

「間伐による森林機能改善の評価検討委員会」事業内容報告

土木学会中部支部調査研究委員会(R03)委員長 岐阜工業高等専門学校 吉村優治

1. 研究背景と目的

地球規模の温暖化対策として、国土の全体に占める森林の割合が約 66%ある日本においては、森林吸収量で温室効果ガス約 3.9%が削減可能であると言われており、たとえば、森林面積割合 81.8%で全国第2位の岐阜県においては、森林・環境施策の財源として、平成 24 年 4 月 1 日から全岐阜県民を対象とした「清流の国ぎふ森林・環境税」を導入、第 2 期を経て、令和 3 年度 12 月に令和 4 年から第 3 期への継続が決まったにもかかわらず、県民には荒廃した森林の整備や森林資源の有効活用が CO2 削減に繋がるという認識がほとんど無いのが現状である。

一方、岐阜県では、平成 18 年 5 月の「全国植樹祭」、平成 22 年 6 月の「全国豊かな海づくり大会」を契機に、森・川・海のつながりの中での環境保全に対する意識が高まってきているのも事実である。

そこで、本研究委員会は、岐阜県内にある 20 の森林組合のうち、古くから間伐などの森林整備に取り組んできた加子母森林組合（伊勢神宮の式年遷宮で外宮の用材としても使用される東濃檜で有名）の協力の下、間伐で森林を整備したことにより、森林が本来持つ防災や水源涵養、二酸化炭素吸収といった森林機能が本当に改善されているのかを評価検討することを目的とする委員会である。なお、本委員会は次年度への継続が内定している。

表-1 主な活動実績

活動	月日	
委員会	メール会議 随時	
調査打合(岐阜高専)	4/19, 8/27, 11/11	
中津川市加子母調査	宿泊	9/16-17, 12/18-19, 1/28-29
	日帰り	11/2, 11/13, 3/22
本巣市湯ノ古公園調査	9/30, 10/14, 10/15, 10/21	
本巣市根尾オヤニラミ調査	7/8, 7/21, 8/19, 8/23, 10/28, 12/21, 2/4	
本巣市 ゲンジボタル(糸貫分庁舎)	5/14, 9/27	
揖斐郡大野町	7/13	
啓発(糸貫中学校出前授業:全2年生)	1/28	

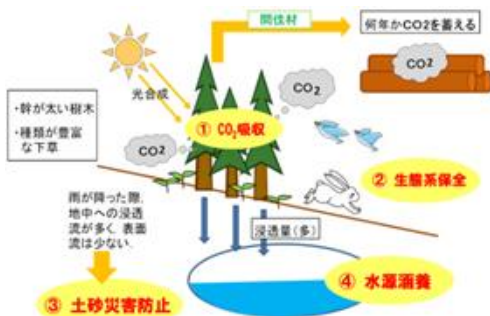


図-1 森林が持つ多面的機能

2. 活動実績

主な活動実績を表-1 に示す。委員会はコロナ禍であることも考え、メール会議とし、随時開催した。

中津川市加子母の森林調査を主としたが、間伐材により水車や小屋、橋の改修を予定している本巣市湯ノ古公園の調査も実施した。さらに、本巣市根尾の森林は杉の間伐が予定されているため本巣市天然記念物指定のオヤニラミの調査を含め 7 回、ゲンジボタル調査等 2 回、広葉樹林の残る揖斐郡大野町への調査も実施した。

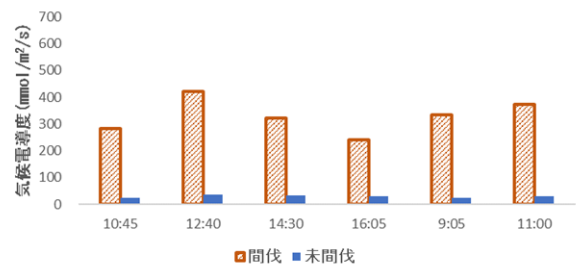
3. 間伐による森林機能改善評価

森林整備の一つである間伐によって図-1 に示すような森林機能が改善されるかを、古くから間伐などの森林整備を行ってきた加子母森林組合の協力の下評価し、さらに新たな評価方法を提案する。

