

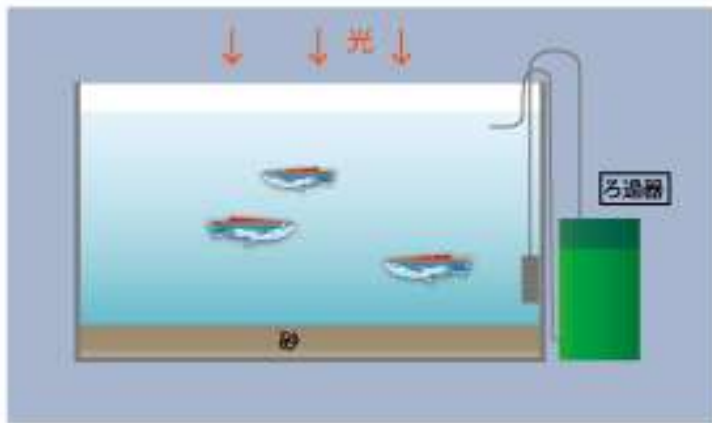
ペンギンビレッジ 20周年記念

エコシステム(生態系)って、な～に？

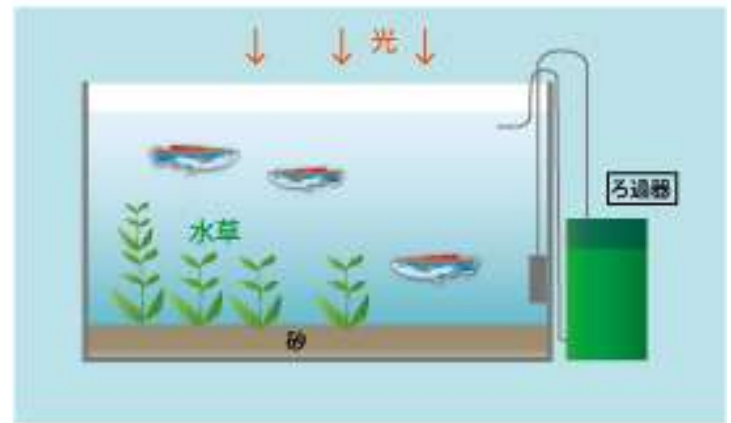
1992年ペンギンビレッジは本店オープンを機に、水槽内にエコシステム(生態系)^{※1}を作ることを提唱。これは当時のTV、新聞、雑誌等のメディアに大きな反響を呼び、全国的なアクアリウムブームの引き金となりました。^{※②}

