

研究資料 (Research record)

台風攪乱を伴った壮齢コジイ二次林の地上部純一次生産量の変動

佐藤 保^{1)*}、齊藤 哲^{2),3)}、荒木 眞岳²⁾

要旨

高齢化して萌芽能力も低下した壮齢のコジイ二次林の純一次生産量が台風攪乱を交えた場合、どのような変動を示すのかを明らかにすることを目的とし、熊本市郊外の萌芽由来のコジイ二次林の地上部の純一次生産量 (ANPP) を 39 年生から 57 年生までの 18 年間にわたり計測した。18 年間の ANPP は平均 11.96 Mg/ha/年であり、幼齢期 (10 ~ 16 年生) に同一林分で得られた平均 13.33 Mg/ha/年に比べてやや低く推移していた。調査林分は 1990 年から 18 年間の計測期間中に大きな台風が複数回襲来したが、台風による脱葉や幹折れによって ANPP は低下していた。50 年生以降のコジイ林では、幼齢林分よりも ANPP の年々変動が大きくなる可能性が高くなると考えられた。また、ANPP の年々変動に対する台風攪乱の影響も、壮齢林の方が幼齢林の時に比べて大きいと考えられた。

キーワード：照葉樹二次林、コジイ、強風攪乱、生産力、年々変動

1. はじめに

日本国内の照葉樹林の中でも南九州に分布する照葉樹林は、適地に植栽されたスギ人工林が示す材積成長量との比較から、高い生産量を有することが指摘されている (只木 1963, 菅ら 1965)。それらの研究は水俣 IBP (International Biological Program) 試験地における集約的な測定 (Nagano and Kira 1978, Kira and Yabuki 1978) にみられるように、その多くがコジイ (*Castanopsis cuspidata*) を中心とした二次林で行われてきた。

コジイは、南西日本の萌芽林の主要な構成樹種の一つである。1960 年台の燃料革命以降、薪炭林として成立していた多くの萌芽林は、利用形態の変化から放棄されて、壮齢から老齢に向かって高齢化している。コジイは、萌芽力が強いことから、10 年から 20 年の周期で伐採が繰り返されて、薪炭材として利用されてきた。一般に広葉樹は太径木化すると萌芽能力が低下することが知られており (Shibata et al. 2014)、コジイにもその傾向が認められる (佐藤 2013)。

照葉樹林において、台風は最も重要な攪乱要因のひとつである (Naka 1982, Yamamoto 1992)。台風攪乱によって樹木の更新が促進 (齊藤・佐藤 2007) されるだけでなく、生産量も大きく変動 (Sato et al. 2010) することが示されている。このような高齢化して萌芽能力も低下した壮齢のコジイ二次林の純一次生産量は、台風攪乱を交えた場合、どのような変動を示すのである

うか?ここでは、過去に調査履歴のある九州地方のコジイ二次林において、複数の台風上陸が記録された、1990 年から 2008 年にかけて地上部の純一次生産量 (Aboveground Net Primary Production, ANPP) を測定した結果を報告する。

2. 方法

2.1 調査地の概要

調査は、熊本市の北部にある立田山 (標高 152 m) の南西斜面に設定された、森林総合研究所九州支所の立田山実験林 9 い 2 林小班 (北緯 32° 49' 22", 東経 130° 43' 59") で行った。調査対象の林分 (0.41ha) は、1951 年に皆伐された後に成立した萌芽由来の二次林である。アラカシやクロキなどの常緑広葉樹をわずかに交えるが、高木層から低木層に至るまでほとんどがコジイで占められている。調査林分では、過去にコジイ用材林誘導試験のため、幹本数の異なる 8 つの調査区が設定され、伐採後 10 年目に当たる 1961 年に間伐が行われた履歴がある (只木 1995)。また、1961 年から 1967 年の間に幼齢コジイ林の生産構造に関する一連の研究 (只木ら 1962, Tadaki 1965, 1968, 只木・香川 1968) が行われている。しかしそれ以降、約 30 年以上にわたって調査林分に対して施業は行われておらず、いわゆる放置された林分となっている。

