

大型在来種ヤマナメクジが森林の多様性に果たす役割の解明

宇高 寛子

京都府

1. はじめに

日本はその国土の 67%を森林に覆われており、さらにその森林の成り立ちは多様である（日本森林学会, 2024）。近年は森林における動物や昆虫による加害も、森林を健全に保つための大きな課題となっている。しかし、森林の生態系を解き明かすうえで注目されていない分類群も多く存在し、そのひとつがナメクジ類である。

「ナメクジ」は陸に生息する貝（陸貝）のうち、殻を退化させたもののことである。同一個体がオスとメス両方の器官をもつ、雌雄同体である。一部肉食のものがいるが、基本的には昆虫や動物の死骸、落ち葉などを食べる雑食性である。園芸や農業の場では、果実や葉、種子を食害する害虫として駆除の対象とされることも多い。特に農業害虫としてその対策を目的とした研究は、ヨーロッパで盛んに行われている（Barker, 2002）。これは、同じ陸貝であるカタツムリが、特にフランスにおける食用のために飼育条件を改善する研究が盛んであることと対比的である。生態系の中でのナメクジ類の立ち位置については不明な点が多いが、植物とナメクジ類との関係は農作物を含む種子植物において、多くの研究がある。ナメクジ類が種子や花粉の散布に貢献しているとする例もあれば、ナメクジ類が植物の上を這うことで、その植物の生育が阻害されるという負の影響をおよぼす例も報告されている。また、農地ではあるが、ナメクジ類が特定の植物種を食べることで植物種の多様性に影響をおよぼす可能性も示されている（Buschamann et al., 2005）。このように、ナメクジ類と植物との関係は多面的であることが窺える。一方で、森林や山地のような複雑な生態系をもつ自然環境において、ナメクジ類と植物の関係は十分研究されていないとは言えない。

日本国内でよく見られるナメクジ類は、コウラナメクジ科のチャコウラナメクジ *Ambigolimax valentianus*、ナメクジ科のナメクジ *Meghimatium bilineatum*、同じくナメクジ科のヤマナメクジ *Meghimatium fruhstorferi* の 3 種が挙げられる。これらに加え、北海道や関東の一部地域では、コウラナメクジ科のマダラコウラナメクジ *Limax maximus* もよく見られるナメクジの一種である（図 1）。これら 4 種のうち、チャコウラナメクジとマダラコウラナメクジはヨーロッパを原産とする外来種である。マダラコウラナメクジは成長すると体長 15 cm ほどになる大型の種で、日本では 2000 年代に茨城県で最初に移入が報告され（長谷川ら, 2009）、その分布域は現在のところ限定的である。同じく外来種のチャコウラナメクジは体長 5-7 cm 程度の中型のナメクジ類で、1950 年代に移入したと推測されており、現在では北海道から沖縄まで広く分布している。チャコウラナメクジとマダラコウラナメクジは民家の周辺（庭）や公園、農地といった人為的な環境で多くみられる。ナメクジとヤマナメクジは在来種であると考えられているが、両者とも、生活史や生態は未解明な部分が多い。ナメクジは人家の周りや農地でも見られることもあるが、ヤマナメクジは主に本州と九州、四国に分布し、森林や山地を主な生息環境としていると考え

られている（武田・西，2015）。ナメクジ科は外見や遺伝的に多様性であることから（Ito et al. 2023）、実際にはヤマナメクジ以外にも森林に生息するナメクジ類はいると考えられるが、その実態は不明である。

Kitabayashi et al. (2022) ではヤマナメクジがキノコ類を好むこと、それらを食べて排せつすることでキノコ類の胞子の散布に貢献していることが示されている。

本研究では、ナメクジ類が自然環境、特に森林でどのような役割を果たしているのかを明らかにするため、大型在来種ヤマナメクジに注目した。また、ナメクジ類の食性が種や生息環境によってどの程度異なるのかについて、市街地に生息するチャコウラナメクジでの比較も行った。また、ナメクジ科は外見や遺伝的に多様性であることから（Ito et al. 2023）、芦生演習林で採集されたヤマナメクジの遺伝的多様性についても検討した。

