

# 熱帯林の吸収源としての役割と 森林再生

田中憲蔵  
(国際農林水産業研究センター)

## 本日のお話し

- (1) 熱帯林の概要と吸収源としての働き
- (2) 熱帯林の消失や荒廃要因
- (3) 熱帯林の吸収源を評価するための研究
  - \* 森林の炭素吸収量を測定する研究例
  - \* 森林の炭素蓄積量を推定する研究例
- (4) 吸収源を強化するための植林

# 世界の熱帯林の分布：東南アジア・アフリカ・南米 (世界の森林の半分近くが熱帯林)



熱帯雨林  
年中湿潤



# 熱帯雨林から受ける生態系サービス 人間が生態系から得る利益



**供給サービス**  
生態系が生産  
するモノ

食糧

水

燃料

繊維

化学物質・医薬品

**調節的サービス**  
生態系のプロセス  
の制御により  
得られる利益

二酸化炭素の貯蔵  
気候変動の緩和

病気の制御

洪水の制御

無毒化

**文化的サービス**  
生態系から  
得られる  
非物質的利益

精神性

レクリエーション

美的な利益

発想

教育

共同体としての利益

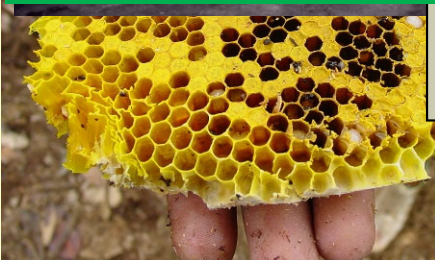
象徴性



100m四方の熱帯雨林から  
年間100万円以上のサービスを受けているとの試算

\*長谷川・三谷2012など

栄養塩循環  
一次生産

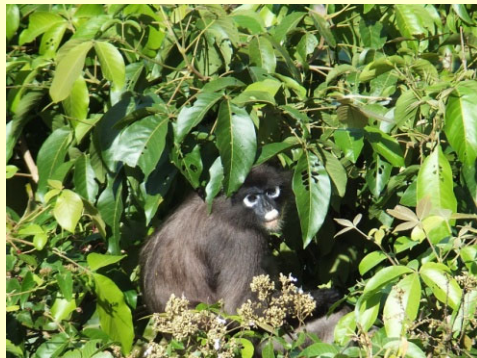


# 高い生物多様性

現在地球には名前のついた生物が**約176万種**  
未発見の生物を含めると**500~3000万種**と推定



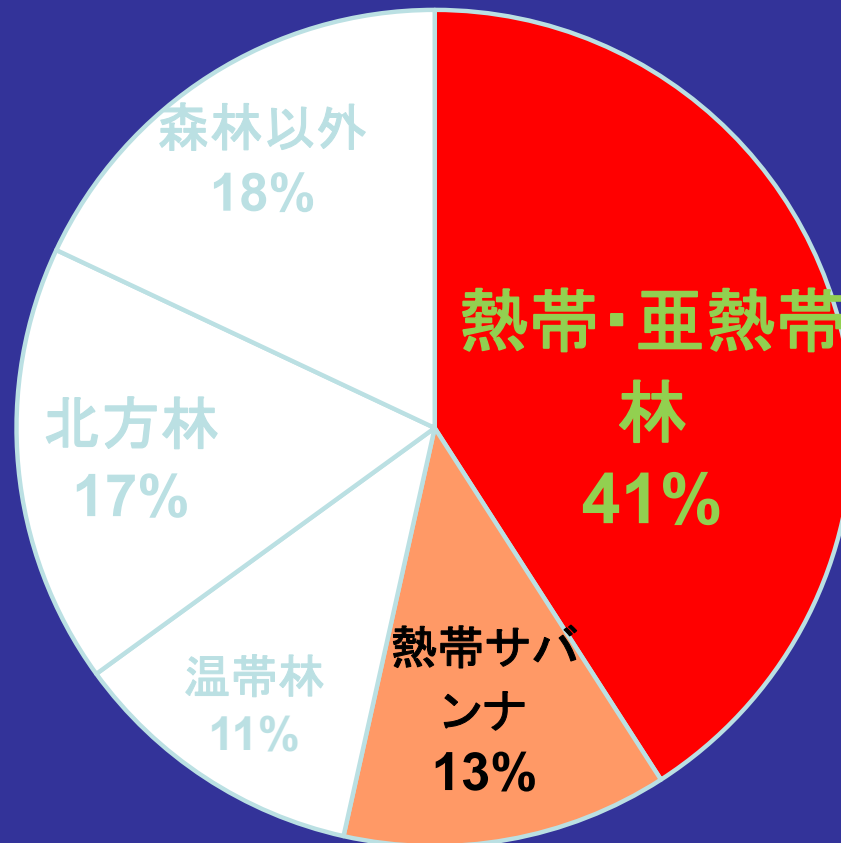
**熱帯雨林**は地球上の陸地のわずか**6%**だが…  
地球上に生存する生物種の**過半数**が存在  
食物や木材の供給、新薬開発に利用  
薬の25%は熱帯雨林の様々な植物に由来



# 熱帯林は気候変動緩和にも貢献1 温暖化の要因である二酸化炭素を吸収・貯蔵

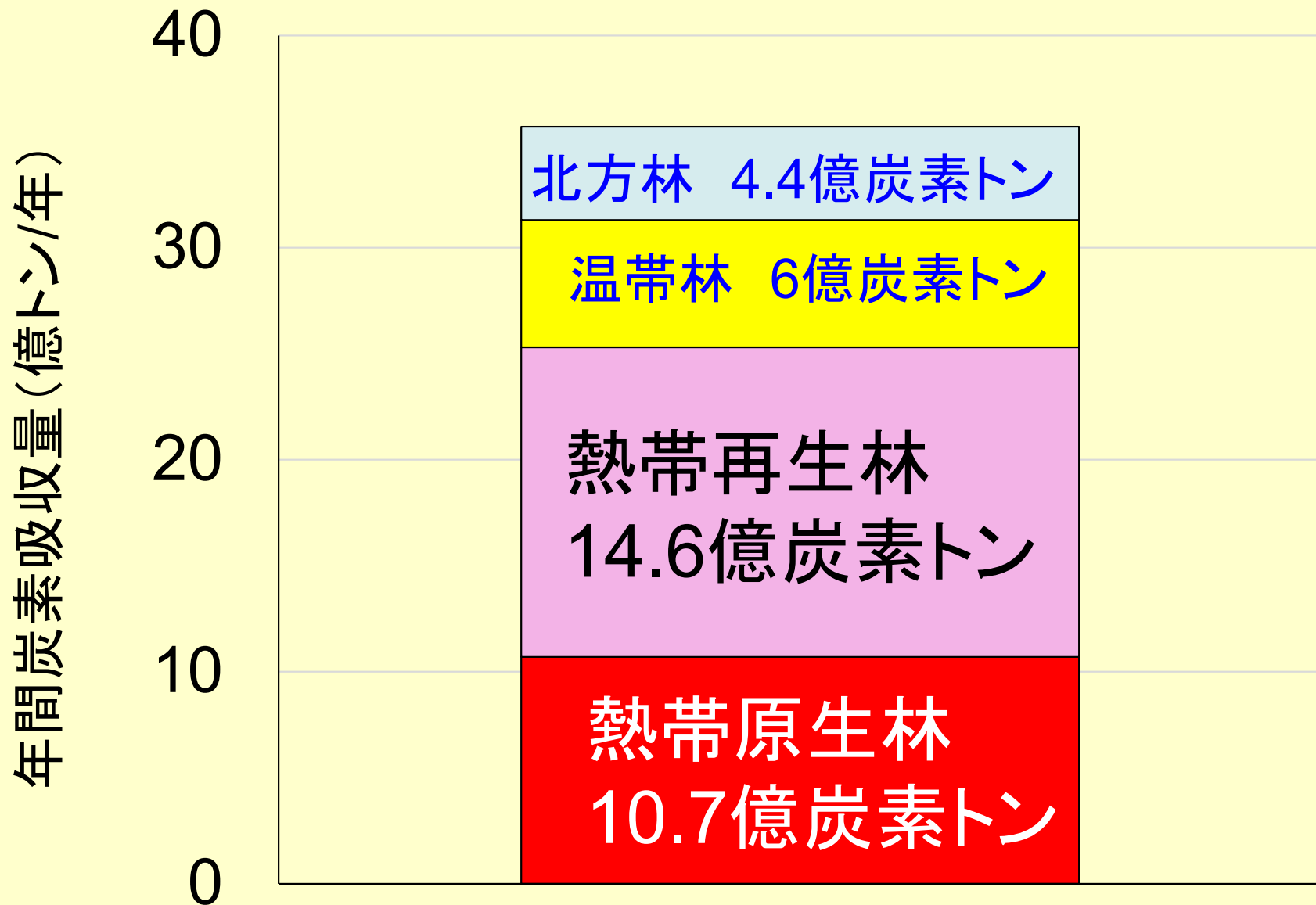
熱帯雨林と季節林で陸域の炭素貯蔵量の半分以上を保持

炭素貯留量(%)



