

調査報告書

設楽ダム予定地周辺の地質について

2011 年 11 月

国土問題研究会 設楽ダム調査団

目次

目次	1 頁
要旨	2
はじめに	3
1 設楽地域の地質の概要	5
2 貯水池周辺地域の断層の全体像	7
3 ダムサイトの地質とその特徴	8
4 ダムサイト周辺の岩盤に見られる小断層、亀裂類	12
5 孔内傾斜計による観測	13
6 酸化層下限と他の要素との関連	13
7 右岸の緩みゾーンと深部岩盤の透水性の問題	14
8 左岸の緩みゾーンと深層の風化	15
9 松戸地区の凹地形	15
10 領家変成岩類と新第三系との不整合について	16
11 設楽町田口地区中心部の地下水への断層の影響について	16
12 設楽ダム貯水池周辺地域の地質構造発達史	16
まとめ	16
文献・資料	19

なお、図版類は 20 頁以降にまとめて綴じる。

他に、「ダム建設が松戸地区に与える影響を検討するための追加調査の提案」
3 ページを別添とする。

2011年11月27日

(報告) 設楽ダム予定地周辺の地質について

国土問題研究会 設楽ダム調査団
代表 紺谷 吉弘

要旨

1 地質の特徴

設楽地域の主な地質は、基盤をなす領家変成岩とそれを不整合に覆う新第三紀の設楽層群、及び貫入岩類である。領家変成岩類は、岩質の異なる砂質片麻岩、泥質片麻岩、珪質片麻岩からなどから構成される。走行方向はほぼ東西で北傾斜の構造を示し、片理構造が発達する。これらはダムサイト予定地の右岸側では受け盤構造、左岸側では流れ盤構造を示す。新第三系は主に田口町を中心に、寒狭川の左岸に主に分布し、南東方向にゆるく傾斜する。本地域の主な貫入岩には、等粒状閃緑岩と花崗岩がある。等粒状閃緑岩は領家片麻岩中に低角南落ちで層状に分布し、ダムサイト予定地左岸では受け盤構造、右岸では流れ盤構造を示す。花崗岩は小規模で、瀬戸 設楽線の道路などに分布する。

2 断層及び亀裂

本地域の断層は地質図に示したように、NEE-SWW (東北東 - 西南西) 方向の正断層と逆断層、および NNW-SSE (北北東 - 南南西) 方向の小規模な断層が顕著であり、ボーリングやトンネルで確認できる小規模かつ低角の断層も多く伏在している。また、岩石の開口亀裂やヘアークラックが深部まで及んでいる。断層の形成や、岩石の破碎をもたらした構造運動として、新第三紀における、日本海拡大に伴う中央構造線の横ずれ運動の影響や、それに続くフィリピン海プレートの北上による伊豆半島の衝突が考えられる。

3 地すべりと緩みゾーン及び風化の問題

本地域には地すべり地形が多くみられる。また地すべりの兆候が認められる部分は緩みゾーンとも称され、そこには厚い風化層が分布する。厚い風化層が見られる原因は風化の進行が早くかつ深部に風化が及ぶためである。その原因として地下水の浸透とそれによる酸化層下限の低下が考えられる。

4 風化を促進する地下水位低下の原因

地下水位の低下の原因として大きく2つのことが考えられる。一つは構造運動による岩石の破碎による亀裂の発達であり、もう一つは複数の層になって分岐して低

角で南に傾斜する、貫入岩である等粒状閃緑岩のマサ化である。

5 松戸地区の二重稜線・凹地形の問題

松戸地区は、Y+1 地形断面での酸化層下限深度分布【図 20】に示すように、風化の進行を示す酸化層下限が、斜面では地表より 50～100m 低い位置にあるが、その上方への延長は松戸地区の凹地に続くように見える。これは等粒状閃緑岩の分布に規制された結果ではないかと推測され、詳細な検討が必要である。

また、寒狭川の「く」の字屈曲部の高標高部の斜面には等粒状閃緑岩がフェンスター構造を造っている。等粒状閃緑岩のマサ化が進んでいるならば地すべりの警戒が必要である。綿密な調査が求められる。

6 貯水池の水漏れと領家変成岩類と新第三系との不整合について

平成 4 年度の報告書に添付されたダム予定地上流の地質図によれば、不整合の位置は最も低いところでは水面下約 30m にもなる。不整合面下の領家変成岩類は風化が進行していて、透水性が高い。新第三系も礫岩・砂岩・泥岩を主とし、透水性が高い。また不整合面は南東に傾斜しており田口市街北方から南に向かって地下水の流れが生ずる可能性が高い。田口を通り、荒尾に抜ける断面図【図 21、図 22】に示されるように、貯水池の湛水は地下水位を押し上げて地下水の変化を引き起こし、液状化や、地下水汚染、地滑り、地下浸食などを引き起こす可能性がある。

7 みずみちとなる可能性が強い断層について

貯水池から設楽町中心部地下にみずみちとなる恐れのある田口北西側の断層についての詳細な調査が必要である。

結論

設楽ダムの建設は極めて多くの問題をはらんでおり、調査はつくされていない。既定の方針として計画を進めることは地域住民に対して、今後さらに多大な負荷を与えることになると考えられる。

はじめに

設楽ダムに関する地質調査は昭和 53 年から、主にアイドルエンジニアリング（株）によって実施され、各年度ごとの「設楽ダム地質調査検討業務委託報告書」にまとめられている。貯水池周辺の地質の概要は平成 4 年度（1992 年度）の報告書に詳細な地質図が掲載され、以下のように調査から導かれる懸案事項をあげている。

