

10. 1998 年の大洪水を想定した三峡ダムによる長江中流域の洪水抑止効果

EFFECT OF THREE GORGES DAM ON FLOOD PROTECTION IN THE MIDDLE REGION OF THE CHANGJIANG RIVER BASIN IN CASE OF THE OCCURRENCE OF 1998 TYPE FLOOD

林 誠二*・村上正吾*・徐開欽*・渡辺正孝*

Seiji HAYASHI, Shogo Murakami, Kai-Qin XU, Masataka WATANABE

ABSTRACT; To evaluate the protection effect of the Three Gorges Dam Project (TGP) on the flood in the middle region of the Changjiang River basin, we applied the integrated watershed hydrological model using gauged daily precipitation data of 1998 when the second largest flood occurred in the basin in the last century. From the results simulated by applying the discharge volume controlled by each upper limitation value from 40,000 m³/s to 60,000 m³/s, we could not find the clear effect on the reduction of the water level during flood period not only in the Dongting Lake but also in the Changjiang mainstream in the cases that the upper limitation discharge value were over 50,000 m³/s. In the case that the upper limitation value was 40,000 m³/s, although the flood protection effect was clearly exerted in both the mainstream and the lake, the simulated storage volume of TGP remarkably exceeded the total flood control volume (221.5×10^8 m³) at the peak of inflow to TGP. These results suggested that TGP flood control ability does not efficiently work for the decrease of flood damage in the middle region of the Changjiang basin in case of the occurrence of 1998 type flood phenomena.

KEYWORDS; flood, dam, large Changjiang River basin, Dongting Lake, hydrologic model

1. はじめに

近年、中国長江流域においては、1998年に発生した前世紀2番目の規模を有する大洪水に代表されるように、大規模な洪水がたびたび発生している。その要因として、気候的な要因とともに森林伐採による土壌保水能の低下と土砂流出量の増大や、干拓に伴う湖の洪水緩衝容量の低下等、人為的な影響が指摘されている(徐ら, 2000)。1993年に開始した三峡ダムプロジェクトは、その主要な役割の一つとして、長江中下流域での洪水発生防止を挙げている(EIAD and RIPPWR, 1995)。しかしながら、三峡ダムによる具体的な洪水抑止効果として、ダムサイト直下の長江本流に関しては、定量的な評価(荆江区間での洪水安全度が10年確率から100年確率へ上昇)があるものの、長江へ直接流入する洞庭湖や鄱陽湖の周辺域とこれら湖合流後の長江本流区間については、定性的に示されているに過ぎず、検討すべき余地を多く残している。

本研究では、著者らがこれまでに長江流域を対象に構築してきた分布型流域水文モデルを用いて、大洪水が発生した1998年を対象に、中流域における日単位の降雨流出計算を実施し、まず、モデル計算結果の妥当性を検証した。さらに、上流側の境界条件としてダムの洪水調節を想定した放流量を与えることで、特に洞庭湖周辺域を中心とする長江中流域での洪水氾濫抑止に対する三峡ダムの効果を検討した。

2. 対象領域の概要

2. 1 三峡ダム

三峡ダム建設は、長江三峡水利プロジェクトの主要部分として1993年に開始され、2003年には貯水と第1台

*独立行政法人国立環境研究所流域圏環境管理研究プロジェクト National Institute for Environmental Studies

目の発電機ユニットの始動を開始し、2009年までには全体の完成を予定している。建設地は、長江を上流域と中流域の境界にあたる湖北省宜昌市三斗坪鎮に位置する。通常時の貯留水位は175m、総貯水量 393 億 m^3 、末端のバックウォーターは重慶市中心部まで到達し、全長約 660km、平均幅 1,100m のダム湖が形成される予定である（図 1）。また、洪水期には貯留水位を 145m に低下させることで、洪水調節容量として 221.5 億 m^3 を保持することが計画されている。

2. 2 計算対象領域

モデル計算の対象領域は、長江中流域に含

まれる長江本流の宜昌から螺山に到る区間であり、本流区間長 445km、集水面積 294,911 km^2 を有する（図 1）。主な支流として、宜昌より 50km 程下流で合流する清江があり、また、城陵磯において連絡水道を通じて洞庭湖が連結している。洞庭湖は、総表面積 2,691 km^2 、容積 174 億 m^3 を有し、その水系によって構成される集水面積は 263,000 km^2 である。主な流入河川は西から澧水、沅江、資水、湘江であり、また、長江本流の 3 つの分洪口（松溪、太平、藕池）を通じて長江の水が洞庭湖へ流入する（図 1）。また、洞庭湖から長江への年間総流出量は、長江流域全体からの総流出量の 15% から 20% を占める。

