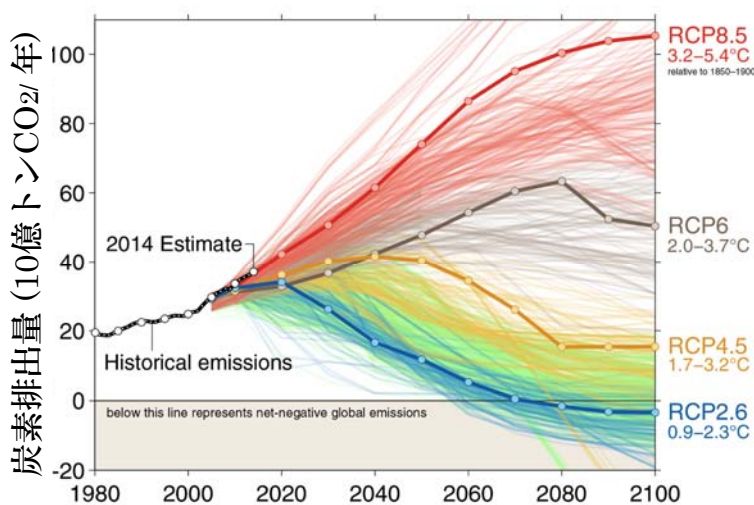


大気中CO₂を減らすことは可能か？ ～バイオマスCCSとその利用限界

(独) 国立環境研究所 地球環境研究センター
山形与志樹

2度目標達成に必要なCO₂排出量の減少

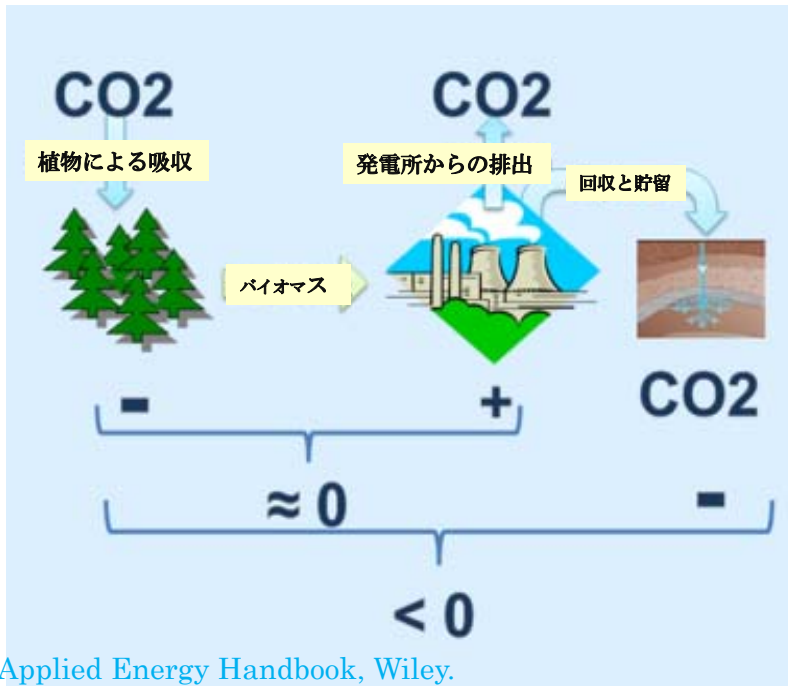


- この図は、気温上昇を抑制するIPCCのシナリオに対応する世界各国の研究モデルのばらつきを示している。
- 2度目標を達成に抑えるためには、2080年以降の化石燃料からのCO₂排出を、正味で負にする必要性があることがわかる。
- 多くのモデルでは、大気中のCO₂を減らすため、世界規模でのネガティブエミッション(負の排出)技術の実施が想定されている。

出展: Fuss et al. (2014), Nature Climate Change.

