

第3回 県境不法投棄現場原状回復対策推進協議会 資料

ラグーン周辺の地質構造と 地下水に関する調査結果

【調査目的】

- ① “ラグーン”からの浸出水流出経路を把握する。
- ② 新水源地への浸出水の影響を把握する。

平成16年3月27日

青森県 県境再生対策室

はじめに

本資料では、現場周辺の「ラグーン周辺の地質構造と地下水に関する調査結果」について説明します。

調査目的

青森県側の廃棄物不法投棄現場の西側斜面下には、三栄化學工業が浸出水浄化を目的として設置した、沈殿池が存在します。現在、不法投棄現場から西側斜面を流下した浸出水は、すべてこのラグーンに流入しています。このラグーンでは、複数の池が存在し、流入した浸出水は上流側の池から順番に流下していきます。流入した浸出水は、下流側の池ほど透明度が増し、その水質も改善していることから、この沈殿池(ラグーン)では水質浄化作用が有効に機能していると考えられます。

今回の調査では、① “ラグーン”からの浸出水流出経路を把握すること、そして② 新水源地への浸出水の影響を把握することを目的として、現場周辺の「地質構造」と「表流水・地下水の流下経路」に着目して調査を実施しました。

【資料の内容】

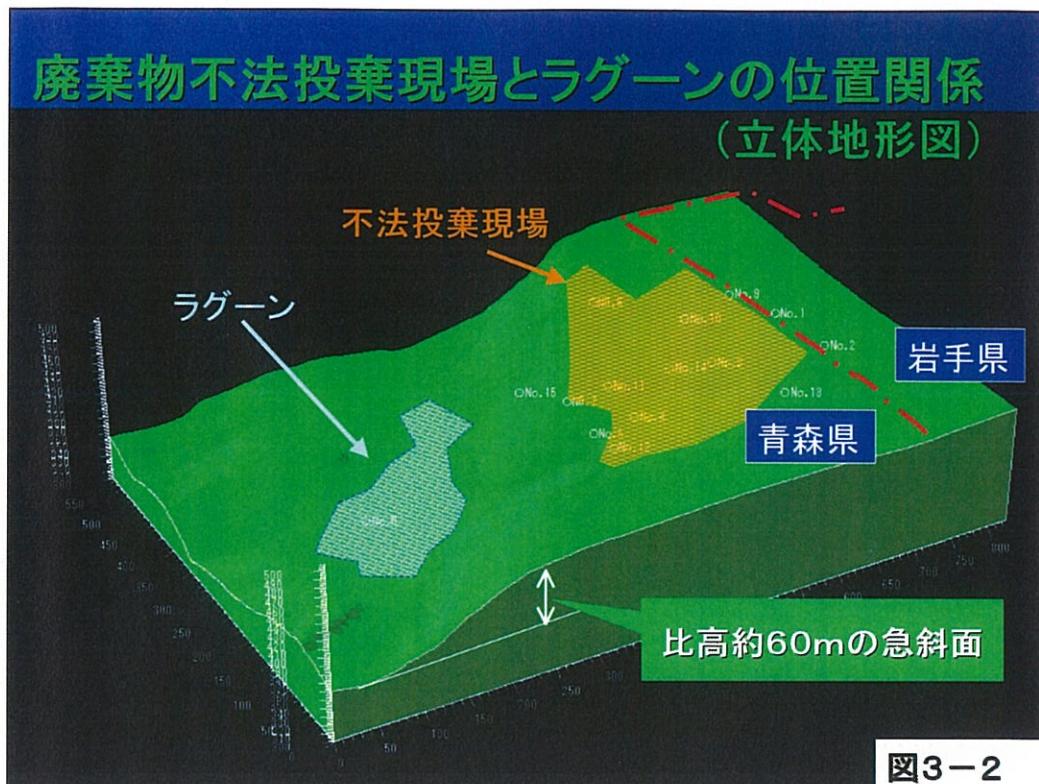
- 図3－1 新旧水源地と不法投棄現場の位置関係
- 図3－2 廃棄物不法投棄現場とラグーンの位置関係
- 図3－3 不法投棄現場周辺の地形状況
- 図3－4 廃棄物・地質平面図
- 図3－5 地質構造と岩盤の透水性(I測線)
- 図3－6 空中電磁探査による比抵抗分布
- 図3－7 浸出水の流出経路 想定図
- 図3－8 新水源地への地すべり地内の浸透水の影響調査結果
- 図3－9 ラグーン周辺高密度電気探査位置図
- 図3－10 高密度電気探査 解析水平断面図
- 図3－11 浸透水面等高線図(地下水流向図)
- 図3－12 水質分析結果(電気伝導度)
- 図3－13 水質分析結果(ヘキサダイアグラム・当量濃度図)
- 図3－14 ラグーンから旧水源地までの浸透経路 概要図
- 図3－15 地すべり地内の地下水の流動経路 想定図



新旧水源地と不法投棄現場の位置関係

不法投棄現場の西側には急な斜面があり、これは旧地すべり地形の一部であると考えられています。また、ラグーンはこの急斜面を下りてすぐのところに位置し、旧水源地はさらにそこから下流側に位置し、写真に示したように、旧地すべり地形の中に位置します。

