

2002年筑後川渇水の実態と水資源運用

The 2002 Drought of the Chikugo River and Water Resources Operation

神野健二¹⁾ 河村 明²⁾ 里村大樹³⁾ 坂田 悠³⁾
 Kenji JINNO Akira KAWAMURA Daiki SATOMURA Yu SAKATA

- 1) 九州大学大学院工学研究院環境都市部門
Department of Urban and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University
- 2) 東京都立大学工学研究科土木工学専攻
Department of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University
- 3) 九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻
Department of Urban and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

2002年、福岡都市圏が水道水源の約1/3を依存している筑後川流域は観測史上3番目の少雨を記録し、最大55%の取水制限が実施されたが、福岡都市圏では給水制限には至らなかった。これは利害関係者および関連行政機関で頻繁な渇水調整が行なわれたことや、1999年に完成した山口調整池の運用などによる水資源管理が効果を上げたためであると考えられている。本研究では、2002年～2003年にかけての水文特性や貯水量の変動、この渇水に対する関連行政機関へのヒアリングを行った。さらに、福岡導水事業の一環として建設された山口調整池の効果について、調整池がなかった場合を想定したシミュレーションを行い、考察を加えた。その結果、山口調整池の運用の効果が大きであったことが示され、山口調整池が建設されていなかったらかなり厳しい渇水になっていたことが推測された。

キーワード：筑後川、2002年渇水、福岡導水、アンケート調査、山口調整池

Fukuoka Metropolitan Area, a fast growing economic and cultural center in Kyushu, was struck by severe droughts in 1978 and 1994. This area has a geographical disadvantage to supply sufficient water. Although there are many rivers in the area, they are all small with insufficient and unstable discharge due to the small catchment areas. The water taken from the Chikugo River, which is located outside of the area, supplies about one third of the total water demand through the Fukuoka District Waterworks Agency.

The 3rd severest drought struck the Chikugo River basin in 2002. However, water supply for the Fukuoka Metropolitan Area was not seriously affected by the drought.

In this study, the reservoir operations by the authorities during the drought were investigated. Besides, the variation of the water storage of Egawa and Terauchi reservoirs in the Chikugo River basin without Yamaguchi Reservoir was simulated. The amount of water deficit was calculated through the simulations, and the effect of the reservoir on the drought was evaluated. It was found out that the Yamaguchi Reservoir played a significant role for drought operation. If it had not been for the Yamaguchi Reservoir, the stored water that this agency owned at Egawa and Terauchi reservoirs would have been vacant. As a result, the Yamaguchi Reservoir has a great effect on avoiding water rationing in Fukuoka Metropolitan Area.

Key words : Chikugo River, the 2002 Chikugo drought, Fukuoka conveyance, questionnaire, Yamaguchi Reservoir

はじめに

近年、福岡市とその周辺自治体を含む福岡都市圏では、九州の産業・経済活動の中心として急激な一極集中が進んでおり、その急激な人口増加による水

需要量の増加に伴い、水需給は年々逼迫し、常に渇水の危機にさらされている(河村, 1995a; Kawamura and Jinno, 1996; 財団法人福岡都市科学研究所, 1995)。しかしながら、福岡都市圏には大きな河川はなく、また地理的にダム建設適地も少なく、

1) 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 Fukuoka 812-8581, Japan

2) 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 1-1 Minami-Ohsawa, Hachioji, Tokyo, Japan

3) 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 Fukuoka 812-8581, Japan

さらに地下水などの自己水源にも乏しいため、水道水源の約1/3を圏域外の県南部に位置する筑後川に依存している(神野ほか, 1995)。図-1に筑後川流域及び福岡都市圏の周辺概要図を示すが、筑後川は福岡都市圏の水道水源としての生命線となっている。

筑後川はその源を阿蘇外輪山に発し、日田市において九重連山からの玖珠川を合流し、多くの支川を集めながら筑後・佐賀平野を貫流し、有明海に注ぐ九州随一の河川であり、筑紫次郎の愛称で呼び親しまれてきた。その流域面積は2,860 km²(うち山地が約70%、平野が約30%)、幹川流路延長は143.0 kmであり、古くから灌漑、舟運、発電等により地域経済に寄与してきた。特に、筑後川中下流域での農業用水・水産用水および都市用水、さらには有明海での水産資源にとっても筑後川の維持流量はきわめて重要な課題である。このような状況のなか、福岡都市圏は1978年、1994年大渇水に見舞われた。1978年の渇水においては福岡市の給水制限日数は287日に及び、渇水評価指数(節水率×給水制限日数)は8,160%日となり、これまでの全国の渇水の最大を記録している。また、その16年後の1994年の西日本渇水においては、福岡市の年間降水量は観測史上最低を記録し、給水制限日数は295日であり1978年渇水をしのぐものとなった。しかし1978年渇水以降、福岡導水等の完成による水源の強化、高度な配水管理システムの導入、市民レベルの節水の努力など

