

下水処理水の再利用水質基準等 マニュアル

平成 17 年 4 月

国土交通省都市・地域整備局下水道部
国土交通省国土技術政策総合研究所

序

日本では、福岡市において昭和 55 年に下水処理水の再利用が開始されて以来、水洗用水、融雪用水、環境用水、工業用水、散水用水等様々な用途に下水処理水が再利用されるようになってきているが、再利用水量はまだ下水処理水全体の 2 % 未満（平成 14 年度現在）にすぎない。都市内における貴重な水資源確保の観点、さらにヒートアイランド対策としての打ち水利用など、新たな利用用途も期待される等、再生水利用の重要性が高まっている。

一方で、飲料水や食品を介したクリプトスポリジウム等の病原微生物による健康被害が、近年、社会問題となり、水の安全性への関心が高まってきている。また、建築物衛生法関連政省令が改正され、雑用水利用の給水設備を対象として新たな基準が設定され、平成 15 年 4 月より施行されているところである。

このような状況を踏まえ、再生水利用の技術指針である「下水処理水循環利用技術指針（案）」（昭和 56 年 3 月）及び「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル（案）」（平成 2 年 3 月）の水質基準及び目標水質等を再検討する必要性が生じたことから、平成 15 年 5 月、国土交通省都市・地域整備局下水道部及び国土技術政策総合研究所下水道研究部は「下水処理水の再利用に関わる水質基準等に関する委員会」を設置した。委員会では 2 年間にわたって再生水利用における衛生学的安全性確保、美観・快適性確保、施設機能障害防止の観点を踏まえた下水処理水再利用に関する技術上の基準についてご検討頂き、その結果を踏まえて、本マニュアルが作成された。

マニュアルでは、下水処理水再利用における衛生学的安全性確保、美観・快適性確保、施設機能障害防止の観点から、水質基準等及び施設基準を提示するとともに、下水処理水再利用の実施に当たり考慮すべき事項を提示している。

下水道管理者は、再生水利用を行うに際しては、本マニュアルに基づいて、供給者として適切な対策を講ずる他、再生水利用施設管理者に対し必要な説明を行っていくことにより、再生水の適正な利用を図るとともに、下水道資源の有効活用及び良好な水環境の形成の観点から引き続き下水処理水の再利用を積極的に推進されるようお願いする。

最後に、金子委員長をはじめ、委員会の審議ならびに本マニュアルの作成にあたって多大なご尽力を頂いた委員に深甚の謝意を表す次第である。

平成 17 年 4 月

国土交通省都市・地域整備局下水道部
国土技術政策総合研究所下水道研究部

委員の構成

下水処理水の再利用に関わる水質基準等に関する委員会

(順 不 同 ・ 敬 称 略)
(平 成 1 7 年 3 月 時 点)

委員長	立命館大学理工学部客員教授	金子 光美
委員	神奈川大学工学部建築学科教授	紀谷 文樹
委員	東北文化学園大学科学技術学部環境計画工学科教授	岡田 誠之
委員	麻布大学環境保健学部健康環境科学科教授	平田 強
委員	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授	大村 達夫
委員	武蔵工業大学工学部都市基盤工学科助教授	長岡 裕
委員	お茶の水女子大学大学院人間文化研究科 人間環境科学専攻助教授	大瀧 雅寛
委員	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻講師	片山 浩之
委員	国立保健医療科学院水道工学部水道工学部長	国包 章一
委員	埼玉県県土整備部下水道課長	大貫 三郎
委員	大阪府土木部下水道課長	北山 憲
委員	東京都下水道局計画調整部長	佐伯 謹吾
委員	神戸市建設局下水道河川部長	尾崎 昭彦
委員	福岡市下水道局管理部長	原口 裕司
事務局	(財) 下水道新技術推進機構	

まえがき

日本では、水洗用水、融雪用水、環境用水、工業用水、散水用水等様々な用途に再生水が利用されるようになってきているが、近年は、都市内における貴重な水資源確保の観点やヒートアイランド対策としての打ち水利用など、新たな利用用途も期待されており、再生水利用の重要性は今後益々高まっていくことが予想される。それに伴い、再生水の適切な利用がより一層重要なものとなる。

一方で、水の安全性への関心が高まってきており、再生水利用においてもこうした新たな問題に対応していく必要がある。また、再生水の色、濁り、臭い等の美観的要素に対して適切に配慮を行うことにより利用者の不快感を招かないように留意し、再生水利用システムにおける腐食や閉塞等の施設機能障害に対しても適切に対応していく必要がある。

このような状況を踏まえ、再生水利用の技術指針である昭和 56 年 3 月の「下水処理水循環利用技術指針（案）」及び平成 2 年 3 月の「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル（案）」の水質基準及び目標水質等を再検討する必要性が生じたことから、国土交通省都市・地域整備局下水道部及び国土技術政策総合研究所下水道研究部により「下水処理水の再利用に関わる水質基準等に関する委員会」が設置され、再生水利用における衛生的安全性確保、美観・快適性確保、施設機能障害防止の観点を踏まえた下水処理水再利用に関する技術上の基準について検討が行われることとなった。

2 ヶ年度にわたる委員会では、再生水利用に関する技術上の基準等を策定するに当たり検討すべき事項を抽出し、再生水利用を行うに当たっての水質基準等及び施設基準について検討を行うとともに、再生水利用の実施に当たり考慮する必要がある事項について検討を行った。また、基準等の検討に必要な調査として、再生水利用に関する利用者の意識に関する調査や再生水の衛生的安全性に関する調査を実施した。

本マニュアルはこれらの検討結果を踏まえ取りまとめられたものである。下水道管理者は、本マニュアルを踏まえ、再生水利用を適切に促進していくことが望まれる。

最後に、委員会の審議ならびに本マニュアルの作成にあたって多大な御努力を頂いた委員に深甚の謝意を表す次第である。

平成 17 年 4 月

下水処理水の再利用に関わる水質基準等に関する委員会
委員長 金子 光美

目次

第1章 総説	1
1 - 1 . 背景・経緯	1
1 - 2 . 用語の定義	2
1 - 3 . 適用範囲	4
1 - 3 - 1 . 利用用途	4
1 - 3 - 2 . 適用主体	4
1 - 4 . 本マニュアルの構成	5
第2章 再生水利用に関する技術上の基準等の策定における検討事項	6
2 - 1 . 衛生学的安全性	6
2 - 2 . 美観・快適性	8
2 - 3 . 施設機能障害防止	10
第3章 再生水利用に関する技術上の基準	12
3 - 1 . 水質基準等及び施設基準	12
3 - 2 . 再生水利用基準設定の考え方	13
第4章 再生水利用の実施にあたり必要となる考慮事項	16
4 - 1 . 衛生学的安全性	16
4 - 1 - 1 . 再生処理施設の要件	16
4 - 1 - 2 . 供給過程における残留塩素管理対策	18
4 - 1 - 3 . 誤接合防止対策	22
4 - 1 - 4 . 誤飲防止対策	26
4 - 1 - 5 . 再生水の水質悪化などの事故発生時の対応	28
4 - 2 . 美観・快適性	30
4 - 2 - 1 . 赤水防止及び色・濁り対策	30
4 - 2 - 2 . 修景用水利用施設及び親水用水利用施設における美観確保対策 ..	31
4 - 2 - 3 . 水洗用水利用施設におけるユスリカ発生防止対策	33
4 - 3 . 施設機能障害防止	36
4 - 3 - 1 . 再生水利用システムにおける腐食・閉塞防止対策	36
4 - 4 . 再生水利用の適切な促進に向けた留意点	43
第5章 調査研究に関する今後の課題	44

第1章 総説

1-1. 背景・経緯

日本の年平均降水量は約1,700mmで、世界平均の約2倍の量となっているが、国土面積が狭く人口が多いため、人口1人当たりの水資源賦存量は約3,300m³となっており、世界平均である約7,800m³/人・年の1/2以下となっている。特に関東地域では約905m³/人・年（世界156カ国中136位に相当）でエジプトと同等となっており、水資源が極めて乏しい状況にあるとされている。また、日本の年平均降水量の経年変化をみると、小雨年と多雨年の開きが次第に増加し、渇水年の年降水量が減少する傾向にあり、水資源確保の重要性は今後益々高まってくるものと予想される。

日本では、1978年の異常渇水を契機に、福岡市において1980年に水洗用水として再生水利用が開始されて以来、水洗用水、融雪用水、環境用水、工業用水、散水用水等様々な用途に再生水が利用されるようになってきている。平成14年度現在、全国1,845箇所の下水処理場から年間約130億m³の下水処理水が放流されているが、このうち226箇所の下水処理場において下水処理水が再生水として場外に送水・利用されている程度で、その水量は年間約2億m³、その割合は放流量の2%に満たない状況にある。都市内における貴重な水資源確保の観点、さらにヒートアイランド対策としての打ち水利用など、新たな利用用途も期待される等、再生水利用の重要性は今後ますます高まっていくことが予想される。それに伴い、再生水の適切な利用がより一層重要なものとなる。

一方で、飲料水や食品を介したクリプトスポリジウム、ウイルス等の病原微生物による人間への健康被害が、近年、大きな社会問題となり、水の安全性への関心が高まってきている。また、建築物衛生法関連政省令が改正され、雑用水利用の給水設備を対象として新たな基準が設定され、平成15年4月より施行されているところである。

このような状況を踏まえ、再生水利用の技術指針・マニュアルである昭和56年3月の「下水処理水循環利用技術指針(案)（以下「循環利用技術指針」と呼ぶ）」及び平成2年3月の「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル(案)（以下「修景・親水マニュアル」と呼ぶ）」を見直す必要がある。

また、再生水の色、濁り、臭い等の美観的要素に対して適切に配慮を行うことにより利用者の不快感を招かないよう留意し、再生水利用システムにおける腐食や閉塞等の施設機能障害に対しても適切に対応していく必要があるが、循環利用技術指針や修景・親水マニュアルの策定後、美観的要素や施設機能障害に関する新たな知見が集積されてきていることから、これらの新たな知見を反映させることも必要となってきた。

以上を背景に、本マニュアルでは循環利用技術指針や修景・親水マニュアルにおける水質基準及び目標水質等を見直し、再生水利用に関する技術上の基準の策定を行うとともに、再生水利用の実施にあたり必要となる考慮事項をとりまとめるものである。本マニュアルに基づき再生水の適切な利用を行うことにより、再生水利用の促進が図られ、ひいては都市内における貴重な水資源確保及び良好な水辺空間の創出に寄与することが期待される。

