

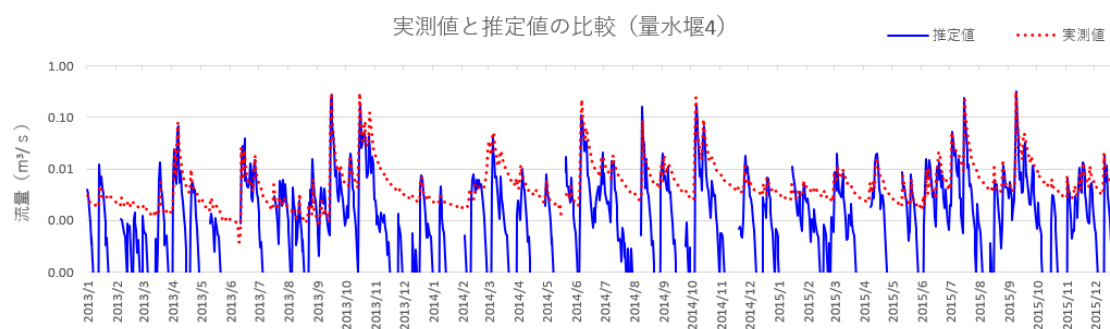


図 3-47 量水堰 4 における流量の実測値と推定値の比較

上からカーブナンバー法・実数、カーブナンバー法・対数

グリーン&アンプト法・実数、グリーン&アンプト法・対数

2) 再現精度

表 3-25 に、それぞれの再現精度を示す。

表 3-25 再現精度

指標	カーブナンバー法		グリーン&アンプト法	
	キャリブレーション期間 (2013-2014)	バリデーション期間 (2015)	キャリブレーション期間 (2013-2014)	バリデーション期間 (2015)
RSR	0.714 (us)	0.674 (s)	0.455 (vg)	0.376 (vg)
NSE	0.491 (us)	0.545 (s)	0.758 (vg)	0.858 (vg)
PBIAS	-75.910 (us)	-74.585 (us)	42.139 (us)	43.122 (us)

キャリブレーション期間、バリデーション期間を通して、カーブナンバー法に比べてグリーン&アンプト法の方が精度が高い傾向が見られた。また、特にグリーン&アンプト法の結果では、RSR や NSE といったピークが一致しているかを表す指標で Very Good という良い結果が得られた一方で、全体的な偏りを表す指標である PBIAS では改善の余地が見られた。

図 3-48 に、横軸を流量の実測値、縦軸を流量の推定値としてプロットした散布図を示す（縦横軸とも対数軸）。図中の斜め線は実測値と推定値が 1:1 となる線であり、推定値が実測値に一致するとこの線上に点がプロットされることになる。

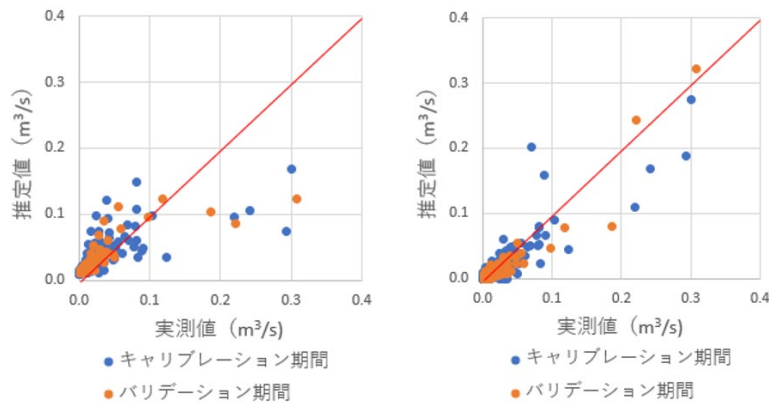


図 3-48 量水堰 4 における流量の実測値と推定値の比較
(左) カーブナンバー法 (右) グリーン&アンプト法

カーブナンバー法では、キャリブレーション期間、バリデーション期間ともに特に流量の実測値が $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 未満の場合は実測値に比べて推定値が過大、流量の実測値が $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える場合は実測値に比べて推定値が過小である傾向がみられるが、グリーン&アンプト法では全体として 1:1 ラインに近づいていることが見てとれる。

以上の結果から、貝沢試験流域ではグリーン&アンプト法を用いてシミュレーションを行うことでキャリブレーション期間、バリデーション期間ともに水の流出量を概ね良い精度で再現できているといえる。一方で、全体的な偏りを示す指標である PBIAS の指標については改善の余地が大きい。森林のもつ水源涵養機能を適切に評価するためには、洪水時のみならず平水時における流出平準化機能の評価も不可欠であり、出水時に合わせるだけでなく平水時にも配慮するよう、パラメータの見直し等の検討が必要である。

(3) まとめ

今回、貝沢試験流域モデルに適用した主なパラメータは表 3-26 のとおりである。有明パラメータのうち、いくつかを本事業で検討したパラメータ値に置換えてシミュレーションを行ったところ、精度が向上した。ただし、CANMX や GW_DELAY 等、今後さらに検討が必要だと考えられるパラメータもあり、土壌や地下水関連のパラメータを見直すことで、さらなる精度向上の余地があると思われる。

表 3-26 設定したパラメータ

	有明パラメータ	貝沢一次パラメータ
BLAI	3.85~9.04	12.3 8.2 7.5 6 5
GSI	0.00985 m/s	スギ 0.0209 m/s、ヒノキ 0.0116 m/s、 広葉樹 0.0177 m/s
CANMX	19.1~42.2 mm	4 mm
ESCO	0.41	0.1
CHTMX	19.7~43.0 m	5m 9m 11m 12m 14m 18m 21m
SOL_K1	254~977 mm/h	36 mm/h
SOL_K2	268~1020 mm/h	36 mm/h
SOL_K3	260~1005 mm/h	36 mm/h
GW_DELAY	31 days	1.7 days (キャリブレーションの結果)

