

既存データを活用したインパクトレスポンスに関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 28～令 1

担当チーム：河川生態チーム

研究担当者：中村圭吾、傳田正利、槐ちがや

【要旨】

本研究では、全国の河川事業に関する資料を収集と全国の河川におけるインパクト（出水などのかく乱要因など）レスポンス（かく乱に対する反応など）分析を通して、河川生態系の劣化を生じさせる河川事業の特徴の把握・類型化し、インパクトレスポンス分析手法を手続き化することで、既存データを活用した河川におけるインパクトレスポンス分析手法の提案を行うことを目的とした。

テキストマイニング手法を用いた全国の河川整備計画の分析を通して、河川事業者は、「樹林化」及び「希少生物の保全再生」に関心を有していることを明らかになった。樹林化に関しては信濃川水系千曲川において、希少生物に関しては利根川水系霞ヶ浦の流入支川においてそれぞれインパクトレスポンス分析を行った。最終的に、本研究の流れを一連の分析手法として提案した。

キーワード：既存データ、インパクトレスポンス、テキストマイニング、樹林化、沈水植物

1. はじめに

河川生態系の修復再生と維持管理を行う場合、現状の河川生態系の評価、分析、目標設定そして維持管理基準を定める必要がある。しかし、現状では、過去に減少した河川景観、群集（群落）、個体群を保全もしくは修復するなどといった場合、試行錯誤的な取り組みが多く、科学的な評価、分析、目標設定を行っている場合は非常に少ない。特に、効果的な河川生態系修復を行うには、河川事業によるインパクトと河川生態系のレスポンス（インパクトレスポンス）の関係性を分析し、明らかにした上で、そのインパクトを取り除くことが有効な選択肢の一つになりうる。

河川法の手続きでは、「河川整備基本方針」の策定後、「河川整備計画」が策定される。河川整備基本方針には、社会資本整備審議会および都道府県河川審議会の全国的かつ長期的視野での河川整備方針が反映され、河川整備計画の策定時には公害防止計画や洪水発生地域の地先の河川状況が考慮される等、河川整備・維持管理に関する重要な項目が網羅されている。

河川整備基本方針は、河川工学分野の基本（流下能力等）となるべき方針に注力しているのに対し、河川整備計画では河川と関連する多くの分野の意見を取り入れ、河川管理の経過、現在の状況及び今後の方向性が示され、河川の整備に関する多様な意見・議論の集約がなされている。

河川は、水や土砂を安全に流下させるだけでなく、利水による産業や生活への水資源供給、コンクリート骨材などの土砂資源供給及、生物生息空間の提供及び水辺空間の提供等、多くの機能を有している。そのため、河川は多くの流域社会内のステークホルダーと接点を持つ公共空間であり、その維持管理には多くの分野との連携を考慮する必要がある。河川の上述のような性格を考慮すると、河川工学的観点に注力する「河川整備基本方針」よりも、「河川整備計画」がより、本研究課題の目的とする河川のインパクトレスポンスに関する研究を行うのに適切な材料であると考えられる。そのため、本研究においては、「河川整備計画」に着目し、研究を実施した。

「河川整備計画」は、その計画の大半が文章によって記述されている。そのため、「河川整備計画」の分析を行うには、文章を対象とする分析手法が必要となる。そのため、本研究課題では、主として文系（人文・社会科学分野）で実施されることが多いテキストマイニング手法を活用し、河川管理における環境分野の位置づけ、河川管理者が問題とする環境問題を治水や利水分野との接点を探りながら抽出した。2章においては、土木分野では馴染みの少ない「テキストマイニング」の概要と、解析結果を簡潔に取りまとめる。3章では、2章において抽出した河川管理者が問題とする環境問題である「樹林化」と「希少生物の保

