

北陸管内の出水予測に関する研究

城石 洋介*¹

1. はじめに

効率的な需給運用を行う上で火力機の並列台数を決定することは重要な要素の一つである。これを決定するには更に管内需要、貯水池運用等、様々な要素があるが、その一つとして自流式の水力発電量がある。これのベースとなる出水予測の精度向上が求められている。

一方で、近年気象関係各社においては、1kmメッシュレベルでの気象解析が可能となってきている。また、計算機技術の進歩も加わり以前は容易にできなかった多数のデータ分析・処理ができるようになってきている。

これらの背景を受け高精度な出水予測が可能なモデル構築に向けて気象会社(株式会社ウェザーニューズ)との共同研究に着手した。

出水予測モデル構築に関しては2つの段階がある。第1は解析雨量を入力として精度良く流量を出力できるかというモデルの構築。第2は予測雨量を入力とした場合の有効性の検証。本研究では大別して以上の2項目を焦点として取り扱う。

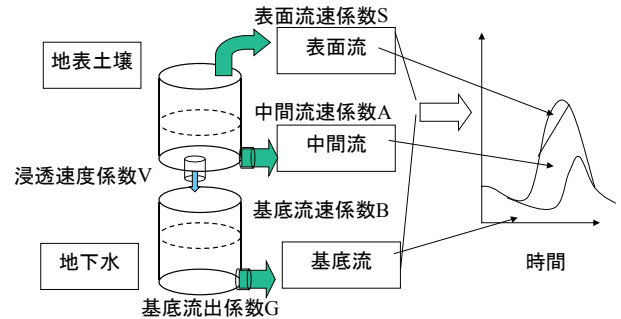
また、モデルとした河川は当社の代表的自流式発電水系である神通川水系であり、その中でも新猪谷ダム、及び神通川第一ダム(以下神一ダムと呼ぶ)を対象としている。

2. 出水予測モデルの構築

(1) 出水予測モデルの概要

本研究で取り扱う出水予測モデルは河川流入予測モデルを採用している。河川流入予測モデルとは、降雨データをもとに河川のある地点への流入量を予測するモデルである。この中でもタンクモデルと呼ばれるものを採用しており第1図にこのモデルのイメージを示す。

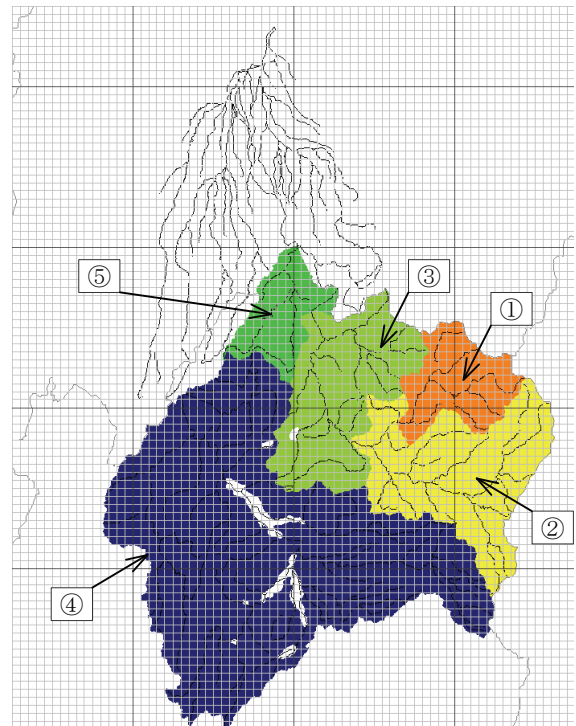
自然界において降雨があると、雨水は地面に染み込んだり川に流れ込んだりする。その水の流れを単純化しモデル化したものがタンクモデルである。



第1図 タンクモデルのイメージ

地面に染み込み時間遅れで徐々に流出してくる基底流、降雨時に増える中間流、ある一定以上の降雨によって地表面を流れる表面流を2つのタンクと3つの流出口を用いてモデル化している。

