

2023年度（第58回）
水工学に関する夏期研修会講義集

B コース

Lecture Notes of the
58th Summer Seminar on Hydraulic Engineering, 2023
Course B

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会
Committee on Hydrosience and Hydraulic Engineering,
Coastal Engineering Committee,
JSCE

2023年8月
August 2023

2023年度（第58回）

水工学に関する夏期研修会講義集

Bコース（海岸・港湾コース）

総合テーマ

水工学に関する国際的課題，今後我が国で取り組むべき課題

B-1	河川に関する国際プロジェクト iRIC を例とした国際的取り組み	北海道大学 名誉教授/ 北海学園大学 特任教授	清水 康行 Yasuyuki SHIMIZU
B-2	気候変動を考慮した沿岸ハザード評価における国際的取り組みのこれまでとこれから	京都大学 教授	森 信人 Nobuhito MORI
B-3	海岸工学における学融合とグローバル化	高知工科大学 教授	佐藤 慎司 Shinji SATO
B-4	国際的な情報発信の重要性 ～Coastal Engineering Journal を例に～	神戸大学 教授	内山 雄介 Yusuke UCHIYAMA
B-5	気候変動を考慮した海岸地形研究における国際動向と今後の課題	東北大学 教授	有働 恵子 Keiko UDO
B-6	国際的な海岸災害研究のこれまでとこれから	東京大学 教授	田島 芳満 Yoshimitsu TAJIMA
B-7	ボスポラス海峡横断鉄道トンネルを対象にした国際プロジェクトと技術開発	大成建設 技術センター イノベーション戦略部長	伊藤 一教 Kazunori ITO
B-8	若手海岸研究者のための英文雑誌投稿への準備，執筆，査読対応の基礎講座	北海道大学 教授	渡部 靖憲 Yasunori WATANABE

河川に関する国際プロジェクトiRICを例とした国際的取り組み：

コンピューター河川工学への挑戦

Computational challenges on river engineering: international River Interface Cooperative, iRIC project

清水 康行

Yasuyuki SHIMIZU

1. はじめに

本稿は、河川における流れ、河床変動解析モデルの開発、ならびにそれに関連した国際プロジェクトであるinternational River Interface Cooperative (iRIC)プロジェクトに関する著者の長年の取り組みとそれらにより得られた成果や気づき、すなわちこのような国際プロジェクトを立ち上げ、参画し、運用することによる利点や波及効果、課題について解説するものである。国際的なプロジェクトの重要性、ならびに日本において国際的視点が特に若手研究者、技術者に不足しているという指摘がなされて久しい。これらに対して一石を投じる、という高尚なことを提言するつもりはないが、本プロジェクト、及びその第一歩は、著者が若手技術者、研究者の時から、国内外の研究者、技術者などの関係者と共同研究、交流するなかで、情熱をもって取り組んできたものであり、非常に（表現は難しいが）ワクワクしながら進めてきたものである。このような経験を多くの若手研究者・技術者へ具体例として示すことは、国際プロジェクトの重要性を示すうえでシニア研究者の責務であるとの思いから本稿を執筆することとした。iRICの概要やそれらに含まれるモデル、その適用性などは既に夏期研修会において2度の講習^{1, 2, 3)}が行われており、iRICのホームページ⁴⁾でも随時情報が更新されているため、それらについては割愛し、本稿では、著者がなぜこのようなプロジェクトを始めようと考えたのか、その始まりからを振り返りながら、実務-研究-プロジェクトがどのように有機的に結びつきながら発展してきたのかを示すとともに、このようなプロジェクトを通じて著者を含む開発関係者、ならびにユーザーが何を得てきたのか、具体的に示していきたい。講演においてすべてを伝えることは難しいと予想されるので、その全体像については本稿も併せて確認いただきたい。

