

公開資料

社会技術研究開発事業
研究開発プログラム
「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」
平成21年度採択プロジェクト企画調査
終了報告書

プロジェクト企画調査名

「山武市における森林共生型社会システム構築に関する企画調査」

調査期間 平成21年10月～平成22年3月

研究代表者氏名： 中込 秀樹

所属、役職： 千葉大学大学院 工学研究科 教授

1. プロジェクト企画調査

- (1)研究代表者名 : 中込 秀樹
(2)プロジェクト企画調査名 : 山武市における森林共生型社会システム構築に関する企画調査
(3)企画調査期間 : 平成21年10月～平成22年3月

2. 企画調査構想

企画調査の目標

かつて江戸の木材供給源かつ地域の近農林として、サンプスギを基調とする豊かな森林を誇っていた山武市において、近代、地域林業が停滞した上に、サンプスギ特有の病気の蔓延により荒廃が進む森林を再生し、持続可能な森林と共にある地域社会を再構築することめざして、当企画では、以下の3つの達成目標を掲げて調査を行った。

- ① 地域の森林の実態と地域住民の意向の把握を踏まえた課題抽出
- ② 地域における課題共有とそれに対する解決策の具体化
- ③ 地域の森林管理経営・資源循環システムの成立要件の整理

企画調査の計画

研究開発プロジェクト提案に向け、以下の3つの検討事項によって、調査を進めた。

- ① 地域の森林をめぐる現況・実態把握と基盤システムの構築
- ② 地域の森林をめぐる課題の共有化と解決に向かう道筋の検討
- ③ 地域の森林管理経営・資源循環システムの成立要件の見極め

調査研究グループの役割分担

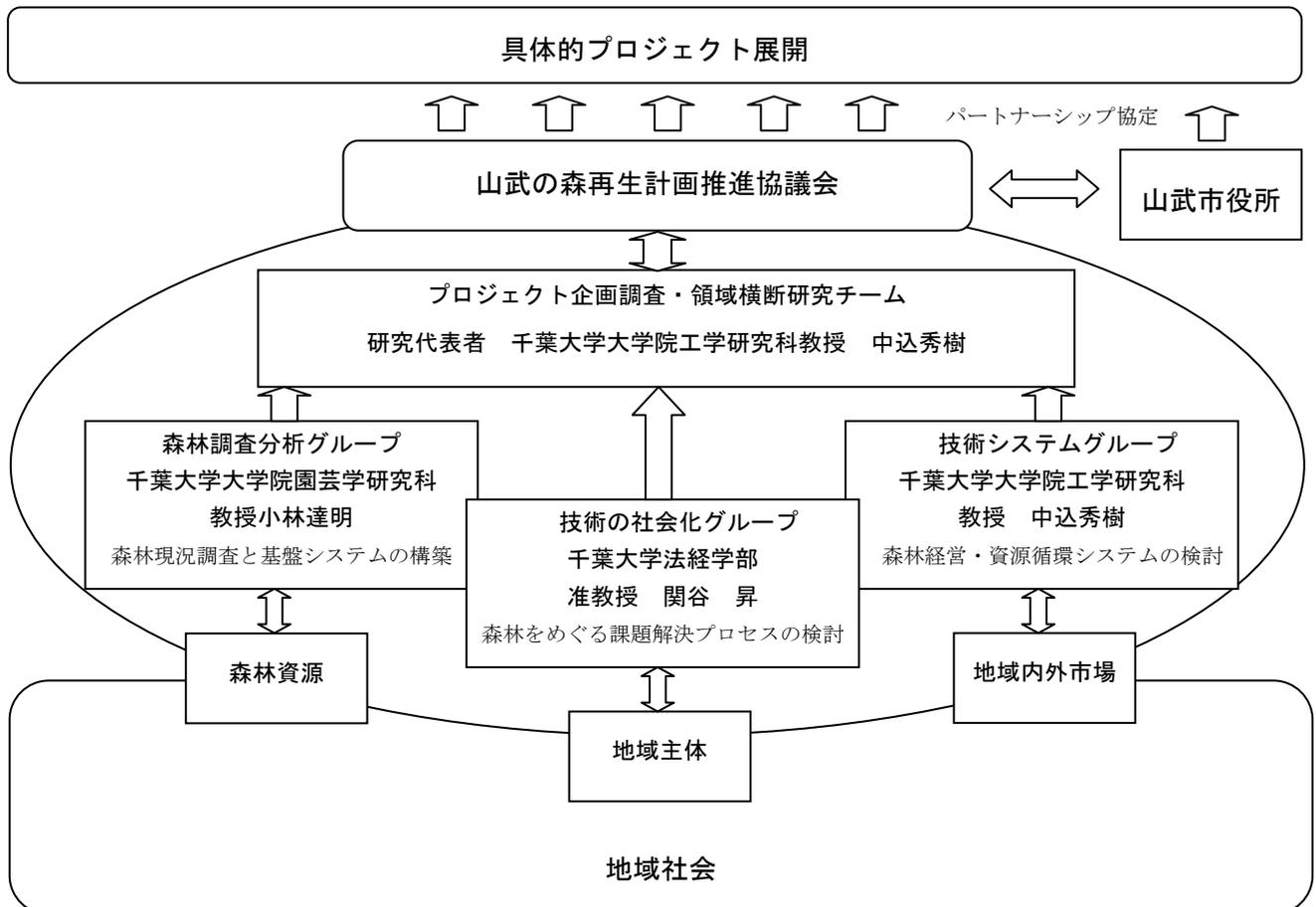
上記、調査計画の検討事項のそれぞれにほぼ対応する形で、以下のとおり3つの調査研究グループの役割分担により調査を実施した。

研究グループ名	グループリーダー	検討項目における役割
森林調査分析グループ	千葉大学大学院園芸学研究科 教授 小林達明	地域の森林現況調査と基盤システムの構築
技術の社会化グループ	千葉大学法経学部 准教授 関谷 昇	地域の森林をめぐる課題解決プロセスの検討
技術システムグループ	千葉大学大学院工学研究科 教授 中込秀樹	地域の森林経営・資源循環システムの検討

3. 企画調査実施体制

(1)体制

図1 実施体制図



当企画調査では、持続可能な森林と共にある地域社会の再構築を目指して、千葉大学における領域横断研究チーム（森林再生・新エネルギー・政治社会の各分野）を編成することを通じて、森林再生と経済再生を融合させた地域づくりのあり方を模索した。この目的を進めるためには、行政組織から相対的に自立した、地域市民・民間企業・大学を媒介する組織が必要であることから、「山武の森再生計画推進協議会」を立ち上げ、そこを一つの拠点としながら取り組みを進めた。同協議会と山武市との間でパートナーシップ協定を締結できたことから、協働型の取り組み体制が可能となり、各方面の関係者を巻き込みながらの企画調査が可能となった。

(2)メンバー表

①技術の社会化グループ : ○印はグループリーダー

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
○関谷 昇	千葉大学法経学部	准教授	社会技術システムに寄与する地域ガバナンス形成	平成21年10月～平成22年3月
那須智子	千葉大学法経学部	産学官連携研究員	社会技術システムに寄与する地域ガバナンス形成	平成21年10月～平成22年3月
吉永弘明	千葉大学大学院人文社会科学研究科	特任教員	社会技術システムに寄与する地域ガバナンス形成	平成21年10月～平成22年3月
斎藤伊久太郎	千葉大学大学院工学研究科	特任研究員	社会技術システムに寄与する地域ガバナンス形成	平成21年10月～平成22年3月
中島敏博	千葉大学大学院園芸学研究科	特任助教	社会技術システムに寄与する地域ガバナンス形成	平成21年10月～平成22年3月
木村論史	新島村商工会・新島ネオライト工業株式会社	コーディネーター・社長	社会技術システムに寄与する地域ガバナンス形成	平成21年10月～平成22年3月

②森林調査分析グループ : ○印はグループリーダー

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
○小林達明	千葉大学大学院園芸学研究科	教授	地域森林現況の調査	平成21年10月～平成22年3月
加藤 顕	千葉大学大学院園芸学研究科	助教	地域森林現況の調査	平成21年10月～平成22年3月
根本 光	千葉大学 園芸学部	学部4年	地域森林現況の調査	平成21年10月～平成22年3月

③技術システムグループ : ○印はグループリーダー

氏名	所属	役職	研究項目	参加時間
○中込秀樹	千葉大学大学院工学研究科	教授	バイオマスエネルギー利用	平成21年10月～平成22年3月
中島敏博	千葉大学大学院園芸学研究科	特任助教	バイオマスエネルギー利用	平成21年10月～平成22年3月
足立眞理子	千葉大学大学院工学研究科	博士課程	バイオマスエネルギー利用	平成21年10月～平成22年3月
緒方秀樹	千葉大学工学部	特任研究員	森林の現況把握	平成21年10月～平成22年3月
長瀬桃子	千葉大学工学部	4年	バイオマスエネルギー利用	平成21年10月～平成22年3月
坏淳一	千葉大学工学部	4年	森林の現況把握	平成21年10月～平成22年3月

4. 実施内容及び成果

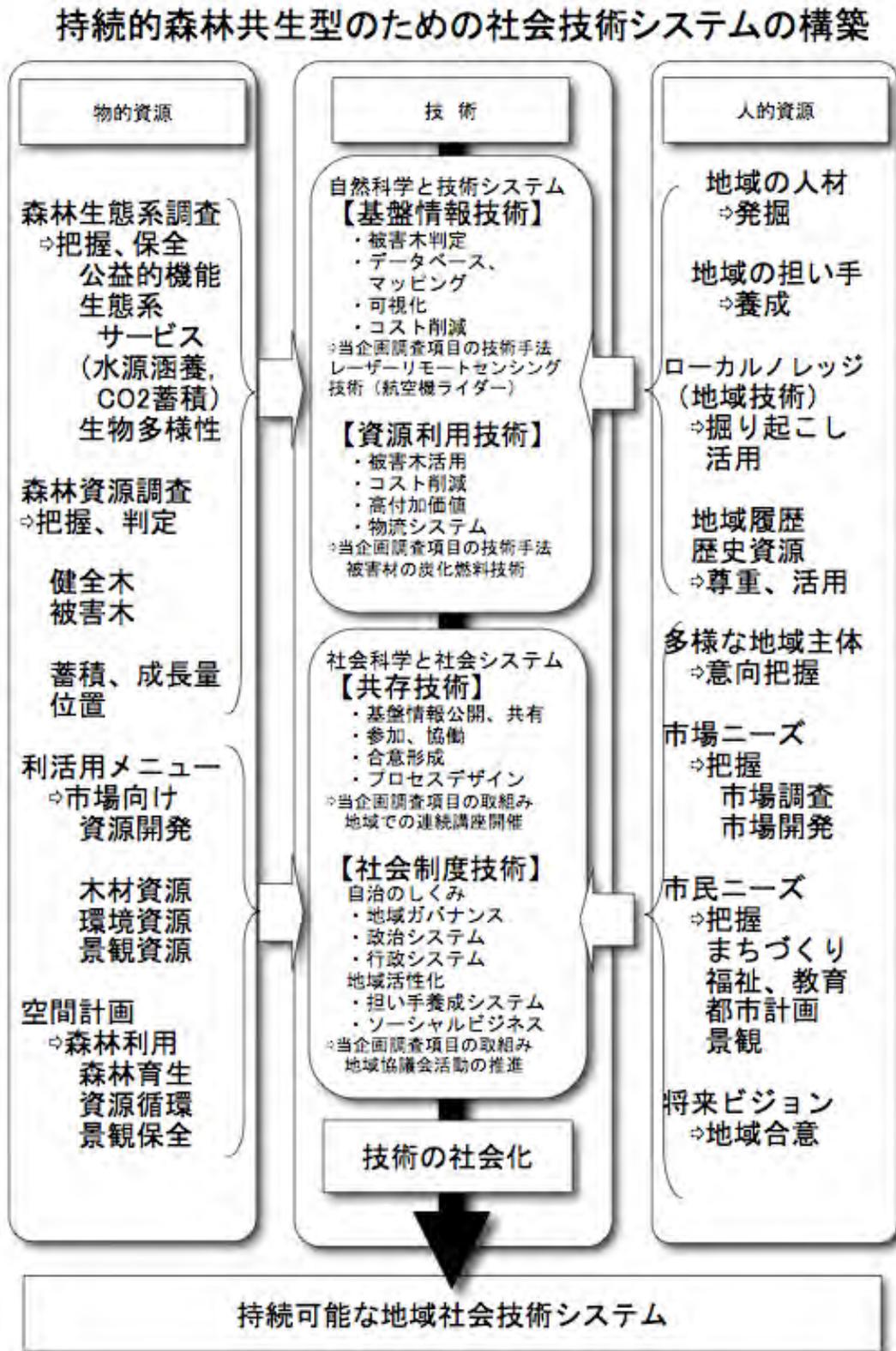
(1) 実施内容及び成果（全体）

当企画調査の実施成果から今後の展開シナリオにつなげる視点を以下のとおり示す。

① 技術と社会システムの融合で持続可能な地域社会技術システム構築へ繋げる

- 地域の森林を健全に再生し、住み続けられる持続可能な地域のための社会技術システムを構築するために、図2に示すとおり調査項目を整理する。
- 地域社会において双方に関する技術が活かされるためには、地域における徹底した資源調査と現状把握が必要である。これまでは、これらが地域社会でトータルに結びつけられていないところがあったが、今回の企画調査では、森林共生型の社会システムを目指す上で、「物的資源」と「人的資源」の双方からの実態把握と課題の共有化に軸足を置くことで、地域に即した視点の見出す準備作業ができた。
- 地域社会において、森林資源の現況は必ずしも十分には知られていない。また、そうした諸資源に見出しうる付加価値についても、情報が決定的に不足している。今回の企画調査における森林調査分析や森林経営の技法の開発は、全体から見れば、時間やコストの制約もあって部分的な作業に留まらざるをえなかったが、そこで得られた基礎データや資源循環に向けた技術手法は、地域の物的資源が付加価値を持って利活用できる可能性を有していることを客観的に示し得た。
- 一方、人的資源の現状把握に関しては、森林所有者・地域住民・民間企業・行政など様々な立場の人々が、それぞれの文脈において森林をめぐる問題・課題意識を有していることが、今回の企画調査で明らかにされた。もっとも、立場によって問題・課題のとらえ方が大きく異なっているがゆえに、問題・課題の共有を可能にする地域環境や合意形成を可能にするしくみが必要であることが改めて認識された。
- 以上の調査から明らかにされた重要な課題は、第一に、森林調査分析と資源循環システムがいかに接合されるべきかという点であり、第二に、その接合を通じて見出される物的資源の利活用が、いかなる人的資源を通じて果たされるかという点である。企画調査前は、研究者の分野・領域の違い、地域住民の志向性の違い、行政の所管課の違いによって、これらが分断状況にあったが、今回の企画調査を通じて、その接点が多角的に見出されてきたことは極めて大きな成果であると考えられる。
- 特に山武市の場合は、市民協働によるまちづくりが大いに盛り上がりを見せており、履歴や利害を異にする人々が、「森林」を一つの媒介として新たな関心と接点を持ち始めたことは、物的資源とその付加価値が地域内在的にとらえられ始めたことを意味していると言える。
- これらの意味において、当企画調査の地域側の窓口として協議会の位置づけはとても重要であった。今後も、引き続き協議会が、各種プロジェクトの基盤として多様な関与者をつなぎ、情報や課題共有する場として確立することをめざす。

図 2 調査成果と地域社会技術システム具体化の関係図



②技術の社会化による適正技術と技術社会システム構築のプロセスデザイン

- 企画調査以前では、「森林現況調査」「技術の社会化」「技術のシステム化」が棲み分け的に並列するに留まっていたものが、今回の企画調査を経ることによって、「技術の社会化」を通じて立体的に組み立てうることが再確認された。
- 地域行政など関係各主体が推進してきた森林再生のための木質バイオマス資源利用方策の展開は、市民に向けての一方通行の場合が多く、地域市場が成り立っていないという問題点が次第に明らかになったため、まず、市民とともに木質バイオマス資源利用方策を考えることからスタートする必要がある。
- 地域での資源利用技術と利活用メニュー開発において、それが単に技術要素の可能性開発や技術の短絡的な実装のベクトルではなく、地域でのニーズとのマッチングに向かうベクトルにする必要がある。例えば、地域社会が必要としている木材資源利用技術をマーケティングしていく必要があり、それを可能にする技術および社会システムの両立をめざしてフィードバックしながら検討するプロセスデザインで具体的プロジェクトを推進していかなければならない。
- 今後は、地域ニーズを掘り起こすために、地域でのワークショップを開催するなどし、森林資源をつかってなにができるかみんな考えて、方向性を共有するプロセスが必要である。
- 例えば、当企画調査の市民連続講座での参加者からの発言グループワークの中で、山武市で盛んなハウス栽培のいちご生産での石油代替のバイオマス燃料利用やコカリナなどの楽器製造で地域ぐるみで文化的活動として利用するなどの可能性が提案された。
- このような地域の発意の場から、実現に向け、地域の基盤に則した適正技術を選択し、技術および社会システムとして機能しうるかを検討し、地域の需要とシステムの担い手を育てていける社会化プログラムを、協議会を基盤に地域に開かれた形で本格的に実施していく必要がある。

③地域ブランドを再確立する必要性

- かつて山武地域の林業が盛んになった背景は、江戸という大消費地があり、17～18世紀に江戸の復興と市街の拡張に伴う木材需要の増大と木材商品化の気運が高まったから、山武林業が発達し地域ぐるみで造林していった経緯がある。
- それゆえ、まず地域内の資源利用基盤を確立することが大前提として、そこでブランド力を確立した上で、地域外への市場展開も必要であると考えられる。
- その1つの可能性として、当企画調査においては、被害材の活用方策および代替燃料としての輸送性の優位性をもつ商品開発として、「炭化燃料」に焦点をあて、炭化した方がチップ化するよりも輸送性が優位であることが示唆された。
- 東京湾岸の大手企業プラントでは代替燃料需要が高まっており、被害材活用先と

しは地域ブランドとして打ち出せる可能性があるといえる。しかし、これはあくまで被害材が解消されるまでの一時的な供給先であり、健全化した山武の森林から出される成長量分だけの木材量は、そうした現代プラントの大量消費・安定供給型の需要には耐えられるものではないと考えられる。したがって、今後は山武の森林の健全な将来像を描く上でも、東京等大都市圏への高付加価値の木材商品開発を想定していく必要がある。

④森林所有者をサポートする社会技術システムをつくる

- 地域の森林資源の活用を進めるために、これまでは行政や大学からの資源利用の技術開発アプローチの先行であったが、当企画調査において、森林管理の実態把握をすすめる中で、まず民有林所有者の実情や意向を把握することの必要性が確認された。
- 例えば、民有林が95%で、零細かつ小規模な所有も多い山武の森林管理実態において、後継者難や管理放棄状態の森林所有者の実態の一方で、森林として持続してほしい地域ニーズは比較的高いが、もはや森林所有者や個人のみでは解決できない状態にある現状に対し、森林資源調査のデータベース構築技術開発に関しても、地域社会のサポートシステムとして活用可能な技術と社会システムとして考えていく必要があることがわかった。
- さらに、地域森林を全体で維持するためにも、森林所有者の合意形成がたいへん重要であるため、その基盤となる社会システムとして協議会活動を通じた地域への情報提供と意思疎通のための場づくりを進める必要がある。

⑤山武の森と共生するための地域の長期的ビジョンづくり

- 協議会の立ち上げ当初は、市民協働を一部の関心のある地域住民が市民活動を行うことであるととらえる傾向が強かったが、協働とは様々な主体が相互に連携することを通じて地域づくりに取り組む手法であることが明らかにされたことによって、三つの視点は融合することが示された。森林調査分析は地域住民が森林の現況を知る上で必要不可欠の基礎データであり、資源循環やビジネス活用のためのモデルは、所有者・民間企業・行政に共通した関心事である。したがって、それをいかにマネジメントするかが今後の中心的な課題となる。協議会は、その媒介役として、これから大きな役割が期待される場所である。
- 一方、山武市の森林現況から、これまでは病気被害の対策が喫緊の課題との認識から被害材の利活用および付加価値化が地域行政の目標の主軸であったが、昨今の地球温暖化対策を背景にした化石燃料の代替燃料としての森林バイオマスの需要やCO2吸収源としての社会的ニーズが急激に高まってきた中、被害材の一扫が一気に進む可能性が出てきた。

- このタイミングを地域活性化につなげるためにも、地域森林が戦後の木材需要の高まりとともに禿げ山となって拡大造林へ進んだプロセスを再びたどらないための方策を検討する必要性が高まった。地域の将来像なきまま、一気に地域社会が民間ビジネス化に進むことで森林崩壊につながる可能性があり、サイトビジットにおける領域アドバイザーからの指摘でもある。
- また、民有林が95%という地域森林では、森林として維持する担保性に不安があり、上記のようなビジネスが進む場合に、将来の森林をどのように維持すべきか、大規模な需要に対応した森林資源活用を目標にするのか、地域内の循環をベースにするのか、いずれを地域社会が選択するかによって左右されるため、早急に地域の合意を形成していく必要にせまられている。
- 最終的にどのような地域像を望むかについては、地域の意思決定にゆだねられるが、地域が持続可能で住み続けられる場所であるためには、上記に上げた長期ビジョンにかかわって、地域の基盤に則した適正な技術のサイズやあり方を考える事も重要である。
- 持続可能な森林共生地域社会をめざすための、地域の長期的なビジョンづくりとして、地域で合意形成されるプロセスが重要であることが認識され、かつ具体的なビジョン展開のための新しい社会システムを構築していく必要がある。

⑥ローカルノレッジ「山武林業」を活かす新しい農林業と地域産業編成へ

- 森林所有ということは、法権利論として言えば個人所有の問題となるが、森林再生の地域社会づくりを考えるにあたっては、その森林が有している履歴・それに携わってきた人々の叡智・生活と生産が融合する形で地域社会に与えてきた意味なども合わせて考えることによって、森林から切り拓かれていく可能性を幅広く共有していく視点が必要になる。そうした歴史を通じた地力の蓄積と新たな技術が開く可能性を結びつけていくことが、これからの本格的な課題となる。
- 地域の長期ビジョンのベースと成るべきものは、すでに山武にあり、「山武林業」とよばれる他地区に類のない、混農林かつ多品種、異年齢の復層林を地域ぐるみで育成する合理的なしくみがかつて地域の森林や社会システムを持続可能にしていたことが、地域のヒアリングを通じて次第に明らかになってきた。もとより、スギの生育には不適地であったところを長い年月をかけて、地域でノウハウを共有してサンプスギブランドを育てていったすばらしいチャレンジ精神があった。
- この地域固有技術（ローカルノレッジ）を近代の社会システムとして再構築して、山武特有の林業と農業、他の文化的な活動や産業につなげることが、地域を活性化し、森林を持続可能なものにしていけると考えられる。
- さらに当企画調査からは、地域の森林現況や管理実態から、地域林森を再生し持続可能性をもって、地域に人々が住み続けられるためには、もはやボランティア

的、普及啓発活動的な取り組みでは限界であり、新しい地域社会のビジネス、現代社会の経済システムに対応する生業として育成される必要があることとともに、地域の遺産を見直し、現代に則した新しい地域産業に再構築するためのプロセスとその担い手の養成が必要であることがわかった。

- 当企画調査での成果を活かして、今後は、さらに詳細な森林の実態と地域の実情や意向を、当事者に即しながら、緻密に把握していく必要がある。また、それらを安易に結びつけるのではなく、それぞれの文脈で何が必要とされているのかを包括的に交通整理し、それぞれに関わる人材を発掘・育成していくことが求められる。協議会を中心とした体制が整っているため、今後は、山武市の既存の計画や事業との連動性も考慮しながら、個々の具体的な動きを地域ぐるみで作り出していくことを試みたい。

⑦ 森林調査分析技術をローカルノレッジとして地域での活用につなげる

- かつての銘木サンプスギ主体の山武の森林の現況は、長い間森林が管理放棄されたためにサンプスギ特有のスギ非赤枯性溝腐病が蔓延し、病害の拡大を抑制できない状態にある。森林所有者の森林管理をするモチベーションを高めることができる具体的な森林経営方策を検討するため、まず森林資源量を精密に把握することが求められている。
- 山武市の森林域面積で約35 km²すべてを現地調査によって把握するには、多大な費用と労力を要する。そこで、当企画調査では、広域で効率良く調査を行うためにレーザーリモートセンシング技術に注目し、特に航空レーザーによるデータ取得を行った。航空レーザーデータからの解析結果を検証するために現地調査も同じ場所で行い、得られた結果の比較を行った。
- 森林調査として主に樹高に注目をした。溝腐れ病の病害木の被害判定を現地調査で行い、今後効率良く被害判定を行えるように、被害度を航空レーザー測量(Airborne Light Detection and Ranging)から測定できる樹冠形状から判別する手法の開発を行った。結果として、被害度が高くなると樹冠形状に変化が生じ、その樹冠形状の変化を航空レーザー測量により捉えることが可能であった。開発された手法により広域な山武市における、現地調査が困難な場所での被害木判定に、この手法が有効であることが示唆された。
- このような高度な調査技術をつかった森林資源量把握の成果は、地域で共有のデータベースとして活用していけるような社会システムの整備が必要である。すなわち、山武では大規模林業を展開するような森林規模ではないが、精密なデータが活用されるべき理由は、かつての持続可能な山武林業では、江戸等の多様な需要に応えるために異年齢多品目の樹木を育成していたことと、農作物との混農林であったため、中売人などの手腕によって適材適所に売りさばかれて

いたと考えられる。そのような多様で複雑な林層を将来ビジョンにする場合には、現代の需要にあわせるためにも、現代的な技術を活用して競争力をもつことに寄与できる可能性がある。今後は、地域で共有できる情報基盤として活用できるための社会システムも同時並行的に検討する必要がある。

⑦プロジェクトの継続と地域型林業の普遍モデル化、周辺地域への波及

- 現在、あらゆる意味で社会的な大きな転換期にあり、山武市が森林を有しつつ、持続可能な地域になることができるかできないかの、とても重要なターニングポイントであるといえる。
- 日本全国には、山武の実情のように森林が荒廃し地域が衰退し、住み続けられない地域となっていく他地区が数多くある。山武市の森林においては、大規模林業地や効率的かつ安定的な木材供給のための林業をめざす選択肢ではなく、森林が地域の生活基盤として成立する、持続可能な新しい地域型林業の普遍モデル化をめざし、隣接する周辺地域への波及効果や、さらには同様な状況の地区に対しても有益な情報を提供できることをめざしたい。

(2) 実施内容および成果 (グループ毎)

①技術の社会化グループ

研究題目：地域森林再生のための社会技術システムに寄与する地域ガバナンスの形成

当企画調査において、技術の社会化グループでは、上記研究題目を掲げ、地域の森林をめぐる課題解決プロセスを検討するために、地域の実情に即した意向把握と問題共有化を促し、トータルな視点からの課題提示によって、地域の将来ビジョンの合意形成、課題解決に向けた多様な主体が連携する市民協働の場の設定を行うことを目標とし、以下の4項目に取り組んだ。

- 地域の実態把握 (地域構成員、地域林業史、現状の体制、森林の管理実態)
- 市民の意向把握 (森林所有者、一般市民、行政、林業、市民団体等)
- 地域との双方向の情報交換と共有化
- 地域課題の検討

これらの項目を具体的に地域で展開するための主要な手段として地域市民向けの連続講座 (全5回) を開催し、その中でさまざまな情報の収集をおこない、地域の実情から問題提起、地域課題の掘り起こしへとつなげた。以下、各実施項目の詳細について示す。

ア. 地域の実態把握

地域の森林をめぐる現況のうち、まず社会システムに関する側面から人的資源についてその実態を把握することに努めた。

とくに、当企画調査においての地域の人的資源として、地域の各主体、人材、地域技術、歴史資源、地域ニーズなどに焦点をあて、以下のことが確認された。

[地域構成員]

当企画調査において地域への個別ヒアリングの機会や連続講座、その他イベントの機会などを通じて調べた。

地域への個別ヒアリング対象：

山武市役所 (バイオマス推進室、市民自治支援課、企画課)

千葉県 (森林課、資源循環推進室)

千葉県農林振興センター

千葉県森林研究センター

木材市場協同組合

木材関連事業者
 バイオマス関連事業者
 市内NPO法人等市民活動団体
 山林所有者
 市内小学生やその保護者
 市外からの移住者
 市外からのボランティア協力者
 CSR民間事業者

その結果、現状での森林をめぐる主要な地域主体の構成は、図①- 1 の通りに概観できる。それぞれについては、以下の通りの概要である。

図①- 1 山武市の森林をめぐる各主体



- ・ **森林所有者**：山武の森林は95%が民有林であり、約100件ほどの山林所有者がおり、民有林の60%が大地主十数名で所有しているようだ。その他は、1～2 ha程度の小規模所有であり、不在地主が含まれている。大地主の多くは、昔からの地域の名士の家柄で、篤林家と呼ばれる美林を管理する林家もある。一方、山武では林業として成り立っているのではなく、農林家と呼ばれ、農業とかねて管理している場合が少なくない。
- ・ **山武市民**：山武市の森林は、主に合併以前の旧山武町エリアに位置する。その他のエリアは、平野の田畑中心エリアと海岸エリアと大きく分けられ、非常に准環境が違うため、森林といえば、旧山武町のエリアという認識であるようだ。一方で、山武の森林の魅力に魅かれた国内外の移住者が少なくない。その魅力も地元住民にとってはあまり実感できていない。そのような美観や環境面などの森林の環境及び生態系サービスとしての価値に加え、とくに旧山武町エリアでは、森林は水源としても重要な位置づけである。市内全域においても、田畑への浸透もあると考えられるほか、市内には地下水利用の地酒店もある。
- ・ **外来者**：山武の森林および他の面でも魅力を感じたり、イベントで来訪する人も少ない事がわかった。これは山武市でとくに市民活動が活発であることも一因と考えられる。連続講座の参加者でも近隣地域の住民も比較的多かった。また、最近は大手民間企業が、山武市の森林や農地に関心を示しており、森林や農地を購入したりする例やCSRの場として検討している場合もある。
- ・ **木材系産業**：地場産材としてのサンプスギブランドによる住宅づくりを普及させ循環型のまちづくりにつなげたいとがんばっている地元建築家と工務店、製材店の連携がある。そうした活動は、市民活動団体とも連携している。建築需要は少ないようだが、山武市の将来ビジョンへの提案をしている貴重な取組みである。
- ・ **山武市役所**：森林再生をめざすべく経済環境部農林水産課にバイオマス推進室が設置され、市民活動を支援する市民自治支援課があり、森林再生に関してこの2つのセクションが協議会に関わっている。さらに、現在、企画課では市所有の森林の日向の森の整備を手がける予定で、その構造案づくりをはじめている。

- ・ **千葉県**：森林課では山武市の森林再生のためのさまざまな補助事業を行っており、資源循環推進課ではサンプスギブランドなど資源利用の促進事業を行っている。また県民活動文化課では、地域活性化プラットフォーム事業として山武郡市での市民活動の促進事業を行っており、参加団体は山武の森林を対象にした提案も多い。森林研究所では、長年のサンプスギに関する研究やデータが蓄積されている。農林振興センターでは、地域林家の相談役として情報提供につとめている。さらに、県の外郭団体の観光協会では、最近「里山観光」に着目しておりその可能性を山武の森林に見ている。
- ・ **森林組合**：山武市の森林は北総支所が管轄となっている。林業低迷につき、森林組合事業も停滞しているようである。また、関連の木材市場協同組合では、木材市場の活気もなくなりつつあり、とくにサンプスギが市場で扱われる度合いが少なくなってきたとのことである。関連の材木店でも、一般の住宅建主は、コストから外材利用に向かう傾向が強いため、よい木材を売る事が難しいという状況と聞いた。
- ・ **バイオマス利用系産業**：山武市では旧山武町時代につくった森林再生をめざした「バイオマスタウン構想」をひきつぎ、サンプスギ被害材などを燃料利用として活用するためにバイオプラスチック開発やペレット燃料利用を推進し、市民に普及啓発や助成事業を行っている。一部農家では、炭化肥料を畜産や畑で利用も試みている。
- ・ **協議会**：地域において多様な主体をつなげ、情報伝達の窓口となるべく、千葉大学の3つの領域（工学、園芸、法経）と、民間事業者、市民NPO団体、山武市と協働の取組みをすすめている。

これまでは、これらの各主体の活動は個別に取り組みられてきたといえる。森林再生をめざして、その相互の結びつきは、少なからずそれぞれであったが、どれも、持続的な形として定着していくことがむずかしい状況にあることがわかった。

つまり、個別の取組みの限界ともいえ、地域主体の全体像を俯瞰してそれぞれの立位置を再認識する、トータルな関係性を再構築していかなければ成らないと言える。そのために、今後は主体のつなぎ役として協議会が機能しなければならない。

[山武林業史—持続的森林経営のためのローカルノレッジ]

山武地域には、かつて「山武林業地」と呼ばれ、有名林業地（他の地域にはみられない、樹種特性を持ち、施行等に特別な地域）としての地位があった。その背景には、当企画調査における地域ヒアリングや連続講座において、山武林業の優れたローカルノレッジの存在があったことが明らかになった。これは、新しい現代技術と社会システムとも融合させるべき、持続可能な森林経営のノウハウに示唆に富むものであるととらえることができるため、以下のとおり今後の指針として整理する。

○ 山武林業の発祥と歴史

山武地域は、北総台地と九十九里の堆積平野に位置し、年間降水量が1,500mm前後かつ土質は関東ローム層と砂質層であるため、乾燥しがちな土壌条件である一方、一般的にスギの生育には、2,000mm以上の降水量と保水能力に優れた土壌など良好な水湿環境が必要とされている。

こうした条件のもと、江戸時代に、山武地域では、マツ、スギの二段林や農作物との混農林手法（木場作）と、耐乾性が強く初期成長が早いサンプスギさし木苗が選抜され、地域でそうした手法が普及し、長い年月をかけて、スギの生育に適さない自然環境を克服するための造林技術を獲得していったと言われている。旧山武町の睦岡地区が発祥といわれ、その後同町日向、東金市、松尾町などに広がり林業地が形成されていった。

山武林業が発達した社会背景として、江戸の明暦の耐火（1657年）以降、17世紀頃から18世紀に掛けて、江戸の復興と市街地の拡大に伴う木材需要の増大と木材商品化の機運が生じ、個々に行われていた造林が郷・村といった地域的な広がりをもって行われるようになったといわれる。山武地域は立地としてもよく、江戸等の大消費地への木材の一大供給地として成立していった。

18世紀に入り、九十九里のイワシ漁業が盛んとなり造船材としてや、また綿花栽培での肥料用干鰯製造用燃料として地域的な木材需要が増加し、燃料用にマツ、造船、建築・建具用にスギを混植するといった林業技術が確立した。

良質な杉材—サンプスギの産地として林業や伝統的な建具など木材加工業が発達したが、その後近代では燃料用マツ材の需要減と、松食い虫の被害拡大等によりマツの造林をしなくなり、戦後、スギやヒノキの混交林やスギの一斉林が急増していったため、山武林業独特の造林手法は失われていった。

○ 山武林業の造林技術—二段林

山武林業の特徴的な造林サイクルとして、以下のような二段林といわれる方法があり、長い年月をかけて地域の環境に適応したスギを育てていたことがわかった。

(木場作とマツースギ二段林の造成サイクル)

- ・ 木場作：開墾地を造林地の始めは畑として利用（数年間）
- ・ 作物の間にマツ苗を植え付け（3年目頃）
- ・ 乾燥に強いマツを保護樹としてスギの育つ環境をつくる
- ・ マツの下にスギ苗を植え付け（マツ植林後5～6年目or15～20年目）
- ・ 順次マツを伐採（燃料or建築用材）（マツ植林後10年目or20～25年目）
- ・ スギの純林成林（30～40年目）
- ・ スギを択伐し伐採後にスギ、ヒノキの苗を植え継ぐ（の繰り返し）

こうした二段林による造林手法は、燃料用のマツ材の需要減と、松食い虫の被害拡大等によりマツの造林をしなくなったこともあり、現在は行われなくなってしまった。

○ 山武林業の造林技術—木場作（混農林）

木場作とは、年間の降水量が少ない風土で乾燥対策のために、造林前の開墾地を数年間、ソバ・アワ・ヒエを植える混農林のことである。ここで特筆すべきは、木場作が優れた社会システムであったことである。これは、山林地主は小作料を取らずに小作人に開墾の後と植林後の数年間、土地を利用させるしくみであり、小作人は収穫が目的で自発的に畑の手入れをするため、育林のための下草刈りなどの手間がはぶけ、地主にとっても小作人にとっても役立つしくみであった。このように山武林業は、長い時間と手間がかかる森林の育生に、所有者だけでなく地域住民をうまく巻き込む形で森林を持続する優れた経営方を有していたといえる。

○ 山武林業の造林技術—挿し木造林

スギの生育に適さない自然環境を克服するために、混合林・木場作と並んで、山武林業の造林技術として特徴的な技は、挿し木技術である。耐乾性が強く、初期成長が早いサンプスギを品種選抜して挿し木苗が普及していったといわれている。現存する大系木に山武地域の挿し木の母樹（1700年代前）と推定され

ているものがある。この挿し木技術が地域に普及したのは、地域の家と家のつながりが大事にされ、山林地主の分家や一族に挿し木が分けられていったためではないかと考えられている。こうしたことも、地域ぐるみで森林を育成していた社会システムとしてとらえることができる。

○山武林業の造林技術—**異齡混交林**

山武林業では、江戸や地域的な木材需要に対し、建築、建具、造船、燃料など多様な用途別にあわせた供給体制があった。つまり、林家の知恵として、多様な需要に対応するように、スギ苗を早生系統、晩生系統を一山に混植して、多様なスギを育てていた。挿し木・品種選抜：効率・付加価値林家の知恵（系統）：1つの山で多様なスギを育てていた。

