二次林の生産力[1)]

小　川　房　人[2)]

1．はじめに

二次林は，かつては薪炭林あるいは農用林として，人間の生活活動に対して必須の存在であった。このため，二次林の集約的管理がなされていた。しかし，現在では，人間の生活様式の中におけるエネルギー革命，あるいは農業技術の変革のため，二次林の利用，経営管理は，ほとんど完全に放棄されている。最近，森林の生物生産力に関する研究は急激な発展をみせているが，その多くは，人間による開発があまりおよんでいず，森林の存在する地域の気候・土壌条件に対応した自然生態系の面影を強く保持している原生林や，林業経営の対象となる人工林に関する研究である。二次林は，現在人間の生活活動に対する利用価値が小さいため，生物生産力調査の対象としては，あまりとりあげられていない。したがって，現在の段階では，二次林の生物生産力について，立ちいった解析は不可能である。

ここでは，二次林の生物生産力をしめす数少ない資料を参考にし，二次林の生産力がどの程度のものであるか，評価の手がかりをさぐってみる。

2．植物群落の生物生産力

生物生産力とは，植物が光合成によってどれだけの有機物を生産できるかという，有機物生産の能力の程度をしめすものである。光合成は，植物の働きにより，光エネルギーを生物の生活活動に利用できる化学エネルギーに転化する生理過程である。人間をふくめすべての生物の生活活動のエネルギーは，この光エネルギーに由来するエネルギーしか利用できない。すなわち，すべての生物は，直接・間接に植物の生産した有機物を摂取し，呼吸によって有機物中の光起源のエネルギーを開放し，これを利用して生活活動を営む。

また，植物の光合成による大気からのCO_2の吸収および大気へのO_2の放出と，生物の呼吸による大気からのO_2の吸収および大気へのCO_2の放出とは，大気中のCO_2およびO_2の組成に大きく影響する。この組成の大幅な変化は，人間生存に大きく影響する。

表1．群落の物質収支表(時刻t_1からt_2までの期間)．(小川1967)

収　入	支　出
y_1　：t_1における現存量(前期からの繰り越し量) ΔPg：総生産量(総光合成量)	ΔR：呼吸消費量 ΔL：枯死量 ΔG：被食量 y_2：　t_2における現存量(次期への繰り越し量)
$y_1+\Delta Pg$	$\Delta R+\Delta L+\Delta G+y_2$

表1に，植物群落のある期間中の有機物生産とその消費の基本的関係を，物質収支表としてしめす。この収支表はを人手の入らない自然生態系の植物群落についてしめされており，呼吸消費量ΔRは植物から大気への直接的なCO_2の放出を意味する。枯死量ΔLおよび被食量ΔGも，消費者，分解者を経由するが，それらの呼吸消費量として，最終的には大気へ放出される量である。このように生物に利用された残りである期間の終りの現存量y_2と期間の始めの現存量y_1との差Δyは，期間中における生きた植物体量の増分で，ふつう成長量とよばれる。

$$\text{成長量}\quad \Delta y=y_2-y_1 \qquad (1)$$

植物の光合成により期間中に生産された有機物の総量ΔPgは総生産量とよばれる。この総生産量ΔPgから植物の呼吸消費量ΔRを差し引いた量ΔPnは，植物以外の生物の生活活動のエネルギー源として提供しうる有機物量をしめし，純生産量とよばれる。

1）関西自然保護機構第9号

2）大阪市立大学理学部附属植物園

純生産量　$\Delta Pn=\Delta Pg-\Delta R$　(2)

支出表では，物質不滅の法則により，収入の総和と支出の総和は常に等しい。したがって，総生産量ΔPgと純生産量ΔPnとは，支出項とつぎのような関係をもつ。

$$\Delta Pg=\Delta R+\Delta L+\Delta G+\Delta y \quad (3)$$

$$\Delta Pn=\Delta L+\Delta G+\Delta y \quad (4)$$

表1の物質収支表は，物質収支がエネルギー収支に対応する場合についてしめされている。これに人間によるエネルギー源以外の植物資源の収穫・利用の項が加われば，この項を加える必要がある。この項は，永久的あるいはかなり長期にわたり，大気へ還流しない炭素の存在をしめす項となろう。

以上のような定義にしたがって，二次林の総生産量，純生産量および現存量がどの程度のものであるかを考察する。

3．日本の二次林の生産量

日本の森林の現存量・生産量については，依田(1971)や吉良（1976）など，いくつかのとりまとめがあるが，ここでは只木・蜂屋（1968）のとりまとめた葉量および純生産量の例をしめす（表2）。二次林についての資料は少ないが，表3の若いコジイ二次林（Tadaki，1974）の例でみると，林齢11年および14年で，すでによく成熟した常緑広葉樹林と同じ程度の純生産を行っている。今まで

表2．日本の閉鎖した森林の葉量と純生産量（只木・蜂屋1968）.

