

研究論文

福島県天栄村湯本地区における古来のエネルギーシステムの持続可能性

The Sustainability of a Pre-1960s Energy System in a Rural Area, Fukushima Prefecture, Japan

池上真紀*・新妻弘明**

Maki Ikegami

Hiroaki Niitsuma

(原稿受付日2005年10月12日, 受理日2006年2月8日)

Abstract

The sustainability of the energy system of Yumoto district, Ten-ei, Fukushima, Japan as it existed before the energy revolution in 1960's has been quantitatively investigated by interviewing older inhabitants and studying materials. The heat demand for their houses was sustainably supplied by biomass from the "Satoyama" (local forest) in this area. Economically external activities of the inhabitants and the local communities played an important role in maintaining this energy system and the environment in this area. It is remarkable that the heat demand for this area was greater than now. Furthermore, they produced charcoal in the forest for their monetary income. This activity was also sustainable because of a sensible rotation of the timber-harvesting zone.

1. はじめに

環境問題の中でも特に深刻といわれている問題が、地球温暖化問題である。その原因である化石燃料消費社会から脱却するために、筆者らは*Energy In My Yard (EIMY)* という概念を提唱している^{1), 2)}。*EIMY*は、あるエネルギー需要を持つ地域があったときに、その地域に賦存する様々な再生可能エネルギーを組み合わせることで最大限利用し、過不足分はナショナルグリッドや地域外部との連結によって需給するという概念である。また、*EIMY*は、エネルギー利用に関する効果だけでなく、その地域が持続可能な社会に移行し、住民が地域の資源・伝統・文化を活かしながら豊かに暮らせることも重視するため、新しい社会システムを提案する概念とも言える。

現在筆者らは、*EIMY*の概念に基づく持続可能な社会を構築するために、昭和30年代の燃料革命以前の、我が国の古来のエネルギーシステムがどのようなものであったかを、その持続可能性も含めて定量的に調査している。この調査の必要性は、古来のエネルギーシステムが*EIMY*によく似た発想で構築されていたという点にある。それは、燃料革命以前の人々は、身の回りにある木・水・太陽光などを組み合わせ、熱・運動エネルギー・光など自分たちの需要に合った形のエネルギーを直接取り出して利用していたという点である。したがって、ある地域での古来のシステムが持続可能であったかどうかを定量的に調査することは、現代のその地域において、*EIMY*による社会構築の実現可能性がどれほどあるのかを定量的に知る手がかりとなる。

また、古来のエネルギーシステムが持続可能であったのなら、その背景にあった人々の価値観やコミュニティを

理解することも、現代での*EIMY*社会の構築に対し大きな示唆を与えるものと考えられる。

さらに、現代のエネルギー利用機器は、水力などの運動エネルギーや火力などの熱エネルギーから起こした電力および石油を消費して稼動し、再度、運動エネルギー・熱エネルギーを取り出し利用する構造になっている。しかし古来の機器では、水車による製粉のように、運動エネルギーは運動エネルギーとして直接利用していた。これは、石油・電力以外で稼動する機器の開発を行えば、未利用エネルギーを活用できる可能性があることを示唆している。

以上の理由から、筆者らは、古来の社会システムが近年まで比較的良好に保存されていたと思われる福島県天栄村の湯本地区をフィールドに、2005年1月から古来のエネルギーシステムの研究を行っている。本論文では、昭和30年頃までの湯本地区のエネルギーシステム・土地利用システムと、その持続可能性について述べる。また、この調査によって、生産物の自家消費や物々交換、贈答、近隣世帯での共同作業など、市場を介さない経済外部的活動が、持続可能な循環型社会の実現に重要な役割を果たしていたことが浮き彫りになった。したがって、経済外部的活動の重要性についても定量的に議論する。

2. 調査方法

天栄村は福島県猪苗代湖のほぼ真南に位置し、湯本地区は村の西部に当たる。図1はその概略図である。国道118号線沿いに川が流れ、川に沿って大きく分けて3つの集落が並んでいる(西から湯本温泉・田良尾・大平)。図1にある羽鳥集落は、昭和30年頃の羽鳥ダム建設に伴って消滅した。羽鳥湖はこのダムによってできたものである。湯本地区では、昭和30年代後半から化石燃料の利用が進み、古来のエネルギーシステムが崩壊していった。したがって本研究では、昭和30年頃を中心に古来のエネルギーシステムの

*東北大学大学院環境科学研究科 博士課程

E-mail: ikegami@ni2.kankyo.tohoku.ac.jp

** 教授

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-20

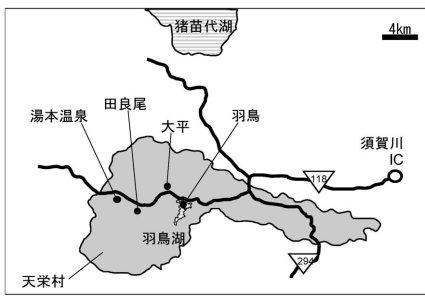


図1 天栄村 概略図

調査を行った。

本調査では、昭和30年以前を知る湯本地区の住民11名（66歳～79歳の男性7名，70歳～88歳の女性4名）への聞き取り調査を6ヶ月間に渡り延べ14回実施するとともに、天栄村史³⁾・湯本山郷史⁴⁾・総務省統計局長期時系列データ⁵⁾・農家経済調査報告⁶⁾・農家経済価値統計⁷⁾・林家経済調査報告⁸⁾・物財統計⁹⁾・天栄村新エネルギービジョン¹⁰⁾等の資料を用い、可能な限り定量性のある評価を試みた。

