



第16回水循環小委員会資料

平成30年3月13日

目 次

1. 水循環小委員会の検討経緯
2. 物質循環モデルの検討
 - 2-1. 物質循環モデルの栄養塩の再現性向上
 - 2-2. 物質循環モデルの他流域への展開
 - 2-3. 物質循環モデルの施策検討評価への適用
 - 2-4. 物質循環モデル構築のまとめ
3. 目標③の達成に向けて
 - 3-1. 具体的な目標の設定
 - 3-2. 湿原再生の各種施策の手法の検討や評価に向けて

1. 水循環小委員会の検討経緯

1. 水循環小委員会の検討経緯

水循環小委員会の目的と行為目標

目的：河川水・地下水などの水循環の保全・修復を図り、流域における健全な水循環・物質循環の維持を図る。

目標①：湿原再生のための望ましい(1980年※以前の)地下水位を保全する。

目標②：釧路川流域の水・物質循環メカニズムを把握し、湿原再生の各種施策の手法の検討や評価が可能となるようにする。

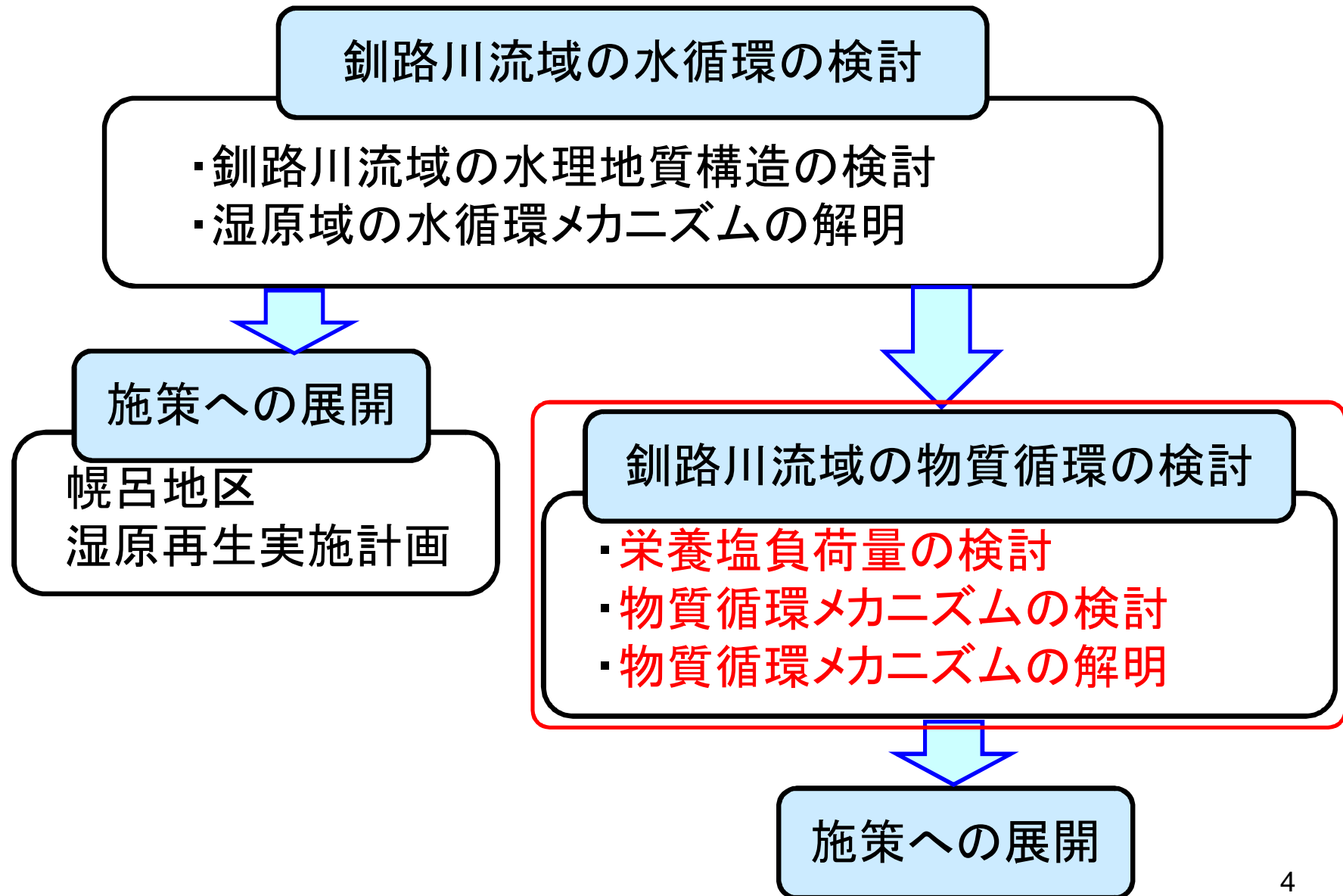
目標③：湿原や湖沼、河川に流入する水質が良好に保たれるように、栄養塩や汚濁物質の負荷を抑制する。

上記の目標は、「釧路湿原自然再生全体構想(2005年策定,2015年改定)」に示された目標等を踏まえ、第4回水循環小委員会(H17.6.2)で議論されて設定された目標である。

※釧路湿原がラムサール条約(正式名:特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約)の登録湿地に登録された年

1. 水循環小委員会の検討経緯

水循環小委員会の検討の流れ



第14回水循環小委員会までの検討のまとめ

項目	分かったこと	課題
栄養塩 負荷量 の検討	<ul style="list-style-type: none">・態別の水質調査結果を整理した。・流量の変化に伴う濃度変化を確認した。・懸濁態濃度の上昇が顕著であることを確認した。・流出負荷量を算出した。・流量に大きく依存することを確認した。	<ul style="list-style-type: none">・発生源の負荷量が定義できない。・原単位法による負荷量算出結果が、流出負荷量の算出結果と整合しない。・原単位は、場所や降水量により変化しており、単一ではない。

水循環小委員会の行為目標

釧路川流域の水・物質循環メカニズムを把握し、湿原再生の各種施策の手法の検討や評価が可能となるようにする。

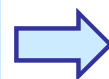
負荷流出量は土地利用だけでなく、**降雨強度、河川流量、地形傾斜、分布する土壌**などとも関係していると推測される。

土地利用、降雨強度、河川流量、地形傾斜量、分布する土壌を考慮できる**物質循環モデル**を使った検討を行う。

栄養塩の主な解析手法の機能性と国内事例

名称	機能性		適用実績
	懸濁態の検討の可否	点源／面源の検討	
GETFLOWS 水循環モデル (に適用)	× 懸濁態の窒素,リンを扱う ことができない	○ 面源／点源の負荷を扱 うことができる <small>(計算要素の負荷量に換算)</small>	△ 非公開のため、 適用実績は少ない
SWAT	◎ 懸濁態の窒素,リン、SSを 扱うことができる	○ 面源／点源の負荷を扱 うことができる	○ 公開されているため、 適用実績が多く、 類似事例が多い。
WEP	◎ 懸濁態の窒素,リン、SSを 扱うことができる	○ 面源／点源の負荷を扱 うことができる	△ 非公開のため、 適用実績は少ない
RealN	× 懸濁態の窒素,リンを扱う ことができない	○ 面源負荷を扱うことが できる	△ 非公開のため、 適用実績は少ない

- ・態別の窒素,リン、SSを扱うことができる
- ・国内の適用実績が多い



SWAT を選定

(Soil & Water Assessment Tool)

