

研究課題番号：2-1304

課題名：

温暖化予測に関わる

北極域土壌圏の炭素収支の時空間変動

研究代表者名：串田圭司

所属：日本大学 生物資源科学部

研究実施期間：

平成25年度から平成27年度まで

累積予算額：124,656千円

温暖化予測に関わる北極域土壌圏の 炭素収支の時空間変動

サブテーマ1:

リモートセンシングによる生態系と広域土壌有機物分解の評価
(日本大学 串田圭司)

サブテーマ2:

凍土土壌中有機炭素の蓄積・分解の実態解明と変動量の把握
(国立環境研究所 内田昌男)

サブテーマ3:

北極域生態系炭素動態の季節・年々変動に及ぼす環境影響の要因解析
(広島大学 戸田 求)

炭素蓄積量（単位は10億トン炭素;GtC)

永久凍土（北極域の土壌）	1700
永久凍土以外の土壌	1500~2400
地球の植生	420~ 620
大気中二酸化炭素	830
人為起源二酸化炭素放出	400

IPCC AR5 (2013)

研究開発目的

北極域の土壌有機物分解を予測するモデルの開発に必要な観測・実験を行う。(サブグループ2)

北極域の土壌有機物分解の時間変化をモデル化する。(サブグループ3)

土壌有機物分解の観点から、リモートセンシングによる広域生態系区分を行う。(サブグループ1)

**北極域の土や植物は温暖化を加速するのか？
を明らかにする。**

研究開発目的

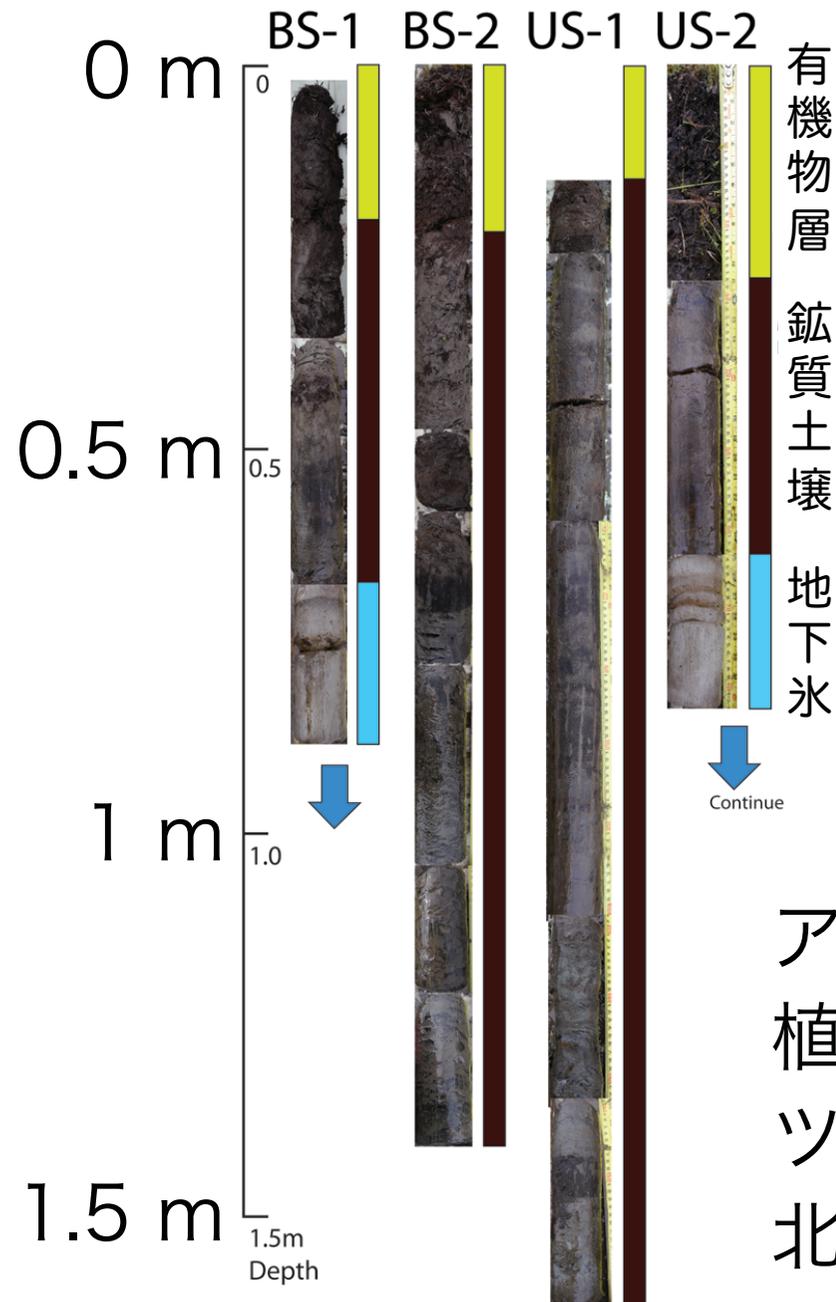
北極域の土壌有機物分解を予測するモデルの開発に必要な観測・実験を行う。(サブグループ2)

北極域の土壌有機物分解の時間変化をモデル化する。(サブグループ3)

土壌有機物分解の観点から、リモートセンシングによる広域生態系区分を行う。(サブグループ1)

