

岐阜県揖斐川上流電源開発土木地質調査報告

尾 原 信 彦*

Engineering Geology of the Newly Projected Dam Sites on the River Ibi, Gifu Prefecture

By

Nobuhiko Obara

Abstract

Water power of the upper stream of the river Ibi, one of the tributaries of the river Kiso, has not yet been utilized. In order to develop the water power, the Public Utilities Bureau proposes such a trial plan as follows.

1) To construct a high gravity dam (95m) at Sakaigoshi site (elevation 254m) which reserves about 200,000,000 m³ of water (Tokuyama reservoir), and to generate a maximum output of 75,000 kW at the foot of the dam.

2) To construct a low dam (25 m) for regulating reservoir at Haradani site (elevation 230 m), 5 km down the stream from Sakaigoshi site, and to lead water by way of tunnel down to Yokoyama Power House, where some 55,000 kW of electric power will be generated.

The author made a geologic investigation in the scheduled area of the above-mentioned dam sites. It consists prevalably of the Paleozoic sedimentary rocks and schalstein, and faults of a larger scale are found near by.

Sakaigoshi Dam Site: The slope of the left bank is considerably steep (50°) and consists of a rigid mass of quartzite. And the bedding plane is parallel to the slope plane of the ground. The lower half of the right bank, however, is steeper (60°) and also consists of quartzite. Its bedding plane is cut off by the slope plane. Moreover, schalstein and clayslate expose on the upper half of the right bank, and a boundary between quartzite and schalstein is a fault dipping at 80° towards the *talweg*. Therefore, a thickness of quartzite bed under the right side slope may be thin and may have been loosened by weathering process.

This dam site is not recommendable owing to the geologic defects of the right bank, if civil engineering means can not overcome the difficulties. Shifting the dam centre 60 m downwards, the above-mentioned defects will be diminished.

Haradani Dam Site: This site is composed of clayslate and schalstein, between which a low angle fault dipping downstreams is discovered. The strike of the fault is parallel to the centre-line of the dam.

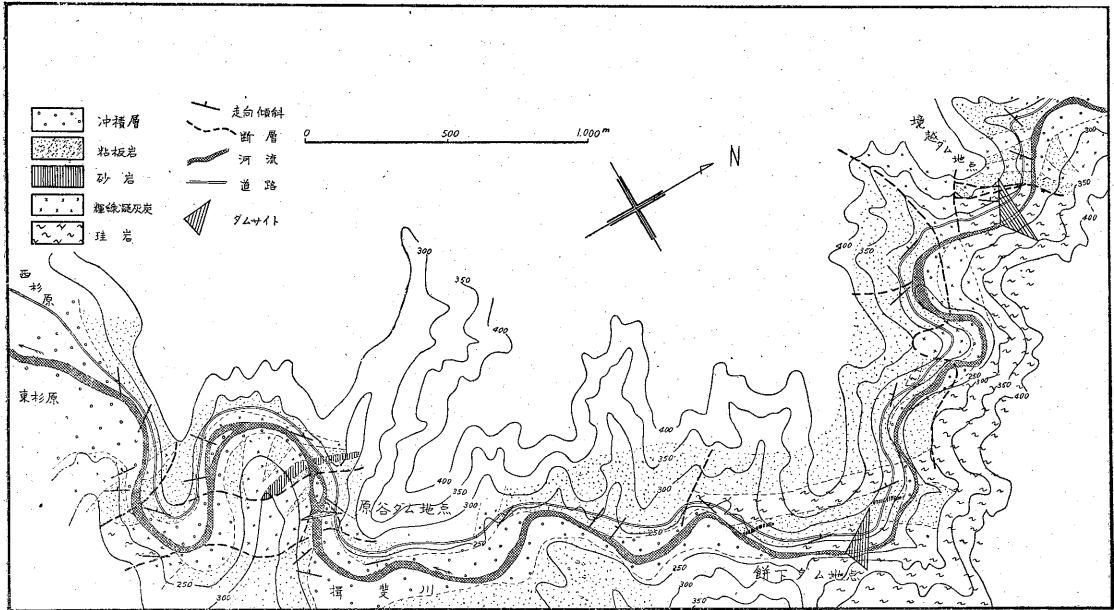
Because the projected dam height is only 25 m, the required bearing strength of base rock is slight, therefore, the leakage of water through the fault is liable to happen after damming up the river. Shifting the dam centre 170 m downwards, then a more stable dam site consisting of graywacke will be secured.

