



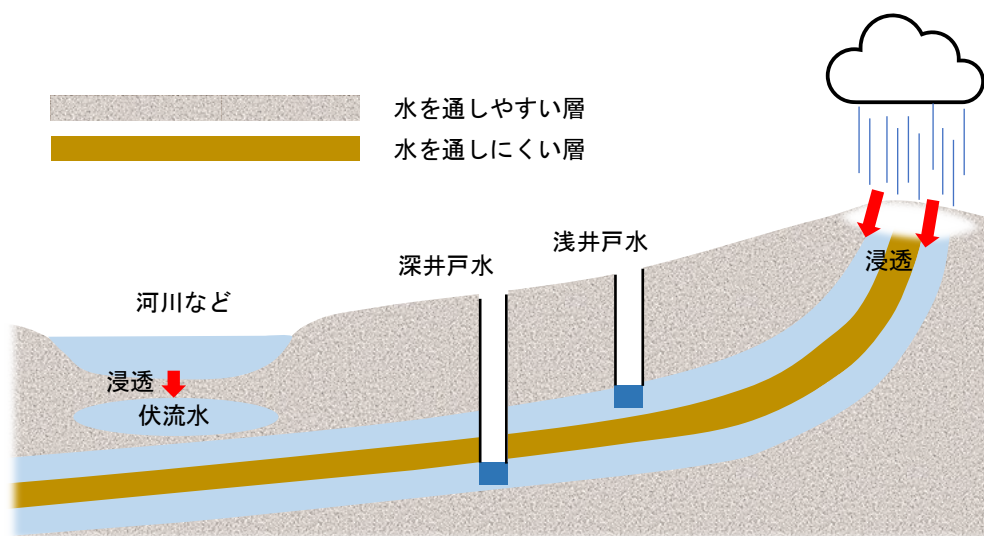
II. 水環境



1 原水

1) 原水の種類

原水とは、水道水のもととなる水のことであり、地表水（河川水、湖沼水、ダム水）と地下水（浅井戸水、深井戸水、伏流水）がある。我が国の水道普及率は **98.1%**（2019年）、1人あたりの1日の水の平均使用量は約 300 L、水道水源として最も利用されているのは**ダム水**（約 50%）となっている。



地表水と地下水の比較

	地表水（表層水） （河川水、湖沼水、ダム水）	地下水 （浅井戸水、深井戸水、伏流水）
汚染	受けやすい 有機物や微生物が多い	受けにくい 有機物や微生物が少ない
自浄作用	大きい	小さい
溶存酸素の変化	大きい	小さい
気象の影響	受けやすい	受けにくい
遊離炭酸	少ない （中性～弱アルカリ性）	多い （弱酸性）
硬度	小さい（軟水） 無機物（Ca、Mg）が少ない	大きい（硬水） 無機物（Ca、Mg）が多い
水道水源利用量	多い （約 7 割）	少ない （約 3 割）

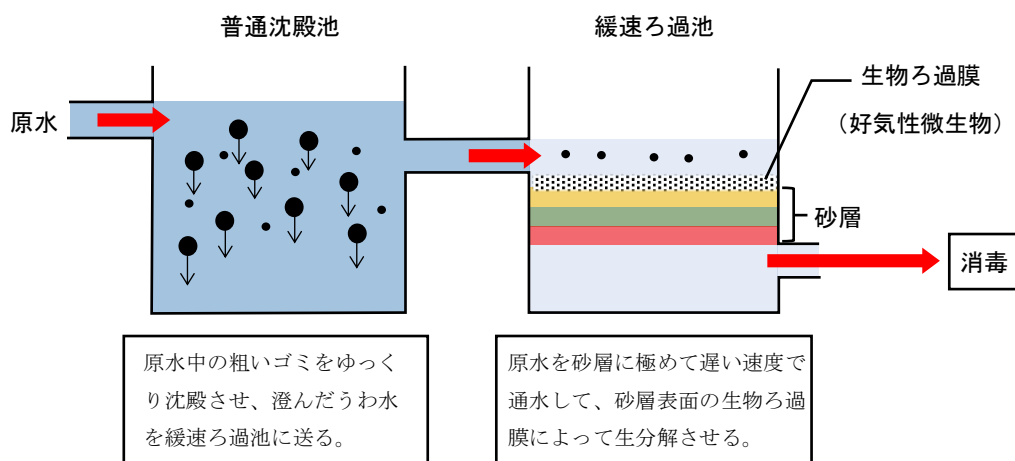
2 上水の浄化

1) 上水の浄化工程

上水の浄化工程は、沈殿、ろ過、消毒の順に行われる。沈殿、ろ過の方法として、普通沈殿-緩速ろ過法と、薬品沈殿-急速ろ過法がある。なお、水道法では、緩速ろ過、急速ろ過のいずれの場合も、塩素剤による消毒が義務付けられている。

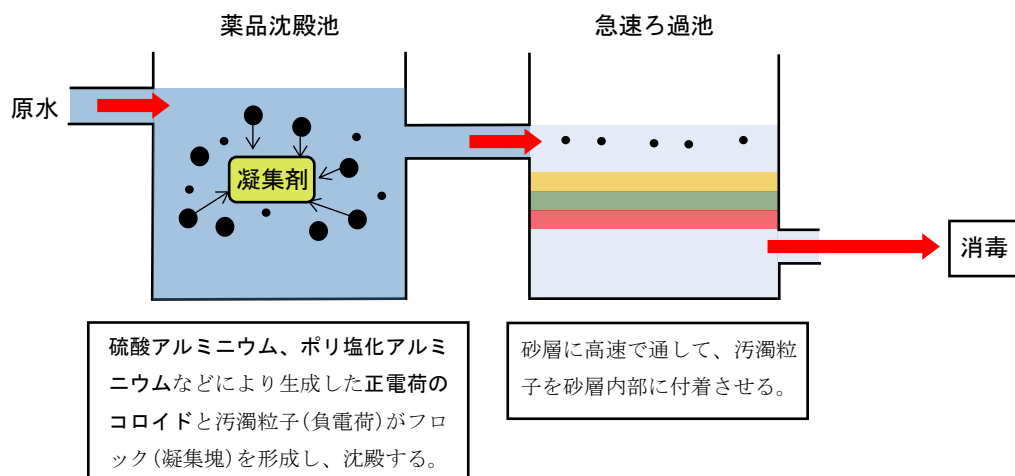
(1) 普通沈殿-緩速ろ過法

好気性微生物による生物ろ過膜を利用した浄化法。有機物の除去率が高いが、時間をかけて処理を行うため、大量の水を浄化するのに、広い敷地面積を必要とする。



(2) 薬品沈殿-急速ろ過法

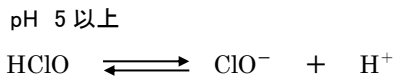
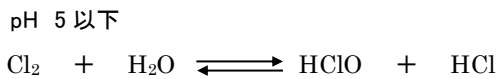
薬品(凝集剤)を利用した浄化法。普通沈殿-緩速ろ過法に比べて、有機物の除去率は低い短い時間で処理を行うため、狭い敷地面積で大量の水を浄化することができる。そのため、我が国で最も利用されている浄化法である。



