

II-330 Bhumibol および Sirikit ダム操作のための DDC・FDC ルールカーブ

山梨大学大学院 学生員 新谷 渡

山梨大学工学部 正会員 竹内 邦良

1 はじめに

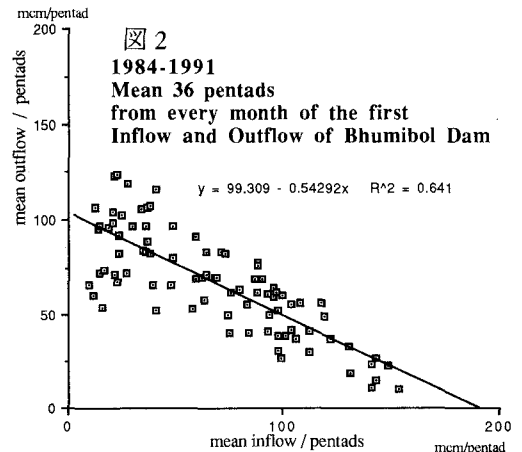
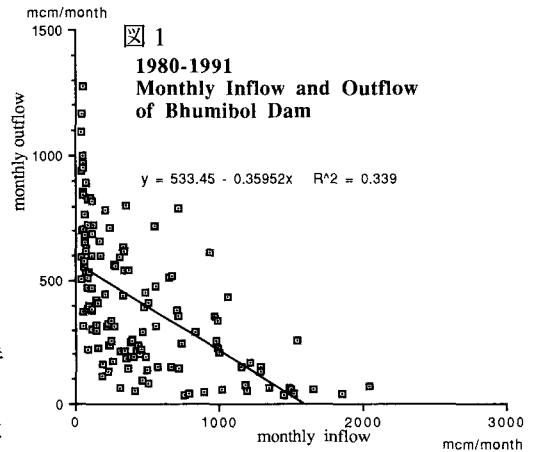
タイ王国の Bhumibol, Sirikit 両ダムは、1964, 72 年に竣工した。総貯水量 135 億 m^3 , 95 億 m^3 の大ダムである。両ダムの発電及びかんがい利用に果たす役割は大きく、その有効利用が求められている。本報はタイ国の地域特性をふまえた DDC・FDC ルールカーブの算定方法について検討したものである。両ダムの概要を以下に示す。

Dam	Location	Catchm. Area	Mean Inflow	Effect. Cap.	Residence Time
Bhumibol	Ping R. at Sam Ngao D.	26,400 sq.km.	186.8 cms	9,662 mcm	2.3 year
Sirikit	Nan R. at Tha Pla D.	13,300 sq.km.	172.1 cms	6,660 mcm	1.8 year

2 ダムへの流入量と放流量の関係

タイ王国は熱帯サバナ気候帯にあり、雨期にはダムへの流入量は多いが、ダムに対する水需要は少ない。一方乾期にはダムへの流入量はほとんどなくなるが、2期作のためのかんがい用水として、ダムに頼る水需要が非常に大きくなる。またその水需要は天気によってかわるため、特定することは困難である。

図1は Bhumibol Dam の月流入量と月放流量の関係を示すものである。この図からは、需要を流入の関数として表すことは難しいように見えるが、36 半月（半年）平均の流入量と放流量の関係を見ると、図2のような明確な関係が現れる。図2は 1 年間の 73 半月にわけて、Bhumibol Dam の '84-'91 の各月の最初から始まる 36 半月平均流入量データを、同期間の 36 半月平均放流量データに対応させたものである。これから図中にあるように x を 36 半月平均流入量、 y を 36 半月平均放流量とすると、 $y = ax + b$ なる回帰式が得られる。これを m 半月平均需要量と m 半月平均流入量の関係であると仮定して、ルールカーブを作った。すべての m について a, b の値は少しずつ異なるが、ここでは $a(m) = -0.5$, $b(m) = 100$ の一定値で関係を表すこととした。Sirikit Dam については、Bhumibol Dam ほど明確な流入・放流関係は見られなかったが、Bhumibol Dam と同じ結果を援用した。



3 DDC・FDC ルールカーブの Chance Constrained Model 表示

τ 時点での放流制限率が C のとき、この放流制限率を今後 M 半月間ずっと続けた場合でも、貯水池が涸渇する確率は β 以下、溢水する確率は α 以下に保つために、 τ 時点で必要な貯水量 V は、以下の確率制約条件を満たす解として求められる。

$$S \tau + m = S \tau + m - 1 + I \tau + m - 1 - R \tau + m - 1$$

$$m = 1, \dots, M \quad (1)$$

$$\text{Prob}(S\tau+m \leq 0) \leq \beta \quad m=1, \dots, M \quad (2)$$

$$\text{Prob}(S\tau+m \geq V_c) \leq \alpha \quad m=1, \dots, M \quad (3)$$

$$S\tau = V \quad (4)$$

$$R\tau+m-1 = (1-C) \cdot D\tau+m-1 \quad m=1, \dots, M \quad (5)$$

$$1/m \cdot \sum D\tau+\nu = b(m) + a(m)/m \cdot \sum I\tau+\nu \quad m=1, \dots, M \quad (6)$$