南西向きの緩斜面に位置する本調査林分の土壌は、安山岩を母材とする乾性褐色森林土 (B_c 型) である。

原稿受付：平成 30 年 3 月 30 日 原稿受理：平成 30 年 9 月 5 日

1) 森林総合研究所 森林植生研究領域

2) 森林総合研究所 植物生態研究領域

3) 森林総合研究所 関西支所

* 森林総合研究所 森林植生研究領域 〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1

近接の熊本地方気象台における年平均気温は 16.2℃、年平均降水量は 1,968mm である。なお、立田山試験地の隣接林分は、タツタヤマヤエクチナシ自生地であり、昭和 4 年(1929 年)に特別天然記念物に指定されている。

2.2 毎木調査

1990 年に、上述の只木らが一連の研究を実施した調査林分内に林野庁酸性雨モニタリング事業の試験地設定基準に基づき、異なる大きさの 3 つの同心円から構成される 0.1ha の円形プロットが設置された(野田ら 2004)。最も内側にある小円プロット(0.02ha)では、胸高である高さ 1.3m 以上の樹高を持つ全立木を対象として胸高直径(DBH)と樹高を計測した。続く中円プロット(0.04ha)では、小円プロットを除いた場所で DBH4cm 以上の立木全てを毎木調査の対象とした。さらに一番外側の大円プロット(0.1ha)では、小円及び中円プロットを除いた場所で DBH18cm 以上の立木を毎木調査の対象とした。毎木調査は、1990 年、1994 年、1998 年、2003 年、2008 年の 5 回となっており、2008 年を除く 4 回の調査は、森林総合研究所九州支所森林資源管理研究グループによって実施された(野田ら 2004)。毎木調査により得られた胸高直径から求めた、個体ごとの断面積の合計値を胸高断面積合計(BA)とし、測定期間ごとの林分構造の比較に用いた。なお、幼齡林段階の林分構造(幹本数や BA など)に関する数値は、只木ら(1962)が設定した試験地の内、今回設定した調査プロットを中心が含まれる III 区のデータを用いることとし、只木(1995)が集計した値を使用した。

2.3 地上部現存量

円形調査プロットに隣接するコジイ二次林の中から 16 個体(1999 年に 1 個体、2001 年に 15 個体)を伐採し、各個体の器官別の重量(Appendix 1)から以下のアロメトリー式を求めた。

$$\begin{aligned} \log W_s &= 0.89 \log \text{DBH}^2 H - 1.35 \quad (r^2 = 0.993) \\ \log W_{s+b} &= 0.88 \log \text{DBH}^2 H - 1.24 \quad (r^2 = 0.991) \\ 1/W_l &= 1/0.09 \cdot W_s + 1/11.53 \quad (r^2 = 0.934) \end{aligned}$$

ここで W_s は幹乾重(kg)、 W_{s+b} ($W_s + W_b$) は非同化部(幹と枝)乾重(kg)、 W_l は葉乾重(kg)、H は樹高(m)をそれぞれ表わす。プロットの毎木調査により得られた計測値から上記の式を用いて、個体ごとに非同化部重量と葉重量を求め、その合計値から地上部現存量(Aboveground biomass, AGB)を求めた。

2.4 純一次生産量の測定

調査林分の地上部の純一次生産量(ANPP)は、以下の式で表わされる「つみあげ法(summation method)」により求めた。

$$\text{ANPP} = \Delta y + \Delta L$$

ここで、 Δy は AGB の増分、すなわち群落成長量(Stand increment)を、 ΔL は枯死・脱落量をそれぞれ示す。 Δy は、Clark et al. (2001) の計算方法に従い、期間内に生存していた個体の地上部現存量の増加分と、新たに加入した個体による地上部現存量の増加分を足し合わせて求めた。 ΔL は、通常はリターフォール量により求められる(依田 1971)ことから、その測定を地上約 1.3 m の位置に設置した受面積 0.58m² の円形トラップを用いて行った。調査地内に 10 個のトラップを設置し、トラップ内の内容物を毎月末に回収した。内容物を、(1) 葉、(2) 枝(ただし元口が直径 2 cm 未満のもののみを対象)、(3) 生殖器官(花と種子)、(4) その他(上記 3 つに分類されないすべての物)の 4 つに分類した。分類したサンプルは、通風乾燥機にて 70℃、72 時間乾燥させ、乾重を測定した(Appendix 2)。リターフォール量の計測を 1990 ~ 2004 年の各年に行った。計測期間(1990 ~ 2008 年)は、毎木調査の間隔から、1990 ~ 1994 年、1995 ~ 1998 年、1999 ~ 2003 年、2004 年 ~ 2008 年の 5 つに区分されるが、リターフォール量を各区分期間で平均した値を ΔL とし、各区分期間の ANPP の計算に使用した。1991 ~ 1998 年のリターフォール量として、Sato (2004) の値を用いた。2004 ~ 2008 年のリターフォール量として、2003 年と 2004 年の平均値を用いた。