聞き取り調査の内容は、昭和30年頃の、薪・柴の消費量・利用方法、土地や山林の利用面積・分布・利用方法、現金収入源・収入額・家計簿などの定量的データと、労働形態、家族やコミュニティの労働への関わり方、生活様式などである。そこで得た情報を上記の資料と突合せ、複数回にわたり繰り返し聞き取りを行った。

聞き取り調査は、1200年前からの温泉がある湯本温泉と、田良尾について行った。湯本温泉の家庭は、温泉を自由に利用できるため家庭内で風呂を使わないという特異性があり、調査は必須であった。また、湯本温泉・田良尾の中はさらに細かく集落に分かれている。湯本温泉の中には遠距離のため温泉を利用できない集落（6戸）があったので、これについては田良尾と同じ生活様式として考えた。また、田良尾の中には温泉を持つ集落（18戸）があり、これについては湯本温泉と同じ生活様式として考えた。

大平については、田良尾と生活様式がほぼ同じであり、田良尾の調査で補完できると考えた。羽鳥では、昭和25～31年の羽鳥ダム建設工事に伴って全住民が集落を離れたため、ここは調査から除外した。したがって本調査は現存する3つの集落（湯本温泉・田良尾・大平）のエネルギーシステムに対するものである。以下では、“湯本地区”とはこの3集落を指し、“湯本地区の山林”とは3集落に属する山林を指すことにする。

3. 燃料革命以前のトータルシステム

3.1 エネルギーシステムと経済システムの概要

昭和30年頃の湯本地区では、農業のための運動エネルギーとして人馬を、製粉・精米のための運動エネルギーとして沢の水力を利用していた。湯本地区は馬産地で、馬を各戸1頭ほど所有して農耕に使っていた。農業は川沿いの私

有地に限られ、小規模で現金収入源にはならなかった。

自家暖房・調理用の熱エネルギー源は、薪・柴・クズ炭（炭焼きの過程で形が崩れた商品価値のない炭）で、蒸釜・囲炉裏・風呂（湯本温泉と田良尾内の一部集落以外）に利用していた。薪・柴の採取は、毎年、各戸の私有林の一区画を皆伐し、約20年周期で最初の伐採地点に戻ってくるシステムになっていた。私有林以外に、河川や国有林に散在する流木・倒木も薪として利用していた。この他にも、屋根材に使う茅山、馬の放牧地、冬期の馬の餌を刈る採草地の利用を行っていた。これらは入会地とよばれる集落毎の共同利用地にあり、茅・草は1年で再生するため毎年利用できた。馬は、田植えのあと9月まで放牧し、冬期（10～4月）は、人間が秋に採草地で刈った草を与えて厩で飼育した。

なお、各戸1部屋ほど電灯があり電力もわずかに利用していたが、熱需要の方がはるかに大きかった。

以上のエネルギー利用・土地利用は全て、“結い”と呼ばれる現金の授受を伴わない集落の共同作業で行われ、各世帯で近隣の手伝いをした。つまり、“結い”は現金を介さない、いわば経済外部的活動であった。当時の生活は“結い”なしには成り立たなかったと言う。また、子供の役割も大きく、薪拾いや風呂焚きは子供のする“お手伝い”と決められていた。農繁期には子供が農業を手伝う事も多かった。女性も家事や農業だけでなく、水汲み・採草・茅刈、それらの集落への運搬など、力仕事もこなした。

このように、当時の人々は、大人・子供・水力・馬・木質バイオマスなどのエネルギー源を、それらの特性を直接活かす方法で利用していたことがわかる。

現金収入源は、11月～3月の農閑期に行う炭焼きと、農業の合間に1ヶ月間ほど行う養蚕であった。炭焼きは養蚕よりも収入額が大きく、ほぼ全ての世帯が行う重要な地域産業であった。養蚕は、土地に余裕のある世帯だけが桑畑を私有地内に作って行っていた。現金は、税金の支払いと塩・魚など山村では手に入りにくい食糧や、米・野菜の不足分の購入に充てられた。

炭焼きは男性の仕事で、山から集落への炭の運搬は女性も行った。商品となる形の整った炭は決して自家消費せず、前述のように自家で焼いた炭のうちクズ炭だけを自家消費していた。炭焼きの原木は、国有林が毎年各世帯に払い下げられ供給された。翌年には別の区画の原木が払い下げられ、約30年周期で最初に払い下げた区画に戻るシステムになっていた。

これよりおおまかに言えば、経済外部的活動は民有林で、経済活動は国有林で行われていたことになる。ただし例外として、旧日本陸軍軍用地があった羽鳥湖西側は、戦後に湯本地区が国から買い取った民有林であったが、3集落全体の共同利用地として炭焼きに利用していた。

また、湯本地区で炭焼きを行っていたのは3集落の住民だけではなく、営林署から直接請け負って別の区域で炭焼きを行った業者もあった。本論文では、地域住民の山林利用の持続可能性に注目し、炭焼き業者の利用した山林は除外して考える。

