

報 文

551.49 : 551.311.2 (521.61)

静岡県大井川上流治山治水調査報告 ——井川・畑薙貯水池の堆砂について——

渡 辺 和 衛*

Some Contributions to the Flood and Land Conservancy Investigations from the Geologic Points of View for the Source Area of the River Oi, Shizuoka Prefecture

— On the Sediment Accumulation of the Reservoirs at Ikawa
and Hatanagi Electric Power Dams —

by

Kazue Watanabe

Abstract

This area is composed mainly of slate and sandstone which probably belong to the so-called "Undifferentiated Mesozoic". On the northern uppermost course, there is Paleozoic rock region on which the Mesozoic region is bordered by a tectonic line.

The investigator carried on this survey by the measuring methods in relation to the river specific discharge, rock weathering grade and field observation in the land slip regions. In addition to these methods, he newly applied the two topographical methods, i.e. the dissected grade competency of the land surface, and the erosional coefficient measurement over the whole area.

According to the results researched, there found higher correlations among those land configurations, hydrogeologic conditions, and dynamic movements of devastated materials. Especially the functional relation between the effective sediment accumulation and the erosional coefficient has been found. Its formula is as follows:

$$S = 4.27e^{113C} + 950$$

here

S: the amount of effective sediment (m^3/km^2)

C: erosion coefficient (km^3/km^2)

He estimated the amount of sediment accumulation of both reservoirs of hydroelectric dams at Ikawa and Hatanagi situated in the main upper course of the river.

要 旨

治山治水調査を、主として地質の観点から検討する目的をもつて、昭和32年度に大井川上流井川貯水池より以奥の調査を実施した。従来から実施してきた比流量測定・岩石風化状況調査・災害地地表地質調査のほかに、新しく地表解析度および侵食係数測定（主として室内作業）を加えて、定量的に山地荒廃状況を表現することが

できるよう試みた。その結果、在来の方式による調査結果と、新しく加えた調査結果との間に高い相関度を認め、この方法は荒廃地の実態把握に相当の貢献をなしているものとわかった。とくに計測困難とされていた堆砂量の計算にも、この新方法が意外の効果があり、将来実例が加えられるに従って、正確な方法が確立する見透しが得られた。

* 地質部

1. 緒言

治山治水の調査の対象地域として、本地域の調査を昭和32年度に実施した。

本地域は大井川の最上流部にあたり、赤石岳の高峻山地を控え、峻阻な奥地であり、最近では井川地点に堤高100mのダムが建設され、将来はこの上流の畑薙・赤石などの各地点に高い電源用ダムが建設される予定になっている。このうち畑薙地点は昭和32年11月から工事の序幕が始まっている。本川は東海道筋の「荒れ川」で、昔から洪水その他の災害の多い地域を含んでいる。地質は一般に時代末詳中生層(主として砂岩・粘板岩互層)であり、片状に剝離しやすい欠点があり、加えて急傾斜、多雨および台風通過の頻度大等の諸条件が重なつて、河川の流出する土砂量も多量である。このような地域に設けた貯水池は比較的早く埋没するおそれがあり、電源開発および保全の面からいつてあらかじめ、その対策を考究しておく必要がある。過去の実績からいつても、本川の支流寸又川の千頭ダムの貯水池は、20年間にその容量の85%がすでに埋積されている。このような状況であるから、上流部の新規開発に先立つて、この附近の治山治水の基礎資料を整えなければならない。本調査の目的の一部もまさにこの点にある。

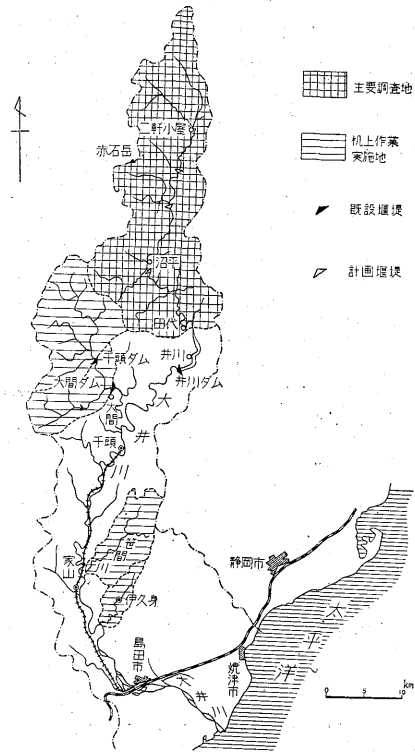
2. 位置・交通および調査の規模

本調査地域は第1図に示すように東海道線金谷駅から大井川鉄道にて千頭へ、さらに井川ダム地点まで専用軌道(現在は大井川鉄道となる)があり、60km以上の遠隔の奥地である。井川より上流はほとんど山道のみで人家もまれで、調査しきわめて不便な所である。調査対象地域の面積は約400km²であり、別に比較地点として、主として室内作業を実施した地点が2カ所あり、それは支流寸又川の大間ダム上流部の201km²と大井川中流の家山附近の笹間・伊久美2支流を含む96km²である。主要調査区域である田代以北は約2週間の日程で野外作業を実施した。この野外作業に関連して、大井川の年間流砂量の実態を確かめるべく、中部電力 K.K. の援助を得て井川貯水池の沓水地点(小河内釣橋)に測定地点を設け、昭和34年5月末まで現在観測実施中である。

3. 調査方法

治山治水調査として、従来の方法により実施した。そのなかに1, 2新しい方法を加味した。

- | | | |
|---------------------|------|-------|
| (1) 全域比流量調査 | 測水地点 | 43 |
| (2) 全域水質調査 | | 65 地点 |
| (3) 災害地の地表地質および地形計測 | | 7 地点 |



第1図 大井川上流治山治水調査位置および交通図

(4) 室内机上作業

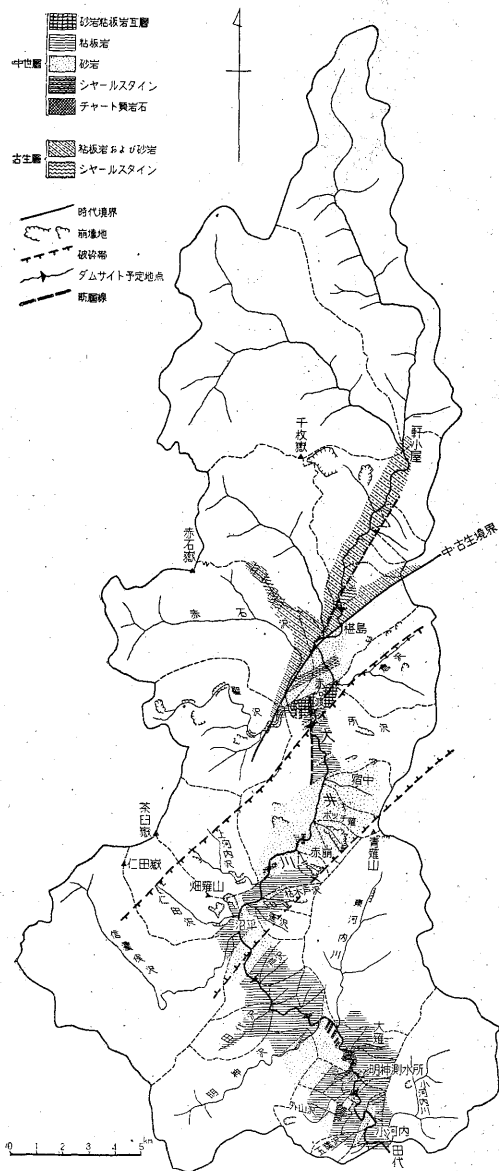
侵食係数計測および分布図作成
 地表面解析度分布図作成

(5) 大井川流砂量測定 (中部電力 K.K. に依頼)

以上のうち室内机上作業は新しく採用した方法であり、治山治水調査の予備作業として相当の効果があることを確認した。流砂量測定については公益事業局水力課の賛同を得て中部電力 K.K. に観測を依頼したもので、土木研究所式B型採砂器による定時観測である。中国地方の江川における観測結果はすでに到着しているが bed load を適確に把握しがたい欠点はあるが、流砂状況の解明には相当の貢献をするものと思つている。