IPCC (2006) 及び只木 (1976) などから作成  
炭素貯蔵量は現存量の50%が炭素として計算した

# 熱帯林は気候変動緩和にも貢献2 1年間の炭素吸収量は熱帯林が圧倒的！



# 熱帯林の減少や劣化の要因

世界の熱帯林面積の半分以上が人間活動で消失

① 商業伐採



② 過度の焼畑



これらは、戦後の木材需要や人口増が要因  
1960-1990年代がピーク

③ 土地利用転換: アブラヤシ (オイルパーム) 農園への転換

ポテトチップスを揚げる油

植物油脂・洗剤原料・

バイオ燃料

インド・中国・欧米・日本などに大量輸出

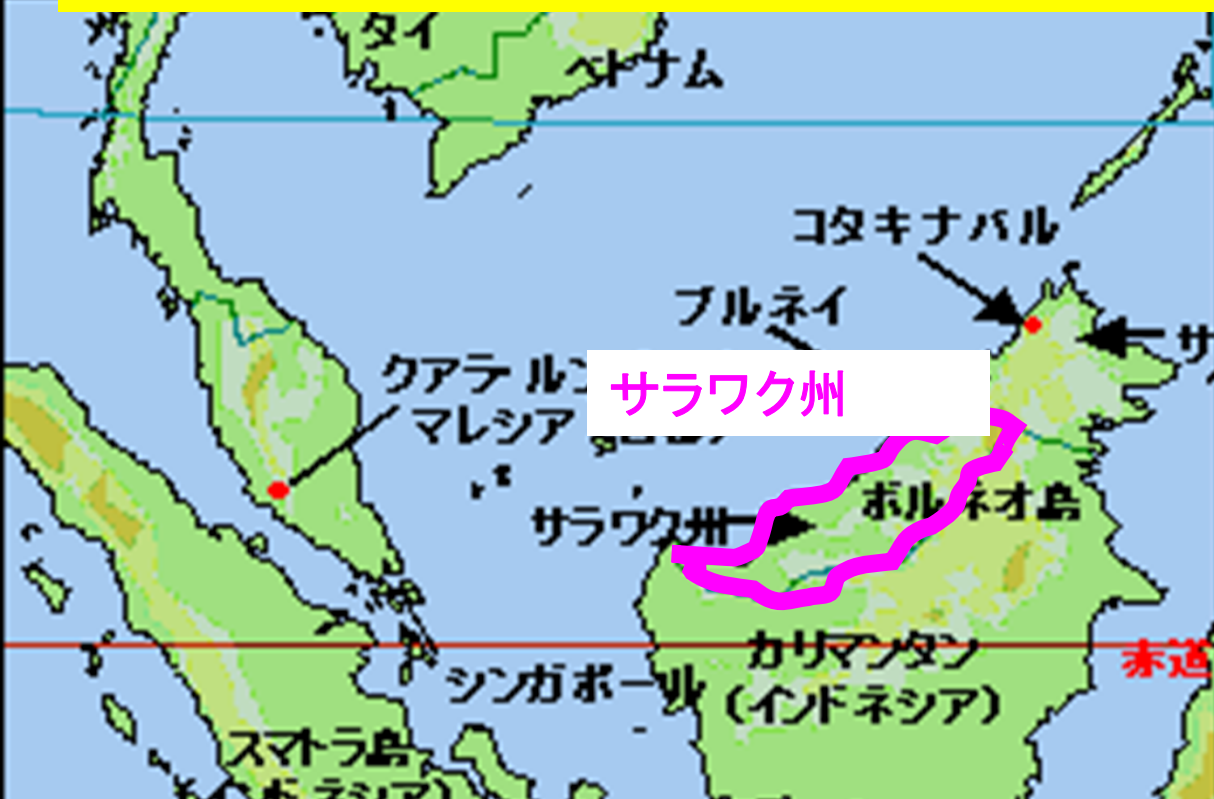
日本人一人年間5kg消費



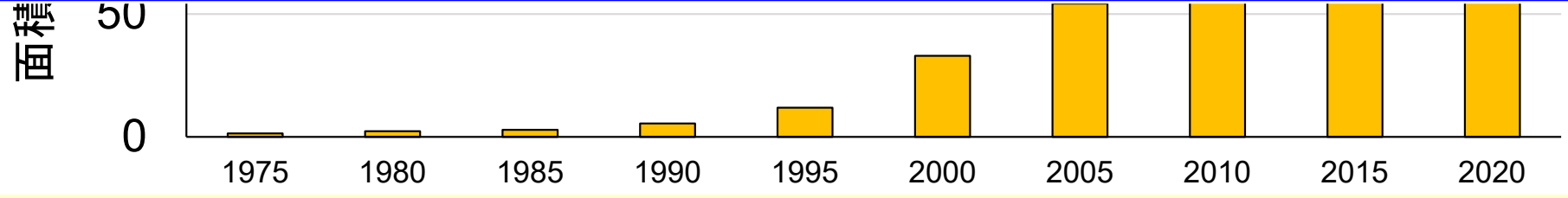
クアラルンプール国際空港の周り是一片緑  
一見ジャングルに見えるが  
見渡す限りすべてアブラヤシ...



# マレーシア・サラワク州(日本の1/3くらいの面積)の例



排出源になってしまおう..



