

変動環境下での樹木根系の生理生態学的研究

Plant Roots: The Hidden Half,

3rd Edition

4版は出ています

Karizumi N. (1974~76)

The mechanism and function of tree root in
the process of forest production.

Bull. Gov. For. Exp. Stn. 267,

小池 孝良

(北海道大学 大学院農学研究院)

話題

カラマツ属と共生菌類を対象に：操作実験から

- 1) カラマツに注目する理由
- 2) 外生菌根菌感染に伴う生理的の評価
- 3) 高CO₂とオゾンの複合影響
- 4) 火山灰土壌における窒素沈着の影響
(グイマツ雑種F₁とその両親)
- 5) まとめ

1) 問題点提起 (環境＋資源再生)

Q. 変動環境とは？

1) 地球レベル

増加し続ける大気CO₂濃度

2) 地域レベル

2-1) 対流圏オゾン(≒光化学スモッグ)

2-2) 窒素過剰＋排ガス

資源再生の視点

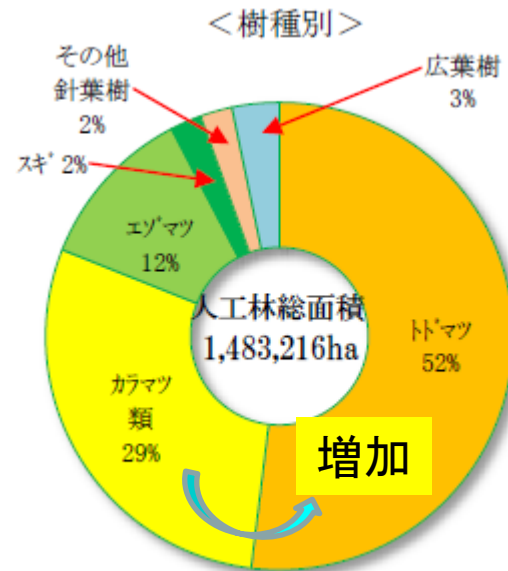
3) リン鉱石枯渇問題 ←俵谷・和崎(2012)日土肥誌

4) 移入種 (＝対象:カラマツ属＋新品種の導入
グイマツ雑種F₁)

Q. 何故、カラマツ類の研究か？

1. ユーラシア大陸の
東半分(永久凍土地帯)を
構成する主要樹種

2. 北海道の主要造林樹種



育種:グイマツ雑種F1

広葉樹・老齡林 →人工林へ
北海道ではカラマツも植栽へ

当初、

野鼠害、先がれ病で
成林も疑問視
材ねじれ、ヤニが多い

加工法が確立(2007)
持続的な木材供給を

クリーンラーチ

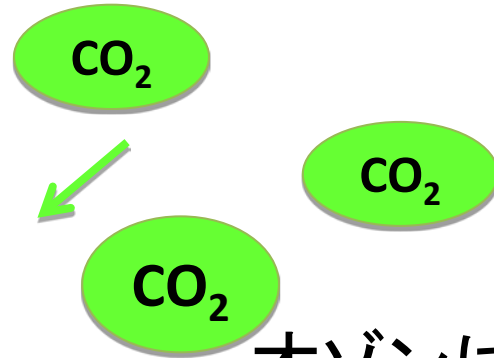
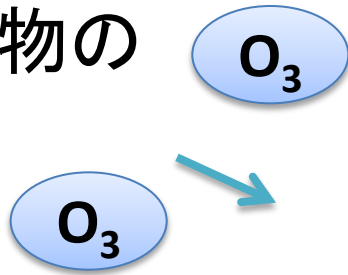
来田和人:北海道新聞2010年

