

# Studies on bacterial functions for the dynamic autothermal thermophilic aerobic digestion process

石田, 夏美

<https://hdl.handle.net/2324/4784706>

---

出版情報 : Kyushu University, 2021, 博士 (農学), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (2)

氏名	石田 夏美		
論文名	Studies on bacterial functions for the dynamic autothermal thermophilic aerobic digestion process (動的な自家熱型高温好気消化プロセスに関する細菌群の機能に関する研究)		
論文調査委員	主査	九州大学	教授 酒井 謙二
	副査	九州大学	教授 中山 二郎
	副査	九州大学	准教授 田代 幸寛

## 論文審査の結果の要旨

自家熱型高温好気消化(Autothermal Thermophilic Aerobic Digestion、ATAD)法は好気条件下で有機廃液を処理し液体肥料を製造する方法で、循環型社会構築への貢献が期待されている。福岡県築上町で稼働するヒトし尿の ATAD プロセスは、温度と特徴的な細菌群集構造の劇的な変化を示す初期、中期、終期の3つのフェーズからなり、高い窒素成分を残存する液肥の生産が可能なユニークなプロセスである。本研究は、これら各フェーズのメタゲノムおよび主要構成菌のゲノム解析から、特徴的で動的な ATAD プロセスの理化学的特性および細菌群集構造変化の要因を明らかにすることを試みている。

まず、原料のし尿と各フェーズ試料のメタゲノム解析を行い、機能遺伝子カテゴリーの構成変動を調査している。28の機能カテゴリーのうち、原料に対して初期フェーズで存在比が大きく減少したのはフェージ関連遺伝子群で、これらがグラム陰性細菌に対する溶菌活性の上昇と細菌群集構造中プロテオバクテリア門の減少と関連していることを示唆している。一方、初期および中期フェーズで大きく上昇したのは、芳香族化合物関連および二次代謝産物関連遺伝子群であり、複合微生物系に共存する他細菌との相互作用に有利な活性物質の合成や $\alpha$ 多様性の減少と関連していることを示している。中期フェーズでは芽胞形成関連遺伝子群の構成割合が上昇し、高温、高 pH、基質減少などの環境因子悪化により群集構造が変化したことと対応していると考察している。また、初期における酢酸、プロピオン酸の急速な分解に対応する好気代謝系遺伝子群を主要細菌群に見出している。さらに、プロセスを通してアンモニア体窒素が安定に蓄積するのは、硝化過程遺伝子の欠損に加えて、グルタミン酸の分解と合成代謝系の存在から、有機化による取り込みと無機化による放出がサイクルを形成していることで説明している。

次に、初期フェーズ優占菌の一種、*Arcobacter trophiarum* 基準株のゲノム解析を行なっている。本菌は無機窒素代謝系のうち脱窒経路を有していたが、基質である硝酸と亜硝酸を提供する硝化菌の不在により、脱窒経路が機能していないと考察している。またグルタミン酸の分解と合成代謝系を有しており、初期フェーズにおけるアンモニア濃度維持への寄与を示唆している。加えて、酢酸の完全な分解経路を有することを明らかにし、初期段階における迅速な消費への関与を示唆している。

さらに、初期フェーズのもう一つの優占菌 *Acinetobacter towneri* を2株分離し、基準株との比較ゲノム解析を行なっている。全菌株が酢酸分解系および 2-methylcitrate を経由したプロピオン酸分解経路を有し初期フェーズにおける迅速な有機酸分解に関与することを示している。また、全

菌株がグルタミン酸の分解と合成代謝系を有していたことから、初期フェーズにおけるアンモニア濃度維持への寄与を示唆している。群集構造変化との関連では、全菌株が可動因子クラスター中にグラム陰性細菌溶菌酵素であるコリシン遺伝子群を有し、これらが初期フェーズにおける劇的な菌叢変化に関与している可能性を指摘している。

以上要するに本研究は、**ATAD** プロセスの理化学的・微生物学的な動的側面を複合系のメタゲノム解析および主要構成菌のゲノム解析から明らかにしたものであり、環境微生物学およびシステム生物学の発展に寄与する価値ある業績である。

よって本研究者は博士（農学）の学位を得る資格を有するものと認める。