

令和5年度環日本海学術ネットワーク特定研究テーマ

「気候変動下における北東アジアの経済発展と環境保全」

報告書

富山大学研究推進機構サステナビリティ国際研究センターでは、令和3年度より三カ年計画で研究テーマを「気候変動下における北東アジアの経済発展と環境保全」として調査・研究に取り組みました。令和5年度は、「北東アジアにおける森林利用」に着目し、林業における森林資源のカスケード利用の可能性と課題について調査・研究を進めてきました。その調査・研究成果については、まずは専門的な観点から情報を国際的に発信する目的で、2023年11月8日、米国のアリゾナ大学で開催された第15回 Human Ecology 学会において発表を行いました。続いて、研究の成果を広く県民に還元する目的で、2024年3月21日に「持続可能な地域の森林資源の利用：富山県の挑戦」と題する県民向けシンポジウムを富山国際会議場にて開催しました。

まずは、米国のアリゾナ大学で開催された学会における研究発表について報告します。2023年11月8日、米国アリゾナ大学において、第15回 Human Ecology 学会「Sowing Human Ecological Futures（人間の生態学的未来を拓く）」が開催され、その中で「持続可能な森林バイオマス利用と気候レジリエンスに向けて：研究と実践の統合」と題するセッションが富山大学研究推進機構サステナビリティ国際研究センター所属の教員らによって開催されました。このセッションは、森林バイオマスの利用と気候変動への回復力という複雑なテーマを探求することを目的とし、新進の研究者たちの交流と共同研究の可能性を深めることができました。

本セッションの中、Geetha Mohan 教授は「木質バイオマス利用の最適化：持続可能で強靱な社会を構築するための資源循環戦略」について発表し、Chakraborty Shamik 准教授は「レジリエンスのための持続可能な林業：日本の森林管理の事例として」について発表しました。Geetha Mohan 教授は、発表の中で、森林バイオマス、食料・農業、エネルギー、水などを含む統合的な資源循環は、持続可能で強靱な社会を構築する鍵であること、そして、持続可能なバイオエネルギーと農業経営を促進するために、資源循環を通じた木材と森林バイオマス資源の利用を探求する必要があることを強調しました。

次に、Chakraborty Shamik 准教授は、これまでの富山県の二次林施業は、県内の自然を比較的高度に保持した小規模伐採と、海外からの輸入材による影響などによる要素などを含んだ複雑なレジリエンスを示してきたと論じました。しかし、富山県における林業経営は、特に炭素吸収源や災害リスクへの対応など、独自の社会環境要因を示しており、将来的にレジリエンスを高める可能性を秘めていることを報告しました。さらに、国内の森林資源を有効に利用するための人間社会と森林の連関経路を追跡し、富山県が低負荷伐採を目指すための一つの方法となり得ると結論づけました。

このシンポジウムには若手研究者も参加しました。Shishir Sharmin 助教は「岐阜県中津川市における道路建設が景観と環境に与える影響の評価」について発表しました。Shishir 助教は、全地球測位システムと高解像度衛星画像を用いて、道路建設予定地に分布する希少種・ハナノキの分布と現状を調査しました。森林面積の減少、土地の劣化、環境破壊は、道路建設が実施される前の、計画公表段階から発生したことを明らかにしました。

また、楊潔研究員は「嵐の暗黒面：気候災害と不平等の関係についての夜間光データ分析」と題して発表を行いました。気候変動の影響による激しい水災害の頻度が高まる可能性があることを背景に、2021年7月に発生した激しい暴風雨に注目し、中国における夜間日照と天候のデータを用いて、暴風雨が不平等に与える影響を推計しました。



会議期間中、富山大学研究推進機構サステナビリティ国際研究センターのチームは、スペイン、パラグアイ、フィリピン、アメリカ、ケニアからの多様な研究者グループと対話を行いました。これらの話し合いの目的は、共同研究の可能性や将来の交流プログラムの枠組みを確立することでした。このような国際的なグループ間のアイデアや経験の交換は、会議をより実り多いものにし、地理的な境界を越えた共同イニシアチブの可能性の基礎を築くことに大きく貢献しました。