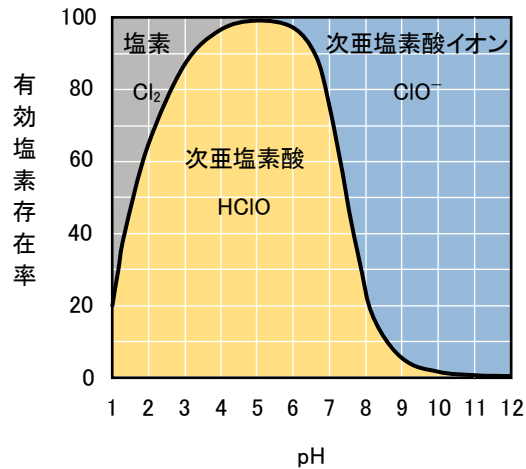
	ろ過性能	ろ過時間	敷地面積
普通沈殿-緩速ろ過	高い	長い	広い
薬品沈殿-急速ろ過	低い	短い	狭い (大都市の浄水場)

2) 塩素消毒

塩素消毒は、水に塩素剤（液体塩素又は次亜塩素酸塩）を注入することで生成した残留塩素の酸化力による殺菌作用で微生物を消毒することを目的とする。残留塩素には、遊離残留塩素（HClO、ClO⁻）と結合残留塩素（クロラミン）が存在し、遊離残留塩素の方が殺菌力は強い。また、次亜塩素酸（HClO）と次亜塩素酸イオン（ClO⁻）では、HClOの方が殺菌力は高く、安定性は低い。

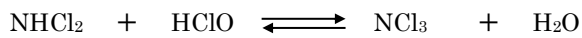
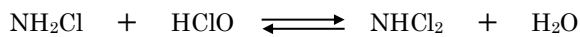
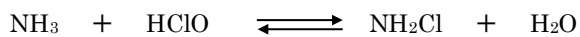


殺菌力：HClO > ClO ⁻ > クロラミン 安定性：HClO < ClO ⁻ < クロラミン
--

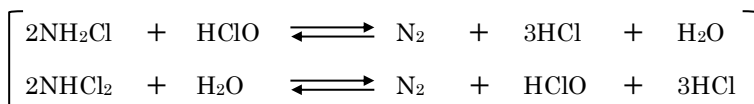
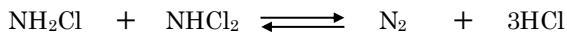


水中にアンモニアやアミン類が存在すると、HClO と反応して結合残留塩素のクロラミン（NH₂Cl、NHCl₂、NCl₃）を生成する。さらに、生成したクロラミンは HClO と反応して分解する。

① クロラミンの生成



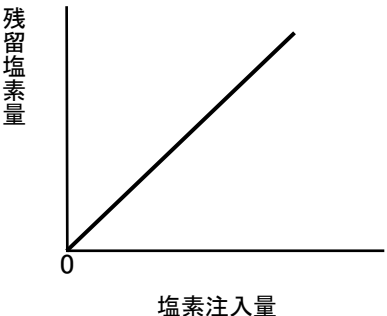
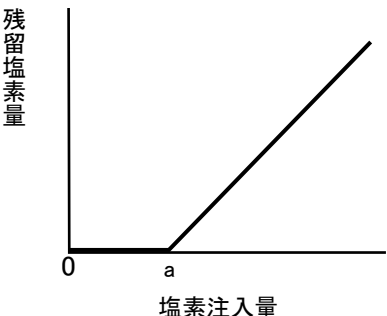
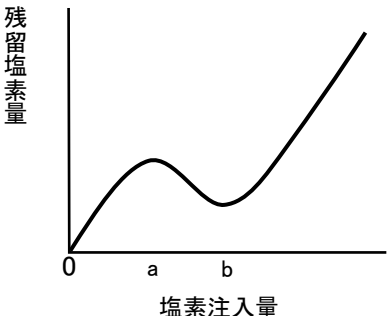
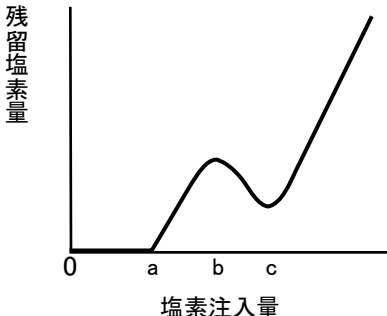
② クロラミンの分解



3) 塩素注入量と残留塩素濃度

(1) 塩素注入量と残留塩素濃度の関係

水を塩素処理した際に、水に含有されている物質によって残留塩素が生成し始める注入塩素量が異なり、以下の I~IV の 4 つのパターンが考えられる。

	<p>I 純水</p> <p>塩素を注入して直ちに遊離型が検出される。</p> $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{HCl}$
	<p>II 還元性無機物(Fe²⁺、NO₂⁻、SO₃²⁻、Mn²⁺)を含有</p> <p>①塩素を注入して生成した遊離残留塩素が、還元性無機物を酸化するのに消費される(0~a点)。</p> <p>②還元性無機物がなくなると、遊離残留塩素が生成する(a点~)。</p>
	<p>III アンモニア、アミン類を含有</p> <p>①塩素を注入して生成した遊離残留塩素とアンモニアやアミン類が結合してクロラミンが生成される(0~a点)。</p> <p>②クロラミンが分解され、N₂が揮散する(a~b点)。</p> <p>③クロラミンが分解された後に遊離残留塩素が生成する(b点~)。</p> <p>b点を不連続点といい、不連続点を超えて塩素を注入する方法を不連続点塩素処理法という。</p>
	<p>IV 還元性無機物+アンモニア、アミン類を含有</p> <p>①塩素を注入して生成した遊離残留塩素が、還元性無機物を酸化するのに消費される(0~a点)。</p> <p>②還元性無機物がなくなった後、生成した遊離残留塩素とアンモニアやアミン類が結合してクロラミンが生成される(a~b点)。</p> <p>③クロラミンが分解され、N₂が揮散する(b~c点)。</p> <p>④クロラミンが分解された後に遊離残留塩素が生成する(c点~)。</p>

(2) 塩素消費量と塩素要求量

① 塩素消費量

塩素を注入して、初めて**残留塩素**（遊離型残留塩素または結合残留塩素）が認められる点

② 塩素要求量

塩素を注入して、初めて**遊離型残留塩素**が認められる点

I～IVのパターンの塩素消費量と塩素要求量

	I	II	III	IV
塩素消費量	0	a	0	a
塩素要求量	0	a	b	c

(3) 残留塩素の基準

	遊離残留塩素		結合残留塩素
一般の水	0.1 mg/L 以上	又は	0.4 mg/L 以上
汚染の疑いのある水	0.2 mg/L 以上	又は	1.5 mg/L 以上
プール水	0.4～1.0 mg/L		

