



第14回水循環小委員会資料

平成28年3月23日

目次

1. 水循環小委員会の検討経緯
2. 物質循環モデルについて
 - 2-1. 久著呂川流域の物質循環の検討の経過
 - 2-2. 物質循環モデルの選定
 - 2-3. 久著呂川流域における物質循環モデルの適用
 - 2-4. 幌呂川流域における物質循環モデルの適用
 - 2-5. 検討のまとめ
3. 釧路川流域の物質循環モデル構築に向けた課題・展望の整理
4. 成果の普及について

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。

1-1 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

釧路川流域の水循環の検討

- ・釧路川流域の水理地質構造の検討
- ・湿原域の水循環メカニズムの解明

施策への展開

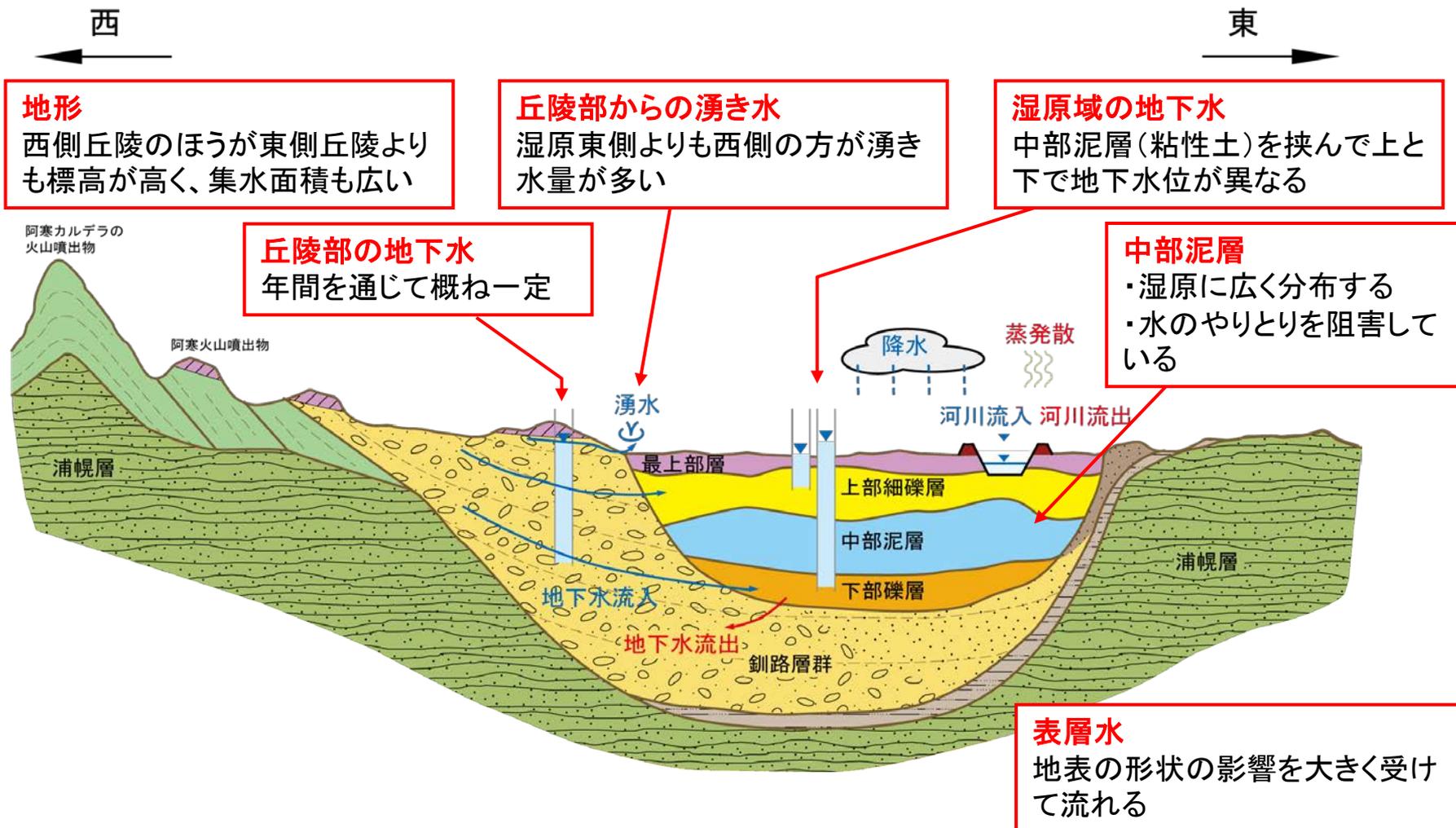
幌呂地区
湿原再生実施計画

釧路川流域の物質循環の検討

- ・栄養塩負荷量の検討
- ・物質循環メカニズムの検討
- ・物質循環メカニズムの解明

1-1 水循環小委員会の検討経緯

釧路川流域の水の動き

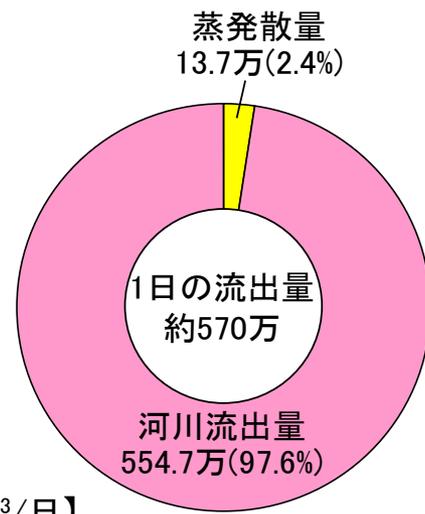
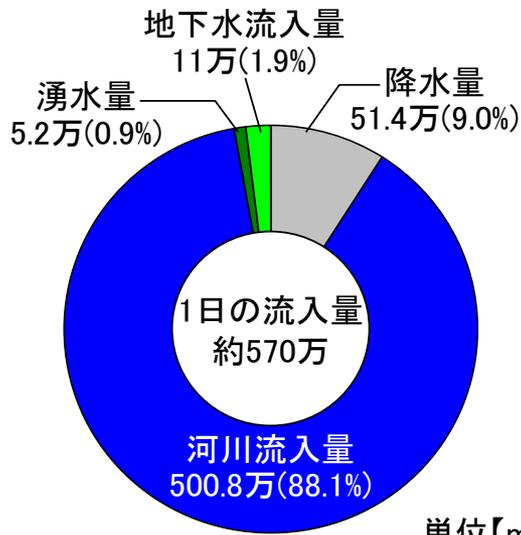


第10回水循環小委員会参考資料
「水循環に関わる技術資料」を編集

1-1 水循環小委員会の検討経緯

釧路湿原の水収支

赤い線で囲まれた範囲に一日に流入・流出する水の量(2007年)



単位【m³/日】

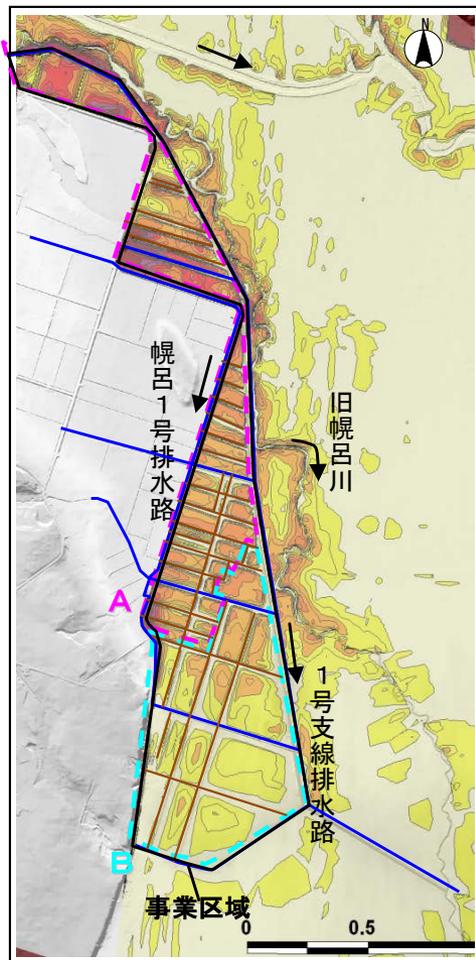
流入量 (× 10³m³/day)		流出量 (× 10³m³/day)		流入量-流出量 (× 10³m³/day)
降水量*1	514 (9.0%)	蒸発散量*2	137 (2.4%)	
河川流入量*1	5,008 (88.1%)	河川流出量*1	5,547 (97.6%)	
湧水量*1	52 (0.9%)			
地下水流入量*2	110 (1.9%)	地下水流出量*2	0 (0.0%)	
合計	5,684 (100%)	合計	5,684 (100%)	

