

新滝ヶ洞溜池の水質異常に係る対策協議会  
第 2 回 対策協議会

1 . 水質分析結果と各種基準の説明 .....	1
2 . 黄鉄鉱が酸化するメカニズムの説明 .....	8
3 . 池の状況変化のメカニズムの説明 .....	9

# 1 . 水質分析結果と各種基準の説明

## 1 . 1 法体系

排水基準...水質汚濁防止法

工場及び事業場から公共用水域に排出される水の排出及び地下に浸透する水の浸透を規制し、国民の健康を保護するとともに、生活環境を保全する基準

環境基準...環境基本法

人の健康を維持する上で望ましいレベル

飲料水の基準とほぼ同じ

水道水の基準...水道法

— 基準項目 = 46項目

— 健康に関連する項目 = 29項目（病原生物の指標、無機物質・重金属、有機化学物質、消毒副生成物、農薬）

生涯にわたる連続的な摂取をしても人の健康に影響が生じない基準を基とし安全性を充分考慮して定められた基準

— 水道水が有すべき性状に関連する項目 = 17項目（色、味覚、臭気、発泡などに関する項目）

水道水としての生活利用上あるいは水道施設の管理上障害が生じる恐れのない水準として定められた基準

— 快適水質項目 = 13項目（色、におい、味覚、濁り、腐食に関する項目）

国民のニーズの高度化に積極的に応じられるよう、おいしい水など、より質の高い水道水の供給を目指すための目標値

— 監視項目 = 35項目（有機化学物質、無機物質・重金属、消毒副生成物、農薬）

健康に関連する物質の内、将来にわたって水道水の安全性の確保を期することができるよう、水道として体系的、組織的な監視を行うことにより、検出状況を把握し、適宜、水質監理に活用するための指針値

農業用水に係る基準...農地防災事業実施要領

水産用水基準...日本水産資源保護協会が設定した基準

土壌に係る基準...土壌汚染対策法

・地下水基準（溶出量基準）

主に汚染された地下水を長期間に飲用した場合に起こる慢性毒性を想定したもので地下水の水質基準（環境基準）に準じている。

・土壌基準（含有量基準）

汚染土壌を直接口にしたり皮膚から吸収したりする場合の基準

汚染土壌の上で数十年暮らした場合でも健康に影響が出ない濃度

## 1.2 各基準の設定根拠

厚生労働省の生活環境審議会水道部会水質専門委員会は、「水道水質に関する基準のあり方について」(平成4年12日)において、水質基準の設定に当たっての基本的考え方を次のとおり報告している。

『WHO等が飲料水の水質基準設定に当たって広く採用している方法を基本とし、1日に飲用する水の量としては2リットル、人の平均体重としては50kg(WHOでは60kgとしている)を用い、食物、空気等他の暴露源からの寄与を考慮しつつ、生涯にわたる連続的な摂取をしても人の健康に影響が生じない水準を基とし安全性を十分考慮して評価を行った。さらに我が国における水道水源、給水栓水等からの検出状況を総合的に勘案の上、項目と基準値を設定したものである。したがって、このように健康影響が長期間摂取の結果として評価された項目については、万一、一時的に基準値をある程度超える状況があったにしても直ちに健康上の問題に結びつくものではないことに留意して基準の運用を行うべきである。』

また、環境省の中央環境審議会水環境部会の環境基準健康項目専門委員会は化学物質に係わる環境基準の設定に際し、対象物質の1日の暴露量がTDI(ヒトが一生摂取しても影響が出ないと判断される、1日当たり、体重1kg当たりの摂取量)を超えない値などとして基準値を導いており、そのときの条件は次のとおりである。

- 1日に飲用する水の量を2リットル
- 人の平均体重を50kg
- 飲用水経由の暴露割合を原則10%

これまでの水質分析で基準値を越えた主な物質について、その特徴と基準の設定根拠等を示すと次のとおりである。なお、各物質の説明は(社)日本水道協会ホームページの水質基準用語解説によった。引用した説明をアンダーラインで示した。

### pH

pHは水素イオンのモル濃度(水素イオン濃度)の逆数の常用対数値。pH = 7が中性でそれより値が小さくなるほど酸性が強くなる。

水道水の基準ではpH=5.8 ~ 8.6としている。

### カドミウム

自然界にごく微量ではあるが亜鉛とともに広く分布し、地表水、地下水中に亜鉛含有量の1%以下の割合で存在しているといわれている。富山県の神通川流域に多発したイタイタイ病は、鉱山廃水中のカドミウムが主な原因とされ、昭和43年に公害病に認定された。慢性中毒では肺気腫、腎障害、骨変化、タンパク尿の症状がみられる。

