

大気中CO₂濃度の上昇に伴う カバノキ科樹木の光合成能力の変化

(2005年1月 修士論文発表会(北方森林保全学講座)を改作)

江口 則和

(北方生物圏フィールド科学センター専門研究員)



★ 出典

Photosynthetic responses of birch and alder saplings grown in a free air CO₂ enrichment system in northern Japan

Eguchi N, Karatsu K, Ueda T, Funada R,
Takagi K, Hiura T, Sasa K, Koike T

Trees (2008) 22:437-447



★研究背景

- 大気中CO₂濃度上昇と、それに伴う地球温暖化が世界的に懸念されている。
- 樹木は光合成活動によって、大気中のCO₂を樹体内に固定し、長期間貯蔵できる。

将来予測される環境下での
森林による炭素固定量を評価するために…

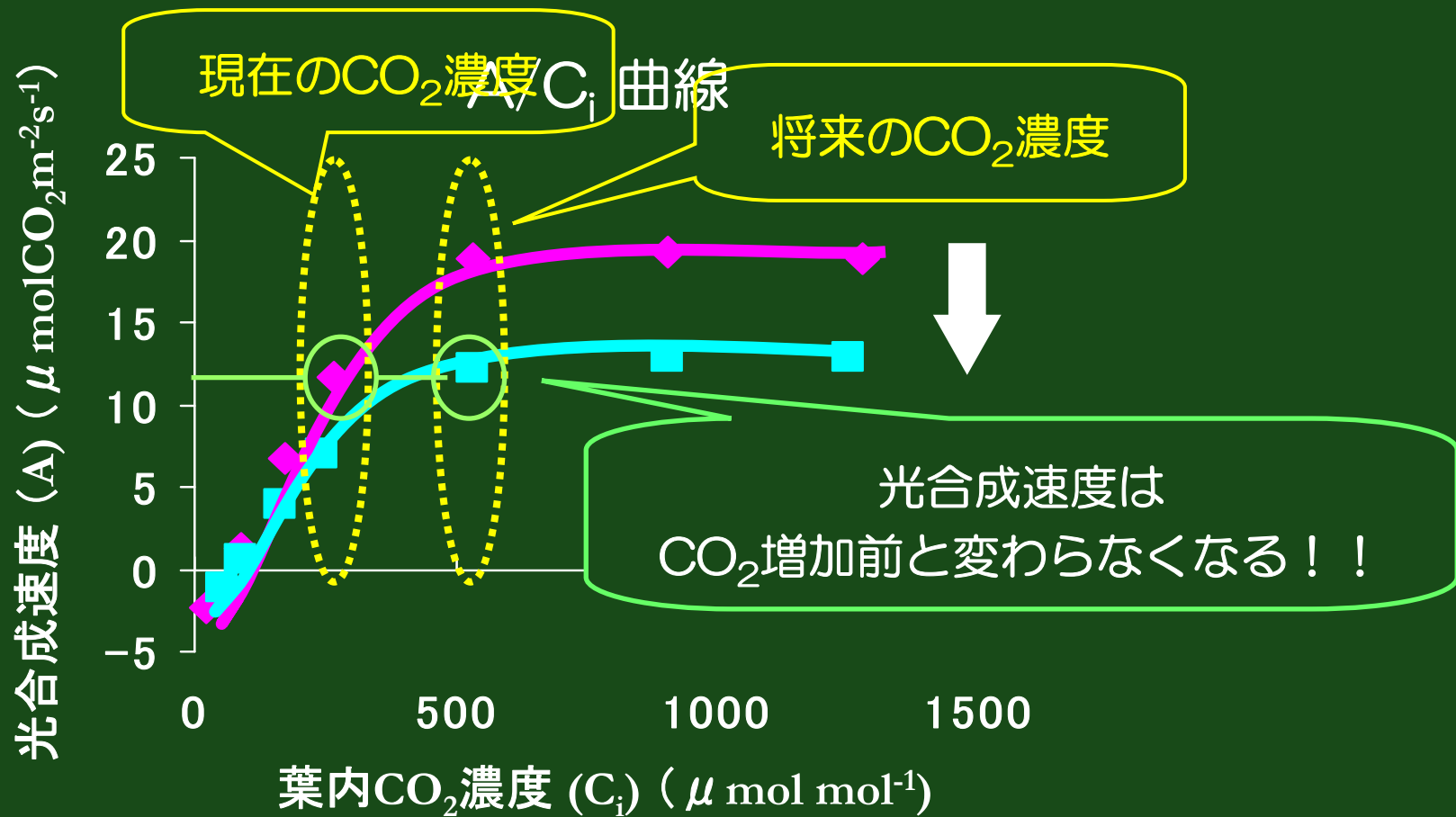


高CO₂環境下での樹木の光合成応答を
解明することが望まれている。



★これまでの研究から

植物の多くは、数週間高CO₂環境下で生育すると、
光合成能力が低下する。（＝光合成低下）



★どうして光合成低下が起こるの？

CO₂濃度が上昇することで

窒素は光合成と
正の相関関係！

- ・ 葉量が増えて葉内の窒素が希釈される。
- ・ 光合成に必要な酵素（Rubisco）が相対的に少なくなる。



原因1

葉の生化学的な機能の低下

- ・ 光合成産物の生産と消費のバランスが崩れ、
葉緑体内に光合成産物（デンプンなど）が過剰蓄積される。



原因2

葉緑体内でのCO₂拡散の低下



★高CO₂研究の難点

光合成低下の有無や程度、その原因は
土壤栄養条件や種によって大きく異なる。

土壤栄養条件

高CO₂環境下では葉内窒素量が相対的に低下する。
→ 特に貧栄養条件では光合成低下が起きやすい。

種

種によって光合成低下が起きたり起きなかったり…。
