

Comparative study on nutritional pyhsiology in xylophagous scarabaeoid beetles

三島, 達也

<https://hdl.handle.net/2324/1654610>

出版情報：九州大学, 2015, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

氏 名	三島 達也			
論 文 名	Comparative study on nutritional physiology in xylophagous scarabaeoid beetles (食材性コガネムシ上科甲虫類における栄養生理に関する比較研究)			
論文調査委員	主 査	九州大学	教 授	荒谷 邦雄
	副 査	九州大学	准教授	舘 卓司
	副 査	九州大学	客員准教授	野村 周平
	副 査	岡山大学	准教授	兵藤 不二夫
	副 査	日本大学	教 授	岩田 隆太郎

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

木材に木材腐朽菌が作用してできた腐朽材（いわゆる朽木）には様々な昆虫が生息している。中でもクワガタムシ科 *Lucanidae* やクロツヤムシ科 *Passalidae*、コガネムシ科 *Scarabaeidae* に代表されるコガネムシ上科の甲虫類は森林生態系中で腐朽材分解者として最も大きなバイオマスを占める生物群のうちの1つである。また、様々な状態の腐朽材を餌として利用するほか、亜社会性（家族生活）を営む分類群も知られるなど、多様な生態が見られる点もコガネムシ上科の大きな特徴である。本研究ではこうしたコガネムシ上科の甲虫類を題材に、生態の異なる様々な分類群の栄養生理学的特性を解明し、栄養生理学的見地から亜社会性をはじめとする本上科における多様な食性の進化に関する考察を試みた。

本研究では、大きく、1) 腐朽材中の木材および木材腐朽菌の細胞壁を構成している多糖類に対する分解酵素系の活性比較と、2) 「空中窒素固定の可能性を検証するための餌と昆虫体の窒素同位体比の比較、の2つのアプローチに基づく解析を実施した。

まず、亜社会性など目立った養育行動を取らないコガネムシ上科の分類群として、幼虫が特定の腐朽型（白色、褐色、軟腐朽）や腐朽段階に対して選好性を有するクワガタムシ科の各種と、末期の段階にある腐朽材や腐葉土に生息しているカブトムシ *Trypoxylus dichotomus* に関して、多糖類分解酵素活性と安定同位体比の解析を実施した。その結果、これらの種の幼虫で多糖類分解酵素活性が見られ、祖先的な系統群である褐色腐朽材を選好するクワガタムシ類の幼虫は主に食材性であるのに対して、派生的な白色腐朽材や腐植物を選好する種の幼虫は主に木材腐朽菌食性であることが示唆された。また、幼虫は餌に含まれる基質量に応じて酵素活性を調節していることも示唆された。一方、安定同位体分析の結果からは、様々なクワガタムシ科の種の幼虫において空中窒素固定能の存在が確認されたが、C/N比（炭素率と窒素率の比率）が高い餌環境に生息している種ほど、より高い空中窒素固定能を備えていることが示唆された。

次に、コガネムシ上科の種の中から養育程度が異なるクロツヤムシ科の2種（ツノクロツヤムシ *Cylindrocaulus patalis* とオオクロツヤムシ属 *Aceraius* の1種）とチビクワガタ亜科 *Figulinae* のクワガタムシ3種（チビクワガタ *Figulus binodulus*、マメクワガタ *F. punctatus*、ルイスツノヒョウタンクワガタ *Nigidius lewisi*）を選んで多糖類分解酵素活性と安定同位体比を解析した。多糖類分解酵素活性の結果から、これらの種ではいずれも幼虫のみならず成虫も多糖類分解酵素活性を有し、主に木材腐朽菌を餌として利用できることが示唆された。コガネムシ上科の中で最も養育レベルの高いクロツヤムシ科の中でも最も高度な養育行動を示すツノクロツヤムシでは、成虫の方が総じて幼虫よ

り高い多糖類分解酵素活性を持っていること、特に木材腐朽菌の細胞壁を構成する β -1,3-グルカンの分解酵素系の活性が幼虫より著しく高いことが判明した。ツノクロツヤムシに関しては、成虫が「吐き戻した木屑」を口移しで幼虫に与える一方で、幼虫は人工的に粉碎した木屑を与えても成長できずに死んでしまうことが観察されている。これら従来の観察結果と今回の解析結果とを考え合わせると、ツノクロツヤムシの成虫が幼虫に口移しで与える「吐き戻した木屑」は、分解酵素（特に木材腐朽菌の細胞壁成分である β -1,3-グルカンの分解酵素）を添加して消化効率を高めた特殊な木屑であることが示唆された。安定同位体解析の結果から、ツノクロツヤムシの成虫は空中窒素固定ばかりでなく微小な節足動物の捕食や餌の消化によって窒素源を獲得していることが考えられた。別のクロツヤムシ科のオオクロツヤムシ属 *Aceraius* について、成虫と幼虫の両方から木材細胞壁（ β -1,4-キシラン）と木材腐朽菌細胞壁（ β -1,3-グルカン）に対する多糖類消化活性を検出したが、成虫の各消化酵素活性は幼虫よりずっと低かった。これとほとんど同様の現象がチビクワガタ亜科3種のクワガタムシでも観察されたが、これら3種の養育程度とその成虫の多糖類分解酵素活性との間には関係性が見出せなかった。このことと、従来の行動・生態学的な知見を考え合わせると、オオクロツヤムシ属の1種では成虫による物理的な木屑の生産に加えて窒素分に富んだ糞を幼虫に与えることで幼虫の生育期間の短縮を図っていることが示唆された。またチビクワガタ亜科のクワガタムシ3種においては、成虫が幼虫のために木屑を物理的に生産することで幼虫の生育期間の短縮が図られていることが示唆されるが、幼虫の多糖類消化能力もまた幼虫の生育期間の短縮に影響している可能性が考えられた。

このように多糖類分解酵素と安定同位体解析に基づく本研究の結果から、コガネムシ上科甲虫類に見られる多様な食性の進化に関して、腐朽材中の木材成分の利用から木材腐朽菌の利用への進化、餌資源中の窒素分に相関した多糖類分解能力と空中窒素固定能力の獲得とその進化、成虫の多糖類分解と空中窒素固定能力に相関した養育行動の進化、という大きな方向性があることが明らかとなった点は、食材性昆虫の食性進化に関する新たな仮説を提唱したものとして意義深い。

以上の点を鑑み、総合的に評価した結果、本論文は博士（理学）の学位に値するものと判断した。