# 熱帯林の吸収源能力を調べる

北方林 4.4億炭素トン

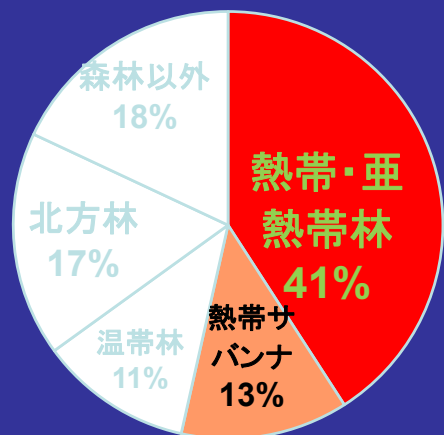
温帯林 6億炭素トン

熱帯再生林  
14.6億炭素トン

熱帯原生林  
10.7億炭素トン

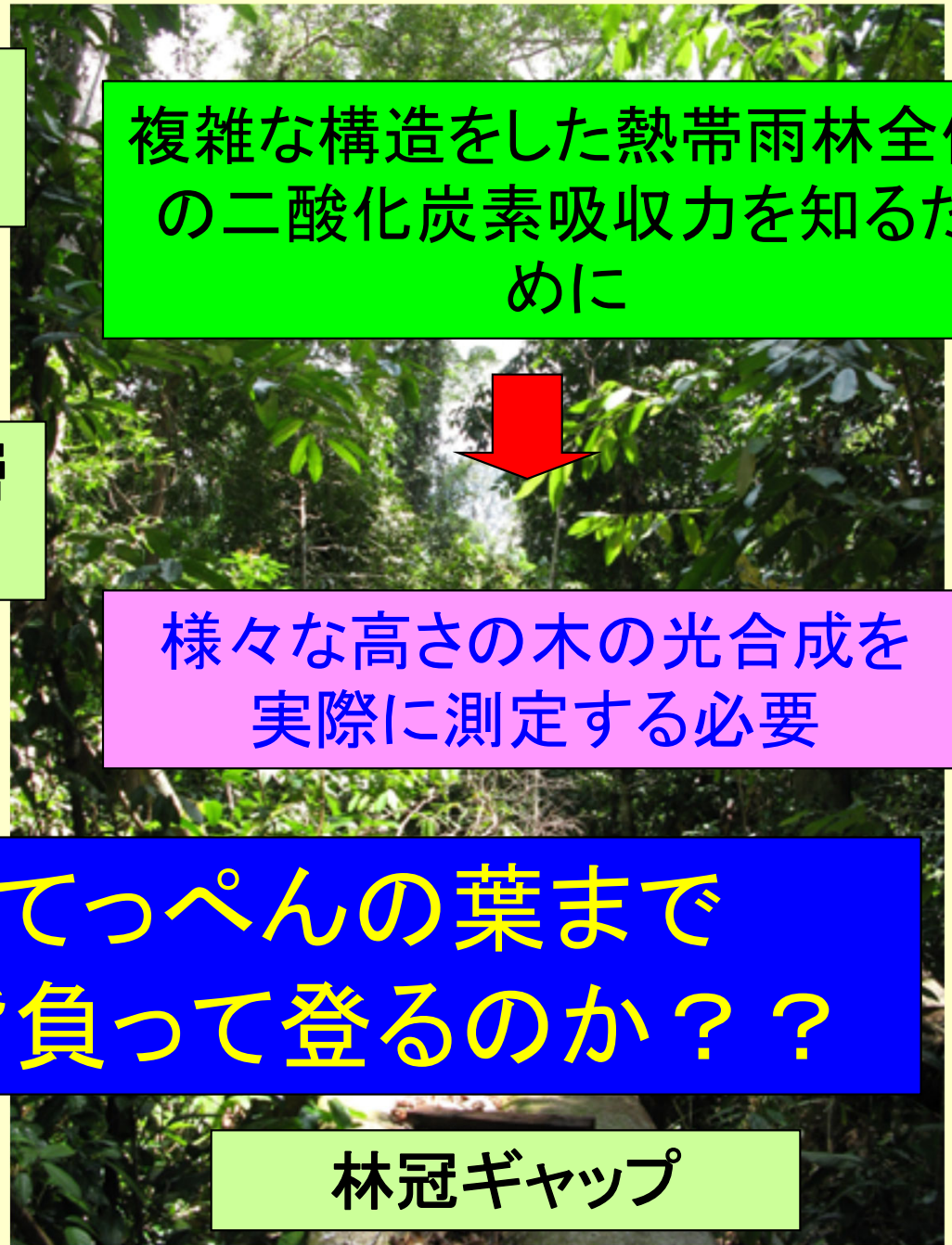
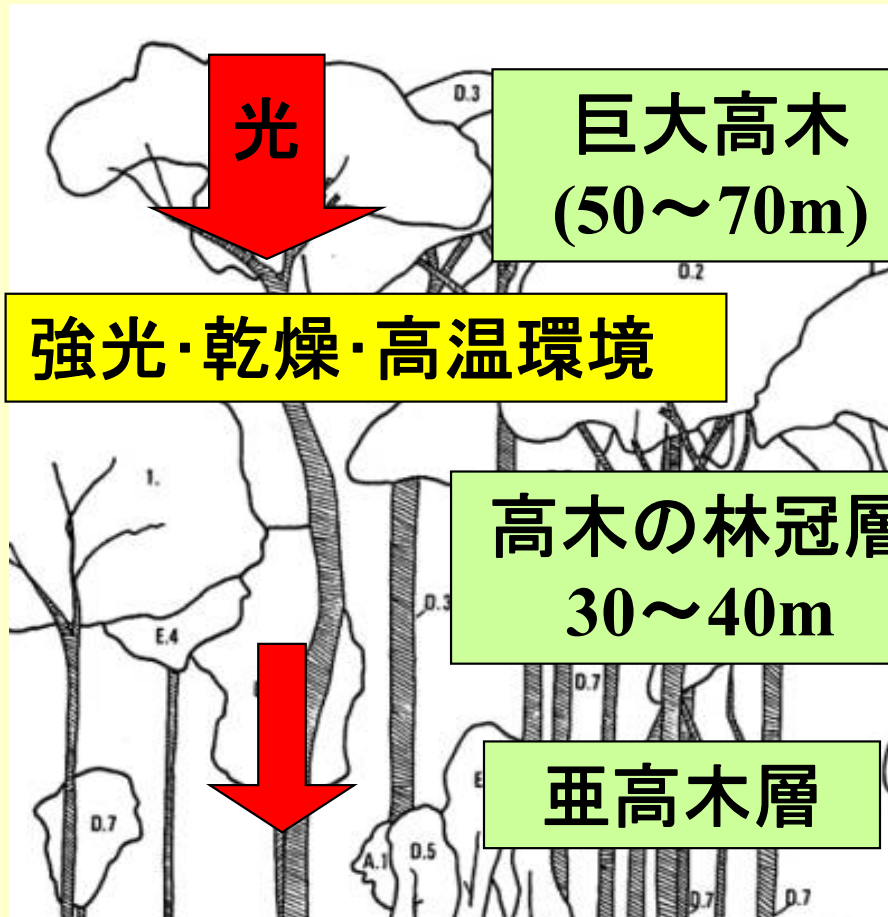
## 1. 熱帯林の 高い炭素吸収力の謎

炭素貯留量(%)



## 2. 熱帯林の 炭素蓄積量を解明

# 1.熱帯雨林の葉の炭素吸収能力(光合成能力)を実測



複雑な構造をした熱帯雨林全体の二酸化炭素吸収力を知るために

様々な高さの木の光合成を実際に測定する必要

どうやって木のとっぺんの葉まで重い測定機械を背負って登るのか??

弱光・高湿度環境

林床

林冠ギャップ

E.2 and R. E.1 Si A.1 A.1 A.1 C.1 R.2 and D.8

# 葉へのアクセス



橋

高さ90mの林冠観察クレーンシステム(3億円くらい)