→ 種間を通して一貫した知見は得られていない。

様々な土壤条件、数多くの種で調べていくことが必要

★研究対象種

カバノキ科樹木3種に着目

(ケヤマハンノキ、シラカンバ、ウダイカンバ)

- ・北海道に広く生育する。
- ・遷移初期種で成長が速いため、CO₂固定に有用な種。

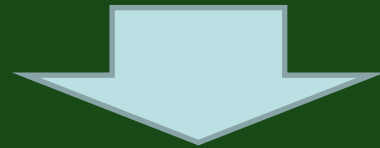


・高CO₂環境で果たす役割は大きく、
その生理生態的な特徴の解明が望まれる！



★着眼点

1. 高CO₂処理によって光合成低下は起こる？
2. 光合成低下が起きたとしたらその原因は？



★研究目的

高CO₂環境下でのカバノキ科樹木3種の光合成特性を明らかにし、将来環境下でのCO₂固定を予測・評価するための基礎的な知見を得る。

材料と方法



★ CO₂付加の方法

屋外環境で付加できる **FACE** を用いた (2003年7月~)

北大札幌研究林実験苗畑に
設置されたFACE

<FACEってなに?>

開放的な環境でCO₂濃度を
高める装置のこと

(FACE = Free Air CO₂ Enrichment)

<しくみ>

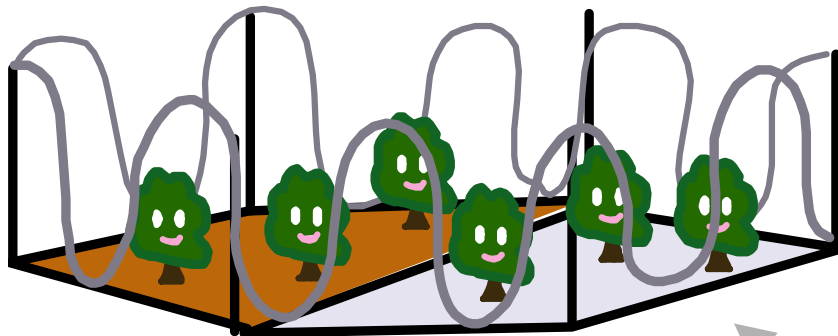
風上側のチューブからCO₂を
放出して、内部の濃度を高める



★ 環境条件 ～CO₂濃度と土壌条件～

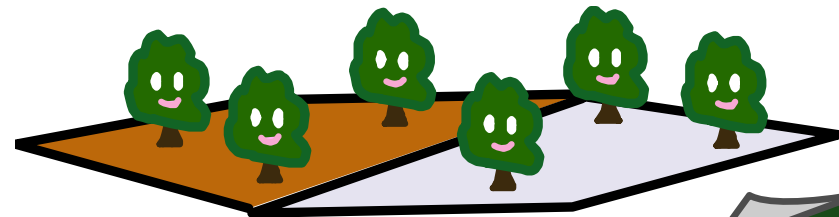
FACE内(高CO₂環境)

CO₂濃度 500 ppm
(2040年ごろの濃度)



対照区

370 ppm (現在の濃度)



土壌条件

褐色森林土 (富栄養条件) と 火山灰土壌 (貧栄養条件)

★ 供試木

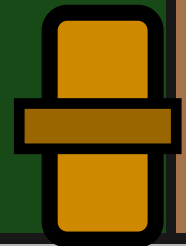
※ 2003年5月に植栽

2年生のカバノキ科樹木3種

- ・ ケヤマハンノキ (窒素固定菌 *Frankia* sp. と共生)
- ・ シラカンバ
- ・ ウダイカンバ } (非窒素固定種)

