

報 文

UDC 351.79 (73)
627.12+627.511

アメリカの洪水調節と河川流域処理

正 員 目 黒 清 雄*
正 員 山 本 三 郎**
正 員 山 内 一 郎***

FLOOD CONTROL AND WATERSHED MANAGEMENT IN U.S.A.

(JSCE Feb. 1952)

*Kiyoō Meguro, C. E. Member, Saburō Yamamoto, C. E. Member,
Ichirō Yamanouchi, C. E. Member*

Synopsis Hot arguments and discussions have been recently focussed on the conservation of water and land resources has sprung out in the United States of America. This report describes briefly how the conservation of water and land resources has been planned and practised, basing on the inspecting tour the authors experienced.

要旨 本文はアメリカに於て水と土地資源の保全が盛んに叫ばれているが、それがどの様に計画され、実施されつつあるか、著者が視察旅行で見聞した中からひろい出したものである。

1. はしがき

米軍司令部から「洪水調節と河川流域処理」の研究課題を与えられて、我々は昭和26.3.14より約3ヶ月間アメリカ視察旅行の機会を得た。一行は筆者等の外、農林省林野庁指導部長藤村重任氏、農地局灌漑排水課長小川孝氏及び建設省渉外課細矢義雄氏の6名である。

アメリカは我が国土の約20倍、3,027,000 mi.²の広大な土地を有し、しかもその人口は我が国の約2倍、16,000万人程度で土地の広大な割合に人口は少く、その上豊富な資源を持つて極めて恵まれながら、しかもよく天然資源の保存を考え、遠い将来の見通しをつけた国家政策の樹立の下に、天然資源の保全のため国全体が動いている。特に水資源と土地資源の保全に力が注がれている様に感ぜられた。アメリカ国土の約60%は未開墾地、放棄された耕地、または自然の力で

侵蝕されたままの土地等からなつている荒地である。開拓時代に土地に制約されなかつたアメリカ農民はその時々々の利益を追つて、森林を伐採し、草地を耕作し、疲れた土地を棄てて東海岸から西へ西へと移動して行つた。アメリカへ行つて驚いたことの一つは大木の少いことで、東部から西部に向つて旅行して行くと、ロッキー山系へ入つて始めて木らしい木にぶつかる。「此の状態を放置すると現代及び次の世期には資源はなくなつて回復出来なくなつてしまうだろう」この声はアメリカの全階層から起つて来ている。この対策はどの様に樹てられ、どの様に実施されつつあるか、これ等について述べて見る。

2. 洪水調節と河川流域処理

河川流域処理は Watershed Management の訳であるが、この意味は河川流域内の水と土地の資源を有効に活用するため、洪水時には河川の流量と流砂量が最小になる様に、又渇水時には必要な時に必要な流量が獲得出来る様に、土地の状況に応じて土壌が流出しない様に耕作物の種類、耕作の方法等を考慮して土地を使用し又洪水及び沈澱土砂の被害等を軽減するため洪水の流下を遅らせ、洪水を貯溜する施設等を構築することである。

何故にこの様な問題が起つて来たか、歴史的考察を

* 建設省河川局長

** 建設省河川局利水課長

*** 関東地建江戸局工事事務所長

してみると、アメリカは1世紀半の短い間に東部のニューイングランド地方から西へ西へ太平洋岸に達する迄幾多の困難を冒しながら驚くべき勢で開拓されていた。農場、都市が各地に発達し、大港灣が建設され、河川は航行出来る様になり、大小のダムは洪水を防禦し、水力発電、灌漑に貢献している。この様にアメリカの繁栄は日ざましいものがあるが、又一面あまりにも天然資源を濫費し荒廃も甚しくなつて来た。その状況は森林を破壊し荒廢させ、山を裸にし又所かまわず耕作し放牧の度をすごし到る処極度に利用しすぎた。その結果土地の侵蝕は増加し、沃土は流れ去り、今迄澄んでいた水は濁水となり、洪水の被害は日々に増加していつた。此等は自然に逆らつた結果で重大な浪費であつた。この状態を放置すると沃土の損失は莫大なものになり、土地の水保有力は減少してゆき、貴重な水と土地は利用されないで流出されてしまう結果になる。此等が水と土地の保全の必要が叫ばれて来た理由である。

