

令和3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

（世界水フォーラム関係）

令和4年3月

林野庁

目次

1.	世界水フォーラムについて	1
2.	業務概要.....	2
3.	情報の収集（第9回世界水フォーラムの概要）	3
4.	発表資料作成	5
5.	日本ブースへの出展.....	6

別紙

1. 世界水フォーラムについて

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、世界最大の水関係の会議である。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 等が参加している。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。

これまでの開催状況は、表 1 のとおりであるが、林野庁からは、水資源の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 1 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		

直近の第 8 回は、2018 年 3 月 18 日（日）から 23 日（金）に、「Sharing Water」をテーマとしてブラジリアで開催された。各国からは 12 名の首脳と 56 名の閣僚が出席し、「水に関する決然たる行動の緊急要請」が採択された（ブラジル、カーボベルデ、ハンガリー、ガイアナ、サントメ・プリンシペ、赤道ギニア、セネガル、モナコ、モロッコ、韓国の首脳級、UNESCO 事務局長、ポルトガル語圏諸国共同体事務局長等）。

日本からは、皇太子殿下（当時）が 9 年ぶりにご臨席され、水と災害に関するハイレベル・パネルにおいて基調講演をされるとともに、秋本国土交通大臣政務官が閣僚級会合に出席した。また、水資源管理、上・下水道、水災害、農業、環境等のセッションの主催・参加や、日本政府の主催により、各省・企業・自治体等による「日本パビリオン」の出展が行われた（図 1）。

林野庁としては、東京農工大学の五味高志教授に、「水サービスと生物多様性のための生態系の管理と再生」のテーマのうち「水量、水質、生命を支える水域の回復」のセッションにおいて、「Bridging between forest and water resources management under natural and anthropogenic change of watersheds: Challenges in Japan（自然と人為的变化の発生する流域での森林と水資源管理の架け橋：日本での挑戦）」と冠した講演を行っていただいた。具体的には、日本での森林整備・治山事業の推進過程を紹介するとともに、近年の林業就業者数の減少、森林蓄積量の増加、流木災

害の発生等の社会・自然的状況を踏まえた森林管理の重要性等についての発信を行った（治山課の齋藤絵理治山対策官が随行）。

（参考サイト）

- ・ 第 8 回世界水フォーラムテーマ別議論への参画：

<https://www.waterforum.jp/news/8100/>

- ・ 世界水フォーラム（国土交通省ウェブサイト）：

https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_fr2_000035.html



図 1 第 8 回世界水フォーラムの様子

2. 業務概要

世界各地において渇水、洪水、水環境の悪化等が課題であることに加え、地球温暖化の観点からも、水問題への更なる対応が必要な状況となっている。

このため、林野庁としては、第 9 回世界水フォーラムにおいても、森林整備等の重要性についての理解を促進することが重要と考え、近年の研究成果について発信を行うこととした。

なお、第 9 回世界水フォーラムは、当初は 2021 年 3 月に開催される予定であったが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大により 1 年延期となり、2022 年 3 月 21 日から 26 日までの開催となった。また、林野庁では当初は現地でのセッション参加を想定していたが、同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うこととし、現地への講演者の派遣は見合わせた。

具体的な業務の実施内容は、次の 3 点である。

- ①情報の収集：発表内容の検討のため、開催事務局（世界水会議及びセネガル事務局）からの開催テーマ等の情報収集を行った。
- ②発表資料の作成：パワーポイントを用いた講演スライド及び読み上げ原稿を和文・英文で準備するとともに発表動画の収録を行った。また、展示用ポスターと配付資料についても作成を行った。
- ③日本ブースへの出展調整：日本水フォーラムが中心となって設置する日本ブースへの出展のため、日本水フォーラムとの連絡調整や利用料の支払、発表動画引き渡し等を行った。

3. 情報の収集（第9回世界水フォーラムの概要）

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、セネガルの首都ダカールで開催された。ダカールは人口約300万人の政治・経済中心地であり、サブサハラ・アフリカでは初の開催地である（図2、図3、図4）。

（公式サイト：<https://www.worldwaterforum.org/>）



図2 第9回世界水フォーラムのロゴ



図3 セネガル・ダカールの位置

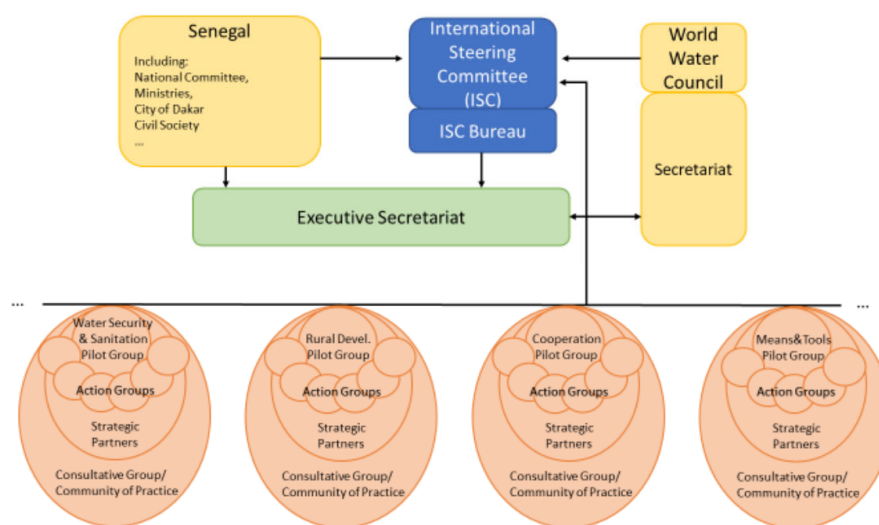


図4 世界水フォーラム組織形態

フォーラムは「政治プロセス」と「テーマプロセス」から成る。

政治プロセスは、SDGsに係る取組の進展を目指して、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た。

テーマプロセスでは、4つの優先課題「水の安全保障と衛生」、「農村開発」、「協力」、「手段とツール」の下で、行政、研究者・技術者、企業、NGO、市民等の幅広いステークホルダーの参画により議論が行われ、特にアフリカ地域における問題解決の視点が強調された（表2）。

各優先課題の下には、SDGに関連づけられた5又は6の「優先行動」が設定され、優先行動ごとに「アクショングループ」が形成された。さらに、アクショングループの目的を達成するための取組等が3又は4の「行動」に分類され、「行動」ごとに分科会（セッション）が設けられて議論が行われた。

さらに、優先課題に関する「Keystone Roundtable」が開催されるとともに、特別フォーカスセッション、ハイレベル・パネルも開催された。

表2 優先課題とアクショングループ

優先課題 1. 水の安全保障と衛生	
A.	水と衛生への権利を実現し、緊急時において安全な水と衛生を利用可能にする
B.	水質と廃棄物管理を改善する
C.	水関連疾病及び死亡者数を削減する
D.	沿岸及び海洋への影響を含めた生態系と森林を保護・再生し、砂漠化へ対処する
E.	水生生物多様性の喪失及び水域生態系における外来種の侵入を食い止める
F.	気候変動及び自然災害に対するレジリエンスと適応能力を強化する
優先課題 2. 農村開発	
A.	(農村部において) あらゆる人々の水の利用を確保する
B.	(農村部において) あらゆる人々の衛生を確保する
C.	(学校、医療施設等において) 公共の水供給・衛生施設を提供する
D.	水生産性・効率性の向上、汚染拡散の削減、食品ロスの削減など、持続可能な農業を確実に実践する
E.	水を通じて社会経済的発展の推進力となるよう農村コミュニティを参画させ・強化する
F.	人口流入を抑制するために農村と都市の間の格差を調和する
優先課題 3. 協力	
A.	あらゆるレベルで IWRM を実施する
B.	平和を促進し紛争を予防するための国際協力を実行する
C.	ODA などの国際協力と平和促進のための能力強化を拡大する
D.	水力発電など、多目的インフラに関する協力を強化する
E.	データ・情報の共有と能力強化に関する、南北協力、南南協力、三角協力を強化する
F.	外部セクターも含めた多様な利害関係者間での対話やパートナーシップを強化する
優先課題 4. 手段と方法 (他の優先課題すべてに関連する横断的テーマ)	
A.	更なる財源を動員し、革新的な資金調達を促進する
B.	参加型意思決定など、良い水ガバナンス原則を実行する
C.	法規制における水意識の高いアプローチを促進する
D.	あらゆるレベルにおいて効果的で説明責任と透明性のある制度を構築し、インテグリティを促進する
E.	科学、技術、イノベーション、教育により、水効率性と持続可能な管理を改善する

また、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た。展示会では、従来の展示形式に加え、「Path of responses (ダカール 2021 イニシアティブ等、重要課題への取組を紹介)」、「African Village (アフリカの水問題に焦点)」、「Sanitation Village (衛生問題に焦点)」、「Espace Sénégal (セネガルパビリオン)」のテーマで構成された。

さらに、SDGsの達成に向けた様々な取組が「ダカール 2021 イニシアティブ」として認証されるとともに、キングハッサン2世世界水大賞（モロッコ政府、WWC共催）、京都世界水大賞（JWF、京都市、WWC共催）等の各種水大賞の授賞式が開催された。

なお、事務局での準備スケジュールは表3のとおりであった。

表3 準備スケジュール

2021年 7月30日	「アクションプラン」の最終化、「セッションプラン案」の策定等
8月～10月	早期参加登録受付開始
9月中旬～10月中旬	セッションプラン案の承認
10月中旬	準備会合（Stakeholders' Consultation Meeting）の開催、全体プログラム案の策定、「Keystone Roundtable」参加者への招待状発出
11月中旬	全体プログラム案の公表
11月下旬	セッションプラン確定
12月31日	全体プログラム確定
2022年 2月15日	各種文書の最終化
3月21日～26日	世界水フォーラム開催

4. 発表資料作成

発表内容は、検討委員会の委員のうち3名から成る小委員会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4、スライドは別紙1のとおりであり、冒頭で日本の森林の紹介を行った上で、令和元年度事業での成果を中心に、SWATモデルを用いた水・土砂・栄養塩流出量の推定結果をもとに、森林の水源涵養機能等の評価を示した。

また、小委員会の委員である、広島大学の小野寺真一教授によるプレゼンテーションを日本語で撮影して動画にした上で、英語によるナレーションの追加やアニメーションの活用により、来場者の理解・関心が深まるように工夫し、参加者からのフィードバックを得られるよう図った。

さらに、発表資料の内容をもとに、英文で、展示用ポスター（A1版1枚、別紙2）及び配布資料（A4版2枚、別紙3）を作成した。

表4 発表資料の概要

【和文】	
タイトル	森林の水源涵養機能等の評価 ～SWATモデルを用いた水・土砂・栄養塩流出量の推定～
内容	日本の森林の紹介 森林の水源涵養機能等の評価 ・目的と手法

	・調査・分析結果 ①森林の洪水緩和・渇水緩和機能の評価 ②森林の物質流出平準化機能の評価 ③森林の成長に伴う流出への影響の評価 まとめ
【英文】	
Title	Evaluating Water Resource Conservation and Other Forest Functions: Estimating Water, Soil, and Nutrient Runoffs with the SWAT Model
Agenda	Introduction to Forests in Japan Evaluating Water Resource Conservation and Other Forest Functions § Objectives and Methodology § Survey and Analysis Results 1.Assessment of the flood-mitigation and drought-mitigation functions of forests 2.Assessment of the material-runoff equalization functions of forests 3.Assessment of the runoff impacts of forest growth Summary