大気中のCO2を減らすための技術

- 大気中のCO2を減少させるネガティブエミッション技術として、特にバイオマスエネルギー利用（BE）とCO2の回収貯留（CCS）を組み合わせた**バイオマスCCS**(BECCS) 技術の大規模な導入が検討されている。



バイオマスCCSは、植物バイオマスの燃焼時に発生するCO₂を回収・貯留することによって、CO₂収支を負とするエネルギー利用技術である。

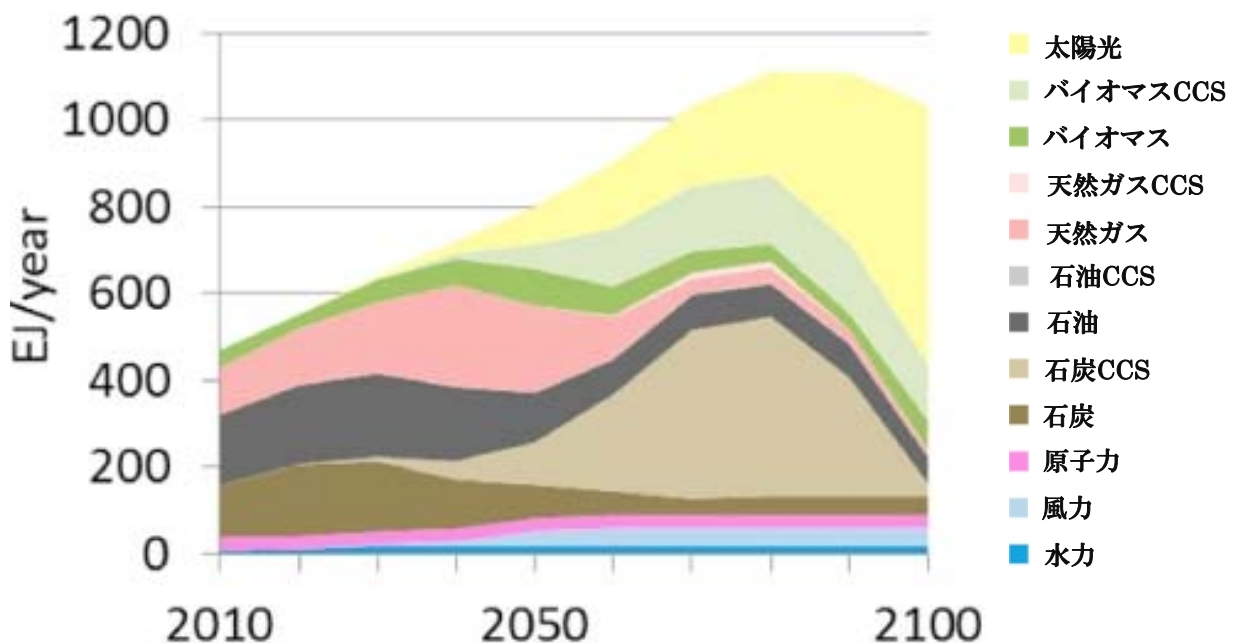
その他にも

- 植林
- 大気中CO₂直接回収
- 土壌中炭素貯留
- バイオ炭

等も同様の効果を持つ

3

2度目標を達成するための技術シナリオの例



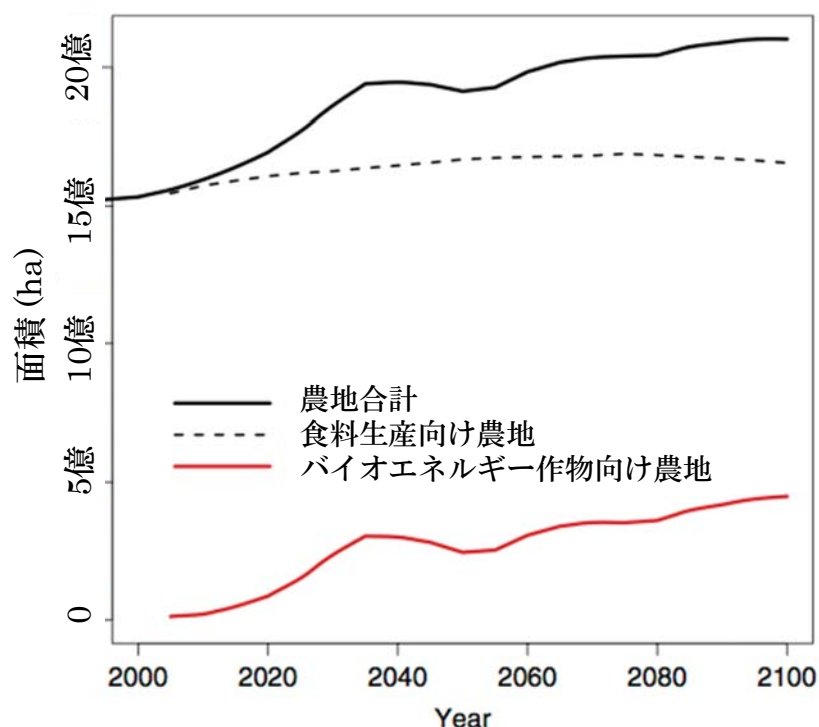
