

貧酸素条件下におけるマナマコ稚仔の生残について - I

福元 亨・重久剛佑

Survival rates of juvenile sea cucumber *Stichopus japonicus* under hypoxic conditions

Toru FUKUMOTO and Kohsuke SHIGEHISA

キーワード：マナマコ稚仔，貧酸素耐性，半数致死時間，

マナマコは、佐賀県玄海地区における重要な水産資源の一つであり、佐賀県玄海水産振興センター（以下、当センターと略す）では、100万個水準でマナマコ種苗を生産し、放流用として配布している。

マナマコ種苗の放流先の一つである唐津市大浦浜地先では、1996年まで8年間休止状態だったマナマコ漁獲量が2009年から2012年にかけては年間4～6トンに増加したものの、2013年には夏季の貧酸素水塊の影響と考えられる漁獲量の減少がみられている¹⁾。

本報では、放流サイズのマナマコ稚仔の貧酸素耐性を明らかにするため、河口ら²⁾が2013年夏季に大浦浜地先で発生した極度の貧酸素水塊の調査結果を参考に、室内において貧酸素海水を調製した後、マナマコ稚仔を用いて暴露試験を行なったので報告する。

なお、本報では溶存酸素濃度（以下、D0とする）10%未満の場合を極度の貧酸素（以下、貧酸素と略す）として記載している。

材料および方法

（予備試験） 貧酸素海水の調製・維持

貧酸素水への暴露試験を行うにあたって、貧酸素海水の調製及び試験期間中貧酸素の維持が可能な容器等の実験系の検討を行った。

暴露試験に用いた貧酸素海水は、1000ポリカーボネート水槽にオートクレーブで滅菌した海水800を入れ、その中に窒素ガスを20～30分程度封入し、D0が蛍光式D0メーター（Pro ODO, YSI社製）を用いて10%以下となるよう調製した。また、水温は25℃になるように空調で調整した。

試験に用いる容器は、溶存酸素濃度の著しい変化を防ぐため、密閉性の高い250mlメディウム瓶（PYREX製）（以下、試験瓶と略す）を選定した。

1000ポリカーボネート水槽内において試験瓶に貧酸素海水を入れ、密閉性が少しでも高まるように、試験瓶を反転し、そのまま1000ポリカーボネート水槽内に浸漬した（図1）。

浸漬後、24時間後および72時間後に試験瓶内のD0を測定し、貧酸素状態が維持されているか確認した。



図1 貧酸素海水暴露試験の状況

（実験1） 暴露試験1

貧酸素海水への暴露時間を、1時間後、2時間後、4時間後と8時間後の4段階で設定し、貧酸素水が稚マナマコに及ぼす影響を調べた。

試験には、当センターで2018年に生産した体長10～20mm程度のアオナマコ稚仔（0.09～0.38g）を用いた。貧酸素海水に暴露した後のマナマコ稚仔の状況を図2に示す。



図2 貧酸素海水に暴露した稚マナマコ

試験瓶に調製した貧酸素海水とマナマコ稚仔5個体を入れ、予備試験と同様に100ℓポリカーボネート水槽内に浸漬した。

また対照区として、同じ試験瓶内に通常海水(DO 84.0%)とマナマコ稚仔5個体を入れた区(以下、対照区)を設けた。

なお、この試験は、試験瓶を一度開封すると瓶中DOの変動が想定されることから、一度開封した試験瓶はそれ以降使用しない、いわゆる非復元方式で実施した。

飼育水温は、2013年夏季に大浦浜地先で貧酸素水塊が発生した期間の水温を想定し、28℃になるように空調で調整した。

生残状況の確認は、試験区ごとに設定した暴露時間が経過した時点で、試験瓶からマナマコ稚仔を取り出し、通常海水に移した後の状態で判断した。その際、横臥したまま、または突いて反応がないものはへい死とした。

(実験2) 暴露試験2

実験1において、通常海水に移した直後にへい死する個体が確認できなかったことから、貧酸素海水への暴露時間を延長し、1時間後、4時間後、8時間後、12時間後、16時間後、20時間後と24時間後の7段階で設定し、貧酸素水がマナマコ稚仔に及ぼす影響を調べた。

容器は実験1と同じ試験瓶を使用し、同じ方法で収容した。

試験には、当センターで2018年に生産した体長10mm程度のアカナマコ稚仔(0.04~0.11g)を用いた。

また対照区として、同じ試験便内に通常海水(DO 97.5%)にマナマコ稚仔を入れた区を設けた。

飼育水温は、2013年夏季に発生した貧酸素の際と同程度の水温26℃になる様に空調で調整した。

生残状況の確認方法は実験1と同様とし、加えて通常海水に移した4時間経過後にも生残状況を確認した。

結果および考察

(予備試験) 貧酸素海水の調製・維持

予備試験に用いた貧酸素海水の実験開始時のDOは8.5%, 0.69mg/lであった。その調整海水の24時間後及び72時間後のDOを図3に示す。

試験期間中の水温は25.2~25.4℃であった。

今回採用した試験瓶を用いることで、72時間経過後もDOが10%未満の貧酸素状態を維持可能であり、数日間に亘る貧酸素暴露試験が実施可能な実験系であることを確認できた。