《ダムサイトの懸案事項》

ダムサイト近傍地域の地質および地質構造の把握。

特に、ダムサイトに向かう断層の性状と連続性およびその位置について。

下流、中流、上流の 3 案のダムサイト付近の岩盤・緩み状況ならびに風化状況・被覆状況の把握。

松戸部落および松戸部落から西方に分布する泥質片麻岩分布域に数カ所認められる二重山稜地形（凹状地形部）の成因の把握。

ダムサイト中流案右岸部の松戸部落付近には東西性の凹状地形部が発達しており、二重山稜を形成している。

これまでの概略調査によれば、その成因は、大きく2つの考え方がある。

- ・基盤岩の東西性の小規模凹部に第三紀層が堆積したのち、浸食され易い第三紀層が選択的に浸食された結果生じた地形とする考え方。

この場合も基盤岩の凹部の成因を構造的な陥没盆地とするものと、浸食によるものとがある。

- ・一方この二重山稜地形が大規模な山塊地すべりに起因するものであり、右岸の一部が下流川側に滑り落ちて形成されたとする考え方。

電源開発（株）の既往資料によれば、中流案右岸側山腹は緩みが著しいとされており、緩みの把握と併せて二重山稜の成因を明らかにし、ダムサイトへの影響を検討する必要がある。

また、松戸部落から西方に発達する泥質片麻岩分布域の尾根部には同様の二重山稜が数カ所に認められる。これらの箇所についても概査を実施し広い範囲でその成因を把握し検討する必要がある。

ダムサイト上流左岸高位標高に位置する第三紀層（礫岩層）と先第三紀層の境界分布位置の把握。

ダムサイト上流左岸部には第三紀層が発達しており、その分布標高は設楽大橋に向かい標高を減じ、河床より約70m程度まで下がってくる。一部右岸側では河床部に分布している。

第三紀層下部には礫岩層が発達しており、この礫岩層と湛水面との関係や礫岩層の透水性などによっては、貯水池外およびダムサイト下流への漏水が懸念される。本調査では立ち入りの制約があり、検討に必要な資料に乏しい。したがって、その分布状況と性状を把握する必要がある。

《原石山の懸案事項》（省略）

《貯水池の懸案事項》

ダムサイトの懸案事項 同様、貯水池左岸には第三紀層が発達している。その分布によっては貯水池外への漏水が懸念されるため、その分布を明らかにする必要がある。

地すべり・崩壊地、特に重要度がBランクのA - 1、A - 2地点の地質調査とその評価。

（平成4年度 設楽ダム地質調査検討業務委託報告書、78～81ページ）

上記の懸案事項で述べているように、断層の分布やその特徴、岩盤緩みと地すべりの実態把握、松戸地区及びその西方延長に認められる二重稜線地形の成因、貯水池外への漏水をもたらす基盤岩と第三紀層の境界（不整合）及び断層の実態把握が、地質及び地質構造の面から解明すべき重要課題といえる。

その後、平成12年度（2000年度）の報告書で地質調査のまとめがなされ、それから後は、主としてダムサイト選定のための調査に移行しているが、平成4年度の

懸案事項がほとんど解決されないままダム建設を前提とした各種の調査が継続されてきた。

本報では、入手した資料と現地調査に基づき設楽ダム計画の問題点について、地質学的な観点から検討を行う。

1 設楽地域の地質の概要

A 広域的に見た設楽地域の断層環境

「平成元年度設楽ダム貯水池周辺地質調査業務委託報告書」に添付された「第四紀断層分布図【資料1】」には、20万分の1の地形図の中に設楽ダム予定地を中心に、ほぼ半径50km圏内の第四紀断層が示されている。この図から「設楽ダム計画地点は、第四紀断層が密に分布する断層区（内帯）に位置するものの、その南端部に近い付近にあり、内帯にあっても特異的に第四紀断層の分布が少ない地域に位置しているようである」と述べている。

しかしながら「第四紀断層分布図」【資料1】から、設楽地域の特徴として次のことが指摘できる。すなわち設楽地域のダム予定地から半径10km圏は、南側に中央構造線があり、北側にはNEE-SWW（東北東 - 西南西）方向の雁行配列する断層群分布地域があり、その両者に挟まれている。中央構造線は、かつての活動期には左ずれの動きを伴っており（Miyamoto et.al., 1980）¹⁾、またNEE-SWW（東北東 - 西南西）方向の断層群も左ずれの構造運動の特徴を示す雁行状の分布をしていることから、両者に挟まれる設楽地域は左ずれの構造運動の影響を受けていたと考えられる。

B 「平成21年度設楽ダム地質総合解析業務委託調査報告書」の記述及び断層

設楽地域の広域的な地質の概要、および貯水池周辺の地質については、「平成21年度 設楽ダム地質総合解析業務委託 調査報告書」を引用する。同「調査報告書」の「第2章 広域の地形・地質概要」中の「2.3 ダムサイトおよび貯水池周辺の地形・地質」の中の「2.3.3 貯水池周辺の断層」を引用する（2 - 12ページ）

（前略）

やや広範囲の地質図オーダー（1/2,500）で認められる断層（図 - 2.3.1）は、南北～北東 - 南西系が顕著である。貯水池内の断層は、既往地質調査により確認されている7条である。（図 - 2.3.2のa～g）。これら断層の確認箇所およびその性状等については表 - 2.3.1に示すとおりである。この系列の断層のうち、設楽ダム計画地点周辺には、連続性の良い断層はfとgの2本があり、周辺の地質分布等から判断して東側が相対的に上昇する変位を伴っているものと判断される。

表-2.3.1 設楽ダム貯水池内の断層一覧表

断層番号	確認地点	走向・傾斜	規模・性状	推定長さ
a	U1孔 寒狭川河床部	N20° W60° W NS 90°	見掛けの幅 11.2m 2m程度	900m
b	境川河床部	N25° E	境川河床左岸側に連続	500m
c	タコウズ川河床部 境川河床部	N50° E N40° E90°	片理面に沿った小規模断層 片理面を切る小規模断層	2,000m 以上
d	主要地方道瀬戸・設楽線	N45° E75° S	幅 1~2m	500m
e	松戸西方林道沿い	断層帯 N66° E30° W	近傍に6条の小規模断層分布 カクサイトを形成する小規模断層	500m
f	田口西方の林道沿い 作業道中津沢線	N70° E70° N N84° E58° N	幅 1~2mで領家片麻岩と第三 紀設楽層群を境する 断層粘土を5cm挟在	5,000m 以上
g	(地質分布より推定)	N50° E	地層の不連続より推定	2,800m

