身近な微生物を
知って役立てよう！

下水処理（導入編）

セントラル科学株式会社

（禁無断複製）

？疑問 その1？

Q. 宇宙に地球が形作られた約46億年前、地球上に酸素はあった？、無かった？

A. 原始の地球では、酸素はありませんでした。

でも、ある時期から酸素の無い地球に、生物は生まれました。

？疑問 その2？

Q. 酸素が無いのに、生物はどうやって生きてきたの？

A. まず、生きていく為に酸素を必要としない生物が生まれ、その生物が、不要物として酸素を生成しました。
(※そのような生物にとっては、酸素は逆に猛毒でした。)
酸素を必要としない生物の子孫は現代にも生きています。

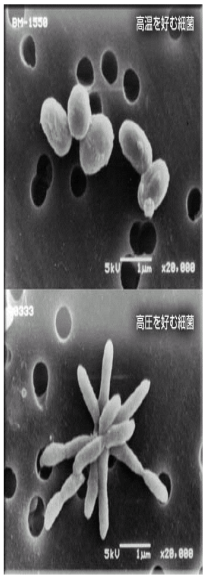
その後、酸素を利用して (酸素を必要として)生きていく事が**できる**生物が誕生し、増加して、生きていく為に酸素を必要としない生物より進化しました。

酸素が無いなど、人間にとっては極限環境と感じる場所で生きている微生物は身近な所に、他にも多く住んでいます。

用語:「微生物」とは顕微鏡などで見ないと確認できないような小さな生物の総称で、厳密な区分はありません。

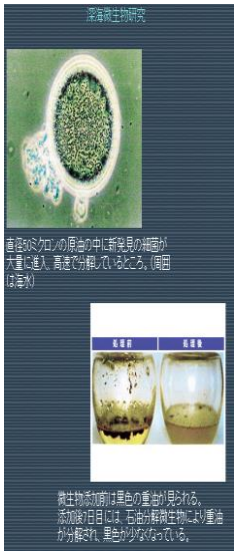
＜人間には極限と感じられる環境で生きる微生物たち＞

←超好熱性細菌が繁殖する温泉地。
アメリカ合衆国イエローストーン国立公園。
(ｳｨｷﾍﾟﾃﾞｨｱ極限環境微生物の項より)



人間が快適と感じる環境以外で生きる細菌や微生物がこの地球上には多く住んでいます。

←高温環境を好む細菌。高圧環境を好む細菌。
(海洋研究開発機構　海のほしと私たち　より)



石油を好む微生物も存在します。→

（海洋研究開発機構ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞより）

←深海の高熱水吹き出し口でも微生物は生活しています。

←酸性度の高い胃を通過して、酸素の無い腸で働く「乳酸菌」も極限環境で生活する微生物です。

酸素の無い環境で生活できる微生物は多く存在します。

私たちの測定器のユーザーである排水処理場では、
酸素を必要とする微生物「好気性細菌」と、酸素を必要としない(場合によっては酸素が嫌いな)微生物「嫌気性細菌」の生物活動を用いて、汚れた水をきれいにしたり、余分な栄養素を取り除いています。

ポイント：地球上には酸素が無いと生存できない生物と、酸素があると生存できない生物がいます。

好気性(こうきせい)**細菌**

酸素が無いと生存できない。もしくは酸素があっても生存できる細菌。

嫌気性(けんきせい)**細菌**

酸素があると生存できない。もしくは生存しにくい細菌。

・偏性(絶対的)嫌気性細菌

・偏性(絶対的)好気性細菌

・通性(条件的)嫌気性細菌

・通性好気性細菌

・微好気性細菌

また、排水の種類ごとに排水処理に適した微生物を選んで利用しています。
(食品排水が好きだったり、化学排水が好きだったり。微生物にとっては温度やpH値などの環境や、エサの種類に好き嫌いがあります。)

用語：対象とする排水環境に、微生物が慣れる事を“ 馴養(じゅんよう)”と言います。

？覚えておこう？

Q. 排水処理にて多く聞かれる、除去すべき代表的な3つの対象物は何？

A. 排水が放出される川や海の環境内で主に問題となるのが、
①有機物、②窒素N、③リンPの３物質。

①有機物：汚れそのもの。微生物のエサとなり不要な生物を増殖させてしまう。川や海の微生物が分解しきれなければヘドロとなり堆積する。

②窒素・③リン：動植物が生育していく上での必要な成分。でも、多すぎると不要な生物を増殖させ過ぎてしまう。

この①有機物、②窒素N、③リンPを微生物の力を使って取り除いているのが、現在の大部分の排水処理場です。

では、どのようにして微生物たちは活躍しているか、この際知ってしまいましょう。

“さあ微生物の活躍の時だ！”

