

アメリカザリガニの解剖教材としての利用と麻酔法の検討

Use of crayfish for anatomical teaching material and investigation of its anesthesia method

古屋康則¹・松野綾野²・三宅 崇¹・須山知香¹・斎藤和範³

Yasunori Koya, Ayano Matsuno, Takashi Miyake, Chika Suyama and Kazunori Saito

1 岐阜大学教育学部 理科教育，〒501-1193 岐阜市柳戸1番1

2 岐阜大学大学院教育学研究科，〒501-1193 岐阜市柳戸1番1

3 旭川大学地域研究所，〒079-8501 旭川市永山3条23丁目

要 約

アメリカザリガニ*Procambarus clarkii*は環境省によって「要注意外来生物」に指定されており，日本の在来生態系に悪影響を与えることから，駆除を呼びかける声もよく聞く．本種の野生個体を解剖教材として利用することは，生命尊重の態度を育成するだけでなく，環境教育にも役立ち駆除にも一役かうことから，積極的に推進したい．生きたアメリカザリガニを解剖教材として利用する際には，麻酔する必要があるが，これまでに適切な麻酔法について検討されてこなかった．既往の方法について検討した結果，お湯を用いた高温処理が学校での実施に適していると判断された．さらに麻酔温度を検討したところ，41℃が最適であると判断された．麻酔時間は体サイズに依存し，41℃のお湯を使用した場合，頭胸甲長が20 mm程度のもので約1分，25 mm程度のもので約2分，35 mm程度のもので約3分であった．実際の解剖のようすを紹介した．

1. はじめに

無脊椎動物の仲間について，平成20年に改訂された中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2008）では，「動物の中には背骨のないものもあり，からだのつくりの特徴に基づいて幾つかの仲間が存在することを，節足動物や軟体動物を中心に理解させる」ことをねらいとして挙げ，その内容の扱いとして「節足動物や軟体動物の観察を行い，それらの動物と脊椎動物の体のつくりの特徴を比較することを中心に扱うこと」とされている．脊椎動物と無脊椎動物の体のつくりの大きな違いは「背骨の有無」である．背骨の有無を観察により確認するには，外部形態のみでは困難であり，内部形態を観察する必要が生じる．そこで，中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2008）では，「例えばイカなどの解剖を行い，無脊椎動物の体のつくりの特徴を脊椎動物と比較し，共通点や相違点について考察させる」としている．

中学校理科の教科書の当該単元における解剖の取り扱いについては，死んでいるものとしてイカやカニが，生きているものとしてはアサリ

やハマグリなどが数社で示されており，これらはいずれも食用に市販されているものである．生きた個体を解剖に用いると，血液循環や心臓拍動など，生命を実感できると考えられるが，たとえ生きていても二枚貝ではこれらの生命現象を確認することは難しいであろう．無脊椎動物で，生きた個体が容易に入手でき，解剖できる程度の大きさを持ち，解剖により血液循環や心臓拍動などの現象が確認できる教材が，この単元で扱うにはより適していると考えられる．そのような教材の候補としてアメリカザリガニ*Procambarus clarkii*が挙げられる．

生き物を解剖する学習は，児童・生徒が五感を通して「生命」や「死」を学ぶ貴重な機会であり，理性的に認識した生命尊重の態度をやしなうことにつながると考えられている（鳩貝，2001）．生きた野生の生物個体を解剖教材として用いる際には，生命尊重の態度に配慮するだけでなく，生態系への影響にも十分な配慮が必要である．アメリカザリガニを採集し解剖に用いることは，生態系保全や生命倫理の観点に抵触せず，現時点ではむしろ積極的に利用して，自

然界での個体数を減らすことの方が、環境教育の観点、かつ生命尊重の立場から有意義であると考えられる。以上から、アメリカザリガニの解剖教材としての積極的利用を提案することが本論文の第一の目的である。

生きた生物個体を解剖する際には、安楽的に死に至るような麻酔法が確立されていなければならない。アメリカザリガニの麻酔法については、これまでに確たる方法が提唱されていなかった。そこで本論文では、アメリカザリガニを解剖教材として用いるにあたり、適切な麻酔法を確立することを第二の目的とした。

