

貯水池建設に伴う下流河川水量・水質変化解析システムの開発

Development of water environment analysis system that supports environmental impact assessment of reservoir construction

天野 邦彦*

Kunihiko Amano

安田 佳哉**

Yoshiya Yasuda

ABSTRACT: It is of great importance to assess the environmental impact of the construction of a dam reservoir. Our aim is to develop a water quality and quantity change prediction system by integrating numerical models and GIS database. To predict the water quality and quantity change quantitatively in downstream river caused by the construction of a reservoir, models must be able to treat important factors which affect water quality and quantity separately. These factors include water use, water discharge, land use, and the operation of reservoirs. Our system consists of runoff model, river model, and reservoir model. The model structure, calculation procedure and results are shown in this paper. The advantage of the use of GIS database in this system is also discussed.

KEYWORDS: Environmental Impact Assessment, GIS, Dam, River Environment

1. はじめに

河川環境の保全是、河川事業の目的の一つとして位置づけられており、さらに昨今の環境保全への関心の高まりに呼応して事業が周辺環境に与える影響評価のためのアセスメント手法の信頼性向上が重要な課題となってきた。そのため本研究においては、実際のプロジェクト実施に伴う環境影響のモニタリング等をふまえ、水資源開発施設建設事業が貯水池、河川を含めた周辺水環境に与える影響の総合的予測評価手法の向上を図ることを目的とし、水質変化予測・評価を行う手法の一つとして、貯水池及び下流河川における水量・水質解析システムの開発を行った。

河川にダム貯水池が建設される場合、貯水池下流の河川水量・水質は貯水池の運用による影響を受けることになる。下流河川における水量・水質変化はそこに存在する水域生態系に影響を与えることになるため、下流河川における水量・水質変化について定量的に予測する手法の開発が必要である。

ただし、実河川においては貯水池建設前に発電取水などによりすでに複雑な水利用が行われていることも希ではなく、このため既往の水利用形態が将来変化した場合に河川水量・水質変動に対する影響は貯水池運用に伴う影響と相まって複合的なものとなる。また河川流量変動といった水文状況や気象状況は毎年異なるため、貯水池建設後の水量・水質変化が年間変動量に比べて有意なものであるかを知る必要もある。さらに特定の水質項目の改善を目指す事業を行った場合には、この影響が他の水質項目にどのように影響し、さらに水生生態系に影響するかを知る必要がある。

このためには、上述した河川水量・水質に影響を及ぼしうる要素について適切に分割し、さらにこれらを統合した数値モデルを開発する必要がある。本稿では、この必要性に応じるために行ったシステム開発について述べる。

なお、本論文で用いている計画上のデータは、今後変更される可能性があることから、本論文に掲載された計算結果については、最終的な環境影響評価の結果ではないことをはじめに断っておく。

* 独立行政法人 土木研究所 Public Works Research Institute

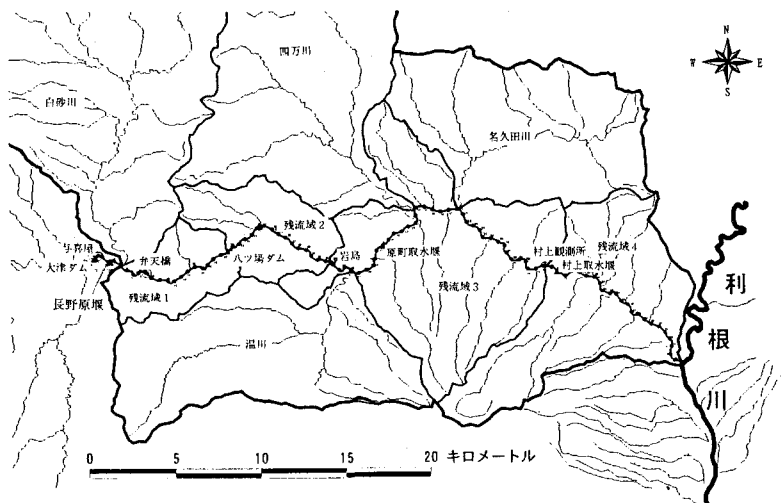
** 国土交通省 国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT

2. 研究方法

2. 1 対象流域

研究対象としたのは利根川水系吾妻川流域（図—1）である。吾妻川には現在多目的ダムであるハツ場ダムの建設が計画されている。このダム建設による下流河川の水量・水質変動について解析を行うため、建設予定地上流の大津ダム直下流から利根川合流点までを対象にした。

対象とした区間における主要な支川は、白砂川、温川、四万川、名久田川である。この区間における河川水量変化の特徴としては、河川からの発電取水量が多く、取水あるいは発電所からの放流に伴い、河川流量の急変が見られることが挙げられる。水質の特徴としては、主に本川左岸側に位置する温泉の影響による酸性水の流下により河川水の水素イオン濃度(pH)が低いこと、本川右岸側に広がる耕作地からの濁水の流出が挙げられる。



