

PH 調整及びランゲリア指数改善の考え方について

1. 一般的な水質改善 (pH、L I) について

1 - 1 pH 値への影響要因

一般的な水道原水としては、地表水 (河川水、湖沼水) 地下水 (浅井戸水、深井戸水、湧水、伏流水) がある。

これらの原水の pH 値に大きく影響を与える因子としては以下の通りである。

(1) pH 値低下の要因

地表水の場合

外的環境からの酸 (硫酸、硝酸、有機酸等) 成分の混入が大きな要因として考えられる。一般的には、人為的な理由に由来する場合が多い。

地下水の場合

地層由来による酸 (硝酸、炭酸) 成分の溶解が大きな要因として考えられる。

また、外的環境からの酸成分の混入要因も考えられる。

一般的な場合、特に炭酸 (遊離炭酸の増加) による要因が大きい。

(2) pH 値上昇の要因

地表水の場合

外的環境からのアルカリ (アンモニア、ソーダ、カルシウム成分等) 成分の混入が大きな要因として考えられる。

地下水の場合

地層由来によるアルカリ (アンモニア、ソーダ塩、カルシウム塩等) 成分の溶解が大きな要因として考えられる。

また、外的環境からのアルカリ (アンモニア、ソーダ、カルシウム成分等) の混入要因も考えられる。

一般的な場合、特にアンモニア、カルシウム塩による要因が大きい。

1 - 2 pH調整方法

水道原水のpH調整方式として利用されている方式については以下の通りです。

(1) pH値を高める場合

物理的手法

エアレーション方式（気液接触を利用した遊離炭酸の除去）

化学的手法

アルカリ溶液添加方式

アルカリ塩類の溶液を原水に少量添加する方式。

添加するアルカリ塩としては、ソーダ塩（ソーダ灰、苛性ソーダ）、カルシウム塩（消石灰）が一般的である。

アルカリ塩接触中和方式

炭酸カルシウムの固形物と水道原水を接触中和させる方式。

接触材に用いられるのは、カキ殻（主成分炭酸カルシウム）が多い。

(2) pH値を低減する場合

化学的手法

酸成分を添加する方式

添加する酸としては、炭酸ガス、塩酸、硫酸が一般的である。

2. 赤水発生メカニズムの推測

2 - 1 水質項目と腐食性について

一般的に、水の腐食性を考えるときに、検討される水質項目は以下の通りです。

(1) pH^{(*1)(*2)}

pH値は水素イオン濃度の逆数の常用対数であるから、pH6.0と7.0では水素イオン濃度は前者の方が10倍も高いことを意味し、pH値が低下するほど錆の進行が早

まるので、防食の点からは pH 値は少しでも高い方が望ましいです。

また、pH 値が 8 以上になると、鉄は不活態（まったく腐食されない状態）か不働態（表面に強固な酸化物が生成し腐食速度が極めて小さい状態）になります。

このため、pH8.0 以上まで高めてやるのが理想ですが、一般的な場合 pH 値を 7.5 程度まで高めてやれば錆の発生は大幅に減少します。

（ 2 ） アルカリ度^(*2)

一般に表流水のアルカリ度は通常 20～40〔mg/l〕であり、一般に河川水のアルカリ度は上流で低く、下流に行くに従い少しずつ増加すると言われています。また、アルカリ度の低い水(20mg/l 程度以下)は鉄管を腐食させやすいと言われています。

また、井戸水の場合は表流水よりも高く 30～80〔mg/l〕です。

（ 3 ） 酸度^(*2)

酸度とは、水中に含まれている炭酸、鉱酸または有機酸などの酸分を中和するのに必要なアルカリの量を、これに対応する炭酸カルシウムの〔mg/l〕で表した値です。

表流水の酸度は、通常 10〔mg/l〕前後といわれています。

腐食性については、アルカリ度の程度によって一様ではなく、アルカリ度が高い水は酸度が相当高くても腐食性を示しませんが、アルカリ度が低いと酸度が低くても腐食性を示します。

（ 4 ） 硬度、カルシウム硬度^(*2)