3.2 熱エネルギー自家消費の持続可能性

本項では、一般家庭における薪・柴の利用の持続可能性について議論する。さらに、当時の熱エネルギー消費量を現代と比較するとともに、暖房効果についても定量的に考察する。

(1) 薪・柴利用の持続可能性

薪・柴を採取していた民有地の持続可能性を考える。湯本温泉3世帯、田良尾3世帯を対象とした聞き取り調査によると、1年に消費していた薪・柴の体積・重量は、湯本温泉では薪のみ8.1 [rm/戸]*¹、田良尾では薪13.5 [rm/戸]と柴504 [kg/戸]である。この値は、世帯によらずほぼ一定であった。田良尾には温泉がないため、湯本温泉よりも山林の利用が盛んで消費量も多い。薪消費量を、薪炭林の単位面積当たりの蓄積173~193 [m³/ha]*²で割ると薪採取に必要な面積が求まる。柴については、消費量504 [kg]を原木密度1 [t/m³]¹¹⁾とさきほどの薪炭林蓄積173~193 [m³/ha]で割り、採取に必要な面積を求める。薪・柴を合わせると、湯本温泉0.036~0.052 [ha/戸/年]、田良尾0.062~0.079 [ha/戸/年]の山林が必要となる。これと利用の周期20[年]、集落の戸数(湯本温泉61戸・田良尾58戸)をかけることにより、薪・柴利用に必要な面積が集落ごとに計算できる。これを、地形図から得た薪・柴採取に利用できる集落ごとの土地面積*³で割ると、実際に利用していた面積の割合(利用率)が得られる。利用率が100%以下であれば、その集落は持続可能であったと言える。結果は表1のようになる。

これにより、両集落では自家暖房・調理用の木質バイオマスを持続可能に利用していたことがわかる。実際には、湯本温泉317 [kg/戸/年]、田良尾476 [kg/戸/年]のクズ炭も自家消費していたが、そのエネルギー消費量は、湯本温泉では薪の15~16%、田良尾では13~14%であった。よってクズ炭によるエネルギー供給量を薪で置き換えても、両集落が持続可能性を維持することは可能であったと言える。

(2) 熱エネルギー消費量の現代との比較

聞き取り調査・文献調査^{3), 4), 11), 12)}から、湯本地区の一般世帯における昭和30年頃と現代での年間熱エネルギー消費量を計算し、両者を比較する。熱エネルギー源は、昭和30

表1 薪・柴利用に必要な面積、利用可能な面積、利用率

集落名	必要面積[ha]	利用可能面積[ha]	利用率[%]
湯本温泉	47~67	112	42~59
田良尾	63~82	119	53~69

年頃は薪・柴・クズ炭、現代は灯油・LPガスである。

昭和30年頃は暖房・調理・給湯兼用で囲炉裏を利用していたため、用途別に分けて消費量を比較できない。しかし、調理・給湯での消費量は家族人数に依存し、暖房は床面積に依存する。よって、家族1人当たりと単位面積当たり*⁴の2つの場合について、昭和30年頃と現代を比較する。

単位発熱量は、薪6,984~7,762 [MJ/rm]¹¹⁾、柴9.7~13 [MJ/kg]^{11)*5}、炭6,853 [cal/g]¹²⁾であるから、(1)で述べた消費量をもとに昭和30年頃の1世帯当たりの熱エネルギー消費量を計算すると、湯本温泉65,700~72,000 [MJ/戸/年]、田良尾112,867~125,086 [MJ/戸/年]となる。聞き取り調査・文献⁴⁾により、当時の平均的家族人数は約8人で、家屋(茅葺き)の間取りは16畳の土間、12.5畳の厩、11.5畳の居間兼台所、17畳・6畳・8畳の居室となっていた。蒸釜・風呂が土間に、下囲炉裏が居間兼台所に、こたつが8畳の居室に置かれていた。これらから、1人当たりおよび単位面積当たりの消費エネルギーが計算できる。

一方、現代のエネルギー消費量に関しては、湯本温泉1世帯(2人世帯)、田良尾1世帯(5人世帯)への聞き取り調査により、湯本温泉はLPガス24 [m³/戸/年]、灯油700 [l/戸/年]、田良尾はLPガス143 [m³/戸/年]、灯油1,702 [l/戸/年]である。これによると、灯油使用量は単位世帯(天栄村平均2.4 [人/世帯])当たり819 [l/戸]となる。この値は文献¹⁰⁾の天栄村平均値799 [l/戸]とほぼ一致している。LPガスは、1世帯当たり57 [m³/戸]となり、文献¹⁰⁾の天栄村平均値99 [m³/戸]より小さいが、これは温泉のある集落では風呂を沸かさなためと考えられる。現代家屋(木造)の間取りと暖房機器の配置は、住民から直接聞き取った。計算結果はそれぞれ表2、3のようになる。

表2より、昭和30年頃の湯本温泉では現代の0.7~0.75倍、田良尾では1.1~1.2倍を1人当たり消費していたことがわかり、1世帯当たりでは現代のおよそ2~3倍の消費量となる。また、表3によると、両集落で現代の2.2~3.3倍の熱エネルギーを単位面積当たり消費している。これは、茅葺きの古民家の熱損失係数が現代家屋より大きいため、暖房効果を得るために多くのエネルギーを投入した結果であると考えられる。暖房効果については次の(3)で述べる。

