

# ベトナムにおける主要な植林種のCO<sub>2</sub>吸収能力

ゴ・ディン・クエ准教授・博士およびその他関係者\*

\* (グエン・ドゥック・ミン学士、ヴ・タン・フオン修士、レ・クオック・ファイ修士、ディン・タイン・ジアン修士、グエン・タイン・トゥン技師、グエン・ヴァン・タン学士)

ベトナム森林科学研究所 - 森林生態および環境研究センター

## 気候変動に関する国連枠組条約（UNFCCC）とは何か？

急激な気候変動を防ぐために、大気中の温室効果ガス量を安定させることを目的とした国連の協定です。1992年にリオデジャネイロで開催された地球サミットで採択され、現在までに186カ国がこの条約を批准しています。

先進国が排出目標を達成するために、1997年にUNFCCCで採択された京都議定書は、次の3つを許可しました。

- (i) 排出権取引（先進国同士の排出枠取引）
- (ii) 共同実施（特定の排出削減プロジェクトに関連した排出枠の移転）
- (iii) クリーン開発メカニズム（CDM）

## クリーン開発メカニズム（CDM）とは？

先進国が途上国内で植林などの気候変動対策を実施すると、削減した温室効果ガスの量を、その先進国の削減分としてカウントできる仕組みです。

途上国は温室効果ガス排出量がまだ少ないため、先進国と協力することによって、世界全体の温室効果ガス削減に貢献できます。

## ベトナムにおけるクリーン開発メカニズム（CDM）の現状

ベトナムはUNFCCCをすでに批准し、186カ国の一員として参加しています。2003年3月にはCDMに関する国家窓口を設立、さらに2004年7月には複数の省庁の協力で、CDM諮問グループが設立されました。

しかしながら、現在までのところ、CDMはベトナムではまだあまり浸透していません。

### 研究目的

ベトナムで植林された主要な樹木がどれくらいCO<sub>2</sub>を吸収しているのか計算して、CO<sub>2</sub>排出権取引を円滑に進めるための基礎的な情報を得る必要があります。

具体的な作業内容は以下の3つです。

1. 国内外のCDM植林に関する関連資料の収集
2. それぞれの土地における樹木の成長および生産性の評価
3. 主要な植林種のCO<sub>2</sub>吸収能力の評価

## 対象とした植林種

アカシア種: アカシア・マンギウム、アカシア・オリキュラタ、ハイブリッド・アカシア  
マツ種: マツ・ピナスター、マツ・クスマニア、樹脂マツ、およびユーカリ・ウロフィラ

## 調査方法

ベトナム各地の植林現場で、樹木（枝、葉、幹、根、落葉物）や土壌を分析して、そこに含まれる炭素（C）の量を測定

## CO<sub>2</sub>吸収能力の計算方法

炭素（C）を二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）に換算して、ベトナム各地の植林地で光合成によって吸収、蓄積されたCO<sub>2</sub>の量を計算しました。

