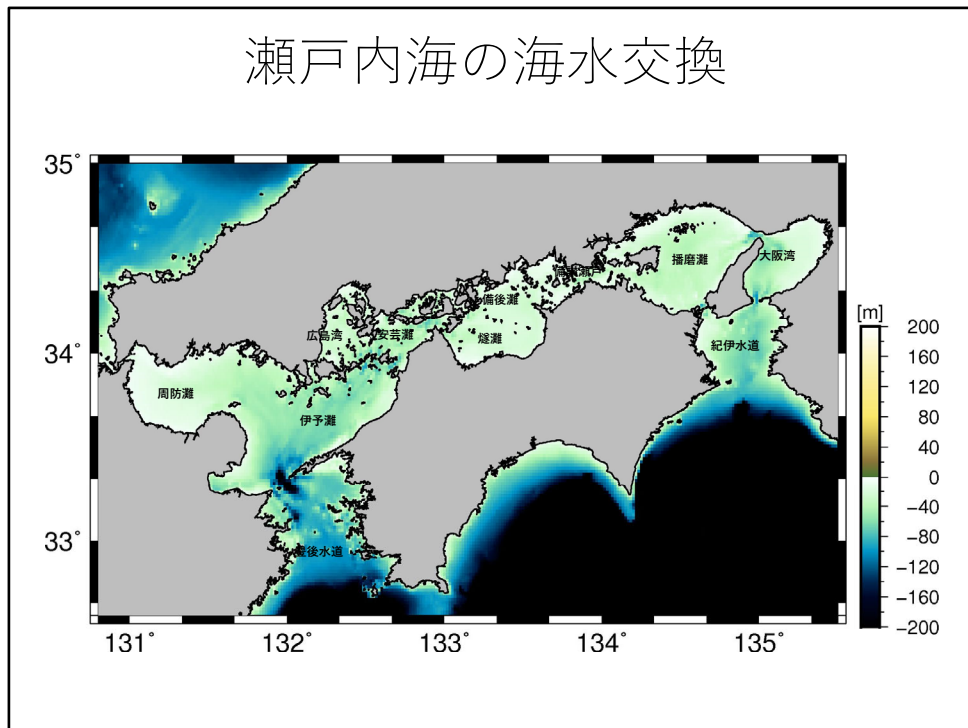


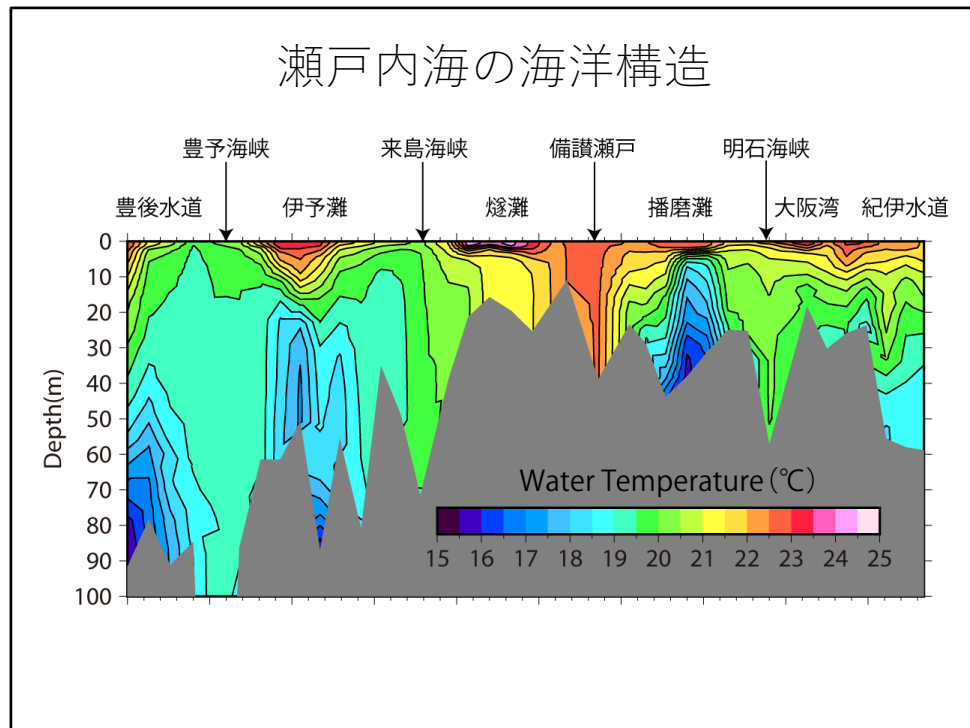
3 瀬戸内海の環境特性

3 瀬戸内海の環境特性

瀬戸内海の海水交換

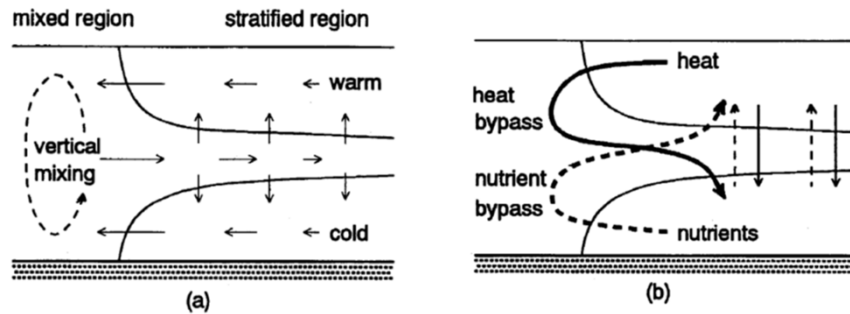


瀬戸内海は、東の紀伊水道と西の豊後水道により太平洋とつながっていますが、狭い海峡のため閉鎖的な海です。
瀬戸内海の海水の90%が外洋水と入れ替わる時間は1.4年と言われており、瀬戸内海の海水の平均滞留時間は0.5年です。



瀬戸内海は陸に囲まれており、河川を通し物質が流入しています。
 瀬戸内海に流入する河川で、1級水系は21水系、2級水系は644水系あります。
 瀬戸内海では、これらの河川から流入する淡水と海面加熱により、流れが比較的弱い湾や灘では夏季に成層が発達します。
 一方、海面が冷却される冬季には、海水は鉛直によくかき混ぜられ鉛直混合します。
 図は夏季の瀬戸内海全域の水温断面図です。
 海峡では等値線が縦になっており、鉛直的に海水が混合していることが分かります。
 これは、海峡部の速い潮流により海水が混ぜられるためです。
 一方、灘では、表層で水温が高く下層で低くなっており、成層が発達しています。
 また、灘の底層には、冷たい海水がドーム状に分布していることが分かります。

瀬戸と灘が作り出す物質輸送



Takeoka (1997)

瀬戸の速い潮流により鉛直に混合された水塊は灘の中層へと輸送され広域に熱や物質が広がる（中層貫入・栄養塩バイパス）

瀬戸内海の地形的な特徴である瀬戸と灘が交互に分布することにより、成層が発達する夏季において、流れの早い瀬戸は、海水が鉛直に混合した混合域となり、流れの遅い灘は、成層が発達した成層域となります。

