

機関番号：82105

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21780155

研究課題名（和文）断片化した熱帯林におけるフタバガキ雑種稚樹の生育環境と環境順応特性の解明

研究課題名（英文）Growth condition and environmental acclimation ability on hybrid dipterocarp seedlings in fragmented tropical rainforest

研究代表者

田中 憲蔵 (TANAKA KENZO)

独立行政法人森林総合研究所・国際連携推進拠点・主任研究員

研究者番号：30414486

研究成果の概要（和文）：フタバガキ雑種稚樹 (*S. leprosula*×*S. curtisii*) の光合成能力や蒸散速度などの特性は、両親種のほぼ中間的な値を示した。両親種の生態特性として、*S. leprosula*は、谷筋など斜面下部に分布し成長速度が速いが、*S. curtisii*は尾根部を中心に分布し、比較的成長速度が遅いことが知られている。*S. leprosula*は光合成速度が大きく、高い成長速度の一因になっていると考えられた。また高い葉内窒素濃度が高い光合成速度の維持に貢献していると考えられた。一方、*S. curtisii*は、*S. leprosula*や雑種個体に比べ、葉の水利用効率が高く、厚い葉を持つため、尾根部の乾燥した環境に有利であると考えられた。雑種個体の光合成能力や水利用効率などの特性は、両親種とほぼ中間的な特徴を持っていたことから、生育適地や生態特性も両親種とほぼ中間的な位置になったと考えられた。

研究成果の概要（英文）：We studied seedling distribution pattern and ecophysiological traits on hybrid *Shorea* (Dipterocarpaceae) and their parent species (*S. curtisii* and *S. leprosula*) in Singapore and Malaysia. Ecophysiological traits such as maximum photosynthetic rate and water use efficiency of hybrid seedlings showed approximately intermediate value between *S. curtisii* and *S. leprosula*. Distribution pattern of the hybrid also showed intermediate between parent species.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：熱帯林・断片化・フタバガキ・雑種・生理生態

1. 研究開始当初の背景

近年、森林の断片化が近縁種間での雑種形成や、雑種との戻し交配による親種間での遺伝子移動(イントログレッション)を促進することが明らかになりつつある。雑種形成がもたらす大きな問題は、雑種個体に一般的に見ら

れる、低い稔性、低い環境適応能力、種の絶滅やそれに伴う更なる森林劣化を引き起こす点にある。また雑種が、両親種の被食防衛機構に耐性を持った病害虫の温床になる点も指摘されている。その反面、雑種形成やイントログレッションは、全く新しい生育環境

への適応に貢献する可能性がある。実際、過去の気候変動や新しいニッチへの適応にとって、雑種やイントログレッションが重要な役割を果たした例が温帯地域を中心にみつがっている。

一方、熱帯林では、近縁種間でも開花時期が異なることなどが一因で、雑種形成が稀であると考えられていた。東南アジアで優占し、種多様性が高いフタバガキ科樹木でも、明確な雑種は非常に稀である。しかし、ごく最近になって *Shorea* 属の雑種がシンガポールの孤立林で多数発見され、半島マレーシアでも雑種の存在が遺伝的に確認された。これまで稀であると考えられていた雑種の形成は、急速に進む熱帯林の断片化と母樹の減少が影響している可能性がある。従って、これら雑種個体の林内での頻度や生育環境、生理生態的特性や環境順応能力を明らかにすることは、今後の熱帯雨林の更新や雑種化の進行の予測にとって不可欠である。また、雑種に関するこれらの情報は、今後予測されている気候変動や人為改変による森林環境の急変に対するフタバガキ科樹木群の適応を考える上でも重要である。さらに、多様なフタバガキ科樹木の属には、過去に種間交雑によって分化した痕跡も見つかっており、雑種特性の把握はフタバガキ科種分化の解明に役立つ可能性もある。しかし、フタバガキ科雑種に関する環境順応能力などの知見は皆無で、その解明が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、遺伝的に確認されたフタバガキ科樹木雑種稚樹の林内での定着環境、光合成など生理生態的特性を両親種と比較検討し、フタバガキ科雑種の定着環境と、乾燥ストレスなどへの環境順応能力の解明を行う。

3. 研究の方法

(1) 雑種稚樹の生育環境の解明

シンガポールの断片化した天然林内で、*Shorea* 属のフタバガキ科雑種稚樹の親種稚樹に対する出現頻度をプロット調査から明らかにする。また、雑種と親種稚樹双方の生育地の光と水環境について解明する。