様々な水資源対策や水管理政策などの取組みにより、渇水評価指数は5,123%日に留まった(河村ほか, 2004)。福岡導水事業とは、福岡都市圏の人口増加等に伴う水道用水の需要増加に対処するものとして、筑後川水系水資源開発基本計画(1974年7月閣議決定)に基づき、福岡都市圏の8市12町及び佐賀県基山町への水道用水として、計画最大毎秒2,767 m³を供給することを目的とした事業である(水資源開発公団, 2002)。山口調整池(図-1参照)は福岡導水による導水の安定供給を図る目的で計画され、福岡県筑紫野市大字山口地区内に築造された堤高60 m、総貯水容量400万 m³(有効貯水容量390万 m³)のロックフィルタイプの調整池(福岡導水・福岡地区水道企業団専用施設)で、1999年に完成している。同調整池は筑後川からの導水の一部を貯留し、取水制限及び施設のトラブル等が発生した場合に補給するものである。

筑後川流域は2002年、流量基準点である瀬ノ下上流域平均雨量で昭和25年の観測開始以来3番目の渇水に見舞われ、福岡地区水道企業団は最大で55%の取水制限を実施したが、福岡都市圏では給水にほとんど影響は出なかった。これは利水関係者および関連行政機関で頻繁な渇水調整が行なわれたことや、山口調整池の運用などによる水資源管理が効果を上げたためであると考えられている。福岡地区水道企業団は、福岡都市圏の7市11町1企業団により構成され、筑後川から水資源機構の福岡導水施設により牛頸浄水場まで約25 kmを導水し、構成団体における需要量の約1/3に相当する約178,900 m³/日を送水している。現在では福岡都市圏を流れる多々良川水系の鳴淵ダムからの送水量(最大22,000 m³/日)も加わり、最大供給量は200,800 m³/日である(福岡地区水道企業団, 2003; 坂田ほか, 2004)。

以上のような背景のもと、福岡都市圏の水資源管理の一環として、主要水道水源としての筑後川における2002年渇水の実態を把握し、その水資源管理について検討を行うことは水資源学上、きわめて重要な問題である。そこで本論文では、気象庁の降水量データを基に、まず2002年の水文特性について既往の渇水(1978年, 1994年)と比較しながら、考察を加える。次いで、福岡地区水道企業団の牛頸浄水場日報と平成14年渇水の記録(福岡地区水道企業団, 2003)を基に2002年~2003年の筑後川水系の貯水量の変動及び企業団の渇水調整について考察を加える。また、この渇水について関連行政機関を対象とした

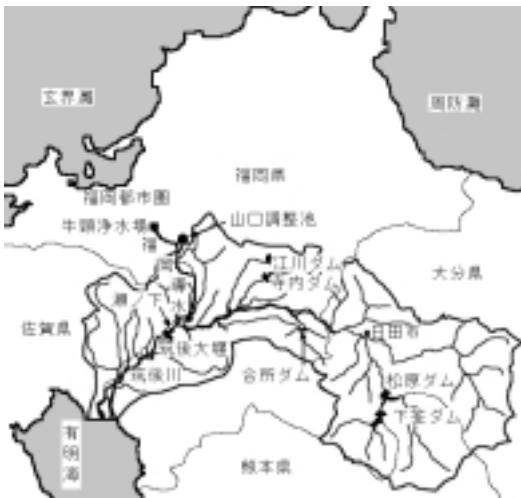


図-1 筑後川流域及び福岡都市圏周辺概要図。
Fig. 1 Map of Chikugo River Basin and Fukuoka Metropolitan Area.