★ CO₂付加期間

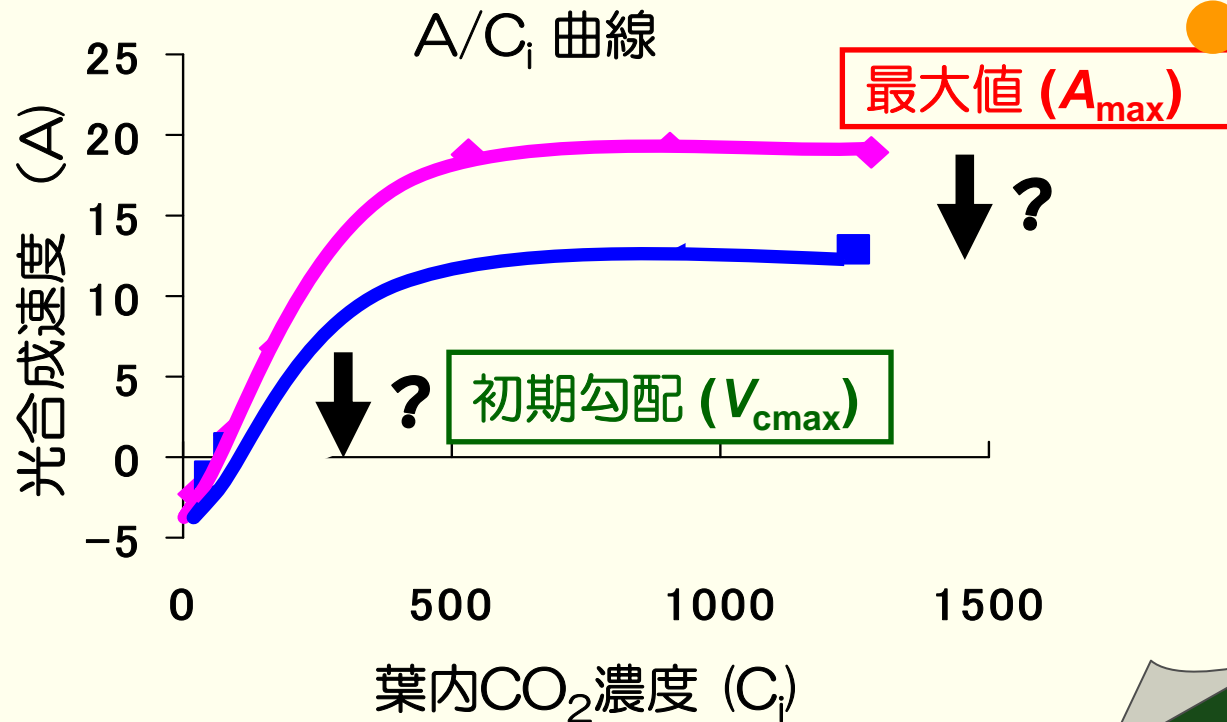
2003年夏から、2成長期間



★ 測定項目 (CO₂処理2年目の2004年8月に測定)

- 十分に展開した林冠上部の葉の A/C_i 曲線を作製し、光合成低下したかどうか判断した。

2.



• 統計解析はGLMを用いた多次比較 (P < 0.05で有意)

