

Effects of high nitrogen load on
growth, photosynthesis and nutrient
status of *Cryptomeria japonica* and
Pinus densiflora seedlings

Tatsuro Nakaji, Motohiro Fukami, Yukiko Dokiya
and Takeshi Izuta



Trees(2001)15:453-461

背景

- 窒素は針葉樹林で林木成長を律速する養分である
- $\text{input} < \text{use}$ 成長の促進
- $\text{input} > \text{use}$ 北米や欧州で森林衰退の原因に
(土壌酸性化、無機元素の欠乏、養分のアンバランス)
(Schulze 1989, Van Breemen et al. 1982など)
- 土壌の窒素過剰に対する日本の森林樹木の応答として
使える情報はわずか

仮説

- 養分利用特性の違いが窒素過剰への感受性の違いを生むのではないか？
- 針葉のガス交換能、クロロフィル・Rubisco含量、Rubisco活性、養分状態を調べることで、仮説を検証

材料と方法 (1)

■ 植物と土壌

- 花崗岩由来褐色森林土のスギ林土壌からA層を採取。5mmメッシュに篩いがけ
- 1年生スギ苗、アカマツ苗を2.5lポットにて屋外で育苗。雨の日は塩ビシートで降雨を避けた。(1999.5.25~10.25の153日間)

■ 窒素処理

- 硝酸アンモニウム溶液を0, 28, 57, 113, 340kgNha⁻¹y⁻¹(各N0, N25, N50, N100, N300区) 散布
(林内雨と樹幹流はNH₄⁺/NO₃⁻ = 0.98)

材料と方法 (2)

- 土壌分析
 - 毎月一度、土壌溶液を採取
 - 無機窒素濃度（インドフェノール青染色法、イオンクロマトグラフィー）、pH
 - P, K, Ca, Mg, Mn, Al濃度（ICP発光分析法）
- 植物の成長と養分状態の測定
 - 樹高、地際直径（隔週）
 - 針葉、幹、根、細根（~1mm）に分け、当年生葉は粉碎してN濃度、P, K, Ca, Mg, Mn濃度を測定（硝酸分解法、ICP発光分析）

材料と方法 (3)

- 針葉のガス交換
 - 当年生葉のガス交換を赤外線ガス分析装置で測定
 - $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $65 \pm 5\%$ 、 CO_2 濃度 350ppm 、 $\text{PPFD } 1600 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- クロロフィルとタンパクの定量 (略)

