

水循環に関する調査研究の歩み

1. 水循環に関する社会動向とリバーフロント研究所の調査研究の変遷（図2）

水循環に関する施策展開の大きな起点となった、「健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議」（H10～H17）で「健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて」（H15.10）がとりまとめられたことで、“水循環”（図1）という言葉が広く社会的に認知され、神田川流域や寝屋川流域などのモデル地域を含む各地域で、水循環の保全に関する活動が進められるようになる。そして、もう一つの大きな起点となる、「水循環基本法」が平成26年7月に施行された。同法は、水が人類共通の財産であることを再認識し、水が健全に循環し、そのもたらす恵沢を将来にわたり享受できるように、水循環に関する施策を総合的かつ一体的に推進することを目的とするもので、内閣総理大臣を本部長とする水循環政策本部が発足され、内閣官房に、水循環政策本部事務局が設置されることとなった。また、平成27年7月には、同法律に基づき施策の推進を図るための基本的な計画となる「水循環基本計画」が閣議決定された。内閣官房水循環政策本部事務局では、平成28年度より、先進的な活動を実施している団体への支援を通じて、他の地

域での活動の参考となる情報を収集整理する「先進的な流域マネジメントに関するモデル調査」や、各地域の水循環に関する計画の情報募集を行い、「水循環基本計画」に基づく「流域水循環計画」に該当するかを確認し、該当する計画を「流域水循環計画」に認定して、他の地域の計画策定の参考となるように情報提供するなど、地域の活動の推進支援に積極的に取り組んでいる。

リバーフロント研究所では、施策の動向を見据えつつ、設立当初から水量・水質保全を含む水循環を研究の柱に掲げて、各地の水質浄化対策や清流ルネッサンス、正常流量検討、鶴見川水マスタープラン検討（H11～H21）等の調査研究に携わってきた。特に平成23年度以降、水循環解析モデルに基づく検討に注力し、濃尾平野（木曾川流域）（H23～H25）や筑後・佐賀平野（H24）などの地盤沈下防止等対策要綱対象地域や豊川流域・吉野川流域（H24～H25）、木曾川流域などの水資源開発基本計画（フルプラン）の対象となっている水資源開発水系、地下水の依存度の高い熊本地域（H22～H24）などを対象に、目に見えない地下水の流れ、水収支を可視化し、表流水・地下水の一体的管理を視野に入れた検討を行ってきた。自主研究としても、水循環研究会（H22～H23）や4次元水循環マネジメントに関する研究・海外普及（H23～H26）、機関誌「RIVERFRONT」での水循環特集（H21.1、H24.6、H27.9）を通じて、水循環解析モデルや関連する法制度等について情報発信してきた。近年では、「水循環基本計画」に記載されている“水循環解析モデルの開発を推進するための技術図書”を視野に入れた水循環可視化モデル構築・活用に関する手引き（案）の作成検討（H25～H27）や、内閣官房水循環政策本部事務局が実施した「先進的な流域マネジメントに関するモデル調査」の運営補助（H28）を行っている。

また、気候変動・低炭素の視点からの調査研究としては、目黒川流域ヒートアイランド調査（H19～H21）や、低炭素社会の形成を視野に入れた相模川流域をモデルとした水管理方策検討（H21～H24）、豊川流域・吉野川流域（H24～H25）、千代川流域（H24）では水循環解析結果に基づき気候変動による水循環・水運用への影響の予測分析を行っている。

健全な水循環：

人の活動及び環境保全に果たす水の機能が適切に保たれた状態での水循環

（水循環基本法 第二条 2）

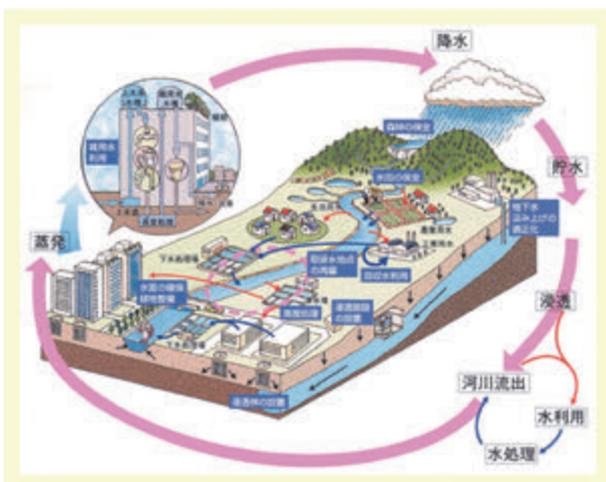


図1 水循環の概念図

（平成28年度水循環施策、内閣官房水循環政策本部事務局、H29.5）

RFC 創立 20 周年 (H19)

