

言 座

洪水特論 VII

洪水対策

正員 工学博士 安 藝 皎 *

1. 洪水対策の発展

洪水対策は我々にとって非常に古くからの課題であった。『帝堯 80 載にあたり、洪水天に滔る。帝は四岳に咨り、コンをあげて治めしむ。9 載を経て効績ならず、72 載更にコンの子禹をして水を治めしむ。80 載にして禹初めて成功を告ぐ』という事が書経第 2 卷禹貢に記述されている。南宋の儒者、蔡況の註釈によれば、コンは堤を築いたが堤を築くという事だけでは破堤を免れなかつたのであつて、依然として危険にさらされ、その為に成功したとはいえないというのであつて、禹は先ず 9 道を疏つて更に中流部を浚い、その上で帝都周辺に堤を造つたのであつた。その為に河は治まり、爾後 1500 年、更に破堤を見なかつたと言つてゐる。この記事は或いは黄河の水害に苦しめられた中国人の伝説でもあろう。しかし、この本の書かれたのは周末であり、紀元前約 400 年の事であつた。前漢の時代には (B.C. 200 年) 既に黄河周辺の堤防補修の為、年に万金を費すと言つてゐる。

既に我々は 2000 年以前に洪水に対処する為に河を分流し、浚渫し、河道の固定を図り、堤防を築く事を知つてゐた。宋の時代になると (A.D. 1000 年頃) 黄河の堤防は中央政府によつて一元的に管理せられ、堤防の維持管理が組織化されている。破堤箇所の特切工法は著しく改善され、河岸固定の為に工作物も著しい進歩を見た。この頃になると河道維持の為に浚渫工事の機械化が試みられている。西暦 1500 年、明の時代になると、流送されて来る土砂が問題となり、河は上流から下流へと一貫した一つの連続体であつて、或る箇所の固定を図る為には上流、下流と無関係には仕事は出来ないという事を意識するにいたつた。河道の堆積を防ぐ為に流れの力を利用する事が考えられ、そのために常水路に沿つて堤防を設け、水を束ねて砂を払うという方式が考えられるようになったが、これと同時に大洪水に処する為に溢流堤が考えられている。古く 18 世紀には France で貯水池による洪水調節が試みられている。これは自然の地形を利用したものであるが、組織的に貯水池によつて洪水調節を最初に

試みたのは 1913 年 4 月の米国 Ohio 州一帯の大洪水の結果、Ohio 河の支流 Miami 河で採られた方策であらう。将来起り得るであろう降雨の予測とその流出に関する研究の結果は貯水池による洪水調節を可能とした。これらの事業は概ね 1920 年迄には完成している。Miami 河の東側を Muskingum 河が流れているが、こゝでは 1933 年から貯水池による洪水調節計画が採用された。Miami 河では dam に調節用の扉のない排水渠があつて自然に洪水を調節している訳であるが、Muskingum 河では排水渠に扉を設けて常時は貯水し、これらの水は工業用水に、飲料水に供給せられ、或いは灌漑用水に、航路維持の補給用に、更に又リクリエーションの為への利用が試みられている。同時にこゝでは流域全体の問題が採上げられ、地力の浪費による土地生産力の減退、土地利用の状況が洪水にどのような影響を与えるかというような問題も考えられて、土地利用計画と洪水防禦計画とが一つの事業として考えられるようになった。

此の様な考え方が発展して Tennessee 河域開発公社 (TVA) の事業となつてゐる。発電機、長距離送電についての進歩、dam 築造の技術的進歩は更にこれらの規模を拡大せしめた。Miami 河の貯水池は大体堤高が 30m 以下の土堰堤で造られており、Muskingum ではその規模はやゝ大きくなつてゐるが、新しく設けられた 14 の dam の内 13 が土堰堤で 1 個だけが concrete 構造になつてゐる。TVA では 1933 年工事に着手して以来 21 の dam が設けられた。この内には Fontana Dam (480ft) のように現在世界第 4 の高堰堤をも含んでおり、常時 150 万 KW の電力を発生すると共に洪水の調節を行い、水運の改善、工業の振興、土地利用の適正化による農業の安定という事が一元的に管理されながら進められて来た。

