

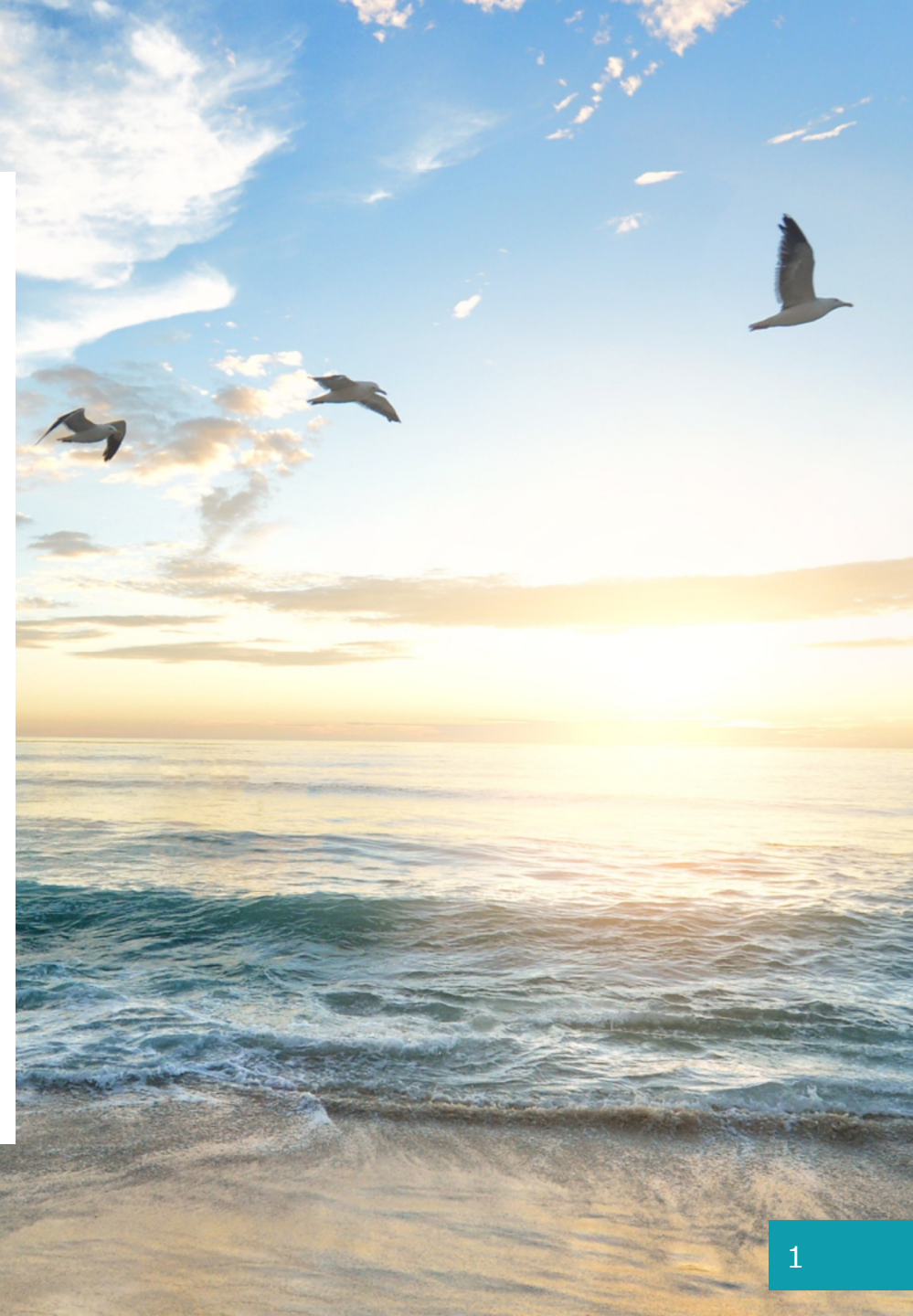


sustainacraft

■ **REDD+の品質評価と  
REDD+を含めた今後の自然由来クレジット供給市場の変化について**

株式会社sustainacraft  
末次浩詩（代表取締役）

2024.2.9: 森から世界を変えるプラットフォーム主催セミナー

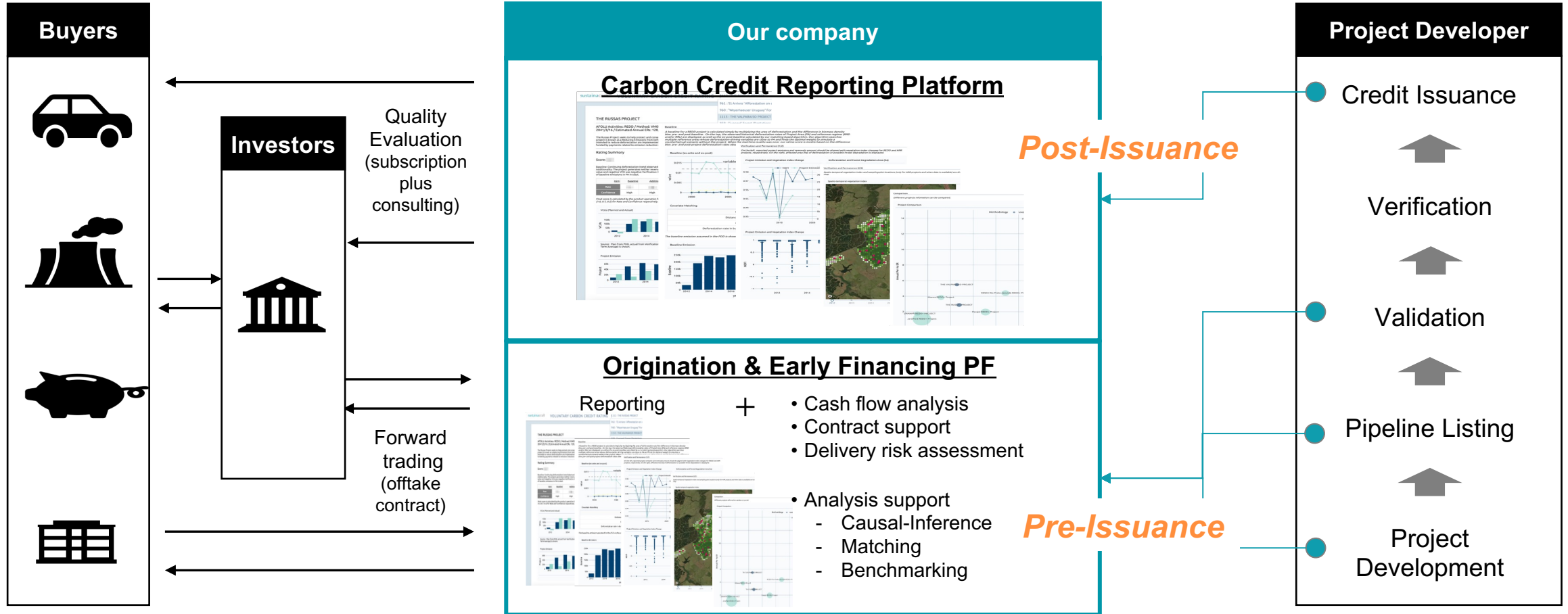


■ About us

透明性の高い自然資本のプロジェクト評価技術を用いて、買い手とプロジェクト開発者を繋げ、自然保全プロジェクトへの資金循環を後押しする

sustainacraft

REDD    ARR  
IFM    ALM



## 当社の構成／これまでの活動

- 今期(第3期)は、特に、  
自然由来プロジェクトの**アーリーファイナンス**に向けた研究開発および社会実装と、**生物多様性クレジット**に関する研究開発に注力