2-1. 物質循環モデルの構築

数値シミュレーションの流れ

①条件のセット



②計算領域分割・離散化



③水循環のシミュレーション

降水⇒地表流出・地下浸透⇒河道流動など



④土砂の流出・流動のシミュレーション

土砂の地表流出・地下流動
⇒河道への流れ込み
⇒河道内での堆砂・浸食など



⑥栄養塩の流出・流動のシミュレーション

⇒河道への流れ込み
⇒河道内での形態変化など

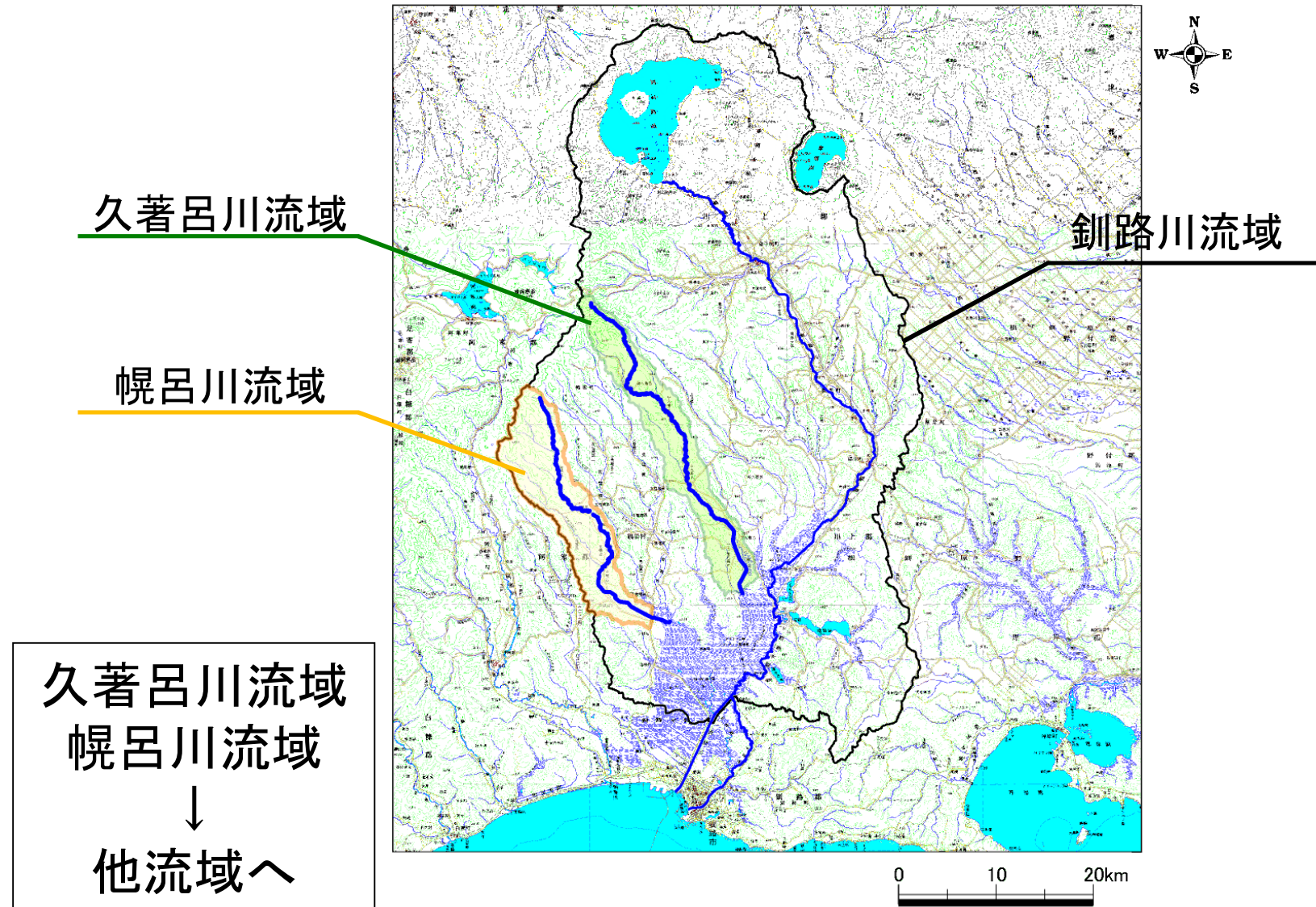
⑤地表・土壌での栄養塩循環のシミュレーション

施肥、植物による消費、形態変化など



2-1. 物質循環モデルの構築

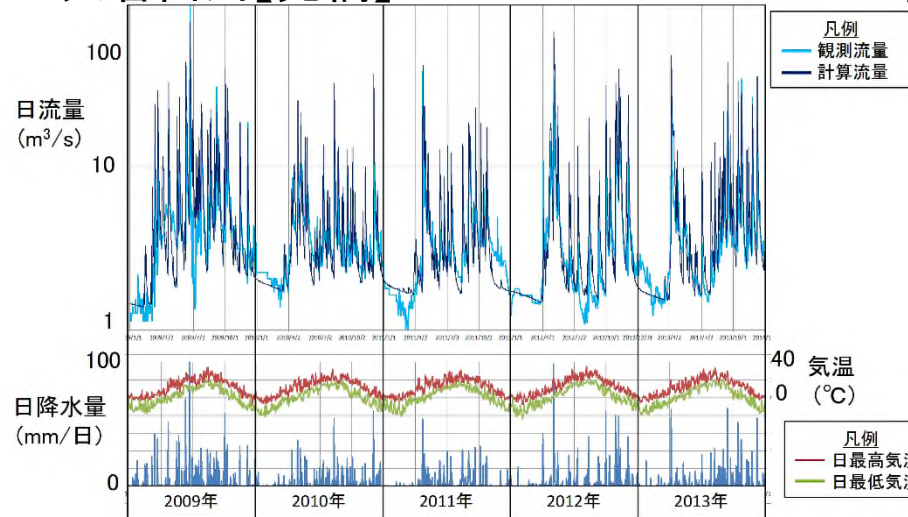
釧路川流域の物質循環モデルの構築の流れ



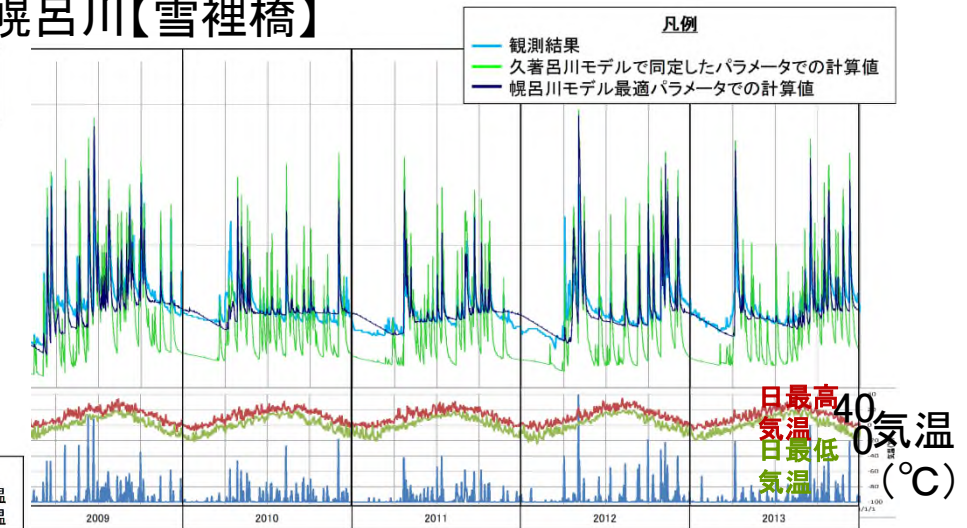
SWATによる日流量計算結果

久著呂川流域・幌呂川流域で
日流量の変動、計算期間の水の総量が再現できた。

久著呂川【光橋】



幌呂川【雪裡橋】



	観測値	計算値
流量総計 (10 ⁶ m ³) 2002年~2013年	1,199	1,230

	観測値	計算値
流量総計 (10 ⁶ m ³) 2002年~2013年	1,436	1,362

Nash-Satcliffe 効率係数	▶ 評価ランク
0.62~0.70	

Nash-Satcliffe 効率係数	▶ 評価ランク
0.58~0.64	

1. 水循環小委員会の検討経緯

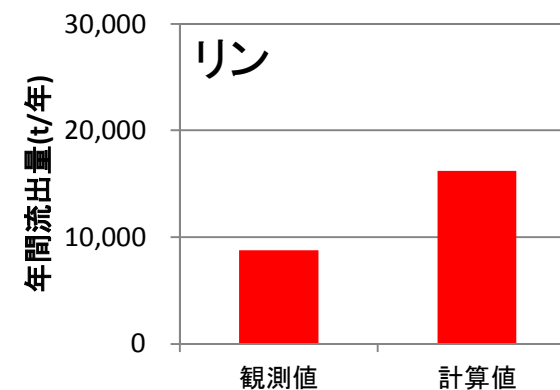
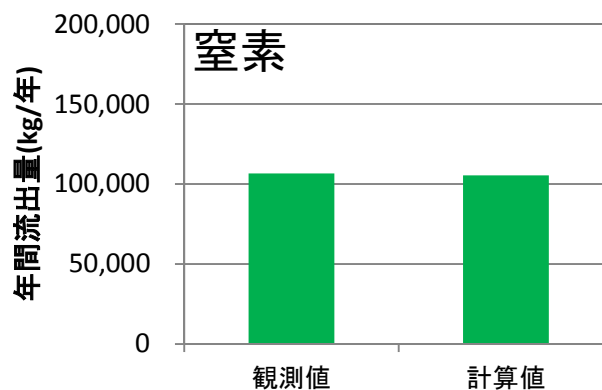
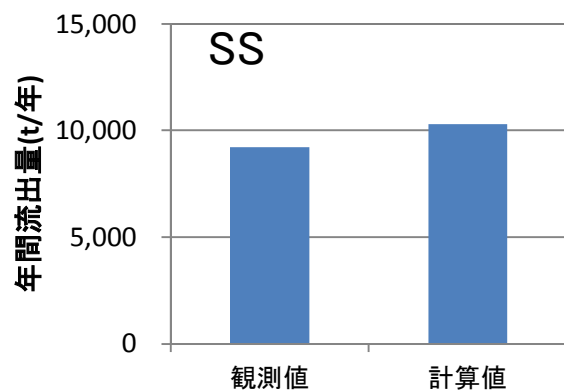
第15回水循環小委員会資料を一部修正

久著呂川光橋における土砂・栄養塩負荷量再現結果と課題

- ・SSと窒素の総量が再現できた。
リンの総量は観測値と差がある。

			観測値	計算値
流量	河川流出量	10 ⁶ m ³	1,199	1,230
SS	土砂流出量	ton	9,198	10,274
窒素	ORG-N	kgN	48,198	75,860
	NO3-N	kgN		927
	NH4-N	kgN	58,162	27,960
	NO2-N	kgN		518
	TN	kgN	106,360	105,266
リン	ORG-P	kgP	6,287	11,709
	MIN-P	kgP	2,498	4,498
	TP	kgP	8,785	16,207

(2002～2013年 の平均値)



幌呂川雪裡橋における土砂・栄養塩負荷量再現結果と課題

- ・SSと窒素の総量が再現できた。
- リンの総量は観測値と差がある。

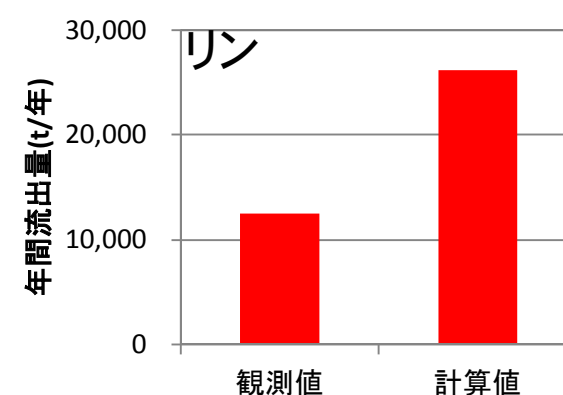
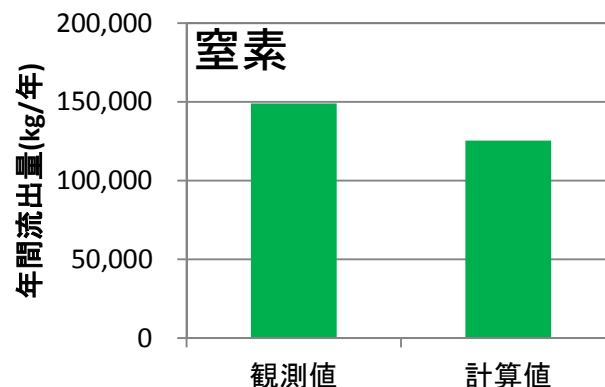
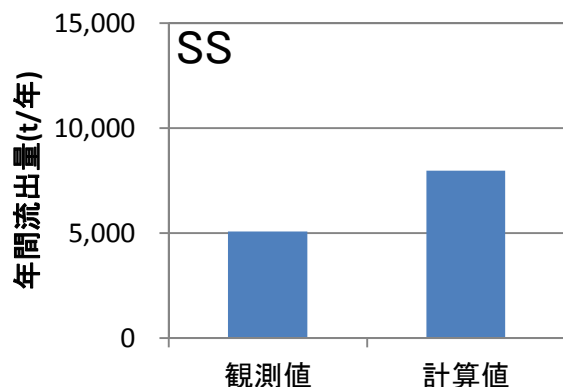
久著呂川以外の流域
への展開を試みた。
流量・地形・土壌以外は
久著呂川流域の条件とした。



再現性は同様であった。

			観測値	計算値
流量	河川流出量	10 ⁶ m ³	1,436	1,362
SS	土砂流出量	ton	5,094	7,964
窒素	ORG-N	kgN	103,947	91,238
	NO3-N	kgN	44,956	1,539
	NH4-N	kgN		30,268
	NO2-N	kgN		2,343
	TN	kgN	148,903	125,390
リン	ORG-P	kgP	6,432	18,196
	MIN-P	kgP	6,065	7,966
	TP	kgP	12,497	26,163

(2002～
2013年
の平均値)



[第15回小委員会までの成果]

○SWATモデルの適用性を確認するため、
データが豊富な久著呂川流域にSWATモデルを適用した。
⇒河川流量と土砂・窒素の流出量は、観測値をほぼ再現できた。

○他の小流域への展開の可能性を確認するため、
幌呂川流域にSWATモデルを適用した。
⇒河川流量と土砂・窒素の流出量は、観測値をほぼ再現できた。

[課題]

リンは、観測値のほぼ2倍の計算値となる。

[解決策]

営農条件(追肥量)を再検討し、リンの再現性向上をはかる。

[今後の検討]

久著呂川流域、幌呂川流域以外の小流域へ適用する。

2. 物質循環モデルの構築

2-1. 物質循環モデルの 栄養塩の再現性向上

2-1. 物質循環モデルの栄養塩の再現性向上

【久著呂川】

(1) 河川流量の再現性向上

- ・再現計算年を2002-2013から2002-2015へ変更
- ・物性値の見直し、SWAT-CUP(自動最適化プログラム)の導入

(2) 浮遊砂、栄養塩負荷量の再現性向上

- ・施肥に関するヒアリング



- ・光橋での河川流量の再現性が向上
- ・光橋での栄養塩年間負荷量の再現性が向上
- ・上流域から下流域までのL-Q式の再現性が向上

SWATモデルにおける流量の再現性の評価ランク

評価ランク	Nash-Satcliffe効率係数
たいへん良い	0.75 < 指数 ≤ 1.00
良い	0.65 < 指数 ≤ 0.75
満足する	0.50 < 指数 ≤ 0.65
満足しない	0.00 < 指数 ≤ 0.50
容認できない	指数 ≤ 0.00