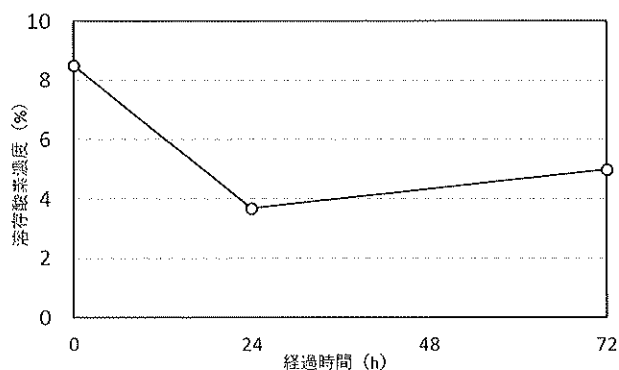


図3 貧酸素調整海水のDOの変化

表1 暴露時間ごとの稚ナマコの生残状況(実験1)

貧酸素暴露時間(h)	1h	2h	4h	8h	12h後
へい死確認	直後	直後	直後	直後	12h後
へい死個体	0/5	0/5	0/5	0/5	5/5
生残率(%)	100	100	100	100	0

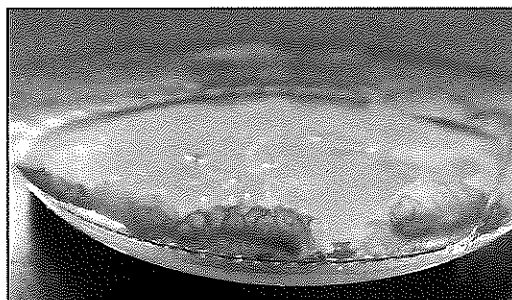


図4 へい死した稚ナマコ

(実験1) 暴露試験1

試験期間中の水温は27.2~29.6℃であった。

暴露時間ごとのマナマコ稚仔の生残状況を表1に示す。

暴露時間が1時間から8時間まで、通常海水に移した直後のへい死個体は確認されなかったものの、暴露時間8時間の個体を通常海水に移してから12時間経過後に生残状況を確認したところ、全てへい死していた。へい死個体は、全体的に縮み、色素が抜け透明になっていた(図4)。通常海水に移してからしばらくしてへい死が確認されたのは、8時間の貧酸素暴露直後は辛うじて生きていたものの、生体内に深刻なダメージを受けていたためと考えられる。

また、マナマコ稚仔は暴露直後から、周口触手を大きく張り出す行動が目立った。山元³⁾によると、この行動は呼吸運動の調節ばかりではなく、触手を出して体表面積を増大させることによっても酸素摂取の効率を上げるように調節しているとしている。

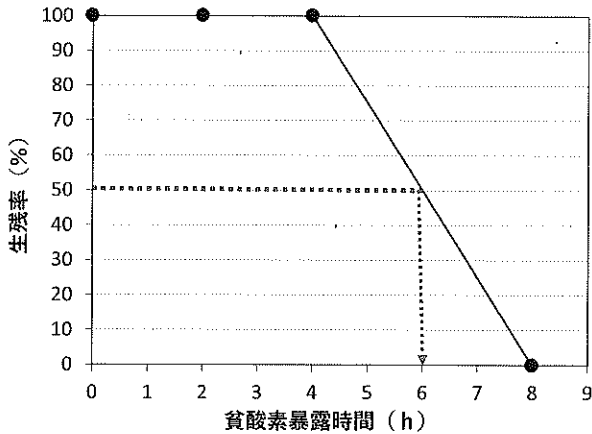


図5 暴露時間と生存率の関係 (実験1)

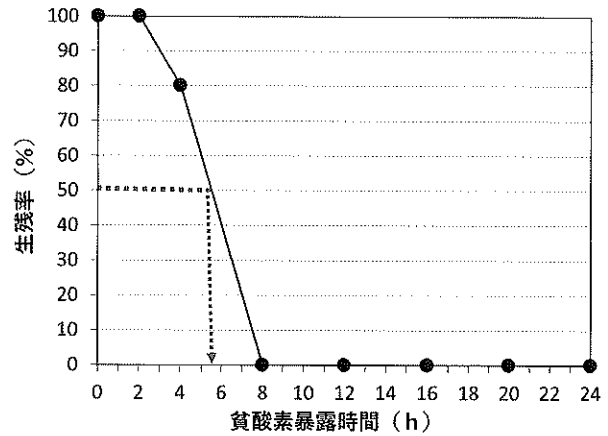


図6 暴露時間と生存率の関係 (実験2)