4. 地質・地形および崩壊災害地の概略

本地域は井川村田代より上流、約400km²の広さにわたり、全く大井川の水源地域である。こゝを構成する地質は、大部分が中生層と思われる粘板岩・砂岩およびこれらの互層である。この附近の地質図は20万分の1地質図以外では昭和27年に斎藤正次・木野義人による調査があるのみである。昭和27年の調査は畑薙水力地点開発のための地質調査であつて、全域を含む地質図として完成されていない。しかし土木地質の観点にたつて岩



第2図 大井川上流部地質および崩壊状況
(地質は主として文献5による)

石の強度とか透水性などに主眼をおいて調査されたので、本調査に対してはきわめて有効であつた。両氏によつて作成された路線地質図を第2図として示した。

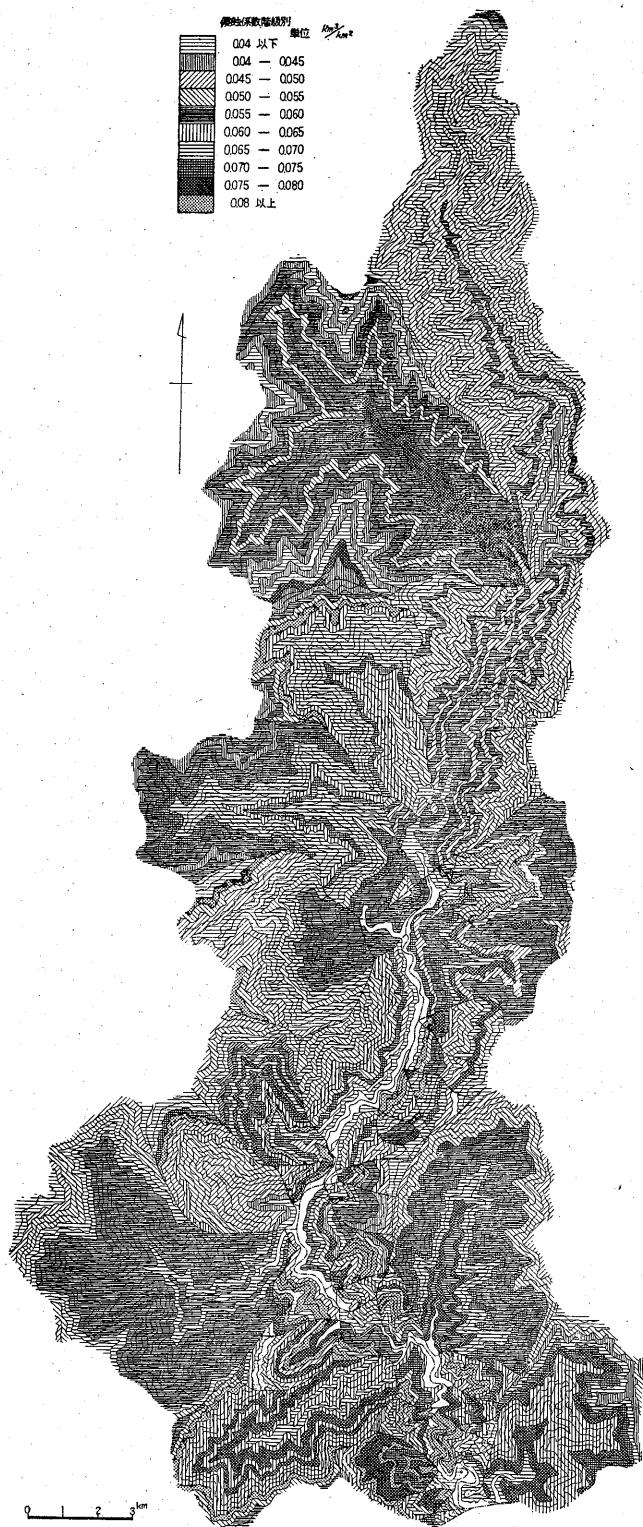
4.1 主要路線に沿う地質・地形と災害地

4.1.1 小河内——明神沢間

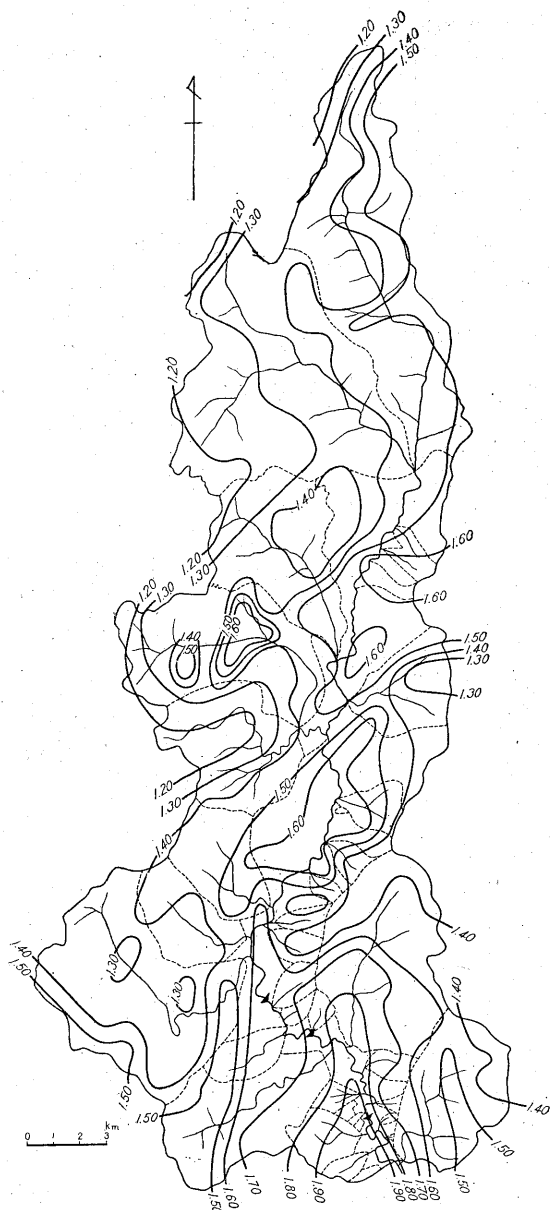
第1図によつて、田代より上流二軒小屋までの地表観察を中心として概見すれば、次のようである。

井川貯水地の脊水地点(小河内附近)から沼平の下流2 km 附近までは、河谷の回春の徴が明らかで、大きな蛇

行帯を形成して貫入蛇行 (incised meander) の進行状況を示している。小河内脊水地点附近ではすでに小規模な堆砂がみられ、深さ3 m、縦径70 m、横径30 mの砂堆ができて(昭和32年10月中旬井川ダム完成)。そしてこれが徐々に貯水池内に前進するものと思われる。この附近の兩岸の傾斜は相当急で50°以上であり、小支谷は懸崖となつて終わつているものが多く、本流の下刻作用が著しいことを示している。第3図の侵食状況図によつても、外山沢から枯木沢に至る兩岸は侵食係数0.07を示し、第4図の解析度分布図によつても1.9以上の値を示している(第3,4図の解説は後述してある)。左岸五葉沢附近は砂層がよく発達して、河床の大礫は80%までが砂岩である。五葉沢の北から粘板岩中に輝緑凝灰岩の夾みが多くなり(畑雑地点開発のため昭和33年3月頃道路の切り取りが行なわれ、新しい露頭がみられた。)外山沢に至る間の河流の袂状部では河谷の基部にとくによくみられる。このループ状の湾曲部も、おそらくこの軟岩の所在によつて形成されたものと思われる。隧道(水路等の)構築にさいしてはとくに注意すべき地質である。そして外山沢の中流部にもこの露頭がみられる。この附近の比流量は第5図および第1表に示してある。右岸側は7~5 (m³/sec/100 km²)の値を示して、大体本時期に合致する低水位に近い値を示している。ところが左岸側は外山沢の対岸までは5より低い値を示す。この理由は実地踏査の結果次のように考察される。一つには輝緑凝灰岩層がよく発達すること、二つには左岸側は河谷が急である割に土壤の発達がよく、解析度も右岸よりやゝ低く(1.8)、侵食係数も0.04~0.05という値を示している。そして所々、河川の攻撃斜面と思われる所に狭長な礫が発達し、しかも一直線に河底に向かつて伸び、長さ5~10 cm 大の粘板岩礫が滑走して下つている。これは一般に地質が粘板岩により構成されているので、以上のような地形の特徴を示したものと思われる。第6図によつてみても河水中の溶流物質は左岸側の方が多い。いずれも合理的に説明をなすうる相違ということができると、このような比較的狭少な地域の特性の相違も、合理的に説明しうるのである。右岸外山沢の北に蛇骨沢があり、水の比抵抗値が5,400 Ω-cm で鉱泉の水質を有している。この蛇骨沢の手前に大きな崩壊地があり、この附近の地層には硬化した部分と軟弱化した部分が、割合に判然としていて変質を受けた疑いがある。この蛇骨沢より上流700 mの地点に畑雑の逆調整用のダム建設予定地点があり、横坑が掘さくされている。枯井沢から明神沢に至る間は右岸側の方が比流量が低くなり1~3 (m³/sec/100 km²)の値を示す。これは地質が砂・粘板岩互層の発

