

台湾におけるスギ林とモウソウチク林の 水文研究サイトから —台湾大学実験林に残る日本風—

久米 朋 宣

1. はじめに

台湾がかつて日本であった時代をご存じだろうか？

最近の台湾ブームのおかげで多くの人を知るようになったかも知れないが、かつて日清戦争に日本が勝利した1895年から、かの大戦で日本が敗戦した1945年まで、台湾は日本の一部だった。台湾ではその後の新政府の統治が厳しかったこともあり、日本統治時代の事柄が好意的に評価されたり（もちろん全てではない）、ノスタルジーの対象とされることがある。筆者も2009年より国立台湾大学に職を得て以来、様々な日本統治時代の名残を目にしてきた。台湾大学のメインストリート（椰林大道）を歩けば、台北帝国大学時代に建設されたキャンパスが今も利用されているのを目にする（図1a）。文学部などは、その内装がほぼ当時のまま利用されているのではないかと思えるふしがある。キャンパスの外を歩けば、日本統治時代当時の教員宿舎が若干の改築の後、カフェとして利用され人気を博していたりする（図1c）。本報告のメインとなる台湾大学実験林もそんな日本統治時代の流れを組むものの一つである。

国立台湾大学実験林の前身は1902年に設置された東京帝国大学農学部附属演習林台湾演習林である。その後1950年に国立台湾大学農学院実験林管理所と成り、何回かの改名を経て現在に至っている。

本実験林は、台湾のほぼ中心に位置する南投県鹿谷、水里、信義の3つの郷に広がっている。海拔220mの濁水溪（台湾の最長河川）南から標高3,952mの玉山（台湾の最高峰）主峰までを含み、総面積32,786haは台湾総面積の1%に匹敵する大きさである。標高差は3,700mにもなり、亜熱帯、暖温帯、冷温帯、亜寒帯気候を含んでいる。そのような立地を利用して、教学実習、学術研究、資源保育、模範経営の4つの趣旨のもと管理運営されている。台湾大学実験林の経営において特筆すべきは、その卓越したエコツーリズムであろう。大学実験林の一部をレクリエーション区として整備し、宿泊施設や食堂を誘致し、積極的に観光客の招致に取り組んでいる。とりわけ人気なのが溪頭森林遊楽区であり、風光明媚な景観ポイント、アスレチック施設、瀟洒な宿泊施設などを大々的に整備し（図2a）、定期的に野外音楽会などのイベントも開催している。1990年代以降、台湾人の自然志向の高まりとともに入場者が増加し、現在では年間150万人を超える入場者を記録するまでになった。その収益は1億5千万新台幣ドル（約3.5倍で日本円に換算できる）を超えている。

観光客の好奇の目をよそに、当地では調査研究も積極的に行われている。古くは、台湾の植物分類において重要な粹割りを果たした早田文藏、金平亮山両大先生などもこの地で研究をしていたと思われる。溪頭遊楽区の管理オフィスの前には、両氏の記