全」に着目し、河川事業に伴うインパクトが生物多様性損失に与える影響の解明を試みた。3.1においては、「樹林化」に着目し、過去の河道地形、河川構造物等の環境情報復元等をモデル上で行いながら、人為的インパクト群の影響度の違いの分析を行うことができた。3.2においては、「希少生物の保全」の中でも、沈水植物群に着目し研究を行った。4章においては、本研究で取り組んだ内容を概括し、既存データを活用したインパクトレスポンス分析手法を提案した。

2. 河川における典型的な生物多様性の損失パターンの解明

2. 1 テキストマイニングを用いた河川整備計画の分析

2. 2. 1 テキストマイニングの概要¹⁾

工学が対象とするデータは定型化されており、そのようなデータを対象とする解析技術が発展している。一方、世の中には定型化されていない多くのデータが散在している。定型化されていないデータの一つに「文章」がある。「文章」とは、何らかの文字が一定の文法規則に基づいている文の集合体を指す。ただし、インターネットを中心にやりとりされるメール、ブログ文なども上記の「文章」に該当すると考えることに懐疑的なことも多くあるため、「文章」と区別するため、記号列が何らかの規則に従って並べられた集合体を「テキスト」と呼び、「文章」と区別することが、言語学の分野では多い。

情報システムの普及により、膨大な量のテキストが急速に蓄積され、これらのデータの活用が求められるものの、人によるテキストの分析は多くの労力がかかる。さらに、人により認識や解釈が異なること等が多く、定量的な解釈手法が求められている。これらの要請に応えられるのが、「テキストマイニング」の手法である。「テキストマイニング」とは、蓄積された膨大なテキストデータを何らの単位（文字、単語、フレーズ）に分解し、これらの関係を定量的に分析することをいう。近年、言語文体学の分野等において、急速に発展・普及している手法である。

2. 2. 2 対象データとテキストデータの分析方法

テキストマイニングの手法は、土木工学や河川生態系管理の分野では一般的な手法とは言えないため、テキストマイニングの手法の詳細を整理しながら、概要を示した。

本研究では、全国 109 水系の河川事務所が PDF で

公表する最新の河川整備計画を HP からダウンロードしテキスト化し、テキストマイニングを行った（図-1）。

電子化され、PDF として公開される河川整備計画の大半は、テキストデータ化がされているが、一部の PDF は、画像として公開されていた。そのため、画像として公開されている PDF を文字認識ソフト（株式会社エヌ・ティ・ティ・データ、typist Ver.15）を用いて、テキスト化した。

上記において、テキスト化したデータには、必要としない記号（ルビ等）やソフトウェアの誤認識に伴う誤った文字列などが含まれている場合がある。これらの不要な情報を目視で判読し、取り除くクリーニングを行った。

クリーニング後、記号・文字単位でデータを集計することが可能であるが、この解析ではテキストの意味の解釈は出来ない。単語を単位とする分析により、より文章および文書の意味を解析することが出来るため、文を単語単位に分割することが必要となる。「形態素解析」は、文を単語単位に分け、品詞の情報を加える等の作業を行うことをいい、専用のソフトウェアが、言語文体学の研究機関から公開されている。本研究では、立命館大学産業社会学部 樋口研究室が公開する KH Coder を用いて分析を行った。

さらに、構文解析（syntactic analysis）とは文法規則に基づいて、文の構造を句・文節を単位として解析することをいう。構文解析は、河川整備計画等より細かな分析の際に用いるべきだが、H27 年度の段階では、俯瞰的に河川整備計画を分析することを目的としたため、解析には用いられなかった。ただし、テキストマイニングの一般的手順として用いられるため、本報告書ではデータ分析の流れとしてとりまとめた。

加えて、単語の利用のつながりから河川事業者の意識を分析するために、共起ネットワーク（語と語、文節と文節などのつながりや共起関係をネットワークとして表現した図）を通して、事業者の河川事業に関する意識を俯瞰的に分析した。その後、治水、利水及び環境に関するグループを代表する単語を特定することで、単語が用いられた箇所の河川整備計画の文章を分析し、治水、利水及び環境の各分野が対象とするテーマを推定し、ケーススタディの基礎とした。とで、単語が用いられた箇所の河川整備計画の文章を分析し、治水、利水及び環境の各分野が対象とするテーマを推定し、ケーススタディの基礎とした。