5. 日本ブースへの出展

作成した発表動画、ポスター及び配付資料を日本ブースで展示するため、日本水フォーラムとの調整等を行った。日本ブースの出展概要については表 5、展示会場のイメージは図 5、現地での日本ブースの様子は図 6 のとおりである。

日本ブースは比較的規模の小さい区画だったが、出展期間中に 250 名～300 名の来場があり盛況だった。日本ブースへの参加者約 100 名にアンケートを実施したところ、4 段階評価で「大変有益」と回答した方が 90%を占め、「いくらか有益」と合わせるとほぼ 100%と好評だった。また、QR コードを用いた電子媒体での資料配布方式としたが、現物配布も求める声があったことから、展示内容への関心が高かったことが窺えた。富士山の地下水脈をモデル化したプロジェクションマッピングを用いた展示（地圏環境テクノロジーの GETFLOWS）や、雨水貯留システム（トーテツ）についても参加者の関心が高かった。

表 5 日本ブースの出展概要

出展期間・場所	参加企業・団体
2022 年 3 月 21 日 （月） ～25 日（金） Hall E, Dakar Expo	企画運営：日本水フォーラム 省庁等：内閣官房 水循環政策本部事務局、国土交通省、林野庁、環境省、JICA セネガル事務所 公益団体等：地球環境戦略研究機関（IGES）、国連大学サステイナビリティ高等研究所（UNU-IAS）、日本水フォーラム、ユース水フォーラム・九州 企業：（株）トーテツ、（株）地圏環境テクノロジー

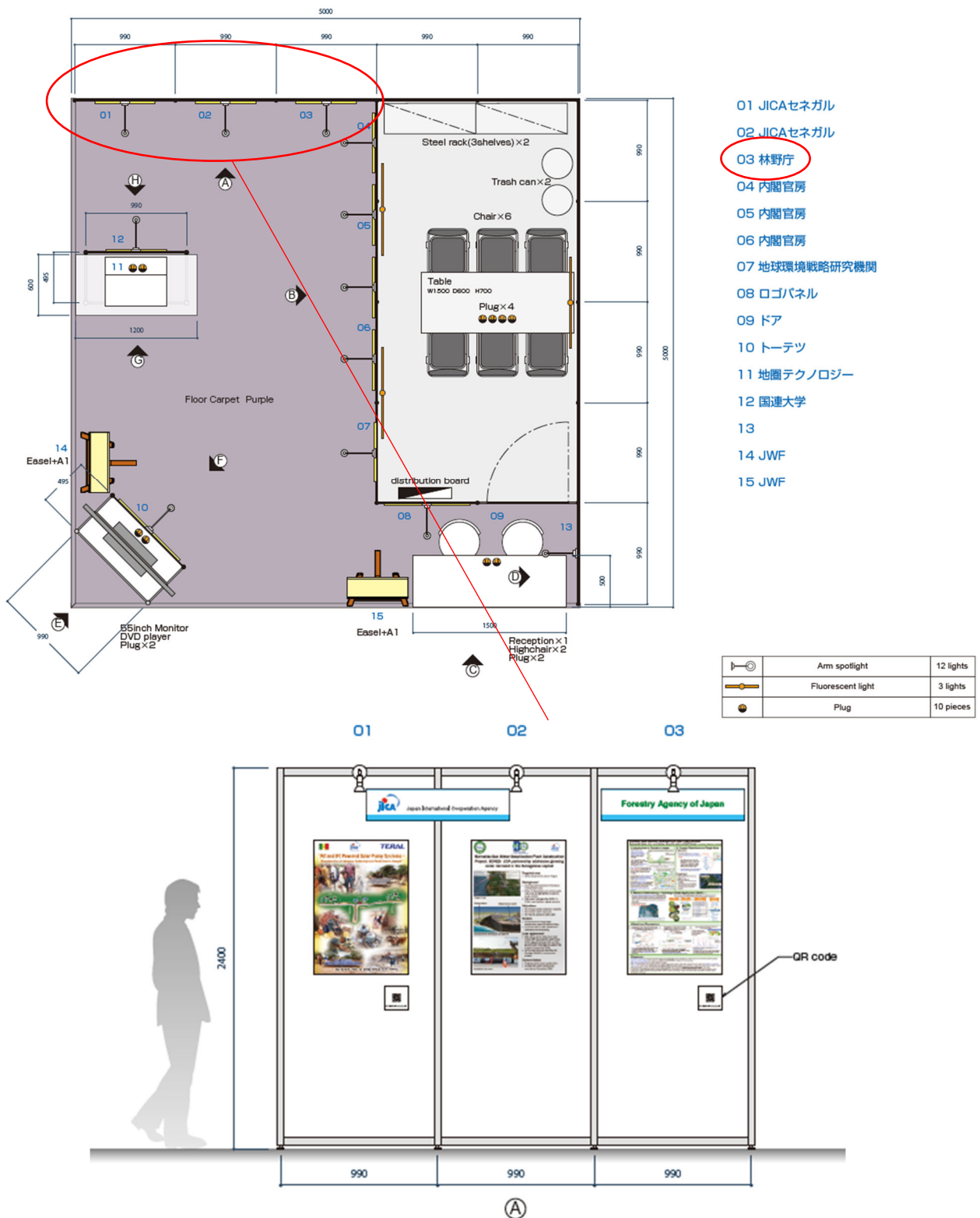


図5 展示会場のイメージ (日本水フォーラム提供資料より抜粋)



日本ブースの外観



日本ブース出展の様子



プロジェクションマッピングの様子



アンケートに答える参加者



セッションの様子



他国ブースの様子

図6 当日の写真

別紙

- 1 - 1 発表資料（和文）
- 1 - 2 発表資料（英文）
- 2 展示用ポスター
- 3 配布資料

森林の水源涵養機能等の評価
～SWATモデルを用いた水・土砂・栄養塩流出量の推定～

第9回世界水フォーラム

2022年3月21～26日, ダカール (セネガル)

林野庁



Onodera, Shin-ichi
Hiroshima Univ.
sonodera@hiroshima-u.ac.jp

第9回世界水フォーラム

森林の水源涵養機能等の評価
～SWATモデルを用いた水・土砂・栄養塩流出量の推定～

* 「シミュレーションツールを用いた森林の水源涵養機能等の評価」 林野庁P

2022年3月21～26日, ダカール (セネガル)

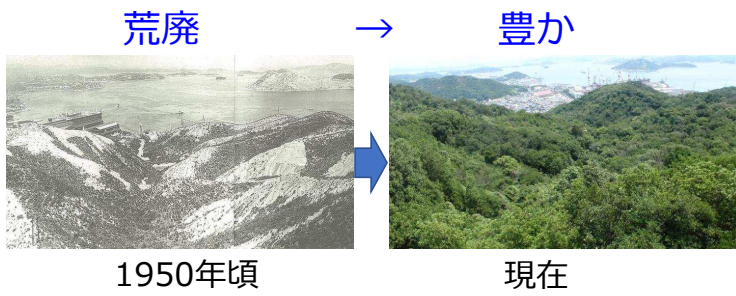
林野庁

発表内容

- 日本の森林の紹介
- 森林の水源涵養機能等の評価
 - 目的と手法
 - 調査・分析結果
 - ①森林の洪水緩和・渇水緩和機能の評価
 - ②森林の物質流出平準化機能の評価
 - ③森林の成長に伴う流出への影響の評価
- まとめ

日本の森林の紹介

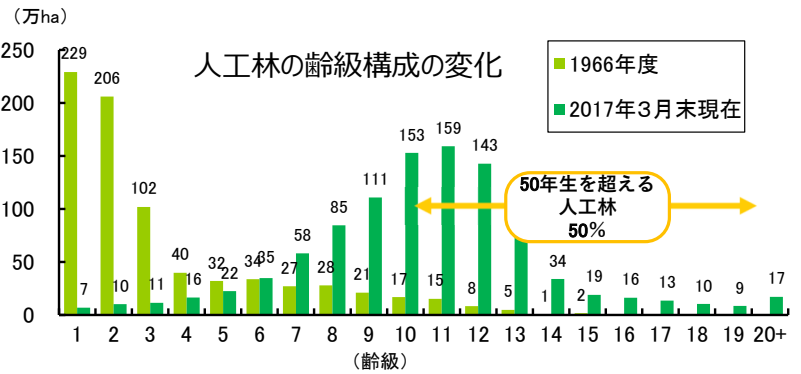
日本の森林 -かつてと今-



岡山県玉野市における森林荒廃からの復旧
出典：林野庁HP「後世に伝えるべき治山～よみがえる緑～」

- その結果、日本の森林資源は充実し、人工林の半数が50年生を超えるまでに成熟している。

- 第2次世界大戦の拡大に伴い、軍需物資等への利用のため木材需要が増加し、森林の伐採が進んだ。
- 戦後も、復興のために木材需要は大きく、木材の大量伐採により、森林は荒廃し、各地で台風等による大規模な山地災害や水害が発生。
- 政府は、国土の保全や木材供給不足に対応するため、全国的に造林を推進。



出典：林野庁「森林資源の現況」(平成29(2017)年3月31日現在)
林野庁「日本の森林資源」(昭和43(1968)年4月)

日本の森林の現況

- 日本の森林面積は2,503万ha (2017年時点)
- 国土面積の70%弱 (≒山地) が森林
✓世界有数の森林国
- 森林造成後、山地斜面の崩壊発生件数と洪水氾濫面積が減少。

各国の森林率 (OECD加盟国中の上位10か国)

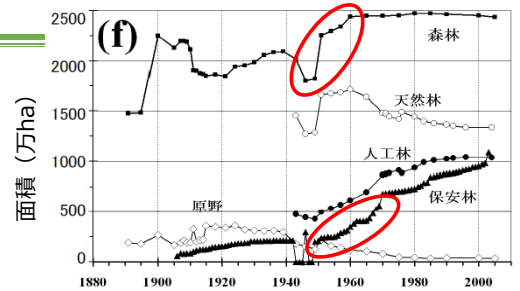
順位	国	森林面積* [1,000 ha]	森林率 [%]
1	フィンランド	22,409	73.7
2	スウェーデン	27,980	68.7
3	日本	24,935	68.4
4	韓国	6,287	64.5
5	スロベニア	1,238	61.5
6	エストニア	2,438	56.1
7	ラトビア	3,411	54.9
8	コロンビア	59,142	53.3
9	オーストリア	3,899	47.3
10	スロバキア	1,926	40.1

フィンランド、スウェーデンに次ぐ第3位。

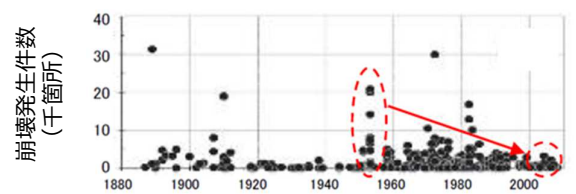
出典：Global Forest Resources Assessment 2020, FAO