	葉乾重 ton/ha	葉面積 ha/ha	純生産量 ton/ha・年
常緑広葉樹林	8.6±2.5	5 ～ 9	18.1±4.9
落葉広葉樹林	3.1±1.5	3 ～ 7	8.7±3.0
マツ林	6.8±1.8	3 ～ 6	14.8±4.1
スギ林	19.6±4.4	5 ～ 7	18.1±5.6
常緑針葉樹林	16.9±4.4	6 ～10	13.5±4.2
落葉針葉樹林	3.0±1.0	2.5～ 4.5	10.1±4.4

表3．コジイ2次林の生産量(Tadaki，1974）および大きい生産量の例.

森　林	場　所	林齢	純生産量 ton/ha・年	総生産量 ton/ha・年
コジイ二次林	熊本	11	18.7	45.3
コジイ二次林	熊本	14	22.7	51.7
照葉樹林(Kimura, 1960)	大隅半島	成熟	20.6	73.1
熱帯多雨林(Kira, 1974)	西マレーシ	成熟	26.5	77.0

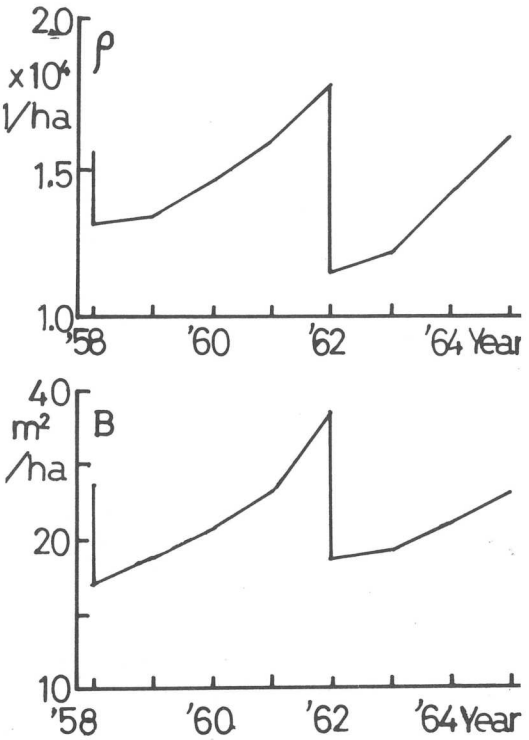


図1　択伐薪炭林（シラカシ）の立木密度Pと胸高断面積合計Bの年次変化（安井・内田1967よりえがく）.

でに測定された森林の中で大きい生産量をもつ大隅半島の照葉樹林（Kimura，1960）や熱帯多雨林(Kira, 1974)とくらべても，総生産量では少ないが，純生産量ではそれほど差がない。すなわち，若齢の二次林でも，生産量に関しては，十分発達した森林に匹敵する機能を果している。

安井・内田（1967）は，択伐方式によるシラカシ薪炭林の生産機構に関する精細な研究を行っているが，この報告でも，二次林の生産力は十分大きいことがうかがえる。すなわち，1959年初頭および1962年末の2回，直径13cm以上の大径木はすべて収穫伐採，直径7～12cmの中径木は，樹冠の形状など樹勢から判断して，優れた立木は残存し今後の旺盛な成長を期待し，他は収穫伐採，直径6cm以下の小径木伐採せず，という基準で択伐し，その後の成長を追跡調査した。伐採強度は，第1回択伐では本数で12.6%，断面積で45.9%，材積で53.0%であり，第2回択伐ではそれぞれ14.3%，41.8%，47.4%であった。

この森林では成長が旺盛で，幹本数・胸高断面積合計とも，急速に回復した（図1）。また，各個体の胸高直径の成長の資料と，幹重，枝重，葉重と胸高直径との関係

表4．高時川流域（半明）の二次林の現存量の例（樹高1.3m以上）．

	幹密度 No./ha	胸高断面積合計 m^2/ha	森林高 m	地上部現存量 幹 ton/ha	枝 ton/ha	葉 ton/ha	計 ton/ha	現存量密度 kg/m^3	葉面積指数 ha/ha
シデ・イタヤカエデ林	6,500	17.5	9	65.5	17.4	2.3	85.2	0.95	4.3
ユナラ林	9,882	28.2	8	78.3	18.8	4.0	101.1	1.26	6.2

