

有明海・八代海等の環境等変化（貧酸素水塊）

1 貧酸素水塊の発生状況

底層溶存酸素量に関しては、2016年3月に生活環境項目環境基準に追加された。類型及び基準値は、類型生物1が基準値4.0mg/L以上、類型生物2が基準値3.0mg/L以上、類型生物3が基準値2.0mg/L以上であり、今後、海域毎に類型指定の検討が進められることになる。

有明海における主要な貧酸素水塊は、夏季に有明海奥部と諫早湾の2カ所で別々に発生する（図1）。鉛直的には、貧酸素水塊は密度躍層よりも下層に形成され、有明海奥部では湾奥浅海域で特に溶存酸素濃度が低下する。このように浅い海域で貧酸素水塊が発達することは有明海の特徴である（速水，2007）。湾奥で発達した貧酸素水塊はしばしば沖合の中層に広がる。こうした密度成層は主として出水による淡水供給によってもたらされる（速水，2007）。さらに、有明海奥部・諫早湾の貧酸素水塊は潮汐混合の影響を強く受けており、潮流が弱い小潮時に発達しやすい。

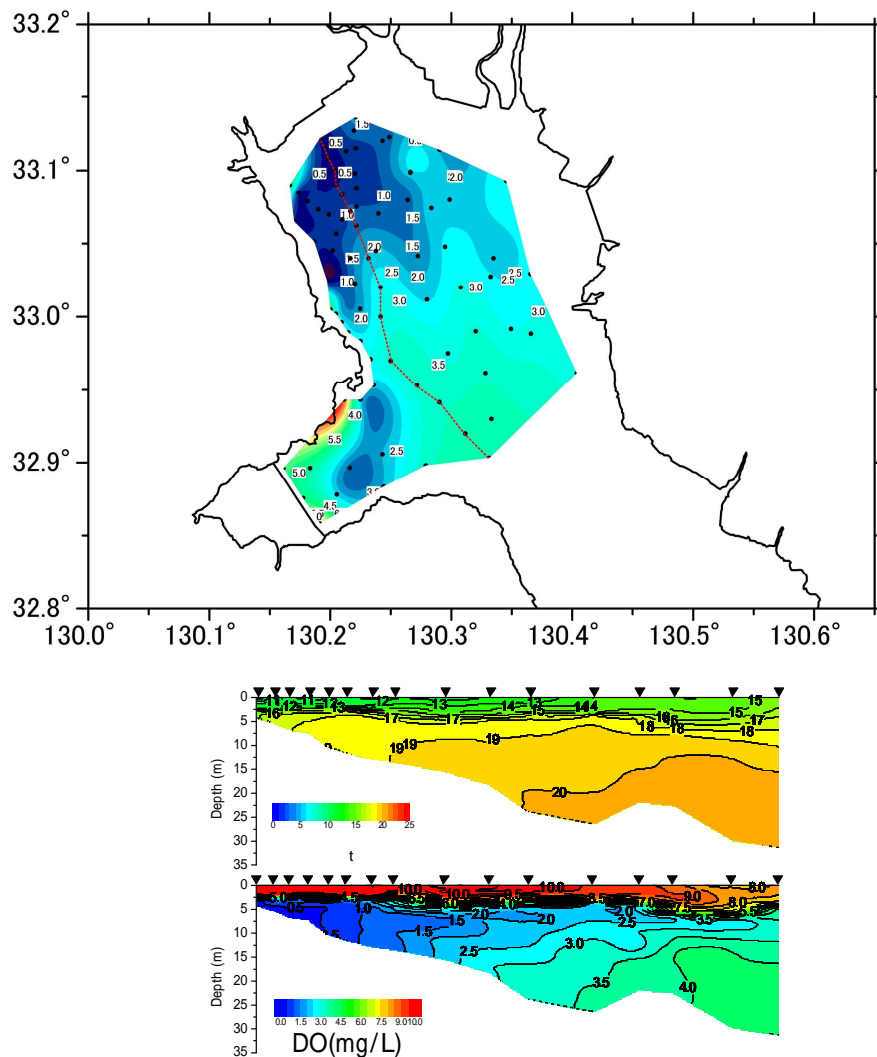


図1 有明海奥部・諫早湾における底層溶存酸素濃度分布と点線に沿った密度・溶存酸素濃度の断面分布（2010年8月4日：西海区水研、佐賀県有明水産振興センター、芙蓉海洋開発、日本ミクニヤ、東京久栄による共同一斉観測）

