

Effects of elevated carbon dioxide concentration on growth and N₂ fixation of young *Robinia pseudoacacia*

Feng, Z., J. Dyckmans and H. Flessa
Tree Physiology 24, 323–330 (2004)

話題提供：小池孝良

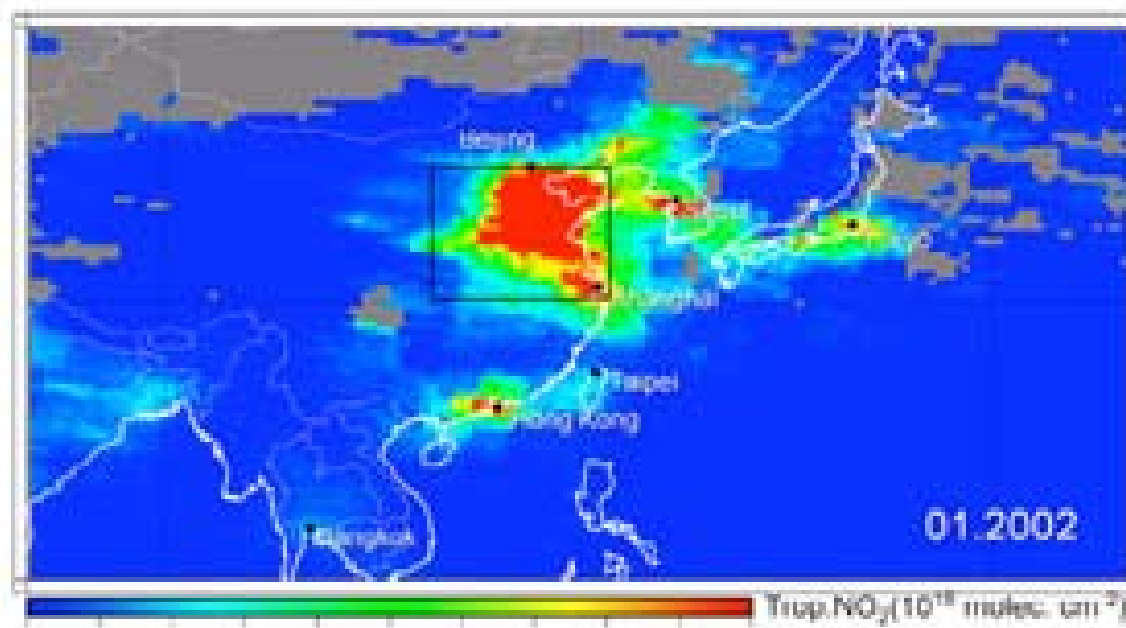
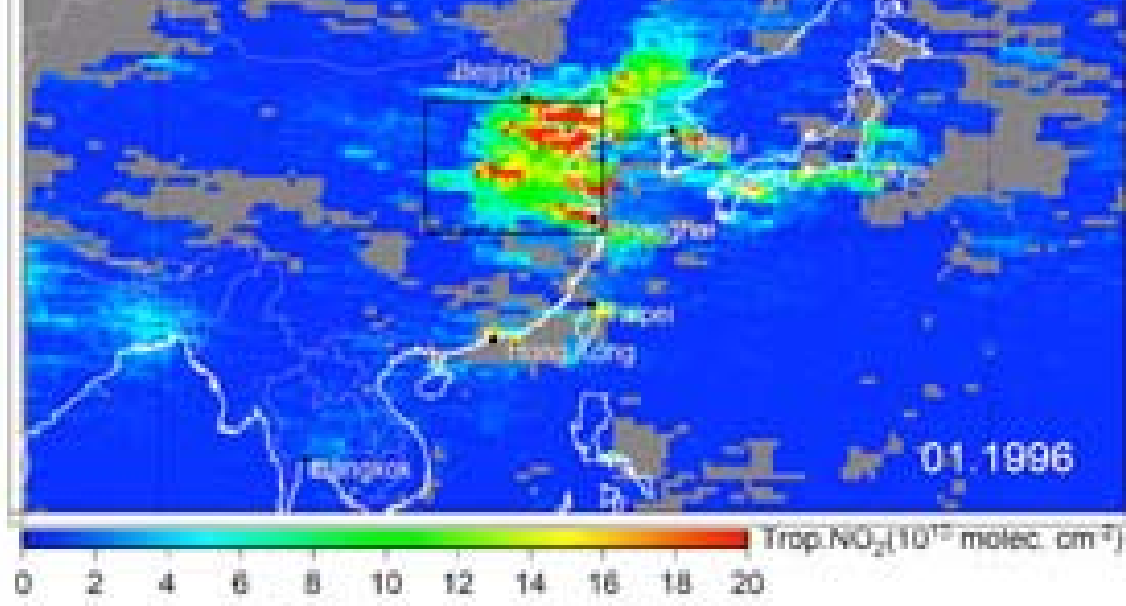
080516

