

はじめに

近年、環境問題に関心が集まるなかで、湿原のもつ機能が様々な角度から評価されている。湿原は、長い時間をかけて形成され、長い時間をかけて陸化していくものである。そこに人為的影響が加わると陸化が促進されたり、急激な植生遷移が起り、ひいては、湿原破壊へと至る。

湿原の機能を把握するためにミクロ的な研究を続ける一方で、湿原保全政策は、土地利用規制などマクロ的である。そして、保全計画に直接働きかけるような研究については、現在あまりおこなわれていない。ここで必要になるのが、湿原を流域^{解説}内の構成要因のひとつとしてとらえることである。栄養塩^{解説}がどれだけ湿原内に流れ込んでいるかを把握するためには、その前段階として、湿原を含めた流域の水環境が、どのようになっているかを把握する必要がある。本研究では、この湿原の水環境を把握することを目的とする。

まず、一般的なメッシュタンクモデル^{解説}を構築する。それと平行して、対象流域の支流を含めた流域の数箇所の実測流量を取得する。また、今後の研究のため、水質サンプリングもおこなった。流域内ができる限り土地利用種が少ない支流の実測流量を測定することにより、より少ない土地利用の影響による河川流量データを取得する。そして、それらの実測値と、モデルの計算値を適合させることにより、土地利用ごとのタンクを決定していき、湿原を含めたそれぞれのタンクの特長、つまり、土地利用ごとの降雨流出特性を把握する。

現地調査結果

流量測定については、流速計測法^{1) 解説}を用いた。そのとき、図1のように河川を6分割して流量を測定した。すべての測定項目に関して、現場での測定値の記録は、デープレコーダに録音し、各ポイントの全ての項目測定後、すぐにメモ用紙に記録した。



図1 河川流量測定図(河川断面)

また、調査概要は、表1のようであり、測定ポイントは、図2である。

表1 調査概要		
	期間	延べ回数
流量測定	7月5日~7月25日・8月25日	169回
水位測定	7月5日~9月30日	1066回
水質サンプリング	7月18日~7月25日	193回
	8月5日~8月10日・8月14日	
	9月1日~9月6日	
	9月12・25・26日	



図2 流量観測ポイント位置

上記の 8 ポイントの流量観測ポイントの上流部は、牧草地優先流域である仲野第一橋・潤彩橋・茜橋の三つの観測ポイント、森林優先流域である青雲橋・荻橋の二つの観測ポイント、ササ草原優先流域であるトライベツ川・つる橋の二つの観測ポイント、そして、最下流部で湿原を含む別寒辺牛川橋の観測ポイントである。

7月5日から7月25日までの流量測定結果と水位測定結果をプロットし、その近似曲線を取得することにより、水位流量曲線（HQ式）別紙資料P1・解説を構築した。そして、その近似式を用いて、以後は、水位観測のみを続け、水位データから流量データを取得していった。そのように、取得された実測流量データは、図3から図10のようになった。

それぞれの図は、実測した流量データを1時間の流量データとして表示したものである。8月の前半部分での表示間隔が狭くなっているのは、一日に数回、測定したため、他の日に比べて取得データ数が多くなっているからである。

河川流量

牧草地優先地域である仲野第一橋流域での流量変動は、図3のようになった。流量は、他の観測地点に比べて小さい。

この流域の特徴は、ピーク流量解説と基底流量の差が大きく、低減が急速である。

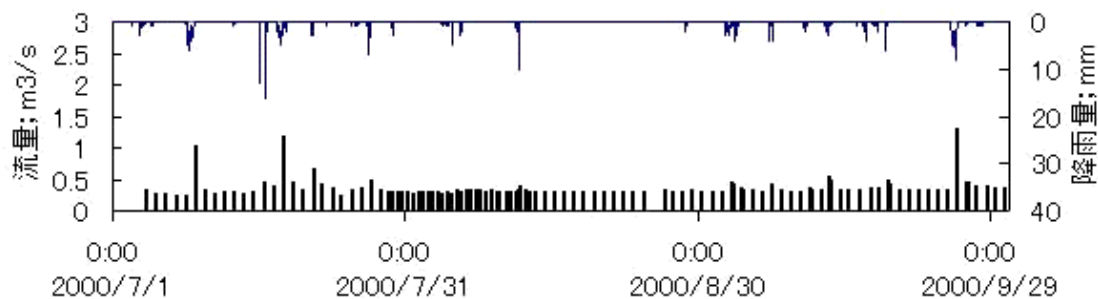


図3 仲野第一橋観測ポイント実測流量

牧草地優先地域である潤彩橋流域での流量変動は、図4のようになった。流量は、最下流地域について大きい。

この流域は、図3に記されている仲野第一橋流域の4倍以上の流量であるが、同じような流量変動をとり、ピーク流量と基底流量の差が大きく、低減が急速である。

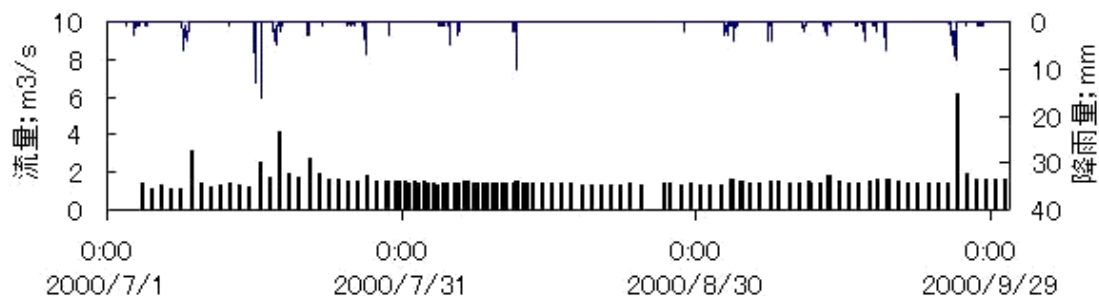


図4 潤彩橋観測ポイント実測流量

牧草地優先地域である茜橋流域での流量変動は、図5のようになった。流量は、他の観測地点に比べて小さい。

この流域の特徴は、ピーク流量と基底流量の差が大きく、低減が急速である。

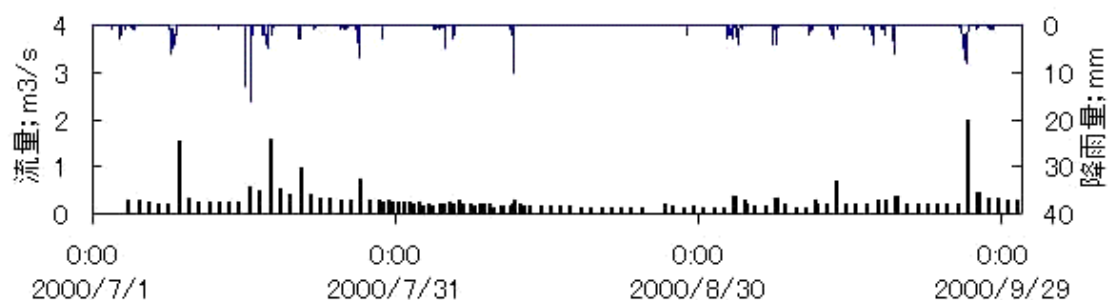


図5 茜橋観測ポイント実測流量

ササ草原単一であるトライベツ川流域での流量変動は、図6のようになった。流量は、他の流域に比べて小さい。

この流域の特徴は、牧草地流域と同じで、ピーク流量と基底流量の差が大きく、低減が急速である。調査のときには、大降雨に測定が無理なほどの濁水が流出し、非常に、降雨時には、多量のSS^{解説}の流出が予想された。

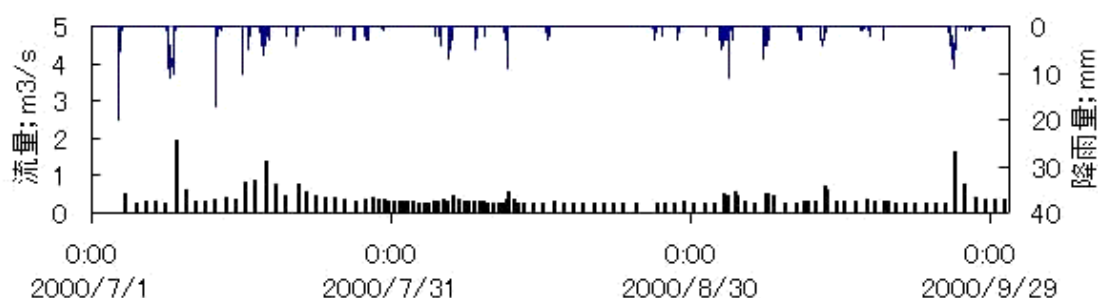


図 6 トライベツ川観測ポイント実測流量

ササ草原優先であるつる橋川流域での流量変動は、図 7 のようになった。流量は、他の地域に比べて小さい。

この流域の特徴は、牧草地・ササ草原単一の流域と同様に、ピーク流量が大きく、低減が急速である。調査のときには、大降雨に測定が無理なほどの濁水が流出し、降雨時には、非常に多量の SS の流出が予想された。

