

銅イオン濃度が介類の生残に及ぼす影響について (新養殖管理技術開発試験)

佐多忠夫・吉里文夫

1. 目的

沖縄県内で魚類養殖が本格的に行われるようになり、20年以上が経過した。その間、養殖経営体は増加し、養殖生産額が7億円以上になった年もあったが、ここ2、3年は2～3億円で低迷している。近年養殖の増加に伴い、魚病の発生により養殖魚の死亡が多発し、養殖生産金額の減少の1要因になっている。このような魚病の予防や治療に銅イオンの使用が検討され、金城ほか(2006)はヤイトハタの海面養殖イセスで銅イオンの発生装置を使用している。また、県内のクルマエビ養殖場でも病気の対策のため、銅イオン発生装置を養殖池に設置しているところもある(玉城, 2007)。

このように、県内の海面生け簀や一部のクルマエビ養殖場で魚病の発生を押さえるために銅を利用する動きがある。しかし、山本(1979)は、「銅はヒトに対しては毒性が低く、中毒症状はほとんどみられないが、水生生物に対しては強い毒性を示す」としている。

そこで、今回は、水生生物に対する銅による毒性を把握するために、県内で種苗生産され、養殖あるいは増殖ため放流しているヒレジャコ、シラヒゲウニ、タカセガイに対して銅イオンの濃度別飼育試験を実施し、生残率を比較した。

2. 材料及び方法

1) ヒレジャコ生残試験

試験1：試験には、沖縄県水産試験場八重山支場で生産されたヒレジャコを用いた。銅イオン濃度100, 50, 25, 12.5ppbの試験区とコントロールとして生海水区を設定した。試験には500ℓのパナライトを用い、各パナライトには飼育カゴを2個ずつ設置し、30個/カゴのヒレジャコを入れた。銅イオン濃度別の生残率は、Tukeyの方法による多重比較やT検定

による統計検定を行った。

写真1に飼育水槽の状況を示した。銅イオン発生装置(和光技研社製)を1,000ℓの黒色のアルテミアふ化槽に入れ、銅イオン濃度が100ppbになるように電流と給水量を調節し、銅イオン源水とした。このふ化槽から各500ℓのパナライトに銅イオン源水を注入し、飼育水が設定した銅イオン濃度になるように、その注入量と生海水の注入量を調整した。

銅イオンの測定は2～3日に1回、ポリフィン法で島津製作所製の紫外線分光光度計UV-160を用いて比色分析を行った。

各飼育槽の水温は基本的には毎日行うようにしたが休日等により測定できない日もあった。

供試したヒレジャコの殻長は8.4～16.2mmの範囲で、平均11.5mmであった。試験期間は2005年9月27日～10月11日までの14日間であった。



写真1 ヒレジャコの銅イオン試験状況

試験2：試験1において、銅イオン濃度は12.5ppb以上に設定したが、ヒレジャコの生残期間が短期間であり、銅イオン濃度が高かったと考えられた。そこで、試験2では、銅イオン濃度を10ppb以下に試験区を設定した。試験2は試験1と同様の装置を使用

し、銅イオン源水は10ppbに調整した。銅イオン濃度は10ppbと5ppbそしてコントロールとして生海水を使用した試験区を設定し、各試験区には、2個のカゴ設置し、17個/カゴのヒレジャコを入れた。供試シヤコガイの殻長は9.3～22.2mmの範囲で、平均14.7mmであった。試験期間は2005年11月11日～12月2日までの21日間であった。銅イオンの測定方法および生残率の比較検定方法はヒレジャコ生残試験1に準じた。

2) タカセガイ生残試験

タカセガイ飼育試験は、銅イオン濃度40, 20, 10, 5ppb区とコントロールとして生海水区を設定した。試験区の銅イオン濃度の設定方法はヒレジャコ飼育試験に準じ、銅イオン源水を40ppbに調整した。各試験区には2個の飼育カゴを入れ、30個/カゴのタカセガイを収容した。タカセガイの殻径は平均13.6mmで範囲は11.1～18.5mmであった。試験期間は2006年1月11日～2月8日までの28日間であった。供試したタカセガイは沖縄県栽培漁業センターで種苗生産したものを入手した。銅イオンの測定方法および生残率の比較検定方法はヒレジャコ生残試験1に準じた。