2. 方法

調査地

本研究では、2023年8月から2024年11月まで、京都府南丹市美山町にある京都大学フィールド科学教育センター芦生研究林（図2）を主な森林の野外調査地とし、ナメクジ類やコケ類の採集などを行った。ただし、芦生研究林は広大であるため、これまでヤマナメクジが多く目撃・採集されている研究林事務所周辺を特に重点的な探索地とした。

食性解析

ヤマナメクジおよびチャコウラナメクジの食性を明らかにするために、1) フンにふくまれるDNAによる食性解析、2) コケ植物の給餌実験を行った。

1) フンにふくまれるDNAによる食性解析

野外から採集したナメクジ類を1または2個体ずつ滅菌済みのファルコンチューブに入れ、明期12時間：暗期12時間・15℃に設定したインキュベータで維持した（図3）。解析に十分な量のフンが回収できるまで約12時間ごとにサンプルを回収した。回収後サンプルは冷凍し、DNA抽出や配列取得に供した。ナメクジ類が食べる対象として想定されるのはキノコ類、植物、動物であるため、それらを特定するため配列取得の対象遺伝子領域はITS、*rbcL*(gPlant)、COIとした。フンを排泄したナメクジ類自身の配列が増幅されるのを防ぐため、それぞれの種に対するブロッキングプライマーが用いられた。DNA抽出からブロッキングプライマーの作製、配列取得、BLASTNによる種同定は（株）生物技研に依頼した。

2) 給餌実験

コケ植物を採取は 2023 年と 2024 年に芦生研究林および京都市内で行った。代表的なコケ植物を図 4 に示す。採取後は明期 12 時間：暗期 12 時間・15°C の恒温室で実験まで維持した。直径約 20 cm のプラスチック容器に、コケ植物とナメクジ類 1 個体、湿度を維持するために濡らしたペーパータオルを入れた (図 5)。明期 12 時間：暗期 12 時間・15°C で 48 時間維持し、実験の開始時、24 時間後、48 時間後にコケ植物の写真撮影し摂食の有無を確認した。また、ビデオやタイムラプスカメラによる行動記録も試みた。

ヤマナメクジの遺伝的多様性の解明

2023 年とそれ以前に採集されたヤマナメクジサンプルを用いた。腹足の一部から DNA を抽出した。抽出には DNeasy Blood & Tissue (QIAGEN) を用いた。COI と 16SrRNA を解析対象とし、それぞれ PCR による増幅、配列取得を行った。得られた配列は MEGA X (Kumar et al., 2018) を用いて解析を行った。系統樹の作成には、Tsai et al. (2011) においてヤマナメクジとされている台湾、福岡、沖縄・奄美大島産の個体データも併せて解析に用いた。

3. 結果と今後の予定

給餌実験において、提示したいずれのコケ植物に対してもヤマナメクジが積極的にコケ植物を食べている、という証拠は得られなかった。今回実験に用いた個体は、いずれも芦生で採集されたものではあるが、成長がすすんだ個体であった。成長過程によって好む餌が異なることも考えられる。現在解析中のDNAによる食性データと併せてさらに検討する予定である。

チャコウラナメクジについては、春に京都市内で採集した個体は多様な植物を餌資源としており、コケ植物も摂食していることがフン中に含まれるDNAから読み取れる(表1)。COIでの結果にチャコウラナメクジが含まれていた。チャコウラナメクジを共食いしたというよりは、食性解析の弱点である宿主のDNAがもっとも多く含まれる、という現象を反映したものであると考える。フトミミズ類も餌資源としているようであるが、死骸を食べたと考えられる。また、給餌実験では同じく京都市内で採取したコケ植物を食べる様子が観察された。これらのことから、市街地にいるチャコウラナメクジがコケ類を野外で食べていることが明らかになった。また、2024年の野外採集において、芦生研究林の敷地内でチャコウラナメクジを見つけた。チャコウラナメクジは主な生息地を市街地とする。資材や宿舎などの周辺であるが、森林にほぼ近い環境に本種がいることは驚きである。芦生のチャコウラナメクジの食性解析を現在継続している。

