

I. 事業の背景

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、有明海及び八代海においては、周辺の経済社会や自然環境の変化に伴い、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、海面漁業生産は減少を続けている。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標として、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総合的かつ計画的に推進するため、平成 14 年 11 月に「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た「有明海及び八代海等を再生するための基本方針」（平成 15 年 2 月）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」との記述がなされており、有明海・八代海に流入する河川流域内に所在する森林が、海域の物質生産に果たしている役割に対して、科学的な観点から調査・検討を行うことが求められている。

また、平成 23 年に同法が改正され、特措法第 18 条の 5 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」を行うことが規定された。

これらを受け、林野庁では、平成 26 年度より資料文献調査を開始し、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。続く平成 28 年度から平成 30 年度にかけて、流域・河川等の情報を豊富に有する一級河川である菊池川流域をモデルとし、流出モデル構築に必要な資料収集及び現地調査の実施を通してパラメータの設定や調整を行い、ある程度の再現精度を有する流出モデルを構築した。このモデルを用いて、当該流域における森林から流出する雨水や物質が有明海等の閉鎖性海域の環境に与える影響を大まかに把握し、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。また、平成 30 年度にはこれまでに得られた成果のまとめと総合評価を実施した。続く、令和元年度は、森林の機能を更に明らかにするための検討として、時間単位での流量解析や過去モデルの構築及び比較検証等を実施した。

今後は、これまでの解析を通して構築してきた菊池川モデルを当海域に注ぐ全ての一級河川からの流出を菊池川同様に把握することで流域の森林が海域に及ぼす影響の全容を把握していくという計画の中で、本年度は、菊池川モデルを 2 流域に展開図り、同流域周辺の森林と海域の環境との関係の評価に資するとともに菊池川モデルのさらなる精度向上や利用可能性の検討を進めることとした。

II. 令和 2 年度（2020 年度）調査計画

1. 調査目的

平成 23 年に改正された「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」（平成 14 年法律第 120 号）第 18 条では、国は有明海等の閉鎖性海域の環境の保全及び改善等を図るため、当該海域の環境と森林との関係に関する調査を行うこととされている。

近年、河川を介して森林から海まで移動する土砂やこれと共に移動する栄養塩類等が河川水域や海域の生態系に多大な影響を与えていると言われているが、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以外からの栄養塩類等の流出も考慮する必要がある。

林野庁では、平成 28 年度から令和元年度の 4 ヶ年で有明海に注ぐ一級河川である菊池川流域についてベースとなる流出モデルを構築した。このモデルを用いて、今後、有明海・八代海に注ぐ他の一級河川流域における森林から流出する水や物質等が閉鎖性海域の環境に与える影響を評価することにより、有明海等の閉鎖性海域と周辺の森林との関係を解明することを目的とする。

また、有明特措法第 18 条に規定される調査においては、本調査が対象としている土砂及び栄養塩（窒素及びリン）のみを対象としているものではなく、これら以外の物質等について、今後どのように取り扱うべきかについても一定の方針を得るものとした。

2. 本事業のこれまでの経緯

本項目では、これまで実施されてきた事業内容を整理し、今後検討が必要な課題について整理する。

平成 27 年(2015 年)度実施された「山地保全調査（水源森林保全調査）」においては、森林の海域に果たすポジティブな役割の評価の論点について、以下のように整理されている。

- 比較的大きな流域を対象として、流出モデルである Soil And Water Assessment Tool（以下「SWAT モデル」という。）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類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

以上の論点を踏まえ、森林の海域に果たすポジティブな役割について、大きく 2 つの仮説について SWAT モデルを用いて評価した。

仮説 1：森林の水源かん養機能及び土砂流出安定化機能

森林の持つ水源かん養機能の一つである流量の平準化は、河川流出の定常化に寄与し、土砂（Suspended Solid; 浮遊物質、以下 SS※¹ という。）を含む栄養塩類の安定的な供給につながる。