から現存量をもとめると，現存量は択伐後4年で原状に回復することが推定される。さらに，材の枯死量や被食量は無視し，葉の寿命は1年と仮定して，葉の枯死量と地上部成長量から年間の純生産量をもとめると，択伐直後でも純生産量は10～12ton/ha・年程度の値をしめし，4年後には20ton/ha・年前後となり，十分発達した成熟林に匹敵する物質生産を行っていることがわかる。

吉良・四手井（1967）は，地上部現存量y_Tを森林の平均高　で割った量y_T/Hを地上部現存量密度Γ_Tと名づけ，よく発達した森林でその値は1.0～1.3kg／m^3程度であることを指摘している。この地上部現存量密度は，立体空間あたりどれだけの植物体が存在するかをしめす量で，1.3 kg／m^3は，　海面高における空気の密度に等しい値である。すなわち，吉良・四手井の指摘は，十分発達した森林でも，立体空間あたりの平均物質密度は空気の密度程度にすぎないことをしめす。興味ある指摘である。

上にのべたシラカシ薪炭林で，樹高成長の模様から平均森林高をもとめ，これと地上部現存量とから地上部現存量密度をもとめると，択伐直後は0.5kg／m^3程度であるが，4年後には1.0kg／m^3前後にしている（図2）。すなわち，よく発達した森林と同じ程度の地上部現存量密度に達していると推定できる。

地上部現存量密度が1.0～1.3kg／m^3という一定の値に達すると，地上部現存量は当然森林の高さに比例する。この森林では，4年ごとの択伐のため，森林高の発達が抑制されているため，地上部現存量は択伐直後の40ton/ha前後から択伐直前の80～90ton/haに止まり，日本の常緑広葉樹林としては比較的低い値に止まっている。

この森林の例から，二次林でも有機物生産および大気とのCO_2およびO_2の交換では，十分成熟した森林に匹適する機能を果していることが推定される。また，4年ごとに収穫される全有機物量は40～50ton/ha，すなわち年平均10ton/ha程度がみこまれ，粗放管理の二次林で，十分集約管理された多収穫作物に匹敵する有機物収積量が期待できよう。

最後に，1980年に調査した，滋賀県余呉町高時川流域の二次林の模様にふれておく。この地域は地形の急峻な多雪地帯で，1968年頃まで薪炭林として経営され，その後薪炭需要の低落により，経営管理の放棄された二次林である。この地域では収穫は択伐形式によらず，15～30年周期の皆伐天然更新により森林経営がなされていた。

皆伐後，天然更新により約17年経過した森林の現況を表4にしめす。森林は傾斜が30～33°という急傾斜地のものであるが，水平面積あたりの値でしめされている。シデ・イタヤカエデ林は，ほぼ北向き斜面に成立し，クマシデ・イヌシベ・イタヤカエデの優占する森林である。コナラ林は，ほぼ南向き斜面に成立し，コナラの優占が圧倒的な森林である。

