

四国の森を知る

No.20 Aug 2013

地域のヒト、モノ、ケイザイを動かす自然エネルギー

客員研究員 田内 裕之

石油などの化石燃料に依存した現在社会では、燃油・電気・ガスなどエネルギーに支払うお金は、都会や海外など地域外に流出していつていきます。特に、中山間地域（農山村）においては、エネルギーに関連する産業がないために、その流失は大きく、地域の経済は、ますます悪化しています。その上、農山村は過疎化が進んでおり、人手がなくなる中で、森も畑も放置され、次第に土地の荒廃化も進んでいます。

私たちは、高知県の仁淀川流域において、その恵まれた自然資源を再発見し、様々な生業（副業）を復活・創造し、地域に雇用や定住の場を作るべく、地域団体や行政等との協働作業を進めてきました。その中で、やはりエネルギーをどうするか、これが大きな問題でした。

日本の農山村では、以前は、木を炭や薪として燃料にし、枯れない谷水を水車の動力源として、森からの恩恵を上手にエネルギーとして使っていました。そのノウハウを、現代版に改良して、もう一度地域で使ってみようと考えました。それは、ローテクで小規模なものですが、地域の人たちで運用できる、地域再生に向けた一つの糸口であると考えたからです。

四国は、豊富な森林と水に恵まれた地方です。高知県の仁淀川流域では、山で伐り捨てられた林地残材を軽トラックなどで搬出し、薪材として収集する取り組みが始まっています。流域内

の温浴施設には薪ボイラーが導入されました。ある地域では、昔あった小さな発電用堰堤を復活させ、小水力発電施設を作ろうという話が具体化しています。これらは、地域の資源を利用して、地域の人たちが自ら運営をして、地域に雇用や経済を復活させようとするものです。私たちは、これらをエネルギー・資源・環境・経済等、様々な角度から検証し、それが地域の再生に有効であるという確証を得ました。ここでは、地域エネルギーの利活用とその効用について、私たちの研究結果を紹介します。

なお、この研究は、民産学官協働プロジェクト「Bスタイル：地域資源で循環型生活をする定住社会づくり」（平22-25、(独) 科学技術振興機構）によるものです。また、この成果は、プロジェクト有志によって提言としてまとめられ、「環境政策提言四国大会」（平25年3月、環境省）において、優秀賞を受賞しました。



図 農山村部にある自然エネルギーを利用した施設



豊富な森林資源と林地残材の収集 —農林家の新たな副業—

流域森林保全研究グループ 北原 文章
高知大学 農学部 鈴木 保志

高知県仁淀川町（旧池川町、吾川村、仁淀村）は総土地面積33,300haのうち89.4%を森林が占める中山間地域です。仁淀川町における人工林の資源量を図1に示します。平均蓄積量は560m³/haと高蓄積の人工林が多くあり、50～60年生をピークとするスギ林が67%、40年生をピークとするヒノキ林が33%を占める、ふた山型の年齢構成の森林となっています。

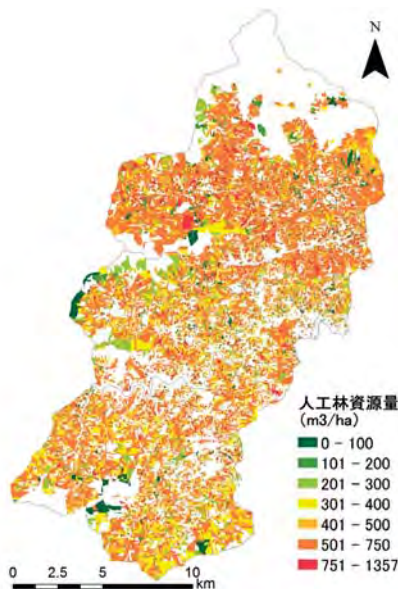


図1 仁淀川町における人工林の資源量

豊富な人工林資源のもと、2005～2009年度にかけてNEDOによる「高知県仁淀川流域エネルギー自給システムの構築」事業が行われていました。この事業では、同町および仁淀川流域の関係市町村から林地残材（伐採された立木を丸太にする際、建築用材などに利用出来ない部分で、通常林地に放置される残材）を佐川町の木材工業団地に集積して（図2）、そこでバイオマスエネルギーとして変換し、工場で利用することで、エネルギーの自給を図るというものでした。この事業では、残材収集の出荷者を規模別に、大規模収集（素材生産業者）、中規模収集（森