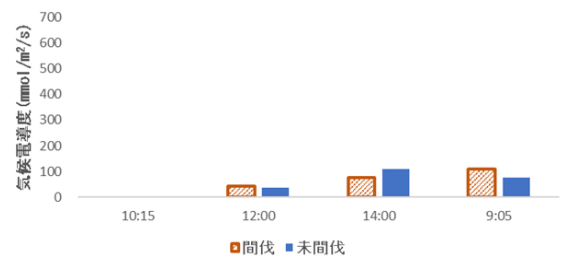
3-1 CO2 吸収

二酸化炭素吸収機能について、光合成量の違いから評価するために、葉緑素蛍光測定調査、気孔伝導度調査、葉緑素量測定調査を継続的に行っている。

ここでは気孔伝導度（大きな数値を示すほど光合成が活発）の代表的な結果を示す。



(a) 夏 2021 年 9 月 16 日, 17 日



(b) 冬 2021 年 12 月 18 日, 19 日

図-2 気孔伝導度の時間変化 (スギ)

図-2 は間伐林, 未間伐林のスギの (a) 夏, (b) 冬の気孔伝導度調査結果である. 図より, (a) 夏の結果は未間伐林に比べ間伐林の方が光合成は活発である. 冬より夏の方が光合成は活発である. また, (a) 夏の未間伐林の気孔伝導度は (b) 冬の気孔伝導度とほぼ同じ値を示している.

### 3-2 生態系保全

中津川市加子母の森林を調査地点に選んだ理由の一つに, 図-3 に示すように同一斜面上に林道を挟んで間伐林と未間伐林が隣接していることにある. 土質条件が違えば森林機能 (CO<sub>2</sub> 吸収, ②生態系保全, 土砂災害防止, 水源涵養) も当然異なるからである.

図-3 の一枚の写真をみれば, 森林内への日光の入り方, 下草の種類や生長の仕方は一目瞭然であり, 間伐が生態系の保全機能を改善していることは明らかである.

### 3-3 土砂災害防止

加子母では, 二段林・三段林の山づくりを行っている. 二段林とは, 適期の間伐を繰り返し行い, 良質な上層木の育成を行い, その後, 上層木の択伐と下層木の育成を行うものである. その方法は, まず最初の間伐は曲り木や傷のある木を対象に 15 年生位までに行う. 2 回目の間伐は劣勢木を対象に 25 年生~30 年生までに行い, 付帯作業として枝打ちを行う. 3 回目は, 残す木を決め, 木々の間隔を保ちながら邪魔になる木を間伐する. この作業を行い, 50 年生位までに 100 m<sup>2</sup> 当り 10 本残す森林を造ることを目標としている.

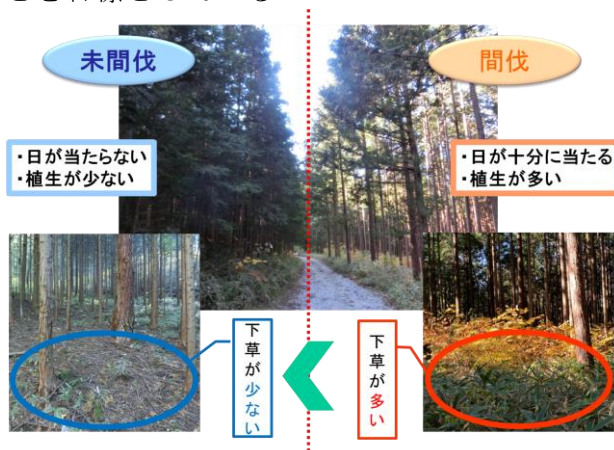


図-3 中津川市加子母の森林

このように, 定期的な間伐と植林を繰り返しているため, 経過年数が異なる森林が存在する. 定期的な間伐を行うことで, 木々の間から光が入るようになるため, 下草がよく育つようになる (図-4 参照, 調査地点).

調査地点は, 平成 21 年度に間伐しており, それ以降, 地盤強度は簡易支持力測定器 ((株) マルイ製キャスポル) を使用し CBR 値により, 図-5 に示すように計測されており, 未間伐林に比べ間伐林の強度が大きいのは明らかである.



(a) 間伐前 (平成 21 年撮影)



(b) 間伐後 2 年経過 (平成 23 年撮影)

図-4 加子母の間伐前後の様子の違い

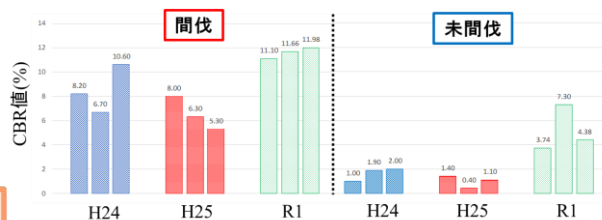


図-5 地盤強度

表-2 土の含水比

測定年月日	採取時の含水比 (%)		天候
	間伐	未間伐	
2013年11月8日	202.2	83.2	前日に合計15.0mm降水
2017年9月8日	210.0	129.5	前日に合計28.5mm降水
2019年3月24日	131.7	122.9	21日に合計14.5mm降水 (3日間降水無し)
2019年11月10日	168.4	98.0	10月29日に合計8.0mm降水 (12日間降水無し)
2021年3月25日	131.3	124.6	当日に合計1.5mm降水
2021年9月17日	135.0	120.7	9月14日に合計12.5mm降水 (3日間降水無し)
2021年12月18日	144.6	126.7	前日に合計30.5mmの降水 (雪)