主な土地被覆については、1990 年代初めを対象に中国科学院遥感応用研究所により作成された縮尺百万分の 1 の土地被覆データによると（Liu, 1996）、清江流域や洞庭湖水系上流の山地域や丘陵地帯では森林域や低木・灌木地域が主であり、それぞれの全流域面積に対してもおよそ 70% を占めている。それに対して長江本流沿いや洞庭湖周辺部の低平地では稲作地が広く分布している。

3. 流域水文モデルの概要

著者らは、これまでに米合衆国環境保護局（EPA）によって開発された Hydrological Simulation Program – FORTRAN (HSPF)（Bicknell et al., 1997）を用いて、1987 年と 1988 年の 2 年間を対象に長江上流域における水・土砂流出シミュレーションの実施や（Hayashi et al., 2004）、中下流域を対象に、水田域での水収支や、洞庭湖や鄱陽湖からの流出量に対する長江本流との水理学的相互作用の影響等、HSPF では考慮されないプロセスに関するサブモデルの構築と、HSPF との結合・利用による上記 2 年間の日単位流出シミュレーションの実施（Hayashi et al., 2004）を通じて、HSPF 及び HSPF とこれらサブモデルの統合利用による計算結果の観測値に対する高い再現性を確認している。本稿では、本研究目的と最も関連の強い、洞庭湖からの流出量推定サブモデルの概要を以下に記した。

3. 1 湖流出量推定サブモデル

サブモデルは、長江と洞庭湖における水理学的作用を十分に表現し得る精度を有しつつ、HSPF 同様に流域管理ツールとして、実用的で出来るだけ簡便なものであることが望ましいことから、まず、図 2 に示すように長江本流と洞庭湖の合流部付近の河道網の概念化

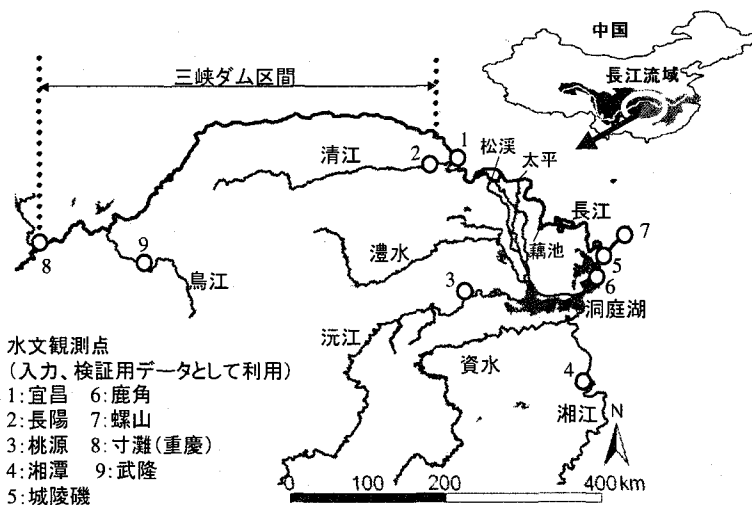


図 1 対象地域の概要と水文観測点

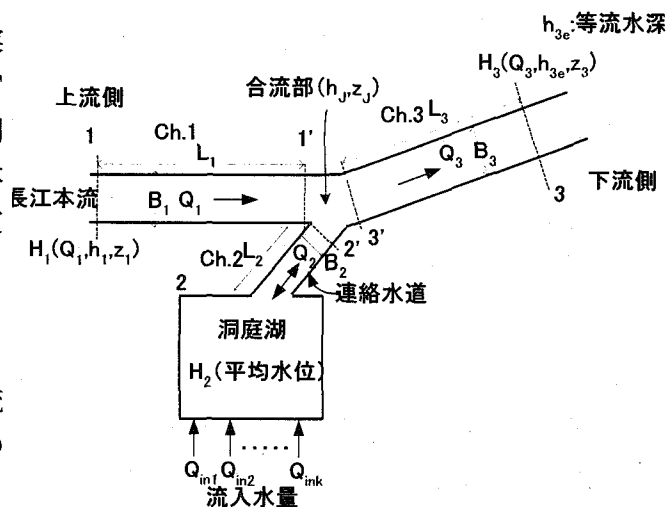


図 2 長江—洞庭湖合流部付近の河道網概念図

を図った。さらに、本概念図を基に、短時間の低平地における大河川の流れの非定常性は通常無視し得ることを前提に、以下に示す連続の式とエネルギー方程式を連立して数値的に解くことにより、洞庭湖からの流出量の推定を試みた。