1 - 2 . 用語の定義

本マニュアルで用いる用語の定義は以下の通りとする。

再生水

再利用に供する下水処理水

再生処理施設

再生水として利用可能な水質の下水処理水を得るため、一般的な下水処理施設に付加する処理施設

再生水供給施設

再生処理施設から再生水利用施設まで再生水を供給する施設の総称をいい、再生水供給管、ポンプ及びバルブ等の付属設備で構成される。

再生水利用施設

下水処理場から再生水の供給を受ける施設

再生水利用システム

再生処理施設出口以降、再生水利用施設に至るまでの施設の総体（再生水利用施設を含む）

水洗用水

水洗便所においてフラッシュ用水用途に用いる水

散水用水

植樹帯、芝生、路面、グラウンド等への散水用途に用いる水

修景用水

景観維持を主たる目的としており、人間が触れることを前提としない用途に用いる水

親水用水

レクリエーションとしての利用を主たる目的としており、人間が触れることを前提としている用途に用いる水

管理目標値

再生処理施設の運転管理における目標値

運転管理指標

再生処理施設が適切に機能していることを担保するための指標

【解説】

親水用水

「人間が触れること」とは、手足を浸す前提の利用を基本とするが、水浴等の全身的な接触の可能性も含めるものとする。

また、霧状の飛沫が発生するような大規模な滝、噴水等を有する施設については、当面、親水用水利用として扱う。

第1章

管理目標値

常に遵守しなければならない基準値とは異なり、再生処理施設の運転管理において極力満足すべき値を指す。

第1章

1 - 3 . 適用範囲

1-3-1 . 利用用途

本マニュアルの適用範囲は、以下の通りとする。

水洗用水
散水用水
修景用水
親水用水

【解説】

本マニュアルの適用範囲は、下水処理場において再生処理された再生水を、不特定多数の人が利用する施設に直接供給する形態に限定する。よって、河川等の公共用水域への放流後、間接的に再利用が行われる再利用形態や、農業、事業所・工場等への再生水の供給のように利用者が特定される再利用形態は適用対象外とする。

具体的な再利用用途としては、再生水利用の実態も併せて踏まえ、上記の通り設定した。なお、上記用途以外への再利用を否定するものではない。

1-3-2 . 適用主体

本マニュアルの利用対象主体は下水道管理者とする。

【解説】

本マニュアルは、再生水利用を実施する下水道管理者を対象としている。

ただし、再生水を適切に利用するためには、下水道管理者のみならず再生水利用施設管理者による適切な対応も重要である。そのため、再生水利用施設管理者が遵守すべき事項についても、下水道管理者が再生水利用施設管理者に対し説明すべき内容として、4章において併せて記載することとする。

第1章

1 - 4 . 本マニュアルの構成

本マニュアルの構成は以下の通りである。

第1章 総説

本マニュアル策定の背景・経緯及び適用範囲を規定する。

第2章 再生水利用に関する技術上の基準等の策定における検討事項

再生水利用に関する技術上の基準等を策定するに当たり、検討すべき事項を規定する。

第3章 再生水利用に関する技術上の基準

再生水利用を行うに当たっての水質基準等及び施設基準を規定する。

第4章 再生水利用の実施にあたり必要となる考慮事項

下水処理場や再生水利用箇所等により状況が多種多様であると考えられるため、一律の基準として定めず、再生水利用の実施にあたり考慮する必要がある事項について規定する。

第5章 調査研究に関する今後の課題

今後、本マニュアルを見直すに当たり、検討すべき調査研究に関する課題を挙げる。

第2章 再生水利用に関する技術上の基準等の策定における検討事項

再生水利用に関する技術上の基準を設定するにあたっては、以下の点を考慮するものとする。

利用者の衛生学的安全性の確保（衛生学的安全性）

再生水利用施設における美観・快適性の確保（美観・快適性）

再生水利用システムの腐食・閉塞等の施設機能障害の防止（施設機能障害防止）

2 - 1 . 衛生学的安全性

利用者の衛生学的安全性確保の観点では、塩素消毒が有効な細菌類と、比較的塩素耐性のある原虫類を検討対象とする。

【解説】

人に対して健康被害を与える可能性のある病原微生物は多様であるが、再生水において問題となる可能性があるものは主に腸管系の病原微生物である。腸管系の病原微生物は大きく分類して、細菌類、原虫類、ウイルス類に分けられるが、細菌類については、現在再生水の消毒方式として広く採用されている塩素消毒が有効であり、原虫類については塩素耐性があることから、細菌類への対応と原虫類への対応は区別して検討を行うこととした。

下水試験方法に定められている原虫類の検出方法は、生死及び感染力の有無等の判定が困難という問題点が残されているものの、平成15年6月26日付けで国土交通省下水道部より地方公共団体に対し放流水のクリプトスポリジウム対策について通知が発出される等の取り組みが進みつつある状況を踏まえ、検討対象とすることとした。

ウイルス類については、除去及び不活化に膜処理、凝集処理、ろ過処理、オゾン消毒、UV消毒、塩素消毒等の処理・消毒技術が有効であることから、再生水利用において通常行われている再生処理工程は、ウイルス類の除去・不活化に一定の役割を果たすものと考えられるが、再生水利用における衛生学的安全性確保に万全を期するためにも、以下の課題からについて今後も引き続き検討を行ない、安全性を確認していくことが必要である。

平成15年4月に厚生科学審議会より出された「水質基準等の見直しについて（答申）」では、今後の課題として、「腸管系ウイルスの分離・培養法が確立しているものは極めて限られていることから、その実態は不明な点が多く、ウイルス汚染対策、特に検出方法等に関する研究を進めていくことが必要」とされており、下水道分野でも同様の課題を抱えている。

第2章

ウイルスの検出方法の一手法であり、下水道分野でも今後の利用が期待される PCR 法について、得られた結果と感染性の有無の関係が明らかではない。

PCR 法による下水処理工程における腸管系ウイルスの挙動が十分に把握できていない。

リスク評価にあたり必要となる用量反応モデルが提案されていないウイルス種がある。

ウイルスの種類により消毒耐性は様々であり、消毒耐性の程度が十分に把握できているとは言えない。

2 - 2 . 美観・快適性

再生水利用施設における美観・快適性確保の観点では、以下の項目を検討対象とする。

(1) 再生水の外観

色・・・・・・・・再生水の呈している色調

濁り・・・・・・・・再生水の呈している濁り

臭気・・・・・・・・(一般的な利用環境における)再生水由来の臭気

(2) 修景用水利用施設及び親水用水利用施設における藻類の増殖

(3) 水洗用水利用施設におけるユスリカ(成虫・幼虫)の発生

【解説】

再生水利用は、従来、水道水により供給されてきた用途の一部を再生水で代替するものであるが、一般に再生水は上水と比較して、色、濁り、臭い等があるため、これらの美観・快適性に対して適切に配慮を行い、利用者の不快感を招かないよう留意する必要がある。

水洗用水、散水用水、修景用水、親水用水として不特定多数の人が利用する施設に、平成14年度に再生水を供給した全国の下水処理場を対象に、再生水の供給先で過去に発生した再生水関連の苦情・トラブルに関するアンケート調査を実施(平成15年7月実施)した結果、206処理場より再生水利用の実績がある旨回答がなされた。

そのうち美観・快適性については、表2-1に示す苦情が報告されている。

表2-1 美観・快適性に関わる苦情件数 (件)

分類	内容	水洗用水	散水用水	修景用水	親水用水	合計
美観・快適性	色	4			1	5
	濁り	3			1	4
	臭気	2		1		3
	汚れ	3				3
	付着物					
藻類			3	5	8	
	ユスリカ	5		1		6

同処理場であっても、トラブルの種類、用途等が異なる場合は区別して集計

(1) 再生水の外観(色、濁り、臭い)

一般に再生水は上水と比較して、色、濁り、臭い等があるため、これらの美観的要素に対して適切に配慮を行い、利用者の不快感を招かないよう留意する必要がある。

以上を踏まえ、各利用用途において再生水の外観(色、濁り、臭い)を検討対象項目とした。

(2) 修景用水利用施設及び親水用水利用施設における藻類の増殖

修景用水利用施設及び親水用水利用施設において藻類増殖に関する苦情が発生していることから、修景用水利用施設及び親水用水利用施設における藻類増殖を検討対象

第2章

項目とした。

なお、藻類の増殖に関し、栄養塩類濃度の他、日射量や流速等の環境条件も影響するが、これらの環境条件による影響については、利用施設の形状等により多種多様となり、一律の基準設定は困難であることから、藻類増殖抑制の観点からの基準設定は行わないこととした。そのため、個別の修景用水利用、親水用水利用で、必要となる対策を検討するにあたっては、4-2-2を参照すること。

(3) 水洗用水利用施設におけるユスリカ（成虫・幼虫）の発生

水洗用水利用施設においては、受水槽や高置水槽あるいはトイレブース内でユスリカの成虫が発生したり、便器にユスリカの幼虫が流出したりして視覚的不快感を与えたとの苦情が数件報告されている。一方、修景用水及び親水用水利用においては、ほとんどが屋外型であるため、ユスリカ等が飛散しやすく、また、群生（蚊柱）しても、自然環境と比較して問題視されにくいいため、苦情の発生件数も少ない。以上を踏まえ、水洗用水利用施設におけるユスリカ（幼虫、成虫）の発生を検討対象項目とした。

なお、残留塩素濃度管理を含む薬剤対策は、ある程度の効果が得られるものの、薬剤への耐性が高い種が存在することが懸念される。従って、施設の清掃等やユスリカの卵・幼虫等の流出抑制対策等も含めた総合的な対策の実施が必要となるが、対策の効果は必ずしも明らかではない。以上のことから、ユスリカ発生防止の観点からの一律の基準設定は行わないこととした。そのため、個別の水洗用水利用で、必要となる対策を検討するにあたっては、4-2-3を参考とすること。

2 - 3 . 施設機能障害防止

再生水利用システムの施設機能障害防止の観点では、腐食及び閉塞を検討対象とする。

【解説】

2 - 2【解説】における苦情・トラブルに関するアンケート調査の結果、施設機能障害については、表2 - 2に示す内容が報告された。苦情・トラブルの特徴は以下の通りである。

(苦情・トラブルの特徴)

- ・腐食及び腐食発生に伴う閉塞のトラブルが報告された。
- ・一方、腐食以外の要因による閉塞障害として、微生物スライムによる受水槽フィルターの目詰まりや、サカマキ貝によるストレーナーの閉塞等のトラブルが報告された。

表2 - 2 施設機能障害に関わる苦情・トラブル件数

分類		内容	(件)				合計
			水洗用水	散水用水	修景用水	親水用水	
施設機能障害	腐食		2	1	1		4
	閉塞	腐食	2		1		3
		生物・付着物	2	1			3

同処理場であっても、トラブルの種類、用途等が異なる場合は区別して集計

なお、自治体の調査によれば、腐食及び腐食発生に伴う閉塞発生の原因は以下の通りであるとされている。

腐食の原因

再生水供給施設や再生水利用施設の配管、器具類で腐食が生じ、漏水や閉塞の要因となったことがあり、その原因には以下のものが挙げられている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。

- ・露出した鉄製部材が再生水と接水していた場合に腐食が生じた。例えば、弁類、ポンプ類の接水部にはコーティングされていない鉄部品が使用されている場合があった。また、メーターや減圧弁などの銅製器具類と鋼管の接合部の継手類の選択が不適切で、異種金属が直接に接合されてしまった場合には、著しい腐食が生じた。
- ・なお、ライニング鋼管のライニング部の異常劣化報告はなく、適切なライニングが施されている管の内外面の腐食は生じていなかった。
- ・ステンレス鋼を用いた配管システムでは、SUS304鋼の溶接部やフランジ面に腐食が発生し、漏水に至ったことがあった。SUS304鋼はSUS316鋼に比べて再生水に対する耐食性が低いことが実験でも確認された。
- ・再生水の塩素イオン、硫酸イオン、残留塩素等の濃度が高い場合は、腐食を促進させやすい。

