

河川水に含まれる重金属がミジンコの産卵数に与える影響

加林 那奈子 弘田 和 渡邊 佳穂

【概要】

広石谷川（ひろいしだにがわ）は、徳島県名西郡神山町阿野字広石を流れる吉野川水系の河川であり、鮎喰川（吉野川水系 一級河川）に合流している。上流には、主にキースラーガー（含銅硫酸化鉄鉱石）や黄鉄鉱、黄銅鉱、磁鉄鉱を産出していた広石銅山跡があり、現在も高濃度の重金属が流入している（2012 小川・田村、2013 後藤田・山形・柳谷）。そのため、上流には水生生物が生息していない。しかし、銅山後より 2 km ほど下流の松尾川との合流地点付近になると、カワムツやヒキガエルのオタマジャクシなどの生息が確認された。広石谷川には、数か所に枝谷が存在している。過去には、その水は飲料水にも利用されていたこともあり、汚染されていないことがわかっている。このようなことから、私たちは広石谷川の重金属が、枝谷からの水などによって希釈されることで、水生生物が生息可能な濃度になっていくと考え、実際に広石谷川の水をどの程度希釈すると、生物が生息できるようになるのかを調査することにした。研究を行うにあたり、環境指標生物としてミジンコを使用することにした。ミジンコは、鰓脚綱葉脚亜綱双殻目枝角亜目異脚下目ミジンコ科ミジンコ属に属する甲殻類で、環境指標生物として、水質環境の調査に広く用いられている。広石谷川の上流、広石銅山跡直下において採水を行った。このサンプルを 8 倍～625 倍に希釈し、試験水をつくり、その試験水中におけるミジンコの産卵数の変化を調査した。その結果、20 倍未満の希釈では、産卵数が極めて少なかったり、短期間で死亡する個体が続出した。25 倍希釈程度から生存率は安定し始め、産卵数も増加していくことがわかった。この結果から、広石谷川において水生生物が観察される地点では、同程度かそれ以上に希釈がされていることが考えられる。

Heavy metals from an abandoned copper mine are flowing into the Hiroishitani River at concentrations which make it uninhabitable for aquatic life. If the concentration of the heavy metals in the river water decreased could living things survive there? This study looked specifically at the reproductive success rate of *Daphnia magna* living in various solutions of river water diluted with mineral water. There was a low survival when the ratio of mineral water to river water fell between 4:1 and 7:1. The river has so much metal that the water has to be diluted 24 times before spawning can be successful.

【研究動機・目的】

広石谷川（ひろいしだにがわ）は、徳島県名西郡神山町阿野字広石を流れる吉野川水系の河川であり、鮎喰川（吉野川水系 一級河川）に合流している。上流には、主にキースラーガー（含銅硫酸化鉄鉱石）や黄鉄鉱、黄銅鉱、磁鉄鉱を産出していた広石銅山跡があり、現在も高濃度の重金属が流入している（2012 小川・田村、2013 仁木・柳谷）。そのため、上流には水生生物が生息していない。しかし、銅山後より 2 km ほど下流の松尾川との合流地点付近になると、カワ

ムツヒキガエルのオタマジャクシなどの生息が確認された。広石谷川には、数か所に枝谷が存在している。過去には、その水は飲料水にも利用されていたこともあり、汚染されていないことがわかっている。このようなことから、私たちは広石谷川の重金属が、枝谷からの水などによって希釈されることで、水生生物が生息可能な濃度になっていくと考え、実際に広石谷川の水をどの程度希釈すると、生物が生息できるようになるのかを調査することにした。

研究を行うにあたり、環境指標生物としてミ

ジンコを使用することにした。ミジンコは、鯰脚綱葉脚亜綱双殻目枝角亜目異脚下目ミジンコ科ミジンコ属に属する甲殻類で、環境指標生物として、水質環境の調査に広く用いられている。今回は実験に際し、国立環境研究所よりオオミジンコ (*Daphnia magna*) の提供をうけ、これを使用した。オオミジンコは、体長は約1~5mmで原産は北米・中国である(今回使用したものは、北米原産のもの)。オオミジンコの生殖期には、自分とおなじクロームしか産まない単為生殖期と、交配して子孫を残す有性生殖期がある。一般的に、通常(環境の良いとき)はメスを産み、単為生殖卵で繁殖するが、環境が悪化したときにだけオスを産んで交配するといわれている。また、エサや水温、日照時間の変化により、休眠卵(耐久卵、冬卵)とよばれる卵を作ることもある。今回の実験では、ミジンコの飼育水にミネラルウォーター(硬度20)を使用し、定温培養機で水温19°Cの条件で培養を行った。エサとしてクロレラを毎日投与した。