小規模断層：30cm未満

C 「平成4年度設楽ダムサイトボーリング調査その2」(23ページ)の断層の記述

既往報告書によれば、表-4.2に示すように4つの破砕帯(F-1~F-4)が記述されている。

D1(下流案)のボーリングと踏査結果より、新たな破砕帯を発見し、F-5とした。

表-4.2 破砕帯一覧表

破砕帯No.	露頭位置	走向・傾斜	破砕帯の性状	備考
F-1	上流案右岸道路切土面	N34W,64W	破砕帯幅2m以上,断層角礫()20~50cmを含むD級破砕帯。湧水なし	「平成4年度 設楽ダムサイトボーリング調査」で確認
F-2	”	N82W,85N	破砕帯幅3m以上,まさ状化の進んだD級破砕帯。湧水なし	”
F-3	上流案右岸沢部	N32E,40W	破砕帯幅0.2~0.5m,割れ目の多いCL級破砕帯,表層開口	”
F-4	不明	不明	確認幅0.15m,M2ボーリングで確認される	”
F-5	下流案左岸道路下流切土面	N39W,75W	確認破砕帯幅2.0m以内,まさ状化の進んだD級岩盤	”

上記の断層のうち F - 4 はボーリングによって確認されたものであるが、断層露頭が見つかっていないため地図上には記載されていない。

D 星 博之ほか (2000)²⁾「愛知県設楽地域に分布する北設垂層群の地質、放散虫化石、及び地質年代」の記述

本論文の著者らは貯水池周辺の田口地域の地質調査を行い、地質図の作成と微化石によって同地域に分布する北設垂層群の少なくとも上部が新第三紀中新世の時代を示すこと、そしてそれらの地層を切る地質図に表記可能な断層として北東 - 南西に走る断層が 3 条認められることを明らかにした【図 1】。これらの断層の特徴は次の通りである。

南側の荒尾付近を通る断層 (H-3) は幅約 150m の断層破砕帯を伴う左ずれの正断層であり、見かけ上 500m のずれを示す。荒尾北方での傾斜セパレーションは 150m である。

田口南方から長江南方にかけて調査地中央部を横切る正断層 (H-2) は、露頭では幅 20cm 以上の断層破砕帯が認められる。地質図上では 1km 以上の左ずれを示している。傾斜セパレーションは添沢の南東方で約 200m である。

調査地北方の添沢付近に見られる断層 (H-1) は逆断層である。この断層露頭は断層の末端付近の怒田で幅約 10cm の断層破砕帯が発見されており、添沢での傾斜セパレーションは約 100m である。

E 「平成 10 年度 設楽ダムサイト右岸ボーリング調査」及び「平成 12 年度 設楽ダムサイト右岸ボーリング調査」に記載された断層

上記 2 つの報告書にはダムサイト近傍右岸に NNE - SSW (北北東 - 南南西) 方向で北傾斜の低角度の断層が 2 本記載されている【資料 2】。この断層の方向は星博之ほか (2000) に述べた の逆断層につながる可能性がある。

F 電源開発株式会社による「豊川水系寒狭川 設楽ダム地点地質平面」及び「設楽ダム地点地質断面」(1963 年)

この図面にはダム予定地点を通る NS (南北) 方向・東傾斜の断層と、左岸に E - W (東西) 方向・北傾斜の断層のほか数本の断層が記載されている【資料 3、4】。

G 田口から寒狭川におりる主要地方道瀬戸設楽線における断層露頭

2011 年 7 月台風 6 号通過時の降雨によって、田口から寒狭川に降りる道路の路肩が崩れ、はば数 m の断層粘土を伴う断層露頭が出現した。この位置は、上記の星ほか (2000) の の延長に当たる可能性が高い。

2 貯水池周辺地域の断層の全体像

【図 2】は、「平成 21 年度 設楽ダム地質総合解析業務委託 調査報告書」の地質図に記された断層 (図中 a ~ g) に、先に述べた星 博之ほか (2000)「愛知県設楽地域に分布する北設垂層群の地質、放散虫化石、及び地質年代」の地質図の断層

(H1～H3)を重ねたものである。また、F1～F5は平成4年度の地質調査報告書に記述された断層である。その他に、地質図の範囲を僅かに外れて、清崎を通過して北西方向に延びる延長約10kmの断層の存在が知られており(仲井、1970)³⁾、N1断層として地質図に書き加えた。「20万分の1地質図幅 豊橋及び伊良湖岬」によれば、N1断層は新第三系に覆われているが、H1～H3断層は新第三系を切っているのので、N1断層の形成時期はH1～H3断層より古いと考えられる。

新第三系の設楽層群堆積の後、東北東-西南西方向の左横ずれ断層であるH2断層とH3断層が形成された。H1断層は逆断層なのでH2断層及びH3断層と形成時期がずれる可能性がある。

N1断層の形成の後、H1～H3断層が形成された。星ほか(2000)の地質図とつきあわせると、N1断層とH2、H3断層は交差し、つながっていることになる。

NNE-SSW(北北東-南南西)方向の断層(a～gの断層及びF1～F5)は、NEE-SWW(東北東-西南西)方向の断層に比べて規模が小さく、全体として、NEE-SWW(東北東-西南西)方向の断層に派生して生じた可能性がある。

