

森林と農地間の土地利用変化に伴う 土壌炭素変動量評価と GHGインベントリーへの適用研究

研究代表者:天野正博

早稲田大学(サブテーマ1)

森林研究・整備機構 森林総合研究所(サブテーマ2)

農研機構 北海道農業研究センター(サブテーマ3)

農研機構 九州沖縄農業研究センター(サブテーマ4)

農研機構 農業環境変動研究センター(サブテーマ5)

課題申請時の行政ニーズ

土地利用変化に伴う土壌炭素の変動量評価とGHG インベントリへの適用に関する研究

- ・【概要】温室効果ガス（GHG）インベントリ報告書（NIR）では、利用形態が変化した土地については、GHG を別途報告することになっている。しかし、我が国では土地利用変化に伴う土壌炭素の変動についての知見が不十分である。また、土壌炭素の蓄積量が大きな農地および林地においては、土壌炭素量は異なるモデルで評価され、整合性がとれていない。本研究では、国際的に比肩し得るレベルで、土地利用変化に伴う土壌炭素の変動量を整合性がとれ統一的に評価することが可能な方式を開発する。

研究の目的

- 気候変動枠組み条約の国別温室効果ガスインベントリ報告書(NIR)においては、各土地区分の変化がなかった土地、変化があった土地に区分して報告する必要がある。本研究ではCO2排出量が比較的大きな、森林と農地間の土地利用変化が起きたときの土壤炭素量の変動を明らかにする。
- また、NIRにおいて毎年の変化量の報告に対応するため、プロセスモデルで炭素量変化を時系列的に表現できるようにする。そこで、土壤炭素量のみならず気候、土壤特性、植生から土壤への炭素投入量などモデル計算に必要な情報を取得し、現行の森林におけるプロセスモデルCENTURY-jfos及び農地のRothCの検証を行い、さらには、両者を統合した新たなモデルの開発を目指す。
- IPCC2006年インベントリーガイドラインでは6つの土地区分を統合化して報告することが求められていることから、異なる土地区分における土壤炭素の変動を統合的に評価するための知見の蓄積を行う。

多様な気候・土壌型を網羅する調査

サブテーマ⑤ 森林から農地への土地利用変化に伴う土壌炭素量変化のモデル化

サブテーマ④ 西日本における森林から農地への土地利用変化に伴う土壌炭素量変化の解明

サブテーマ③ 北日本における森林から農地への土地利用変化に伴う土壌炭素量変化の解明

○ …… 森林総研が担当
○ …… 農環研・農研機構が担当

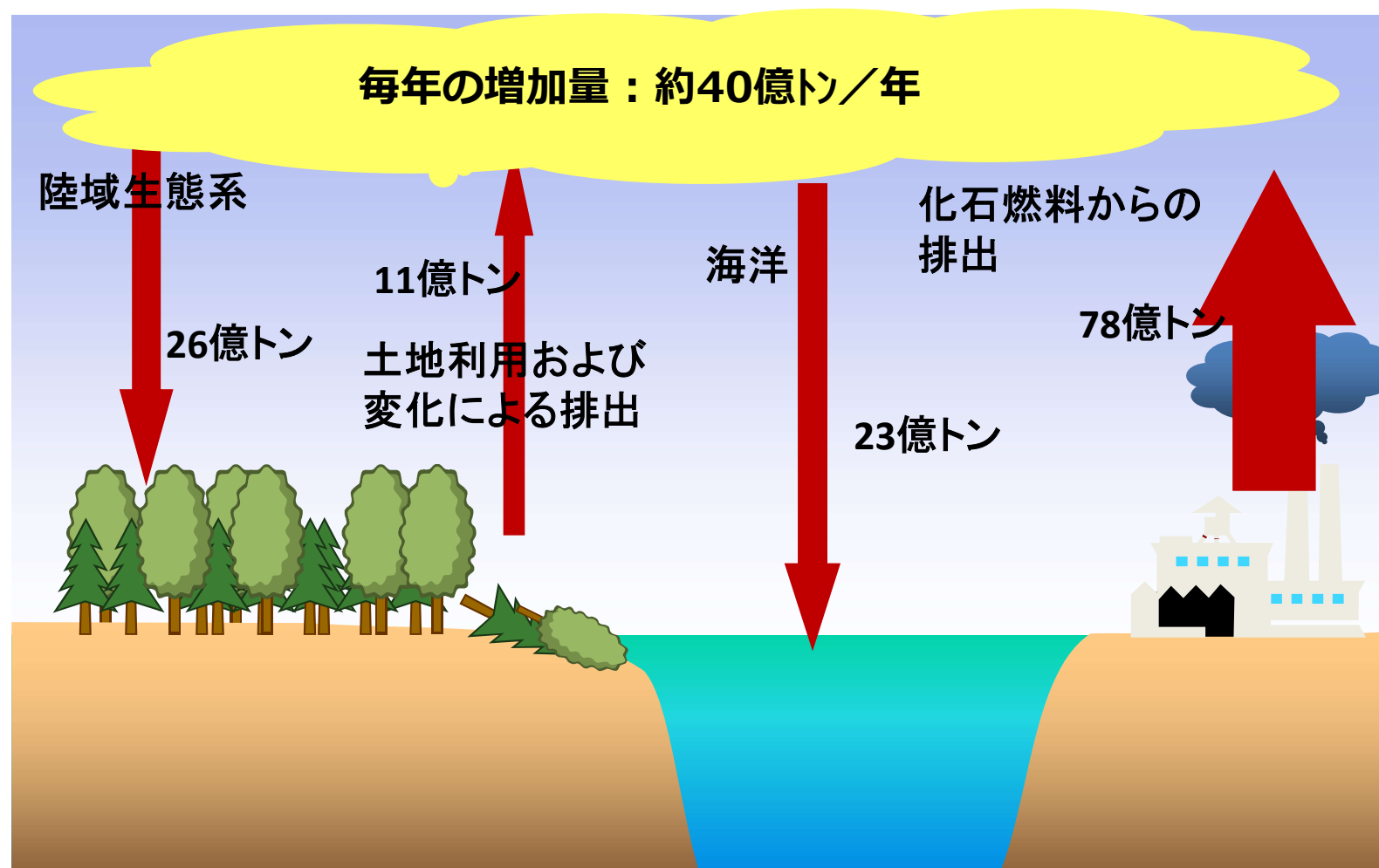
サブテーマ② 農地から森林への土地利用変化に伴う土壌炭素蓄積変化の解明とモデル化

サブテーマ① 森林・農地間における土地利用変化のあった部分の扱いとNIRへの反映

※1990年より森林から農地への土地利用変化があった地点を図化したもの



地球システムにおける炭素の吸排出(億炭素トン／年)



人間活動に伴う炭素の排出量は、化石燃料からの排出が年間約78億トン、森林減少等の土地利用変化による排出が年間約11億トン。

IPCC2006ガイドラインにおける土壌炭素算定

- ・ 遷移期間
 - ・ Tier.1デフォルトアプローチでは遷移期間を20年間とし、ほとんどの国はそれに従っている
- ・ 算定対象の土壌深度
 - ・ Tier.1適用時には深さ30cmがデフォルト深度で、Tier.2以上でデータがある場合には、それより深い深度を選択できる
- ・ 参照土壌炭素量の設定
 - ・ 土壌グループを適切な気候帯及び土壌区分を用いて区分化

関係	国数	国名
森林＞農地	23	○SOC比較の場合 オーストリア (Alpine ridge 以外)、ベルギー、スイス、イギリス、デンマーク、スペイン、フランス、クロアチア、イタリア、ルクセンブルク、ニュージーランド、ルーマニア、スロバキア、スロベニア、トルコ ○標準法適用の場合 ラトビア、米国、アイスランド、スウェーデン、エストニア、ギリシャ、マルタ、ウクライナ
農地＞森林	5	オーストリア (Alpine ridge)、ブルガリア、エストニア、ノルウェー、スウェーデン