また、カドミウムは酸性水の発現により溶出しやすくなる。

我が国の水道水の基準では、WHO国際基準等のカドミウムの許容量などをもとに0.01mg/l以下としている。

### 総水銀

常温では唯一の液体金属。水銀による急性中毒は口内炎、下痢、腎障害。慢性中毒では貧血、白血球減少を起こし、さらに手足の知覚喪失、精神異常となる。

総水銀は無機水銀と有機水銀とを合わせたものである。

我が国の水道水の基準では、1992年に従来までの基準の継続性を考慮して、WHOガ

イドラインの 0.001mg/l の 1/2 の 0.0005mg/l としている。

#### フッ素

自然界に広く分布しているホタル石はフッ化カリウムが主成分であるため、日本でも特に温泉地帯の地下水や河川水に多く含まれることがある。フッ素を適量に含んだ水を飲用した場合には「う歯」虫歯の予防に効果があるといわれているが、多量に含まれていると斑状歯（歯牙の慢性フッ素中毒）の原因となる。

わが国の水道水の基準では、1992年にWHOのガイドラインの約半分の0.8mg/l以下としている。

#### COD

化学的酸素要求量のこと、水中の被酸化性物質（有機物）を酸化剤で化学的に酸化したときに消費される酸化剤の量を酸素の量に換算したもの。CODが高いことは有機物が多いことを示し、生物化学的酸素要求量（BOD）とともに水質汚濁を示す重要な指標である。

農業用水に係る基準では6mg/l以下としている。

#### SS

水中に懸濁している粒径1μm～2mm程度の不溶解性の浮遊物質のこと。また、関東地方整備局京浜河川事務所ホームページによると「浮遊物が多いと透明度などの外観が悪くなるほか、魚類のえらがつまって死んだり、光の透過が妨げられて水中の植物の光合成に影響することがある。また、水中に浮遊する無機質の微粒懸濁液が水田に流入した場合、土壌の物理的性質（特に、透水性、通気性）が悪くなり、水稻の生育に障害を与える。」と示している。

農業用水に係る基準では100mg/l以下としている。

#### 亜鉛

亜鉛は自然水中に微量含まれる。水道水に高濃度の亜鉛が含まれると白濁して、いわゆる白水の原因となる。また、5mg/l以上含まれると収れん味を呈する。毒性は比較的弱いが高濃度の場合は腹痛、嘔吐、下痢などの中毒症状をもたらすことがある。また、亜鉛は酸性水の発現により溶出しやすくなる。

水道水の基準ではWHOのガイドラインの1/3の1mg/l以下としている。

#### 大腸菌群

ひとや温血動物の腸内常在菌であるものが多く、簡易な試験で検出できるため、糞便汚染の指標として水道分野のみならず食品衛生や環境分野などでも、公衆衛生上の指標として広く利用される。

水道水の基準ではWHOガイドラインと同様に検出されないこととしている。

#### 全窒素

水中に含まれる窒素化合物の総量のこと、窒素量で表す。窒素はリンとともに水源の富栄養化の原因の一つといわれ、湖沼やダム湖などの閉鎖性水域での富栄養化による藻類などの増加は、浄水操作上の障害や藻類に由来する臭気物質による水道水の異臭味問題などを引き起こすことがある。

農業用水に係る基準では1mg/l未満としている。

#### DO（溶存酸素）

DOは水中に溶解している酸素の量のこと。供給源の多くは大気であるが、藻類の光合成により発生した酸素のこともある。酸素の溶解度は気圧、水温、塩分などによって影響される。有機物で汚濁した水中では、生物化学的な酸化により酸素が消費さ

れるために溶存酸素が減少する。水温が急激に上昇したり藻類が著しく繁殖した場合には過飽和となることもある。

農業用水に係る基準では 5 mg/l 以上としている。

#### 全鉄

水中に 0.3mg/l 以上溶解すると水に色がつきはじめ赤水の原因となり、臭気や苦味を与える ( 0.5mg/l )。鉄は栄養上 1 人 1 日あたり約 10mg 以上必要とされている。全鉄は溶解性と不溶解性の鉄の総和である。また、鉄は酸性水の発現により溶出しやすくなる。