(2) モデルの神通川水系への適用



- ・金木戸流域 : ①, 11 単位流域
- ・浅井田流域 : ①+②, 41 単位流域
- ・新猪谷流域 : ①+②+③, 67 単位流域
- ・打保流域 : ④, 107 単位流域
- ・神一ダム流域 : 上記①~④+⑤, 182 単位流域

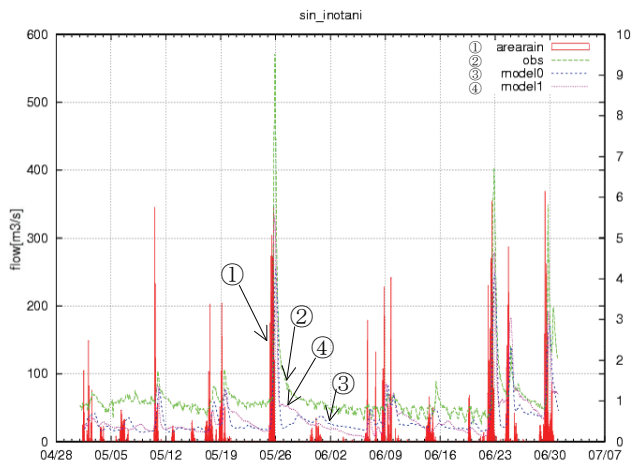
第2図 神通川水系の各流域への細分化

*1 中央給電指令所

先に述べたタンクモデルを神通川水系に適用するにあたり、第2図に示すように各流域へと細分化し、更に各流域は単位流域へと細分化した。ここで、単位流域とは国土交通省が定めたものを使用しており、単位流域毎にタンクモデルを持ち、流域毎に同じモデル係数を持つと仮定して神通川水系をモデル化した。

(3) モデルの係数調整

モデルの係数を調整するにあたり、まずは標準的な係数を適用し神通川水系の傾向を把握するとともに、最適な係数を導出すべく検証を行った。第3図に新猪谷ダムにおけるモデル計算結果と実績流量との比較(2007年5月～6月を対象)を示す。



- ① arearain : 解析雨量[mm/h]
- ② obs : 実測流量[m³/s]
- ③ model 0 : 標準係数使用モデル流量[m³/s]
- ④ model 1 : 調整済係数使用モデル流量[m³/s]

第3図 モデルと実績の比較
(新猪谷ダム 2007年5,6月)

標準係数を適用したモデル(model 0)において、ピーク時刻、出水傾向、減水傾向等の定性的な傾向は捉えていることをこの図より確認できる。しかしながら、出水量、減水量等の定量的な部分においては、モデルと実績とでの差異が大きく、係数調整の必要があることが分かる。この差異が神通川水系の傾向を示すものであり、以下のような傾向が挙げられる。