3つのミッションを円滑に行い、排水をきれいにせよ！

ミッション1

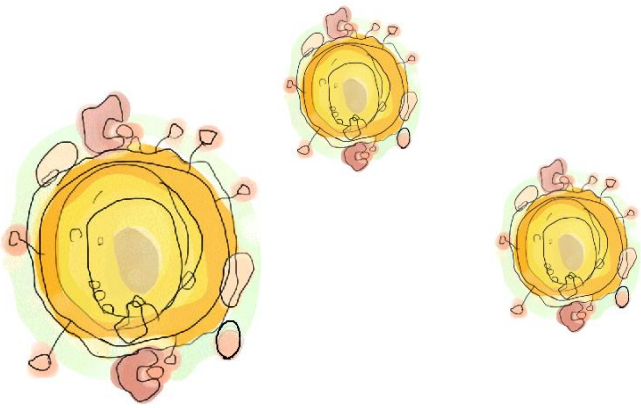
微生物の固まり：活性汚泥に有機物をいっぱい食べさせて、汚れを取り除け！

ミッション2

微生物で有害物質“アンモニア”様の3段階変身を行い、窒素を取り除け

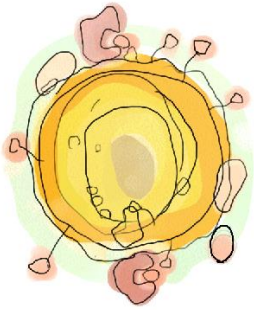
ミッション3

欲張り微生物を利用して、リンを取り除け！！



ミッション1

微生物の固まり（＝活性汚泥）に有機物をいっぱい食べさせて、汚れを取り除け！



活性汚泥は微生物が集まった集合体の総称です。

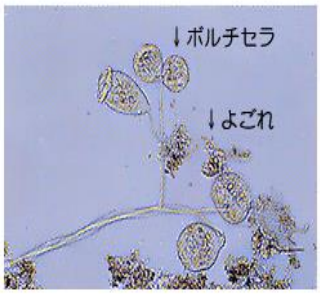
活性汚泥　＝様々な微生物の固まり

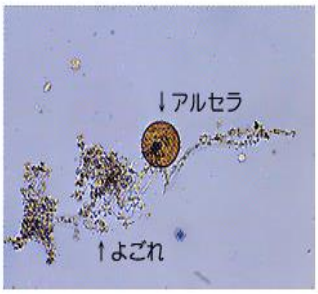
わずか数ミリの固まりですが、固まりの中では食物連鎖の世界ができあがっています。

外側には酸素が必要な好気性細菌。内側には酸素を必要としない嫌気性細菌が住んでいます。

好気性細菌は、エサである有機物と酸素を利用して、増殖していきます。増殖は、有機物・リン・窒素のバランスが良く、また生きていく為に最低限必要な酸素と、有機物を食べるときに必要な酸素の両方が適度にある環境で、行われます。**→有機物・リン・窒素があり酸素がある環境、すなわち曝気槽内で活動します。**

分解できない物質も、固まりを形作る粘性の液体中に取り込みます。





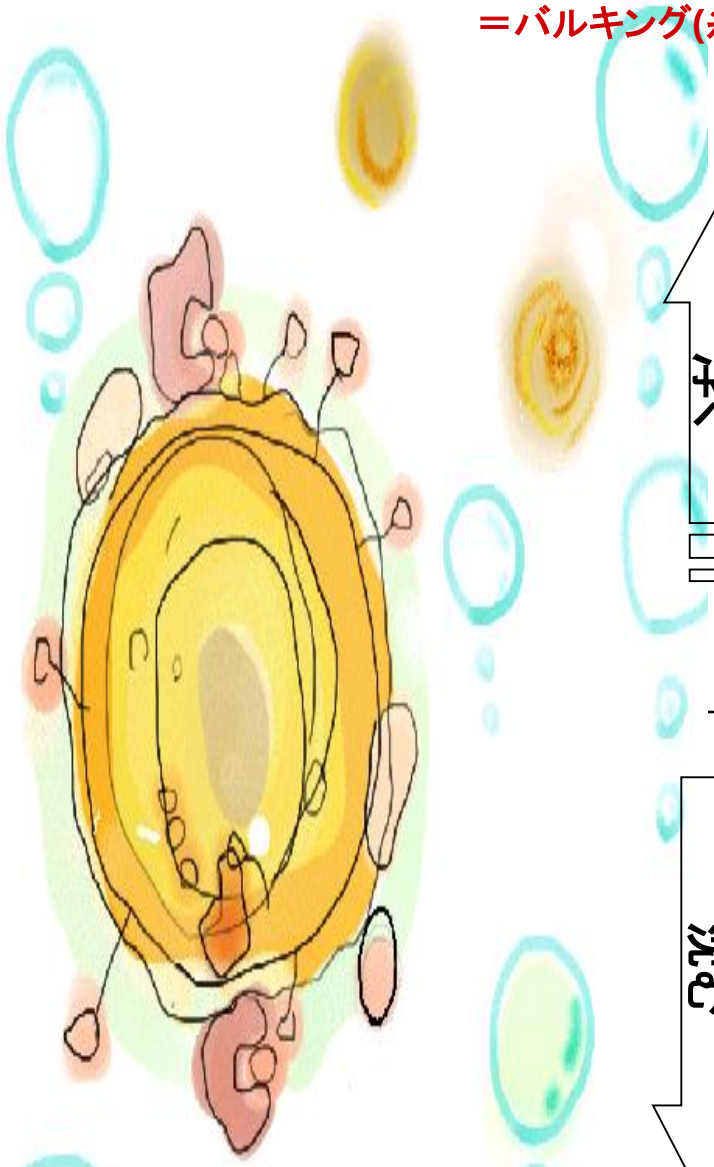
微生物が活発に活動しているのが見てわかるね。これは、下水処理場の反応タンクでよごれを食べる微生物の写真だよ。