* 調査主体やデータの時点が異なるため、森林面積は上記と一致しない。

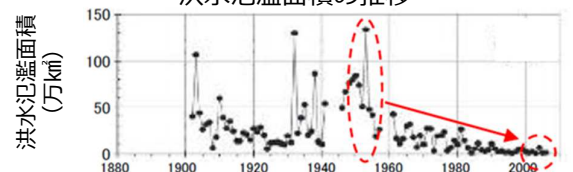
森林面積 (保安林面積) の推移



1件の風水害による崩壊発生件数の推移



洪水氾濫面積の推移



出典：多田泰之「国土の変遷と災害」水利科学363号 (2018)

流域治水の推進、森林整備による公益的機能の発揮

- 近年は気候変動等により、日本各地で水害が頻発化・激甚化する傾向。

2017年7月九州北部豪雨

2020年7月豪雨



桂川における浸水被害



球磨川における浸水被害

- このため、流域の関係者全員が連携・協働し、ハード・ソフト対策を一体で行う「流域治水」の取組を推進。
- 林野庁では森林整備・治山対策を推進し、洪水緩和機能や土砂流出防止機能等の公益的機能の維持・向上を図っている。

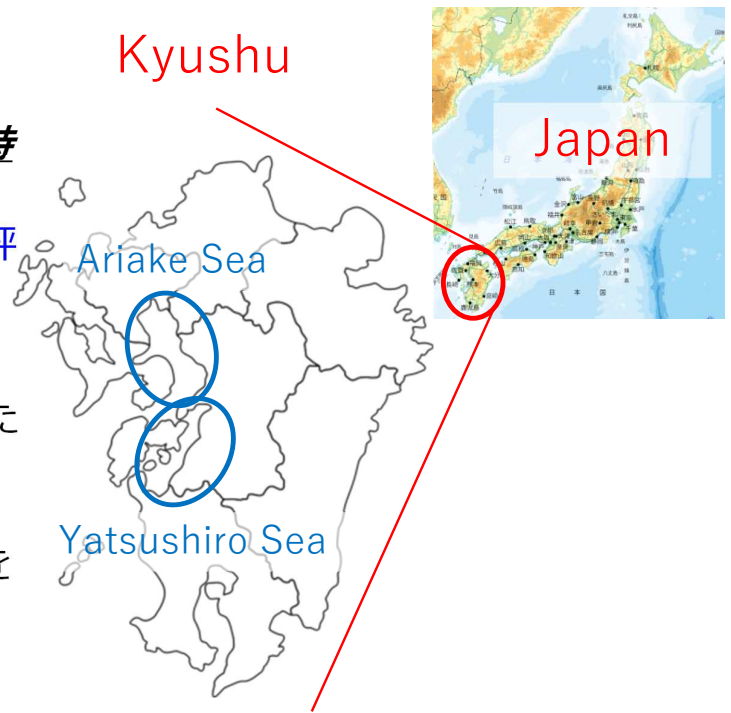


出典：国土交通省 HP

森林の水源涵養機能等の評価

プロジェクトの目的

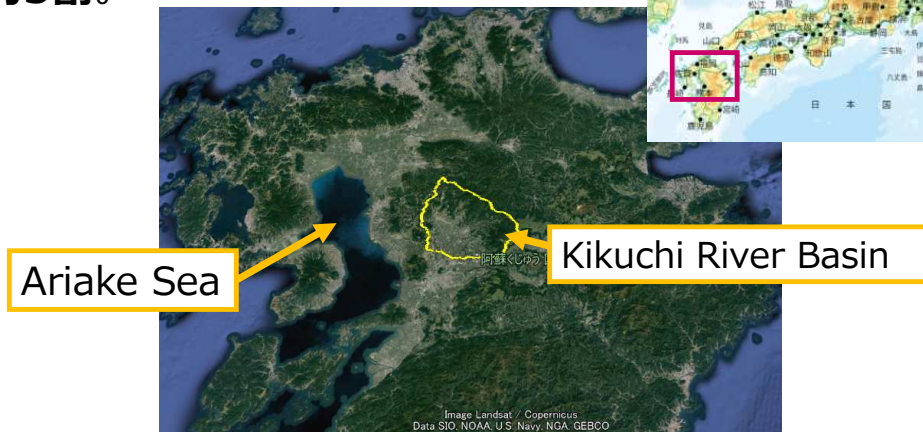
- ◆ **森林の洪水緩和機能や土砂流出防止機能を評価。**
 - ◆ **森林による水、土砂、栄養塩の供給や、豪雨時の大量の出水や土砂流出の防止・軽減**
 - ◆ **森林が流域全体や海域に与える影響を分析・評価。**
- 本プロジェクトでは、赤潮による漁業被害があった日本の南西部の有明海・八代海の環境保全・改善、水産資源の回復等を目的とした法律に基づき、環境保全に資する森林整備の方向性を検討するための調査・分析を実施。



9

プロジェクトの対象地域

- 流域名：菊地川流域
- 延長：71km
- 流域面積：996km²
- 流域内人口：約21万人
- 特徴：有明海に流入する第一級河川の一つ。
森林率は約5割。



10

調査手法 ～流出モデルの活用～

- 流域内の水循環や河川流出には、地形、土地利用形態、地質等の多様な因子が複合的に関係することから、各因子が流域内の各地点に与える影響を個別に把握する必要がある（小単位/マイクロレベルでの評価）。
- 一方で、上流域から下流域までを包括的・連続的にとらえて、流域全体としての影響を解析する必要がある（全流域単位/マクロレベルでの評価）。



これら両面の評価を可能とし、かつ、森林が海域に及ぼす影響を定量的に把握することができる準分布型流出モデルである、**Soil and Water Assessment Tool (SWAT)** を用いた分析を行うこととした。



上流側：森林

下流側：様々な土地利用形態



SWATモデルは、農業等の土地利用による水・土砂・物質等への影響を解析・評価するために米国農務省で開発されたモデル

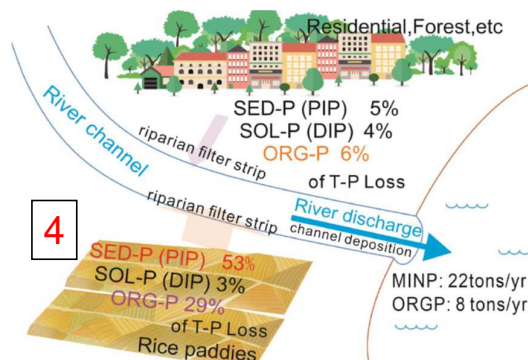
SWATモデルの有利性 (JAHS SWAT WG*1の成果1-4)



日本におけるSWATモデル適用事例

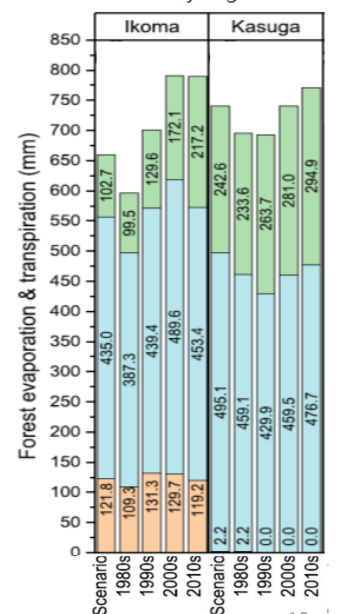
*1 JAHS SWAT WG: 日本水文学会内で運営されているSWATワーキンググループ

- 都市化による水収支変化の推定
 - 都市化に伴う都市面積と道路舗装率の増大による、流域内の水流出量の変化を推定した。
- 森林の成長等が蒸発散量や地下水涵養量に与える影響の評価
 - 森林の林齢や管理状態が、蒸発散量を含む水収支に大幅な影響を与える可能性が示唆された。
- 都市化等に伴う過去80年間の窒素負荷変動が海域に与える影響の評価
 - 都市化や農地面積等の変化に伴う、流域内の窒素負荷の長期変動を推定し、海域への影響を評価した。
- 郊外集水域におけるリンの流出傾向の解明
 - 郊外集水域では、水田から流出する懸濁態・有機態リンが、特に洪水時に大きく増加することを明らかにした。



2

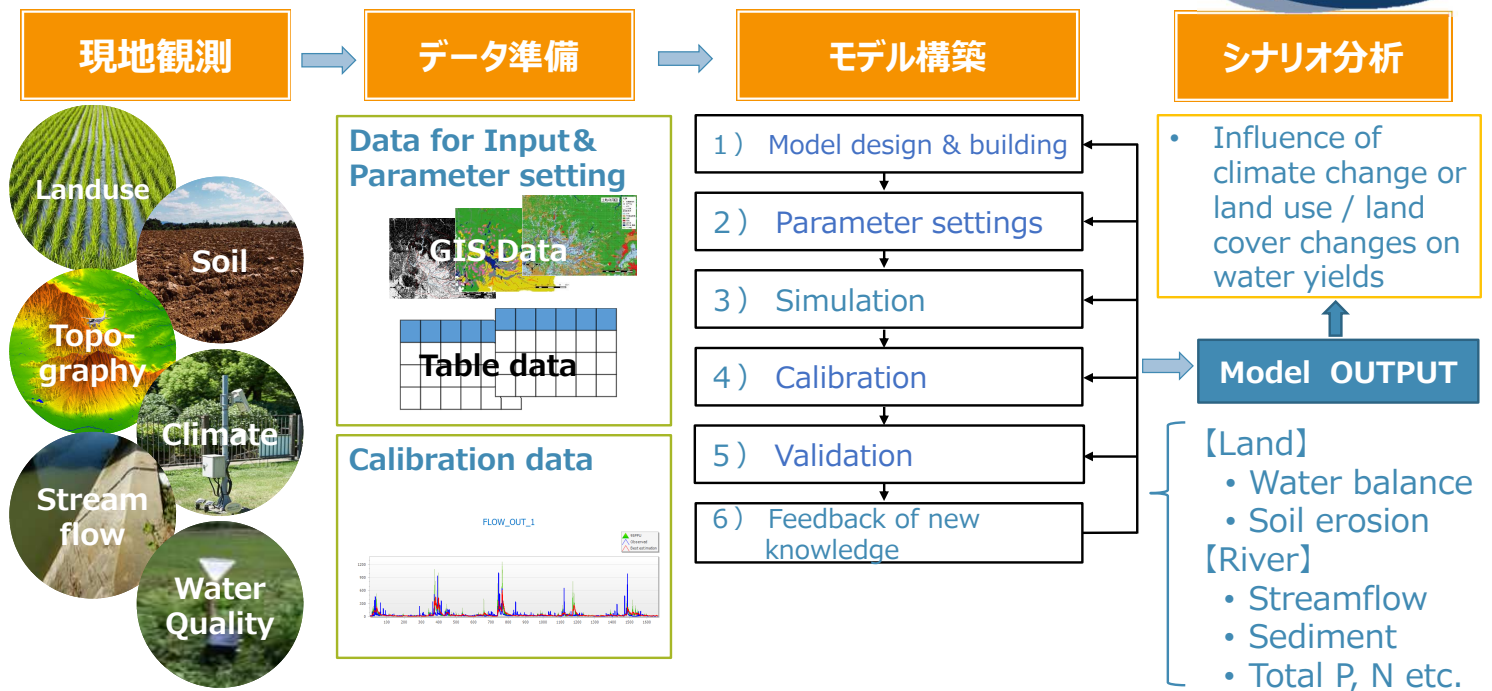
Canopy evaporation
Tree transpiration
Soil evapotranspiration & understory vegetation ET



