

電源開発とダムサイトの地質 (その1)

水力発電事業とその余恵

いよいよ原子力による発電が、夢物語ではなくなつた今日のわが国において、他方依然としてダム式による水力発電の開発事業が盛んに行われていることは、一見矛盾のようにも思われる。

しかしダム建設による開発事業からわれわれが受ける利益は、決して単純な電力の生産だけにとどまることなく、その建設後に派生する効果は、洪水流砂がもたらす悲惨な災害を防除し、あるいは農地への灌漑、工場への給水、都会人生活に欠くべからざる飲料水などの水源が新たに確保されるという、きわめて顕著な恩恵を与えているのを無視することはできない。

したがって建設費だけを比較して両者が大体近似の単価となる見通しがついたからといて、直ちにわが国では水力発電事業が姿を消してしまうであろうと思ひ込むのは、いささか早合点に過ぎるであろう。

ここで重要なことは、いまだわが国には未開発の包蔵水力が、既開発の水力資源(875万KW)の1.5倍(1,378万KW)も残されていることであつて、この天与の恩恵を何とかして完全に利用することはわれわれに課せられた重責の一つである。

ダムの定義と形のいろいろ

一体「ダム」という言葉についてはどんな規定がなされているであろうか?

試みに土木学会の用語委員会できめたものをあげてみると「貯水・貯砂・取水・水位上昇または崩壊防止などの目的を以て河川・溪谷などを締切る工作物」と記してある

さてダムの形状にはいろいろなものがあることは、万人の充分知つていることであるが、それらの形状はダム建設予定地点の地質の良否使用材料等によつて決まる。

すなわち

- ・ 第四紀層のような地盤の比較的軟弱な所には「アースダム(土堰堤)」
- ・ 基盤は堅いが断層とか他の著しい悪条件のあるときは「ロックフィルダム(石塊積堰堤)」
- ・ 基盤が堅くて地質状況の好ましい所には