現在、エコシステム(生態系)の考え方は、業界の主流の考え方になっています。

A、エコシステム以前の水槽の模式図



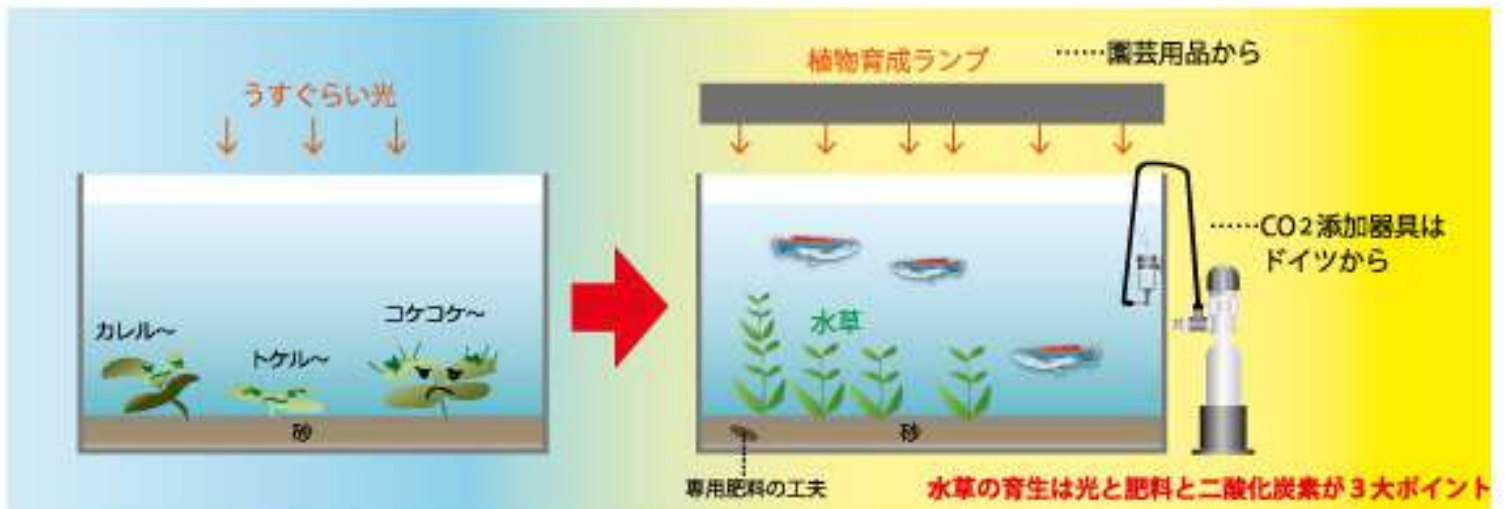
B、エコシステムの模式図



C、それぞれの違いと水草の育生

AとBの違いは、まず水槽の中に水草を育生することです。

そもそも水草をアクアリウムの中で育生することは、それまで大変むずかしいことでした。



わが国では1980年代から、ペンギンビレッジの社長の尾崎やADAの天野社長、他数名の人が中心となり、水草育生の研究と情報交換にはげみ、今日のような育生技術を少しずつ整えていきました。

※1 エコシステム(生態系)はペンギンビレッジの登録商標です。

D、アクアリウムの3つの難問とエコシステムでの解決

アクアリウムで魚を飼う歴史はとても長いものですが、エコシステム以前のアクアリウムには、次の3つの困難な問題がありました。

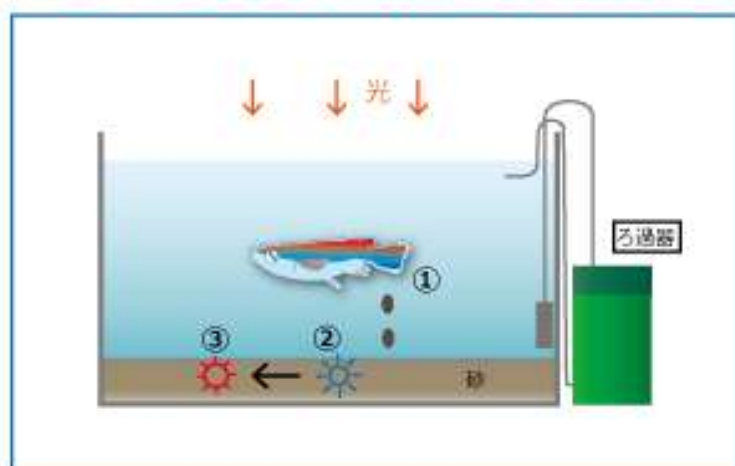
- 1、水槽が汚れること。
- 2、魚が病気になること。
- 3、管理に手間がかかること。



エコシステム（生態系）の考え方は、この3つの難問をほぼ解決することができます。

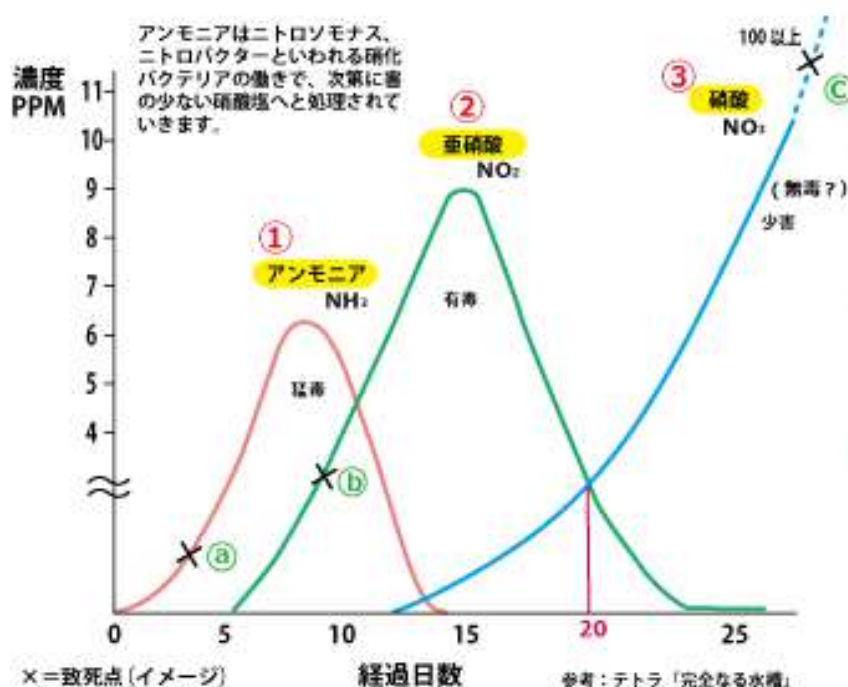
これには一定の知識と技術が必要ですが、ここにアクアリウムが大人のホビーとして成立する理由があります。