2. iRIC誕生前夜：流れ・土砂輸送・河床変動モデルの開発

iRICとは、水圏の流れ、土砂輸送、河床変動に関するモデルとプラットフォーム、ならびにそれに関連した技術、研究、教育に関する人的交流も含めたプロジェクトの総称である。ただし、現状の認識においては、前者のiRIC = 計算モデル群+インターフェイス、と認識されていると思われる。実際、iRICにおけるモデルが様々な場面で利活用されていることは後に述べるとおりであり、計算モデルがこのプロジェクトの中核をなしていることは間違いない。iRICのようなソフトウェアの登場により、専門的な知識がなくても数値計算ができるという、ある意味非常に便利な時代になったが、このようなモデルがインターフェイスを含めて無償かつ自由に使用できるようになったのはここ最近であり、著者が土木技術者・研究者としての歩みをスタートしたときには、当然このようなツールは存在しなかった。iRICが誕生してから10年以上が経過したが、本当の第一歩は、著者の40年以上前の経験までさかのぼる。

今から42年前、私が大学を卒業し、北海道開発局の旭川開発建設部旭川河川事務所に赴任して2年目の夏、

気候変動を考慮した沿岸ハザード長期評価における

国際的取り組みのこれまでとこれから

Long-Term Coastal Hazard Assessment considering Climate Change and International Framework and Collaborations

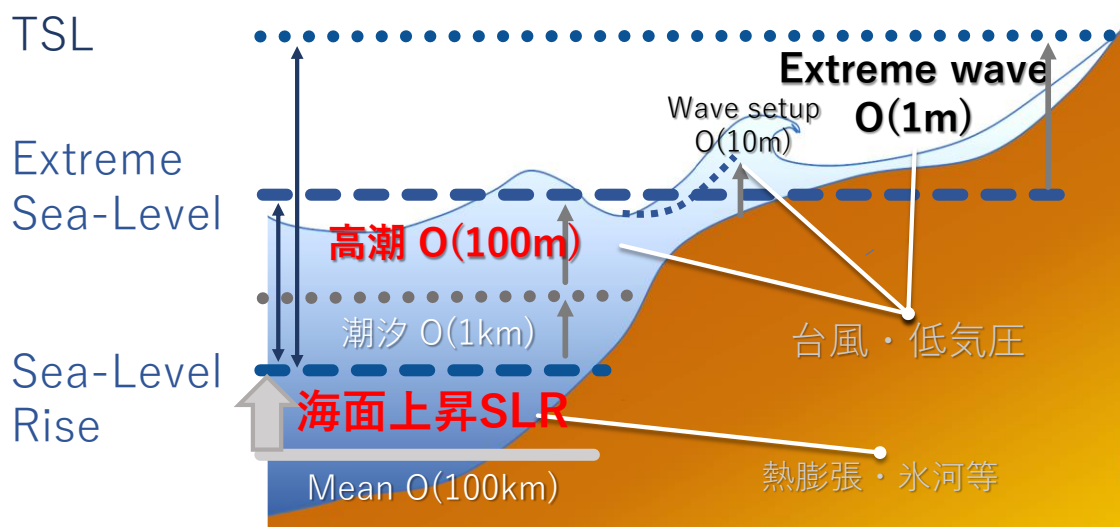
森 信人

Nobuhito MORI

1. はじめに

温室効果ガスによる気候の長期変化（気候変化・気候変動）の影響は、気温上昇や海面上昇だけでなく様々な影響を与えることが予測されている。予想されている将来の温かい気候条件は、台風・熱帯低気圧（以下台風）発達に重要な海洋の海面温度の上昇や大気の安定度の変化が予想され、台風の強度や発生頻度にも影響を与えることが疑われている。

気候変動の影響の中で、我が国における自然災害への影響として重要なのは、台風や梅雨等の極端気象現象とこれに関連する風水害である。特に、沿岸部における自然災害への影響として重要なのは、海面上昇、高潮および高波というハザードの変化予測であり、これと関連して沿岸部の脆弱性の将来変化予測や適応策が重要となる。気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change ; IPCC）では、海面上昇についてはかなり初期の段階から議論がまとめられてきたが、台風、高潮、波浪などの海岸工学に関連する具体的な将来予測については、IPCC第5次評価報告書第1作業部会報告書（AR5 WGI, 2013）以降に大きく進展した。2021年のIPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書（AR6 WGI, 2021）では、高潮・波浪については第9章「Ocean, Cryosphere and Sea Level Change」、台風等の極端気象の将来変化については第11章「Weather and climate extreme events in a changing climate」について詳細にまとめられている。



