

旧河道の形成過程と表層土質構成の把握と漏水位置の関係

旧河道の形成過程, 空中写真判読, 旧河道分布図, 盆地, 表層土質構成

キタック 正会員 佐藤 豊
中央大学 フェロー 福岡捷二

1. はじめに

筆者ら¹⁾は, 基盤漏水発生箇所は, 旧河道と氾濫原について, 旧河道の新旧区分, 旧河道と堤防との交差状況, 堤防裏の尻付近くの土質縦断面図から抽出できることを示した. 旧河道の区分及び表層の土質構成の把握のためには, 河道を含めた平野, 盆地等の状況が読み取れる旧河道分布図の作成が重要である.

本研究では, 米軍撮影の空中写真判読や古地図等の文献資料から作成した旧河道分布に断層等を加えた地形分類図を作成することで盆地及び河道の形成過程を把握し, 現地踏査で段差を確認することで旧河道の新旧を区分できることを示した. また, 狭窄部や縄文海進の影響を受けた海岸付近の河川堤防では, 表層に粘性土が分布し, 旧河道と堤防に囲まれた部分で漏水が発生すること, 腐植土を浸透する漏水があることを確認した.

2. 検討方法

千曲川で, 米軍撮影の空中写真判読や文献資料から作成した旧河道分布に山地, 扇状地, 氾濫原等の地形, さらに断層を加えた旧河道分布図を作成した. この図から盆地形成過程を調べ, 旧河道形成過程を検討した. さらに千曲川堤防直下の地質断面図等から扇状地, 氾濫原, 狭窄部の表層の土質構成と基盤漏水発生箇所を検討した. つぎに海岸低地を流れる梯川について, 旧河道形成過程を検討し, 表層の土質構成と基盤漏水発生箇所を検討した.

3. 千曲川の地形ごとの旧河道形成過程, 表層の土質構成と基盤漏水発生箇所

(1) 旧河道分布図の作成

空中写真の判読は, 地盤改変が少ない昭和22, 23年の米軍撮影による写真を用いた. 空中写真2枚を並べ立体鏡(双眼鏡倍率3倍, 双眼鏡視野70mm)により立体視することにより高低差を読み取る. 判読は, 広域的な地形をまず読み取り, 千曲川周辺では盆地と山地を区分し, 盆地内には山地間から流れ出た扇状地の地形を区分する. その次に千曲川沿いに発達する平坦面を立体鏡により高さの違い等から大きく2つの平坦面に区分した(千曲川周辺を氾濫原Ⅱ面, その外側の平坦面をⅠ面とした). その次に,

扇状地, 氾濫原の中の旧河道を読み取った. 扇状地面の旧河道は, 扇頂を中心にして河川が放射状に流れ網目状に細かく分岐した流路形態となり, 点在する集落の間を流れる. 旧河道と集落には高低差があり, この網状に発達した低地部分を立体鏡から読み取る. 氾濫原の旧河道は, 扇状地に比べ河幅が大きくなり, 屈曲も大きくなるのが特徴である. 旧河道は, 河川沿いに三日月形をした低地が分布しており, 昭和22, 23年の撮影当時では水田として利用されているものが多い. 撮影時に土地が改変されており, 判読できない部分では, 前後で判読した旧河道をつなぎ合わせることや古地図なども参考にして流れが確認できる旧河道分布図を作成した(図. 1, 図. 6).

(2) 盆地の形成過程

図. 1及び図. 6に示すように長野盆地および飯山盆地は, いずれもその長軸方向を北東-南西方向とする細長い盆地である. その規模は, 長野盆地で長軸方向約40km, 最大幅10km, 飯山盆地で長軸方向12km, 最大幅5kmである.

