

宮崎県耳川上流地域の荒廃状況と上椎葉貯水池の堆砂

渡 辺 和 衛*

Report on the Land Devastation and Sediment Accumulation above Kamishiiba Weir at the Source Region of the River Mimi, Miyazaki Prefecture

by
Kazue Watanabe

Abstract

The engineering geologic investigations for land and flood conservancies were carried out in the field of the remote interior of Kyūshū mountains. The researching methods were the same as those applied in the river Oi. And there have been found some probably reliable correlations among the specific river discharge, the intensity of the dissolved matters in the river water, and the erosion coefficient estimated by means of topographical measurements, especially the peculiar erosion coefficient estimated by the combination of the erosion coefficient with the petrophysical division of the region.

In addition to these methods, the writer performed the sedimentation analysis by the tool of sieving and weighing methods. Moreover he surveyed the devastated regions, and calculated approximately the amount of the washout debris, and considered the relationship between its devastation and peculiar erosion coefficient. (cf. Bulletin of GSJ, Vol. 10, No. 11)

In conclusion, he estimated the sediment accumulation in Kamishiiba water reservoir for electric output at 319,000 m³ per year.

要 旨

治山治水の調査地域として宮崎県耳川最上流の上椎葉貯水池流域を選んだ。昭和32年11月から約2週間野外調査を実施した。地質的には大井川上流部と似て仏像構造線を挟んで古生層と中生層にまたがる地帯であつて、岩石は両者とも同様の砂岩・粘板岩が主体である。しかし大井川と比較して高度が低いこと、気象条件が温暖でやゝ雨量小等のために、荒廃状況はやゝ激しさが低く、それが崩壊地や土砂流出等の現象に現われてきている。

こゝでは侵食係数と地質分布との関係から、岩石種による固有侵食係数なるものを推算して野外調査と比較検討した。最後に大井川において適用したと同じ方法を用いて堆砂量計算を実施した。岩屋戸堰堤の過去の堆砂資料を参考として推定堆砂量と実測堆砂量との検討を実施し、この方法を適用可能と判定した。そこでこの方法に

よつて上椎葉貯水池の年間堆砂量を 319,000m³ と推算した。

1. 緒 言

治山治水調査の対象地域として、九州地方の四万十層および古生層の発達する地域である耳川上流上椎葉貯水池流域を選定した。これはほぼ同様の地質から構成されていると考えられる、大井川上流地域と比較検討が容易であり、主として砂岩や粘板岩から構成されている地帯が、どのような荒廃状況を示すかを知ることができるからである。

今回の調査も大井川上流部の調査と全く同様の方法を用いたが、とくに貯水池周辺の山地から流送される堆積物の調査を加えたのが多少異なつている。そして貯水池周辺の小溪流についての調査が主体となつている。

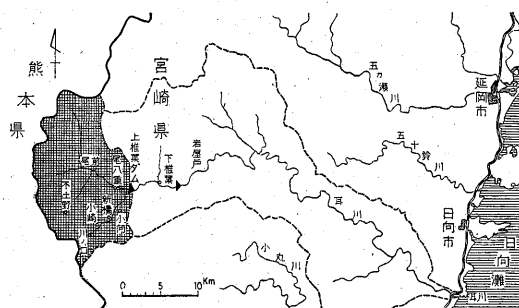
本地点においても大井川と同様に、尾前・小崎2地点において浮遊流砂量の測定を九州電力株式会社に依頼し

* 地質部

た。しかし昭和33年度にはこの地方に大した豪雨洪水がなく、ほとんど計測をなしなかつた。

2. 位置および交通

本地域は日豊本線富高駅からバスのみしかなく、耳川の最上流部にあたり、海岸より約60km西に入った奥地であり、最奥の聚落椎葉村は飛驒の白川郷とともに、天下にきこえた秘境であつた。この耳川水系は、現在では上流から上椎葉・岩屋戸・塚原・山須原等の発電所の建設によつて、九州地方における有数の電源開発地帯となつている(第1図)。



第1図 耳川上流上椎葉貯水池流域位置交通図

3. 地質および地形

今回調査の対象となつた地域は、上椎葉堰堤より上流部の約210km²の地域である。本地域の地質については、すでに昭和29年に総合開発調査が実施されたさいに、本所地質部の齊藤・神戸・井上・木野によつて宮崎県北西部耳川上流地方地質図として完成されている。いまこれによつて本地域の地質を概観すると、この上椎葉貯水池周辺の地質は、主として古生界の二疊石炭紀の地層と、中生界の四万十層とに分けられる。そしてこの両者は糸川仏像構造線によつて境している。この点は大井川最上流と全く同様の状況である。古生界の層のうち、ゴトランド系の地層は本流域より北に存在して直接関係がない。主として二疊石炭系に属する地層が域内にある。しかし石炭紀の地層として確認されている地層は、この区域内にはいまのところみあたらない。地層は、おもに砂岩・粘板岩の交互層からなる厚層であつて、所々にチャート、および石灰岩を挟んでいる。石灰岩は仏像構造線の北側に、東北東の方向にあつて西偏するに従つて厚くなり、輝緑岩および輝緑凝灰岩がこれに伴つて厚くなつている。耳川本流の尾前から上流を見ると、河床における礫の堆積が割合に少なく、昭和27年の水害にも、

あまり顕著な土砂流出がなかつたように観察される。尾前より上流流域の侵食係数が、0.0482 km³/km²を示すのは、他地域に比較して著しく低い値で、大井川の仏像構造線以北の古生層地域の値ときわめて近似した値である。

流域内に古生層の地層を含むのは、そのほかでは水無川・アロー谷川・松木川および水無付近の本流の一部である。この付近では石灰岩が卓越して砂岩粘板岩互層および輝緑凝灰岩類が挟在している。後述するように、これらの種々の岩石の存在によつて、各地区の侵食係数がどのように変化するかを取扱つてみたのである。前述した尾前以北の本流流域は、石灰岩・輝緑凝灰岩様の岩石の露出が少なく、ほとんど全域が砂岩粘板岩互層とそれに挟在するチャート質岩石からなつている。細かく検討すれば、砂岩・粘板岩・砂岩粘板岩互層(各岩が1m以上の厚さの交互層)・砂岩粘板岩細互層(各岩が10cm以内の交互層)といったように分類され、その物理的性質も相違するはずであるが、いまはこの点にふれない。とにかく、尾前以北の流域は、古生層の侵食強度に関する一つのモデル地域と考えられる。