2. 3 結果及び考察²⁾

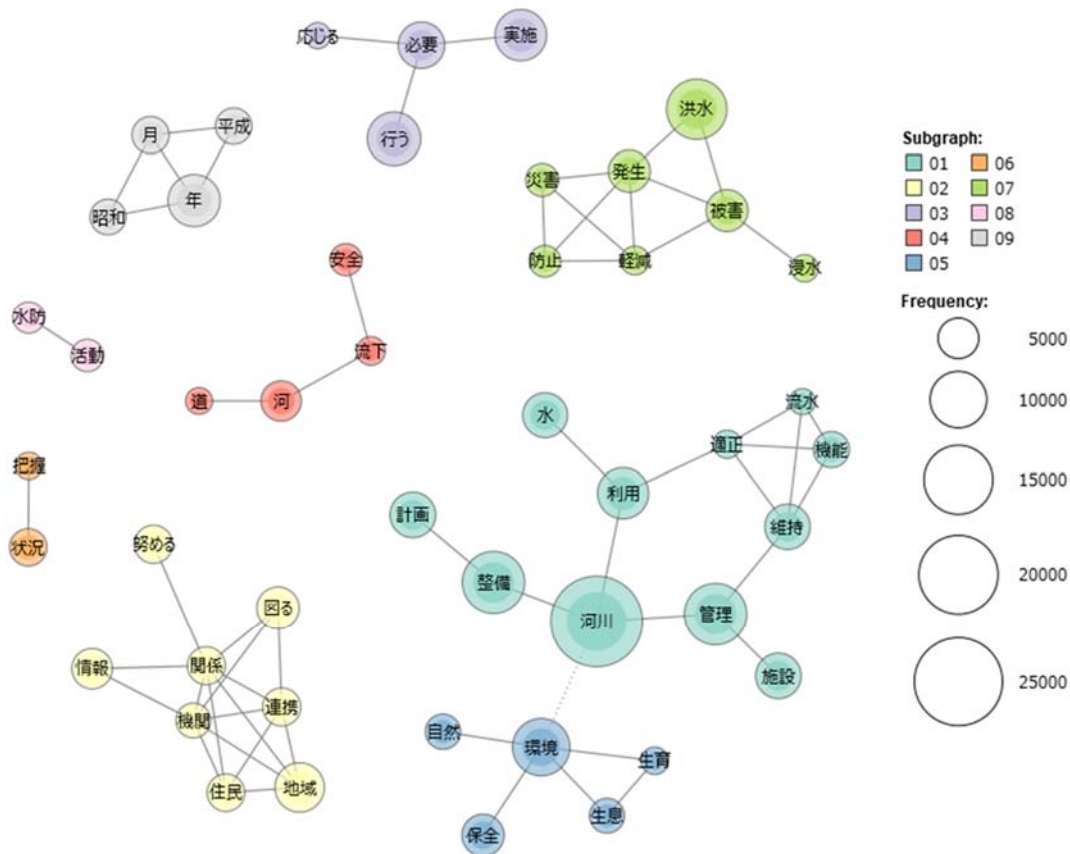


図-1 テキストマイニングを用いた全国の河川整備計画による形態素の共起ネットワーク図

図-1に、共起ネットワーク図を示す。「河川」を中心とした共起ネットワーク、「洪水」から派生するネットワーク（最大頻度がネットワークの端にあるネットワーク）、「環境」を中心としたネットワーク、「地域」から派生するネットワーク、「流下」から派生するネットワークに大別された。

「河川」を中心とした共起ネットワークは、主として平水時の河川計画・利水を示し、「洪水」から派生するネットワークは防災・減災を示し、「流下」から派生するネットワークは、河道の流下能力を示し、治水と密接に関係すると考えられた。「環境」を中心とするネットワークは、自然環境の保全、動植物の生息・生育を対象とする多自然川づくり、自然再生事業等を示し、「地域」から派生するネットワークは、「地域連携」を示すと考えられた。河川計画・利水、防災・減災という河川事業の中核である分野と同等に、「環境」が存在感のある領域を形成していることがわかる。

