

## 研究課題別事後評価結果

### 1. 研究課題名

温暖化ガスにかかわる永久凍土攪乱の抑制技術開発

### 2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者 福田 正己（北海道大学 低温科学研究所 教授）

主たる研究参加者

山崎 孝治（北海道大学大学院 地球環境科学研究科 教授）

工藤 一彦（北海道大学大学院 工学研究科 教授）

大橋 一彦（新日本製鉄㈱ エネルギーエンジニアリング事業部  
部長）

### 3. 研究内容及び成果：

#### （1）研究の背景

地球温暖化は1850年以降の産業革命で化石燃料の燃焼増大に起因して、大気中の二酸化炭素濃度の増加が直接的な原因とされている。しかし、グリーンランド氷床コアに残された大気中の二酸化炭素の増加記録では、産業革命以前に増加傾向が既に進行していた。これは北米での大量移住とそれによる森林破壊による。森林は地球の肺と見なされ、長期間にわたり大気中の二酸化炭素濃度を一定に保ってきた。しかし、人類の活動が拡大するにつれて、森林は急速に失われつつある。8000年前には地球の陸域の半分は森林が覆っていた（約62億ヘクタール）。それが現在は半分（約33億ヘクタール）にまで減少した。最近では森林破壊は加速され、その二酸化炭素吸収機能が失われつつある。

この期間に日本の面積の5倍の森林が消失した。しかもその半分はシベリアを含む旧ソ連で失われてる。地球温暖化の加速を抑制するには、シベリアの森林保全が重要であることがこの数字からもうかがえる。また温暖化効果ガスとしてメタンガス放出の増加も著しい。特に天然ガス開発やパイプラインからの漏洩によって、シベリア地域がメタンガスの放出源となっている。

そこで本研究課題としては、シベリア地域での森林火災やパイプライン建設に起因する永久凍土攪乱による温暖化効果ガスの発生源を特定し、将来への影響を予測し、更にその発生を抑制する技術開発を主な目的とした。

#### （2）研究の手法と対象地域

森林火災に起因する温暖化効果ガスの発生と抑制については、東シベリアヤクーツク周辺のタイガ内で、火災による温暖化効果ガスの放出とその素過程についての野外観測を実施した。また火災による攪乱を受けた跡地での永久凍土の融解過程とそれに伴うメタンガス発生の観測調査を実施した。森林火災による燃焼で直接的に放出される二酸化炭素フラックスと有機物質分解に伴う二酸化炭素フラックスの長期モニタリングを実施した。特に森林の二酸化炭素吸収機能については、人為的な攪乱を受けた森林でのタワー観測から、直接的な炭素収支の変動を確認することが出来た。

今回の実験地で、伐採前及び伐採後に観測タワーを設置して二酸化炭素収支変動を比較

した。その結果伐採前では年間 180-200 g /m<sup>2</sup> の二酸化炭素を森林は吸収していた。伐採の跡地は 184 g /m<sup>2</sup> の二酸化炭素を放出した。森林機能班の森林火災跡地でのバイオマス測定から、森林火災による直接的な二酸化炭素放出は 40 トン/ヘクタールであった。他方火災の影響を受けないタイガが吸収した二酸化炭素は年間 0.4 トン/ヘクタールであった。このことから単位面積の森林火災で放出された二酸化炭素を吸収するにはその 100 倍の森林面積が必要となる。パイプラインからの漏洩抑制については、まずロシアでのパイプライン事故の実態調査を行い、対策技術開発のため、アラスカ州フェアバンクス市で実規模のパイプライン運用実験を実施した。

永久凍土と季節凍土に跨って直径 100cm のパイプを敷設し、-8~-10 の空気を循環させた。この実験状況で異なる地盤凍結でパイプの変位挙動と受ける応力を観測した。

### ( 3 ) 主な成果

#### ( 永久凍土攪乱影響観測グループ )

凍土の構造解析と凍土に内在するメタンガス、後氷期凍土の大規模融解について現地調査を実施した。

永久凍土地帯における森林攪乱が地表面の熱・水・CO<sub>2</sub> 収支と永久凍土の動態に及ぼす影響を長期モニタリングにより明らかにした。

カラマツ林の現存量、成長量、火災による有機物焼失量等から二酸化炭素収支を定量的に考察した。

永久凍土上に成立したシベリアタイガでは、森林攪乱を受けても森林が再生すれば成熟林より大きな炭素固定が期待できるが、森林が再生せずに湿地化が進行すると著しい炭素固定の低下とメタン放出を起こす。