E、エコシステム以前の水槽の構造



- 魚がエサを食べ生活するとフンが出ます。
- ① このフンに含まれている **アンモニア (NH₃)** は猛毒で、そのままでは簡単に魚を死なせてしまいます。
 - ② このアンモニアは砂などに生活する **ニトロソモナス** という目に見えないバクテリア（硝化細菌）に食べられ、**亜硝酸 (NO₂)** = 有毒に変わります。
 - ③ 亜硝酸は次に **ニトロバクター** といわれるバクテリアに食べられ、**硝酸塩 (NO₃)** = 無毒? に変わります。

この変化をグラフで表すと次のようになります。

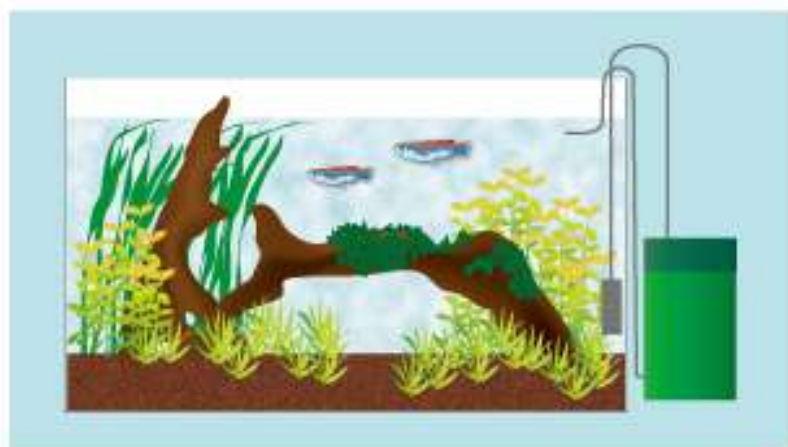


- ① **アンモニア (NH₃)** は **ニトロソモナス** によってスタート 7 日前後をピークに急減していく。
- ② 代わりに **亜硝酸 (NO₂)** が上昇するが **ニトロバクター** によって 15 日前後をピークに急減する。
- ③ NO₂ のかわりに **硝酸塩 (NO₃)** が 20 日頃から上昇し、これは食べるバクテリアが存在しないので無限に上昇していく。

このグラフにみられるように、猛毒のアンモニアが比較的無害な硝酸塩に変換されるまで、およそ 20 日間がかかります。

スタートしたばかりのアクアリウムに、魚をたくさん入れてはいけないということは、ここに理由があります。*3

つまり標準的な水槽では、スタートから一定の時間（約3週間）が経つと、特別なことをしなくても、ふつうに魚を飼うことができるようになります。



*3 しかしアンモニアや亜硝酸を食べるバクテリアは、アンモニアや亜硝酸という“エサ”がなければ繁殖できないので、魚を全く入れなければ“エサ”もないこととなります。

ペンギンビレッジでは予定数量の1/10ほどの魚はかえて入れた方がよいとお話しています。

水槽スタート時の魚は、予定の1/10くらい(60cm水槽で10匹内外)。

これは鑑賞用だけでなく、バクテリアのエサになる“フン”を供給するために必要です。

F、エコシステム以前の水槽の問題点 —— 水かえ

エコシステム以前の水槽でも、スタートからおよそ3週間が経つと、ふつうに魚を飼うことができるようになりますが、やがてアンモニアから生成してきた硝酸塩が大きな問題となります。

グラフ a 点は アンモニアの致死点 (イメージ) 約 0.05mg/ℓ (アンモニア量) ペンギンビレッジ内規
約 3mg/ℓ (総アンモニア量) テトラ社

グラフ b 点は 亜硝酸の致死点 (イメージ) 約 0.5mg/ℓ (亜硝酸態窒素量) ペンギンビレッジ内規
約 3.3mg/ℓ (総亜硝酸イオン量) テトラ社

グラフ c 点は 硝酸塩の致死点 (イメージ) 100 ~ 200mg/ℓ 以上 *4

*致死点は水槽の状況、PH、水温、魚の耐性などによって異なるため参考値です。

このようにアンモニアや亜硝酸は微量でも非常に毒性の強い物質ですが、これらは標準的な水槽の場合、バクテリアによって処理され、ほぼ無害化されます。

これに対して硝酸塩は毒性の弱い物質で、以前は“無害”とさえいわれてきました。

しかしペンギンビレッジの実験では、100mg/ℓ以上になると一般的な魚で皮フが荒れたり、食欲を失ったり現象があらわれます。エビやカイなどのムセキツイ動物では50mg/ℓ以上で障害があらわれます。