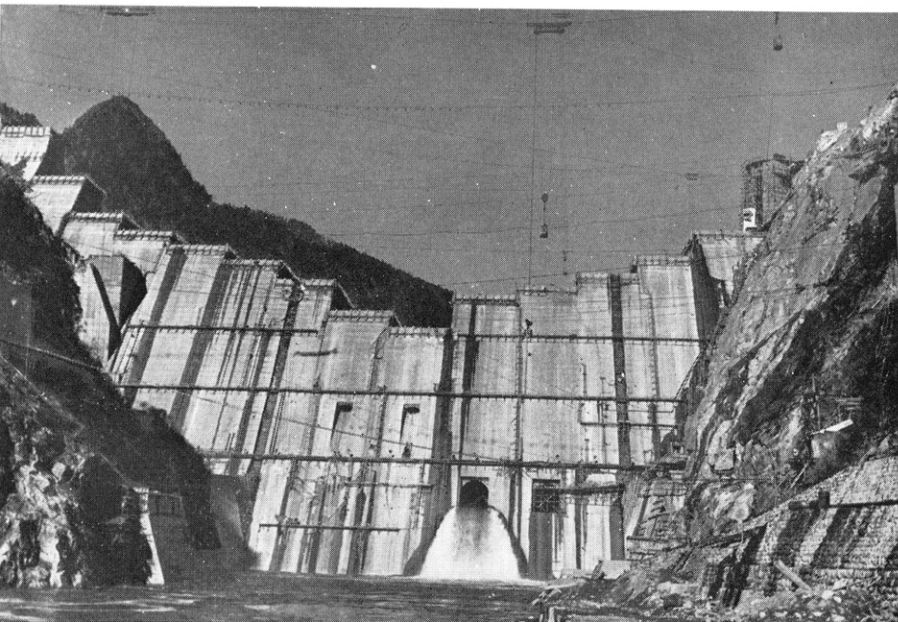
「グラビティダム
(重力堰堤)」

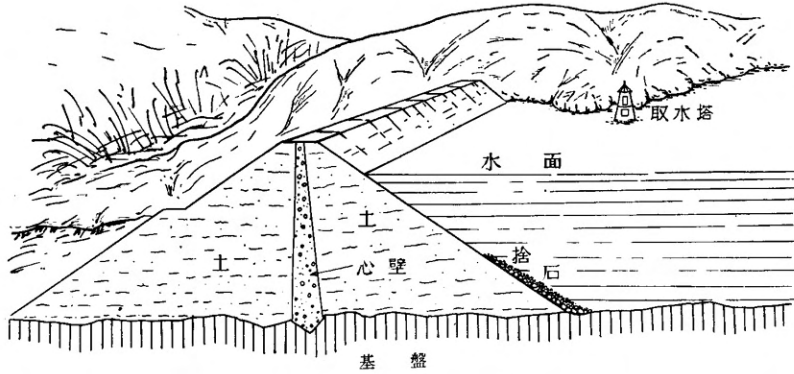
- ・ 地盤が特に堅くて地質条件がすぐれた所で更に谷の断面形がU字に近いような好適の個所には「アーチダム(拱堰堤)」

佐久間ダム

天竜川水系・堤高155m

基盤は花崗岩





アースダム断面図

アースダム(土堰堤)

わが国では、古来灌漑用のために土砂で小沢や窪地の出口などをせき止めて溜池を作る築堤工事が、水田農業の発達とともに各地で行われ、これらの池塘は「つつみ」というゆかしい古称で呼び慣らわされてきたが、形状からいえば今日のアースダムに該当するもので、1,000年以上の古い歴史を秘めて現存するものも相当たくさんある。