アンケート調査(2003年4月に福岡都市圏15自治体に郵送し、4行政機関には6月に訪問・ヒアリング調査を行った)について、その結果を基に渇水への対応・対策について考察を加える。最後に、福岡導水事業の一環として建設された山口調整池を用いた渇水調整の効果に着目し、その運用実態について検討を行うと共に、山口調整池の効果をシミュレーションにより評価している。

・ 渇水の水文特性

図 - 2 に平成14年渇水の記録(福岡地区水道企業団, 2003)より作成した瀬ノ下上流域平均年雨量時系列を示す。これより、1980年、1993年の多雨年には年降水量は3,000 mm を超えているが、1978年、1994年の渇水の起きた年では1,500 mm を下回っていることが確認できる。また、2002年の年降水量は2大渇水年に次ぐ3番目の少雨(1,661 mm)であったことがわかる。図 - 3 に特別地域気象観測所である筑後川上流域の日田市の月別降水量を示す。図 - 3 より、2002年の5月までは平年並か、平年を上回る降水があったが、年間降水量は平年比73%(1,349 mm)に留まった。特に年降水量の57%(1,048 mm)が集中する6~9月の夏季降水量は、平年の42%(443 mm)しかなく、夏季降水の少なさが目立つ。ここで、平年値とは1971年から2000年までの30年平均値である。日田市における降水量は1961年の観測開始以来、6~9月の夏季降水量としては1994年に次ぐ2番目、年降水量は4番目の少雨であった。

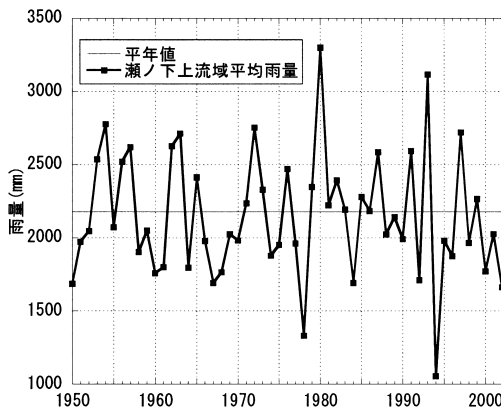


図 - 2 瀬ノ下上流域平均雨量。

Fig.2 Average annual precipitation of upper river basin of Senoshita.

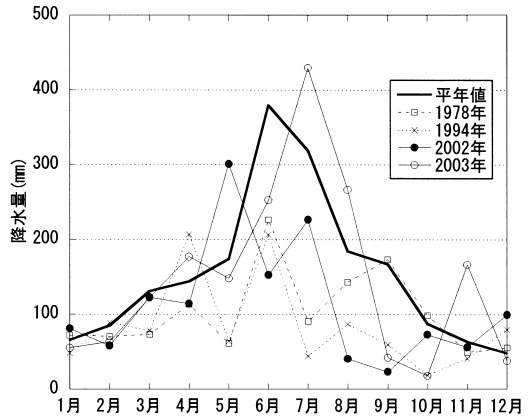


図 - 3 日田月別降水量。

Fig.3 Monthly precipitation at Hita.

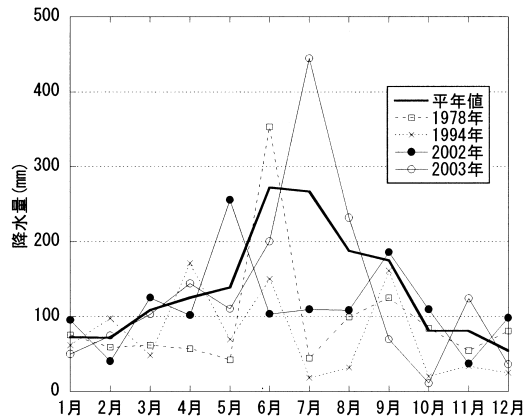


図 - 4 福岡月別降水量。

Fig.4 Monthly precipitation at Fukuoka.

次に、福岡管区气象台(福岡市)の月別降水量を図 - 4 に示す。福岡市でも平年に比べて降水量は少なく、平年では年降水量の55%(901 mm)の降水がある6~9月の平年比は56%(508 mm)と1955年以降の夏季降水量では1994年に次ぐ少雨であった。しかし、年間降水量の平年比は84%(1,372 mm)で1955年以降の年降水量では13位と、筑後川上流域ほど少雨ではなかった(坂田ほか, 2003)。

図 - 5 に瀬ノ下基準点における2002年1月1日~2003年12月31日における2年間の日平均流量を示す。特に2002年のノリ期(10月から翌年3月)は厳しい流況であったため、ノリ用水として松原・下笠ダム(図 - 1 参照)から約611万 m³の緊急放流を行った。降水量が特に少なかった2002年6,8,9月に度々基