3) シラヒゲウニ生残試験

シラヒゲウニ飼育試験は、銅イオン濃度20, 10, 5ppbの区とコントロールとして生海水区を設定した。試験区の銅イオン濃度の設定方法はヒレジャコ飼育試験に準じ、銅イオン源水を40ppbに調整した。各試験区には2個の飼育カゴを入れ、23個/カゴのシラヒゲウニを入れた。シラヒゲウニの殻径は平均76.4mmで範囲は56.6～97.5mmであった。2006年2月17日～3月17日までの28日間であった。供試したシラヒゲウニは漁業者から入手した。銅イオンの測定方法および生残率の比較検定方法はヒレジャコ生残試験1に準じた。

3. 結果及び考察

1) ヒレジャコ生残試験

試験1：ヒレジャコの銅イオン濃度別の生残状況を図1に示した。100, 50, 25, 12.5ppbの試験区は、それぞれ試験開始から2, 3, 7, 15日後に生残率が0%になり、生海水区は24日後でも96.7%と93.3%

であった。ヒレジャコは銅イオン濃度が高くなるにつれて、生残期間も短くなった。ヒレジャコは銅イオン濃度が約10ppb以上ではほぼ2週間で死亡すると考えられた。

100, 50, 25, 12.5ppbに設定した区と生海水区の銅イオン濃度の測定値の平均値（最低～最高）はそれぞれ、99(91～105), 43(39～46), 18(15～20), 9(7～13)ppbと0(0～0)ppbであった。50ppb区と12.5ppb区が設定した濃度より測定平均値が多少低かった。

100, 50, 25, 12.5ppb区と生海水区の各飼育槽の水温の平均値（最低～最高）はそれぞれ、27.8(25.9～29.3), 28.4(27.7～29.4), 28.5(28.0～29.5), 28.6(27.8～29.6)℃と28.4(27.8～29.6)℃であった。

試験2：ヒレジャコの生残状況を図2に示した。試験開始後経過14日後の生残率は、10ppb区が47.1%と64.3%, 5ppb区が88.2%と94.1%, 生海水区が100%と100%であり、試験終了時の21日後目は10ppb区が5.9%と0%, 5ppb区が76.5%と70.6%, 生海水区が100%と100%であった。

10ppbと5ppbに設定した区と生海水区の銅イオン濃度の測定値の平均値（最低～最高）は、それぞれ11(5～23)ppb, 5(3～12)ppbと0.9(0～3)ppbであり、8日後と10日後に10ppb区が18ppbと23ppbに、5ppb区が8ppbと12ppbにと銅イオン濃度が設定値より上昇することがあった。試験期間を平均すると、銅イオン濃度は設定値に近い値であった。

10, 5ppb区と生海水区の各飼育槽の水温の平均値（最低～最高）はそれぞれ、23.3(21.8～25.9), 23.4(21.9～26.0)℃と23.5(22.0～26.1)℃であった。

ヒレジャコは、試験1において銅イオン濃度が12.5ppb以上の試験区は15日後までには生残率が0%になり、生海水区の生残率が96.7%と93.3%になった。試験2において、20日後に生残率は、10ppb区では5.0%と9.0%になり、5ppb区では70.6%と76.5%, 生海水区では100%と100%であった。

試験1において、各試験区間で2日後および7日後の生残率の多重比較を行った。2日後は生海水区と12.5ppb区では有意な差が認められなかったが、これら両区と25, 50, 100ppb区の間で有意な差($P<0.05$)が認められた。7日後では、生海水区が12.5ppb区と

と25ppb区間で有意な差($P<0.05$)が認められ、12.5ppb区と25ppb区間では有意な差認められなかった。

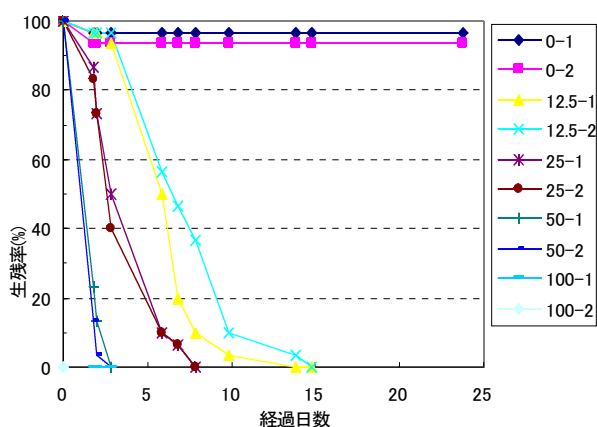


図1 銅イオン濃度別の生残状況（試験1）

10-1：銅イオン濃度-カゴ番号，0：生海水を示す

試験2において5, 6, 14, 17日目の生残率の多重比較では、5日目は生海水区、5ppb区、10ppb区の各試験区間で有意な差はなく、6日後と14日後では、生海水区と5ppb区で有意な差はないが、この両区と10ppb区の間で有意な差($P<0.05$)があり、17日後は各試験区間で有意な差($P<0.05$)が認められた。これらのことから、飼育水の銅イオンの濃度が約10ppb以上になると、銅イオンはヒレジャコの生残に大きな影響を与えると考えられた。また、飼育期間が長くなると生海水区と5ppb区の生残率に有意な差が認められたことから、銅イオン濃度が5ppbでも飼育期間が長期にわたると、ヒレジャコの生残に悪影響を与えると考えられた。