塔



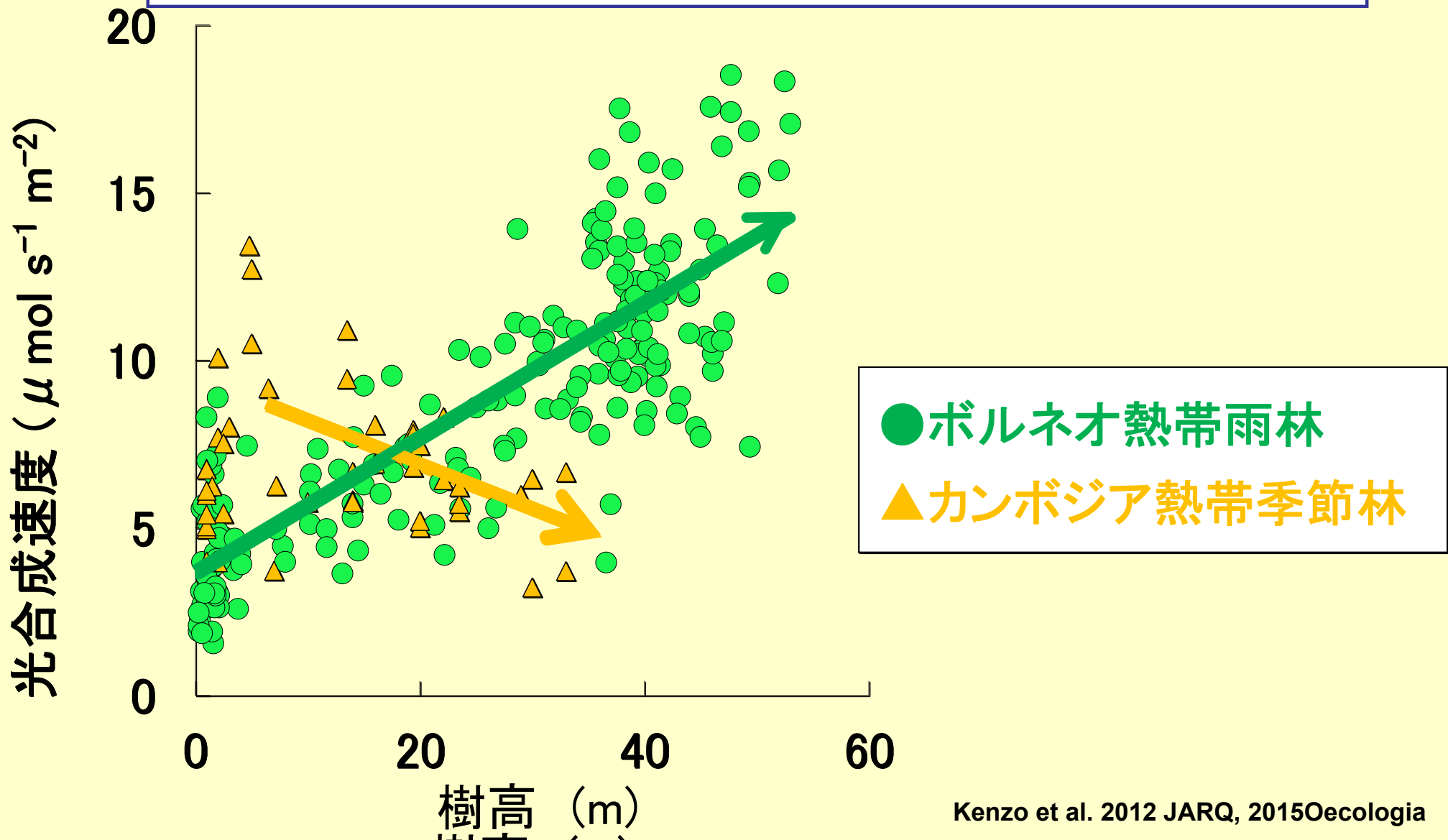
# 葉の光合成能力は樹高でどのように異なるのか？

林冠から林床までさまざまな高さで  
ひたすら光合成を測りまくる



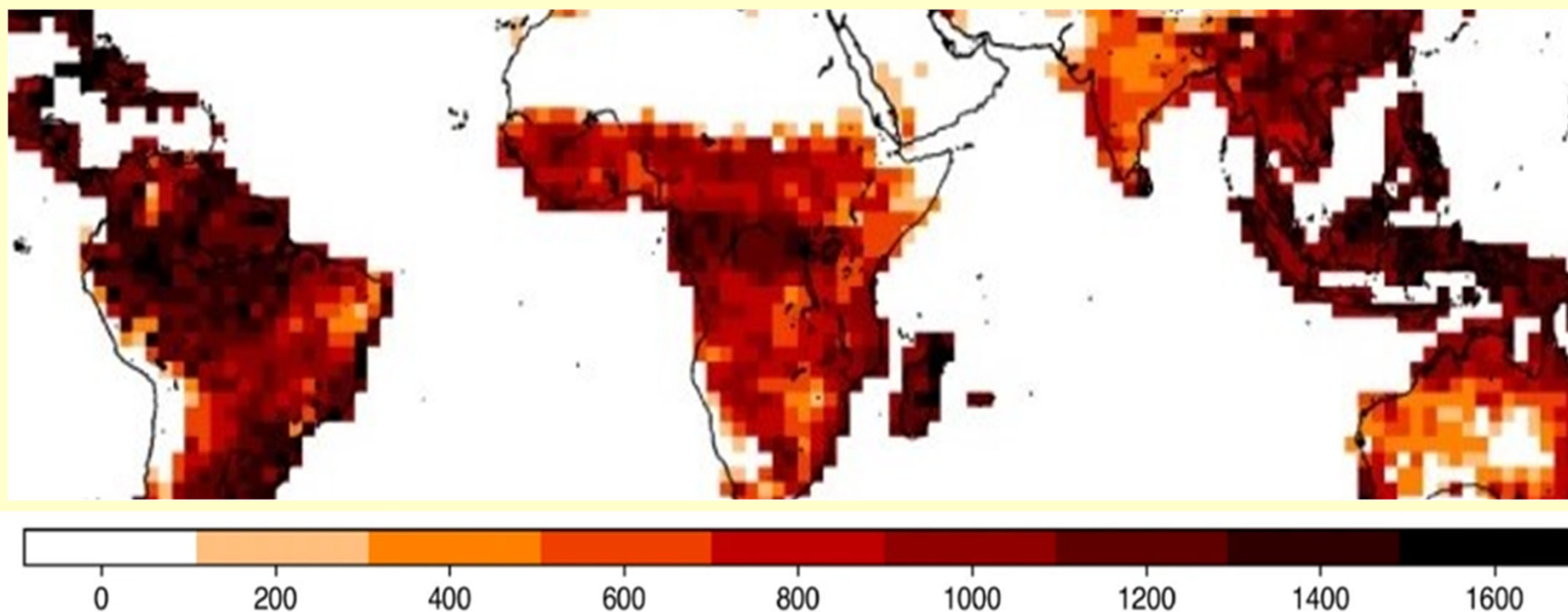
光合成測定の様子

# 樹高と光合成速度の関係 熱帯季節林との違い



乾燥ストレスの少ない熱帯雨林では  
葉の光合成速度が樹高とともに増加  
**熱帯雨林の高い炭素吸収能力の一因！**

# 葉の養分量による炭素吸収能力の 世界推定が可能に



総炭素吸収量の年減少量 ( $\text{g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ )

Ellsworth et al. 2022. Nat. Comm.