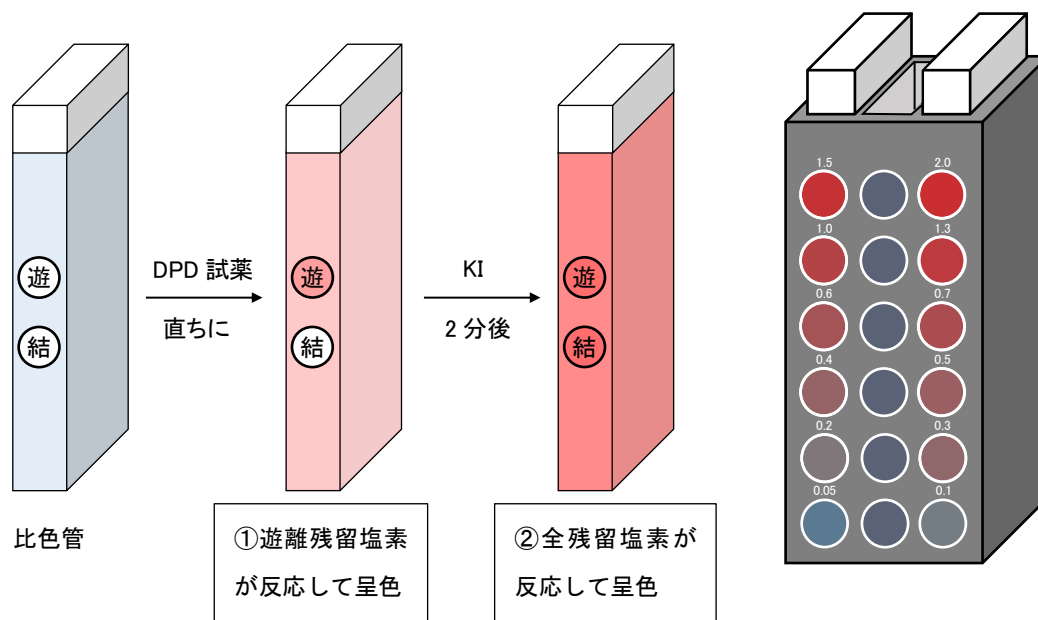
一般の水の残留塩素のゴロ「**幽霊のお尻と結合**」

幽霊：遊離型残留塩素は 0.1 mg/L 以上、

お尻と結合：結合残留塩素は 0.4 mg/L 以上

4) DPD(ジエチル-*p*-フェニレンジアミン)法

DPD (ジエチル-*p*-フェニレンジアミン) 法は、**残留塩素の測定法**である。比色管に検水、リン酸緩衝液、DPD 試薬を入れると、DPD 試薬が遊離残留塩素により直ちに酸化され最終的に *N,N*-ジエチルセミキノン中間体(桃赤色)を生成する。さらに KI (ヨウ化カリウム) を加えて 2 分間処理すると結合残留塩素と同量の遊離残留塩素が生じ、それが DPD 試薬と反応することで最終的に *N,N*-ジエチルセミキノン中間体(桃赤色)を生成する。



①と②の結果より比色定量を行う。

①の結果より、**遊離残留塩素の定量**ができる。

②の結果より、**全残留塩素(遊離残留塩素+結合残留塩素)**の定量ができる。

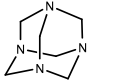
(②-①) = (全残留塩素-遊離残留塩素) より**結合残留塩素**の定量ができる

※残留塩素は分解されやすいため、測定は**試料採取の現場**で行う。

5) 塩素処理による問題点

塩素処理により、異臭物質や発がん物質などの生成が問題となっている。また我が国では、塩素抵抗性を持っている微生物や、塩素消毒では取り除くことができない物質を処理するための高度処理法が行われている。

(1) 塩素処理が問題となる原因

原因物質	特徴
クリプトスポリジウム ジアルジア	塩素抵抗性の原虫 煮沸で死滅する
クロロフェノール	フェノール類を塩素処理すると生成する異臭物質
トリハロメタン*	フミン質を塩素処理すると生成する発がん物質 煮沸により除去
ホルムアルデヒド	アミン類を塩素処理すると生成し、皮膚炎を起こす <div style="text-align: center;">  $\text{Hexamethylenetetramine} \xrightarrow[加水分解]{6 \text{ H}_2\text{O}} 6 \text{ HCHO} + 4 \text{ NH}_3$ </div> ヘキサメチレンテトラミン

※トリハロメタンは、メタン (CH₄) における 4 つの水素のうち、3 つが臭素 (Br) や塩素 (Cl) に置き換えられた化合物のことである。

例) クロロホルム、ブromホルム、ブromジクロロメタン、ジブromクロロメタン

トリハロメタンのゴロ「鳥のフンで発芽」
 鳥：トリハロメタン、フン：フミン質、発芽：発がん性物質

(2) 高度処理法

処理法	特徴
オゾン処理	オゾンにより、フミン質やカビ臭物質、微生物などを酸化して除去する。
活性炭処理	活性炭により、分子量 100~1000 程度の疎水性化合物を物理化学的に吸着除去する。オゾン処理の副生物を除去できるため、原則、オゾン処理の後に行う。
前塩素処理	通常の塩素消毒より前の段階で行う塩素消毒である。塩素と原水の接触時間を長くすることにより、アンモニアや鉄、マンガンの除去、藻類の繁殖防止などに効果がある。 ※藍藻類や放線菌は富栄養化の際に増殖し、カビ臭物質のジェオスミン (ジオスミン) や 2-メチルイソボルネオール (2-MIB)、肝毒性物質のマイクロシチンを産生する。

カビ臭物質と肝毒性物質のゴロ「未完成な花瓶で飲むジャスミンティーがマイブーム」
 未完：マイクロシチン、肝毒性、
 花瓶で飲むジャスミンティーがマイブーム：カビ臭物質、ジェオスミン、2-MIB