く、潮流が強い大潮時には緩和あるいは解消することが多い（山口・経塚，2006；速水，2007）。これは、潮流が弱まる小潮時に成層が発達するためである。また、台風などによって強風が連吹した場合にも鉛直混合によって成層が弱まり、貧酸素は緩和あるいは解消する。ただし、成層が強い場合には、数週間にわたって貧酸素化が継続することもある。

有明海奥部における貧酸素水塊発生の模式図を図 2 に示す。有明海奥部では、出水によって大量の淡水が供給されたり、小潮時に潮汐混合が弱まって沖合いから海底に沿って高密度水が進入すると、密度成層が発達する。成層強化によって密度躍層が発達すると、表層から躍層以深への酸素供給が減少する。また、躍層の上ではしばしば赤潮が発達し、赤潮が終息すると大量の有機物が底層に供給され、底泥・底層水の酸素消費が増大する。このようにして急速な貧酸素化が生じる。さらに、底生動物が斃死すると、底質悪化と貧酸素化が進行し、底層水は無酸素状態となる。沖合域（水深 10m 以深）においては、潮汐の影響は浅海域ほど小さくなく、成層が形成されると底泥・底層水の酸素消費により徐々に貧酸素化し、台風等の擾乱が起きるまで底層の溶存酸素濃度が低い状態が持続する。沖合域では浅海域に遅れて貧酸素化が起こり、小潮時に浅海域で形成された貧酸素水塊が移流・拡散しているものと推測される。

