

令和5年度

山地保全調査（水源森林保全調査・有明海等の閉鎖性海域と森林に関する調査）委託事業

報 告 書

令和6年3月

林 野 庁

目次

I. 事業の目的	1
II. 過年度の成果	2
(1) 平成 28 (2016) 年度	3
(2) 平成 29 (2017) 年度	3
(3) 平成 30 (2018) 年度	3
(4) 令和元 (2019) 年度	4
(5) 令和 2 (2020) 年度	4
(6) 令和 3 (2021) 年度	4
(7) 令和 4 (2022) 年度	4
III. 今年度調査の内容	5
1. 調査実施項目及び作業全体フロー	5
2. 各調査項目の概要	5
2.1 計画準備	5
2.2 現地調査	6
2.3 球磨川流域流出モデルの精緻化	6
2.4 森林による海域への影響の評価	6
2.5 成果の公表に係る対応	7
2.6 土地利用図の作成	7
2.7 長期的な調査内容の検討	7
2.8 検討委員会の開催	7
3. 事業実施体制	8
IV. 現地調査	9
1. 調査概要	9
1.1 調査地点	10
1.2 調査手法等	12
(1) 調査手法	12
(2) 調査日程	13
(3) 分析項目	14
2. 調査結果	15
2.1 雨水	15
2.2 河川水 (平水時)	16
2.3 河川水 (出水時)	17
2.4 考察	19
3. 筑後川における事前踏査	25

V. SWAT モデル構築・精緻化	29
1. 課題及び対応方針	29
2. 作業の全体フロー	30
3. モデル調整	30
3.1 モデル調整にかかる検証	30
(1) ダムデータの入力に関する検証（荒瀬ダム、瀬戸石ダム）	30
(2) 発電用の取水による河川流量が減少する要因についての検証	31
(3) 農業取水による河川流量の減少要因についての検証	32
3.2 1990 年代モデル構築	34
3.3 パラメータ調整（キャリブレーション・バリデーション）	36
(1) 水パラメータの調整	36
(2) SS パラメータの調整	36
(3) 栄養塩パラメータの調整	36
4. 結果及び考察	36
4.1 調整後のパラメータ値の結果	36
4.2 ベストパラメータ適用後のシミュレーション結果	40
(1) 水収支	40
(2) 土地利用区分毎の水、SS、リン（TP）、窒素（TN）の年間流出量	41
(3) 河川流量（五木宮園、柳瀬、人吉、横石）	42
(4) SS・栄養塩流出量（五木宮園、柳瀬、人吉、横石）	46
(5) 年間の水流出・SS、栄養塩の各種総量（実測・推定）の比較	50
(6) 流出量の空間分布	52
5. まとめと今後の課題	56
(1) 河川流量及び水収支	56
(2) SS・栄養塩流出量	56
(3) 課題及び対応結果	56
VI. 森林による海域への影響の評価	58
1. 基本方針	58
2. 分析 1：立地条件と流出の関係性	58
(1) 手法	58
(2) 結果	60
3. 分析 2：森林率と流出の関係性	62
(1) 手法	62
(2) 結果	63
4. 分析 3：確率降雨量と流出との関係性	68
(1) 手法	68

(2) 結果	68
5. まとめ	71
6. 今後の展望	72
VII. 球磨川流域の土地利用区分図の作成	73
1. 森林区分の定義づけ	73
2. ベクターデータの作成	75
3. 結果	76
VIII. 成果の公表に係る対応	78
1. 第10回世界水フォーラムの概要	78
2. 実施内容	82
3. セッション資料案	83
IX. 長期的な調査内容の検討	84
1. 検討方針・前提整理	84
2. 方向性の検討結果	84
2.1 令和8年度に向けた方向性の検討	85
2.2 長期的な方向性	85
X. 検討委員会の開催	87
1. 検討委員の選定	87
2. 開催概要	87
XI. 巻末資料	89

I. 事業の目的

有明海及び八代海は、国民にとって貴重な自然環境及び水産資源の宝庫であり、その恵沢を国民が等しく享受し、後代の国民に継承すべきものである。しかしながら、海域周辺の経済社会や自然環境の変化にともない、水質の富栄養化、底質の泥化や有機物の堆積等海域の環境が悪化し、赤潮の増加や貧酸素水塊の発生等が見られる中で、二枚貝をはじめとする漁業資源の悪化が進み、海面漁業生産の減少が見られた。これらの状況に鑑み、有明海及び八代海を豊かな海として再生することを目的として、国及び関係県が協力して、海域の環境の保全及び改善並びに水産資源の回復等による漁業の振興を推進するため、平成 14 年に「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律」（以下「特措法」という。）が定められた。

特措法第 4 条に基づき定められる「有明海及び八代海等の再生に関する基本方針」においては、「森林の機能の向上に関する事項」として、「造林、保育、林道の整備等の計画的な森林整備や、荒廃山地の復旧整備等を通じて保安林等を適正に保全するためのきめ細かな治山対策を推進するとともに、地域住民等多様な主体の参加と連携による国民参加の森林づくり等の推進に努めるなど、重視すべき機能に応じた適切な森林の整備・保全を図り、有明海及び八代海等に流入する河川流域の森林の有する多面的機能を将来にわたり持続的に発揮させる」とされている。

また、平成 23 年の法改正によって対象地域に橘湾等が追加され、法律名を「有明海及び八代海等を再生するための特別措置に関する法律」に変更されるとともに、国及び関係県が行う調査の一つとして、特措法第 18 条第 1 項第 5 号に「有明海及び八代海等の海域に流入する河川の流域における森林と当該海域の環境との関係に関する調査」が規定された。（さらに、令和 3 年にも同法が改正され、特措法第 25 条第 3 項として「（有明海・八代海等総合調査評価）委員会は、毎年、その所掌事務の遂行の状況を分かりやすい形で公表するものとする」が追加された。）

これを受け、最終的には、当該海域に注ぐ全ての一級河川を調査対象範囲として、森林が海域に及ぼす影響の全容を把握していくことを本事業の目的とし、令和 5 年度においては、球磨川に係るモデルを精緻化したうえでシナリオ分析を行うことで有明海等の閉鎖性海域と周辺の森林の関係を明らかにすることを目的として調査を実施した。

II. 過年度の成果

河川を介して森林から海まで移動する土砂やこれらとともに移動する栄養塩等は、河川水域や海域の生態系に影響を与え得るが、森林による海域の環境への影響を評価するためには、流域全体の水文プロセスや森林域内外からの栄養塩等の流出について調査・分析を行う必要がある。

このため、平成 24 年度より資料文献調査や分析の方向性の検討等を開始し、平成 27 年度に調査方針の検討、モデル流域の選定及び流出モデルの整理を行った。

同年度では、森林が海域に与える影響を評価するために必要な観点として、以下の 2 点を挙げている。

- ・ 比較的大きな流域を対象として、流出モデルを用いて、マクロ的・演繹的に評価するアプローチが有効である。
- ・ 流域の森林管理に資するという観点からは、小流域で様々な管理状態の森林における栄養塩等や流量等の定量的調査を行うアプローチも必要である。

これらの観点を踏まえ、森林が海域に及ぼす影響の定量的解析と、下流域での土地利用等による影響も踏まえた流域全体にわたる広範な評価を行うため、計算の精度・効率性が高く、GIS とも連携可能な SWAT モデル¹を採用することとした。平成 28 年度から、有明海及び八代海に注ぐ一級河川のうち、菊池川、筑後川、矢部川、及び球磨川流域を対象とした SWAT モデルの構築・精緻化を進め（図 II-1）、森林の水源涵養機能（洪水緩和機能、水資源貯留・水量調節機能、水質の浄化機能）、土砂流出防止機能に加えて、土壌内での物質貯留に係る機能についての分析・評価を行った。

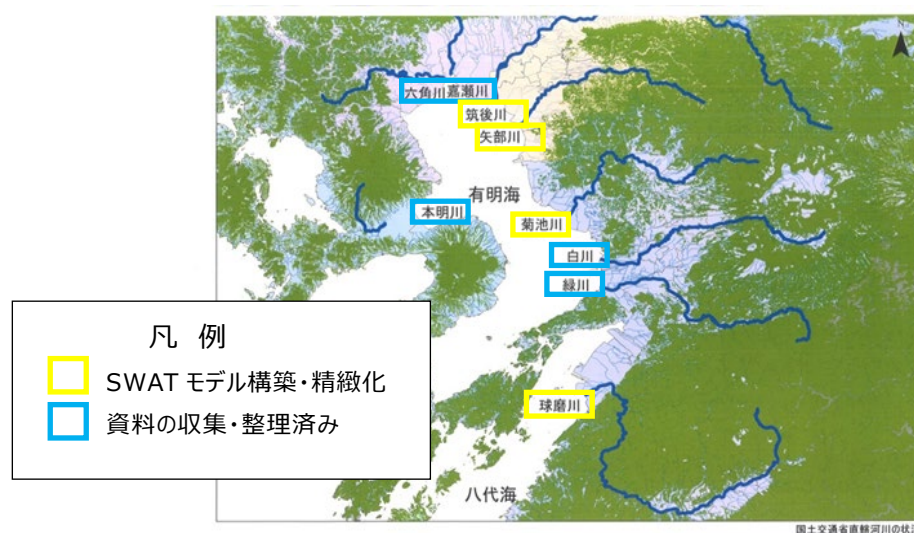


図 II-1 SWAT モデル構築・精緻化の対象一級河川

¹ Soil And Water Assessment Tool : アメリカ農務省農業研究局（USDA-ARS）によって開発された、農業流域の水・土砂・物質の移動を解析することを目的とした準分布型流出モデル。流域の栄養塩循環の分析・評価のために、1992 年から 2010 年の期間内で最も頻繁に使用されたモデルと言われている（Wellen et al. 2015）。

事業の全体像及び個別の作業過程は、図 II-2 のとおりである。

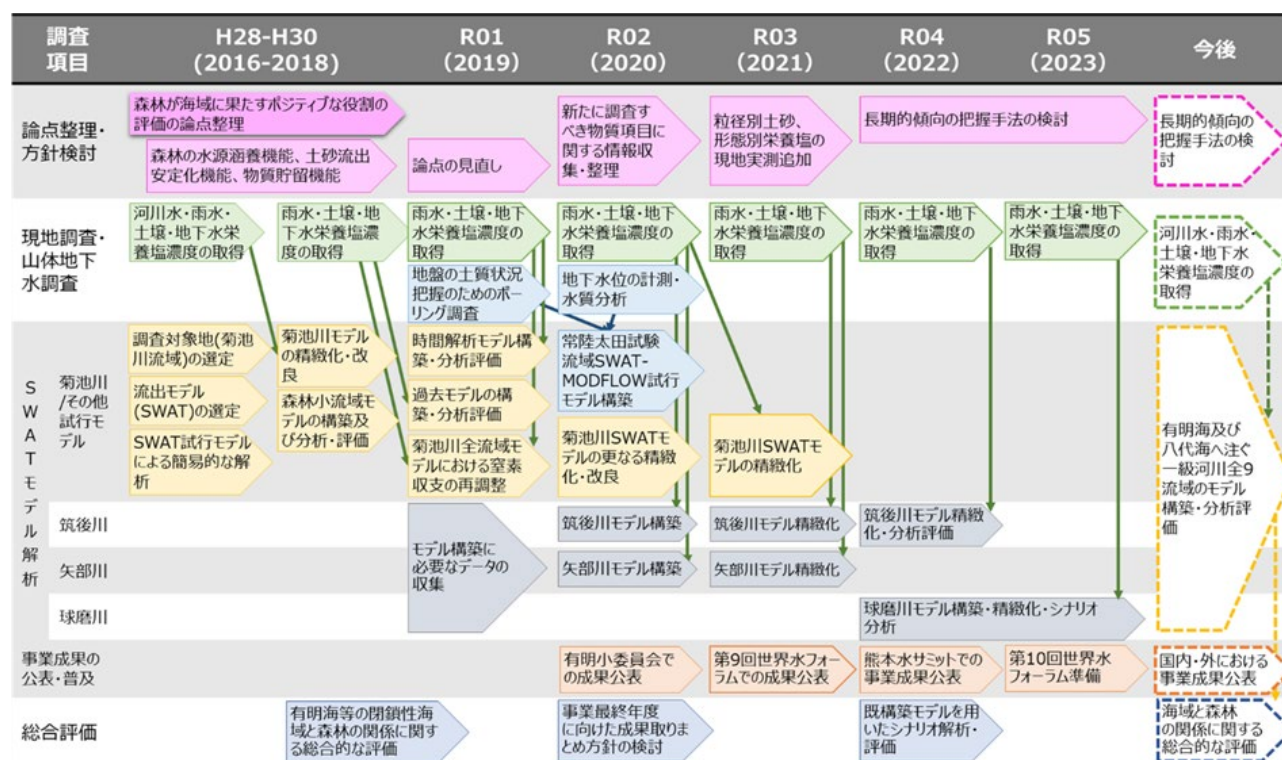


図 II-2 本事業の経緯（令和5年度以降の計画を含む）

（１）平成28（2016）年度

解析に使用する流出モデルとして SWAT モデルを採用するとともに、海域に流入する一級河川のうち、流域に係る情報が豊富な一級河川である菊池川流域を調査対象流域として選定した。また、SWAT モデル構築に必要な資料収集、現地調査、及び森林小流域の対象箇所の選定を行った。

（２）平成29（2017）年度

菊池川流域を対象に試行的に SWAT モデルを構築し、簡易的な解析により、森林からの流出水や栄養塩等の物質についての概況を把握し、有明海等の閉鎖性海域と森林との関係について解析を行った。

（３）平成30（2018）年度

森林小流域における現地調査結果を踏まえ、SWAT モデルの精緻化・改良を行い、前年度よりもモデル精度を向上させた。菊池川モデルを用いたシナリオ解析により、有明海等の閉鎖性海域と森林の関係に関する総合的な評価として、森林が海域に果たすポジティブな役割（ストック機能・水源涵養機能・流出平準化機能）について分析・評価を行った。この結果は、令和2年度の環境省主催の有明海・八代海等総合調査評価委員会の中間とりまとめ、令和3年度の第9回世界水フォーラム、令和4年度のアジア・太平洋水サミット等の外部公表機会における林野庁調査成果の報告・発表内容の主体となった。

（４） 令和元（2019）年度

菊池川モデル構築で得られたインプットやパラメータ設定に関する知見を基に、筑後川及び矢部川モデルを新規に構築したほか、菊池川モデルについては、森林の機能を詳細に分析するため、時間単位での流量解析や過去モデルの構築を行った。

（５） 令和２（2020）年度

菊池川モデル構築で得られた知見を基に、筑後川及び矢部川モデルを新規に構築するとともに、菊池川モデルについては、更なる精緻化に取り組み、３流域の結果を比較・分析を行い、課題の洗出しや今後の対応策について整理した。また、環境省主催の有明海・八代海等総合調査評価委員会環境再生方策検討作業小委員会において、本委託調査で得られた成果を公表した。

（６） 令和３（2021）年度

SWAT モデルのバージョン更新にともない、前年度までに構築していた菊池川、筑後川、矢部川モデルの精緻化を図るため、課題であったそれぞれの流域における水収支を改善したほか、今後のシナリオ解析による評価を見据え、HRU 設定（地形における急傾斜区分の追加、土地区分における草地の追加等）の見直しを図り、モデル精度の向上に取り組んだ。

また、環境省主催の有明海・八代海等総合調査評価委員会より、中間とりまとめとして全体の調査結果が公表されるとともに、セネガルのダカールで開催された第9回世界水フォーラムにおいて本調査で得られた成果内容の情報を発信した。

（７） 令和４（2022）年度

筑後川モデルの精緻化及び球磨川モデルの新規構築を行った。筑後川モデルを用いたシナリオ分析（森林が草地や裸地に変化した場合等）では、森林の存在が上流域のピーク流量抑制や渇水時の水資源貯留に効果を果たすほか、その傾向が海域に近い最下流地点においても持続すること等が定量的に示された。

III. 今年度調査の内容

1. 調査実施項目及び作業全体フロー

今年度は、構築していた球磨川モデルの精緻化を図ることを目的として調査を行うとともに、令和6年5月に開催が予定されている第10回世界水フォーラムでの成果の発信に向けての準備を行う。さらに、令和8年度に予定されている有明海・八代海等総合調査評価委員会とりまとめに向けた調査内容等の整理を行う。本年度調査における作業全体フローと基本方針は図 III-1 のとおりである。

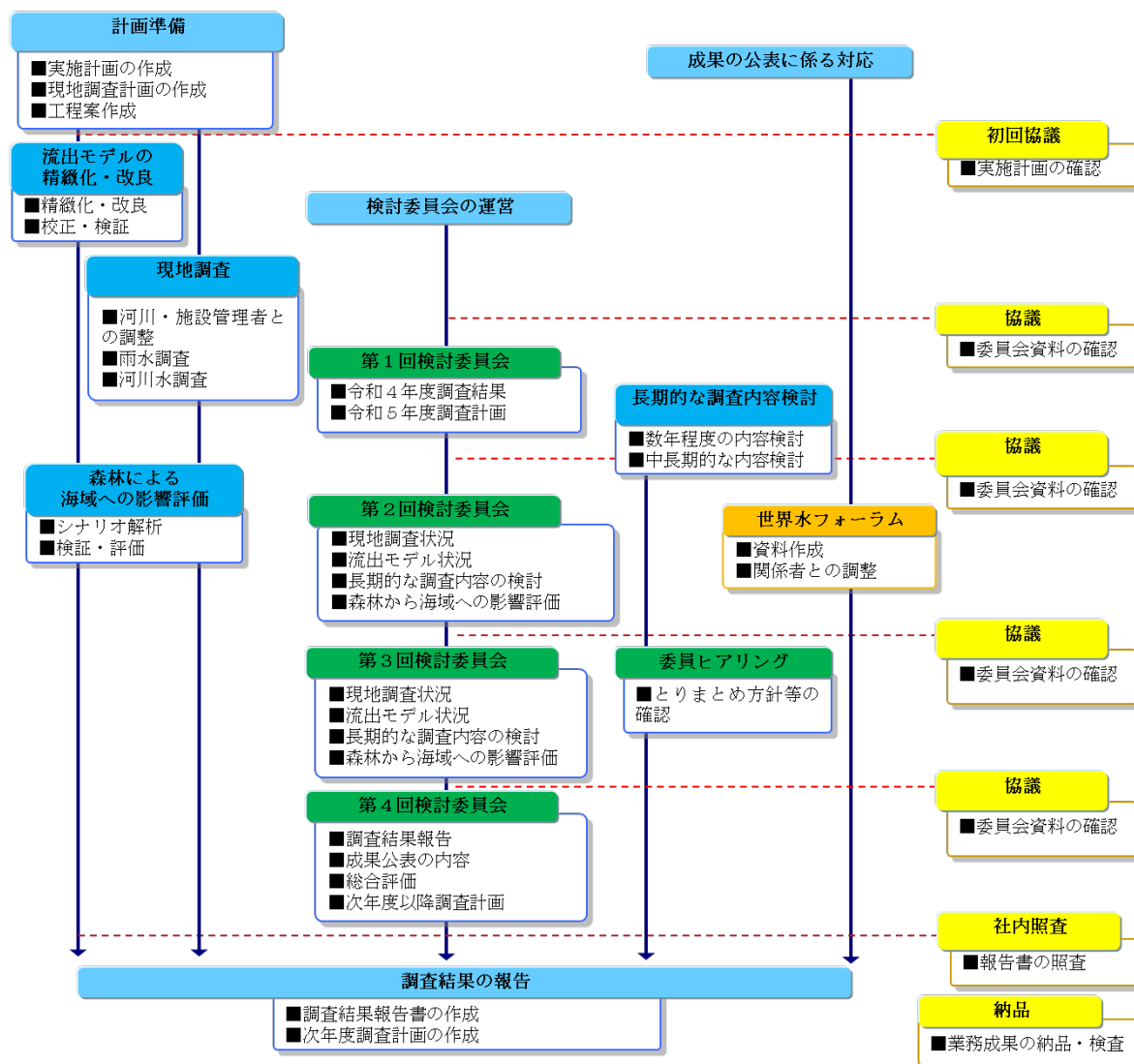


図 III-1 令和5年度調査の作業全体フロー

2. 各調査項目の概要

2.1 計画準備

業務着手に当たり、業務を円滑に推進するため、作業実施計画書及び工程表を作成した（表 III-1）。

球磨川流域の現地調査は昨年度までの知見を踏まえ、雨水（2箇所）及び河川水の平水時を対象とした採取調査（5箇所）は季節による変化を考慮することとし、1か月程度の間隔

を空けて4回実施、河川出水時を対象とした調査は河川管理者の許可のあった10月から12月までを調査期間とした。現地調査で採取した各分析データは、順次、球磨川モデルに反映し、実態の再現度がより高いモデルによるシミュレーションを可能とした。

表 III-1 工程表

実施項目	令和5年 (2023年)					令和6年 (2024年)		
	8	9	10	11	12	1	2	3
1. 球磨川流域に係る流出モデルの精緻化								
2. 現地調査								
(1) 雨水調査								
(2) 河川調査								
3. 森林による海域への影響の評価								
4. 長期的な調査内容の検討								
(1) 委員ヒアリング					○			
5. 成果の公表に係る対応								
6. 検討委員会の開催			○	○		○	○	
7. 報告書のとりまとめ								
打合せ・協議	○	○	○	○	○	○	○	○

2.2 現地調査

SWATモデルでの流出モデルを再現するに当たり、モデルの精度を高めるため、現地調査（雨水2箇所、河川5箇所）を実施することとし、現地調査の対象とするデータ項目・手法等については、ほかの流域で既に構築している流出モデルで必要とされている内容と整合性を図るとともに、検討委員会の意見も踏まえて決定する。

調査結果については、調査位置と栄養塩濃度等の分析結果の関係を整理する。

2.3 球磨川流域流出モデルの精緻化

昨年度より構築を開始している球磨川モデルについて、2.2の結果を踏まえ精緻化（推定精度の改善）を行う。精緻化に当たっては、昨年度までの課題を整理した上で、土地利用の水収支量や割合等の推計結果を適宜見直すとともに、既往の知見等との照合を経て合理的を確認し、各パラメータの見直しを行う。

2.4 森林による海域への影響の評価

2.1及び2.2の結果を踏まえ、球磨川流域の流出モデルを用いて、森林の水源涵養機能の評価を行う。具体的には、仮想的なシナリオを設定し、森林が草地や裸地に变化した場合の水・土砂・栄養塩の流出量の比較を通じて、森林の海域への影響を評価すること等を候補としつつ、検討委員の意見も踏まえて検討する。また、シナリオ分析・評価において、水文

的なインパクトの大きい伐採直後の状態を考慮することが不可欠と考えられることから、モデルインプットである土地利用区分図を見直し、林種や林齢の情報を基に森林域を細分化・詳細化した新たな土地利用区分図を作成する（2.6）。

2.5 成果の公表に係る対応

第10回世界水フォーラム（インドネシア、令和6年5月に開催予定）において、本事業の成果を取りまとめ、情報を発信するための準備を行う。公表内容は2.3で行った成果を評価結果として資料作成や主催事務局との調整等を行った。

2.6 土地利用図の作成

球磨川流域モデルにおいては、インプットである土地利用区分を農地・宅地・森林等の区分に分け、土地利用別にシナリオの分析を行っている。今後の精緻化を想定し、森林の変化や森林の管理状態等が流出に及ぼす影響についての分析も可能とするため、林種や林齢等の森林情報を基に、森林域を細分化した土地利用区分図を新たに作成する。

2.7 長期的な調査内容の検討

「I 事業の目的」に記載のとおり、最終的には海域に良好な影響を与える森林管理への検討を行うため、今後の調査の方向性・内容・進め方について検討・整理を行う。検討に当たっては、検討委員の意見も踏まえ各流域の面積・土地利用・森林状態や、既存のモデル構築に要した作業時間や実施体制も考慮した、現実的な調査計画を検討する。

2.8 検討委員会の開催

本業務に関する専門的知見を有する有識者4名以上からなる検討委員会を設置し、調査・分析の計画・評価等について適宜助言を得るため、年4回程度の検討委員会を開催する。

この検討委員会とは別に、対処すべき事項に対して、各委員との個別打合せもあわせて実施する。

3. 事業実施体制

業務に当たって共同事業体における業務実施体制は以下のとおりとした。また、担当者が所属する組織にバックアップ体制として9名（パスコ2名、日林協7名）を確保した。

契約権者（提案者） 株式会社パスコ 一般社団法人日本森林技術協会 共同事業体 代表者 (株)パスコ 事業統括本部 営業部長 丸山 泰助	営業担当者 (株)パスコ 事業統括本部 営業部 中央官庁支店 営業二課 坂田 博昭
管理技術者 (株)パスコ 中央事業部 防災計画課 山田 哲也	担当者 (株)パスコ 中央事業部 防災計画課 山崎 正稔 (株)パスコ 中央事業部 防災計画課 内田 一鉦 (株)パスコ 中央事業部 防災計画課 佐久間 理絵 (株)パスコ 中央事業部 森林環境部 菊池 譲 (株)パスコ 中央事業部 森林調査計画課 岡部 隆宏 (株)パスコ 中央事業部 森林調査計画課 鈴木 廉 (一社) 日本森林技術協会 森林情報グループ 金森 匡彦 (一社) 日本森林技術協会 保全管理グループ 渋谷 僚 (一社) 日本森林技術協会 保全管理グループ 永野 裕子 (一社) 日本森林技術協会 保全管理グループ 山本 英恵 (一社) 日本森林技術協会 保全管理グループ 崔 健 (一社) 日本森林技術協会 保全管理グループ 大庭 流維 (一社) 日本森林技術協会 保全管理グループ 園田 満憲 (一社) 日本森林技術協会 保全管理グループ 木村 成美 (一社) 日本森林技術協会 保全管理グループ 山本 照光
照査技術者 (株)パスコ 事業統括本部 防災プロジェクト推進室 佐藤 昌岳	

IV. 現地調査

1. 調査概要

SWAT モデルは、流量・栄養塩濃度等の実測データを用いたキャリブレーションを行うことで精緻化が可能となる。このため、球磨川流域に係る現地調査として、雨水と河川水を対象に調査を実施した。

雨水に係る調査としては、昨年度に実施した雨水調査と同一地点において追加で本年度 4 回実施した。

河川水に係る調査としては、河川水位が平水位である期間（平水時）及び降雨等の影響により高水位である期間（出水時）において河川水を採取し、水質の分析を実施した。この結果は、球磨川に係る SWAT モデルの精緻化に活用することに加え、浮遊物質（SS）や栄養塩等の空間的な状況を把握することに活用した。

- ・雨水調査：昨年度と同様の調査位置である神瀬、多良木において、年 4 回の調査を実施することにより、雨水中における栄養塩濃度を年平均として確実にとらえ、SWAT モデルのインプットデータとして活用する。
- ・河川水調査：球磨川流域の下流部（横石）と川辺川上流部（五木宮園）、さらに本流と川辺川合流前後（柳瀬、一武、人吉）において、平水時の年 4 回及び出水時の年 1 回河川水を採取・分析し、森林等から流出する SS・栄養塩の濃度を把握することに加え、SWAT モデルのキャリブレーションデータとして活用する。

過年度調査においては、菊池川・筑後川・矢部川流域において同様の雨水・河川水調査を実施している（図 IV-1）。球磨川流域においても菊池川等の他流域で実施した同様の調査を行うことで、流域の状況を把握し SWAT モデルのパラメータに活用するとともに、他流域と比較することによる流域別の特徴把握として整理・活用する。



図 IV-1 球磨川流域での現地調査（左から雨水、河川水（平水時）、河川水（出水時））

1.1 調査地点

球磨川流域における候補地点の選定に当たっては、過年度に実施した調査と同様に、SWAT モデルから出力される空間単位である支流域や流域全体でのバランス、土地利用及び土壌区分について、表 IV-1 の留意点を踏まえ実施した。

雨水の調査地点については、昨年度の調査地点である神瀬、多良木を基本に流域内で国土交通省が雨量観測を行っている地点を候補として選定した（表 IV-2）。

表 IV-1 調査候補地の選定に当たっての留意点

項目	留意点
支流域のバランス	各支流域の分布範囲を考慮し、偏りが無いようにする。
流域全体のバランス	モデル構築の範囲（潮汐の影響がない流量観測所から上流の流域）において、空間的な分布状況に偏りが無いようにする。
土地利用	都市部や森林部といった土地利用について、偏りが無いようにする。
土壌区分	褐色森林土や黒ボク土等の土壌について、流域内に占める割合や詳細な土壌の種類区分を考慮する。

表 IV-2 調査候補地の選定結果

調査対象	選定箇所	選定理由
湧水	1. 神瀬	流域の中下流部である森林であり、流域の多くが褐色森林土で占める。
	2. 多良木	流域中上流部の平地であり、耕作地が大半を占め、平地では灰色低地土が分布する。
河川水	1. 五木宮園	最上流地点であり、ほぼ 100%の森林が占める。
	2. 柳瀬	川辺川下流部であり、球磨川本流との合流前の地点である。
	3. 一武	球磨川本流であり、川辺川との合流前の地点である。
	4. 人吉	川辺川と球磨川本流と合流した直下である。
	5. 横石	潮汐の影響の無い最下流点であり、モデル構築の下流端である。

選定結果を図 IV-2 、図 IV-3、図 IV-4 に示す。



雨水（多良木雨量観測所）



河川（五木宮園）



河川（横石）

図 IV-2 調査候補地の状況（抜粋）

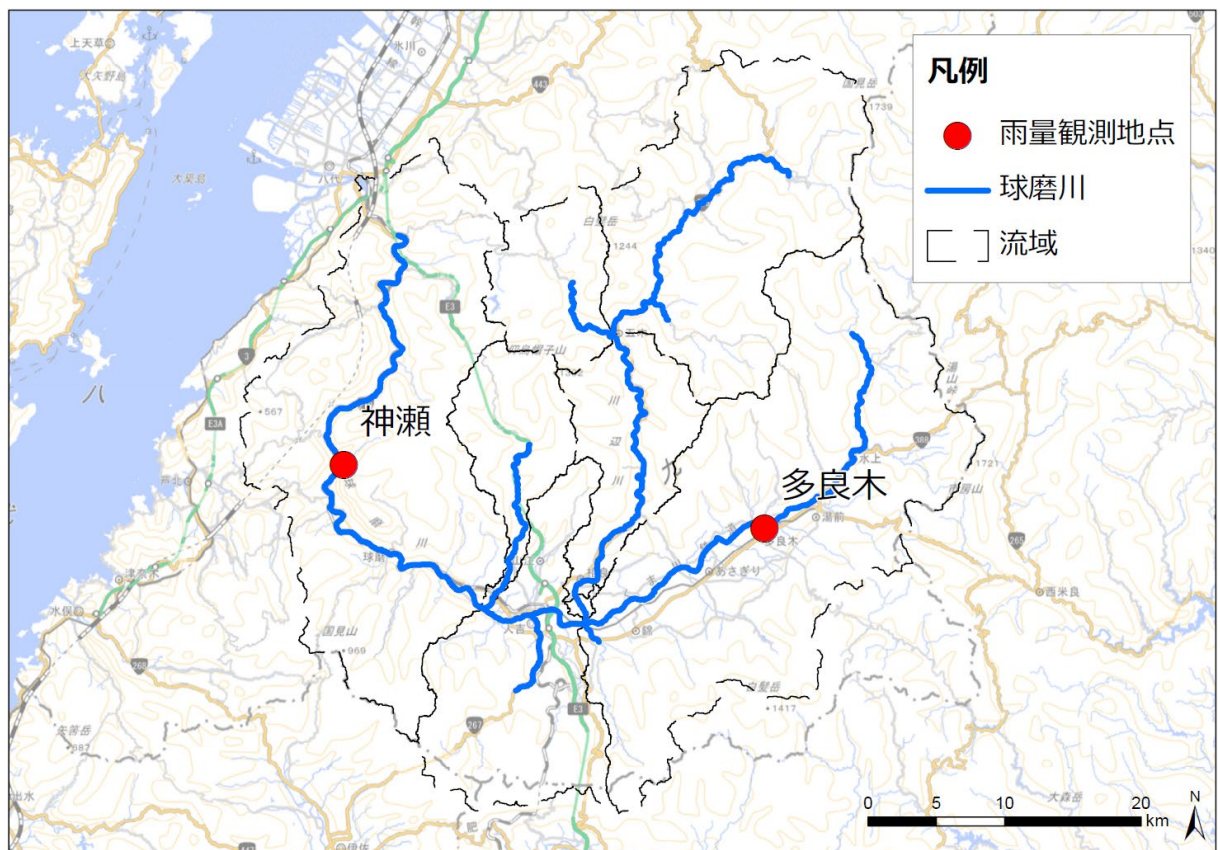


図 IV-3 球磨川流域における雨水調査実施箇所位置図

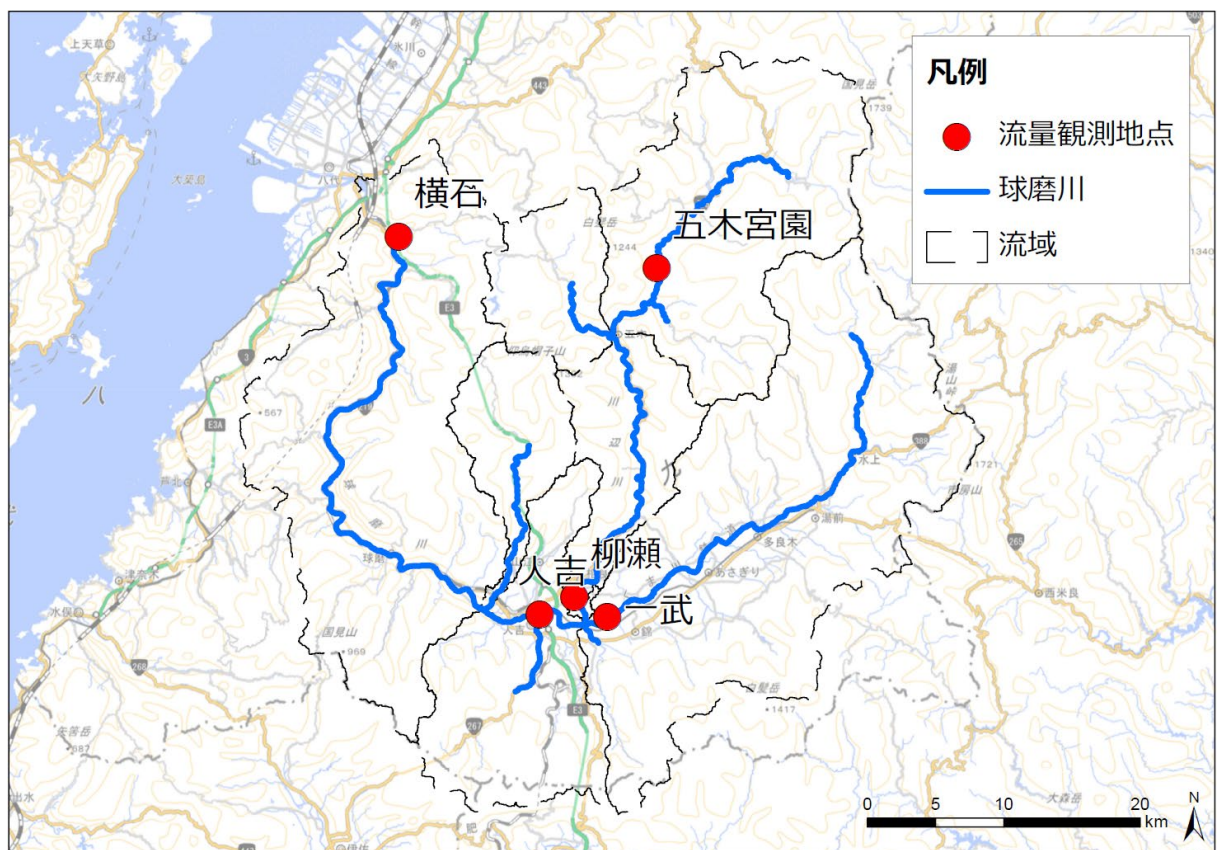


図 IV-4 球磨川流域における河川水調査実施箇所位置図

1.2 調査手法等

調査手法及び日程、採取した試料（サンプル）の分析項目は以下のとおり。

（１） 調査手法

ア) 雨水調査

簡易式雨水採取装置により、球磨川流域の地形や土地利用を代表する2箇所で雨水を採水し、雨水中の窒素、リンの濃度（mg/l）、浮遊物質を分析する。調査時期は、確認された降雨と調査期間のバランスを考慮し、11月、12月、1月、2月とした。