設楽層群堆積後のテクトニックな環境については、次のように考えられている。前期～中期中新世に日本列島地域は大陸から分離して日本海が誕生し、1500万年前後に急速に扇形の拡大が進行する。これに伴って西南日本は時計回りに回転し、中央構造線は左ずれの動きを示した。これに伴って帯状に地帯区分される西南日本内帯においても左ずれの断層運動が生じた。設楽盆地南縁では、設楽層群と設楽層群中の安山岩岩脈には、それらを切る約2kmの左横ずれ変位が知られているが、これも中央構造線の活動の一端を反映していると考えられる¹⁾。

これらのことからH2、H3の左横ずれ断層は1500万年前頃の日本海拡大期に形成された断層と考えられる。横ずれ断層の形成にともなって、横ずれ断層に斜交する二次的な小規模な断層が発生する、a～gの小規模な断層は横ずれに伴う派生的な断層群の可能性があり【図3】。

また、日本海の拡大に伴って西南日本が時計回りに回転しているところに、フィリピン海プレートの北上によって伊豆半島が衝突した、西南日本の地塊は圧縮の場になり反時計回りの運動に転じた。H1断層ほか、本地域に見られる逆断層は、この時期に生じ、ほぼ同時期に基盤岩中の弱線に沿って次に述べる貫入岩類が形成されたと考えられる。

3 ダムサイトの地質とその特徴

「平成21年 設楽ダム地質総合解析業務委託 調査報告書」ではダムサイト周辺の地質を以下のように区分している。

(1) 基盤岩類

- (A) 片麻岩類
 - (A) -1 泥質片麻岩類 (Pegn)
 - (A) -2 砂質片麻岩類 (Ssgn)
 - (A) -3 珪質片麻岩類 (Chgn)
- (B) 貫入岩体
 - (B) -1 閃緑岩類
 - a) 細粒閃緑岩 (fDi)
 - b) 等粒状閃緑岩 (gDi)
 - c) 斑状閃緑岩 (pDi)
 - (B) -2 花崗岩類
 - a) 花崗岩(Gr)
 - b) ペグマタイト(Pg)
 - (B) -3 流紋岩 (Ry)
 - (B) -4 凝灰岩
 - a) 緑灰色凝灰岩 (Tf1)
 - b) 赤褐色凝灰岩 (Tf2)

これらの岩石類の特徴については、「平成 21 年 設楽ダム地質総合解析業務委託調査報告書」中の「2.3.2 地質および地質構造」と「4.2.1 地質層序」及び「4.2.2 地質構造」にのべられている。

以下に「4.2.2 地質構造」(同報告書 4 - 25 ~ 4 - 30 ページ)を引用する(全文引用)。

「地表踏査、横坑およびボーリングコア観察から、ダムサイトの地質構造について、片麻岩類と貫入岩類に分けてその概要を記載する。

(1) 片麻岩類(領家変成岩)

片麻岩類の模式図を図 - 4.2.1 に示す。同図に示すように片麻岩類の構造は、以下の特徴を有している。

- a) 地質境界はおおむね東西走向で北側に 60 ~ 80 ° 傾斜する。
- b) 左岸側は、泥質片麻岩(Pegn)と砂質片麻岩(Ssgn)、珪質片麻岩(Chgn)が帯状に分布する。
- c) 右岸側は上流側の低位標高部には泥質片麻岩(Pegn)が広く分布し、高位標高部には砂質片麻岩(Ssgn)が分布する。下流側では砂質片麻岩(Ssgn)と泥質片麻岩が互層状に分布する(過年度成果と異なる点)。
- d) 片麻状構造も地質境界と同様の傾向を示している(図 - 4.2.1 参照)。

(2) 貫入岩類

貫入岩類の構造（貫入方向）と各貫入岩相互の貫入関係は、以下のとおりである。

(2) - 1 閃緑岩類

当ダムサイトに貫入する閃緑岩類は、一般的に領家花崗岩類と呼ばれており、既往の文献等では、それぞれの特徴により古期領家花崗岩と新規領家花崗岩の2種類に分けられている（新版 地学事典より）。

古期領家花崗岩： 領家変成作用とほぼ同時期に貫入し、片麻岩類と一緒に変成作用を被ったもので、片麻状構造を有するもの。片麻岩類の構造にシート状に貫入する。

新規領家花崗岩： 領家変成作用を被った岩石にさらに接触変成作用を与えている、均質（完晶質等粒状組織）で塊状なもの。片麻岩類の構造に非調和に貫入することが多い。

細粒閃緑岩（fDi）は、片麻岩類との貫入境界が調和的もしくは漸移的であることや閃緑岩そのものに不明瞭ながら片麻状構造を有することなどの特徴から、いわゆる古期領家花崗岩に区分されると判断される。なお、規模が小さく、分布も非常に限られていることから、地質図面には図示していない。

その他の閃緑岩類および花崗岩類はその岩石特徴より、新規領家花崗岩に含めるかもしくはそれより新しい時期の貫入岩と考えるのが妥当であると考えられる。

さらに、閃緑岩類のうちの斑状閃緑岩（pDi）と等粒状閃緑岩（gDi）の直接の関係は、M37 孔での岩石薄片鑑定結果により、以下の特徴が確認されている。

- (ア) 研磨面の観察では、等粒状閃緑岩（gDi）が斑状閃緑岩（pDi）の破片を取り込んだような産状が確認される。
- (イ) 等粒状閃緑岩（gDi）の境界部付近の黒雲母はやや細長い形態を示すものが多い。
- (ウ) 等粒状閃緑岩（gDi）の境界部付近には角閃石が見られない。
- (エ) 両者ともに黒雲母を含んでいるが、斑状閃緑岩（pDi）に含まれる黒雲母の方がより緑泥石化している。
- (オ) 両岩相とも境界部には明瞭な急冷周縁相を示さない。