図－1 全極端海面水位/Total Extreme Sea-Levels (Mori and Shimura, 2023を改変)

海岸工学における学融合とグローバル化

Trans-discipline and globalization in Coastal Engineering

佐藤 慎司

Shinji SATO

1. はじめに

海岸工学は約70年前に生まれた比較的新しい学術領域である。波、流れと漂砂などの海岸過程の理解や、沿岸防災、海岸保全技術などを扱う分野であるが、その対象や課題解決手法は近年目まぐるしく変化している。本稿では、学術領域の萌芽、コミュニティの形成、地域固有の問題とグローバルな問題への対応、国際的・学際的に解決すべき諸問題などを俯瞰し、課題解決に向けて海岸工学が今後進むべき方向と果たすべき役割などについて議論する。

2. 「海」の国際性と学際性

地球上の生命は「海」で誕生し、生物の9割以上が、地球表面の約7割を占める海に生息している。海は一つにつながっており、人や物資の交流の場となるため、その存在は本質的に国際的なものである。全世界にとってかけがえのない海の秩序を維持するために、古くからの慣習として、「海は万人に開放されており、私的な所有は禁止する」とされてきた。その後、16世紀の大航海時代などを経て海の利用が拡大し、海は万人のものとしながらも、沿岸部については沿岸国に一定の管轄権を認める考え方が定着し、国際連盟や国際連合での長い議論の末、1982年に国連海洋法条約（通称UNCLOS）が採択され、国際的な海の秩序を規定する体系が確立した。UNCLOSにおいては、国ごとにそれぞれの主権が認められている陸地と異なり、海洋は基本的には自由使用であるが、その管理は沿岸国の責務であることが明記された。またその前文においては、**図-1赤線部に示したように、「海洋の諸問題は多岐にわたるうえ、それぞれが密接に関連しているため、主として陸上社会で分化・高度化してきた個々の学術・技術のみで解決を図るのではなく、俯瞰的な視野で包括的に解決すべきものである」と宣言された。**このように、海の課題解決には、陸上社会の考え方や諸制度とは異なる枠組みの「wholisticなアプローチ」が必要であり、解決のための学術は本質的に学際的であるとも言える。その後議論が進んだ地球環境や生物多様性の問題解決においても、海洋は主要な対象領域となっており、国際性と学際性を重視したアプローチが不可欠であるとの認識が定着している。

海と陸の境界である海岸は、国ごとの独自性が尊重される陸上社会の論理と、国際性と学際性が重視される海の論理が重なり合う空間であり、陸地を中心に海を考える立場と、海を中心に陸地を考える立場の両者が出会う場でもある。わが国では、第二次世界大戦の復興期に自然災害が多発したため、沿岸防災への対応として海岸法が1956年に制定された。そのため海岸法は、自然災害から陸地を防護するという国内の需要に対応する形で制定されたものであり、「陸地を中心に海を考える」立場に立つものである。しかしながら2000年の海岸法改正では、陸地の防護に加えて海岸の環境保全と公衆の利用が目的に加わり、海岸域を空間として調和的に管理するための枠組みに変わりつつある。これに対して国連海洋法（UNCLOS）は、海の視

国際的な情報発信の重要性～Coastal Engineering Journalを例に～

Importance of International Information Dissemination: Coastal Engineering Journal as an Example

内 山 雄 介

Yusuke UCHIYAMA

1. はじめに

公共性の高い土木工学・海岸工学分野では、技術情報を共有し、敷衍するための重要かつ有効な手段として、海岸工学講演会などでの学術講演、技術報告・レポート、そして学術論文が用いられてきた。インフラ整備の発注元の約4分の3は官公庁（注1）であり、取引慣行上の特殊性ゆえに国内で閉じたマーケットが形成される傾向が強い。そのため、技術情報の発信・収集に関しては日本語で十分、むしろ外圧を避けて「鎖国」状態を維持するためには積極的に技術情報を英語（注2）で発信することを控えるべきではないか、という風潮が官民の間に根深く横たわっている。しかしながら、深層学習を利用することで飛躍的に精度が向上した機械翻訳技術と生成AI技術の進歩はすでに言語の壁を取り払いつつあり、国内の事情を理由に国際的な情報発信・収集を躊躇することに対する合理的な理由は希薄になりつつある。他の建設技術先進国や新興国との国際競争を勝ち抜き、あるいは彼らと国際協調しながらプロジェクトを進展する上で、「ガラパゴス化」したままでは機会損失のリスクが増加し、業界全体が先細りになる可能性が高く、国際的な情報発信・収集の重要性がさらに増すことが強く予見される。