○ 環境保全林、備蓄林的役割

山武林業の発達は、年間降水量の少ない北総台地において、北向き斜面地以外の台地上にスギの平地林が増え、乾燥しやすく地下水位の低かった台地の土地利用を進め、早春期の強風に伴う土壌乾燥と関東ローム層のダストストームから農地や屋敷を守ったり、水源涵養の機能も有することに寄与し、単に建築用材等の木材供生産するだけでなく、環境保全林としての機能を担っていた。また、農業との兼業として林業が発達したため、屋敷林として「背戸山」（うらやま）と呼ぶ、樹齢200年以上の高齢木を持っていることが林家の慣例であり、生活環境保全林、備蓄林的役割も果たし、独特の景観を持っている。

○ 林業先進地であった可能性

文献※によると、大正年間の明治神宮造社の際に、たびたび明治神宮側の技術者が山武に来訪している記録が残されている事から、この山武林業の手法がお手本とされたのではないかと推察されているが、当時は全国からの見学者も頻繁にあったとわかる記録が残されていることから、林業先進地としての役割を担っていたと考えられる。現在も林業地として全国から林業関係者が視察に訪れている。

※文献：「再考—山武林業」 青沼和夫 著 （グリーン企画）

以上が山武林業に関する主要な技術情報等であるが、これらをローカルノレッジとして、再認識したい。森林を育てることを林業という狭い枠や森林所有者だけのものにとどめず、地域が場を共有し、いろいろな主体が関与できる、現代の実態に沿う形の新しい社会システムを考える上でたいへんに示唆に富むものである。



※上記2枚の写真 — 「山武林業」千葉県林業試験場発行資料より抜粋

[森林の管理実態]

当企画調査の地域ヒアリングなどによって、山武の森林所有者の置かれている状況は、高齢化が進行しており、後継者不足も懸念されている実情から、その多くが管理不能状態につながっていることが明らかになった。

たとえば、森林所有者の現状のタイプ分けを現状から把握できる情報から以下のとおりにおおまかに設定できる。（必ずしも全部がこれに当てはまるというわけではない）

タイプ	実情	抱えている問題	将来展望
篤林家	地域の名士として先祖伝来の森林を管理している。 美林を管理している 家族のサポートはある 森林を維持する意向は強い	・高齢化していて後継者がいない（生業にならない） ・せっかく育てた木材が売れない（お金にならない）	森林は可能なら維持したい （孫が継いでもいいとはいいが心配）
農林家	林業を生業とせず農業主体 森林管理は停滞している	農業のほうがお金になる 森林を管理する動機がない	農業よりお金なれば、やるかもしれない
自力管理不能	先代が植えたものを引き継いだ が自力管理はできない 管理放棄状態 小規模零細	森林は税金を支払うだけの やっかいものになっている	持続する意向は低い できれば手放したくはないが、 なにかお金になるようであれば売る
不在地主	地域在住でない 完全放棄状態 小規模零細	資産として有益かどうか判断がつかない	森林として持続する意向は不明

地域の森林所有者は、上記のタイプのように森林管理および経営に行き詰っている要因から抱える課題や将来展望がそれぞれちがうと考えられる。共通しているのは、森林を持続していく将来ビジョンを持ってないことや、もはや森林経営を持続するためには、自力では解決できない状況であるといえる。地域で森林を持続可能にしていくためには、社会的なサポート体制が必要な状況にあると考えられる。

一方、森林所有者に対し、地域の森林組合は有効に機能しえない状況にある。つまり、木材価格の低迷によって、伐採しても売れないうえに、むしろ森林所有者に赤字がでてしまうため手の出しようがない。そうした赤字回避するための施業計画や経営プランをコンサルティング・提案することができる実践型のノウハウが林業にも必要だと考えられる。

こうした背景から、森林経営者に対して経営ノウハウを提供するための社会的中間支援団体の存在が重要になっているといえる。

イ. 地域への情報提供

[連続講座の実施]

地域への情報提供および収集のための手段として協議会主催の連続講座を実施した。その概要は図①- 3次の通りである。

協議会主催で、山武市との共催として実施。各回で話題提供者を地域内外から募り、山武の森に関する話題を様々な角度から提供した。

それぞれの話題は、山武の森の再生をめざして地域の中でこれまで取り組まれてきたことを集めて、それを一度俯瞰してみる事からはじめた。例えば、森林再生の関する山武市の事業等に関する情報は、市民にとってはこれまで直接聞ける場面が限られているようであったため、この機に、合併以前からの流れと各計画策定と事業へ向かう流れをみんなで概観することに努めた。

また、山武林業という地域の誇れる歴史的事実は、これまでは林業関係者の間で、知るひとぞ知るといような情報でしかなかったため、第2回目ではそれに関して専門的にわかりやすく解説してもらうとともに、実際の林家の育林生活史に触れて、地域林業の歴史を概観できるようにした。

一方、山武市民からは、一般的に“山武の森”にはよいイメージをもたれているようであるが、管理放棄されたり、溝腐れ病による被害で荒れている現状はあまり知られていないと考えられたため、被害が進む里山で間伐等の保全作業や利活用促進のためのボランティア活動をしている市民団体にその実情を語っていただいた。また、山武市では市民活動が全般に多く、活発であり、“森”をキーワードに市民活動もいくつかあることから、市民活動と森林再生との接点のあり方についても焦点をあてた。

さらに、座学を離れ、実際の森林を見学することで山武の森のイメージを共有し、問題点や可能性をリアルに感じてもらうために、実際に山武市が一部森林整備のモデル事業と整備構想案づくりをはじめている、市有林である「日向の森」に出向き、進行中の事業内容と当企画調査の一環で行っている森林資源量調査結果についても解説した。見学後には、日向の森プロジェクトの将来展開について触れ、森林ビジネスの展開の可能性についても概観した。

講座最終回では、これまでの講座の中で扱われた話題を概観し、回を重ねる毎に、今山武で森林再生に向けて足りないものとしてにわかには浮上してきた「担い手」について焦点をあて、千葉大学の各分野の若手研究者を募り、山武にまつわるそれぞれの視点から話題を提供した。その後、各班ごとのグループワークにて、山武の森林再生に関する参加者の自由な意見や提案を掘り起こし、全体でのまとめを共有した。

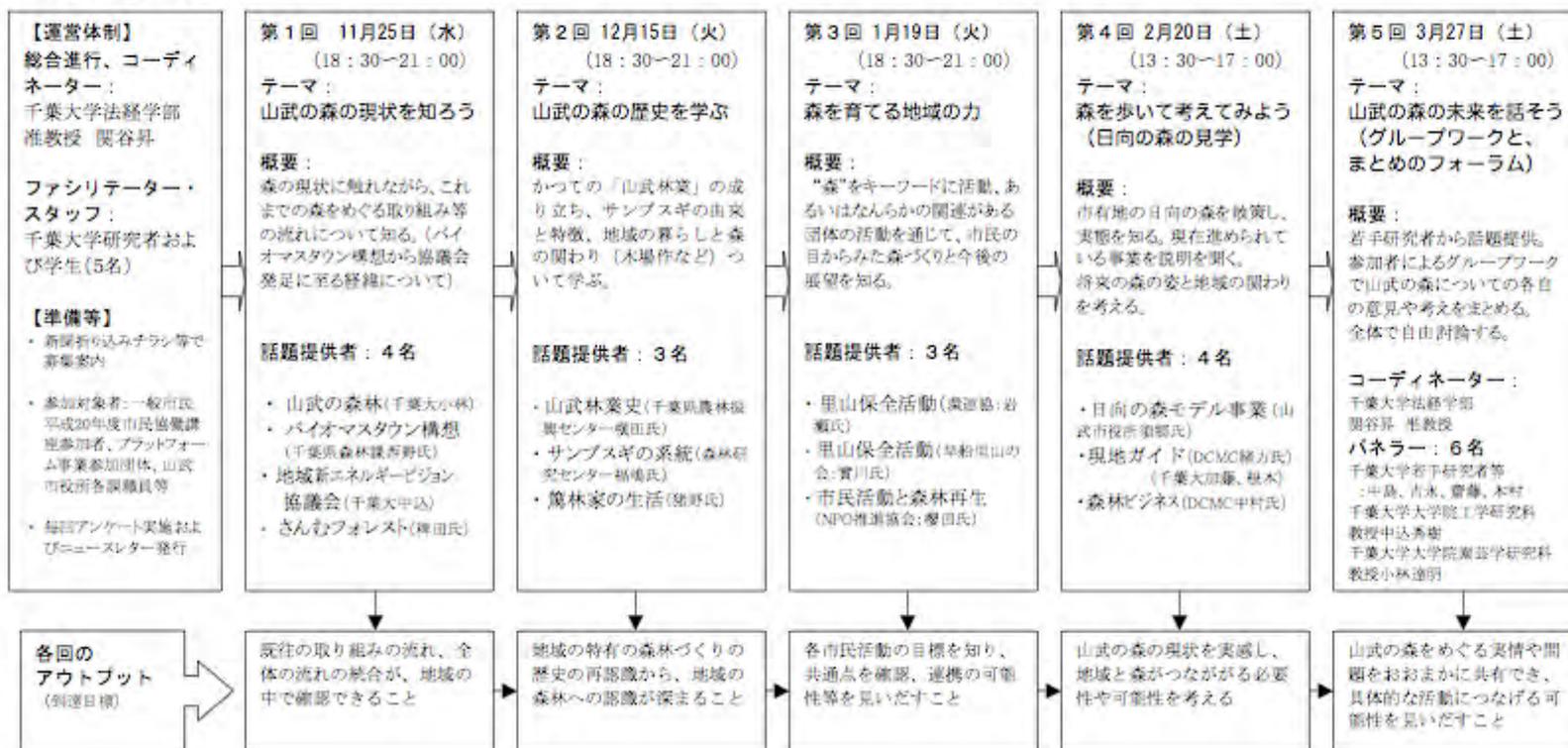
図①—3 連続講座のプログラム概要

【JST研究開発プログラム】：『地域に根ざした脱炭化・環境共生社会』 プロジェクト企画調査名：『山武市における森林共生型社会システム構築に関する調査』

山武市における森林共生型社会に向けた：「山武の森再生連続講座-まちづくり市民協働講座第2弾-」開催について
 地域の森林再生に向けた社会技術システムづくりに取り組むために、協議会を基盤にした千葉大学大学中心のプロジェクトにおいて、市民協働手法による森林共生型社会をテーマにした連続講座を開催する。

<p>実施主旨： 荒廃する地域の森林の実態とこれまでの様々な取り組みに関する情報を集め、地域で広く共有し、自由な意見交換の場をつくる。</p>		<p>ねらい：地域の森林の課題に対する共通認識を深める機会とし、具体的な解決策、地域内外の多様な主体の市民協働による主体的かつ多様な取り組みにつなげていく。</p>
		<p>実施主体 主催：山武の森再生計画推進協議会 共催：山武市市民自治支援課 バイオマス推進室</p>

スケジュールと概要： 話題提供後は自由討論タイム、適宜、同プロジェクトでの森林現況調査速報を提示。毎回、アンケート実施。ニュースレター発行



●山武の森再生・連続講座 第1回 の実施概要

第1回テーマ：山武の森の現状を知ろう

日時：2009年11月25日（水）18:30～21:00 場所：山武市役所 3階大会議室

参加者：55名

18:30～ 開始 講座のガイダンス 山武市長の挨拶

18:50～ 山武の森林：千葉大学大学院園芸学研究課教授 小林達明

山武の森をめぐる取り組み背景①

山武市のバイオマスタウン構想

千葉県農林水産部森林課森林政策室 西野文智

山武の森をめぐる取り組み背景②

山武市地域新エネルギービジョンから協議会発足

千葉大学大学院工学研究科教授 中込秀樹

山武の森をめぐる取り組み背景③

さんむフォレスト 代表・建築家 稗田 忠弘

20:30 自由な意見交換

21:00 閉会



○山武の森再生連続講座 第1回のお話提供の概要

■「山武の森林」

千葉大学大学院園芸学研究科教授 小林達明

講座スタートでは、まず幅広い視点から地域を俯瞰、地域の森林の状況等の情報を紹介。最新技術等を使った日向の森での現況調査中の速報データを一部解説。



千葉県の中の山武：千葉県は全体的には森は少なく、特に南部に多い。山武は平均的な所。

千葉県民アンケートからみた森林への期待：「みどりにどのような効果を期待しているのか？」は、空気の浄化やCO2削減、心身のやすらぎの3つが大きく、木材利用は少ない。

生態系サービスの概念：森林の生態系の機能と恵み。維持機能（Supporting）；供給機能（Provisioning）、調節機能（Regulating）があり、総合的な役割を果たしている。

山武の育林と循環：森林は切りすぎは良くない。おじいちゃんが孫の代に向け植える。森から少しずつ収入を頂いて維持してきた。山武の樹木の生長は早く約40年。（農業に比べればかなり長い）

山武市の森林の位置づけ：全国森林計画上の区分（水土保持林、森林との共生林、資源の循環利用林）は、山武市ではほとんどが水土保持林（214ha）で、資源の循環利用林はない。

森林ボランティア数：山武では森林ボランティア数がとても多い。

海岸のクロマツ林：内陸ほど衰退し、マツ以外（ススキや広葉樹）の侵入、マツ材線虫病の影響、窒素や炭素濃度が多く、土壌の肥沃化が衰退要因の可能性もある。

モウソウチクの拡大：雑草地や樹林地（被害林？）で拡大／減少。（拡大速度：0.72m/y）

スギ非赤枯性溝腐れ病：幹が腐る病気。山武では台地の上（旧山武町）で被害が特に多い。

現地調査と判別：本来林分単位で間伐量や伐採年数を定めるが、被害林では計画が立たない。被害材バイオマス利用を具体的に進めるため立ち木を使用別に細かく分類する必要がある。現在、日向の森で航空機LiDAR調査中（どこにどのような状態の木があるか分かる）。今後は、樹冠の形状から被害木判別の可能性あり。毎木調査も合わせて実施中。直径15-20cmや樹高の高い木で（実生スギらしい）被害少ない。枝下高が高いほど被害少ない。よく手入れされていると、健全木多しということではないか。

小林教授の話題に対する参加者のコメント

- ・ 千葉全体の森林分布とその大きい範囲の中での山武の状況がよく理解できた
- ・ 森林の機能と山武市の特徴
- ・ 山武スギの手入れによって、良材型ができる
- ・ 調査進行中の報告！
- ・ 溝腐は深刻な問題

■ 山武の森を巡る取り組み背景①

「山武市バイオマスタウン構想の経緯」

千葉県農林水産部森林課森林政策室 西野文智

山武町時代の“はじめの一步”から現在に至る経緯を解説。海外（ドイツ）での地域の取り組みを紹介。

はじめの一步：山武町長公約の「山武の森の再生」から木質バイオマスの活用を目的としたバイオマスタウン構想策定へ（平成16年）。千葉大園芸学部との交流。千葉県バイオマスプロジェクトチームの編成。国では「バイオマス・ニッポン」推進中で、県で山武町ははじめて策定した。

森林系木質バイオマス：千葉県の潜在資源分布状況で、被害木は県全体で91万t、そのうち山武地域で53.4万tと推計されている。

バイオマスタウン構想の展開：山武町バイオマス構想推進委員会の開催（有機農業、森林、バイオマスタウン部会でプロジェクト展開）。千葉大学園芸学部との「相互協力協定」（構想実現に向けた研究協力により学生は実践を通じた生きたフィールド学習）。森林資源の利活用、地域循環による、地域活性化、コミュニティ再生をめざす。合併後山武市へ。産学官連携による取り組み（文科省リーディングプロジェクト、千葉大学各学部との連携、千葉県木炭事業、木質プラスチック事業の共同研究等。バイオマス推進室設置（平成20年）。地域新エネルギービジョン／バイオマスタウン構想策定委員会開催。

バイオマスエネルギー村プロジェクト：ドイツ・ユーンデ村の村ぐるみの取り組み事例：独ゲッティンゲン大学等がバイオエネルギー村構想（バイオマスエネルギー自給）計画の社会実験の候補地をユーンデ村に選定。村民と大学関係者との共同によるプロジェクト展開。バイオエネルギー供給施設の整備事業（村民が協同組合設立等）、バイオマスによる熱電供給実施（村民が経営）。

プロセスデザインのキーワード：“キーパーソン”（村長から村民の巻き込み）、“コーディネーター”（大学の各専門分野の研究者が有機的に連携し参画）、“村民の機運醸成”（村が市民団体へプロジェクト啓発を任せた）。

プロジェクトプロセス：6年かけてエネルギー供給会社と協同組合設立、施設整備事業開始。

地域のメリット：経済効果、地域活性化、観光資源、環境保全、温暖化対策、村民の誇り。

西野氏の話題に対する参加者のコメント

- ・ ユーンデ村の成功事例。
- ・ リーダーシップがとれる人がキーパーソン
- ・ プロジェクトの進め方
- ・ 観光も関連
- ・ バイオマスタウン構想は市民との情報交換が大事
- ・ 県、大学が力になってる
- ・ バイオマスタウン構想の具体化の参考になった



■山武の森を巡る取り組み背景②

「山武市地域新エネルギービジョン策定～協議会発足」

千葉大学大学院工学研究科教授 中込秀樹

計画策定から、計画を具体的に推進するための協議会発足の経緯を解説。



太陽黒点なしの地球への影響：太陽活動が停滞している状況があまり続くと氷河期になるかも（温暖化どころか）。地球は小さな存在。将来どうなっていくかを自分たちで判断する必要がある。

バイオマス・プラスチック分解⇨森林：専門研究のプラスチック分解をバイオマスへ発展。

バイオマスとは：biomass=bio+mass：元来生態学分野で生物量、生物現存量のこと。日本では、新エネ法改正で動植物に由来する有機物で、エネルギー源として利用できるもの。

バイオマス発電：廃棄物焼却炉で人口6万人分の排出60t/日処理できるプラントは30億円。廃棄物ではその費用の採算をとれたとして、単価の安いバイオマスとなるとそれはむずかしい。一方最先端技術の装置での分解と考えても、高額な設備を地域に導入しても採算がとれない。

地域新エネルギービジョン：森林再生をめざし、木材資源を健全木だけでなく病害木も含めて用材からバイオマスエネルギーにまでカスケード活用することを目標とした計画策定。

協議会の発足：具体的な取り組みを実行・推進する、かつ、人が変わっても進むように組織化し、業として成り立つようにするため協議会を発足させた。若い人の参加を期待する。

日向の森で社会実験：考案したビジネスプランをまず自分たちで実証していく。

山から材を流す必要性：市場開拓、調査、物流改革などをトータルに考えることが必要。

協議会と市のパートナーシップ協定：行政の中では縦割りで出来ないことを、協議会の場で検討していきける。

山武市の将来への提案：電車で八街を過ぎると森が見えてくる山武の現在の風景。森を大事にして、住宅があるような将来像はどうか？みなさんと考えていきたい。協議会の場を、活用してみなさんと計画を膨らましていきたい。

中込教授の話題に対する参加者のコメント

- ・ 社会実験（日向の森）の実情
- ・ 現況図がわかりやすい
- ・ 協議会と市の関係
- ・ 協議会の方向性
- ・ 構想自体は有意義
- ・ グランドビジョンが地域の再生になるといい
- ・ 協議会が市を引っ張ってほしい

■山武の森を巡る取り組み背景③

「さんむフォレストの活動」

さんむフォレスト代表・建築家 稗田忠弘

建築家としてのふだんの取り組みのなかから、地域の森と暮らし方のつながりの考え方や提案を紹介。



地域の建築家としての視点から：木造住宅づくりで大工や左官屋と向き合う中で色々見えてきた。日本の木材利用量の8割が外材、着工件数の8割がハウスメーカー。地域の林業が荒れている。いい仕事ができる大工がいるのに仕事にならない。効率や利潤を追求した結果日本の住環境は貧しい。地域の景観にも問題。地域性と無関係に住宅が建てられる。

「さんむフォレスト」の立ち上げ：地域の中での資源循環をめざしサンプスギをつかった家づくりをすすめる（山武地域の森と地域の再構築をめざす建築関係者によるグループ）の活動はじめた。（活動11年目）地元の木をつかって、地元の技能者によって家をつくってもらおう。その中で森林の再生に寄与でき、伝統技能が継承されると試行錯誤してきた。

森林再生と家づくり：昭和30年代、山に依存して暮らしが成立。山と暮らしの関係をもう一度とりもどすには、エネルギー利用が必要。枝葉からすべてが資源で捨てるどころなく森がきれいだった。新しい技術で今の暮らしの中に木を活かすことを考えればよいのでは。

住まいづくりの提案：1) サンプスギを使う 2) 金型を使わない工法（30年しかもたない家づくりはやめて） 3) エネルギー利用する。山武だからできる暮らし。

薪ストーブを使う家：100m³山から切ってきて作る家（約40坪）、丸太のうち製材所で残材になるのが40m³、60m³で建築。40m³は薪ストーブ利用で4年分の燃料になる。薪ストーブ一台で暖房する家は吹き抜けの大きな空間で。小さな部屋がいっぱいの暮らしは日本は向いていない。広い空間で家族コミュニケーションがとれる。換気でエアコンなしの暮らし。

地域の経済：民家はそこにあることが自然である建物。地域産業が成立しないと大工は困る。地域への経済効果は、文化が残っていない形ではなく、文化として残していくべき。

地域の生業：家作りを生業にすることでなければ、循環型社会はなかなか進まない。

稗田氏の話題

- ・ 実践の話は、興味深い
- ・ 地産地消による地域の建築文化の再生
- ・ 家のあり方などに共感
- ・ 持続可能な仕事
- ・ 被害材の活用方法
- ・ スギを育てている者としてありがたい
- ・ 本気でやればできる ・ 信念が正しい

●山武の森再生連続講座 第2回の概要

第2回テーマ：山武の森の歴史を学ぶ

日時：2009年12月15日（水）18:30～21:00 場所：山武市役所3階大会議室

参加者：50名

18:30～ 開始 前回のふりかえり

：千葉大学法経学部准教授 関谷 昇

18:50～ 山武林業史その1 : 千葉県山武農林振興センター 横田正彦氏

山武林業史その2 : 千葉県農林総合研究センター 森林研究所 福島成樹氏

20:00～ 休憩

NHK番組 小さな旅「杉一筋に」VTRを上映

20:20～ 山武林業史その3 : 篤林家 猪野源治氏

20:45～ 自由な意見交換 まとめ

千葉大学法経学部准教授 関谷 昇

21:00 閉会



○山武の森再生連続講座 第2回のお話提供の概要

■山武林業史 1：千葉県山武農林振興センター 横田正彦氏

江戸時代から発展してきた山武林業について、その特徴や発達の背景など、詳しく解説。



サンプスギの大径木：約240年生。山武市内の埴谷には、数十本単位で残っている。

千葉県の森林：県土の3分の1が森林、そのうち4割が人工林で、その

“林業地”とは：他の地域にはみられない、樹種特性を持ち、施行等に特別な地域。「山武林業地」は、東金、山武、横芝：山武市とくに旧山武町のあたり。

山武林業の特徴：歴史が古い（江戸時代）／平地林／「背戸山」（うらやま：大径木林、備蓄林、択伐林）／マツスギの二段林／挿し木林・品種選抜

1400～1500年代：寺社地中心に植林。平地の防風対策として植えられた。

1600年代：経済目的（綿花肥料：イワシ煮の燃料、船材、炭）伐採・植林。木が売れた。

異齢混交林：用途別にあわせた供給体制。挿し木・品種選抜：効率・付加価値。

平地林の造成：→低地（田）、台地（畑）その間の斜面（森林：背戸山）に植えられた。

“木場作”と“二段林”による巧みな育林技術：年間の降水量が少ない乾燥を対策するしくみ、：小作人に地代の免除、林を造成するお手伝い。マツを先に植え、その下にスギ。15～20年目にマツを切りスギ林に導く／マツとスギを混植してマツを切り、スギの純林にするなど。マツの前植と同時にムギやヒエ、アワなどを植えていた。

“背戸山”：家の斜面林で防風効果。皆伐しない、択伐。家の威信の象徴だったかもしれない。

現存する大径木：この地方の挿し木の母樹（1700年代前）であるようだ。

挿し木技術の普及：家と家とのつながり、挿し木が分けられていったのではないかと

技術の伝承：今は先進的な林業地といえないが、森を生活環境保全林—必要欠くべからず存在として醸成された技術の伝承は、山武の森の再生、千葉の美しい森づくりにつながる。

横田氏の話題に対する参加者のコメント

- ・ 山武杉、サンプスギ
- ・ 挿し木による林業技術
- ・ 木場作、二段林仕立て、山武杉の特性
- ・ 豊富な資料提供でよく理解できた
- ・ こんなに長い歴史があるとは知らなかった
- ・ 「蕨真一郎」と山武林業について（埴岡農林学校）
- ・ 裏山の木を切ると、わるいうわさが立つということ
- ・ 挿し木というのは、着生と同じ原理なのではないか？
- ・ スギと松の関係が面白いとおもった

■山武林業史2：千葉県農林総合研究センター森林研究所

福島成樹氏

サンプスギの定義、品種としてのサンプスギの編成などの経緯についてくわしく解説。



大径木：直径1m（胸高直径）以上の大径木は、この地域の自慢できるもの。目がつまっていていい材だった。船材や建具に利用。林地内は、昔は非常に良く手入れされていた。

森林の変遷：この地域では、森林が畑になって、また森林になったりのくし返しだった。

山武の地理条件：地域の土は関東ローム層。細かいいい土。風が吹くと前が見えないほど舞い上がる。雨量は少なく、スギの不適地で成立したということだけでもすごいこと。

二段林：マツを保護としてスギをその下に植える。（おそらく他ではない特徴的なもの）

挿し木の造林：250年以上の歴史。大径材生産（備蓄林として）。平地林での混農。

“サンプスギ”：定義が人によってちがう。森林研究所では：山武地方で古くから育てられてきた挿し木品種で、地元で「カンノウスギ」と呼ばれていたものと定義。

サンプスギの特徴：赤枯病、スギカミキリ被害に強。しかし、非赤枯性溝腐病に弱。チャアナタケモドキという菌が原因。

再生方法：現在では、被害木を伐採後、下木に復層林（広葉樹）を植えている。

貴重な遺伝子資源：サンプスギの最古のものは、賀茂神社の大杉。山武で最大級。長い歴史で山武地域には貴重なスギの遺伝資源が存在する。

林家の知恵（系統）：1つの山で多様なスギを育てていた。（早生系統、晩生系統を一山に混植）林家の知恵として、いろいろな需要に対応するように育てていたようだ（船材等）

今後の課題～山武の宝物は何か？：この地域のために、これからどう活かしていくのか？森林それ自体が宝物ではないか？それをどう活かしていくか、一緒に考えていきたい。

福島氏の話題に対する参加者のコメント

- ・ サンプスギの特徴を活かす方法
- ・ サンプスギの歴史を知り、スギに対する思いを新たにしたい
- ・ 実生と挿し木のDNAの話がもっと詳しく知りたい
- ・ 花粉症対策スギについて
- ・ サンプスギの優秀な性質が分かっている、分布がなぜ少ないのか？
- ・ 非赤枯性溝腐病の原因、被害林の再生手段
- ・ たいへん分かりやすかった
- ・ サンプスギの特徴、木材としてすごく良い
- ・ 腐った部分は何か利用法はないのか？

■山武林業史 その3 篤林家 猪野源治氏

篤林家として、日々サンプスギの美林を育てる生活についてと、その思い。



都市近郊林業：TV番組に撮影された。山武林業はとても特異性があるとのことで。映像では、とてもいいイメージだけでとらえられている。しかし、木が売れなくて困っているのが現状。

生活：森で木を売って暮らして45年。育林に携わってきたが、木が売れなくてお手上げ。

作業について：山の作業は、育林：木を切らないと木は植えられない。有効な部分は用材で出るが、枝は、山の中に残される。そのあとから私の仕事が始まる。重機でやると地面が硬くなってしまふ。枝葉をかたづけると燃やす。地ごしらえ。厳しい作業。

サンプスギへのこだわり：その良さに惚れ込んで育ててきた。サンプスギの挿し木非常に発根性がよい。条件さえよければ、ほぼ100%つく。業者のものはなにかわからない。

サイクル：切る→売れるというサイクルがある。近年は、挿し木したのは、7,8年前が最後。

健全な木の作り方：毎年下草刈り、10年ぐらい続ける。真夏はつらい。間伐：育つと下が暗くなるから、健全な木をつくるには間伐する。混んでいると倒れなくなってしまう。40~50年で柱木を育てる、その間枝打ちや間伐。将来ここは残そうと自分の山と相談する。

育林のサイクル：冬に間伐、枝打ち、夏：下草刈り、というサイクル。それを長年やって来た。現状：樹が売れなくなってきた。植林もしなくなってきた、現状、山に対する熱意が薄れる。

現在の森林保護の風潮との距離感：温暖化、環境問題の側面からだけ、森林保護をいわれと、さみしい気持ち。間伐を公費でやって下さいという時代になったが、問題もあると思う。建材を生産するためではなく、環境保全の政策のためになっていってしまうのか？こうしたことは、山武林業だけの問題ではない、国家レベルの問題と思う。

今後への期待：これまでもいろいろな試行があったが、何らかの道が開けるか期待できるかどうか？林家が非常に苦しい立場になっているということに、もっと関心をもってもらいたい。

猪野氏の話

- ・ 売る方法を考えたい
- ・ 育林の作業工程、林家の苦勞
- ・ たいへんな苦勞があることを初めて知り、林業家の生業をもっと真剣に行政も市民も考えたいと思った
- ・ 林業活性化の方策を考えるべき
- ・ 山武のスギの現状
- ・ 木が売れなければ、山に対する熱意が失われる。共倒れ、風倒れ、山林の将来が心配
- ・ 実体験を通じた講座で共感、共鳴すること大

- ・ 木材の流通、消費の問題は、最終的に利用される部分を解決しないと循環しないと思う
- ・ 環境保全のための森林政策は林業でない
- ・ 苗木は外国には買い手がいないか

横田氏への質問1：マツスギの二段林はこの地域だけか？

A：関東での特徴的なものだと考えられる

横田氏への質問2：二段林にする目的は？

A：スギを植えるための保護樹として。乾燥や低温・凍害から守るため。

福島氏への質問1：サンプスギの目が細かいのはなぜか？

A：マツの二段林で暗い中で育つと、大径木では年輪は、はじめのうちは幅が広がらない。

福島氏への質問2：カンノウスギの名前の由来

A：地名からではないかといわれている。

猪野氏への質問1：日本のスギで、楽器等外国向けにはできないか？

A：量が少ないとだめ。建築材で使われないと、山の再生はできない。

猪野氏への質問2：森林自体を木材生産のあり方から考えていかなければならないのでは？目的に合わせて切り替えなければならぬのでは？環境問題にも適応していかなければならないのでは？

A：山をやっている一銭にもならない。環境の大切さはわかるが、どういう手法でなにができるのか？どうしたらそれができるのか？

●山武の森再生連続講座 第3回の概要

第3回テーマ：森を育てる地域の力

日時：2010年1月19日（水）18:30～21:00 場所：山武市役所3階大会議室

参加者：40名

18:30～ 開始 前回のふりかえり

千葉大学法経学部准教授 関谷 昇

18:45～ 里山づくり活動その1 NPO法人さんむ環連協：岩瀬幸博氏

里山づくり活動その2 早船里山の会：實川征吾氏

山武の市民活動について NPO法人山武IT推進協会：櫻田晴美氏

20:00～ 休憩

20:15～ 話題提供への質問 自由な意見交換 まとめ

21:00 アンケート記入、閉会



○山武の森再生連続講座 第3回の話題提供の概要

■里山活動その1 NPO 法人さんむ環連協 岩瀬幸博

山武市内で市民ボランティアとして里山保全活動を開始。その活動の発端、思い、実際の活動内容、今後の展望などを話題提供。



発端: 山武の里山が溝腐れ病で85%被害を受けているが5年後は90%になるかもしれないという状況から、市民からなにかできないかと思い活動をはじめた。

H15全国に先駆け里山条例。里山保全整備活用事業（5年間）で県から里山協定と認証、土地所有者紹介と整備資材および情報の提供を受けて活動。（戸田、下布田で3ha→6ha）

全伐: すべて人力で倒木。一本一本枝払いの処理をする。枝はトラック1台分の量に。

ほとんど溝腐れ病で使えないが、そのままにするわけにいかない。地元工務店の協力のもと無償で搬送。市からは運板機械やチップー等を借り、枝葉を処理し林道にまく。

植林: 戸田では市民公募で約70名参加。落葉樹を1,600本（10種類以上、クルミ、ヤマザクラ、ヤマグリなど）。山主がスギ・ヒノキ希望なら、実生スギで花粉のないものを植えた。

下草刈りは一番大変。ちょっと放置すると篠竹が生え、刈払機のハンドルも折れるほど

保全・活用: 里山が教えてくれたことを活かして、「ツリーハウス」づくりをはじめた。

少しでも里山ボランティアが増え、市民の方に興味をもってもらえるように。

地形を活かして市民になにか提供したいと、樹齢100年以上のサンプスギの巨木に囲まれた空間で、コミュニティ広場をつくり「自然セラピー」の場にした。

今後の展望: 里山の活動は人目に触れにくい。自然の中に住んでも自然を知らない人多い。何も知らなくても里山が親切に教えてくれる。ツリーハウスやコミュニティ広場（地形を活かした人の集まる場、癒しの場）をきっかけに里山を活かした地域活性化につなげたい。

行政の提供でなく、市民自らが作り上げていくという気持ちを大切にしたい。市民が山の中に一步踏み入れるところからはじまると考える。問題意識に目覚めてもらいたい。

岩瀬氏の話題への参加者のコメント

- ・ 週末の活動で大変なこと、下草刈りが非常に大変な作業であることがわかった
- ・ 自然地形を活かして集合場所をつくることはすばらしい。ツリーハウスを今後どういう形で利用するのか？
- ・ 市民が里山の問題意識を持ってほしい。里山、森林についての知識が足りない
- ・ 今後、指導者の養成はどうか？
- ・ 里山が教えてくれるものはなにか？
- ・ 山の代謝を行うこと、被害材伐採を早く行うしくみづくり、若者の参加が必要
- ・ オリジナルな活動が良かった
- ・ 本当の森づくりの活動に感心した

- ・ 山林荒廃を食い止める活動が、地域の人が意識を持っていくとつながる
- ・ 篠竹がたくさんあれば利用して竹壁で杉皮葺きの屋根を使った住居ができる
- ・ ツリーハウスや広場に行ってみよう

■里山活動その2 早船里山の会 實川征吾

市内早船地域の里山でボランティア活動を実施。山野を駆け回った子どもの頃の里山の風景や癒しの体験を次世代へ送りたいとの熱い思いから活動を伝える。



花鳥風月から荒廃へ：S20～30年の里山。燃料、建築材を提供し、畑作で毎日食卓に上がる身近な物（サツマイモ、落花生、小麦など）を作っていた。水も空気もおいしく、森林作業も図られ、毎日がのんびり日を過ごせた時代だった。S40～燃料変化、輸入増加で、効率の悪い物は放棄され、人の手が入らない状態になって里山全体が荒廃し、病気も拡大した。

思い：子ども頃からみてきた里山のこのように荒廃した状態を次世代に送っていいものだろうか、自然環境面から空気、水、森を大切に保全していく必要性、資産としても地域のみみんなの力で活かすため、自分たちが生きた証として考え、この取り組みをはじめた。

取り組み：里山の日当りをよくする→病害スギを伐採、戦後植林のスギ・ヒノキを500本間伐、篠竹などの下草刈り。4年かけて切り開き、多くの人々の参加協力で形ができた。

参加者の植樹の工夫（アジサイ、モミジ、秋の七草等。スギ、クヌギ、マツ約1,000本植樹。小学校のサクラの卒業記念植樹。ヤマユリ、クマガイソウ、キンランなどがみられるように）

県里山フェスティバルで、早船が植樹体験の場となる。多くの参加者。活動が認められた。

今後へ：情報通信発達の方、地域のきづなが失せ、独居同人などの寂しい状況へ。人と手をたずさえ、ぬくもりを持って共に生きていきたいと、山深いところで野外コンサートを企画実施した。かつての生活を再現体験でき、森林セラピーとなる場。さらに、地域外の輪も広げていきたい。50～100年後に夢と希望をもち、価値ある里山となるようにみなさんといっしょにつくっていききたい。教育の森—動植物を観察・体験できる場としての認定もめざす。地域の輪を広げることは実際にむずかしいが、社会福祉協議会の協力などが得られている。行政、民間には間伐材利用（大型機械でチップ化、堆肥化など）を考えてほしい。

實川氏の話題への感想等

- ・ 地域をあげての協働
- ・ 場や機会の提供により里山を教育に活用するということはとてもよい
- ・ 里山での野外コンサートをもっと充実して大々的に開催して欲しい。市内を花で飾る場

所を多くつくったら

- ・ 今後の活動の方向は？
- ・ 誠実さを感じます
- ・ 地元人の活動が一番まとまるのは活動する人を呼び込むしくみと継続
- ・ 若者を山で遊ばせる視点が必要
- ・ ぜひ一度みてみたい。どのような山林構成にしたらいいか悩んでいる
- ・ 終戦～S30年代の農村には実に理にかなった生活があった
- ・ 早船里山の区域の地図があるといい
- ・ とても熱意のある活動で感心した
- ・ 次世代とのつながりが印象的。世代を超えての活動に興味がある

■山武の市民活動 NPO法人 山武IT推進協会 櫻田晴美

千葉県プラットフォーム事業での市民団体のとりまとめをはじめ、自身も山武市の市民活動に深く関わっている立場から話題を提供



市民活動のきっかけ

山武市に引っ越してきて、ADSLがない状況に困る。一人で解決できないが、自分の他にも多くの人が同じ問題を抱えていると分かり、仲間の輪が広がっていった。

企業に条件を聞き、市に情報発信してもらい、個別訪問で繰り返し説明に歩いた。同時にHPで活動発信。ITイベント開催し、市民にブロードバンドの魅力を紹介。1年で開通が実現した。

一人では難しかった課題が解決できた理由

①強い必要性（ニーズの存在）②熱い思い、動きの早さ（迷わず動いた）③協力者の見極め、関係の持ち方（企業、行政、市民へ各々の正しいところに働きかけた）④活動情報を逐次発信（公表されていることの効果）⑤スタッフに恵まれていた（地元に着した人、ITに詳しい人、企業経験者などの人材）⑥みんな楽しく夢に向かっていった。

