

第19回水循環小委員会資料

令和3年2月12日

目 次

1. 水循環小委員会の検討経緯
2. 物質循環を把握するための調査・分析
3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成
4. 施策評価手法の検討について
5. 今後の展開について

1. 水循環小委員会の検討経緯

水循環小委員会の目的と成果目標

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。

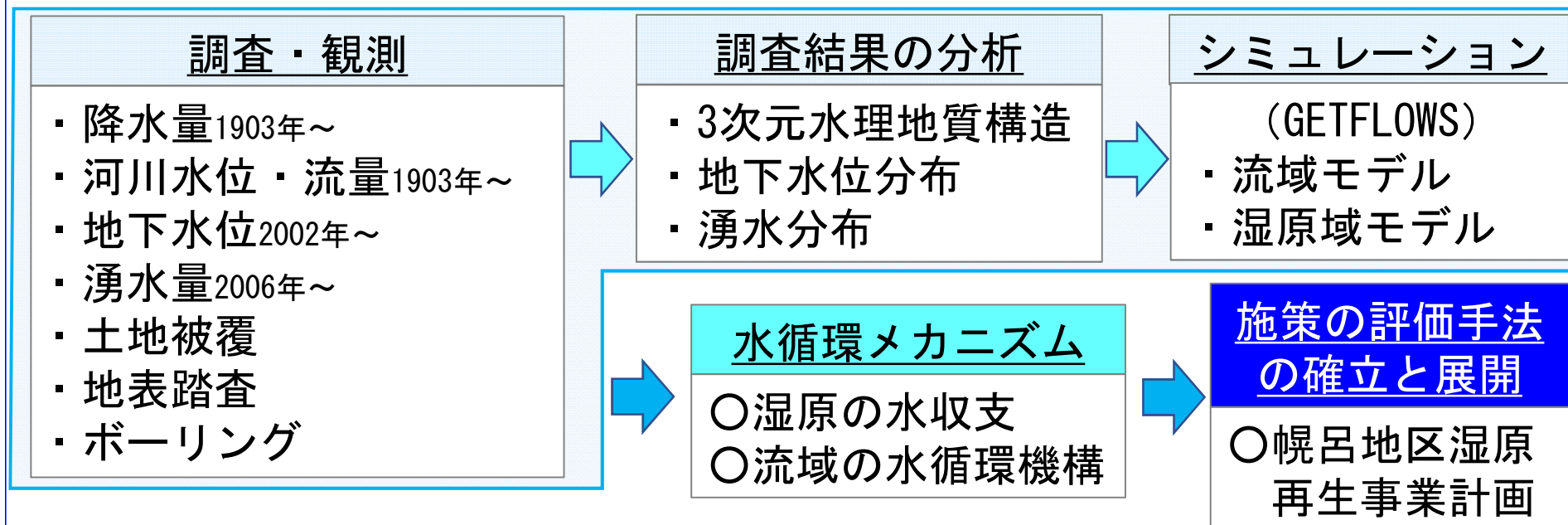
上記の目標は、「釧路湿原自然再生全体構想(2005年策定,2015年改定)」に示された目標等を踏まえ、第4回水循環小委員会(H17.6.2)で議論されて設定された目標である。

※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

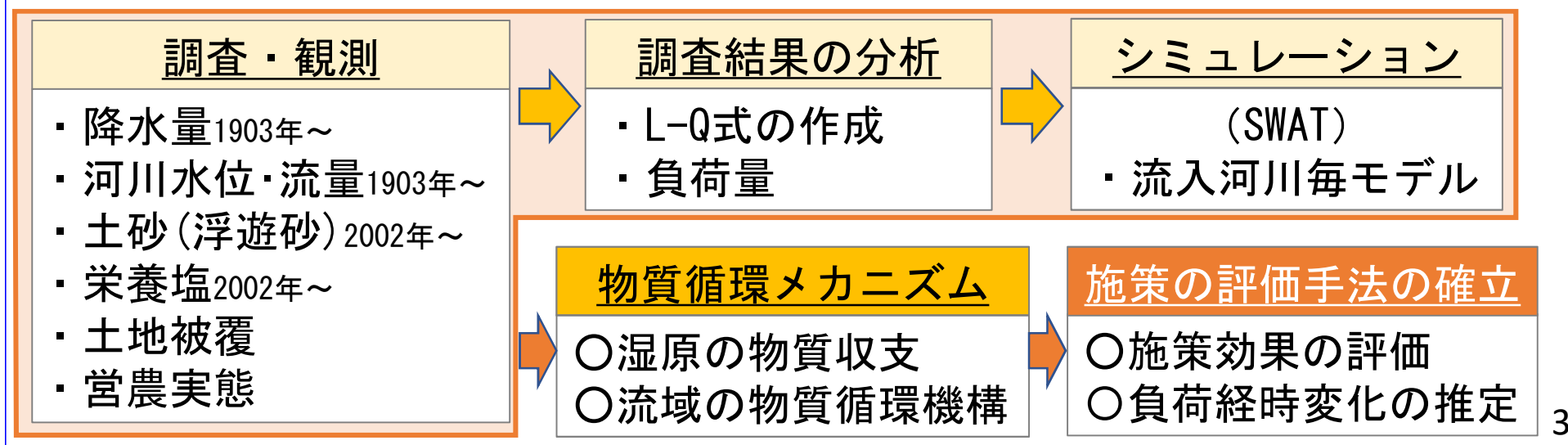
1. 水循環小委員会の検討経緯

検討のながれ

水循環メカニズムの解明



物質循環メカニズムの解明

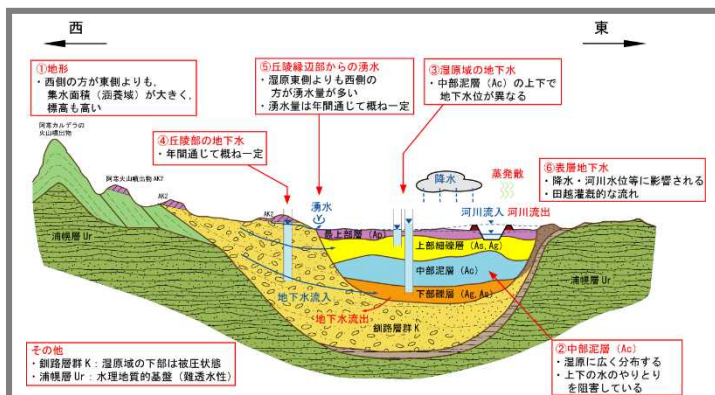


1. 水循環小委員会の検討経緯

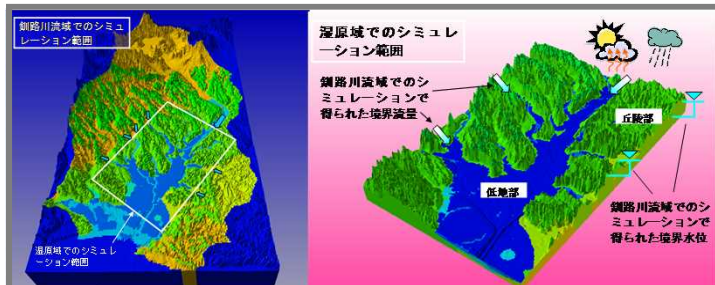
水循環小委員会で取り組んできた主要内容（水循環）



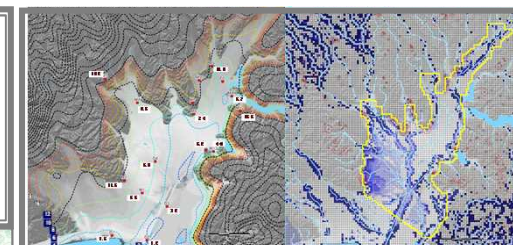
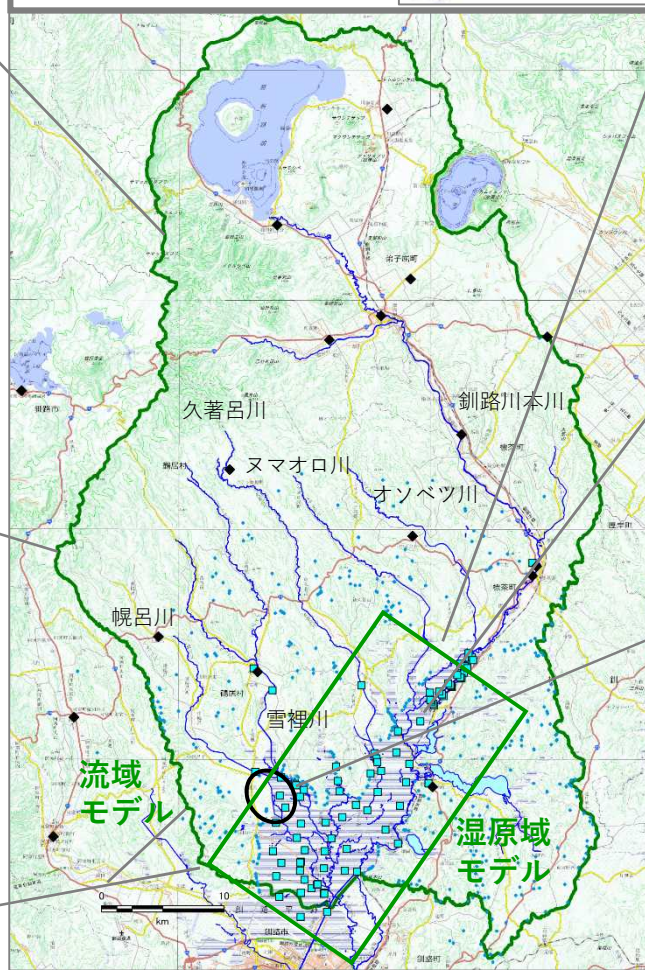
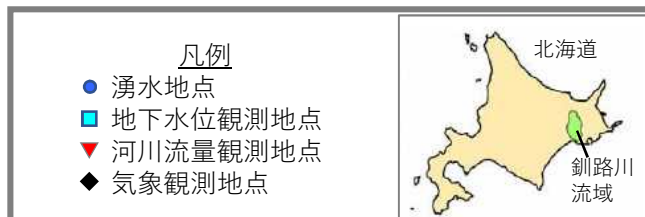
流域での流量、地下水位、湧水量調査



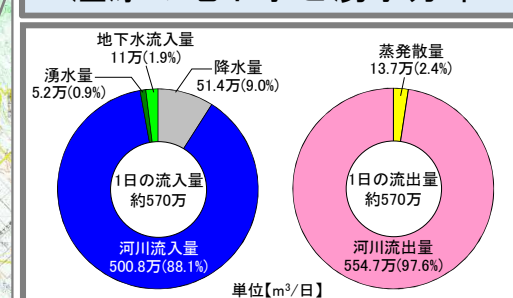
水理地質構造解析



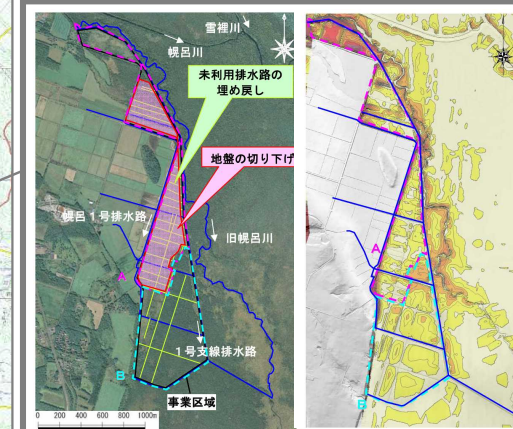
3次元水循環シミュレーション



湿原の地下水と湧水分布



鋼路川流域の水収支



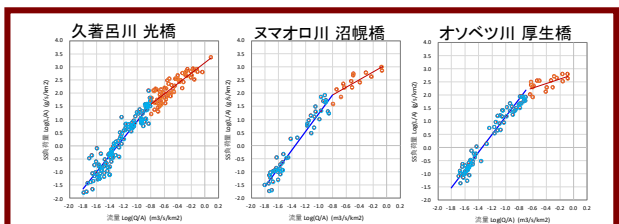
幌呂地区湿原再生への展開

1. 水循環小委員会の検討経緯

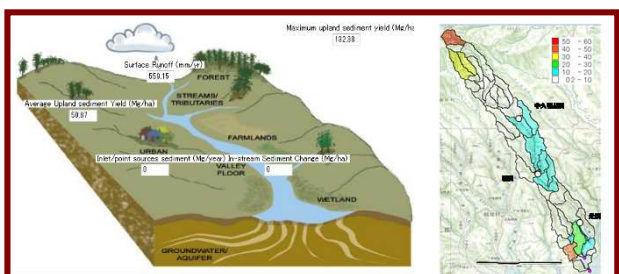
水循環小委員会で取り組んできた主要内容（物質循環）



浮遊砂・栄養塩調査



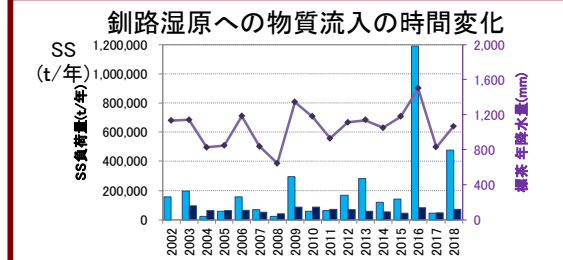
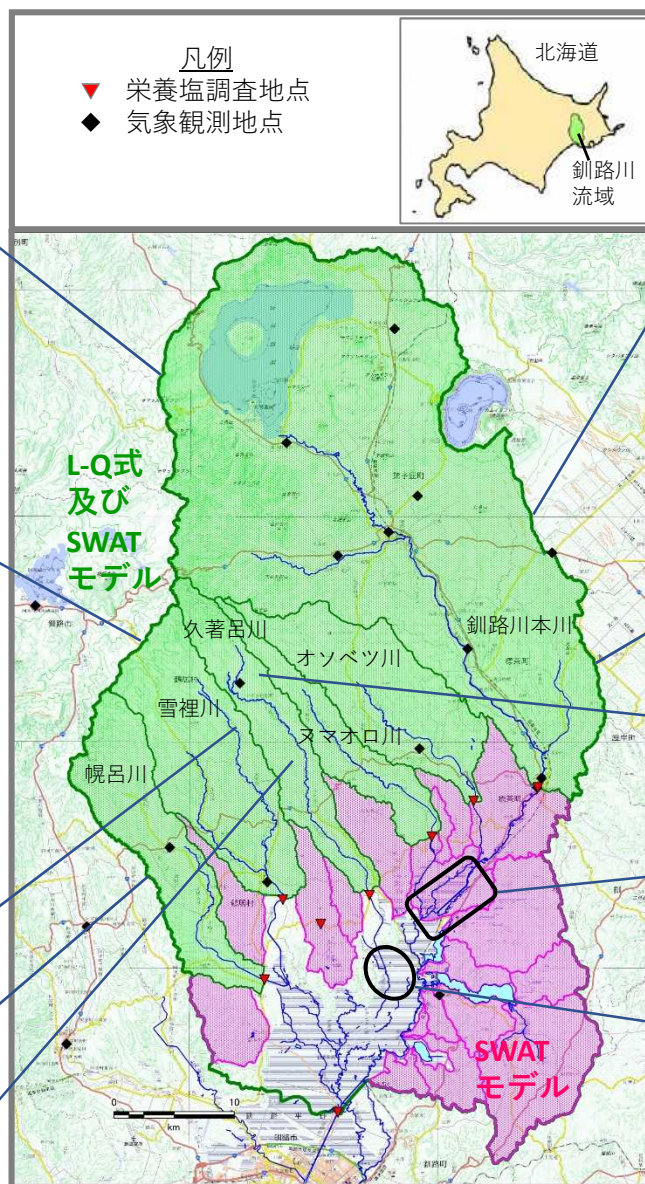
流入河川でのL-Q式作成



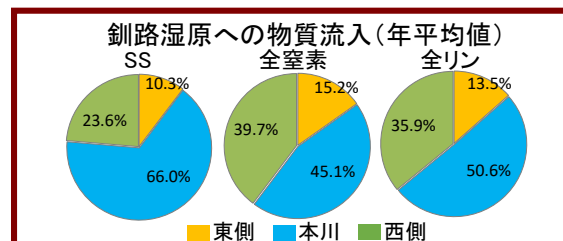
流入河川毎のSWATモデル作成

釧路川流域の負荷量変遷の推定

河畔林の浮遊砂・栄養塩捕捉評価



湿原の物質収支算出



流域の物質循環機構解析

森林再生による浮遊砂・栄養塩負荷発生抑制評価

[茅沼地区旧川復元]
浮遊砂・栄養塩捕捉評価

[湿原流入部土砂調整地]
浮遊砂・栄養塩捕捉評価

1. 水循環小委員会の検討経緯

物質循環検討の経緯

	調査・分析	数値解析 SWAT
平成25年度	調査・分析方法の検討	解析手法の検討
平成26年度	L-Q式モデルによる 湿原流入河川の負荷量 算出(久著呂川)	SWATモデル構築 (久著呂川)
平成27年度		
平成28年度	L-Q式モデルによる 湿原流入河川の負荷量 算出(主要流入河川)	SWATモデル構築 (主要流入河川)
平成29年度	平成28年出水の整理	
平成30年度		SWATモデル構築 (釧路川流域)
平成31年度	L-Q式モデルによる 湿原流入河川の負荷量 算出(改良)	
令和2年度		

久著呂川流域の
変遷予測解析

事業評価の適応性検討

- ・久著呂川土砂調整地
- ・ヌマオロ地区旧川復元
- ・茅沼地区旧川復元
- ・河畔林 ・植林

釧路川流域の
変遷予測解析

2. 物質循環を把握するための調査・分析

2. 物質循環を把握するための調査・分析

目的

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

実施内容

水とともに湿原に流入・湿原から流出する物質(土砂や栄養塩)の量を調査・分析した。 対象：主要湿原流入河川

調査



SS(浮遊砂)

水中の土粒子の重量
…採水試料をろ過し、残留物を乾燥させて、その重さを量ることにより計測できる。単位体積あたりの量で示す。

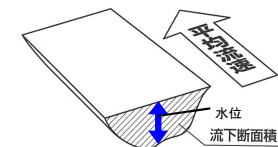


窒素・リン(栄養塩)

水中の窒素・リンの重量
…懸濁態と溶存態にわけて分析。単位体積あたりの量で示す。



流量



流下断面積 × 平均流速

分析

負荷量

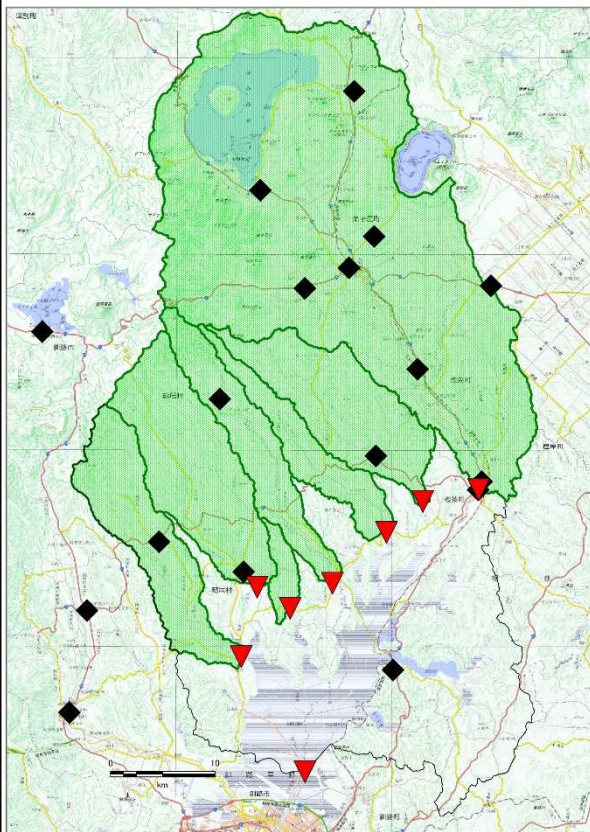
SS・栄養塩 × 流量

…浮遊砂・栄養塩(単位体積あたりの物質質量)に流量を乗じて、その地点で河川水に含まれる量として示す。

2. 物質循環を把握するための調査・分析

調査・観測

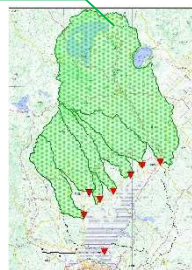
- ・ 降水量 1903年～ ◆
- ・ 河川水位・流量 1903年～
- ・ 土砂(浮遊砂) 2002年～ ▼
- ・ 栄養塩 2002年～
- ・ 土地被覆
- ・ 営農実態