3 水道水の水質基準

1) 水質基準項目

区分	項目	基準
病原生物による汚染の指標	一般細菌	1 mL の検水で形成される集落数が 100 以下
	大腸菌	検出されないこと
無機物・重金属	カドミウム及びその化合物	カドミウムの量に関して、0.003 mg/L 以下
	水銀及びその化合物	水銀の量に関して、0.0005 mg/L 以下
	セレン及びその化合物	セレンの量に関して、0.01 mg/L 以下
	鉛及びその化合物	鉛の量に関して、0.01 mg/L 以下
	ヒ素及びその化合物	ヒ素の量に関して、0.01 mg/L 以下
	六価クロム化合物	六価クロムの量に関して、0.02 mg/L 以下
	亜硝酸態窒素	0.04 mg/L 以下
	シアン化物イオン及び塩化シアン	シアンの量に関して、0.01 mg/L 以下
	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	10 mg/L 以下
	フッ素及びその化合物	フッ素の量に関して、0.8 mg/L 以下
	ホウ素及びその化合物	ホウ素の量に関して、1.0 mg/L 以下
一般有機物	四塩化炭素	0.002 mg/L 以下
	1,4-ジオキサン	0.05 mg/L 以下
	シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 mg/L 以下
	ジクロロメタン	0.02 mg/L 以下
	テトラクロロエチレン	0.01 mg/L 以下
	トリクロロエチレン	0.01 mg/L 以下
	ベンゼン	0.01 mg/L 以下
	消毒副生物	塩素酸
クロロ酢酸		0.02 mg/L 以下
クロロホルム		0.06 mg/L 以下
ジクロロ酢酸		0.03 mg/L 以下
ジブromokクロロメタン		0.1 mg/L 以下
臭素酸		0.01 mg/L 以下
総トリハロメタン		0.1 mg/L 以下
トリクロロ酢酸		0.03 mg/L 以下
ブromोजクロロメタン		0.03 mg/L 以下
ブromホルム		0.09 mg/L 以下
ホルムアルデヒド	0.08 mg/L 以下	
着色	亜鉛及びその化合物	亜鉛の量に関して、1.0 mg/L 以下
	アルミニウム及びその化合物	アルミニウムの量に関して、0.2 mg/L 以下
	鉄及びその化合物	鉄の量に関して、0.3 mg/L 以下
	銅及びその化合物	銅の量に関して、1.0 mg/L 以下
	マンガン及びその化合物	マンガンの量に関して、0.05 mg/L 以下
味覚	ナトリウム及びその化合物	ナトリウムの量に関して、200 mg/L 以下
	塩化物イオン	200 mg/L 以下
	カルシウム、マグネシウム等（硬度）	300 mg/L 以下
	蒸発残留物	500 mg/L 以下
	有機物（全有機炭素（TOC）の量）	3 mg/L 以下
発泡	陰イオン界面活性剤	0.2 mg/L 以下
	非イオン界面活性剤	0.02 mg/L 以下
かび臭	ジェオスミン	0.00001 mg/L 以下
	2-メチルイソボルネオール	0.00001 mg/L 以下
臭気	フェノール類	フェノールの量に換算して、0.005 mg/L 以下
基礎的性状	pH 値	5.8 以上 8.6 以下
	味	異常でないこと
	臭気	異常でないこと
	色度	5 度以下
	濁度	2 度以下

2) 注意すべき水質基準項目

項目	基準	特徴	
pH	5.8~8.6		
大腸菌	検出されないこと	特定酵素基質培地法により検出し尿汚染の確定項目	
一般細菌	100 以下/mL	標準寒天培地法により測定	し尿汚染の推定項目
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	10 mg/L 以下	乳児のメトヘモグロビン血症の原因	
塩化物イオン(Cl ⁻)	200 mg/L 以下	硝酸銀滴定法(モール法)で測定	
全有機炭素(TOC)	3 mg/L 以下	主に燃焼式の全有機炭素計により有機物を酸化させて生成したCO ₂ を測定 還元性無機イオンの影響を受けにくい	
蒸発残留物	500 mg/L 以下	水を蒸発乾固したときに残留するミネラル	
トリクロロエチレン	0.01 mg/L 以下	ドライクリーニングの洗浄剤で使われている。	
テトラクロロエチレン	0.01 mg/L 以下	第二種特定化学物質で、地下水汚染が問題	
総トリハロメタン	0.1 mg/L 以下	総トリハロメタンだけでなく、クロロホルム、プロモホルム、プロモジクロロメタンなど個別に基準が設定	
硬度(Ca ²⁺ 、Mg ²⁺)	300 mg/L 以下	EDTAによる滴定法で測定 一時硬度：煮沸すると沈殿する炭酸塩(炭酸カルシウム、炭酸マグネシウム)に由来する硬度。 永久硬度：煮沸しても沈殿しない非炭酸塩(硫酸カルシウム、塩化マグネシウムなど)に由来する硬度。 総硬度：Ca ²⁺ およびMg ²⁺ の量を、炭酸カルシウム(CaCO ₃)の量(mg/L)に換算して表したものである。	
臭気	異常でないこと	試料採取の現場で確認する。	
残留塩素	遊0.1 mg/L 以上 又は 結0.4 mg/L 以上	DPD法により測定 残留塩素は分解されやすいため、試料採取の現場で確認する。	

※アンモニア態窒素

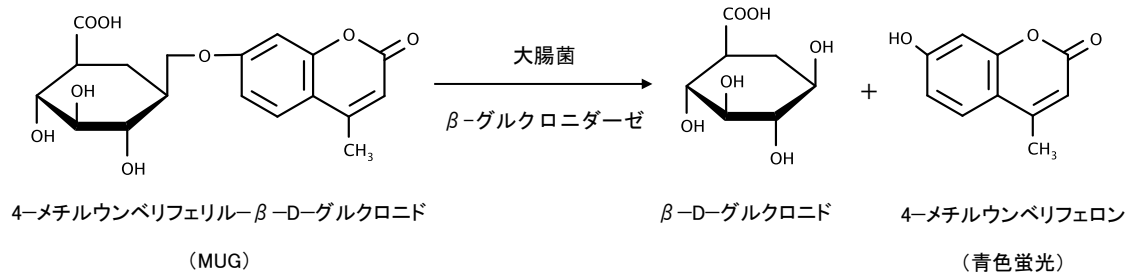
塩素処理で完全に除去されるため、水質基準項目から除外されている。インドフェノール法により測定され、検出された場合、新しい時期にし尿汚染又は生ゴミによる汚染があったことを意味する。

し尿汚染の推定となる指標のゴロ「100歳の天皇が前菜食べてニッコリ死によった」
100歳：一般細菌、100 以下/mL、**天皇**：NO²⁻、NO³⁻、10 mg/L 以下
前菜：全有機炭素、3 mg/L、**ニッコリ**：Cl⁻、200 mg/L 以下、**死によ**：し尿汚染

(1) 特定酵素基質培地法

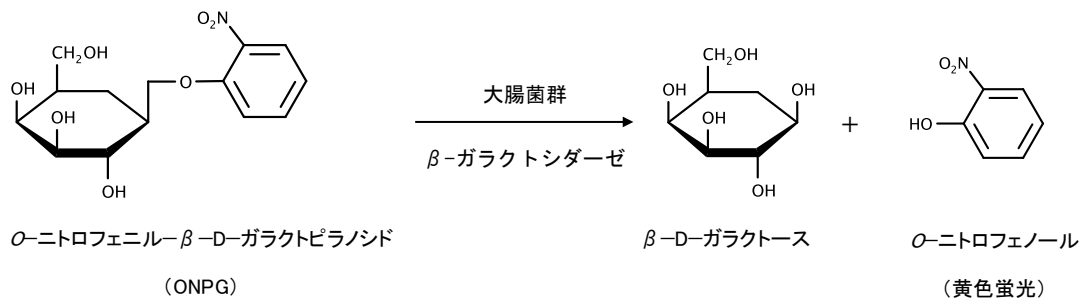
① MUG 試薬

4-メチルウンベリフェリル- β -D-グルクロニド (MUG) が含まれている培地に検水を加え、24 時間培養する。大腸菌が存在すれば、大腸菌に特有の β -グルクロニダーゼによって MUG が加水分解され、4-メチルウンベリフェロンの青色蛍光を発する。