森林再生へのヒント

1つ1つの問題を整理し総合的に見ていくと具体的な取り組みが見えてくるのでは？

プラットフォーム事業によって、団体同士の結びつきがよくなった。一方、行政の補助事業は、活動がそれに負われてしまう現状にある。市民活動本来のあり方は、市の計画でなく、自分たちのペースでやっていけることではないか？

森林の緑に魅かれ引っ越してきた。夜帰宅時に満点の星に森のシルエットを見るとうれしさを感じる。森林が病に冒されている現状は実感できない。知らない人たちに情報を伝えること、活動を長くしていく必要があるのでは？また、外に向けての情報はとても大

切。1つの情報の広がり、IT力利用をすすめる。技術力のアップを支援する。※現在、山武市地域SNS（ソーシャルネットワークサービス：人と人と情報、地域をつなぐことができる）の立ち上げ準備が進行中。

櫻田氏の話題への感想等

- ・ 共通目的の団体、サークルの橋渡し、パートナーシップのあり方
- ・ 同じ思いをもった人が集まればできない事もできるという事もわかった
- ・ ニーズを整理し、熱意を持って問題解決をするということはとても重要
- ・ 魅力ある町に意欲のある人が集まる
- ・ もっと市民活動がしやすいように、情報発信を活発にしてほしい
- ・ 東京から来て山林の良さを賞賛してくれたので地元として意を強くした
- ・ “つながり”をつくる側ということ
- ・ 山武の森の仲間たちが SNS 上でも楽しめるようにお願いしたい
- ・ 市民活動の要素の話、考え方としてとても参考になった
- ・ 企業と行政の両者が協力して市民の技術人脈を用い、目標に進む点が面白く様々な事業に応用できると感じた

意見1：昔、実母を東京の明治神宮に案内したら“背戸山”と同じだと言われた（笑）。空気のうまさは地元の人だけでなく、外にも伝えたい。気功（太極拳）などだれでもできるので、森でやることをお勧めする。

意見2：山林経営は「親が植え、子が育て、孫が使う」と聞いた。サンプスギの建築材づくりや、森林の再生は息の長い活動だと思う。子どもたちに参加してもらうため将来の息の長い窓口が必要。早船の里の名板付けに協力したい。

意見3：伐採後を混合林にするのは、これからの山武の森の1つの姿ではないか。混合林の目的や意味、崖崩れ防止などいろいろな面を考慮し、再生を考えたい。高価なペレットストーブは一般家庭で導入するのは難しいのでは？1つでなく、薪ストーブ等、ITを活用しているいろいろな情報を提供してほしい。

質問1：山武の森は空気がきれいだと思うが、CO2吸収しているのか？

小林教授A:今の山武の森は吸収している。40年生までは一番吸収する。天然林で木が倒れるとCO2排出する。100年近くになると+-ゼロになる。

県西野氏のコメント：里山条例制定5年目でいろいろな輪が広がってきた。いろいろな切り口で多様な人々の参加、自立、継続、人材育成、生業成立が必要。

県観光協会の方のコメント：里山を観光資源として活用できないかと考えている。地域で受け入れてもらえるかどうか課題。

小林教授のコメント：鴨川大山千枚田では稲刈りにお金を取るが、若者参加が多い。外の目を大事にし、手を借りてやっている。山武でないと味わえない美しい景観づくりをぜひやってみるべき。

中込教授のコメント：外の力が入ってきた方がいいか、地元で固めていきたいのか、また、専門家による検討だけでよいか、地元の人と一緒にやるべきか、いろいろな形で意見を伝えてほしい。

猪野氏のコメント：森林再生になかなかたどりつかない。森林経営者は今の状態では持ちこたえられない。充分まかなえるというのではなくても、森林に携わる元気がでる何かを望む。

関谷准教授のコメント：非営利からの森林再生としての市民活動の魅力や広がりがある。一方、営利の観点からの可能性もあり、両方をどう交通整理していくか、地域で考えていくべき課題。

●山武の森再生連続講座 第4回の概要

第4回テーマ：日向の森を歩いて考える

日時：2010年2月20日（土）13:30～17:00 場所：さんぶの森中央会館 視聴覚室

参加者：50名

13:30～ 開始 前回のふりかえり 千葉大学法経学部准教授 関谷 昇

13:40～ 日向の森プロジェクトの背景

山武市役所バイオマス推進室：須郷泰治氏

日向の森構想案検討について：山武市役所企画調整室：石渡氏

14:00～ 休憩およびバス移動（2班に分かれて移動） 日向の森見学

ガイド：DCMC：緒方秀樹氏 千葉大学園芸学部助教 加藤 颯／4年生 根本 光

16:00～ 日向の森プロジェクトの概要 DCMC：中村裕幸氏

16:40～ フリーディスカッションとまとめ

17:00 終了 アンケート記入



■日向の森プロジェクトの背景

山武市役所バイオマス推進室 須郷泰治

日向の森で行っている市の事業の背景を解説。



市の事業：サンプスギの溝腐れ病の被害が拡大する現況に対して、山武に昔あった森林の状況を取り戻すことができないかという主旨で事業を進めている。

新しい利用方法の開拓：バイオマスの新しい利用方法を見いだすために、県との事業で、木炭事業とプラスチック事業を実施した。

2つの計画策定：旧山武町時代からバイオマスタウン構想を策定し、合併後引き継いで地域新エネルギービジョンの策定、その後バイオマスタウン構想を策定した。

被害材の活用：「材として使う」ことを大切にするために、溝腐れ被害材を家具利用を検討。バイオマス資源利用は木材利用が本来の利用。どうやってコストを削減するかが課題。

コンセプト：「森と生きるまち山武」というコンセプトにしている。地域材、エネルギーとしての消費—原材料として使わなければならない。

安定供給：安定供給が必要であるため、バイオマス供給システムの構築を進めていく。

将来の森の姿：その一方で、50～100年度の森をどのように作るかが大事。

2つの事業の推進：現在、「ふるさと再生事業」において日向の森にどれだけの森林資源があって、実際にどれだけ材が出せるか実証実験を行っている。また、「緊急雇用対策事業」では、資源利用を進めるためにペレット製造をして市内小中学校へ導入している。

千葉大との協働：材料供給の実証実験として、実態調査を千葉大学と協力し実施している。市は地上からの全木調査をし、どれだけ使いたいものを出していけるか実証しながら、材として使えるものを選び、活用できないものは市が木質ペレットに製造して活用する。

■千葉大学園芸学部小林研究室森林資源調査
チームによる日向の森の解説①
～森林整備・毎木調査～

◇日向の森の整備 (株) DCMC 緒方秀樹



日向の森の調査：溝腐れ病の木等、約350本の木を測った。病気の程度によって木の生長に影響しているか調査した。林分単位によって被害程度の差が大きいことが分かった。

被害の有無の要因：一見して溝腐れ病が多い場所と、被害がとても少ないところと分かれている箇所を感じたことは、管理作業（下草刈り、枝打ちなど）の有無であった。

生長量の差：被害木では生長量に差があると考えられたため、算出式で、胸高直径30cm以上の個体で生長量に差が出はじめていると分かった。伐採では、30cm以上のものを植え替えていくとよいとも考えられる。

◇日向の森の毎木調査

千葉大学園芸学部4年 根本 光



森林整備作業：当初の日向の森は下草や蔓が繁茂して作業ができない状態だったので、下草刈りし、作業できる環境にしていった。

森林調査：GPS機能のついた機械を使い、どこに、どのような木が、どれだけあるかを調べて、現場に合った間伐をする。定量的に把握することにより、持続的に作業することが可能。森林の多面的機能を短期的に高めることができる。

日向の森の状況：ふつう3割は間伐するが、強風の影響を考慮して2割5分に抑えている。比較的さわらが多い。溝腐れ病はサワラにも入っている。ヒノキを植えた方がいいかとも思う。

■千葉大学園芸学部小林研究室森林資源調査

チームによる日向の森の解説②

～航空機ライダー調査～

千葉大学大学院 助教 加藤 顕



ライダー調査：山武市の森35km²の中で、日向の森は極一部。被害程度の差が大きいことが分かった。一本調査するのは、時間とお金がすごくかかる。ライダー調査では、飛行機からレーザー照射して3次元でデータがとれる。

ラッピング手法：データを加工して、樹冠のボリュームがわかるようにした。葉がついている所は光合成をしているところつまり成長に関わる。また、幹の体積を測ることで、詳細に木の生長を追うことができる。木の高さも出すことができる。

溝腐れ病の要因：溝腐れ病の蔓延は、1つの品種（クローン）でたくさん植えられてしまったことが大きな要因と考えられる。しかし、全部一度に切ってしまったほうがいいと思われるが、それでは外来種が入ったりなどして、逆に管理にコストがかかってしまうことになるため、徐々に切っていくほうがいい。

森林の新しい役割：最近、森林の考え方が大きく変わってきた。森林のCO₂吸収量が期待され、企業がCO₂を削減する義務が発生してきたため、カーボンクレジットなど森林に投資が回る話が出てきた。

森林の新しい役割：森林の再生の方向は、とにかく管理できる状況にできること。将来の森づくりのイメージをどうしたらいいか、地域の人々で考えていてもらいたい。地域が主体だから、みなさんが鍵をにぎっている。大学はそのための技術や情報等を提供する。植えた人たちの気持ちに対して、溝腐れ病になって切り倒さなければ成らないことを心苦しいという気持ちをもっている人もいる。みなさんで考えていくべき。

■日向のプロジェクトの概要 株式会社DCMC 中村裕幸

林業の事業モデルの紹介。山武の森の可能性について森林ビジネスの面から話題を提供。



林業ビジネス：ビジネスモデルを構築して、具体化していく。そのための人、資金などさまざまな要素を整えてビジネスを軌道に乗せていくコンサルタントを仕事としている。最終的には収益が必要であるので、現在の山武市のおかれている実態をより正確に把握し、どうビジネスとして活かすか、どう売り物として仕立てていくか考える。

山武林業の再生：山武は江戸時代に栄えていた、燃料、樽、船材、林業地としては歴史の深いところ。質的にはよい杉。森林の更新が遅れている。切ったあとをどういう林業地にするのか？もう一度森に戻すとして40年周期かかる。市全体としてのプランニングをベースとして考えなければならない。森林をどのぐらい残していくのか？切ったあとは、第1次産業もありうる。みなさんがどういうプランニングがいいのか考えていくべき。

木材のもうけかた：一般に立ち木の10%にしか収益にならない。その間にたくさんの流通過程で人の手が入る。捨てられている部分に着目し、小さな材、板材、チップなど一本の木を全部つかう流通をつくらないと収益が上がらない。

山武の可能性：山武市では流通を変えたい。物流を共同化して、収益性を上げたい。立ち木を段階的に全体充分に使い尽くす。正確な量を把握することで、出す時期、量、物流システムと結びつけられると大幅なコスト削減に繋がる。今はまだ方法論がないので研究中。モニタリングの技術とあわせて、現地に行かずに把握できるようにしたい。溝腐れ被害木などの商品化、森とつなげる流通を、どのようにすればできるか、運転資金をどうするかなど検討している。

地域のみなさんの参加：地元の人が主導的にアイデアを出してくれたり、参加してくれることを望む。例えば、内装材産直供給（銀座への飲食店などへの利用）、オーベルジュ（宿泊付きレストラン、地元野菜）、記念植樹、公園型墓地など。

●山武の森再生・連続講座 第5回の概要

第5回テーマ：山武の森の未来を話そう

日時：2010年3月27日（土）13:30～17:00 場所：さんぶの森中央会館 視聴覚室

参加者：50名

13:30～ 開始 前回のふりかえり 千葉大学法経学部准教授 関谷 昇

13:40～ 山武の森の未来への提言① 千葉大学大学院工学研究科特任研究員 齋藤伊久太郎

山武の森の未来への提言② 千葉大学大学院人文社会科学特任教員 吉永弘明

山武の森の未来への提言③ 千葉大学大学院園芸学研究科 特任助教 中島敏博

山武の森の未来への提言④ 新島村商工会・新島ネオライト工業株式会社 木村論史

14:40～ 休憩

14:55～ グループワーク～山武の森再生に対するフリートーク

16:00～ グループワークの発表

16:30～ 総評、全体のまとめ

17:00 終了 アンケート記入 懇親会



■千葉大学若手研究者からの話題提供



山武の森の未来への提言①

千葉大学大学院工学研究科特任研究員 齋藤伊久太郎

山武市の景観資源などの基本的な情報を解説。「山武市には昔ながらの農村景観を持っている。宅地化も進行する一方、山武らしい森林景観が大切。観光資源になる可能性がある。」



山武の森の未来への提言②

千葉大学大学院人文社会科学特任教員 吉永弘明

技術の社会化として、風土、地域社会にあった技術の導入が必要という視点から、他地区での事例を解説。「地域のローカルノレッジを生かす。地域の自立がなによりも必要な要素。」



山武の森の未来への提言③

千葉大学大学院園芸学研究科 特任助教 中島敏博

里山から伝統を考える、里山への参加の効果について解説。「昔の技術を活かしながら楽しむ場を。一方、ボランティアによる貧困のジレンマがある。若い人の雇用も必要。」

山武の森の未来への提言④



新島村商工会・新島ネオライト工業株式会社 木村論史

現実に担い手の一人である側から、新島の若者の活力を活かして、担い手を創出し、まちづくりを進めている事例を紹介。「地域活性化の源は、若者、よそ者、馬鹿者。提案型事業を援助する体制が必要」

■グループワークのまとめ

講座参加者が4グループに分かれ、千葉大学若手研究者4人がそれぞれのグループのファシリテーターとなり、グループワークを行った。テーマは、講座を通じて気になったこと、思ったことを自由に話してもらい、講座に参加したいいろいろな立場の山武市民が、どのような意向を持っているかを把握することに努めた。このグループワークを通じて、今後のプロジェクト展開のためのテーマ設定のための情報を把握することにつなげることもねらいとした。

○木村グループからの報告（参加者7名）



最初に、参加者全員が、「自分の氏名、職業」と、「山武に何を思うか」、ポストイットに記入してもらい、順番に自己紹介してもらった。自己紹介の際に書記担当が、ポストイットに要素を抜き出して並べていった。

このグループの特徴として、自己紹介の「山武に何を思うか」で、非常に前向き、もしくは主体性のある発言を得られた。

アイデアを書き出したポストイットは、参加者におおよそのグループ分けをしてもらい、大目標（住民としてどう思うか？）、目的（なにを改善したいのか）、原因（森林の問題）、改善方針、具体的対策など大まかに位置づけながら議論ができた。

大目標では、

- 移住者の「山武に引っ越して大正解」
 - 公務員の「人を幸せにすることで、自分を幸せにする街づくりをしたい」
- といった思いが掲げられ、森林の課題を抱えているものの和やかな雰囲気が根底にあった。会議の流れとしては、問題提起の意見も否定意見と捉えずに建設的な議論ができた。
- 住民はこの講座に興味があるのか？山主が参加していないが、それでいいのか？
 - 会議の枠を超えて、まず千葉大に成果を出して欲しい。
 - (千葉大の先生や学生達に) 山に来てもらって現状を知って欲しい。叫びを聞いて欲しい。

結果的に、これらの意見を踏まえて、いかにして外から入り込んでもらえるか、要望を上げてもらった。

方針や対策としては、

- もっと現場をしってもらいたい
- 外の人と中の人融合して、問題解決ができるのではないか？
- 横のつながりを大事にしたい、そのために、SNS サービスを活用したい
- その中で、人材バンクのようなものが機能していき、小学校などでの林業の教育や、軽作業のボランティアなども機能してくのではないだろうか？

といった内容が上げられた。

グループディスカッションのなかでは、とくに林業の問題そのものに対して、「当事者不在」、「技術的回答がわからない」、「そもそもやってみないとわからない」といった理由から、その場で結論の出ない話題もあり、もっとも長い時間を割いたと思われる。しかし、そのテーマを話すことで、感情や苦勞を共有でき、のちの建設的な対策検討までのステップになったかと思われる。

結果的に、話しの中で当事者意識の中から出てきた問題意識が、最終的な議論の軸となり、次への要望となっていったかと思われる。非常に有意義な会議であった。

○中島グループからの報告（参加者8名）



中島グループでは、「情報発信」、「参加者の拡大・交流」、「林産資源のビジネス推進」、「林産資源の利活用の検討」の4項目の情報が集まった。

まずは本来であるサンプスギが存在する講座を受けて、実際に探してみたが地権者が実際には見つけられないという話から、サンプスギの認識が弱くなっているということが議論され、「情報発信」を強化するべきと提案された。

また、若者を中心に、企業などの参加が必要という議論があり、市民参加についてまだまだ様々な参加する可能性があることが確認された。そして相互が交流することがまだ足りないという認識が示された。

今回の講座で参加者が感じたのは、やはりビジネスとして林産資源を活かしていく仕組みであるということだった。ただ、単純にビジネスとして推進するというよりも、小規模ならではの利点を活かすことや、持続可能性に応じた「林産資源のビジネス推進」が必要だと提示された。

最後に、薪ストーブや間伐材の有効利用など「林産資源の利活用の検討」が必要という認識が共有された。まだまだ地域住民は山武が持っている資源を活かしきれていないという発言があり、「もっと使っていこう！」というスローガンでまとめられた。

○吉永グループからの報告（参加者7名）



吉永グループでは、大きく3つの意見が出された。第一に、東京から移住して来た方から、「山武市は宝の山に見えるのに、なぜこのままにしておくのか。たとえば日向自然公園あるいは山武自然公園にして、展望台などを整備して人を呼ぶといったことは考えられないか」という意見があった。今回の講座で最も印象的だったのは、実際に森を歩いたことであったという。またそこから「山武の子どもは森に接していないので、もっと接する機会を与えるべき」という意見も出た。

第二に、山武市で長年にわたり木材業や農業を営んでいる方々からは、「林道を通すだけで林業はやりやすくなるのに、通さないのはなぜか」といった具体的な疑問が呈された。木材業の立場からすると「産業道路としての林道が通れば、間伐材を運び出すこともできるし、林業家も意欲がわく」。「枝打ちは危険な仕事で、ボランティアでは無理だ。人を雇うとお金がかかるので結果的に放置してしまう」。このような現状認識は、結局のところ「山武市の方針が分からない。行政のリーダーシップが必要だ」というところに集約された。またいちご農家の方は、「バイオマスと聞いた時、重油ではなく木でハウス農業をやることをすぐに思いついた。やる気になればすぐにできるはずだ」と語った。「山武スギで温めたいちご」として売れるのではないかと、という提案も出された。

そこから、第三に、山武市はアピールが足りないという点に話題が移った。「観光が一

番お金がかからない」にもかかわらず、「行政や住民に「山武スギは財産だ」という認識があるのだろうか」という点から始まって、「市の土地なのだから、無農薬農業などでもうける」。「スギ博士というキャラクターを作る」。「郷土の著名人である伊藤佐千夫と結び付ける」。「スギ林をスクリーンにしてアート映像を映す(山武スギスクリーン)」。「捨てたら土に戻ることをアピールした「バイオマスエコプロダクツ」の商品化を目指す」といった提案が出た。

このようにB班では、外から見ると山武は宝の山に見えるのでその資源をもっと活かすべき、中で生業を営んでいる人たちからは生業の発展のために行政のリーダーシップが必要、山武市の商業・観光のアピールにもっと工夫が必要、という3つの意見が出された。

○齋藤グループからの報告 (参加者8名)



はじめに

齋藤グループは、なぜ「山林所有者の出席がこの講座に少ないのか」から始まった。

それは、行政の支援なくして里山を維持管理してもメリットがなく、講座での学習に意味があるのかも不明であるという意見だった。これに対し、市原での取り組みや山林所有者から様々な意見が出た。

それらを以下にまとめていく。

ビジネスとしての展開

里山は、シイタケ栽培やなめこの栽培など、様々な副業を展開することが可能で、これを発展させていくことが可能なのではないかと。また、体験的な観光として上記の栽培への参加、もしくは、下草刈り、伐採など参加者を募ることが可能で、こうした展開は将来性がある。

教育的展開

そもそも若者に里山の存在があまり知られていない。こうした現象を軽減していくためにも教育における里山体験や実習、または職場体験として里山を知ることは、貴重であり、今後も活発に展開する必要がある。

懸念要素

双方の方向性での展開は重要で、前者では一般人の里山への関心を啓発し、後者は、何かしら里山に関わる人材の育成につながる。しかし、いずれも山林全体をカバーするには、規模が小さく根本的な解決には至らないのではないかと。

将来に向けて

少なくとも若者や子供たちには、里山体験をしてもらって、山林への関心を途切れさせてはいけない。

山林の県所有化や里山管理者の公務員化など、行政の大々的な関与があれば早期解決に至るだろうが、企業と協力して山林を管理していくなど、山林所有者が維持管理に従事しても生活できるような新たなビジネスが必要である。



●連続講座子ども編「山武の森のまなびのたね」の実施概要

主旨：地域内外の子どもたちに向けて、山武の森に関する学びと遊びを通じた、自由な意見表現の場をつくる。また、同伴する父母たちに向け、子どもたちと地域の森のつながり、森の将来について意見を聞く場をつくる。

ねらい：子どもたちへ地域の森の歴史や成り立ち、特徴などについての情報をわかりやすく伝える。子どもの視点から、地域の森に対する考えや思いを汲み取る

対象：幼児、小学生、中学生、高校生、その保護者

実施協力：市民ボランティア数名、あそびのファシリテーター、看護師、地域NPO団体、地元建築店ネットワークのサンブスギ積み木貸し出し、千葉県バイオプラスチック貸し出し

大人の座学中心の連続講座の実施では、そのうち3回が平日夜間の開催であることや講座の形式上、おのずと参加者像に偏りが出るであろうことから、まず幼児から小中学生などの次世代への情報提供や、その保護者（子育て世代）の意向を把握するために企画した。

初回にスライドで、子どもたちにわかりやすく山武の森の今の深刻な現状について伝え、その他プログラムはゆるやかなものにし、森や木に親しむ機会として楽しんでもらった。

実施側と参加者との間が近く、コミュニケーションをとりやすかったため、適宜ヒアリングを行った。参加者のコメントでは、森は見近にあるが、病気が進行しているとは知らなかったという保護者が多かったことから、地元にとって、「サンブスギ溝腐れ病の蔓延」は一般情報ではないことが伺い知れた。一方、子どもたちと実際の篤林家の方との交流の場もあり、そこで森に対する質問もたくさん出されて、とても有意義な場となった。

また自由な発想で、実際に日向の森でネーチャーゲームやクラフト遊びを体験、サンブスギをつかった積み木やバイオプラスチックのブロックで遊ぶことを通して、地域の身近な森、生活の中での木の存在について十分に感じてもらえた。大人編の連続講座も同時開催していたため、子どもたちがサンブスギ積み木で楽しむ姿をみてもらい、木材利用のリアルなイメージをもってもらうきっかけにもなった。

今回は地域の中での人材発掘の意味から、スタッフとして市民ボランティア（有償）のを募った結果、市民ボランティア自身も学びの場として体験してもらえ、山武の森の実態を伝えるひとつのきっかけになった。また、地元NPO団体による現地体験の場の提供やネット配信協力、地元建築団体からはサンブスギの積み木を貸し出しと実施協力が得られた。

こうした地元の人々の技能提供やプログラム運営への参加が、地域が主体的に問題共有し、継続性を高めていくためには非常に大事であることが実感できた。

こうしたとりくみは今後も継続的に機会を設け、山武の森の現状を伝え、生活との接点を特に若い世代の市民に感じて考えてもらうきっかけにしていくことが重要である。

■山武の森のまなびのたね 第1回 概要

日時：2010年1月23日（土）13:30～15:00 場所：さんぶの森中央会館 視聴覚室

参加者：30名

テーマ：森のおはなし～知っていることおしえて

概要：地域の森の歴史と今をおはなし形式で伝える。おはなしのつづきを考えて、絵などに表現してもらう

13:30 スタート

- ・ はじめのあいさつ
- ・ 森のおはなし（パワーポイント上映）
山武の森のむかし、森の今
（森を育てるおじさん：篤林家・猪野さんのおはなし）
これからどうなる？ みんなで考えてみよう

14:00 絵本でお話会（こだまお話会）

- ・ 3びきのこぐま
- ・ 日本の材木 杉
- ・ おとうさんのひみつのき（かみしばい）

14:30 みんなでお絵描き（ボランティアの方のサポート）

- ・ 山武の森のイメージなどなど、好きなテーマで絵を描いてもらう

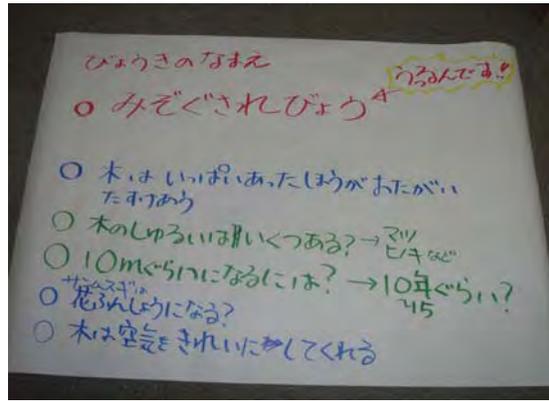
15:00 終了 次回の予告



スライドで子どもたちと保護者に山武の森の現状をわかりやすくつたえた



篤林家の方と子どもたちの交流



子どもたちからの質問



木をテーマにしたお話会



森のイメージを絵に描く



子どもたちの描いた山武の森のイメージ

■山武の森のまなびのたね 第2回 概要

日時：2010年2月20日（土）13:30～16:00 場所：日向の森 参加者：30名

テーマ：森のおさんぽ

概要：マイクロバスで「日向の森」へ行き、森の中のおさんぽとクラフトあそびなど。

実施協力：NPO法人さんむすぎのこ会

13:30 スタート

・ はじめのあいさつ、バスにて現地へ移動

14:00 森のおさんぽ、ネイチャーゲーム、クラフトづくり

15:30 バスにて集合場所へ戻る

16:00 終了 次回の予告



間伐材等、森から素材を用意



竹で楽器作り



森の素材をつかってクラフト作品をつくった

■山武の森のまなびのたね 第3回 概要

日時：2010年3月27日（土）13:30～16:00 場所：日向の森 参加者：30名

テーマ：つみきの森をつくろう！

概要：サンプスギの積み木やバイオプラスチックのブロックで、自由に森のイメージや思いつくものを表現してもらおう。

実施協力：さんむフォレスト・LLP グループ「木と土の家」 千葉県

13:30 スタート 自由に積み木やブロックであそんでもらう

15:00 同時開催の「山武の森再生連続講座」（大人編）の参加者が見学
子どもたちがサンプスギの積み木やバイオプラスチックブロック
で楽しく遊ぶ姿をみて、木材の利用イメージを考えるきっかけに

16:00 終了



子どもたちが遊ぶ様子を連続講座の参加者も見学



サンプスギのつみきと間伐材チップのバイオプラスチックブロックで自由にあそぶ



お城をつくった

おとうさんに手伝ってもらって
高いタワーもできた



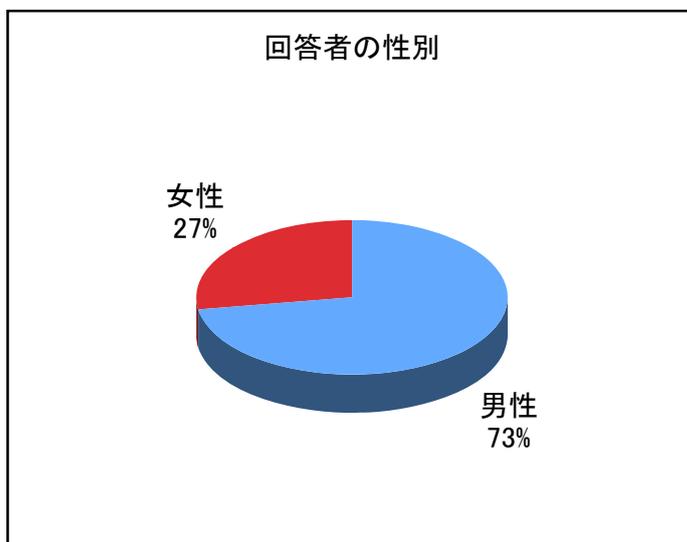
イ. 市民の意向把握

当企画調査において市民の意向の把握する1つの機会として、連続講座の参加者などを対象にアンケートを毎回（計五回実施、回答率は約30～40%）行った。その結果を以下の通り整理する。

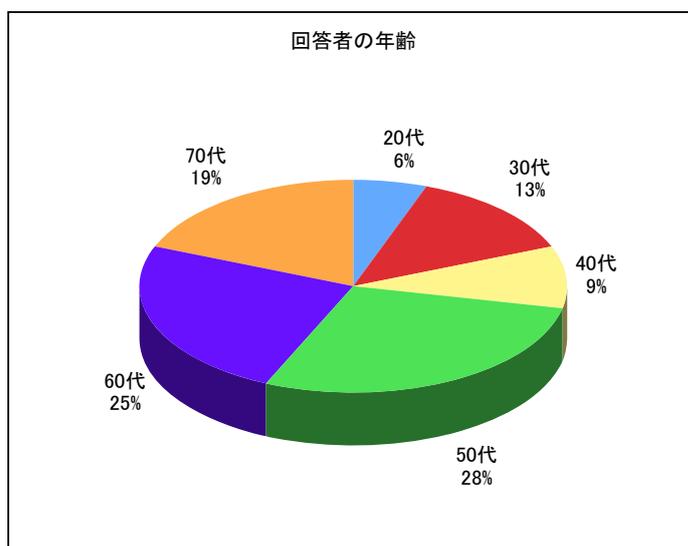
今回の回答者は、森林にもともと関連しているか、何らかの関心がある場合が主であると考えられるが、森林へのつながりをもっている人がどのような意向を持っているかを知る手掛かりであり、今後、講座の継続や具体的プロジェクトを展開する場合の参考となる。

今後は、もっと詳細な設問内容を、所属別（特に森林所有者）に行うことが必要である。

■回答者の属性（1～5回全合計）

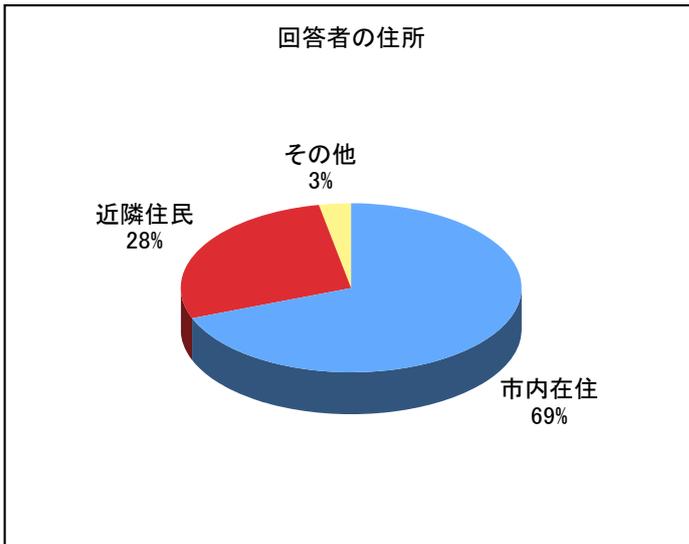


講座は、5回中、3回が平日夜の開催であったため、主に男性の参加者が多かった。それゆえ回答者は男性に大きく偏っている。

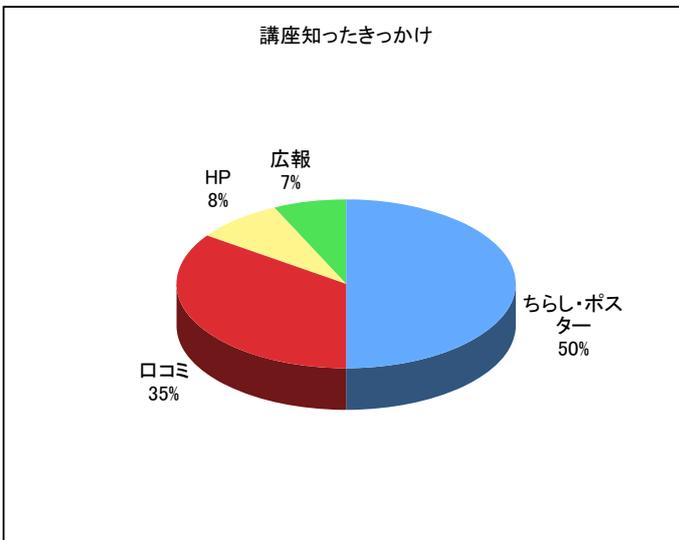


講座参加者、50歳代が最も多く、次いで60歳代、70歳代と比較的高齢者に偏っている。50歳代は定年前世代であるため、森林ボランティアに興味がある可能性がある。

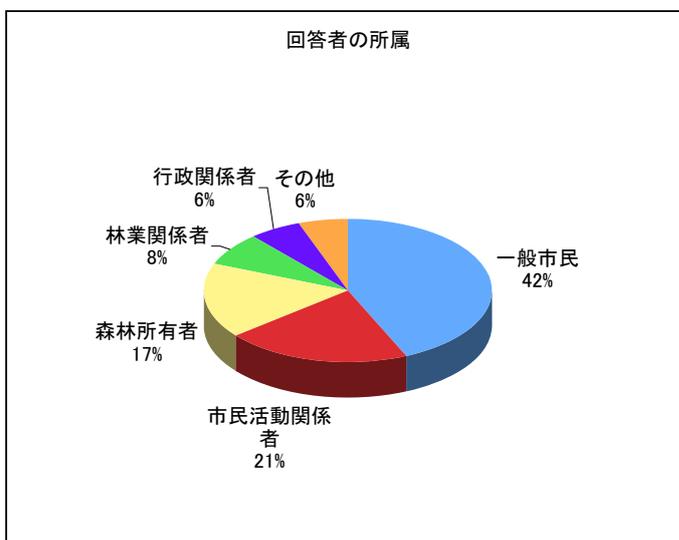
若い世代の参加が少ないと思われたが、30歳代が意外にいたということが注目すべき点であるといえる。



約7割が市内在住者であるが、八街市など近隣市等からの参加も3割あったことから、森林が山武地域として連担していることも関係していると考えられる。



講座募集は、山武市全域の約2万世帯に新聞折り込みちらしの全戸配付を主とした。その他、市民自治支援課と通じた広報活動などで口コミなどで主に情報が告知されていたようだ。



講座の参加対象は特に限定をしておらず、あえて森林関係者にも限定していなかったため、一般市民の参加が約4割、その他森林関係者と考えられる場合が、約5割近くであった。講座の中では森林所有者の参加が少ない印象があったが、森林の将来に関心の高い森林所有者が来ていた可能性がある。

■第1回講座での自由回答欄

●森林現況に関して知りたい事等

- ・ 実際に自分でできることはなにかと思う
- ・ 山武はなぜ資源利用が進まないのか？
- ・ 山武の森林面積、木材量
- ・ 森林資源のサイクル、伐採後の再生期間は？
- ・ 森林が整備できるビジネス
- ・ 維持管理の困難をどうしていくか具体的検討
- ・ 溝腐れはどうすればなくなるか？

森林現況に関する詳細な情報を求める意見があり、引き続き詳細な情報提供が必要であるといえる

一方、森林資源の具体的な利用方法への関心も高く、そうしたテーマに絞った講座の必要性もあると考えられる。

●これまでの取り組みに関して知りたい事

- ・ 知らない事が多いと思った。もっと情報発信を
- ・ よく理解できた
- ・ 日向の森の社会実験について詳しく知りたい
- ・ 手弁当では継続できない。仕組みづくりが必要
- ・ 基礎調査がよくできていた

今回の連続講座のように、今後も森林をめぐるさまざまな取組みの情報を提供していく必要があるといえる。

●山武の森の現況で何が問題だと考えるか？

- ・ 税金払いの山になって手放すことも考え中だ
- ・ 危機意識の欠如および無関心、主体性のなさ
- ・ 荒廃の再生には、特色ある森林を活かした地域産業が必要
- ・ 個々人ができることを
- ・ 間伐がお金を生むしくみ（官と民との協働）
- ・ 山の担い手の育成
- ・ 山林を活かした観光へ

森林所有者からの税金を払うだけの森林になっているという訴えがあり、一方で地域の関心のなさを憂う意見もある。解決策を地域産業や担い手、しくみに求める意見もあることから、それらに焦点を絞って検討する場が必要である。

●次回への期待

- ・ 山武の未来構想
- ・ 具体的取り組みの提案（産学官協働）
- ・ リーダーシップをとれる覚悟があるか
- ・ いろいろな循環を考えていきたい
- ・ 持続可能な森林整備のポイント
- ・ 市民参加の資源活用法
- ・ 山武杉の特徴
- ・ 他県の山林の事例
- ・ 建築や林業中心のバイオマスタウン構想

森林の持続可能性、循環、将来像など大きな視点や、資源活用法などの具体策な点への関心が出されているため、今後もさまざまな視点での情報提供と、地域で解決策検討を行っていく場をつくる必要性を、参加者が感じている事がわかった。

■第2回講座での自由回答欄

●山武の歴史から現代へ活かせることは？

- ・ スギを身近なものとして使う生活を実行して、ブランド化してゆければいい
- ・ もうかる山武杉にするには、生産者、製材、建築、建具等関連する人たちがスクラムを組んで、発信するしくみをつくる必要があると思う
- ・ 山や木を保持するということは、土地の保水力も高め豊かな土地を育むものだと思う。木を育て、環境も配慮しながら、景観を大事にし、木を消費する手段や具体的に使うということが重要だと思う
- ・ 歴史を知ること、まち（地域）への愛着をもつことができる
- ・ 需要に合わせた供給をしていく。建材として要求されていないなら、別の使い方を

山武林業史に触れた回では、森林資源を活用することが森を育てる事につながるのだということ意識しているとおもわれる意見が得られた。それをどのように実行するか、地域で問われていると考える事ができる。