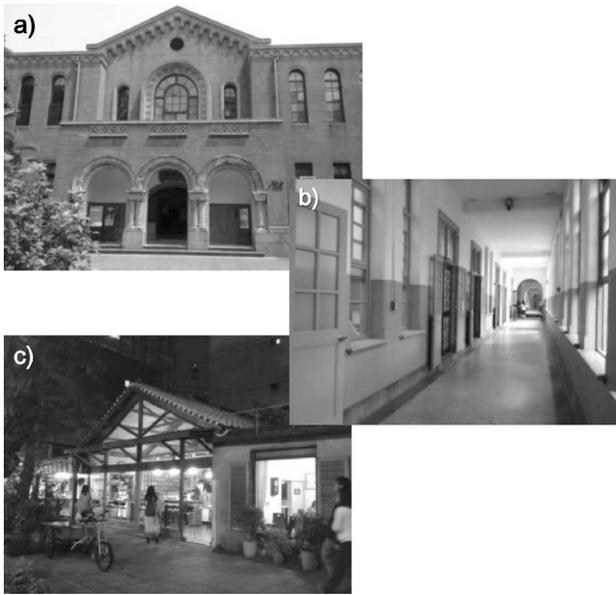


図1 国立台湾大学の a) 文学部建物, b) 建物内部, 及び c) 旧宿舎を利用した喫茶店

念樹が今も大切に残されている。そのような偉大な先人を横目に、筆者もこの地において、細々と台湾大学の学生とともにスギ林とモウソウチク林で水・炭素循環に関する調査研究を行っている。そこで本報告では、筆者らが台湾大学実験林内で実施している試験研究の一部を紹介したい。また、その経験を通じて考えた、日本とアジアの国々との協働研究の今後のあり方についての私見を述べたいと思う。

2. 調査内容

2-1 試験地概要

溪頭遊楽区は亜熱帯湿潤気候帯に属する。年平均気温は16℃とやや低いが、湿潤な夏季とやや乾燥気味の冬季の気温差が日本ほど大きくなく、年間を通じて平野部より過ごしやすい。当地に初めて来て驚くのは、そのレクリエーション区域のほとんどがスギ人工林（日本スギと台湾スギの2種類あり）で覆われていることだ。一般の日本人でわざわざスギ人工林を見に行く方は少ないと思うが、台湾人にはスギのような針葉樹の人氣が結構ある。亜熱帯の台湾では人口が集中する平野部は照葉広葉樹林で覆わ

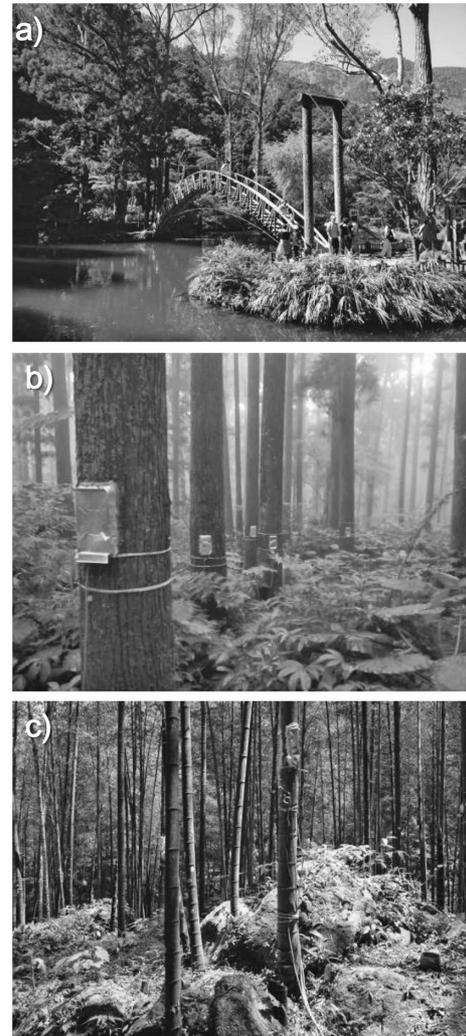


図2 台湾大学実験林内の a) 大学池, b) スギ人工林, 及び c) モウソウチク林

れているため、おそらく多くの台湾人がスギのような針葉樹をむしろ特別な存在として認識しているようだ。なお、本実験林のスギ人工林は植栽後、60-100年を経過しており、その多くが日本統治時代に植栽されたものである。現在の台湾では森林伐採が制限されているため産業としての林業は停滞ぎみだが、日本と同じように、台湾においてもスギ・ヒノキは、木材資源として重要な地位をしめる。現在のところあまり確信は持っていないが、日本と同様、森林の公益的機能のうち、例えば湧水を緩和したり

水資源を供給したりする機能を評価することも重要なのではないかと考えている。なお、降水量から蒸散量と遮断蒸発量を差し引くことで、水資源賦存量(可能最大水資源量)となるため、森林の蒸散による水消費量を推定することは、森林の公益的機能の評価するうえで重要な検討課題となっている。