Moriasi et al.(2007)より

2-1. 物質循環モデルの栄養塩の再現性向上

(1) 河川流量の再現性向上

【久著呂川】

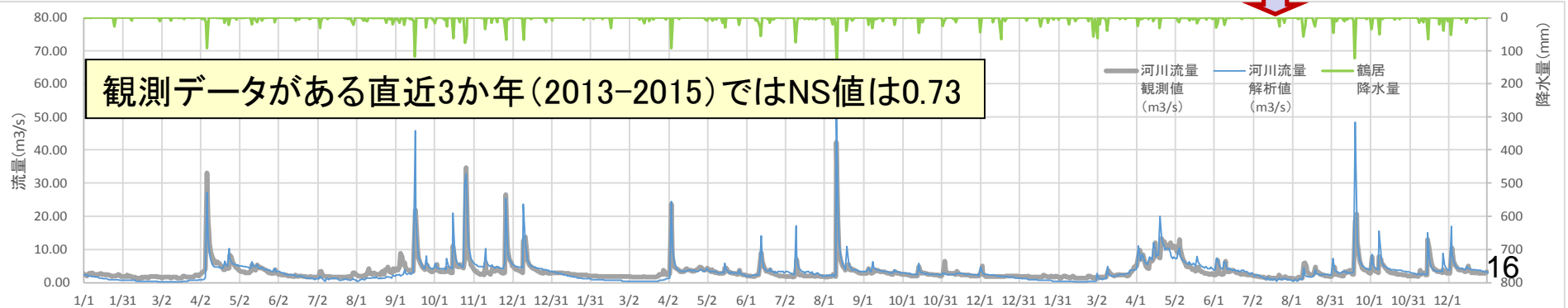
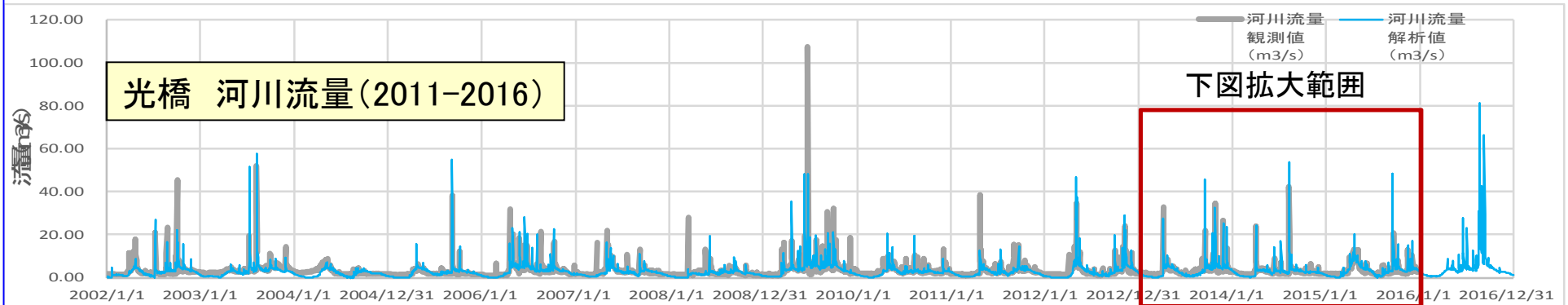
再現計算年を2002-2013から2002-2015へ変更
再度物性値の見直し、SWAT-CUPの導入

Nash-Satcliffe効率係数
H28モデル 0.62~0.70
H29モデル 0.72

2002-2015平均流量

観測値	解析値
1199.88m ³	1096.56m ³

- ・光橋での河川流量の再現性が向上
- ・光橋での栄養塩年間負荷量の再現性が向上
- ・上流域から下流域までのL-Q式の再現性が向上



2-1. 物質循環モデルの栄養塩の再現性向上

(2) 浮遊砂・栄養塩負荷量の再現性向上

営農実態を踏まえた施肥条件の再設定

【平成28年度検討モデル】

- ・リンの負荷量が観測値の2倍程度に算出される。



【営農実態ヒアリング】

- ・追肥は1番草への施肥と量も栄養分も異なっており、その程度は各営農者で異なっている。
- ・追肥量は1番草への施肥に比べリンの含有量が少ない傾向がある。
- ・「平成29年度 肥料一斉推進について」(標茶町農業協同組合)によれば、早春施肥用、追肥用とも想定よりリン成分が少ない。



【平成29年度検討モデル】

- ・ヒアリング結果に基づく施肥条件でシミュレーションを実施。

SWATモデルでの施肥条件

モデル	成分項目	N	P	記事
H28 モデル	早春の化学肥料	29	36	北海道の施肥ガイド、 営農実態調査から算出
	1番草刈取り後	14	18	
H29 モデル	早春の化学肥料	29	36	営農ヒアリング結果か らH28モデルを修正
	1番草刈取り後	14	5.6	

単位はkg/ha/年



JALしべちや銘柄							
保証成分(%)							
タイプ	銘柄	テッソ	リンサン	カリ	クド	適用	
一般の 草 地	ママ科維持 ↑ チモンシ ↓ 主体	BB652	6	15	22	5	採草2号
		BB840	8	14	30	4	
		BB122	10	20	20	5	採草3号
		BB124	11	12	24	5	
		BB535	15	13	15	3	採草4号
		BB702	17	10	22	4	
	BB565	15	6	15	3	追肥用	

2-1. 物質循環モデルの栄養塩の再現性向上

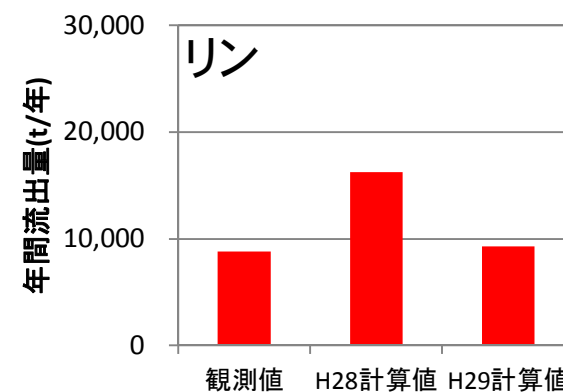
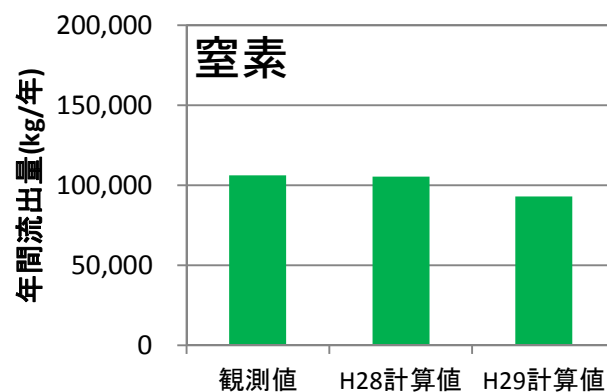
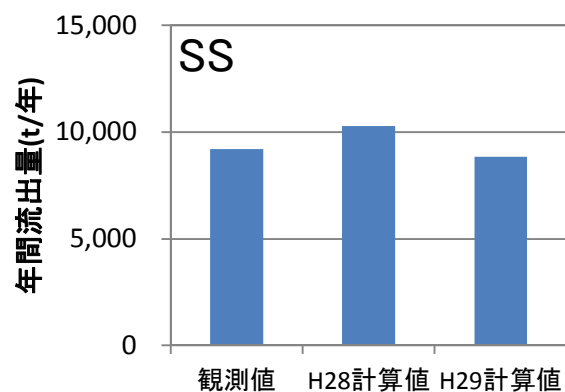
(2) 浮遊砂、栄養塩負荷量の再現性向上

【久著呂川】

- ・光橋での河川流量の再現性が向上
- ・**光橋での栄養塩年間負荷量の再現性が向上**
- ・上流域から下流域までのL-Q式の再現性が向上

			観測値	H28計算値	H29計算値
SS	土砂流出量	ton	9,198	10,274	8,820
窒素	TN	kgN	106,360	105,266	92,986
リン	TP	kgP	8,785	16,207	9,294

(2002~2013年
の平均値)

