

# 間伐に伴う林内環境の変化が残存木の光合成能力に与える影響について —静岡県井川演習林内20年生ブナ植栽林における事例—

飯尾 淳弘\*・今泉 文寿\*\*

Influences of environmental changes following gap formation on leaf photosynthetic capacity  
of young beech tree

— Case study in the 20 yr old *Fagus crenata* Blume stand in Ikawa University forest —

Atsuhiko IIO \* and Fumitoshi IMAIZUMI \*\*

## 目 次

I はじめに .....	24
II 調査地概要 .....	24
III 方 法 .....	26
1. 供試木の選定と間伐方法 .....	26
2. 環境条件の観測 .....	27
3. 個葉の光合成速度の測定 .....	27
IV 観測結果と考察 .....	28
1. 環境条件の季節変化 .....	28
2. 間伐に伴う環境条件の変化 .....	28
3. 間伐による環境の変化が葉の光合成能力に及ぼす影響について .....	31
V まとめ .....	36
謝 辞 .....	36
引用文献 .....	36

---

\* 静岡大学農学部 Department of Agriculture, Shizuoka University

\*\* 筑波大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba

## I はじめに

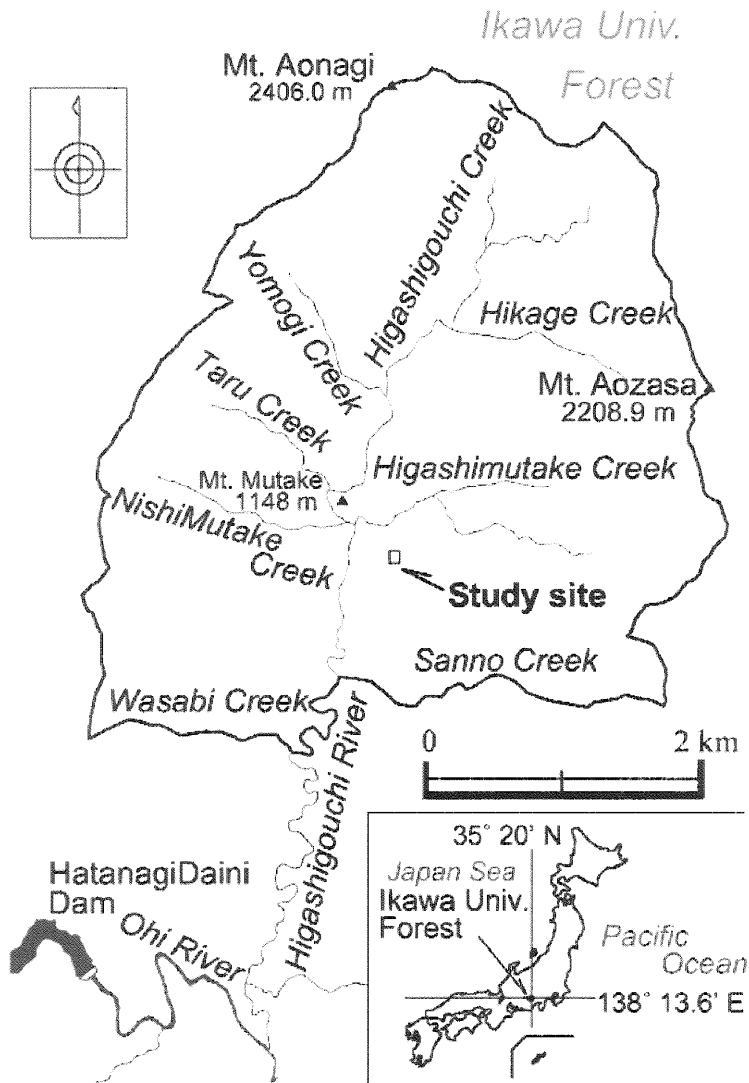
CO<sub>2</sub>の増加に伴う地球温暖化が深刻になり、その抑制が求められている。森林資源にはCO<sub>2</sub>の吸収源、貯留源として大きな期待が集まっており、そのCO<sub>2</sub>固定量（光合成量）の解明とそれを高い水準で維持する方法の提案が求められている。森林のCO<sub>2</sub>収支は世界各地で測定されており、特に最近は渦相関法によるCO<sub>2</sub>フラックスのモニタリングが盛んである。日本でも苫小牧や高山をはじめとする各地でモニタリングされており、例えば高山の広葉樹林のCO<sub>2</sub>固定量は年間約237g C m<sup>-2</sup>であると推定されている（Saigusa et al. 2005）。このようにCO<sub>2</sub>収支の定量的な評価に関する研究はここ数年で大きく前進している。しかしながら、そのCO<sub>2</sub>固定量を枝打ちや間伐などの森林の利用と関連付けて調べた研究は非常に少なく、どのように森林を管理すればそのCO<sub>2</sub>固定機能を高められるのかはわかっていない（Han et al. 2006, Jones and Thomas 2007）。CO<sub>2</sub>固定量を高い水準で長期間維持するためには、その定量的な評価だけでなく、森林の利用（間伐や枝打ち）による林分構造と林内環境の変化に伴うCO<sub>2</sub>固定機能の変化を調べる必要がある。

従来の森林施業は木材生産を主な目的としたものが多い。保安林制度など、森林の環境保全機能に注目した施策・取り組みも行われているが、経験的で科学的根拠に乏しいものが多い。森林施業がCO<sub>2</sub>固定機能に与える影響を調べることで、森林施業に木材生産だけでなく環境保全機能の向上という側面を付加し、また、理論的根拠を与えることが期待できる。

そこで、本研究では筑波大学井川演習林内の20年生ブナ植栽林において、間伐に伴う環境変化、およびそれが残存木の光合成能力に及ぼす影響を調べた。ブナ（*Fagus crenata* Blume）はわが国の極相林を構成する樹種のひとつであり、面積的にも広く分布していることから、植樹活動の植栽樹種として頻繁に用いられており、また現存する林の保護や衰退する林の回復が叫ばれている。CO<sub>2</sub>固定機能をはじめとしたブナ林の公益的機能に関する報告はいくつかあるが、先にも述べたように施業と関連付けた実践的な報告は非常に少ない（村井ほか1991, Kakubari and Hosokawa 1992）。本研究では特に、（1）間伐による林冠ギャップ（林冠にできた空隙）の発生が、ギャップに隣接する個体の樹冠内光環境、温湿度環境、土壤水分に与える影響と、（2）間伐による環境の変化が葉の光合成機能（CO<sub>2</sub>固定機能）に及ぼす影響を調べた。その結果について報告する。