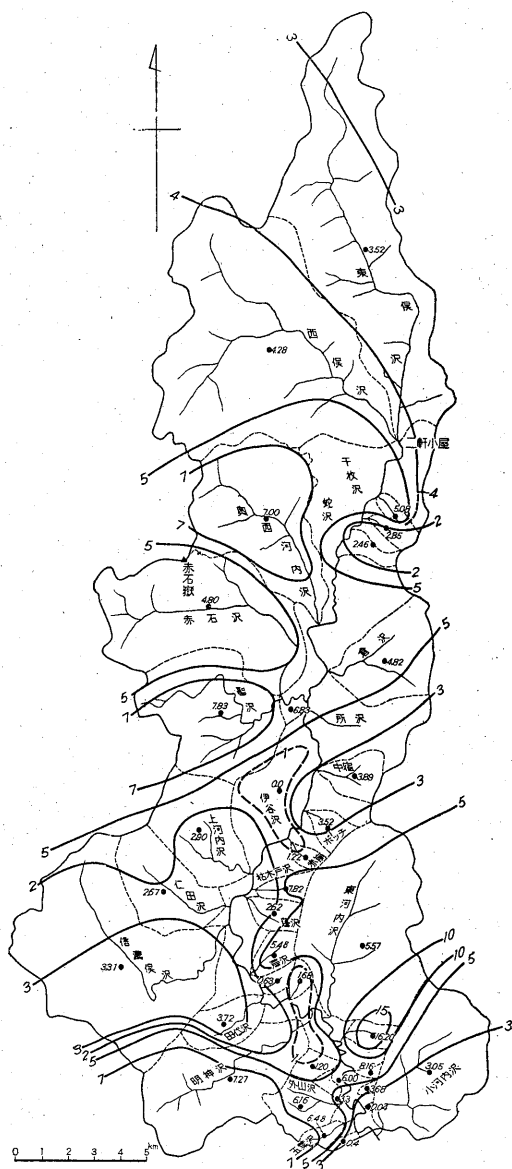


第 3 圖 井川貯水池上流の侵食状況



第4図 大井川上流地表解析度分布図
(数字は垂直投影面積を1としたときの起伏面積)

達が著しくなるのも一つの原因と思われる。この附近は地表流の発達が悪く、地表水は多く地下水となることも考えられる。侵食係数や解析度はそれほど低下していない。これに反して左岸側は、明神測水所より北に進むにしたがつて比流量を増大し、小淵沢に至つては本地域の最大値である $16.2 \text{ (m}^3\text{/sec/100 km}^2\text{)}$ の値を示している。この附近の地質は大部分粘板岩であり、一部に互層を含むが右岸側ほどの発達は見られない。第3図の侵食状況図を見ると侵食係数の高い所は 900 m の等高線以上の



第5図 大井川上流比流量分布図
(昭和32年10月測定, 5は $5 \text{ m}^3\text{/sec/100 km}^2$)

所にあつて、案外高い位置に崩壊しやすい所があるようである。小淵沢上流の大礫が著しい崩壊現象を示す所である。水質も異常で $13,680 \Omega\text{-cm}$ (第1表) の低い比抵抗値を示している。そして流域内での侵食係数の平均値をみると、小淵沢附近は $0.04 \sim 0.05$ (単位は km^3/km^2) の値を示して不合理のようである (この値が高いほど不安定な所という意味であるから)。これは後例にも示すように崩壊が大規模に行なわれた後とか、長い間流路に沿つて侵食し去られた所とか、最上流部の山頂低下作用

第1表 大井川上流各支流の河川状況

	溪流名	流域面積 (km ²)	流量 (m ³ /sec)	比流量 (m ³ /s/100km ²)	pH	水比抵抗 (Ω-cm)	溶流物質量 (kg/day/km ²)	侵食係数 (km ³ /km ²)	地 表 解 析 度
1	田代北	0.23	0.001	0.43	7.1	37,800	6.3	0.0645	2.040
2	五葉沢	0.93	0.037	6.48	7.4	22,950	96.0	0.0638	1.820
3	小無間沢(外山沢)	4.30	0.265	6.16	7.4	17,550	197.0	0.0702	1.950
4	蛇骨沢	0.06	0.002	3.32	8.8	5,400	5.7	—	1.960
5	〃 北	0.10	0.006	6.00	7.4	16,200	218.0	0.0700	1.910
6	湯沢	0.24	0.021	8.32	7.4	27,200	189.0	—	—
7	枯井沢	1.00	0.031	3.10	7.4	21,030	390.0	0.0707	1.820
8	小淵沢	1.61	0.261	16.18	7.8	13,680	700.0	0.0615	1.690
9	大淵沢	0.38	0.031	8.16	7.3	23,760	190.0	0.0677	1.615
10	小無間対岸(外山沢)	0.19	0.007	3.68	—	—	242.0	0.0462	1.560
11	明神沢	19.18	1.492	7.27	7.4	24,810	207.0	0.0678	1.596
12	東河内沢	27.78	1.550	5.57	7.6	18,810	178.0	0.0627	1.563
13	小河内沢	18.30	0.558	3.05	7.6	10,950	189.0	0.0640	1.480
14	田代沢	4.08	0.152	3.72	8.2	15,030	155.0	0.0592	1.680
15	芦沢	1.90	0.104	5.48	8.2	9,900	331.0	0.0659	1.670
16	〃 南	0.80	0.005	0.63	—	—	—	—	1.690
17	大五郎沢	1.05	0.017	1.68	8.2	9,360	108.0	0.0600	1.920
18	上河内沢	10.75	0.312	2.90	7.6	21,860	83.0	0.0635	1.480
19	仁田沢	9.75	0.260	2.67	7.6	18,000	85.0	0.0498	1.415
20	信濃俣沢	39.18	1.293	3.31	7.6	19,500	97.0	0.0582	1.415
21	蓬沢	1.95	0.051	2.62	7.6	16,200	97.0	0.0561	1.370
22	枯木戸沢	1.50	0.118	7.87	7.6	14,400	300.0	0.0510	1.435
23	ポッチ壙	1.79	0.063	3.52	—	13,730	139.0	0.0568	1.440
24	赤崩	1.01	0.123	1.22	7.8	11,930	579.0	0.0435	1.470
25	中宿	3.19	0.123	3.85	7.7	21,150	100.0	0.0562	1.600
26	赤石沢	27.45	1.318	4.80	7.5	25,958	108.0	0.0657	1.428
27	聖沢	19.18	1.503	7.83	7.6	23,850	196.0	0.0519	1.340
28	倉沢	9.75	0.471	4.82	7.6	22,200	121.0	0.0582	1.450
29	奥西河内沢	21.30	1.494	7.00	7.6	17,100	418.0	0.0667	1.368
30	燕沢	0.49	0.014	2.85	7.8	18,900	89.0	0.0480	1.615
31	車屋沢	1.28	0.065	5.08	7.6	26,800	114.0	0.0480	1.555
32	西又沢	58.05	2.477	4.28	7.6	18,600	136.0	0.0570	1.377
33	東又沢	48.00	1.683	3.52	7.6	19,000	106.0	0.0478	1.472