- ✓ 受賞歴・アクセラレーション: **JICA TSUBASA (2021年)**、MUFG ICJ ESGアクセラレーター大賞 (2022年)、東京都金融賞 (2022年、ESG部門)、Forbesネイチャーポジティブの50社 (2023年)
- ✓ 助成金: 経産省SBIRフェーズ3 (**自然由来の炭素・生物多様性クレジットの定量化に向けた技術開発**) (2023年、上限4.3億円)、NEDOエネ環 (2022年、上限1.7億円)
- ✓ 学術研究: NeurIPS 2022 Climate Change AIベストペーパー賞受賞、国立環境研／一橋大学との研究、IDB・CI Brazilとの共同研究
- ✓ TNFD Data Catalist Initiative (設立当時全世界で68機関の1つ)

### 当社の体制 (アドバイザー含む)

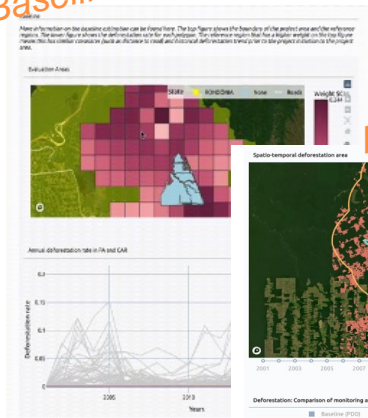


# 当社プロダクト/サービス概要

## Post-Issuanceクレジットの調達支援

自然プロジェクトの貢献度を事後的に評価することで、発行済みクレジットの調達に関するDue Diligenceをサポート。基本的には報告されている便益が実際に実現されているのかを確認する。

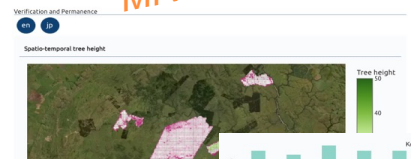
Baseline



Permanence



MRV



Additionality



## Pre-Issuanceクレジットの調達支援

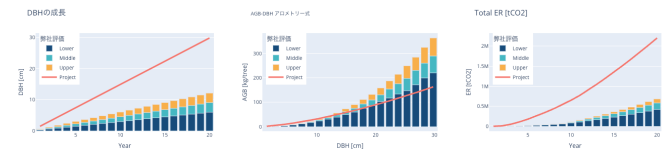
土地のポテンシャルや植栽される樹種の将来の成長性などカーボンストックに関する定量的な観点と、必要なコストや経済性、現地コミュニティの巻き込みやベネフィットシェアリング・想定される活動から想定される雇用の継続性など社会的な観点から分析を行う。短期間で精度の高い分析を行うことが重要であり、衛星画像や学術論文、大規模言語モデル等を用いて高い効率性・再現性を実現。

Due Diligence Result

### 1 Carbon Yield

1 Carbon Yield

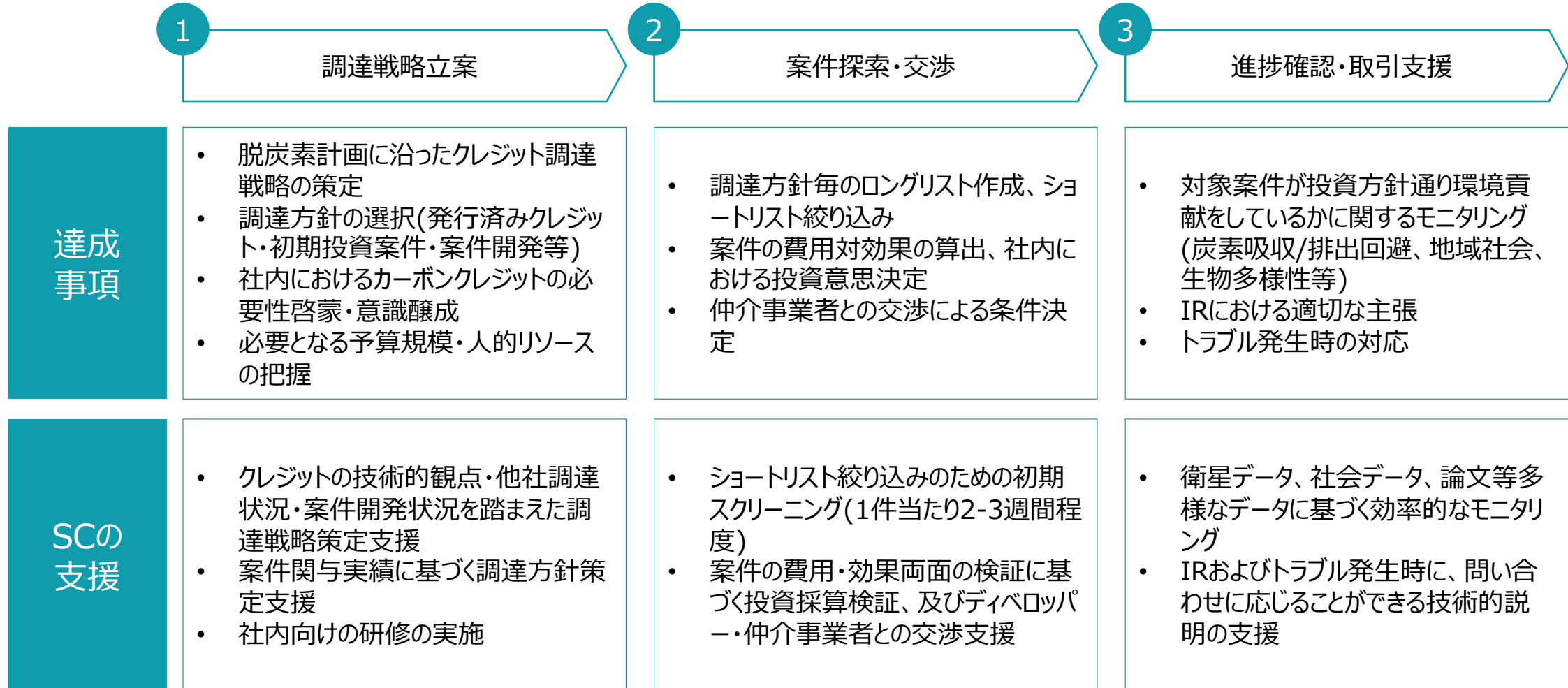
- ABC-DBH allometric formula: reasonable
- References: previous research conducted in the same region as project, tree species are very similar
- Conversion formula to BEG: valid
- We use the formula specified in the methodology as is
- DBH growth: **significant overestimation**
  - DBH assumed to grow at same pace every year, reach 29.8 cm in 20 years (at 2,500 trees/ha density), but unrealistic
  - DBH range in studies for same species in adjacent area is 4.6-13.7 cm after 20 years (at 1,370-2,200 trees/ha density)
- Considering the above, a reasonable absorption range is **5.3-7.1 tCO2e/ha/year**: proposed estimation is approx. **4.8-6.5x larger** than our assessment