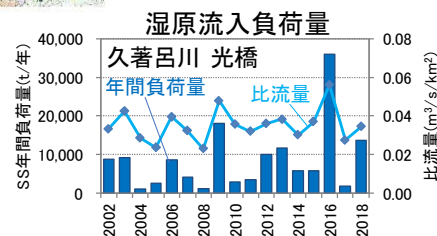
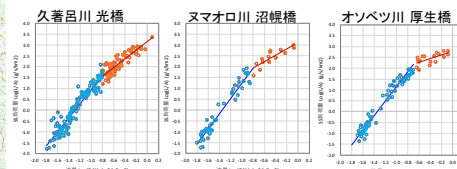
調査結果の分析

- ・ L-Q式の作成
- ・ 主要湿原流入河川：
負荷量・物質流入特性の把握
- ・ 湿原流出部：
負荷量の算出
- ・ 物質流入・流出の空間特性

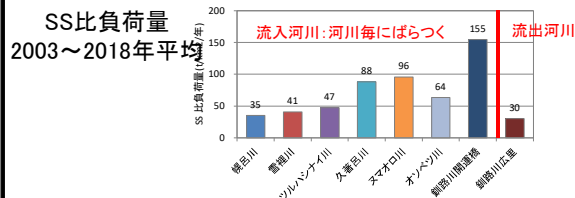
観測データがある
流入河川



L-Q式の作成



物質の流入・流出の空間特性



シミュレーション (SWAT)

- ・ 久著呂川
(最も観測が充実する流域)

- ・ 観測データがある流入
河川
(釧路川本川、オソベツ川、
スマオロ川、雪裡川、幌呂川、
ツルハシナイ川)

- ・ 全流入河川

物質循環メカニズム

- 湿原の物質収支
- 流域の物質循環機構

施策の評価手法の確立

- 施策効果の評価
- 負荷経時変化の推定

2. 物質循環を把握するための調査・分析

モニタリング方法

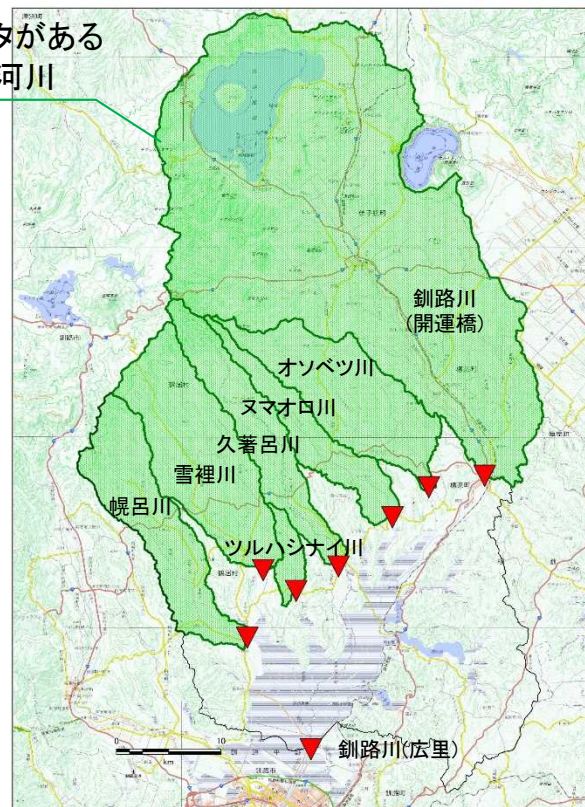
- ・ 湿原流入河川および流出部で、浮遊砂と栄養塩の観測を実施した。
- ・ SS(浮遊砂)・栄養塩(平水時: 年6回程度、降雨時: 年1回 数時間間隔、H28年8月の大規模出水も観測)
- ・ 時間流量(国土交通省 水文水質データベース)

釧路湿原周辺の栄養塩モニタリング状況

2002年～2019年

河川名	地点名	調査実績(回)	
		平水時	降雨時[試料数]
釧路川	開運橋	23	3 [20]
オソベツ川	厚生橋	38	6 [49]
ヌマオロ川	沼幌橋	33	4 [32]
久著呂川	光橋	64	15 [164]
ツルハシナイ川	鶴厚内橋	14	2 [14]
雪裡川	音羽橋	38	8 [61]
幌呂川	雪裡橋	38	8 [65]
釧路川	広里	15	3 [29]

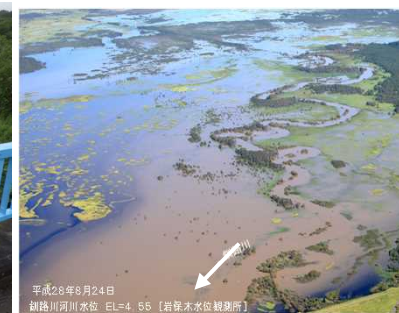
観測データがある
主要流入河川



釧路湿原周辺の栄養塩観測地点



観測状況



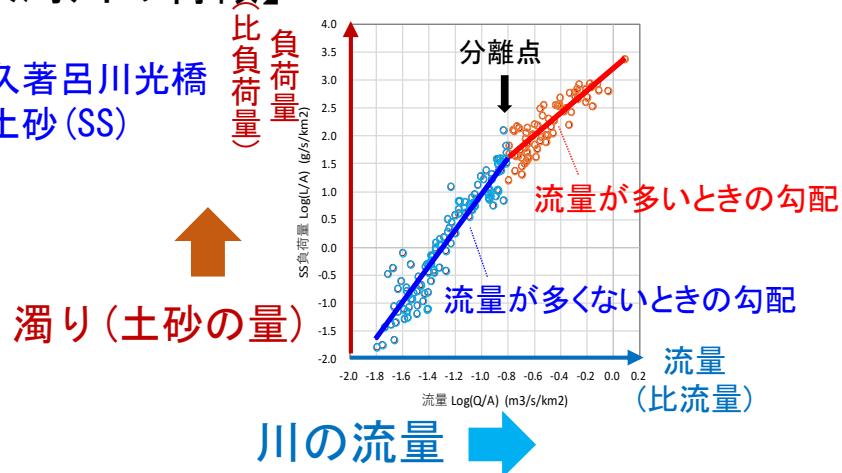
大規模出水 (H28. 8)

2. 物質循環を把握するための調査・分析

《概要》 モニタリング調査で分かったこと

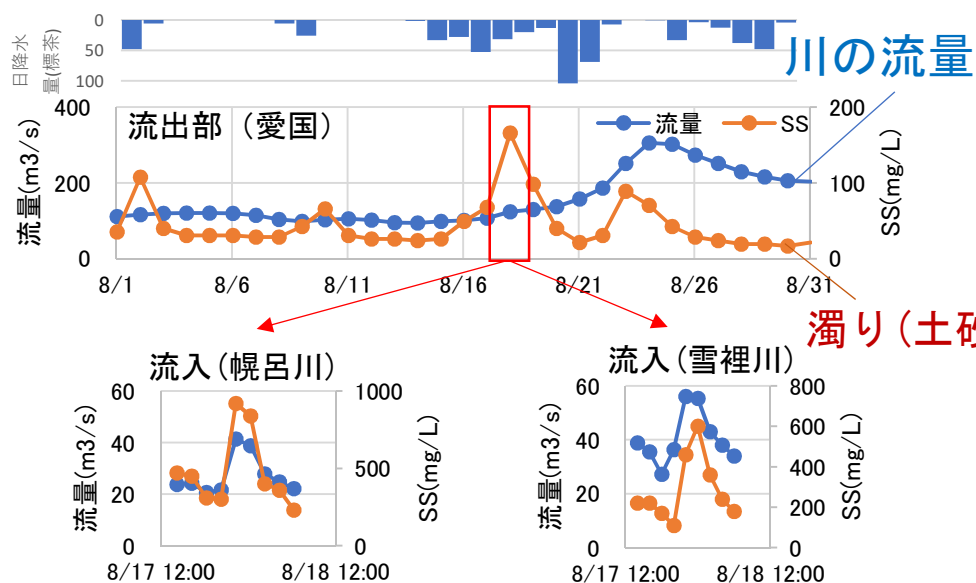
【流入河川の特徴】

例：久著呂川光橋
土砂(SS)



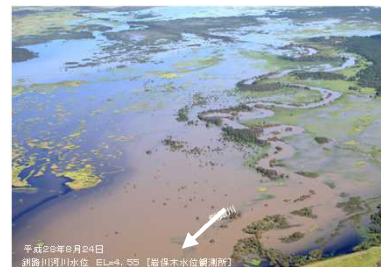
- ・釧路湿原に流入する土砂・栄養塩の量は、河川流量が増えると増加。
- ・ただし、一定の流量より多くなると土砂・栄養塩の量の増え方は鈍化。

【湿原流出部(出口)の特徴】



- ・湿原流出部(出口)は、湿原流入河川に比べ、河川の濁りと流量とピークは一致していない(2016年8月出水)。
- ・湿原流出部(出口)の流量は、湿原の水位(湛水)が上昇により増加、流入河川と比べ時間差がある。

2016年（平成28年）8月出水時における
流量とSSの時系列変化



湿原中心部 (2016/8/24)



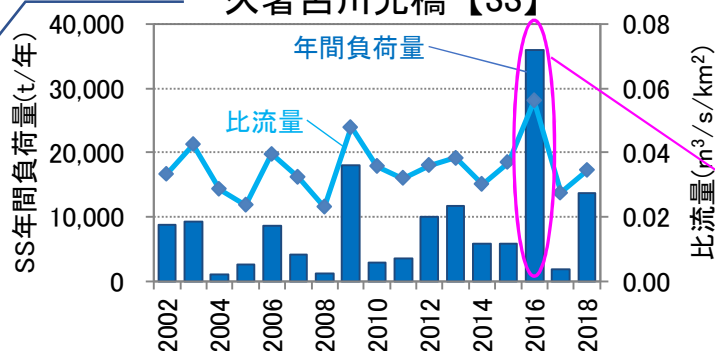
湿原流出部 (2016/8/24)

2. 物質循環を把握するための調査・分析

《概要》 モニタリング調査で分かったこと



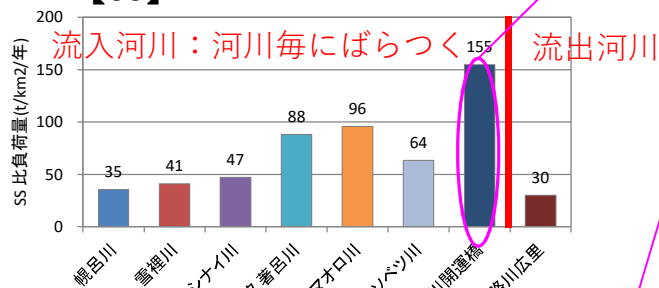
年間負荷量の年ごとの比較
久著呂川光橋【SS】



2002年～2018年の観測結果より

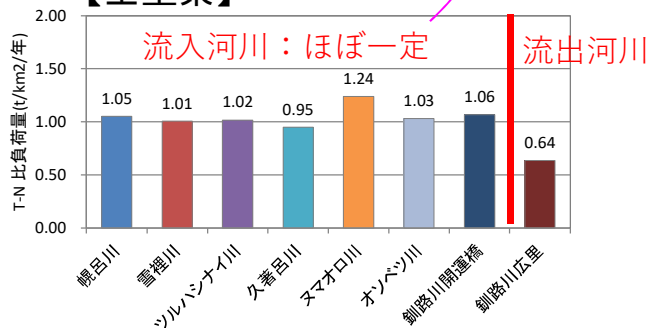
- ・流量が多い年は、土砂や栄養塩の湿原への流入量も多い。
- ・近年では2016年の負荷量が最も多い。

年間比負荷量の河川ごとの比較
【SS】

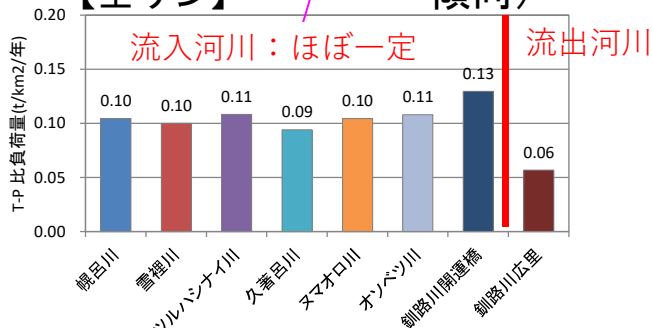


- ・土砂(SS)の流入量は、河川により差があり、釧路川の比負荷量(単位面積あたりの負荷量)が最も大きい。

【全窒素】



【全リン】

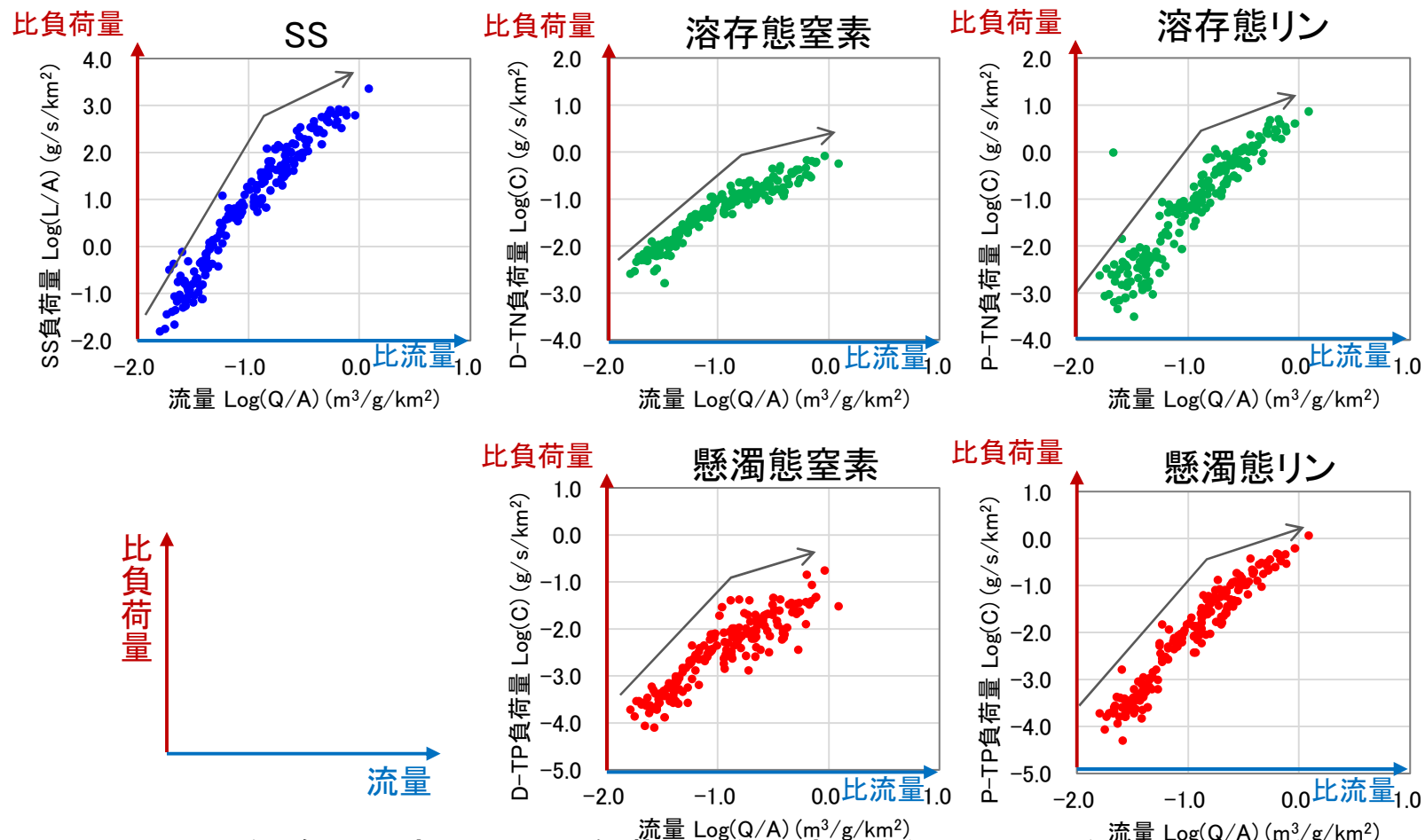


- ・栄養塩(窒素、リン)は河川による差異が小さい。
- ・土砂・栄養塩ともに、湿原に入る量より出る方が少ない傾向にある。(堆積傾向)

2. 物質循環を把握するための調査・分析

(a) 湿原流入河川負荷量の特徴

・ SS、窒素、リンの負荷量 (L) と調査時の流量 (Q) との関係をみると、高流量の範囲では、流量に対する負荷量の勾配が緩やかになる傾向がみられる。高流量時では低流量時と比較して、流量の増加に対する負荷量の増加速度が小さくなっている。



釧路湿原流入河川の負荷量 (L) と流量 (Q) の関係 (久著呂川光橋)

2. 物質循環を把握するための調査・分析

(b) L-Q式モデルによる湿原流入河川負荷量(年間)の算出

- ・ SS、窒素、リンの**負荷量 (L)** と調査時の**流量 (Q)** との関係(L-Q式)を整理し、観測のない期間を含めた年間を通した河川負荷量を算出した。
- ・ L-Q式は、前述の特徴を踏まえ、流量に対する負荷量の勾配が緩やかになる点で分離した。
- ・ L-Q式の分離点は、年最大流量よりやや少ない流量となり、発生頻度の低い高水時に位置している。

L-Q式

負荷量と河川流量の関係式

$$L/A = a \times (Q/A)^n$$

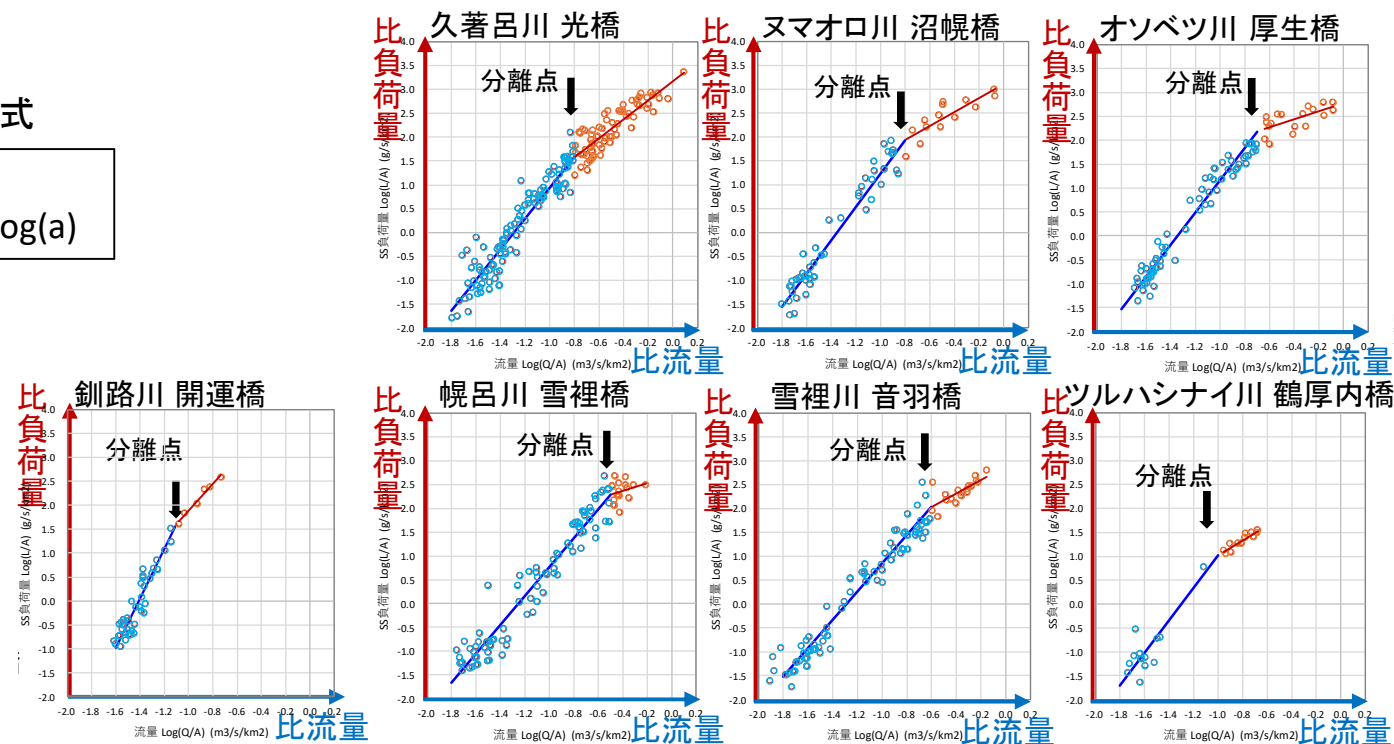
$$\log(L/A) = n \times \log(Q/A) + \log(a)$$

