

財団法人環境科学技術研究所における調査研究評価の実施結果について

平成 22 年 5 月

財団法人 環境科学技術研究所

財団法人環境科学技術研究所においては、調査研究活動の効率化及び活性化を図ることを目的として、調査研究課題について、外部の評価者による評価を実施しています。今般、「生物圏物質循環総合実験調査」の事後評価を行いました。その概要は以下のとおりです。

1. 生物圏物質循環総合実験調査に関する調査研究の概要

① 調査研究内容

環境中での物質循環を模擬できる閉鎖型の制御実験系を構築するため、閉鎖型生態系実験施設の機能を整備し、長期の居住実験によって作物、動物、ヒトからなる物質循環の実験系を確立した。

これにより、大型再処理施設から排出される放射性炭素 (^{14}C) による、より現実的な被ばく線量評価に資することを目的として、放射性炭素 ^{14}C の代わりに安定同位体である ^{13}C をトレーサとして、大気-作物間の炭素移行に関する実験データを収集し、炭素移行モデルを構築するとともに、家畜や人体内での炭素代謝に関するデータを収集し、家畜における ^{14}C の蓄積・代謝モデル並びに人体内での ^{14}C 代謝モデルを構築した。

② 調査研究期間

平成 12 年度～平成 21 年度 (10 年間)

③ 調査研究結果

- 1) 閉鎖型生態系実験施設において、居住実験に必要な、ガス、水、廃棄物の処理能力が整備できたこと、同一環境で生育段階の異なる植物を同時に栽培する技術を開発し、居住実験での作物の安定供給を可能としたこと、閉鎖系内で栽培された収穫物で、系内居住者のエネルギー所要量を満たす手法を確立したこと、並びに閉鎖系内における衛生管理方法と微量有害ガスモニタリング手法を確立したことにより、長期の閉鎖居住試験が可能となった。また、植物群落の光合成モデルを作成し、植物と動物における ^{13}C のばく露・投与、並びに移行測定の基盤技術を確立した。
- 2) 閉鎖型生態系実験施設内の植物栽培施設と動物・居住実験施設とを物理化学的な処理システムで結合し、作物群落、家畜動物 (ヤギ)、居住者が系内に居住する閉鎖居住実験を実施した。空気、水を再生・循環するとともに、最終的には廃棄物を処理して発生する CO_2 も循環させることにより、居住者 2 名が閉鎖系内で食料と飼料を自給自足し、ヤギを飼育しながら最長 4 週間の閉鎖系内長期居住を実現した。この居住実験では、全蒸散水を回収し養液廃棄率を 2%未満に抑えることにより、水を循環再利用しながら、作物を連続的に養液栽培できることを実証した。これによ

り、閉鎖型生態系実験施設の制御閉鎖実験系としての機能が計画通りに整備されたことを実証した。

- 3) イネ、葉菜、根菜、ダイズ、ジャガイモ、及び牧草を対象に、各生育段階における高 $^{13}\text{CO}_2$ 濃度大気へのばく露を行い、収穫時の各部位における炭素残存率のデータを収集し、大気中 ^{14}C 濃度の変動に応じた収穫物可食部への移行を予測できる動的モデルを開発した。また、作物の生育期間の一時期に、高 $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ 濃度比の大気へのばく露する試験を行い、この動的モデルの有効性を確認した。これにより、大気-植物間の ^{14}C の移行を、大気中の濃度変動をも考慮した経路評価 (pathway method) することが可能となり、より現実的な被ばく線量評価に寄与することが期待される。
- 4) ^{13}C を用いて飼料から牛への ^{14}C 移行に関する試験を行い、牧草-牛乳、牧草-牛肉間での ^{14}C の移行を評価した。この結果、牛体内での炭素代謝には、呼気や乳汁へ排出される速い代謝速度を持つ代謝と、牛肉等へ移行する遅い代謝からなる「2コンパートメント・モデル」による解析が妥当と結論された。この炭素代謝モデルにより、 ^{14}C の牧草から乳汁への移行については移行係数による評価が妥当であること、また牛肉への ^{14}C 移行量のより現実的な推定から、大型再処理施設の安全審査時の被ばく線量評価が十分な安全裕度を有することが明らかになった。
- 5) ^{14}C を経口摂取した場合の人体内代謝を実験的に求める試験を行った。炭水化物、アミノ酸、脂質という三大栄養素で摂取した ^{13}C の代謝データを用いて、人体内での炭素代謝に関する「3コンパートメント・モデル」を開発した。経口摂取された炭素の一部はエネルギー代謝によりきわめて早く体外排出されることが明らかになったが、この結果は、現在 ICRP が推奨し、線量換算係数の基礎となっている炭素代謝（「1コンパートメント・モデル」での評価）と大きく異なっていた。また、実際の食物として摂取した ^{13}C の移行データから、開発したモデルの妥当性・有効性を確認し、4ヶ月程度にわたる ^{14}C 体内代謝の評価にも有用であり、かつ ICRP モデルからの推定値より大幅に低いという結論が得られた。このことから、安全評価における被ばく線量評価が大きな安全裕度を有することが明らかになった。

