

工学部・土木工学科・第四講座 (海岸工学・港湾工学)



研究室紹介

中 辻 啓 二*

1. 研究室の概要

当研究室は1966年(昭和41年)に構築工学第七講座を振り替えて新設されたものであるが、講座内容からいえば、構築工学第五講座(現土木工学第二講座・水理学・河川工学)から分離独立したものといえる。海岸工学は戦後に誕生した新しい学問分野である。戦後あいついだ海岸災害を防止する必要上急速に発達したもので、当講座の開設当初は、海岸侵食対策、越波・高潮防止対策など、防災工学的な課題が中心であった。しかし、環境問題が高揚するとともに、海岸環境整備、構造物による環境の制御、環境アセスメント法の開発などを、新たな研究課題として加え、さらに、海の利用に関する種々の問題、すなわち、海底石油掘削のための海洋構造物の安全性、反射波を減衰させ船の安全を確保する低反射防波堤の開発、養殖漁業への転換を図る漁礁の適正な規模と配置の問題などについて精力的に研究が進められてきた。その研究成果は、関西国際空港、本四架橋のような国家的大プロジェクトをはじめとした巨大な埋立工事や、身近には海水浴作りなどに活用され、社会的に大きな貢献を果たしている。

講座開設以来の推進役は榎木亨教授(現大阪

大学名誉教授・大阪産業大学教授)であり、協力者は助教授岩田好一郎(現名古屋大学教授)、助教授出口一郎らである。

当研究室の特色は、我が国の海岸工学研究を担う研究者を数多く輩出したことは当然であるが、韓国・中国・スペイン・メキシコなど多数の国々の留学生を育てたことにある。今年で第7回となる日韓海岸・海洋セミナーでは15名もの韓国人学位取得者とほぼ同数の日本人OBが集って激論を戦わせるのは一見の価値がある。

榎木亨教授が定年退官された後、著者が第二講座から転任し、出口一郎助教授、小野正順助手とともに新しい研究室作りに励んでいる。現陣容は、韓国からの客員研究員1名、博士課程学生2名と、日本人大学院生(博士課程1名、修士課程16名)、学部生10名の大所帯である。著者は大学院生として4年、また助手の4年間を第四講座に属し、潮流拡散や原子力発電所からの温排水の拡がりやを研究していた。また、第二講座(故室田明教授、村岡浩爾教授)に移って後には、成層流中の乱流、混合に及ぼす組織構造の物理的役割、ジェットやブルーム等、基礎的な流動構造の解明と、大阪湾における密度流現象や物質輸送過程の研究に従事してきた。ことのつまりは第四講座の海の塩辛い水と、第二講座の河川の甘い水とが混合する現象を基本においた研究を推進している。

当研究室の名称は、平成10年に実施されるであろう大学院の移行に伴い、消滅する運命にある。建設系4学科が統合して地球総合工学系となり、新たに地球総合工学専攻を創設すると同時に、現工学部土木工学科6講座も改組して2大講座からなる大学院土木工学専攻となる。当研究室は社会システム大講座に属する予定で

*Keiji NAKATSUJI
1947年3月7日生
1973年大阪大学大学院工学研究科
修士課程構築工学専攻修了
現在、大阪大学工学部土木工学科
教授、工博、エスチュアリー工学・
地球流体力学、数値流体力学
TEL 06-879-7613
FAX 06-879-7616
E-Mail nakatsuj@civil.eng.os
aka-u.ac.jp



ある。ややもすれば研究内容も人事も固定化し勝ちな小講座制を大講座制に変えることにより、社会のニーズに応じて柔軟、且つ多角的に対応できることを目的の一つとして、文部省が進めているものである。当研究室を例に示せば、教授・助教授・助手の1・1・2の編成が、3・3・5に代わることになる。実力の伴った研究者がその職制に関係なく独立して研究ができる。必要であるなら、共同研究という形をとることによって今までの小講座制の拘束からはみ出した研究活動も可能である。一番のねらいは柔軟な研究室の運営にあると著者は見ている。

それは教授退官後にもその研究テーマに拘束されることなく、社会のニーズにあった研究テーマを選べることに加えて、能力のある活動的な若手研究者の登用も可能である。したがって、教授と助教授の研究テーマは大講座制の中では異なった方がよいでしょう。現在は過渡期である。大講座制の利点を先取りする意味もあって、当研究室のスタッフは独立した研究者として独自の研究テーマを選択するようにしている。以下、研究の概要を示す。

2. 研究内容

(1) エスチュアリー工学(中辻)

