

8. 地下水の季節的な水質汚濁と鉄との関係についての考察

A consideration of relationship between seasonal groundwater pollution and iron

○眞光浩亮・嶋克久良・露口耕治（株式会社四電技術コンサルタント）

1. はじめに

砂防堰堤工事では常に、セメント等による水質悪化や地下水流動の阻害による地下水枯渇といった諸問題が懸念される。本報告では、砂防堰堤下流域の井戸で発生した水質汚濁について、周辺土壌中の鉄に焦点をあて考察した。砂防堰堤工事開始後に堰堤下流の井戸一箇所水質汚濁が発覚し、以降現在までの約3年間定期的に確認されている。周辺では同様の傾向がみられず、原因について不可解であったため、該当井戸やその周辺にて水位観測及び水質分析を実施した。その結果、毎年秋季頃に濁度・鉄・有機物の値が上昇していること、また井戸へ流入する地下水が約3ヶ月前に地下浸透したものであることが分かった。以上のことから、水質汚濁が砂防堰堤工事ではなく、周辺水田土壌中の鉄に起因するのではないかという考察を得た。

2. 調査地概要

調査箇所は香川県の北部地域で、瀬戸内海に面した丘陵性山地の山裾に分布する谷底平野である。当該箇所は砂防指定区域に指定されており、平成28年から砂防堰堤工事が開始され、現在は施工完了状況である。調査地の地質は、領家花崗岩を基盤岩とし、それをマサ土からなる崖錐堆積物や河床堆積物が被覆するように分布している。

3. 水質汚濁の発生状況

水質汚濁の経年変化と範囲を把握するために、堰堤直下のため池で濁度の分析、調査井戸及び周辺井戸A～Dで飲料水分析を実施した。分析結果を図-2及び図-3に示す。分析結果によると、調査井戸では常に濁度の値が飲料水の水質基準である「2度」を超過し、初秋から晩秋にかけての急激な上昇が年々低下傾向にあるが、約3年間定期的に発生していることが分かった。しかしながら、調査井戸上流のため池及び周辺井戸では同様の傾向はみられなかったことから、調査井戸周辺の限定的な範囲で濁度上昇をもたらす何等かのメカニズムが発生していると考えられる。調査井戸では濁度とともに鉄・有機物が上昇しており、濁度上昇の一要因となっている。



図-1 調査位置図及び水質分布図

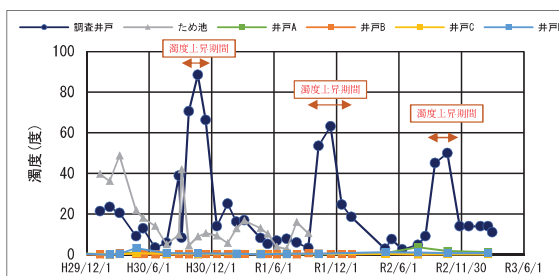


図-2 濁度時系列変化図

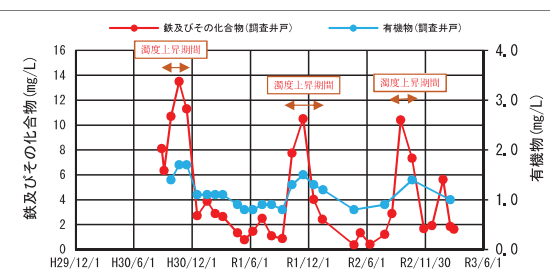


図-3 調査井戸の水質時系列変化図

4. 周辺の地下水流動傾向

次に、調査井戸は地形から読み取ると、図-1に示したA流域とB流域の合流点付近に位置しており、どちらの流域から多く地下水が供給されているか検討するために、調査井戸周辺で主成分分析及び電気伝導度の計測を実施した。調査結果は図-1に図示している。調査井戸の水質には、① $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 HCO_3^- の溶存量が多い、②電気伝導度が300弱、の二点の特徴があることが分かった。電気伝導度の分布をみると、A・B流域共に調査井戸と大差がないことが分かり、どちらの流域からも供給されうるように考えられる。しかしながら、ヘキサダイアグラムをみるとA流域では $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ の溶存量が多く、B流域では少ないことが分かり、調査井戸の地下水の主起源はA流域にあると推察される。

5. 水温及び気温の変化

調査井戸に供給される地下水の浸透時期を把握するために、自記水位計に記録された水温（地下水面下 3m 程度）と表層の水温、気温について整理を行った。図-4 に水温と気温の季節変化を示す。表層の水温が気温とほぼ同じ時期にピークに達するのに対して、自記水温のピークは気温のピークから約 3 ヶ月遅れていることが分かった。このことから、調査井戸に流入するのは、約 3 ヶ月前に地下浸透した地下水であると考えられる。