混合域と成層域の境界には、潮汐フロントと呼ばれる潮目が形成されます。

混合域と成層域の密度の分布を考えると、潮汐フロント域では左図に示すような流れが生じている、と予想されます。

つまり、成層域の表層と下層の水塊は、混合域側へ輸送され、そこで鉛直に混合されます。

その混合された水は、成層域の中層へ貫入します。

この流れにより、成層域の熱や窒素・リンなどの栄養塩もこの経路により輸送されます。

このような成層域と混合域での物質交換が、瀬戸内海の灘と瀬戸の境界のすべての場所で起こっている、と考えられています。

この熱や物質を分配する過程が、生産性の高い豊かな瀬戸内海をつくりあげているのかもしれません。

栄養塩とは？

海では、植物プランクトン増殖に対して
窒素(N), リン(P), シリカ(Si)を除いた栄養物質は十分にある

植物プランクトン増殖に対しN, P,(Si)が不足しがち



栄養塩: NO_3 , PO_4 , $(\text{Si}(\text{OH})_4)$

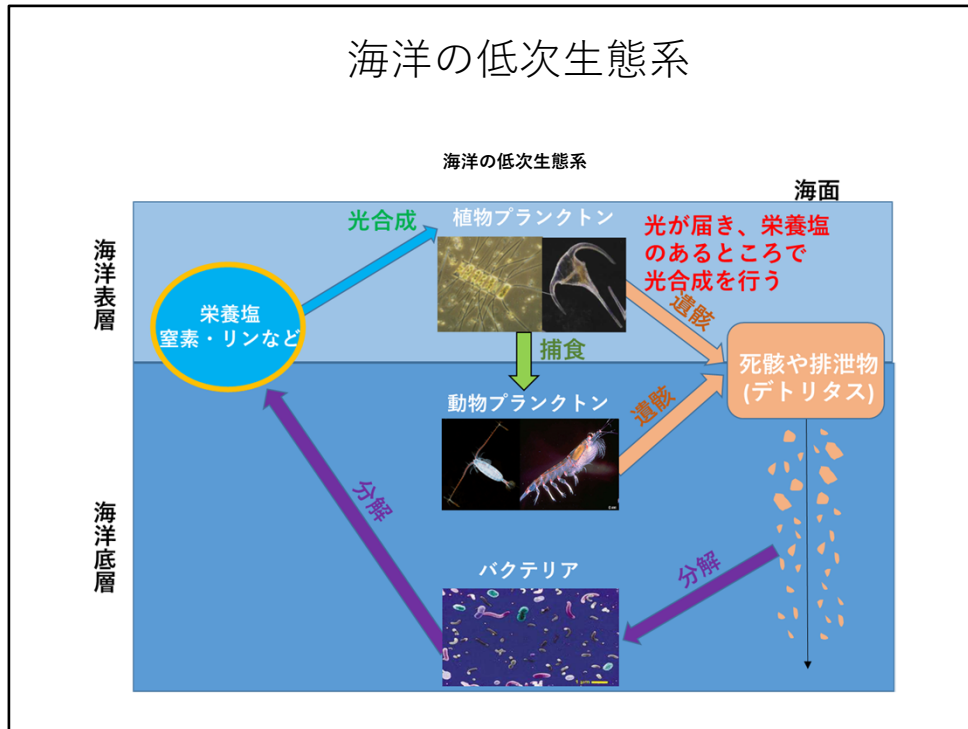
瀬戸内海に流入する河川からは淡水だけでなく、窒素やリンなどの栄養塩と有機物が流入しています。

海洋の植物プランクトンは太陽光と海水中に溶けた栄養塩を利用して光合成を行い増殖します。

植物プランクトンの光合成において、海洋では窒素、リン、シリカが不足しがちです。

瀬戸内海の高い生物生産を支えるメカニズムの理解には、栄養塩を含めた低次生態系の理解が必要です。

海洋の低次生態系



図は、海洋の低次生態系を模式的に示したものです。
 海水中に溶けている栄養塩は植物プランクトンに取り込まれ、光のあたる海洋表層において植物プランクトンは光合成により増殖します。
 植物プランクトンは動物プランクトンに捕食されます。
 植物プランクトンや動物プランクトンの遺骸や排泄物などは沈降し、海水中のバクテリアにより分解され栄養塩へと回帰していきます。