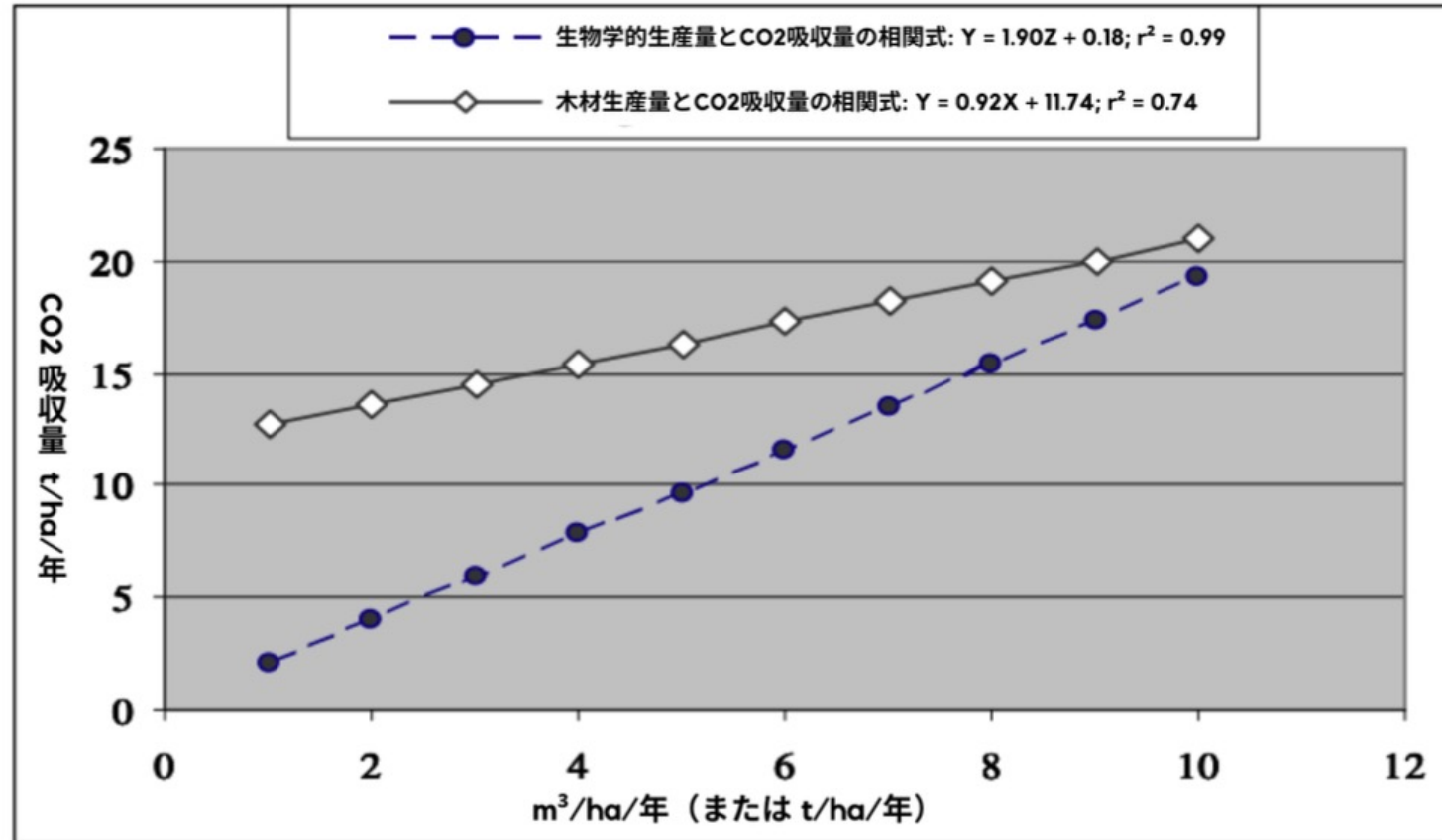
# ハイブリッドアカシアの植林結果

森林貯蔵量      乾燥木材      地上  
バイオマス      総バイオマス      総バイオマス

| 場所<br>(地名/省名)  | 樹木密度<br>(本/ha) | 年齢<br>(年) | 蓄積量<br>(m <sup>3</sup> /ha)<br>A | 乾燥生物量(t/ha) |          |           | C<br>吸収量<br>(t/ha)<br>E | CO2<br>吸収量<br>(t/ha)<br>G | 割合   |      |      |      |
|----------------|----------------|-----------|----------------------------------|-------------|----------|-----------|-------------------------|---------------------------|------|------|------|------|
|                |                |           |                                  | Thân<br>B   | TMD<br>C | Tổng<br>D |                         |                           | B/A  | C/B  | D/C  | E/D  |
| Chợ Mới -BK    | 1100           | 2         | 14.03                            | 6.38        | 10.44    | 13.63     | 7.28                    | 26.69                     | 0.46 | 1.64 | 1.31 | 0.53 |
| Hàm Yên -TQ    | 1200           | 2         | 32.90                            | 13.73       | 23.29    | 26.70     | 13.64                   | 50.03                     | 0.42 | 1.70 | 1.15 | 0.51 |
| A Lưới         | 1450           | 3         | 30.85                            | 17.81       | 25.08    | 31.01     | 17.94                   | 65.78                     | 0.58 | 1.41 | 1.24 | 0.58 |
| A Lưới         | 1500           | 3         | 27.60                            | 18.68       | 26.93    | 32.14     | 16.96                   | 62.20                     | 0.68 | 1.44 | 1.19 | 0.53 |
| Hàm Yên -TQ    | 900            | 3         | 91.49                            | 34.31       | 47.77    | 53.95     | 28.68                   | 105.17                    | 0.38 | 1.39 | 1.13 | 0.53 |
| Kim Bôi- HB    | 1650           | 4         | 76.07                            | 75.41       | 108.58   | 133.09    | 71.27                   | 261.31                    | 0.99 | 1.44 | 1.23 | 0.54 |
| Chợ Mới -BKạn  | 1200           | 4         | 72.03                            | 29.94       | 42.28    | 50.74     | 26.24                   | 96.22                     | 0.42 | 1.41 | 1.20 | 0.52 |
| Hàm Yên -TQ    | 900            | 4         | 104.31                           | 52.17       | 64.61    | 81.24     | 42.81                   | 156.97                    | 0.50 | 1.24 | 1.26 | 0.53 |
| Hoành Bồ -QN   | 1100           | 5         | 167.19                           | 71.19       | 83.05    | 89.72     | 45.84                   | 168.07                    | 0.43 | 1.17 | 1.08 | 0.51 |
| Triệu Phong-QT | 1700           | 7         | 170.28                           | 70.20       | 100.08   | 116.94    | 57.93                   | 212.40                    | 0.41 | 1.43 | 1.17 | 0.50 |
| Cam Lộ- QT     | 1400           | 8         | 178.87                           | 130.64      | 151.98   | 171.08    | 90.00                   | 330.00                    | 0.73 | 1.16 | 1.13 | 0.53 |
|                |                |           |                                  |             |          |           |                         | 平均                        | 0.54 | 1.40 | 1.19 | 0.53 |