この微生物は、よごれを食べて大きくなり、泥となってタンクの底に沈んでいく。

（（社）日本下水道協会　ホームページより）

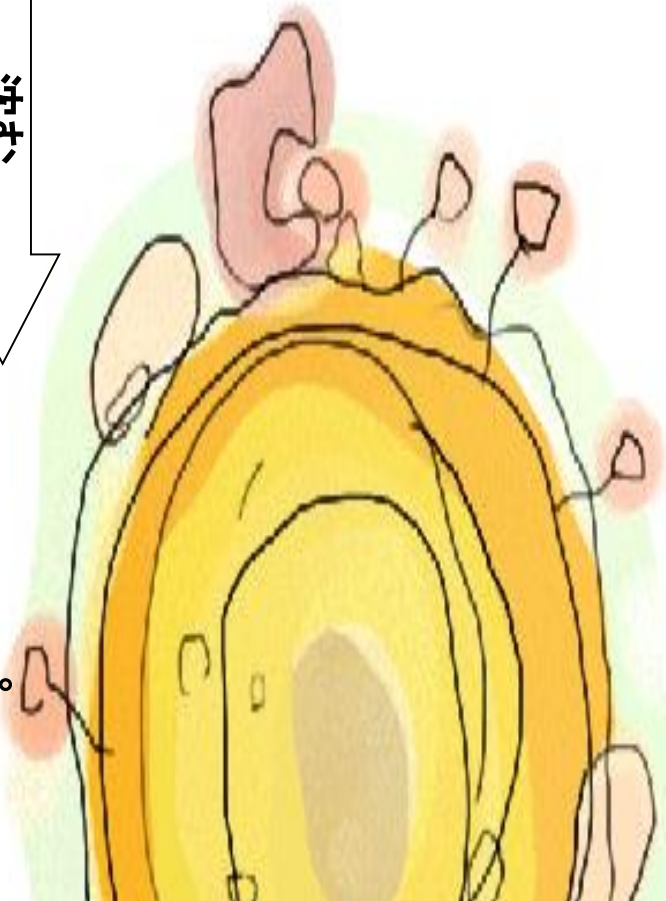
某工場の曝気槽

酸素量が不足、エサとなる有機物・リン・窒素が
不足している。→活性汚泥内の微生物たちが
バランス良く増殖できず、一部の微生物だけが
増殖し固まりにならない為、液体と分離できない。
＝バルキング(糸状しじょう菌の異常発生)



浮く

沈む



酸素量、エサの有機物・リン・窒素が
適正な量である。活性汚泥内の微生物が
バランス良く増殖して大きく固まりとなる。
重さで固形物が沈殿し、液体と分離される。

〔活性汚泥を快適にさせる要因〕

・適切な養分　　有機物：窒素：リン

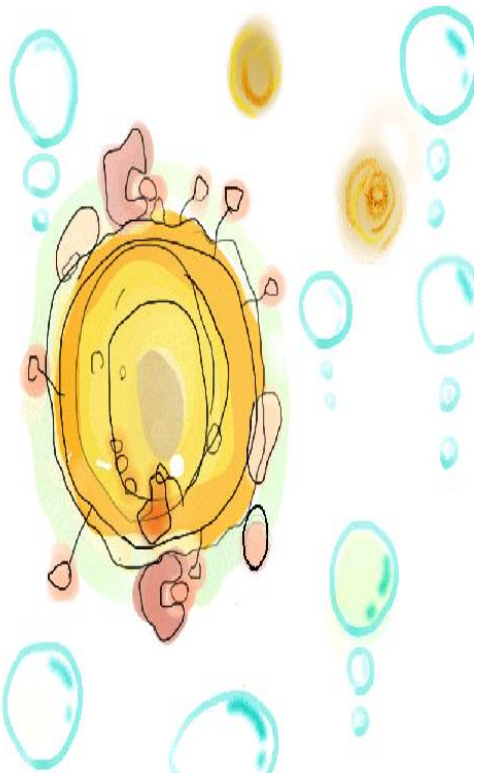
水中での最適な比率＝100：5：1

※不足していれば逆に人工的に加えなければならない。

・酸素　・温度　・pH　・MLSS　× 毒性

微生物ごとに適正が異なるこれらの要因をつきとめ、うまく調整することで、微生物の呼吸が快適に行われ、有機物をいっぱい食べて、汚れを多く取り除きます。

→逆に考えれば微生物の呼吸の変化で、取り除ける汚れの量が判断できます。



環境が整えば、活性汚泥中の微生物をバランス良く増殖させ、固まりとして重くなった所で、沈殿槽に沈めて分離できます。

沈む

酸素量、エサの有機物・リン・窒素が適正な量である。活性汚泥内の微生物がバランス良く増殖して大きく固まりとなる。

重さで固形物が沈殿し、液体と分離される。

微生物の固まり：活性汚泥に有機物をいっぱい
食べさせて、汚れを取り除け！

ミッション1 完了！

ミッション2

微生物で有害物質“アンモニア”様の3段階変身を行い、窒素を取り除け

私の名はアンモニア性窒素様。生活排水のし尿や腐敗した有機物に含まれ、水中でイオンとして存在する。有害であり、窒素を含んでいる。

「NH_4」アンモニア性窒素とはアンモニウムイオンとして存在している窒素！と言うことだ。

今から私の中の窒素を取り除く方法を教えてやろう。

私は、この第１形態　アンモニア性窒素を含めて3つの形態に変身する。
しかし、それは私一人では変身しない。適正な酸素のある曝気槽の
中で、微生物の力を借りなければならない。