その中でとくに7世紀末(奈良時代・大宝年間)に作られた讃岐の「満濃池」のごときは堤高が30mにも及び、当時としては実に画期的な土木技術の所産である。

アースダムは基盤に及ぼす各種の圧力が小さいので、軟弱な地質の個所にも築造でき、粘土砂礫などの材料が現場近くがあれば、工費も割安に仕上がるものである。

ことに近年は土質力学の知識を盛んに応用し、かつ大型土木機械の発達に伴ない、大容量のアースダムが短期間にでき上がるようになった。

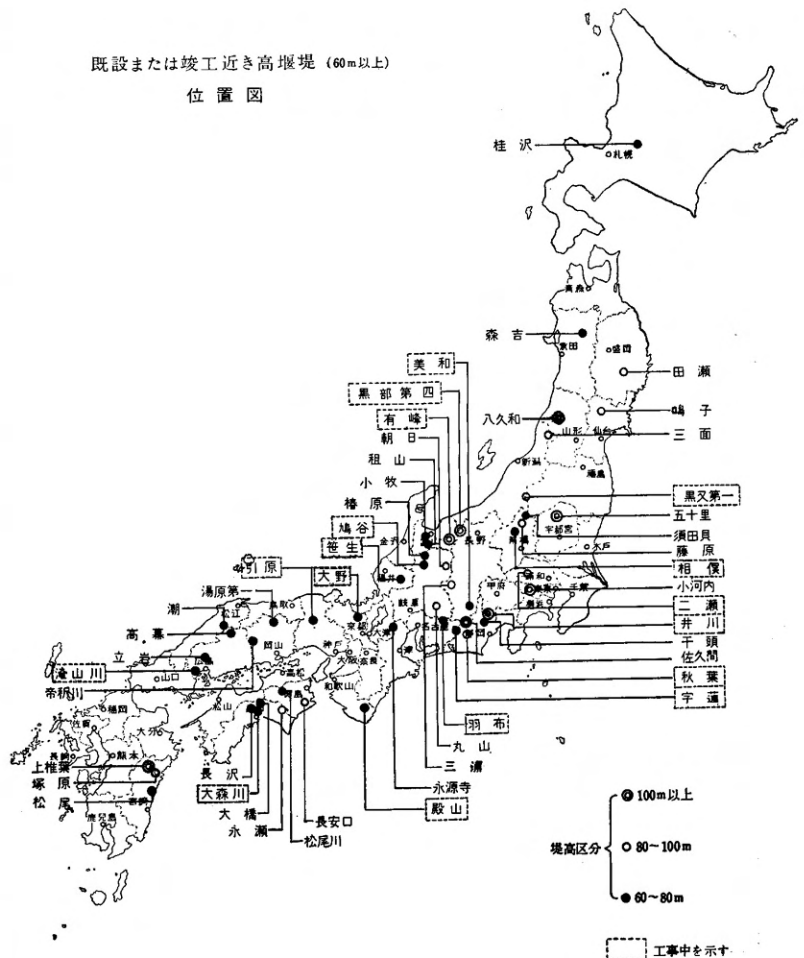
わが国では堤高 25m以上のもの

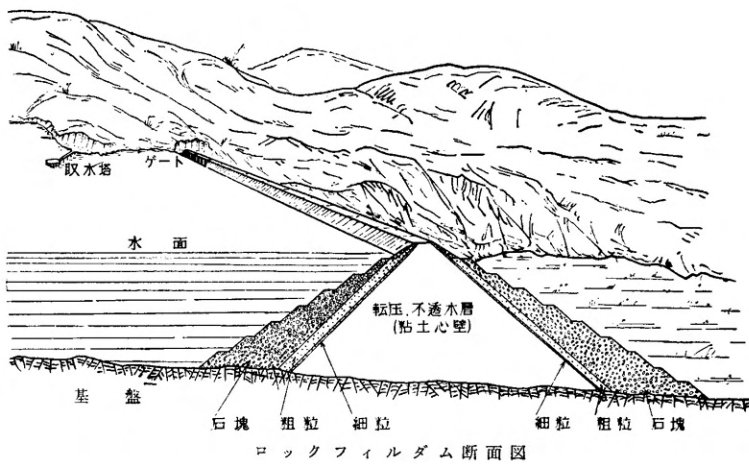
のが既に30カ所を越え、なかんずく信濃川筋の浅河原ダム「堤高 37m・昭和 20年竣工」および北上川筋の山王海ダム「堤高 37m・昭和 28年竣工」などは、代表的な近代式アースダムである。

アースダムはこれを安定させるためには、上下流側の法面勾配をきわめてゆるやか(18°~25°の傾斜)にとり、堤の中心には通例不透水層の心壁(core wall)を設ける。そしてダムの基盤は、堤体が滑らないこと、また貯水が浸透しないこと、地盤沈下の恐れのないことが要請される。

地質調査所ではほとんどアースダムの調査を行つた例

既設または竣工近き高堰堤(60m以上)
位置図





強固な岩盤のところ
が望ましいが、大規模な
断層が通っていたり、
風化しやすい層を挟ん
だりして、重力ダム
には難かしい個所に
この種のダムが建設さ
れる機会が多い。

ただ重要な条件とし
ては、ダムサイトの近

はなかつたが、姫川総合開発調査の際、大所川の水を風
吹火山しらいけの北の白池に導いてこれを調整池となし、日本一
の高落差(800m)で5万kwの発電を起す計画につき、
白池にアースダムを設けて水面を10m上げる案に
ついて実地踏査を行い、その凹地が透水性のない地盤に
立地し、心壁材料はカオリナイトであつて滑動を起す心
配は少ないので、ダムの建設は可能であるという報告を
行つた。

一般的には、ダムサイトに試錐を施し、コアーについ
て透水性の吟味・粘土鉱物検出を行い、基礎岩盤の確認
をした上で築造材料の土質の吟味を行えばあとは工法だ
けの問題となる。

ロックフィルダム(石積堰堤)

形状はアースダムに似て、上下流双方の法面勾配がゆ
るく(傾斜15°~21° 最近は急傾斜のものを造るよう
になり 37°という例もある)、中央に粘土の心壁を入れ、
これを中心にしてほぼ四角に切つた石材を積み上げて造
る石積堰堤のことである。やや長い峡谷でしかも相当に