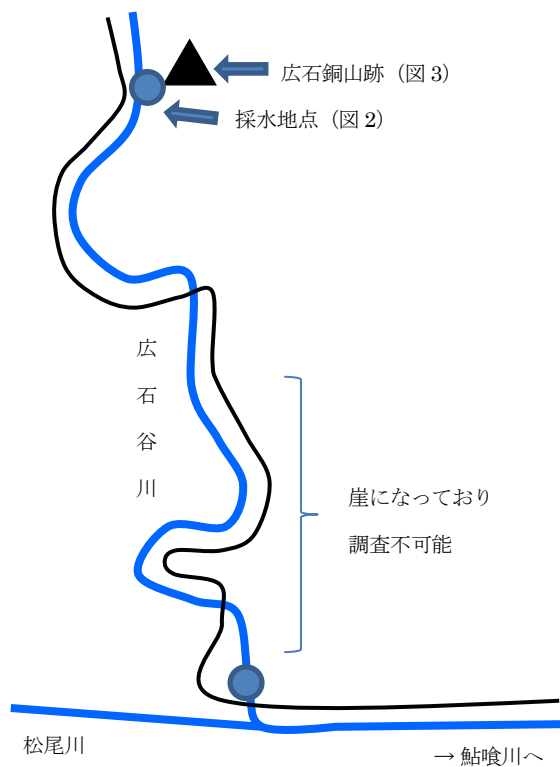


図1 広石谷川の略図



図2 採水地点



図3 広石銅山跡

【実験器具】

オオミジンコ、ピーカー、ミネラルウォーター、広石谷川の水、クロレラ(ミジンコのえさ)、ピペット、食品用ラップ、定温培養器、メスシリンダー、照明器具



図4 オオミジンコ
(ウィキペディアより)

【実験方法】

実験I (飼育個体数の決定)

ミジンコは同時に飼育する個体数によって産卵数変動する傾向がみられたため、飼育個体数の検討を行った。飼育水50mLに1~5匹のミジンコを入れ、ミネラルウォーターで飼育し、産卵数を記録した。記録期間は、それぞれのミジンコが死亡するまでとした。また、水温や水

の硬度、エサの条件などは、通常の培養時と同じ条件とした。

実験Ⅱ

広石谷川の水をミネラルウォーターで希釈して試験水を作成した。それぞれの試験水にミジンコを1匹ずつ入れ、それぞれのミジンコが死ぬまでの産卵数を記録した。希釈は、9倍（ミネラルウォーター：広石谷川の水=8：1）、25倍（24：1）、125倍（124：1）、625倍（624：1）に設定した。その他の飼育条件は、実験Ⅰの条件と同様にした。

実験Ⅲ

広石谷川の水の希釈率を、25倍（24：1）、75倍（74：1）、125倍（124：1）に設定した。この実験は、実験Ⅱの25倍と125倍との間が開きすぎていたためである。また、実験Ⅰ・Ⅱのようにミジンコが死亡するまで測定を続けると効率が非常に悪くなるため、測定日数を14日間として産卵数を記録した。その他の飼育条件は、実験Ⅰの条件と同様にした。

実験Ⅳ

広石谷川の水の希釈率をさらに細かくし、産卵数の変化を調査した。希釈率は8倍（7：1）、12倍（11：1）、16倍（15：1）、20倍（19：1）、25倍（24：1）とした。測定期間を14日間として、実験Ⅲと同様にミジンコの産卵数を記録した。その他の飼育条件は、実験Ⅰの条件と同様にした。