## II 調査地概要

調査地は静岡県北部大井川上流域に位置する筑波大学井川演習林（約1760ha）内のブナ人工林（0.1ha）である（図－1）。調査地では従来針広混交の天然林が成立していたが、1966年以前に数本のブナの母樹を残しパルプ材として皆伐された。その後放置されたことで二次林が成立し、また一部は架線集材の作業スペースとして利用されていた。1987年には再び二次林を伐採し、木材生産を目的にブナが植栽された。植栽されたブナの苗木は、調査地周辺に残されていた母樹から採取された種子をもとに約23km離れた井川演習林事務所の苗畑で養成されたものである。



図－1 試験区の位置図

ブナ林から600m離れた気象観測サイト（井川演習林総合Ⅰ，標高1175m）での観測によると年平均気温9.0℃，年降水量2,800mm，暖かさの指数67.7，寒さの指数－21.5である。周辺の二次林にはミズナラ・カエデ類などからなる落葉広葉樹にモミ・ツガなどの針葉樹が混生している。また凸斜面を中心として一部自生するブナがみられる。

このブナ人工林の中に調査区を設定した。実験前の気象条件・土壌水分条件が対照区・間伐区を含めた全調査区内で大きく異ならないよう，斜面の向きが一律な平行斜面（南西向き斜面）を調査区として選定した。調査区の標高は約1250mである。調査区周辺は褐色森林土であり，検土杖による調査の結果1m以上の土層厚を有することがわかった。

### Ⅲ 方法

#### 1. 供試木の選定と間伐方法

図-2に調査区の樹冠投影図を示す。調査区内の6個体（太い枠線；No. 1, 7, 20, 21, 25, 48）を供試木に選んだ（表-1）。間伐による供試木およびその周辺の環境変化に勾配をもたせるために、供試木に隣接する個体の伐採方法を以下のようにアレンジした。

間伐区Ⅰ；No.7と48の周辺では林床にまで強い光が入射するように、全方位にわたり隣接する1～2個体を伐採した。

対照区；No.20と21の周辺では樹冠内外の環境が変化しないときの光合成能力を知るために、隣接する個体を伐採しなかった。

間伐区Ⅱ；No.1と25の周辺では環境の変化が間伐区Ⅰと対照区の間中間程度になるように、南側を中心に隣接する1～2個体を伐採した。

間伐作業は2006年7月19日にチェーンソーにより行った。間伐の際には伐倒木が残存木を傷つけないよう細心の注意を払った。また、作業の際に残存木周辺の土壌を攪乱しないように留意した。間伐作業後、伐倒木は速やかに調査区の外に運搬した。

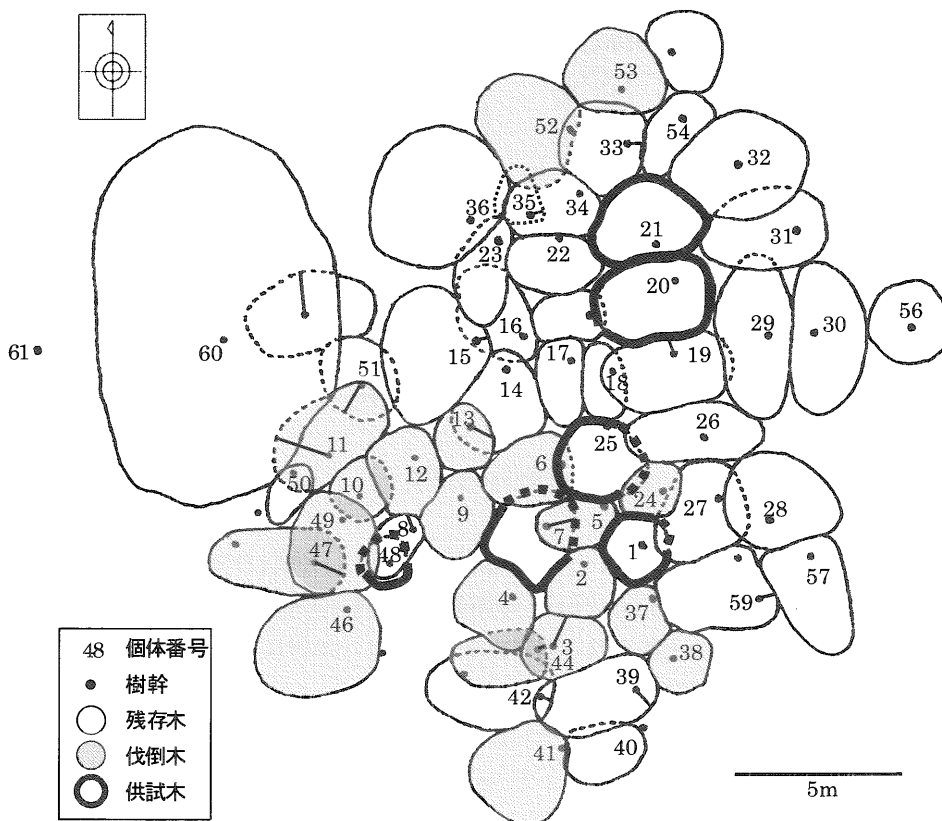


図-2 試験区の樹冠投影図

表－１ 供試木の樹高，最下葉高，胸高直径の一覧

個体番号	樹高 (m)	最下葉高 (m)	DBH (cm)
1	7.08	4.86	6.55
7	8.40	4.52	8.70
20	8.75	4.13	11.90
21	8.22	4.08	9.15
25	8.17	4.75	12.25
48	4.85	2.67	2.90