2. 外来生物としてのアメリカザリガニ

アメリカザリガニは外来生物法では「要注意外来生物」に指定されている。要注意外来生物とは、飼養等の規制が課されるものではないが、生態系に悪影響を及ぼしうることから、利用に関わる個人や事業者に対し、適切な取り扱いについて理解と協力をお願いする、というものである。即ち、教材等として採集や飼育を行う際には、法律的な規制は特にないが、安易な放流・放逐は避けるべき生物ということである。また、要注意外来生物のなかで本種は、被害に係る一定の知見があり、引き続き特定外来生物への指定の適否について検討する外来生物、として位置づけられている。本種が在来の生物に与える具体的な影響としては、希少な水生植物や水生昆虫への影響が懸念されている（苅部，2010；環境省，2012）。実際にタガメ *Kirkaldyia deyrolli* の幼虫の生存率にザリガニの存在が影響していることを示した報告もある（Ohba, 2011）。また、カスミサンショウウオ *Hynobius nebulosus* などの両生類の幼生に対しても、捕食の記録や（森・夏原，2004）、幼生の生存率への影響が報告されている（竹内ほか，2011）。以上の観点から、絶滅危惧種や希少種が多く生息する自然度の高い水域においては、本種を駆除すべきという主張もよく見受けられる（伴，2002）。しかし、本種は北海道を除き既に蔓延している地域が多く、ペットとしての飼養も多いため、外来生物法による取り締まりを適正に執行することは困難であるほか、効果的防除も困

難であるとされている（環境省，2012）。

3. 学校教材としてのアメリカザリガニの利用

アメリカザリガニは学校教育等で教材として広く利用されてきた。このことが特定外来生物に選定されなかった理由のひとつに挙げられている（岩崎，2007）。本種の教材としての利用については、身近に生息していない北海道においてさえ、小学校では生活科や理科のなかで、飼育対象として扱われることが多く（人見・加藤，2011）、中学校では理科のなかで、無脊椎動物の一種として観察の対象に用いられている。要注意外来生物として本種を教材利用する際には、安易な放流・放逐による生息域の拡大に十分注意する必要がある。利用個体を殺処分することも考慮すべきある。しかし、一般には生命尊重の立場から殺処分が行われることは少ないのではなからうか。殺処分を行うことが生命尊重の立場からも許されるべきであることを児童・生徒に理解させるには、外来生物としての本種の特性や、本種の存在が在来生物の命を奪っている現状を理解させる必要がある。このことは、本種には単に理科という教科にとどまらず、環境教育の教材・題材としても利用価値があることを示している。

本種を野外で採集し、理科の解剖教材として利用することは、最終的に本種を殺処分することになるため、駆除活動として一石二鳥といえる。生きたアメリカザリガニを解剖教材として利用することは、生きものの取り扱いや解剖といった技術を習得するとともに、生命を実感し、生命尊重の態度を育成することができ、さらには環境教育・生命尊厳教育の効果が期待できる。

4. 麻酔法の検討

生きた生物個体を解剖する際には、対象生物を苦しめず、暴れさせないように安楽的に死に至らしめるために麻酔にかけなければならない。教材として利用する際の効果的な麻酔について考えると、限られた授業時間内で解剖を終える必要があることから、麻酔に要する時間は短時間のほうがよい。また、児童・生徒の利用に際して危険がない方がよく、有害な物質の使用は

表1. アメリカザリガニの麻醉法に関する記載とこれらを参考に行った予備実験の方法および結果.