熱帯で不足する養分(リン)が光合成を制限！  
これまでの予測より炭素吸収量が最大36%減少

## 2.熱帯林の炭素蓄積量の推定

炭素蓄積量を明らかにするためには、  
樹木の重さ(半分が炭素で出来ている！)の推定が不可欠

- ①樹木の重量の推定技術の開発
- ②最適な樹木重量の推定式の選び方
- ③再生した森林(二次林)の炭素貯蔵量の回復

# 樹木の炭素量を推定するために、 幹の直径と樹木重量の関係式を作る

葉むしり



幹・枝



樹皮剥ぎ取り



様々な樹木を伐採し、葉、枝幹・樹皮・根に分けて重量を測る

## 地下部(根)がなかなか大変



主に手作業で  
根の掘り取り

低木や大型草本・シダは  
まだ楽だが・・・



樹高20mを超える木は2日以上かかる・・

時には重機も投入

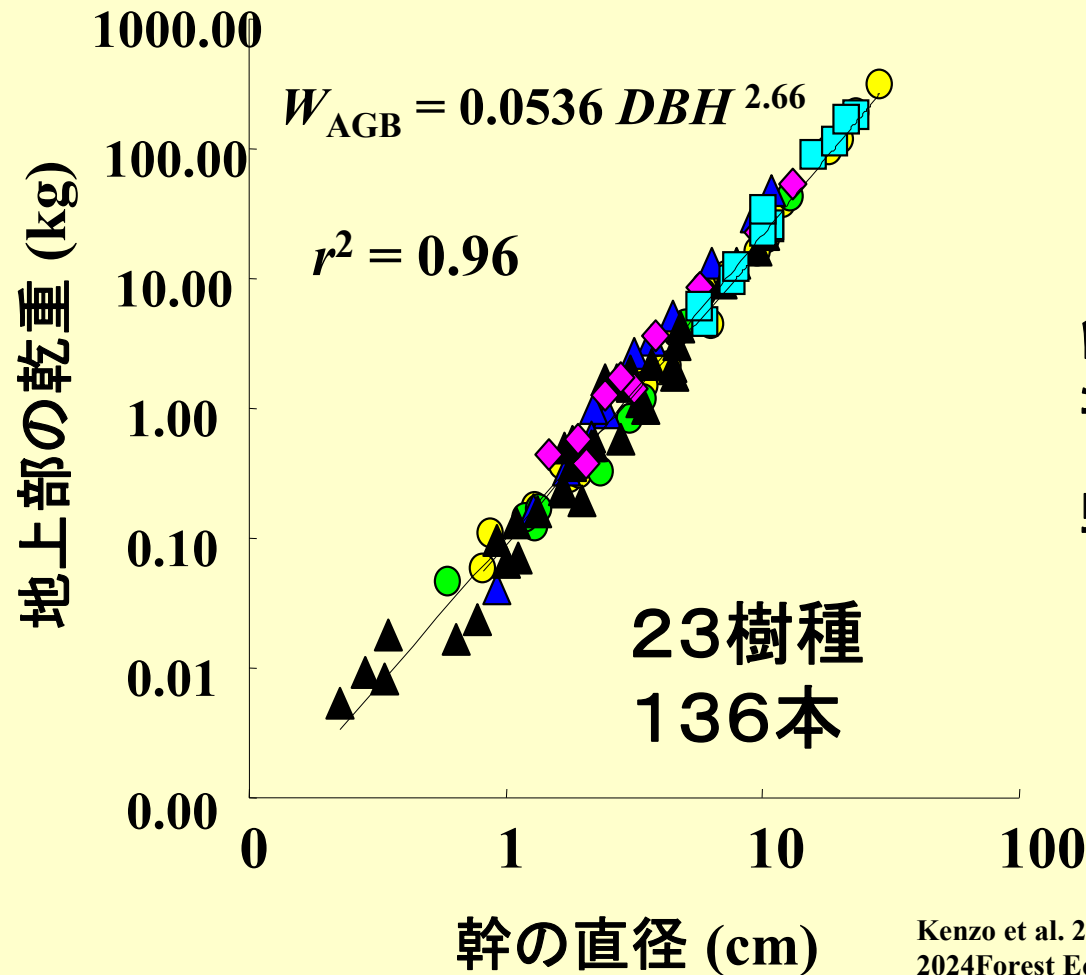


撮影: 米田令仁

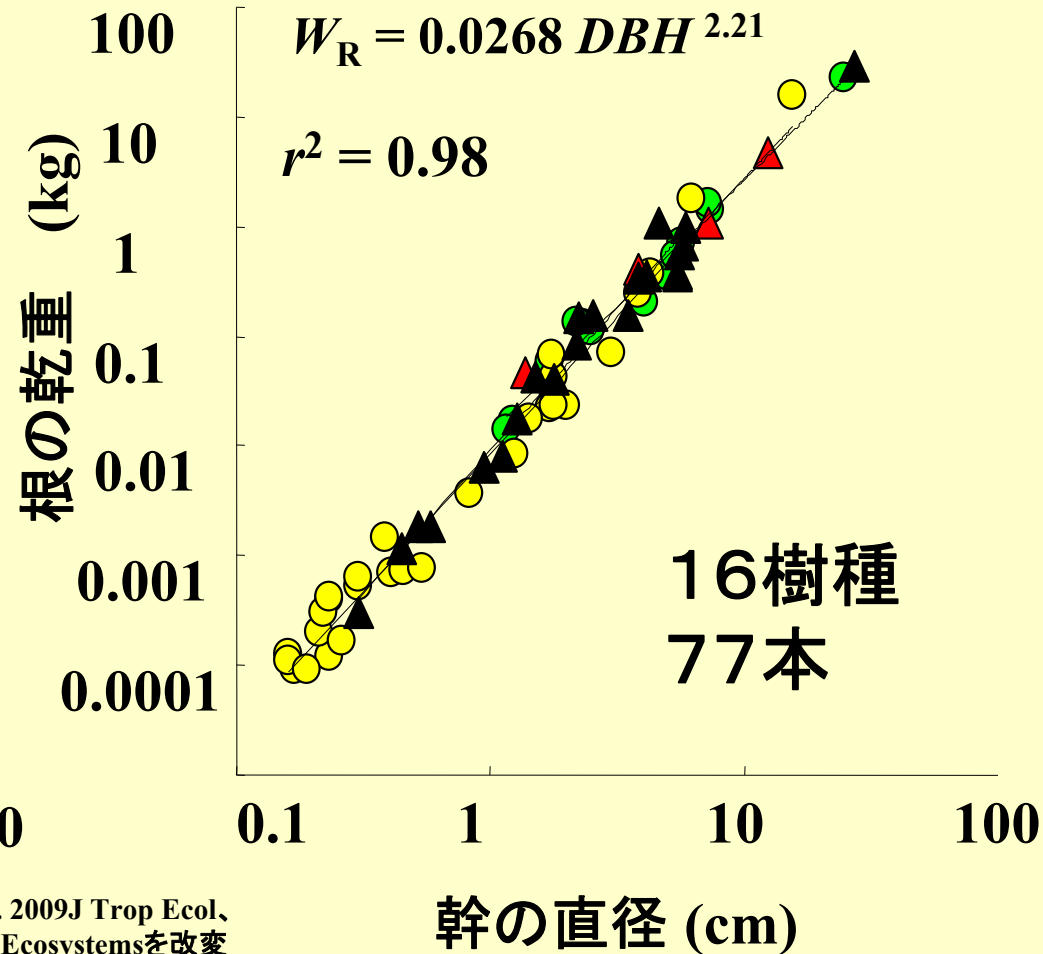


# 熱帯二次林の樹木の重さと幹直径の関係

地上部 (幹・枝・葉・樹皮)