G8 洞爺湖サミット
記念植樹

黒化促進運動

変動環境下でのカラマツ属樹木の持続的生産には？

光合成産物の
分配



地下部からの
制御情報

オゾンは、光合成を抑制し、地下部への光合成産物の分配を制限する。



難移動性リン酸

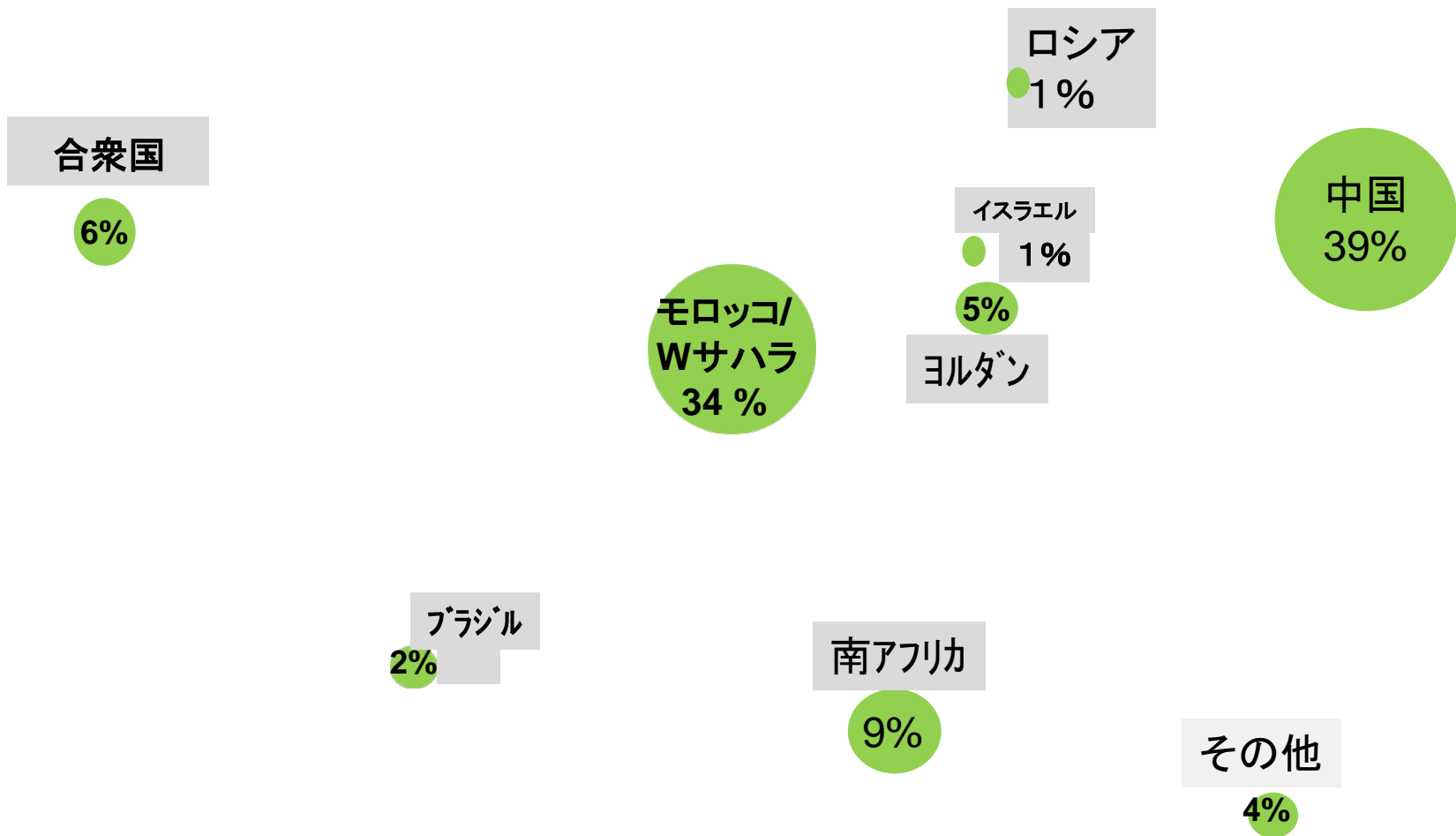
P

水分

リン・水分(窒素)

ECM

外生菌根菌



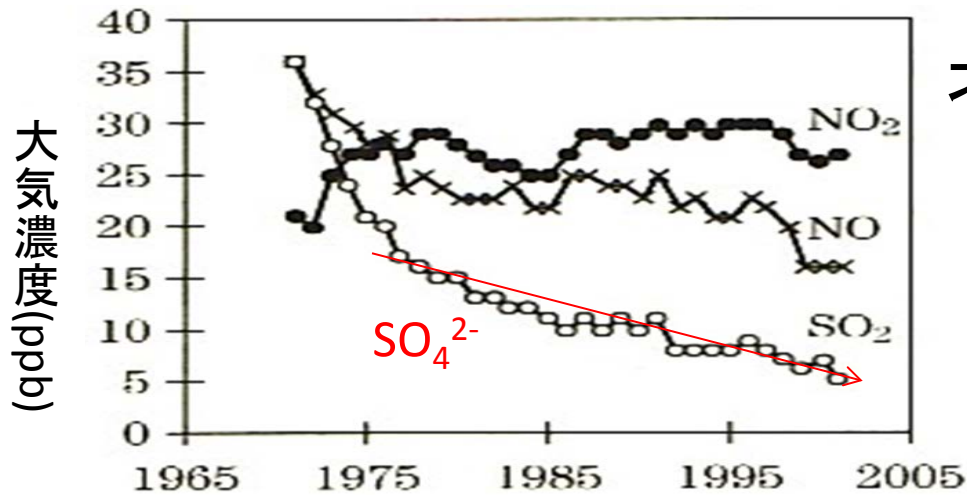
局在するリン鉱石生産量

但し、経済発展と技術革新+新しいリン鉱床の発見で、枯渇時期は100年以上延びる!?
 (経済埋蔵量の概念の導入)

2) 外生菌根菌感染に伴う生理的応答評価

Q. 外生菌根菌への感染は有効か？

1) 土壌酸性化の影響 (SO_4^{2-})



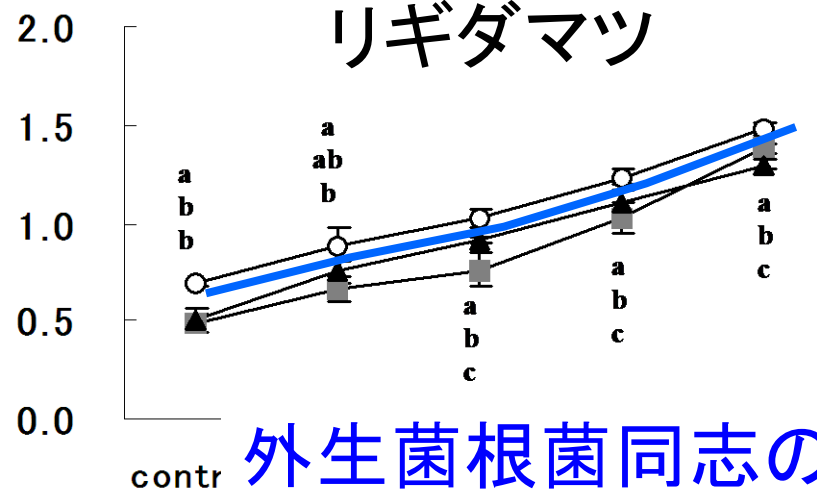
北海道でも減少傾向に！
←脱硫装置
(NH_4NO_3 であった)

余剰の窒素の行方は？
(NH_4^+)