土地の保全とは土地から最も必要な物資を最大限に生産し、同時に土地の生産力を失わない様に土地を活用し且つ保護することである。この方法としては段畝、等高線に沿う耕作、地面一体を覆う藪類及び草の育成、排水路又は崖地に草を生やすこと、森林の改良、排水灌漑、洪水調節等の工事が実施されている。この様な処理によつて今迄に 30% 以上の生産量が増加している。土地をごく僅かの部分比較してみても全く同じものではなく、傾斜が違うか、土壌の種類、侵蝕の程度が違つている。従つて土地毎に保全計画は異つてくる。このため農務省に土壤保全部 (Soil Conservation Service) の機関があり、科学的に調査研究を行い、農民を指導し土地の保全を助けている。

水の保全については洪水を貯溜し又土砂の流下を防止するため水源地帯に高さ 100 ft 程度の土堰堤を数多く築造し又水路を改良して土地の処理と相俟つて水の土地への滲透量を増加させ、土地の水保有力の増加を計り、雨水を表流水として直ちに下流へ流さないで地下水として滲透させ貯溜する方法をとつている。ここに河川流域処理と洪水調節との關聯性が出てくる。

アメリカでは雨量は日本に比較して少く、年雨量は多い地域で 60 in. 位、少い所で 5 in. 程度である。従つて降つた雨は最大限に利用して一滴の水に至る迄海へ行く途中で有用な目的に役立たせ、徐々に下流へ流す必要があり、この目的を果たせばその結果洪水調節にもなる。水の保全が主目的であるため洪水調節の方式としてもダムの方法によつているがその状況は徹底している。どうしてもダムによつて貯溜出来ない場

合に始めて築堤、浚渫等の手段によつて洪水を防止する方法をとつており、今迄のところ築堤は大都市、工業地帯の周辺に限られている。しかし追々農地を保護する築堤も着手される傾向になつており、この種の堤防は Missouri 河の Kansas City 附近に多く見られた。

この様に河川流域処理を徹底して実施し、水と土地の保全の効果をあげ、その結果が洪水調節に大いに役立つているのが実状である。同じ洪水調節でも水と土地の保全を主目的としている点が現在の日本と大いに違つている。

3. 組 織

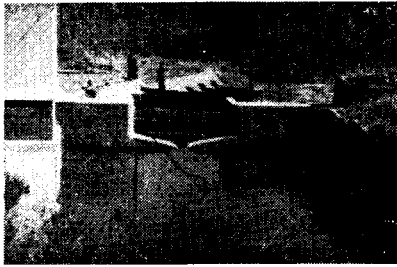
洪水調節と河川流域処理、要するに水及び土地資源の保全と活用を取扱つている国家機関は我が国と同様に一元化されないで、数省数機関に分れている。即ち農務省に於ては森林部 (Forest Service)、土壤保全部 (Soil Conservation Service) 内務省に於ては開拓局 (Bureau of Reclamation) 地質調査部 (Geological Survey) 動力管理部 (Power Administration)、陸軍省では技術団 (Corps of Engineers)、商務省気象局、その他独立機関としては聯邦動力委員会 (Federal Power Commission)、T. V. A. 等がある。これ等について逐次述べてみる。

(1) 農務省森林部 (Forest Service) 1876 年に設置され森林、植物の面について森林地帯、放牧地帯、河川流域を如何に取扱えば最大限に国民に寄与させることが出来、多少なりとも經濟社会問題を解決する一助に役立つか、その方法を研究し実施する責任を持つている。但し国有林のみを取扱い民有林については単に教育と技術的援助を行つてゐるに過ぎない。国有林は全国で 17 800 万 acres あり (民有林は 34 000 万 acres) 下部機構として全国を 10 の Regions に分けてゐる。

責任を持つて実施しなければならない業務としては森林の管理、改良、植林、防火、害虫駆除、牧場の利用方法、河川流域の保護等に細分されるが、河川流域の保護としては山腹に等高線に沿つた溝を掘つて雨を貯溜したり、水及び土壤保全のためダムを建設したり、水路工等が実施され下流により影響を与える様考慮され洪水調節に大いに役立つている。

研究機関として全国に 12 の Forest and Range 試験場を設け、森林の管理と保護、森林の影響、森林生産物の利用、牧草の管理、植林、森林經濟等を研究している。この内 Appalachian 地区の Coweeta 試験場を見る機会を得たが、ここは 1933 年に開設され、今日に至る迄根氣よく河川流域処理に関する研究を主に実施している。

写真-1 Coweeta の森林試験場



(2) 土壌保全部 (Soil Conservation Service)