図—1 流域概要（流域区分及び計算断面区分）

2. 2 システム構造

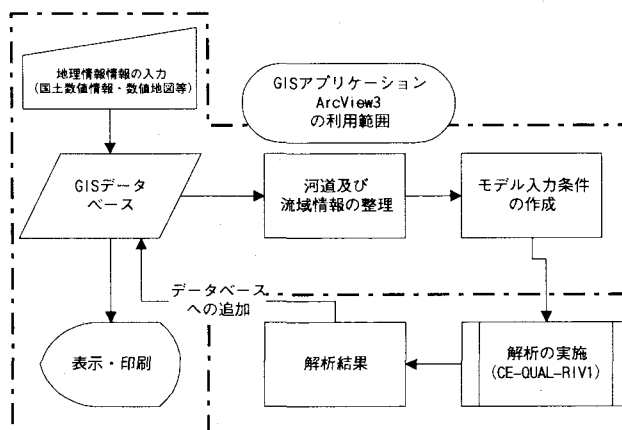
開発したシステムの構造は、流域における水量・水質変動解析を行うために①流域流出モデル、②河川水量・水質モデル、③貯水池水質モデルを統合したものとなっている。さらにこれらモデルによる計算の入力データの整理、作成及び計算結果の表示、解析には Geographical Information System (GIS) データベースを用いている。このシステム構造の概略を図—2 に示す。また、各モデルの構造の概略について以下に述べる。

2. 3 流域流出モデル

流出解析のためのモデルは数多く存在し近年では流域を細分化し、各計算メッシュに土地利用等に基づいて異なるパラメータを与えて計算を行う分布型流出モデルの適用が多く行われるようになってきた^{1) 2)}。本システムにおいても分布型流出モデルを使用することは可能であるが、対象とした河川流域においては、流出水量・水質の評価について土地利用を考慮した既往のタンクモデル³⁾が存在することから、これを用いて行った。また、計算は日単位で行っている。モデルの詳細については既報³⁾を参照のこと。

このタンクモデルでは、土地利用形態によってそれぞれ異なるタンク定数を山地、農地、市街地等に付けて与えることで表層流出、地下浸透を表現する地表面タンクを設定している。さらに中間流出、基底流出を表現するタンクとして設定した浅層地下タンク、深層地下タンクを含めて合計3段のタンク構成となっている。

る³⁾。図一1に示されたサブ流域毎に山地、農地、市街地等の3種類の地表面タンクを土地利用の面積比に分配して計算を行った。



図一2 システム構造概略図

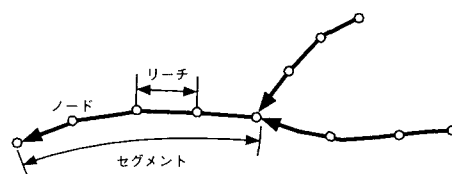
流出計算に必要な降水量については、流域内外の雨量観測所の降水量データからティーセン法によりサブ流域内平均降水量を算出して与えた。また、対象流域は積雪のある地域のため、観測所の気温データを用いて積雪・融雪過程も考慮した。積雪・融雪は各分割流域を標高を200m毎に区分し、各区分の気温を標高が100m上昇すると0.6℃気温が低下するとして推定し、0℃未満の時に降水のあった場合は積雪、0℃以上の時は降水の有無に係わらず積雪があれば融雪するとして評価した。融雪は菅原⁴⁾の方法により評価した。

蒸発散量はハーモンによる方法で推定した。この方法で日平均気温データから可能蒸発散量を推定し、これに蒸発比を乗することで流域実蒸発量を推定した。

また、河川、地下水からの上水道、工業用水道、灌漑用水、発電用水の取水量データを整理して組み込むと共に家庭、工場、事業所、畜舎および処理場等の基本フレーム及び排水原単位から各日平均排水量を算定して入力した。

2.4 河川水量・水質モデル

河川水量・水質モデルには、米国陸軍工兵隊により開発された CE-QUAL-RIV1⁵⁾ を基に改良を加えたものを用いた。モデルの詳細については、文献⁵⁾を参照のこと。本モデルは、流下方向一次元の水理モデルとこの計算結果を利用して水質計算を行う水質モデルの2モデルから構成されている。今回計算対象とした河川区間は、図一1に示すようにダム建設予定地上流の大津ダムから利根川合流点までの本川区間である。



図一3 河道網構成要素の名称

CE-QUAL-RIV1においては、河道網構成要素として、計算断面を示すノード、計算断面に挟まれた河道区間を示すリーチ、分合流点または上下流端を基点とした河道区間でノード及びリーチを含むセグメントからなる構成で計算を行う(図一3)。

本研究では、この水理モデルについて、長期間にわたる計算を行う際に、元のモデルにおいて採用されている dynamic wave 法による計算が計算機に課すメモリ容量が非常に大きくなるという点を考慮して、勾配項と摩擦項の2項のみを考慮し残りの項を省略した kinematic wave 法に変更して計算を行った。計算対象とし

