

3. 庄川の伏没機構

3.1 電気探査結果による水理地質構造評価

3.1.1 高密度電気探査概要

イ) 目的

庄川近傍の水理地質状況を把握し、庄川伏没機構解析の精度向上を図ることを目的として実施した。

ロ) 探査測線

探査測線は表 3.1-1のとおりである。雄神橋地点は、新規に測線を設置し、解析を実施した。また、太田橋地点においては、平成 14 年度に富山県企業局により、庄川近傍の水理地質構造の把握を目的として高密度電気探査が実施されており、当該測定データの再解析を実施した。

表 3.1-1 庄川 高密度電気探査 測線

地点	測線名	測線長 (m)	設定場所	備 考
雄神橋地点	A 測線	570	庄川左岸、河川横断方向	電極間隔 5m (二極法)
	B 測線	700	庄川右岸、河川横断方向	
	C 測線	300	庄川右岸、河川縦断方向	
太田橋地点*	1 測線	504	庄川右岸、河川縦断方向	電極間隔 3m (二極法)
	2 測線	417	庄川両岸、河川横断方向	
	3 測線	477	庄川右岸、河川横断方向	
計	6 測線	2968		

*太田橋地点の高密度電気探査は平成 14 年度に富山県企業局により実施されたもの。本検討では測定データの再解析を実施。

ハ) 測線位置図

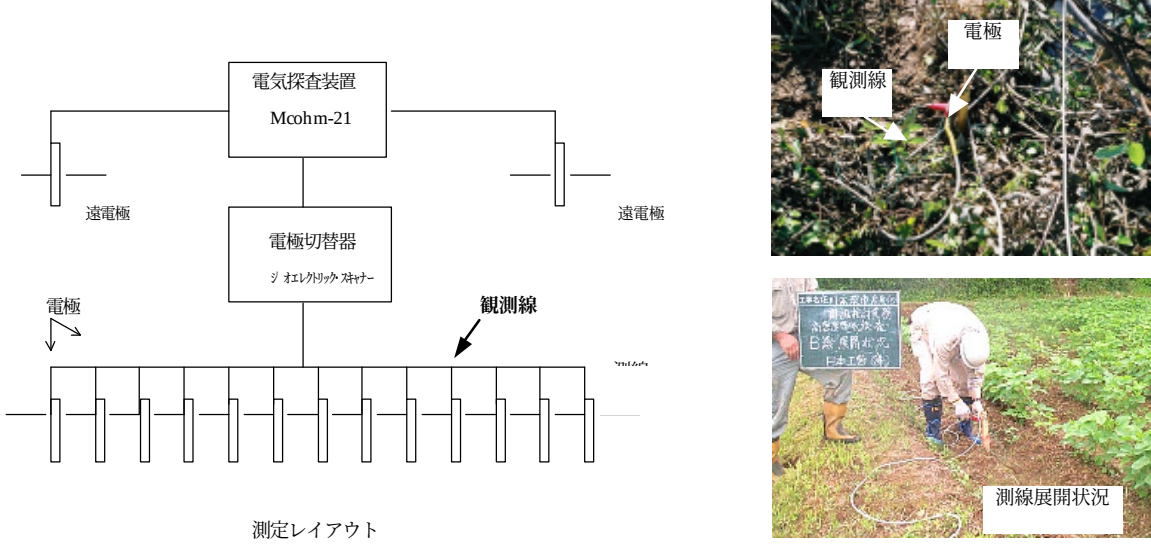
高密度電気探査の測線位置は図 3.1-1のとおりである。雄神橋地点の A, B 測線の末端は、探査時の庄川川縁に位置する。

3.1.2 測定・解析法

イ) 現地測定法

現地測定レイアウトは、ステンレス製電極・観測ケーブルが配置される観測線、測定器本体を設置し、観測者が実作業を行なう測定本部、及び測定器のアースに相当する遠電極から構成される。