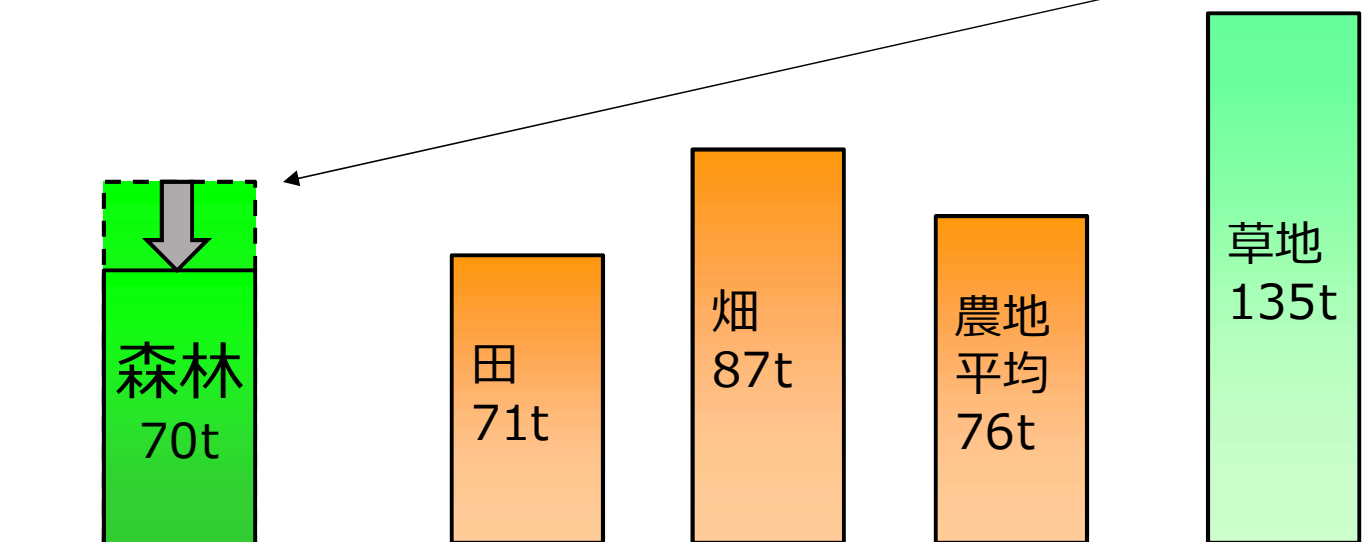
土地利用変化時の土壌炭素の算定状況

算定方法別の付属書1国の数

方法論			森林⇄農地	開発地への転用
Tier.3	モデル		6	1
Tier.2	標準		5	9
	SOC比較	Wall to Wall	1	-
		細区分	4	1
		地域別	3	-
		国全体(土壌条件考慮)	2	2
		国全体(単純平均)	18	13
		転用年にゼロ	-	1
Tier.1	標準	CS SOC _{ref}	3	6
		Default SOC _{ref}	3	2
	変化なし		3	1
未推計／NO			3	5

我が国の森林と農地の土壌炭素蓄積量

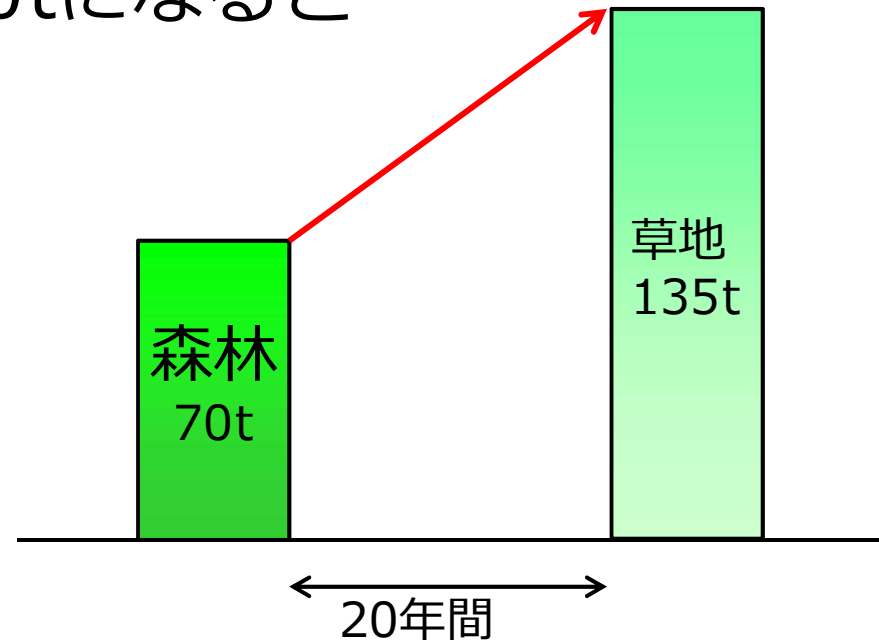
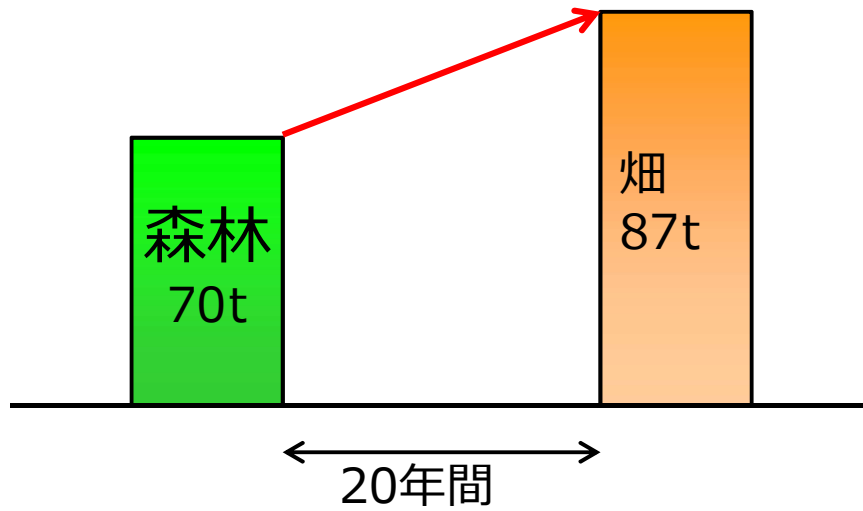
国家インベントリ報告(現在森林は約85t)