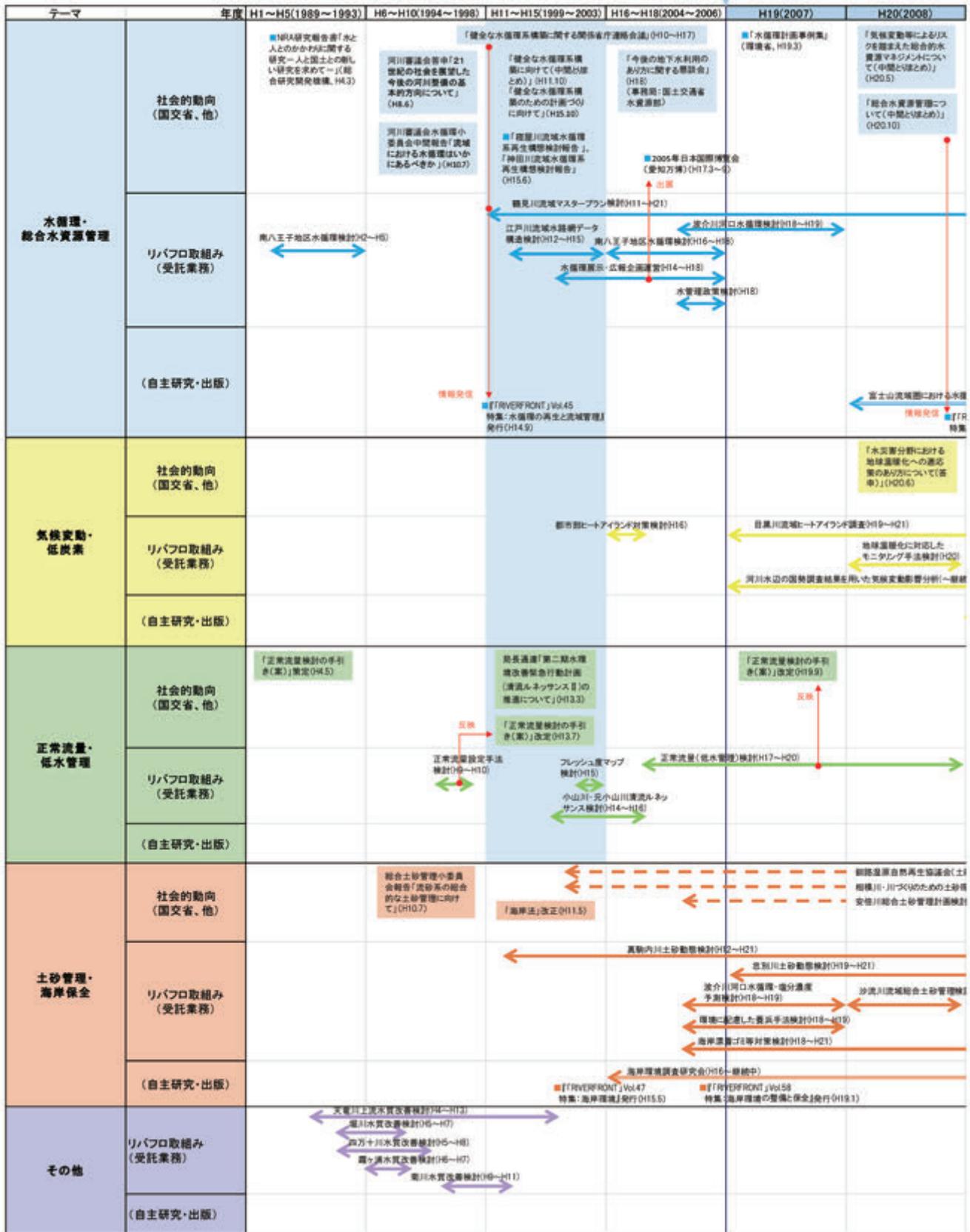


図2 水循環に関する施策の流れとリバーフロント研究所のこれまでの調査研究

正常流量・低水管理の視点からの調査研究としては、正常流量検討の手引き（案）（H19.9改定）に規定されていない、流量変動を考慮した目標量の設定方法の考え方（H17～H20）や、水循環解析モデルを用いた地下水の湧出・伏没量の定量的な評価に基づく正常流量の設定方法の考え方（熊本地域：H22～H24、狩野川流域：H25、H28、那珂川流域：H27）など、今後の河川環境・低水管理につながる試行的な検討を行っている。

土砂管理・海岸保全の視点からの調査研究としては、環境に配慮した養浜手法検討（H18～H19）や海岸漂着ゴミ等対策検討（H18～H21）の他、真駒内川（H12～H21）、石狩川水系忠別川（H19～H21）の土砂動態分析検討や、水循環解析モデルに土砂や塩分などの物質輸送を加味したモデルを構築し、水・物質循環の定量的評価（木曾川流域：H23、阿武隈川流域：H24～H25）を行っている。

近年の水循環に関する当研究所の代表的な調査研究事例を以下に紹介する。

2. 水循環・総合水資源管理に関する調査研究

(1) 木曾川水系（濃尾平野）水循環検討（H23～H25）