出典：

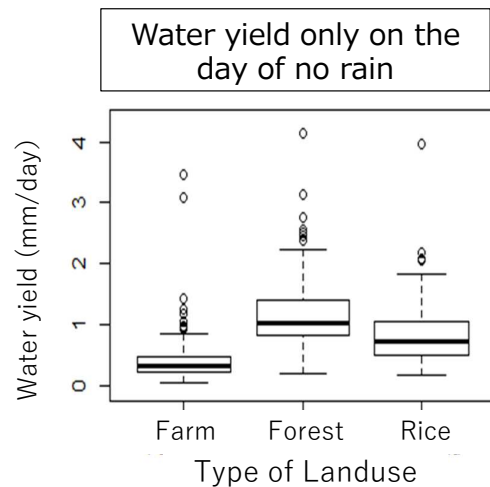
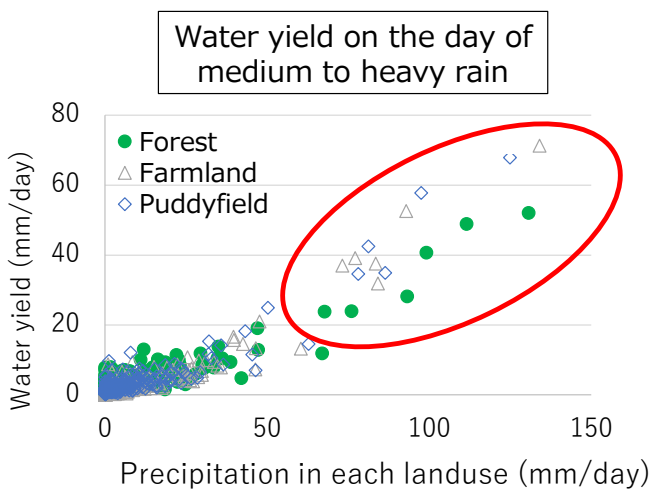
- Wang, K., Onodera et al(2021) Long-term variations in. Journal of Hydrology, 602, 126767.
- Wang, K, Onodera, S et al(2022) Science of the Total Environment, 151159. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151159>
- Wang, K, Onodera, S et al(2022) Environmental Research Letters 17 014010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac3ced>
- Wang, K., Onodera, et al(2021) International Journal of Environmental Research, 15, 759-772.

SWATモデル構築及び解析の流れ



森林の洪水緩和・渇水緩和機能の評価

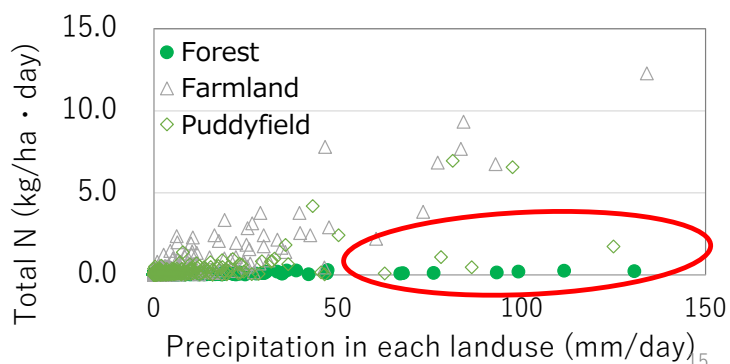
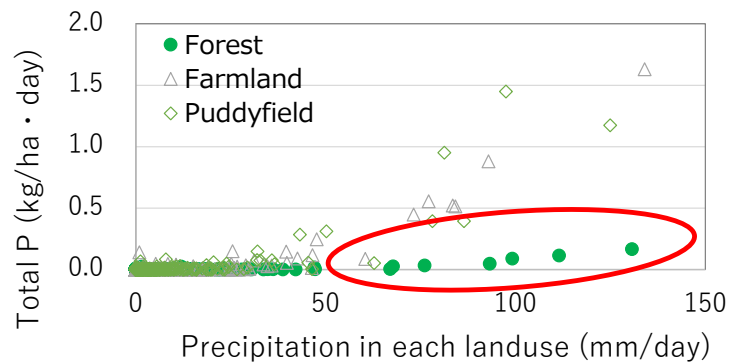
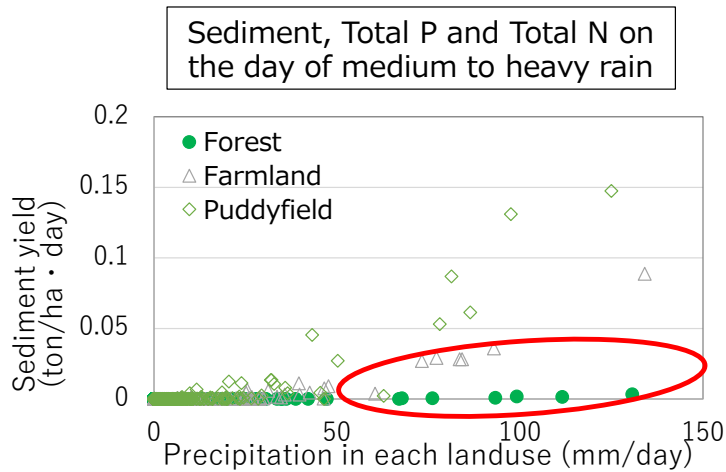
- 土地利用別に出水時と渇水時の流出特性を把握



- **森林**では出水時の流出量が少なく、渇水時にも他の土地利用と比べ、一定量の流出量を保つことから、流域における**流出量の平準化**に寄与していることが示唆される。
→Forest might play a role on flood and drought mitigation.

森林の物質流出平準化機能の評価

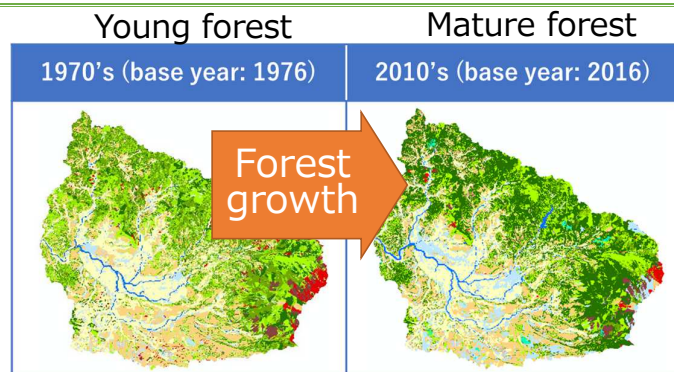
- 土地利用別に土砂、リン、窒素の流出特性を把握



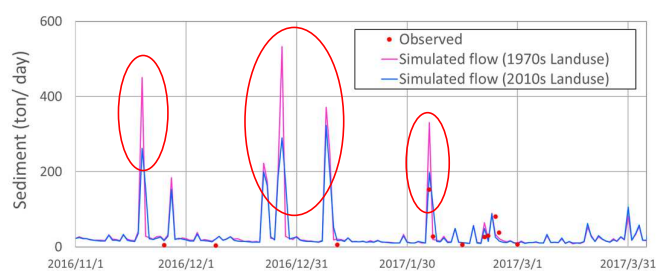
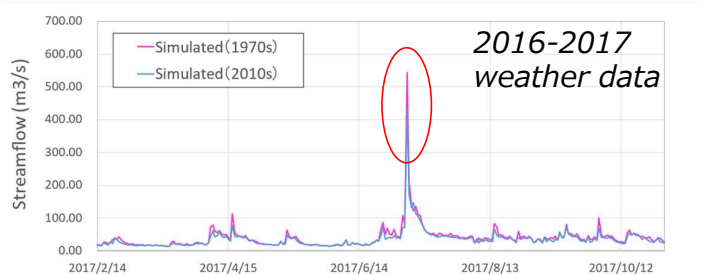
- 水流出と同様、土砂・リン・窒素についても森林域における出水時の流出量は少ない。
→流出平準化機能

森林の成長に伴う流出への影響の評価

森林が成長したことにより、洪水緩和機能等が高まっていることが示唆。



- 出水時における水・土砂のピーク流量は減少。
- 森林以外の土地利用の影響も考えられるため、より森林域にフォーカスした検証が必要。



まとめ

- 森林から流出する水量・物質について、流域レベルで源流から海域に至る長期的な変動を定量的に分析できるようになり、森林のもつ水源涵養機能等を高い精度で評価することが可能となった。
- 世界で広く用いられている、大陸農業流域用の水・栄養塩流出解析ツール（SWATモデル）について、日本の森林からなる流域を対象に適用を行い、その有効性（林齢の違いまで）を確認できた。これまで知見の少なかった森林に関するパラメータを得ることができ、今後、適用流域を広げる予定。
- 世界的に森林整備が流域・海域に与える影響を評価していくことは必要である。これに対して、本事業のモデル・パラメータは日本と気候や地質等が類似する国・地域で活用可能であり、今後大いに寄与していこう。



**Evaluating Water Resource Conservation and Other Forest Functions:
Estimating Water, Soil, and Nutrient Runoffs with the SWAT Model**

9th World Water Forum

**Dakar, Senegal — March 21 to 26, 2022
Forestry Agency, Japan**



**Onodera, Shin-ichi
Hiroshima Univ.
sonodera@hiroshima-u.ac.jp**



9th World Water Forum

**Evaluating Water Resource Conservation and Other Forest Functions:
Estimating Water, Soil, and Nutrient Runoffs with the SWAT Model**

An example of an evaluation project using a simulation tool by the Forestry Agency, Japan

**Dakar, Senegal — March 21 to 26, 2022
Forestry Agency, Japan**

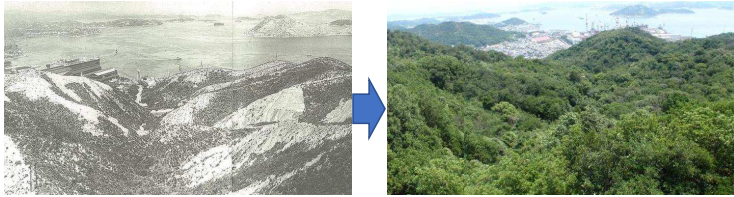
Presentation Agenda

- Introduction to Forests in Japan
- Evaluating Water Resource Conservation and Other Forest Functions
 - § Objectives and Methodology
 - § Survey and Analysis Results
 1. Assessment of the flood-mitigation and drought-mitigation functions of forests
 2. Assessment of the material-runoff equalization functions of forests
 3. Assessment of the runoff impacts of forest growth
- Summary

Introduction to Forests in Japan

Japan's Forests: Past and Present

Devastated forests → Abundant forests



1950s

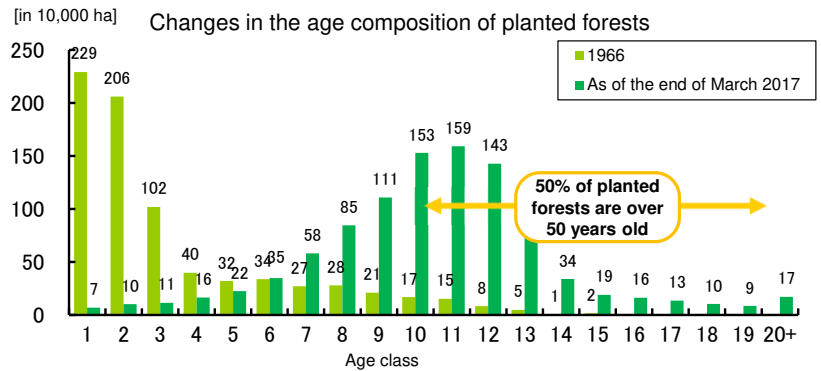
Today

Restoration of devastated forests near the city of Tamano, Okayama Prefecture

Source: *Conservation Efforts to Preserve Forests for Future Generations: Restoring Greenery*, Forestry Agency website

- These reforestation efforts have bolstered Japan's forest resources, and half of planted forests have **matured** for more than **50 years**.