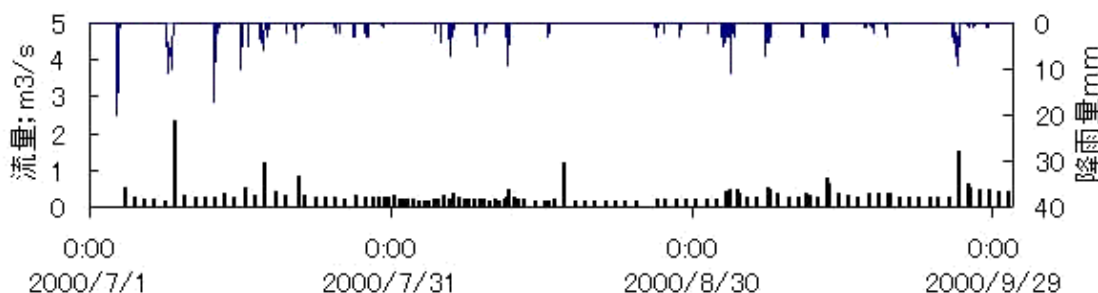


図 7 つる橋観測ポイント実測流量

森林優先である青雲橋流域での流量変動は、図 8 のようになった。流量は、今回測定した流域の中では、中規模である。

この流域の特徴は、ピークはすぐくるが、その後の低減の仕方が緩やかである。

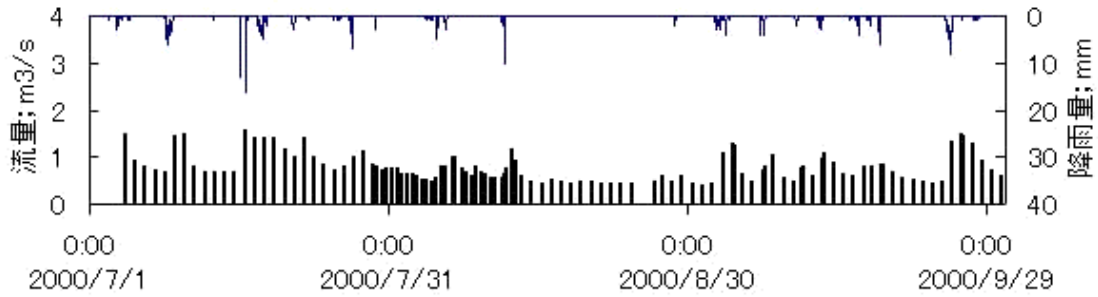


図 8 青雲橋観測ポイント実測流量

森林優先である荻橋流域での流量変動は、図 9 のようになった。流量は、他の流域に比べて大きい方である。

この流域の特徴は、森林優先流域の青雲橋流域と同様に、ピークがすぐで、低減が緩やかである。

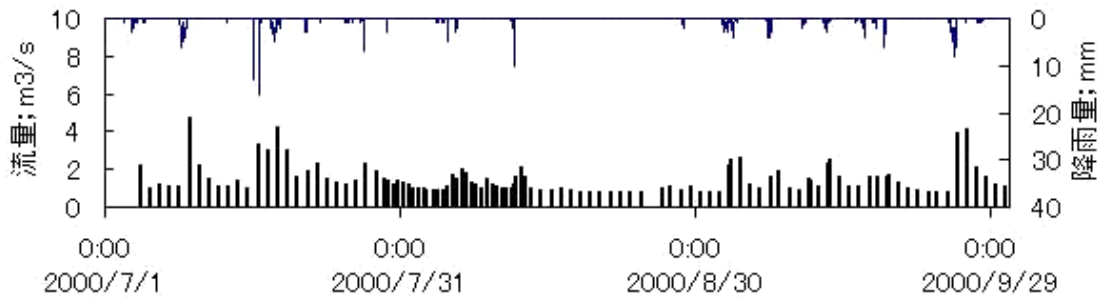


図 9 荻橋観測ポイント実測流量

湿原部を含む最下流に位置する別寒辺牛川流域の流量変動は、図 10 のようになった。流量は、測定した中で一番大きい。

この流域の特徴は、変動が緩やかであり、基底流量とピーク流量の差が他の流域に比べて小さいことである。常に変動しているように見えるが、低水時には、下流部での潮の干潮の影響を受けている。

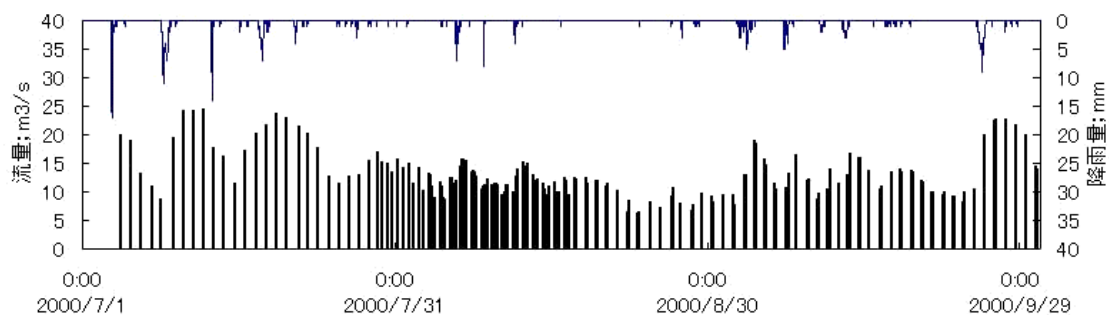


図 10 別寒辺牛川橋観測ポイント実測流量

晴天時の流量変動については、8月3日から8月16日にかけて、より詳細な水位観測をおこなった。図 11 は、別寒辺牛川橋流域での実測流量と下流部の厚岸湾での潮位変動と太田観測所の降雨量データをしめしている。実測流量と降雨データが 1 時間ごとのデータであるのに対し、潮位データは 10 分ごとである。

降雨の影響がない前半部と後半部は、降雨の影響がまったくないような状況でも流量変動が上下に起きている。それらは、若干の時間のずれはあるが、流量変動と潮位変動が正の相関関係にある。つまり、別寒辺牛川橋では、本河川が流れ込んでいる厚岸湾の潮位と関係している感潮河川である可能性がたかい。

本研究では、上記のような感潮河川であることまでは、これ以上把握できなかった。これについては、今後の課題としておき、本モデル内でも晴天時の流量変動の再現に関しては扱わない。

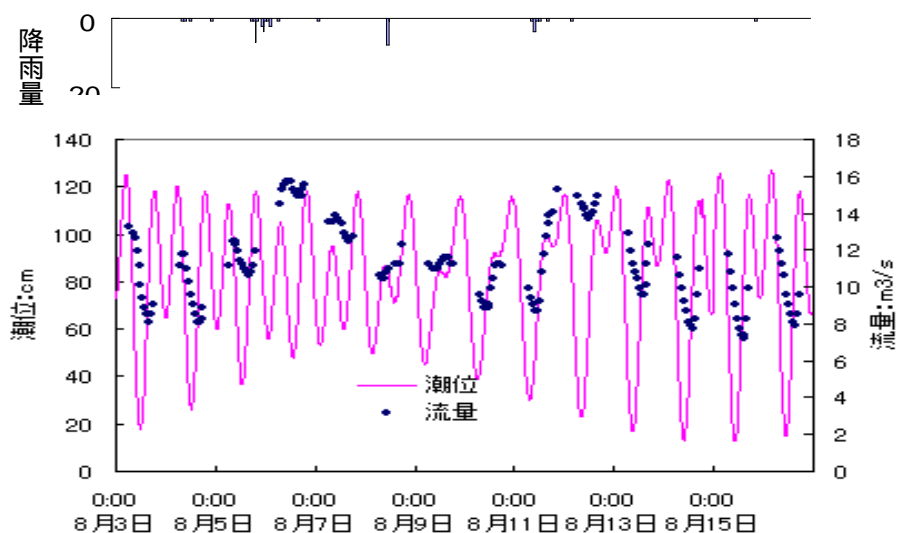


図 11 潮位と別寒辺牛川橋流域流量の変動

以上のようにして、8ポイントの実測流量が得られた。

図12は、9月24日から9月30日の期間についての4流域の流量変動率を表したものである。その4つの流域は、それぞれ湿原・牧草地・森林・ササ草原が優先している流域である。縦軸は、それぞれの最初の流量で各値を除算したものであり、流量の変動率をしめす。これから、牧草地・ササ草原優先流域が、ピーク後の低減が早いのに対して、森林優先流域が低減が緩やかであり、湿原優先流域に至っては、ピーク流量が他に比べて大きくならないことがわかる。

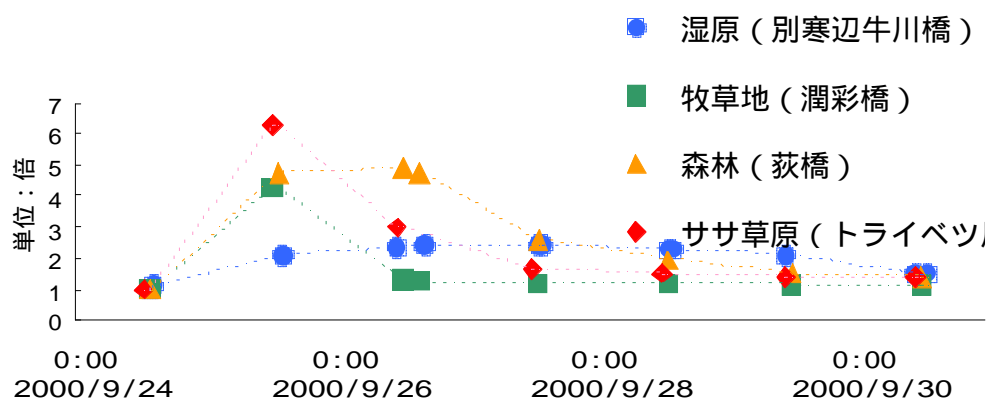


図12 優先土地利用ごとの実測流量の違い

河川負荷量

水質サンプリング期間の流量と負荷量^{解説}をプロットし、その近似曲線を取得することにより、LQ式^{別紙p3・解説}を構築した。

図13から森林優先流域や、湿原を含む流域である青雲橋・荻橋・別寒辺牛川橋の3ポイントは、他の牧草地やササ草原が優先している地域に比べて、T-N^{解説}濃度が全体的に低い。流量が大きいとき、牧草地やササ草原が優先する流域では、SSの流出量が増加し、濃度が高くなるのに対して、森林や湿原が優先する流域は、濃度はそれほど変化しない。つまり、それらの流域では、濃度に流量を乗じて算出される負荷量も、他の流域に比べて大きくならない。このように、森林部での負荷量が牧草地ほど流量の大小の影響をうけていない。

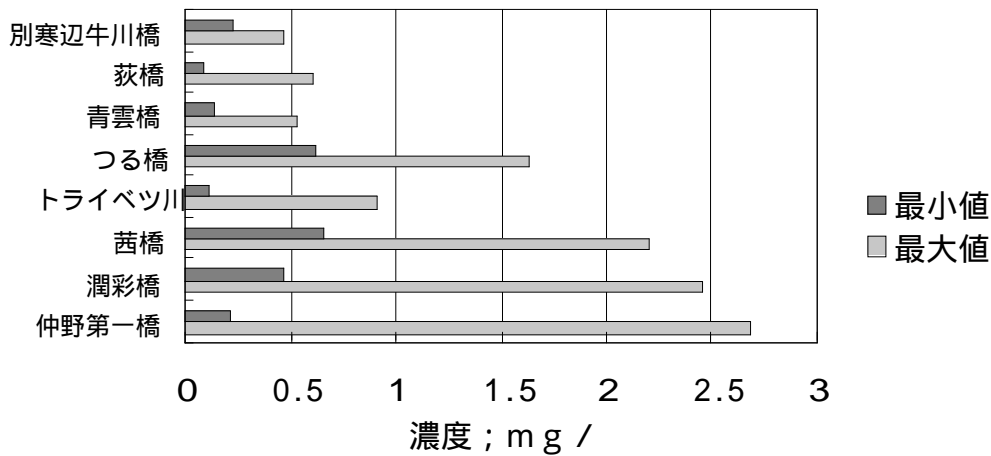


図 13 各観測ポイントでの T-N 濃度の最大値・最小値

以下では、それぞれの観測ポイントでの負荷量データをしめす。負荷量は、T-N濃度に流量を乗じたもので、LQ 式に流量を代入して取得した。図 14 から図 21 は、時間あたりの負荷量をあらわしている。

牧草地優先地域である仲野第一橋流域での負荷量変動は、図 14 のようになった。この流域の流量は、他の観測地点に比べて小さいが、濃度は高い。よって、負荷量は流量のわりに大きい。

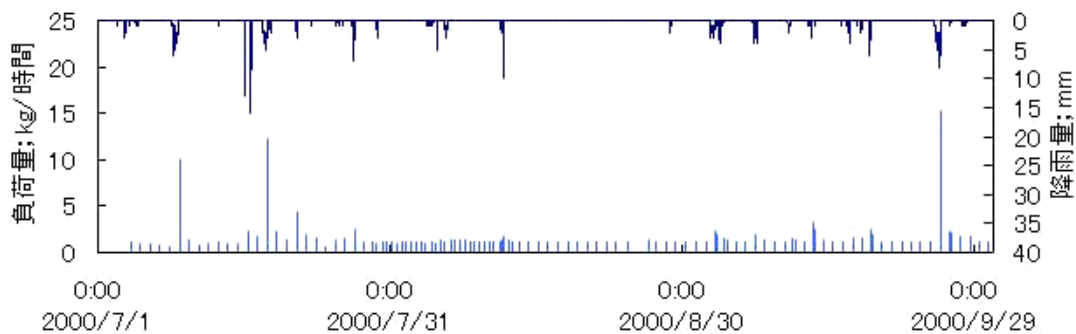


図 14 仲野第一橋観測ポイント実測負荷量

牧草地優先地域である潤彩橋流域での負荷量変動は、図 15 のようになった。流量は、最下流地域について大きい。この流域の流量は比較的大きく、濃度も高い。よって、負荷量は大きい。