2. 河域管理へ

現在、洪水対策として考えられる方法は大体次の通りである。1) 堤防、2) 河道の整備、3) 河岸の固定、4) 捷水路、5) 分水路、6) 洪水調節

我々は既に古くからこれらの方法を知り、これらの方法でその解決を図つて来た。大体に於て洪水対策と

* 経済安定本部資源調査会事務局長、東京大学教授

いうものは国民大衆の福祉の為に考えられるもので、一般にその工費に対する利益というものの算定が容易でない。従つて国家財政の都合に著しく支配される場合が多い。

電力の需要の増大と電力技術や dam 構築の技術的進歩は多目的貯水池築造によつて著しく洪水対策を促進し、その安定化をもたらす様になつた。Miami 河では単に洪水調節の為にのみ貯水池を設けたのであつたが、Muskingum 河では更にこれが流域管理という形で進展した。こゝでは貯水池の周辺に 46 000acre (約 184 000ha) の土地が買収せられ、この土地が模範林野あるいは模範農場として利用せられ、こゝに適切な土地利用計画が樹てられてこれが全流域に於ける土地利用計画実施の促進の役割を果すと共に、これらの土地の経営と貯水池のリクリエーションからの収入によつて流域管理の経費をまかなつている。TVA では全国に於ける電気料金の yard stick を打ち樹てると共に 7 億 5 000 万ドルにのぼる国家投資に対して逐次その償還が行われている。

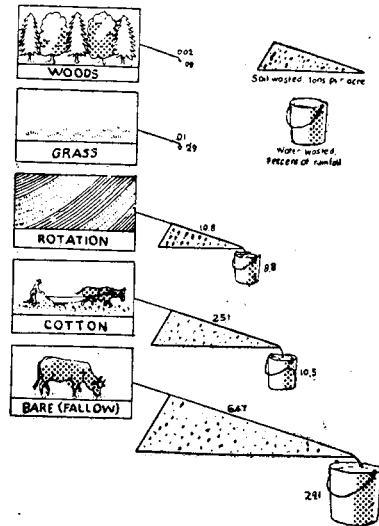
地上に降つた雨は地上を流れ、集つて河となる。河は地表を流れる。降雨の在り方、地表の状態は従つて河の在り方を決定する。最もよく管理せられた流域とはこの地域に降る水を、更にその土地を最も安定した形で最もよい利用の行われている流域をいう。雨の状態が異なれば洪水の形も異なる訳であるし、地表状態が變つてくれば又洪水の形は變るはずである。自然界は自から自分自身を保護するように動いている。地上の自然環境は所によつて凡て異なつた姿を示している。異なつてはいるが、そこには自然に安定に向う動きが内蔵されている。よく管理された流域とはこのような事態の理解の上に立つ土地及び水の管理である。

我々の試みは常に投資に対して充分にこれを償う利益を見込まなければならない。更にこれらの投資はより一層我々の生活の安定とその水準の向上に在るものでなければならない。流域全体をこれらの目的のために結集して行く。しかし、これらの問題の解決は容易ではない。多目的の開発を目標む為に一群の dam を造つたとする。TVA の水利用計画の一端を示そう。

こゝでは、26 の貯水池が一元的に管理されている。先ず、夫々の貯水池について 1 年間の流量が予測される。これに対し、洪水時の流量調節、水運の為の水量の補給、マラリヤ予防の為の水面の調整、更に電力生産に対する利用方法を予測する。しかし、1 年間の流量の予測は容易ではない。更に 1 ヶ月、1 週間、1 日、更に 1 日の実績によつて逐次貯水池の使用方法を 26 の貯水池について関連をとりながら調整して行

く。もしこれを誤つたとすると、ある所の発電所には非常に荷がかゝつたり、ある所では無駄な放水をしなければならぬであらう。しかし、現実これを追跡して行く事は仲々容易でなく、雨についても季節的な大雨は比較的容易に予測する事が出来るではあろうが、驟雨的な豪雨になるとこれを地域的に予測する事は現在の所まだ不可能に近い。雨量によつて流量を予

図一 1 地状態の差異と流出



註 米國 Soil Conservation Service の Statesville (N.C.) にある土壌及び水保全試験所にある傾斜 10%、Cecil 砂質粘土ロームの試験地に於ける結果を示す。

尚これと一緒に次の 5 つの條件の場合、表層 7 時の土が流亡するのにかゝる何年かゝるかを計算してある。

原生林	575 000 年
草地	82 150 年
輪作畑	110 年
棉畑	46 年
裸地	18 年

測するのであるから、地状態の変化と降雨の形式は違つた形の流出を来すので、これを正確につかむ事は尙一層困難である。将来考える地域で、どのような強度の豪雨が、どのような広がりて襲うであらうかという事の推定も又容易ではない。Norris Dam の天端には高さ 14ft の sector gate が設けられていて、予想外の豪雨に対する調整を考えている。貯水池を最も有効に利用する為には任意の期間で湖面の調節を図る事が必要となる。現在こゝでは凡そ 200ft. の high head conduit が設けられているが、こうなるとこのような速さの流れに対する調整扉の問題、どうして cavitation を減らす事が出来るか、これに耐える concrete が出来るか、conduit の上下端の構造をどうするか等の問題が起きて来る。dam の脚部の stilling basin の問題は、常に tail water の時間的変動に支配される。この変動は何れの場合も同様という訳にはゆかな