米国Google社が2006年にリリースした機械翻訳サービス「Google翻訳」は、2016年11月に深層学習に基づくシステムに刷新されたことで、日本語を含むアジア系言語の翻訳精度が飛躍的に向上し、それ以前の機械翻訳とは一線を画す別次元の精度での翻訳技術がごく手軽に、しかも無償で利用できるようになった。このときの驚きと興奮は筆者の記憶に新しい。続いてドイツDeepL社が2017年にリリースした機械翻訳サービス「DeepL」は、対訳検索エンジンLingueeが収集した対訳データに深層学習を組み合わせることで、極めて高精度の機械翻訳サービスを実現している。関西大学の山田優教授によれば、DeepLの文法や語彙など純粋な英語力はTOEIC950点程度のレベルに達するとも言われる（<https://dot.asahi.com/aera/2020072100060.html>）。米国OpenAI社のChatGPTに代表される生成AIは、自然言語処理技術を応用してごく自然な文章を言語によらず自動で生成する技術である。深層学習機械翻訳と生成AIの誕生によって、海外の技術者たちは日本語のリソースに対して容易にアクセスできる環境が整いつつあり、日本語だけで技術情報をやり取りすることに拘泥する意味はほぼ失われたといっても過言ではない。

生成AIに日本の土木分野で英語による情報発信が必要な理由とその方法を問うと、次のような回答が得られた。曰く、「土木技術者が英語で技術情報を発信することは、国際的なプロジェクトや協力事業に参加し、知識共有と学術交流を促進するための重要な手段である。これにより、海外のパートナーや関係者と円滑なコミュニケーションを図り、国内外から最新の情報を入手できる。英語での情報発信には、①学術論文の英語化、②ウェブサイトやブログの開設、③ソーシャルメディアの活用、④国際会議やセミナーへの参加、⑤翻訳サービスの利用などが有効である。これらの方法を組み合わせて効果的な英語での技術情報発信が実現される」（ChatGPTの出力を筆者が一部改変）。生成AIに隷属する気はないが、この回答は正鵠を得ている。

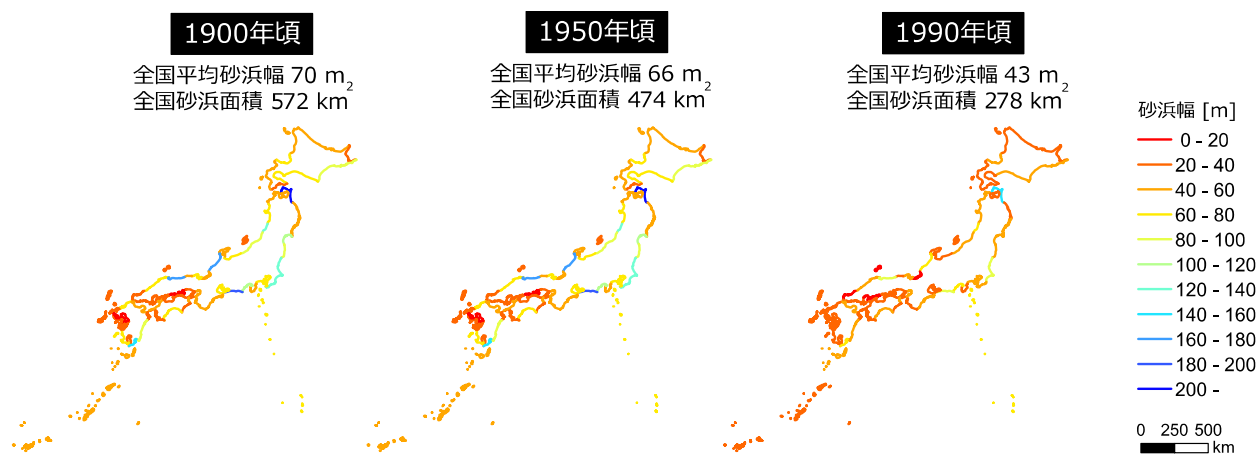
気候変動を考慮した海岸地形研究における国際動向と今後の課題

A Statistical Review and Future Challenges in Coastal Morphology Research under Climate Change