曝気槽の中

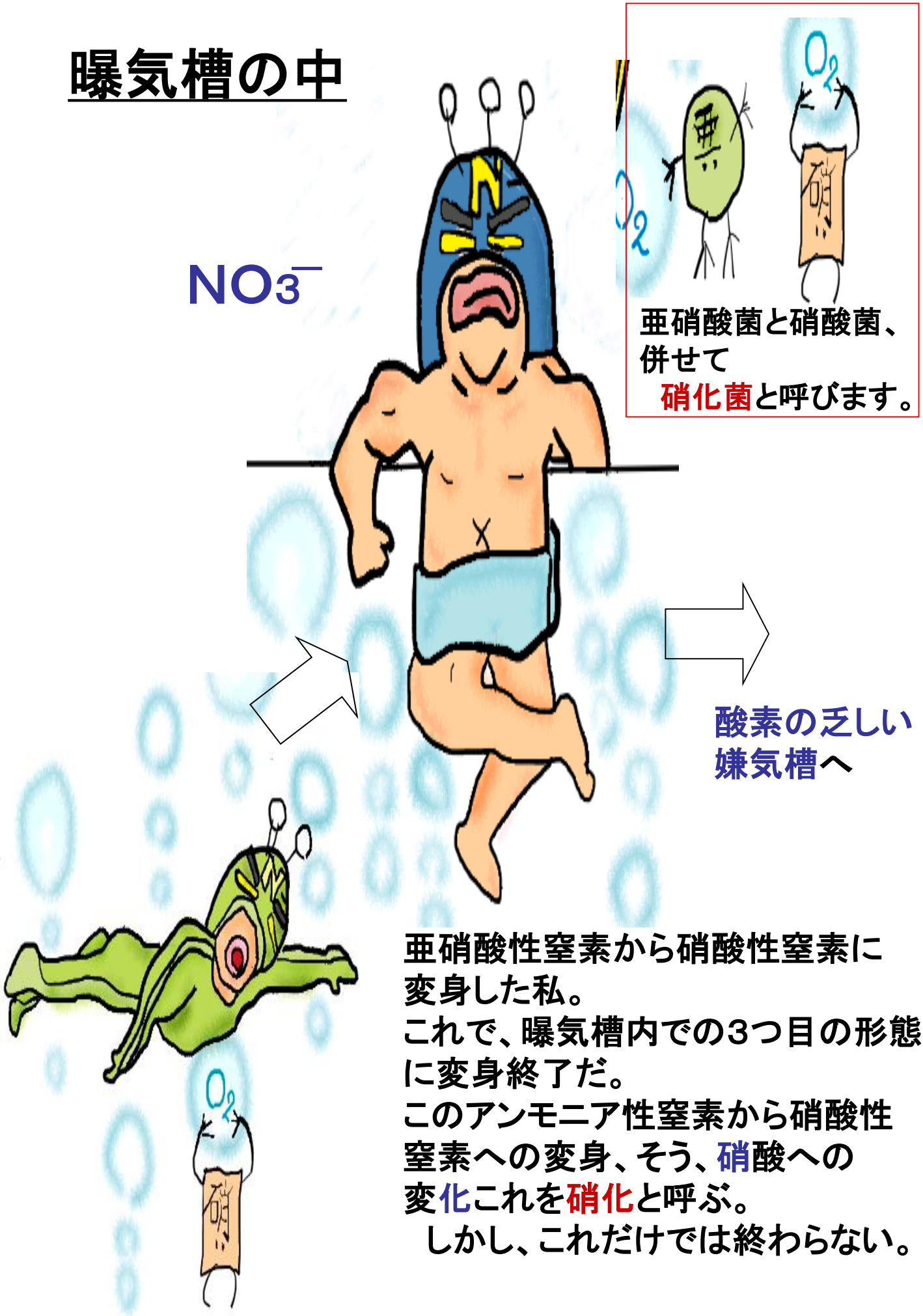
まず私は、曝気槽の中で、酸素のある好気状態で
生活する亜硝酸菌の助けを借りて、酸化されて
アンモニア性窒素から亜硝酸性窒素に変身する。

曝気槽の中

亜硝酸性窒素になった私は、さらに、同じく曝気槽の中で、酸素のある好気状態で生活する**硝酸菌**の助けを借りて、酸化されて亜硝酸性窒素から硝酸性窒素に変身する。

曝気槽の中

NO_3^-



亜硝酸菌と硝酸菌、
併せて
硝化菌と呼びます。

酸素の乏しい
嫌気槽へ

亜硝酸性窒素から硝酸性窒素に
変身した私。
これで、曝気槽内での3つ目の形態
に変身終了だ。
このアンモニア性窒素から硝酸性
窒素への変身、そう、硝酸への
変化これを硝化と呼ぶ。
　しかし、これだけでは終わらない。

