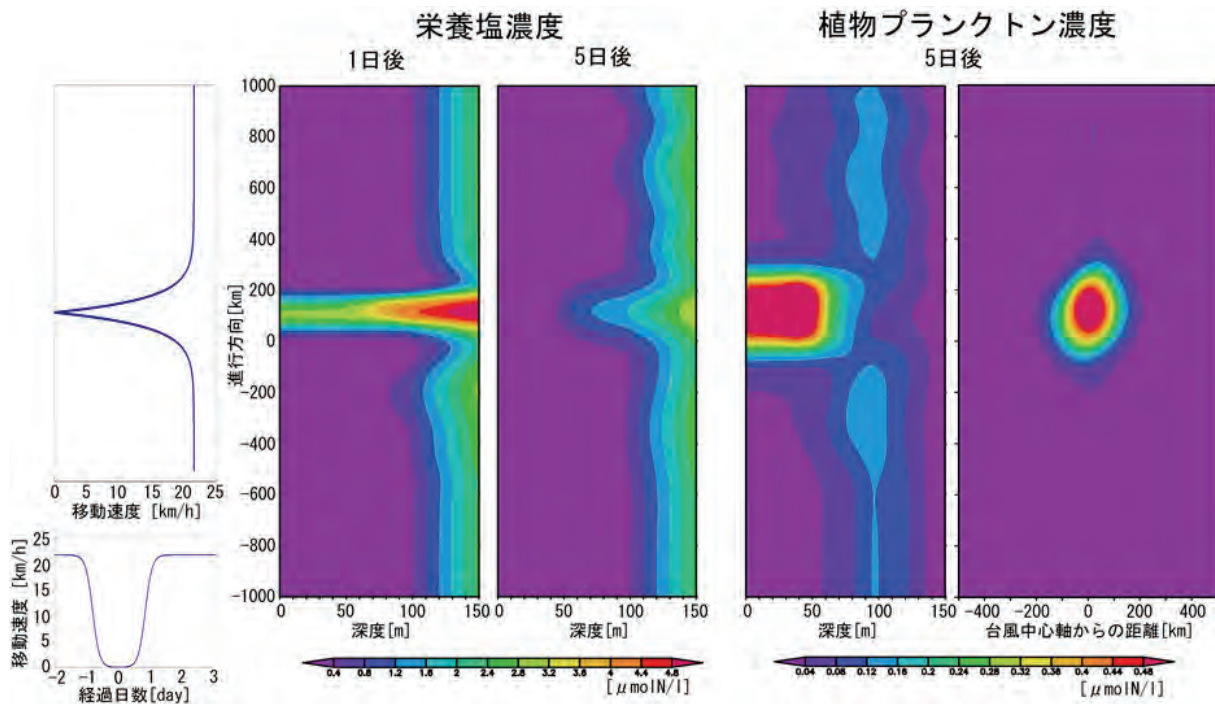
第1図 様々な観測や公式に基づく抵抗係数 C_d の風速 (10 m 高度) への依存性 (Moon *et al.* 2004 の Fig. 13 を改変). 記号は Powell *et al.* (2003) の観測データ, 細実線は Large and Pond (1981) の公式の外挿, 一点破線は海面粗度に関する Charnock (1955) の式の係数を 0.0185 としたときのバルク法によるもの, 太実線は Moon *et al.* (2004) が波浪モデルと波浪境界層モデルを結合させた数値モデルの結果.

の現象は、数年以上の比較的長い時間スケールを持つが、数日の時間スケールで大気・海洋が相互作用する現象も存在する。そのような現象の代表的な例として、本講演では台風に関するいくつかの最近の課題について紹介する。

2. 台風のしくみ

台風は東経 180 度以西の北西太平洋で発生する最大風速が 17m/s 以上の熱帯低気圧の呼称である。大西洋や北東太平洋の熱帯低気圧の強いものはハリケーン、インド洋や南西太平洋の熱帯低気圧の強いものはサイクロンと呼ばれる。以下簡単のため、これらをまとめて「台風」と呼ぶことにする。

台風の物理的な発達機構は定性的には比較的良く理解されており、台風渦と積雲対流および海面からの水蒸気供給の協力的な相互作用が重要と考えられている (Charney and Eliassen, 1964; Ooyama, 1964; Rotunno and Emanuel, 1987). 例えば、何らかの原因で初期に直径 1000km 程度の弱い渦が作られたとしよう。渦の中では、気圧傾度力と遠心力・コリオリ力が釣り合う傾度風平衡が成り立つが、海面近くの大気境界層では摩擦のため遠心力・コリオリ力が小さくなり、気圧傾度力が勝って中心への吹き込みが生ずる。この中心へと吹き込む気流は、海面からの水蒸気の補給を受けつつ、中心近くで上昇するため、活発な積乱雲を発生させ、大量の凝結熱を生じて、上昇流を加速する。これに伴って、大気境界層より上の自由大気でも中心への吹き込みが生じ、地球と共に剛体回転する大気の角運動量を保存しながら中心へと集まるため渦は更に強化される。この正のフィードバックで台風は発達するのである。これから、台風の発達には地球の回転と海面からの水蒸気フラックスおよび積乱雲の働きが重要であることがわかる。台風の発生分布を見ると、赤道を挟んで南北±5度の範囲を除く、海面温度が 26 度以上



第2図 台風が転向点に近づくにつれ、移動速度をDay-1の6 m s⁻¹から減速してDay 0には静止し、その後加速してDay 1には一定速度6 m s⁻¹で動いたときの台風経路に沿った(a) 台風の移動速度 (m s⁻¹), (b) Day 1の硝酸塩濃度 (μmolN l⁻¹), (c) Day 5の硝酸塩濃度, (d) Day 5の硝酸塩濃度に換算した植物プランクトン量(μmolN l⁻¹) (柴野良太氏提供; Shibano *et al.* 2010).

の地域と良く一致しているのはこのことと整合的である。

このように台風の発達過程は比較的良く理解されているが、その発生機構や微細な内部構造、海洋との相互作用などは現在も十分理解されていない。

3. 台風に関する最近の課題

3.1 台風と海洋の相互作用^{*1}

台風は海洋中に様々な現象を生じ、フィードバックを受けている。その中でも代表的なものは波浪を介した相互作用である。強い台風の中では、強風のために、風波が砕波して吹き払われ、飛沫が飛び散る状態になる。このような状態での乱流フラックスの観測は極めて困難である。しかし、近年、航空機からのドロップゾンデ観測 (Powell *et al.* 2003) や室内実験 (Donelan *et al.* 2004) などから、低風速では風速が強まると増大する抵抗係数 C_D が、約 30 m s⁻¹ 以上では頭打ちになることが示唆されている (第 1 図)。一方、海面からの水蒸気フラックスに寄与するバルク係数 C_E はあまり強い風速依存性を持たないとされる (例えば Drennan *et al.* 2007)。理論モデル

^{*1}3.1 節, 3.2 節の解説は新野(2012)による。

(Emanuel 1986, 1995)によれば台風の最大風速や最低気圧は C_D/C_E に依存するが、上記の C_D と C_E の振る舞いはこの比が風速により変化することを示唆している。現実の台風でこの効果が実際にどのような影響を持つのかの検証が待たれている。

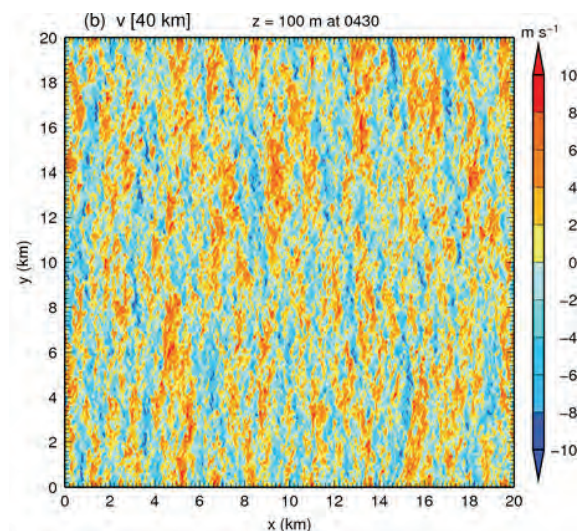
台風は海面に波浪を生ずるだけでなく、海洋中にエクマン湧昇や近慣性の(振動数がコリオリ係数に近い)慣性重力波、力学的鉛直混合を生ずる (Price 1981; Greatbatch 1985 など)。特に、移動速度の遅い台風は、エクマン湧昇で持ち上げた亜表層の水を鉛直混合することにより大きな水温低下を生じ、これが台風の発達を抑制することが知られている (Bender *et al.* 1993; Ginis 1995; Zhu *et al.* 2004 ほか)。最近は、大気-波浪-海洋結合モデルによる再現実験も行われている (Chen *et al.* 2007; Wada *et al.* 2010)。

湧昇と力学的混合による水温低下は台風の移動速度が遅くなる転向点付近で起きやすいが、表層が貧栄養となっている亜熱帯の海では、湧昇により亜表層の栄養塩に富んだ水が持ち上げられて、局所的に強い植物プランクトンのブルームが起きることがある (Lin *et al.* 2003; Son *et al.* 2006, 2007; Liu

et al. 2009). 第2図は、栄養塩、植物プランクトン、動物プランクトン、プランクトンの死骸などの有機物を予測する NPZD モデルを組み込んだ海洋の数値モデルに、移動する台風の風応力を与えたときの栄養塩と植物プランクトンの応答を示したものである。台風の移動速度が小さくなった付近で、湧昇と混合により栄養塩が増加し、光と栄養塩の存在によりブルーミングによる植物プランクトンの増加が起きていることがわかる。Lin *et al.* (2003) は 2000 年の台風 Kai-Tak による生物生産を 0.8 MtC と見積もり、南シナ海の年間生産量の 2~4% に達するとしている。

