

## 2-3 釧路湿原の栄養塩類負荷に関する検討

### 2-3-1 全体計画

#### (1) 調査の背景

久著呂川では河川のショートカットにより釧路湿原に流入する土砂量(特に微細土砂)が増加し、湿原流入部における過剰な河床上昇や湿原内部での河道閉塞を引き起こしている。同時に、降雨時には栄養物質を含んだ濁水が排水路末端から拡散し湿原内部まで運搬されるようになった。土壌成分の再堆積、栄養化による自然植生等への影響が懸念されている。

そのため、**釧路湿原の河川環境保全に関する提言では、流域からの栄養塩類の負荷を各種対策により、現在より2割削減することとされている。**

#### (2) 水質目標値の設定経緯

##### 1) 基本的考え方

湿原の生態系と密接な関係を持つ河川水の栄養塩について、流域の家畜頭数や農地面積等から**20年前と近年の負荷量を推定する**。栄養塩としては家畜ふん尿や施肥、生活排水に含まれる窒素をとりあげる。

これらの推定結果をもとに釧路湿原の水環境保全に向けた水質目標を設定し、今後の具体的な流域対策の提言につなげるものとする。

##### 2) 湿原流域の水質

釧路川(瀬文平橋)における水質の変化を図1-2-2に示す。S57年前後に比べてH7年頃にはT-Nの負荷量は増加傾向にあり、人口の増加、家畜頭数や農地面積の増加と関係していることがうかがえる。

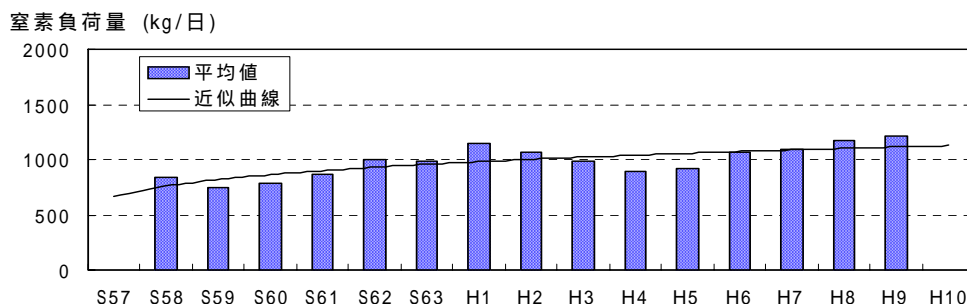


図 2.3.1 瀬文平橋 窒素負荷量の推移(3ヶ年移動平均値)

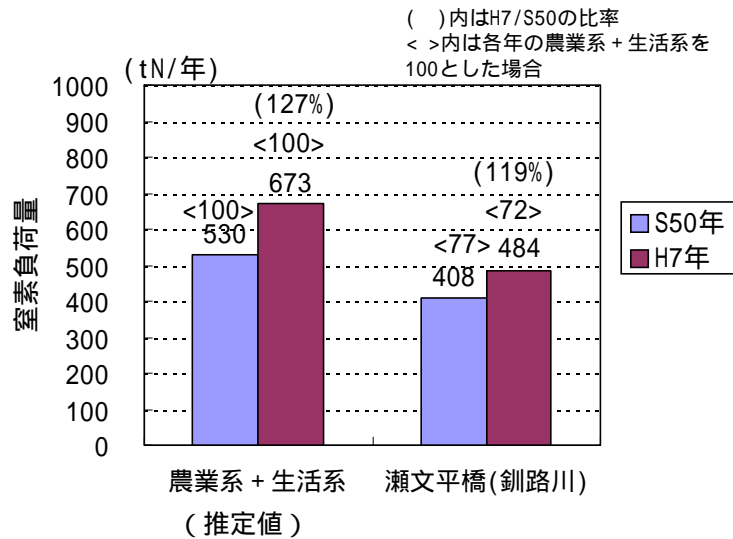
##### 3) 湿原流域の窒素収支

湿原に流入する栄養塩類の発生源の中で人為的なものとして、生活排水、産業排水、農業排水等があげられる。このうち農業系から発生する栄養塩類を例に挙げると、農地における施肥及び畜舎周辺での家畜ふん尿の処理等によるものが中心になる。

農業センサス等の統計データの整備状況がよく、上記の水質測定結果の測定年に近い S50 年と H7 年で流域における窒素収支の推定を行った。

総流達負荷量(農業系+生活系)と河川の流出負荷量とを比較すると図 2.3.2 のようになる。

S50 年に比べて H7 年では窒素の負荷量は増大する傾向にあった。河川の流出率は S50 年に比べて H7 年では 119%増加していた。総流達負荷量との比較では、釧路川の流出負荷量は S50 年で 77%、H7 年で 72%にとどまっており、河川へ流入した後、生物学的分解、沈殿、吸着等の作用により負荷削減が生じているものと考えられる。



注：総流達負荷量は農業系と生活系の合計を示す。

河川水質は釧路川の瀬文平橋地点における測定結果を示す。

図 2.3.2 総流達負荷量と流出負荷量の比較

#### 4) 釧路川の流域負荷削減目標 (案)

河川水質改善の目標年を S50 年とすると、H7 年の負荷量 484tN/年よりも約 2 割の窒素負荷量が削減されれば S50 年当時と同程度となることから、**釧路川においては当面約 2 割の窒素削減を目指すものとする**。ただし、これらは S50 年と H7 年の各種データから導き出されたものであり、今後の現地調査データの蓄積や流域対策の進展に応じて、適宜見直す必要がある。