【結果と考察】

実験Ⅰの結果

ミネラルウォーター50mLの飼育水に対して、1個体、2個体の親ミジンコを入れて飼育した場合では、親ミジンコが死亡するまでに40個前後の卵を産んだ。3個体と4個体の条件では、平均の産卵数が20個前後となったが、誤差の範囲が非常に大きくなる傾向がみられた。一方、5個体を同時に飼育した場合は、1週間で死亡したうえに、産卵数が極めて少なくなる傾向がみられた（図5）。5個体になると、飼育水の汚染が進行しやすくなると考えられる。以上の結

果から、50mLの飼育水には1個体から2個体の条件が最適であることが分かる。そこで、以降の実験では1個体の条件で測定を行うこととした。

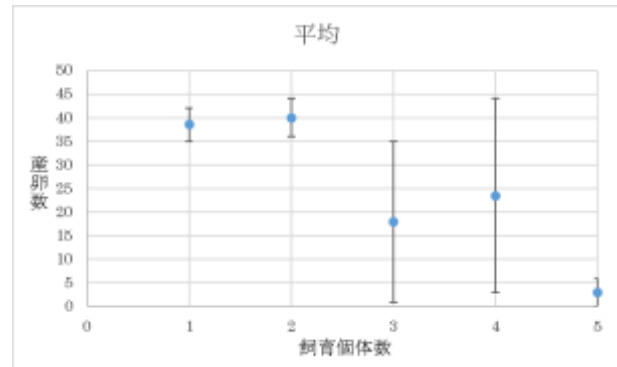


図1 実験Ⅰの結果

実験Ⅱの結果

9倍（8：1）よりも低い希釈率でも測定を行ったが、全て1日以内に親ミジンコが死亡してしまい、産卵が確認されなかったため、データには表していない。9倍（8：1）では、親個体が死亡するまでに1個しか産卵しなかった。25倍（24：1）の希釈率で最も産卵数が大きく、死亡するまでに19個の産卵が確認された。また125倍で3個、625倍で7個の産卵が確認された。対象実験として行ったミネラルウォーター（MW）の条件での産卵数は6個だった。25倍の条件を除くと、希釈率と産卵数が比例しており、625倍までの希釈を行うと、対象実験と差がない結果となることが分かる。一方で25倍の条件では、突出して産卵数が多かったことから、希釈の影響よりは個体差の影響の方が大きく出たものとする（図6）。以後の実験では、25倍の結果を検証することと、25倍から125倍の間の希釈率の測定を行うこととした。

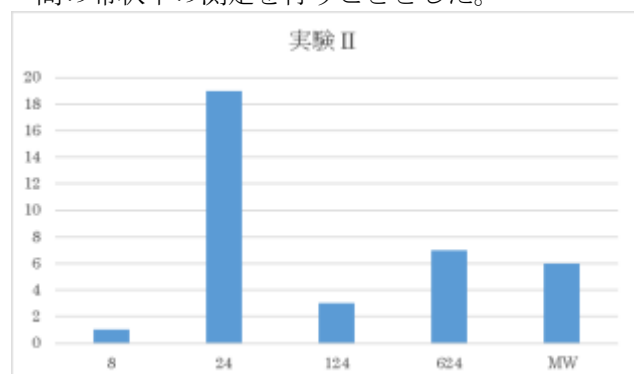


図6 実験Ⅱの結果

実験Ⅲの結果

改めて 25 倍の条件で測定を行ったところ、7 日後に親ミジンコが死亡した。一方、75 倍の希釈では産卵数が増加したことから、実験Ⅱの 25 倍の結果は個体差であることが推測される。125 倍で 75 倍よりも産卵数が少なくなった。今回のデータは 14 日目までのものとしているが、実際は 15 日目以降でも 125 倍の産卵が確認されているため、測定期間を延長すれば、125 倍の条件の方が産卵数が増えることが予想される。この実験の結果から、広石谷川の水が 75 倍程度希釈された地点からは、ミジンコのような水生生物の生息が可能になることが予想される。