水道水の基準では WHO のガイドラインと同じ、0.3mg/l 以下としている。

#### 全マンガン

マンガンは地殻中に広く分布する。生理的には必要不可欠の元素で、炭水化物の代謝などに関与する。一方、過剰に摂取すると全身倦怠感、頭痛、不眠、言語不明瞭などの中毒症状を起こす。水道中にマンガンが多いと、浄水に黒い色を付けるので好ましくない。

全マンガンは溶解性マンガンと不溶解性マンガンの総和である。

水道水の基準では WHO のガイドラインの 1/2 の 0.05mg/l 以下としている。

#### ナトリウム

ナトリウムは地殻中に広く分布する。ナトリウムと高血圧の関係がよく論じられるが、1 日に 1.6 ~ 9.6g の摂取量では人の健康に何ら影響はないと見られている。

水道水の基準では WHO のガイドラインと同じ 200mg/l 以下としている。

#### 陰イオン界面活性剤

界面活性剤のうち水溶液中で電解して活性剤の主体が陰イオンになるもの。通常は合成洗剤の有効成分である。工場排水、家庭下水などの混入に由来し、水中に存在すると泡立ちの原因となり汚濁の重要な指標となる。

水道水の基準では 0.2mg/l 以下としている。

#### アルミニウム

アルミニウムは健康に関する項目ではなく、快適水質項目

地球の表面に存在する元素で 3 番目に多く金属では最も多い。アルミニウムの化合物である明ばんは昔から水の清澄剤として、また、硫酸アルミニウム、ポリ塩化アルミニウムも水道水の水処理剤として用いられている。濃度が高いと白濁水の原因となる。







## 2. 黄鉄鉱が酸化するメカニズムの説明

### 2.1 硫化鉱物について

鉱物の分類名称は、骨格となる成分で区分されており、ベースに硫化物イオン ( $S^{2-}$ )があるものが「硫化鉱物」である。

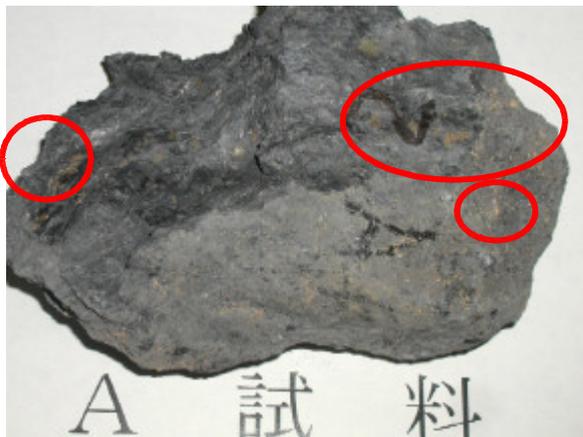
主なものは、Cu - 硫化物 (輝銅鉱  $Cu_2S$ )、Cu・Fe - 硫化物 (黄銅鉱  $CuFeS_2$ )、Zn - 硫化物 (閃亜鉛鉱  $ZnS$ )、Pb - 硫化物 (方鉛鉱  $PbS$ ) などである。

Fe - 硫化物の一群には、黄鉄鉱・白鉄鉱 ( $FeS_2$ )、磁硫鉄鉱 ( $Fe_9S_{10}$ - $Fe_7S_8$ ) などの種類があり、なかでも最も普通に存在するのが、黄鉄鉱 (Pyrite) であり、古い時代の火山岩や堆積岩にはごくあたりまえに含まれている。

### 2.2 黄鉄鉱の酸化実験

前回の協議会で黄鉄鉱が酸化し、酸素を含む水と反応した結果、pHが低下する化学反応式を示した。今回は、実際にどのように pH が変化するかを実験により見てみることにした。試料は、結晶度の高い黄鉄鉱と風化の進んだ黄鉄鉱を含む粘板岩で、岩石を蒸留水中 (pH6.1 ~ 6.3) に入れ、1時間経過後の pH の変化を実験しました。

(実験に用いた岩石)