1. 揖斐川開発計画の経緯

揖斐川にはその下流に、古くは自流式の横山発電所(揖斐川電気工業 K.K. 所有)、近くはダム水路式の久瀬発電所(中部電力 K.K. 所有)などができて、開発も緒についたが、中流部および上流部は未開発のままに放置されている。最近になつて支流広瀬川の洪水を調整するた

めに、揖斐川の中流の西横山地点(標高 137 m)に、建設省提案の多目的ダム(堤高 79 m)が目論まれ、また昭和 26 年度には公益事業委員会により、上流部の壩原地点(標高 355 m, 堤高 75 m)、および支流戸入川の上開田地点(標高 320 m, 堤高 70 m)の 2カ所のダム式発電所計画に対する調査が行われた。さらに昭和 28 年度には岐阜県の揖斐川総合開発計画に基づき、同県土木部により揖斐川上流東杉原字餅下り地点(標高 240 m)に堤高 78 m

*地質部



第2図 揖斐川上流ダム予定地点地質要図(ルートマップ)

ぶことにする。

これに対して、幾分古い地層群があり、主としてチャート・石灰岩およびシャールスタインで構成され、前記の黒色粘板岩層に逆断層ないし衝上断層をもつて北方から乗上げている模様であり、この地層はこの路線区間では見掛上は上位にあるので、上層と呼ぶことにした。この上層は揖斐川流路に部分的に現われており、一般走向はN30~70°Eで、北西に急傾斜している。

岩石の特色

「黒色粘板岩」 黒色粘板岩はあまり硬質ではなく、走向傾斜はチャートなどの硬質な岩石の附近において擾乱する特徴がある。

「シャールスタイン」 通常青色を呈し、風化してやゝ濃緑色を呈し、細粒かつ幾分軟質であり、土木工事を施す際には、注意を要する部分が存在する。踏査した路線(県道)に沿つては、熔岩らしいもの(例えば輝緑岩)はみあたらず、多くは火山灰の固結したものであり、しかも水中に堆積して成層した関係上割合に層理が明瞭なものがみられた。そのうえ、往々石灰分が優勢となつている箇所も見受けられ、またときには火山砂の膠結したと思われる粗粒の部分も現われ、この箇所では岩質はやゝ堅硬であつた。

「硬砂岩」 この路線区間ではまれにしかみあたらず、いずれも黒色粘板岩層にレンズあるいは数mの薄層として挟在している。

「チャート」 下層の方にてでくるチャートは厚さが小

さいが、上層の方にてでくるチャートの層厚はきわめて大である。双方とも特有の縞状の成層面を有し、かつ微褶曲を繰返し、硬さも非常に大である。

「石灰岩」 踏査した路線区間には現われなかつたが、境越ダム地点左岸遙か上方(比高150m)に白色の石灰岩の露岩がみられた。

地質構造

この路線区間には、大小あまたの断層が存在し、いわば小地塊の寄木細工のような構造を呈し、それぞれの続き具合を追跡するには非常に困難を感じた。

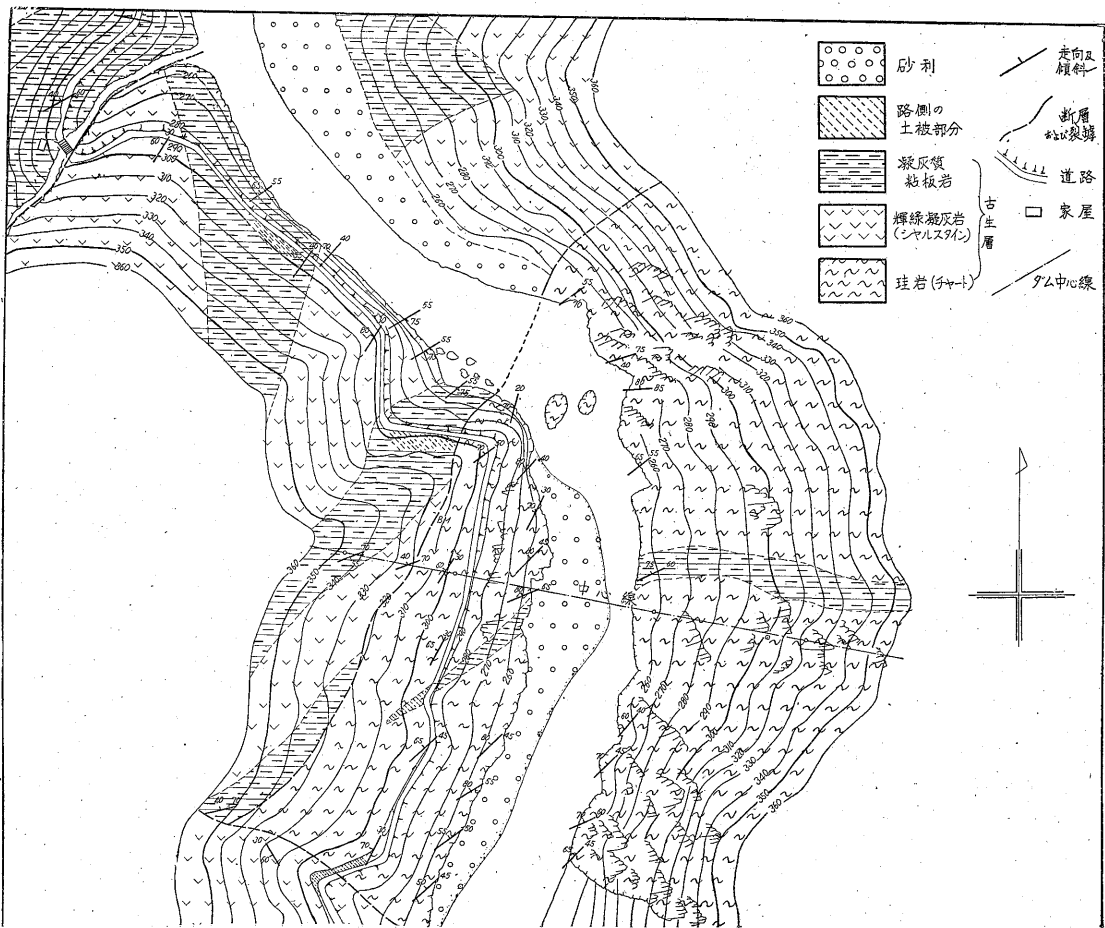
前述したような衝上断層構造(thrust structure)らしいものが、境越ダム地点附近に存在し、相当大規模のものらしいが、詳細な構造はあまり明瞭にはわからなかつた。その他の断層はあまり大規模なものではないけれども、長い隧道を掘鑿するような場合には、相当注意を払う必要がある。