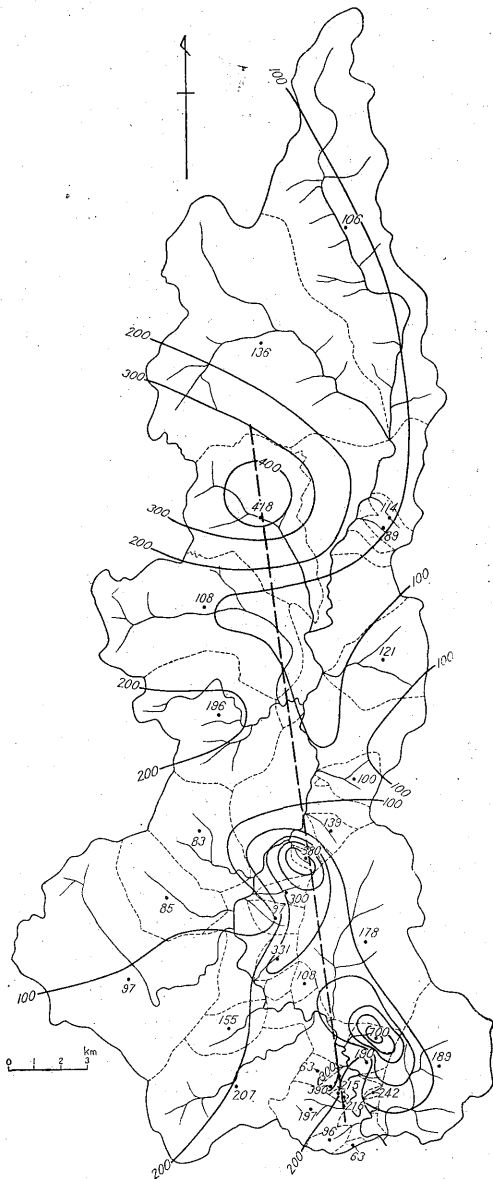
(昭和32年10月~11月測定)

の働いた所では、この侵食係数がかえつて低下を示すという傾向がある。つまり凹凸が少なくなった場所である(侵食輪廻の最初と終りが、同じような傾向を示すという意味に似ている)。この意味で解析度も1.7~1.8に低下している。溶流物質量も本地域の最高の700kg/day/km²を示している。しかもこの流量の多いことは、まだまだこの崩壊地が安定せず崩壊を起すおそれが充分にあることを示している。これより北上すると右岸は互層よく発達して明神沢に至る。左岸は東河内沢にまで大した変化はない。

4.1.2 明神沢(東河内沢)——仁田沢(蓬沢)

明神沢は一般に侵食係数も高く第3図にみるように高度1,200~1,300m附近に侵食のはげしく行なわれた所がある。比流量も7以上で流出力も強く、溶流物質量もやゝ多い方である。これを東河内沢と比較するとすべての点において明神沢の方が勝っている。たゞ東河内中流には温泉作用の徴候が認められる。

明神沢から北部は岩相が一変して、主として粘板層が卓越してくる。河谷もV字型の谷形を示し、ダムサイトとして見掛上好適地が多い。たゞ粘板岩の岩質が風化を受けやすくなり、なお石灰分をかなり多く含有している。右岸の大五郎沢の直下に畑雑第2地点として選定さ



第6図 大井川上流河川溶流物質量等値線図
(100は100kg/day/km²)

れている地点がある。左岸側の横坑中で滴水の水比抵抗値を測定したところ 9,000 Ω -cm 程度となつた。岩盤中に calcite の脈を有する所があり、新鮮な粘板岩も戸外に置くと早く風化してしまう。この大五郎沢の水質をみると(第1表)、水比抵抗 9,360 Ω -cm であり pH は 8.2 で高く比流量も 1.68 で低い。これは横坑内の地下水と全く同様であり、この附近の地表水は割れ目を通つて地下水に転化することが多いことを示している。侵食係数からみると田代沢から信濃俣沢に至る間は、平均として 0.05~0.06 であるが、各高度についてみると、800~

1,000 m の間に侵食のはげしく行なわれた(0.07 以上)所がある。この傾向は左岸側では大五郎沢の900~1,100 m の所と芦沢の 1,000~1,200 m の所にみられる。比流量は右岸側は2~4 であり、左岸側は至つて不規則な分布を示して、なかでも芦沢がもつとも高い値を示している。この附近は前と同様に粘板岩の卓越している地域にあつている。しかも破碎帯の周縁になる所である。溶流物質量もこの芦沢がもつとも高い値を示している。後述するように小淵—芦沢—赤崩を結ぶこの溶流物質量の高い地点は、南北性の構造線に沿つた変質作用の範囲を示すのではあるまいか。とくに東河内沢中流の温泉作用ともならぬ一連の関係があるように思われるのである。地表解析度も本流沿いは 1.50~1.70 の範囲にあるが東河内沢は上流部において 1.40 にまで低下する。同様の傾向は信濃俣沢の 1.30 である。これは山頂に近づくにつれてもとの侵食面が残つているためと思われるのである。畑薙第1地点は芦沢出口のやま上流(本流)に建設する計画になつている。

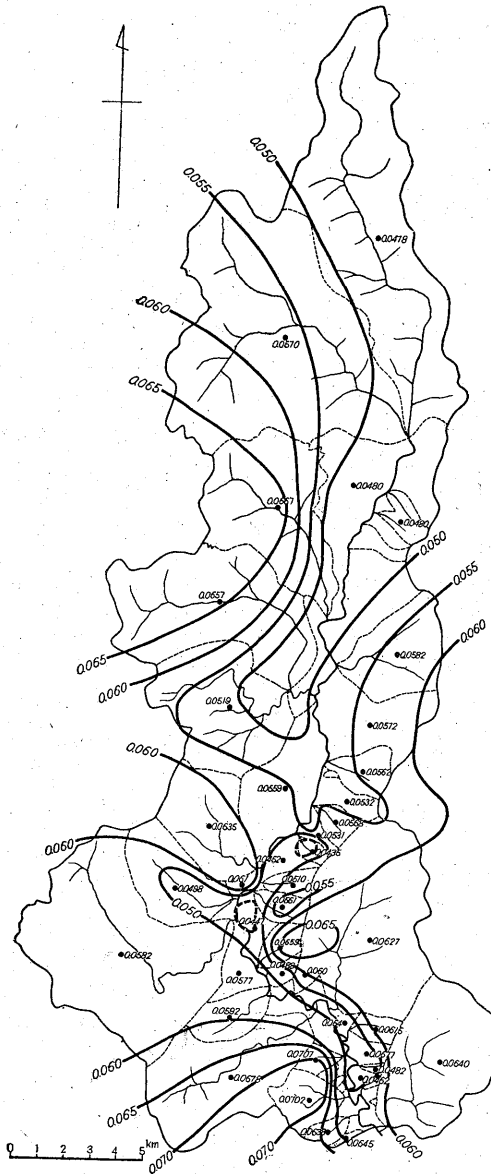
左岸側は地形や比流量からいつて、かなりよい岩盤と思われるが、第2地点と同様の粘板岩の強度に不安がある。しかし丁度 site にあたる所は硬砂岩ともいふべき岩盤であるので、不安はなさそうである。右岸側は山が薄く、しかも崩壊地があるのでやま不安を感ずる。

仁田沢は高度 1,300 m 附近まで侵食係数が低く起伏が少ないのが特色で、流域全体として 0.05 を示す。おそらく早くから崩壊堆積が行なわれたためと思われる。比流量も低く、溶流物質量も少ない。畑薙山の崩壊地は隣接支流の上河内沢との分水界の下流端に生じたものである。崩壊堆積物を見ると比較的細礫となつたものが多く、粘板岩屑の比率が高い。第7図の侵食係数分布図をみると、0.05 の等値線が本流に沿つて南は外山沢から北上して仁田沢・赤崩方面にまで延びて1つの閉塞曲線を示している。そしてこれは主として本流の左岸側に位置している。このことはなにを意味するのであろうか。そしてこの範囲内およびその周辺に本地域における主要な崩壊地が含まれているのである。

4.1.3 仁田沢(蓬沢)——聖沢(倉沢)

本流は仁田沢附近から流路が北東方向に変わり、いわゆる破碎帯内を通過する。こゝが畑薙第1地点完成の時には貯水池となる所であるので、この貯水池に対する砂礫の供給状況が非常に重要な問題となる。不幸にしてこの貯水池の周囲には畑薙山・ボッチ薙・赤崩・伊谷沢等の崩壊地が存在し、砂防工事に対して特別の関心と、措置をとるよう計画をたてなければならぬ。

比流量の観点からみると、第2図の破碎帯の範囲内で比流量が著しく低下している。とくに赤崩—伊谷沢の



第 7 図 大井川侵食係数分布図
(0.055 は $0.055 \text{ km}^3/\text{km}^2$)