2.5 台風の記録

本報告では、試験地に近接する気象観測施設(旧熊本地方気象台、北緯 32° 48' 52"、東経 130° 42' 29")から台風が中心が 150km 以内を通過した台風のみを調査林分に影響を及ぼしうる台風として考慮した。気象庁は、風速 15 m/s 以上の風が吹いている地域、いわゆる強風域の半径を基準のひとつとして台風の大きさを定義している(上野 2000)。本報告では、台風の強度を定義する基準として風速に着目し、試験地近接の気象観測施設で記録された台風の中で最大風速が 15m/s を超えた台風を「強い台風」(strong typhoon)と定義した。以上の基準をもとに、1990 年から 2008 年までに熊本市で強い台風と定義されたのは 8 個であった(Table 1)。同様に只木(1995)が調査を実施した幼齡林の時期に当たる 1961 年から 1967 年までに熊本市で強い台風と定義されたのは 1 個のみであった(Table 1)。

なお、本報告における台風の呼名は、西暦年号の末尾 2 桁と台風の号数を組み合わせて表記することとする。たとえば、1991 年(平成 3 年)台風 19 号は「T9119」と省略することとする。

3. 結果と考察

3.1 地上部現存量 (AGB) の変動

1990年の毎木調査時点での幹本数は、10,360本/haであったが、2008年の調査終了時には初期本数の半分程度の5,500本/haまで減少しており (Table 2)、林齢の増加に伴う、小径木の枯死による幹本数の減少が生じていた。これとは逆に胸高断面積合計 (BA) と AGB は、1990年から年々増加する傾向にあったが、2003年をピークに減少に転じていた。本試験地のコジイ二次林は、台風攪乱の影響を1991年 (T9119) と2004年 (T0418) に受けていたが、攪乱による被害の形態は兩年の間では異なっていた。T9119による攪乱による被害は、脱葉が中心であり (野田 2003)、幹折

れや根返りは極めて稀であった。一方、T0418による攪乱は、幹折れや根返りの被害木を多数発生させていた (Photo 1)。DBH18cm以上の個体数の減少 (Table 2) から明らかなように、これら被害個体の多くが林冠を構成していた個体であり、個体あたりの現存量が大きい故にその後のAGBの減少に結びついていた。

3.2 群落成長量および地上部の純一次生産量の ANPP の変動

1990年から2008年までの群落成長量 (Δy) の平均値は4.53 Mg/ha/年であったが、台風攪乱の有無が群落成長量の多寡に影響を及ぼしていた。T0418による攪乱を受けた期間 (2003年～2008年) に群落成長量

Table 1. 強い台風の記録

台風名	上陸月日	最大風速 (m/s)	最大瞬間風速 (m/s)	備考
T6515	1965.8.6	25.7	NA	只木 (1995) の測定期間内 (1961～1967) に記録された台風
T9119	1991.9.27	25.8	52.6	
T9306	1993.7.30	15.6	30.1	
T9313	1993.9.3	16.8	37.7	
T9612	1996.8.14	17.2	32.5	本報告の測定期間内 (1990～2008) に記録された台風
T9918	1999.9.24	24.9	49.0	
T0418	2004.9.7	23.2	47.4	
T0514	2005.9.6	15.2	28.5	
T0613	2006.9.17	16.9	33.5	

NA：データなし

Table 2. 林分構造および地上部現存量 (AGB) の変化

測定年	林齢 (年)	幹本数 (本/ha)	BA (m ² /ha)	DBH18cm以上 の幹本数 (本/ha)	AGB (Mg/ha)	備考	データ出典
1961	10	15,800	12.4	0	29.8		只木 (1995)
1963	12	15,200	18.7	0	48.4	同一林分の 若齢時の調 査 (III区)	只木 (1995)
1965	14	13,900	22.5	NA	63.2		只木 (1995)
1967	16	10,700	28.6	0	83.8		只木 (1995)
1990	39	10,360	46.6	660	183.6		本報告および野田ら (2004)
1994	43	9,735	48.4	660	182.7		本報告および野田ら (2004)
1998	47	6,465	49.2	690	190.7		本報告および野田ら (2004)
2003	52	5,600	57.7	850	225.7		本報告および野田ら (2004)
2008	57	5,500	50.3	650	188.5		本報告