そこで、台湾大学の学生らとともに、2010年6月、国立台湾大学実験林内の60年生のスギ人工林に試験地を設置し、そのスギ林による水使用量(蒸散量)の明らかにすることにした(図2b)。樹高は25m、平均胸高直径は37cmであった。筆者の経験にすぎないが、日本でスギの60年生といえはもう少し大きいのではないだろうか。なお、Guan *et al.* (2008)¹⁾によると、台湾に植栽されたスギの成長特性は日本のそれと異なり、植栽後20-30年の間は旺盛な成長を示すものの、その後はほとんど成長しないらしい。そのスギ林内に20m×20mの試験プロットを設け、グラニエ法による樹液流計測²⁾を開始し、林分蒸散量の測定を行った。

さらに数名の元気の良い学生を新たに迎え、2012年2月にスギ林にほど近いモウソウチク林に新しい試験地を設置した(図2c)。なぜならば、日本のいくつかの地域で報告³⁾されているように、台湾においてもモウソウチクの拡大が深刻化しているからである⁴⁾。モウソウチクはもともと中国江南地区に生息するもので、台湾においても外来種である。そのような外来種の拡大が、地域の水循環にどのような影響を与えるのか? またその拡大はどのような生態学的メカニズムによって支えられているのか? といった問題を考えることは、森林管理方針をプランニングするうえで有益であろう。そこで、モウソウチク林においても、同じくグラニエ法による樹液流計測を行い(ただし、タケでは特別に短いセンサーを使用した⁵⁾)、さらに調査プロット内で土壌呼吸、リターフォール(落葉落枝)、土壌水分、地温などの計測も開始した。なお、樹高は15mであり、平均胸高直径は8cmであった。筆者の見目ではあるが、日本のモウソウチクに比べ程がやや細く、発生から2-3年で程はコケで覆われる。日本のモウソウ

ウチク林では林床にほとんど植生が見られないが、本試験地では割と下草が存在している(ただし、周辺に存在するスギ林の林床ほどではない)。

2-2 これまでの結果

2-2-1 モウソウチク林は水を多く消費する

図3にスギ林とモウソウチク林で計測された林分蒸散量を示す(Sophie Laplace 未発表データ)。季節変化の形状はスギ林とモウソウチク林でほぼ同じであったが、一年を通じてモウソウチク林の蒸散量が大きく、年間量を比較すると、モウソウチク林が約490mm、スギ林が約100mmとなり、モウソウチク林の方が約4-5倍大きかった。日本の九州大学演習林福岡演習林内かぐやサイトで同様の蒸散比較研究を行った結果でも、モウソウチク林の蒸散量はスギ林よりも大きかった²⁾。ただし、福岡演習林では両林分の蒸散の差は6-10月の夏季に現れ、年間蒸散量の差は~2倍程度であり、台湾で見られた差異ほど大きくはなかった。モウソウチク林とスギ林の蒸散量の差異が台湾と福岡地区で異なるのは、両者の気象条件の違いのためだと考えている。今後、蒸散モデルなどを介した詳細な研究が必要である。