有働 恵子
Keiko Udo

1. はじめに

我が国の砂浜は、戦後の急速な国土開発の影響で侵食が進行したといわれている（図－1）。国土開発の過程で治山・治水対策として整備された砂防施設やダムなどは、戦後しばらく毎年のように災害により多数の死者が出ていたことを考えれば、防災面で大きな功績があったと判断される一方で、土砂の流下を遮断することとなった。また、沿岸部においても経済発展のために整備された港湾などの海岸構造物による沿岸漂砂の遮断により局所的な侵食が進行した。過去の長期的な砂浜面積の変化についてはいくつかの解析結果があるが、Udo・Takeda¹⁾によれば、過去100年程度の間には280 km²まで半減しており、さらに21世紀末には全国の約40～90%の砂浜が消失すると予測されている。また、有働ら²⁾による土砂生産量強度、ダム堆砂量、砂利採取量を考慮した流砂系の土砂収支の解析結果によれば、河床変化や相対的海面水位変化など考慮できていない要素もあるものの、過去の砂浜侵食への砂利採取のインパクトが他の要素に比して大きかったことが示唆されている。



図－1 1900, 1950, ならびに1990年の沿岸区分別平均砂浜幅の全国分布

海岸地形変化を考える上での重要な外力条件として、河川流量、波浪、高潮、ならびに津波があげられる。IPCC第6次報告書³⁾によれば、気候変動による強い台風の増加や海面上昇が予測されており、前者は河川流量⁴⁾、高潮⁵⁾、ならびに波浪⁶⁾などの災害外力を増大させ、後者は沿岸域におけるあらゆる水害の被害拡大要因となりうる。また、海面上昇により、沿岸域では水没領域が生じ、砂浜や干潟など比較的地形勾配が緩やかな領域においてはその消失が懸念される^{7), 7)-10)}。上記の外力について海岸地形変化への影響のみに着目すれば、河川流量の増大は河川から海岸への土砂供給量の増加に、波高増大は海岸侵食に寄与する可能性がある。高

国際的な海岸災害研究のこれまでとこれから

International Studies on Coastal Disaster: Past Studies and Future Directions

田島 芳満

Yoshimitsu TAJIMA

1. はじめに

2023年度第58回水工学に関する夏期研修会は、4年ぶりの現地対面のみでの開催となり、そのテーマも「水工学に関する国際的課題、今後我が国で取り組むべき課題」と、これまでの研修会とは趣きの異なる設定となった。この中において、表題のような国際的な海岸災害研究のこれまでと今後について考えることを主題とした話題提供をさせていただくこととなった。筆者自身は、土木学会、海岸工学委員会からの派遣調査団の一員として参加したハリケーンKatrinaやサイクロンSidr、台風Haiyanに伴う高潮災害調査、さらに海岸工学委員会を事務局とした東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループの一員として参加した津波災害調査、また、西湘海岸における高波に伴うバイパス道路の崩落災害の調査や、2018年台風21号(Jebi)および24号(Trami)、2019年台風15号(Faxai)および19号(Hagibis)による高潮・高波災害、スリランカにおけるインド洋津波による津波堆積物の調査など、国内外における種々の沿岸域災害調査を経験させていただく機会を得てきた。