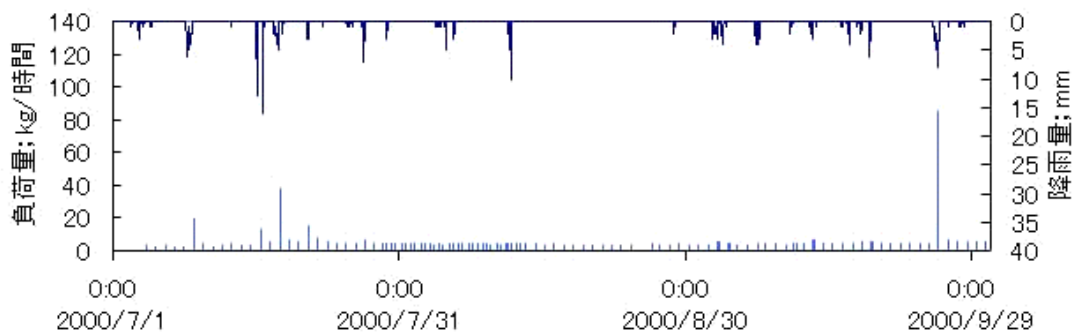


図 15 潤彩橋観測ポイント実測負荷量

牧草地優先地域である茜橋流域での負荷量変動は、図 16 のようになった。流量は、この流域の流量は、他の観測地点に比べて小さいが、濃度は高い。よって、負荷量は流量のわりに大きい。

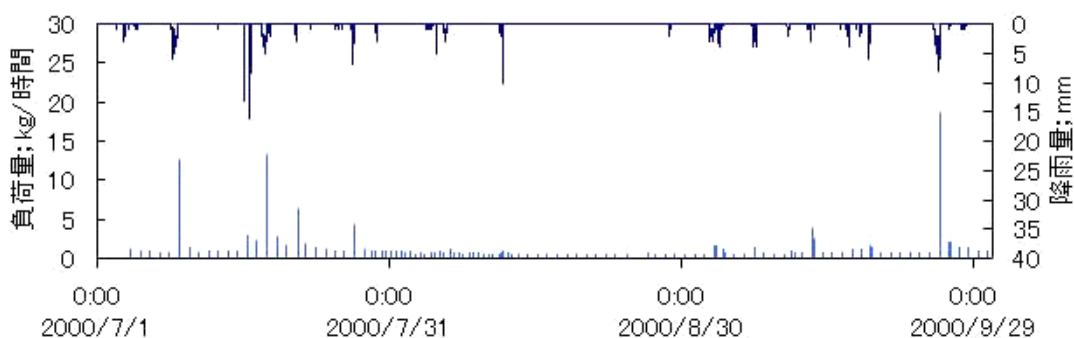


図 16 茜橋観測ポイント実測負荷量

ササ草原単一であるトライベツ川流域での負荷量変動は、図 17 のようになった。この流域の流量は、他の観測地点に比べて小さいが、濃度は高い。よって、負荷量は流量のわりに大きい。

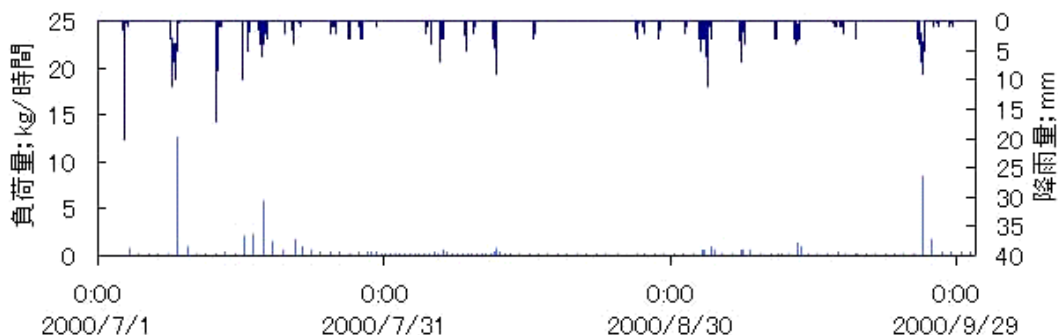


図 17 トライベツ川観測ポイント実測負荷量

ササ草原優先であるつる橋川流域での負荷量変動は、図 18 のようになった。流量は、他の地域に比べて小さい。この流域の流量は、他の観測地点に比べて小さいが、濃度は高い。よって、負荷量は流量のわりに大きい。

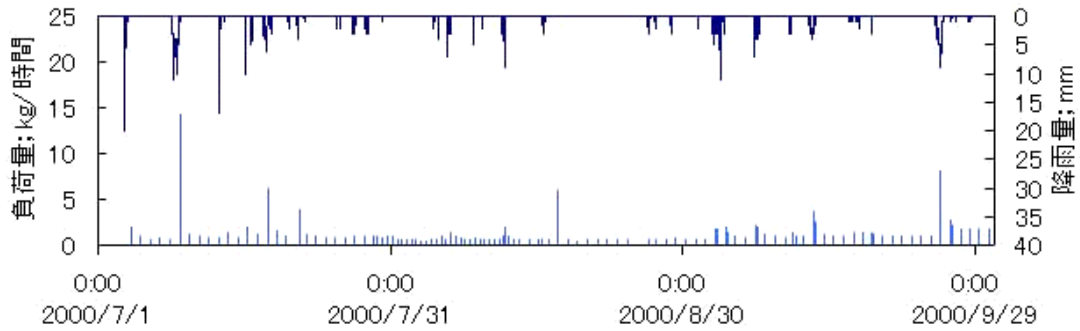


図 18 つる橋観測ポイント実測負荷量

森林優先である青雲橋流域での負荷量変動は、図 19 のようになった。この流域の流量は、他の観測地点に比べてやや大きいが、濃度は低い。よって、負荷量は小さい。

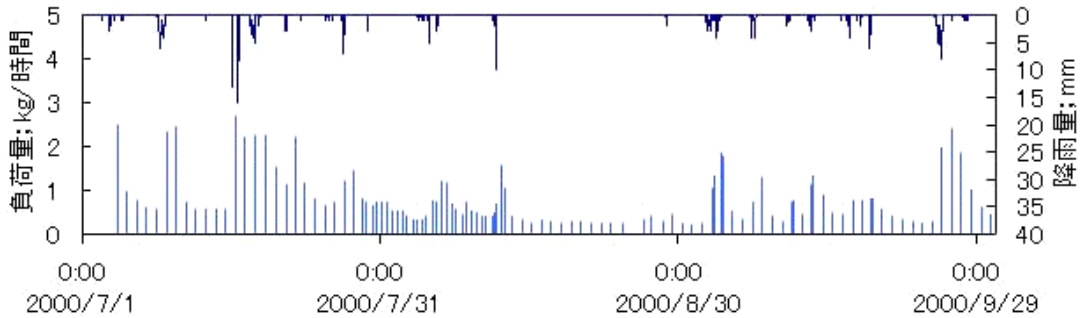


図 19 青雲橋観測ポイント実測負荷量

森林優先である荻橋流域での負荷量変動は、図 20 のようになった。流量は、他の流域に比べて大きい方である。この流域の流量は、他の観測地点に比べて大きいが、濃度は低い。よって、負荷量は流量のわりに小さい。

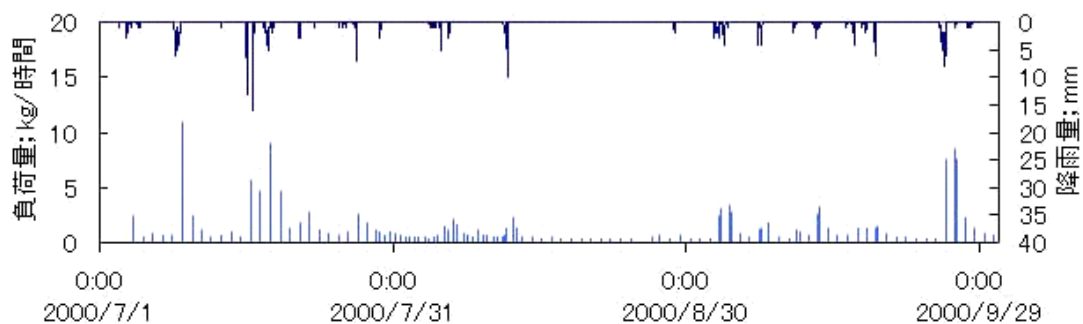


図 20 荻橋観測ポイント実測負荷量

湿原部を含む最下流に位置する別寒辺牛川流域の負荷量変動は、図 21 のようになった。この流域の流量は、観測地点のなかで一番大きい。濃度は低い。よって、負荷量は流量のわりに小さい。流量変動が、あまり大きいピークをつくらないことから、負荷量も平水時と豊水時で大きく差がでていない。また、濃度自体が非常に低濃度であるため、全体的な負荷量が抑制されている。

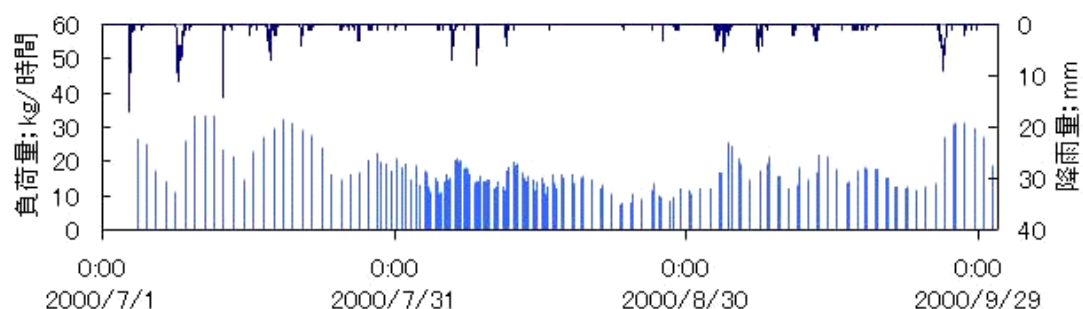


図 21 別寒辺牛川橋観測ポイント実測負荷量

土地利用別メッシュタンクモデル

本研究は、湿原の降雨流出機能を把握することが目的である。対象流域には、湿原以外にも牧草地・森林・ササ草原といった他の土地利用も含まれる。そこで、流域を一括してあつかうのではなく、それぞれの土地利用ごとの機能に分割することによって、湿原の機能を考える。そこで、土地利用別メッシュタンクモデルを構築する。