3.2 境界層の微細構造

台風の強風被害を見ると、しばしば数 10~数 100 m という局所的なスケールで特に強い風が吹いたところが散在していることがある。1996 年のハリケーン Fran の際に可搬型ドップラーレーダーで観測された高度 100 m の風速の水平分布には、数 100 m の間隔で繰り返す筋状の風速の強弱が見られた (Wurman and Wislow 1998)。同様の構造は別のハリケーン (Morrison *et al.* 2005) や、台風でも見つかっている (Ellis and Businger 2010)。この筋状の風速分布は、回転境界層の鉛直シアの不安定で生ずる



第3図 ラージ・エディ・シミュレーションで再現された台風の境界層のロール構造。台風中心から 40km のところの高度 100m における接線風速の平均値からのずれの水平分布。x 方向は動径方向、y 方向は接線方向を表す。ロール渦の上昇域 (弱風域) と下降域 (強風域) で約 26m/s の風速差があり、Wurman and Wislow(1998)の観測と同程度となっている (Nakanishi and Niino, 2012)。

ロール状渦にあると思われ (Foster 2005)、ロール状渦の下降域に当たるところでは、上空の強風が運ばれてきて風速が増大すると考えられる。第3図はラージ・エディ・シミュレーション (LES) により再現された風速の筋状構造である (Nakanishi and Niino 2012)。このような筋状構造は、強風災害に関わるだけでなく、平均的な抵抗係数の大きさにも影響する可能性があり、その実態の把握とパラメータ化が必要である。

最近、Rotunno *et al.* (2009) は目の周辺で水平 62 m の超微細格子を持つ 6 重ネストの数値モデルを用いた台風の理想化実験を行い、目の周辺で平均風速が 67 m s^{-1} の際に、 122 m s^{-1} もの突風を伴う微細構造が存在することを示した。LES は格子サイズが慣性小領域に入っていることを前提としているため、地表面付近ではその妥当性が崩れること、地表面付近の境界条件をどのように与えるべきかなどの課題は残っているが、LES で得られる台風内の微細構造が実際に観測で捉えられるかどうかは興味深い。

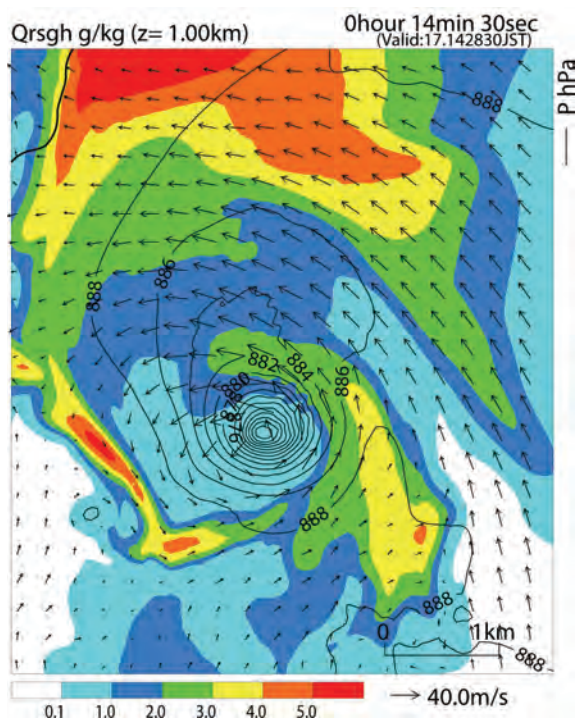
3.3 台風に伴う竜巻

我が国における竜巻の 20% は台風に伴って発生する (Niino *et al.*, 1997)。また 1 つの台風に伴って複数の竜巻が発生する例も少なくないことが知られている。台風の中で竜巻の発生する場所は、進行方向右前方の象限で多い。これはこの象限で、水平風の鉛直シアや大気不安定度が大きく、竜巻を生み出すスーパーセルという特殊な積乱雲が発生しやすい環境になるためと考えられている (McCaul, 1991)。しかし、台風の構造が象限によってこのような非対称性を持つメカニズムは十分理解されていない。

2006 年の台風 13 号に伴っては進行方向右前方に当たる宮崎県で 3 つの竜巻が発生し大きな被害を生じたが、Mashiko *et al.* (2009) は 4 重にネストした数値モデルを用いて台風からスーパーセル、竜巻までの再現に成功している (第4図)。電子計算機の進歩により、現実的な竜巻の再現が可能となりつつ有り、その構造や発生機構の解明が待たれている。

3.4 台風の予測

台風の強度や進路の予測は数値モデルが進歩した現在でも容易ではない。予報の改善には、3.1 節、



第4図 数値シミュレーションで再現された2006年9月17日の台風13号に伴う竜巻。竜巻発生(渦度が $0.65s^{-1}$ 以上となった時点)から72秒後の高度1kmの全降水物質(カラーシェード:g/kg), 等圧線(実線;2hPa毎), 水平風ベクトル(矢印)(益子 渉氏提供; Mashiko et al. 2009)。

3.2 節で紹介した海洋との相互作用や大気境界層の乱流過程の理解も不可欠であるが、これらの課題が改善されても、大気のカオス性による予測の不確定性は避けられない。最近では、この問題に取り組むために、アンサンブル予報という手法が用いられている。また、データ同化手法を用いて、予め台風のまわりのどの領域で観測を行えば台風予測が改善するかを調べ、そこで航空機観測を行うという **adaptive observation** の研究も行われている。

4. まとめ

海と密接な相互作用を行う気象擾乱の代表例として、台風に関する最近の課題について紹介した。台風はその発達機構こそ比較的良く理解されているが、発生機構や微細な内部構造、海洋との相互作用など、未だ十分理解されていないことも多く残されており、強度や進路の予測が難しい事例も存在する。その最大の原因は、台風が観測データの少ない海上で発生する擾乱であり、その近傍では荒天のため船舶観測が難しいことにある。気象学・大気科学のコ

ミュニティでは、地球環境変動や大気科学研究のための共同利用の航空機の整備を行う努力を長年続けているが、その実現は台風研究の進展にも(そして海洋科学の発展にも)大きく寄与すると期待される。

謝辞

中西幹郎さん、益子 渉さん、柴野良太さんからは図の提供をいただきました。

参考文献

- Bender, M. A., *et al.*, 1993: J. Geophys. Res., 98, 23245–23263.
 Charney, J. G. and A. Eliassen, 1964: J. Atmos. Sci., 21, 68–75.
 Chamock, H., 1955: Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 81, 639–640.
 Chen, S. S. *et al.*, 2007: Bull. Amer. Meteor. Soc., 88, 311–317.
 Donelan, M. A. *et al.*, 2004: Geophys. Res. Lett., 31, doi:10.1029/2004GL019460.
 Drennan, W. M. *et al.*, 2007: J. Atmos. Sci., 64, 1103–1115.
 Ellis, R. and S. Businger, 2010: J. Geophys. Res., 115, doi: 10.1029/2009JD011819.
 Emanuel, K. A., 1986: J. Atmos. Sci., 43, 585–604.
 Emanuel, K. A., 1995: J. Atmos. Sci., 52, 3969–3976.
 Foster, R. C., 2005: J. Atmos. Sci., 62, 2647–2661.
 Greatbatch, R. J., 1985: J. Geophys. Res., 20, 11751–11755
 Ginis, I., 1995: Rep. TCP-38, World Meteorological Organization, 198–260.
 Large, W. G. and S. Pond, 1981: J. Phys. Oceanogr., 11, 324–336.
 Lin, I. *et al.*, 2003: Geophys. Res. Lett., 30, doi: 10.1029/2003GL017141.
 Liu, X. *et al.*, 2009: J. Geophys. Res., 114, doi: 10.1029/2008JC004934.
 Mashiko, W. *et al.*, 2009: Mon. Wea. Rev., 137, 4238–4260.
 McCaul, 1991: Mon. Wea. Rev., 119, 1954–1978.
 Moon, I.-J. *et al.*, 2004: J. Atmos. Sci., 61, 2334–2348.
 Morrison, I. *et al.*, 2005: J. Atmos. Sci., 62, 2662–2673.
 Nakanishi, M. and H. Niino, 2012: J. Atmos. Sci., 69, 3558–3575.
 Niino, H. *et al.*, 1997: J. Climate, 10, 1730–1752.
 新野 宏, 2012: 天気, 59, 769–778
 Ooyama, K., 1964: Geofis. Int., 4, 187–198.
 Powell, M. D. *et al.*, 2003: Nature, 422, 279–283.
 Price, J. F., 1981: J. Phys. Oceanogr., 11, 153–175.
 Rotunno, R. and K. A. Emanuel, 1987: J. Atmos. Sci., 44, 542–561.
 Rotunno, R. *et al.*, 2009: Bull. Amer. Meteor. Soc., 90, 1783–1788.
 Rotunno, R. and K. A. Emanuel, 1987: J. Atmos. Sci., 44, 542–561.
 Saji, N.H. *et al.*, 1999: Nature, 401, 360–363.
 Sawada, M. and T. Iwasaki, 2010: J. Atmos. Sci., 67, 71–83.
 Shibano, R. *et al.*, 2011: Geophys. Res. Lett. 38, L18608, doi: 10.1029/2011GL048717.
 Son, S. *et al.*, 2006: Geophys. Res. Lett., 33, doi: 10.1029/2005GL025065.
 Son, S. *et al.*, 2007: J. Plank. Res., 29, 687–697.
 Wada, A. *et al.*, 2010: SOLA, 6A, 13–16.
 Wurman, J. and J. Wislow, 1998: Science, 280, 555–557.
 Zhu, H. *et al.*, 2004: J. Atmos. Sci., 61, 1245–1258.