第2章

閉塞の原因

再生水の給水器具内に設置されているストレーナーや、配管の屈曲部で閉塞が生じ、ロータンクの注水時間の増加などの給水障害に至ったことがあり、その原因は以下のように考えられている¹⁾²⁾。

- ・閉塞物の主成分は鉄であり、配管中の溶解性の鉄が、残留塩素や溶存酸素によって酸化され、狭路部や屈曲部等、流水に変化がある部位で析出・集積し、閉塞が生じた。また、上流側の閉塞物が剥離、流出し、ストレーナー部で捕捉されることにより、目詰まりが生じた。
- ・溶解性の鉄の供給源は、再生水由来のものと配管内で発生した腐食由来のものが考えられるが、腐食の生じていない再生水利用システム内での閉塞は少なかった。

以上のことから、施設機能障害防止の観点における検討対象は腐食及び閉塞とした。なお、水洗用水用途では、他の用途に比べて多くのトラブルが発生しているが、この理由として、供給先に至るまでの配・給水経路の総延長距離が長く、また給水器具類が多いために腐食の問題が生じやすいこと、また、ストレーナーを要する給水器具も多いために閉塞の問題も生じやすいこと等が考えられ、水洗水利用では、腐食・閉塞のトラブルについて特に留意する必要がある。

<参考文献>

- 1) 「集合住宅における再生水利用について（提言）」福岡市 集合住宅の再生水利用に関する協議会 平成11年3月
- 2) 「集合住宅における再生水利用設備基準について（提言）」福岡市 再生水利用設備基準に関する研究会 平成12年3月
- 3) 「再生水の利用促進に関する調査その2」東京都下水道局 平成11年3月
- 4) 「再生水利用における配管材料への影響調査」東京都下水道局 平成12年3月

第3章 再生水利用に関する技術上の基準

3-1 水質基準等及び施設基準

	基準適用箇所	水洗用水	散水用水	修景用水	親水用水
大腸菌	再生処理施設出口	不検出 ¹⁾	不検出 ¹⁾	備考参照 ¹⁾	不検出 ¹⁾
濁度		(管理目標値)2度以下	(管理目標値)2度以下	(管理目標値)2度以下	2度以下
pH		5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6
外観		不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと
色度		- ²⁾	- ²⁾	40度以下 ²⁾	10度以下 ²⁾
臭気		不快でないこと ³⁾	不快でないこと ³⁾	不快でないこと ³⁾	不快でないこと ³⁾
残留塩素		責任分界点	(管理目標値) 遊離残留塩素0.1mg/L又は結合残留塩素 0.4mg/L以上 ⁴⁾	(管理目標値 ⁴⁾) 遊離残留塩素0.1mg/L又は結合残留塩素 0.4mg/L以上 ⁵⁾	備考参照 ⁴⁾
施設基準		砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する 施設を設けること	砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設 を設けること	砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設を 設けること	凝集沈殿+砂ろ過施設又は同等以上の機能を を有する施設を設けること
備考		1) 検水量は100mLとする(特定酵素基質培地法) 2) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて基準値を設定 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定 4) 供給先で追加塩素注入を行う場合には個別の協定等に基づくこととしても良い	1) 検水量は100mLとする(特定酵素基質培地法) 2) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて基準値を設定 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定 4) 消毒の残留効果が特に必要ない場合には適用しない 5) 供給先で追加塩素注入を行う場合には個別の協定等に基づくこととしても良い	1) 暫定的に現行基準(大腸菌群数1000CFU/100mL)を採用 2) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて上乗せ基準値を設定 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定 4) 生態系保全の観点から塩素消毒以外の処理を行う場合があること及び人間が触れることを前提としない利用であるため規定しない	1) 検水量は100mLとする(特定酵素基質培地法) 2) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて上乗せ基準値を設定 3) 利用者の意向等を踏まえ、必要に応じて臭気強度を設定 4) 消毒の残留効果が特に必要ない場合には適用しない 5) 供給先で追加塩素注入を行う場合には個別の協定等に基づくこととしても良い

3 - 2 . 再生水利用基準設定の考え方

再生水利用基準の設定にあたっては、最低限必要となる水質及び施設を水質基準及び施設基準として示すとともに、再生処理施設の運転管理における目標値を管理目標値として示すこととした。

(1) 大腸菌 (大腸菌群数)

大腸菌 (大腸菌群数) は、衛生的安全性のうち、細菌類への対応の観点からの基準として設定した。

従来基準 (案) の再検討を行った結果、現行の基準項目である大腸菌群には、土壌など動物の大腸以外でも増殖可能な細菌類が含まれており、糞便性汚染を示す指標としては大腸菌群よりも大腸菌の方が優れているとして、水道水質基準において大腸菌群から大腸菌へ変更されたこと、また、建築物衛生法施行規則が改正され雑用水の水質基準が大腸菌群から大腸菌へ変更されたこと等の状況を踏まえ、本基準では、従来の大腸菌群数に代え、大腸菌を新たに基準項目として設定することとした。また、基準値についても、水道水質基準や建築物衛生法施行規則における基準 (検水量100mL当たり不検出) を参考に規定することとした。なお、大腸菌の測定方法は、下水試料を対象とした分析方法が提示されていないため、当面、上水試験方法を参考として、特定酵素基質培地法とすることとした。

大腸菌の基準適用箇所については、実態調査において、再生水の供給過程における大腸菌の再増殖が見られなかった (参考資料「衛生的リスクに関する調査結果」参照) ことから、再生処理施設出口を大腸菌の基準適用箇所とした。

但し、修景用水利用については、人間が触れることを前提としない利用であるため、現行の放流水質基準と同様に大腸菌群数を暫定的な基準項目とし、修景・親水マニュアルにおける大腸菌群数に関する基準値 (1000CFU/100mL) を用いることとした。

(2) 濁度、施設基準

濁度、施設基準は、施設機能障害防止の観点、また、衛生的安全性のうち、原虫類への対応の観点からの基準として設定した。

施設機能障害防止の観点からは、循環利用技術指針では、機器の閉塞等機能障害を防止する上で、砂ろ過プロセスは不可欠であるとされている。本基準でも、再生水の供給過程における閉塞防止の観点から、砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設を施設基準として規定することとした。

また、砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設が適切に機能していることを担保する運転管理指標として、濁度を管理目標値として設定した。管理目標値については、「下水道施設計画・設計指針と解説」における急速ろ過法の処理成績例が濁度2.3度 (平均値) となっていること、また、実態調査において施設が適切に機能していることが確認されているろ過施設からの処理水の濁度が2度を超えることが殆どなかった (参考資料「衛生的リスクに関する調査結果」参照) ことを踏まえ、2度以下と設定した。

衛生的安全性のうち、原虫類への対応の観点からは、下水試験方法において定められている原虫類の検出方法では、生死及び感染力の有無等の判定が困難であること等の理由から、原虫類自体の濃度基準の設定は行わず、施設基準及び運転管理指標の設定により対応することとした。

水洗用水利用、散水用水利用及び修景用水利用については、誤飲の可能性・量ともに低い

第3章

ため、施設機能障害防止の観点から定められた砂ろ過施設相当の施設基準と運転管理指標により対応することとした。

親水用水利用については、水浴等の全身的な接触も可能性として想定しており、誤飲の可能性・量ともに他の用途に比べ大きく、衛生学的安全性に特に留意する必要があることから、凝集沈殿 + 砂ろ過施設又は同等以上の機能を有する施設により対応することとし、当該施設が適切に機能していることを担保する運転管理指標として、濁度2度以下を常に遵守すべき基準値として設定した。

但し、高濃度の原虫類が一過性あるいは間欠的に発生する場合には平常時とは異なる対応が必要となる。そのための対策を、4-1-5において考慮事項として記載した。

なお、濁度については、美観・快適性の観点から、循環利用技術指針及び修景・親水マニュアルで修景用水利用10度以下、親水用水利用5度以下が目標水質として定められているが、施設機能障害防止及び衛生学的安全性の観点から定められる濁度の方が厳しい値となるため、美観・快適性の観点からの基準は設定しなかった。

(3) pH

pHは、再生水利用システムにおける腐食防止の観点からの基準として設定した。

基準値としては下水処理水の放流水質基準として定められているpH5.8~8.6を再生水水質基準として適用することとした。

(4) 外観、色度、臭気

外観、色度、臭気は、美観・快適性の観点からの基準として設定した。

循環利用技術指針及び修景・親水マニュアルでは、再生水の外観に関連する基準として表3-1の基準が定められている。これまでの基準についても実用面及び現在の技術的知見から問題点を指摘する意見が特になく、循環利用技術指針及び修景・親水マニュアルにおける目標水質を最低限遵守すべき基準として設定することとした。

但し、美観・快適性の観点からの基準は、利用者の意向等を踏まえ、個々の事例にあわせた基準値を設定することが望ましい。なお、利用者の意向等を把握するのが困難な場合には、参考資料「再生水利用に関する利用者意識調査」を参考にされたい。

表3-1 従来の再生水の外観に関する基準
下水処理水循環利用技術指針(案)

	水洗用水	散水用水	修景用水
外観	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと
臭気	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと

下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル(案)

	修景用水	親水用水
色度	40度以下	10度以下
臭気	不快でないこと	不快でないこと

(5) 残留塩素

残留塩素は、衛生学的安全性のうち、細菌類への対応の観点からの基準として設定した。

第3章

再生水の供給過程において再増殖の可能性がある病原微生物への対策としては、残留効果の高い塩素消毒を行うこととし、残留塩素を管理目標値として規定した。なお、管理目標値については、実態調査の結果、供給先における残留塩素が、建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則における基準値(結合残留塩素濃度0.4mg/L以上)を満たしている場合には、細菌類の再増殖は殆ど見られなかった(参考資料「衛生学的リスクに関する調査結果」及び「付着物に関する調査結果」参照)ことから、同法施行規則における残留塩素基準値(結合残留塩素濃度0.4mg/L以上)を参考に管理目標値を設定した。但し、供給先で塩素注入を行う場合には、管理目標値を適用せず個別の協定等に基づくこととしても良いこととした。

また、散水用水利用及び親水用水利用については、供給先に至るまでの滞留時間が短い等、消毒の残留効果が特に必要ない場合には、残留塩素に関する基準は適用せず、紫外線消毒やオゾン消毒、膜処理等塩素消毒以外の方法で対応することとしても良いこととした。なお、消毒の残留効果の必要性及び他の処理方法を採用した場合の運転条件については十分な検討を行うこと。

修景用水利用については、利用箇所における生態系保全の観点から紫外線消毒やオゾン消毒、膜処理等により対応する場合があること及び人間が触れることを前提としない利用であること等の状況を踏まえ、残留塩素に関する基準は設定しないこととした。