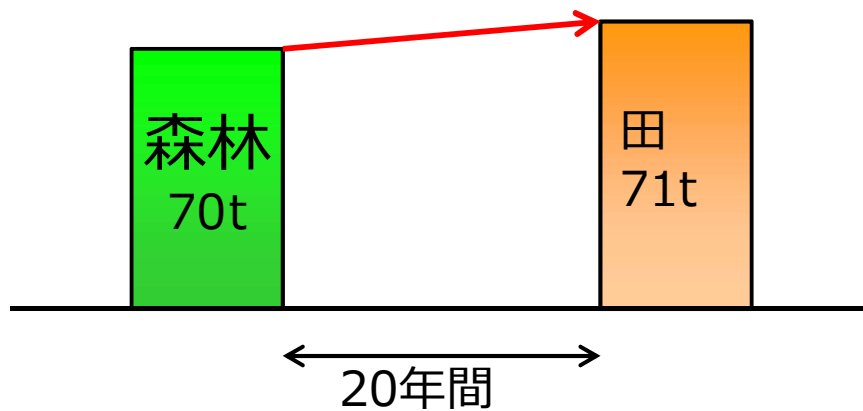
※2017年国家インベントリ報告の数値 各土地利用の平均炭素蓄積量／ha

最近の調査で、森林の土壌炭素蓄積量はもう少し少ないことがわかってきた

森林の土壌炭素蓄積量が70tになると・・・

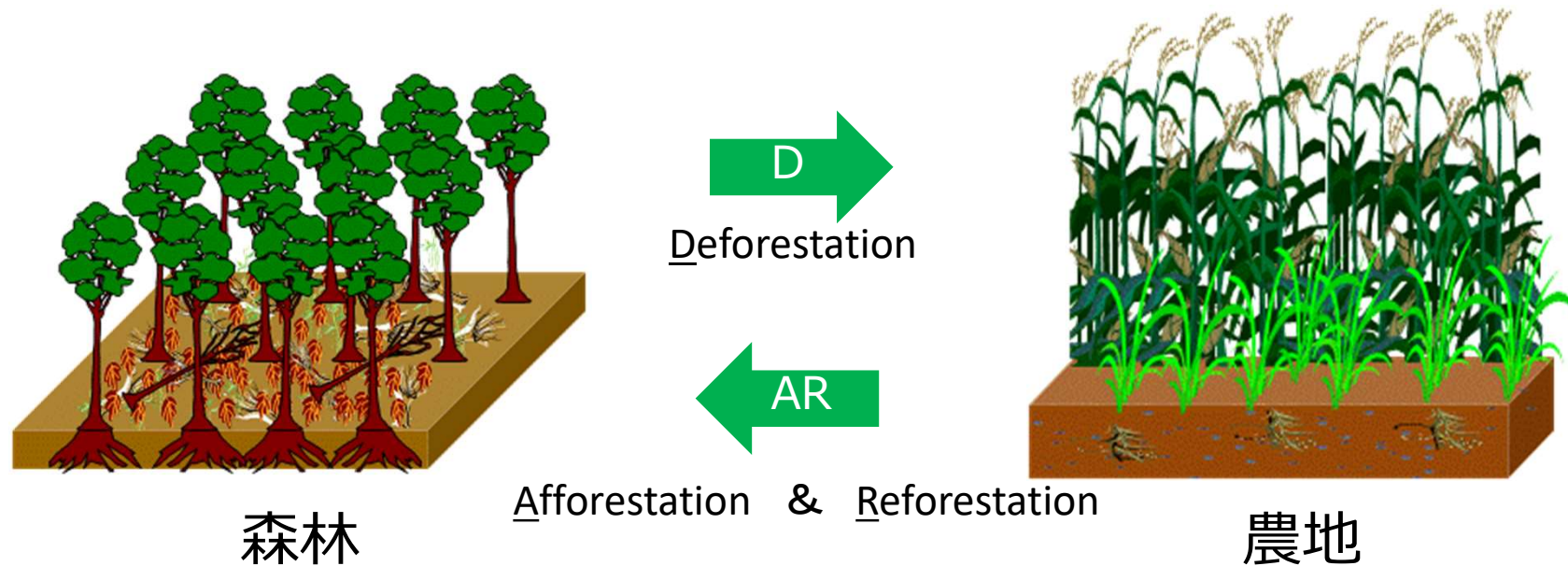


森林を農地に変えると炭素が増加することに



これは常識的に考えにくいですが、
実データが不足していて実態
は不明

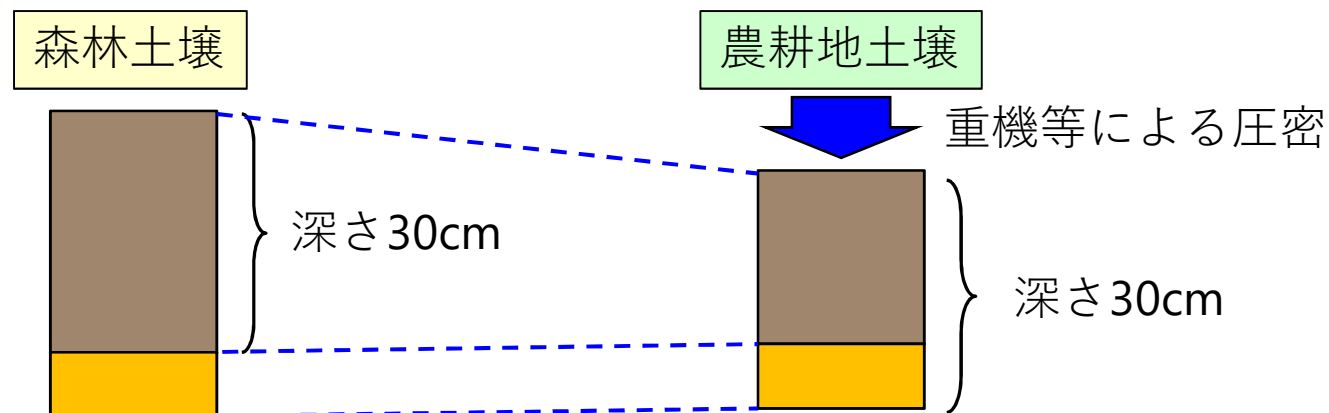
サンプリング戦略（場所の選定、paired sampling）



場所の選定

- ここ20（40）年以内に土地利用変化
- ほぼ土壌条件が同じ（森林・農地セット）である
土地の凹凸、傾斜、母材 等が連続している
- 土地の履歴がわかる
- 火山灰の影響が大きい場所と少ない場所から選ぶ

Mass equivalent法



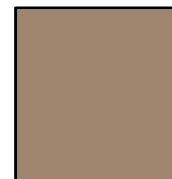
森林から農地に変化する場合、圧密によって深さ30cm迄の総土壌量が変わるため、この方法では適正な比較ができない



Mass equivalent法の適用によって補正 (Toriyama et al., 2011)
両方の土壌体の重量が同じになるように計算し、その炭素量の変化で比較



定重量で比較



4つの情報源（森林吸収源インベントリ整備事業、地理院地図、GoogleEarth、土壌図）を駆使して時系列解析



2006.4.3



2014.10.19

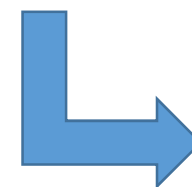
現地視察



所有者特定



許可取得

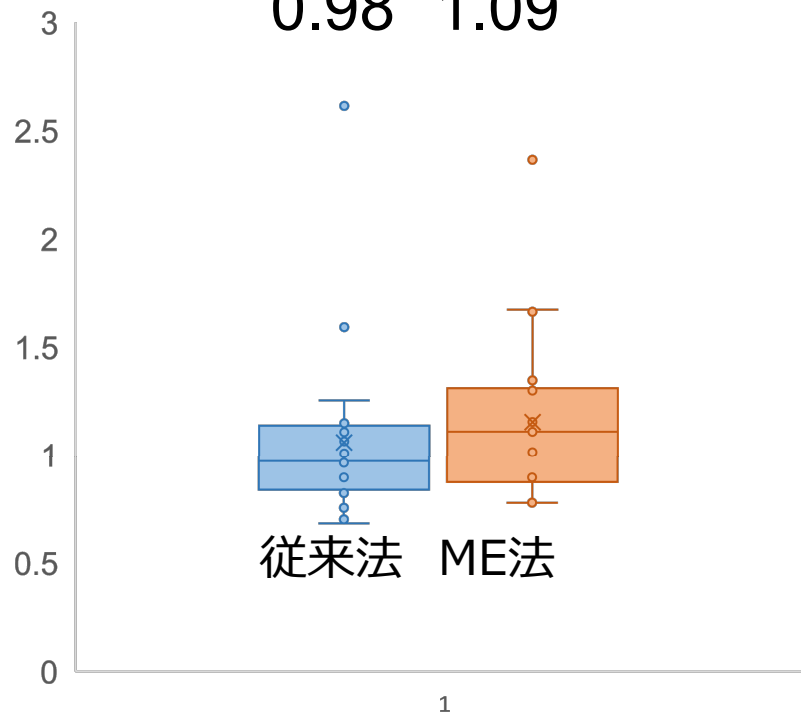


土地利用の履歴
情報

農地から林地への土地利用変化に伴う
土壌炭素量の変化係数

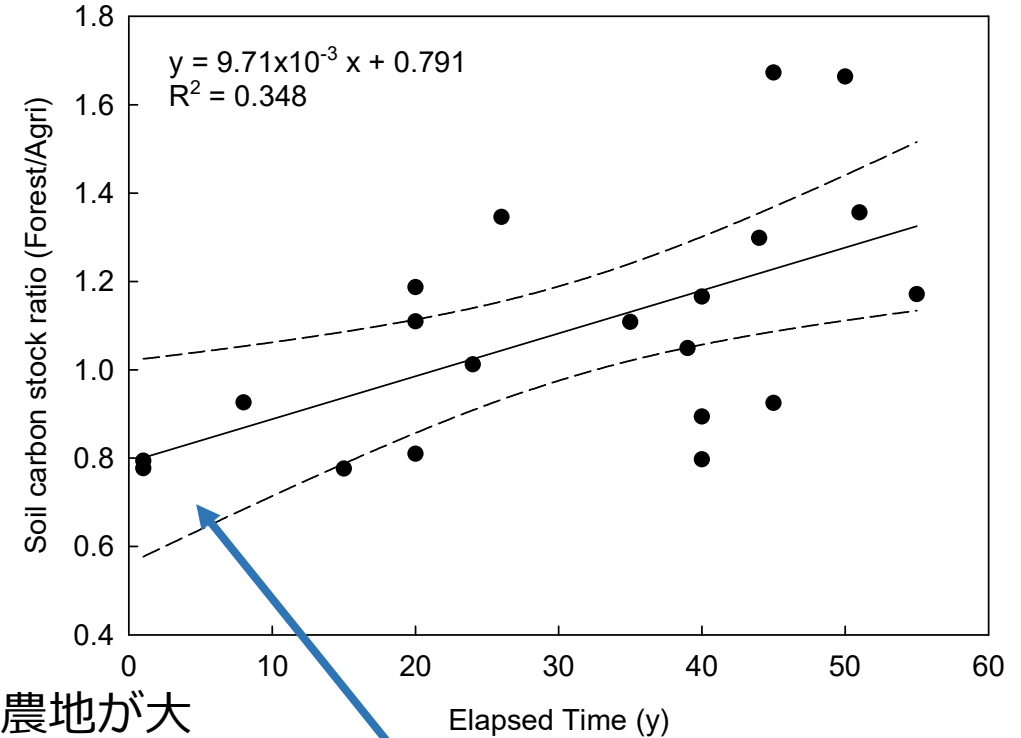
全地点変化係数
(林地／農地)

