

**【2-1601】森林と農地間の土地利用変化に伴う土壌炭素変動量評価と GHG インベントリ
ーへの適用研究（2016～2018 128,650 千円）**

研究代表者 天野 正博（早稲田大学）

1. 研究実施体制

- （１）森林・農地間における土地利用変化のあった部分の扱いと NIR への反映
（早稲田大学）
- （２）農地から森林への土地利用変化に伴う土壌炭素変化の解明とモデル化
（国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所）
- （３）北日本における森林から農地への土地利用変化に伴う土壌炭素量変化の解明
（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター）
- （４）西日本における森林から農地への土地利用変化に伴う土壌炭素量変化の解明
（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター）
- （５）森林から農地への土地利用変化に伴う土壌炭素量変化のモデル化
（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農業環境変動研究センター）

2. 研究開発目的

（１）我が国土地利用の約8割を占める森林と農地を対象に、両者間での土地利用変化に伴う土壌炭素変動量をIPCC2006ガイドラインに則した形で評価できるようし、ガイドラインが不十分な場合は改善策を提案する。土地利用変化は土地セクターからのGHG排出の重要な要因となっているが、土地セクターでは最も大きな炭素プールである土壌の炭素量については、土地利用変化が生じた前後をモニタリングした参考値が極めて少ない。そこで、森林から農地、農地から森林に変化した場所を全国規模で抽出し、そこでの土壌炭素量の変化を科学的に計測する調査手法を開発するとともに、本研究で計測した結果を行政に提示する。

（２）森林および農地の土壌炭素量を推定するモデルは担当部局が異なることから、別々の構造を持ちインプットする変数も違うモデルが開発されてきた。このため土地利用変化による土壌炭素量の変化をシームレスに表現することができていない。本研究では両者を統合するハイブリッド型モデルを開発し、1 km x 1 km程度の地域を単位として、過去の土地利用変化を100mグリッドでトレースした空間情報に基き、モデルを用いた広域での土地利用変化における土壌炭素の変動量算定への適用可能性を検証する。

（３）IPCC2006ガイドラインでは6つの土地区分（森林・農地・草地・湿地・開発地・その他）に分け、最終的には土地利用全体を統合化したGHG排出量の報告を求めている。本研究で開発するモデルは森林・農地間での土地利用変化に限定しているものの、将来的には6つの土地利用区分に拡張することを視野に入れて研究を行う。

（４）本研究に関係する研究者や行政担当者、各国の土壌炭素量算定がどのように実

施されているかを、整理して提示し、本研究における成果をNIRに反映させる意義を明らかにする。また、IPCCインベントリー・ガイドラインや排出係数データベースへの貢献も行政ニーズとして求められていることから、全国規模での調査によりNIRに利用できる排出係数の算定を目指すとともに、研究成果をIPCCインベントリー・ガイドラインのGood Practice Guidance 2019 Refinement へ反映させることも、目的としている。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

1) IPCC インベントリー・ガイドラインでは土地利用変化への対応は不十分

従来の各土地利用区分の土壤炭素量を算定するための方法は、IPCC2006 ガイドラインやその後のグッドプラクティスなどで明示されていたが、土地利用変化による土壤炭素量については明示されていなかった。このため、我が国を含めた多くの国では農地と森林間で土地利用変化が生じた場合は、農地と森林の平均土壤炭素量の間で変動すると仮定し、便宜的に吸排出量を計算していた。しかし、傾斜地に多く存在する森林と炭素含有量が高い火山灰土の土壤タイプが多い平坦地を適地とする農地を比べると、立地条件の違いが両者の平均値に反映されてしまい、土地利用変化による土壤炭素量に平均値を用いることは科学的とはいえない。本研究では気候や土壤タイプにより土壤炭素量が異なること、農地では堆肥として人為的に炭素が土壤に供給され、森林は樹木のリターの形で自然生態系の中で炭素が土壤に供給されていることから、土地利用変化が生じた場所の立地条件や土地管理方法といった要因に配慮して、土壤炭素量の変動を見る必要があることも示した。

2) 異なる土地利用における土壤炭素量の比較方法

前項の考えを具体化した調査方法として、例えば森林から農地に変化した場所に赴いて転用された農地の近隣にある土地利用変化前の状況に近い森林土壤をペアで採取するペアサンプリング法を提案した。また、IPCC では計測する土壤の採取は深度 30cm をデフォルトとしているが、農地では農業機械が農地上を走り回るため、森林土壤に比べ圧密状態になっている。このため、農地土壤の深さ 30cm は森林土壤の深さ 40～50cm に相当することから、同深度の土壤サンプルを採取した場合、農地土壤の炭素量を過大に評価することになる。そこで、土壤深度ではなく土壤重量均等法（ESM 法）により土壤炭素量を比較することで、土地利用変化前と変化後の土壤炭素量の比（土地利用変化係数）を科学的に算定できることを示した。

3) モデルによる土地利用変化時の土壤炭素変動量の推定

森林および農地で使用している土壤炭素量推定モデルである CENTURY と RothC の統合モデルを開発し、立地条件や土地管理方法といった土壤炭素量に影響を与える要因をパラメータとして投入することにより、土地利用変化が生じた際の土壤炭素量の挙動を実

測値に近い形でトレースできるようにした。

（２）環境政策への貢献

＜行政が既に活用した成果＞

1) 行政と連携した研究の進行管理

本研究では環境省、農水省の土地セクターの NIR データの取りまとめ担当者がアドバイザーボード会合に参加し、研究計画や成果についての議論に行政担当者として関わっている。また、これとは別に年 1 回の頻度で行政担当者との勉強会も開催し、研究者と行政担当者との意思疎通に努めており、行政担当者は研究の動向をリアルタイムに近い形で意識し、行政が成果を速やかに業務へ反映する仕組みを作っている。