A 試料：風化の進んだ黄鉄鉱を含む粘板岩



B 試料：結晶度の高い黄鉄鉱を含む粘板岩



#### 実験の状況

上表に示すように、今回の1時間浸水では、結晶度の違いにより pH に差異が生じることが分かりました。

表 2.2.1 実験結果一覧

試料番号	予備実験 (1時間経過 後の pH)	公開実験 (8/26) (1時間経過 後の pH)
A 試料	4.2	
B 試料	7.5	

### 3 . 池の状況変化のメカニズムの説明

#### 3 . 1 泡の発生メカニズム

##### 1 ) 界面活性剤の働き

界面活性剤とは、水と油（水に溶けにくいもの）の両方の性質を持ち合わせ、水と油の中を取り持つ物質であり洗剤などに代表される。

界面活性剤は水の表面張力を低下させる作用と起泡性があり、水が流れる場合に、落差のある所などでは、少しの力で水の表面張力を広げ、空気を取り込んで泡を発生させやすくする性質がある。界面活性剤の性質を列記すると以下のとおりである。

吸着性...吸着性は、活性剤の基本的な性質で、界面（例えば水と油の境界）に吸着する。

表面張力の低下性...活性剤を水に溶かすと、その濃度に応じて水の表面張力が低下していく。活性剤は水の表面張力をかなり低下させる働きがある。

注)表面張力；常に表面積を減らそうとする力 = 水の表面を縮めようとする力。コップになみなみとついだ水が盛り上がる現象は表面張力が働いているためである。

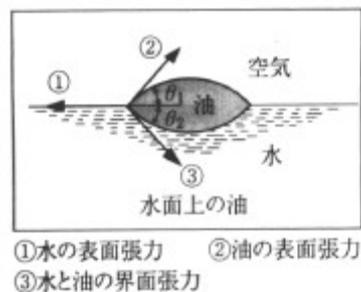


図 3.1.1 水面上の油滴（出典；微粒子から探る物性七変化,前野昌弘著）

乳化分散性...そのままでは混ざり合わない二つの物質（例えば水と油など）を仲良く溶け合った状態にする働き。

浸透・湿潤性...界面に吸着した活性剤分子は、相手（例えば布地など）の内部に侵入してその内部を徐々に湿らせて柔らかくし、さらに膨潤を起こさせる。

起泡性...活性剤を水に溶かしてかき回すと泡だってくる。活性剤が水の表面張力を低下させ、少しの力で水の表面張力を広げることができ、攪拌することにより薄い膜となって空気を抱え込むことができるからである。

可溶化性...活性剤の水溶液に油を入れて振り混ぜたり、暖めたりすると透明になることがある。この現象を「可溶化」と呼んでいる。

## 2) 色々な泡の発生原因

泡の発生原因別の事例を以下に示す。

四万十川の泡沫現象

右写真参照

四万十川の泡沫現象は、「界面活性成分が、多糖質であるため」と考えられている。ここでの多糖質は、藻類により生成される増粘多糖類でいわゆるデンプンに相当する。



泡消火器

1900年頃、研究中にたん白質を含んだ重炭酸ナトリウムの水溶液を硫酸アルミニウムの水溶液と混合すると激しい反応が起こり炭酸ガスを含んだ緻密な泡が発生した。これが化学泡消火剤の誕生につながったとされている。

波の花

波の花とは外浦の岩場の海岸に波が打ち寄せてできた泡が、風にあおられて空中を舞う現象で能登半島の冬の風物詩である。波の花が発生するのは、冬の強い北西の風を半島ゆえにもろに受けること、荒波によって岩場の海水に海藻のくずやプランクトンがたまってねばりが多くなること、さらに気温が低い(風速7メートル以上で気温が約4度以下)ことなどが挙げられる。

## 3) 泡の特性

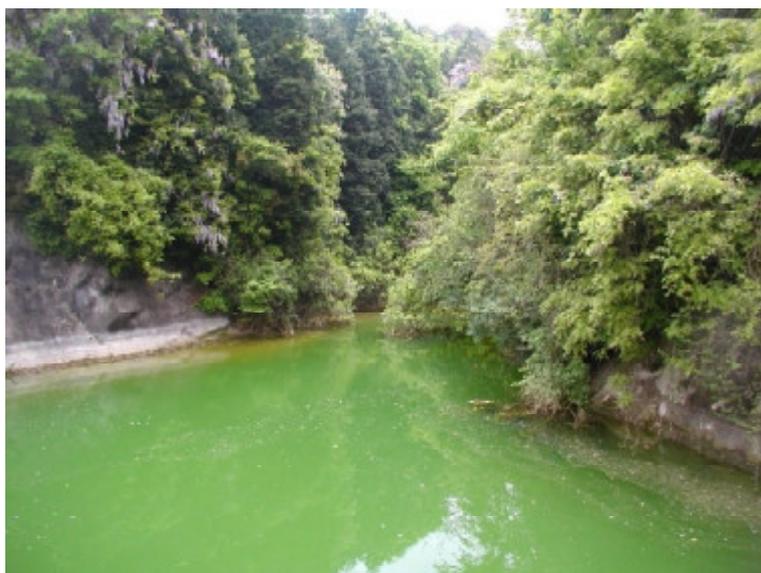
泡を考えると、いわゆる「持ち」のいい泡とは、泡の立ちやすさ(起泡力)と泡の消えにくさ(安定度)の二つを考える必要がある。