図2 集められた林地残材

林組合）、小規模収集（個人林家、林業ボランティア）と分けて出荷量の統計を取った結果、残材出荷量は生産規模とは逆に、個人林家を主体とする小規模収集家からの出荷量が多くを占めていました。仁淀川町では、名野川地区をはじめ、このような小規模な自伐林家（全て自家労力で林業を行う家族経営的林家）が多く、林業が専業ではなく副業的に行われており、その作業方法や使用している機械も様々です。そこで、様々な機械の収集規模別に収益（残材を売って得た利益－収集運搬にかかった費用）を試算してみました。このとき、土場（収集場所）を従来の場所（近接する佐川町に1か所）と地域内土場（仁淀川町内に分散的に20か所）を設けた場合との2通りの試算を行いました。その結果、小規模出荷者が利用する軽トラックのように積載容量が小さいもののほど、土場へ運搬する距離によって収益の差が明確に表れました。大中規模出荷者が利用する4tトラックでは、分散的に残材収集を行うことで1時間の作業あたり約5,000円の収益を上げることができましたが、土場までの距離が遠く一定の残材量がない場所では赤字収益となっていました。一方で、最も積載容量の小さい軽トラックでは、残材量が増えると何度も往復する必要があり、距離に応じて赤字になるエリアが決まってくることから、地域内土場を設ける効果が大きいと考えられました。また、軽トラックを利用し運搬距離が短い場合（10km以内）には1,000円/時間程度の収益が見込まれました（図3）。

これまで、林地残材のエネルギー活用は望まれていても、収益が見込めないことが課題となっ

ており、現実にはあまり活用が進んでいません。しかし、地域土場を設け、身近な機器や軽トラック等を利用することで、家族で山を管理しているような山林所有者でも手軽に林地残材を出荷し、収入を得られる副業として成り立つ可能性が示唆されました。

さらに、後の項で報告する薪ボイラーシステムでは、数百haの流域面積での残材収集で地域の温浴施設が運営できることから、収集距離10km圏内という、地域での残材のエネルギー利用は、零細と言われる農林家の副業として、大きな位置を占めるものと思われます。