一方、新水源地は同じく不法投棄現場やラグーンの西側に位置しますが、旧地すべり地形の外側に位置します。

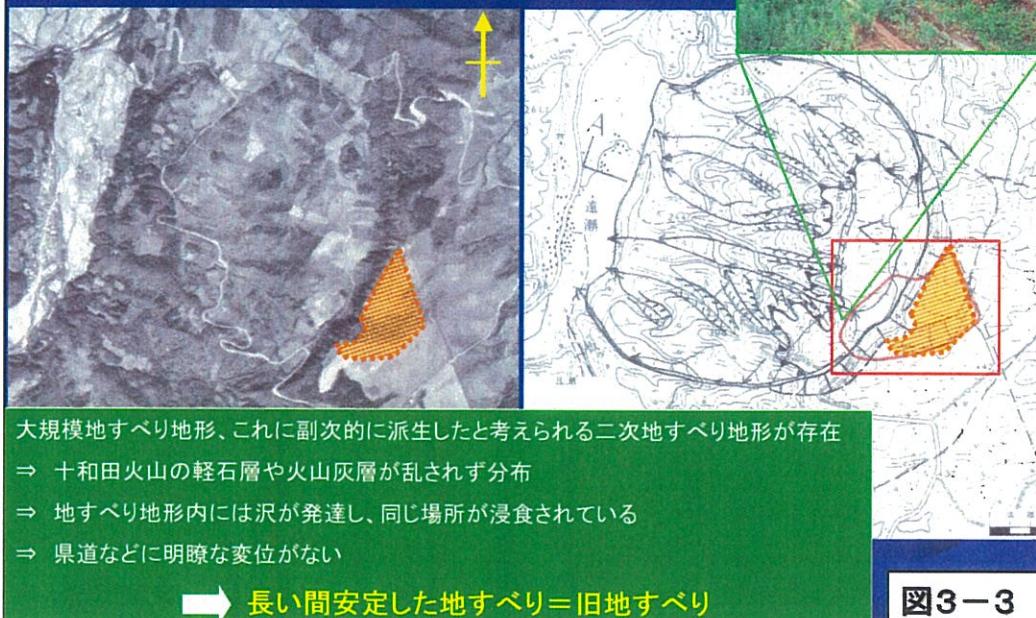


廃棄物不法投棄現場とラグーンの位置関係

不法投棄現場の西側には急斜面は、立体地形図で見るとこのようなイメージとなります。この斜面は、比高(標高差)約60mの急斜面となっています。

不法投棄現場周辺の地形状況

空中写真判読による地形解析結果



不法投棄現場周辺の地形状況

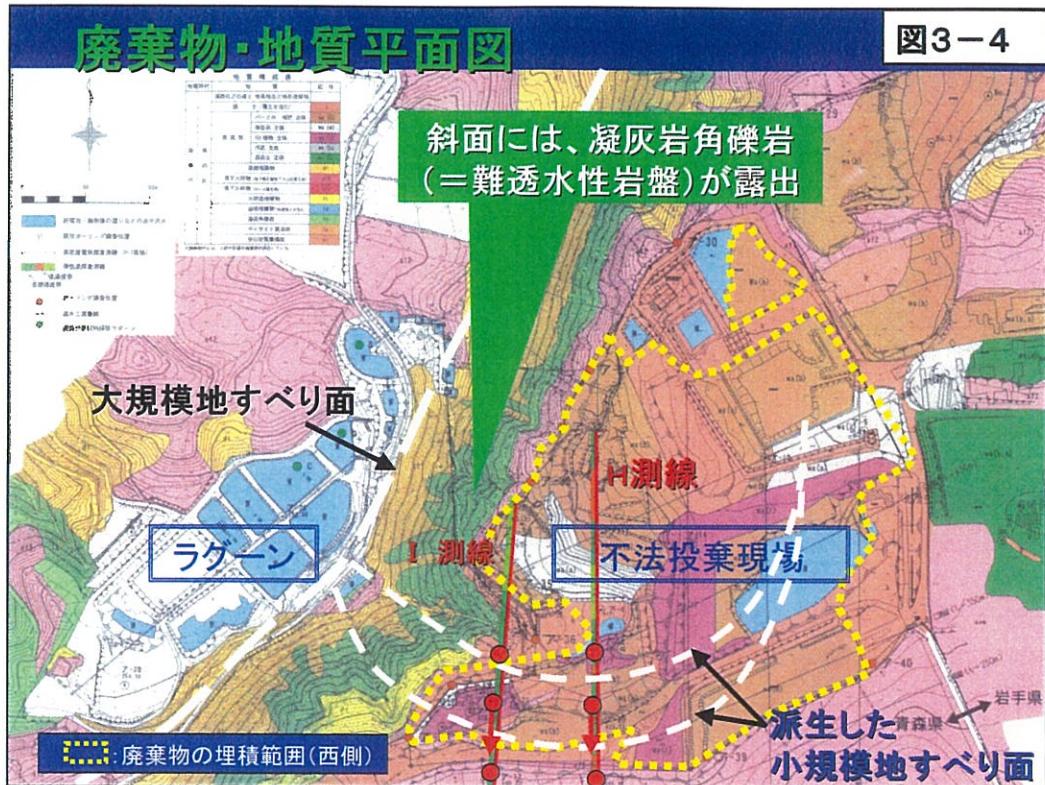
図3-3は、空中写真から地形的な特徴を読みとった図(地形判読図)です。

先述のように、不法投棄現場の西側の急斜面は、大規模な地すべり地形の一部であることが明らかとなりました。左図は現場付近の空中写真、右図はその地形判読図です。

地すべりは、一般に長期間にわたって繰り返し滑動することが知られていますが、この現場の地すべりに関しては、①十和田火山の軽石層や火山灰層が乱されず分布(継続的に動いていれば乱されるはず)、②地すべり地形内には沢が発達し、同じ場所が浸食されている(継続的に動いていれば、沢はすぐに崩れて埋積されるので発達しにくい)、③県道などに明瞭な変位がない(継続的に動いていれば、県道の舗装面にひび割れ等の変異が顕れるはずだがそれが認められない)...等の理由から、長い間安定した地すべり(=旧地すべり)であると考えられます。