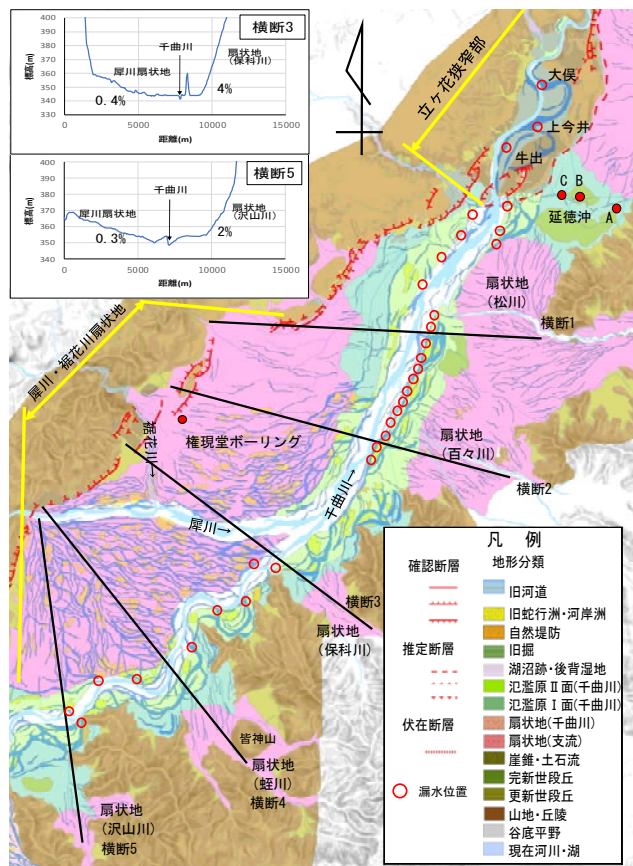


図. 1 長野盆地の旧河道分布図

Relationship between process of abandoned rivers and subsurface layer, and the levee foundation leakages

Y. Satoh (KITAC CO., LTD)
and S. Fukuoka (Chuo University)

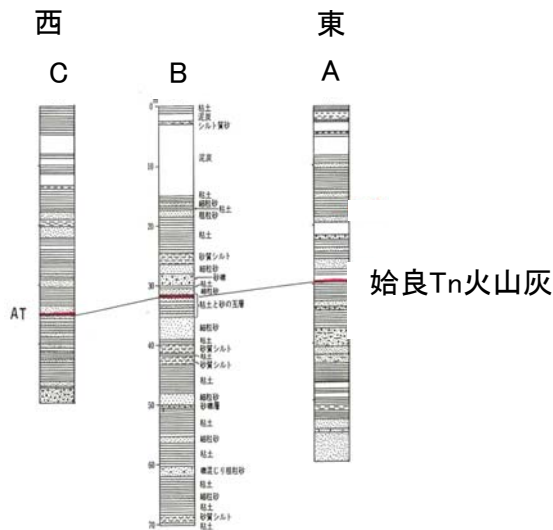


図. 2 中野市延徳沖でのボーリング柱状図³⁾一部加筆

盆地の西縁部は断層で境され、山麓は直線的な地形を形成している。一方、東縁部は、河東山地からのびる尾根の間を北から樽川、松川、百々川、保科川等の扇状地が発達する。西縁部から流れ出る犀川の地盤傾斜は緩く、東縁部の扇状地では地盤傾斜が急である。これは、盆地および河東山地が、北西方向に傾く傾動運動をしているためである²⁾。傾動運動を示すものとして、赤羽は³⁾図. 1に示す延徳沖で実施された3箇所でのボーリングコアから、図. 2に示す結果を得ており、始良火山灰Tn層(2万5年前)の分布深度が西側ほど深くなることを確認している。また、図. 1に示す権現堂ボーリングデータでは第四紀の砂礫層が深度765mまで分布していることが確認²⁾されており、断層の東側が沈降していることを示す。図. 1の断面線から横断面を作成し、犀川・裾花側扇状地の地盤と東側の支川扇状地の勾配を比較した。犀川・裾花側扇状地の地盤勾配が0.3~0.9%程度であるのに対して、東側の5つの支川の扇状地の勾配はいずれも2~4%程度と急勾配となっている(蛭川の扇状地は皆神山の隆起によって12%と急勾配となっている)。また、この運動の影響によって、各支川の扇状地の旧河道は網状を呈しておらず、直線状に伸びていることがわかる。