- With the expansion of **WWII**, demand increased for lumber for use in military supplies, prompting an **expansion in logging activities**.
- **After the war**, there was huge demand for lumber for **reconstruction** purposes. Logging on a mass scale caused **devastation to forests**. This resulted in massive **damages** in mountainous areas and widespread **flooding** due to typhoons and other storms throughout the country.
- The government **promoted nationwide reforestation to protect national land** and address lumber-supply shortages.



Sources: Current State of Forest Resources (as of March 31, 2017), Forestry Agency
Japan's Forest Resources (April 1968), Forestry Agency

Current State of Japan's Forests

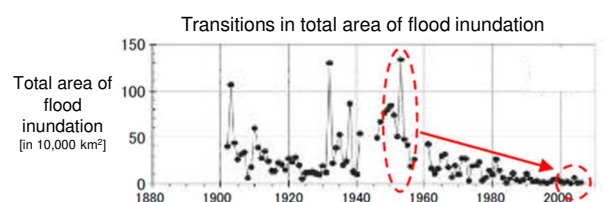
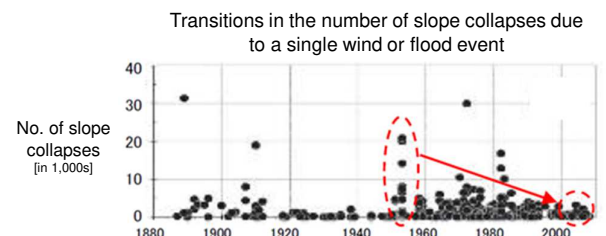
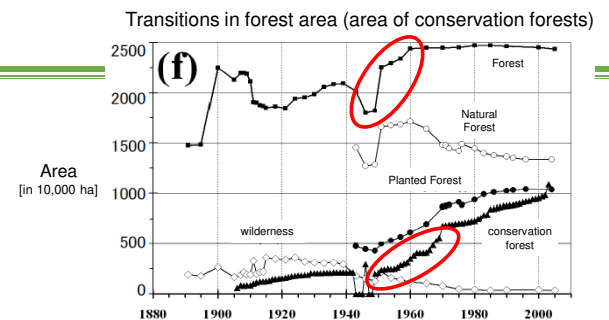
- Forests in Japan cover 25.03 million hectares of land (as of 2017).
- **About 70%** of the country's land area (≡ **mountainous**) is covered with **forest**.
✓ one of the most forested countries in the world
- **After progress with reforestation**, the number of mountain slope **collapses declined** and the total area of **flood inundation decreased**.

Proportion of forest area by country (Top 10 OECD countries)

Position	Country	Forest area* [in 1,000 ha]	Proportion of forest area [%]
1	Finland	22,409	73.7
2	Sweden	27,980	68.7
3	Japan	24,935	68.4
4	South Korea	6,287	64.5
5	Slovenia	1,238	61.5
6	Estonia	2,438	56.1
7	Latvia	3,411	54.9
8	Colombia	59,142	53.3
9	Austria	3,899	47.3
10	Slovakia	1,926	40.1

Japan is third, after Finland and Sweden

Source: Global Forest Resources Assessment 2020, FAO
*Japan's forest area here is different from the figure given above because the surveying entities and times of data collection are different.



Source: Tada Yasuyuki, "Historical Transition of Natural Disaster and Land, Forest-use in Japan", Water Science No. 363 (2018)

Promoting River Basin Disaster Resilience and Sustainability by All and Fulfillment of Multiple Functions of Forests through Forestation

- On the other hand, due to **climate change** and other factors, **flood damage** has become **more frequent and more severe** across Japan in **recent years**.

Torrential rain in Northern Kyushu in July 2017



Flooding damage along the Katsura River

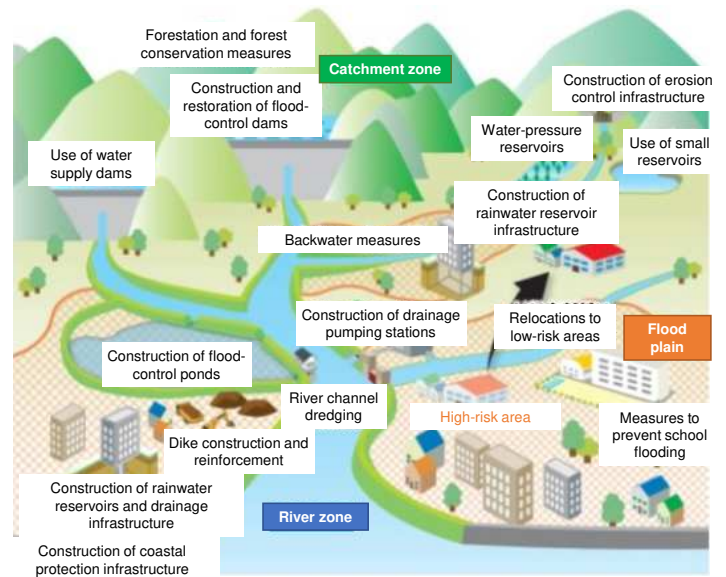
Torrential rain in July 2020



Flooding damage along the Kumagawa River

- Consequently, all **river basin** stakeholders have **joined together** to promote efforts toward river basin disaster resilience and sustainability through integrated **infrastructure-side and system-side measures**.
- Forestry Agency** promotes **forestation and forest conservation measures** as a means of maintaining and improving multiple functions of forests such as flooding mitigation and soil runoff prevention.

Promotion of river basin disaster resilience and sustainability



Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism website

Evaluating Water Resource Conservation and Other Forest Functions

Project Objectives

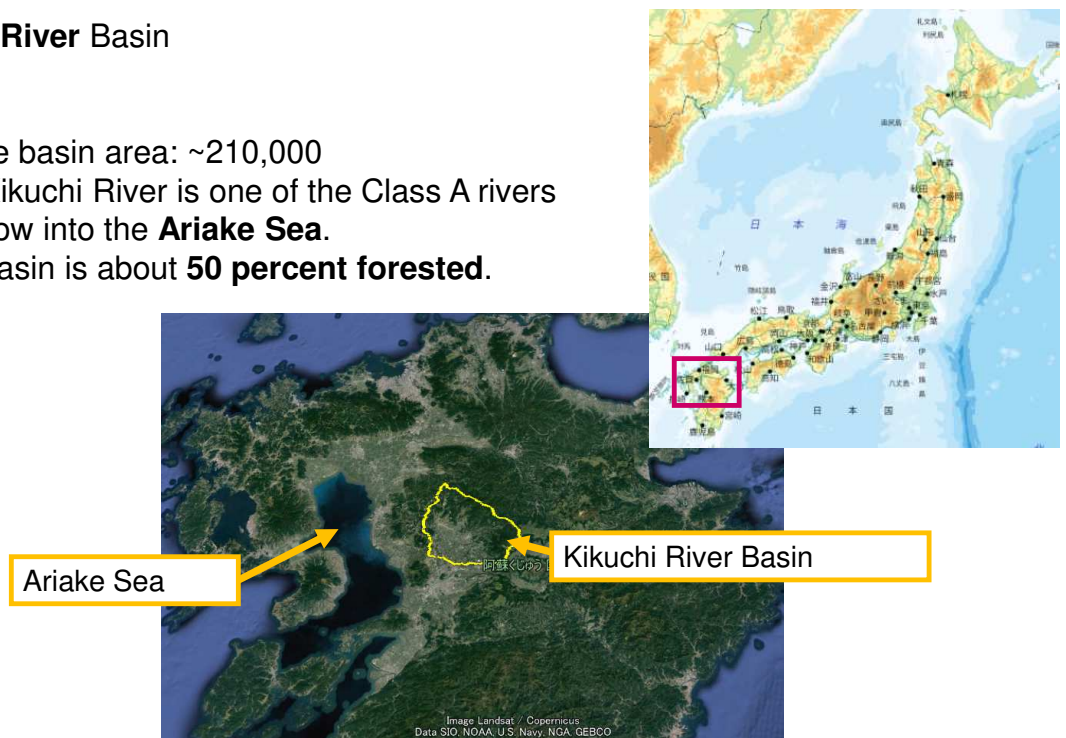
- ◆ In-depth evaluation of the **flood-mitigation** and **soil-runoff prevention functions** of **forests**.
- ◆ **The supply of water, soil, and nutrients** by forests as well as the prevention or **reduction of large-scale flooding and soil runoffs during heavy rainfall events**.
- ◆ To assess the **impact** of **forests** on **entire basins** and **coastal areas**.
- In this project, studies and analyses were carried out to examine directions for forestation that best facilitate environmental conservation. The project was based on **laws aimed at preserving and improving the environment and restoring fishery stocks in the Ariake and Yatsushiro seas in southwestern Japan, where red tides have damaged the fishing industry.**



9

The Project's Target Area

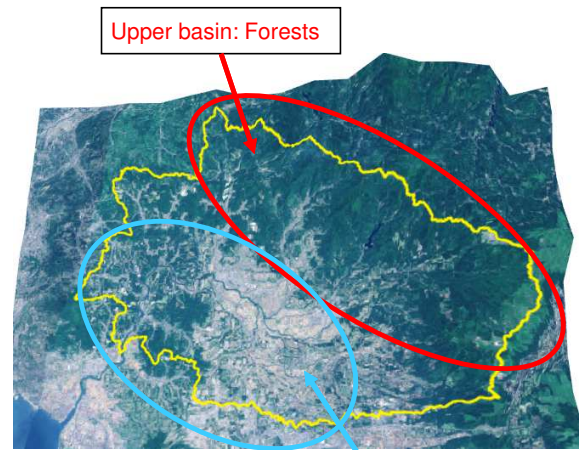
- Basin name: **Kikuchi River Basin**
- Length: 71 km
- Basin area: **996 km²**
- Population living in the basin area: ~210,000
- Characteristics: The Kikuchi River is one of the Class A rivers that flow into the **Ariake Sea**.
The basin is about **50 percent forested**.