た河川区間は、山間部を流れる部分であり、年間を通して dynamic wave 法と kinematic wave 法の両方で比較計算を行った結果、流量計算結果の差は 1%未満であり、kinematic wave 法による計算でも十分な精度が確保できた。計算出力は、日単位とし、流出モデル、貯水池モデルと整合をとった。

2. 5 貯水池水質モデル

ダム建設後のダム貯水池への貯留による水質変化を予測するために貯水池水質モデルを用いて計算を行った。上流から河川水量・水質モデルで計算してきた結果を貯水池水質モデルへの入力データとして用いて貯水池内における水質変化を計算し、貯水池からの放流量及び水質の計算結果を貯水池下流における河川水量・水質モデル計算への入力データとすることで、貯水池建設による下流河川の水量・水質変化を予測した。

本研究において採用した貯水池水質モデルは、土木研究所において開発された鉛直一次元モデル⁶⁾である。計算出力は日単位としている。モデルの詳細については既報⁶⁾を参照のこと。

2. 6 GIS データベースの利用

GIS データベースの利用方法としては、①上述の計算モデルへの入力データ作成への利用と、②計算結果の表示及び③計算結果と他の GIS データとの比較検討などが挙げられる。以下に、上述の計算モデルへの入力データ作成に用いた内容について述べる。

2. 6. 1 流域流出モデル入力データ作成への利用

流出モデル作成プロセスの内、GIS を活用する作業を整理すると以下のとおりである。

1) 分割流域界の設定

「数値地図 標高ファイル」に基づいて Digital Elevation Model (DEM)を作成し、GIS アプリケーションを利用して、流域の地形から想定される流路位置及び流域界を抽出した。「国土数値情報 流路位置」及び管内図の流域界と重ねあわせて整合性をとり、基本的に単一もしくは複数の支川流域単位で設定した。

2) 流域内平均降水量の算定

流域内及び近傍に位置する雨量観測所の降水量データを用いて、ティーセン係数法によって算出した。ティーセン係数は、雨量観測所の位置を GIS にポイントデータとして入力して、グリッドの属性を最も距離の近い雨量観測所にし、各流域毎にグリッド数を集計し、グリッド数(面積比)から算定した。

3) 融雪量の算定

流域内の高度による温度変化を考慮して、流域を 200m ピッチ(任意に設定)で標高によって分割し、気温観測所と分割地帯の標高差によって各分割地帯の平均気温を算定し、気温が 0℃未満の時に降水のあった場合は積雪、0℃以上の時は、降水の有無にかかわらず積雪があれば融雪するとして評価した。設定した標高差ピッチでの流域の分割と各分割流域の面積算定に GIS を用いた。

4) 土地利用別面積の算定

国土数値情報をもとに GIS アプリケーションを利用して当該地域内の面積率を算出した。

表—1 に流域流出モデルに必要な入力データ項目と設定方法についてとりまとめる。

2. 6. 2 河川水量・水質モデル入力データ作成への利用

河川水量・水質モデル作成プロセスの内、GIS を活用する作業を整理すると以下のとおりである。

1) 計算断面の位置の設定

計算断面間隔を設定して(本検討では 500m)、その位置を「国土数値情報 流路位置」に記載された対象水系の流路に沿って設定した。

2) 断面形状の設定

詳細な河道横断形状の入手が困難であったため、断面形状は矩形とし、川幅は断面図が存在するものについてはこれを用い、他は現地踏査によって設定した。

3) 計算断面の河床標高及び勾配の設定

「数値地図 標高ファイル(50m メッシュ基準)」に基づいて DEM を作成し、GIS アプリケーションを利用し

て、流域の地形から想定される流路位置を抽出した。次に、「国土数値情報 流路位置」と重ね合わせ、整合性を確認した。そして、計算断面に最も近接する流路位置を抽出し、その点の標高データを計算断面の河床標高と設定した。