0.98 1.09



森林が大

Mass Equivalent法適用

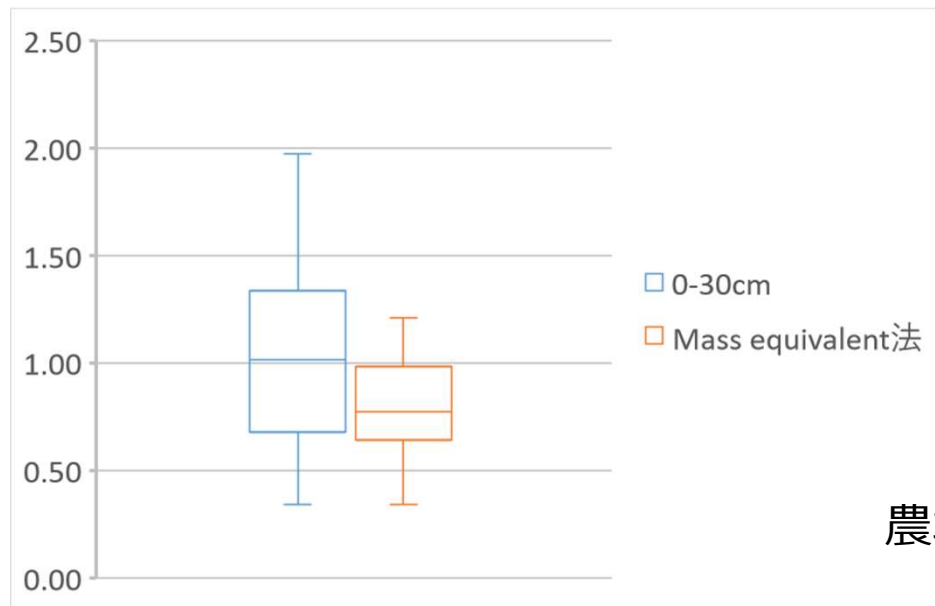


農地が大

農地から森林に転換した直後は
炭素量が減少

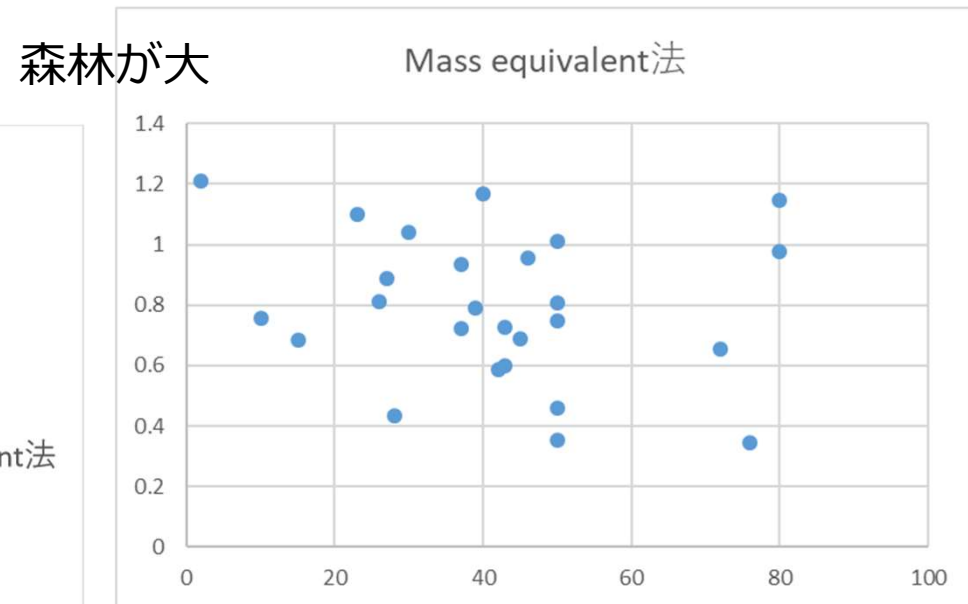
植林後20年以上でも土壌炭素蓄積量は増加していくように見える

全地点の変化係数 (農地／森林)



平均: Mass equivalent法0.79
従来法1.03

林地から農地への土地利用変化に伴う
土壌炭素量の変化係数(26地点)



森林が大
農地が大
年数との関係は不明瞭

気象、土壌タイプ、地目(畑、樹園地、草地)、有機物投入量などでグループ分けする必要→さらなる調査地点の増加が必要。

モデルの活用(これらの要因を含む)

モデリング

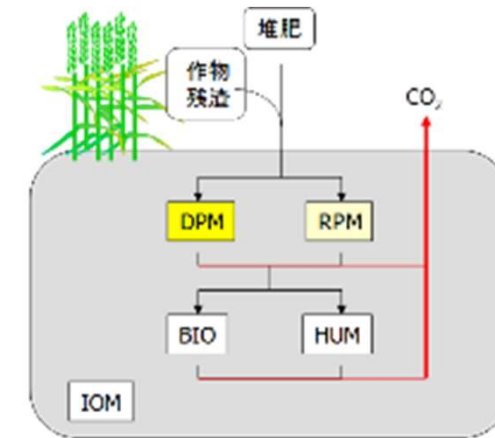
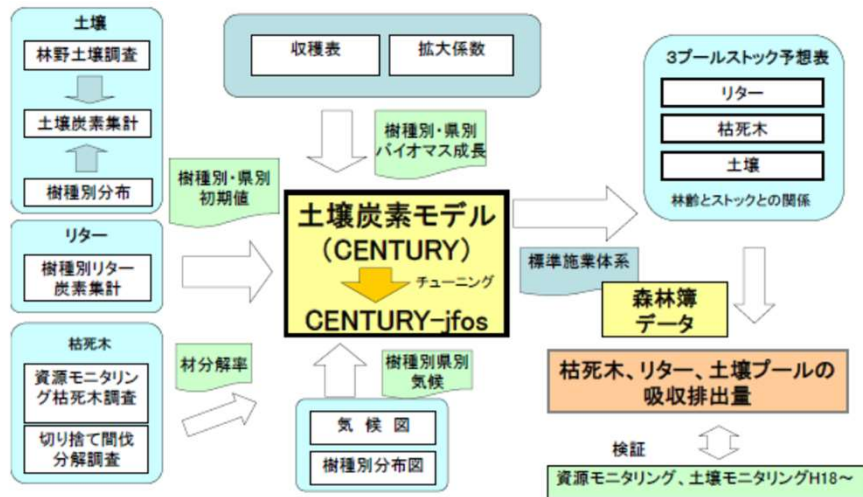
現状

森林: CENTURY-jfos

- 5つのプール(生体バイオマス、枯死木、リター、土壌)