・連続の式

$$Q1 \pm Q2 = Q3 \quad (1)$$

・エネルギー方程式

$$\text{Ch1:} \quad H_1 + a_1 \frac{Q_1^2}{h_1^2} - b_1 \frac{Q_1^2}{h_1^3} = H_j + a_1 \frac{Q_1^2}{h_j^2} + b_1 \frac{Q_1^2}{h_j^3} \quad (2)$$

$$\text{Ch2:} \quad E_2 = H_j + a_2 \frac{Q_2^2}{h_j^2} \pm b_2 \frac{Q_2^2}{h_j^3} \quad (3)$$

$$\text{Ch3:} \quad H_3 + a_3 \frac{Q_3^2}{h_{3e}^2} + b_3 \frac{Q_3^2}{h_{3e}^3} = H_j + a_3 \frac{Q_3^2}{h_j^2} - b_3 \frac{Q_3^2}{h_j^3} \quad (4)$$

ここに、 Q ：流量(m^3/s)、 h ：水深(m)、 H ：全水頭(m) ($H=h+Z$)、 Z ：河床高(m)、 a, b ：係数 ($a=1/(2gB^2)$ 、 $b=fL/(16gB^2)$)、 g ：重力加速度 (9.8m/s^2)、 B ：流路幅(m)、 L ：流路長(m)、 f ：摩擦係数 ($f=8gn/h^{1/3}$)、 n ：マンニングの粗度係数、である。なお、各変数のそれぞれの添え字は各流路や合流部を示し、図2に示した表記に対応している。また、式中の Q_i, h_i ならびに洞庭湖への河川流入量は、水田水収支サブモデルを結合した HSPF による計算値が用いられる。また、洞庭湖の全水頭については、湖平均水位と等しいと仮定し、湖における水収支と湖の容積-水位曲線式から推定される。洞庭湖の容積水位曲線式は、中国科学院南京地質研究所により 1988 年に作成された縮尺 2 万 5 千分の 1 の湖底地形図を基に、中国科学院地理科学与資源研究所との共同研究により作成された 50m メッシュ数値湖底高データを用いて推定した。

4. モデル適用方法

4. 1 グループ応答単位 (GRUs) の算定

本モデルを対象領域へ適用するにあたり、流域内の降水流出事象の応答単位として、計算の効率を図りつつ、流域内の地形や土地被覆等の空間分布をできるだけ反映したグループ応答単位 (GRU) の抽出を、地理情報システム上で行った。その手順として、まず、縮尺 5 万分の 1 地形図を基に作成した河川網データと低平地では 50m メッシュ、山地域では 1km メッシュの数値標高モデル (DEM) を用いて、対象領域を 194 のサブ集水域に分割した。次いで、このサブ集水域データに上述の土地利用ポリゴンデータを重ね合わせ、統計処理を行うことにより、各サブ集水域内の土地利用形態別に集約した領域を、GRU としてモデルの流出過程を適用した。なお、本研究では、土地利用を水田域、畑作地、森林域、低木・灌木林地域、草地、市街地、荒地の 8 つに分類した。

4. 2 入力データ

モデルへ入力する気象データは、降水量データと可能蒸発量データである。降水量データは、まず、中国気象局ならびに中国水利部長江水利委員会が対象領域内において観測する計 194 地点の日観測降水量データを基に、空間内挿手法の一つである線形の universal kriging 法を用いて 0.25° メッシュの日降水量グリッドデータを作成した。次いで、上記のサブ集水域が各グリッドに占める面積割合からサブ集水域単位の分布値へ変換するとともに、24 分割し、1 時間データとした。可能蒸発量については、日単位の米国 National Centers for Environmental Prediction (NCEP) / National Center for Atmospheric Research (NCAR) が作成した再解析データ (Kalnay et al., 1996) を使用し、降水量と同じくサブ集水域単位での 1 時間データに変換した。また、モデルによる長江河川流量計算における上流端での入力データとして、長江水利委員会より提供された 1998 年の宜昌水文点での日観測流量を使用した。計算時間ステップは各サブモデルと統合モデルともに 1 時間とした。