結果 (1) 土壌

- 植物の吸収と硝化によって、アンモニウム態窒素は漸減
- 硝酸態窒素は窒素施与量に対応して濃度が増加
- pHは窒素施与量に対応して値が低下

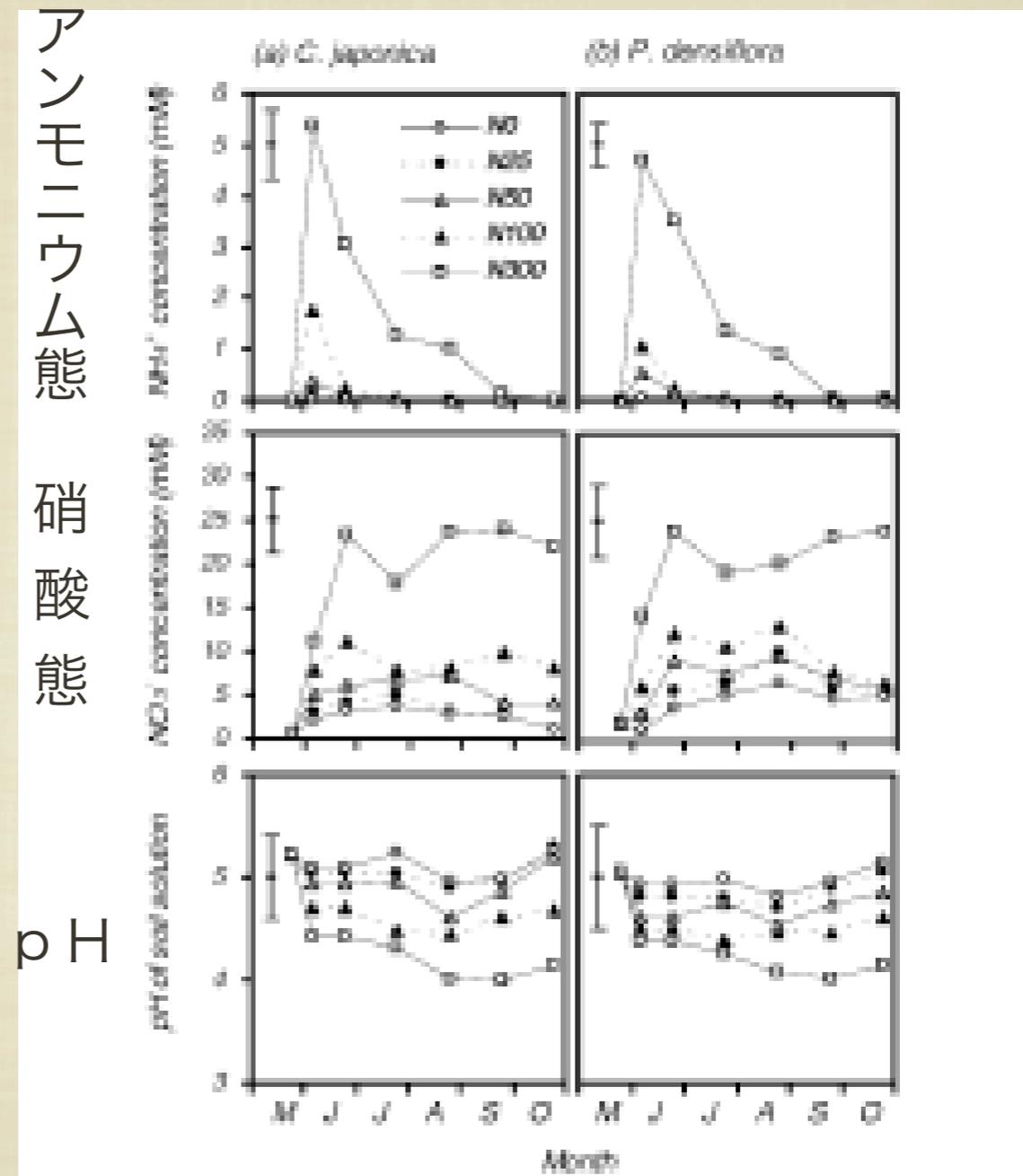


Fig. 1 The concentration of inorganic N (NH_4^+ and NO_3^-) and pH of soil solution during the growth period of (a) *Cryptomeria japonica* and (b) *Pinus densiflora* seedlings. Each value is the mean of four determinations. Vertical bars show the maximum value of SD during the growth period

結果 (2) 樹木の成長

		スギ	アカマツ
樹高		N25, N50	—
直径成長		—	N300
乾重	針葉	N25, N50, N100	N300
	幹	N25, N50, N100	—
	細根	N300	N300

