

日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 **5** 回 助成期間：平成 **20** 年11月1日～平成 **21** 年10月31日（期間 **1** 年間）

テーマ： 樹木の蒸散量の観測から森林の水貯留能力を考える

氏名： 土谷彰男 所属： 広島大学総合科学研究科 登録番号： 08054

1. 課題の主旨

水は植物にとっても地球環境にとっても不可欠なものである。マスメディアを通して、地球規模の砂漠化や森林破壊の映像を観る機会はあるが、植物がどれだけの水分を貯留し、吸い上げているかは高校生も大学生も実感する機会はない。一本の樹木が1年間にどれだけの水を吸引し、大気に放出するのかがわかれば、森林の重要性が実感できるはずである。安価で簡便な樹幹内蒸散流の計測から、樹木が吸水を体験的に知る。民営化以後、講義によらない公開セミナーが増え、キャンパスもさまざまな団体の行事が行われている。地域の高校との交流も活発になっている。高校の生物や地学の授業で実際には学ぶことのない蒸発蒸散を、大学構内のアカマツを用いて野外授業をすることで、環境問題を提起する。

2. 準備

広島大学キャンパスには樹齢40年程度のアカマツが残っている。太さの異なる6本を選んで、グラニエセンサーを樹幹辺材部に挿入する。これは樹幹上下2点の温位を計測し、上側を3ワット程度で加温すると、蒸散流の流れている昼間は温位が打ち消され、蒸散流の停止する夜間は温位が出現するという原理を用いたものである。秋・冬の光合成が行われない季節は蒸散量は減少し、夏場は、葉の気孔に左右され、雨の日は蒸散は少なく、晴天日は多い。午後は気孔抵抗が増加し、閉鎖するので、蒸散は頭打ちになる。蒸散流量は辺材部面積に比例し、サイズの大きな樹木ほど多い。およそ、一日当たり、数リットルから数十リットルの蒸散流が報告されている。バッテリーの交換やデータ回収を月に3回ほど行う。冬場は蒸散流はほぼゼロであるが、春夏は上昇する。そのときにアウトドアで解説する。学内のセミナーや近隣の農業高校の生徒を対象にする。

3. 指導方法

地面やアスファルト面での蒸発に対して、植物体から水分放出を蒸散というが、蒸散がなぜ必要なのか、植物体のどこで行われるか、一日や一年のうちいつ行われるか、蒸散を計測するにはどのような方法があるのかなどの基礎的な知識を資料で説明する。樹幹熱収支法・ヒートパルス法に比べ、精度に難点はあるものの、安価なグラニエ法のシステムを計測現場で紹介し、アカマツ林での通年の計測結果、蒸散を左右する気象パラメーター（飽差）、流域水収支に展開して、アカマツ林が残っているエリアの蒸散量、枯死してしまったエリアの蒸散の減少と、アカマツに代わる広葉樹の生育が遅いことを指摘する。また、場所は異なるが、アマゾンで、伐採後、再生途上にある二次林と手つかずの天然林との蒸散流量の比較から、蒸散が減ると、水収支コンポーネントのなかの表面流出量が増加することを説明し、流出の増加は、河川流量の急増、乾期の水不足の深刻化を引き起こすため、熱帯林の伐採・焼却と牧場の拡大は縮小するべきであると展開する。

4. 実践内容

グラニエセンサーと12ボルトバッテリーから3ボルトへの電圧変換器の作製はウイジン社(東京)に依頼した。年明けに構内の角脇川堰堤内のアカマツ6本に設置し、計測を開始したが、冬期は光合成が行われないため、予想通り、蒸散流は出現しなかったが、10日に一度のバッテリー交換を継続した。3月後半から、上下2点の温位の変化率が拡大し、蒸散が上昇した。旧年度中に、学内公開の環境セミナーにエントリーし、近隣の農業高校に総合科目などで参加できるかどうかの打診を行った。環境セミナーは4月後半で、参加者は40人程度、学部生と大学院生の比率は半々であった。アカマツなどの針葉樹や広葉樹でも散孔材の樹種(添付資料)はグラニエ法で簡便に蒸散が計測できることを示し、そのシステムを紹介して、計算方法を説明した。蒸散の大小を左右するのは葉面の飽差(水蒸気欠損量)であるが、これが大きくなりすぎると、気孔が閉鎖し、かえって蒸散を抑制することを示した上で、湿潤温帯の日本では、水蒸気欠損依存で、春に拡大、梅雨に縮小、盛夏に拡大、秋に鈍化、冬期はほぼ停止という季節変化を持ち、一日のうちでは、晴天日は、夜明けから昼前にかけて、蒸散流が拡大、午後はわずかに鈍化するが、曇天や雨天は飽差が小さいため、蒸散流は抑制されることを示した。収集中のデータは、紹介するに足る量に達していなかったため、他のアカマツでの計測事例や熱帯地域での計測事例を紹介し、一本一本の計測データを面積的・時間的に展開すると、流域水収支のコンポーネントを議論することが可能になり、アカマツの一斉枯死や熱帯林の消失が流域水収支に及ぼす影響を説明した。6月22日は、学部生の授業(53人)に高校生(農業高校園芸科:40人)を招待した。高校でも蒸散は大きなテーマで、ブドウ棚もっていることから、生徒はつる植物の蒸散は非常に多く、灌漑が必要であることを知っている。ただ、蒸散が起こる葉面の気孔の開閉は知っていても、その時間変化、天候による違い、季節変化、蒸散の計測方法は知らない。添付図のように、4月22日の晴天日と6月10日の雨天日とでは、水蒸気欠損量・蒸散流ともに大きな差が認められ、説明会当日も小雨であったことから、梅雨のシーズンは蒸散が鈍ることを観測現場で体験させた。逆に、4月から5月のゴールデンウィーク頃までは、気温の上昇と低湿度の結果、飽差が高く、春材(早材)形成期と重なり、蒸散流が高かった。また、梅雨が終わり、本格的な夏になる7月末から8月いっぱい、太平洋高気圧の影響で、高温・低湿となり、再び、蒸散流は多くなる。秋雨前線や台風の影響のある日を除き、蒸散は観測されるが、晩材形成が終わり、広葉樹では紅葉・落葉が起こると、蒸散はほぼ停止する。こうした季節変化についても、日頃、農作物に接している高校生のほうが、理解していた。また、ビニールハウスやマルチ栽培で、降雨を遮断すると、蒸散が減り、水ストレスが増大すると、生育障害が起こることも、経験している。気温の上昇・保温を優先するならば、灌漑も不可欠になることを実感してもらった。