図1：GOMEによって測定された東アジアにおけるNO₂の対流圏濃度分布。

上図：1996年1月
下図：2002年1月

グレーで示された部分はデータの欠損を示す。対流圏濃度が 20×10^{15} 分子 cm⁻²を超えた場所を赤色で示す。

増加し続ける窒素酸化物量 (N₂O)



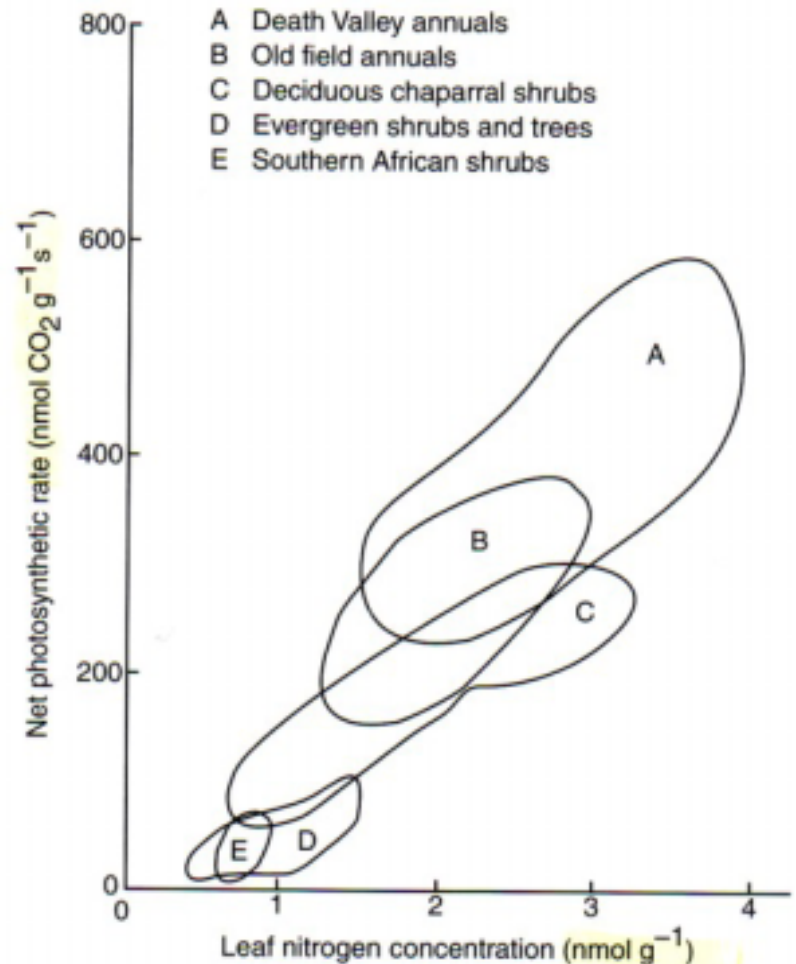
背景

大気中CO₂の顕著な増加

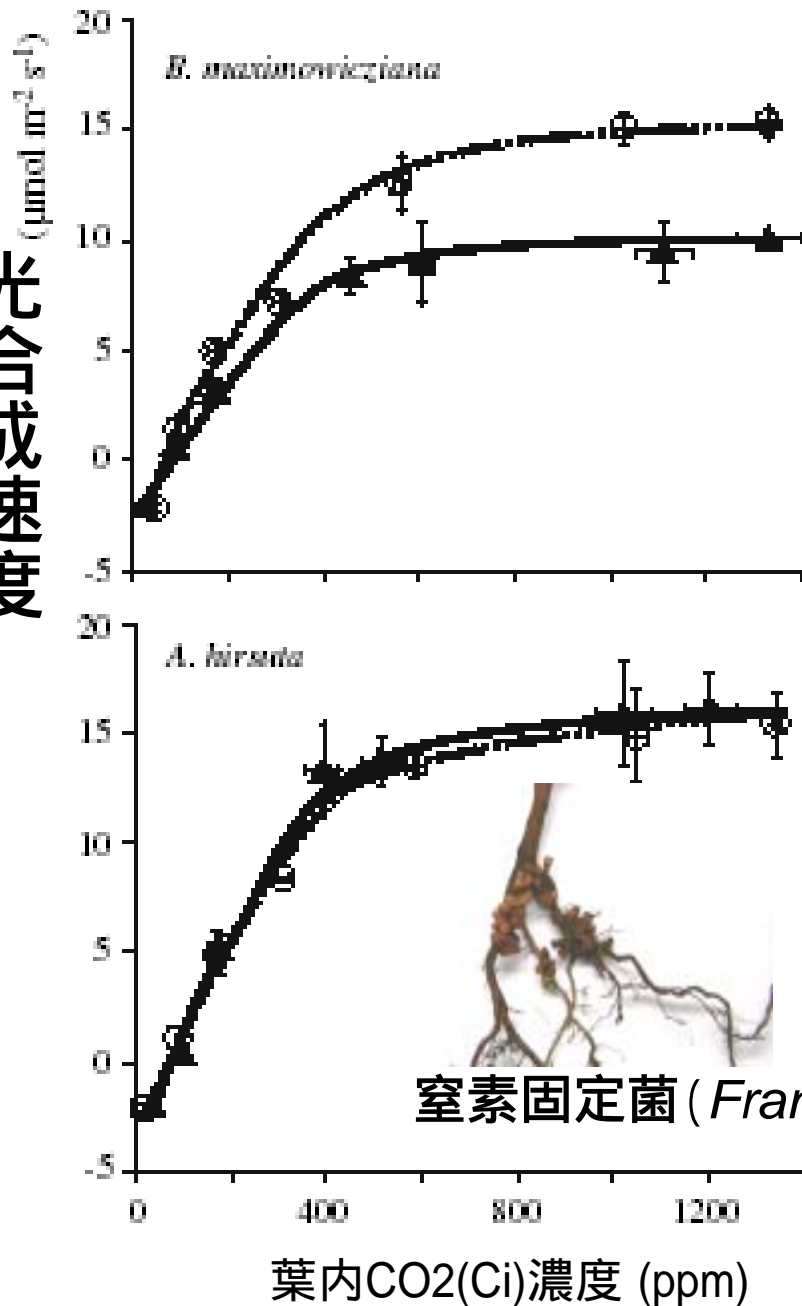
CO₂以外が制限にならなければ、
成長は増加する！

一方、窒素は
森林生態系では
不足する資源。
利用できる窒素量が
減少すると成長が低下

窒素は土壌中の蓄積と
大気からの供給。



光合成速度



高CO₂では、
Down regulation (負の制御)