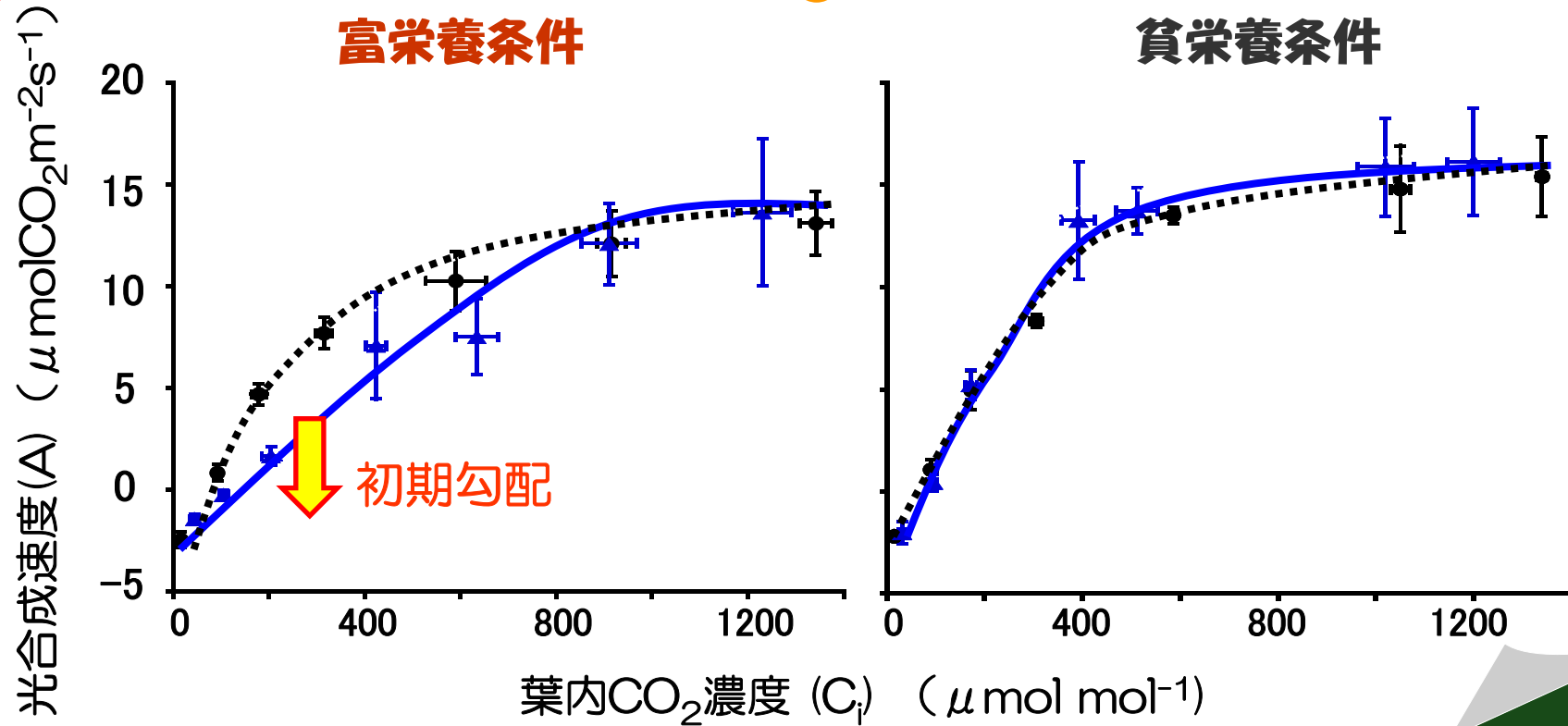


結果



★ A/Ci曲線 ケヤマハンノキ

● 対照区 ▲ 高CO₂区
n=3 → :統計的に有意な反応

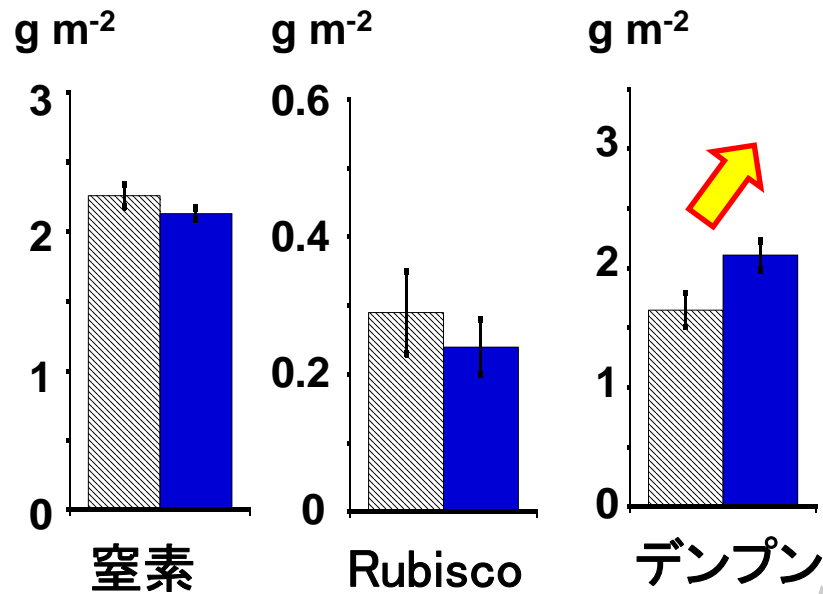


富栄養条件：初期勾配が低下（光合成低下した）。
貧栄養条件：曲線は変わらず（光合成低下しなかった）。

★ 変化の原因 ケヤマハンノキ

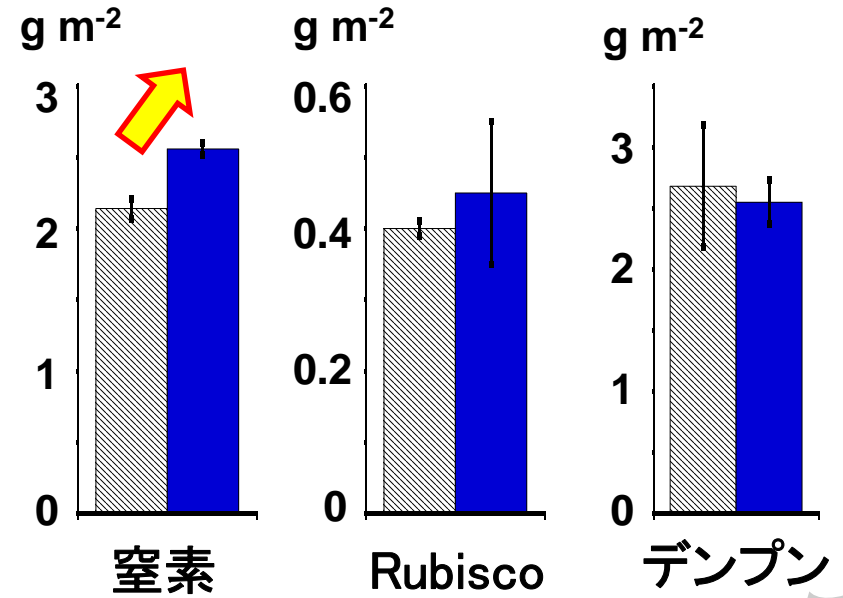
対照区 高CO₂区
 n=3 ➡: 統計的に有意な反応

● 光合成低下した 富栄養条件 ●



葉内デンプン量が増加。

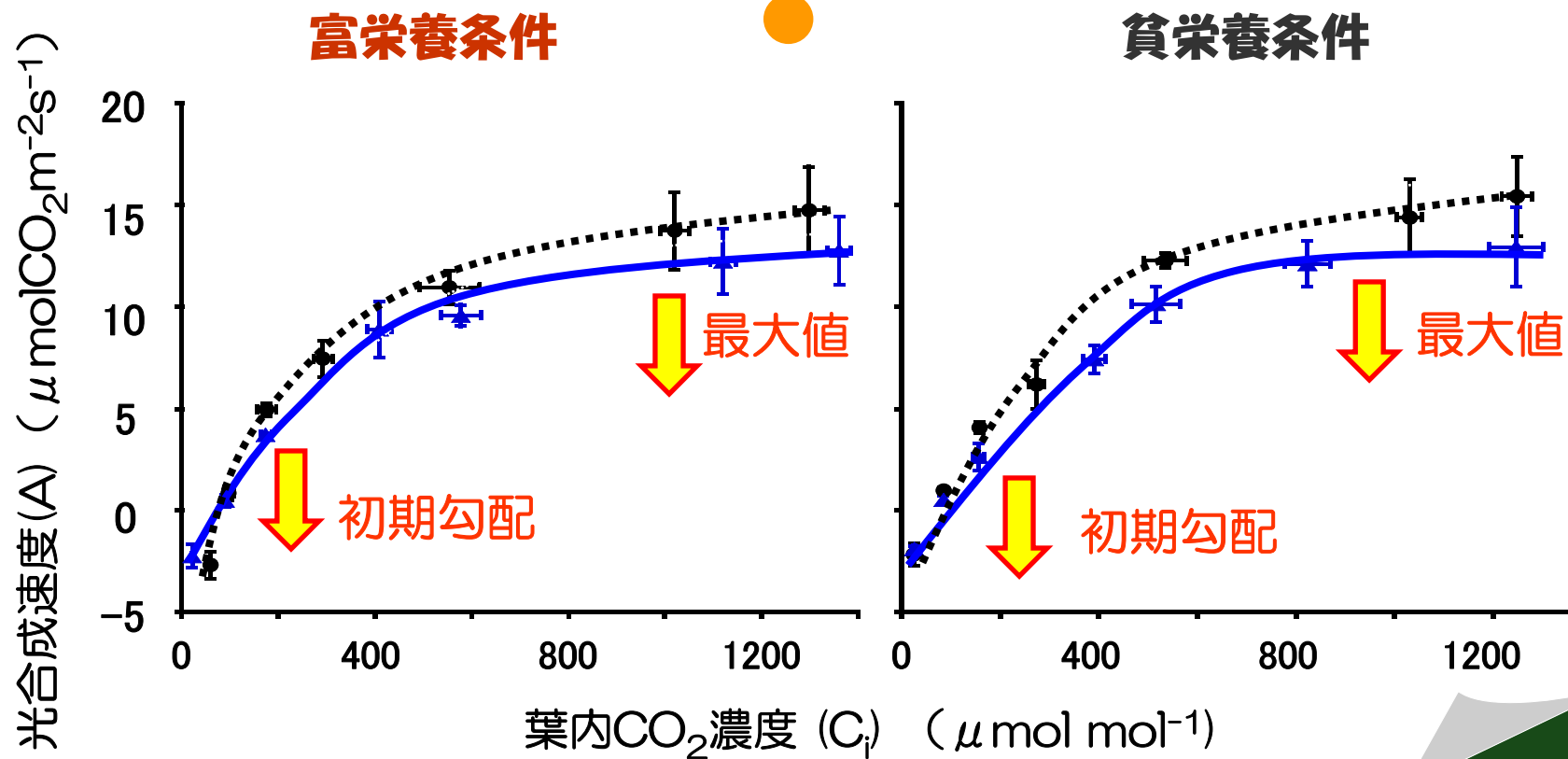
● 光合成低下しなかった 貧栄養条件 ●