これらの解釈としては、以下のことが考えられる。

- (a) 等粒状閃緑岩（gDi）が貫入したときには、少なくとも境界部付近の斑状閃緑岩は固結していた。
- (b) 主岩相に比べ、冷却速度が速かった。
- (c) 等粒状閃緑岩（gDi）の貫入時には既に角閃石の晶出が終了して

いた。

- (d) 斑状閃緑岩中 (pDi) の黒雲母は、等粒状閃緑岩 (gDi) の貫入以前あるいは貫入時に変質した。
- (e) 貫入時には両者に大きな温度差はなかった。

これらのことより斑状閃緑岩 (pDi) が貫入した後にさほどの時間間隔を有さずに相次いで等粒状閃緑岩 (gDi) が貫入したものと推定される。

閃緑岩の地質構造の模式図を図 4.2.2 に示す。

- a) 斑状閃緑岩 (pDi): ほぼ東西方向の走向で、高角度南傾斜で分布。比較的直線的に貫入。
- b) 等粒状閃緑岩 (gDi): 横孔・ボーリングコアの結果から、傾斜
- c) 40~60° 程度の南傾斜で貫入。左岸側のもが高角度なのに対し、右岸側のはやや幅が狭く、傾斜が緩い傾向がある。左岸の貫入岩体は地表付近で数条に分岐しているものもある。

(2) - 2 花崗岩類

優白質花崗岩類 (Gr) ペグマタイト (Pg) とともに幅 1 m 程度未満の細い岩脈として横孔およびボーリングコアで確認される。片麻岩類および閃緑岩類を切断して貫入することから、時代的に閃緑岩類より新しいと版案される。大半のものが比較的low角度で分布する。(規模が小さいため、地質図面には図示していない)。

(2) - 3 流紋岩 (Ry)

一般的には火山活動に伴う産物である。本地域では閃緑岩類および花崗岩類に貫入していることから、最も新しい貫入岩といえる。

広域的な地質構造発達史からは、ダムサイト周辺における火山活動は設楽コールドロン形成期しか見られないことから、設楽層群堆積期後期のコールドロン形成時期に貫入したと推察される。

ダムサイト下流の河床露頭で確認されるほか、河床部深部に幅 10m 程度の脈として分布。ボーリングコアの分布から、傾斜 40~50° 程度の南傾斜と推定される。

流紋岩の地質構造の模式図を図 - 4.2.3 に示す。

また、貫入岩類の前後関係総括表を表 - 4.2.2 に示す。

(2) - 4 凝灰岩

凝灰岩はその岩相より下記 2 分類できる。

- Tf1: 緑灰色を呈しており、片麻岩類の角礫を多量に含む半固結のもの
- Tf2: 赤褐色を呈する固結した碎屑岩脈状のもの [固結しており、工学的に問題ない]

規模はボーリングコアにおいて前者が数10cm～数m程度、後者は数cm程度である。分布は限られており、河床部右岸より～右岸中標高部深部のみに認められ、左岸部では確認されていない(図-4.2.4参照)。特に河床部で流紋岩に伴う産状を呈することが多いことから、流紋岩の貫入と密接な関係にあると推察される。

以上の片麻岩類および貫入岩類の地質構造の詳細について、図-4.2.4に平面図、図4.2.5～図4.2.9に主要な地質断面図を示す。」

(引用おわり)

これらの説明で重要な事項は以下の5点である。

片麻岩類及び花崗岩類(閃緑岩、花崗岩)は当地域の基盤をなしており、主に寒狭川・境川以西に広く分布する。泥質片麻岩、砂質片麻岩を主体とし、レンズ状に珪質岩(あるいは層状チャート)起源の珪質片麻岩を挟在する領家変成岩類と、種々の花崗岩類から構成される領家花崗岩類からなる。

これらの基盤岩の構造はおおむね東西走向で北側に高角度で傾斜している構造を有している。

新第三紀の堆積岩類である設楽層群は主に寒狭川・境川以東の地域に分布する。下位から礫岩層、砂岩層、泥岩層、砂岩泥岩凝灰岩互層からなり、基盤岩類を不整合に覆う。

貫入岩には風化の影響が認められる。特に等粒状閃緑岩は風化進行し、マサ状を呈する。

【図4】にダムサイト地質断面位置とボーリング横孔位置を示す。貫入岩体の構造は片麻岩類と非調和で、ほぼE-W(東西)方向で、南側に傾斜している。この構造によって、ダムサイト右岸側斜面は2次的な流れ盤構造となっている【図5～7】。

4 ダムサイト周辺の岩盤に見られる小断層、亀裂類

領家変成岩類は美濃帯の泥岩・砂岩・チャートを原岩とする変成岩類であり、片理構造が発達する力学的な異方体である。片理面に沿って亀裂や滑り面が生じやすい。亀裂が生じればそこには地下水が浸透して風化が促進され、風化によって泥質片麻岩は粘土化し、砂質片麻岩はマサ化が進行する。また、チャートを原岩とする珪質の変成岩は、非常に堅硬なために砕けやすく、風化が進行する。地形的には岩石としては堅いために急峻ではあるが、亀裂が多く崩落しやすい地形をつくる。

「平成21年度 設楽ダム地質総合解析業務報告書」の「4.1.4 ゆるみ区分(累積開口量区分)」(ページ4-15、4-16)においてM73、M39、M63の各ボーリングにおいて、開口亀裂は地下60～80mにおいて生じていることを示している【図8-