簡易式雨水採取装置

イ) 河川水調査（平水時）

各流域における水質等の状況は、水文水質データベース（国土交通省）等の情報から把握している。当該データベースでは水位や流量等の情報が日毎のデータを用いて整理することとしているが、土砂・栄養塩については、窒素・リンが形態別には分別されていない等、モデル構築に必要な情報が公開されていない。現在の整理方法としては、過年度調査において菊池川流域等で把握した情報を基に整理しているが、河川別の特徴を把握するためには各河川においての状況を把握し整理する必要がある。

そこで、球磨川流域においては平水時の水質分析方法として、サンプラーにより直接河川水を入れて採水し、その水質を分析する。調査時期は、調査期間のうち、平水時の時期を選定し、10月、11月、1月、2月とした（図 IV-5）。



図 IV-5 球磨川流域における河川水調査（平水時）の実施状況

ウ) 河川水調査（出水時）

栄養塩等は、降雨により水位が上昇（水量が増加）を始める初期の段階で、濃度が急上昇し、その後、比較的短時間で低濃度に戻ることが知られている。このような状況下において、降雨により河川水の上昇が確認された後に採水を実施しても、初期の栄養塩等の濃度の増加ピークは確認できない可能性があり、その場で単発に採水を行っても濃度の上昇途中であるか、ピーク時の濃度等を判断することは困難となり、栄養塩等の総量を推定することは難しくなる。

よって、本調査では、水位が一定以上になると自動的に採水を実施することができるように、水位計と自動採水器が連動した機器を導入し、降雨により水位が上昇する段階から定期的（一定の時間毎）に採水することで、栄養塩等の濃度のピークを確実に捉え、濃度の総量を適切に評価できるようにした調査を行っている。今年度調査においても、自動採水器による現地調査を実施した。自動採水器の設置期間は、河川管理者の許可を得た 10 月（五木宮園のみ 11 月）から 12 月とし、各観測地点の 5 箇所を設置し、出水時 1 回分を採水する想定で調査を実施した（図 IV-6）。

なお、本調査は、SS の粒径分布分析も実施することから、多量の供試体が必要となる。自動採水器は、過年度調査でも使用した最大 1 リットルの採水ボトルが 24 本入る最大規模のものを使用するが、粒径分布分析に加え、栄養塩及び SS の濃度分析を実施するためには、試料の量が 1 リットルでは不足する。そこで、採水間隔を伸ばし、一度の採水量を増やすこと（2 時間毎に 24 時間、一回の採水で 2 リットルをサンプリング）で分析が可能となるよう調整した。



図 IV-6 球磨川流域における河川水調査（出水時）の実施状況

（２） 調査日程

調査は、表 IV-3 の日程で行った。併せて調査日の概要を表 IV-4 に示す。

表 IV-3 雨水調査日程・概要

	サンプル回収日	天候	調査時刻	気温	水温
調査箇所\単位	-	-	-	℃	℃
神瀬	2023/11/23	晴	11:25	16.5	12
多良木	2023/11/23	晴	13:00	20.5	22.2
神瀬	2023/12/16	曇	11:30	11.8	12.8
多良木	2023/12/15	曇	14:35	16.5	18.7
神瀬	2024/1/26	晴	11:00	8.0	2.8
多良木	2024/1/26	晴	13:40	9.5	15.6
神瀬	2024/2/29	曇	10:05	11.0	11.2
多良木	2024/2/29	曇	12:40	10.5	12.5

表 IV-4 河川水（平水時）調査日程・概要

	調査年月日	天候	調査時刻	気温	水温
調査箇所\単位	-	-	-	℃	℃
五木宮園	2023/10/16	晴	13:25	21.0	17.9
柳瀬	2023/10/16	晴	10:00	22.0	18.7
一武	2023/10/16	晴	11:00	23.0	20.9
人吉	2023/10/15	晴	11:00	26.5	20.3
横石	2023/10/15	晴	16:30	28.0	21.4
五木宮園	2023/11/23	晴	14:05	19.0	12.3
柳瀬	2023/11/23	曇	11:30	17.0	13.7
一武	2023/11/23	曇	11:50	18.0	16.1
人吉	2023/11/23	曇	11:15	16.5	14.3
横石	2023/11/23	曇	16:30	18.0	12.9
五木宮園	2024/1/26	晴	14:40	11.0	7.5
柳瀬	2024/1/26	晴	12:00	9.0	7.5
一武	2024/1/26	晴	12:15	9.0	9.3
人吉	2024/1/26	晴	11:45	9.0	8.2
横石	2024/1/26	晴	9:55	3.5	7.5
五木宮園	2024/2/29	曇	13:45	10.0	9.3
柳瀬	2024/2/29	曇	11:15	12.0	10.9
一武	2024/2/29	曇	11:35	11.0	12.6
人吉	2024/2/29	曇	11:00	12.0	11.3
横石	2024/2/29	曇	9:05	10.5	11.2

(3) 分析項目

採取した供試体（サンプル）の分析項目は表 IV-5 のとおり。

表 IV-5 分析項目

分析項目	
窒素 (N)	全窒素 (T-N) または形態別窒素 有機態窒素、硝酸性窒素 (NO ₃ -N)、 アンモニア性窒素 (NH ₄ -N)、亜硝酸性窒素 (NO ₂ -N)
リン (P)	全リン (T-P) または形態別リン 有機態リン (O-P)、無機態リン (I-P)
浮遊物質 (SS)	浮遊物質 (SS)、粒径分布（河川水のみ）

2. 調査結果

2.1 雨水

雨水分析結果を表 IV-6 に示す。

表 IV-6 雨水分析結果

試料名	採取日	T-N 全窒素	O-N 有機態窒素	N03-N 硝酸性窒素	NH4-N アンモニア性窒素	N02-N 亜硝酸性窒素	D-N 溶存態窒素	P-N 懸濁態窒素	T-P 全リン	O-P 有機態リン	I-P 無機態リン	D-P 溶存態リン	P-P 懸濁態リン	SS 浮遊物質
神瀬	2023/11/23	0.42	0.21	0.18	0.03	0.002	0.32	0.10	0.247	0.057	0.190	0.205	0.042	2
多良木	2023/11/23	0.97	0.43	0.32	0.22	0.002	0.69	0.28	0.045	0.033	0.012	0.011	0.034	定量下限値未満
神瀬	2023/12/16	0.32	0.09	0.23	定量下限値未満	0.003	0.26	0.06	0.026	0.021	0.005	0.023	定量下限値未満	定量下限値未満
多良木	2023/12/15	0.54	0.12	0.20	0.22	0.004	0.48	0.06	0.018	0.013	0.005	0.011	0.007	定量下限値未満
神瀬	2024/1/26	0.14	0.06	0.06	定量下限値未満	定量下限値未満	0.09	0.05	0.006	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	2
多良木	2024/1/26	0.83	0.73	0.37	0.35	0.005	0.79	0.04	0.027	定量下限値未満	0.025	0.026	定量下限値未満	定量下限値未満
神瀬	2024/2/29	0.09	0.03	0.03	0.03	定量下限値未満	0.06	0.03	0.007	0.005	定量下限値未満	定量下限値未満	0.006	定量下限値未満
多良木	2024/2/29	0.42	0.06	0.12	0.24	0.002	0.39	0.03	0.005	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満
神瀬	2022/7/9	0.31	0.14	0.11	0.06	0.002	0.28	0.03	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	1
多良木	2022/7/9	0.61	0.27	0.18	0.16	0.003	0.49	0.12	0.018	0.012	0.006	0.006	0.012	2
神瀬	2022/11/17	0.35	0.30	0.03	0.02	0.001	0.25	0.10	0.039	0.012	0.027	0.030	0.009	4
多良木	2022/11/17	0.46	0.21	0.18	0.07	0.002	0.43	0.03	0.017	0.012	0.005	0.012	0.005	1
神瀬 (平均)	-	0.24	0.12	0.09	0.02	0.001	0.19	0.05	0.016	0.008	0.006	0.011	0.003	1
多良木 (平均)	-	0.57	0.28	0.21	0.21	0.003	0.52	0.06	0.017	0.007	0.008	0.011	0.005	1
定量下限値	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.001	0.01	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	1

※採取日が 2022 年のものは過年度調査による結果。平均の算出や考察に含めることとした。

※11 月の採取結果は、全リンの値が高いため、鳥のフン等が混入した可能性が高い。そのため、平均の算出や考察からは除くこととした。

※平均算出にあたり、定量下限値未満のものについては 0 として算出した。

2.2 河川水（平水時）

河川水（平水時）分析結果を表 IV-7 に示す。粒径分布については、巻末資料に示すが、11 月の柳瀬と人吉、1 月の五木宮園と柳瀬、2 月の五木宮園では、粒径が小さすぎたか、もしくは大きすぎたため、分析結果が得られなかった。

表 IV-7 雨水分析結果

試験項目	調査年月日	T-N 全窒素	O-N 有機態窒素	N03-N 硝酸性窒素	NH4-N アンモニア性窒素	N02-N 亜硝酸性窒素	D-N 溶存態窒素	P-N 懸濁態窒素	T-P 全リン	O-P 有機態リン	I-P 無機態リン	D-P 溶存態リン	P-P 懸濁態リン	SS 浮遊物質
五木宮園	2023/10/16	0.36	0.08	0.26	0.02	0.001	0.34	0.02	0.033	0.005	0.028	0.028	0.005	定量下限値未満
柳瀬	2023/10/16	0.42	0.07	0.34	0.01	0.001	0.40	0.02	0.023	0.006	0.017	0.018	0.005	定量下限値未満
一武	2023/10/16	0.80	0.16	0.58	0.06	0.004	0.76	0.04	0.030	0.013	0.017	0.018	0.012	2
人吉	2023/10/15	0.78	0.07	0.69	0.02	0.003	0.75	0.03	0.026	0.005	0.021	0.021	0.005	2
横石	2023/10/15	0.68	0.10	0.54	0.04	0.003	0.66	0.02	0.031	0.008	0.023	0.025	0.006	1
五木宮園	2023/11/23	0.35	0.08	0.26	0.01	定量下限値未満	0.27	0.08	0.033	0.007	0.026	0.023	0.010	35
柳瀬	2023/11/23	0.47	0.09	0.37	0.01	0.001	0.41	0.06	0.018	定量下限値未満	0.016	0.017	定量下限値未満	1
一武	2023/11/23	0.74	0.03	0.70	0.01	0.003	0.71	0.03	0.020	0.009	0.011	0.012	0.008	2
人吉	2023/11/23	0.99	0.16	0.78	0.05	0.003	0.88	0.11	0.026	0.007	0.019	0.021	0.005	2
横石	2023/11/23	0.68	0.10	0.55	0.03	0.002	0.63	0.05	0.025	0.007	0.018	0.019	0.006	6
五木宮園	2024/1/26	0.26	0.03	0.23	定量下限値未満	定量下限値未満	0.25	0.01	0.022	定量下限値未満	0.021	0.019	定量下限値未満	定量下限値未満
柳瀬	2024/1/26	0.35	0.03	0.32	定量下限値未満	0.001	0.34	0.01	0.016	定量下限値未満	0.014	0.015	定量下限値未満	1
一武	2024/1/26	0.80	0.05	0.71	0.04	0.003	0.79	0.01	0.025	0.009	0.016	0.023	定量下限値未満	3
人吉	2024/1/26	0.87	0.04	0.83	定量下限値未満	0.003	0.86	0.01	0.026	0.006	0.02	0.024	定量下限値未満	2
横石	2024/1/26	0.70	0.03	0.65	0.02	0.003	0.69	0.01	0.031	0.005	0.026	0.028	定量下限値未満	2
五木宮園	2024/2/29	0.30	0.01	0.29	定量下限値未満	定量下限値未満	0.29	0.01	0.023	定量下限値未満	0.022	0.021	定量下限値未満	2
柳瀬	2024/2/29	0.40	0.02	0.38	定量下限値未満	定量下限値未満	0.39	0.01	0.027	定量下限値未満	0.024	0.021	0.006	3
一武	2024/2/29	0.63	0.09	0.54	定量下限値未満	0.002	0.57	0.06	0.082	0.025	0.057	0.026	0.056	30
人吉	2024/2/29	0.65	0.05	0.6	定量下限値未満	0.001	0.61	0.04	0.04	0.013	0.027	0.021	0.019	9
横石	2024/2/29	0.58	0.01	0.57	定量下限値未満	定量下限値未満	0.57	0.01	0.04	0.008	0.032	0.026	0.014	6
五木宮園 (平均)	－	0.32	0.05	0.26	0.01	0.000	0.29	0.03	0.028	0.003	0.024	0.023	0.004	0.7
柳瀬 (平均)	－	0.41	0.05	0.35	0.01	0.001	0.39	0.03	0.021	0.002	0.018	0.018	0.003	1.3
一武 (平均)	－	0.74	0.08	0.63	0.03	0.003	0.71	0.04	0.039	0.014	0.025	0.020	0.019	2.3
人吉 (平均)	－	0.82	0.08	0.73	0.02	0.003	0.78	0.05	0.030	0.008	0.022	0.022	0.007	3.8
横石 (平均)	－	0.66	0.06	0.58	0.02	0.002	0.64	0.02	0.032	0.007	0.025	0.025	0.007	3.8
定量下限値	－	0.01	0.01	0.01	0.01	0.001	0.01	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	1

※平均算出にあたり、定量下限値未満のものについては 0 として算出した。

※SS のうち、11 月の五木宮園、2 月の人吉の結果は、河川工事等による影響が想定されるため、平均の算出や考察からは除くこととした。

2.3 河川水（出水時）

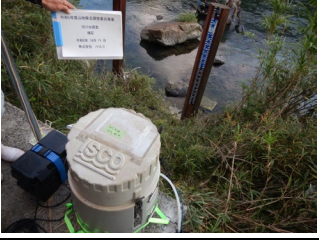
河川水（出水時）分析結果を表 IV-8 に示す。今年度の調査は、五木宮園、柳瀬、一武。人吉、横石のそれぞれに自動採水器を設置し、出水時の採水に備えたが、想定した水位まで上昇した箇所は五木宮園のみであった。採水開始の水位の検討にあたっては、設置開始時期が 10 月であり、設置以降に降雨による大きな河川水の上昇（出水）が起こる可能性が低いことから、小さな出水でも採水できるように表 IV-9 のとおり調整した。ここでの設定については、自動採水器設置時の水位から 5cm 水位が上昇した際に採水開始できることを基本に設定したが、現地の状況として設置時の水面近くに採水口が設置できない状況が見られた人吉と柳瀬については、それぞれの地点で最も低く採水口が設置できる場所に機器を設置することとした。また、粒径分布については、巻末資料に示す。

表 IV-8 雨水分析結果

試験項目	2023/11/18 0:35	2023/11/18 2:35	2023/11/18 4:35	2023/11/18 6:35	2023/11/18 8:35	2023/11/18 10:35	2023/11/18 12:35	2023/11/18 14:35	2023/11/18 16:35	2023/11/18 18:35	2023/11/18 20:35	2023/11/18 22:35	定量下限値
T-N 全窒素	0.52	0.51	0.48	0.56	0.59	0.59	0.63	0.67	0.7	0.61	0.56	0.47	0.01
O-N 有機態窒素	0.26	0.26	0.23	0.3	0.33	0.33	0.35	0.38	0.38	0.3	0.25	0.17	0.01
N03-N 硝酸性窒素	0.26	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.28	0.29	0.32	0.31	0.31	0.3	0.01
NH4-N アンモニア性窒素	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	0.01
N02-N 亜硝酸性窒素	0.001	定量下限値未満	0.001	0.001	定量下限値未満	0.001	定量下限値未満	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
D-N 溶存態窒素	0.31	0.29	0.28	0.28	0.27	0.28	0.32	0.32	0.34	0.32	0.32	0.31	0.01
P-N 懸濁態窒素	0.21	0.22	0.2	0.28	0.32	0.31	0.31	0.35	0.36	0.29	0.24	0.16	0.01
T-P 全リン	0.074	0.074	0.074	0.077	0.078	0.081	0.103	0.131	0.17	0.106	0.073	0.043	0.005
O-P 有機態リン	0.017	0.016	0.018	0.021	0.019	0.023	0.028	0.036	0.037	0.017	0.017	0.007	0.005
I-P 無機態リン	0.057	0.058	0.056	0.056	0.059	0.058	0.075	0.095	0.133	0.089	0.056	0.036	0.005
D-P 溶存態リン	0.03	0.031	0.025	0.028	0.025	0.029	0.029	0.039	0.051	0.038	0.034	0.022	0.005
P-P 懸濁態リン	0.044	0.043	0.049	0.049	0.053	0.052	0.074	0.092	0.119	0.068	0.039	0.021	0.005
SS 浮遊物質	64	67	63	66	72	71	115	159	214	115	68	25	1
水位 (推定)	0.136	0.166	0.192	0.248	0.313	0.364	0.317	0.295	0.257	0.158	0.140	0.114	－
水位 (35 分前)	0.13	0.16	0.18	0.23	0.29	0.37	0.34	0.26	0.35	0.17	0.14	0.12	－
水位 (25 分後)	0.14	0.17	0.2	0.26	0.33	0.36	0.3	0.32	0.19	0.15	0.14	0.11	－

※水位は、水文水質データベースを基に算出。設定した水位に達した時間が 0 時 35 分であり、その後 2 時間ごとに採水が行われたため、1 時間刻みに公開されている水位情報から採取時の水位を推定した。

表 IV-9 河川水（出水時）調査で設定した採水開始水位

地点	河川	機器設置日時	設置時水位	採水開始水位	採水口付近状況	機器設置状況
五木宮園	川辺川	2023/11/1	-0.06 m	0.09 m		
柳瀬	川辺川	2023/10/14	1.82 m	2.60 m		
一武	球磨川	2023/10/14	-1.42 m	-1.37 m		
人吉	球磨川	2023/10/15	-1.00 m	-0.60 m		
横石	球磨川	2023/10/15	0.66 m	0.71 m		

2.4 考察

球磨川流域における雨水、河川水（平水時）、河川水（出水時）の各調査結果は、以下の傾向であった。

- 雨水

神瀬、多良木の両観測地点ともに季節変動により各種の数値の変化が見られた。傾向としては、神瀬よりも多良木の栄養塩濃度が高い結果となった。これは、神瀬では森林を多く含む山地であり、多良木では居住地が多く人間による活動が活発な平地であるため、化石燃料や農地・酪農等から出た栄養塩が大気中に含まれていた可能性が考えられる。また、11月よりも12月の栄養塩濃度が高い結果となった。

- 河川水（平水時）

いずれの地点でも季節変動により各種の数値の変化が見られたが、全体的な傾向として土地利用形態や観測地点の土壌、雨水分析の結果から表 IV-10 に示す傾向を捉えることができた。

表 IV-10 河川水（平水時）の SS・栄養塩濃度変化の傾向と考察

地点	傾向・考察	参考：栄養塩・SS 平均濃度
五木宮園	ここの上流域は、ほぼ 100% が森林で構成されるため、窒素濃度が最も低い。一方で、10 月 11 月のリン濃度（特に無機態リン）は最も高かった。これは、わずかに存在する農用地での施肥等の人為的な影響が考えられるほか、10 月 11 月に雨が少なかったため、上流の森林にストックされたリンが一定程度流出していたことや、土壌が褐色森林土に分類され、地質が固結堆積物（砂岩・泥岩・チャート）であることから、リンを多く含む物質で固結された地質である可能性が考えられる。	全窒素：0.32 mg/L 全リン：0.028 mg/L SS：0.7 mg/L
柳瀬	上流部に若干の農用地と田があり、人為的影響があり季節変動が大きい。これは上流の五木宮園と比べると、窒素濃度と SS が上昇しており、10 月から 1 月にかけて減少傾向（耕作期外）していることから耕作地の施肥による影響であると考えられる。一方でリン濃度が他の地点よりも低くなっていることについては、四浦前後の取水堰によりリンが留まっている影響が考えられる。	全窒素：0.41 mg/L 全リン：0.021 mg/L SS：1.3 mg/L
一武	流域内で最も農用地や田の割合が多い観測地点であり、流域に含まれるあさぎり町、多良木町は人口が多く、取水口やダム、耕作等の人為的な影響で栄養塩濃度が高い状況である。一方で、継続的な人間活動の影響により、季節による変動は少なかった。	全窒素：0.74 mg/L 全リン：0.039 mg/L SS：2.3 mg/L
人吉	今回調査した調査地点の中で最も窒素濃度が高かった。これは調査地点が流域内で最も人口が多い人吉市の中心部であり、人為的影響を大きく受けているためと考えられる。また、川辺川との合流後であるため、川辺川の影響も受けるほか、一武より下流側を含めた	全窒素：0.82 mg/L 全リン：0.030 mg/L SS：3.8 mg/L

	本流の耕作地等の影響を受け、栄養塩濃度が高くなっていると考えられる。	
横石	流域内すべての栄養塩やSSが集中するが、人吉より下流は森林域であり、ここで流出する栄養塩は森林100%の五木宮園と同様の濃度と想定される。このため、森林域から流れ出す水と混ざることによって栄養塩濃度が人吉よりも下がったと考えられる。	全窒素：0.66 mg/L 全リン：0.032 mg/L SS：3.8 mg/L

- 河川水（出水時）

推定される水位及びSS・栄養塩濃度をグラフに示した結果を図IV-7、図IV-8に示す。過年度の調査と同様に水位の変化から少し遅れて栄養塩とSSの濃度が上がることが確認できた。また、出水時の全窒素・全リン濃度のピークとSS濃度のピークは同一時刻であった。

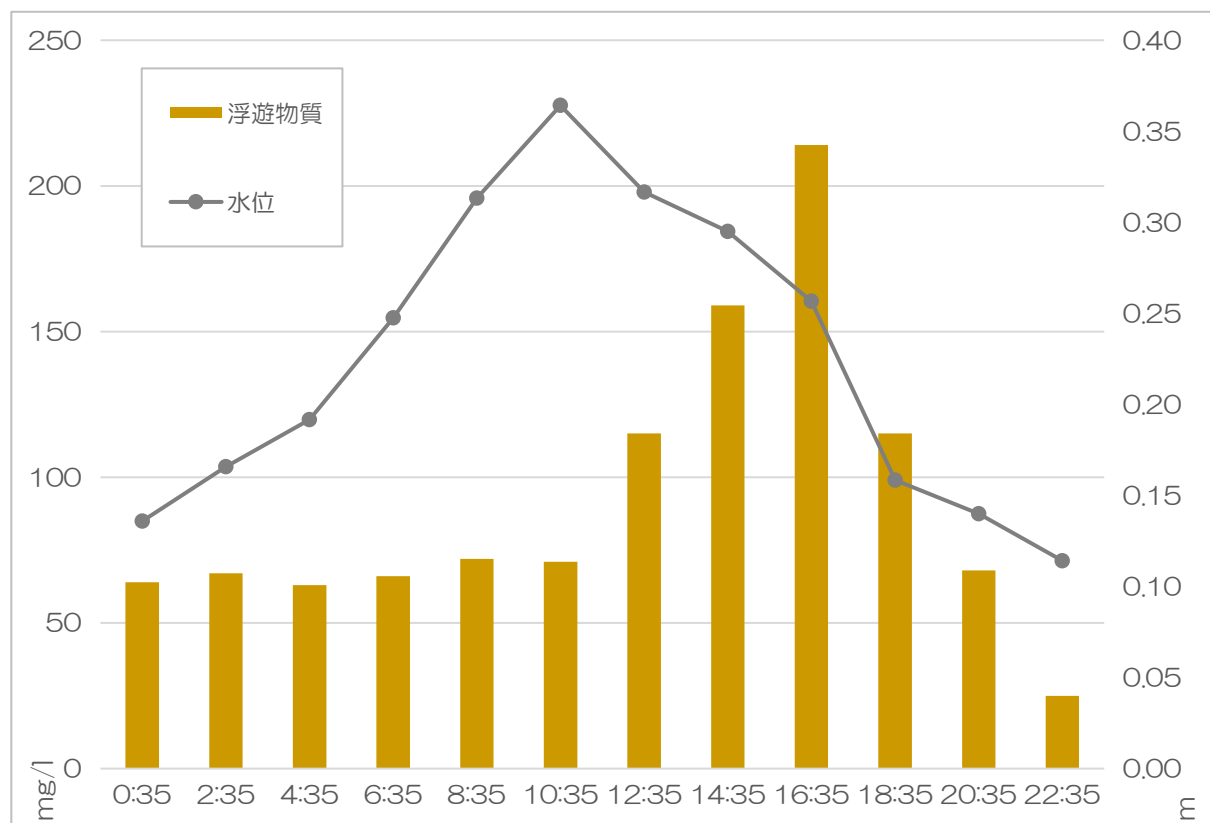


図 IV-7 推定される水位と SS の濃度関係

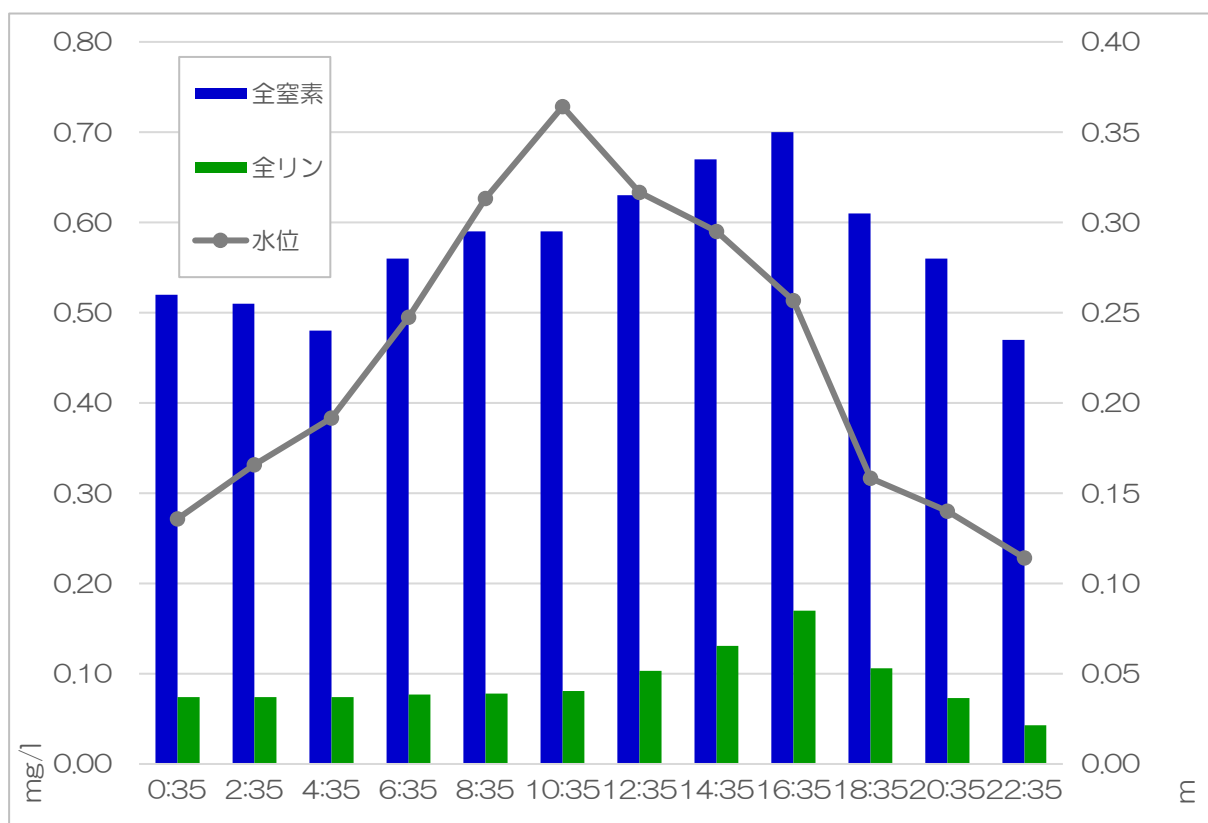


図 IV-8 推定される水位と全窒素・全リンの濃度関係

続いて、推定される水位と窒素化合物・リン化合物の濃度の関係を図 IV-9、図 IV-10 に示す。栄養塩濃度のピークでは、窒素は有機態が増加し、リンでは無機態が増加していた。これは、施肥を含んだ土砂 (SS) の流出と合わせて窒素とリンが科学的に変化していると考えられる。

最後に、水位と栄養塩別に溶存・懸濁の割合変化の状況を図 IV-11、図 IV-12 に示す。ここでは、過年度調査と同じようにピーク時は懸濁態の割合が上がることを確認された。これの要因としては、水位のピークとともに河川内に堆積している土砂が運ばれ一時的に懸濁態の濃度が上がるが、これは水位の減少とともに徐々に落ち着くが、運ばれた土砂はやがて水に溶解、懸濁として下流へ運ばれていったと考えられる。

