

II-69 確率制約モデルを用いたチャオプラヤ流域での計画作付面積の決定と考察

山梨大学大学院 学生員 新谷 渡
 山梨大学大学院 学生員 Vanchai Siva
 山梨大学工学部 正会員 竹内 邦良

1. はじめに

チャオプラヤ流域にはBhumibol(有効貯水量96億[m³]), Sirikit(66億[m³])という非常に大規模な貯水池がある。その下流の広大なデルタには水田地帯(12,000[km²], 7,500,000[rai])が広がっており、雨期は雨と残留域流出を使って稲作ができる。またその両方で足りない分は貯水池から補給する。さらに乾期は両貯水池の水を使って稲作を行う。雨期の作付け面積は例年12,000[km²], 乾期はおおよそ5,000[km²]である。近年の貯水池の水位は低下の一途をたどり、死水域寸前の状況にある(図2参照)。これは近年貯水池への流入量が減少傾向にあることや、Lower Rule Curveが守られていないこと、乾期の作付面積の大きさに伴う水供給量の多さ等が主な原因である。ここで述べるモデルはその対策として考案したもので、雨期の作付面積を12,000[km²]一定と考え、乾期の作付面積を与えるルールである。またそれぞれの乾期作付面積に対する年間発電量の期待値をSDPを用いて計算した。

2. Chance Constraint Model of DDC・FDC Cropping Area Planning Curve

乾期作付面積をA(C)とし、そのときの作付面積制限率をCとして表すと次のようになる。

$$A(C) = (1 - C) \cdot A_{\max} \quad (1)$$

このCを τ (1月第1半旬)から乾期の作付期間中ずっと続けて尚且つ、その後続く雨期の間での灌漑用水を必要量すべて供給した場合でも、貯水池が涸渇する確率を β 以下、溢水する確率を α 以下に保たれるように、 τ 時点での必要な貯水量Vの最小値Fcrpは以下の確率制約条件を満たす解として求められる。

$$F_{crp}(\tau, C, \beta, \alpha) = \text{minimum } V \quad (2)$$

subject to

$$S_{\tau+m} = S_{\tau+m-1} + I_{\tau+m-1} - R_{\tau+m-1} - P_{\tau+m-1} \quad (3)$$

$$\text{Prob}\{S_{\tau+m} \leq 0\} \leq \beta \quad (4)$$

$$\text{Prob}\{S_{\tau+m} \geq V_{cap}\} \leq \alpha \quad (5)$$

$$R_{\tau+m-1} = (1 - C) \cdot DI_{\tau+m+1} + DS_{\tau+m+1} - (1 - C) \cdot A_{\max} \cdot RF_{\tau+m+1} - I3_{\tau+m} \quad (6)$$

$$S_{\tau} = V \quad (7)$$

$$R_{\tau+m} \geq 0 \quad (8)$$

$$1 \leq m \leq 36, 0 \leq C \leq 100 [\%], A_{\max} = 4800 [\text{km}^2]$$

$$37 \leq m \leq 73, C = 0 [\%], A_{\max} = 12000 [\text{km}^2]$$

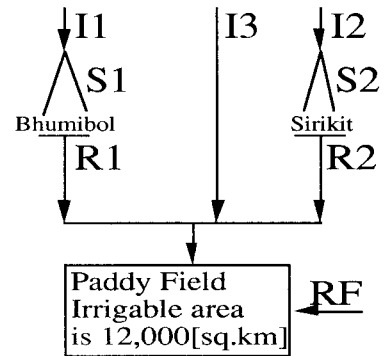


図1 流域模式図

ここに、 $\tau+m-1$:現時点 τ より m 半旬後の時点、 $R=R1+R2$:Bhumibol, Sirikit 両貯水池からの放流量、 RF :チャオプラヤデルタ内の降雨観測所38地点の平均降雨量、 $I=I1+I2$:Bhumibol, Sirikit 両貯水池への流入量、 $I3$:残留域流出量、 DI : $A_{\max}$ 耕作した際の水田地帯での推定水需要量、 DS :上水、塩水遡上防止用水等の需要量、 $S=S1+S2$:Bhumibol, Sirikit 両貯水池合計の貯水量、 P :両貯水池からの蒸発量、 V_{cap} :両貯水池合計の貯水池容量、 C :作付面積制限率、 β :許容涸渇確率、 α :許容溢水確率である。

3. SDPによる年間最大発電量の期待値

Cの作付制限をしたときの2つのダムから灌漑放水に伴って得られる年間発電量の期待値 $\sum \Sigma EN_i n(i=1: \text{Bhumibol}, i=2: \text{Sirikit})$ の最大値をFele(C)とすると、

$$Fele(C) = \text{maximum} \left\{ E \left[\sum_{n=1}^T \sum_{i=1}^2 ENin \right] \right\} \quad (9)$$