1、8-2】

「平成12年度 設楽ダム地質総合解析業務報告書」にはTR3のスケッチがあり、それに記載された亀裂のデータを拾い出してシュミットネットに投影した【図9】。

これらの図から、集中度の高い4方向の亀裂傾向が読み取れる。これらの亀裂に地下水が浸透する。

5 孔内傾斜計による観測

「平成21年度 設楽ダム地質総合解析業務委託 調査報告書」の「8. 孔内傾斜計測」の項によれば、ダム右岸のM46、M47、M48、M59、M60、M65の観測孔で、平成21年6月、平成21年10月、平成22年1月に孔内傾斜計の観測を行っている。そして、観測結果として「……各区域のいずれの孔も変異の進行は認められず、現在地滑り等の変異のないことを確認した。」と述べている。しかしながら、実際には観測結果は、計器誤差の範囲である「0.2mm程度」を、いずれの観測孔の観測したすべての深度で上回っている。また「……各区域のいずれの孔も変異の進行は認められず、現在地滑り等の変異のないことを確認した。」というのは1回目と3回目の計測結果の数値を比較してのことである。

以下に、M46孔の深度10.02m、20.02m、30.02m、40.02mにおける各3回の観測結果を示す【図10～13】。これらの図から各深度とも共通してNWW-SEE（西北西-東南東）方向に振幅していることが明らかであり、この振幅の方向は斜面の傾斜方向でもある。雨が降れば緩んだ地盤は地下水を含んで重くなり、時間がたてば地下水が移動して荷重状態は変化する。このような現象が地盤の動きの振幅の原因と考えられる。この現象は不安定地盤に見られる特徴である。

6 酸化層下限と他の要素との関連

地表から浸透する地下水は酸素を含んでいるため、地下水が継続的に浸透すれば周辺の岩石を酸化させる。したがって酸化層の下限が風化の進行を示す目安となる。Y-1地形断面において、（酸化層下限+透水層/難透水層境界）のグラフ【図14】と（酸化層下限+D級岩盤下限）のグラフ【図15】を示す。両者の図から、地下水の浸透と酸化層下限の深度、岩盤劣化進行とが関連していることが言えるであろう。また、この深度は先に述べた孔内傾斜計で地盤の動きが検出される深さでもある。

深層地滑りの発生において、亀裂の発生、地下水の浸透、亀裂沿いに風化の進行、地山の不安定化、岩盤クリープ、地滑りの発生 という経過が考えられる。しかしながら、「平成21年度設楽ダム地質総合解析業務報告書」においては、ダム堤体基盤の安定性を検討するのに、低角度断層～中・高角度断層の連続性と断層粘土の有無の調査をもっぱら強調し、岩級区分では、低位標高部はCH級、中位標高部はCM級、高位標高部ではCL級に着岩させることで足りるとしている(乙第132号証)⁴⁾。

しかしながら前節で述べたように、孔内傾斜計には岩盤の緩みによる動きは、CH～CL 級のダム堤体の着岩深度よりさらに深い位置に表れていることを十分に考慮すべきである。また斜面上にある緩みゾーンを分断する掘削は地滑りを誘発する可能性が高いことも指摘できる。

7 右岸の緩みゾーンと深部岩盤の透水性の問題

ダム軸にかかる右岸斜面には地すべり地形が発達する。これについてはH20年度の報告書において検討がなされ、同時に深部岩盤の状況についても検討が行われている。

【図16】に右岸緩みゾーンの位置と形態を示す（H20年度地質調査報告書，図-5.1.1）。これによれば緩みゾーンの斜面は高標高部から河床にかけて、

- 1) 緩斜面：周辺に比較して等高線の間隔が広い斜面、
- 2) 急崖部：緩斜面の下位標高には急崖部が断続的に分布する、
- 3) 一般斜面：等高線の間隔がほぼ一定の斜面、

の3つに分けている。

1)の緩斜面は等高線の間隔が広がった部分と狭まった部分があり、明らかにクリーブ性の斜面変動が起きている部分と考えられる。2)の斜面は急崖と露岩の突出が見られることから地滑りを起こした後の斜面であると考えられる。また3)は地滑り体が崖錐堆積物となっている部分であり、この部分にかかる地質断面においてもそのように図示されている（【図17】：H20年度地質調査報告書，図-5.1.4）。

またこの図には「緩みゾーン下限：線黒点線」、「開口＋風化部下限線：赤実線」、「開口割れ目発達部下限線：緑実線」、「開口割れ目包含部下限線：青点線」が示されていて、風化も進んだ岩級Dの層が厚く分布する緩みゾーンのほぼ中央部では、「緩みゾーン下限線：線黒点線」、「開口＋風化部下限線：赤実線」、「開口割れ目発達部下限線：緑実線」、「開口割れ目包含部下限線：青点線」が重なっている。しかし河床部に近づくと、緩みゾーンの厚さが減少するとともに、これらの線が分岐して表示されている。これは右岸斜面の岩盤の風化の進行が早いことを示している。

H20年度地質調査報告書では、開口割れ目発達部では高角割れ目により岩盤の透水性が高いことを指摘し、また、等粒状閃緑岩（gDi）分布地域では地表より深度40m程度まで風化によりマサ化していると述べ、「さらに緩みゾーンより深部には、高い透水性を示す(50Lu(ルジオン)以上を主体とする)岩盤が分布する」ことを強調している。こうした事実は、高角の開口亀裂とマサ化した等粒状閃緑岩（gDi）により、地下深部まで地下水が浸透し、風化が進行していることを物語っている。

これらの事柄に対し乙132号証に示された堤体位置の掘削深度は20m程度で、風化層範囲内にとどまっていることが指摘できる。また、堤体建設のために風化層を掘削することになれば、不安定な斜面に載る緩みゾーンを分断することになり、斜

面をより不安定な状態にすると見えよう。

8 左岸の緩みゾーンと深層の風化

左岸は右岸に比べて地下水位が深い部分があり、全体に風化層が厚くなっている。右岸との違いは片麻岩の作る地質構造が受け盤であるが、厚い珪質片麻岩が他の岩種に比べて堅くもろいため、断層運動によって圧砕され、地下水がたやすく浸透することが原因と考えられる。