線が山崩れの状態とよく適合している。上河内沢は仁田沢と比較して侵食係数が高く、地表の解析度も高い。伊谷沢・紅葉沢は水無沢であるが、崖錐の発達が著しい。沼平をめぐる周辺山地からは砂礫の供給が多く、いずれも扇状地を形成して沼平から上流に堆積して、1つの山間盆地を形成している。こゝに高いダムを建設するのであるから、考え方によつて多目的ダムを建設するのと同じことになるように思われる。この地域の左岸側はとくに崩壊がはなはだしい。

枯木戸沢は上流部に崩壊地があるが、下流は砂岩・粘

板岩の互層が発達し懸崖をなして滝となつている。流量が意外に多く溶流物質量も 300 kg/day/km^2 に達している。これはこの地点から、東北に並んでいる各崩壊地の地下水が流出している疑いもたれる。赤崩崩壊地は崩壊面積の規模や流出砂礫量において群を抜いている。河面上約 100 m の高度から下部に主として堆積していて、一種の岩石流 (rock floor) の形状を示している。堆積錐の直上岩壁の露岩をみると、変質作用を受けていて Calcite や石英脈が縦横に走つており、岩体に亀裂を生じていることがわかる。堆積している砂礫は、平均 10~20 cm の大塊が多く、層面に沿つて剝離した形跡を示している。そして比較的新鮮なものである。この点から考えると、崩壊の原因はむしろ地表下にあつて、内部からの変質作用が誘因となつているものと思われる。

この赤崩の水質は $12,000 \Omega\text{-cm}$ 程度のものである。とくに赤崩の堆積錐の下端からでる水のなかで、 13°C の水温を有するものがあり、この時期の一般地表水の 10°C に比較しかなり高温である。この原因については明らかでないが、崩壊土の酸化熱が温泉作用の結果が検討する必要がある。この赤崩の侵食係数が、本地域における最低値を示している (0.0435)。この赤崩れの隣のポッチ雑は古い崩壊地ですでに樹木も生え、現在は崩壊が停止しているようである。比流量もポッチ雑の 3.52、中宿の 3.89 と北上するにしたがつて高くなり、この山間盆地が終わつてふたゝび溪谷の様相に移つていく。この山間盆地の状況は第 4 図の地表解析度分布図のなかで 1.50 の閉塞曲線で示されている範囲である。したがつて畑貯水池が出現した際には、この盆地に貯水することになるわけである。この盆地の堆積物の堆積作用に関する編年調査を実施すれば、貯水池埋没に関する貴重な資料が得られるであろう。それには盆地内を試錐することと、 C^{14} による年代測定を実施する必要がある。

聖沢はすでに古生層と中生層の境界より古生層より存在している。沢の出口附近がとくに崩壊しているのは、この両紀の境界を走る断層の影響が現われているためと思われる。侵食係数の低い割に比流量が高い。また地表解析度が低いのは古い侵食面が発達しているためである。そして溶流物質量も 200 kg/day/km^2 であり、周辺地域に比較して高い値を示している。

左岸の所沢・倉沢は渡河困難のため充分の調査を実施しえなかつた。

4.1.4 赤石沢・樺島以北

本地域は大体古生層地帯内にはいつて、いままでの中生界地層内と大分様相を異にしている。地質調査も充分には実施されていない地点である。崩壊地も断層線に係するもの以外はあまり目立たない。粘板岩は中生層の

ものと弁別が困難である。この地域においても両界の境界は大構造のうえからは認められても、個々の場所においてははなはだ判別が困難であった。

硬度や層理の状況によつて、やゝその続成作用の相違を見分けられる程度である。たゞ輝緑凝灰岩はかなり中生層のものとの区別がつくのである。赤石沢は比流量も中庸で古生層中の標準の流況を示している。侵食係数は0.0657で平均値としては高いものである。これは赤石岳の高度からいつて当然と思われる。

この北の奥西河内沢は比流量が異常に高く、侵食係数もまた高い値を示している。そのうえ溶流物質量もはなはだ高いのである。第6図の溶流物質量分布図のなかには南北の線を描いたが、この方向になんらかの構造線が推定されるのである。

左岸側には赤崩・ポッチ礫と同様な礫が発生している。したがつて比流量が低くなつていく。

しかし岩質が堅いため大規模には発達していない。古生界・中世界の境界をこの方向に延長すれば境界線に沿う断層線によつて崩壊の原因を説明できるのであるが、榎島附近の輝緑凝灰岩層を古生層とすると、また別の断層の存在を考える必要を生ずる。

二軒小屋以北については未調査のため、単に机上作業によつて実施された地表解析度および侵食係数によつてみると西又沢の方がやゝ侵食がはげしく行なわれているようである。東又沢が低い値を示すのは本流であつて、長い間侵食を受け凹凸起伏が減少しているためであろう。しかしその差はきわめて僅かで、ほとんど同様の状態ともいえる。

4.2 地表解析度分布図・侵食係数分布図 その他各図による全域の概観

4.2.1 地表解析度

地形図上で計測する面積は垂直投影であるが、これでは地表面の起伏は判然としない。そこで全域に1kmの方眼をかけて傾斜による表面積増加を加算して作つたのがこの図である(第4図参照)。そして垂直投影面積を1としたときの比をもつて図上に示してある。5万分の1地形図上での計測であるので、自から、その精度にも限界があり、実際の山崩災害地の規模に対しては縮尺が大きすぎて不適當である。しかし全域に対する傾向をみるのにはかえつて便利である。山崩にしても地すべりにしても大きな構造線に沿つたり、地質の相違によるものが多いので、案外にその本源地域や機巧をみいだすことができる。本域の全体の平均地表解析度は1.50であつた。沼平から下流は河谷の回春による下刻作用のため、1.70~2.00に達する高い値である。沼平から赤石渡までは前述のように山間盆地の形態を示して、大きな堆積地域で

ある。地形学的観点に立てば、畑礫第1地点附近に曲隆帯の存在が考えられるのである。したがつて地表下においても、断層・亀裂の存在が考えられる。芦沢およびその対岸附近の侵食係数の高いのは、この現象を説明しているのかも知れない。この点、充分の注意を要する。東河内沢上流とか、信濃俣沢の上流に示される1.40の曲線は、むしろ古い侵食面の存在を示すものであろう。聖沢方面に示される1.20の値は、赤石山脈の示す山頂平坦面と一致して、さらに古い高位の侵食面を示すものであろう。赤石沢の中流の1.50~1.60の閉塞曲線がなにを示すかは明らかでない。しかしその北東の奥西河内沢の中流にも1.40の閉塞曲線があり、この方向になんらかの異常のあることを示している。この奥西河内沢の異常地の外端に千枚沢の大崩壊地があり、延々数kmにわたる岩石流が本流にまで流下している。二軒小屋から上流地域では、この分布図にも大した異常は示されていない。

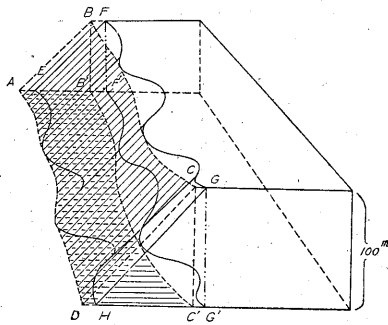
全体を通覧して古生界と中生界の両境界を境として等値曲線の屈曲度が異なり、中生層の所ではかなりの擾乱がみられるのに反し、古生層の所は単調である。

4.2.2 侵食係数

この侵食係数測定は、江川総合開発調査の治山治水部門を担当したときに、初めて採用した方法である。その計測方法は第8図によつて示してある。5万分の1地形図を基図として、その100m等高線の屈曲度に基づいて侵食量を算定するものである。5万分の1地形図のなかには相当大きな沢など記入がもれていることがあり、その精度に疑問のあるものもある。しかし100m等高線は、かなり正確であろうという仮定に立つて、この作業を進めた。主要な作業は100m等高線間の面積を計測することと、等高線の長さを精密な曲線計ではかることである。あとは図表によつて侵食係数を求めればよい。崖端の小谷の容積を概略計測なしうようにした方法であつて、侵食の絶対量は、もちろんこれで測定はできないが、相対値として利用するわけである。

