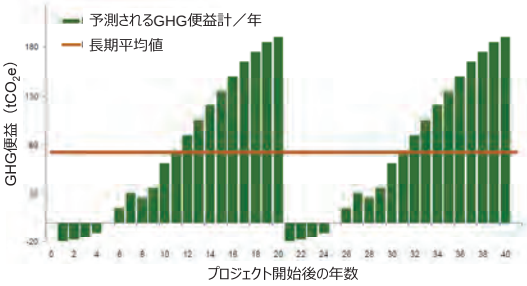


VCS：伐採が計画されているプロジェクトのクレジット発行量



➢ 伐採が計画されているプロジェクトでは、全クレジット期間を対象として、GHG便益の長期平均値（長期平均炭素蓄積量）を予測し、それを上回る量のクレジットは発行しない。

出典）VCS (2011)

13

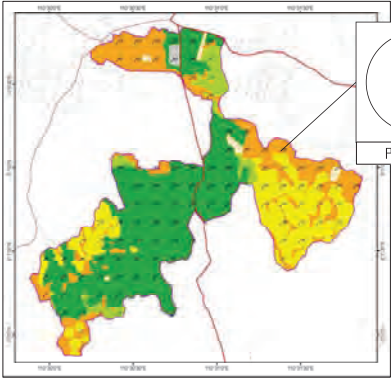
VCSとJ-クレジットの比較：推定方法

項目		VCS（植林）	J-クレジット（森林管理）
面積の測定		実測、又はリモセン（精度の基準は示されていない）。	コンパス測量等による実測（閉合差「5/100」又は座標値3m以下の精度を満たす）。
生体バイオマスの推定	地上部	＜蓄積差法＞ある時点において、地上調査（プロット・サンプリング）を実施し、胸高直径（及び樹高）を実測（※1）、平均値及び精度（不確かさ）を算定。査読付き論文等（n=30以上）から、樹種別のアロメトリー式、又は材積式を適用して蓄積量を推定。	＜ゲイン・ロス法＞幹材積成長量は、都道府県作成（又は、第三者チェックが入っている）の収穫予想表から、プロジェクト対象の森林に適した値を使用。ただし、収穫予想表の選択にあたっては、対象森林を（樹種別に）グループ化し、地上調査プロットを設定し、樹高（※2※3）、立木本数、及び胸高直径（※3）を測定し、地位を特定する。
	地下部	（係数）材積式を使用する場合、容積密度、及びバイオマス拡大係数は、（査読付き論文等から）樹種別に適切な値を選択。	（係数）容積密度、及びバイオマス拡大係数は、日本国GHGインベントリの値を適用（学術論文、研究機関等が公表している紀要等を使用することも可）。

※1：地上プロットで実測した地上部生体バイオマス密度をリモセンデータへ校正して対象エリア全体を推定する手法も採用可
※2：樹高を航空機からレーザ測定し、樹種を写真やレーザ反射強度により同定する手法も使用可
※3：地上レーザ測定器（OWL 等、一般に広く用いられている機器）による測定結果を採用可

14

地上プロット調査（システムティック・サンプリング）の例



階層	土地利用分類	階層面積 (ha)	サンプル数
1	高密度林	212.8	53
2	中密度林	22.4	3
3	灌木林	88.2	19
4	アグロフォレストリー	102.5	26
5	裸地	5.7	1
6	その他	3.2	1
計		434.8	103

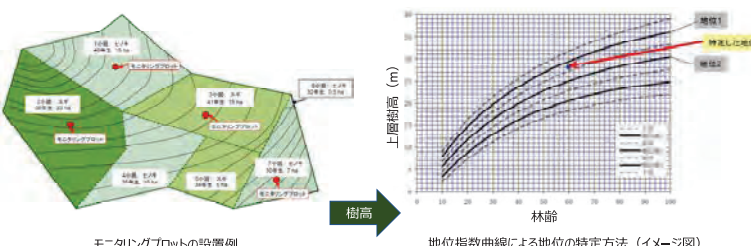
➢ 対象エリア（434.8ha）を、既存の土地利用分類図に従って6つに階層化。

➢ 対象エリア全体に、200m×200m間隔（格子状）で、計103個のサンプル・プロットを設定。

出典）Nakama et al. (2021)