チャコウラナメクジとヤマナメクジでデータを得ることができれば、ナメクジ類の食性がもともと好む生息環境(森林、または市街地)にどの程度左右されるのか、それぞれの環境でどのように食性が異なるのか、といった知見を得ることができる。

COI配列によるヤマナメクジの系統樹作成を行った(図6)。現在、データ取得が完了している4個体は全て同じクレードに収まっており、芦生研究林の低地にいるヤマナメクジ個体群の遺伝的多様性は低いと言える。一方で、異なる地域で採集された個体とは遺伝的に異なっており、形態やCOI以外の領域でのデータを加え再検討する必要がある。

芦生研究林でヤマナメクジを探す過程で、キセルガイ科の一種も見つかった(図7)。3個体とも同一種のように見えるがキセルガイ科は種数が多く、同一種であっても変異が見られるため、現在のところ同定には至っていない。キセルガイ類の生息環境は、森林から人家の周辺や農地といった人工的な環境まで、種によって多様である。ナメクジ類に比べると体サイズは小さいが、群生することもある。今後、専門家によるサポートを得て種同定を行い、将来的にはナメクジ類だけでなく、キセルガイなど多様な陸貝が森林でどのような役割を果たしているのかを解明していきたい。

4. 引用文献

長谷川和範, 福田宏, 石川旬 2009 マダラコウラナメクジの日本国内への定着. *ちりばたん*. 39(2), 101-105

日本森林学会 (編) . 2024 図説日本の森林 森・人・生き物の多様なかかわり. 朝倉書店

武田, 西 2015 カタツムリハンドブック. 文一総合出版

Barker GM. 2002 Molluscs as crop pests. *CABI Publishing*

Buschamnn H., Keller M., Porret N., Dietz H., Edwards P.J. 2005 The effect of slug grazing on vegetation development and plant species diversity in an experimental grassland. *Functional Ecology*, 19, 291-298.

Ito S., Yamazaki D., Kameda Y., Kagawa O., Ye B., Saito T., Kimura K., Do VT., Chiba S., Hirano T. 2023 Taxonomic insights and evolutionary history in East Asian terrestrial slugs of the genus *Meghimatium*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 182, 107730

Kitabayashi K., Kitamura S., Tuno N. 2022 Fungal spore transport by omnivorous mycophagous slug in temperate forest. *Ecology and Evolution*, 12(2), e8565

Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. 2018 MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6), 1547-1549

Tsai CL., Lu CC., Kao HW. 2011 Morphology and Molecular Phylogeny of the East and Southeast Asian *Meghimatium* slugs (Gastropoda: Pulmonata: Philomycidae) and description of a new species. *Zootaxa*, 2890(1), 1-19

表 1 市街地で採集したチャコウラナメクジの食性

遺伝子領域	分類群*
COI	フトミミズ類の一種
COI	チャコウラナメクジ
COI	扁形動物
ITS	子囊菌
ITS	担子菌
ITS	糸状菌
rbcL	カタバミ属の一種
rbcL	ヘクソカズラ属の一種
rbcL	イヌタデ属の一種
rbcL	ハリガネゴケ属の一種
rbcL	キク属の一種
rbcL	トレボウクシア藻綱の一種
rbcL	シャジク藻綱の一種

※本表では BLASTN にて相同性が 97%以上を示した配列のうち、各遺伝子領域で特定が期待された分類群を抜粋した。また、一部配列は種名まで特定しているが、本表ではチャコウラナメクジ以外は属レベルまでの表記とした。