農地: RothC

- 土壌のみ
- 水田の存在や、火山灰土壌の重要性を考慮して「土壌」部分を精緻化

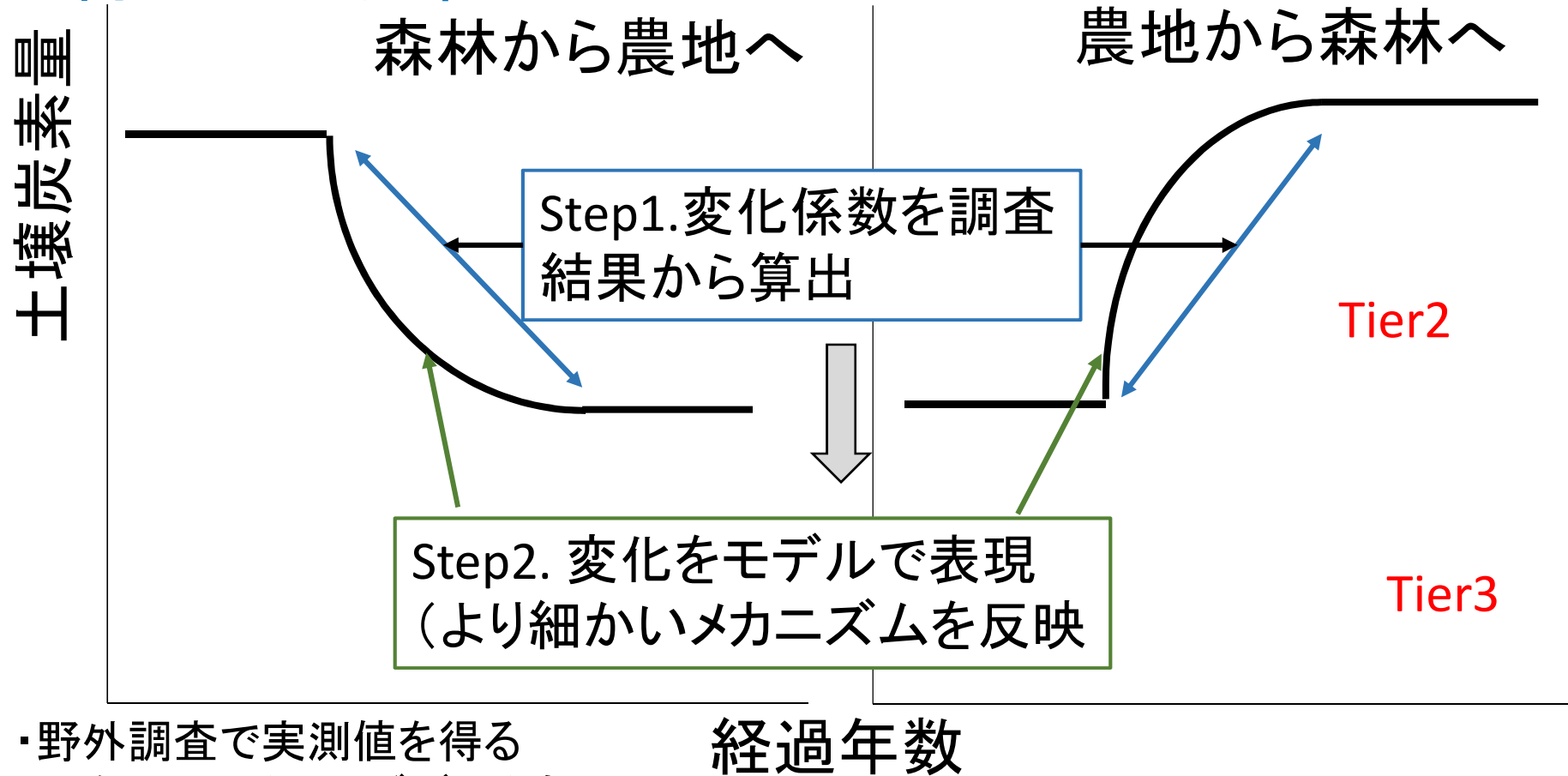


DPM: 易分解性有機物 RPM: 難分解性有機物
BIO: 微生物バイオマス HUM: 腐植 IOM: 不活性有機物

本研究で、

両方の土地利用をまたいで適用可能なモデルの開発を目指す→Centuryの土壌部分を切り出し、火山灰土壌の特性に応じた改良を行う

得られる成果のイメージ



- ・野外調査で実測値を得る
- ・既存のモニタリングデータも活用

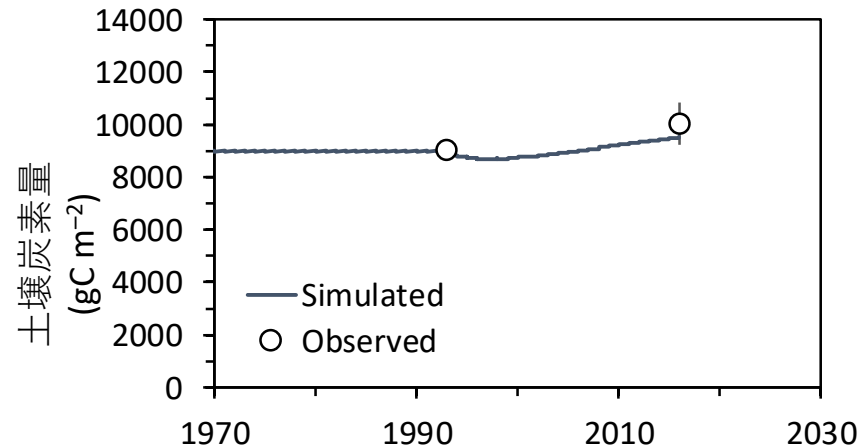
↓

Step1: Tier2 で用いる変化係数を地域・土壌タイプごとに得る
Step2: Tier3 で用いる、林地と農地をまたぐ共通モデルを開発

現地調査地点におけるモデルと実測の比較

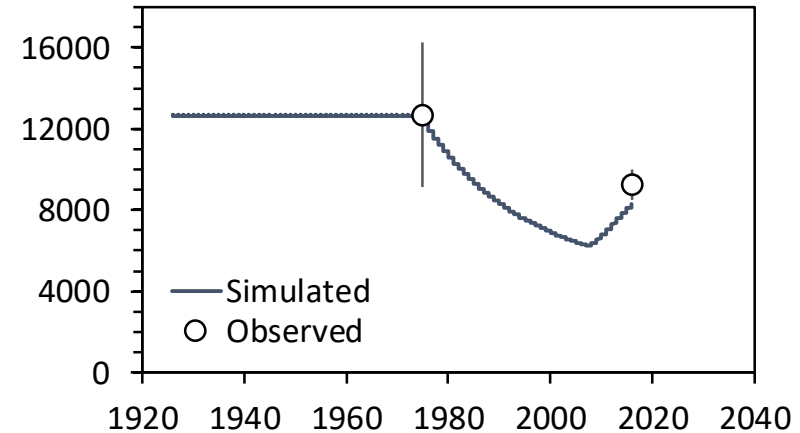