(3) 旧河道の形成過程と表層土質構成、漏水発生箇所の関係

a. 長野盆地

図. 1から、長野盆地を流れる千曲川は、西側からの犀川・裾花川扇状地の影響によって東側に追いやられ、東側は傾動運動の沈降によって山地がリアス式海岸状を呈している。図. 3のように山地の尾根が岬状、谷部が入江状となり、この部分に蛇行状の旧河道が読み取れる。旧河道の幅は現河道の河幅と同程度であり、現地調査では1m程度の段差をみる事ができる。現在の千曲川は、図. 1の横断面から犀川・裾花川の扇状地と東側支川扇状地との間の最も低い位置を流れている。これから、かつ

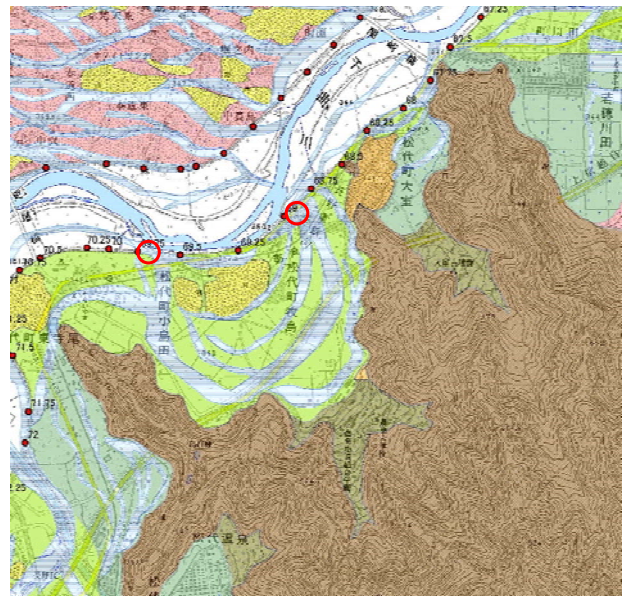


図. 3 リアス式海岸状の山地と旧河道分布(長野盆地)

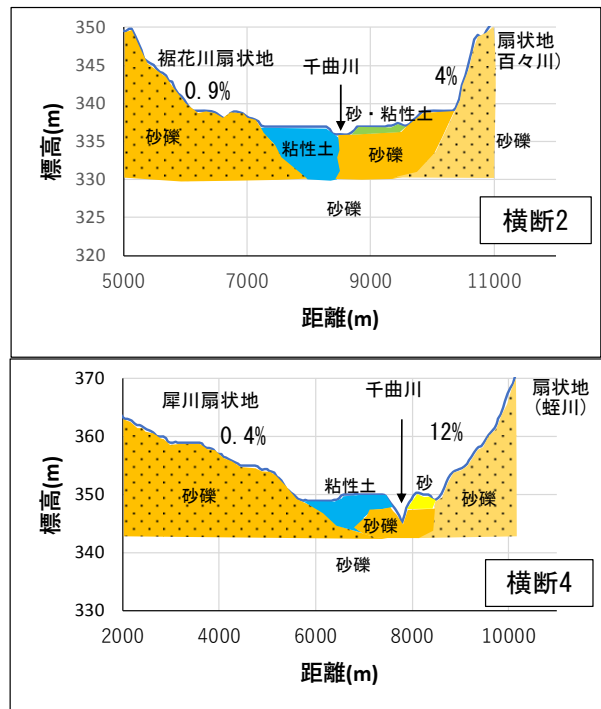


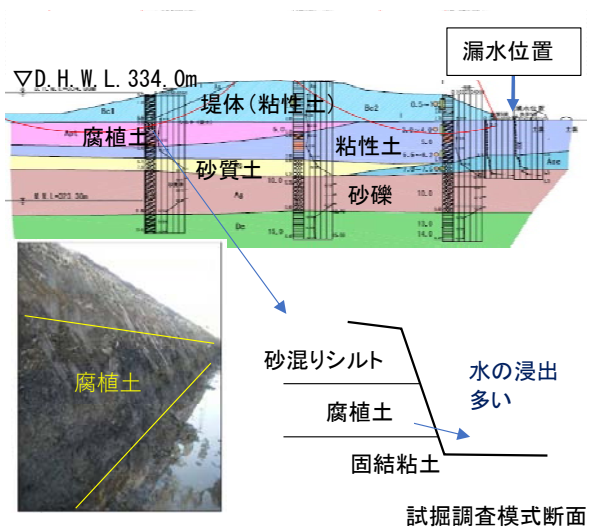
図. 4 千曲川周辺の地質想定断面図(長野盆地)