現地での測定レイアウト及び使用機器を以下に示した。



ロ) 解析

測定データから地盤の比抵抗分布を求めるために、インバージョン（逆解析）を行なった。インバージョンとは、地下構造を二次元モデルと仮定して、最小二乗法を用いて、見掛け比抵抗から実際の比抵抗を求める手順である。主な手順は下記のとおりである。

① データファイルの作成

現場測定で取得されたデータに、電極間隔・測点標高等の基本情報を加えて、計算処理用のデータファイルを作成する。

② 補正計算

解析の前段階として、測定データに対して遠電極補正および地形補正を行う。

③ 二次元解析（インバージョン）

測定データから、地盤の比抵抗構造を求めるために、二次元解析を採用してインバージョン（逆解析）を行う。

④ 有限要素法による追加修正

解析結果に対して、微細な比抵抗構造の表現・改善を目的として、二次元有限要素法による追加修正を行う。

⑤ 解析結果の図化

二次元解析結果を図化・出力する。

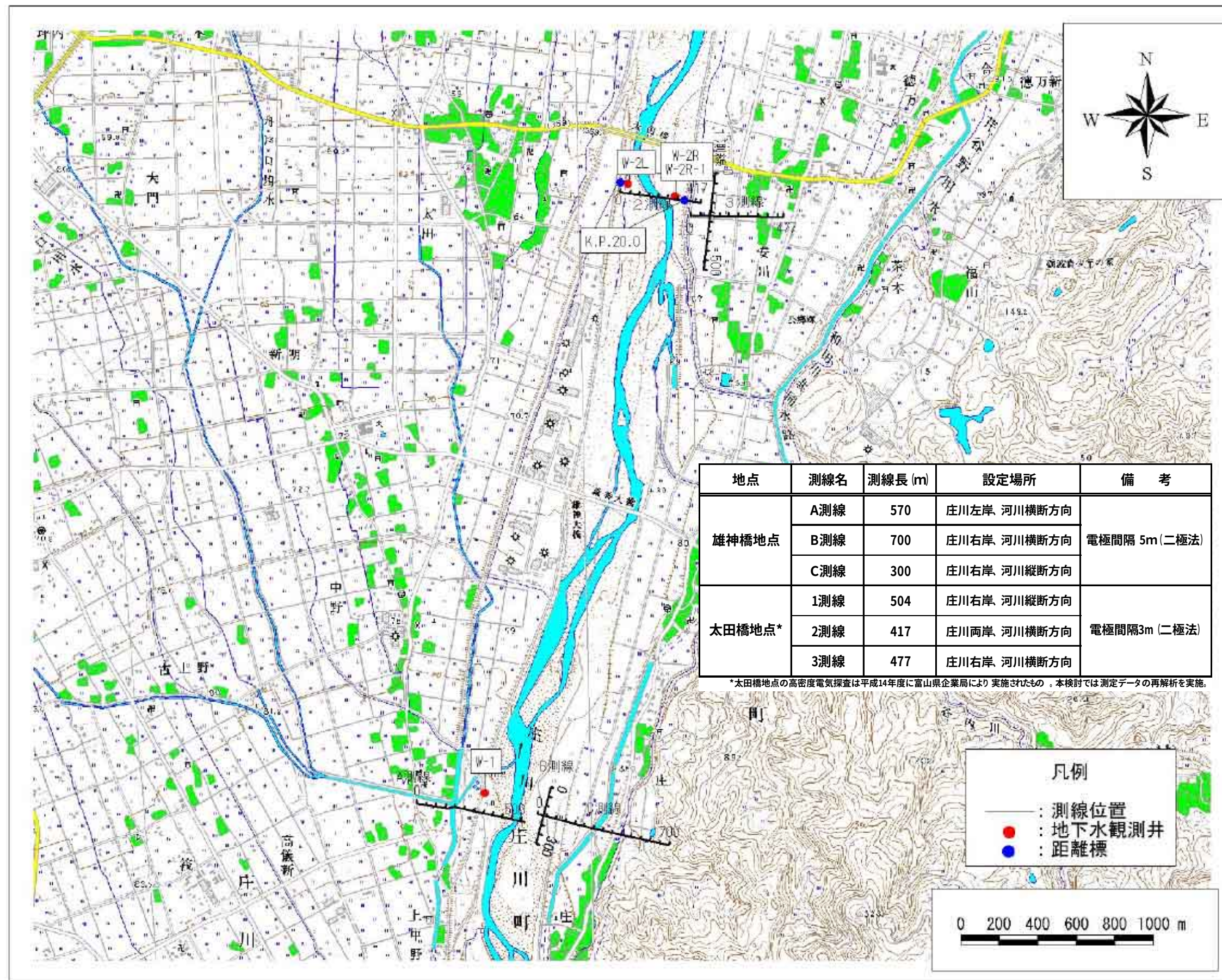


図 3.1-1 高密度電気探査測線位置図 (雄神橋地点 A, B 各測線の端部は、探査時の庄川の川縁に位置する)

3.1.3 高密度電気探査結果

イ) 高密度電気探査結果の特徴

各測線の探査結果を総合すると、庄川近傍の比抵抗構造（電気の流れにくさの構造）には、明瞭な比抵抗値のコントラストが認められた。その特徴の概略は下記のとおりである。

【雄神橋地点の特徴】

- ① 庄川兩岸の河床、河川敷および低地（扇状地や後背低地）においては、表層付近に高比抵抗値（数千Ω m 以上）であり、深度が増すに従い、低比抵抗値（千～数百Ω m）を示す。
- ② 庄川右岸の段丘では、低地より低比抵抗値(数百～数十Ω m)を示す。山地側では、さらに低比抵抗値（数十Ω m 以下）を示す。

【太田橋地点の特徴】

- ① 庄川兩岸の河床、河川敷および低地（扇状地）においては、表層付近に高比抵抗値（数千Ω m 以上）であり、深度が増すに従い、低比抵抗値（千～数百Ω m）を示す。