表１ 流域流出モデルに必要な入力データ項目と設定方法

データ項目		設定方法	GIS
流域情報	流域界	数値地図 標高ファイルを基に抽出した流域界と管内図に示された流域界の整合をとって設定した。	○
	土地利用	国土数値情報をもとに GIS アプリケーションを利用して当該地域内の面積率を算出した。	○
	人口	「平成 8 年度河川現況調査」の各支川流域別の人口データを分割流域別に集計した。	△
	工業製品出荷額	「平成 8 年度河川現況調査」の各支川流域別の工業製品出荷額を分割流域別に集計した。	△
	家畜頭数	市町村別の家畜頭数データをもとに、各分割流域に占める各市町村の面積割合を乗じて算定した。	△
自然系水循環構成要素	流域内平均降水量	流域内及び近傍の雨量観測所の日降水量データを用いて、ティーセン係数法によって算出した。ティーセン係数の算出は GIS アプリケーションを利用して行った。	○
	積雪・融雪量	流域内の標高による気温補正を行い、0℃未満で降水のあった場合は積雪、0℃以上の時は降雨の有無にかかわらず、積雪のある場合は融雪するとして評価した。融雪量の算出は菅原の提案している方法を用いた。	○
	蒸発散量	日平均気温データをもとにハーモン式で可能蒸発散量を推定し、蒸発比(経験的な係数)を乗じて実蒸発散量を算出した。	
人工系水循環構成要素	河川取水	発電	各発電所取水口別取水量データを用いた。データのない取水口は、発電所の取水・放流系統を整理し、発電所総取水量を各取水口の最大水利権量で配分した。
		その他	流域に含まれる支川における上水、工水、農水取水量を合計した。
	地下水揚水量		年間取水実績を深層地下からの取水量として設定した。
	下水処理場排水量		流域内に位置する各下水処理場の日放流量を年間一定として設定した。
	使用水量原単位		群馬県ホームページに示されていた値を用いた。
	工業排水量原単位		対象流域における既往検討で使用された値を用いた。
	家畜排水量原単位		「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」に示されている値を用いた。
	生活排水量		使用水量原単位に人口を乗じて算定した。
	工業排水量		工業排水量原単位に工業製品出荷額に乘じて算定した。
	家畜排水量		家畜排水量原単位に家畜頭数を乗じて算定した。

しかし、設定した各計算断面の河床標高から計算される各断面間の河床勾配の値には大きなバラツキがあり、数値計算上の安定性に問題があると考えられたので、最小二乗法を用いて平均的な勾配を与えた。なお、

勾配は最小二乗法による相関係数の和が最大となる地点で変化させて、上流側境界から 23km までの区間は 1/90、23.5～48km の区間では 1/142 とした。そして、この河床勾配となるように、計算断面の河床標高を再設定した。なお、粗度係数については、水理公式集⁷⁾ において示されている山地河川における概略値である 0.03～0.05 に基づき、0.05 を与えた。

表一 2 に河川水量・水質モデルに必要な入力データ項目と GIS データベース内容についてとりまとめる。

表一 2 河川水量・水質モデルに必要な入力データ項目と GIS データベース内容

入力データ項目		基礎データ	テーマの 形状定義	主な属性
河道網情報	流路位置	国土数値情報 流路位置 (KS-272)	Polyline	主な河川の名称、水系コード、河川コード、 単位流域コード
	流域界	国土数値情報 流域界・非集水域界 (KS-273)	Polygon	—
流域情報	標高	数値地図 50m メッシュ標高	50m Grid	標高値
取水堰	村上取水堰	1/25,000 地形図 (国土地理院発行)	Point	堰の名前
	原町取水堰			
	長野原取水堰	1/5,000 吾妻川流域平面図 (ハツ場ダム工事事務所)		
ダム	ハツ場ダム	1/5,000 吾妻川流域平面図	Point	ダムの名前
	大津ダム	(ハツ場ダム工事事務所)		
吾妻川本川 の観測所	村上観測所	1/25,000 地形図	Point	観測所の名前、常設・臨時の区分
	岩島観測所	(国土地理院発行)		
	弁天橋観測所	1/5,000 吾妻川流域平面図		
	与喜屋観測所	(ハツ場ダム工事事務所)		
河道 計算断面	CE-QUAL-RIV1 のノードに対応	国土数値情報 流路位置 (KS-272)	Point	ノード番号、下流端からの縦断距離、リーチ 長、河床標高
	CE-QUAL-RIV1 のリーチに対応	国土数値情報 流路位置 (KS-272)	Polyline	リーチ番号

2. 6. 3 計算結果表示への利用

河川水量・水質モデルの計算結果については、GIS データベースを構築して表示を行う。使用した GIS ソフトウェア ArcView® による GIS データベースは、主題図（以下、テーマ）の形状(Polygon、Polyline、Point の種別と平面上の座標値；以下 Shape)に関する情報、及びそれぞれの Shape に関する属性データより構築される。属性データは、属性テーブルに格納されている。本検討では、河川の計算結果を表示するため、Shape は各計算断面で分割した分割河川（リーチ）ごとに Polyline で表し、属性テーブルにはリーチの番号(ID 番号)を記述した。表示させる計算結果については、ID 番号ごとに表計算ソフトで整理しておき、ID 番号を介してテーマに結合し、GIS データベースを構築する。画面への表示は、各計算値に基づき、リーチの色を変化

させることにより行う。表示させる計算結果は、計算結果の絶対値の他、ダム建設前後での水質の差や環境基準値を満たさない期間の全期間に対する割合の差等が考えられる。計算結果の表示にGISを利用することで、これらの情報が面的な分布として得られることになる。