ての千曲川は東側のリアス海岸状の山地間を蛇行しながら流れていたが、傾動運動によって現在の河道部分を流れるようになったものと考えられる。長野盆地の漏水発生箇所は、犀川合流から上流の右岸では旧河道との交差付近で発生している。図. 4の地質想定断面図の横断4のように表層土質が砂主体であり、旧河道部分は、粘性土が薄く分布する。犀川合流から上流の左岸では犀川・裾花川の扇状地が迫っており、比較的規模の大きな自然堤防部分で発生している。この部分では、図. 4の横断面図の粘性土が薄く分布する箇所でも漏水が発生している。犀川合流から下流では右岸側で多く漏水が発生している。図. 4の地質想定断面図の横断2をみると右岸側で砂礫が分布とし、表層に薄く粘性土、砂質土が分布している。旧河道

が右岸側(東側)に分布していたことから、かつて河道部分では砂礫が分布し、現在の河道付近は、後背低地との境界であったと考えらる。左岸側は犀川・裾花川扇状地と千曲川に挟まれた後背低地で粘性土が厚く分布しており、漏水の発生は無い。

b. 立ヶ花狭窄部

立ヶ花狭窄部は、断層の運動によって丘陵が隆起し、千曲川は丘陵部分を流れるようになる。それまでの河幅が約1kmから200m程度に縮小する。このため、丘陵上流の旧河道は洪水時に丘陵にぶつかり転流を繰り返したような形状で蛇行状の旧河道が右岸側でみられる。前述した傾動運動によって旧河道が西側へ移動し、現在の河道位置となったと考えられる。丘陵部でも蛇行状の旧河道が右岸側に分布している。大俣～上今井の旧河道は明治3～5年の新河道の掘割工事によって埋め立てられた部分であり、ここでは旧河道の埋め土を浸透する漏水が発生している。牛出地区は図.5に示すように旧河道部分に腐植土層、粘性土層が4m程度分布している。この腐植土の分布は、切り離された旧河道が三日月湖のように残存し、植生の繁茂により堆積したものと考えられる。盆地内の旧河道は沈降運動によって低くなるため、洪水氾濫による埋積が進むため主に粘性土が分布する。立ヶ花の狭窄部は隆起量が大きく、切り離された旧河道は湖沼となり、盆地と比較して洪水による埋積が少なく、腐植土が堆積していると考えられる。北海道の泥炭の透水係数は、 10^{-5} m/s程度を示すものがあることが知られており、試掘調査結果からも腐植土からの地下水の浸出が多く、同層を浸透する基盤漏水と考える。同様の事例として、小貝川が利根川と合流する付近で発生する漏水がある⁴⁾。



表のり面の試掘状況
図.5 牛出地区の地質断面図と試掘状況

c. 飯山盆地

飯山盆地も長野盆地と同様に盆地の西側にある長野盆地から続く断層の運動によって、東側の沈降によって形成された。図.6に示すように中央橋～綱切橋付近の河道は、断層によって規制されていることがわかる。漏水発

生箇所は旧河道の河幅と蛇行振幅に着目して左右岸に分断された旧河道をつなぎあわせた4つの蛇行状の旧河道であることを確認している⁵⁾。この4つの蛇行状の旧河道以外は不連続な旧河道であり、現地調査から、連続する旧河道は不連続な旧河道面よりも低い位置に分布しており、1m程度の段差を確認することができる。これに対して、分断された旧河道の段差は20～30cm程度と小さく、分断された旧河道どうしの交差部分(図.7の①, ②)の段差は不明瞭である(分布位置の低さから①, ②, ③の旧河道の順で新しい)。これは、立ヶ花狭窄部の上流でみられるように転流(氾濫・堆積)を繰り返しており、古い旧河道ほど、埋積が進み段差が小さくなると考えられる。表層土質構成および漏水発生箇所は、穂高地区で確認されており¹⁾、旧河道の表層土質は、粘性土、以深に透水性の高い旧河床堆積物(砂礫)が分布している。氾濫原の表層土質は砂質土が分布し、以深に礫混り砂層が分布する。旧河道の地盤面は、氾濫原よりも低い位置に分布していることで河川水位との水位差が大きく、旧河道部分で漏水が発生している。