KNT-AR01

ソバ畑 → ヒノキ林



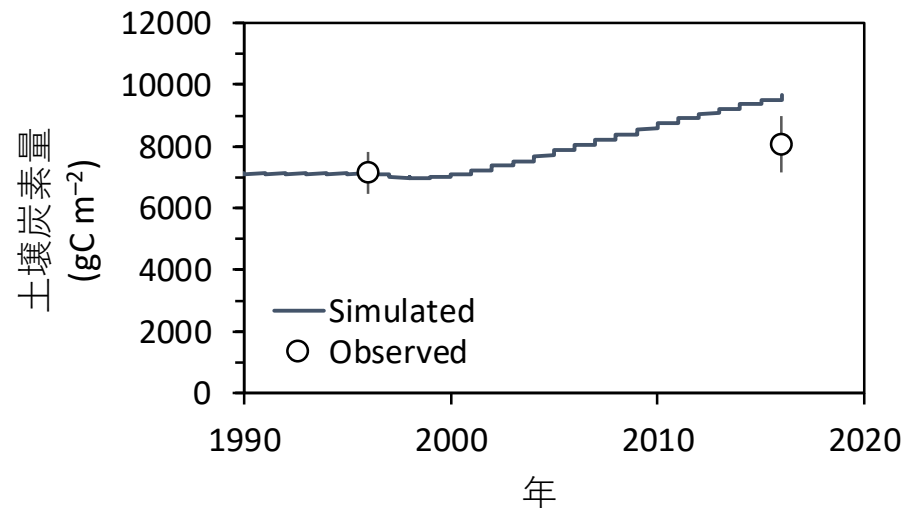
KNT-D03

広葉樹林 → 水田



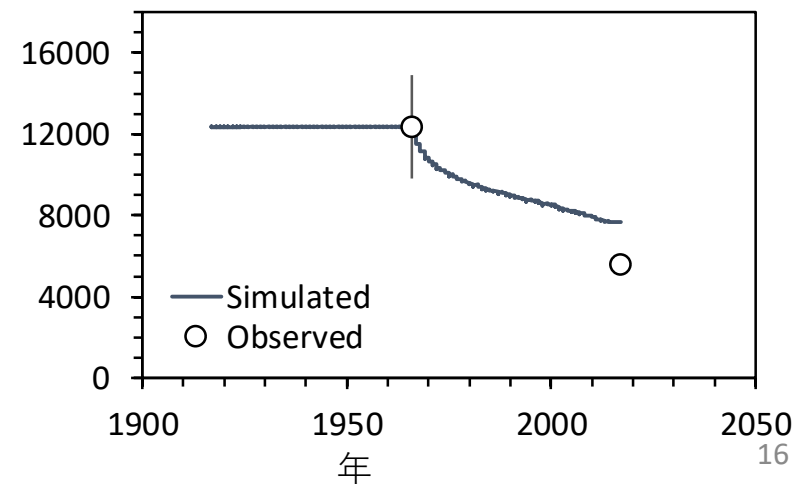
KYS-AR01

水田 → スギ林



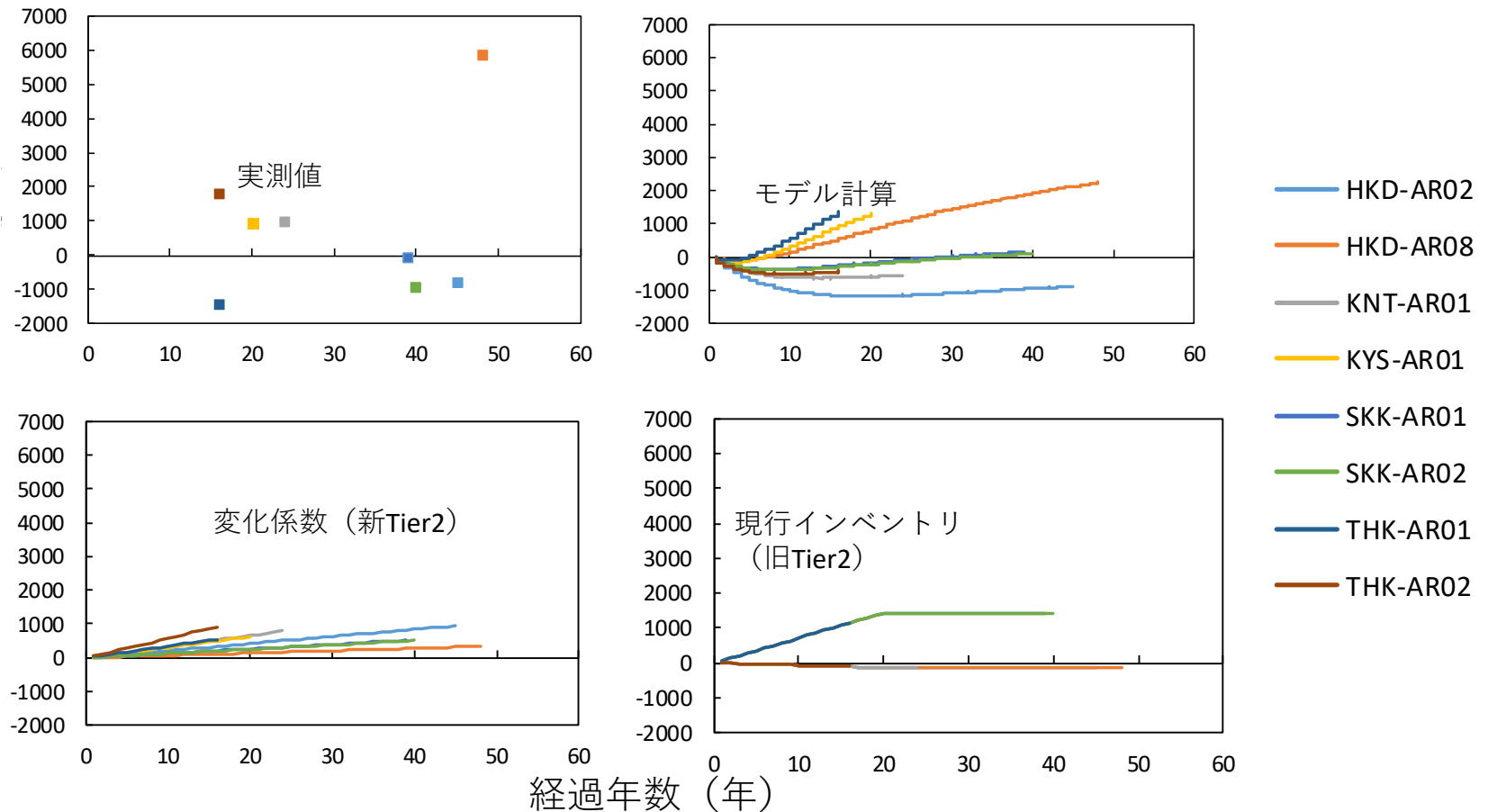
HKD-D05

落葉広葉樹林 → 牧草地



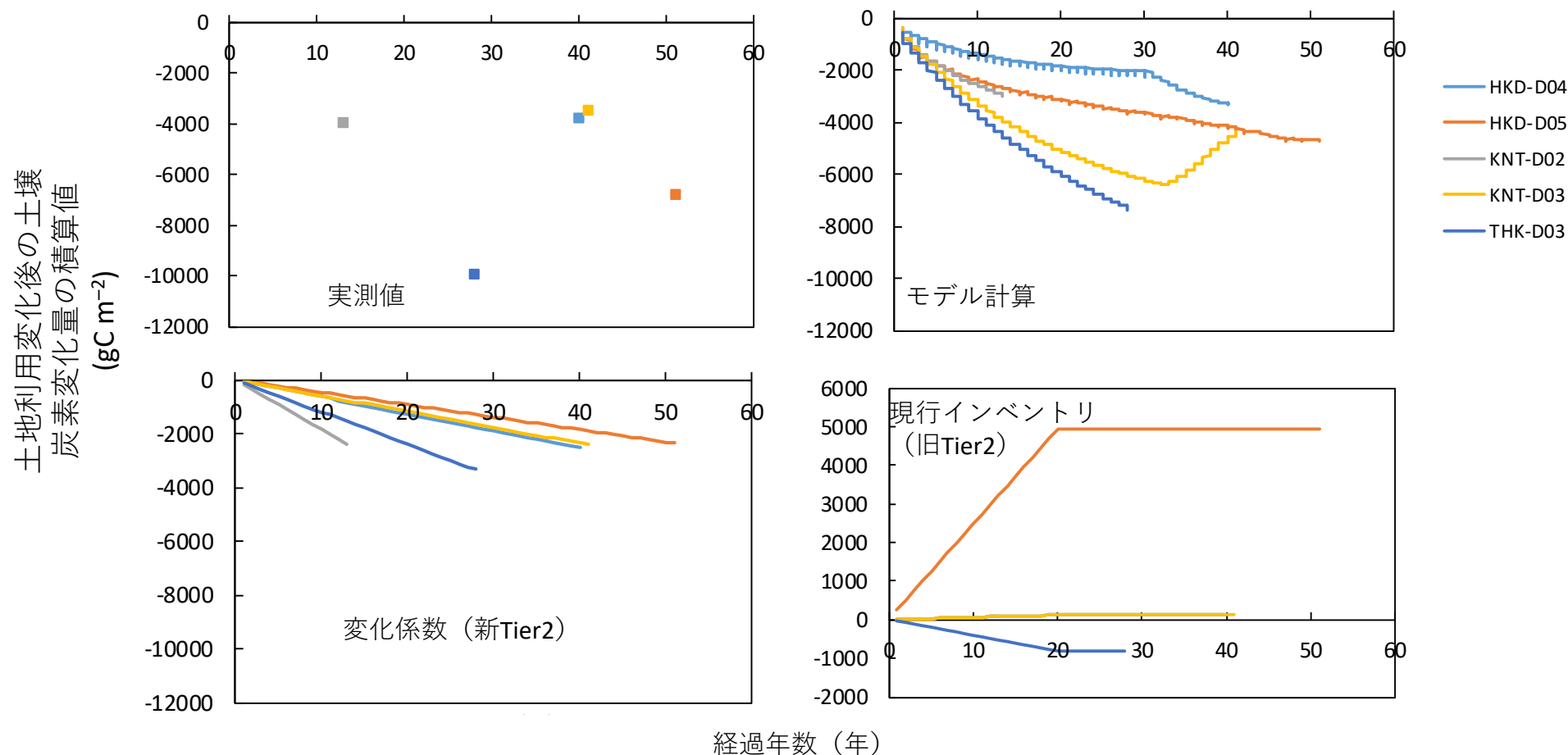
モデルと新Tier2(変化係数)との比較 農地から森林へ変化した地点のデータ

土地利用変化後の土壌炭素変化量
の積算値
(gC m^{-2})



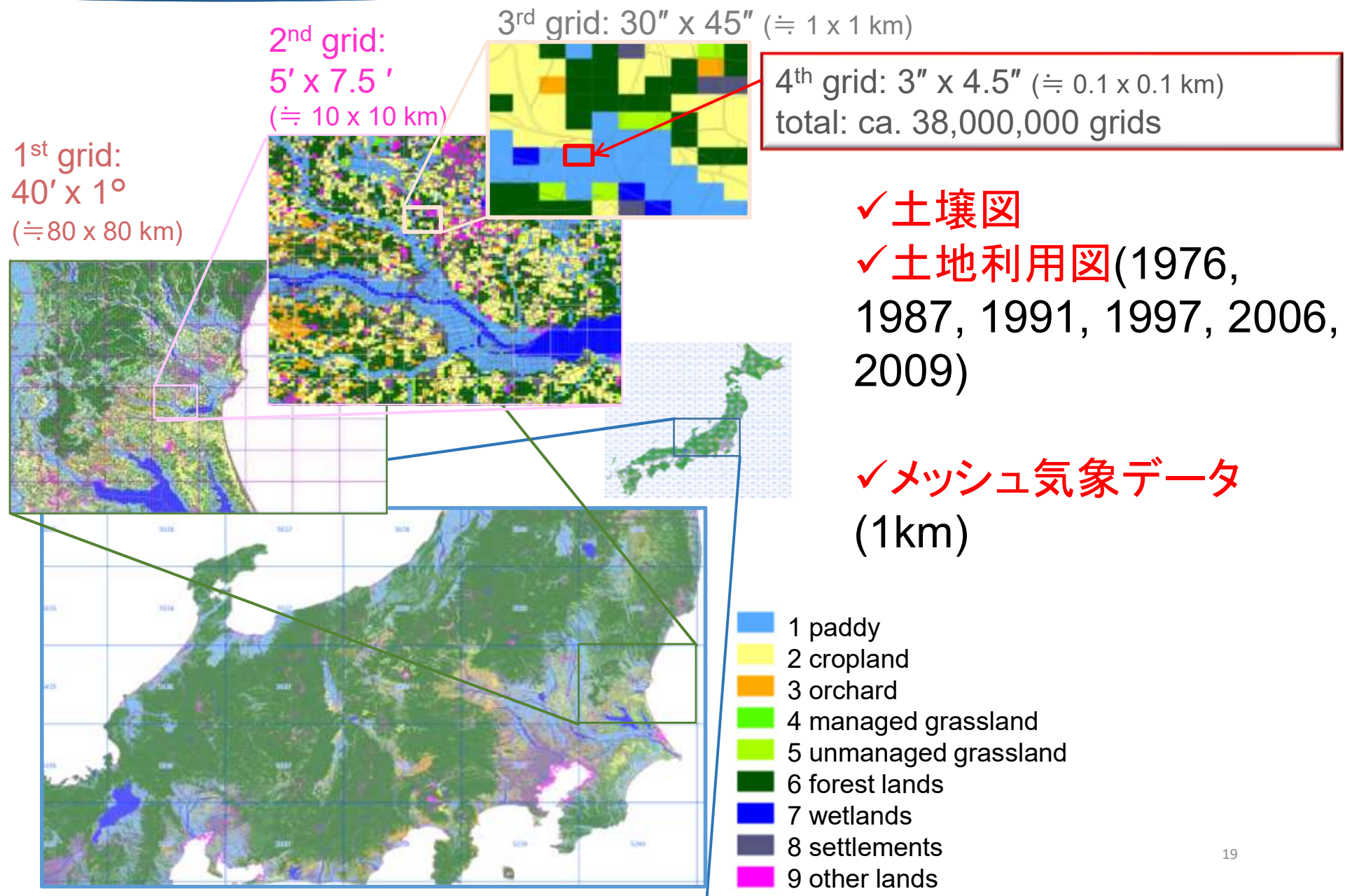
変化係数を使うと値が吸収に偏ってしまうが、モデル計算は吸排量の細かな変化を概ね再現できている。