これが現在の侵食量のあるparameterにならないかとの予想のもとに案出した方法である。元來侵食量は切峰面のようなある原面を考へて計算すべきであるが、地質時代のような長期間にわたるものでは地殻変動もあり、とてもその原面を想定できないし、誤差も多くはいるので、現代にもつとも近い時間断面で計測する意味で、多少飛躍した方法であるが、これを採用したのである。以上のような方法で、全域にあつて各高度ごとに算定して侵食係数を階級別にして示したのが第3図の侵食状況図であり、第7図は各流域の平均侵食係数分布図である。地質図が完成しているときには、宮崎県上椎葉の調査結果と同様に、岩石種別による侵食係数がさらに求められ、実

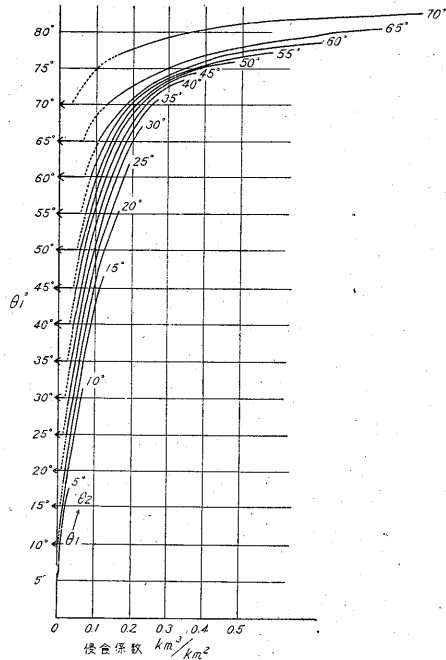
侵食係数図表



$$\tan \theta_1 = \frac{100}{\frac{\text{面積 } AB'C'D}{\frac{1}{2}(AD+B'C)}}$$

$$\tan \theta_2 = \frac{100}{\frac{\text{面積 } EF'G'H}{\frac{1}{2}(FH+F'G)}}$$

第8図 侵食係数測定法 (5万分の1地形図 100m 等高線湾曲度より)



際の状態に近い全域の侵食状況が求められるのである。

第3図を概観すると、下流では外山沢・枯井沢附近が著しく、侵食係数0.08以上である。小淵沢の崩壊地も0.08の値を示している。東河内沢は河谷の低い所が、はなはだしく侵食されている。田代沢および畑籙第1地点とその対岸は河床上より200~400mの高位置がかなりはげしく侵食されていて、前述の曲隆帯の存在を暗示していると思われる。沼平より上流の堆積地帯は、赤崩・枯木戸沢のような地点を除いては一般に侵食係数は0.07以下の値を示している。

このうちで上河内沢が一般に侵食係数が高いのは、いかなる理由か明らかでない。これは大五郎沢—芦沢—沼平—上河内沢の方向に一つの構造線を推定することができる。このようにすると小淵—沼平の崩壊地の連続状況が説明しやすくなる。聖沢は古い侵食面が広いので一般に侵食係数が低くなっている。古生層発達地域では一般にこの古い侵食平坦面が発達し、侵食係数も0.05以下である。所沢・倉沢は高位置に侵食係数0.08以上(高度1,600m以上)の所があり、この傾向は聖沢・赤石沢にもみられる。

この附近の侵食のはげしい高度をみると、多少乱れてはいるが、1,100m、1,600m、2,000mの3段にみられる。これはこの地方の構造運動の様式を示すものと思われる。奥西河内沢より北は高所に0.05以下の値を示す平坦面が多くなってきて、準平原面の存在を示している。

4.2.3 比流量と侵食係数との関係

第9図は本地域の比流量と侵食係数との関係を示したものである。大きくIとIIの2つの群に分けられ、IIは災害を起こした地点に限られている。これで見ると侵食係数はかえって低下を示している。いずれも正比例の関係であつて、この群のなかでも比流量の増加は侵食係数

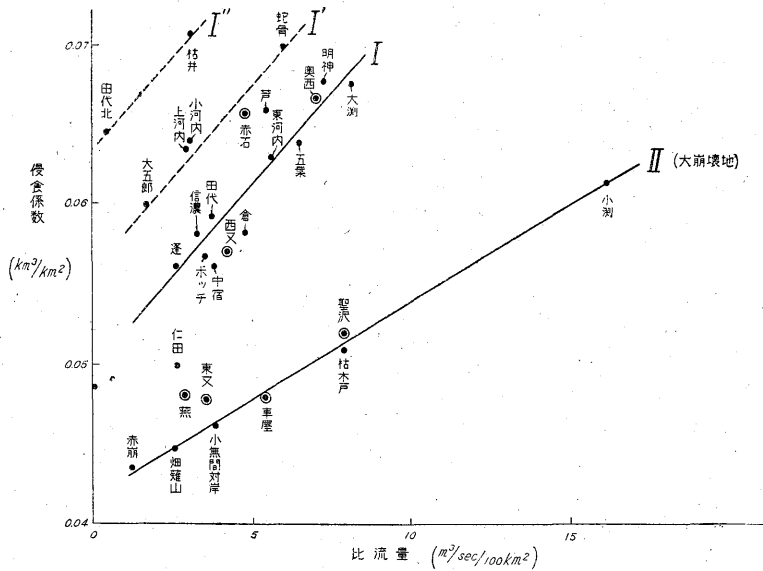
第2表 大井川沿岸各地の侵食、堆積量と侵食係数

(1) 千頭ダムの堆砂量と流域の侵食係数

溪流名	侵食係数 (km³/km²)	流域面積 (km²)	年間堆砂量
下西河内沢	0.0614	14.57	1,550 m³/km² (堤高 62.3 m)
上西河内 //	0.0600	7.93	
逆河内 //	0.0647	37.17	
柴 //	0.0583	42.69	
大根 //	0.0605	12.59	
小根 //	0.0639	10.22	
上日向 //	0.0486	6.11	
計	0.0596	131.28	

(2) 大間ダムの堆砂量と流域の侵食係数

溪流名	侵食係数	流域面積
堰堤上流	0.0592	40.44
左岸	0.0486	39.86
計	0.0539	80.30



第9図 比流量と侵食係数との関係

(3) 大井川中流家山附近流砂量と流域の侵食係数

溪流名	侵食係数	流域面積
笹間川	0.0564	70.80
伊久美川	0.0565	25.00
計	0.0565	95.80

(4) 他域との比較

中国準平原地域の例

貯水池名	侵食係数	流域面積	年間堆砂量
高暮	0.0302	193.28	229 m³/km² (堤高 75.2 m)
玉泊	0.0225	159.00	332 m³/km² (堤高 67 m)

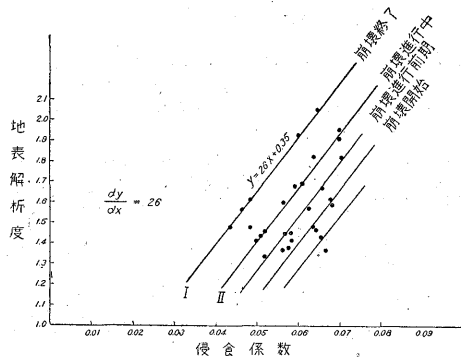
関東地方の例

貯水池名	侵食係数	流域面積	年間堆砂量
黒部 (栃木県)	0.0455	277.00	218 m³/km² (堤高 32.3 m)

の増加となつて現われている。

Iの群は一見散点して無関係のようであるが、上椎葉の例からみて、Iの関係が認められる。I', II'の関係はこれに平行した関係である。侵食係数は相当長期の侵食量であるので、現在の低水期の流量と簡単に函数関係にあるとは考えられない。しかし比流量より侵食量の方が遙かに時間的に長く、各種の段階を生ずるのであるからこのように I, I', I'' のような平行関係を生ずるのもやむをえないのである。