硬度とは、アルカリ土類金属であるカルシウムとマグネシウムの塩類の含量で表します。硬度は水の味に影響を与え、硬度の高い水は口に残るような味がし、硬度の低すぎる水は淡白でコクのない味がすると言われています。

おいしい水の条件としては、カルシウムなどの硬度成分が適度（50mg/l 前後が多くの人に好まれるといわれています。）に含まれていることが必要です。

WHO のガイドラインでは、軟水、硬水を硬度で次のように分類しています。

軟水	0 ~ 60 mg/l	中程度軟水	60 ~ 120 mg/l
硬水	120 ~ 180 mg/l	非常な硬水	180 mg/l 以上

カルシウム硬度は、配水管の防食に関係があり、軟水では腐食性が大きいです。

(5) ランゲリア指数^(*)

ランゲリア指数とは、配・給水系の腐食性の指標となるもので、水の実際の pH 値と理論的 pH 値 (pH 値、アルカリ度、カルシウム硬度等から算出) との差をいいます。

ランゲリア指数からみた配管等にスケール付着のし易さは以下の通りです。

pH 値が高いほど付着しやすい。

温度が高いほど付着しやすい。

蒸発残留物が多いほど付着しやすい。

カルシウム硬度が高いほど付着しやすい。

アルカリ度が高いほど付着しやすい。

2 - 2 水質から見る各水道原水の赤水発生メカニズムの推測

一般的な、水道原水の場合、赤水発生メカニズムは大きく以下の3通りに分類されます。

分類1 遊離炭酸が多く pH 値が低い場合

一般的には、浅井戸水、伏流水を水源とする原水に多いです。

代表的な水質事例としては以下の通りです。

pH 値 5.7 ~ 6.4 程度

遊離炭酸 30 ~ 100 [Mg/l] 程度

硬度 35 ~ 70 [Mg/l] 程度

このような水質の場合、遊離炭酸が腐食要因となり配管の腐食を促進させ、赤水の発生が起こります。

分類2 pH値、硬度が低い場合

一般的には、浅井戸水、湧水を水源とする原水に多いです。

代表的な水質事例としては以下の通りです。

pH値 6.0～6.6程度

遊離炭酸 30〔Mg/l〕以下程度

硬度 35〔Mg/l〕以下程度

このような水質の場合、硬度成分が少なく、少量の遊離炭酸でも腐食要因となり配管の腐食を促進させ、赤水の発生が起こります。

分類3 硬度が極端に低い場合

一般的には、河川水、湖沼水、湧水を水源とする原水に多いです。

代表的な水質事例としては以下の通りです。

pH値 6.6～7.2程度

遊離炭酸 3～5〔Mg/l〕以下程度

硬度 20〔Mg/l〕以下程度

このような水質の場合、硬度成分が極端に少ないため、ランゲリア指数が低く、カルシウムの皮膜形成作用が全く生じないため配管の腐食を促進させ、赤水の発生が起こります。

対策を考える上では、検討対象原水の水質が上記のどの分類になるのかを調査することが必要となります。

3 . 赤水発生防止^(※2)