- ② 庄川右岸の低地内の微高地（2m 程度の崖で境される）においては、特に表層付近の高比抵抗値（数千Ω m 以上）は認められていない。
- ③ 庄川右岸の堤外地において、局所的なレンズ状の低比抵抗の領域が認められる。

ロ) 高密度電気探査結果の解釈

雄神橋 A 測線近傍に位置する既存観測井 W-1、太田橋 2 測線近傍に位置する W-2L から判明した地質状況、一般的な地質と比抵抗値の関係から、当該地域の比抵抗値と地質の対応関係を表 3.1-2のとおりと解釈した。

表 3.1-2 比抵抗値と地質区分の対応関係

地質区分	比抵抗値
玉石層	1000 (Ω m)～4000(Ω m)
砂礫層	1000～200 (Ω m)
表土、段丘堆積物（粘性土主体）層	200～20 (Ω m)
基盤（泥岩）	20 (Ω m)以下

区分の根拠は、下記のとおりである。

- ① 既存観測井 W-1 の地質構造と雄神橋 A 測線の比抵抗構造、既存観測井 W-2L の地質構造と太田橋 2 測線の比抵抗構造を対比すると、玉石層-砂礫層の境界は1000（Om）境界と概ね一致する。さらに、1000（Om）付近では、コンター間隔が密な状況、比抵抗値の急変部となっている。一般的に粒度が大きくなるほど比抵抗値は増加するので、玉石層と砂礫層両層が有する比抵抗値に差異があるとの解釈は妥当である。したがって、1000(Om)以上を玉石層、1000(Om)以下を砂礫層とした。
- ② 雄神橋地点 庄川右岸の段丘下の比抵抗構造は低地部と大きく異なり、低比抵抗（200Om 以下）を示す。地形の形態的特徴の差異、一般的な地質と比抵抗値の

関係より粘性土は概ね 100(Om)程度を示すことから、段丘堆積物（粘性土主体）とした。

- ③ 雄神橋地点 山側の低比抵抗部（20Om 以下）は急激な落ち込み構造を呈する。既往の地質調査資料によれば、基盤である泥岩が庄川に向かって急激に落ち込む構造を呈すること、一般的な地質と比抵抗値の関係より泥岩は数十 Om を呈することが多いことから、当該部を基盤（泥岩）とした。