次の報告は、富山県民会向けに2024年3月21日に開催されたシンポジウムについてです。森林は、炭素を固定して気候変動を抑制する機能を有するだけでなく、固定された炭素は木材あるいは木質バイオマスとして我々に資源を供給し、その資源利用のされ方によっては気候変動を助長してしまうこともあります。北東アジア地域における森林資源の持続的利用は、カーボンニュートラルな社会の

環日本海学術ネットワーク 特定テーマ研究支援事業シンポジウム
持続可能な地域の森林資源の利用：富山県の挑戦
 日時：2024年3月21日（木）14：00-17：40
 会場：富山国際会議場2 階201-202号室
 主催：富山大学研究推進機構サステナビリティ国際研究センター（GRASS）
 後援：富山県

本シンポジウムは、県民のみならずに開かれたシンポジウムです。事前予約なしに、どなたでも参加できます。

森林は、炭素を固定して気候変動を抑制する機能を有するだけでなく、固定された炭素は木材あるいは木質バイオマスとして我々に資源を供給し、その資源利用のされ方によっては気候変動を助長してしまうこともあります。北東アジア地域における森林資源の持続的利用は、カーボンニュートラルな社会の構築や資源循環型・環境保全型の経済活動を行う上で極めて重要です。森林は、様々な生態系サービスを我々に提供しています。このシンポジウムでは、富山県の資源循環型・環境保全型森林利用を考える富山県の民間の挑戦について考え、地域資源を活用した森林資源利用のあり方について座談します。

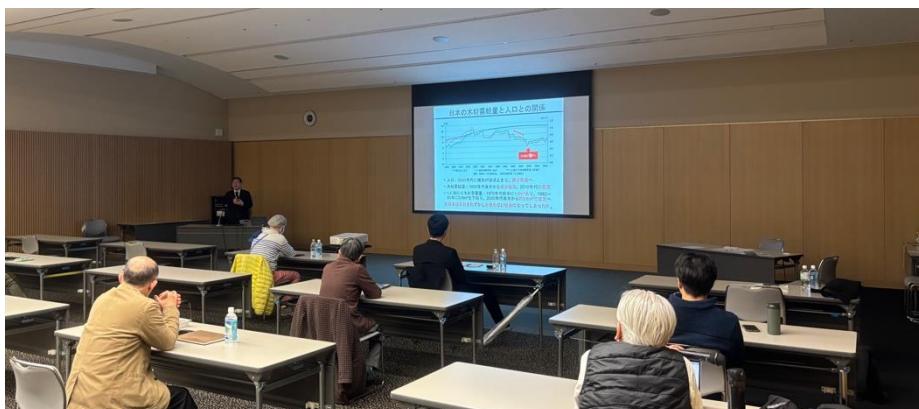
お問い合わせ先
 富山大学サステナビリティ国際研究センター
 谷口 義典
 076-445-6510
 E-mail: trana@ctg.u-toyama.ac.jp

14：00-14：10 開会のご挨拶
 和田直也（GRASS）
 14：10-15：30【基調講演】
 立花 敏（筑波大学）
 東アジア地域における森林資源の管理と活用：持続可能な社会に向けて
 Avtar Ram（北海道大学）
 リモートセンシングとGISを用いた低炭素経済のためのバイオマスエネルギーポテンシャルの推定（英語講演（通訳有り））
 15：45-17：15【パネルディスカッション】
 森林資源利用：富山県の挑戦
 パネリスト
 福村仁志（南砺森林資源利用協同組合）
 川森 清（株式会社JAPAN）
 加治孝大（株式会社グリーンエネルギー北陸）
 17：15-17：35【総括研究報告】
 チャクラボルティ・シャミック（GRASS）
 17：35-17：40 閉会のご挨拶