L : 負荷量[g/s]

C : 濃度[mg/L]

A : 流域面積[km²]

Q : 流量[m³/s]



釧路湿原流入河川のL-Q式 (SS)

— : 高流量部
— : 低流量部

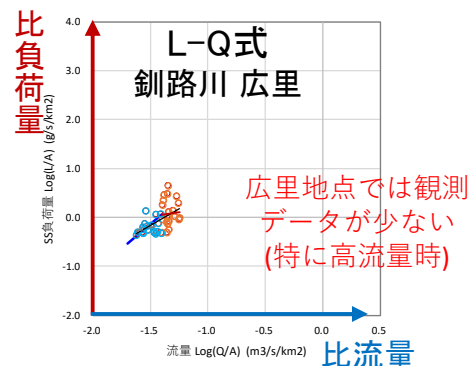
※2002年～2019年の栄養塩調査データに基づく

2. 物質循環を把握するための調査・分析

※前回小委員会指摘事項

(c) 湿原流出部における負荷量の算出

- ・湿原流出部では、広里地点のSS、窒素、リンの観測データが少ないこと等から、愛国浄水場(およそ1.3km上流)データを使用することで負荷量を算出した。

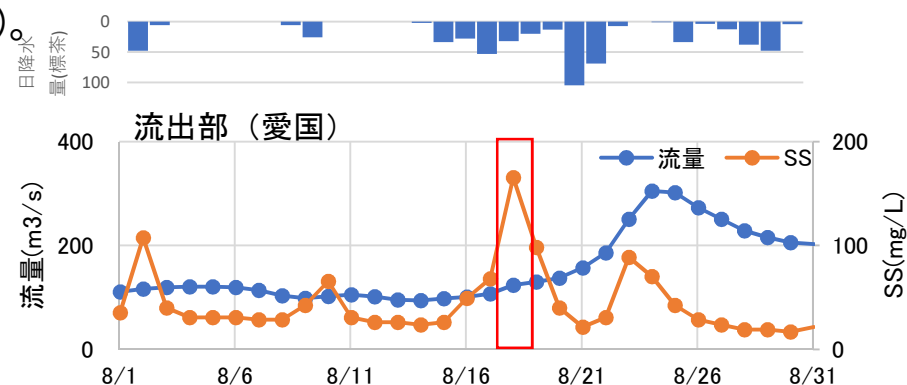
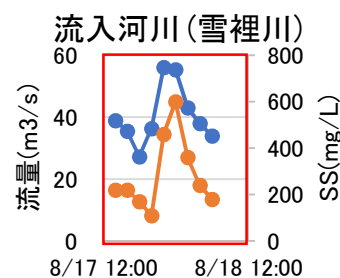
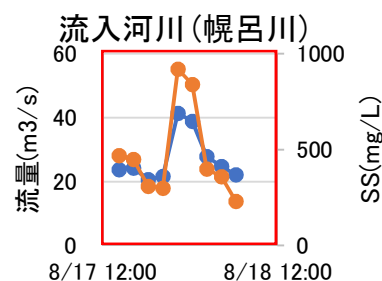


広里地点におけるSSのL-Q式



愛国浄水場位置図

- ・湿原流出部では、湿原流入河川に比べ、河川の濁りと流量とピークは一致していない(2016年8月出水)。



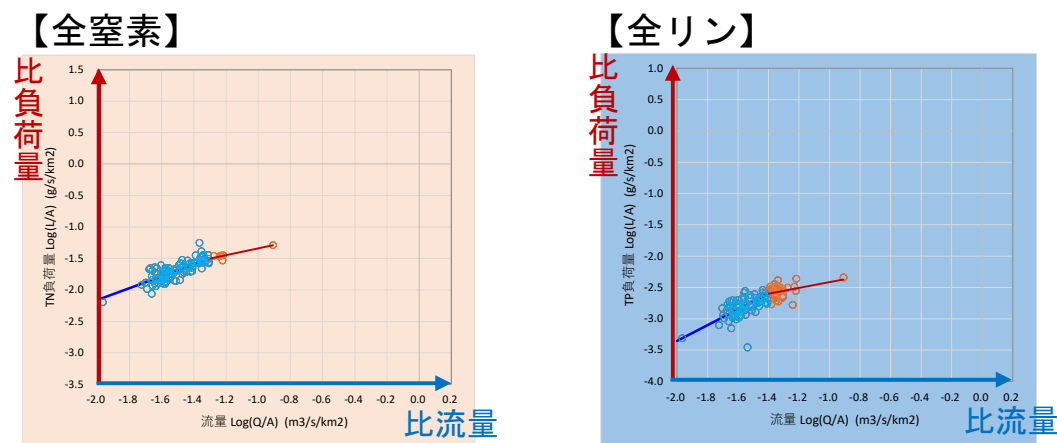
2016年(平成28年)8月出水時における流量とSSの時系列変化

2. 物質循環を把握するための調査・分析

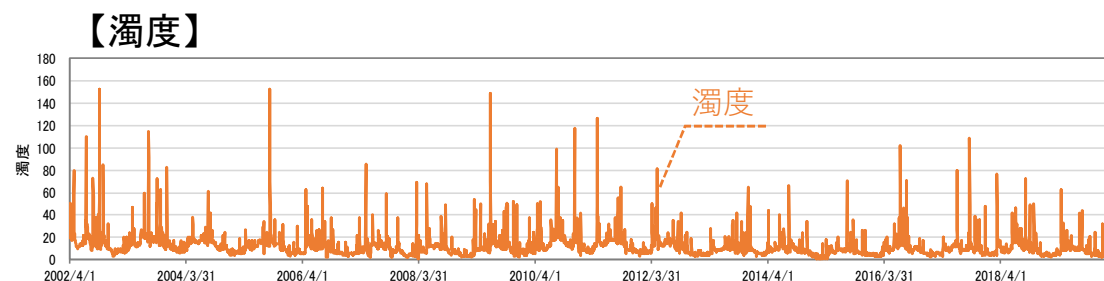
※前回小委員会指摘事項

(c) 湿原流出部における負荷量の算出

- ・ 全窒素、全リンは、愛国浄水場の定期観測(月単位)からL-Q式を求め、負荷量を算出した。
- ・ SSについては、愛国浄水場では濁度(日単位)データがあるため、日負荷量を積算して、年間負荷量を算出した。



愛国浄水場取水口での全窒素、全リンのL-Q式
(毎月の定期観測データ(2002～2018年)から作成)

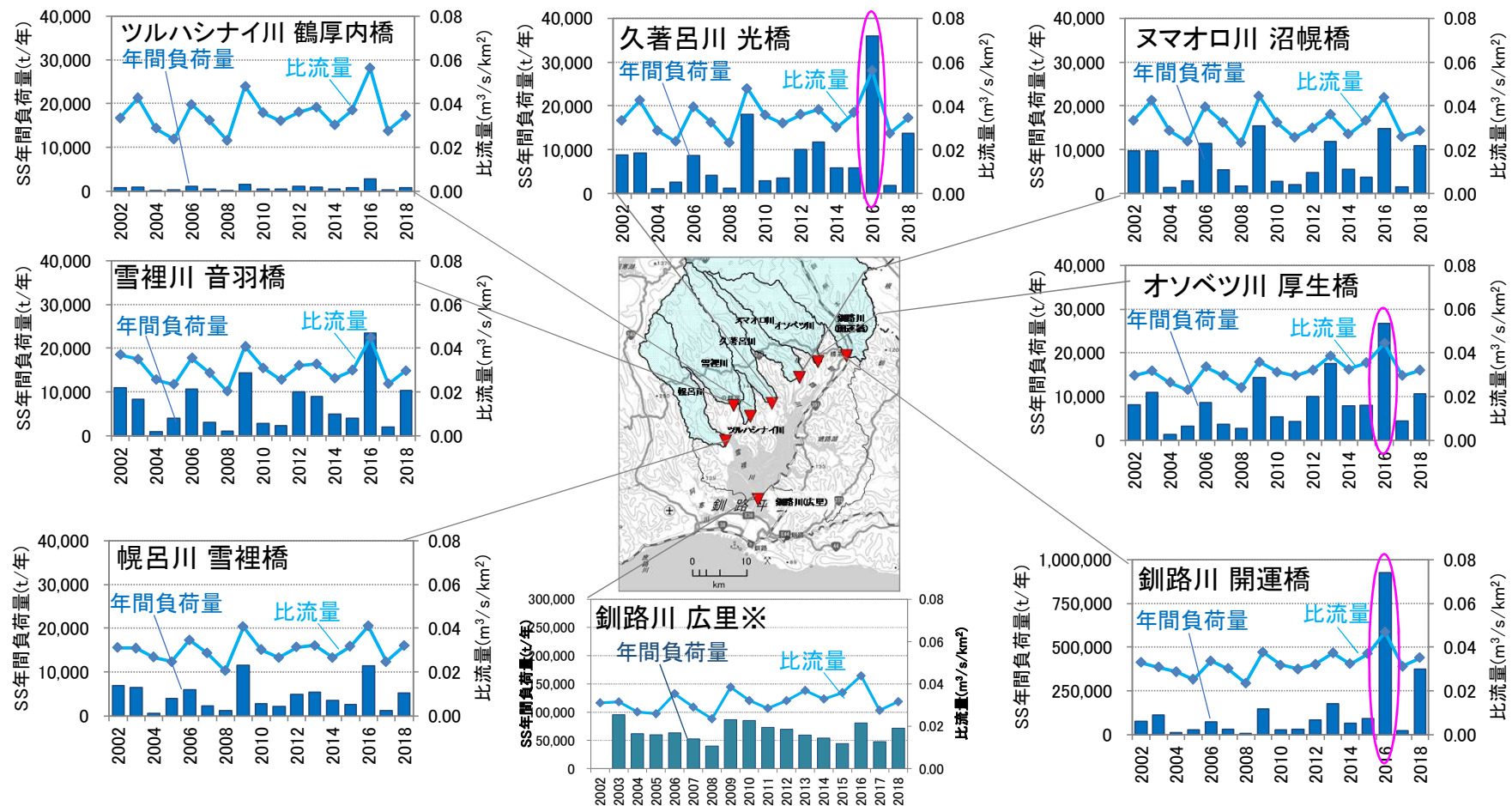


愛国浄水場取水口での濁度連続観測結果(2002年～2018年)

2. 物質循環を把握するための調査・分析

(d) 主要流入河川および流出部の時間的特性

- SS負荷量では、主要流入河川の流量の多い年に負荷量が多く湿原に流入し、特に月降水量が既往観測年を大きく上回った2016年は多くの負荷量が湿原に流入したと推定された。



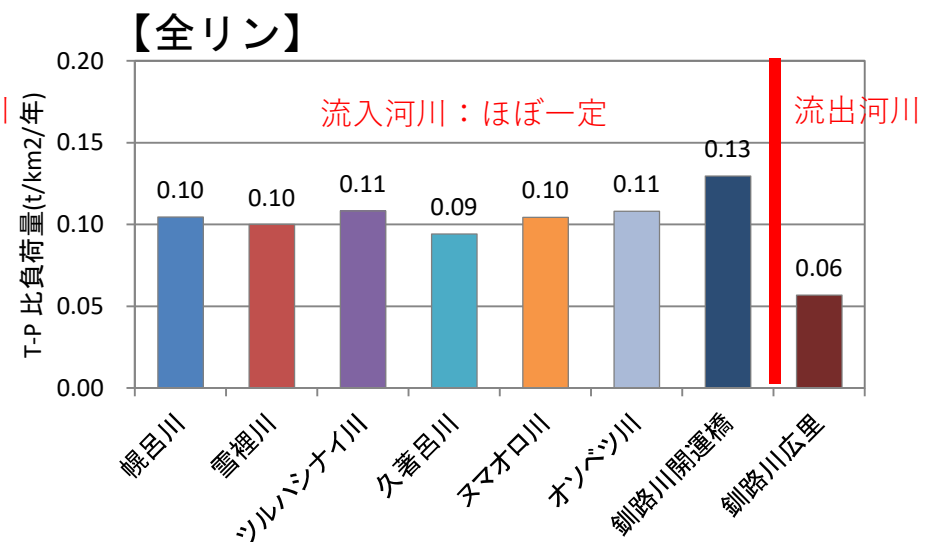
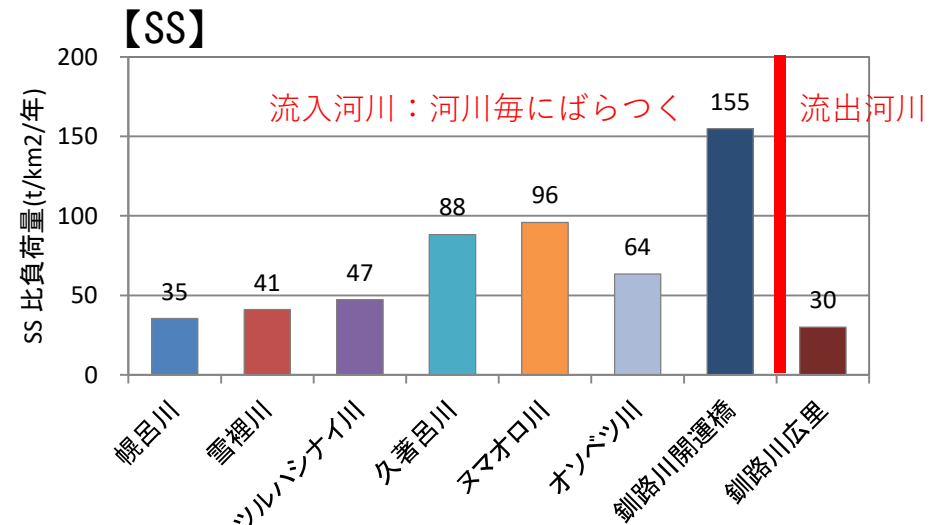
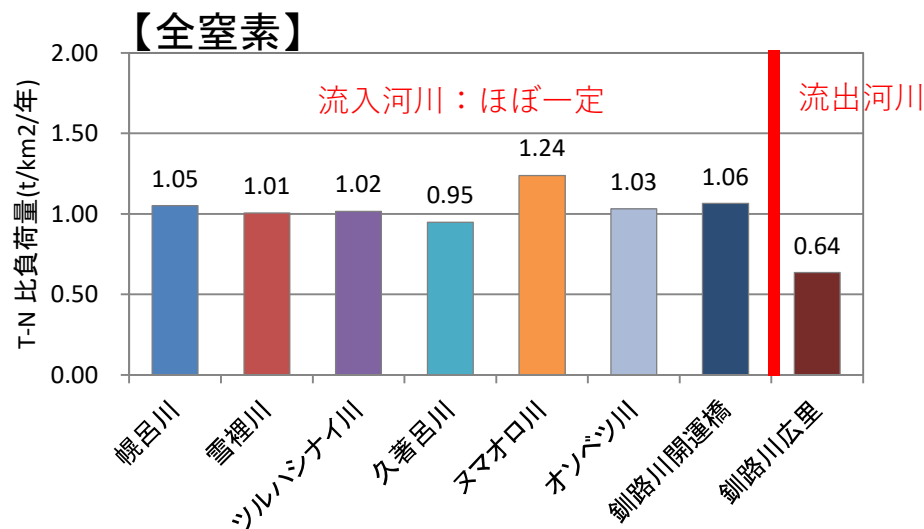
主要流入河川および流出部の年間負荷量 (SS、2002-2018年)

2. 物質循環を把握するための調査・分析

(e) 主要流入河川および流出部の空間的特性

年間比負荷量の比較

- ・ SSは河川毎に比負荷量のばらつきが大きく、釧路川開運橋の比負荷量が最も大きい。
- ・ TN、TPは主要流入河川ではばらつきが小さい。
- ・ 主要流入河川と比較し、流出河川ではSS, TN, TPとも比負荷量が小さい。