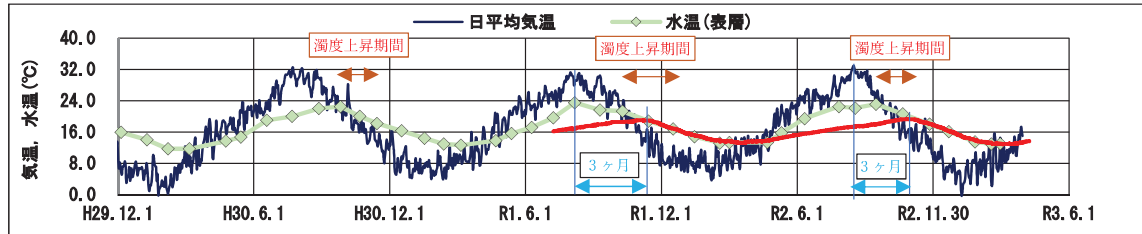


図-4 水温と気温の季節変化

6. 水質汚濁の発生原因の考察

水質汚濁が発生する秋季の地下水は、約 3 ヶ月前の夏季に地下浸透した地下水であると考えられることから、夏季に水質汚濁の原因が調査井戸周辺で発生していると推察される。夏季に水質汚濁が生じる事例は、ダム貯水池で報告されている¹⁾。ダム貯水池では、夏季の高温時に水温躍層が形成されるため、水の上下混合がなくなり、低層への酸素供給が抑制される。そして、貯水池内で発生した藻層（有機物）が微生物により分解される際に溶存酸素が消費され、嫌気状態となる。この嫌気状態が続くと底泥は還元状態となり、有機物や重金属が水中へ溶出する。調査地域でダム貯水池と同様の状況になる可能性があるのが水田である。図-5 は調査井戸の濁度と周辺井戸の地下水位との関係図である。地下水位は、水質汚濁の原因が発生すると考えられる夏季を含む期間に水位上昇しており、この期間が調査井戸周辺の水田の湛水時期であることが示唆される。また、調査井戸では濁度とともに有機物の値が上昇していることが分かっている（図-3）。以上のことから、水田の湛水により、ダム貯水池と同様の嫌気状態が発生している可能性があると考えられる。堰堤工事前の飲料水分析のデータがないため断定はできないが、堰堤工事ではなく、水田土壌の嫌気状態が水質汚濁の発生原因ではないかと考える。

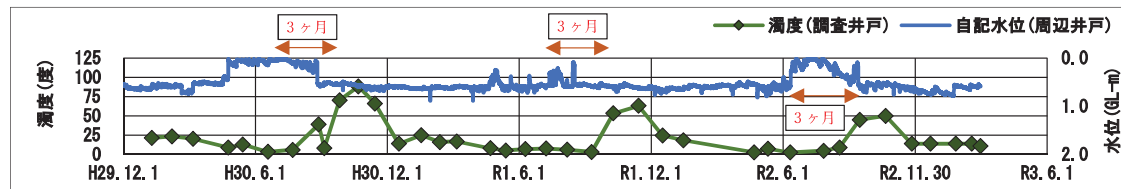


図-5 濁度と水位の関係図

7. 水質汚濁の発生メカニズムの推察

調査地域は花崗岩を基盤岩とするため、鉄を比較的多く含む。夏季の湛水により嫌気状態となった水田の土壌では、不溶性性の三価の鉄が溶解性の二価の鉄に還元されて水中に溶け込み、地下浸透し地下水に取り込まれる。地下水は三ヶ月かけて秋季に井戸に流入し、空気に触れて二価の鉄が再度三価の鉄に酸化され、水酸化鉄となり水質汚濁を発生させる。以上が考えられる水質汚濁の発生メカニズムである（図-6）。

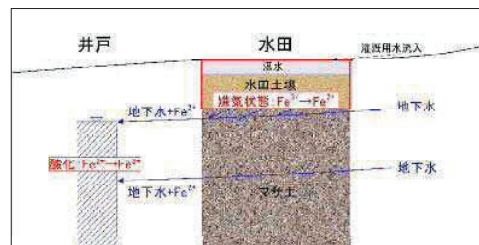


図-6 水質汚濁発生模式図

8. おわりに

本報告では、地下水の水質汚濁が鉄に起因する可能性についての考察を行った。富栄養で滞留しやすいという条件下では、本事例と同様に地下水に汚濁が発生する可能性が考えられ、注意が必要である。しかしながら、水深の浅い水田でダム貯水池のように嫌気状態が発生しうるか、また調査井戸周辺の水田のみで鉄濃度が異常に高いか、あるいは有機物を還元させる還元性物質が多いかといった課題があるため、本考察の精度をより高いものとするために、調査井戸の酸化還元電位・溶存酸素や周辺の水田土壌中の鉄の量・溶存酸素を調査・分析する必要があると考える。

参考文献

- 1) 今本博臣, 高玉はるか, 太田志津子, 古里栄一: ダム貯水池低層における嫌気層の形成と障害の発生, ダム工学 25(2), 89-98, 2015