具体例)  
 チョーモイ地区（表の1番上）で1ヘクタール当たり1100本植林した場合、2年目には1ヘクタールあたり26.69トンのCO<sub>2</sub>を吸収  
 カムロー地区（表の一番下）で1ヘクタール当たり1400本植林した場合、8年目には1ヘクタールあたり330トンのCO<sub>2</sub>を吸収

# ハイブリッドアカシアのCO<sub>2</sub>吸収量を推定するための関係式



- 生物学的生産量（樹木の成長量）とCO<sub>2</sub>吸収量の関係： $Y = 1.90Z + 0.18$
- 木材生産量とCO<sub>2</sub>吸収量の関係： $Y = 0.92X + 11.74$

木材生産量や樹木の成長量が分かれば、CO<sub>2</sub>吸収量を計算できます。

## 植林種別にCO<sub>2</sub>吸収量を推定するための関係式

| 樹種         | 生物学的生産量（樹木の成長量）からCO <sub>2</sub> 吸収量を計算 | 木材生産量からCO <sub>2</sub> 吸収量を計算 |
|------------|---|-------------------------------|
| 樹脂マツ       | $Y = 1.81Z + 0.78$                      | $Y = 1.87X + 1.56$            |
| ハイブリッドアカシア | $Y = 1.90Z + 0.18$                      | $Y = 0.92X + 11.74$           |
| アカシア・マンギウム | $Y = 1.89Z + 0.37$                      | $Y = 0.93X + 7.43$            |
| ユーカリ・ウロフィラ | $Y = 1.89Z + 0.1$                       | $Y = 1.00X - 2.50$            |

- 生物学的生産量（樹木の成長量）とCO<sub>2</sub>吸収量の関係は、比率1.81～1.90で、どの樹種もそれほど変わりません。
- 木材生産量あたりのCO<sub>2</sub>吸収量は、樹脂マツが一番高くなります（比率1.87）。

## NIRI（ニッショーイワイ研究所 - 日本）の基準にもとづく計算

- **ハイブリッドアカシア**（密度：800～1350本/ha）は、3～7年生で木材生産量が11～24 m<sup>3</sup>/ha/年、CO<sub>2</sub>吸収量が60～407トン/haになります。
- **アカシア・マンギウム**（密度：825～1254本/ha）は、3～12年生で木材生産量11～22m<sup>3</sup>/ha/年、CO<sub>2</sub>吸収量が58～281トン/haになります。
- **アカシア・オリキュラタ**は今回の調査地域で最も多く植林されていますが、他のアカシアよりも生産性が低いことが分かりました。5～12年生のアカシア・オリキュラタ（密度：1033～1517本/ha）は、木材生産量7.1～16m<sup>3</sup>/ha/年、CO<sub>2</sub>吸収量66～292トン/haになります。
- **樹脂マツ**は5歳から大きく成長しはじめ、25歳まで成長を続けます。5～21年生の木材生産量は1.6～8.7m<sup>3</sup>/ha/年、CO<sub>2</sub>吸収量は19～468トン/haです。たとえば、13年生の樹脂マツ森林（71.04m<sup>3</sup>/ha）は1年間に163トン/haのCO<sub>2</sub>を吸収します。仮にCO<sub>2</sub>価格が5USD/トンの場合、1ヘクタールあたり500USD以上の収益が得られ、さらに20年以上経った森林からは年間平均で2.5～3kg/本の樹脂や、薪などの追加収益も期待できます。
- **ユーカリ・ウロフィラ**（密度：1200～1800本/ha）は、3～12年生で木材生産量が15～25m<sup>3</sup>/ha/年、CO<sub>2</sub>吸収量は108～379トン/haになります。