目標値の適用箇所については、本マニュアルの適用主体が下水道管理者であることを踏まえ、責任分界点とした。なお、責任分界点以降における残留塩素の消失量を考慮した管理目標値の設定は、消失量が箇所により異なると考えられるため困難であり、再生水供給過程における残留塩素管理対策を、4-1-2において考慮事項として記載した。

第4章 再生水利用の実施にあたり必要となる考慮事項

4 - 1 . 衛生学的安全性

4-1-1 . 再生処理施設の要件

再生水利用の施設基準として、供給過程における閉塞等施設機能障害防止の観点、また、衛生学的安全性のうち原虫類への対応の観点から、水洗用水、散水用水、修景用水利用では「砂ろ過施設(又は同等以上の機能を有する施設)」により対応することを規定した。さらに、誤飲の可能性を考慮し、親水用水利用では、「凝集沈殿+砂ろ過施設(又は同等以上の機能を有する施設)」により対応することとした。

本項では、これらの施設要件について解説した。

砂ろ過工程

砂ろ過工程の要件については、「下水道施設計画・設計指針と解説」¹⁾に準ずる。

【解説】

砂ろ過法は、安定した処理性能を得やすく、また運転も比較的容易であり、処理水質の向上が期待できるプロセスである。オゾン酸化法、活性炭吸着法、逆浸透法を実施する場合、前処理として本法を実施することも多い。

水洗用水、散水用水、修景用水利用では、砂ろ過工程又は3章で掲げた水質基準に対し同等以上の機能を有する施設を設けることとし、濁度の管理目標値を2度以下と定めた。

このため、砂ろ過施設において十分な濁度処理機能を有するよう、設計・維持管理を適切に行うことが重要となる。

砂ろ過法のろ過効率に影響する可能性のある因子としては、ろ材の形状・材質、ろ層の厚さ、流入浮遊物の濃度・粒径分布、ろ過速度等が挙げられる。

ろ材の大きさ0.5～数mmまでの範囲では、浮遊物除去効果はろ材の大きさにあまり影響されず、直径10 μ m以上の粒子の除去が可能である¹⁾。ただし、人間が触れることを前提としている親水用水利用においては、原虫類除去の観点から、次に示す凝集沈殿工程を併用することとした。

凝集沈殿工程

凝集沈殿工程の要件については、「下水道施設計画・設計指針と解説」¹⁾に準ずる。

【解説】

凝集沈殿法は、アルミニウムや鉄等の金属塩の凝集剤を添加して、二次処理水中のSSや有機物を除去する方法で、急速攪拌池、緩速攪拌池、沈殿池から構成される。直径10 μ mより小さな粒子を多く含む処理水から浮遊物を除去する場合には、あらかじめ凝集剤を添加し、攪拌工程を経て浮遊物の粒子を大きくした上で沈殿処理することにより処理効率を向上できる。これらの施設の要件については、「下水道施設計画・設計指針と解説」¹⁾に準ずることとする。

なお、凝集沈殿法その他、下水中の原虫類の除去性を向上させることができる凝集剤添加処理法には以下の3つが挙げられる²⁾。

沈砂池に凝集剤を添加し、沈砂池を急速攪拌工程とし、最初沈殿池にて沈殿除去する
流入下水の凝集沈殿処理

反応タンクに凝集剤を添加し、最終沈殿池にて沈殿除去する凝集剤添加活性汚泥法なら
びに凝集剤添加生物学的窒素除去法

凝集沈殿法の緩速攪拌・沈殿工程を省略し、急速攪拌によって、凝集剤を原水に混合し
た後、直接にろ過を行う凝集ろ過法

凝集ろ過法では、凝集剤注入量を凝集沈殿法の1/2～1/4程度にしてフロックを形成させる。この際生成するフロックは、径及び沈降速度は小さいが、密度、強度の大きいマイクロフロックとなるので、これをろ層全体を有効に利用してろ過することにより、安定した処理ができるほか、薬品使用量が節約され、発生活泥量も少なくなる³⁾。

しかし、濁度の高い水については、凝集剤の注入率が上昇し、砂ろ過池の逆洗頻度が増加する。そのため、適用範囲は比較的濁度の低い水に限られる⁴⁾。

<参考文献>

- 1) 「下水道施設計画・設計指針と解説 後編」日本下水道協会(2001)
- 2) 「下水道におけるクリプトスポリジウム検討委員会 最終報告」日本下水道協会 平成12年3月
- 3) 「水道施設設計指針」日本水道協会(2000) 注：直接ろ過参照
- 4) 「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル(案)」建設省高度処理会議 平成2年3月

4-1-2. 供給過程における残留塩素管理対策

供給過程における適切な残留塩素濃度維持のために、以下の残留塩素管理対策を講ずる。

- (1) 二次処理あるいは再生処理過程におけるアンモニア性窒素の低減を図ること。
- (2) 適切な供給管網整備・管路更新を行うこと。
- (3) 供給過程において残留塩素が減少しやすい箇所では塩素の段階注入方式を検討すること。

【解説】

再生水中の残留塩素が増加すると供給管や付属設備に用いられている鉄製部分の腐食が促進され、逆に残留塩素が減少し消失すると病原微生物の再増殖や、受水槽や便器等の再生水利用施設に汚れが付着しやすくなるおそれがあるため、塩素注入量を適正に管理する必要がある。

供給過程において適切な残留塩素濃度を維持するためには、残留塩素消費物質を低減することや、供給設備の適切な設計、管理を行うことで、残留塩素の消費を抑えるように努めることが重要である。また、適切な箇所で追加塩素注入を行うことにより、再生処理施設における塩素注入量を抑えることも可能である。

(1) について

利用先で確実に塩素の残留性を確保するためには、塩素の消費成分の濃度と供給管内での反応速度を考慮することで、その注入量のおおまかな推定が可能となる。しかし、消費成分濃度が高い場合や、濃度変動が大きい場合には、より確実に消毒剤の残留性を確保するために消毒剤の注入量が過多となりやすい¹⁾。このため、再生水利用において最も塩素の消費要因となりやすいアンモニア性窒素を、二次処理あるいは再生処理過程でできるだけ除去することが有効である²⁾。

(2) について¹⁾³⁾

再生水供給管網において残留塩素の消失を防止するため、次のような対策を実施するようにする。

無ライニング管は残留塩素の著しい減少を招くため、このような管があれば、できる限り適切な管種への切り替えを促進すること。なお、水道の配水管では、ダクタイル鋳鉄管の場合、モルタルライニング管よりも残留塩素消費量が少なく、防食効果も高い内面エポキシ樹脂粉体塗装管の採用が増えている。

大規模な管網については、水量・水圧・水質を確実に制御できるようにブロック化を進める。その際、管路内で再生水が停滞しやすい場所では、滞留時間が長くなると同時に赤錆等の管内沈着物が多くなりやすく、残留塩素を消費する要因になることが

多いため、適切な管径を選択する他、管路のループ化や供給区域間のバイパス管整備など、行き止まり管の解消による滞留抑制を行うことが重要である。

先行布設管など、初期の需要量に比べて過大な口径となっている管路において滞留水が生じる場合には、二条配管方式（先行的に一条分布設）や、の対策同様に残留塩素濃度の低下が少ない管種を採用することや、定期的排水もしくは常時排水ができる排水弁を管路に設けることが望ましい。

（3）について

水温や残留塩素消費成分濃度が高い場合や、再生処理施設からの供給管が長く、また、受水槽などの貯留容量などの関係から、残留塩素が著しく減少すると予想される場合、あるいは利用先までの距離の長短により残留塩素のパラツキが生じるおそれのある場合には、再生水処理施設での注入率を過多とすることなく、利用先で必要な残留塩素をできるだけ均一に保持（平準化）するために、供給管途中や受水槽に消毒設備を設けて塩素剤の追加注入を考慮する必要がある¹⁾⁴⁾。

（参考）直結給水の導入について

近年、水道の給水方式は、衛生面、維持管理面、ビル建設面等の多面的な効果を基に、受水槽方式から直結式給水へと移行しつつある。このため、参考として再生水に直結給水を導入した場合に考えられるメリット、デメリットを表4-1-1に示す。水道の配水管は一般に管網状態で整備されており、圧力の調整が行ない易くバックアップの配水管も整備されている。

直結給水方式には配水管の水圧で直接給水する「直結直圧式」と、給水管の途中に増圧給水設備を設置する「直結増圧式」がある⁴⁾。

直結給水を行うことにより、受水槽や高置水槽内に再生水が長時間滞留することによって生じる残留塩素の減少が解消される。このため、適切な残留塩素管理を行うための対策の選択肢の一つとなる。

受水槽などの再生水利用施設における残留塩素濃度の適切な管理は、本来、受水槽等の設置者によって行われるべきであるが、下水道管理者としても、上記のことを踏まえ、必要に応じて直結給水の導入について検討を行う。

なお、再生水に直結給水を導入する際には、以下の点について留意すること。

【直結給水導入検討にあたっての留意点】⁴⁾⁵⁾

供給圧の補強方法や経年管ならびに小口径管の改良・更新、あるいは供給ブロックの適正化など、適切な供給管網整備に関する検討が必要。

受水槽が有していたピークカット機能が失われることに対する対応策の検討が必要。

再生水供給管の断水時に再生水利用施設側からの逆圧が従来より大きくなることや減圧時に逆圧がかかる場合があることに対する、逆流防止対策の検討が必要。

第4章

受水槽式で給水していた建物を直接給水に切り替える場合に、当該建物の配管設備の布設替え等の対応ならびに切り替え後に問題が発生した場合の対応に関する検討が必要。

緊急時のバックアップ方式ならびに各利用者への連絡方法整備等の検討が必要。

表4-1-1 再生水における直結給水導入によるメリット、デメリット

項 目		内 容
メリット	衛生面	受水槽内に再生水が貯留しないため、残留塩素の減少など、水質が劣化する可能性が低い。
	省エネルギー	受水槽方式では供給圧が一旦開放されるため、再び加圧する必要があるが、直結給水の場合、供給圧を有効に利用できる。
	省スペース	受水槽や高置水槽の設置スペースを有効利用できる。
	省力化	受水槽や高置水槽の保守点検が不要となり、維持管理が容易になる。
デメリット	ピークカット機能	受水槽の有していたピークカット機能が失われるため、最大需要時間帯に対応した増圧ポンプ容量を確保する必要が生じ、省エネルギー、省スペースが図りにくい。 同様に、供給側でも送水ポンプ容量などを確保する必要が生じる。
	ストック機能	受水槽がなくなることによって、水のストックがなくなり、非常時等に影響する可能性がある。
	バックアップ機能	受水槽がなくなるため、揚水ポンプの前段で水道によるバックアップが困難となる。

(再生水利用施設管理者への説明事項)

下水道管理者は再生水利用施設管理者に対して、以下の残留塩素管理対策を講ずるよう十分な説明を行う。

- (1) 再生水用の受水槽容量の適正化を図ること。
- (2) 再生水用の配管や受水槽、高置水槽の清掃を定期的に行うこと。
- (3) 供給過程において残留塩素が減少しやすい箇所では、塩素の段階注入方式を検討すること。