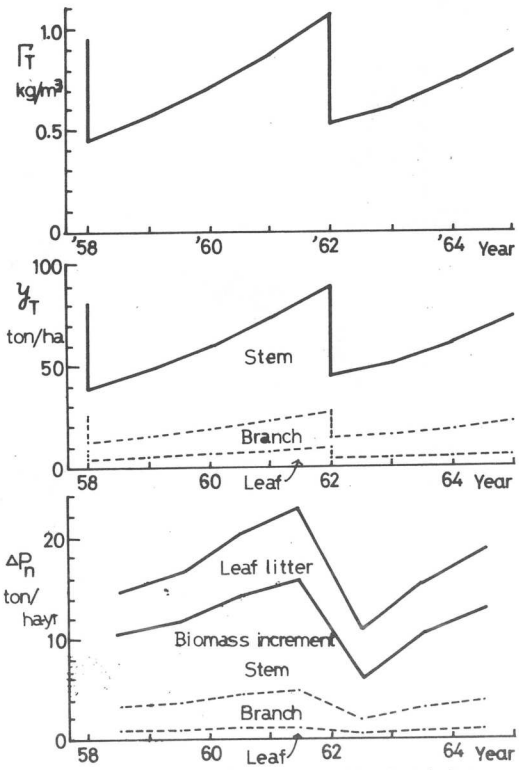


図2　択伐薪炭林（シラカシ）の地上部現存量密度Γ_T　地上部現存量y_T，および地上部純生産量ΔPnの年次変化（安井・内田1967より推定）．

いずれの森林もよくうっぺいしており，葉面積指数4.3および6.2ha/haの値も表2の落葉広葉樹林の値の範囲にふくまれる。ただし，幹密度が大きいわりには小径木が多く，胸高断面積，合計は，うっぺい林としては非常に小さい値をしめす。南向き斜面のコナラ林では，低木（葉面積指数2.0ha/ha）とチマキザサ（1.8ha/ha）を主とする高さ1.3m以下の林床植生もよく発達し，その葉面積指数は4.0ha/haに達した。したがって，森林全体の葉積指数は10.2という，非常に大きい値をしめす。シデ・イタヤカエデ林の林床植生の葉面積指数は0.95ha/haであった。

このような，非常に大きい葉面積指数は，大きい生産量をしめすものと推測される。吉良（1976）は，葉面積指数LAIと1年のうちの生育期間の月数nとの積を平均葉積n・LAIとよび，この平均葉積と年間の総生産速度ΔPgとの間に密接な関係があることをしめしている（図3）。いま，この地域の生育期間nが5月から10月までの6ケ月であるとすると，図3の関係から，これらの森林の林木の総生産量は25～35ton/ha・年程度と推定される。また，地上部現存量から，17年間の平均成長量が5～6ton/ha・年に達し，純生産量は表2の落葉広葉樹林の8.7±3.0 ton/ha・年に優るとも劣らない程度であることが推定される。

依田（1971）がしめした純生産量ΔPnと総生産量ΔPgとの関係（図4）から，総生産量25～35ton/ha・年に相当する純生産量は10ton/ha・年前後ととみなせる。このは，上記の平均成長量5～6 ton/ha・年から推測される純生産量の値とよく似た値であろう。

このように，これらの二次林でも，物質生産，ひいては大気とのガス交換で，成熟した森林に匹敵する役割りを果していることがうかがえる。

森林高が低いため，地上部現存量はそれほど大きくはないが，現存量密度は十分発達した森林の値に達している。

4．おわりに

上にのべたごく少数の例からの推測であるが，二次林でも，物質生産や大気とのガス交換では，成熟した森林

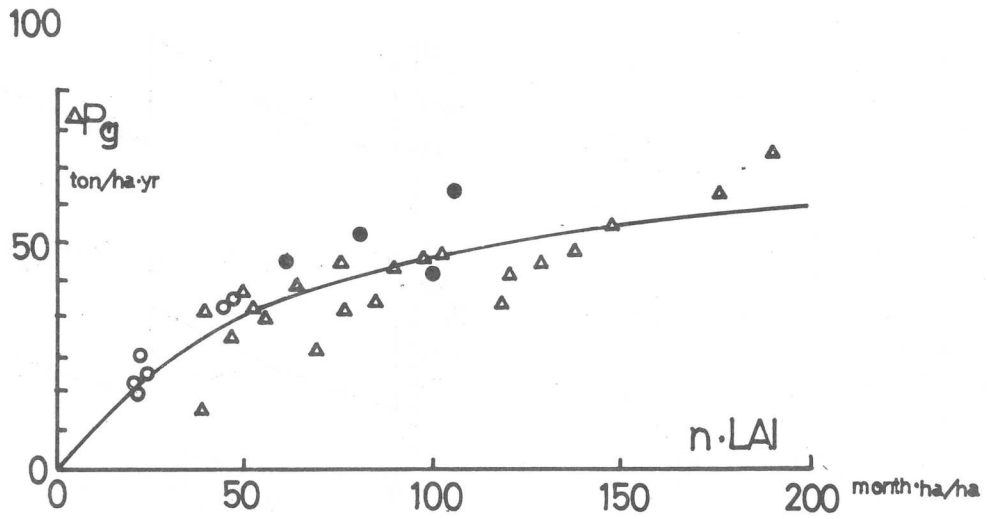


図3　日本の森林の総生産速度（ΔPg）と平均葉積（nL AI）との関係
（吉良1976）平均葉積：葉面積指数（LAI）と生育期間の月数（n）の積．　○常緑広葉樹林 ○落葉広葉樹林 △常緑針葉樹林