上記地質区分に準じた高密度電気探査結果を図 3.1-3～図 3.1-8に示す。なお、測線末端の深部では探査深度の半分程度の領域において、解析精度が低下する可能性があることや水路など人工構造物の影響があることが知られており、それも付記した。

ハ) 砂礫層の性質に関する考察

富山県企業局による「平成 14 年度利賀川工業用水道事業 検討会資料」においては、高密度電気探査が行われおり、比抵抗値 1000(Ω m)以上を玉石・砂礫層とし、1000～100(Ω m)を粘土混じり砂礫層と解釈している。一方、本探査結果では、1000(Ω m)以上を玉石、200～1000(Ω m)の領域を砂礫と解釈した。以下の理由により、玉石層直下の地質を粘土混じり砂礫層よりも砂礫層と解釈する方が妥当であると考える。

- ① 既存の庄川層別観測井 MW-2 においては、電気検層が行われている。その結果によれば、砂礫と粘土混じり砂礫層の間に見掛け比抵抗値の違いがある。検層結果による砂礫の見掛け比抵抗値が 200(Om)であるのに対し、粘土混じり砂礫は20(Om)と、約 10 倍の違いが認められる（図 3.1-2参照）。
- ② 本探査結果において、比抵抗値 200～1000(Om)の領域を仮に粘土混じり砂礫とした場合、砂礫の比抵抗値が 10 倍の違いがあると考え、砂礫の比抵抗値は2000～10,000（Om）となる。これは、既存観測井 W-1 で玉石が見られた事実、玉石と砂礫で粒度の違いにより比抵抗値が異なることと矛盾する。
- ③ 庄川の涵養域で実施された既存観測井 MW-1 および MW-4 地点では、特に帯水層を境するような難透水層は確認できず、連続した非常に厚い砂礫層が分布する状況にある。

よって、電気探査によって得られた 200～1000(Ω m)の比抵抗構造は連続的に分布する粘土混じり砂礫層ではなく、砂礫層と解釈するのが妥当である。

ニ) 太田橋のレンズ状の低比抵抗領域に関する考察

太田橋の既存観測井 W-2R、W-2R-1 付近において、レンズ状の低比抵抗領域が分布しているが、以下の理由により、これは宙水構造の影響と考えるのが妥当である。

- ① 一般的に地盤は水を含むと低比抵抗値を示すことから、レンズ状の低比抵抗領域はその影響を受けている可能性が高い。これは浅層部観測井 W-2R-1 で地下水が分布することと整合的である。なお、同一測線において、流水がある庄川直下の河床部においても同程度の比抵抗値を示している。
- ② 河道変遷図（昭和 42 年作成）によれば、太田橋上流付近では、昭和 20 年の河道は現在の左岸側に位置し、昭和 39 年には右岸側に移るなど、庄川の河道変遷は非常に著しいものである（詳細は補足説明を参照）。レンズ状の低比抵抗領域は、変遷を経た結果の旧河道に沿って流動する地下水と考えられる。河道部観測井 W-2R-1 の深度 6.0m 以深に見られる粘土混じり砂礫（難透水層）は、旧河道の河床部に相当し、地下水はこの難透水層を基面とした宙水として流動していると考えられる。