これまでのところ、モウソウチク林の蒸散量が周

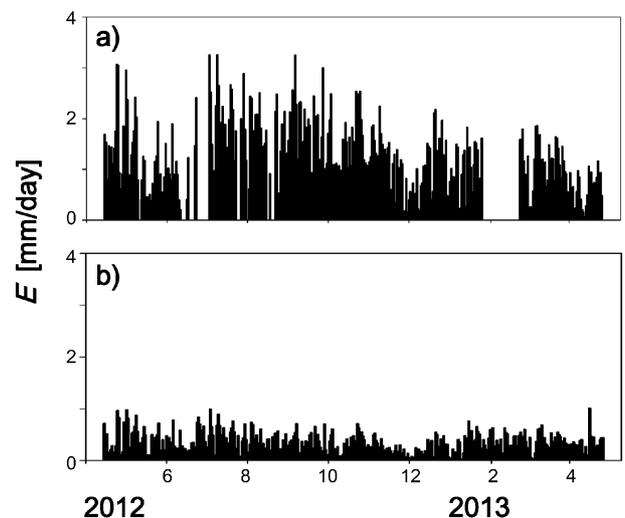


図3 スギ林 b)及びモウソウチク林 a)の蒸散量の季節変化

辺の針葉樹林より大きいのは、葉の生理的な要因によるところが大きい²⁾。植物は蒸散を行う際、葉の気孔を介して水蒸気を放出するが、その水蒸気の通しやすさの指標である気孔コンダクタンスが、スギよりもモウソウチクで大きいということである。なおここで、気孔を介して移動する気体には、水蒸気に加えてCO₂ガスがある。よって、日中の気孔コンダクタンスが大きいということは、同時にCO₂の吸収（光合成）が大きいということを示唆している。これまでにモウソウチク林の光合成量を調べた研究は少ないが、京都のモウソウチク林の光合成による年間炭素同化量は、一般的な温帯林よりも大きく、熱帯雨林の値と同程度であった⁶⁾。この結果は、モウソウチクは旺盛な成長を示し炭素蓄積源として有用である、という広く知られている言説に合致するものである。

2-2-2 モウソウチク林は土壌からCO₂を多く出す

しかし一方で、モウソウチクは、稈の中が中空のため、地上部のバイオマス量やその増加量が一般の樹木に比べて著しく大きいということはないようである⁷⁾。ではいったい、モウソウチクの光合成によって植物体内に同化された大量の炭素は、いったいどこに配分されるのであろうか？この問いに、現時点の材料をもって回答することは簡単ではないが、筆者らは、モウソウチク林で同化された炭素の多くが師管を通して地下部に送られ、地下茎や根の形成に用いられると同時に、根の呼吸や分解などによって大量に地面から放出されているのではないかと考えた。そこで、この仮説を検証するため、土壌から放出されるCO₂（土壌呼吸量）の計測をモウソウチク林で行った。その結果、モウソウチク林の年間土壌呼吸量（約1300 gC m⁻² yr⁻¹）は周囲のスギ林（600-700 gC m⁻² yr⁻¹）より~2倍ほど大きかった（謝宜芳、未発表データ）。図4は、世界中から集めた森林の年間リターフォール炭素量と年間土壌呼吸量の関係を示したものである。筆者らのモウソウチク林の土壌呼吸量は、世界中のデータと比べて特別大きいということはないが（温帯林のそれよりは大きく、熱帯林のそれよりは小さい）、任意

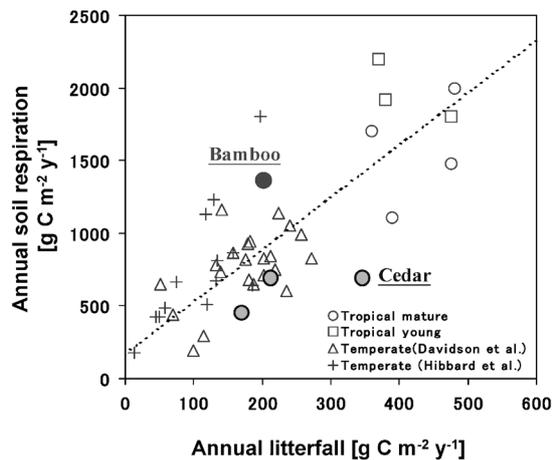


図4 土壌呼吸量及びリターフォール炭素量の関係。Katayama *et al.* (2009)⁸⁾を改変。

のリターフォール炭素量から予想される土壌呼吸量（図中の破線）よりは大きくなることが分かった。ここで、土壌呼吸により放出される炭素の由来は、リターフォールとして地上から直接地面に供給される炭素と、師管を通じて根に配分された炭素に大別される⁸⁾。モウソウチク林の年間土壌呼吸量が年間リターフォール炭素量から予測される値よりも大きかったことから、モウソウチク林では光合成によって同化された炭素の地下部への配分が相対的に大きいと言えるだろう。

モウソウチク林のその旺盛な拡大の理由には諸説あるが、その発達した地下茎や根系の存在がまず挙げられる。先に述べたモウソウチク林の活発な光合成活動と同化産物の積極的な地下部への配分という考察は、この発達した地下部形成の理由を説明するものである。また、モウソウチク林の活発な蒸散による土壌水分の収奪が周辺植生に水ストレスをもたらし、周辺植生を衰弱させることで侵入を可能にしているという仮説⁹⁾も視野に入ってきた。