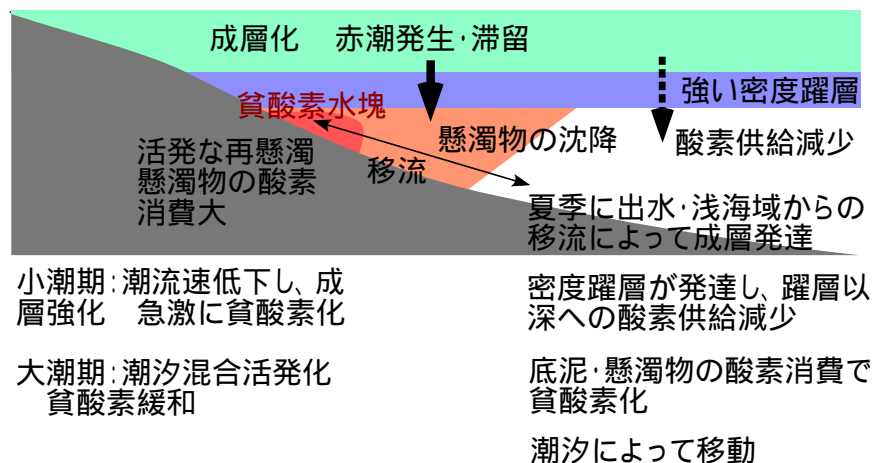


図 2 有明海奥部における貧酸素水塊発生の模式図

上記以外として、有明海に流入する筑後川・六角川の感潮域（図 3）や、福岡県大牟田沖（図 4）、有明海湾口外の橘湾（図 5）での底層溶存酸素量の観測事例を示す。

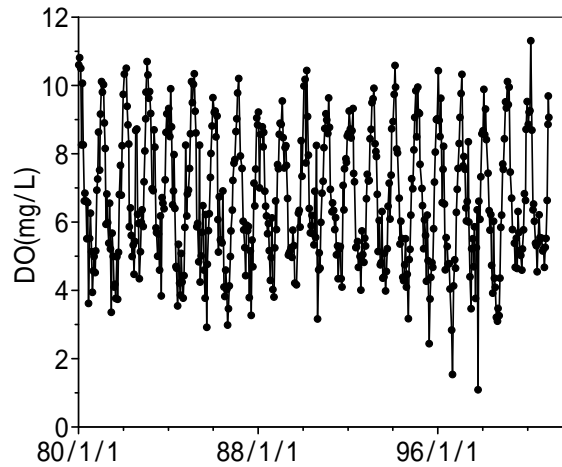


図 3 六角川感潮域における溶存酸素濃度の変動（吉田（2004）を元に作図）

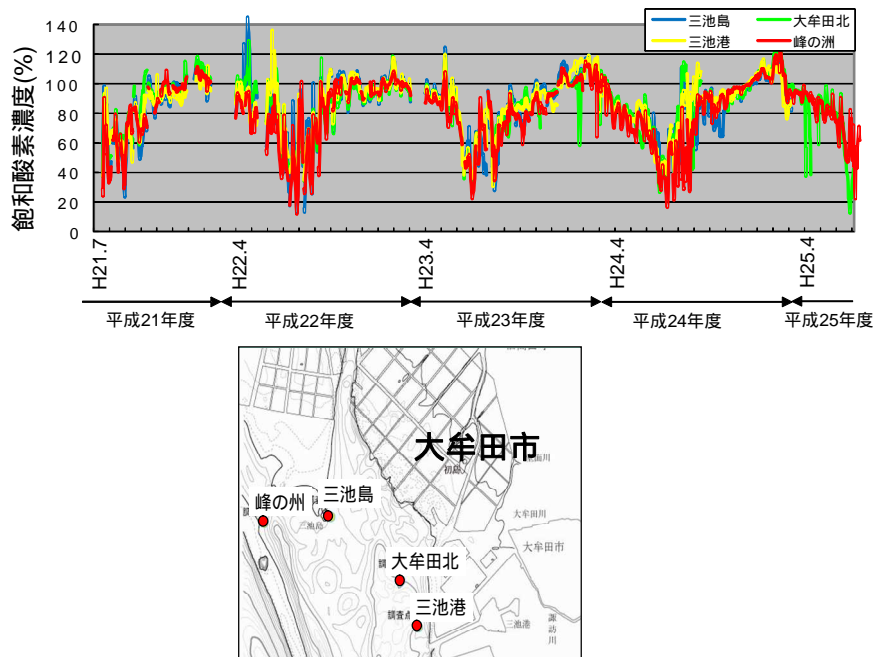


図 4 大牟田沖底上 5cm における溶存酸素の変動（九州農政局委託調査による福岡県観測）

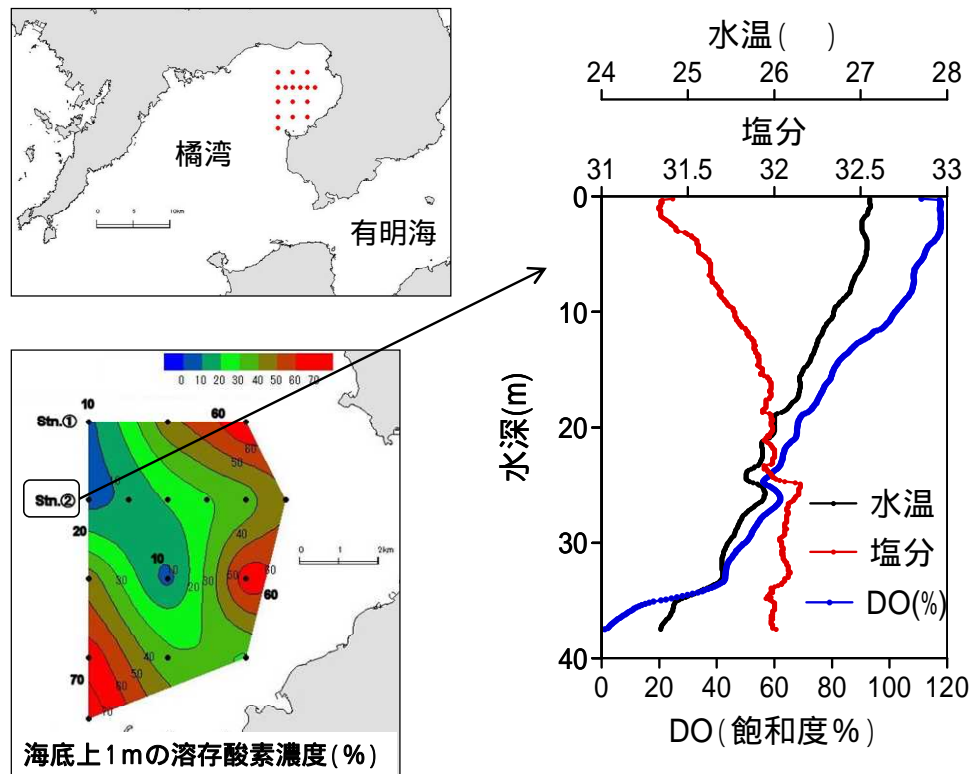