いずれの調査においても、調査時の環境や被害の実態、それに対応した調査計画や内容など、それぞれに異なる制約や特徴があり、特に海外の災害調査においては、各国の研究者や技術者と協力しながら臨機応変に調査計画や内容を調整していくことが重要であると感じた。その点において、土木学会、海岸工学委員会を通じて調査を実施することにより、相手国研究者、技術者との連携も円滑に進めることができた。また、特に日本の海岸工学研究者や技術者のさらなる国際的な活躍やプレゼンスの向上という観点では、それぞれの災害の実態を調べ記録・報告するだけでなく、得られた情報や知見を整理・分析、災害メカニズムの解明やその予測技術の向上、さらにそれらを踏まえた防災・減災策への提言や活用など、様々な視点からそれぞれの災害を咀嚼し、それらを国際的に発信していくことが重要である。

本稿では、上記のような沿岸域の災害研究に関する国際的な取り組みや、日本の海岸工学者の海外でのプレゼンス向上に向けた一連の取り組みとして、筆者のこれまでの経験を中心にこれまでの災害を事例としてレビューし、今後の国際的な海岸災害研究の展望を考えたい。

2. 国際的な災害調査の概要

本節では、学会等を通じた海外での対象国との合同災害調査を実施において、筆者が経験させていただいてきたことから、今後の参考になる可能性のある事項についてその概要を整理する。

2. 1 災害調査の計画・準備

(1) チーム編成、情報収集、調査計画

調査チームの編成は、災害の特徴や規模、復旧状況、調査目的、想定される制約等を勘案しながら決める必要がある。まず第一に、被災地における救助、救援、復旧活動の妨げにならないこと、調査隊員の安全を最優先にすることを念頭に置く必要がある。海外における調査においては、調査の頻度が限られ作業効率がより重視される。また、調査地点へのアクセス、現地における諸々の情報収集、治安や被災地住民へのヒア

ボスポラス海峡横断鉄道トンネルを対象にした国際プロジェクトと技術開発

International Project and Technological Development for the Bosphorus Strait Railway Tunnel"

伊藤 一 教
Kazunori ITO

1. はじめに

ボスポラス海峡横断鉄道トンネルは、トルコ国イスタンブール市内を流れるボスポラス海峡を横断するために建設された鉄道トンネルである。ボスポラス海峡はヨーロッパとアジアをわける海峡として知られており、推理小説でも有名なオリエント急行の東側終着点は、ボスポラス海峡のヨーロッパ側にあるシルケジ駅であった。ボスポラス海峡がアジアとヨーロッパを分断するため、アジアを走行するオリエント急行を実現していなかったが、この海峡横断トンネルが完成することでアジアからヨーロッパまでオリエント急行が走行する姿を夢見ることができるようになる。

ボスポラス海峡横断鉄道トンネルの建設当時、海峡には二つの道路橋が架設されていたが、イスタンブールの人口増加（2020年12月時点で1546万人）と陸路輸送の増加に伴う慢性的な交通渋滞に対しては対応できなくなり、その緩和対策を目的としてこの鉄道トンネルが建設された。

プロジェクト全体は「マルマライ・プロジェクト（Marmaray Project）」（トルコ語でマルマラ海（Marmara）＋鉄道（Railway）を表す造語）と呼ばれ、アジア側およびヨーロッパ側の既存鉄道を近代化し、海峡下を海底トンネルで結ぶ全線 76kmに及ぶ鉄道整備プロジェクトである。プロジェクトは大きく3つに分かれているが、本稿で対象とするプロジェクトは海峡横断部を含む延長 13.6km の鉄道トンネルである¹⁾。

本稿では、国際プロジェクトの特殊性と技術開発をテーマとして、技術説明のみならず建設に係る多様な魅力についても著者の経験や所管を書き添える。技術開発については既に公表された文献に詳述されているので本稿では概要を示すにとどめるが、建設プロジェクトと技術開発の魅力を伝えられるよう尽力し、今回の研修資料とする。

2. ボスポラス海峡横断鉄道トンネルの概要

2. 1 背景・契約

2013年10月29日に開業したボスポラス海峡横断鉄道は、アジアとヨーロッパを結ぶ「トルコ国民 150年の夢」²⁾と呼ばれる建設事業である。写真－1は開通式の様子であり、円借款事業であったため当時の安倍晋三首相も列席した。図－1は1860年オスマントルコ時代に作画された海底トンネルの図である。1860年に描かれたトンネルは、水中トンネル形式の海底トンネルであったが、約150年を経て後述の工法により実現した。