構築や資源循環型・環境保全型の経済活動を行う上で極めて重要です。森林は、様々な生態系サービスを我々に提供しています。このシンポジウムでは、富山県の資源循環型・環境保全型森林利用を考える富山県の民間の挑戦について考え、地域資源を活用した森林資源利用のあり方について議論を深める目的で開催しました。森林や持続可能な林業、木材資源の持続的利用に関心をもつ県民のみなさんにもご参加頂き、21名の参加がありました。

シンポジウムでは、森林経済学の第一人者である筑波大学生命環境系の立花敏准教授とリモートセンシングを用いた森林生態系評価の分野で数多くの研究業績がある北海道大学大学院環境科学院のAvtar Ram 准教授をお招きして講演を行って頂くとともに、サステナビリティ国際研究センターの和田直也教授を座長として、同センターの堀江典生教授とChakraborty Shamik 准教授、立花敏准教授、Avtar Ram 准教授に加え、富山県内で森林資源の持続的利用に取り組んでいる実務家として、南砺森林資源利用協同組合の福村仁志氏、株式会社JAPANSの川森清氏、そして、株式会社グリーンエネルギー北陸の加治幸大氏の三人をパネリストとして、森林資源利用・富山県の挑戦と題するパネルディスカッションを行いました。

まずは、立花敏先生の講演です。立花先生は、「東アジア地域における森林資源の管理と活用：持続可能な社会に向けて」と題する講演の中で、木材資源の持続的利用の重要性を分かり易く解説しました。森林には、多面的機能・公益的機能があり、私たちは森林から提供される様々な生態系サービスを楽しんで日々生活を送っています。立花先生は、世論調査の結果を示しながら、私たちが抱いている森林の多面的・公益的機能への期待につ



いて、過去と現在を比較して紹介してくれました。いつの時代も変わらないものは、自然災害防止の機能です。この次に

期待する機能としては、世論調査が開始された1980年代前半では木材・建築資材を供給する機能であったものが、今日では温室効果ガスの一つである二酸化炭素を吸収して気候変動を緩和する機能に移り変わってきていることが示されました。カーボンニュートラルな考えに基づくと、木材産業は他の産業、例えばアルミニウム製造産業と比較して、二酸化炭素の排出量が極めて少ない低CO₂排出産業と言えます。日本は、森林率では世界で第3位、人工林比率でも世界で第4位に位置する国です。多くの森林資源に囲まれているにもかかわらず、ヘクタール当たりの丸太生産量が低い国でもあり、国民一人当たりの丸太

消費量は、欧州では 1.1 m³/年/人に対して日本ではその約半分の 0.6 m³/年/人です。かつては今日の欧州と同じくらい木材を消費していた日本は、今日では、木材を使わない社会になってしまいました。次に立花先生は、中国や韓国における森林の現状と木材産業の構造、日本を含めた 3 カ国での木材貿易の特徴について解説しました。日本では、1950～1970 年代に実施された拡大造林政策により森林の約 4 割が人工林です。1966 年では 18.9 億 m³であった森林の木材蓄積量は、今日では 60 億 m³にまで増加しています。しかしながら、木材の利用率が低迷しているために、人工林は高齢化が進み若い林が少ない状況になっています。このことは、将来世代が利用できる木材が少ないことを意味しています。したがって、木材の利用率を高めると同時に、計画的な伐採とその後の植林を通じて、若い人工林の比率を増やしていくことが必要です。このような伐採と植林を通じて、人工林が有する CO₂ 固定機能を高め、すなわち気候変動を緩和する機能を高めることが可能になります。以上のように、立花先生の講演から、私たちは日本の森林資源の現状と課題を網羅的に知ることができ、木材の消費量を増やすべきだというメッセージに参加者からも高い関心が向けられました。

次は、Avtar Ram 先生の講演でした。Avtar 先生は、「リモートセンシングと GIS を用いた低炭素経済のためのバイオマスエネルギーポテンシャルの推定」と題する講演の中で、