表面流出の計算方法については、キャリブレーションの結果、グリーン&アンプト法で高い精度が得られることがわかった。今後、洪水緩和機能の評価に時間解析を用いることを踏まえても、時間単位の出力が可能であるグリーン&アンプト法の推定精度をあげていくことが望ましいと考えられる。

3.9.3. 道志ダム上流域モデル

(1) モデルキャリブレーションとバリデーション

道志ダム上流域モデルのパラメータは、貝沢流域と同様、蒸発散関連パラメータのうち、本事業で値の検討を行ったパラメータについてはその値を、文献などにおいても情報が限られ、値の設定に十分な根拠が得られないパラメータについては有明パラメータ値あるいは SWAT モデルのデフォルト値を一律で与え、キャリブレーションを実施した。

(2) 推定結果

1) 流出パターン

図 3-49（実数）および図 3-50（対数）のハイドログラフをみると、ピークのタイミングは捉えているものの、モデル推定値のピーク流量は、実測値に比べ過大傾向である一方、低水時の推定流量は過少傾向であった。

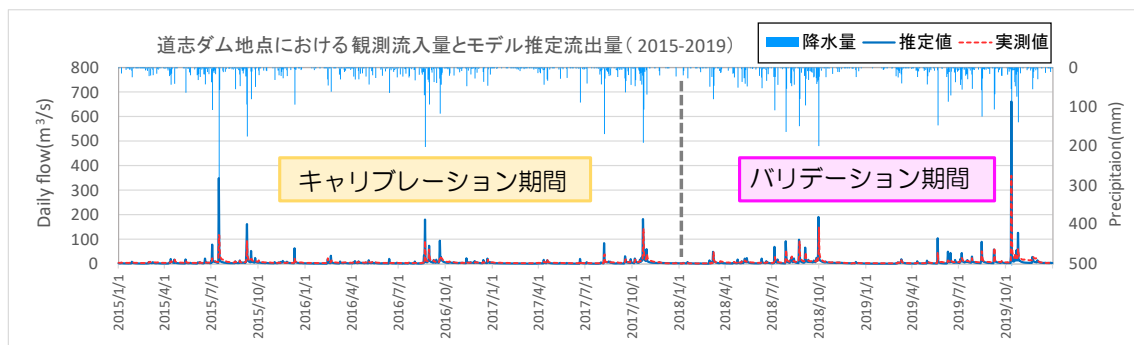


図 3-49 道志ダム地点における観測ダム流入量とモデル推定流出量（実数）

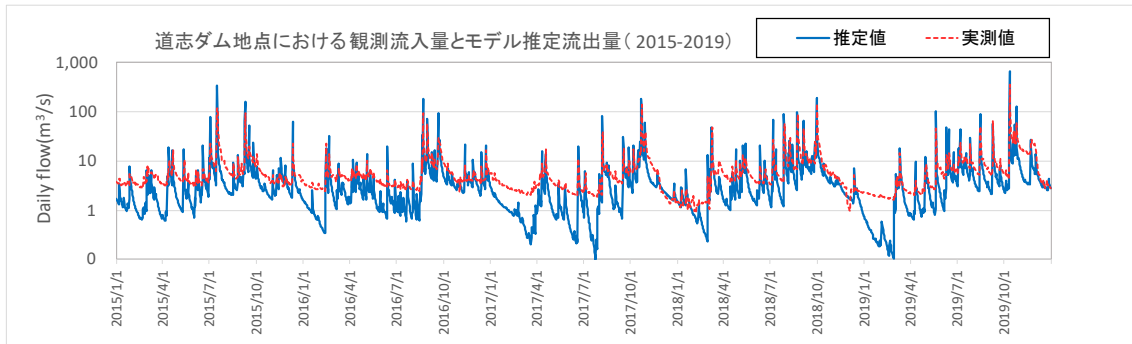
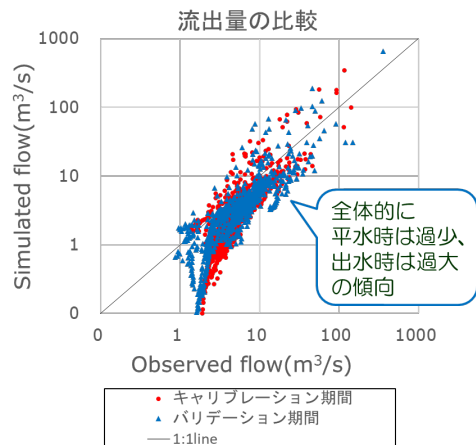


図 3-50 道志ダム地点における観測ダム流入量とモデル推定流出量（対数）

2) 再現精度

図 3-51 にダム流入量（実測値）とモデル推定値の比較、指標による再現精度の評価結果を示す。前項のハイドログラフと同様、推定流量は平水時は過少、出水時は過大の傾向がみられた。このため、キャリブレーション、バリデーション期間ともに RNR および NSE 指標による評価は **Unsatisfactory** であり、十分な再現精度が得られたとは言い難い。



	キャリブレーション	バリデーション
RSR	1.12 (us)	0.9 (us)
NSE	-0.25 (us)	0.19 (us)
PBIAS	6.88 (vg)	2.46 (vg)

図 3-51 左：ダム流入量（実測値）とモデル推定値の比較および精度検証

右：各種指標による精度評価

図 3-52 により、水収支を確認すると、側方流がやや多め、かつ深層浸透量が極端に低い計算結果となっている。モデルのキャリブレーションが十分に行えていないこともあり、再調整が必要である。