河道の流下能力を示す「流下」には、「河道内の樹林化」に関する記述が多く確認された。流下能力に関しては、河道内の樹林化の制御に河川事業者の関心が

いくことがわかる。

「環境」に関しては、動物に関する「生息」、植物に関する「生育」、総括する「自然」という用語が用いられている。「環境」は、景観、水質及び人の利用等の分野にも関連する用語であるが、河川事業者は主として河川生態系の保全に意識を向けていることが推定できた。水質（正常流量を含む）は、平水時の河川計画・利水に位置づけられ、「人の利用」等は地域連携等の分野との関連が強いことが示された。「環境」が河川生態系の動植物に着目しているが、その中でどの生物階層に着目しているかを分析する目的で、各生物階層の単語の出現頻度を整理した（図-2）。河川事業者は、主として植物、魚類、鳥類、哺乳類の順に興味を持っている推定された。植物の中では、「湿性植物」に関する興味が高い点が着目された。

3. 河川事業に伴うインパクトが生物多様性損失に与える影響の解明

達成目標1における検討の結果、河川事業者は治水と同程度に環境に関心を有していることを明らかにした。環境への関心は、「樹林化」及び「希少生物の保全と再生」に主な興味を有していること確認でき

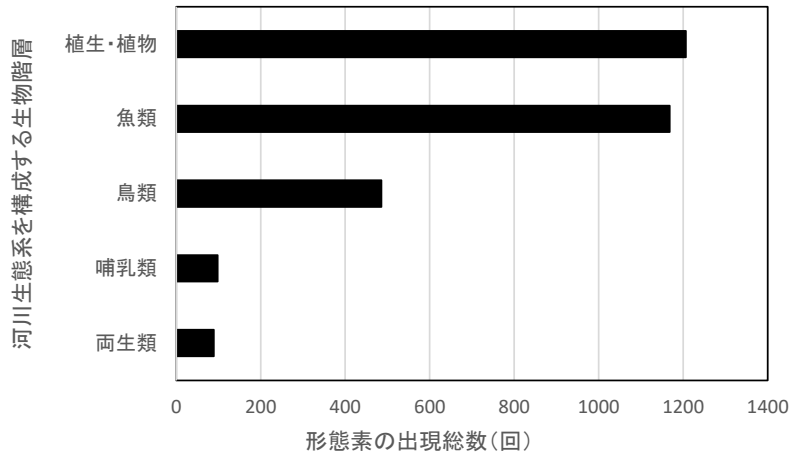


図-2 河川整備計画における各生物階層に関連する形態素の出現頻度

た。達成目標2においては、「樹林化」及び「希少生物の保全と再生」に焦点をあて、インパクト・レスポンスのケーススタディ研究を行った結果を報告する。

3. 1節において、「千曲川における河道内環境変化が樹林化に与える影響に関する研究」、3. 2において、「流入支川に残存する霞ヶ浦流域の水生植物の現状」に関する研究の概要を報告する。

3. 1 千曲川における河道内環境変化が樹林化に与える影響に関する研究

3. 1. 1 はじめに

樹林化は河川事業における重要な管理対象であり、流下能力の減少、生物多様性への影響等、治水・環境の両面から対応が必要な課題である。近年の樹林化に関する既往研究の多くは、樹林化のモデル化や対策工に関する研究等が多く、インパクト・レスポンス分析を行っていることは少なく、知見があまりないため、インパクト・レスポンス分析を実施した。

3. 1. 2 方法³⁾

調査は信濃川水系千曲川で行った。信濃川の上流部にあたる千曲川においては、明瞭な砂州が形成され、砂礫河原が特徴だったが、近年、樹林化の進行や外来種の侵入に伴う礫河原の減少が懸念される河川である。千曲川においては、河道掘削を通じた自然攪乱の再生とそれに伴う砂礫河原再生および樹林化や外来種侵入の抑制を行う自然再生事業が盛んな河川である。