一方、不法投棄現場内には、西側斜面下の大規模地すべりから派生した、小規模な地すべりのすべり面が通っていることが、この空中写真判読の結果から推定されました。

図3-4



廃棄物・地質平面図

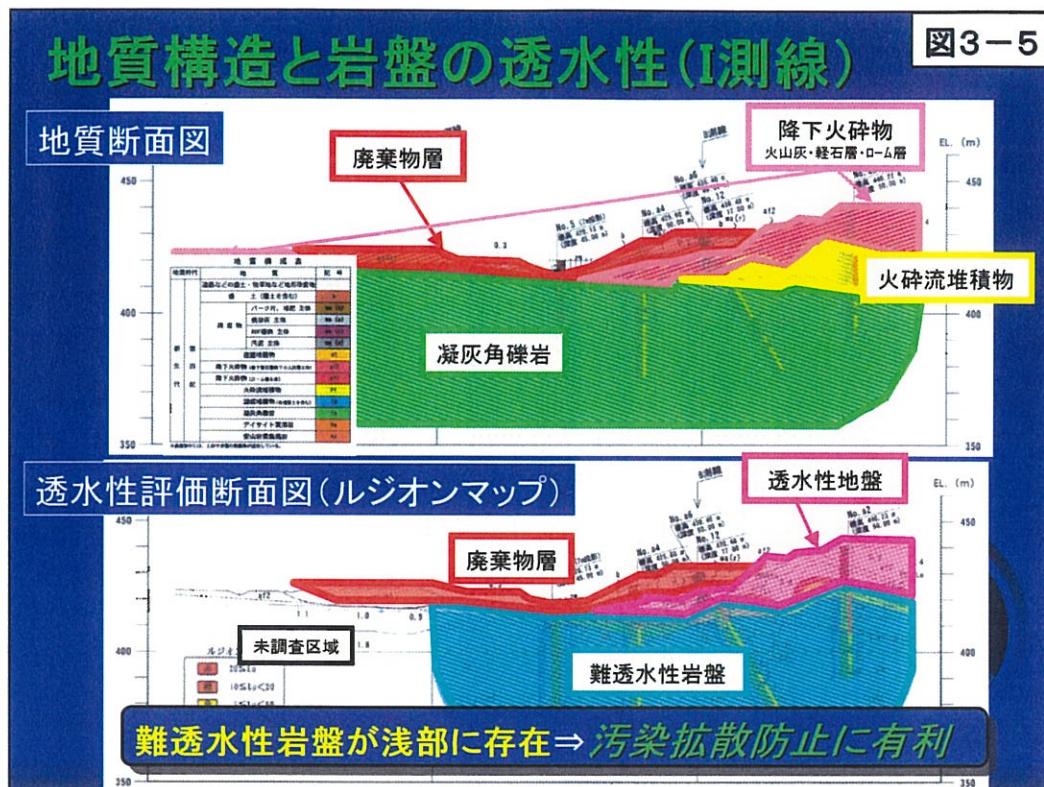
一方、地表地質踏査やボーリング調査などの結果から、不法投棄現場とラグーン一帯の廃棄物分布や地質分布が、図3-4のよう明らかとなりました。この中で、黄色の点線に囲われた部分が、青森県側の廃棄物分布範囲を示します。

図中、ピンク色で示したものは、この付近の最も表層に分布する十和田火山起源の火山灰を主体とするローム層です。また、不法投棄現場西側の斜面に露出する緑色で示した地質は、上記のローム層の下位に位置し、本地域に広く分布する凝灰角礫岩です。この凝灰角礫岩は、ボーリング調査結果などから透水性が大変低いことが明らかとなっており、本地域の難透水性基盤(大局的に見れば上位の地下水がそれ以深には浸透しない難透水性の底盤地質体)となっています。

大規模地すべり面から不法投棄現場内に派生した小規模な地すべり面について、その性状(岩盤としての強度や透水性)についてさらに詳しく調べるために、弾性波探査やボーリング調査、原位置透水試験(ルジオൺ試験)を実施しました。まず、ボーリング調査に先駆けて、赤線で示した位置(H測線・I測線)で、弾性波探査を実施しました。弾性波探査は地盤の堅さや割れ目の発達の違いを判別する調査法で、地すべり面の位置をあらかじめ抽出するのに有効な調査手法です。その後、赤丸で示した6孔のボーリング調査(赤い矢印は斜めボーリング)を実施しました。