② ONPG 試薬

O-ニトロフェニル- β -D-ガラクトピラノシド (ONPG) が含まれている培地に検水を加え、24 時間培養する。大腸菌群が存在すれば、大腸菌群の β -ガラクトシダーゼによって ONPG が加水分解され、O-ニトロフェノールの黄色蛍光を発する。



(2) 総硬度の計算

総硬度は、水中の Ca^{2+} 及び Mg^{2+} の量を同じモル数の炭酸カルシウム (CaCO_3) の量 (mg/L) に換算したものである。

$$\text{総硬度 (mg/L)} \doteq \text{Ca (mg)} \times 2.5 + \text{Mg (mg)} \times 4.1$$

例) ある清涼飲料水の栄養成分の表示は I 欄のとおりである。この飲料水の総硬度 (mg/L) を求めよ。

I 欄		II 欄	
(1,000 mL あたり)			
ナトリウム	201 mg	Na = 23.0	C = 12.0
マグネシウム	25.0 mg	Mg = 24.3	O = 16.0
カリウム	8.5 mg	K = 39.1	
カルシウム	15.4 mg	Ca = 40.1	

4 下水

1) 下水道の役割と普及率

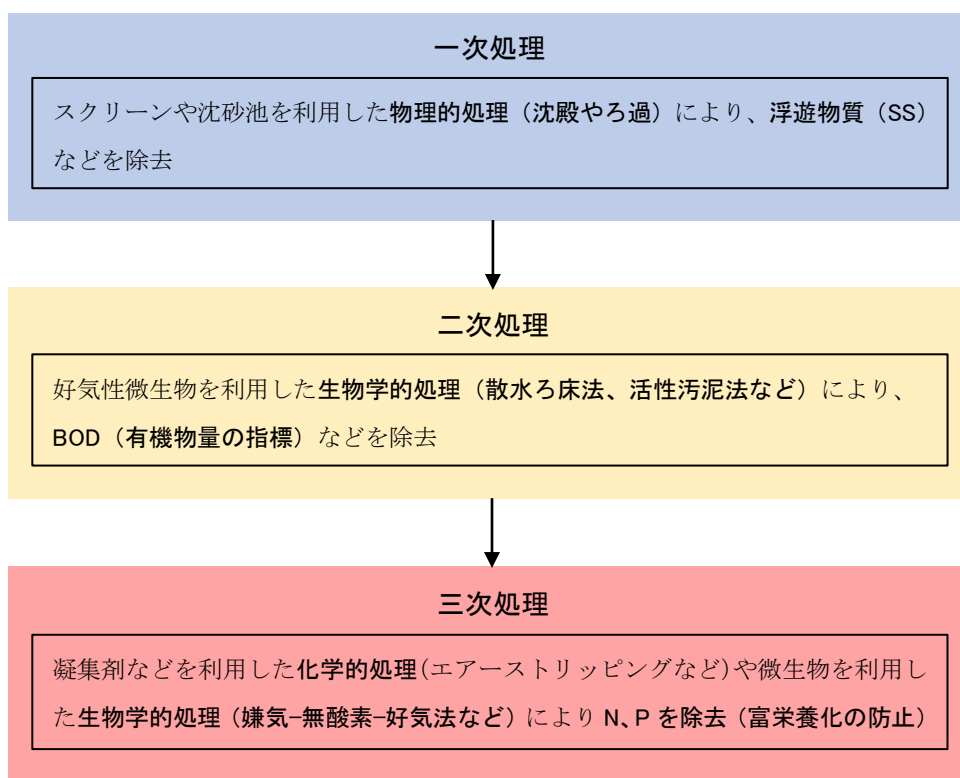
下水道法において、下水は**家庭生活排水**や**産業排水**のほか、**し尿**や**雨水**のこととされている。下水道（下水を排除するための排水管）は、都市部に降った大雨を河川や海域に放流することで**都市浸水対策**にも**重要な役割**を担っている。また、下水道処理人口普及率は、全国平均で**79.7%**（1位が東京都の**99.6%**、47位が徳島県の**18.4%**）*であり、**大都市と中小市町村**の間に**大きな差**がある。