## 2. 環境条件の観測

間伐に伴う環境条件の変化を把握するため，調査地において気温，湿度，サクション（土壌の吸水圧），および光量子束密度（PPFD）を観測した。観測機械は間伐前の2006年6月12日から順次設置し，同年7月13日にはすべての機材の設置が終了した。観測の詳細は以下のである。

気温および湿度はデータロガー一体型の温湿度計である Onset 社製 HOBO H8 pro によって30分間隔で計測した。温湿度計は直射日光が当たるのを防ぐため，ブナの樹幹にくくりつけたハウジングの中に設置した。対照区に1箇所（No.20），間伐区Ⅰに2箇所（No.7，48）の計3箇所に設置した。

サクションはテンシオメータ（コーナシステム社製）により測定した。テンシオメータは各供試木の根元から約20cm離れたところに，1本ずつ埋設した。ポラスカップの埋設深度はいずれも地表から20cmの深さであり，データを30分間隔でデータロガー（Onset 社製 HOBO U12）に自記記録した。

樹冠内外の PPFD をフォトダイオード（浜松ホトニクス社製 G1118）で測定し，データロガー（Onset 社製 HOBO U12）に自記記録した。供試木の樹冠を高さ別に2～3層に区分し，各層にフォトダイオードを1～2個設置した（合計17個）。測定間隔は10分とした。フォトダイオードは使用前に標準 PPFD センサー（LICOR 社製 LI-190SA）と比較し，校正した。

## 3. 個葉の光合成速度の測定

光合成速度は切り枝を水差した状態で，携帯型光合成測定装置（ADC 社製 LCA4）で測定した。切り枝は各層のフォトダイオードの側から高枝はさみで採取し，採取後すぐに水切りした。実験室に持ち帰り，光合成速度の測定までは冷暗所で保管した。すべての測定は切り枝の採取後3日以内に終了させた。光合成速度の測定は2006年7月14日（間伐前），7月26日，8月21日，9月19日，10月20日に実施した。

葉面の PPFD，温度，CO<sub>2</sub>濃度をそれぞれ1000mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>，25℃，360ppm に制御し，光飽和時の光合成速度（Pnmax）を測定した。下層の葉については，過剰な光による光合成の阻害を避けるために光強度を700mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>に制御した。各層について1～4枚の葉を測定した。

## IV 観測結果と考察

### 1. 環境条件の季節変化

図-3 に日積算光量子束密度 (PPFDday), 温度, 湿度, サクシヨンの季節変化を示す。図中の値は各月の上旬 (1~10日), 中旬 (11~20日), 下旬 (21日以降) の平均値である。PPFDday は8月上旬にピークがあり, 9月に入ると大きく低下する傾向を示した。気温は8月中旬でピークを迎えており, それ以前は単調増加, それ以後は単調減少となっている。湿度は短期的な変動がみられるものの, 長期的な季節変化の傾向は明確でなかった。サクシヨンは梅雨後の7月末から9月上旬にかけて比較的高い値をみせている。7月末から8月上旬にかけて, 晴天が続き降雨の乏しい時期があった。この期間において明確な湿度の低下およびサクシヨンの上昇がみられる (図-3)。

### 2. 間伐に伴う環境条件の変化

#### 1) 光環境の変化

間伐区の個体について, 間伐前後5日間 (7月14日~25日) の相対光量子束密度 (rPPFD; 樹冠内の日積算 PPFD/ 樹冠外の日積算 PPFD) の変化を図-4 に示す。樹冠外の日積算 PPFD の計算には No.21 上層の PPFD を使用した。No.21 は周囲のブナと比較して樹高が高く, また斜面上方に位置し, その上層は樹冠外の光環境とほぼ同様と考えられるためである。No. 7, 25 は樹冠先端が周囲の個体に被圧されていないために, 上層の rPPFD は100% に近く, 間伐前後でほとんど変化しなかった。他個体による被圧が激しい中層と下層では, 間伐後に rPPFD が大きく上昇した。No. 1 と No.48 は被圧木であるために, 上層と下層の両方で rPPFD の上昇がみられた。間伐による rPPFD の変化は No. 1 下層で最も大きく, 約50% の上昇がみられた。

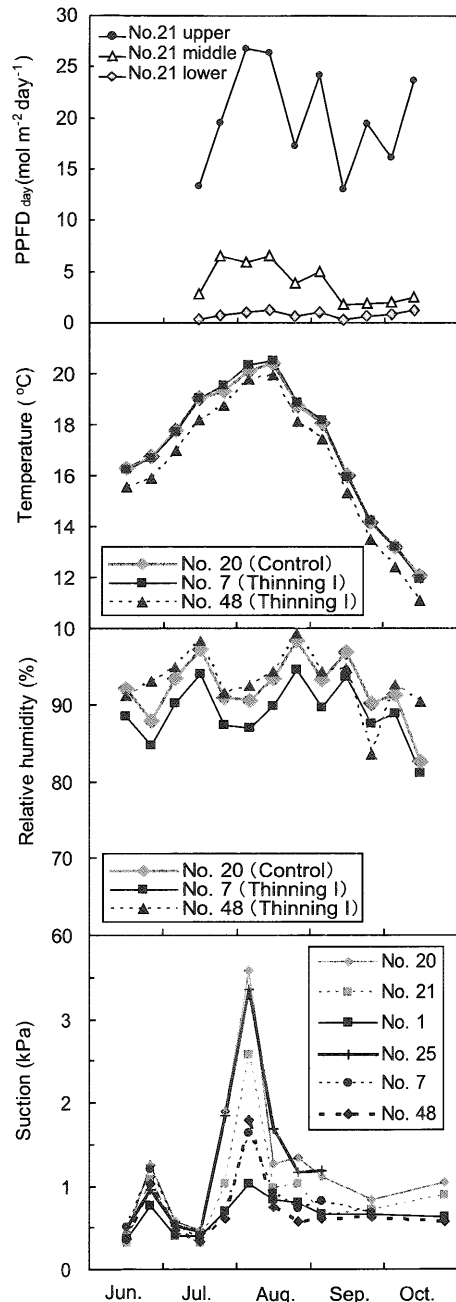
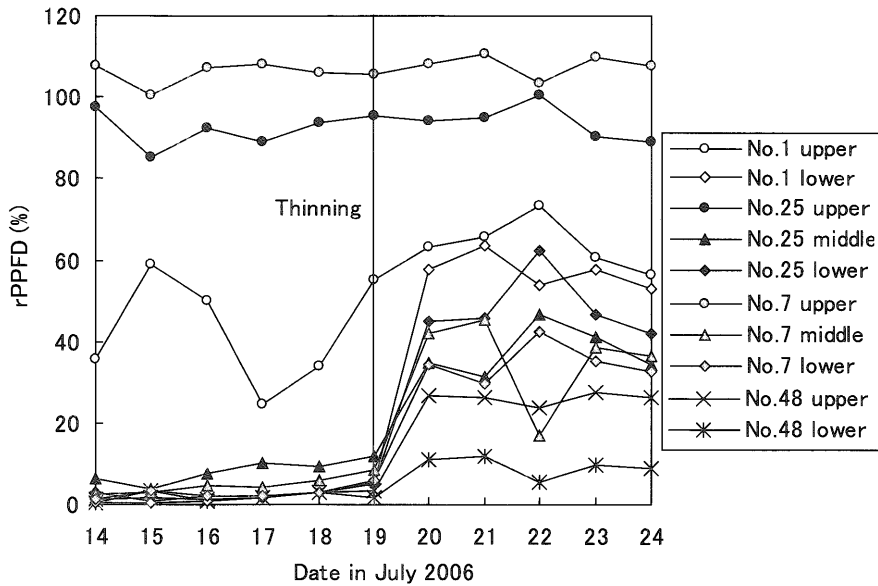