5. 成果・効果

どの授業にも共通しているが、教室での講義で理解させようとするスタイルがほとんどで、調査現場が遠隔地にある場合は、写真(スライド)を見せることになる。しかし、「百聞は一見に如かず」であり、写真で訴えても、その場所の雰囲気は伝わらない。その点、歩いて行ける場所で、野外作業の詳細を経験させることができた。ただ、4月の環境セミナーのレポートを見ると、大学生は講義に慣れてしまっていて、「野外授業は足元が悪い」、「川沿いを歩きたくない」などの意見を書いた学生もいた。これが現代の大学生の実態であり、今後の野外での科学が先細りになることが心配になった。高校の生徒は、農作業に慣れているため、そうした意見はなく、逆に、栽培と直結しないパラメーターを計測することに興味を持ったようである。一人、農学部・林学科への進学を考えている生徒がいて、数十日程度で育てる園芸と一世代・二世代とかけて育てる林業の時間軸の違いはあっても、農地の拡大と森林の減少は地球規模の環境問題に直結している点で共通していることを説明した。

6. 所 感

「環境教育」を受け持つ当初は、夏休み始めの「オープンキャンパス」のメニューに組み込んでもらうことを考えていたが、入学試験に高校生を呼び込むことを目論んでいる行事であるため、個人レベルの提案は採用されなかった。採用されたテーマのほとんどは教授クラス・学部長クラスが最先端の研究や学部の紹介を行うもので、屋外での学際的なテーマはなかった。広島大学博物館が定期的にキャンパスツアーを実施しているが、学部生による研究室訪問が中心で、高校生は対象になっていない。「理科環境教育」の重要性は大学側も十分認識しているが、学生実験の比重は以前と変わらず、「準備が大変」、「若手スタッフがいない」、「経費がかかる」などの理由で、前述のように、講義主体になっている。受講生も、実験や演習は講義に比べて取得単位が半分であることから、「実験は割が悪い」ととらえている。さらに、汗をかいてデータを収集することを避ける風潮が、野外調査や観測の進展を阻んでいる。マスメディアで地球規模の環境問題はカラフルなシミュレーションで調べるものと刷り込まれているからかもしれない。グローバルスケールのシミュレーションに従事している人のほとんど全員が、対象地域に一度も行ったことがないことをわれわれは知っておくべきである。

7. 今後の課題や発展性について

サップフローの計測は8～9月は実施者が不在であったため休止したが、10月から再開した。通年のデータを収集するまでは継続する予定である。寒候期は蒸散流がほとんど観測されなくなるが、大学構内にはヒロダス（広島大学気象観測システム）があり、基礎的な気象要素を10分間隔で計測している。気温・相対湿度から飽差が計算でき、日射量も蒸散の大小に関与する。木部の細胞分裂が停止し、今年の生長が完全に止まるまで、計測と気象要素との比較を行う。アカマツは針葉樹で仮導管を通導組織とする。このアカマツは山陽地域では1970年代以後枯死を続け、それまで刈り取られていた広葉樹群が代替置換してきている。そのなかには、導管が規則的に配置する散孔材があり、サップフローの計測に好適である。アカマツより個体サイズが小さく、冬期に落葉する広葉樹の蒸散流を計測する。アカマツの枯死は、直接的には線虫による被害とされているが、燃料材として使っていた下草刈りが行われなくなったことで、土壌が富栄養化したことが害虫被害の遠因になっているとされている。広葉樹の根は浅く、短時間豪雨に対して土砂崩壊の原因になる。土壌だけでなく、樹木内部の水も貯留量と考えるならば、遷移によって貯留量は減少してしまっている。これが河川流出の増加になっていると考えられる。学術的にも計測する意義がある。

冬場は高校生にとって受験や就職活動のシーズンであり、紹介する機会は減る。それならば、大学の中に地域住民と連携する窓口を作してほしい。共同研究や商品開発を目的として、技術面での地域連携は行われているが、教育面ではない。今回のように支援をいただいても、実施者がプロモーションもしなければならなくなる。また、普通高校サイドには、受験と関係ないという理由で、断るのではなく、大学の中を知るという意味も含めて、参加してほしい。

8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

論文にするには計測期間が短く、上述のように、一年を通したデータが必要である。調査地近傍で計測されている水位やヒロダス気象観測システムのデータも利用して、「西条盆地に残存するアカマツ林の蒸散量」のテーマで論文化する。

メディアで取り上げられれば、「報道された広大」に記録されるが、実施者は自らメディアに伝えることはしない。その教官次第である。