*1)観測値 *2)計算値
()内の数字は合計に対する百分率

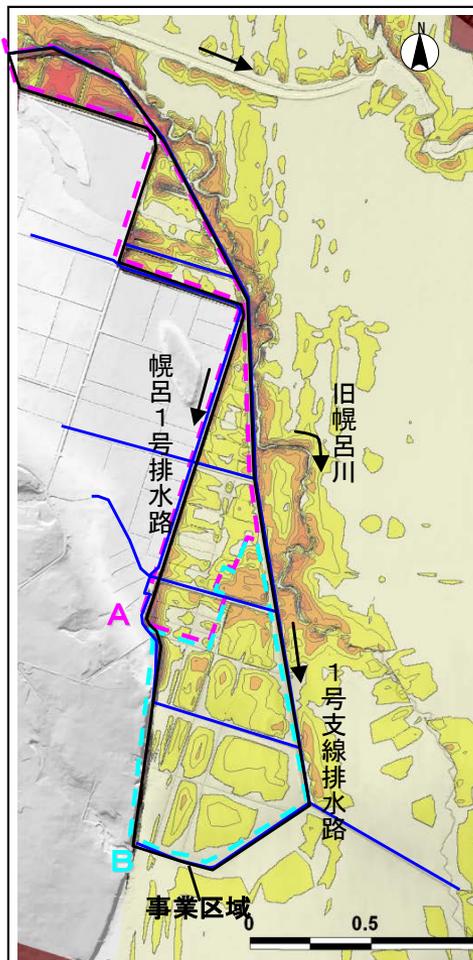
1-1 水循環小委員会の検討経緯

水循環モデルの幌呂地区湿原再生実施計画検討への活用

現況の地下水位分布



予測される地下水位



A区域内の現況の地下水位（2010年の最頻値を使用）は、GL-60~-20cmである。事業後の地下水位は、GL-20cm以浅に上昇すると予測される。

— : 未利用排水路
— : 利用されている排水路

凡例	
地下水位	
■	0cm以上
■	GL-20~0cm
■	GL-40~-20cm
■	GL-60~-40cm
■	GL-80~-60cm
■	GL-100~-80cm
■	GL-100m未満
10cmごとの境界は、ラインで表示	

地下水位の予測計算は、水循環小委員会で検討（統合型水循環モデル）した予測結果を使用した。

統合型水循環モデルによる地下水位再現計算の精度は、A,B区域の観測孔において±20cm程度である。

「幌呂地区湿原再生実施計画」より

1-1 水循環小委員会の検討経緯

水循環モデルの幌呂地区湿原再生実施計画検討への活用



平成24年度切り下げ箇所
(切下げ深 40~60cm)



平成27年10月31日撮影

- ・クサヨシは少し生えている程度。だいぶ少なくなった。
- ・切下げ深40cm箇所は、ミゾソバが多く生えており、このまま維持されると想定される。
- ・切下げ深40cmの箇所は、一年草であるアキノウナギツカミやイヌスギナが多い。将来的にはアブラガヤに植生が変わるかもしれない。

- H26年度地盤切り下げ箇所
- H25年度地盤切り下げ箇所
- H24年度地盤切り下げ箇所
- H24年度盛土箇所
- H24年度埋め戻し箇所

現地見学会(ヨシ移植会)



湿原再生事業の説明



ヨシの移植

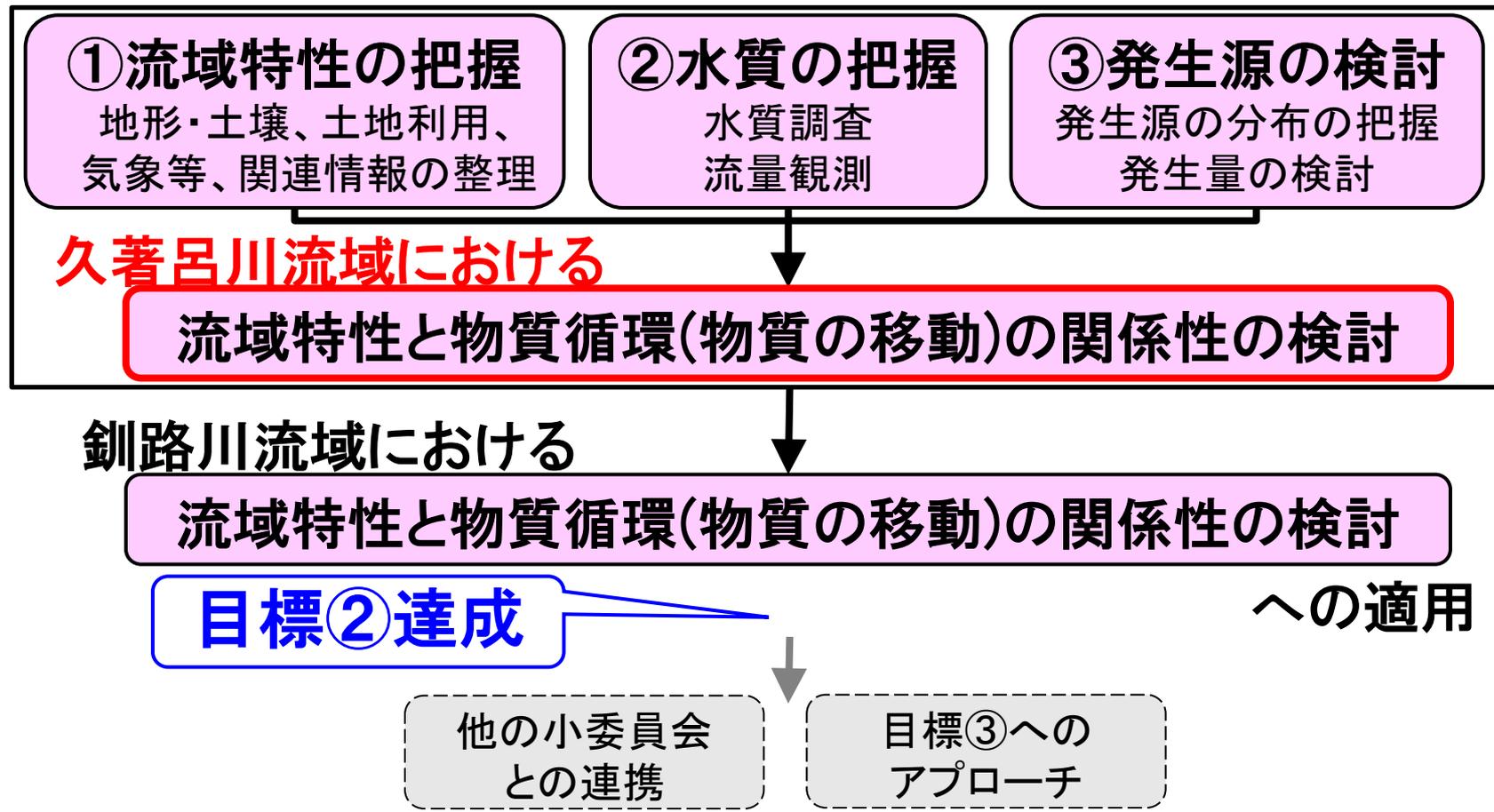


2. 物質循環モデルについて

2-1. 久著呂川流域の物質循環の検討の経過

目 標	目標達成のための実施内容
目標②: 釧路川流域の 水・物質循環メカニズムを把握	<ul style="list-style-type: none"> ・気象、水文情報を把握する。 ・水理地質構造を把握する。 ・水収支、水の移動に伴う物質動態を把握する。 ・流域の水・物質循環を推定する。