2) 研究成果の NIR への反映

本研究で提案した方法論は、平成 30 年度環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会の優先検討事項として取り上げられた。また、我が国の NIR の土地セクター取りまとめ担当者が研究協力者として本研究に参画しており、新しい土地利用変化係数による試算をリアルタイムで行うなど、研究成果を NIR へ反映させる準備は進んでいる。研究サイドも行政の意向を直接聞くことにより、社会実装を意識した成果、具体的には NIR への反映を指向することができる。

＜行政が活用することが見込まれる成果＞

1) 土地利用変化による土壤炭素変動量の問題点を提示

科学的意義でも述べたが、現行の方法論では農地と森林の平均土壤炭素量の差をもとに、農地と森林間の土地利用が変化したときの土壤炭素の変動量を算定している。傾斜地に存在する森林に比べ農業適地である平坦地は土壤蓄積量が多い火山灰土壤が広く分布している。こうした立地の違いもあって、土壤調査箇所が増えるにつれ森林の土壤炭素量の下方修正があり、今後も森林土壤の炭素量が農地の土壤炭素量をより一層下回るといふ、科学的な常識とは異なる NIR になることを具体的な数値で行政に示すことができた。

2) ペアサンプリング法により土地利用変化時の土壤炭素量の実態を解明

実際に土地利用変化が生じた場所の立地条件を考慮した土壤調査を行うため、衛星写真、地形図、土壤図を用いて土地利用変化に対応した調査箇所の選定方法を示すことができた。これに基づいて全国の土地利用変化箇所 165 カ所でペアサンプリング法による土壤調査を行い、我が国の森林と農地間での土地利用変化による土壤炭素変化量を示す全国規模のデータを用意できた。

3) 異なる土地利用間での整合性のとれた土壤炭素量の比較方法

IPCC では土壤深度のデフォルト値を 30cm とし、通常はその深度までの土壤炭素量を各土地利用の炭素量の値としている。しかし、森林ではリターの分解により土壤の団粒

構造が進み空隙が発達する一方で、農地では農業機械が走り回るなど土壌の圧縮・膨潤が生じている。こうした土地利用変化がもたらす土地管理方法の違いも考慮して土壌炭素量の変動を算定するには、土壌重量均等法（ESM 法）が望ましいことを示した。

森林から農地に変化するときの土壌炭素量の変化率（土地利用変化係数）は、全国からの 38 地点の平均で、深さを 30cm にそろえて計算した場合は 0.95 となり、森林から農地への変化で土壌炭素量が約 5%減少するという結果となった。

4) NIR への貢献

ペアサンプリング法と ESM 法を組み合わせたデータにより、全国規模での土地利用変化による排出係数を NIR に提供することができた。ただ、水田や畑作、果樹園など土地管理方法が異なるケースや、土壌タイプ別、気候区分別に対応できるだけのデータは、3 年間の期間では用意できなかったため、今後の追加的な研究で補完する必要がある。

5) 国際的な貢献

IPCC で作業中の Good Practice Guidance 2019 Refinement に LA として当課題の研究者が携わっており、ESM 法はドラフト段階ではあるが特記されている。Refinement は近日中（2019 年 5 月）に採択される予定で、将来は本方法を用いた土地利用変化係数（土地利用による土壌炭素排出係数）の算定が主流になると考えられる。

6) 適正な遷移期間の設定

土地利用変化が生じた場所について変化しない土地と区分して土壌炭素の変動量を NIR で報告することが、IPCC インベントリー・ガイドラインで決まっている。土地利用変化のあった土地を変化がなかった土地に併合するまでの遷移期間のデフォルト値は 20 年である。我が国も科学的な裏付けがないまま 20 年の遷移期間を採用している。本研究では土地利用変化後の背に期間について、我が国の森林は 40 年、農地は 20 年とすることが望ましいとの結果を得た。

7) モデルの開発

土地利用変化が生じると、土壌中に有機物を供給する生態系が変わるだけでなく、土地管理方法も大幅に変化する。また、気候や土壌タイプといった立地条件も土壌炭素量の変動に影響を与えている。こうした要因に対応するには、現地調査の点数を増やすだけでは無理なので、関連する要因を変数にして土壌炭素量の変動を予測できるモデルを開発した。このモデルを用いることにより、森林と農地間における広域での土地利用変化による土壌炭素量の変動を算定することが可能となった。

8) 土地利用変化における開発地の問題点を整理

森林と農地間での土地利用から土地セクター全体に NIR の土地利用変化対象を拡張するとき、本研究の成果だけでは解決が難しいと思われる課題を整理し、インベントリー担当者に検討を促す資料を各国の NIR を分析し作成した。我が国では森林、農地に続く重要な土地利用部門は開発地であり、大きな違いは開発地における客土の扱いである。

4. 委員の指摘及び提言概要

IPCC インベントリーへの入力という、環境行政として実施しなければならないがその整備が遅れていた事項に対して、新たな知見を生み出し整備した点を評価する。主要各国の方法論をサーベイしたうえで、日本の方法論を提案した点も評価する。研究者と政策担当者との連携も適切に実施されており、研究成果が行政施策に有効的な形で反映されている点も評価される。本研究の成果が、今後、IPCC インベントリー・ガイドラインでの ESM 法の適用や、遷移期間の見直しにつながることを期待する。

最終的にモデルを活用した手法により全国への展開を図らざるを得ないと考えるが、モデルの諸条件、また、モデルへのインプットデータについては十分な検討が必要であろう。

5. 評点

総合評点：A