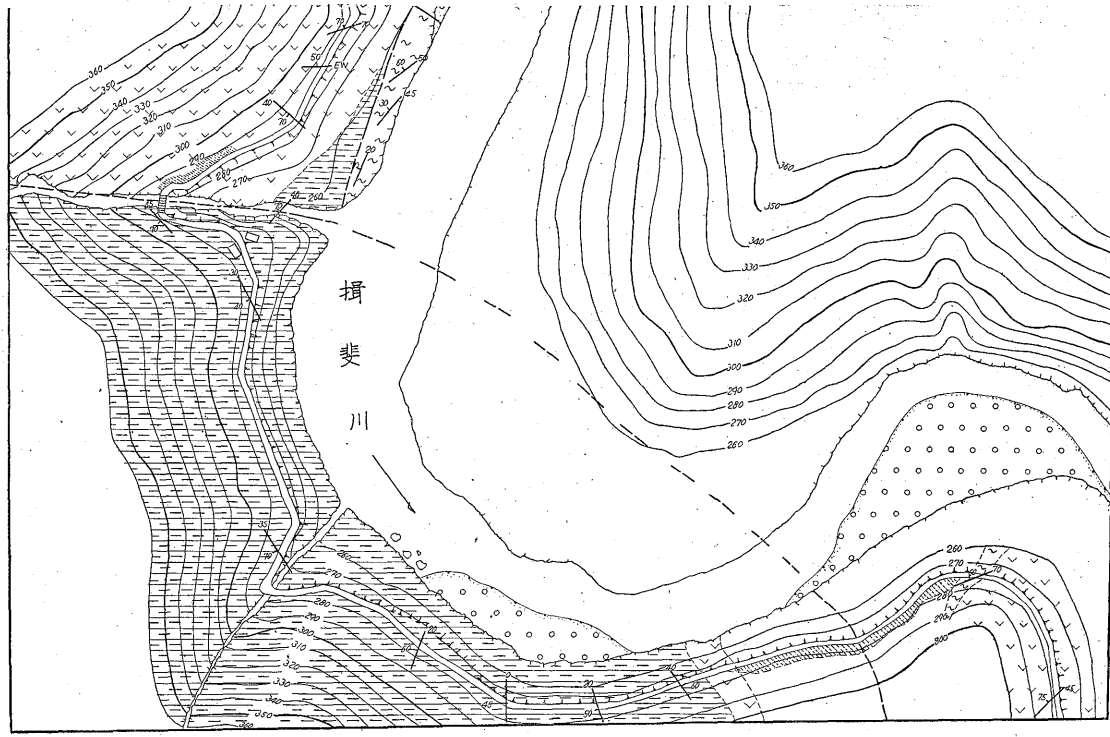
4. ダム予定地点の地質

本報告には、徳山貯水池のダムサイトである境越地点と、その下流の調整池のダムサイトである原谷地点(現揖斐電取水堤)とについて説明し、境越地点の代替地点である餅下り地点に関しては、すでに岐阜県当局で調査を完了しているので、簡単に説明を附すとどめた。

4.1 徳山貯水池ダム(境越地点)予定地点

前章で略述したように、この附近は、衝上断層により、より古い地層(チャート類)が北方から乗りあげた恰好の箇所に該当し、地質構造上からはいろいろ問題が多





第3図 東杉原水力地点境越ダムサイト地質図(徳山貯水池)

