

福岡県篠栗町の放棄モウソウチク林およびマダケ林 におけるタケノコ採取の有無が地上部バイオマスに 与える影響

片山, 歩美
九州大学大学院農学研究院

下野, 皓平
九州大学農学部

井上, 幸子
九州大学農学部附属演習林

扇, 大輔
九州大学農学部附属演習林

他

<https://doi.org/10.15017/1913975>

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 99, pp.13-17, 2018-03. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

福岡県篠栗町の放棄モウソウチク林およびマダケ林における タケノコ採取の有無が地上部バイオマスに与える影響

片山歩美^{*1}, 下野皓平², 井上幸子³, 扇 大輔³, 大崎 繁³
大東且人³, 壁村勇二³, 榎木 勉¹, 内海泰弘¹

本稿は、福岡演習林内の放棄モウソウチクおよびマダケ林に設置した、管理放棄したプロット（コントロール区）とタケノコ採取を行ったプロット（処理区）における4年間の地上部バイオマスのモニタリング結果を報告する。

本研究の竹林の地上部バイオマスは両種とも、同じ福岡演習林内に生育する森林に比較すると低かった。コントロール区における新規稈数、および処理区におけるタケノコ採取数は明確な2年周期はなく、地上部バイオマス増加量は年変動が非常に大きかった。4年間の地上部バイオマス増加量平均値は森林と比較すると非常に高く、放棄竹林であっても生産性は森林よりも高いことが明らかとなった。一方、タケノコ採取により地上部バイオマスの減少が確認できたが、タケノコ採取数は減少しなかった。モウソウチク、マダケともに新規稈数の年変動が大きいことから、今後はさらに長期間のモニタリングが必要であることが示唆された。

キーワード：バイオマス、放棄竹林、タケノコ、モウソウチク、マダケ

This report presents results of four-year monitoring of aboveground biomass in a control plot (i.e., abandoned forest) and a treatment plot (i.e., bamboo shoot harvested forest) for a Moso bamboo forest (*Phyllostachys edulis*) and a Madake bamboo forest (*Phyllostachys bambusoides*) in Kasuya research forest.

Aboveground biomass in control and treatment plot was lower than broad leaf forests in Kasuya Research forest. Two-year cycle for new culm and harvested bamboo shoot was not observed and inter-annual variation in aboveground biomass increment was very high. Aboveground biomass increment was higher than those for forests in Kasuya research forest, suggesting that abandoned bamboo forests have very high productivity. Bamboo shoot harvest decreased aboveground biomass, but did not affect number of harvested bamboo shoot. High inter-annual variation in new culms suggests that longer-time monitoring is necessary to examine dynamics of bamboo forest.

Keywords: biomass, unmanaged, bamboo shoot, *Phyllostachys edulis*, *Phyllostachys bambusoides*

1. はじめに

日本の竹林面積は長期的に微増傾向にあり、全国で放棄竹林の増加や里山林への竹の侵入等の問題が生じている地域がみられる（森林・林業白書，2014）。近年、それらの竹林拡大によって、森林の公益的機能が低下することが危惧されている。したがって、竹林面積がどの様に拡大しているのかといった実態を把握することが必要とされている。これまでの日本における竹林に関する研究によると、関東地方～九州地方の31地域で竹林面積の拡大が報告され、これらの年間拡大率の平均は 1.03year^{-1} であり、拡大の要因として、隣接する場所が開けていることが、モウソウチク林の拡大速度を増加させることが示唆された（篠原ら，2014）。一方で、人間によるタケノコ採取の減少が竹林の拡大を加速させる可能性が指摘されている（Suzuki *et al.* 2008）が、タケノコ採取の有無、あるいは竹林の管理有無によってどの様に竹林の林分構造が変化し、その結果、