次に仏像構造線以南のいわゆる時代未詳中生層といわれる四万十層がある。

この層は、礫岩・輝緑岩・輝緑凝灰岩等が少しはあるが、ほとんど砂岩・粘板岩ならびにこれらの互層で、所々千枚岩化されたものを含んでいる。古生層に較べて層理が比較的明瞭で、そのためか剝離しやすい点があり、山崩等の災害が小規模なものであるが数が多い。この地層は北東ないし東北東の方向を示す岩層配列を現わしている点は、古生層と同様である。

仏像構造線の南接地域である松木一御池間の幅1~2kmは、粘板岩が多く、その南側の2km幅の所は砂岩および砂岩粘板岩層が卓越し、それより南の幅2~3kmは粘板岩が著しく卓越しているという風に大きくみて帯状の繰り返し認められ、岩石種と侵食係数との比較や岩石種固有の侵食係数測定に都合よく配列している。そして第2,3図に示すように、この地域内における主要な断層その他の構造線が大体把握されているので、これらの影響による擾乱もある程度推測なしうであろう。

構造線と山崩現象との関係については、後述するので、こゝでは述べないことにする。

地形の面から、この地域を考察すると、流域内の最高点でも、1,700mは超えていない。大井川上流が3,000mを超える峻嶺で囲まれているのとは大分違つている。尾前上流の古生層地域は、やゝ従順な山容を呈しており、最上流であるにかゝらず、峻嶺感が比較的すくな



第2図 耳川上流地方地質図

い。

水無川の沢は、南半が輝緑凝灰岩および石灰岩が多く露出して独特な悪地地形を呈して、凹凸が激しい。この傾向は東へ松木方面まで連続する。不土野川は完全に四万十層中を流下しており、全域の98%は中生層であるがなぜか侵食係数は0.0484であつて、古生層の砂岩粘板岩層とは同様の値を示している。

残りの地域は直接上椎葉貯水池の周辺地域である。そしてこの貯水池完成後地下水位の上昇とか、植被の変化、または人工的な切さく等によつて自然状態に変動がもたらされてきて、これらの小溪流によつて貯水池中に運搬される砂礫の量や、流況状態に関する何らかの変化が現われないかという点を調査した。堆砂調査という、いままでは本流によつて運搬されるものを中心として調査がされてきているので、周辺のごく近い距離からの砂礫の供給量について調査してみる必要を痛感した次第である。

地域的にみて、不土野川の河口から約2kmほど本流

を南下した所の右岸に、上福良という部落があるが、この付近は地質の項で述べなかつたが、局部的に阿蘇火山の噴出物で覆われている所で、岩質が脆弱なうえに、ここを通過する東北東方向の断層(第2図参照)があるため、侵食がはなはだしく崩壊地が多い。しかし侵食係数は、かえつて低下して0.0473を示している。この理由については、すでに大井川調査の結果、説明のさい述べたように、現在大きな崩壊の起こっている所は小谷が崩れてかえつて起伏が小となるので、このような値を示すのである。

対岸の横野にも山頂から狭長な山崩れがあり、この付近の地盤が弱くなつてゐることを示している。この阿蘇火山噴出物は横野の近傍の尾八重狩底にも存在するが、山肌はそれほど荒てゐない。しかし道路がよく決潰する事実がある。貯水池にのぞむ溪流には、貯水池完成後と思われる時期に大きさ10~100cmに及ぶ礫が転落してきているのが諸々に認められる。尾八重狩底から下流、下福良一持田に至る間は第2図に示すような断層が認められるようであるが、あまりその影響が地形の上に現われてゐない。比流量(第4図参照)の上によつてその傾向を示しているようである。

以上は本流沿いの部分であるが、南端の馬口岳方面から流出する新橋川(仮称)は、その沿岸に多くの崩壊地を有し、貯水池に対する砂礫の一大供給源となつてゐる感が深い。

とくに小崎付近の左岸、小向川の上流、および小向地区の一部の貯水池に対する滑動等、将来大暴風雨でもあつた場合に、相当大規模な荒廃状況を出現させる可能性を含んでゐるので、とくに注意して調査を実施した。