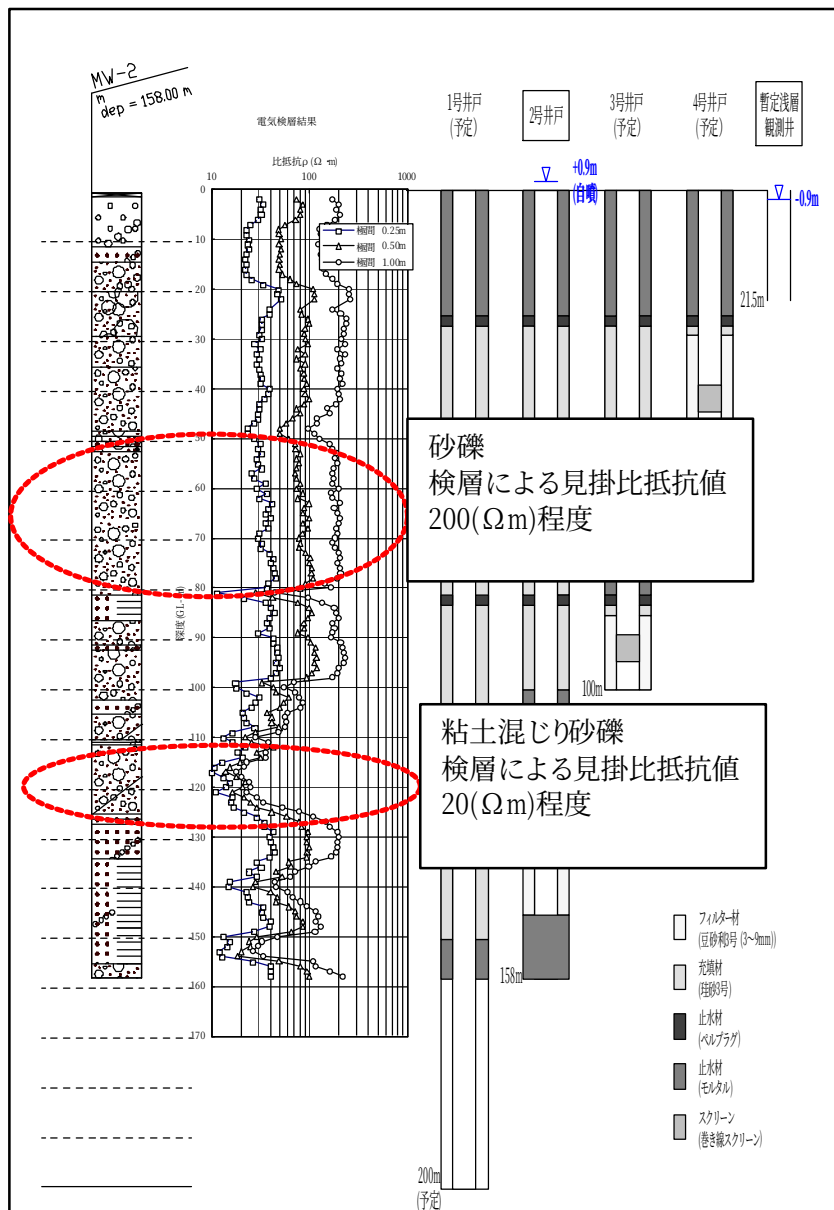


図 3.1-2 既存観測井 MW-2 の柱状図と電気検層結果

ホ) 飽和・不飽和浸透モデルへの反映

高密度電気探査の結果を考慮すると、飽和・不飽和浸透モデルの解析領域内の地質は、玉石および砂礫の 2 層構造と判断される。そこで、雄神橋、太田橋両地点とも本探査で判明した 1000(Ω m)の等比抵抗値コンターを玉石と砂礫の境界とし、解析モデルを作成することとした。電気探査における偽像が見られた箇所や解析精度の低下の可能性のある領域においては、精度が保証された範囲の玉石層厚(雄神橋 10～30m 程度、太田橋 10～20m 程度)で補完した。

雄神橋地点においては、測定上の制約から庄川直下の比抵抗構造は判明していないが、玉石層-砂礫層境界が地表線と概ね調和的であることから、地表線とほぼ平行に、AB 領測線（左右岸）における 1000(Ω m)コンターをつなぐものとした。