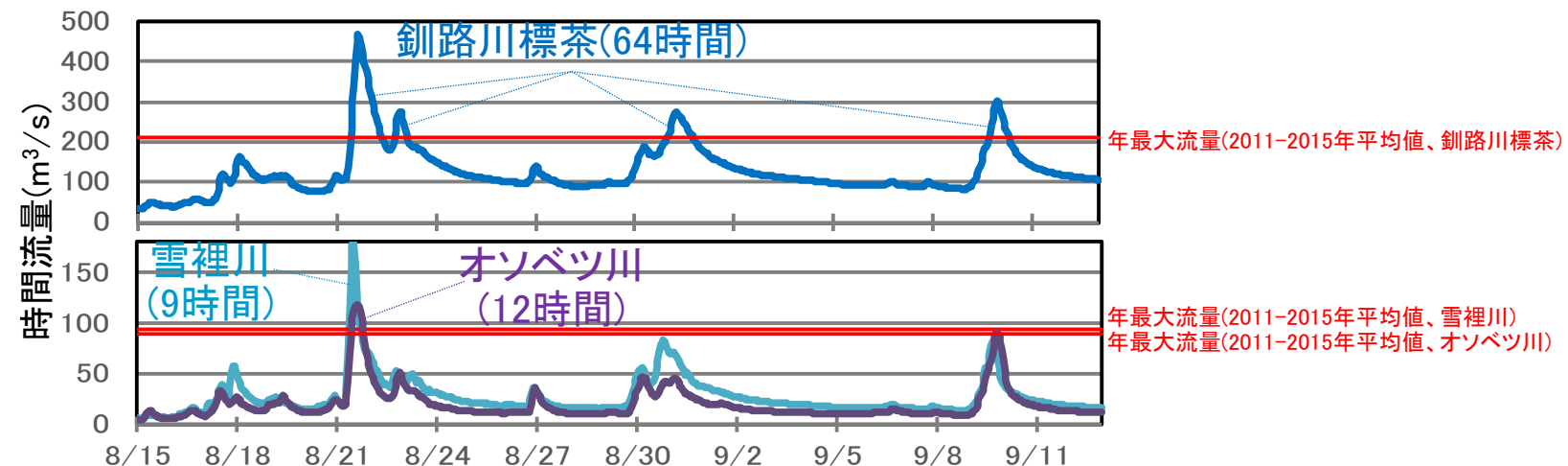
主要流入河川および流出河川の比負荷量

【参考】 出水時における物質の流入特性

流入河川における釧路川本川と支川の違い

- ・ 2016年出水時では、流域面積の大きい釧路川の洪水継続時間が他支川より長く、河川流量の増加が年間負荷量の増加に寄与していたと示唆される。

→洪水継続時間が長くなる本川が主要支川と比較して大洪水時の負荷量が大きくなる傾向がある。



2016年8月出水時の時間流量の変化

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

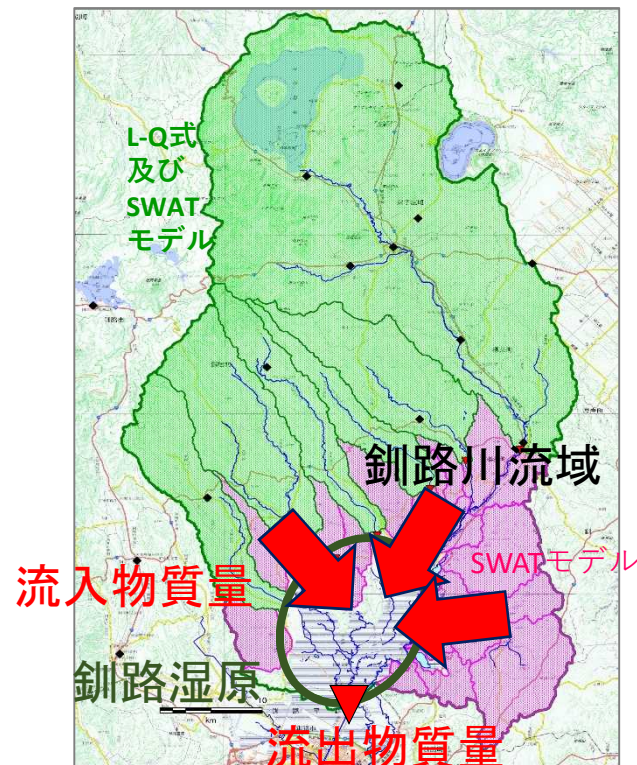
目的

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

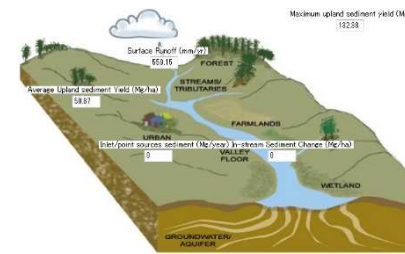
実施内容

水とともに湿原に流入する物質の量を数値モデルを用いて把握した。

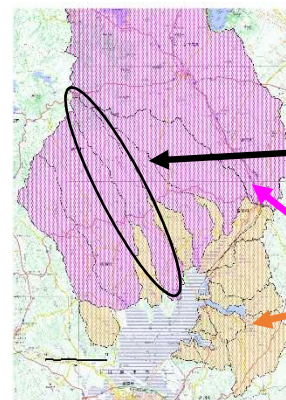
対象：湿原流入河川全域（現地調査では主要な河川しか把握できない）



モデルの作成



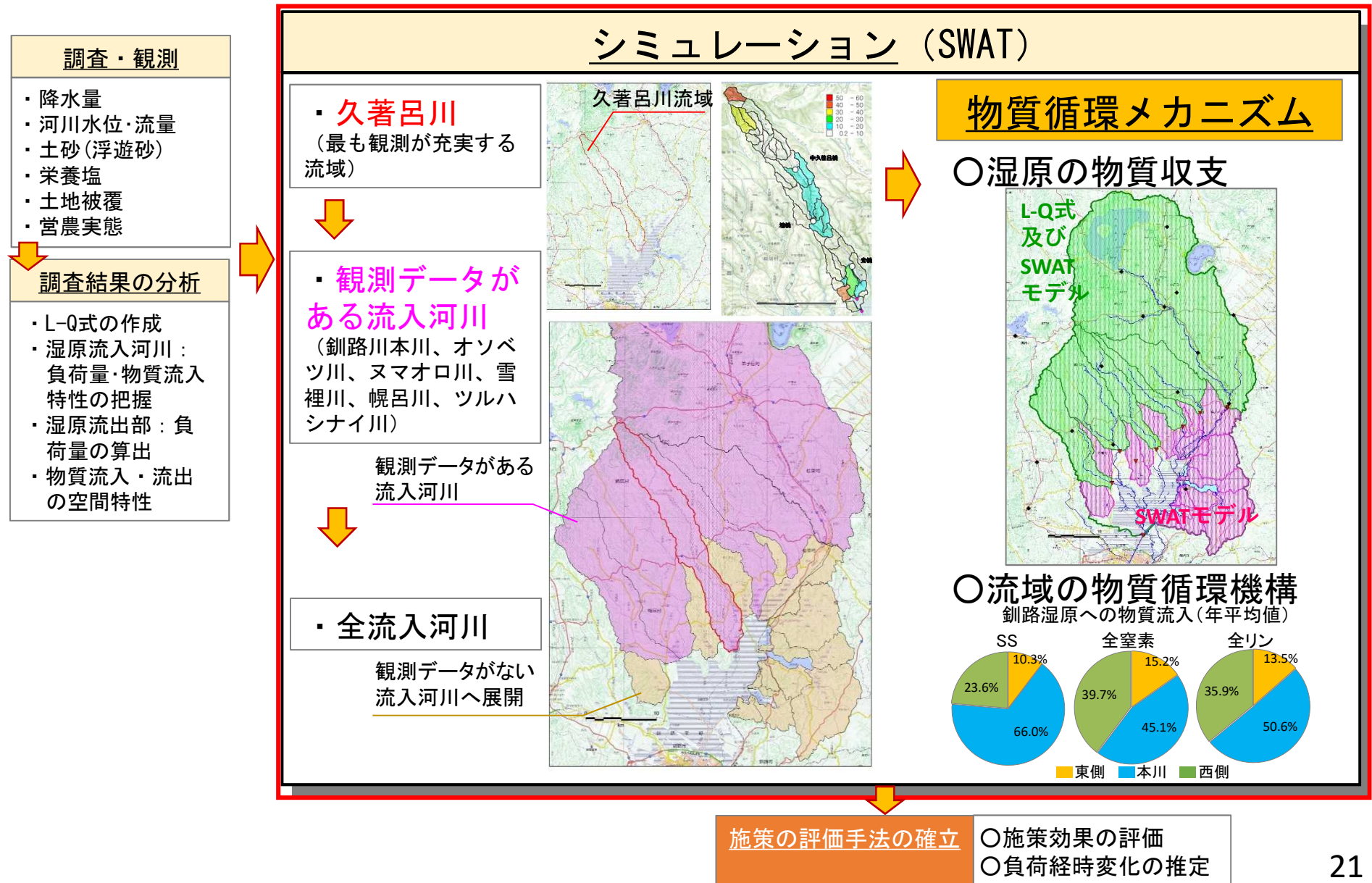
物質循環
数値モデル



- ①観測データが最も充実している久著呂川流域での作成
- ②観測データがある小流域へ展開
- ③観測データの無い流域へ展開

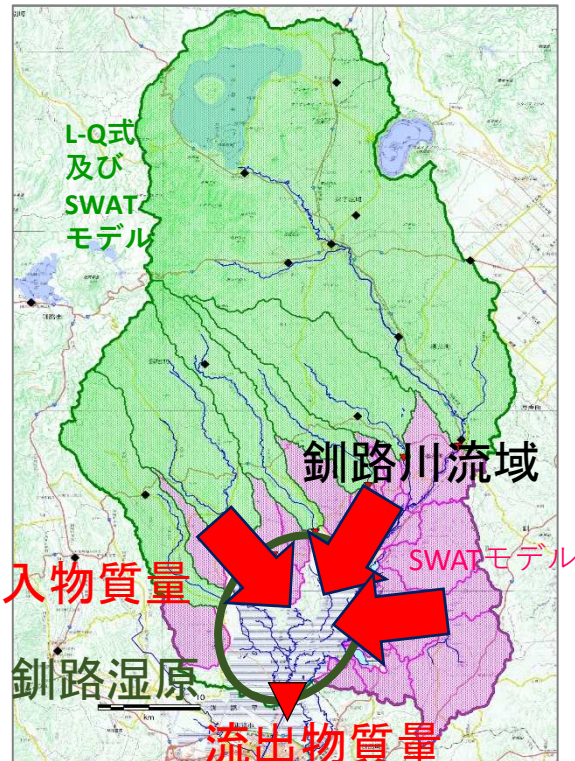
3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

釧路川流域全体の物質循環メカニズムを解明するために数値モデルを導入



3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

《概要》数値モデルの解析で分かったこと



鉏路湿原の物質収支(千トン/年)

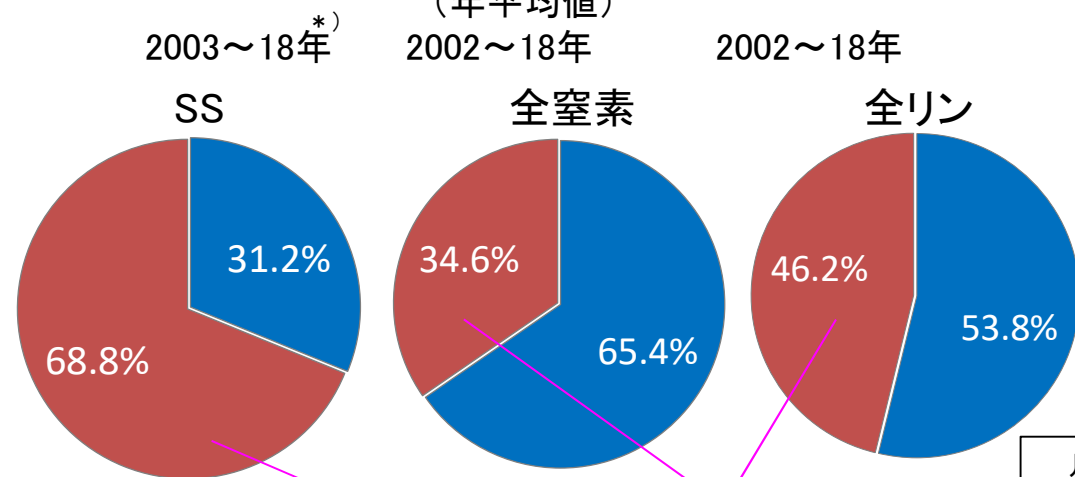
(年平均値)

	2003～18年	2002～18年	2002～18年
	SS *2	全窒素	全リン
流入量	209.58	2.11	0.23
流出量*1	65.33	1.38	0.12
貯留量	144.25	0.73	0.11

- ・1年間に土砂(SS)は約21万トン程度流入(10トンダンプ約21,000台)

鉏路湿原への貯留・流出割合

(年平均値)



- ・土砂は7割程度、栄養塩は4割程度が湿原に堆積と推定。



*) 2002年SS流出量は、データ不足のため算出していない。

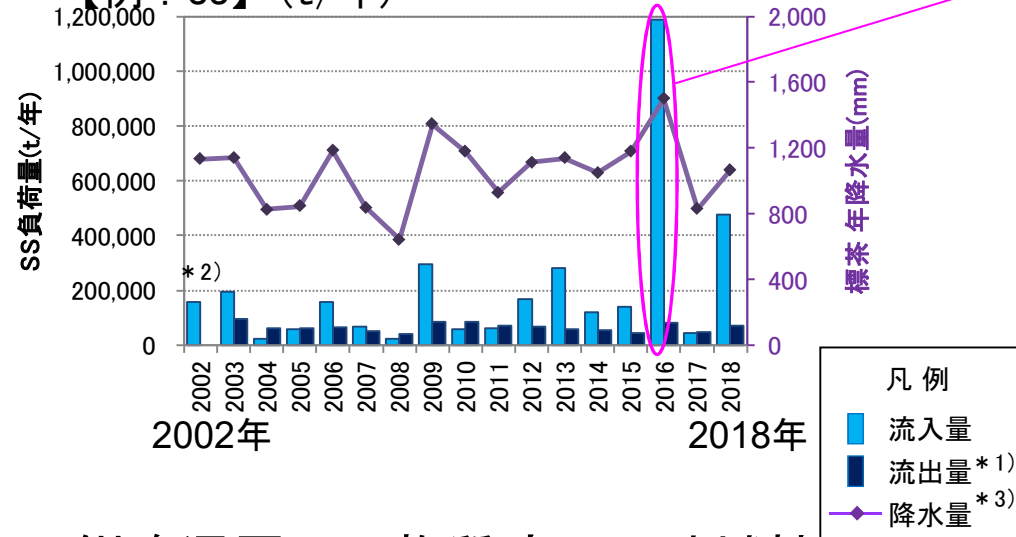
3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

《概要》

数値モデルの解析で分かったこと

釧路湿原への物質収支の時間変化

【例：SS】(t/年)

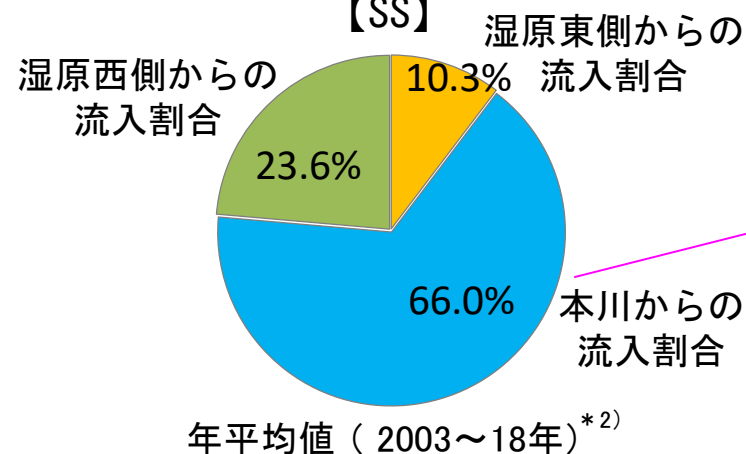


・大規模出水のあった2016年には、およそ8年分の土砂が一気に流入。

・湿原流出量の年変動は少なく、SSは、2009年、2013年、2016年、2018年に流入量が流出量の2倍以上となっている。

釧路湿原への物質流入の地域性

【SS】



・湿原へ流入する物質(土砂、栄養塩)の割合は、面積が大きい釧路川本川が多い。

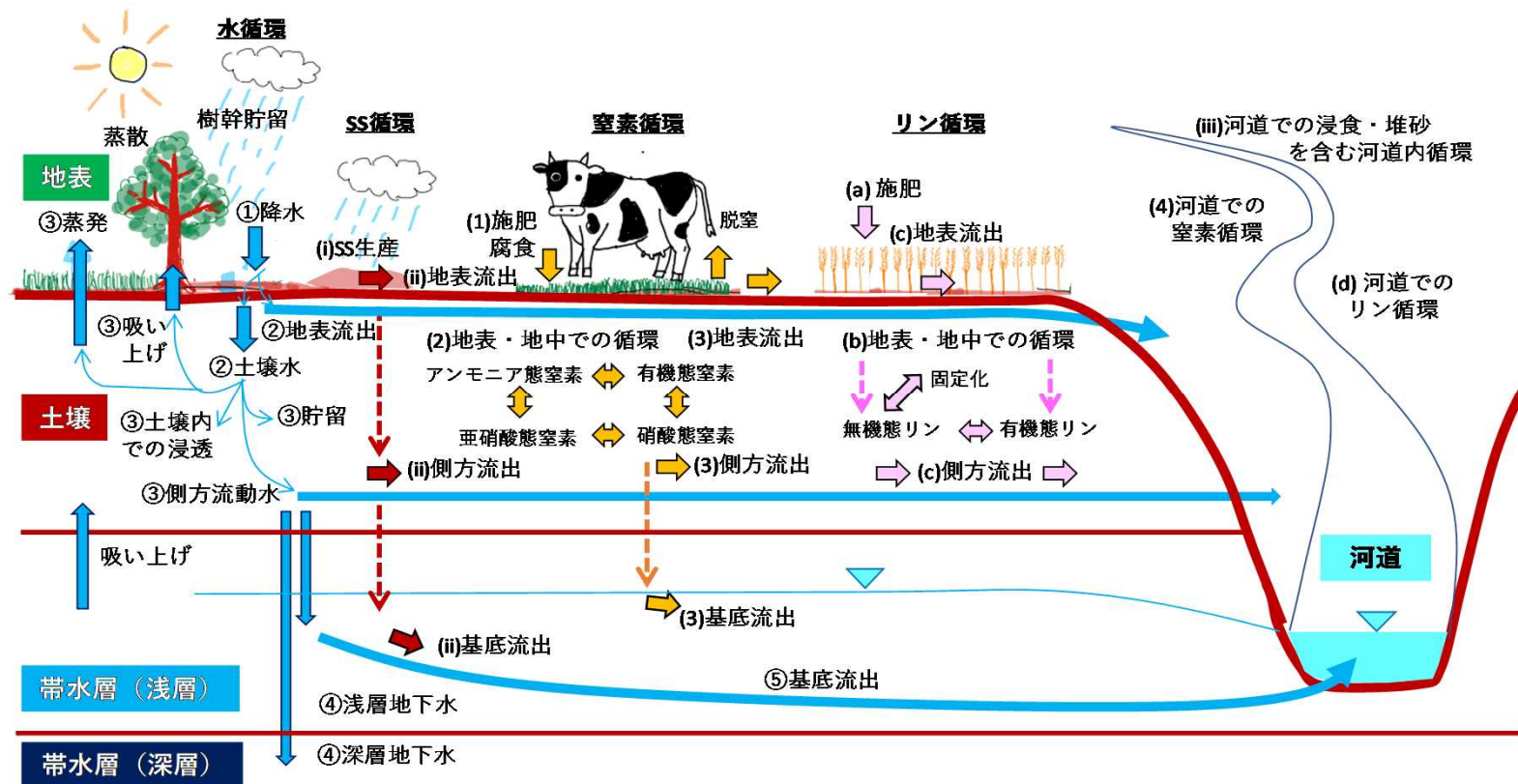
* 1) 流出量は愛国浄水場取水口のデータを広里に変換して適用。* 2) 2002年SS流出量は、データ不足のため算出していない。* 3) 気象庁「標茶」

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(1) SWATモデルの作成

(a) 数値モデル (SWAT) の概要

- ・ 物質循環現象の再現で多くの実績を有するSWAT (Soil and Water Assessment Tool) を用いて釧路湿原の物質循環モデルを作成し、物質循環現象の再現と評価を行った。
- ・ SWATはテキサスA&M大学, Blackland研究所及び米国農務省 (USDA) が開発したオープンソースの準分布型水文流出モデルであり、懸濁態が考慮可能で国内で実績がある数少ないシミュレーターの一つである。



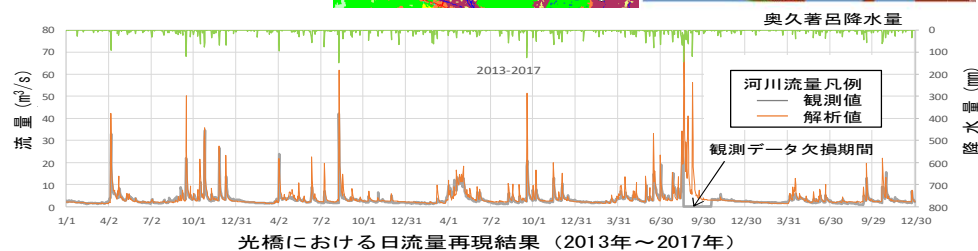
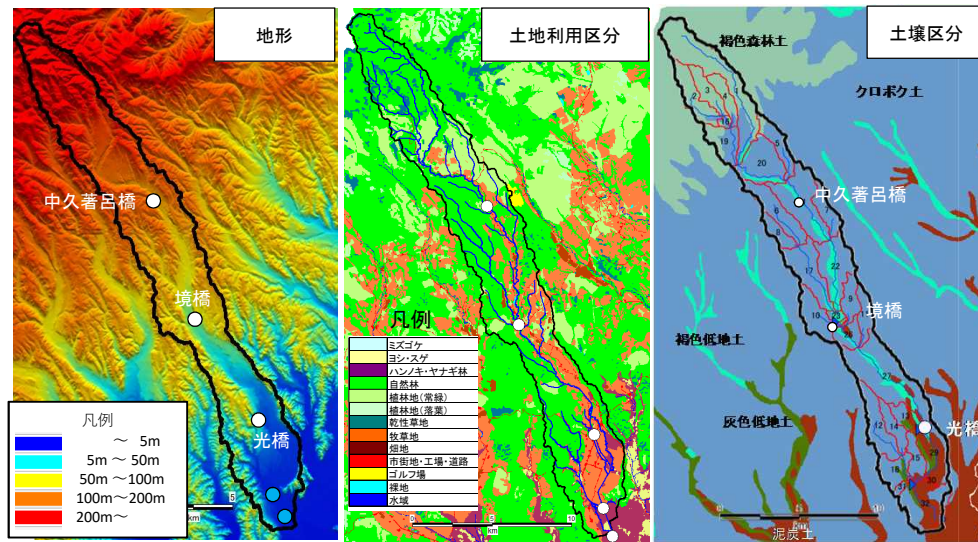
SWAT概要図