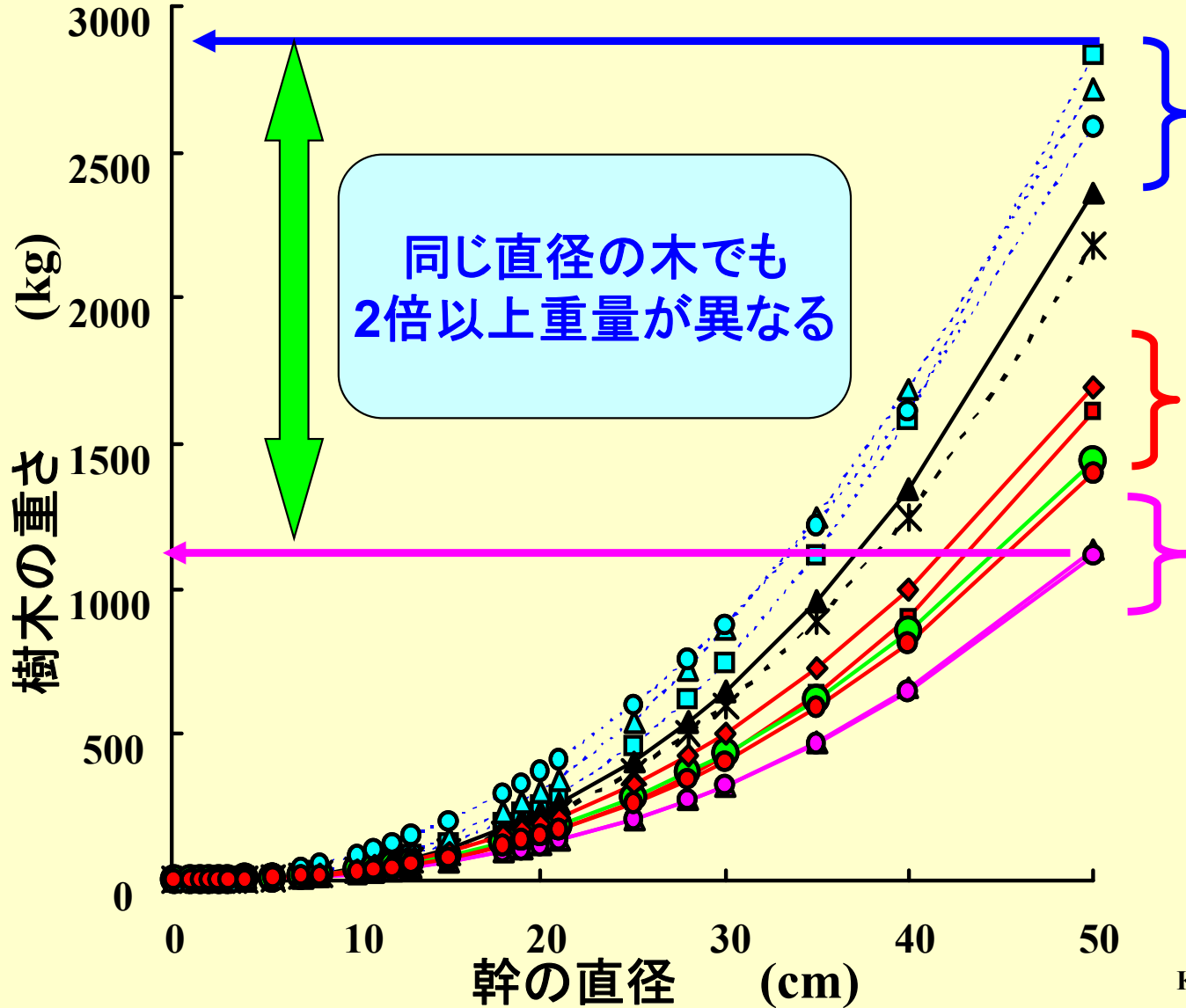


地下部 (根)