バイオマスCCSの利用限界の検討

- 2度目標に向けた排出経路を達成するためのシナリオ (RCP2.6 など) では、大規模なバイオマスCCSの利用によるネガティブ・エミッションが仮定されている
- RCP2.6で考えられているバイオマスCCSによる大気中二酸化炭素の回収は、バイオエネルギー作物の大規模栽培によって達成可能だろうか?
- そのような技術の利用は持続可能であろうか?

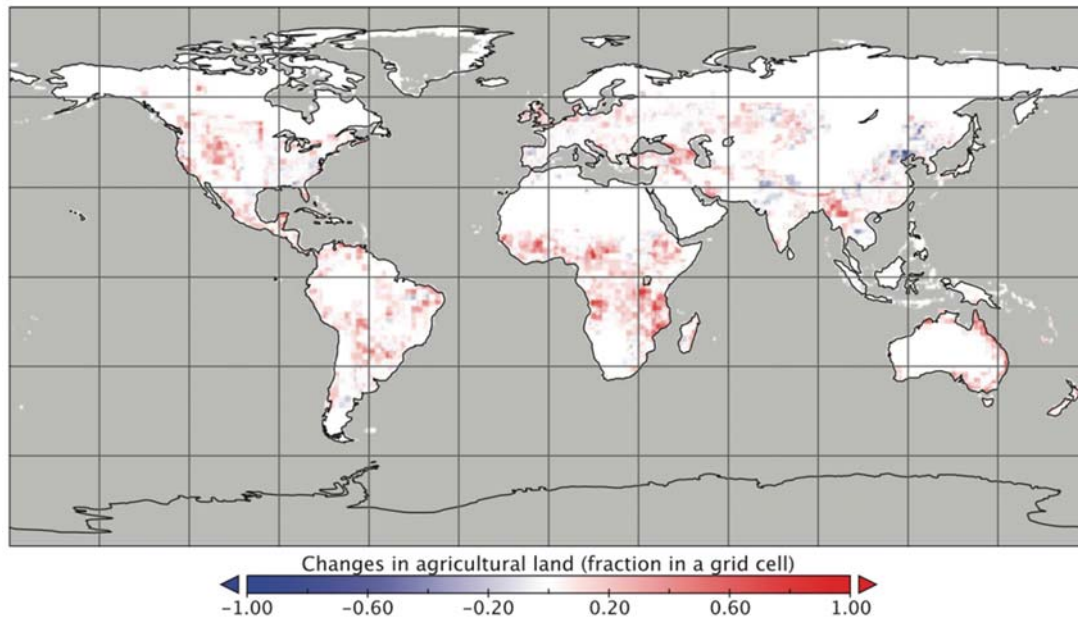
本プロジェクトの成果の紹介

Kato and Yamagata, 2004, Earth's Future

地球全体の農地面積変化 (RCP2.6シナリオ)



農業生産に向けた土地利用変化 (RCP2.6シナリオ 2005-2100)



