

## バイオリサイクルプロジェクト 事後評価報告書

### <評価委員>

別府 輝彦	委員長	(日本大学 総合科学研究所 教授/東京大学 名誉教授)
松本 忠夫	委員	(東京大学 大学院総合文化研究科 教授)
綿貫 雅章	委員	(株式会社ヤクルト 中央研究所 取締役)

平成 16 年 4 月 27 日、評価のための会合を独立行政法人科学技術振興機構内会議室において開催した。工藤代表研究者及び井上徹志研究員がプロジェクト活動の報告を行った。研究者からの発表ならびに終了報告書等の資料をもとに質疑応答が行われ、各評価委員が報告書を作成し、最終的に評価委員長が本総括評価報告書をまとめた。

### <事後評価報告書>

#### 1. 研究の内容

本研究プロジェクトは、熱帯生態系における植物バイオマス分解者として中心的役割を果たしているシロアリ-微生物共生系について、社会性昆虫としてのシロアリの生態学的役割とシロアリ-微生物の共進化のメカニズムについて解析するとともに、多層な共生システムを構成している微生物の種類と共生機構を分子レベルで解明し、さらに地球上に最も多く存在する植物資源の効率的な分解・再資源化に利用しうる微生物資源探索の基盤をつくることを目的としている。

本研究プロジェクトは、理化学研究所とタイのカセサート大学との間の共同研究として計画され、理研におけるシロアリ-微生物共生系の主として分子生物学的手法による解析と、カセサート大学内に設置された実験室を拠点とする熱帯フィールド研究を組み合わせることにより、新しい総合科学的な取り組みが進められた。

研究は、1) 熱帯生態系におけるシロアリ生態系の生態学的解析、2) シロアリ-微生物共生系の構造と共生機構の分子レベルでの解析、および3) バイオマス利用のためのシロアリ共生微生物の探索、の3つの視点から多角的に行われ、以下に述べるように微生物学、昆虫学、生態学等の幅広い領域にまたがる多くの新しい成果を上げた。

#### 2. 研究成果の状況

熱帯生態系におけるシロアリ生態系の生態学的解析

タイ国内の 17 地域においてそれぞれ標高、森林タイプを異にする複数地点で広範かつ定量的な調査を行うことにより、シロアリの多様性と標高との関係、種ごとのすみわけ現象を明らかにしているが、これは熱帯地域において世界的に前例のない貴重な生態学的データとなっている。それとともに、採集したシロアリについて分類学的検討を加えて 4 科 39 属

194 種（中 103 種は新種）を記載し、属レベルでの分類検索表を完成させているが、これだけ多くの新種を記録したことは分類学的に大きな成果といえる。

さらに、シロアリが排出するメタン等のガス測定を始めとする解析結果を基に、熱帯森林生態系における炭素循環のみならず窒素循環にもシロアリが果たしている役割についてきわめて包括的で定量的な評価を行っているのは従来にない成果であり、高く評価できる。

#### シロアリ－微生物共生系の構造と共生機構の分子レベルでの解析

シロアリ腸管内の主として原生生物、真正細菌、および古細菌により構成される共生微生物の多様性と群集構造について、培養を介さない分子生物学的手法を用いて解析し、シロアリの系統分類、分布、行動様式などと共生微生物群集の特徴を比較して対応付けを行っている。この過程で、下等シロアリの腸管壁に局在するメタン生成古細菌、真正細菌について遺伝子解析を行ってシロアリ種固有の優占種を明らかにする一方、高等シロアリ種における腸内共生メタン生成古細菌についてはその分子系統を明らかにするとともに、従来困難であった単離培養に成功している。さらに、原生生物とスピロヘータと真正細菌あるいは古細菌よりなる新しい共生体を発見するなど、微生物学的に多くの新しい成果を上げている。

これらの微生物学的解析とならんで、シロアリ腸管内における酢酸生成嫌気性細菌とメタン生成古細菌が関与するメタン生成経路や原生生物が関与する窒素固定などの代謝経路について解明するなど、シロアリ共生微生物群集の構造と機能について深く踏み込んだ研究をしている。