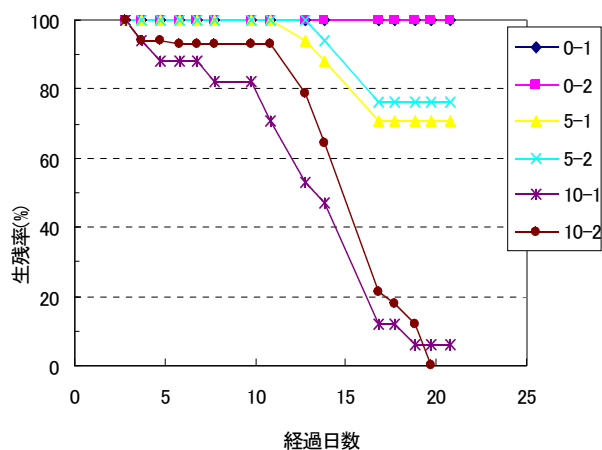


図2 銅イオン濃度別の生残状況（試験2）

10-1：銅イオン濃度-カゴ番号，0：生海水を示す

試験1においての12.5ppb区の測定銅イオン濃度の平均は9 (7~13) で水温約28℃で、平均殻径（分散）が11.6 (2.07) mmであり、試験2において10ppb区の測定銅イオン濃度の平均は11 (5~23) ppbで水温約23℃で平均殻径14.5 (9.22) mmあり、14日後の生残率は後者の試験区 (47.1%と64.3%)が前者 (3.3%と0.0%)より高かった。両者の間で測定した銅イオン濃度の平均は大きな差はなかったが、水温で約5℃の差がみられ、平均殻径がWelchの検定で有意な差 ($P<0.05$)が認められた。水生生物の銅の体内への取り込み量は、水温上昇によって増加し、毒性が強くなる（山本，1979）ことから、今回の両者の生残率の違いは、飼育水温の差や殻径の違いによる影響が考えられたので、今後、水温別や殻径別の生残試験も必要であろう。

2) タカセガイの生残試験

銅イオン濃度別のタカセガイの生残状況を図3に示した。生残率は40ppb区が飼育開始6日後に20ppb区が9日後に0%なり、28日後に10ppb区が66.7%と53.3%，5ppb区が100.0%と90.0%，生海水区が100.0%と100.0%であった。タカセガイは40ppb区と20ppb区が5ppb・10ppbや生海水区に比較して短期間で全滅し、銅イオン濃度が低くなるにつれて生残率が高くなった。

5ppb区、10ppb区、生海水区の28日後の生残率の多重比較を行った結果、5ppb区と生海水区の間では有意な差が認められないが、両者と10ppb区の間で有意な差が認められた ($p<0.05$)。

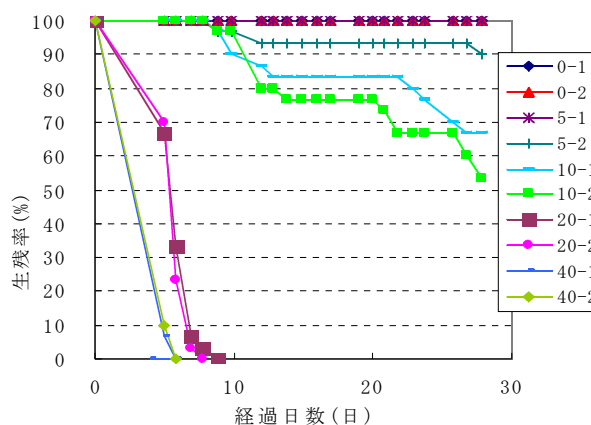


図3 タカセガイの銅イオン濃度別生残状況

10-1：銅イオン濃度-カゴ番号，0：生海水を示す

タカセガイは、銅イオン濃度が20ppb以上では悪影響を受けて短期間で死亡し、10ppbでは飼育期間が長くなるにつれて悪影響を受け、生残率が低くなるが、5ppbでは生残率に大きな影響を与えないと考えられた。