3. 1. 3 生態モデリングを用いた樹林化進行に寄与した物理環境要因の特性

既往研究の多くが、河道地形変化（河床低下）に

伴う河道内地形変化が自然攪乱を減少させ樹林化を促した点を指摘している。また、河川事業者は、護岸設置や護岸根入部の補修などによる河床低下の促進等を懸念している。樹林化の進行に関しては、多くの要因が複合的に作用していると考えられるが、各々の寄与度に関しては分離が難しい傾向にあった。

樹林化に影響を与える要素としては、流量変動の変化（例：年最大流量の変化等）も考慮できるが、1954年から流量時系列に大きな変化はみられなかった。そのため本研究では、河川地形・構造物の変化が樹林化へ与える影響に関して検討した。

図-3に設定ケースを示す。ケース1は、河道地形が変化しない場合のケースとし、河道地形を1950年代と同一とし、年最大流量の時系列を流下させるケースとした。ケース2は、横断測量を時間に合わせ変更し流量時系列を流下させるケースとした。ケース3は、GISを用いて、構造物管理台帳（河川管理施設の設置・維持更新等を管理する台帳）内に記録される護岸を空間情報化し、河道地形に反映したものとした。各ケースの計算には、iRIC (Nays 2 DH)を用いて計算を行った。各モデルには、国土技術政策総合研究所⁴⁾の植生遷移モデルを基本に生態モデリングの手法を用いて、水理計算結果と連動させる樹林化の進行を評価するプログラムを自作した。プログラムの結果をとりまとめ、各計算ケースにおける最終的な景観分布を比較した。図-4に3ケースの生態モデル計算実施後の景観比較を示した。1950年代の河道のように低水路（平水時の流路）、高水敷の比高さが少ない河道地形では、自然攪乱が樹林化を抑制することが把握できた。これらの知見を考慮し、千曲川においては、自然作用を用いて、河道掘