BA：胸高断面積合計

1961年から1967年のデータは、只木 (1995) による集計値 (III区) を用いた。

NA：データなし



Photo 1. 調査林分の様子

上：1993年（42年生）撮影；下：2004年（53年生）撮影

が最も少ない値を示し、直前の期間（1998年～2003年）の3割程度であった（Table 3）。同一林分が10年生から16年生当時の群落成長量は8.98 Mg/ha/年であり、約30年を経過してその値にばらつきはあるものの半分程度に減少したことになる。

1990年から2008年までのANPPは平均11.96 Mg/ha/年であり、同一林分の幼齢林時（11～16年生）の平均13.33 Mg/ha/年（只木1995）に比べてやや低く推移していた。幼齢段階では、ANPPに占める群落成長の占める割合が多かったが、今回の計測結果ではリターフォール量（ ΔL ）の占める割合が増加しており、特に強度の台風攪乱を受けた時期ではその傾向が顕著

であった。これは台風攪乱によるリターフォール量の増加（Sato 2004）と、林冠攪乱に伴う成長量の一時的な低下によるものと考えられる。

コジイはその樹齢が50年を越す壮齢林分で台風などの強風による幹折れによる枯死が急増することを報告されており（埜田1987）、これら幹折れは腐朽に起因するものと考えられている（Kusunoki et al. 1997）。今回、T0418による攪乱を受けた時点でのコジイ二次林の林齢は50年生を超えており、幹折れによる現存量の低下（Photo 1）とANPPの減少が生じていた。今回の結果からも、今後、壮齢から老齢段階を迎えるコジイ二次林では台風攪乱への感受性が高くなり、幼齢

Table 3. 地上部純一次生産量 (ANPP) の変化

期間	林齢 (年)	群落成長量	リターフオール量	地上部純一次生産量	期間内に記録された台風	データ出典
1961-1967	10 ~ 16	8.98 (0.67)	4.35 (0.33)	13.33	T6515	只木 (1995)
1990-1993	39 ~ 42	2.67 (0.30)	6.15 (0.70)	8.82	T9119, T9306, T9313	
1994-1997	43 ~ 46	5.77 (0.50)	5.84 (0.50)	11.61	T9612	
1998-2002	47 ~ 51	7.48 (0.49)	7.78 (0.51)	15.26	T9918	本報告
2003-2008	52 ~ 57	2.19 (0.18)	9.94 (0.82)	12.13	T0418, T0514, T0613	

単位はすべて Mg/ha/年

括弧内の数値は、地上部純一次生産量に対する割合を示す

林分よりも ANPP の年々変動が大きくなる可能性が高くなると考えられた。

謝 辞

野田巖博士には、森林総合研究所九州支所森林資源管理研究グループ (旧育林部経営研究室) が保有する立田山試験地の未発表データの使用を承諾していただいた。上中作次郎氏、竹下慶子氏、田内裕之博士、田中浩博士、野宮治人氏には現地調査で協力を賜った。また、査読者には審査を通じて有益な助言をいただいた。これらの方に感謝の意を表します。

引用文献

- Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, W. D., Chambers, J. Q., Thomlinson, J. R. and Ni, J. (2001) Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecol. Appl.*, 11, 356-370.
- 菅 誠・齋藤 秀樹・四手井 綱英 (1965) 常緑広葉樹林の物質生産力について. *京大農演報*, 37, 55-75.
- Kira, T. and Yabuki, K. (1978) Primary production rates in the Minamata forest. In Kira, T., Ono, Y. and Hosokawa, T. (eds.) "Biological Production in a Warm-Temperate Evergreen Oak Forest of Japan". JIBP SYNTHESIS Volume 18. University of Tokyo Press, Tokyo, 131-138.
- Kusunoki, M., Kawabe, Y., Ikeda, T. and Aoshima, K. (1997) Role of birds in dissemination of the thread blight disease caused by *Cylindrobasidium argenteum*. *Mycoscience*, 38, 1-5.