竹林面積の拡大に繋がるのかは分かっていない。

竹林の拡大により森林の公益的機能の低下が懸念される一方で、竹林はその成長の速さから炭素吸収能が非常に高いことが報告されており、大気中のCO₂削減効果が期待されている。例えば、1年間の地上部に固定された炭素量を示す地上部一次生産量（Aboveground net primary production, ANPP）は、竹林では近接するモミ林の2倍以上も高かったという報告や（Yen and Lee, 2011）、モウソウチク林のANPP ($2.2\text{--}4.1\text{ Mg C ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$)は針葉樹林のそれ ($0.4\text{--}0.6\text{ Mg C ha}^{-1}\text{ year}^{-1}$)を大きく上回っていたという報告がある（Wang *et al.* 2009, 2010）。これらの中国を中心とした竹林の炭素吸収能に関する研究は、稈が5年生以下の管理された竹林で行われているものがほとんどであり、日本で一般的見られるような、稈密度が高く稈齢も高い管理放棄竹林の炭素吸収能は明らかではない。

一般的にモウソウチク林には、生育して生き残る稈の本

Katayama A., Shimono K., Inoue S., Ohgi D., Osaki S., Ohigashu K., Kabemura Y., Enoki T., Utsumi Y.: Aboveground biomass in managed and unmanaged bamboo forests for *Phyllostachys pubescens* and *Phyllostachys bambusoides*

* 責任著者 (Corresponding author) : E-mail: ayumi.katayama0920@gmail.com 〒 811-2415 福岡県糟屋郡篠栗町津波黒 394

¹ 九州大学大学院農学研究院

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Japan

² 九州大学農学部

School of Agriculture, Kyushu University, Japan

³ 九州大学農学部附属演習林

Kyushu University Forest

数が多い「表年」と、生き残る新規程の少ない「裏年」があるとされており、それはおおむね2年周期で観察されている (Li *et al.* 1998, Song *et al.* 2017)。その結果、竹林の生産性は年によって大きく異なり、例えば台湾のモウソウチク林における4年間の調査では、ANPPは最も高い年で12.66 Mg C ha⁻¹ year⁻¹、最も低い年で3.57 Mg C ha⁻¹ year⁻¹であった (Lin *et al.* 2017)。これは森林生態系では見られない竹林特有の現象であり、竹林の生産量を知るためには、複数年の調査が必要であると考えられる。しかしながら、これまで生産量の年変動に着目した研究は少なく、国内の過密竹林において複数年にわたって竹林の生産量を調べた報告例はほとんどない。

日本の山林に群落を形成する竹林として、おもにモウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) とマダケ (*Phyllostachys bambusoides*) の2種が存在する。モウソウチクは、イネ科マダケ属の大型のタケで、1700年前後に中国から日本にもたらされたとされている (内村, 2005)。現在では函館を北限として、全国に分布し、侵入生物として扱われており (国立環境研究所, 2017)、特に西日本ではモウソウチク林の拡大が問題視されている (篠原ら, 2012)。一方、マダケは日本の在来種とされており、モウソウチクよりもサイズが小さいという特徴がある (鳥居・奥田 2010)。モウソウチクに比較するとマダケに関する研究は限られており、マダケ林の拡大に関する報告はほとんど存在しない。

したがって本研究は、モウソウチクおよびマダケ林において、管理放棄したプロット (コントロール区) とタケノコ採取という管理を行ったプロット (処理区) を設置し、コントロール区においては新規程数を、処理区においてはタケノコ採取数を4年間モニタリングした。そのデータをもとに、竹林の管理が炭素蓄積能に与える影響を理解することを目的として、タケノコ採取および種によって放棄竹林の地上部バイオマス (新規程数, 地上部バイオマス, 地上部バイオマス増加量) がどの様に異なるのかを明らかにした。また、竹林の炭素蓄積機能の特徴を明らかにするために、本研究により算定されたバイオマスやバイオマス増加量を既存の研究で報告されている森林のデータと比較した。

2. 試験地および観測方法

2.1 試験地の概要

本研究は九州大学農学部附属演習林の福岡演習林内10林班の放棄モウソウチク林およびマダケ林で行われた。各竹林に10m × 10mのプロットを2つ設置し、一方をコントロール、他方を処理区とした。処理区の周囲5mの林分は処理域とした。モウソウチク林は周囲をスギ林および広葉樹二次林で囲まれており、マダケ林は広葉樹二次林で囲まれている。福岡演習林における2002年から2012年における年平均気温は15.9℃、年間降水量は1833mmであった (DEIMS, 2017)。