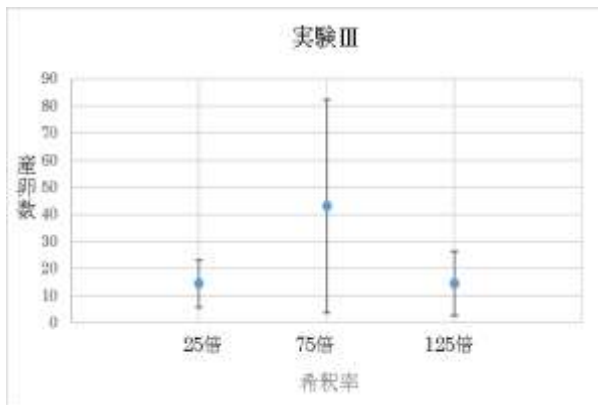


図7 実験Ⅲの結果

実験Ⅳの結果

9 倍から 25 倍の間における産卵数の変動を調べるため、実験Ⅳを行った。8 倍 (7 : 1) および、12 倍 (11 : 1) の希釈率の場合、4 日以内で全ての親ミジンコが死亡した。8 倍未満よりは生存日数が長くなっているが、長期的に生存することを考えると、難しい条件であることは間違いない。一方で、20 倍 (19 : 1) の希釈率で

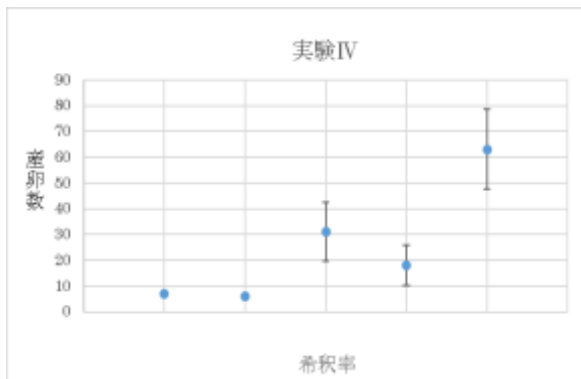


図8 実験Ⅳの結果

は、7 日以内で死亡する個体が多く、こちらも生存日数は延長されたが、ミジンコが生息するには厳しい条件であることが分かる。

広石谷川にミジンコが生息するには、広石鉦山跡直下の川の水が 75 倍以上希釈された場所よりも下流である必要がある。よって、広石谷川の下流、松尾川との合流地点付近には様々な水生生物が観察されたことから十分に希釈されていると考えられる。

今回の研究を終えて、新たな疑問も生じた。十分に希釈され、ミジンコが生息・産卵可能な希釈率になると、ミネラルウォーターを用いた対象実験よりも産卵数が若干多い結果が得られている。今回用いたオオミジンコは北米原産のもので、実際の生息環境の硬度は 200 ほどということである。これは現時点での推測でしかないが、広石谷川の水に含まれる成分、特に金属がミジンコの産卵に影響を与えている可能性がある。その点についてさらに検証を行っていくことも可能であると考えられる。また今後の発展としては、他の銅山川でも同様の調査を行うことで、重金属に汚染された水が水生生物に与える影響を明らかにしていくことができる。

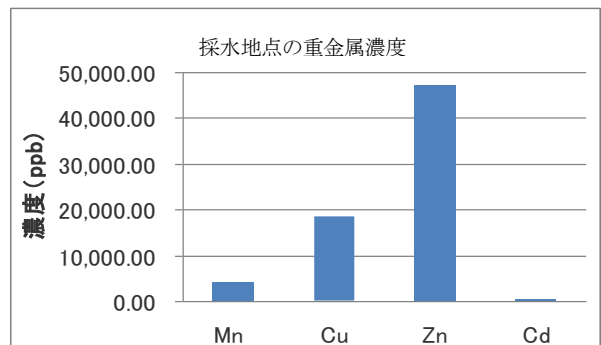


図9 参考資料：採水地点の重金属濃 (2013 後藤田・山形・柳谷)

【参考文献】

平成 24 年度スーパーサイエンスハイスクール 課題研究集録 徳島県立城南高等学校 田村、小川 2012

平成 25 年度スーパーサイエンスハイスクール 課題研究集録 徳島県立城南高等学校 後藤田、山形、柳谷 2013