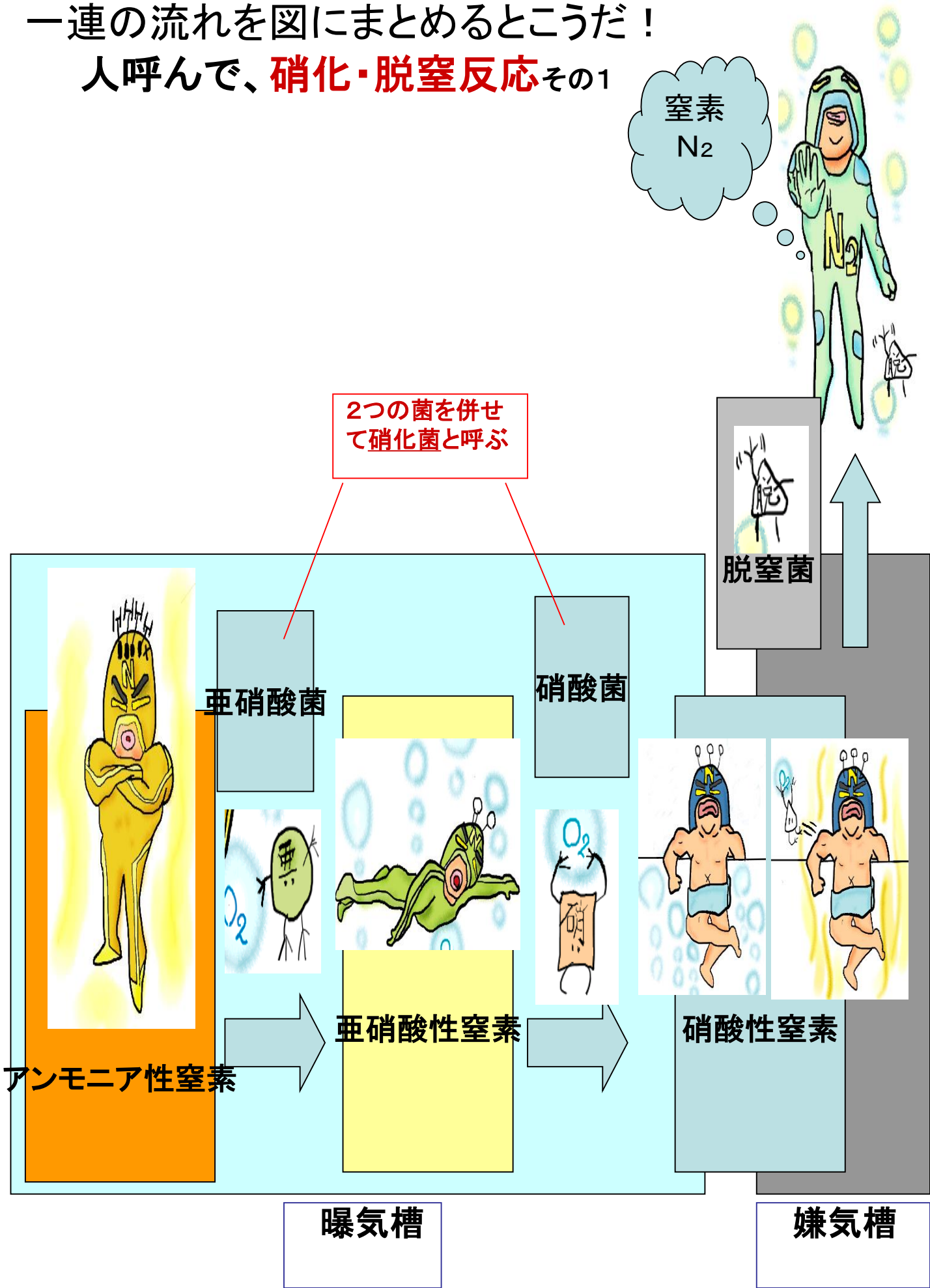
酸素の乏しい嫌気槽の中

硝化して硝酸性窒素となった私は、
酸素の乏しい嫌気槽へ移動させられる。
そこには、酸素の乏しい嫌気状態で
生活する脱窒菌がいて、私から酸素を
奪い還元する。
そして、ついに私は…

脱窒菌により還元され、窒素だけと
なった私は、気体となり窒素ガスとして、大空に羽ばたいて行くのだ。
これで、排水に含まれる
アンモニア性窒素から窒素分の
分離の終了だ。
N2
脱