かろうと思われるが、地質構造そのものは土木工事には必ずしも直接的な影響はないと考えられるから、そのつもりで判断して頂きたい。

この地点の地質の詳細は、第3図に示した。ダム中心線附近はチャートからなり、このチャートの走向は $N40\sim 60^{\circ}E$ で、ちょうど河身を斜めに横断している。このチャートは1枚の硬質粘板岩を挟み、しかも川床の中央でこの粘板岩層が中心線と交わっているようである。

しかもこのチャート層は右岸側でまもなく断層で切られて、その西側には続きがなく、ダム中心線の西方延長ではシャルスタインに替わっていることが確認された。中心線のすぐ川上で揖斐川は北西方に屈曲するが、その曲り角の水際では、上記の断層が露出し、チャートから粘板岩に代る。この断層は、その南方延長を追跡したところでは、大体走向 $N20^{\circ}E$ 、南東側に 80° 位傾く断層面を有することがわかった。

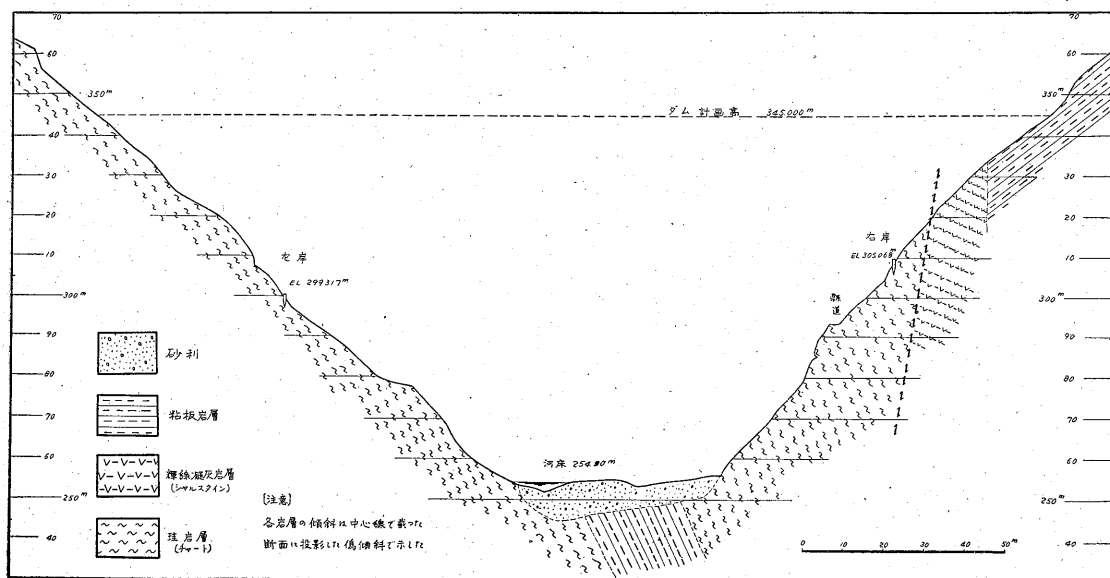
またダム中心線の川下 $150\sim 200$ mでも、1本の断層がこのチャートを截っていることが推定され、断層面は走向 $N12^{\circ}E$ 、北東 55° 位に傾いているらしい。県道はこの断層を通過する所で、一旦西に入り込み、ふたたび南東に向かい、元の方(本流と並行)に復する。この間の浅い谷はその断層線を通つて、本流に合流している。

さらに県道を南に行けば、この断層より南側はシャルスタインとなり、続いて路側は土被りが厚くなり、 40 mばかりで深い溪流に達する。橋を渡ると、走向・傾斜のやゝ安定した粘板岩層(走向 $N10\sim 30^{\circ}W$ 、傾斜 $40\sim 70^{\circ}SW$)が路側に露出し、県道は本流に沿つて左廻

りに大円弧を描きつつ迂廻し、遂に東向きとなる。やがて前記の粘板岩層が尽き、少しばかりシャルスタインが顔を出し、直ちに岩石露出がなくなり、路側は深い土被りに覆われ、この部分が道路に沿い 60 m位続く。土被りが尽きるとチャートの露出となり、道は右廻りの急カーブとなり、やがてシャルスタインが現われる。このチャートとシャルスタインとは前記の粘板岩層とは著しく走向傾斜を異にし双方とも $N45^{\circ}E$ の走向、 NW への傾斜である。

上述したように、県道上の2カ所において、道路脇に岩石露頭の欠如する部分(土被り部分)があつて、これが大規模の断層破砕帯の通過する所と考えられ、この両地点を図上で結ぶと(両点の標高差僅少と考へて)、この断層破砕帯は $N60^{\circ}W$ の走向の(北東へ 75° 位の傾斜をもつ)ものとなり、この帯から北東側が下層に該当し、両者の関係は、北東側に位するやゝ古い地層が、粘板岩層の上のし上つて、衝上構造を作つたものと推定される。そうしてダム中心線附近のチャートも上層に属し、中心線から上流の粘板岩・シャルスタイン互層も上層に属するものと考えられる。