### 5) 調査・検討スケジュール

久著呂水環境保全に関する全体計画を図 2.3.3 に示す。

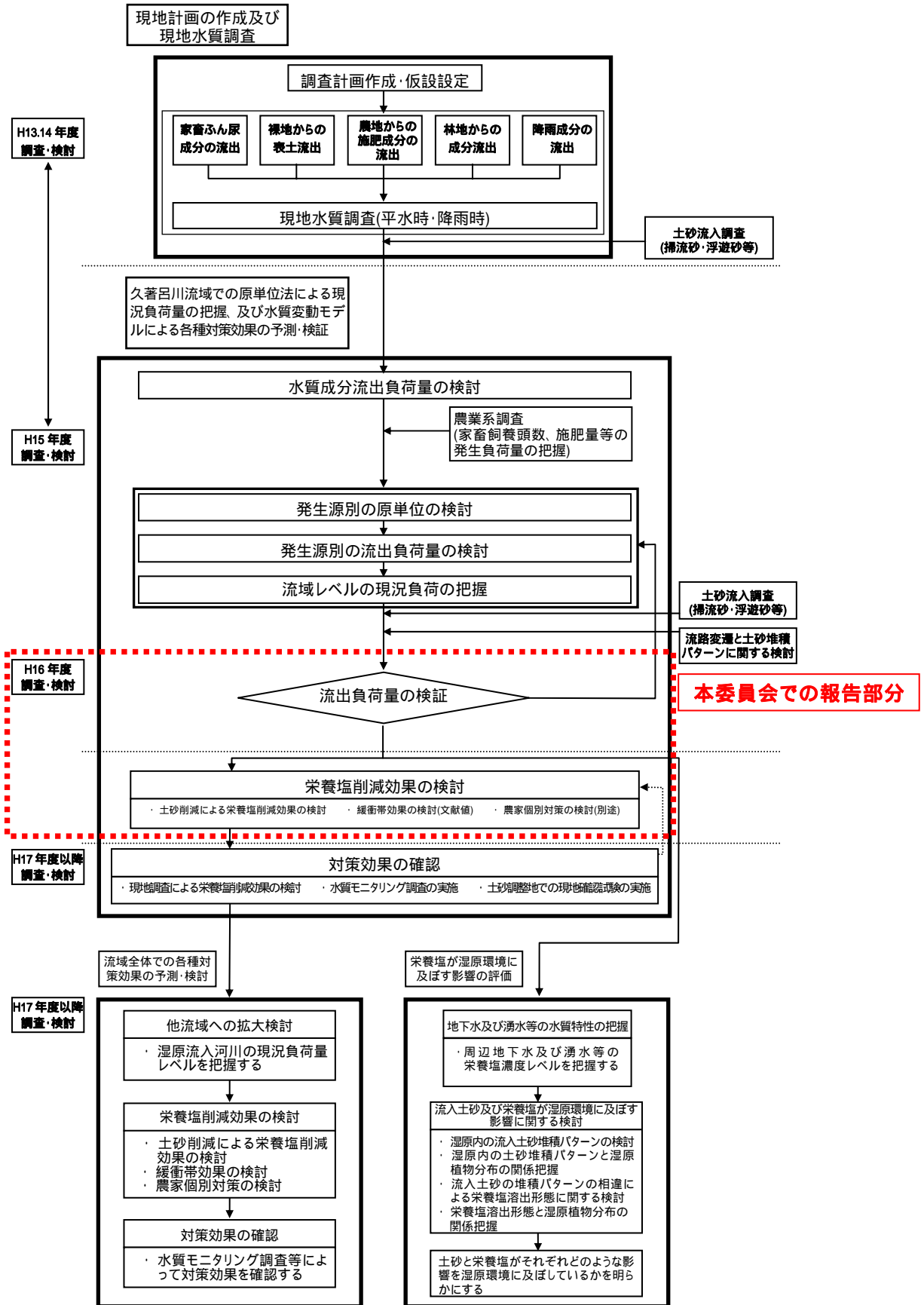


図 2.3.3 久著呂水環境保全に関する調査・検討フロー

## 6) 検討項目

### a) 流出負荷量の検証

#### 他手法による原単位の妥当性の確認

他手法（発生源の実測データから原単位を算出（以下「区間代表法」））による原単位の妥当性の確認を行なう。

#### 各発生源の寄与率の推定

発生源である点源、面源からの寄与率を推定する。

### b) 栄養塩削減効果の検討

#### 土砂削減による栄養塩削減効果の検討

土砂削減による栄養塩削減効果は室内試験に基づく沈降試験等により除去効果を検討する。

#### 緩衝帯効果の検討

緩衝帯効果は既往文献に基づく栄養塩削減効果を検討する。

## 2-3-2 平成 16 年度検討結果の概要

平成 16 年度の検討概要を表 2.3.1 に示す。

### (1) 流出負荷量の検証

#### 1) 他手法による原単位の妥当性の確認

##### a) 検討手順

「L-Q 式流出負荷量」と「成分回帰法によって求めた原単位から推定した流出負荷量（以下、**成分回帰流出負荷量**）」を比較検討する。

「成分回帰法によって求めた原単位（以下、**成分回帰原単位**）」の妥当性を確認するため、別途「代表区間法による実測調査に基づく原単位（以下、**区間代表原単位**）」から、それぞれ流出負荷量を算出して比較検討する。

