

1. ろ過のメカニズム (ver.3)

1.1 はじめに

ろ過は、「輸送」「付着」「浄化」の3つのメカニズムに分けることができる。

緩速ろ過では、原水に砂のろ過層を通過させる過程で、懸濁態の不純物は砂粒子表面に接触しそこで保持される。それらのうち化学的、生物学的反応を受けない物質は、ろ過池の洗浄により除去されるまで、その場に保持される。一方、化学的、生物学的分解を受ける物質はより単純な物質へと変換され、水中に溶け込んでいくか、他の非反応性物質と共に砂層に残って、水中から除去される。

1-種々の力がこれらの段階で作用しているが、便宜上、輸送(transport)、付着(attachment)、浄化(purification)メカニズムに分けることができる。この節では、これらの作用について別々に分けて記載するが、実際の稼働条件下ではこれらを明確に分けることは難しい。また、これらのプロセスの相互作用を十分に理解するためには、なおまだ多くの研究が必要という状況である。

1.2 輸送

懸濁粒子が輸送され、ろ過砂粒子に接触するまで運ばれる輸送プロセスには、主要なものとして篩分け(screening)、沈殿(sedimentation)、遮り(straining)、拡散(diffusion)がある。

1.2.1 篩分け(Screening)

篩分け:ろ過砂粒子の間隙を通過できない大きさの粒子の阻止。その効果は、ろ過速度に依存しない。

篩分けは、ろ過砂粒子の間隙を通過できない大きさの粒子を阻止し(interception)捕捉する最も明確なプロセスである。これは、ろ過層の表面で起こり、ろ過速度に依存しない。

図 1.1 に示すように、均一な大きさの球形の砂粒子が緊密に充填されているろ過層の空隙は、砂粒子の直径の7分の1の粒子の通過を防ぐほど小さなものである。このため、例えば、 $150\mu\text{m}$ の粒子径(緩速ろ過砂の最小の有効径、有効径については後述)の場合、最小の空隙の大きさは約 $20\mu\text{m}$ で、コロイド粒子(直径 $1\mu\text{m}$ 以下)や細菌類(長さ $15\mu\text{m}$ まで)は阻止で

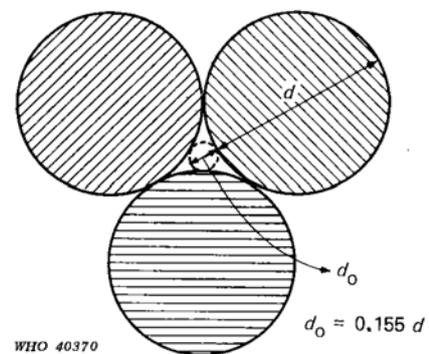


図 1.1 粒子径と空隙の大きさの関係
(参考資料1より)

きないことになる。

ろ過層を通過する際、水の流れによる粒子の捻り(**twisting movement**)が起こり、水中の粒子が相互に接触してある種の凝集(**aggregation**)が起こる。凝集により、節分け効果で捕捉されるのに十分な大きさの粒子になることがある。

ろ過の継続とともに、生物ろ過膜（あるいはシュムッツデッケ *schmutzdecke*：後述）が成熟 (**ripening**) していき、砂粒子に沈殿物(**deposits**)が増加し空隙の大きさが小さくなることで、ろ過層の篩分け効果を大きくする。一方で水が通り難くなり、最終的には、ろ過池の清掃 (**cleaning**) が必要となる。

1.2.2 沈殿 (Sedimentation)

沈殿: 大きい粒子で重要な役割。沈殿効率は、ろ過速度と粒子沈降速度の比に関係する。

砂層内の空隙内で起こる沈降作用 (**settling action**) は、懸濁粒子が砂粒子の表面に沈殿する。これは、通常の沈殿槽で起こることと似ているが、沈殿槽の場合は沈殿槽底面に沈殿物が蓄積するが、ろ過池の場合、理論的には上流側に向けた砂粒子の表面で沈殿が起こり、その表面積の総合計が沈殿面積となる。

空隙率が p 、直径 d の 1m^3 のろ過砂の総表面積は、 $(6/d)(1-p)\text{m}^2$ となり、空隙率 38%、平均粒子径 0.25mm の砂 1m^3 の総表面積は $15,000\text{m}^2$ である。もし、上流方向に向いていない面、他の粒子と接触している面、常に水による洗浄を受ける面など全てを考慮に入れても、ろ過層の 1m^2 当たりの沈殿表面積は優に $1,000\text{m}^2$ に達する。

砂粒子の表面積の合計を、ひとつに繋がった沈殿面積として考えると、表面負荷 (**surface loading**: 処理水量を沈殿面積で割ったもの) は、大変小さなものになる。処理水量 $0.2\text{m}^3/\text{hr}$ で、 $0.2 \times 10^{-3}\text{m}/\text{hr}$ となる。