（※令和元年度末、国土交通省のデータより）

2) 下水処理

(1) 下水処理の工程

下水処理には、一次処理（SSの除去）、二次処理（BODの除去）、三次処理（N、Pの除去）がある。



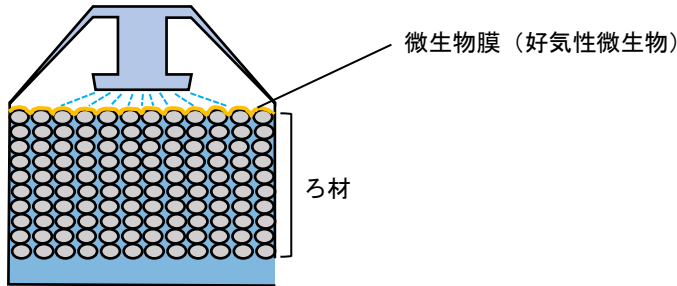
(2) 二次処理

好気性微生物による生物学的処理であり、生物膜法と浮遊生物法がある。

生物膜法	散水ろ床法、接触曝気法、回転円盤法
浮遊生物法	活性汚泥法、オキシデーショディッチ法

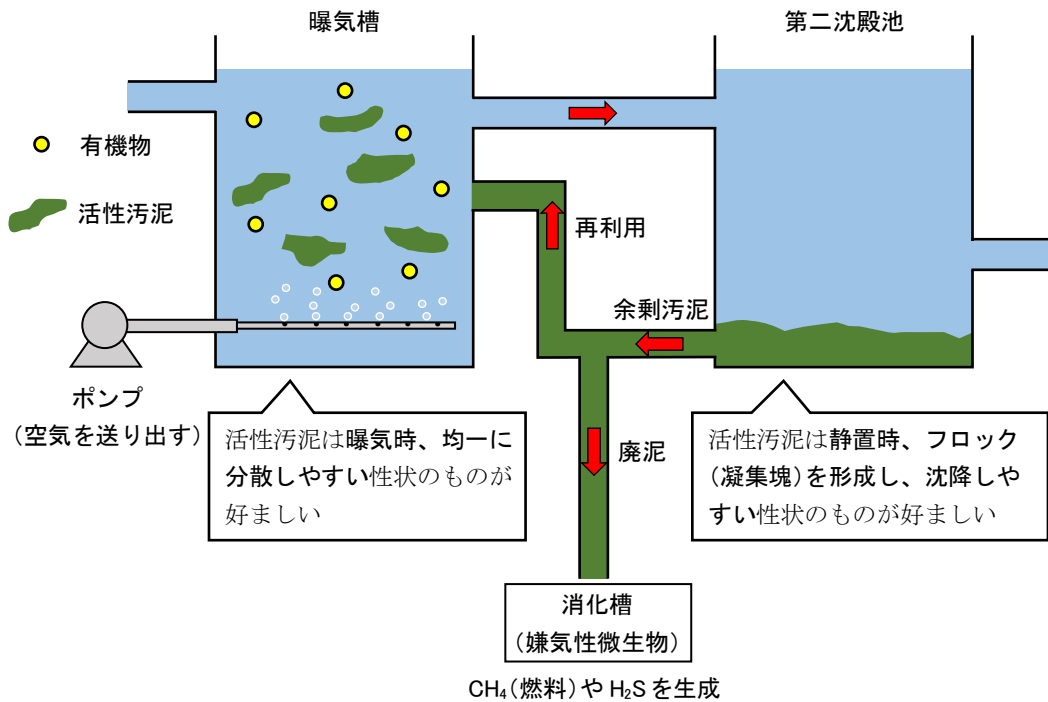
① 散水ろ床法

ろ材表面の好気性微生物による酸化分解を利用した生物膜法の一つである。



② 活性汚泥法

好気性微生物（細菌、原生動物など）を含む活性汚泥を利用した浮遊生物法の一つである。



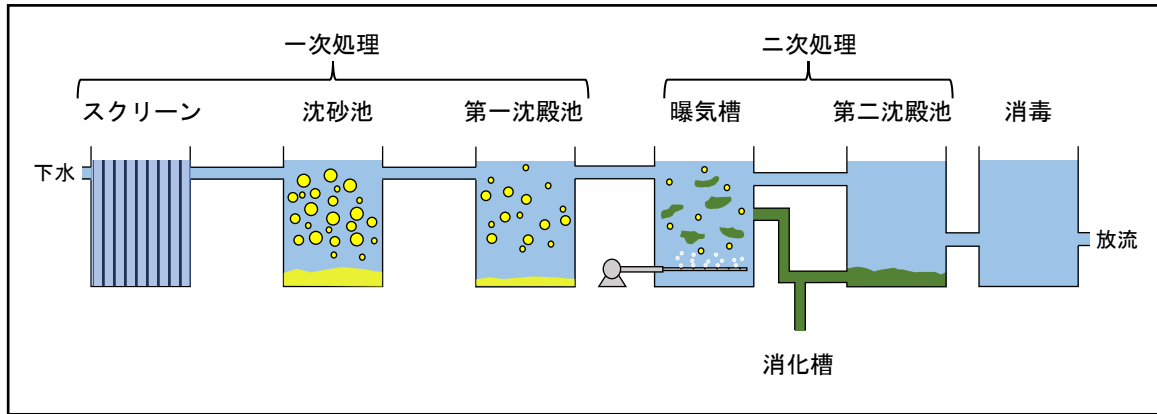
※バルキング現象

曝気槽で糸状性微生物などによりフロックの凝集性が低下する現象 (細菌の生成する粘性物質によりバルキング現象が起きる場合もある。)



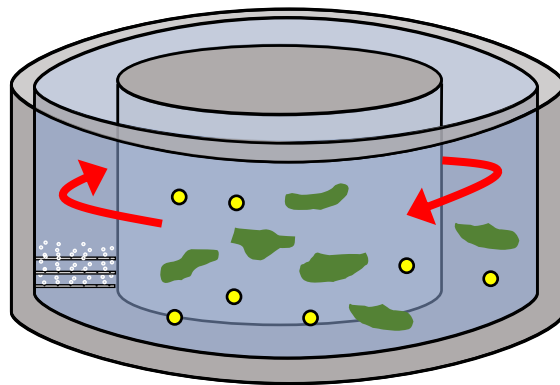
糸状細菌によるバルキング

活性汚泥法の処理工程



③ オキシデーションディッチ法

巡回する形状の水路に、下水と**活性汚泥**を循環させながら酸素を供給することで、好気性微生物による有機物の酸化分解を行う。また、好気と無酸素を工程に組み入れて窒素除去を行うこともできる。わが国の小規模下水処理場で最も多く用いられている二次処理法である。



(3) 三次処理（高度処理）

凝集剤などを利用した化学的処理(エアーストリッピングなど)や微生物を利用した生物学的処理（嫌気-無酸素-好気法など）により N、P を除去（富栄養化の防止）する。

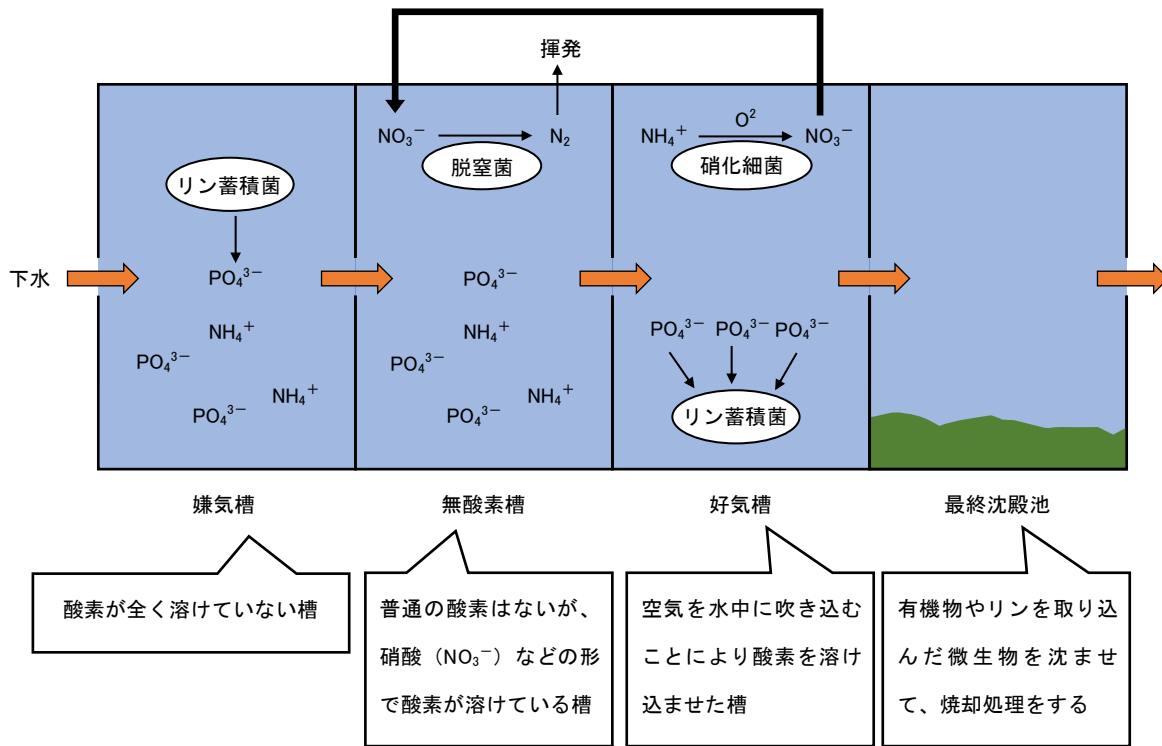
① 嫌気-無酸素-好気法

・リン除去の仕組み

嫌気的条件下によりリン蓄積菌がリンを水中に放出する。その後、好気的条件下でリン蓄積菌が放出した以上に過剰のリンを蓄積する。

・窒素除去の仕組み

好気的条件下で硝化細菌が NH_4^+ を NO_3^- に酸化する。生成した NO_3^- は無酸素槽に送り込まれ、嫌気的条件下で脱窒菌により還元され、窒素ガス (N_2) として大気へ放出される。