本研究は、木曾川水系における健全な水循環系の構築に向けた検討に資するため、表流水、地下水を一体に取り扱える水循環解析モデルを構築するとともに、解析結果から水循環構造（水収支、表流水・地下水流線網、地下水の湧出・伏没分布等）の特性や人為的な水利用による現状の水循環への影響、将来的に水利用が変化した場合の影響等の分析を行った。分析例として、水利用による

影響が表流水・地下水の水収支や比較的浅い層を起点とする流線網の変化に顕著に表れること（図3）、木曾三川の各河川で河床下の地質構造に関係して地下水の湧出・伏没の様相が異なること（図4）などの特性が明らかとなった。

詳細：木曾川水系における水循環構造に関する研究、平成23年度研究所報告

<http://www.rfc.or.jp/rp/files/23-07.pdf>

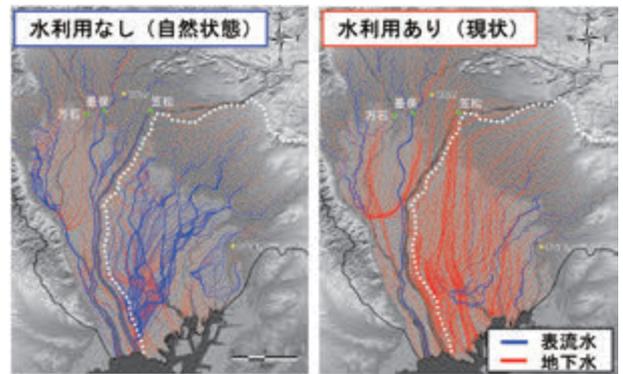


図3 水循環解析による濃尾平野の表流水・地下水流線網（G1礫層を起点とする流線）

(2) 水循環可視化モデル構築・活用に関する手引き（案）の作成（H25～H27）

平成27年7月に閣議決定された「水循環基本計画」では、「科学技術の振興」として、“地下水流動モデルや地表水と地下水の一体的な水循環モデルの地域における開発を推進するため、技術図書等を作成する”としている。本検討では、水循環（可視化）モデルに関する技術図書の作成を念頭に、水循環の現状把握、将来予測、施策効果検討などの解析結果の可視化手法及び事例を示した、水循環施策に携わる行政担当者や水循環解析を実施す

