

「納豆菌群を封入した多孔型ブロックによる水質改善技術の開発」

研究代表者：松永 信博（九州大学大学院総合理工学研究院）

### 1. はじめに

我々は、納豆菌群の中でもアルカリ性に極めて強い耐性をもつ有用微生物群を培養・抽出し、それを多孔型コンクリートブロック内に封入することに成功した。その有用微生物群を含んだブロックはエコバイオ・ブロック（EBB）と呼ばれ、これまで熱帯魚観賞用水槽内の小規模な水質浄化に利用されてきた。

本研究では、池、湖沼、河川、閉鎖性沿岸水域など、有機汚濁の著しい広い実水域における水質浄化を目指し、EBBの水質浄化能力を室内実験を中心に調べると共に、浄化能力の定量化とEBBの実用化に向けての設計指針作成に取り組んだ。EBBを用いた水質浄化の基本的アイデアは、図-1に示すように「物質循環システムと有機物分解・硝化・脱窒プロセスを効率的に利用する」というもので、この技術が実用化されれば、富栄養化した水域の水質改善に大きく貢献するものと期待される。

第2節では、納豆菌群を封入して多孔コンクリート・ブロック(エコバイオ・ブロック EBB)を簡単に紹介し、平成17年度～19年度の3か年の研究を通して得られた成果を要約する。第3節では、結論とEBBの将来への展望を述べる。

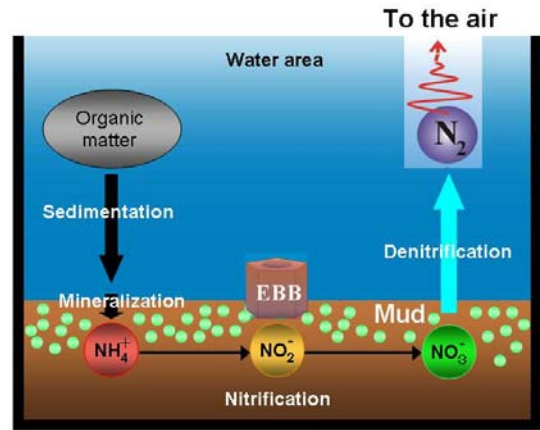


図-1 有機物分解，硝化，脱窒プロセス

### 2. EBBの水質浄化能力

#### 1) エコバイオ・ブロック(EBB)とは？

エコバイオ・ブロックは EBB と呼ばれ、耐アルカリ性を備えた納豆菌群を培養・抽出し、ポーラスコンクリート・ブロック内に生存かつ繁殖可能な状態で封入したものである。納豆菌群の生存可能温度は 10℃～110℃，有効繁殖温度域は 10℃～65℃，生存可能 pH 値は pH 3～pH 11 である。納豆菌群は好気性微生物群である。図-2 に代表的な EBB とその形状，寸法および重量を示す。



図-2 代表的な EBB の形状(名称：EBB OCT, 90×90×80 mm, 0.8 kg)。

## 2) 透明度向上への寄与

EBB はポーラスコンクリート・ブロックであり、骨材に天然ゼオライトを用いていることから、沈殿した有機物を吸着する性質を持っている。このため、植物プランクトンが大量に発生している場合、有機物をブロック表面に吸着し、再懸濁を抑え、水域の透明度を素早く向上させることができる。図-3 は透明度の経時変化を示したものである。EBB を投入していない水槽（右端）では、透明度ほとんど