**北極域の土や植物は温暖化を加速するのか？
を明らかにする。**

土壌・凍土コアの分析により、各地の有機物、炭素14同位体の鉛直分布を明らかにした。



アラスカを代表する
植生から**9地点**選定：
ツンドラ5、
北方林3、パルサ1

通気法による土壌有機物分解量測定法を実現した。

土壌試料の培養実験



夏期融解層
(17-30cm)



永久凍土
(60-75cm)



研究開発目的

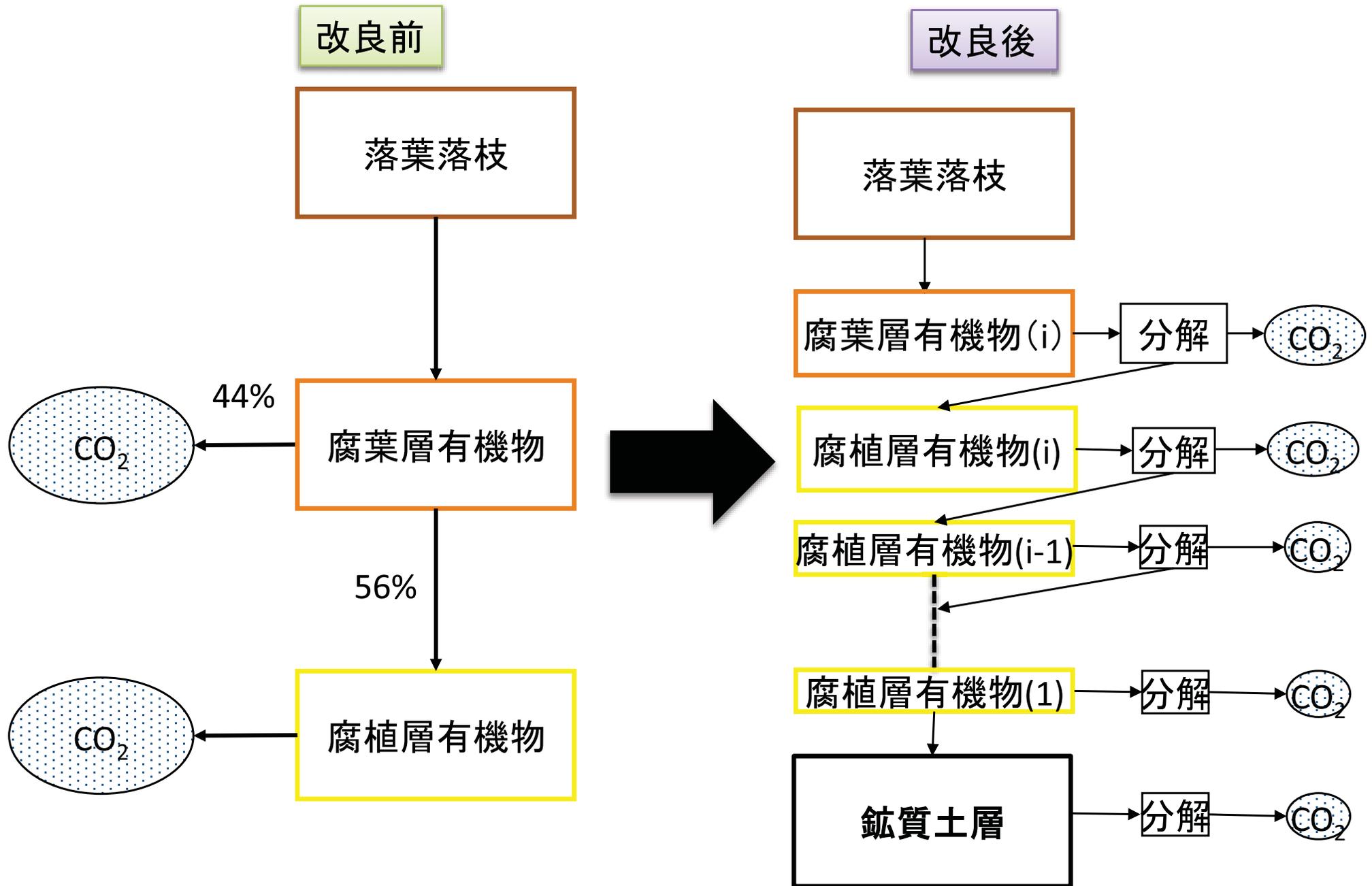
北極域の土壌有機物分解を予測するモデルの開発に必要な観測・実験を行う。(サブグループ2)

北極域の土壌有機物分解の時間変化をモデル化する。(サブグループ3)

土壌有機物分解の観点から、リモートセンシングによる広域生態系区分を行う。(サブグループ1)

**北極域の土や植物は温暖化を加速するのか？
を明らかにする。**

土壤有機物分解モデルが現実を表すように改良した。



研究開発目的

北極域の土壌有機物分解を予測するモデルの開発に必要な観測・実験を行う。(サブグループ2)

北極域の土壌有機物分解の時間変化をモデル化する。(サブグループ3)