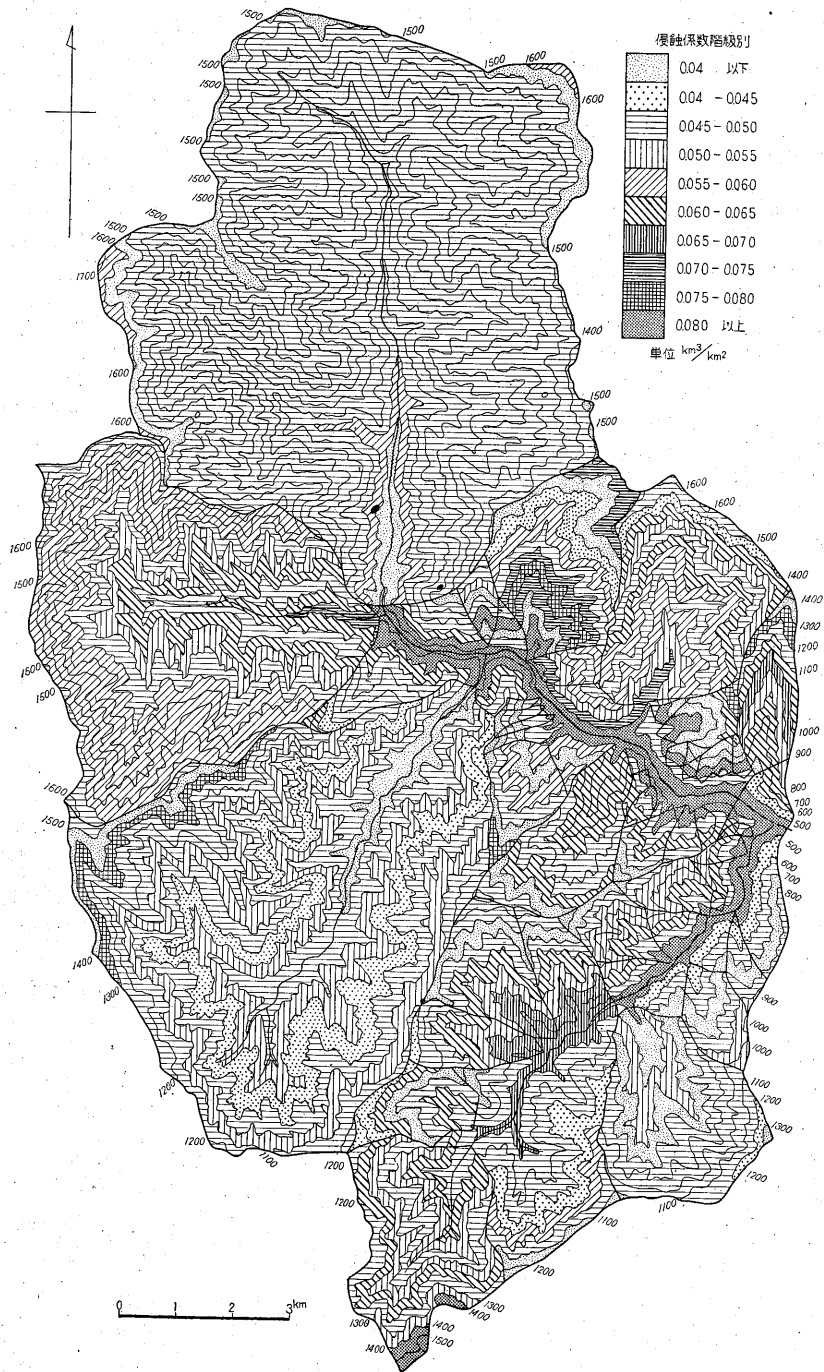
4. 各種野外調査の成果とその説明

本調査は昭和32年11月中旬から12月初旬にかけて実施した。とくに現地調査にさいしては、九州電力株式会社本社建設部および富高電力所から多大の援助を受けたのでこゝに深謝の意を表する。

4.1 比流量調査とその結果

従来の方法にしたがつて、各支流の流量測定、水比抵抗値測定、pH測定ならびに河況観察を実施した。測水断面は34カ所であつた。水位は耳川の低水と濁水の中間の水理状況であつた。測定期間中降雨もなく、相互の比較には支障がなかつた。測定結果を整理して等値線を入れたものが第4図である。

全体を通覧すると、一般的に大井川ほどの著しい差がなく、地域的に平均した状況を示している。そして等値線のあり方が大体地層の走行と平行した様相を示してい



第3図 上椎葉貯水池流域の侵食状況

宮崎県耳川上流地域の荒廃状況と上権葉貯水池の堆砂 (渡辺和衛)

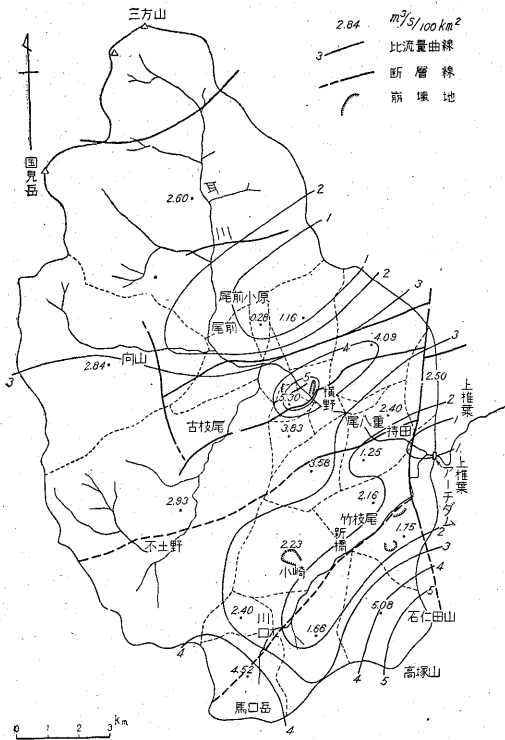
第1表 耳川上流上権葉貯水池流域水理・水質測定表

地 域	流域面積 (km ²)	流 量 (m ³ /sec)	流 量 比 (m ³ /sec/ 100km ²)	水 温 (°C)	pH	K _{OH} -cm	溶 液 物 質 Kg/day/km ²
耳 川 本 流	62.58	1.505	2.40	12.4	7.6	26.7	45.7
水 無 川	25.90	0.735	2.84	13.0	7.8	14.9	110.4
不 土 野	40.32	1.182	2.93	12.0	7.2	33.6	40.5
滝 西 方	0.78	0.002	0.25	10.0	7.6	16.2	9.9
滝 ア ロ ー 谷	6.38	0.026	1.16	10.0	7.6	14.4	16.4
松 木 川	8.70	0.356	4.09	10.7	7.5	26.2	95.4
猪 追 谷 沢	1.00	0.008	0.80	8.8	7.4	39.6	13.8
高 尾 沢	0.22	0.013	5.90	9.4	7.5	34.2	81.7
持 田 川	2.50	0.061	2.46	9.0	7.2	33.3	42.4
福 良 (1)	0.12	0.011	9.40	12.0	7.0	32.7	294.7
〃 (2)	0.12	0.002	1.80	12.0	7.0	33.3	27.7
池 ノ 本 川	1.87	0.045	3.78	11.0	7.2	36.0	35.3
下福良 オニマ沢 (1)	0.18	0.006	3.17	10.2	7.1	35.7	46.5
〃 西 側 (2)	0.75	0.001	0.13	10.5	6.9	30.6	2.5
〃 (3)	0.26	0.001	0.40	14.0	6.9	36.5	6.0
一 つ 戸 川 (4)	4.40	0.157	3.56	11.5	7.1	36.0	44.2
桑 弓 野 (1)	0.09	0.0014	1.55	13.8	6.7	49.5	21.4
〃 (2)	0.31	0.0015	0.50	9.4	6.8	55.8	4.1
〃 (4)	1.04	0.053	5.10	14.0	7.2	29.7	88.4
〃 (5)	1.50	0.050	3.33	13.3	7.2	31.1	63.3
〃 (6)	0.13	0.0007	0.54	11.7	7.2	36.0	79.0
新 橋 右 岸 (7)	7.36	0.373	5.07	10.0	7.2	42.3	70.1 (白粉俣沢)
新 橋 左 岸	3.33	0.085	2.24	13.0	7.2	35.9	37.3
川 ノ 口 北 支 流	2.24	0.055	2.43	9.6	7.1	40.5	33.6
川 ノ 口 本 流	7.40	0.294	3.97	8.0	7.1	52.2	34.3
小 向 石 仁 田	1.50	0.068	4.53	11.0	7.2	33.3	70.5
〃 北 部	0.62	0.016	2.57	14.2	7.0	37.8	37.7