検 討 方 針



水循環検討会における検討内容

水循環小委員会の今後の検討課題

- ・釧路湿原の再生に向けて、各小委員会で取り組んでいる。
今後、水循環小委員会は、水質に着目する。

物質循環(物質の移動)の検討の進め方

- ・釧路湿原全体で物質循環(物質の移動)の実態を捉えるのは難しい。
- ・まず、久著呂川流域を検討対象とすることが望ましい。
- ・久著呂川流域での変化を整理し、問題を抽出する。

釧路湿原流入河川の水質調査

- ・久著呂川下流の調査地点は、光橋が望ましい。
- ・「単位面積あたりの流量」⇔「栄養塩の濃度」の関係を整理すると地点や季節による特徴が見えてくるのではないか。
- ・「単位面積あたりの流量」「SS」⇔「栄養塩の形態別の濃度」の関係を整理すると発生源や流出経路の特徴が見えてくるのではないか。

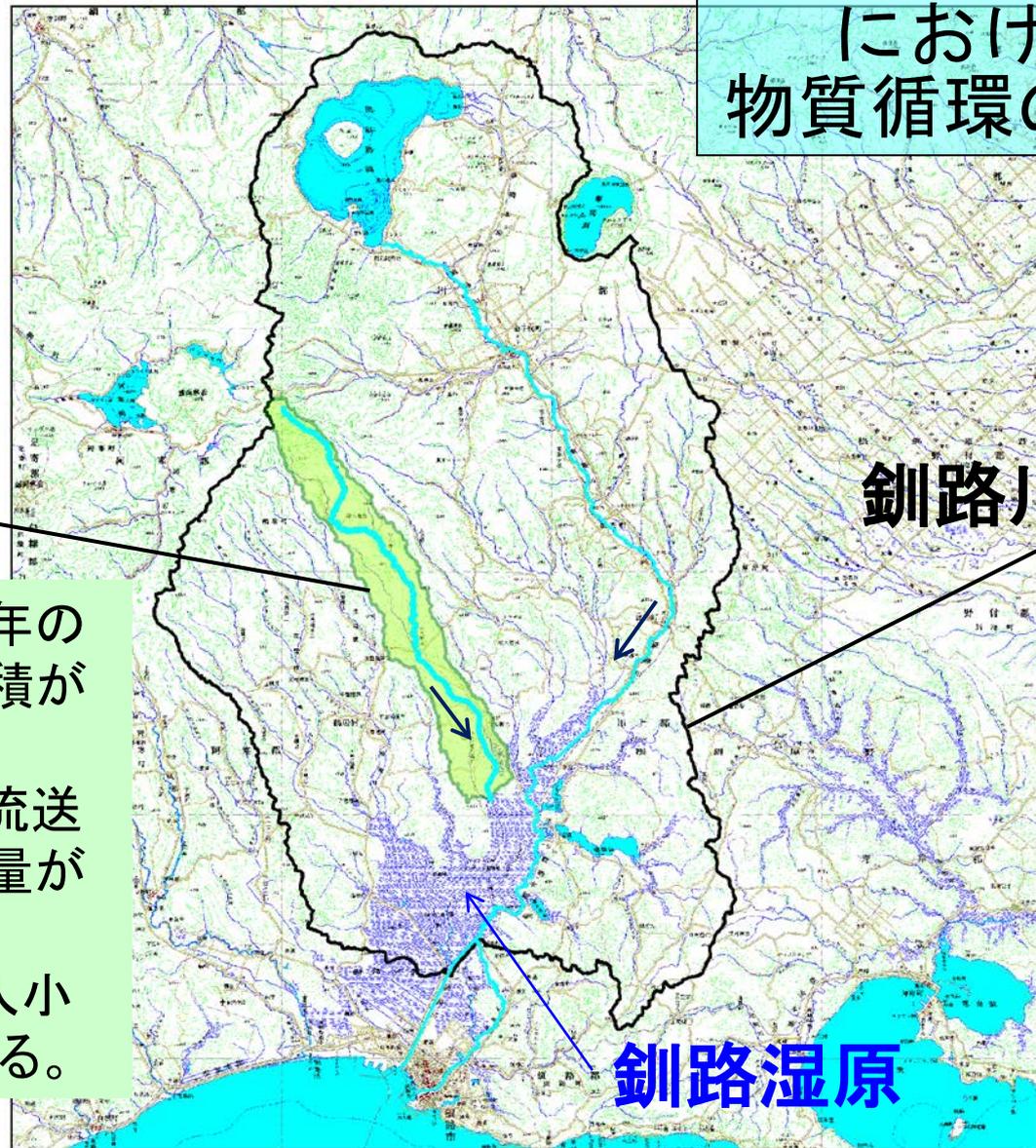
久著呂川流域
における
物質循環の検討

釧路川流域
における
物質循環の検討



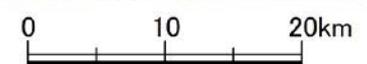
久著呂川流域

- ・久著呂川流域では、近年の人間活動に伴う開発面積が大きい。
- ・開発に伴い、下流域に流送される土砂や栄養塩の量が増加したと考えられる。
- ・土砂流入対策(土砂流入小委員会)が実施されている。



釧路川流域

釧路湿原



植物の生育に影響する代表的な栄養塩：窒素、リン

水中に含まれる栄養塩(窒素、リン)に着目する。

久著呂川流域内で水とともに移動する窒素、リンの状況を把握する。

栄養塩は、自然界で発生し様々な形態で循環しているほか、肥料、家畜のふん尿、生活排水などに多く含まれ、地下水・地表水に溶けたり、物質に付着したりしながら、水の移動に伴って河川に流出し、下流に運搬されていく。