図1 日本でよく見られるナメクジ類の代表的な外見

A : チャコウラナメクジ、B : マダラコウラナメクジ、C : ナメクジ、D : ヤマナメクジ



図2 主な調査地である芦生研究林事務所周辺の様子 左7月、右11月



図3 ナメクジ類のフンサンプルを採取の様子（左）とヤマナメクジのフン（右）
フンは野外個体ではなく、飼育個体（ニンジン摂食）の物。



図4 給餌実験に用いたコケ類の例



図5 給餌実験の様子
ただし、写真の個体はナメクジ。

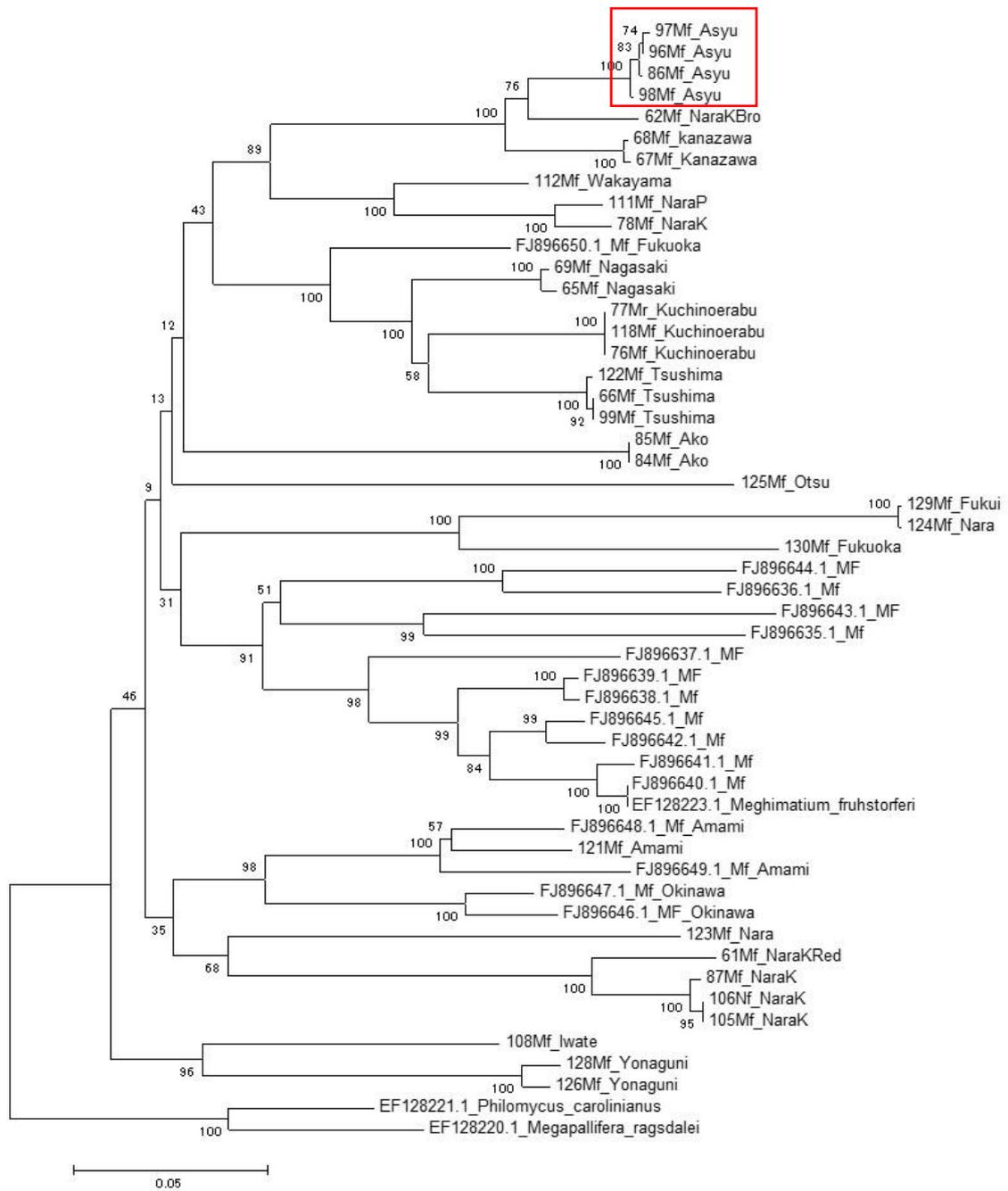


図6 近隣結合法によるヤマナメクジ類の系統樹
 芦生で採集された個体データを赤枠で示す。



図7 芦生研究林におけるチャコウラナメクジの発見とその生息周辺環境



図8 芦生研究林で見られたキセルガイ類