まとめると、樹脂マツは12年生以上、ハイブリッドアカシア、アカシア・マンギウム、ユーカリ・ウロフィラは3～4年生以上、アカシア・オリキュラタは5年生以上で、1ヘクタールあたり平均100トンのCO<sub>2</sub>を1年間に吸収し、植林投資額と同額の利益が得られる可能性があります。さらに、間伐材や薪などの副産物による追加収益も見込めます。



## トゥアティエン＝フエ省Aルオイ郡ホンチュン村 主要な植林種のCO<sub>2</sub>クレジットから得られる収益（試算）

| 樹種          | 年齢<br>(年) | 面積<br>(ha) | CO <sub>2</sub> 吸収量<br>(t/ha) | USD/ha/年 | VND/ha/年<br>(1000D) |
|-------------|-----------|------------|-------------------------------|----------|---------------------|
| アカシア・オリキュラタ | 12        | 54,00      | 7.962,8                       | 61       | 1.000               |
| ハイブリッドアカシア  | 3         | 20,50      | 1.544,5                       | 125      | 2.000               |
| シナモン（桂）     | 17        | 27,55      | 11.527,1                      | 123      | 1.900               |
| 三葉松         | 15        | 21,90      | 6.687,4                       | 101      | 1.600               |

具体例)

アカシア・オリキュラタ（表の一番上）は、植林後12年で、1ヘクタールあたり61USDの収益

三葉松（表の一番下）は、植林後15年で、1ヘクタールあたり101USDの収益

ハイブリッドアカシアを植林すると、わずか3年で、10年以上経過したそれ以外の樹種よりも多くの収益が得られるようになります。

# ベトナムにおけるCDMプロジェクトの可能性と課題

## 潜在力:

- 土地の面積や条件などが良い。
- 樹種の多様性、樹木の成長速度、生物多様性の保護、天然資源の有効活用などの面において、必要な条件を満たす。
- 労働力が豊富
- 林業プロジェクト実施の経験がある。

## 課題:

- CDMプロジェクトを指導できる人が限られている。
- CDMプロジェクトの管理、監督、環境、経済、社会への影響評価、などに関する知識と経験が不足している。
- 土地には潜在力があるものの、ベトナム各地に分散している。
- CDMプロジェクトや京都議定書などの国際問題に対処する基準がない。
- 地域社会や政府当局は、長期的かつ持続可能な目標を目指すプロジェクトに慣れていない。

ここまではCO<sub>2</sub>クレジットから得られる収益に関する資料でしたが、次の資料は、間伐材や伐採後の木材から得られる収益についてです。

# クアンチ省におけるハイブリッドアカシアの 成長評価と経済効果の評価

Trần Duy Rường

ベトナム森林科学研究所

## なぜベトナムで植林が必要なのか？

- 荒廃した山岳地帯の緑化を進めるため
- 山岳地帯の少数民族の人々に仕事を提供するため
- 木材加工産業の木材需要を満たすため

## なぜハイブリッドアカシアなのか？

- 成長が早く、環境的な価値が高い。
- 紙、パーティクルボード、家具など、多くの産業で必要とされ、経済的な価値が高い。
- ベトナム・クアンチ省の多くの場所ではすでに試験的に植林されていて、植林結果を評価しやすい。

## 調査方法

- 各調査地点で、代表的な3つの標準区画を設定（各区画の面積は500平方メートル）
- 区画内のすべての木について、樹高、胸高直径（地上1.3メートルでの幹の太さ）、幹の直線度などを測定して、標準区画内の木の品質を分類し、森林全体を評価
- 植林、手入れ、保護、および伐採などの費用について、植林企業と農家に聞き取り調査
- 木材製品の販売価格について、森林所有者に聞き取り調査

# 評価指標

## 1. NPV（正味現在価値、純利益）：投資プロジェクトの経済的効果

NPVが0より大きいとき、収入の現在価値が費用の現在価値を上回り、投資プロジェクトが利益を生む  
NPVが0より小さいとき、収入の現在価値が費用の現在価値を下回り、投資プロジェクトが損失を生む