10

Research Methodology: Hydrologic Model Application

- Since many factors, such as topography, **land use** patterns, and **geology**, have a complex relationship with the water cycle and river flows within a river basin, it is necessary to determine the impact of each factor on each point in the basin individually (i.e., small scale/micro-level assessments).
- At the same time, it is necessary to analyze river basin impacts as a whole by taking a comprehensive and contiguous view, starting from **the upper basin** and continuing to **the lower basin** (i.e., large basin scale/macro-level assessments).



The **Soil and Water Assessment Tool (SWAT)** was selected for the project's analyses method, because it is a hydrologic model capable of both micro-level and macro-level assessments and able to determine quantitative forest functions extending out to coastal areas.

Soil & Water Assessment Tool **SWAT**

Lower basin: Various land use patterns

The SWAT model was developed by the U.S. Department of Agriculture to analyze and assess the effects of agriculture and other land uses on water, soil, and materials.

Advantages of the SWAT Model (JAHS SWAT WG*1 Findings¹⁻⁴)



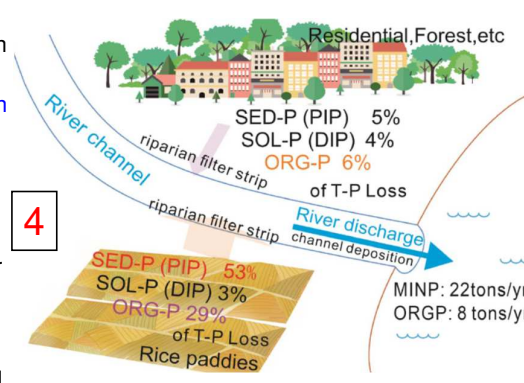
Examples of SWAT model applications in Japan

1. Evaluation of the impact on coastal areas of urbanization-driven changes in nitrogen loading over the past 80 years
 - ✓ The study first estimated long-term nitrogen loading changes in a river basin that occurred in tandem with urbanization and changes in agricultural land area and then evaluated the impact of those changes on coastal areas.
2. Evaluation of the impact of forest growth on evapotranspiration and groundwater recharge
 - ✓ The study's findings suggested that the age and management state of a forest may have a significant impact on water balance, including evapotranspiration.
3. Estimation of water balance variations due to urbanization
 - ✓ The study estimated variations in water yields within a river basin caused by expanded urbanized areas and paved road percentages due to urbanization.
4. Estimation of phosphorus transport in a suburban catchment
 - ✓ The study found that, in a suburban catchment, suspended phosphorus and organic phosphorus transported from rice paddies increase significantly, especially during heavy rainfall events.

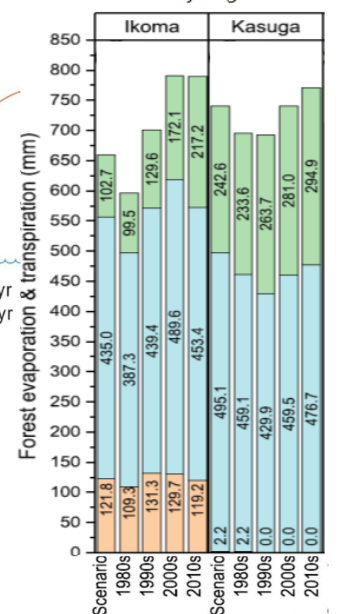
*1. JAHS SWAT WG: The SWAT working group operating under the Japanese Association of Hydrological Sciences

2

Canopy evaporation
Tree transpiration
Soil evapotranspiration & understory vegetation ET



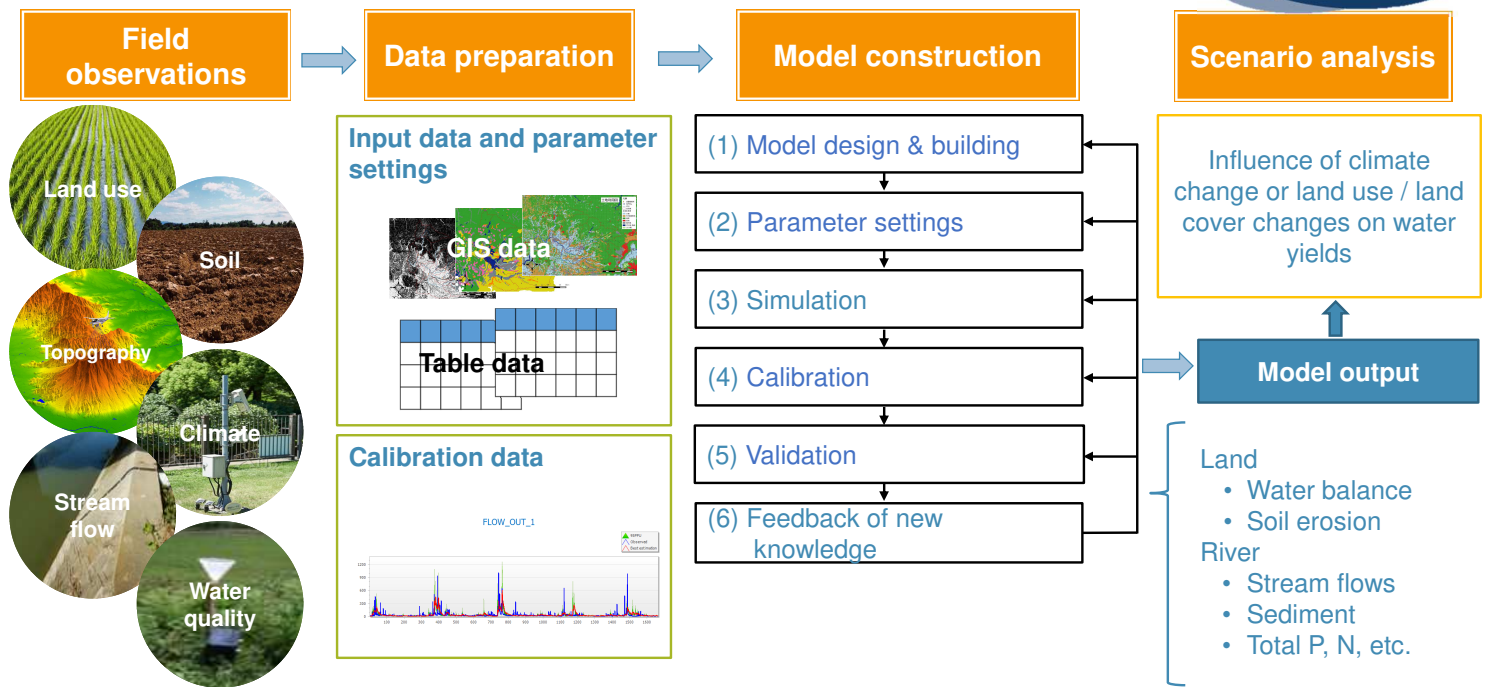
4



Sources

1. Wang, K., Onodera, S. et al (2022) Environmental Research Letters 17 014010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac3ced>
2. Wang, K., Onodera, S. et al (2022) Science of the Total Environment, 151159. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151159>
3. Wang, K., Onodera, S. et al (2021) "Long-Term Variations in Water Balance by Increase in Percent Imperviousness of Urban Regions", Journal of Hydrology, 602, 126767.
4. Wang, K., Onodera, S. et al (2021) International Journal of Environmental Research, 15, 759-772.

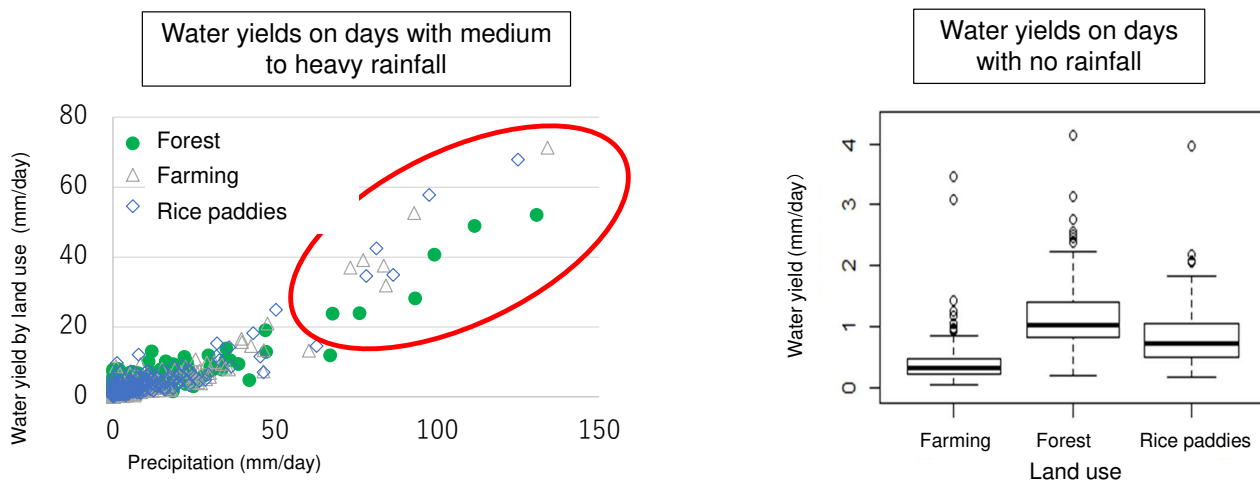
Procedure for SWAT Model Building and Analysis



13

Assessment of the Flood-Mitigation and Drought-Mitigation Functions of Forests

Analysis of water yield characteristics by land use on rainy days and dry days

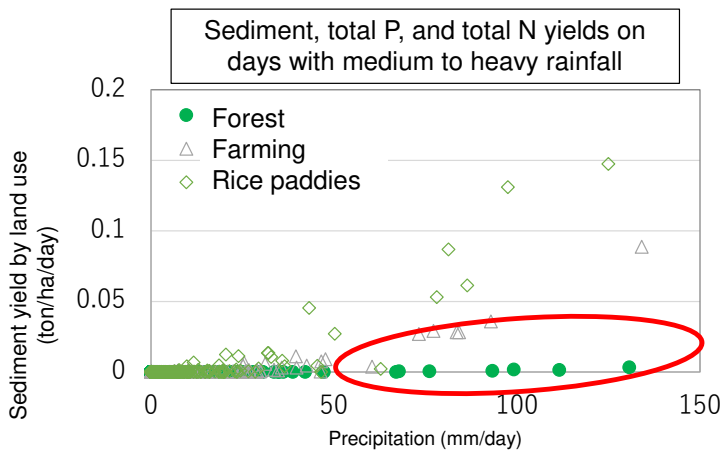


Forests have lower water yields on rainy days and maintain higher water yield levels compared to other land uses on dry days. This suggests that forests equalize water yields in river basins. **Inference: Forests may play a role in flood and drought mitigation.**