2.2 調査方法

2013年4月より処理区および処理域に発生したタケノコは全て採取し、処理区で採取したタケノコ数を記録した。2014年以降も同様に、発生したタケノコは6月の間に全て採取を行った。2013年6月、各プロットにおいて全ての程の胸高直径 (DBH) を測定し、ナンバリングを行った。2014年6月、2015年5月、2015年10月、2016年11月にコントロール区において新規に発生した程のDBHを測定し、ナンバリングを行うことで、程の齢を記録した。2016年11月に、枯死程の確認を行った。

2.3 バイオマスの推定

本研究において、地上部バイオマスはその年の新規程が発生する前のバイオマスを当年地上部バイオマスとして計算した。例えば、2013年バイオマスには、2013年に発生した新規程バイオマスは含まれていない。タケは出現してからおよそ1か月の間に急激に成長し、その後は伸長・肥大成長はほとんど行わない (Song *et al.* 2017) ため、1年間の地上部バイオマス増加量 (Mg ha⁻¹ yr⁻¹) は、各年における新規程のバイオマスであるとして計算した。1本の程の地上部バイオマスは、岐阜県の放棄竹林で調べられたアロメトリー式 (後藤ら, 2008) を利用して計算した。アロメトリー式は次の通りである。

$$\begin{aligned} W_{culm_moso} &= 0.0782 \times DBH^{2.2961} \\ W_{branch_moso} &= 44.51 \times DBH^{1.7744} \\ W_{leaf_moso} &= 11.52 \times DBH^{2.061} \\ W_{culm_madake} &= 0.0776 \times DBH^{2.2720} \\ W_{branch/leaf_madake} &= 0.00535 \times DBH^{2.8466} \end{aligned}$$

ここで、 W_{culm_moso} 、 W_{branch_moso} 、 W_{leaf_moso} はそれぞれ、モウソウチクの程、枝、葉の乾燥重量 (g) であり、 W_{culm_madake} 、 $W_{branch/leaf_madake}$ はそれぞれ、マダケの程および枝葉の乾燥重量 (g)、DBHは胸高直径 (cm) である。

3. 結果と考察

3.1 2013年における林分構造

各プロットにおける2013年および2016年の林分構造を表1に示す。本研究のモウソウチクの程密度は、日本各地のモウソウチク林の密度 (約4000~9000本 ha⁻¹, 篠原ら, 2014) に比較するとやや高かった。モウソウチクの方がマダケよりも平均DBHは大きかった。2013年における地上部バイオマスは、モウソウチクではコントロール区が220.1 Mg ha⁻¹、処理区では190.3 Mg ha⁻¹であった。マダケにおいてはコントロール区が30.8 Mg ha⁻¹、処理区では30.2 Mg ha⁻¹であった。モウソウチクに比較するとマダケのバイオマスは非常に小さかった。

篠原ら (2014) による全国のモウソウチク27林分の毎木調査のデータを集計した結果によると、程密度は平均6570本 ha⁻¹、DBHは平均11.9cm、地上部バイオマスは149.0 Mg ha⁻¹であった。それに比較すると、本研究の放棄

モウソウチク林はより過密であるため、バイオマスが大きく、多くの炭素を保持していることが明らかとなった。一方で、同じ福岡演習林に生育する広葉樹二次林における地上部バイオマス (400.7 Mg ha⁻¹, Enoki *et al.* 2011) に比較すると、モウソウチクの地上部バイオマスは約半分であり、マダケに関しては10%未満であり、竹林の炭素蓄積量が森林に比較すると低いことが明らかとなった。