① 沿岸域の開発と環境への影響

国土の狭いわが国では臨海都市域の高質な環境整備や再開発に関連した沿岸域の開発は避けて通ることの出来ない状況にある。これまでの環境破壊の教訓を生かしたベイエリア開発に対する明確な開発理念の確立が急務である。また、内湾本来の環境特性を配慮しながら、水域利用の目的に応じた環境の回復、創造等、環境質の改善を推進する具体的な施策や技術が必要である。それは湾全体の広域的、長期的ビジョンに立脚し、且つ沿岸都市域の機能と一体化したものでなければならない。生態系や沿岸都市域の社会科学的事象との連携を含む学際的な取り組みが必要となる。このような背景を踏まえて、従来とかく沿岸海洋学で物理現象の理解で留まっていた研究を工学的な視点も加え、さらに人間活動や生態系との関連で議論するエスチュアリー・エンジニアリングの体系化を目指している。



人工衛星が撮らえた大阪湾の巨大渦と大阪湾埋立地形

大阪湾、伊勢湾や東京湾等、巨大都市を背後に有した閉鎖性内湾を対象にして現地観測と3次元数値モデルを用いた流動ならびに密度構造等の解明をほぼ修了し、水質および生態系のモデル化へと学際的分野へ進む段階にある。

② マングローブ水域の物質輸送機構

沿岸域を熱帯に転ずれば、海の森と称されるマングローブ林の急激な伐採による環境破壊が地球規模の環境問題の一つとして話題になっている。それは海と陸とをつなぐ生態系として、また防災林や燃料として亜熱帯の人々の暮らしを育んできた。しかし、途上国の人口増加と蝦(エビ)の養殖場を含む開発のために、マングローブ林の破壊が進み、環境が深刻な状況になっている。マングローブは塩性植物でスオンプス(湿地帯)に繁茂しており、満潮期には海水が浸水する。マングローブ・エスチュアリーを支配する物理現象は、潮流、密度流、残差流、複断面水路、蛇行水路、移流分散、トラップ現象、等がある。これらの素過程の一つ一つは既に著者が長年にわたって研究してきた。本研究はそれら素過程の研究成果を総合することによって可能となる。本研究は文部省科学研究費補助金とブリチッシュ・カウンシルの国際共同研究として、英国ブラッドフォード大学と、マレーシア

理科大学と研究を進めている。

③ 都市化によるヒート・アイランド現象

都市への人口集中とエネルギー消費量の増大、ならびに都市の地表面性状の改変が人工熱の集中的な排出をもたらす、気温分布を描くと都市域が高温となり島の形状となることから、熱の島、ヒート・アイランドと呼ばれる。つまり、大都市は温暖化し、乾燥化する傾向にある。世界のエネルギーの消費密度は1959年から12年経過した1971年には約3倍にも増大している。また、ニューヨークでは人工熱排出量と日射エネルギーの比は7倍にも達している。

環境庁は1990年に東京湾の埋立開発が首都圏でのヒート・アイランド現象を助長する可能性があることから、埋立の環境アセスメントの検討項目の一つになり得ることを指摘している。本研究では、3次元大気循環モデルを用いたシミュレーションから大阪平野の海陸風の実態、大阪湾の仮想埋立に対する大気環境の影響変化を検討しており、最終目標は降雨の発生機構の解明を目指している。

その他に、④ ミチゲーションの概念とわが国の環境施策への適用性、⑤ 河川の治水と環境の共生とトレード・オフ、等、環境に係わるものと、⑥ 成層せん断乱流のモデリング、など流体力学の基礎的な研究も行っている。

(2) 透水性を持つ斜面上での波変形(出口)

沿岸域での一次オーダーの流体運動は、波動に伴う運動であり、通常砕波を伴う非線形な現象として解析される。このような波動は沿岸域での防災、水質環境、生態系に対して重要な影響を及ぼし、海岸構造物に強大な波力を作用させる。特に砕波点近くの波浪は数千トンもあるコンクリート製の防波堤を滑動させ、数十トンもの異形ブロックを軽々と持ち上げる。また、沿岸域での波動は様々な二次的な流体運動を引き起こす。波が斜め入射することによって発生する沿岸流、入射波が波群構造を持つことによって生ずる長周期流体運動などがその例であり、これらの流体運動は特に砕波点以浅の漂砂、波の遡上、護岸からの越波、浮体構造物の動的挙動に重要な役割を果たす。