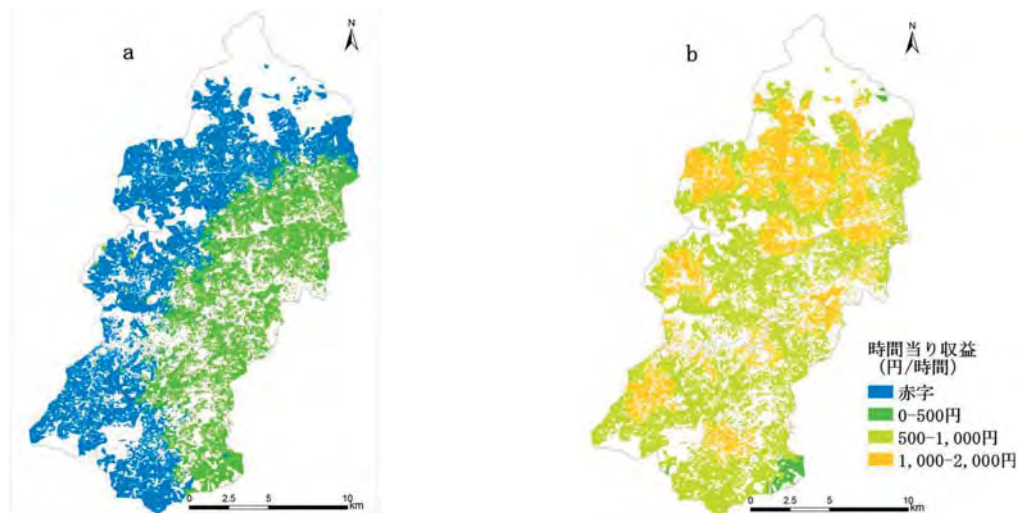


図3 軽トラックを用いた林地残材収集による収益分布図

注) 左図 (a) は仁淀川町近隣の大規模土場へ運んだ場合、(平均30km)、右図 (b) は最寄りの地域内土場へ運んだ場合 (10km以下) の1時間あたりの収益を示しています。

木質バイオマスを地域エネルギーとして上手に活用する

加工技術研究領域 吉田 貴紘
流域森林保全研究グループ 北原文章、垂水亜紀

現在我が国では石油相当で6億klのエネルギーを消費し、その8割以上を石油、石炭、天然ガスなどの有限な化石資源に依存しています。地球温暖化の抑制、持続可能な社会の構築には地域に存在する「自然エネルギー（再生可能エネルギー）」の活用が重要です。仁淀川町においては面積の約9割を占める森林資源（木質バイオマス）の利用が鍵と言っても良いでしょう。

表1に、木質バイオマス燃料の主な利用形態である、薪、チップ、ペレットの特徴を示します。加工の手間の大小、自動運転の有無などに長所、短所がありますが、それぞれの特徴を生

表1 木質バイオマス燃料の利用形態

	薪(まき)	チップ	ペレット
			
特徴	・長時間燃焼可 ・ストーブが簡便 ・低価格	・自動燃焼可能 ・軽く、持運び易 ・様々な用途	・小型装置で自動燃焼可能 ・持ち運び易 ・かさ高くない ・水分一定
欠点	・自動燃焼不可 ・重く、持運び難 ・形状、水分のばらつき	・燃焼装置を小型化できない ・水分のばらつき ・かさ高くなる	・加工に手間がかかる ・燃焼器が高価

かして地域で有効に使うことが求められます。本研究ではまず、最も加工の手間の少ない「薪」に着目して、その利用可能性を検討しました。

薪の場合、品質の問題として材質（樹種）が考えられますが、高出力・機器への負担を考えると、乾燥した（含水率20%以下）物を提供する事も重要です。そこで、薪として利用できるまでの日数（乾燥期間）を調べました。これま

で乾燥期間は経験的に決められていましたが、数値的な裏付けはほとんどありませんでした。高知県内4地点で天然乾燥試験を行った結果、屋根を設けることでスギでは40日程度、コナラでは120日程度で含水率20%程度まで乾かせることが分かりました（図1）。薪の加工場所には前出の中間土場などが活用可能と考えられます。

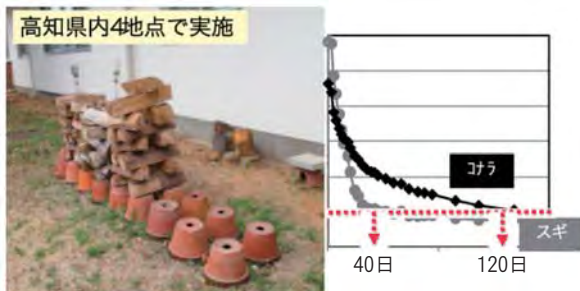


図1 薪の天然乾燥経過

次に薪の利用先を調べました。古くからストーブや風呂釜などがありましたが、最近では業務用の薪ボイラー（給湯器）が市販され、高知県の仁淀川流域周辺にも複数台導入されています。図2は、いの町、須崎市の温浴施設に導入された薪ボイラーです。いの町の施設は、年間2万人が利用する温浴施設で、3台の薪ボイラー（出力75kW/台）で70℃程度の温水をつくり、貯湯槽を介して浴槽やシャワーへ給湯します。導入により年間200 t以上の薪需要を創出するほか、灯油使用量の大幅な削減が可能となりました。こうした薪ボイラーを、公共施設等に導入するとしたら、例えば仁淀川町（人口約6,500人）でも30台程度導入可能と試算出来ます。