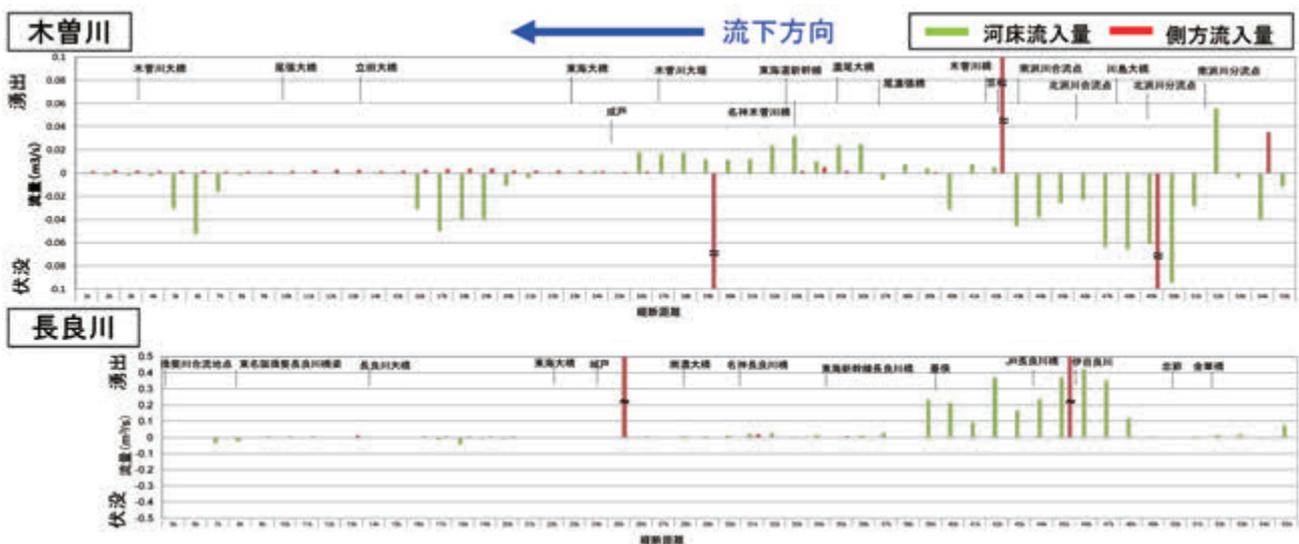


図4 水循環解析による木曾川、長良川における地下水の湧出・伏没量の縦断分布

る技術者向けの水循環可視化モデル構築・活用に関する手引き（案）を作成した。

詳細：水循環可視化モデルの構築に向けた検討、平成 27 年度研究所報告
<http://www.rfc.or.jp/rp/files/27-02.pdf>

(3) 鶴見川流域マスタープラン検討 (H11～H21)

本研究は、鶴見川流域の水循環を再生する「鶴見川流域水マスタープラン」(平成 16 年 8 月策定)を推進することを目的に、短期間(5 年程度)の実行計画であるアクションプランの検討、各施策の効果の評価、推進していくための課題と方向性の整理・提案等を、鶴見川流域水協議会(行政)、鶴見川流域水委員会(学識経験者等)、鶴見川流域水懇談会(市民・行政)の 3 つの関係会議の運営を通じて実施した。



図5 鶴見川流域マスタープラン・アクションプランの概要 (H19 検討時点)

詳細：鶴見川流域水マスタープラン 河川等の水を震災・火災時に活用するアクションプラン【消火用水編】の策定について、平成 19 年度研究所報告 <http://www.rfc.or.jp/rp/files/19-21.pdf>

(4) 流域マネジメント推進調査 (H28)

平成 27 年 7 月に閣議決定された「水循環基本計画」では、公的機関、事業者、団体、住民等がそれぞれ連携し流域単位を基本に「流域水循環協議会」を設置するとともに、各協議会が「流域水循環計画」を策定し、計画に基づき水循環に関する施策の総合的かつ計画的な推進(流域マネジメント)に努めるものとしている。

本研究は、内閣官房水循環政策本部事務局が全国の流域マネジメントの推進のために実施したモデル調査の運営補助を通じて、他の流域での取組の参考となる情報の収集・整理を行った。

- ① 福島県：流域水循環計画の策定支援 (図 6)
- ② 岡崎市：水量に関する施策の検討支援
- ③ 熊本地域：水循環解析の精度向上、
地下水データベースの構築検討支援



図6 流域水循環計画(素案)

詳細：先進的な流域マネジメントに関するモデル調査、平成 28 年度研究所報告

(5) 水循環域における水管理法制のあり方に関する研究 (H24～継続中)