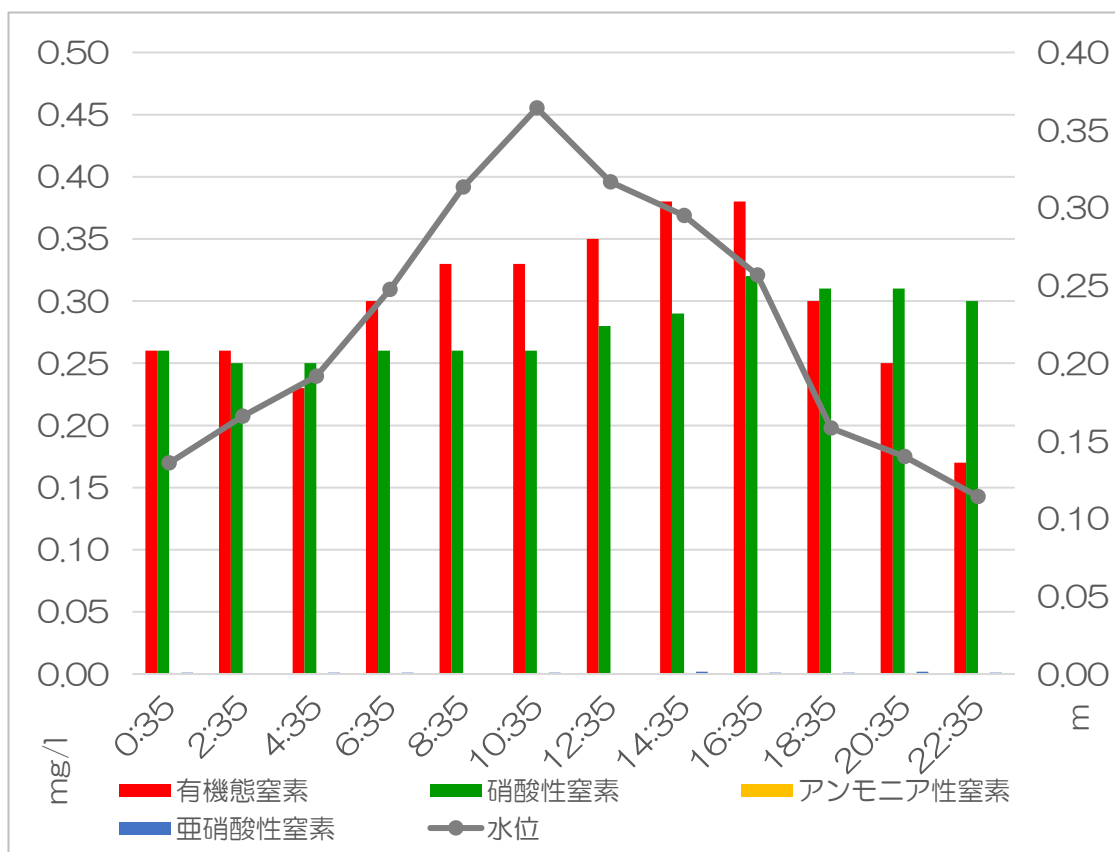


図 IV-9 推定される水位と窒素化合物の関係

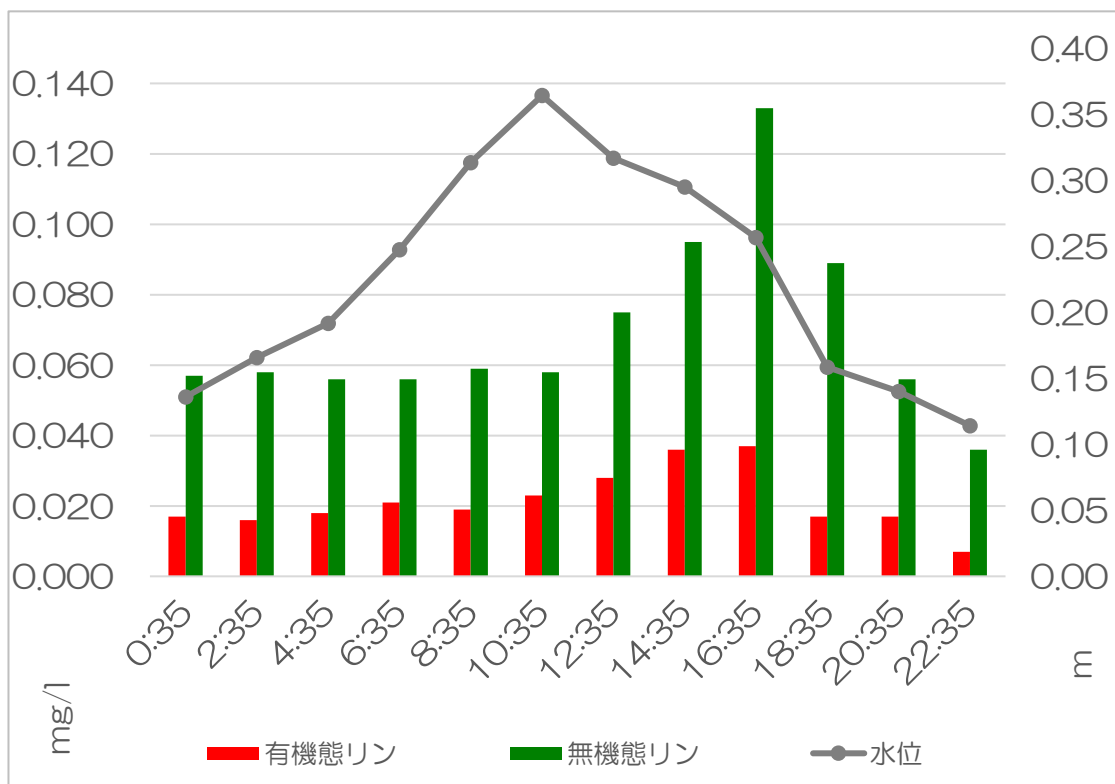


図 IV-10 推定される水位とリン化合物の関係

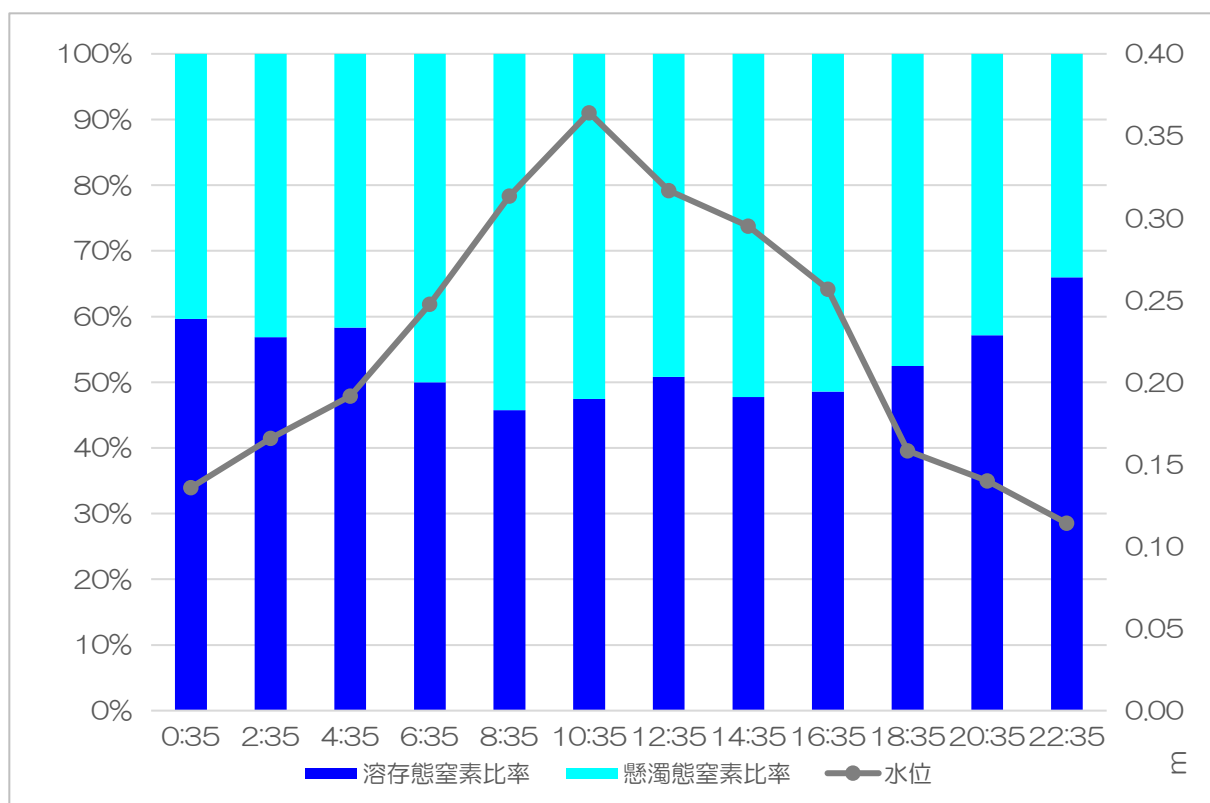


図 IV-11 推定される水位と形態別窒素の関係

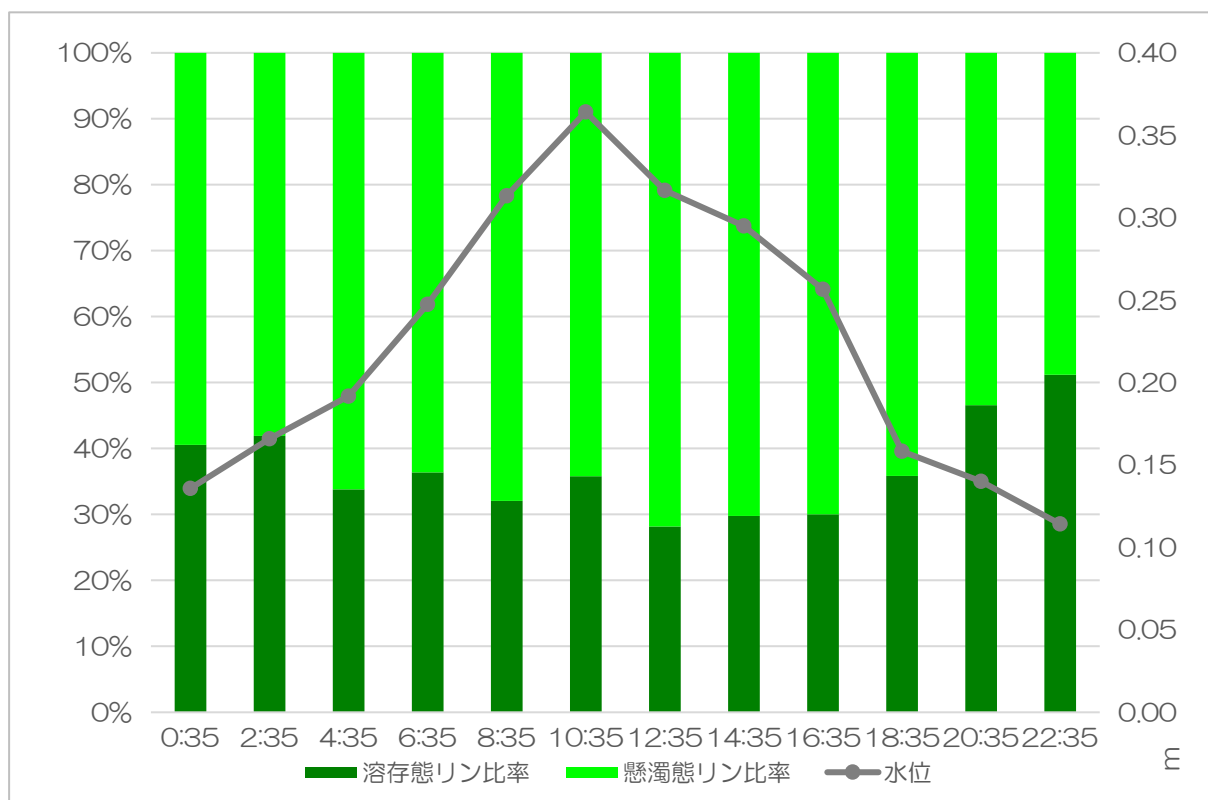


図 IV-12 推定される水位と形態別リンの関係

- その他

今年度調査した球磨川流域では、調査開始時期が 10 月となってしまう、本格的な雨季を逃してしまったため、出水時の調査が五木宮園での 1 箇所しか採水することができなかった。流域を評価するためには、年間の SS・栄養塩の総流出量の大半を占めるであろう出水時の調査は必須であり、SWAT モデルの精緻化にあたっても大変重要であると考えられる。そのため、今後の調査においても球磨川流域における出水時調査を行い採取データサンプル数を補完し、SWAT モデルの精度向上を図る必要がある。このことから、今年度現地調査を実施した観測地点の優先順位もあわせて表 IV-11 のとおり整理した。

表 IV-11 球磨川河川水調査地点の優先順位

地点名	選定理由	懸念点	(優先順位) 理由
横石	潮汐の影響の無い球磨川の最下流点。	水位が上がりにくい ため、採水できる可能性が低い。	(1) 最下流点であるため、流域を評価する際に必要
人吉	球磨川本流であり、川辺川と球磨川の合流した直下地点。	設置可能箇所が少し高い水位。※令和 5 年度は平水時+40cm 箇所に設置	(3) 川辺川の影響を含めた中流の状況を把握するために必要
柳瀬	川辺川であり、と球磨川本流との合流より上流にある地点。	設置可能箇所が少し高い水位。※令和 5 年度は平水時+78cm 箇所に設置	(5) 川辺川の状況を把握するために必要
一武	球磨川本流であり、川辺川との合流より上流にある地点。	特になし	(4) 川辺川合流前の本流の状況を把握するために必要
五木宮園	川辺川の最上流地点 (100%森林)。	特になし	(2) 上流が 100%森林であるため、森林からの流出を評価する際に必要

3. 筑後川における事前踏査

次年度以降に現地調査を実施する予定の、筑後川流域における河川水調査（平水時・出水時）の調査観測地点を検討した。検討に当たり、候補とした調査地点は、SWAT モデルでのキャリブレーションにも活用することを想定し、国土交通省が水位・流量観測している地点を候補地とした。候補となった水位・流量観測地点の一覧を表 IV-12、図 IV-13 に示す。

表 IV-12 候補とした水位・流量観測地点一覧

番号	観測所名	河川名	所在地	緯度	経度
1	小平	筑後川	大分県日田市大山町西大山字小平 3768-1	33 度 15 分 04 秒	130 度 58 分 16 秒
2	小湊	筑後川	大分県日田市若宮町	33 度 18 分 23 秒	130 度 56 分 34 秒
3	隈	筑後川	大分県日田市隈 1 丁目	33 度 18 分 46 秒	130 度 55 分 50 秒
4	荒瀬	筑後川	福岡県うきは市浮羽町大字三春字西川 690-3	33 度 20 分 46 秒	130 度 49 分 56 秒
5	恵蘇ノ宿	筑後川	福岡県うきは市吉井町八和田	33 度 21 分 50 秒	130 度 45 分 10 秒
6	片ノ瀬	筑後川	福岡県久留米市田主丸町菅原	33 度 21 分 10 秒	130 度 37 分 56 秒
7	瀬ノ下	筑後川	福岡県久留米市瀬ノ下町字浜町上	33 度 19 分 09 秒	130 度 29 分 40 秒
8	若津	筑後川	福岡県大川市向島	33 度 12 分 53 秒	130 度 21 分 44 秒
9	小ヶ瀬	玖珠川	大分県日田市日高小ヶ瀬町	33 度 17 分 53 秒	130 度 57 分 52 秒
10	花月	花月川	大分県日田市丸ノ内町	33 度 19 分 47 秒	130 度 56 分 04 秒
11	西隈ノ上	隈上川	福岡県うきは市浮羽町西隈の上	33 度 20 分 31 秒	130 度 47 分 20 秒
12	金丸橋	佐田川	福岡県朝倉市金丸	33 度 22 分 51 秒	130 度 39 分 38 秒
13	栄田橋	小石原川	福岡県三井郡大刀洗町栄田	33 度 22 分 52 秒	130 度 38 分 03 秒
14	中央橋	巨瀬川	福岡県久留米市田主丸町田主丸	33 度 20 分 33 秒	130 度 41 分 28 秒
15	端間	宝満川	福岡県小郡市福童	33 度 22 分 36 秒	130 度 33 分 05 秒
16	日出来橋	城原川	佐賀県神埼市神埼町竹	33 度 18 分 48 秒	130 度 22 分 00 秒
17	田手橋	田手川	佐賀県神埼郡吉野ヶ里町田手	33 度 19 分 07 秒	130 度 23 分 14 秒
18	仁比山	城原川	佐賀県神埼市神埼町大字城原	33 度 21 分 21 秒	130 度 21 分 42 秒
19	柴尾橋	城原川	佐賀県神埼市千代田町用作字柴尾 1480-1	33 度 19 分 33 秒	130 度 22 分 26 秒
20	東湊	巨勢川	佐賀県佐賀市金立町大字薬師丸字下九郎	33 度 17 分 29 秒	130 度 19 分 07 秒
21	東名	巨勢川	佐賀県佐賀市金立町千布	33 度 18 分 00 秒	130 度 18 分 47 秒
22	廿橋	黒川	佐賀県佐賀市金立町千布	33 度 17 分 53 秒	130 度 18 分 10 秒
23	杖立	筑後川	熊本県阿蘇郡小国町大字下城字湯鶴 4189-2	33 度 11 分 01 秒	131 度 02 分 00 秒

24	小五馬	筑後川	大分県日田市大山町東大山船渡 3931-2	33 度 13 分 49 秒	130 度 59 分 00 秒
25	千丈	筑後川	大分県日田市大山町西大山橋場	33 度 16 分 29 秒	130 度 57 分 14 秒
26	栃野	津江川	大分県日田市中津江村栃野引野ノ上 469-6	33 度 08 分 01 秒	130 度 56 分 32 秒
27	川原	川原川	大分県日田市上津江町大字川原字上元組 3825-5	33 度 06 分 36 秒	130 度 57 分 41 秒
28	上野田	上野田川	大分県日田市上津江町大字川原字谷 4538 番地-1	33 度 07 分 04 秒	130 度 58 分 08 秒
29	竹中	玖珠川	大分県玖珠郡玖珠町戸畑	33 度 16 分 36 秒	131 度 07 分 05 秒

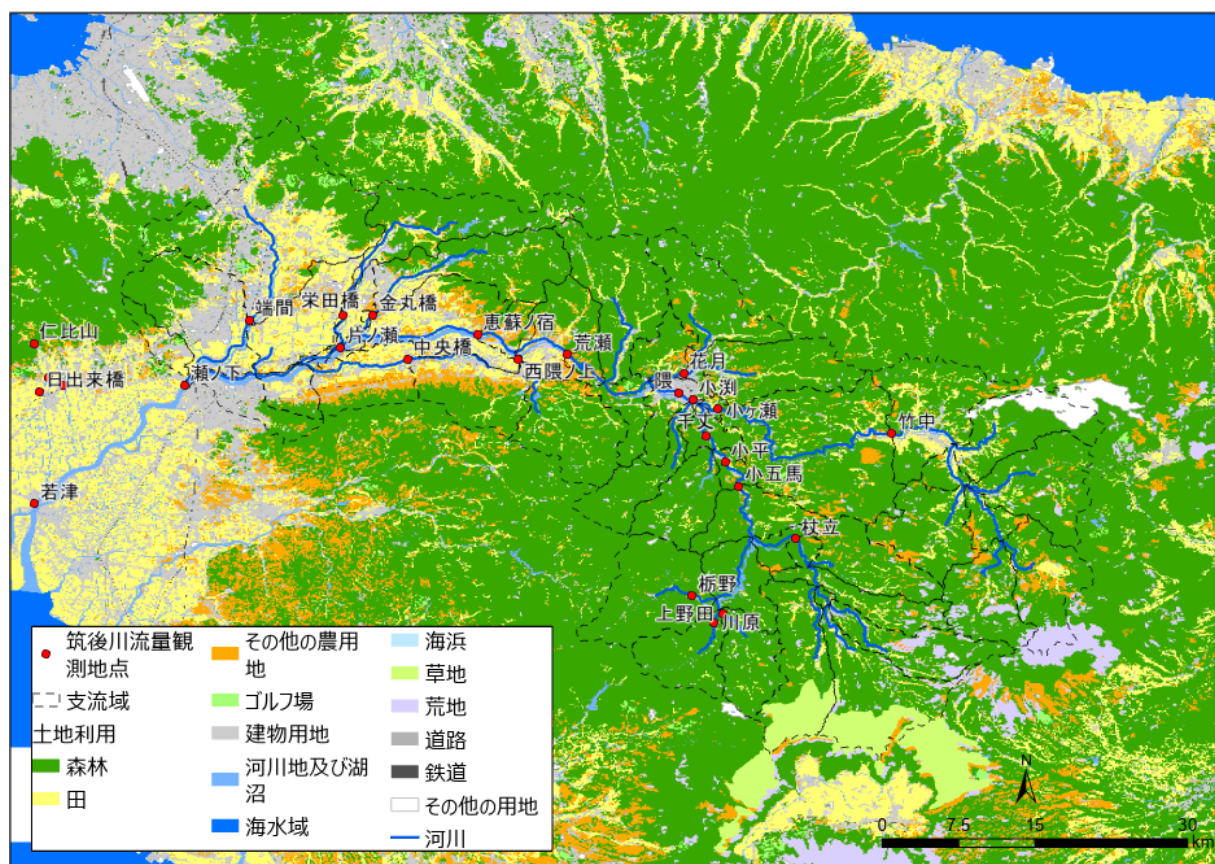


図 IV-13 候補とした水位・流量観測地点一覧図

これらの候補のうち、表 IV-1 に示した現地調査候補地の選定に当たっての留意点を踏まえ、候補地点の優先順位付けを図り表 IV-13 のとおり選定した。現地調査の候補地点とした箇所のうち、竹中については、流量が水文水質データベースで公開されていないため、SWAT モデルを用いた際には水量のキャリブレーション地点とすることができないが、「筑後川支川の上流部である玖珠川の水質を空間的に把握することが重要である」との委員からの意見を踏まえ、候補地点に加えることとした。

また、選定した箇所については、自動採水器の設置が可能かを含め、現地確認を行った。その概要を表 IV-14 に示す。

表 IV-13 選定した筑後川河川水調査の候補地

地点名	選定理由	懸念点	(優先順位) 理由
瀬ノ下	潮汐の影響の無い筑後川の最下流点。	水位が上がりにくい ため、採水できる可能性が低い。	(1) 最下流点であるため、流域を評価する際に必要
小湊	筑後川上流で大山川と玖珠川の合流地点であり森林域の下端に位置する。モデルでのキャリブレーション地点。	特になし	(2) 上流がほぼ森林であるため、森林からの流出を評価する際に必要
杖立	大山川の上流部(南)杖立川に位置する流量観測所。	特になし	(4) 上流南側の状況把握
川原	大山川の最上流部田の野川に位置する流量観測所(100%森林)。	(周辺3箇所とも)モデル解析期間である2010年の流量データが欠測している。	(3) 上流が100%森林であるため、森林からの流出を評価する際に必要
竹中	筑後川上流部(北)の玖珠川に位置する流量観測所であるが現在観測はされていない。	流量が水文水質データベースで公開されていない。 水文水質データベースで流量を把握する際は、玖珠川最下流地点に在る小ヶ瀬観測所データをを用いる。	(5) 上流南側の状況把握(キャリブレーション地点にできない)

表 IV-14 選定した筑後川河川水調査の候補地の状況

地点名	調査時 水位	機器設置 想定位置 (水位換算)	参考: 九州北部 豪雨時水位	調査時(2024/2/15-16) 状況
瀬ノ下	1.08m	約 9.0m	約 5.6m	
小湊	0.77m	約 6.4m	約 3.2m	

杖立	2.16m	約 6.4～9.9m ※複数候補あり	約 6.7m	
川原	0.96m	約 4.0～7.5m ※複数候補あり	約 2.8m	
竹中	0.36m	約 7.0m	約 3.5m	

V. SWAT モデル構築・精緻化

1. 課題及び対応方針

令和4年度に構築した球磨川モデルにおける課題及び対応方針は、表 V-1 のとおりである。

表 V-1 球磨川モデルの課題

区分		小項目	課題	対応方針
1	キャリブレーション	データ補完	森林直下点（五木宮園観測所）のシミュレーション期間（2010-2020 年）における土砂（SS）及び栄養塩濃度の実測データが少なく、十分なキャリブレーションが行えない。	比較的実測データが整備されている 1990 年代のモデルを新たに構築し、土砂（SS）・栄養塩の流出量推定のための近似式を作成し、2010 年代モデルに適用する。
		精度検証	各支流域において SWAT モデルで再現したハイドログラフでは、流出量の推定精度が不十分（流域最下流地点で高い推定精度が得られたとしても、上・中流域における流下プロセスが適切に再現されているとは言い難い）。	観測地点の在る各支流域においてキャリブレーションを実施し、精度向上を図る。
			支流域毎及び流域全体からの年間流出総量について整合が取れているかを確認する必要がある。	
2	土砂・栄養塩流出量	パラメータ調整	SWAT モデルで再現したハイドログラフ上で、ピーク後の逓減期において実測値と推定値に乖離がある。	流出にかかるパラメータの再調整を行う。
			土砂・リンの流出量が森林直下地点（五木宮園観測所）、流域最下流点（横石観測所）ともに平水時において過大推定の傾向にある。	土砂・リンの流出にかかるインプットの見直しを行うと共に、土地利用ごとの流出量を確認し、パラメータを調整する。

2. 作業の全体フロー

表 V-1 に整理した課題および対応方針を踏まえ、図 V-1 のように実施した。

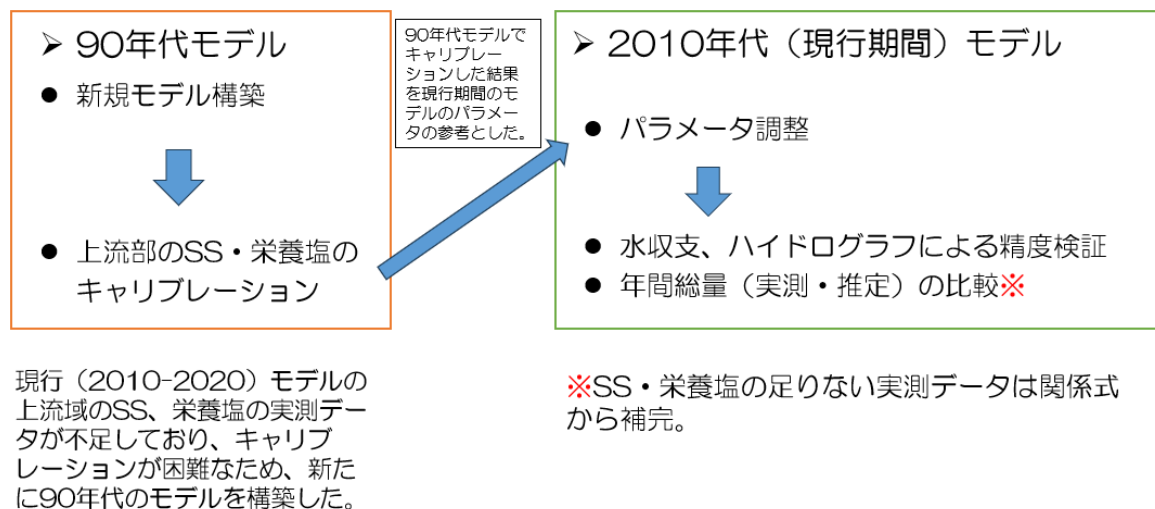


図 V-1 球磨川モデル精緻化の作業フロー

3. モデル調整

3.1 モデル調整にかかる検証

（1）ダムデータの入力に関する検証（荒瀬ダム、瀬戸石ダム）

流域最下流部である横石観測所において土砂（SS）流出量（以下SSとする。）のモデル推定値が過大であったため、大きく影響を与えることが想定されるモデルでのダム設定とその影響について検証を行った。

令和4年度に球磨川モデルを構築した際は、ダム管理者である熊本県よりデータ入手し規模が大きい市房ダムをモデルに反映したが、球磨川最下流部の横石観測所の上流に位置する荒瀬ダムおよび瀬戸石ダムのデータが入手できなかったことからモデルに未反映であった（図 V-2）。

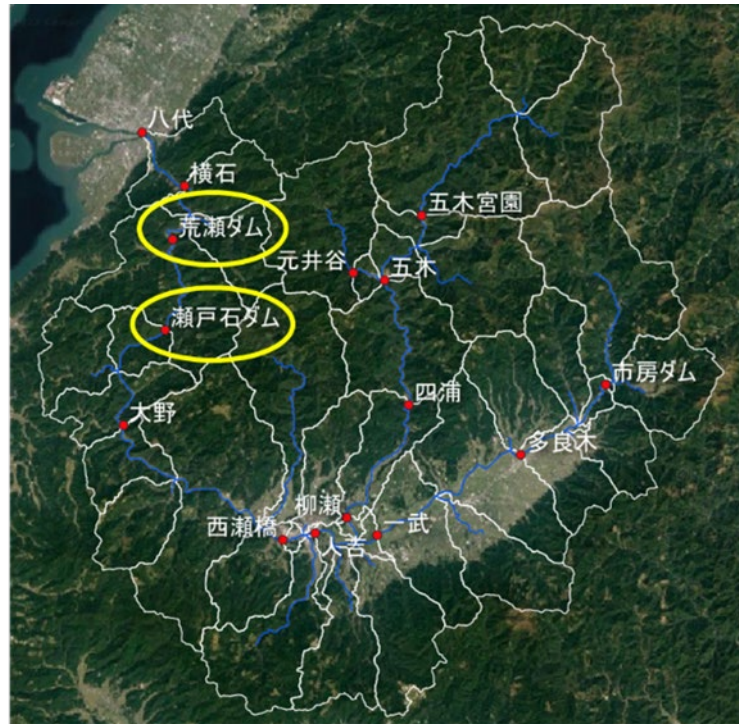


図 V-2 ダム位置図

それぞれのダム管理者が公開している年堆砂量の実測量は、市房ダムが約 200 万 m^3 、荒瀬ダムが約 100 万 m^3 、瀬戸石ダムが約 60 万 m^3 である。いずれのダムも一定程度の堆砂量があることから、SWAT モデルにダム設定を反映することにより、SS 流出量の推定精度が向上することが期待されたため、未入手である荒瀬ダム及び瀬戸石ダムの貯水量等に関するデータの入手を検討した。各ダムの設定に関する対応方針は、以下のとおりである。

- 荒瀬ダムは、2012 年～2018 年にかけて撤去工事が実施され、現在は存在していない。そのため、管理者である熊本県よりダムが設置されていた時期の流出量に関するデータを入手し、90 年代モデルのみにダムの設定を行った。
- 瀬戸石ダムは、ダム管理者から流出量に関するデータを入手することはできなかった。しかし、流入量と流出量が同程度であるとの情報提供があったことから、瀬戸石ダムが河川流量に与える影響は小さいと考えられ、SWAT モデルへはダムの設定は実施しないこととした。

(2) 発電用の取水による河川流量が減少する要因についての検証

球磨川モデルを作成するにあたり、河川流量の調整過程において、川辺川中流域に位置する四浦観測所では実測流量が推定流量を大きく下回ったため、河川流量の減少要因について検証した。

川辺川に在る四浦観測所と、最上流部に位置する五木宮園観測所の実測の河川流量を比較したところ、下流に位置する四浦観測所において実測流量が五木宮園観測所の実測流量を下回っていることが確認された (図 V-3)。



図 V-3 四浦および五木宮園における実測の河川流量

四浦観測所での状況を詳細に把握するために、国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所に状況を確認したところ、四浦観測所の上流側に位置する川辺川第二取水堰で取水した河川水を、四浦観測所の下流側に排水していることが判明した（図 V-4）。



図 V-4 川辺川第二取水堰における取水

この川辺川第二取水堰における取水による影響が、河川流量の実測値と SWAT モデルでの推定値が乖離していることや、五木宮園観測所の河川流量が四浦観測所において河川流量を上回ったことの要因と考えられた。

モデルの精度向上のためのキャリブレーション地点として四浦観測所を想定していたが、モデルでの取水の再現が困難であり、取水した前後で流量がほぼ同じであることから、四浦観測所はキャリブレーション地点から除き、その前後の観測所で精度検証を行うこととした。

（３） 農業取水による河川流量の減少要因についての検証

モデルの調整を進めるにあたり、球磨川本流域において、市房ダム下流で農業用の取水が行われていることが確認されたため（図 V-5）、農業用に使用している取水量を SWAT モデ

ルに反映した（図 V-6）。

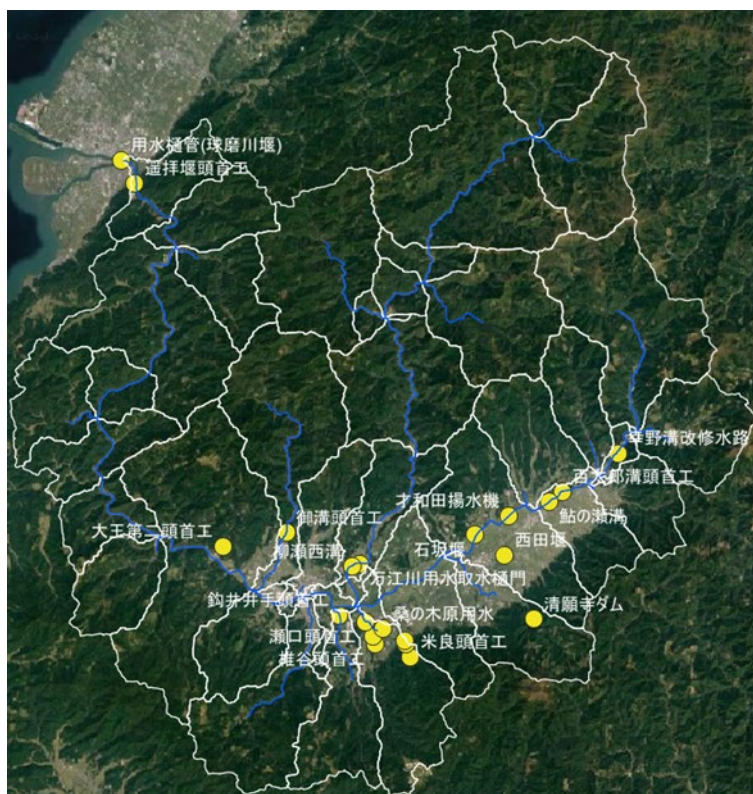


図 V-5 球磨川流域の農業用取水施設

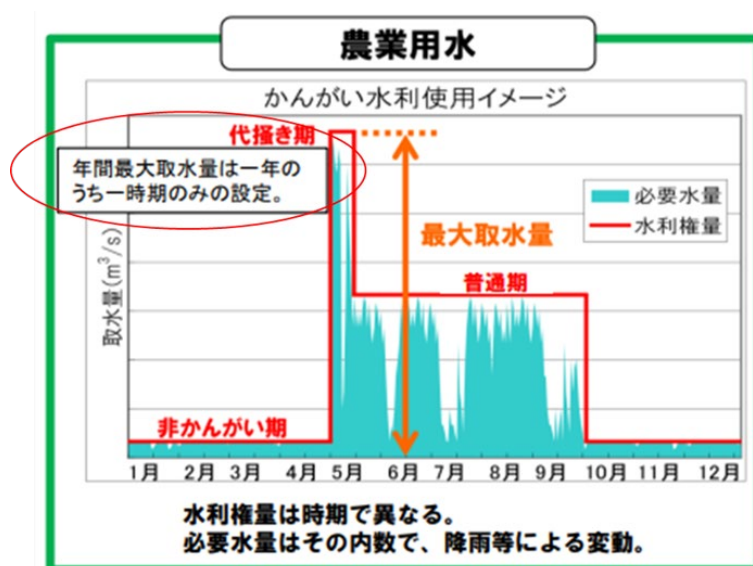


図 V-6 農業用取水量設定のイメージ

（農林水産省農村振興局整備部水資源課作成の図に加筆）

取水量のデータ反映にあたっては、国土数値情報ダウンロードサービスが提供している最大取水量のデータを基に取水量のモデル設定値を決定した。さらに、令和4年度のモデル構築の際にも参考にした、JA くま「令和4年度版 ヒノヒカリ くまさんの輝き 栽培基準」を参