Due Diligence Result



カーボンのクレジットの調達戦略策定から案件探索、調達・償却の取引サポートまで一貫してご支援します



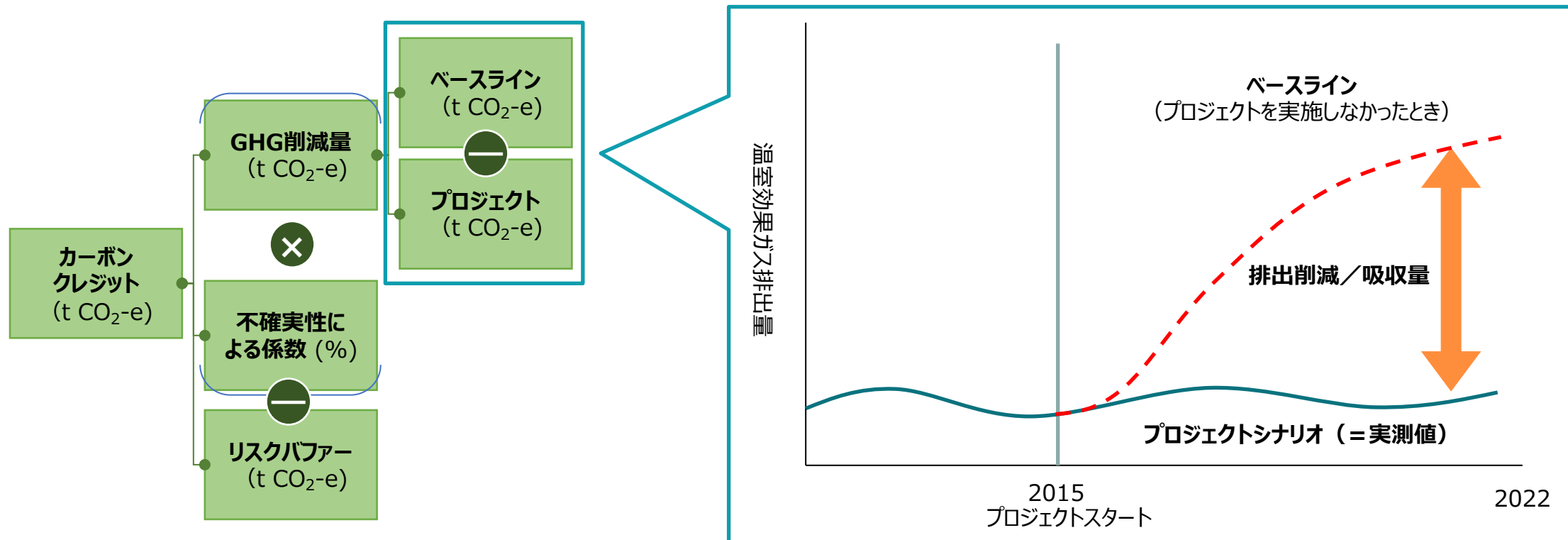
# 1: REDD+の品質評価

## ■ 自然由来ボランタリーカーボンクレジット

### クレジット創出量計算の基本的な考え方: ベースラインとプロジェクトシナリオの差分

基本的な考え方: カーボンクレジットとは、そのプロジェクトへのファイナンスである

- カーボンクレジットがなければ、そのプロジェクト活動は起こり得ない (= **追加性**)
- プロジェクトの貢献は、プロジェクトがなかった場合 (**ベースライン**) に対して、プロジェクトがあることによる排出削減量/吸収量を評価する



そのほかの重要な要素

- 自然由来のプロジェクトでは避けられない森林火災など**リバーサルリスク**については、**バッファープール**によってカバーする
- プロジェクトによる、プロジェクトエリア外への活動のシフトなどの負の影響 (**リーケージ**) は適切に考慮して、クレジット創出量から割り引く