「水循環域における水管理法制のあり方に関する研究会」(座長：周藤利一(明海大学不動産学部教授)、七戸克彦(九州大学大学院法学研究院教授))を設置し、表流水と地下水を包含した一元的な水循環管理システムの実現を視野に、水循環基本法を踏まえた実態管理や法制の必要性・あり方について検討を進めている。



図7 水管理法制のあり方に関する研究会(熊本地域の関係者との意見交換会)

詳細：水循環域における水管理法制のあり方に関する研究、平成 27 年度研究所報告
<http://www.rfc.or.jp/rp/files/27-04.pdf>

3. 気候変動・低炭素社会形成に関する調査研究

(1) 目黒川流域ヒートアイランド調査 (H19～H21)

本研究は、河川等の水面による都市域のヒートアイランド抑制効果を定量的に把握するため、目黒川及びその周辺地域において気象観測を行い、目黒川の有する風の道としての気温緩和機能の評価を行った。

調査結果の例(図 8)として、気温の横断分布より河川周辺で気温が比較的低いこと、地表付近において河川遡上風が卓越していることが確認され、河川上の風の動態が地域の気温分布に影響していることが分析された。

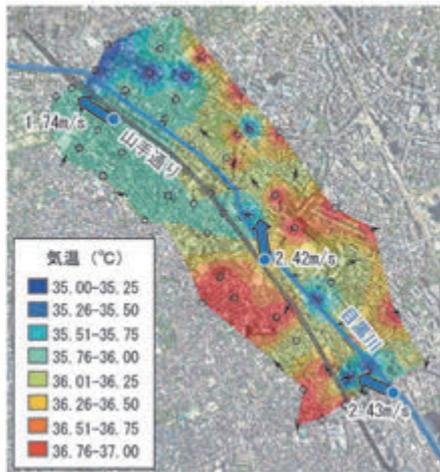


図8 調査対象区域の気温分布

詳細：都市河川が有するヒートアイランド抑制効果について、平成20年度研究所報告
<http://www.rfc.or.jp/rp/files/20-20.pdf>

(2) 相模川流域水管理方策検討 (H21 ~ H24)

本研究は、高度な水利用が行われている相模川流域を対象に、水利用の効率化や安全度向上、低炭素社会の形成、既存水運用施設の最大活用、隣接流域と連携した広域的な水運用を念頭に、現行の利水制度・体系に捉われない流域水運用方策の検討を行った。水運用方策の一つとして、二酸化炭素排出量を削減できる「取水地点の上流化」（水利権量の振替え）の可能性について、水収支モデルを用いたケーススタディにより、水利用の安全性、低炭素水利用、治水、河川環境、湖面利用などの多様な観点から水運用方策の効果・影響の評価を行った。

(3) 豊川流域、吉野川流域水循環・気候変動予測検討 (H24 ~ H25)

本研究は、表流水、地下水一体の水資源管理の実現に向けた検討に資するため、水資源開発基本計画（フルプラン）の対象となっている豊川流域及び吉野川流域（池田ダム上流）を対象とした水循環解析モデルに基づく検討を行うものである。水循環解析は、人為的水利用のない自然状態の再現、現状の再現に加え、将来の気候変動（IPCCによるA1Bシナリオ）を考慮した将来予測計算を行った。気候変動による影響として、雨量の増加に比べて、気温の上昇による蒸発散量の増加が大きく、水運用（流況、ダム貯水量等）が厳しくなる可能性がある」と推察された。

詳細：豊川水系における水循環構造に関する研究、平成25年度研究所報告
<http://www.rfc.or.jp/rp/files/25-07.pdf>

4. 正常流量・低水管理に関する調査研究

(1) 流量変動を考慮した正常流量設定手法の検討 (H17 ~ H20)