沈殿効率(**sedimentation efficiency**)は、ろ過速度 (**filtration rate**) と粒子の沈降速度 (**settling rate**)の比の関数となる。粒子の沈降速度が、ろ過速度と等しいか又は大きい時、沈降による完全な粒子除去が期待される。

Stokes によれば、層流沈降による粒子沈降速度 v は、次式で示される。

$$v = 1/18 \cdot g/\mu \cdot \Delta\rho/\rho \cdot d_p^2 \quad (1.1)$$

ここで、 d_p = 粒子直径、 ρ = 水の密度、 $\rho + \Delta\rho$ = 粒子の密度

g = 重力加速度 ($9.81\text{m}/\text{s}^2$)、 μ = 流体の動粘性係数(**kinetic viscosity**) である。

10°C 、 $\mu = 1.31 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ の場合、式は

$$v = 1.5 \times 10^{-3} \times \Delta\rho/\rho \cdot d_p^2 \text{ m/hr} \quad \text{となる。}$$

有機の懸濁粒子の密度は、水より僅かに大きいのみであり、 $\Delta\rho/\rho$ は通常 0.01 より小さい。このため、有機物粒子の沈殿による完全除去が起こるケースは、次のようである。

$$1.5 \times 10^{-3} \times 0.01 \times d_p^2 \geq 0.2 \times 10^{-3}$$

すなわち $d_p \geq 4 \mu m$ で、 $4 \mu m$ より大きい粒子が沈殿により除去されることになる。

より小さく軽い粒子は一部除去され、ろ過層内深く水が通過するにつれて、フロック形成 (flocculation) により僅かに沈殿効率が上昇する。コロイドは粒子径 $1 \mu m$ 以下であり、沈殿では除去されないと考えられる。

1.2.3 遮り (Interception)

遮り: 粒子が水の流線から離れて、砂まで輸送される。大きい粒子ほど起こり易い。

遮りは、図 1.2 のように、粒子が流線と共に砂粒子の最近接まで運ばれると、慣性力と遠心力 (Inertial and Centrifugal forces)、ファンデルワールス力 (Van der Waals force) により、かすり効果 (brushing effect) により砂まで輸送される。粒子が大きいほどかすりも大きくなる。

慣性力及び遠心力は、周囲の水より比重の大きい粒子に作用し、粒子を流れから離脱させ砂粒子に接触させる。

ファンデルワールス力は普遍的に作用する力で、輸送と付着の両方のメカニズムに寄与している。個々の砂粒子に付着している膜の平均的な厚さは、例えば $25 \mu m$ の範囲とすると、これは、コロイドや分子状の不純物を砂粒子表面に引き付けるのに重要な役割をする重力が作用しないほどの厚さとなる。ファンデルワールス力は分子間の距離でも弱く、距離の 6 乗に比例して小さくなるからである。このためファンデルワールス力の役割は大きくないが、慣性力および遠心力に補足的に作用し、粒子を砂粒子に近接させる効果がある。

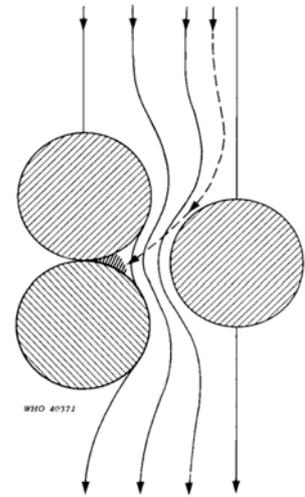


図 1.2 遮り (参考資料1より)

1.2.4 拡散 (Diffusion)

拡散: ランダムな動きにより、粒子が水の流線から離れて、砂まで輸送される。小さい粒子で重要な役割となる。

気体や液体の熱エネルギーは、分子のランダムな運動 (ブラウン運動 Brownian movement) の形で現れる。これらの分子が粒子と衝突する時、粒子も同様にランダムに動く。粒子の動きは、ランダムウォーク (random walk) といわれる、一連の不連続なステップとなる。もし、粒子が移流で運ばれていると、拡散がそれに重ねられ、粒子はある流線から他の流線へと移動する。その結果、粒子は砂粒と衝突する (図 1.3)。推定として、移流速度が遅いほど、粒子の単位時間当たりのステップが増えてくる。この

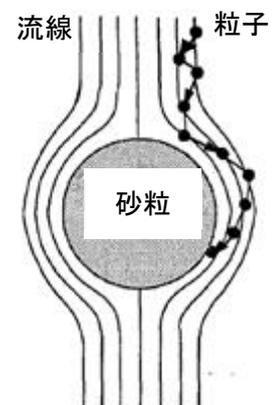


図 1.3 拡散 (参考資料1より)