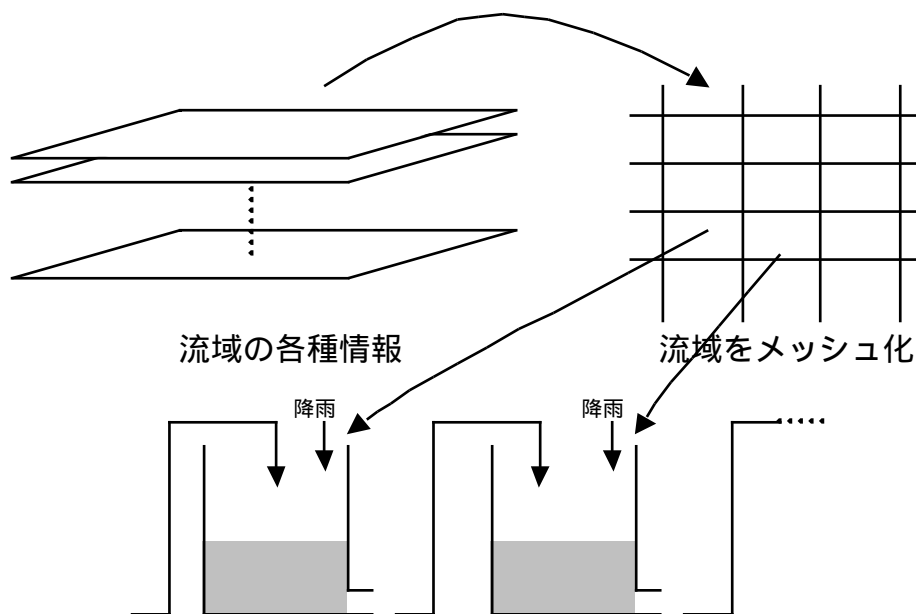


図 22 メッシュタンクモデル

メッシュタンクモデル²⁾³⁾⁴⁾は、図 22 のように、流域を分割したそれぞれのメッシュにタンクをはめ込み、メッシュ間で水を受け渡していき、そのとき河川流入も発生させる。その後、河川流下を河川メッシュでおこす。これらを何回か繰り返すことにより、流量取得ポイントを通過する流量を取得していく。

本研究では、このメッシュに埋め込むタンクを土地利用ごとに流出率・タンク形状を決定する。それにより、土地利用ごとの流出特性を把握する。

本モデルのアルゴリズム^{解説}は、図 23 のようになる。水の受け渡しループと河川ループは、メッシュ間の水の動きと河川流下では明らかに速度がことなるので、河川流下の方が多くなるよう分けた。

土地利用別に設定されるタンク係数・形状は、水の受け渡しループの中で適用される。牧草地・森林・ササ草原・湿原（ヨシ・ハンノキ）という土地利用ごとに、セル間の流出量や河川への流出量を決定するそれぞれのタンク係数・形状が、ここで反映される。

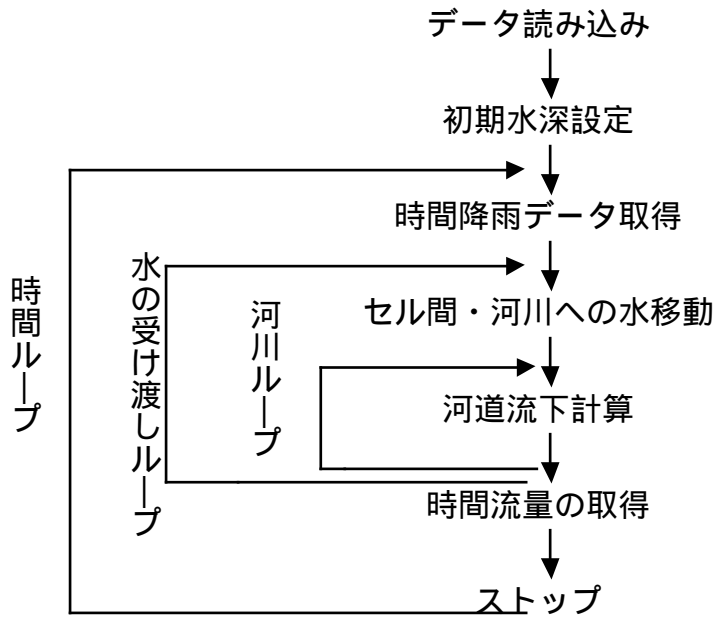


図 23 メッシュタンクモデルアルゴリズム

上記のメッシュタンクモデルアルゴリズム内の水の受け渡しループ詳細は、図 24 のようになっている。

2 kmメッシュである水の受け渡しループは、1 時間に 2 回、250mメッシュである河川ループは、水の受け渡しループ 1 回に対して 5 回、つまり、1 時間に 10 回発生させた。

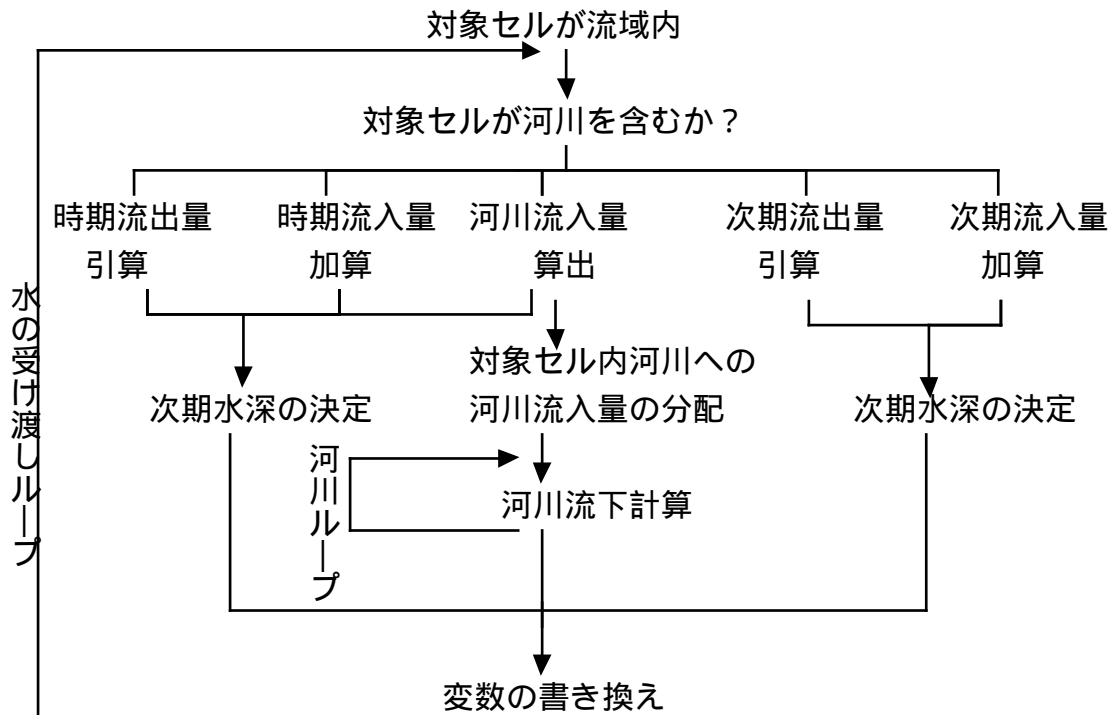


図 24 水の流れアルゴリズム

アルゴリズム内で扱うセル^{解説}間の流出量の決定については、以下のような運動方程式をもちいる。(H)でタンクにたまる水深の差による流出量の違いを考慮し、iで勾配^{解説}を考慮する形になっている。⁴⁾

$$Q = (H) \times i$$

$$i = \frac{\text{斜面高低差} + \text{タンク水深差}}{\text{一辺の長さ}}$$

$$= 0.8$$

(H) : タンク形状によって決定

(H)に関しては、図 25 のようなかたちで決定する。これは、横への流出を考えるものであるので、R3 のような下段への流出に関しては、単純な H1 に R3 を乗じたものを下段への流出量とした。

ここで、上段タンクと下段タンクでそれぞれ (H)が算出され、それぞれの流出量が算出される。これらは、流出先のセルの上段・下段セルにそれぞれ流出していくものとする。

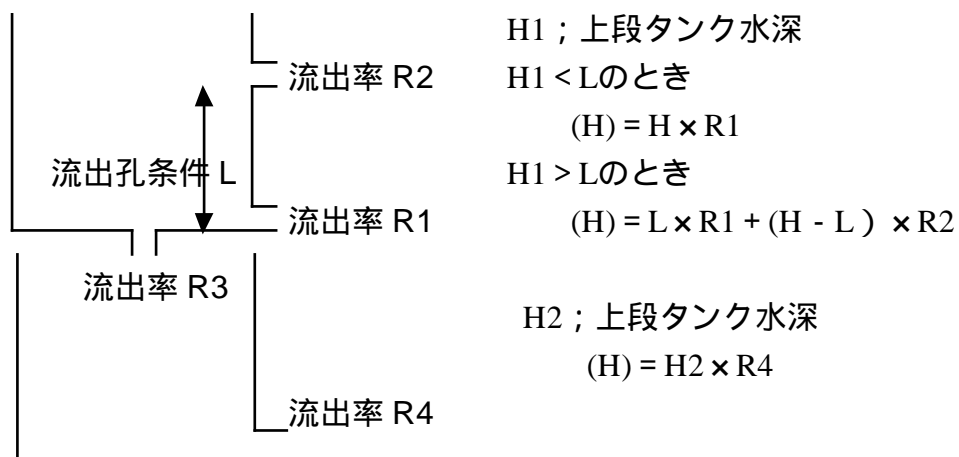


図 25 (H)の決定の式

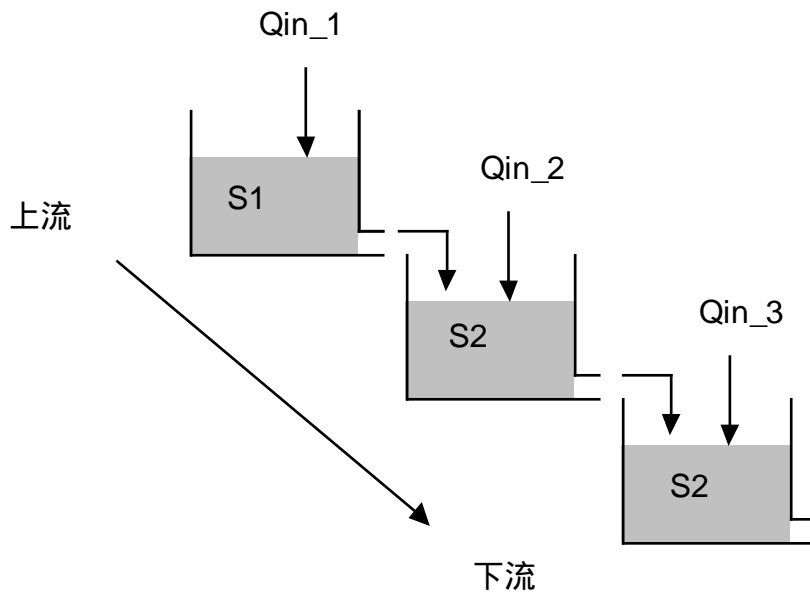
土地利用メッシュから河川への流入量の算出に関しては、以下のような式をもちいた。本研究では、S と の値については、過去のタンクモデルの研究で広く使われた値をもちいた。(H)は図 25 と同様にしてえられ、上段・下段それぞれから流入があるものとした。

$$Q = (H) \times S$$

$$S=0.1 \quad =0.5$$

(H) : タンク形状によって決定

河道流下は、図 26 のように扱った。まず、土地利用メッシュからの流入である Q_{in_j} を河川セルへ流入させる。その後、河川セルだけで流入・流下を繰り返す。そのとき、河道内流下量の決定は、 $F_j = S_j \times 0.8$ といった形で一律で流下させる。



Q_{in_j} ; 土地利用メッシュから河道への流入量
 S_j ; 河道貯留量
 F_j ; 河道内流下量

図 25 河川流下概念図

結果

ササ草原のタンク係数設定には、9月24日1:00から9月30日24:00までの期間のトライベツ川の実測流量を計算値と比較した。そのとき、タンク形状は、図 27 のようになった。タンクは、単純な2段タンクで再現されている。