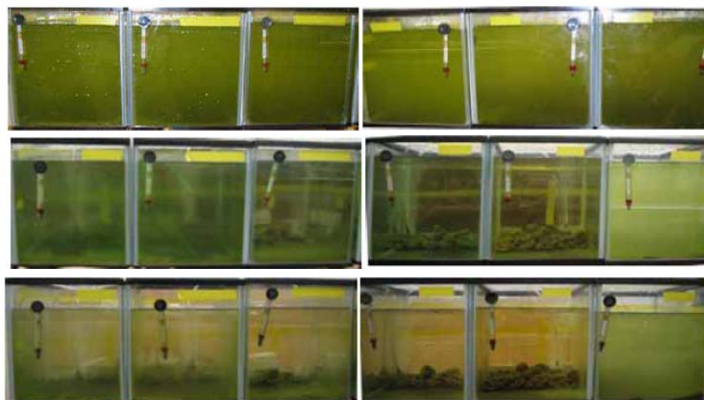


図-3 試料水の経時変化

上段：実験開始直後，中段：5日後，下段：10日後。  
左から EBB：62.5g, 125g, 250g, 500g, 750g, 試料水のみ（リファレンス）の順

変化していないが、ブロックを入れた水槽の透明度は向上しており、その透明度は投入ブロック量が多いほど高くなっていることがわかる。

## 3) BOD と COD の低減効果

EBB 投入初期段階において、懸濁態有機物はブロック表面に吸着され、再懸濁が抑えられる。このため、水中の有機物量は急激に減少し、BOD 値、COD 値は共に急激に減少する。図-4 はそれぞれ BOD と COD の経時変化を示したものである。図中のリファレンスは EBB を全く加えていないケースである。実験開始後 5 日程度で、両者は急激に減少し、その減少速度は投入されたブロック量とともに大きくなる傾向にあることがわかる。

図-5 は、図-4 で与えられた BOD と COD の経時変化を初期値  $BOD_0$ 、 $COD_0$  で規格化し、普遍表示したものである。規格化された値は共に指数関数で表されるが、BOD の指数

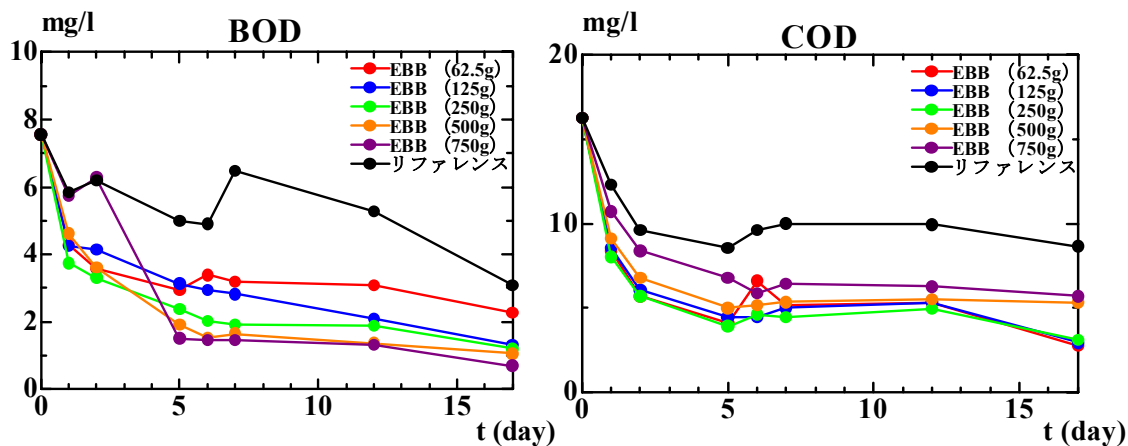


図-4 BOD と COD の経時変化

は  $t^{1/2}$  に比例し、COD の指数は  $t^{1/3}$  に比例することが明らかとなった。低減率  $C_{BOD}$  と  $C_{COD}$  における(ブロック/水)質量比との関係を、図-6 に示す。BOD の低減率は(ブロック/水)質量比の増加と共に単調に増加していく。一方、COD の方は、(ブロック/水)質量比が 0.01 付近で最大値を取り、その後減少に転ずる。これに関しては、EBB に含まれている有機物の溶出が関係しているように思われる。