3. 将来展望によせて

台湾に来て以来早5年が経とうとしている。その中でいくつかのユニークな水・炭素循環に関わる試験結果がスギ林、モウソウチク林での研究から得ら

れてきた。これらの試験研究を継続・発展させることで、現在起こっている現象の理解から将来予測まで行うことを予定している。近い将来起こりうる気候変動や土地利用の変化に対して水・炭素循環がどう変化するのかという問いに答えていくことが、目下筆者らの目標である。せつかなので、ここではもう少し違うタイプの将来展望、日本人にとっての海外試験研究の将来についても考えてみたいと思う。

筆者はこれまでに、タイ、マレーシア、中国などとの国際共同研究に参加したことがある。私の知る限りではあるが、これまでの日本人による海外試験研究（北米、欧州地域を除く）では、日本人が短期間現地へ赴き、相手国のカウンターパートとともに研究を実施し、長期の連続測定が必要とされる調査項目については、機械による自動計測化をするか、相手国カウンターパートに計測を依頼していると思う。その中で、研究の企画、実行、取りまとめは主に日本サイドによってなされ、相手国カウンターパートは、現地調査のコーディネーター、試験結果や論文内容のオーソライズが主な役割なのではないかと考える。本誌においてこれまで紹介されてきた研究サイトのいくつかはこのタイプに属されるだろう。最近では、相手国カウンターパートに積極的に働きかけ、研究の立案、論文の取りまとめを日本と相手国カウンターパートが協働し、プロジェクト全体を上手に進めているケースも見られるようになった。

台湾に身を置く筆者は、この地で日本人研究者を迎え入れる立場になることもあった。そのような双方の経験を通じて、筆者は、もう少し違うタイプの海外共同研究が今後日本とアジア諸国の間で行われるようになるのではないかと考えている。これまでは、日本の圧倒的な経済的、学術的優位性を背景に、海外試験研究はその企画からとりまとめまで、主に日本側の主導で行われていたであろう。今後は、おそらくもう少し相手国側のニーズに立脚した研究であったり、両者の手持ちのカードを交換するような共同研究が行われるようになるのではないかと考える。例えば、前者はマレーシアにおけるオイルパームの拡大と炭素排出量の関係について、マレーシア

政府の要請に基づき日本人が研究に参画するタイプである。後者は、例えば、台湾人が台湾に植栽されているスギ林やモウソウチク林の試験結果を、異なる気候帯のものと比較するため、類似の研究を実施している日本人研究者に共同研究を申し入れるタイプのものである。この場合、台湾側から日本での観測データの提供を要求するかもしれないし、補足実験を要求するかもしれない。これまでの海外プロジェクトとは逆のパターンであろう。さらには、中国の研究者などが、超大型研究費を背景に、日本に試験地を設置することを申し出てくる可能性も想像できる（国内だけで、熱帯から亜寒帯気候、湿潤から砂漠気候、低地から高山気候まで含むことのできる中国¹⁰⁾が、異なる気候帯の森林比較研究のために日本に研究拠点を置く蓋然性は低いかもしれないが、例えば、雲南から台湾、琉球列島、九州に連なる類似の照葉樹林の生態学的、植物学的な比較研究を近隣諸国に提案するような可能性はありうると思う）。果たして、日本ではこれらのような申し出を迎える準備はできているのだろうか。

現在日本を取り巻く状況は、長引く経済不況、若者人口の減少、アジア新興諸国の急激な経済発展に伴う相対的な日本の地位の低下など、日本にとっていささか不利な状況が続いている。その一方で、日本には明治の開国以降、約100年以上の欧州にルーツを持つアカデミズムや自然科学の歴史がある。さらに言うと、江戸時代以前からも類まれなる独自の自然観や計算技術もあった。そのような長きにわたって積み重ねてきたものを持つ日本の優位性がそう簡単に揺らぐこともないであろうとも思っている。今後とも日本の海外試験研究を継続・発展させていく鍵は、これまでの先代からの様々な資産をどう受け継ぎ、どのように新しい技術や価値体系と組み合わせしていくのか、そしてそれらをどう海外の研究者と共有し発展させていくのか、という各人の創意工夫と努力にかかっていると考えている。