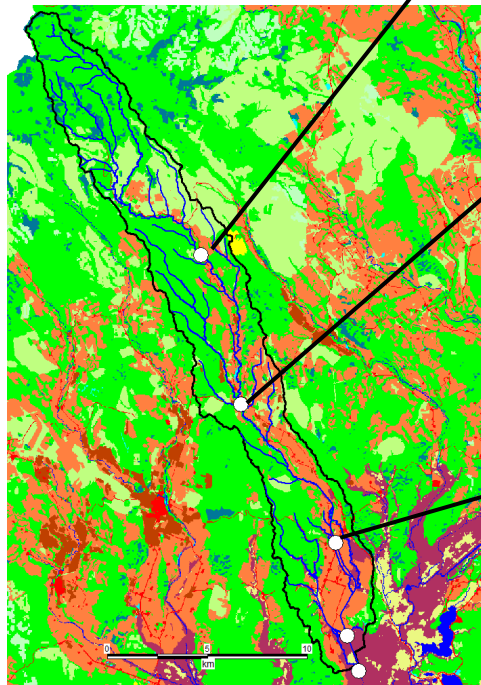


2-1. 物質循環モデルの栄養塩の再現性向上

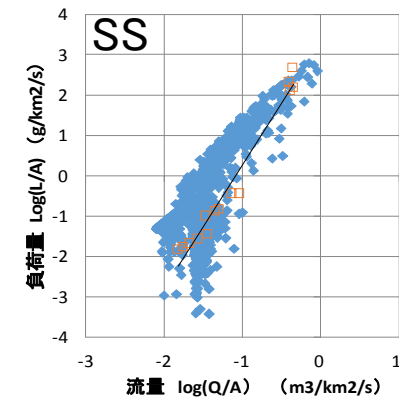
(2) 浮遊砂、栄養塩負荷量の再現性向上

【久著呂川】

- ・光橋での河川流量の再現性が向上
- ・光橋での栄養塩年間負荷量の再現性が向上
- ・上流域から下流域までのL-Q式の再現性が向上

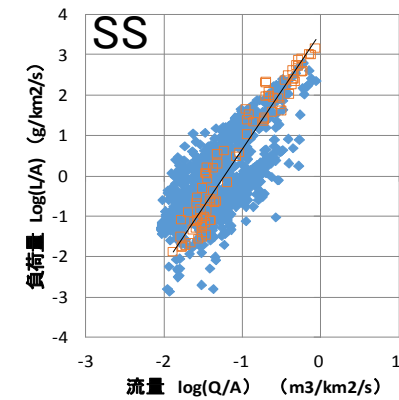


中久著呂橋
L-Q式



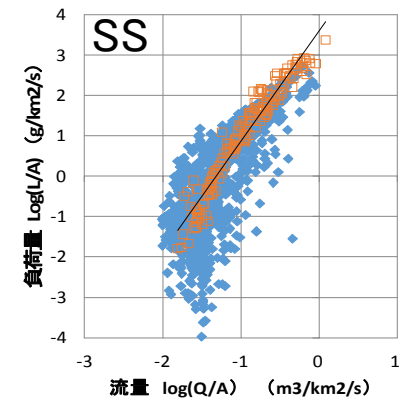
凡例
□ 観測値
◆ 計算値

境橋 L-Q式



凡例
□ 観測値
◆ 計算値

光橋 L-Q式



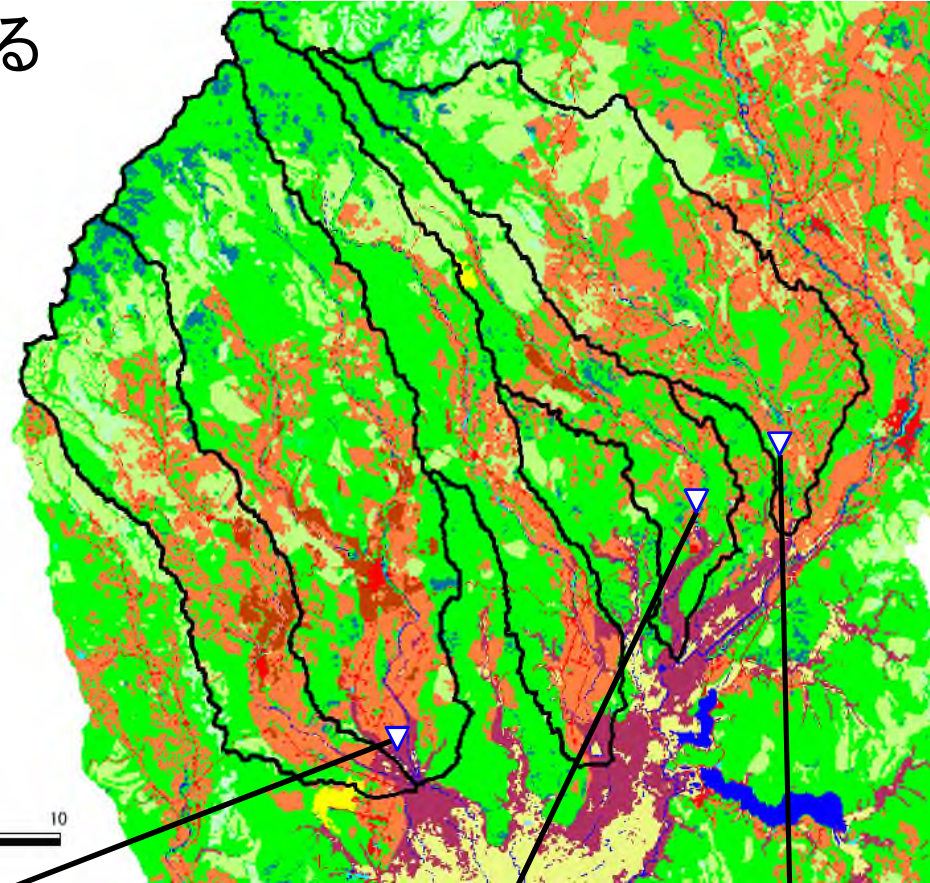
凡例
□ 観測値
◆ 計算値

2-2. 物質循環モデルの 他流域への展開

2-2. 物質循環モデルの他流域への展開

流量観測データのある
流域への展開

雪裡川流域
ヌマオロ川流域
オソベツ川流域
へ展開



ミズゴケ
ヨシ・スゲ
ハンノキ・ヤナギ林
自然林
植林地(常緑)
植林地(落葉)
乾性草地
牧草地
畑地
市街地・工場・道路
ゴルフ場
裸地
水域