仮説 1 の検証

森林の水源かん養機能及び土砂流出安定化機能などの水文プロセスについて、SWAT モデルを用いて評価。

仮説 2：森林のストック機能の評価

森林にインプットされる栄養塩類や有機物が、森林に一時貯留され、急速な流出を制御し時間を掛けて下流に流れていくことにより、海域に安定的に栄養塩類（窒素 N、リン P）や有機物（全有機炭素 TOC）を供給している。

仮説 2 の検証

栄養塩類や有機物を安定的に供給する森林のストック機能について、SWAT モデルを用いて評価。

※1：SS とは、水中に懸濁している不溶解性物質のことで、2mm のふるいを通過し 1 μ m のろ過材上に残留する物質と定義されており、有機物なども含まれることがあるが、土砂のみを抽出して分析することは難しいため、本事業では SS を土砂として評価する。

平成 28 年度から平成 30 年度にかけては、平成 27 年(2015 年)度に整理された「森林の海域に果たすポジティブな役割の評価」に対する 2 つの仮説について検証を行い、平成 30 年度にその総合評価を行った。

また、令和元年度にはさらなる評価モデルの改良や森林の状態の違いが及ぼす影響を明らかにするために過去と現在の森林の影響を比較評価等に取り組んだ。次の表に、これまでの調査内容を時系列的に示す。

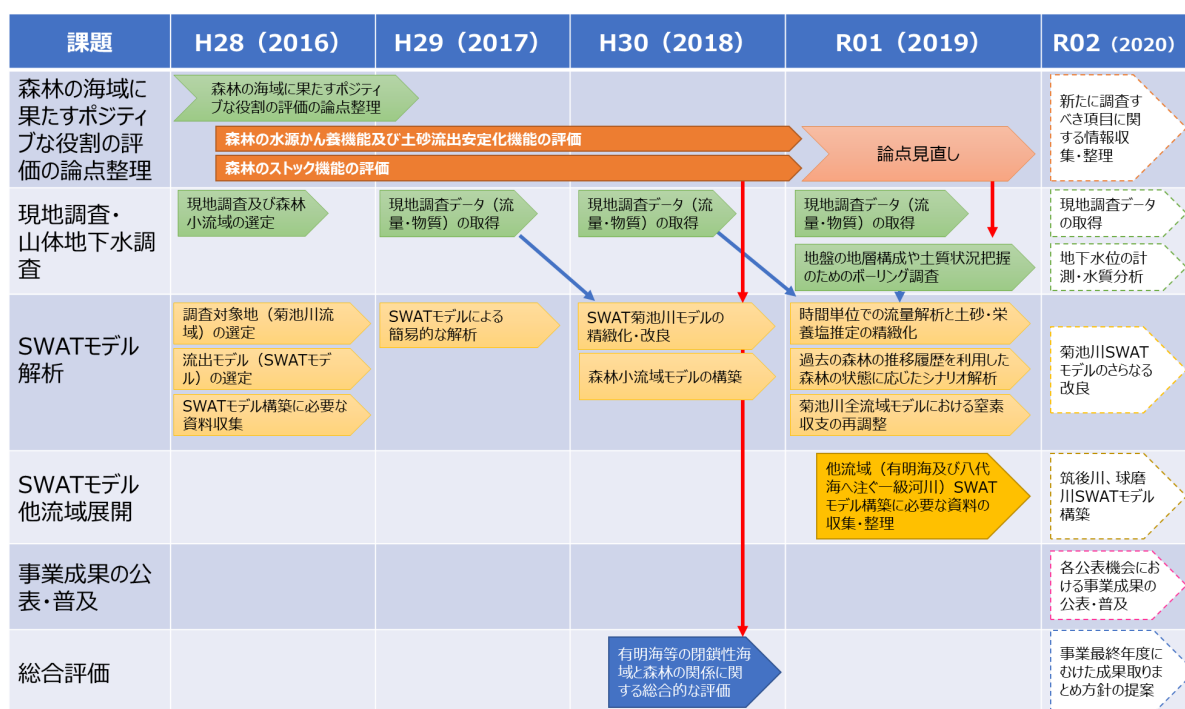


図 II-1 平成 28 年度からこれまでの本事業の経緯

前述の調査の結果、森林が海域に及ぼす影響の関係解明について、以下のとおり、一定の成果を得ている。

（１）平成 28 年(2016 年)度

流域・河川等の情報を豊富に有する一級河川である菊池川流域をモデルとし、解析に使用する流出モデル（SWAT モデル）の選定、評価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選定を行った。