図-3 環境要因と土壌水分の季節変化。  
図中の値は各月の上旬 (1~10日), 中旬 (11~20日), 下旬 (21日以降) の平均値である。



図－4 間伐前後5日間（7月14日～7月24日）における相対光量子束密度（rPPFD）の変化。  
 $rPPFD = (\text{日積算 PPFD} / \text{No.21 上層の日積算 PPFD})$

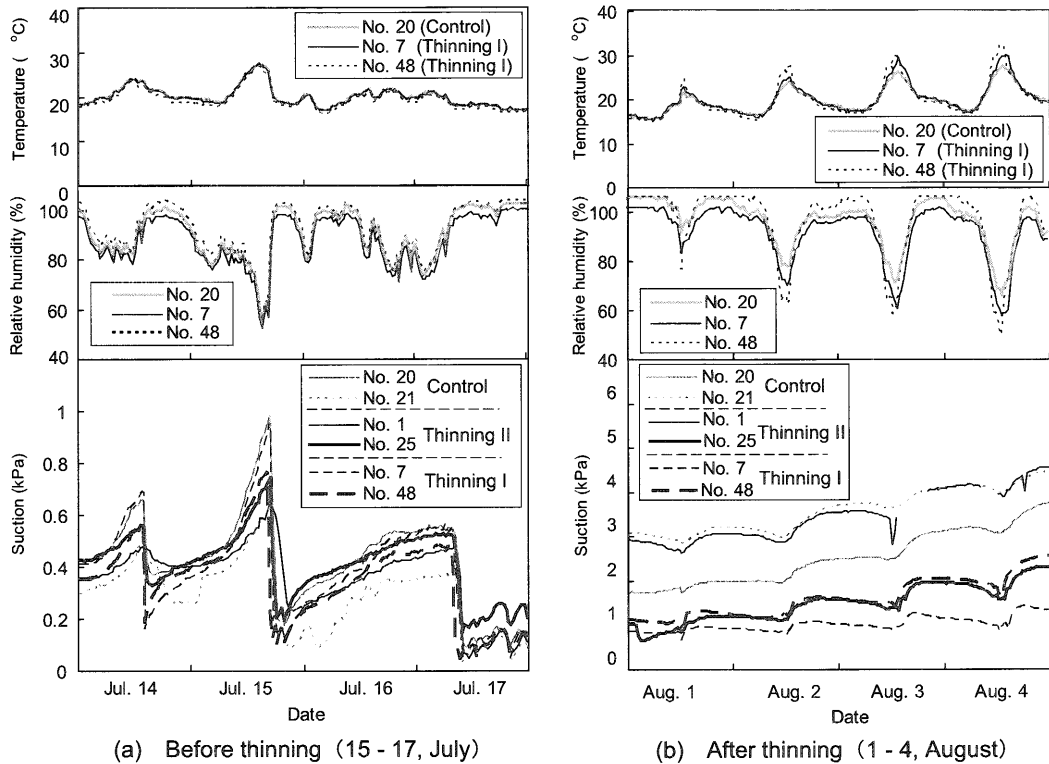
## 2) 温湿度とサクションの変化

図－5には観測期間における気温・湿度、サクションの変化の代表的な例として7月14日～7月18日（間伐前）および8月1日～8月5日（間伐後）の様子を示す。

まず気温に注目すると、間伐前は間伐区と対照区が同様の気温変化をみせているのに対し、間伐後には間伐区の日変動が対照区と比べて相対的に大きくなっている。次に湿度について注目すると、間伐区は対照区と比べ昼間に湿度の低下が大きいことがわかる。一方夜間の湿度は間伐区と対照区の間で顕著な違いはみられない。サクションは間伐後に地点間のばらつきが大きくなっている。

間伐によりもたらされた間伐区的环境変化をより明確にするため、気温、湿度、サクションについて、(間伐区の各センサーの値) / (対照区の値) によって対照区との相対値を計算した。間伐前後における各センサーの相対値の期間平均値を表－2に示す。テンシオメータは対照区に2本設置してあるため、2本の平均値を対照区の値として用いた。また、湿度・サクションは一部のセンサーが欠測になっている時期が存在する。そこで、それぞれの項目について、すべてのセンサーが順調に計測を行っている時期のみ平均値を計算した。そのため、項目ごとで平均をとった期間が異なる。表－2によると、間伐区の気温は2地点とも間伐後に、対照区との相対値が上昇している。反対に、湿度は2地点とも対照区との相対値が低下している。つまり間伐区は間伐により気温の上昇・湿度の低下が引き起こされたといえる。また、サクションに注目すると、No.25は上昇、残りの3地点は土壌水分の低下がみられる。サクションの上昇は土壌の乾燥を、