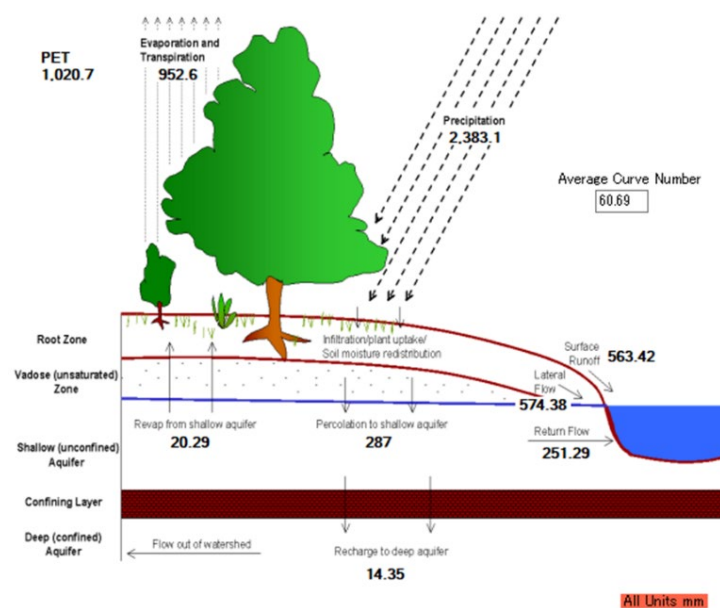


図 3-52 道志ダム上流域モデルにおける水収支

(3) まとめ

今回、道志ダム上流域モデルに適用した主なパラメータは表 3-27 のとおりである。表の左列に示す有明パラメータのうち、本事業で検討したパラメータ値について置換えてシミュレーションを行ったところ、有明パラメータのみを適用した時点のものより、若干ではあるが精度が向上した。ただし、SOL_K などキャリブレーション未実施のパラメータもあり、土壌や地下水関連のパラメータを見直すことで、さらなる精度向上の余地があると思われる。

表 3-27 設定したパラメータ

主要パラメータ	有明パラメータ	今回調整値
BLAI	3.85~9.04	12.3 8.2 7.5 6 5
GSI	0.00985 m/s	スギ 0.0209 m/s、ヒノキ 0.0116 m/s、 広葉樹 0.0177 m/s
CANMX	19.1~42.2 mm	20 mm
ESCO	0.41	0.1
CHTMX	19.7~43.0 m	5m 9m 11m 12m 14m 18m 21m
SOL_K1	254~977 mm/h	8~1168 mm/h
SOL_K2	268~1020 mm/h	3~292 mm/h
SOL_K3	260~1005 mm/h	3~452 mm/h
GW_DELAY	31 days	31 days

今回適用したパラメータにて若干精度が向上

キャリブレーション未実施

	キャリブレーション	バリデーション		キャリブレーション	バリデーション
RSR	1.16(us)	0.92(us)	RSR	1.12(us)	0.9(us)
NSE	-0.35(us)	0.15(us)	NSE	-0.25(us)	0.19(us)
PBIAS	5.17(vg)	1.16(vg)	PBIAS	6.88(vg)	2.46(vg)

当初道志ダム上流域では日単位モデル構築を予定していたため、表面流出の計算方法はカーブナンバー法を使用した。しかし、時間単位モデル構築に必要な気象データやダム流入

量データにおいて時間単位のデータが入手できたことから、次年度はグリーン&アンブト法の解析を検討する。

3.10. 水源涵養機能の評価

3.10.1. 水源涵養機能の評価方法

貝沢流域、道志ダム流域ともに「現在・日」モデルは構築したものの、表 3-28 の緑枠で囲った項目について評価するために必要な、下記（ア）のモデルについては次年度の構築に向けてインプットデータを作成済み、（イ）のモデルについては次年度に構築予定である。

（ア）洪水緩和機能の評価のための時間モデル

（イ）「森林の成熟状態別」の評価のための比較対象となる林分状態のモデル（過去モデル）

表 3-28 評価軸を見据えたモデル構築の状況

評価軸	内容	時間 スケール	比較対象	
			森林の管理状態別 (整備/未整備)	森林の成熟状態別 (現在の成熟林/40年 程度前の若齢林)
① 水収支	・水収支	月・年単位	○	○
② 洪水緩和	・ピーク流量 ・流出遅延	時間・日単位	○	○
③ 渇水緩和	・渇水時流量	日単位	○	○
④ 水資源貯留	・土壌中の水量 ・地下水涵養量	月・年単位	○	○

そのため、今年度は、現時点までに構築できているモデルで可能な以下の項目について評価を行う。

- 水収支の定量化
 - － 年別水収支（流域全体、シミュレーション期間の各年）
 - － 土地利用（林相区分）別水収支構成割合（シミュレーション期間全体）
- 出水イベント時の流出特性

3.10.2. 水収支の定量化

（1） 年別水収支

貝沢試験流域で再現精度が比較的良かったグリーン&アンブト法の結果について、シミュレーション期間中（2013 年～2015 年）の年平均水収支を図 3-53 と表 3-29 に示す。図中の水収支構成要素の関係は次式で表すことができる。

降水量 (Precipitation) = 蒸発散量 (Evaporation and Transpiration) + 表面流量 (Surface Runoff) + 側方流量 (Lateral Flow) + 地下水流量 (Return Flow) + 地下浸透量 (Recharge to deep aquifer)