沿岸域の波・流れによる巨大外力場の攪乱と防災減災

田島 芳満
工学系研究科

1. はじめに

2011年東日本大震災に伴う津波は東北地方を中心とした我が国の太平洋岸の各地に甚大な被害を及ぼした。津波のように周期の長い波は沿岸部における地形の影響を強く受け、局地的にそのエネルギーが集中して甚大な被害を引き起こすことがある。このような波のエネルギーの集中に伴う被害の増大は、津波だけではなく、高潮や高波来襲時にも見られる現象である。たとえば、2007年台風9号の来襲に伴う神奈川県西湘海岸における西湘バイパスの崩落災害や、2008年の富山湾における寄り回り波に伴う浸水災害などでは、周期12秒～15秒という比較的周期が長い高波浪の来襲に加え、周期1分～2分の長周期波が発達していたことが報告されており(田島ら, 2008, 深瀬ら, 2009), 被害の局所的な増大も見られた。

本稿では、西湘海岸における被災事例を示し、沿岸部においてこのような被災外力が局所的に

に晒される我が国の沿岸部における防災減災について考える。

2. 西湘海岸における被災事例

西湘海岸は相模湾奥に位置し、相模川と酒匂川に挟まれた直線的な海岸である(図-1)。近年は両河川からの土砂供給の減少に伴い海岸侵食が深刻化している。2007年台風9号は、太平洋を北上し伊豆半島を縦断するように通過した(図-1)。これに伴い、通過経路の東側に位置する相模湾では、北向きの強風に伴い高波浪が来襲し、一部の区域で西湘バイパスに高波浪が遡上するとともに、路面やその基礎を崩壊させた(図-2)。

被災後に実施した浸水高の沿岸方向分布の調査結果を図-3に示す。図より、計測した浸水高は沿岸方向に周期的に変化しているように見える。また、計測した浸水高が極大値を示した地点は、実際に西湘バイパスが崩壊した領域と一致する。ここで、計測した浸水高のピークからピークまでの距離は3～4kmであり、明らかに台風来襲時に卓越した周期12秒程度の高波浪の波長に比べるとその長さが大きく異なることが分かる。

相模川河口部沖合に設置された平塚沖総合実験タワー(平塚タワー)における水位や流速の観測結果を図-4に示す。図中、 H_s および T_s は、有



図-1 西湘海岸位置と台風9号の経路。

集中する物理的なメカニズムを整理する。その上で、津波や高波、高潮などの大きな水害外力



図2 西湘バイパスの被災時の様子

義波高および周期を表し、実際に海岸部で観測できる波の高さや周期とほぼ一致する。一方、 H_L および T_L は観測された水位変動データのうち、周期30秒以上の成分のみを抽出した場合の平均波高と周期を示している。さらに図には潮位と平均流速の時間変化も合わせて比較している。図に見られるように、台風の通過に伴い、有義波高も増大していること、またそれに合わせて長周期波の波高も急激に増大していること、また有義波高や長周期変動成分の振幅がピークとなる時間帯には、西向きの中流流速の大きさも大きくなっていることなどが分かる。

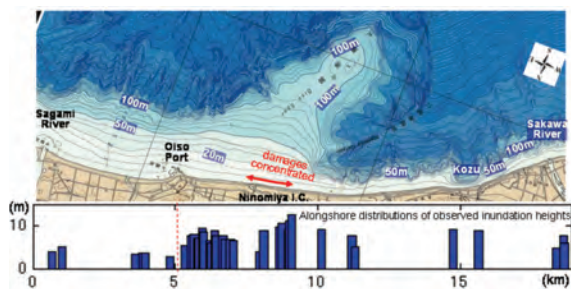


図-3 西湘海岸における浸水高の沿岸分布。

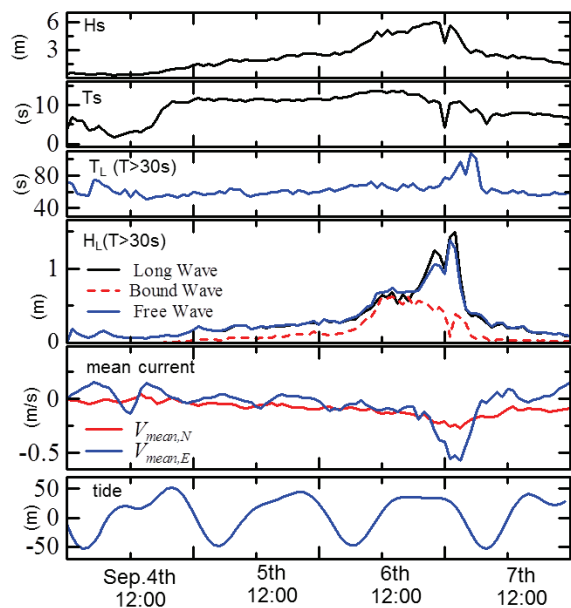


図-4 平塚タワーにおける観測結果。

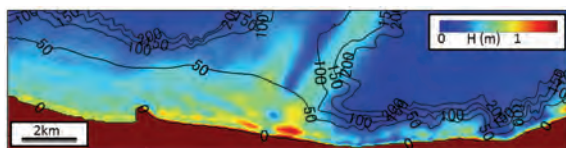


図-5 西湘海岸における長周期変動成分振幅の計算結果。

また図-4に見られるように、高波浪来襲時には長周期波成分も増大しており、その周期は50秒～90秒が卓越的であった。長周期波による沿岸部での波浪集中特性を把握する目的で、沖から同様の長周期波を入射させた波浪伝播計算を行った結果、波高の平面分布(図-5)は、図-3に示した沿岸方向の浸水高分布と良く一致した。浸水高の増大には長周期波が大きく寄与していたことが推察される。

3. 沿岸域における長周期波成分の特性

ここでは、西湘海岸や富山湾寄り回り波による被災時に共通して見られた長周期変動成分波の生成・伝搬特性を簡単に整理する。

沿岸部で見られる周期数秒～十数秒の波は、通常は海上の風により生成され、風の吹く距離(吹送距離)が長いほど、また風速が大きいほど、波高が高く、周期も長い波が生成される。このような波が浅瀬に伝播してくると、水深が浅くなるにつれて波の伝播速度が小さくなり、結果として波のエネルギーが蓄積されて波高が増大する(浅水変形)。水深や波長に対して、波高がある程度まで大きくなると波は砕け(砕波)、波高が急激に小さくなる。

ここで、波の大きさ(エネルギー)が急激に変化すると、ラディエーション応力と呼ばれる波の運動に起因する力が作用し、海浜流や水位の変化を引き起こす。例えば砕波によって、岸に向かって急激に波高が減少することにより、波高の大きな砕波点から波高の小さな波打ち際に向かって、水塊を押し込む力が作用し、波打ち際には水位が上昇する(setup)。このような水位上昇や海浜流を引き起こす力がゆっくりと時間変化することによって、長周期変動成分が生成される。

風の下で生成される波は様々な周期の波を含んでおり、これらの波が重なりあうことによって不規則な水位変動が観測される。遠方で吹送距離の長い強い風が吹くと、このような周期の異なる波が形成され、これらの波が波打ち際まで伝播してくる。ここで、水深の深い沖合での波

の伝搬速度は波の周期に比例するため、遠方で生成された波のうち、周期の長い波だけが先に沿岸部に到達する。このため、沖合の遠方で強風域が発達した条件下では、沿岸部にはほぼ同等の周期と波向をもつ波だけが卓越的に重なりあうことになる。周期の近い波が重なり合うと、互いの位相が合って水位変動を高め合う地点と、逆位相の関係になって打ち消し合う地点が、ゆっくりと長い距離を空けて出現する波群構造を持つ(図-6)。

このように長い距離、時間をかけて波高の大きさが変動する波群構造をもつと、大きな波から小さな波に向かって水塊を押し出そうとするラディエーション応力が作用し、波群に合わせて平均水位が変動する。この周期の長い水位変動は波群と一緒に伝播するため、拘束波と呼ばれる。図-4では平塚観測塔で観測した水位変動に見られた波群構造から拘束波の成分を推定し、その時間変化も示している。図に見られるように、拘束波は台風に伴う強風域がまだ沖合に位置し、波群構造が顕著にみられる9月6日の正午頃にピークとなり、その後強風域が接近するにつれて拘束波の成分が低減しているのが分かる。