一方、国外の比較的高密度のモウソウチク林と比較すると、本研究のモウソウチク林の地上部バイオマスは大きい。例えば、台湾における稈密度が約6000本のモウソウチク林では地上部バイオマスはおおよそ84.1 Mg ha⁻¹であり (Lin *et al.* 2017)、韓国における稈密度が約6000本のモウソウチク林では、69.7 Mg ha⁻¹と、本研究のモウソウチク林に比較すると半分以下の結果であった。台湾のモウソウチク林の平均DBHは8.4cm、稈高は12mである一方、本試験地のモウソウチクの平均DBHはそれより大きく (表1)、また、稈高は16mを超える稈が多い (コントロール区, n=12, 平均DBH = 11.5cmの稈の測定による結果, 内田, 未発表)。したがって、本試験地では稈密度が高いこと、および稈のサイズが大きいために、他の国における比較的高密度のモウソウチク林に比較して、地上部バイオマスが大きくなった原因である。

3.2 タケノコ出現数と枯死稈数

コントロール区におけるモウソウチクおよびマダケの新しい稈の加入数 (新規稈数) は年によって大きく異なり、

明確な2年周期は見られなかった (図1)。モウソウチクおよびマダケにおいて、多い年でそれぞれ22, 21本、少ない年で0本であった。4年間の合計は、それぞれ33, 25本あり、平均では8.3, 6.3本 yr⁻¹であった。これはモウソウチク、マダケそれぞれで、825, 625本 ha⁻¹ yr⁻¹に相当する。

処理区におけるタケノコ採取数はさらに年変動が大きく、モウソウチクおよびマダケそれぞれにおいて多い年で92, 135本、少ない年で19, 9本であった (図1)。4年間の合計はそれぞれ193, 211本で、平均では48.3, 52.8本と、マダケの方が多かった。コントロール区における新規稈数と同様に、処理区におけるタケノコ採取数にも明確な2年周期はなく、4年間で最大を記録した年は、モウソウチクとマダケともに2015年であった。モウソウチクにおいては、新規稈数とタケノコ採取数の最大を記録した年は一致していたが、マダケではタケノコ採取数の最大を記録した2016年には、新規稈数が2本しかなかった。

調査期間中における枯死稈数は、モウソウチクではコントロール区 (15本) の方が処理区 (6本) に比較して多かった (図2)。マダケでは、コントロール区と処理区 (2本) で変わらなかった。新規稈数と同じく、枯死稈数もモウソウチクの方が多かった。コントロール区では4年間で、モウソウチクおよびマダケではそれぞれ18本、23本の稈が増加した。枯死稈のDBHはモウソウチクのコントロール区および処理区でそれぞれ8.5 ± 3.2, 8.7 ± 2.2cmと有意な差はなかった。マダケの枯死稈のDBHは、コントロー

表1 モウソウチク林およびマダケ林の林分構造。アスタリスクはプロット間の有意な差を示す ($P < 0.05$)。

種	年	プロット	稈密度 (本 ha ⁻¹)	平均 DBH (cm)	断面積合計 (m ² ha ⁻¹)	地上部バイオマス (Mg ha ⁻¹)
モウソウチク	2013年	コントロール区	8500	11.1 (± 2.1) *	85.9	220.1
		処理区	10500	9.3 (± 2.5) *	76.4	190.3
	2016年	コントロール区	8000	11.6 (± 1.8) *	86.5	222.6
		処理区	9900	9.3 (± 2.5) *	72.6	181.0
マダケ	2013年	コントロール区	7200	5.6 (± 1.4) *	19.0	30.8
		処理区	8800	5.1 (± 1.2) *	19.2	30.2
	2016年	コントロール区	9300	5.2 (± 1.4) *	21.5	34.4
		処理区	8600	5.1 (± 1.2) *	18.8	29.6

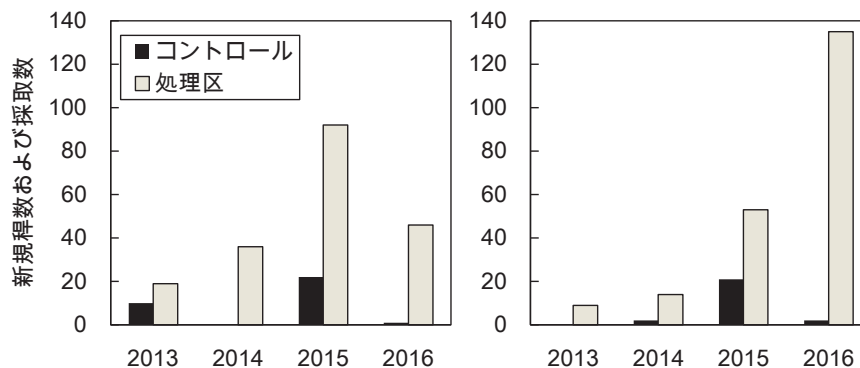


図1 2013-2016年におけるモウソウチク林 (左図) およびマダケ林 (右図) におけるコントロール区の新規稈数および処理区のタケノコ採取数の年変化。各年数は稈およびタケノコが発生した年を示す。