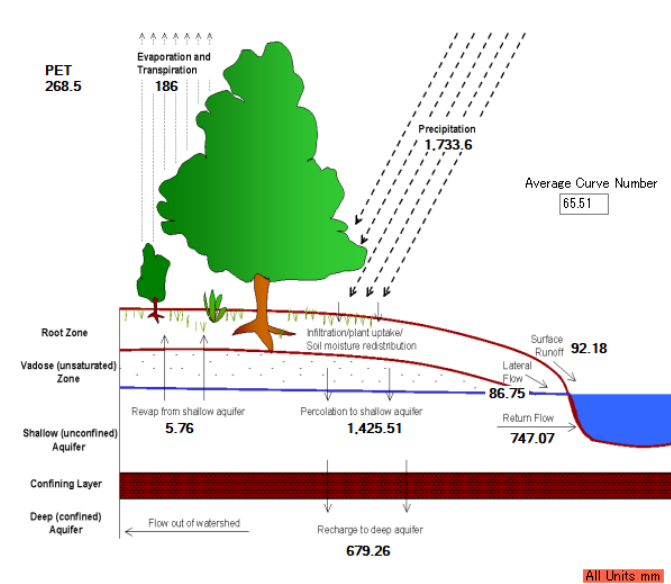


図 3-53 貝沢試験流域（グリーン&アンプト法）のシミュレーション結果（2013 年のみ）に基づく水収支

降水により地表まで到達した水は、まず一部が表面流量として直接河川へ流入する。残りは土壤に浸み込み、さらにその一部が側方流として土壤中を流れて河川へ流入する。土壤中にとどまった水は下方へ浸透していき、地下水面に達する。そこまで到達した水は一定の遅延期間後に河川へ流入する。地下水面からは、一部がさらに深層へ浸透していき、SWAT モデル上、この水は流域外へと流出することになる。蒸発散量については、降水時に樹冠に貯留された水が蒸発した量に加え、その後土壤中の水を植物が吸い上げた蒸散量、土壤から空気中への蒸発量を合計した値となる。なお、図中の値はそれぞれの項目における年平均値であるため、降水量と個々の値の合計値は必ずしも一致しない。

表 3-29 水収支比較

	降水量	蒸発散量	表面流	側方流	地下水流量	深層浸透量
結果 (mm)	1733.6	186	92.18	86.75	747.07	679.26
割合 (%)	-	10.4	5.1	4.8	41.7	37.9

貝沢試験流域のシミュレーション結果を見ると、深層浸透量が大きく蒸発散量が少ないようであった。これは、今回は植生や蒸発散に関するパラメータに注目しており、深層浸透量のパラメータの設定値について検討が不十分であった可能性を示唆していると考えられ

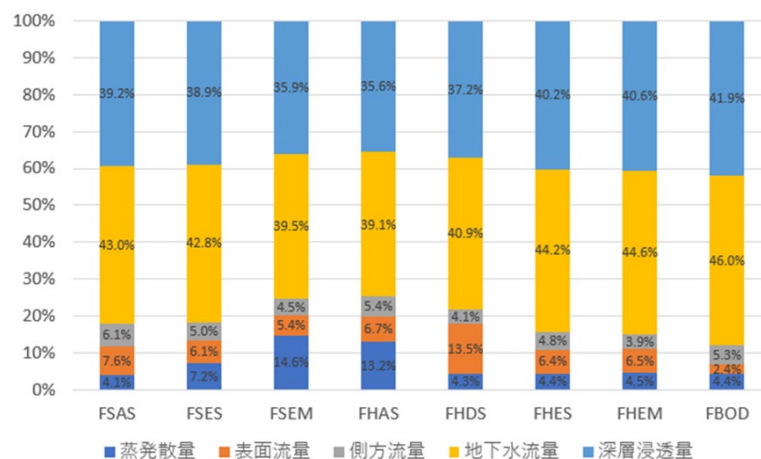
る。しかし、同様に初期値として有明パラメータを設定している道志ダム上流域ではこのような傾向はみられていないこと、また流域や年によって深層浸透量が大きく変わるとは考えにくいいため、挙動の変化を丁寧に検討していく必要性が示された。

(2) 土地利用（林相区分）別水収支構成割合

図 3-53 と表 3-30 には、土地利用別に貝沢試験流域の水収支を集計した結果をまとめた。年平均水収支と同様に、深層浸透量が 35～40%程度と非常に高い値になっている。また、スギ（40 年生以上・中）及びヒノキ（0～20 年生・疎）において、蒸発散量の割合が大きい。また、ヒノキ（30～40 年生・疎）で表面流量の割合が大きくなっている。現状、林相区分によってパラメータを変化させているものは植生のみであり、土壌のパラメータは一律で与えているため植生の影響が考えられる一方で、たまたまヒノキ（30～40 年生・疎）が位置する場所が表面流の出やすい地形だったという可能性も否定できず、今後空間的な情報を踏まえて考察を進めていく必要がある。

表 3-30 土地利用別水収支

土地利用	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)
FSAS	1,803	74	137	110	776	706
FSES	1,809	130	111	90	774	704
FSEM	1,825	267	99	83	720	656
FHAS	1,827	241	122	99	715	650
FHDS	1,802	77	244	74	737	670
FHES	1,807	80	116	87	798	726
FHEM	1,812	82	117	70	808	735
FBOD	1,803	79	43	96	830	755



FSAS：スギ（0-20 年生）疎

FSES：スギ（40 年生以上）疎

FSEM：スギ（40 年生以上）中

FHAS：ヒノキ（0-20 年生）疎

FHDS：ヒノキ（30-40 年生）疎

FHES：ヒノキ（40 年生以上）疎

FHEM：ヒノキ（40 年生以上）中

FBOD：広葉樹（20 年生以上）密

図 3-54 土地利用別水収支の構成割合

(3) 出水イベント時の流出特性

図 3-55 に貝沢試験流域の中でも大きな降水イベントの 1 つであった 2015 年 7 月 11 日から 2015 年 7 月 25 日に対する量水堰別の応答特性を示す。量水堰 2 ではピーク流量が過剰に推定されている様子が見られる。また、森林の洪水緩和機能のうち降雨のピークよりも流出ピークを遅らせるあるいはピーク流量を減少させる機能については、実測値と降水量の関係から、本試験流域においては顕著に捉えられないと考えられるが、全体としてピーク後流量の推定値が過小評価されていることから、ピーク流出後に緩やかに流出を減衰させる森林の洪水緩和機能を再現しきれておらず、今後改善を図る余地があると考えられる。更なる評価や解析は、林相区分等の森林の状態をより細かに明らかにし、モデルの調整を行った上で実施する必要がある。