## ■ 自然由来ボランタリーカーボンプレジット: REDD+の品質評価

REDD+は森林伐採の脅威が高まっている地域で実行される。違法伐採、森林火災などを防ぐことで、ベースラインシナリオと比較して、排出量を削減することができる

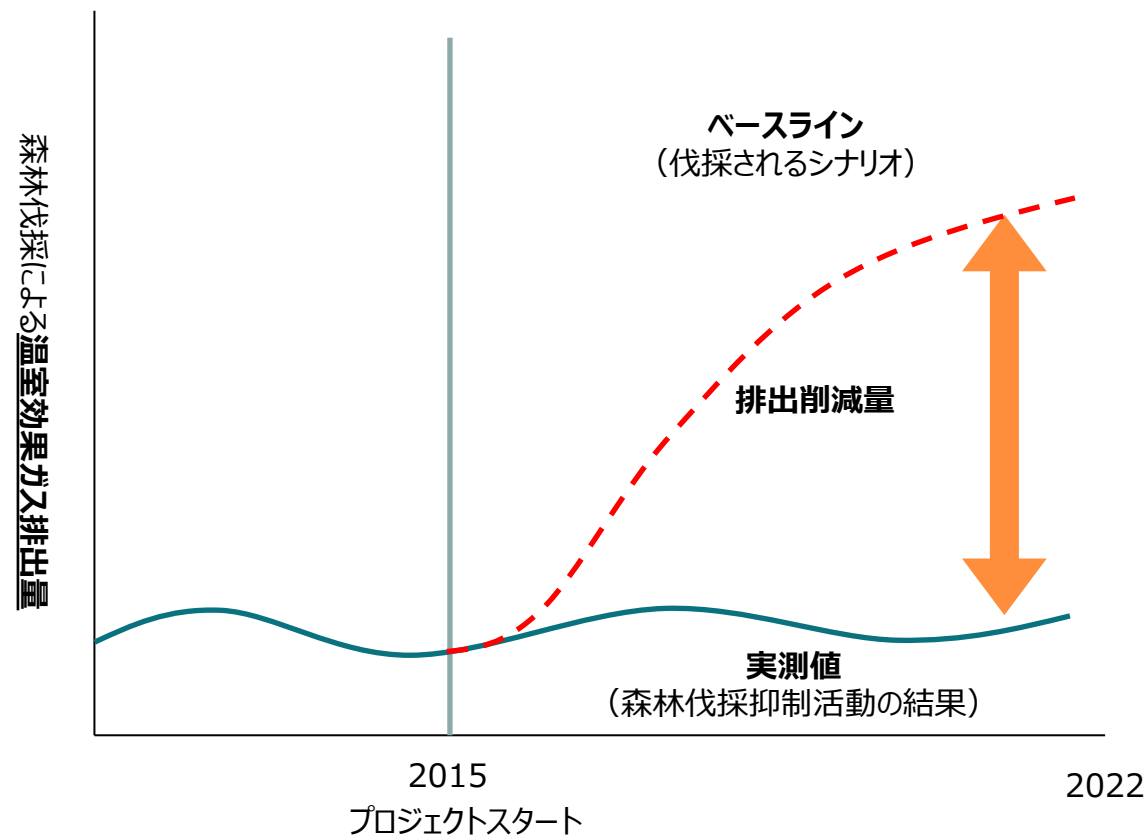
### REDD+プロジェクトの概要

成り行きだと森林伐採が進んでしまう地域に対して保全活動を行い、プロジェクトがなければ森林伐採によって大量に発生してしまったであろう二酸化炭素排出量を削減する。



### 排出削減量のイメージ

#### 排出の回避





## 昨今のREDDクレジットの過剰創出に関する批判の大半は、ベースラインの設定に起因

**The age of extinction**  
Carbon offsetting

● This article is more than 3 months old

### Revealed: more than 90% of rainforest carbon offsets by biggest certifier are worthless, analysis shows

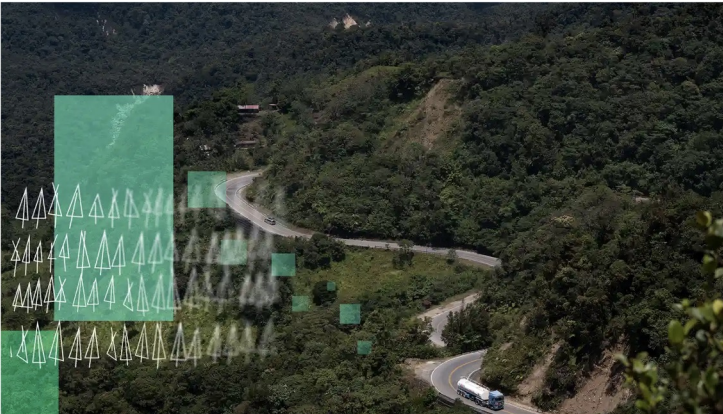
Investigation into Verra carbon standard finds most are 'phantom credits' and may worsen global heating

- **'Nowhere else to go': Alto Mayo, Peru, at centre of conservation row**
- **Greenwashing or a net zero necessity? Scientists on carbon offsetting**
- **Carbon offsets flawed but we are in a climate emergency**

The age of extinction is supported by

the guardian .org

About this content  
**Patrick Greenfield**  
@pgreenfielduk  
Wed 18 Jan 2023 14:00 GMT



BUSINESS

### Faulty credits tarnish billion-dollar carbon offset seller



These trees near Mbire, Zimbabwe, shown in 2021, faced likely annihilation, according to the carbon project financed by South Pole | BLOOMBERG

Source:  
<https://www.theguardian.com/environment/2023/jan/18/revealed-forest-carbon-offsets-biggest-provider-worthless-verra-aoe>  
<https://www.japantimes.co.jp/news/2023/03/27/business/faulty-credits-tarnish-carbon-offset-trader/>

衛星画像と独自の因果推論アルゴリズムを用いて、観測できない“反実仮想ベースライン”を推定しています

機械学習の難関国際会議である**NeurIPS 2022**(h5-index=309)にて **Best Paper**を受賞([link](#))  
(NeurIPS 2022: Climate Change AI workshop)

Workshop Papers / NeurIPS 2022 / Paper #55 ← Previous Next →

## Bayesian State-Space SCM for Deforestation Baseline Estimation for Forest Carbon Credit (Papers Track) Best Paper: Pathway to Impact

Keisuke Takahata (sustainacraft, Inc.); Hiroshi Suetsugu (sustainacraft, Inc.); Keiichi Fukaya (National Institute for Environmental Studies); Shinichiro Shiota (Hitotsubashi University)

Google Scholar SIGN IN

Top publications

Categories > Engineering & Computer Science > Artificial Intelligence ▾

Publication	h5-index	h5-median
1. Neural Information Processing Systems	309	503
2. International Conference on Learning Representations	303	563
3. International Conference on Machine Learning	254	463
4. AAAI Conference on Artificial Intelligence	212	344
5. Expert Systems with Applications	148	221

## Bayesian State-Space SCM for Deforestation Baseline Estimation for Forest Carbon Credit

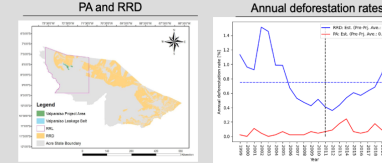
Keisuke Takahata\*, Hiroshi Suetsugu\*, Keiichi Fukaya\*\*, Shinichiro Shiota\*\*\*  
\* sustainacraft Inc., Tokyo, Japan. \*\* National Institute for Environmental Studies, Ibaraki, Japan.  
\*\*\* Center for the Promotion of Social Data Science Education and Research, Hitotsubashi University, Tokyo, Japan.

### Background

- Carbon credit**
- an incentive scheme to promote projects that have additional benefits for climate change mitigation
  - expected to play an important role in offsetting the gap from net zero emission after reduction efforts
- Nature-based solutions (NbS) are important**
- GHG emission reduction from NbS will be the primal source of carbon credits supply.
- Credit calculation = Causal inference problem**
- # of credits =  $f$  (carbon stock in project scenario – carbon stock in baseline scenario)
  - Baseline scenario is sometime controversial

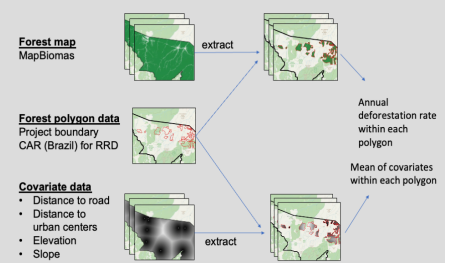
### VM0007: A REDD+ methodology for emission reduction evaluation

- Reference region (RRD) is selected based on: deforestation agents, landscape factors, socio-economic variables, etc.
- Baseline calculation: simple projection, with adjustment by spatial mapping (optional)
  - projection approaches: 1) historical average, 2) linear/non-linear model
  - pre-specified functional form and requirements on the fitting performance for 2)



source: The Valparaíso project PDD

### Data preparation



\*Followed West et al. (2020) for data preprocessing

### Issues on Carbon Credit

- Junk carbon credit**
- Unreasonable baseline setting (Bento et al. 2016; Haya et al., 2020)
  - Can't account for external change (e.g. policy change on forest conservation)
    - The use of Synthetic Control Method (Roopsind et al., 2019; Correa et al., 2020; West et al., 2020)
- Early finance problems**
- Result-based payment => Projected Carbon Units (Verra, 2022)
  - Inaccurate projection due to too simplified methods, no uncertainty information
- No integrated methods that would solve both issues at the same time**
- In SCM-based approach baseline estimation will be available after a project starts
    - Early finance problems remain