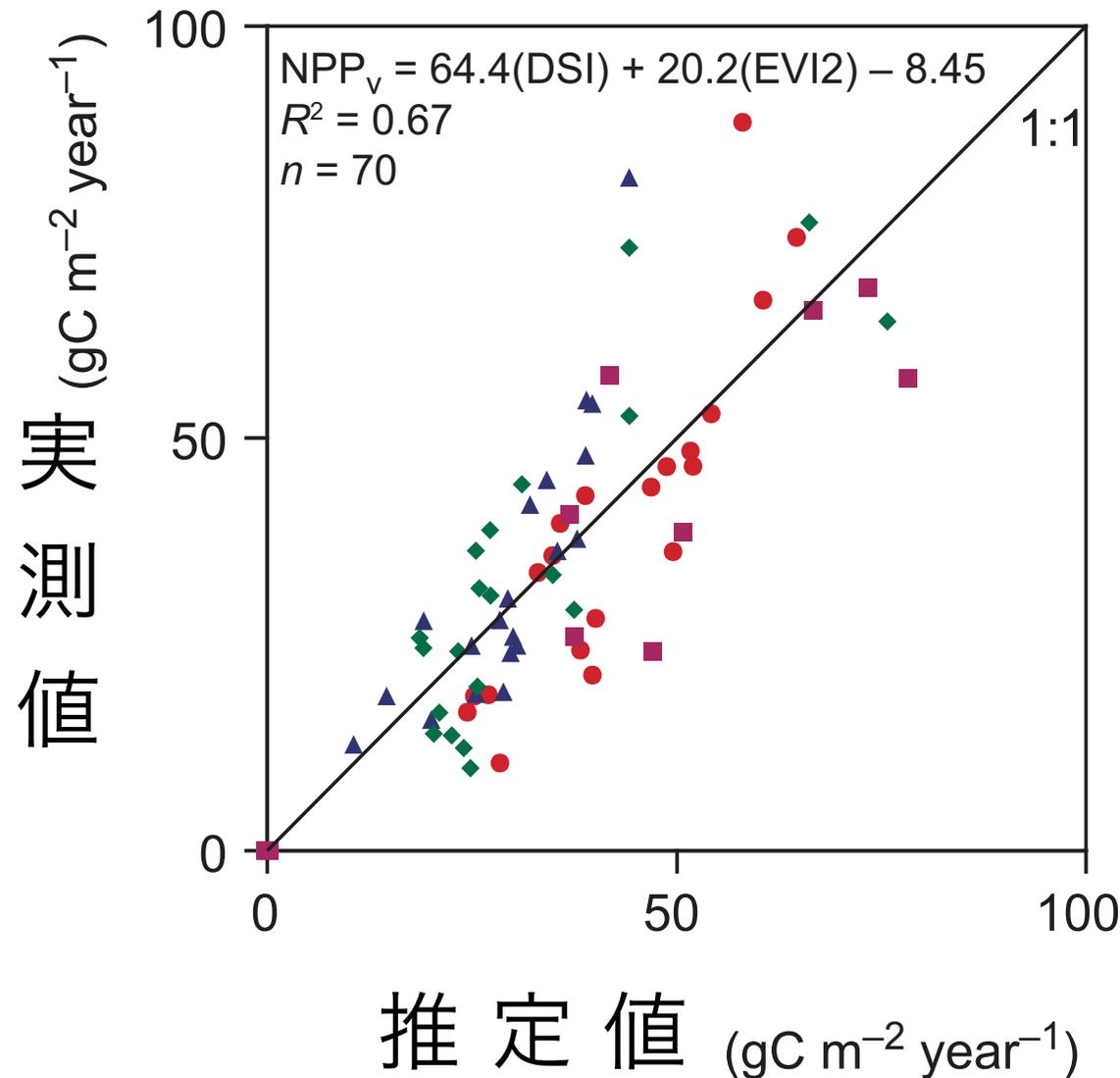
土壌有機物分解の観点から、リモートセンシングによる広域生態系区分を行う。(サブグループ1)