図2 左：薪ボイラー建屋（いの町の温浴施設）
右：薪ボイラー本体（須崎市の温浴施設）

表2 薪ボイラー利用によるCO₂削減効果、経済効果

項目	原木生産		薪加工		エネルギー利用
	(収集・搬出) ①	(運搬) ②	製造 ③	運搬 ④	
燃料・燃料	チェーンソー等 ガソリン	軽トラック ガソリン	薪割り機 電気	軽トラック ガソリン	薪ボイラー 薪・電力
条件	土場残材玉切り 人力車載	運搬距離10km	薪割り機	運搬距離10km 人力積込・荷降	人力投入 熱利用(温水)
消費エネルギー量 (GJ)	1.5	35.6	0.4	35.6	61.6
CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	0.1	2.5	≒0	2.5	9.4
灯油ボイラー のCO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	1.7 (石油備蓄基地からの運搬)				149.3

算出条件 出力75kWの薪ボイラー3台を稼働させた場合の年間量
必要原木量(スギ、用材向けも含む) 2,156m³、うち薪製造量・使用量 210ton・wet (4,000円/ton)
機械製造に必要なエネルギー、作業者のエネルギーは考慮しない。

さらに薪ボイラー利用によるCO₂削減効果を調べました。これは従来の灯油ボイラー使用時のCO₂排出量から、薪の加工・利用時の燃料・電力消費由来のCO₂排出量を差し引くことで求められます。前出のいの町施設の場合では、年間約135 tのCO₂削減可能との結果が得られました（表2）。また地域外に支払っていた灯油代が地域の新たな収入となり、結果として薪ボイラー運転員の人件費も確保可能です（詳細は次の項参照）。自動制御ができない薪の欠点を雇用の場に生かす逆転の発想とも言えるでしょう。

今後、チップ、ペレットの利用によるCO₂削減効果をふまえて、地域における木質バイオマスの最適エネルギー利用法の体系化を図り、私たちの目標である、「資源が循環し環境と共生する生活様式」の構築へ向けて検討を重ねていきます。

薪ボイラーが地域にもたらす経済効果

流域森林保全研究グループ 垂水亜紀、北原文章
加工技術研究領域 吉田 貴紘

地域のエネルギー源として木質バイオマスを活用することは、温暖化対策だけではなく、地域の資源を地域で活用する地産地消の効果ももたらします。つまり、外国の石油を使用すれば、地域外にお金を支払うだけで、地元には何の経済効果も生み出しませんが、これが地元の山の

材を活用し、伐採・搬出され、土場まで運ばれ、薪等に加工し、それを運搬して、ボイラー等に投入する作業をすべて地元の人が行えば、地域に雇用が生まれます。さらに、その作業者に支払われる賃金が、地元で使われることにより、地域経済にさらに好影響をもたらすことになります。林地残材の買い取りや薪割りボランティアに地域通貨を上乗せ支払いする仕組みが全国に広がりつつありますが、より確実に地域で使われるための仕組みと言えます。

また、重油・灯油価格が値上がりしているため純粋に燃料費という面で見ても、使用量の多い温浴施設や園芸用ハウスなどでは、木質バイオマスエネルギーに切り替えただけで、大幅にランニングコストが削減された例も数多くあります。木質バイオマスの中でも、最も加工が簡単で、地域の人々になじみの深い資源は、「薪」です。山村では、今でも風呂用に薪を利用する人は多く存在します。近年、薪ストーブ、ボイラー機器も改良され、薪の利用が見直されつつあります。高知県の仁淀川流域でNPOが主催する薪祭りでは、薪クラブの人がボランティアで薪を割り、家に持ち帰っている人もみられます(図1)。