【解説】

(1) について

実際の再生水使用量が受水槽設計水量に満たずに受水槽の滞留時間が長くなっている場合がある。このような場合には受水槽の水位制御装置を改良し受水槽滞留時間を適正に保つ²⁾。

(2) について

再生水利用施設の配管や受水槽内の堆積物や付着物は、微生物の再増殖の温床となるとともに、残留塩素の消費量を高める要因となる。このため、定期的な洗浄が必要である²⁾⁵⁾。

<参考文献>

- 1) 「管路内残留塩素濃度管理マニュアル」水道技術研究センター 平成11年3月
- 2) 「集合住宅における再生水利用について(提言)」福岡市 集合住宅の再生水利用に関する協議会 平成11年3月
- 3) 「管路内の残留塩素濃度管理に関する事業体事例集」水道管路技術センター 平成8年2月
- 4) 「水道施設設計指針」日本水道協会(2000)
- 5) 「集合住宅における再生水利用設備基準について(提言)」福岡市 再生水利用設備基準に関する研究会 平成12年3月

4-1-3 . 誤接合防止対策

利用者が安心して再生水を使用できるように、以下の誤接合防止対策を講ずる。

- (1)再生水利用のための配管設備であることを示す表示を見やすい方法で水栓及び配管にするか、又は他の配管設備と容易に判別できる色とすること。
- (2)洗面器、手洗器その他誤飲、誤用のおそれのある衛生器具に連結しないこと。
- (3)下水道管理者は、再生水利用施設管理者によって行われる誤接合防止の検査に立ち会う等、誤接合のないことを確認すること。

【解説】

再生水利用を促進するにあたっては、利用者が安心して再生水を使用できるように、誤接合防止対策を講じる必要がある。

給水開始前の検査及び試験について、再生水の給水開始にあたっては、再生水利用施設管理者によって行われる誤接合防止に必要な検査及び試験に下水道管理者が立ち会う等、事前に誤接合、誤配管のないこと等を確認する必要がある。また、これは、「増設や改築更新時」にも適用する¹⁾。

第4章

以下に、誤接合防止策の標準的な例を示す²⁾。

表4-1-2 誤接合及び誤使用防止対策

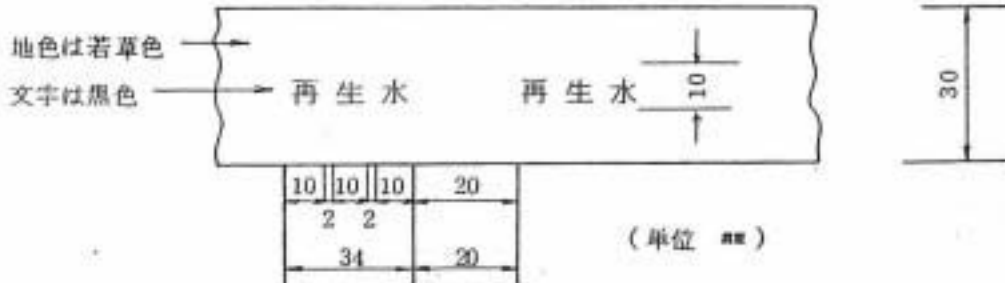
配 管 等		誤接合・誤使用の防止対策（施工方法）
屋内いんべい配管	防露配管	<ol style="list-style-type: none"> 1. 防露前の裸管に若草色の着色塗装を行う。 2. 防露材の上には若草色の表示テープを1箇所3回巻きにし1≒間隔に巻く。
屋 内 露 出 配 管	防露配管	<ol style="list-style-type: none"> 1. 防露前の裸管に若草色の着色塗装を行う。 2. 防露材の要所には「再生水」と表示する。
屋 外 露 出 配 管	防露配管	<ol style="list-style-type: none"> 1. 防露前の裸管に若草色の着色塗装を行う。 2. 防露材の要所には「再生水」と表示する。
地中埋設部の配管	—	<ol style="list-style-type: none"> 1. 埋設前の裸管に黄色の着色塗装をし、又は黄色の防蝕テープを全面に巻き、かつ、若草色の表示テープを1箇所3回巻きにし1≒間隔に巻く。ただし、管の腐食防止のためポリエチレンスリーブを使用する場合は、無色透明又は黄色とし、ポリエチレンスリーブの固定をかねて若草色の表示テープを1箇所3回巻きにし1≒間隔に巻く。 2. 他の埋設管と誤接合の恐れのある個所には、管の埋設位置がわかるように標示杭を設ける。
コンクリート内埋設部の配管	—	埋設前の裸管に若草色の着色塗装を行う。
メ ー タ ー	—	処理水のメーターボックス蓋の裏面に「再生水」と刻印したプラスチック版等を剝離しないように貼り付ける。
パ ン プ 等	—	パンプ等で誤操作する恐れのある個所には、標示板等を取り付け、処理水のパンプ等であることが識別できるようにする。

（注）若草色とは黄緑色をいう。

第4章

備考1. 表示テープ

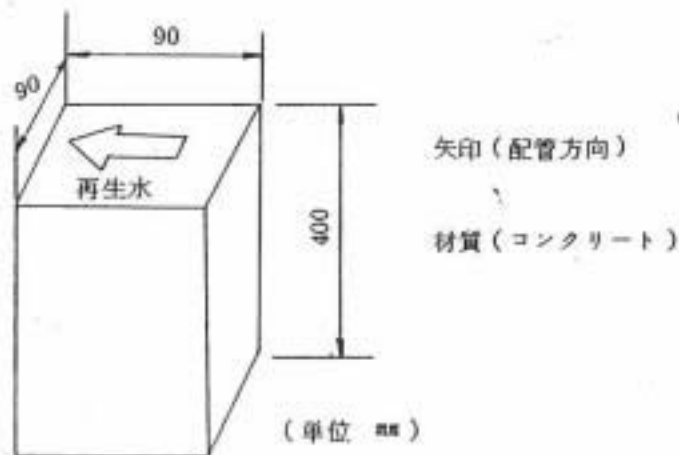
管に巻く表示テープは、下図のとおりとする。



備考2. 標示杭

建築物の敷地内の標示杭は、下図を標準とし、杭の頭を地表面に露出させて管の埋設位置がわかるようにするものとする。

参考例



また、以下に、誤接合防止のための確認検査の実施方法例を示す。

(参考) 福岡市における誤接合防止のための確認検査の実施方法例

福岡市における誤接合防止の検査は、まず、再生水受水槽で再生水に着色し、加圧ポンプ出口または高置水槽出口のバルブ操作を行い、再生水系統を給水し、飲料水系統は断水させた状態で、再生水系統の全ての給水用具から着色された再生水が出ること、飲料水系統の全ての給水用具から着色された再生水が出ないことを確認する。次に、再生水系統を断水、飲料水系統を給水した状態にして、再度、全ての給水用具を確認し、透明な飲料水が飲料水系統から出て再生水系統からは出ないことを確認し誤接合の有無を判断している。

また、ハンディータイプの導電率計を使用することにより、再生水と水道水の導電率の違いによる確認を行う。

(再生水利用施設管理者への説明事項)

下水道管理者は再生水利用施設管理者に対して、以下の誤接合防止対策を講ずるよう十分な説明を行う。

- (1) 再生水利用のための配管設備であることを示す表示を見やすい方法で水栓及び配管にするか、又は他の配管設備と容易に判別できる色とすること。
- (2) 洗面器、手洗器その他誤飲、誤用のおそれのある衛生器具に連結しないこと。
- (3) 給水開始前の誤接合防止の検査を行うこと。

【解説】

(3) について

給水開始前の検査及び試験について、再生水の給水開始にあたっては、事前に誤接合、誤配管のないこと等を確認するための、必要な検査及び試験を自主的に行うよう十分な説明を行う必要がある。

< 参考文献 >

- 1) 「集合住宅における再生水利用設備基準について(提言)」福岡市 再生水利用設備基準に関する研究会
平成12年3月
- 2) 「下水処理水循環利用技術指針(案)」日本下水道協会 昭和56年9月

4-1-4 . 誤飲防止対策

利用者が安心して再生水を使用できるように、以下の誤飲防止対策を講ずる。

(1) 再生水使用標示を行うこと。特に修景用水利用においては、接触による誤飲防止のため、再生水使用標示等の対策を徹底すること。

(2) 散水用水利用においては、利用者が少ない時間帯に散水する等の対応により、利用者が飛沫を吸引しないように留意すること。

また、下水道管理者は再生水利用施設管理者に対して、以上の対策を講ずるよう十分な説明を行う。

【解説】

再生水利用を促進するにあたっては、利用者が安心して再生水を使用できるように、誤飲防止対策を講ずる必要がある。

なお、再生水利用施設の維持管理者に対しては、誤って再生水を経口摂取しないよう、作業時には作業後の手洗い等を励行するよう努める必要がある。

(1) について

以下に再生水使用標示の標準的な例を示す¹⁾。

図4-1-1 水洗便所用表示板の例

この便器には下水を再生した水を使っています。

図4-1-2 スプリンクラー用表示板の例
散水栓 "

このスプリンクラー(散水栓)には下水を再生した水を使っています。

また、スプリンクラーや散水栓等、屋外の施設では、使用時以外は栓を取りはずしておくことが必要である。(誤飲及び誤使用防止対策)

また、人間が触れることを前提としていない修景用水利用における実態として、利用者が再生水に触れる事例が見受けられるため、再生水使用標示を特に徹底し、飲用不可であること、また接触した場合には手洗い等を励行するよう呼びかける等再生水の誤飲を防止するよう努めること。

(2) について

利用者の衛生的安全性を確保するため、散水用水利用においては利用者が少ない時間

第4章

帯に散水するなどの管理対応を行うよう努める他、必要に応じて、飛沫が発生しにくい散水方法の導入についても検討する。例えば、植樹帯散水の場合には、飛沫が発生しにくい散水方法として、滴下式のチューブ(ホース)や地中埋設方式等による散水が考えられる。

< 参考文献 >

- 1) 「下水処理水循環利用技術指針(案)」日本下水道協会 昭和56年9月

4-1-5 . 再生水の水質悪化などの異常発生時の対応

再生水の水質が異常であると判断されるときは、以下の対策を講じ速やかに安全性の確認を行う。

- (1)再生処理施設及び再生水供給施設の一部の故障又は劣化等により、再生水の水質悪化等の不測の事態を生じた場合は、当該施設の管理者は、ただちに適切な措置を講ずること。また、このような事態に備えて、水道水の補給方法など緊急時の対応策をあらかじめ検討しておくこと。
- (2)この他、再生水の衛生学的安全性に問題が生じるおそれのある場合には、下水道管理者は、緊急的な追加処理等を行うか、あるいは利用の制限、再生水の供給停止等の措置をとること。また、このような事態に備えて、水道水の補給方法など緊急時の対応策や、関係機関から必要な情報が授受できるような連絡体制をあらかじめ検討しておくこと。

【解説】

(1)について¹⁾

再生処理施設及び再生水供給施設の一部の故障又は劣化等により、所定の水質及び水量が得られない時は、当該施設の管理者はただちに施設及び機能の点検処理を行なわねばならない。