### Bayesian State-Space SCM

- State-space model for annual deforestation rates
  - $y_{t,2}$  (scalar) and  $z_t$  (vector): annual deforestation rate of PA and RRDs
  - $z_t$  (vector): latent state vector for  $z_t$
  - $\beta$ : weight applied to RRDs to get the synthetic control (i.e. baseline)

$$\begin{bmatrix} y_{t,1} \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta \\ I \end{bmatrix} z_t + \epsilon_t, \quad \epsilon_t \sim N(0, Q_t),$$

$$z_{t+1} = z_t + v_t + \eta_t, \quad \eta_t \sim N(0, R_t),$$

$$v_{t+1} = v_t + \xi_t, \quad \xi_t \sim N(0, S_t),$$

Observation equation: Relates to SCM (Brodersen et al., 2015; Abadie et al., 2010)

Transition equation: Local linear trend model for predicting the deforestation rates of RRDs

- Covariate-dependent prior to account for covariate matching
- Use the idea of general Bayesian updating (Bissiri et al., 2016)

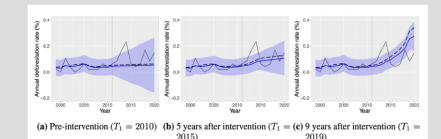
$$p(\beta | \{x_t\}_{t=1}^{T-1}) \propto \exp(-uL(\beta; \{x_t\}_{t=1}^{T-1}))p(\beta)$$

Loss function: SCM-type quadratic loss

$$L(\beta; \{x_t\}_{t=1}^{T-1}) = 1/(2J) \cdot (x_1 - X_0\beta)'V(x_1 - X_0\beta)$$

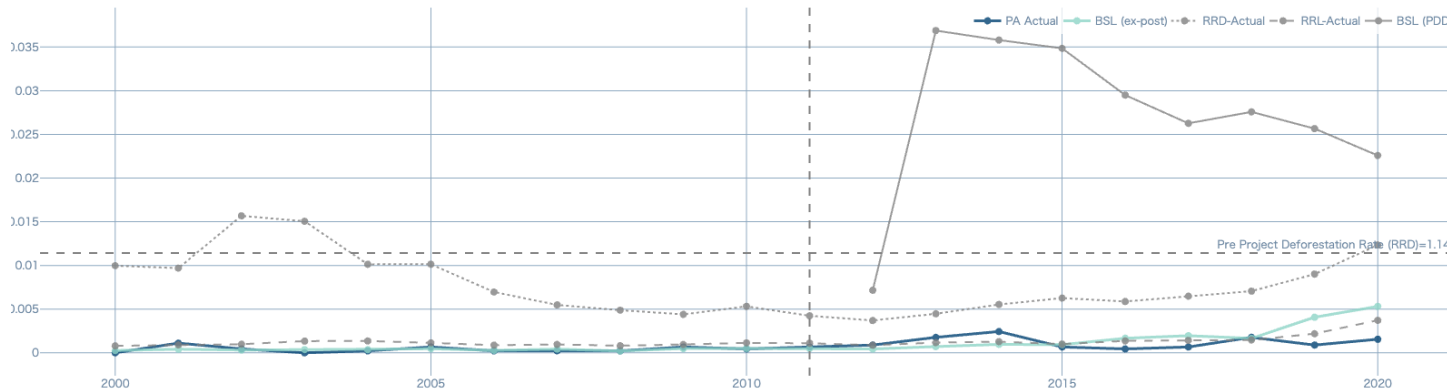
### Estimation results for the Valparaíso project

- The 90% interval of the ex-ante baseline includes the posterior mean of the ex-post baseline at least up to three years forward => ex-ante prediction worked to some extent.
- The baseline according to VM0007 (0.75%) could have been overestimated, but the project may have had a small positive effect, especially after 2015
- Cf.) There is an upward trend of deforestation rate in Brazil since 2012



Blue solid line (—): the posterior mean of the estimated baseline with covariate balancing  
Black dashed line (---): the posterior mean of the estimated baseline without covariate balancing

評価結果 (例)



## VM0048 (Consolidated) 以降のREDDでは品質は問題とならないか？

- 問題ないとは言えない。  
Consolidatedは **Low Bias, High Variance**のアプローチ
- 管轄区（例えば州レベル）でバイアスが小さいと言っても、プロジェクトレベルで過大・過小推定が起こりうるのであれば、グリーンウォッシュ（と非難される）リスクはある。  
→ 買い手側のマインドシフトも必要（個別のクレジットを調達するとしても、全体へのファイナンスをしているという心持ち）

sustainacraft

2023 Voluntary Carbon Market Review (sustainacraft)

方法論に関するより詳細な情報については、当社で発行するニュースレターをご参照ください。  
<https://sustainacraft.substack.com/>

方法論	2023年振り返り
全般	<p>ベネフィットシェアリングやセーフガードの観点から、プロジェクトタイプを問わずより厳密な要件が課された。この背景として、KaribaやKasigau案件など顕在化した人権問題や、ICVCMのCCPの要件などが挙げられる。また、森林火災など気候変動リスクが上昇しているなかで、レジストリ全体としてのバッファープールの有効性に疑問が呈された。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Verra: VCS Standard v4.5</b>を発表。ICVCMのCCPを踏まえ、セーフガードやコミュニティへの利益還元など今まで曖昧であった項目に対してより明確に要件が定められた</li> <li>また、非持続性評価ツールの<b>NPRT v4.2</b>を発表。過去のトレンドだけでなく、将来の気候変動リスクも考慮してバッファークレジットを算出するような改訂が追加</li> <li>● <b>ERS (Ecosystem Restoration Standard)</b> など、特定の領域に特化した新興スタンダードも登場。レジストリ自体が過剰発行に向かうインセンティブがない価格設定を強調している。</li> </ul>
REDD+	<p>Guardian記事やWest論文、NewYorkerの記事など、REDDのプロジェクトレベルでのベースライン設定や人権問題などを疑問視する記事が多数</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Verra: 管轄区域レベルでのベースライン設定を求めるConsolidated MethodologyのVM0048</b>を12月に発表。管轄区レベルのREDDとの共存が想定されており、ベースライン設定の恣意性を排除。AUD (Avoided Unplanned Deforestation) については、既存のVM0006, VM0007, VM0009, VM0015, VM0037が今後はVM0048に集約される。</li> <li>● <b>ART TREES: J-REDD (国・準国レベルのREDD+)</b> のプロジェクトが多く予定されており、今後発行量は劇的に増大する。ただし、国・準国によってはNDCのみでの利用が想定されている案件も多いため、発行量が全て国際取引可能なものとは限らないことに注意が必要。なお、ART TREESはCORISIAの第1フェーズにて適格クレジットとされている</li> </ul>
ARR	<p>REDDへの批判が相次ぐ中で、吸収系クレジットであることから需要・供給ともに上昇。一方で、大規模な単一樹種の商業植林でクレジットを生み出すことの是非が議論された。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Verra: これまではCDMベースの方法論を用いていたが、今後はVM0047に集約される予定。単一樹種ARRに関する議論が活発に行われた。</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 陸域の植林：CDMベースの既存のARR方法論に変わり、Verra独自のVM0047に集約される。ここでは、ダイナミックベースラインが導入されることが一つの特徴。また、CCPでの要件を踏まえ、<b>非在来種単一樹種の植林</b>に関してはVCS Standard自体で要件が追加されている。ただし、その要件はまだ議論中であり、12月に再度パブコメが開始された。</li> <li>- 干潟での植林（マングローブ植林など）：AR-AM0014、AMS0003に変わり、<b>VM0033</b>に今後集約される予定である。VM0033自体は保全も対象としており、干潟の保全についてはREDDの方法論であるVM0007から移行が求められる。</li> </ul> </li> <li>● <b>Gold Standard</b>や<b>Plan Vivo</b>などに加えて、<b>ERS (Ecosystem Restoration Standard)</b> など新興スタンダードも登場</li> </ul>
IFM	<p>REDDと同様にベースラインの過剰設定を批判する記事・論文が登場。<b>ACR</b>や<b>CAR</b>など北米を対象とするスタンダードの案件が多く、日本企業としてはCORISIAの観点での需要が主であった。</p> <p>@sustainacraft, Inc.</p>

