

## 生物を中心とした物質循環を解明するための閉鎖生態系実験

## Closed ecosystem experiments for disentangling material circulation in biosphere

# 多胡 靖宏 [1]

# Yasuhiro Tako[1]

[1] 環境研

[1] IES

<http://www.ies.or.jp>

実験計画の背景 . 青森県六ヶ所村にある環境科学技術研究所では、核燃料再処理施設稼働時に放出される気体状放射性物質の地域住民への影響のより現実的な評価を目的に、物質の移行・循環・蓄積に関するデータを収集するため、外部との物質のやり取りをせず物質を循環する生態系を構築する閉鎖型生態系実験施設 CEEF (Closed Ecosystem Experiment Facilities) を 1994~1999 年に整備した。CEEF では、ヒトの被ばく線量への寄与が全排出放射性核種の 35% ほどを占めると見積もられた炭素-14 ( $^{14}\text{C}$ ) を対象として、大気中の  $^{14}\text{CO}_2$  から作物等を介して家畜、ヒトへ移行し蓄積する過程を実験的に調査することとしている。六ヶ所とは排出放射性物質の放出様態が異なるが、例えばフランスのラ・アグ再処理施設では、近隣において  $^{14}\text{C}$  が倍増した地点もあるという報告もある。本より、炭素は食物に多く含まれ人体の約 23% を占めるため、 $^{14}\text{C}$  は不安を抱かれやすい核種であるが、その移行を評価するデータは必ずしも充分とは云えない。

実験計画の概要 . CEEF では、2000~2004 年に、他の施設との違いを際立たせる特徴である物理化学的物質循環設備群 (植物栽培用照明設備、ガス処理設備、水処理設備、廃棄物処理設備、ミネラル回収設備、窒素固定設備、養液調整設備等) の整備・改修と運転技術開発を行うと共に、植物栽培技術、動物飼育技術、居住技術の開発、並びに物質循環量の測定技術を確立し、植物系施設と動物・居住系施設を結合して食糧・飼料自給、及びガス閉鎖条件下での居住・飼育実験を開始する条件を整えた。2005 年からは、実験系のガス循環 (2005 年)、水循環 (2006 年に予定)、廃棄物循環 (2007 年に予定) を順次達成して、閉鎖系内居住期間を長期化する (2005 年と 2006 年に 1 週間、2007 年に 1 ヶ月、2008 年に 2 ヶ月、2009 年には 4 ヶ月の予定) 計画である。この実験系で安定同位体  $^{13}\text{C}$  をトレーサとして、大気から作物、家畜、そしてヒトまで  $^{14}\text{C}$  がどのように移行するかを調べる。無論、これは特殊な実験系であり、実際の地域における炭素移行とは異なるものであるが、ここで収集されるデータから作物、家畜、ヒトの炭素移行モデルが高精度化され、例えば、これまで考慮されてこなかった再処理施設運転パターンに伴う大気中  $^{14}\text{CO}_2$  濃度変動に応じた炭素移行の違いなども反映できることになる。ここで確立される炭素移行モデルを、他のデータソースからの外的要因パラメータと併せて用いることによって、 $^{14}\text{C}$  の被ばく線量評価をより現実的に即したものとすることが本計画の最終目標となる。本計画では実際にヒトで確かめる実験でデータを収集することから地域住民の安心に訴え、より現実的な農畜産物の安全性評価根拠を提供するものと考えている。

2005 年の実験概要と主な成果 . 2005 年は 9 月から 11 月にかけて、動物・居住系 (2 名のヒト (エコノートと呼んでいる) と 2 頭のシバヤギを収容) と結合して 1 週間のガス閉鎖での居住実験を 3 回実施し、その間  $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$  等のガス環境が制御され (必要な酸素は植物の光合成で生産) 殆どの食糧・飼料が自給された (1 回目は米、大豆、及び落花生は外部供給だったが、2~3 回目はラッカセイ以外の全てを自給)。また、植物系では蒸散凝縮水に加え肥料排水でも循環再利用を実証し、次年度以降のガス・水閉鎖の居住実験の条件を整えることができた。炭素移行に関しては、作物、シバヤギ及びヒトでのおよその収支データを取得した。

おわりに ~ 実験計画の波及効果について . 最後に、例として CEEF 計画の宇宙開発への波及効果について言及する。2005 年 9 月には、ガス閉鎖された実験系にヒトが滞在する最初の実験としてかなりの衆目を集め、ここで実証される技術が宇宙開発へ利用されることを期待した報道が目立った。CEEF には、有人宇宙活動を可能とするため開発が進められている先端生命維持技術が数多く取り入れられているので、それらが月・火星での居住を可能とする実証成果と見做されたのであろう。物質循環の条件下で長期の居住を行う CEEF には、NASA を始めとした海外の宇宙機関も将来の実証施設のため必要なデータを提供するものとして強い興味を示している。しかし、現状の日本の宇宙開発計画では、有人宇宙活動を明確に推進し、月面もしくは惑星上の長期滞在に向けて閉鎖生態系生命維持技術の開発を進めるロードマップを表明するには至っていない。このことから、ここでの成果が直接宇宙に繋がる可能性は大きくないと考えられるものの、可能な範囲で成果の共有を図っていくべきであろう。