モデルと新Tier2(変化係数)との比較 森林から農地に変化した地点のデータ



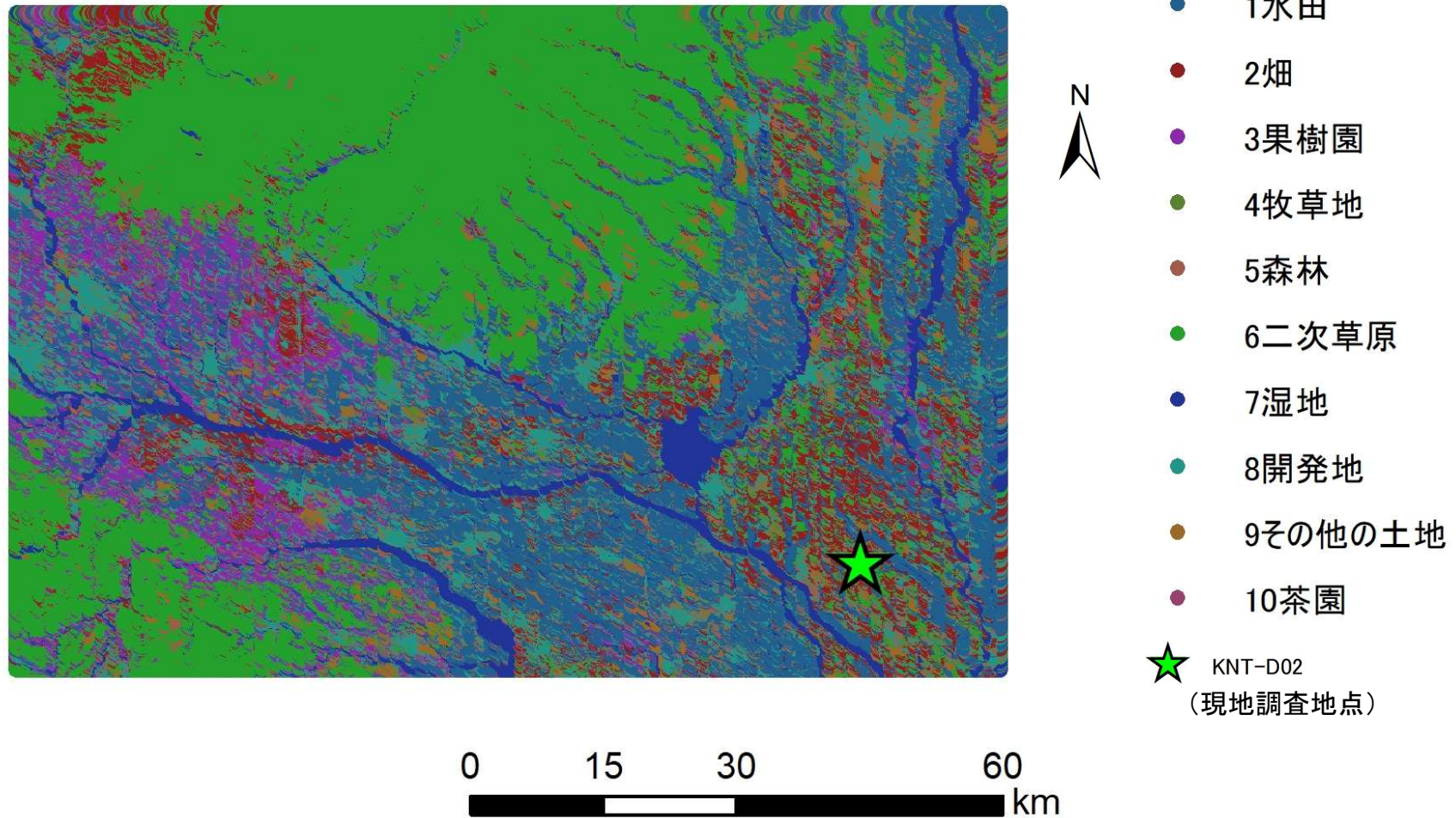
モデル計算・変化係数ともに吸排量の傾向を概ね再現できている。
現行インベントリでは大きく過大評価する場合がある（草地の場合）.18

広域評価を行うための基礎データ



計算対象地を含む1次メッシュ土地利用図

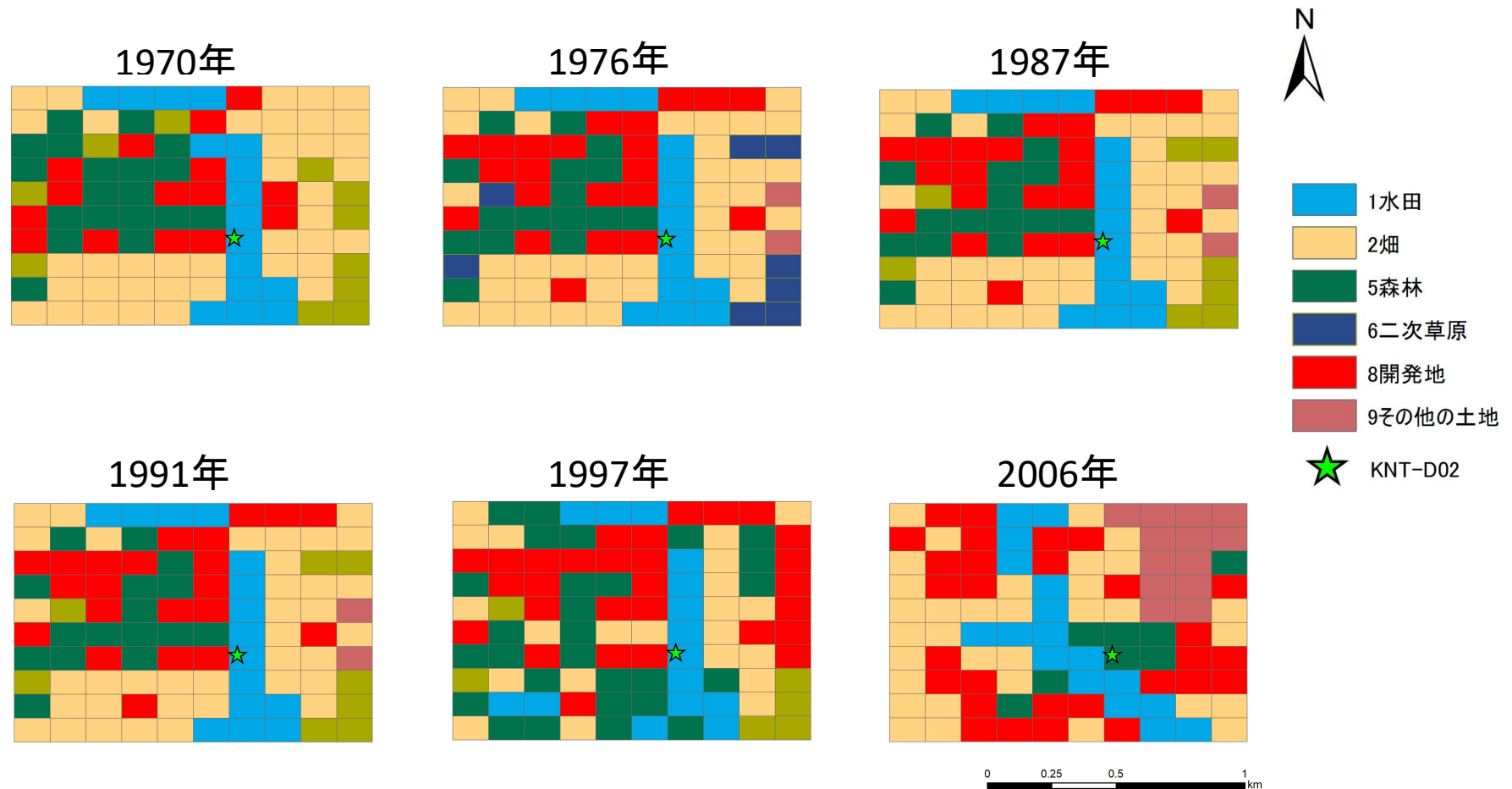
関東の例(1970年)



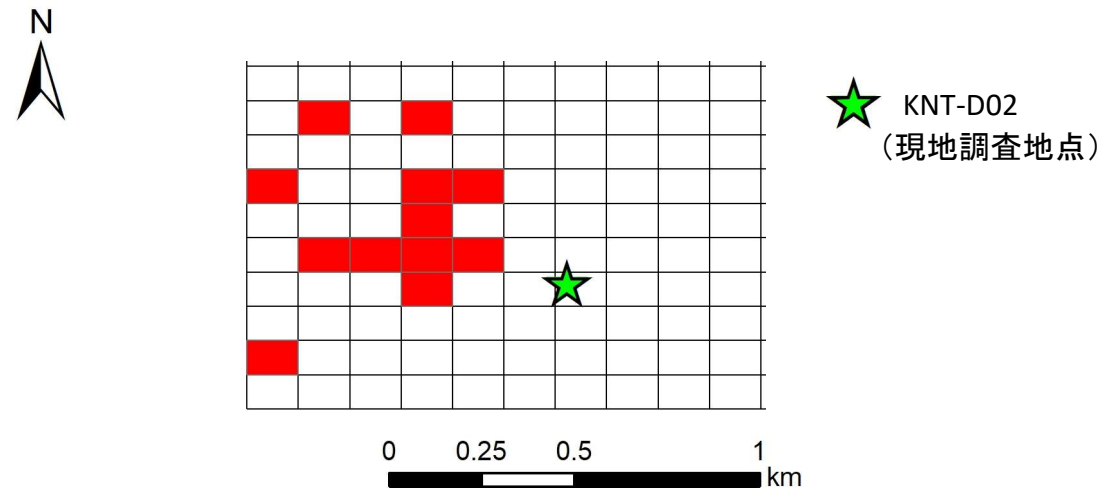
Source: Yagasaki & Shirato²⁰(2014)