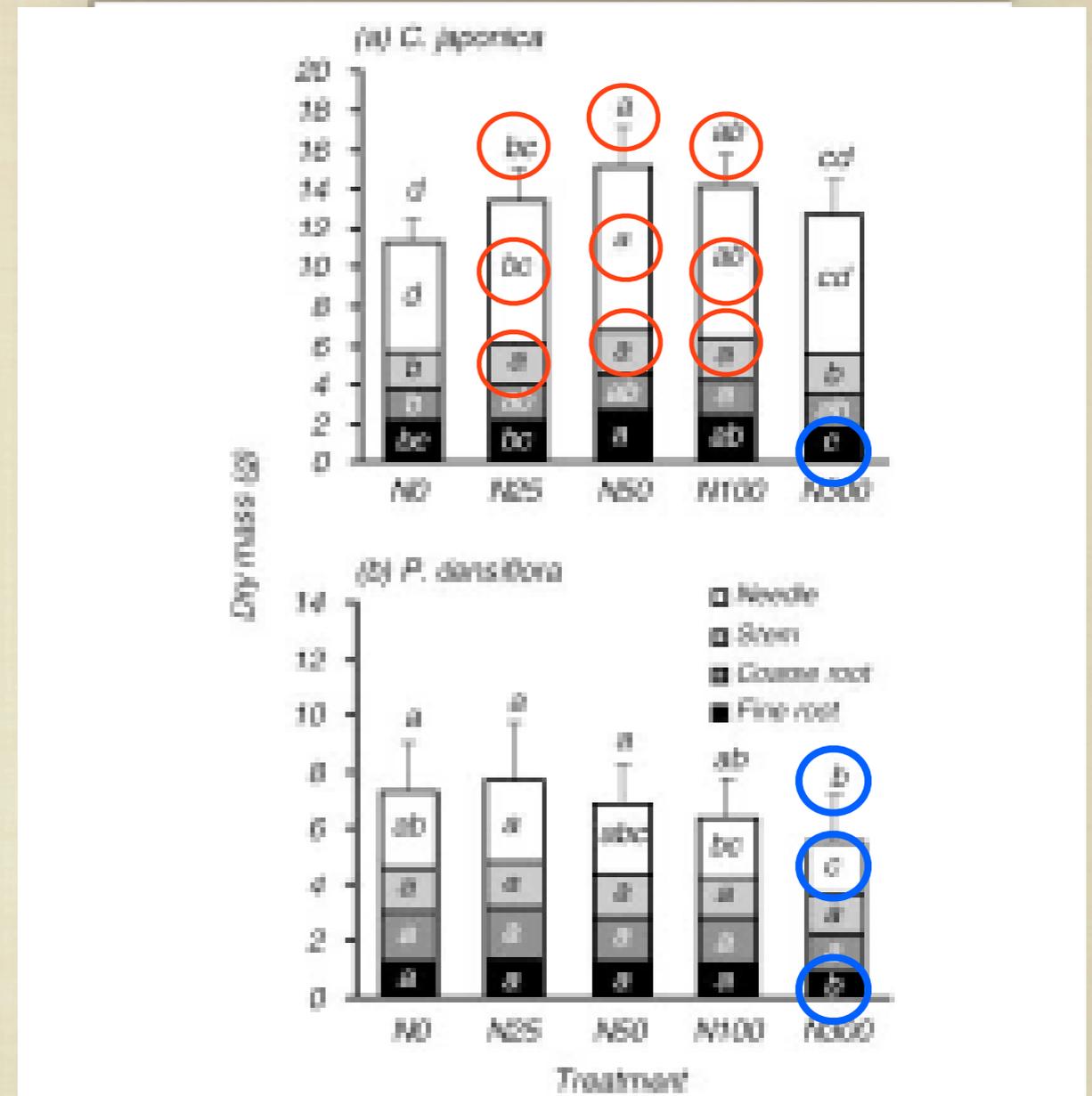