15

J-クレジットの森林吸収量の推定方法：地位の特定



➢ プロジェクト実施地で、地位を特定するためのモニタリングプロットを設定

➢ 森林の上層（平均）樹高の平均値を算出、適用可能な地位指数曲線に代入し、地位を特定する。

➢ 地位を特定した後、適用する収穫予想表を選択する（対象森林の立木密度や林分状況を十分に考慮）。

出典）J-クレジット (2021)

16

国家インベントリのAFOLU分野の推定方法におけるTierの定義

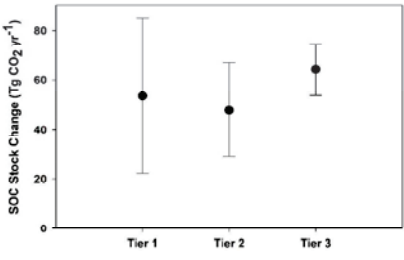
Tier	推定精度	難易度	推定方法	蓄積変化/排出係数	活動データ (面積)	備考
1	低	易	規定の式	規定値	国固有のデータ	グローバルデータが入手可能な場合も多い（例：森林減少率、農業生産統計、世界の土地被覆図、肥料使用、家畜データ等）ただし、通常、データは時間及び空間的に粗
2	中	中	規定の式	国、又は地域固有のデータ	国、又は地域固有のデータ	時間及び空間的に分別された、より高い精度のデータ
3	高	難	適切なモデル、又はインベントリ測定システム	長期間に渡る繰り返し測定。サブ・ナショナルレベルで細分化された時間及び空間的に高い精度のデータ（例：一定の時間間隔で繰り返される包括的なフィールドサンプリング、又は、複数の種類のモニタリングを統合した、林齢、クラス/生産データ、土壌データ、土地利用及び管理活動データのGISベースのシステム）		

出典）IPCC (2006)

➢ 本事業で、CO₂吸収量の推定方法の簡素化、低コスト化にあたっては、上記の国家インベントリ報告のTierの考え方を準用して、実施者の推定能力に応じて、推定方法のオプションを示すことも考えられる。

17

米国のGHGインベントリにおける土壌炭素推定値 Tier別の平均値と不確かさ（95%信頼区間）



出典）IPCC (2019)

➢ 高い精度の推定手法（高いTier）を用いる程、不確かさが小さい。

➢ ただし、実施者の能力、かけられるコスト、時間等によって、どのTierを採用できるか制約がある。

18

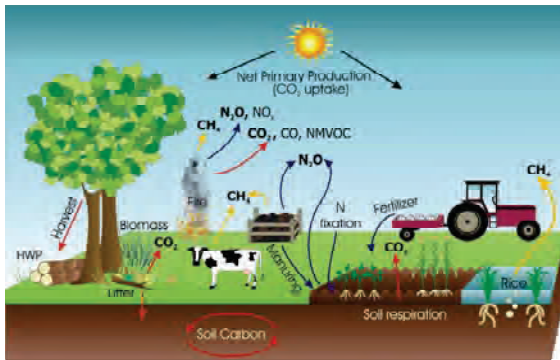
4. 今後の方針について

- 本事業の植林によるCO₂吸収量の取り扱い
 - 他分野の排出量をオフセット（取引）できるクレジットと位置付けるか？
 - オフセット（取引）できない、企業／団体の吸収量報告と位置付けるか？
- 本事業の植林によるCO₂吸収量の可視化手法（方法論）のガイドラインは、
 - 評価項目（炭素プール等）を全て必須とするか？、又はプロジェクトに応じて評価項目を選択できる方式？
 - 単一の手法を提示？、又は実施者の能力、かけられるコスト・労力に応じて、適切な手法を選択できる方式？（国家インベントリ報告のTier構造を準用）

19



生態系における温室効果ガス(GHG)の排出源と吸収源



出典) IPCC (2006)

21

森林のCO₂吸収/排出量、大気中への非CO₂排出量の推定方法（基本的な考え方）

$$\text{CO}_2 \text{ 吸収 / 排出量} = \text{活動データ (対象面積)} \times \text{炭素蓄積変化係数 (単位面積当たりの蓄積変化量)} \times \text{炭素を CO}_2 \text{ へ換算 (44/12)}$$