河川流量の変動は、河川環境を考える上で重要な要素であるが、変動を含む流量に関する目標像の設定やその実現のための技術的手法が確立されていない。本研究は、正常流量の新たな考え方を確立することを目的として、河川流量の変動の機能・役割、これを踏まえた目標の設定の考え方について具体的なモデル河川を設定して検討を行った。河川流量変動の機能・役割については、藻類（付着藻類の剥離・更新に必要な流量）、植生（植生の消長）、魚類（シルトや藻類をフラッシュできる流量）に着目して検討し、流量変動の目標設定手順（①自然流況からの改変度合いの評価、河川環境上の課題の把握、②課題・対象区間の検討・設定、③保全すべき流量変動（流量規模、頻度、時期、継続時間）の設定、④河川流況の実力及びダム運用等の観点より実現性の検証）を提案した。

(2) 白川正常流量検討 (H22 ~ H24)

熊本市とその周辺市町村（熊本地域）は、生活用水の殆どを地下水でまかなう地下水都市であり、熊本地域を流れる白川中流域の広大な田園地帯の灌漑用水の浸透が、地下水涵養に大きく寄与していると推定されている（図9：水循環解析による熊本地域の地下水流動）。本研究は、熊本地域の総合水管理に関する検討の一環として、白川の必要流量及び水循環解析モデルによる減反率（取水量）を変化させて計算した流況から、減反率の変化による河川必要流量を下回る日数を検討し、地下水涵養量を考慮した河川適正流量（地下水涵養量とバランスのとれた白川流量）を検討した。

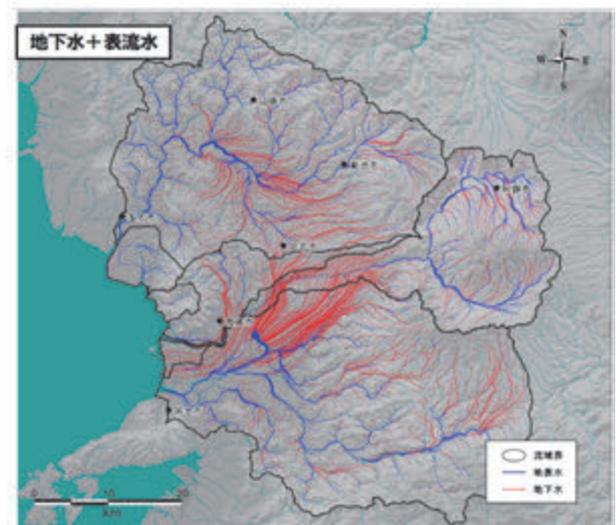


図9 水循環解析による熊本地域の表流水・地下水流線網

詳細：熊本地域における総合水管理の推進、平成24年度研究所報告

<http://www.rfc.or.jp/rp/files/24-11.pdf>

(3) 狩野川正常流量検討 (H25、H28)

狩野川流域の流況は富士山等の地下水、湧水と密接に関連しており、将来における地下水利用の計画もある。本研究では、狩野川・柿田川流域の特性を踏まえ、地下水や湧水と河川表流水との関係を明らかにできる水循環解析モデルを構築し、地下水、湧水を考慮した正常流量の設定の検討を行った。必要流量の検討項目のうち、例えば“流水の清潔の保持”については、表流水と地下水の汚濁負荷濃度の違いを考慮して、地下水の混合割合と水質の関係の感度分析により検討した。また、新規地下水開発を考慮した場合の河川流況に対する影響を水循環解析モデルで推定した結果、正常流量には影響を与えない範囲の変化であることが確認できた。

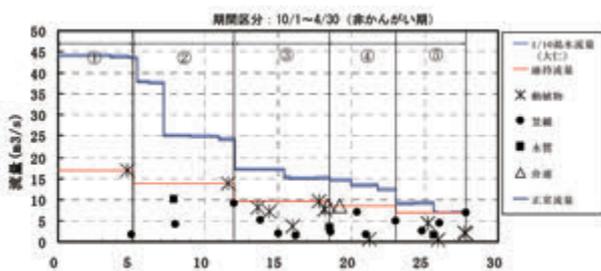


図10 正常流量 (案) の検討結果

詳細：狩野川流域における将来の水利用予測を踏まえた正常流量の設定、平成28年度研究所報告

(4) 信濃川の河川利用の観点から見た流量検討 (H22～H25)