また、流入原水の水質が、設計条件を著しく超過し、再生処理能力の不足が生じた場合は、下水処理場に連絡し、協議の上改善を図る。

更に、停電、修理等により、再生水の供給が一時的に停止することが予想される場合は、管理責任者はただちに利用者に通知するとともに、再生水の利用設備に支障を与えないよう必要な措置を講じる。

上記のような事態に備えて、水道水の補給方法など緊急時の対応策をあらかじめ検討しておかなければならない。なお、水道水の補給設備を設置する場合には吐水口空間を確保すること。

また、通水当初においては、利用水量が少ないため、管内滞留日数が過大となりやすいので、排水施設からの排水等により水質悪化の防止に努める。

(2)について

再生水の原水を供給する下水処理場の流域における集団感染発生等の理由により、再生水の衛生学的安全性に問題が生じるおそれのある場合には、1)に示すような緊急的な追加処理等を行うか、あるいは利用の制限、再生水の供給停止等の措置をとる必要がある。また、異常事態の発生に素早く対応できるよう、2)に示すような連絡体制の整備を検討する必要がある。

第4章

1) 下水処理ならびに再生処理施設における対応

原虫類などが高濃度で流入した場合においても対応可能な処理方式を検討すること。

主な処理方法として、凝集処理工程、砂ろ過工程、オゾン消毒、UV消毒等の処理方式の組み合わせが効果的である。また、膜ろ過を実施している場合は、特に追加処理を行うことなく対応可能と考えられる。

なお、原虫類の中には塩素消毒を強化しても、十分な不活化が困難な種があることに留意すること。

また、具体的な除去・不活化効果の例については、参考文献2)～11)等を参照のこと。

2) 連絡体制

下水道管理者から再生水利用施設管理者に速やかに情報提供できる連絡体制を整備するとともに、供給を停止する状況を想定して、代替水源の確保、利用者との契約内容の確認等を行っておく。

この他、衛生担当部署からの情報も適時下水道管理者に伝達される必要がある。このため、平常時から都道府県の保健担当部署と密接な連携のもと、連絡体制の整備について検討を行っておく。

< 参考文献 >

- 1) 「下水処理水循環利用技術指針（案）」日本下水道協会 昭和56年9月
- 2) 「下水道におけるクリプトスポリジウム検討委員会 最終報告」日本下水道協会 平成12年3月
- 3) 「下水処理過程におけるクリプトスポリジウムの除去効果等」建設省土木研究所下水道部三次処理研究室 平成12年3月
- 4) 「浄水技術ガイドライン」水道技術研究センター（2000）
- 5) 水道のクリプトスポリジウム対策 [改訂版] 暫定対策指針の解説 平成11年12月
- 6) 平田強、森田重光、橋本温「クリプトスポリジウムと水処理」用水と廃水Vol.44 No.4(2002) p.304-312
- 7) 保坂三継「水系原虫感染症」用水と廃水Vol.40 No.2(1998)p.119-131
- 8) 金子光美「水系感染症とその対策」水道協会雑誌第67巻第9号(1998)p.2-21
- 9) 「水道施設設計指針」日本水道協会(2000)
- 10) 茂庭竹生「紫外線消毒ガイドライン（案）について」第2回環境影響低減化浄水技術開発研究セミナー テキストp.21-30 平成16年12月
- 11) 「下水道施設計画・設計指針と解説 後編」日本下水道協会(2001)

第4章

4 - 2 . 美観・快適性

4-2-1 . 赤水防止及び色・濁り対策

利用者が快適に再生水を使用できるよう、再生水利用施設における赤水及び色・濁りの発生を防止するための対策を講ずる。

【解説】

再生水に鉄、マンガンなどの金属が多量に溶解している場合、溶解性金属が酸化・析出し、赤水や配管等の閉塞などが生じる可能性がある。また、再生水の色や濁りがあると利用者に不快感をあたえる恐れがある。このため、必要に応じて鉄、マンガン対策を講じる必要がある。

以下に、福岡市における赤水防止及び色・濁り対策の事例を示す。

(参考) 福岡市における赤水防止及び色・濁り対策事例

福岡市では、鉄、マンガン対策として、ろ過処理の前段でオゾンにより溶解性の鉄、マンガンに酸化・析出させ、ろ過処理工程でこの酸化・析出した金属を除去している¹⁾。

また、再生処理施設への負荷を軽減し、再生処理水質の安定化を図るために凝集沈澱処理を導入している。

平成9年3月31日まで

砂ろ過 オゾン 塩素 供給

平成9年4月1日から

オゾン 砂ろ過 塩素 供給

平成13年4月1日から

凝集沈澱 オゾン 砂ろ過 塩素 供給

< 参考文献 >

1) 江崎光洋、田辺雄一、三浦健一「再生水の水質改善について」第34回下水道研究発表会講演集、p. 695-697、(社)日本下水道協会、1997

4-2-2. 修景用水利用施設及び親水用水利用施設における美観確保対策

再生水を修景用水・親水用水として利用する際に、藻類増殖等の問題を防ぐためには、以下の対策を講ずる。

- (1) 再生水中の栄養塩類濃度を低減すること。
- (2) 再生水利用施設的美観を維持するため、施設の機能・構造・配置等に関する補完的方策の導入を検討すること。

また、下水道管理者は、(2)の対策を講ずるよう、再生水利用施設管理者に対し十分な説明を行う。

【解説】

(1) について

全りんならびに全窒素は、水域の富栄養化、藻類の発生・増殖に係わる主要な物質であり、これらの栄養塩類を除去することにより、藻類発生の潜在能力を減少させることが可能となる。このため、藻類増殖抑制の観点から、高度処理の導入による栄養塩類の低減を検討する。

(2) について

再生水利用施設内において、臭気・にごり・藻類・泡等が発生する場合、再生水利用施設の利用者などに対して不快感を与える可能性がある。これら、再生水利用施設的美観の妨げとなる現象の原因除去を再生処理施設のみによって実現することは困難な場合がある。そこで、再生水利用施設的美観を維持するため、再生水利用施設の構造及び運用面での補完的な配慮が必要になると考えられる。

ここでは、再生水利用施設の機能・構造・配置等に関する補完的方策の導入案を示す。

1) 施設の機能

省エネルギー、省力化の観点から再生水利用施設の稼働サイクルを検討する。

例えば、水路などで生物を飼育していない場合に、夜間、水路への再生水の供給を停止することによって、水路で発生している付着藻類への栄養塩類の供給が一時停止し、藻類の増殖が抑制される。さらに水位低下に伴って藻類が乾燥し、水路から剥離しやすくなる可能性がある。

このように、機能面の工夫により、藻類の増殖抑制策、剥離策も兼ね備えて所期の目的を達成させることができる。

2) 施設の構造

再生水利用施設内での泡・にごり・藻類等の発生を極力少なくするため、施設の構造を検討する。

落差を少なくする（発泡抑制）

第4章

再生水利用施設において、落差の大きいところでは発泡しやすい傾向にある。特にCODの高い処理水では発泡しやすいとされている¹⁾。発泡抑制には、CODの低下等の処理水質の向上が有効であるが、発生した泡を滞留させないためのせせらぎ等の構造も重要である。よどみを作らない、風で吹き寄せられる場所を作らない等の対策が有効である。

水深を浅くする（不快感の緩和）

再生水利用施設において、濁りや色が不快感を抱く原因となっている例がある。水深を浅くすることは、再生水の外観の改善に有効であるが、藻類が発生しやすくなる場合があるなどの欠点もある。

再生水のよどみを少なくする（浮遊性藻類の発生抑制）

藻類の発生抑制には、草食性の魚類（及び貝類）の飼育なども有効である。

藻類発生を抑制する構造とする。

流れの底を砂地にすることは有効である。

3) 施設の配置

再生水利用施設の快適性を維持するために施設の配置について検討する。

風通しの良い施設とする（臭気の緩和）

日陰を設ける（藻類の増殖抑制）

< 参考文献 >

- 1) 「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル（案）」建設省高度処理会議 平成2年3月

第4章

4-2-3 . 水洗用水利用施設におけるユスリカ発生防止対策

利用者が快適に再生水を使用できるよう、再生水利用施設におけるユスリカ発生を防止するための対策を講ずる。

【解説】

下水処理場や再生処理施設で発生したユスリカの卵または幼虫が生存したまま利用先である水洗便所等に運ばれ、そこで成長・繁殖して快適性を損ねる苦情・トラブルが報告されている。

このため、再生処理施設では、ユスリカの卵や幼虫を確実に回収し、水処理系外に排出するように努める。残留塩素濃度管理を含む薬剤対策は、ある程度の効果が得られるものの、薬剤への耐性が高い種が存在し得ることが課題となる場合があることに留意すること¹⁾。

表4-2-1 ユスリカ発生防止対策

分類		対策法	対象	
			幼虫	成虫
処理工程における 棲息抑制	棲息環境	清掃 る過逆洗浄回数の増加		
	殺虫	消毒法の強化 成長阻害剤の水中投入 駆除剤散布		
処理工程における流出抑制		ストレーナー、フィルター等の設置 流出しやすい箇所の構造改良 る過装置の改良、新設 る過逆洗浄排水を水処理系外に排出		

(再生水利用施設管理者に対して説明する事項)

下水道管理者は再生水利用施設管理者に対して、以下のユスリカ発生防止対策を講ずるよう十分な説明を行う。

- (1) 受水槽、高置水槽などの通気口には防虫ネットを設置すること
- (2) 受水槽、高置水槽内を清掃すること
- (3) 受水槽容量の適正化を図り、滞留時間の短縮を図ること

(参考) ユスリカ対策の事例について¹⁾

(1) 概要

水洗用水として再生水を供給している住宅棟の住民から、再生水を使用するトイレのロータンク内にユスリカの幼虫と成虫が発生している苦情があったため、対策を講じたもの。

まず、ユスリカの成虫および幼虫の定量法を確立し、これらの方法を用いた実態調査結果を踏まえて、維持管理及び運転面の改善、ならびに薬剤自動噴霧装置と上向流式高速繊維ろ過装置を設置する等の施設改良を行った。その結果、再生水中には微少なユスリカの卵や若令幼虫も確認されなくなり、再生水に関するユスリカ問題は解消することができた。