窒素

様々な形態で水中・地中・地表に存在し、形態により溶けやすさが異なる。

溶存成分(主に硝酸性窒素)は、土壌や地下水に蓄積されていて、地下水とともに河川に流出する。

降雨時は、流出して濃度が上昇することも、希釈されて濃度が低下することもある。

リン

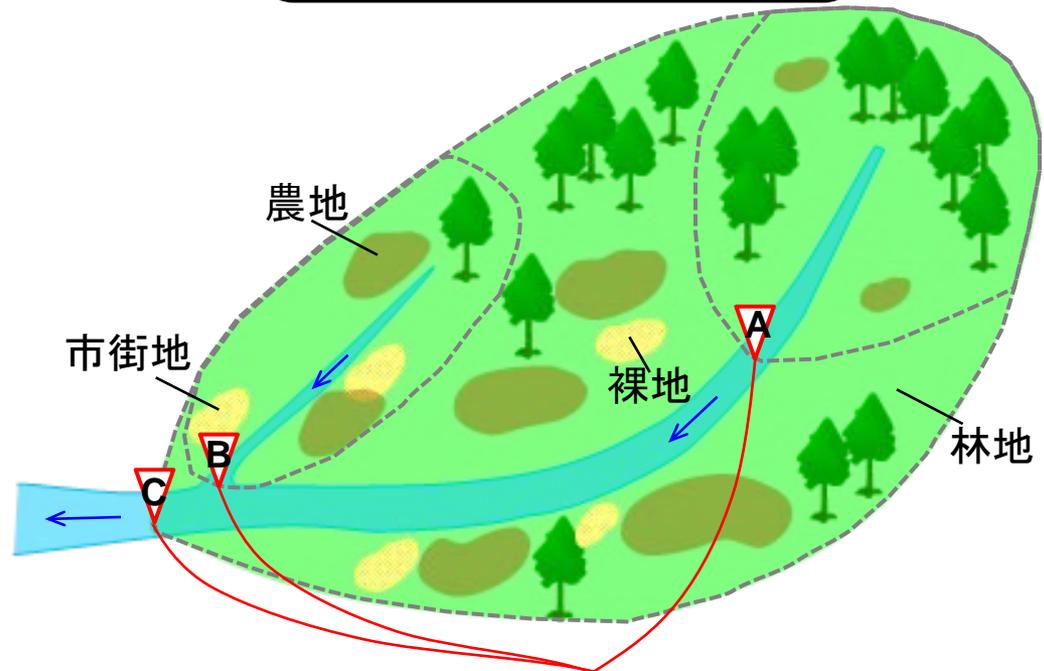
水に溶けにくく、土粒子に付着して流下するものが多い。

ふだんは地表や河床に堆積していて、出水時に流出する。

降雨時は、地表の土砂とともに洗い流されて、一気に流出する。

①流域特性の把握

地形・土壌、土地利用、
気象等、関連情報の整理



③発生源の検討

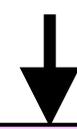
発生源の分布の把握
発生量の検討

水質	C	B	A
流域面積 土地利用割合			
物質の量			

②水質の把握

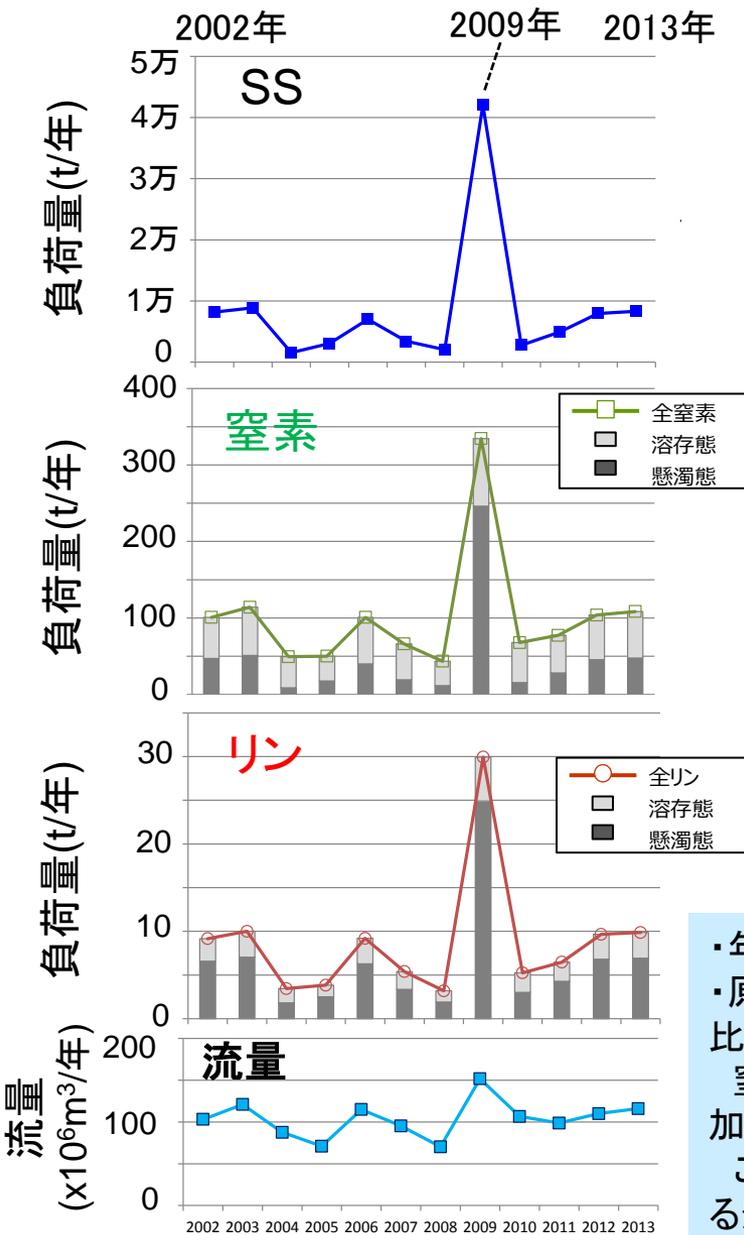
水質調査、流量観測

久著呂川流域における

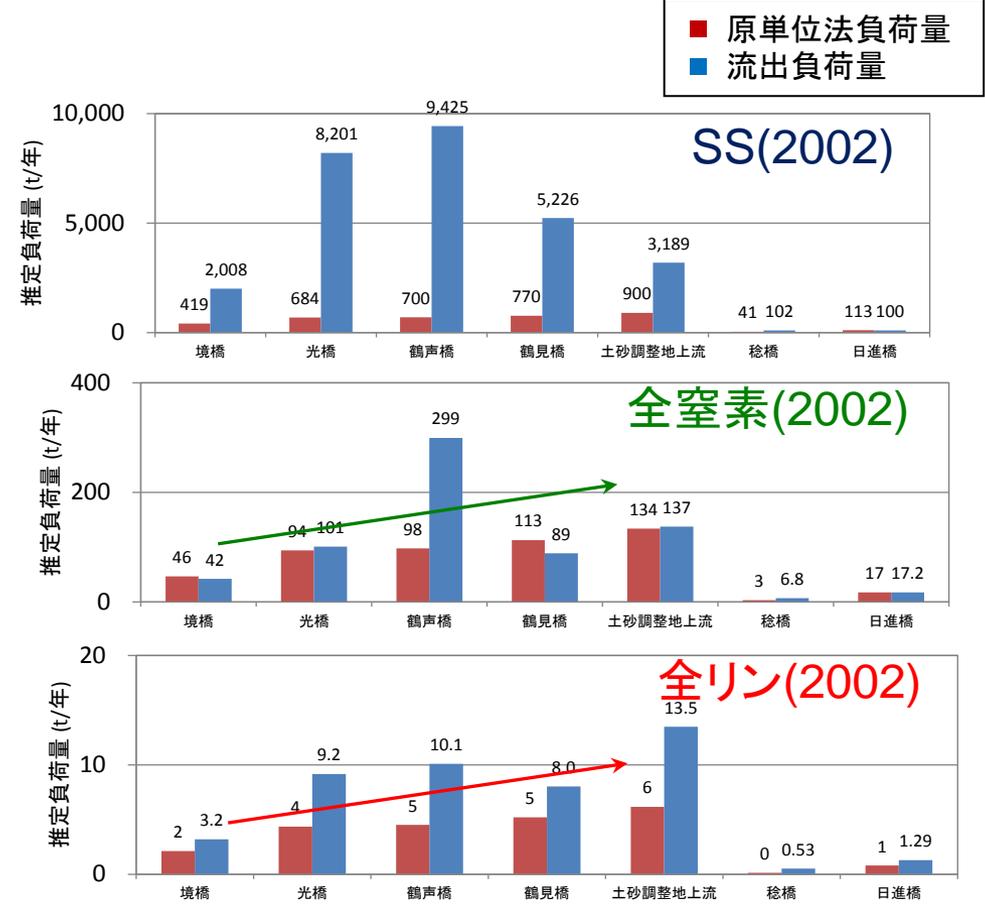


流域特性と物質循環(物質の移動)の関係性の検討

流出負荷量の推定



原単位法負荷量と流出負荷量の比較



・年間の流出負荷量は、河川流量の多い年ほど多い。
 ・原単位法から推定した負荷量とL-Q式から推定した流出負荷量を比較した。
 窒素、リンは、同等の値となり、上流から下流にかけて負荷量が増加する傾向が表れた。SSは、流出負荷量の方が大きく推定された。この差は、降雨による流出や河道内での堆積など複雑な挙動による影響と考えられる。

2-1. 久著呂川流域の物質循環の検討の経過

第13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。



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。



現在の取組み

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。



2-2. 物質循環モデルの選定

釧路川流域の物質循環モデルに求められる条件

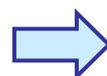
	内容	モデルに求められる条件
流域の特徴	負荷量は土地利用だけでは表現できない	流域の土地利用、分布する土壌、地形傾斜量、降水量を考慮できる
	負荷量と河川流量に密接な関係性がある	河川流量を考慮できる
	出水時の懸濁態が主な負荷となっている	懸濁態の動きを評価できる
検討目的	施策効果を評価したい	空間を考慮した条件設定ができる
	過去・未来を予測したい	時間を考慮した条件設定ができる

2-2. 物質循環モデルの選定

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)