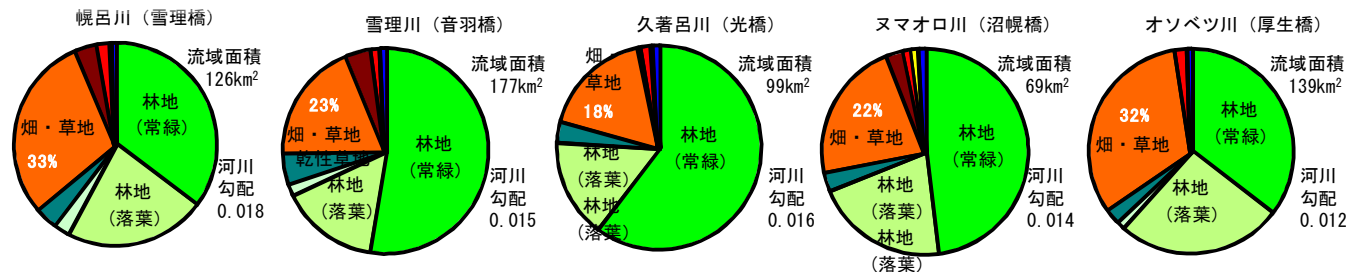
幌呂川
雪裡橋

雪裡川
音羽橋

久著呂川
光橋

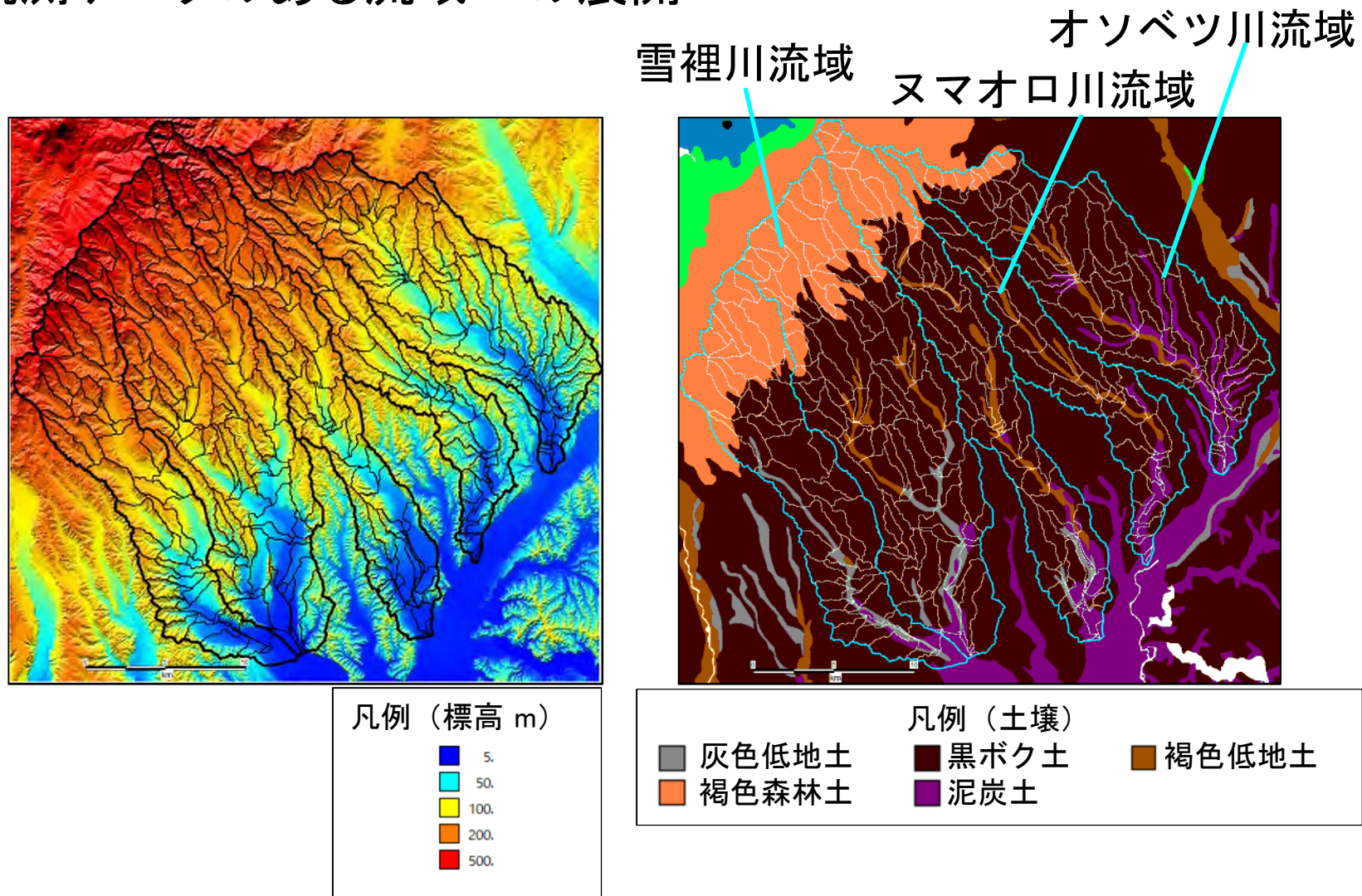
ヌマオロ川
沼幌橋

オソベツ川
厚生橋



2-2. 物質循環モデルの他流域への展開

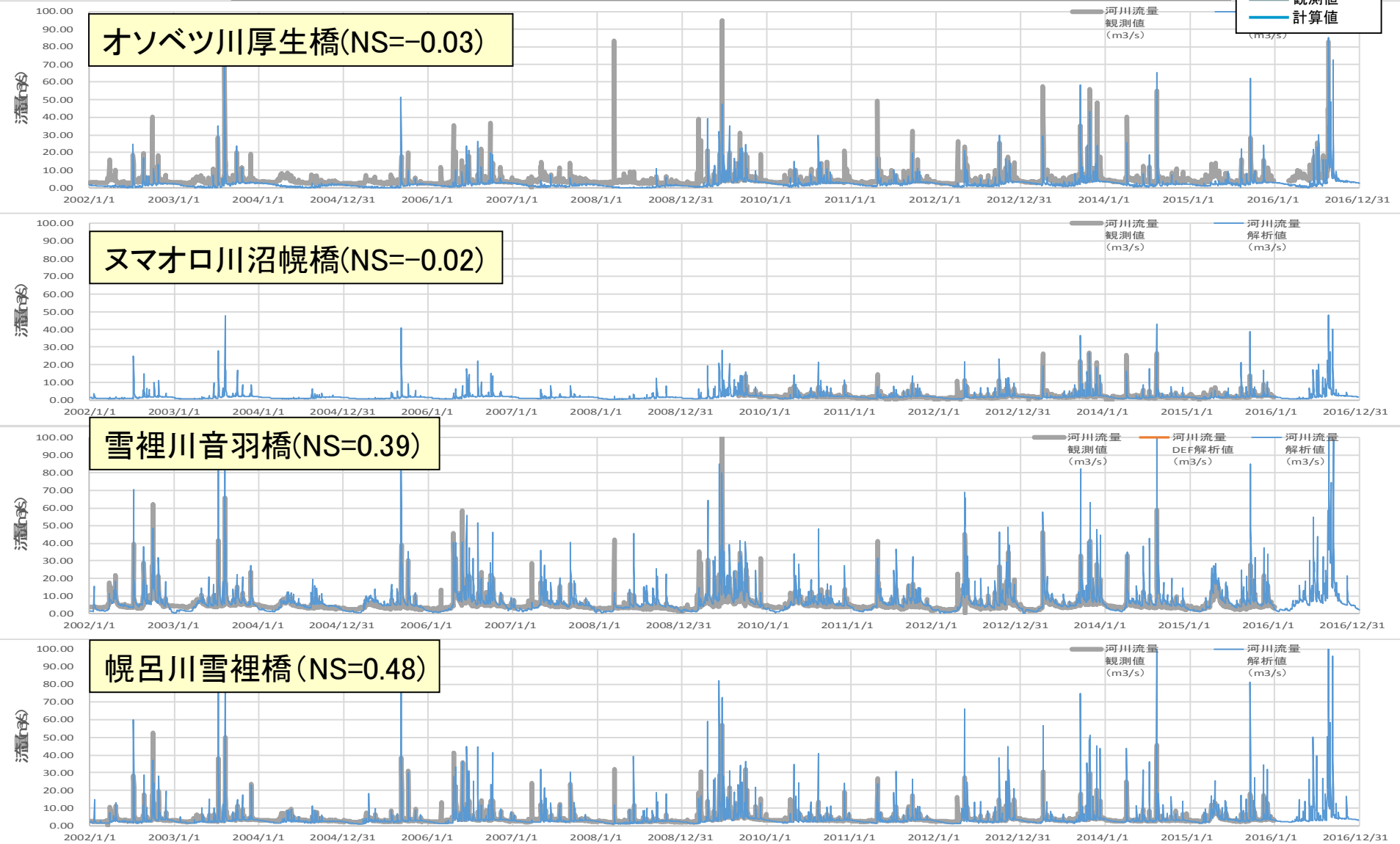
流量観測データのある流域への展開



解析領域と地形図、土壌区分図

2-2. 物質循環モデルの他流域への展開

水循環に関する久著呂川流域での最適値を他流域へ展開



再現性が確保されていないことから河川流量は流域ごとに最適化が必要

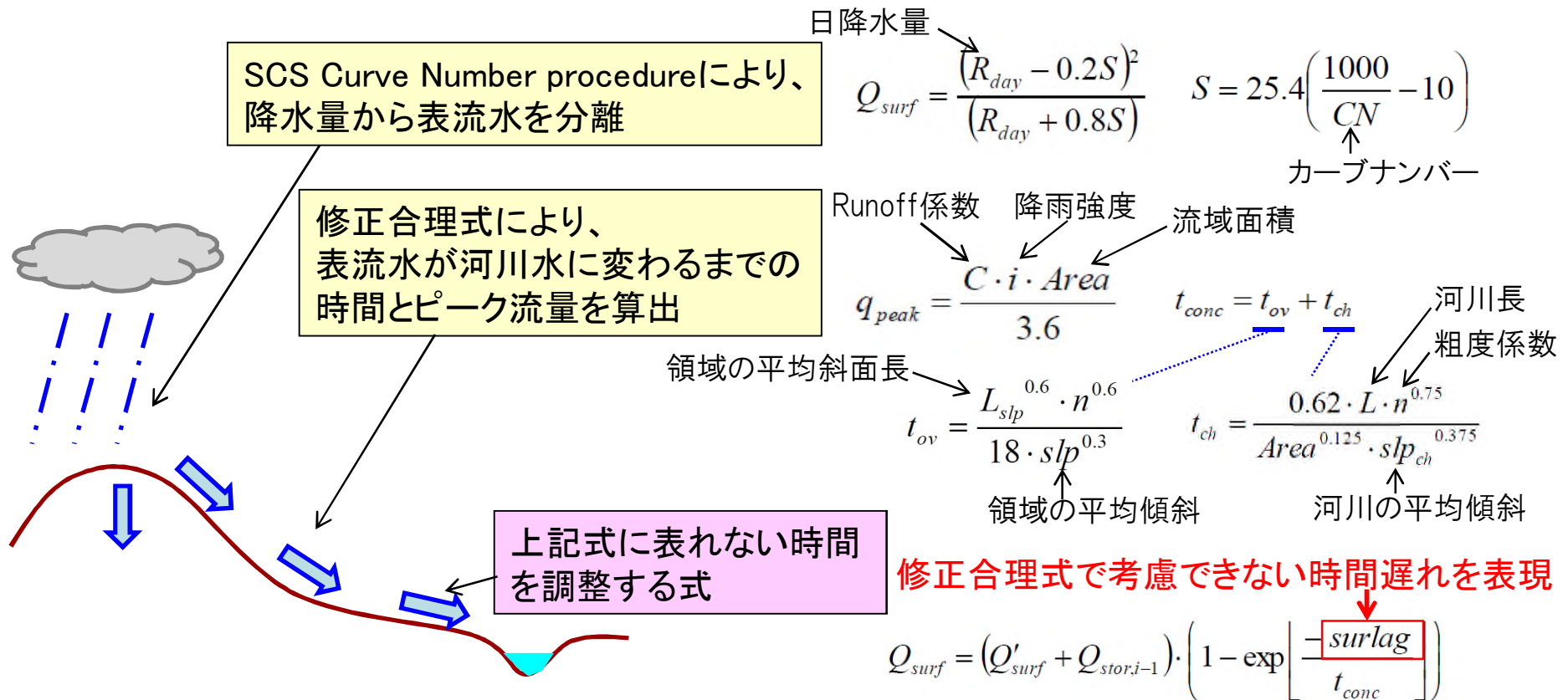
2-2. 物質循環モデルの他流域への展開

同一パラメータ値で再現性が得られなかった要因

⇒例えば、考慮できない時間のずれ

- ・気象観測所と解析領域の気象の時差
- ・解析領域の形状を要因とする時差 etc.

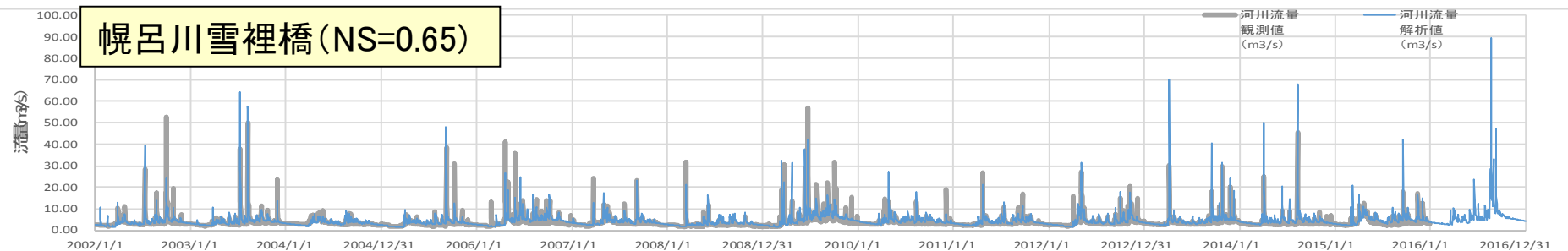
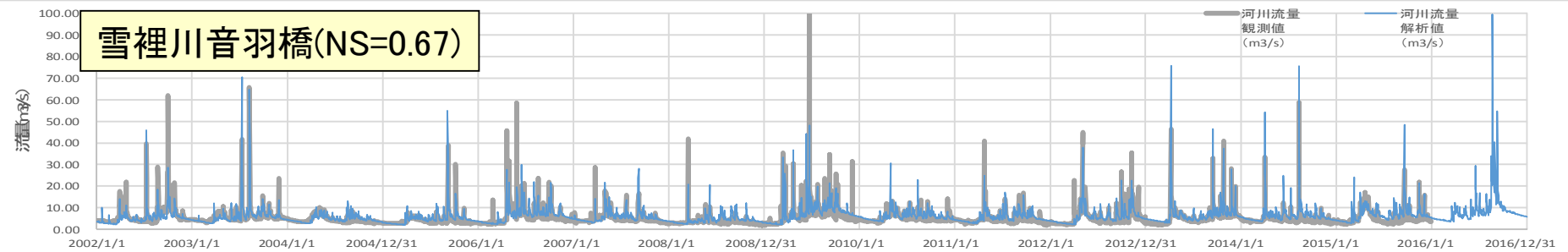
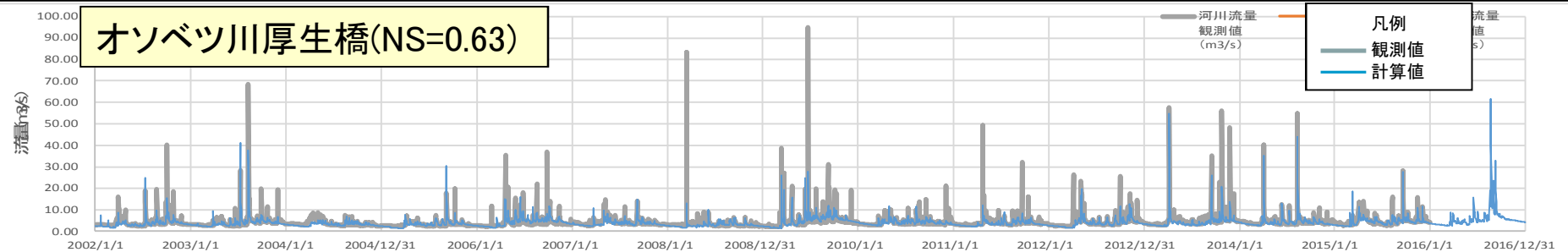
SWATにおける河川流量算出式(一部)