以上の結果からエネルギー消費量を湯本地区全体で比較

*1 rmは層積立方メートル。本論文では1 [rm]=0.8 [m³]とした。
 *2 ある区域から生産された炭の重量とその区域の面積を聞き取り調査から得た。炭の重量と炭化物収率0.17~0.19¹⁵⁾、薪炭材の密度1 [g/cm³]¹¹⁾から求めた原木の体積を、区域の面積で割って計算した。
 *3 男性6名への聞き取り調査から阿武隈川森林計画区第3次国有林野施業実施計画図(平成16年度)上で読み取った面積に0.95をかけ、実際に利用できた面積を取り出したもの。0.95の値は男性1名への聞き取り調査による。

*4 エネルギー消費量をエネルギー利用機器の置かれている部屋の総床面積で割った値。
 *5 柴の単位発熱量はデータがなかったため、文献¹⁰⁾より薪の値を適用した。

表2 家族1人当たりの年間熱エネルギー消費量の比較

集落名	昭和30年頃 [MJ/年/人]	現代 [MJ/年/人]
湯本温泉	8,212~9,000	12,042
田良尾	14,108~15,635	13,131

表3 単位面積当たりの年間熱エネルギー消費量の比較

集落名	昭和30年頃 [MJ/年/m ²]	現代 [MJ/年/m ²]
湯本温泉	845~956	391
田良尾	1,452~1,608	482

すると、昭和30年頃は15,631~17,264 [GJ/年]、現在は6,480 [GJ/年] (事業所を除く) で、当時は現代の2.4~2.7倍のエネルギーを消費していたことがわかる。これには、湯本地区の人口が現代よりも多かったこと (約2.3倍) も関係していると思われる。したがって、湯本地区の私有林から供給される木質バイオマスだけで、現代の湯本地区の民家の熱需要を賄うことは、需給の観点からは十分可能である。

(3) 古民家での暖房効果

単位面積当たり現代の2.2~3.3倍の熱エネルギーを投入して、昭和30年当時、茅葺きの古民家の室温はどれくらい上昇したのかを以下では見ていく。評価の期間として冬期に注目する。聞き取り調査・文献⁶⁾ から、古民家の間取り・材質はわかっているので、内部構造を考えない家屋全体での平均熱損失係数を計算すると、9.5 [W/m²/°C] となる⁶⁾。正確な部屋の上昇温度を知るには、家屋の内部構造を考え、各部屋の換気量も求めなければならないが、ここでは、平均熱損失係数を用いた上昇温度範囲の算出に留めることにする。

そこで以下では、次のような計算を行う。各暖房機器に使用されていた木質バイオマス量を計算し、(2) で述べた単位発熱量をかけて各暖房機器の稼働時間で割り、機器の時間平均出力を考える。この出力を家屋全体の平均熱損失 (全延床面積 [m²] × 9.5 [W/m²/°C]) で割って、家屋全体での平均上昇温度を求める。暖房機器のある部屋は家屋全体の平均よりも暖かいので、この値は上昇温度の下限値となる。一方、暖房機器の時間平均出力を、暖房機器のある部屋の平均熱損失 (部屋の床面積 [m²] × 9.5 [W/m²/°C]) で割ると、全ての部屋から一様に熱が流出すると仮定したときの、暖房機器のある部屋の上昇温度が求まる。外部と暖房機器のある部屋との温度勾配は、機器のない部屋との温度勾配よりも大きいため、実際には熱の流出は暖房機器のある部屋で最も大きい。よって、ここで求めた値は上限値となる。なお、稼働時間は聞き取り調査によって得た冬期の値を使う。それによると、蒸釜は毎朝約2時間、風呂 (田良尾のみ) は2日に1回3時間、囲炉裏は16~18時間毎

⁶⁾ 古民家の換気回数 [回/h] が不明なので3 [回/h] と仮定し、各材料の熱伝導率は文献³⁾ の値を用いた。

表4 古民家の各暖房機器のある部屋の上昇温度範囲

集落名	蒸釜[°C]	風呂[°C]	下囲炉裏[°C]
湯本温泉	4.5~14.4	—	2.2~17.0
田良尾	5.5~21.6	0.7~4.7	5.1~48.9

日稼働しており、暖房効果が最大の機器は囲炉裏であったと推測される。

クズ炭はこたつと蒸釜に利用されていた。湯本温泉の女性2名、田良尾の女性2名への聞き取り調査でこたつに使用していた炭の体積が得られた。よって、その体積と炭の密度0.3~0.6 [g/cm³]¹⁴⁾ からクズ炭の年間消費量が計算でき、こたつで湯本温泉30.6~61.2 [kg/年]、田良尾46~92 [kg/年]、蒸釜で湯本温泉256~286 [kg/年]、田良尾384~430 [kg/年] となる。湯本温泉では薪8.1 [rm/年] は全て囲炉裏に使用されていた。田良尾では、薪は風呂と囲炉裏に使用していた。風呂を沸かすために必要な熱量から、田良尾での薪使用量は風呂0.5 [rm]、囲炉裏13.0 [rm] となる。柴は全て夏期に囲炉裏で使用されたのでここでは考慮しない。