「**成分回帰原単位**」と「**区間代表原単位**」の算出方法の概念を図 2.3.4 に示す。

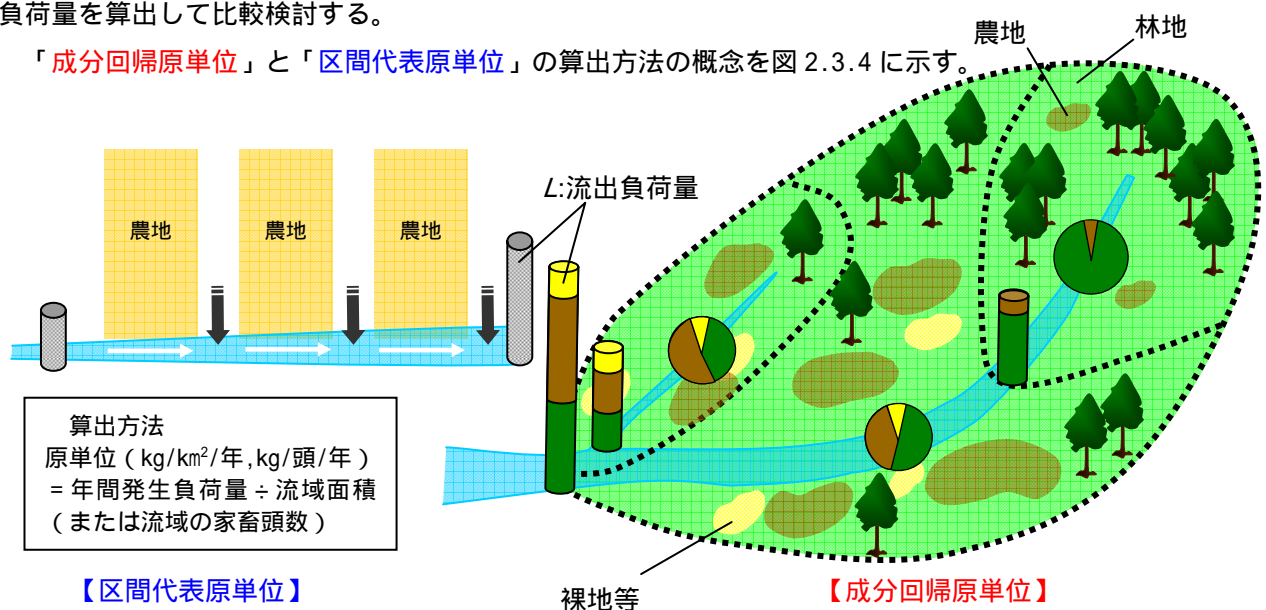


図 2.3.4 原単位算出方法の概念図

表 2.3.1 平成 16 年度 検討概要

検討内容	検討項目	検討手法	検討結果の概要・懸案事項
(1) 流出負荷量の検証 目的: 久著呂川流域における原単位の妥当性・適合性についての総合的な検討を行なう。	他手法による原単位の妥当性の確認	・発生源(林地、農地、裸地等)の水質データから、それぞれの原単位を算出する(区間代表法)。 ・成分回帰分析法で求めた原単位との比較検証、河川流出負荷量を求めた場合の比較検証を行う。	・原単位法・成分回帰法と共に、長所と問題点があることが明らかとなった。 ・河川流出負荷量に対する寄与率は、窒素・リンともに林地と比較して農地、裸地等で大きいことが明らかとなった。
	他流域との比較検討	成分回帰法によって原単位を算出した事例(常呂川、網走川)との比較検討を行う。	・点源負荷の寄与率は、他の河川と比べて久著呂川で低い値を示した。 ・農地の原単位は、窒素では久著呂川が、リンでは久著呂川、網走川で相対的に高い値を示した。 ・久著呂川における農地の寄与率は、窒素で約3割、リンで約2割となった。
(2) 栄養塩削減効果の検討 目的: 久著呂川流域での流域対策による栄養塩削減効果の検討を行なう。	土砂削減による栄養塩削減効果の検討	・出水時調査(総雨量 47mm)を1回(H16.8.31)実施し、粒径別の栄養塩濃度を室内試験で求めた。 ・土砂削減による栄養塩削減効果を検討する。	・出水規模は、過年度と比較して小さいものであった。 ・懸濁物質は、主に砂分によって構成されること、また、シルト・粘土分は、砂分と比べて栄養塩(窒素・リン)が約 10 倍程度の高濃度で含まれることが明らかとなった。 ・久著呂川で窒素、リンを2割削減するためには、土砂換算でそれぞれ約3割、2割削減する必要がある。 ・平成 17 年度は、異なる出水規模について検討を行なう予定である。
	緩衝帯効果の検討	・他事業等で行われている緩衝帯による栄養塩削減効果について文献レベルでとりまとめる。 ・栄養塩削減効果について検討する。	・別海町(開土研)での研究成果に基づく検討では、久著呂川流域で緩衝帯を整備した場合、栄養塩(窒素、リン)を約 2 割削減できることが明らかとなった。