となる。ここで $T=4$ season である。第 t 期以降の最大累加発電量関数 f は次のように表わされる。
recursive equation

$$f_t(I3t+1, (1-C) \cdot Amax \cdot RFt, I2t, I1t, S2t, S1t) = \max \{ HPt(R2t, R1t) + G_{t+1}(S2t+1, S1t+1) \} \quad (10)$$

$$G_{t+1}(S2t+1, S1t+1) = \sum \sum \sum P(I3t+1 + (1-C) \cdot Amax \cdot RF_{t+1}) \cdot P(I2t+1) \cdot P(I1t+1) \\ \cdot f_{t+1}(I3t+1 + (1-C) \cdot Amax \cdot RF_{t+1}, I2t+1, I1t+1, S2t+1, S1t+1) \quad (11)$$

subject to

$$R1t + R2t + I3t + (1-C) \cdot Amax \cdot RFt \geq (1-C) \cdot DIt \quad (12)$$

$$R1t + R2t + I3t + (1-C) \cdot Amax \cdot RFt - (1-C) \cdot DIt + 0.3 \cdot (1-C) \cdot DIt \geq DS_t \quad (13)$$

ここで、 $G_{t+1}(S2t+1, S1t+1)$: $t+1$ 期に $S2t+1, S1t+1$ なる貯水量であった場合の将来の累加発電量の期待値、 $P(I2t+1)$: $t+1$ 期における流入量 $I2t+1$ の生起確率、 $HPt(R2t, R1t)$: t 期に各貯水池から $R2t, R1t$ づつ放流した際に得られる合計発電量である。

4. 考察

図2は実際の水位変動で1~6月頃までは乾期の作付の水供給の為に水位を下げて、それ以降は雨期の流入の多くなる時期に水位を上げていくパターンを繰り返す。'91, '92, '93年などのように年始の水位が低い年は、あらかじめ作付面積を制限して乾期作への水供給量を抑えておく必要がある。図4は $A(C)$ と $Fcrp$ の関係を示したものである。'91, '92年の年始の貯水量は約115億 m^3 であったわけだが、これに対し10年渇水までは耐えられるように作付をしたい場合は約3100 $[km^2]$ にすればよいというルールになっている。しかし実際の作付は、4035 $[km^2]$ ('91), 3360 $[km^2]$ ('92)であった。これは'91年の作付はおおよそ3年渇水、'92年は7年渇水にしか耐えられないような作付をしていたことになる。またタイ電力省(EGAT)の提案したルールはシミュレーションにより求められたものだが、このルールは現実の作付状況とはかなりかけ離れたものとなっている。図3は $A(C)$ と $Fele$ の関係を示した。作付面積が増えるほど期待される発電量は減ってきていることがわかる。Decision Maker は作付面積を計画する際に年始の貯水量を確認してから決めるわけだが、そのときは図4の中の危険率 β や図3の発電量の期待値等を参考にできるであろう。

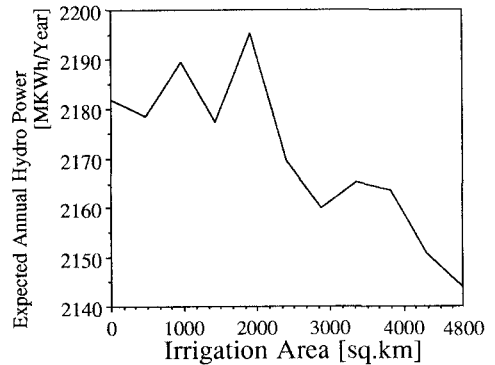


図3 作付け面積と発電量の関係

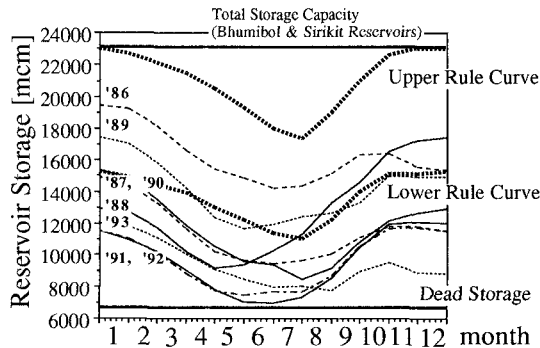


図2 両貯水池合計の水位変動

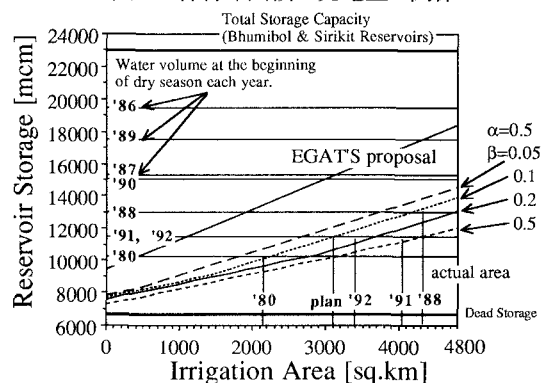


図4 DDC・FDC Cropping Area Planning Curve