以上の計算結果が表4である。下囲炉裏のそばは十分暖かかったが、蒸釜の稼働時間は短く、他の部屋で暖房効果はほとんど得られなかったと考えられる。

ところで、現代の湯本地区の消費量と同量の灯油を古民家 (下囲炉裏の部屋) で利用した場合、部屋の上昇温度は、湯本温泉0.6~5.8 [°C]、田良尾1.2~15.1 [°C] となる。ただしここでは、古民家と現代家屋との延床面積が一致するように、部屋を縮小して計算した。部屋面積を縮小したにもかかわらず、この上昇温度は表4の値より大幅に小さい。現代家屋では同量の灯油で約14 [°C] の上昇温度が得られること⁷⁾ を考えると、古民家の熱損失がいかに大きく、当時は現代よりも多量の熱エネルギーを消費していたかがわかる。

3.3 トータルシステムの持続可能性

前項より、古来のエネルギーシステムは現代よりも多くの熱エネルギーを自家消費しながらも、持続可能に機能していたことが明らかになった。しかし、山林利用は薪・柴採取だけではなかったため、本項では、農業、茅や草の採取、放牧、現金収入源である炭焼きも含めた場合について見ていく。薪・柴の採取・農業・茅の採取・採草と放牧・炭焼きの全ての山林利用を含むシステムを、ここではトータルシステムと定義し、このトータルシステムの持続可能性を評価する。そこで、3.2 (1) の薪・柴の場合にならって、持続的な利用に必要な炭山・農地・採草地・放牧地・茅山の面積を計算する。

まず、炭山について考える。昭和30年頃の年間炭生産量は、湯本温泉3世帯、田良尾3世帯への聞き取り調査によ

⁷⁾ 湯本地区の現代の灯油使用量と、石油FF式暖房機のエネルギー消費効率86%、省エネ基準の現代家屋の熱損失係数2.4 [W/m²/°C] より計算。

ると、湯本温泉6.3 [t/戸/年]、田良尾9.5 [t/戸/年]であった。これは、各集落での平均的な値である。この生産量をもとに湯本地区での地域住民による年間炭生産量を計算すると、1,410 [t/年]となる。文献調査³⁾によると、昭和28年の湯本地区の炭生産量は2,767 [t/年]（湯本地区内での業者生産量を含む）であった。業者と地域住民の炭山利用面積はおよそ1：1であるから、聞き取り調査結果は妥当であると考えられる。

炭の炭化物収率（炭の重量/原木の重量）は0.17～0.19¹⁵⁾、原木の密度は1 [g/cm³]¹¹⁾である。これらと炭生産量から原木の体積を求めると、湯本温泉33～34 [m³/戸/年]、田良尾50～51 [m³/戸/年]となる。単位面積当たりの薪炭林蓄積173～193 [m³/ha]¹¹⁾で割ると、炭生産に必要な面積は、湯本温泉0.17～0.21 [ha/戸/年]、田良尾0.26～0.32 [ha/戸/年]となる。炭焼きを行っていた男性7名への聞き取り調査によると、炭の原木は再生するまでに約30年かかるので、炭山の利用周期は30年であった。

聞き取り調査によると、食糧に関しては、米と野菜は多くの家庭で自給していた。年間1人当たりの米の消費量は3俵（=12斗）、一戸の人数は平均8人であったため、当時の生産高14.4 [斗/反]⁴⁾*8から必要な田の面積を計算すると6.7 [反/戸/年]となる。野菜を自給するために必要な畑の面積は5 [反/戸/年]であった³⁾。これらを合わせて、必要な田畑面積は1.17 [ha/戸/年]となる。田畑の利用周期は1年であった。

次に、採草地・放牧地について計算する。馬一頭が1年に食べる草は3 [t/頭/年]¹⁶⁾で、放牧期間は5～9月、厩での飼育期間は10～4月であった。よって、放牧地に必要な草は1.25 [t/頭/年]、採草地に必要な草は1.75 [t/頭/年]となる。温帯の牧草成長量8 [t/ha]¹⁶⁾で草の重量を割ると、馬一頭当たりに必要な放牧地・採草地面積が求まり、各戸一頭の馬を飼育していたから、放牧地0.16 [ha/戸/年]、採草地0.22 [ha/戸/年]が必要となる。草の利用周期は1年であった。

また、茅屋根の葺き替えには一戸当たり3 [ha/戸]の茅山が必要であった。茅は1年で再生し、屋根は20年に一度葺き替えていたため、3 [ha]で20戸分を供給できたことになる。

以上より、3.2 (1)と同様に利用率を計算すると、表5のようになる。値は各集落当たりのものである。ただし、湯本地区全体で共同利用していた旧陸軍軍用地の各集落への面積配分は不明であるため、単純に3集落の戸数に比例した配分と仮定して表5の計算を行った。

最も山間部に位置する湯本温泉では、表5の中で田畑が

表5 各集落の必要な土地面積，利用可能面積，利用率

集落名	土地種別	必要面積 [ha]	利用可能面積 [ha]	利用率[%]
湯本温泉	炭山	311～384	1,086	29～35
	田畑	71.4	43	167
	放牧地	9.8	62	16
	採草地	13.4	54	25
	茅山	9.2	19	48
田良尾	炭山	444～548	1,181	38～46
	田畑	67.9	81	84
	放牧地	9.3	18	51
	採草地	12.8	80	16
	茅山	8.7	19	46