(2) 雑種個体の生理生態特性の解明

雑種稚樹と親種稚樹の葉の機能に注目し、葉の光合成能力、水利用特性を生理生態特性(葉のガス交換測定や炭素同位体比など)から解明する。

(3) 雑種個体の乾燥に対する適応能力の解明

苗畑で、灌水頻度を変化させる実験処理を行い、雑種と親種稚樹の葉の浸透調節機能、光合成、水利用特性を測定することで、雑種の乾燥に対する順応能力を解明する。

4. 研究成果

(1) フタバガキ科雑種苗の葉の生理生態特性と定着環境

葉の飽和光合成速度は *S. leprosula* で最も高く、*S. curtisii* に比べ約 2 倍高かった。蒸散速度、気孔コンダクタンスや葉内窒素濃度も *S. leprosula* で高く、*S. curtisii* で低くなった。一方、葉の水利用効率は *S. curtisii* で高く、*S. leprosula* に比べ、約 2 倍の値を示した。葉の厚さの指標となる LMA は *S. curtisii* で高く、厚い葉を持つことが分かった。また、雑種個体の光合成能力や蒸散速度などの特性は、両親種のほぼ中間的な値を示した。両親種の生態特性として、*S. leprosula* は、谷筋など斜面下部に分布し成長速度が速いが、*S. curtisii* は尾根部を中心に分布し、比較的成長速度が遅いことが知られている。*S. leprosula* は光合成速度が大きく、高い成長速度の一因になっていると考えられた。また高い葉内窒素濃度が高い光合成速度の維持に貢献していると考えられた。一方、*S. curtisii* は、*S. leprosula* や雑種個体に比べ、葉の水利用効率が高く、厚い葉を持つため、尾根部の乾燥した環境に有利であると考えられた。雑種個体の光合成能力や水利用効率などの特性は、両親種とほぼ中間的な特徴を持っていたことから、生育適地や生態特性も両親種とほぼ中間的な位置にあると考えられた。

次に、シンガポールブキティマ自然保護区内の林内に 50m 四方の方形区を 3ヶ所設置し雑種と両親種稚樹の分布環境を調べた。雑種稚樹の分布は湿ったところに分布する *S. leprosula* と乾いた尾根に分布する *S. curtisii* のほぼ中間的な斜面中部に出現した。光環境でも雑種は *S. curtisii* より明るく *S. leprosula* とほぼ同等の環境に出現し、葉の生理生態特性から予測される分布環境とほぼ一致していた。

(2) フタバガキ科雑種苗の乾燥に対する応答

フタバガキ科雑種苗の乾燥に対する光合成など生理機能の応答を明らかにするために、雑種と両親種 (*S. leprosula* と *S. curtisii*) のポット苗の土壌を乾燥させる操作実験を行った。葉の耐乾性の指標となる夜明け前の水ポテンシャル (ψ) やしおれ点での葉の水ポテンシャル (ψ_{wtlp}) は、実験前に比べいずれの樹種でも有意に低下し、乾燥に対して耐乾性を向上させていた。光合成能力の指標となる、最大光合成速度や光化学系 II の最大光量子収率 (F_v/F_m) は、実験前後でいずれの樹種でも低下が見られたが、特に *S. leprosula* で明瞭な機能低下が見られた。水利用特性の指標となる、気孔コンダクタンスや蒸散速度、水利用効率は、*S. leprosula* が乾燥に対して水利用効率を変えずに高い蒸

散速度を維持していたのに対し、*S. curtisii* や雑種は乾燥に対して水利用効率を高めて対応している傾向が見られた。上記の結果は、各樹種の森林内での分布特性を明確に反映していた。つまり、谷部に生育し、成長速度の速い *S. leprosula* は、耐乾性が低く、乾燥時に光合成系の機能が低下するものの、高い光合成・蒸散速度を維持し、水利用効率も低いままであり、強度乾燥時には死亡確率が增大する恐れがある。一方、尾根に分布し、成長速度が遅い *S. curtisii* や、両親種の中間的な環境に分布し、成長速度も中間程度の雑種は、乾燥時に耐乾性や水利用効率を高め、光合成や蒸散能力の低下の度合いも低く、乾燥に対する適応能力も高いと考えられる。この結果から、今後熱帯雨林の乾燥化や降水パターンが変化すれば、耐乾性の低い *S. leprosula* は生存確率が低下する恐れがあり、逆に耐乾性の高い *S. curtisii* や雑種は *S. leprosula* と置き換わって分布を拡大させる可能性があることが示唆された。