その結果、先述の不法投棄現場内に位置する小規模な派生地すべり面は、現場では2条に分岐し、図中の白い点線で示す位置に分布すると想定できました。

図3-5

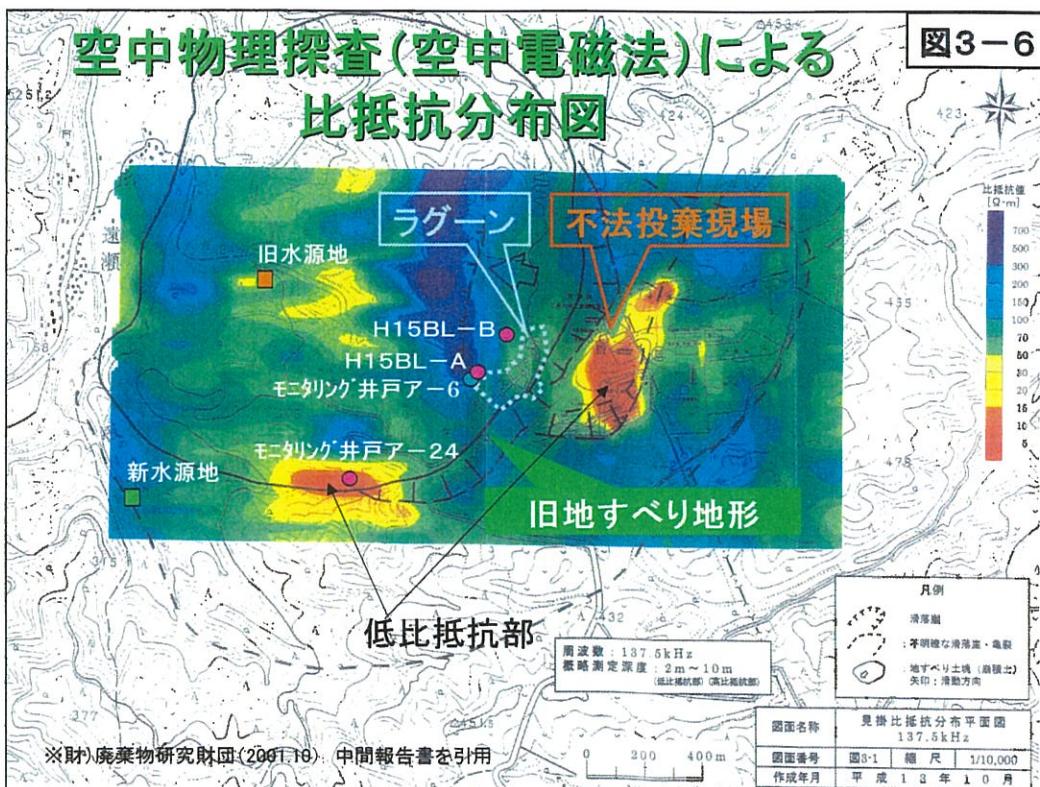


地質構造と岩盤の透水性(I測線)

図3-5は、先に示したI測線における地質断面図と、原位置透水試験(ルジオン試験)結果から小規模地すべり面について、次のようなことが明らかとなりました。

- ①この凝灰角礫岩が分布する中で中央谷の南側に弾性波探査の低速度層(断層や割れ目が卓越する地盤)や速度層の段差が認められました。
- ②これらの部分を想定してボーリング調査を行ったところ、2条の小規模地すべり面が確認されました。これらの境界面はすべて密着し、周辺の岩盤と同程度の堅さに再固化していました。
- ③ボーリング調査から凝灰角礫岩の厚さは約20m以上あり、上位に火碎流堆積物や降下火碎物が分布していることが分かりました。
- ④基盤である凝灰角礫岩は南側へ傾斜して分布していることが分かりました。
- ⑤透水性試験結果から、小規模地すべり面付近の地盤は概ね1ルジオン以下の難透水性であることが確認されました。
- ⑥小規模地すべり面周辺を含む凝灰角礫岩のほとんどの深度(上部の強風化部を除く)で難透水性を示したことから旧小規模地すべり面を介した汚染拡散が生じている可能性は考えにくく、さらに、難透水性地盤が広く厚く比較的浅部に分布していることから、汚染拡散防止を実施するに当り有利になる地質構造であることが分かりました。

図3-6

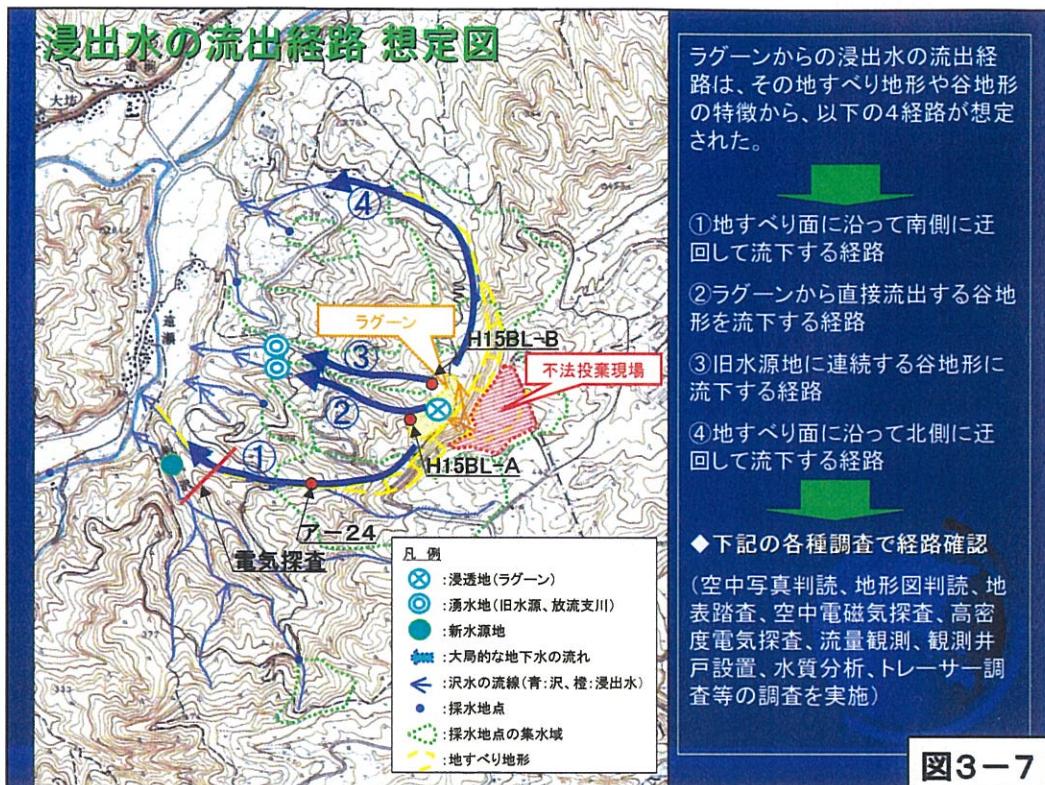


空中電磁探査による比抵抗分布図(財団法人 廃棄物研究財団 平成13年度不法投棄等による環境リスク低減化に関する研究中間報告書より引用)

図3-6は、廃棄物研究財団が実施した、空中電磁探査の結果です。空中電磁探査結果に基づきますと、不法投棄現場と同じような低比抵抗部が現場の南西方と旧水源地周辺に見られました。

前者の低比抵抗部は、旧地すべり地形の端部に位置していること、ラグーン周辺からの沢が連続していること(ただし、沢水はありません)から、ラグーンからの浸透水が影響している可能性が指摘されました。

ただし、この図ではラグーンの水は比較して低比抵抗ではありませんので、ラグーンの水以上に濃い(電解質を多く含む)水である場合には、ラグーンの水の影響では無い、別の要因を考える必要性も指摘されます。