**北極域の土や植物は温暖化を加速するのか？
を明らかにする。**

ツンドラの維管束植物純一次生産量とリターフォール量をリモートセンシングにより見積もる分光指標を開発した。

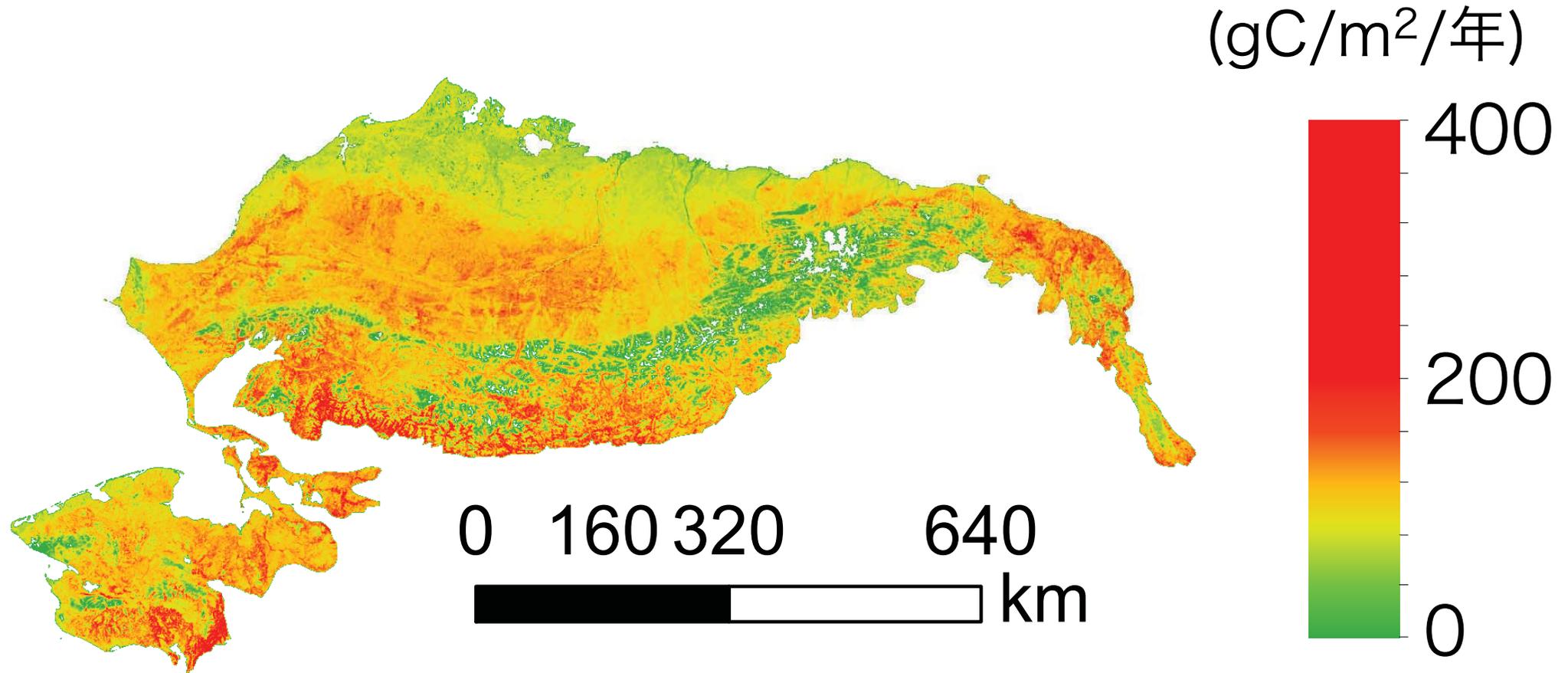
維管束植物地上部純一次生産量

● MAT ▲ MNT ■ HT ◆ SST: ツンドラの4区分



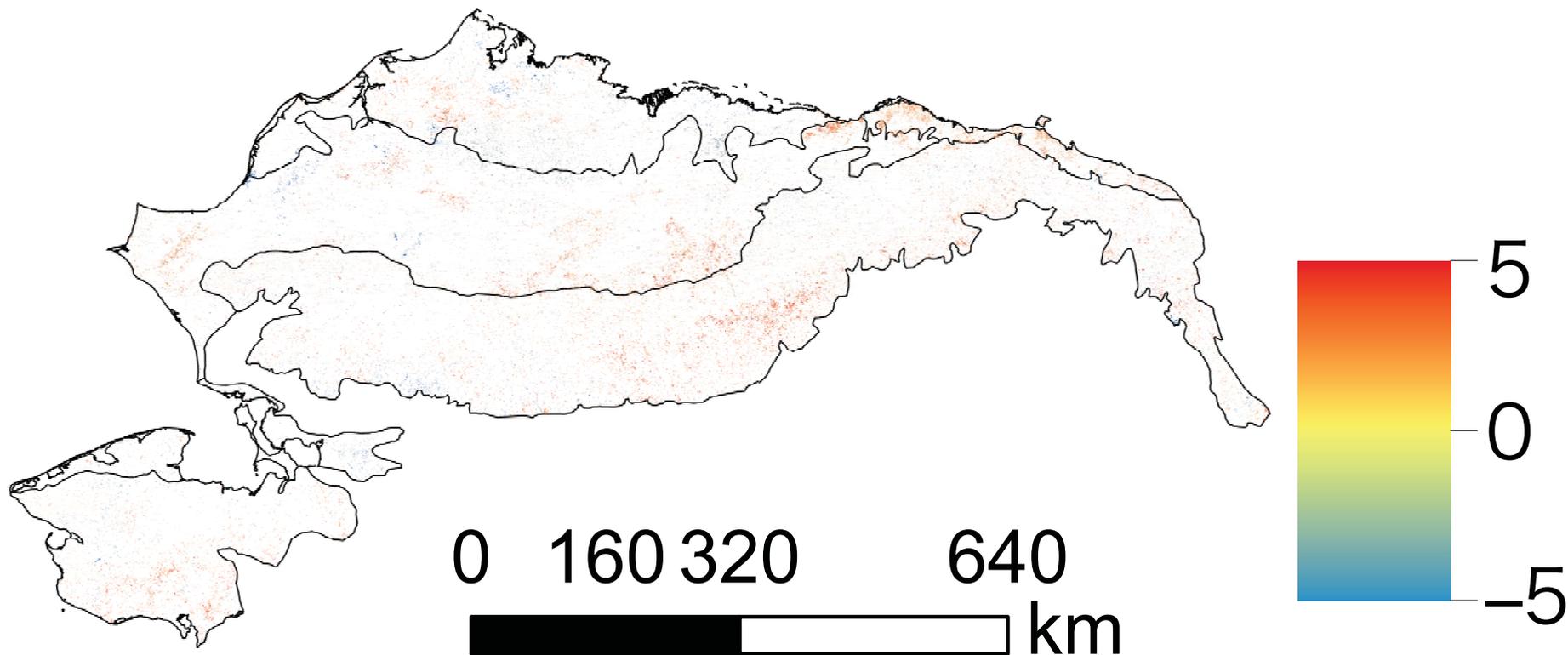
アラスカツンドラのリターフォール量は

平均値: 102 gC/m²/年、標準偏差: 35 gC/m²/年であった。



2000年～2013年のMODISデータを用いて
新しい分光指標で解析した。

アラスカツンドラのリターフォール量の変化 ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{年}/\text{年}$)