(2) ユスリカの生息場所

処理場内の発生確認種は2種(ヒゲユスリカ、ウスイロユスリカ)で、図4-2-1に示す場所に生息していた。

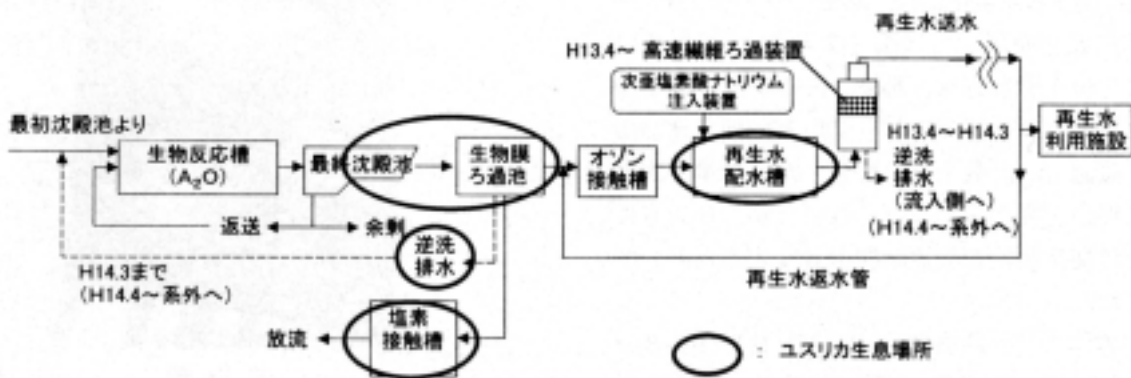


図4-2-1 処理場内のユスリカ生息場所

(3) 初期及び中期対策

1) 運転および維持管理面

ユスリカの発生状況を確認した後、以下の対策を行った。

- 発生量の多い生物膜ろ過の送風を停止し、残留塩素濃度を高めに運転
- 水路や槽等の定期清掃の回数増加
- 成虫に対する薬剤散布、水槽等への幼虫の成長阻害剤注入

2) 施設構造の改良

あわせて、以下のように施設構造を改良した。

- 清掃を容易にするための再生水配水槽における釜場の増設
- ユスリカ幼虫の棲息を抑制するための生物膜ろ過池の原水越流樋への銅版張り
- SS分を送らないための再生水配水槽の取水口の改良
- ユスリカ発生箇所への薬剤自動噴霧装置の導入

3) 初期及び中期対策の結果

- ・ユスリカ成虫の大幅減の成果を得た。しかし、ウスイロユスリカは、選択した薬剤、および薬剤量のレベルには耐性があり、完全な除去は困難であった。
- ・成長阻害剤は生息密度の高い生物膜ろ過池に対して投入し、1週間程度放置する方法が効果的であった。(施設に余裕があり休止が可能であった)

(4) 後期対策

- ・再生水供給段階における最終仕上げる過として、上向流式高速繊維ろ過を導入した。
- ・その結果、微小なユスリカの卵や若令幼虫ならびに希薄なSS分を除去でき、供給先受水槽でもSSはほとんど確認されておらず、ユスリカの発生も確認されなかった。
- ・さらに、生物膜ろ過池逆洗排水を、送泥槽に流入させ、直接処理系外に排出するよう改良した。

< 参考文献 >

- 1) 太田早苗、山本央、佐藤元昭、渡辺和男「下水再生水におけるユスリカ問題の解決事例について」下水道協会誌Vol.40 No.484 2003/2 p.146-157

4 - 3 . 施設機能障害防止

4-3-1 . 再生水利用システムにおける腐食・閉塞防止対策

再生水利用システムにおける施設機能障害を防止するため、以下の対策を講ずる。

- (1) 腐食が発生しにくい構造・材質とし、適切な維持管理を実施すること。
- (2) 配管の閉塞が生じにくい構造・材質とし、適切な維持管理を実施すること。

また、下水道管理者は、以上の対策を講ずるよう、再生水利用施設管理者に対し十分な説明を行う。

【解説】

再生水利用システムの機能を長期間保持するためには、施設機能障害を防止することが重要である。本項では、主に再生水供給施設ならびに再生水利用施設における腐食・閉塞の防止対策について解説した。

(1) について

1)施設の構造・材質

再生水の供給施設ならびに再生水利用施設においては、基本的に水道施設に準拠した管、バルブ・栓類、メーター等が使用されると考えられる。

これらを再生水に用いる際に、腐食対策として特に留意すべき事項は、以下のとおりである。

管種について

水道施設において用いられる管種は表4-3-1に示すものがあり、再生水供給管の選定にあたっては、土質の腐食性や地下水の状況など、腐食性に関する埋設条件を考慮して管種を選定することが重要となる。また、再生水利用施設の配管においても強度等の条件の他、十分な耐食性を有し、水質に影響を及ぼさないものを使用すること¹⁾。

再生水利用における腐食問題に関する調査・検討事例では、再生水に鋼管を用いる場合には、塩化ビニルライニング鋼管や、ポリエチレンライニング鋼管等の鋼管の内外面に種々のライニングを施したものが推奨されている²⁾。

また、ステンレス鋼管を使用する場合、塩素イオン濃度が200mg/Lを超える場合はSUS304ではなくSUS316の使用が望ましい³⁾。

第4章

表4-3-1 水道施設における一般的な管種¹⁾

送水施設	配水施設	給水装置
配水施設に準拠	ダクタイル鋳鉄管 鋼管 硬質塩化ビニル管 水道配水用ポリエチレン管 ステンレス鋼管	ダクタイル鋳鉄管 鋼管(内外面に種々のライニングを施した複合管が規格化) ステンレス鋼管 硬質塩化ビニル管 ポリエチレン管 銅管 その他 ・ポリエチレンライニング鉛管 ・架橋ポリエチレン管 ・ポリブデン管

管及び付属品の接合について¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

再生水利用における腐食問題に関する調査・検討事例では、特に再生水利用施設の配管接合部における腐食問題が指摘されている。

接合部における腐食は、管とバルブ等の付属品間の異種金属接合や、管端の施工不良など、不適切な継手類の選択ならびに施工によって生じている。

このため、管ならびに付属品の接合作業は、各々の材質に最も適合した継手類ならびに工法を選定し、確実に防食を行うようにすること。

付属品の材質について¹⁾²⁾⁴⁾

遮断用バルブ、制御用バルブ等では、長年に亘る使用の間に、弁箱や弁体の塗装の劣化によって錆が発生し、赤水や閉塞の原因となり、また、開閉を困難にさせる原因にもなる。このため、これらバルブについては防食仕様のもを選定すること。

また、給水ポンプについても、接水部の材質について赤水対策が講じられているものを選定する。

2)維持管理

再生水利用システムの腐食対策においては、残留塩素濃度管理についても注意を払う必要がある。残留塩素濃度を利用先において確保するために再生処理施設で高濃度の塩素注入量管理を行うと、再生水利用システム内での腐食が生じやすくなることが懸念される。

なお、適切な残留塩素濃度管理対策については、4-1-2章参照のこと

(2)について

1)施設の構造・材質

(1)の腐食対策に準ずる。

2)維持管理

残留塩素管理対策

腐食対策と同様の維持管理上の対応により塩素注入量を減少させ再生水の腐食性を低減することにより、再生水供給施設、再生水利用施設における、閉塞の原因となる鉄の溶出を軽減させることができる。

なお、適切な残留塩素濃度管理対策については、4-1-2章参照のこと。

施設の清掃²⁾⁴⁾

再生水供給管ならびに受水槽等の内面付着物・沈着物は閉塞の原因となるため、排水弁等を用いた排除や清掃を定期的に行うことが重要である。

また、再生水利用施設の減圧弁、メーター、ボールタップ等のストレーナーも清掃を要する場合がある。

(参考) 再生水利用における腐食問題に関する調査・検討事例について

(1) 事例1²⁾³⁾

水洗用水として再生水を供給している集合住宅において、配管接続部での漏水やロータンク注水時間の長時間化など、腐食や閉塞が原因と考えられる問題が発生したことから、集合住宅における問題箇所の実態調査を行い、対策に関する提言を行った。

1) 腐食の状況と要因

- ・送水管の特殊排気弁^{*1}より排水を行うと、開栓直後20～30L程度は赤水が排出されることがあった。送水施設の弁類はダクタイル鋳鉄製のものがあった。
- ・給水管は合成樹脂によってライニングされた鋼管を使用しており、腐食は生じていなかった。また、鋼管と鋼管との接合部で管端防食コア内蔵継手を使用した箇所では全く腐食は見られなかった。しかし、減圧弁あるいはメーター等黄銅や青銅製部品と鋼製の給水管との接合部において、適切な継手が用いられておらず直接に異種金属が接合されている箇所では腐食が発生しており、ネジ山が腐食により消失し、漏水の原因となっている箇所もあった。
- ・また、調査時の再生水の塩素イオン濃度は370mg/L前後であり、また、硫酸イオンも高めである。
- ・これらのことから、腐食は塩素イオンや硫酸イオン濃度がやや高く腐食が促進されやすい傾向にある再生水と、防食の施されていない給水管の継手部が接触することによって生じ、また、異種金属が接触する箇所では腐食が促進されると考えられた。

*1：特殊排気弁

管路布設完了後の充水水洗管及び排気・吸気（空気の排出・吸入）並びに残留塩素濃度管理等水質管理の洗管等、工事及び維持管理を適切に行うことを目的として設置された排水弁のこと。仕様は消火栓と同じ。

2) 閉塞の状況と要因

- ・給水管では、配管継手部等に赤錆状の閉塞物が管断面を塞いでいることがあった。しかし、閉塞物が発生している継手部のネジ部、ライニング部、黄銅製の配管等の非鉄露出部は腐食していなかった。
- ・ボールタップや減圧弁のストレーナーに目詰まりが生じている箇所があった。
- ・また、ストレーナーの清掃や給水管閉塞箇所を除去した後にはロータンクの注水時間が短縮された。
- ・閉塞物の主成分は鉄であった。鉄は腐食による配管からの溶出と再生水中に含まれる溶解性の鉄が溶存酸素や塩素あるいは生物（鉄バクテリア）などにより酸化され沈積するものと考えられた。管端防食継手を使用していない集合住宅に比べて、管端防食継手を使用している集合住宅の閉塞は少なく、また、ロータンク注水時間も短い傾向が認められたことから、溶解性鉄の供給源は配管等からの溶出によるものの影響が大きいものと考えられた。

3) 腐食閉塞対策の検討と実施

維持管理

- ・再生水中の残留塩素が増加すると腐食が促進され、逆に残留塩素が消失すると汚れが発生するため、塩素注入量を適正に管理する。
- ・送水施設では、特殊排気弁の操作により、送水管の洗管を行い、送水管内に溜まった閉塞要因物質を排除する。
- ・給水器具のストレーナーを清掃する。また、清掃をより効果的に行うため、手引き書等を作成しPRを行う。

施設の改造

- ・送水施設の弁類の接水部の材質は、ステンレス製、青銅製、ナイロン11もしくは12をコーティングした鋳鉄又はこれと同等以上のものとし、赤水対策仕様とする。
- ・給水ポンプの接水部の材質も上記と同じくする。
- ・減圧弁はストレーナーを有しない仕様のもがないため、給水器具の保護や騒音防止などの減圧弁の必要性に配慮しながら、設置数を極力減らすこととする。集合住宅では、概ね300kPaを超えている場合に減圧弁が設置されていることが多いが、一部においては、最下階が500kPaとなっても減圧弁を設置しない集合住宅があることを参考とする。
- ・ボールタップストレーナーは給水器具の末端のストレーナーであり、大きな異物は前もってメーターストレーナーなどで捕捉され、器具の破損に直結しにくいと考えられるため、ボールタップストレーナーを設けなくても良い。
- ・再生水管内の目詰まりを考慮して、再生水給水管の最小口径は20A以上とする。ただし、屋内（床下、天井裏等）におけるさや管工法の場合は13A以上とする。
- ・特に異種金属が接続されやすい給水引込部、並びにメーター周りの給水管については、管種の選定が重要となるため、主な管種の特徴と推奨管種を整理し、今後は推奨管種による施工を進めるものとする。再生水本管からの給水引込部及び、親メーター周り、宅地内埋設では、施工方法が不適切な場合には異種金属接続となるため、耐食性や耐電食性に富み、衝撃にも強い、ポリエチレン管を推奨管種とする。また、各戸メーター周りについては、耐食性や耐電食性に富むこと、及び器具サポートのための強度が必要なことから、耐衝撃性硬質塩化ビニル管を推奨管種とする。その他、床下、天井裏等の屋内配管では、更新が容易にできるさや管工法のポリブデン管、架橋ポリエチレン管を推奨管種とする。屋外及びパイプシャフト内配管は、外傷に強いライニング鋼管を推奨管とする。
- ・また、異種金属接合箇所においては、異種金属接続用防食継手を使用する必要があることから、接続例を参考として示した。