- Naka, K. (1982) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. I. Wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen oak forest. *Bot. Mag. Tokyo*, 95, 385-399.
- Nagano, M. and Kira, T. (1978) Aboveground biomass. In Kira, T., Ono, Y. and Hosokawa, T. (eds.) "Biological Production in a Warm-Temperate Evergreen Oak Forest of Japan". JIBP SYNTHESIS Volume 18. University of Tokyo Press, Tokyo, 69-82.
- 野田 巖 (2003) 酸性雨モニタリングステーションにおける樹冠開空状態の変化—8年間の観測結果から—。森林総合研究所九州支所年報. 15, 43-44.
- 野田 巖・齋藤 英樹・林 雅秀 (2004) 酸性雨等森林環境モニタリングステーションにおける毎木調査結果. 森林総合研究所九州支所年報. 16, 38-39.
- 齋藤 哲・佐藤 保 (2007) 照葉樹林の主要樹種の台風被害の特性. —綾の LTER サイトにおける複数の台風攪乱の比較解析—. *日本森林学会誌*, 89, 321-328.
- Sato, T. (2004) Litterfall dynamics after a typhoon disturbance in a *Castanopsis cuspidata* coppice, southwestern Japan. *Ann. For. Sci.*, 61, 431-438.
- 佐藤 保 (2013) 照葉樹二次林構成種の萌芽能力. 関東森林研究, 64 (1), 37-40.
- Sato, T., Kominami, Y., Saito, S., Niiyama, K., Tanouchi, H., Nagamatsu, D. and Nomiya, H. (2010) Temporal dynamics and resilience of fine litterfall in relation to typhoon disturbances over 14 years in an old-growth lucidophyllous forest in southwestern Japan. *Plant Ecology*, 208, 187-198.

- Shibata, R., Shibata, M., Tanaka, H., Iida, S., Masaki, T., Hatta, F., Kurokawa, H. and Nakashizuka, T. (2014) Interspecific variation in size-dependent resprouting ability of temperate woody species and its adaptive significance. *Journal of Ecology*, 102, 209-220.
- 只木 良也 (1963) 常緑広葉樹林の生産力. 暖帯林, 18(10), 2-7.
- Tadaki, Y. (1965) Studies on the production structure of forest. VII. The primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. *Jpn. J. Ecol.*, 15, 142-147.
- Tadaki, Y. (1968) Studies on the production structure of forest. XIV. The third report on the primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. *J. Jpn. For. Res.*, 50, 60-65.
- 只木 良也 (1995) 立木密度の違うコジイ幼齢林の構造と物質生産. 名大農演報, 14, 1-24.
- 只木 良也・香川 照雄 (1968) 森林の生産構造に関する研究 (13) コジイほか 2,3 の常緑樹林における落葉枝量の季節変化. 日林誌, 50, 7-13.
- 只木 良也・尾方 信夫・高木 哲夫 (1962) 森林の生産構造に関する研究 (III) コジイ幼齢林における現存量の推定と生産力についての若干の解析. 日林誌, 44, 350-359.
- 埜田 宏 (1987) 風害によるコジイ林植生遷移の促進. 神戸群落生態研究会編 “中西 哲博士追悼植物生態・分類論文集”. 神戸群落研究会, 379-382.
- 上野 達雄 (2000) 台風の大きさ・強さ及び熱帯低気圧の分類の表現変更. 気象, 44(5), 4-8.
- Yamamoto, S. (1992) Gap characteristics and gap regeneration in primary evergreen broad-leaved forests of western Japan. *Bot. Mag. Tokyo*, 105, 29-45.
- 依田 恭二 (1971) 森林の生態学. 築地書館, 331pp.

