

循環型社会における農業のありかた

鯉淵学園農業栄養専門学校 教授 東京農業大学 客員教授 小川吉雄

今、私たちは地球温暖化などの気候変動、貴重な生物種の絶滅危機、化学合成物質の自然や人間への影響、そして食料における質・量と安全性の確保など多くの課題に直面しており、それらに対する対応が求められている。

ここでは、農業生産と環境とのかかわりのなかで、環境保全型農業を進めるにあたって物質循環の視点からその対策技術を探る。

■農業生産と環境問題

環境とは

環境とは、考えている主体に対し、それに接して主体と何らかのかかわりを持つもの、事物や現象のことである。主体を地球上の生物にとると、環境とは大気圏、水圏、土壌圏(岩石圏)であり、人間にとると植物や動物が環境の一部になる。

図1は人間の活動による環境の汚染と、環境が人間の健康におよぼす影響を示したものである。

環境問題とのかかわり

農業とのかかわりでわが国の環境問題をみると、古くは渡良瀬川の鉍毒事件がある。日本経済が高度成長期に入る1960年頃は、鉍工業の廃水および生活排水などによる農業用水の汚濁や、重金属により土壌が汚染されるなどして被害を受け、

さらに大気汚染物質、酸性雨による植物被害が公害問題とともに顕在化した。

1980年代に入ると、今まで1枚の畑、1枚の水田の問題から、環境汚染が

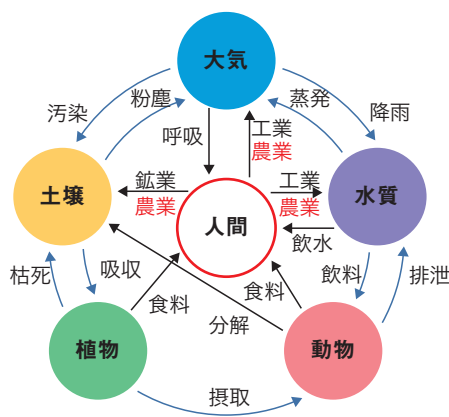


図1 人間と環境との関係

面的な広がりをもって発生するようになった。閉鎖性水域での富栄養化の問題や農村地域の地下水中の硝酸性窒素濃度の高まりは、集約型農業における化学肥料の多量施用や畜産廃棄物の投棄的な土壌還元が原因とされ、農業がその責任を問われる状況へと変化した(図2)。

2000年代は、地球規模での生態系の変化が、物質循環にも影響をあたえるようになった。乱開発による熱帯林の減少や砂漠化は水の循環を狂わせ、化石燃料の大量消費は大気中の二酸化炭素濃度を上昇させ、温室効果による地球全体の気温上昇を招いた。これらの環境問題は、いずれも生態系へのかかわり方には物質循環との兼ね合いで限界があることを示唆している。農業では、温暖化や異常気象などの気候変動に対する対応が求められ、今までの生産・流通方式への反省と物質循環機能の回復が議論されるようになった。

■物質循環の破綻と環境問題

ロックストロームら(2009年)は、地球にとっての安全域や程度を示すプラネタリー・バウンダリー(地球の限界)を環境改変の項目(気候変動、生物多様性の喪失、窒素・リンの循環、成層圏オゾン層破壊、海洋酸性化、淡水利用、土地利用変化、大気エアゾルの負荷、化学物質汚染)ごとに示し、それぞれの持続可能性の限界と現状の定量的評価を試みた。そのなかで窒素の循環、気候変動、生物多様性の喪失の3項目は既に限界を超えていると評価している。

JST/CRDS(2013年)の戦略プロポーザル「持続的窒素循環に向けた統合的研究推進」が、この環境改変の項目を整理した表から、限界値を超えている3項目を抜き出したものを表1に示す。限界値は必ずしも客観的に根拠づけられているものではないが、農業生産と極めて深いつながりを持つ項目であり、早急にその対応が迫られているものである。



図2 農業と環境問題

表1 プラネタリー・バウンダリー(ロックストロームら、2009年、JST/CRDS¹⁾を著者改変)

地球システムのプロセス	変数	単位	限界と考えられる値	現在の値	産業革命前の値	限界に対する現在の値の比率
窒素の循環	人間利用のために大気から取り出された窒素の量	百万 t/年	35	121	0	3.5
気候変動	放射強制力	相対値	1	1.5	0	1.5
生物多様性の喪失	単位時間当たりの種の絶滅数	種数/(百万種・年)	10	100以上	0.1~1	10以上

「比率」は表の数値から(現在の値-産業革命前の値)/(限界と考えられる値-産業革命前の値)で計算した。

窒素の循環(あふれる窒素をどうする)