カーボンニュートラルの視点から森林資源利用の必要性和、そのためにバイオマス資源を持続的に用いるためのローカルな経済システムの構築、そして計画的な森林資源利用のためのバイオマス推定方法について、説明しまし

た。講演は英語で行われ、サステナビリティ国際研究センターのチャクラボルティ准教授が通訳を務めました。人工衛星や航空機、ドローン (UAV) をプラットフォームにしたリモートセンシングでは、搭載されるセンサーによってそれぞれ特徴があります。一般的な光学センサーの他、SAR (Synthetic Aperture Radar) と呼ばれる合成開口レーダーは、センサーからマイクロ波 (電波の一種) を発射し、地表で跳ね返ってきたマイクロ波をとらえるセンサーであり、地表面が雲に覆われている場合であっても、対象物の有無を捉えることができるという利点があります。さらに、LiDAR (Light Detection And Ranging) と呼ばれるセンサーは、レーザー光を照射してその反射光の情報をもとに対象物までの距離や対象物の形などを計測する技術を用いたセンサーであり、計測精度が非常に高く、三次元計測が可能です。Avtar 先生は、ドローンに LiDAR センサーを搭載し、対象とする森林 (北海道大学 苫小牧研究林) の樹冠高を CHM (Canopy Height Model) により推定し、さらに地上部バイオマスを推定する研究例を紹介しました。さらに、樹木の葉群が示す季節性 (展葉、

紅葉，落葉）も情報として組み込み，機械学習によって樹種の判定も行い，樹種毎に地上部バイオマスを推定する研究例（北海道大学雨龍研究林）についても紹介しました。このような技術を用いれば，高い精度で森林資源量の推定が可能になり，計画的な伐採や森林資源の管理を実行することができ，参加者からも高い関心が向けられました。

立花先生，Avtar 先生による講演が終了した後，休憩を挟んで第 2 部のセッションが始まりました。まずは，南砺森林資源利用協同組合の福村仁志事務局長より，「持続可能な



地域の森林資源の利用」と題する講演が行われました。福村氏は，まずは富山県内における木材の素材生産量を紹介し，その中で富山県内では最も林業が盛んな南砺市の概要を述べました。森林面積率が 78.6% にのぼる南砺市には，野球のバットの生産量日本一

を誇る福光や彫刻で有名な井波をはじめ，木材を使った地場産業があります。南砺市は，平成 24 年に地域資源を活用した持続可能な循環型社会の構築を目指す「エコビレッジ構想」を策定し，「再生可能エネルギー創出」や「元気な農林業」など 6 つの基本方針により次世代に繋ぐ地域づくりを目指しています。このような背景のもと，市内の素材生産事業者や製材業者，工務店等の地域関係者により南砺森林資源利用協同組合が平成 28 年に設立されました。南砺市再生可能エネルギー促進事業に沿って活動している南砺森林資源利用協同組合には，木質ペレット「なんとペレット」を製造販売する木質ペレット製造工場（城端）と，薪を製造販売する薪ステーション（平）があります。製造された木質ペレットは，南砺中央病院，桜ヶ池クアガーデン，福光プール等の木質ペレットボイラーに供給され，各施設で熱利用されています。南砺市は，大学や青年会議所等との連携にも力を入れており，その実例がいくつか紹介されました。参加者は，南砺市の構想や南砺森林資源利用協同組合の取組をよく理解することができました。

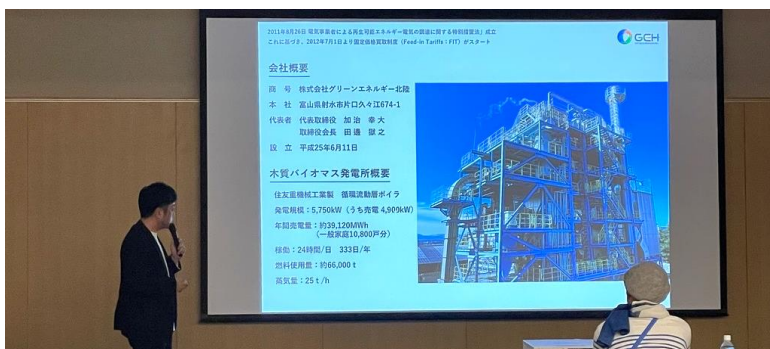
次に，株式会社 JAPANS の川森清代表取締役による「漆を育て，その樹液で新素材 本物の“Circular Economy”