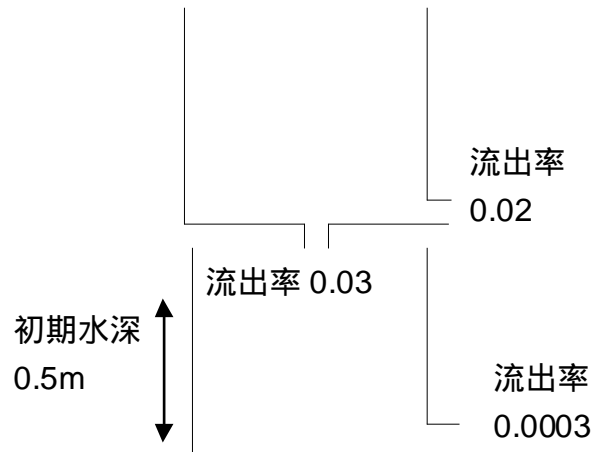


図 27 ササ草原タンク形状

図 28 は、上記のようなタンク条件でのトライベツ川流域の計算値と実測地を比較したものである。計算値と実測値はよく近似し、河川流量が再現できている。

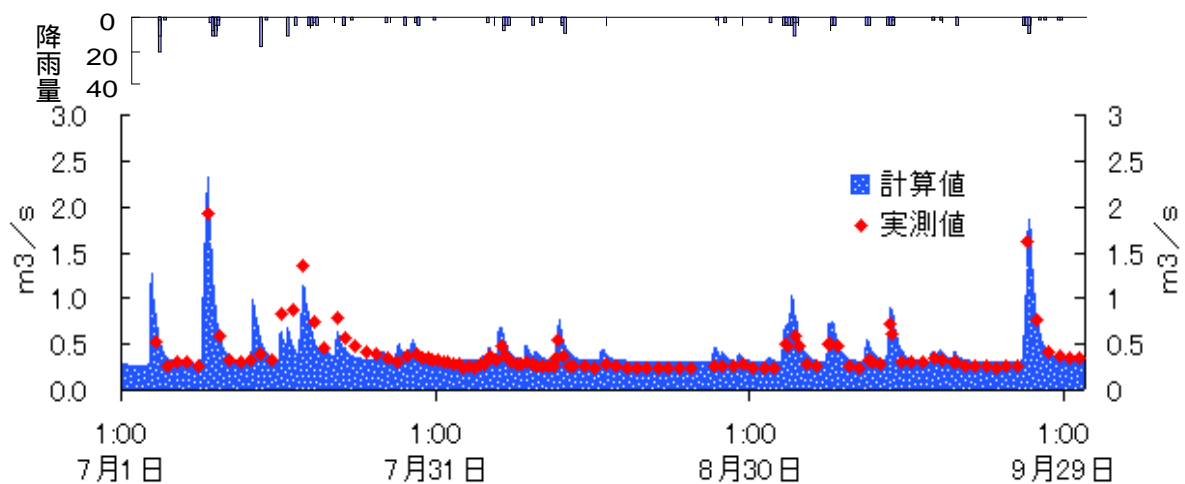


図 28 トライベツ川実測流量と計算値の比較

そのとき、牧草地のタンク形状は、図 29 のようになった。タンクは、単純な 2 段タンクで再現されている。森林タンクの形状は、図 30 のようになった。上段タンクの流出孔が 3 つになっている。これは、流出孔がひとつでは、ピーク後の低減が再現できなかったためである。

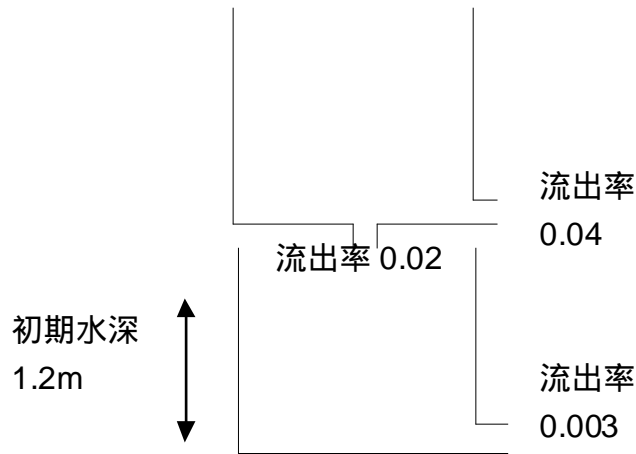


図 29 牧草地タンク形状

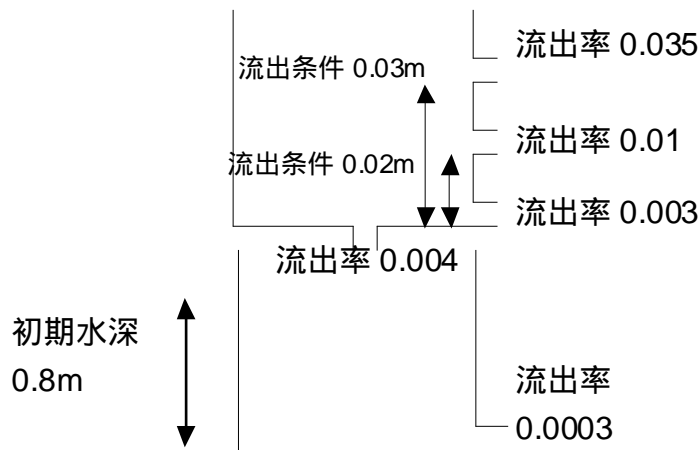


図 30 森林タンク形状

以下は、上記のような牧草地・森林・ササ草原のタンク条件での計算値と実測値を比較したものである。

図 31 は、仲野第一橋流域に関する比較である。牧草地優先流域である本流域での計算値と実測値はよく近似し、河川流量が再現できている。

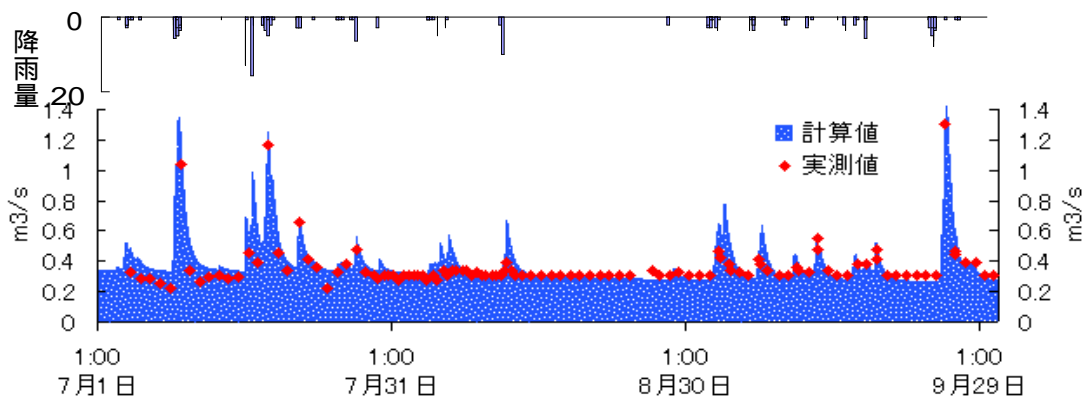


図 31 仲野第一橋実測流量と計算値の比較

図 32 は、青雲橋流域に関する比較である。森林優先流域である本流域での計算値と実測値はよく近似し、河川流量が再現できている。若干、降雨時のピーク流量があっていない部分が見られるが、これは、集中豪雨などによるもので、降雨観測所でえられる降雨量と実際の地域での降雨量の違いによるものと考えられる。

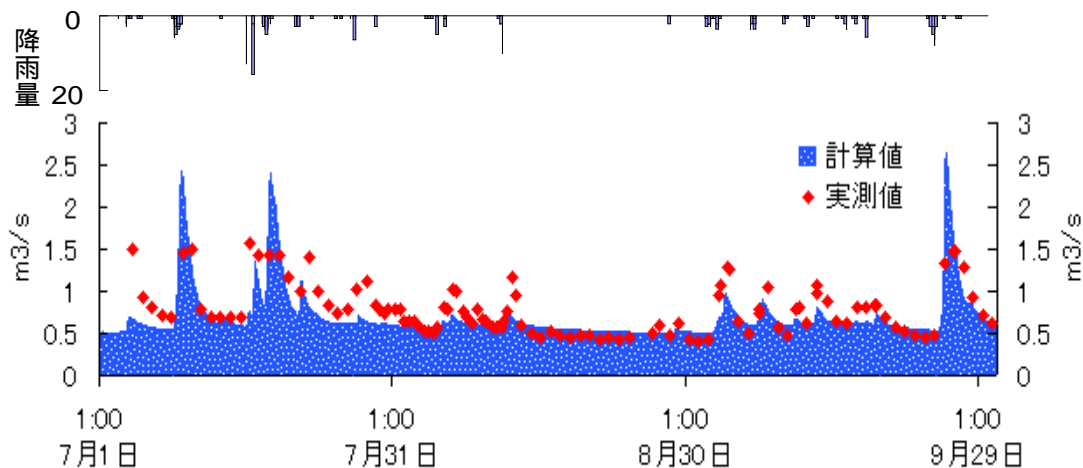


図 32 青雲橋実測流量と計算値の比較

いる。そこで、以下では、上記と同様のタンク条件での他の流域での実測値と計算値の比較についても記載する。

図 33 は、潤彩橋流域に関する比較である。牧草地優先流域である本流域での計算値と実測値はよく近似し、河川流量が再現できている。本流域は、図 33 に示したように、の仲野第一橋流域に対して 4 倍近い流量をもつ流域であるが、以下のように河川流量が再現できている。このことから、河川規模がことなっても流出特性が、よく再現できているといえる。