主にバイオエネルギー生産の増加のために農地が増加



バイオマスCCSシナリオの持続可能性の評価

- RCP2.6の土地利用シナリオでは、農地が16億haから21億ヘクタールへと増加し、ほとんどがバイオエネルギー作物生産に割り当て
- 割り当てられた農地で、必要なバイオマスCCS量を実現するための、作物の収量が達成できるのか、作物成長や農業管理プロセスを考慮したモデルを利用して評価
- 栽培する作物、肥料・灌漑の投入量、バイオエネルギー利用時のCCS効率を評価
- 土地利用変化による炭素排出を評価



考慮したバイオマスCCSシナリオ

ケース	バイオエネルギーの世代 (原材料)	CO2回収システムの技 術オプション	生産されたバイオ エネルギーに対す る回収される炭素 の割合
1a	第1世代 (トウモロコシ、サトウキビなど)	バイオ燃料製造時での 発酵プロセス	0.5
1b	第1世代 (トウモロコシ、サトウキビなど)	1a + 50% 燃焼後回収	1.0
1c	第1世代 (トウモロコシ、サトウキビなど)	1a + 100% 燃焼後回収	1.5
2a	第2世代 (多年生C4草本植物)	バイオ燃料製造時での ガス化プロセス	1.0
2b	第2世代 (多年生C4草本植物)	2a + 50% 燃焼後回収	1.5
2c	第2世代 (多年生C4草本植物)	2a + 100% 燃焼後回収	2.0

すでに実証されているバイオマスCO2回収プラント技術 (1a, 2a) を元に評価

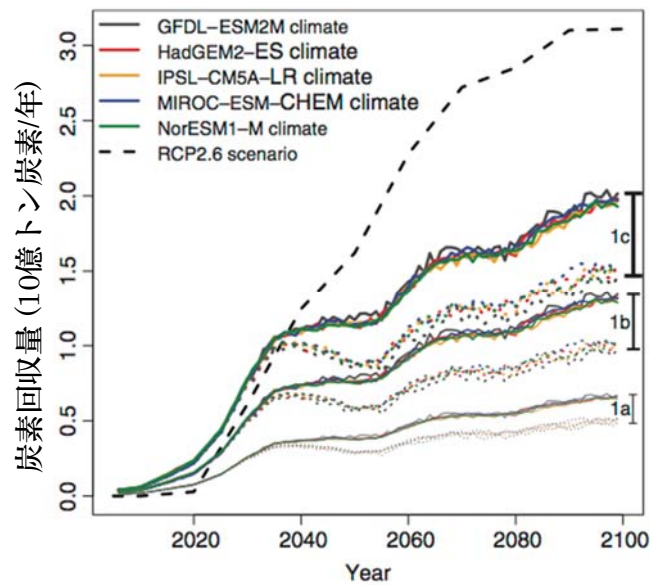


モデルによる予測される単収変化

- 第1世代バイオエネルギー作物
 - 現在の農業管理が続く場合: 現状単収の5%以内の変化
 - 肥料投入量が低い地域において、投入量を 160 kgN ha^{-1} まで増加、灌漑も年率0.6%で増加させた場合: トウモロコシでは現状の倍の単収
- 第2世代バイオエネルギー作物
 - 肥料投入を上げた場合: 2倍程度の単収まで増加