（２）平成 29 年(2017 年)度

平成 28 年度に選定した SWAT モデルを用いて当該流域における森林から流出する雨水や物質が有明海等の閉鎖性海域の環境に与える影響を大まかに把握し、有明海等の閉鎖性海域と森林との関係について簡易的な解析を行った。

（３）平成 30 年(2018 年)度

森林の多い小流域における現地調査結果を踏まえ、評価モデルの精緻化・改良を行い、前年度よりも精度の高いモデルを構築した。構築したモデルを用いて、有明海等の閉鎖性海域と森林の関係について総合的な評価を行った。

（４）令和元年（2019 年）度

菊池川モデルが抱える課題（窒素収支の精度、豪雨時の過小な流量推定など）の改善に向け、土砂・栄養塩量推定の精緻化、時間単位での流量解析に取り組み、評価モデルの精度をさらに向上させた。また、前年度のシナリオ解析が「森林を他の土地利用に置き換えた場合」

というシンプルなテーマであったのに対し、令和元年度は、過去モデル（2010 年代モデルと 1970 年代モデル）の構築及び比較・検証を通して、「森林そのものの成長や状態の変化」に応じたシナリオ解析が可能となる基盤を整えた。

これにより、1970 年代から 2010 年代にかけての森林の成長（成熟林面積の増大）は、出水時のピーク流量を抑えるなど、流出抑制機能向上に寄与していることが定量的に示されたほか、若齢林の下層植生を減少させたシナリオ解析（一部の若齢林において間伐が行き届いていない状況を想定）では、土砂流出量が若干増加しつつも、菊池川流域全体でみると微増程度であることなどが示唆された。

3. 課題の整理

本事業では、令和元年度までに、目的に応じて大きく 4 つのタイプの評価モデルを構築した。

- 菊池川流域全体を対象とした「全流域モデル」
- 菊池川上流の森林小流域を対象とした「小流域モデル」
- 解析の時間解像度を日単位から時間単位に上げた「時間解析モデル」
- 年代別（2010 年代と 1970 年代）土地利用に基づき構築した「過去モデル」

また、現地調査としては、SWAT モデルのパラメータ初期値として入力が必要な、土壌や地下水、栄養塩濃度などに関するデータ、モデル精度を向上させるためのキャリブレーション・バリデーション用に必要な流量（水位や土砂、栄養塩流出量など）に関わるデータの収集を行ったほか、令和元年度については、山体地下水や地層の構成、土質の状況について知見を得るためのボーリング調査（常陸太田）を追加的に行った。

これらの取り組みを発展させ、森林と有明海等の閉鎖性海域との関係の解明に向けて、さらなる考察を深めるために検討が望ましい事項として、大きく、次の 4 点が挙げられる。

- 菊池川以外の流域の評価モデル構築による水や物質の流出特性に関する分析・評価
- 山体地下水の計測及び分析
- 土砂、リン、窒素以外の流出物の取扱いに関する検討
- 成果等の公表・普及について

さらに、今後の事業実施に向けて、作業の手戻りなく、効率的に業務を実施し、有明海・八代海を囲む全 9 流域の評価モデルによる解析等を通じた調査結果に基づく総合評価を行うため、最終的な取りまとめの方針を共有していくことが必要である。