図1 NPOが主催する薪祭り

私たちは、実際に薪用原木を伐採・搬出して業者への聞き取り調査、薪生産に携わるボランティアの方々の作業工程調査、灯油ボイラーから薪ボイラーに切り替えた温浴施設における

表1 薪ボイラーシステムの経済効果

項目	生産 (収集・搬出)	生産 (運搬)	薪製造	薪運搬	ボイラー 燃焼
行為	チェーンソー 等	運搬トラック	薪割り機	運搬トラック	薪投入 燃焼管理
条件	土場残材	軽トラック	200v・100v 薪割り機	軽トラック	薪ボイラー
労働力 (人役)	18.5	82.1	121.2	132.1	75
支出 (万円)	2.7	42.6	11.1	42.6	245.4
収入 (万円)	17.9	83.6	62.4	134.6	72.0

薪運搬、ボイラーへの薪供給等に関わる作業工程の調査等を行い、試算しました。それらのデータと聞き取り調査を合わせた結果は表1の通りです。なお、ここでは、地域にとっての経済効果という観点から、作業を行う際に必要な経費を「支出」、作業者に支払う賃金を「収入」とし、地域にとっての「収入」から「支出」を差し引いたものが地域経済を潤す(地域にまわるお金)というように仮定しています。

前項で紹介した、温浴施設(出力75kW × 3台の薪ボイラー)は、年間約2,200m³の原木を使用します。この条件では、薪用の原木生産のために約45万円の経費がかかり、地域の人を雇用すると約100万円の賃金が支払われます。そこで、差し引き約55万円が、地域にまわる可能性のあるお金となります。薪の製造・運搬には53万円の支出がありますが、賃金としては197万円の収入となるので、地域にとっての収入は約144万円となります。

さらに、ボイラー利用による支出は薪代や燃料費、機械類減価償却費となりますが、薪代は地域に落ちるため、薪代以外の支出を計上し、薪代は地域の収入としました。その結果、原木生産からボイラー燃焼まで、トータルで152万円が地域に残ることになります。事例が少ないため、試算にはまだ課題も多いのですが、薪ボイラーは灯油と比較して、地域へ残るお金が確実にあると言えます。

調査地域ではさらに薪ボイラーを増やす予定があり、全国でも確実に導入が増えています。

水資源をかん養する森林 —地域の小水力発電—

流域森林保全研究グループ 北原 文章
プロジェクト研究員 中山 琢夫

近年、再生可能なエネルギーとして、木質バイオマスをはじめとする太陽光、風力、水力などの自然エネルギーが注目されています。森林が多くを占める中山間地域には、小さな谷や川が沢山あり、豊かな水資源があります。高知県に流れる仁淀川は、流域面積1,560km²、総延長125kmで、仁淀川町はその上流部に位置しています。かつては、仁淀川町でも谷川の水を利用して、水車による製材・製粉や発電が行われていました。

そこで、私たちは、仁淀川町池川地区を対象として、自然環境への影響が少ないと考えられる小規模な水力発電、とりわけ発電出力200～300kW以下のマイクロもしくはミニ水力発電に着目し、発電可能量の試算と図示化を行いました。図1に示す通り、発電可能量は上流部から下流部へ従いその量が増加します。これは下流部ほど流量が増すためですが、上流部においても高低差の大きいところでは発電可能量が大きく評価されました。この試算は、標高値の差のみで発電量を評価していますが、発電計画を立てる際には有効な情報（目安）となります。

ところで、小水力発電は採算性が低いことが指摘されてきましたが、再生可能エネルギーを普及・拡大させる施策が推進され、固定価格買取制度が始まったことにより、その導入が一気に進み始めました。とりわけ、高知小水力利用推進協議会では、地域主体型の発電所運営を考えていたため、我々との協働により、単に運用益を求めるのではなく、得られた利益を、安定した水量を得るための森林整備（適正な間伐や作業道作り）や地域の文化維持や人材育成等のために投資するスタイル「高知方式」を提案し、地域での導入の可能性を探ってきました。