考に、年間に使用する農業用水を3時期（代掻き期（湛水～代掻き）、普通期（代掻き後～収穫前まで）、非かんがい期（収穫～翌年の湛水前まで））に区分した。各時期の取水量は、代掻き期は最大取水量、普通期は最大取水量の1/2、非かんがい期は取水量をゼロとして設定することとした。このとき、農業用水はいったん取水し、使用された水は河川に復帰すると考えられるが、そのうち蒸発散や地下深部へ浸透により失われる量を考慮すべきであることから、この値を30%とし²、代掻き期と普通期の取水量の30%を実際の農業取水量としてSWATモデルに入力した。

3.2 1990年代モデル構築

球磨川モデルでは、上流域のシミュレーション期間（2010～2020年）における公開されているSS及び栄養塩の実測データが極端に少なく（表V-2）、球磨川本流及び川辺川の上流域の調整が十分に行えないことが課題であった。

そのため、データが比較的整備されている1990年代の実測データを用いて、新たに構築する1990年代モデルのキャリブレーションを行い、最適化されたパラメータを現行モデルに適用することを検討した。

1990年代モデルのキャリブレーションにあたり、1990年代及び2010年代の球磨川流域における土地利用図を比較した（図V-7）。2010年代と1990年代を比較すると、1990年代の方が川辺川上流部に「裸地」が多く分布している。

表 V-2 五木宮園における実測データ数

	1990年代 (1993年～1998年)	2010年代 (2010年～2020年)
SS	20	9
TN	68	2
TP	68	2

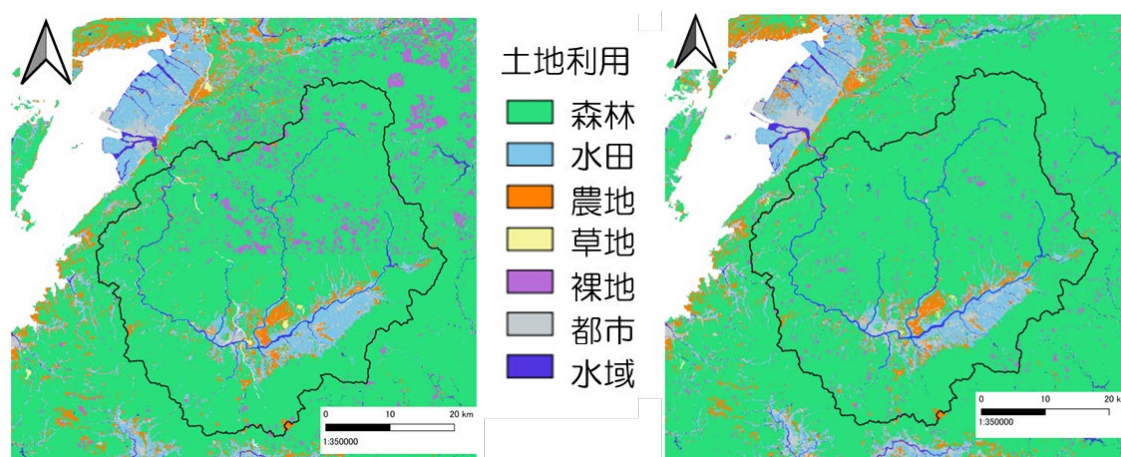


図 V-7 球磨川流域の土地利用図（左：1990年代、右：2010年代）

図 V-8 に 1993～1998 年の五木宮園観測地点における実測の降水量、河川流量及び SS、

² 「水のはなしⅢ（技報堂出版）高橋裕編」

TN、TP の流出量を示す。

平水時の SS、TN、TP は月一回程度のデータが確認された。出水時のデータはピークの立ち上がりから遡減まで在ることが望ましいが、図 V-8 をみると、出水時については年に 1 点存在かないかのごく数点のデータのみしかみられなかった。

そのため、仮に 1990 年代のデータセットを用いてキャリブレーションを実施しても、ピーク時の精度が低い可能性が高く、1990 年代モデルから得られたパラメータを現行モデルに適用したとしてもモデルの推定精度の向上はあまり期待できないことから、現行モデル（シミュレーション期間：2010～2020 年）を用いてキャリブレーションを実施することとした。

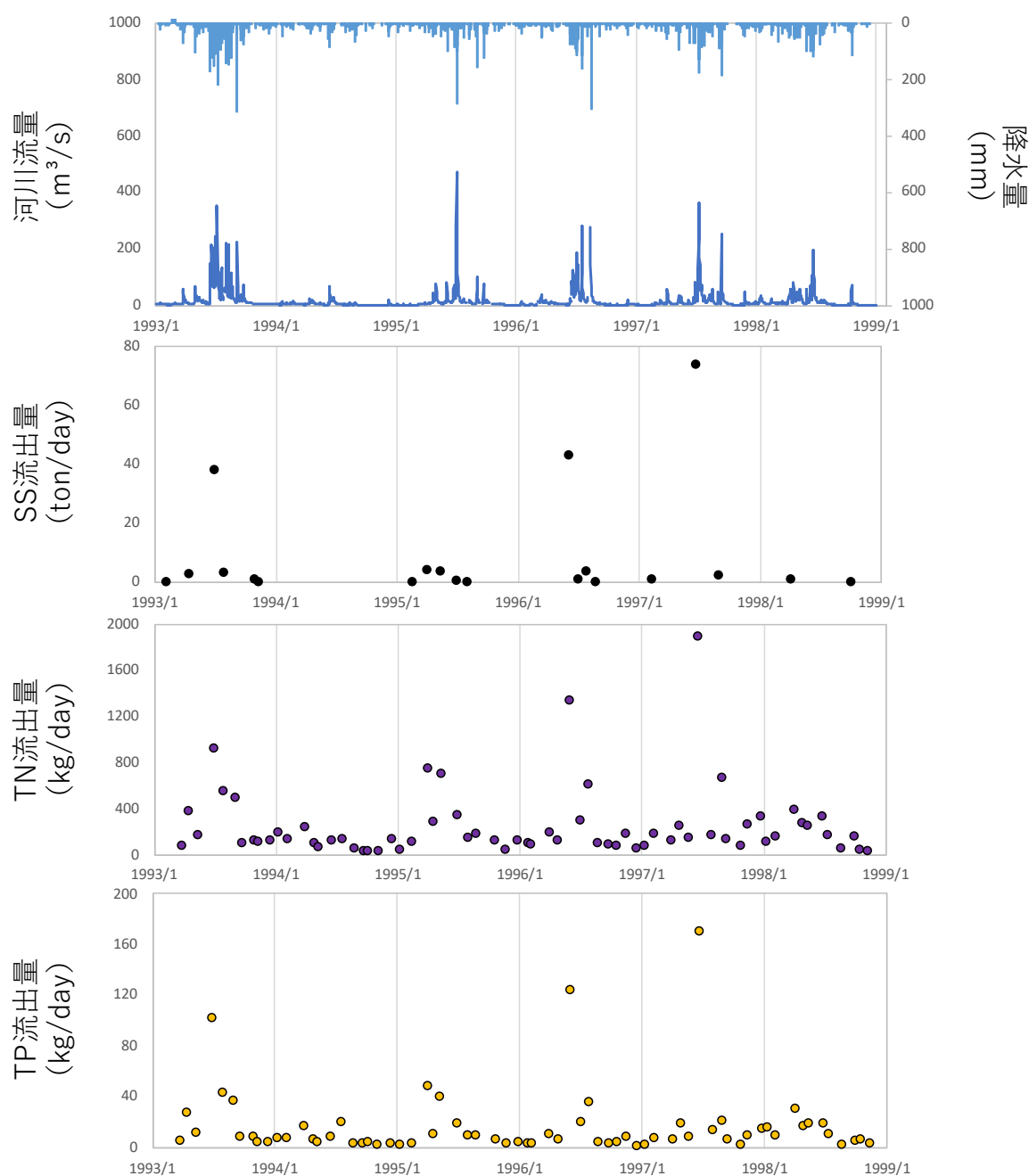


図 V-8 1993～1998 年の五木宮園観測地点における実測の降水量、河川流量及び SS、TN、TP の流出量

3.3 パラメータ調整（キャリブレーション・バリデーション）

（１） 水パラメータの調整

既往の知見を参考に、蒸発散、表面流、土壌浸透に関するパラメータを土地利用タイプや土壌タイプ毎に差を付けた上で、その相対関係を保ちつつ、河川流量の精度が高められるよう、土地利用区分毎の水収支の再現度が高められるようにパラメータの調整を行った。

土地利用毎の水収支では、急傾斜地が多い「森林」や「農地（傾斜地）」、「裸地」で側方流量が過大となるため、傾斜のパラメータである SLSUBBSN(平均斜面長)及び HRU_SLP(平均傾斜勾配)の調整を行った。調整を開始した当初は、極端に斜面長を長く、傾斜を緩くなるよう調整していたことから、ピーク時の河川流量が過少推定となったが、パラメータを適切に調整したところ、ピーク流量が微増し、精度が高まった。

（２） SS パラメータの調整

SS の推定精度向上のため、SS の精度向上に関係が強い USLE 関係のパラメータ及び河道の侵食に関するパラメータの調整を行った。さらに、河川の上流部と下流部では、河床における材料（土、砂、礫）や植生の状態が異なるため、流出状況に差があると考えられることから、CH_COV1（河道の侵食係数）及び CH_COV2（河道の被覆係数）を上流部と下流部でパラメータ値に差を付け、モデルで再現した。このとき、侵食されやすい上流部の CH_COV1 や CH_COV2 の値を下流部より高くした。

（３） 栄養塩パラメータの調整

リンの流出量は SS との相関が高いため、SS の調整を行うことで概ね平水時の値を再現することができた。

窒素の流出量はパラメータの調整を行ったが、モデルでは窒素流出に影響の大きいパラメータが少なく、十分に調整できなかったことから、精度を高めることはできなかった。

4. 結果及び考察

4.1 調整後のパラメータ値の結果

キャリブレーションにより得られたベストパラメータ値や、調整方法・根拠を表 V-3 に整理した。

表 V-3 パラメータの調整結果

パラメータ	パラメータ値	方法・根拠	参考資料
CANMAX 最大樹冠貯留量 (mm)	森林：4 農地（傾斜地）：3 農地（平地）：1	Iida(2017)によると、樹冠貯留量は雨の降り始めとともに増加し、4mm 程度で頭打ちとなるため、森林地を 4mm とし、農地（傾斜地）を 3mm、農地（平地）を 1mm とした。	Iida et al , 2017
OV_N 粗度係数	森林：0.16 草地：0.04 農地：0.04 水田：0.04 裸地：0.01 都市（medium）：0.1	Akoh（2017）によるとマニングの粗度係数は森林地で 0.16、農地で 0.04 と示している。また北原ら（1994）によると裸地のマニングの粗度係数は 0.01 としている。草地・水田は概ね農地と同様であると仮定し、0.04 と設定した。都市部については、モデル上の設定を「medium density」としている。Akoh et al(2017)によると「low density」の OV_N は 0.05、「high density」は 0.15 としており、これを参考にして 0.1 と設定した。	北原ほか 1994 Akoh et al , 2017
BLAI 葉面積指数の最大値	森林：8 草地：5 農地：5 水田：5 裸地：1	石井ら（1999）の衛星データによる LAI の推定では、常緑林 8、草本 5、畑地 5、水田 5、都市・荒地 1 と示しており、これらを参考にした。	衛星データによる葉面積指数 LAI の推定（石井，1999）
SOL_K 飽和透水係数 (mm/h)	褐色森林土：42 黒ボク土：122 グライ低地土：3 グライ土：3 褐色低地土：59 未熟土：25	既往の知見を参考に、パラメータを土壌タイプ毎に差を付けた上で、土壌タイプ毎の相対関係を保ちつつ、河川流量の精度が高められるよう、土地利用毎の水収支の再現度が高められるようにパラメータの調整を行った。	農業土木技術者のための森林保全学（大手、1996）
SOL_BD 仮比重 (Mg/m ³)	褐色森林土：0.16 黒ボク土：0.15 グライ低地土：0.19 グライ土：0.15 褐色低地土：0.22 未熟土：0.19	既往の知見を参考に、パラメータを土壌タイプ毎に差を付けた上で、土壌タイプ毎の相対関係を保ちつつ、河川流量の精度が高められるよう、土地利用毎の水収支の再現度が高められるようにパラメータの調整を行った。	農林水産省「土壌の基本知識」

パラメータ	パラメータ値	調整方法・根拠	参考資料
SOL_AWC 土壌の有効水分	褐色森林土：0.94 黒ボク土：1.09 グライ低地土：0.11 グライ土：0.28 褐色低地土：0.19 未熟土：0.06	既往の知見を参考に、パラメータを土壌タイプ毎に差を付けた上で、土壌タイプ毎の相対関係を保ちつつ、河川流量の精度が高められるよう、土地利用ごとの水収支の再現度が高められるようにパラメータの調整を行った。	農林水産省「土壌の基本知識」
USLE_K 土壌侵食に関する係数	褐色森林土：0.004 黒ボク土：0.001 グライ低地土：0.007 グライ土：0.006 褐色低地土：0.08 未熟土：0.003	今井ら（2007）の報告を参考に、パラメータを土壌タイプ毎に差を付けた上で、土壌タイプ毎に設定している値から 0.15 倍と土壌からの侵食量を抑える設定にすることで、モデルから出力される SS の変動を小さくした。	統計資料等を用いて整理した北海道における土壌侵食因子の地域性について（今井，2007）
USLE_C 作物係数	森林：0.005 草地：0.02 畑：0.2 果樹：0.05 水田：0.01 裸地：0.1～0.5	USLE（土壌流亡予測式）による畑地流域からの土砂流出解析（鶴木,2010）を参考にした。値をそのまま適用すると SWAT モデルの SS 流出が多くなるため、相対関係は崩さずに文献値の値よりも低く設定した。	USLE 式による畑地流域からの土砂流出解析（鶴木，2010）
CH_K2 河床の透水係数 (mm/h)	64	河川環境の特徴 球磨川水系（国交省）を参考にし、球磨川の河床の堆積物は砂利が多いことから河床の透水性をやや高く設定した。	河川環境の特徴（国土交通省）
CH_COV1 河道の浸食係数	川辺川上流部：0.2 川辺川中～下流部：0.1 球磨川本流、下流：0.008	河川の侵食や堆積物の被覆の状態は支流域毎において傾向が異なると考えた。上流部になるほど、河川が侵食され易く、河床に土砂が堆積しないよう設定を行い、モデルの SS 流出の調整を行った。	河川環境の特徴（国土交通省）
CH_COV2 河道の被覆係数	川辺川上流部：0.03 川辺川中～下流部：0.02 球磨川本流、下流：0.005		河川環境の特徴（国土交通省）

パラメータ	パラメータ値	調整方法・根拠	参考資料
SURLAG 表面流出の遅延度合い	森林：2 草地：1 農地（平地）：1 農地（傾斜地）：2 水田：1 裸地：0.5 都市（medium）：1	地表面の粗度が高いほど抵抗が高まり地表面の流出を遅延させることからOV_Nの土地利用ごとの相対関係を参考とし、OV_Nが高い土地利用ほど流出を遅らせるように値を高く設定した。	北原ほか 1994 Akoh et al, 2017
CN2 CN法で表面流出量を計算する際のパラメータ	森林：27 草地：40 農地（平地）：47 農地（傾斜地）：35 水田：43 裸地：65 都市（medium）：42.5	OV_Nの土地利用ごとの相対関係を参考とした。SWATモデルの表面流量への影響が大きいことから、モデルから出力される水収支の表面流量の土地利用ごとの相対関係を合わせるように値を調整した。	北原ほか 1994 Akoh et al, 2017
GW_DELAY 地下水の遅延（日）	全体：2	地下水を極力遅延させないように調整することで平水時の河川流量の調整を行った。	
SLSUBBASN 平均斜面長（m）	森林：デフォルト値から1.7倍 農地（傾斜地）：デフォルト値から1.5倍 裸地：デフォルト値から1.5倍	本来SWATモデルは畑地を対象に開発されたモデルであり、初期設定の傾斜パラメータを急傾斜地に適用すると、側方流が過剰に計算される。そのため、急傾斜地において、斜面長を長くなるよう調整した。	
HRU_SLP 平均斜面傾斜（m/m）	森林：デフォルト値から0.3倍 農地（傾斜地）：デフォルト値から0.3倍 裸地：デフォルト値から0.5倍	本来SWATモデルは畑地を対象に開発されたモデルであり、初期設定値の傾斜パラメータを急傾斜地に適用すると、側方流が過剰に計算される。そのため、急傾斜地において、斜面勾配を緩くなるよう調整した。	
LAT_TTIME 側方流の移動日数（日）	森林：7.9 草地：1.8 農地（平地）：2.3 農地（傾斜地）：7.6 水田：1.7 裸地：1.6	土壌の保水性や排水性が側方流出の移動日数に関連があることから土壌の物理性に関する知見を参考に、土地利用毎に差をつけてパラメータの調整を行った。	農業土木技術者のための森林保全学（大手、1996）

4.2 ベストパラメータ適用後のシミュレーション結果

(1) 水収支

ベストパラメータ適用後の球磨川モデルによる土地利用区分別の水収支結果を図 V-9 と表 V-4 に示す。

森林の表面流量は、森林以外の各土地利用区分に比べて低い結果となった。また、森林や農地（果樹園）、裸地の側方流量はこれら以外の土地利用区分に比べ高い結果となった。これは、森林や農地（果樹園）等では、急傾斜地に多く分布していることから側方流量が高くなったと考えられる。

一方で、森林の地下水量や深層浸透量を裸地と比較すると高い結果となった。これは、森林では、樹木の根等の森林土壌が発達しているため、裸地と比べて土壌孔隙に富んでおり、貯留機能が高められるという既往の知見と合致している。

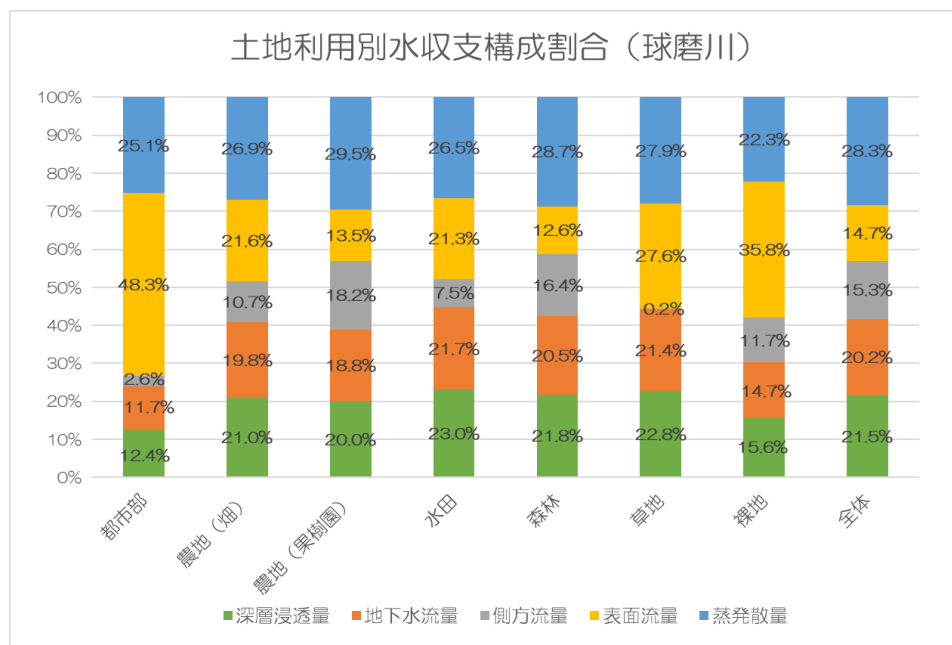


図 V-9 土地利用区分別の水収支における構成割合

表 V-4 土地利用別流出量

	降水量(mm)	蒸発散量(mm)	表面流量(mm)	側方流量(mm)	地下水流量(mm)	深層浸透量(mm)
都市部	2781	699	1342	72	324	344
農地（畑）	2813	756	609	302	556	590
農地（果樹園）	2812	830	379	512	529	562
水田	2744	726	584	207	595	632
森林	3064	879	387	501	629	668
草地	2626	733	726	6	563	598
裸地	3108	692	1112	364	456	484
全体	3032	858	445	465	613	651

なお、補足として、図 V-9 の水収支割合や表 V-4 の土地利用別流出量において、「草地」の側方流が極端に少ないことについては、「草地」は流域全体に占める面積割合が極めて少なく、且つ「草地」が分布する箇所の土壌タイプも面積割合の少ない未熟土（IMMATURE SOIL）であったことから、水収支や流出量をキャリブレーションにより適切に調整できなかった経緯がある。

（２） 土地利用区分毎の水、SS、リン（TP）、窒素（TN）の年間流出量

表 V-5 に、水、SS、TP、TN の土地利用区分別・単位面積あたりの年間流出量を示す。森林域からの水、SS、TP、TN の ha 当たり流出量は、他の土地利用区分と比較すると低い値となった。本調査における農地（畑）の窒素流出量は 23.28kg/year/ha であり、吉川ら（2019）³ の研究における畑地の TN 負荷量の推計結果（50kg/year/ha）の半分程度であった。この結果と、以降に示すモデル推定による平水時の TN 流出量が過少（図 V-24、図 V-27、図 V-30、図 V-33）であったことから、モデルにおける農地（畑）からの TN 流出量の調整が不十分である可能性が考えられた。

表 V-5 水、SS、TP、TN の土地利用別・単位面積あたりの年間流出量

土地利用	面積 (km ²)	水流出量 (mm/year/ha)	SS流出量 (ton/year/ha)	TP流出量 (kg/year/ha)	TN流出量 (kg/year/ha)
都市部	52.8	1670.44	0.223	1.50	57.02
農地（畑）	41.8	1434.71	0.008	2.76	23.28
農地（果樹園）	11.1	1395.33	0.004	0.91	15.52
水田	105.0	1372.58	0.019	4.33	9.85
森林	1623.8	1517.00	0.002	0.39	2.55
草地	0.3	201.15	0.009	0.15	0.44
裸地	40.3	1926.29	0.042	1.18	3.83
全体	1875.0	1519.23	0.010	0.72	5.06

表 V-5 のとおり、原単位での土地利用別の SS、TP、TN 流出量が算出されたことは、流域内における物質負荷源の特定や、異なる地域・流域間における負荷量の比較、土地利用形態や割合からの簡易的な負荷量推計等への応用を可能とする観点からも極めて有用な成果といえる。また、従来の原単位法は、平水時における恒常的な負荷量を算出するものが主流であるが、SWAT モデルを用いては、出水時における土地利用別の原単位負荷量や割合の推定も可能であることから、今後は、そのメリットを活かした新しい知見を示していくことが肝要といえる。

³ 森林農研機構、農業環境変動研究センター2019年研究成果「全国の水質測定流域を対象とした土地利用別の窒素等の面源負荷原単位の推定法」

(http://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/niaes/2019/index.html)

(3) 河川流量（五木宮園、柳瀬、人吉、横石）

ア) 五木宮園（川辺川上流部）観測地点での結果

川辺川上流部である五木宮園では、シミュレーション期間の全体を通してみると RSR（観測値と予測値の RMSE（二乗平均平方根誤差）を観測値の標準偏差で割ったもの）と NSE（流量のばらつきの大きさを示す指標）の 2 つの評価指標において「good」以上と高い推定精度が得られた（図 V-10）。しかし、単年程度の短い期間でみると平水時の推定流量は概ね実測と一致した（図 V-11）が、出水時の流量増加のタイミングが実測よりも早く、ピーク流量は過少であった（図 V-12）。

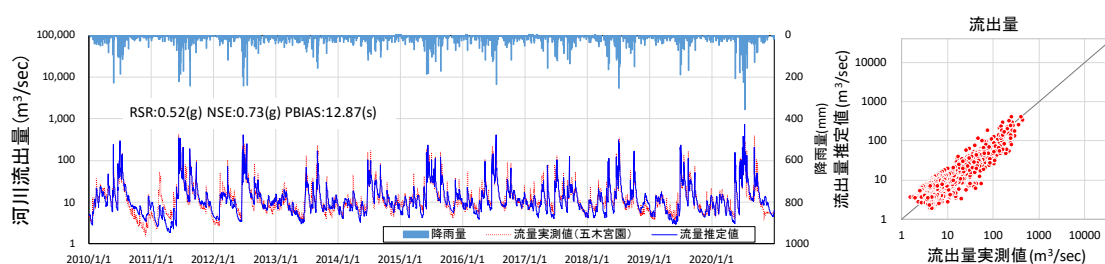


図 V-10 五木宮園におけるハイドログラフ（左）と実測と推定流量の関係（右）
(2010～2020 年)

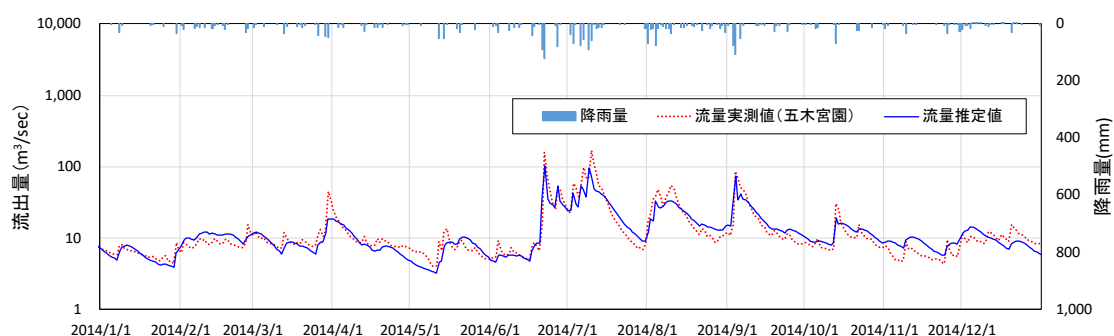


図 V-11 五木宮園における一年分のハイドログラフ（2014 年）

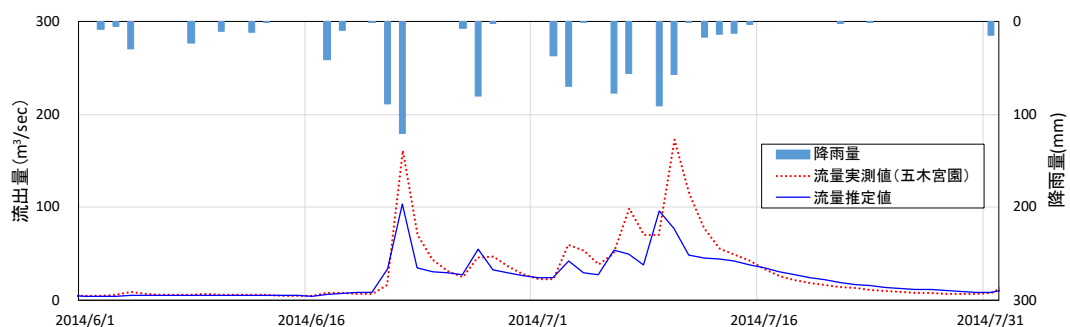


図 V-12 五木宮園における出水時のハイドログラフ

イ) 柳瀬（川辺川下流部）観測地点での結果

川辺川の下流部である柳瀬地点では、シミュレーション期間の全体を通してみると RSR と NSE、PBIAS（評価したデータの偏りを 100 分率で示したもの）の 3 つの評価指標において「good」以上と高い推定精度が得られた（図 V-13）。しかし、五木宮園と同様に平水時の推定流量は概ね実測と一致した（図 V-14）が、出水時におけるタイミングが実測流量よりも早く、ピーク流量は過少であった（図 V-15）。

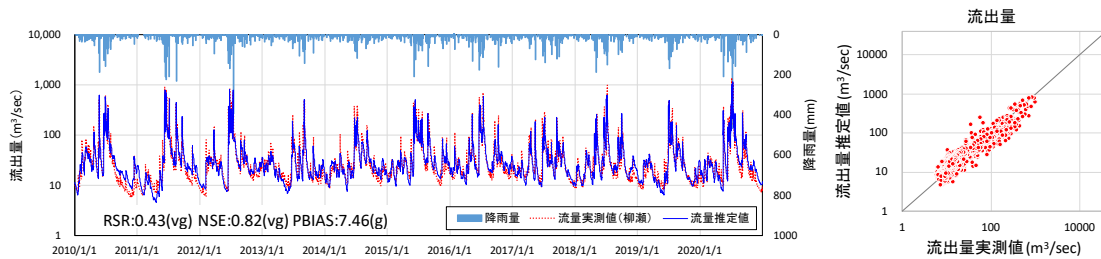


図 V-13 柳瀬におけるハイドログラフ（左）と実測と推定流量の関係（右）
（2010～2020 年）

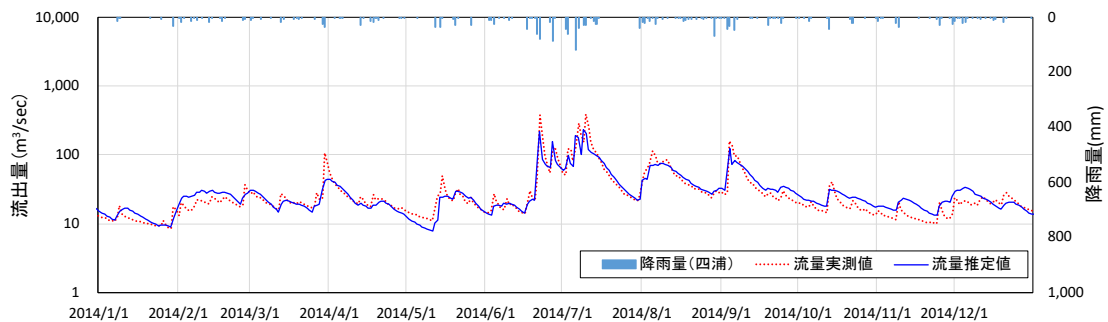


図 V-14 柳瀬における一年分のハイドログラフ（2014 年）

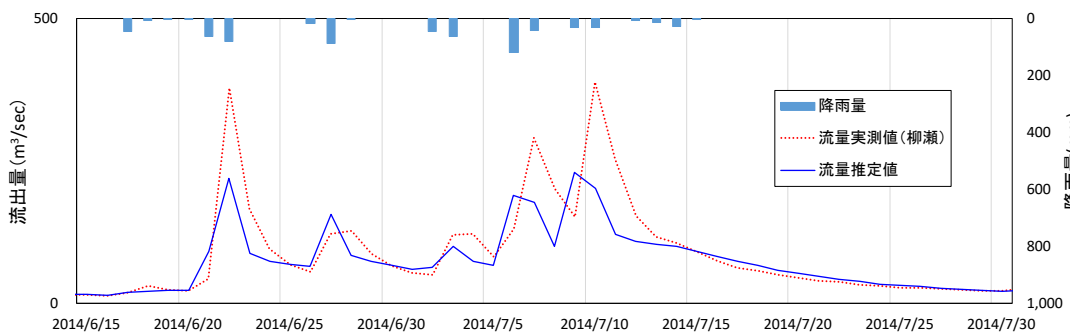


図 V-15 柳瀬における出水時のハイドログラフ

ウ) 人吉（川辺川と本流の合流直後）観測地点での結果

川辺川と筑後川本流の合流直後の人吉観測地点では、シミュレーション期間の全体を通してみると RSR と NSE の 2 つの評価指標において「good」以上と高い推定精度が得られた（図 V-16）。これまでの地点と同様に平水時の推定流量は概ね実測と一致した（図 V-17）が、出水時におけるタイミングが実測流量よりも早く、ピーク流量は過少であった（図 V-18）。

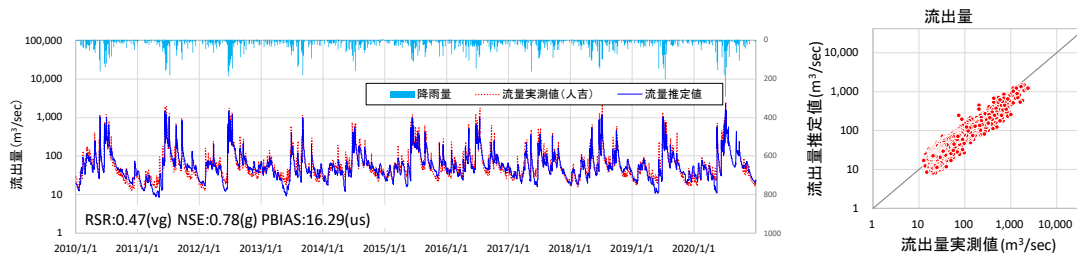


図 V-16 人吉におけるハイドログラフ（左）と実測と推定流量の関係（右）
(2010～2020 年)