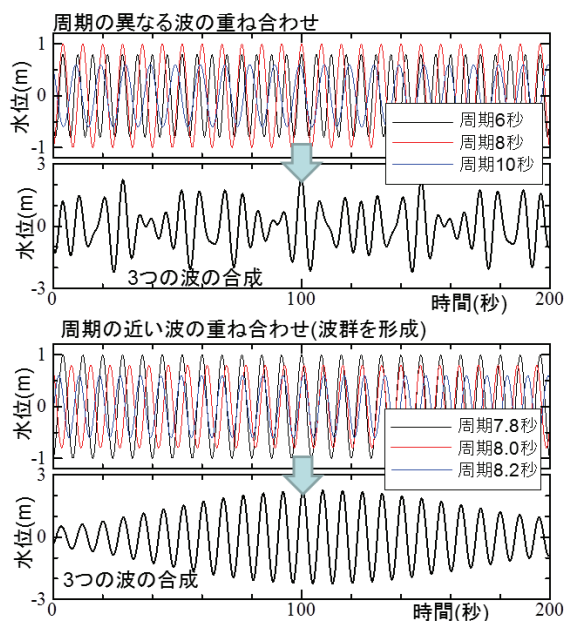


図-6 周期の異なる3つの波が重なり合う場合、周期の違いが大きいとき(上)は波群が形成されず、小さいときは波群が形成される(下)。

一方、図-4を見ると、拘束波が低減した後も水位変動データに見られる長周期波成分の大きさは増大し、9月7日未明にピークに達している。波群構造を持った波が汀線付近まで伝播し砕波すると、波群構造とともに拘束力も消失するため、拘束波は自由に伝播を始める(自由波)。これらの波は波長が大きく、波打ち際でも砕波せず反射しやすい。反射した波の一部は沖に伝播するが、波向きによっては波の屈折効果によって波向きを変えながら再び岸に戻ってくる。特に波向きが海岸線と平行になり、海岸に沿って伝播する波はエッジ波と呼ばれ、波のエネルギーは沿岸域にトラップされる。西湘海岸で観測した水位変動の長周期変動成分のピークが拘束波のピークから遅れて出現した要因としては、この様な自由波となった長周期成分が浅瀬にトラップされ、重合したことによると推察される。以上の様に、長周期変動成分は砕波によって減衰せず、沿岸域にトラップされ、沿岸域の地形によって局地的に高い水位上昇を引き起こすことがあるため、注意が必要である。

4. 津波の共振特性

長周期波の沿岸部でのトラップに伴う波高の増大は、津波においてもその影響が見られる。例えば2004年スマトラ沖地震津波では、スリランカの大陸棚に津波がトラップされ、津波の発生源からは遮蔽域になるスリランカ南西部の海岸においても、局地的に高い津波が来襲したことが指摘されている(佐藤ら, 2005)。また東日本大震災においても、津波の実測波形から逆推定した波源モデルからの数値解析により、牡鹿半島から福島に至る仙台湾全域で津波がトラップされ、共振していたことが指摘されている(伊藤ら, 2012)。

この様なトラップされた津波の重合による影響の大きさを検証するため、0.1度四方の矩形で初期水位変動を1mとして与えた単位波源を設定し、様々な位置の単位波源から伝播した津波による共振の大きさと振幅をそれぞれ計算した。これらの単位波源からの計算結果を重ね合わせ

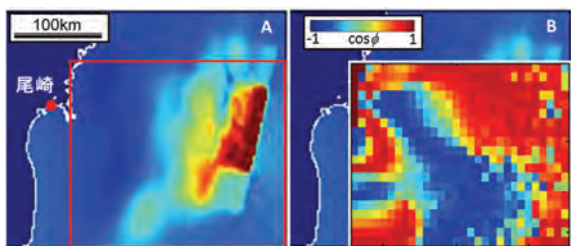


図-7 東北地方太平洋沖地震津波の波源モデルと単位波源計算領域(左), 尾崎地点における共振モードの位相差の空間分布(右).

ることにより, 任意の形状の波源による津波の伝播状態が再現できる. 図-7左は単位波源の計算範囲と, 2011年津波を再現する波源モデルによる初期水位を示し, 右は仙台湾の尾崎地点に着目し, 各単位波源からの津波による同地点での共振水位変動の位相差 ϕ をそれぞれの波源の位置に色で示したものである. 尾崎地点は牡鹿半島の遮蔽域に位置し, 仙台湾の中で最も大きな共振が見られた地点である. ここで位相値が同等の単位波源からの津波は, 尾崎地点での共振が高め合うことを意味しており, 北西方向から南東方向へと斜めに同位相値が分布していることから, これらが同じ波峰上となる時, すなわち津波が北東方向から来襲したときに, 尾崎地点での共振は高め合うこととなることが分かる. この結果は, 尾崎地区における共振現象を高める津波の条件として, 2011年のそれよりも厳しい条件が存在することを示唆している.

同様の分析を東南海・南海地震津波に対して実施した結果, 土佐湾や紀伊水道では想定される波源が近く, また断層も共振を高め合う同位相位置に分布する条件も多いことなどから, 共振による増幅のリスクは仙台湾よりも高いことが推察される. 共振現象は, 津波波源の規模だけでなく, 形状にも大きく依存するため, 想定

津波の挙動に関しては, 地点毎に最悪となる条件を分析する必要がある.

5. おわりに

西湘海岸における高波に伴う長周期成分の生成とその特性, また東日本大震災津波における共振特性について整理した.

局所集中する外力は地形による影響を強く受けるため, ある程度の予測が可能であるが, 波向きや周期によっても変化するため注意が必要である. また設計想定を越える津波や高潮, 洪水については, 堤防による防御だけでなく, 堤防を越流することを予め想定した減災対策を講ずることが急務である.

工学系研究科の社会基盤学科, 建築学科, 都市工学科では, このような河川堤防や海岸堤防の設計高を越える様な浸水災害に対して, 複合的な被害軽減策を講じる技術を研究・教育する「巨大水災害軽減学教育プログラム」を立ち上げた. 特に海岸や河川からの災害外力の高精度予測技術の向上に加え, 越流時における防護構造物の粘り強さや, 氾濫流の挙動と制御, 避難など, 様々な側面から減災効果を高めていくための研究と教育の展開が期待される.

参考文献

- 佐藤慎司・細見寛・細川恭史・副濱方哉：スマトラ沖地震津波のスリランカにおける被災実態, 海岸工学論文集, pp.1391-1395, 2005.
- 田島芳満・佐藤慎司・吉井拓也ら：西湘海岸における2007年台風9号による被害の集中機構, 海岸工学論文集, pp.1386-1390, 2008.
- 深瀬祐太郎・S. Ranasinghe・田島芳満・佐藤慎司：下新川海岸におけるうねり性巨大波浪の変形機構, 海岸工学論文集, pp.1411-1415, 2009.
- 伊藤亮一・佐藤慎司・劉海江・田島芳満：東北地方太平洋沖地震津波の広域沿岸挙動に関する研究, 土木学会論文集B2(海岸工学), 2012.

東北地方太平洋沖地震による海洋生物群集の攪乱 —海洋生物に襲いかかる天災と人災—

河村 知彦
大気海洋研究所

40億年にわたる歴史の中で、地球上の生物たちは大規模な天災に何度も見舞われ、そのたびに絶滅や進化を繰り返してきた。しかし、現代もまた、地球上に生息する生物にとって攪乱の時代と言えらる。私たち人間の行う様々な活動が、生物たちに大きな攪乱をもたらしている。人間は、自らの生息場所を拡大するため、森林を伐採し、海を埋め立て、川の流れを変えてきた。食料を獲得するため様々な道具を発明し、食料となる特定の野生生物を大量に捕獲している。さらに野菜や穀物を栽培し、家畜を飼育して、それらの妨げとなる野生の植物や動物を排除してきた。自然界には本来存在しない様々な化学物質を生み出し、それをばらまいている。このような人間活動が生物群集を直接的に攪乱するとともに、地球の環境を改変することで、間接的、長期的により大きな攪乱をもたらしてきた。これらはいずれも人間が生み出した生物たちにとっての災害、すなわち人災である。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う大津波は、三陸・常磐沿岸の人間社会に甚大な被害を及ぼしたが、同時に海洋生態系やそこに生息する生物群集に対しても大きな攪乱をもたらした。これほど大きな天災による沿岸生態系の攪乱は、現代科学がほとんど初めて目の当たりにする現象であり、この大攪乱現象に対して海洋生態系や生物群集がどのように応答するかを解明することは、我々日本の海洋研究者に課せられた責務である。とりわけ被災地の大槌に国際沿岸海洋研究センターを有する大気海洋研究所は、その中心となって研究に取り組むべく、様々な活動を行っている。

私の所属する研究室「生物資源再生分野」もその一環として震災後に新設された。国際沿岸海洋研究センターに所属する研究者はもちろんのこと、大気海洋研究所には大槌湾をはじめとする東北の沿岸で津波以前にも研究を行ってきた人が数多くいる。これらの研究者を中心として、震災直後に「大槌湾を中心とした三陸沿岸復興研究」という所内プロジェクトが発足し、さまざまな角度から地震や津波が海洋生態系に及ぼした影響を明らかにするための研究が始まった。東北の沿岸域では、大気海洋研究所以外にも多くの研究機関や研究者によって、様々な分野、視点からの震災の影響に関する調査、研究が実施されている。国際沿岸海洋研究センターでは、長年にわたって全国共同利用研究を推進し、東北沿岸を研究フィールドとする研究者間のネットワークを構築してきた。2012年に始まった文部科学省の補助事業「東北マリンサイエンス拠点形成事業」ではこのネットワークを核に、日本全国の研究者の力を結集して研究が進められている。

大地震と大津波の発生から丸2年が経過した。福島第一原子力発電所の事故で放射能に汚染された地域はもちろんのこと、汚染を免れた他の地域においても、海岸に点在する漁村や町の復興は遅々として進まない。しかし、海の中の生態系は、地震・津波により攪乱を受けた直後から刻一刻と変化し続けている。上記の東北マリンサイエンス拠点形成事業をはじめ、多くの研究者による様々な研究活動によって、海洋生態系や生物群集が地震・津波によって受けた攪乱の実態やその後の遷移過程が具体的に明らかになってきた。