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(1)SWATモデルの作成

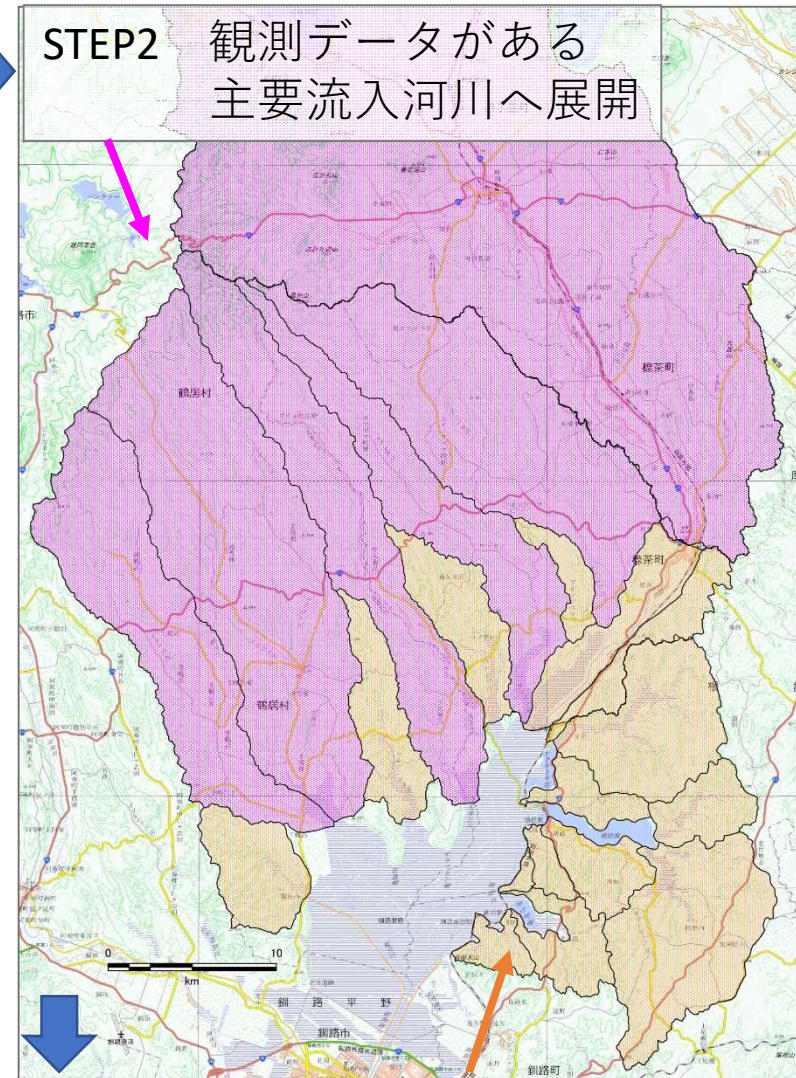
(b) 数値モデル (SWAT) 作成手順

STEP1 観測データが最も充実している
久著呂川流域への適用



項目	出典
地形	「基盤地図情報数値標高モデル」(国土地理院)
土地利用区分	「平成12年度釧路川外土地利用調査検討業務」調査報告書(平成13年3月)
土壌区分	「20万分の1土地分類基本調査」(国土交通省)

STEP2 観測データがある
主要流入河川へ展開



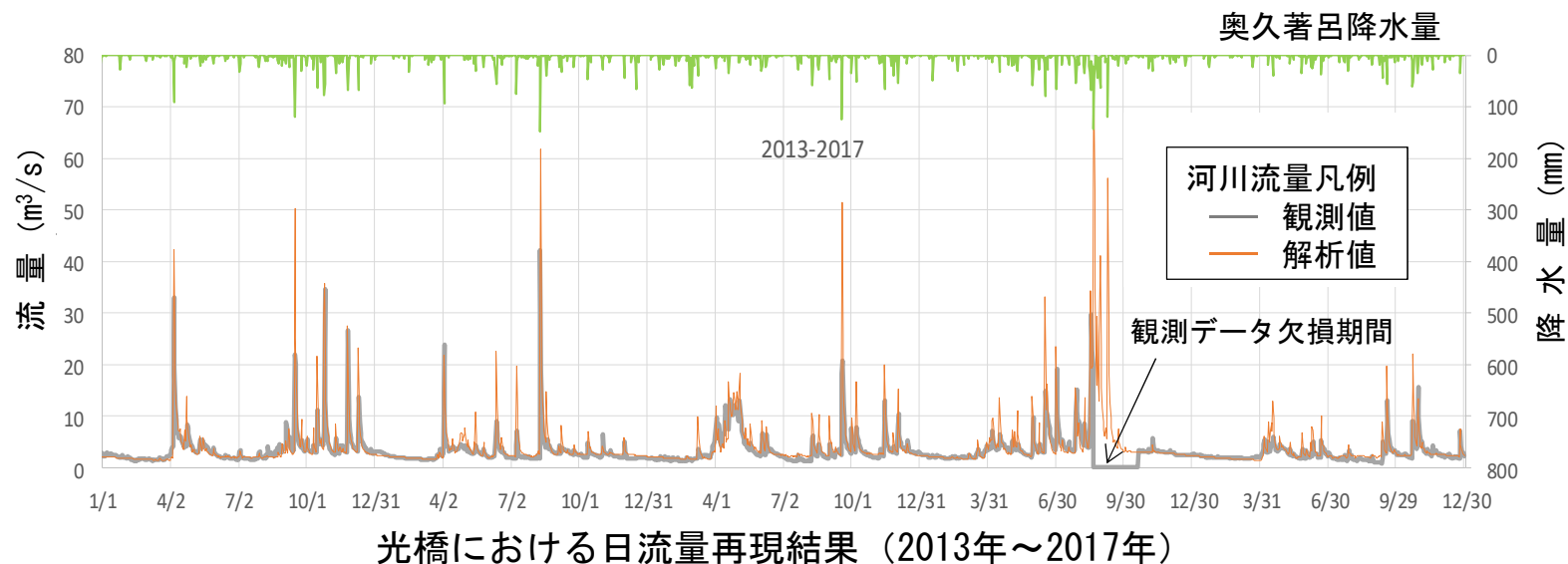
STEP3 観測データがない
流入河川へ展開

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(1)SWATモデルの作成

(c) 久著呂川SWATモデルの再現性の確認

- ・モデルの再現性は、河川流量と負荷量で確認した。
- ・久著呂川モデルでは観測流量の再現性はNS係数で0.73、L-Q式で算出した年間負荷量との違いは、2%~4%程度であった。



SWATモデルにおける流量の再現性の評価ランク

Nash-Satclife効率係数

$$NS = 1 - \frac{\sum_i (Q_m - Q_s)_i^2}{\sum_i (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2}$$

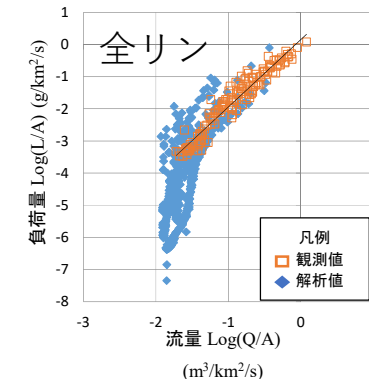
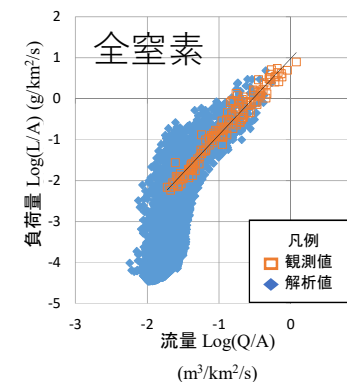
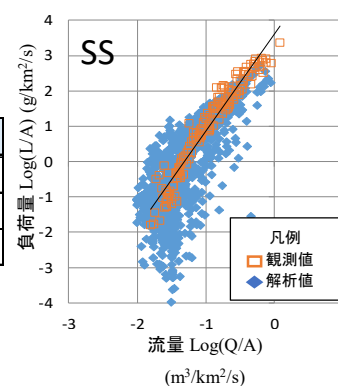
観測値のばらつきに対する観測値と解析値の差分の大きさ

評価ランク	Nash-Satcliffe効率係数
大変良い	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

流域	物質	単位	L-Q式	SWAT	SWAT/LQ
久著呂川	SS	ton/年	8218	8518	103.6%
	全窒素	ton/年	91208	92898	101.9%
	全リン	ton/年	8991	9207	102.4%

光橋における年間負荷量の比較
(2002年~2017年の平均値)

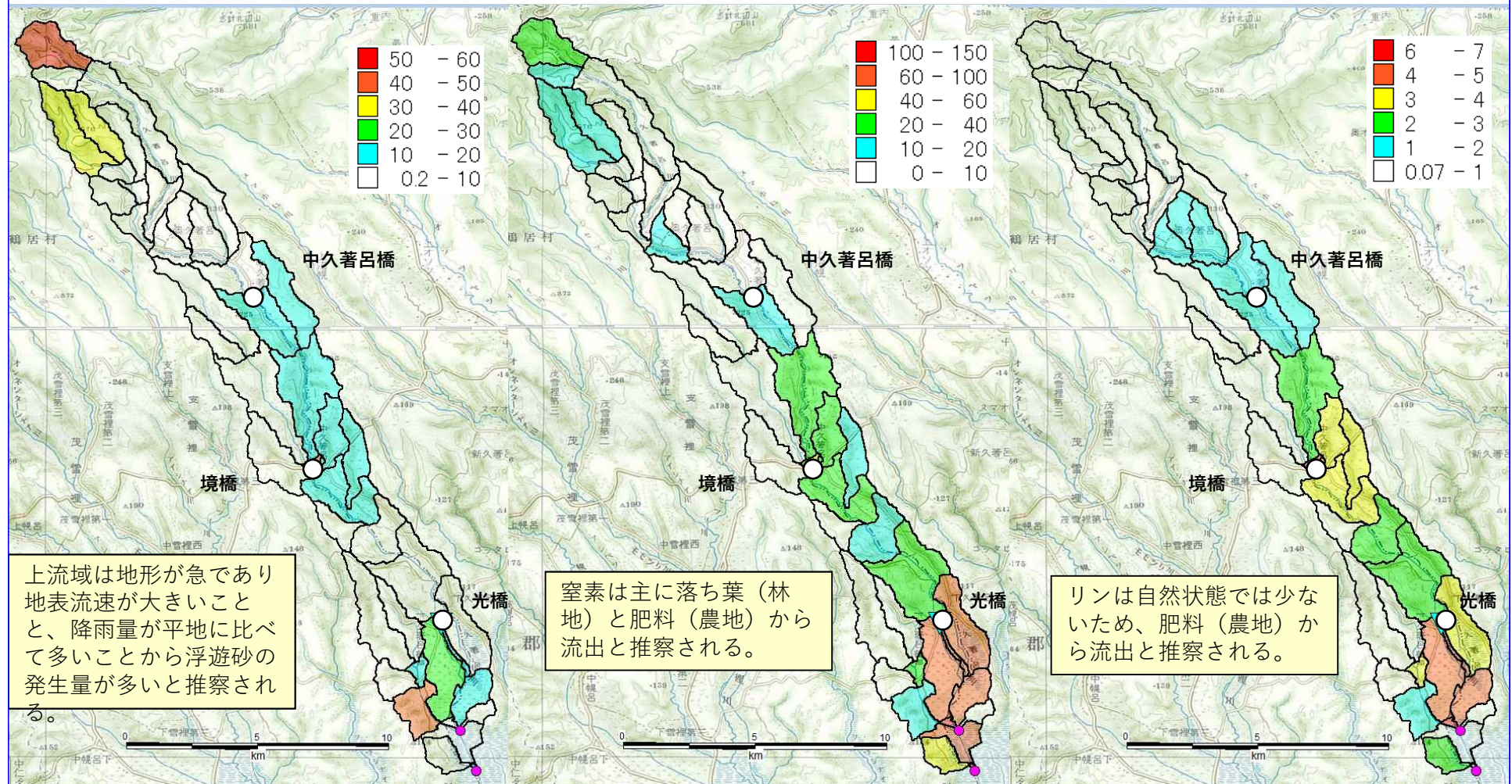


光橋における比負荷量の再現結果 (2002年~2017)

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(1)SWATモデルの作成

(d) 久著呂川SWATモデルによる流出負荷量推定結果



土砂生産分布 (ton/ha/年)

全窒素生産分布 (ton/ha/年)

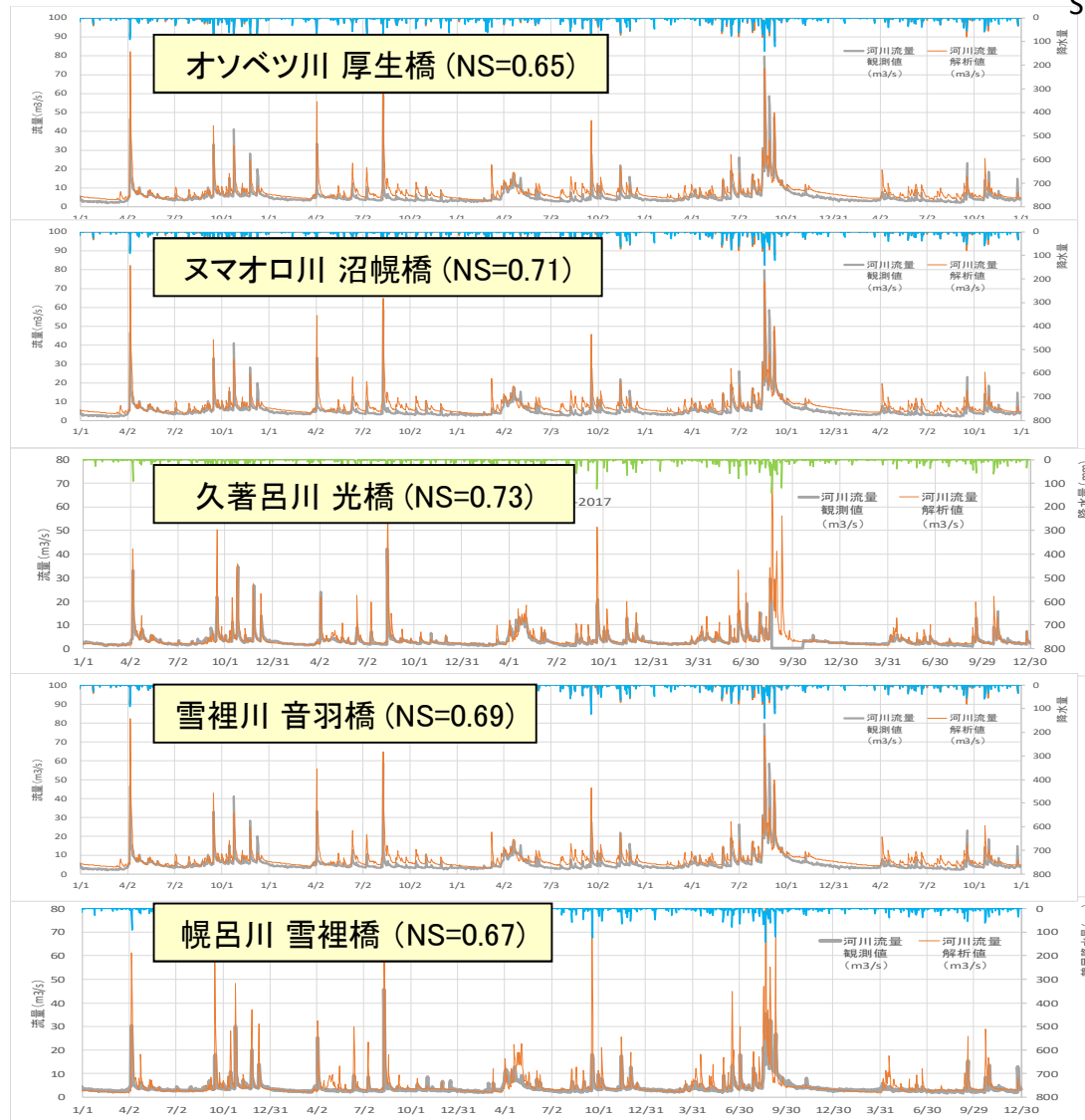
全リン生産分布 (ton/ha/年)

SWATによる2016年出水時の挙動推定 (久著呂川)

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(1)SWATモデルの作成

(e) 観測データがある主要流入河川のSWATモデル作成



SWATによる河川流量の再現状況
(2013-2017)

SWATモデルにおける流量の再現性の
評価ランク (Moriiasi et a. (2007))

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

流域	物質	単位	L-Q式	SWAT	SWAT/LQ
オソベツ川	SS	ton/年	8590	7954	92.6%
	全窒素	kg/年	141205	133443	94.5%
	全リン	kg/年	14765	14020	95.0%
ヌマオロ川	SS	ton/年	6540	6036	92.3%
	全窒素	ton/年	84975	79254	93.3%
	全リン	ton/年	7194	6677	92.8%
久著呂川	SS	ton/年	8218	8518	103.6%
	全窒素	ton/年	91208	92898	101.9%
	全リン	ton/年	8991	9207	102.4%
雪裡川	SS	ton/年	6986	6488	92.9%
	全窒素	ton/年	169973	162389	95.5%
	全リン	ton/年	16856	16043	95.2%
幌呂川	SS	ton/年	4590	4173	90.9%
	全窒素	ton/年	132748	124486	93.8%
	全リン	ton/年	13184	12117	91.9%
釧路川本川	SS	ton/年	119655	104582	87.4%
	全窒素	ton/年	938955	853830	90.9%
	全リン	ton/年	114732	106391	92.7%

SWATによる年間負荷量の再現状況
(2013-2017)

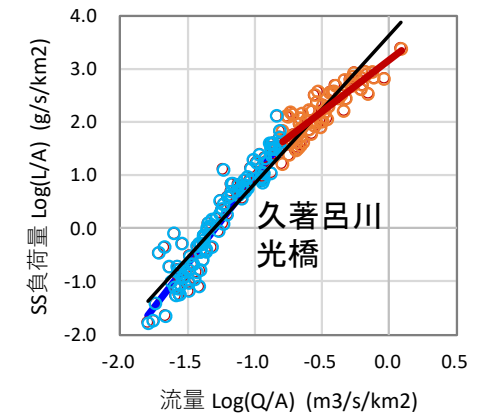
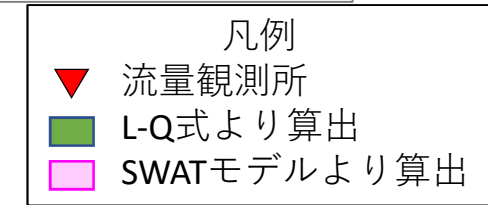
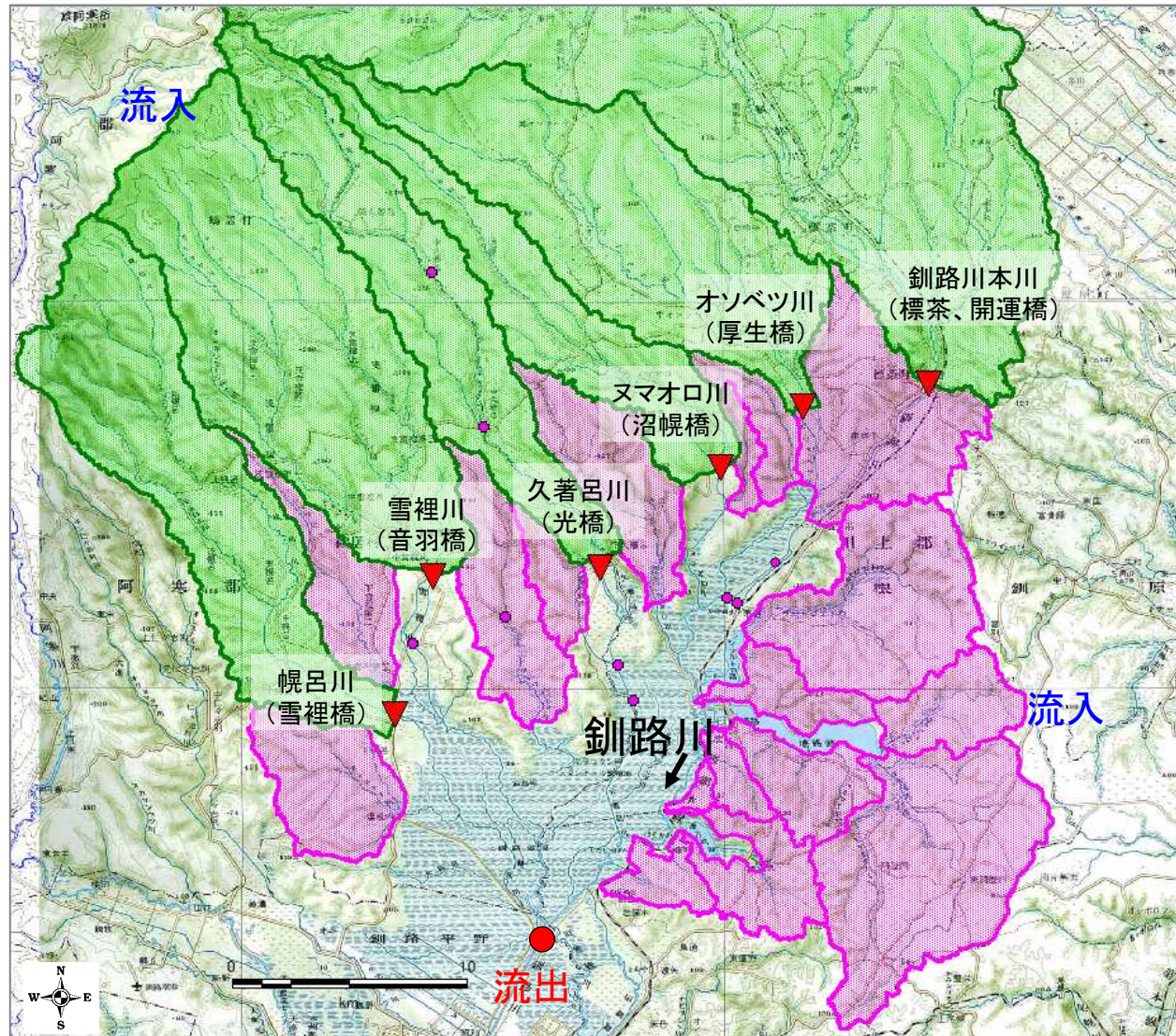
3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(2)物質循環メカニズム