## VM0048 (Consolidated) 以降のREDDでは品質は問題とならないか？ (cont.)

- Solid Worldらの研究では調査対象とした4件中3件は大幅にクレジットの発行量が減少するという結果を出している
- 現状では過剰発行が多いため、VM0048への移行により発行量が大幅に減少するプロジェクトは多くなることが想定される
- 分散が大きいアプローチにおいては、ローカルなモデルでのベースラインと比べてベースラインが大きく推定される場所では結果として経済性が高くなるため、プロジェクトがより成立される、つまりチェリーピックのような現象が起きる可能性もある

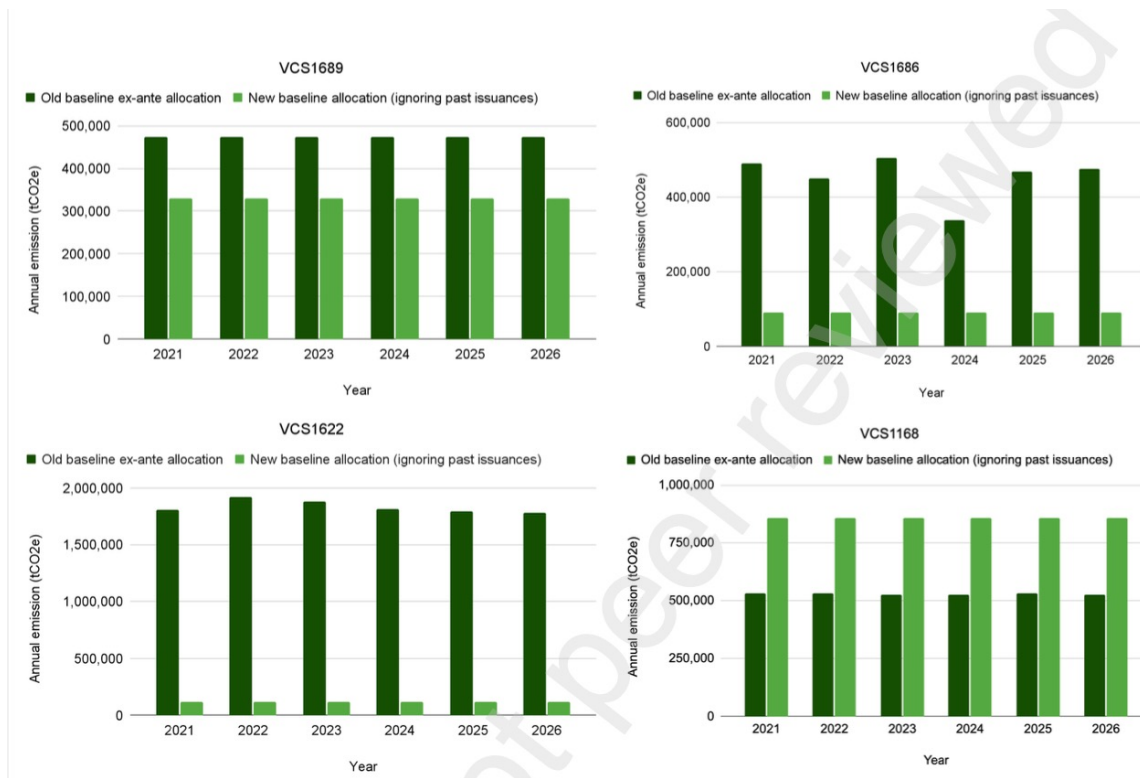


Figure 6. Comparison of the old baseline and the allocated baseline according to the new methodology