富栄養化

本来は、湖沼の水質の遷移現象を示す言葉（陸水学）。

人間活動の増大などに伴い、窒素やリンが閉鎖性海域に流れ込み、栄養塩濃度が増加し、その結果として植物プランクトンが大増殖（赤潮や貧酸素水塊）。

窒素やリンの流入に伴って引き起こされる水質の悪化現象

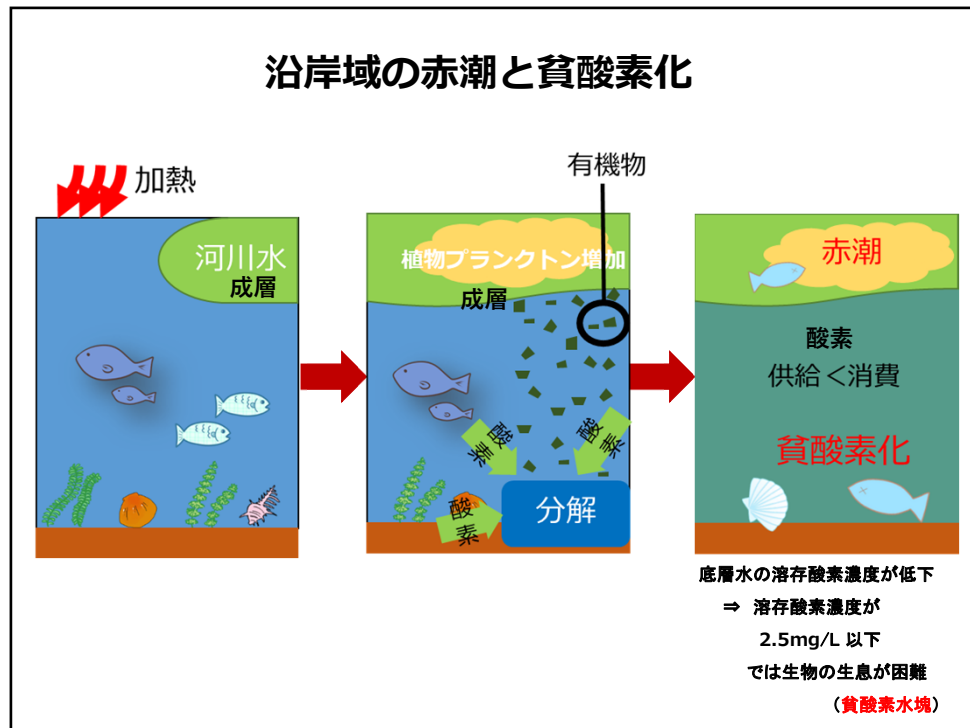


『富栄養化』

閉鎖性海域である瀬戸内海は高度経済成長期に富栄養化

瀬戸内海では、1960年代からの高度経済成長期に、富栄養化が深刻な環境問題となりました。

富栄養化とは、本来は湖沼の水質の遷移現象を示す言葉でしたが、現在では、人間活動に伴う窒素やリンの流入に伴って引き起こされる水質悪化現象を示す言葉となっています。



海域の富栄養化は、赤潮や貧酸素水塊の形成を引き起こします。

海面が過熱され、河川から淡水と栄養塩が流入する夏季の沿岸域を考えてみます。河川水は、海水より軽いため、河川水の流入により、海域では成層が発達します。また、河川水中に含まれる栄養塩は、成層により光のあたる表層にとどまります。その結果、植物プランクトンが増殖します。

河川水に含まれる栄養塩の量が多ければ、植物プランクトンはより増殖します。過度に植物プランクトンが増殖すると、赤潮となります。

表層で植物プランクトンが増加すると、枯死した植物プランクトンが有機物となり、海底へと沈降する量も増加します。

沈降した有機物は、バクテリアにより分解されます。

この時、海水中に溶けている酸素（溶存酸素）が消費され、酸素濃度が低下します。

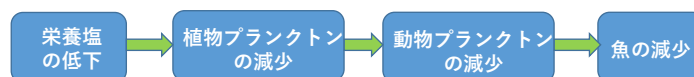
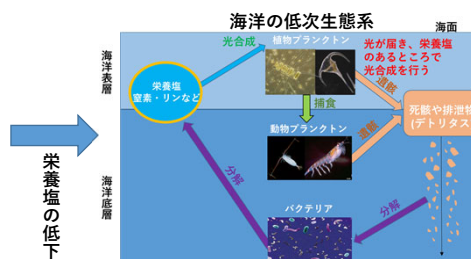
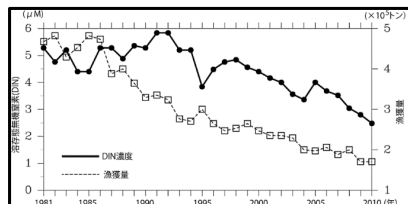
海面は大気と接するため、溶存酸素濃度は高いですが、淡水流入と海面加熱により成層が発達すると、表層から底層へ供給される酸素は減少します。

このような状態になると、底層では溶存酸素濃度が低下し貧酸素化します。溶存酸素濃度が2.5mg/L以下では生物の生息が困難になることから、溶存酸素濃度が2.5mg/L以下の水塊を、貧酸素水塊と呼びます。

貧栄養化と漁獲量低下

漁獲量の減少の原因？