地震・津波の影響は、震源からの距離や湾の形状、向きなどによって大きく異なり、同じ湾内においても場所によって、たとえば湾口部と湾奥では異なることがわかった。私たちは、震災前から調査を継続している大槌湾湾口部と牡鹿半島東岸の岩礁藻場で、地震・津波の影響を詳しく解析している。地震・津波の影響は、大槌湾湾口部に比べて牡鹿半島東岸において明らかに顕著であった。牡鹿半島では水深10 m前後の岩盤に多くの亀裂や損傷が見られ、大きな岩石が横転していたが、大槌湾湾口部ではそのような現象は認められなかった。牡鹿半島の調査地点が震源地に近く、外海に直面していることがその理由と考えられた。しかし、驚いたことに、きわめて大きな物理的攪乱を受けたとみられる牡鹿半島においても、大型海藻アラメの群落は健在であり、季節や年による変化を上回るような密度の減少すら認められなかった (Takami et al. 2013)。海藻の付着力の強さ、海流に対する頑強さ、柔軟さを再認識することになった。

生態系の構造や生物の種類によっても地震・津波によって受けた影響はかなり違うことが明らかになった。我々が調査を行っている場所に限らず、多くの場所で大型海藻群落は大きな損傷を受けることなく残っていたが、それに対して砂泥底に群落を形成していた海草類は壊滅的な影響を受け、多くの場所で群落面積を大幅に縮小した。海草藻場の消失した場所では、魚類相が大きく変化したことが報告されている。大型海藻群落内に生息し、岩盤に強固に付着するエゾアワビの成貝についてみると、大槌湾では顕著な密度の減少は見られず、津波による攪乱の影響が大きかった牡鹿半島においても5割程度が残っていた。それに対して、大型海藻の繁茂しない無節サンゴモ域（岩盤や転石が露出するが、その表面は無節サンゴモに覆われる）を主な生息場所とするウニ類や小型巻貝類は大幅に減少した。大型海藻による保護効果の有無が底生動物種の減少の多寡に影響したと考えられ

る。また、付着力の弱い動物種ほど津波の影響を強く受けて、大幅に個体数を減らしたとみられる。エゾアワビでも、殻長3 cm以下程度の稚貝（0～2歳程度）は無節サンゴモ域を主な生息場としており、それらの個体数は両地点において大幅に減少した (Takami et al. 2013)。干潟や砂浜では、底質である砂泥が津波によって持ち去られる現象や、別の場所から運ばれてきた砂泥が元の底質上に大量に堆積する事例が確認されており、そのような場所に生息していた生物には壊滅的な影響を及ぼした（金谷ほか 2012など）。大槌湾でも、砂泥底の表面や内部に生息していた底生動物の多くが津波で流失し、生息密度や種組成に大きな変化が起きたが、影響の程度は動物の種類によって異なっていたことが明らかになっている (Seike et al. 2013)。

地震と津波によって攪乱を受けた直後から、生態系や生物群集は変化し続けている。牡鹿半島や大槌湾の岩礁藻場で大幅に密度を減らした小型の無脊椎動物の中には、生き残った個体から生まれた新たな世代によって、すでに個体数を回復している種も少なくない。しかし、回復の程度は種によって異なっている。エゾアワビのように成長が遅い種では、むしろこれから個体群構造に顕著な変化が起こる可能性がある。津波によって2～3歳より若齢の小型個体が大きく減耗したことに加え、2012年の2～3月に親潮系水の接岸によって三陸沿岸の水温が長期間低下したため、2011年の秋に生まれた世代がほぼ壊滅したと考えられる。つまり、最近生まれた5世代程度の個体数が非常に少なくなってしまった可能性が高い (Takami et al. 2013)。これらが成長して成貝になり始める来年くらいから、成貝の密度が大きく減少するかもしれない。2012年以降各地でアワビ漁が再開されており、殻長9 cm程度以上の個体は漁獲されている。稚貝の大幅な減少によって毎年の成貝の個体数の増加が数年間少ない状況が続くと考えれば、毎年獲られた分だけ成貝の個体数は減少する。親の数が減れば当然のことながら産卵数も減少

するわけであり、新たに生まれる稚貝の数にも影響が及ぶ可能性がある。資源管理を誤れば、長期的にエゾアワビ資源を減少させてしまう可能性も否定できない。エゾアワビと類似する現象は、他の生物種でも起こっているかもしれない。生物の種によって地震や津波の影響が異なり、その後の回復過程も違うことから、群集内の種組成や食物網構造にも変化が生じ、それが新たな変化を生み出す可能性も考えられる。

牡鹿半島では、地震・津波による攪乱から数ヶ月後に、無節サンゴモ域で攪乱前には少なかったアラメなど大型海藻類の幼体や付着性微細藻類の繁茂が観察され、アラメの群落が増大する傾向が認められた。津波によってウニ類や植食性巻貝類の密度が大きく減少し、海藻幼体や微細藻類に対する摂食圧が低下したことが原因と考えられる (Takami et al. 2013)。しかし、その後徐々に海藻幼体は減耗し、アラメ群落の拡大も停止した。これは、海底の岩盤上に砂泥が堆積し始めたためとみられる。今回の大地震によって多くの場所で地盤が沈下し、これまで海面より上にあった場所が満潮時には波で洗われるようになった。その結果、海に砂や泥が大量に流れ込んだと考えられる (Takami et al. 2013)。海水の濁りはその後収まってきたが、

岩盤上には現在でも砂泥が堆積している。海底の岩盤上に砂泥が堆積すると、海藻の胞子の着生、成長に悪影響が及ぶ (荒川・松生 1992)。エゾアワビやウニ類の幼生の着底場となっている無節サンゴモ上に砂や泥が堆積すると、幼生の着底が阻害され (Onitsuka et al. 2008)、稚貝や稚ウニの発生を阻害する可能性がある。地盤沈下による砂や泥の流入は、長期的に岩礁生態系に影響を及ぼすかもしれない。また、アマモ場の縮小や干潟の環境変化は、物質循環過程を変え、浄化機能を低下させることで、今後さらに沿岸域の様々な生態系に影響を及ぼす可能性もある。

以上のように、今回の大地震と大津波は直接的に海洋生態系を攪乱したばかりでなく、間接的にも様々な影響を及ぼし、現在でもそれは継続している。海の生物資源を保全しながら上手く利用し続けるためには、大きな攪乱を受けた海洋生態系が今後長期的にどのように変化していくのかを注視していく必要があり、そのためには、様々な観点から調査、観測、研究を継続しなければならない。

しかし、海の生き物たちにとっての受難はおそらくこれでは収まらないであろう。これから新たな攪乱を受ける可能性が大きい。それは、

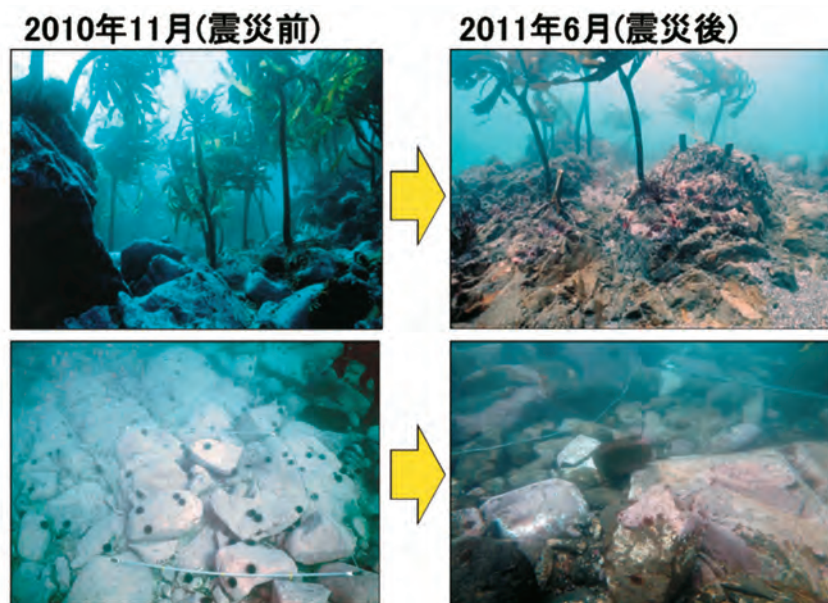


図 津波による海底の攪乱 (牡鹿半島東岸)。

私たち人間による人災である。今後、地震や津波によって破壊された港湾施設や防潮堤の再建が本格化する。それは被災地の人たちの暮らしや漁業をはじめとする産業の復興には不可欠な過程ではあるが、2011年の天災による大攪乱から回復しつつある海洋生態系、海の生物たちには、確実にまた新たな攪乱をもたらすことになる。特に防潮堤の再建は、干潟や浅海の生態系にとって壊滅的な被害を及ぼす可能性がある。巨大な防潮堤を再建する計画に対しては様々な意見があるが、その多くは防潮堤の高さを問題にしている。しかし、海の生態系に対する影響を考えると、防潮堤の高さよりも位置が重要であろう。被災地では1 m近くも地盤沈下した、すなわち海面が上昇した場所があり、そのような場所では、海岸線が陸側に大きくずれている。震災前には干潮時に海水がなくなり干潟となっていた場所が干出しなくなっている（大越2012など）。そのままの状態にしておけば、やがてかつては陸だった場所が干潟になるのであるが、震災前と同じ位置に巨大な防潮堤を造ると、多くの場所で干潟や浅瀬の面積が縮小し、場所によっては防潮堤の外側がすぐに潮下帯（干潮時にも干上がらない場所）になってしまうかもしれない。干潟や浅瀬は生物生産力の非常に高い場所であり、私たち人間の食料となっている魚介類を含め、多くの生物の重要な生息場となっている。生息場そのものが失われてしまう生物に対する影響は甚大である。干潟の海水浄化機能がさらにいっそう低下することが、三陸・常磐沿岸の海洋生態系に及ぼす影響も計り知れない。