謝 辞

本稿で紹介した研究は、台湾科技部研究経費

(NSC ; 100-2313-B-002-033-MY3) の補助を受けたものである。また、Sophie Laplace 氏及び謝宜芳氏 (台湾大学) には作図に関してご協力をいただいた。ここに記して感謝いたします。

〔引用文献〕 1) Guan, B.T. *et al.* (2008) No initial size advantage for Japanese cedars in crowded stands. *For Ecol Manag.* 255 (3-4) : 1078-1084. 2) 篠原慶規ら (2013) 樹液流計測法を用いた林分蒸散量の計測—森林管理による蒸散量の変化を評価するために—. *日本森林学会誌*, 95 (6) : 321-331. 3) 柴田昌三 (2010) 竹資源の新たな有効利用のための竹林施業. *森林科学* 58 : 15-19. 4) 邱 析榮ら (2009) 台湾北部地区竹林資源分布及變遷之研究. *中華林學季刊* 42 (1) : 89-105. 5) 小野澤郁佳ら (2009) 樹液流計測のモウソウチクへの適

用：切り竹における吸水量と樹液流量の比較. *日林誌* 91 : 366-370. 6) Isagi, Y. *et al.* (1997) Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand. *Plant Ecol.* 130 : 41-52. 7) 清野嘉之ら (2009) 日本の竹林のバイオマス炭素蓄積量, 吸収量の算定手法の開発. *森林総研 平成 21 年度版 研究成果選集*, 4-5. 8) Katayama *et al.* (2009) Effect of stand structure on spatial variation in soil respiration in a Bornean tropical rainforest. *Agric. For. Meteorol.* 149 : 1666-1673. 9) 今治安弥ら (2013) モウソウチク・マダケの侵入がスギ・ヒノキ人工林の水分生理状態に及ぼす影響. *日林誌* 95 : 141-146. 10) Yu, G.R. *et al.* (2014) High carbon dioxide uptake by subtropical forest ecosystems in the East Asian monsoon region. *PNAS* doi/10.1073/pnas.1317065111.

図書紹介

高橋 進. 2014.

生物多様性と保護地域の国際関係—対立から共生へ



明石書店 239 ページ

ISBN-10 : 4750339857

ISBN-13 : 978-4750339856

本体 2,800 円+税

同書の著者、高橋進氏は、環境庁（現環境省）自然環境調査室長、JICA インドネシア生物多様性保全プロジェクトリーダー、国立環境研究所環境情報センター長など、生物多様性とその保全に対し行政官として長く関わった経験を持つ。現在は、共栄大学国際経営学部教授として、国際環境政策論（生物

多様性・保護地域）、環境教育論を専門に教育・研究に従事されている。同書は、著者がこれまでに執筆して論文や著作をとりまとめたもので、学術専門書としての内容も含みつつ大学生や一般の方にも理解できるよう、平易に解説するとともに、物語性をあわせもつものめざしたとのことである。

同書では、生物多様性の保全と利用をめぐる国際関係、また生物多様性保全を目的として設置された保護地域をめぐる国際関係と国内問題から、生物多様性に関する南北問題や国家政府と地域社会との対立について、さらに様々な立場の関係者による協働管理の変遷を踏まえ、今後の課題が論じられる。行政官としての経験によるものか、複雑な問題が順を追って整理される。ただし堅苦しいものになりがちな、このような話題のそれぞれにおいて、著者が直接に関わった経験が合わせて述べられ、著者が撮影した写真が随所に挿入されているため、親しみやすいものになっている。特に、インドネシアの生物多様性保全と国立公園については、著者が JICA のプロジェクトリーダーをしていたころから現在にいたる四半世紀の変遷が感じられ、興味深かった。発展途上国の生物多様性保全に関心をもつ方に一読をお勧めしたい。

（藤間 剛）