1931 年全国に 10 ケ所の侵蝕試験場 (Erosion Experimental Station) が設立されたのが始まりで、1933 年に侵蝕防止部 (Soil Erosion Service) の組織が出来、1935 年に Soil Conservation Act が制定され今日の土壌保全部が確立した。全国を 7 Regions に分けて業務を実施している。

全国に約 2200 の土壌保全区と称する地方民の自主的組織がある。これは農地及び牧場を侵蝕から保護し、雨水を保存し土地の生産力を増強するため農民の手で作られたものである。現在では 116800 万 acres 450 万戸の農家がこれに含まれて居り、これは全国の農場、牧場の 3/4 に及び土壌保全部の指導員はここへ派遣されて土壌保全の方法を教育し指導している。指導員は最初土地の測量を実施する。次で土壌の種類、勾配、侵蝕の程度、現在の利用状況、排水状況を調査し、如何なる程度の土地であるかを判定する。

この判定によつて最も適した使用方法を指導し、又耕作物の種類を選定し適当な施設を行つて土壌の流失を防止し、最高の収穫高を確保する様にする。適当な施設としては排水、灌漑、洪水調節のために洪水調節池の築造、排水路及び崖地に草を生やすこと、水路の改良等を行い、又耕作方法としては等高線に沿う耕作、段畝を実施し又防風林の指導も行つている。

(3) 内務省開拓局 (Bureau of Reclamation)

内務省は 1849 年発足したが、その業務は土地、水、鉱産物等の天然資源の保全と開発に重点が置かれている。開拓局は 1902 年の Reclamation Act によつて設立され、1939 年の Reclamation Projects Act によつて灌漑を主目的とした多目的堰堤及び発電事業をやつてもよいことになった。開拓局の事業は西部 17 州に限られ、その区域内の灌漑、発電の開発に主力が注がれている。即ちダム、隧道、水路、ポンプ場、発電所、送電所の建設によつて灌漑、発電、洪水調節、沈澱土砂の防止、魚類及び野生動物の保全及びリクリエーションの好適地の造成等の効果をあげている。現在迄の実績を見ると、1902 年以來 96 の貯水池 (そ

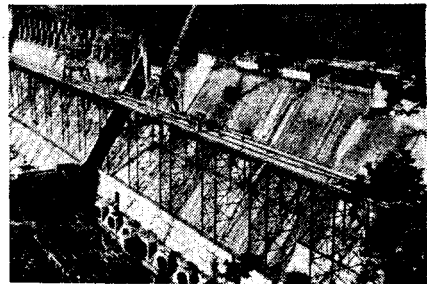
の貯水容量は 8278 万 acre-ft)、16000 mi. に及ぶ水路、20 万の灌漑施設、107 mi. の隧道、35 の発電所 (その能力は 300 万 kw) の建設が行われて、500 万 acres の農地に灌漑している。これ等の事業による効果は穀類の年産 5 億弗、電力による収入は 350 万弗に及んでいる。今後尙 1600 万 acres に及ぶ灌漑の必要な耕地があり、又 1150 万 acres の土地に補給水が必要であり、5000 万 kw の包蔵電力を開発することになっている。1951 年の予算は 32500 万弗であり、この中主なものは建設、修繕費に 30000 万弗、管理費に 720 万弗、調査費に 590 万弗使用することになっている。

局長の下に Project Planning Branch, Design and Construction Branch, Power Utilization Branch 及び Operation and Maintenance Branch の 4 Branches がある。

この中 Design and Construction Branch は Washington D. C. になく Colorado 州 Denver にある。ここは設計施工関係一切の元締めをやつて居る所で設計書を作り示方書を作製し、契約の大部分を取扱つて居り、Chief Engineer の下に 4000 人以上の職員がいる。ここで作られた設計書、仕様書によつて 7 つの Regions は工事の実施監督をすればよいことになっている。

Denver には試験所もあり、水理、土、コンクリート、材料について試験研究をしている。水理関係については堰堤の余水吐、排水口等の模型実験が主なものであり、1/30~1/50 の大きな模型で形を変化させては真空現象、磨耗、流況、扉等について高速、高圧なものに真剣に取り組んでいる。コンクリートについては骨材の性質、混合材の試験が盛んである。容量 500 万 lb の引張、圧縮試験機があり、full scale に近い試験を行つている。

写真-2 完成近き Bull Shoals Dam (Arkansas 州)



Corps of Engineering によつて工事中である

(4) 陸軍省技術団 (Corps of Engineers) 1879 年議会で於て Mississippi River Commission の設

立が承認され、陸軍省技術団が Mississippi 河下流域の洪水防禦の工事を実施することに決定した。1936 年に至り洪水調節は聯邦政府の責任となり、全国主要河川について陸軍大臣の命令によつて技術団が実施する様になった。