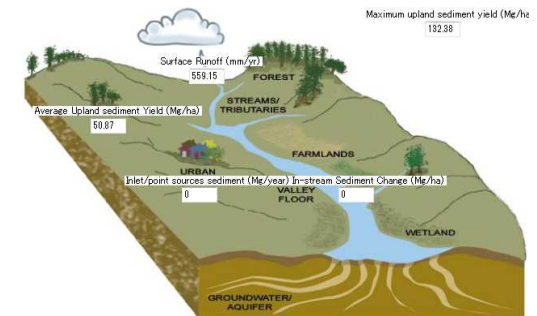
(a) 釧路湿原における物質収支算出方法

栄養塩の観測値が十分にある流入河川 ⇒ L-Q式より算出

栄養塩の観測値が十分でない流入河川 ⇒ SWATモデルより算出



L-Q式



SWATモデル

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(2)物質循環メカニズム

(b) 釧路湿原における物質収支

釧路湿原の物質収支(千トン/年)

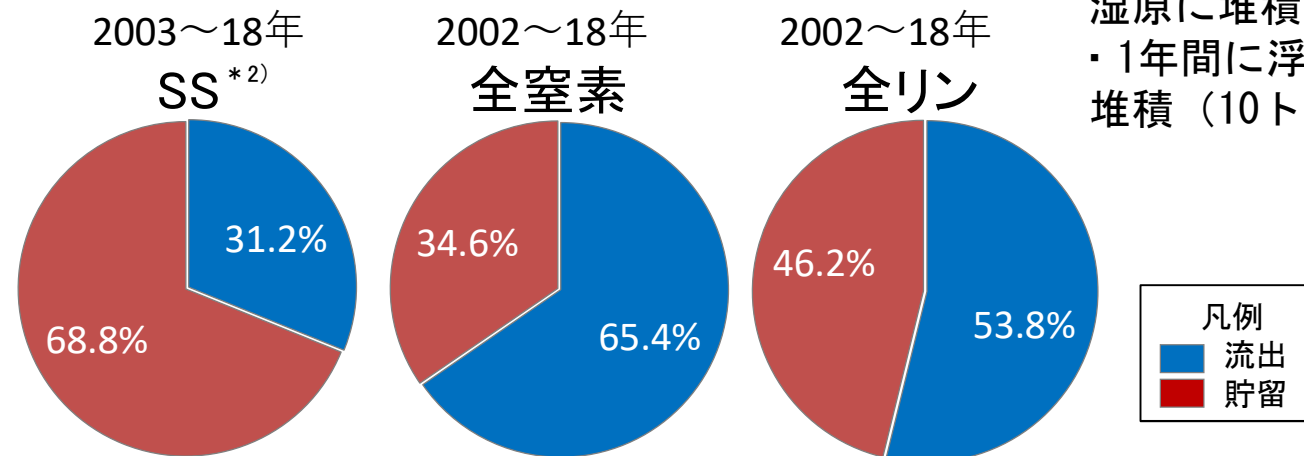
(年平均値)

	2003～18	2002～18	2002～18
	SS *2	全窒素	全リン
流入量	209.58	2.11	0.23
流出量 *1	65.33	1.38	0.12
貯留量	144.25	0.73	0.11

- ・ いずれの物質も収支が正(プラス)であり湿原内に物質が貯留されている。
- ・ SSは、流出量に対し湿原に貯留される量が多い。

釧路湿原への貯留・流出割合

(年平均値)



- ・ 全体の負荷流入量を計算した結果、土砂は7割程度、栄養塩は4割程度が湿原に堆積と推定。
- ・ 1年間に浮遊砂は約14.4万トン程度堆積(10トンダンプ14,000台)。

* 1) 流出量は愛国浄水場取水口のデータを広里に変換して適用。* 2) 2002年流出部のSSデータ不足のため、SSは2003～18年の平均値。

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(2)物質循環メカニズム

(b) 釧路湿原における物質収支

年	SS(トン/年)			全窒素(トン/年)			全リン(トン/年)		
	流入	流出* ¹⁾	収支	流入	流出* ¹⁾	収支	流入	流出* ¹⁾	収支
2002	157,711	* ²⁾		2,073	1,350	723	219	120	99
2003	194,319	95,503	98,815	2,148	1,362	787	220	122	98
2004	22,848	61,649	-38,801	1,161	1,195	-34	92	105	-13
2005	56,564	60,060	-3,496	1,082	1,153	-72	94	100	-5
2006	155,709	63,134	92,575	2,337	1,523	814	250	139	111
2007	66,563	52,474	14,089	1,540	1,283	257	143	113	30
2008	23,367	40,245	-16,878	875	1,061	-186	65	90	-25
2009	293,327	86,661	206,667	3,217	1,632	1,585	373	148	226
2010	57,908	85,307	-27,400	1,614	1,415	199	148	129	19
2011	60,564	73,104	-12,540	1,428	1,257	170	129	111	18
2012	168,467	69,653	98,814	2,219	1,379	839	247	121	126
2013	282,758	59,243	223,515	2,640	1,573	1,068	300	143	157
2014	118,943	53,892	65,051	1,659	1,424	235	164	129	35
2015	141,788	44,239	97,549	2,279	1,548	731	251	141	110
2016	1,188,736	80,747	1,107,990	5,954	1,724	4,230	836	156	680
2017	43,803	47,947	-4,144	1,286	1,225	61	111	108	3
2018	477,636	71,426	406,209	2,375	1,365	1,010	253	123	131
合計	3,353,299	1,045,282	2,308,016	35,887	23,469	12,418	3,895	2,096	1,799
平均	209,581	65,330	144,251	2,111	1,381	730	229	123	106
合計(除2016年)	2,164,562	964,536	1,200,027	29,933	21,745	8,188	3,060	1,940	1,119
平均(除2016年)	144,304	64,302	80,002	1,871	1,359	512	191	121	70

・2002年～2018年では、年平均で
SS 約14.4万トン 全窒素 約730トン 全リン 約106トン
湿原内に貯留されていると推定した。

・2009年、2013年、2016年など大きな出水時に多く湿原内に貯留される傾向がある。

収支>0 :
流入>流出

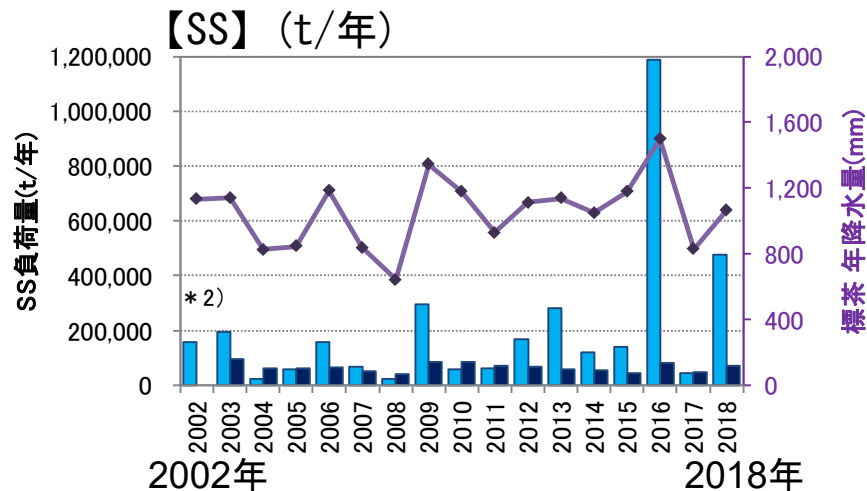
* 1) 流出量は愛国浄水場取水口のデータを広里に変換して適用。 * 2) 2002年SS流出量は、データ不足のため算出していない。

3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

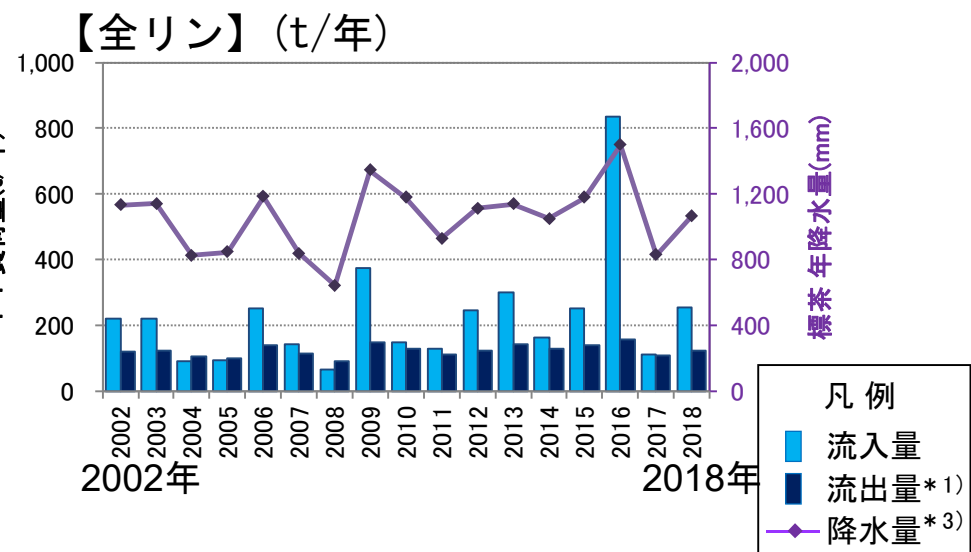
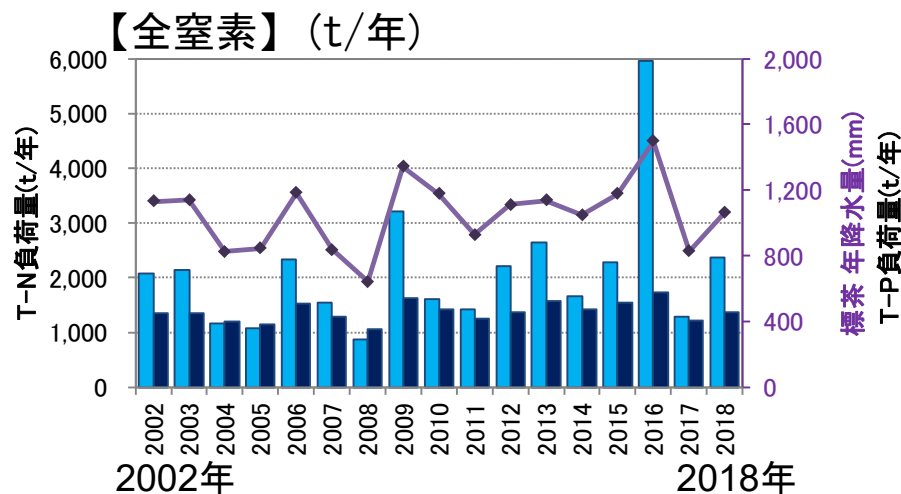
(2)物質循環メカニズム

(c) 流域の物質循環機構

釧路湿原への物質収支の時間変化



- ・2016年の堆積量が著しく多い。
- ・SSは、2009年、2013年、2018年においても、流入量が流出量の2倍以上となっている。
- ・大規模出水のあった2016年には8年分の土砂が一気に流入。



* 1) 流出量は愛国浄水場取水口のデータを広里に変換して適用。* 2) 2002年SS流出量は、データ不足のため算出していない。* 3) 気象庁「標茶」

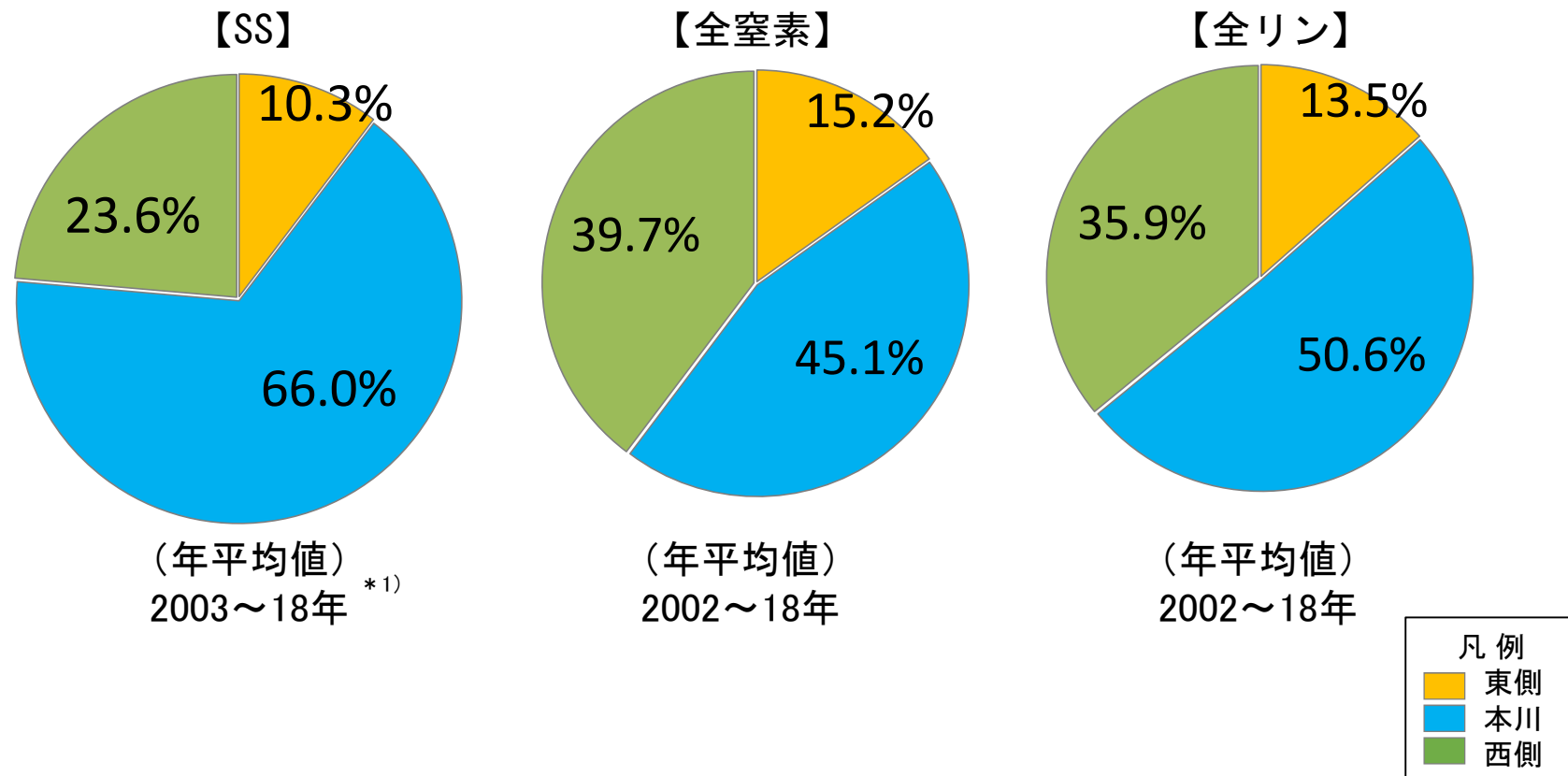
3. 物質循環を把握するための数値モデルの作成

(2)物質循環メカニズム

(c) 流域の物質循環機構

釧路湿原への物質流入の地域性

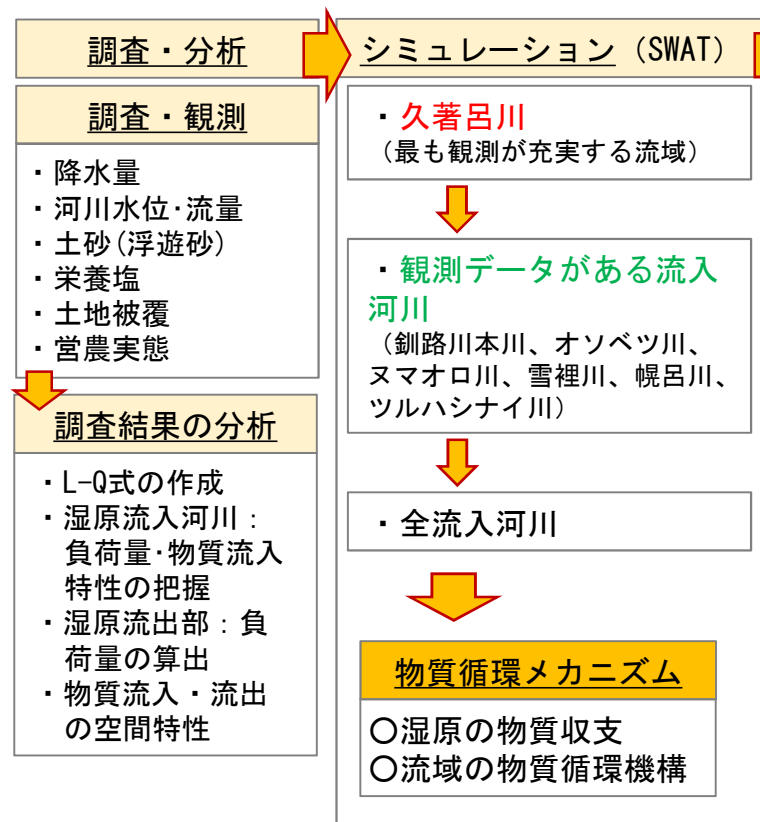
- ・湿原に流入する物質の割合は、流域面積が大きい釧路川本川が多い。
- ・大規模出水のあった2016年には、およそ8年分の土砂が一気に流入。