本年度は、上記事項を踏まえて調査に取り組むこととした。各調査の具体的な実施方法については、次の事業の基本方針に示す。

4. 事業の基本方針

(1) 菊池川モデルの他流域への適用

i. 他流域モデルの構築

森林からの物質流出が有明海等の閉鎖性海域に与える影響について解明するため、すでにモデルを構築済みの菊池川を除いて、将来的には 8 つの一級河川（球磨川、緑川、白川、矢部川、本明川、六角川、嘉瀬川、及び筑後川）について SWAT モデルによる評価モデルを構築する。本年度は、筑後川、矢部川の 2 流域を対象とする。

ii. 現地調査の実施

筑後川、矢部川の 2 流域の評価モデル構築に向け、入力パラメータの初期値の設定やキャリブレーション・バリデーションに用いるための流量、物質質量等の実測データを現地調査により取得する。

iii. 菊池川モデルの調整

上記(1)で構築された評価モデルや菊池川モデルのシミュレーション結果の分析に基づき、再調整したパラメータを菊池川モデルにフィードバックすることで、当該モデルのさらなる精緻化を図る。

(2) 山体地下水の計測と実測結果

昨年度作設した茨城県常陸太田市の 10 本の観測井において計測された水位および水質等のデータの活用について、地下水資源としての評価や流出モデルにおける地下水関連パラメータの改良等の観点から検討を行う。

(3) 調査結果の公表等に係る検討

本事業で得られた知見等が他の研究や調査に効果的に活用されるよう、各機会において最適な視点・テーマに応じて事業成果を公表することを支援する。

(4) その他の流出物に関する取扱いについて

これまで、本事業の調査に含まれなかった物質（ケイ素やフルボ酸、微量元素、有機物等）に関して、今後、調査に含める必要性の可否について検討するため、候補物質に関する情報収集を行う。

(5) 今後の事業成果の取りまとめに向けて

次の 2 つの視点における方向性をもって、今後の事業実施に向けた成果取りまとめを行う。

- ① 有明特措法を踏まえた「森林が海域に及ぼす影響の解明」に関する総合評価
- ② 本事業のモデル構築、流出解析により得られた知見の今後の林野行政への波及

表 II-1 事業全体の取り組み事項

年度	取り組み事項
平成 27 年度 (2015 年度)	・ 森林の海域に及ぼす影響を評価するための論点整理 ・ 対象モデル流域（菊池川流域）を選定
平成 28 年度 (2016 年度)	・ 既存資料の収集 ・ 流出モデル(SWAT モデル)の選定 ・ 菊池川流域における現地調査 ・ 森林小流域の選定
平成 29 年度 (2017 年度)	・ 評価モデルの構築、評価モデルの検証（キャリブレーション等） ・ 菊池川流域における現地調査 ・ 森林小流域における現地調査 ・ 評価モデルによる予測・評価 ・ 陸域が海域に与える影響を定量的に評価
平成 30 年度 (2018 年度)	・ 森林小流域データ等を含めた評価モデルの改良・精緻化 ・ 森林小流域における現地調査 ・ 改良・精緻化した評価モデルによる予測・評価 ・ 陸域が海域に与える影響を定量的に評価 ・ 森林が与える影響を定量的に評価 ・ 総合評価
令和元年度 (2019 年度)	・ 時間単位に対応する菊池川流域における現地調査、及び評価モデルの改良・精緻化 ・ 過去の森林の推移履歴を利用した、森林状態に応じたシナリオ解析 ・ 山体地下水計測に向けた観測井の作設 ・ 菊池川を除く一級河川（球磨川、緑川、白川、矢部川、本明川、六角川、嘉瀬川、筑後川）流域の評価モデルの構築に必要な既存資料の収集・整理
令和 2 年度 (2020 年度)	・ 既構築評価モデルの調整と他流域への適用 ・ 筑後川・矢部川流域の現地調査 ・ 山体地下水の計測と実測結果 ・ 事業成果の公表 ・ その他の流出物に関する取扱い検討 ・ 今後の事業成果の取りまとめ