ため、衝突の確率は、水の間隙通過速度が減少するにつれ増加する。また、温度が上昇すると、熱エネルギーが大きくなり、単位時間当たりのステップ数が増え、衝突の確率も増える。拡散は、 $1\mu\text{m}$ 以下の粒子で最も重要となる。

図 1.3 で示した流線は、単一の粒子に関する理想化したものである。多くの砂が充填されたる過層では、流線は、図 1.4 に示したように、より曲がりくねったものになる。どの 2 つの流線の流れは等しく、その内部の空間は流管 (streamtube) といわれる。曲りくねった流線の形状では、流管はランダムに枝分かれが起こる。

この連続的な枝分かれにより、粒子と砂粒の衝突の機会が生まれる。図 1.4 に示すように、間隙内のどの粒子も、その流れの経路のある点で砂粒と衝突する。ある、移動距離内で衝突が起こる確率は、砂粒の粒径、流速及び水温に依存する。間隙通過速度が遅いと、単位距離当たりの拡散によるランダム運動のステップがより多くなるので衝突確率が高くなる。間隙通過速度が増加すると衝突確率は低くなるが、ある点で、それ以上の速度では差がない状態になる。また、温度が高いほどランダム運動のステップが大きくなり、衝突の確率も増える。

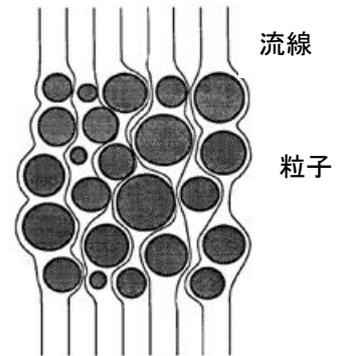


図 1.4 砂層内の流線
(参考資料2より)

1.3 付着

懸濁粒子を砂粒子表面に接触した場所で保持する主要な力は、静電引力 (electrostatic attractive force)、ファンデルワールス力、粘着力 (adherence) である。付着については、しばしば吸着 (adsorption) という語も使用されている。

1.3.1 静電引力 (Electrostatic attractive force)

静電引力: 新砂は負の表面電荷を持ち、金属の陽イオンや正の電荷を持つコロイド粒子を付着させる。有機性コロイドは、負の電荷を持つため砂表面が正の粒子で過飽和になると付着されやすくなる。

静電引力は、異なる電荷間に作用するで、距離の 2 乗に逆比例する。ファンデルワールス力と同様に、砂粒子の近傍に反対の電荷を持つ粒子が運ばれてきたとき、他の輸送メカニズムに補足的に作用する。もちろん、同じ電荷を持つ砂粒子は粒子を跳ね返すので、反対の電荷を持つ砂粒子に近接するまで流れ続ける。

通常の石英砂は、その結晶構造から負の電荷を持ち、鉄、マンガン、アルミニウムなどの金属の陽イオンや正の電荷を持つコロイド物質の粒子 (炭酸塩の結晶、鉄やアルミニウムの水酸化物のフロック) を引き付けることができる。有機性のコロイド粒子は、細菌類も含めて、通常は負の電荷を有しているので反発される。このことが、新砂の使い始めの

ろ過池では、このような不純物が除去できない理由のひとつである。ただし、ろ過膜の成熟プロセスで、正に帯電した粒子がろ過砂表面に蓄積していき、正の電荷が過飽和になると砂とそこに付着した粒子を正の電荷の状態にする。このようにして、負に帯電した不純物、例えば動物及び植物起源のコロイド物質、硝酸やリン酸などの陰イオンも、吸着(adsorption)させることができる。この作用は、再度電荷が逆の過飽和になるまで続く。この電荷の反転は、ろ過池の運転継続を通して継続的に起こる。また、この現象に関係する別の因子として、砂の結晶格子に弱く吸着したイオンを水が流し出す場合もある。

岩石を破碎して作られる新砂は負の電荷を有しているが、川砂は、その間を流れる水から正の電荷成分を付着させることがあり、この場合には最適のろ過条件に至るための成熟(ripening)期間が短くなる。

[維持管理] 新砂は有機性コロイドを付着させにくい。このため、補砂する場合は、旧砂を新砂の上の置く切り返しを行うことで、ろ過膜成熟期間を短くすることができる。

[維持管理] 川砂は、山砂に比べて正の電荷成分を付着させていることがあり、ろ過膜成熟期間が短くなる。

1.3.2 ファンデルワールス力 (Van der Waals force)

この力は、水中から粒子を引き出すほどの力ではないが、一旦砂粒子表面に付着した粒子の保持という点では、両者の距離が非常に短いため、かなりの効果を発揮する。

1.3.3 粘着力 (Adherence)