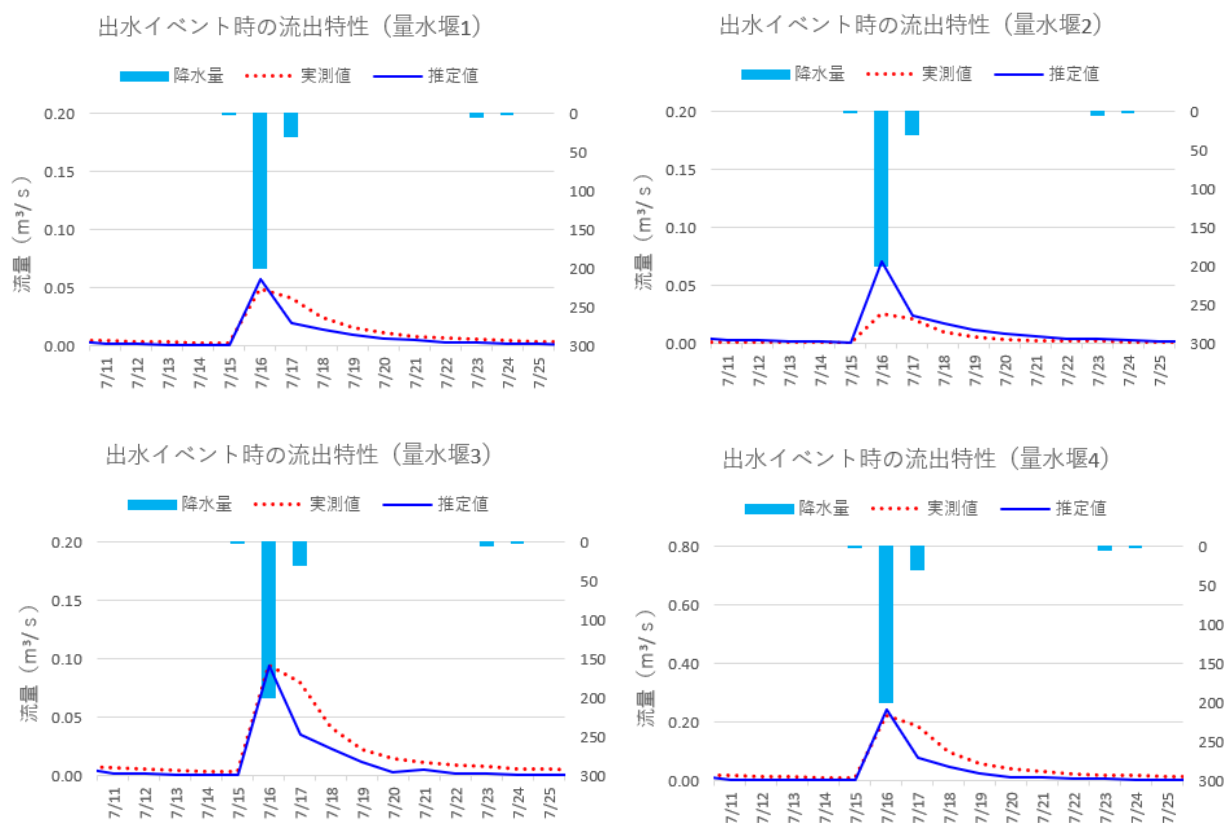


図 3-55 出水イベント時の流出特性 (貝沢試験流域 量水堰 1~4)

3. 11. モデルの適用性と課題

(1) SWAT モデルの適用性について

蒸発散に着目したパラメータ調整により構築したモデルの推定精度には改善の余地があるが、二つの流域規模 (貝沢の小流域、道志ダム上流のやや大きな流域) で、大まかな流出傾向を捉えることができた。当該モデルにより、森林の状態 (林齢、立木密度) 別にみた水

収支にそれほど顕著な違いは見られなかったが、土壌の物理的な性質等を踏まえたパラメータ調整を行ったうえで、再度森林の状態別について見てみる必要がある。また、貝沢試験流域のモデルにおいては水源涵養機能の発揮において問題視されている過密ヒノキ人工林などが存在しないことから、道志ダム上流域では、貝沢試験流域とのそのような違いにも配慮しつつ、現実的なパラメータ調整を試みる必要がある。

また、森林の状態別に水源涵養機能の違いをより明瞭に評価し、わかりやすく情報発信するためには、よりダイナミックな変化（荒廃地からの復旧等）を捉えることも有意義な結果をもたらす可能性がある。

また、降雨強度に応じた遮断蒸発、降雨中の蒸発、林床面蒸発といった、森林で実際に生じる水文プロセスが、**SWAT** モデル内の計算式でどこまで再現できるのか、さらに検証を深めることも有効であると考えられる。このため、以下の対策を検討する。

- **SWAT** モデルのソースコード（特に樹冠遮断や蒸発散の計算部分）を読み解き、**SWAT** の水文計算プロセスを正確に把握する。
- **SWAT** の計算プロセス内に、当該森林水文プロセスを反映できる式やパラメータがないか模索する。
- 森林水文プロセスを詳細に再現するための独自コードを組む（オプション）。

(2) SWAT モデル構築上の課題

水収支のキャリブレーション、バリデーションについて、貝沢試験流域、道志ダム上流域のいずれについても精度が十分とはいえない結果となった。具体的には、貝沢試験流域では蒸発散量が過少、道志ダム上流域では深層浸透量が過少の傾向が見られた。

また、既往の研究論文等から適用した **CANMX**、**CHTMX**、**ESCO** 等の各パラメータについては、**SWAT** モデル内の蒸発散計算プロセスをより細かく把握した上で、設定したパラメータ値の妥当性を改めて確認する必要があると考えられる。