(3) まとめ

本研究から、今までほとんど分かっていなかったフタバカキ雑種個体の定着環境と生理生態特性が明らかになり、F1 雑種が森林内で十分定着し生存できることが分かった。今後は、雑種第一代 (F1) だけでなく、雑種第二代 (F2) や戻し交配雑種など後継雑種の特徴の把握が必要になると考えられた。また森林の断片化が雑種化を促進するかどうかの検討が必要になると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Kamiya, K., Nanami, S., Kenzo, T., Yoneda, R., Diway, B., Chong, L., Azani, MA., Majid, NM., Lum, SKY., Wong, KM., 2012, Demographic history of *Shorea curtisii* (Dipterocarpaceae) inferred from chloroplast DNA sequence variations, *Biotropica*, in press(掲載確定), 査読有
- ② Hiromi, T., Ichie, T., Kenzo, T., Ninomiya, I., 2012, Interspecific variation in leaf water use associated with drought tolerance in four emergent dipterocarp species of a tropical rain forest in Borneo., *Journal of Forest Research*, in press(掲載確定), 査読有
- ③ Kenzo, T., Yoneda, R., Matsumoto, Y., Alias, MA., Muhamad, NM., 2011, Growth and photosynthetic response of four Malaysian indigenous tree species under

different light conditions., *Journal of Tropical Forest Science*, 23, 271-281, 査読有

- ④ Kenzo, T., Ichie, T., Hattori, D., Kendawang, J.J., Sakurai, K., Ninomiya, I., 2010, Changes in above- and belowground biomass in early successional tropical secondary forests after shifting cultivation in Sarawak, Malaysia., *Forest Ecology and Management*, 260, 875-882, 査読有
- ⑤ Kenzo, T., Furutani, R., Hattori, D., Kendawang, J.J., Tanaka, S., Sakurai, K., Ninomiya, I., 2009, Allometric equations for accurate estimation of above-ground biomass in logged-over tropical rainforests in Sarawak, Malaysia., *Journal of Forest Research*, 14, 365-372, 査読有
- ⑥ Kenzo, T., Ichie, T., Hattori, D., Itioka, T., Handa, C., Ohkubo, T., Kendawang, J.J., Nakamura, M., Sakaguchi, M., Takahashi, N., Okamoto, M., Tanaka-Oda, A., Sakurai, K., Ninomiya, I., 2009, Development of allometric relationships for accurate estimation of above- and below-ground biomass in tropical secondary forests in Sarawak, Malaysia., *Journal of Tropical Ecology*, 25, 371-386, 査読有

[学会発表] (計 8 件)

- ① 田中憲蔵、米田令仁、佐野真琴、上谷浩一、名波哲、Shawn Lum、則近由貴、市栄智明、第 21 回日本熱帯生態学会大会、2011 年 5 月 28 日、沖縄県男女共同参画センターているる (那覇市)、「シンガポールの断片化熱帯林におけるフタバガキ科雑種稚樹の生育環境」
- ② 上谷浩一、Henti Hendalastuti、原田光、名波哲、田中憲蔵、米田令仁、Bibian Diway、Lucy Chong、Mohamad Azani Alias、Nik Muhamad Majid、Shawn Lum、Wong Khoo Meng、第 21 回日本熱帯生態学会、2011 年 5 月 28 日、沖縄県男女共同参画センターているる (那覇市)、「セラヤ (*Shorea curtisii*) 地域集団の核 DNA 配列多型」
- ③ 田中憲蔵、米田令仁、佐野真琴、上谷浩一、名波哲、Shawn Lum、則近由貴、市栄智明、第 122 回日本森林学会、2011 年 3 月 28 日、静岡大学 (静岡市)、「シンガポールの断片化された熱帯林におけるフタバガキ雑種稚樹の分布」
- ④ Y. Inoue, T. Kenzo and T. Ichie : The 2010 International meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation, Sanur Hotel (Bali.

Indonesia) , 2010.7.22, “Water use characteristics of homobaric and heterobaric leaf species”

- ⑤ 田中憲蔵、市栄智明、上谷浩一、Shawn Lum、第 20 回日本熱帯生態学会大会、2010 年 6 月 19 日、広島大学 (東広島市)、「シンガポール断片化林におけるフタバガキ科雑種苗の光合成特性」
- ⑥ 上谷浩一、原田光、名波哲、田中憲蔵、米田令仁、Bibian Diway、Lucy Chong、Mohamad Azani Alias、Nik Muhamad Majid、Shawn Lum、Wong Khoo Meng、第 20 回日本熱帯生態学会大会、2010 年 6 月 19 日、広島大学 (東広島市)、「セラヤ (*Shorea curtisii*) 地域集団の葉緑体 DNA 多型」
- ⑦ 米田令仁、田中憲蔵、Mohamad Alias Azani、Nik Muhamad Majid、第 121 回日本森林学会、2010 年 3 月 26 日、筑波大学 (つくば市)、「フタバガキ科 6 種稚樹の光環境の変化に対する光合成特性の変化」
- ⑧ 田中憲蔵、米田令仁、上谷浩一、名波哲、Shawn Lum、第 19 回日本熱帯生態学会大会、2009 年 6 月 21 日、大阪市立大学 (大阪市)、「シンガポール孤立林におけるフタバガキ科雑種稚樹の葉の特性」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 憲蔵 (TANAKA KENZO)

独立行政法人森林総合研究所・国際連携推進拠点・主任研究員

研究者番号：30414486