2-3. 久著呂川流域における 物質循環モデルの適用

久著呂川の特徴

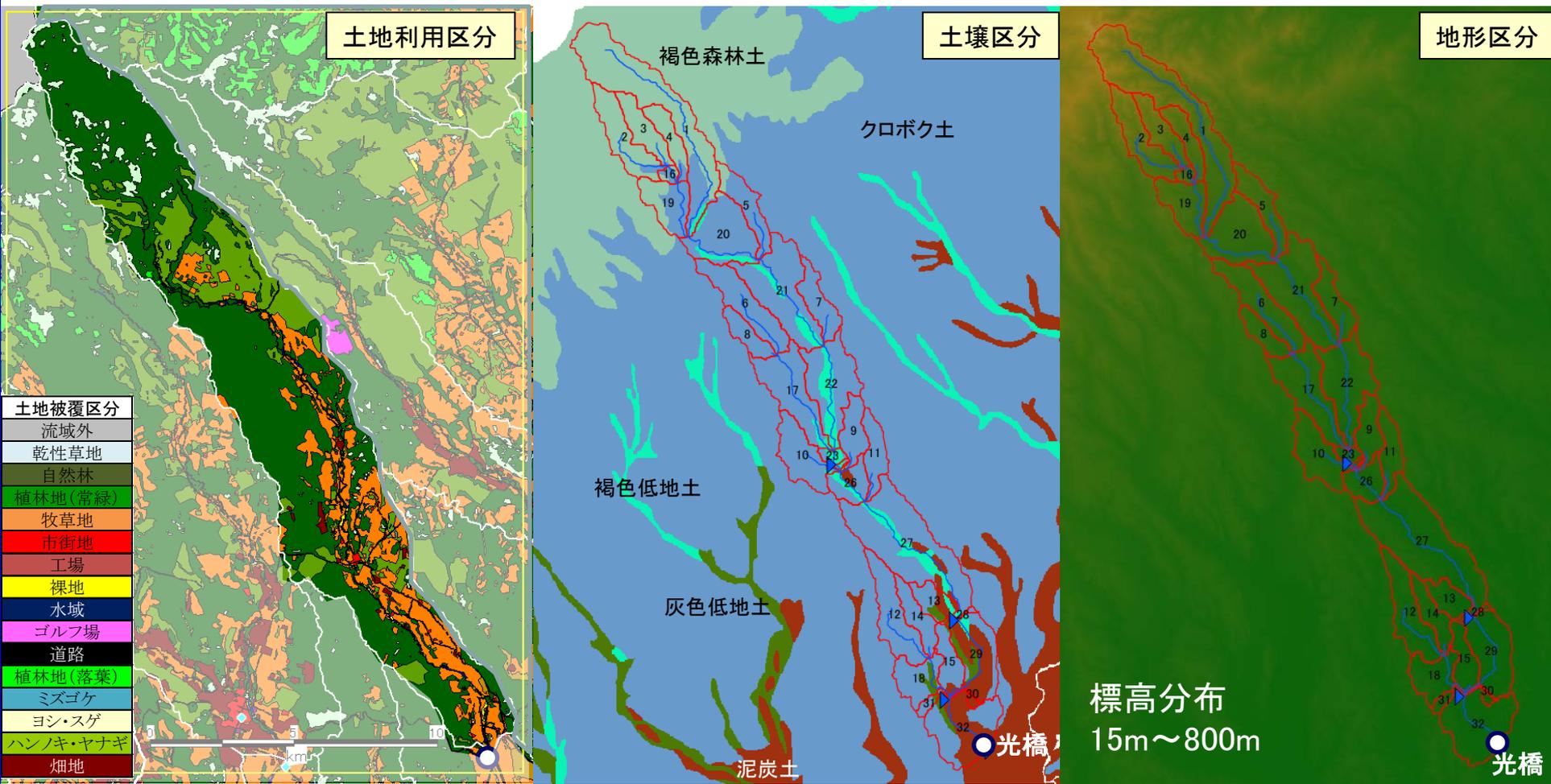
- ・久著呂川流域では、近年の人間活動に伴う開発面積が大きい。
- ・開発に伴い、下流域に流送される土砂や栄養塩の量が増加したと考えられる。
- ・土砂流入対策(土砂流入小委員会)が実施されている。

久著呂川



2-3. 久著呂川流域における物質循環モデルの適用

久著呂川の物質循環モデルの概要



久著呂川流域を32の流域に区分。

小流域内で、土地利用区分、土壌区分及び地形(傾斜区分)を元にブロック化(HRUs)。これらのブロックと川の関係を各種パラメータ・関係式でモデル化。

2-3. 久著呂川流域における物質循環モデルの適用

入力データ

地表面条件

土地利用、土壌分布、地形(傾斜度)等

地盤条件

土壌層、浅層地下水層、深層地下水層等

気象条件

降水量、気温、降雪・融雪温度、日射量等

営農条件

作付、施肥、収穫等

植物育成条件

植生、栄養状態等

出力データ

水循環量

河川流量、蒸発散量、
地下水流動量

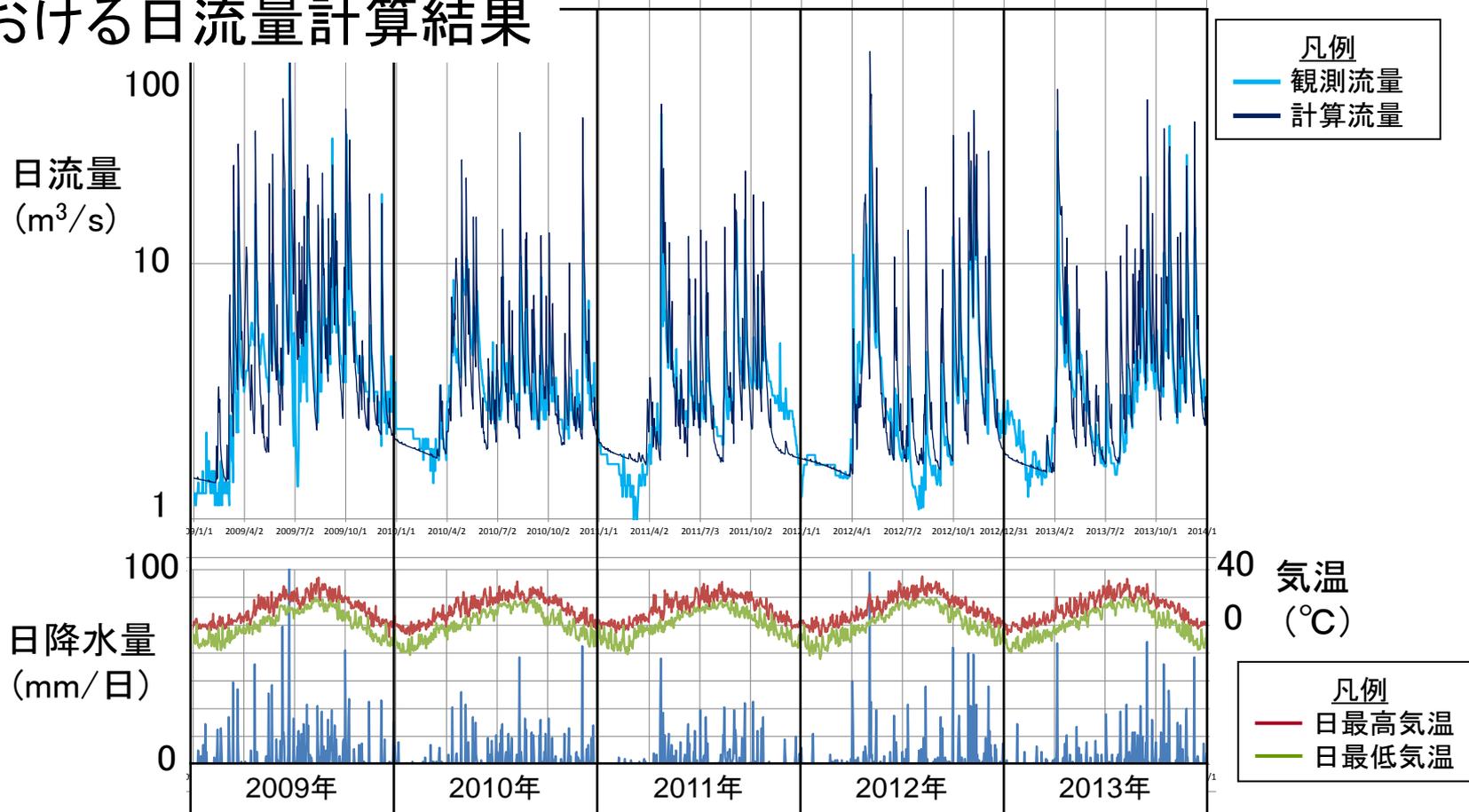
栄養塩循環量

土砂流出量
窒素・リン流出量



2-3. 久著呂川流域における物質循環モデルの適用

光橋における日流量計算結果



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

・日流量の変動、計算期間の水の総量が再現できた

2-3. 久著呂川流域における物質循環モデルの適用

光橋における流量再現状況

他事例との比較

河川	期間	Nash-Satcliffe 効率係数	出典
網走川	2001~2004	0.66	Somura (2009) 5 th International SWAT Conference
	2005~2007	0.73	
鵜川	2010~2012	0.73	久保ほか(2015) 第126回 日本森林学会
沙流川	2010~2012	0.79	
標津川*1	2004~2006	0.89	Jiang et al. (2011) Trans. ASABE, 54(6), 2171-2180
	2007~2008	0.81	
	2003~2005	0.40	Wang et al.(2015) Int. J. Lim.,51, 23-35
	2006~2008	0.61	
久著呂川	2002~2013	0.62	計算結果 (過去12年間での再現性)
	2004~2013	0.66	計算結果 (過去10年間での再現性)
	2009~2013	0.70	計算結果 (過去5年間での再現性)