西シベリア平原南部に分布する白樺林において火災前後の地表面炭素の動態を明らかにした。

リモートセンシング技術を用い永久凍土上のタイガの構造と分布の解明と森林火災の早期探知技術の開発を行なった。

#### ( 予測技術グループ )

森林火災によって放出されるガスやエアロゾルの長距離輸送モデルを開発した。

森林火災の影響評価シミュレーションを行い、人為的火災の炭素収支へ及ぼす効果を解析した。

#### ( 森林保全技術開発グループ )

永久凍土地帯の火災の特徴を解析した。

シベリアの森林火災のシミュレーションモデルをつくり、このモデルにより、森林火災による炭素放出量の推定を行なった。

#### ( インフラ保全技術開発グループ )

アラスカ州フェアバンクス市の永久凍土地帯において、実物大ガスパイプラインを埋設し、その挙動を観測し、重要な知見を得た。

#### 4．事後評価結果

##### 4 - 1．外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

人類の活動が拡大するにつれて、森林は急速に失われつつある。8000 年前には地球の陸域の半分は森林に覆われていたが(約 62 億 ha)、現在は半分(約 33 億 ha)まで減少したという。最近では森林破壊は加速され、1964～1994 年の 30 年間に日本の面積の 5 倍の森林が消失しており、その半分はシベリアを含む旧ソ連で失われているという。地球温暖化の加速を抑制するには、シベリアの森林保全が重要である。一方、温暖化効果ガスとしてメタンガス放出の増加も著しく、特に天然ガスパイプラインからの漏洩によって、シベリア地域がメタンガスの放出源となっている。

そこで本研究課題としては、シベリア地域での森林火災やパイプライン建設に起因する永久凍土攪乱による温暖化効果ガスの発生源を特定し、将来への影響を予測し、更にその発生を抑制する技術開発を主な目的としており、その採択は正しかった。しかし、総数 58 名に上る研究チームとなり、研究代表者のコントロールが行き届かず、各サブグループがバラバラに行動した結果、得られた成果がバラバラの印象は否めない。

その中でも、貴重な成果は、2000 年冬季に伐採された森林のない地域に観測タワーを設置して、伐採前及び伐採後の二酸化炭素収支変動を比較すると、伐採前には年間  $180\text{--}200\text{ g/m}^2$  の二酸化炭素を森林は吸収していたが、伐採後の跡地は  $184\text{ g/m}^2$  の二酸化炭素を放出していることを確認したこと、更に森林火災跡地でのバイオマス測定から、森林火災による直接的な二酸化炭素放出は  $40\text{ t/ha}$  であったが、他方火災の影響を受けないタイガが吸収した二酸化炭素は年間  $0.4\text{ t/ha}$  であったこと、などの知見を得たことである。これらのことから単位面積の森林火災で放出された二酸化炭素を吸収するにはその 100 倍の森林面積が必要となることがわかる。

発表論文数は、国内 9 件、海外 94 件、招待・口頭発表は国内 12 件、海外 14 件、ポスター発表は国内 7 件、海外 37 件、特許なし、と言う状況である。

##### 4 - 2．成果の戦略目標・科学技術への貢献

シベリアの森林は二酸化炭素の吸収源という在来の常識を、現地の実測により覆した成果は大きい。タイガの保全の重要性は十分理解できるが、ただ、このことを示すデータが、1 件のみでは、やや寂しい。計測の苦労は充分理解するが、もう少し具体のデータが欲しかった。凍土から受けるパイプラインへの影響に関しても、現地に於ける制約は充分理解できるが、もう少しデータが欲しかったところである。しかし、成果を総合して科学的、技術的インパクトは大きいと評価できる。シベリアに設置した施設の今後の有効利用も是非考えてほしい。また、ロシアや IPCC 等へも積極的にデータを提供して、フォローして貰うことが必要であろう。

##### 4 - 3．その他の特記事項(受賞歴など)

海外からの招聘研究者が 22 名と他のグループに比して国際性、特にロシアとの研究交流が盛んであったことをうかがわせる。