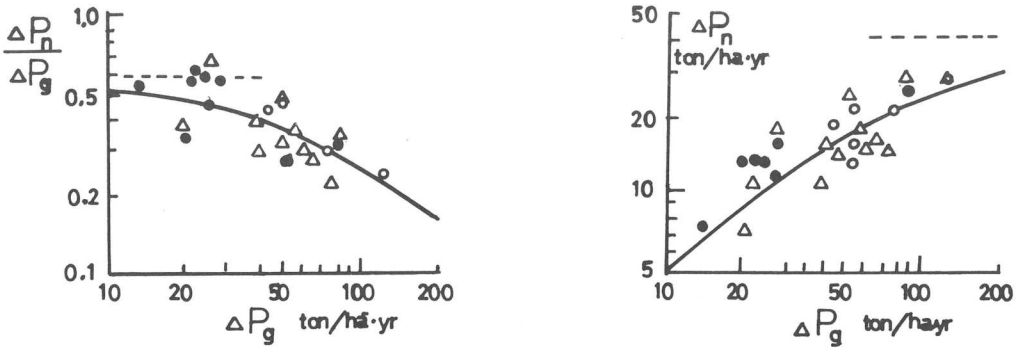


図4　年総生産量（ΔPg）と年純生産量（ΔPn）との関係(依田1971).
●常緑広葉樹林　○落葉広葉樹林　△常緑針葉樹林

に十分匹敵する役割りを果していることがうかがえる。また，有機物収穫の観点から，粗放管理下の二次林で，集約管理下の多収穫作物に匹敵する単位面積あたり収穫量が期待できそうである。これに二次林面積の大きさを考えると，成熟した森林と同じ程度のガス交換効果を果しながら，豊富な有機物供給の役割りをになわすことが可能のようである。

しかし，ひとつの問題は成熟林にくらべて現存量の小さいことである。森林が現在の環境保全で果している大きな役割りのひとつに炭素の貯蔵の問題がある。地球上の炭素の大きな貯蔵庫は海水と，大きな蓄積量をもつ森林の樹体である。この樹体中の炭素がCO_2の形で大気中に放出されると，気候の温暖化，極地の氷の溶解，海水面の上昇により，人間の生息地である陸地面積を大幅に減少させるという，人間生存に対してきわめて大きな影響をおよぼすということは，多くの人により指摘されている。

この点で，よく発達した原生林に比較して現存量の小さいことが懸念される点である。

しかし，上に上げた例でも，50～100ton/ha程度の現存量がみられる。これは，現存量が400～500ton/ha程度の現存量が認められる熱帯多雨林や，700～800ton/haにも達する北米西海岸の針葉樹林にくらべると小さいが，200～300ton/ha程度とみなせる日本の原生にくらべると，炭素貯蔵庫としてかなりの炭素貯蔵庫の役割りを果している。無樹木化した市街地はもちろんのこと，緑地帯とみなされている農耕地うち現存量の多い作物と比較しても，数倍ないし十数倍の炭素蓄積を行っている。

したがって，二次林は，気候変化を阻止するための炭素貯蔵庫の役割りを果させながら，それに加えて有効な有機物供給地と利用するという，多面的効果が期待できそうである。すなわち，二次林は，環境保全と資源供給という，両立しにくい役割りを同時に果す可能性をもつ，きわめて貴重な存在と評価できそうである。しかも，ここから供給される資源は，正常な生物界の物質循環に沿った物質である点も重要な点である。

文献

KIMURA, M. (1960)：Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Resources 52/53, 36－47.

KIRA, T. and SHIOLEI, T. (1967)：Jap. J. Ecal. 17, 70－87.

KIRA, T. (1974)：Primary prooluctivity of Pasoh Forest a synthesis, Malaysian IBP Synthesis Meeting, Kuala Lumpur.

吉良竜夫（1976）：陸上生態系－概論－，生態学講座2，共立出版。

小川房人（1967）：吉良竜夫編，森林の一次生産力測定法の研究中間報告（昭和41年度）4－11。

TADAKI, Y. (1968)：J. Jap. For. Soc. 50, 60－65.

只木良也・蜂屋欣二（1968）：森林生態系とその物質生産，林業科学技術振興所。

安井釣・内田盛之（1967）：島根大学農学部研究報告 1，71－82。

依田恭二（1971）：森林の生態学，共立出版。