100年ほど前までは、世界の農業のほとんどが有機農業で、落葉枝や作物の残渣、焼却灰、さらには排泄物などを土に戻して作物の生産を続けてきた。

ところが、1913年にハーバーとボッシュにより大気中の窒素ガスを固定してアンモニアが工業的につくられると、窒素肥料が大量に利用できるようになった。工業的窒素固定量は今では1.5億 t/年を超え、生物的窒素固定量と同程度あるいはそれ以上と推定されている。現在、窒素化学肥料なしに世界の人口を支える食料を供給することはできない。さらに、農耕地土壌の肥沃化、食料安全保障に大きく寄与している。

生物固定された窒素、施肥された窒素は、図3に示すように、土壌中で有機化、アンモニア化成、硝酸化成、脱窒など、環境条件によりさまざまに形を変えながら再

び大気へ戻る。生物的窒素固定の増大に加え窒素化学肥料の大量消費は、これまでの生物による固定・分解・排出を中心とした循環バランスを崩し、窒素が環境中へ過剰に流出するようになった。その結果、水圏の窒素汚染、富栄養化、大気汚染、オゾン層破壊、地球の温暖化、生態系サービス、生物多様性の喪失、土壌の酸性化など、さまざまな環境問題を引き起こしている。

気候変動(温室効果ガスと農業)

2016年にパリ協定が発効し、地球の温暖化対策に世界が一丸となって取り組むことが決まった。産業革命以降、急速な人間活動によって大気中の二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素などの温室効果ガスが増加した。なかでも、温室効果への寄与率の3/4を占めるのが二酸化炭素である(図4)。その主な原因は化石燃料由来であり、その削減が求められている。

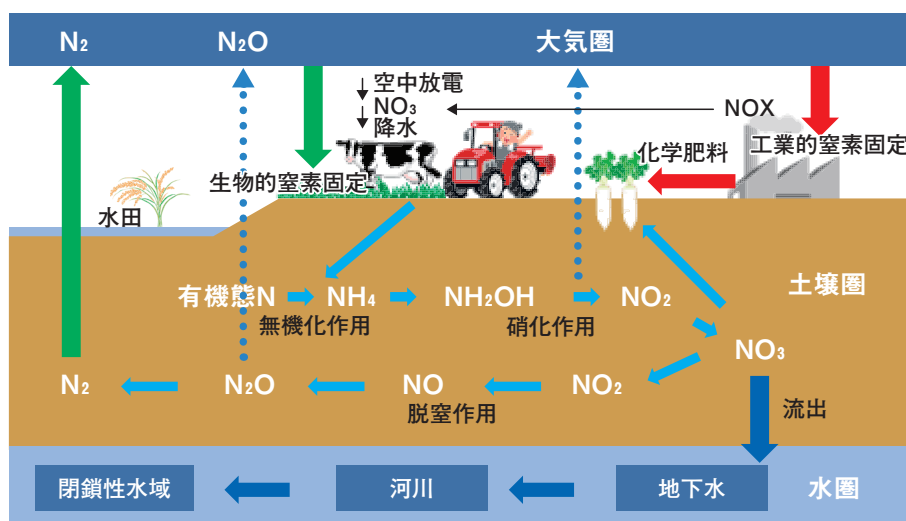


図3 農業環境における窒素の循環

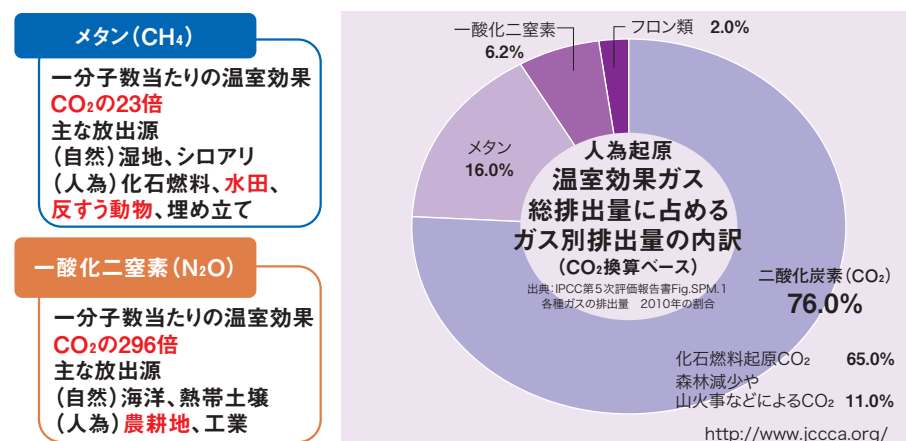


図4 温室効果ガスの放射強制力に対する寄与率

子の有機物から生成される。発生源としては自然湿地や水田、埋め立て地などがある。

水田で生成されたメタンは田面水から気泡や拡散により大気中へ放出されるが、90%以上は稲体を通して放出される。水稻やアシなどの水生植物は茎や根の内部に空気を通す組織が発達しており、根のなかに入ったメタンはこの組織を通して地上部に移送され、放出される。すなわち、水稻はメタンを大気中へ放出する煙突の役目をしているといえる。