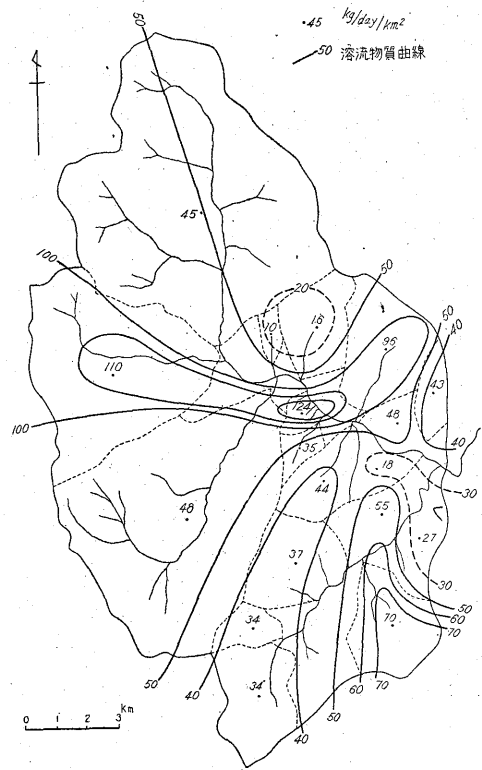
る。古生層地域は2~3 m³/sec/100km² の値を示している。しかしこれは広さの割に測点が疎であるから、これをそのまま変化のない所ということとはできない。仏像構造線に近づくにしたがつて、石灰岩が多く露出している。図をみると尾前小原から東北東にかけて比流量の低い地点が存在している。しかしこゝは仏像構造線がもつとも

発達している所であるので、その影響も強く示されるであろうし、いまのところどちらともいい難い。

次に上福良を中心として、かなり比流量の高い地区がある(4~5 m³/sec/100km²)。この地区は、前橋でもすでに述べたように、阿蘇火山の噴出物がよく発達している所であり、そのうえ断層があつて崩壊の著しい地点になつてい。松木川の谷も崩壊地が相当多く、河床はか



第4図 耳川上流上椎葉貯水池流域比流量等値線および地質構造



第5図 耳川上流上椎葉貯水池流域河川溶出物質量等値線図 (岩石風化度)

なり荒廃して貯水池に相当多量の砂礫を供給している。地質は一般に砂岩が卓越している。小溪流の河床には10~100 cm大の巨礫が累々として転がって、ほとんどが砂岩である。粘板岩は大概細片となっている。このことは大井川の場合とよく似ている。

この地帯は今後も荒廃はなほだしさを加えるおそれがあり、対策の考究を必要とする。

尾八重より南東は、またもとの2~3 m³/sec/100 km²の値になっている。しかし持田・竹枝尾・新橋・川ノ口小向の地帯は比流量が低く、1~2 m³/sec/100 km²の値を示している。こゝも第4図にみられるように断層線および推定断層が楔状に並んでいる地帯にあたっている。とくに新橋川に沿う断層、およびそれに伴った破砕帯が、この流域の崩壊の原因か、または崩壊現象を助長しているものと推察される。そして右岸側の4~5 m³/sec/100 km²に及ぶ高い比流量地帯が接近して存在し、著しい不連続の状態を示している。そしてこの不連続な地点から供給される砂礫の量は、貯水池堆砂増大の脅威を与えているのである。

4.2 河川溶出物質量について

河川水の電気伝導度を測定したが、これは河水中に含

まれる各種イオンの総計を概略的に把握しようとするものであつて、一種の岩石風化の度合を示すものとして用いている。一般にこのような水源地帯においては、温泉作用とか変質作用が大規模でない場合は、この電気伝導度 (micromho 単位で計測) でもつて代用しうる。温度による補正を充分に実施しないと、このような稀薄溶液では誤差が大となる。そして河水中の濃度のみでなく、これに流量を乗じて、しかも単位の広さに計算し直して相互の比較に便ならしめた。したがつて kg/day/km²の単位で示すことにした。各河水の溶存イオン総量に大した相違がなければ、数値はもつぱら流量に比例することになったので、等値線を描けば第4図の比流量図と大した相違を示さない形となる。第5図がそれである。これは大井川の例と比較すると著しく低い値を示す。したがつて岩石風化の度合が、やゝ弱いともいえる。

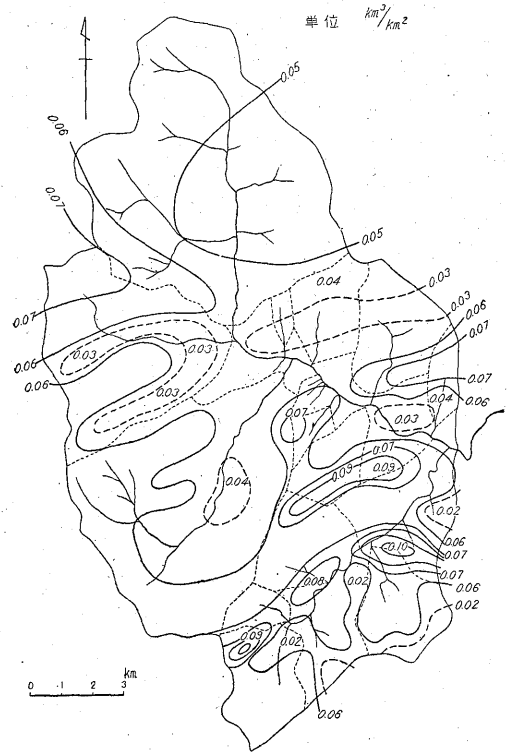
第5図について説明を加えると、古生層地帯では50内外の値を示している。これは主として砂岩・粘板岩およびその互層からなつているところの値である。しかし輝緑岩・輝緑凝灰岩・石灰岩地帯では、急に値が2倍以上に増加している。たゞアロー谷川付近は流量が小さ