技術団の職員数は技術将校225人、一般職員約 40 000 人で、この中 Washington D. C. にある中央官庁にはそれぞれ 11 人及び 300 人がいて、次の 3 Divisions がある。

- (1) **Engineer Division** : 専門的な水理、土その他の技術的な問題を取扱い同時に地方分局の技術的指導を行う。
- (2) **Operation Division** : 契約の締結、維持、実験を担当している。
- (3) **Planning and Development Division** : 計画の樹立、議会との予算折衝を行う。

地方分局としては全国を 11 の Divisions に分け、その下に 42 の Districts を設けて工事を実施している。

1951 年度の予算は総計 65 600 万弗でその中主なものは、維持に 19 900 万弗、洪水調節に 38 300 万弗、Mississippi 河及び支川に 6 600 万弗で、又 200 万弗の範囲内で Chief Engineer の判断で国会の承認を得ないで災害復旧に支出してもよいことになっている。

技術団は Mississippi 州 Vicksburg に大規模な試験所をもつて居りその概要は次の通りである。

この前身は 1929 年 Mississippi River Commission に設置されたもので 1949 年技術団 Chief Engineer の指揮下に入った。総面積は 500 acres で、1943 年に出来た Clinton の支所は 800 acres の広さをもっている。水理、土、コンクリートの 3 Divisions を置き年予算 400 万弗で職員数は 800~1 000 人である。Clinton 支所に於て Mississippi 河全流域の縦横 1/2 000、高 1/100 の模型試験を行つて居り、その面積は 200 acres に及び、この模型に従来の洪水を再現してみ、模型を修正し、計画洪水を流して計画の資料としている。又ダムの模型を 1/25~1/50 の大きさに作り、余水吐その他の試験を行つて居り、その他土の透水性、コンクリート混合材、真空養生法等施工に必要な試験一切をここで取扱つている。

(5) **内務省地質調査部 (Geological Survey)** ここは地形測量及び地図の作製、河川水位及び流量の測定、地下水の調査並びに基礎的水理学の研究を担当している。このため Water Resources Division, Geologic Division, Conservation Division 及び

Topographic Division の 4 Divisions を置いている。

この中水については Water Resources Division で取扱つて居り表流水、地下水について性質、分布状態含有土砂量、利用等について調査するため Surface Water, Quality of Water, Ground Water, Technical Coordination 及び Program Control の 5 Branches を置いている。この中 Surface Water Branch は職員が 940 人居り地方に 41 の Districts を置いて 6 250 ケ所の水位観測所を設け、この中 860 ケ所は流量観測も併せて行い、必要な資料を集めている。1950 年度の予算は 150 万弗であり、この外に他の機関の依頼が 200 万弗の予定であつた。他の機関との関係は資料図面の収集、編集、交換を行つて居り、又他の機関の要求によつて計画を作り、調査を行い又他の機関の計画に対し水、地質に関して意見を述べることが出来る様になつている。水の調査、資料については殆どこへ一元化されている。

(6) **その他** その他の機関としては、雨量観測、洪水予報の責任をもたせられている商務省気象局、1903 年に設置され電力全般を担当している聯邦動力委員会、又内務省開拓局、陸軍省技術団が発電した国营電力を販売するために内務省に電力行政部を置いている。

4. 総合計画

水資源を利用し、水の害を取除くためいろいろな計画が樹てられるが、それらを羅列してみると、河川流域処理、洪水調節、水道、舟運、発電、灌漑、河川浄化、排水、リクリエーション、魚類及び野生動物の保全等になる。この様に目的は多種多様であるが、各々の建設する施設を見ると、河川を中心とした同種類のものも多く、堰堤、貯水池等は各計画に共通なものになつてしまう。従つて目的別に計画をされ、各々が単独に工事を実施すると施設だけでなく、水の利用の点についても無駄が出来ることになる。これを防ぐためには水を中心とした各事業の総合調整が必要であり、総合計画の樹立を当然考えねばならない。しかし「組織」の項で述べた様に水資源については数省、数局が関係して居り総合計画の樹立については困難な点が多い。これを容易にするためには水を中心とした水資源省の如きものが必要であるが、現状ではどの様に取扱われているかを次に述べてみる。

