

海岸環境と海岸工学

Coastal Environment and Coastal Engineering

東京大学大学院工学系研究科 教授 佐藤 慎司

1. はじめに

2006年7月、東京大学で海を共通の場として活動する研究者によって海洋アライアンス¹⁾が組織され、第1回シンポジウム「海からの恩恵と災害」が開催された。東京大学には海に関連する研究者が150名以上いるが、それぞれの専門領域が高度化するとともに細分化され、俯瞰的な視点に立った研究が推進しにくいという声も聞かれていた。これは、これまでの学術領域が比較的明快な目標のもとに発展・深化が進み、包括的・全体的な枠組みの見直しが十分でなかったためと思われる。「海洋環境」や「海岸環境」などのように、「環境」をキーワードとして問題を捉え直すと、物理・化学・生物過程から社会・人間心理にまでわたる複雑な問題を総合的にとらえて、細かな部分まで配慮した解決策を示すことが求められ、その点でも従来の専門学術領域を横断する連携の場が今後ますます重要となってくると思われる。東京大学海洋アライアンスでは、今後もそれぞれの専門をベースとする横断的かつゆるやかな連携を継続し、「恩恵と災害」の二面性で特徴づけられる海に関する知の構造化を推進していくことが予定されている。

海岸工学は、波・流れ・漂砂およびこれらを制御するための構造物の計画・設計・施工を扱う学術領域である。沿岸域では、波や流れ、沿岸地形が最も基礎的かつ卓越する環境要素であるため、これらを主としてまず物理的側面から扱うのが海岸工学であると言える。しかしながら、先の海洋アライアンスの例と同様に、近年の環境意識の高まりや海岸環境創造の需要から、量だけでなく質まで含めた問題解決が求められる事例が増えている。図-1は土木学

会海岸工学講演会における近年の分野別論文数の推移を示したものである。欧米の「海岸工学」では物理的な取り扱いのみに特化した研究が続けられているのに対し、日本の「海岸工学」では、環境や生態系をキーワードとする研究が着実に増えていることがわかる。本稿では、「海岸工学」をベースとして環境問題を取り扱った研究事例として、海岸の環境問題として深刻化している海岸ゴミ問題と内湾の水質問題に関する研究例を紹介し、海岸環境と海岸工学の関わりについて述べてみたい。

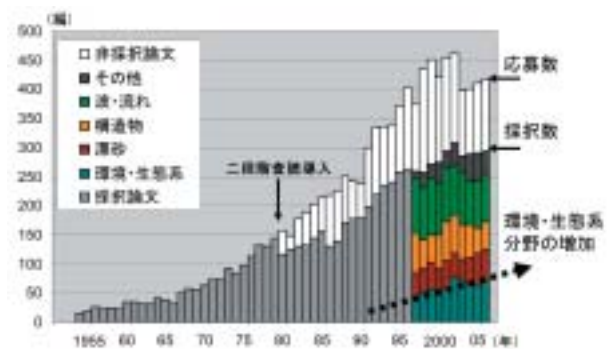


図-1 土木学会海岸工学講演会の分野別論文数の推移

2. 海岸に漂着する流木の挙動

近年、大雨の際に、大量の流木群が河川に流れ、広域の海岸に漂着する事例が増加している。国土交通省に処理対策申請があっただけでも、2004年は4件、2005年は2件の大規模な被害報告があった。漂着流木の被害としては、処理を担当する地方自治体の財政圧迫、港湾施設の機能低下、船舶の破壊、漁場や養殖場への悪影響などがあり、早急な対策が望まれている。しかし、海岸や沿岸施設は様々な管轄に分かれており、被害調査も各地方自治体によって断片的に行われているため包括的な対応がとられてい

ない。そのため、現状では全体的な被害状況さえ把握することが困難である。

2004年台風21号では、三重県宮川村を中心として多くの土砂災害が発生し、それに伴い大量の流木群が河川に流れ込み、伊勢湾に流出した。流出した流木群は、三重県側の伊勢湾沿岸だけでなく、愛知県側にも漂着し、特に愛知県美浜町、南知多町では過去最大級の流木群が漂着したとされる新聞報道もあった。また、この流木群の影響により、名産のノリの養殖への悪影響や、港湾や船舶の使用が不可能になるなどの被害があった。しかし、この流木群はいつ、どこから、どのように漂着したかという被害の全体的な構造は分かっていない。