表2 暴露時間ごとの稚ナマコの生存状況 (実験2)

貧酸素暴露時間(h)	1h		4h		8h		12h		16h		20h		24h	
	直後	4h後	直後	4h後	直後	4h後	直後	4h後	直後	4h後	直後	4h後	直後	4h後
へい死確認														
へい死個体	0/5	0/5	0/5	1/5	4/5	4/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
生存率(%)	100	100	100	80	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0

暴露時間と生存率の関係を図5に示した。生存率は、暴露時間4hと8hの間で極端な低下がみられた。この関係性から、半数致死時間は6時間と推定された。

また、対照区においてへい死個体は確認されなかった。

(実験2) 暴露試験2

試験期間中の水温は26.8～27.4℃であった。

暴露時間ごとのマナマコ稚仔の生存状況を表2に示す。

暴露時間が1時間ではマナマコ稚仔に影響がないと考えられるものの、暴露時間が4時間以上になるとへい死個体を確認されるようになり、8時間以上では80%、12時間以上になるとすべてへい死した。また実験1のように、へい死個体が通常海水に移した直後に比べ、その後増加したのは暴露時間が4時間であった試験区の1個体のみで、その他に生存率の変動はなかった。

暴露時間と生存率の関係を図6に示した。

生存率は、実験1と同様に、暴露時間4時間と8時間の間で極端な低下がみられた。この関係性から、半数致死時間は5.5時間と推定された。

また、対照区においてへい死個体は確認されなかった。

今回実施した実験1および2の結果から、水温26、28℃、D0が10%の条件下で、体長約10mmのマナマコ稚仔5個体ずつで室内試験を行ったところ、5.5～6時間で半数がへい死し、8時間後には全滅した。極度の貧酸素状態が

5～6時間継続すれば、マナマコ稚仔の生存に影響を及ぼすことが明らかになった。

貧酸素が生物に与える影響については、丸茂ら⁴⁾により文献情報のとりまとめが行われており、比較的貧酸素に強い貝類を除くと、酸素濃度が3.0ml/L (4.29mg/L) 以下になると何かしらの影響が出てくることが推測されている。これは、今回用いたD0に換算すると、55%相当の濃度であることから、大浦浜地先で発生したD010%以下という極度の貧酸素がいかにか生物にとって厳しい環境条件であったかが想像できる。

また、荒巻ら⁵⁾は、2010年夏季の有明海において、低塩分の影響や10日間ほぼ無酸素に近い状況が続いたことで、タイラギの大量へい死が発生したことを報告している。比較的、貧酸素に強いとされている貝類でも長期にわたる極度の貧酸素はへい死に至る可能性が高い。これらのことから、2013年夏季に大浦浜地先の底層のD0が10%未満で8日間続いた極度の貧酸素は、その海域に生息していたマナマコに対し大きなダメージを与えたものと推察される。

マナマコの種苗生産時のコペーダ除去法として、野口・野田⁶⁾は、炭酸ガス通気海水によるマナマコ稚仔への影響試験を行い、炭酸ガスの使用は好ましくないとの報告をしている。本報では、窒素ガスを通気することで貧酸素水を調製したが、炭酸ガスの通気も溶存酸素については同じ原理であることから、炭酸ガス自体ではなく、溶存酸素濃度の低下がマナマコ稚仔に影響を及ぼしている可能性は十分

に考えられる。

以上のことを踏まえ、今後のマナマコ稚仔の放流は、貧酸素が発生しやすい時期や場所を避けることが重要である。現在大浦浜漁協で実施されているマナマコ種苗の放流については、大浦浜地先の広範な範囲に放流されており、危険分散され、貧酸素対策にもつながっているものと考えられる。

文 献

- 1) 永瀬りか・金丸彦一郎(2019)：唐津市大浦浜地先におけるマナマコ増殖と漁獲量との関係。佐玄水振セ研報, 9, 1-4.
- 2) 河口真弓・西山嘉乃・野口浩介・吉田幸史・藤崎 博・寺田雅彦・明田川貴子・江口泰蔵(2014)：伊万里湾佐賀県海域における *Heterocapsa circularisquama* 赤潮および貧酸素水塊の発生による養殖マガキのへい死への影響。佐玄水振セ研報, 7, 57-64.
- 3) 山元憲一(1992)：マナマコの酸素消費に及ぼす低酸素と水温の影響。水産増殖, 40 (3), 313-316.
- 4) 丸茂恵右・横田瑞郎(2012)：貧酸素水塊の形成および貧酸素の生物影響に関する文献調査。海生研研報, 15, 1-21.
- 5) 荒巻 裕・大隈 斉(2011)：有明海佐賀県海域で2010年夏季に発生したタイラギ1歳貝の大量斃死について。佐有水研報, 25, 1-7.
- 6) 野口浩介・野田進治(2013)：炭酸ガス通期海水を用いたコペポータ除去法の開発。佐玄水振セ研報, 6, 15-20.