光合成低下する要因が認められなかった。

★ A/Ci曲線 シラカンバ

● 対照区 ▲ 高CO₂区
n=3 →: 統計的に有意な反応

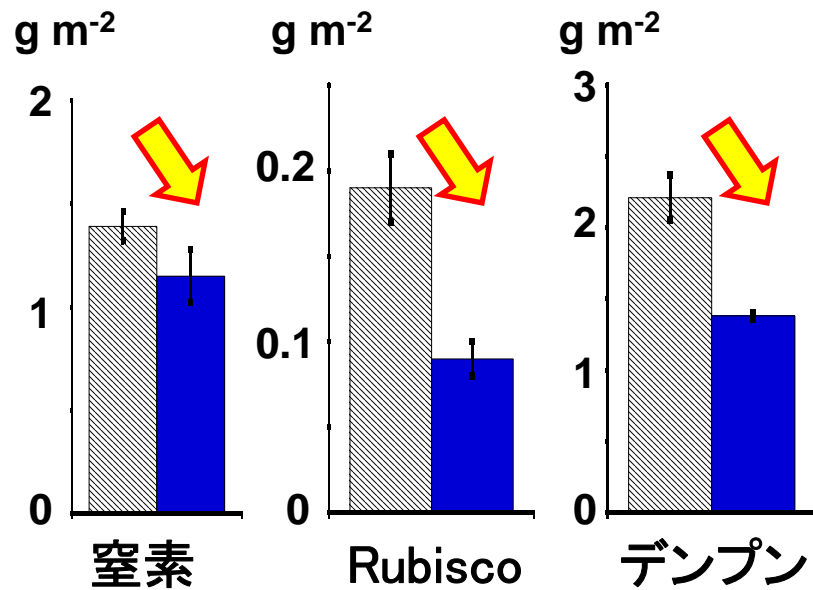


富栄養条件、貧栄養条件ともに光合成低下。

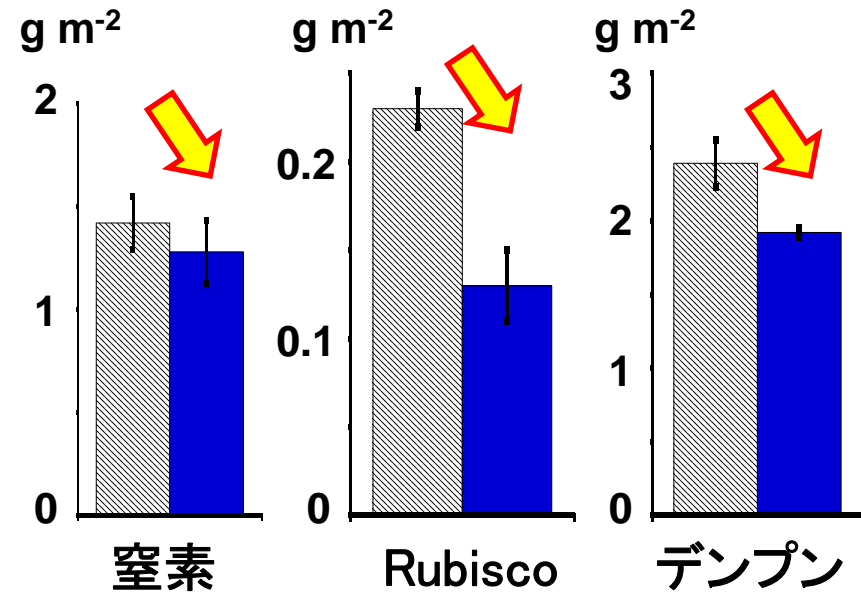
★ 変化の原因 シラカンバ

■ 対照区 ■ 高CO₂区
n=3 →: 統計的に有意な反応

● 光合成低下した 富栄養条件 ●



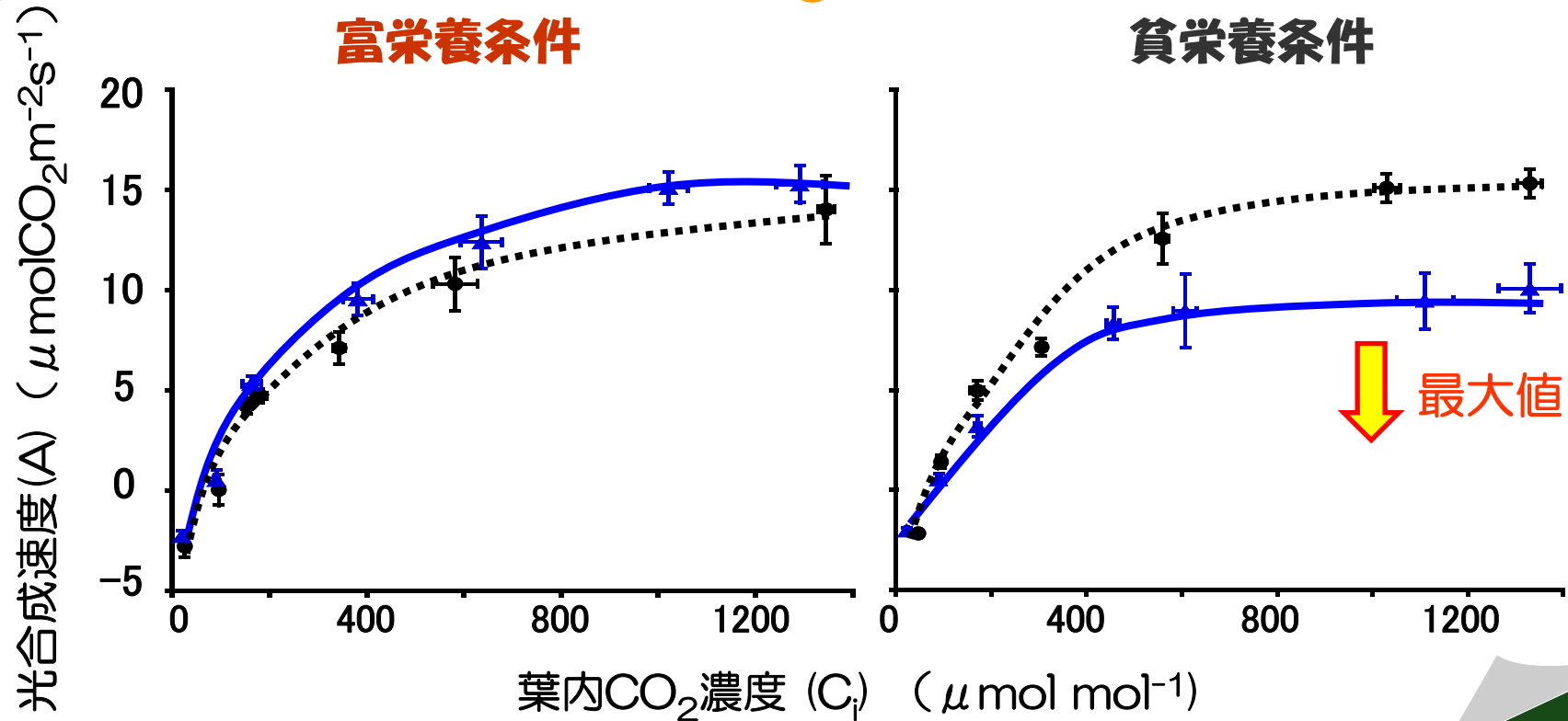
● 光合成低下した 貧栄養条件 ●



・ 窒素、Rubisco 量が低下。

★ A/Ci曲線 ウダイカンバ

● 対照区 ▲ 高CO₂区
n=3 →: 統計的に有意な反応