麻醉法	麻醉法に関する記載	出典	予備実験での麻醉条件	麻醉に要した時間
エーテル	脱脂綿にしみ込ませてシャーレに入れて蓋をする	渡辺, 1996	脱脂綿にしみ込ませてシャーレに入れて蓋をする	約15分
オイゲノール	500 または 1000 ppm を水に添加する	尾関, 1973	1000 ppmを水に添加	約7分
温水	50℃くらいのお湯に2分つける	筑波大学生物学類, 2009	50℃のお湯につける	1分以内
冷却	水につける	鳥越・佐藤 2007	氷水につける	20分経ってもかからなかった

できるだけ避けたい。さらには安価であることが望ましい。以上の条件を考慮に入れて、効率的な麻醉法を検討した。

実験に用いた個体はすべて、2012年5-7月に岐阜大学近郊の用水路（長良川水系）で採集した。採集にはタモ網を用いた。採集された個体を水槽で飼育し、適宜実験に用いた。体サイズは頭胸甲長（CL）で表した。本研究で用いた個体のCLは11.0-36.5 mmである。

アメリカザリガニおよびその他の甲殻類の麻醉法に関しては、エーテルを用いるもの（渡辺, 1996）、オイゲノールを用いるもの（尾関, 1973）、温水につけるもの（筑波大学生物学類, 2009）、および氷による冷却（鳥越・佐藤, 2007；Cooper et al., 2011）などの報告がなされている。本研究では、予備実験として、これらの記述についての追試験を行った。予備実験の際の麻醉条件とその結果を表1に示した。

冷却処理以外には比較的短時間での麻醉効果がみられた。これらのうちエーテルとオイゲノールについては、麻醉時間がやや長いことと、有害な薬品であることから、小中学校での授業実践での使用は避けた方が無難である。したがって、予備実験の結果から高温水につける処理が最も有効であると判断された。

一方、高温水で処理する場合に、適正な温度に関して検討した報告はみあたらない。水温が高いほどアメリカザリガニに対するダメージは大きくなると考えられ、高すぎると即死するだけでなく、タンパク質の変性も起きかねない。

適正な麻醉温度とは、「比較的短時間で活動を停止し、解剖中に容易に動き出すことがなく、解剖した後も血液循環や心臓拍動が見られるような最低温度」ということができる。このような温度条件を検討するために、以下の実験を行った。

マグネチックスターラーの上にウォーターバスを載せ、回転子で水を攪拌しながら水温を一定に保つようにした。ウォーターバスの中に大型のガラスシャーレを沈め（図1A）、その中に被検個体を入れ、麻醉がかかるまで（動きを止めるまで）の時間を測定した（図1B）。