4. 3 モデルパラメータの校正と検証

使用したモデルのパラメータの値については、基本的に 1987, 1988 年を対象に本対象領域へ適用された値を用いた。ただし、清江流域や洞庭湖水系の各流入河川流域において、1998 年のある時期に関して日河川流量データが入手できた水文観測点の集水域については、計算値が観測値に出来るだけ合致するようにパラメータ値の調整を行った。また、図 1 に示す、長江水利委員会や中国科学院地理科学与資源研究所等から提供された清江流域や洞庭湖水系の沅江ならびに湘江流域、洞庭湖、長江本流における各水文点での日観測流量ないしは水位データを使用し、これら観測値と計算値の一致度を定量的に表す統計学的指標として、以下に示す Nash and Sutcliffe の係数(Nash and Sutcliffe, 1970) (以降 NS 係数と呼ぶ) R^2 の値を求めることによって、モデルの検証を行った。

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (5)$$

ここに、 Q_i : 第 i 日目の観測流量ないしは水位、 Q'_i : 第 i 日目のモデル計算日平均流量ないしは水位、 $\bar{Q}$: 対象期間中の観測流量ないしは水位の平均値、 n : 対象期間中の総日数である。なお、NS 係数は、その値が 1 に近いほど観測値に対する計算結果の再現性が高いことを意味する。

4. 4 洪水期における三峡ダム放流量の推定

三峡ダムにおける洪水期の貯留操作、すなわち放流量制御は、原則的にダムへの流入量がダム下流域で洪水氾濫を生じさせる恐れのある場合のみ行い、流入量ピーク通過後、速やかに洪水調節用低水位 (145m) に戻すことが計画されている (EIAD and RIPPYWR, 1995)。本研究では、これに基づいて洪水期のダム放流量上限値を設定し、以下の式を用いることで推定したダム放流量を上流端での入力データとして与えることで、モデル計算結果から対象領域での洪水抑止効果を検討した。なお、放流量上限値は、便宜的ではあるが洪水期間を通じて一定値をとることとした。

$$Q_{out} = Q_{in} + STR_{ex} / DT, \quad Q_{ulmu} \geq Q_{in} + STR_{ex} / DT \quad (6)$$

$$Q_{out} = Q_{ulmu}, \quad Q_{ulmu} < Q_{in} + STR_{ex} / DT$$

ここに、 Q_{out} : 日平均ダム放流量 (m^3/s)、 Q_{in} : 日平均ダム流入量 (m^3/s)、 Q_{ulmu} : 日平均ダム放流量上限値 (m^3/s)、 STR_{ex} : ダム貯留操作によって生じた低水位に対する超過貯留量(m^3)、 DT : 単位計算時間 (86,400 秒) である。なお、1998 年の三峡ダムへの日流入量は、長江寸灘水文点と烏江武隆水文点での日観測流量データと三峡区間を対象とした HSPF による日単位流出計算値の和とした。また、ダム放流量上限値としては、40,000 m^3/s 、45,000 m^3/s 、50,000 m^3/s 、55,000 m^3/s 、60,000 m^3/s 、の 5 ケースを設定した。

5. モデル計算結果の検証

5. 1 支流域における流出特性

対象領域の雨期である 4 月から 10 月を対象に、各支流域における雨水流出特性に対するモデル計算結果の妥当性を検討した。図 3 は、沅江最下流の桃源水文点での日流量観測値と計算値との比較を示している。図中に示すように流域からの総流出量は観測値で $64.3 \times 10^9 m^3$ 、計算値で $67.7 \times 10^9 m^3$ とほぼ一致し、また、NS 係数も 0.80 と比較的高かった。同様に、清江流域と湘江流域を対象とした日流出量計算値は、各流域の最下流にある水文点での日観測流量値に対して、NS 係数がそれぞれ 0.78 と 0.88 となり、総流出量は、いずれも $\pm 10\%$ 以内の誤差となる結果を示した。