上記のようにモデル化(単純化)しきれない部分を中心に調整

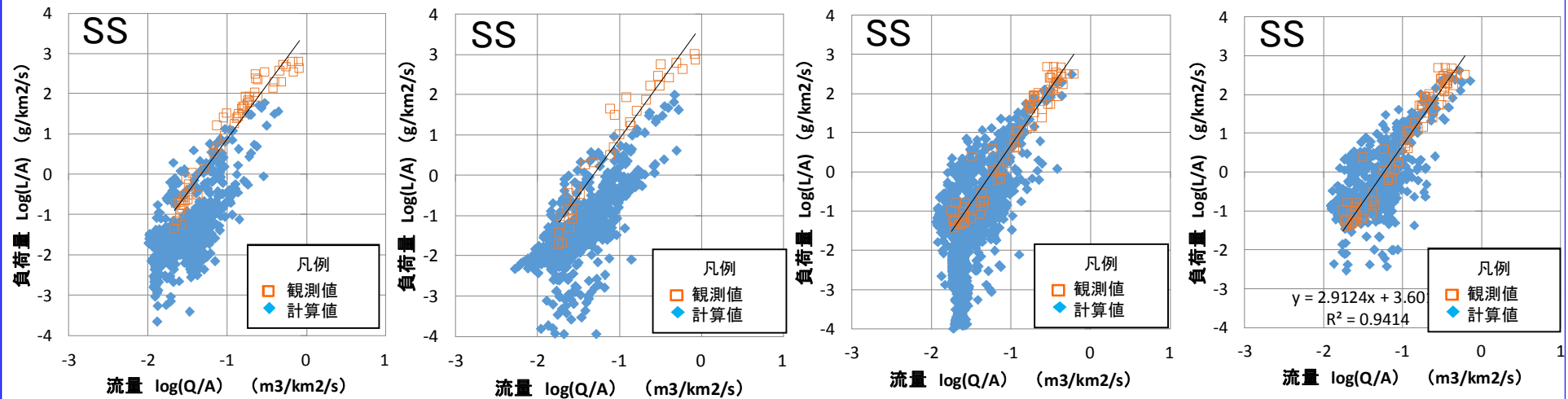
2-2. 物質循環モデルの他流域への展開

水循環に関する条件を流域ごとに最適化



2-2. 物質循環モデルの他流域への展開

水循環に関する条件は流域ごとに最適化するが物質循環に関する条件は変更なし



オソベツ川 厚生橋

ヌマオロ川 沼幌橋

雪裡川 音羽橋

幌呂川 雪裡橋

SSのL-Q式は雪裡川、幌呂川は良いが、オソベツ川、ヌマオロ川は流量が大きいところで再現性が確保できていない。



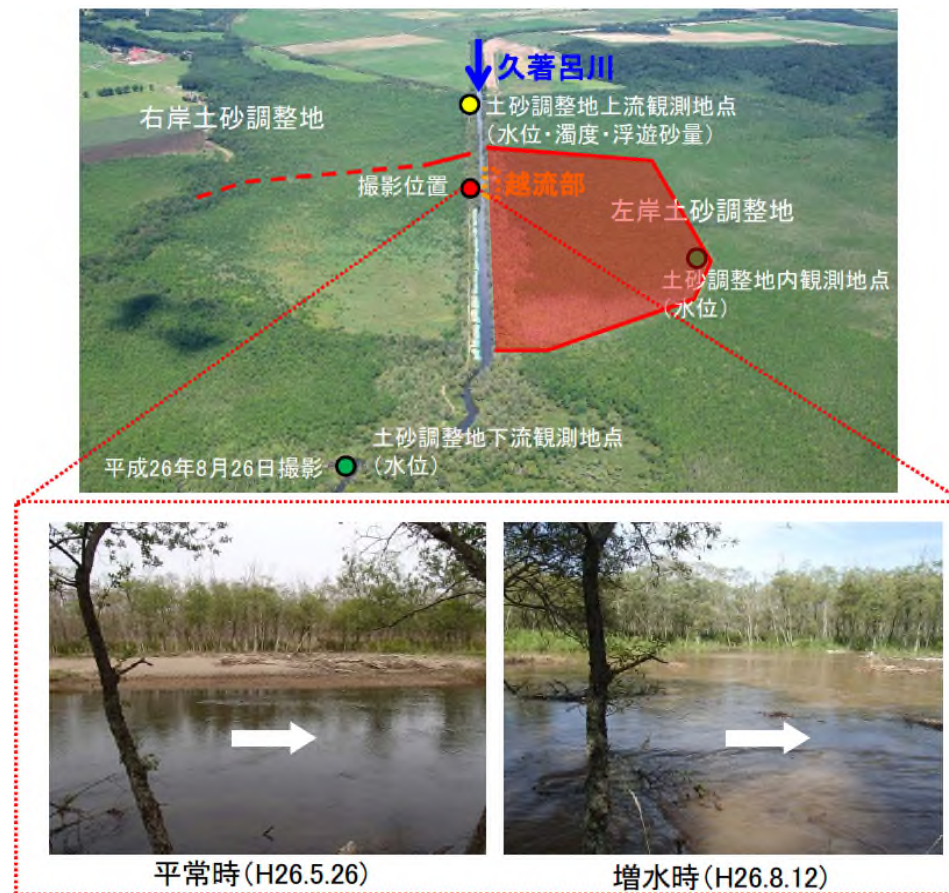
水循環量(河川流量)、物質循環量(L-Q式)とも流域ごとに最適化が必要。
⇒モデル構築の際は最適化のための観測が必要となる。

2-3. 物質循環モデルの 施策検討評価への適用

2-3. 物質循環モデルの施策検討評価への適用

久著呂川土砂調整地の効果検討への適用

平成26年8月の水位観測結果を用いて、SWATモデルで左岸土砂調整地で捕捉された土砂量の推測を試みた。



出典: 第19回土砂流入小委員会資料(2017年3月)

2-3. 物質循環モデルの施策検討評価への適用

久著呂川土砂調整地の効果検討への適用

観測水位の変化から、土砂調整地での水の動きを想定し、SWATでモデル化した。

SWATモデル Reservoirs オプション
ダム機能(貯水・堆砂)をモデル化する
オプション

WURESN: 調整地から取水される量

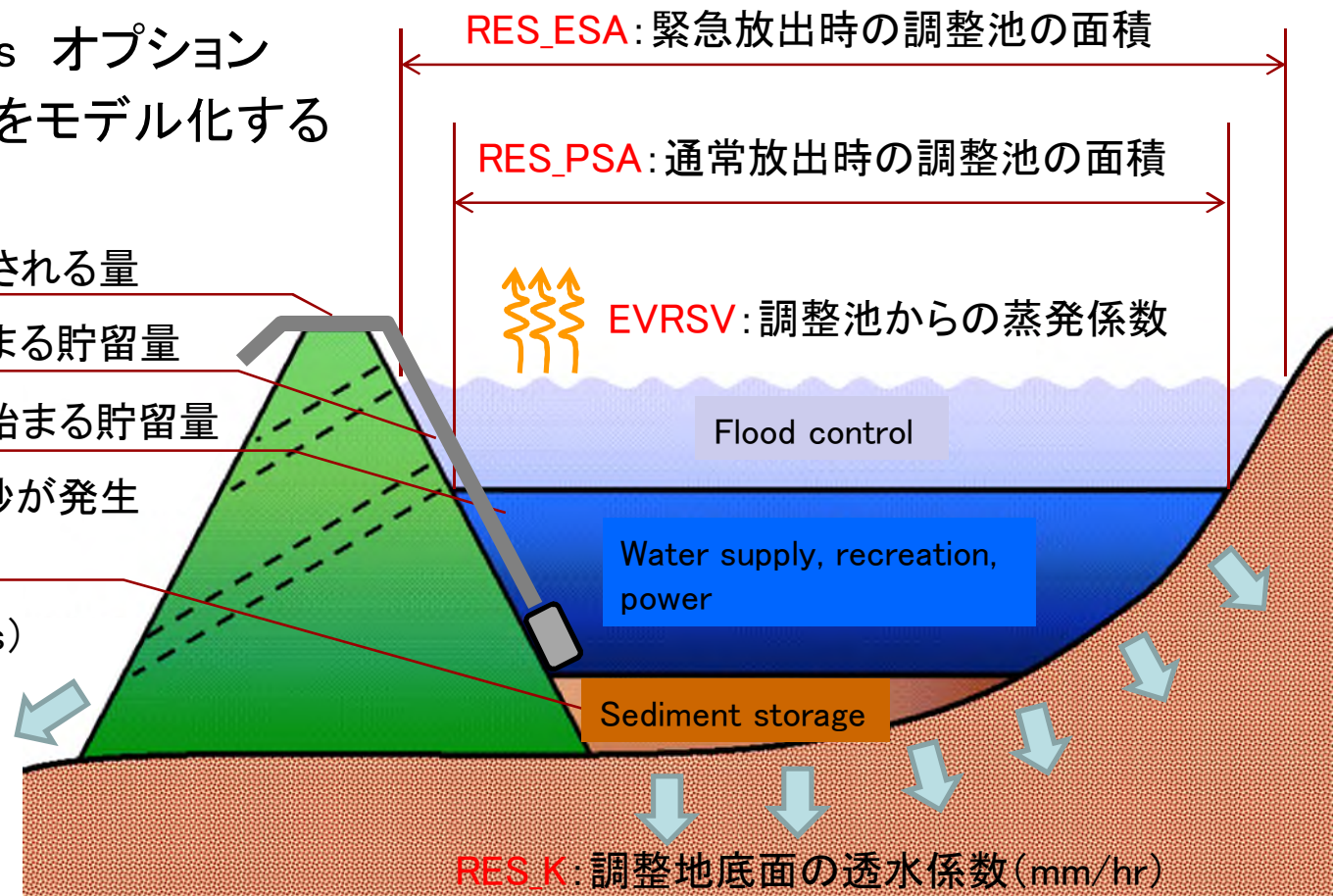
RES_EVOL: 緊急放出が始まる貯留量

RES_PVOL: 通常放出時が始まる貯留量

RES_NSED: 調整地内で堆砂が発生する浮遊砂濃度 (mg/L)

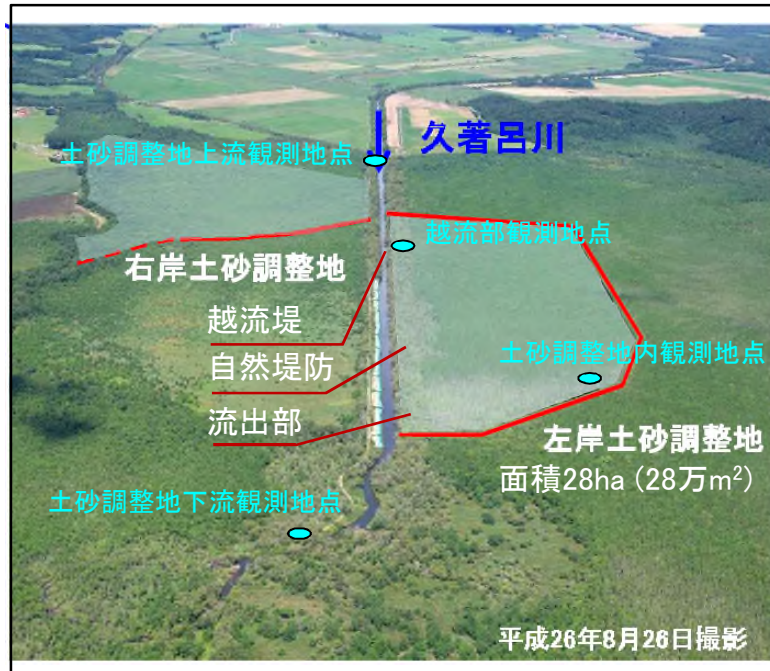
RES_RR: 通常放出量 (m³/s)