水田からのメタン発生は、生わらや緑肥などの新鮮な有機物の供給により著しく増加する。完熟した堆肥にしてからすき込むか、生わらをすき込む前に石灰窒素などを添加し、好氣的に分解を進めておくことが肝心である。

一酸化二窒素(N₂O)

農耕地から発生する一酸化二窒素は、温室効果ガスであると同時にオゾン層破壊物質としても知られている。

肥沃な土壌には重量で0.2%の窒素が含まれている。この多くは有機態として存在しており、無機態窒素は全窒素量のわずか0.15%に過ぎない。図3に示すように、一酸化二窒素は土壌中における硝酸化成作用と脱窒作用の中間生成物として生成される。農耕地土壌では、施肥により無機態窒素が多くなるため、この反応に拍車がかかる。施肥窒素量に対する一酸化二窒素の放出量は0.01~2.0%と推定されている。

発生を制御する方法としては、脱窒をスムーズに進めることやゆっくりと硝酸化成が進行する硝酸化成抑制剤入り肥料および石灰窒素の利用が考えられる。

生物多様性の喪失(熱帯林の減少と砂漠化)

野生生物の宝庫といわれてきた熱帯林が減少している。砂漠化も野生生物の生き残る余地を減らしている。こうした生物の生息環境の劣化や、乱獲、侵入種の影響などで、毎年4万種以上の野生生物が絶滅しているといわれている。

資源としての生物を失うことは、地球の物質循環を維持する担い手を失うと同時に、自然生態系のバランスが崩れることを意味する。

開発途上国における砂漠化はこの問題をさらに深刻にしている。人口増加にともない森林を伐採し焼き畑農業が進み、これに過耕作、過放牧が加わると地力が消耗し、生物多様性の喪失を加速させることになる。

■循環型社会の実現に向けて

環境保全型農業への土壌肥料的アプローチ

物質循環を考慮し、環境への負荷を最小限にとどめる環境保全型農業は、土壌本来の持つ多くの機能を最大限に利用する農業である。そのためには合理的な輪作体系

表2 環境保全型農業への土壌肥料的アプローチ

環境と調和を図りながら農業を持続的に維持するには

- ・土壌を環境資源として位置づける
- ・有機物還元容量に基づいた土づくり
- ・土壌診断・栄養診断による適正な施肥管理
- ・総合的病害虫雑草管理による被害回避
- ・さらに、適地適作、地域輪作を組み合わせた「耕作管理のシステム化」が必要である。

を基礎として、有機物還元による土づくりと、土壌診断、栄養診断に基づいた施肥管理により、できるだけ少ない施肥量での栽培が基本となる(表2)。

すなわち、環境保全型農業とは、農耕地において物質循環が機能するような肥培管理を進めることにより、健全な土壌環境を持続的に維持し、そこで生産される農産物に対する安全性と品質面での信用を高める。

循環型農業の形成

環境保全型農業に関する個々の技術については20年以前から提案され、実証されてきた。しかし、生産者にはなかなか受け入れられないのが現状である。その理由のひとつに農産物そのものが私たちの食料というより、外観品質を重視した商品としてのウエイトが大きいことにある。そのため、生産者は消費者や流通関係者が要求する、あるいは高く売れる商品をつくらざるを得ない。家庭菜園でとれるような曲がったキュウリやナスでは商品として流通しないのである。一部の有機農業者や生産者と消費者の顔が見える農業など、高付加価値型の農業が定着しつつあるものの、多くの生産者にとっては現状の流通体制のもとで環境保全型農業を実践することは困難である。

生産者ばかりに環境に配慮した生産方式を求めても酷というものである。消費者あつての生産者であるので、消費者あるいは流通関係者の農業・農村の有する国土保全・環境保全機能や、高い公共性に十分な理解と協力を得ることが先決である。水源、水質の確保は中山間地の水田農業なくしては語れないし、有機物のリサイクルは消費者の協力なくしては成立しない。これにより、生産者と消費者の連携が生まれ、今までのライフスタイルや生産方式にとらわれない新しい循環型の農業生産システムが確立される。

参考文献

1) JST/CRDS (2013) 戦略プロポーザル：持続的窒素循環に向けた統合的研究推進。科学技術振興機構 研究開発戦略センター, CRDS-FY2012-SP-01

<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2012/SP/CRDS-FY2012-SP-01.pdf>

2) 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎(2017) トコトンやさしい土壌の本 日刊工業新聞社

3) 渡辺和彦・後藤逸男・小川吉雄・六本木和夫(2012) 資源、環境、健康を考えた土と施肥の新知識 全肥商連・農文協