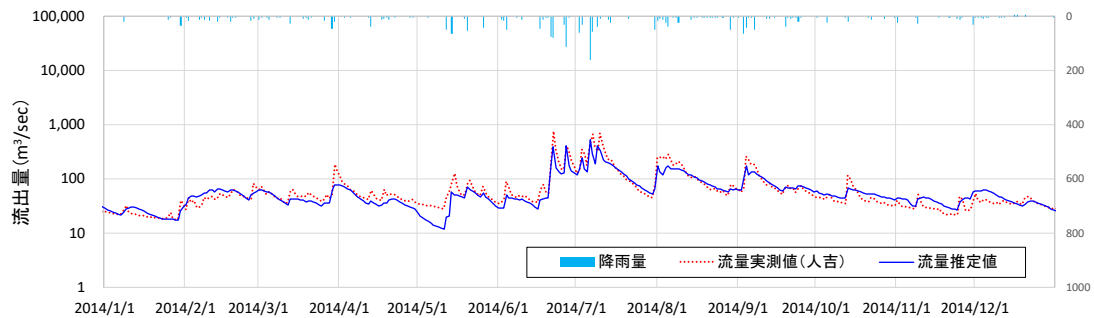


図 V-17 人吉における一年分のハイドログラフ（2014 年）

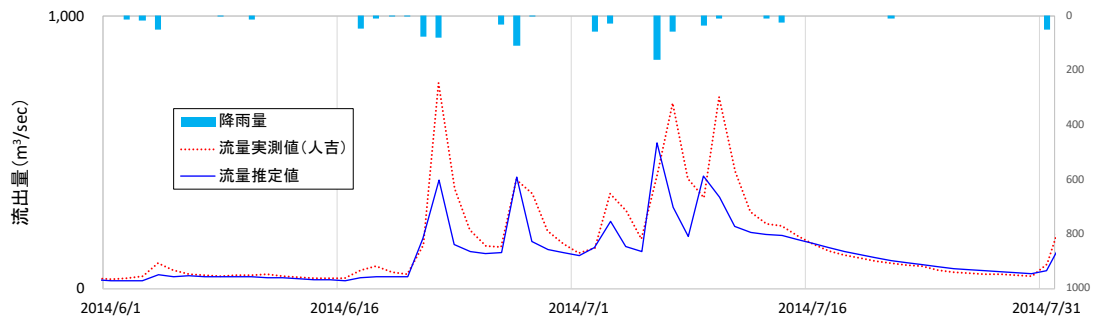


図 V-18 人吉における出水時のハイドログラフ

エ) 横石（最下流地点）観測地点での結果

最下流点の横石地点では、シミュレーション期間の全体を通してみると RSR と NSE の 2 つの評価指標において「good」以上と高い推定精度が得られた（図 V-19）。平水時の推定流量は概ね実測と一致した（図 V-20）が、出水時における初動タイミングは合致しているがピーク時のタイミングが実測流量よりも早く、ピーク流量は過少であった（図 V-21）。

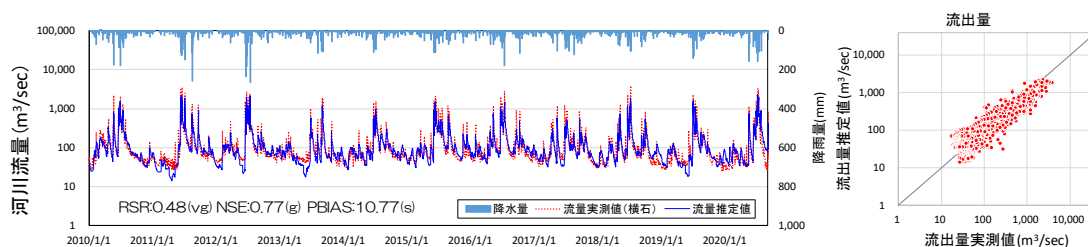


図 V-19 横石におけるハイドログラフ（左）と実測と推定流量の関係（右）
（2010～2020 年）

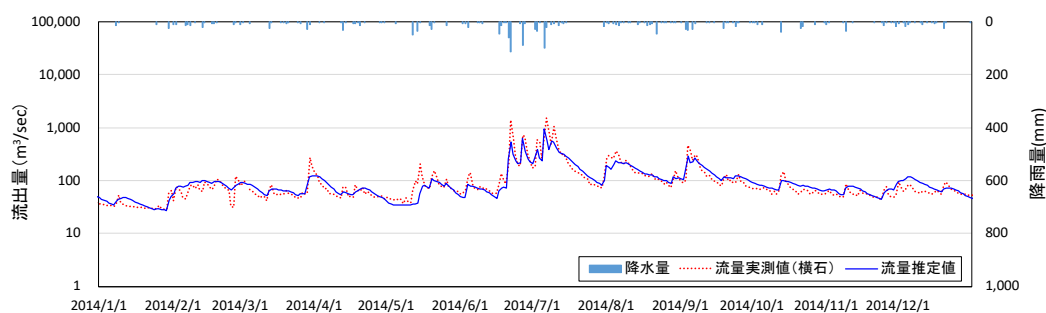


図 V-20 横石における一年分のハイドログラフ（2014 年）

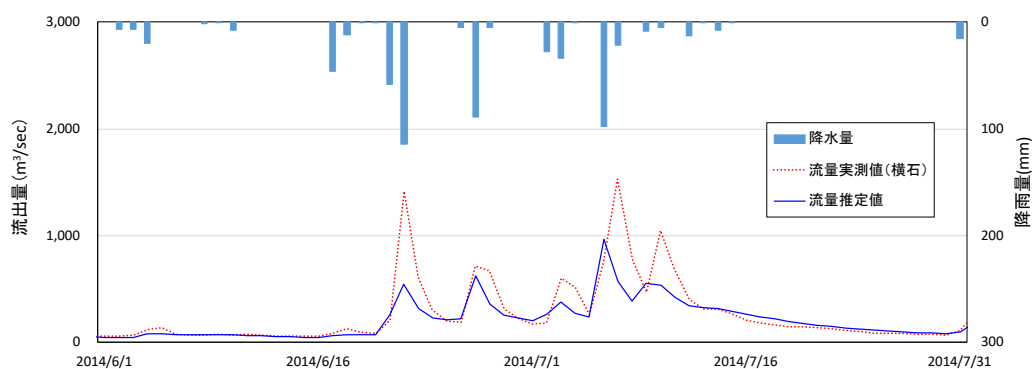


図 V-21 横石における出水時のハイドログラフ

(4) SS・栄養塩流出量（五木宮園、柳瀬、人吉、横石）

ア) 五木宮園（川辺川上流部）観測地点での結果

川辺川上流部の五木宮園観測地点における SS、リン、窒素の推定精度は、いずれの評価指標も「unsatisfactory」と低い精度であった（図 V-22、図 V-23、図 V-24）。精度が上がらなかった要因としては、入手可能な実測値のデータが少なく、十分なキャリブレーションが実施できなかったことが挙げられる。

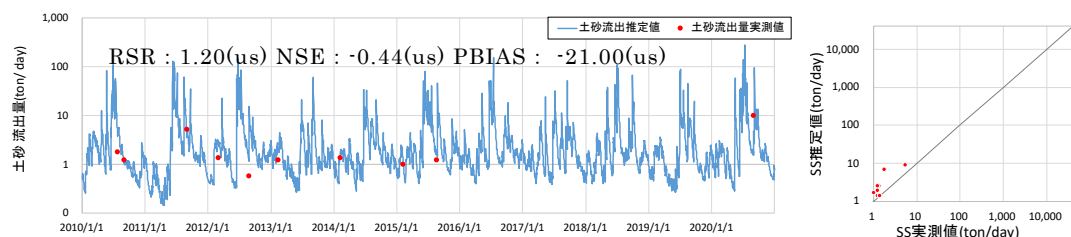


図 V-22 五木宮園におけるハイドログラフ (SS)

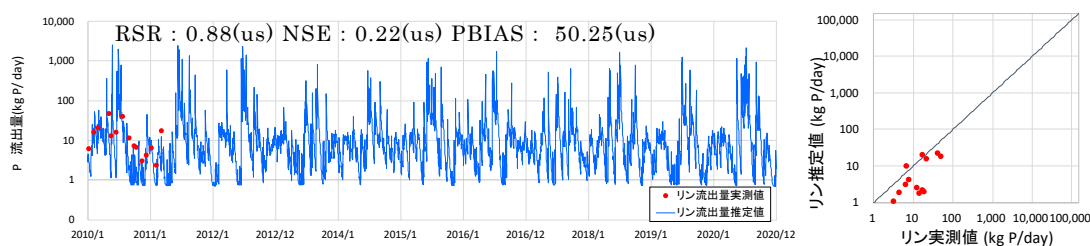


図 V-23 五木宮園におけるハイドログラフ (リン)

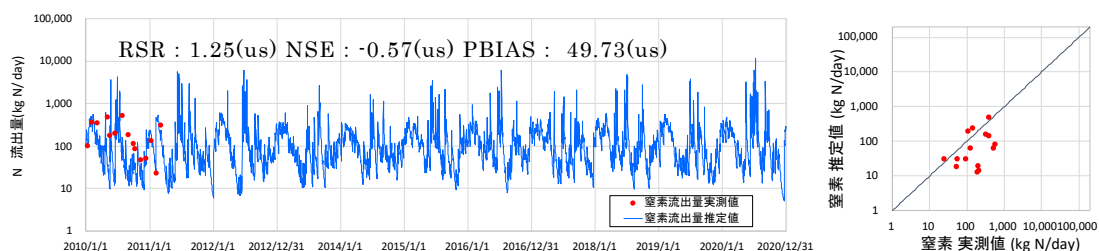


図 V-24 五木宮園におけるハイドログラフ (窒素)

イ) 柳瀬（川辺川下流部）観測地点での結果

川辺川下流部の柳瀬観測地点における SS 及びリン推定値は、平水時には実測値とのオーダーが概ね一致しており、評価指標の NSE は「satisfactory」と一定の精度が得られた（図 V-25、図 V-26）。一方で窒素の評価指標はいずれも「unsatisfactory」と低い精度であった（図 V-27）。SS 及びリンの精度が高かった要因としては水の精度が高かったことが挙げられる。

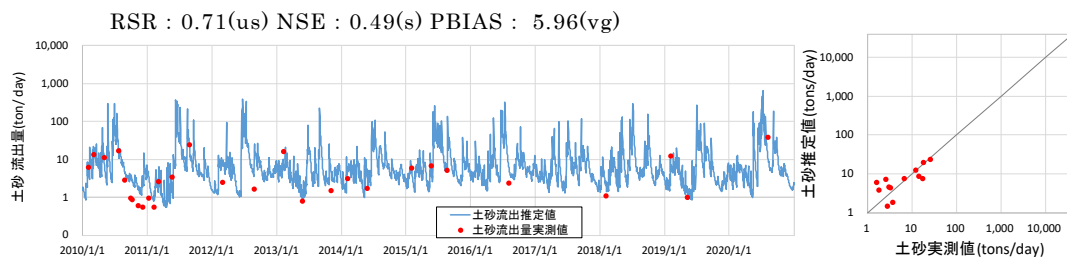


図 V-25 柳瀬におけるハイドログラフ (SS)

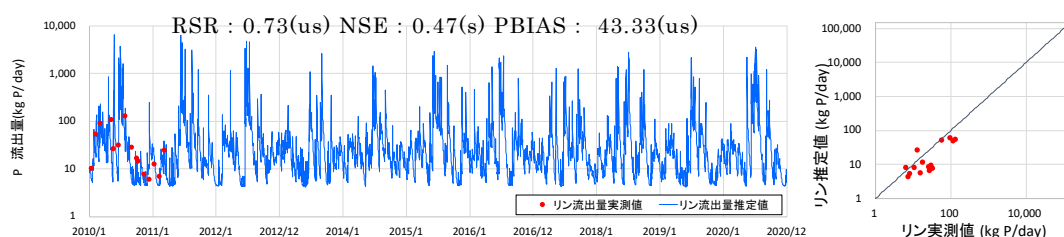


図 V-26 柳瀬におけるハイドログラフ (リン)

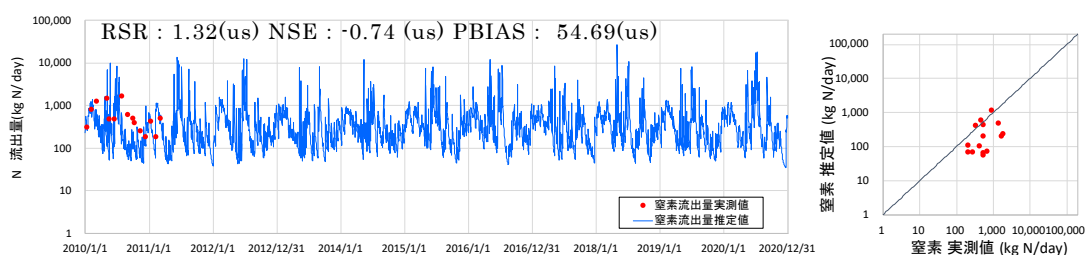


図 V-27 柳瀬におけるハイドログラフ (窒素)

ウ) 人吉（川辺川と本流の合流直後）観測地点での結果

川辺川と合流の直後の人吉観測地点におけるリンの推定値は、平水時には実測値とのオーダーが概ね一致しており、評価指標のNSEは「satisfactory」と一定の精度が得られた（図 V-29）。一方でSS、窒素の評価指標はいずれも「unsatisfactory」と低い精度であった（図 V-28、図 V-30）。リンの精度が高かった要因としては水の精度が高かったことが挙げられる。SS、窒素の精度が上がらなかった要因としては、入手可能な実測値のデータが少なく、十分なキャリブレーションができなかったことが挙げられる。

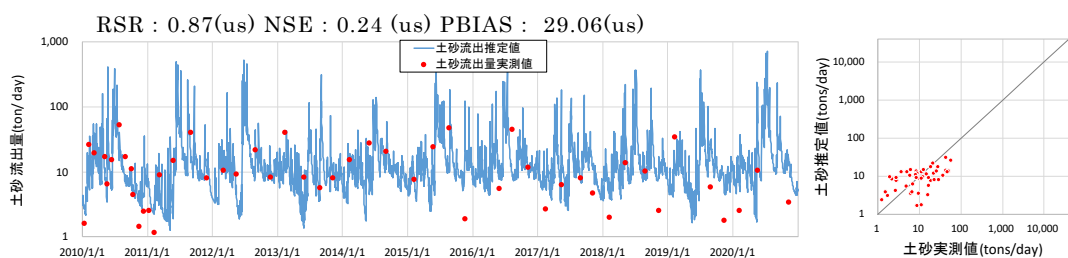


図 V-28 人吉におけるハイドログラフ（SS）

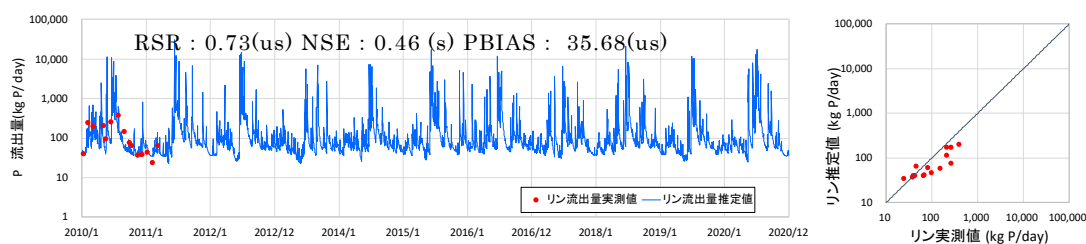


図 V-29 人吉におけるハイドログラフ（リン）

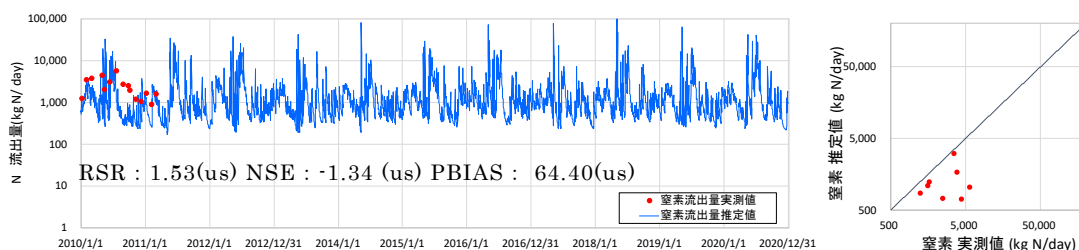


図 V-30 人吉におけるハイドログラフ（窒素）

エ) 横石（最下流地点）観測地点での結果

最下流地点の横石観測地点における SS、リン、窒素の推定値は、平水時には実測値と概ねオーダーが一致したが、出水時には過少推定であり、評価指標はいずれも「unsatisfactory」と低い精度であった（図 V-31、図 V-32、図 V-33）。その要因としては、公開されている出水時の実測値データが少なく出水時の流量のピークがうまく再現できなかったことが挙げられる。

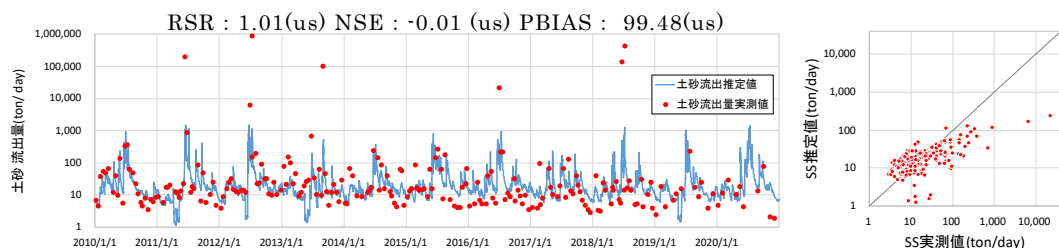


図 V-31 横石におけるハイドログラフ (SS)

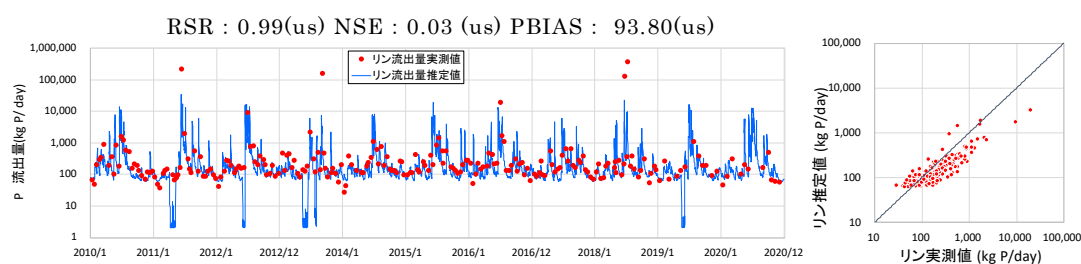


図 V-32 横石におけるハイドログラフ (リン)

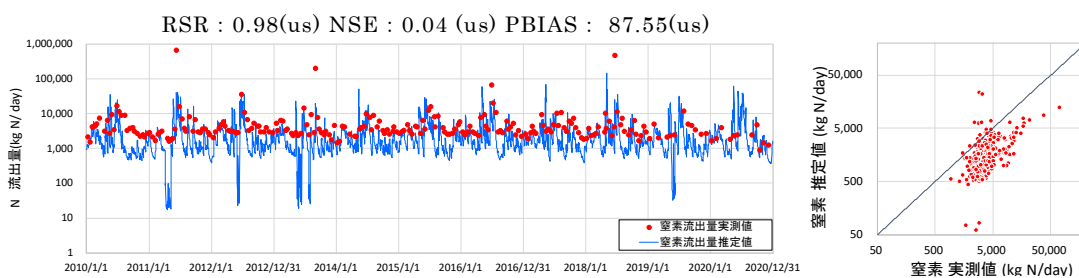


図 V-33 横石におけるハイドログラフ (窒素)

(5) 年間の水流出・SS、栄養塩の各種総量（実測・推定）の比較

ア) 水流出総量

過年度調査でのモデルの精度評価は、水収支や各観測地点における日々の河川流量を用いた推定指標による検証を行ってきた。本年度ではこれらの検証に加えて、推定値と実測値を年間で積み上げて比較する年間総量での検証も併せて実施することとした。

各観測所（横石、人吉、柳瀬、五木宮園）における年間流量について、推定値と実測値を一对で比較した散布図を図 V-34 に示す。下流部の人吉、横石においてやや過少推定であったが、どの観測地点でも一対一ライン付近にデータが集中し、概ね実測の年間総量と一致していることが確認できた。

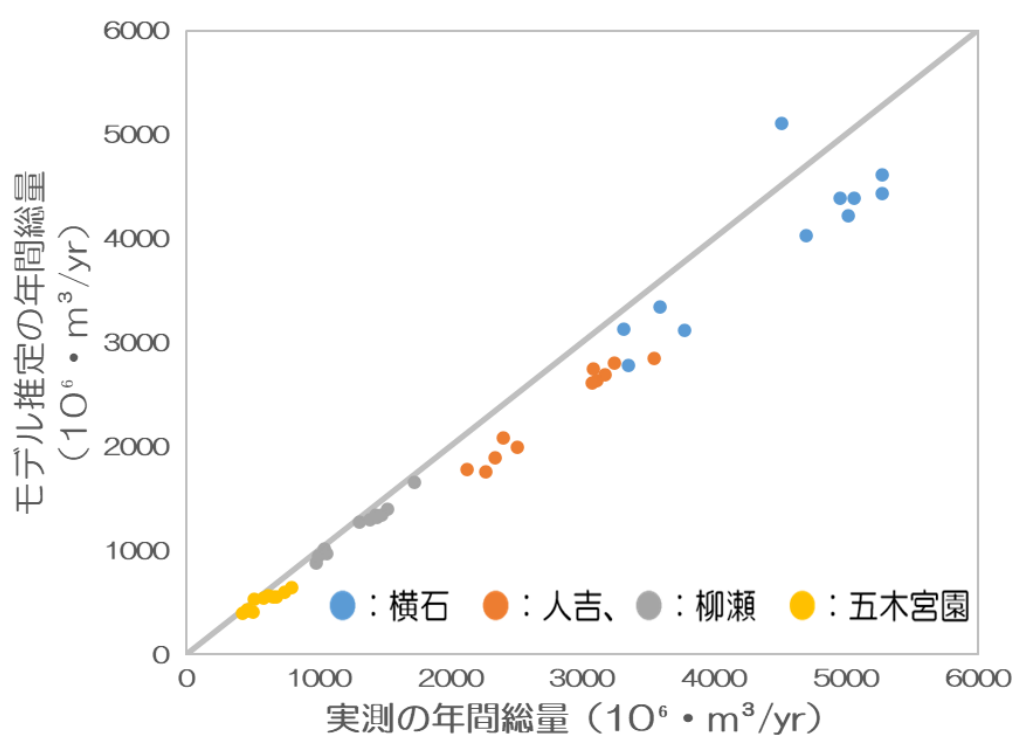


図 V-34 年間水総量（実測と推定の比較）

イ) SS、栄養塩総量（実測・推定）の比較

SS や栄養塩の総量の比較にあたっては、今回活用した水文水質データベースで公開されている SS や栄養塩の実測データが少なく、年総量としての積み上げに要するデータが不十分であった。そのため、公開されている SS 及び栄養塩のデータと河川流量との関係式を作成し、十分にデータが公開されている河川流量から補完する手法を検討することとした。

検討にあたっては、シミュレーション期間を対象にデータを収集し関係式を作成したが、十分な推定値を得ることができなかった。これは、出水時の SS や栄養塩データが少ないため、河川流量と SS の関係から得られる近似曲線の傾きが出水時のデータがある場合に比べると緩くなり、流量が多い場合の SS や栄養塩濃度と比べて過少推定となるためと考えられる（図 V-35）。そのため、検討した手法による SS、栄養塩のデータの補完は難しく、実測値と推定値の比較検証は困難であると判断した。

今後、不足している出水時の SS・栄養塩濃度を現地調査により取得することで、年総量での精度検証が可能になると考えられる。

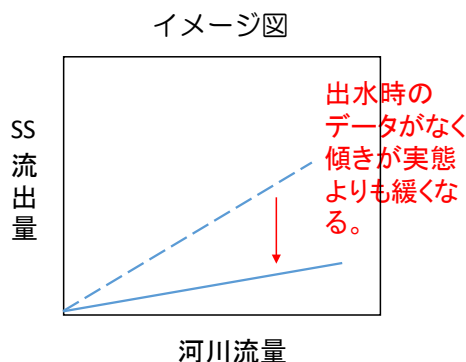


図 V-35 近似曲線イメージ図

(6) 流出量の空間分布

SWAT モデルにより推定した水収支の結果を空間分布で示す。図の作成にあたっては、流域ごとにシミュレーション期間（2010～2020 年）の平均値を色分けして示した。

ア) 年降水量

図 V-36 に、球磨川流域の年降水量の分布状況を示す。降水量は、SWAT モデルにより推定した値ではなく実測データをもとに入力した値であるが、以降に示す水収支の元となるデータであるため参考として示した。なお、この値の入力にあたっては、国土交通省等が観測している雨量観測所のデータを基に入力し、各支流流域の最寄りの各観測地点における観測値を用いている。

図 V-36 の降雨分布からは、流域南部や、本流や川辺川上流部の比較的標高の高い山間部において、年降水量が多いことがわかる。

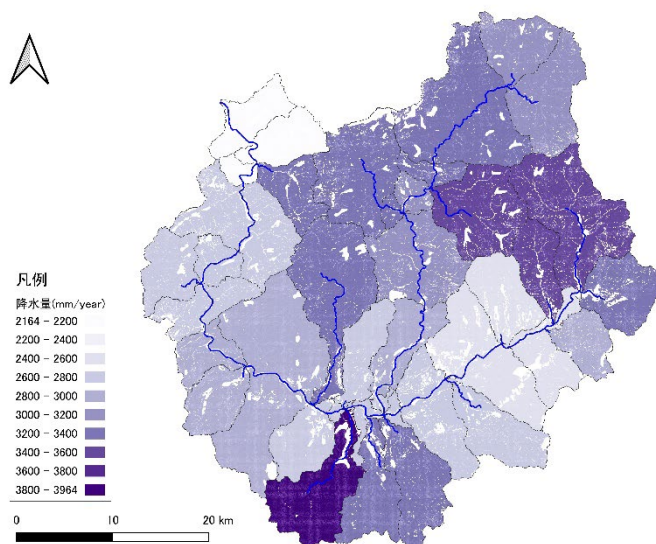


図 V-36 年降水量の分布

イ) 年蒸発散量

図 V-37 に年蒸発散量の分布状況を示す。蒸発散量は流域の下流部や川辺川上流部で多い傾向がみられた。この要因としては、当該地域に蒸発散量が多い「森林」（表 V-4 土地利用別流出量を参照）が多く分布しているためと考えられる。

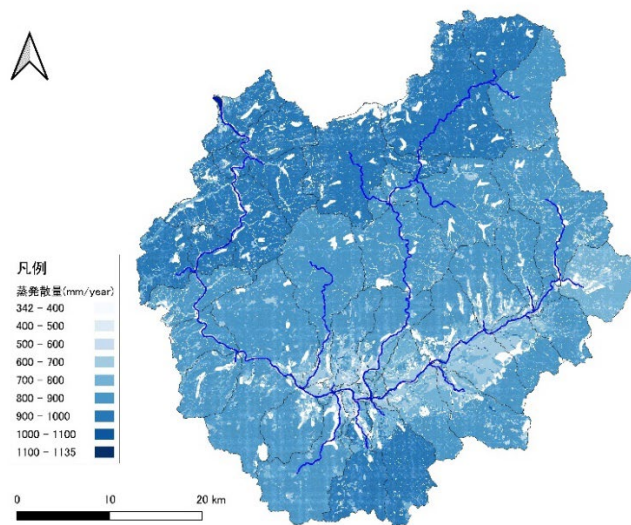


図 V-37 年蒸発散量の分布

ウ) 年表面流量

図 V-38 に年表面流量の分布状況を示す。表面流量は降水量の多い支流域で多くなる傾向がみられた。また川辺川と合流する前の球磨川本流の水田の多い地域では降水量は比較的少ないものの、表面流量は多くなる傾向がみられた。この要因として、「水田」には降雨を遮断する樹冠がなく、森林に比べ地表粗度も低いことから、降雨は土壤に浸透せずに、直接流出している割合が多いためと考えられる。

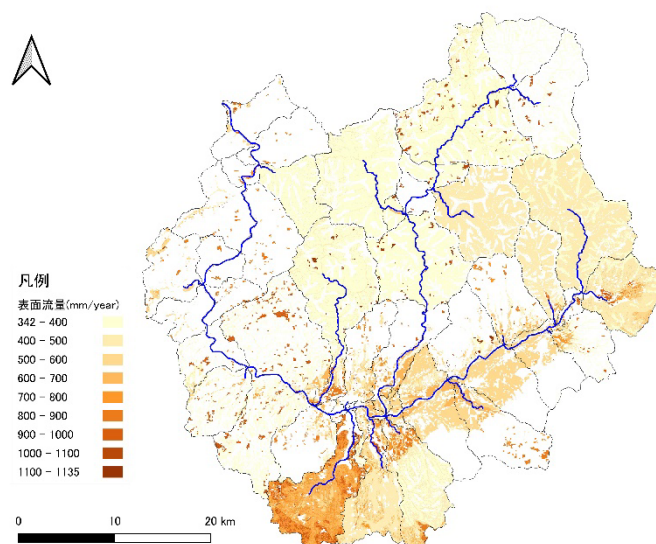


図 V-38 年表面流量の分布

エ) 年側方流量

図 V-39 に年側方流量の分布状況を示す。側方流量は川辺川と合流する前の球磨川本流の水田地域では比較的少なく、山間部で多い傾向がみられた。これらは、山間部が急傾斜であること、降水量が多いことによるものと考えられる。

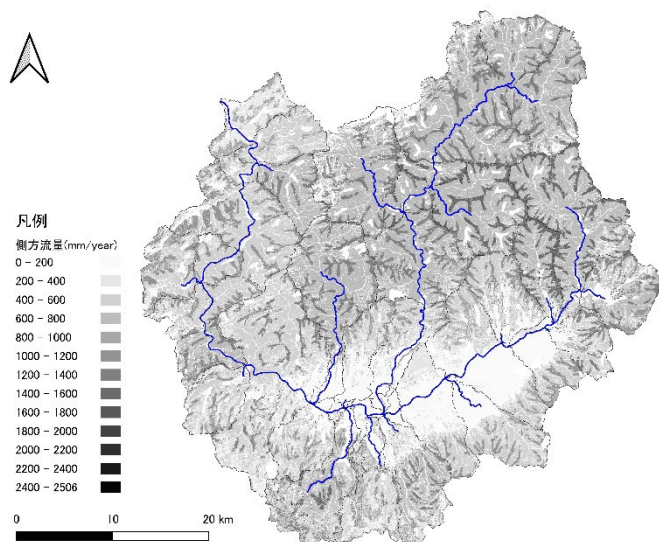


図 V-39 年側方流量の分布

オ) 年地下水流量

図 V-40 に年地下水流量の分布状況を示す。地下水流量は山間部で多い傾向がみられ、特に流域南部でその傾向が顕著にみられた。その要因としては、山間部に降る雨の多くが森林土壌に浸透し、土壌中に蓄えられた水が基底流としてゆっくりと排出されるためと考えられる。森林地において地下水量が比較的多い傾向は、表 V-4 の土地利用別流出量における単位面積あたりの地下水量の割合からもみてとれる。

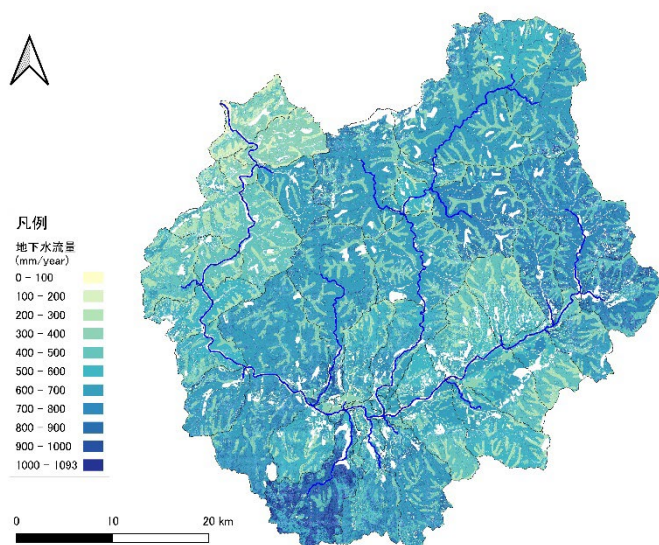


図 V-40 年地下水流量の分布

力) 年深層浸透量

図 V-41 に年深層浸透量の分布状況を示す。深層浸透量は山間部で多い傾向がみられ、特に流域南部でその傾向が顕著にみられた。その要因は、オ) 地下水流量が多い理由と同様、山間部に降る雨の多くが森林土壌に浸透し、河川へ復帰しない一部の水量はさらに下層へ移動し、涵養されるためと考えられた。森林地において深層浸透量が比較的多い傾向は、表 V-4 の土地利用別流出量における単位面積あたりの深層浸透量の割合からもみてとれる。

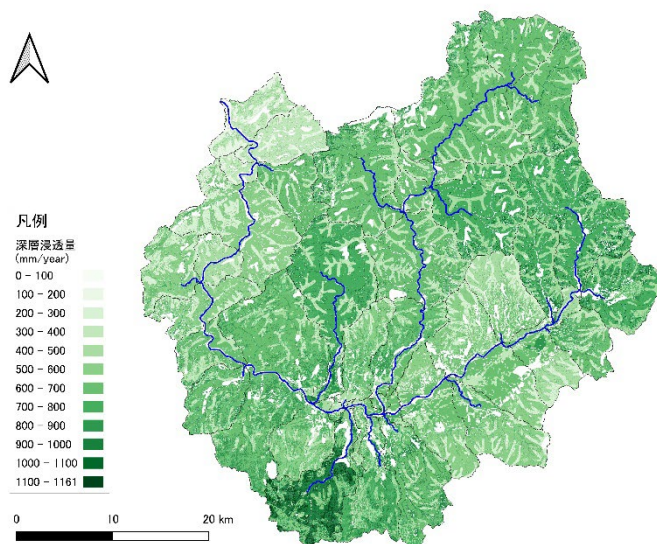


図 V-41 年深層浸透量の分布

5. まとめと今後の課題

(1) 河川流量及び水収支

河川流量の推定については、ハイドログラフで比較した際、平水時は概ね実測値一致し高い精度で再現することができたが、出水時についてはピークとなる流量の再現がいずれの地点においても過少となった。