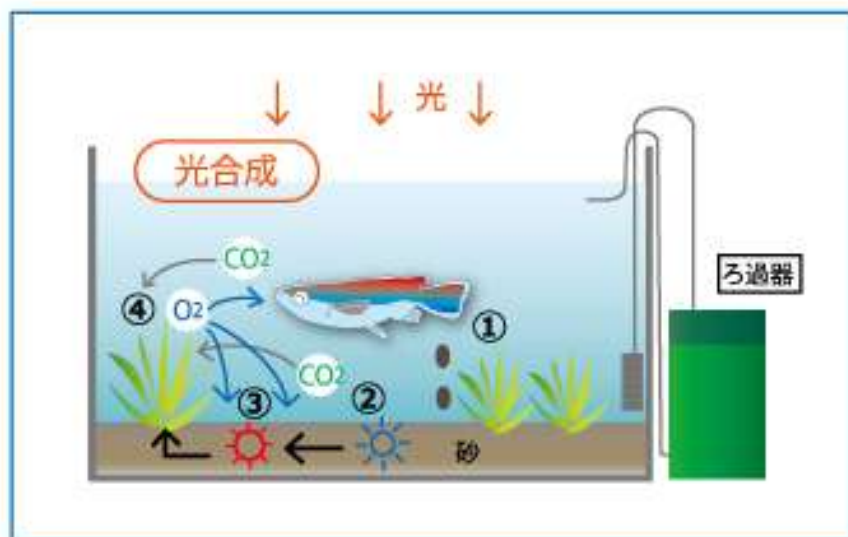
もちろんこれらの数値以上になると、死ぬものがでできます。

*4 これらの物質は「水質テスター」によって誰にでもかんたんに測ることができます。

このように硝酸塩の毒性は亜硝酸に比べておよそ 1/100 程度ですが、やっかいなことはアクアリウムの中ではこの物質が増えつづけて、減ることがないことです。したがって遅かれ早かれ致死点を突破してしまうことです。

そしてもちろん、エコシステム以前の水槽の愛好者は、この問題の解決法を知っていました。それが“**水かえ**”をして、硝酸塩を物理的に水槽外に排出することでした。

G、エコシステム水槽の構造 —— エコシステム以前の水槽に水草を入れると… エコシステム（生態系）になる！



③で生成された硝酸塩 (NO₃) は
④水草に吸収され、光と二酸化炭素を使った光合成を通して、水草の体や生活するエネルギーになります。
この時、光合成によって作られた酸素 (O₂) は魚やバクテリアに供給され、魚やバクテリアが呼吸で排出した二酸化炭素 (CO₂) は水草に吸収されます。ここには魚とバクテリアと水草の間に酸素 (O₂) と二酸化炭素 (CO₂) を通した一つの物質循環が成り立ち、魚とバクテリアと水草が互いに協力しあった共生関係を作るといえます。

こうしてエコシステム以前の水槽では、物理的に排出せざるをえなかった硝酸塩は、水草によって吸収されます。吸収された硝酸塩は、光のエネルギーを通して水草の体内でアンモニアへと還元され、さらにアミノ酸や、元々のエサの成分と同じたん白質へと合成されます。

生命の源といわれるたん白質の分解・生成の過程（チツソ循環）が、小さな水槽の中で自己完結的に行われます。これは地球全体の大きな生態系の循環にも似た驚くべき構造です。