いので見掛上 10~20 位の値を示している。濃度そのものをみると、むしろ最高の濃度 (45ppm) を示している。本地域は最高濃度は上福良付近の 124 kg/day/km² である。水無川—上福良—松木川の一帯が 100 以上の値を示す所である。大井川上流部のように、700 とか 500 とかを示す所は一つもない。後で示す侵食係数との関係を見ても、大体高い値の所は高い値を示して正の相関がある。たゞ石灰岩のみが著しく異なった相関を示すのである。石灰岩は溶食現象が強いので、山体も丸味を帯び侵食係数が低くなるのである。持田—竹枝尾—小崎峠の方向に発達する粘板岩地帯が案外に低い値を示し、予想に反した結果となっている。侵食係数は低い値を示さないで、竹之枝尾付近小溪流で観察したように、岩質が千枚岩質になつていて、化学的風化に対して比較的強いが、層理に沿つて剝離するためと解すべきであろう。

白杵俣川はやゝ濃度が高い。その東隣地区はこれまで著しく低くなつてゐる。この小向地区は一部に貯水池に向かつて滑動を起こしている。そしてこの付近の溪流水の水質は、水比抵抗値で 100,000 Ω-cm (9°C) 以上であつて、まれにみるきれいな水で、雨水そのままといつてよいものであつた。そして民家の地下水も、ほとんど同様のものであり、その理由についてはいまのところ解釈がつかないのである。

4.3 侵食状況図 (第3, 第6図参照)

第3図はかつて大井川上流調査に用いた崖端侵食量測定法を、5万分の1地形図上で机上作業として実施した。そして各100m等高線間で求めた侵食係数を階級別にして示したものである。この図に示されている状況を現地観察とともに検討してみると、耳川本流の尾前以北の部分はすでに述べたように、侵食係数が案外に低く、しかも一様の分布状態を示している。これはやゝ従順の山形の観察によつて首肯される場所である。小規模な断層線以外の所では、大した擾乱を示していない。大井川上流部も全くこのような景観を呈しているが、大井川の方はいくぶん侵食が復活して下流側において、相当はげしく侵食されている様相を示している。これは隆起その他の地殻運動を示すものであろう。こゝではその傾向は僅かに示されているにすぎない。南接する水無川の地区は、これに反して擾乱がみられるが、この図の表現では、どこにその低い所があり、高い所があるかが判然としないのである。そこで第2表に示すように、便宜上古生層と中生層とに分けて各岩種による侵食係数 (これを岩石固有侵食係数と名づけておく) を地質分布図と侵食係数との関係から求めてみた。このような作業の基礎資料としては、地質調査が充分正確に実施され、その岩



第6図 耳川椎葉貯水池流域岩石種類による侵食係数分布図

相の細分にも充分の注意が必要である。現行の地質図はこの目的に沿うよう作成されたものではないが、これ以上のものがないので、いまはこれによつた。そしてこのような機械的な計算をすることは、かなりの危険性もあることと思うが、1つの試みとしてみて頂きたいと思う。岩石固有侵食係数を求めて分布図を描いたのが第6図である。

砂岩とか、粘板岩によつて大体似たようなおのの係数が求められるような予想をもつたが、計算結果は必ずしも予想通りでなく、常識的には堅硬と考へていた砂岩が、案外に脆弱性を示したり、粘板岩が案外強かつたりしている。これは断層や岩質等の因子がはいるためと思われる。この図によつて水無川流域をみると、北半がかえつて侵食係数が高く、南半が低くなつてゐる。低いのは石灰岩地帯であることがわかる。石灰岩は機械的風化に相当強いと考えられている。しかし化学的風化するや溶食作用が著しい。一口に石灰岩といつても、純・不純があり風化に対する抵抗性も異なつているから簡単に表現しがたい。西偏するにしたがつて、輝緑岩や輝緑凝灰岩が多くなつて岩質が変化し、かなり高い侵食係数を示すに至つてゐる。北半部の高い値を示す理由は明らか

第2表 耳川上流上椎葉貯水池流域の岩石種百分率と各種測定値

地 域	流 域 面 積	古 生 代	古 生 代	古 生 代	中 生 代	中 生 代	中 生 代	侵食係数 (km ³ / km ²)	比流量 (補正) (m ³ /sec/ 100km ²)	溶 物 質 (kg/day/ km ²)	構造 ・ 崩壊	岩 種 別 の 固 有 侵 食 係 数 推 算 結 果
		古砂岩 粘板岩 (%)	古輝緑岩 (中生) (%)	古石灰岩 (%)	中生砂岩 粘板岩 (%)	中生粘板岩 (%)	中生砂岩 (%)					
1 耳川本流上流	62.58	98.0	1.0	1.0				0.0482	2.60	45		古生層地域, 最上流で侵食はなほだしく侵食係数低下
2 水無川	25.62	41.6	26.7	31.2	0.1			0.0560	2.84	110		古生・中生層混合地域における岩種別の固有侵食係数
3 不土野川	40.25	2.9	3.5		10.4	41.2	42.0	0.0484	2.93	48		古 生 層 中 生 層
4 水無下	4.14		5.9	21.9		48.7	23.5	0.0589	—	—		
5 滝西方支流	0.93	52.6	4.3	43.1				0.0503	0.28	10		砂岩粘板岩互層 0.0685 砂岩粘板岩互層 0.0375
6 アロー谷川	5.93	45.7	1.7	35.0		10.3	7.3	5.0525	1.16	16		輝緑岩様層 0.0606 粘板岩層 0.0489
7 松木川	10.15	45.6	4.9	15.0	2.8	32.9		0.0557	4.09	96		石灰岩層 0.0292 砂岩層 0.0666
8 持田一尾八重	2.46				61.4	22.4	16.2	0.0482	2.40	48		中生層の各流域における岩種別固有侵食係数
9 持田川	2.85				38.6	11.2	49.2	0.0568	2.50	43		x=0.0522
10 福良小流域	0.67		8.0		24.0	39.0	29.0	0.0473	5.30	124		平 { x=0.0355
11 池ノ本川	2.36				14.0	2.0	84.0	0.0447	3.83	35		y=0.0239
12 下福良一狩底	2.14				14.4	58.2	0.8	0.0560	1.25	18		均 { z=0.0666
13 一つ戸川	4.28				50.6	45.3	4.1	0.0525	3.58	44		x=0.0188
14 桑弓野一竹枝尾	4.28				13.6	74.2	12.2	0.0513	2.16	55		y=0.0910
15 新橋小崎左岸	7.05				8.1	85.2	6.7	0.0544	2.23	37		全 { z=0.0479
16 川ノ口北支流	2.30				15.2	80.0	4.8	0.0479	2.40	34		x=不定
17 川ノ口上流	6.60				14.6	42.0	43.4	0.0512	4.52	34		平 { y=0.0594
18 新橋一川ノ口右岸	8.06				6.1	34.3	59.6	0.0505	1.66	—		均 { z=0.0666
19 白杵俣川	7.23				13.4	51.6	35.0	0.0468	5.08	70		平 { x=0.0394
20 小向近傍	4.32				32.0	50.0	18.0	0.0454	1.75	27		均 { y=0.0403
												z=0.0760
												全 { x=0.0375
												平 { y=0.0489
												均 { z=0.0666
												中生層中で最も構造線発達(破砕帯)し係数値低下