唯一利用率100%を超えている。需要を満たした持続可能な農業は不可能で、食糧の一部は現金購入に頼っていたことを表している。しかし、炭焼きをはじめ、その他の土地利用は全て持続可能であったと考えられる。

湯本地区3集落のうち、残りの大平は田良尾とほぼ同じ生活様式であった。よって、全土地種別にわたる田良尾での必要面積の総和（一戸当たり）を、大平に適用し戸数をかけて、利用可能面積と比較すると、大平の利用率は26～31%となる。よって、大平の土地種別の利用率は不明だが、湯本温泉・田良尾と同様に持続可能であった可能性が高い。

3.2と本項により、湯本温泉の田畑不足を除けば、経済活動である炭焼きも、多くの経済外部的活動も、持続可能に営まれていたことがわかった。

経済活動は農閑期の炭焼きと1ヶ月間の養蚕のみで、生活に必要な薪・柴の採取、農業、放牧、採草、茅屋根葺きは、全て経済外部的活動であったことは既に述べたとおりである。本項および3.2 (1)より、湯本地区の経済外部的活動で実際に利用されていた土地面積は年間1.7～1.8 [ha/戸/年]、炭山の利用面積は年間0.2～0.3 [ha/戸/年]となる。これは、経済外部的活動による山林利用のほうが大規模だったことを示しており、経済外部的活動の重要性が見て取れる。

3.4 経済外部的活動の役割

前項までの議論により、湯本地区のトータルシステムの持続可能性が評価でき、また、経済外部的活動の重要性が見えてきた。本項では、その経済外部的活動が生活全体に対しどれほどの重要性を持っていたのかを、定量的に評価する。

評価の尺度には現金の額を用いる。まず、湯本地区の一般世帯で1年間に消費された、全ての家計費品目^{*9)}の金額（経済外部的活動によって消費した物も含む）と租税額の和を、分母（“全生活費”と定義）とする。次に、湯本地区

*8 文献⁴⁾にある昭和22～32年の生産高のうち、凶作だった昭和28年を除いた10年間の平均値。

*9 文献^{6), 7)}により定義されている品目。

の一般世帯の炭焼き・養蚕による現金収入額（事業費を引いた所得額）を分子（“所得額”と定義）とする。1からこの比（所得額 / 全生活費）を引いた値を、湯本地区の経済外部的活動の重要性を表す“生活自給率”として定義する。なお当時は、現金収入のほぼ全額を納税・炭の原木の購入・飲食費などに充て、貯蓄しなかったためこのような解釈が成り立つ。

上記のような、自家消費などの経済外部で消費された物資を含む家計費の計算は、農林省統計調査部（現・農林水産省統計部）により文献⁶⁻⁸⁾で地方ごとに行われている。この文献⁶⁻⁸⁾にある東北地方の農家・林家のデータから、上で述べた湯本地区の全生活費を推定した（付録1）。所得額は、聞き取り調査から得た炭・繭の生産量を、文献調査^{4), 5), 9)}により当時の価格に換算し、事業支出を差し引いて把握した。ただし戦後はインフレが激しいため、全生活費・所得額ともに昭和28年の物価に揃えて計算した*10。これらから生活自給率を計算でき、表6のようになる。

この結果から、昭和28年に田良尾では生活の50~60%を、湯本温泉では60~70%を経済外部的活動で賄っていたことがわかる。経済外部的活動の重要性は、前項で見たような山林利用の規模だけでなく、現金換算による評価にもはっきりと表れた結果となった。

また、表6には、温泉のない田良尾では湯本温泉よりも山林利用の規模が大きく、炭山での経済活動が大きかったことも表れている。現代の湯本温泉の世帯では、生活自給率が5.5%*11であることを考えると、この50年で地区の生活様式が大きく変化したことがわかる。

経済外部的活動には、熱や食糧を得ること以外にも重要な役割があったと筆者らは考えている。3.1で述べたように、経済外部的活動は近隣世帯一体となった“結い”によって行われていた。男性のいない世帯でも、農作業を無事終えることができ、地域での暮らしに不安はなかったと言う。ここからは、“結い”によって“協働”の精神が培われ、安定したコミュニティが形成されていたことがうかがえる。

またさらに、“結い”によって集落周辺の山林を伐採することは、里山を含めた生活環境の維持にもつながっていた。もし、全生活費の全額を炭焼きによる経済活動で得るとしたら、必要な炭山面積は、湯本温泉では表5の少なくとも4.7倍、田良尾では3.2倍となる。この炭山面積は、各集落の薪林・炭山として利用可能な面積のそれぞれ1.2~1.5倍、1.1~1.4倍に当たる。これは、炭焼きだけで当時の生活を維持した場合、住民が利用していた山林は炭焼きの1周期（30年）

表6 各地区の生活に要する費用、所得額、生活自給率
金額は全て昭和28年の貨幣価値による表示

集落名	全生活費 [円/年/戸]	所得額 [円/年/戸]	生活自給率 [%]
湯本温泉	310,091~370,708	121,983	60.7~67.1
田良尾	317,836~378,453	154,686	51.3~59.1