漁業の復興は被災地にとって緊急の課題であるが、長い将来にわたって持続的に漁業を発展させていくためには、これからの漁業の進め方に十分注意を払う必要がある。特に地震・津波で大きな影響を受けた漁業資源については、その回復をできるだけ妨げないように漁業を再開、継続すべきであろう。エゾアワビのように、現

在は漁獲対象とならない稚貝が大きく減少したような場合に、親となる成貝を震災以前と同じ規模で漁獲してしまえば、再生産力がさらに低下し、資源の回復を妨げることになる。東北の海の生物資源を持続的に利用し続けていくためには、地震と津波が生態系に及ぼした影響を正確に理解するとともに、生物資源が自ら回復する営みを妨げないようにすることがまず重要である。

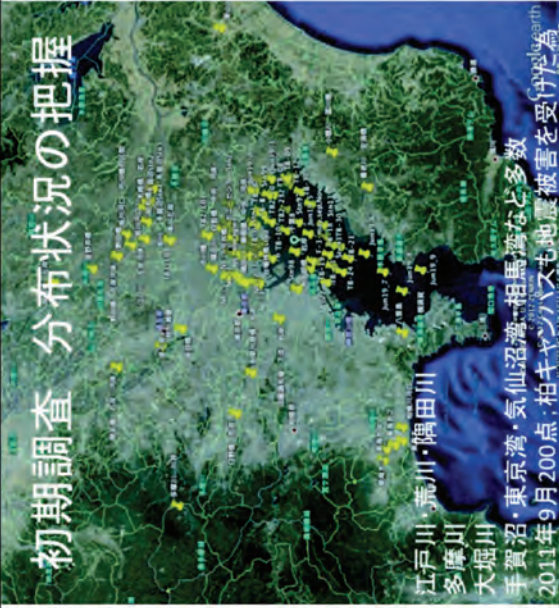
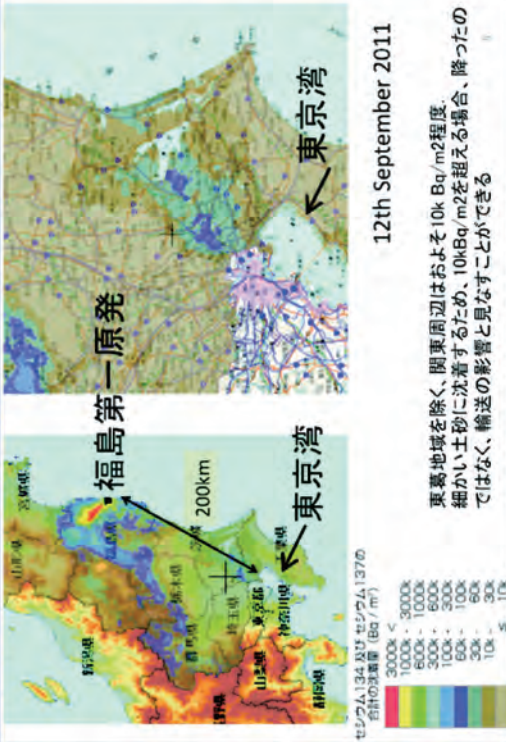
防潮堤の再建や漁業の活性化は、被災地の復興にとって不可欠であり、その結果として海の生態系や生物群集をさらに攪乱させてしまうこともある程度は仕方がない。しかし、現代の巨大化した人間活動の多くが、人間以外の多くの生物にとっては天災以上の災いをもたらすことも忘れてはいけない。海と共に生きてきた私たち日本人として、長く将来を見据えた広い視野を持って、これから何をすべきか、何ができるかを考えていく必要がある。

参考文献

- 荒川久幸・松生治（1992）褐藻類ワカメ・カジメ遊走子の着生と成長、生残および成熟に及ぼす海底堆積粒子の影響。日本水産学会誌，58，619-125。
- 金谷弦・鈴木孝男・牧秀明・中村泰男・宮島祐一・菊地永祐（2012）2011年巨大津波が宮城県蒲生潟の地形、植生および底生動物相に及ぼした影響。日本ベントス学会誌，67，20-32。
- 大越健嗣（2012）東北地方太平洋沖地震が沿岸に生息する生物に与えた影響。日本ベントス学会誌，67，117-119。
- Onitsuka, T., Kawamura, T., Ohashi, S., Iwanaga, S., Horii, T. and Watanabe, Y. (2008) Effects of sediments on larval settlement of abalone *Haliotis diversicolor*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 365, 53-58.
- Seike, K., Shirai, K. and Kogure, Y. (2013) Disturbance of shallow marine soft-bottom environments and megabenthos assemblages by a huge tsunami induced by the 2011 M9.0 Tohoku-Oki earthquake. *PLoS ONE* 8(6): e65417. doi:10.1371/journal.pone.0065417.
- Takami, H., Won, N.-I. and Kawamura, T. (2013) Impacts of the 2011 mega-earthquake and tsunami on abalone *Haliotis discus hannai* and sea urchin *Strongylocentrotus nudus* populations at Oshika Peninsula, Miyagi, Japan. *Fisheries Oceanography*, 22, 113-120.

<p style="text-align: center;">沿岸域の水環境への人為影響</p> <p style="text-align: center;">新領域創成科学研究科 鯉淵幸生</p>	<p style="text-align: center;">沿岸域への人為影響</p> <p>沿岸域は海岸線を境に海と陸を含んでおり、陸域の影響を受けやすい</p> <ul style="list-style-type: none"> • 河口堰の建設、堤防の建設(有明海、長良川河口堰) • 空港建設(羽田の滑走路拡張) • 富栄養化(特に内湾の東京湾、大阪湾、伊勢湾など) <ul style="list-style-type: none"> - 赤潮、貧酸素化、青潮 • CSO - 雨天時合流式下水道越流水 • 外来種 <ul style="list-style-type: none"> - バラスト水(舟運) • 気候変動(温暖化) • 放射性物質(近年)
<p style="text-align: center;">東京湾の過去100年の環境変化 ^{210}Pb、^{137}Csの測定例</p> <p style="text-align: right;">東京湾、手賀沼では、震災以前からセシウム等を分析</p>	<p style="text-align: center;">観測の目的</p> <ul style="list-style-type: none"> • 福島由来の放射性物質Csの関東の水域での分布把握 • 上記の水域における輸送状況の把握 • 今後の予測への基礎情報