b) 検討結果

表 2.3.2 流出負荷量の総合検討結果

区分		成分回帰流出負荷量	区間代表流出負荷量
長所		・流域全体に当てはまるような原単位を設定することが可能である。	・モデル地区を設定して現地調査によって直接求める原単位であるため一般には信頼性が高い。 (流域を代表するモデル地域を選定する必要がある)
短所		・詳細な流出メカニズムを考慮することが出来ない。 ・発生源別の土地利用面積と流出負荷量の関係式から原単位を算出するため、土地利用面積の少ない発生源で誤差が大きくなる可能性がある。 (面積と関連しない(点源供給)発生源を考慮することが出来ない)	・土地利用や家畜飼養条件によって各発生源からの流出負荷量が異なる。 (流域全体に適用する場合には注意が必要である)
結果	TN	・全負荷量比は 108%となっており、全体としての再現性は良好である。 ・各発生源の寄与率は、15%：35%：49% (林地：農地：裸地等)と算出された。	・全負荷量比は 74%となっており、全体としての再現性がやや悪い。 ・各発生源の寄与率は、22%：38%：40% (林地：農地：裸地等)と算出された。
	TP	・全負荷量比は 106%となっており、全体としての再現性は良好である。 ・各発生源の寄与率は、16%：28%：57% (林地：農地：裸地等)と算出された。	・全負荷量比は 102%となっており、全体としての再現性は良好である。 ・各発生源の寄与率は、16%：60%：24% (林地：農地：裸地等)と算出された。
評価		・全体としての再現性が良好である。 ・流出負荷量の多くは比較的傾斜のある上・中流域(流域A・B)で発生している。 ・成分回帰流出負荷量の算出結果は、流域全体、主に上・中流域の流出状況を評価しているものとする。	・窒素で流出負荷量が過小評価されている。 ・区間代表地は比較的平坦な地形となっているため栄養塩が流出しづらいことが影響するものとする。 ・モデル地区を下流域に設定したため、主として下流域の流出状況を評価しているものとする。

\*面源と関連しない(点源供給)発生源としては、農地の不適切な管理、林地の裸地部、河道堆積土砂等が考えられる。

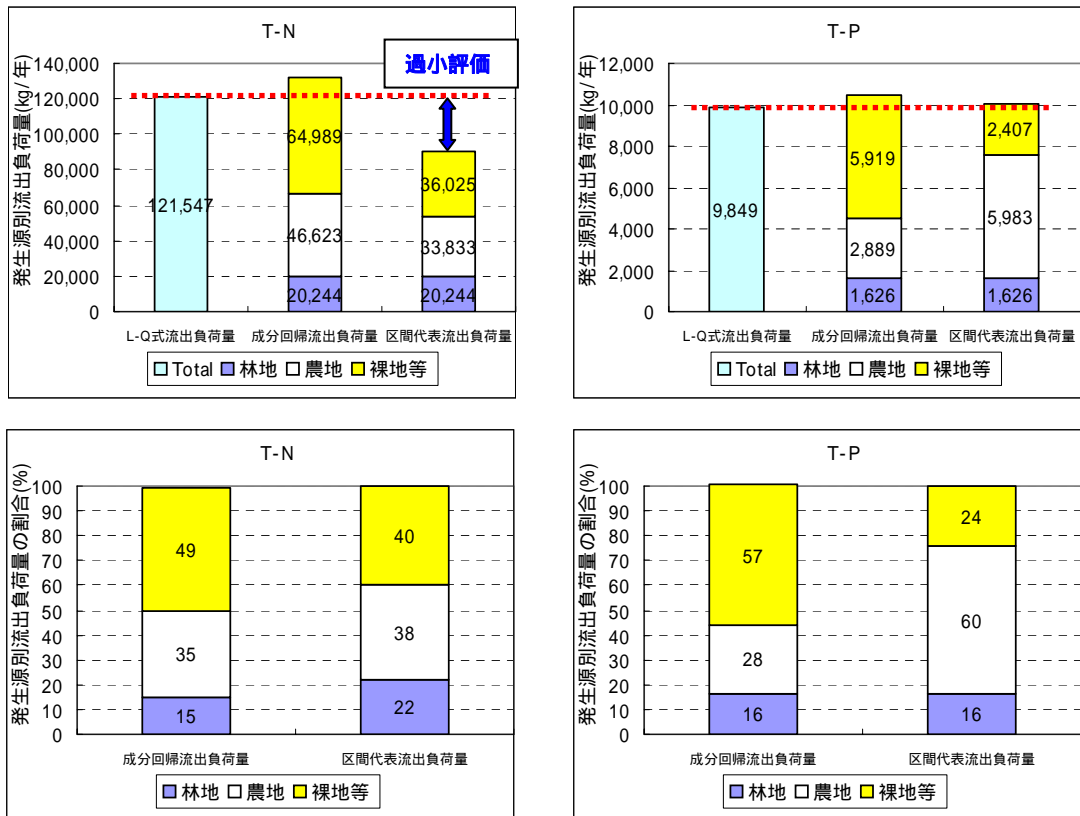


図 2.3.5 流出負荷量の比較結果

2) 各発生源の寄与率の推定

a) 汚濁負荷発生源の設定状況

久著呂川流域の土地利用別面積を図 2.3.6 に、汚濁負荷発生源の設定状況を表 2.3.3 に示す。

表 2.3.3 汚濁発生源の設定状況

汚濁負荷発生源		算出方法	
点源	生活排水	文献値による原単位法	
	工場・事業所排水	文献値による原単位法	
	畜舎排水	文献値による原単位法	
面源	林地	成分回帰法	
	農地	成分回帰法	
	裸地等	更新地	区間代表法
		その他	成分回帰法

注)「裸地等」の取扱について

「裸地等」には、「更新地」からの流出の他、面源と直接関連しない発生源(点源供給)である「農地の不適切な管理」、「林地の裸地部」、「河道洗掘土砂」等が含まれると考えられる。そこで、「裸地等」から区間代表法(実測値)によって算出した「更新地」由来の発生負荷を求めるとともに、「裸地等」から「更新地」を差し引いた主に点源供給であるものを「その他」と定義した。

b) 検討結果

各発生源寄与率の算出結果を図 2.3.7 に示す。

- ・「点源負荷」、いわゆる畜舎排水の寄与率は、窒素で約 2 割、リンで 1 割程度である。
- ・「面源負荷」では、「林地」は概ね 1 割程度であり、「農地」、「更新地」はそれぞれ 2 割～3 割程度である。
- ・このように、流域全体では、面源、特に「農地」、「更新地」からの寄与率が大きいことが明らかとなった。

