

開放系大気 CO₂増加施設で育成したカンバ類 3種のシュートの動態

-CO₂付加 2年目の効果-

北海道大学農学部

北海道大学大学院農学院

北海道大学大学院農学研究院

北海道大学北方フィールド科学センター

北海道大学大学院農学研究院

原 悠子

伊藤 寛剛・毛 巧芝

渡辺 誠・星加 康智

高木 健太郎

斎藤 秀之・渋谷 正人・小池 孝良

はじめに

18世紀後半の産業革命以降、地球規模で大気 CO₂濃度は増加し続けている(3)。CO₂は植物の光合成の基質であるので、高 CO₂環境下では、複数の樹種で光合成速度が増加し、シュート(枝・葉)の成長が促進されることが予想されている(7)。群落レベルでは、CO₂濃度が増加すると上層木の葉が茂り、LAI(葉面積指数)が上昇することで、更新稚樹の生育に影響を与えることが熱帯雨林を対象としたシミュレーションで指摘された(8)。LAIは植物群落の生産力の指標となるが、ヤナギを用いた実験で高 CO₂により LAIは一時的に増加するものの、その増加は持続しなかったことが報告されている(6)。

カバノキ属は北半球の冷温帯・亜寒帯に広く分布しており、約 10種が日本に分布している(7)。そのなかでも、ダケカンバ、ウダイカンバ、シラカンバは国内において代表的な樹種であり、3種とも成長の早い先駆的な陽樹であるため、これら3種の LAIが高 CO₂環境で変化するのであれば、その後の遷移後期種の動態も含めて森林生態系に与える影響は大きいと考えられる。

そこで、本研究ではカンバ類3種を対象として、野外に近い環境で CO₂付加実験を行い、LAIとシュート(枝+葉)の動態の季節変化を追った。

材料と方法

本研究では北海道大学北方フィールド圏フィールド科学センター札幌研究林実験苗畑に設置された開放系大気 CO₂増加(FACE, Free Air CO₂ Enrichment)施設を用いて行った。2010年5月末にダケカンバ(*Betula ermanii*)、ウダイカンバ(*Betula maximowicziana*)、シラカンバ(*Betula platyphylla* var. *japonica*)の2年生苗を、個体サイズをそろえて褐色森林土に植栽間隔 50~55cmで植栽した。CO₂処理として対照区(CO₂無付加, 約 380ppm)と高 CO₂区(500ppm, 2040年頃を想定)をそれぞれ3プロット設けた。測定は、2011年4月より、CO₂付加2年目、3年生の苗木を対象に行った。

LAIは6月から、同種集団の樹冠下を対象に LAI-2000(LI-Cor社)により測定を行った。現存葉数を樹冠上部(第一側枝)、樹冠下部(樹冠の1/3より下)のシュート

を対象に4, 5, 10月は毎週、6月から9月は3週に一度測定した。出葉の定義は、葉身と葉柄がシュート軸から離れ、1枚の葉として認識できる時点とし(5)、落葉は、葉の脱落、葉のほぼ全体が欠損、葉の全体が褐色に変化(2)のうちいずれかを満たした時とした。個葉面積は、7月末に主軸の葉を対象に測定した。

統計解析は、分散分析(Nested-ANOVA)とし、固定効果を CO₂処理、変量因子をプロットとした。 $p<0.01$ 、0.05で有意差有り、 $p<0.1$ で傾向有りとした。

結果

1) 葉面積指数(LAI)(図-1)

ダケカンバは、生育期間すべてを通じて高 CO₂による有意な増加はなかったが、10月の LAIにおける低下が少なくなる弱い傾向を示した($p=0.104$)。ウダイカンバでは、6月上旬と8月に LAIの増加傾向が高 CO₂区において見られた。シラカンバでは、初夏に LAIの増加が見られたが、8月以降は CO₂処理による差はなかった。

2) 現存葉数(図-2, 図-3)

ダケカンバの樹冠上部・下部のシュートでは、高 CO₂による秋の落葉の遅れが見られた。ウダイカンバでは、CO₂処理による、現存葉数の増加は5月以降なかった。シラカンバでは、6月に樹冠上部のシュートで現存葉数の増加が高 CO₂区でみられた。

3) 個葉面積

ウダイカンバの個葉面積が高 CO₂区で有意に増加した(対象区で 75.2cm², 高 CO₂区で 109.1cm², $p<0.01$)。一方、ダケカンバとシラカンバでは高 CO₂の有意な影響は見られなかった。

考察

ダケカンバは高 CO₂により10月以降の LAIの維持が見られた。これは秋の落葉の遅れによると考えられる。高 CO₂環境でのダケカンバの落葉の遅れは2010年に行ったトップシュートを対象とした研究でも確認されている(4)。ウダイカンバでは、高 CO₂処理による現存葉数の増加は樹冠の上部でも下部でも見られなかったが、個葉面積の増加が見られた。このことにより、8月の LAI

Yuko HARA(Department of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Hirotaka ITO, Qiao-zhi MAO(Graduate School of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Kentaro TAKAGI(Field Science Center for Northern Hemisphere, Hokkaido Univ., Sapporo 060-0809), Makoto WATANABE, Yasutomo HOSHIKA, Hideyuki SAITO, Masato SHIBUYA, Takayoshi KOIKE(Research Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589)
Dynamics of shoots of 3 kinds of birch species grown under free air CO₂ enrichment (FACE) system. -The results of second year-