本研究は、信濃川中流域の取水に伴う減水区間を対象に、河川利用（水遊び・水浴・河原遊び、舟遊び）の観点から見た必要流量を検討した。例えば、水遊び・水浴・河原遊びの必要流量の検討では、調査等により把握・設定した利用場としての適正な条件（水深、流速、アクセス地点からの距離等）を踏まえ、二次元流況計算によるダム放流量毎の水深・流速の算定結果を用いて検討地区における各遊びの適正な条件に適合する範囲を求め、面積が最大となる流量を必要流量とした。設定した期別の必要流量は、過去10ヶ年程度の実績流量を対象に検証し妥当性を確認した。

5. 土砂管理・海岸保全に関する調査研究

(1) 忠別川土砂動態検討 (H19～H21)

本研究は、石狩川水系忠別川を対象に、ダム運用に伴うダム下流域の土砂動態の変化に対して、砂州の保全と樹林化の抑制を適切に実施するための管理手法を検討した。具体的には、ダム運用後の出水の減少により裸地河原が樹林化するという予測に対して、水制等の河道内工法により流水の営力を活用して樹林化を抑制する手法の検討を行った。水制の設置による流れや河床形態への作用について、平面二次元河床変動モデルによる解析を行い、水制工の設置と現状の砂州の切り下げを併用することにより、切り下げした砂州部を再樹林化させずに維持できる可能性が確認された。

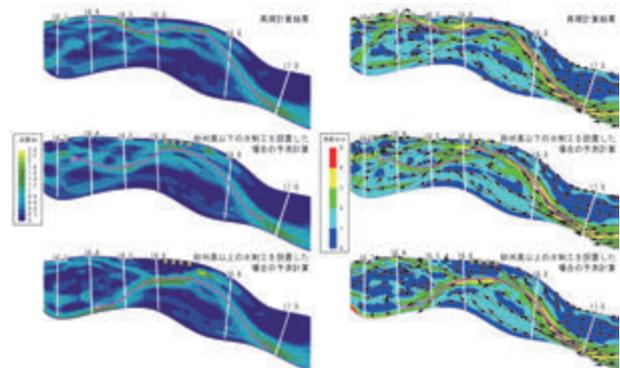


図11 忠別川河床変動解析結果の例

詳細：石狩川水系忠別川における砂州環境保全手法に関する研究、平成21年度研究所報告

<http://www.rfc.or.jp/rp/files/21-19.pdf>

(2) 阿武隈川流域水循環検討・土砂動態予測 (H24～H25)

本研究は、表流水・地下水及び土砂の挙動を流域スケールで捉えるため、阿武隈川流域及び周辺河川流域を対象に、物質の輸送媒体である水（表流水・地下水）と土砂（浮遊砂）の挙動を解析できる水循環モデルを構築し検討を行った。浮遊砂の挙動は、地表水中の乱流拡散による輸送を表現するため、粒径成分毎の移流拡散方程式を採用し、浮遊砂の雨滴衝撃による剥離や水流による侵食・堆積作用などの生産項・消滅項を考慮してモデル化を行った。解析結果の例（図12）として、地表勾配の急な山腹斜面や谷筋で侵食量が大きく、地形勾配が変化する山裾や地形勾配の緩い平地・くぼ地、ダム湖やため池などの閉鎖水域で堆積する傾向が再現され、水と浮遊砂の循環プロセスを定量的に把握することができた。

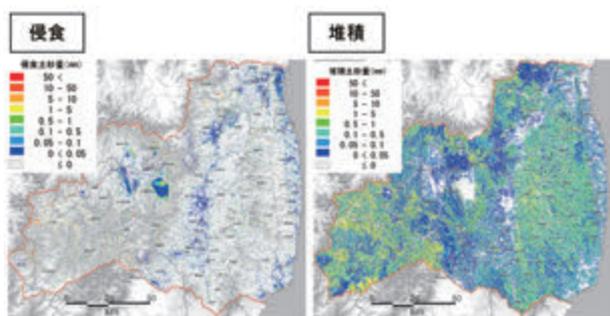


図 12 水・物質循環解析モデルによる浮遊砂量分布

詳細：水循環・物質循環構造に関する研究、平成
25 年度研究所報告

<http://www.rfc.or.jp/rp/files/25-06.pdf>

(3) 海岸環境調査研究会 (H16～継続中)