なお、太田橋地点に見られた宙水構造は、庄川付近を代表する地下水と流動形態が異なることから、飽和・不飽和浸透モデル解析では、取り扱わないこととした。

得られた地質断面図と平成 14 年度に富山県企業局による水理地質断面図 3.1-9～図 3.1-12を合わせて示す。

【補足説明】

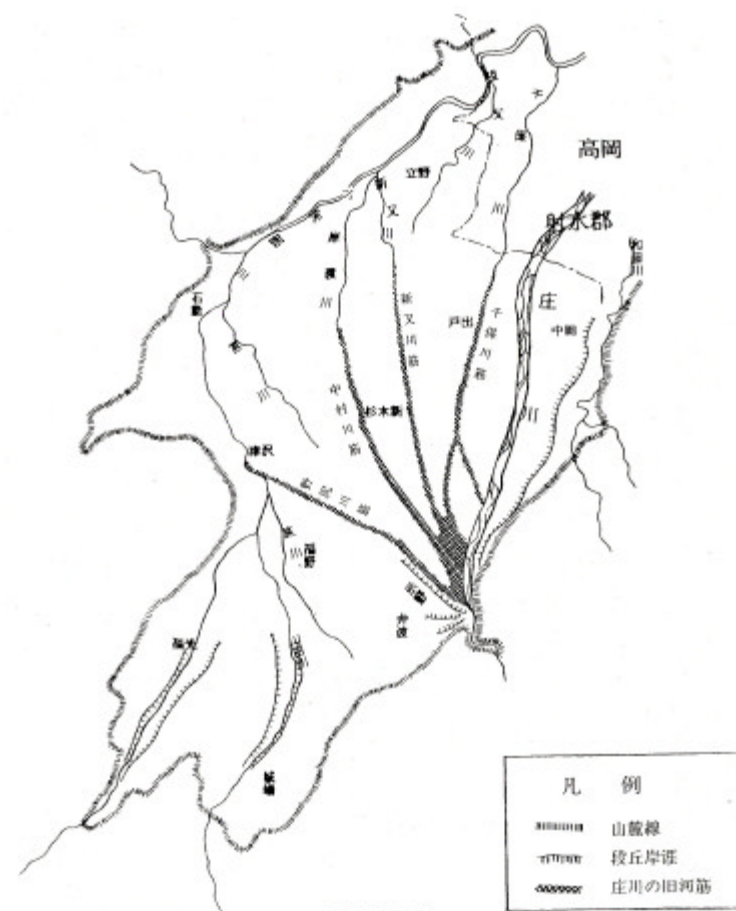
庄川河道の変遷

庄川は古来その流路変遷が激しく、庄川が現在の河道に固定し、統一した堤防が築かれてその動きがおさえられたのは、近世に入ってからのことである。

天正 13 年(1585 年)11 月に大地震が発生し、金屋の東の山が崩れて庄川が堰止められ、その 20 日後一挙に流出した。この時、水流は弁財天社のところで分流し、一つは元の千保川へ、もう一方は当時中田川という小流にすぎなかった現在の庄川に流れ入り、現在にみる庄川を形成した。

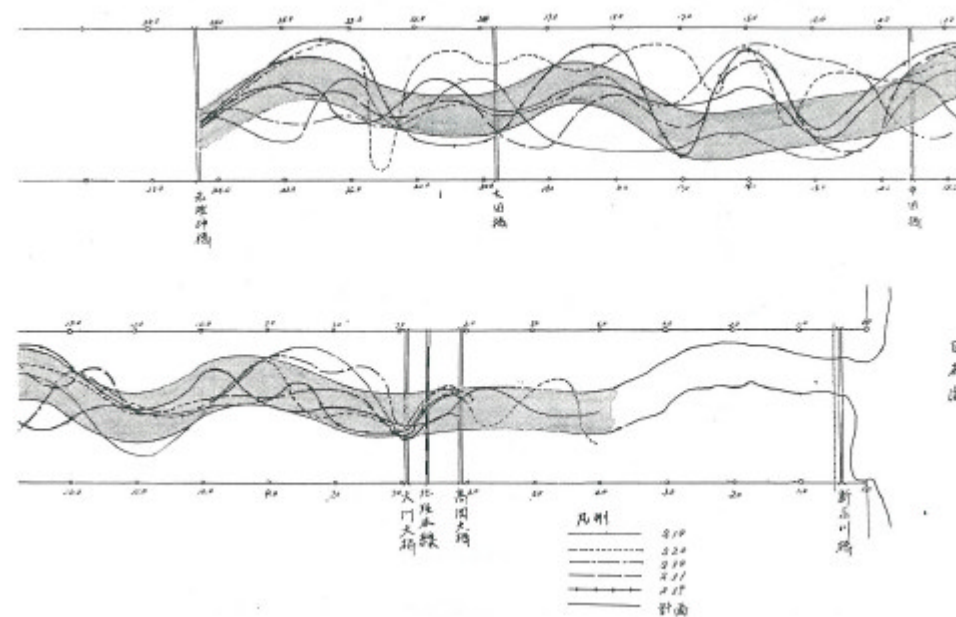
その後、寛永 7 年(1630 年)の洪水をはじめとする度重なる出水で、川幅はだんだんと広がっていった。また、このような出水により、幾度となく河道も変遷している。