第1世代バイオエネルギー作物によるCO2回収ポテンシャル

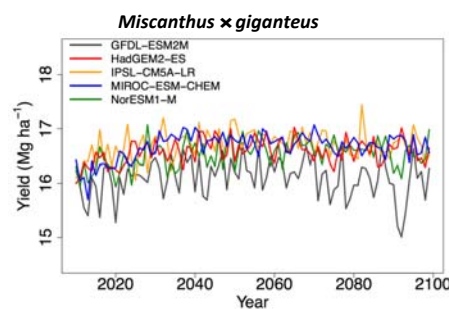
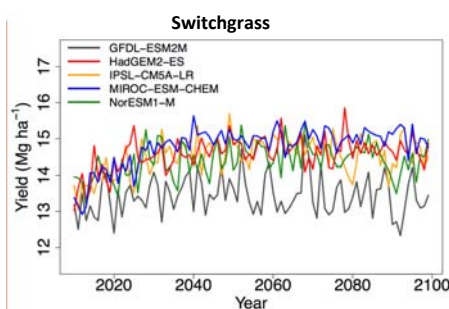
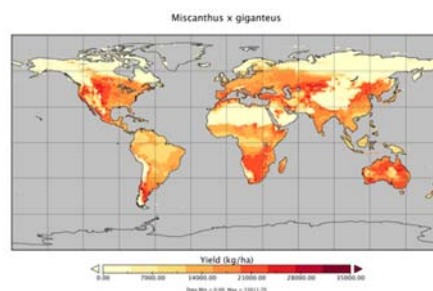
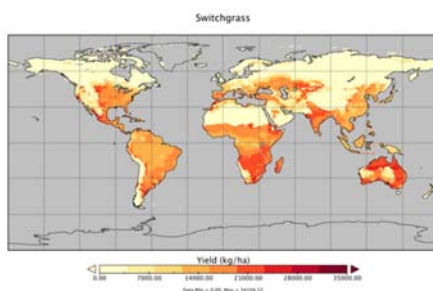


- 高い肥料・灌漑投入を利用し(実線)、さらに現状では実証されていない高CO2回収技術(1c)を利用した場合でも、必要量の68%しか回収できない。
- 実証技術(1a)では23%のみ回収可能。