一般に表面張力が小さいと、泡の膜を押し広げるのに必要な仕事エネルギーは小さくて済むので泡は立ちやすくなり、界面活性剤がこの働きをしていると考えられる。しかし、泡が立つためには、表面張力が小さいこと(起泡力)が必要だが、これは泡が立つために必要な性質ではあっても、十分な性質ではない。泡が安定して存在する(安定度)ためには、できた泡の膜を安定に保てるかどうかの問題になる。すなわち、泡の膜の粘性を大きくすれば泡は安定になる。さらに、泡の膜がイオン性を帯びていると、泡の膜が薄くなったときに電気的反発によって、泡の膜が薄くなるのを妨げられて破壊されにくくなり安定する。

従って、どの様な要因で安定度が増したかを解明できれば、池の泡の発生メカニズムを説明できると考えられる。

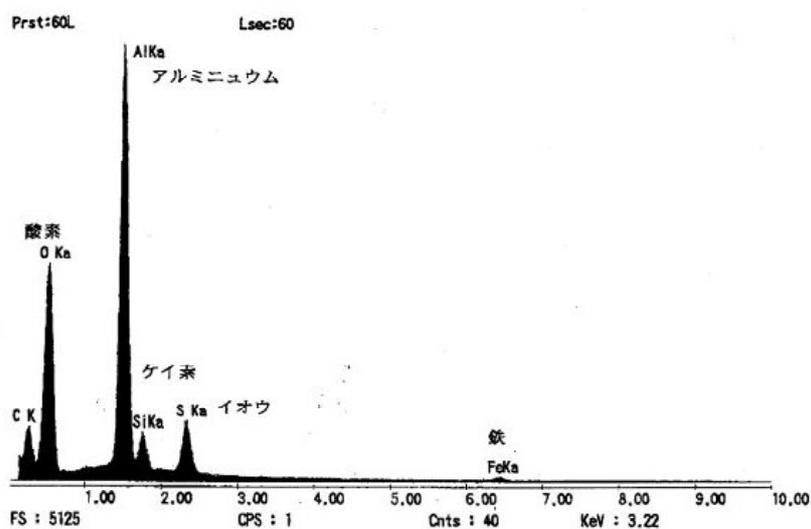
#### 4) 泡の付着状況と成分

泡の付着状況写真と成分分析結果を以下に示す。



調整池における付着状況

アワ状物質のX線分析グラフ (EDAX)



泡の成分分析結果

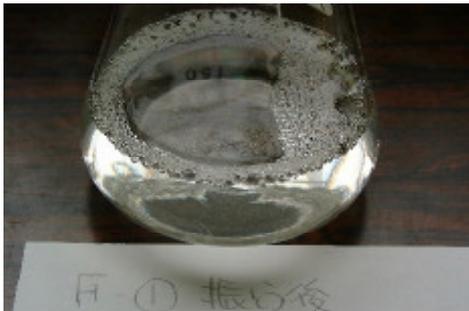
#### 5) 実験の概要

以上の事項を踏まえ、泡の発生メカニズム解明のため室内実験を行うこととし、陰イオン界面活性剤の他に、他の発泡事例での原因である多糖類(藻類)、硫酸アルミニウムについて、その種類や濃度を变化させて、泡の消えにくさ(安定度 = 起泡から消泡までの時間)の実験を行った。