また、昭和 42 年の河道計画調査より作成された、昭和 10・20・30・31・39 年の変遷図によれば、近年においても河道は移り変わっている。この河道変遷図によれば、上流ほど河道の変遷が著しく、今回、電気探査の再解析を行った太田橋上流の K.P.20.0 付近では、昭和 20 年に左岸側にあった河道が昭和 39 年には、右岸側に移っている。



『昭和三十九年』より

庄川の河道図



河道変遷図

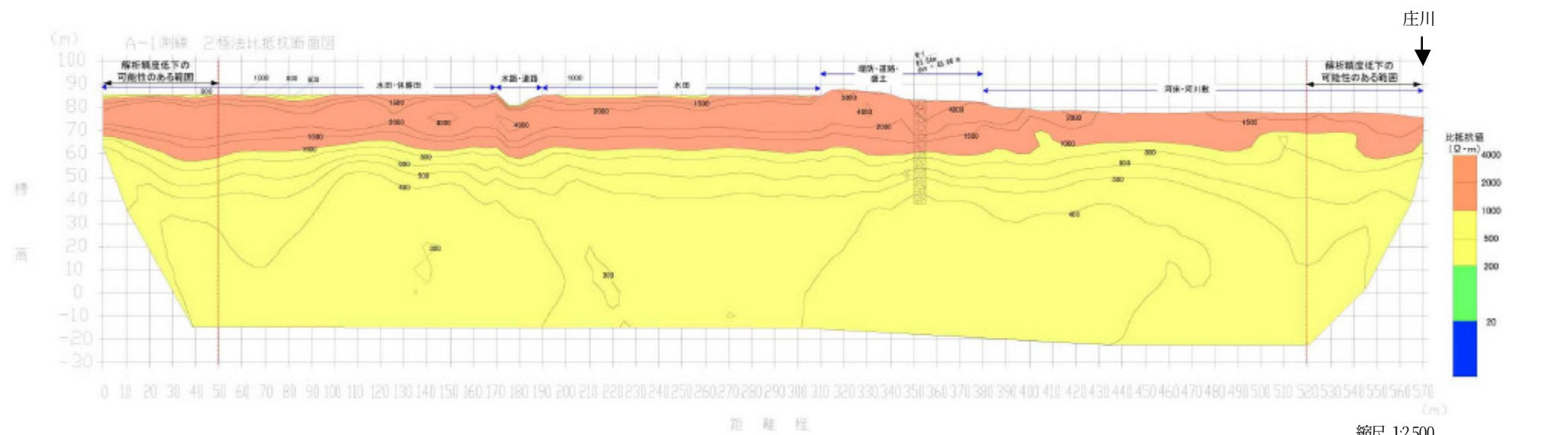


図 3.1-3 雄神橋 電気探査結果 (A 測線 庄川左岸)