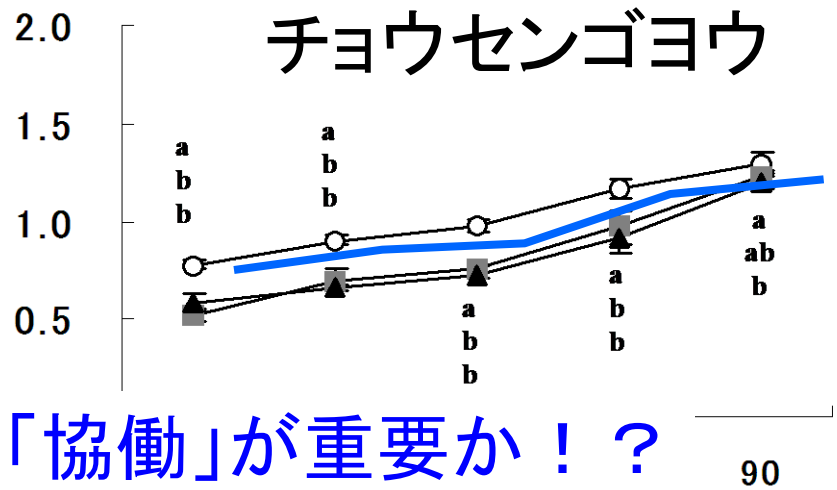
2) 操作実験での検証

Mn
(mg·g⁻¹)
マンガン濃度

リギダマツ

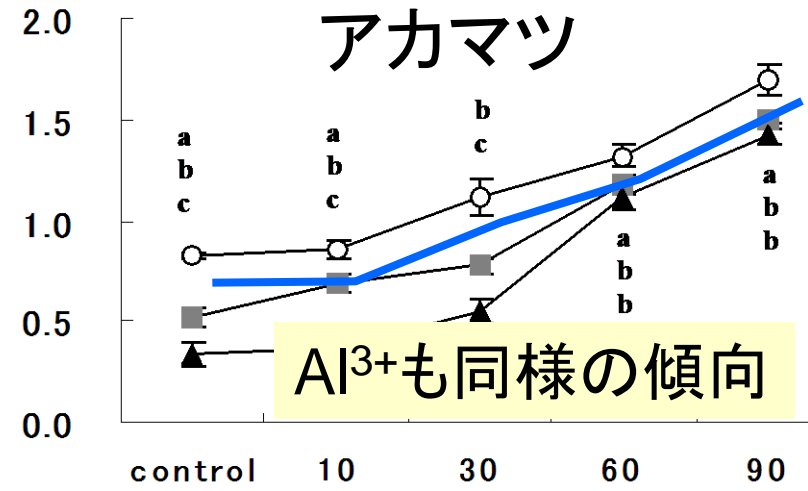


チョウセンゴヨウ



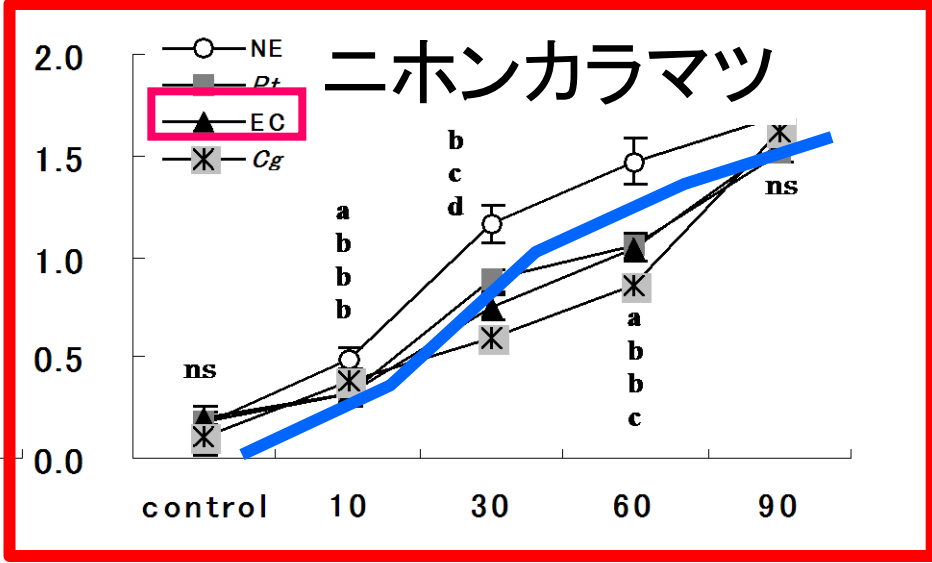
外生菌根菌同志の「協働」が重要か！？

アカマツ



Al³⁺も同様の傾向

ニホンカラマツ

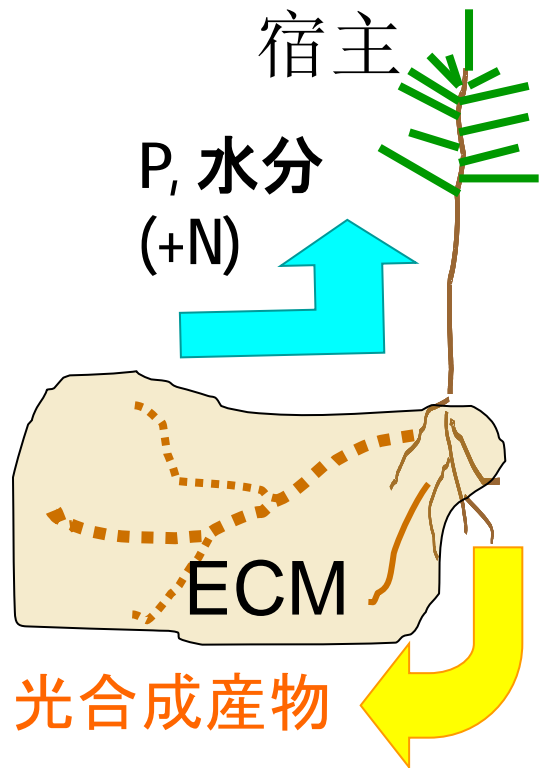


pH<4.5では？

土壌酸性化 (mmolH⁺· Kg⁻¹)