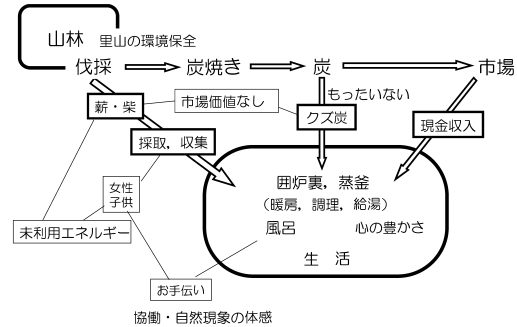


図2 経済外部的活動と生活の関係

で消滅することを示している。このように、経済外部的活動により、様々な経済外部的価値を創出していたのである。

このような経済外部的活動を模式図に表すと図2のようになる。すなわち、市場価値のない女性や子供の労働で市場価値のほとんどない薪・柴・クズ炭を利用し、それによって里山の維持、コミュニティ形成などの経済外部的価値が生まれていた。一方、現代社会には、図2において、資源の利用→市場での売買→現金収入→生活という市場に関わる一方向の活動しかない。これは、現代の活動は経済外部的価値の創出をともなわないことを表している。

また、3.2(2)で見たように昭和30年頃の湯本地区全体の熱エネルギー消費量は15~17 [TJ/年]で、これを灯油に置き換えると296~336 [ton-C]の二酸化炭素排出源に相当する（灯油の二酸化炭素排出原単位は0.071 [ton-C/MWh]¹⁹⁾）。昭和30年頃の湯本地区では、現代と比較するとこれだけの二酸化炭素排出量を抑制していたことになる。

4. むすび

本論文では、まず、燃料革命以前の湯本地区における熱エネルギーシステム（暖房・調理・給湯）に注目し、その持続可能性の評価と現代との比較を行った。その結果、昭和30年頃の湯本地区には、地区の全熱需要を満たしながら持続可能に循環するシステムが実現していたことがわかり、その熱エネルギー消費量は現代の2.4~2.7倍であったことがわかった。したがって、湯本地区の木質バイオマスで現代の地区の熱需要を賄うことは可能である。

本論文ではまた、上で述べた燃料革命以前の熱エネルギーシステムに、当時の経済外部的活動である農業・茅草の

*10 昭和28年のデータが欠けている場合は、近い年のデータや文献⁹⁾のデータを、文献^{5), 17)}を用いて28年に換算した。

*11 現代の湯本地区では米・野菜は自給自足である世帯が多い。よって、米・野菜の消費額を文献¹⁸⁾から求め、湯本温泉の2世帯への聞き取り調査から得た現代の全生活費との比をとって求めた。

採取・放牧と、経済活動である炭焼きを合わせた山林利用システムをトータルシステムと定義し、その持続可能性についても定量的評価を行った。その結果、湯本地区の人々は、炭焼きによる現金収入で食料需要を補いつつ、持続可能に暮らしていたことがわかった。特に注目すべき点は、3.4で定量的に評価したように、持続可能なシステムを支えたものは経済外部的活動であったという点である。経済外部的活動は“結い”と呼ばれる共同作業で実践された。“結い”は、現代の言葉で言えばコミュニティの活動に相当する。つまり、持続可能な社会を根底から支えたものは湯本地区のコミュニティであった。このことは、環境問題を考え、地域社会からEMYを実践していくための最も重要な条件が、コミュニティであることを示唆している。

謝辞 本調査・研究を行うに当たって、天栄村 小山 志津夫課長補佐、ほか多くの住民の方々、東北大学 浅沼 宏助教授、瀬川 昌久教授、吉野 博教授、横山 一代助手にご指導、ご協力頂いたことをここに記し、謝意を表す。また、本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究A(2)(15206097)により実施した。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) H. Niituma and T. Nakata; *EMY (Energy In My Yard) - a concept for practical usage of renewable energy from local sources*, *Geothermics*, 32 (2003), 767-777.
- 2) 新妻弘明; *EMYと地域社会 - 持続可能な文明への転換と再生可能エネルギーの利用拡大 -*, 地学雑誌, (2005), 印刷中.
- 3) 天栄村史編纂委員会; *天栄村史 第一巻*, (1990), 686, 898, 第三巻, (1987), 912, 1457, 天栄村.
- 4) 星 勝晴; *湯本山郷史 上巻*, (1973), 162.
- 5) 総務省; *日本の長期統計系列/第22章 物価* <http://www.stat.go.jp/data/chouki/22.htm> (アクセス日2005.9.22. 第22章の農産物類別価格指数, 農業生産資材別価格指数を使用)
- 6) 農林省統計調査部; *昭和28年度農家経済調査報告*, (1955), 257, 269, 271.
- 7) 農林省統計調査部; *昭和39年度農家経済価値統計*, (1966), 210, 212, 農林統計協会.
- 8) 農林省統計調査部; *昭和39年度林家経済調査報告*, (1966), 90-93, 農林統計協会.
- 9) 農林省統計調査部; *昭和27年度物財統計報告*, (1954), 48, 106, 109, 214-215, 362-363, 452-453, 587.
- 10) 天栄村; *天栄村新エネルギービジョン*, (2002), 32.
- 11) スイスー日本エネルギー・エコロジー交流会編; *木のエネルギー ハンドブック*, (2005), 19, 76, 77, 79, 80, 岩手木質バイオマス研究会.
- 12) 岸本定吉; *炭*, (1976), 19, 丸ノ内出版.
- 13) 山口徹, 吉野博, 松本真一, 小林仁, 長谷川兼一; *伝統的民家における夏期の室温上昇緩和効果に関する数値計算による検討*, *日本建築学会大会学術講演梗概集*, (1997), 955.
- 14) 東京天文台編纂; *理科年表*, (1988), 439, 丸善株.
- 15) 全国燃料会館日本木炭史編纂委員会編; *日本木炭史*, (1960), 549, 全国燃料会館.
- 16) 武内和彦, 鷲谷いづみ, 恒川篤史; *里山の環境学*, (2001), 175-178, 東京大学出版会.
- 17) 総務省; *消費者物価指数/長期時系列データ 接続指数* <http://www.stat.go.jp/data/cpi/longtime/index.htm> (アクセス日2005.7.11. 接続指数の第8表を使用)
- 18) 総務省; *家計調査/調査結果/農林漁家世帯を含む* <http://www.stat.go.jp/data/kakei/2004nn/index.htm> (アクセス日2005.10.10. 平成16年の表番号4-1都市階級・地方別を使用)
- 19) 日本エネルギー経済研究所編; *エネルギー・経済統計要覧* (2004年版), (2004), 省エネルギーセンター.