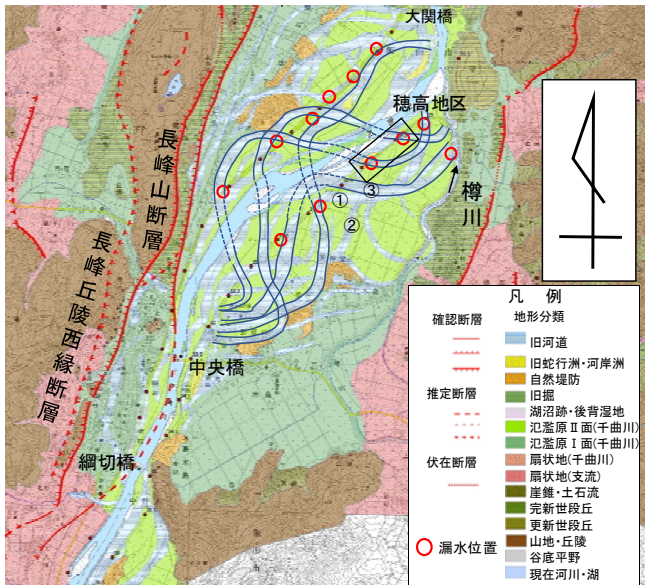


図.6 飯山盆地の旧河道分布図

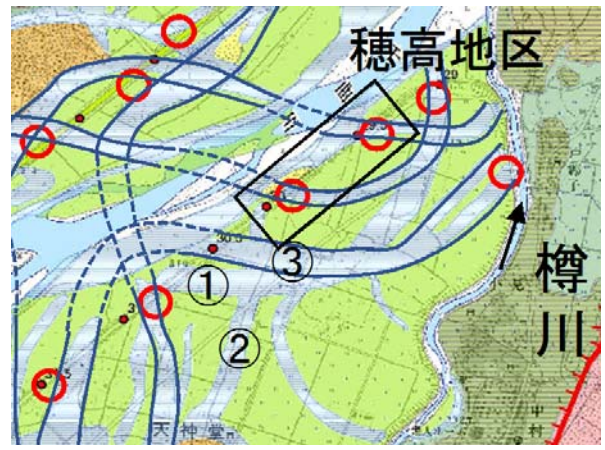


図.7 旧河道の交差状況

4. 梯川の旧河道形成過程と表層土質構成、漏水発生箇所との関係

梯川周辺の治水地形分類図(国土地理院)を図.8に示す。梯川は、西を砂丘、東は丘陵、南は海成段丘、北は手取川の扇状地があり、四方を高地に囲まれている。梯川下流は、標高は0m地帯であり、河口から鍋谷川合流付近までの河床勾配は1/4,500と緩く感潮区間である。鍋谷川合流付近から上流は急勾配となり、丘陵、山地間を流れる。旧河道の形成は、海岸近くを流下するため、海水準変動の影響を受けていたと考えられる。藤井⁶⁾によれば日本海側の縄文海進期の海面は現在面よりも2~6m程度高かったと言われている。鍋谷川合流付近の標高が5m前後であることから縄文海進時は入江の水際付近であったものと考えられ、その後の海退によって蛇行河道が形成されたものと考えられる。



図面位置	遺跡名	時代	種別	地形分類
1	白江梯川遺跡	弥生~中世	集落	氾濫平野
2	漆町遺跡群	弥生~中世	集落	氾濫平野
3	荒木田遺跡	弥生	集落	氾濫平野
4	軽海西芳寺遺跡	縄文~中世	集落	段丘、山地