く築堤材料たる耐久性のある堅い石材の得られること
が必要である。

また心壁材料たる良質の粘土もダムサイトの近くで得
られなければならない。そして建設工事には、これら原
石類の運搬に支障がないように大型トラックや索道が重
要な役割を果たすから、それらに好適な地形的な立地条件
も無視できない。

ロックフィルダムを安定させる条件としては

- 堤体の材料および堤敷の基盤が圧縮に対して抵抗力をそなえていること
- 堤体が滑動しないこと
- 洪水時にあふれた水が堤頂を越流しないこと

などで、この最後の越流を避けるために、設計の際に洪
水はけのための、余裕ある水路を必要とする。

地質技術者はまず石材の原石山の選択探査と、洪水は

けの水路の適地を探さ
なければならないし、
さらにダムサイトの一
般地質調査のほかに、
広いダム敷部分の地下
の漏水性についても、
工事前に一応の結論を
出しておかねばならな
い。

わが国既設高堰堤ベストテン

順位	ダム名	水系・河川	基礎の地質	堤高	貯水容量	出力	竣工年	型式	所在県
1	佐久間	天竜川	花崗岩	150 m	2億500万 m ³	350,000 KW	31	重力	静岡
2	小河内	多摩川	古生代硬砂岩	149	1億4800万	17,200	32	"	東京
3	五十里	利根・鬼怒川	花崗岩・石英斑岩	109	3200万	15,300	31	"	栃木
4	上椎葉	耳川	中生代硬砂岩	107	7600万	90,000	30	アーチ	宮崎
5	八久和	最上・赤川	花崗岩	97	3330万	60,000	31	重力	山形
6	丸山	木曾川	古生代砂質粘板岩	96.5	3840万	125,000	29	"	岐阜
7	藤原	利根川		95	3100万	21,600	31	"	群馬
8	鳴子	北上・江合川	花崗岩	94.5	3300万	18,000	32	アーチ	宮城
9	永瀬	物部川	古生代砂岩・珪岩	85	4500万	22,100	31	重力	高知
10	三浦	木曾・王滝川	石英斑岩	84	6130万	7,700	18	"	長野

位順	ダム名	水系・河川	基礎の地質	堤高	貯水容量	出力	予定 竣工 年	型式	所在県
1	黒部第四	黒部川	花崗岩	182 ^m	1億4880万 ^{m³}	258,000 ^{KW}	38	アーチ	富山
2	奥只見	阿賀野・只見川	凝灰岩・頁岩	157	5億5800万	360,000	35	重力	福島
3	田子倉	〃	安山岩・石英粗面岩	145	3億7600万	225,000	34	〃	福島
4	有峯	常願寺川	礫岩 砂岩 石英凝灰岩	140	1億7750万	27,000	35	〃	富山
5	御母衣庄	川	花崗岩	130	3億3000万	215,000	36	石積	岐阜

基盤は秩父古生層の硬砂岩と粘板岩との互層であるが、現河床下には第四紀の礫が厚層をなして古河谷を埋めている。

ロックフィルダム用になる石材は、風化に強く、靱性があつて砕けやすくなく、水に溶けることなく、吸水しても崩れないような岩質でなければならない。

例えば、花崗岩・閃緑岩・砂岩・珪岩・固結した礫岩などが使用されるが、石灰岩・各種の片岩類・蛇紋岩・頁岩・多孔質の火山岩などは不可である。

わが国では、従来ロックフィルダムはあまり建設されなかつた。戦前に着工され、昭和29年に竣工した岩手県胆沢川筋の「石測ダム」は堤高53mのロックフィルダムであり、堤体積422,000m³貯水量1,200m³という中級程度のものである。