わが国は世界で 6 番目に長い約 35,000km の海岸線を有しており、海岸域は国土保全上からも、陸上の社会活動の結果が色濃く現れる区域であり、余暇利用や産業、多様な生き物のすみかとしても重要な場所となっている。この長大な区域を海岸管理者が把握するには、現状では、人員やコスト、体制等が十分ではなく、円滑な管理に資するための情報も極めて少ない。この状況の改善方策を検討するため、「海岸環境調査研究会」（委員長：岸田弘之（一般社団法人全国建設研修センター 専務理事））の活動の一環として、ウェブサイト「海岸情報ステーション」（図 13）を 2007 年 6 月に開設し運営している。本サイトの特徴は、情報共有・発信の場として、多くの人々の暮らしに浸透しているウェブサイトを設け、情報収集の媒体として、PC の他に携帯電話に着目し、海岸を訪れる人などが、携帯電話などを通じて容易にかつタイムリーに情報を投稿することができ、それがウェブサイト上に共有されるとともに、多方面の人々の間で情報が交換・拡充されていくことを狙った双方向型の仕組みである。



図 13 海岸情報ステーション
<http://www.kaigan-info.jp/>

詳細：海岸情報の収集・共有化に関する研究、平成
19 年度研究所報告

<http://www.rfc.or.jp/rp/files/19-22.pdf>

水循環に関するリバーフロント研究所のこれまでの調査研究の経緯（H19～H28）

年度	受託業務	自主研究・出版物
～H19 (2007)	H11～H21 鶴見川流域マスタープラン検討 H12～H21 真駒内川土砂動態検討 H17～H20 正常流量（低水管理）検討 H18～H19 波介川河口水循環検討 H18～H19 環境に配慮した養浜手法検討 H18～H21 海岸漂着ゴミ等対策検討 ～継続中 河川水辺の国勢調査結果を用いた気候変動影響分析 H19～H21 目黒川流域ヒートアイランド調査 H19～H21 忠別川土砂動態検討	H16～継続中 海岸環境調査研究会
H20 (2008)	H20 地球温暖化に対応したモニタリング手法検討 H20 沙流川流域総合土砂水管理検討	H20～継続中 富士山流域圏における水循環と生態系の保全に関する研究（静岡大学との協同研究）
H21 (2009)	H21～H24 相模川流域水管理方策検討	H21.1 機関誌「RIVERFRONT」Vol. 64 特集：「健全な水循環」 H21 気候変動・資源逼迫に対応する都市圏創出に関する研究 H21.9 機関誌「RIVERFRONT」Vol. 66 特集：「地球温暖化による影響」
H22 (2010)	H22～H24 熊本地域水循環検討 H22～H25 信濃川の河川利用の観点から見た流量検討	H22 低炭素流域システム研究 H22～H23 水循環研究会 H22 リンの循環に着目した生態系サービスを活用した水・物質循環の研究
H23 (2011)	H23～H25 木曾川水系水循環検討 H23 相模川流域水循環検討 H23 農業陸域生態リスク評価技術開発調査	H23～H26 4次元水循環マネジメントに関する研究・海外普及 H24～継続中 水循環域における水管理法制のあり方に関する研究
H24 (2012)	H24 筑後・佐賀平野水循環検討 H24 千代川流域水循環検討 H24～H25 阿武隈川流域水循環検討 H24～H25 豊川流域、吉野川流域水循環検討	H24～H25 汚染物質減容化に関する研究 H24.6 機関誌「RIVERFRONT」Vol. 74 特集：「水循環」
H25 (2013)	H25～H27 水循環可視化モデル構築・マニュアル作成（那珂川流域水循環検討） H25 夕張川流域水循環検討 H25 狩野川正常流量検討	
H26 (2014)	H26 本明川流域水循環検討	H26 シンガポールにおける水資源（地下水）開発の可能性等に関する調査 H26.8 機関誌「RIVERFRONT」Vol. 79 特集：「海岸防災と環境保全」
H27 (2015)	H27 那珂川流域水循環検討	H27.9 機関誌「RIVERFRONT」Vol. 81 特集：「水循環」
H28 (2016)	H28 流域マネジメント推進調査 H28 狩野川正常流量検討	

青字：出版物