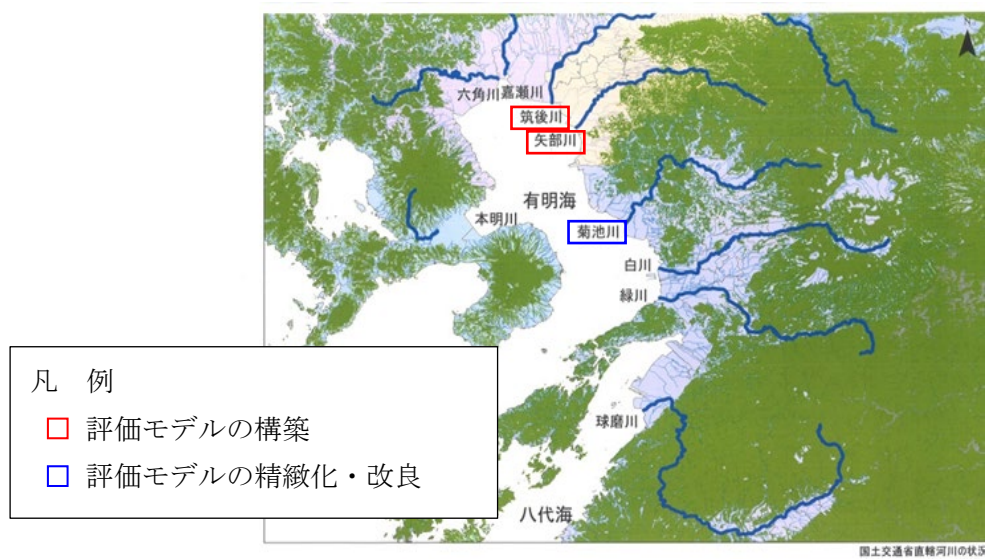


図 II-2 調査対象河川

5. 本年度の業務内容

(1) 実施項目

本年度の実施項目を以下に示す。

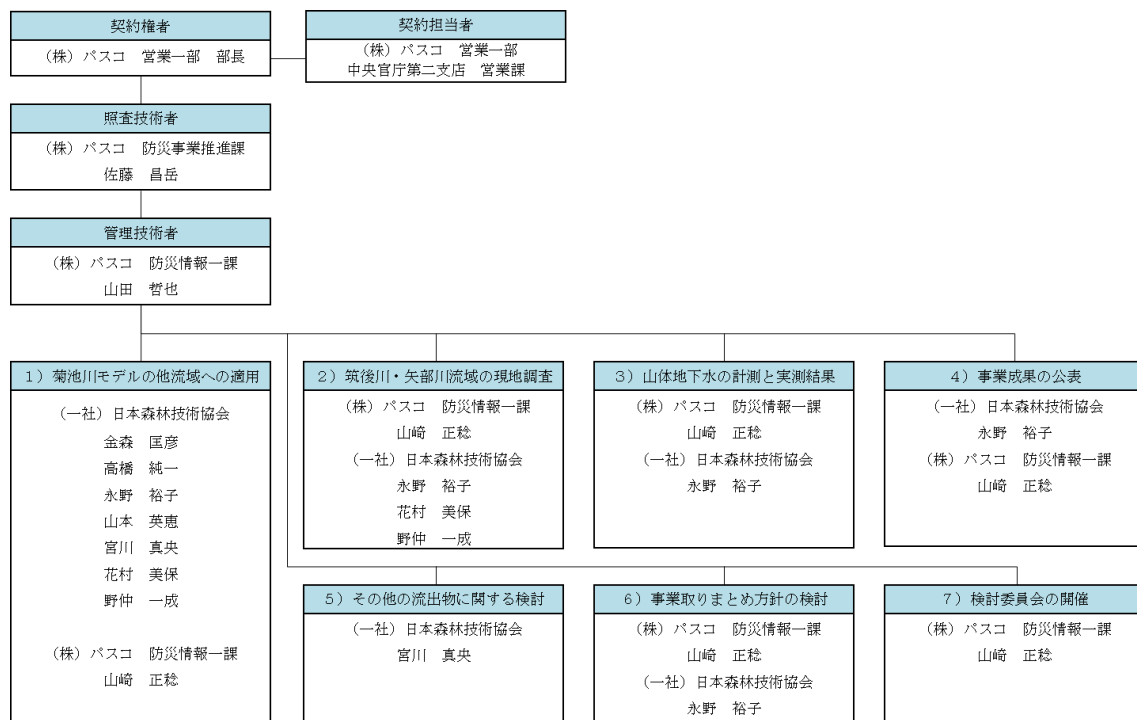
本年度の業務項目

- 1) 計画準備
- 2) 菊池川モデルの他流域への適用
 - ア) 筑後川・矢部川流域における評価モデル構築
 - イ) 菊池川流域における評価モデルの調整
- 3) 筑後川・矢部川流域の現地調査
 - ア) 土壌調査
 - イ) 地下水質調査
 - ウ) 雨水調査
- 4) 山体地下水の計測と実測結果
 - ア) 観測井における計測および水質分析
 - イ) 降雨量等の水文データの収集
 - ウ) 観測結果の考察
- 5) 事業成果の公表
 - ア) 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
 - イ) 第4回アジア・太平洋水サミットにおけるシンポジウム
 - ウ) 第9回世界水フォーラム
- 6) その他の流出物に関する検討
 - ア) 基礎情報の収集と論点整理
 - イ) 新たに検討すべき物質の候補選定
- 7) 総合評価
 - ア) 菊池川流域全体の土砂・栄養塩流出量の把握
 - イ) 森林から流出する水・栄養塩の推定と海域環境に与える影響の把握
 - ウ) 有明海等閉鎖性海域と森林との関係に関する総合評価