5 富栄養化

1) 原因

富栄養化は、水中に N、P などの微生物の栄養源が高濃度で存在することにより生じる水質汚濁の原因であり、湖沼では**水の華**^{※1}、海域では**赤潮**^{※2}という現象が発生しやすい。

※1 藍藻類の一種である**アオコ**の異常増殖により、水面が緑色に見える状態

※2 珪藻類や渦鞭毛類などの異常増殖により、水面が赤色（カロテノイドと呼ばれる色素が原因）に見える状態

・富栄養化が起きるまでの過程（①～⑥）

① N、P などの増加（生活雑排水の寄与が大きい）

N、P は、水の流入が起きやすい河川では高濃度になりやすく、閉鎖性水域の湖沼や海域では高濃度になりやすい。

② N、P を栄養源とする植物プランクトンが異常増殖

植物プランクトンの藍藻類や放線菌などの増加により、かび臭物質のジェオスミン、2-メチルボルネオールその他、肝毒性物質のマイクロシスチンを生成する。

③ 異常増殖したプランクトン群集の死骸が沈降

④ 水中でプランクトンの死骸を好気性微生物が分解し、溶存酸素が低下

⑤ 溶存酸素の急激な低下により貧酸素水塊が形成され、魚介類の斃死

⑥ 嫌気性微生物が優位となり、悪臭の原因となる物質などの生成により水質の悪化

6 水質基準

1) 環境基本法による基準

環境基本法による「水質汚濁に係る環境基準」は、人の健康の保護に関する環境基準と生活環境の保全に関する環境基準がある。なお、環境基準は達成することが望ましい目標であり、規制基準ではない。

(1) 人の健康の保護に関する環境基準（河川、湖沼、海域、地下水）

項目	基準値	項目	基準値
全シアン	検出されないこと	1,1,2-トリクロロエタン	0.006 mg/L 以下
アルキル水銀	検出されないこと	トリクロロエチレン	0.01 mg/L 以下
PCB	検出されないこと	テトラクロロエチレン	0.01 mg/L 以下
カドミウム	0.003 mg/L 以下	1,3-ジクロロプロペン	0.002 mg/L 以下
鉛	0.01 mg/L 以下	チウラム	0.006 mg/L 以下
6価クロム	0.05 mg/L 以下	シマジン	0.003 mg/L 以下
ヒ素	0.01 mg/L 以下	チオベンカルブ	0.02 mg/L 以下
総水銀	0.0005 mg/L 以下	ベンゼン	0.01 mg/L 以下
ジクロロメタン	0.02 mg/L 以下	セレン	0.01 mg/L 以下
四塩化炭素	0.002 mg/L 以下	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10 mg/L 以下
1,2-ジクロロエタン	0.004 mg/L 以下	ふつ素	0.8 mg/L 以下
1,1-ジクロロエチレン	0.1 mg/L 以下	ほう素	1 mg/L 以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 mg/L 以下	1,4-ジオキサン	0.05 mg/L 以下
1,1,1-トリクロロエタン	1 mg/L 以下	環境基準達成率（令和元年）：99.2%	

※ダイオキシン類はダイオキシン類対策特別措置法により環境基準が設定されている。

検出されない基準のゴロ「全身アルミ強盗、ポリス検挙できず」

全身：全シアン

アルミ：アルキル水銀

ポリス：PCB

検挙できず：検出されないこと

(2) 生活環境の保全に関する環境基準

	河川	湖沼	海域
pH	○	○	○
DO	○	○	○
大腸菌群	○	○	○
BOD	○	×	×
COD	×	○	○
SS	○	○	×
n-ヘキサン抽出物	×	×	○
全N、全P	×	○	○
全Zn	○	○	○
ノニルフェノール	○	○	○
直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩	○	○	○

環境基準達成率（令和元年）

項目	達成率
BOD	河川：94.1%
COD	湖沼：50.0% 海域：80.5%
全N、全P	湖沼：49.2% 海域：91.4%

全てに基準がある物質のゴロ
 「ドンペリ超あるのに、会えん」
 ドン：DO、ペリ：pH、超：大腸菌群、
 ある：直鎖アルキルベンゼンスルホン酸
 のに：ノニルフェノール、会えん：Zn

※全Zn、ノニルフェノール、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩は水生生物の保全に係る環境基準として設定されている。

2) 水浴場の水質の判定基準

水浴場の水質に関する評価項目は、ふん便性大腸菌群数、油膜の有無、COD、及び透明度の4項目となっている。

3) 水泳プールに係る学校環境衛生基準

検査項目	水質基準
遊離残留塩素	0.4 mg/L 以上であること。また、1.0 mg/L 以下が望ましい
pH	5.8 以上 8.6 以下であること。
大腸菌	検出されないこと。
一般細菌	1 mL 中 200 コロニー以下であること。
有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)	12 mg/L 以下であること。
濁度	2 度以下であること。
総トリハロメタン	0.2 mg/L 以下であることが望ましい
循環ろ過装置の処理水	循環ろ過装置の出口における濁度は0.5 度以下であること。 また、0.1 度以下であることが望ましい。

※遊離残留塩素の基準が、水道水より高い理由は、プール熱（咽頭結膜熱）の原因となるアデノウイルスが遊離残留塩素濃度 0.4 mg/L 以上で死滅するためである。

7 水質基準の項目

1) DO (溶存酸素)

DO は水中に溶解している酸素の量 (mg/L) である。

有機物により汚染されている水の場合、好気性微生物が溶存酸素を消費して有機物を分解するため、DO 値は低下する。また、気圧が低い場合や気温が高い場合にも DO 値は低下する。

2) BOD (生物化学的酸素要求量)

BOD は水中の有機物が好気性微生物により酸化されるときに消費する酸素の量 (mg/L) である。有機物により汚染されている水の場合、BOD 値は大きい。

3) COD (化学的酸素要求量)

COD は水中の有機物が酸化剤により酸化されるときに消費する酸素の量 (mg/L) である。有機物により汚染されている水の場合、COD 値は大きい。海水中の塩分や湖沼の植物プランクトンにより BOD の測定値に影響を与え、環境基準として COD が採用されている。