今回、暫定的に **SWAT** のデフォルト値または有明パラメータ値を適用したパラメータ（**PHU**、**FRGMAX**、**EPCO** 等）についても、より適切な値の範囲の絞り込みのため、引き続き検証を行い、段階的に適用していく必要がある。

さらに、林相区分図の構成要素である立木密度の算出精度を向上させたうえで、現地調査データとの比較などによる精度検証を行うことが望ましい。

3. 12. 今後のモデル解析・評価にかかる調査計画（案）

今後のモデル解析・評価にかかる調査計画としては次のような事項が考えられる。

(1) モデル構築および精緻化

今年度のモデル構築上は、デフォルト値などを一律に与えていた土壌物理性（孔隙率、透

水性、仮比重 etc.) に関するパラメータ値の妥当性の向上のため、既往の知見の収集に努めるとともに実測データの収集を行う。また、インプットとなる林相区分図の精度（特に立木密度の精度）を上げるため、航空レーザデータの再解析や精度検証（現地調査データとの比較）の実施が望ましい。さらに、森林の状態別の評価を行うために必要な未構築のモデル（過去モデル等）の構築を行う必要がある。

(2) 評価項目の追加

3.11 (1) を踏まえ、森林の管理状態（整備・未整備）や成長段階（成熟・若齢）別にみた水源涵養機能の評価と共に、過去に発生した地震や災害により崩壊した土地と復旧した森林（荒廃地から復旧）における水源涵養機能の変化の評価も行う。

(3) 評価項目の整理

評価軸ごとの結果やモデルの構築上で明らかとなったことを踏まえ、森林状態ごとに水源涵養機能がどの程度かなどの関係性を整理する。

(4) 令和3年度工程案

下図に令和3年度に構築すべきモデルや評価すべき事項に関する工程案を示す。

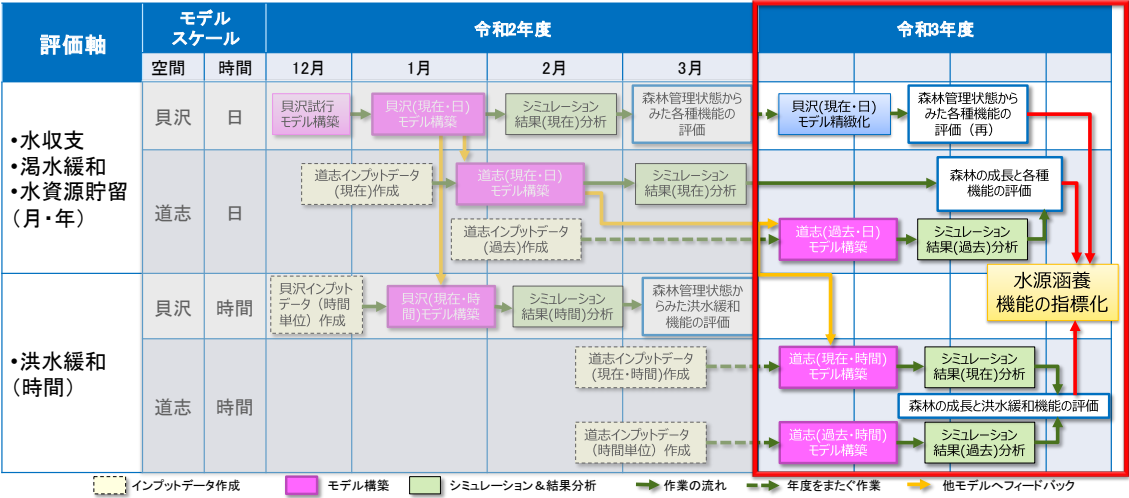


図 3-56 令和3年度モデル構築および評価にかかる工程案

4. 森林の水源涵養機能の解説発信業務

4.1. 水源涵養機能に係る解説発信の目的

本事業の「解析・評価」においても多数扱っているように、森林の水源涵養機能に関する知見は、近年の航空レーザ測量の技術革新等により、急速に積み上がっているものもあれば、数十年同じ成果を基に論じられているものもある。森林の水源涵養機能に関する解説書はこれまでに各種、多数出版されているが、1970年代に出版された「公益的機能シリーズ 森林の水源涵養機能」は平易な文書でデータも豊富であり行政事務上も多数引用等されてきている至便なものである。しかしながら、当該書籍に引用されている科学的データの中には、最新の知見に更新されてよいものもみられる。こういった、理解が容易で網羅的かつ最新の知見に基づくデータも豊富な解説書は、正しい知識を普及し理解を促すために重要であると考えられる。

また、我が国の森林は成熟期を迎えており、かつての森林の様相と異なっており、そのような森林の変化を踏まえた上で改めて森林の水源涵養機能を整理するとともに、近年問題となってきた洪水の多発などの課題に対応するために森林の状態からその有する機能を適切に評価できる目安や指標のようなものが新たに解説書において整理されることは、今後の森林管理のためにも有益であると考えられる。

これらを踏まえ、森林の水源涵養機能についての基礎知識を有しているような自治体の職員を主なターゲットとして想定した情報発信向けの解説書をイメージしつつ、本調査ではその草稿を取りまとめることを念頭に、本年度においては当該草稿を構成する主要な項目を整理するものである。