Iより I'' になるに従つて流域面積が小となり、また



第10図 地表解析度と侵食係数

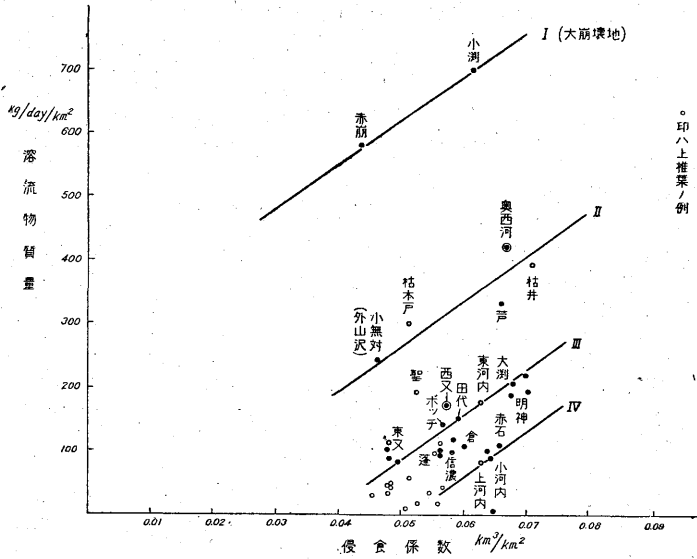
水質も異常となつてきている。赤石のみは例外のようである。

4.2.4 地表解析度と侵食係数

第10図に示す関係である。この両者はほとんど同様のことを、違つた立場から計測したものである。地表解析度の方がやゝ計測上精度が劣る。グラフ上では点が散点して関係を判然と把握できない。しかし崩壊進行状況を考慮にいれて類別すれば図のように示される。I, IIのみがやゝ信頼しうる。

4.2.5 溶流物質量と侵食係数

第11図に示したものがそれである。溶流物質量は、電気伝導度測定によつて水の比抵抗値を求め、温度の項をいれて salinity に換算したものを (T.S.M) kg/day/km² の単位で示したものである。これをみると図のように I, II, III, IV の群に分けられ、各群間における函数関係は大體侵食係数が一定であつて、案外見事な関係を示している。侵食度が進行するにつれて溶流物質量が増加する



第11図 大井川溶流物質量と侵食係数

傾向を示している。当然のことであるが、侵食係数のような数値との関係はあまり考察されたことはなかつた。

5. 大井川上流部の流砂量および堆砂量

最近、水力開発の観点から井川貯水池が完成し、現在は畑薙第1地点にダムを建設する準備が進められている。井川貯水池は昭和32年10月に竣工して使用開始している。大井川水系は由来流砂量の多い河川であるので、この貯水池の埋没状況についても検討する必要がある。土木の立場からは、概略計算で年間堆砂量を80万 m^3 としている。そこで、本所としてもこのように新しく完成した貯水池に対し、流入する懸濁物質量のみでも参考として計測する必要を感じ、公益事業局および中部電力 K.K. の援助によつて昭和33年5月から計測を開始した。測定位置は、井川貯水池の脊水地点である小河内よりやま下流の小河内釣橋附近である。使用機械は土木研究所式B型採泥器によつた。このほか底流する砂礫を計測すべく、 Co^{60} 利用による河水比重測定法も建設省の例によつて考究中である。この測定結果は昭和34年5月末までとなつてゐるため、今回の報告にはこれを省略し、成果の到着をまつて改めて報告する。

したがつて従来から計測された資料および地学的方法によつて、流砂量および堆砂量の推定計算を実施することにする。

この方法を推進する資料としては、大井川の支流寸又川の千頭・大間両ダムの堆砂量測定資料、大井川中流、家山方面に流出する、笹間川・伊久美川の林野庁によつて実施された山崩調査資料、江川都賀で実施した流砂量

測定成果、および全国ダム堆砂量資料、電力中央研究所の研究成果などを利用した。

流砂量および堆砂量については、従来から正確に測定された例がまことに少なく、もつとも困難なものとして見送られている題目である。最近土木工学方面でやま活発に研究が開始されているが、まだ理論および室内実験の段階であつて、野外において適用すべき実験式の完成をみていない。

電力中央研究所の地質研究室では、田中治雄以下によつて地形学的取り扱いによつてある程度の成功をおさめている。筆者はこの地形学的取り扱いに新しい方法を加味して計算することにした。田中は地貌係数 \bar{x}_1 \bar{x}_2 (\bar{x}_1 は平均起伏量、 \bar{x}_2 は平均高度で両者の相乗積を用いる) と堆砂量との関係を探求している。

こゝでは前述の侵食係数と有効流砂量との関係から、堆砂量を求めようとするものである。前項によつてこの侵食係数は流域の荒廃現象と地質・水文との関係のある程度定量的に表現しうるものであるから、この係数によつて流砂、堆砂の現象を定量化しうれば、本論文の首尾一貫した結論をみいだすことができる。

5.1 有効流砂量と堆砂量について

貯水池の堆砂量は上流の流域から流送される流砂量のうち何%かが堆砂量となつて貯溜されるわけで、これを捕捉係数 (trap coefficient) という。この捕捉係数はダムの型式によつても変化すると考えられ、またその法則性について研究された事例がない状態である。

低いダムでは高水時に越流することも考えられ、大洪水のさいなどには一度堆積したものがふたたびダム外に

運搬し去られるといった事例もある。そのうえ電源貯水池では一般に水の使用がはげしいので、自然の池のような堆積状態を示さないことも考えられる。

いずれにしても未知項のみ多いものから、定量化を試みても所詮は循環論に終わってしまうおそれが多い。

そこでここでは侵食係数と流砂量の間どのような関係があるかを検討した。流砂といつても山腹から流下したのも、溪間にとどまつてなかなか貯水池まで到着しないものが多いので(大体本川流出率は50~60%程度といわれているし、また実測されている)、ここでは堆砂に対して有効な流砂量という意味でとくに有効流砂量という名称を用いることにした。それは計算の基礎に貯水池堆砂量を用いたからである。

5.1.1 千頭・大間ダムの有効流砂量と侵食係数

第12図にその結果を示してある。千頭貯水池は前述のように堆砂速度がきわめて速かつた。その侵食係数平均値は、第2表に示すように $0.0596 \text{ km}^3/\text{km}^2$ である。大間ダムはその下流にあるが、侵食係数平均値は 0.0539 で低い。その堆砂量から有効流砂量を算定した。この有効流砂量の算定にはむしろ次の笹間川・伊久美川の実例が有効であつた。

5.1.2 笹間川・伊久美川の有効流砂量と侵食係数

本地域は大井川の中流部にあつて多雨な所であり、比較地点としては多少不安があつたが、侵食係数にはつきりその差も表われているであろうから、一応そのまま取り扱うことにした。計測した侵食係数はそれぞれ 0.0564 と 0.0565 であり、千頭地方に劣らぬ高い値である。そこで山地崩壊生産土石と流出土石を計測してみると、大体第12図に示すような数値が得られた。しかしこれだけの数値では、有効流砂量の低い部分の実例が不足なので、次のような中国花崗岩地域の実例を参考とした。

5.1.3 高暮・王泊貯水池の堆砂量と江川流砂量

高暮・王泊両貯水池流域の侵食係数を測定したところ、それぞれ 0.0302 、 0.0225 を得た。そして両貯水池の堆砂量はそれぞれ年間、 $229 \text{ m}^3/\text{km}^2$ および $332 \text{ m}^3/\text{km}^2$ であつた。しかしこれだけでは不足であるから、昭和32年度に実測された江川都賀測水所の流砂量(年間 $375 \text{ 万 m}^3 \cdots 2,890 \text{ km}^3$)を参考とした。

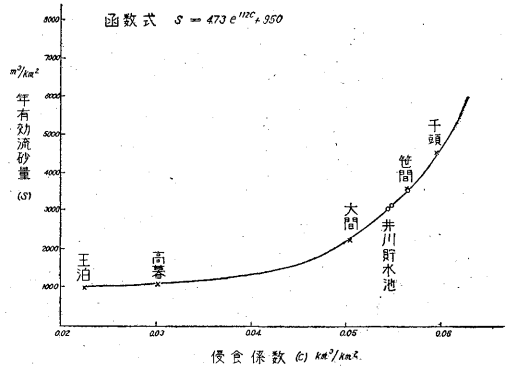
5.2 有効流砂量と捕捉係数

上述のような方法を用いて、第12図に示すような侵食係数と有効流砂量との函数式を求めたが、まだその常数項である950という値については検討が残されている。函数式は、