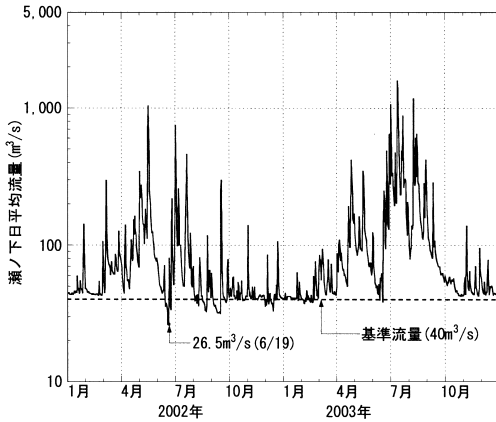


図 - 5 瀬ノ下日平均流量 .

Fig. 5 Daily mean flow rate at Senoshita.

準流量 (40 m³/s) を下回っており、2002年6月19日には26.5 m³/s まで低下している .

以上のように2002年の渇水は主に筑後川水系を中心とした渇水であったため、福岡市は自己水源を比較的余裕を持って運用することが可能になり、後述するように合計300万 m³ の応援水を福岡地区水道企業団、福岡県南広域水道企業団、佐賀東部水道企業団（以下、福水企、県南企、佐東企とそれぞれ略記する）の3企業団へ融通することができた .

・ 水資源運用の経緯

表 - 1 に福岡地区水道企業団の2002年～取水制限解除の2003年5月までの主な渇水対策を示す . 表中括弧内の貯水率とは、総貯水容量あるいは有効貯水容量に対する割合ではなく、福水企の持分量に対する割合である . 渇水対策初期は10%取水制限から始まり、ダムの枯渇を防ぐため総合運用などの対策が採られており、最終的に55%の取水制限が行われている . 表を見ると、初期の渇水対策は江川・寺内ダムの貯水率を基準に決定されているため、以下では両ダムの貯水量は合計したものを示す .

図 - 6 に福岡導水の直接の水源である江川・寺内ダム、合所ダム及び筑後大堰（以下、福水企3ダム + 筑後大堰と略記する）の貯水量変動を示す . また、この3ダム + 筑後大堰の合計有効貯水量も併記する . これを見ると、合計有効貯水量は2002年5月まではほぼ満水であるが、少雨となった6月以降になると貯水量が急激に低下し、2003年1月まで継続して低下しており、2003年3月頃に回復し始めている . 江

表 - 1 福岡地区水道企業団の渇水対策 .

Table 1 Drought management of Fukuoka District Waterworks Agency (FDWA)

期間	対策内容
8月10日～ 8月20日	10%取水制限 (江川・寺内ダム貯水率 60%)
8月21日～ 10月28日	20%取水制限, 山口調整池使用開始 (江川・寺内ダム貯水率 40%)
9月13日～ 12月10日	江川・寺内ダムを福岡県南広域水道企業団と総合運用
10月29日～ 11月25日	30%取水制限 (江川・寺内・合所ダム, 筑後大堰, 山口調整池の合計貯水率 30%)
11月26日～ 12月10日	40%取水制限 (江川・寺内・合所ダム, 筑後大堰, 山口調整池の合計貯水率 15%)
12月11日～ 5月1日	江川・寺内ダム, 筑後大堰を福岡県南広域水道企業団, 佐賀東部水道企業団と総合運用
12月11日～ 12月25日	50%取水制限 (第3次渇水調整)
12月26日～ 5月1日	55%取水制限, 3企業団での合所ダムの総合運用(第4次渇水調整)
5月1日	17時をもって渇水調整をすべて解除 (第9次渇水調整)

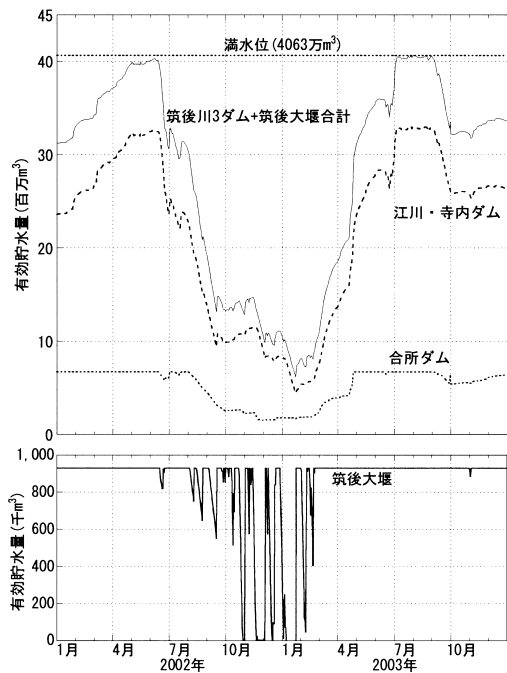


図 - 6 筑後川水系3ダム + 筑後大堰有効貯水量 .