出所: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4595017>

## 2: 今後の自然由来クレジット供給市場の変化

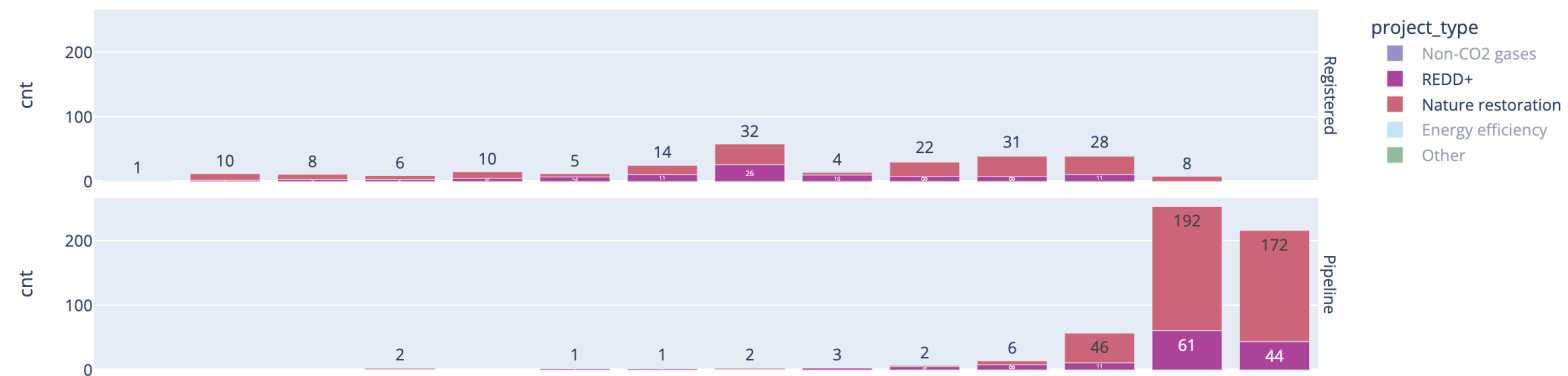
## ■ 自然由来ボランタリーカーボンクレジット

### 自然由来クレジット供給市場

#### Number of projects per project type and status

この2年間で、REDD、及び、Nature Restoration案件はこれまでに登録されていた案件数とほぼ同数が単年でパイプラインに上がってきている。

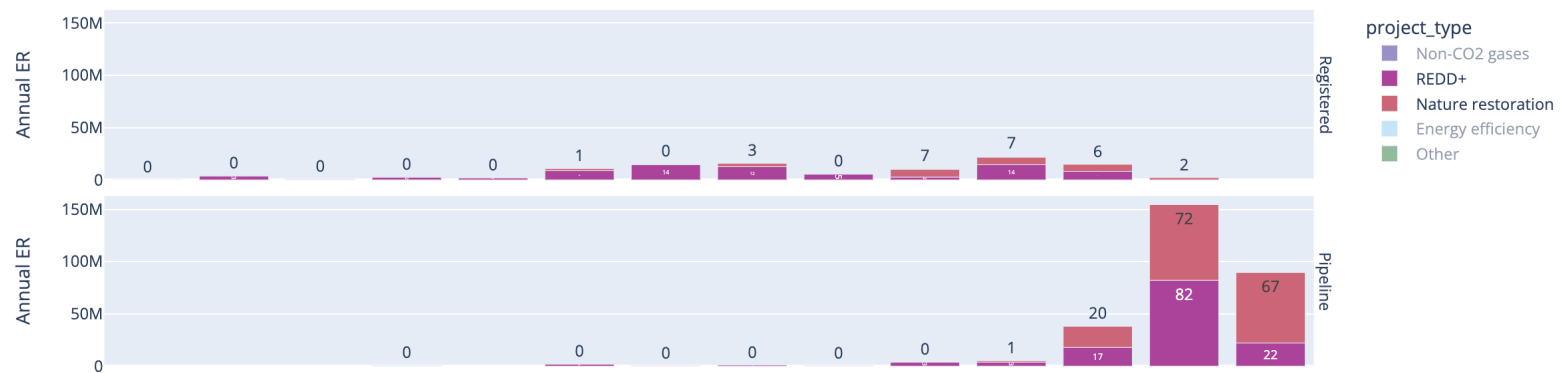
プロジェクト件数 (listing\_year)



#### ER per project type and status

数量（年間のER）ベースでも、この2年間ではREDD以上にNature Restoration案件が増えてきている

年間ER (listing\_year)

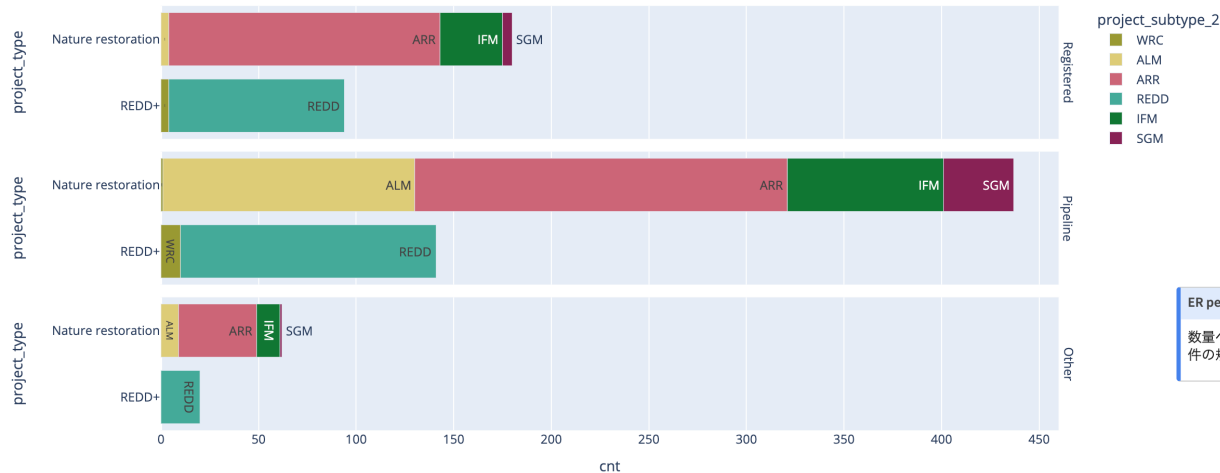


## ■ 自然由来ボランタリーカーボンクレジット

### 自然由来クレジット供給市場(cont.)

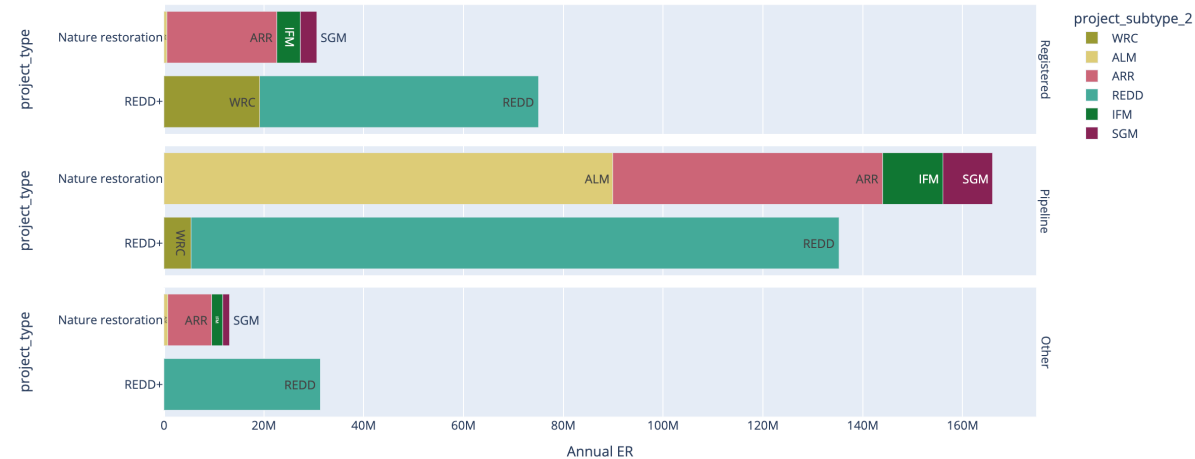
Number of projects per project-subtype and status

案件数ベースで、すでに登録されている案件の2倍以上の案件がパイプラインに上がってきている。中でもALMの案件が急増している。



ER per project-subtype and status

数量ベースで見ると、案件数ベースで見る以上にALMの割合が大きいことがわかる。ALMは案件の数が多いうえに、プロジェクトごとの規模も大きい案件が多く、結果としてパイプライン案件の規模感としてREDDに匹敵している。