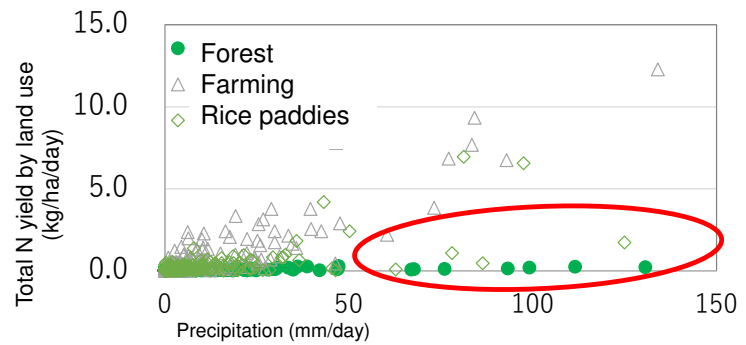
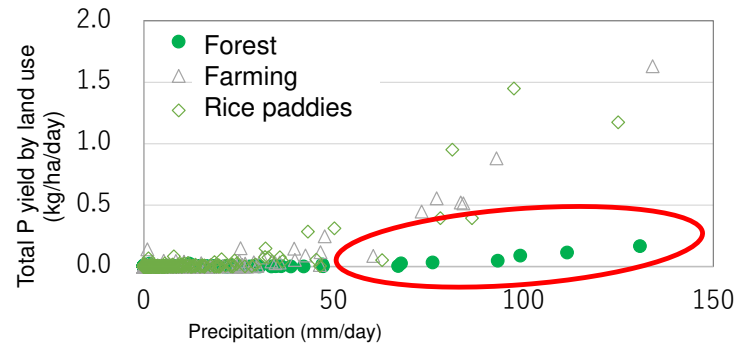
14

Assessment of the Material-Runoff Equalization Functions of Forests

Analysis of sediment, phosphorus, and nitrogen yield characteristics by land use



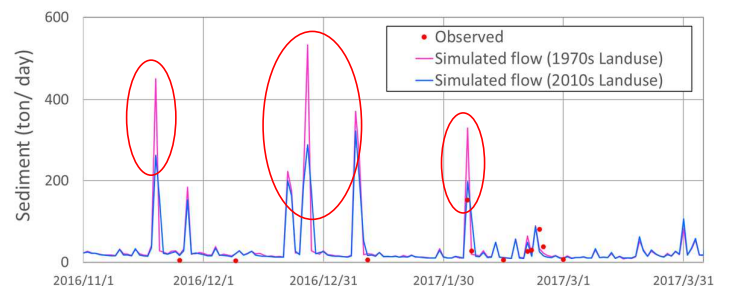
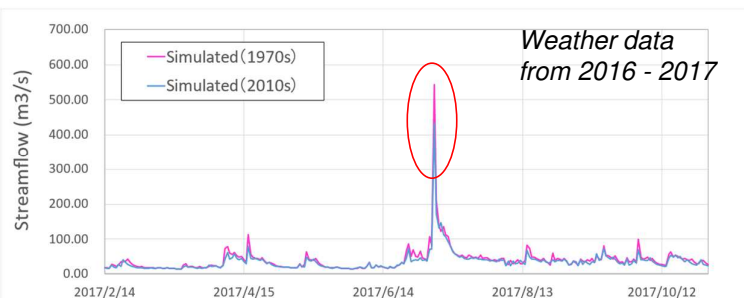
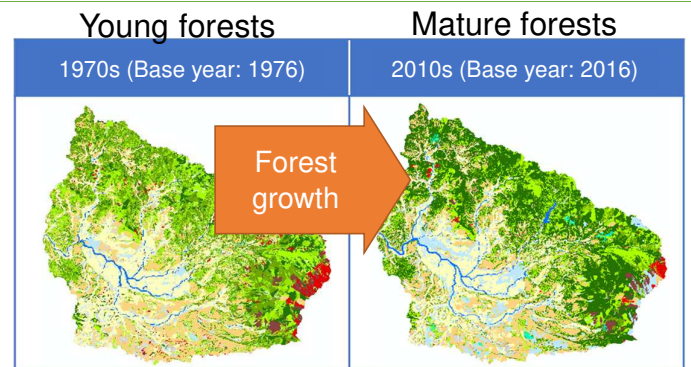
Similar to water yields, **yields of sediment, phosphorus, and nitrogen** are smaller in forests on days with significant rainfall
Inference: Forests function to equalize runoff amounts



Assessment of the Runoff Impacts of Forest Growth

Results suggest that forest growth enhances flood-mitigation functions.

- **Peak flows of water and sediment on rainy days** are **reduced**.
- Since land uses other than forests are thought to have effects as well, verifications with a greater focus on forested areas are needed.



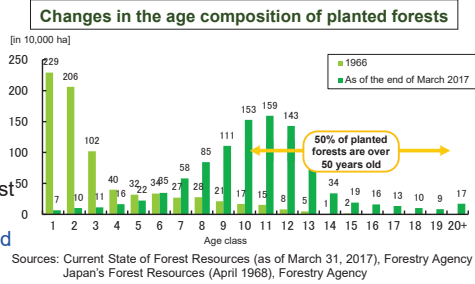
Summary

- **Quantitative analyses** of long-term fluctuations at the river basin level, from headwaters to coastal areas, have become possible regarding **water and material outflows** from forests. As a result, it is now possible to assess, with high accuracy, **water resource conservation** and other functions of forests.
- *SWAT is a water/nutrient runoff analysis tool for continental agricultural basins* used widely around the world. SWAT was **applied to a forested basin in Japan**, and the tool's effectiveness (including differences in forest ages) was confirmed. Through this project, we were able to obtain parameters related to forests, for which we have little knowledge so far. We plan to **expand the applicable basins** in the future.
- It is necessary to evaluate the impact of forest maintenance on watersheds and coastal areas worldwide. The model parameters of this project can be used in countries and regions with a similar climate and geology to Japan. We believe these parameters will make a great contribution in the future.

Evaluating Water Resource Conservation and Other Forest Functions: Estimating Water, Soil, and Nutrient Runoffs with the SWAT Model Forestry Agency, Japan

1. Introduction to Forests in Japan

- After the WWII, The government promoted nationwide reforestation to protect national land and address lumber-supply shortages.
- These reforestation efforts have bolstered Japan's forest resources, and half of planted forests have matured for more than 50 years.
- About 70% of the country's land area (≡ Mountainous) is covered with forest, which contributes to the reduction of mountain slope collapses and flood inundation.
- On the other hand, due to climate change and other factors, flood damage has become more frequent and more severe across Japan in recent years.
- Consequently, all river basin stakeholders have joined together to promote efforts toward river basin disaster resilience and sustainability through integrated infrastructure-side and system-side measures.



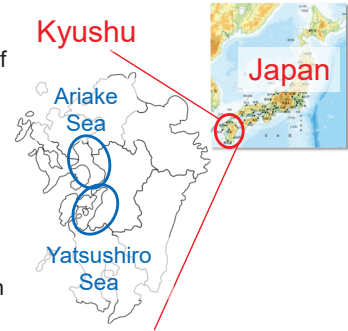
Promotion of river basin disaster resilience and sustainability



2. Project Objectives and Target Area

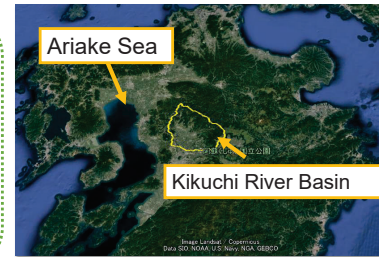
Objectives

- Evaluating fully the flood-mitigation and soil-runoff prevention functions of forests.
- The supply of water, soil, and nutrients by forests as well as the prevention or reduction of large-scale flooding and soil runoffs during heavy rainfall events.
- To assess the impact of forests on entire basins and coastal areas.



Target Area

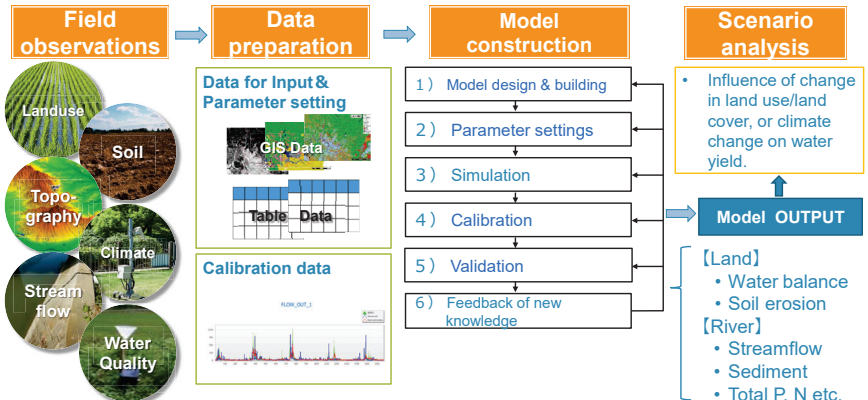
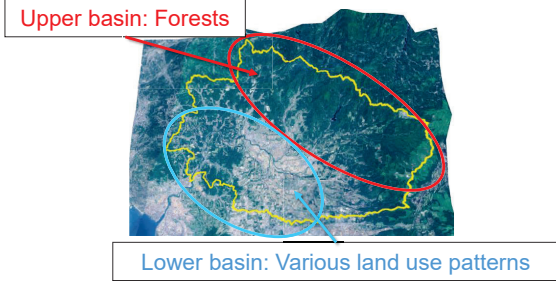
- Basin name: Kikuchi River Basin
- Length: 71 km
- Basin area: 996 km²
- Population living in the basin area: ~210,000
- Characteristics: one of the Class A rivers that flow into the Ariake Sea. The basin is about 50 percent forested



3. Research Methodology ~ Hydrologic Model Application (SWAT) ~

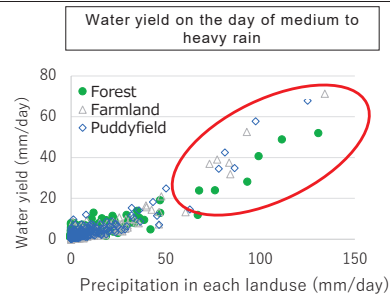
- The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) was selected for the project's analyses method, because it is a hydrologic model capable of both micro-level and macro-level assessments and able to determine quantitative forest functions extending out to coastal areas.

Procedure for SWAT Model Building and Analysis



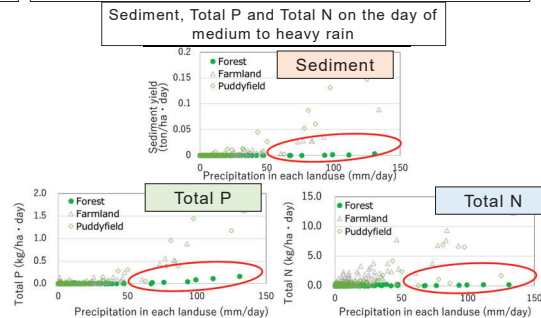
4. Result and Discussions

Assessment of the Flood-Mitigation and Drought-Mitigation Functions of Forests



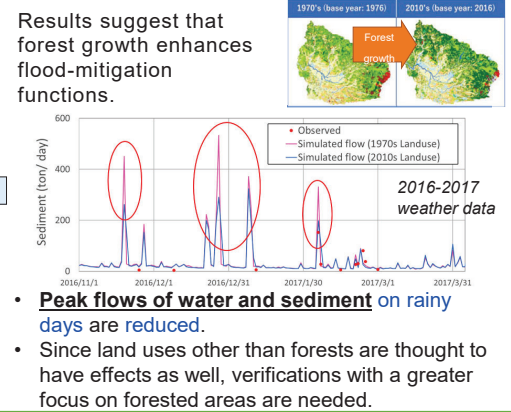
- Forests have lower water yields on rainy days and maintain higher water yield levels compared to other land uses on dry days. This suggests that forests equalize water yields in river basins.