Fig. 6 Effective storage of 3 reservoirs of Chikugo River system and Chikugo Barrage.

川・寺内ダムの貯水量は2003年1月23日に13.4%まで低下した。合所ダムでは、8,9月の少雨により貯水量は大幅に減少しており、2002年11月29日~12月3日に最低貯水率22.9%を記録した。筑後大堰は他のダムと比較して下流に位置していること、それにより貯水量の回復が早いため大堰の先使いが行なわれていたことから、(利水)貯水量0と満水を2002年11月以降繰り返しており、2003年3月頃からは満水となっている。

図-7に山口調整池(図-1参照)の運用模式図、図-8に2002年1月から2003年12月までの同調整池の貯水量、取水量、注水量の変化を示す。注水とは筑後大堰から牛頭浄水場への導水量の一部を山口調整池に貯留することであり、瀬ノ下基準点において

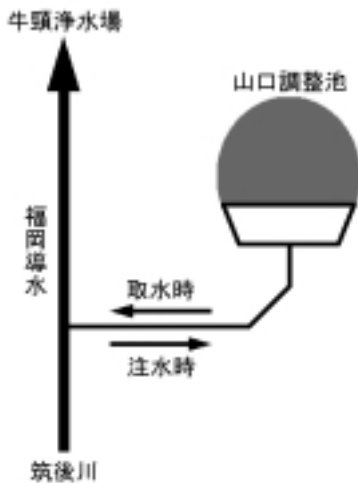


図-7 山口調整池運用模式図。

Fig. 7 Schematic illustration of the water operation of Yamaguchi Reservoir.

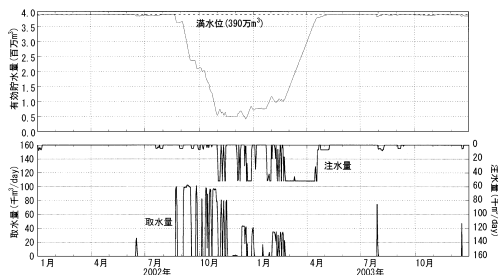


図-8 山口調整池の有効貯水量、取水量、注水量。
Fig. 8 Effective storage, water intake and pour of Yamaguchi Reservoir.

40 m³/s を超えたときに許可水利権量内で行なわれる。8月21日より山口調整池から取水を行い、渇水調整のために貯留水の使用を開始することにより(表-1参照)、筑後川水系のダムの貯水量の温存を図っている。

福水企は渇水対策で貯水量の温存を図った江川・寺内ダムなどを他企業団(県南企、佐東企)と総合運用している(自己貯留水及び応援水)。詳細は表-1を参照されたい。以下本論文では計算の都合上これらのダムを福水企が総合運用している期間中、2あるいは3企業団の持分貯水量は全て福水企分の貯水量として扱っている。

図-9に筑後川水系3ダム+筑後大堰、江川・寺内ダム、合所ダム、筑後大堰の福水企持分貯水量の変化を示す。筑後川水系3ダム+筑後大堰の最低貯水率は2002年11月30日に3.9%であった。江川・寺内ダムでも2002年11月30日に貯水率が低かったことは共通しているが、最も厳しかったのは2003年1月23日で、貯水率は0.2%であった。合所ダムに関し

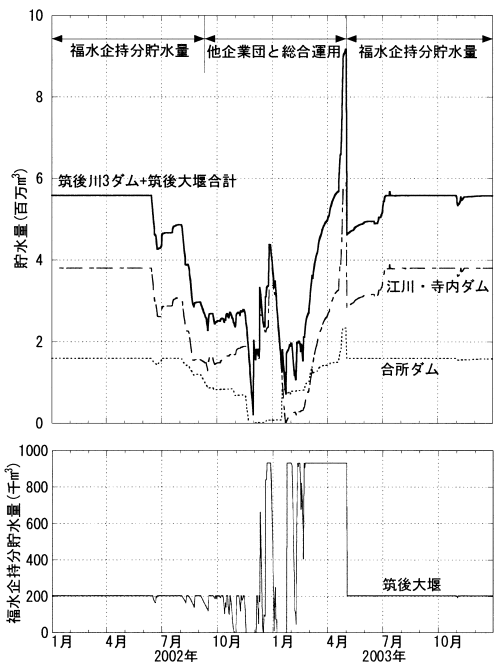


図-9 筑後川水系3ダム+筑後大堰福水企持分貯水量。
Fig. 9 Allocated water storage of FDWA of 3 reservoirs of Chikugo River system and Chikugo Barrage.