ここに、 $\tau+m$: 現時点 τ より m 半月後の時点、 R : 放流量、 I : 流入量、 D : 水需要、 S : 貯水量、 β : 許容涸渇確率、 α : 許容溢水確率、 M : 現時点の放流量の決定に際して考慮する将来期間長である。 Σ はすべて $\nu=0$ から $m-1$ までの和を表す。(1)-(6)式を解くと、以下の(7), (8)の連立不等式が得られる。

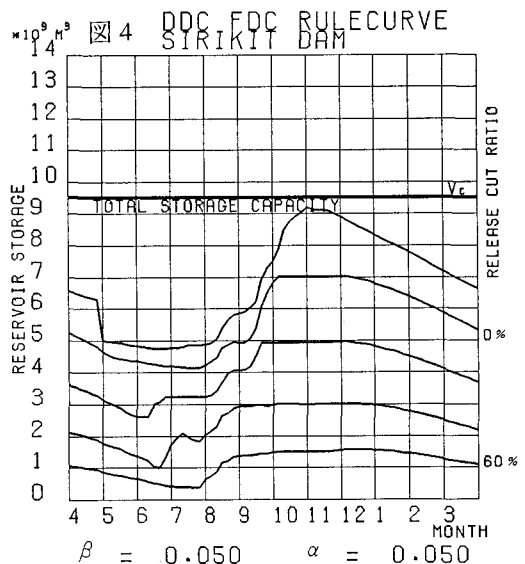
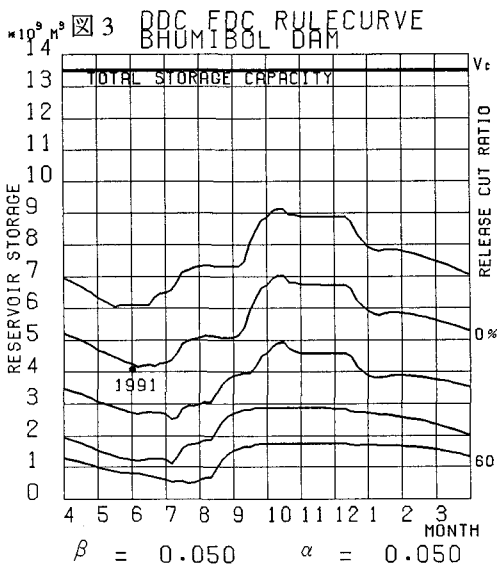
$$C \geq \{b(m)+a(m) \cdot (\sum I\tau+\nu)_{\beta} - (\sum I\tau+\nu)_{\beta} V\} / \{b(m)+a(m) \cdot (\sum I\tau+\nu)_{\beta}\} = C^{-}(m) \quad m=1, \dots, M \quad (7)$$

$$C \leq \{b(m)+a(m) \cdot (\sum I\tau+\nu)_{\alpha} - (\sum I\tau+\nu)_{\alpha} V + V_c\} / \{b(m)+a(m) \cdot (\sum I\tau+\nu)_{\alpha}\} = C^{+}(m) \quad m=1, \dots, M \quad (8)$$

ここに $(\sum I\tau+\nu)_{\beta}$, $(\sum I\tau+\nu)_{\alpha}$ は、 τ より始まる m 半月間の流入量の和(確率変数)の、非超過確率 β 超過確率 α に相当する等価確定量であり、それぞれ季節別渇水豊水持続曲線(Seasonal DDC・FDC)を用いる。

5 DDC・FDC ルールカーブ

以上の方法により算出した Bhumibol, Sirikit 両ダムのルールカーブを図3、図4に示す。放流制限率は、-20%~60%まで20%きざみで描かれている。両ダムの特徴として10, 11月は、これから乾期を迎えダムへの流入が減り、水需要が増えてくるので水位が高いうちから放流に制限が加わることになる。一方5, 6月は、これから雨期を迎え流入が増えて水需要が減っていくため、ダムの水は貯っていく方向にあるので水位がかなり低くなってから放流に制限が加わることになる。図に示したルールカーブはこれらの状況により時期によって凹凸する。またこの5, 6月頃での両ダムを比べると Bhumibol に比べ Sirikit の方のルールカーブが下がっている。これは Sirikit の方が容量が小さいために、溢水確率によって制約されるためである。1991年6月には Bhumibol Dam の貯水量は41億 m^3 にまで下がったが、図3のルールカーブに従うとそれほど厳しい放流制限率を施すまでもないということになる。



<引用文献> 竹内・新谷(1991): 溢水確率を考慮したDDC ルールカーブ, 土木学会46回年講, pp.282-284