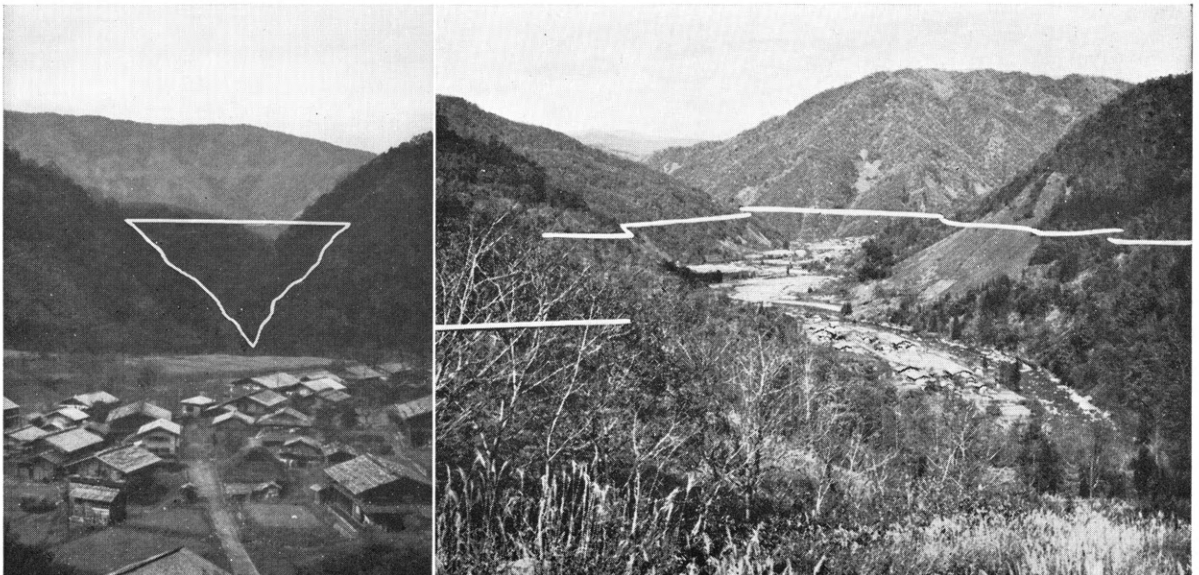
また世界銀行の借款で有名な愛知用水の水源にあたる木曾川支流王滝川の「牧尾橋」地点には、堤高81mのロックフィルダムが本年着工されようとしている。ここは河道に沿つて大きな断層が幾本も通つており、その割れ目から炭酸ガスが噴出するというきわめて悪条件に満ちた地点である。

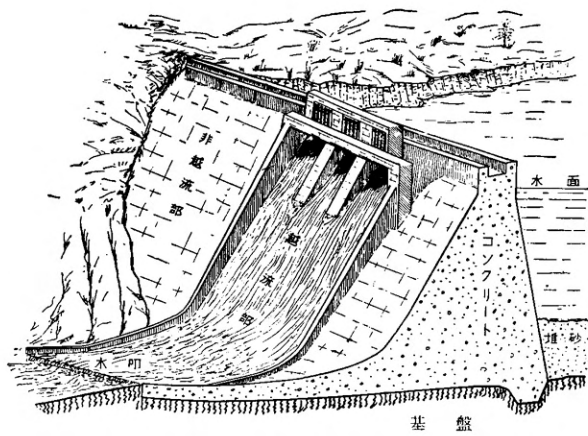
また、最近新聞紙上をにぎわしている庄川上流の「御母衣ダム」(岐阜県白川村)は堤高130mで、堤体積750万m³という世界で第3位のロックフィルダムで、本年電源開発KKの手により工費359億円の予算で着工される。この地点は基盤は花崗岩であるが、断層・裂罅が、縦横に通る非常にもまれた個所であり、堤敷に当る部分に地下水が多くて非常に難しい地質条件となつている。

カリフォルニアのように強烈な地震が頻発する地方にロックフィルダムが世界的に集中して建設(25地点)されているという事実は、耐震性の大きいこの型式のダムの重要性をわれわれに再認識させるものである。