粘着力:生物ろ過膜や砂粒子の表面に形成されるズーグレアは、細菌類やその排泄物等から成っており、粘着性のゼラチン状の膜で、粒子を付着させる効果がある。

ろ過膜成熟期間に、有機性の粒子はろ過膜表面あるいはろ過層上部の砂粒子上に捕捉(arrested)あるいは沈積(deposited)する。この沈積物は、直ちに細菌類や他の微生物の捕食(breeding)を受ける。これらは、ズーグレア(zooglea:粘性被膜)といわれる薄い物質で、活性のある細菌類やそれらの排泄物、死細胞、一部の同化(assimilated)有機物から成っている。ズーグレアは、生物ろ過膜や砂粒子の表面に形成される粘着性のゼラチン状(sticky gelatinous)の膜で、原水に含まれ前述の輸送メカニズムにより運ばれてきた粒子を付着させる。また、有機性の物質からなる粒子は、やがて同化されズーグレアを形成する。非反応性の物質は、砂層の洗浄により除去されるまで、ズーグレアに保持される。

1.3.4 脱着 (Desorption)

脱着:粒子と砂の付着力が弱いと、粒子が脱離して再び水中に混入することがある。

砂粒子上に蓄積した粒子の一部が脱離して、再び水中に混入することがある。緩速ろ過のように凝集処理をうけていない粒子は、粒子と砂の付着力が弱く、脱着が起こることがある。

1.3.5 粒子除去メカニズムと Iwasaki の式

粒状のろ過材が充填された急速ろ過池での粒子除去に関する数学的なモデルは、Iwasaki (1937) により得られている。緩速ろ過では、生物ろ過膜による粒子除去に関する係数の設定は容易ではないが、応用できないことはない。

$$dC/dz = -\lambda C$$

ここで、 $C =$ 粒子濃度 (個/mL)

$z =$ 濃度 C を測定するろ過層の先端からの距離 (m)

$\lambda =$ ろ過係数 (cm^{-1})

この式を積分すると、粒子濃度は距離と共に指数関数的に減少する形になる。係数 λ は、ろ過プロセスの効率を示す。 λ が大きくなればなるほど、濃度分布はより急になる。 λ は、遮り、沈殿、拡散の輸送メカニズムを考慮して、計算される。

1.3.6 砂層内の粒子濃度分布の計算例

[式] 篩分けにより、砂粒子直径の 1/7 の粒子を阻止

例: 有効径 0.15mm のろ過砂の阻止粒子径 21 μm

[式] Yao and O' Melina による

粒子捕捉効率 $\eta =$ 沈殿 + 拡散 + 遮り

$$= v/U + (2kT/3\pi\mu d_p)^{2/3} (4/DU)^{2/3} + 3/2(d_p/D)^2$$

(v : 沈降流速、 U : ろ過速度、 k : ボルツマン定数、 T : 絶対温度、 μ : 水の粘性係数、 d_p : 濁質粒子径、 D : 砂粒子径)

ろ過係数 λ

$$\lambda = 3(1 - \epsilon/(2D)) \cdot \eta$$

(ϵ : 砂層空隙率)

Iwasaki の式より、原水濃度を C_{in} 、ろ過水濃度を C_{out} とすると、

$$C_{out} = C_{in} \cdot \exp(-\lambda z)$$

(z : 砂層厚さ)

さらに、脱着による濃度増加 (Mintz による) を考慮すると、

$$C_{out} = C_{in} \cdot \exp(-\lambda z) + a \cdot \sigma z/U$$

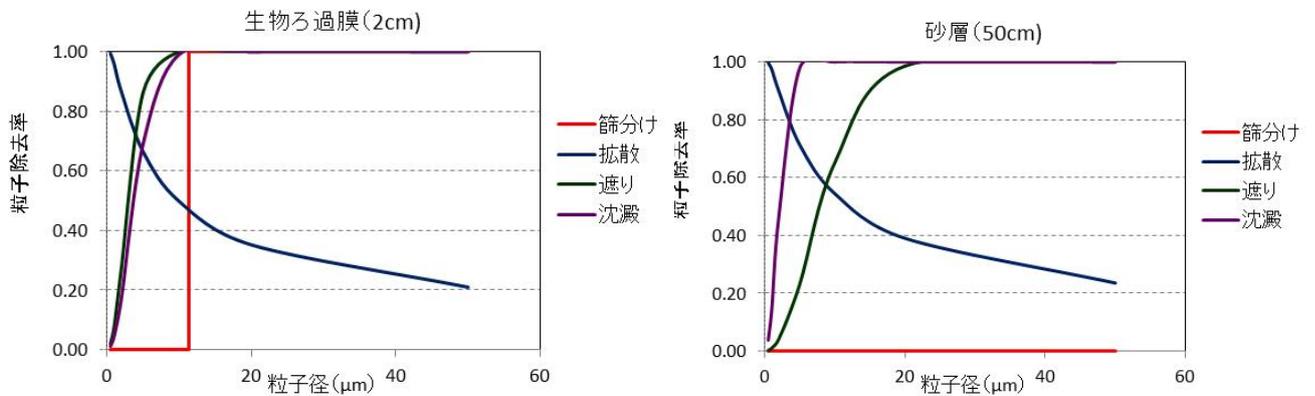
(a : 砂-粒子の結合力を表す指数、 σ : 砂層体積あたりの蓄積濁質粒子量、 U : ろ過速度) (参考資料 6 より)