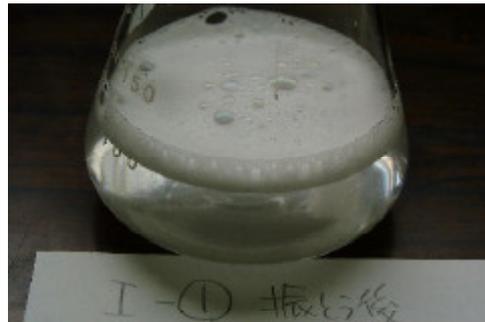
以下に、実験ケースと泡の発生状況写真を示す。

< 泡の室内実験写真 >

ケース A : 原水 + 界面活性剤

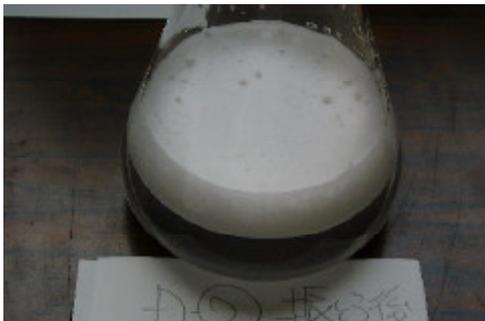


陰イオン界面活性剤 0 及び 1.0mg/l



陰イオン界面活性剤 10mg/l

ケース B : 蒸留水 + 界面活性剤 + 硫酸アルミニウム溶液

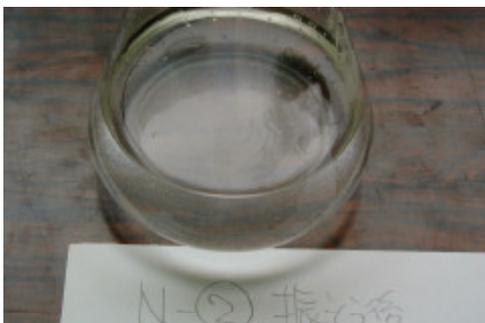


陰イオン界面活性剤 10mg/l  
(アルミニウム無し)

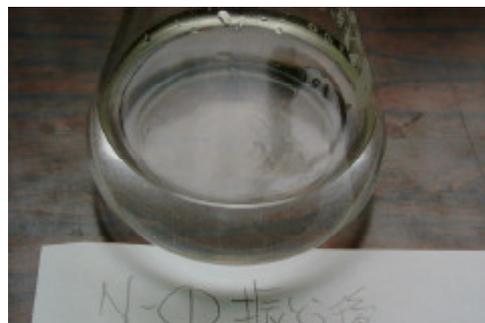


陰イオン界面活性剤 10mg/l  
(アルミニウム有り)

ケース C : 蒸留水 + デンプン (添加量 50mg) + 硫酸アルミニウム溶液



デンプン (添加量 50mg)  
(アルミニウム無し)



デンプン (添加量 50mg)  
(アルミニウム有り)

ケース D : 蒸留水 + 界面活性剤 + アルミニウム粉末



陰イオン界面活性剤 10mg/l (アルミニウム粉末有り)