の生じる
樹種が多い中で
共生菌類を持つ樹種では
Down regulationは
生じない。

将来、植生レベルでも
重要なKey Plantに成る
のでは？

Betula : 負の制御

Alnus : 制御なし



【実験例】

ケヤマハンノキと

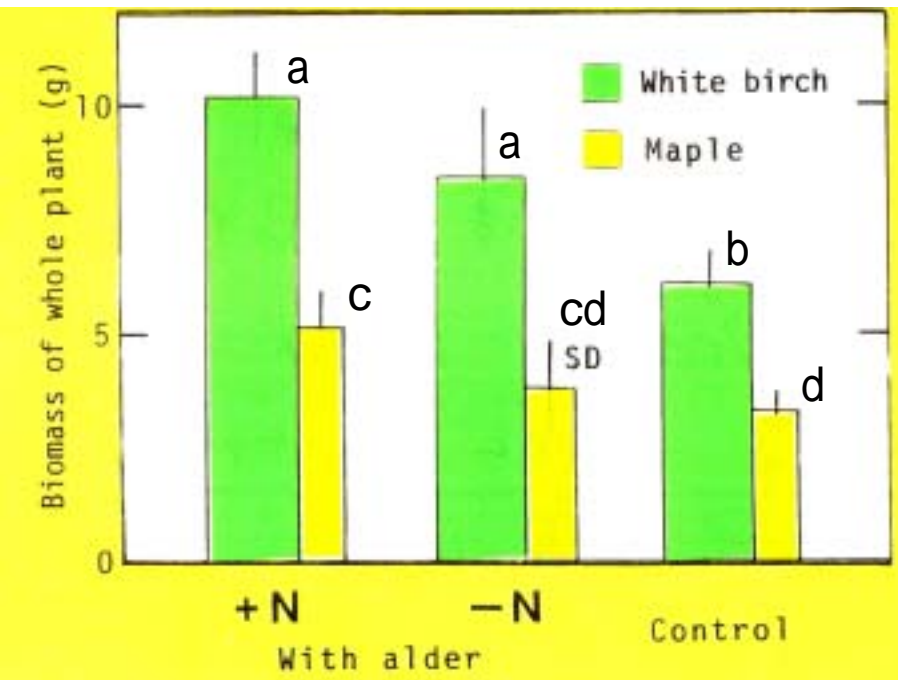
1) シラカンバ

2) イタヤカエデ

混植した結果：

対照に比べて
シラカンバでは
有意に大きく
なっていた。

(窒素が供給された
状況が確認された)



(小池 1995 : 未発表)

ニセアカシア

高い成長量と窒素固定機能を有する が
高CO₂での成長応答は不明

- 1) 1年生苗木の成長に
及ぼす高CO₂の影響
- 2) 窒素付加と窒素分配
- 3) 共生菌の活性