5. 2 洞庭湖における水収支

図 4 は、洞庭湖と長江を結ぶ連絡水道上の城陵磯水文点で

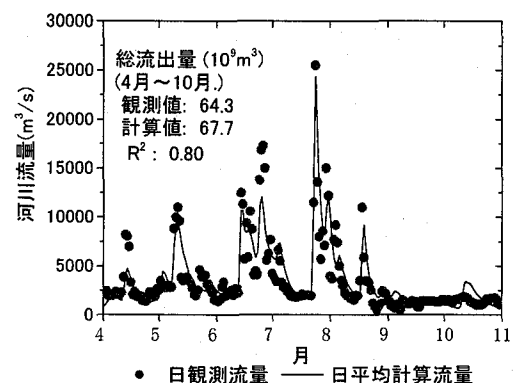


図 3 1998 年沅江流域における桃源水文点での日観測流量と日平均流量計算値との比較

の日観測流量とモデルによる洞庭湖から長江への日平均流出量計算値を示している。また、図5は、洞庭湖内の鹿角水文点での日観測水位とモデルによる湖平均水位をそれぞれ示している。支流域の場合と同様に観測値に対する計算値の比較対象期間を4月から10月とした時、それぞれのNS係数(洞庭湖からの日流出量については0.81、湖日水位については0.91)や湖からの総流出量の比較結果から、モデルが洪水期における洞庭湖の日単位での水収支を概ね再現していることが確認された。

5. 3 長江本流における河川流量

図6は、洞庭湖と長江の合流部より60km下流に位置する螺山水文点での日観測流量と、同地点におけるモデルによる日平均流量計算値をそれぞれ示している。比較対象期間(4月~10月)において、NS係数は0.94、総流出量は観測値に対して1.0%程度の誤差であり、モデルは的確に洞庭湖合流後の長江本流における河川流量の日変動を再現していると言える。高流量が継続して観測された8月にモデルが流量を過大評価している点については、実際は、この時に宜昌から螺山に到る本流区間の一部で氾濫越流が生じていたのに対して、モデルでは越流による流路からの水量の損失を考慮できず、その分も河川流量として評価したためと考えられる。

以上より、1998年の洪水期の洞庭湖における水収支を含む流域全体を対象とした日単位の流出シミュレーションは、観測値との比較結果に示されるように、本研究の主目的である対象流域に対する三峡ダムの洪水抑止効果を検討するためのツールとして、本モデルの有用性が確認された。

6. 三峡ダムによる洪水抑止効果の検討

6. 1 ダムによる放流量コントロール

図7は、1998年6月から9月における三峡ダム区間への流入量を日平均値として示したものである。式(6)に、この流入量変動と本研究において設定した5ケースの放流量上限値、それぞれを適用して得られたダム放流量日変動推定結果を図8に示した。また、宜昌水文点において観測された日流量も併せて同図に示した。

6. 2 洪水抑止効果

各放流量上限値の設定による対象領域での洪水抑止効果について、洞庭湖合流前の長江本流、洞庭湖、合流後の長江本流、それぞれについて検討を加えた。

まずは、湖合流前の長江本流について、図9は、各放流量上限値や宜昌水文点での日観測流量を上流端境界条件とした場合の、合流点直上流部の流路での日平均水位の変動(6月~9月)を示している。本流路は地理的に長江本流の監利水文点を含み、そこでの洪水防御のための設計水位は37.28mに定められている(洪, 1998)。宜昌での日観測流量を境界条件として用いた場合、日平均水位計算値が上記設計水位を超過した総日数は39日