- ・弱い降雨に対しては流出が遅い
- ・ピーク後の減衰が遅い
- ・全体的に流量が多目である

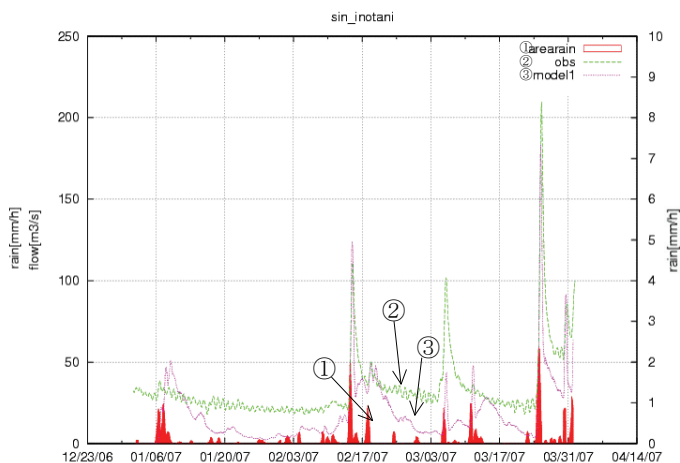
これらの傾向が判明したので、モデルを改良し

係数調整を行うことで解決を図った。その結果が第3図の model 1 となる。この図から以下のことが分かる。

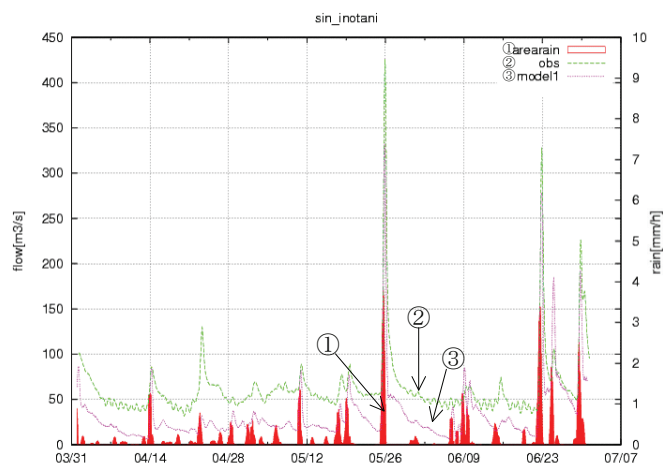
- ・弱い降雨に対する流出は部分的に改善
- ・減衰傾向は実績に近づき改善
- ・流量に関してはあまり改善効果無し

(4) モデルの年間適応

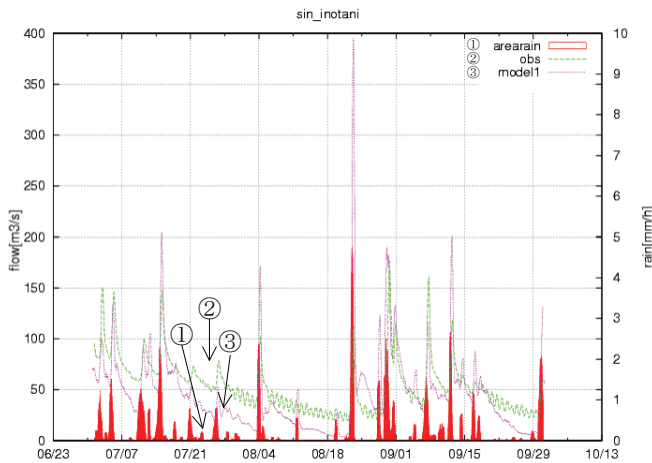
前述までで、流量についてはまだ誤差が大きいことを示した。この原因としてこの時期特有の事象(融雪水)が考えられる。このことを検証するために、年間を通してモデルを適用し季節の違いによる傾向を調べた。その結果を第4図～第7図に示す。



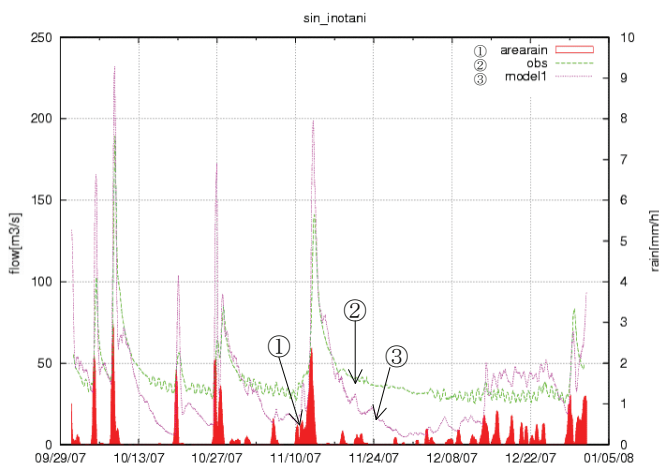
第4図 モデルと実績の期別比較1
(新猪谷ダム 2007年1～3月)



第5図 モデルと実績の期別比較2
(新猪谷ダム 2007年4～6月)



第6図 モデルと実績の期別比較3
(新猪谷ダム 2007年7～9月)



第7図 モデルと実績の期別比較4
(新猪谷ダム 2007年10～12月)

1～6月にかけて、モデル流量が実績に比べ少なめに出ている。これは降雨に拠らない要因があることを示しており、時期的なものを考慮すると恐らく融雪による影響と考えられる。また、7～12月について、モデル流量は実績に比べ同程度かそれ以上である。これは5、6月を対象として係数調整した結果、降雨に拠らない水量供給(融雪水等)を無理に降雨に拠るものとして表現しようとした為と考えられる。