・DO、BOD、COD の関係

有機物により汚染 されている水の場合	=BOD ^大 = COD ^大 = DO ^小
-----------------------	--

※BOD と COD は測定法も定義も異なるため、互いの値は一致せず、比例関係でもない。

8 水質基準項目の試験法

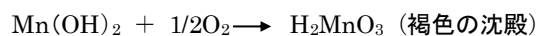
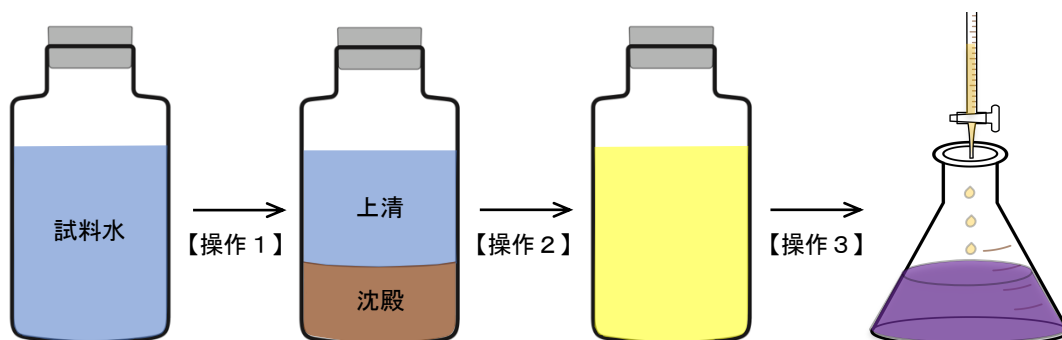
1) ウィンクラー法

試料に硫酸マンガン(Ⅱ)溶液とアルカリ性ヨウ化カリウム-アジ化ナトリウム溶液を加えて溶存酸素と反応させ、亜マンガン酸を生成させる。次いで硫酸を加え、亜マンガン酸を溶かし、遊離したヨウ素をチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定し、溶存酸素の量を定量する。

ウィンクラー法の試薬ゴロ「メンズのウインドウ（社会の窓）、開き散らかす」

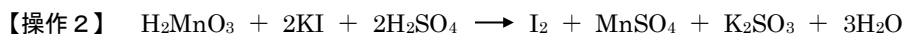
メンズ：硫酸マンガン(MnSO₄)、ウインドウ：ウィンクラー、DO

開：アジ化ナトリウム(NaN₃)、き：KI→I₂、散：チオ硫酸ナトリウム(Na₂S₂O₃)

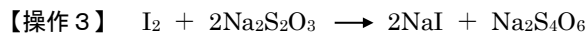


MnSO₄とKOH(又はNaOH)により生じるMn(OH)₂が溶存酸素と速やかに反応(酸素固定)して、H₂MnO₃(亜マンガン酸)の沈殿を生じる。

NaN₃(アジ化ナトリウム)を加えるのは、試料中の亜硝酸イオンと溶存酸素との反応を抑制させるためである。



沈殿したH₂MnO₃を硫酸酸性でKI(ヨウ化カリウム)と反応させると、KIが酸化されてヨウ素(黄色)が生成する。なお、本操作の原理上、上清中のDOは、ゼロとなる。



測定瓶から試料水の一定量を分取し、デンプン指示薬を加え、溶液を紫色にした後にNa₂S₂O₃(チオ硫酸ナトリウム)で滴定する。

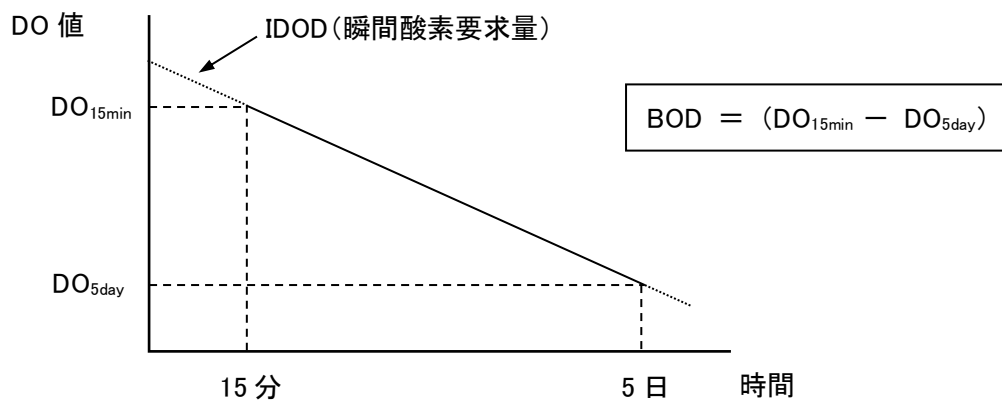
溶液が紫色から無色になったところを終点とし、Na₂S₂O₃の滴定量からDOの量を定量する。

2) BOD の測定法

BOD の測定は、通常 20℃、5 日間に暗所で消費される溶存酸素をウインクラ法を利用して測定する。測定に際して、試料の前処理が必要となる。

試料	前処理
pH	中性にする
温度	20℃にする
残留塩素が存在	亜硫酸ナトリウム (Na ₂ SO ₃) を加える
有害物質(フェノール類、重金属など)を含む	イオン交換樹脂や活性炭で除去する
有機物を多く含む	曝気して溶存酸素を飽和させた水を加える
微生物を含まない	微生物を含む希釈植種水を加える

・ BOD の測定



3) COD の測定法

COD の測定法にはアルカリ性過マンガン酸法、酸性高温過マンガン酸法、二クロム酸法がある。それぞれの測定法は酸化剤の種類や測定条件が異なるため、COD 値が異なる。

測定法	酸化力	特徴
アルカリ性過マンガン酸(KMnO ₄)法	㊶	Cl ⁻ の影響を受けない。
酸性高温過マンガン酸(KMnO ₄)法	㊷	工場排水試験の JIS 法に採用されている。 Cl ⁻ の影響を除くために、AgNO ₃ を添加する。
二クロム酸(K ₂ Cr ₂ O ₇)法	㊸	有機物はほぼ完全に酸化分解する。 Cl ⁻ の影響を除くために、Ag ₂ SO ₄ を添加する。

9 BOD の計算

BOD の計算は、単位時間あたりの排水量 (L/時間) に BOD 濃度 (mg/L) をかけた BOD 負荷量 (mg/時間) を用いて求められる。

例) 工場 A と工場 B は、それぞれ別の河川に汚水を流入しており、工場 A の汚水が流入する河川の BOD 濃度は 300 mg/L、水量 90000 m³/日であり、工場 B の汚水が流入する河川の BOD 濃度 1,000 mg/L、水量 2,10000 m³/日である。これらの河川は、合流した後に排水処理施設で処理される。処理後、1つの排出口から放流したときの BOD 値は、7.9 mg/L であった。処理前の BOD (mg/L) と BOD 除去率 (%) をそれぞれ求めよ。