わが国では今後着工されるダムの堤高が毎年高くなる傾向があることや、地質の複雑なことも関連して、地震によつて起きる恐るべき被害を避けるためにも、ロックフィルダム型式の採用を大いに顧慮することになるのではあるまいか。

下小鳥ダム 左 神通川水系小鳥川 予定堤高 129m 地質は飛弾片麻岩 保(ほう)部落から望む
右 湛水池からダムサイトを望む 貯水量は約8,000万m³





重力堰堤断面図

重力堰堤 (重力堰堤)

わが国では、コンクリートダムの大多数がこの種の型式を採用している。最近になって一変型と見られる「**ホロー重力堰堤**」(中空重力堰堤)という進歩したものが発案されて、大井川の「**井川**」地点で、堤高 107m のものが半ば試験的に中部電力の手で実施に移され、目下工事中である。

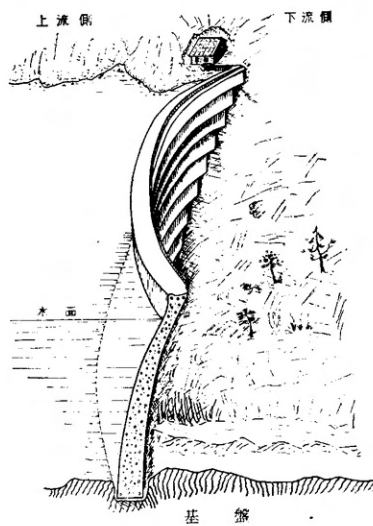
重力堰堤は、安定感をそなえた耐久性に富む簡単な構造を有し、自重によりたくわえられた水の水圧などの外力に抵抗して安定を保たせたもので、骨材にはなるべく比重の大きい材料をつかう。

河幅の大小に拘泥せず、また基礎に良好な岩盤さえ得られれば、いくらでも堤高の大きなものが造られる。

縦断面をみれば、ほぼ直角三角形をなし、上流側の止水壁は鉛直に近く ($83^{\circ}\sim 85^{\circ}$) 下流側の法面の傾斜は $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ の勾配を示すのが常である。

強固な地盤の上に建設されるのを原則とするが、あまり高くない場合 (50 m 以下) には多少地質に欠点があつても、大して吟味を加えることなしに突貫工事で造られてしまう例がないでもない。

また近年は工法の進歩、とくにセメント注入によるグラウト工法の発達により、地盤の人工的補強ができるようになったし、不良地質も規模が大きくなければ、コンクリートで置き換えてしまうから、地質条件のやや不良なダムサイトでも綿密な地質調査の実施後に、明らかに



アーチダム断面図

(109m) などはその著しいものである。しかし絶対に壊れない安全なダムは、何といつてもその地点が地質的に申し分のない好条件を備えていることである。

堅硬な一枚岩からできたような理想的な地点は、めったに見当たらないのが実状であるから、地質上の欠点がどの程度であるかを判定し、その^{きず}をいかにしたら征服できるかを土木技術者に提言することも地質技術者の重要な責務となりつつある状況である。

アーチダム (拱堰堤)

コンクリート式ダムのもう 1 つの型であるこの型式はわが国では最近宮崎県耳川水系の「**上椎葉**」で堤高の大規模のものが九州電力の手で完成して以来、急に世人の注視するところとなつてきた。これは耐震的な構造にすることが困難と思われ、従来見つけていた型式であつたが、遂に実現したのであるから、正に画期的な工事であつたわけである。

河幅は狭く、谷の形が U 字に近い個所であれば、兩岸の岩盤に多少の力が持たせられるから、凸面を上流側に向けたアーチ型のコンクリート壁を張れば、水の荷重はアーチ作用により兩岸の岩盤に伝達され、肉薄のコンクリート壁でも耐えられ、コンクリート量を極度に節約することができ、したがって建設費も低廉に抑えられる。