地上部と地下部の重さは幹の直径と高い相関  
意外なことに種間差も小さい

# 森林タイプで推定式が大きく異なる



原生林  
材密度: 0.7前後

高齡の劣化した熱帯林  
択伐残存林など  
材密度: 0.5前後

若い二次林  
材密度: 0.3前後

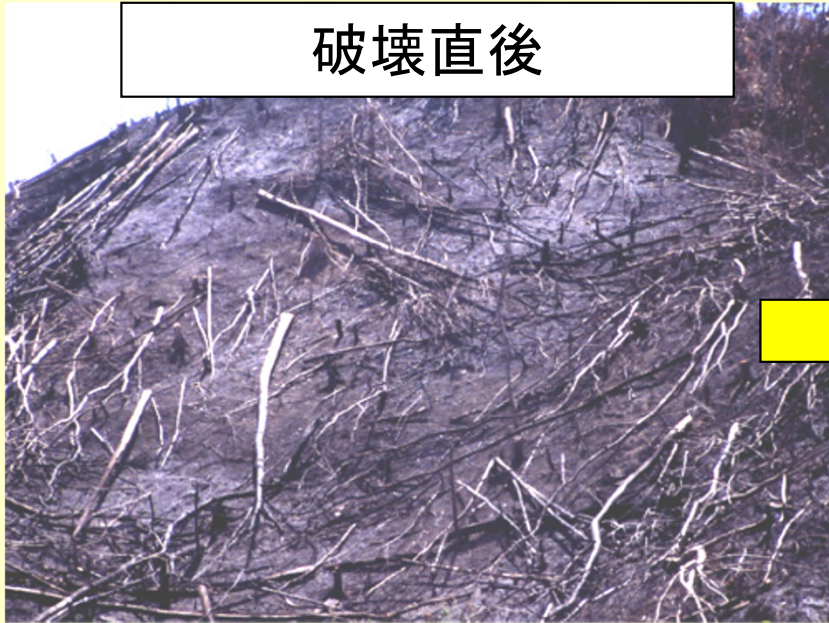
Kenzo et al. 2009. J For Resを改変

適切な推定式を選ばないと炭素量の推定誤差が大きい

木材の密度(重さ)を指標に適切な推定式の選択

# 再生林(二次林)の炭素蓄積量の回復過程

破壊直後



1年後



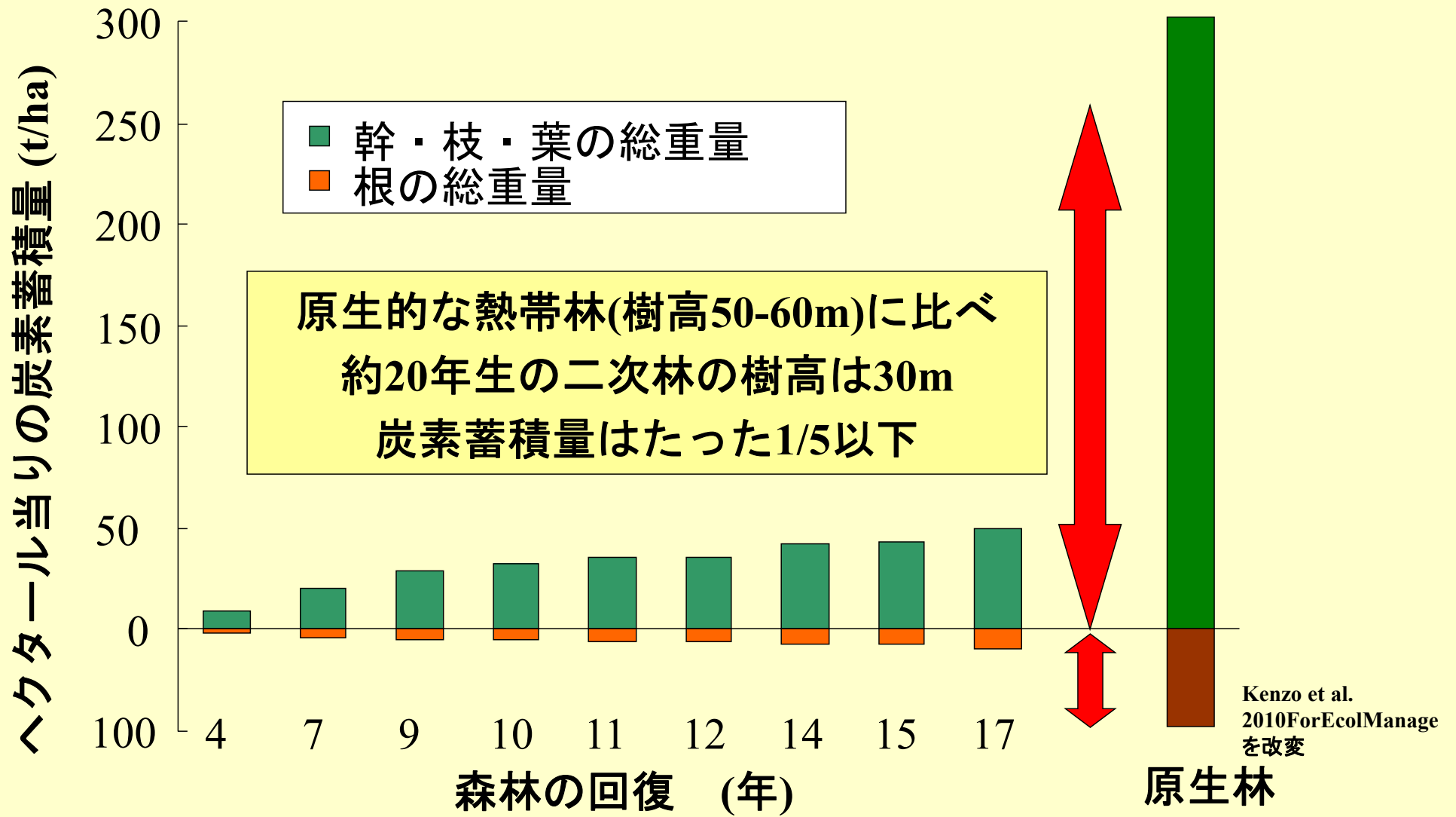
20年後 樹高30m



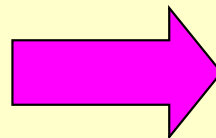
3年後 樹高5-10m

どのように森林の炭素蓄積量が回復するのか？

# 森林樹木の炭素蓄積量の回復過程




二次林の樹木は  
樹高が低く、材密度が低い  
炭素蓄積量の回復に限界



樹高が高く、材密度が大きい  
原生林樹木による  
植林が重要

## 原生林樹種の植林による吸収源強化

インドネシア 

世界第3位の熱帯林面積

約400億炭素トンの森林炭素貯蔵

パリ協定削減目標の**約6割を森林部門（劣化防止や植林）で達成**  
**2060年にネットゼロ**



### ヌサンタラ新首都森林創出計画

**原生林樹種を用いて東京都とほぼ同じ20万haを植林**  
**2045年までに新首都の排出量をマイナス160万トンにする目標**



**ジョコ前大統領（林学部出身）**

しかし、せっかく植林しても、生育不良や大量枯死すれば吸収源能力は発揮できない・・・。

# 破壊された熱帯林への原生林樹種の植林による吸収源強化

荒廃草原  
若い二次林  
への植林



# 草原のような強光・乾燥環境では原生林樹種の多くが枯死



強光による葉焼け

強光や乾燥による枯死

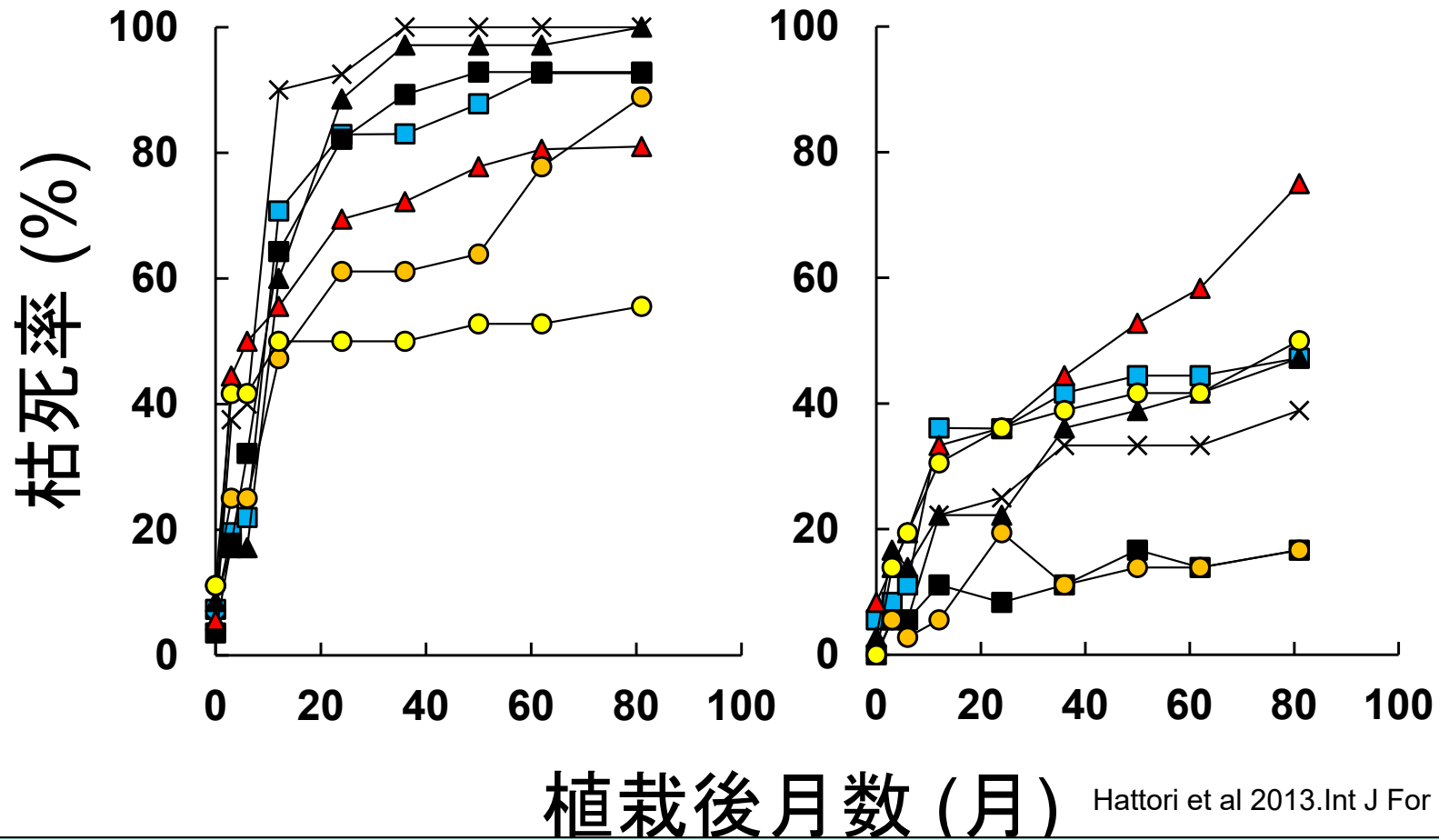
二次林の樹下では適度な日陰(看護効果)で生存する樹種も



# 枯死率は植栽環境や樹種で異なる

## 草原

## 二次林



Hattori et al 2013. Int J For Res 改変

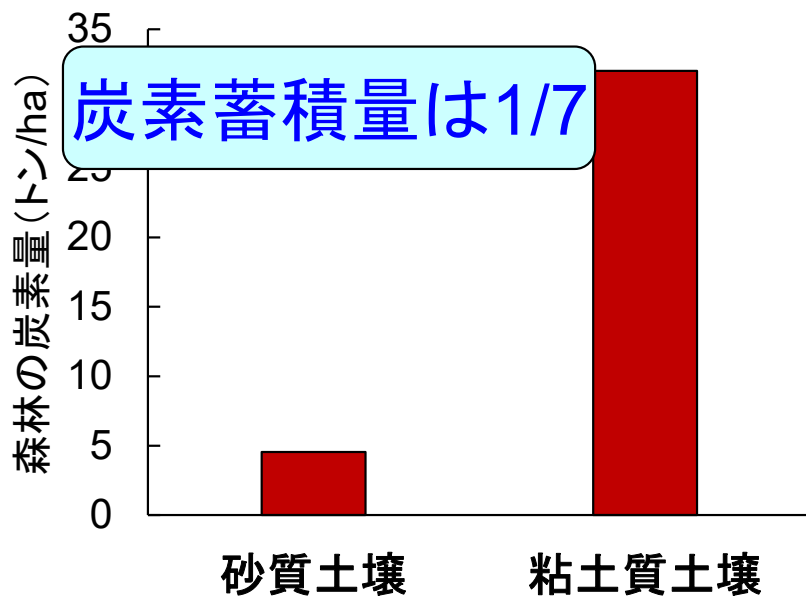
環境に適した樹種を選択  
適地適木が重要！