平水時や出水時の再現を指標等で評価するハイドログラフと土地利用別の相対関係を既往の知見と整合させる水収支の妥当性は、どちらも高いことが望ましい。しかしながら、特に水収支の調整においては、評価指標による統計学的な精度検証を経て、ハイドログラフのベストパラメータを探りながら、キャリブレーションによるハイドログラフの調整とは異なり、算出された結果が一般的な知見と照らし合わせて乖離がないかどうかを人の目で判断し、調整する必要があることから、ハイドログラフと水収支の両方を高い精度で再現するのは困難な場合が多い。この場合、ピークや水収支に多少のずれが確認されたとしても、両者が一定程度の精度を得られていると判断できるところでキャリブレーション作業を完了した。今年度のとりまとめでは、ピーク流量は過小推定の傾向があるものの、全体的には良好な再現結果が得られたものとする。

(2) SS・栄養塩流出量

SS・栄養塩流出量の推定精度は、河川流量と比べると低い水準に留まった。その要因としては、キャリブレーションに必要な実測値のデータが不足していることが考えられる。具体的には、上流部では平水時、出水時データ両方が、下流部では特に出水時のデータが少ない状況であった。そのため、今後、現地調査や観測データの公開により、当該データを補完していくことが望まれる。特に出水時においては、いずれの地点でも実測データが不足していることから、モデルの精緻化にあたっては優先して調査を進めるべきである。

(3) 課題及び対応結果

令和4年度に構築した球磨川モデルにおける課題及び対応結果は表 V-6 のとおりである。

表 V-6 課題への対応結果

区分		小項目	課題	対応結果等
1	キャリブレーション	データ補完	上・中流域（五木宮園、柳瀬、人吉観測地点）のシミュレーション期間(2010-2020年)におけるSS及び栄養塩濃度の実測データが少なく、十分なキャリブレーションが行えない。	比較的実測データが整備されている1990年代のモデルを新たに構築し、SS・栄養塩のパラメータ調整に係る知見を得ようとしたが、出水時のSS・栄養塩の実測データが現代シミュレーション期間と同様に少なく、十分な成果が得られなかった。今後、現地調査観測により出水時のデータを収集する必要がある。
		精度検証	最下流地点に在る横石観測地点については精度検証を実施したが、その他の上・中流域の精度検証は未実施であったため、推定精度が十分であるかわからない（流域最下流地点で高い推定精度が得られたとしても、上・中流域における流下プロセスが適切に再現されているとは言い難い）。	観測地点の在る各支流域においてキャリブレーションを実施し、上・中流域（五木宮園、柳瀬、人吉観測地点）の河川流量についても一定の精度が得られ、流域全体の再現精度が向上した。
			支流域毎及び流域全体からの年間流出総量について整合が取れているかの確認が必要。	各観測地点におけるSWATモデルにおける水の年間総量については概ね実測と一致した。SS、栄養塩の年間総量や出水時には実測値のデータが不足しており、河川流量とSS流出量の関係に基づいた近似曲線を作成したが、SWATモデル算出した数値より実測値が近似曲線の傾きが緩くなり、過少推定となることから、SS、栄養塩のデータを補完することは困難であった。今後、現地観測により出水時のデータを収集する必要性が認識された。
2	土砂・栄養塩流出量	パラメータ調整	SWATモデルで再現したハイドログラフ上では、降雨のピーク後の逡減期において実測値と推定値に乖離（SSでは実測値が低く、栄養塩では実測値が高い）がある。	パラメータの再調整により概ね改善された。
			土砂・リンの流出量が上・中・下流域（五木宮園、柳瀬、人吉、横石観測地点）において過大推定の傾向にある。	土砂・リンの流出にかかるインプットやパラメータの見直しを行い、概ね改善できたが、出水時には依然と観測データが少ないことから傾向が掴めないことにより過少傾向にある。

VI. 森林による海域への影響の評価

1. 基本方針

ここでは、構築した球磨川モデルを用いて、球磨川流域における森林が海域への流出に及ぼす影響について、分析・評価を行った。

陸域である球磨川流域と海域である八代海との間には、河川を通じて以下のような繋がりがあることが知られている。

- ✓ 球磨川流域から河川を通じて輸送される水や土砂は、八代海の水質や生態系、漁獲生産量等に影響を与えている。
- ✓ 洪水時には大量の負荷が海域に一度に流出し、濁りなどの水質悪化を生じさせ、渇水時には沿岸生物が必要とする土砂・栄養塩量の供給が不足し、生態系に悪影響を及ぼす可能性がある。

このように、流域から河川を介して海域に流入する水や物質は、適度な供給量であれば沿岸生態系の保全や、水産物漁獲量の維持・増産等のポジティブな影響を及ぼす一方で、洪水や渇水のような極端な気象下では、負の影響を及ぼす可能性もある。このような海域への負の影響を軽減させるためには、洪水時では水や物質が一度に流出することを抑制し、また、渇水時にはそれらが安定的に供給されるよう、河川の上流域で適切な土地管理を行うことが重要である。

森林は、その公益的機能により、様々な影響を海域に与えていると考えられるが、本業務では、評価の対象とする森林に期待される防災・減災機能を、年間を通じて水や物質を安定的に供給する機能（①流出を平準化させる効果）と、豪雨時にピーク流量を抑制する効果（②洪水緩和機能）と整理し、また、それらの機能は地形等の立地条件の影響を受けることを踏まえて、以下の分析により定量的な評価を行うこととした。

- 立地条件と各種の流出との関係性を分析
- 森林率と各種の流出との関係性を分析（①流出を平準化させる効果）
- 確率雨量と各種の流出との関係性を分析（②洪水緩和機能）

2. 分析1：立地条件と流出の関係性

流域の水文応答（降水流出）は土地被覆の状態や、地形・地質等の立地条件の影響を受け、特に渇水時にはその影響が顕著になるといわれている。

ここでは、立地条件の中でも、特に地形条件と流出との関係性を分析し、海域に良好な影響を及ぼす森林管理のあり方を検討する上で、地形的に特に留意すべきエリアを把握するものである。

（1）手法

具体的な分析方法としては、まず、地形の指標として、「標高」、「平均斜面傾斜」、「谷密度」、「起伏量比」、「エロンゲーション比」を選定し、これらの地形指標に基づき、球磨川流域の地形を支流毎に「高」・「中」・「低」の3つに分類した（図 VI-1）。分類方法は、各区分における支流数と同程度となるよう等量分類を選択した。次に、区分毎に月別降水量と月別水流出量（推定値）の関係性を散布図にプロットし、傾向を確認した。なお、実際の降

雨量の空間的なばらつきによる影響を排除するため、降雨インプットは流域全体で一律の値（人吉観測地点の雨量のみを適用）とした。

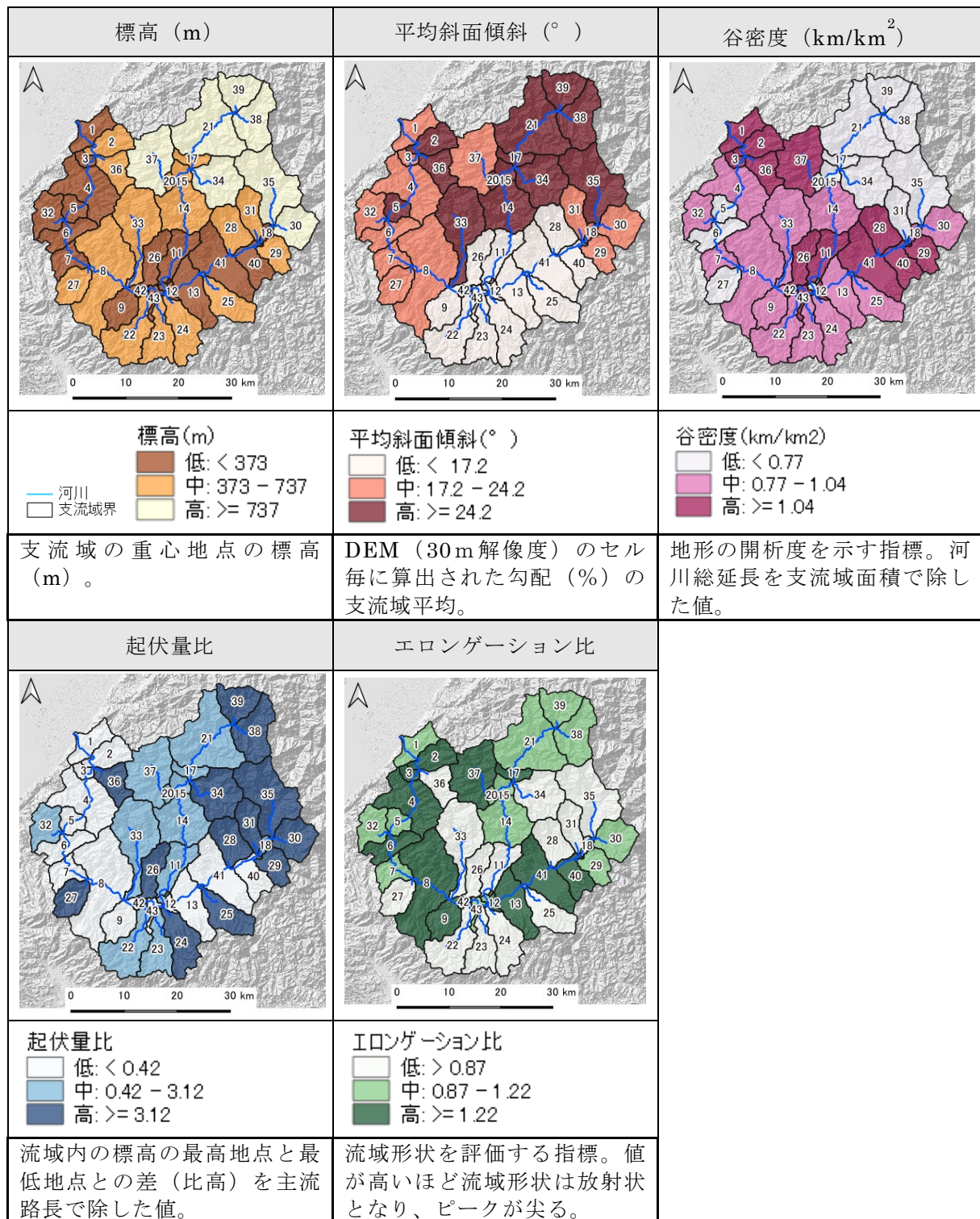


図 VI-1 地形指標に基づく球磨川流域の支流の分類

（２） 結果

図 VI-2 に、地形指標に基づき分類された球磨川流域の各支流の月別降水量と月別水流出量（モデル推定された表面流量、側方流量、地下水流量）の関係をプロットした結果を示す。

この結果、側方流や地下水流量については地形指標の分類毎の流出量に大きな違いは見られなかったものの、表面流量については、近似式の傾きに若干の違いがみられた。

例えば、標高の低いところ（低）、平均斜面傾斜の緩いところ（低）、谷密度の高いところ（高）、起伏量比の高いところ（高）で特に表面流出が多くなる傾向がみられた。これは、このような地形的な特徴をもつエリアは、降雨規模が大きくなるほど表面流量や側方流となり早く流出することを示している。

一般的には、標高の高いところ（高）、平均斜面傾斜の急なところ（高）で流出が多くみられると考えられるが、今回の結果では、これらの地域では現象が逆転しているようにみえる。これは、球磨川流域において、標高の低いところ（低）や平均斜面傾斜の緩いところ（低）には、水田や農地が多く分布しているため、山地の森林よりも表面流量が発生しやすくなっていたものと考えられる。言い換えると、標高や傾斜度が高い山間部に森林があることで、流出量の規模を一定程度抑えていると捉えることができる。

なお、今回の立地条件と流出との関係性の分析にあたっては、降雨量の空間的なばらつきによる影響を排除するため、モデルへの降雨インプットは流域全体で一律の値としているものの、土地利用や土壌等、その他の要素については複雑に重なった条件下での評価となっている。地形条件の影響のみを純粹に評価するためには、雨量だけでなく土地利用や土壌タイプも流域内で一律とすることが望ましい。その上で、今回分析した立地条件が、水、SS、栄養塩等のモデル推定に影響を与える要素であるか否かを把握するためにはさらなる検証が必要である。

以上の結果から、豪雨時においては、谷密度や起伏量比が高い等、特定の地形条件の箇所で表面流量の生産源（ソースエリア）となり、河川へ早く流出することや、海域へ急激に河川水を流入させることが示唆されたことから、伐採等の森林減少につながる施業の実施箇所については、空間的な配置や規模に留意が必要であると考えられた。

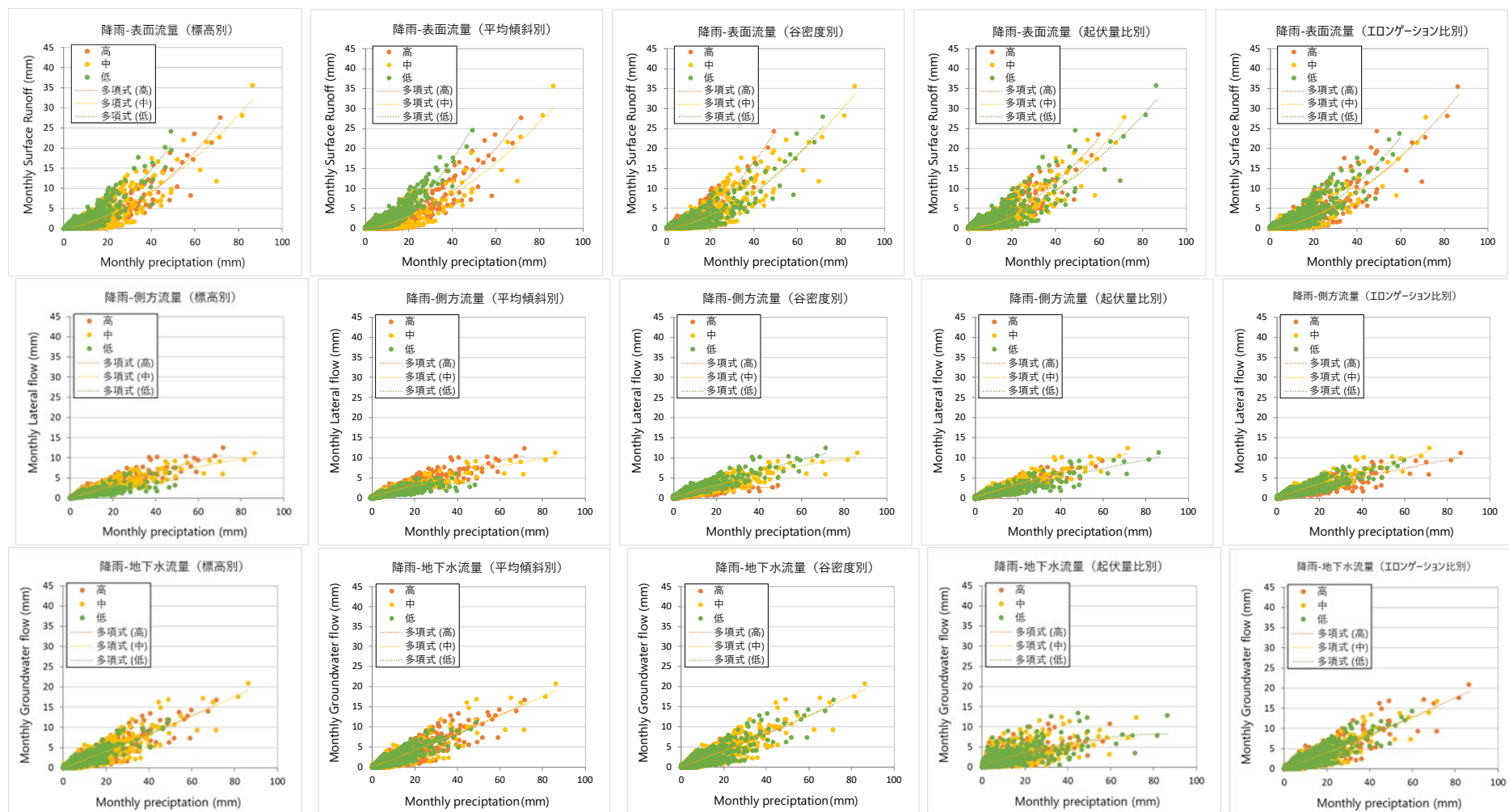


図 VI-2 地形指標に基づき分類された球磨川流域の各支流の月別降水量と月別水流出量（モデル推定値）の関係

3. 分析 2：森林率と流出の関係性

森林率と流出量との関係性の分析は、森林率の変化に応じて、森林のもつ「流出を平準化させる効果」が流域全体でどのように変化するかに着目して行った。

(1) 手法

はじめに、シナリオ分析の諸条件を検討した。降雨量の初期設定では、シミュレーション期間中この地域での平均的な年降雨量が観測された 2014 年の降雨量を適用した。

森林率の変化を行うシナリオでは、SWAT モデルに搭載された LUP (Land Use Update) ツール⁴を用いて、図 VI-3 のように、森林率を現況の 85% から、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20% と段階的に減少させたシナリオとした。なお、減少させた森林面積は裸地に置き換えることとした。

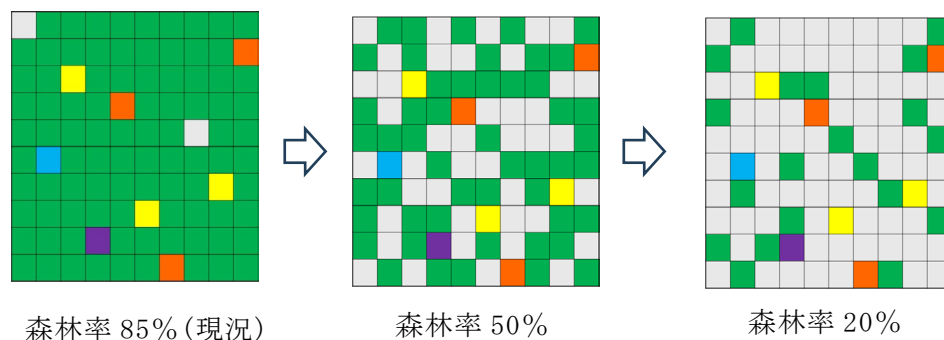


図 VI-3 森林率変化シナリオのイメージ

次に、作成した森林率の変化によるシナリオについて、SWAT モデルが推定した最下流地点（横石観測所）の河川流量及び土砂流出量を用いて流況曲線を作成した。流況曲線とは、1 年間のうち、日流量が最も多かった日から順に並べ替えて、多くの場合、対数で流量を表したもので、最も日流量の多い日を最大流量、95 日目を豊水流量、185 日目を平水流量、275 日目を低水流量、355 日目を渇水流量、365 日目を最小流量という。

流域からの流出が平準化された、いわゆる水源涵養機能が高い流域では、年間の最大・豊水流量が低く、低水・渇水流量が一定程度確保されていると考えられる。そのため、最大流量と渇水流量の差分が小さいほど「流況が安定」しており、差分が大きいほど「流況にはばらつきがある」と捉え、この差分の、現況（森林率 85%）の差分からの増加率（式（1））を「森林が流出を平準化する効果」の指標として評価を行った。

$$\text{増加率 (\%)} = \frac{(\text{最大流量}_i - \text{渇水流量}_i)}{(\text{最大流量}_{85\%} - \text{渇水流量}_{85\%})} - 1 \quad (1)$$

ここで、 i : 仮想森林率（20%～80%）、85%: 現状森林率（85%）である。

⁴ Arnold et al., SWAT 2012 Input/Output Documentation. Texas Water Resources Institute. p533-535. <https://hdl.handle.net/1969.1/149194>.

(2) 結果

ア) 河川流量

球磨川モデルシミュレーションにより得られた、最下流地点（横石）の推定流量を基に、作成した森林率シナリオ別の流況曲線を図 VI-4 に示す。

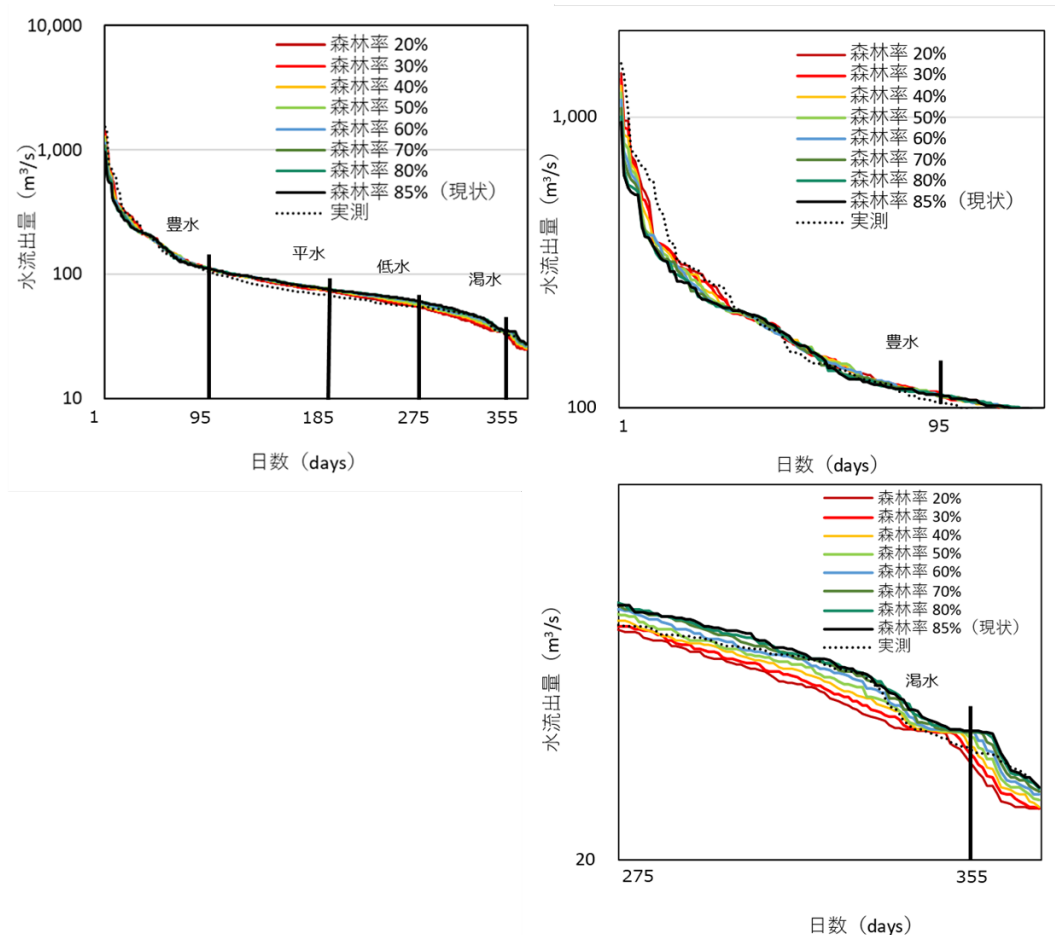


図 VI-4 球磨川流域の森林率変化シナリオ別の河川流量の流況曲線図

図 VI-4 の森林率別の流況曲線においては、豊水期では森林率の高いシナリオの流量が小さく、低水及び渇水期では森林率の高いシナリオの流量が大きい結果となった。

また、表 VI-1 には、森林率の変化に伴うシナリオ別の最大、豊水、平水、低水、渇水、最小の各推定流量の値を切り出して整理した。

表 VI-1 球磨川流域の森林率変化シナリオ別の推定流量 (m³/s)

シナリオタイプ	最大 1st	豊水 95th	平水 185th	低水 275th	渇水 355th	最小 365th
森林率 20%	1,419	108	76	53	27	25
森林率 30%	1,352	106	76	54	29	25
森林率 40%	1,284	108	76	56	30	25
森林率 50%	1,212	108	78	57	31	26
森林率 60%	1,144	109	78	58	32	26
森林率 70%	1,074	109	78	59	33	27

森林率 80%	1,006	109	78	60	34	27
森林率 85%（現況）	966	107	78	60	34	27
実測	1,529	103	70	55	31	28

表 VI-1 をみると、豊水、平水、低水、渇水の各推定流量は、実測値と比べ、やや過小ながらも数 m^3/s 程度の差に留まったが、最大流量については、実測の 1,529 m^3/s に対し、森林率 85%（現況）で 966 m^3/s 、森林率 20%でも 1,419 m^3/s と大幅に低かった。これは、第 V 章に記載のとおり、モデルが出水時のピーク流量を過小推定していることに起因するものであるが、絶対値に相違があったとしても、相対的な関係、すなわち、豊水期では森林率の高いシナリオの流量が小さく、低水及び渇水期では森林率の高いシナリオの流量が大きくなるという傾向は実際の状況に即してモデル上で表現できていると考えられる。

表 VI-2 は、現況（森林率 85%）から森林率 20%までの各森林率の最大流量と渇水流量の差分及び現況（森林率 85%）の差分に対する各森林率の差分の増加率を表したものである。それらの増加率をプロットした図 VI-5 からは、森林率が低くなるほど、増加率は高くなっており、その関係性は森林率と反比例の関係であることが分かる。

これらの結果、森林率が低くなるほど、年間における流量のばらつきが大きくなり、森林率が高くなるほど、流出を平準化する効果が高く、大雨時における洪水緩和や渇水時における河川水の安定的な供給に寄与することが示された。

表 VI-2 球磨川流域の森林率変化シナリオ別の最大流量と渇水流量の差分
及び現況（85%）からの差分増加率

シナリオタイプ	最大-渇水 (差、 m^3/s)	増加率 (%)
森林率 20%	1,392	49%
森林率 30%	1,323	42%
森林率 40%	1,254	35%
森林率 50%	1,181	27%
森林率 60%	1,112	19%
森林率 70%	1,041	12%
森林率 80%	972	4%
森林率 85%（現況）	932	-
実測	1,498	61%

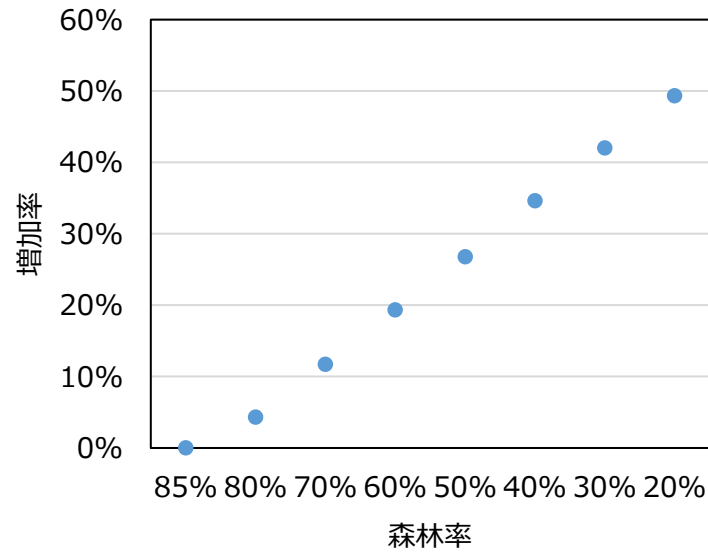


図 VI-5 球磨川流域の森林率変化シナリオ別の最大流量と渇水流量の差分増加率

イ) 土砂流出量 (SS)

推定土砂流出量についても流況曲線を用いて、森林率別に作成した (図 VI-6)。

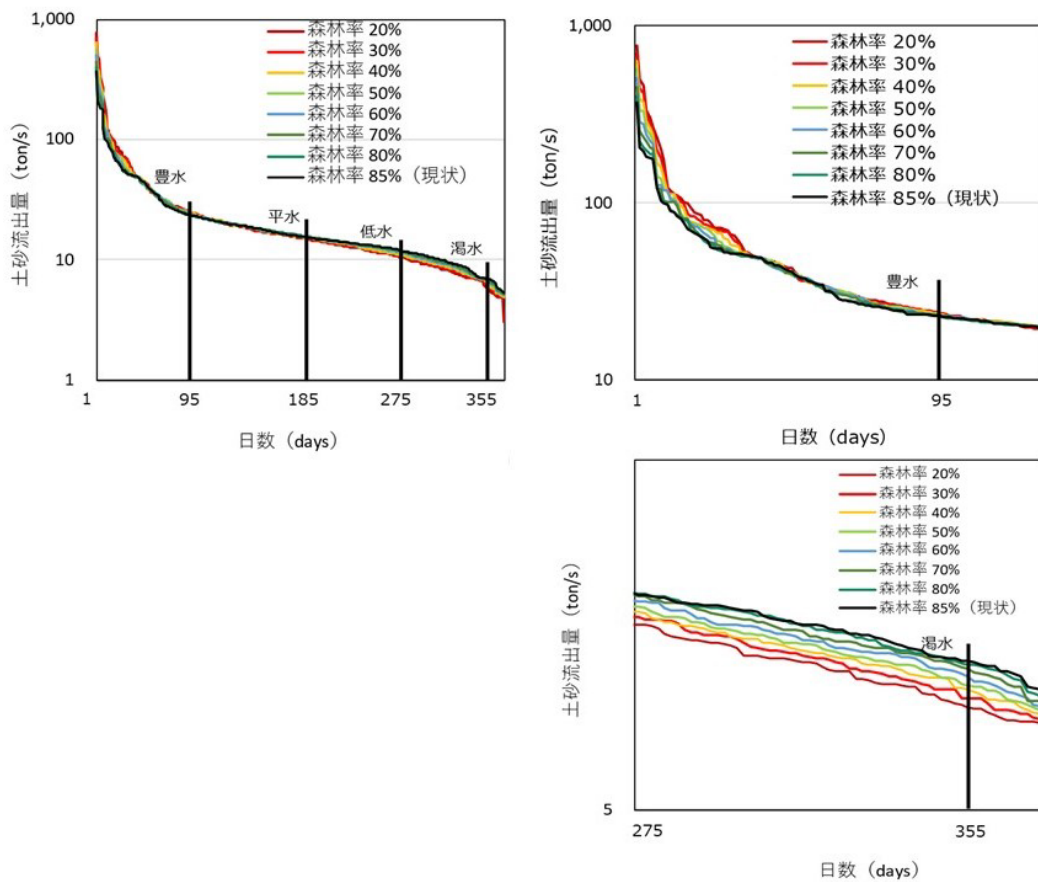


図 VI-6 球磨川流域の森林率変化シナリオ別の土砂流出量 (SS) の流況曲線

水の流況曲線と同様に、推定土砂流出量についても流況曲線を用いて表現すると、豊水期では森林率の高いシナリオの土砂流出量が小さく、低水及び渇水期では森林率の高いシナリオの土砂流出量が大きい結果となった。ただし、水の流況曲線よりも土砂の流況曲線の最大及び豊水期における森林率間の流出量のばらつきが大きかったことから、大雨時には、水よりも土砂流出の方が相対的に森林率の影響を受けやすいことが示唆された。

また、表 VI-3 には、整理した各森林率変化シナリオの最大、豊水、平水、低水、渇水、最小土砂流量を示す。森林率の増加に伴い、最大土砂流出量が低くなる傾向がみられた。特に、森林率 85%（現況）の最大土砂流出量は 369ton/s で、森林率 20%の最大土砂流出量は 774ton/s の約半分となっており、森林による被覆の有無が大雨時の土砂流出量に大きく影響することが確認された。

表 VI-3 球磨川流域の森林率変化シナリオ別の推定土砂流出量（ton/s）

シナリオタイプ	最大 1st	豊水 95th	平水 185th	低水 275th	渇水 355th	最小 365th
森林率 20%	774	23	15	10	5	3
森林率 30%	702	23	15	11	6	5
森林率 40%	633	23	16	11	6	5
森林率 50%	564	23	16	11	6	5
森林率 60%	504	23	16	11	6	5
森林率 70%	448	22	16	12	6	5
森林率 80%	396	22	16	12	7	5
森林率 85%（現況）	369	22	16	12	7	5

表 VI-4 及び図 VI-7 には、森林率シナリオ別の最大土砂流出量と渇水時土砂流出量の差分及び現況（森林率 85%）の差分からの増加率を示した。森林率シナリオ別の差分増加率は、8%から 112%まで変化し、森林率間での明確な差がみられた。

表 VI-4 球磨川流域の森林率シナリオ別の最大土砂流出量と渇水時土砂流出量の差分及び現況（85%）の差分から増加率

シナリオタイプ	最大-渇水 （差、ton /s）	増加率 （%）
森林率 20%	769	112%
森林率 30%	696	92%
森林率 40%	628	73%
森林率 50%	558	54%
森林率 60%	498	38%
森林率 70%	441	22%
森林率 80%	390	8%
森林率 85%（現況）	362	—