法的根拠はないが関係者の話合いで聯邦河域連合委員会 (Federal Inter-Agency River Basin Committee) が設置されている。この委員には聯邦動力委員会、陸軍技術団、農務省、内務省、商務省の各代表者がなつて居り、1 年交替で議長をつとめている。又

河川毎に河域連合委員会が出来て居り各関係官庁の代表者及び関係州知事の中互選された数人が委員となっている。議長はやはり1年交替である。この委員会に於ては各省が各々責任をもたせられている分野を主にした計画を持ち寄り、お互に検討しその結果を国会へ送り込み、国会の委員会で最後案を作成し国会の議決をとる様になつて居る。

或る河川の計画が樹立され実施される迄の段階をたどつてみる。今洪水調節を例にとつてみると、或る地方で洪水の氾濫が屢々起りその被害が相当額のほりその対策が地方民で手に負えなくなると、州政府へ申出て治水事業の実施方を陳情する。それが州政府で出来ればよいが、出来る様な簡単な事業でない場合には国会へ請願する。すると国会でこの事業は実施する価値があるかどうかを検討し、実施すべきであると認めると、法律を制定し予算を計上し、洪水調節の責任者である陸軍省へ調査を命ずる。陸軍省では調査を始める前に当該地方に於て公聴会を開いて地元民の意見を聞く。そしてこの事業を実施する価値があるか否かを見るため大ざつばな調査を行い、その結果を陸軍省技術団にある審査機関の Board of Engineers で審査する。ここを通過すると詳細な調査が始められ、一方州市町村の意見を取入れて計画案を作製する。この案を州知事及び関係各官庁へ送り各々意見を持ち寄つて河域連合委員会で討議しその結果を国会へ送り込む。そして公共事業委員会を通過して国会で議決されると、総合計画が權威づけられたものになるのである。この

様に先ず基本計画が国会で認められ、同じ河川流域内でもこのダムは陸軍省技術団、このダムは内務省開拓局という風にそれぞれダム建設の主目的によつて実施官庁まで決められ、次で毎年建設の予算措置が講ぜられて実施の運びになる。以上の様な経路をふむので早いもので2~3年、長ければ6~7年かかっている。

国会で審議される時、その事業の Costs と Benefits の割合が一番重要視されている。どの様に要望が強くても Costs と Benefits の釣合わないものは採用されていない。しかし Benefits に応じて Costs の償還計画も併せて樹てられて居り 40~50 年で償還される様になつて居る。一例を内務省開拓局の事業にとつてみると、現在 72 の計画を完成或いは工事中であるが、各 Benefits の受持つ Costs の割合を見ると、概略電力 26%、灌漑 63%、水運及び魚類 6%、その他 5% となつて居り、この中電力及び灌漑はそれぞれ電気及び用水を売つてその収入で償還する様になつて居るが、これでは用水を買う農民の負担が重すぎるので之を 38% に低減し、その不足を電力収入で補い電力を 51% として償還計画が樹てられている。この様にして 40~50 年で償還出来る様な計画でないといふ国会で取上げられず、実施されないことになる。

5. 結 び

以上アメリカの洪水調節と河川流域処理について根本的な考え方を述べた。紙面の都合上簡略にすぎたため解りにくい点があると思われるが、多少なりとも御参考になれば幸甚の至りである。(昭.26.11.15)

新刊紹介

最上 武雄著 土質力学(岩波全書) 岩波書店刊

超B・6判 230頁 定価 250円, 昭.26.12.5発行

日本において土質力学的問題が現場で取扱われてからまだ日も浅いために、土質力学に対する体系をととのえた著書は非常に少い。この意味において日本土質基礎委員会の幹事長として土質力学界の泰斗たる著者が自ら筆をとつてくれたことは誠に喜びに堪えない次第である。本書の内容を読んでみると、最近における世界の土質力学界の進展ぶりをあますところなく紹介しながらも、彼自身教室育ちであることを忘れたかの如く、本質的な課題を美事に現場において日常起る問題に結びつけて説明している。土が水を含んだ場合、毛管上昇の現象、滲透の問題、土圧問題、法面安定等そのまま現場の施工に何を注意すべきかを教えてくれている。数式が嫌な人はとばして行つても土質力学を学ぶ者が何をともめ、何を一般技術者に要求しているかを感じることが出来るであろう。極めて平易な表現で坦々と説明しながらも、現在までに解決されたものと問題になつて居るものとを明瞭にしているので学生にも貴重な参考書となるであろう。特に現場技術者には土質力学という名にとらわれず土質工学書として必読をおすすめする。

(谷藤正三)