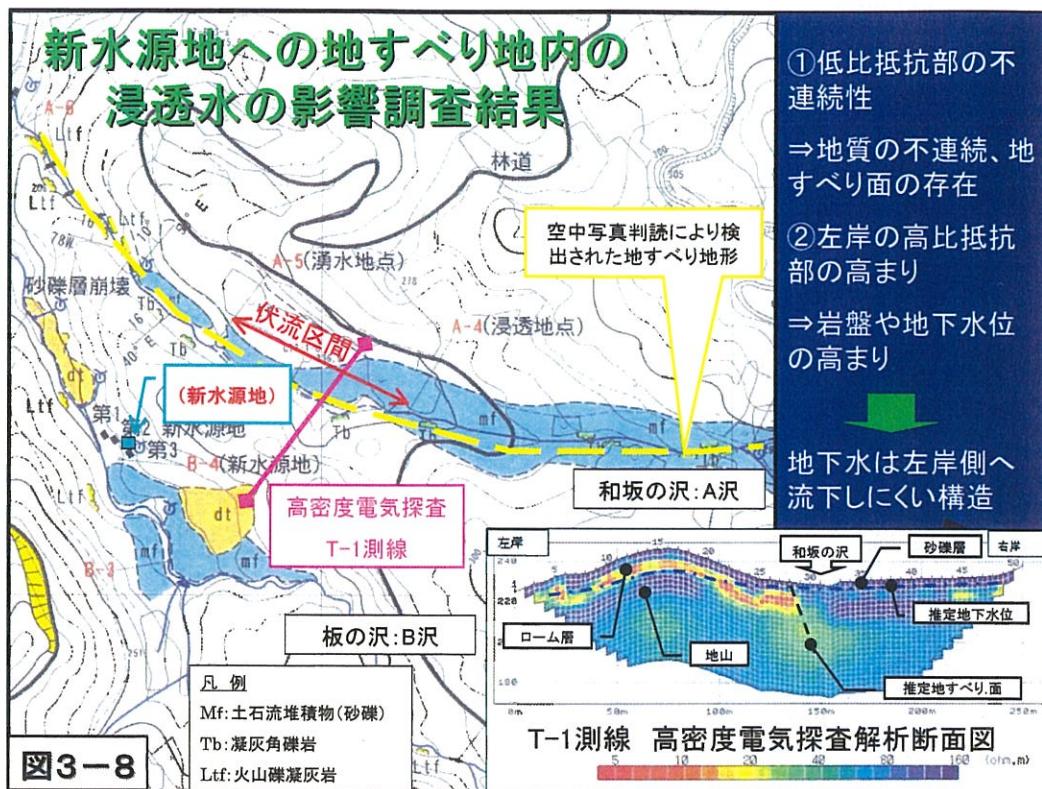


浸出水の流出経路に関する調査

ラグーンからの浸出水の流出経路としては、空中写真判読、地形図判読、地表踏査結果、空中電磁気探査結果から、図3-7に示すように、次の4経路(図中①～④)が想定されました。

- ①地すべり面に沿って南側に迂回して流下する経路
- ②ラグーンから直接流下する谷地形を流下する経路
- ③旧水源地に連続する谷地形に流下する経路
- ④地すべり面に沿って北側に迂回して流下する経路

これに対して、県では、高密度電気探査、流量観測、観測井戸設置、水質分析、トレーサー調査等の各種調査を実施することによって、その流出経路を明らかにするとともに、新水源地への影響や安全性について評価しました。



新水源地への地すべり地内の浸透水の影響調査結果

新水源地は、地すべり地形の外側に位置し、水文地質的には別水系と考えられますが、そのことを確認するために、地すべり面のある「和坂の沢:A沢」と、新水源地のある「板の沢:B沢」の間にある尾根部について高密度電気探査を実施し、地下水位分布を面的に把握しました。

その結果、図3-8に示す調査結果から、次のことが明らかとなりました。

《高密度電気探査の結果》

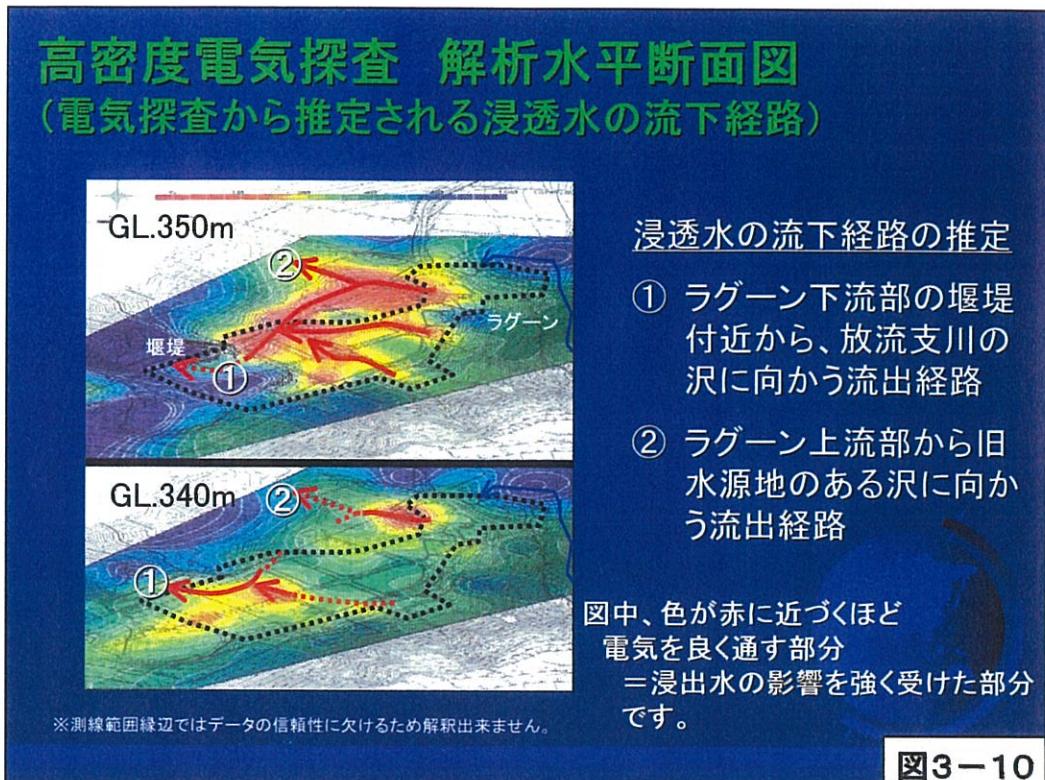
- ① 2つの沢の間には地すべり面があり、地層が不連続である。
- ② 2つの沢の間の尾根には高比抵抗部の高まりがあり、その部分は地下水位が高まっていて、それが壁となって存在すること。
- ③ ①②から、水文地質学的に、「和坂の沢:A沢」の表流水は新水源地のある「板の沢:B沢」に流入しにくい構造となっていること。