を 本物の新素材を地方・日本から」と題する講演が行われました。川森氏は，脱プラスチックや里山再生，そして漆文化の復興を同時にかなえる新素材として，ウル



シートを開発しました。このウルシートは、パルプシートと漆の樹液を原料に作られるバイオマス 100%の素材です。プラスチックに代わる成形体シートであり、抗菌性に優れ、生分解性であることから、環境にもやさしい素材として今後様々な製品に活用が期待されます。このウルシートの原料の一つ、漆は、実はその多くを中国からの輸入に依存しており、国内での生産は僅かです。川森氏は、富山県をはじめ国内でのウルシの植林を進め、国内での生産量を増やす計画を発表しました。ウルシは、植林後約 10 年で漆樹液を幹から採取できますが、その採取可能な期間は約 10 年、その後は伐採して再び幹が再生するまでの 10 年を待つ必要があります。しなしながら、ウルシの樹木としての萌芽再生能力の高さから、このようなサイクルを何回も繰り返すことが可能であり、計画的に植林と漆樹液採取、そして伐採を行えば、枯渇しない資源として長期間利用することが可能です。漆産業が低迷し、伝統的な工芸技術が衰退しようとしている中、日本にしかできない、しかも環境への配慮が行き届いた商品や技術を世界に向けて販売することで、中山間地の復興や伝統工芸の維持、さらにはカーボンニュートラルな社会の構築にも大きく貢献できる、そんな挑戦を参加者は知ることができました。

三人目のパネリストは、株式会社グリーンエネルギー北陸の加治幸大代表取締役です。加治氏は、「GX 実現に向けた「再エネ×森林」による地域価値の創出」と題する講演を行

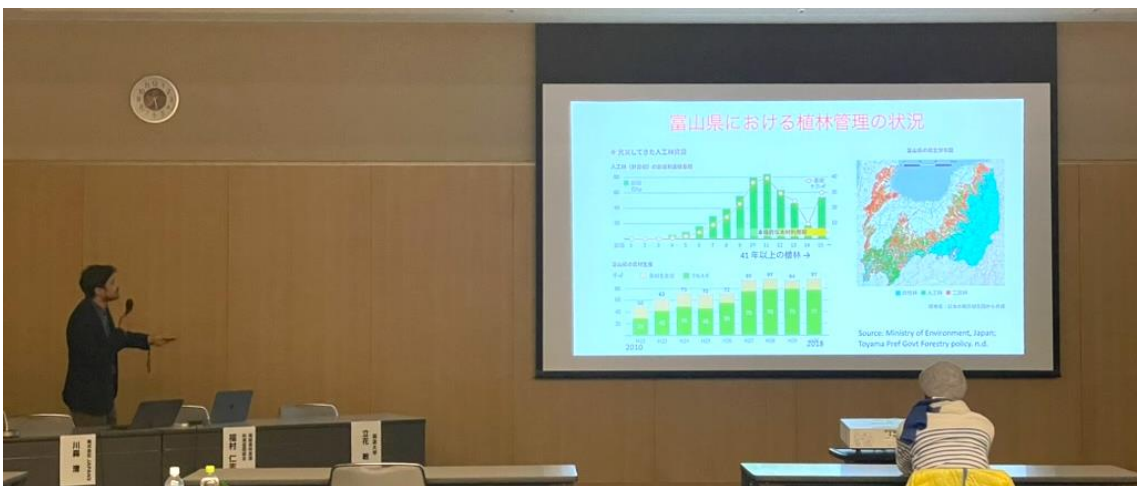


いました。はじめに、株式会社グリーンエネルギー北陸が運営している木質バイオマス発電所の概要が紹介されました。この発電所では、木材としての価値の低い未利用材を積極的に使用しています。木材資源を有