2. 7 対象流域のモデル化

本検討の対象流域は、大津ダムの直下流にある長野原堰地点から利根川合流地点までの吾妻川流域(流域面積：674.1km²)である。主要な支川は、前述のように白砂川、温川、四万川、名久田川である。この対象流域においては、河川からの発電取水が多く、取水された水の大部分は流域外へ導水されている。対象流域のモデル化にあたっては、本川上流端の長野原地点流量及び白砂川流入量は観測値を用い、流量が観測されていない主要な支川及び残流域についてはタンクモデルを適用し、流出量を算定し、本川についてはCE-QUAL-RIV1を適用した。対象流域のモデル化の概要を図一4に示す。

流域の分割は、まず、主要な4支川(白砂川、温川、四万川、名久田川)単位で分割し、残流域についてはハツ場ダム建設予定地点、岩島観測所地点、村上観測所地点で4流域に分割した。流域分割図は図一1を参照のこと。白砂川を除く主要な3支川については、タンクモデルの計算結果をそのまま河川モデルに与えた。残流域分については、本来流入位置を特定できないが、「国土数値情報 流路位置」に記載された支川については、流入地点を特定できる。そこで、残流域面積に対する各支川の流域面積比をその流入地点に与え、残りの流域分(残流域の残流域分)は、残りの計算断面に均等に分割して与えた。

また、本川からの取水については、長野原、原町、村上の各取水堰よりの取水量実績値を与えた。ここで、取水量は、本川流量を超えないようにした。また、松谷発電所及び原町発電所においては、それぞれ下流の原町発電所及び箱島発電所点検期間中は、発電所地点において放流が行われているとして、各発電所の取水量を放流量として与えた。

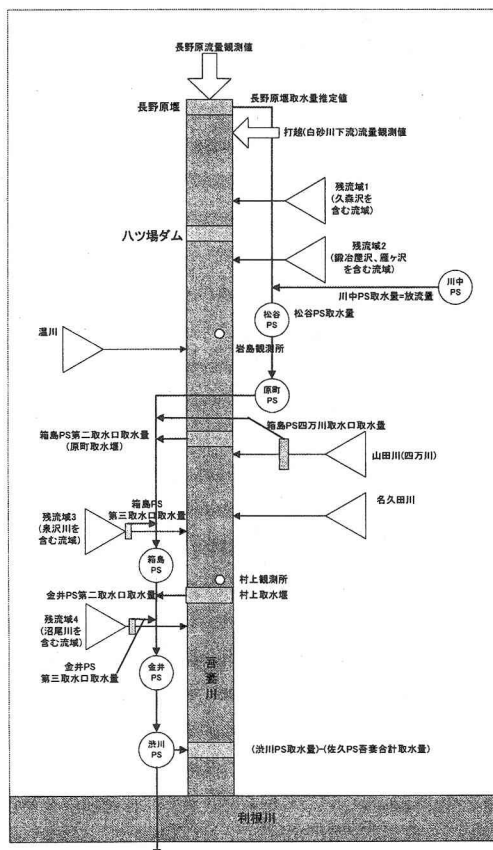
2. 8 ダム貯水池のモデル化

ダム貯水池に関しては、計画に基づき、標高2m毎の湛水面積、貯水池長を鉛直次元モデルに与えた。また、水量・水質を予測する上で重要なダムの運用については、ハツ場ダム工事事務所でやっている運用計算結果を用いて、各放流口別の放流量を与えた。

3. 結果

3. 1 流域情報

流域の土地利用状況について国土数値情報を用いて、整理した結果を表一3に示す。流域の大部分が山地



図一4 流域のモデル化概要

表一3 各サブ流域の土地利用別面積

	山地面積	農地面積	市街地面積	流域面積	含まれる河川
残流域1	27.2	1.7	0.5	29.3	久森沢川
残流域2	34.0	3.0	0.6	37.5	鍛冶屋沢、雁ヶ沢
温川流域	97.4	13.0	0.8	111.2	温川
四万川流域	155.7	7.0	1.4	164.0	四万川
名久田川流域	86.2	19.2	3.1	108.6	名久田川
残流域3	98.3	25.8	5.2	129.4	泉沢
残流域4	69.0	19.9	6.1	94.9	沼尾川
合計	567.8	89.6	17.6	674.9	

で占められていることが分かる。この面積を用いてタンクモデルによる流出計算を行った。

また、積雪・融雪量計算に用いるためにサブ流域毎に標高 200m 毎の面積を求めた結果を表一4に示す。従来、困難であったこのような計算も、GIS ソフトウェアを用いることで簡便かつ正確に行うことが可能となった。

表一4 各サブ流域の標高別分割地帯の面積

	白砂川	温川	四万川	名久田川	残流域1	残流域2	残流域3	残流域4
0-200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44
200-400	0.00	0.17	2.07	2.99	0.00	0.06	24.40	32.71
400-600	0.07	11.92	20.02	35.16	3.74	9.74	53.86	24.52
600-800	10.46	45.55	34.57	48.29	11.57	14.16	34.92	13.64
800-1000	31.38	29.63	43.37	18.40	9.53	10.61	10.02	9.12
1000-1200	59.02	16.04	36.54	3.59	3.68	2.67	5.05	10.81
1200-1400	40.82	7.06	18.27	0.12	0.74	0.31	1.10	1.61
1400-1600	32.35	0.79	7.42	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
1600-1800	24.28	0.07	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1800-2000	18.95	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000-2300	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO DATA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
合計	223.71	111.23	164.01	108.55	29.29	37.54	129.35	94.92