低下は湿潤化したことを示している。つまり表－2から、間伐に伴う間伐区の土壌はやや乾燥する傾向にあるが、顕著な傾向はみられないといえる。



図－5 間伐前（7月14日～7月18日）と間伐後（8月1日～8月4日）における  
気温、湿度、サクシヨンの変化

表－2 間伐前後での温度、湿度、サクシヨンの対比

			Before thinning	After thinning
Temperature <sup>*1</sup>	Thinning I	No.7	0.997	1.000
	Thinning I	No.48	0.952	0.955
Relative humidity <sup>*2</sup>	Thinning I	No.7	0.965	0.964
	Thinning I	No.48	1.015	0.995
Suction <sup>*3</sup>	Thinning II	No.1	0.905	0.801
		No.25	1.180	1.260
	Thinning I	No.7	1.095	0.782
		No.48	0.945	0.657

<sup>\*1</sup> Before: 6/16～7/18, After: 7/20～10/21

<sup>\*2</sup> Before: 6/16～6/27, 6/29～7/18, After: 7/20～8/5, 8/11～10/20

<sup>\*3</sup> Before: 6/13～6/27, 6/29～7/18, After: 7/26～8/12, 8/21～9/6



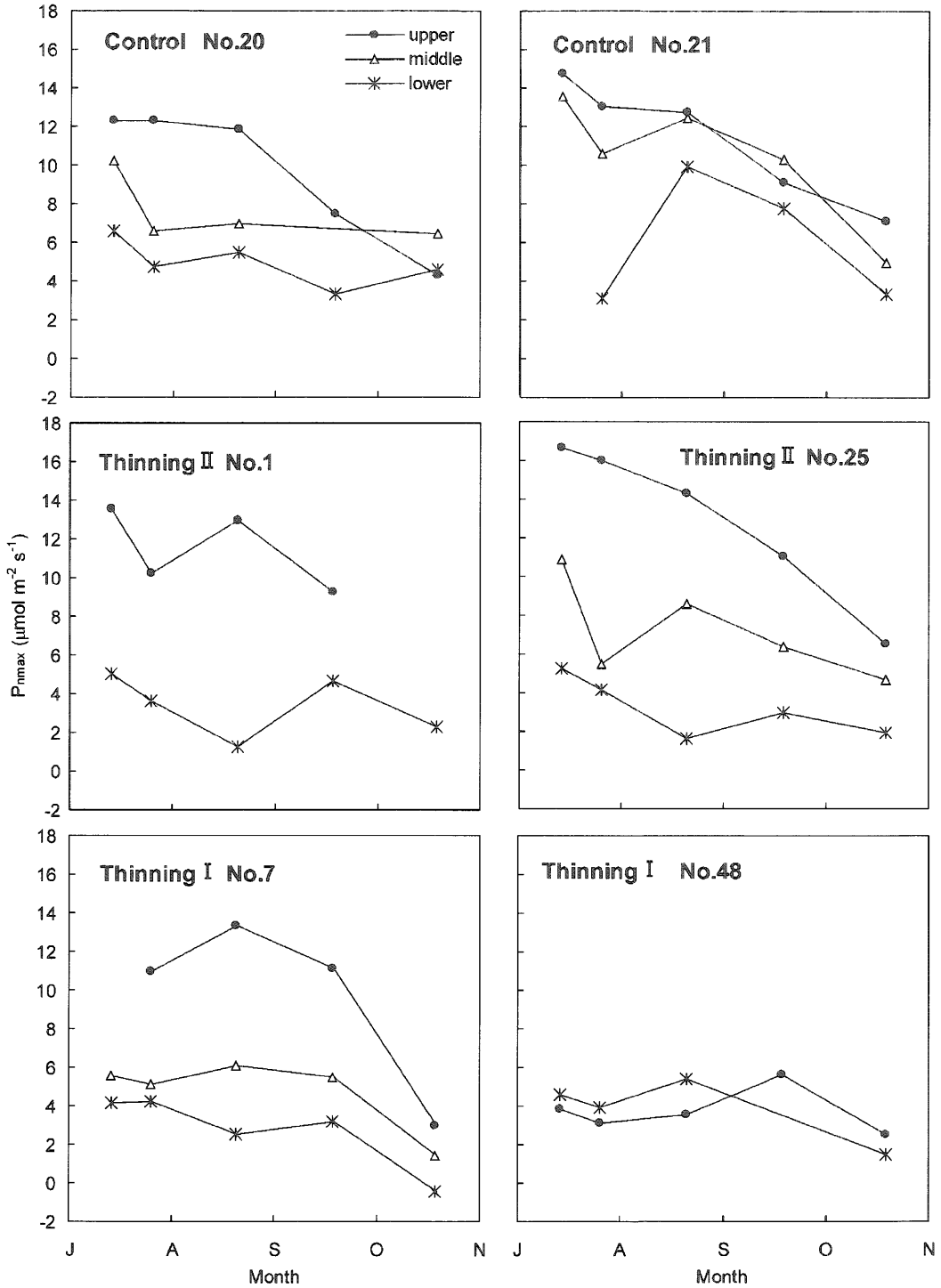
### 3. 間伐による環境の変化が葉の光合成能力に及ぼす影響について

光飽和時の光合成速度 ( $P_{nmax}$ ) の季節変化を図-6に示す。また、間伐前(7月14日)を100%としたときの  $P_{nmax}$  の変化率を図-7に示す。間伐区ⅠとⅡでは、どの層においても間伐後  $P_{nmax}$  の低下がみられた。 $P_{nmax}$  の低下は特に下層で顕著であり、No.7とNo.25では間伐前の30%にまで低下している。また、下層では  $P_{nmax}$  の低下期間が上層、中層と比べて長い。上層と中層では、 $P_{nmax}$  の低下は間伐直後の7月26日にのみ見られ、翌月の8月19日には回復している。それに対して下層では、 $P_{nmax}$  の低下は8月19日まで続き、回復するのは9月に入ってからであった。間伐区ⅠとⅡでは供試木周辺のギャップのサイズが大きく異なるが、 $P_{nmax}$  の変化の傾向に明確な違いはみられなかった。