### 3.2 池の色の变化メカニズム

新滝ヶ洞溜池の水の色の变化メカニズムは以下のように想定される。

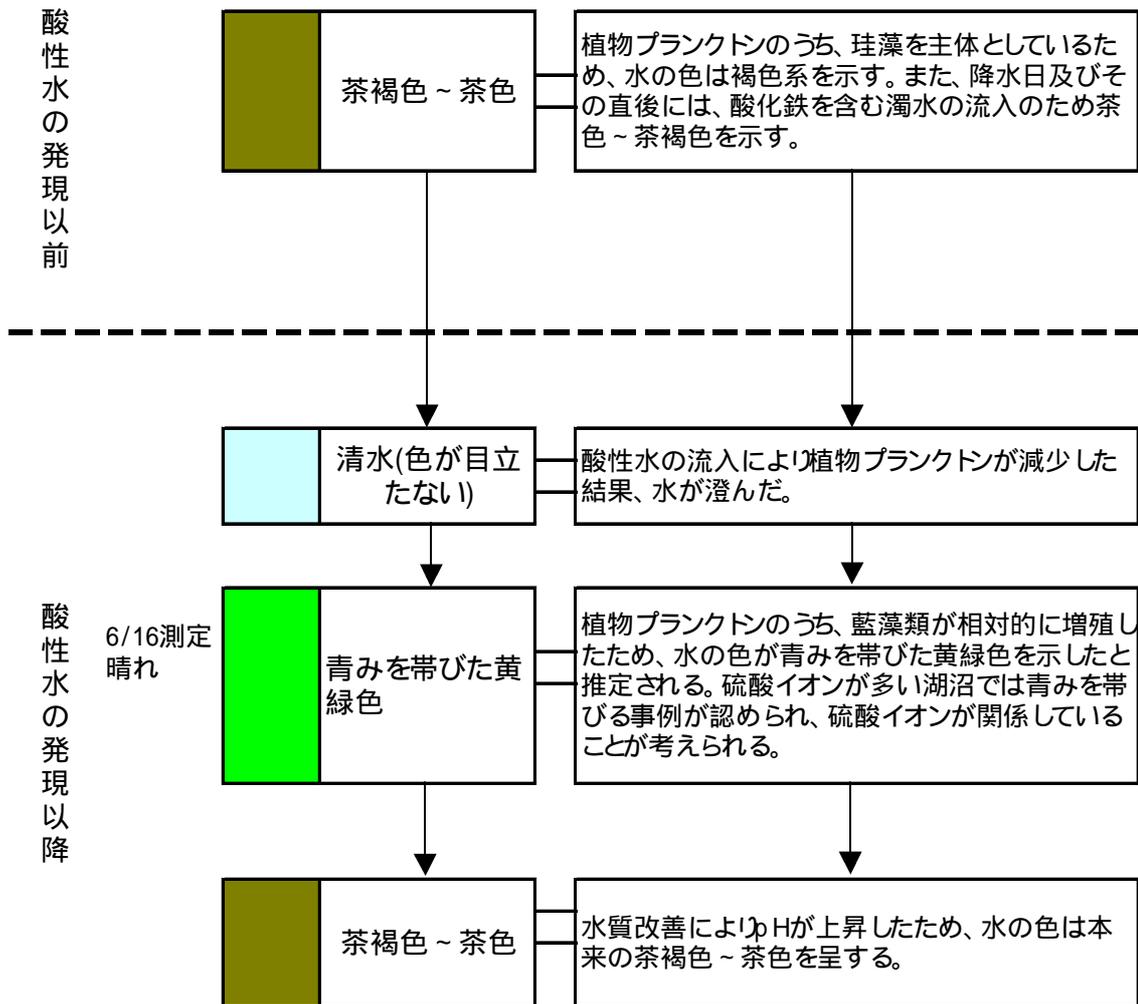


図3.2.1 新滝ヶ洞溜池の水色变化のメカニズム

溜池の水の色を支配する要因としては、光(可視光線)、植物プランクトン、金属イオンによる発色が考えられる。池の色が緑色系を示す6月16日に行った水質分析や植物プランクトン分析によると、新滝ヶ洞溜池では藍藻類が極めて多く珪藻類が少なかった(図3.2.2)。しかし銅イオンなどの金属イオンは定量下限値未満であった。よって、新滝ヶ洞溜池の水の色が緑色系を示したのは、藍藻類によるものと想定される。

図3.2.3には池の水の変化とpHの関連を示した。これによると、降水量の変化にもよるが、pHが高くなれば褐色系に変化し、pHが低くなれば緑色系に変化する傾向を示している。特に、6月1日よりpHは高くなり、これは池の水の色が緑系から褐色系に変化した時期に一致している。池の水の色は、pHとの相関から、水質が改善されることにより本来の色調を示すものと考えられる。