以上のことから、季節変化に基づく要因があると考えられるため、それについても考慮する必要があることが分かった。

(5) 定常流について

前述までで季節変化に基づき、降雨に拠らない水量供給がありそうだということが分かった。そこで、ここではその水量供給を月雨量の流量換算値と実績流量の差分と定義し、これを定常流と呼

ぶこととする。その月別の傾向について第1表に示す。この表から以下のことが分かる。

- ・2～5月にかけて定常流が増加している
- ・8, 9, 10, 12月は定常流が比較的少ない
- ・6, 7, 11月についても定常流が存在する

第1表 定常流の月別影響

年/月	(実績流量－月雨量の流量換算値)/時間 [m³/s]
2007/01	13.2
2007/02	10.5
2007/03	21.3
2007/04	32.4
2007/05	32.7
2007/06	17.0
2007/07	19.6
2007/08	-0.8
2007/09	5.4
2007/10	2.7
2007/11	13.3
2007/12	0.9

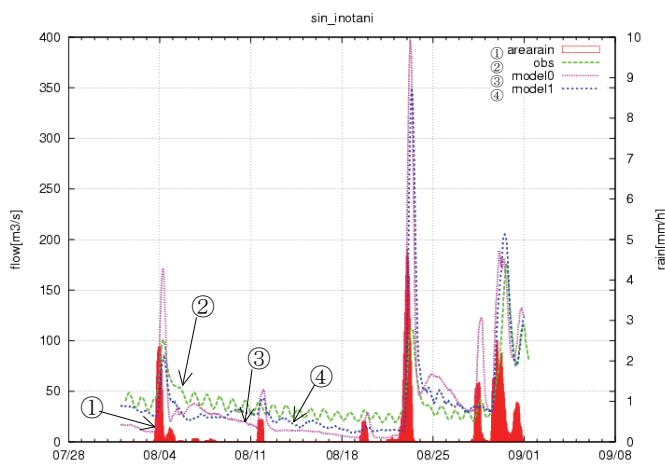
冬から春にかけて定常流が増加していること、また、夏から秋にかけて定常流が少ないことは融雪水の影響で説明がつく。また、6, 7月の梅雨時期や秋の長雨時期は、単発の降雨ではなく長期に弱い雨が続く時期であり、このような場合地下に十分雨水が浸透し1ヶ月以上の時間をかけて緩やかに出水していると考えられる。

以上のことから、ここで定義した定常流は融雪水等の季節変化に影響される成分を含んでいると考えられる。一方で融雪水に関して言えば、積雪深や気温等にも影響される為、毎年同じ値とは限らない。これは梅雨や秋雨についても同様である。このため、モデルの改良例として定常流を個別に係数化し、期別毎に加算するという方法では、他年度に適用した場合に誤差が生じると考えられる。元々タンクモデルとは流量の成分は全て雨量に起因するという前提で考えられたモデルであるので、それ以外の要素である定常流が追加されればモデルでの表現が難しいと考えられる。であれば、元々定常流の影響が少ない時期に限定してモデル係数を調整すれば精度良く流量を算出できるはずであ

る。次節以降ではこの考えのもと定常流の影響が
少ない8~11月を対象としたモデルについて取り
扱う。1年目の研究成果は今節までである。

(6) 8月モデル(非融雪期モデル)の構築

1年目の研究で得られた考えを基に新たに8月
を調整対象としたモデル(以下8月モデル)を構築
した。第8図に新猪谷ダムにおけるモデル計算結
果と実績流量との比較(2007年8月)を示す。また、
比較の為、前年度に使用していたモデル(以下5月
モデル)計算結果も合わせて示す。



- ① arearain : 解析雨量[mm/h]
- ② obs : 実測流量[m³/s]
- ③ model 0 : 5月モデル流量[m³/s]
- ④ model 1 : 8月モデル流量[m³/s]

第8図 8月モデルと実績の比較
(新猪谷ダム 2007年8月)