一連の流れを図にまとめるとこうだ！

人呼んで、硝化・脱窒反応その1



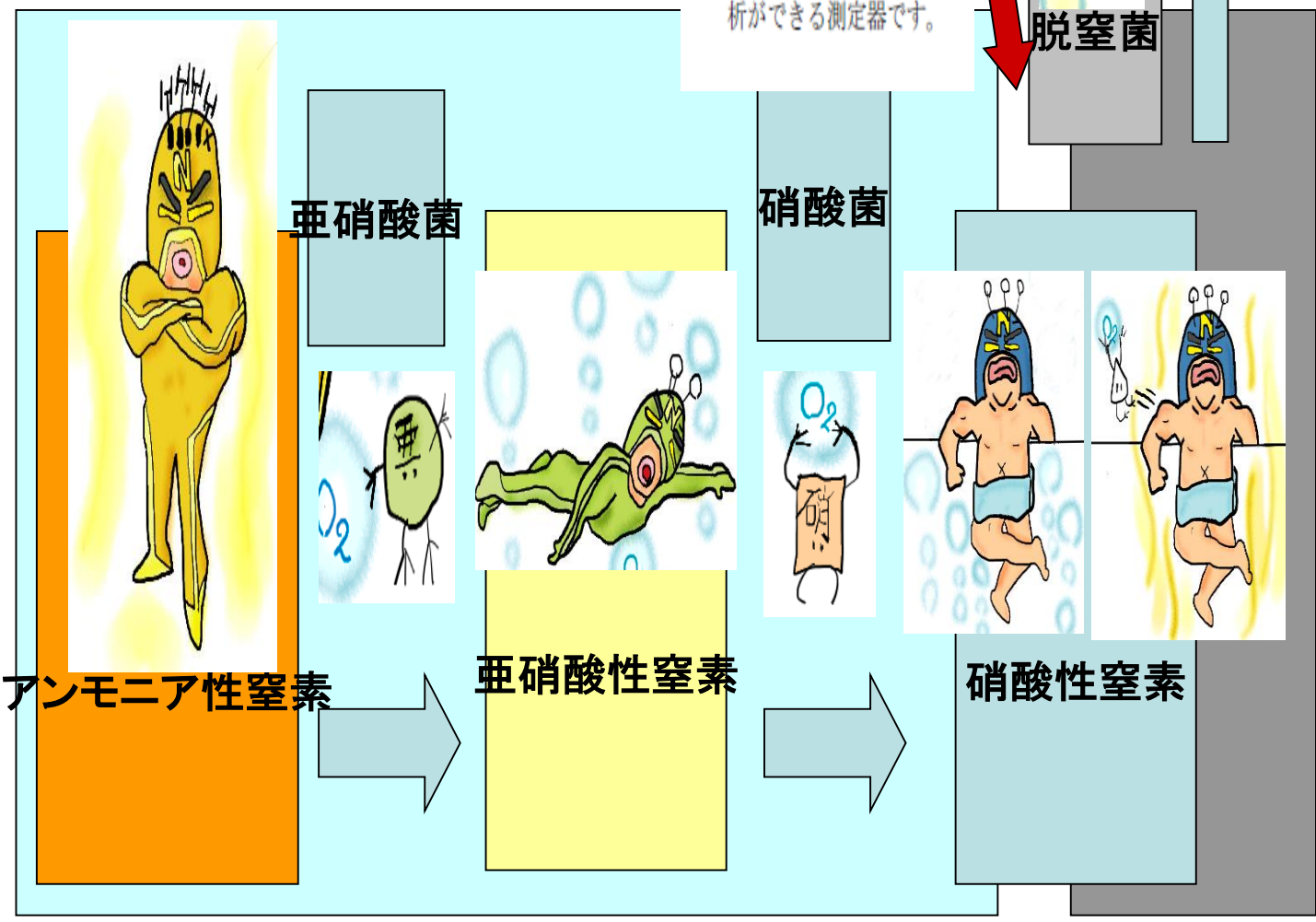
一連の流れを図にまとめるとこうだ！
人呼んで、硝化・脱窒反応その2

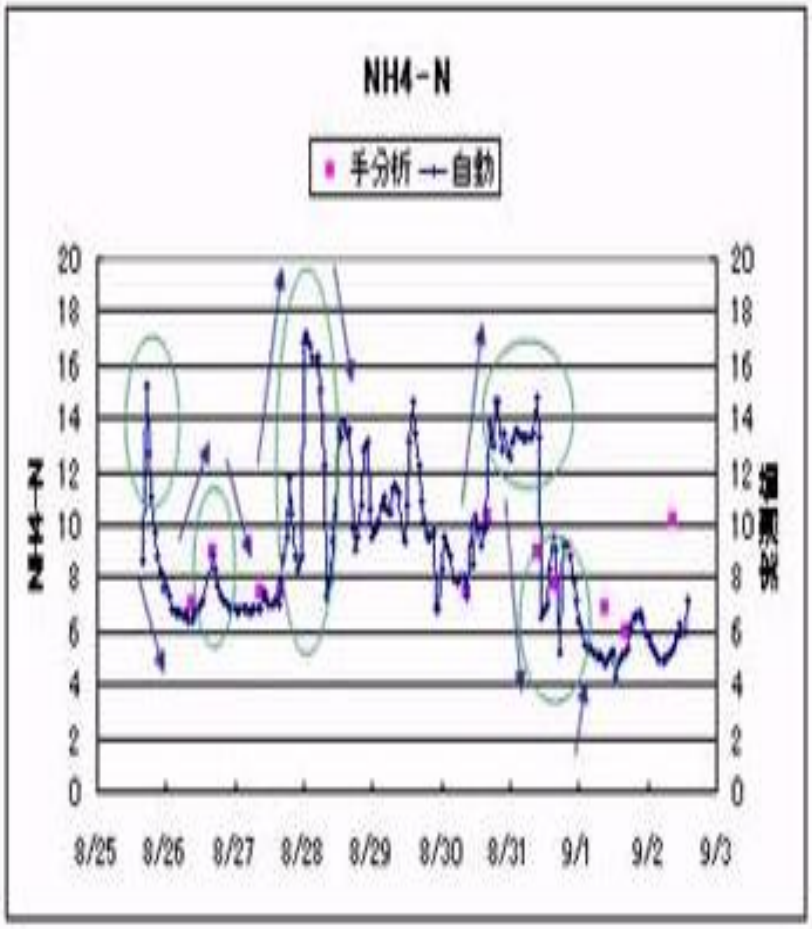
VARiON
アンモニア/硝酸センサー

アンモニア/硝酸センサー「VARiON」は、アンモニアイオン電極と硝酸イオン電極を１本のセンサーに組み込み、さらに妨害イオンの影響を自動的に補正することにより、高精度測定を実現した浸漬型センサーです。