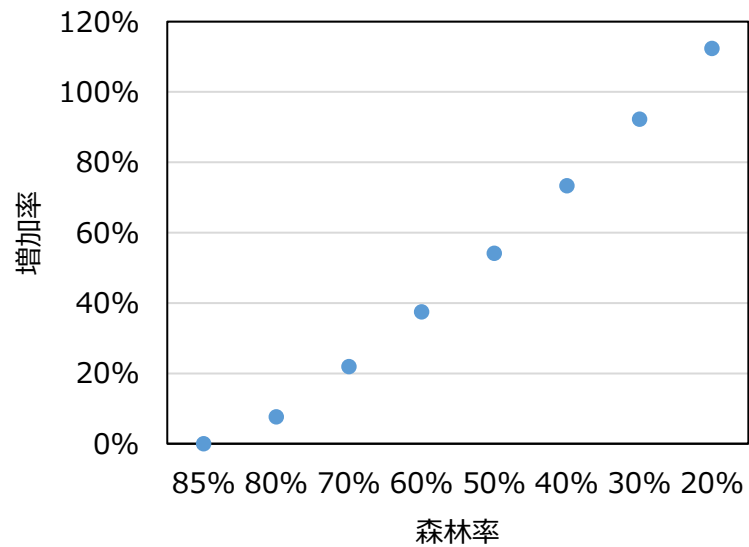


図 VI-7 球磨川流域の森林率変化シナリオ別の最大流量時と渇水流量時の土砂量の差分増加率

河川流量と同様、森林率が高いほど増加率を低く抑えられていることから、森林は大雨時には土砂（SS）が大量に流出することを抑制し、渇水時において河川水と共に適度な SS を安定的に供給することで、海域への負荷軽減や安定的な漁獲生産に寄与していることが示された。

4. 分析3：確率降雨量と流出との関係性

確率降雨量と流出との関係性の分析は、森林率と確率雨量的変化に応じて、森林のもつ「ピーク流量を抑制する効果（洪水緩和機能）」が流域全体でどのように変化するかに着目して行った。

（1）手法

森林率の変化シナリオの作成手順は、前項の「分析2：森林率と流出の関係性」で述べた手順と同様である。

降雨量の変化シナリオは、土木研究所の降雨確率解析プログラム⁵（フェア式）を用いて、球磨川流域内のアメダス観測所のある八代及び人吉地点における、1年から800年確率までの計14パターンの確率降雨量（12時間及び24時間）をあらかじめ算出した（表VI-5）。

このうち、12時間確率降雨量は、河川整備計画等における計画対象降雨の検討の際に一般的に用いられる確率時間単位であるため、24時間確率降雨量との対比用として算出した。

表 VI-5 降雨確率解析プログラムにより算出した確率降雨量

確率年 確率時間単位		1	2	3	4	5	10	20	30	50	100	200	400	600	800
24 時間雨 (mm)	八代観測所	135	160	178	191	202	241	288	318	362	431	514	612	677	728
	人吉観測所	160	189	208	222	234	276	326	358	404	476	560	659	725	776
12 時間雨 (mm)	八代観測所	103	123	136	146	155	184	220	243	277	330	393	468	518	557
	人吉観測所	116	137	151	161	170	200	236	260	293	345	406	478	526	563

次に、確率降雨量を変化させたそれぞれのモデルに、森林率20%～85%のシナリオを追加し、確率降雨量と森林率を組合せたシナリオでシミュレーションを実施した。

（2）結果

1年から800年までの確率降雨量及び20%から85%までの森林率変化シナリオが適用されたSWATモデルにより推定されたピーク流量を表VI-6に示す。なお、本表に記載の確率降雨量は、表VI-5に示す人吉観測地点、八代観測地点の確率降雨量の平均値としている。

⁵ <https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>

表 VI-6 1～800 年確率降雨量及び森林率変化シナリオが適用された
モデルにより推定されたピーク流量 (m³/s)

確率年	森林率 雨量 (mm/day)	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	85%
1	148.0	253.9	241.7	229.6	217.0	205.0	192.7	180.9	173.7
2	175.1	301.0	288.5	276.1	263.2	250.8	238.2	226.1	218.7
3	193.3	332.5	319.8	307.2	294.0	281.5	268.6	256.3	248.7
4	207.3	356.8	344.0	331.2	317.8	305.1	292.1	279.6	271.9
5	218.8	376.8	363.9	351.0	337.4	324.6	311.5	298.9	291.1
10	259.0	446.6	433.1	419.8	405.7	392.4	378.9	365.7	357.7
20	306.6	529.1	515.1	501.2	486.5	472.6	458.6	444.9	436.5
30	338.3	584.2	569.9	555.6	540.5	526.3	511.9	497.8	489.2
50	383.1	661.9	647.1	632.3	616.6	601.8	587.0	572.3	563.4
80	429.5	742.5	727.1	711.8	695.4	680.1	664.8	649.5	640.3
100	453.5	784.1	768.4	752.8	736.2	720.6	705.0	689.4	680.1
200	536.8	928.7	912.1	895.5	877.8	861.2	844.8	828.1	818.2
400	635.4	1099.9	1082.1	1064.4	1045.4	1027.7	1010.2	992.3	981.7
600	701.4	1214.3	1195.8	1177.3	1157.4	1138.9	1120.8	1102.0	1091.0
800	752.2	1302.6	1283.5	1264.4	1243.9	1224.8	1206.1	1186.7	1175.3

次に、球磨川流域で発生した一降雨イベントに着目し、これを確率降雨量で変化させた場合の森林率別の河川流量のハイドログラフを図 VI-8 に示す。ここでは、比較的大きな雨に対する影響を評価するため、20 年以上の 24 時間確率降雨量を雨量インプットデータとして SWAT モデルに適用した。

これらの図からは、森林率よりも降雨の大小が河川流量に与える影響が相対的に大きいことが読み取れるものの、異なる森林率間のハイドログラフの比較では、いずれの確率降雨量においても、森林率によってもピーク流量は若干異なり、森林率の影響も少なからず受けること、特に現況の森林率（85%）において、ピーク流量が最も低く抑えられることが示された。

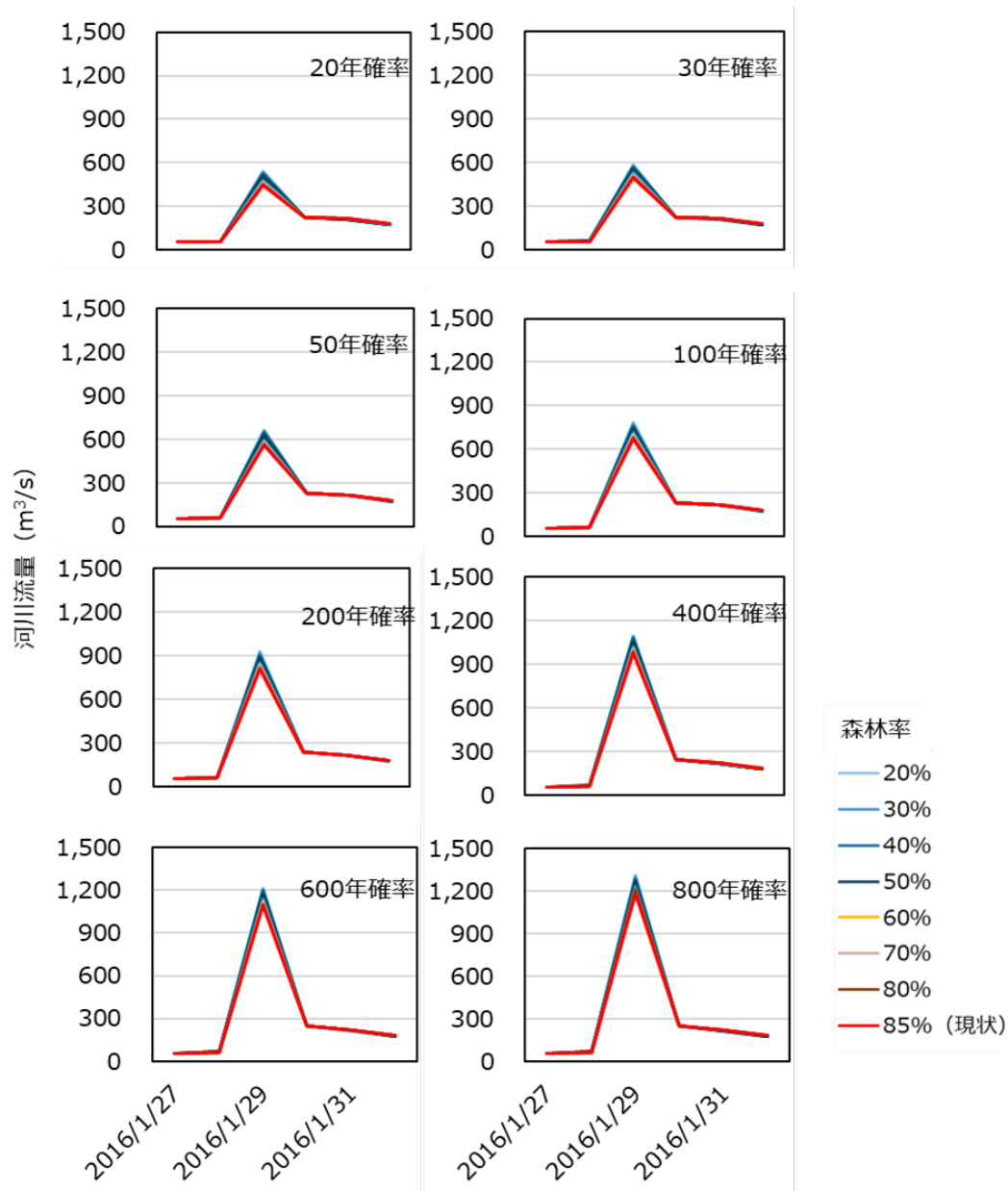


図 VI-8 横石観測地点における確率降雨量毎の1降雨イベントにおける森林率変化別の河川ハイドログラフ

また、図 VI-9 は、森林率 20%（仮想）及び森林率 85%（現況）シナリオを球磨川流域モデルにそれぞれ適用した際の、1 年、10 年、100 年、200 年確率降雨量時の一降雨イベントにおけるピーク流量の違いを示したものである。なお、100 年確率降雨量（453mm）は、令和 2 年 7 月豪雨の規模に近い降雨量となっている。

この図において、現況の森林率 85% の流域における、1 年、10 年、100 年、200 年確率降雨量時のピーク流量は、仮想の森林率 20% の流域に比べ、それぞれ 32%、20%、13%、12% 少なかった。このことは、通常観測される規模の降雨はもちろん、極端な大雨時においても、流域に一定の割合で存在する森林がピーク流量の抑制に寄与することを示している。

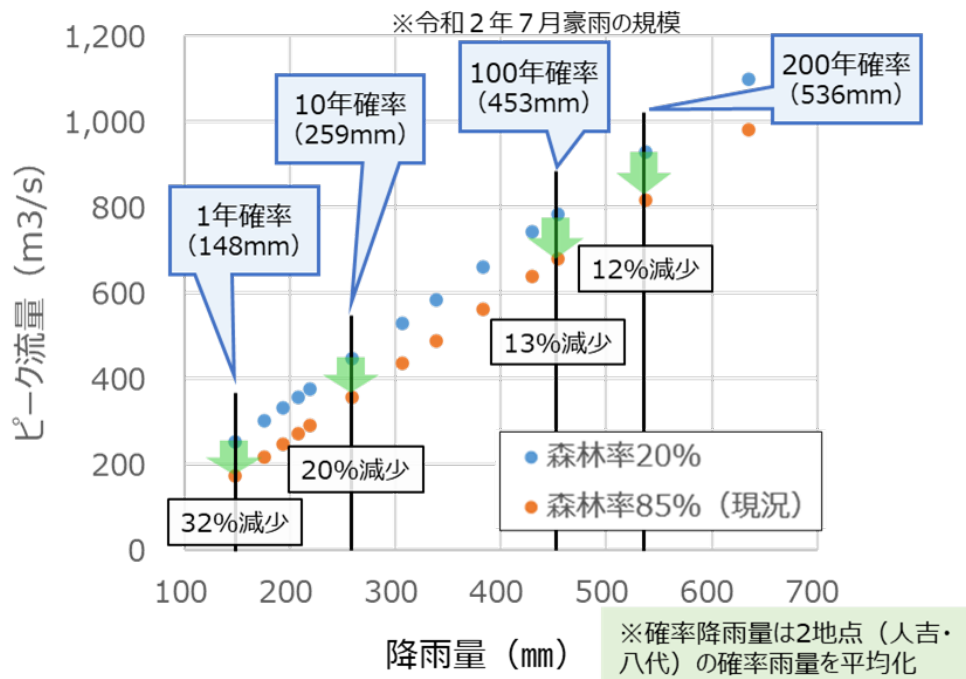


図 VI-9 確率雨量に基づく森林率別 (20%、85%) のピーク流量

なお、今回は、現況の森林率 85%を最大の森林率変化シナリオとして SWAT モデルに適用したが、近年の気候変動の影響による豪雨の多発化を踏まえると、森林率を現況よりもさらに高めることで、僅かながらでもピーク流量を軽減させることが可能であることが示されれば、今後の洪水緩和機能の定量化における有益な情報となり得ることから、今後、85%よりも高い森林率での検証についても検討の余地があると考えられる。

5. まとめ

本調査では、世界中で広く用いられている、SWAT モデルを日本の森林が存在する流域に適用し、森林の防災・減災機能の一つである、豪雨時のピーク流量を抑制する効果（洪水緩和）や河川流出を平準化する効果について、立地条件の影響を踏まえた定量的な評価を行った。その結果、以下の評価及び知見が得られた。

- 大雨時には、谷密度や起伏量比が高い等、特定の地形条件のエリアが表面流量の生産源（ソースエリア）となり、河川への早いタイミングでの流出に寄与すること、ひいては海域への急激な河川水の流入をもたらすことが示唆されたことから、伐採等による森林の減少箇所については、森林の空間的な配置や規模に留意が必要であると考えられる。
- 森林率を変化させたシナリオのシミュレーションでは、森林率が高いほど、年間を通して流出を平準化させる効果が高まった。一方で、流域における森林率が低いほど、年間における日流量のばらつきが大きくなったことから、森林の存在が大雨時における洪水緩和や渇水時における河川水の安定的な供給に寄与することが示された。これは、森林域においては、降雨の一部が樹冠での遮断蒸発によって消失する

こと、また、孔隙に富んだ森林土壌に浸透し、貯留された水がゆっくりと排出されること等の影響によるものと考えられる。

- 森林率よりも降雨の大小が河川流量に与える影響が相対的に大きいことが読み取れるものの、同じ確率降雨量の異なる森林率間のハイドログラフの比較では、僅かではあるものの、森林率に応じてピーク流量が異なり、特に森林率の最も高い、現況の森林率（85%）において、ピーク流量が最も低く抑えられることが示された。
- このことは、通常観測される規模の降雨はもちろん、令和2年7月豪雨時のような極端な大雨時においても、流域に一定程度存在する森林が、年間における河川からの流出を平準化し、ピーク流量を抑制することで、沿岸・海域における水質・生態系の保全や安定的な漁獲生産に寄与していることを示している。

6. 今後の展望

本年度の調査においては、SWAT モデルシミュレーションにより、球磨川流域の水収支、各土地利用の単面積（ha）あたりから流出する水、土砂（SS）、栄養塩量、河川を通して、流出する水、土砂（SS）、栄養塩量の総量を算出し、球磨川流域の流出特性の定量化を行った。

また、森林率や確率雨量を変化させたシナリオを作成し、各シナリオにおける水流出量の変化を把握した。

今回の水流出量に関するシナリオ分析の結果を踏まえ、今後、栄養塩のシミュレーションによる水質の評価に発展させていくことが可能である。

さらに今後は、次章に詳述するあらたな森林区分定義に基づく土地利用区分図を用いて、気象や立地の条件を含め、様々な森林管理・保全対策を組み合わせたシナリオ分析を通して、その経済的実行可能性や費用対効果の観点から、最適化された計画が国の政策検討に活用されることが期待される。

VII. 球磨川流域の土地利用区分図の作成

1. 森林区分の定義づけ

平成 30 年度に構築した菊池川モデルでは、林相の違いが森林の水源涵養機能に及ぼす影響について分析・評価する観点から、土地利用区分における「森林」区分について、林齢・林種等の詳細な情報を基にして令和元年度に細区分を行った（表 VII-1）。

表 VII-1 菊池川モデルにおける森林区分定義（令和元年度作成）

発達段階および 針広区分	林齢	林相の特徴
初期林 (針葉樹、広葉樹)	10 年生以下	木本類が草本類を超え、林間を形成し始めるまでの段階。タケ、未立木地を含む。
若齢林 (針葉樹)	11～30 年生以下	高木性の針葉樹林。 林冠が閉鎖し、下層植生に乏しい。
成熟林 (針葉樹)	31 年生以上	光環境の多様化により下層木が成長。水平・垂直方向の構造にバランスがとれている段階
成熟林 (広葉樹)	11 年生以上	

分類したもののうち、「下層植生に乏しい」と定義された、11～30 年生以下の若齢林（針葉樹）は、必然的に水や土砂の流出が起こりやすい土地利用（林相）区分と設定されていることを意味するが、現実的には適切な森林施業がなされ、下層植生が適度に発達している林分も存在する。一方で、構造的にバランスが取れているとされる「成熟段階」においては、実際には森林の適切な管理（手入れ）が行き届かず過密となっている林分も存在することも考えられる。しかし、それらの林分を一つずつ特定し、SWAT モデルに反映することは、菊池川流域全体の規模から困難であったことから、令和元年度に作成した土地利用区分図は、表 VII-1 に示す森林区分で作成した（図 VII-1）。

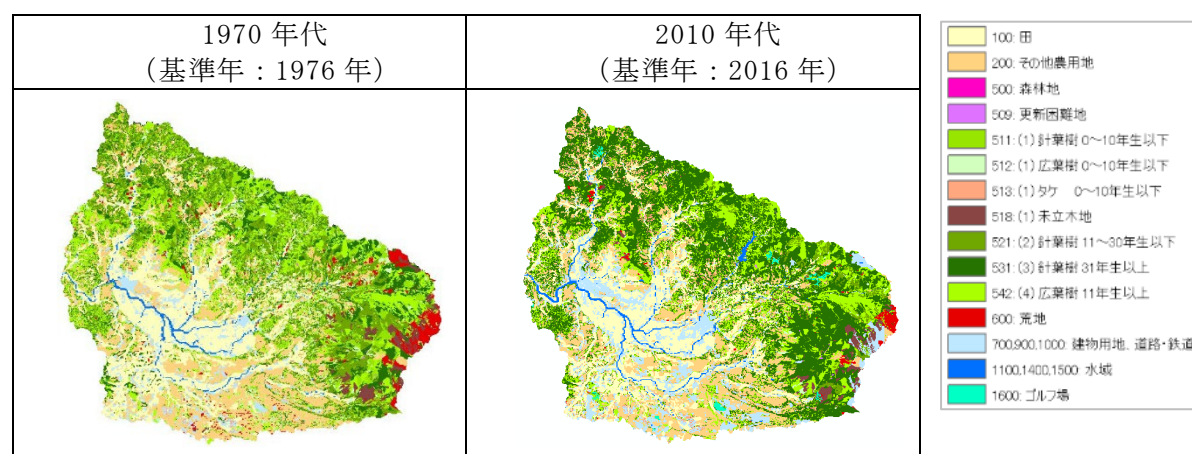


図 VII-1 SWAT モデルにより年代別に反映した菊池川の土地利用図
(左：1970 年代モデル用／右：2010 年代モデル用)

令和 4 年度から構築を開始している球磨川モデルにおいては、これまで菊池川モデルの土地利用区分図のように、森林域の細分化を行ってこなかったが、本年度（令和 5 年度）の検討を進めるなかで「水文的なインパクトが大きいと考えられる伐採直後の森林状態と流出との関係性を把握することは重要」であることが示唆されたことから、森林が伐採された直後

の流出状況を把握することを目的に、令和元年度に実施した菊池川と同様に、球磨川流域を対象とした詳細な森林情報を含む土地利用区分図を作成した。

森林区分は、菊池川で分類したものをベースに検討を進めたが、前述した課題と目的から

- 森林施業（伐採・造林）直後の水流出への影響は大きいことが予測される
- 水量・水質ともに伐採の影響は3年程度継続する
- 伐採前の状態までの復旧には水量で11年から20年程度、水質で10年程度が見込まれる

等の状況を考慮した分類として、球磨川モデルにおける森林区分を、表 VII-2 とおり、6つに定義した。なお、成長の旺盛な人工林の林齢区分「11-20 年生」における樹冠や林床被覆の特徴について（区分③の※印部分）、一般的には、樹冠が閉鎖し始め、「やや密」となるケースもあるが、ここでは適切な光環境の管理により、林床状態は良好と仮定した。

表 VII-2 新たな森林区分の定義

区分	樹種	林齢	林相の特徴				パラメータに反映すべき水文挙動						
			発達段階	樹冠	林床被覆	表層土壌	蒸発散	土壌浸透	表面流出	側方流			
①	針葉樹 広葉樹	0-3 年生	草本	疎	少	未発達 (やや攪乱)	少	やや少	やや多	中			
			伐採跡地										
②	針葉樹 広葉樹	4-10 年生	草本～低木 林・タケ	やや疎	中	未発達 (やや回復)	やや多	中	中	中			
③	針葉樹	11-20 年生	若齢～	中※	中※ (回復)	発達 (回復)	多	やや多	やや少	やや遅			
			壮齢林										
④	針葉樹	21 年生以上	壮齢～	中	多	発達 (安定)	中	多	少	遅			
			成熟林	(水平・ 垂直方向 にバラン ス良好)			(＞広葉 樹)						
⑤	広葉樹	11 年生以上	成熟林				中				多	少	遅
							(＜針葉 樹)						
⑥	未立木 地	-	-	無	ほぼ無	未発達	少	少	多	少			

2. ベクターデータの作成

表 VII-2 で定義した森林区分に従い、表 VII-3 に示すデータを用いて土地利用区分のベクターデータ（地物の輪郭や境界を線で表現したデータ）を作成した。

表 VII-3 使用データの一覧

データの種類	入手先	データ作成年代・時点
土地利用細分メッシュ	国土数値情報ダウンロードサイト https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html	2014（H26）年
高解像度土地利用被覆図 日本域 30m 解像度（ver.18.03：10 カテゴリ）	ALOS 利用推進研究プロジェクト https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc_j.htm	2014-2016（H26-28）年
森林簿（民有林）	熊本県	2016（H28）年
森林簿（国有林）	九州森林管理局	2016（H28）年

土地利用区分図の基準年は 2016 年とし、林齢は森林調査簿の情報を基に 2016 年時点の林齢とした。樹種別、林齢別に細分化したデータを、SWAT モデルの土地利用区分（森林地として全 6 区分）に変換した（表 VII-4）。森林調査簿がないエリアは高解像度土地利用データで補完した。

これにより、作成された林相区分を、土地利用細分メッシュデータにオーバーレイ（上乗せ）し、新たな土地利用区分図を作成した。

表 VII-4 新たな土地利用区分

林種	樹種の例	林齢	コード	SWAT 土地利用区分
針葉樹	スギ、ヒノキ、マツ、その他針葉樹 等	0-3 年生	5101	①
		4-10 年生	5104	②
		11-20 年生	5111	③
		21 年生以上	5121	④
常緑広葉樹	シイ、カシ 等	0-3 年生	5301	①
		4-10 年生	5304	②
		11 年生以上	5311	⑤
落葉広葉樹	クヌギ、ナラ、ブナ、クス、その他広葉樹 等	0-3 年生	5401	①
		4-10 年生	5404	②
		11 年生以上	5411	⑤
タケ	マダケ、モウソウチク、ハチク 等	-	5511	②
伐採跡地	「伐採跡地」あるいは「未立木地（疎密度 3 以下）」	-	5601	①
未立木地	「未立木地（原野、土場等、その他）」あるいは「更新困難地」	-	5700	⑥

3. 結果

土地利用区分図をベクターデータで作成したことにより、これまでの土地利用区分図では「裸地・荒地」に区分されていた箇所が「0-3 年生」や「伐採跡地」などの林地に置換えられた（図 VII-2）。

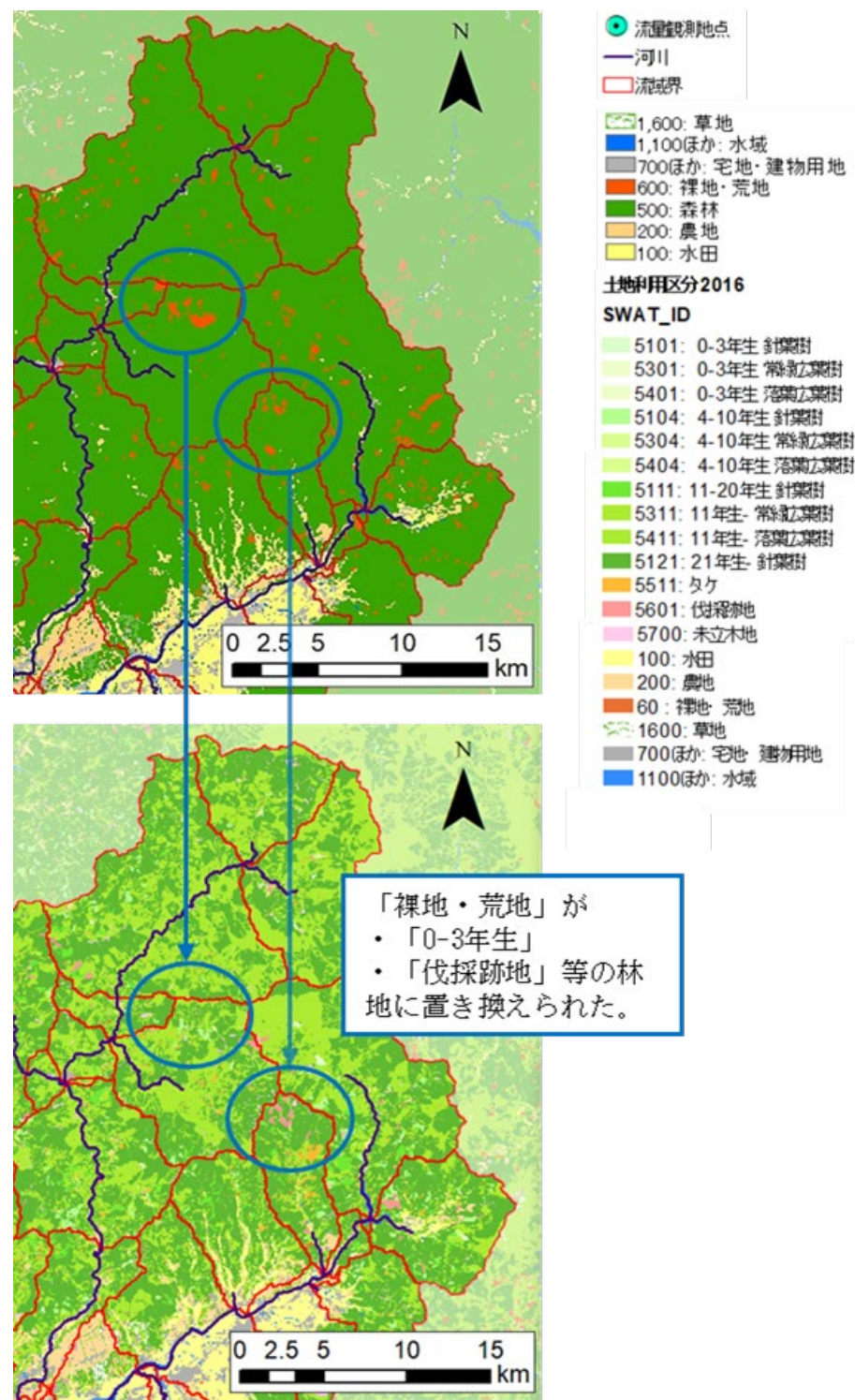


図 VII-2 球磨川流域の土地利用区分図の更新前後での比較

上記のとおり作成したベクターデータを、SWAT モデルへのインプットファイル形式であるラスターデータ（微小な画素を格子状に配置して表現したデータ）に変換し、完成した土地利用区分図を図 VII-3 に示す。

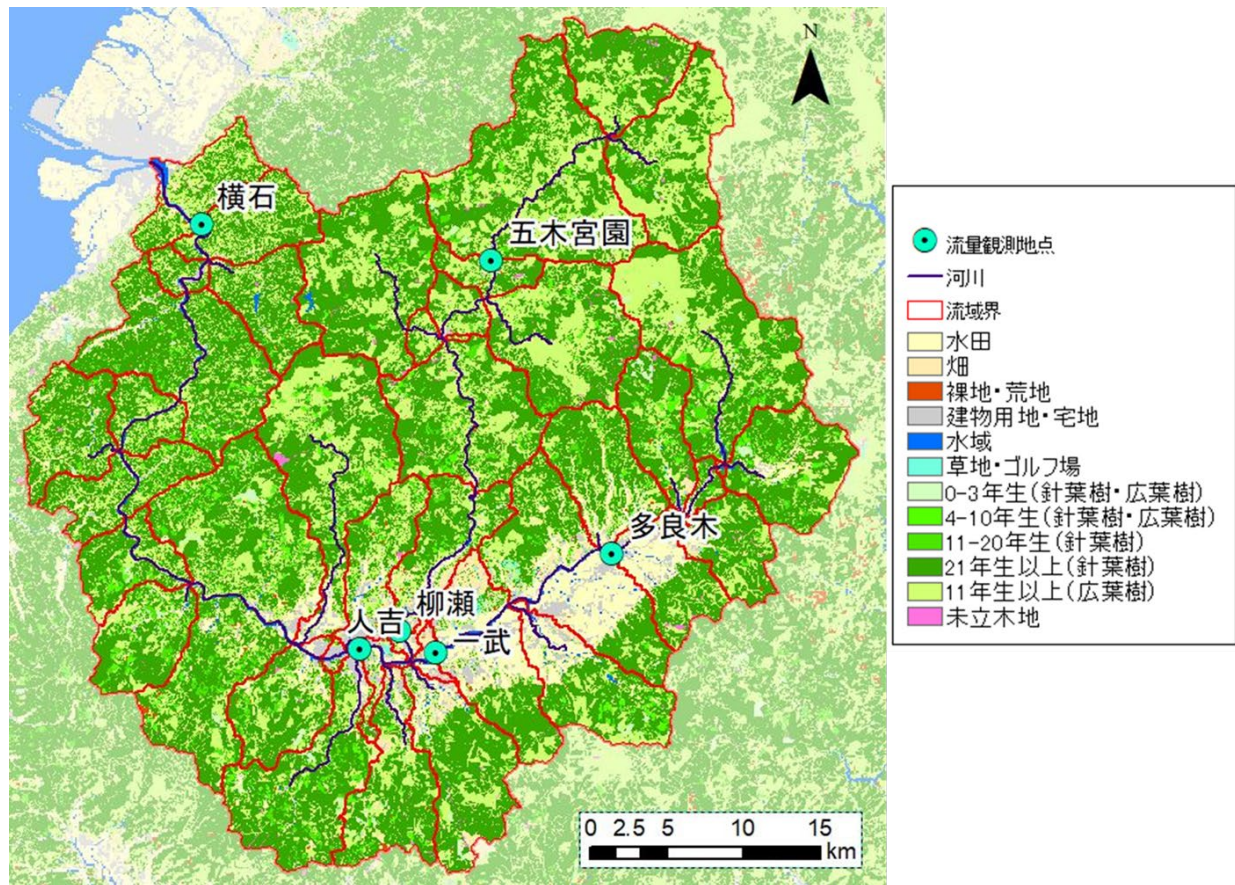


図 VII-3 球磨川流域の土地利用区分図（更新後）

VIII. 成果の公表に係る対応

1. 第10回世界水フォーラムの概要

世界水フォーラムは、水分野の専門家や国際機関の主導により 1996 年に設立された国際 NGO、World Water Council (WWC：世界水会議) が開催する、水関係の世界最大級の会議である。3 年に 1 回、3 月 22 日の「世界水の日」前後で約 1 週間開催され、世界の重要な水問題について議論を行う場となっており、各国元首・閣僚級を含む政府、国際機関、企業、NPO 等が参加してことや、水に関する知見や技術の共有・発信や、ネットワーキングの機会としても有益であることから、日本からも多数の関係者が参加している (表 VIII-1)。

表 VIII-1 第 7 回 WWF (韓国開催) 日本パビリオン参加企業・団体

省庁等	内閣官房／国土交通省／水資源機構	文部科学省日本ユネスコ国内委員会
	国土交通省水管理・国土保全局水資源部	厚生労働省
	同局河川計画課	農林水産省
	同局下水道部／日本下水道協会	環境省
	同局下水道部／BISTRO 下水道	国際協力機構
	国土交通省港湾局	国際農林水産業研究センター
	文部科学省研究開発局環境エネルギー課／ 東京大学地球観測データ統融合連携研究機構	水資源機構総合技術センター
自治体・ 団体	大分県	農業農村工学会
	Com aqua	九州から世界水フォーラムへ実行委員会
	水のいのちとものづくり中部フォーラム	日本水フォーラム
企業	建設技術研究所	メタウォーター
	JFE エンジニアリング	八千代エンジニアリング
	島津製作所	鹿島建設
	トーテツ	水 ing
	日立造船	日本無線

これまでの開催状況を表 VIII-2 に示す。林野庁からは、水源涵養に資する森林の重要性等について発信するため、第 3 回以降、セッションの立ち上げや参加により、森林の公益的機能等に関する研究成果等を発表している。

表 VIII-2 世界水フォーラム開催状況

開催回数	開催年	開催国	参加国	参加人数
第 1 回	1997	モロッコ	63 か国	500 人
第 2 回	2000	オランダ	114 か国	5,700 人
第 3 回	2003	日本	183 か国	24,000 人
第 4 回	2006	メキシコ	168 か国	19,700 人
第 5 回	2009	トルコ	192 か国	33,000 人
第 6 回	2012	フランス	173 か国	34,000 人
第 7 回	2015	韓国	168 か国	46,000 人
第 8 回	2018	ブラジル	172 か国	120,000 人
第 9 回	2022	セネガル	未公表	未公表

前回の第 9 回世界水フォーラムは、「Water Security for Peace and Development（平和と発展のための水と安全保障）」をテーマとし、世界水会議（WWC）、セネガル共和国政府、ダカール市の主催により、2022 年 3 月 21 日から 26 日の日程でセネガルの首都ダカールで開催された。会議の参加にあたり林野庁は、当初現地でのセッション参加を想定していたが、新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえ、日本ブースでの動画放映、ポスター掲示及び資料配付を行い、現地への講演者の派遣は見合わせた。