これがアクアリウムの中でのエコシステム（生態系）の基礎的な考えになります。

H、エコシステム水槽のメリット

・・・アクアリウムの3大難問の解決 その1

1、水槽が汚れること

水槽の汚れは、実はそのほとんどがコケやモによるものです。

エコシステム水槽では、水草を底面積の70%以上植えることが基本です。

水草とコケやモは同じ水生植物の仲間で、兄弟関係といえますが、ライバル関係でもあります。

水草がよく繁茂すると、コケやモの繁殖がおさえられます。コケやモが繁殖すると、水草の勢いがなくなります。

水草の繁茂は光合成を通して水中の栄養分（NO₃を含む有機物）を強力に吸いとります。

根をもたず、水中の栄養分を吸収して成長するコケやモは、栄養分を吸収しにくくなって、繁殖をおさえられると考えられます。

これを水草の光合成による**浄化能力**、また水の**貧栄養化**とよんでいます。

水草のよく繁るアクアリウムの水は、谷川の清流ほどの貧栄養で、透明な水質になります。



I、エコシステム水槽のメリット

・・・アクアリウムの3大難問の解決 その2

2、魚が病気になること

魚の病気は困った問題ですが、病気の原因は主に次の3つと考えられます。

細菌、原生虫、及びウイルスによるもの

このうち細菌、原生虫といったものは、先述した硝化細菌（硝化細菌）と類似の微生物です。

エコシステム水槽は水草のない水槽に比べて、硝化細菌をはじめとした何倍もの良性的微生物を収容しています。

微生物間には、一般的にそれぞれテリトリーとすみわけ関係があり、濃密な微生物勢力の間に異種の微生物（病原体）は侵入しづらく、繁殖しづらい環境になっています。

このためエコシステム水槽では、水草に守られた微生物環境が、そうでない水槽に比べて何倍も安定していて、魚は病気になりにくいのです。同様に安定した環境ではウイルスも休眠状態のまま発現しづらく、発現しても繁殖しづらいと考えられ、魚は病気になりにくいのです。

硝化細菌の繁殖領域



J、エコシステム水槽のメリット

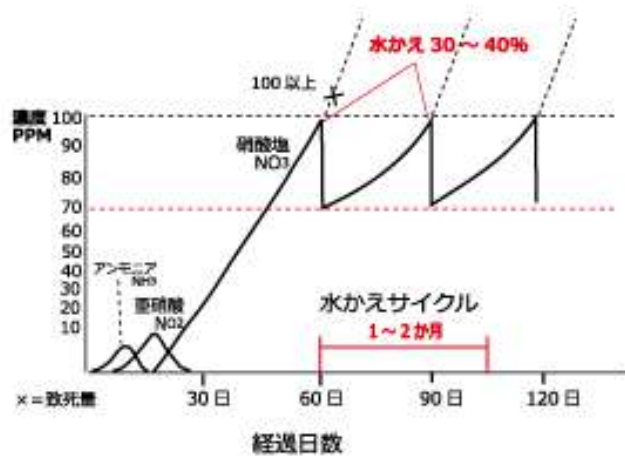
・・・アクアリウムの3大難問の解決 その3

3、管理に手間がかかること

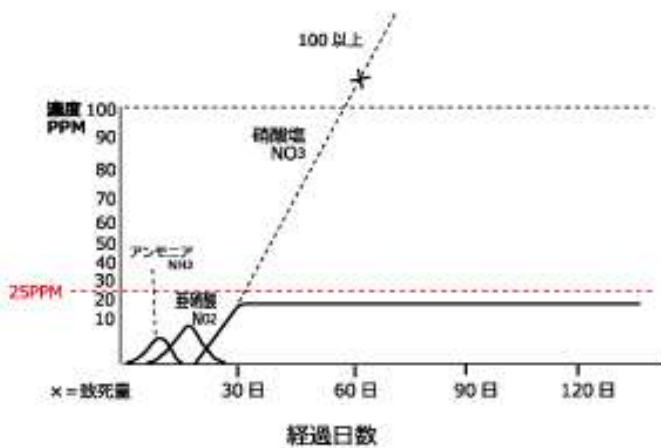
水槽のケアにはいくつかのメンテナンスが必要ですが、その最大のものは先述した水かえです。

エコシステム以前の水槽では、硝酸塩 (NO₃) が無限に増大し、定期的に水かえをして水槽外に排出せざるをえないからです。

エコシステム以前の水槽の NO₃ の推移



エコシステム水槽の NO₃ の推移



エコシステム水槽ではこの NO₃ が水草によって吸収されます。ペンギンピレッジの実験では、良好なエコシステム水槽での NO₃ の量は 25mg/ℓ を超えることがありません。

したがってエコシステム水槽では、それ以前の水槽のような定期的で強制的な (ある期間内に必ず実行しなければならない) 水かえは不要なのです。これは水槽メンテナンスを一種の強制作業から、自由で自発的な作業に変貌させる大きな要因といえます。

(ただし水かえは、NO₃ の排出以外にも重要な役割をもっている必要な作業です)

エコシステム水槽は生態系としての自律的な循環世界を形作るため、水かえにみられるようにメンテナンス全般について自由で自発的、また簡単・楽しい工夫がたくさんあります。

K、むすび

エコシステム水槽は、アクアリウムの中にエコシステム (生態系) を作ることによって、それまでの3つの難問を解決すると同時に、小さいけれど充足した自然の営みをいながらにして体験し、また水草を中心としたレイアウトを作りあげることにより、美的なセンスを満足させる環境的・文化的ツールとなったのです。

エコシステム水槽はまだ奥行きが深いものです。

それぞれの体験の中から新しい発見をしていただきたいと思います。