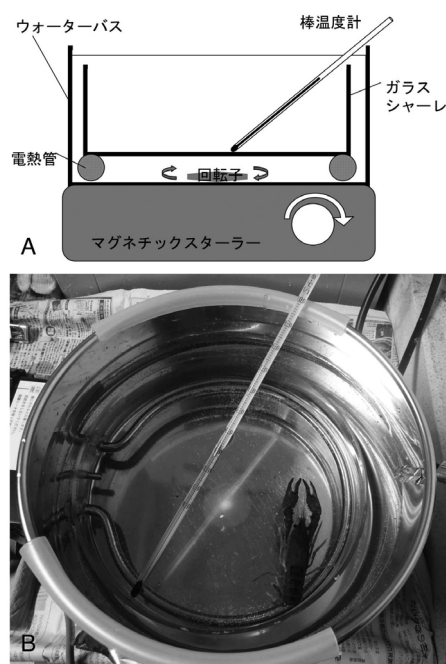


図1. 麻醉温度を検討する実験の装置。A：側面から見た模式図。B：上から見た実験中の写真。

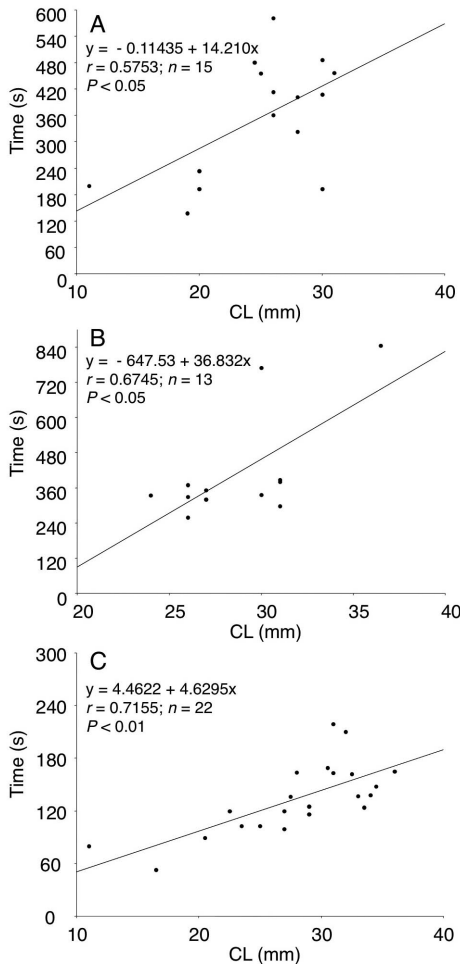


図2. 頭胸甲長 (CL) と麻酔時間との関係。
A: 39°C. B: 40°C. C: 41°C.

低い水温から調べたところ、麻酔効果は37°C以下ではみられず、39°C以上でみられた。麻酔がかかるまでの時間と体サイズ (CL) の間には有意な正の相関がみられた (図2)。39°Cでは麻酔に要する時間は、CLが20 mm程度のもので約3分、30 mm程度のものでは約7分であった (図2 A)。40°Cでは麻酔に要する時間は、CLが25–30 mm程度のもので約6分であった (図2 B)。41°Cでは麻酔に要する時間は、CLが20 mm程度のもので約1分、25 mm程度のもので約2分、35 mm程度のもので約3分であった (図2 C)。これらの結果から、41°Cが最も体サイズによる時間差が少ないことが示された。また、麻酔がかかるまでの時間と体サイズの関係には、温度が高いほどより高い相関がみられた (39°Cで $r=0.5753$ 、40°Cで $r=0.6745$ 、41°Cで $r=0.7155$)。このことは、温度が高いほど、個体間の体サイズ以外の違い (健康状態や満腹度など) が麻酔に与える影響が小さいことを示唆している。

以上の実験の結果から、アメリカザリガニを麻酔するには41°Cの湯につけるのが最適であると判断された。この程度のお湯では、実験者が火傷を負う心配もなく、また、麻酔時間は数分なので、授業時間に占める割合も低く抑えられる。今回は麻酔の持続時間について、正確に測