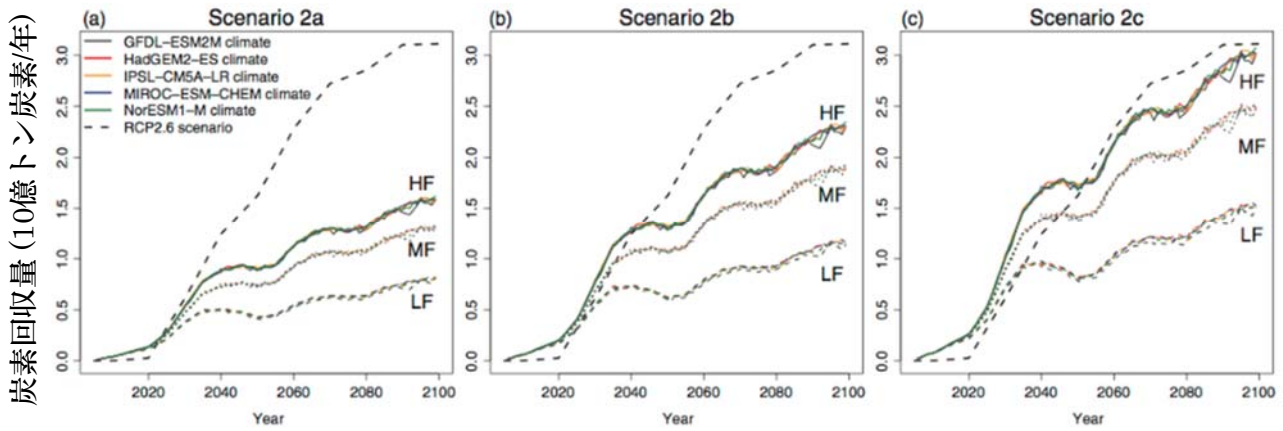


バイオエネルギー作物によるバイオマスCCS

第二世代バイオ燃料



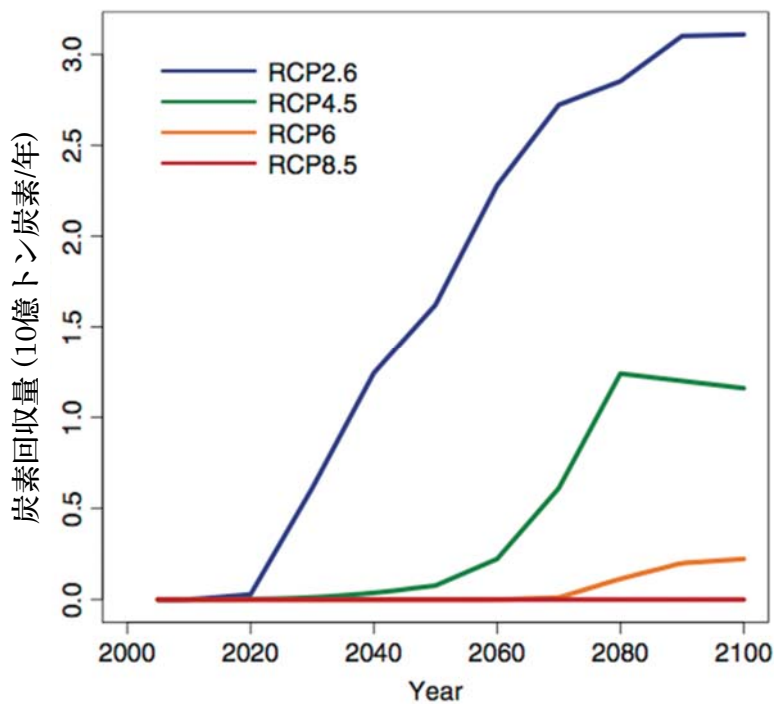
第2世代バイオエネルギー作物によるCO2回収ポテンシャル



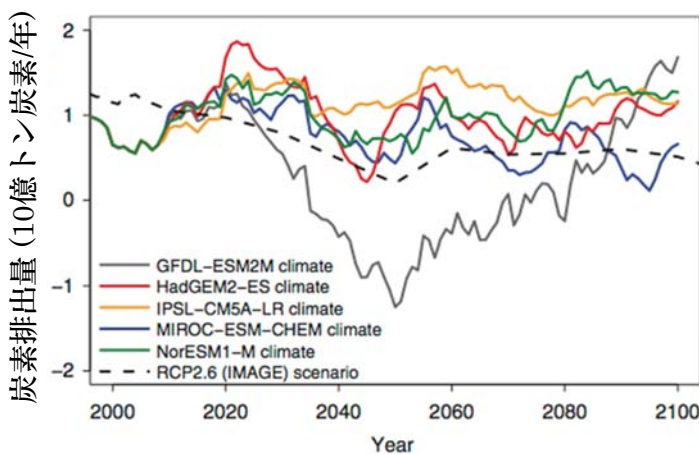
- 高い肥料投入を利用し (HF)、高CO2回収技術 (2c) を利用した場合のみ、必要量を満たすことが可能



バイオマスCCSによるCO2回収シナリオ



土地利用変化による炭素排出



モデル	積算排出量 (10億トン炭素)
VISIT (本研究)	81 ± 34 (25-112)
CMIP5 ESMs (Brovkin et al., 2013)	67 ± 63 (19-175)
LPX-Bern (Stocker et al. 2014)	105
RCP2.6 (IMAGE)	60.7

図: 5つのRCP2.6気候シナリオ化でのVISITモデルによる土地利用変化炭素排出推定

- 約5億haの農地増加による炭素排出量は約80 Pg C と推定
- バイオエネルギー作物増産に向けた土地利用変化による炭素排出推定値には大きな不確実性が存在(モデルの構造、気候変化など)
- 不確実の考慮も大規模バイオマスCCSのリスク評価にも重要



研究成果のまとめと今後の課題

- 2度シナリオが仮定している バイオマスCCS 達成必要量について、ボトムアップによる評価を実施した。
- 第1世代バイオエネルギー利用では、作物の生産性の限界を考慮すると、シナリオ想定の数倍の土地面積が必要であり、食料生産との競合が懸念される。
- 第2世代バイオエネルギー作物として多年生C4草本を広域栽培可能な場合には、肥料を十分に与えることで必要量の達成可能性が示された。
- 大規模なバイオマスCCS の実施可能性については、現時点ではバイオマス燃料の種類、利用場所、貯蔵場所、コストなどの不確実性が大きい。
- さらに木質バイオマス利用を含めて、土地利用、生物多様性、炭素排出、水資源利用、食料生産との競合など、多様な相互作用を考慮した分析が必要である。



ご清聴ありがとうございました。