① 透水層上の浅水、砕波変形、遡上と反射

波動とそれに伴う流体運動の作用から陸域を護り、沿岸域の高度な利用を図るため種々の海岸構造物が施工されている。最近の海岸構造物は周辺海域に及ぼす影響を可能な限り小さくする様々な工夫が要求されている。海側での構造物の勾配を緩やかにし、透水性を持たせることによって、流体運動のエネルギーを吸収し、反射と遡上の低減を目的とした透水性緩傾斜護岸もその一例である。透水性の斜面を持つ構造物の水理機能を解明するためには、その入射エネルギーの吸収機構と斜面上での波変形の機構を明らかにする必要がある。

透水性を持つ媒質内での流体運動を表現するために、捨石で構成された透水層を想定した非定常透水試験を実施して、非線形ダルシー則を非定常流場に拡張した定式化を行った。その結果に基づき、ポテンシャル理論を用いた透水層上の波動の表現方法、分散関係式の提案を行った。これらの結果は日本で初めて試験施工された淡路島慶野松原海岸における人工リーフや大阪府二色の浜海岸の幅広潜堤の設計に適用されている。

② 非線形波動理論の展開

斜面上の波変形を解析するにあたり、非線形波動理論に基づき、二次の流体運動も含む沿岸域での波動の浅水・砕波変形、斜面上への遡上に対する時間領域での解析方法を開発した。単一周期波、2成分合成波及び任意の周波数スペクトルを持つ不規則波の浅水砕波変形、遡上時間波形、及び入射波の波群構造に起因する長周期波の発生の様子などについて、実験結果を十分な精度で再現することが確認できた。

さらに、透水斜面上での波の運動を解析するにあたり、先に定式化を行った透水層内の流体運動に対する非線形非定常ダルシー則と非線形波動方程式を透水斜面上で接続し、斜面表面での遡上波と透水層内への伝達波を同時に解析する方法を開発した。斜面上での非線形な流体運動および斜面の透水性(透水層内での乱流運動に基づくエネルギー逸散)を考慮した波動運動、遡上波形の解析が可能となった。

③ 現地への適用性—実証のための現地観測

提案した解析方法を現地構造物に適用する際には、実験室スケールの砕石を用いた非定常透水試験結果に基づいて定式化した非定常非線形ダルシー則の現地スケールの捨石への適用性、あるいは透水性を持つ護岸の構造部材の安定性の評価と捨石(部材)が移動した場合の護岸変形形状の予測、といった問題点が残されている。現在、透水斜面上での波運動の解析方法の妥当性を検証するための検証実験及び人工磯浜(大阪府臨空タウン護岸: マープルビーチ)での流体運動の現地実測を行っているところである。

(3) 漂砂移動現象の解明(小野)

① 漂砂移動の非平衡性と海浜変形予測

砂浜の変形は流体運動から引き起こされる漂砂移動により生じる。しかし、漂砂移動が生じていても、漂砂の浮上量と沈降量が釣り合っている平衡状態の漂砂移動では地形変化は生じない。地形変化はそれらがバランスしていない非平衡状態の漂砂移動でのみ生じる。漂砂移動の特性を明らかにするには、漂砂現象の詳細な実験が必要である。例えば、波から海底砂へのエネルギー伝達の機構は何か?なぜ掃流漂砂・浮遊漂砂など色々な移動形態が生じるのか?砂澁はなぜ生じるのか?など、多くの問題を実験と計算により検討している。

② 二枚貝の成育に及ぼす海底環境の影響

浅海域生態系において、二枚貝は低次の消費者であり、生態系の大きさを規定する重要な役割を持っている。成育に影響を及ぼす要因としては、水温、塩分、底質粒径、水深、海底勾配、泥分率、漂砂濃度、地形変化、底部せん断力など多くの要因が考えられる。これらの原因を究明することで人工干潟、人工海浜、増・養殖場の設計や稚貝放流時の放流場所・放流密度の設定など、最終的には水産生物にとっての理想的な砂浜環境を目指している。

3. おわりに

以上のように理論的研究から、水理実験、現地観測、数値実験、さらに実際的な研究までかなり幅広く行っている。その範囲は防災から、環境の保全、環境の創造、そして関西新空港の建設に伴う水理学的諸問題にまで及んでいる。ことに、沿岸域の環境問題は物理現象を基本にした生物や生態学との共同研究、さらに工学として人間を考えるのであれば、社会科学や人文系学問との学際的な取り組みが必要となる。国土、人命や資産を自然の脅威から護り、また環境保全を考えながら、人類の永続的な存続のための社会基盤の整備と開発を進める土木工学の責任は大きい。