Nash-Satcliffe効率係数
による再現性の評価

概ね観測流量を
再現できた。

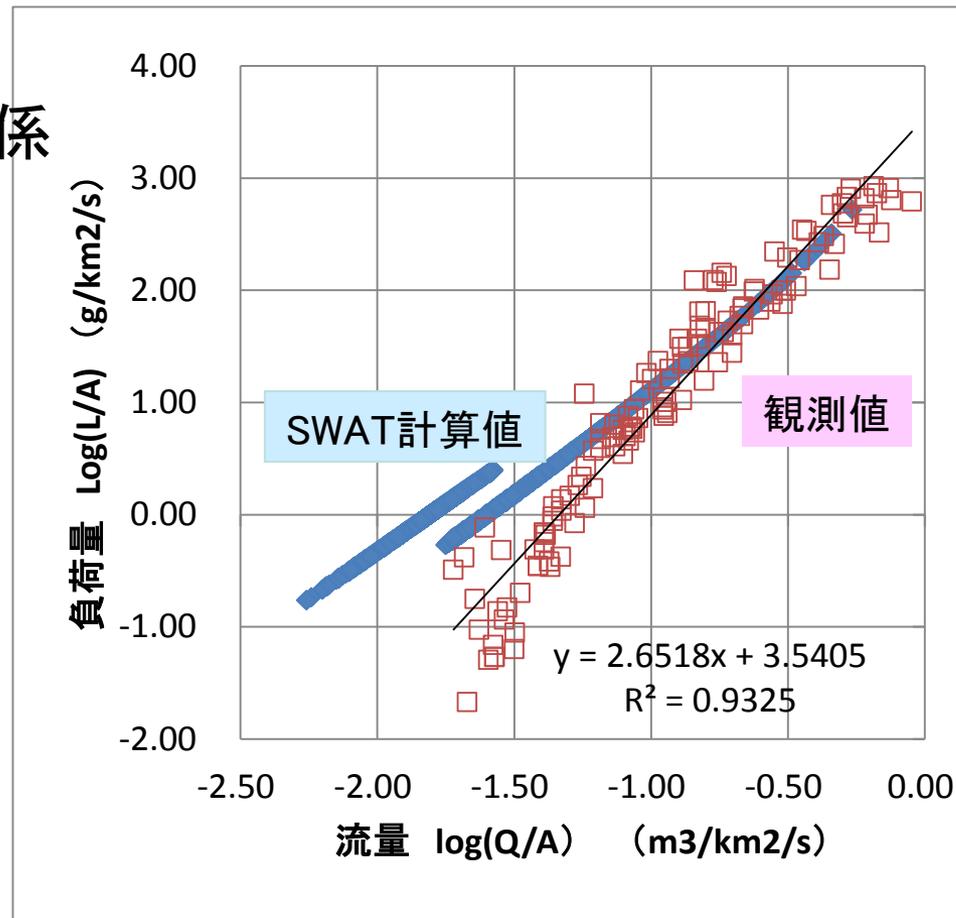
*1) SWATの機能を拡張し、系外(流域外)からの水の供給を点源としてモデル化

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

2-3. 久著呂川流域における物質循環モデルの適用

久著呂川流域の流出負荷量計算結果

光橋における 流量と負荷量の関係



	観測値	計算値
年間負荷量 (平均 ton)	9,198	10,313

期間: 2002/1/1~2013/12/31



2-4. 幌呂川流域における 物質循環モデルの適用

2-4. 幌呂川流域における物質循環モデルの適用

第13回水循環小委員会資料より

久著呂川流域
における
物質循環の検討

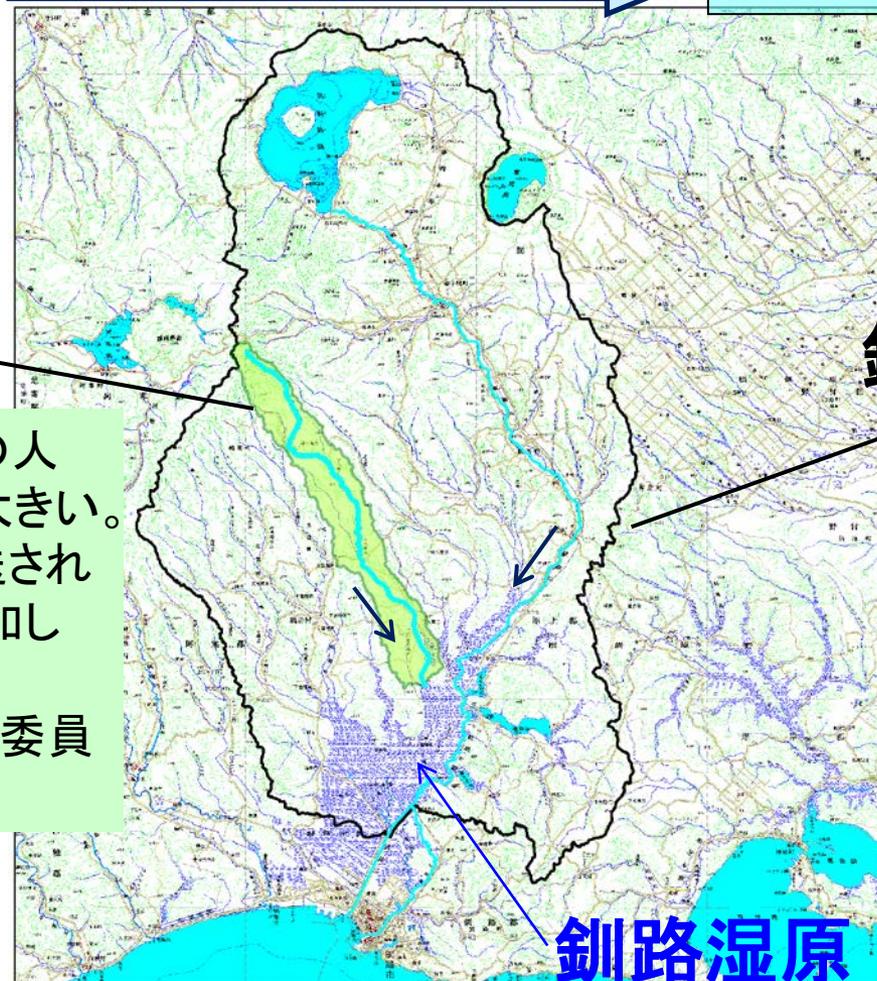
他小流域における
物質循環の検討

釧路川流域
における
物質循環の検討

久著呂川流域

- ・久著呂川流域では、近年の人間活動に伴う開発面積が大きい。
- ・開発に伴い、下流域に流送される土砂や栄養塩の量が増加したと考えられる。
- ・土砂流入対策(土砂流入小委員会)が実施されている。