その一つとして池川地区にある谷川では、地

域の人達が主体となり、以前稼働していた小水力発電用の取水堰堤を再整備して運営を始めることの検討が進んでいます（図2）。この試算によると、その谷川の流域面積は240haですが、現地調査により190kW規模の小水力発電が可能であることが明らかとなりました。これは、一般家庭約390世帯分の電気使用量に相当し、該当地域世帯数の4倍程度のエネルギー量となり、地域外への供給源となることも分かりました。

このように、エネルギー生産を単にビジネスとしてみるのではなく、地域が主体で運営し、利益を地域内に再投資し、地域内の資源や経済を循環させる方法が、持続性や環境保全のためにも有益であると考えられます。

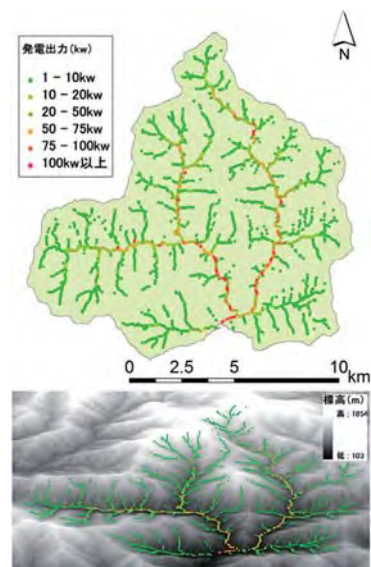


図1 仁淀川町池川地区におけるマイクロ水力発電可能量マップ（上）とその鳥瞰図（下）

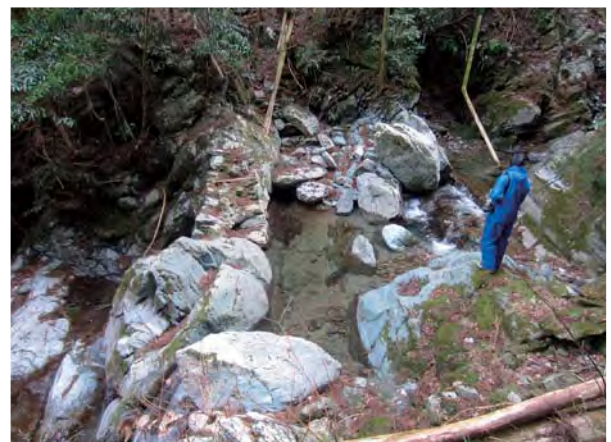


図2 小水力発電の導入が検討されている谷
中央左は過去に使われていた取水堰堤の跡（仁淀川町池川地区）

地域エネルギーによる地域社会の自立

客員研究員 田内 裕之

以上の報告のように、私たちは中山間地域（農山村）に豊富に存在する、森林資源や水をエネルギーとして利用し、地域社会のために活用することについて研究を行ってきました。

ここで紹介した温浴施設や小水力発電施設は、200～250haという森林（流域面積）がかん養する資源量です。つまり、農山村では集落の裏にある森林は、集落人口以上をまかなうエネルギー生産ができることを物語っています。

また、大事なことは、地域の人たちが自ら運用できるということです。高度な技術を必要とし、施設が故障した場合には、都会から担当者が来ないとどうにもならないでは困ります。その点、薪の運用や小水力発電システムは、高度な技術に頼っておらず、また過去に地域で使っていた実績もあり、農山村の人々には、なじみのある、受け入れやすい方法です。