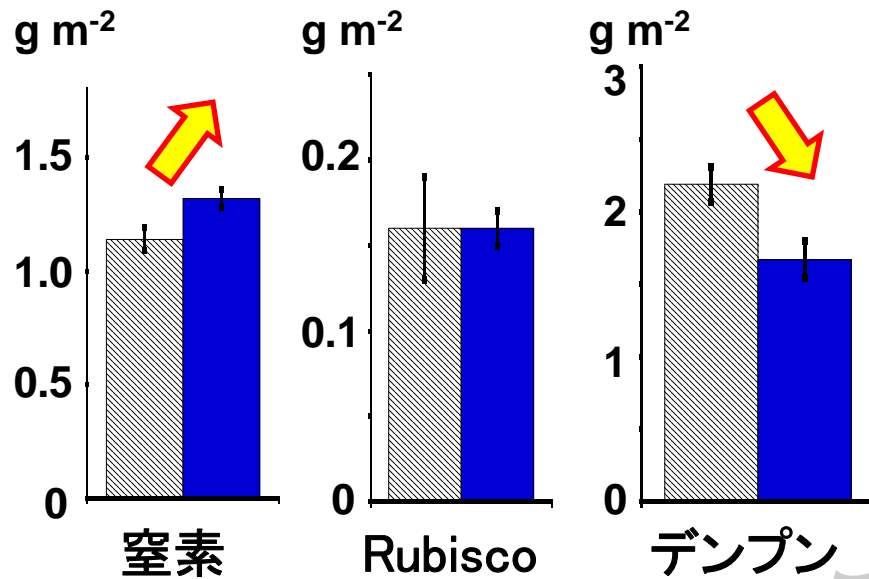


富栄養条件：光合成低下は起きず、むしろ増加傾向。
貧栄養条件：著しい光合成低下が起こった。

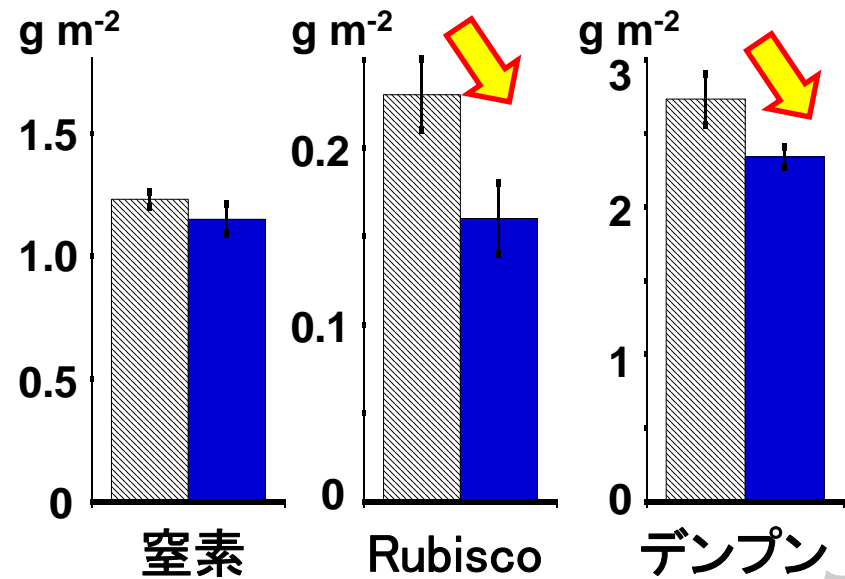
★ 変化の原因 ウダイカンバ

対照区
 高CO₂区
 n=3 ➡: 統計的に有意な反応

● 光合成低下しなかった 富栄養条件 ●



● 光合成低下した 貧栄養条件 ●



光合成低下する要因が認められなかった。

Rubisco量が低下。

考察



★ 光合成応答のまとめ 1

1. 高CO₂処理によって光合成低下は起こる？



- ・ケヤマハンノキ → 富栄養条件で低下
貧栄養条件では低下せず
- ・シラカンバ → 両土壤で低下
- ・ウダイカンバ → 富栄養条件では低下せず
貧栄養条件で低下

すべての種で光合成低下は認められた！