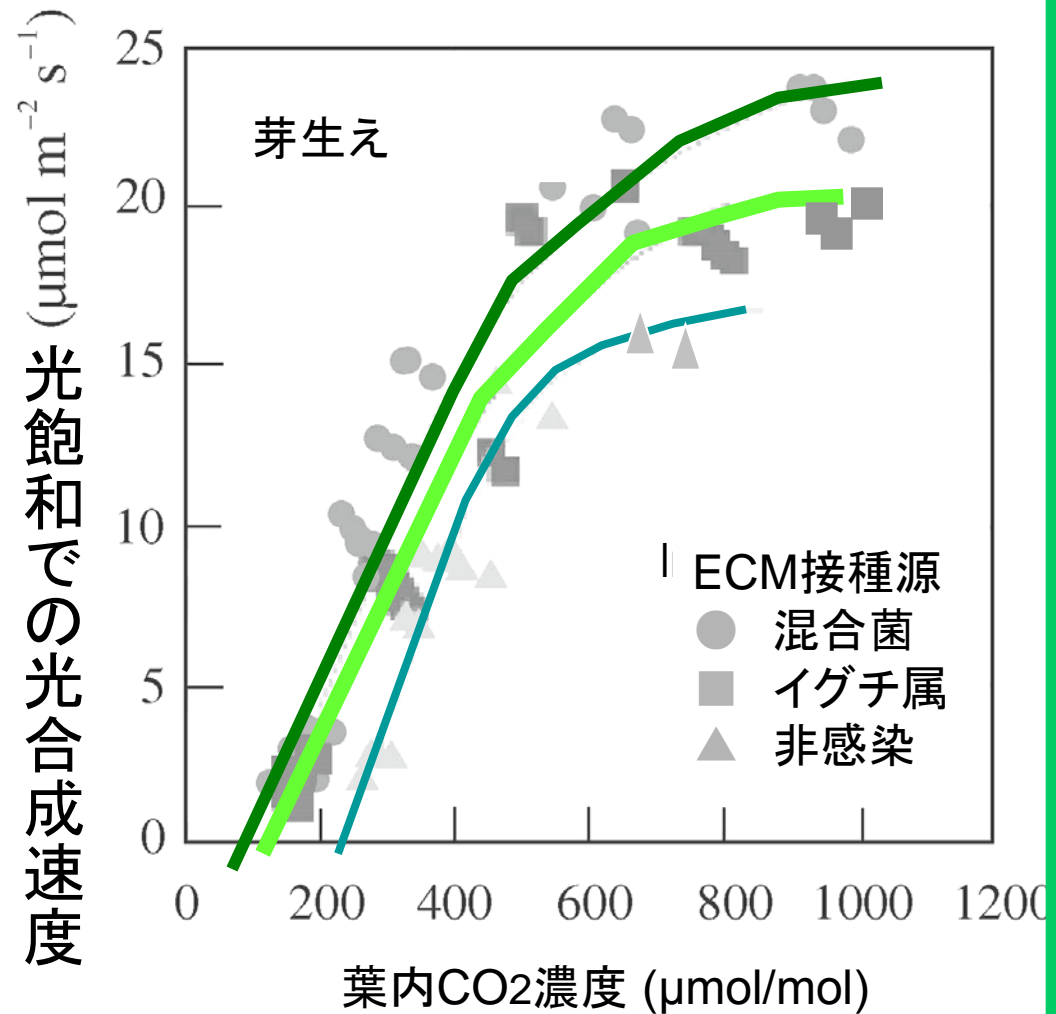
(Choi et al. 2005)

Mnは光合成作用に必須元素であるが、過剰害が出る
重金属は、外生菌根菌などが存在する細根部で補足？

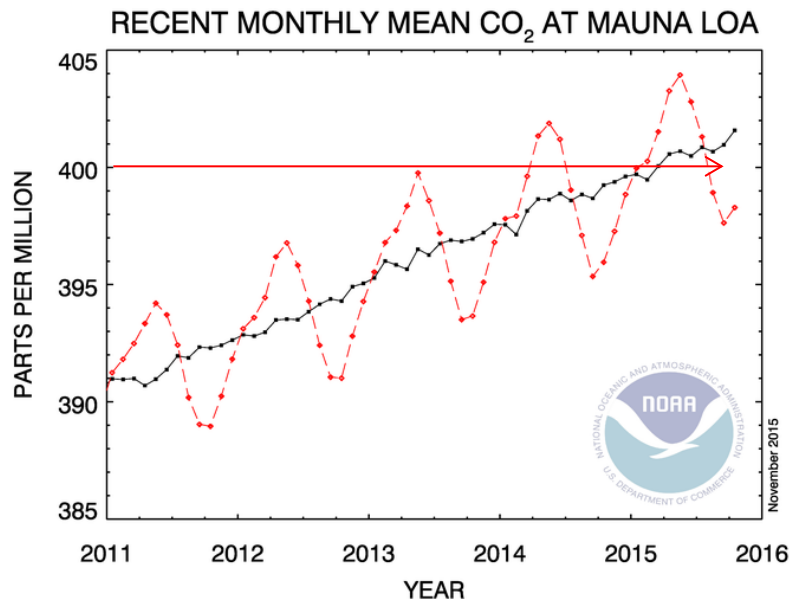


宿主は光合成産物を外生菌根菌(ECM)へ供給し、宿主は水分やリン、そして窒素等を受け取る

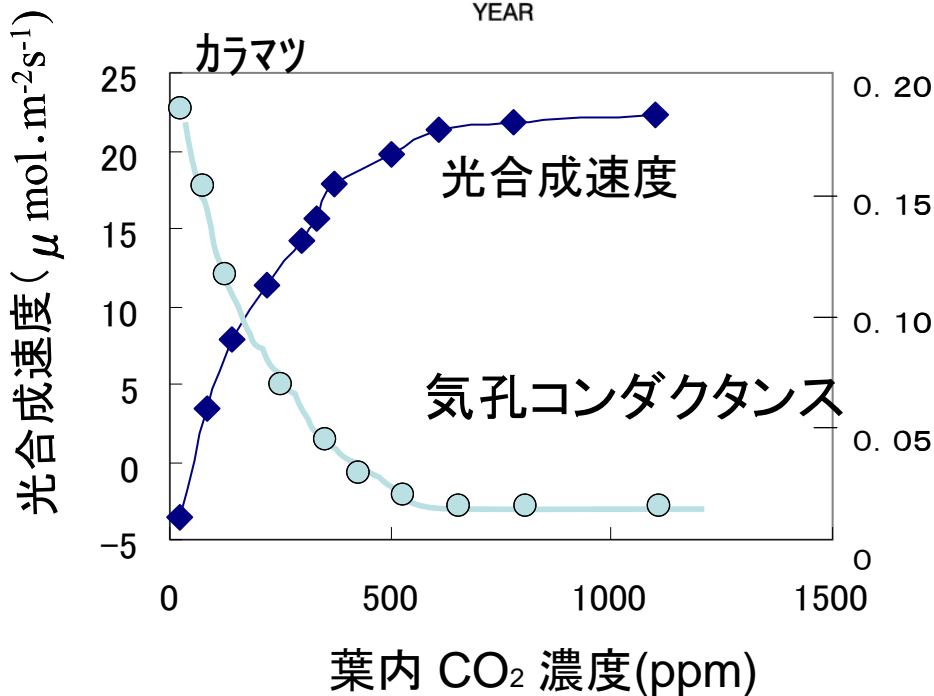
(Qu et al. 2004, Tree Physiology)