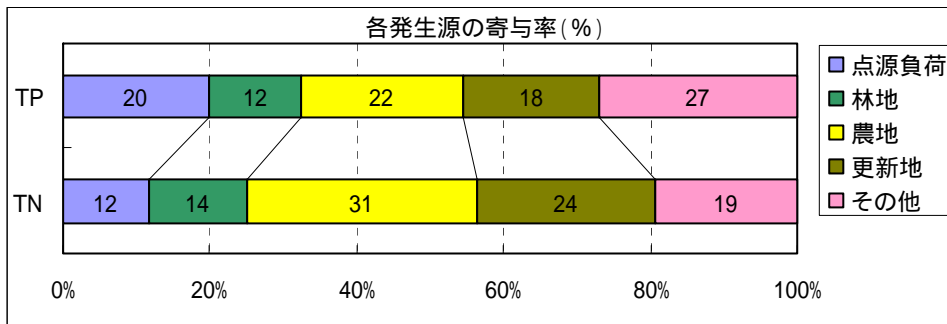


図 2.3.7 各汚濁負荷発生源の寄与率(%)

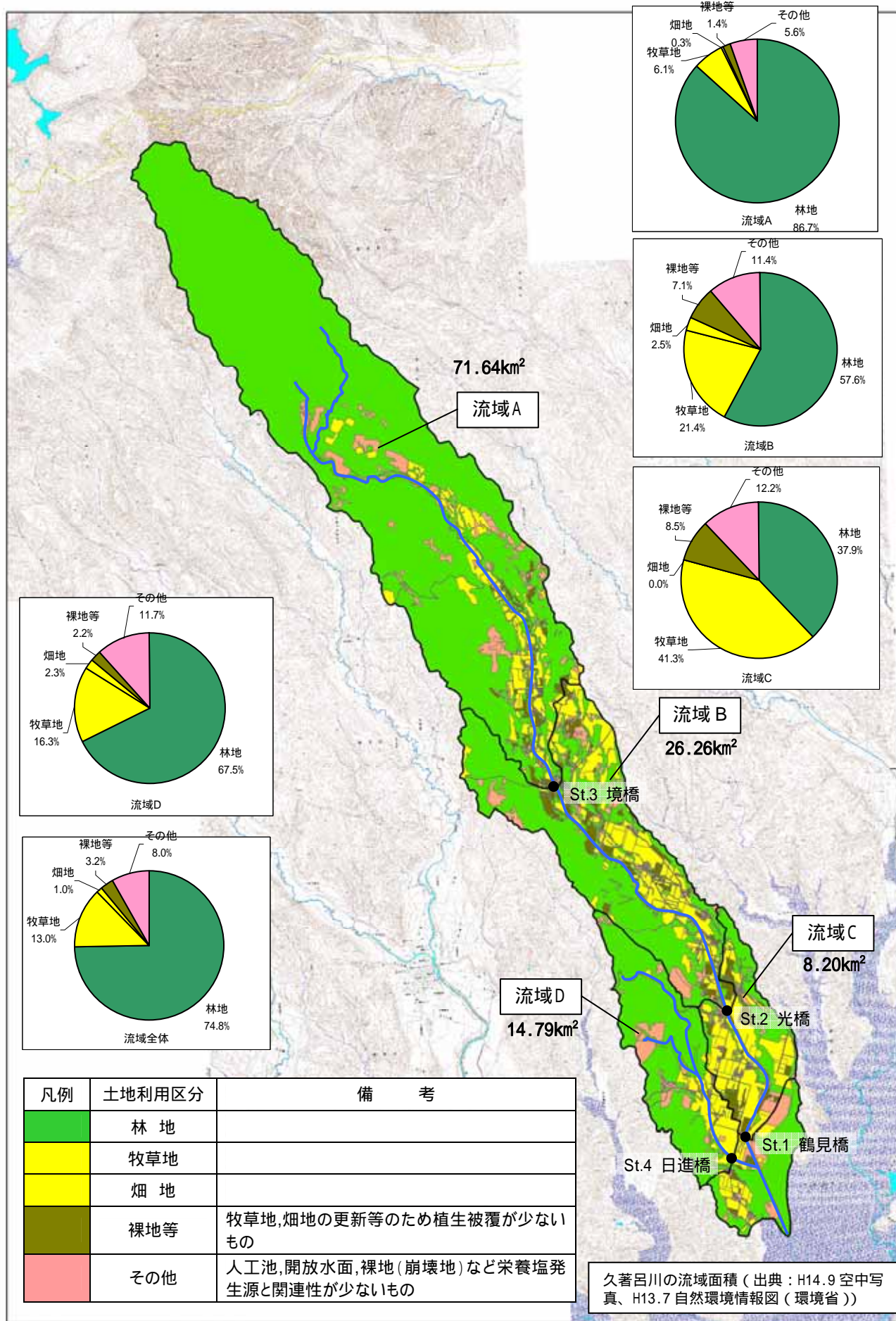


図 2.3.6 久著呂川の調査地概要、土地利用別面積の割合



(2) 栄養塩削減効果の検討

1) 土砂削減による栄養塩削減効果

a) 栄養塩濃度の粒径依存性

栄養塩は、一般に細粒成分に吸着する性質を持っているため、同じ土砂量であっても懸濁成分に含まれる栄養塩濃度が異なる。ここでは、栄養塩濃度の粒径依存性について検討する。