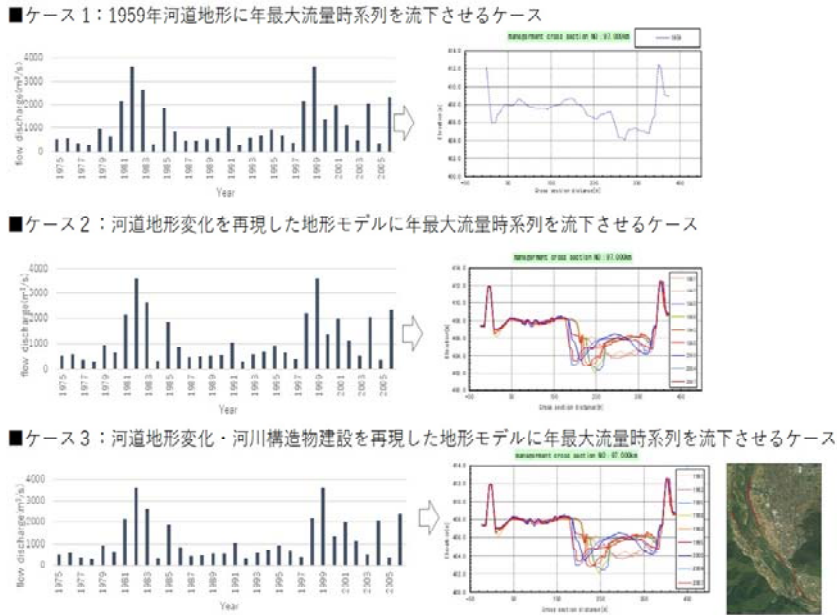


図-3 生態モデル3 ケースに関する計算条件の概要

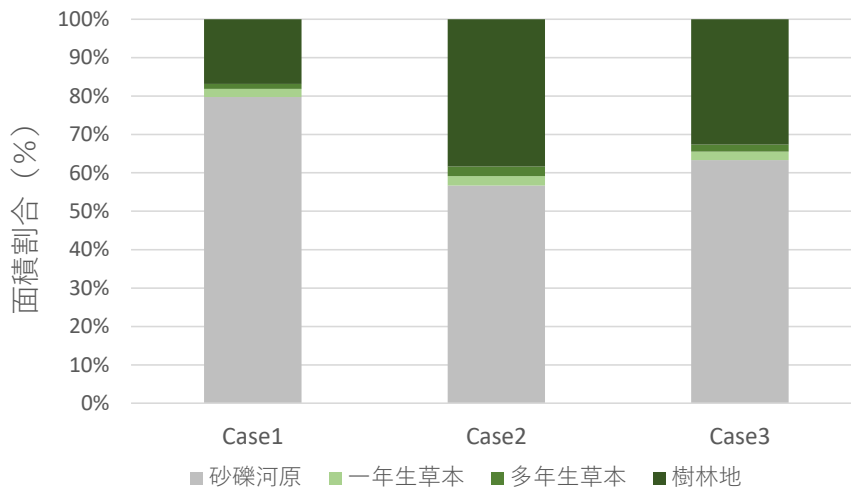


図-4 3 ケースの生態モデル計算実施後の景観比較

削により平水と高水敷の比高さを解消する事業を行い、砂礫河原の再生と維持に成功している。河道におけるインパクトレスポンスの典型例として、河道内地形変化と樹林化の進行を抽出し、自然再生事業を通じて環境問題を修復できたと考えられることができる。

3. 2 流入支川に残存する霞ヶ浦流域の水生植物の現状

3. 2. 1 はじめに

水生植物は霞ヶ浦の湖沼内において、水質悪化や湖岸形状の変化などの環境変化に応じて、1960年代と比べて種数および資源量ともに明らかに減少してい

る。さらに霞ヶ浦の流域の流入支川においても減少している。そのため、本研究では、水生植物の中でも減少の度合いが大きい沈水植物群に着目し、インパクトレスポンス分析を実施した。

3. 2. 2 方法

茨城県霞ヶ浦（本研究では西浦のみを対象としている。）の在来の水生植物種数（抽水植物を除く）は1970年代に平均31種を記録したが、その後種数は減少し続け、2010年代には8種まで減少した。特に沈水植物についてはこれまでに合計で43種記録されたが、現在の西浦ではほとんど見られない。しかし、過

去 10 年に断続的に行われた調査から、いくつかの流入支川において沈水植物が残存していることがわかった。本研究においては西浦の水生植物の再生を目的として、それに必要となる西浦の流入支川における沈水植物資源量とその生育環境の把握を行った。

本研究では 2008 年 8 月に植生調査が行われた 5 つの流入支川の地点と重なるように調査区を設定した。調査は 2019 年 7 月 23 日～26 日に行った。各調査区において 1×1m のコドラートを一時的に設置し、コドラート内に出現したすべての沈水植物を対象とした植生調査と環境要因調査（流速や水深など）を行った。

3. 2. 3 流入支川における沈水植物の現状とそれに寄与する物理環境要因の特性

調査の結果、2008 年に出現したナガエミクリおよびヒルムシロが流入支川から消失した一方で、2008 年に出現しなかったオオカナダモやオオフサモが新たに出現した。出現した沈水植物の中で 2008 年もしくは 2019 年に 3 か所以上出現した種を対象として、比較した結果、6 種のうち 5 種が出現地点数および平均被度において減少した。さらに 2019 年に出現した種のうちササバモとオオカナダモについて在不在における環境要因を比較したところ、水面幅ではそれらの在不在に差はなかったが、底質の砂の割合が多い場所でササバモ、少ない場所にはオオカナダモが存在した（図-5）。このことから、物理環境要因の違い（ここでは砂の割合）が各沈水植物種に異なる影響を与えることが示唆された。