このダムサイトの地形は、硬いチャートの部分のみ、兩岸が相迫つて急峻であり、これを外れると、俄かに谷が開いて川幅も広くなる。したがつてダムサイトとしては、予定中心線附近のみしか適当な箇所がなく、中心線より上流は断層に近接してくるから岩に割れ目が多くなり、土木工事には、はなはだ不適當であり、予定中心線の下流もせいぜい $50\sim 60$ m位の区間しか適しないことになる。



第4図 東杉原水力地点境越ダムサイト地質断面図

試みに予定中心線で截つた地形・地質断面図(第4図)について説明すれば、左岸斜面では地表の勾配はほとんどチャートの成層面の傾斜に近似し、しかも文字通り堅硬な岩質の一枚磐であるから、理想的な地質といえる。これに対して右岸斜面は上方の1/3が幾分緩勾配のシャルスタイン(地表勾配=50°)および粘板岩(地表勾配=40°)であり、標高320mから川底(255m)まではチャートからなり、その地表は非常な急勾配(52~67°)である。チャートとシャルスタインとの境が断層で接し、しかもその境界面が川側に約80°で傾いているので、県道から上方のチャートは厚みが少し不足である。したがってダム建設に先立つて、地表面の切取工事が行われる際に、多少手心を加えないと、チャートの部分がなくなってしまうおそれがないではない。しかしこの境界面の傾斜は地表調査で推定したものであるから、中心線に沿った横坑により、このチャートの厚みを確認する必要がある。

河床部分に粘板岩がくることが、あまり好ましいことではない。すなわちこの粘板岩は相当深層まで風化して軟弱な層に変わっているはずであるから、工事の際に切取量が意外に多かろうと思われる。一応これもボーリング(約40m)を入れて、川底の砂利層の厚さと粘板岩の風化状態をあらかじめ掴んでおかねばならない。

なお右岸側の県道下のチャートは、成層面の傾斜と地表の勾配との関係が左岸側の場合と異なつて地表面が成層面を截つているので、天水が深く浸透し易い状態にあり、それだけ風化が深層まで進み、外観だけでも多少チャートが弛んでいるようにみられた。したがって右岸側斜面の下半分も切取量が多い見込みである。チャートの次に接着するシャルスタインの風化状況を知るため筆者の調査の際に、中心線沿い標高325mの辺りで、水平に奥行1.6mのトレンチを掘つた。この1.6mは地表に直角な厚さの値に換算すれば、1.22mとなるが、そのうち表土が0.35m、第2次風化帯が0.30m、第1次風化帯0.57mでまだ新鮮な岩石に達しなかつた。おそらく水平トレンチを2.5m位掘らなければ、新鮮な岩石にあたらなかつたであろう。

結 言

このダムサイトは左岸の地質は申し分ないと思われるが、右岸は上述のように切取量が多くなる地質状況であるうえ、上方1/3半分はチャートでなく、かつチャートとシャルスタインとの間に断層が存在し、またシャルスタインと粘板岩との接着部分も弱い地質であると推定される。なお左岸の上方(比高150mの箇所)に県道側から白色の石灰岩の露岩が望見されたが、これがどこにできるかをまだ追跡していないので、この石灰岩につい

てさらに再調査を必要とするを言及しておく。

予定中心線を下流側に移動するとすれば、左岸側の斜面の勾配が急になるので、それだけ谷幅が狭まつて、ダムの天端が少し短かくなり、かつ堤体積が少し減る。すなわち予定中心線を85mばかり下流にずらせば、堤頂長は247mから207mとなり、堤体積は10,200m³減少し、あるいは現在の予定中心線の右岸標高347mの点を固定し、現中心線を南に8.5°振れば、堤頂長は217mとなり、堤体積は23,000m³減少する。しかし既述したように、現予定中心線の川下150m位の辺りにチャートからシャルスタインに代わる推定断層の通過する箇所があり、この制約をうけて、あまり中心線は下流に移動することはできない。ダム本体の重心の掛かる趾(toe)の部分が、前記の断層より少し上流に位置するように調節すれば、現予定中心線はせいぜい60~70m位しか移し得ないであろう。なお中心線を下流に平行移動させて得られる利点としては、全体として若干コンクリート量を減らせることのほか、各種地質上の欠陥のうち、右岸側のチャートの厚みがやゝ大きくなるであろうし、川床部分に粘板岩が避けられ、しかもこの粘板岩は右岸に渡つて尖滅する傾向にあるから、ダムの大部分はチャートの上に乗るようになる。