95%の土地で変化なし

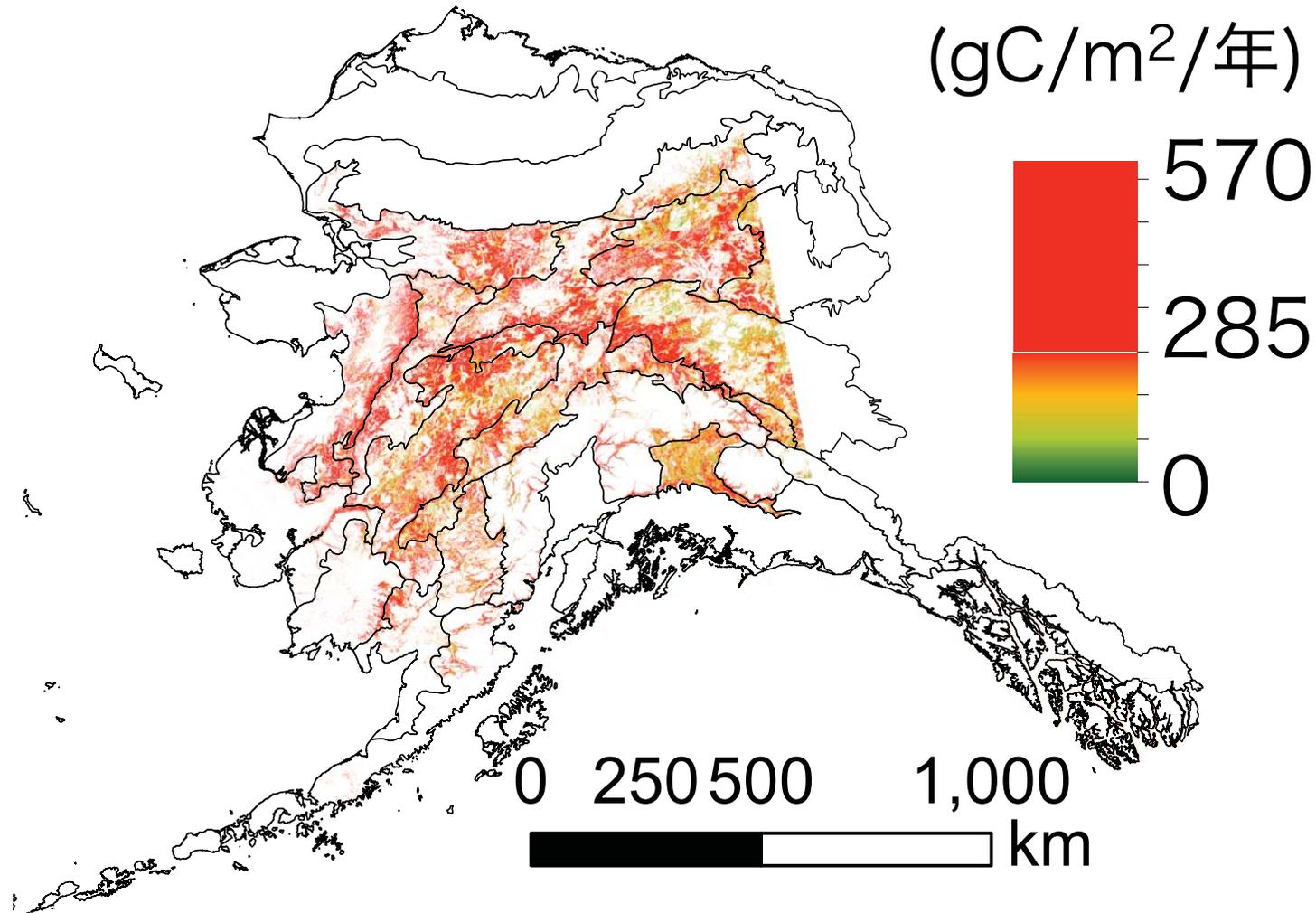
4%の土地で増加 平均 $2.5 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{年}/\text{年}$

1%の土地で減少 平均 $1.0 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{年}/\text{年}$

2100年には、平均値 $102 \rightarrow 111 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{年}$ になる。