 - エ) 今後の事業成果の取りまとめに向けて
- 8) 検討委員会の開催
- 9) 取りまとめ

なお、令和元年度までに構築した菊池川モデルを総称して「旧菊池川モデル」、筑後川流域を対象にしたモデルを「筑後川モデル」、矢部川流域を対象にしたモデルを「矢部川モデル」、筑後川モデル及び矢部川モデルを構築した知見等を反映し精緻化した菊池川モデルを「新菊池川モデル」と呼ぶこととする。

(2) 作業実施体制

本業務における作業実施体制は、以下のとおりとした。



III. 計画準備

業務着手に当たり、業務を円滑に推進することを目的に作業実施計画書及び工程表を作成した。また、工程ごとの協議時には、協議資料を作成した。

本業務では以降の作業として、菊池川を除く有明海及び八代海に注ぐ 8 つの一級河川流域についても新たに SWAT モデルによる評価モデル（以下、「他流域モデル」）を構築予定である。そのため、各流域における水や物質の流出特性について得られたデータを多角的に分析することにより、森林からの水や物質流出が有明海等の閉鎖性海域に与える影響について定量的な評価を行った。

今年度は、上記 8 流域のうち、筑後川及び矢部川の 2 流域を対象として他流域モデルを構築することとした。当初の予定では、筑後川及び球磨川での調査を予定していたが、2020 年 7 月 4 日に球磨川流域で発生した豪雨災害により、現地へのアクセスが困難となったことから、球磨川流域は今年度の対象流域から外し、代替として、矢部川流域を対象とすることとした。