2. 評価の概要

- ① 評価の種類 事後評価
- ② 評価実施期日 平成 22 年 3 月 23 日
- ③ 評価結果

- 1) 本実験調査の目的に従い計画が実施されており、概ね良好な結果が得られている。再処理施設から排出される放射性炭素 (^{14}C) の大気から農作物、家畜およびヒトへの移行を調査し、より現実的な被ばく線量評価に資する炭素移行モデルを作成するという目的は十分に達成されている。これらの成果は、それぞれのモデルを統合した被ばく線量評価モデルとすることにより、施設周辺住民への安全性の実証や検証に利用することが期待できる。

- 2) 調査研究の計画は概ね妥当であり、実験系の整備・各システムの統合化の目標は適切に達成された。閉鎖系植物実験施設と閉鎖系動物飼育・居住実験施設の特徴・機能を十分に発揮できた調査計画であったと評価される。今後、より長期の被ばく線量への寄与の評価について検討することが期待される。
- 3) 本調査研究の成果は、放射性核種の挙動研究のみならず、地球環境動態解明や、植物工場など閉鎖系生物生産システム構築への貢献といった波及性が考えられる。閉鎖系構築のために収集された基礎データは多方面にも有用な知見である。

放射性炭素の大気－食物－家畜経路の移行・蓄積、及び人体内代謝に関する総合的調査研究は、放射線防護の目的としては、これまでにない規模と現実的な実験条件下で行われており、その成果は施設周辺の安全性評価だけでなく、国内外の防護基準や規制の見直しにも活用できる。また、当該地域における被ばく線量について、より精密な、かつ地域特性を考慮した評価を行うことができるようになったと考えられる。

これらの成果は、積極的に公表すべきである。

また、閉鎖型生態系実験施設の特長を生かした運営と、他の研究機関との協調が望まれる。

3. 評価に対する対処方針

- 1) 当初計画の目標をほぼ達成できたと考える。
閉鎖型生態系実験施設は十分な閉鎖制御実験系としての機能を有していることが示された。今後の調査研究に適用するとともに、より効果的・効率的な運用を図っていく。また、放射性炭素による、より現実的な被ばく線量評価に対して寄与できる有用な成果を挙げたと考える。
- 2) 調査研究計画は概ね妥当であったと考える。閉鎖系植物実験施設の特徴・機能を十分に発揮した、また、今後の調査研究にも適用できる計画及び手法であった。
- 3) 今後、国内外の学術誌等への積極的な成果の公表に取り組む。これらの成果の公表により、ICRP 等における国際的な基準の検討、あるいは気候変動等のより長期的かつグローバルな問題等に寄与できると考える。また、制御閉鎖系施設としての機能を有効に活用するため、国内外の研究機関等との連携を進める。

4. 評価委員

評価委員長	毛利 元彦	日本海洋事業株式会社
委員	水谷 広	日本大学大学院
	大西 充	独立行政法人宇宙航空研究開発機構
	北宅 善昭	大阪府立大学大学院
	高橋 知之	京都大学原子炉実験所
	伊藤 伸彦	北里大学獣医学部
	武田 洋	独立行政法人放射線医学総合研究所

5. 評価に関する問合せ先

財団法人 環境科学技術研究所 広報・研究情報室

担当 石川敏夫

電話 0175-71-1200 (代表)

FAX 0175-71-1270