-共通計算条件-

原水濁度 10 度 濁質密度 1.01g/cm³ 水温 20°C ろ過速度 4m/day
 ろ過砂有効径 0.4mm 砂層空隙率 0.4 a(砂-粒子の結合力指数) 10⁻⁹
 生物ろ過膜 有効径 0.08mm 同空隙率 0.1 同厚さ 2cm a(砂-粒子の結合力指数) 0
 砂層内洗浄濁度 0~2cm 2000 度 2~15cm 300 度 15~30cm 100 度 30~100cm 30 度

-生物ろ過膜と砂層 50cm までにおける、輸送メカニズムによる濁質粒子径ごとの除去率-

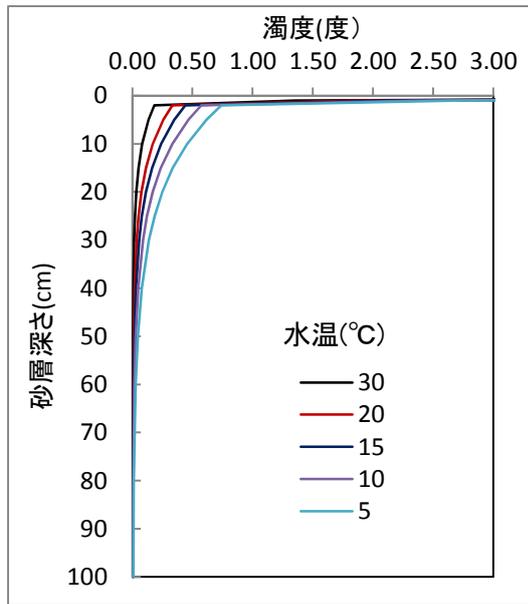
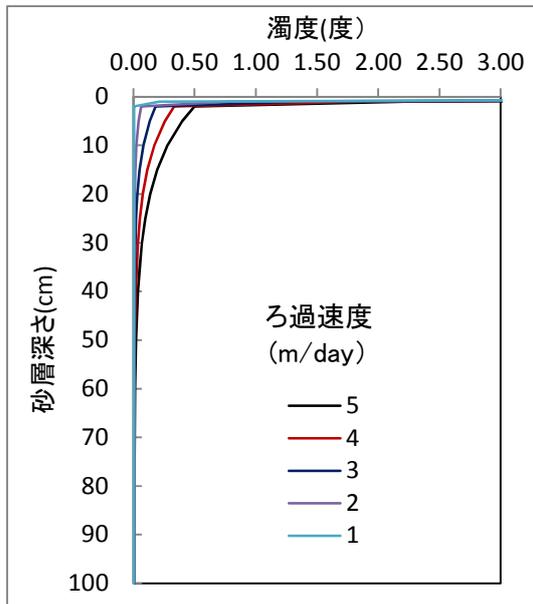
篩分けは、有効径により決まる。拡散は粒子径が小さいほど、遮りと沈殿は粒子径が大きいほど除去率が高くなる。