図.8 梯川の治水地形分類図と周辺の遺跡分布⁸⁾

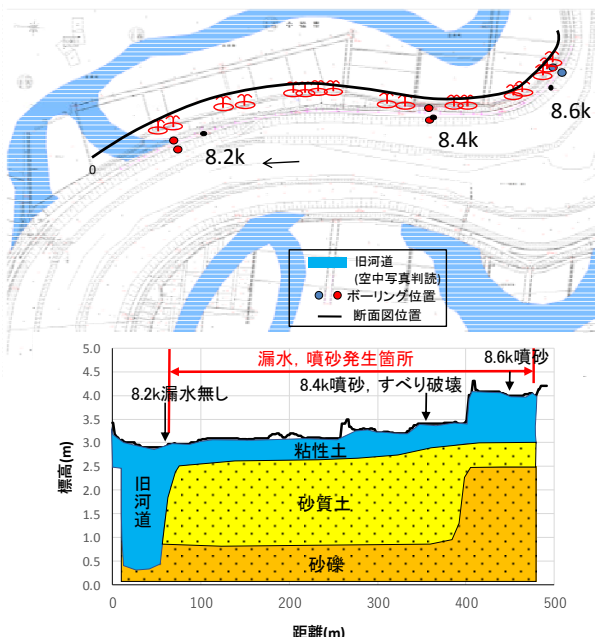


図.9 古府地区の漏水位置との裏のり尻の土質縦断面図

梯川(古府地区)の漏水発生位置は、図.9に示すように旧河道で囲まれた部分で発生している⁷⁾。この付近では水田に利用されており、小松市史⁸⁾によれば弥生時代の遺跡(白江梯川遺跡、荒木田遺跡)も確認されていることから、白江~荒木田付近は古くから水田利用された土地で表層に粘性土が分布しているものと考えられる。かつての汀線付近では段丘、山地から流れ出た砂礫が分布し、表層を粘性土が覆っている土質構成になっている。図.9の土質縦断から、8.2~8.6kでは表層の粘性土が薄く、以深に砂質土が分布する構造で、噴砂を伴う漏水が発生し、堤防断面が大きい8.4kですべり破壊が発生している。

5. まとめ

旧河道分布図に扇状地、氾濫原、三角州と断層等を記した地形分類を合わせた図面を作成することで、河川を流れる平野、盆地の形成過程が読み取れ、旧河道を把握することができる。この図を用いて、旧河道の連続性、段差等を読み取り、旧河道の区分を行い、旧河道における漏水発生を抽出することができる。さらに堤防裏のり尻付近の土質縦断図を作成することで効率的に精度良く弱点箇所を抽出することが可能となる。

狭窄部や縄文海進の影響を受ける部分では、表層に粘性土が分布する。千曲川の狭窄部では腐植土が厚く分布し、腐植土を浸透する基盤漏水がある。梯川の古府地区では基礎の透水性の高い砂礫層が縄文海進時の汀線付近に分布することから、表層の土質構成が、粘性土、砂質土、砂礫の複層構造となり、噴砂を伴う漏水、すべり破壊が発生している。

参考文献

- 1) 佐藤豊, 河原武志, 大淵貴, 福岡捷二: 千曲川堤防における基盤漏水・噴砂発生箇所の土質・地下水位と旧河道特性の関係, 河川技術論文集, 第24巻, pp. 571-576, 2018.
- 2) 信州大学「信州の4億年」編集委員会: 信州の4億年, 1994.
- 3) 赤羽貞幸: 最終氷期以降における長野盆地の古環境, 1995.
- 4) 建設省関東地方建設局: 利根川百年史, pp. 1004, 1989.
- 5) 佐藤豊, 大淵貴, 上野優, 福岡捷二: 河川堤防の基盤漏水発生箇所と旧河道の関係, 第5回河川堤防技術シンポジウム論文集, pp. 17-20, 2017.
- 6) 藤井昭二, 藤則雄: 北陸における後氷期以降の海水準変動, 第四紀研究21(3), pp. 183-193, 1982.
- 7) 佐藤豊, 大淵貴, 福岡捷二: 梯川における基盤漏水が発生する地形・地質及びパイピングによる堤防破壊, 土木学会論文集B1(水工学)Vol. 74, No. 4, 2018.
- 8) 石川県小松市ホームページ: 小松市史

(2019. 11. 18受付)