い。一連の貯水池群を持つ場合、洪水の伝播する速度は常に洪水の形とそれぞれの貯水池の操作に支配されるから、貯水池群の操作に当つてはこの洪水の伝播を明らかにする事が必要である。

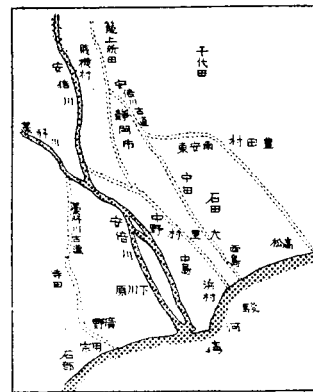
常に安定化への方向を辿つている河を堰き止めるとすると、河は再び新しい状況に相応するやうにと変動を進めて来る。damの上流では貯水池の埋没が問題となつて来るであろうし、下流では洗掘、更にこれに続く堆積が問題となつてくる。上流に貯水池を設けた為、下流の河道が乱れて来て、舟航を阻害するやうになつて来た例は示されている。この事は下流に於ける捷水路や分水路、あるいは河岸の固定という事によつても引き起される。確かに捷水路を設けると、上流の河床は低下するであろうが、急激に下流に流送せられた土砂は多くの場合捷水路の直ぐ下流に堆積し、これが又新しい横侵蝕の原動力となり、洪水位を上げて行く場合が少くない。分水路を設ける事によつて一連の河道内に流量の不連続を来たすという事は、今日までの経験のやうに土砂含有量が大体流量の函数で現わし得るとすると、流量の不連続は含有土砂率に変化を招来して、若し本川下流側を在来通りにしておくとなると、土砂の沈澱と堆積により流れを乱す機会を与える事にもなる。

3. 日本の土地と水の特性

日本列島はアジア大陸に接し、その東南の大洋の上には東北から西南へ長く延びている。その為、雨には恵まれている。しかし、日本海岸に面している所では、雨量にして平均 1 000mm 近くの降水が雪の形でつもつており、又台風圏内にある為、主として表日本は夏から秋にかけて、屢々暴風に襲われる。細長い島の中央を高さ 2000~3000m に及ぶ脊梁山脈が走つているので、河は大概急勾配をなして太平洋に、日本海に注いでいる。急湍をなして山間部を流れ出た水は自分自身の造つた沖積地帯を洗って海に入る。太平洋岸は東南の、日本海岸は西北の強い季節風に押されて海への出口は常に閉塞され勝であり、海岸の砂丘に沿つた低湿地は排水に苦しんでいる。日本の総面積の内、山林の占める割合は 62% に及んでおり、耕地面積は約 15% であり、その凡そ 1/4 が排水に困難する水田となつている。これらの水田は夫々の河川の造つた下流の沖積地帯に集つており、沖積地帯の少ない日本では、我々の生活は主としてこの沖積地に依存している。河川は山間部を出てから、流送されて来た土砂で海岸に出来た砂丘によつて阻まれた低湿地帯を逐次埋めながら、今日の日本の穀倉を造つて来た。従つて、一般に日本の河川は山間部を出てから直ぐに沖積地帯に入る為、

河床の勾配が急に緩くなつて、大体こゝでは河は流れながら自然にその部分を上げて来るのである。数年にして繰り返される大洪水には、自然に造つた自分の流路では流し切れず、流路は変転する。このやうに山間部を出た所で河は常に頭をふりながら沖積平野を造つて来たのであつた。

図一 2 安倍川の河道変遷図
(明治以前日本土木史による)



註 昭和18年石田附近に「登呂」の遺跡が發見された。

我々の祖先の努力によつて、これらの沖積平野は耕されて水田となり、これを守る為、氾濫の防止と河道の固定が試みられて来た。しかし、河は依然としてその土地造成の過程にある。幾度かの欠潰、氾濫にも打勝つて堤防の増高と河岸の固定が繰り返されて来た。

日本の洪水は主として台風による。従つて、雨の量は多くともその期間が短く、しかも地形上の理由から河は多く孤立しており、最も大きな所でも延長概ね 200km、流域面積 15 000km² を超えていない。それ故洪水はたとえ量は多くともその時間は極めて短く、しかも非常に地域的に限られているのである。従つて日本では、原則的に言えば、洪水の原因が地域的に予測の非常に困難な降雨によるものであり、これが急速に流下する。その上、氾濫を防がねばならない下流の沖積地帯は最も重要な穀倉となつているし、更にこれらの地帯は多くの場合、早くから開発せられたので、その標高は一般に極めて低い。このような環境では、原則的にいへば出来るだけ速やかに洪水を海に排除すべきであろう。日本では大体今日までこの方式で洪水対策が進められて来た。生成の過程にある河道を固定する為、に幾多の努力が払われて来たのである。