9 松戸地区の凹地形

松戸地区はダム予定地上流右岸の高標高地に、東西方向の二重稜線の中の凹地であり、水田を中心とした農村集落である。この凹地の成因については、風化による浸食、断層の存在、地滑りの影響等が考えられる。先に述べた広域的な断層分布から類推して、この地域に短い距離の開口性の断層が生じる可能性や H1 断層の延長がつながる可能性もある。あるいは岩石としては堅い砕けやすい珪質片麻岩が地下に分布して選択的な風化が進行している可能性も考えられる。緩みゾーンの高標高部が二重稜線部のダムサイト側にかかっていることから、この地形の成因を明らかにすることは重要である。別添「ダム建設が松戸地区に与える影響を検討するための追加調査の提案」に従って速やかに調査を行うことが求められる。

松戸地区の鳥瞰図を以下に示す【図 18、図 19】。

方向を変えた二つの鳥瞰図から、まず目につくところは寒狭川の流れが、松戸地区付近で南に向かう流れから西に向きを変えるところに見られる「く」の字状の屈曲と、西に向かった後の北側に凸の弧を描くような流路の形態である。それはあたかも松戸側の斜面がえぐれたような形態を示す。その右岸斜面の北側に松戸地区の凹地形があり、あたかも松戸地区の右岸斜面全体が南側の寒狭川に向かってずれているように見える。

また「く」の字状屈曲をつくる松戸側斜面高標高部の突き出た部分には、等粒状閃緑岩 (gDi) が低角に貫入することによってフェンスター構造ができています。先に述べたように、ボーリング調査から、本地域の等粒状閃緑岩 (gDi) は、一般に風化によりマサ化し透水性が高い。また、【資料 2】と【資料 3】に示されるように、この部分には断層が確認されている。これらのことからダム直近上流での地すべり発生の可能性も懸念される。綿密な調査が必要である。

ここで Y+1 地形断面での酸化層下限を示す【図 20】。

この断面では酸化層下限は地表より 50~100m 低い位置にあり、上方への延長は松戸地区の凹地が続くように見える。地質学的な面から考慮すると、斑状閃緑岩の分布に規制された結果ではないかと考えられる。斑状閃緑岩は地下でマサ化しており、斜面に平行に深い深度で地下水を導いていると考えられる。

1 0 領家変成岩類と新第三系との不整合について

平成 4 年度の報告書に添付されたダム予定地上流の地質図では、貯水池の水面の高度が示されている。地質図に不整合の位置を赤線で強調したところ、田口市街の付近では不整合の高度は貯水池水面の高さよりも高いが、田口市街の北方に向かって高度を減じ水面下になる。最も低いところでは水面下約 30m にもなる。

不整合面下の領家変成岩類は風化が進行しており、透水性が高い。また不整合面は南東に傾斜しており田口市街北方から南に向かって地下水の流れが生ずる可能性が高い。以下に貯水池から田口を通り、荒尾に抜ける断面図を示す【図 21、図 22】。地下水の変化は、田口市街の地下水位を押し上げ、液状化や、地下水汚染、地滑り、地下浸食を引き起こす可能性がある。

1 1 設楽町田口地区中心部の地下水への断層の影響について

田口地区の町役場、警察、愛知県地方事務所などの官庁や学校の北西側直近に破砕帯が貫いていると考えられる断層、H1 や d (いずれも南傾斜【図 1, 2】参照) があり、貯水によって田口地区中心部直下の地下水状況に大きな変化をもたらす可能性が高い。

付近には、7月の台風 6 号の際に地すべりで現れた破砕帯露頭や、かつて簡易水道水源として使われていた湧水も知られており、詳しい調査が必要とされる。

1 2 設楽ダム貯水池周辺地域の地質構造発達史

「平成 21 年度 設楽ダム地質総合解析業務委託 調査報告書」の「2.4 設楽ダム周辺の地質構造発達史」において地質構造発達史がまとめられ、図 2.4.1 で総括されている。貯水池周辺地域の断層形成の時期を報告書の図 2.4.1 に加筆して示す【図 23】。

まとめ

貯水池周辺の地質に関して、平成 4 年度 (1992 年度) の報告書では、ダムサイトの懸案事項、原石山の懸案事項、貯水池の懸案事項を列記している。

そのうち、ダムサイトの懸案事項として以下の事柄があげられていた。

- 1 ダムサイト近傍地域の地質および地質構造の把握。
特に、ダムサイトに向かう断層の性状と連続性およびその位置について。
- 2 下流、中流、上流の 3 案のダムサイト付近の岩盤・緩み状況ならびに風化状況・被覆状況の把握。
- 3 松戸部落および松戸部落から西方に分布する泥質片麻岩分布域に数カ所認められる二重山稜地形 (凹状地形部) の成因の把握。

ダムサイト中流案右岸部の松戸部落付近には東西性の凹状地形部が発達しており、二重山稜を形成している。

これまでの概略調査によれば、その成因は、大きく2つの考え方がある。

- ・ 基盤岩の東西性の小規模凹部に第三紀層が堆積したのち、浸食され易い第三紀層が選択的に浸食された結果生じた地形とする考え方。

この場合も基盤岩の凹部の成因を構造的な陥没盆地とするものと、浸食によるものがある。

- ・ 一方この二重山稜地形が大規模な山塊地すべりに起因するものであり、右岸の一部が下流川側に滑り落ちて形成されたとする考え方。

電源開発（株）の既往資料によれば、中流案右岸側山腹は緩みが著しいとされており、緩みの把握と併せて二重山稜の成因を明らかにし、ダムサイトへの影響を検討する必要がある。

また、松戸部落から西方に発達する泥質片麻岩分布域の尾根部には同様の二重山稜が数ヶ所に認められる。これらの箇所についても概査を実施し広い範囲でその成因を把握し検討する必要がある。

4 ダムサイト上流左岸高位標高に位置する第三紀層（礫岩層）と先第三紀層の境界分布位置の把握。

ダムサイト上流左岸部には第三紀層が発達しており、その分布標高は設楽大橋に向かい標高を減じ、河床より約70m程度まで下がってくる。一部右岸側では河床部に分布している。