以上から、新水源地への地すべり地内の浸透水の影響は無いとの結論に至りました。



ラグーン周辺高密度電気探査位置図

図3-9は、ラグーン周辺の浸透水の流出経路を把握する目的で実施した、高密度電気探査の測線配置を示しています。これらの測線は、格子状に配置しております。格子状に配置することで、立体的な浸透水の分布把握が可能になります。

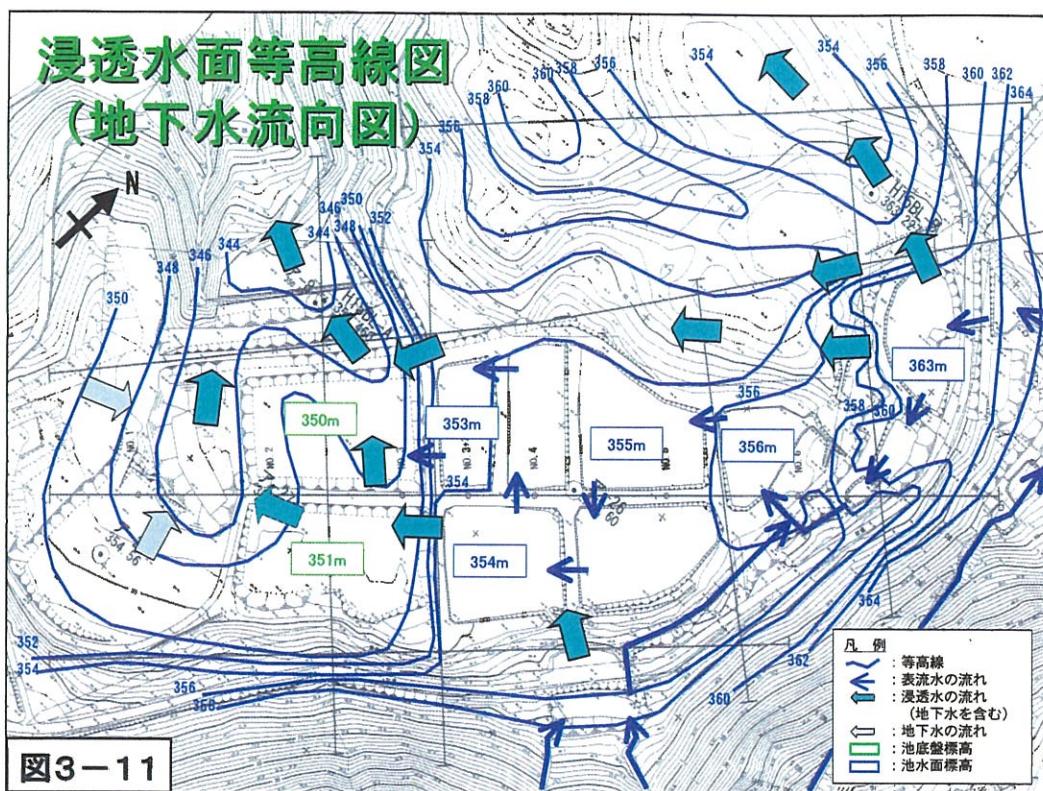


高密度電気探査 解析水平断面図

図3-10は、高密度電気探査の解析結果を、GL. 350mとGL. 340の二つの標高において水平にスライスした時の比抵抗分布を示した図です。

本図から、ラグーンの上流部で比抵抗が高い水質が分布し、下流ほど比抵抗が低い傾向がみられます。これは、周辺環境水との混合による希釀により、浸透した浸出水の水質が、より薄くなっていることを示していると考えられます。

また、本図に示しましたように、ラグーン中の浸出水は、手前の放流支川の沢に流下する経路(図中①)とは別に、上流付近で旧水源地のある谷の方向に流下する経路(図中②)の、2つの経路が推定されます。



浸透水面等高線図

図3-11は、高密度電気探査結果に基づき、作成した浸透水面等高線図です。図中に四角で囲っているものは青色がラグーンの水面標高で、緑色が底盤標高です。

ラグーン上流部では西側や南東側へ流下するような等高線となっています。また、ラグーンの上流から中流にかけては水面と浸透水面がほぼ同じ標高であることから深部へ連続していることが分かり、下流では深部で浸透していると考えられます。

なお、ラグーンの南西側に溜池状のくぼ地がありますが、これからお示しします水質分析の結果によりますとラグーンの浸透水とは別の水質であることが分かりました。



水質分析結果(電気伝導度)

ラグーンの表流水やラグーン西側の観測井戸の地下水および下流域の周辺環境水(湧水や沢水、河川水)を採水し、主要溶存イオン(ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン、重炭酸イオン)とpHや電気伝導度について水質分析を行いました。