久著呂川の出水時における懸濁成分の粒径分布と栄養塩濃度の関係を図 2.3.8、2.3.9 に示す。

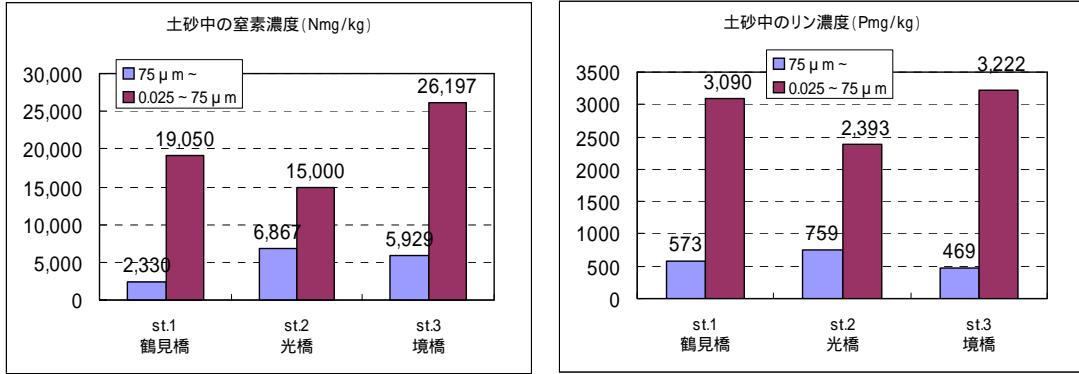


図 2.3.8 久著呂川の河川懸濁物質中の粒径範囲と栄養塩濃度の関係(H16.8 調査)

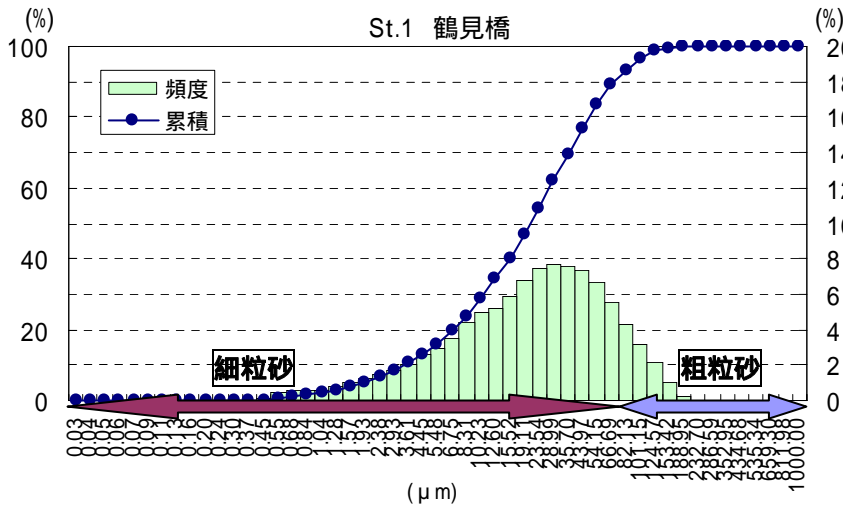


図 2.3.9 st.1 鶴見橋の粒度分布 (H14.7 調査)

表 2.3.4 st.1 (鶴見橋) における土砂削減量の計算結果

区分	単位	Total	粗粒土砂	細粒土砂
SS流出負荷量	kg/年	6,195,773	557,620	5,638,153
SS流出負荷量(割合)	%	100.0	9.0	91.0
TN流出負荷量	kg/年	128,069	-	-
削減負荷量(20%)	kg/年	25,614	1,299	24,315
SS削減量	kg/年	1,833,974	557,620	1,276,354
<b>SS削減量(割合)</b>	<b>%</b>	<b>29.6</b>	<b>9.0</b>	<b>20.6</b>
TP流出負荷量	kg/年	11,479	-	-
削減負荷量(20%)	kg/年	2,296	320	1,976
SS削減量	kg/年	1,197,194	557,620	639,574
<b>SS削減量(割合)</b>	<b>%</b>	<b>19.3</b>	<b>9.0</b>	<b>10.3</b>

算出方法は以下のとおりである。  
 窒素、リンともに削減目標を2割と仮定。  
 SS発生負荷量、栄養塩流出負荷量及び懸濁成分の粒度分布は、平成14年度調査結果を使用。  
 土砂削減は、湿原直上流部で行なうと仮定して、「st.1 鶴見橋」のデータから算出。  
 粗粒土砂は、細粒土砂より先に沈降するものとする。

・「粗粒土砂(粒径75 μm以上)」と「細粒土砂(粒径0.025~75 μm)」では、窒素で約2.2~8.2倍、リンで3.2~6.9倍の濃度差があることが明らかとなった。  
 ・窒素、リンを2割削減するためには、土砂換算でそれぞれ3割、2割削減する必要があることが明らかとなった。

## 2) 緩衝帯による栄養塩削減効果の検討

### a) はじめに

緩衝帯は、河岸部と林帯、草生帯から構成されるものであり、微細砂の捕捉や栄養塩の除去といった水質保全の役割の果たすほか、日射の遮断や落葉リター、落下昆虫の供給など生態学的機能を有している。ここでは、水質保全に着目して、久著呂川における栄養塩削減効果について検討する。

### b) 緩衝帯の機能

緩衝帯の機能を図 2.3.10 に示す。ここで、「緩衝帯」とは、「河岸部」、「林帯」、「草生帯」から構成されるものとする。

浸透能の小さい草地斜面への降雨は、大部分が表面流出となり、緩衝能の大きい緩衝帯へ到達し、ここで下方へ浸透する。この時、粒子状の水質負荷は、ろ過により補足される。

下方への浸透水は、その後、緩衝帯下層を中間流出として移動しながら、林帯の植物によって肥料分を吸収させる。さらに流出水は、河岸部の嫌気性域で生じる脱窒により窒素濃度を低下させる。