(2) 事例2⁴⁾⁵⁾

再生水利用システムの施設に使用されている管材を調査した結果、主に塩化ビニルライ

ニング鋼管、ポリエチレンライニング鋼管などの樹脂鋼管であり、一部ステンレス鋼管であったことから、以下の調査を行った。

1) ステンレス鋼管について

- ・ ステンレス鋼の腐食は、塩素イオンなどの攻撃性アニオンが存在することにより、鋼の表面に自然に酸化して生成する特殊な酸化被膜（不動態皮膜）の一部の弱い所が攻撃されて局部的に破られることによるものであり、その形態は局部腐食である。
- ・ 塩素イオン濃度50～800mg/Lの再生水における浸漬試験において、素地のSUS304及びSUS316ステンレス鋼の腐食速度は、5ヶ月にわたって0.1mdd以下であり、孔食の発生も認められなかったが、孔食電位測定において、SUS316の孔食電位はSUS304に比べ高く、再生水中では孔食が発生しにくいことがわかった。
- ・ 現物調査では、全てのステンレス鋼管の外径、内径と肉厚は規格値の範囲内で腐食などによる減肉は認められず、管内面に孔食など劣化を示す異常は確認されなかった。ただし、一部のフランジ面に隙間腐食が認められ、その腐食部の付着物の主成分は鉄、クロムおよびニッケルなどステンレス鋼の成分であった。また、孔食電位が確認された再生水があり、その再生水の塩素イオン濃度は500mg/L（簡易分析）であった。
- ・ 文献調査により、ステンレス鋼管の腐食においては塩素イオンが大きく影響を与えその濃度が200mg/Lより高い場合はSUS304では溶接部において孔食を起こす可能性があり、また、塩素イオン濃度が200mg/Lより低くても残留塩素等が存在すると隙間腐食を起こす可能性があるとの知見が得られた。
- ・ ステンレス鋼が耐食性を示す塩素イオン濃度、残留塩素濃度およびオゾン濃度の関係をピーカー試験により調査したところ、塩素イオン濃度200mg/Lの場合、SUS304鋼の耐食性領域は残留塩素2mg/L以下およびオゾン濃度0.1mg/L以下であり、塩素処理やオゾン処理では水質をそれらの濃度以下に管理する必要があることがわかった。一方、SUS316鋼では、単独では残留塩素5mg/L、オゾン1mg/Lに耐えられる。ただし、両者が共存し、たとえばオゾンが0.3mg/L存在する場合には、残留塩素濃度を1mg/L以下に維持する必要がある。また、塩素イオン濃度1,000mg/L以上の条件下では、SUS304鋼の場合には、オゾン濃度0.1mg/L、残留塩素0.5mg/L程度で腐食するので塩素処理やオゾン処理を適用することができないと考えられるが、SUS316鋼を用いれば、塩素イオン濃度200mg/LのSUS304鋼と同等の耐食性領域が得られることがわかった。
- ・ また、ステンレス鋼が耐食性を示す塩素イオン濃度と電位の関係を調査したところ塩素イオン濃度200mg/Lの場合、SUS304鋼の耐食性電位領域は0.2V以下なので、その電位範囲で塩素処理やオゾン処理を行う必要があり、塩素イオン濃度500mg/L以上では、SUS304鋼の耐食性電位領域は0.1V以下となり、酸化剤を用いた処理は適用が難しいことがわかった。一方、SUS316鋼では、塩素イオン濃度が500mg/Lでも、0.4Vまで腐食しない。

第4章

- ・以上の結果、ステンレス鋼を用いる場合、塩素イオンが200mg/Lを超える場合には、塩素処理やオゾン処理を適用することができないため、SUS316鋼を使用すべきであると判断された。なお、ステンレス鋼における腐食は、ピーカー試験を行ったような自由表面に比べて溶接部周辺や隙間部などにおいて進行しやすいことや、実環境においては種々の環境因子が影響しうるため、ピーカー試験に比べて腐食環境が厳しいと考えられることから、より実環境に近い条件で調査結果の妥当性確認を行う必要がある。

2) 樹脂鋼管について

- ・塩素イオン濃度50～800mg/Lの再生水における浸漬試験において、塩ビおよびポリエチレンライニング材の劣化は認められなかった。
- ・また、現物調査では、塩ビおよびポリエチレンライニング鋼管の全ての管の外径、内径と肉厚は規格値の範囲内で腐食などによる減肉は認められず、塩化ビニルライニング鋼管の溶液面にマイクロ亀裂など劣化を示す異常は観察されなかった。
- ・以上のことから、再生水の管材材質は、塩化ビニルライニング鋼管やポリエチレンライニング鋼管などの樹脂鋼管が最も適していると判断された。

< 参考文献 >

- 1) 「水道施設設計指針」日本水道協会(2000)
- 2) 「集合住宅における再生水利用について(提言)」福岡市 集合住宅の再生水利用に関する協議会 平成11年3月
- 3) 「集合住宅における再生水利用設備基準について(提言)」福岡市 再生水利用設備基準に関する研究会 平成12年3月
- 4) 「再生水の利用促進に関する調査その2」東京都下水道局 平成11年3月
- 5) 「再生水利用における配管材料への影響調査」東京都下水道局 平成12年3月

4 - 4 . 再生水利用の適切な促進に向けた留意点

今後、再生水利用の適切な促進を図っていくために、以下の事項に対応していく必要がある。

(1) 利用用途に応じた対策の実施

利用目的に応じ、新たに設定された再生水利用に関する技術上の基準を遵守するために供給者として適切な対策を講じていくこと。

(2) 利用者への積極的な情報発信

利用者に対して再生水利用に関する正しい情報を発信し、積極的に利用者知らせていくことで、利用者との連携を図り、再生水利用を進めていくこと。

(3) 利用者からの要望・意見への対応

利用者からの意見も取り入れながら、より利用しやすい再生水の供給に取り組んでいくこと。例えば、定期的な利用者アンケートや、イベントなどを活用して利用者の意見を収集していくことなどがあげられる。

【解説】

(2) 利用者への積極的な情報発信について

利用者への積極的な情報発信の事例を以下に示す。

(参考) 東京都の再生水利用の P R 例

身近な再生水利用の実例を利用者に示すことで、下水再生水が都市の中の貴重な水資源であることを実感してもらう取り組みが行われている。

一例として、再生水供給先のビル管理者の協力を得て、以下のような再生水利用の P R シールをトイレに貼り、より多くの利用者に情報発信を行っている。

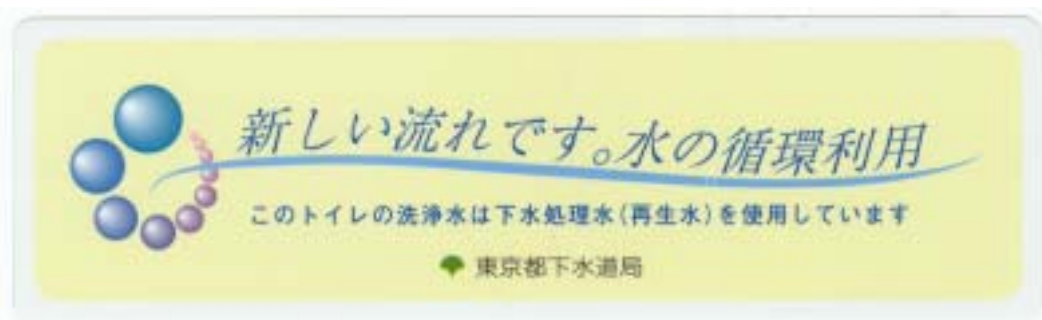


図 4 - 4 再生水利用 P R シールの例 (東京都)

第5章 調査研究に関する今後の課題

適切な再生水利用を促進するために、本マニュアルが有効に機能しているか適宜フォローアップを行い、必要に応じて本マニュアルの見直しを行っていく必要がある。その他、以下のような課題に対応していく必要がある。

(1) 大腸菌に関する知見の収集

大腸菌の項目に関する知見の収集を図り、下水試験法において大腸菌測定法の位置づけを行うとともに、修景用水における大腸菌の基準値設定を行う必要がある。

(2) 再生水曝露量の設定

再生水利用における再生水曝露量については、これまでにいくつかのシナリオが提案されている^{1) 2)}が、利用形態に応じた設定手法は確立していないため、再生水利用における再生水曝露量に関する研究を進めていく必要がある。

また、霧状の飛沫が発生するような大規模な滝、噴水等の施設における再生水曝露量の実態についても不明な点が多く、再生水利用におけるエアロゾル発生に関する研究を今後進めていく必要がある。

(3) ウイルス対応の基準の検討

ウイルス対応の基準設定に当たっては、2 - 1の解説で掲げたような課題があり、今後これらの課題を含め、ウイルス対応の基準を検討していく必要がある。

(4) 病原微生物測定技術の改良

病原微生物の測定には、測定方法に時間を要する、高度技術や設備が必要となる等の課題があり、これらの課題について今後も十分検討を進めていく必要がある。

(5) 安価で高度な水処理技術の開発

現在、年間約130億m³の下水処理水が放流されているが、そのうち再生水として利用されているのは年間約2億m³に過ぎない。この背景として、再生処理に要する費用の問題が大きいものと考えられる。そこで、再生水利用の促進を図るため、安価で高度な水処理技術の開発を行っていく必要がある。

(6) 新たな利用用途に関する検討

再生水の利用形態が今後多様化することもあり得るため、様々な用途への再生水利用の適用可能性について検討を行っていく必要がある。

(7) 再生水が藻類等の水生生物に与える影響等の検討

再生水が藻類等の水生生物に与える影響、特に再生水の水質や修景・親水用水施設の構造と藻類発生状況の関係、また、発生藻類の種や発生量と不快感の関係、さらには効果的な藻類発生抑制方法等について定量的な評価ができていない状況にある。そこで、今後更にこうした研究を進めることによって、再生水利用による良好な水辺環境の創出を推進していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 「下水道におけるクリプトスピリジウム検討委員会最終報告」日本下水道協会 平成12年3月
- 2) 「ウイルスの安全性からみた下水処理水の再生処理法検討マニュアル」高度処理会議 平成13年7月