図3-12は電気伝導度の分布を示したものです。

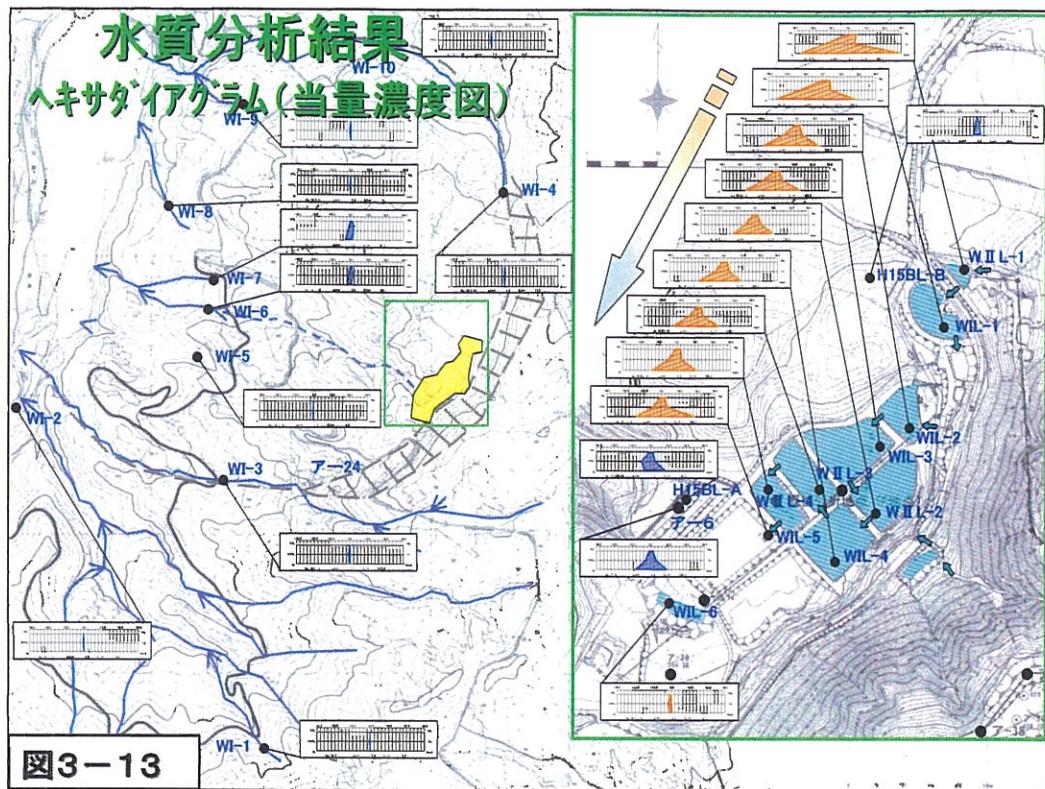
①ラグーン内の表流水の電気伝導度は、200mS/m(ミリジーメンスパーカー)以上であり、多くの電解質を含んでいることが分かります。ただし、ラグーンの下流側に向かって電気伝導度が低下する傾向が見られました。

②ラグーン西側に設置した観測井戸の地下水の電気伝導度は、55~140mS/m程度であり、後述する周辺環境水の電気伝導度との間の値を示しました。

③周辺環境水の電気伝導度は、全般に13mS/m以下でありましたが、旧水源地と放流支川の水質はそれぞれ、51、41mS/mと比較的高い値を示しました。

この電気伝導度の関係から、ラグーンの表流水と、旧水源地や放流支川の水との関連性が指摘されるところであります。

次に、分析した主要溶存イオンの当量濃度分布について、水質の関連性を把握するためにヘキサダイアグラムを作成しました。



水質分析(ヘキサダイアグラム)

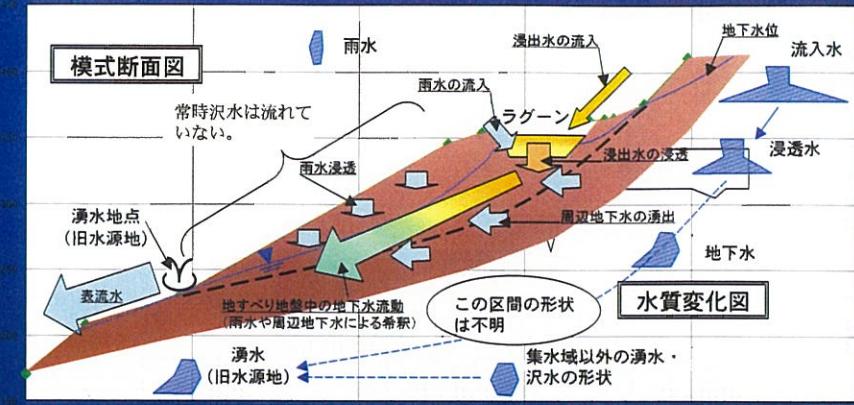
図3-13は、先ほど挙げましたナトリウムイオンなどの主要溶存イオンの濃度に基づき作成したグラフです。1つのグラフの右側がナトリウムイオンなどの陽イオン、左側が塩化物イオンなどの陰イオンを示しています。

本図からは次のことが分かります。

- ①ラグーンの表流水は、ナトリウムイオン・塩化物イオンに富む水であることが分かりました。また、総当量濃度(濃度の合計:着色した部分の大きさ)も大きく電解質な物質が多く含まれた水であることが分かりました。
- ②周辺環境水は、ラグーンの水に比較して、濃度は約10分の1の低い濃度であり、カルシウムイオンと重炭酸イオンに若干富む形状を示しています。しかしながら、旧水源地と放流支川の水質はその他の周辺環境水の水質と異なり、カルシウムイオンと塩化物イオンに若干富む形状を示し、かつ、濃度も大きくなっていることから、両者の水質は異なるものと考えることができます。
- ③一方、ラグーン西側の観測井戸の地下水は、これらの中間的な形状を示しており、ラグーンの表流水に類似した形状(ア-6)、地下水とラグーンの水が混合したような形状(H15BL-A)、旧水源地の水に類似した形状(H15BL-B)を示しています。特に、H15BL-Bの地下水が、旧水源地の水質に類似すること、塩化物イオンが卓越していることから、ラグーンの表流水は、旧水源地の水に影響を及ぼしているものと推定しました。