●次回への期待

- ・ どうしたら森林が社会の宝になるか？ワークショップなどをやってみるとよいのでは？
- ・ 山武の森の再生に向けて市が音頭をとって市内の山武杉の森林見学を計画してほしい
- ・ 観光資源としての森林育生は？環境保健資源としては？
- ・ 今回紹介された林や大きなスギの木を実際に見てみたい
- ・ モウソウチクを利用した竹葺き屋根について（九州地方の一部で過去に小屋がつくられていた）
- ・ 山武杉の良さをもっと知りたい
- ・ もっと林業の方にためになる話が必要では？

森林再生を地域社会で具体的に進めるための手法やしかけ、他地区での具体的事例などの情報が必要とされている事がわかった。

■第3回講座での自由回答欄

●協議会からの話題への感想

- ・ 大所高所からの具体的な提言は？
- ・ プロジェクト状況を広く発信し新たなレスポンスをもらうのも必要では？
- ・ ビジネスにつながることは再生していくために絶対必要だと思う。早急に営利目的のプロジェクトを立ち上げるべき
- ・ 山主が木で稼げなければ、放置したままだろう。ビジネスの具体案は？
- ・ 実行力が必要。プランを決めて実行を！
- ・ ビジネスとして、山林が役立つ事を願う。経済を充実していきたい
- ・ 動物を取り入れたビジネスは？幅広い活用の可能性（セラピー効果～ブランドまで）があるのでは？

この回で、地域における森林再生をめざす「協議会」の目的や存在が認知されたが、地域でリーダーシップをとって具体的プロジェクトを実行することが求められている意見が目立った。とくにビジネス展開の可能性や具体策の案を求めていると言える。

●市民の立場から森の再生にできることは？

- ・ 子どもたちの関心、興味の動機付け
- ・ 今の森林を保護し、大切にしていくこと。現状の正しい情報を知ること。サンプスギについて広く発信すること
- ・ まったく森林についての知識がないので今は思いつかない
- ・ 自然のすばらしさを体験してもらうように仲間を誘い合う
- ・ 材が動かなければ広大な山武の森の再生につながらない
- ・ 山武の森全体を公園化して、その中に住みたい人を受け入れるプロジェクトを立ち上げることが山武の再生につながると思った。公園里山づくりに参加できる人の移住（安価であるが、里山づくりの労働と整備のセット販売）
- ・ サンプスギの再生（製品スギ）か、森の再生（雑木類）か、どちらをとるかによって再生の仕方がちがうのではないか？
- ・ 自分の山林を精一杯育てていくこと
- ・ 市民としては何でもできるのでは？
- ・ 伐採の木を引き取って家庭で使いたい。（薪ストーブやバーベキュー用）
- ・ とにかく“参加”だと思った

回答者は、概ね森林再生になんらかの意味で寄与したいと考え、またそれぞれに具体的なアイデアをもっているともいえる。そうした中で、市民として森林再生に対してなにができるかは、地域がどのような森林の将来像を共有できるかということが肝心であることがわかる。そのためにも、地域の人々がどのような意向やイメージを求めているか、どんな

●次回への期待

- ・ 手入れをした木が適齢期に売れない。このままでは山は荒れ、サンプスギはなくなるのか？また、手入れをできず、荒れてしまった山の再生は、里山づくりにより可能か？それぞれ再生方法が異なる。再生後は雑木林で良いのか。サンプスギのあり方も検討しなければ
- ・ 山武らしいものはなにか？サンプスギ？里山？
- ・ Why Sambu?は何か？環境や自然を大切にする街？
- ・ 行政サービスとしての今後の展開は？地球温暖化問題とどうつなげていくのか？
- ・ 間伐材利用方法でペイできるもの
- ・ 実行プランの共有化に向けての話し合いをすすめてほしい
- ・ 森林所有者の話も聞いてみたい
- ・ ビジネスとしての山林経営が可能となる知恵が欲しい
- ・ もっと市内外の若い人たちが積極的に参加できる方法、しくみを考えた方がいい。若者の考え方、次世代につなげる意味で内容を充実してほしい
- ・ ビジネスとしての可能性

山武の森がどういう将来像であればいいのか、山武らしさ、実行プランなどを具体的に知りたがっているといえる。特に、経済性が成り立つしくみの必要性をみなが感じているといえる。

■第4回講座での自由回答欄

●日向の森プロジェクト背景について

- ・ 事業所や公共、家庭への高機能ペレットストーブ利用拡大、牛ふんバークの有機肥料
- ・ 背景、現状が理解しやすかった
- ・ 話は聞いていたが、活動実態は知らなかったなので、もっと広報するべき
- ・ 低コスト化が課題。機械力、労働力、いずれも経験を要するので
- ・ 切った木は、残さず使い切る事が大切だと知った

この回では、山武市のバイオマスタウン構想や新エネルギービジョンの概要解説を、直接市民が聞く事ができたため、こうした情報公開の場は行政にとってもの市民にとっても有意義であり、市民もこうしたことを求めている事がわかる。

●日向の森プロジェクト概要について

- ・ 長期的な林業再生事業と人材育成
- ・ 大学が声をかけ多様な力が結集することで、地域にとってプラス大きな力となる
- ・ 市民活動のネットワーク構築の見通しはどうか？
- ・ 私有林の40-50年という長いサイクルで考え、育てる事の大変さを知った
- ・ 未利用林地残材の有効利用
- ・ 遊歩道を整備して、短、中、長の3コースを用意する。農業体験もできる場所
- ・ ビジネスにつなげることで、持続可能な森づくりができると感じた。また、多くの人が関わっていく、考えていく場が持てると感じた
- ・ 森の時間サイクルと、商品・生活の時間サイクルをどのようにすりあわせていくかが課題
- ・ 再生後の継続性を持つためにビジネスは必須である。観光や墓地の話は非常に面白い
- ・ 材としての価値だけでなく、近隣に及ぼす環境価値等もビジネスにつながるのでは？
- ・ 日向の森を観光地として整備してビジネスにつなげればよい
- ・ ビジネス化は1つの夢として受け止めたい。実現（組織化）には時間の長期性が課題

具体的な森林ビジネス展開の例が提示されたため、ビジネスに関心があった参加者からは概ね好評に受け止められた。今後は、こうした具体的な推進を誰がになうのかが課題だということがわかる。

●日向の森現地見学について

- ・ 日向の森に実際入って、説明を聞いてよかった。空気もよく涼しかった
- ・ 通勤で通っている道路を少し入った所があんなに変わっているとは思わなかったので、驚いた。森林浴をさせてもらった
- ・ 現状がよくわかった
- ・ 森の中を歩いて、現地を見ながらのレクチャーは非常に分かりやすかった
- ・ 参考になった。時間不足、もっと聞きたかった、歩きたかった
- ・ ラッピング手法の今後の展開に期待
- ・ 山武杉の溝腐れ病がひどかった
- ・ 価値を生み出す材として、資産としての視点から、どのように管理・分類するか検討があるとよい。他の森にどのように展開していくか？
- ・ 溝腐れ病がどんなものか、どういう状況で発生しているか現地をみて参考になった
- ・ 作業堂の造成や立木の登録制が見受けられたが、その財源は？
- ・ 日本の経済の足跡が生活を変えて森を山林にしてしまったことを知った。よい森を残したい
- ・ こんなに溝腐れ病の木があると思わなかった。将来を担う小学生達を連れてきたい

座学が続いていたために、実際の森林の見学はたいへん好評で、参加者も最も多い回であった。とくに、森林の中でのレクチャーは、リアルな森林現況を見ながら森林現況の調査結果にうつついて触れたため、実感をもって受け止められていたようだ。今後もこうした場を設ける事がたいへん有効であることがわかる。

●日向の森がこれからどのようになるといい？

- ・ 皆様の役立つようなこと、活性化することに使われていくと良いし、山武にある森が皆同様になっていければ良いと思う
- ・ こもれびの陽が射す日向の森。持続可能で森林浴のできる日向の森
- ・ 遊歩道を整備して、短、中、長の3コースを用意する。農業体験もできる場所（お釜で炊いたご飯を食べる、おこげおにぎり、昭和を感じる）
- ・ 管理の建物を古民家風に変えて遊歩道を歩いた後に地産地消（野菜、九十九里でとれた魚、市内の豚肉、鶏肉、卵など新鮮な素材）を活かした料理を食べて帰ってもらう。空気、星空のきれいな所を売りにしていけたら発展してゆくのでは？こんにゃくの収穫体験も

●日向の森がこれからどのようなになるといい？(つづき)

- ・ 老若男女がみな活用できる（集える）憩いの場（みなさんのいろいろな発想を聞き、夢がふくらんだ）
- ・ 市民に愛される日向の森になってほしい
- ・ 観光資源としての可能性を感じた。地域の人が、楽しく関わっていけるような、元気な森、育てていける森になってほしい
- ・ 市民が参加できる育林管理保全を企画すべき。プロに依頼するだけではだめ。市民が関心を持たないでしょう
- ・ 環境教育の場になればよいと思う
- ・ 継続する事は難しいが、これを機に人の輪を広げ、50年後に自慢できる再生プランをみつけてほしい
- ・ クヌギ、ナラの広葉樹を植える
- ・ 森で遊べる親しみの場をつくる
- ・ 日向だけに限らず、木材というすばらしい材料を育てる林業の活性化および森が持つ魅力を再発見できる場となってほしい
- ・ 全体的に日向の森の自然を残し、ある部分にビジネス収益につながるものを構築する。また、A、B、D材の種類に分別し、収益につなげる流通を考えることが、日向の森の活性、再生につながると思う
- ・ 緑地公園、子どもたちの遊びのフィールド
- ・ 語れる人のことばを残したい。森林浴のできる森をつくってほしい（神奈川県箱根の丸太の森を思い出した）子どもたちのキャンプ場、シニアのための森林浴トレッキングコース
- ・ 現在の藪から棒のような森に一、森の持ち主が森業をして張り合いのあるように（50～100年先の夢）

日向の森の現地見学を通して、今後の日向の森の利用方針やアイデアが、それぞれに浮かんできたようであり、市民がこの場への期待の高さが伺える。こうした公共の場の将来像を市民参加で検討し、具体的利用策の検討と実現を行う中で、ニーズの掘り起こしと、実際の担い手を育成していくことにつなげられれば、一方的な整備による硬直的な施設整備や利用メニューで市民利用が滞る事がなく、地域を活性化しながら、場所をよりよく運営していくことになるはずである。

●最終回で取り上げてほしい内容

- ・ 山を持っている者達にとってどのようにこれから活用されていけるかの希望になれる内容も入れてほしい（日向の森だけでなく）
- ・ 山武杉を主体とした循環型まちづくり。総合ルネサンスの展望
- ・ 第3弾を期待。第3弾につなげる内容に
- ・ 山林所有の方が長年の経験を通して得てきた知識を見える化し、現在分かっていない領域の参考にする方法を知りたい
- ・ 食の安全・安心を取り上げてほしい
- ・ 実際の林業に携わっている方の暗黙知を議論し合うプログラムがあるとよい。大学の研究は実は林業者には当たり前の事なのか、そうでないのか？協力してまとめると、他の森にも有益な情報となるのではないか？
- ・ 山武の森の再生のための運転資金をどうしたらよいかを取り上げてほしい
- ・ どうビジネスをしていくか

今後、地域をあげて、森林再生に取り組むためにも、林業関係者にしかわからない経験知などを、一般市民にもわかりやすくして伝える必要がある事が分かる。まだまだ、市民が知りたい内容はたくさんあるといえ、このような双方向の情報交換の場が継続的に開催される事が求められている。

■第5回講座での自由回答欄

●山武の森の未来への提言

- ・ 伊藤左千夫の先輩である三井甲之の詩「ますらをの悲しきいのち つみかさねつみかわね守る やまと島根を」を思い出した
- ・ 循環のしくみが必要。森は本当に大切な宝物
- ・ 人づくりを行うことから始める
- ・ 今ある山を活用することで活性化させていけるように、自然を残し、歴史を次世代にきちんと残し、伝えながら大切にしていくこと、どのようにして残していけるのか？観光？ビジネス？幸せを感じるまちづくりの中の山
- ・ 山武市の森の再生にける行政発信
- ・ いろいろな意見はわかる。それぞれの良い点はあるが、総花的になっては意味がない。基本的には山武市がどんな方針にするかが、重要だと思う
- ・ 4人の異色の講師をよく集めたと思う。それぞれ参考になった

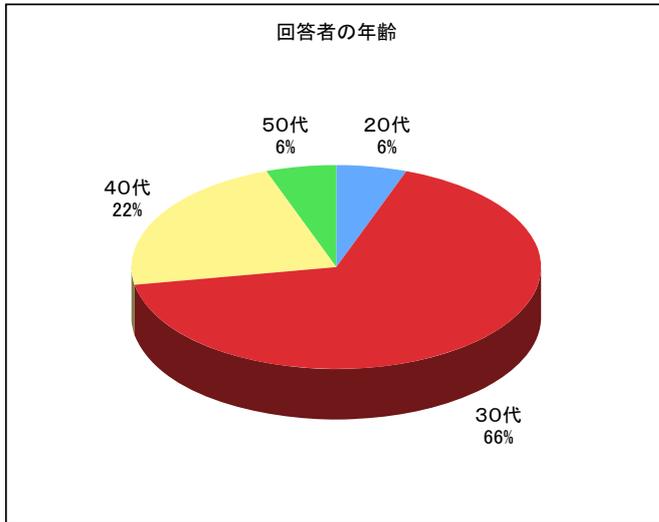
●「山武の森再生講座」の今後のテーマ、スタイルへの希望

- ・ 「昔の人の山生活体験」はどうでしょう？
- ・ 見学、フォーラム、講義の組み合わせ
- ・ 回遊！もう少し広く地権者の方に出てきてもらい、こういう問題での意識付け、なおかつ具体的な方向性が見えてくる会として続けていければどうかと思う
- ・ 市民参加型
- ・ 山武市の基本方針に基づいてコンサルの意見を集約しなければ、いつまでも進歩がなく先に進まない
- ・ まだ未消化の感がある。「続編」が必要

今回のように、主に森林再生への関心が高い人の意向として、今後、再生のイメージを地域でどのように描くことができるのか、具体的なシナリオを知りたがっていると思われることと、だれがそれを担うのかに関心が高まっていると言える。今後の課題として、その他、森林に特に関心のない人の意向の確認とともに、地域全体を含めた情報の相互共有かつ話し合いの場を、協議会が設定していく事が必要だ。

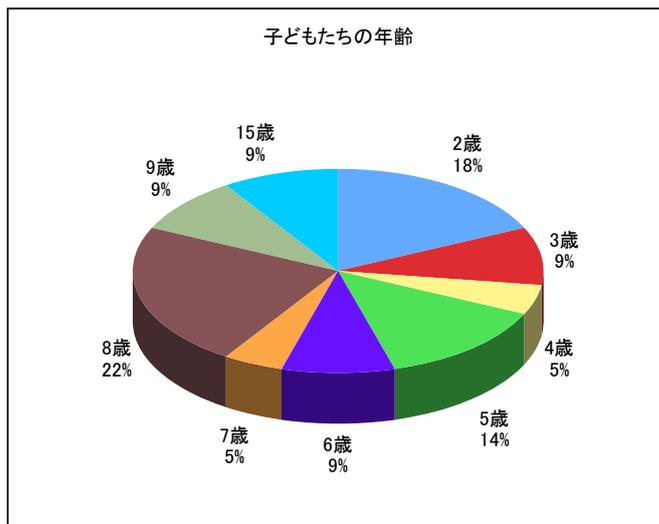
■「山武の森のまなびのたね」アンケート回答結果（第1.2回合計:回答率約50%）

●回答者像

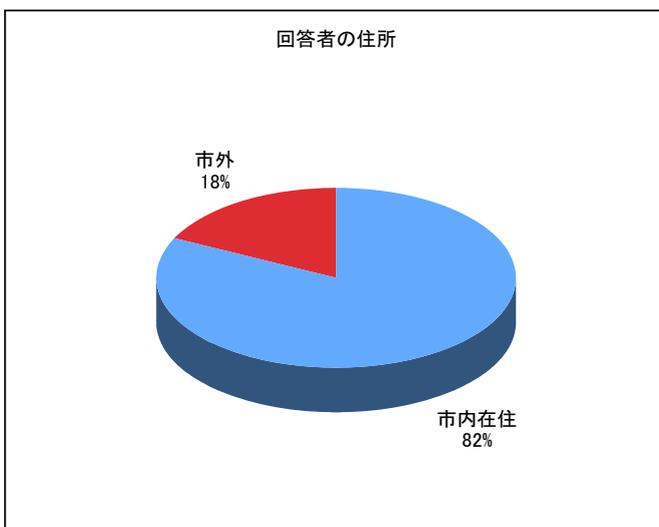


子どもとその保護者を対象にしたイベントであるので、アンケートは保護者に行った。

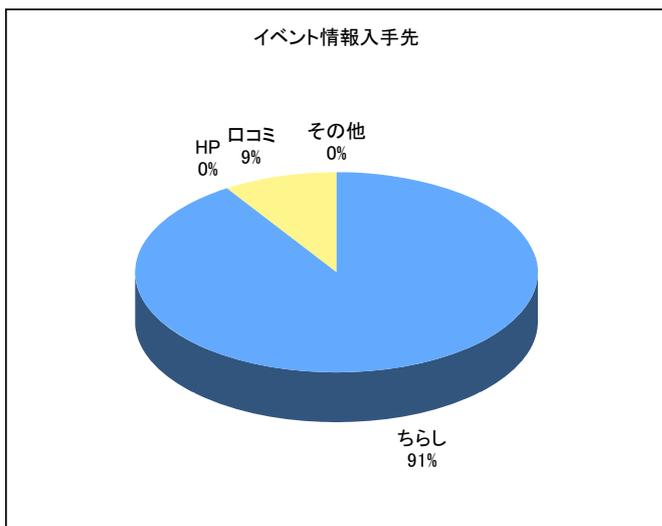
その結果、回答者は全員女性でほぼ子育て世代の30代が6割以上となった。これは、本講座にはほとんど参加していない回答者の属性である。（本講座参加の30代はほぼ男性）



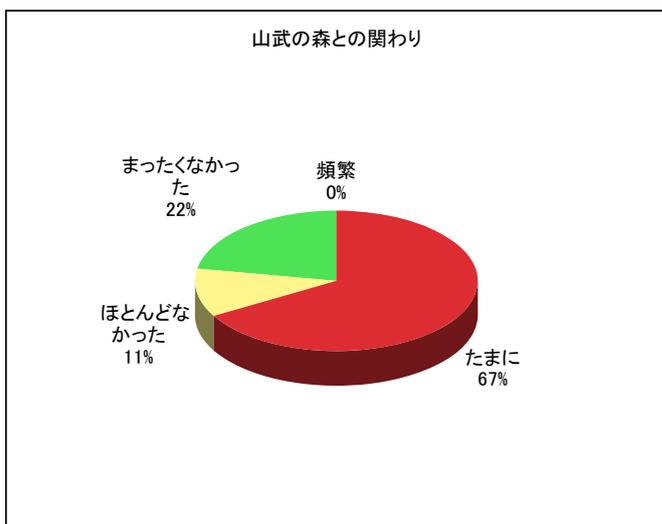
今回参加してくれた子どもたちは、幼児および小学校低学年の参加が中心で、とくに小学2年生の参加が多かった。また、小学校と幼児の兄弟連れという参加が多く、最も子育てにいそがしい年代であることが伺い知れる。



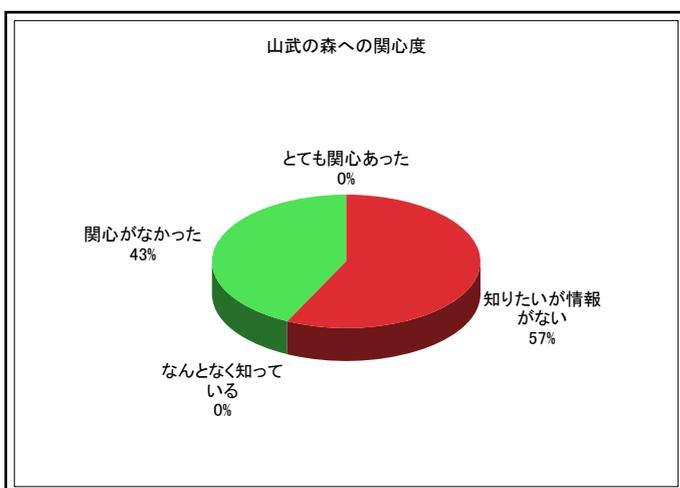
イベント告知は、主に小学校および幼稚園、保育園などにちらし配付をしたのにとどめたため、市内在住者の参加が中心だった。



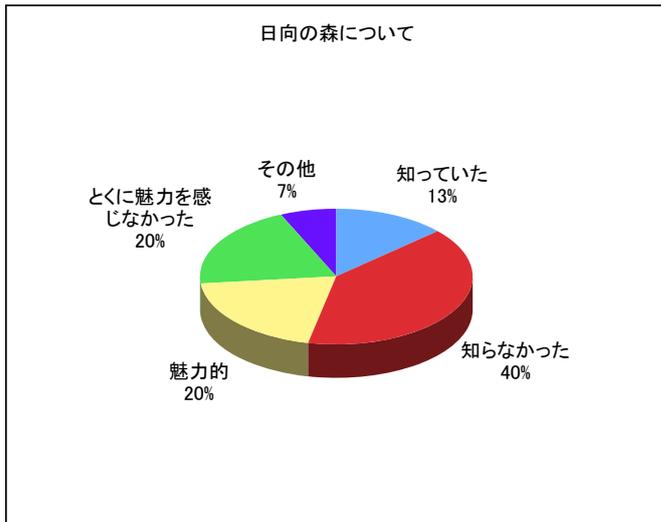
告知は、前述したとおりちらし配付中心だったため、ちらしでの情報入手が主で、口コミは知人に誘われた場合であった。忙しい子育て世代にとっては、学校からのちらしでの情報入手が比較的楽だからではないかと思われる。



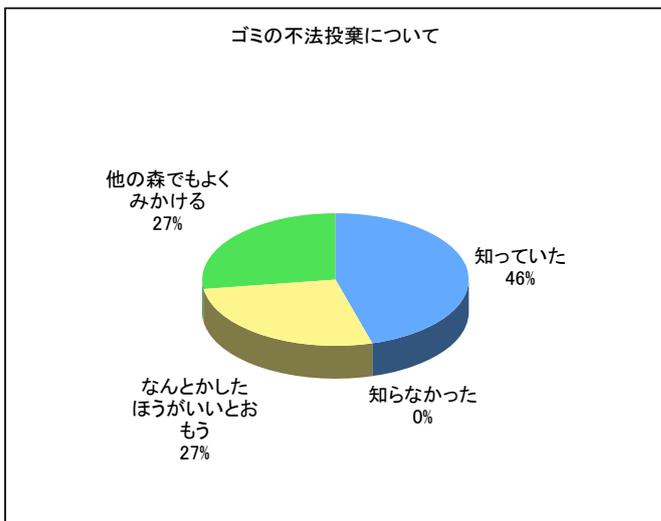
山武の森に、どの程度関わりがあるかを聞いたところ、約7割が「たまに親しむ機会がある」ようだ。その内容は、散歩、植物採集、レクリエーション、景観を楽しむ場合で、所有の山林という場合もあった。



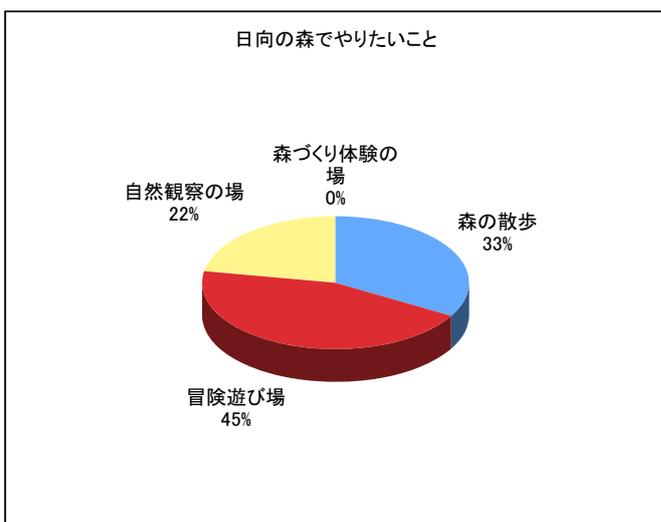
日頃から山武の森に関する情報を関心をもっているかについては、知りたいとは思っていても、情報が得られないという場合と、これまで全く関心がなかったという場合と大きく分かれた。



日向の森についての認知度は、今回以前は知らない場合が多く、魅力的を感じる場合と魅力を感じない場合と半々にわかれた。山武市のほとんどが民有林であることから、市有林としての位置づけも、あまり知られていないようだ。



山武の森でゴミの不法投棄が問題になっていることについての認知度では、知ってる場合がほとんどで、対策した方がよいと考えている事や、他でも同様な光景を見かけるようで、意識はされているといえる。



低年齢の子育て世代であるので、子どもが自由に思い切ってあそべるような場所を求めているように思われる。

■「山武の森のまなびのたね」参加者の自由回答欄のまとめ

●森の現況で必要だとおもうことは？

- ・ 子どもたちが親しめるようなイベント
- ・ 身近な森に子どもが気楽に探検できるように手入れがされていれば良いと思うことがある
- ・ ほとんどがスギの木なので、もっとたくさんの種類の木が増えれば関心を持てると思う。森に囲まれて生活しているのに、森を身近に感じられないのは、残念なこととおもう
- ・ 住民がなかに入って、観ることができる環境
- ・ 木の種類の表示があるが、どんな花や実がつくのかなど、写真入りで表示すると楽しみが出来てよいと思う

●木あるいは森の活用法のアイデア

- ・ 管理する方法のイベントがあるとよい（不況を逆手にしたボラバイト＝ボランティア+バイト）
- ・ アスレチック
- ・ クリスマスリースにスギの葉やヒノキの葉をもみの木の代わりにつかっている。木登りやターザンごっこができるような森の遊び場があったら楽しいと思う。
- ・ 森林資源を住民が楽しめる環境があればいいと思う。例えば、キャンプ場などのレクリエーション施設
- ・ 子どもの遊び場をつくってほしい
- ・ 木登り
- ・ どんぐりなどを使ったあそびや花をつかって押し花など

●日向の森（市有地）へのアイデア、提案

- ・ 幼稚園や学校単位でも遊びに来れたらいいと思う
- ・ 不定期で森のカフェをオープンする
- ・ 人工の手を加えないで、活用できたらいい
- ・ 日向の森だけでなく、他にも楽しめる場所があったら良いと思う

●暮らしの中で感じる木（あるいは森）は？

- ・雨が降った次の日の朝の緑の香りが好き
- ・家の中からみた景色がたくさん樹々に囲まれていることに幸せを感じる
- ・木のおもちゃを手にしたとき
- ・共にあるもの
- ・家に“うらやま”があるので、あることがふつうになっている
- ・癒されるときに、行きたいところ
- ・家の中（えんぴつ）、公園の遊具

今回の参加者は、子どもを対象にした遊びの場面を通じてのアンケートであったため、主に子育て世代の30代の女性が主であり、本講座の方の参加者タイプとはちがうタイプの人々に、情報提供かつ収集ができた。

一般に子育て世代は、本講座のような場面には参加しにくいと思われるため、このような意向把握方法はなかなか有意義であった。特に、森に対して日頃からそれほど強い関心がなくても、イベントに参加することで、関心をもってもらえるような感想も得られ、若い世代の視点からの森林に対する感覚や希望等の一部を知ることができた。

今後も、このような手法で、森林に直接関心がなくても、何らかのきっかけづくりとなる機会を設けて、多様なタイプの人々の意向を引き出してしていくことを検討したい。そうしたことが、バイオマス利用方策を検討する場合の、地域のニーズの掘り起こしに繋がられる可能性がある。

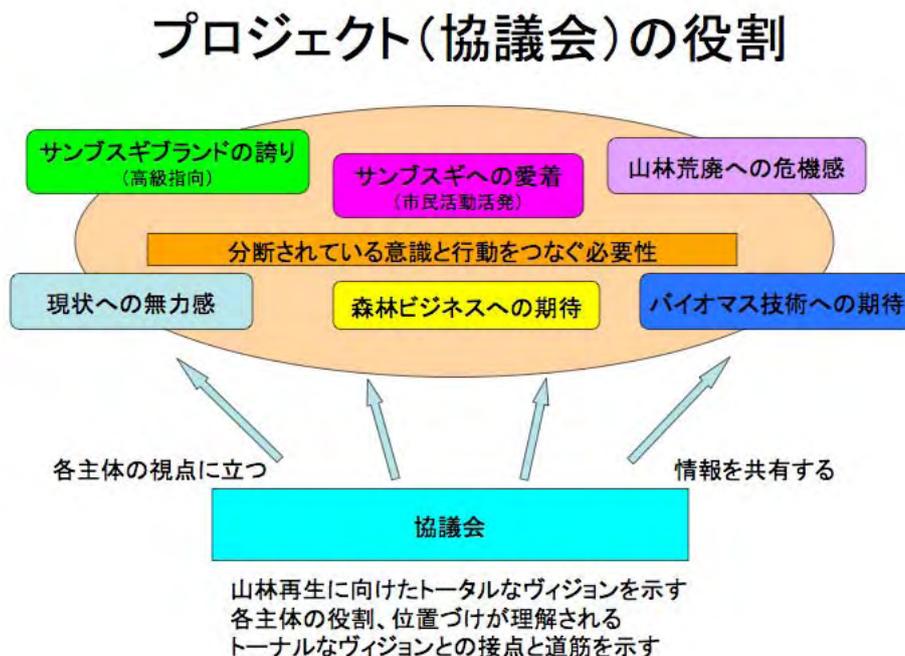
ウ. 山武の森をめぐる地域の課題の整理

当企画調査実施においては、技術の社会化グループは、地域の中に設置した「山武の森再生推進協議会」を基盤にし、山武市と協働（パートナーシップ協定）で、地域の各主体間の共通の話し合いの場となるように働きかけてきた。そのため、まず情報共有の場として協議会の会議をほぼ毎月開催し、加えてその他個別の実情を把握するために、各主体へのヒアリングなどを行ってきた。

そうした取り組みの中で次第に明らかになってきた事は、山武市の「森林再生」というテーマを掲げ、それぞれの主体が個別の活動を展開しているが、いかに分断されているかということであった。各種事業等の個々の活動は、それぞれの立場からの問題意識からであり、主体間の問題が共有されていないため、地域での理解が浸透せず、活動が分断状況になっている。

こうした状況を整理し、トータルな地域での取組みに繋げていく必要があることから、協議会の役割を各主体間をつなげ、地域でのトータルな問題状況把握の認識からはじめ、地域課題として再認識し、その課題解決のために取り組むべきものはなにか、そのためのそれぞれの立ち位置がわかるようにしていくことが必要である事が明確になってきた。

図①- 3 地域に置ける協議会の役割



当企画調査では、そのためのまず第一歩として、連続講座の開催をきっかけに、地域の主な主体を集める工夫をし、問題状況を地域の中で、公開で認識できるような設定をした。

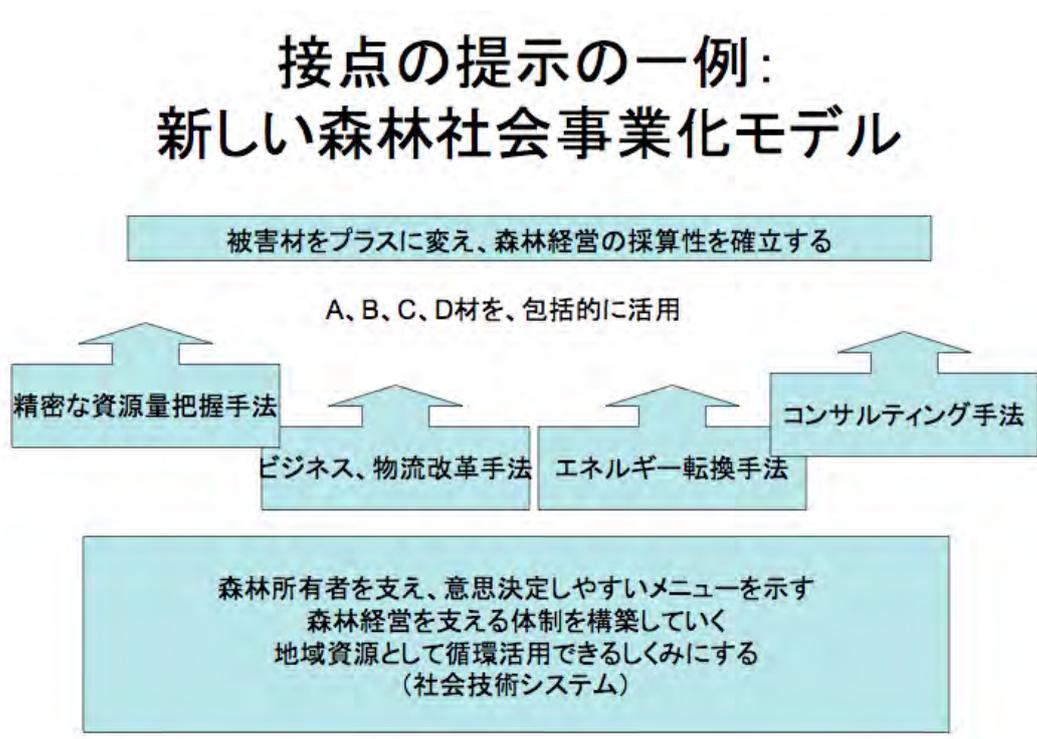
その結果、講座実施を通じて、各主体の抱える問題状況が次第に明らかになり、それらがつながるための「接点」を提示する必要性がわかってきた。

具体的には、森林再生の場合、木材資源利用の方策が着目され、その分野の事業が先行しており、それは市場ニーズや市民ニーズにあわない場合があったといえる。さらに、森林経営が行き詰まっている森林所有者に対し、これまでは民有林であるために自己責任の範囲になっていたが、森林のおかれていた状況は、今や社会的資源であるという認識から、森林所有者の視点に立つ社会的サポート体制が必要である。（図①- 4）

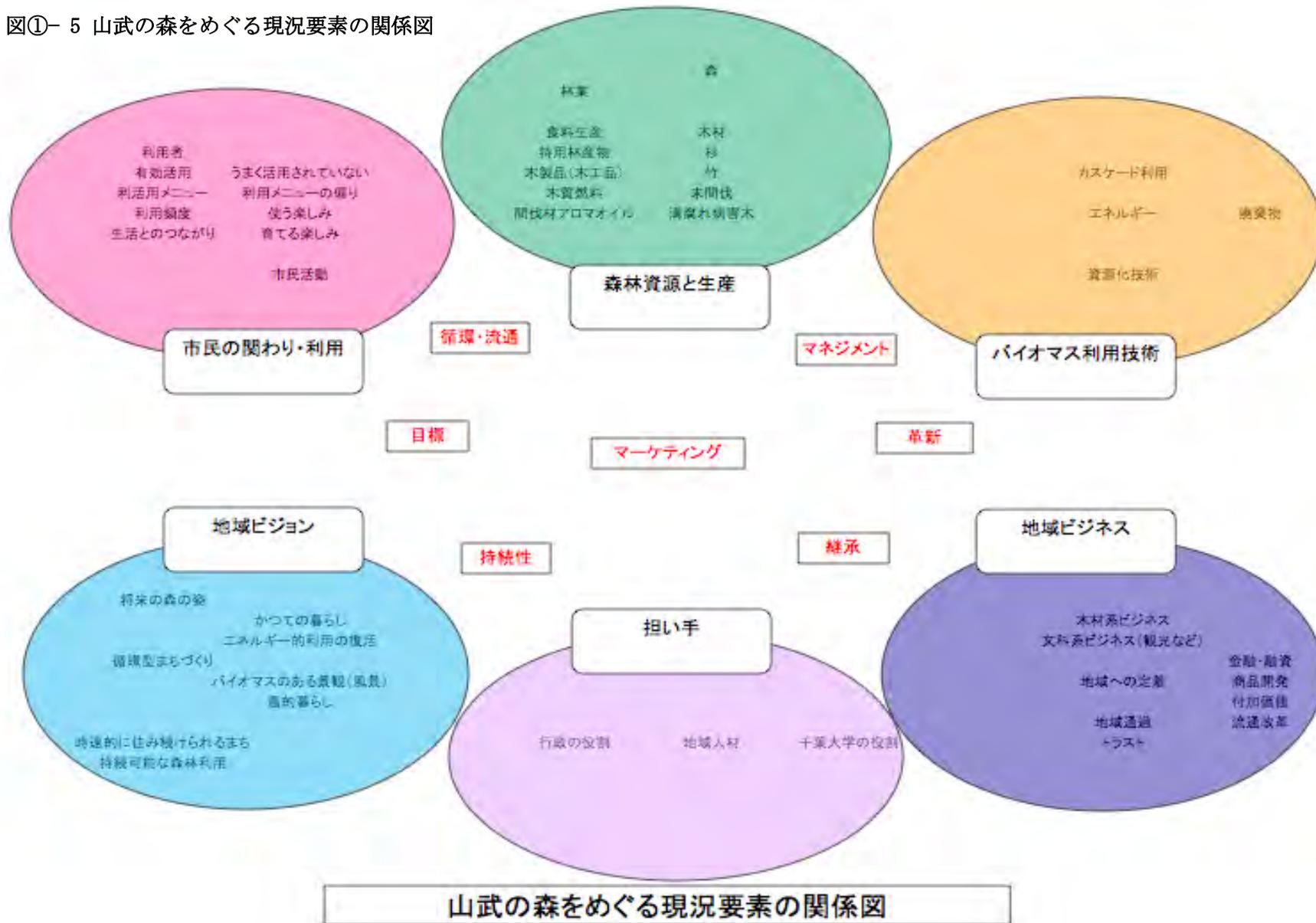
現状では市民活動団体が、間伐作業を担うなどサポートの補う活動を展開しているが、それも本格的な森林再生に向けては、資源循環システム方策、資金や人材の充足、経営手腕などが必要であり、ボランティアでは困難なハードルを抱えてしまっている。