この図より8/23の出水事例以外は5月モデルに
比べて出水時の流量, 平水時の流量, 共に精度が
改善されていることが分かる。しかしながら, 8/23
の出水事例は極端に精度が悪いことも分かる。個
別にこの出水事例を調べてみたところ, 局所豪雨
であったことが分かった。本研究で用いている解
析雨量は気象レーダー観測と地上雨量計データを
基にしているため降雨の状況によっては誤差が大
きく出る場合がある。この場合においては, 局所
の降雨を全体的に降雨があったものと誤解析した
結果, 実際の流量よりも過多の流量を予測したも
のと考えられる。

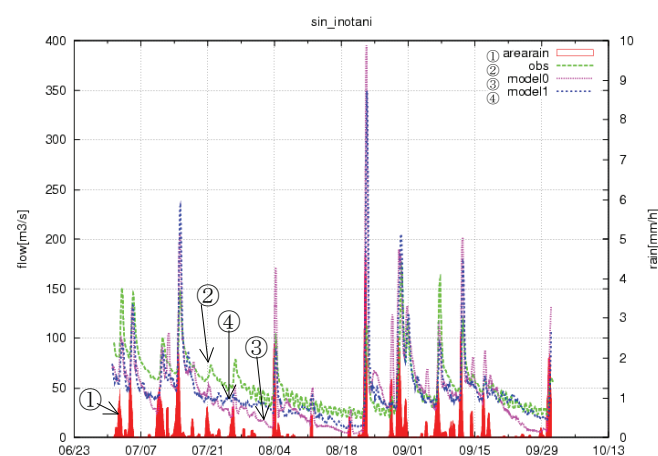
このことはあくまでも推察に過ぎないが, 8/4
の降雨に対して倍近い降雨があった8/23が, 8/4
の流量とほぼ同じであったという結果は, 感覚的

にもおかしいと感じられる。

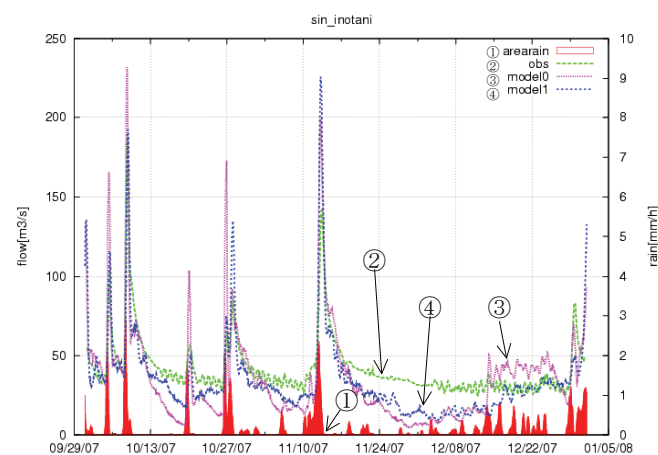
このように局所豪雨の場合の精度検証は不十分
ではあるが, それ以外の事例については比較的
良好な結果が得られた。本研究では局所豪雨につ
いての表現は割り切ることとし, 次節以降では非
融雪期を8月~11月としてこのモデルを適用した
結果について検証を行い, 期間を通しての有用性
について述べる。

(7) 8月モデルの非融雪期への適用

2007年7~12月に8月モデルを適用した結果を
第9, 10図に示す。



第9図 8月モデル適用結果1
(新猪谷ダム 2007年7~9月)



第10図 8月モデル適用結果2
(新猪谷ダム 2007年10~12月)

これらの図より8月から11月中旬くらいまでは
比較的良くモデル流量と実測流量が一致してい
ることが分かる。また, 定常流の影響がある7月,
及び11月中旬以降については実測流量との誤差
が大きくなっており, このモデルが定常流の影響