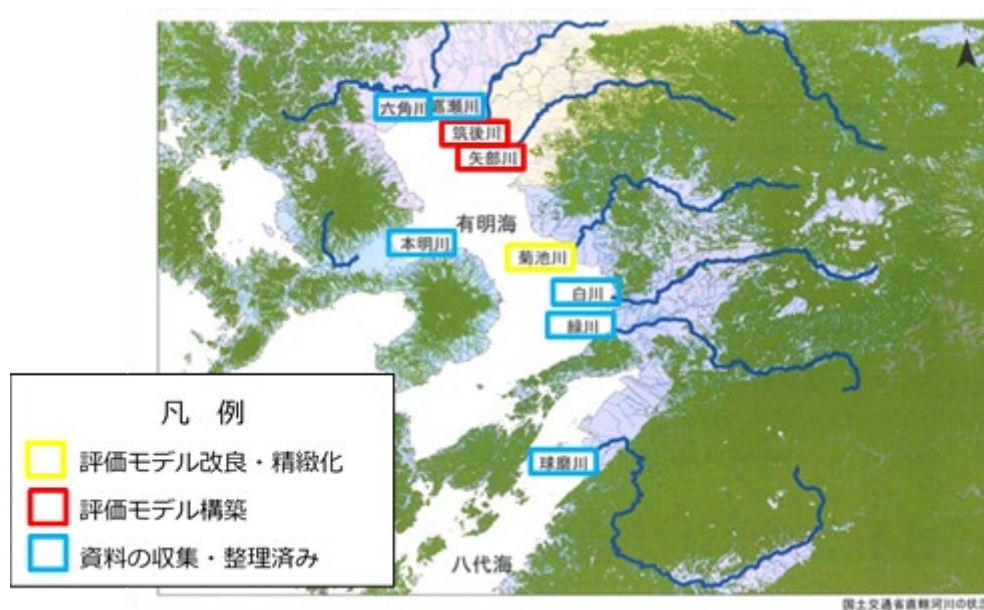


図 III-1 有明海及び八代海に注ぐ一級河川流域

IV.筑後川、矢部川流域における現地調査

1. 調査概要

筑後川及び矢部川に係る評価モデルの構築とそれを用いた流出に関する評価、並びに菊池川モデルにおける農地からの栄養塩流出に関する精緻化等のために必要な現地調査を実施した。

筑後川及び矢部川流域における調査方法については、過年度に実施した菊池川流域での方法を踏襲した（図IV-1）。菊池川流域においては、他流域モデルの構築のベースとなることから、その栄養塩等の精度向上に係る課題に対応するため従来の水質分析項目に加えて、海域からの関心が高い粒径分布に関する調査も実施した。現地調査項目の概要を表IV-1 から表IV-3 に示す。なお、調査写真、計量証明書については、PDF ファイルとして、DVD に格納した。



図 IV-1 筑後川及び矢部川流域での現地調査（左から雨水・湧水・土壌）

表 IV-1 調査項目

項目		調査頻度
筑後川 及び 矢部川 流域	雨水調査	年4回（8月、11月、1月、2月）に調査実施
	湧水調査	年4回（8月、11月、1月、2月）に調査実施
	土壌調査	年1回（11月）に調査実施
菊池川 流域	河川水	年1回（2月）に調査実施
	支流域下水質分析	年1回（2月）に調査実施
	農地下流水分析	年1回（2月）に調査実施

表 IV-2 水質分析項目

分析項目	
窒素 (N)	全窒素 (T-N) または形態別窒素 1/3 程度出水パターンに応じて分析 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 1/3 程度出水パターンに応じて分析 有機態リン (OP)、無機態リン (IP)
浮遊物質 (SS)	浮遊物質 (SS) 粒径分布 ※菊池川調査における河川水のみ

表 IV-3 現地調査項目一覧表 (菊池川)

項目	調査箇所	調査年度																										令和 2 年度 2020 年度			
		平成 28 年度 2016 年度					平成 29 年度 2017 年度										平成 30 年度 2018 年度										令和元年度 2019 年度				
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6	7	8	9	10	2	
雨水 分析	菊池川	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																			
	小流域								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
河川 水質 分析	平水時 出水時	菊池川	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																		○	
		岩野川																							○	○	○	○	○		
		小流域								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
		菊池川				○				○	○	○																			
		岩野川																			○	○	○		○	○	○	○	○		
		小流域								○	○	○										○	○	○							
河川水 位観測	小流域							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○								
河川流 量調査	小流域							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○								
土 壌 分 析	菊池川		○										○																		
地 下 水 分析	菊池川	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																			
支 流 域 下 水 質 分析																													○		
農 地 下 流 水 分 析																													○		