

京都大学名誉教授 正員 石原藤次郎

京都大学工学部 正員 高橋琢馬

和歌山県 正員 鈴木藤一郎

1. まえがき 近年の大河川流域とくにその下流部への人口、あるいは資産の集中は、めざましいものがある。これに対処するために、年々莫大な治水事業が行なわれてきたが、この結果、下流部の洪水に対する安全性は、ある程度確保されるようになったか、あるいはなりつつあるということができよう。しかるに上流部のそれは、上流部をいたづらに改修すると、下流部の洪水に対する危険性と増大させるということもあって、若干軽視される傾向にあったことは否めない。これは下流部の社会的、政治的、経済的重要性と、投下すべき資本に制限がある現状において、一概に否定すべきものではないが、このために、近年の洪水被害の実態を大河川についてみれば、本川よりも支川で多発する傾向があるのは事実で、現状は、上下流疎通能力バランスを再検討すべき段階にきていると思われる。

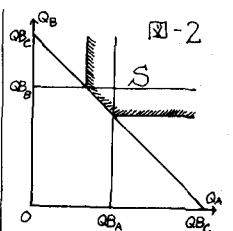
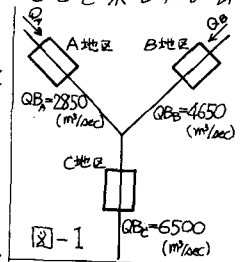
2. 破堤の危険度の物理的、経済的評価 本論文では、以上のような考えに基づいて 1) 流域内の各地区の破堤の危険度を 1)、上流部破堤が下流部におよぼす影響、2) 合流する支川の洪水流量の相関、さらに 3) 上下流河道改修、あるいは 4) ダム建設の影響などを総合的、かつ水系一貫して評価した。¹⁾ 2) つぎに、このようにしてえられた物理的尺度としての破堤の危険度を、流域社会とより密接に結びつけた尺度とすべく、経済分析手法を導入することにより、それを物理的、経済的に評価した。3)、さらにこれにもとづき、“上下流疎通能力バランス”を単位資産あたり年平均被害額が、流域内のすべての評価地点で等しくなることと仮定し、モデル流域を対象として疎通能力バランスに関する考察を試みた。そして上流部改修は、経済的には必ずしも得策ではないことを示した。計算式の概略を示すつぎのようである。

まず、図-1のようなモデル流域において、防災対象地区を、A・B・Cとし、各地区の洪水疎通能力を Q_A, Q_B, Q_C とする。また、A・B 各地区で破堤が起るとき、下流へ流下する流量をそれぞれ Q_{BA}, Q_{BB} と仮定し、さらに両支川の洪水ピーク生起時刻は合流点で一致するものとする。

このとき、C地区の破堤は、図-2の斜線部内(領域Sとする)の流量 Q_A, Q_B の組み合わせによって起る。さらに、流量 Q_A, Q_B の同時生起確率密度関数が、それぞれの相関を考慮して、 $P(Q_A, Q_B)$ として求められ、たとすると、C地区年平均被害額 DM_C は、つぎのように求められる。なお、図-2 より明らかに、積分領域Sは、 Q_{BA}, Q_{BB}, Q_{BC} の関数として与えられる。(ただし、 $D_C(Q_A, Q_B)$ は、C地区流量被害関数である。)

$$DM_C = \iint_S P(Q_A, Q_B) D_C(Q_A, Q_B) dQ_A \cdot dQ_B$$

また、治水施設の状態を、さらに一般的に表わすと、すなわち、各地



区疎通能力を $QB_A + \Delta QB_A$, $QB_B + \Delta QB_B$, $QB_C + \Delta QB_C$, とし, A・B 各地区上流にピーク流量と常に Q_{0A} , Q_{0B} だけカットするダムがあるものとする。前式の積分領域 S および流量被害関数 D_L は, 各地疎通能力, および Q_{0A} , Q_{0B} の関数として求められることがわかった。したがって, C 地区年平均被害額は, $DM_C = DM_C(QB_A + \Delta QB_A, QB_B + \Delta QB_B, QB_C + \Delta QB_C, Q_{0A}, Q_{0B})$ として求められる。また, A・B 各地区年平均被害額 DM_A , DM_B についても同様で, $DM_A = DM_A(QB_A + \Delta QB_A, Q_{0A})$, $DM_B = DM_B(QB_B + \Delta QB_B, Q_{0B})$ として求められる。