一方で今回の第 10 回世界水フォーラムは、「Water for Shared Prosperity（繁栄を共有するための水）」をテーマとし、世界水会議（WWC）、インドネシア政府、バリ州の主催により、インドネシア バリ島のバリ・ヌサドゥア・コンベンションセンターで開催される予定である。アジアでの開催は、2015 年に韓国で開催された第 7 回世界水フォーラム以来となる（図 VIII-1、図 VIII-2）。



図 VIII-1 第 10 回世界水フォーラムのロゴ

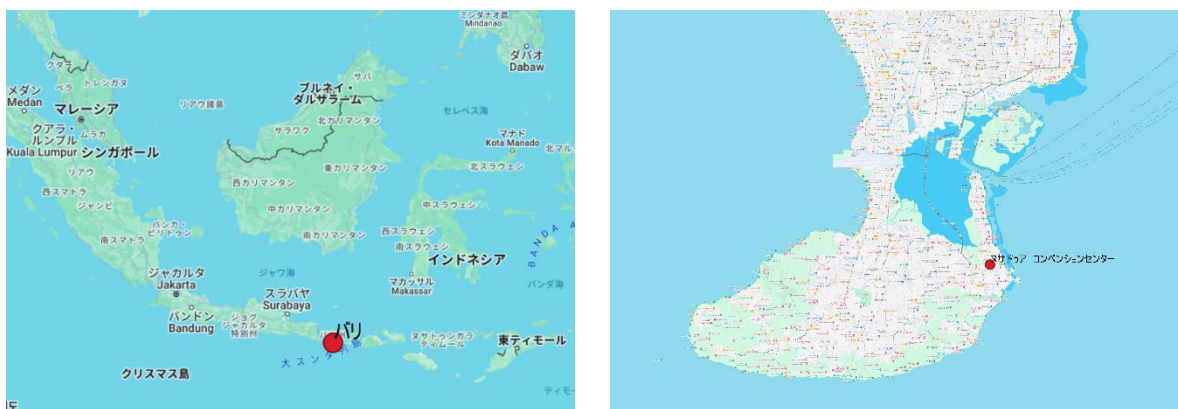


図 VIII-2 会場位置図

フォーラムでは、「政治プロセス」、「地域別プロセス」、「テーマ別プロセス」から構成されている。

政治プロセスは、首脳や国際機関の長による会合を開催するものであり、閣僚、国会議員、地方自治体、河川流域を対象とした会議が開催される。

地域別プロセスは、4つの地域区分（地中海地域、アメリカ地域、アジア・太平洋地域、アフリカ地域）に分かれ、地域の水関連の課題に関する議論・提言、事例共有、コミットメントの発表が行われる。

テーマ別プロセスは、特定のテーマについて議論・提言、事例共有、コミットメント発表等が行われる。第10回世界水フォーラムでは、6つのテーマのもとに、それぞれ5つのトピックが設定された。各トピックの下に3程度のセッションが開催され、最終的に、テーマごとの統合セッション（またはハイレベルセッション）が開催される（表 VIII-3）。

表 VIII-3 第10回水フォーラムにおけるテーマおよびトピック

テーマ	Water for Shared Prosperity（繁栄を共有するための水）					
サブ テーマ	1. 水の安全保障と繁栄	2. 人と自然のための水	3. 災害リスクの軽減と管理	4. ガバナンス、協力、水外交	5. 持続可能な水分野におけるファイナンス	6. 知識と革新
トピック 名	A:健全な水の需給管理	A:水質改善	A:総合的な治水対策・管理	A:あらゆるレベルでの国際協力、国境を越えた協力の強化	A:透明性、説明責任、公平性、衡平性に重点を置いた「水の新しい経済学」の推進により、既存の国際的な水の資金調達アーキテクチャを再検討	A:スマートな水管理と技術革新の推進
	B:水分野における循環型経済と非	B:淡水生態系と生物多様性の保全	B:干ばつ対策と管理	B:分散型協力の促進	B:革新的で持続可能な資金調達、	B:革新的な組織的アプローチを促

	在来型水資源	と回復			資金調達、提供のメカニズム促進	進し、科学と政策の接点強化
	C:食料／農業用水	C:すべての人に安全な飲料水を	C:水分野における Eco-DRR の適用	C:分野横断的な対話と協力の強化	C:全ての規模で全ての人が安全な水と衛生設備を基本的に利用可能にするための資金確保と増額	C:土着的、伝統的、コミュニティベースの知識体系の尊重と、その価値を認めた既存の水管理政策への統合促進
	D:エネルギーのための水	D:すべての人のための水と衛生	D:気候、持続可能性の強化、水インフラの強化	D:利害関係者の積極的な関与と一般市民の参加確保	D:グリーンファイナンス促進のための特別制度とインセンティブ	D:高度水情報システム
	E:水不足と開発	E:統合水資源管理	E:全ての人に対する早期警報システムと、災害への備えとシナリオ分析を含む緊急対応メカニズム	E:透明で説明責任を果たせる制度と法的枠組みの整備、誠実さの促進、公平性の強化	E:水危機・水災害を予防・克服し、気候変動に対する回復力を強化するための資金確保と増額	E:水と3H(水文学・水文学・気象学・地質学)、新しい概念に関する教育・訓練へのアクセス強化

また、各プロセスとは別に水関連分野のノウハウ、技術、イノベーション等に関する展示会も開催される。展示会では、カントリーパビリオンが設置され、その中には日本パビリオンが設置され、官民連携して日本の技術や知見等を発信する予定となっている。なお、日本パビリオンは第3回世界水フォーラム以降、毎回設置されており、第10回世界水フォーラムでは、開催国であるインドネシアパビリオンの隣での出展の調整がされている。

第10回世界水フォーラム開催期間の予定表は表 VIII-4 の通りである。

表 VIII-4 第10回世界水フォーラム開催期間の予定表

	1 日 目	2 日 目	3 日 目	4 日 目	5 日 目	6 日 目	7 日 目	8 日 目	
	5/18	5/19	5/20	5/21	5/22	5/23	5/24	5/25	
午前	登 録		テーマ、地域、政治の各プロセス 166セッション					閉会式	
午後		開会式						テ ー マ ま と め	視察ツアー
夕方		歓 迎 デ ィ ナ ー						文 化 イ ベ ン ト	
終日		フェアおよびエキスポ（展示会）							

2. 実施内容

発表内容は、検討委員の意見を踏まえて検討し、和文及び英文により作成した。発表資料の概要は表 VIII-5 のとおりであり、冒頭で「日本の森林の紹介」を行った上で、今年度事業の成果を中心に、**SWAT** モデルを用いた算出した水土砂などの推定結果を基に、森林の水源涵養機能等の評価を示した。

さらに、発表資料の内容をもとに、英文で配布資料（A 4 版 2 枚、別紙 3）を作成した。

表 VIII-5 発表資料の概要

【和文】	
タイトル	森林の防災・減災機能の科学的な評価
内容	1 日本の森林の状況 ・日本の気象 ・日本の森林 ・荒廃・山地災害多発への対応と回復 ・気候変動による山地災害の激甚化・形態変化 2 森林の機能 ・Eco-DRR ・流域治水 3 事例紹介 ・背景および目的 ・対象流域の概要 ・球磨川モデル構築・精緻化 ・分析・評価 ①地形条件と流出との関係性の分析 ②森林率と流出との関係性の分析 ③確率雨量と流出との関係性の分析 4 まとめ
【英文】	
Title	Scientific evaluation of the DRR function of forests
Agenda	1 Forests Situation in Japan ・ Climate in Japan ・ Forests in Japan ・ Response and Recovery from Devastation ・ Change in the Severity and Shape of Mountain Disasters Caused by Climate Change 2 Functions of Forests ・ Eco-DRR ・ River Basin Disaster Resilience and Sustainability 3 Case Studies ・ Background and Objectives ・ Overview of Target Basin ・ Building and Refinement of Kuma River Model ・ Analysis and evaluation 1) Analysis of Relationship between Topographic Conditions and runoff 2) Analysis of Relationship between Rate of Forest and Runoff 3) Analysis of Relationship between Probability Rainfall and Runoff 4 Conclusion

3. セッション資料案

第 10 回水フォーラムのセッション発表に向けた資料（和文・英分）を作成した（図 VIII-3）。作成した資料の全文は、巻末資料に示す。



図 VIII-3 セッション発表資料（抜粋）

IX. 長期的な調査内容の検討

1. 検討方針・前提整理

第 I 章の本事業の目的で述べたとおり、本事業の目的は、森林の水源涵養機能や土砂流出防止機能等について定量的に評価し、最終的には海域に良好な影響を与える森林管理のあり方について検討することである。これらの目的を達成するためには、現状の調査項目や手法、方向性が適切かどうかを再整理するとともに、今後の各種外部公表の機会を見据えた、調査の内容・方向性・進め方についてあらためて検討を行う必要がある。

そこで、本年度は、以下の二つの観点に分けて検討を行った。

- ・ 令和 8 年度環境省有明海・八代海等総合調査評価委員会に向けた報告の方向性
- ・ （有明特措法⁶の適用が継続される期間の範囲内の）長期的な調査の方向性

前者は、令和 8 年度に予定されている環境省有明海・八代海等総合調査評価委員会に向けて、林野庁の実施する有明海・八代海的环境保全に資する取り組みや成果について報告するために、その具体的な内容や今後 2 年間で取り組むべき項目、進め方について方向性を定めるものである（以下、「令和 8 年度に向けた方向性」）。後者は、令和 8 年度以降の、有明特措法が継続的に適用される期間の範囲において、引き続き、本事業等を通じて適切な森林管理のあり方や施策への反映を検討するために、より長期的な視点にたって方向性を検討するものである（以下、「長期的な方向性」）。

両者の検討にあたっては、これまでの現地調査やモデル構築に要した作業量等を勘案するとともに、基本的には検討委員会における議論や各検討委員へのヒアリングにより得られたコメント等を十分に考慮することとした。

2. 方向性の検討結果

検討された今後のおおまかな調査内容とスケジュールのイメージを図 IX-1 に示し、以下に「令和 8 年度に向けた方向性」、「長期的な方向性」それぞれについて詳細を記す。

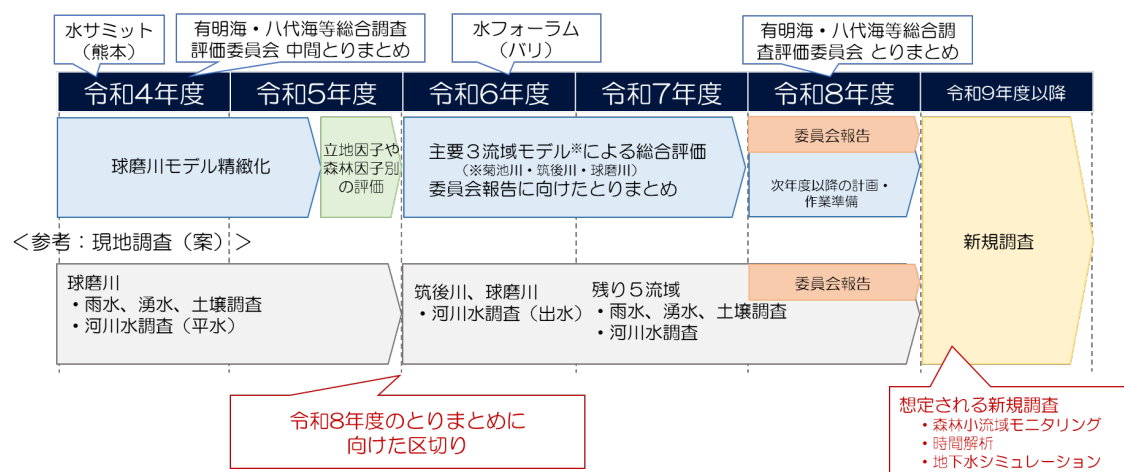


図 IX-1 近年の取り組みと今後のスケジュールイメージ

⁶ 有明海及び八代海等を再生するための特別措置に関する法律

2.1 令和8年度に向けた方向性の検討

令和8年度に向けては、菊池川、筑後川、球磨川を主要3河川流域と位置づけ、令和6年度から7年度にかけて主要3河川流域のSWATモデル構築・精緻化を優先的にを行い、これらのモデルにより再現される個々の流域の水文挙動や流域間における地域性の違いなどについて総合的に分析・評価した結果を有明海・八代海等総合調査評価委員会に向けた報告内容としてとりまとめることとした。

モデルの再現性を高めるための現地調査データの取得に関しては、主要3河川流域については、本年度から次年度（令和5、6年度）に掛けて、一通りのデータ収集を完了する見込みである。残りの5河川流域（六角川、嘉瀬川、本明川、緑川、白川）については、令和7年度以降に現地調査を開始し、モデル構築は状況をみながら着手することとなる。

表 IX-1 は、各流域モデルの精緻化レベルの現状及び今後の予定を整理したものである。

表 IX-1 令和6年3月時点の各流域モデルの現状及び今後の予定

精緻化 レベル	河川流域	評価			レベル分け	
		A	B	C		
詳細	菊池川	○	○	○	・ 現地調査実施済み ・ 複数地点のモデルキャリブレーションが可能	・ 林相情報を含む土地利用図作成済み
	球磨川	○	○	- (今後○)		
	矢部川 筑後川	○	○	-		・ 林相情報を含む土地利用図未作成
簡易	六角川 嘉瀬川 本明川 緑川 白川	○	○	-	・ 令和 6 年度以降、現地調査を実施予定	

【評価の観点】A 流出量の定量化：水・土砂・栄養塩の年間流出量、土地利用別流出量、土地利用別水収支など

B 森林の機能評価：他の土地利用と比較した場合の森林が流出に及ぼす影響の評価

C 林相別機能評価：森林の成長や整備による変化が流出に及ぼす影響の評価

現地調査が完了し、そのデータを反映できたモデルから「詳細」モデルの位置づけとなり、これらは順次、林種や林齢の情報を含む、より詳細な土地利用区分図がインプットされたモデルにより、林相別の機能評価に活用される。

2.2 長期的な方向性

本事業の全体的な方向性の案として、検討委員会においては表 IX-2 に示す調査の必要性が挙げられた。

表 IX-2 今後想定される調査項目

No.	項目	内容
1	森林小流域モニタリング	森林域において特に不足している出水時の河川水位・流量、土砂、栄養塩データを自動採水器等の設置により収集する。
2	時間解析用モデルの構築	出水時ハイドログラフの精度を高めるため、時間雨量、時間流量を適用したモデルを構築する。
3	地下水シミュレーション	陸域から直接的に海域へ流出する物質等を考慮するために、地下水シミュレーションにより、地下水の挙動をより詳細に把握する。

これらの調査については、調査手法や調査箇所の選定に一定の検討時間を要するものであり、令和8年度までに実施することが困難とみられたことから、令和9年度以降にあらためて検討すべき調査項目として整理した。

X. 検討委員会の開催

1. 検討委員の選定

本業務では球磨川流域における、「①定量的な分析が可能な流出モデル（SWAT）を用いて、②土地条件や森林の状態による水収支や土砂・栄養塩量の変化を分析し、③有明海等の環境保全に資する森林整備の方向性を検討する」こととしている。このため、調査を適切に進めるためには、①については、モデルを用いた水文解析、②については、水・土砂・栄養塩の流出動態、③については、有明海等の海域環境への影響評価について、専門家からの助言を得ることが重要であり、昨年度委員会で議論された内容も踏まえる必要があることから、下表に示す学識経験者を検討委員として選定した。（表 X-1）

表 X-1 検討委員一覧

氏名	所属	専門分野
落合 博貴 (座長)	一般社団法人 日本森林技術協会 技術指導役	土砂流動解析、降雨にともなう土砂流出、斜面崩壊
小野寺 真一	広島大学 大学院総合科学研究科 教授	流出モデル、地下水動態、栄養塩
小林 政広	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 立地環境研究領域 土壌特性研究室 室長	森林土壌中の水・物質の移動・貯留 (環境省有明委員)
清水 貴範	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林防災研究領域 水保全研究室 室長	森林での水収支、蒸発散、森林気象
杉松 宏一	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門 沿岸生態システム部 有明海・八代海グループ 主任研究員	海洋生態、海洋環境、海洋水質
田井 明	福岡工業大学 社会環境学部 社会環境学科 准教授	海域環境、河川の流出モデル

2. 開催概要

検討委員会を以下のとおり開催し（表 X-2）、説明資料と議事録については、巻末資料に示す。各検討委員からの指摘事項等については、調査内容を適切に修正する等の対応を行い、次の検討委員会場で修正点等の報告を行った。

表 X-2 検討委員会開催概要

会議名	開催日時	会場	議事
第1回 検討委員会	令和5年 10月10日（火） 15:00～17:00	日本森林技術協 会3階大会議室	(1) 令和4年度調査結果（ご報告） (2) 令和5年度調査計画 (3) その他
第2回 検討委員会	令和5年 11月27日（月） 15:00～17:00	日本森林技術協 会5階中会議 室・Zoom（ハ イブリッド）	(1) 前回までの振り返り (2) 現地調査 (3) 長期的な調査内容の検討 (4) 球磨川流域の SWAT モデル精緻化 (5) 森林による海域への影響の評価 (6) 成果の発信に係る対応 (7) その他
第3回 検討委員会	令和5年 1月22日（月） 15:00～17:00	日本森林技術協 会5階中会議 室・Zoom（ハ イブリッド）	(1) 前回までの振り返り (2) 現地調査 (3) 長期的な調査内容の検討 (4) 球磨川流域の SWAT モデル精緻化 (5) 森林による海域への影響の評価 (6) 成果の発信に係る対応 (7) その他
第4回 検討委員会	令和6年 2月22日（木） 15:00～17:00	日本森林技術協 会5階中会議室	(1) 前回の振り返り (2) 現地調査 (3) 球磨川流域の SWAT モデル精緻化 (4) 森林による海域への影響の評価 (5) 球磨川流域の土地利用区分図の更新 (6) 成果の発信に係る対応 (7) その他

さらに、委員会に加えて各検討委員へ個別にヒアリングを行い、長期的な調査内容の検討に関して、令和8年度に予定している有明海・八代海等総合調査評価委員会へのとりまとめに向けた検討するにあたり、専門的な知見等を踏まえた方向性を決定するためにヒアリングを行った。ヒアリングで使用した説明資料と議事録を巻末資料に示す。ヒアリングでの意見等は、整理したうえでとりまとめ、第3回委員会でその報告を行った。委員別の開催日時は以下のとおり（表 X-3）。

表 X-3 検討委員へ個別にヒアリングを開催した日時

ヒアリング開催日時	対象
令和5年12月5日（火）15-16時	小林委員
令和5年12月12日（火）10-12時	落合委員長・杉松委員
令和5年12月20日（水）10-12時	清水委員
令和5年12月22日（金）10-11時	田井委員
令和5年12月22日（金）11-12時	小野寺委員

XI. 巻末資料

1. SWAT モデル パラメータ初期値一覧

<データ DVD 参照>

2. SWAT モデルについて
3. 検討委員会資料（ヒアリング含む）
4. 検討委員会議事録（ヒアリング含む）
5. 現地調査結果
6. 世界水フォーラム資料

<HDD 参照>

7. プログラム
8. モデル関連データ

1. SWAT モデル パラメータ 初期値一覧

表 XI-1 SWAT モデルパラメータ初期値一覧

プロジェクトデータベース(QSWATRef2012.mdb)

デフォルト値 初期値(過年度調整)適用 初期値(後にキャリブレーションにより調整) 現地調査または机上計測値適用

テーブル名	パラメータ名	パラメータ説明	Hydrologic Group	土壌	傾斜区分	デフォルト値[単位]	土地利用								
							FRST	右記以外	RICE	AGRL	URMD	BSVG	URTN	WATR	PAST
BSN	SURLAG	表面流の流出遅延度合い				4 days (1-24)		1.194							
	ADJ_PKR	Peak rate adjustment factor for sediment routing in the subbasin (tributary channels)				1		1.5225							
	PRF_BSN	Peak rate adjustment factor for sediment routing in the main channel				1 (0-2)		0.52333							
	SPCON	沈着した懸濁物質の再浮遊係数 (流路内で再浮遊する土砂の最大量の計算変数)				0.0001 (0.0001-0.01)		0.00851							
	SPEXP	沈着した懸濁物質の再浮遊指数 (流路内で再浮遊する土砂量を計算するための変数)				1.0 (1.0-2.0)		1.245							
	RCN	雨中の窒素濃度				0 [mg N /l] (0-15)		0.46							
	CMN	脱窒作用の指数係数 (活性有機窒素の腐植鉱化作用の速度因子)				0.0003 (0.001-0.003)		0.0017							
	CDN	有機NまたはPの無機化速度 (脱窒化作用の指数速度係数)				1.4 (0.0-3.0)		0.003							
	SDNCO	脱窒作用の起こる閾値となる水分含有率				1.10 (0-1)		0.999							
	N_UPDIS	窒素吸収の配分パラメータ (吸収チッソの分布パラメータ)				20 (0-100)		10.05							
	P_UPDIS	リン吸収の配分パラメータ (吸収リンの分布パラメータ)				20 (0-100)		20							
	NPERCO	窒素の浸出係数 (チッソの浸透係数)				0.2 (0-1)		0.99							
	PPERCO	リンの浸出係数。値が大きいほど地下へ浸透するPが減る				10.0-17.5 [10m3/Mg]		12.6							
	PHOSKD	リンの土壌によるパーテーション化係数。値が大きいほど表面流で失われる可給態				175.0[m3/Mg]		160.5							
	PSP	リンの利用可能性指数。肥料で付加されたPが土壌プールに移行していく際の係数。値が低いほど肥料が急速に土壌へ移行				0.4		0.209							
	RSDCO	植物残渣の分解係数。				0.05		0.075							
RAMMO_SUB	流域全体に沈着するアンモニア態窒素量				0(m/L)		0.0775								
RCN_SUB	流域全体に沈着する硝酸態窒素量				0(m/L)		0.125								
RCN SUB BSN	Concentration of nitrate in precipitation [ppm]				0[mgN/L]		0								
GW	SHALLST_N	河川へ流出する地下水中のNO3濃度				0 [mg/l] (0-1000)		現地調査 結果を反映							
	GWSOLP	支流域から河川に流出する地下水に含まれる溶存態リン濃度				0 [mg/l] (0-1000)		現地調査 結果を反映							
	LAT_ORGN	基底流中の有機態窒素濃度				0 [mg/l] (0-200)		現地調査 結果を反映							
	LAT_ORGP	基底流中の有機態リン濃度				0 [mg/l] (0-200)		現地調査 結果を反映							
	GW_DELAY	地下水の流出遅延日数				[days]		1.7							
	ALPHA_BF	降水による供給が無い状態での地下水の流出量(ベースフロー)を決定するファク				0.048[1/days]		1							
	GWQMN	浅層地下水が川へ流入する際の閾値				1000[mm]		300							
	GW_REVAP	地下水の再蒸発(土壌表層への水の移動)係数。地下水面が高い場合と、深根性植物が生育する場合に顕著となる。値が高いほど移動しやすい				0.02		0.102							
	REVAPMN	毛管上昇が生じる浅層地下水の閾値				750[mm]		215							
	RCHRG_DP	地下深層への透過率						0.515							
CHM	SOL_ORGN	土壌層における有機態窒素の初期値				0 [mg/kg] (0-10000)		現地調査 結果を反映							
	SOL_LABP	土壌層における溶存態リンの初期値				5 [mg/kg] (0-10000)		現地調査 結果を反映							
	SOL_ORGP	土壌層における有機態リンの初期値。現地調査値を元に支流域ごとに設定				0 [mg/kg] (0-10000)		現地調査 結果を反映							

テーブル名	パラメータ名	パラメータ説明	Hydrologic Group	土 壌	傾斜区分	デフォルト値[単位]	土地利用								
							FRST	右記以外	RICE	AGRL	URMD	BSVG	URTN	WATR	PAST
SOL	USLE_K1 USLE_K2 USLE_K3	USLE式の土壌侵食性ファクター	A	ANDOSOL		-999 (0-0.65)		0.0116							
			B	ANDOSOL WET											
			A	BROWNFORESTSOIL											
			B	BROWNFORESTSOIL DRY											
			B	BROWNFORESTSOIL WET											
			C	GLEYSOIL											
			C	GLEYSOIL											
			B	IMMATURESOIL											
	SOL_K1	土壌の飽和透水係数(1層目)	D	REDYELLOWSOIL		-999 [mm/hr] (0-200)		0.0371							
			A	ANDOSOL				7.32							
			B	ANDOSOL WET											
			A	BROWNFORESTSOIL											
			B	BROWNFORESTSOIL DRY				63.21							
			B	BROWNFORESTSOIL WET											
			C	GLEYSOIL				63.21							
			C	GLEYSOIL				105.25							
	SOL_K2	土壌の飽和透水係数(2層目)	B	IMMATURESOIL		-999 [mm/hr] (0-200)									
			D	REDYELLOWSOIL				304.35							
			A	ANDOSOL				7.32							
			B	ANDOSOL WET											
			A	BROWNFORESTSOIL											
			B	BROWNFORESTSOIL DRY				63.21							
			B	BROWNFORESTSOIL WET											
			C	GLEYSOIL				105.25							
	SOL_K3	土壌の飽和透水係数(3層目)	C	GLEYSOIL		-999 [mm/hr] (0-200)									
			B	IMMATURESOIL				304.35							
			D	REDYELLOWSOIL				0.73							
			A	ANDOSOL											
			B	ANDOSOL WET											
			A	BROWNFORESTSOIL											
			B	BROWNFORESTSOIL DRY				6.32							
			B	BROWNFORESTSOIL WET											
	SOL_AWC1	土壌の有効水分(1層目)	C	GLEYSOIL		0.032－0.35 [mm/hr]		105.25							
			B	IMMATURESOIL				10.53							
			D	REDYELLOWSOIL				30.44							
			A	ANDOSOL				0.5							
			B	ANDOSOL WET				0.5							
			A	BROWNFORESTSOIL				0.2							
			B	BROWNFORESTSOIL DRY				0.2							
			B	BROWNFORESTSOIL WET				0.2							
	SOL_AWC2	土壌の有効水分(2層目)	C	GLEYSOIL		0.032－0.35 [mm/hr]		0.04							
			C	GLEYSOIL				0.07							
			B	IMMATURESOIL				0.17							
			D	REDYELLOWSOIL				0.13							
			A	ANDOSOL				0.5							
			B	ANDOSOL WET				0.5							
			A	BROWNFORESTSOIL				0.2							
			B	BROWNFORESTSOIL DRY				0.2							
	SOL_AWC3	土壌の有効水分(3層目)	B	BROWNFORESTSOIL WET		0.032－0.35 [mm/hr]		0.2							
			C	GLEYSOIL				0.04							
			C	GLEYSOIL				0.07							
			B	IMMATURESOIL				0.17							
			D	REDYELLOWSOIL				0.13							
			A	ANDOSOL				0.5							
			B	ANDOSOL WET				0.2							
			A	BROWNFORESTSOIL				0.2							

テーブル名	パラメータ名	パラメータ説明	Hydrologic Group	土 壌	傾斜区分	デフォルト値[単位]	土地利用								
							FRST	右記以外	RICE	AGRL	URMD	BSVG	URTN	WATR	PAST
SOL	SOL_BD1	土壌仮比重(1層目)	A	ANDOSOL		0-2.5 [g/cm3]		0.3696							
			B	ANDOSOL WET				0.3696							
			A	BROWNFORESTSOIL				0.856							
			B	BROWNFORESTSOIL DRY				0.856							
			B	BROWNFORESTSOIL WET				0.856							
			C	GLEYSOIL				0.96							
			C	GLEYSOIL				0.924							
			B	IMMATURESOIL				0.76							
	SOL_BD2	土壌仮比重(2層目)	D	REDYELLOWSOIL				0.8992							
			A	ANDOSOL				0.4344							
			B	ANDOSOL WET				0.4344							
			A	BROWNFORESTSOIL				1.072							
			B	BROWNFORESTSOIL DRY				1.072							
			B	BROWNFORESTSOIL WET				1.072							
			C	GLEYSOIL				1.0588							
			C	GLEYSOIL				1.008							
	SOL_BD3	土壌仮比重(3層目)	B	IMMATURESOIL				0.976							
			D	REDYELLOWSOIL				0.992							
			A	ANDOSOL				0.416							
			B	ANDOSOL WET				0.416							
			A	BROWNFORESTSOIL				1.096							
			B	BROWNFORESTSOIL DRY				1.096							
			B	BROWNFORESTSOIL WET				1.096							
			C	GLEYSOIL				1.08							
MGT	PLANT_ID	土地被覆区分のIDコード			0-10, 10-20	0	6		0	0					
					20-9999	(0-99)									
	LAI_INT	葉面積指数(LAI)の初期値			0-10, 10-20	0	4	0		1					
					20-9999	(0-8)									
	BIO_INT	乾重量バイオマスの初期値			0-10, 10-20	0 [kg/ha]	1000	0		0					
					20-9999	(0-1000)									
	BIOMIX	生態混交率				0.2 (0-1)	0.139	0.2							
					0-10, 10-20	0 [phu]									2000
	PHU_PLT	植物成長の全期間における積算温度			0-10, 10-20	0 [phu]	2000	0		0					
					20-9999	(0-3500)									
	FILTERW	農地の端における土壌捕捉地帯の幅(畦道の幅)			0-10, 10-20	0 [m]		0	2.6	2.6					
					20-9999	(0-100)									
IRRSC	灌漑コード(水源区分)				0 (0-5)	0	0	1							
IRRNO	水源の立地				0 (0-9999)		0		1						
														2	
USLE_P	USLE式の人為活動に関するファクター			0-10, 10-20	1 (0-1)		1	0.43565	0.6265						
				20-9999											1
CN2	カーブナンバー法により表面流出量を計算する際のパラメータ。作物タイプと土壌の透水性(A~D)、土壌の湿潤状態から決定される	A	ANDOSOL		31-92	36		62	67	31	39	31	92		
		B	ANDOSOL WET			60		73	77	59	61		92		
		A	BROWNFORESTSOIL			36		62	67	31	39	31	92		
		B	BROWNFORESTSOIL DRY			60		73	77	59	61		92		
		B	BROWNFORESTSOIL WET			60					61				
			BROWNLOWLANDSOIL					81	83	72		72	92		
		C	GLEYSOIL			73		81	83	72	74	72	92		
		C	GLEYSOIL			73		81	83	72	74		92	79	
		B	IMMATURESOIL			60		73	77	59	61	59	92	69	
		D	REDYELLOWSOIL					84	87	79					

テーブル名	パラメータ名	パラメータ説明	Hydrologic Group	土 壌	傾斜区分	デフォルト値[単位]	土地利用								
							FRST	右記以外	RICE	AGRL	URMD	BSVG	URTN	WATR	PAST
HRU	SLSUBSN	平均斜面長				9-91[mm]									
	HRU_SLP	平均斜面傾斜				0.034-0.5[m/m]									
	OV_N	地表面におけるマニングのN(粗度係数)				0.01-0.15	0.1		0.14	0.14	0.1	0.15	0.1	0.01	0.15
	LAT_TTIME						1	0							
	LAT_SED	側方流及び地下水流中の土砂濃度				0[mg/L]	0.233	0.00189							
	CANMX	樹冠最大貯留量。葉面積の関数として変化する樹冠貯留量の最大値			0-10、10-20 20-9999	0[mm]	22.6			1 5					
	ESCO	土壌からの蒸発ファクター。土壌の深い層から低い層への鈴の移動のしやすさを示し、数値が低いとより深い層からも蒸発する。流域北部、南部で分けて設定。				0.95	0.8			0.85					
	EPCO	植物による吸水の補償係数。浅い層に十分な水がないとき、より深い層からの吸水を許すかどうか。				0.01-1	0.918								
	ERORGN	物質輸送における有機態Nの濃縮率				0									
ERORGP	物質輸送におけるリンの濃縮率。土壌表層のリン濃度に対する物質とともに輸送されるリン濃度の比						0								
RTE	CH_COV1	河川の浸食されやすさ。0に近いほど浸食されにくく、1に近いほど浸食されやすい				0 [] (-0.05-0.6)		0.02							
	CH_COV2	河川の被覆係数。0に近いほど浸食されにくく、1に近いほど浸食されやすい				0 [] (-0.001-1)		0.04							
	CH_K2	河床における実効透水係数				0[mm/hr] (-0.01-500)		1							
	CH_N2	基幹河川におけるマニングのN(粗度係数)				0.014 [] (-0.01-0.3)		0.01							
	PRF	出水時のピーク流量が土砂流出量に与える影響を調整する係数				1 [] (0-2)		0.59							
	SPCON	沈着した懸濁物質の再浮遊係数				0.0001 [] (0.0001-0.01)		0.0055							
	SPEXP	沈着した懸濁物質の再浮遊指数				1 [] (1-1.5)		1.18							
	CH_W2	河川の平均幅				-999 [m] (0-		机上計測							
	CH_D	河川の平均深さ				-999 [m] (0-30)									
SWQ	BC1	河川内(20℃)でNH4がNO2へ生物学的酸化される割合定数				0.55[1/day]		0.55							
	BC2	河川内(20℃)でNO2がNO3へ生物学的酸化される割合定数				1.1[1/day]		1.1							
	BC3	河川内(20℃)でNがNH4へ加水反応する割合定数				0.21[1/day]		0.21							
	BC4	有機リンを溶存態リンに無機化するための速度定数(河川温度20℃の時)				0.35[1/day]		0.35							
	RS4	河川内(20℃)で有機体Nが沈着する割合定数				0.05[1/day]		0.05							
	RS5	有機Pの沈殿率(河川温度20℃の時)				0.05[1/day]		0.05							