3. 2 モデルキャリブレーション

平成5年～9年をモデル評価の対象年として、ダムなしの状況で再現計算を行い、モデルキャリブレーションを行った。

流出モデルのキャリブレーションを行うために、上流地点における実測流量データが存在する温川と四万川について流出計算を行った。キャリブレーションの結果、四万川では、計算流量が観測流を大幅に下回った。観測値に基づいて計算された降水量、蒸発散量、河川流量を比較すると、流出量が降水量を上回っていた。気象観測所の平均標高と流域の平均標高に大きな違いがあることから、菅原⁴⁾の方法で降水量の割り増しを行った。これは、標高によって流域を分割し、月別・標高別に割増係数を流域平均降水量に乘じるものである。

m 月の地帯 i における降水量 P_{mi} は次式で与えられる。

$$P_{mi} = (1 + C_m d_i) C \cdot P$$

ここに、 C_m ：季節変化を表すパラメータ、 d_i ：地帯別降水量増加割合、 C ：降水量補正係数(通年)であり、 C_m は表一5に示すように設定した。

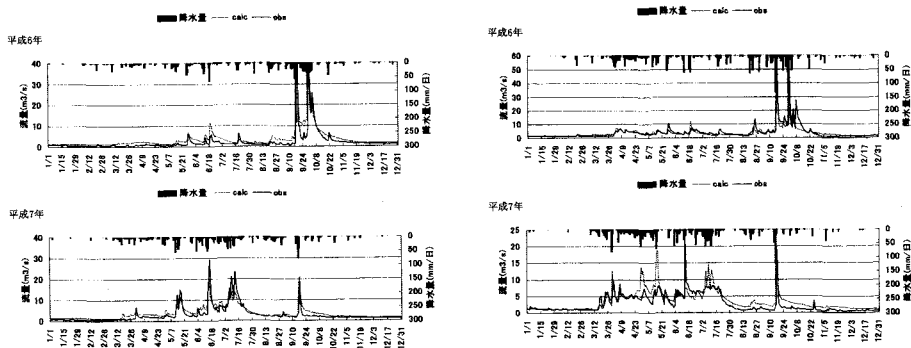
表一5 C_m の設定値

月	1～3月	4月	5～10月	11月	12月
C_m	1	0.5	0	0.5	1

通年の降水量補正係数は、雪の影響を受けない6月1日～9月30日までの水収支から設定した。

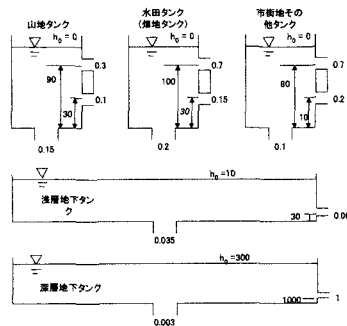
地帯別降水量増加割合 d_i は、流域平均降水量の算出に用いた観測所の標高と標高で分割した各地帯の平均標高との差に係数 d_0 を乗じて求めた。係数 d_0 はトライアル計算の結果 0.001 に設定した。

割増を行った降水量を用いて、温川と四万川流域において流出モデルのキャリブレーションを行った。計算値と実測値の比較の一部を図一5に示す。両観測所ともに、計算値と実測値は概ね一致する結果となった。