が高CO₂区で増加したと考えられる。また、同じ個体を用いた光合成特性の測定により、3樹種のなかで、ウダイカンバのみ光合成速度の増加が見られた(9)。処理2年目において、ウダイカンバでは、高CO₂環境が成長にプラスに働いたと考えられる。

シラカンバでは、高CO₂処理が初夏のLAIを増加させた。これは、樹冠上部の現存葉数の推移と同様な傾向である。しかしながら、夏以降のLAIの増加は見られず、Koike *et al.*(6)の報告を支持する結果となったと

以上より、高CO₂処理によるLAIの増加は各樹種とも見られたが一時的であり、その季節変化は種によって異なることが分かった。

謝辞

本研究は、日本学術振興会の新学術領域研究(21114008)の一部支援を得た。記して感謝する。

引用文献

(1) Eguchi N., Karatsu K., Ueda T., Funada R., Takagi K., Hiura T., Sasa K. and Koike T. (2008) Photosynthetic Responses of birch and alder saplings grown in a free air CO₂ enrichment system in northern Japan *Trees*, 22:437-447.
 (2) Hensel L., Grbic V., Baumgarten D.A. and Blecker A.B. (1993) Developmental and Age-Related Processes That Influence the Longevity and Senescence of Photosynthetic Tissues in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 5 553-564.

(3) IPCC (2007) : Climate change 2007: the physical science basis Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 996pp
 (4) 伊藤 寛剛 (2011) 開放系大気CO₂増加(FACE)施設で育成したカバノキ属3種のシュートの生物季節学的研究-樹木医学的視点からの解析. 北海道大学造林学研究室 卒業論文.
 (5) 菊沢 喜八郎 (1978) 数種広葉樹の葉の生存曲線. 日本林学会論文集 89:187-188.
 (6) Koike T., Kohda H., Mori S., Takahashi K., Inoue M. T. and Lei T. T. (1995) Growth Responses of the Cutting of Two Willow Species to Elevated CO₂ and Temperature. *Plant Species biology* 10:95-101.
 (7) Mao QZ., Watanabe M., and Koike T., (2010) Growth characteristics of two promising tree species for afforestation, birch and larch in the northern part of Asia. *Eurasian J. For Res.* 13: 69-76.
 (8) Oikawa T (1986) Simulation of forest carbon dynamics based on a dry-matter production modelIII. Effects of increasing CO₂ upon a tropical rainforest ecosystem. *The Botanical Magazine Tokyo* 99 419-430.
 (9) 渡辺 誠ら (2012) 2成長期間の高CO₂処理がカバノキ属3種の光合成活性に与える影響 北方森林研究 60(本号)

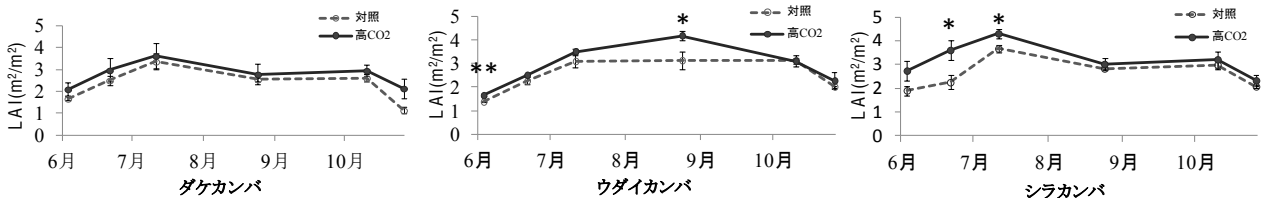


図-1 LAIの変化

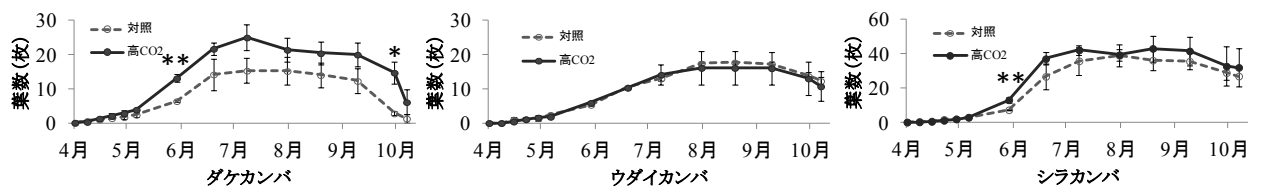


図-2 現存葉数の変化(樹冠上部)

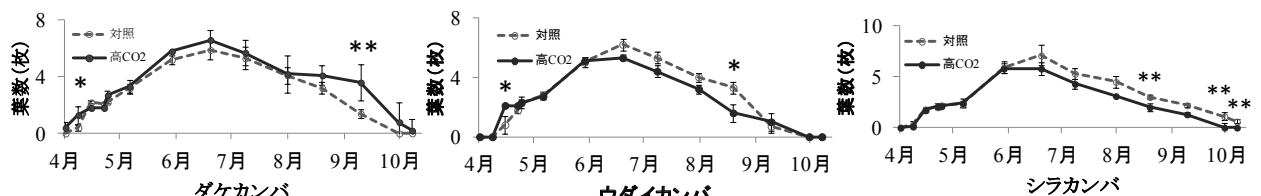


図-3 現存葉数の変化(樹冠下部)