付録1 昭和28年の“全生活費”推定方法

昭和30年前後の湯本地区では、4～10月は農業、11～3月は炭焼きを行っていたため、その暮らには農家と林家の中間に相当する。よって、昭和28年の湯本地区の全生活費を推定するための資料として、農家経済調査報告⁶⁾・農家経済価値統計⁷⁾・林家経済調査報告⁸⁾が挙げられる。これらには、調査当時の農家または林家の品目別家計費、租税額、事業費、自家消費や物々交換などで市場を介さずに得た品目を現金換算した額などが記載されている。

まず、昭和28年の農家経済調査報告⁶⁾を使って、次のような仮定を置く。量はいずれも昭和28年のものである。

$$\begin{aligned} & (\text{農家の飲食費}) / (\text{農家の全生活費}) = \\ & (\text{湯本地区の飲食費}) / (\text{湯本地区の全生活費}) \dots (1) \end{aligned}$$

これは、昭和28年の農家の飲食費が全生活費に対し占める割合と、湯本地区のそれが等しいと仮定した式である。飲食費は、支出の中で最も優先的に確保される品目の一つであるため、飲食費と全生活費の比は、地域・生業に最も依存しにくく、この仮定は適切と考えられる。(1)式の左辺には、昭和28年度農家経済調査報告⁶⁾に記載された全国の農家のうち、所得額が湯本地区の世帯に最も近い0.5-1町歩規模の北関東の農家のデータを使用する。右辺の分子にある湯本地区の飲食費は、聞き取り調査で得た昭和30年頃の食物の消費量を文献⁹⁾で現金換算して得られる。これらと(1)式から、昭和28年の湯本地区の全生活費を推定でき、湯本温泉310,091 [円/戸/年]、田良尾317,836 [円/戸/年]となる。

次に、林家経済調査報告⁸⁾を用いて、昭和28年の湯本地区の全生活費を推定する。ただし、林家経済調査は昭和39年に開始したため昭和28年のデータがなく、補完しなければならない。そこで、昭和28年度農家経済調査報告⁶⁾と昭和39年度農家経済価値統計⁷⁾のデータを比較し、家計費や租税額が両者でどれだけ変化しているかを読み取り、その変化の割合を昭和39年林家経済調査報告⁸⁾に適用してデータの補完をする。家計品目別の支出額の分布が、昭和28年の生活様式を反映したものであるべきなので、昭和39年のデータから消費者物価指数¹⁷⁾を使って補完するのではなく、上記のような補完を行う。(1)式にならうと、林家についても次のような仮定を置くことができる。量はいずれも昭和28年のものである。

$$\begin{aligned} & (\text{林家の飲食費}) / (\text{林家の全生活費}) = \\ & (\text{湯本地区の飲食費}) / (\text{湯本地区の全生活費}) \dots (2) \end{aligned}$$

補完したデータと(2)式から、昭和28年の湯本地区の全生活費は、湯本温泉322,123 [円/戸/年]、田良尾329,868 [円/戸/年]となる。

本文の3.1で述べたように、昭和30年頃の湯本地区の世帯では、熱エネルギーに関しては自給自足を行っていた。この点は、山林利用を盛んに行う林家の生活様式と同じである。よって最後に、飲食費ではなく燃料費が全生活費に占める割合が、林家と湯本地区の世帯で等しいと仮定すると、次のようになる。量はいずれも昭和28年のものである。

$$\begin{aligned} & (\text{林家の燃料費}) / (\text{林家の全生活費}) = \\ & (\text{湯本地区の燃料費}) / (\text{湯本地区の全生活費}) \dots (3) \end{aligned}$$

(3)式の左辺は、(2)式のところで述べたデータの補完により既知である。右辺の分子は、聞き取り調査で得た昭和30年頃の木質バイオマス消費量を文献⁴⁾、⁸⁾、⁹⁾で現金換算して得られる。これより、昭和28年の湯本地区の全生活費を推定すると、湯本温泉370,7081 [円/戸/年]、田良尾378,453 [円/戸/年]となる。(1)、(2)、(3)式のような3つの方法で、それぞれ全生活費を推定したため、本文の表6の結果には幅が生じている。