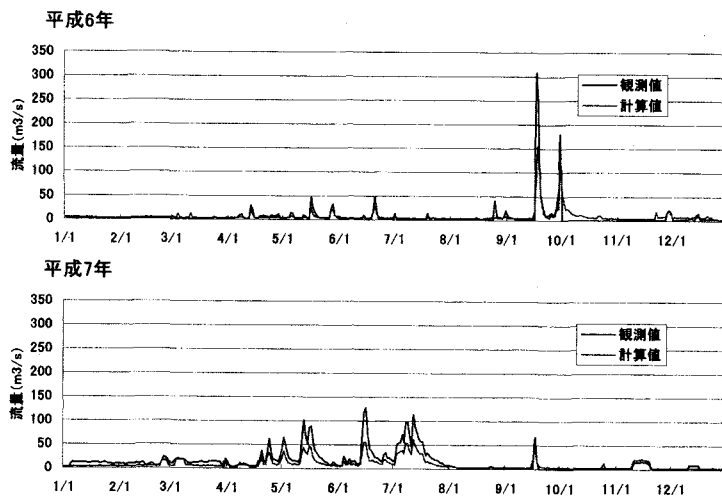


図—5 温川（左側）及び四万川（右側）における河川流量計算値と実測値の比較

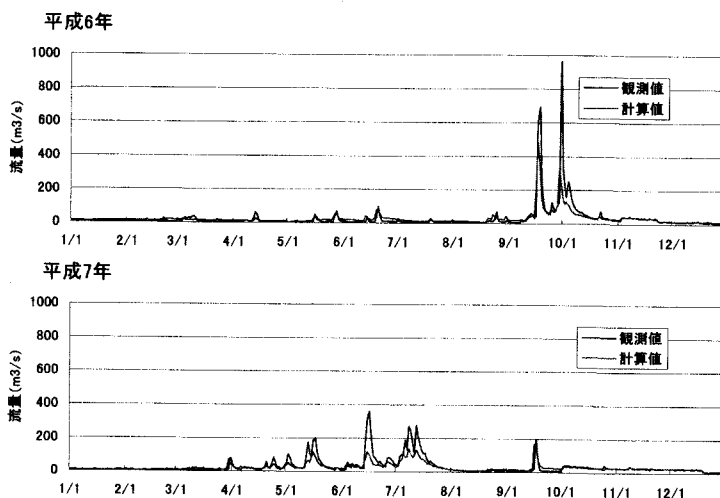
流量観測データの存在する2流域において良好な再現が得られたことから、他の流域においても降水量の補正を行った。流域雨量補正係数は、①ティーセン分割面積と各観測所の標高データから、各分割流域の観測所平均標高を算出する。②各分割流域の平均標高を算出し、観測所平均標高との差を求める。③各分割流域の平均標高と観測所平均標高との差と流域雨量補正係数の値は線形関係にあると過程して、温川と四万川の値をもとに内挿するという方法で他の流域についても修正を行った。



図—6 タンクモデルのパラメータ値

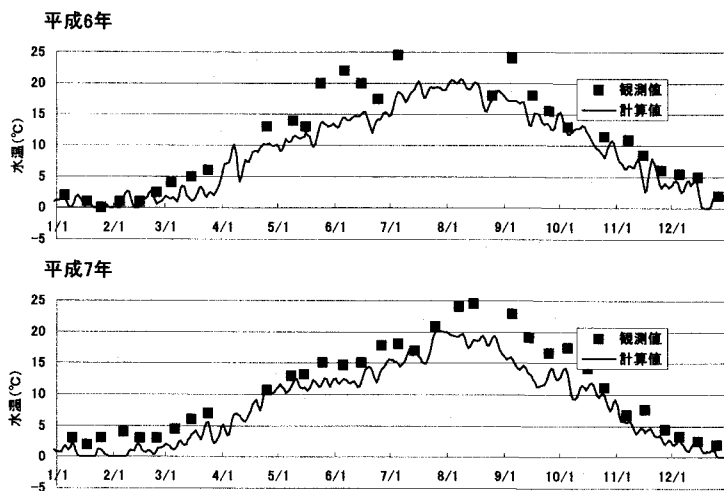


図—7 岩島観測所における河川流量再現計算結果



図一八 村上観測所における河川流量再現計算結果

降水量データの補正後、最終的なキャリブレーション後のタンクモデルのパラメータ値を図一六に示す。タンクモデルのパラメータについては、温川及び四万川以外では実測流量データが存在しないこと、各流域とも山地が主であるため、ほぼ同様な流出特性を有するものと考えて、全ての流域で同じ値を用いた（ただし、各流域の土地利用比率の違いは反映される）。さらに、これらのパラメータ値の基に計算を行い、本川における2つの流量観測点における流量について、計算値と観測値との比較を行った（図一七、八）。両地点共に出水時のピーク流量の再現性に問題が残っているが、流量変化のパターンや低水時の流量に関しては良好な再現性が確認された。



図一九 岩島観測所における河川水温再現計算結果

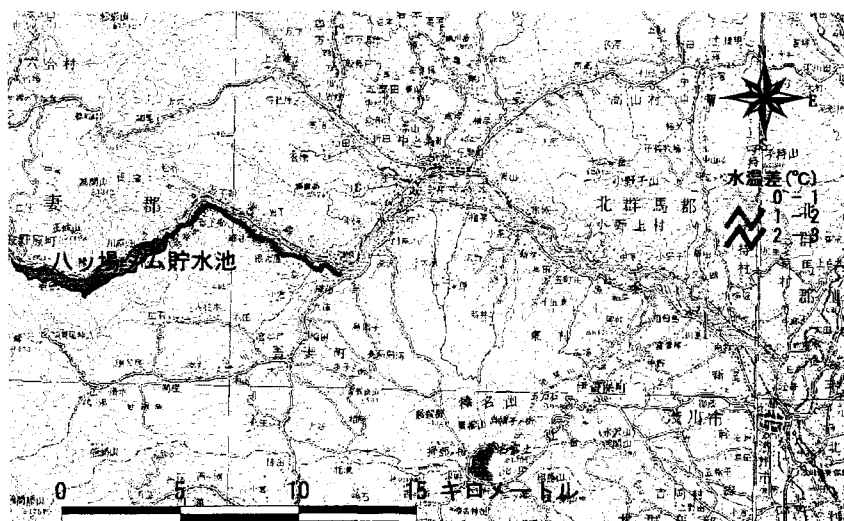
比較的水質調査が頻繁に行われている岩島観測所における水温の再現計算結果について図一9に示す。夏場における計算値が観測値より低めになる傾向が見られる。この差については、河川表面での熱収支フラックス算定における精度に問題が残っている可能性があるため、今後さらに改良を進める必要があると考えられる。