3. 計算結果の例. 図-7 のようなモデル流域を対象として行なった計算結果の一例を以下に示す。計算において, A・B・C 各地区の紙資産の比率は, 0.5:0.5:9.0 とした。また以下の図において, AD_A , AD_B , AD_C は, 各地区単位資産あたり年平均被害額である。

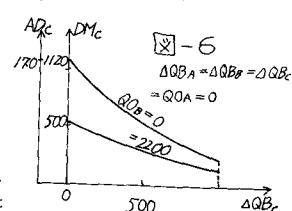
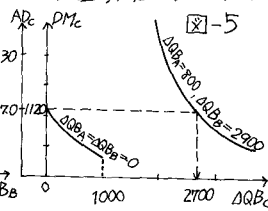
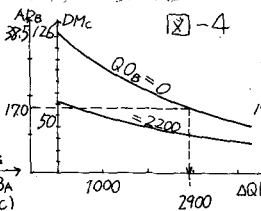
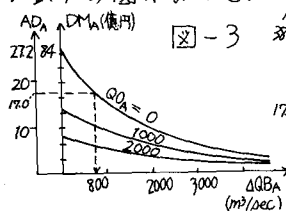
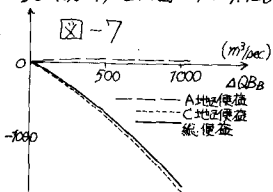
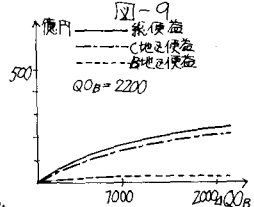
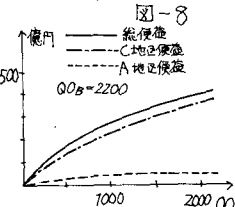


図-3, 図-4, 図-5, より A・B・C 各地区年平均被害額は, $\Delta QB_A = \Delta QB_B = \Delta QB_C = Q_{0A} = Q_{0B} = 0$ のとき, それぞれ, 84, 126, 1120 (億円), 単位資産あたりでは, 27.2, 38.5, 17.0 (億円) と読みとることができる。このとき河道改修だけで疎通能力バランスを得る(すなわち, $AD_A = AD_B = AD_C = 17.0$ にする)には, 図-3 より, $\Delta QB_A = 800$, $\Delta QB_B = 2900$, $\Delta QB_C = 2700$ (m^3/sec) とすればよいことがわかる。ところでこの改修による経済効果は, 図-3 より $84 - 54 = 30$ (億円) と, 図-4 より $126 - 62 = 64$ (億円) の和 94 億円にすぎないことがわかる。ここで上流(B 地区)改修の経済効果と, 下流部が受ける損失も考慮して評価したのが図-7 である。A 地区改修についても同様のものがえられた。



つぎに, 各地区疎通能力は, 図-7 の値に固定し, B 地区上流に, $Q_{0B} = 2200$ (m^3/sec) のダム建設後の状態において, 河道改修による疎通能力バランスと求めてみる。図-4, 図-6 より, B・C 各地区年平均被害額は, 62, 550 (億円) に減少することがわかる。したがって, ダム建設の経済効果は, 年平均, $(1120 - 550) + (126 - 62) = 634$ (億円) と求められる。前と同様に, 河道改修だけで疎通能力バランスを得るには, $\Delta QB_A = 2200$, $\Delta QB_B = 4600$, $\Delta QB_C = 4400$ (m^3/sec) という莫大な改修を必要とする。以上のことから, 河道改修だけで疎通能力バランスと求めるのは, 経済的制約を受けることが予想される。

図-8, 図-9 は, A・B 各地区上流ダムの建設効果と比較したものである。(ただし, $Q_{0B} = 2200$ m^3/sec はすでに建設済みとしている。) このような比較は, 図-8, 図-9 の横軸の値を建設コストに変換しておく方がよいことは, いうまでもない。



以上のような図が, 流域内の各地区疎通能力あるいは, ダム建設規模と総合的かつ, 科学的に求める上においてきわめて有効であることを確信する。

1). 石原宣雄・瀬能邦雄「はんすくの確率論的評価について」昭和46年土木学会関西支部年次学術講演会。