この地域エネルギーの運用は、資源利用という面のみならず、地域社会の人の生活を変えろという効果を上げています。例えば、ここで紹

介した施設では、川下り等の観光ガイドを行う若者が、時間外やシーズンオフに、薪ボイラーの運用を手伝うことによって、生活が安定し、収入も増えたと喜んでいます。また、山仕事に行ったお年寄りが、帰りに残材を軽トラックに積み、残材を換金することで、それを晩酌代に、孫の小遣いと、日々の生活にハリが出るそうです。

このように、小粒ながらも、数百haという流域規模（集落）の中で、地域の人たちの力量で運用できるエネルギーシステムこそ、地に足がついたやり方とは言えないでしょうか。

グローバル化した世の中、多くの物の値段や雇用等が海外の動向に左右される中、地域の中で完結できる、エネルギーを始めとする資源の利活用こそ、持続性のある循環型社会であると考えます。そこには、地域の中でヒト、モノ、ケイザイが動く、地域主体の社会があります。

農山村地域において、薪ボイラーや小水力発電の導入は、全国規模で進み始めています。また、国産薪ボイラー・発電機の高品質化（高効率化）も進んでいます。薪などの利用は、単なる石油高騰化に対する代替というのではなく、地域社会の自立への一助として、地域で上手に運用すべきものだと思います。



図 地域の力で、森林由来のエネルギーを生産・利用する

四国の博物誌 (12)

スギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) スギ科スギ属

チーム長 (人工林保育管理担当) 酒井 敦

スギは日本固有の針葉樹で、北は青森県、南は屋久島まで天然分布しています。温暖で降水量が多い場所や、日本海側の積雪がある場所を好み、天然スギの産地や有名林業地 (吉野、尾鷲、秋田など) の多くはこうした場所に該当します。スギにとって積雪は冬季の乾燥を防ぎ、雪解け水を供給するという役目があります。

スギは材が通直で加工しやすく、病虫害が少なく、また成長が早いため日本全国に造林されています。日本産の樹木は1,500種くらいありますが、その中で人工造林に耐えられる種は極めて少なく、スギはその中でも特に人工造林に適した樹木と言えるでしょう。一方、大面積に植えられたために、スギ花粉という社会問題を生み出す原因にもなっていました。

平成12年から13年にかけて、出雲大社の敷地内から古代の神殿の柱が発掘されました。これらは宇豆柱 (うづばしら) と呼ばれ、太さ約1.4mの柱を3本一組にした巨大なものです。この柱は全てスギが使われていました。古代の日本は巨大なスギが林立していて、日本人は古くからこれを利用してきたことがうかがえます。

高知県東部に位置する魚梁瀬地方は四国を代

表するスギの産地で、土佐藩が治めていた時代は御留山として伐採が厳しく制限されてきました。当時どのような手入れがされていたか詳しい記録はありませんが、択伐を繰り返し、発生した稚樹を上手に育ててきたと考えられます。

下の写真は切株の年輪を示していますが、明治初頭の択伐により当時直径10cmほどだった木が急に太り始めた様子を捉えています。現在180haの林分が千本山遺伝資源保護林に指定されていますが、ここも自然そのままの姿ではなく人が手を入れてきた林相と考えられます。



写真 魚梁瀬スギの切株の年輪

お知らせ

10～11月の催しをお知らせいたします。

●公開シンポジウム

ニホンジカ問題の現状と対策の今後「被害防除と個体数管理」～車の両輪を回すために～

日 時: 10月5日 (土) 13:30～17:00

場 所: 四国森林管理局 大会議室

参加費: 無料

●四国支所一般公開

日 時: 11月2日 (土) 9:30～15:30

楽しいイベントと森のおみやげを用意しております。

どうぞ、ご家族連れでお越し下さい。

四国の森を知る No. 20

平成25年8月発行

編集・発行 独立行政法人 森林総合研究所四国支所

〒780-8077 高知市朝倉西町2丁目915

電話 088-844-1121 FAX 088-844-1130

URL: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/skk/>

*本誌から転載・複製する場合は、森林総合研究所四国支所の許可を得て下さい。