ル区および処理区でそれぞれ 7.7 ± 1.4 , 5.0 ± 1.1 cm であった ($n=2$ のため、統計処理はできなかった)。プロットの平均 DBH (表 1) と比較すると、モウソウチクでは小さいサイズの稈が枯死したのに対し、マダケでは枯死稈のサイズの傾向は見られなかった。このように、タケノコ採取が枯死率に与える影響は種によって大きく異なることが示唆された。

3.3 地上部バイオマス増加量

地上部バイオマス増加量は年変動が非常に大きく、モウソウチクでは最小の年 (2014 年) が $0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、最大の年 (2015 年) が $67.6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、マダケでは最小の年 (2013 年) が $0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、最大の年 (2015 年) が $13.8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であった (図 3)。4 年間ではモウソウチク、マダケそれぞれ、 88.0 , 17.3 Mg ha^{-1} あり、年平均では、それぞれ 22.0 ± 31.7 , $4.3 \pm 6.5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ となり、年変動が大きいため標準偏差も非常に高い結果となった。枯死稈バイオマスの年平均は、モウソウチク、マダケそれぞれ 0.8 , $0.1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であり、枯死稈バイオマスを差し引いた正味のバイオマス増加量はそれぞれ、 $21.2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, $4.3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であった。

本研究の地上部バイオマス増加量は、日本の平均的なスギ林 ($4.2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) やヒノキ林 ($3.6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, Sasaki and Kim 2009), 福岡に生育する広葉樹二次林 ($11.0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, Enoki *et al.* 2011) に比較すると、特にモウソウチク林では非常に高く、放棄竹林でも生産性は森林よりも高い

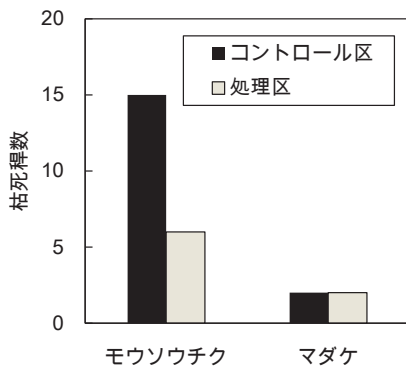


図2 モウソウチク林およびマダケ林における4年間の枯死稈数

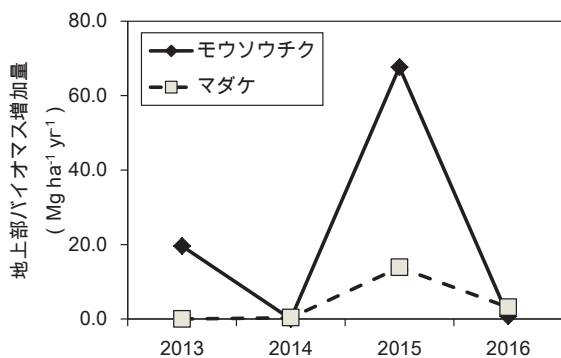


図3 モウソウチク林およびマダケ林における地上部バイオマス増加量

可能性が示唆された。以上の結果より、放棄竹林でも新規稈数は枯死稈数を上回り、竹林の管理放棄は炭素吸収能に大きな影響を与えないことが示唆された。

モウソウチク林では、バイオマス増加量がほとんどない年と大きい年が交互に見られたが、マダケ林では4年間で1年だけ大きな年があり、それ以外の年ではバイオマスはほとんど増加していなかった。タケノコの発生率には2年周期があると言われていたが、本研究の結果では明確な2年周期があるとは言えず、年変動が非常に大きかった。