- 4) 炭素と窒素分配

$^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ を窒素源とする
(9.3 atom% ^{15}N)

バーミキュライトに植え付け



河村君の指

材料と方法

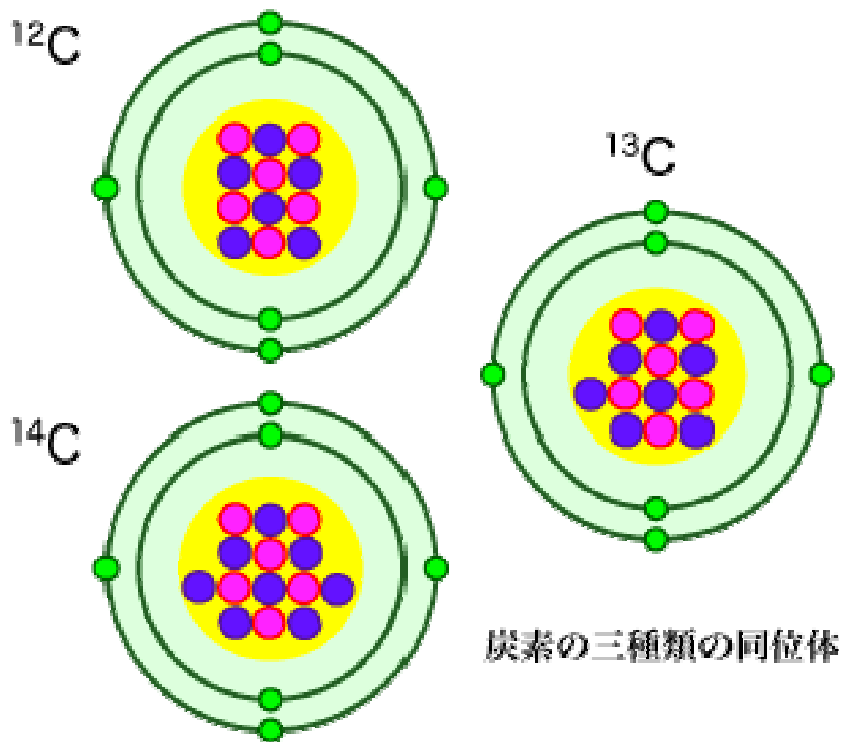
- 1年生のニセアカシア芽生え
最終的には、乾重で2.6g
- 根粒菌感染源 : *Rhizobium* spp.
(Liphatec, Milwaukee, WI 購入)
Co²⁺ 0.02mM添加 (感染率を高める)
- Dyckmans et al. (2000a, b)のシステム利用
- CO₂付加 (CO₂-free空気)・・・ ¹³C = 48.0‰
(‰ = 1000分の1)