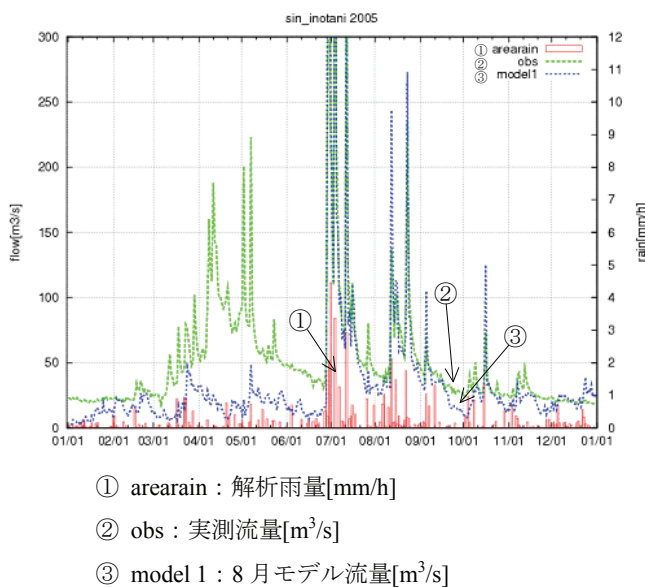
が少ない8月～11月に限定されたモデルであるということについても再確認できた。

(8) 8月モデルの他年度適用

前節の検証から8月モデルは2007年8月～11月においては比較的良好に流量予測できるモデルであることが実証されたが、これが2007年の限定モデルであっては意味が無い。

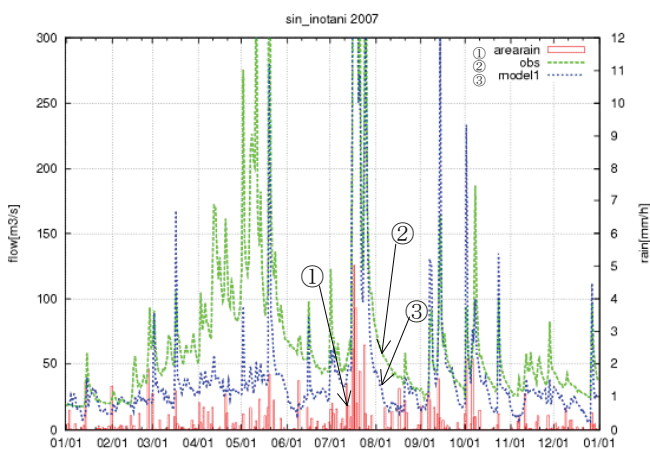
今節では8月モデルを他年度に適用し、定常流の影響が少ない時期であれば同様に適用可能であるかを検証する。

第11図に8月モデルを2005年度データについて適用した結果を示す。



- ① arearain : 解析雨量[mm/h]
- ② obs : 実測流量[m³/s]
- ③ model 1 : 8月モデル流量[m³/s]

第11図 8月モデルの他年度適用1
(新猪谷ダム 2005年)



第12図 8月モデルの他年度適用2
(新猪谷ダム 2006年)

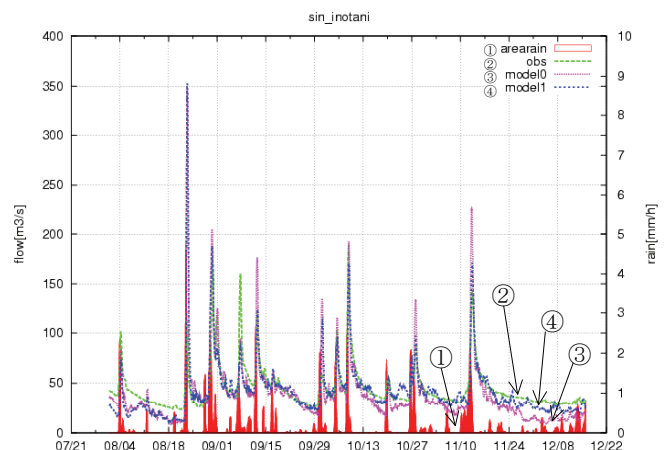
これらの図より8月～11月までの期間においては出水事例について比較的良好な精度を示していることが分かる。また、定常流の影響が無い時期限定でのモデルである為、定常流の影響がある1月～7月の期間では実測とモデルの差異が非常に大きいことが確認できる。

以上のことより、定常流の影響が少ない時期(8月～11月)に限定した8月モデルは他年度においても適用できることが実証された。

(9) 8月モデルの改良

前節までで8月モデルの有用性が実証されたが、まだ改良の余地が残っている。平水時における流量と降雨直後の出水についてである。今節では更に係数調整を行いモデルの精度向上を試みた結果について述べる。