計算対象3次メッシュにおける土地利用の変遷

1970-2006年の期間で森林→農地，もしくは
農地→森林に変化したメッシュを抽出



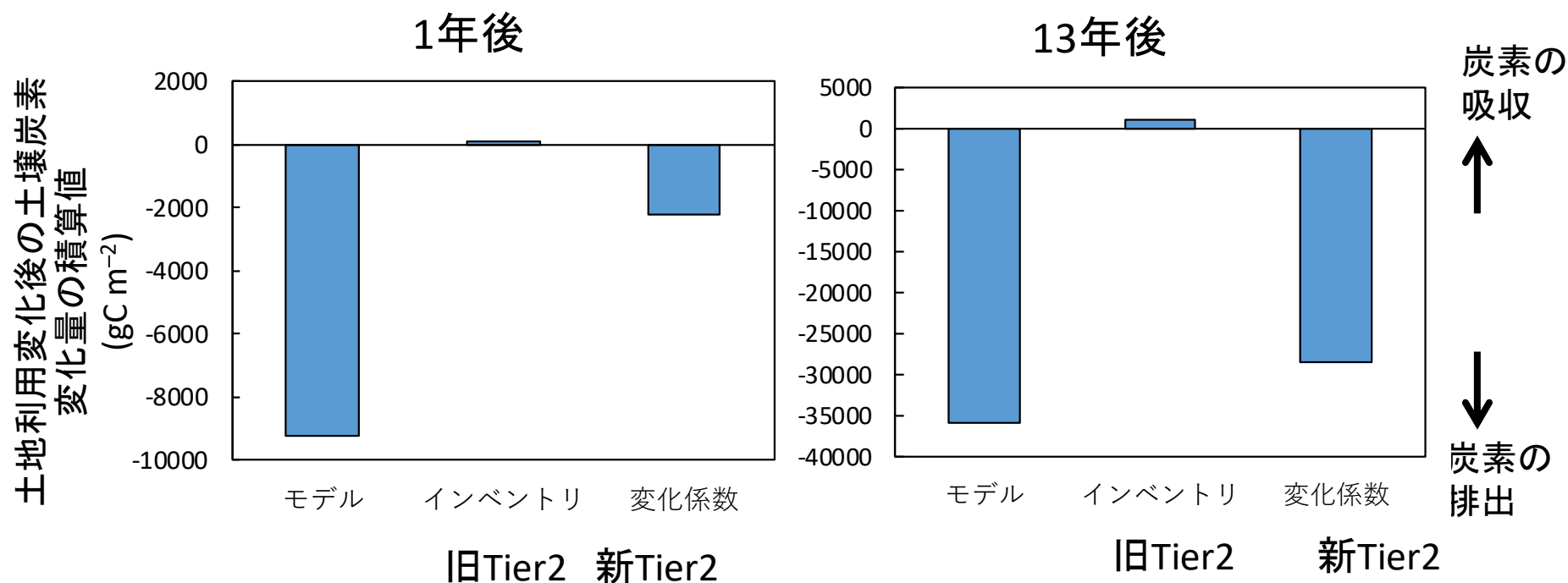
計算対象100mメッシュの抽出



森林から農地(水田・畑)へ土地利用変化が起きた
100mメッシュ

→森林、農地それぞれの条件を与えてモデルで土壤炭
素量の変化を計算

計算対象3次メッシュにおける炭素の吸排量



モデルによる計算結果と、現行インベントリの方法、本研究で求めた変化係数(新Tier 2)による計算結果の比較例

【2－1601】より得られた主な成果

・科学的・技術的意義

- ・世界的にも貴重な、多様な気候・土壌における土地利用変化による土壌炭素データセットの構築と変化係数の算定
- ・Mass-equivalent法という高度な土壌炭素蓄積量変化評価手法の導入と検証を行った
- ・森林・農地間の土地利用変化を取り扱えるシームレスな炭素モデルを開発、広域評価の試行もできた

・環境政策への貢献

- ・現行の国別インベントリー報告書作成データとの整合性を重視し、行政が円滑に導入できる形の成果を得た

・国際的な枠組みへの貢献

- ・GPG2019 Refinement へ土地利用変化時の土壌炭素変動量の評価にMass equivalent法が適切との考えをインプット

GPG 2019 Refinement Final Order Draft

4th Lead Author Meeting
22 Oct ~ 26 Oct 2018
in Rome (FAO)



Volume 4 Chapter 2

Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-use Categories

2.2 Generic Methods for CO₂ Emissions and Removals

2.2.3 Change in Carbon Stocks in Soils

2.2.3.1 Soil Organic C Estimation Methods (Land remaining in a land-use category and land conversion to a new land use)

BOX 2.2B USING EQUIVALENT MASS METHODS TO DERIVE MINERAL SOIL STOCK CHANGE FACTORS

成果の発表状況1

・ 発表文献

- 1) 鳥山淳平ら. 農耕地への植林に伴う土壌炭素蓄積量の変化 –八女, 竹田, 都城の事例-. 九州森林研究, 72: ページ未定, 査読有 (in press) (2019)
- 2) Seiji Shimoda, Katsufumi Wakabayashi, Mina Koshimizu, Katsuhisa Niwa, Rapid increase and long-term slow decrease in soil C stock due to agricultural development in Hokkaido Tokachi district, Sustainability , 10(12) 4587 (11p) (2018) .

・ 学会発表

- 白戸康人、小原洋、神山和則、神田隆志、井上美那、下田星児、若林勝史、輿水美奈、丹羽勝久、古賀伸久、山根剛、草場敬、新美洋、島武男、石塚成宏、金子真司、橋本昌司、篠宮佳樹、片柳薫子、渥美和幸：「林地から農地への土地利用変化が表層30cmの土壌炭素量に及ぼす影響～Equivalent Soil Mass法による評価～」日本土壌肥料学会2017年仙台大会 (2017)
- Yasuhito Shirato, Hiroshi Obara, Kazunori Kohyama, Takashi Kanda, Haruna Inoue, Seiji Shimoda, Katsufumi Wakabayashi, Mina Koshimizu, Katsuhisa Niwa, Nobuhisa Koga, Tsuyoshi Yamane, Takashi Kusaba, Hiroshi Niimi, Takeo Shima, Shigehiro Ishizuka, Shinji Kaneko, Shoji Hashimoto, Yoshiki Shinomiya, Shuhei Aizawa, Eriko Itoh, Toru Hashimoto, Tomoaki Morishita, Kyotaro Noguchi, Kenji Ono, Nobuko Katayanagi, Kazuyuki Atsumi: “Soil carbon stock change after land use change from forest to cropland in Japan”, The 21st World Congress of Soil Science (2018)
- 古賀伸久、新美洋、山根剛、草場敬、島武男 (2017) 森林から農地への土地利用変化に伴う土壌炭素量の変化 –九州沖縄農業研究センター隔離ほ場での測定事例–. 2017年度日本土壌肥料学会九州支部例会講演要旨集. P 16
- Nobuhisa Koga, Takashi Kusaba, Hiroshi Niimi, Takeo Shima, Tsuyoshi Yamane (2018) Measuring changes in soil carbon stocks in western Japan as influenced by land conversions from forest land to cropland. The 21st World Congress of Soil Science
- 森下智陽ら. 東北地方における土地利用変化による土壌炭素蓄積量の変化(速報) –秋田県における調査事例と今後の研究展開–, 日本土壌肥料学会東北支部大会、1-1-16、2017. 07.
- 片柳薫子ら. 森林–農地間の土地利用変化による土壌炭素蓄積量変化をプロセスモデルで予測する、日本土壌肥料学会講演要旨集、63:8-2-14、2017. 09.
- 鶴田健二(森林総研PD)ら. 森林と農地間の土地利用変化が土壌炭素量に及ぼす影響–モデル構築と検証–, 日本森林学会大会学術講演集、129:P2-188、2018. 03.
- 石塚成宏、金子真司、鶴田健二(森林総研PD)、橋本昌司ら、農地から森林への土地利用変化が土壌炭素量に与える影響–観測結果–, 日本森林学会大会学術講演集、129:P2-187、2018. 03.
- 石塚成宏ら. 農地から森林への土地利用変化が土壌炭素量に与える影響–続報–. 日本森林学会講演要旨集、130: ページ未定、2019. 03.
- 鶴田健二(森林総研PD)ら. 森林と農地間の土地利用変化に伴う土壌炭素量の変化予測. 日本森林学会講演要旨集、130: ページ未定、2019. 03.

成果の発表状況2

- ・ 国民対話の実施状況
- ・ 2016年度
 - ・ 国民対話シンポジウム「土壌が地球を救う」2016.11.30
- ・ 2017年度
 - ・ 国民対話シンポジウム「地球温暖化対策の手段としての森林・農業」2017.11.21
- ・ 2018年度
 - ・ 地球温暖化と森林の計測、森林調査法、 かながわ森林塾、2018.5.24
 - ・ 地球温暖化と森林生態系、NPO法人西川木楽会記念講演会、2018. 6. 17
 - ・ 農業土壌の特徴について、「農研機構(つくば地区)夏休み公開」、2018. 7. 28
 - ・ 「2ー1601」プロジェクトについての資料配付と説明、「森林総合研究所 夏の一般公開開催」、2018.7.28
 - ・ 有機農業は地球の健康を守る、農・未来塾、2018.11.4
 - ・ 「土壌における炭素隔離は制御可能か?」、「JCOAL技術者セミナー・多様な炭素固定技術」、2018.11.6