4.2. 水源涵養機能に係る解説項目の整理

日本における森林の水源涵養機能について、表 4-1 のとおり、解説項目を整理した。

表 4-1 日本の森林の水源涵養機能に関する解説項目（案）

1	日本の森林における水の動きと森林のはたらきについて
	① 日本の地理、地形、気象条件を踏まえた森林の水源涵養機能の位置づけ
	② 降雨の動き（循環）と森林の関係
	③ 森林に到達した降水の動き
2	森林はどのように水を貯え、流出を平準化するのか（メカニズムの解説）
	① 森林の保水力
	② 森林の浸透能
	③ 森林の土壌と基岩の役割
	④ 森林の遮断蒸発
	⑤ 先行降雨と上記能力等との関係
	⑥ 豪雨、洪水や渇水等の気象現象と機能発揮の関係性について（①～⑤に織り交ぜた解説も想定）
3	樹種と水源涵養機能（流出特性）（4 と合わせた解説も想定）
	① スギ・ヒノキ

	② 広葉樹・混交林
4	林齢と水源涵養機能（3と合わせた解説も想定）
	① 林齢と機能の一般的な関係
	② 機能発揮が特徴的な林齢とメカニズムの解説 (ex 森林が高齢級化すると水源涵養機能はどうなるのか。機能の維持・向上のため林齢（林齢構成）はどうあるべきか。)
5	森林施業や気象害などが水源涵養機能に及ぼす影響と対策
	① 森林施業（手入不足、皆伐、間伐、路網設置など）
	② 気象害など（風倒、山火事、獣害、病虫害など）
	③ ①②による機能の劣化に係る対策の考え方・手法（可能であれば）
6	流域単位など広域的な森林の水源涵養機能の把握にかかる試みとその状況
	① モニタリング
	② 流出モデルなどによる推計 (資源の充実、荒廃からの復旧など広域な林況の変容に伴う機能の変化等)
	③ 推量指標の整理
7	今後について
	① 気候変動を踏まえ、森林の機能向上を図るためには、森林はどうあるべきか、どう取り扱うべきか
	② 必要とされる研究・調査など

○項目の整理における課題と対応方向

- 第3回検討委員会においては、上記原案に関して、水源涵養に関する総花的な論点が挙げられており新たに取りまとめる意義や、過去に林野庁事業において整理された内容との重複する点について本事業において改めて整理することの合理性等について意見が出された。
- これらを踏まえ、解説書の仕立て方や項目等の見直しを検討し、表 4-2 のように来年度に向けてのたたき台として整理した。具体的には、本調査において実施している水源涵養機能の推計評価の流れに沿って記述するものとし、本調査の実施を通じた解説書を想定するものとして取りまとめる方向性を訂正するものである。本調査の解析・評価においては、水源涵養に係るメカニズムや各パラメータ因子に係る理解が不可欠であるため、その解説を既往の研究成果等も踏まえて記述することを通じ、当初の目的をほぼ達成する解説書の作成につながるものとして整理しなおすものである。
- また、当初は、2年間で草稿を完成させるスケジュールであったが、本体調査自体が2年あるいはそれ以上かかる見通しとなってきたことから、情報発信業務の成果として予定する草稿の作成についても、調査最終年度における完成を見込むものとし、調査2年目においては草稿の骨子を作成するものとする。なお、調査終了まで時間を要することから、近年関心の高い洪水緩和機能の評価等については、調査途中の時点で暫定的かつ部分的に対外的な説明が可能な形で取りまとめることも必要と考えられる。

表 4-2 流域全体で見た森林の水源涵養機能に関する解説項目案（次年度に向けてのたたき台として）（1/2）

項目案	キーワード	主なコンテンツ	引用論文・既往の知見等のイメージ
1 森林の水源涵養機能の定義とその重要性 ・日本の地理、地形、気象条件を踏まえた森林の位置づけ ・我が国における水循環と森林のはたらき		レビューと解説	・平成13年及び平成23年学術会議答申
2 森林・緑化・保安林管理の歴史と森林景観の変化 ・森林の変遷と管理（過去と現在の森林の比較）と災害の歴史 ・今求められる森林景観・林相（人工林管理、混交林化など） ・森林税や水源税の導入と水源理管理の取組 ・今求められる森林の水源涵養機能の評価軸	伐採、植栽、斜面崩壊 間伐、皆伐、再造林 水源税、森林環境税、都道府県、国 管理状態、成熟度、荒廃からの回復	レビューと解説	玉井先生資料など 林野庁関係者 神奈川の事例
3 森林の水循環を把握・評価する手法 ・蒸散・遮断・林床面蒸発 ・表土の浸透能、土壌水移動 ・水流出モニタリング、対照流域法 ・数値モデルによる解析	流出量、地質、森林伐採、長期モニタリング タンクモデル、分布型モデル	方法論の例示	（参考）林野庁 有明海等の閉鎖性海域と森林に関する調査（2016～） （参考）森林総研の小流域モニタリングの状況（森林総研に情報提供あるいは執筆を相談）
4 森林水循環の把握から水源涵養機能に向けて ・多様な水循環の要素から流域の水源涵養機能評価の重要性	流域スケール、流域治水		
① 森林状態に係る因子 ・LAIと蒸散・遮断 ・立木密度と蒸散・遮断	最大樹幹貯留量、最大気孔コンダクタンス、最大樹幹高 立木密度、相対照度、樹種（広葉樹・混交林を含む）や林齢	SWATモデル解説 を中心として説明	・葉面積指数：Osone et al.(2020)、山崎ら(2006) ・最大樹幹貯留量：Iida et al.(2017) ・蒸発散量：小松ら(2005)、Komatsu et al.(2015) （参考）林野庁 整備保全事業推進調査 問05-5～8
② 林床植生・土壌表面に係る因子 ・植生量と遮断		SWATモデル解説 を中心として説明	・土壌孔隙：服部ら(2001)、藤枝(2001)、服部(2003) ・林床被覆：恩田(2007)
・植生量と蒸散 ・林床被覆と表面流	浸透能、土壌孔隙の違い、撥水性、雨滴衝撃		
③ 土壌や基岩に係る因子 ・土壌条件	土壌の厚さ、飽和透水係数、選択流	SWATモデル解説 を中心として説明	・恩田先生CREST 1 ・石川ら(2007) ・飽和透水係数：森林総研 林地土壌の保水・排水特性の斜面位置による違い(1994)、大貫ら(1995) （参考）整備保全調査問05-1～4, 05-9～17 （参考）林野庁 水源森林保全調査（2012）
・樹木根系の役割	吸水深度		
・基岩浸透や地下水に係る因子	基岩の透水係数		・小杉先生CREST ・小杉(2007)
5 森林状態の変化と水循環の変化 ① 自然かく乱による変化 ・気象害など（風倒、山火事、獣害、病虫害など）		既往研究レビュー	・風倒：松村(1999)、高浜、松村(2003)、鏡原ほか(2013)