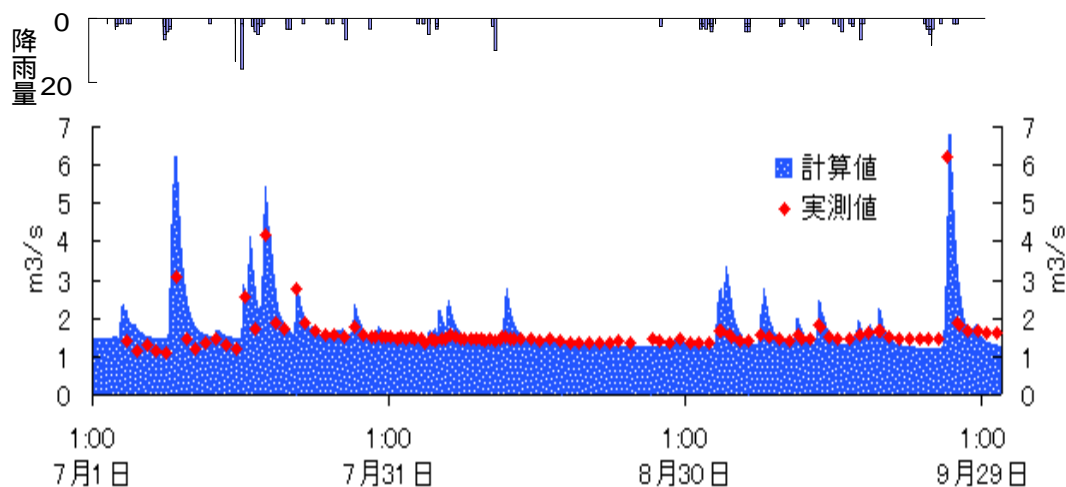
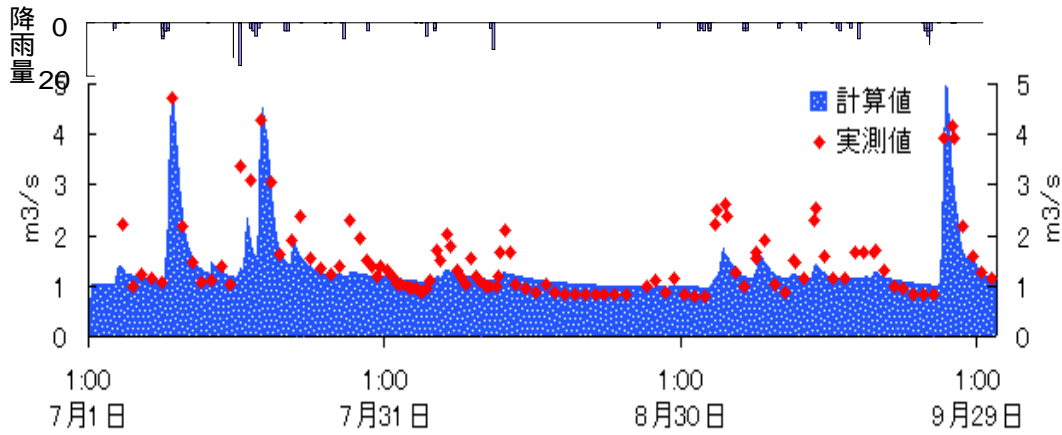


図 33 順彩橋実測流量と計算値の比較

図 34 は、荻橋流域に関する比較である。森林優先流域である本流域での計算値と実測値は近く河川流量が再現できている。



域で

図 34 荻橋実測流量と計算値の比較

図 35 は、つる橋流域に関する比較である。森林優先流域である本流域での計算値と実測値はよく近似し、河川流量が再現できている。

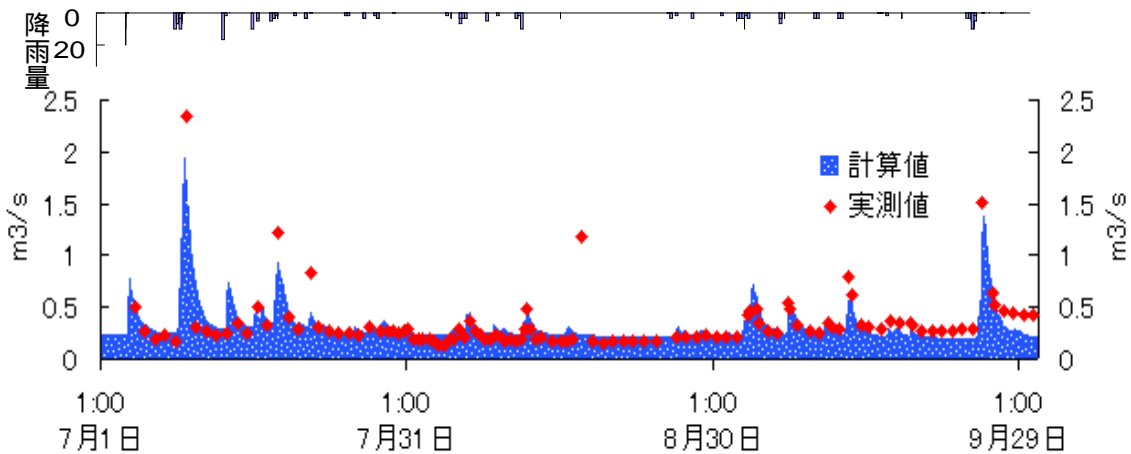


図 35 つる橋実測流量と計算値の比較

図 36 は、茜橋流域に関する比較である。牧草地優先流域である本流域での計算値と実測値は、基底流量が大きくなりすぎて河川流量が再現しきれない。これは、河川データ作成のときに、地勢図に記載されている河川を全て、ひろったため、河川流入が大きく見積もられたためである。実際、本流域の河川は、他の流域河川に比べて河川幅が小さいわりに、地勢図上では、河川長が非常に大きく記載されている。

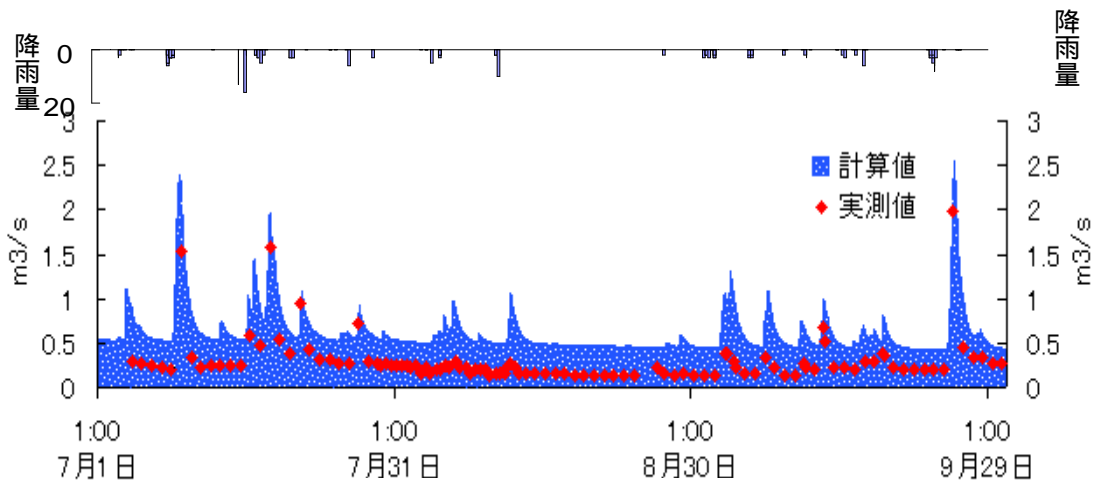


図 36 茜橋実測流量と計算値の比較

湿原部のタンクに関しては、これまでのようなタンク形状では、実測流量に計算値を近づけることができなかった。その理由のひとつは、計算値では、ピークが明らかに大きくなってしまっていることである。これは、かりに湿原からの流出量をなくした状態でも同じである。そこで、本研究では、井上(1997)⁵⁾の研究で報告されている河川オーバーフローをモデル内に導入した。

図 37 のような流れで、河川オーバーフローを導入した。対象とするのは、河川の周りの植生がヨシ・ハンノキである河川に対してである。そのような河川セルには、架空のタンクを河川小タンクとして設定し、河川水位がオーバーフローの基準値を上回ったときは、河川セルからその河川小タンクへ基準値以上を流入させ、基準値までを次の河川セルへ流下させる。その後、その河川セルへは、通常の河川流入に加えて、河川小タンクからの流入も発生させる。通常の河川流入と河川小タンクからの流入の合計が、オーバーフロー基準を上回ったときは、先ほどと同じことを繰り返し、下回ったときは、それらの合計をそのまま流下させる。

以上のような形で河川オーバーフローメカニズムをモデルに導入し、オーバーフローした水を一時的に貯留させ、基準以上の河川流下をおこさないようにした。

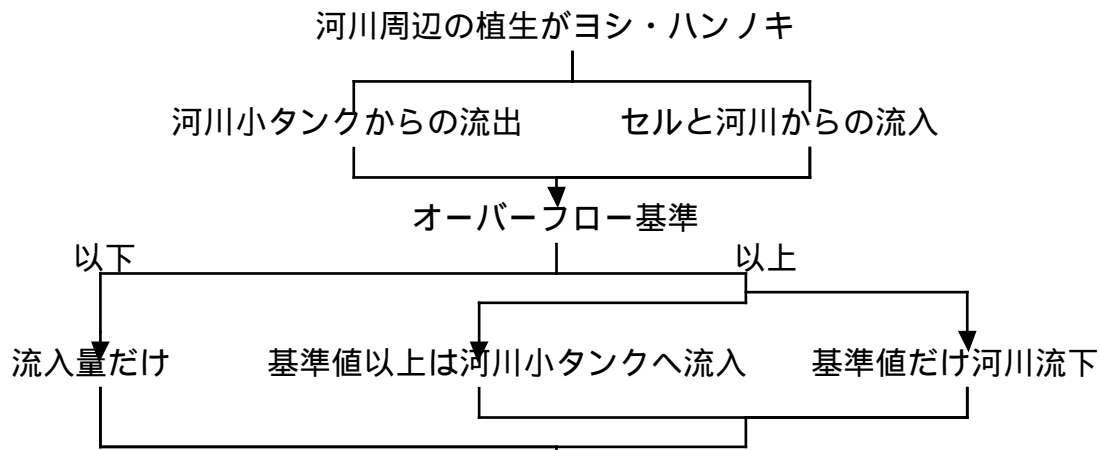


図 37 河川オーバーフローのアルゴリズム

ふたつめの湿原部の実測流量が再現できなかった理由は、降雨後のピークが早く出過ぎることである。そこで、本研究では、上段タンクの流出率を上段タンクの水深によって変動するかたちを導入した。

水深の変動については、以下の式を導入した。

$$H > 0.015\text{m} \quad \text{流出率} = 0.05$$

$$H \leq 0.015\text{m} \quad \text{流出率} = - (0.2/0.015) \times H + 0.2 + 0.05$$

上記の式により、上段タンクの水深が低いときの流出率が大きくなるようにした。これにより、上段タンクの流出率が 0.05 から 0.25 の範囲をとるように設定されている。

これは、湿原では、平水時に地表面からの流出が発生していて、降雨時の河川水面の上昇にともないその地表面からの流出水が飽和してしまい、晴天時に比べて流出率が低くなることをあらわしている。実際、カヌーで河川を下っていても、晴天時には、水が流れ出ているのが観測されるが、河川水位があがっているときは、そのような観測はない。これにより、湿原からの流出量がいっきに流れ出さずにゆっくり低減していく形になる。

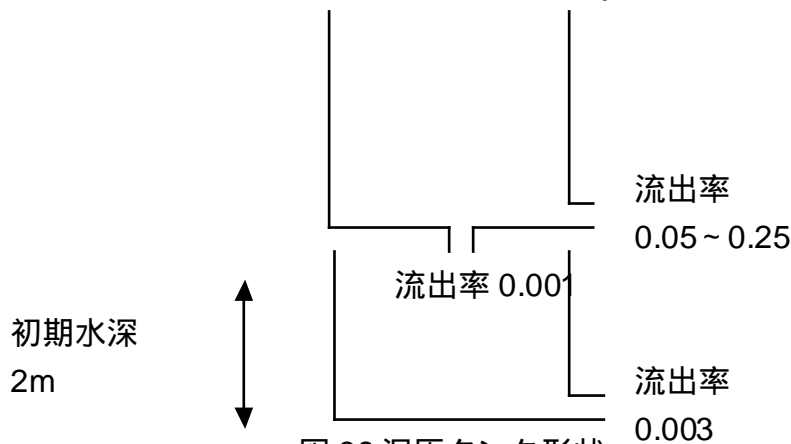


図 38 湿原タンク形状

図 39 は、以上のようなことをふまえて、9月24日1:00から9月30日24:00の湿原部を含む別寒辺牛川橋流域の実測流量と計算値を比較したものである。ピーク流量については、再現できている。