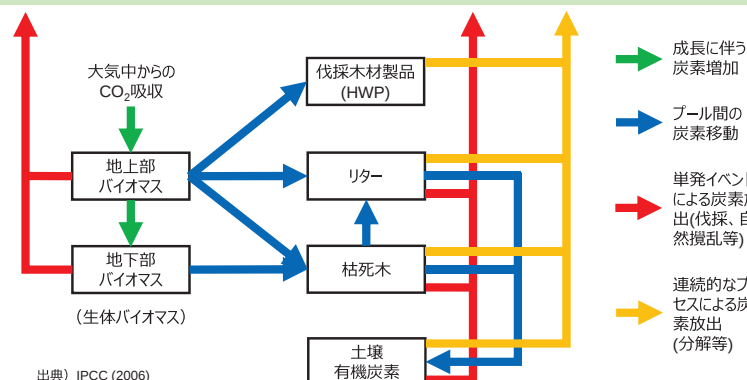
リモセン、実測等 地上調査、規定値等 (リモセンは技術開発中)

$$\text{非CO}_2 \text{ 排出量} = \text{活動データ (対象面積)} \times \text{非CO}_2 \text{ 排出係数 (単位面積当たりの排出量)}$$

出典) IPCC (2006)

22

陸域生態系における炭素サイクル



出典) IPCC (2006)

23

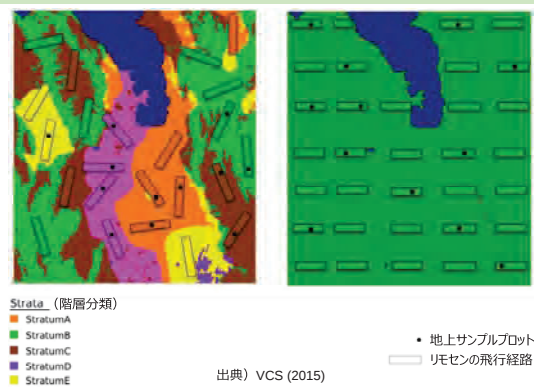
各炭素プールの炭素蓄積変化量の推定方法

ゲイン・ロス (gain-loss) 法	蓄積差 (stock-difference) 法
$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$ ΔC = 炭素蓄積の年間変化量 (tC/年) ΔC_G = 炭素年間増加(ゲイン)量 (tC) ΔC_L = 炭素年間減少(ロス)量 (tC)	$\Delta C = \frac{(C_{t2} - C_{t1})}{(t_2 - t_1)}$ ΔC = 炭素蓄積の年間変化量 (tC/年) C_{t1} = 調査時点t_1における炭素ストック量 (tC) C_{t2} = 調査時点t_2における炭素ストック量 (tC)
炭素蓄積変化量	炭素蓄積変化量

出典) IPCC (2006)

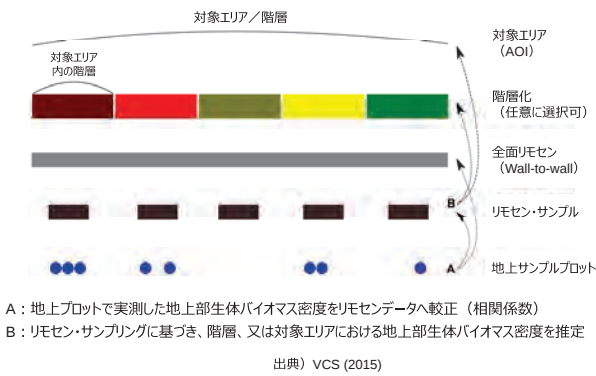
24

VCSの森林吸収量の推定方法：地上プロット調査＋リモセン①



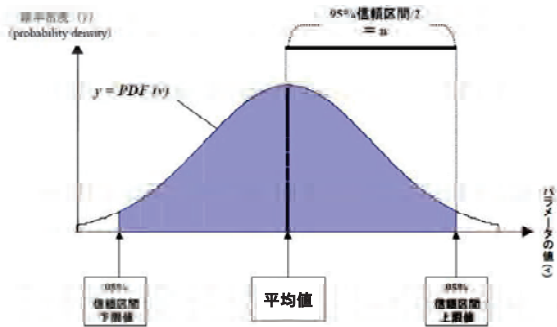
25

VCSの森林吸収量の推定方法：地上プロット調査＋リモセン②



26

サンプリング (標本) 誤差に基づく不確かさの評価手法 (平均値と信頼区間)



