

農耕地からの温室効果ガス発生緩和策：研究の現状と今後の研究方向  
Mitigation of Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Lands:  
Current Knowledge and Future Research Needs

八木 一行\*

Kazuyuki Yagi

現在の地球温暖化をもたらしているひとつの要因として、農業生産活動の拡大が挙げられている。2007年に発表されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）第4次評価報告書（AR4）によれば、全球における農業分野からの温室効果ガス排出量は年間 5.1-6.1 Gt CO<sub>2</sub>-eqで、人為起源の 13.5%を占めている。さらに、森林分野に計上されている、主として森林から農地への土地利用変化に伴う排出（5.8 Gt CO<sub>2</sub>-eq）を加えると、農業の関与する温室効果ガス排出は全人為排出の約 1/3 を占めることになる。このうち、農耕地からの発生としては、土地利用変化や農耕地の管理にともなう二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）、水田からのメタン（CH<sub>4</sub>）、および農耕地に投入された窒素を起源とする一酸化二窒素（亜酸化窒素：N<sub>2</sub>O）の発生が重要であり、これらの発生量評価とその緩和技術の開発が急がれている。

農耕地のCO<sub>2</sub>については、作物の光合成による大気中CO<sub>2</sub>の吸収と、作物の呼吸および土壌有機物や作物残渣の分解による発生のバランスから、吸収源となるか発生源となるか決定される。農耕地では、耕起により土壌中での有機物分解を促進するとともに、収穫物として系外へ炭素を持ち出すことが多い。したがって、以前に森林、草地、湿地として蓄積され平衡状態にあった土壌有機物は、耕作に伴って減少し、CO<sub>2</sub>として放出される傾向にある。しかし、堆きゅう肥などの有機物を投入することにより、その減少が緩和され、土壌有機物としての蓄積量が増加する、すなわち、炭素貯留効果を示す場合がある。このような炭素蓄積に効果のある農業技術として、堆きゅう肥などの有機物の投入の他、不耕起や簡易耕起、輪作やカバークロップの導入の有効性が示されている。IPCC AR4 では、このような農耕地土壌の炭素貯留機能には大きな期待が寄せられており、CO<sub>2</sub>換算で1トン当たり 100 米ドルの場合、2030年までに年間 3870 Mt CO<sub>2</sub>-eqの緩和ポテンシャルがあると推定されている。これは、2004年の人為温室効果ガス排出量の約 8%に相当する。

全球における水田からのCH<sub>4</sub>発生量は年間 20-100 Tgと推定され、人為起源発生量の 5-30%程度に相当する。水田からのCH<sub>4</sub>発生は、1980年代より現場での計測が行われ、現在では、アジアを中心に世界の 100 を越える地点での計測結果が報告されている。これらの結果を取りまとめ、2006年IPCCガイドラインでは、基準発生量（130 mg m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>）と水管理や有機物施用による発生量拡大係数が求められている。なお、わが国の水田においても 1990年代のはじめに全国調査が行われ、年間CH<sub>4</sub>発生量（33万トン）が推定されている。水田からのCH<sub>4</sub>発生緩和策として、中干しや間断灌漑による水管理、稲わらの堆肥化や非湛水期間での分解を促進する有機物管理、肥料または資材の使用、土壌改良など、候補となる技術が数多く提案され、その多くは効果が実証されている。これらのうち、水管理と有機物管理は早期の実用化が期待出来る技術であり、わが国の圃場試験から大きな

---

\*（独）農業環境技術研究所 National Institute for Agro-Environmental Sciences

キーワード：地球環境、物質循環、土壌

削減効果が報告され、全国での普及に向けた事業も展開されている。

土壌中では硝化および脱窒過程の副生成物として $N_2O$ が生成され大気へ放出されるが、農耕地からの $N_2O$ 発生量は、一般に、施用した窒素量に伴って増加するので、施用窒素量に対する $N_2O$ -N発生量の割合である排出係数が発生量の見積りに用いられる。2006年IPCCガイドラインでは、標準的な排出係数（デフォルト値）として、1.0%が提案されている。しかし、わが国における観測データは、多くの場合、発生係数はこの値より低いが、茶園土壌等の一部の例ではできわめて高い発生が見られることを示している。これらの研究結果から、わが国農耕地からは窒素換算で年間4,420トンの $N_2O$ 発生が見積もられている。また、 $N_2O$ 発生プロセスとして、農耕地土壌から直接大気へ放出される以外に、施肥窒素が農業地帯の地下水や河川水に流出した後に、脱ガスで $N_2O$ が放出される、いわゆる間接発生が指摘されている。農耕地土壌から発生する $N_2O$ の緩和技術については、別の環境問題である地下水への硝酸性窒素溶脱の問題と共通する点が多く、作物による窒素利用効率の向上や硝化・脱窒の抑制等にポイントを置いた技術の開発が有効である。そのため技術としては、最適な窒素施肥量と分施・局所施肥、適切な有機物施用など施用方法の改善設計が基礎となる。これらに加え、緩効性肥料や硝化抑制剤・ウレアーゼ阻害剤など新しいタイプの肥料の使用が $N_2O$ 発生緩和に効果のあることが報告されている。これらの技術を用いて、土壌の環境容量を超えずに高い収量を維持するための窒素施肥体系を地域ごとに示し、広く普及させる努力が、食糧生産と環境保全の調和のために必要である。

以上示すように、農耕地からの温室効果ガス発生緩和技術の候補は多数提案され、多くの技術について現地試験等から削減効果が確認されている。また、畜産においても飼養管理、ふん尿処理などの有効性が示されている。しかし、現実には、これらの技術を農家が実用したり、排出権取引の材料として利用されるまでには至っていない。その原因のひとつとして、農業生態系の多様性と数多くの要因のため、個々の農地の温室効果ガス発生量には大きな変動があり、削減ポテンシャルを定量評価した場合の不確実性の大きいことが挙げられる。その改善のため、より多くのモニタリングによるデータの蓄積と、モデルを活用した広域での発生量評価が進められている。また、農耕地や家畜そのものに対する発生削減技術の評価は行われているものの、ライフサイクルアセスメント（LCA）手法を用いた農業生態系や地域全体での評価が十分ではないことも今後の課題である。近年、生産が進んでいるバイオ燃料についても、その化石燃料削減効果と燃料作物栽培に伴う温室効果ガス発生増加の可能性を合わせて評価すべきである。加えて、十分なコスト評価を行い、農家の経済性やその支援のための施策の必要性についての議論が求められる。

このように、研究成果の社会への普及にむけて多くの課題が残されているが、世界的な温室効果ガス排出量の大きさから、農業分野での排出緩和策に対する期待は大きい。このことは、特に、農業分野での排出割合の大きな発展途上国において重要な課題である。これらの国においては、緩和策の適用について、持続的開発政策と一致させることにより、削減の可能性をいっそう前進させると予測され、京都議定書において設定されているクリーン開発メカニズム（CDM）等は、新たな開発援助のツールとして活用出来る可能性がある。地球温暖化問題への対策を迫られている現在こそ、適切な土地利用を可能にする国際交渉の推進や、環境と調和した将来のあるべき農業の姿を構築するための大きなチャンスが訪れたのかも知れない。