縮尺 1:2,500

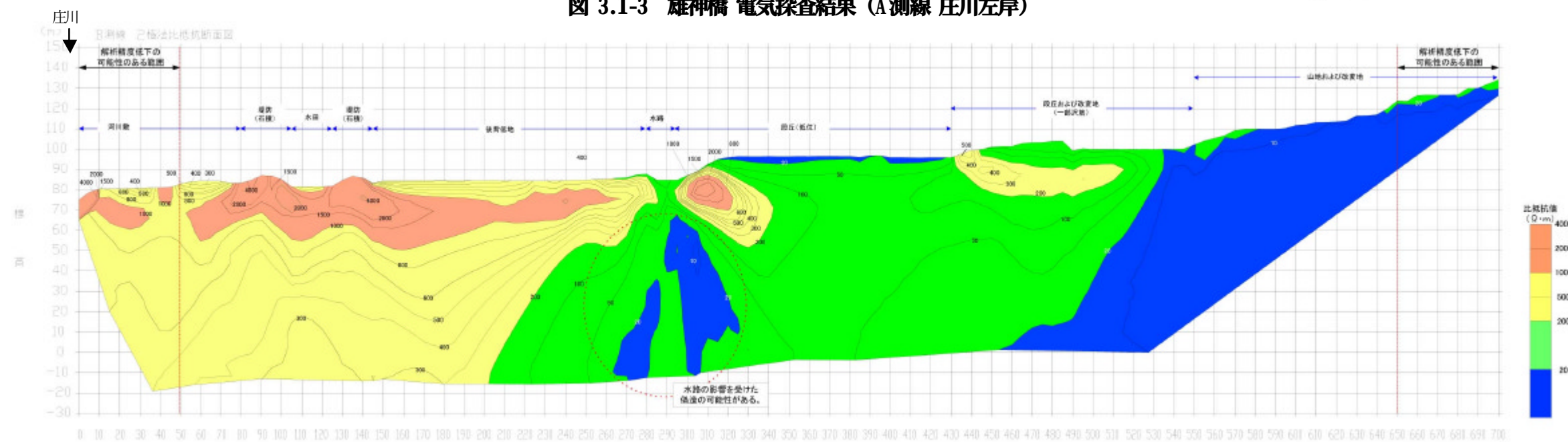


図 3.1-4 雄神橋 電気探査結果 (B 測線 庄川右岸)

縮尺 1:2,500

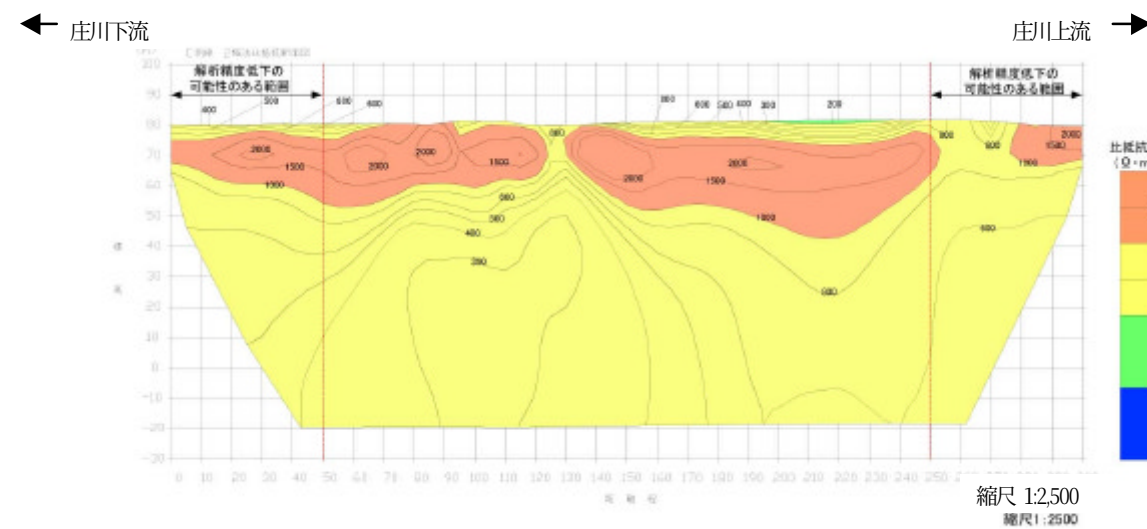


図 3.1-5 雄神橋 電気探査結果 (C 測線 庄川左岸)

縮尺 1:2,500
縮尺 1:2,500