隣接木を間伐しなかった対照区においても、7月26日に間伐区とよく似た  $P_{nmax}$  の低下が見られた。 $P_{nmax}$  の低下は中層と下層で顕著であり、約25~35%の低下がみられた。対照区では樹冠内の光環境はほとんど変化しておらず ( $rPPFD=1\sim12\%$ )、また、先に述べたように間伐区よりも温度が低く大気が湿潤である。温湿度とサクシヨンの季節変化をみても、7月26日に大気や土壌の顕著な乾燥は起こっておらず、対照区で7月26日に  $P_{nmax}$  が低下した原因についてはよくわからない。8月19日には、中層と下層において  $P_{nmax}$  の回復がみられた。

図-8に間伐前の  $rPPFD$  と  $P_{nmax}$  の関係を示す。 $rPPFD<20\%$  では、 $P_{nmax}$  は  $rPPFD$  の増加とともに直線的に増加するが、 $rPPFD=20\%$  を境に  $P_{nmax}$  の増加率は急激に低下し、 $rPPFD>40\%$  では  $P_{nmax}$  はほとんど一定になった。 $rPPFD$  と  $P_{nmax}$  の関係はこのような飽和型の曲線関係を示した。この傾向は苗場山のブナの報告と一致する (Iio et al. 2005)。苗場山のブナでは変曲点を境に  $rPPFD$  の高い領域では、葉は厚く柵状組織の細胞数が多い陽葉的な性質を有しており、低い領域では葉は薄く、クロロフィルへの窒素分配量の大きい陰葉的な性質であることが示されている。そこで、 $rPPFD<20\%$  で生育する葉を陰葉、 $rPPFD>20\%$  を陽葉と定義した。

間伐による  $rPPFD$  の変化(図-4)と  $P_{nmax}$  の変化率 ( $P_{nmax}/$  間伐前の  $P_{nmax}$ ; 図-7) の関係を図-9に示す。陽葉と陰葉では環境の変化に対する応答が大きくことなるので (Naramoto et al. 2006)、先の定義に従って陽葉と陰葉を区別して示した。7月26日では、陽葉と陰葉の  $P_{nmax}$  の変化率は  $rPPFD$  の増加量に関わらず約70~80%付近で推移した。間伐から1週間の時点では環境の変化の影響はほとんどないといえる。その原因として、間伐からの経過時間が短いこと、また、間伐から7月26日まで曇りや雨の日が続いたために環境の変化の影響が顕著でなかったことが考えられる(図-3)。8月21日では、陰葉において  $rPPFD$  の増加が30%以上になると  $P_{nmax}$  の変化率が急激に低下しているのがわかる。そのような場所では葉が黄変し、部分的な細胞の壊死がみられた(葉の可視障害)。陽葉では、そのような  $P_{nmax}$  の低下や可視障害はみられなかった。陰葉は陽葉と比べて光合成能力が低く、また過剰な光エネルギーを消去する光防御能力も低い (Naramoto et al. 2006)。 $rPPFD$  の増加が30%以上の場所では、陰葉は過剰な光エネルギーを消去できなくなり、光障害を受けたと考えられる。7月末~8月21日までは晴天が続き、土壌と大気の著しい乾燥がみられた(図-3)。土壌と大気の乾燥は気孔