★ 光合成応答のまとめ 2

2. 光合成低下の原因は？

- ・ケヤマハンノキ → デンプンの蓄積
(窒素固定種) (葉緑体内のCO₂拡散の低下)
- ・シラカンバ → 窒素、Rubiscoの低下
・ウダイカンバ → Rubiscoの低下
(非窒素固定種) (生化学的な機能の低下)

「窒素固定菌の有無」で高CO₂環境への応答が異なる??

★ 窒素固定種（ケヤマハンノキ）の応答

興味深い点

貧栄養条件で光合成低下しなかった！

<どうして??>

- ・ 窒素固定菌は光合成産物を多く消費する
(Tissue et al 1997など)
- ・ 窒素固定菌は貧栄養条件で活動が活発になる
(Tobita et al. 2005など)

➡ 貧栄養条件で光合成低下の起らなかった原因は…

貧栄養条件で窒素固定菌の活性が高まり、
高CO₂環境下でも光合成産物の消費が顕著だったため。

★ 非窒素固定種（シラカンバ・ウダイカンバ）の応答

興味深い点

主に貧栄養条件で光合成低下！

<どうして??>

- ・ 一般に、高CO₂環境下では葉の窒素量が低下する
(Körner 2000など)
- ・ 光合成低下が認められた条件では、
Rubisco/Nの割合が低下していた (data not shown)

➡ 貧栄養条件で光合成低下の起りやすかった原因は…

高CO₂×貧栄養条件では窒素が不足しがちになるので、
光合成系に分配する窒素量を抑制したため。

★結論

● 高CO₂環境下でのカバノキ科樹木の光合成応答

- 1. 窒素固定種と非窒素固定種で、光合成低下の起こる条件やその原因が異なる。
- 2. 貧栄養条件下では、将来CO₂固定に関して、窒素固定種の果たす役割が大きくなる可能性がある。