ては2002年11月29日～同年12月3日に貯水量0になっている。

福水企は渇水初期の10%取水制限から徐々に厳しい対策を採っており、最終的には55%の取水制限が行なわれた。ダム貯水量は、有効貯水量、福水企持分貯水量共に2002年6月以降低下しており、2003年3月頃に回復し始め、同年5月頃にほぼ満水となっている。渇水対策が功を奏し、水源の延命が可能となり、給水制限の回避に役立ったと言える。

・関連行政機関及び自治体へのヒアリング

著者らは2003年6月に2002年筑後川渇水について関連行政機関を対象としてアンケート調査を行った。福岡県、佐賀県、水資源開発公団筑後川開発局（現、水資源機構筑後川局）、福水企にはヒアリング調査を行い、その他福岡都市圏15自治体に対してはアンケートを郵送し、9自治体から回答を得た（坂田ほか、2004）。このアンケートの中で全機関に共通の質問として、

今回の渇水に対しての印象、及び1994年の渇水との印象の違いについて

福水企・県南企・佐東企・鳥栖市・農業用水間などにおける相互融通の実態等や効果について
山口調整池の効果をどのように評価するか？

等の質問を行い、上記のように13機関から以下に示す回答を得ている。

について、13行政機関中7機関が、今回の渇水は、筑後川流域を中心とした渇水であり、福岡都市圏域は11月以降の降雨で持ちこたえたと回答している。また、6機関が猪野ダムや鳴淵ダム、山口調整池といった1994年渇水以降の水資源開発、5機関が応援水や関係機関との取水の融通といった円滑な水融通、5機関が市民の節水意識の高まりが功を奏したことを指摘している。この「相互融通」については、5機関が給水制限回避に効果は大きかったとしている。については、3機関が流況改善が速い水、すなわち山口調整池を先使いすることで筑後川上流の支川に位置し、集水面積の狭い江川・寺内ダムを温存することができたと回答し、2機関が給水制限回避に有効的であったと回答するなど、合計7機関が今回の渇水に対して山口調整池の効果があつたと回答している。

このアンケート調査は記述式で行っており、完全に客観的な解析は困難であったが、次の点が読み取れた。今回の渇水は筑後川流域を中心とした渇水で

あつたが、どの行政機関においても給水制限を免れることができ、この渇水を乗り切ることができた要因として1994年以降の水資源開発、節水啓蒙活動、応援水や都市用水間、農業用水からの水融通といった対応があげられていた。水源の温存には企業団や自治体の自主節水（自主的な取水・送水制限）、及び水源の総合運用が功を奏し、特に筑後川流域において水がめである江川・寺内ダムの温存には、特に両ダムの総合運用および山口調整池の有効活用が効果的であった（福岡地区水道企業団、2003）。また、今回の渇水を受けて、海水淡水化や今後実施予定の水資源開発以外に、渇水対応のマニュアル化、施設能力向上、中水利用、節水の促進、節水意識の高揚といったことがあげられていた。

・シミュレーション

章では様々な実績値の図表を基に水資源運用の検討を行ったが、この章では山口調整池が仮になかった場合を想定したシミュレーションを行う。具体的な仮定は

福岡都市圏への導水量は実績値をそのまま使う
解析対象期間初期に山口調整池に貯留されていた水はなく、また解析対象期間中は注水することもできない（山口調整池から福岡導水への補給不可）

山口調整池の取水量・注水量は他のダム群で受け持つ

他機関からの応援水は実績と同日にあつたとし、そのまま実績値を用いる

送水制限等の諸渇水対策も実績と同じ日に開始する

である。なお、図-7に示す2002年1月1日～1月8日などに行なわれた山口調整池への注水は、この時点ではまだ渇水ではないのでこれらの注水量は無視し、2002年8月21日から渇水対策が終了する2003年5月1日までの注水・取水量を計算に用いている。