350 vs. 700ppm

- 12/12hr PPF = 130 μmol m² s⁻¹ 18/13
RH=75%

炭素安定同位体とは

炭素の安定同位体のほとんどは ^{12}C で、 ^{13}C は1%程度しか含まれていない。 ^{12}C と ^{13}C は、大気中や水中を拡散する速度や化学反応の反応性が異なる。軽い同位体 ^{12}C の方が拡散する速度は速く、一般的には化学反応に対する反応性も高い。



同位体	^{12}C	^{13}C	^{14}C
電子数	6個	6個	6個
陽子数 (Z)	6個	6個	6個
中性子数 (N)	6個	7個	8個
質量数 (A)	12	13	14
天然の存在量	98.89 %	1.11 %	約1兆分の1

植物全体の炭素安定同位体比は、主に、次の要因で決まる。

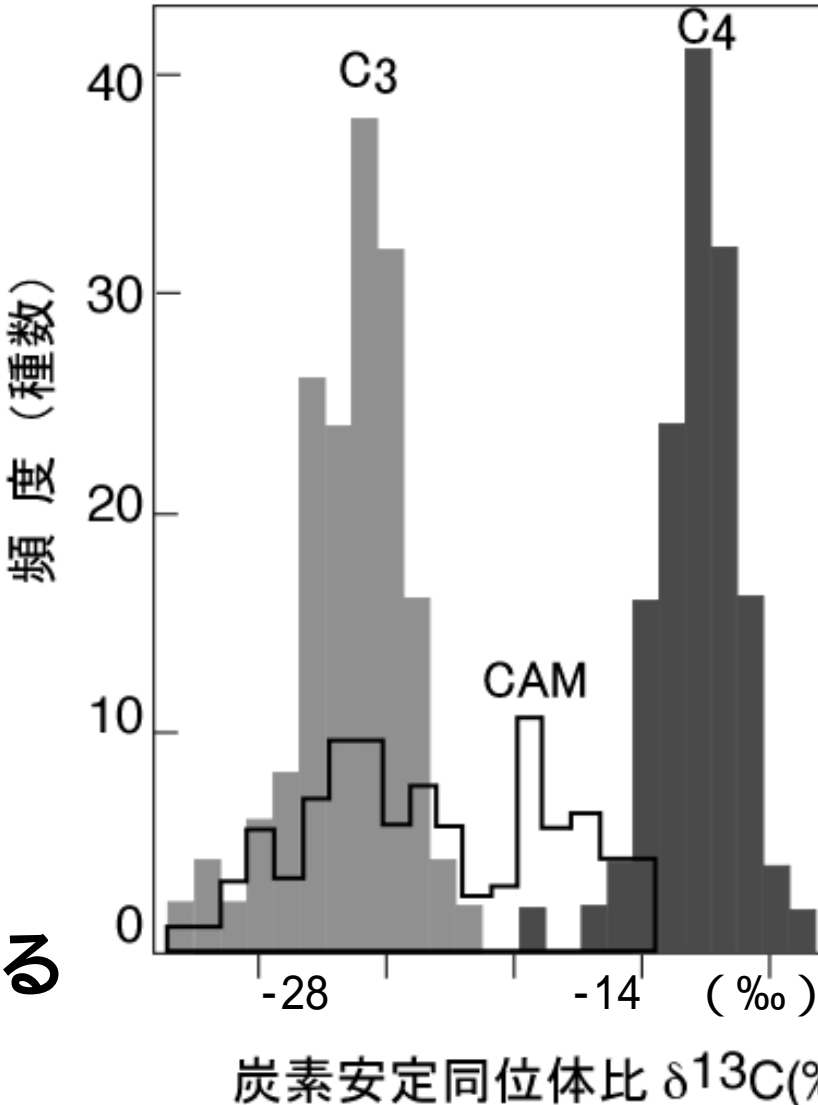
- 1. 大気中のCO2の炭素安定同位体比
- 2. 光合成による同位体分別
- 3. 炭素化合物の組成
- 4. 転流