本研究と同様に4年間、モウソウチク林でバイオマス増加を調べた研究においても、明確な2年周期は見られず、また、最大と最小の年では9倍程度もバイオマス増加量に違いがあった (Lin *et al.* 2017)。したがって、正確なバイオマス増加量を調べるうえでは、複数年、少なくとも4年以上の計測が必要不可欠であることが示唆された。

Lin *et al.* (2017) は、中国、日本、韓国、台湾におけるモウソウチク林における地上部バイオマス増加量の報告例を10件まとめた。それによると、地上部バイオマス増加量は最も小さくて 7.4 (7500 本 ha^{-1} , 韓国) $\text{Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、最大で 16.4 (1900 本 ha^{-1} , 中国) $\text{Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であった。これらに比べると、福岡演習林内のモウソウチク林における地上部バイオマス増加量は最も高く、東アジアの中でも最大級のバイオマスと生産性をもつモウソウチク林であることが示唆された。これらの国外のモウソウチク林は年平均気温が 12.8 - 18.7°C 、年降水量が 1429 - 2678 mm と、本研究の気象環境に比較して竹林の生育に非常に不適であるとは考えられない。したがって、本試験地の巨大なバイオマス増加量は気象条件以外の要因に依るものであると考えられる。本試験地は管理が行われていない放棄竹林であるのに対し、国外のモウソウチク林はタケノコ生産のための間伐やタケノコ採取等の管理が行われている竹林が多い。タケは稈や根系に多くのデンプンを貯蔵することが知られているが (Song *et al.* 2017), 間伐などによって貯蔵したデンプンが系外に持ち出されることで、管理された竹林ではバイオマス増加量が小さくなった可能性が考えられる。したがって、同じ地域において、間伐等の管理が行われている竹林と管理が行われていない放棄竹林の長期モニタリングが、生産性の違いの解明に繋がるかもしれない。

3.4 タケノコ採取の影響と今後の課題

コントロール区における4年間の正味の稈の増加数は、モウソウチクおよびマダケでそれぞれ、18および23本であったのに対し、処理区ではタケノコ採取を行ったため稈数が減少し、地上部バイオマスも減少した。ただし、モウソウチクのコントロール区では2015年にプロット内の24本 (2400 本 ha^{-1} , 68.7 Mg ha^{-1}) 稈をサンプリングのために伐採したため、2016年のモウソウチクの稈密度は減少に転じた。モウソウチクのDBHは2013年、2016年ともに処理区に比べコントロール区の方が有意に高く (t 検定, $P < 0.01$), タケノコ採取がDBHに与える影響は本研究では見られなかった。一方、マダケでは、2013年では処理区に

比ベコントロール区の方が高かったが (t 検定, $P < 0.05$), 2016年には有意な差はなかった (t 検定, $P = 0.46$)。有意差がなくなった理由としては, マダケ新規稈が, もともと存在する稈よりも小さいDBHであった (4.5 ± 1.1 cm) ことが原因と考えられる。また, 本研究において, 4年間, タケノコを採取することでタケノコの発生数(採取数)が減少していくといったような傾向は見られなかった(図1)。

本研究により, タケノコ採取により, 地上部バイオマスや稈密度は4年間で確実に減少することが明らかとなった。したがって, 例えば, 竹林のエッジ部分のタケノコを全て採取することにより, バイオマスを減らし, 竹林拡大を止めることができる可能性を示唆した。同時に本研究は, これまで報告されているよりもさらに過密な放棄竹林においても, 年変動はあるものの新規稈は発生しており, バイオマス増加が大変大きいことを明らかにした。しかしながら, 枯死稈を含めた稈のターンオーバーや新規稈の年変動を正確に知るためには, 4年間では短く, さらに長期のモニタリングが必要であると考えられる。また, 本研究ではプロットが1つしか設定されていないため, 竹林全体の動態を把握するためには, 広い竹林において複数のプロット設定が必要である。九州地方では竹林の拡大が特に多く報告されている(篠原ら, 2014)。放棄竹林の拡大が生態系サービスに与える影響を知るためにも, 上記課題を克服した放棄竹林の長期モニタリングは, 九州地域における演習林の重要な課題と考え, 今後も継続して調査を行っていきたい。