### 3-4 水源涵養

森林には、水源涵養機能がある。これは、洪水緩和、水資源貯留、水量調整、水質浄化等の機能を集約したものである。この機能により、洪水・渇水をなくして河川の流量を一定に保つ、すなわち水量の平準化の働きをする。

間伐することによって水源涵養機能が改善されるのか評価するために、2021年9月17日と2021年12月18日に間伐林と未間伐林の土を採取し、含水比を測定し、その結果を表-2に示す。また、過去の測定結果についても併記している。前日までの天候がそれぞれ違うため、同じ場所でも含水比は上下するが、どの調査時においても未間伐林より間伐林で採取した土の含水比が高いことがわかる。

### 3-5 UAVを用いた森林活性度の評価手法

これまで、間伐によって森林機能が改善されるのかを調査するために、光合成量や植生、斜面の強度、土の含水比を測定し、間伐林、未間伐林で比較した。

光合成量の調査は、1枚の葉を対象に行ってきた。つまり、一部分だけを見て、その結果が全体の結果であるとして評価してきたのである。そのためここでは、太陽の光やその他の指標によって、植物全体の活性度はどう変化するのか、間伐、未間伐で森全体に違いは現れるのかを調査し、評価手法を提案する。

UAVを用いた撮影では、DJI JAPAN (株)のPhantom4 MULTISPECTRALを用いた。このUAVは下部にマルチスペクトルカメラを搭載しており、上空から地上の写真を撮影することができる。マルチスペクトルカメラにはレンズが6つ存在し、それぞれRGB (Red Green Blue, 三原色を用い表現された写真)、B (Blue, 青色光の反射率)、G (Green, 緑色光の反射率)、R (Red, 赤色光の反射率)、Red edge (赤縁光の反射率)、NIR (Near Infrared Ray, 近赤外線領域の反射率)を撮影している。これらを組み合わせることでNIRとRからNDVI, NIRとGからGNDVI, NIRとRed edgeからNDREを求めることができる。

NDVIは植物のスペクトル特性を利用した最も基本的な植生指数である。植物はクロロフィル色素を含み、クロロフィル色素が光合成を行った際に赤色光が吸収され不要な近赤外線が反射される。このスペクトル特性を利用し、近赤外線が多く観測されるが赤色光があまり観測されない土地に植生が存在していると判定する。主に農業では初期段階において、土壌が露出している地点や非生産的な地点が存在していないかを確認する。観測値は式-1を利用し正規化し-1.0~+1.0の範囲で表すことができる。活性度の評価はそれぞれ-1.0~0は死んだ状態、無機質、0~0.33は不健康な状態、0.33~0.66はやや健康な状態、0.66から1.0は非常に健康な状態となる。

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad \text{式-1}$$

図-6は、高度100mから撮影した画像のNDVIの平均値を示したものである。間伐林、未間伐林を図(a)は同時に撮影、図(b)は個別に撮影したものである。いずれにおいても、間伐林は未間伐林より高いNDVI平均値を示しており、UAV撮影は間伐林と未間伐林を比較する相対的な評価においては間伐林の方が光合成が活発という明確な判断を行うことができることが明らかになった。しかし、NDVIの評価基準では間伐林、未間伐林共に植物の健康な状態と不健康な状態の境界である0.33を超えていないため、どちらも不健康な状態であるという同じ評価となっており、基準値を用いる定量的な評価を用いることが難しい。

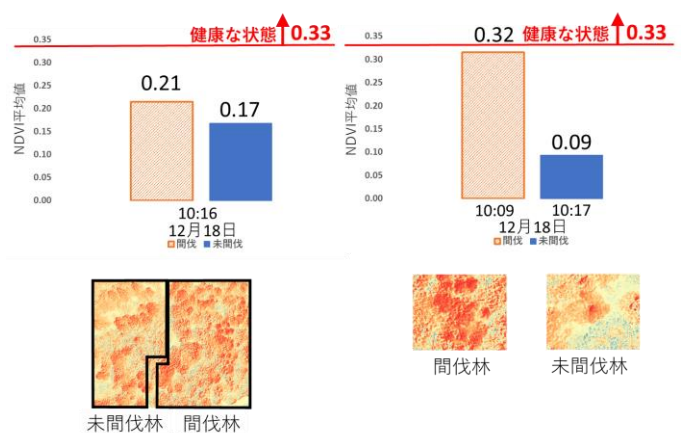


図-6 NDVIの平均値(2021.12/18日撮影)