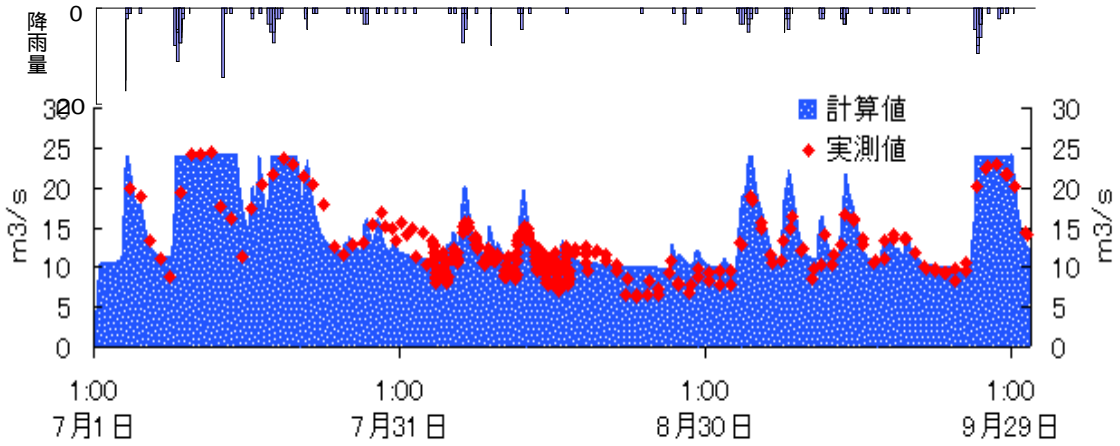


図 39 別寒辺牛川橋実測流量と計算値との比較

以上のように、土地利用別タンクが決定された。ここでは、さらに土地利用別タンク形状の違いを考察する。そこで、仮想的にある流域の土地利用をそれぞれの土地利用単一のものにし、それに対して表 2 のような条件を与える。そして、ある観測ポイントでの流量を取得していく。以上の作業をそれぞれの土地利用に繰り返しえられたのが図 40 である。ここでは、流量取得ポイントをトライベツ川としている。

表 2 土地利用別のタンク流出量の違いをみるための降雨条件

降雨量	5 回目に 50mm
期間	60 回

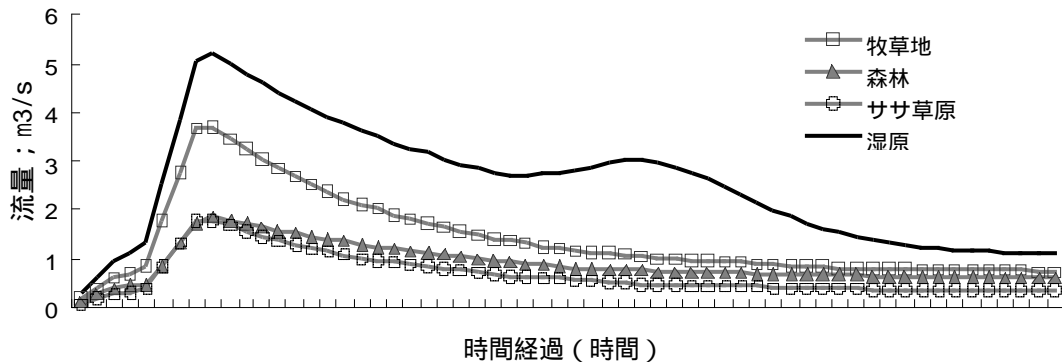


図 40 土地利用別のタンク流出量の違い

図 40 から、湿原タンク単一のときの流量が、他に比べて大きい。また、湿原タンク単一の場合は、ピークが 2 回きていて、ピーク流量からの低減がおかれている。牧草地タンク単一のときは、ピークが大きくその後の低減もはやい。森林タンク単一のときは、ピークも小さく低減の仕方が他に比べて緩やかである。ササ草原タンク単一のときは、全体的に流量が少ない。このようにそれぞれの土地利用別タンクは、実測流量でのそれぞれの特性を再現できている。

まとめ

本研究の発展段階は、湿原保全政策の評価である。そのためには、湿原陸化の原因となる栄養塩の流入を把握する必要がある。そこで、本研究では、その前段階として、湿原を含む流域の水環境について河川流量を取り上げた。

現地調査により、それぞれの土地利用ごとの河川流量変動の違いも観測できた。河川流量データがほとんどない対象流域での今回の調査データは、今後、様々な分野での調査に利用することが可能である。また、今回作成した水位流量曲線を使用すれば、今後も流量を取得していくことも可能である。水質データは、サンプル数は少ないが、それぞれの土地利用ごとの特性は把握できた。

構築した土地利用別メッシュタンクモデルによって、土地利用ごとの降雨流出特性を把握することができた。湿原の河川流量へ与える影響を、湿原タンクを構築することにより抽出できた。そして、モデル内に井上(1997)⁵⁾の研究によって報告されている河川オーバーフロー現象もとりにいれることができた。

湿原保全を考えると、その政策の対象を流域としてとらえることは、重要である。そのようななかで、今回作成した土地利用別メッシュタンクモデルは、流域を把握するうえで有効な手段である。これをもちいることによって、立地条件に考慮した洪水政策なども考えることも可能である。

今後の課題

今後の課題としては、まず河川オーバーフローがどのように水質に影響しているかなどを考慮した河川水質を再現したモデル⁶⁾⁷⁾⁸⁾を構築することである。このようなモデルを作成することにより、湿原への栄養塩の流入量を把握することができる。そして、その先には、湿原遷移モデルを構築するということも考えられる。

河川流量は、今回一人で調査ということから、多少の誤差はある。詳細な河川流量データを取得したいならば、水位流量曲線も再構築する必要がある。流域の水質について把握したいならば、さらなる水質サンプリングが必要である。

また、最下流部の別寒辺牛川橋での水位観測で観測された潮位との影響をし

るためには、自記水位計などを使用した連続的な水位観測が必要である。そのことは、モデルでの計算値の確認という観点からも必要である。

参考文献

- 1) 岩佐義郎(1996)河川工学 (株)森山出版
- 2) 菅原正巳(1979)続・流出解析、(株)共立出版
- 3) 木村和正(1998)水圏水文学、(有)教文
- 4) 後藤章(1983)平面メッシュ型流出モデルの基礎理論と長期流出解析への適用 東京大学博士論文
- 5) 井上京(1997)別寒辺牛低地泥炭湿原の水文環境と形成過程 (財)自然保護助成基金 1994・1995 年度研究助成金報告書
- 6) 國松孝男・村岡浩爾(1989)河川汚濁のモデル解析、技報堂出版(株)
- 7) 和田安彦・三浦浩之(1995)雨天時流出を考慮した水環境管理システムとその適用、土木学会論文 No.521/ -32、39-48
- 8) 中曽根英雄・黒田久雄・加藤亮(2000)農業土木学会論文集 No.205、pp.95 ~ 100

謝辞

本研究は、平成 12 年度厚岸湖・別寒辺牛湿原学術研究奨励補助金制度の補助金を頂いて進めることができました。

現地調査を行なうにあたって、厚岸町のみなさんには宿泊・調査道具の貸し出し・資料集めなど多大なご迷惑をかけました。特に荒井久昭氏、澁谷辰生氏、加藤珠美氏には、長期滞在するに至って、いろいろとお世話を頂きました。厚岸町役場の福田美樹雄氏には、貴重な資料提供を頂きました。

未筆ながら、多くの方々のご指導、ご鞭撻、ご協力のもとに本論文が執筆できたことを、ここに記したいと思います。

用語解説

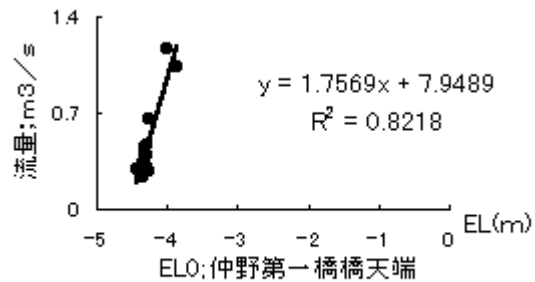
ページ番号	用語
1	流域 ~ 分水嶺で囲まれた地域。地下水・地表水・河川など水が同じ河川などに流れ込んでいる地域。
1	栄養塩 ~ 窒素やリンなどで、これらが水中に多く存在すると、プランクトンの増殖が促進され、いわゆる富栄養化現象を引き起こす。
1	メッシュタンクモデル ~ 流域をメッシュ(網の目のように)分割し、各メッシュごとに、水のながれを追っていく。その各メッシュには、タンクとよばれる、タンクにいくつか穴をあけて、その穴からでた水を、次の流れ込むメッシュにいれてやるような形をとっている。
1	流速計測法 ~ 測定断面において、横断線上に水深測線と流速測線とをつくり、水深測線上で水深を測り、断面積を知るとともに、流速測線上の平均流速を求め、そのそれぞれの断面積と平均流速を乗じることによって、体積をもとめ、ある時間内にその地点を通過する体積、つまり流量を求める。
3	水位流量曲線(HQ 式) ~ 水位を流量に換算する経験的曲線。
3	ピーク流量 ~ ある降雨の影響がもっともでている状態の河川流量
4	SS ~ 浮遊物質。水中に懸濁している物質。これが多いと水が濁る。
8	負荷量 ~ 濃度 × 水量。
8	LQ 式 ~ 負荷量 L を流量 Q の関数として、表した式。つまり、流量から負荷量をもとめる式。
8	T-N ~ 全窒素。窒素は水中に様々な形で存在している。すなわち、有機態・アンモニア態・硝酸・亜硝酸であり、それらが水中で変化する。それら様々な携帯の窒素の合計のこと。
13	アルゴリズム ~ 問題を解くための論理・手順。ここでは、水の流れを追うためにモデル内でおこなう作業の順番。
15	セル ~ 流域をメッシュ分割したひとつひとつのメッシュ。
15	勾配 ~ 傾斜のこと。

水位流量曲線(HQ式)

7月5日から7月25日までの流量測定と水位測定をプロットし、その近似曲線を取得することにより、水位流量曲線（HQ式）を構築した。

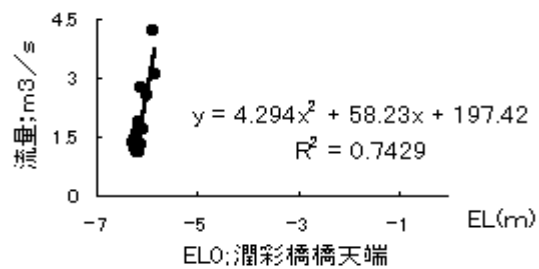
以下の図では、横軸を橋から河川水面までの距離をマイナス表示している。つまり、横軸の値が EL=0m であるということは、橋げたと河川水面が同じであるということを表している。

仲野第一橋での HQ 式は右図のようになった。決定係数も 0.8 以上で、よい結果が得られている。



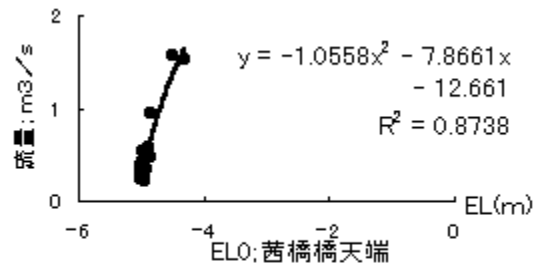
仲野第一橋観測ポイント
水位流量曲線

潤彩橋での HQ 式は、右図のようになった。決定係数が他のものに比べて、やや小さくなっている。これは、河川幅が広いわりに、水深が浅いため河川内での流量測定をおこなったため川幅の測定の精度が他に比べて不安定であったことが理由として考えられる。