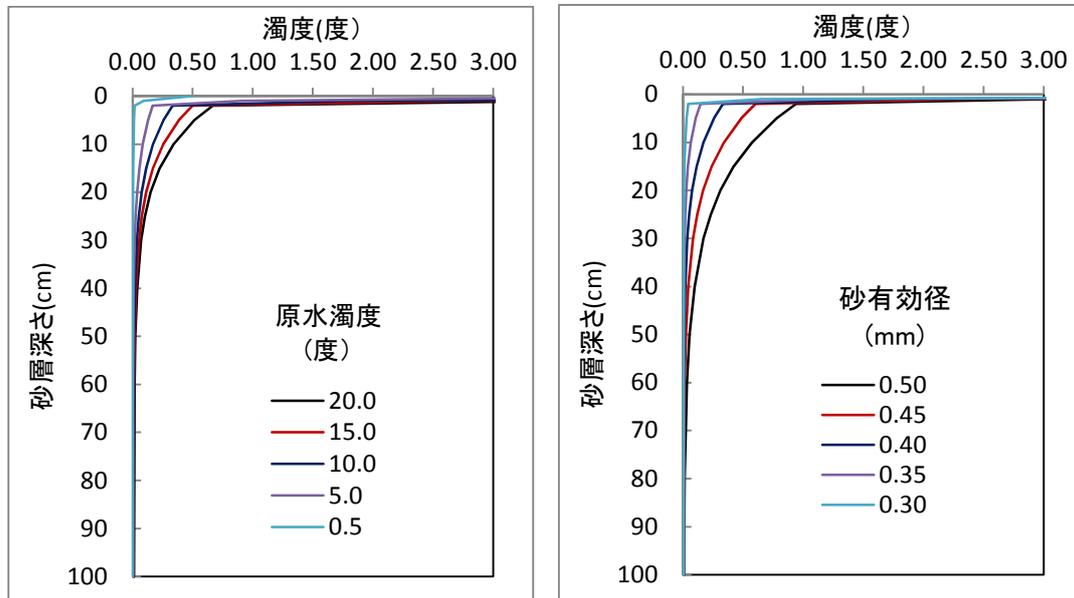
-砂層内の濁度分布-

[ろ過速度による砂層内濁質の侵入への影響]

[水温による砂層内濁質の侵入への影響]



[砂の粒度による砂層内濁質の侵入への影響] [原水濁度による砂層内濁質の侵入への影響]



Iwasaki の式を基本としたモデルを用い、実際池やパイロットプラントのデータに適合するように係数を調整することにより、運転条件等の影響を推定することが可能となる。

[参考] 濁度と粒子数の関係

$$T = Kc \cdot \sum (c_i \cdot n_i)$$

ここで、T：濁度（度）、 c_i ：粒子 i の散乱断面積（ cm^2 ）

c_i ：粒子 i の粒子数（個/mL）、Kc：濁度換算係数（度/ cm^2 ）

濁度換算係数は、粒子数および濁度測定機器によって異なる。

1.4 浄化

ろ過膜上あるいはろ過層内に捕捉された不純物が分解される多様な浄化プロセスは、相互に依存している。全体的な浄化機能に寄与している 2 つの基本的なメカニズムは、化学的酸化と微生物学的酸化（chemical and microbiological oxidation）であるが、種々の動物や植物が関係する生物学的プロセス(biological process)も重要な役割を果たしている。

1.4.1 細菌類による有機物質の除去

緩速ろ過池では、種々の細菌類が生息し、有機物質を分解無機化する。この細菌類の活性は、深さと共に減少するが、より深い層では硝化も起こる。有機物を分解する細菌や硝化菌などはろ過層内で層別に分布しているので、ろ過速度の急変や水質変動で平衡が崩れる。有機物質の酸化を進めるためには、反応時間、溶存酸素が必要で、水温が低下すると効率が低下する。

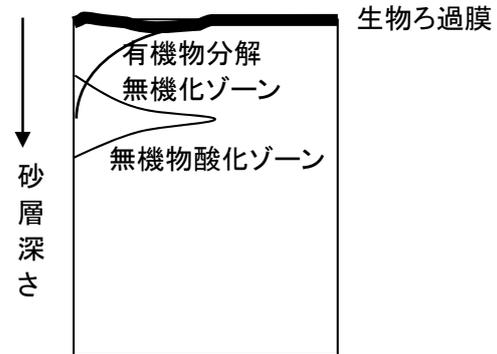
生物ろ過膜とズーグレア内では、原水に含まれていた細菌類が増殖し、沈積した有機物を餌として利用する。細菌類は、餌の一部を酸化し、代謝に必要なエネルギーを作り出し（異化 *dissimilation*）、増殖のための細胞構成物質に変換する（同化 *assimilation*）。このため、死んだ有機物質も生きている物質に変えられることになる。異化生成物は、水により流れ去り、より深い層で再び他の生物に利用される。細菌類の生息数は、流入水からもたらされる有機物質の量に制限される。

また、細菌の死滅に伴い放出された有機物質は、より浅い層で細菌類に利用され、さらにまた、細菌の死滅により有機物質が放出されることになる。このようにして、原水中の生分解性(*degradable*)有機物の全ては、徐々に分解され、二酸化炭素や無害の無機化合物、硫酸塩、硝酸塩、リン酸塩に変換されて（無機化 *mineralization*）、ろ過水中に含まれる。

このような細菌類の活性は、ろ過層の上部で優先しており、餌が少なくなるため深さと共に徐々に減少していく。ろ過池がろ過膜表面の削り取り(*scraping*)により洗浄されると、その層の細菌類は除去されるので、必要な生息数に至るため成熟期間が必要となる。ろ過速度にもよるが、30～40cmの砂層深さでは、細菌類の活性は小さいが、生物化学的(*biochemical*)な反応により、アミノ酸のような微生物学的分解生成物が、アンモニア、亜硝酸、硝酸に変化するし、さらにアンモニア、亜硝酸が硝酸に酸化される（硝化 *nitrification*）ことも起こっている。