(註) x=砂岩粘板岩互層 y=粘板岩層 z=砂岩層

でない。

引続いて主として第6図によつて他の地域の状況を見ると、不土野川の流域は、前述のように耳川上流部の古生層地域と非常によく似た状況を示している。第2表の後の方に固有侵食係数を求めるために、各近隣の相似の地域ごとに岩石種百分率と侵食係数との間に三元一次連立方程式（観測方程式）を立てて解を求めてある。x, y, zの値（固有侵食係数）は、岩石名は同一であつても地域的に値が異なつている。いまこの不土野川流域において、

中生砂岩・粘板岩層	0.0375 km ³ /km ²
“ 粘板岩	0.0489 “
“ 砂岩	0.0666 “

とすると面積百分率の点からみて、流域の平均侵食係数は0.0481となつて近似してくる。

また一面、本流域は粘板岩が卓越しているから、この値に全体が似てくるともいえるようである。

次に灌・アロー谷方面は、古生層の続きの部分であるので、石灰岩の地帯が低い値を示す。

上福良の崩壊地が0.07に近い高い値を示すのは前後矛盾した表現となるが、この付近は砂岩の卓越する所なので、砂岩固有の侵食係数を示したので、実際は火山噴出物が覆つているので、低い値を示し、さらに崩壊がその値を低めているのである。松木一持田は古生層を除いて粘板岩地帯が比較的低い固有侵食係数を示している。おそらくこの地層は早くから侵食をうけて丸味をおびてしまつているのであろう。そしてこの地層の北接部分に仏像構造線が走つており、その両側200~300mは破碎帯があるのでその影響も十分に考えられる。とにかく0.024とは異常な値である。そして砂岩や互層の固有侵食値が高いのは、断層線がこれらの間を走つていることが多いことも1つの原因であろう。池ノ本一つ戸付近は、粘板岩および砂岩粘板岩互層のよく発達する地区である。この固有侵食係数は、

砂岩粘板岩互層	0.0198
粘板岩	0.0910
砂岩	0.0479

という極端な値を示している。互層が比較的低い値を示すことは、不土野の例で考えられるが、これはまた極端な値である。この地区では粘板岩地帯と互層地帯との境界を比較的大きな断層が走つているので、これによる擾乱を示しているとも考えられる。この断層のために互層の部分は大きな破碎をうけて、比較的早く峻角がとれて丸味をおびた山形となり、谷の発達も悪い。これに反して粘板岩の部分はまだ崩壊の途中であり、比較的峨々た

る山容を呈しているとも考えられる。それには千枚岩質の粘板岩の存在も影響を与えていると考えられる。

さて問題の新橋川流域であるが、こゝは河道に沿つて走る断層およびこれに伴つた破碎帯の存在に充分注意の必要があつたが、現在この位置は貯水池の水の下に入つているため、直接観察することが不可能である。第2表の14, 15, 16と17, 18, 19の各群で求めた固有侵食係数は、同表の後でみられるように著しく値が変動して、本地域の破碎帯の規模が相当大きいものであることを物語つているようである。

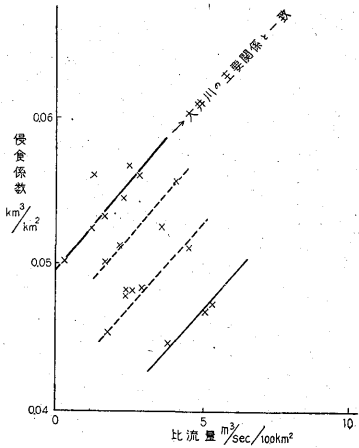
この区域の平均値では

砂岩粘板岩互層	0.0394 km ³ /km ²
粘板岩	0.0403 “
砂岩	0.0760 “

の値を示している。こゝでも砂岩層が一番凹凸起伏のある地形を示している。そしてこゝでも互層の部分の低い値を示している。第6図は各群の固有侵食係数のみで描いてあるから、やゝ極端な表現になつている。これで見ると、竹枝尾の西部の山稜付近に0.09という高い値のところがある。主として砂岩層の発達するところである。竹枝尾—新橋—小崎と西偏するに従つて互層の部分の値が高くなることが示されている。現地の実地はどうかといえば、小崎の左岸には著しい荒廃地があり、砂礫の流出もはなはだしく、現在も砂防対策工事が実施されている所である。川ノ口—小崎峠の地域は、踏査不充分のため判然としない。次にははなはだしい高い値を示す地点は、白杵俣—小向間の互層の発達する地域であり、古くから砂防工事が実施されている所である。小向の下流500mの野間氏宅付近は、昭和29年4月からこの貯水池湛水を開始してから4カ月目の7月22日から、山林畑地の諸々に亀裂を生じた。この方向はほぼ東西に走つて河川とほぼ平行している。とくに墓地の台石までこの方向の亀裂が入つているのは珍らしい現象である。河岸の露頭をみると一見山崩後の崖錐地のような感じを与え、破碎帯の発達が著しいことがわかる。水質の項で述べた地表水、地下水の成分の稀薄な点も、裂隙がよく発達するため、水の流通がよく、雨水がそのまま流出すると解釈すれば解釈できないことはない。以上で第6図を主とした本地域の侵食状況をやゝ数量的に述べたわけである。後で河床堆積砂礫の質と量および供給源の説明をするが、以上の説明を了解しておけば、一層わかりやすいと思う。

4.4 各種測定値間の関係

第7図として大井川の場合と同じく、比流量と侵食係数との関係を示した。各岩種別による比流量を求めてないので、両者の関係は求められなかつた。図上では点が



第7図 比流量と侵食係数(散在して関係が認められないようであるが、近接地区で同一地質の地点を結ぶと図のような関係が得られる。大井川の場合と微係数は同様である。)