$$\frac{[BOD]}{[BOD_0]} = \exp(-C_{BOD}t^{1/2})$$

$$\frac{[COD]}{[COD_0]} = \exp(-C_{COD}t^{1/3})$$

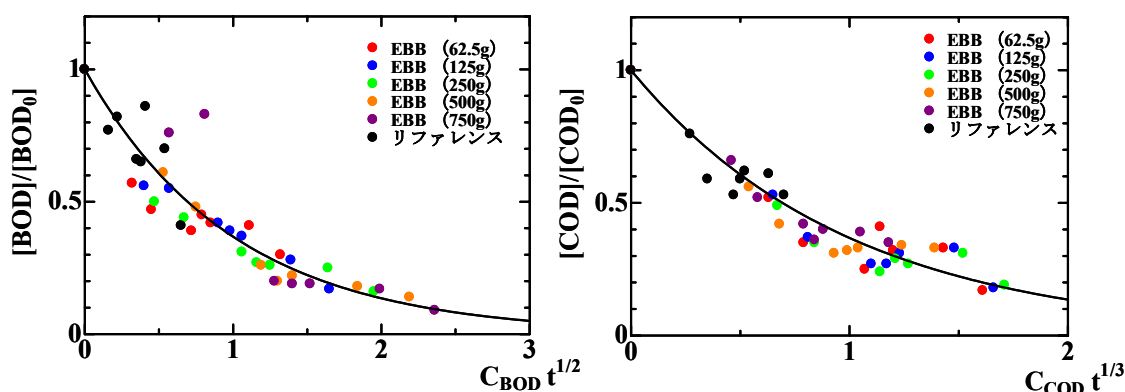


図-5 BOD, COD の普遍表示

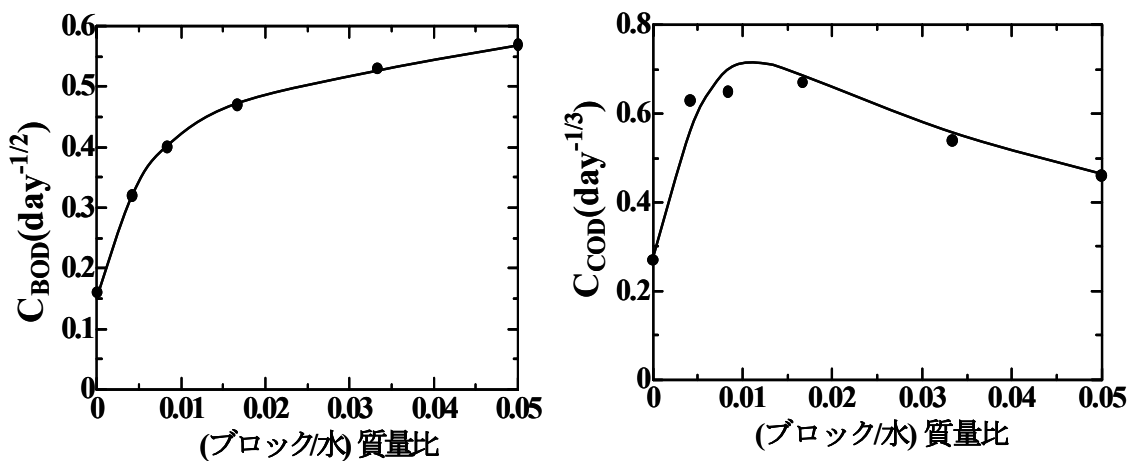


図-6 低減率  $C_{BOD}$  と  $C_{COD}$  における(ブロック/水)質量比の関係

#### 4) 有機物分解能力

図-7 は、有機態窒素(ON)と溶存態無機窒素(DIN)の経時変化を示したものである。ON は時間の経過と共に減少していることがわかる。これは、有機物が分解されていることを示唆している。また、DIN 値は実験開始後 13 日から上昇し始めている。DIN の増加率は、(ブロック/水)質量比が大きくなるにつれ、大きくなることがわかる。このことは、EBB は有機物を効果的に分解し、無機化していることを示している。