本研究で対象とした西浦の各流入支川のほとんどに護岸が設置されていた。さらに 2008 年の調査時の写真から、すでに 10 年前には護岸が設置されていたことが分かった。そのため、霞ヶ浦の各流入支川においては、護岸の設置による、流路の安定および流速の増大、そして砂の減少というインパクトに対して、水生植物の資源量の減少というレスポンスが起きたと考えられた。

以上より、霞ヶ浦の流入支川の物理環境要因の変化により、水生植物は流域スケールでも大規模に減少しているというレスポンスの可能性が示された。

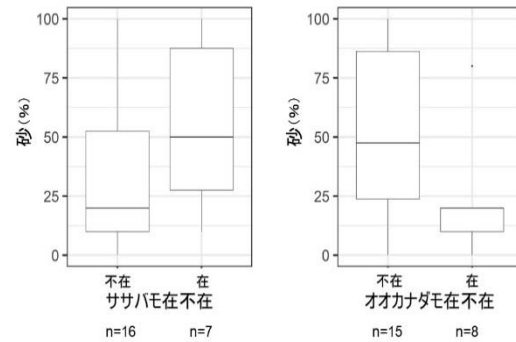


図-5 砂被度に対するササバモとオオカナダモの在不在

4. 既存データを活用したインパクトレスポンス分析手法の提案

本研究においては、多様な河川事業データに関する分析や河川事業者の整備に関する意識等を簡便に分析できる手法として、文章での記述が大半を占める河川整備計画に「テキストマイニング」を適用する手法を提案した。テキストマイニングにより、章や節といった目次立てに頼ることが多い定性的な読解を定量化することが可能となった。また、テキストマイニングの解析により、概念的であった河川管理者の意識を構造化することが可能となり、「環境」は、平時の河川管理と密接に連携しながら独自の分野を築いていることを明らかにした。

また、治水分野と関連が強い環境問題として「樹林化」、環境分野の動植物の保全対象として、植物、魚類が多いことなども簡易に把握することができた。河川事業に関する既存データの多くは、図面や個別ファイルに情報が分散され、統合化されたデータベースシステムになっていることは少なく活用には大きな労力を必要とする。これに対し、河川整備計画は、PDF 等の電子媒体で公開されることが多くなり、簡易にテキストデータ化が可能である。また、河川事業者だけでなく、河川に関連する利害関係者の意見を反映した計画となっている点から、地域社会が目指す河川像を凝縮した優良な既存データであると考えられる。既存データの分析の糸口は、河川整備計画が適当と考えられた。

全国の河川整備計画のテキストマイニングにより抽出された河川環境問題に着目し、関連した既存の河川事業データを収集し、空間情報化技術、河川工学・生態モデリング等を活用しながら、河川環境問題が生じた要因を分析することが望ましい。本研究では樹林