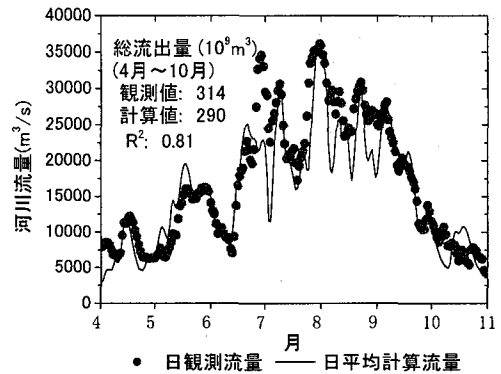


図4 長江-洞庭湖連絡水道における城陵磯水文点での日観測流量と日平均流量計算値との比較

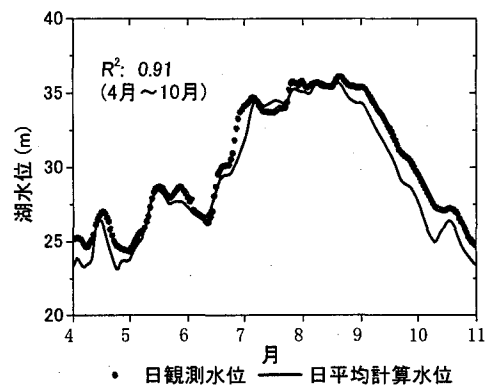


図5 洞庭湖鹿角水文点での日観測水位と湖日平均水位計算値との比較

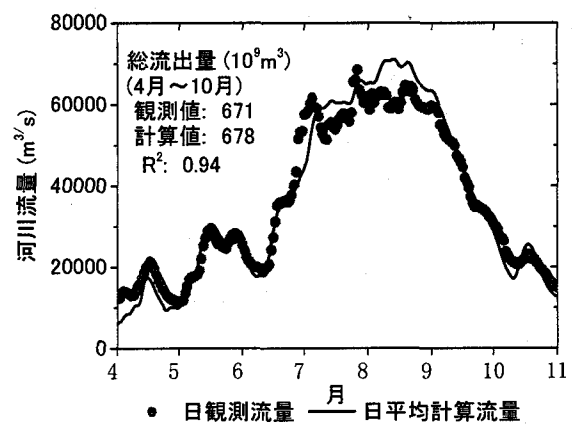


図6 長江螺山水文点での日観測流量と日平均流量計算値との比較

となった。一方、各放流量上限値、 $40,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $45,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $50,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $55,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $60,000\text{m}^3/\text{s}$ 、を用いた時の超過日数は、それぞれ、0日、5日、41日、40日、39日となった。これは、あくまでも放流量の制御に対して一定の放流量値を使用した場合であるが、上限値が $50,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の時、ダムはその直下の長江本流における洪水抑止に効果を発揮できないことを示している。

次に、洞庭湖の洪水抑止に対する効果について、各境界条件を用いた時の湖の日平均水位変動を図 10 に示した。長江との合流部（城陵磯水文点）での洪水防御用設計水位 34.40m を一つの目安として考えると、宜昌点の日観測流量を境界条件として用いた時、湖の平均水位が 34.40m を超過した日数が 44 日であったのに対して、放流量上限値が $50,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の場合、超過日数はいずれもそれ以上となった（最大は、 $60,000\text{m}^3/\text{s}$ 時に 51 日）。上限値が $450,000\text{m}^3/\text{s}$ の時でも、8 月初めの水位ピーク時には上記水位を 1m 以上も超過し、超過日数も 24 日となった。一方、 $40,000\text{m}^3/\text{s}$ 時は、超過日数は 12 日を数えたが、水位超過分は最大でも 30cm 程度であった。

最後に、湖の合流後の長江本流については、図 11 の各境界条件による螺山水文点を対象とした日平均流量計算結果のように、ダム放流量の上限値が $50,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の場合、洪水期の湖合流後の長江河川流量を著しく低下させることは困難であり、7 月上旬に見られるように却って増水時の流量を増加させる結果を示した。一方、上限値を $45,000\text{m}^3/\text{s}$ とした場合は、8 月初めに $70,000\text{m}^3/\text{s}$ に迫る大規模な流量ピークを形成することを除けば、7 から 8 月における高流量状態をある程度改善し得ることが確認された。さらに、 $40,000\text{m}^3/\text{s}$ を上限値とすることにより、湖合流後の河川流量は、洪水期間を通じて観測値を用いた場合に比べ著しく低く、洪水抑止に顕著な効果があることが示された。

以上の結果は、1998 年の大洪水を想定した場合において、洞庭湖を主とする長江中流域における明確な洪水抑止効果を三峡ダムの放流量制御（貯留操作）に期待する場合、放流量を日平均値として $40,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度に制限することが望ましいことを示している。一方、各放流量上限値を用いた時のダム区間での水収支から得られた貯留水位の日変動推定結果（図 12）によると、上限値を $40,000\text{m}^3/\text{s}$ として流入量のピークをカットする貯留操作を実施した場合、計算上、貯留水位はダムの計画高水位 175m を大きく超過し、放流量制御操作により生じる貯留量は最大時で 484.9 億 m^3 （貯留超過量は 263.4 億 m^3 ）に達することになる。これは、三峡ダムの総貯水量（ 393 億 m^3 ）自体をも上回る値である。この結果、1998 年タイプの洪水が再発した場合、洪水期の三峡ダムでの放流量上限値を $40,000\text{m}^3/\text{s}$ 付近に固定して貯留操作を実施することは、ダムにおける貯留操作上不可能と考えられる。実際のダムによる洪水制御を目的とした貯留操作は非常に複雑であり、流域全体のオンライン観測データを基にした動的な解析の実施等により最適な放流量がその都度決定されと考えられる。また、解析結果を受けて、長江本流から洞庭湖等への分洪操作を実施し、極力洪水の発生を回避する試みがなされることが予想される。これら一連の洪水制御によって、ダムの貯留操作に破綻を生じさせず中流域における洪水抑止効果がもた