釧路川流域

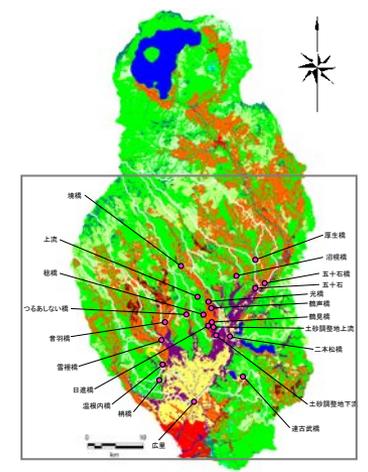
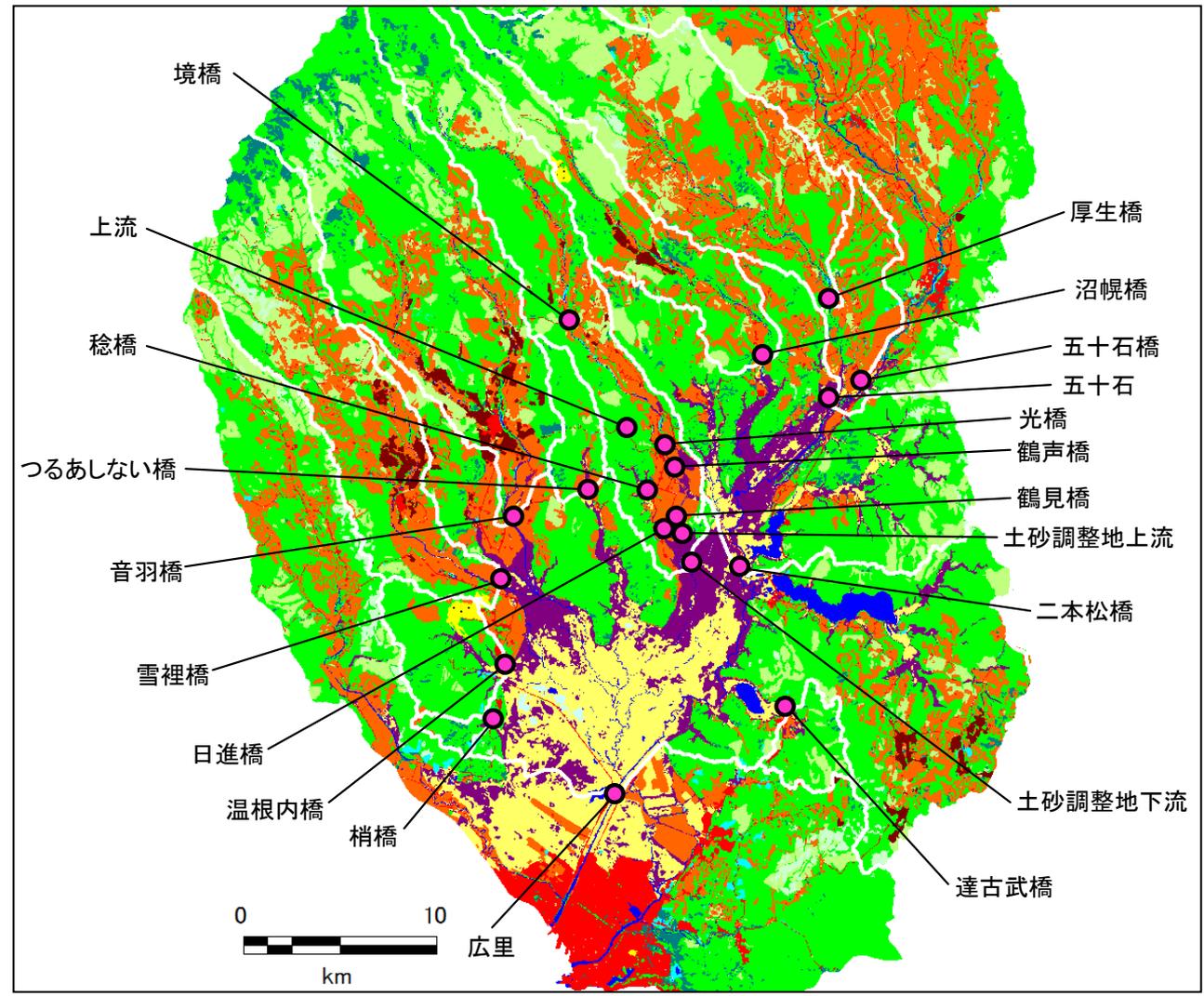


釧路湿原

0 10 20km

2-4. 幌呂川流域における物質循環モデルの適用

検討対象流域の選定



凡例 (1985年, 1989年, 1994年および2000年)

	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

検討対象流域の選定条件

- ①通年にわたり流量観測が実施されている
- ②栄養塩の調査が実施されている
- ③久著呂川流域と流域面積が同程度である
- ④久著呂川流域とは畑草地率が異なる

2-4. 幌呂川流域における物質循環モデルの適用

検討対象流域の比較

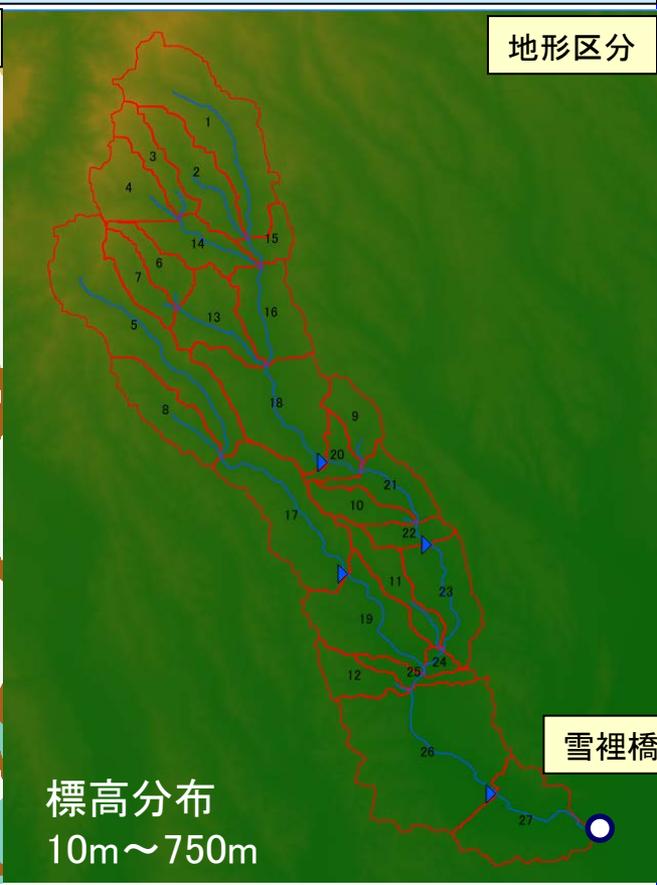
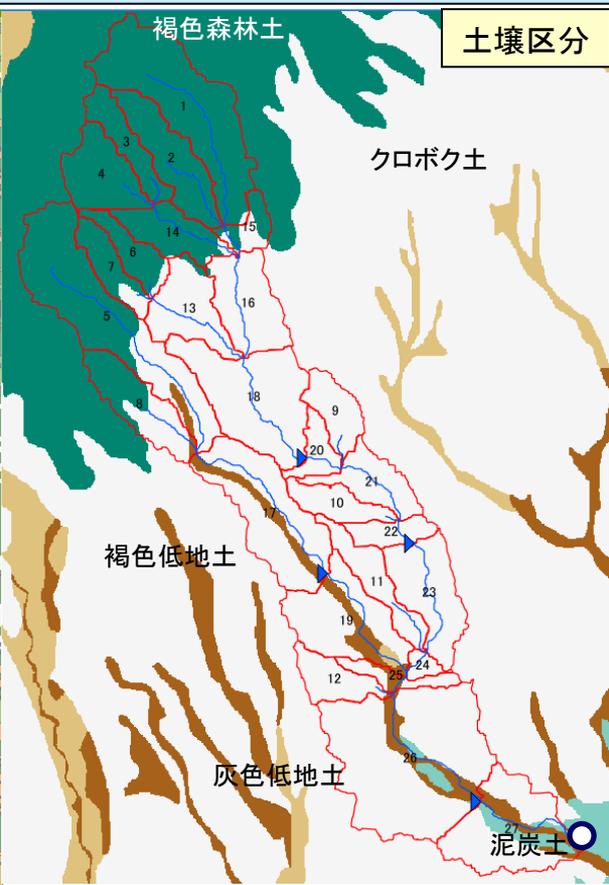
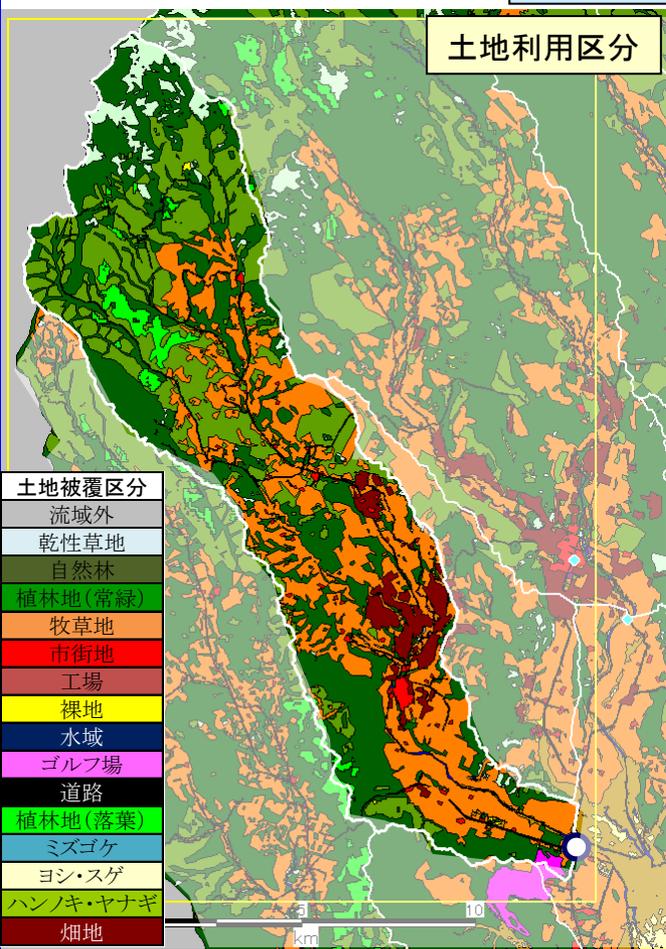
幌呂川・雪裡橋 を選定