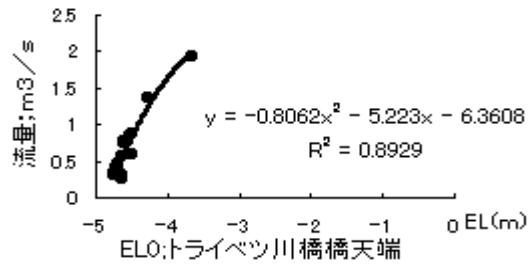
潤彩橋観測ポイント
水位流量曲線

茜橋での HQ 式は、右図のようになった。決定係数も 0.8 を以上でよい結果が得られている。



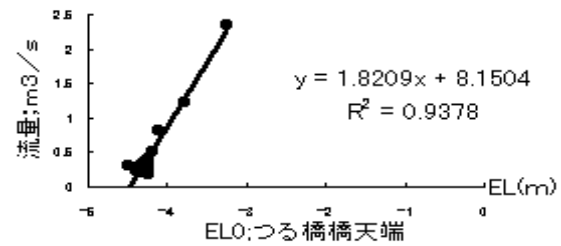
茜橋観測ポイント水位流量曲線

トライベツ川でのHQ式は、右図のようになった。決定係数も0.9に近く、よい結果が得られている。



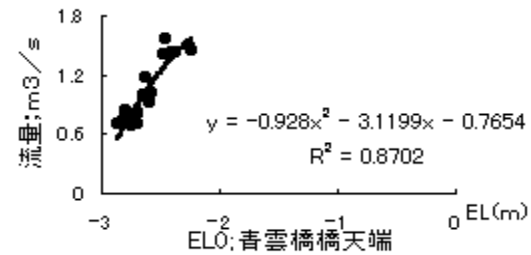
トライベツ川観測ポイント水位流量曲線

つる橋でのHQ式は、右図のようになった。決定係数も0.9以上で、よい結果が得られている。



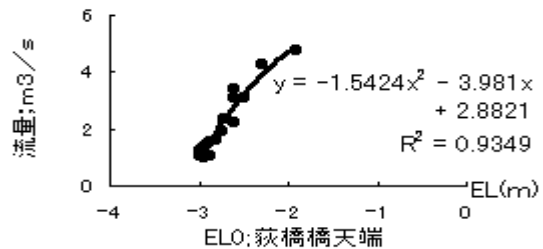
つる橋観測ポイント水位流量曲線

青雲橋でのHQ式は、右図のようになった。決定係数も0.9以上で、よい結果が得られている。



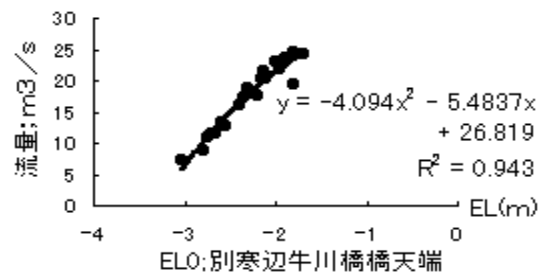
青雲橋観測ポイント水位流量曲線

荻橋でのHQ式は、右図のようになった。決定係数も0.9以上で、よい結果が得られている。



荻橋観測ポイント水位流量曲線

別寒辺牛川橋でのHQ式は、右図のようになった。決定係数も0.9以上で、よい結果が得られている。8月25日の水位がそれまでの観測値を下回ったので、その日流量測定をおこないHQ式を補正した。

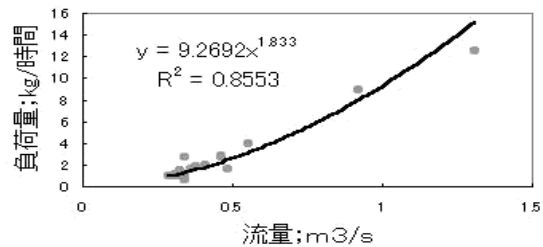


別寒辺牛川橋観測ポイント
水位流量曲線

LQ 式

水質サンプリング期間の流量と負荷量をプロットし、その近似曲線を取得することにより、LQ 式を構築した。

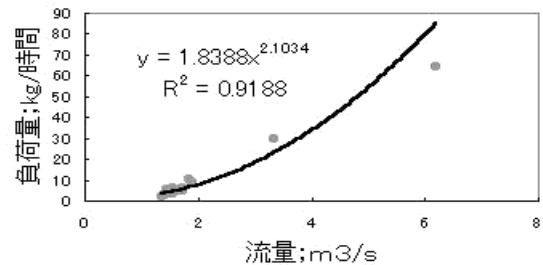
仲野第一橋観測ポイントでの LQ 式は、右図のようになった。決定係数は、0.8 以上で、よい結果が得られている。



仲野第一橋流域非T-N濃度LQ式

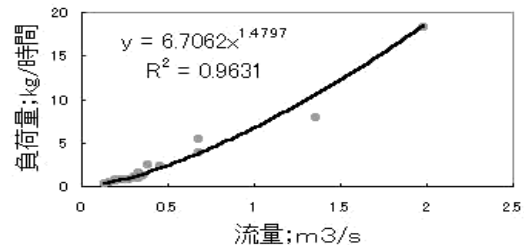
仲野第一橋観測ポイントでの T-N の

潤彩橋観測ポイントでの LQ 式は、右図のようになった。決定係数は、0.9 以上でよい結果が得られている。



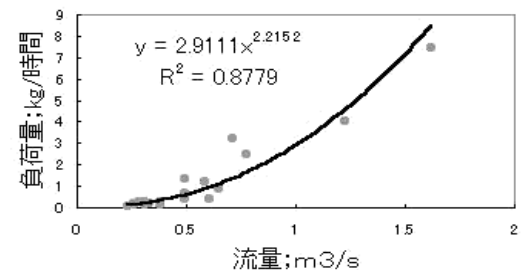
潤彩橋観測ポイントでの T-N の LQ

茜橋観測ポイントでの LQ 式は、右図のようになった。決定係数は、0.9 以上でよい結果が得られている。



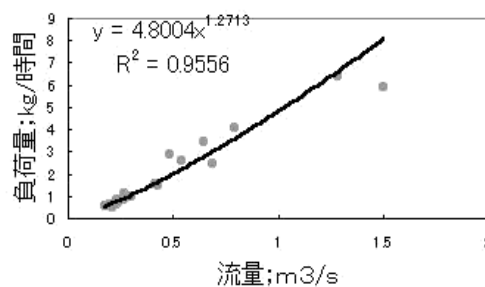
茜橋観測ポイントでの T-N の LQ 式

トライベツ川観測ポイントでの LQ 式は、右図のようになった。決定係数は、0.9 以上でよい結果が得られた。



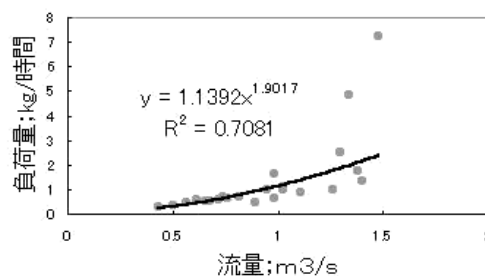
トライベツ川観測ポイントでの T-N の

つる橋観測ポイントでの LQ 式は、右図のようになった。決定係数は、0.9 以上でよい結果が得られた。



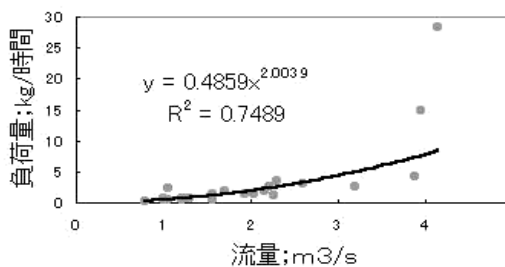
つる橋観測ポイントでの T-N の LQ 式

青雲橋観測ポイントでの LQ 式は右図のようになった。決定係数は、0.7 であり、これまでの地域に比べれば低い。



青雲橋観測ポイントでの T-N の LQ 式

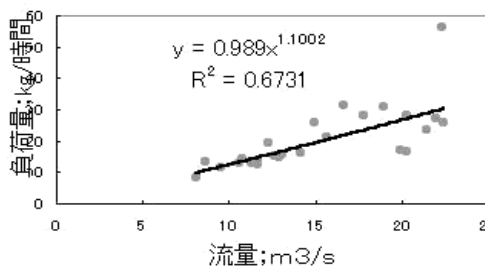
荻橋観測ポイントでの LQ 式は、右図のようになった。決定係数は、0.7 であり、上記と同様これまでの地域に比べれば低い。



荻橋流域T-N濃度LQ式

荻橋観測ポイントでの T-N の LQ 式

別寒辺牛川橋観測ポイントでの LQ 式は、右図のようになった。決定係数は、今回調査したなかでは、一番低く 0.7 以下であった。



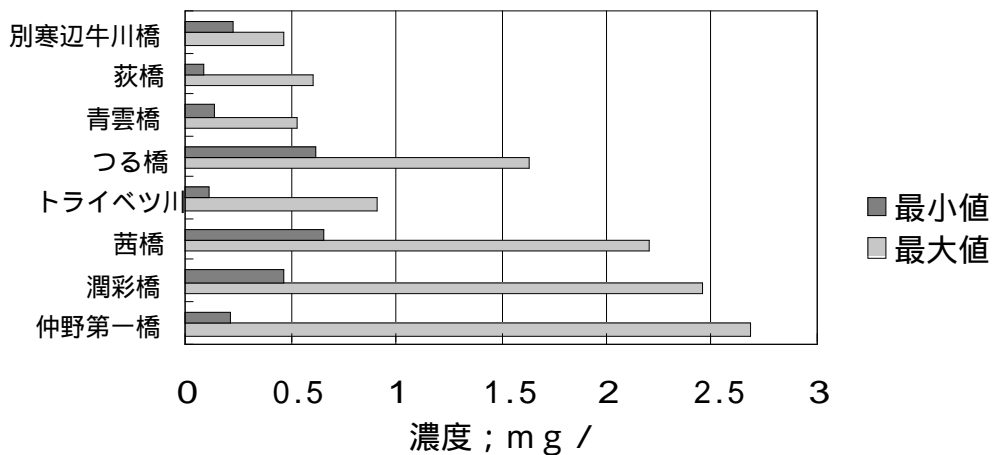
別寒辺牛川流域のT-N濃度LQ式

別寒辺牛川橋観測ポイントでの T-N の

上のようにして LQ 式が構築された。よい決定係数が得られているが、残りの 3 ポイントは、決定係数が低い。その 3 ポイントは、森林優先流域や、湿原

を含む流域である。

下図からもわかるように、その3ポイントは、他の牧草地やササ草原が優先している地域に比べて、T-N濃度が全体的に低い。流量が大きいとき、牧草地やササ草原が優先する流域では、SSの流出量が増加し、濃度が高くなるのに対して、森林や湿原が優先する流域は、濃度はそれほど変化しない。つまり、それらの流域では、濃度に負荷量に乗じて算出される負荷量も、他の流域に比べて大きくなる。このように、負荷量があまり流量の大小の影響を受けていないということが、決定係数が低くなっている原因である。



各観測ポイントでの T-N 濃度の最大値・最小値