種々の種類の細菌類が、ろ過層表面下の種々の深さで生息するのが通常であり、真の水中細菌(*true water bacteria*)はより深い層で優占している。Schmidtによれば、ろ過層を特定の細菌が優占するゾーンに細分すると、図 1.5 のように、それぞれの効果を示すゾーンを定義できるとしている。ろ過速度を急に变化させるとこの平衡が崩れ、ろ過水質の悪化につながる。緩速ろ過は、可能な限り中断なく一定ろ過速度で運転するように設計されている施設であるからである。同様に、種々の細菌類の生息数は、通過する水が供給する餌の種類と量に適応しているので原水水質の変動も避けるべきである。必要に応じて、水質変動を緩和するために十分な容量を有する原水貯留池(*raw water storage reservoir*)を備えるべきである。

図 1.5 砂層内の水質浄化ゾーンの分布、各ゾーンの深さは、原水水質、ろ過砂の粒度、ろ過速度により異なる。



有機物質の生物化学的な酸化を十分に進めるために、十分な時間と十分な酸素が必要であり、加えて水温も低下しすぎないことが重要である。十分な時間は、ろ過速度を低くし、ろ過層との接触時間を維持することで確保できる。酸素の含有量は重要で、ゼロになってしまうと、ろ過の間に嫌気的な分解が起こり、硫化水素、アンモニア、その他の異臭味物質が発生し、溶存鉄やマンガンが溶出して水道水の着色障害が起こる。このため、ろ過層のどの位置でも嫌気的な状態にしないようにするためには、ろ過水の平均的な溶存酸素濃度を 3mg/L 以下にしないようにする必要がある。原水の溶存酸素濃度を上げ酸素要求量を下げするために、原水の曝気(aeration)を行うことがある。

低水温時に、緩速ろ過の効率は著しく低下する。水温は、化学反応速度や細菌類や微生物の代謝 (metabolism) 速度に影響するからである。このことは、例えば、緩速ろ過による過マンガン酸カリウム消費量の低減への温度の影響で示されている。Van de Vloed によれば、T (°C) での過マンガン酸カリウム消費量の減少 (mg/L) は、 $(T+11)/9$ となる。このため、25°Cで過マンガン酸カリウム消費量は 4 mg/L 減少するが、7°Cでは 2 mg/L の減少になる。また、6°C以下では、アンモニアの酸化は事実上停止する。気温が 2°C以下に下がると、熱損失を防止するためにろ過池に覆いをかけるか、ろ過池での浄化機能が不十分の場合の予防措置としてろ過水の塩素消毒を行う必要がある。

[維持管理] ろ過速度を急変させない。

ろ過水の溶存酸素濃度 3mg/L 以下にしないようにする。

予防措置としてろ過水の塩素消毒を行う。

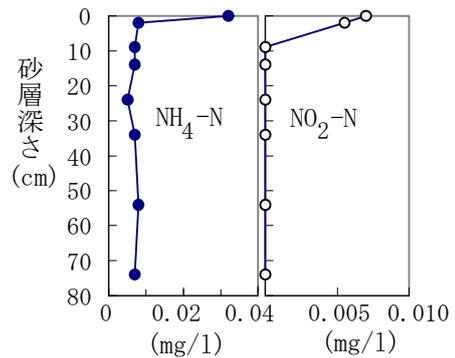
[設計] 水質変動を緩和するため、原水貯留池を設ける。

原水の酸素要求量が多い場合は、曝気(エアレーション)を行う。

ろ過池の熱損失を防止するため、ろ過池を覆蓋する。

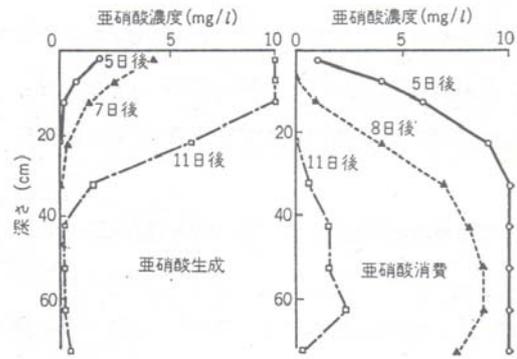
—硝化によるアンモニア及び亜硝酸の除去—
—名古屋市の事例—

砂層内でのアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) および亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) の変化 (1991.3.5)。原水の生物分解性有機物濃度 (BOD) が低く、アンモニアの酸化は生物ろ過膜で起こり、少し遅れて亜硝酸の酸化が起こる。