目黒ら(2006)²⁾は、各地方自治体の協力を得ながら散在するデータをまとめることで、流木群の漂着量を調査した。そして、被害の大きかった三重県伊勢市、鳥羽市、三雲町、香良洲町と宮川河岸、愛知県知多半島の美浜町、南知多町などの海岸ではヒアリング調査も行うことで、被害状況の詳細な把握を行なった。被害状況をまとめると、図-2のようになる。愛知県知多半島に漂着した流木群の特性は宮川のものと同様性が高く、宮川から流出したものである可能性が高いことが推察される。

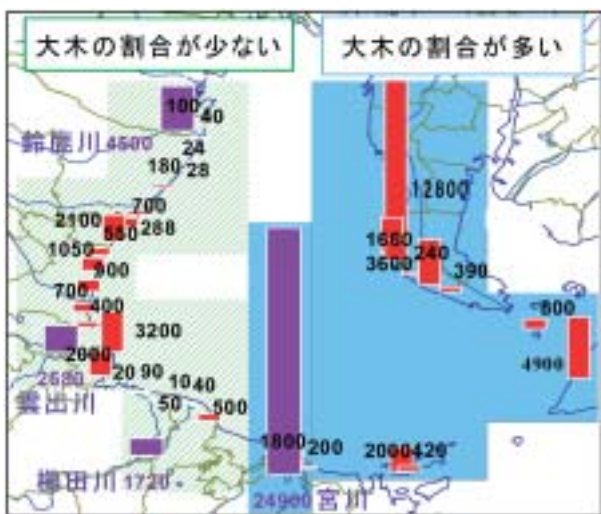


図-2 2004年台風21号による漂着流木(数字は体積 m^3)

流木の漂着時刻については、どの海岸・港湾にもほぼ同じような時刻に漂着したと考えられる。三重県宮川村では9月29日の8:40-9:40の間に最大降水量(それ以降は計測不能)を記録したことを考えると、29日の正午前後に各河口から流出した流木群は、その後1日程度の期間で各海岸・港湾に漂着したものと考えられる。

河川から流れ出した流木群の挙動を定量的に予測するには、流木群の運動を再現・予測するモデルを開発する必要がある。モデルは、海岸工学でこれまで研究が蓄積されている内湾の流動モデルに、波浪推算モデルを組み合わせ、波による質量輸送の影響、淡水と塩水が混合する影響、風による(湾水と流木の)輸送の影響を取り込んで構築すれば良い。

目黒ら(2006)²⁾は、流木群の運動方程式を数値積分し、再現計算を行った。図-3は、宮川から流出した流木の計算結果であり、流木群が愛知県知多半島に漂着することが再現できている。なお矢印は流動モデルで計算された表層の流速ベクトルを示している。信頼できる数値モデルが構築できれば、条件を変化させることにより、湾内における波による質量輸送、潮流、河川流出水、風などそれぞれの要因が流木群の挙動に与える影響について感度分析を

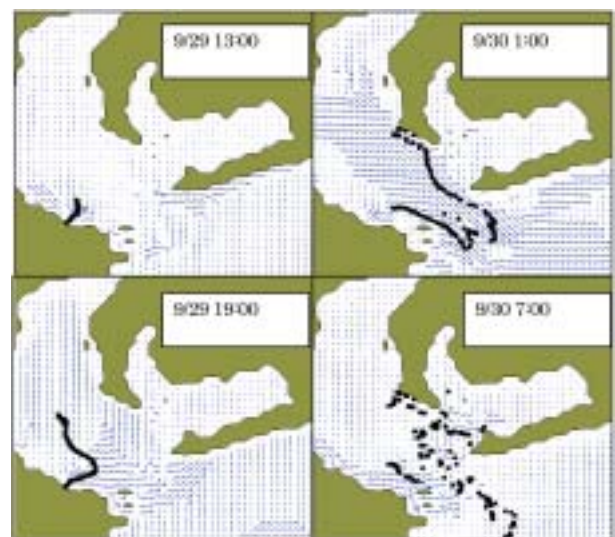


図-3 宮川から流出した流木の挙動

実施できる。

図 - 4 は流木群の流出時に下げ潮であったと仮定した場合の挙動である。実際には、上げ潮であったため流木群は湾内へと輸送されるのであるが、下げ潮であった場合には湾外の方へ向かって流れていく様子が分かる。河川流量の感度も分析した結果、今回の流木漂着には、河川水の初期運動量と流出時の潮汐位相の影響が大きいことが確認された。これにより、さまざまな条件で流木の挙動を事前に予測することが可能となり、予測が困難なために体系的な対応が取りづらい漂着ゴミ対策の支援ツールを構築できた。