図5 2012年9月13日に観測された橘湾の貧酸素水塊(長崎県総合水産試験場提供)

八代海においても、近年の調査データが蓄積されている。八代海中部においても1989年以降で3mg/L以下の溶存酸素濃度が5回観測、2mg/l以下の溶存酸素濃度が1回観測されている。河川感潮域・大牟田沖・橘湾・八代海の底層溶存酸素量については、有明海奥部・諫早湾と異なって情報が少なく、不明な点が多い。これらのエリアの底層溶存酸素量に起因する漁業被害の報告はない。

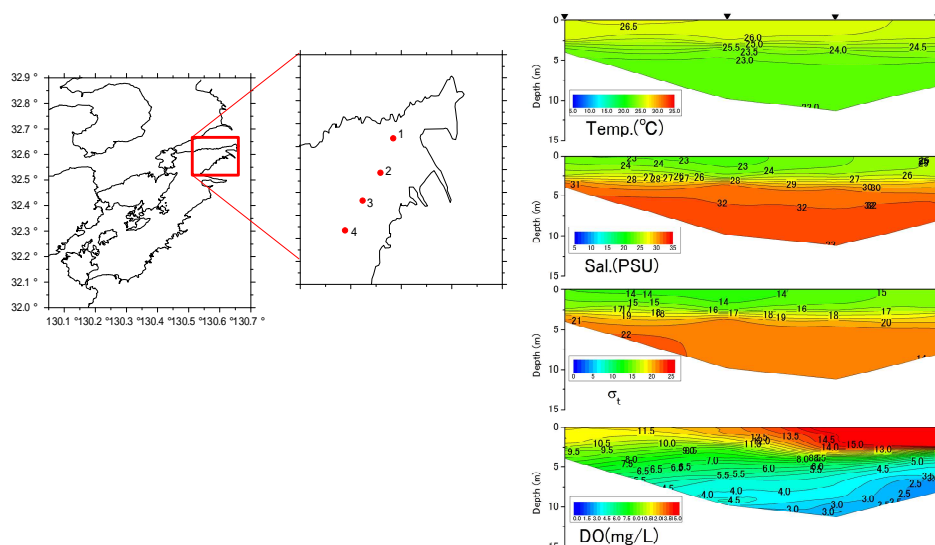


図6 2013年7月2日に観測された八代海奥部の水温・塩分・密度、溶存酸素濃度の鉛直断面(熊本県水産研究センター定期観測結果)(長崎県総合水産試験場提供)