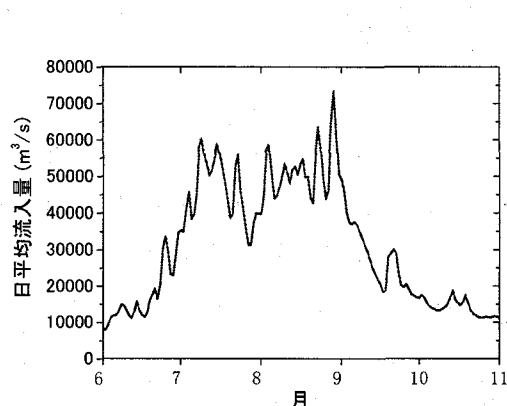


図7 1998年洪水期における三峡区間への日流入量

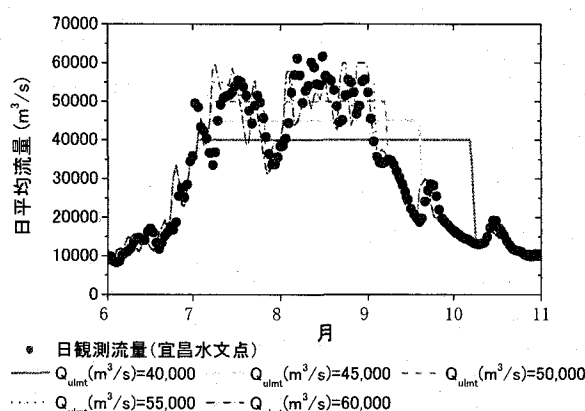


図8 各設定放流量上限値に基づき推定した三峡ダムの洪水期における放流量の日変動

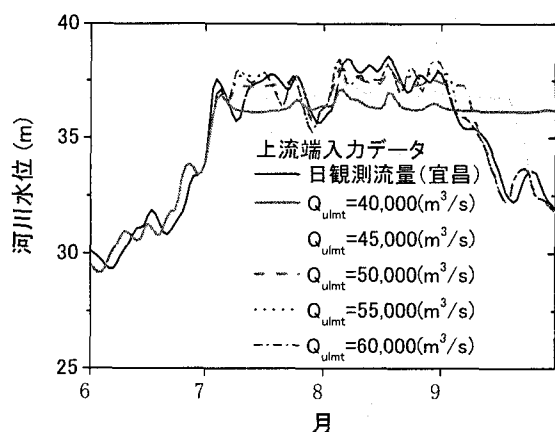


図9 三峡ダムによる放流量制御を想定した場合における洞庭湖合流部上流側の長江日平均水位の変動

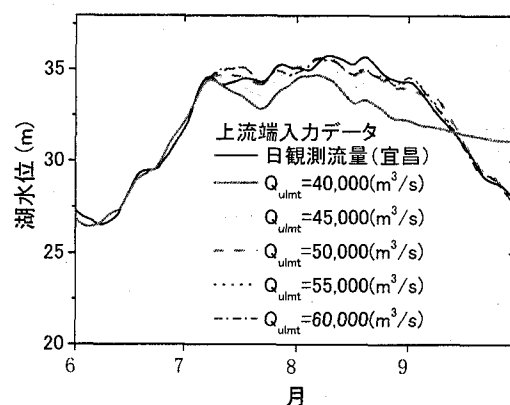


図10 三峡ダムによる放流量制御を想定した場合における洞庭湖日平均水位の変動

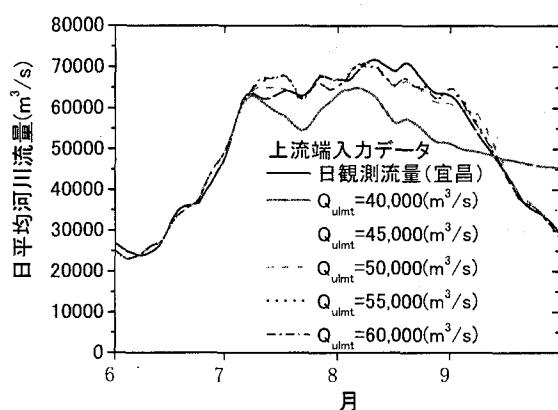


図11 三峡ダムによる放流量制御を想定した場合における洞庭湖合流後の長江日河川流量の変動

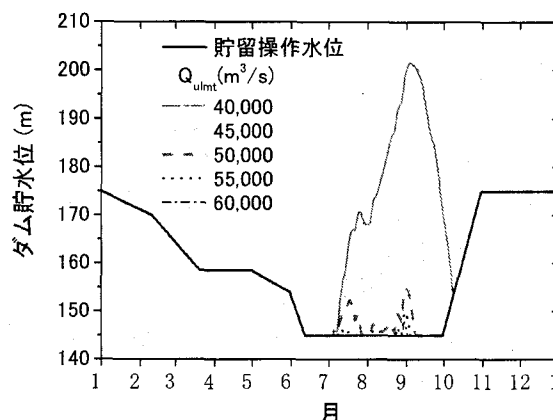


図12 三峡ダムでの放流量制御を実施した場合におけるダム貯水位の日変動

らされる可能性は否定しない。また、そのような操作方法を検討することが今後の研究課題の一つとも言える。しかしながら、1998年タイプの洪水は、その最大要因として長江上流域のみならず中下流域全体にわたって長期間断続的に暴雨が降り続いたことによって発生したものである。また、それによって洪水期の洞庭湖への流入河川流量はいずれも記録的な高流量値を観測した。これらのことを鑑みると、同タイプの洪水が再発した場合、本研究対象領域での洪水発生を効果的に抑止する根本的な対策は、複雑なダム貯水操作ではなく、例えば洞庭湖流入河川における貯水池建設による洪水制御や、中国政府が洪水対策方針の一つとして打ち出している洞庭湖周辺の干拓田を湖に戻し（退田還湖）、洞庭湖の遊水地としての機能強化である事を、本計算結果は示唆していると考ええる。

7. まとめ

本研究では、1998年の大洪水を想定し、著者らがこれまでに構築してきた分布型流域水文モデルを用いて、三峡ダムによる洞庭湖周辺部を主とする長江中流域での洪水抑止効果について検討を行った。その際、まず、1998年の長江本流等の河川日観測流量や洞庭湖の日観測水位との比較から、モデル計算結果の観測値に対する一致性の高さと今回の検討のためのツールとしての有用性を確認した。次いで、報告されている洪水期のダム貯留操作手法に基づき、1998年の洪水期のダム放流量を推定しモデルへ入力データとして与えた場合の、洞庭湖の水位や

長江の流量・水位の日変動を計算した。その結果、洪水期のダムにおける放流量上限値を 40,000m³/s 程度まで下げることによって、中流域全体に対して明確な洪水抑止効果が現れるものの、その場合、ダムにおける貯水量は洪水調節容量を大きく上回ってしまうことが確認された。本計算結果から、三峡ダム完成後に 1998 年タイプの大洪水が再発した場合、ダムの貯留操作のみに依存しては、長江中下流域の洪水発生を十分に抑止することは非常に困難であると考えられる。