グイマツ雑種F₁の光合成速度は非感染<イグチ属1種<他種であった



大気 CO₂ 濃度は増加し
 続け、ついに 400 ppm
 (5月13日, 2013年)
 現在、**約408ppm**に達した！

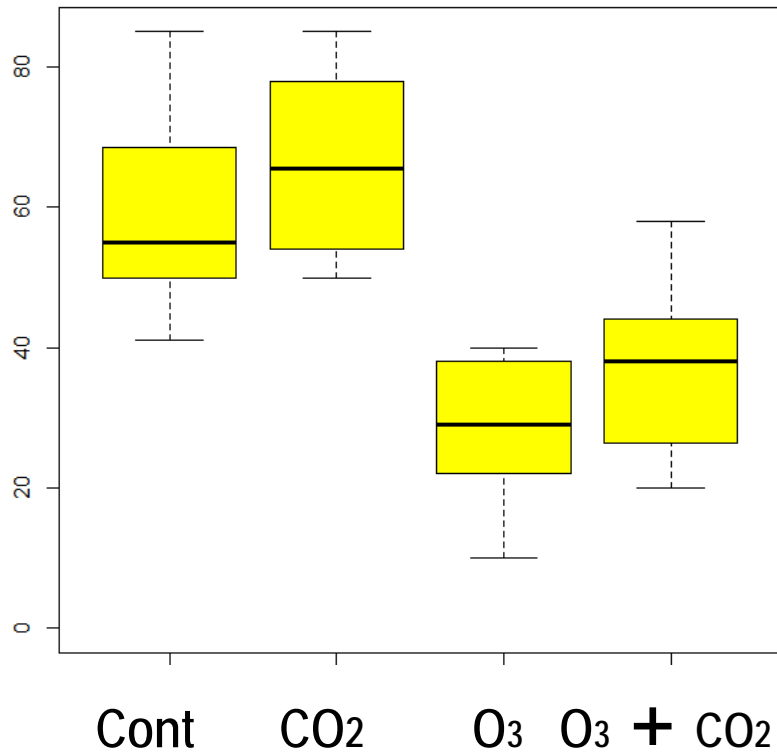


高CO₂では、
 気孔コンダクタンスは低下する。

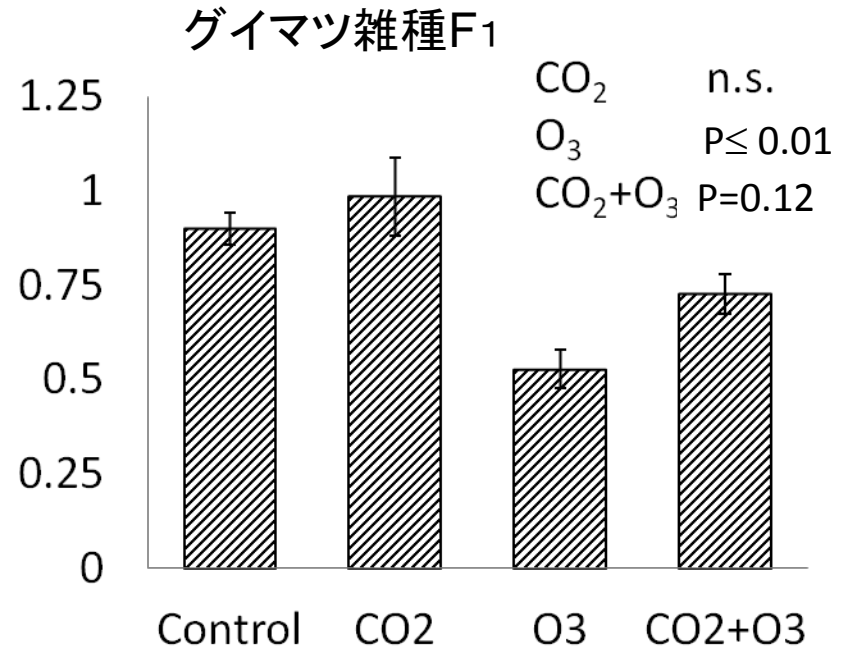
- 1) 気孔からのオゾン (O₃) の
 吸収は抑制される、
- 2) 光合成産物は、より
 地下部へ分配される

(Watanabe *et al.* 2012、Eur J For Res)

外生菌根菌への感染率(%)



外生菌根菌の多様度指数(H')



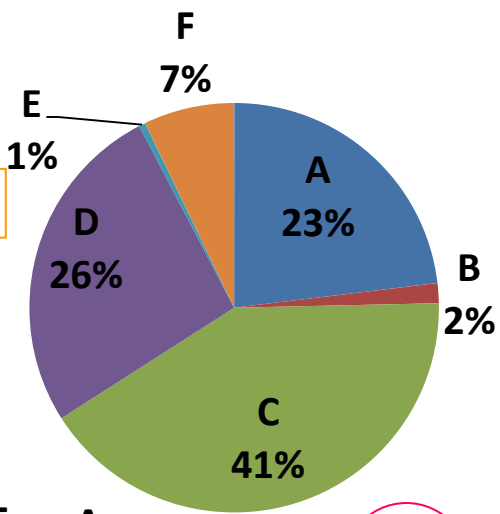
外生菌根菌への感染率(⇒**細根量**)と
多様性はO₃によって低下した

CO₂が高いとO₃による抑制は
やや改善!

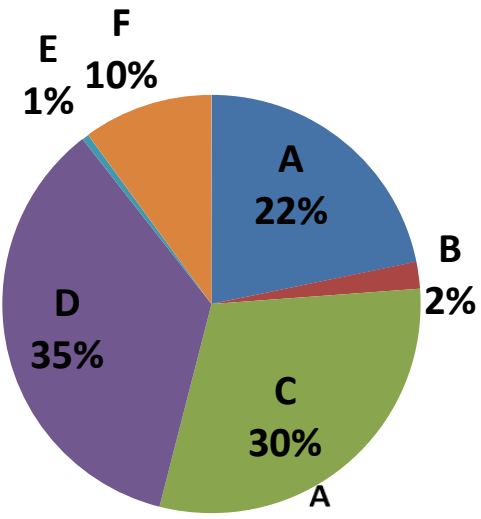
感染したECMとその生態的特徴

ID	ECM タイプ	生態的特徴
A	ラシャタケ sp.	Generalist, 大量の光合成産物が必要
B	チャワンタケ sp.	Generalist, 同上
C	シロヌメリイグチ	"カラマツ specialist" 菌相としては中期に優占する
D	ハナイグチ	
E	<i>Cadophora finlandica</i>	病原菌へのバリアーを形成
F	キツネタケ	Pioneer ECM, found in nutrient poor condition