4.2 原谷調整池ダム予定地点

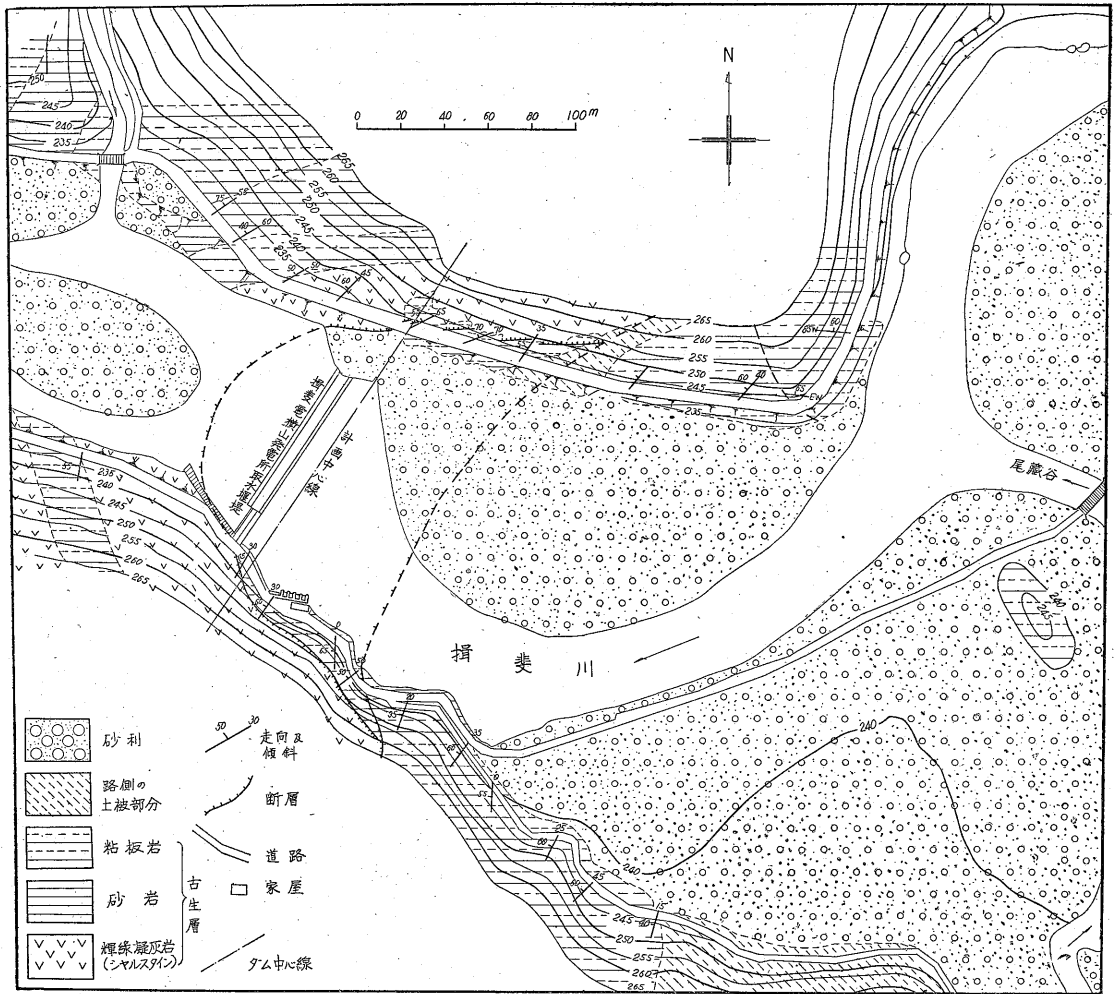
東杉原部落から北東約1.5km、境越ダム地点の川下約3.5kmの箇所に、既設の揖斐川電工横山発電所の取水堰堤がある。これを嵩上げして、境越ダムの放水を調整しようという計画である。この堤高を25m(満水面標高250m)とすれば、堤頂長は160m余り、河床部分の延長は120mとなり、ダムの形は倒さ梯形になる。そしてバックウォーターを境越ダム直下に届かせることができる。

このダム地点は、左岸、右岸とも、現河床の若干上方を自動車道路が通じている。

地質 この地点周辺は、すでに述べた古生層の下層の発達するところであつて、粘板岩が最も優勢で、これにシャルスタインおよび薄層の砂岩が介在し、しかもこの附近で走向が彎曲しており、そのうえ比較的断層が多く、かなり複雑な地質構造となつている(第1図参照)。

筆者は予定ダム地点附近の新地形図(新東横山水力地点実測平面図其ノ壱、縮尺1,000分の1)によつて簡単な踏査を行つた。その結果作製した地質図は第5図の通りである。

右岸の地質 堰堤中心線から川下は、シャルスタイン、川上には粘板岩が発達し、両岩層の境は断層で接している。この断層は下流に向かつてきわめて緩い勾配



第5図 東杉原水力地点原谷調整池ダムサイト地質図

(10°)で傾いている。右岸道路の片側の崖面露頭観察によれば、両層の接触状況は、平面に投影した場合雁行型を示し、断層運動の際に引き裂かれた粘板岩の残片をシャルスタインのなかに取残しているのを認めることができる。中心線に沿って標高265mまで登ったところ、道路面(標高247m)から10m位までは粘板岩の残片が露出しており、それ以上265mまではシャルスタインであった。中腹に(標高250m辺り)、灌漑用水路が1本通じており、この水路に沿って岩質を検べ、図面に記入した。