(a)水車小屋 (b)壊れた橋  
写真-1 本巢市湯ノ古公園



(a)改修中の水車小屋 (b)橋の設置準備  
写真-2 改修工事 (2022.2/26 撮影)

#### 4. 間伐材の利用

本巢市の本巢地区にある湯ノ古公園は、絶滅危惧種に指定されたハリヨが生息する公園として有名である。公園内には、ハリヨが保護されている池があり、東屋にはガラス張りにした観察コーナーを設け、池で泳ぐハリヨをみることができる。また、この公園の一角に水車があり、公園一体に情緒ある雰囲気醸し出している。この水車の老朽化に伴う改修(写真-1 参照)を行うにあたり、行政が単に業者に修繕をさせるのではなく、市内の岐阜工業高等専門学校とコラボして、若い学生の力やアイデア、本校での研究材料として活用し、これまでにない新しい水車の誕生を検討したものである。すでに別途予算で、間伐材により水車小屋と橋の架け替え(1橋のみ)工事(写真-2 参照)を進めており、表-3 に示すように、その改修による間伐材の炭素貯蔵量は1.26(t-CO<sub>2</sub>) (参考:日本人一人が半年間で排出するCO<sub>2</sub>量とほぼ同量)となったことを計算しており、一般市民への啓発の準備を始めている。

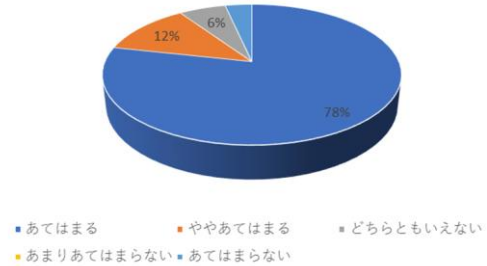
#### 5. 啓発活動

2022年1月28日(金)に本巢市立糸貫中学校2年生の生徒133人を対象に、環境とエネルギーについての説明、間伐材利用、家庭でできるCO<sub>2</sub>削減について放送室から遠隔で30分程度の啓発を行った。

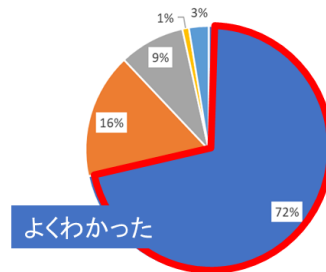
表-3 改修に利用する間伐材の炭素貯蔵量

樹種	水車小屋			橋
	ヒノキ	ベイマツ	スギ	ヒノキ
炭素貯蔵量	0.6404933	0.332383	0.11286	0.175853
合計(t-CO <sub>2</sub> )	1.26159			

(a) 地球温暖化が環境に悪い影響を与えていることがよく分かった



(b) 間伐材を利用すると、なぜ環境に良いのかよく分かった



(c) 湯ノ古公園整備の研究に興味を持った

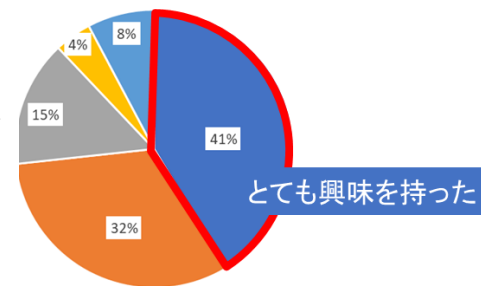


図-7 アンケート結果(抜粋)

図-7はアンケート結果の抜粋であり、(a)地球温暖化が環境に悪い影響を与えている、(b)間伐材を利用すると環境に良い、については各78%、72%が「よく分かった」と回答しているのに対して、(c)湯ノ古公園整備の研究に興味を持った、に関しては地元の公園であるにも関わらず、「とても興味を持った」ものが41%であり、さらに湯ノ古公園で行っているCO<sub>2</sub>削減の取り組みについてPRする必要があると考える。

#### 6. おわりに

R04年度への継続が認められたことから、UAVを用いた森林の定量的な活性度評価、間伐材の有効活用について研究を進めたい。