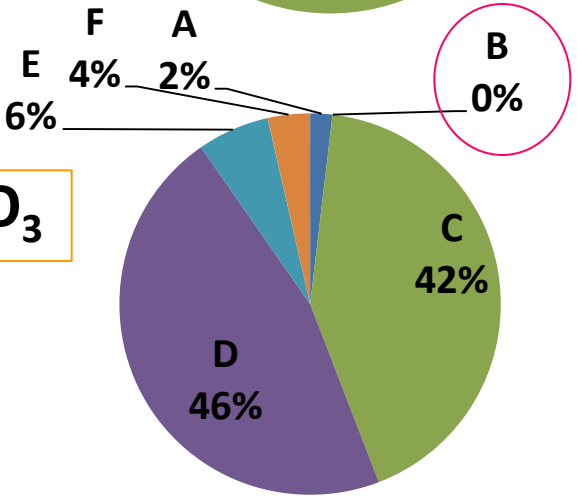
対照



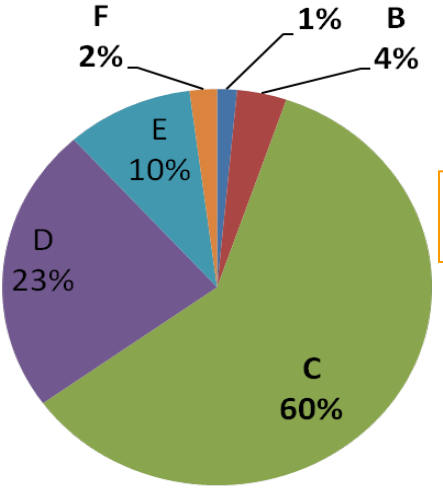
CO₂



O₃



CO₂+O₃



Type A ラシャタケ sp

光合成産物要求

Type F:

キツネタケ

先駆的generalist

光合成産物要求

宿主活性上昇

Type B: +CO₂

チェワンタケ sp.

generalist

光合成産物を要求

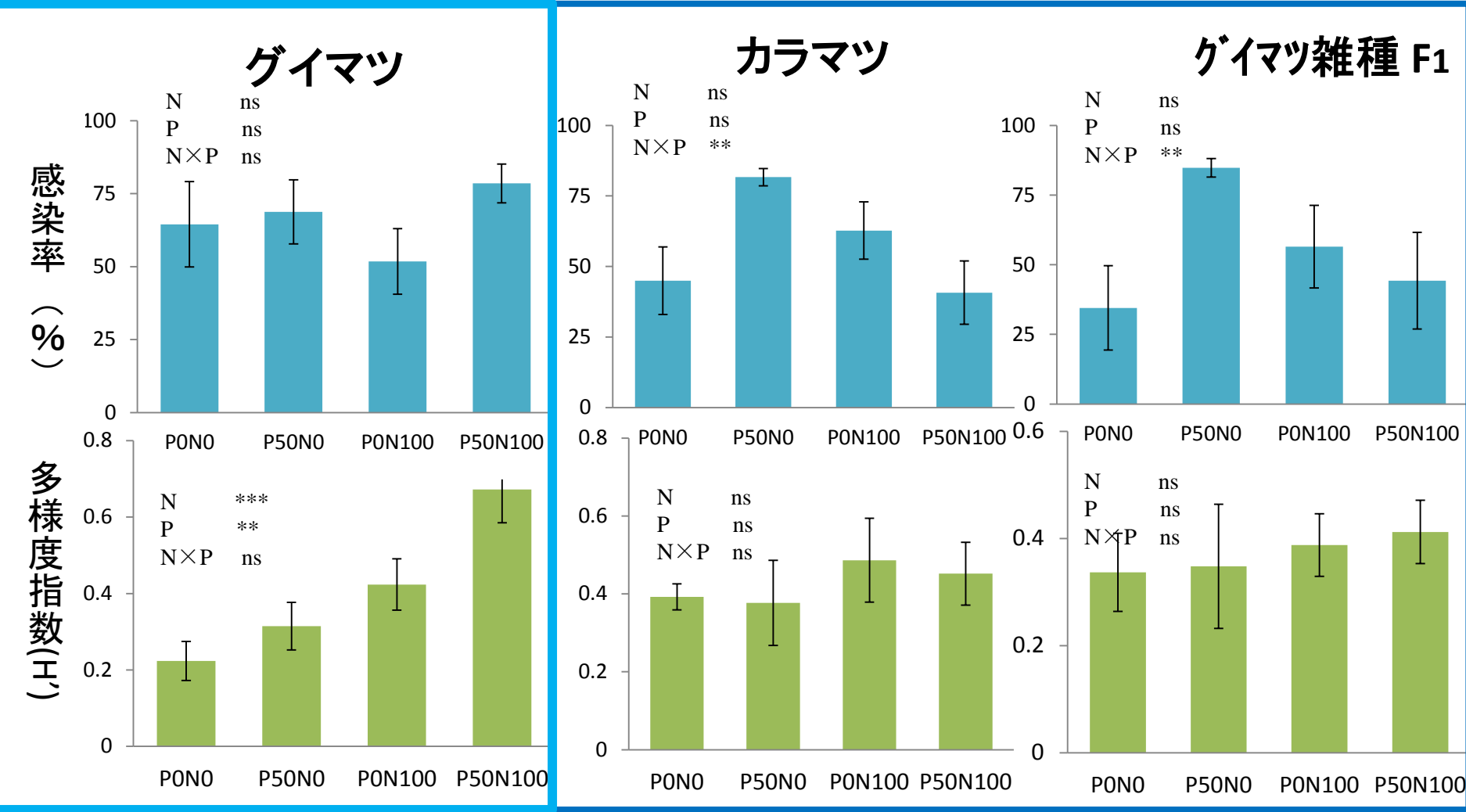
Type E:

Cadophora finlandica

(ストレス耐性付与)

イグチ属 (*Suillus* sp.) はカラマツ属のスペシャリストで一定量以上の光合成産物を必要とする (type C,D)