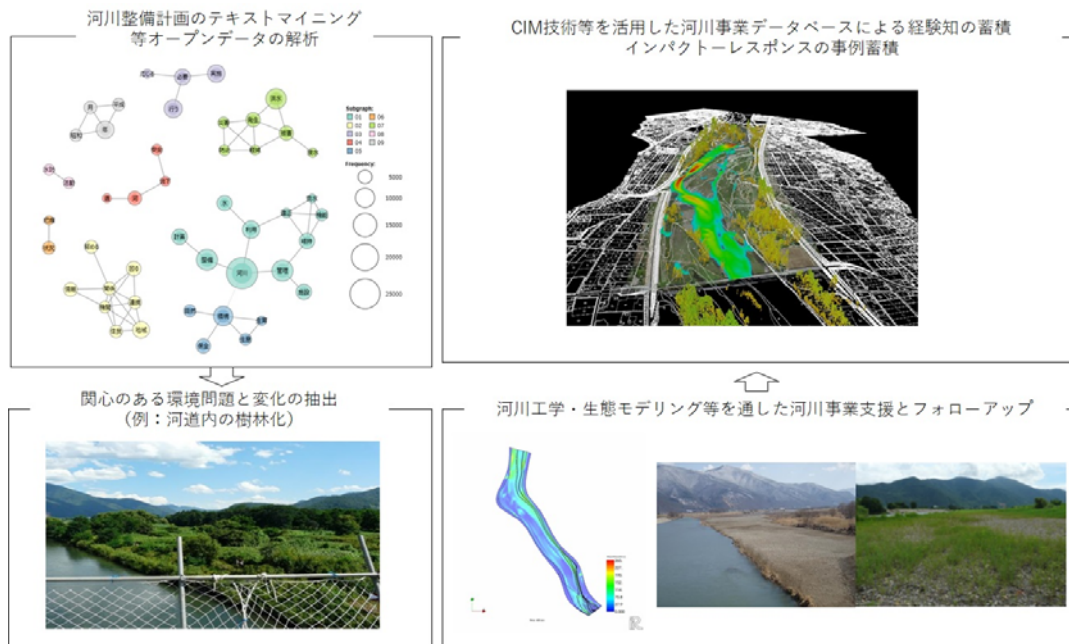


図-6 本研究で提案するインパクトレスポンス分析の流れ

化の制御、水生植物の保全を対象としたが、樹林化の制御に関しては、河道掘削・自然作用を活用した河道内樹林の制御に成功する等、研究面の進捗だけでなく河川事業へも貢献することができた。

また、現在普及が進む CIM (Construction Information Modeling) 技術は、上記の過程で空間情報化したデータを CIM 内に格納し、同じく普及が進みつつある、i-Construction 技術のデータを継続的に蓄積することができれば、維持管理行為も含む河川事業のインパクトが河川環境に関して与えた影響を評価することが可能となると考えられる。インパクトレスポンス分析を進展、河川事業者の経験知を活用するためにも、CIM、i-Construction との関係性を高めていく必要がある。

5. まとめ

本研究では、全国の河川事業に関する資料を収集と各地の河川におけるインパクトレスポンス分析を通して、河川生態系の劣化を生じさせる河川事業の特徴の把握・類型化を行うこと、インパクトレスポンス分析手法を手続き化し、既存データを活用した河川におけるインパクトレスポンス分析手法の提案を目的とした (図-6)。

さらに、テキストマイニング手法を用いた全国の河川整備計画の分析を通して、河川関係者が環境に一定の関心を有していること、環境に関しては、「樹林化」及び「希少生物の保全再生」に関心を有していることを明らかにした。また、信濃川水系千曲川においては

樹林化に関して、利根川水系霞ヶ浦においては沈水植物に関するインパクトレスポンス分析を行った。その後、一連の手法を手続き化し、インパクトレスポンス分析手法を提案した。

参考文献

- 1) 金明哲：「テキストデータの統計科学入門」、岩波書店、244p.、2009
- 2) 傳田正利・萱場祐一：「テキストデータマイニングを用いた河川整備計画分析に関する研究、- 主要直轄河川を対象とした試行的分析 -」第 54 回土木計画学研究発表会・講演集、pp.197-201、2016
- 3) DENDA Masatoshi・KAYABA Yuichi：“Study on impact of river management on vegetation dynamics response in a river channel using hydraulic simulation and ecological modelling”，#397442, proceeding of ASCE EWRI 2018
- 4) 国土技術政策総合研究所：河川研究室、<http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/en/info/index.html> > (2020年3月確認)

RESEARCH ON INPACT RESPONSE STUDY USING EXISTING DATA

Research Period : FY2016-2019

Research Team : Water Environment Research
Group(River Restoration)

Author : NAKAMURA Keigo, DENDA
Masatoshi, ENJU Chigaya

Abstract: This study aimed to understand characteristics of river projects reducing river ecosystem health and its classification through collecting river projects documents and impacts-responses study analysis in across Japan. We clarified that river operators interested in river environment and in addition focus particularly on “overgrowth wood land” and “conservation of endangered species”. One case study was conducted on “overgrowth wood land” in the Chikuma River, the other which about “submerged vegetation” was conducted in tributaries of the Lake Kasumigaura.

Key words: Existing data, impacts-response, text mining, overgrowth woodland, submerged plant