散点して、むしろ負の関係を示すようにみられるが、近接地区で地質状況の似た所は図のように4群に分かれて示される。一般にこのような相当複雑な要素から成立つ二函数間の関係は、一本の線で示されることが少なく、その意味では関係がばくぜんとしたものになる。あくまで大体の傾向を示すにとどまる。一番上の直線が大井川の主要な関係と全く一致している。こゝには大崩壊地がないので、大井川のような特殊な直線関係がみられない。

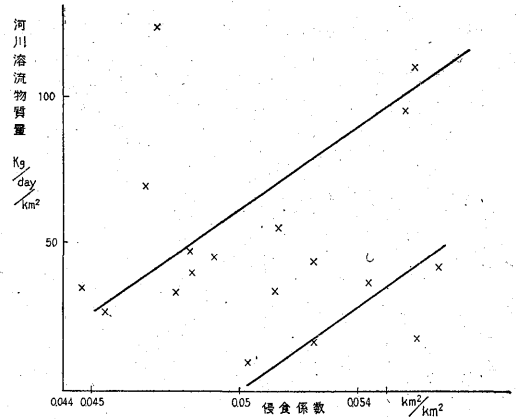
第8図は河川溶流物質量(kg/day/km²)と侵食係数の関係であるが、おおよそ正の関係があると思われる。大井川に比較して傾向はほぼ同様であつても濃度が稀薄である点が異なっている。本地域は高度も低く風雪の害も弱いで、このような風化の程度に差異を生ずるものと思われるのである。

5. 河川堆砂の篩分分析結果について

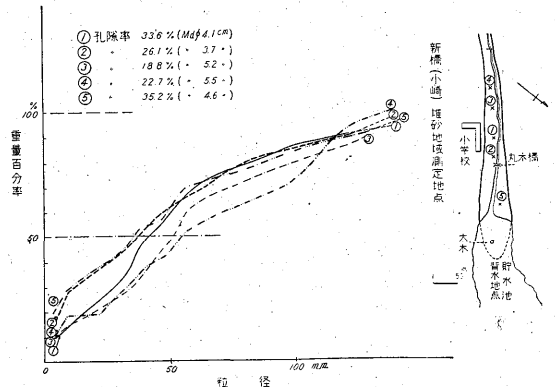
今回の調査では、特別に調製した篩を持参して河床堆積砂礫の篩分けを行なった。

第9図は、新橋の貯水池背水地点に上流から流送された堆砂のなかで表面を5カ所測定した。各点において1m四方で深さ50cmの砂礫を篩分けたものを重量比によつて加積曲線を描いたのである。

この堆積砂礫は、主として昭和27年の風水害のさい上流から運搬され、貯水池へ入つたもののうちの残部である。この砂堆の先端は延びて水中に入つており、満水面汀線から上流400mまでの体積を推算すると(簡易測



第8図 河川溶流物質量と侵食係数(大井川の調査と比較して一般に量が少ないが、函数式は大井川の最低のもの一致する。両者の微係数はほとんど同様である。)



第9図 新橋(小崎)方面堆積砂礫の篩分分析結果(加積曲線)

量を実施したので、約20万m³となる。この河床は旧時は現在より10m低かつたのである。この地点から上流の面積は24km²ある。まだまだこれより上流の河の屈曲点や平野部に堆積した砂礫があるので全体では相当大きな量に達するはずである。通常本川流出率は60%位とされているから、この昭和27年の洪水のさい貯水池に流送された砂礫の量は、この地点だけからでも30万m³に達することになる。このような大風水害は毎年あるものではなく、数年おき位に来襲するものであろうから、毎年このような大きな流送砂礫があるわけではない。平時にはこのように残留したものや、貯水池内に入つたものが常時少しずつ河床移動を起こして前進するものである。貯水池は自然の池と異なり、発電のために水を使用して水位の上昇下降の変動がかなり激しいので、前進速度もかなり速くなることが推察される。

さて第9図の河床礫の平均粒径は上流部が5.2~5.5

cm, それより100~200 m 下流で3.7~4.6 cm となっており, 孔隙率もそれに反比例して変化している。岩石種に分ける作業は時間の都合上実施しえなかつた。一般に3 cm 以下の粒径の所に粘板岩が多くなつていた。そして加積曲線をもて①が④③と②⑤の間にあるのもその上流からの順序からいつて, かなり整然とした規則性を示している。

第10図は新橋川の支流で石仁田山の前山である, 1098.2mの山嶺から北部に流出する小流であるが, この付近は砂岩粘板岩互層を主体とする地質である。石仁田山から南方の大河内地区と同様に山体の崩壊がはなはだしい所である。図にみるように砂防ダムができています。この地区では河床に堆積する礫の垂直分布状態を検討する意味の測定を実施した。下位のものが粒径が大きく, したがつて孔隙率が小さいことも常識通りである。平均粒径が2.4~3.4 cm であつて, 新橋の場合より小となつています。これは, 堰堤によつて淘汰されたためと思われる。たゞそれのみでなく, 流域面積も少で流量も少ないので運搬力が勾配の割に弱いのであろう。

この地点の堆砂量は約3.3万 m^3 位である。これも昭和27年の風水害のさいのものである。後背面積の小さ

い割にすると産出礫の量は大きいものである。ざつと推算してみても1.5 km^2 の面積の所から約8万 m^3 の土砂が流出したことになる。したがつて新橋の例と比較すると1 km^2 当りの砂礫産出量ではこの方が約2.5倍になつている。

第11図は不土野川の貯水池に注ぐ付近の河床礫の篩分分析結果である。平均粒径は2.5~5.3 cm を示してゐて, 新橋の場合よりやゝ少である。こゝは割合に土の量が多く, 3 mm 以下の部分が①の例では15.6%にも達している。貯水池に流下する付近の40~50mは, 大体20m以下の細礫および細砂が主体となつてゐる。この上流の侵食係数については, すでに前節で述べたが互層の部分の値が低くなる点からみて, この部分が多く流亡しているとも考えられるのである。この流域はあまり顕著な断層がないためか, もめている所が少なく, 全般的にははなはだしい災害地の景観を呈しない。しかし流積している礫の量は決して小ではなく, 概算してみると, 24万 m^3 位の量はあるものと思われる。全流域は40.2 km^2 であるから1 km^2 当りの流出砂礫量を前と同様の方法で求めると, 1.5万 m^3 位となる。これは前二者と較べて, かなり小さい値である。