40, 20, 10, 5ppb区と生海水区の飼育水の銅イオン濃度の測定の平均値（最低～最高）は、それぞれ34.5(31～35), 22.6(18～30), 10.9(8～14), 4.8(2～9)ppbと0.2(0～1)ppbであった。

40, 20, 10, 5ppb区と生海水区の各飼育槽の水温の平均値（最低～最高）はそれぞれ20.4(18.1～22.6), 20.4(18.1～22.6), 20.4(18.1～22.6), 20.4(18.1～22.7)℃と20.4(18.3～22.6)℃であった。

3) シラヒゲウニの生残試験

銅イオン濃度別のシラヒゲウニの生残状況を表4, 図4に示した。生残率は、20ppb区が飼育日数5日後に、10ppb区が10日後に0%となり、5ppb区が21日後に91.3%と95.7%そして28日後に60.9%と87.0%になり、生海水区が21日後に82.6%と82.6%, 28日後に78.3%と69.6%であった。

各試験区間で5日後と10日後の生残率の多重比較を行った。5日後では生海水区, 5ppb区, 10ppb区, 20ppb区のすべての間で有意な差が認められた ($p<0.05$)。10日後は生海水区と5ppb区は有意な差がないが、この両区は10ppb区と有意な差が認められた ($p<0.05$)。28日後の生海水区と5ppb区の間で生残率に有意な差は認められなかった。

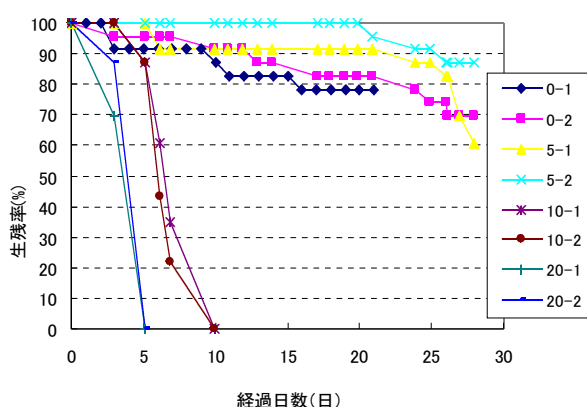


図4 シラヒゲウニの銅イオン濃度別生残状況

10-1: 銅イオン濃度-カゴ番号, 0: 生海水を示す

20, 10, 5ppb区と生海水区の飼育水の銅イオン濃

度測定の平均値（最低～最高）は、それぞれ4.7(2～7), 11.0(9～15), 22.7(21～25)ppbと0(0～0)ppmであった。

20, 10, 5ppb区と生海水区の各飼育槽の水温の平均値（最低～最高）はそれぞれ、21.3(20.2～22.2), 21.3(20.2～22.3), 21.4(20.2～22.3)℃と21.3(20.2～22.3)℃であった。

シラヒゲウニは、銅イオン濃度20ppb区が5日後に、10ppb区が10日後に全滅し、5ppb区と生海水区間で28日後に生残率に有意な差が認められなかったことから、シラヒゲウニは飼育水が約10ppb以上の銅イオン濃度では生残に悪影響を受けると考えられた。

ヒレジャコ、シラヒゲウニ、タカセガイについて銅イオン濃度別に各試験区間で生残率を多重比較した結果、生海水区と5ppb区の両区は10ppb以上の区と有意な差が認められた。このことから、ヒレジャコ、シラヒゲウニ、タカセガイは10ppb以上の銅イオン濃度で生残に悪影響を受けることが考えられた。

ヒレジャコ、シラヒゲウニ、タカセガイは低濃度の銅イオンで生残に悪影響を受けたことから、他の水生生物も同様に低濃度の銅イオンで生残に悪影響を受けることが考えられるので、今後、銅イオンが他の水生生物に対して与える影響を把握し、海で銅の使用を検討する必要がある。

参考文献

金城清昭・伊差川哲・野甫英芳, 2006: ヤイトハタの高密度養殖試験Ⅰ(ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業), 平成16年度沖縄県水産試験場事業報告書, 124-131.

金城清昭・屋比久 宏, 2006: 銅イオン発生装置を用いたヤイトハタ海面養殖試験(ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業), 平成16年度沖縄県水産試験場事業報告書, 132-136.

玉城英信, 吉里文夫, 2007: クルマエビのフサリウム症に対する銅イオン効果(新養殖管理技術開発試験), 平成17年度沖縄県水産試験場事業報告書, (印刷中)

山本義和, 1979: 水生生物と重金属[1] 銅編(尾崎久雄監修), サイエンティスト社, 東京, 207pp.