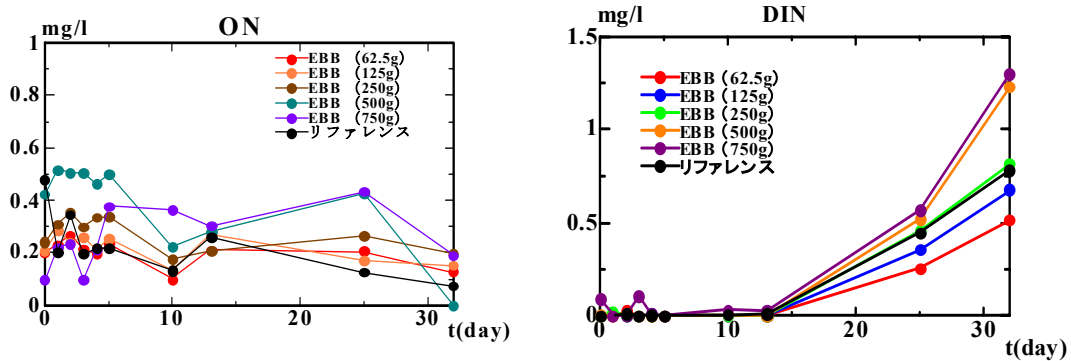


図-7 有機態窒素と無機態窒素の経時変化

### 5) 硝化能力

図-8 に、アンモニア態窒素( $\text{NH}_4\text{-N}$ )濃度と硝酸態窒素( $\text{NO}_2\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$ )濃度の経時変化を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は実験開始後13日から増加し始め、その増加率は(ブロック/水)質量比が大きくなるにつれ、大きくなる。しかしながら、実験開始後25日経過すると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の増加率は減少し始める。特に、投入ブロック量が750gと500gのケースにおいては、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度はほとんど0に近づいている。一方、 $\text{NO}_2\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は25日から急激に増加し始めている。これら2つの結果は、実験開始後25日以降は、有機物分解が硝化まで進んだことを示している。硝化速度は、投入ブロック量が多いほど大きくなるのがわかる。

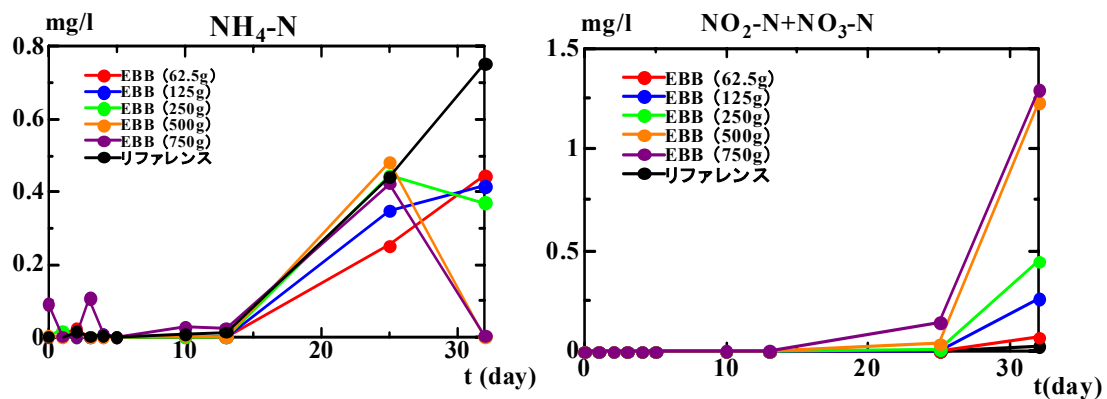


図-8 アンモニア態窒素と硝酸態窒素の経時変化

### 6) 脱窒効果

EBBと土壤中に生息する脱窒菌との共生により、実際、脱窒プロセスが構築されるか否かを確認する実験を行った。前述したように、EBBに封入された納豆菌群は好気性微生物群である。一方、脱窒菌は嫌気性微生物群である。これらの活性を利用して、脱窒を促進させるためには、水中に豊酸素領域と貧酸素領域を同時に作る必要がある。今回は、ブロックと底泥間に貧酸素領域が形成されることを期待して実験を行った。図-9は、全窒素(TN)濃度の経時変化を示したものである。実験開始後20日以降、TN濃度が減少している。