分類別原水の赤水対策としては、以下の対策が考えられます。

また使用するアルカリ材についてはカルシウム系が特に有効です。

以下にシェルビーズ（カキ殻）を用いた対策事例を紹介します。

3 - 1 分類1原水の対策

分類1のような水質の場合は以下の考え方で赤水対策を行います。

(1) 対策方法概要

原水中の遊離炭酸をエアレーションによって適度に低減させた後、カルシウム系アルカリ材を用いて、pH、硬度、ランゲリア指数を向上させる。

原水硬度にもよるが、エアレーション単独では不十分な場合が多い。

(2) 対策施設概要

エアレーション施設 + カルシウム系 pH 調整施設

3 - 2 分類2原水の対策

分類2のような水質の場合は以下の考え方で赤水対策を行います。

(1) 対策方法概要

原水中の遊離炭酸をカルシウム系アルカリ材を用いて中和反応させ pH、硬度、ランゲリア指数を向上させる。

(2) 対策施設概要

カルシウム系 pH 調整施設

3 - 3 分類3原水の対策

分類3のような水質の場合は以下の考え方で赤水対策を行います。

(1) 対策方法概要

原水中の酸成分濃度をあらかじめ高めた後に、をカルシウム系アルカリ材を用いて中和反応させ pH、硬度、ランゲリア指数を向上させる。

酸成分濃度を高める手段としては、炭酸ガスの溶解方式が有効です。

(2) 対策施設概要

炭酸ガス溶解施設 + カルシウム系 pH 調整施設

3 - 4 まとめ

赤水対策のキーワードをまとめると下記の通りとなります。

(1) 硬度、カルシウム、アルカリ度の増加、酸成分の低減

カルシウム系アルカリ剤を併用添加し、アルカリ度、硬度を増加させる。

場合によっては炭酸ガスの溶解なども考える。

改善目標値としては、アルカリ度で 30 [mg/l] 以上、硬度で 50 [mg/l] 以上程度とする。(赤水防止事例から)

上記の中和作用で酸成分(特に遊離炭酸)を低減する。

(2) pH 値の向上

pH 値については、7.5 程度を基準に上昇させる。

(3) バランスの良い

多くの実例からすると、ランゲリア指数を - 1 以上にすれば防食効果が期待できるようです。(アルカリ剤にカルシウム系を用いて水の空腹感を満たしてやると効果的です。)

なお、カルシウム系のアルカリ剤としては、カキ殻を用いると効果的です。

4 . 水質改善施設の事例

ランゲリア指数改善、赤水対策にカキ殻（シェルビーズ）を用いた改善事例を示します。

事例1 秋田県万U町上水道赤水対策

原水 浅井戸

原水水質 pH 5.8 、総酸度 100〔mg/l〕、アルカリ度 25〔mg/l〕、
硬度 47〔mg/l〕、カルシウム硬度 32〔mg/l〕、L・I - 3.2

改善水質 pH 7.6 、総酸度 4.0〔mg/l〕、アルカリ度 48〔mg/l〕、硬度 70〔mg/l〕
カルシウム硬度 55〔mg/l〕、L・I - 0.6

赤水発生 配水管のバルブ操作時に時おり発生していたが、改善目的としてはpH値
ランゲリア指数の数値改善が目的

浄水方法 エアレーション+シェルビーズによる処理

事例2 山口県S町T簡易水道赤水対策

原水 浅井戸

原水水質 pH 6.5 、総酸度 16〔mg/l〕、アルカリ度 26〔mg/l〕、硬度 27〔mg/l〕
カルシウム硬度 21〔mg/l〕、L・I - 2.5

改善水質 pH 7.5、総酸度 4.5〔mg/l〕、アルカリ度 57〔mg/l〕、硬度 58〔mg/l〕
カルシウム硬度 51〔mg/l〕、L・I - 0.8

赤水発生 配管工事、消火栓開閉の際に赤色の濁り水が発生する。（バルブ操作を行
うと顕著に現れる。）

浄水方法 シェルビーズによる処理

効果 設置後約1カ月で濁り水発生が低減された。

事例3 群馬県 M 簡易水道赤水対策

原水 表流水 + 湧水

原水水質 pH 6.8 、総酸度 3.5〔mg/l〕、アルカリ度 8〔mg/l〕、硬度 16〔mg/l〕
カルシウム硬度 12〔mg/l〕、L・I - 2.9

改善水質 pH 7.7 、総酸度 4.0〔mg/l〕、アルカリ度 46〔mg/l〕、硬度 51〔mg/l〕
カルシウム硬度 46〔mg/l〕、L・I - 0.6

赤水発生 温泉ホテルの給水ライン（特に給湯ライン）で発生していた。

浄水方法 炭酸ガス + シェルビーズによる処理

効果 設置後約 1 週間で赤水発生はなくなる。

5 . 最後に

以上の対策案が考えられますが、検討精度を上げるためにも現場実験による確認を推奨します。

ご要望があれば弊社にて現場確認実験も行えますのでご連絡下さい。

以上

参考資料

(* 1) 上水道の事故と対策 石橋多門著 技報堂出版株式会社 1977

(* 2) 上水試験方法・解説 日本水道協会 1993