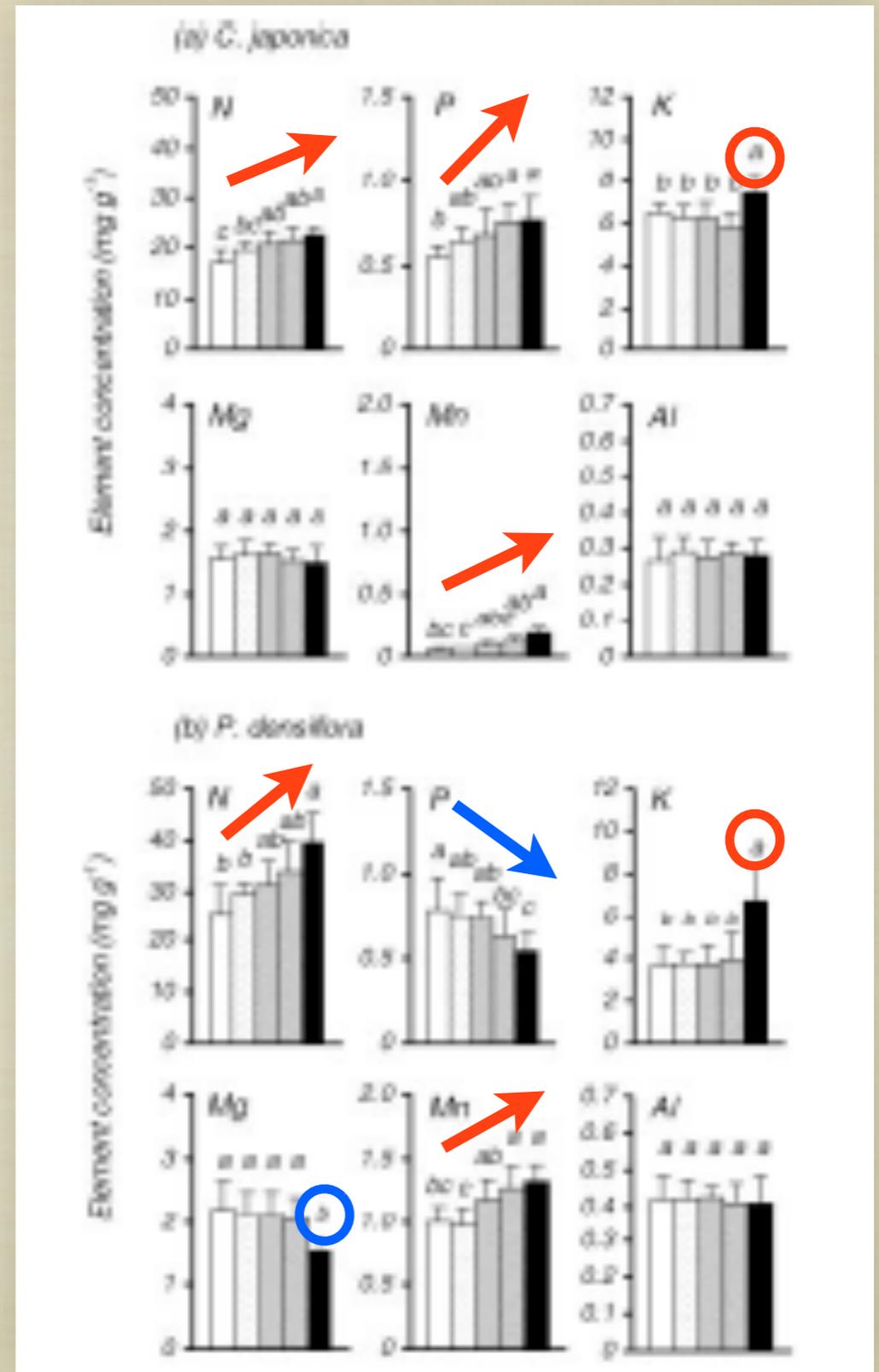