$$S = 4.73 e^{113C} + 950$$

S: 年間有効流砂量 m^3/km^2

C: 侵食係数 km^3/km^2



第12図 有効流砂量と侵食係数との関係

である。これは今後手取川・庄川・梓川・日置川などの実例によつて正確に決定すべきものと思つている。上椎葉の実例ではほぼこの関係は成立している。

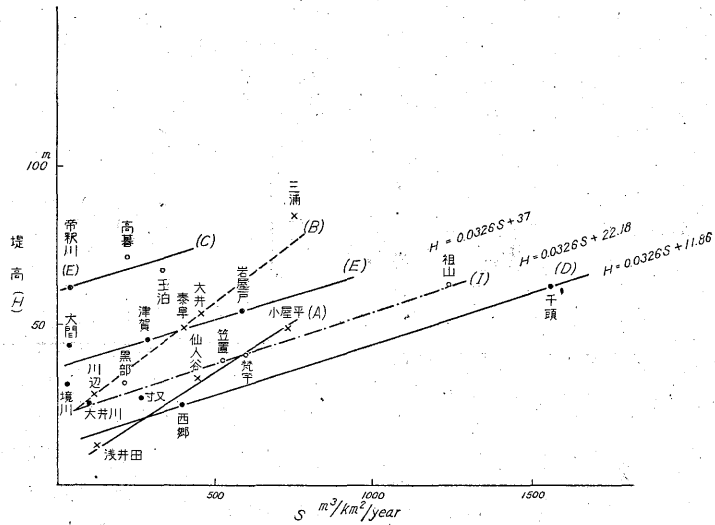
この有効流砂量が判明しても、ダムによる捕捉係数の問題が残る。これについてはかつて鶴見一之の報文¹⁰⁾がある。

$$E = 100 \left(1 - \frac{1}{1 + KC/\sqrt{F}} \right)$$

$\left\{ \begin{array}{l} E: \text{捕捉係数} \\ C: \text{貯水量} (\text{m}^3) \\ F: \text{池の集水面積} (\text{km}^2) \\ K: 0.0001 \sim 0.0021 \end{array} \right.$

で示されている。

しかしKの値に範囲があつて、なかなか決定できない。またこの方法ではダムの高さおよび形によつて捕捉係数がどのように変化することに言及していない。ここでダム高と堆砂量との関係を求めてみる。その結果は第13図として示す。この図表中でA, B, C, D, Eなどの分類は田中治雄らによる地貌係数による分類に従つたものである。これらの分類の要素として、岩石分布率・年間雨量・気温・起伏量・高度等が考慮されており、充分根拠のある分類といふことができる。したがつて各群ごとに分けて、年間堆砂量 (m^3/km^2) とダムの高さとの関係を求めてみる。すると実に見事な直線関係を示している。あまりにはつきりした関係であるので、見掛けの関係として等閑視することは不可能である。この事実についての実証が今後要求される課題である。ダム の形によつて堆砂率が異なるとはいわれているが、高さについてはあまりいわれていない。この事実から栃木県鬼怒川上流の黒部ダムは、その貯水池は建設後40年に達しないうちに満杯となつてしまつたのであるが、年間堆砂量は僅かに平均 $218 \text{ m}^3/\text{km}^2$ である。しかしこれを流下する土砂量は、栃木県の調査によつても莫大なものであることが知られており、早速函数式を用いて計算すれば、実に $1,600 \text{ m}^3/\text{km}^2$ にも達している。実際には年間 43 万 m^3



第13図 堤高と堆砂量との関係

にも達するはずである。したがって 32 m 位の低い堤高であるために越流するものが非常に多く、貯水池の堆砂量が多くなればなるほど加速度的に越流する量が増大することになるわけである。これによつても既往の貯水池の堆砂量から直接計算方法を考えることは、循環論に陥つて、その解決にはよほどの努力を要することになるわけであると信ずる。

5.3 井川貯水池および畑薙貯水池の推定堆砂量

以上の所論によつて、本論文の主題の一つである井川・畑薙両貯水池の堆砂量を推算してみると次のようである。井川貯水池の流域面積は、ダムから小河内脊水地点までの兩岸の面積を除外すると 398 km² となる。

この全域の侵食係数の総平均を求めると 0.0544 km³/km² となるので、これを第12図によつて函数式に入れて計算すると、その有効流砂量は 3,050 m³/km² となる。したがつてその全量は 1,219,000 m³/年に達することがわかる。そして井川の 100 m の高さのダムによつて捕捉されて貯水池内に残留する量は、第13図の堤高と堆砂量の関係式を利用して計算を実施する。

この場合Dを用うべきかEを用うべきかの問題が生ずる。千頭貯水池と相似た状態であるとする、 $H = 0.0326S + 11.86$ に代入して $S = 2,730$ (m³/km²) となる。

この値は有効流砂量の 3,050 m³/km² にきわめて接近した値を示しているが、これでは捕捉係数が 89.6% という高率となつてしまうのである。このような例は実際にはまだみられない例である。Eの式を用いれば、 $S = 1,960$ m³/km² となるので捕捉係数は、64.2%となる。

これに従うとすると年間の堆砂量は

782,600 m³ となる。

この値は土木工学の人々によつて算定された値ときわめて近似した値を示している。この場合貯水池の沿岸から流入する堆砂量については考慮していないわけである。しかしこの捕捉係数にはまだ問題があり、われわれの常識では大体 20~60% 程度であるという疑念が残っている。これが 100 m 以上の高ダムではどのように変化するか、その実証は今後の問題である。

次に畑薙に 100 m の高ダムを建設した場合、どの程度の堆砂量があるかを推算してみる。

さて畑薙第1地点までの面積は 320.8 km² であり、侵食係数の総平均は 0.0548 km³/km² である。これから有効流砂量を算定すると 3,200 m³/km² となるので 1,026,500 m³ となる。これの 64.2% は約 659,000 m³ になる。しかしこれは脊水地点までの兩岸が崩壊地が多いので、これをそのまま推算値のなかに入れたので大きな値となつている。貯水池周辺の砂礫供給地に対して充分な砂防工事を実施されると、本川が主体となるから脊水地点より以奥の流域面積は、238.1 km² であり、侵食係数の総平均は 0.0565 km³/km² であるから 3,450 m³/km² であり、総量は 821,400 m³ となり捕捉係数をかけると、527,300 m³ となる。

これで見ると貯水池周辺から流出される流砂のうち堆砂となるものは約 132,000 m³ 程度のものである。

以上をもつて井川貯水池および畑薙貯水池に対する堆砂量を推算したが、次の2点についてなお検討の余地がある。

- 1) 有効流砂量公式の常数項について、まだ充分の検討を必要とすること。

2) 捕捉係数について、実測値の検討が不十分である。

6. 結 言

大井川上流部の治山治水調査結果として次の各項があげられる。

1) 地質が主として中生層および古生層の砂岩・粘板岩およびこれらの互層で構成されているので、比較的単一の条件下で相互の比較をなした。

2) 比流量・侵食係数・地表解析度・溶流物質量の間に顕著な相関がうかがわれ、これらの関係を数量的に取り扱うことによつて、山地荒廃状況を定量的に表現する見透しがえられた。

3) さらにこれらの各種の表現によつて(分布図上)構造線および地盤運動の推定や確認が実施された。

4) とくに定量困難といわれてきた貯水池堆砂の問題に対する解明の緒が、侵食係数の利用によつて開かれ、井川・畑薙両貯水池の年間堆砂量を推算することができた。

5) 地表地質図の完成によつてさらに岩石種ごとの固有の侵食係数を得て、山地荒廃と地質分布との定量的表現も可能となる見透しがあり、九州椎葉貯水池の実例についてはすでに成果が得られている。

(昭和32年10月調査)

文 献

- 1) 芥川真知・小林守男：山形県月山における山地崩壊について(2)，土木研究所報告，No. 88，1954
- 2) Charles Nevin：Competency of moving water to transport debris, Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 57, 1946
- 3) 難波宣土，原 良治：安倍川および大井川流域の山崩調査，林業試験場研究報告，No. 84，1956
- 4) 西島克夫：Morena 溜池の埋積と流域の侵蝕，抄訳，農業土木研究，Vol. 13, No. 4, 1941
- 5) 斎藤正次・木野義人：静岡県大井川畑薙水力発電地域地質調査報告，地質調査所月報，Vol. 4, No. 8, 1953
- 6) 資源調査会：河川堰堤の堆砂量について，昭和25年5月，1950
- 7) 静岡県：天竜地域降雨調査概報，昭和28年5月，1953
- 8) 田中治雄：わが国における貯水池築造に関する地質工学的研究，電力中央研究所土木部地質課，昭和28年2月，1953
- 9) 栃木県土木部砂防課：鬼怒川本流上流流域崩壊調査書(2)，昭和30年12月，1955
- 10) 鶴見一之：貯水池堆砂量の一算法，土木学会誌，Vol. 39, No. 3, 1954