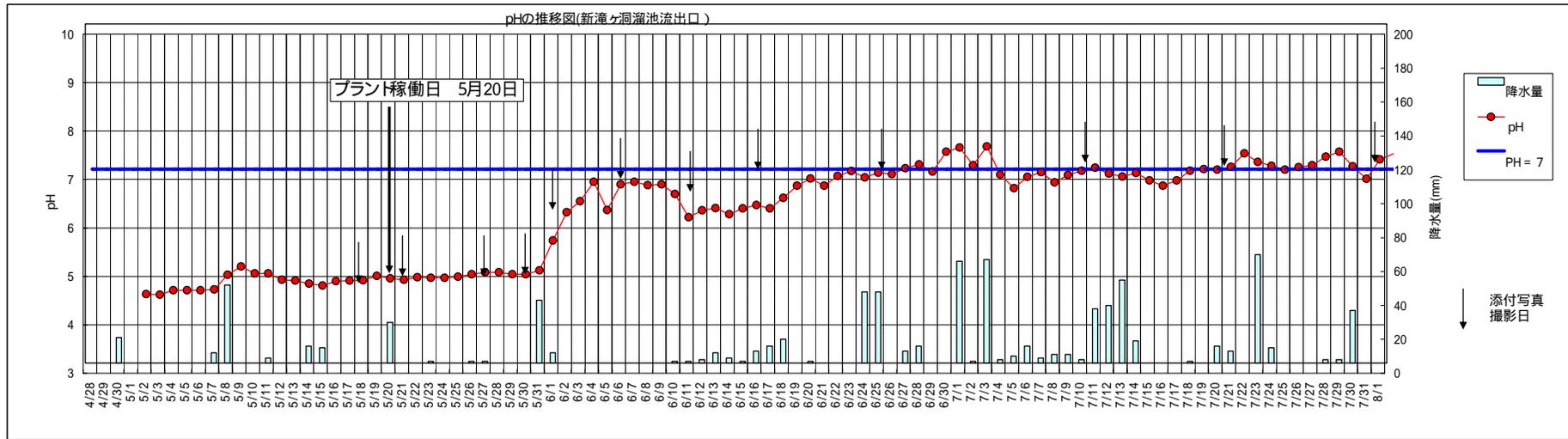
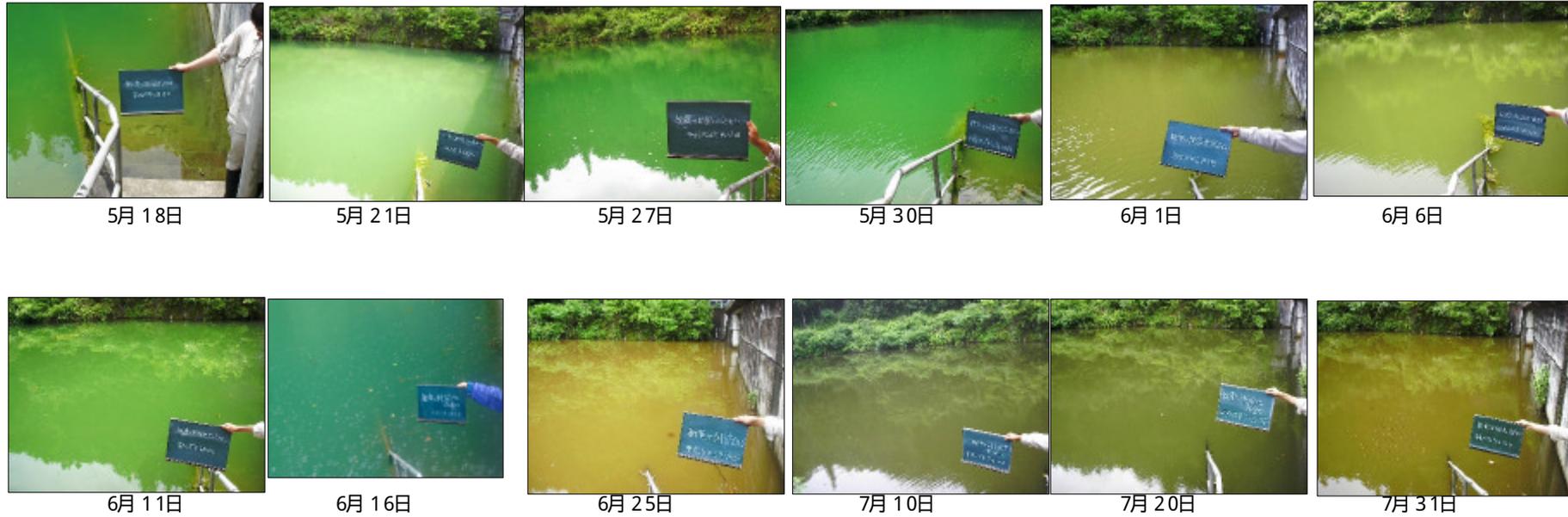


図3.2.3 新滝ヶ洞溜池における水の色とpHの推移図

【参考】 「いいとこ磐梯猪苗代 HPより引用

## 五色沼湖沼群

磐梯山の火口底にある銅沼に端を発する地下水を水源としている。火山活動によって産出される硫化水素が硫酸イオンとなって多量に溶け込んでいる水をたたえ、酸性となっているため無機酸性湖と呼ばれている。



## 弁天沼

標高 810m、面積 30,300m<sup>2</sup>、最大水深 6.7m、透明度 4.0m、PH4.5、水色は青白色を呈し、晴天の日にはすばらしい色を見せてくれる。硫酸イオンや塩素イオンが多く、鉄イオンは五色沼湖沼群中最も少ないとされている。

酸性が強いためか魚はすんでいないようだ。



## 深泥沼

標高 790m、面積 1,100m<sup>2</sup> のかなり大きな沼で最大水深 4.6m、透明度 2.1m、pH5.8。

この沼は他の沼に比べ、硫酸イオン、塩素イオン、鉄イオンが少ないためプランクトンがやや多く、水の色は緑赤色をしている。