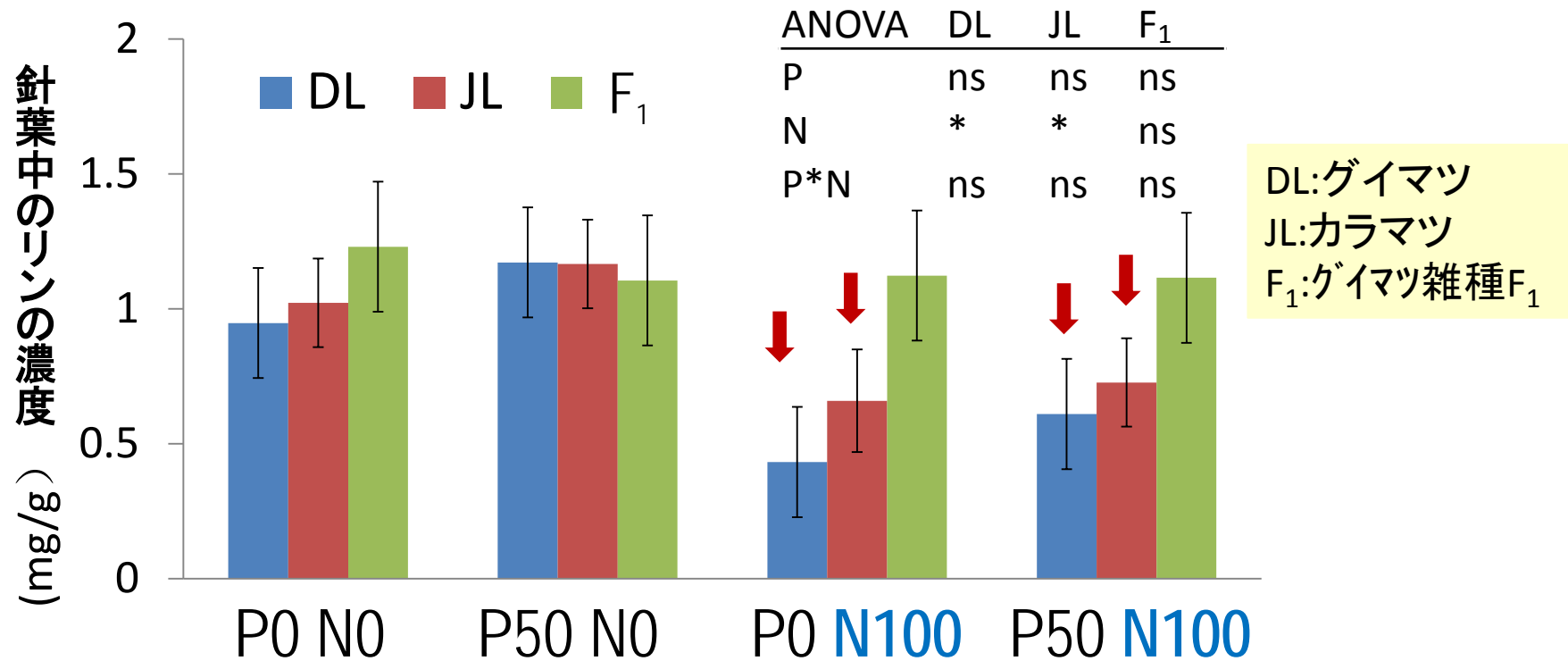
異なるN,Pで生育したカラマツ3樹種の外生菌根菌の感染率と多様度



カラマツと雑種 F₁ : 外生菌根菌の感染度合は同様の傾向
 Gaymatsuの外生菌根菌へは NとPが、H'増加傾向を与えた

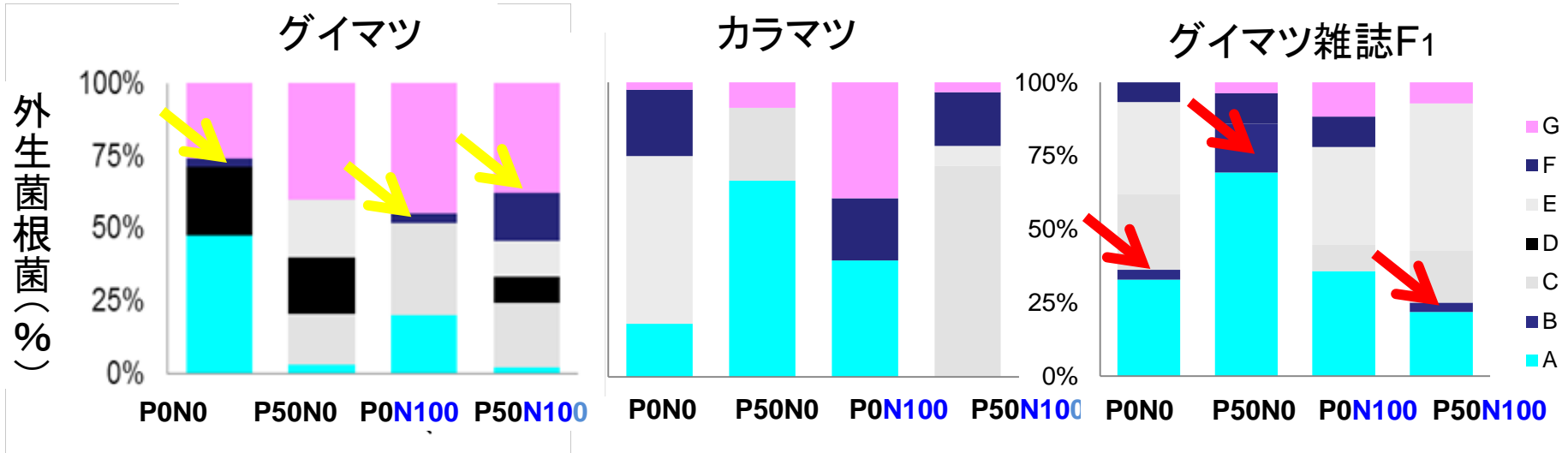
異なるN,P環境で生育した

カラマツ属3樹種の針葉中のP濃度：外生菌根菌の活動指標



- ・Nなしで、3種種とも針葉中のP濃度は維持された
- ・グイマツとカラマツでは、N富化によって針葉中のP低下。
- ・F₁ 針葉中のP濃度はN,Pの影響を受けなかった。