これらの浄化効果のうち、脱窒は、窒素分を系外へ除去するのに対し、捕捉・吸収は窒素・リンを系外へ除去するものではない。ただし、動物による落葉や種子の持ち出しは別である。従って、林帯の樹林や草生帯の草本類は、定期的に収穫するなどの管理が必要である。

また、北海道東部では、地盤凍結が発生するため、地表面が凍結に伴い浸透能が極めて小さくなる。そのため、非凍結期に捕捉や吸収で緩衝帯に蓄積された物質が、緩衝帯での表面流出により水系へ流出する恐れがある。

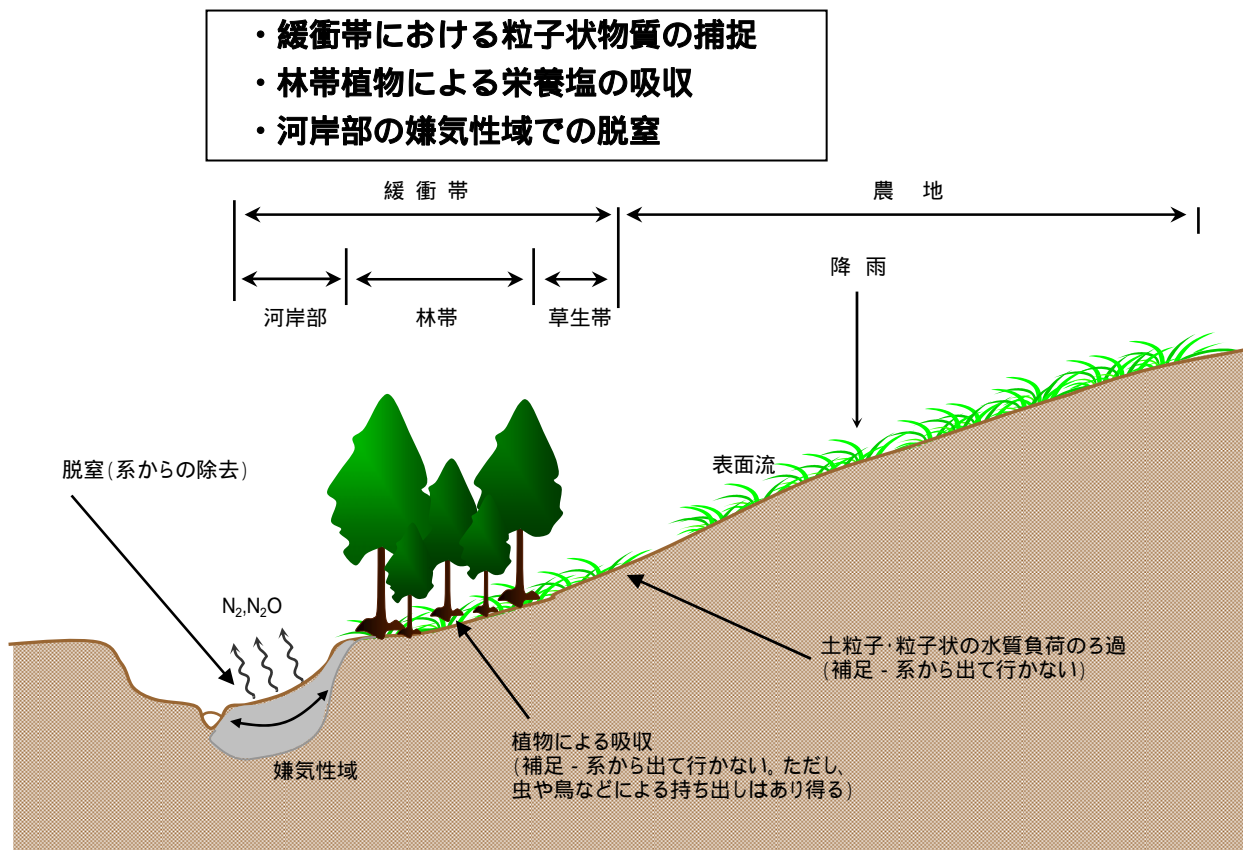


図 2.3.10 緩衝帯の機能

c) 既往文献等による栄養塩削減効果

ここでは北海道東部での研究事例を取り上げる（表 2.3.5）。

表 2.3.5 緩衝帯による削減効果の検討事例

林帯の水質浄化機能	
研究機関	北海道開発土木研究所 農業土木研究室
調査場所	北海道 別海町
調査地の概要	「林帯あり流域」：流域内の排水路沿いには約 30m の林帯が存在する。 「林帯なし流域」：流域内の排水路にはほとんど林帯が存在しない。 (図 2.3.11 参照)
調査手法の概要	「林帯あり流域」と「林帯なし流域」の比較によって浄化機能を評価
調査年	1999 年～2002 年度
調査項目の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降水量と流出量の定期観測</li> <li>・斜面の浸透能調査、地下水位調査</li> <li>・土壌調査</li> <li>・平水時・降雨時の水質調査</li> </ul>
研究成果	林帯(約 30m)は、非凍結期において、草地からの流出水中の T-N を約 17%、全リンを約 24% 低減させる効果があった。