つまり、社会システムとして機能する体制が必要であり、さらに千葉大学も長年山武に関わって、現代的な科学技術を提供している流れもあることから、領域横断的な取組みとして本格的な「社会技術システム」を構築すべきタイミングに来ている事が確認された。

図①- 4 主体間の問題をつなぐ接点- 社会技術システムの役割



図①- 5 山武の森をめぐる現況要素の関係図



図①- 6 山武の森林共生型社会技術システム構築に向けた現況状況と課題の整理



地域において、森と共にある社会技術システムを構築するために、今なすべきことは、上記図①- 5、6に示す通り、現在の地域の各主体が置かれている問題状況を整理し、共通の場で問題状況の共有を行い、そこから地域の課題として再認識する手続きである。

そのための一歩を、当企画調査において実施することができた。今後、さらに地域課題を地域の各主体間で、共通に認識して明確化する場合には、各主体の問題に対する「接点」の設定が非常に重要である。その接点としての項目案は現時点において、「森林資源と生産」「市民の関わり・利用」「地域ビジネス」「バイオマス利用技術」「地域ビジョン」「担い手」の6つであるといえる。

こうした接点を切り口に、今後、地域で課題を共有すべき項目は、以下の7つである。

- 1) ローカルノレッジを活かす
- 2) 問題状況や個別の動きを各主体で情報共有する必要がある
- 3) 各主体の分断をつなぐコーディネーター役が必要
- 4) 地域産業の担い手、雇用を生み出す必要がある
- 5) 経営効率化等のマネジメントアドバイスができる役割が必要
- 6) 地域内外のニーズの掘り起こしと市場開拓と商品開発が必要
- 7) クイックプランとスロープランを連動して取組む必要がある

これらをふまえて、企画調査以降の今後の展開策は次のとおりである。

地域における問題状況の情報共有は、今後は協議会が連続講座などの機会を継続し、さらに踏み込んだテーマで情報提供し、具体的なプロジェクト展開につながるようにサポートしていくこととする。その中で、地域のローカルノレッジや地域のキーパーソンを活かし、地域の新しい担い手を育成していくことをめざす。

また、本格的に森林を再生するためのマネジメントノウハウを持った社会ビジネスを立ち上げ、地域型産業に繋げ、地域内外のニーズを掘り起こして資源循環システムを確立していくために、社会システムと技術システムをあわせもったしくみを大学が中心となって、興していく。

さらに、山武の森林状況の喫緊の課題である溝腐れ病のサンプスギの利活用を推進するための速攻的な取組み（クイックプラン）が必要とされている一方で、山武の将来の森やまちづくりがどのようなべきか地域共通の合意をつくるための取組み（スロープラン）も必要であり、その両者のバランスをとってすすめていくことを担保できるための社会技術システム構築を担うものとして、協議会を地域に定着させる。

②森林調査分析グループ

実施項目として、地域森林現況の調査、地域林業の実態調査、調査結果のまとめと分析があり、特に情報データ等の整理と可視化を中心に行った。

山武市は、かつて銘木サンプスギ (*Cryptomeria japonica*) の生産地であり、林業地であった。しかし長い間管理放棄されたため、スギ非赤枯性溝腐病 (*Phellinus punctatus* (Fries) Pilát) が蔓延した。成長の良い個体を選別し、クローンによって植林されたため、病気に対する耐性が弱く、病害の拡大を抑制できない状態にある。

山武市の森林域は森林簿に記載された面積で約 35 km² もあり、すべてを現地調査によって把握するには、多大な費用と労力を要する。広域で効率良く調査を行うためにレーザーリモートセンシング技術に注目し、特に航空レーザーによるデータ取得を行った。航空レーザーデータからの解析結果を検証するために現地調査も同じ場所で行い、得られた結果の比較を行った。

森林調査として主に樹高に注目をした。溝腐れ病の病害木の被害判定を現地調査で行い、今後効率良く被害判定を行えるように、被害度を航空レーザー測量 (Airborne Light Detection and Ranging) から測定できる樹冠形状から判別する手法の開発を行った。結果として、被害度が高くなると樹冠形状に変化が生じ、その樹冠形状の変化を航空レーザー測量により捉えることが可能であった。開発された手法により広域な山武市における、土地所有の問題等により現地調査に入れない場所での被害木判定に、この手法が有効であることが示唆された。



[実施内容および成果]

山武市の森林のような都市近郊林は、野生動物の生息域としてばかりでなく、二酸化炭素蓄積機能をはじめ公益的機能、生態系サービスとしての注目を集めている。特に二酸化炭素蓄積機能に関しては、今後排出量取引が導入された場合、森林域における二酸化炭素吸収量がより重要となってくると考えられ、国内でもその前段階としてカーボン・オフセット制度が導入され、炭素吸収源となる森林の認証が始まっている。また、地域の持続可能な再生エネルギー利用を促進するため、運搬コストや伐出コスト削減ができる都市近郊林が木質バイオマスエネルギーの主要な供給地と成り得る。しかし、そのための正確なモニタリング技術は確立していない。

効率の良い森林現況把握にリモートセンシング技術は欠かせない。従来、高解像度空中写真、衛星画像等があるが、高解像度2次元画像から樹冠形状を判別するのは労力と時間を要し、正確な樹木測定を行うのは困難であった。そのため2次元での高解像度画像より3次元でデータを取得し、効率良く毎木調査ができるレーザーリモートセンシング技術を適用する必要がある。

現地調査で森林調査を行う際、広域を把握するにはサンプリング手法の検討が必要となる。サンプリングによって取得された現況が、その地域すべて現況までは言い切れない場合がある。特に山武市のような場所では、溝腐れ病がある特定の場所に蔓延しており、被害度も個体により異なり、一斉林の場所であっても立木によって成長が異なる場所がある。

森林調査で測定する項目で、樹高が木質バイオマス量を算出する上で最も重要な変数となる。現地調査で樹高計測を行う際、先端部が地上から目視できないと正確に計測はできない。特に樹冠が鬱閉している場所で正確に樹高測定を行うのは難しい。よって本研究では、樹高計測を航空レーザー測量 (Airborne LiDAR, Light Detection and Ranging) によって上空から行う。

航空レーザー測量は、GPS(Global Positioning Systems) とIMU(Inertial Measurement Unit)またはINS(Inertial Navigation Systems)を搭載しており、GPSにより正確な位置情報を記録するとともに、IMUやINSにより航空機の傾き、方角等を正確に記録している。航空機に搭載されたレーザースキャナーからレーザーが照射され、レーザーが対象物を跳ね返り戻ってくる時間を測り、要した時間とレーザー速度から、センサーから対象物までの正確な距離を求める。その後、レーザーを照射した時点でのセンサー位置情報をGPSから取得し、そのGPSの場所を基点に対象物までの距離を位置座標として変換する(図1を参照)。



図1：航空レーザー測量による3次元レーザーリモートセンシングによる森林形状把握

航空レーザー測量は、これまで主に標高図作成に用いられてきた。本企画によって取得されたデータで標高図作成を行った結果を図2に示す。国土地理院発行のデジタル標高図で山武市地域では50m メッシュのものしかなく、詳細な地形図を作成するには本データによるものが最も詳細に作成できる。

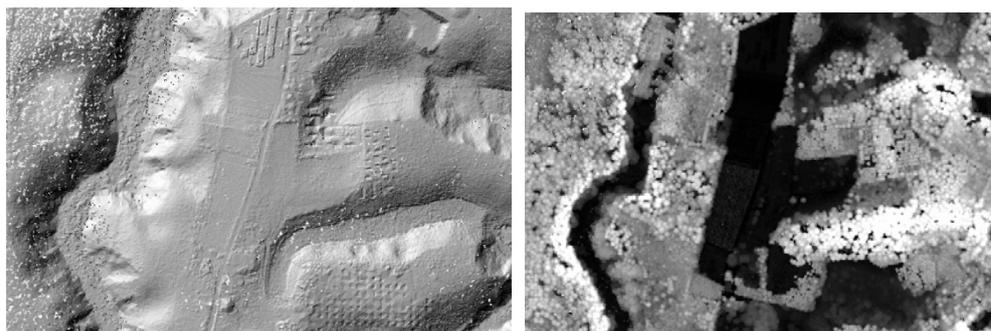


図2：山武市の対象地における航空レーザーデータによる標高図（左）、樹冠高図（右）

最近では地形図作成以外にもレーザーの3次元点分布は利用されるようになり、森林や人工構造物の形状の詳細把握ができるようになってきている（図2参照）。この地域での問題として、管理放棄によって溝腐れ病が蔓延し、多くの立木が立枯れしていることである。溝腐れ病は幹に溝が入り、樹木の成長を阻害する。幹の溝によって成長阻害された立木は健全木に比べて枝梁が十分に行うことができなくなるため、樹木の構造に変化が生じる。

それゆえ、航空レーザーデータによる樹冠形状解析を現地調査の被害度の判定と比較した。樹木ごとの被害度と樹木位置情報を航空レーザーデータのみから行うことが可能となれば、現地調査の範囲を最小限に抑えることができ、費用を低減できる。また、今後広域に施業計画を行う上で、広域な資源量把握を効率良く行うことも可能となる。

以上より、本企画において森林現況の実態調査として航空レーザーのみから樹木の位置と被害度を把握する手法を開発し、その結果を検証することを目的とした。

2. 研究方法

現地調査を行う際、許可を得た場所で行う必要があるため、本企画の対象地を千葉県山武市所有の日向の森とし、航空レーザーデータを取得した。また航空レーザーデータからの解析結果を検証するために現地調査も同じ場所で行い、結果の比較を行った。使用した航空レーザーデータは、平均点密度8点でヘリコプターによってデータ取得を行った。

2.1 現地調査

現地調査は、2009年7～8月にかけて行われた。現地調査では、樹高、枝下高、溝腐れの被害の度合いを目視判読により行った。溝腐れの被害度は、溝の数、幹のねじれ具合等により判読され、4段階で被害判定を行った。樹木位置図を作成するために、樹冠が鬱閉していない場所で、Trimble社GeoXTのGPSを用いて、正確な緯度経度を把握した。その場所を基点として、Ushikata社製Total Station TE0-RAY 130を用いて、それぞれの樹木位置の測量を行った。樹高測定は、測高機(Haglof Vertex III)を用いて行った。集めたGPSの点から、PDOP (Position Dilution of Precision) 4.0以下の点のみを選択し、それぞれX, Y, Zの平均座標を参照となる基点として採用した。

被害木の判定には、溝の大きさ、深さから目視判読による簡易的判別手法を採用した。それぞれの指標は以下の通りである。

被害判定1：溝にわずかな凹部がある個体

被害判定2：溝に明らかな凹部がある個体

被害判定3：溝に深い凹部がある個体

被害判定4：溝に深い凹部があり、幹のねじれが顕著な個体

3. 解析方法

3.1 病害の樹木成長に対する影響

現地調査で、健全木、溝腐れ被害木との間の拡張相対成長式の算出を行った。健全木と溝腐れ被害木では成長量の差が生じていると考え、樹高と胸高直径との間の拡張相対成長式を算出した。毎木調査から胸高直径-樹高の散布図を得た。散布図は、健全木、低被害木

(被害判定1と2を合わせたもの)、激害木(被害判定3と4を合わせたもの)に区分し、非直角双曲線の非線形回帰を行い、それぞれの拡張相対成長式を式(1)より算出した。

樹高、胸高直径との間の拡張相対成長式

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{\alpha D^h} + \frac{1}{H_{\max}} \quad (1)$$

H : 樹高 (m) D : 胸高直径 (cm) H_{\max} : 樹高の最大値 α 、hは定数

3.2 航空レーザーデータによる被害度の判別

樹木位置と樹高を航空レーザーデータから取得するためにDTM(Digital Terrain Model)、DSM(Digital Surface Model)、DCM(Digital Canopy Model)を作成した。DCMの表面上の凹凸に画像解析フィルターを用いて樹木位置及び樹高計測を行った。

航空レーザーデータ取得時、地上からのレーザー反射をフィルター処理にて選別した。分類された地上からのレーザー反射点のみを用い、解像度50cmのDTMを作成した。その後50cmのメッシュを作成し、その50cm x 50cmグリッド内における点分布のうち最大値を樹冠の頂点とし、DSMを作成した。DSMとDTMの差分からDCMを求めた。DCMは樹冠高を表す。

凹凸の自動判別に画像解析フィルターを用いた。DCMの凹凸の形状から、以下の式(2)を用いて、一次、二次微分フィルターを利用し、凸部分の抽出を行った。

$$f_{xy}^2 - f_{xx}f_{yy} < 0; f_{xx}, f_{yy} < 0 \quad (2)$$

f_{xy} はx軸とy軸に対する一次微分フィルター、 f_{xx} はx軸 f_{xx} に対する二次微分フィルター、 f_{yy} はy軸に対する二次微分フィルターである。

この式は、テイラー展開を用いて作成されている(Bloomenthal, J., 1997)。この式は凸部形状を自動的に判別する画像解析フィルターであるが、その凸形状を樹冠形状として、本研究では樹冠形状指数とする。

$$\text{樹冠形状指数} = -(f_{xy}^2 - f_{xx}f_{yy}) \quad (3)$$

樹冠形状指数が大きいほど、樹冠形状がより尖った形となる。式(1)の条件を満たすDCM画像で各凸形部にConnected Component Analysisによるラベル付けを行った。割り当てられた各ラベル域で、DCMの最大値を樹高とし、その場所を樹木位置とした。各ラベルは、航空レーザーから判別された樹木IDとなる。

4. 検証方法

現地調査から得られた樹木位置図を航空レーザーデータから得られた樹木位置と比較した。GPSの位置精度は、樹冠の鬱閉度や衛星の配置によって変わるため、PDOPが4以下であっても、正確に位置が取れていない場所が生じる。そのような場所は、ArcGIS ver. 9.3 を用いて、ズレの補正を行い、現地調査で得られた樹木位置と航空レーザーデータの解析により抽出した樹木位置とで、最も近くにある樹木位置同士のデータをつなげ、樹高計測の正確性の検証を行った。航空レーザーからの樹高計測の正確性の検証を行うため、現地調査で取得したスギ立木135本の樹高計測と比較をした。樹高計測を行った135本のうち樹冠が上層に達している立木のみを用いて樹高計測の検証に用いた。また被害判定は、135本のうち62本をサンプルとして行った。航空レーザーの樹木位置と現地調査で測量した樹木位置が1 m未満のもののみを採用し、樹高計測の比較を行った。航空レーザーから計測した樹高が1 m未満のものは樹高ではなく、草本や微地形の凸部の可能性があるため、解析結果から除いた。

5. 結果と考察

5.1 現地調査からの被害木判定

図3に健全木、低被害木、激害木における胸高直径-樹高関係の違いと拡張相対成長式を示す。健全木、低被害木、激害木における拡張相対成長式は、それぞれ式(4)、式(5)、式(6)に示す。拡張相対成長式から、溝腐れ病は樹高成長に影響を及ぼしていることがわかった。また、胸高直径が30cmより大きい個体から、被害程度に応じて樹高成長の顕著な差が表れ始める傾向があった。

健全木の拡張相対成長式

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{0.705D^{1.308}} + \frac{1}{39.07} \quad (4)$$

低被害木の拡張相対成長式

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{0.878D^{1.396}} + \frac{1}{31.68} \quad (5)$$

激害木の拡張相対成長式

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{0.319D^{1.783}} + \frac{1}{26.739} \quad (6)$$

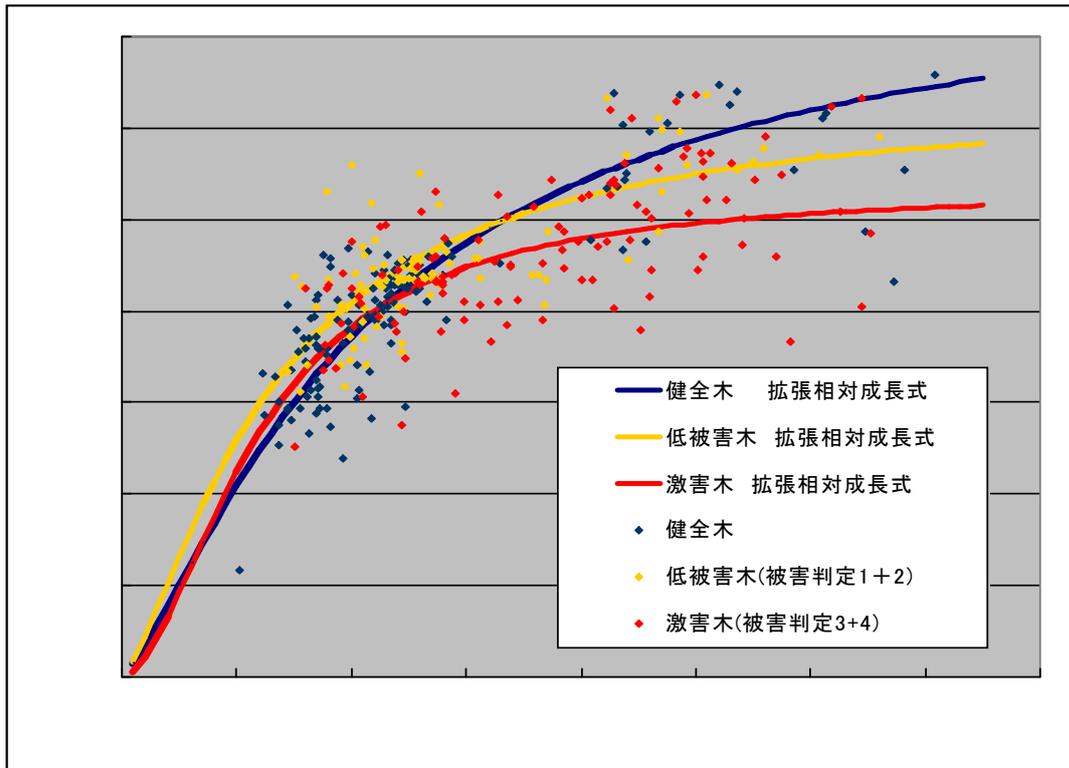


図3 健全木、低被害木、激害木における胸高直径-樹高関係の違いと拡張相対成長式

5.2 航空レーザーデータからの被害木判定

航空レーザーによる樹高計測や樹木位置の検証を行うため、図4で解析結果を表す。DCMと重ね合わせた図4で、レーザーによる樹木位置は、各樹冠中央部が樹木位置となっており、その中央でのDCMの高さを樹高としていることがわかる。現地調査の樹木位置と航空レーザーから取得された樹木位置の比較を図5で行った。現地調査での樹木位置はレーザーから判読した樹木位置（樹高計測場所）とは若干のズレがあることがわかった。これは、幹の先端部（樹高計測場所）と幹の根元（現地調査での胸高直径を測定した立木位置）のズレであり、立木が傾いている場合は、このズレが大きくなる。現地調査と航空レーザーの樹高計測の比較した結果を図6で示す。R²が0.86であり、高い相関があった。本研究対象地の大部分は、樹冠が鬱閉している場所であったため、現地調査で林床からの樹高計測が困難であったことがわかる。そのため、R²が0.9以上に達することができなかったと思われる。

航空レーザーの樹高計測の方が、現地調査よりも正確であることはこれまでの研究結果でも知られている。ただし、林床の標高値が正確に測定されている場合のみ、航空レーザーからの樹高計測の正確性が高いことが知られている（Andersen 2006）。本研究では林床、地表面まで多くのレーザーが到達しており、樹冠が覆っている林分においてもより多くのレーザー反射を林床から取得できている。より多くの地表面反射があれば、より正確な標高図を作成でき、その結果樹高計測は、レーザーデータからの解析結果の方が優れている

と考えられる。

現地調査で測定した胸高直径と航空レーザーから計測した樹高との関係の解析を図7で示した。R²が0.73と高い相関関係があり、レーザーからの樹高計測から胸高直径が予測可能であることがわかった。また樹高と樹冠指数の関係性から、被害判定が高くなるに従ってそれぞれの樹冠形状指数の平均値(▲)が上昇することがわかった(図8)。被害度が高くなるにつれて樹冠指数が高くなる傾向がある。この結果の意味として、病害度が高くなるにつれ、樹冠形状が細くなっていくことが本研究からわかった。病害度が高くなるに従い、樹冠形状に影響を及ぼしていることが示唆された。

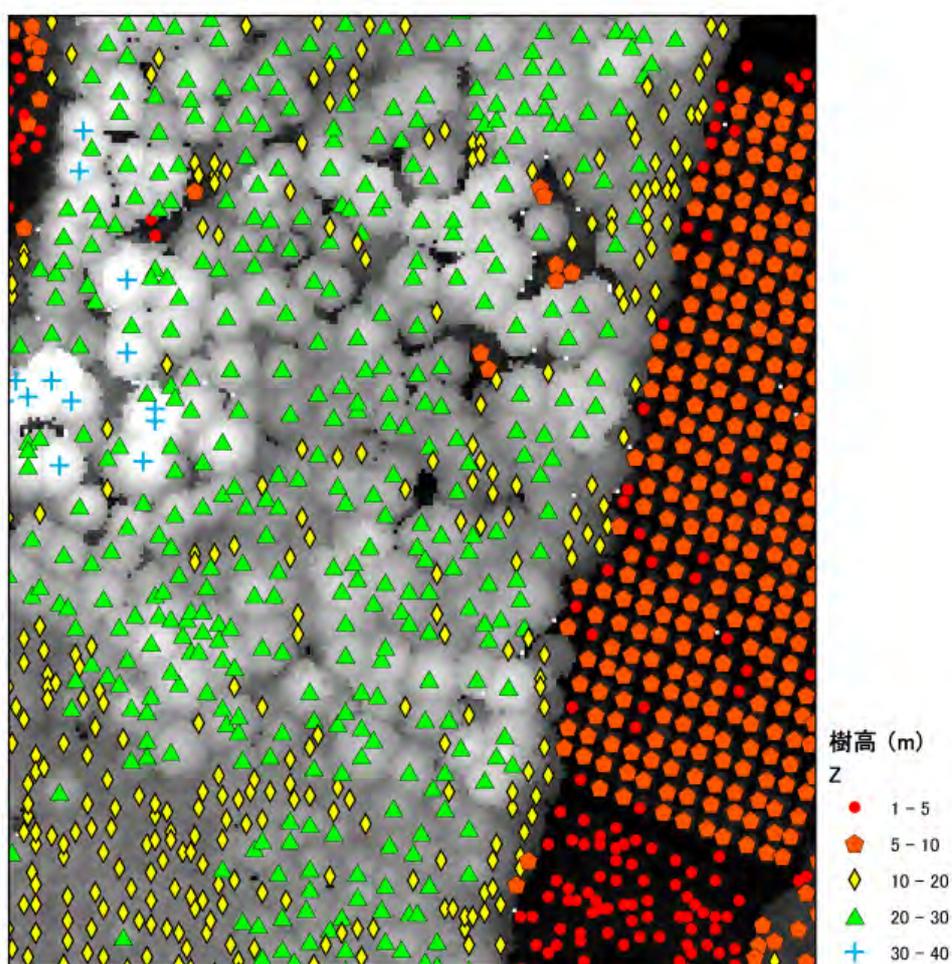


図4 航空レーザーデータによって作成されたDCMと樹木位置、樹高計測結

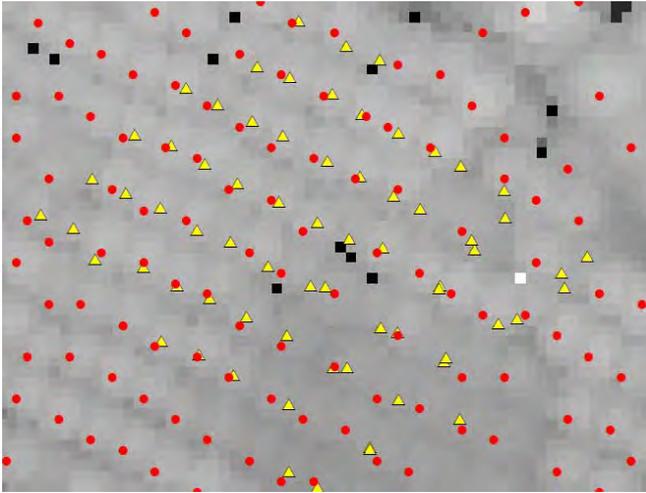


図5 航空レーザーから判別された樹木位置(●)と現地調査で測量した樹木位置(▲)

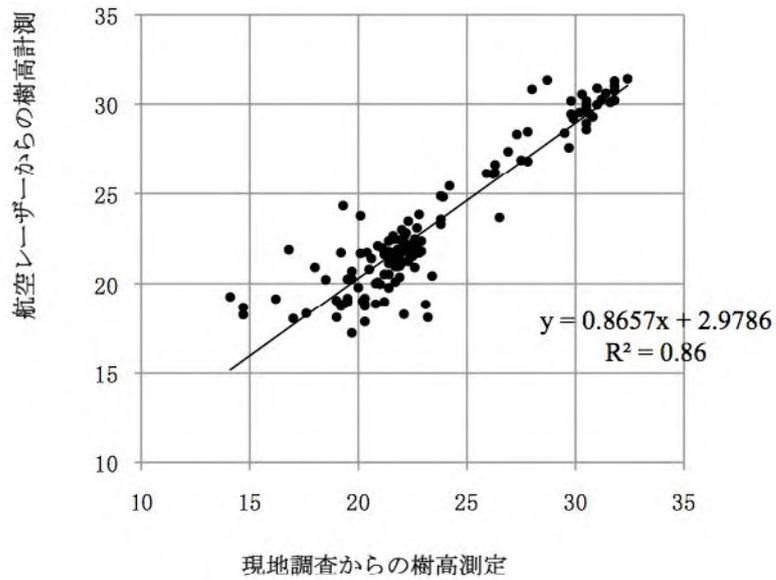


図6 樹高計測の比較

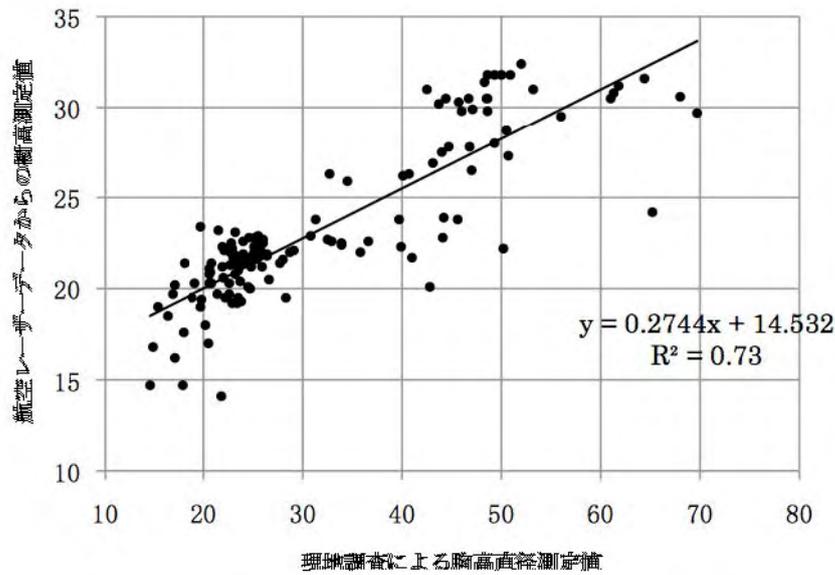


図7 胸高直径—樹高比較

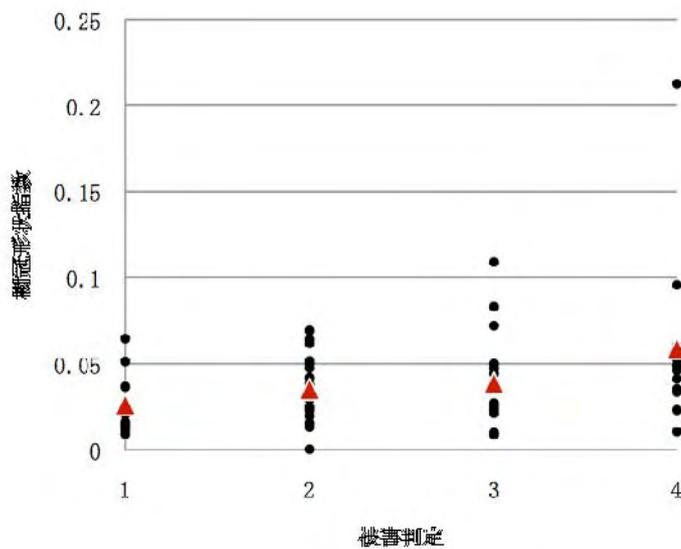


図8 被害判定と樹冠形状指数との関係

しかし、今回樹齢が様々な立木を対象としているため、今後樹齢別に解析する必要がある。樹齢情報は、森林簿や森林計画図を用いればわかるが、本研究対象地では管理放棄期間が長かったため、森林簿の情報が現況と一致していない。

森林簿の情報が現況と一致していないことを示す例として、航空レーザーからの樹木位置、樹高情報と山武市所有の林班図を用いて、各林班での樹齢情報と樹高との散布図を図9に示す。

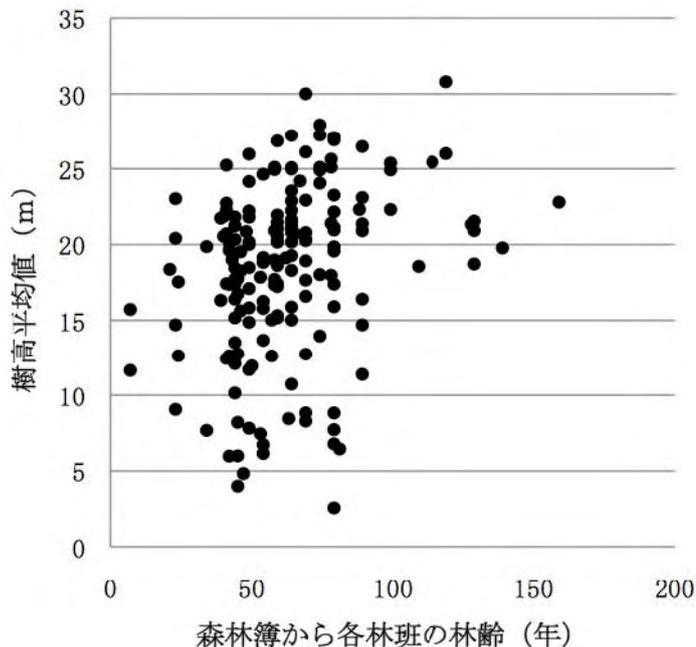


図9 各林班の齡級と樹高平均値

図9より、林班単位の林齢と、航空レーザーからの林班単位の樹高平均値に相関がみられなかったことから、林班情報を基にした森林調査分析ではなく、航空レーザー測量による森林調査分析が今後必要になることがわかる。この地域は森林簿の記載では、一つの林班に同じ樹齢の立木が存在していることになっているが、図10で示された様にひとつの林班に様々な樹高の立木が存在していることがわかる。

航空レーザーのみから病害度判定を行う技術開発を目指しているため、今回被害判定別に樹冠形状変化があることがわかったことは、本研究対象地のような森林簿の整備が遅れている地域や立ち入りのできない民有地でも航空レーザーのみによる被害度判定に可能性があることがわかった。

本研究で用いた樹冠形状指数は、高密度データであるデータ容量が大きい3次元の点分布をラスタ化し、DCMとした表面を作成し、画像解析を行った。ラスタ化することで、データ量を減少させ、効率良く凹凸度を計算することができた。今後さらなる樹冠形状指数の開発を行い、詳細な形状変化を高密度のデータを用いて行えるようにしていきたい。しかしその一方で、本研究による手法はDCMの凹凸具合、つまりDCMの解像度に依って解析結果が変化するため、最適な解像度を今後検討する必要がある。

また本研究の手法を用いて作成された樹木位置図は、樹冠上層部に突出する樹木のみを対象とするため、複層になっている林分での低木の位置までは判別が難しい。今後メッシュ内で点の垂直分布状況から、下層にある低木の樹木位置を求める手法の開発を行ってきたい。しかし、施業計画等で必要なのは主に高木層にある立木の状況であるため、樹冠

形状による被害判定を含め、本研究で開発された手法は計画を行う上で有効であると思われる。

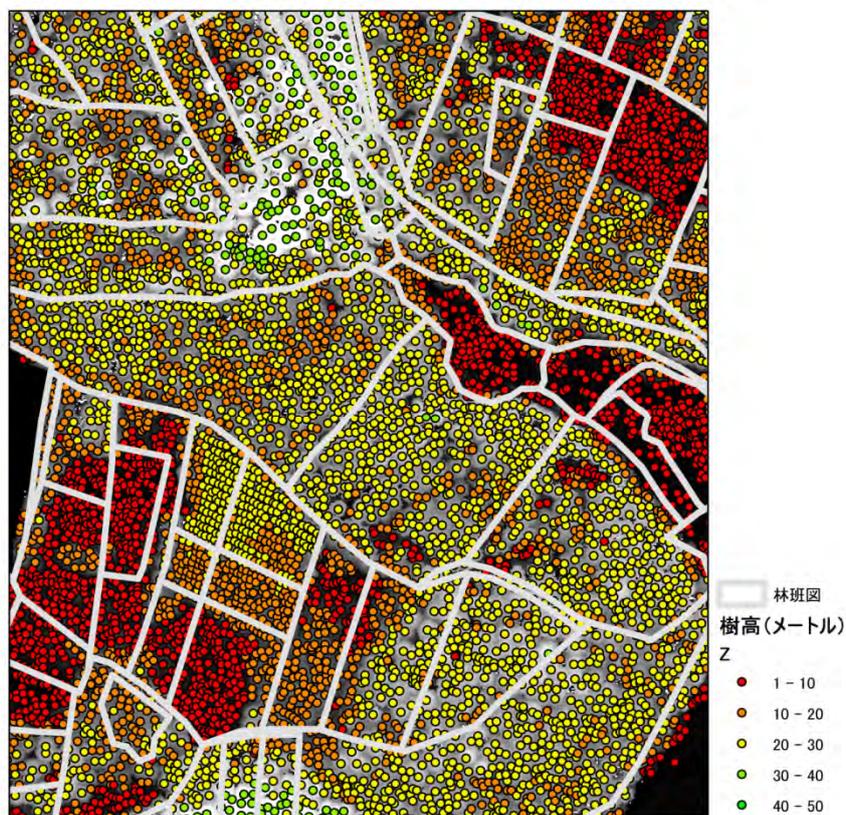


図10 林班図と樹高別樹木位置図 ひとつの林班に様々な樹高の立木が現存することがわかる。

5. まとめ

本研究では、航空レーザー測量を用いた3次元データによる正確な樹木測定が行った。樹木測定の項目としては、木質バイオマス推定に必要な樹高と立木密度に注目し、立木位置図と樹高測定を自動にできる手法を確立した。研究対象地は千葉県山武市にある植林地である。対象とする林分では、管理放棄により溝腐れ病が蔓延し、その病害木の位置、現存量を把握する必要があった。航空機レーザーを用いて樹木位置図の作成、毎木当たりの樹高測定、病害木の判定を樹冠形状から効率良く行った。それぞれ得られたレーザーからの樹高測定結果は、現地調査で測定した樹高と R^2 が0.86であり、現地調査で測定した胸高直径と R^2 が0.73もあり、高い相関関係があることがわかった。このことから航空機レーザーからの樹木測定で、樹高計測及び胸高直径の測定が可能であることがわかった。

被害判定に関して、拡張相対成長曲線による解析より、胸高直径30 cm 以上の立木から

病害の有無によって成長に影響が表れることが分かった。また樹冠形状指数を用い、航空レーザーから作成されたDCMの凹凸から樹冠の状態を自動で判別した。その結果病害度が高くなるに従い、樹冠が縦に細くなっていく傾向があることがわかった。これらの手法により広域で病害木の判定、樹高から木質バイオマス量の算出を効率良くする上で、必要な毎木情報を航空レーザーにより取得可能であることがわかった。本研究で開発された手法により、今後森林簿の整備が遅れている地域での航空機レーザーを用いた樹木測定が有効である。

引用文献

Andersen, H-E., Reutebuch, S.E., and McGaughey, R.J.(2006) A rigorous assessment of tree height measurements obtained using airborne lidar and conventionla field. Canadian Journal of Remote Sensing 32(5): 355-366.