ラグーンから旧水源地までの浸透経路 概要図

図3-14



- ① 浸出水は、ラグーンから地すべり地盤中に浸透し、その中を流下した後、旧水源地と放流支川から湧出している可能性が高い。
- ② 旧水源地付近の湧水の水質は、流入したラグーン中の浸出水に、周辺の自然の地下水や雨水が混合し、希釈された後の水質である。
- ③ ①②から、旧水源地の水質は、ラグーンからの浸出水の浸透が無くなれば、周辺の自然地下水の水質に回復する可能性が高い。

ラグーンから旧水源地までの浸透経路

これまでの調査結果から総合的に検討した結果、図3-14に示すように、ラグーンから旧水源地までの浸透経路について、次のようなことが明らかとなりました。

【ラグーンの水と旧水源地の湧水との関係】

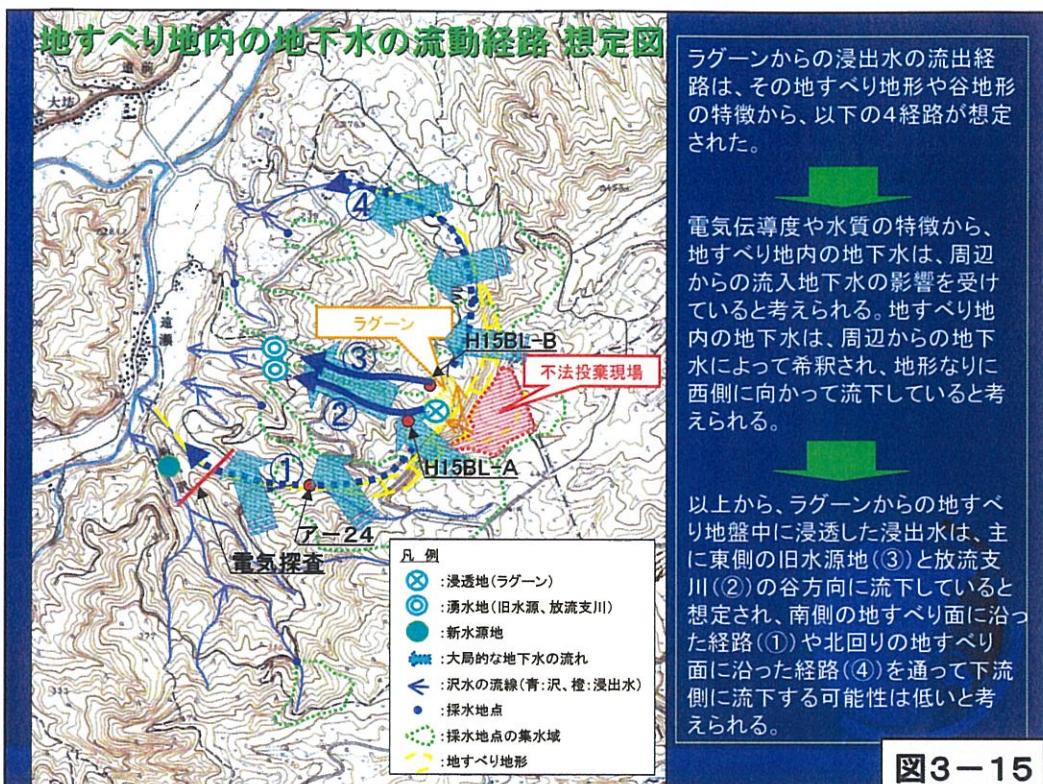
①ラグーンからの浸透水は、地すべり地盤中を流下し、旧水源地と放流支川から湧水している可能性が高い。このことは、ラグーン付近からの流出経路が、旧水源地と放流支川のある沢に向かっていることと、両者の水質が、他の湧水地点の水質と明らかに異なり、ラグーンから浸透した浸出水の影響を受けていると考えられるためです。

【旧水源地や放流支川の水質】

このことから、②旧水源地と放流支川の水質は、ラグーンから浸透した浸出水が周辺の自然の地下水や雨水が混合した結果、希釈されて出来た水質であると考えられます。なお、その水質については、ラグーンの浄化機能もあり、環境基準以下であることから、現時点で旧水源地に有害性を与えてはいないと考えられます。

【旧水源地や放流支川の今後の水質について】

以上から、今後、本設の水処理施設と遮水壁が完成すれば、浸出水はすべて処理され、浸出水が地下浸透することは無くなることから、③旧水源地の水質も早期の回復が期待できます。



地すべり地内の地下水の流動経路

ラグーンからの浸透水は、地すべり地盤中を流下し、旧水源地と放流支川から湧水している可能性が高い。このことは、ラグーン付近からの流出経路が、旧水源地と放流支川のある沢に向かっていることと、両者の水質が、他の湧水地点の水質と明らかに異なり、ラグーンから浸透した浸出水の影響を受けていると考えられるためです。

4. 調査結果のまとめ

【調査目的】

ラグーンからの浸出水の流出経路を把握し、旧水源地、新水源地をはじめとする周辺環境への影響について評価した。

【調査内容】

空中写真判読、地形図判読、地表踏査、空中電磁気探査、高密度電気探査、流量観測、観測井戸設置、水質分析等の調査を実施した。

【調査結果】

- ① ラグーンからの浸出水は、ラグーンから地下に浸透し、地すべり地盤中を流下した後、旧水源地と放流支川から湧出している。
- ② それ以外の水系に流出している可能性については、今後のモニタリングで、その有無について引き続き把握に努める。
- ③ 高密度電気探査結果から、新水源地への浸出水の影響は無い。
- ④ 今後、水処理施設と遮水壁が完成すれば、浸出水の地下浸透が無くなることから、旧水源地の水質も早期の回復が期待できる。
- ⑤ 現在、ラグーン、新旧水源地、周辺湧水、表流水、等の水質は環境基準を下回っており、現時点での環境影響について問題はない。