第三紀層下限部には礫岩層が発達しており、この礫岩層と湛水面との関係や礫岩層の透水性などによっては、貯水池外およびダムサイト下流への漏水が懸念される。本調査では立ち入りの制約があり、検討に必要な資料に乏しい。したがって、その分布状況と性状を把握する必要がある。

貯水池の懸案事項としては

- 1 ダムサイトの懸案事項4同様、貯水池左岸には第三紀層が発達している。

その分布によっては貯水池外への漏水が懸念されるため、その分布を明らかにする必要がある。

- 2 地すべり・崩壊地、特に重要度がBランクのA-1、A-2地点の地質調査とその評価。

（平成4年度 設楽ダム地質調査検討業務委託報告書、78～81ページ）

上記の懸案事項を留意し、地質断層の分布やその特徴、岩盤緩みと地すべりの実態把握、松戸地区の及びその西方延長に認められる二重山稜線地形の成因、貯水池外への漏水をもたらす基盤岩と第三紀層の境界（不整合）及び断層の実態把握を行った。

明らかになったことは以下の通りである。

1 地質の特徴

設楽地域の主な地質は、基盤をなす領家変成岩とそれを不整合に覆う新第三紀の設楽層群、及び貫入岩類である。領家変成岩類は、岩質の異なる砂質片麻岩、泥質片麻岩、珪質片麻岩からなどから構成される。走行方向はほぼ東西で北傾斜の構造を示し、片理構造が発達する。これらはダムサイト予定地の右岸側では受け盤構造、左岸側では流れ盤構造を示す。新第三系は主に田口町を中心に、寒狭川の左岸に主に分布し、南東方向にゆるく傾斜する。本地域の主な貫入岩には、等粒状閃緑岩と花崗岩がある。等粒状閃緑岩は領家片麻岩中に低角南落ちで層状に分布し、ダムサイト予定地左岸では受け盤構造、右岸では流れ盤構造を示す。花崗岩は小規模で、瀬戸 設楽線の道路などに分布する。

2 断層及び亀裂

本地域の断層は地質図に示したように、NEE-SWW 方向の正断層と逆断層、および NNW-SSE 方向の小規模な断層が顕著であり、ボーリングやトンネルで確認できる小規模かつ低角の断層も多く伏在している。また、岩石の開口亀裂やヘアークラックが深部まで及んでいる。断層の形成や、岩石の破碎をもたらした構造運動として、新第三紀における、日本海拡大に伴う中央構造線の横ずれ運動の影響や、それに続くフィリピン海プレートの北上による伊豆半島の衝突が考えられる。

3 地すべりと緩みゾーン及び風化の問題

本地域には地すべり地形が多くみられる。また地すべりの兆候が認められる部分は緩みゾーンとも称され、そこには厚い風化層が分布する。厚い風化層が見られる原因は風化の進行が早くかつ深部に風化が及ぶためである。その原因として地下水の浸透とそれによる酸化層下限の低下が考えられる。

4 風化を促進する地下水位低下の原因

地下水位の低下の原因として大きく 2 つのことが考えられる。一つは構造運動による岩石の破碎による亀裂の発達であり、もう一つは複数の層になって分岐して低角で南に傾斜する等粒状閃緑岩のマサ化である。

5 松戸地区の二重稜線・凹地形の問題

松戸地区は、Y+1 地形断面での酸化層下限【図 20】に示すように、風化の進行を示す酸化層下限が、斜面では地表より 50~100m 低い位置にあるが、その上方への延長は松戸地区の凹地が続くように見える。これは等粒状閃緑岩の分布に規制された結果ではないかと推測され、詳細な検討が必要である。

6 寒狭川の「く」の字屈曲部の高標高部の斜面には等粒状閃緑岩がフェンスター構造を造っている。等粒状閃緑岩のマサ化が進んでいるならば地すべりの警戒が必要である。綿密な調査が求められる。

7 領家変成岩類と新第三系との不整合について

平成 4 年度の報告書に添付されたダム予定地上流の地質図では、貯水池の水面の高度が示されている。それによると不整合の位置は最も低いところでは水面下約 30m にもなる。不整合面下の領家変成岩類は風化が進行していて、透水性が高い。また不整合面は南東に傾斜しており田口市街北方から南に向かって地下水の流れが生ずる可能性が高い。田口を通り、荒尾に抜ける断面図【図 21、図 22】に示されるように、貯水池の湛水は地下水位を押し上げて地下水の変化を引き起こし、液状化や、地下水汚染、地滑り、地下浸食などを引き起こす可能性がある。

8 田口地区北西側の断層の詳細な調査が必要である

田口市街地の地下に貯水池からのみずみちとなって異変をもたらす可能性の高い断層が存在し、破砕帯の露頭も見つかっているため、詳細な調査検討が必要である。

結論

以上述べたように設楽ダムの建設は極めて多くの問題をはらんでおり、調査はつくされていない。既定の方針として計画を進めることは地域住民に対して、今後さらに多大な負荷を与えることになると考えられる。

文献・資料

- 1) Miyamoto et.al. (1980): Paleogene left-lateral wrenching on the Median Tectonic Line in southwest Japan, Memories of the Geological Society of Japan, No.18, p. 51-68.
- 2) 星 博之ほか(2000年): 「愛知県設楽地域に分布する北設亜層群の地質、放散虫化石、及び地質年代」、地質学雑誌 第106巻 第10号 713 - 726 .
- 3) 仲井 豊(1970): 「愛知県三河地方の花崗岩類」、地球科学、24、139 - 147 .
- 4) 設楽ダム建設事業公金支出差止住民訴訟、控訴審、被控訴人側準備書面資料 .
- 5) 「設楽ダム地質調査検討業務委託報告書」各年度版 .