外生菌根菌の組成: 特異な樹種



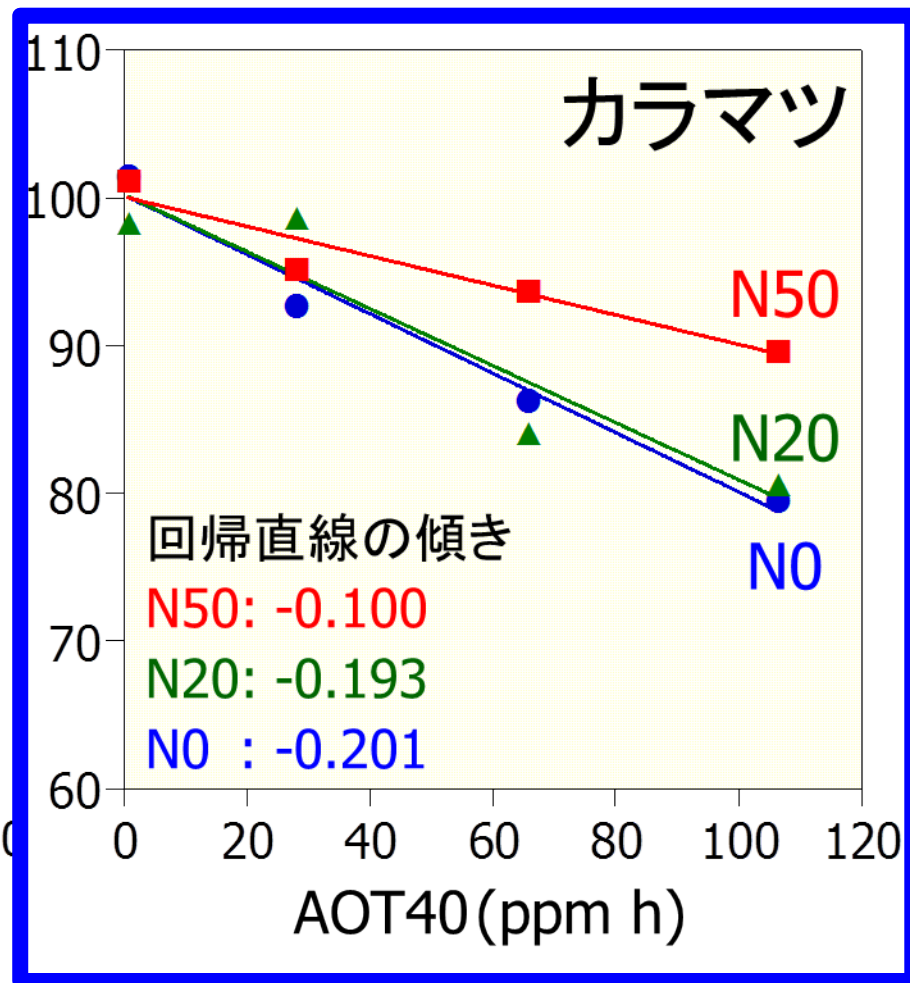
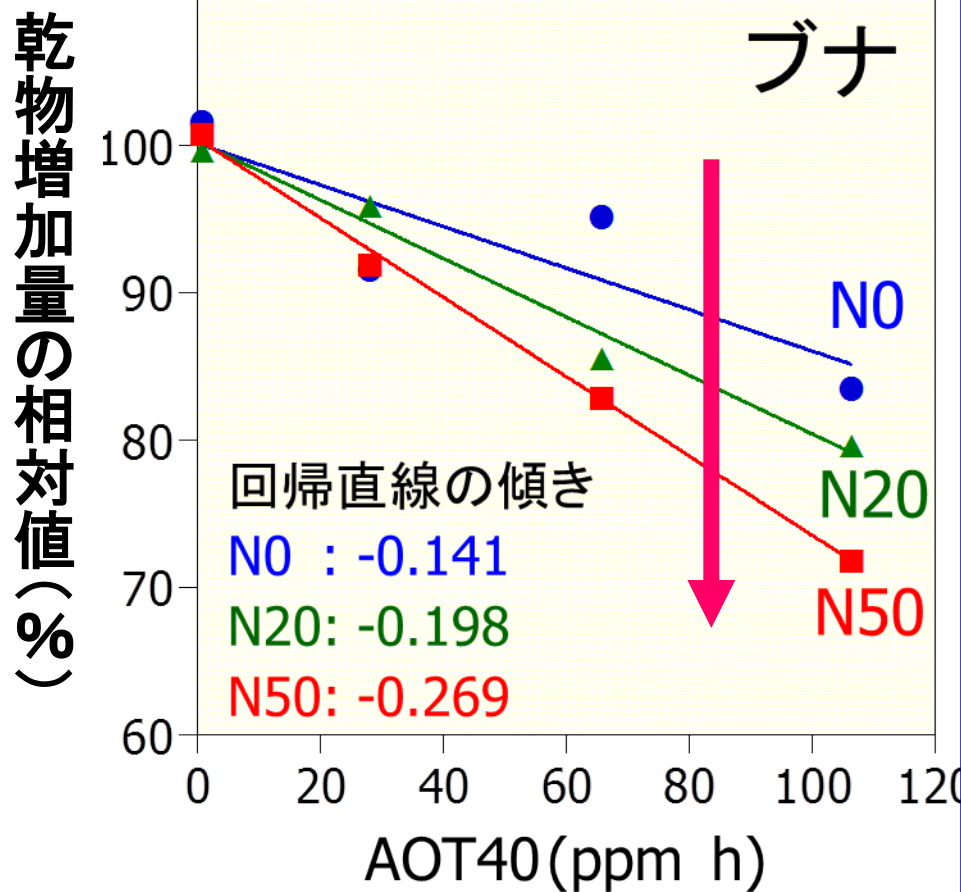
A: *Suillus laricinus*. B: *S. grevillei*, C: *Russula* sp. D: *Inocybe* sp.
E: *Hebeloma* sp. F: *Thelephora* sp. G: *Tomentella* sp.

A, B, D はカラマツ属のスペシャリスト

B (*Suillus grevillei*)ヌメイグチ はF₁に見られ両親に見られず。

D (*Inocybe* sp.)アセタケ属 はゲイマツにのみ見られた。

展望: オゾンのAOT40と乾物増加量の関係



窒素負荷によって

ブナのオゾン感受性増加

しかし、根の状況は不明

オゾン感受性低下

これらの結果からは、
もし、カラマツを土壌条件の良い場所に
植えるなら、オゾンによる成長低下が軽減できる
可能性を意味する。

1996年と2008年の比較；
日本海側では、182から322 mg/m² (1.8倍) へ。
偏西風によって大陸からも運搬されている