2 貧酸素化に関わる酸素消費特性

海域の酸素消費が大きく、酸素供給を上回るようになると貧酸素化が進行する。底層水中の酸素消費には底泥と海水それぞれによる酸素消費が影響するが、有明海奥部の場合、底泥に比べて海水による酸素消費の寄与が大きい。西海区水産研究所が有明海奥部で行った 10 回の実験では、全酸素消費速度は $0.28 \sim 1.39 \text{ mg/L/day}$ の範囲にあり、平均するとそのうち海水による寄与が 70%、底泥による寄与が 30%であった（西海区水産研究所，2009）。海水による酸素消費のうちでは、懸濁物による酸素消費が大きい。阿部ら（2003）は、酸素消費と SS 濃度に良い相関があることを示し、夏季の有明海奥部の底上 5m の層では海水自体の酸素消費速度 $1.32 \text{ (g/m}^3\text{/day)}$ に対して、懸濁物による酸素消費速度が $2.56 \text{ (g/m}^3\text{/day)}$ になることを示している。さらに、児玉ら（2009）は、懸濁物の有機安定同炭素位体比および炭素窒素比と酸素消費速度を比較することにより、海域起源の有機物量が多いほど酸素消費速度が大きくなることを示した。これらの結果は、有明海の貧酸素水塊発達に対しては、植物プランクトンなど海域で生産された有機物分解の影響が大きいことを示している。また、有明海奥部西部・諫早湾では、浅い海域ほど表層堆積物中の有機物含量が多く（岡村ら，2006）、浅海域で貧酸素水塊が発達する原因の 1 つと考えられる。

3 貧酸素の経年変動特性

有明海奥部における貧酸素水塊は小潮時に発達する傾向があるが、2000 年以前の有明海では小潮時の底層溶存酸素濃度調査はほとんど行われていなかった。有明海奥部で広域的に貧酸素水塊が発生していることが初めて発見・報告されたのは 2001 年である（村上ら，2001）。その後、木元ら（2003）は 2002 年に諫早湾で貧酸素水塊が発生したことを報告し、2003 年には堤ら（2007）が有明海奥部で貧酸素水塊を観測した。2004 年からは西海区水産研究所によって有明海奥部において底層溶存酸素濃度の連続観測が実施されているが、この結果によると、濃度低下の程度や継続期間には年による違いがあるものの、2004 年から 2015 年までの 12 年のうち、全ての年で最低値が 3 mg/l を下回っており、うち 11 年については 2 mg/l を下回っている。（図 7）。 3 mg/L 以下を貧酸素と便宜的にした場合の、各年の 7 月～9 月の貧酸素の累積時間を経年的に比較すると、2005 年から 2015 年までの 11 年間では 2006 年が貧酸素の期間がもっとも長い年であった。2012 年がそれに次ぐ。一方で、2013～2015 年には比較的貧酸素累積時間は短かった（図 8）。

● 西水研連続観測 ◆ 佐賀県浅海定線

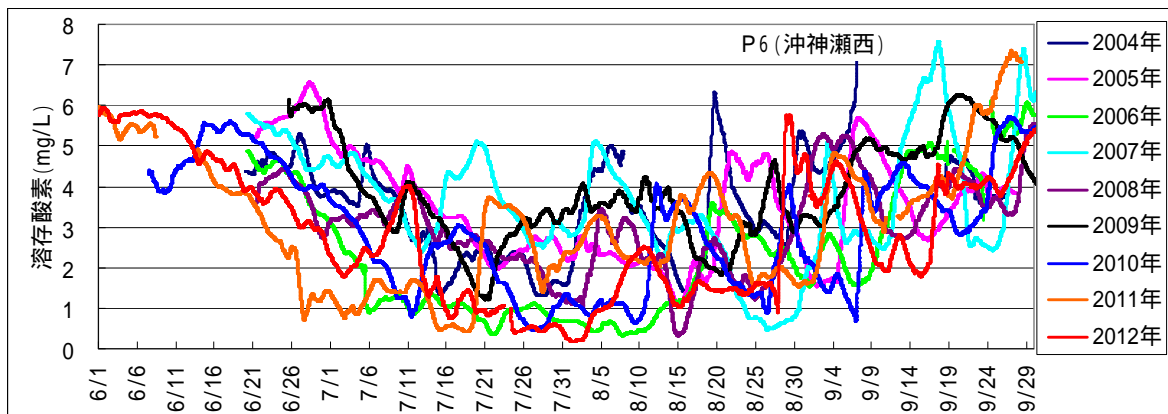
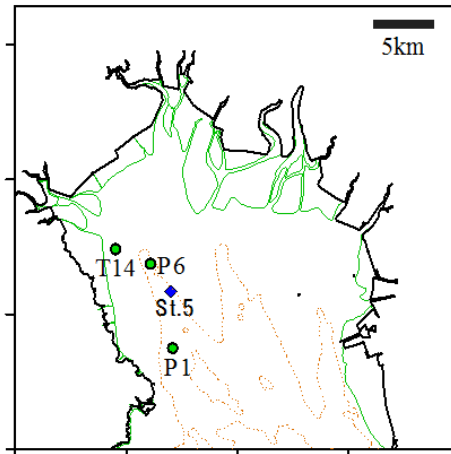