2100年までに $0.5 \text{ kgC}/\text{m}^2$ の土壤有機物の増加に寄与

アラスカ北方林のリターフォール量を求めた。

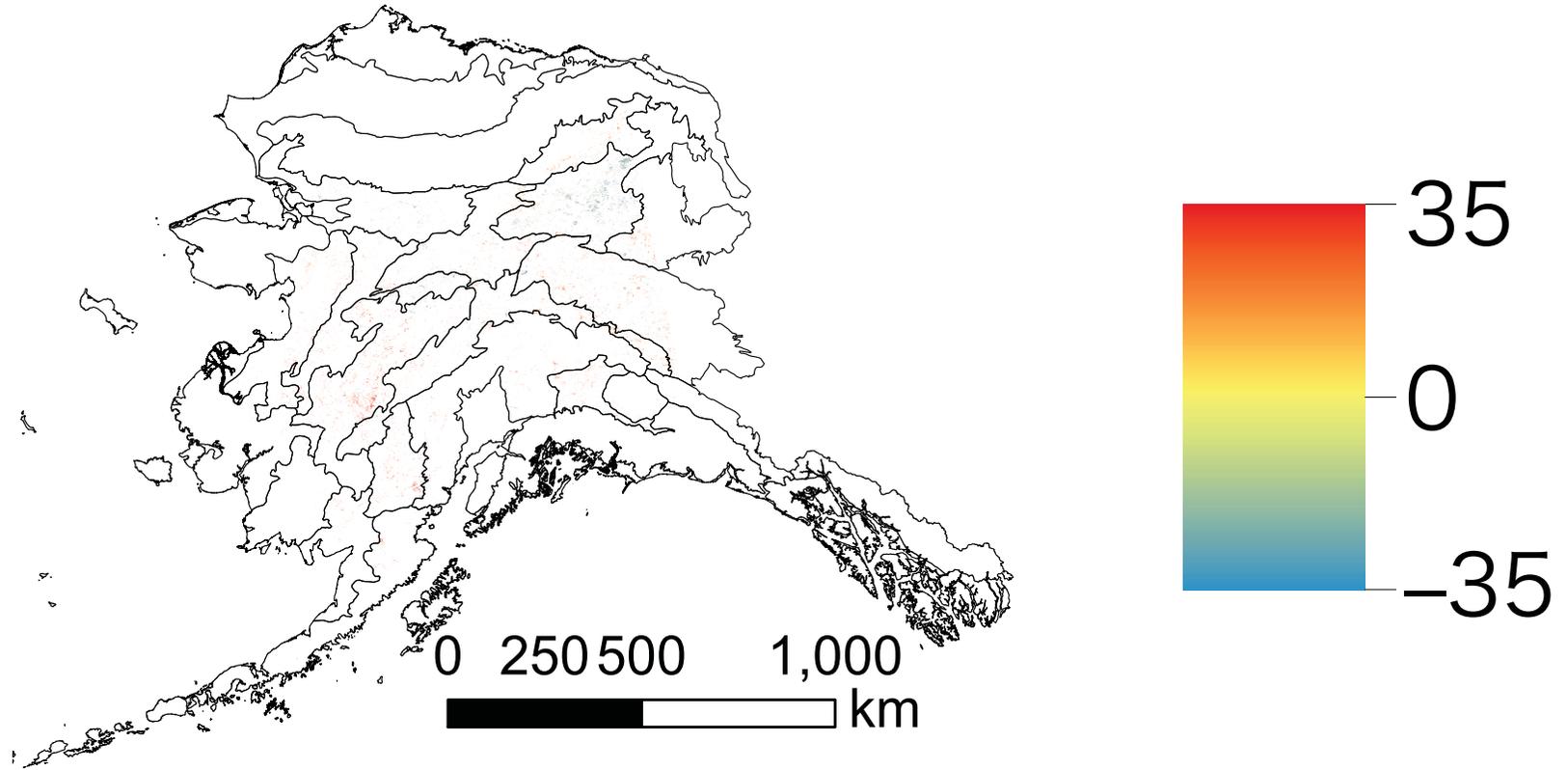


常緑樹: 214 ± 79 gC/m²/年

落葉樹: 284 ± 76 gC/m²/年

混交林: 260 ± 76 gC/m²/年

アラスカ北方林のリターフォール量の変化 (gC/m²/年/年)



3~4%の土地で増加 平均 12~16 gC/m²/年/年

2~3%の土地で減少 平均 4.3~5.8 gC/m²/年/年

2100年には、常緑樹: 256 gC/m²/年

落葉樹: 309 gC/m²/年

混交林: 319 gC/m²/年になる。

2100年までに2kgC/m²の土壤有機物の増加に寄与

原野森林火災の周期を求めた。

2001年から2015年のMODIS解析より

周期 (年)