渇水対策で特に江川・寺内ダムの温存が図られていたことから、まずこの2ダムのみを対象にしたシミュレーションを行う。上記仮定の を江川・寺内ダムで受け持つことになる。図-10に実績有効貯水量と福水企持分貯水量実績値、及びシミュレーションの結果を示す。図中、実績値は太線で、シミュレーション結果は細線で示す。以降の図でも同様に示す。図-10より、江川・寺内ダムだけで山口調整池の取水量・注水量の効果を受け持った場合には有

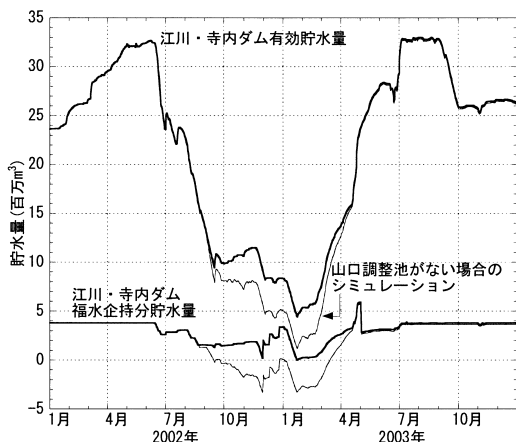


図 - 10 江川・寺内ダムを対象としたシミュレーション。

Fig. 10 Simulated storage for Egawa and Terauchi Reservoirs.

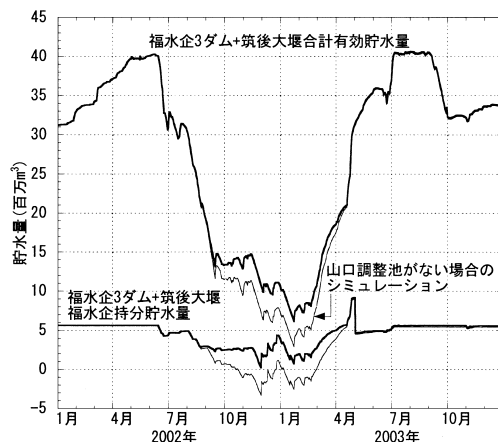


図 - 11 筑後川水系3ダム+筑後大堰を対象としたシミュレーション。

Fig. 11 Simulated storage for 3 reservoirs of Chikugo River system and Chikugo Barrage.

効貯水量が2003年1月23日に116.1万 m^3 (貯水率3.5%)まで低下している(実際の最低貯水量は同日に442.9万 m^3 :貯水率13.4%)。また、福水企持分貯水量だけで受け持ったシミュレーション結果では、福水企持分貯水量は完全に底をつき、負の値になっており、2002年11月30日に最低値-332.7万 m^3 となっている。実際の最低持分貯水量は同日に5,700 m^3 である。

次に、合所ダム、筑後大堰を加えた福水企3ダム+筑後大堰を対象にシミュレーションを行う。仮定を福水企3ダム+筑後大堰で受け持つこととなる。図-11に有効貯水量、福水企持分貯水量の実績値とシミュレーション結果を示す。図-11より、筑後川水系ダム群で受け持った場合にも貯水率がかなり低下しており、シミュレーション結果では有効貯水量は2003年1月23日に286.5万 m^3 (貯水率7.1%)にまで低下している。これは1994~1995年渇水時の最低貯水量に近い値である。実績値では最低有効貯水量は612.8万 m^3 (貯水率15.1%)である。福水企持分貯水量を見ると、図-10同様に負の値を取っており、最低貯水量は2002年11月30日に-332.6万 m^3 となった。この値は先の江川・寺内ダムのみを対象にしたシミュレーション結果とほとんど変わらないが、これは合所ダムに福水企持分貯水量が全く無く(貯水量0)、筑後大堰にわずか775 m^3 しか残っていなかったためである。なお、実績値での最低貯水量は

同日に21.6万 m^3 である。

今回行ったシミュレーションでは、貯水率に応じた取水制限やダムの総合運用を考慮せず、実績と同じ対策が行なわれたものとしてシミュレーションを行なったため、あまり正確な計算とは言えないが、以下の結論を得た。