図－6 光飽和時の葉の光合成速度（ $P_{nmax}$ ）の季節変化。1～4点の平均値を示す。

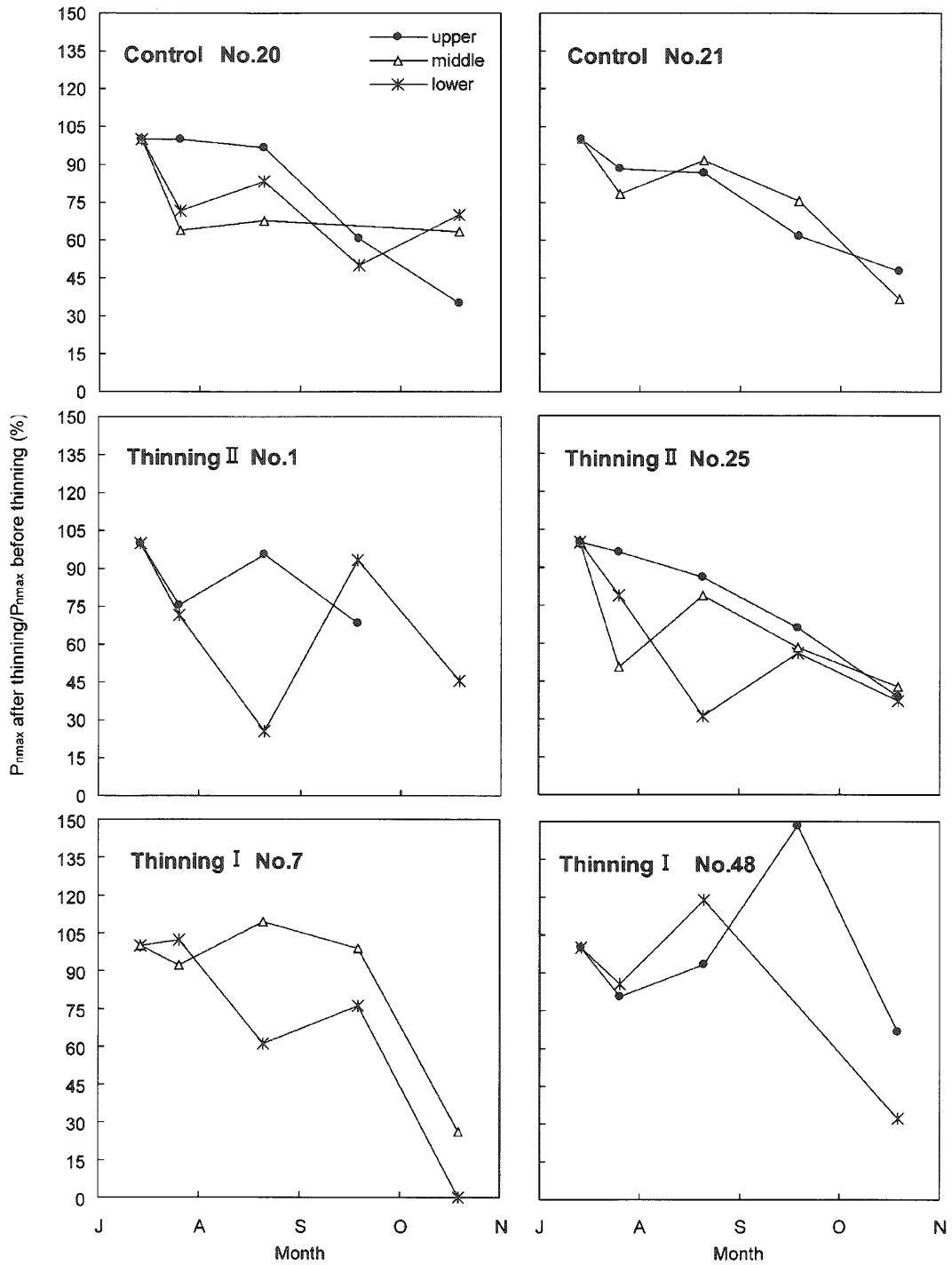
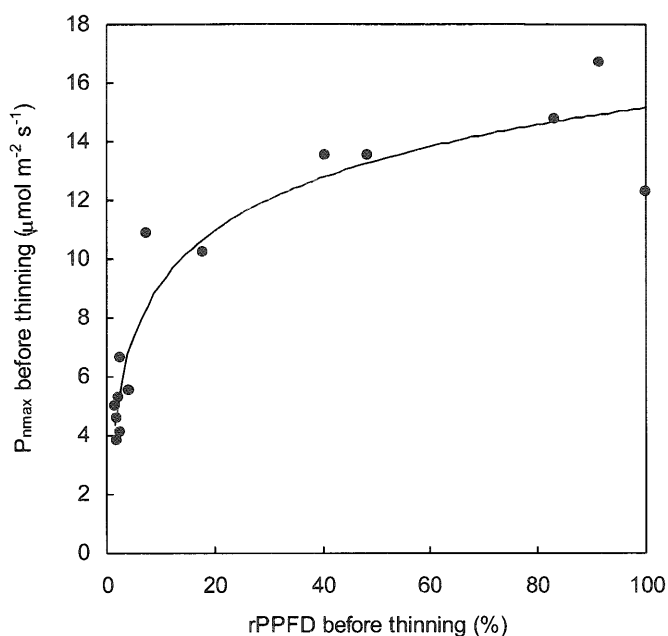
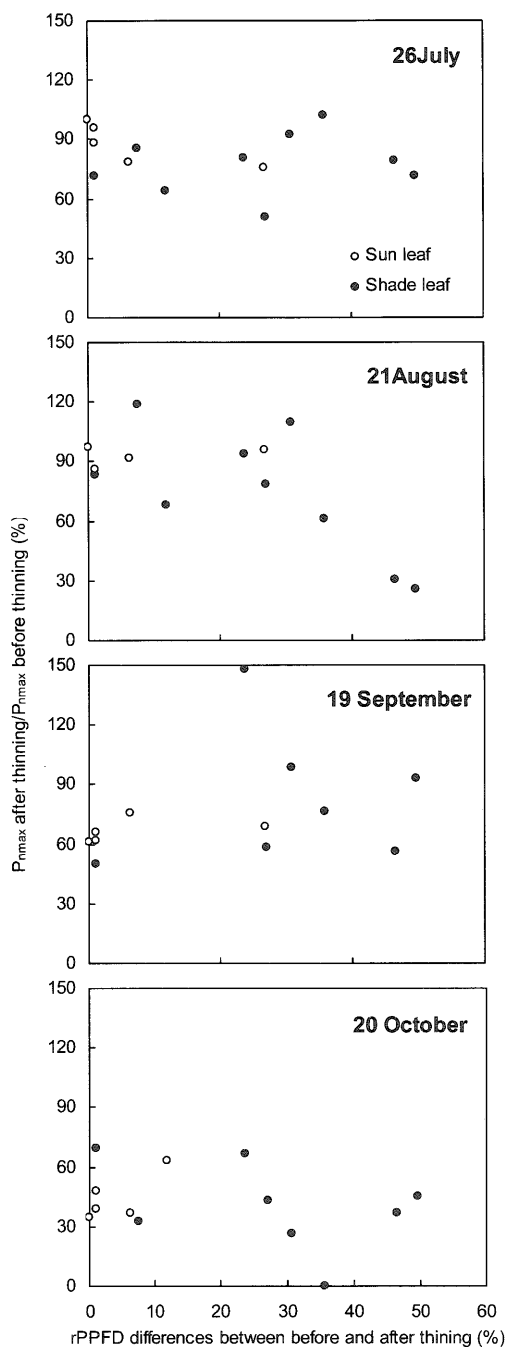


図-7 間伐前後における光飽和時の光合成速度の変化率 ( $P_{nmax} / P_{nmax \text{ before thinning}}$ ) とその季節変化。1～4点の平均値を示す。



図－8 間伐前（7月14日）の相対光量子束密度（rPPFD）と光飽和時の光合成速度（ $P_{nmax}$ ）の関係。1～3点の平均値を示す。図中の実線は自然対数の近似式である（ $y = 2.61 \log(x) + 3.16$ ； $r^2 = 0.91$ ）。

閉鎖とそれに伴う光合成速度の低下を引き起こし、光阻害の進行を加速させる（Powles 1984）。光阻害による  $P_{nmax}$  の低下には、光の急激な増加だけでなく大気と土壤の乾燥も関与していると思われる。9月19日では、陰葉において  $P_{nmax}$  が光阻害から回復したために、 $P_{nmax}$  の変化率は rPPFD の増加量に対して50～90% 付近を推移し、間伐の影響はなくなっていた。光阻害から回復したのは、9月に入り太陽高度の低下と晴天の頻度の減少によって樹冠に入射する光エネルギーが低下したこと、また、十分な降水によって土壤の乾燥ストレスが緩和されたためであると考えられる（図－3）。陽葉では老化の進行により  $P_{nmax}$  の変化率は rPPFD の増加量に関わらず約60～70% に低下した。10月20日になると陽葉と陰葉でさらなる老化の進行がみられ、 $P_{nmax}$  の変化率は30～60% にまで低下した。