図 7 有明海奥部の定点 P6 底上 0.2m における溶存酸素濃度変動の経年変化(西海区水産研究所提供)

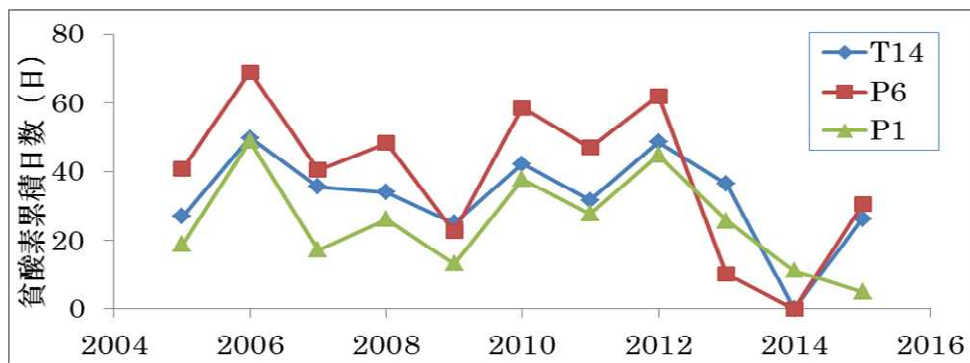


図 8 有明海奥部の定点 T14・P6・P1 の底上 0.2m における貧酸素累積日数(3mg/L 以下) の経年変化 (西海区水産研究所提供)

文献

- 徳永貴久ほか（2009）：有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の形成特性．土木学会論文集 B2（海岸工学），65，1011-1015．
- 速水祐一（2007）：有明海奥部の貧酸素水塊．海洋と生物，173，577-583．
- 山口創一・経塚雄策（2006）：諫早湾における貧酸素水塊形成機構．海の研究，15，37-51．
- 吉田賢二（2004）：有明海佐賀県海域に流入する主要河川感潮域における水質環境の長期変動．佐賀県有明水産振興センター研報，22，81-89．
- 西海区水産研究所（2009）：平成 20 年度環境省請負業務「有明海貧酸素 水塊発生機構実証調査」報告書．
- 阿部淳ほか（2003）：有明海西部海域における高濁度層の形成と酸素消費過程．海岸工学論文集，50，966-970．
- 児玉真史ほか（2009）：夏季の有明海奥部における基礎生産速度と有機懸濁物質の分解特性．土木学会論文集 B2（海岸工学），65，1006-1010．
- 岡村和磨ほか（2006）：有明海奥部と諫早湾における表層堆積物中の有機物の分布と有機炭素安定同位体比．15，191-200．
- 柳哲雄（2004）：貧酸素水塊の生成・維持・変動・消滅機構と化学・生物的影響．海の研究，13，451-460．
- 村上哲生ほか（2001）：有明海奥部における底層の溶存酸素濃度（速報）．
http://www.nacsj.or.jp/old_database/isahaya/isahaya-010817-hokoku.html．
- 木元克則ほか（2003）：有明海における溶存酸素分布．月刊海洋，394，261-265．
- 堤裕昭ほか（2007）：有明海奥部における夏季の貧酸素水発生域の拡大とそのメカニズム．海の研究，16:183-202．