河川名	幌呂川	雪裡川	オソベツ川	久著呂川
地点名	雪裡橋	音羽橋	厚生橋	光橋
土地利用割合				
畑草地率	33%	23%	32%	18%
流域面積	126km ²	177km ²	139km ²	99km ²
最大流域幅	7.10km	7.89km	8.10km	3.93km
平均流域幅	4.80km	6.47km	5.23km	3.28km

2-4. 幌呂川流域における物質循環モデルの適用

幌呂川の
物質循環モデル

久著呂川流域モデルと同じ情報・ルールによりモデルを構築。
幌呂川流域を27の流域に分割。



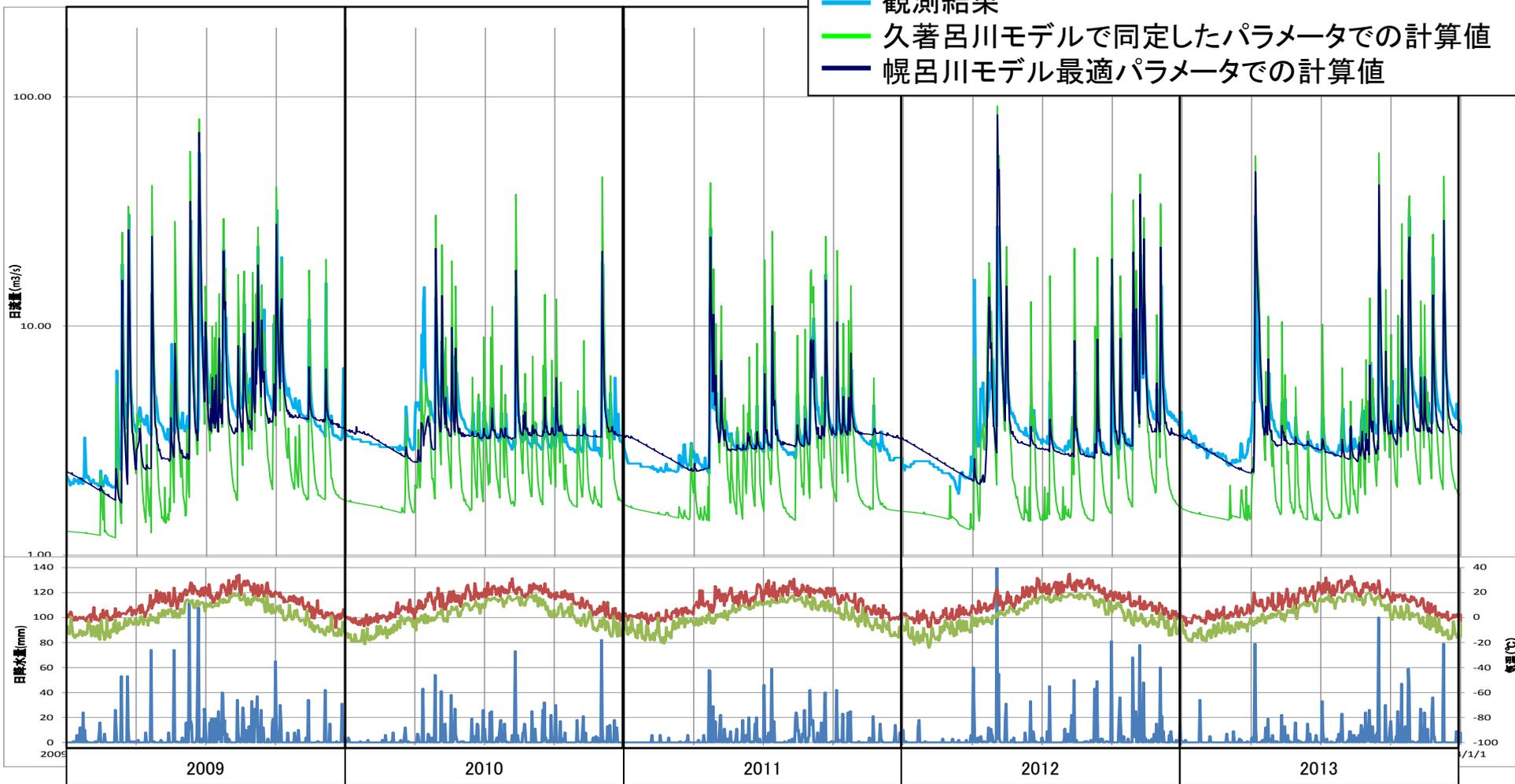
- ①久著呂川流域モデルで最適化したパラメータの汎用性・適用性の検討
- ②幌呂川流域モデルでも久著呂川流域モデルと同等の再現性が得られるのかの検討

2-4. 幌呂川流域における物質循環モデルの適用

雪裡橋における日流量計算結果

凡例

- 観測結果
- 久著呂川モデルで同定したパラメータでの計算値
- 幌呂川モデル最適パラメータでの計算値



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

2-4. 幌呂川流域における物質循環モデルの適用

雪裡橋における流量再現状況

Nash-Satcliffe効率係数
による再現性の評価

河川	期間	Nash-Satcliffe 効率係数
幌呂川	2002年～2013年	0.58
	2004年～2013年	0.53
	2009年～2013年	0.64

・概ね観測流量を
再現できた。

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

Moriasi et al.(2007)より

2-5. 検討のまとめ

○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。
⇒河川流量と土砂流出量は観測値をほぼ再現できた。

○他の小流域への展開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。
⇒河川流量は、観測値をほぼ再現できた。



SWATモデルの適用により、
窒素、リンの観測値をほぼ再現できることを確認する。



SWATモデルの適用性・展開性が確認できたことから
釧路川流域の物質循環メカニズム解明にSWATを使う。

3. 釧路川流域の物質循環モデル構築 に向けた課題・展望の整理

成果

- ・流量と土砂流出量は、観測値を再現する計算ができた。

課題

- ・窒素とリンは、まだ観測値を再現できていない。

解決策

- ・流域の栄養塩流出の特徴を考慮し、モデルを構築する。

展望

- ・釧路川流域全体の物質循環メカニズムを解明する。
- ・小流域単位や事業箇所などにおける湿原再生の各種施策の手法の検討や評価を行う。

4. 成果の普及について

4. 成果の普及について

課題

- ・水循環小委員会の成果が知られていない。
- ・水循環小委員会での成果の使われ方が知られていない。

問題点

- ・内容が専門的である。
- ・普及活動が不十分である。

解決策

- ・可視化(わかりやすい図、アニメーションの作成)を進める。
- ・他小委員会との連携強化に加え、講演会の開催、教材の作成・配布などにより、成果の普及を図る。