県道と中心線の交叉する所に標石(B.M)があり、こゝから川上に向かって道路上を50mばかり歩けば、路側の崖面の粘板岩が消えて、厚い土被りのみとなり、これが85mの箇所まで続き、そこからふたたび粘板岩の露頭となる。この土被りの区間は、第2の断層の破碎帯の通過する所であろう(左岸の項参照)。さらに90mばかり

り歩いて道路急折点に達するが、この附近にも小規模の断層を認めることができる。

次に中心線の標石から川下に向かっては、路上約50mばかりの間はシャルスタインが続き、さらに粘板岩(砂岩の薄層を挟む)に代わる。

左岸の地質 堰堤中心線から下流側はシャルスタインであり、上流側は粘板岩からなることは右岸の場合と同様である。こゝでも両岩は断層で接し、その接触状況を道路側面の切取箇所で見に観察することができた。この断層面は走向N15°E、西側、すなわち下流に向かって10°の緩勾配で傾いていることがわかった。この数値を基として、地形図上に作図すると、この断層面は、上流に向かっては斜めに左岸斜面を切り上がり、一方下流に向かっては現取水堰堤の水叩部から30m川下を廻って対岸右岸の県道下を通過し、前記の中心線の標石附近に達し、さらに第5図に示したように上流に向かって右岸

側面を切り上っている。したがってこの断層は丁度堰堤地点を下流に向かつて緩やかな勾配で截つていることが明瞭である。

なお左岸中心線の標石(B.M)から、上流に向かい90mばかり道路を歩いて、路側の切取箇所^{カキ}に別の(第2の)断層を発見した。この断層は粘板岩中にできたもので、断層面の走向・傾斜はそれぞれN30°E, 50°Wである。この値を地形図に作図したところ、この第2の断層は川床を経て対岸の前述の土被り箇所を通過することが明らかとなった。この断層は傾斜が急なので、前記の中心線を截る断層とは、左右两岸の中腹で截り合っている模様である。

左岸の中心線から下流側は、シャルスタインからなり、この層は約90m川下で一枚の粘板岩(厚さ16m)を挟み、さらに川下に続く。

河床部分の地質 中心線附近で、川敷の幅が120mあり、その大部分は砂礫に被われているが、その直下には粘板岩がくる。砂礫層の厚さは、現取水堰堤のために新たに堆砂が行われているが、この取水堰堤工事の際には、基盤に届いたとのことであるから、あまり厚いものではないようである。しかし、この川敷の下に、河身に平行な断層線が通っているかどうかは、いまのところなんともいえない。

結 言

この予定ダム地点には、ちょうど2本の断層線が並んで横断している。中心線を截るものは、低角度(緩勾配)の断層であり、中心線より60~70m上流にあるものは、高角度(急勾配)の断層で、ともに下流に向かつて傾いている。堤高は高くない(25m)から、基盤の岩石はあまり問題とならず、前記の断層による漏水のみを留意する必要がある。

前者の方は、右岸の露頭で観察した限りでは、相当に激しく地層を揉んでおり、かつ左岸でも空洞を伴うもののように思われた。したがってダムを締切つた場合、ダムの川下に漏水する恐れもありうるから、断層の上盤と下盤の接触状況を確認するために、試錐および斜坑(断層面が緩く寝ているので、横坑では不経済であり、明瞭に断層を把むのは難しい)をあけてみる必要がある。要領は次のようである。

- 1) 左岸 中心線に沿い、標高243.0mの箇所から山側に向かい30°の斜坑を穿ち、35m掘進して、その間でシャルスタインから粘板岩に代る部分を観察する。
- 2) 右岸 用水路と中心線の交点(標高249.0m)から垂直の試錐を実施し、30m掘つてみる。
- 3) 川敷 中心線の川下90mの箇所、すなわち砂洲の上から垂直試錐を施し、30m掘る。

以上の結果から漏水の恐れありと判定された場合には、一応白紙に還元して、現予定地点の下流約170mの所に、兩岸に砂岩の露出している箇所があるから、そこに新しくダム地点を考慮することにした。多少堤頂長が長くなり(約25m)、また堤高も2~3mに増すが、大して問題ではないと思われる。

なお第2の断層は、その南方延長が左岸の山を貫ぬいて、揖斐川本流の少し川下にふたたびでるものようであるが、その山の厚みが250mもあり、かつ満水位における圧力も小さいから、ほとんど漏水の恐れはないものと推定している。