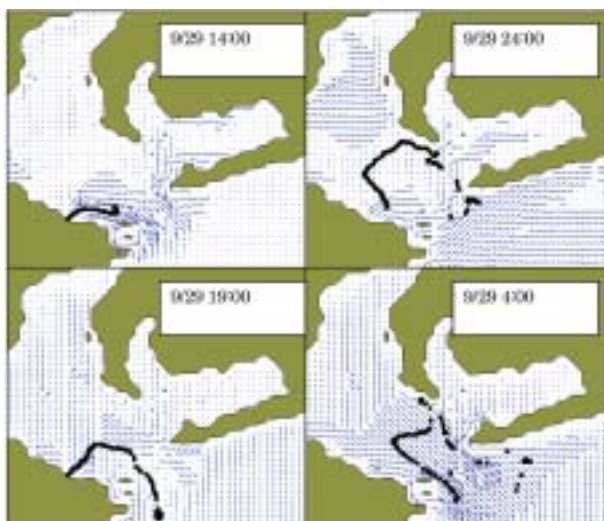


図 - 4 流木が流出した時間に潮汐が下げ潮であったと仮定した場合の流木の挙動

3. 汽水域の水質環境

海岸工学分野では、従来は高潮・高波などへの越波浸水対策など、いわば「量」の分析が重要であったが、近年では、沿岸域の親水機能や水質・生態系の変化など「質」を含めた環境保全への要求が増加してきている。大都市の沿岸域は、埋め立てなどにより高度利用されているが、都市域からの様々な汚濁負荷を受けるため、水環境や生態系に影響が及んでいる。日本では古くから下水道を整備した都市で

は、雨水と汚水を同一の管路で流す合流式下水道が採用されているため、汚濁負荷には、平常時の下水処理水だけでなく、雨天時合流式下水道越流水 (Combined Sewer Overflow, CSO) 由来の物質が含まれることになる。しかしながらCSO由来の物質の影響については、注目すべき物質の同定や微生物の分析が困難であることから定量的な情報が不足しており、実態把握すら困難な状況にある。

東京湾台場では、お台場海浜公園において人工海浜を含む親水空間が整備されている。しかしながら、現在は遊泳禁止であり、水と接触する機会を求める声が大きくなってきている。このような背景のもとで、鯉淵ら (2005)³⁾、小野澤ら (2005)⁴⁾ は、お台場海浜公園における海水を継続して採取・分析する現地観測 (観測地点は図 - 5 参照) と内湾の流動とCSOから環境に放出される物質の挙動を追跡する数値実験を実施し、CSO由来と考えられる病原性微生物の挙動を分析した。

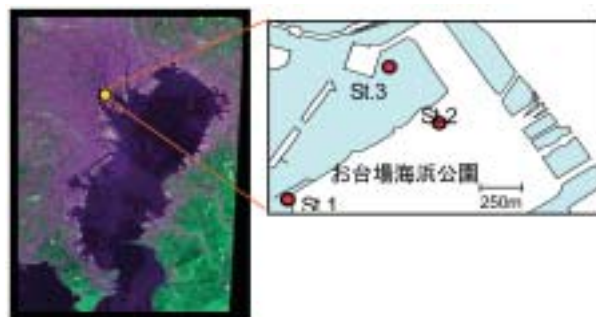


図 - 5 東京湾台場における水質観測地点

図 - 6 は、2004年8月から10月中旬までの期間における大腸菌群数 (E-COLI) 濃度を、観測値と計算値で比較したものである。上辺の棒グラフは降水量を表している。環境省による水浴場水質判定基準において、水浴場として許認されるレベル (水質C) の閾値は、糞便性大腸菌群数 (Fecal Coliform, 以下F-COLI) 基準で、1000 (CFU/100mL) である。F-COLI