Appendix 1. アロメトリー式作成に用いた重量データ (樹種はすべてコジイ)

個体 No.	DBH (cm)	H (m)	幹乾重 W_s (kg)	枝乾重 W_b (kg)	葉乾重 W_l (kg)
1	0.9	2.5	0.08	0.01	0.02
2	0.6	2.0	0.05	0.02	0.01
3	1.6	2.4	0.22	0.09	0.08
4	1.5	3.3	0.30	0.07	0.08
5	1.8	3.6	0.36	0.06	0.06
6	3.5	3.8	1.39	0.25	0.14
7	4.1	5.4	2.30	0.43	0.16
CC1999	29.9	18.3	294.90	83.70	8.34
WA251	15.8	12.5	79.47	8.72	3.39
WA301	18.1	18.6	127.96	10.13	5.25
WA401	10.5	11.0	22.22	7.67	3.34
WA451	4.2	5.5	2.33	1.56	1.21
WA501	5.8	7.4	5.11	1.88	1.18
WA551	8.4	12.6	14.59	1.04	0.90
WA601	4.2	9.0	2.98	0.20	0.11

Appendix 2. リターフォール量の変化

期間	葉	枝	生殖器官	その他	合計	備考
Mar. 1964 ~ Feb. 1965	3.43	0.50	-	-	3.93	
Mar. 1965 ~ Feb. 1966	4.53	2.55	-	-	7.08	T6515 による攪乱あり
Mar. 1966 ~ Feb. 1967	3.28	0.36	-	-	3.64	
Jan.1991 ~ Dec.1991	4.32	5.71	0.25	0.77	11.05	T9119 による攪乱あり
Jan.1992 ~ Dec.1992	1.70	0.75	0.02	0.39	2.87	
Jan.1993 ~ Dec.1993	2.82	1.79	0.18	0.56	5.35	T9306、T9319 による攪乱あり
Jan.1994 ~ Dec.1994	3.94	0.35	0.64	0.42	5.35	
Jan.1995 ~ Dec.1995	2.53	0.32	0.90	0.43	4.18	
Jan.1996 ~ Dec.1996	5.15	1.03	1.26	0.57	8.00	T9612 による攪乱あり
Jan.1997 ~ Dec.1997	3.99	0.44	0.34	0.47	5.24	
Jan.1998 ~ Dec.1998	4.57	0.59	0.32	0.45	5.94	
Jan.1999 ~ Dec.1999	5.53	3.12	1.11	0.66	10.42	T9918 による攪乱あり
Jan.2000 ~ Dec.2000	2.18	0.52	0.04	0.48	3.22	
Jan.2001 ~ Dec.2001	3.67	1.05	1.49	0.56	6.77	
Jan.2002 ~ Dec.2002	5.00	1.08	4.88	0.71	11.66	
Jan.2003 ~ Dec.2003	4.49	1.25	0.51	0.58	6.84	
Jan.2004 ~ Dec.2004	7.14	4.66	0.30	0.95	13.05	T0418 による攪乱あり
平均 (1991 ~ 2004)	4.07	1.62	0.87	0.57	7.14	

単位はすべて Mg/ha/年

1964年から1967年は、只木・香川(1968)による同一林分の若齢時のデータ(Ⅲ区)による

1991年から1998年は、Sato(2004)のデータによる

Temporal dynamics of aboveground net primary production following typhoon disturbances in an old *Castanopsis* coppice stand in southwestern Japan

Tamotsu SATO^{1)*}, Satoshi SAITO^{2),3)} and Masatake G. ARAKI²⁾

Abstract

To evaluate the impact of typhoon disturbances to productivity in old secondary *Castanopsis cuspidata* stands that reduce resprouting ability, we monitored fluctuations in aboveground net primary production (ANPP) in a *Castanopsis cuspidata* coppice stand (57 years old in 2008) in Kumamoto, Japan, on an annual scale for 18 years (1990–2008). The average ANPP was 11.96 (range 8.82–15.5) Mg/ha/yr. This value is slightly lower than that of young *Castanopsis* stands in the same area (13.33 Mg/ha/yr for 10–16-year-old stands). Defoliation and stem breakage caused by several typhoons resulted in large annual fluctuations in ANPP. Old coppice stands over 50 years old are more susceptible to disturbance by typhoons and may show larger fluctuations and declines in ANPP with increasing stand age. Our results imply that typhoon disturbances play a more important role in the ANPP dynamics of old *Castanopsis* coppice stands than in young coppice stands.

Key words : secondary lucidophyllous forest, *Castanopsis cuspidata*, strong wind disturbances, productivity, annual fluctuations

Received 30 March 2018, Accepted 5 September 2018

1) Department of Forest Vegetation, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Department of Plant Ecology, FFPRI

3) Kansai Research Center, FFPRI

* Department of Forest Vegetation, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; e-mail: satoo@affrc.go.jp