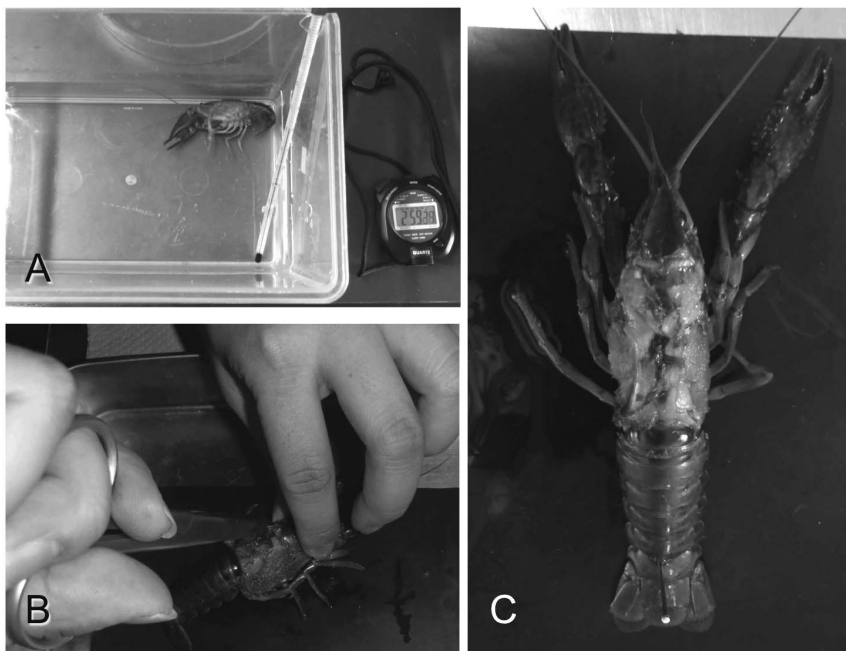


図3. アメリカザリガニを解剖しているようす。A: 麻酔中。B: 頭胸甲をはさみで切っているところ。
C: 頭胸甲を取り除いたようす。

定してはいないが、ほとんどの個体が30分から1時間程度は動くことができなく、解剖を行うには十分な時間動きを止めていたといえる。麻醉温度が41℃より低い場合、動きを止めるまでの時間が長くなるだけでなく、麻醉にかかったかどうかの見極めが適切に行えない可能性がある。この点からも、今回得られた41℃という温度は、麻醉に最適な温度であるといえる。

5. アメリカザリガニの解剖の実際

図3に実際にアメリカザリガニの解剖を行っている写真を示した。41℃の湯は熱湯と水を適当量混合すれば2, 3分で調整可能である。温度を調整した湯に観察個体を入れ麻醉をかけた(図3A)。観察個体が動きを止めたのを確認すると、すぐに湯から取り出す。この後、解剖に入る前に外部形態全体の観察を行ってもよい。解剖は頭胸部について行う。頭胸部甲にはさみを入れ(図3B)、丁寧に頭胸部甲の背部を取り除く。図3Cには頭胸部甲の背部を取り除かれた個体の写真を示した。中央には心域があり、解剖直後には心臓が拍動しているのが観察される。心域の左右には鰓が位置し、心域の前方には肝臓がみられる。これらの内臓諸器官を取り除いても脊椎骨がみられないことを確認することで、脊椎動物との違いを示すことができる。

引用文献

- 伴 浩治. 2002. アメリカザリガニ 四大陸と日本全土を制覇した侵略者の老舗. 日本生態学会(編), 村上興正・鷲谷いづみ(監), pp. 169. 外来種ハンドブック. 地人書館, 東京.
- 鳩貝太郎. 2001. 疑似体験世代とカエルの解剖. 予防時報, 204: 20-25.
- 人見久城・加藤里実. 2011. 理科における生命尊重に関する小・中・高等学校教師の意識. 宇都宮大学教育学部紀要, 61: 7-19.
- 岩崎敬二. 2007. 外来淡水産無脊椎動物に関する特定外来生物の選定過程と研究上の問題点について. 陸水学雑誌, 68: 497-500.
- 環境省. 2012. <http://www.env.go.jp/nature/intro/outline/caution/index.html> (2012.12.14参照)
- 苅部治紀. 2010. 本当はこわいアメリカザリガニ. 科学 80: 577-579.
- 森 啓彰・夏原由博. 2004. カスミサンショウウオの幼生期間における水位低下と水温, 捕食者の影響について. 爬虫両棲類学会報, 204: 3-11.
- 文部科学省. 2008. 小学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書. 105 p.
- Ohba, S. 2011. Impact of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* on the giant water bug *Kirkaldyia deyrolli* (Hemiptera) in rice ecosystems. Jpn. J. Environ. Entomol. Zool., 22: 93-98.
- 尾関正寛. 1973. ザリガニに対するオイゲノールの麻醉作用. 動物学雑誌, 82: 301.
- 竹内将俊・稲垣仁太・横山能史. 2011. トウキョウサンショウウオ幼生の生存に及ぼすアメリカザリガニの影響. 日本環境動物昆虫学会誌, 22: 33-37.
- 鳥越謙治・佐藤崇之. 2007. 生物実験技能の質的向上を目的とした動物解剖の実施とその影響 (II). 広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部, 56: 1-9.
- 筑波大学生物学類. 2009. 未来の科学者養成講座: BSリーグ通信, 12号. <http://mirai.biol.tsukuba.ac.jp/vol12.pdf> (2012.12.14参照)
- 渡辺探朗. 1996. 水産物の解剖の手引きと図版の作製. 神奈川県立教育センター研究集録, 15: 107-110.