とは、温血動物の糞便に由来する大腸菌群の多くが 44.5 という高温でも生育するという性質を利用して検出するもので、その中には、E-COLI以外の細菌が若干含まれるが、両者の値はほとんど等しいことが知られている。現在お台場海浜公園は、年数回の測定値に基づき遊泳禁止になっているが、図-6に示した観測と計算により、実際に糞便性大腸菌群数が、閾値を越えている期間は意外と短いことが明らかになった。計算値をF-COLI観測結果と比較してみても、この閾値を超える期間や、越流後のピーク濃度を良好に再現できている。そして、8月15日の降水(14mm)と、8月23日~24日の降水(3mm)を始め、降水量が大きいほどCSOの影響が大きくなるわけでは必ずしもないことも明らかになった。これは、累積降雨時間や河川水による希釈効果、外洋への流出など様々な現象が複雑に関与しているためであり、これらの要素を取り込んだ数値実験によって、CSOの挙動がより詳細に検討できることが確かめられた。

4. おわりに

環境分野を積極的に内在させる方向に進んでいる日本の海岸工学では、物理過程をベースとして周辺分野と連携し、多くの要因が複雑に影響する環境問

題の具体的な解決策を提案する方向が模索されている。沿岸域の環境は、水の流動や地形・底質変化など物理的な基礎要素の影響を最も敏感に受ける。海岸環境分野の確立に向けた総合化の第一歩は物理過程の理解であり、海岸工学はその中心的な役割を担うものと考えられる。

参考文献

- 1) 東京大学海洋アライアンス:<http://www.gisolab.t.u-tokyo.ac.jp/murayama/marine/>
- 2) 目黒邦夫・佐藤慎司・鯉淵幸生：海岸に漂着する流木群の挙動解析、海岸工学論文集、第53巻、pp. 1301-1305、2006。
- 3) 鯉淵幸生・小野澤恵一・中村格之・原本英二・片山浩之・古米弘明・佐藤慎司・岡安章夫・磯辺雅彦：東京湾お台場海浜公園における雨天時合流式下水道越流水の影響調査、海岸工学論文集、第52巻、pp. 886-890、2005。
- 4) 小野澤恵一・鯉淵幸生・古米弘明・片山浩之・磯辺雅彦：台場周辺海域における雨天時合流式下水道越流水の数値解析、海岸工学論文集、第52巻、pp. 891-895、2005。

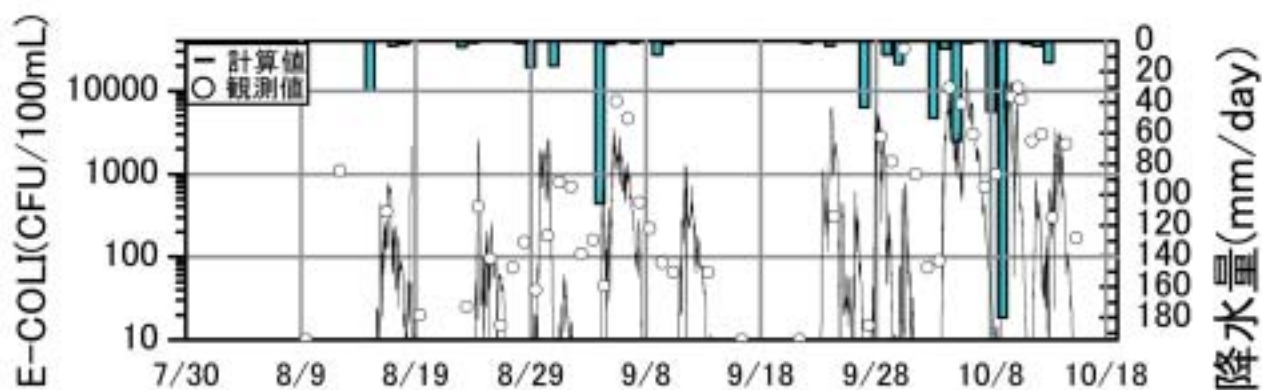


図-6 お台場における大腸菌群数(E-COLI)の観測値と計算値