図－2はイスタンブール、ボスポラス海峡、ボスポラス海峡横断鉄道トンネルの位置図を示す。イスタンブールは青森県と同じ北緯41度に位置するものの地中海性の気候であり気候は温暖で、春と秋は短い但し四季がある。日本の台風のような典型的な気象擾乱はなく、夏場にはロドスと呼ばれる南風、冬場は季節性の北風が顕著になる気候である。気候は穏やかであるものの、気象は比較的短時間に変化することもあった。

ボスポラス海峡は北側の黒海と南側のマルマラ海を結ぶ海峡であり、潮流は黒海方マルマラ海に流れてい

若手海岸研究者のための英文雑誌投稿への準備，執筆，査読対応の基礎講座

Key points of writing journal paper and responding review comments; a lesson for Japanese, young, coastal researchers

渡部 靖憲

Yasunori WATANABE

1. はじめに

我が国の土木工学は、古くから社会基盤整備にかかわる国内の高いニーズがあり工学の中でも最も長い歴史をもつ学術分野の一つです。この国内のニーズに応えるため、国内の学術誌を通して研究成果が実務で応用され日本の土木工学を進化させてきました。その果たした業績は素晴らしいものではありませんが、土木工学の研究者、技術者の多くが国内ニーズに集中する中、化学などその後国内で発展してきた工学分野はグローバルな産業経済活動を背景にいち早く国際的な学術展開を進め、今や英文学術誌への投稿を前提とした国際的研究活動が常識になっています。その結果、国際的な学術的影響力の評価をスタンダードとして、大学をはじめ国内の研究機関において国際学術誌での出版数、論文の引用数などの指標によって研究者が評価されることになり、これまで国内学術誌への投稿に注力してきた土木工学の研究者は他分野から大きく立ち遅れ、低評価を受けている現状があります。海岸工学の分野も同様で、かつての研究者は土木学会論文集、海岸工学講演会、ICCEをはじめとする国際会議で積極的に貢献しそれが評価されてきましたが、今やそれらの業績価値は低下し、現行の評価スタンダードに対応すべく日本の海岸工学研究者の研究活動の方向転換が必要です。海岸工学においても一部の大学、研究機関では積極的に国際学術誌での論文出版が進んでおり、国際的に高く評価されています。こうした研究組織の教員、研究者は英文学術誌への執筆経験は豊富ですので、一緒に研究、執筆活動にかかわることができた学生、研究者はその技術を学び自ら英文論文を書ける能力を身につけることができるかもしれません。しかしながら、これまで国内のニーズに注力し国際的研究活動に積極的でなかった教員、上司からは恐らく同様な国内ニーズに対する研究活動の教育が行われますので、突然、国際的業績を獲得せよといわれても、どの様に準備し、原稿執筆し、出版までこぎつけるかわからないかもしれません（後に説明しますが、日本語論文をただ翻訳しただけの原稿で出版までこぎつけるのは困難です）。海岸工学において、こうした二極化が顕在している中、今後も大学では国際的学術影響力をベースにした研究評価は継続しますし、民間、行政においても気候変動、SDGs、再生可能エネルギーなど国際的課題に対して技術的な国際的競争を勝ち抜いていくためにも国際的学術スタンダードにおける評価はさらに重要になってくるでしょう。特に若手研究者、技術者、学生の皆さんにとって国内の機関におけるこうした国際評価の獲得は将来さらに重要度が増してくることが予想されますので、今後国内の学術、工学の枠組みにおいて勝ち抜いていく上においても、しっかりと力をつけることが必要です。

筆者は、英文学術論文の投稿、査読はもちろん、かつて *Coastal Engineering Journal* の Editor-in-Chief として編集に携わり、特に編集においては世界中から投稿される論文に目を通し、評価してきた経験があります。この中で、経験の浅い日本人著者からの投稿は独特の特徴があり、言語に加え、構成、議論の未熟さから、批判的に評価される事例が多くあったと記憶しています。多くの日本人投稿者は、日本語での論文執筆の経