謝辞

本研究は福岡演習林における「タケ資源モニタリング」の調査によって行われたデータを利用した。本モニタリングは, 多くの技術スタッフによって行われた。よってここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- Chiwa, M., R. Maruno, J. Ide, T. Miyano, N. Higashi, Otsuki K. (2010) Role of stormflow in reducing N retention in a suburban forested watershed, western Japan, *J Geophys Res* 115:doi:10.1029/2009JG000944
- DEIMS. (2017) <https://data.lter-europe.net/deims/site/lter-eap-jp-07> 2017年9月30日参照
- Enoki, T., Inoue, T., Tashiro, N., Ishii, H. (2011) Aboveground productivity of an unsuccessful 140-year-old *Cryptomeria japonica* plantation in Northern Kyushu, Japan. *J For Res* 16:268–274
- 国立環境研究所: 侵入生物データベース <http://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/80740.html> 2017年9月30日参照
- 後藤誠二郎・巳 嘎那・河合洋人・張 福平・渡辺 修・西條 好迪・秋山 侃 (2008) アロメトリー式から求めた地上部現存量と林分構成による放棄竹林の構造解析. *システム農学* 24: 223-232

- Li, R., Werger, M. J. A., During, H. J. Zhong, Z. C. (1998) Biennial variation in production of new shoots in groves of the giant bamboo *Phyllostachys pubescens* in Sichuan, China. *Plant Ecology* 135:103-112
- Lin, M.Y., Hsieh, I.F., Lin, P.H., Laplace, S., Ohashi, M., Chen, T.H., Kume, T. (2017) Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forests as a significant carbon sink? A case study based on 4-year measurements in central Taiwan. *Ecol Res* DOI:10.1007/s11284-017-1497-5
- 林野庁 (2014) 平成 25 年度森林・林業白書
- Sasaki, N., Kim, S. (2009) Biomass carbon sinks in Japanese forests: 1966–2012. *Forestry* 82:113–123.
- 篠原慶規・久米朋宣・市橋隆自・小松 光・大槻恭一 (2014) モウソウチク林の拡大が林地の公益的機能に与える影響—総合的理解に向けて—, *日本森林学会誌* 96 (6): 351-361
- Song, Q.N., Lu, H., Liu, J., Yang, J., Yang, G.Y., Yang, Q.P. (2017) Accessing the impacts of bamboo expansion on NPP and N cycling in evergreen broadleaved forest in subtropical China. *Sci Rep* 7:40383. doi:10.1038/srep40383
- Suzuki, S., Nakagoshi, N. (2008) Expansion of bamboo forests caused by reduced bamboo-shoot harvest under different natural and artificial conditions. *Ecol Res* 23:641–647. doi: 10.1007/s11284-007-0422-
- 鳥居厚志・奥田史郎 (2010) タケは里山の厄介者か?, *森林科学* 58: 2-5
- 内村悦三 (2005) タケと竹を活かす—タケの生態・管理と竹の利用—, 全国林業改良普及協会
- Wang, J., Chen, T.H., Chang, H.C., Chung, H.Y., Li, T.I., Liu, C.P. (2009) The structures, aboveground biomass, carbon storage of *Phyllostachys pubescens* stands in Huisun experimental forest station and Shi-Zhuo. *Q J For Res* 31:17–26 (in Chinese with English summary)
- Wang, J., Chen, T.H., Chen, S.Y., Chung, H.Y., Liu, E.U., Li, T.I., Liu, C.P. (2010) Estimating aboveground biomass and carbon sequestration of Moso Bamboo grown under selection cutting after two years. *Q J For Res* 32:35–43 (in Chinese with English summary)
- Yen, T.M., Lee, J.S. (2011) Comparing aboveground carbon sequestration between moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) and China fir (*Cunninghamia lanceolata*) forests based on the allometric model. *For Ecol Manage* 261: 995-1002

(2017年10月2日受付: 2018年1月29日受理)