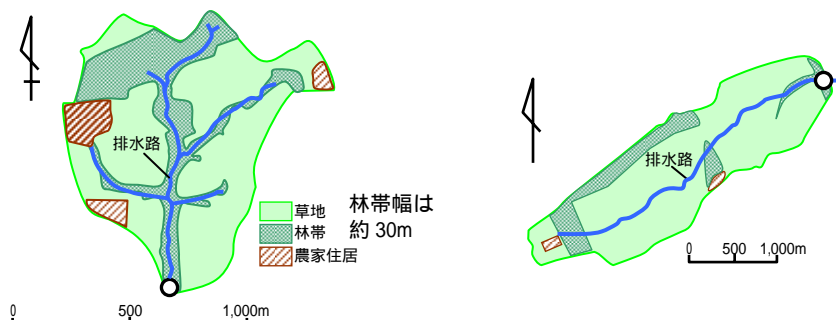


図 2.3.11 調査地の概念図（別海町）

d) 検討結果

栄養塩の除去率は、気象条件、地理的条件、土地利用や営農状況等によって大きく変わるものと考えられる。

ここでは、上記の要素がほぼ久著呂川流域と類似していると考えられる「北海道 別海町」での研究成果による除去率（窒素：20%、リン：20%）を適用するものとし、その削減効果を検討した。久著呂川流域での緩衝帯による栄養塩削減効果を表 2.3.6 に示す。

表 2.3.6 緩衝帯による栄養塩削減効果

区分		林地	農地	裸地等	生活排水	Total	削減量	総流出負荷量に対する削減率
		kg/年	kg/年	kg/年	kg/年	kg/年	kg/年	%
TN	整備前	20,244	46,623	82,289	199	149,355		
	整備後	20,244	37,298	65,831	199	123,573	25,782	20.1
TP	整備前	1,626	2,889	8,519	90	13,124		
	整備後	1,626	2,311	6,815	90	10,842	2,282	19.9

・久著呂川流域で緩衝帯を整備した場合、栄養塩（窒素、リン）を約 2 割削減できることが明らかとなった。

(3) 今後の検討課題

1) 栄養塩の削減目標の再検討

これまで栄養塩については、窒素を対象として検討を進めてきた。最近では、植生変化にあたるリンの影響も指摘されている。釧路湿原における河川環境の保全については、このような最新の知見を踏まえて、適宜見直すものとする。

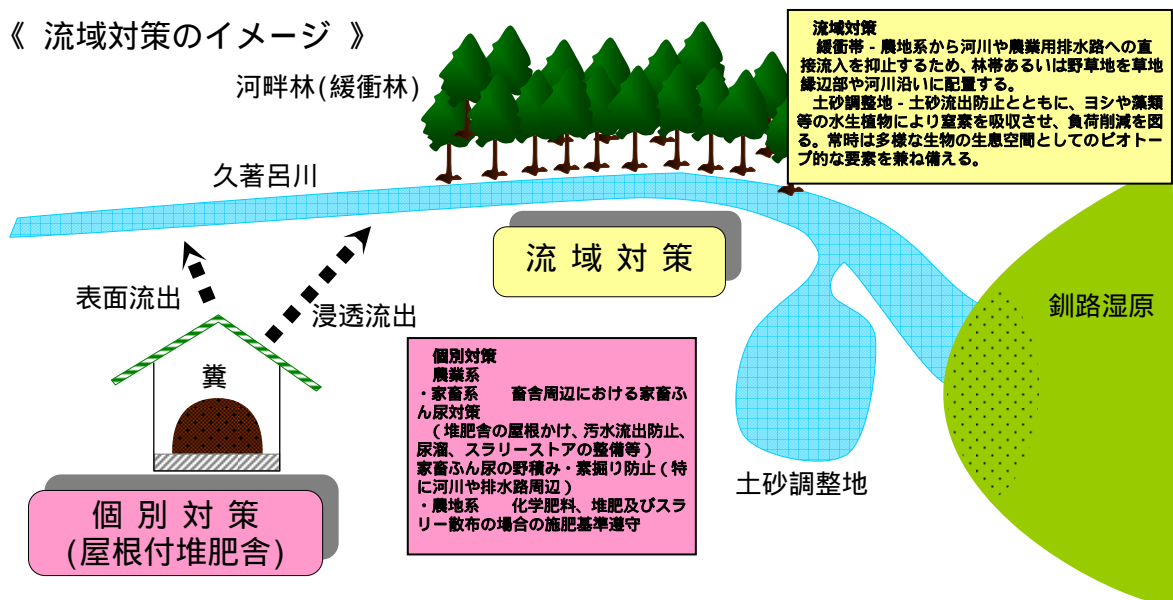
2) 具体的な流域対策について

栄養塩削減効果の検討では、概略ではあるが窒素、リンともに相当量の削減が可能であることが明らかとなった。

今後は、関係機関との連携を図りながら、効果的、効率的な流域対策（（不耕機）緩衝帯、土砂調整地）や個別対策（屋根付堆肥舎）のあり方について検討を行う。

また、土砂調整地による栄養塩削減効果については、「土砂流入小委員会」での検討成果を踏まえた検討を行う。

《 流域対策のイメージ 》



2-3-3 平成 17 年度調査・検討計画

調査項目	他流域への拡大検討	栄養塩削減効果の補足検討
目的	流域での栄養塩類 2 割削減にあたり、久著呂川を除く他流域から流出する栄養塩類流出負荷量を定量的に予測・評価するための基礎資料として、代表河川において水質調査等を行うものである。	土砂に含まれる栄養塩類濃度は、粒径に依存することから粒径別の栄養塩類含有量を試験的に求めて土砂削減による栄養塩削減効果の基礎資料とするものである。
調査河川	2 河川 (幌呂川、雪理川) (H18 年度にヌマホロ川、オソベツ川)	3 河川 (久著呂川、幌呂川、雪理川)
調査項目	・水量、水質調査 (定期調査、降雨時調査) ・土地利用分類調査	・粒度分析 ・粒径別栄養塩濃度 (降雨時調査のみ)
検討内容	・栄養塩流出形態の把握 ・流出負荷量の把握等	・土砂削減による栄養塩削減効果