ツンドラ：3000年～5000年程度

北方森林

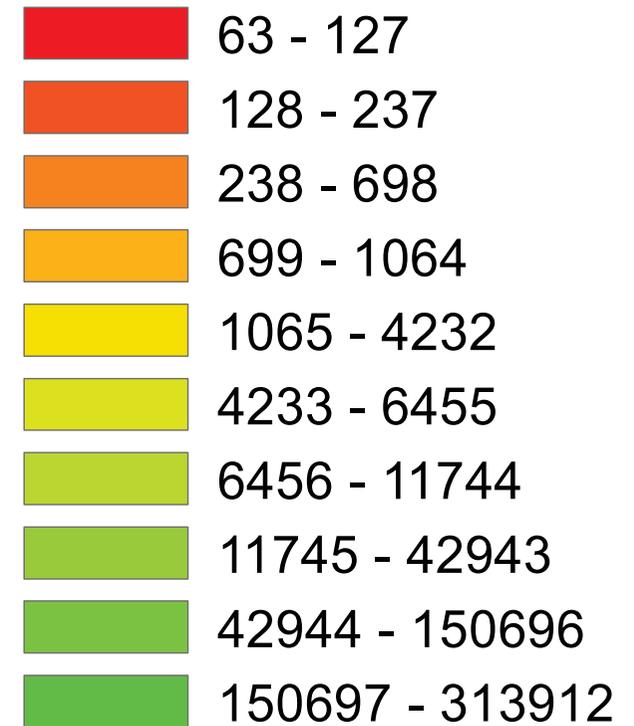
常緑樹：160年

落葉樹：210年

混交林：210年

海岸林：

10,000年程度

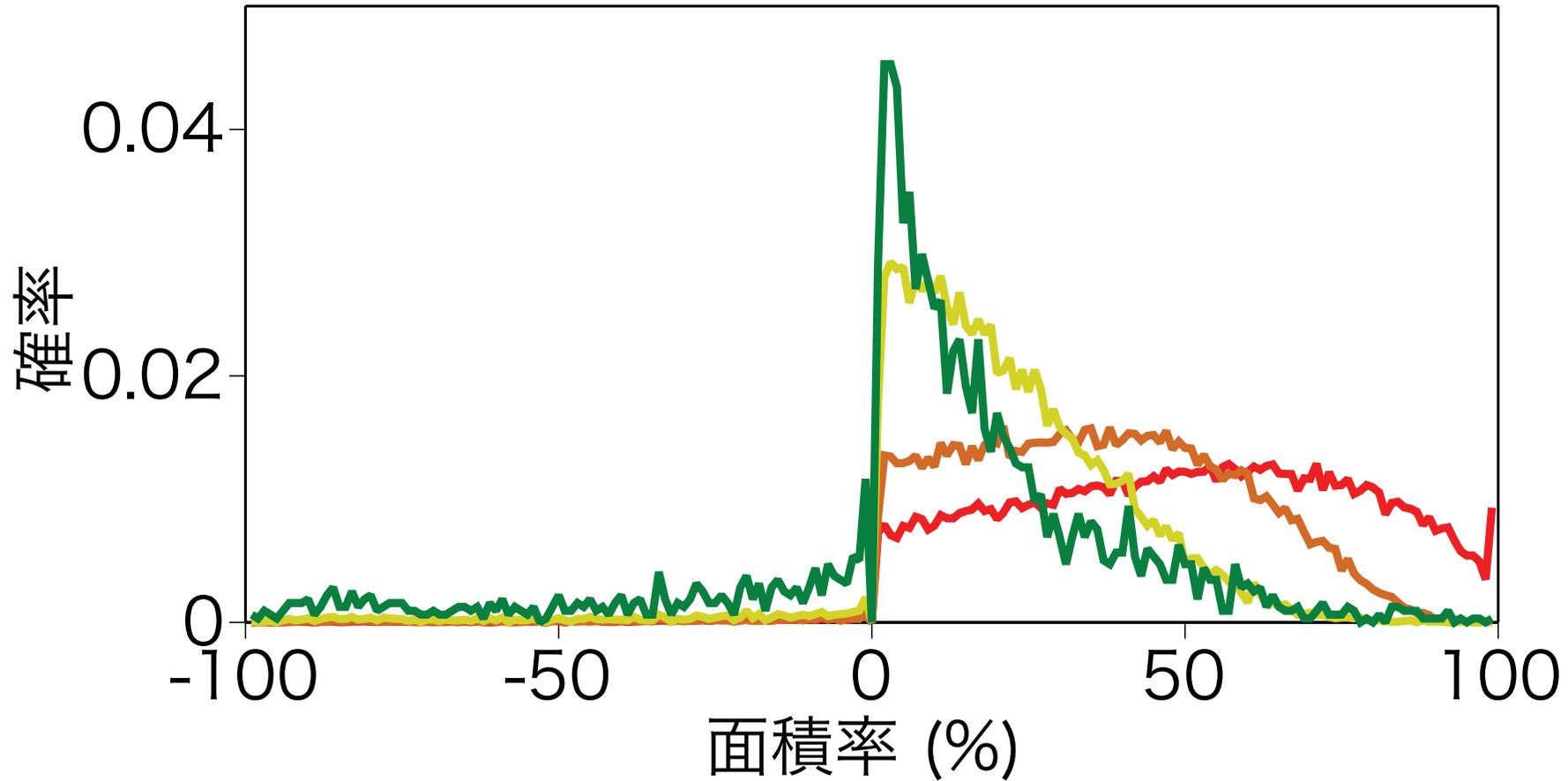


0 250 500 1,000
km

温暖化、雷の多発、極端な乾燥増は火災の周期を短くする。
火災周期が160年から100年になると、1kgC/m²の土壌有機物の消失。

アラスカ北方森林火災では、平均50%の林床が燃えている。

2000年～2015年のMODIS解析より



平均燃烧面積率50%

燃烧時の炭素放出量：1kgC/m²

研究開発目的

北極域の土壌有機物分解を予測するモデルの開発に必要な観測・実験を行う。(サブグループ2)

北極域の土壌有機物分解の時間変化をモデル化する。(サブグループ3)

土壌有機物分解の観点から、リモートセンシングによる広域生態系区分を行う。(サブグループ1)

**北極域の土や植物は温暖化を加速するのか？
を明らかにする。**

面積

北方森林	1249万km ²
ツンドラ	890万km ²

Apps et al. (1993)

RCP2.6（低位安定化シナリオ; 全球平均～+2°C）の場合、

(1) 2100年までの土壌有機物分解量

北方森林	5kgC/m ²
ツンドラ	2kgC/m ²

本研究プロジェクト

(2) 2100年までのリター増に伴う土壌有機物の増加

北方森林	2kgC/m ²
ツンドラ	0.5kgC/m ²

本研究プロジェクト

(3) 2100年までの植生現存量の増加

北方森林	0.5kgC/m ²
ツンドラ	0.5kgC/m ²

Euskirchen et al. (2009)

2100年までの二酸化炭素放出量

北方森林	31GtC
ツンドラ	9GtC

本研究プロジェクト

北極域の土や植物は 温暖化を加速するのか？

RCP2.6（低位安定化シナリオ）の場合、2100年までにアラスカツンドラで $1\text{kgC}/\text{m}^2$ 、北方森林で $2.5\text{kgC}/\text{m}^2$ の二酸化炭素の放出が予測される。