3. 3 ダム建設後の河川水量・水質変化予測

ダムの運用が始まると、洪水調節のために下流においては洪水のピーク流量が減少したり、洪水期の前に貯水位を夏季制限水位へ低下させる際には放流量が流入量を上回るといった河川水量変化が起こる。また、貯水池に水が貯留されることにより、水質変化が起こる。今回の検討では、出水時を除き、通常時には貯水池水は表面取水により下流に放流されるとして計算を行った。

ダム建設前後における河川水温の変化の平面的分布を図一10に示す。ここで示した差はダム建設後の値から建設前の値を除した値である。ただし、ここでは平成5～9年の5カ年にわたり計算した各リーチにおける平均値の差を示している。

計算結果を見ると、平均値で見る限り下流に行くにつれて変化は減少し、温川合流点より下流では水温差は1℃以下になることが分かる。



図一10 ダム建設前後の平均水温変化の分布

4. 考察及びまとめ

河川水の利用率がすでに高い河川において、下流河川の水量・水質へのダム建設による影響を定量的に評価するためには、現地における水利用について適切にモデル上で評価し、貯水池による水量・水質変化を含めて数値モデルにより検討を行う必要がある。また、気象状況、水文状況の異なる年毎の河川水量・水質変動についても考慮する必要がある。このために本研究では、流域における水利用データに関して正確に整理すること、流域状況を適切にモデル入力データに加工することを目指してGISデータベースを利用して大量のデータ処理を行った。国土数値情報等のGISデータベースを利用したことにより、計算モデルの入力条件の設定を正確かつ迅速に行うことが示された。例えば、サブ流域毎の流域面積、土地利用比率、標高帯毎の面積の算定や河川モデルのノード毎標高の算定が正確かつ迅速に行い得るために、各種パラメータを変化させたり、流域分割を変更させて種々の計算を行うことが可能となり、計算精度の向上が期待できるよう

になった。

また、計算結果の表示、計算結果の検討にも GIS データベースの利用は大きな可能性を有している。今回の検討では、図—10 に示したように平均値の違いの空間分布のみを示しただけだが、計算値の変動特性や、複数の水質項目を統合した指標の時空間分布を表示することにより、環境影響評価への寄与が可能と考えられる。

たとえば、下流河川における特定の生物への影響について評価を行おうとする場合に、その生物が必要とする環境について特定の水質項目に関して定量的に基準が分かっているとすれば（例えば、〇月の水温が〇℃を上回る日が何日必要など）、河川水利用について考え得るシナリオの基に予測計算を行い、この基準を満たさない場所が下流河川のどこかに存在するか、あるいはどの程度の範囲にわたるものかについて評価し、河川水利用の影響を低減させることも可能になると考えられる。

今後のダム建設においては、以前にも増して精緻な環境影響評価を行うことが要求されている。今回の検討では、水質に関しては水温のみの検討を行ったが、単に冷水問題を回避するために表層取水施設を設置するだけでは、本当の問題解決にはならないとも考えられる⁸⁾。今後、モデルの精度向上を行うと共に、計算結果の評価手法に関しても検討を深める必要がある。

5. 謝辞

本研究の遂行に当たっては、関東地方整備局八ツ場ダム工事事務所、東京電力の協力を得た。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 吉野文雄、吉谷純一、堀内輝亮：分布型流出モデルの開発と実流域への適用、土木技術資料、第32巻、第10号、pp. 54-59, 1990.
- 2) 安陪和雄、大八木豊、辻倉裕喜、安田佳哉：分布型流出モデルの広域的適用、水工学論文集、第46巻、pp. 247-252, 2002.
- 3) 森北佳昭、松下越夫：河川及び湖沼流域における水量・水質解析モデル、土木研究所資料、第2414号、1986.
- 4) 菅原正己：続・流出解析法、共立出版、1979.
- 5) U.S. Army Corps of Engineers, CE-QUAL-RIV1: A Dynamic, One-Dimensional (Longitudinal) Water Quality Model for Streams User's Manual, Instruction Report EL-95-2, 1995.
- 6) 森北佳昭、天野邦彦：貯水池水質の予測・評価モデルに関する研究、土木研究所報告、第182-1号、1991.
- 7) 土木学会：水理公式集、昭和60年版、1985.
- 8) 天野邦彦、安田佳哉：ダム貯水池における水質管理の高度化に向けて、土木技術資料、第43巻、第3号、pp. 18-23, 2001.