しかし、この型式を採用するためには、ダムサイトの地形と地質に厳格な制約がある。

された地質的なきずを補正したうえで、ダムの造られた例が次第に多くなつてきた。

たとえば
三浦ダム
(84m)・**五十里ダム**

まず谷幅と谷の深さとの比が 100 : 60 以上でないとう効果がうすく、サイトを構成する岩盤が強固な一枚岩でできていて、重い圧力に耐える支持力がなければならないし、その上に深層風化・変質に耐える岩質で、かつ断層・割目・接目のないことも望ましく、また水成岩であれば層理面とアーチ作用の方向が垂直に近い状態であるようであれば理想的である。なおコンクリートの品質も良質であることが要請され、骨材に関する吟味もとくに重要である。

上椎葉ダムの基盤は中生代の硬い珪質砂岩が大部分であったといわれ、昭和30年にできた宮城県の**鳴子アーチダム**(90m)の基盤は花崗岩であった。なお、目下工事中である関西電力の**黒部第四ダム**は、堤高182mという将来日本一となるアーチダムであつて、昭和38年に完成の予定となつてゐるが、基盤は花崗岩である。

なお現在計画中のアーチダムとして、岐阜県神通川水系の「**下小鳥**」地点には129mのものが関西電力の手で精査中であるが、この岩質は片麻岩である。

また同県益田川筋の「**高根**」地点には中部電力の手で150mの堤高のものが実現しようとしているが、岩質は古生層中の珪岩である。

地質調査所では、上記の下小鳥および高根の両地点における調査に参加したが、外国で成功したような薄肉のアーチダムを張るに足る岩盤に恵まれてゐるかどうかはなお研究の余地が残されており、今なお厳密な調査が当事者の手で実施されている。

ダムサイトにおいて地質上重要な事項としては、その基盤が大きな荷重に耐えるだけの支持力を有し、また充分な不透水性をもち、漏水を起す恐れがなく、年月を経ても変化をきたさないだけの耐久性があることなどが不可欠の条件であつて、このような観点に立つて岩質・層理・地質構造を検討すれば、ダム建設の可能性が自から明らかとなつてくる。

地質を無視しては高堰堤の建設は非常な危険が伴い、かつ工期が意外に遅延し、ひいては国家経済の上から多大な無駄が生じることになる。

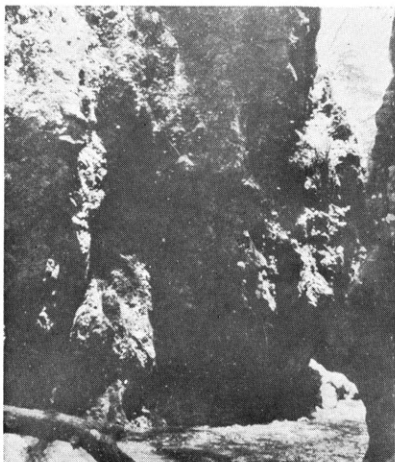
昨年赤谷川筋の某ダムサイトでダムが竣工して貯水を開始したところ、漏水がはなはだしくなつて堤体が危険になつたので、満水の中絶し、新たに前の工事と同額の予算を追加して、工事のやり直しを始めたことが報道されたが、この椿事は左岸側の段丘礫層に安山岩の障壁があつたので、この安山岩にダムの片翼を掛けて工事を行つたところ、安山岩が水を透して段丘のほうへ水が廻つて事故を起こした例にすぎず、事前の調査にわずかの地質調査を怠つた咎という他はない。

このような事例はほとんど毎年1回ほどどこかで起つてゐるが、つまりダムの建設に当つて地質調査がないがしろにされているからである。(続く)

(地質部 応用地質課)

アーチダム建設に適したU字型の谷

岐阜県大野郡高根ダム
予定地点岩質は、珪岩



殿山ダム

日置川水系(和歌山県)
堤高61m 基盤は珪質礫岩