同位体分別は

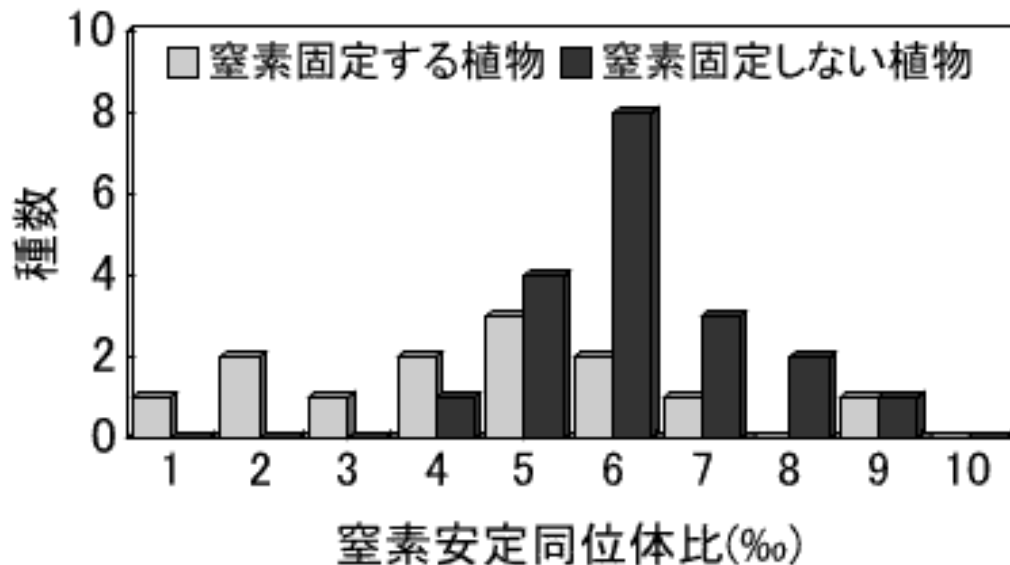
Rubisco = 約29‰程度

PEP c = 約2‰程度。

CO2が気孔から取り込まれる時の同位体分別は 4.4‰



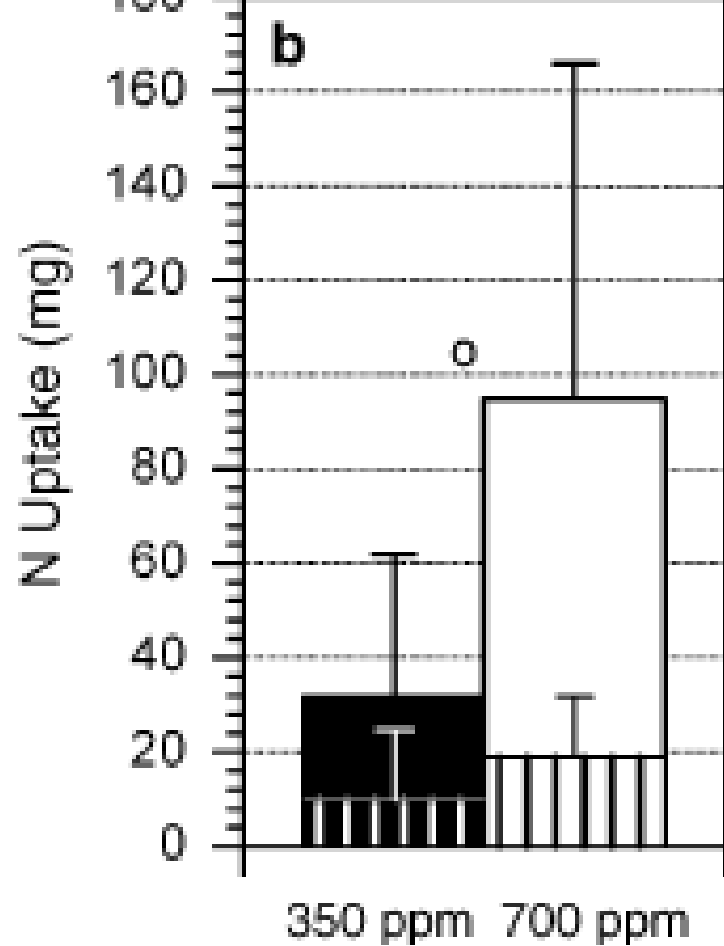
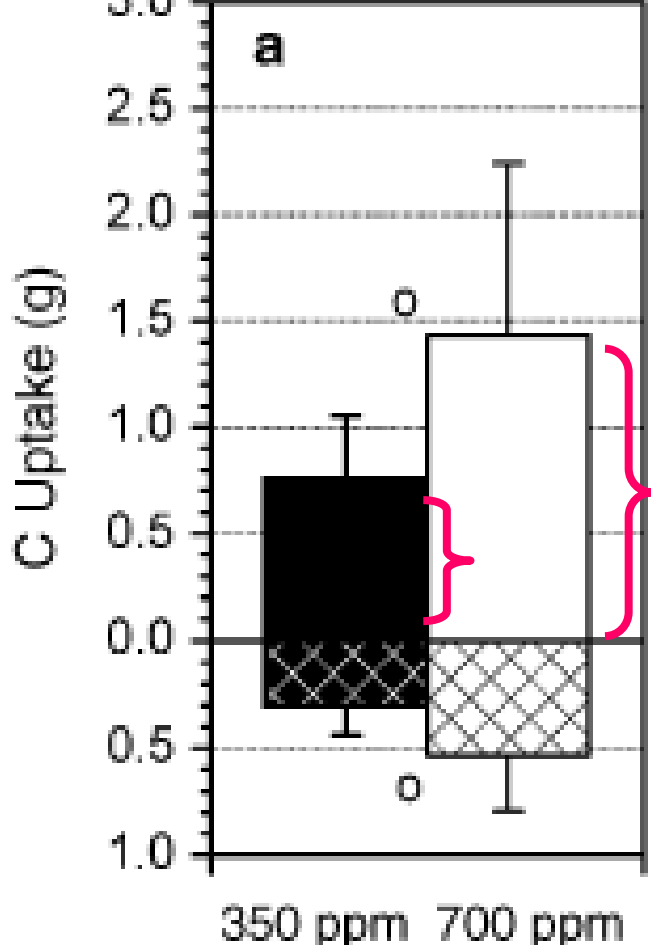
植物の窒素安定同位体比

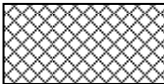



Ehleringer et al. ed. (1993) Stable Isotopes and Plant Carbon-Water Relations. Academic Press.

窒素の同位体分別は小さいため、植物の窒素安定同位体比は窒素供給源の安定同位体比を反映する。窒素固定をする植物の窒素供給源は土壌と大気 の2つである。

土壌表面の窒素は平均9.2‰、大気中窒素の安定同位体比は0‰。従って、窒素固定を行って大気から窒素の供給を受けているマメ科の植物は、窒素固定をしない植物よりも安定同位体比が低くなる傾向を示す。



- a 炭素の増加量（地上部 / 地下部  ） 2倍
- b 窒素の増加量（土壌からの窒素  ）

植物体の窒素は大気中から根粒菌によって固定されたモノが高CO2では80%に及ぶ

成長した分だけ必要な窒素が、根粒菌によって固定される！

植物体の窒素量の ^{15}N によるトレースから
窒素固定にはコストがかかる

(根圏の呼吸増加)

炭素が不足すると窒素固定は減少する
(体内に十分、窒素があると固定量は
少ない)

窒素吸収のために根を拡大するのではなく
根粒菌の数を増やし、活性を増加させている。

重要文献

Rastetter, E.B., P.M. Vitousek, C. Field, G.R. Shaver, D. Herbert and G.I. Agren. (2001)

Resource optimization and symbiotic nitrogen fixation.
Ecosystems 4: 369 388.

暗い環境でも窒素固定が行われているが、これは、林床の高CO₂環境が窒素固定を促進している。



結論

ニセアカシアは、高CO₂環境においても
Down regulationが生じず、窒素固定を行う根粒菌
によって成長を維持できる可能性がある
植生・生態系に重要な影響を及ぼすであろう。