これは、系から窒素が消失していることを示しており、将に脱窒プロセスが形成されていることを示唆している。図-10はTN濃度の減少率から算定した脱窒速度を（ブロック/水）質量比に対してプロットしたものである。脱窒速度は、（ブロック/水）質量比に対して単調に増加することがわかる。

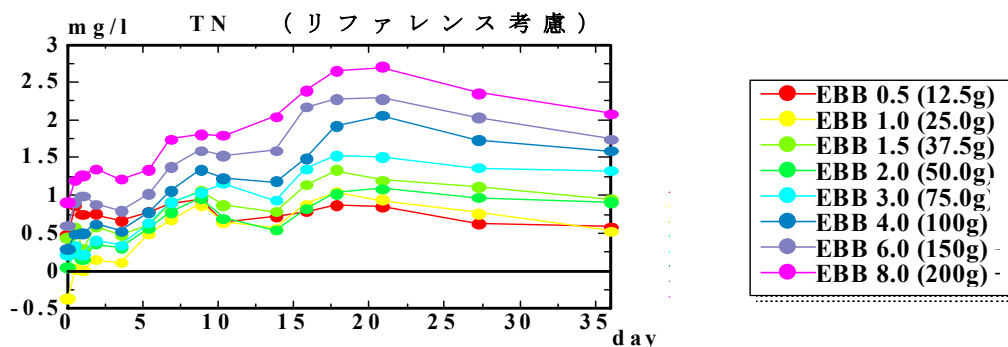


図-9 全窒素濃度の経時変化

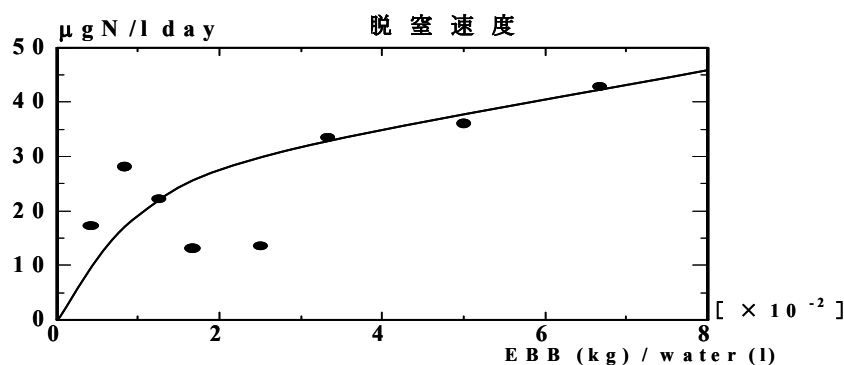


図-10 脱窒速度と(ブロック/水)比の関係

### 3. 結論と将来への展望

これまで示した EBB の水質浄化能力について要約する。

- ① EBB は多孔質コンクリートであるために、水中の有機物を吸着し、再懸濁を抑える働きをもつ。このため、有機汚濁している水域の透明度を向上させると共に、水中の BOD や COD 値を素早く低減させることができる。
- ② EBB 中に封入された納豆菌群は有機物を効率よくアンモニア態窒素に分解するだけでなく、亜硝酸態窒素や硝酸態窒素まで分解を進めることができる硝化菌である。
- ③ 土壌脱窒菌と EBB 中の納豆菌群との共生により、効率的な脱窒プロセスを構築できる可能性を明らかにした。
- ④ 現在、海水中での EBB の水質浄化能力について実験中である。それによると、海水中では淡水中よりも高い有機物分解能力と硝化能力を発揮することが明らかとなった。従って、干潟域に EBB を埋設することにより、干潟が本来持っている有機物分解能力、硝化能力、脱窒機能をさらに高めることができることが期待される。