Assessment of the Material-Runoff Equalization Functions of Forests



- Similar to water yields, yields of sediment, phosphorus, and nitrogen are smaller in forests on days with significant rainfall ⇒ Forests function to equalize runoff amounts

Assessment of the Runoff Impacts of Forest Growth



- Peak flows of water and sediment on rainy days are reduced.
- Since land uses other than forests are thought to have effects as well, verifications with a greater focus on forested areas are needed.

5. Summary

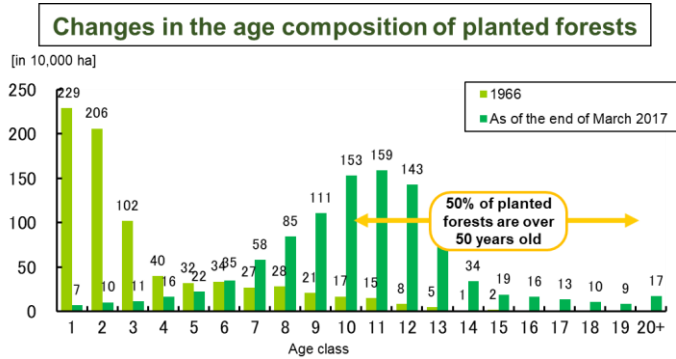
- Quantitative analyses of long-term fluctuations at the river basin level, from headwaters to coastal areas, have become possible regarding water and material outflows from forests. As a result, it is now possible to assess, with high accuracy, water resource conservation and other functions of forests.
- SWAT is a water/nutrient runoff analysis tool for continental agricultural basins used widely around the world. SWAT was applied to a forested basin in Japan, and the tool's effectiveness (including differences in forest ages) was confirmed. Through this project, we were able to obtain parameters related to forests, for which we have little knowledge so far. We plan to expand the applicable basins in the future.
- It is necessary to evaluate the impact of forest maintenance on watersheds and coastal areas worldwide. The model parameters of this project can be used in countries and regions with a similar climate and geology to Japan. We believe these parameters will make a great contribution in the future.

Evaluating Water Resource Conservation and Other Forest Functions: Estimating Water, Soil, and Nutrient Runoffs with the SWAT Model

Forestry Agency, Japan

1. Introduction to Forests in Japan

- After WWII, The **government promoted nationwide reforestation to protect national land** and address lumber-supply shortages.
- These reforestation efforts have bolstered Japan's forest resources, and half of planted forests have **matured** for more than **50 years**.
- About **70%** of the country's land area (≡ **Mountainous**) is covered with **forest**, which contributes to the reduction of mountain slope collapses and flood inundation.
- On the other hand, due to **climate change** and other factors, **flood damage** has become **more frequent and more severe** across Japan in recent years.
- Consequently, all **river basin** stakeholders have **joined together** to promote efforts toward river basin disaster resilience and sustainability through integrated **infrastructure-side and system-side measures**.



Sources: Current State of Forest Resources (as of March 31, 2017), Forestry Agency
Japan's Forest Resources (April 1968), Forestry Agency

2. Project Objectives and Target Area

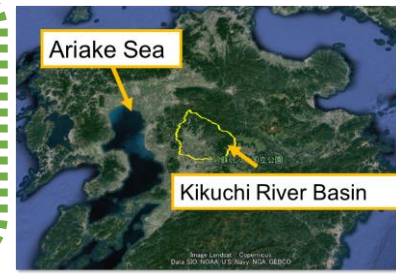
Objectives

- Evaluating fully the **flood-mitigation** and **soil-runoff prevention functions** of **forests**.
- The supply of water, soil, and nutrients** by forests as well as the prevention or **reduction of large-scale flooding and soil runoffs during heavy rainfall events**.
- To assess the **impact** of forests on **entire basins and coastal areas**.

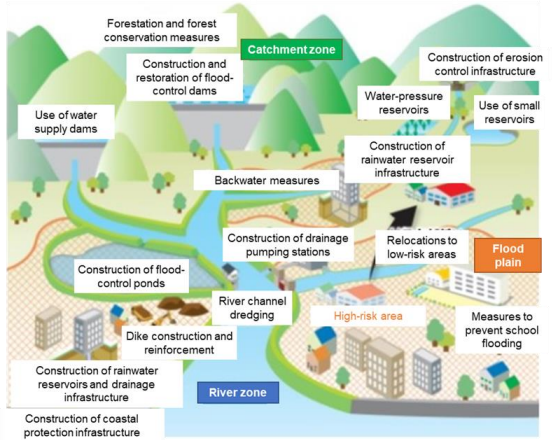


Target Area

- Basin name: **Kikuchi River Basin**
- Length: **71 km**
- Basin area: **996 km²**
- Population living in the basin area: **~210,000**
- Characteristics: one of the Class A rivers that flow into the Ariake Sea.
- The basin is about **50 percent forested**



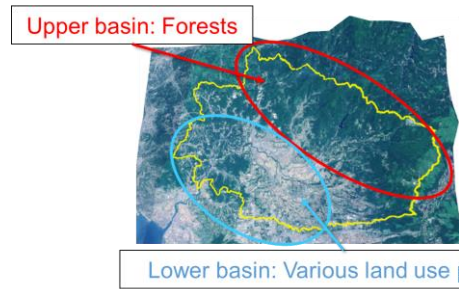
Promotion of river basin disaster resilience and sustainability



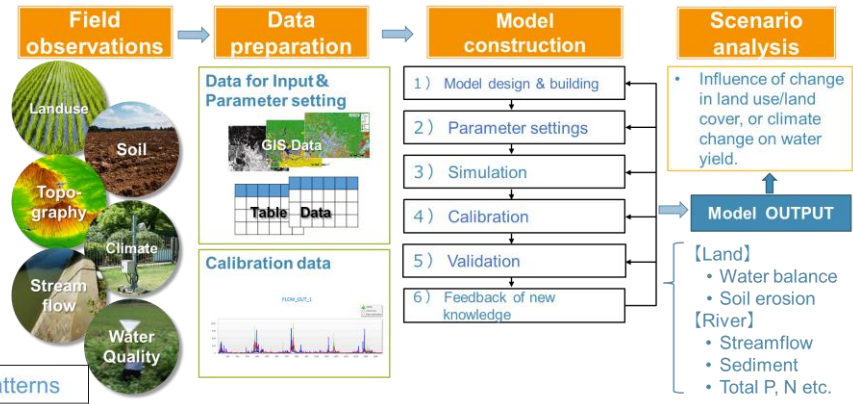
Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism website

3. Research Methodology ~ Hydrologic Model Application ~

- The **Soil and Water Assessment Tool (SWAT)** was selected for the project's analyses method, because it is a hydrologic model capable of both micro-level and macro-level assessments and able to determine quantitative forest functions extending out to coastal areas.



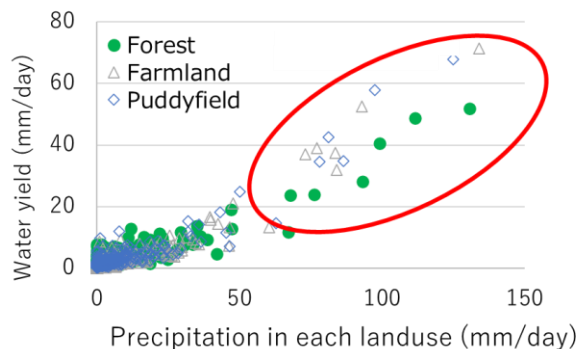
Procedure for SWAT Model Building and Analysis



4. Result and Discussions

Assessment of the Flood-Mitigation and Drought-Mitigation Functions of Forests

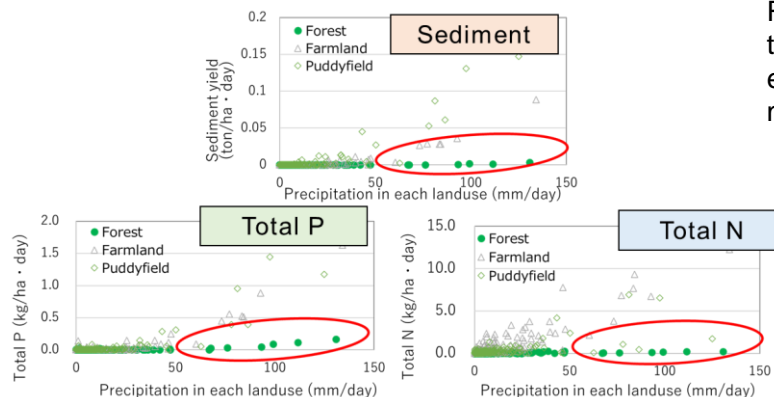
Water yield on the day of medium to heavy rain



- Forests have **lower water yields on rainy days** and **maintain higher water yield levels** compared to other land uses **on dry days**. This suggests that forests **equalize water yields** in river basins.

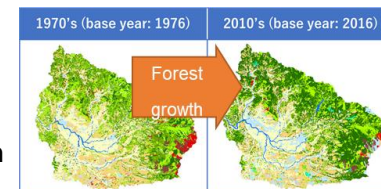
Assessment of the Material-Runoff Equalization Functions of Forests

Sediment, Total P and Total N on the day of medium to heavy rain

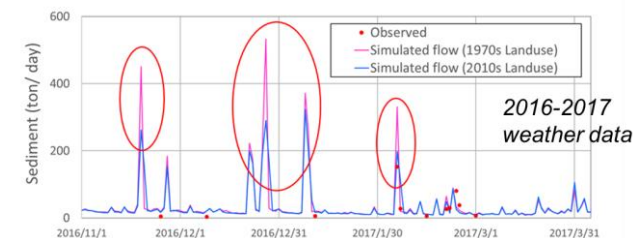


- Similar to water yields, **yields of sediment, phosphorus, and nitrogen** are **smaller** in forests **on days with significant rainfall**
⇒ Forests function to equalize runoff amounts

Assessment of the Runoff Impacts of Forest Growth



Results suggest that forest growth enhances flood-mitigation functions.



- **Peak flows of water and sediment on rainy days** are **reduced**.
- Since land uses other than forests are thought to have effects as well, verifications with a greater focus on forested areas are needed.

5. Summary

- **Quantitative analyses** of long-term fluctuations **at the river basin level**, from headwaters to coastal areas, have become possible regarding **water and material outflows** from forests. As a result, it is now possible to assess, with high accuracy, **water resource conservation** and other functions of forests.
- SWAT is a water/nutrient runoff analysis tool for continental agricultural basins used widely around the world. SWAT was **applied to a forested basin in Japan**, and the tool's **effectiveness (including differences in forest ages)** was confirmed. Through this project, we were able to obtain parameters related to forests, for which we have little knowledge so far. We plan to **expand the applicable basins** in the future.
- It is necessary **to evaluate the impact of forest maintenance** on watersheds and coastal areas worldwide. The model parameters of this project can be used in countries and regions with a similar climate and geology to Japan. We believe these parameters will make a great contribution in the future.