瀬戸内海全域平均のDIN濃度と漁獲量の経年変化
(1981年～2010年)



漁獲量減少の1つの可能性

漁獲量減少の原因として以下の意見もある。

- ・藻場・干潟の消滅、垂直護岸による仔稚魚の育成場の減少
- ・水温上昇による影響

栄養塩濃度は低下したが植物プランクトン量は変化していないとの報告もある。

瀬戸内海の栄養塩循環と植物プランクトンの応答を把握する必要がある。

9

高度経済成長期に、瀬戸内海は富栄養化しました。

瀬戸内海環境保全特別措置法の施行により陸から流入する栄養塩等を削減した結果、瀬戸内海の富栄養化は一部の海域を除き解消されました。

しかし、今度は栄養塩濃度が低下しすぎて瀬戸内海の生物生産が低下しているのではないかとされています。

左上のグラフは1981年～2010年までの瀬戸内海の栄養塩濃度（DIN濃度）と漁獲量の変化を示しています。

これをみると栄養塩濃度も漁獲量も急激に低下していることが分かります。

海洋の低次生態系を考えると、栄養塩濃度が低下すると、光合成に必要な栄養塩が不足するため植物プランクトンが減少、植物プランクトンが減少するとそれを餌とする動物プランクトンが減少、動物プランクトンが減少するとそれを捕食する魚が減少、という変化が起こる可能性があります。

一方で、埋め立てによる藻場・干潟の消滅や海岸を垂直護岸にしたことにより仔稚魚の育成場が消失したことや、地球温暖化に伴う水温上昇が漁獲量低下を引き起こした可能性もあります。

瀬戸内海において栄養塩濃度が低下したのは事実ですが、それが漁獲量の低下を引き起こしたかどうかは現時点では分かっていません。

貧栄養化と漁獲量変化の関係を理解するためには、瀬戸内海における栄養塩循環を定量的に把握する必要があります。

参考文献

- Takeoka (1997) Comparison of the Seto Inland Sea with other enclosed seas from around the world. Sustainable development in the Seto Inland Sea, Japan-From the viewpoint of fisheries, Eds. T. Okaichi and T. Yanagi, 223-247