参考文献

- Bicknell, B. R. et al. (1997). Hydrological Simulation Program—Fortran, User's Manual for Version 11.” Rep. No. EPA/600/R-97/080, U.S. EPA, Athens, Ga.
- EIAD and RPYWR (1995) Environmental impact statement for the Yangtze Three Gorges project (a brief edition), Science Press, Beijing, New York, 72p.
- Hayashi S. et al. (2004) HSPF simulation of runoff and sediment loads in the upper Changjiang River basin, China, J. Environ. Eng., ASCE (in print).
- Hayashi S. et al. (2004) Daily runoff simulation by an integrated catchment model in the middle and lower regions of the Changjiang basin, China, J. Hydrol. (in revision).
- Kalnay E. et al. (1996) The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bulletin of the American Meteorological Society, 77 (3), 437-471.
- Liu J. Y. (1996) Macro-scale survey and dynamic study of natural resources and environment of China by remote sensing. Chinese Science and Technology Publisher, Beijing, 353p.
- Nash, J. E., and Sutcliffe, J. V. (1970) Riverflow forecasting through conceptual model, J. Hydrol., 10(3), 282-290.
- 洪慶余 (1998) 中国江河防洪シリーズ 長江卷, 中国水利水电出版社, 北京, 610p.
- 徐開欽ほか (2000) 中国長江流域の水環境問題 (2) —長江流域の洪水災害と対策—, 用水と廃水, 42(8), pp.31-43.