いまこれをまとめて記すと,

1 洪水時 (昭和27年の台風の規模) の流出土砂量 m^3/km

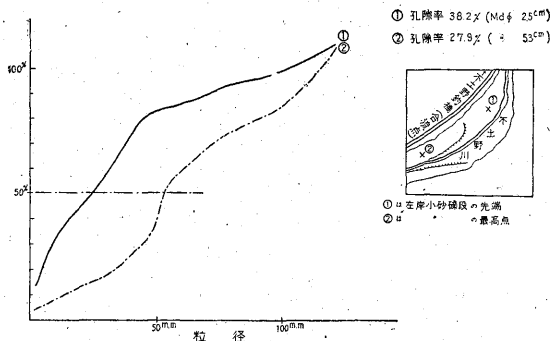
小向石仁田下流地区 5.3万 m^3/km^2 (0.10 km^3/km^2)

新橋川 新橋地区 2.0万 m^3/km^2 (0.052 ")

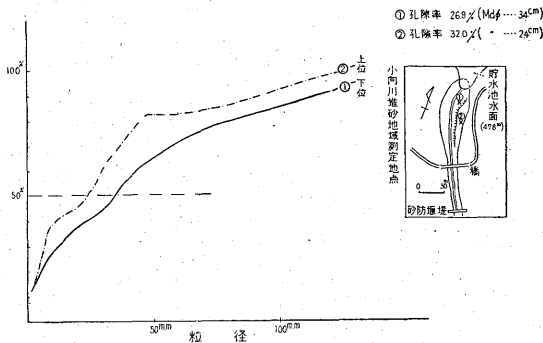
不土野川 釣橋地区 1.5万 m^3/km^2 (0.048 ")

のようになる (括弧内は侵食係数)。

以上はいずれも極端に崩壊した地点における計測であつて, このような流出を示す地点がそれほど多く存在するわけではない。しかも産出した石礫が全部一度に貯水池内に入るわけではなく, 除々に前進してくるのである。



第10図 新橋方面支流小向川 (崩壊地帯) 堆積砂礫篩分分析結果 (加積曲線)



第11図 不土野方面堆砂篩分分析結果 (加積曲線)

6. 上椎葉貯水池の堆砂量の推算

上椎葉ダムは, わが国最初のアーチ式ダムであつて, 堤高100 m, 貯水池総水量9,100万 m^3 に達する最新式のものである。完成は昭和29年4月であつて, もはや5カ年経過している。

この貯水池に対する年間堆砂量が, どの程度のものであるかを, 大井川水系の井川・畑薙両貯水池の例になつて推算することにする。

この上椎葉貯水池の年間堆砂量を推定するために, 長期間にわたつて堆砂量測定を実施された岩屋戸ダムの資料を利用して, これから適用しようとする方法を検討する必要がある。

この岩屋戸ダムの高さは57.2 m, 貯水量, 1,434,186 m³である。流域面積はダム上流の総実面積は339.3 km²である。現在の堆砂率は17.3% (昭和23年末までの計測) より上であろうと思われる。

さて大井川調査報告のさい用いた流砂量実験式

$$S=4.27 e^{118C}+950 \quad (S=\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year} \quad C=\text{侵食係数})$$

を用いて岩屋戸上流から流下する有効流砂量を求めると、十根川の侵食係数は0.0554, 桑木原方面0.0491であり、上椎葉上流は0.0511であるから、総平均は0.0519である。これを上の実験式に代入すれば、2,550 m³/km²/yearとなる。これを全面積にかけると、865,125 m³/yearとなる。ところがこの岩屋戸ダムの捕捉率は大井川の場合に示したように、

$$H=0.0326S+37 \quad (H\text{は堤高(m)})$$

から求めると、 $S=619 \text{ (m}^3/\text{km}^2/\text{year)}$ となる。

2,550 m³/km²/year に対しては24.3%となる。

したがって、年間堆砂量は、210,225 m³となる。岩屋戸ダムの6.2年間の年間堆砂量は平均値として231,320 m³となつている。まず大体この位の差は致し方ないであろうから上の方法はまず使用しうることになる。

さて上椎葉アーチダム上流にこの堆砂現象をしぼつて考察すると、侵食係数約0.0511 面積は209.7 km²である。有効流砂量は式により2,370 m³/km²/yearであるから、年間有効流砂量は、496,990 m³である。これに対する捕捉係数は前に示した式によつて64.2%であるから、319,000 m³ということになる。100 m級の高ダムでは、捕捉係数が高くなるのでこのような比較的高い堆砂量となるのである。

7. 結 言

大井川上流部の荒廢地調査と同様の方法をもつて、耳川上流部の調査を実施して次のような結果を得た。

1) 耳川上流の210 km²にわたる地域において、比流量と侵食係数および地質との間に相当判然とした関係があることがわかつた。

2) 山地風化状況と河川溶流物質量との間にも相当明らかな相関性を認めた。

3) 断層その他による侵食係数の乱れが、固有侵食係数をいくつかの観測方程式を計算することによつて明らかにされた。そして実地踏査の結果と照合して、大体正しいことが認められた。

4) 貯水池周辺部の堆砂を篩分試験することによつて堆砂現象の内容を明らかにすることができ、さらに崩壊のはなはだしいところから、どの位の砂礫の供給があるかを知りえた。

5) 貯水池堆砂量計算には大井川で用いた方法で実施した。その方法の適用性を検討する意味で、岩屋戸ダムの資料を用いたが、適用しうることを認めたので、計算した結果、上椎葉貯水池に対する年間推定堆砂量は319,000 m³であることがわかつた。

(昭和32年11月調査)

文 献

- 1) 野満隆治：河川学，地人書館，1944
- 2) 斉藤正次他3名：宮崎県北西部五箇瀬川・耳川上流地方地質説明書，宮崎県，1955
- 3) 資源調査会：河川堰堤の堆砂量に就て，(1) (2)，総理府，1951
- 4) 杉尾捨三郎：堰上流の堆砂現象に関する実験，土木学会誌，Vol. 38, No. 11, 1954
- 5) 杉尾捨三郎：堰上流の堆砂に関する解析的研究，土木学会論文集，No. 32, 1956
- 6) 田中治雄：我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，1953