一般的には、信頼度 (信頼レベル) 95%が用いられるが、国際的にクレジット取引が認められたスキームの森林分野では90%が用いられる (森林分野では不確かさが比較的大きいため緩和措置?)。

27

林野庁による国内の取組：「森林×脱炭素チャレンジ2022」

森林×脱炭素チャレンジ2022とは

民間企業や団体等 (以下「企業等」という。) が支援をして行う森林整備の取組は、森林による二酸化炭素吸収量の確保・強化に貢献し、2050年カーボンニュートラルの実現にも資するものです。森林整備による地球温暖化対策を国民運動として展開する上で、これら取組の更なる拡大が必要です。

このため、新たな表彰制度「森林×脱炭素チャレンジ2022」を創設し、企業等が支援をして行った森林整備について募集し、応募いただいた企業等の皆様に、森林整備を通じて脱炭素に貢献する「グリーンパートナー」として林野庁ウェブサイトで公表します。また、その中でも特に優れた取組に対し、農林水産大臣賞等を授与します。

(1) 整備した森林に係るCO2吸収量

企業等が支援をして整備した森林の、1年間のCO2吸収量

注意:

令和3年12月27日付(林野庁長官通知)に記載された算定方法に基づき、申請者が算定します。

【森林による二酸化炭素吸収量の算定方法について】(令和3年12月27日付け3林政企第60号林野庁長官通知) 各都道府県で実施されている独自のCO2吸収量の認証制度等で算定された吸収量も含みます。

出典) 林野庁ウェブサイト

28

林野庁：①1年間に森林が吸収するCO2量の簡便な算定方法

(1) CO2吸収量の計算式

1haの森林 (樹木) が1年間に吸収するCO2量を下記計算式により算定。

$$\begin{aligned} & \text{森林1ha当たりの年間CO}_2\text{吸収量 (t-CO}_2\text{/年・ha)} \\ &= \frac{\text{森林1ha当たりの年間幹成長量 (m}^3\text{/年・ha)}}{\text{拡大係数} \times (1 + \text{地下部比率}) \times \text{容積密度 (t/m}^3\text{)} \times \text{炭素含有率}} \\ & \times \text{CO}_2\text{換算係数} \end{aligned}$$

<計算因子>

- 森林1ha当たりの年間幹成長量:
樹木の幹の部分が1年間で成長する1ha当たりの体積 (材積)
〔算定対象森林の齢級とその1つ上の齢級の1ha当たりの材積の差を1齢級の年数 (5年) で除し、算出。〕
- 拡大係数: 枝部分の容積を付加するための係数
- 地下部比率: 樹木の地上部 (幹+枝) の容積に対する根の容積の割合
- 容積密度: 木材の容積を重量に変換する係数
- 炭素含有率: 木材の重量1トン当たりの炭素含有量を示す割合
- CO2換算係数: 炭素量を二酸化炭素量へ変換する係数 (44/12)

出典) 林野庁 (2021)

29

林野庁：②再造林・保育を行うことにより森林に吸収されるCO2量の増加分の算定方法 (人工林を育成する場合と育成しない場合の比較による算定)

(1) CO2吸収量の計算式

我が国の森林吸収量を確保していく上で、伐採跡地への再造林を確実に実施していくことが重要。伐採跡地について天然更新ではなく、再造林・保育を行い、人工林を育成した場合の効果の評価を評価したい場合は、下記計算式により再造林・保育によるCO2吸収量の増加分を算定。

$$\begin{aligned} & \text{再造林・保育を行うことにより当該森林に吸収されるCO}_2\text{量の増加分} \\ & \text{(t-CO}_2\text{)} \\ &= \frac{\text{再造林・保育を行う場合と行わない場合の森林の見込み蓄積量の差 (m}^3\text{)}}{\text{拡大係数} \times (1 + \text{地下部比率}) \times \text{容積密度 (t/m}^3\text{)} \times \text{炭素含有率}} \\ & \times \text{CO}_2\text{換算係数} \end{aligned}$$

<計算因子>

- 再造林・保育を行う場合と行わない場合の森林の見込み蓄積量の差:
算定対象期間における再造林・保育を行う場合と行わない場合の見込み成長量 (材積) の差
- 拡大係数: 枝部分の容積を付加するための係数
- 地下部比率: 樹木の地上部 (幹+枝) の容積に対する根の容積の割合
- 容積密度: 木材の容積を重量に変換する係数
- 炭素含有率: 木材の重量1トン当たりの炭素含有量を示す割合
- CO2換算係数: 炭素量を二酸化炭素量へ変換する係数 (44/12)