最後に別案によれば、ここに調整池をつくらずに、境越ダムの直下から鶴見まで隧道を掘鑿する計画があるが、この区間は断層が多く、隧道工事が非常に難工事になる見込みであるから、やはりなるべくこの附近に調整池ダムを造つて、バックウォーターを奥に到達させて、連結させる方が有利であると考え。ことにこの調整池に水没する区域には、補償物件がほとんどないことは特筆大書すべき事項であると思う。

4.3 餅下り地点(比較地点)

この地点は、境越ダム地点の下流1.4kmの箇所にあり、右岸側中腹に県道を通じ、左岸の中腹にも筆者の踏査当時に新道掘鑿工事が進められつつあった。岐阜県土木部において開田堰堤^{かいてん}という呼称のもとに、ダム建設が目論まれ(昭和28年度)、500分の1の測量が済み、河床には12.0mおよび13.9m計2本の試錐を打ち、また右岸斜面に下表に示すような4本の水平横坑が掘鑿されたうえ、高さ78mの重力ダムの設計まで終つたが、いまだ着工していない。

横坑番号	位 置	河床からの高さ(m)	坑道の延長(m)	表土の水平の厚さ(m)
No. 3	上 段	+65.0	30.0	1.8
	予定中心線沿			
2	中 段	+30.0	7.6	6.4
	予定中心線沿			
1	中 段	+30.0	14.8	3.5
4	予定中心線から下流32m	+10.0	7.7	1.0
	下 段			
	予定中心線から下流40m			

筆者は鶴見の宿から境越ダム地点まで往復の途中、この地点の地質を概観したのみであつたが、そのときの様子を簡単に記しておく。

地形 左岸側の斜面の勾配はきわめて急峻で、最大70°、平均59°位であり、他方右岸側の斜面の勾配ははなはだしく緩やかであつて、最大55°、平均37°くらいで、最も緩い中腹では31°を示した。この傾斜角の値

は、いずれもダム中心線で截つた斜面についての数値である。河床の幅は最も狭い所で 30 m, 平均 50 m である。

地質 左岸側は上から下まで非常に硬質なチャート(珪岩)からなり、右岸側も中腹以下は同様のチャートからなり、中腹以上は緩斜面で土被りが厚く、岩質は不明であるが、粘板岩の公算もある。ダム中心線より川下 120 m 位の所から、俄かに左岸側も緩傾斜となるが、ここら辺りから下流に向かって両岸の地質は、シャルスタインに代わるようである。岐阜県土木部のダム設計(78 m)通りならば、このシャルスタインはダムとは直接に関係はない。

すでに試掘の済んだ横坑にはいつてみようとしたが、多くは土に埋もれて、その坑口の所在さえ判明せず、ただ一つ No. 2 坑の坑口をみつけて入坑したところ、粘土 6.4 m を隔てて、それより奥はチャートであつた。岐阜県土木部の調査資料には頁岩としてあつたが、これはチャートの誤りであつたから、今後注意の要がある。他の3つの横坑は、岐阜県の資料ではみな頁岩となつているが、おそらく No. 4 坑はチャートの誤りであろう。いまのところ、No. 1 坑と No. 3 坑とは何とも見当がつかない。河床の垂直試錐の柱状図の記載も頁岩としてあるが、これもチャートの誤りであろうと推定する。同図によれば、試錐孔 No. 1 はダム中心線の川下 10 m の箇所であり、砂礫の堆積量 4.4 m を記録し、また試錐孔 No. 2 はダム中心線の川下 60 m の所にあつて、砂礫の

堆積量は 8.0 m あつた旨記されている。

結言

この地点を、境越ダム予定地点の代替地点と想定して、満水面標高を 345 m とするならば、岐阜県土木部で指定したダム中心線の位置では、右岸の山の高さが不足するゆえ、中心線の走向を 20° 位左廻りに振るか(すなわち左岸の現在の天端取付部分を固定し、右岸側の天端取付部分を下流側に移す)、もしくは現在のダム中心線を 100 m ばかり下流側に平行移動するかしなければならない。

前者の場合は、右岸斜面の上方は崖錐土被りが厚くなり、岩質も県道より上方は粘板岩またはシャルスタインとなる予想であるが、中段以下河床までの地質はチャートできわめて良好であるから、たとえ堤高が 107 m になつても、工事には支障はこないと思う。ただし堤頂長が約 275 m となり、堤体積が 850,000 m³ ぐらいとなるので、境越ダムの比較地点としてコシクリート量が2倍近くになることは、いかにも不利である。

後者の場合は、ダム中心線が県の計画位置から 100 m 下流に移ることになり、ダムの重要な部分がチャートからはずれ、シャルスタインの上に乗るようになる。シャルスタインの上に 100 m 以上のダムを建設することは、この岩石の本質上、多少無理ではないかと思われるし、特にこのシャルスタインは堅硬とはいいい難く、そのうえ風化に弱い欠点を具えているので、再調査再考慮の余地が残されていると思う。

(昭和 31 年 8 月調査)