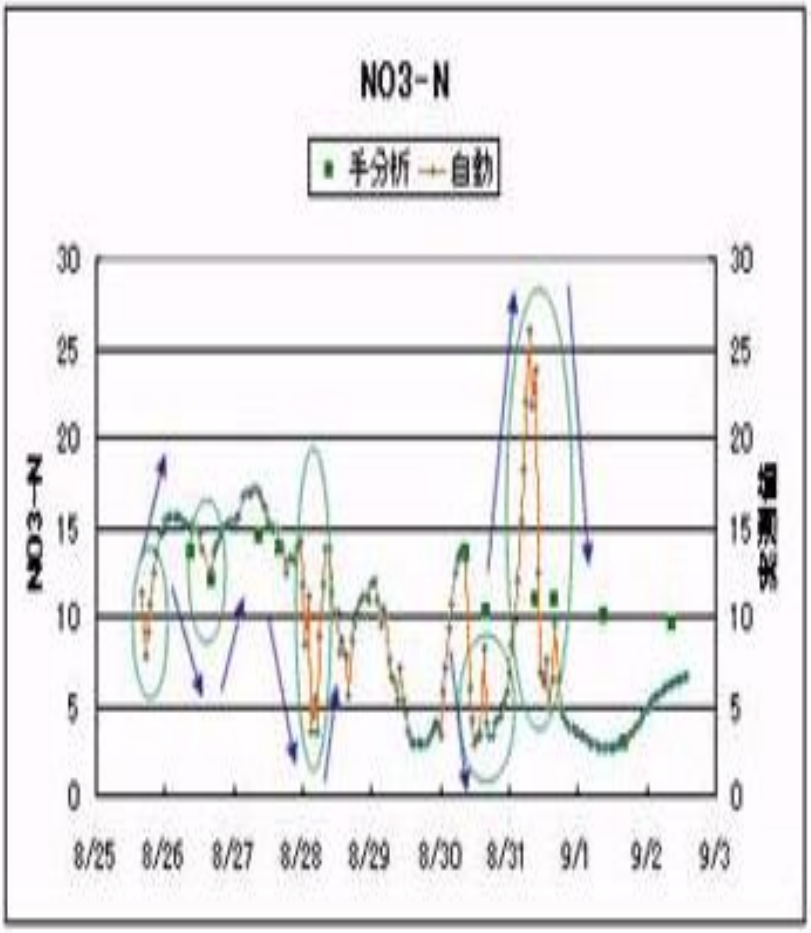
TresCon
リン酸計

TresCon システムは測定器内の分析モジュールを変更することにより、アンモニア/亜硝酸/硝酸/リン酸/全リンのオンライン分析ができる測定器です。





アンモニアセンサーVARiONでのアンモニア性窒素と硝酸性窒素の測定



アンモニア性窒素が減少した時、硝酸性窒素は増加しており硝化が進んでいる事が確認できます。

ミッション3

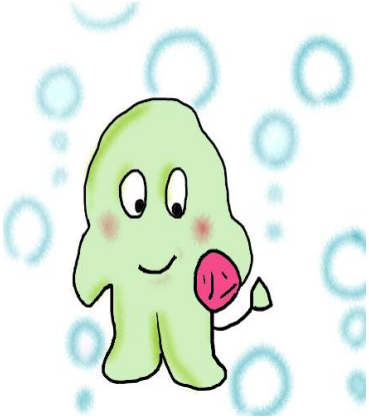
欲張り微生物を利用して、リンを取り除け！！

完了！

僕は脱リン菌、微生物です。
活性汚泥の中に住んでいます。

思えば僕が無知だったんです。
欲を出したばかりに…

僕の話を聞いてください。



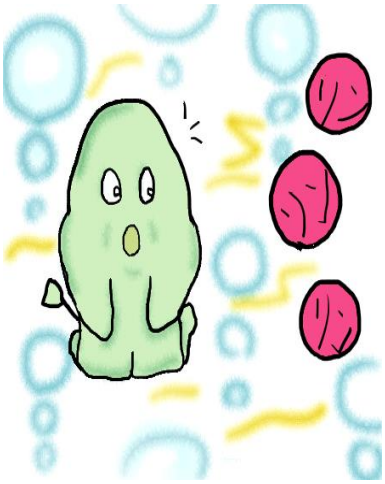
少し前の僕は適度な酸素がある、
快適な曝気槽の中で暮らして
いました。

エサである有機物を食べながら、
リンも体内に蓄える生活を
行っていました。

でもある日、急な流れに乗って
いつもとは違う部屋に行って
しまったのです。

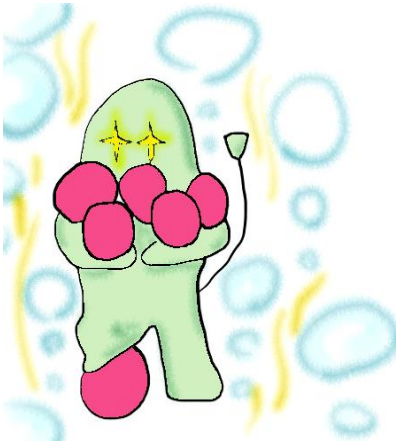
そこはなんと！曝気されていない、
酸素の少ない【嫌気槽】と言われる
部屋でした。

びっくりしました。
あせって体に蓄えていた「リン」も
手放して体外に放出してしまいました。



もう駄目かと思っていたんですが、
再び酸素がある【曝気槽】に戻して
もらえることができたんです。

これでまた、有機物を食べながら
リンも蓄えられる。



でも、
僕は気が緩んでいたんです。
快適な曝気槽に戻れた事を良いことに…

嫌気槽でリンを手放した事もあって、
欲張って、以前以上にリンを体に蓄えたん
です。

良い環境に帰れたんで、‘もっともっと’って。

ワナだったんです。人間の・・・

人間は、僕がいつも以上に
リンを蓄えたのを見計らって
最終沈殿槽に僕を移したんです。

快適な環境で大きく育った僕は、
リンと一緒に…リンと一緒に沈んで
いきました。

そして僕は余剰汚泥として処分され
ました。

ちなみに、嫌気槽が作れない場合は、
PACと言う薬剤を使って沈殿させる
そうです。
(PAC=ポリ塩化アルミニウム)