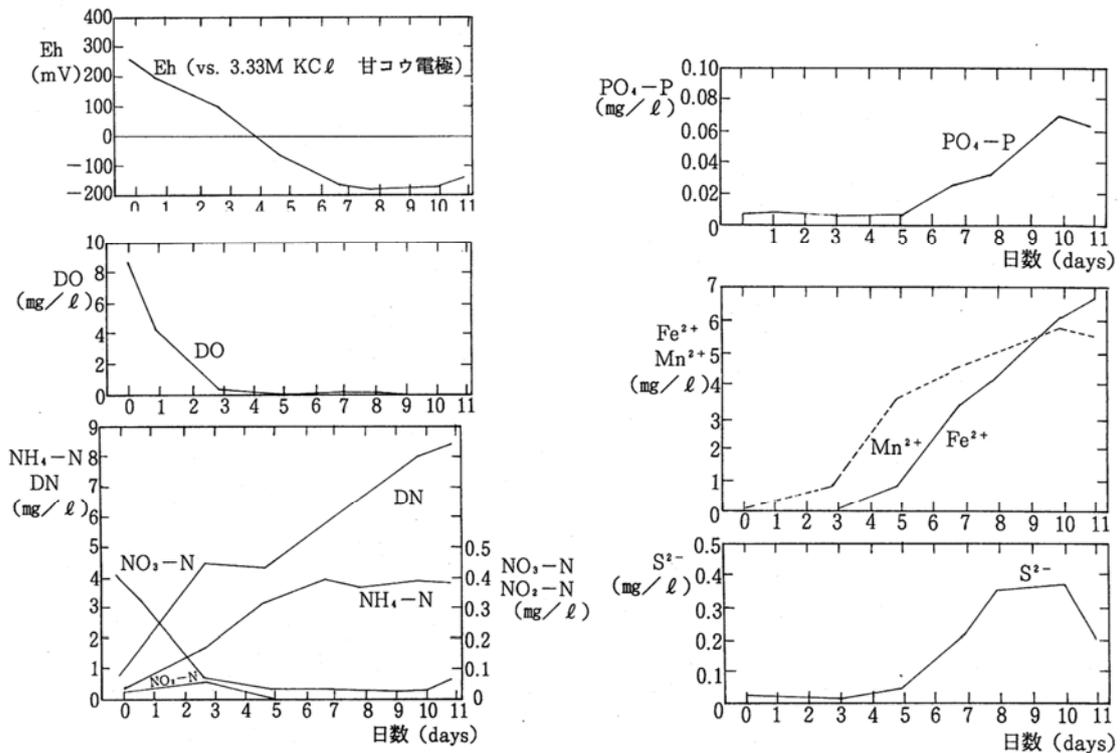
—砂層の亜硝酸生成及び消費能力の分布—
—東京都の事例 (参考資料 5 より)—

アンモニアを酸化して亜硝酸を生成する細菌は表層付近に分布し、亜硝酸をさらに酸化する細菌は表層には少なく下層に向かって多くなっている。



—生物ろ過膜の分解による水質変化—
—名古屋市の事例 (参考資料 7 より)—

生物ろ過膜をろ過水とともにフラン瓶に入れ 20°Cに保つと、酸化還元電位、溶存酸素の低下とともにアンモニア、リン酸、鉄、マンガン、硫化物の溶出が起こる。



1.4.2 病原性細菌の除去

大腸菌などの病原微生物は、緩速ろ過により除去される。ろ過層では増殖不可能、摂食動物による代謝、化学的あるいは生物的な毒の作用などが除去のメカニズムである。水温低下により、除去効果が低下する。

原水に含まれる大腸菌やその他の病原菌などの細菌類は、輸送メカニズムでろ過砂の粒子表面に運ばれる。ろ過層内は、これら腸内細菌(intestinal bacteria)の増殖には適した条件ではない。30℃以下の温度では増殖できないし、必要な栄養量を満たすだけの動物起源の有機物がろ過層には通常存在しないことが理由である。また、数多くの種類の摂食生物(predatory organisms: 原生動物 protozoa や線虫など下等後生動物 lower metazoa) がろ過層上部に生育している。これらは、ろ過層が深くなるにつれ適切な餌が少なくなり飢餓状態になる。摂食による細菌の除去は、特に代謝速度が増す高水温時には顕著になる。また、緩速ろ過では、腸内細菌に対して化学的あるいは生物的な毒(poison)となる種々の物質を産生する微生物も存在するといわれている

これらの作用により、大腸菌は事実として減少しており、加えて、大腸菌の減少は病原菌の減少と相関関係がある。この効果は、十分な餌、酸素、適した温度の条件下に形成される動物相(flora)および植物相(fauna)により、より大きなものになる。低水温では、細菌類を捕食する原生動物や線虫類の活性は急激に低下し、同時に腸内細菌の代謝そのものも低下するので、これらが生き残ってろ過層を通過する機会が増加する。大腸菌が減少する係数が、通常 100~1000 の範囲にあるものが 2℃以下では 2 まで低下するので、水道水の水質を維持するためには塩素消毒が不可欠となる。

[維持管理] 水温低下時には、大腸菌除去率が低下するので、ろ過水の塩素消毒が不可欠である。

一砂層内での大腸菌群および糞便性大腸菌群の変化一

一名古屋市の事例 (参考資料 7 より) 一

生物ろ過膜および砂層表面で、ほとんど除去されている。