図－9 間伐前後における相対光量子束密度（rPPFD）の変化と光飽和時の葉の光合成速度（ $P_{nmax}$ ）変化の関係。1～4点の平均値を示す。白抜きのシンボルは陽葉，黒いシンボルは陰葉をあらわす。図－8より陽葉は  $rPPFD > 20\%$  で生育する葉であり，陰葉は  $rPPFD < 20\%$  で生育する葉であると定義した（観測結果参照のこと）。

## V まとめ

本研究では間伐に伴う環境変化、およびそれが残存木の光合成能力に及ぼす影響を調べるため、筑波大学農林技術センター井川演習林において間伐試験を実施した。その結果、間伐を実施すると、林冠ギャップに隣接する樹冠の光強度が上昇するだけでなく、温度の上昇と湿度の低下をひき起こすことがわかった。土壌水分に関しては、林冠ギャップが発生すると林床からの蒸発が促進されて低下すると思われたが、間伐による明確な変化はみられなかった。

間伐区では、供試木を中心として全方位にわたり半径2～3 mのギャップを開けた間伐区Ⅰと、南側を中心に同様の大きさのギャップを開けた間伐区Ⅱを設けたが、2つの処理区間で温湿度と土壌水分、光飽和時の光合成速度 ( $P_{nmax}$ )に明確な差はみられなかった。この程度のギャップサイズの差は環境要因や  $P_{nmax}$  に影響しないのかもしれない。

相対光量子束密度 ( $rPPFD$ ) <20% で生育する陰葉では、間伐による  $rPPFD$  の増加が30% 以上になると、 $P_{nmax}$  が光阻害によって著しく低下することがわかった。このような  $P_{nmax}$  の低下は間伐から約1ヶ月後の土壌・大気の乾燥が顕著であった時期に明確であったため、 $P_{nmax}$  の低下には光強度の上昇だけでなく、土壌や大気の乾燥も関与している可能性が示唆された。

陰葉における  $rPPFD$  の増加を30% 以下に抑えるような間伐を実施することで、ストレスを小さく抑え、高い水準で光合成量を維持できるかもしれない。今後は今回で得られた個葉レベルでの知見を個体・林分レベルにアップスケールして、樹冠全体の環境の変化に伴う光合成量の変化を予測する予定である。

## 謝 辞

この研究は国土緑化推進機構「緑と水の森林基金」の援助を受けて実施されました。研究計画の立案とその推進にあたり静岡大学の水永博己教授に助言を頂きました。筑波大学農林技術センター井川演習林の遠藤 徹、滝浪 明技術職員には試験区の植生の変遷を教えて頂き、また、間伐作業の全般を担当して頂きました。静岡大学造林学研究室の本戸三保子さんと伊東裕美さんには切り枝の採取や樹冠投影図の作成、間伐材の解体・運搬作業を手伝って頂きました。厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) HAN Q, ARAKI M and CHIBA Y. (2006) Acclimation to irradiance of leaf photosynthesis and associated nitrogen reallocation in photosynthetic apparatus in the year following thinning of a young stand of *Chamaecyparis obtusa*. *Photosynthetica* 44: 523-529.
- 2) IIO, A., FUKASAWA, H., NOSE, Y., KATO, S. and KAKUBARI Y. (2005) Vertical, horizontal and azimuthal variations in leaf photosynthetic characteristics within a *Fagus crenata* crown

in relation to light acclimation. *Tree Physiol* 25: 525-536.

- 3) JONES, T.A. and THOMAS, S.C. (2007) Leaf-level acclimation to gap creation in mature *Acer saccharum* trees. *Tree Physiol* 27: 281-290.
- 4) KAKUBARI, Y. and HOSOKAWA, K. (1992) Estimation of stand transpiration of a beech forest based on an eco-physiological computer simulation model and superporometer. *J Jap For Soc* 74: 263-272.
- 5) 村井宏, 山谷孝一, 片岡寛純, 由井正敏 編 (1991) ブナ林の自然環境と保護. ソフトサイエンス社. pp 399.
- 6) NARAMOTO, M., KATAHATA, S., MUKAI and Y., KAKUBARI, Y. (2006) Photosynthetic acclimation and photoinhibition on exposure to high light in shaded-developed leaves of *Fagus crenata* seedlings. *Flora* 201: 120-126.
- 7) POWLES, S.B. (1984) Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annu Rev Plant Physiol* 35: 15-44.
- 8) SAIGUSA, N., YAMAMOTO, S., MURAYAMA, S. and KONDO, H. (2005) Inter-annual variability of carbon budget components in an AsiaFlux forest site estimated by long-term flux measurements. *Agri For Meteol* 134: 4-16.

## Summary

Responses of leaf photosynthetic capacity of young *Fagus crenata* tree to gap creation were studied experimentally in the year following thinning. We selected six sample trees and designed three different level of canopy openness in July 2006 as follows; 1) no thinning and closed canopy area (control), 2) medium canopy openness area by removing 3-4 trees located the southern part of the sample tree and 3) large canopy openness area by removing neighboring trees around the sample tree. Two trees were sampled from each area. Photosynthetic photon flux density (PPFD) and light saturated photosynthetic rate ( $P_{nmax}$ ) in the upper, middle and lower crowns were monitored after gap creation. In addition, suction, air temperature and relative air humidity were continuously monitored at each area. Gap creation increased PPFD markedly in the middle and lower crowns but not in the upper crown. Although gap creation increased air temperature and decreased air humidity, there were no marked differences between medium and large canopy openness area. Suction was almost same among three areas. The effect of gap creation on  $P_{nmax}$  was only evident for shaded leaves, growing at relative photosynthetic photon flux density (rPPFD) before gap creation less than 20 %, and one month after gap creation.  $P_{nmax}$  of shaded leaves sharply decreased by sever chronic photoinhibition when increases in rPPFD by gap creation were over 30%.

(2007年1月18日 受理)