## 2. BCR（便益費用比、投資効率）：1単位の投資資金に対する収入の割合

BCRが1より大きいとき、割引後の総収入が割引後の総費用を上回り、投資プロジェクトが利益を生む  
BCRが1より小さいとき、割引後の総収入が割引後の総費用を下回り、投資プロジェクトが損失を生む

## 3. 内部収益率（IRR）：正味現在価値（NPV）がゼロになる割引率

IRRが支払利率よりも大きいとき、プロジェクトは通常よりも高い利益を生む  
IRRが支払利率と同じとき、プロジェクトは通常の利益を生む  
IRRが支払利率よりも小さいとき、プロジェクトは損失を生む

# クアンチ省カムロー村で植林されたアカシアの7年後 ～樹高と胸高直径について～

|                       | アカシアの品種 | 平均樹高 (m) | 平均胸高直径 (cm) |
|-----------------------|---------|----------|-------------|
| 苗木から育てた<br>ハイブリッドアカシア | TB16    | 17.39    | 12.99       |
|                       | BV10    | 18.19    | 12.52       |
|                       | BV32    | 17.94    | 12.59       |
| 種子から育てた<br>ハイブリッドアカシア | Keo hat | 16.51    | 9.63        |

## 樹高

苗木を植林した場合：17.4～18.2 m

種子から育てた場合：16.5 m

## 胸高直径

苗木を植林した場合：12.5～13.0 cm

種子から育てた場合：9.6 cm



## クアンチ省カムロー村で植林されたアカシアの7年後 ～生産力について～

|                       | アカシアの品種 | 樹木密度<br>(本/ha) | 貯蔵量<br>(m <sup>3</sup> /ha) | 成長量<br>(m <sup>3</sup> /ha/年) |
|-----------------------|---------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 苗木から育てた<br>ハイブリッドアカシア | TB16    | 1400           | 161.14                      | 23.02                         |
|                       | BV10    | 1350           | 151.40                      | 21.63                         |
|                       | BV32    | 1300           | 145.41                      | 20.77                         |
| 種子から育てた<br>ハイブリッドアカシア | Keo hat | 1300           | 80.65                       | 11.52                         |

### 貯蔵量（バイオマスの蓄積量）

苗木を植林した場合：1ヘクタールあたり、145～161立方メートル  
 種子から育てた場合：1ヘクタールあたり、81立方メートル

### 樹木の成長速度

苗木を植林した場合：1ヘクタールあたり、1年で21～23立方メートル  
 種子から育てた場合：1ヘクタールあたり、1年で12立方メートル

# 植林したアカシアから得られる収益

| アカシアの品種 | N/ha | M/ha   | 投資額       | 収益        | NPV<br>(1000ドン) | NPV/年<br>(1000ドン) | IRR<br>(%) | BCR  |
|---------|------|--------|-----------|-----------|-----------------|-------------------|------------|------|
| TB16    | 1400 | 161,14 | 29.898,35 | 91.942,95 | 38.789,65       | 5.541,378         | 30,6       | 3,07 |
| BV10    | 1350 | 151,40 | 28.422,79 | 86.360,85 | 36.133,25       | 5.161,893         | 30,3       | 3,04 |
| BV32    | 1300 | 145,41 | 28.423,66 | 83.192,77 | 33.865,80       | 4.837,972         | 28,9       | 2,92 |
| N.dân   | 1300 | 80,65  | 15.955,46 | 37.292,25 | 12.729,83       | 1.818,547         | 25,1       | 2,33 |
| 平均      | 1325 | 134,65 | 25.675,06 | 74.697,20 | 30.379,63       | 4.339,95          | 28,7       | 2,84 |

## 投資額：植林、管理、伐採などの総額費用

苗木を植林した場合：28.4～29.9（百万ドン）

種子から育てた場合：16.0（百万ドン）

## 収益：間伐で得られる薪 + 収穫後の木材

苗木を植林した場合：83.2～91.9（百万ドン）

種子から育てた場合：37.3（百万ドン）

## 7年間のNPV（純利益）

苗木を植林した場合：33.9～38.8（百万ドン）

種子から育てた場合：12.7（百万ドン）

## 1年あたりのNPV（純利益）

苗木を植林した場合：4.8～5.5（百万ドン）

種子から育てた場合：1.8（百万ドン）

## IRR（内部収益率）

苗木を植林した場合：28.9～30.6%

種子から育てた場合：25.1%

## BCR（投資効率）

苗木を植林した場合：2.92～3.07

種子から育てた場合：2.33

ハイブリッドアカシアの植林に1ドンを投資すると、間伐で得られる薪と収穫後の木材から、7年後には2.84ドンの収益が見込めます。