OFLOWMN_FPS:
最小の通常放出量係数



このオプションで土砂調整地をモデル化

2-3. 物質循環モデルの施策検討評価への適用

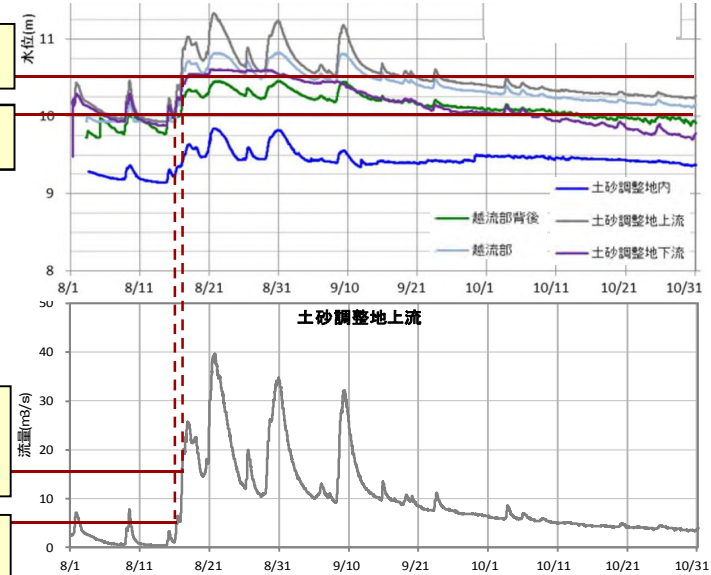


自然堤防高さ 10.5m

越流堤高さ 10.0m

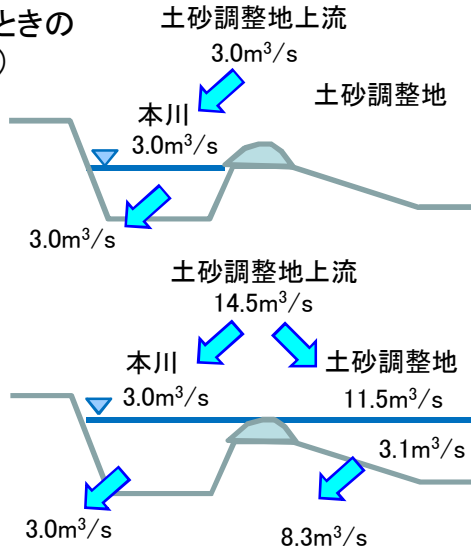
自然堤防を超える
流量 $14.5\text{m}^3/\text{s}$

越流堤を超える
流量 $3.0\text{m}^3/\text{s}$

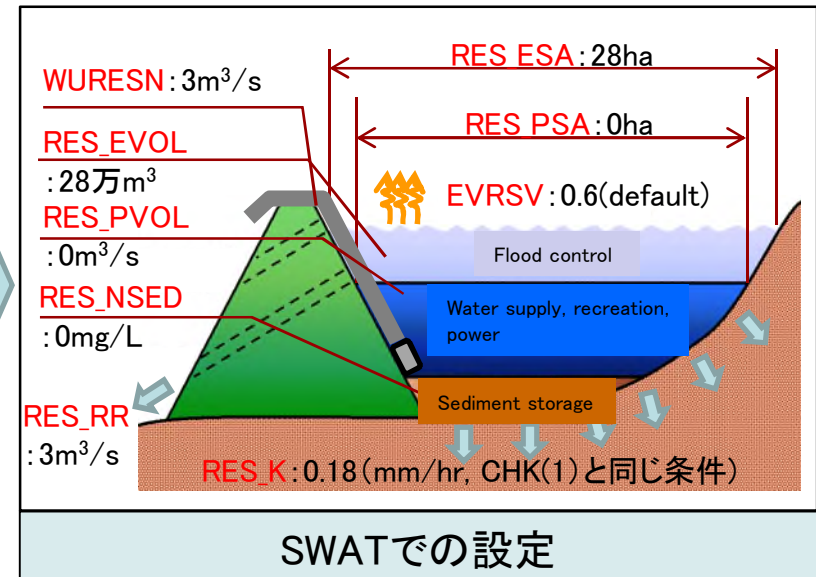


観測データの分析

- 越流堤から土砂調整地に水が入るときの
河川流量 = $3.0\text{m}^3/\text{s}$ (観測データより)
- 土砂調整地と自然堤防の平均的な
高低差 = 1m (仮定)
- 土砂調整地のポケット容量
= $28\text{万m}^2 \times 1\text{m} = 28\text{万m}^3$
- 自然堤防を超える河川流量
= $14.5\text{m}^3/\text{s}$ (観測データより)
- 土砂調整地内での最大流量
= $14.5\text{m}^3/\text{s} - 3.0\text{m}^3/\text{s} = 11.5\text{m}^3/\text{s}$
- 土砂調整地内での最大流出量
= $99.4\text{万m}^3/\text{日} - 28\text{万m}^3/\text{日}$
= $71.4\text{万m}^3/\text{日} = 8.3\text{m}^3/\text{s}$



事象のモデル化



SWATでの設定

2-3. 物質循環モデルの施策検討評価への適用

久著呂川土砂調整地の効果検討への適用

観測データから推定される
浮遊砂捕捉量

約3,400t

SWATモデルで予測した
浮遊砂捕捉量

約4,800t

(出典:第22回土砂流入小委員会資料
平成30年1月修正版)

今後知見を蓄積し、予測評価を行うツールとして構築していく。

2-4. 物質循環モデル構築のまとめ

2-4. 物質循環モデル構築のまとめ

水循環小委員会の行為目標②

釧路川流域の水・物質循環メカニズムを把握し、湿原再生の各種施策の手法の検討や評価が可能となるようにする。

観測、SWATモデル構築

⇒ 物質循環メカニズムを把握した。

久著呂川土砂調整地の効果検討への適用

⇒ 各種施策の手法の検討や評価への適用性を確認した。



水循環小委員会の行為目標③

湿原や湖沼、河川に流入する水質が良好に保たれるように、栄養塩や汚濁物質の負荷を抑制する。

3. 目標③の達成に向けて

3. 目標③の達成に向けて

水循環小委員会の行為目標③

湿原や湖沼、河川に流入する水質が良好に保たれるように、
栄養塩や汚濁物質の負荷を抑制する。

具体的な目標の設定

経年変化
出水による変化
・豪雨
・融雪

施策への展開

土砂調整地
旧川復元
発生源の把握

3-1. 具体的な目標の設定

3-1. 具体的な目標の設定

水循環小委員会の行為目標③

湿原や湖沼、河川に流入する水質が
良好に保たれるように、
栄養塩や汚濁物質の負荷を抑制する。

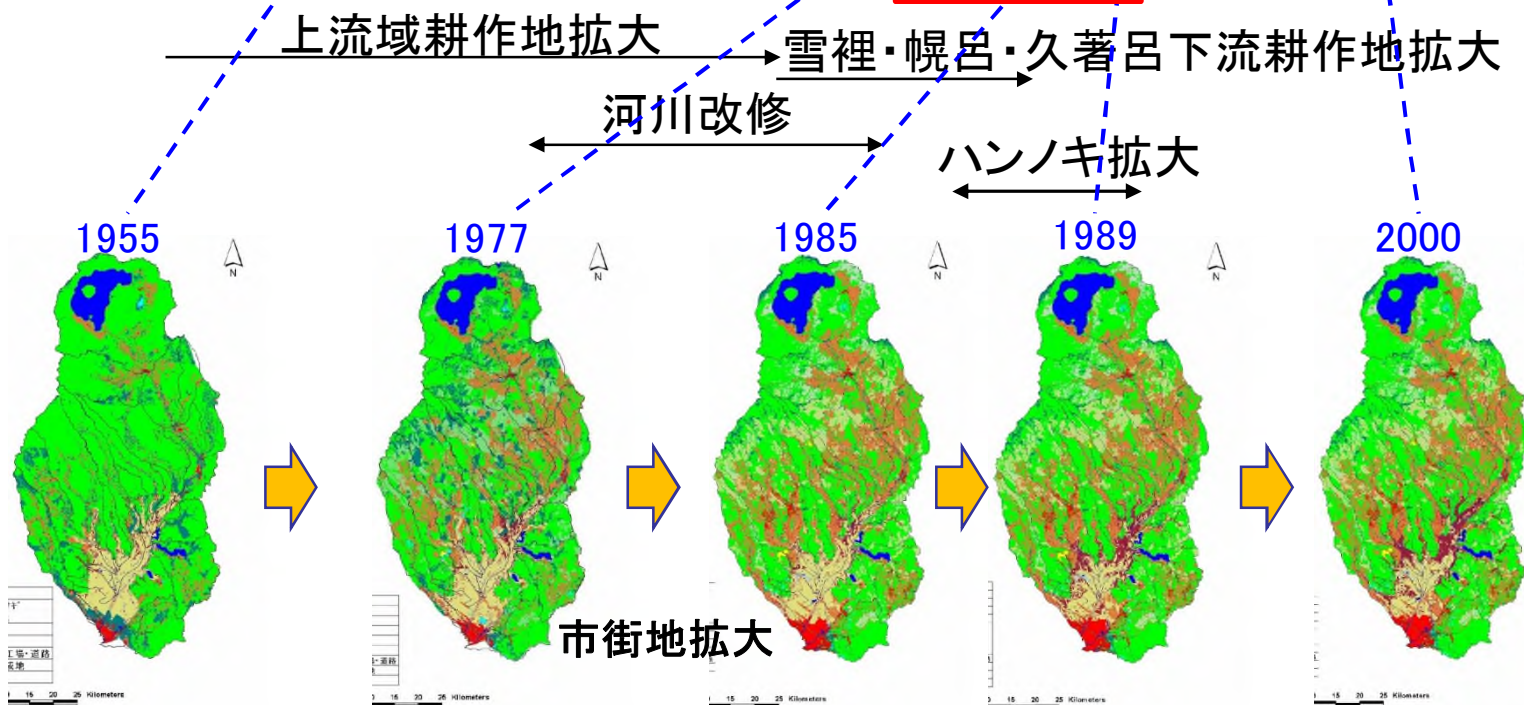
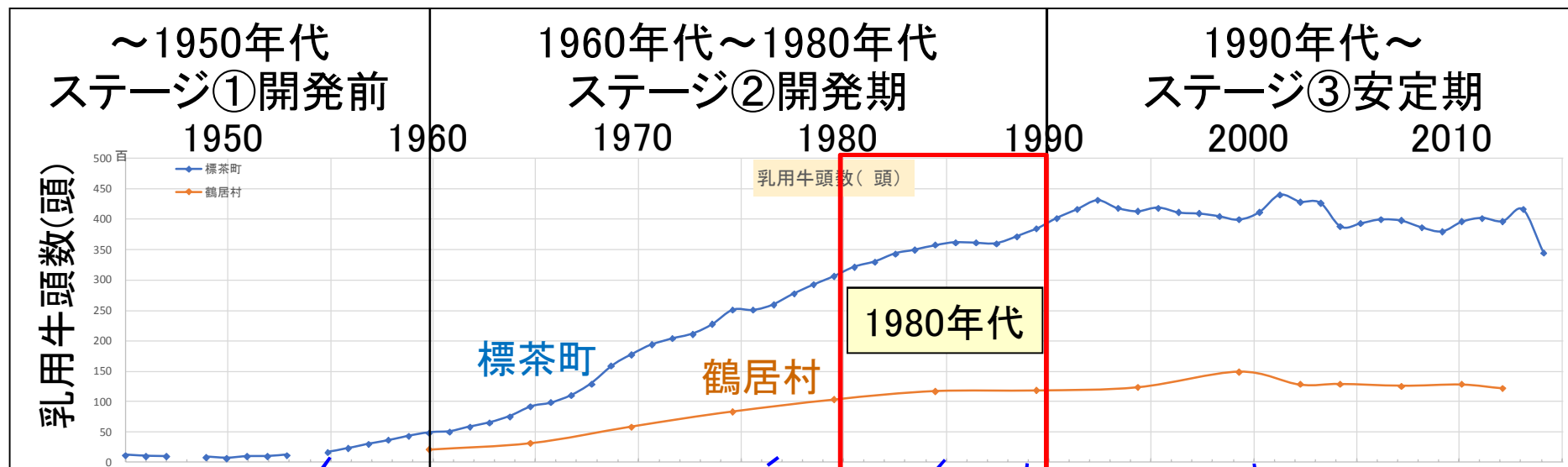
過去の栄養塩負荷量

出水時(豪雨・融雪)の
栄養塩負荷量

定量化

具体的な目標の設定

3-1. 具体的な目標の設定 (1) 過去の環境の推定



3-1. 具体的な目標の設定

(1) 過去の環境の推定

釧路湿原における物質循環量を変化させたと思われる「土地利用」、「河道」、「気象」に着目し、それぞれの変化が起こる前の物質循環量を解析モデルで予測。

解析条件	ステージ①	ステージ②			ステージ③
		②-1	②-2	②-3	
解析期間	1940～ 1959	1960～ 1969	1970～ 1979	1980～ 1989	1990～ 2016
気象条件	観測データ(降水量、気温、風速、日射量、湿度)				
土地利用 条件	1947	1977		1989	2000
河道条件	河川改修前		河川改修後		