嫌気槽が作れる処理場では、薬剤
コストを抑える為、僕たちをだまし
てリンを除去しているんです。

人間って、賢いな。

この様に微生物の習性を利用し、

曝気槽→嫌気槽→再度曝気槽→
最終沈殿池

と活性汚泥を移動させ、
排水中からリンを取り除きます。

ミッション3

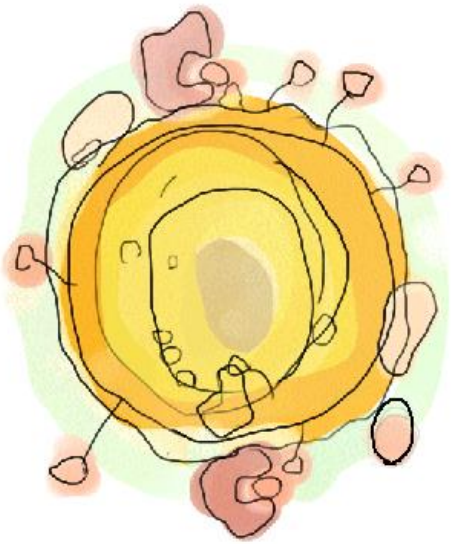
欲張り微生物を利用して、リンを取り除け！！

完了！

？疑問 その3？

Q. 活性汚泥の中には何種類の微生物がいるの？

A. まだ、完全に解明されていません。



役割がわかっている微生物もいますが、ある処理を一番良く行っている微生物が何かは、まだまだ研究中です。

ポリリン酸蓄積細菌の生理生態の解明

・生物学的リン除去をになう微生物であるポリリン酸蓄積細菌には、嫌気条件でポリリン酸をエネルギー源として利用して有機物を摂取する能力があることがわかっている。
しかしながら、ポリリン酸蓄積細菌は、多くの研究者がその単離を試みているものの、いまだに単離されておらず、その生理生態は謎につつまれている。

（東京大学　都市環境工学コース　ホームページより）

３つのミッションを円滑に行い、排水をきれいにせよ！

ミッション１

微生物の固まり：活性汚泥に有機物をいっぱい食べさせて、汚れを取り除け！

→曝気槽で微生物の快適な環境を整え増殖させ、沈殿槽で沈めて除去

ミッション２

微生物で有害物質“アンモニア”様の３段階変身を行い、窒素を取り除け！！

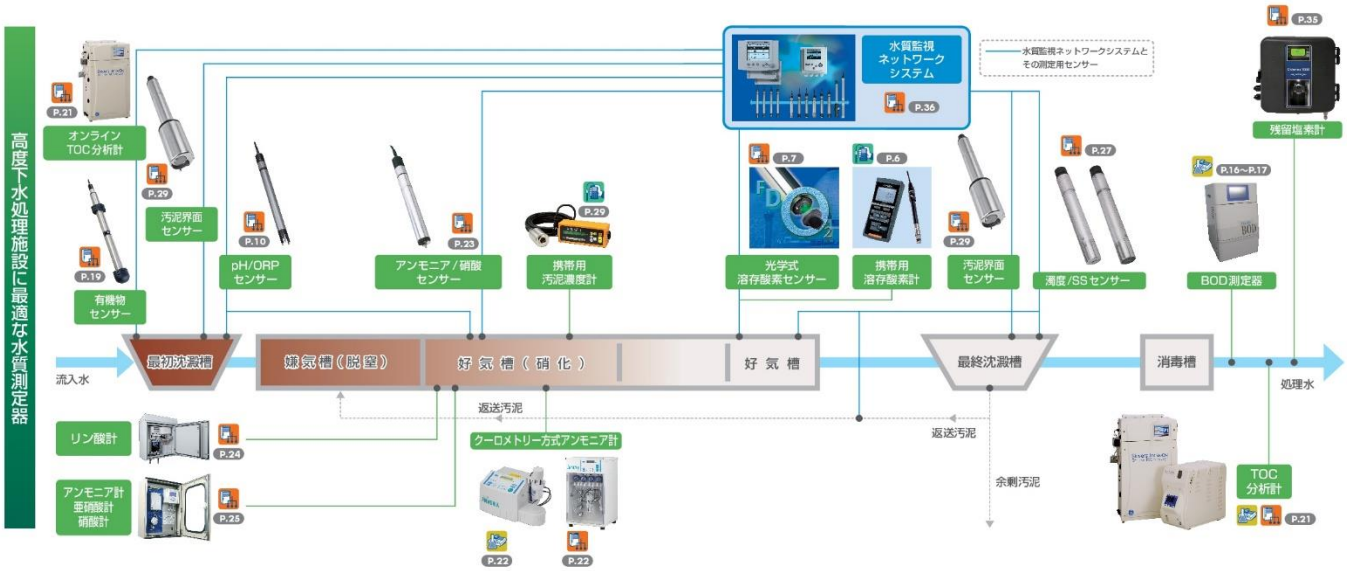
→曝気槽で硝化菌の力で硝酸性窒素に変化、その後、嫌気槽で脱窒菌の力で窒素ガス化

ミッション３

欲張り微生物を利用して、リンを取り除け！！

→嫌気槽で一度リンを放出させ、再度、曝気槽でリンを多めに蓄えさせて、最後に沈殿槽に沈めて除去

（参考）



まとめ

◆空気(酸素)が無くても生活できる微生物が存在する。
◆排水処理では、微生物の特徴を利用して有機物、窒素N、リンPを取り除いている。
◆大部分は、酸素を必要とする微生物を利用している。

※微生物にとっては、普通の生きていくための活動をしているだけです。

セントラル科学株式会社

本　　社　〒112-0001　東京都文京区白山 5-1-3　東京富山会館ビル　TEL. 03-3812-9186(代)
FAX. 03-3814-7538
大 阪 支 店　〒532-0003　大阪市淀川区宮原 4-4-63　新大阪千代田ビル別館　TEL. 06-6392-1978(代)
名古屋支店　〒460-0007　名古屋市中区新栄 2-1-9　雲竜フレックスビル西館　TEL. 052-265-9370(代)
九州営業所　〒812-0013　福岡市博多区博多駅東 2-18-30　八重洲ビル　TEL. 092-475-4621(代)

技術サポートコールセンター　0120-12-1176

■許可なく本書の内容を複製することを禁じます。