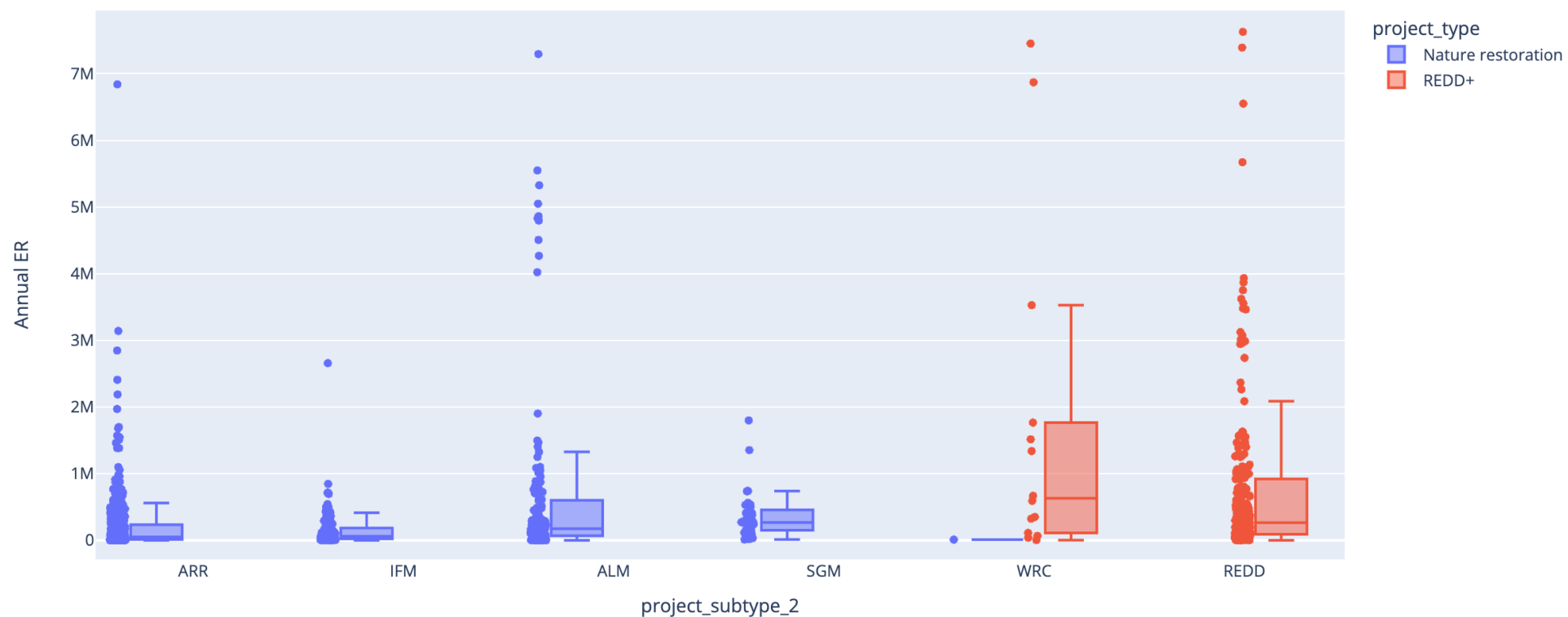




### 自然由来クレジット供給市場(cont.)

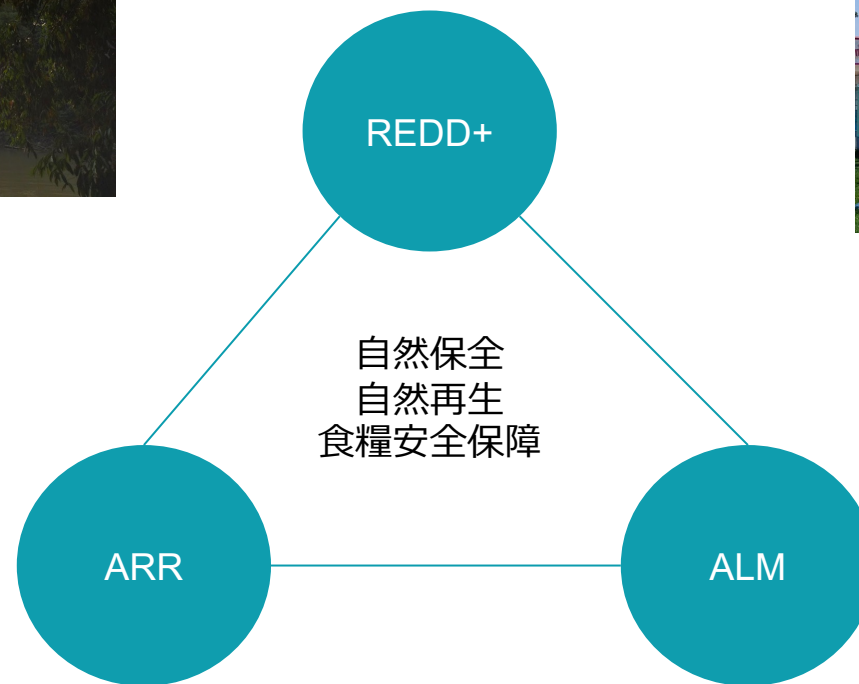
#### Annual ER distribution

WRCやREDDは大規模な案件が多いが、ALMもAnnual ERが1MtCO2を超える案件が多く存在する。



## ■ 自然由来ボランタリーカーボンクレジット

当社としての注力領域: REDD+、ARR、ALMをバランスよく支援していく



## 最後に: ニュースレターやレポートの紹介

- 月次発行
  - Monthly Methodology Update: 主にVCSの方法論に関する更新についての概要説明
  - Monthly VCM Market Review: 主にVCMの動向や海外規制に関する概要説明
- その他: 不定期なコンテンツ発信 (過去記事例: Guardian記事に関する解説や、森林プロジェクトの経済性、土壌炭素測定に関する動向など)

### 月次発行

#### Monthly: Methodology Updates (3月)

sustainacraft: Methodology Update (2023年3月)



sustainacraft

##### Monthly Methodology Updates (2023年3月)

- (1) AUDD (REDD)に関する方法論の改訂 (Verra)
- (2) CDM 稲作メタン方法論に関する保留 (Verra)
- (3) VM0017 (ALM) の無効化予告 (Verra)
- (4) VM0003 (IFM)に関する改訂 (Verra)

sustainacraft

##### Monthly VCM Updates (2023年3月)

- A. Voluntary Carbon Creditの市場動向
- B. 海外の主要規制の動向
  1. EU Green Claims Law
  2. Core Carbon Principles
  3. Science Based Target for Land
  4. Deforestation Free Product Law

### 個別発行

#### sustainacraft's Newsletter

#### 森林クレジットに関するGuardian記事について

sustainacraft Newsletter Issu



Newsletter #

Pickup Section

- 森林クレジットに

#### IFM (改善された森林管理) の方法論

sustainacraft Newsletter Issue #7



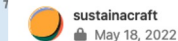
Newsletter #

Pickup Section

- Methodology for I
- VM0003: Methodo
- Methodology for I
- Extension of Rota
- Short-term Harve:

#### 森林プロジェクトの経済性

sustainacraft Newsletter Issue #4



Newsletter #4 (2022.05.18)

sustainacraft

Pickup Section

##### 森林プロジェクトの経済性

- 森林プロジェクトにおける「機会コスト」
- 機会コストを用いた森林プロジェクトのコストベネフィット評価
- モニタリングコストと創出されるクレジット量のトレードオフ

sustainacraft