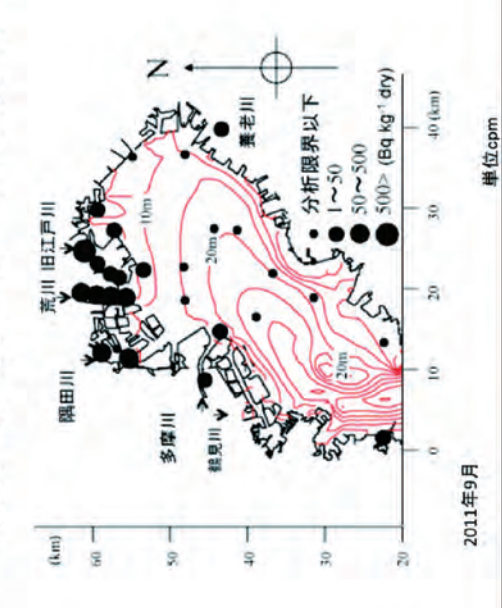
関東周辺でのCs分布



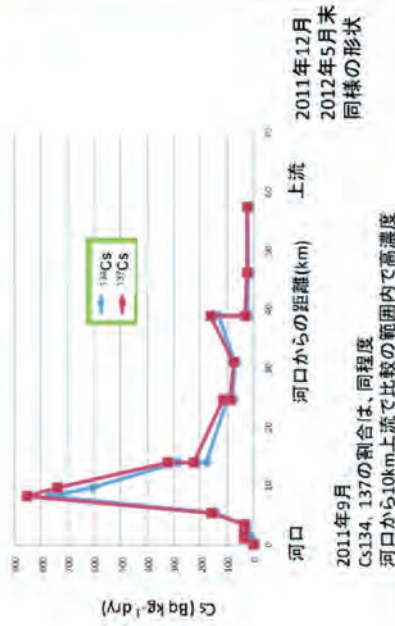
東京湾河口部の測定地点



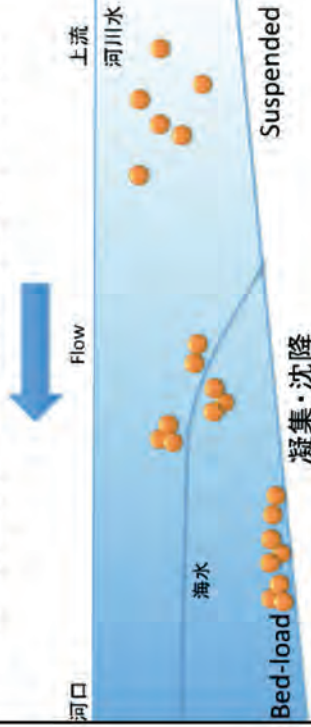
東京湾における¹³⁴Csの分布



江戸川

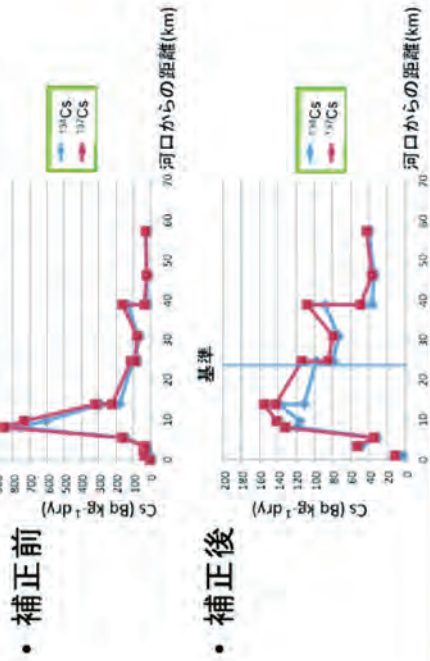


凝集沈殿による高濃度域の形成

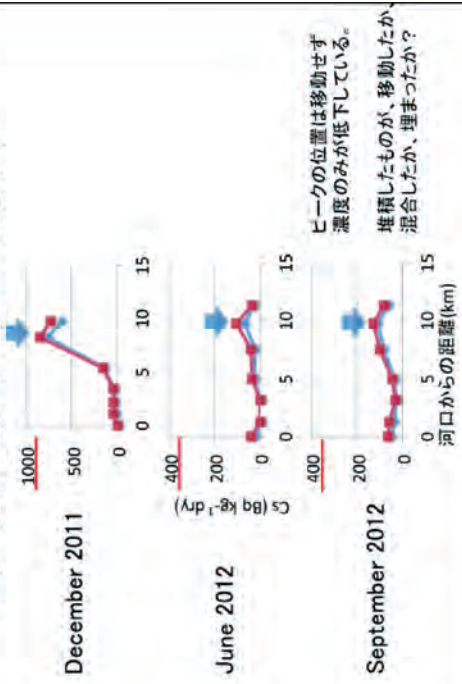


セシウムつきの土砂が、凝集・沈降により、河口から上流の塩分が1%程度のところ
に、堆積し、観測地点の中で比較して高濃度になった。

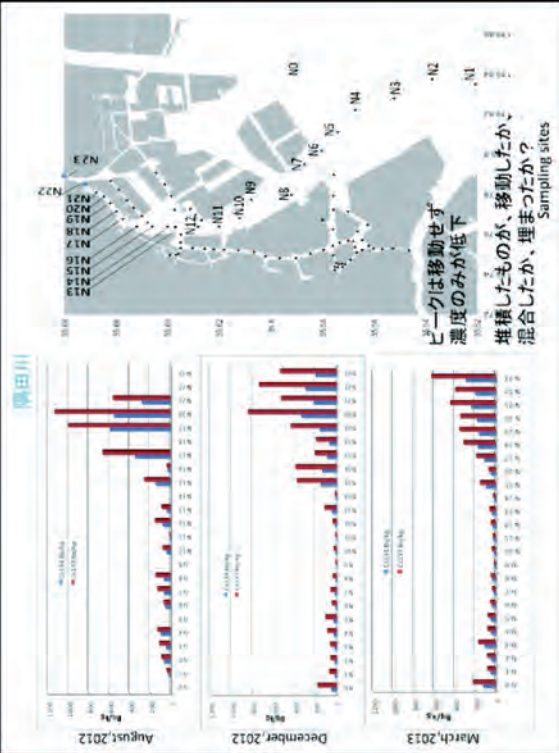
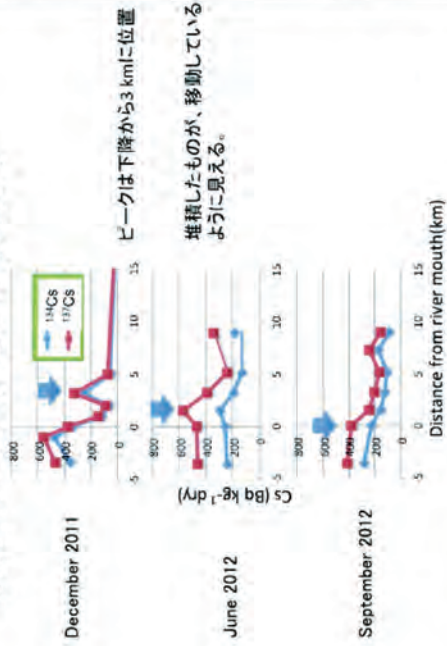
粒径補正による分布の変化



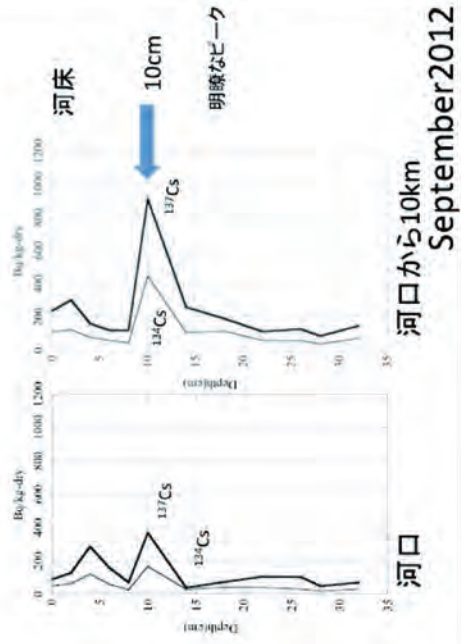
江戸川におけるCs時系列



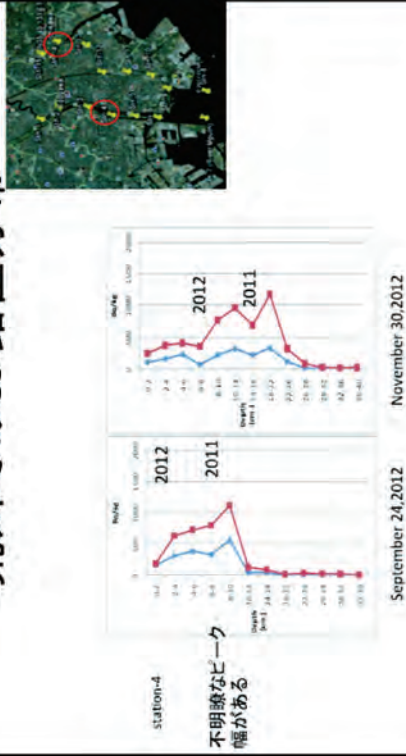
荒川におけるCs時系列

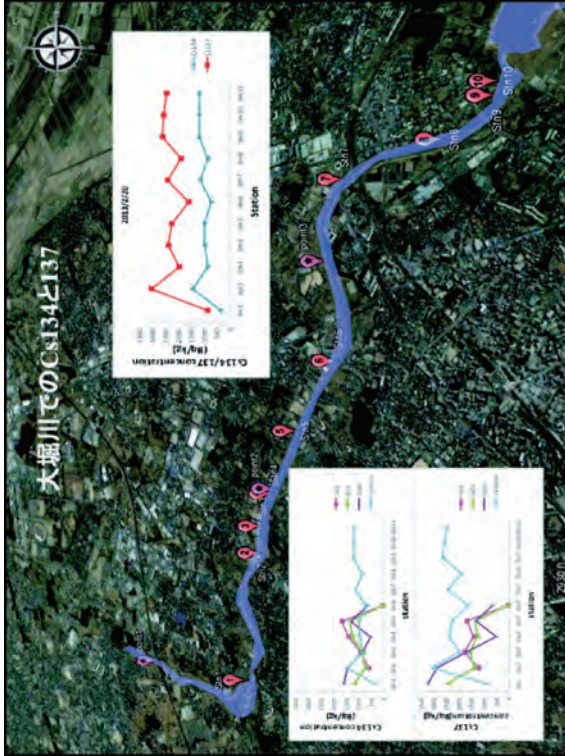


江戸川でのCs鉛直分布



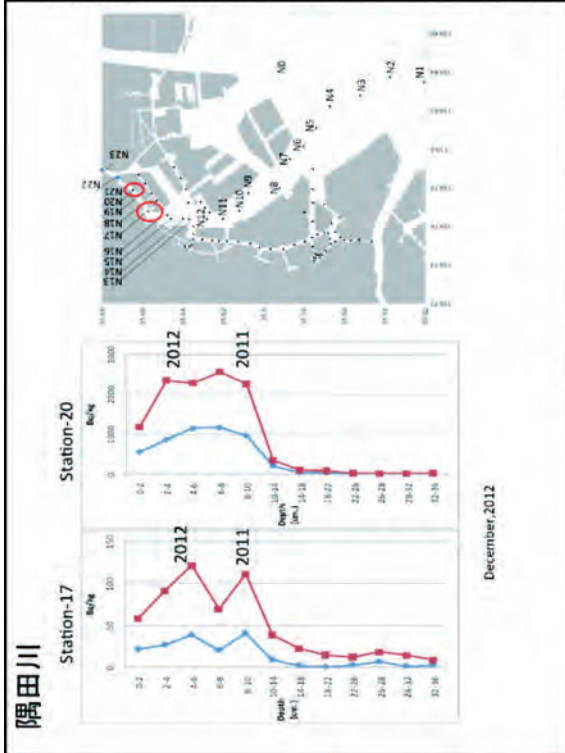
荒川でのCs鉛直分布



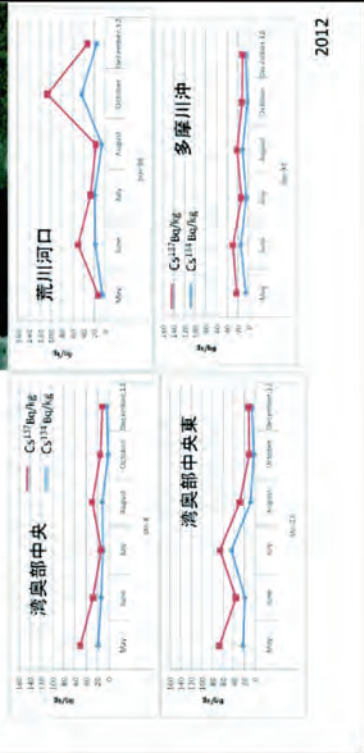


まとめ

- 過去2年の観測結果を見るかぎり、東京湾内の放射性物質に顕著な増加はみられない。
- 流域の江戸川、荒川、隅田川において、河口から上流で堆積(凝集・沈降)し、大半はそのまま堆積している。
- 下流への輸送や堆積の度合いは、上流の堰の運用や流域面積などによるピーク流量により異なる。
- 東京湾への影響を今後も注意深く見守る必要がある
- 今後
 - コアサンプリング
 - SS測定、流量測定(高頻度)
 - 浮遊砂サンプラー
 - シミュレーション