Bloomenthal, J.(1997) Introduction to Implicit Surfaces. Molgan Kauafmann Publishers, Inc., San Francisco, CA, USA

5. 成果の発信等

(1) 口頭発表

① 口頭講演 (国内3件、海外3件)

1. 加藤 颯 (千葉大園芸)、小林達明 (千葉大園芸)、根本 光 (千葉大園芸)
レーザーリモートセンシングによる緑地構造把握、日本生態学会第57回大会、東京大学駒場、2010年3月16日
2. 加藤 颯 (千葉大園芸)、小林達明 (千葉大園芸)、根本 光 (千葉大園芸)、中村裕幸 ((株) DCMC) LiDAR を用いた炭素蓄積量の認証、第 121 回日本森林学会大会、筑波大学、2010年4月3日
3. 加藤 颯 (千葉大園芸)、小林達明 (千葉大園芸)、根本 光 (千葉大園芸)、中村裕幸 ((株) DCMC) 航空機または地上型レーザー測量による炭素クレジット認証、平成 22 年度年次学術講演会、東京大学生産技術研究所、2010年5月17日
4. Akira Kato, Tatsuaki Kobayashi, Estimating aboveground carbon stocks of urban forest using LiDAR, URBIO(Urban Biodiversity and Design) 2010, Nagoya, 2010年5月19日
5. Akira Kato, L.Monika Moskal, Peter Schiess, Donna Calhoun, True orthophoto creating through fusion of lidar derived digital surface model and aerial photos, ISPRS Technical Commission VIII symposium, Vienna Austria, 2010年7月6日
6. Akira Kato, L.Monika Moskal, Peter Schiess, Tatsuaki Kobayashi, Donna Calhoun,

Certification of carbon credit using airborne and terrestrial LiDAR, Silvilaser 2010, Freiburg Germany, 2010年9月15日

②ポスター発表 (国内2件、海外0件)

加藤 顕 (千葉大園芸)、小林達明 (千葉大園芸)、高橋輝昌 (千葉大園芸) レーザー測量による木質バイオマス資源量の把握、千葉大学オープン・リサーチ、千葉大、2009年10月24日

加藤 顕 (千葉大園芸)、小林達明 (千葉大園芸)、高橋輝昌 (千葉大園芸) 航空機レーザー測量による森林資源の把握、千葉大学イノベーションフォーラム、東葛テクノプラザ、2009年11月20日

③プレス発表

(2)その他

加藤 顕 特願2009-282331号 表面再現方法及び表面再現プログラム 2009年12月出願
概要：航空レーザーから取得した3次元点分布から樹冠形状を把握するアルゴリズムに関する特許

③技術システムグループ

当グループでは、地域の森林管理経営・資源循環システムの成立要件の整理を目標として、地域の森林経営・資源循環システムについて具体的に検討を進めるため、特に山武で喫緊の課題となっているサンプスギ被害材活用のため、有効な技術手法の1つとして考えられる「炭化燃料技術」に焦点をあてた。その内容と成果について、以下の通りまとめる。

緒言

1.1. 背景

近年、地球温暖化問題の対策案のひとつとして、カーボンニュートラルという特色をもつバイオマスエネルギーの利活用に関心が集まっている。電力会社や発電施設を持つ企業でも、木質バイオマスを石炭などの化石燃料と混合し、燃焼発電する取り組みがなされている。一方、林業活性化や雇用創出の観点でも、森林系バイオマスの利活用の促進が強く求められている。

千葉県の東部に位置する山武市では、「サンプスギ」というこの地域発祥の杉が広く分布しているが、サンプスギ林の8割以上が「非赤枯性溝腐病」にかかっており、木の中心に大きな溝ができるため建築材として使用できず、木材価値の低下を招いている。森林の手入れがされていないと更に被害が拡大してしまうため、木を山から切り出すことが重要である。本研究では、病害木利用方法のひとつとして、大量に需要のある発電施設にバイオマスを輸送し燃料として使用することを想定する。

今回受け入れ側に想定している発電施設では現在微粉炭炉を使用しており、主な燃料は石油コークスを微粉碎したものである。木質バイオマスを混焼する際にも微粉碎が必要となるが、炭化物であれば石油コークス用の粉碎机で微粉碎が可能だ。よって、含水率が高く微粉碎に多くのエネルギーがかかるチップの代わりに、低含水率で既存の粉碎机を使用できる炭化物を用いることで、水分によるトラブルを防ぎ、初期費用を抑えられる可能性がある。また、チップは炭化物に比べ高含水率だけでなく、かさばるうえに単位重量当たりの発熱量が低い。よって、トラックに積載し運搬する際、炭化した方が一度により多くのエネルギーを発電所まで運ぶことができることも炭化のメリットである。

そこで、木質バイオマスをチップ化した場合と炭化した場合の生成・輸送エネルギー収支を考察する必要がある。

1.2. 目的

バイオマスの輸送性向上のためには、資源供給地にて前処理を行い、エネルギー密度の高いバイオマスを空隙の少ない状態で輸送することが望ましい[3]。そこで、木材を低温(450℃以下)で半炭化し、チップ燃料を生成・運搬場合との投入エネルギー・輸送エネルギーの差を比較して評価する。また、エネルギー損失が最小となる半炭化温度を探る。本研究ではラボ実験装置にて炭化実験をし、そのデータを用いてエネルギー収支を計算した。

1.3. 山武市の現状

1.3.1. 山武林業の現状

昭和 30 年代から一斉造林地が増大した(本地域ではその多くがサンプスギ=モノクローン)が、その後の木材価格の低迷や林業従事者の高齢化等により森林の手入れ不足が生じてきている。また、サンプスギにおいて感受性の高い非赤枯性溝腐病が蔓延しており、森林管理に対する意欲喪失に拍車をかけている。

(千葉県山武農林振興センター研修資料「山武林業の歴史と現状」より)

山武市におけるサンプスギ林の被害状況を表 1-1. に示す。山武市全域でのサンプスギ林の被害率は 85%と非常に高い数値を示しており、面積にして 1077ha となる。地域別の被害率をみても 85%であり、市内のサンプスギ林全域的に被害が蔓延していることがわかる。サンプスギ被害木の賦存量は、山武市全域で 26 万 t である。

表 1-1. 山武市におけるサンプスギ林被害状況

	山武市	山武市地域別内訳			
		旧成東町	旧山武町	旧蓮沼村	旧松尾町
人工林面積(ha)	3,249	460	1,998	106	685
サンプスギ林面積(ha)	1,268	110	973	1	184
サンプスギ林蓄積量(千m ³)	380	33	292	0	55
サンプスギ被害林面積(ha)	1,077	94	827	0	156
溝腐病被害率	84.9%	85.2%	85.0%	0.0%	84.8%

(出典：千葉県実施被害林調査結果 千葉県みどり推進課 平成7年度)

1.3.2. 非赤枯性溝腐病とは

この病気はチャアナタケモドキというキノコの一種による生立木の辺材腐朽病で、1960年代に茨城県南部のサンプスギに溝腐れ症状が多発しているという報告を受けて、国立林業試験場が調査を行い、病原菌等が特定された。非赤枯性溝腐病の名前はスギ苗木の病気である赤枯病が原因で起きる溝腐病とは異なることから命名された。

千葉県北部から茨城県南部にかけての火山灰土壤に植栽されたサンプスギに被害が多く、病原菌は枯枝等から侵入し、形成層や辺材部を腐らせる。症状は侵入口となった枯枝等を中心に上下に溝ができ、周辺からの巻き込みがほとんどないため扁平な凹みとなる。

非赤枯性溝腐病の蔓延を防ぐには、以下のことが重要である。

- ① 伝染源を除去する：伝染源となる子実体の発生した被害木を除去する。
- ② 病原菌を侵入させない：病原体の侵入口となる枯枝を発生させないよう、生枝打ちを行う
- ③ 罹病しやすい環境には、その病気に感受性の系統を植栽しない：一種類の系統を広い面積に植栽するのは避ける。
- ④ 通風をよくする

1.4. 本研究に関する技術

1.4.1. バイオマスについて

(1) 定義

バイオマスとは biomass=[bio]+[mass] であり、もともと生態学の用語で「生物量」である。生態学の用語の範囲を超え、「エネルギー源としての生物資源」の意味をも含むようになったのは、石油ショック以後、代替エネルギーの推進が強く提唱されてからといわれる。バイオマスの定義については、エネルギー資源の観点からは「ある一定量集積した動植物資源とこれを起源とする廃棄物の総称（ただし、化石資源は除く）」とすることが多い。したがって、農産物、木材、海草などの従来型の農林水産資源のみならず、パルプスラッジ、黒液、アルコール発酵残渣などの有機性産業廃棄物、厨芥や紙くずなどの一般都市ごみ、下水汚泥など多種多様である[2]。

(2) 日本の施策

わが国では、2002年1月25日付で「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（通称：新エネ法）施行令」の一部が改正され、「バイオマス」が初めて新エネルギーとして認知された。

2002年12月「バイオマス・ニッポン総合戦略」として「エネルギーや製品としてバイオマスを最大限に活用、持続可能な社会の実現」を目標に、農林水産省、環境省、経済産業省、国土交通省、文部科学省、内閣府が共同で策定し、閣議決定された[2]。

その後2003年4月、「RPS（Renewable Portfolio Standard）制度」が導入施行された。この制度は、電気事業者が新エネルギー等から発電される電気を一定割合以上利用することを義務づけ、新エネルギー等の一層の普及を図るものである。電気事業者は、義務を履行するため、自ら「新エネルギー等電気」を発電する、もしくは、他から「新エネルギー等電気」を購入する、または、「新エネルギー等電気相当量（法の規定に従い電気の利用に充てる、もしくは、基準利用量の減少に充てることのできる量）」を取得することになる。対象となる電力はバイオマス発電によるものに加え、風力発電、太陽光発電、水力発電、地熱発電、その他（認定発電設備の条件は政令にて定める）となっている。

(3) 特徴

再生可能 (Renewable)

石油も石炭も天然ガスもいずれは枯渇する有限の資源であるのに対し、バイオマスは再生可能であり、太陽と水による光合成によって再生される唯一の有機資源である。

カーボンニュートラル(Carbon neutral)

バイオマスを燃焼すると化石燃料と同じようにCO₂を発生するが、植物は成長過程で光合成によりCO₂を吸収しており、ライフサイクル全体で見ると大気中のCO₂は増加せずに、収支はゼロであると考えられる。このように、CO₂の増減に影響を与えない性質のことをカーボンニュートラルと呼ぶ。

しかし、バイオマスは、育成・伐採・収集・運搬・乾燥・前処理などにエネルギーを使うため、この過程に化石燃料を使うとトータルエネルギー収支はマイナスとなる。したがって、バイオマス利用に際してはスタートからエンドまでトータルでのエネルギーあるいはCO₂の収支計算が必要である。

豊富な貯存量

森林樹木の年間成長量は膨大で、世界の一次エネルギーの7~8倍に相当するといわれる。実際の利用可能量はこのうちの10%前後と推定されるが、エネルギー供給に貢献できる量である。

貯蔵性・代替性

バイオマスエネルギーは、他の再生可能エネルギーにはない特徴を持つ。石油ショック以降注目を集めた風力・地熱・太陽光などの再生可能エネルギーは、現時点では電気エネルギーにしか転換できない。電気が貯蔵や長距離輸送が難しいエネルギー形態であるのに対し、バイオマスは液体・ガス燃料への転換ができ、貯蔵や既存の化石燃料インフラへの対応が可能である。

薄く広い分布

バイオマスは発生分布が薄く広い上、容積当たりのエネルギー密度が低いため、資源の収集・運搬にコストや手間がかかるというのが大きな問題でもある。

他の用途との競合

バイオマスは土地を使って生産するため、食糧との競合が危惧されている。しかし、バイオマスは総合利用を考えることが重要であり、食糧を生産する土地ではなく、環境破壊が進んでいる土地で生産されたものや、食糧や建材の廃棄物など、本来であれば無駄になってしまう資源の有効利用が求められる。[2]

(4) 変換技術と本研究の位置づけ

バイオマスからのエネルギー変換プロセスとして、燃焼法, 熱化学的変換法, 生物学的変換法に大別できる。

表 1-2. にバイオマスからのエネルギー変換プロセスのうち、主なものの一覧を掲げ、表中に本研究の技術を□で示した。これらの変換プロセスは、木質系バイオマスの直接燃焼や穀類のエタノール発酵のようにすでに一部で実用化されているものから、水熱ガス化のように、将来は有望だがまだ開発要素の多いプロセスなど、それぞれ開発のフェーズ、規模が異なる。本研究で用いる変換技術は熱分解と炭化であり、技術そのものは広く知られ、既に実用化がされている。

また、原料となるバイオマスが多種多様であり、変換プロセスも広範囲にわたっているため、その種類や場所に合った「適材適所」のプロセスが選択される。表 1-3. に各種バイオマス資源とそれに適した変換プロセスの対応を掲げ、表中に本研究の技術を□で示した。本研究で用いる変換技術は、想定する原料バイオマスのひとつである林地残材の適切プロセスに含まれている。

表 1-2. 主なバイオマスのエネルギーへの変換プロセス[2]

変換法	変換プロセス (第1フェーズ)*1	変換プロセス (第2フェーズ)*2	主たる生成物	出口利用法、ターゲット	
熱化学的変換	直接燃焼			発電、熱	
	ガス化		ガス(CH ₄ 、COなど)	発電、熱(コージェネレーション)	
		ガス化	ガス(合成ガス、CO+H ₂)	触媒液化→液体燃料(MeOH、DME、BTLなど)・ケミカルズ	
	熱分解		バイオオイル	液体(重油状)燃料・ケミカルズ	
		直接液化	バイオオイル	液体(重油状)燃料	
		低温ガス化	ガス(H ₂ 、CH ₄)	気体燃料、燃料電池	
	(流動化)			(ポンプ輸送や発酵、抽出の前処理)	
	炭化		炭、炭化物	固体燃料、環境材料	
	生物学的変換	メタン発酵		バイオガス(CH ₄ 主)	気体燃料
		エタノール発酵		エタノール	液体燃料(EtOH、ETBE)、ケミカルズ
		水素発酵	水素	気体燃料(水素)・ケミカルズ	
		アセトン・ブタノール発酵	アセトン、ブタノール	ケミカルズ	
その他		固形化		ペレット、RDFなど	熱、発電
	エステル化		BDF	液体燃料(軽油代替)	

*1 第1フェーズ：現在すでに実用化、あるいは2010年頃の実用化を前提にした実証段階のステージにあるもの。

*2 第2フェーズ：技術の基礎はある程度確立されているが、現在まだ小規模ベンチスケールのステージにあるもの。2015年以後～2030年頃の実用化を目指す。

表 1-3. 各種バイオマス資源と最適変換プロセスの対応[2]

原料バイオマス	適切プロセス(すでに商業化のものあり)	対応可能プロセス(現在研究中)
林地残材	燃焼発電、ガス化 熱分解、炭化、固形化	エタノール発酵
建築廃材	燃焼発電、ガス化 熱分解、炭化、固形化	エタノール発酵
古紙		直接燃焼、エタノール発酵、 水素発酵
農業残渣(イナワラなど)	ガス化	直接燃焼、エタノール発酵
家畜排せつ物	メタン発酵	アセトン・ブタノール発酵、 水素発酵
下水汚泥	メタン発酵	アセトン・ブタノール発酵、 水素発酵
食品廃棄物	メタン発酵、アセトン・ブタノール 発酵、水素発酵	
植物油	エステル化(BDF)	
穀物(糖、デンプン)	エタノール発酵、アセトン・ブタノール 発酵、水素発酵	

1.4.2. 木質バイオマス熱分解炭化

(1) 炭化について

炭化とは、木材やもみ殻などを空気の供給を遮断または制限しておよそ 400~600°C に加熱し、気体、液体、固体の生成物を得る技術である。基本的には窒素中の熱分解である。燃焼と並んで最も古典的なバイオマスのエネルギー変換技術であり、そのプロセスは一般的に装置が安価で運転操作が容易という利点を持っている。また、有機炭素のかなりの割合を炭として安定に固定化することから、地球温暖化の元凶とされる CO₂ の排出抑制に役立つ技術としても見直されている[4]。

(2) 木材の熱分解過程

200°C以下で木材中のほとんどの水分が蒸発し、400°Cにかけて3主要成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンの分解が起こり、重量が大きく減少する。主な熱分解反応は450°C~500°Cで終了し、500°Cを超えるとH₂を発生しながら炭素の縮合多環芳香族構造が発達し、炭素割合は80%を超える。

3主要成分が最も激しく分解する温度は、ヘミセルロースが180~300°C、セルロースが240~400°C、リグニンが280~550°Cであり、これらの温度域ではいずれも熱が発生して試料の中心温度が上昇する。したがって、木材の熱分解は発熱反応と考えられ、実際試料の中心温度の発熱ピークと留出液・ガスの生成ピークはよく対応している[4]。

1.4.3. バイオマス混焼発電について

RPS 法の実施状況を表 1-4. に示す。平成 16 年度のバイオマス発電設備新規認定件数は 26 件、廃止件数は 2 件と新規認定が上回っている。また 2006 年度のバイオマスエネルギー導入量は、バイオマス発電で原油換算 180.7 万 k L、バイオマス熱利用で原油換算 156.3 万 k L と増加基調をたどっている[5]。

石炭火力発電所における木質バイオマス混焼発電は、電力会社の地球温暖化対策の一環として、新エネルギーの利用拡大と RPS 法（電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法）の義務量達成に向け、中国電力（株）、中部電力（株）、北陸電力（株）、電源開発（株）等で実証試験、本格実施が進められている。

資源エネルギー庁は、木質バイオマス混焼発電の CO₂ 削減効果を試算した。出力 40 万 KW の石炭火力発電で、カロリーベースで 5%、バイオマスで年間 11 万トン石炭と混焼した場合、CO₂ 削減量は約 11 万トンの効果がある。現在のバイオマス混焼発電は、木質バイオマス混合率は最大 3%であるが、今後は 5%以上も視野に入れ、石炭消費量と CO₂ 排出削減の普及拡大を進めていく。

日本は世界最大の石炭輸入国で、火力発電用石炭および鉄鋼製造用石炭の約 99%以上を輸入に依存しており、2007 年度は 1 億 8,613 万トンを輸入した。その内、火力発電用石炭の輸入量は、1 億 73 万トンにもなっている。5%石炭消費量が減少すれば、500 万トンの輸入減となり、石炭消費量と CO₂ 排出削減効果は非常に大きい[6]。

表 1-4. 新エネルギー等発電設備の認定状況 (2005 年 3 月末)

<平成 17 年 3 月 31 日現在の設備認定状況>

発電形態	認定件数			設備容量 (kW)		
	平成 16 年度		総数	平成 16 年度		総数
	認定	廃止		認定	廃止	
風力発電設備	40	4	243	247,760	3,590	920,529
太陽光発電設備	57,723	378	198,159	215,760	1,430	741,278
住宅用太陽光を除く	438	7	1,150	10,293	114	28,990
バイオマス発電設備	26	2	247	2,277,301	8,930	5,028,008 (1,343,466)
地熱発電設備	1	0	1	2,000	0	2,000
中小水力発電設備	23	1	359	10,606	100	163,549
複合型発電設備	6	1	18	1,163	408	3,180
合計	57,819	386	199,027	2,754,047	14,458	6,858,544 (3,174,002)
住宅用太陽光を除く	534	15	2,018	2,549,123	13,142	6,146,256

※ 1) 表中のバイオマス発電設備の設備容量は、発電設備全体での出力であり、バイオマス比率は考慮されていない。

※ 2) () の設備容量は、バイオマス発電設備全体の出力(上記※1)に投入燃料のバイオマスカロリー比率(平成 16 年度実績)を乗じた出力

出典) 資源エネルギー庁資料

2. 実験

2.1. 実験概要

はじめに熱天秤によりサンブスギ健康木、病害木の熱分解特性把握のための熱重量分析を行った。そのデータをもとにラボスケールの熱分解炭化ラボ実験を行い、生成物収率を調べ、炭化物の総発熱量測定・元素分析をした。また、生成ガスをガスクロマトグラフにより分析した。ラボ実験では木材の一般的な熱分解挙動を把握するため、今回は健康木を試料とし、実験を行った。

2.2. 試料

試料には千葉県山武市産サンブスギ健康木の鋸屑と立方体試料、病害木の鋸屑(粒径 1mm 以下)を用いた。鋸屑試料は熱天秤による実験に、健康木の立方体試料は熱分解ラボ実験にて使用した。試料写真を図 2-1. から図 2-3. に示す。

健康木試料は、2.4. (3)に記した水分測定器を用いて含水率を測定した結果、ドライベース (DB) で 12.36%であった。また、試料の元素分析値を表 2-1. に示す。



図 2-1. サンプスギ健康木鋸屑



図 2-2. サンプスギ病害木鋸屑



図 2-3. サンプスギ健康木立方体試料

表 2-1. 各試料の元素分析値

	試料量	C (wt %)	H (wt %)	N (wt %)
健康木	1.463	48.20	6.25	0.04
病害木	1.442	45.61	5.76	0.21

2.3. 実験装置と実験条件

熱分解ラボ実験装置

実験フロー概略図を図 2-4. に示す。反応器に試料を充填し窒素置換後、窒素を止め電氣管状炉で昇温開始する。昇温開始後は反応器外側温度を各設定温度まで昇温させ、その後 10 分保持して、加熱を終了する。

また、1 分毎に試料中心温度、試料外側温度、ガス出口温度、設定温度を記録した。本研究は試料中心の最高到達温度が違う炭化物を数種類生成する必要があったが、この装置は反応器の外側を加熱するため、温度コントローラーでの設定温度と試料中心温度に差が出てしまう。よって実験前に、試料中心最高温度を目標値に到達させるような設定温度を予測・設定し、実験を行った。

加熱によって発生したガスは、リービッヒ冷却管で冷却され、液体生成物は分解油としてろ過ビンに溜められる。液体にならなかった成分はガスバッグに捕集し、加熱終了後 GC により分析を行ってから、生成ガス流量を乾式流量計にて測定した。また、GC 分析結果とガス流量からガス質量を算出した。留出液と生成ガスの重量・容量計測時間は、生成量が少ないため各実験で任意とした。

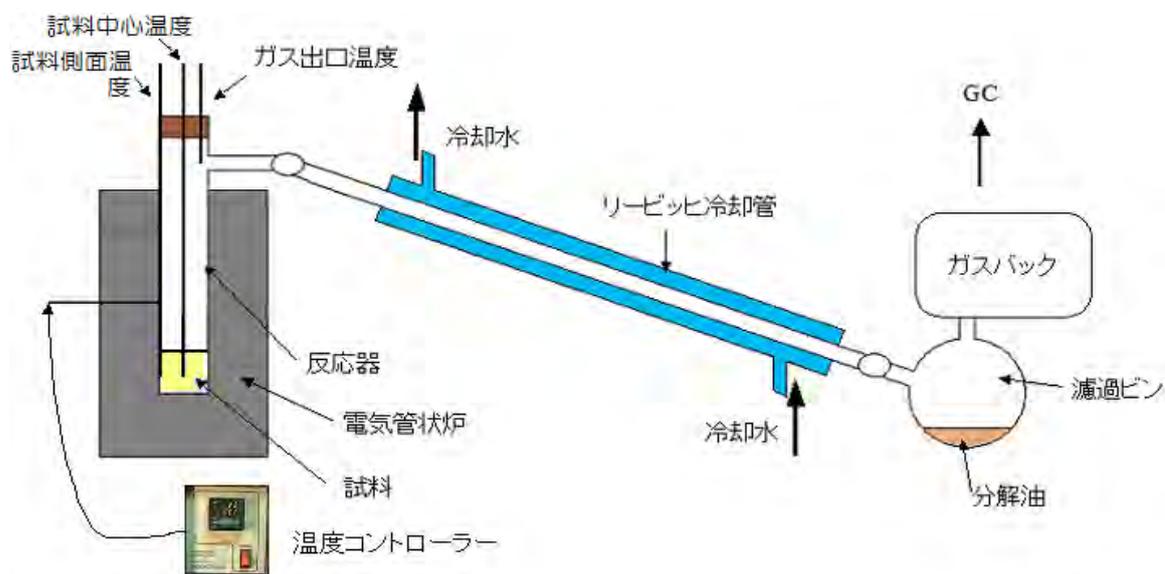


図 2-4. 実験フロー概略図

実験条件

昇温パターン

各実験の昇温パターンを図 2-5. に示す。昇温パターンは 2 種類設定し、パターン 1 (P1) の昇温速度は 5°C/min、パターン 2 (P2) の昇温速度は、昇温開始から 30 分間は 1°C/min、次の 30 分間は 2.33...°C/min、その後実験終了までは 3.33...°C/min とした。

P2 の昇温パターンは、千葉大学構内にある熱分解小型プラント実験装置にて、ロシア産ダフリカ落葉松の丸太(直径 6 センチメートル)を熱分解した際の、試料中心温度を参考に決定した[2]。

各実験の設定温度

各実験の温度条件を表 2-1. に示す。設定温度は P1 では 270°C, 310°C, 330°C, 430°C, 450°C、P2 では 290°C, 310°C, 390°C, 420°C とした。設定温度は、試料中心最高到達温度がヘミセルロース, セルロース, リグニンの各分解温度範囲内にあたるように予測し、設定した[1]。

以下、試料中心最高温度を炭化温度とも呼ぶことにする。

試料の重量と体積

各実験試料の重量と体積を図 2-6. に示す。各実験試料の重量は 9.33g~12.29g、体積は 16.989 立方 cm~21.952 立方 cm である。

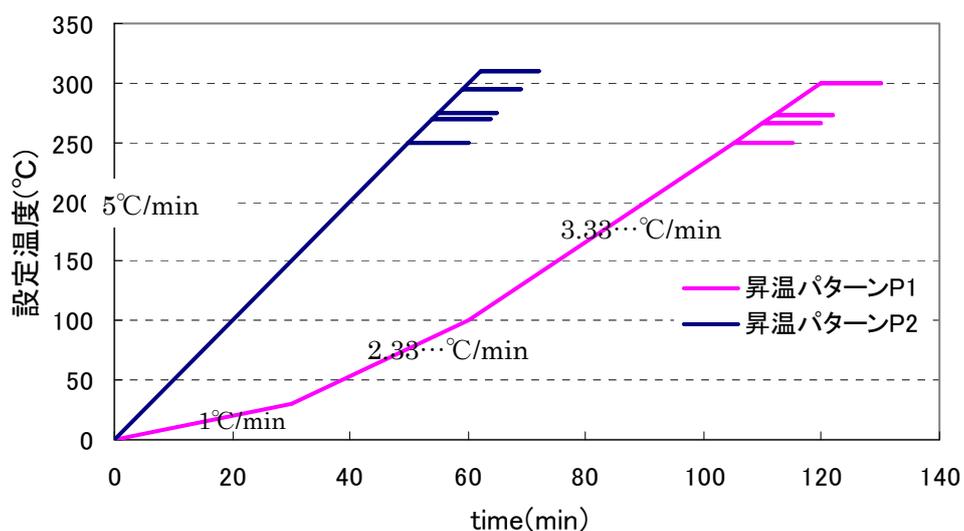


図 2-5. 昇温パターン P1 P2

表 2-1. 各実験の温度条件

実験NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
昇温パターン	P1					P2			
設定温度(°C)	250	270	275	295	310	250	266.67	273.34	300
試料中心最高温度(°C)	270	310	330	430	450	290	310	390	420

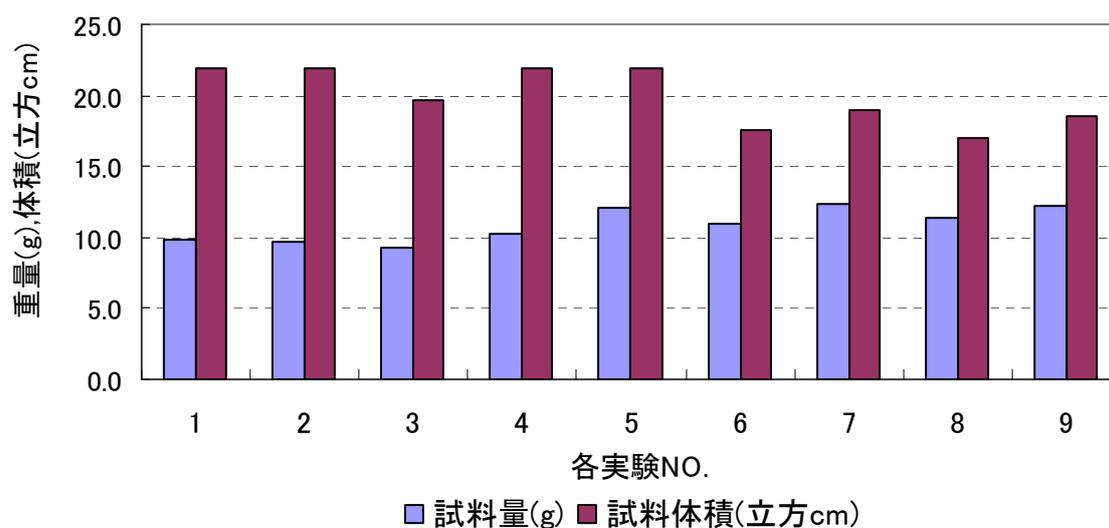


図 2-6. 各実験試料の重量と体積

分析装置

(1) ガスクロマトグラフ (GC)

使用機種は島津製作所製 GC-2014 ATF。概略図を図 2-7. に示す。ラボ実験でサンプルリングした生成ガスを分析する。測定成分は H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 , CO , CO_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_3H_6 である。

分析法：

混合ガス中の H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 , CO , CO_2 , C_2H_4 , C_2H_6 成分は、キャリアガスに Ar を用いた TCD 検出器、サンプリングバルブ (V2)、カラム流路切替え用バルブ (V3)、10-6 システム流路を用いて分析する。

混合ガス中の上記測定対象成分は、ポリマービーズカラムにておおまかに分離させる。 H_2 , N_2 , CH_4 , CO 成分は、ポリマービーズカラムでは分離しないため、モレキュラーシーブカラムにて分離・検出させる。

また、 CO_2 , C_2H_4 , C_2H_6 成分は、モレキュラーシーブカラムでは吸着してしまうためカラム流路切り替え用バルブにて流路切り替えし、ポリマービーズカラムにて検出する。

その他の共存成分は、プレカットカラムにてチョークカラムを経由し系外へ排出する。

排出ガス中の C_3H_8 , C_3H_6 は、キャリアガスに Ar を用いた FID 検出器、サンプリングバルブ (V1)、6 システム流路を用いて分析する。

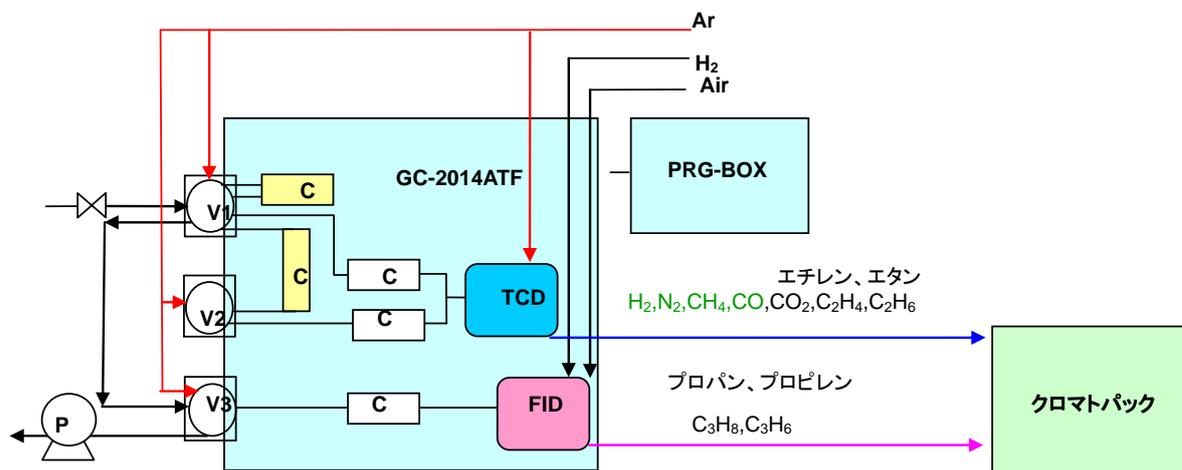


図 2-7. 島津製作所製 GC-2014 ATF 概略図

(1) DTA-TGA 熱天秤 (示差熱 - 熱重量同時測定装置)

使用機種である島津製作所製 DTG-60 の概略図を図 2-8. に示す。試料は図 2-1. と図 2-2. に示すような粉末状で試料量はサンプスギ健康木が 4.930mg~5.455mg, サンプスギ被害木が 4.487mg~6.120mg、昇温速度は 1.25°C/min, 5°C/min, 10°C/min, 20°C/min。550°Cまで昇温させ、10 分間保持、窒素雰囲気、窒素流量 50ml/min で熱重量変化の測定を行った。セルにはアルミマクロセルを使用し、データの読込は 30°Cから行い、サンプルリング間隔は 1sec とした。

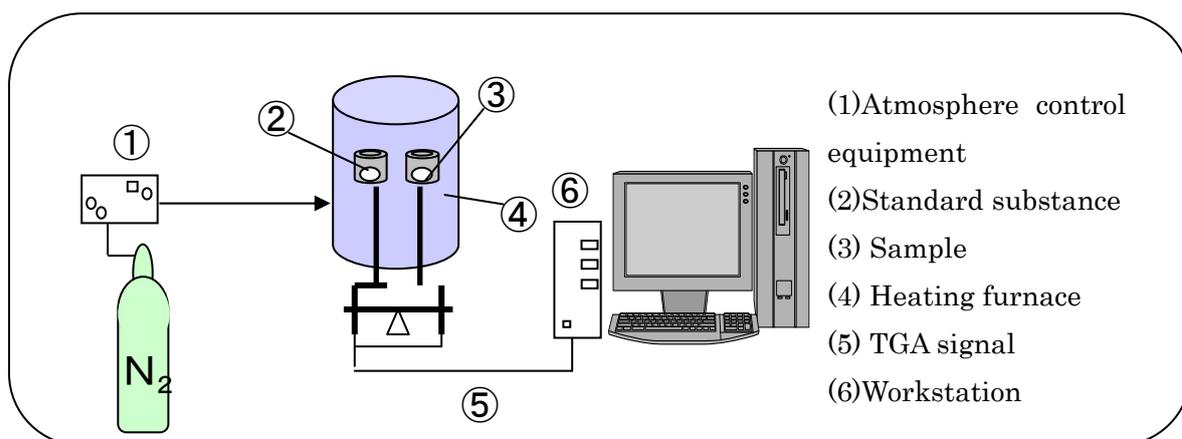


図 2-8. 島津製作所製 DTG-60 の概略図

(2) 水分測定器

使用機種は島津製作所製 LIBROR ED-200MO。JIS Z2102 全乾法により、105°Cの恒温器内で2 時間水分を蒸発させ、その後重量を測定し、乾燥前後の重量から水分重量を算出する。 $(\text{水分重量} / \text{乾燥後の重量}) \times 100$ が DB(ドライベース)含水率(%)となる。測定対象物は、健康木気乾試料と伐採後間もない(1ヶ月)健康木試料。

(3) 元素分析

C, H, N の分析は千葉大学分析センターで、パーキンエルマー2600 により分析した。分析対象物は、健康木・病害木試料と各実験炭化物。0 の値は計算で算出した。

(4) 高位発熱量測定

中外テクノス株式会社で、分析方法 JIS M 8814 により測定した。測定対象物は各実験炭化物。

3. 結果

3.1. 示差熱 - 熱重量測定 (DTA-TGA)

3.1.1. 健康木と病害木の比較

サンプスギ健康木・病害木の TG 曲線を図 3-1. に、DTG 曲線を図 3-2. に示す。昇温速度はともに 5°C/min で、試料量は健康木が 5.110mg、病害木が 6.120mg である。

図 3-1 より、健康木、病害木ともに 230°C 付近から重量減少が起こり始める。健康木の場合、323°C で重量変化率が最大となり、340°C 付近で主な重量減少が終了する。病害木の場合、314°C で重量変化率が最大となり、330°C 付近で主な重量減少が終了する。

図 3-2. より、熱重量減少のピーク温度は、健康木が 323.46°C、病害木が 314.19°C と病害木の方が約 10°C 低いことがわかった。残渣回収率は健康木が 23.09%、病害木が 30.85% と病害木の方が約 8% 高くなった。表 3-1. に熱天秤の測定結果として、重量減少ピーク温度、残渣回収率をまとめた。

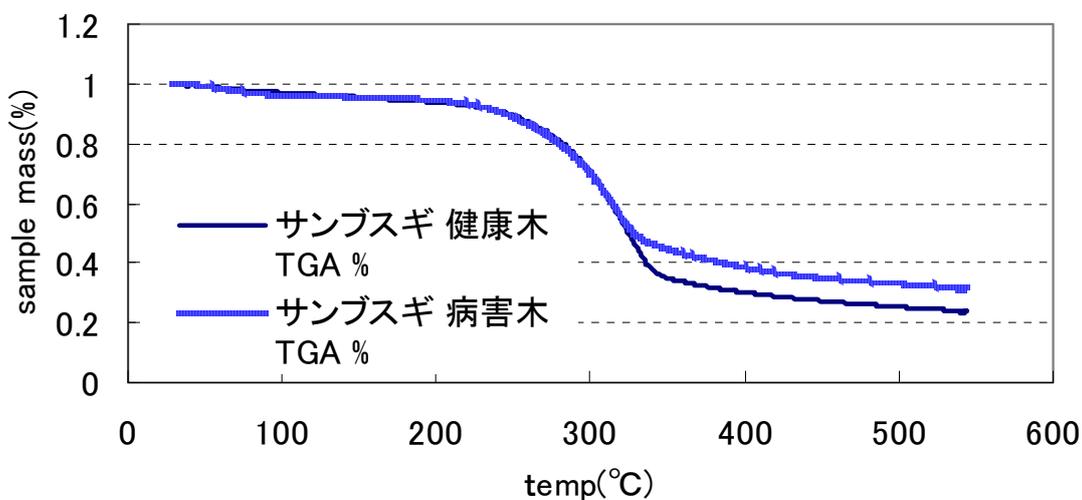


図 3-1. サンプスギ健康木・病害木の TG 曲線 (%)

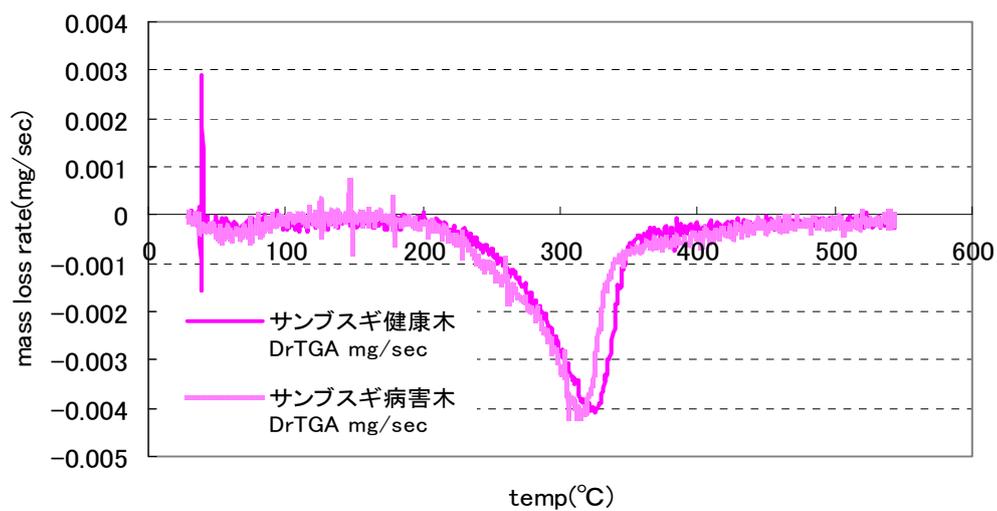


図 3-2. サンプルスギ健康木・病害木の DTG 曲線 (mg/sec)