*1) 2002年流出部のSSデータ不足のため、SSは2003～18年の平均値。

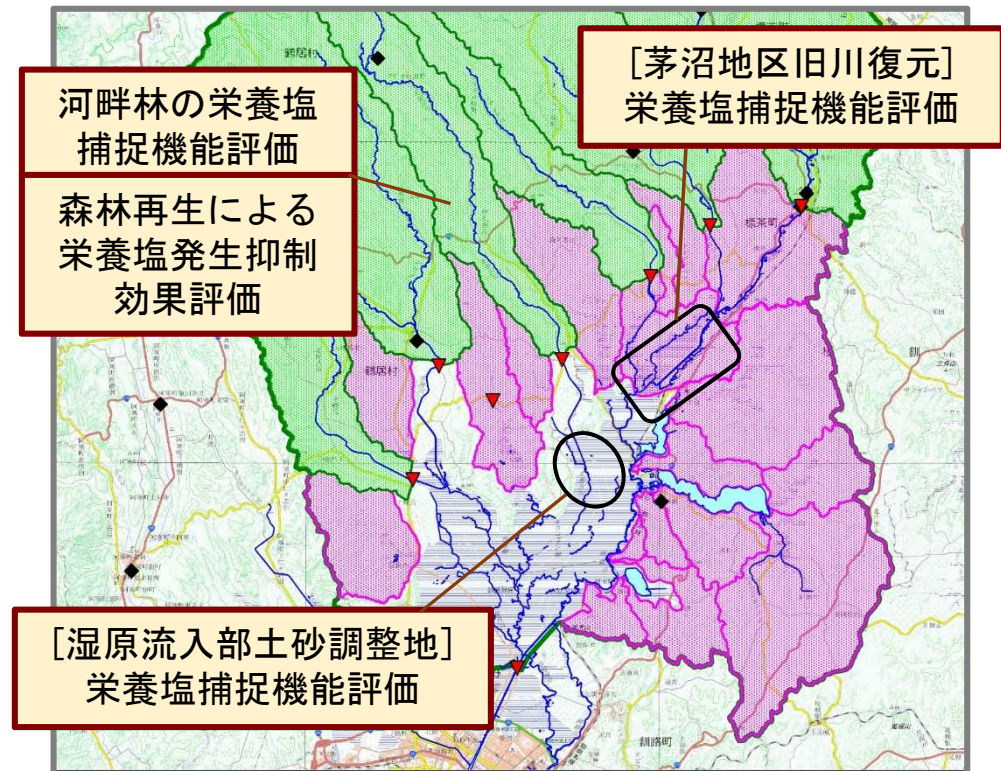
4. 施策評価手法の検討について

4. 施策評価手法の検討について

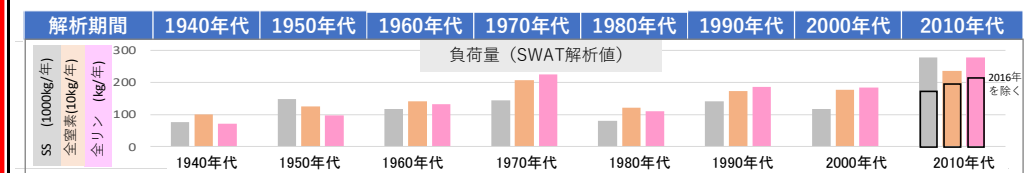


施策の評価手法の確立

○施策効果の評価



○負荷経時変化の推定

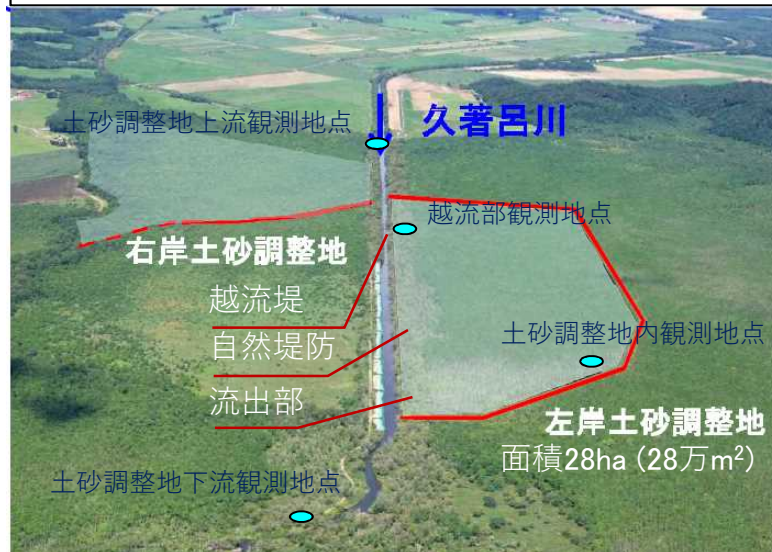


4. 施策評価手法の検討について

施策効果の評価

SWATモデルは、湿原に流入している土砂・栄養塩の評価のほか、現在取り組まれている自然再生事業の手法の検討や評価に適用可能であることを検証し、今後、自然再生事業による効果の検討などにも活用。

久著呂川土砂調整業の効果の評価



茅沼地区旧川復元事業の効果の評価



4. 施策評価手法の検討について

施策効果の評価

作成したSWATモデルは、湿原再生の各種施策の手法の検討や評価に適用可能である。

小委員会	施策	モデル化手法	検証状況	施策評価	適用可能性
河川環境再生	旧川復元	SWATモデルのReservoirオプションの改良。	2016年出水時の再現計算では観測データからの推定値と計算結果はおおむね一致。 (第18回第19回小委員会)	土砂・栄養塩の推定	○
土砂流入	土砂調整地	SWATモデルのReservoirオプションを利用。	2016年出水時の再現計算では観測データからの推定値と計算結果はおおむね一致。 (第16回小委員会)	土砂・栄養塩の推定	○
土砂流入	河畔林	地表面粗度の変更	採草地から森林への土地利用条件変更により、検討対象範囲(約430ha)の浮遊砂生産量は年間約1.5%減少と予測。	土砂・栄養塩の推定	○
森林再生	植林	地表面粗度の変更	植林整備による浮遊物質抑制効果は、検討対象範囲(約280ha)の浮遊砂生産量は年間約1%程度と予測。	土砂・栄養塩の推定	○

検討例を提示

4. 施策評価手法の検討について

(a) 茅沼地区 旧川復元のモデル化

茅沼地区概要図（出水時）

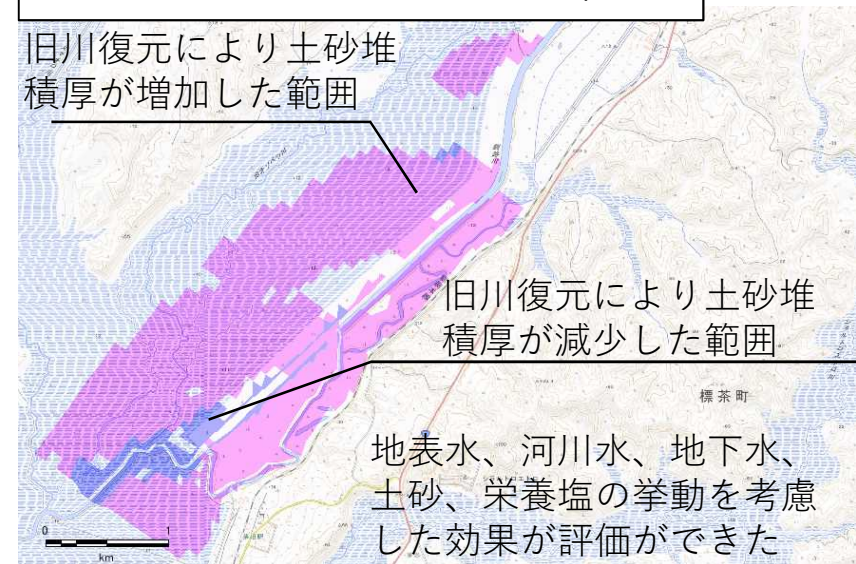


旧川復元による効果評価

旧川復元により土砂堆積厚が増加した範囲

旧川復元により土砂堆積厚が減少した範囲

地表水、河川水、地下水、土砂、栄養塩の挙動を考慮した効果が評価ができた

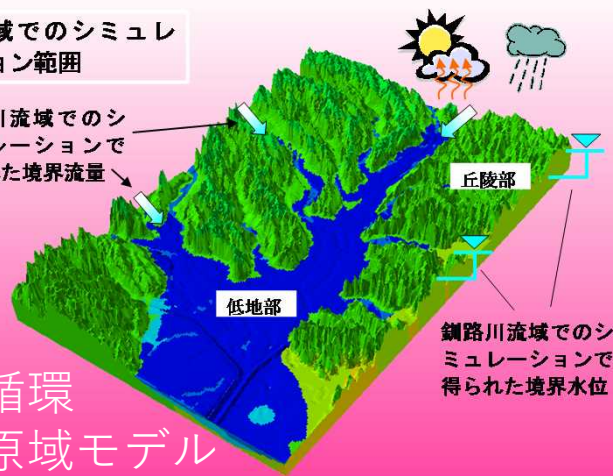


水・物質循環で構築したシミュレーションモデル

湿原域でのシミュレーション範囲

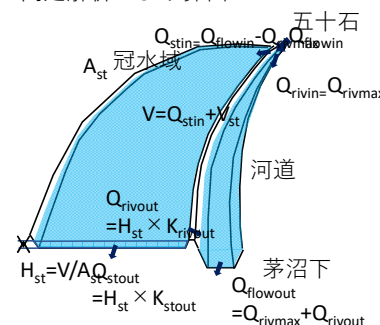
釧路川流域でのシミュレーションで得られた境界流量

水循環
湿原域モデル



+

K_{stout}, K_{rivout} : 五十石下流の水位、茅沼下の流量を再現できる値を同定解析により算出

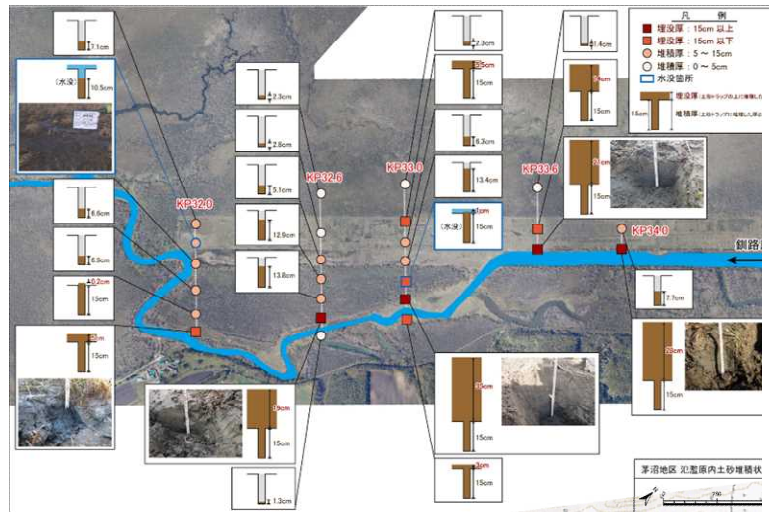


物質循環SWATモデル

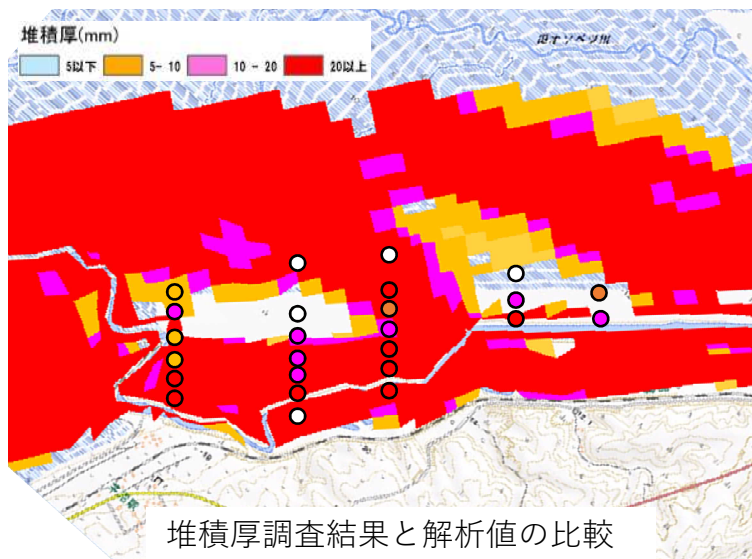
個別施策が湿原域全体の水循環・物質循環に及ぼす効果を評価できるようになる可能性がある。

4. 施策評価手法の検討について

既往検討との整合性確認



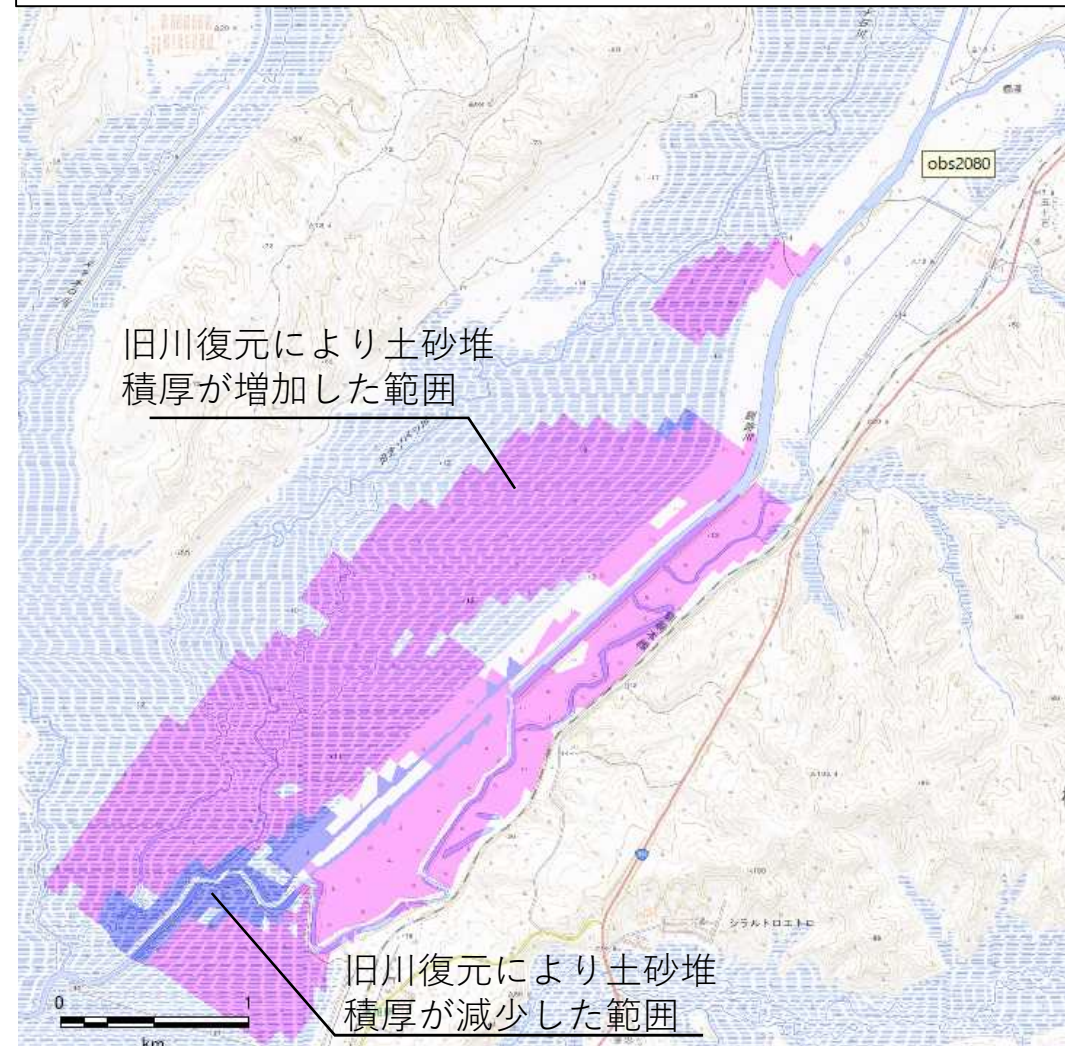
堆積厚調査結果（出典：第26回協議会資料）



堆積厚調査結果と解析値の比較

堆積厚分布はおおむね整合

旧川復元前後の土砂堆積範囲の違い(解析値)



旧川復元範囲全域で土砂堆積厚が増加と推定

4. 施策評価手法の検討について

※前回小委員会指摘事項

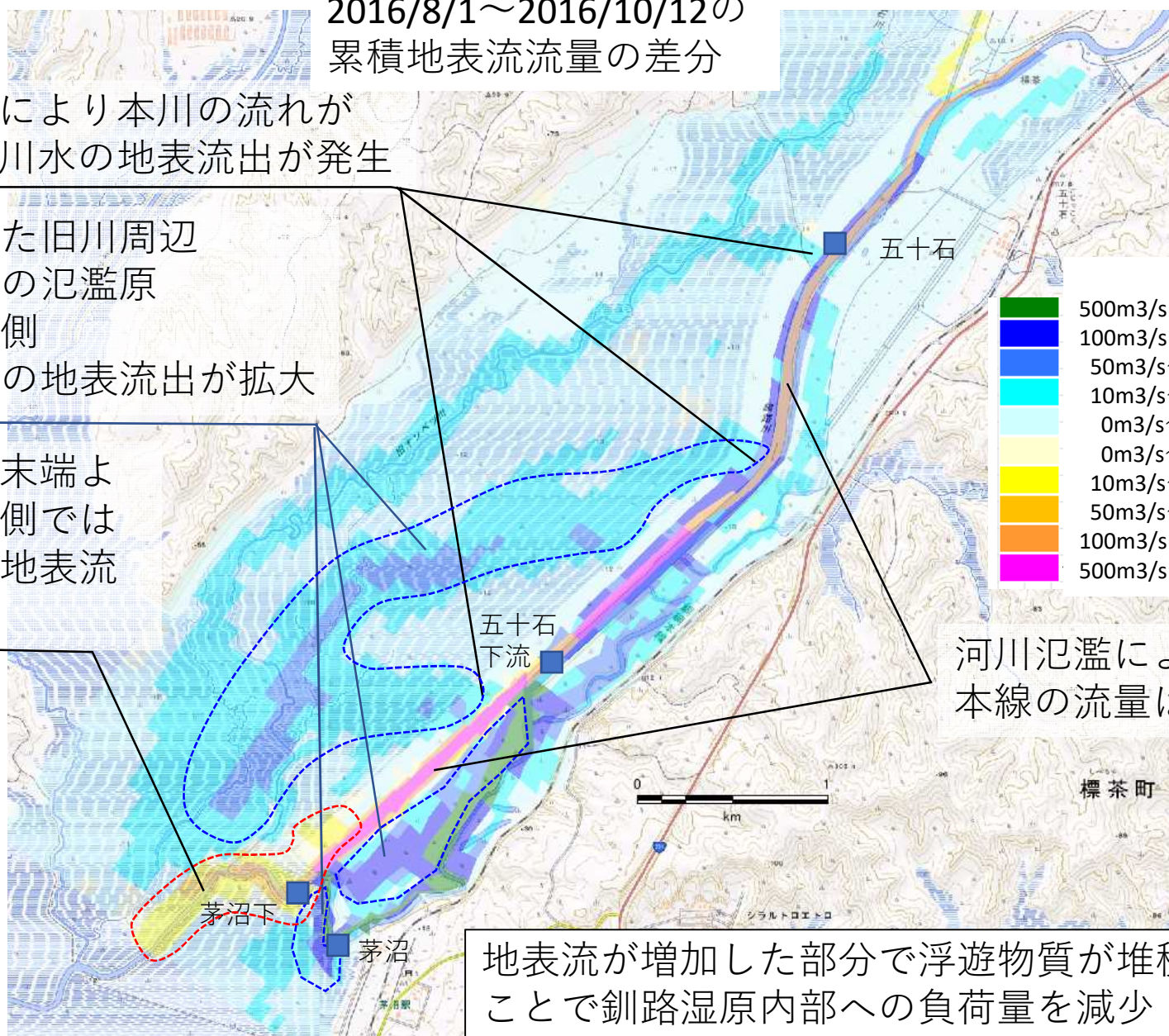
旧川を復元したことによる効果

2016/8/1～2016/10/12の
累積地表流流量の差分

旧川復元により本川の流が
停滞し河川水の地表流出が発生

- ・ 復元した旧川周辺
 - ・ 右岸側の氾濫原
 - ・ 旧川南側
- で河川水の地表流出が拡大

直線河道末端より
も下流側では
河川水の地表流
出が縮小



4. 施策評価手法の検討について

(b) 久著呂川 土砂調整地のモデル化



2016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。
《解析期間:2016/8/16~2016/10/10》



平常時 (H26.5.26)



増水時 (H26.8.12)

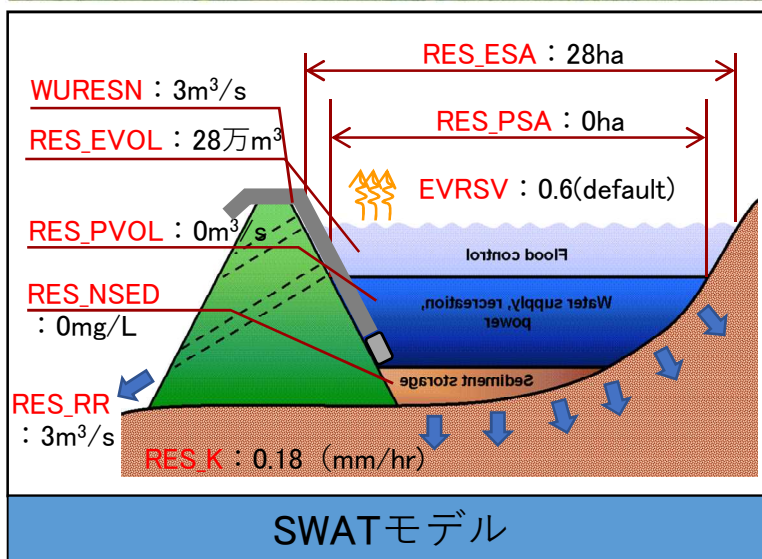
出典：第19回土砂流入小委員会資料（2017年3月）

観測データから推定される
浮遊砂捕捉量：約3,400t

（出典：第22回土砂流入小委員会資料 平成30年1月修正版）

SWATモデルで予測した
浮遊砂捕捉量：約4,800t

久著呂川左岸土砂調整地における2016年8月出水時の土砂捕捉量はほぼ再現できた。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。