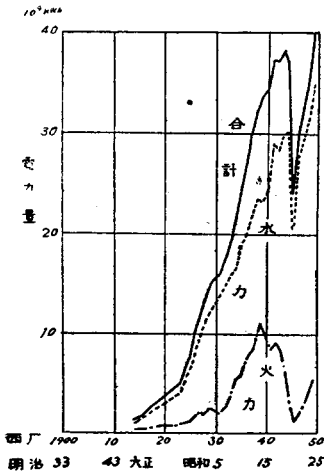
4. 今日の課題

日本ではこの人口の重圧の下に、幾らかでも我々の生活水準の向上を図る為には、日本をより一層工業化する事が不可欠な要素であつて、又これを可能とする

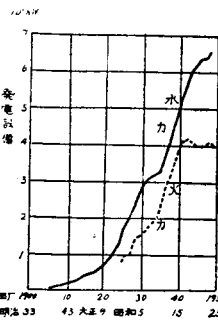
かどうかは一に energy 源の獲得如何にあるであろう。日本の石炭はジュラ、白亜の比較的新しい時代に属し、しかも複雑な地殻変動を受けていて、量、質共にそれ程大きな期待をかけられないであろう。石油には恵まれていない。頼みになるのは水力電気のみである。既に 600 万 KW の電源を持つ日本は、水力電気としては、世界的な水準に達していたといえるであろう。しかし、日本の気象的、あるいは地形的な条件から見ると水路式の開発には恵まれた環境を与えているので、これを貯水池式の発電形式をとるとむしろ逆な条件となる。事実、この 20 年間の水力電源の開発の割合はむしろ火力発電所の増加率を下廻っている状態である。しかし、他の energy 源にそれ程の期待が置けないとすると、雨量に恵まれている点を生かして可能な限りの電源開発を試みなければならないであろう。

日本の水田 300 万町歩の内、約 100 万町歩が排水不良田と言われている。これは主として河沿いに、河口近くにあるのであるが、これら反当収量の低く、しかも収

図一三 日本の発電々力量の推移



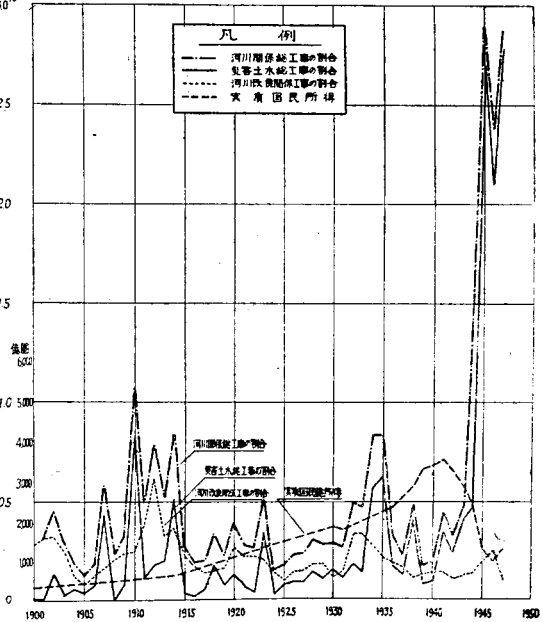
図一四 日本の発電設備



獲高の歴年変化の多い所の生産の安定化は食糧を確保するという点からのみ考えても重要で、これらの地域の土地利用計画の検討は極めて緊要であろう。

この 15 年、日本は水害に悩まされている。戦争中の放棄は著しく水害の増加を手伝ったではあろうが、更に終戦後の経済的な混乱、更に経済基盤の喪失は著

図一五 災害累増の傾向 (経本計画課の資料による)



しくその回復を困難としている。里山から奥地林へと生長量の 2 倍を上廻る伐採が続けられている。洪水に対する方策は遅々として進まない。我々は日本経済の復興と国土の適切な管理とを一つの目的に集約して河域の開発を図って行かねばならないであろう。完全なる河域管理の下に多目的な貯水池を造つて行く事が要請されるであろう。しかし日本の自然環境はこれを容易としない。しかも龐大な人口は夫々の河域内で、耕せる所は耕し、住める所には住んでいるのである。地質構造の複雑さは高堰堤の築造を限られたものとするであろうし、又台風による豪雨はその量的な、質的な予測を困難としている。更に沖積地帯の河道は河況の変動を極めて鋭敏に受け入れる。我々に与えられている課題はこのように非常に複雑、且つ多面的である。

筆者は、水文、水理についての若い研究者が、非常な熱意をもつてこれらの問題の解決に努力しておられるのに深い敬意を表すると共にその成果に期待している。

(紙面の都合により図面 3 葉削除しました・編集部)

		死			亡
准員	酒井	寛	26年1月10日受付		昭和24年1月14日病死
准員	保浦	平雄	26年1月2日受付		昭和25年7月18日死亡