Fig. 4 Effects of N supply to potted brown forest soil on dry mass of (a) *C. japonica* and (b) *P. densiflora* seedlings on 25 October 1999. Each value is the mean of 12 determinations. Vertical bars indicate SD of whole-plant dry mass. Different letters above or within a bar indicate significant differences among the N treatments (Duncan's multiple range test; $P < 0.05$)

結果 (3) 針葉の養分状態

	スギ	アカマツ
N	N50, N100, N300	N300
P	N50, N100	N100, N300
K	N300	N300
Mg	—	N300
Mn	N300	N100, N300
Al, Ca	—	—



結果(4) ガス交換・タンパク

	スギ	アカマツ
A	N25, N50, N100	N300
CE	N50	N300 (70%減)
Gs	— (但、N25, N50, N100 で増加傾向)	N300
QY		N300

	スギ	アカマツ
クロロ フィル	—	N300
可溶性 タンパク	—	N300
Rubisco 濃度	N50, N100	N300
Rubisco 活性	—	N300

考察(1)仮説の検証

- 養分利用特性により窒素負荷に対する感受性は異なる



仮説は**支持**

- 土壌pHはN施与により低下したが、4.0以下にはならず
- pHが4.0以下なら悪影響あるかも
(ダグラスファーの事例)

考察(2)養分バランス

- 施与Nが多いほど可溶性Pは増えるのにアカマツ針葉中のPが減少

N/Pと
可溶性
タンパク

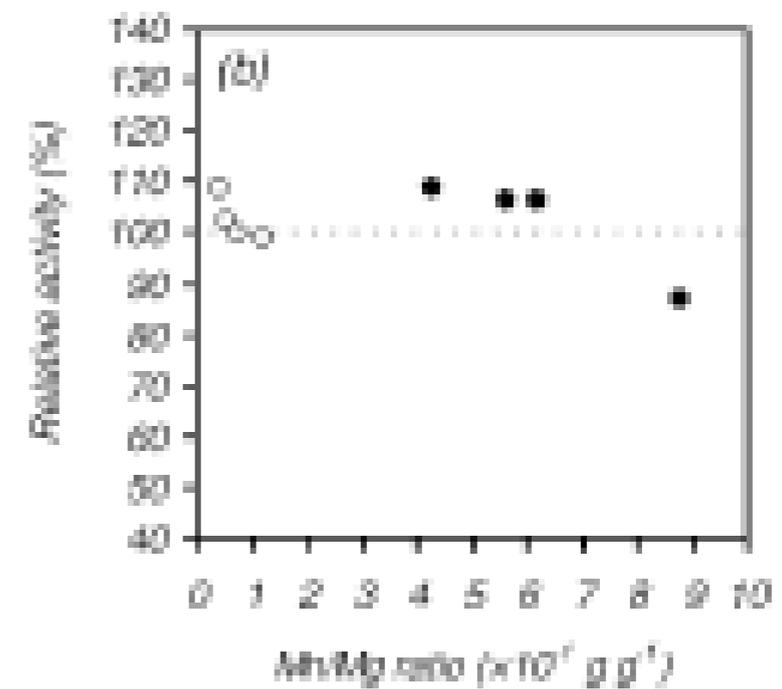
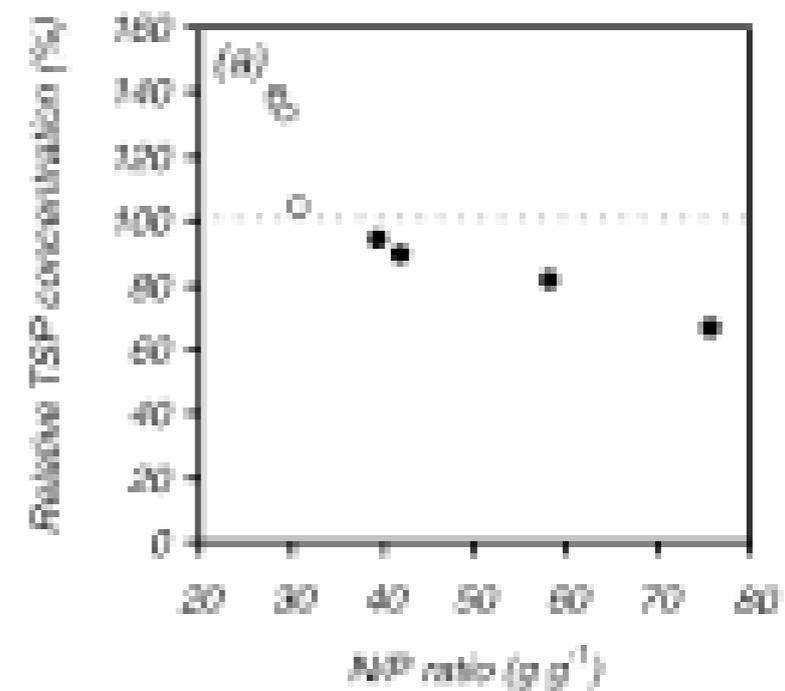
- 細根の減少や菌根形成率低下によるP吸収量の減少が原因か

- アカマツはA, CEが低下

- 針葉のNプールの縮小やN/Pバランスの崩れがタンパクやRubisco合成を抑制?

Mg/Mnと
Rubisco
活性

- Mn過剰だとRubisco中のMgがMnによって置換され、Rubisco活性が低下



○…スギ ●…アカマツ

結論

- アカマツのように貧栄養土壌を好む樹種は、大気窒素沈着の増加により悪影響を受ける可能性あり
- 今後起こりうる被害を予測することが可能に



more information

- Aber D. J. et al.(1989)Bioscience39:378-386
Nitrogen Saturation in Northern Forest Ecosystems
- Izuta T. et al.(2005)農業気象60:1125-1128
Effects of Nitrogen Load on Growth and Leaf
Nutrient Status of Japanese Evergreen Broad--
leaved Tree Species
- Watanabe M. et al.(2006)大気環境学会誌41:320-334
Effects of ozone and/or nitrogen load on the
growth of *Larix kaempferi*, *Pinus densiflora* and
Cryptomeria japonica seedlings