第13図に係数調整前・後モデル(以下それぞれを旧8月モデル、新8月モデルと呼ぶ)を2007年8月～11月に適用した結果を示す。



- ① arearain : 解析雨量[mm/h]
- ② obs : 実測流量[m³/s]
- ③ model 0 : 旧8月モデル流量[m³/s]
- ④ model 1 : 新8月モデル流量[m³/s]

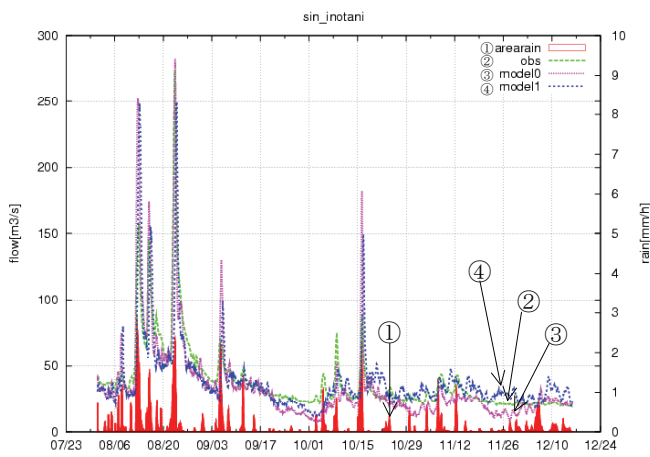
第13図 8月モデルの改良結果比較
(新猪谷ダム 2007年)

この図より平水時を含め全体を通して新8月モデルの方が、旧8月モデルよりも実測値に近づいており、モデルが改良された結果が反映されている。この改良モデルを他年度に適用した結果が第14, 15図である。これらの図より、他年度についても同様に改良効果が見られた。

以上のことより、定常流の影響が少ない時期に

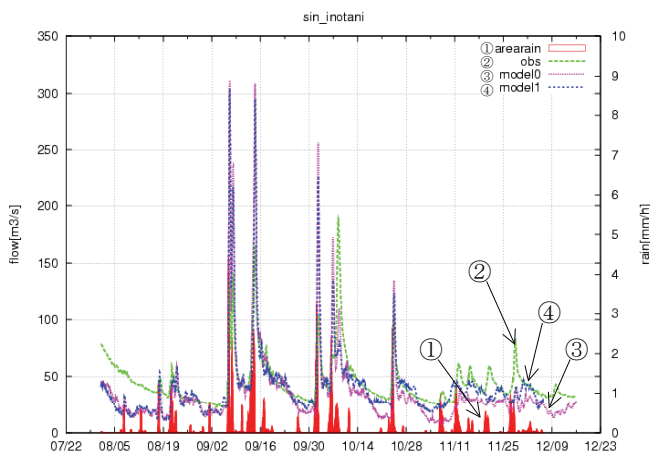
限定した新8月モデルが完成し、このモデルは他年度においても適用可能であることが実証された。

次章では実運用を考慮し、本章で構築したモデルに予測雨量を入力とした場合の有効性について検証を行う。



- ① arearain : 解析雨量[mm/h]
- ② obs : 実測流量[m³/s]
- ③ model 0 : 旧 8 月モデル流量[m³/s]
- ④ model 1 : 新 8 月モデル流量[m³/s]

第 14 図 新 8 月モデルの他年度適用 1
(新猪谷ダム 2005 年)



第 15 図 新 8 月モデルの他年度適用 2
(新猪谷ダム 2006 年)

3. 出水予測モデルの使用

前章において非融雪期(8月～11月)限定とはいえ出水予測モデルが完成した。本章ではこのモデルの入力を予測雨量値とすることで、実運用における有用性について検証する。