#### バイオマス利用のためのシロアリ共生微生物の探索

シロアリ共生微生物による木質成分(リグノセルロース)の分解については、リグニン成分である芳香族化合物分解能とリグノセルロース分解能を有する細菌をシロアリ共生系より多数分離し、複数種の細菌において芳香族分解経路に関与する遺伝子群の解明を行っている。また、菌園を作る熱帯シロアリの巣から木質分解にかかわる共生担子菌を分離する一方、セルロース分解能を有する原生生物とそのセルラーゼについても検討を行っている。これらの成果は、将来における植物材料の分解、利用に関する新しい微生物資源として評価できる。

以上の研究成果に関する 5 年間の発表は、口頭・論文あわせて 281 件、その内論文は 37 件となっている。研究員の人数と 5 年という研究期間を考えると決して多い数字ではないが、学会表彰などの対象となった論文が 6 件におよび、また、新聞取材も 4 件あることは、研究の独創性、社会的重要性などが評価されたことを示している。一方、本研究で得られている生態学、共生微生物に関するいくつかの極めて重要な知見がなお未発表であるが、それらについては出来るだけ早急な論文としての発表が望まれる。さらに、「熱帯地方におけるシロアリ－微生物共生系」に関するこれだけ総合的な研究は本プロジェクトなくしては出

来なかったと考えられるので、全体の成果を成書としてまとめ、今後のバイオリサイクル研究に役立ててほしいものである。

### 3. 研究成果の科学技術への貢献

熱帯地域のシロアリ生態系について広範かつ多地点での精密な調査を行って多数の新種を記録したこと、物質循環におけるシロアリの役割についてかつて無い包括的なデータを元に新しい見方を提唱していることなど、本プロジェクトは社会性昆虫としてのシロアリの生態学に対して極めて大きな基礎的貢献をなしたといえる。

シロアリ共生微生物を構成している古細菌、真正細菌、原生動物などの大部分は、いわゆる難培養性微生物であり、共生システムや関与する微生物の解析にはPCRなどの分子生物学的解析手段に頼らねばならない。その意味で、本プロジェクトは分子生態学という新しい研究分野を切り開く先導的役割を果たしてきたといえる。最新の解析技術の組み合わせによって難培養性の微生物群集を解明した成果は、人の腸内細菌と健康の関わりをプロビオティクスの対象として解明する研究などにもヒントを与えるものと思われる。また、難培養性のメタン生成古細菌の分離培養や、原生生物-細菌共生体の解明などの成果は、微生物共生系解析の新しい方向性を示唆するものであり、今後の研究におけるさらなる進展を期待する。

### 4. 相手機関との研究交流状況

本プロジェクトでは、豊かな熱帯生態系を持つタイにおいて生物学領域の研究者がそろっているカセサート大と、シロアリ-微生物共生系の分子生物学的研究に大きな実績を有する理研工藤グループの共同が極めて有効に働いたといえる。また、カセサート大学構内に設置された共同研究施設と、そこで先導的役割を果たした日本側研究員の献身的努力は特に高く評価される。

このような共同体制をさらに実効あるものにするために、両国での関係研究者による国際シンポジウムの開催、タイ側研究者の理研への短期研究滞在の頻繁な実施、実験機材や試料の相互交換などが行われ、研究交流は極めて効率的に行われたといえる。

### 5. 総括評価

本研究プロジェクトは、熱帯地方におけるバイオリサイクルを支えるシロアリ-微生物共生系について、生態学、微生物学、生化学、分子生物学などの幅広い手法を利用して領域横断的な国際共同研究を行い、シロアリを対象とする総合科学として世界的にも高く評価され得る大きな成果を上げたものである。本プロジェクトによって明らかにされた熱帯地域におけるシロアリの生態学的位置づけ、シロアリ微生物共生系の構造と共生機構の解明などの成果は、関連する学問分野で基礎的に大きな貢献をしたと評価される。同時に、本プロジェクトの成果がさらに発展して、これから地球上の様々な地域におけるバイオリサイ

クルシステムを明らかにし、また未利用バイオマス資源を効率的に利用する技術の開発にもつながることが期待される。