表 3-1. 熱天秤測定結果

	試料量 (mg)	残渣量 (mg)	試料減少量 (mg)	残渣回収率 (%)	重量減少ピーク温度 (°C)
健康木	5.110	1.18	3.93	23.09	323.46
病害木	6.120	1.888	4.2316	30.85	314.19

3.1.2. 昇温速度での比較

サンプルスギ健康木昇温速度ごとのTG曲線を図3-3.に、DTG曲線を図3-4.に、DTA曲線を図3-5.に示す。試料にはサンプルスギ健康木粉末試料を使用した。昇温速度と試料量は、1.25°C/minのとき5.769mg、5°C/minのとき5.110mg、10°C/minのとき4.930mg、20°C/minのとき5.455mgである。

結果から、昇温速度が遅いほど次のことがいえる。図3-3.より、低温側で重量減少が始まる。また図3-4.より、重量減少速度がゆるやかになり、重量減少ピーク温度が低温側へシフトする。さらに図3-5.より、分解による吸発熱ピークが小さくなり、その各ピーク温度が低温側へシフトする。よって、熱分解が低温で進行する[1]。

表3-2.に、熱天秤の測定結果として、重量減少ピーク温度、残渣回収率をまとめた。残渣は、一般に昇温速度が遅いほど回収率が高くなるといわれている[1]。表3-2.より残渣回収率は、1.25°C/minでは27.4%、5°C/minでは21.9%、10°C/minでは19.7%、20°C/minでは23.2%となり、20°C/minの残渣回収率が5°C/minのときよりも高い結果となった。しかし20°C/minを除く1.25°C/min、5°C/min、10°C/minの実験では一般論に従い、1.25°C/minの残渣率が最も高く10°C/minの残渣率が最も低いという結果となった。

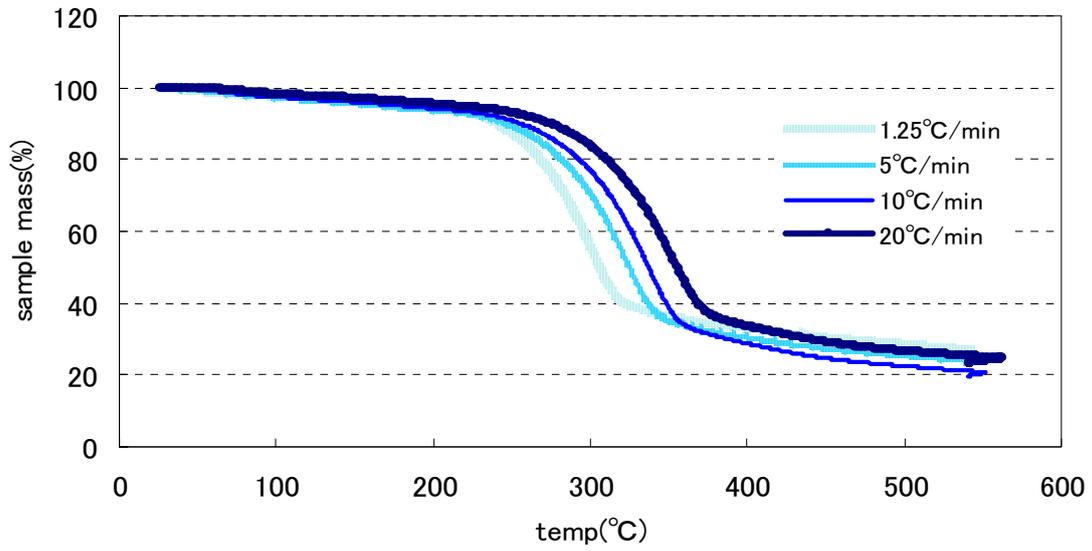


図 3-3. 昇温速度ごとの TG 曲線 (%)

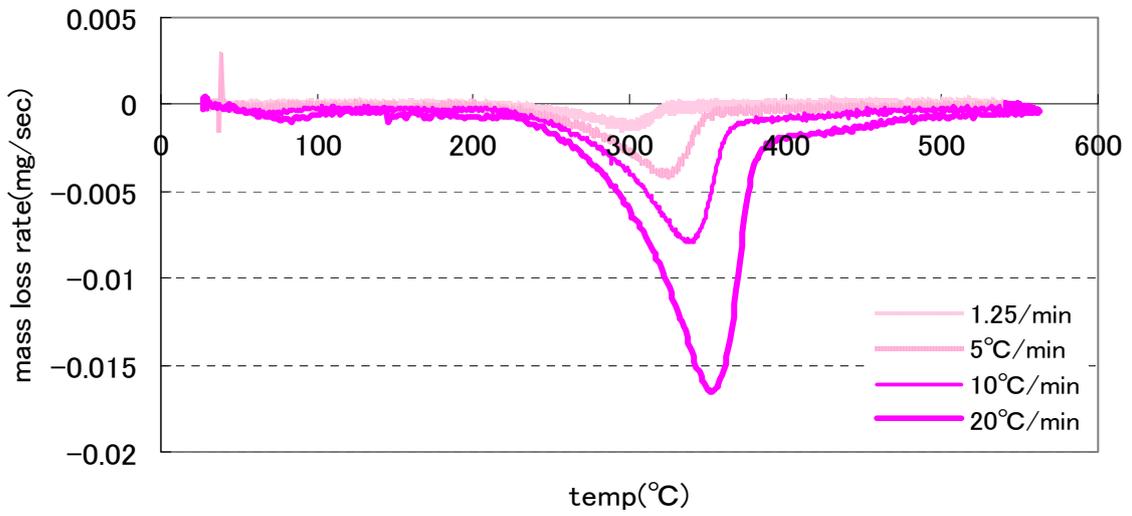


図 3-4. 昇温速度ごとの DTG 曲線 (mg/sec)

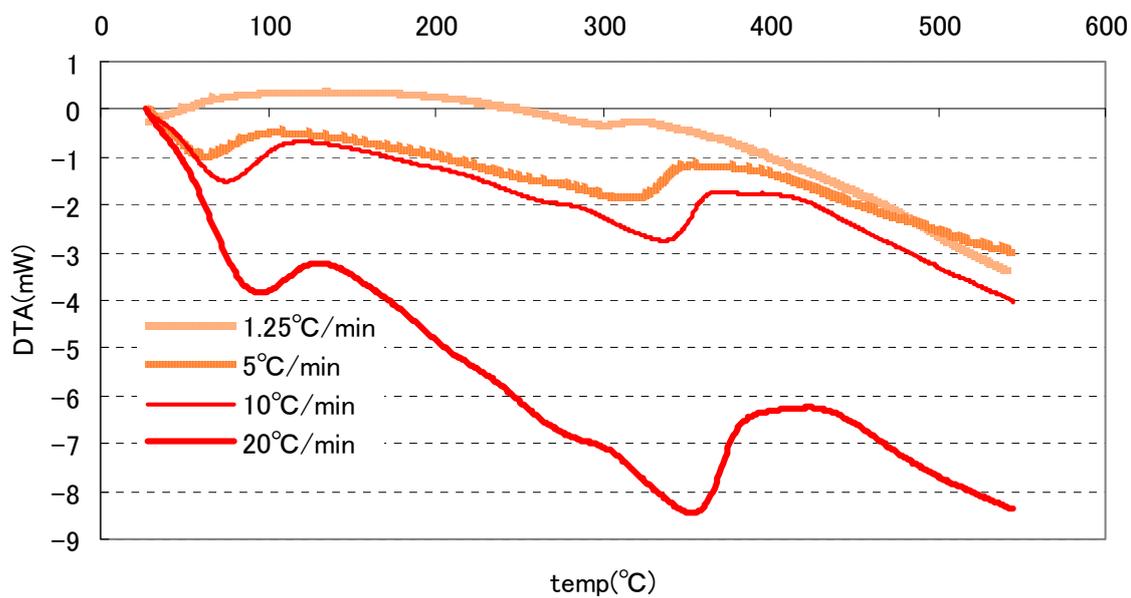


図 3-5. 昇温速度ごとの DTA 曲線 (mW)

表 3-2. 熱天秤測定結果

昇温速度 (°C/min)	試料量 (mg)	残渣量 (mg)	試料減少量 (mg)	残渣回収率 (%)	重量減少ピーク温度 (°C)
1.25	5.769	1.5779	4.1911	27.4	295.37
5	5.11	1.118	3.992	21.9	323.46
10	4.93	0.9691	3.9609	19.7	335.89
20	5.455	1.2653	4.1897	23.2	352.7

3.1.3. 健康木・病害木熱分解時の活性化エネルギー算出

サンブスギ健康木試料・病害木試料ともに昇温速度を 1.25°C/min, 5°C/min, 10°C/min, 20°C/min の 4 種類に設定し熱重量分析を行い、その結果を用いて活性化エネルギーを算出した。

本研究では定速加熱によって得られる熱分析曲線を利用して、速度論的解析を行う。このやり方は非等温法と呼ばれ、簡便法として熱分析の応用の 1 つとなっている [7]。

算出には、代表的な非等温法である微分法の中でも Friedman の方法を用いた。微分法は DTG 曲線を用いるため適用が簡単であり、場合によると積分法における困難を避けることもできるが、実験データのばらつきが拡大されるという固有の弱点をもっている。しかしながら、熱分析の分野では、微分法はかなり広い範囲で用いられている。また、Friedman の方法は最も一般的に適用できる微分法である [7]。そのため、この解析手法を本研究で用いることとした。以下、速度論的解析及び Friedman の解析手法について説明する。

速度式と速度論的パラメーター

等温条件下で固体の熱分解反応は一般につきの速度式

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(T)f(\alpha) \quad (3.1)$$

に従うものとする。ここで α は時刻 t で反応した分率を表す。 $f(\alpha)$ は α のある関数で、その形は反応の律速段階によって決められる。また、 $k(T)$ は反応速度定数で温度のみに依存し、多くの場合、アレニウスの式が成立して

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3.2)$$

の関係が成り立つ。Aは前指数因子（頻度因子ともいう）、 E_a は活性化エネルギー、Rは気体定数、そしてTは絶対温度である。したがって、式(1.1)および(1.2)より、全反応速度は次式のように表される。

$$\frac{d\alpha}{dt} = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) f(\alpha) \quad (3.3)$$

速度論的解析においては、Aおよび E_a 、ならびに $f(\alpha)$ の関数形が主要パラメーターとなる。

質量変化と反応率

TG 曲線は試料の質量を温度または時間に対して図示したものである。今、反応が単一過程で進行するものと仮定し、試料の最初の質量を m_0 、任意の温度T（または時間 t ）における試料の質量を m 、そして反応が終了したときの試料の質量を m_∞ とすると、反応率 α および未反応率 $(1-\alpha)$ は次のように表わされる。

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_\infty - m_0}, \quad 1 - \alpha = \frac{m_\infty - m}{m_\infty - m_0} \quad (3.4)$$

TG 曲線の時間または温度に関する1次微分である質量変化速度、 $\frac{dm}{dt}$ または $\frac{dm}{dT}$ を温度または時間の関数として表示したのが DTG 曲線である。したがって、式(3.4)を微分して

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{1}{m_\infty - m_0} \left(\frac{dm}{dt} \right) \quad (3.5)$$

となる。

Friedman の方法 解析原理

反応速度は式(3.3)であらわされるとして、これを常用対数の形にして用いると

$$\log\left(\frac{d\alpha}{dt}\right) = \log[Af(\alpha)] - \frac{E_a}{2.303RT} \quad (3.6)$$

となる。 α = 一定、または $d\alpha/dt$ = 一定のもとで微分して、

$$\frac{d \log(d\alpha/dt)}{d(1/T)} = -\frac{E_a}{2.303R} = n \frac{d \log Af(\alpha)}{d(1/T)} \quad (3.7)$$

$(\alpha \text{ 一定}) \qquad \qquad \qquad (d\alpha/dt \text{ 一定})$

を得る。したがって、任意に定めた反応率 $\alpha_c (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots)$ で $d\alpha/dt$ と T を種々の昇温速度について決定し、 $\log(d\alpha/dt)$ を $1/T$ に対してプロットすると、各反応率における $f(\alpha)$ の値は昇温速度の変化によらない定数であるから、直線関係が得られるはずである。それぞれの直線の傾きは $-E_a/2.303R$ 、したがって活性化エネルギーを、また切片は $\log[Af(\alpha)]$ を与えることになる。

解析結果

サンプルスギ健康木・病害木を窒素中、1.25, 5, 10, 20°C/min の速度で加熱して熱重量測定をし、 $\alpha=0.1\sim 0.9$ 間の 5 つの値について、 $\log(d\alpha/dt)$ を求めて式(3.6)による Friedman プロットを行った。サンプルスギ健康木、病害木の熱分解反応に対する $\log(d\alpha/dt)-1/T$ プロットをそれぞれ図 3-6. と図 3-7. に示す。今回の反応は簡単のため 1 次反応であると仮定し、解析を行った。

図 3-6. と図 3-7. をみると、いずれの反応率 α においても直線関係が得られ、傾きから求めた活性化エネルギーの平均値は、健康木は 144.34 kJ/mol、病害木は 157.30 kJ/mol であった。この結果から、病害木は健康木に比べ単位モル当たりの熱分解反応進行に、より多くのエネルギーが必要だということがわかった。

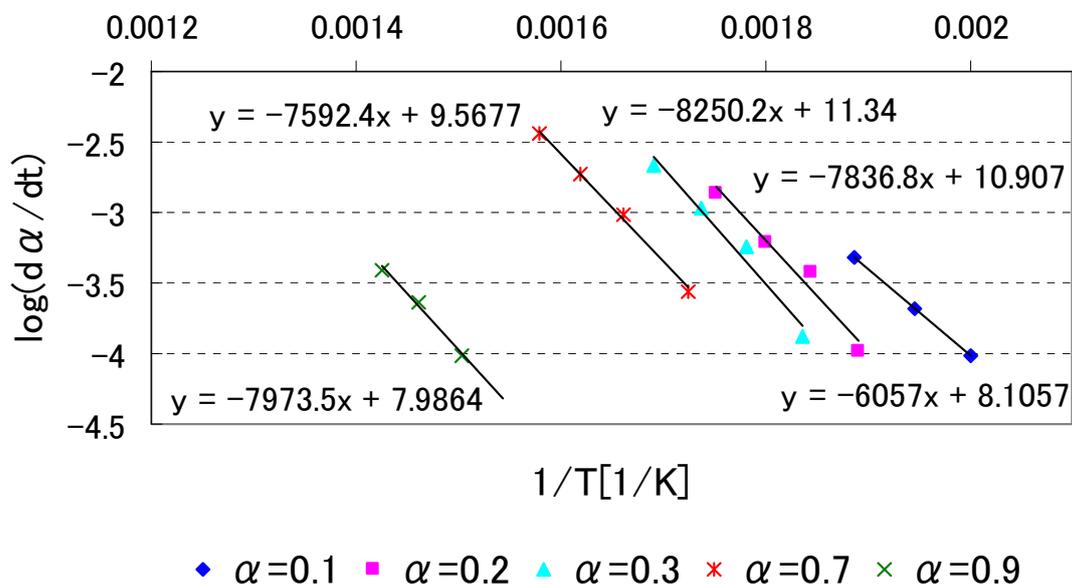


図 3-6. サンプスギ健康木の熱分解反応に対する $\log(d\alpha/dt)$ - $1/T$ プロット

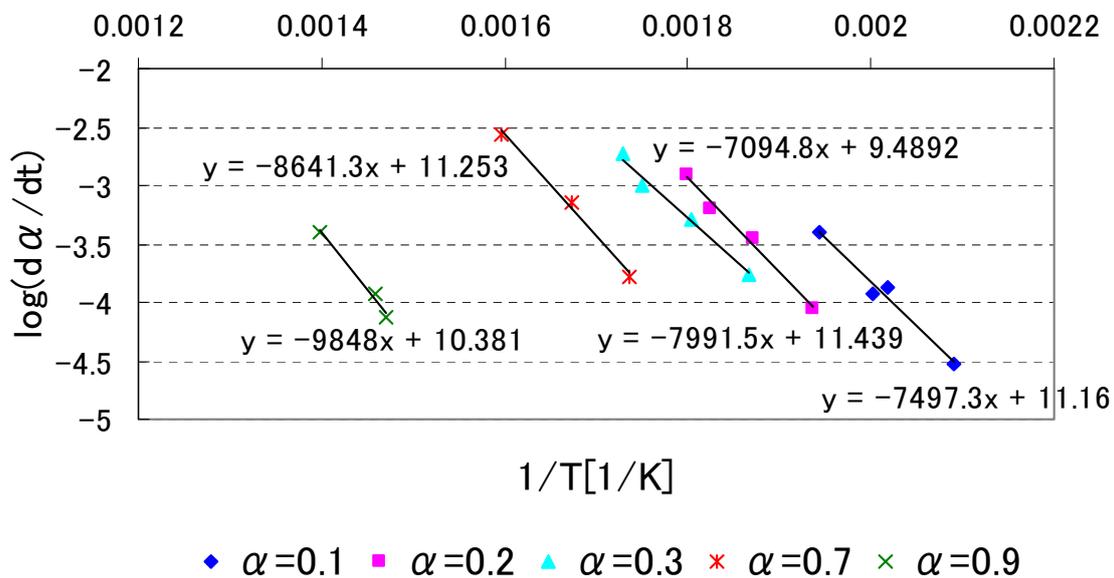


図 3-7. サンプスギ病害木の熱分解反応に対する $\log(d\alpha/dt)$ - $1/T$ プロット

3.2. 熱分解ラボ実験

3.2.1. 反応器内温度

各実験の試料中心温度変化と温度コントローラー設定温度を図 3-8. と図 3-9. に示す。図 3-8. は P1 実験、図 3-9. は P2 実験のものである。

図 3-8. と図 3-9. の試料中心温度をみると、炭化温度 P1 430°C と P1 450°C、P2 420°C と P2 390°C の実験では、300°C 付近から急激な温度上昇が起こっていることがわかる。これは、木材が熱分解する際に発熱反応が起こっているためだと考えられる。このことにより試料中心温度は設定温度よりも 150°C 程度高くなり、それに伴い留出液やガスの生成量も多くなる。炭化温度 330°C 以下の実験では、試料中心温度が木材の発熱する温度域まで達しておらず、急激な温度上昇を伴わないため、液やガスの生成量は比較的少ない。(3.3.2. 生成物収量参照)

また、P1 よりも P2 の方が試料中心温度と設定温度の差が少ない。緩やかに昇温すると熱が試料内部まで確実に伝わるということがわかる。今回の実験装置のような外熱式の炉の場合、あまり速い速度で昇温すると、外側のみ炭化が進行し、内部は未炭化のままになってしまう可能性がある。

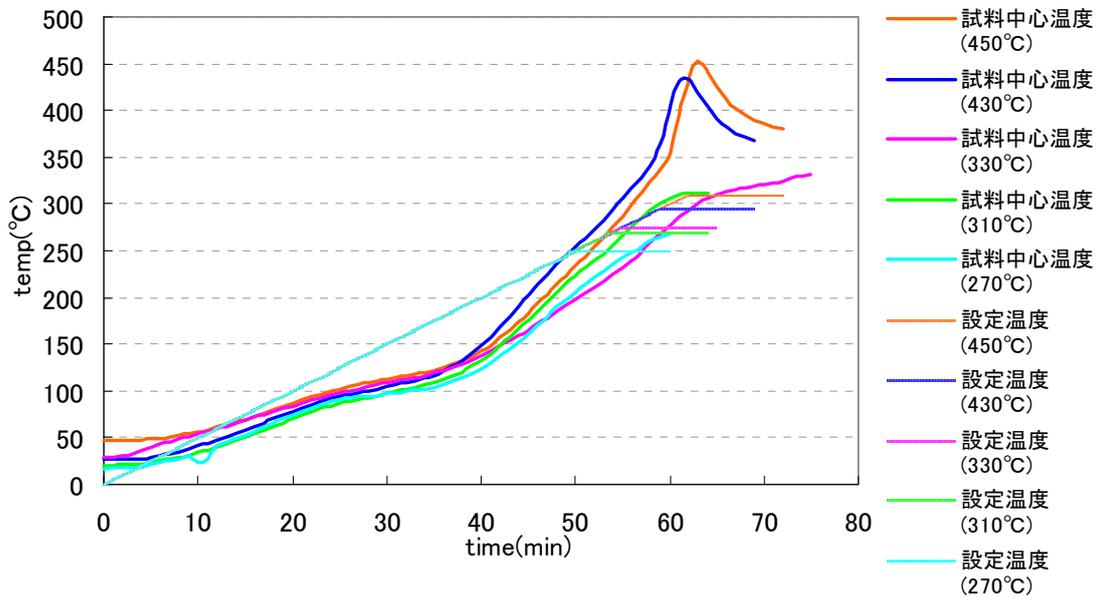


図 3-8. P1 各実験の試料中心温度と設定温度

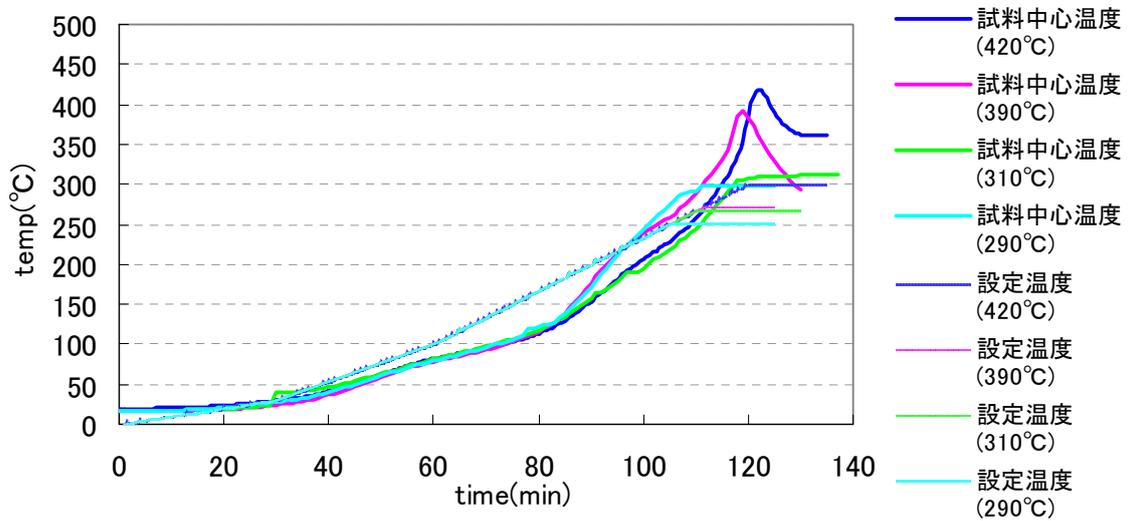


図 3-9. P2 各実験の試料中心温度と設定温度

3.2.2. 生成物収量

ラボ実験中、加熱によって発生したガスは、リービッヒ冷却管で冷却され、液体生成物は分解油としてろ過ビンに溜められる。液体にならなかった成分はガスバッグに捕集する。その留出液と生成ガスを、各実験において任意の時間ごとに収集し、重量・容量の計測を行った。試料中心温度と留出液収集量の関係を P1 実験は図 3-10. に、P2 実験は図 3-11. に示す。また、試料中心温度と生成ガス収集量の関係を P1 実験は図 3-12. に、P2 実験は図 3-13. に示す。液・ガス収量は単位時間当たりの値で表わした。

図 3-10. と図 3-11. より、木材の発熱反応による温度上昇がみられる P1 430, 450°C と P2 390, 420°C で留出液が多く出ている。また、試料中心温度が最も高くなる時に液が最も多く留出していることがわかる。P1 と P2 を比較すると、P2 実験では 100°C を超えたあたりから透明な液が僅かながら収集されているが、P1 実験では 300°C 以上にならないと液がろ過ビンに溜まらなかった。

また図 3-12. と図 3-13. より、ガスは留出液よりも早い段階で生成されている。ガスも液と同様に温度上昇が急激である場合に収量が多い。またそのタイミングも温度が最高になる時間とほぼ一致する。

さらに、各実験の留出液及び生成ガスの収集時間と収集量をそれぞれ表 3-3. と表 3-4. に、各実験の留出液写真を図 3-14. に示す。表 3-3. で同じ枠に入っている数字は、同じビンに入れたことを示している(例えば P1 310°C の 63 分と 64 分採取液)。P1 270°C 実験では留出液が少量でろ過ビンに溜まらなかったため収量はゼロである。図 3-14. より、実験開始から時間が経つにつれて留出液の色が透明から黄色、茶色、こげ茶色と濃い色に変化していることがわかる。

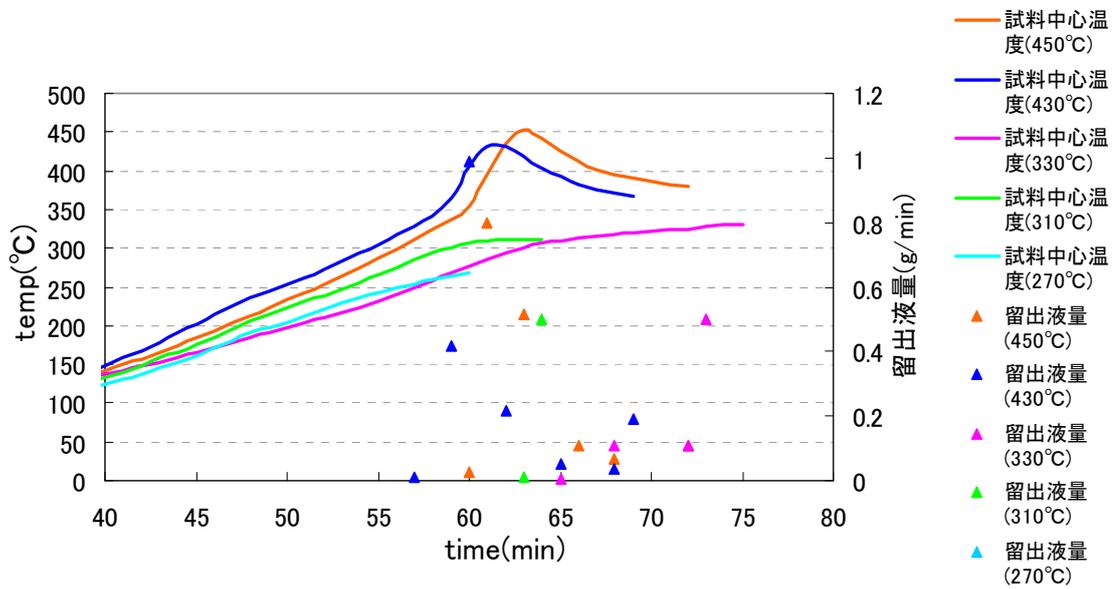


図 3-10. P1 実験の試料中心温度と留出液収集量の関係

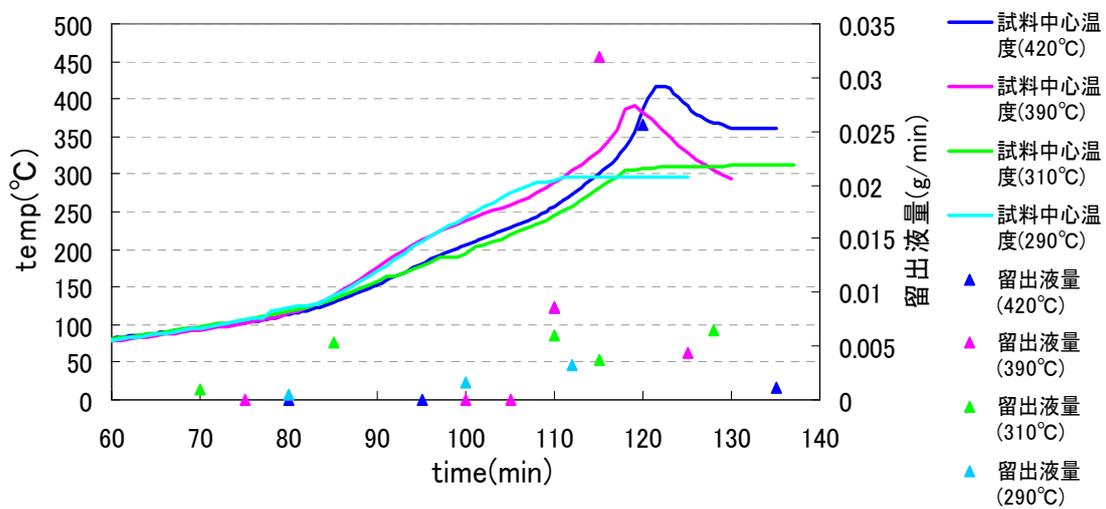


図 3-11. P2 実験の試料中心温度と留出液収集量の関係

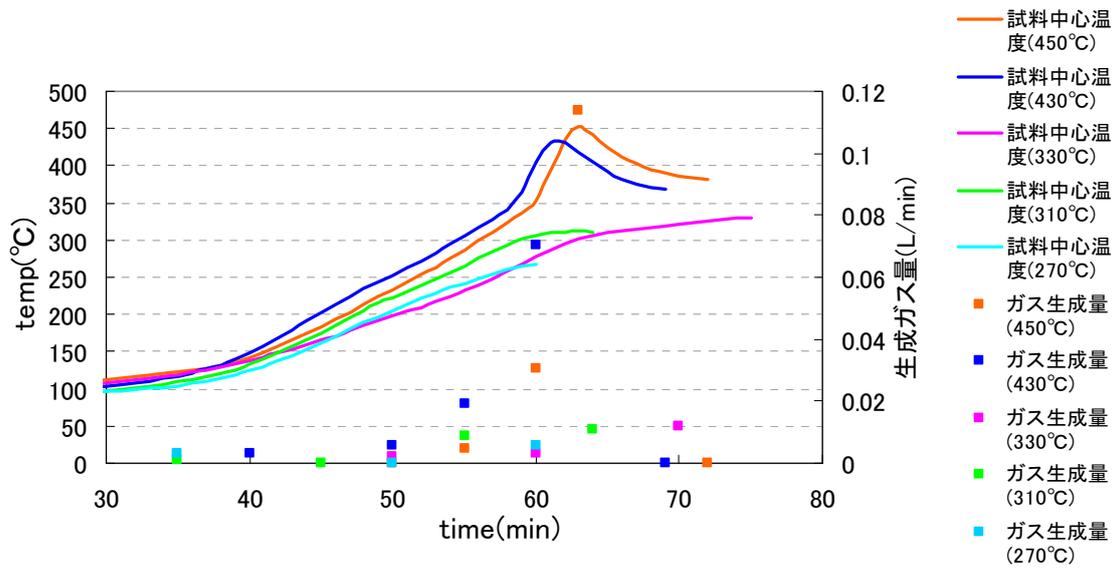


図 3-12. P1 実験の試料中心温度と生成ガス収集量

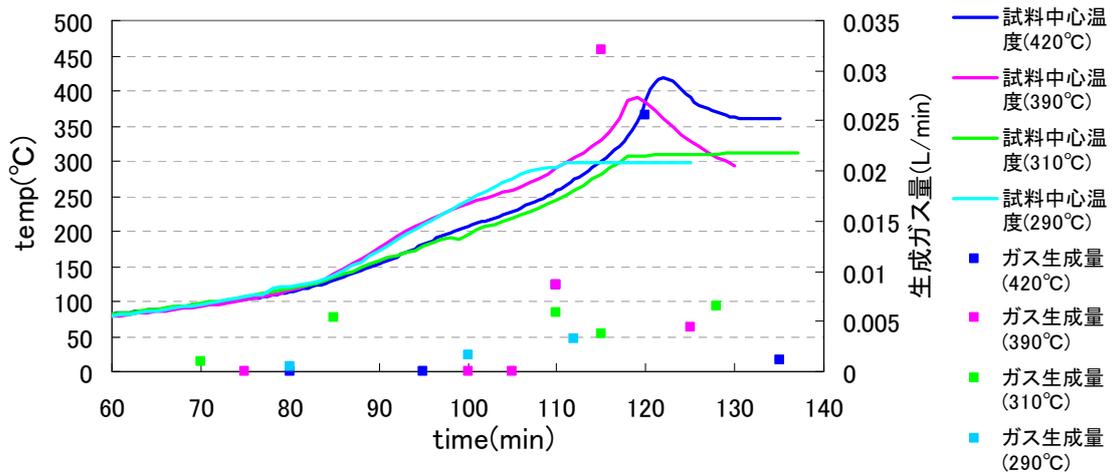


図 3-13. P2 実験の試料中心温度と生成ガス収集量

表 3-3. 溜出液の収集時間とその量

実験								
P1(°C)								
270	収集時間(分)							
	収量(g)							
310	(分)	63	64					
	(g)	0.49	0.5					
330	(分)	65	68	72	73			
	(g)	0.5	0.32	0.44	0.5			
430	(分)	57	59	60	62	65	68	69
	(g)	0.53	0.83	0.99	0.43	0.16	0.11	0.19
450	(分)	60	61	63	66	68	72	
	(g)	1.45	0.8	1.03	0.33	0.13	0.43	
P2(°C)								
290	(分)	112	125					
	(g)	0.62	0.44					
310	(分)	118	121	124	127	129	130	
	(g)	0.36	0.39	0.6	0.3	0.33	0.37	
390	(分)	112	114	116	118	120	125	
	(g)	0.65	0.42	0.99	0.54	0.23	0.16	
420	(分)	116	118	120	122	123	125	135
	(g)	0.49	0.84	1.02	0.7	0.38	0.16	0.53

表 3-4. 生成ガスの収集時間とその量

実験							
P1(°C)							
270	収集時間(分)	35	50	60			
	収量(L)	0.114	0	0.055			
310	(分)	35	45	55	64		
	(L)	0.0446	0.001	0.089	0.098		
330	(分)	25	50	60	70	73	
	(L)	0	0.092	0.029	0.118	0.005	
430	(分)	40	50	55	60	69	
	(L)	0.126	0.057	0.096	0.351	0	
450	(分)	50	55	60	62	72	
	(L)	0	0.023	0.152	0.342	0	
P2(°C)							
290	(分)	80	100	112			
	(L)	0.04	0.031	0.039			
310	(分)	70	85	110	115	128	130
	(L)	0.063	0.08	0.089	0.019	0.085	0
390	(分)	75	100	105	110	115	125
	(L)	0	0.001	0	0.043	0.16	0.044
420	(分)	80	95	110	120	135	
	(L)	0.006	0	0.129	0.256	0.017	



P1/310°C



P1/330°C



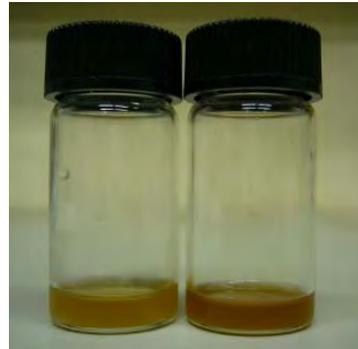
P1/430°C



P1/450°C



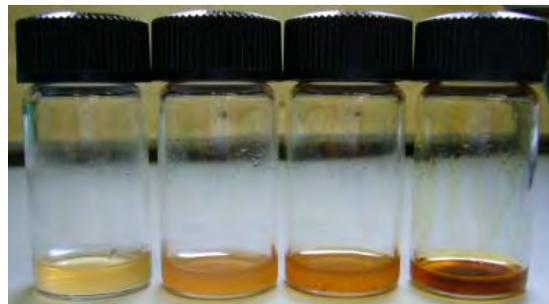
P2/290°C



P2/310°C



P2/390°C



P2/420°C

図 3-14. 各実験の留出液(左から時間順)

3.2.3. 生成物収率

各実験で生成した生成物(炭化物、留出液、ガス・その他)の収率を図 3-15. に、昇温速度別の炭化温度と炭化物収率の関係を図 3-16. に示す。実験後、炭化物と留出液の重量を計測し、各実験試料重量からそれらの値を引いたものをガス・その他とした。また収率とは試料重量に対する各生成物重量の割合であり、質量保存則より試料量=生成物全量として計算している。

図 3-15. より、炭化物収率は、P1, P2 とともに 200℃台の実験では 70%後半であるが、400℃台の実験では 30%後半にまで減少している。ガス・その他は、P1 270℃と P2 290℃では 8%であり 310℃になると割合が増加するが、310℃以上では 15~21%と、炭化温度上昇に伴う大きな増減はない。留出液は、200℃台では 10%後半の収率だが 400℃台では 40%以上である。木材の熱分解によって試料中から留出液として外部に出てくるため、温度が上昇し熱分解が進行するとともに、炭化物とは逆に増加する傾向にある。炭化温度が 400℃以上になると試料重量の 4 割以上が木酢液及び木タールとして流出していることがわかる。

また、図 3-16. より、収率が急激に落ちているのは P1 では 310℃と 330℃の間であるが、P2 では 290℃と 310℃の間と、より低温域で質量減少が起きている。さらに、急激に収率が減少した P2 310℃を除くすべての点において、P2 は P1 と同程度以上の収率であることがわかる。3.1.2. で述べたように、試料の大きさが小さいときは一般に昇温速度が遅いほど熱分解が低温で進行し、また収率も高くなるといわれている[1]が、この結果はそれを裏付けている。