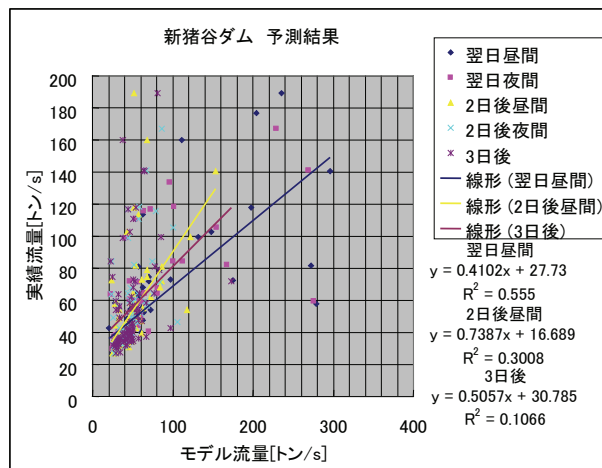
(1) 出水予測モデルの使用

第 16 図に入力を予測雨量値とし、翌日の昼夜、

翌々日の昼夜、3 日後の昼におけるピーク流量と実測流量の比較を示す。予測の条件、及び昼夜の定義は次の通りである。

[予測の条件]

- 2007 年 8 月～11 月を対象とする
- 12:00 に最新予測雨量値を入力し、それぞれの結果を求める
- 昼：9:00～21:00
- 夜：21:00～翌 9:00



第 16 図 予測雨量によるモデル流量実測比較
(新猪谷ダム 2007 年 8～11 月)

この図より、モデル流量と実測流量の相関が低く、実務へ使用する場合には注意が必要であることが分かる。

前章からの変更点は入力値が変わったことであり、本章での入力値である予測雨量値が与える誤差の影響が大きいのではないかと考えられる。

(2) 予測雨量の誤差

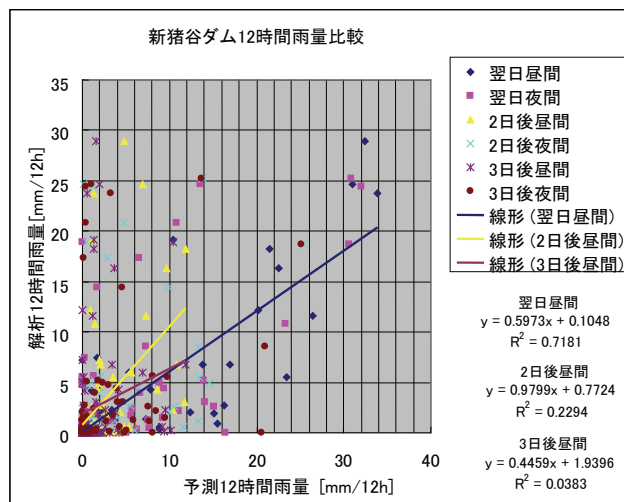
第 17 図に新猪谷ダム 2007 年 8 月～11 月における予測雨量値と解析雨量値の比較を示す。1 時間雨量では誤差が大きすぎるので 12 時間雨量としてそれぞれをプロットする。

この図より、翌々日以降の予測に関する的中率が低いことが分かり、一番精度の良いはずである翌日分の予測でも大分誤差が大きいことが分かる。

出水予測モデル自体はある程度の精度を持ったものを構築することができたが、誤差の大きいものを入力として使用しても、その出力は入力の誤差に影響される為、実務へ適用する場合には注意が必要であることが分かった。

以上のことより、実務適用を考慮した場合、現

状の予測精度では参考値としかならず、今後の降雨予測の精度向上が求められる。



第 17 図 予測雨量と解析雨量の比較
(新猪谷ダム 2007 年 8～11 月)

4. まとめ

本研究では、期間を限定(8月～11月)した出水予測モデルを構築した。精度検証の結果、局所豪雨を除き比較的良好に予測できるモデルであることが実証された。また、他年度同時期についても適用可能であったことから、この期間に限定すれば、今後も適用できると考えられる。

実務使用を想定し予測雨量を入力とした検証の結果、現状の降雨予測精度が低い為、出力である流量予測の精度もそれほど良くは無いが、参考値として使えそうであることが分かった。実用化に向けては、今後の降雨予測の精度向上が求められる。

最後に本研究を進めるにあたり株式会社ウェザーニューズ殿には多大な御協力をいただきました。心より御礼申し上げます。