表 4-2 流域全体で見た森林の水源涵養機能に関する解説項目案（次年度に向けてのたたき台として）（2/2）

項目案	キーワード	主なコンテンツ	引用論文・既往の知見等のイメージ
5 ② 森林施業に係る因子 ・立木の密度と機能の関係・間伐の影響・主伐の影響（短期的影響）	皆伐・間伐、植生変化後の回復	既往研究レビュー	・恩田先生CREST 2 ・久保田(2013) ・白木ら(2020) ・Xinchao Sun et al. (2014, 2015) （参考）整備保全調査問03-1～6 （参考）林野庁 森林利水機能調査（森林整備手法等基準化調査）(1995)
・森林の成長（時間の経過や森林の成熟）による影響（長期的影響）			（参考）整備保全調査問03-7, 問05-12,16,20,24
6 流域の森林状態と水源涵養機能の評価 ① 評価軸ごと森林の水源涵養機能評価 ・森林の管理状態と機能 ・森林の成熟度と機能 ・森林の荒廃から回復	（水収支、洪水緩和、渇水緩和、水資源貯留） （水収支、洪水緩和、渇水緩和、水資源貯留） （水収支、洪水緩和、渇水緩和、水資源貯留）	SWATモデル結果	
② これからの森林管理シナリオと水源涵養機能評価 ・2050年の森林の姿と水源涵養機能	管理放棄、積極的木材生産、保安林	SWATモデル結果	
7 水源涵養機能の評価結果から見た、今後の森林のあるべき姿 ・流域の視点からみた気候変動と森林管理 ・必要な観測やモデル化の取組			

注：・4及び5の各項目について組み換えはあり得る
 ・「・」は記述要素のイメージを事例的に記載

4.3. 水源涵養機能に係る既往の研究成果

- 事務局において項目案を検討するに当たり、また、検討委員において解説書の項目や内容を議論するための共通認識として、既往の知見を収集することとした。収集した書籍・文献の一覧は巻末資料に含める。
- 今後も、水源涵養機能の解析・評価においても随時最新の知見を得る必要があることから、検討委員との間においても情報をネット上のスキームの活用などを通じて共有を図ることとする。

5. 検討委員会の開催

本事業の実施に当たり、専門的な見地から検討を行うため、表 5-1 の有識者 6 名を委員とした検討委員会を表 5-2 に示す日程で実施した。各委員会の議事要旨は巻末に掲げ、ここでは、実施した委員会の概略を記す。

表 5-1 委員会有識者

氏 名	所 属
恩田 裕一	筑波大学 アイソトープ環境動態研究センター センター長 放射性物質環境移行部門 教授
小杉 賢一朗	京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 教授
五味 高志	東京農工大学 農学研究院 国際環境農学部門 教授
白木 克繁	東京農工大学 農学研究院 自然資源保全学部門 准教授
玉井 幸治	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林防災研究領域長
堀田 紀文	東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻 准教授
内山 佳美 (オブザーバー)	神奈川県自然環境保全センター 研究企画部 主任研究員

(氏名五十音順)

表 5-2 検討委員会の実施日程

検討委員会	日 時	場 所	議 事
第 1 回 検討委員会	令和 2 年 9 月 24 日 (木) 14 : 30 ~ 17 : 00	主婦会館プラザエフ 8 F パンジー及び オンライン	1) 事業の背景および目的 2) 令和 2 年度 (2020 年度) 調査 計画 3) 水源涵養機能の解析 4) 水源涵養機能の評価
第 2 回 検討委員会	令和 2 年 12 月 15 日 (火) 14 : 30 ~ 17:00	日本森林技術協会 3 階大会議室 及びオ ンライン	1) 令和 2 年度第 1 回検討委員会 の指摘事項について 2) 水源涵養機能の解析・評価 3) 水源涵養機能の解説発信 4) 今後の調査計画
第 3 回 検討委員会	令和 3 年 2 月 22 日 (月) 13 : 00 ~ 16 : 00	日本森林技術協会 3 階大会議室及びオン ライン	1) 令和 2 年度第 2 回検討委員会 の指摘事項について 2) 水源涵養機能の解析・評価 3) 水源涵養機能の解説発信 4) 今後の調査計画

巻末資料

- SWAT モデルパラメータ一覧表（水）感度分析・キャリブレーション対象
- SWAT モデルパラメータ一覧表（水）感度分析・キャリブレーション除外
- SWAT モデルパラメータ一覧表（土壌）
- 第 1 回検討委員会議事概要
- 第 2 回検討委員会議事概要
- 第 3 回検討委員会議事概要
- 収集文献 洪水緩和機能（論文）
- 収集文献 洪水緩和機能（報告書）
- 収集文献 洪水緩和機能（研究報告等）
- 収集文献 渇水緩和機能（論文）
- 収集文献 渇水緩和機能（報告書）

令和 2 年度山地保全調査（森林の水源涵養機能の評価・発信に関する調査）
委託事業報告書

令和 3 年 3 月

業務受託：一般社団法人日本森林技術協会

〒102-0085 東京都千代田区六番町 7 番地 TEL：03-3261-5281（代表）

担当者 永野 裕子