過去はどのような物質循環量であったかをSWATモデルで予測し、目標値や抑制量を検討

3-1. 具体的な目標の設定

(2) 大きな出水時の水・物質の移動

大きな出水(豪雨・融雪)時に物質が大きく移動する



大きな出水時の物質循環量を制御することが効果的

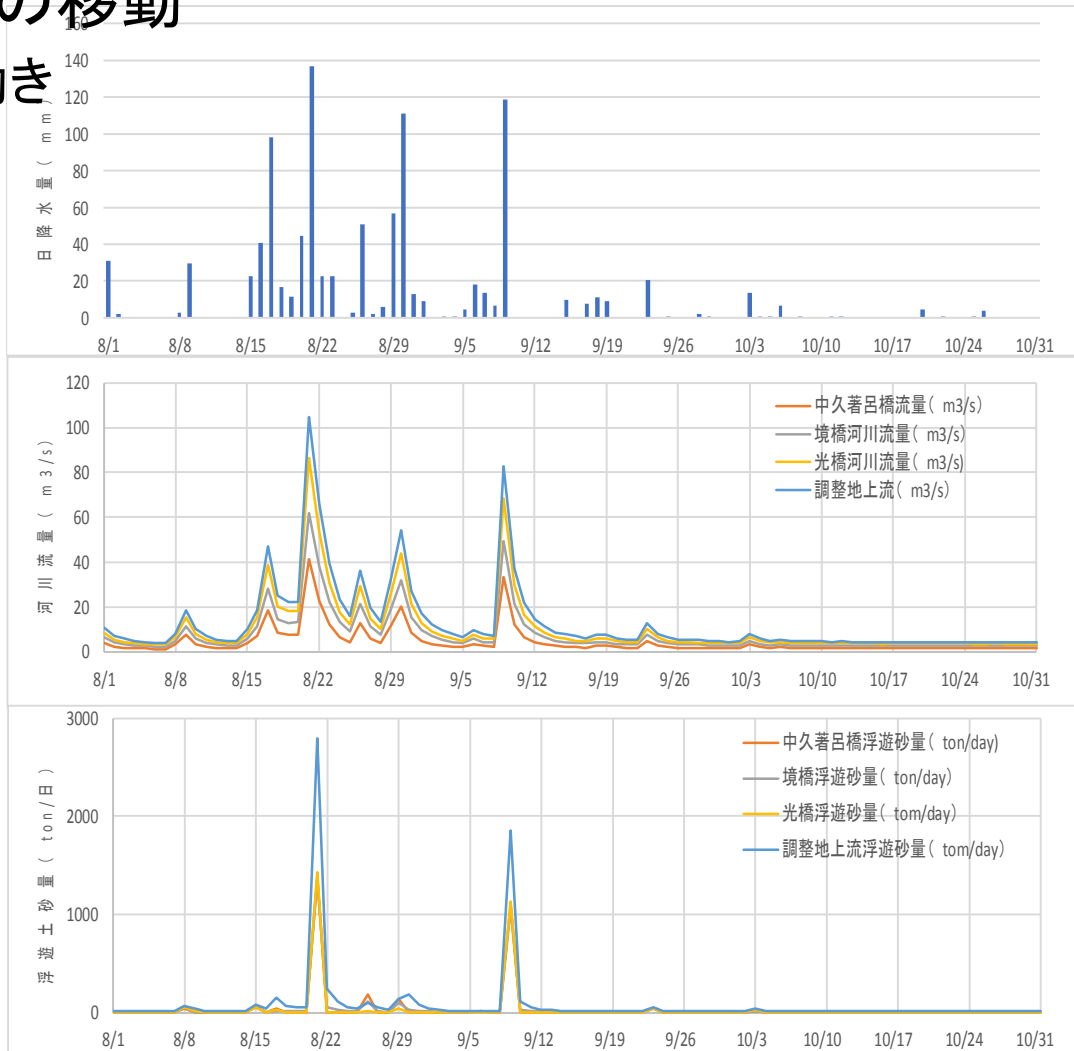
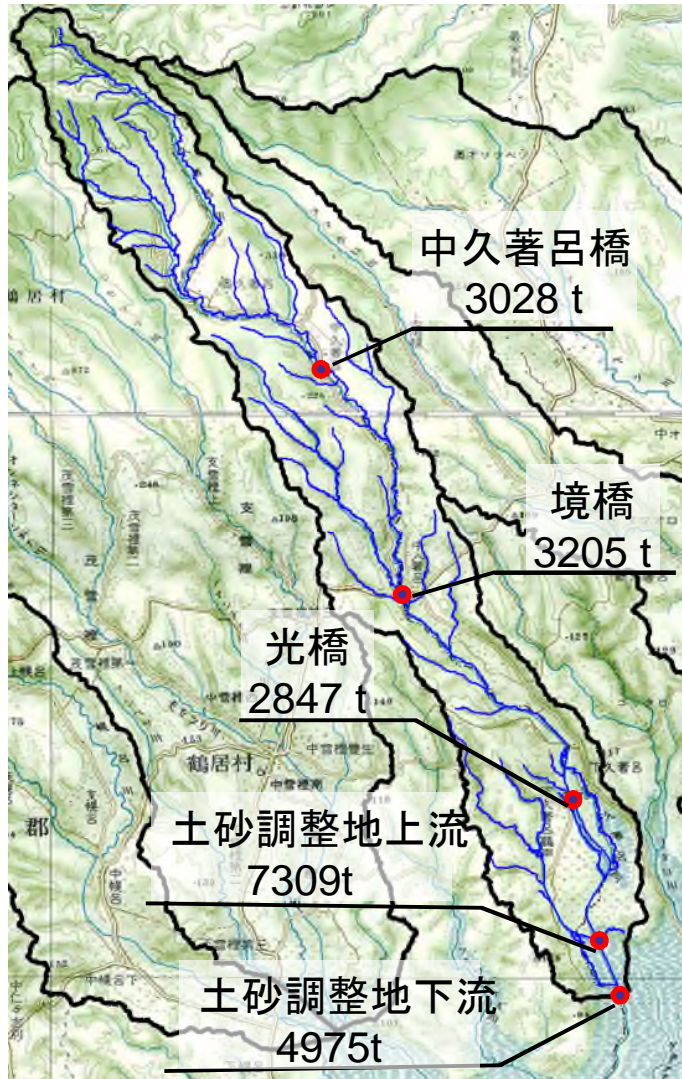


大きな出水時の物質循環量、物質循環メカニズムをSWATモデルで予測し、目標値や抑制方法を検討

3-1. 具体的な目標の設定

(2) 大きな出水時の水・物質の移動

2016年の出水における浮遊砂の動き



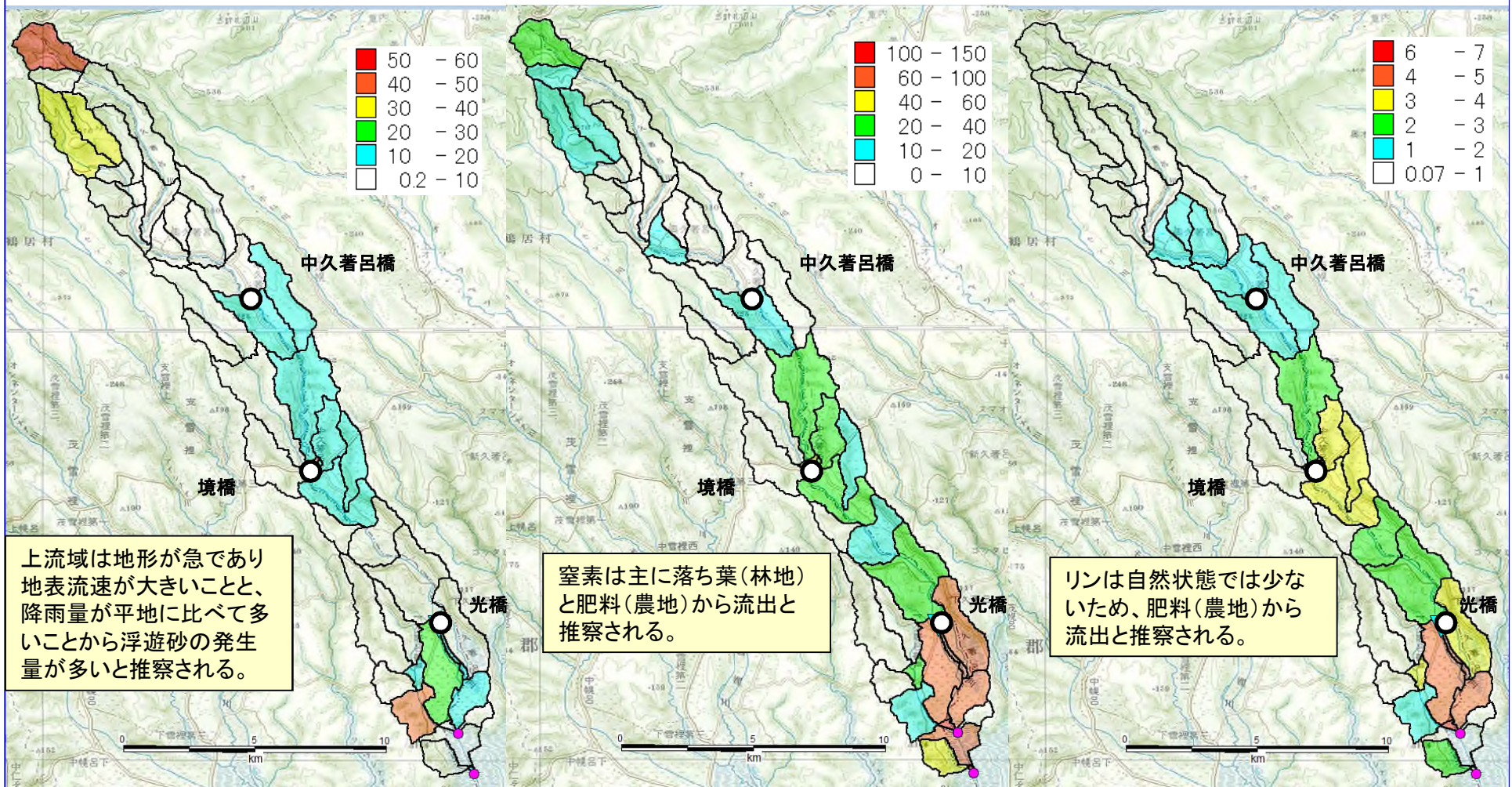
2016/8/16~2016/10/10の浮遊砂量

河道内での堆積等により浮遊砂量が減少する区間もある。

土砂調整地上流～土砂調整地下流間で2500t程度の土砂が堆積したものと推定される。

3-1. 具体的な目標の設定

(2) 大きな出水時の水・物質の移動



浮遊砂生産分布 (ton/ha/年)

全窒素生産分布 (ton/ha/年)

全リン生産分布 (ton/ha/年)

3-2. 湿原再生の各種施策の 手法の検討や評価に向けて

3-2. 湿原再生の各種施策の手法の検討や評価

物質循環モデルを用いた施策への展開(例)

- ① 釧路湿原全体及び事業箇所を含む小流域単位で
施策の手法検討や評価検討が可能となるようにする。

・ 施策を検討する上での
適切な調査地点、項目、頻度等の決定

- ② 湿原に流入する水質が良好に保たれるように
栄養塩や汚濁物質の負荷を抑制する。

・ 流域の変化(河道、土地利用等)が
物質循環に与える影響を概略予測
・ 適切な対策の内容や範囲を検討