# 荒廃地の問題 砂質土壌(熱帯ヒース林)の破壊



# 一度荒廃するとヒース林はなかなか回復しない

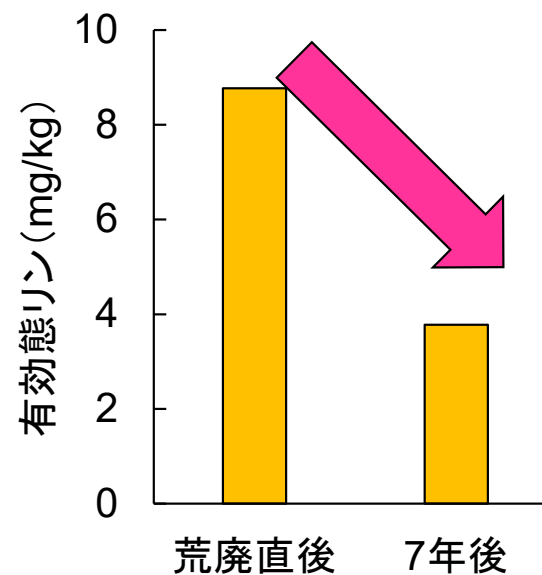
10年たっても樹高数メートル



粘土質土壌では樹高20m



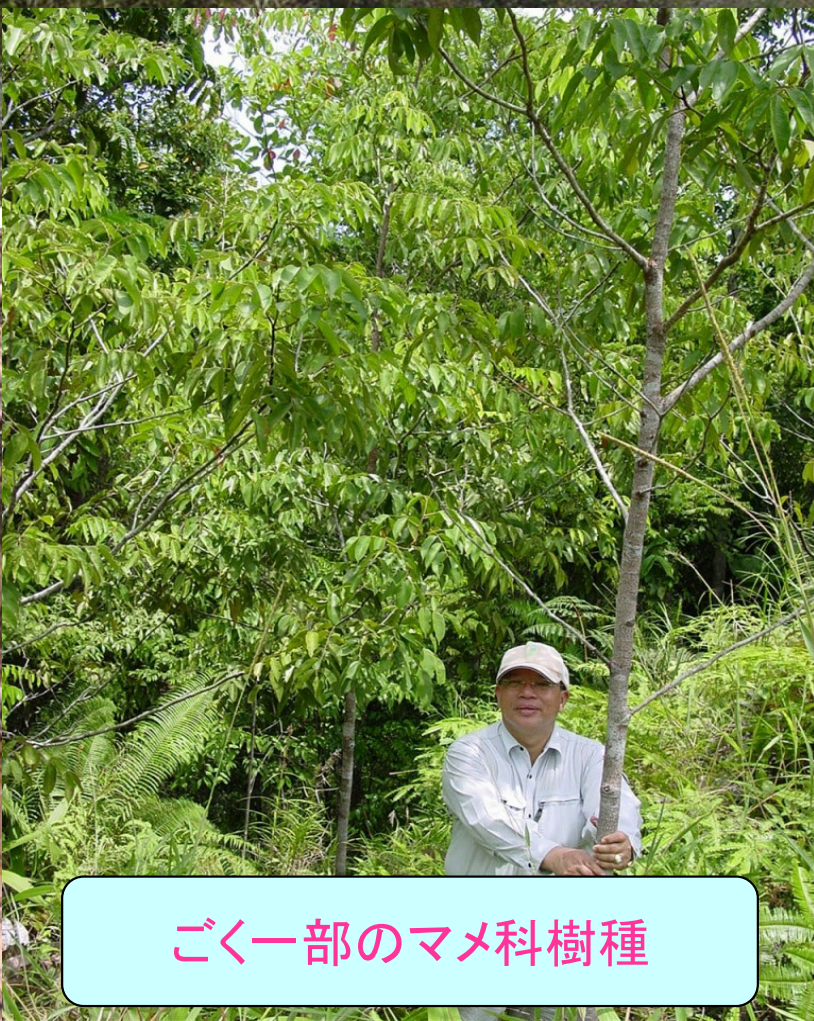
土壌養分の流出  
例えばリンは7年間で半分以下に



砂質土壌では  
森林が完全に破壊されると植林で再生させるのも困難



植えても枯死



ごく一部のマメ科樹種



生き残っても焼死

劣化に弱い土地は森林として保全し続けるゾーニングが不可欠

# 森林再生を行う際の様々な問題点

## 苗の確保の問題

東南アジア熱帯雨林樹種は5~10年  
間隔で不定期に繁殖  
種子源が消滅、挿し木、組織培養



## 植栽技術の問題



## 気候変動の問題

- \*気候変動による高温や乾燥への耐  
性能力が不明
- \*植林樹種でもストレス耐性品種の  
育種が進んでいない



2014年のスーパーエルニーニョ  
による異常乾燥と火災  
(2月の降水量が10mm)

# 地上部だけでなく森林土壌の吸収源機能の評価も問題

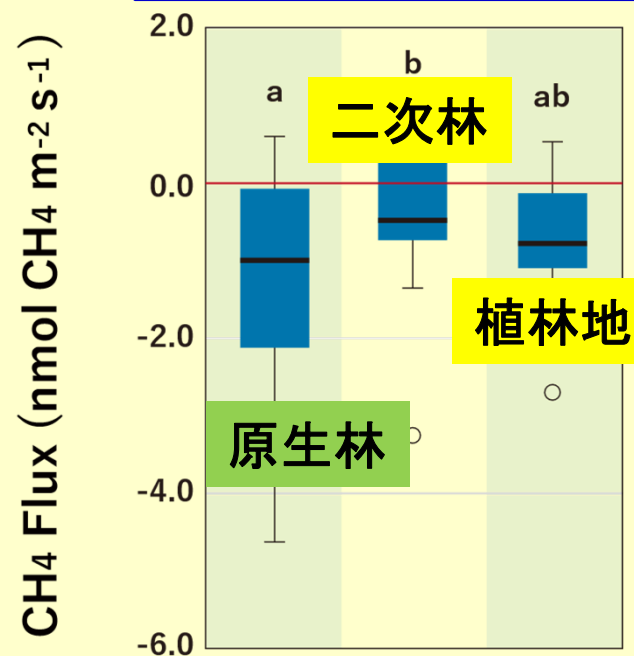


土壌のメタン吸収能力  
(近藤ら、未発表)

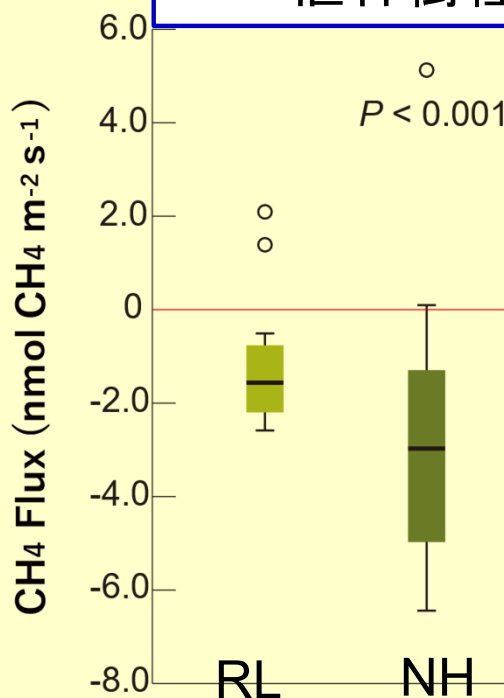
マレーシアの原生林、二次林、植林地の比較  
植林した樹種間での比較



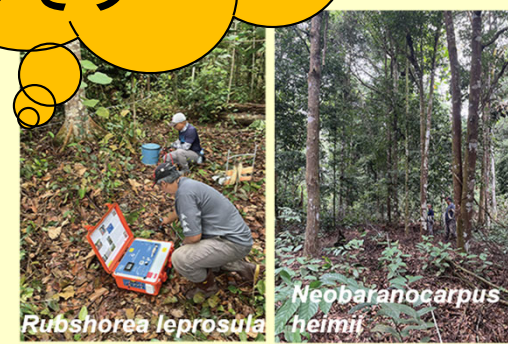
森林タイプ



植林樹種間



植林樹種  
で、差もあ  
りそう



原生林のメタン吸収能力は高い！

二次林は樹木の成長は早いですが、土壌の吸収源能力は低い可能性  
植林による土壌の吸収能力の回復が重要で樹種選択も必要

# 植林試験や多方面からの長期モニタリングが必要

破壊された熱帯林(2002)



植林(2003)



どういう樹種をどのような方法で植えるといいのか？  
強い光を避けるシェルター



8年後(2011)



20年後(2024)  
どういう樹種が侵入？  
吸収源機能はどの程度回復したのか？



実際に苗を植林して成長や生存、土壌吸収源機能を長期モニタリング

ご清聴ありがとうございました

謝辞

講演に当たりデータ提供いただいた近藤俊明さんをはじめ研究に協力いただいた国際農研、森林総研の研究者の皆様、マレーシア、インドネシアなど現地の方々に厚くお礼申し上げます。またこれらの研究は科研費、環境総合推進費、所属機関の交付金等で行われました。