北極域全体でこの放出が起こるとすると、これまでに人為起源で放出された二酸化炭素の10%になる。

北極域の土や植物は温暖化を加速すると言える。

原野・森林火災の増加の評価によってはもっと大きくなる。

科学的意義・環境政策への貢献

各地の永久凍土と夏期融解層の土壌有機物の鉛直分布、温度上昇による変化率を観測と実験で明らかにした。

土壌有機物分解モデルを新たに開発し、永久凍土、鉍質土層、鉛直移動、実測データを考慮して2100年までの分解量を算出した。

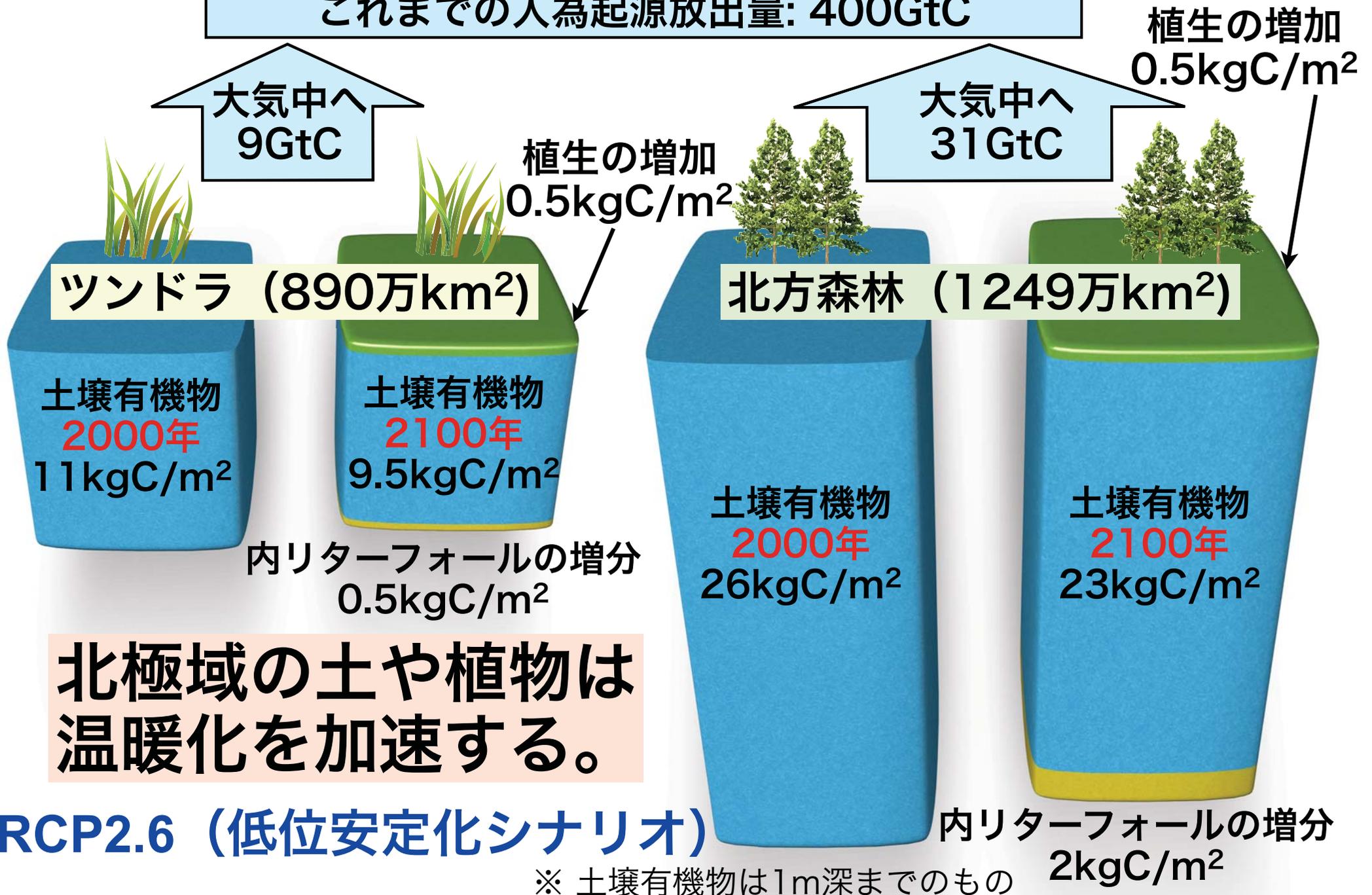
新たに開発した分光指標により、アラスカ北極域全体の植物から土壌への有機物移動量、火災による有機物燃焼量、2100年までの変化量を見積もった。

北極域の土や植物は、RCP2.6のシナリオでも、温暖化を加速することを明らかにした。

一層の温暖化緩和のための技術開発が必要である。

研究により得ることができた成果

大気中二酸化炭素量: 830GtC
これまでの人為起源放出量: 400GtC



本研究による原著論文

Kushida, K. et al. (2015) Spectral indices for remote sensing of phytomass, deciduous shrubs, and productivity in Alaskan Arctic tundra. *International Journal of Remote Sensing*, 36(17), 4344-4362.

Iwahana, G., Uchida, M. et al. (2016) InSAR detection and field evidence for thermokarst after a tundra wildfire, using ALOS-PALSAR. *Remote Sensing* 8, 218.

市民シンポジウムの開催

2016年1月12日 「地球温暖化と環境変化」

日本大学生物資源科学部（神奈川県藤沢市）にて