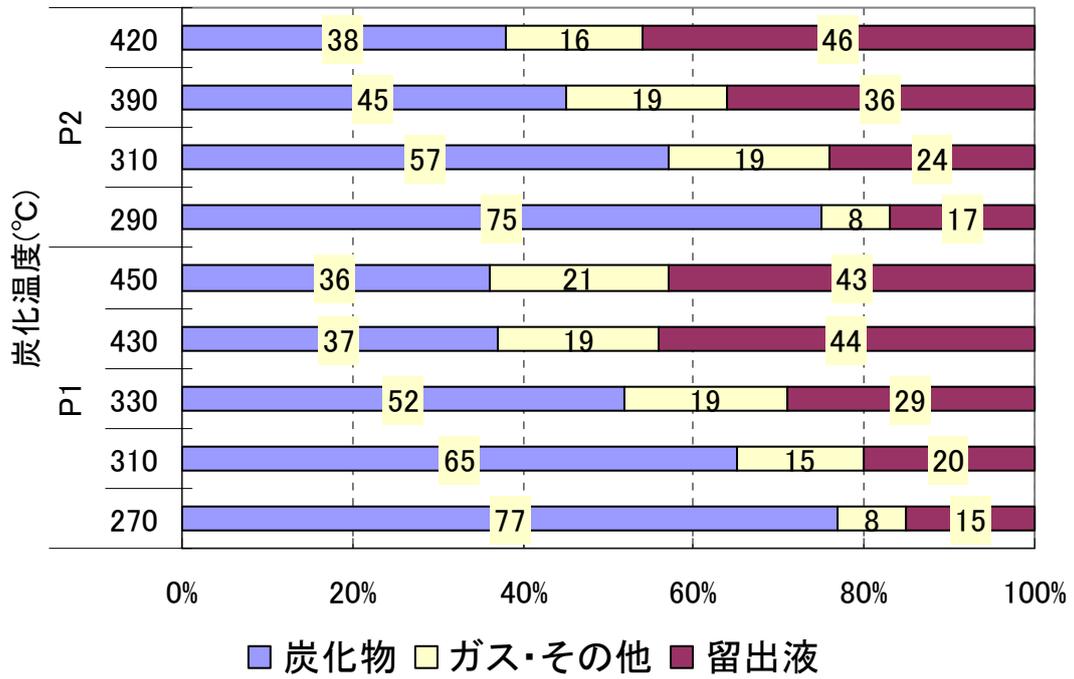


図 3-15. P1, P2 各実験の生成物収率

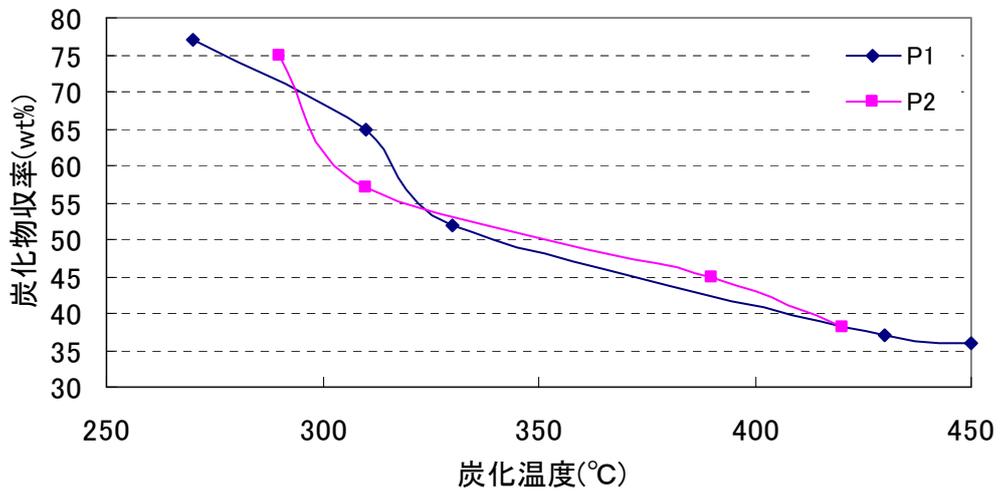


図 3-16. 昇温速度別、炭化温度と炭化物収率の関係

3.2.3. ガス生成物

ガスクロマトグラフによる熱分解ガス生成物の分析結果 (wt%) P1 を図 3-17. に、同じく P2 を図 3-18. に示す。図 3-17. 図 3-18. とともに、炭化温度の上昇に伴い窒素 N2 の割合が減少し、一酸化炭素 CO、二酸化炭素 CO2 の割合が増加している。よって、熱分解が進行すると CO, CO2 を発生することがわかる。また、C2C3, CH4, H2 の質量割合は窒素 N2、一酸化炭素 CO、二酸化炭素 CO2 に比べかなり少ない。

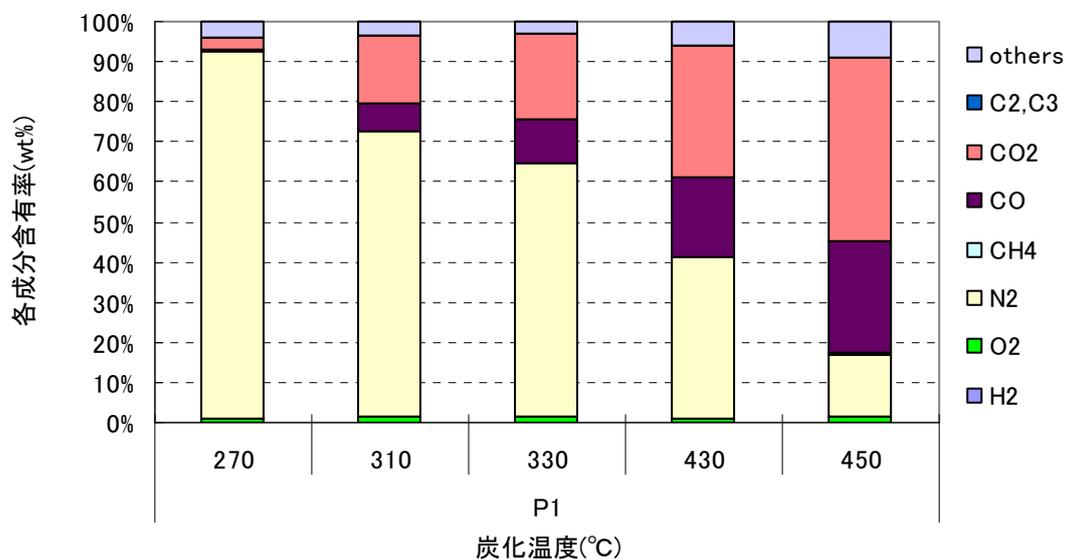


図 3-17. P1 実験のガス組成

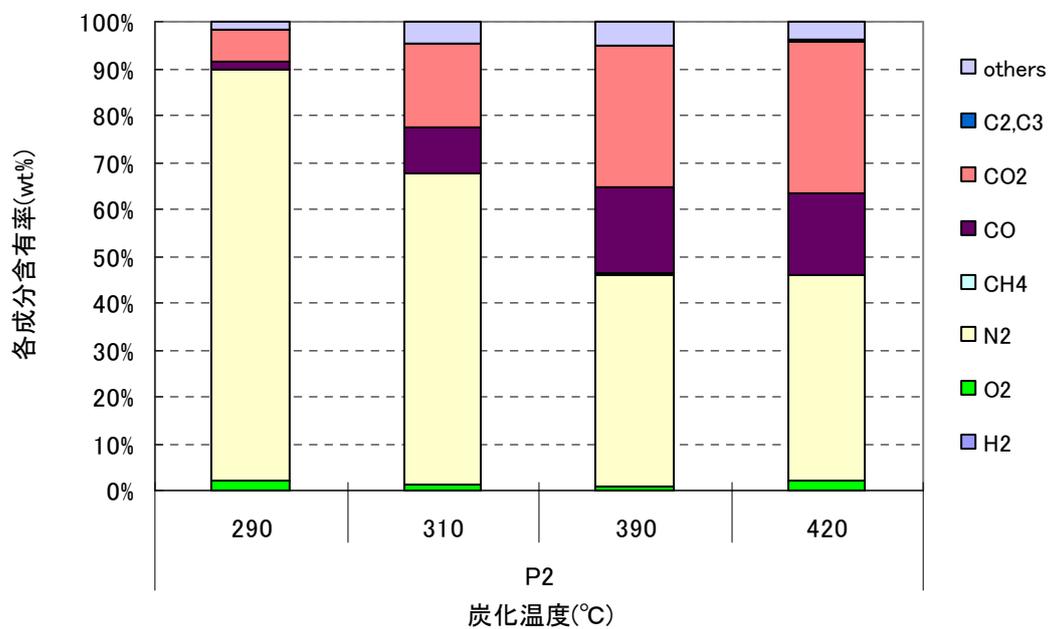


図 3-18. P2 実験のガス組成

3.2.4. 炭化物

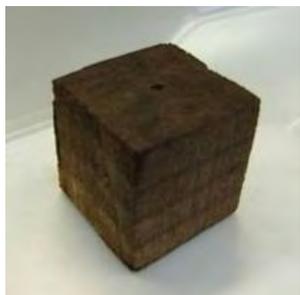
(1) 炭化物写真

各実験の炭化物写真を図 3-19. と図 3-20. に示す。P1 270°Cと 310°C、P2 290°Cと 310°C 炭化物では木目がはっきりと確認できる。330°C以上になると、面の中心部が膨らみ、色は黒味が増す。また高温で炭化したものほど脆いという性質があった。P1 270°C炭化物はハンマーで叩いても割れることがなかった。

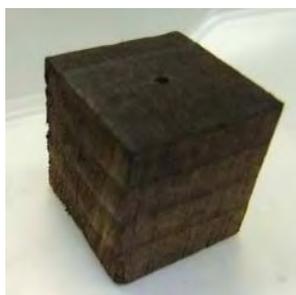
(2) 炭化物重量、体積と比重

各実験前後の試料重量と体積、炭化物比重値を表 3-5. と図 3-21. に示す。高温での炭化ほど重量減少率と体積減少率は大きくなり、比重は小さくなる傾向が得られた。全体的に P1 よりも P2 の方が、比重が大きいという結果となった。また、P1 270°C、P1 310°C 実験では、炭化実験前後で試料体積が変わらなかった。

比重については、450°C炭化物よりも 430°C炭化物で値が小さくなっているが、これは体積減少率が同じであるのに対して、重量減少率が 450°C炭化物でより大きくなったことによるものである。また、試料自体の比重に、材の部位による差が生じていることも原因のひとつである。ラボスケール実験での誤差なので、実際に様々な部位の木質バイオマスを用いて大量の炭化を行う場合には、無視できる範囲である。



P1/270°C



P1/310°C



P1/330°C



P1/430°C



P1/450°C

図 3-19. P1 各実験の炭化物



P2/290°C



P2/310°C



P2/390°C



P2/420°C

図 3-20. P2 各実験の炭化物

表 3-5. 各実験試料と炭化物の重量と体積、比重値

P1					
炭化温度	270°C	310°C	330°C	430°C	450°C
試料量(g)	9.9	9.8	9.3	10.3	12.1
炭化物重量(g)	7.54	6.29	4.86	3.77	4.32
試料体積(立方cm)	22.0	22.0	19.7	22.0	22.0
炭化物体積(立方cm)	22.0	22.0	16.9	18.3	18.3
炭化物比重	0.34	0.29	0.29	0.21	0.24
P2					
炭化温度	290°C	310°C	390°C	420°C	
試料量(g)	10.9	12.3	11.4	12.2	
炭化物重量(g)	8.16	7	5.09	4.64	
試料体積(立方cm)	17.5	18.9	17.0	18.6	
炭化物体積(立方cm)	15.6	16.1	13.9	14.3	
炭化物比重	0.52	0.43	0.37	0.32	

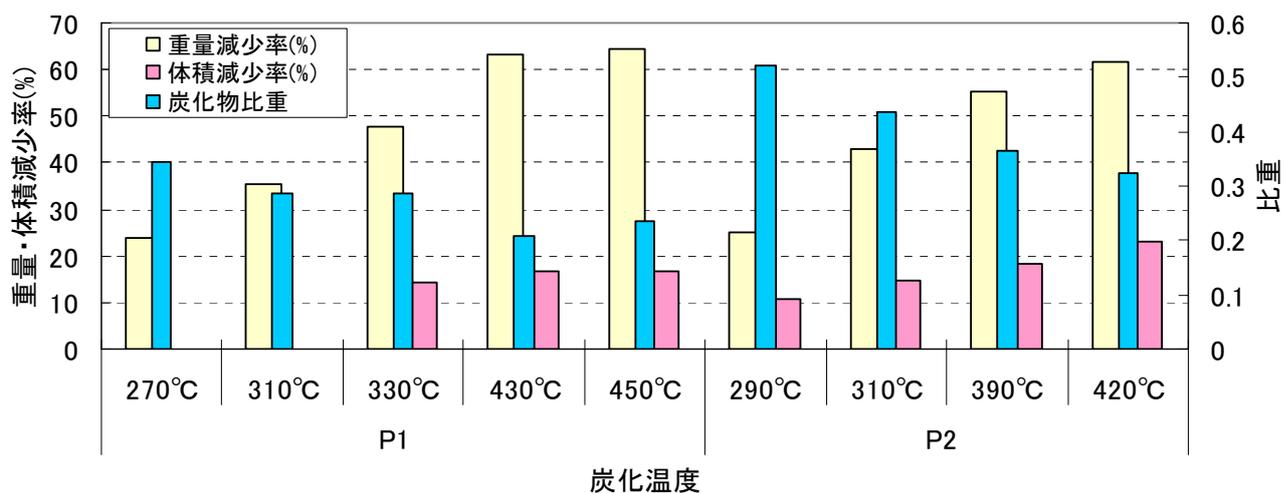


図 3-21. 各実験の炭化物重量・体積減少率とその比重

(3) 元素分析

各炭化物の元素分析値を表 3-6. と図 3-22. に示す。炭化温度が高くなるにつれて炭化物中の C の割合が上がり、H, O の割合が下がっている。これは、熱分解が進行する過程で水分 H₂O や CO, CO₂ が試料外部に出ていくからだと考えられる。

※ 0 は差し引きで算出した値である。

(4) 高位発熱量測定

各実験の炭化物の高位発熱量測定結果を図 3-23. に示す。P1 の場合、270℃で 22.1[MJ/kg]、310℃で 23.9[MJ/kg]、330℃で 26.0[MJ/kg]、430℃で 29.6[MJ/kg]、450℃で 29.8[MJ/kg]。P2 の場合、290℃で 23.1[MJ/kg]、310℃で 25.6[MJ/kg]、390℃で 27.1[MJ/kg]、420℃で 29.7[MJ/kg]であった。ちなみに木質チップは約 15[MJ/kg]である。同じ 310℃では P1 よりも P2 の発熱量が大きい結果となった。

炭化温度が高温になるにつれて、炭化物の発熱量も大きくなる傾向がある。また 420℃を越えたあたりからグラフの傾きが緩やかになることから、高温での炭化ほど、炭化温度上昇に対する総発熱量増加割合が小さくなることがわかる。したがって 450℃以上の温度域で炭化をしても、炭化物発熱量の大幅な増加は見込めないことが予想される。

表 3-6. 炭化物の元素分析値

	炭化物									
	P1 270°C	310°C	330°C	430°C	450°C	P2 290°C	310°C	390°C	420°C	
試料量(mg)	1.483	1.360	1.448	1.509	1.258	1.374	1.329	1.428	1.432	
C(%)	54.30	61.13	68.12	73.93	73.91	53.13	64.30	70.09	73.58	
H(%)	5.84	5.49	4.85	4.28	4.15	5.83	5.22	4.96	4.33	
N(%)	0.07	0.12	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.09	
※O(%)	39.79	33.28	26.94	21.69	21.84	40.94	30.38	24.86	22.01	

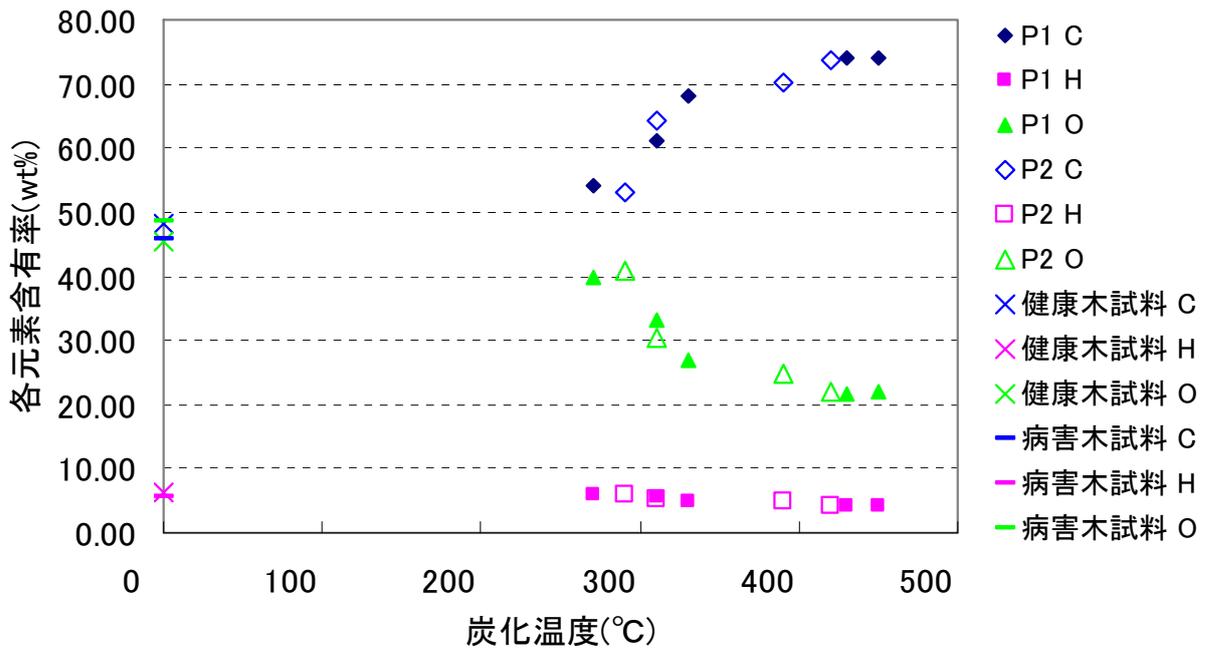


図 3-22. 炭化温度と炭化物の C, H, O 含有率との関係

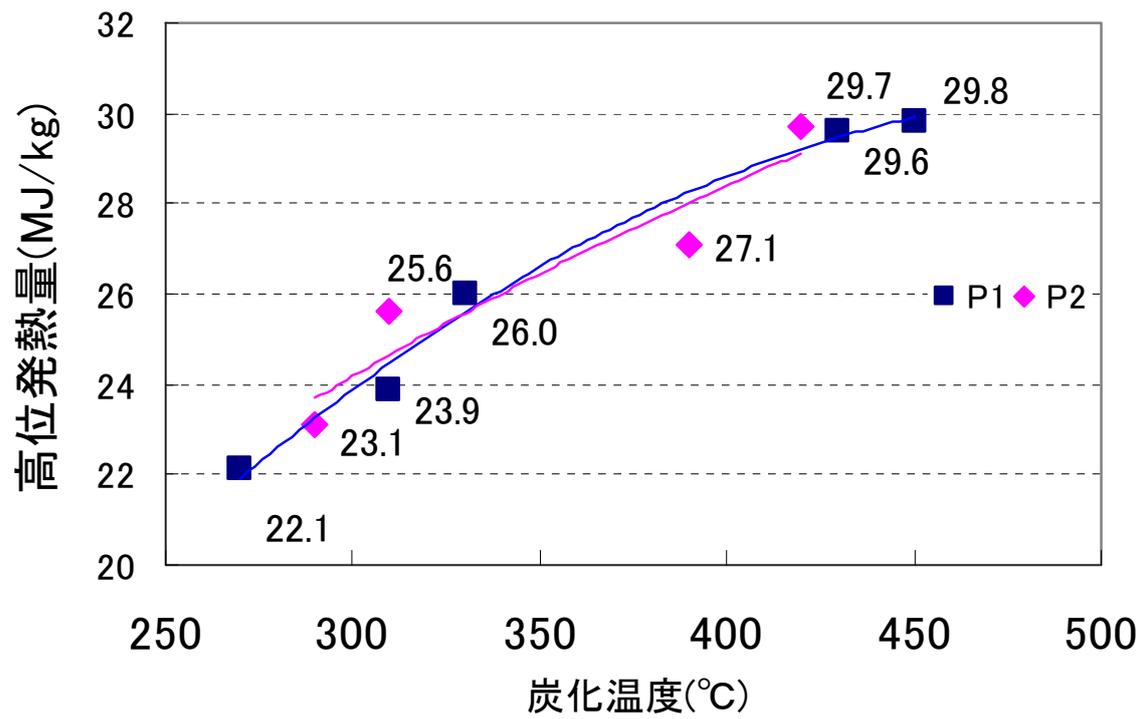


図 3-23. 各実験炭化物の高位発熱量測定結果

4. 考察

4.1. チップ・炭化物輸送

本研究では、木質バイオマス発生地から需要のある発電所まで、トラックでの陸上輸送を想定した。チップ・炭化物を10tトラックに積載・運搬する場合の、1台あたりのチップ・炭化物重量と総発熱量を図4-1. と表4-3. に、計算に使用した条件を表4-2. に示す。トラックにはいすゞGカーゴを使用することとして計算をした。トラックの仕様を表4-1. に示す。10t車1台に積載可能なチップ・炭化物重量[t]は、(比重×かさ密度[g/立方cm]×トラックの荷台容積[立方m])で算出した。同様に発熱量[GJ]は(算出した重量[kg]×高位発熱量[GJ/kg])で算出した。チップの発熱量15MJ/kgは、資源・エネルギー統計の固体バイオマス燃料標準発熱量を参照した。

図4-1. から、トラック1台の積載発熱量についてはすべての温度で炭化物がチップよりも高い値を示している。P2炭化物の場合においてはチップの2倍以上の発熱量を一度に運ぶことができるということがわかる。P1 430℃とP1 450℃をみると、積載重量の値はチップよりも小さいが、積載発熱量はチップよりも大きな値を示している。これは炭化物の単位重量当たりの発熱量がチップよりも高いからである。

さらに表4-3. をみると、炭化物の中でもP2 290℃炭化物は積載重量14.2t、発熱量328.0GJとどちらも最も大きな値となっている。

表4-1. トラックの仕様

いすゞGカーゴ	寸法
荷台内長さ	9600mm
荷台内幅	2410mm
荷台内高さ	2500mm
荷台容積	57.8立方m

表4-2. チップ、炭化物の計算条件

木質チップ	比重	0.39
	かさ密度	→0.33…
	発熱量	15MJ/kg
木炭	比重	各実験値
	かさ密度	すべて0.5g/立法cm
	発熱量	各実験値

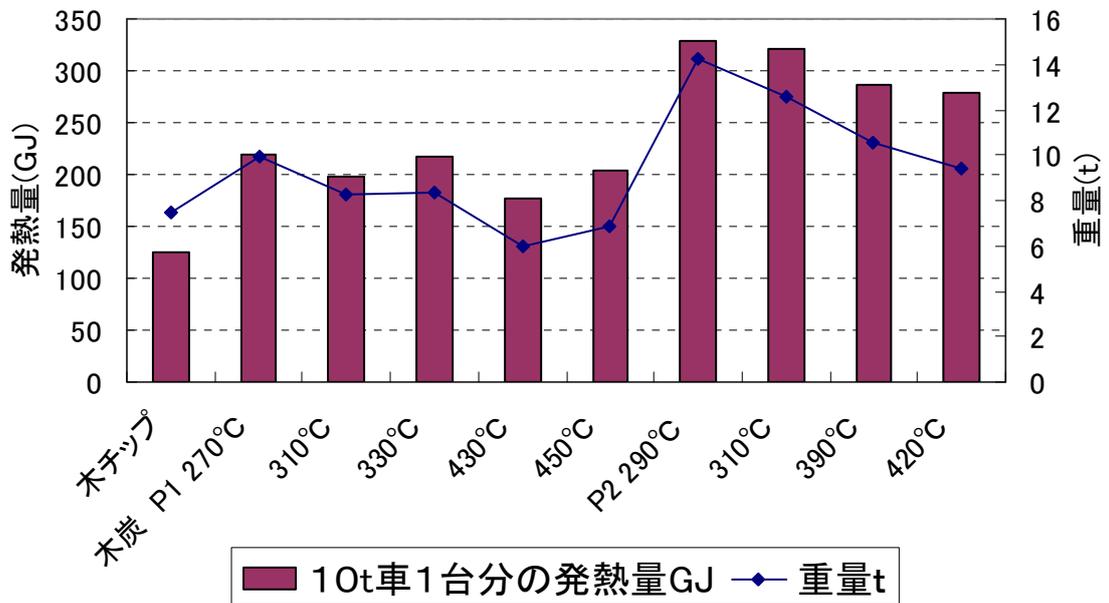


図 4-1. 10t トラック 1 台あたりの積載燃料重量と総発熱量

表 4-3. 10t トラック 1 台あたりの積載燃料重量と総発熱量

燃料	10t 車1台分の発熱量[GJ]	重量[t]
木チップ	125.8	7.51
木炭		
P1 270°C	219.4	9.93
310°C	197.9	8.28
330°C	216.4	8.32
430°C	176.7	5.97
450°C	203.8	6.84
P2 290°C	328.0	14.2
310°C	321.7	12.6
390°C	286.6	10.6
420°C	278.8	9.39

4.2. チップ・炭化物のエネルギー損失割合比較

木質バイオマスの低温炭化熱分解処理による輸送エネルギー低減効果について検討する。山武市にて木質バイオマスを炭化・チップ化し、同じ発熱量分の各燃料を発電所まで運搬する場合のエネルギー解析を行う。

前述したように、トラック 1 台に積載可能な重量・発熱量はチップと炭化物では大きく違うため、ここでは発熱量を基準に生成・運搬エネルギーを考える。

4.1. で想定した 10t トラック 1 台に積載可能な各燃料の発熱量を参考にして適当な値 20 万 MJ をとり、これを発電所で必要なエネルギーと仮定し、要求エネルギー量 D [MJ] とした。

本研究では、輸送エネルギー低減効果について、 D [20 万 MJ] 分のチップ・炭化物を生成・運搬するために消費するエネルギー量を生成された燃料が持つエネルギー量 D [20 万 MJ] で除した値で評価することとする。これをエネルギー損失 L とし、 L は次式で与えられる [3]。

$$L = \frac{C_P + C_T}{D} \quad (4.1)$$

エネルギー量 D [MJ] の炭化物を生成するために必要な炭化エネルギー量を C_P [MJ]、それを輸送する際のエネルギー量を C_T [MJ] とする。10t トラックでの陸上輸送を想定し、輸送燃料には軽油 [37.7MJ/L] を使用することとした。また、計算式は以下を用いた。

(1) チップ化・炭化エネルギー量 CP

i. 炭化エネルギー量[3]

炭化燃料の原材料は気乾状態のサンプルであり、その含水質量を W_0 [kg]、木質バイオマスの質量を M [kg] とする。乾燥は 110°C で行われるとし、絶乾状態では水がすべて蒸発し、含水率ゼロとなる。低温炭化状態では、揮発分が放出され、木質バイオマスの質量は m [kg] に減少し、その高位発熱量を E [MJ/kg] とする。需要地での要求エネルギー量 D [MJ] を満足する低温炭化改質後の木質バイオマス質量 m [kg] は次のように表わされる。

$$m = \frac{D}{E} [\text{kg}] \quad (4.2)$$

質量収率 Y_M は次式のように定義される。

$$Y_M = \frac{m}{M} \quad (4.3)$$

式(4.2)、(4.3)より、資源供給地で必要となる絶乾状態の木質バイオマス質量 M [kg] は次式となる。

$$M = \frac{m}{Y_M} = \frac{D}{E Y_M} [\text{kg}] \quad (4.4)$$

気乾状態の含水率を 10% とすると、含水質量は次式となる。

$$W_0 = \frac{1}{9} M = \frac{1}{9} \frac{D}{E Y_M} [\text{kg}] \quad (4.5)$$

低温炭化熱分解に係わるエネルギー量 CP は次式を用いて算出する。

$$C_P = Q_{BM} + Q_W + Q_L + Q_V + Q_{SC} \quad (4.6)$$

式中の Q_{BM} [MJ] と Q_W [MJ] は、木質バイオマスと含水質量の顕熱量 ($20 \sim 110^\circ\text{C}$)、 Q_L [MJ] は水の蒸発潜熱量、 Q_V [MJ]、 Q_{SC} [MJ] は揮発ガスと残炭分の顕熱量 ($110 \sim T^\circ\text{C}$) を示す。これより、CP は次式で与えられる [3]。

$$C_P = \frac{0.117 D}{E Y_M} + \frac{0.042 D}{E Y_M} + \frac{0.25077 D}{E Y_M} + \frac{D (T - 110)}{1000 E Y_M} \quad (4.7)$$

木質バイオマスと含水質量の顕熱量 (20~110°C) 水の蒸発潜熱量 揮発ガスと残炭分の顕熱量 (110~T°C)

(E:炭化物高位発熱量[MJ/kg] Y_M:炭化物収率 T:炭化温度[°C])

ii. チップ化エネルギー量

チップ化エネルギー量の算出には、一般的な粉砕機の性能を調査し、そのデータを解析に使用した。直径 100~200mm、長さ 1m の丸太を 3~4t/h の処理量を持つハンマーミルタイプの粉砕機で粉砕し、粒径 40mm のチップを製造することを想定した。このときの一般的な消費エネルギーは、丸太全乾原料 1t 当たり 70~120kWh である。本研究ではチップ化エネルギー量として 100[kWh/t]=360[MJ/t]を採用し、解析を行った。

(2) 輸送エネルギー量 CT

輸送エネルギー量算出には貨物輸送事業者に輸送させる貨物ごとに、当該貨物の重量に当該貨物の輸送距離を乗じて得られる量（以下「貨物輸送量」という。）とエネルギーの使用量との関係を示す数式として適切と認められるものを用いてエネルギー使用量を算定し、当該貨物ごとに算定したエネルギー使用量を合算する方法（トンキロ法）を用いた。CT は次式で与えられる。

$$C_T = m \times d \times C_M \times 37.7 \quad (4.8)$$

(m:貨物重量[t] d:輸送距離[90km] CM:燃料使用原単位[0.0421L/t・km])

式中の d[km]は輸送距離を表わしており、山武市から発電施設のある川崎市まで 90km とした。また CM[L/t・km]は貨物使用量当たりの燃料使用量を表わしており、最大積載量 12,000kg 以上 17,000kg 未満の軽油を燃料に使用した事業用貨物自動車を輸送に用いる場合の値は 0.0421 と定められている。さらにここでは貨物重量 m (チップ重量、低温炭化後の木質バイオマス質量)の単位を [t]とする。

質量収率 Y_M に対するエネルギー損失割合 L を図 4-2. に、エネルギー損失割合 L に占めるチップ化・炭化エネルギー量 CP と輸送エネルギー量 CT の割合を図 4-3. に示す。

図 4-2. より、チップよりもエネルギー損失割合 L が小さくなったのは、炭化物 P1 270°C と P2 290°C である。また、チップと同程度となったのは炭化物 P1 310°C, P2 310°C である。310°C よりも高温になると、エネルギー損失割合 L はチップの場合よりも大きくなる。収率で見るとおおよそ 57% 以上で L がチップと同程度以下になるという結果になった。また、昇温速度による L の大きな違いはみられなかった。したがって、P2 よりも短時間で炭化物が生成でき、生産効率の高い P1 の昇温パターンの方が輸送に適しているといえる。

また、炭化物中で最もエネルギー損失割合 L の値が小さい炭化物 P2 290°C とチップを比較すると、 L 値は炭化物 P2 290°C のほうが 0.00645 だけ小さい。消費エネルギー(炭化・チップ化エネルギーと輸送エネルギーを足した値)の差は 1290MJ であり、炭化することでチップ化に比べ消費エネルギーを 15.8% 削減できることになる。さらに、この値を輸送燃料である軽油に換算すると 34.2L に値する。(P2 290°C の炭化物を山武市から発電施設まで 1 回運搬する際に必要な軽油は、往路で 20L である。)

また図 4-3. より、チップでは、 L の約 4 割を輸送エネルギー量 CT が占めている。炭化物では、どの炭化温度でも輸送エネルギー量 CT は炭化エネルギー量 CP に比べて小さい。さらに炭化温度別の輸送エネルギー量 CT の変化は小さいが、炭化エネルギー量 CP は炭化温度上昇に伴い増加していることがわかる。

本研究では山武市から川崎市までの輸送を想定しその距離を 90km としたが、輸送エネルギー量 CT は輸送距離に比例して大きくなるため、より長い距離を輸送する場合にはチップ化に比べ炭化がより有利となる。

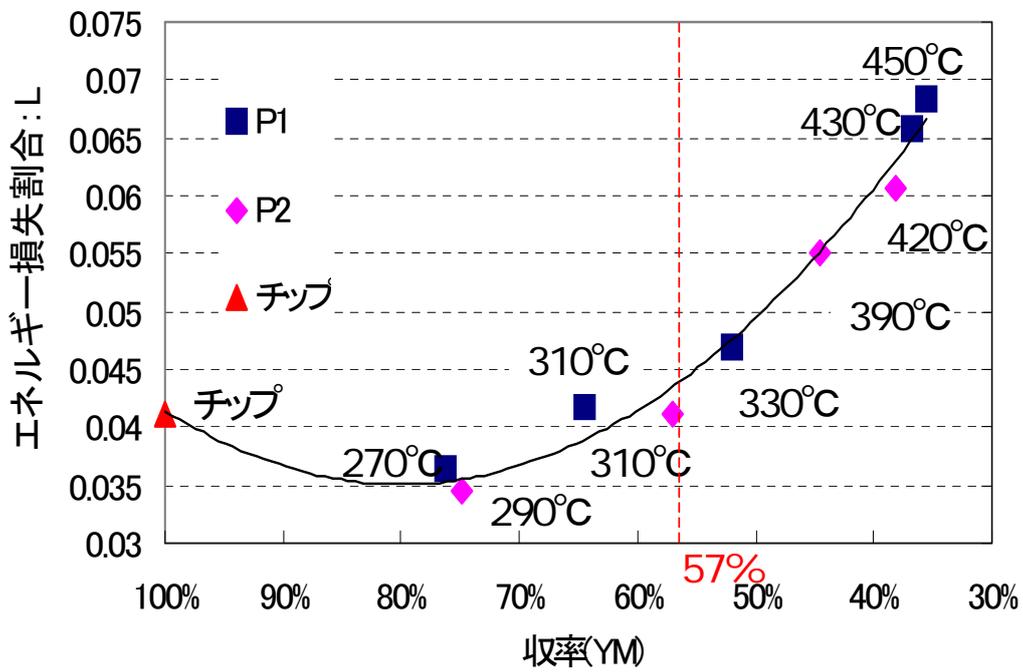


図 4-2. 各燃料の収率とエネルギー損失割合の関係

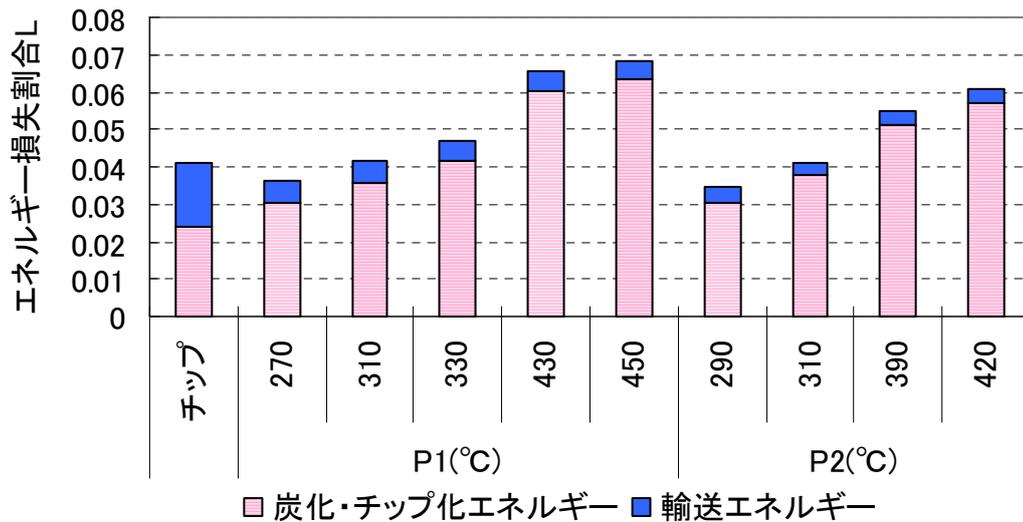


図 4-3. 各燃料のエネルギー損失割合内訳

5. 結論

サンプルスギ健康木と病害木試料を用いて熱天秤実験を、健康木立方体試料を用いて炭化ラボ実験を行い、昇温パターン P1, P2、270°Cから 450°Cまでの各温度での熱分解特性と炭化物について検討した。またラボ実験結果を用いてエネルギー損失割合を求め、チップ化した場合と比較した。その結果次のことが分った。

- 1) TGA 測定により、健康木の熱分解ピーク温度は 323°C、病害木のそれは 314°Cであり、病害木の熱分解温度は健康木よりもわずかに低い。また、健康木の残渣率は 23.09%、病害木が 30.85%と病害木の方が約 8%高い。
- 2) DTA-TGA 測定とラボ実験により、昇温速度が遅いほど熱分解温度が低温で進行することがわかった。
- 3) ラボ実験では、300°C付近で試料中心温度が急激に上昇し、それに伴い炭化物収率が減少、留出液・ガス生成量が増加する。
- 4) 炭化物の高位発熱量は高温での炭化ほど高くなるが、450°C付近から飽和してくる。
- 5) エネルギー損失割合 L がチップよりも小さいのは P1 270°C、P2 290°Cで炭化した場合であった。また昇温速度による L の違いはみられなかった。
- 6) エネルギー損失割合 L の内訳は、チップの場合約 4 割を輸送エネルギーが占めている。
- 7) 輸送距離が長いほどチップ化に比べ炭化が有利となる。

参考文献

- [1] 栗山 旭：林業試験場研究報告, 304, pp10, 11

- [2] 足立 眞理子：千葉大学大学院自然科学研究科 2008 年修士論文木質ボードの熱分解に関する研究, pp5-8, 68, 73

- [3] 澤井 徹、森田 明宏、井田 民男、湊端 学、梶本 武志、多田 達、加治 増夫：木質バイオマスの粉碎エネルギーと輸送性評価に及ぼす半炭化熱分解の影響, 高温学会誌, 34, 4, pp171-177

- [4] バイオマスハンドブック, pp116-117

- [5] バイオマスエネルギー利用の現状について 平成21年2月 資源エネルギー庁

- [6] アジアバイオマスオフィス：
http://www.asiabiomass.jp/topics/090302_02.html

- [7] 物質科学のための熱分析の基礎, pp319~321, 327~329, 斎藤安俊 著, 共立出版(株)