江川・寺内ダムを対象に行なったシミュレーションの結果は、有効貯水量では貯水率3.5%まで低下し、福水企持分貯水量に関しては完全に底をつき、約333万 m^3 もの不足を生じた。福水企3ダム+筑後大堰を対象に行なったシミュレーション結果は、有効貯水量では貯水率7.1%まで低下し、福水企持分貯水量に関しては江川・寺内ダムを対象にした場合と同様、完全に底をつき、約333万 m^3 もの不足を生じた。いずれのシミュレーションにおいても結果はかなり厳しい値が出ており、山口調整池の貯留水が給水制限の回避に役立ったと言える。

・むすび

2002年の渇水は主に筑後川水系を中心とした渇水であったため、西日本全域を含む1978年、1994年の渇水と異なり、福岡都市圏の自己水源で乗り切ることができた。そこで本論文では、2002年~2003年にかけての筑後川上流域水文特性や貯水量の変動、関係機関による渇水調整を調査し、考察を加えた。そして、この渇水に対する関連行政機関の意見のヒ

アリングを行い、さらに、福岡導水事業の一環として建設された山口調整池の効果について、調整池がなかった場合を想定したシミュレーションを行い、考察を加えた。その結果、以下の結論が得られた。

- ・アンケート調査の結果より、2002年渇水乗り越えることができた要因として新たな水資源開発、節水啓蒙活動、応援水や都市用水間、農業用水からの水融通といった対応があげられる。
- ・自主節水や総合運用などの渇水対策が効果をあげ、水源の温存ができた。
- ・江川・寺内ダムの温存には、両ダムの総合運用および山口調整池の有効活用が効果的であった。

そこで、本研究で山口調整池の効果を見るために山口調整池がなかった場合を想定したシミュレーションを行なった結果、

- ・江川・寺内ダムを対象としたシミュレーション、福水企3ダム+筑後大堰を対象に行なったシミュレーションのいずれの場合も厳しい結果が出ており、山口調整池が給水制限の回避に有効であることがわかった。

以上のように、本論文では筑後大堰建設と相まって建設された山口調整池の効果について考察したものであるが、2002年渇水の運用事例から判るように、当調整池が筑後川流域の利水者と流域外の福岡都市圏の利水者を互譲の精神を持って結ぶ1つの安全弁として機能したことの歴史的意義は大きい。本研究を通して現実の水資源の運用・管理の研究にあたっては地域に根ざした日々の取り組みを理解することが必要であることがわかった。今後の課題としては、筑後川の流況に応じた山口調整池の弾力的な利水運用が望まれる。

謝辞： 今回のアンケート調査にあたっては、国土交通省九州地方整備局、福岡県、佐賀県、福岡地区水道企業団、水資源機構筑後川局および各関係自治体の多大な御協力を得ました。ここに深謝申し上げます。

引用文献

- 福岡地区水道企業団(2003):平成14年渇水の記録。神野健二・河村明・田尻要(1995):筑後川、筑紫平野の渇水～福岡都市圏を中心として、雨水技術資料, 16, pp. 9-15。
- 河村明(1995a):水需要モデル,“2010年”福岡の都市像に関する研究(モデル編)報告書, pp. 5. 1-5. 52。
- 河村明(1995b):昭和53年福岡大渇水との比較,土木学会誌, 80, pp. 96-97。
- 河村明・久野祐輔・神野健二(2004):渇水及び水資源開発事業による筑後川河川流況の変動特性,水道協会雑誌, 73(7), pp. 2-12。
- Kawamura, A. and Jinno, K.(1996): Integrated water resources management in Fukuoka Metropolitan Area, Environmental Research Forum, Vol. 3 & 4, pp. 97-109.
- 久野祐輔・河村明・神野健二(2002):筑後川河川流況の長期的変動特性について,第6回水資源に関するシンポジウム論文集, pp. 189-194。
- 九州地方建設局(1996):平成6年渇水の記録。水資源開発公団(水資源機構)筑後川下流総合管理所福岡導水管理所(2002):パンフレット「福岡導水」。
- 坂田悠・河村明・神野健二(2003):2002年筑後川渇水の雨量特性,水文・水資源学会2003年研究発表会要旨集, pp. 256-257。
- 坂田悠・河村明・神野健二(2004):アンケートに基づく関連行政機関の2002年筑後川渇水への対応・対策について,平成15年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集第2分冊, pp. 130-131。
- 里村大樹・河村明・神野健二(2004):2002年筑後川渇水における山口調整池の運用について,平成15年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集第2分冊, pp. 128-129。
- 財団法人福岡都市科学研究所(1995):2010年福岡の都市像に関する研究,隆文堂印刷。
- (受付:2005年1月20日,受理:2005年4月15日)