出典) 林野庁 (2021)

30

林野庁：③森林の育成により保持される土壌炭素量（CO₂換算）の算定方法

国際緑化推進センター「海外植林のCO₂吸収量認証システム」

(1) CO₂保持量の計算式

森林の育成により保持される土壌炭素量（CO₂換算）を下記計算式により算定。

森林の育成により保持される土壌炭素量（CO₂換算）（t-CO₂）

=

土壌平均炭素蓄積量（t-C/ha）

×

森林の育成により保持される土壌量に関する係数

×

施業対象区域面積（ha）

×

算定対象年数

×

土壌が流出した場合に炭素が空气中に排出される係数

×

CO₂換算係数

<計算因子>

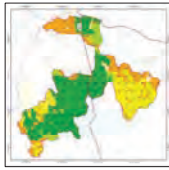
- 土壌平均炭素蓄積量：単位面積あたりの土壌の炭素蓄積量
- 森林の育成により保持される土壌量に関する係数：0.006
 - 土壌炭素の測定深度（30cm）に対する森林を育成しない場合と育成する場合の浸食深の差により算定
- 施業対象区域面積：育成した森林の面積
- 土壌が流出した場合に炭素が空气中に排出される係数：0.3
- CO₂換算係数：炭素量を二酸化炭素量へ変換する係数（44/12）

出典）
林野庁（2021）

海外植林プロジェクトについて、CO₂吸収量を評価し、認証書を発行



日本の植林直後の風景



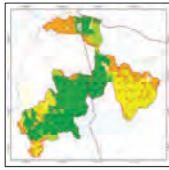
日本の植林直後の風景



植林前（2005）



植林後（2017）



出典）
国際緑化推進センター
ウェブサイト



> オフセット（取引）できない、企業／団体の吸収量報告との位置付け。

> CO₂吸収量の評価手法は、ゲイン・ロス法、及び蓄積差法、収穫表利用等、複数のオプションを提示。

引用文献資料

林野庁（2021）森林による二酸化炭素吸収量の算定方法について、制定 令和3年12月27日 3林政企第60号（林野庁長官通知）。
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/attach/pdf/kyushuryosantei-2.pdf>（2022年6月26日閲覧）

IPCC（2006）2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

IPCC（2019）2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

J-クレジット（2021）国内における地球温暖化対策のための排出削減・吸収量認証制度（J-クレジット制度）モニタリング・算定規程（森林管理プロジェクト用）。
https://japancredit.go.jp/about/rule/data/05_monitoring_shinrin_v2-6.pdf（2022年6月28日閲覧）

VCS（2011）VCS Guidance: AFOLU Guidance: Example for Calculating the Long-Term Average Carbon Stock for ARR Projects with Harvesting.
https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VCS-Guidance-Harvesting-Examples_0.pdf（2022年6月18日閲覧）

VCS（2015）VCS Tool VT0005: Tool for measuring aboveground live forest biomass using remote sensing.
<https://verra.org/methodology/vt0005-tool-for-measuring-aboveground-live-forest-biomass-using-remote-sensing-v1-0/>（2022年6月28日閲覧）

33

引用文献資料

国際緑化推進センターウェブサイト：海外植林のCO₂吸収量認証システム。
<https://jifpro.or.jp/support/co2/>（2022年6月27日閲覧）

林野庁ウェブサイト：森林はどれだけの量の二酸化炭素を吸収しているの？。
https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/20141113_topics2_2.html（2022年6月26日閲覧）

林野庁ウェブサイト：森林×脱炭素チャレンジ2022。
https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/forest_co2_challenge.html（2022年6月26日閲覧）

Eiichiro Nakama, Dian Ayu, Rachmat Dwi, Gunawan Setiadji, Hirotaka Sato and Moriyoshi Ishizuka（2021）Forest carbon stock estimation by systematic sampling and uncertainty analysis: Four Case studies in South East Asia. 第132 回日本森林学会大会口頭発表。

ICAOウェブサイト：CORSIA Eligible Emissions Units.
<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CORSIA-Emissions-Units.aspx>（2022年6月16日閲覧）

34

164