効に使うだけでなく、木材の供給源である森林を育てることに関わっており、所有山林は 340 ha、協定締結山林は 360 ha、合計で 700 ha にも及びます。Apple 社による森林再生基金の取組を引用しながら、加治氏は、GX（グリーントランスフォーメーション）と CN（カーボンニュートラル）の実現に向けて、森と海と都市をつなぐ「森海つなぐでんきプロジェクト」のコンセプトを紹介、今日の課題をチャンスと捉えて事業を展開していく構想を示してくれました。最後に、自然環境が本来もつ生成力を取り戻すことで再生につながっていく概念である「リジェネラティブ (Regenerative)」という言葉を紹介しました。



三人の実務家による森林資源の実用例について紹介があった後、パネルディスカッションが行われました。まず、森林経済学の第一人者である立花先生は、富山県で活躍されている三人の実務家による取組を高く評価しました。その上で、パネリストからは課題もあげられました。行政からの補助金に頼ることなく、事業を軌道に載せて収益を上げていくには何が必要なのか、そのためには大学と民間企業との連携が今以上に必要になってくるのではないか、私たちはGXを推進しようとしている民間企業が大学との連携を強く求めていることを改めて理解することができました。



最後に、Chakraborty Shamik 准教授が、富山県内に見られる森林資源の現状と課題について、総括的な報告を行うとともに、森林が有するレジリエンスについて、人工林と天然二次林との対比から森林の伝統的な管理について考察を行い、シンポジウムは成功裏に幕を閉じました。

以上の研究発表に加え、本年度に行った研究活動は二つあります。一つは、森林と高山における生態系間のつながりに関する研究であり、もう一つは日本におけるバイオマス利用に関する研究です。前者の研究は、森林で生み出された昆虫類等の餌が、高山帯に生息する鳥類を支える資源となっていることを検証するものです。繁殖期のライチョウの糞の中に含まれる遺伝子を解析することで、森林由来の節足動物をライチョウが摂餌していることが示されました。後者の研究は、日本におけるバイオマス利用に関するレビュー研究です。この研究では、これまでに発表された英語論文を精査し、日本におけるバイオマスの主要な供給源を探ることを目的とし、特に木質バイオマスと林業バイオマスに焦点を当

て研究を実施しました。具体的には、Scopus に収録された論文の中から、木質バイオマス、バイオエネルギー、林業、農業などのキーワードで収集した文献の分析を行いました。その結果、1212 件の論文を確認しましたが、PRISMA (システマティックレビュー) の手法を用いてさらに絞り込みを行ったところ、1991 年から 2022 年の間に出版された 45 件の論文が抽出されました。そして、木質バイオマスの様々な用途を特定し、その効率的な利用に影響を与える要因を検討しました。また、伐採から工場やパルプ産業での付加価値付け、木質ペレットや工場でのバイオエネルギーへの転換に至るまで、木質バイオマスの利用に関連するトレードオフと相乗効果を検証し、その過程で生じるサプライチェーンの課題に取り組みました。さらに、持続可能な木質バイオマス利用を促進するための現在の政策とその影響についても評価を行いました。このレビュー論文で期待される成果は、木質バイオマスの農業とエネルギー分野への貢献、特に現在のエネルギー不安の課題に対処するための包括的な理解を提供することです。日本における持続可能な再生可能エネルギーの利用を促進するために、トレードオフとシナジーのバランスをとる重要な影響要因を提案することができます。現在、得られた成果を学術雑誌に投稿するため、原稿の執筆に取り掛かっています。

以上のように、今年度実施した調査・研究については、学会やシンポジウムでの発表や学術雑誌への投稿準備等、幅広い活動を実施しました。