東京湾内のCs



海洋ガバナンス確立への貢献に向けた大学の模索

上田 大輔
公共政策大学院

日本は海に囲まれた国であり、一部の日本人は漁業や海運等の形で古くから海と深い関わりをもっている。一方で、それらに関わりを持たない多くの人々は、海との間に距離を感じているように見える。

国際的には、国連海洋法条約の下に、内水、領海、排他的経済水域、大陸棚といった日本の主権又は主権的権利の及ぶ範囲はほぼ固まっており、また、国内的には、古くからある法令、国連海洋法条約の批准時に整備された法令、海洋の開発、利用及び保全に関する理念や基本的施策を定めた海洋基本法等の下に、枠組みやルールが設定されている。しかし、海洋に関心を有する人の中には、それらの海域の開発等の進め方等について、不明瞭だと感じる人も多い。

それらの海域の開発等が、様々な主体の参加の下に進められ、そこに何らかの秩序が構築されたと多くの人々が明確に認識するところまでいけば、日本の海洋ガバナンスは確立したと言ってもよいと思われる。しかし、今はまだその域まで到達していない。

このような意味での海洋ガバナンスの確立に向けて、産・官・学がそれぞれの立場で取組を進めている。今回のシンポジウム全体のテーマに引き寄せて言えば、日本の海洋ガバナンスは創造的攪乱期にあると言えるかもしれない。

産・官・学の関係者のうち、官は、海洋基本法に基づき、海洋に関する施策についての基本的な方針や政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策を定めた海洋基本計画について、5年の節目で見直しを行い、次の5年間に向けてスタートを切ったところである。産は、それぞれの置かれた環境や実力を踏まえて、海洋の開発等にチャレンジしようとしている。東京大学は、

学に属する主要な関係者の一つとして、何にどう取り組むべきかについて模索を続けてきたが、後述する海洋アライアンスの設立から6年を迎えたところである。

これまでの東京大学の模索活動は、大学本来の役割である教育及び研究のために有している豊かな人的・物的リソースを基礎として、海洋アライアンスという部局横断的機構を設立するとともに外部資金を導入して、活動の基盤となる体制を整備することから始まっている。

そのように整備された体制の上に、従来からの教育活動の延長線上では、大学院レベルの専門教育を受ける学生に海洋学際教育プログラムを提供し、あわせて国際的又は実際の学びと交流の機会も与えることを通じて、多角的視点を持ち課題解決能力の高い人材を社会に供給しはじめている。

従来からの研究活動の延長線上では、研究成果を社会に役立つような形に近づけて発信するというやり方で社会貢献を図っているほか、もともと社会に貢献することを指向した活動にも取り組むようになってきている。

この講演では、概ね以上のような事実認識の上に、まず、海洋ガバナンス確立への貢献に向けたこれまでの東京大学の模索活動のうち具体的ないくつかの事例について、どんな意味があるのか等について整理し分析的にレビューすることとする。

その上で、大学という組織の特徴も勘案しつつ、今後の海洋ガバナンスの確立への貢献に向けた大学の模索の方向性としてはどのようなものがありうるかについて、私見を述べることにする。

パネルディスカッション：「大学の枠を超えた活動 ー挑戦と学びー」

小川 太輝 大気海洋研究所
菊池 里紗 農学生命科学研究科
古園 勇斗 農学生命科学研究科

2012年度、普段の学内での研究を超え、我々は多様な活動を行った。国際的な場や、被災地など、挑戦の多い場で様々な人と関わり合いながら多くの学びを得た。その概要を以下に述べる。

小川太輝：第3回東アジア海域環境管理パートナーシップ（**PEMSEA**）のユースフォーラム

PEMSEAは東・東南アジア海域における環境管理と持続可能な開発を促進するため、政府、国際機関、NGO、研究者等の幅広い関係者間の連携・協力の強化を目的に1994年に設立された国際機関である。この国際会議は3年に1回開催され、今回は2012年7月9～13日に韓国の昌原市で行われた。私が参加したユースフォーラムは2009年に引き続いて3回目の開催であり、今回は「**Young Champions for the Oceans**」をテーマとして、東アジア12ヶ国から海洋学や法学、公共政策学、言語学など様々なバックグラウンドを持つ10～20代の若者101名が集まった。

今回のユースフォーラムでは、生物資源の持続的利用、海洋環境の保全、海洋教育、エコツーリズムなどテーマごとにグループに分かれ、意見交換を行った。そして「若者からの提言(Statement)」を作成し、PEMSEAの本会議場で発表した。ポスター発表の場も設けられ、ユースフォーラム参加者が実際に行ってきた海洋環境保全に関する取組みの紹介が行われた。私は、学部生の時に行っていた千葉県でのウミガメの保全活動を紹介した。

特に印象深かった経験は「若者からの提言」の作成の際、参加者が101人と人数が多く、議論が紛糾したこと、そして各班がまとめた提言の中で、誤った知識を元に日本の捕鯨が糾弾されているものがあり、それを日本から参加者3人で掛け合って表現を変えてもらうなど、国際会議のような場面に遭遇したことである。これらの経験を通して、多数の人たちの意見を集約してひとつのものをまとめ上げることの難しさ、そして多国籍の場であると、さらに困難になることを身をもって痛感した。大学の枠を超え、国際的な場で、海洋の諸問題の解決策について考えたこの経験は、今後の人生で必ず生きてくるだろうし、生かしていきたいと心から思う。

菊池里紗：東京大学とロードアイランド大学による共同サマーセミナー

2012年8月7日～17日、岩手県大船渡市三陸町の北里大学キャンパスにて開かれた、東京大学とアメリカ・ロードアイランド大学での共同セミナーに参加した。初めての開催となった昨年のテーマは、「**Recovering from the Catastrophic Tsunami**」であった。

セミナーは講義、現地視察、グループワークおよび発表から構成されており、農学、法学、海洋学、歴史学、公共政策など、様々な分野を学ぶ日米の学生が活動を共にした。震災から約1年半が経過していたが、訪れた吉浜、崎浜、陸前高田、越喜来湾、唐丹、綾里などの街は津波による傷跡が残っていた。三陸の地で、そうした現状を目にし、現地の方

の声を聞くことが出来たのは、大変貴重な経験であった。セミナーの後半は、4グループに分かれ、それぞれが復興計画に関するテーマを設定しグループワークを行った。私の所属していたグループでは「The role of collective memory in the post-tsunami policy」と題し、津波の情報を伝える石碑が、復興計画にどう活かせるかについて調査を行った。日本語でしか得られない資料が多かったりと苦労もあったが、メンバーの専門を活かし、法学、歴史学、農学の視点を盛り込んだ、充実した発表を行えたと自負している。

今回のセミナーは、海洋アライアンスの目指す学際性が見事に実現されていたと感じた。普段受けている教育の枠組みも国境も超え、三陸が抱える課題に対し、自分たちなりの解決策を提案した今回の経験で得た教訓は、今後の自身の研究や仕事に大いに生きてくるはずである。

古園勇斗：「おいしい三陸応援団」の活動

「おいしい三陸応援団」は、2011年7月より「被災地の状況を知らせる」「被災地を訪れてもらう」「被災事業者の商品を買ってもらう」という目的の下で活動を行っている学生団体である。具体的には、岩手県沿岸広域振興局に紹介・仲介して頂いた11の事業者へのインタビュー実施、および、ウェブサイト

(<http://oishiisanriku.com>)やSNS、イベント参加を通じてのそれらの情報発信を行っている。11の事業者は、水産加工・飲食店・酒造・醤油製造・旅館・きのこの栽培などを営んでいる。「おいしい三陸応援団」は、およそ2～3か月に1回の割合で岩手県を継続的に訪問し、事業者にインタビューを行っている。

私は海洋アライアンスを通じて当団体を知り、2012年8月より活動に参加している。継続的に現地を訪問することで、未だ多くの傷跡を残しながらも一歩ずつ復興に向けて進む様子を見ることができたのは貴重な経験であった。そしてインタビューを通じ、多くの苦難を気力と工夫で乗り越えてきた事業者の生の声を聞き、何度も心を打たれた。こうした事業者の声と商品を少しでも多くの人に知ってもらうために、学生の立場でできることをメンバーが突き詰めた結果辿り着いたのが、ホームページでの情報発信や、事業者から取り寄せた商品のフリーマーケットでの対面販売である。

学部の枠を越えて集まったメンバーと、被災地で事業を営む方々の生の声を聞き、自分たちでできることは何かを考える。海洋アライアンスのふとした縁で飛び込んだ活動は、実りある経験を与えてくれた。

【問い合わせ先】

海洋アライアンス事務局

東京大学 理学系研究科等事務部内

〒113-0033

文京区本郷 7-3-1 理学部 1 号館 133 号室

TEL. (03) 5841-4146

E-mail: office@oa.u-tokyo.ac.jp