5. 今後の展開について

5. 今後の展開について

水循環小委員会の目的と成果目標

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。

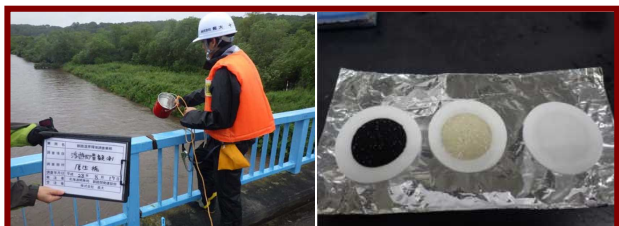
目標③：湿原や湖沼、河川に流入する水質が良好に保たれるように、栄養塩や汚濁物質の負荷を抑制する。

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。

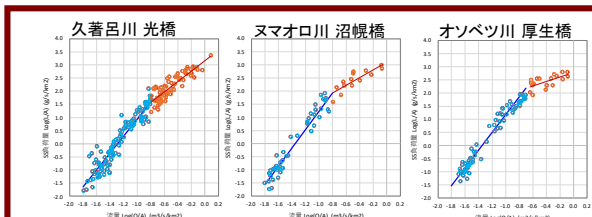
※釧路湿原がラムサール条約(正式名：特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約)の登録湿地に登録された年

5. 今後の展開について

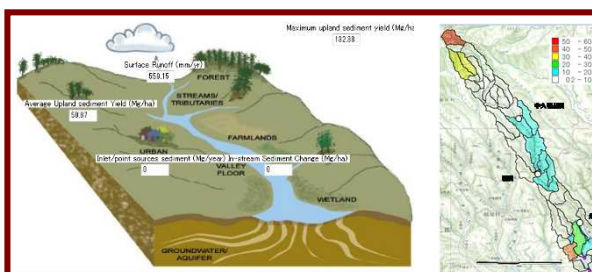
水循環小委員会で取り組んできた主要内容（物質循環）



浮遊砂・栄養塩調査



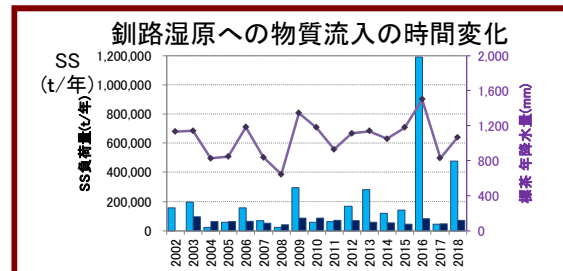
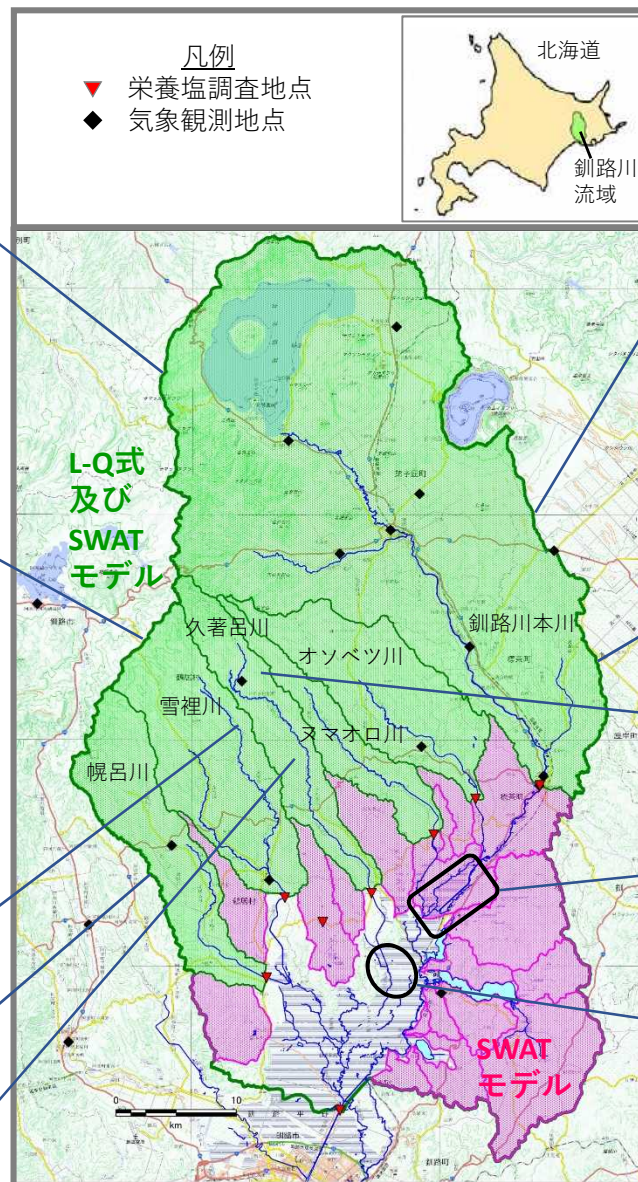
流入河川でのL-Q式作成



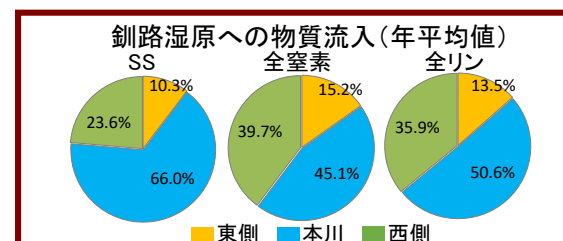
流入河川毎のSWATモデル作成

釧路川流域の負荷量変遷の推定

河畔林の浮遊砂・栄養塩捕捉評価



湿原の物質収支算出



流域の物質循環機構解析

森林再生による浮遊砂・栄養塩
負荷発生抑制評価

[茅沼地区旧川復元]
浮遊砂・栄養塩捕捉評価

[湿原流入部土砂調整地]
浮遊砂・栄養塩捕捉評価

5. 今後の展開について

検討結果のまとめ

- ・流入河川の土砂・栄養塩の量は、流量が増えると増加するが、一定の流量より多くなると土砂・栄養塩量の増え方は鈍化する。
- ・湿原流出部は、湿原流入河川に比べ、河川の濁りと流量のピークが一致せず、異なる流出特性を示す。
- ・SSおよび栄養塩の比負荷量(単位面積あたりの負荷量)は河川によって異なり、SSは河川による差異が大きく、窒素、リンは河川による差異が小さい。湿原流出部の比負荷量は、流入河川に比べて小さい。
- ・湿原流入量土砂はのうち、6割程度、栄養塩は4割程度が湿原に堆積と推定された。大規模出水のあった2016年にはおよそ8年分の土砂が一気に流入したと推定された。
- ・湿原に流入する物質の割合は、流域面積が大きい釧路川本川が多い。
- ・物質循環メカニズムを解明するために作成したSWATモデルは、湿原に流入している土砂・栄養塩の評価のほか、現在取り組まれている自然再生事業の手法の検討や評価に適用可能である。

5. 今後の展開について 負荷量経時変化の推定

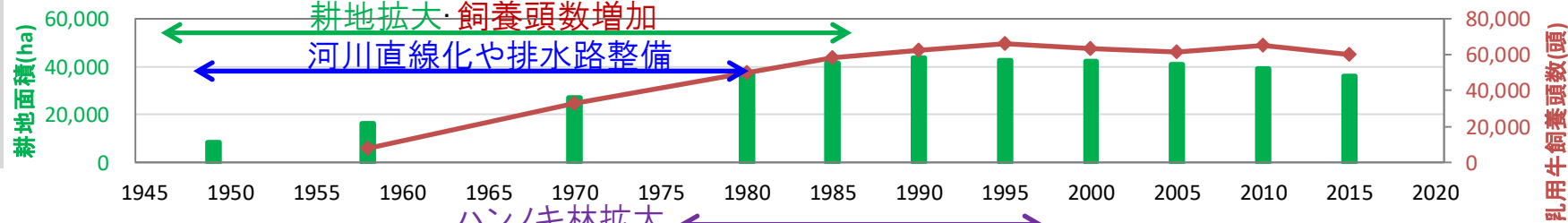
(a) 釧路川流域の変遷

負荷量経時変化の推定

釧路川流域SWATを用いて、流域の過去の負荷量を推定するにあたり、流域の変遷を整理した。1950年代から70年代にかけて流域の開発が進んだ。

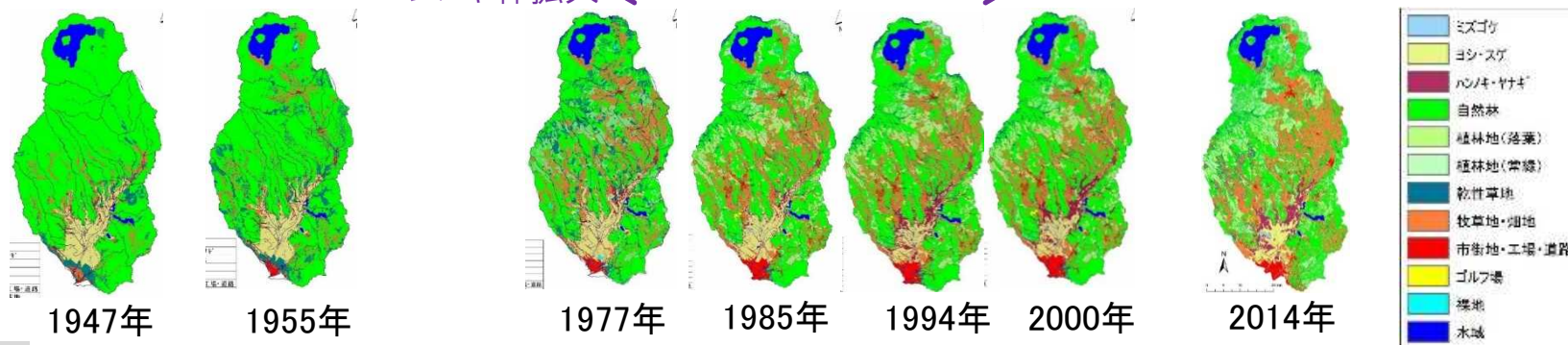
期間	1940年代	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
開発状況	開発前	開発期			安定期			
		乳用牛頭数、耕地面積が増加し始めた時期	乳用牛頭数、耕地面積が劇的に増加した時期	酪農経営の大規模化が進んだ時期	ラムサール条約登録湿地、釧路湿原国立公園指定		釧路湿原自然再生協議会発足	台風被害、融雪出水等降雨状況変化

流域4自治体における産業

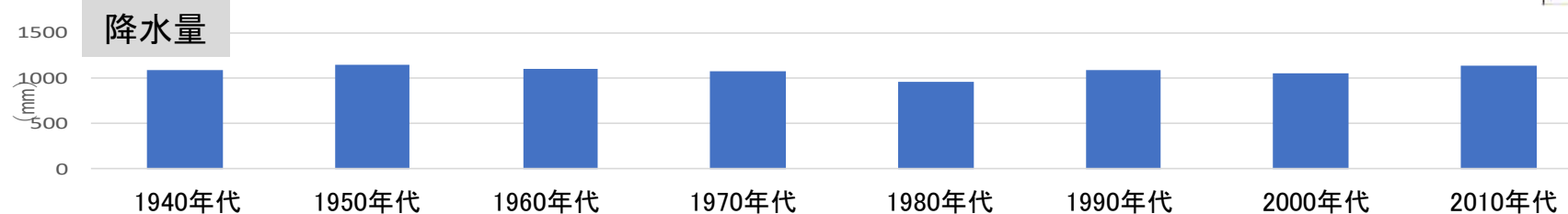


土地被覆分類

(出典：農業センサス、平成12年度施行釧路川外土地利用調査検討業務報告書、平成26年度釧路湿原自然再生推進検討業務報告書)



平均年間降水量



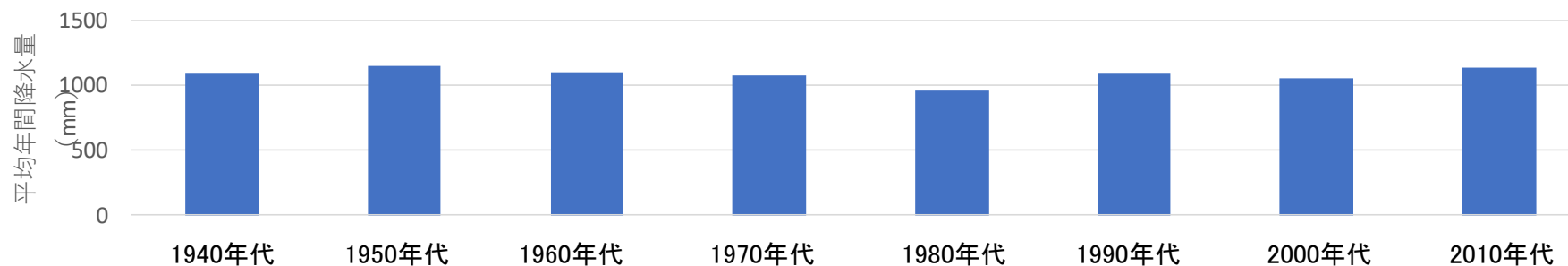
5. 今後の展開について 負荷量経時変化の推定

(b) 過去の物質循環（栄養塩負荷量）の推定条件

解析条件の整理

流域の開発状況を踏まえ、変遷の段階をステージ①～ステージ③に区分し、各期間の気象、土地利用、施肥条件を与えた。

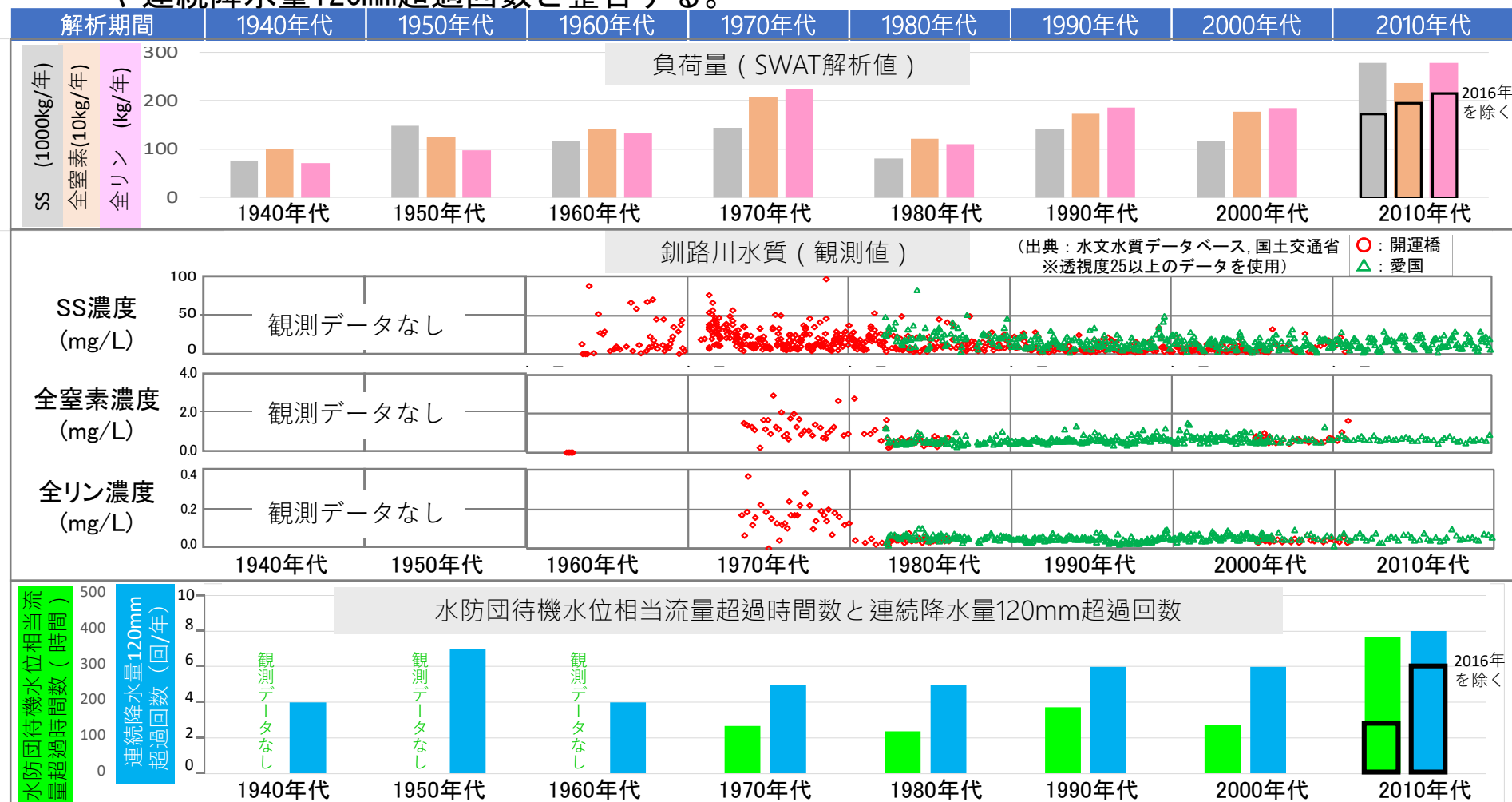
変遷段階	ステージ ①	ステージ ①	ステージ②			ステージ③		
			②－ 1	②－ 2	②－ 3			
解析期間	1940～ 1949	1950～ 1959	1960～ 1969	1970～ 1979	1980～ 1989	1990～ 1999	2000～ 2009	2010～ 2018
気象条件	その時代の観測データ (観測データがないものは釧路気象台データから推測)							
土地利用条件	1947		1955	1977	1989	2000		2010
施肥条件	施肥ガイドに基づく					ヒアリング結果に基づく		



5. 今後の展開について 負荷量経時変化の推定

(c) 栄養塩負荷量の推定結果と観測データとの比較

- ・ 2016年を除くと1970年代の負荷量が最も大きく、釧路川の水質もこれと整合する。
- ・ 2016年を含めると2010年代が最も負荷量が大きく、水防団待機水位相当流超過時間数や連続降水量120mm超過回数と整合する。



- ・ 本検討の結果から釧路川流域の過去からの物質循環量を試算
- ・ 今後、小委員会の中で協議して試算結果を検証

今後の展開

これまでに得られた知見の活用

- 1) 水・物質循環技術資料及び概要版の作成・公表
- 2) 他の小員会と連携し、釧路湿原自然再生事業の今後の展開に活用
- 3) その他、小委員会の協議結果を踏まえ検討

5. 今後の展開について

水・物質循環技術資料 目次(案)

【本編】

はじめに

1. 水循環・物質循環再生の目標
2. 釧路川流域および釧路湿原の特性
 - 2-1. 釧路川流域の概要
 - 2-2. 釧路川流域の地形・地質概要
 - 2-3. 釧路湿原の形成史と水理地質構造
 - 2-4. 釧路川流域の気象・水文環境
 - 2-5. 釧路川流域の植生
 - 2-6. 釧路川流域の社会的特性

編集・更新

3. 水循環系把握のための整理・分析

平成23年3月作成の技術資料

4. 物質循環系把握のための実態調査と検討
 - 4-1. 湿原物質を把握するための調査・分析
 - 4-2. 物質循環を把握するための数値モデルの作成
 - 4-3. 釧路湿原物質循環の推定
 - 4-4. まとめ

追加

おわりに

【資料編】

1. 観測データ
2. 自然再生施策評価検討
3. 物質循環影響予測

- ・ 湿原再生事業：幌呂地区
- ・ 土砂流入対策：久著呂川
- ・ 旧川復元：茅沼地区、ヌマオロ地区
- ・ 河畔林対策の評価
- ・ 植林対策の評価
- ・ 負荷量経時変化の推定