

循環型地域社会構築におけるエネルギー自給

上席客員研究員 和田 清美

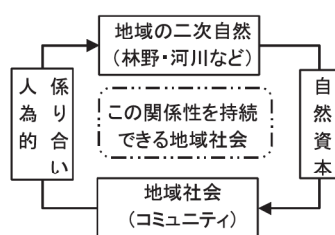
はじめに

我が国は、生物多様性基本法の下、豊かな生物多様性を保全しその恵沢を将来にわたって享受できる自然と共生する社会を実現するとしている。具体的に、循環型・低炭素・自然共生社会の構築が議論されている。

なお、本論でいう循環型社会とは、循環型社会形成促進基本法第二条一項に定める循環型社会¹を否定するものではないが、これとは視点を異にする考えに基づくものである。図表 1. に示す通り、地域生態系の中にあり、二次自然への人為的係り合いにより地域の自然資本を持続的に利用できる地域社会を意味する。

また、持続可能な循環型社会構築に必要な不可欠な要素として、食・エネルギー、ならびに淡水の自給がある。このためには、地域の二次自然から得られる、自然資本と地域社会の有する労働資本の持続が大前提となる。自然資本の代表的位置⁽¹⁾にある森林は、1960年代に推進された「拡大造林」により全国森林面積の約40%を占める約1,000万haが針葉樹林(人工林)となっている。一方、この人工林全体において、長期的林業部門の低迷から適正な採取が行なわれず手入れ不足が顕在化し林地の荒廃がみられ、間伐などの実施が急務とされている⁽²⁾。これらの一部と考えられる、本稿で述べる生出(おいで)地区を見てみると、地域全体面積約3,580ha(国土面積の約1万分の一)の約87%を占める約3,130haが林地であり、その約57%がスギ主体の針葉樹林である。これらも、

図表 1. 循環型社会の定義



¹循環型社会形成推進基本法第二条一項：循環型社会とは、「製品等が廃棄物となることが抑制され、並びに製品等が循環資源となった場合においてはこれについて適正に循環的な利用が行なわれることが促進され、及び循環的な利用が行われない循環資源については適正な処分(廃棄物処理に関する法律に従う処理法による)が行われ、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会を言う」とされている(「環境法令研究会(2008)環境六法Ⅱ、中央法規

踏破調査の結果、手入れ不足の状態、針葉樹林の鬱閉化ならびに広葉樹林においても、薪炭利用の時代的激減を反映し、適切な採取がされずに藪化状態を呈していることが分かった。この結果、林地の荒廃が見られ、特に水源涵養能力の低下を生じ流域河川の流出量減少が著しい状況であることを確認した。加えて、地域の労働資本面を見ると、中山間地特有の少子高齢化⁽³⁾にある。さらに、東日本大震災の影響も大きく地域内での雇用創出を必要としている。このような地域の二次自然ならびに地域社会両面の課題を解決するために、同地区で推進しているエネルギー自給型の持続可能な循環型地域社会構築に関する輪郭の一部について述べる。

1. 地域性

地域性は、地域の二次自然ならびに地域社会全体に関して歴史的要素を含め、地域の状態を総合的に表していると考えられる。このことは、地域の課題を地域の資本を利活用し、解決する場合に重要事項と言える。

(1) 生出地区の概要

生出地区(<http://www9.ocn.ne.jp/~oide/>)は岩手県南部地方にあり、陸前高田市街から北西に約17km離れた位置にある中山間地である。世帯数113、人口364人(陸前高田市統計、2005)、小字数9、地区面積、林地面積、森林率は上述の通りで、耕地面積0.50km²の規模である。また、地域全体が一つの「生出地区コミュニティ推進協議会」としてまとまっている。

(2) 地勢・風土

地勢は地表面が東西に狭く南北方向に段丘を形成し、さらに地域全体が標高500~900mの峰々で囲まれている。従って、交通の面では閉鎖社会的状況が強い所である。また、峰々を分水嶺(分水界)とし水文学的水区域が区分された、三源流を有する地域唯一の生出川が地域の中心を北から南に流れている。この河川は地域生活を歴史的に支えてきた。

しかしながら、地域内に 24 時間当たり約 200 mm を超える降水を見ると、歴史的に著しい増水または洪水の被害を受ける状況にあり、森林の水源涵養能力の変移は地域にとって大きな課題の一つと考えられる。

同じく気候、地味などの自然条件は、岩手県内では比較的温暖と言われている陸前高田市街に比較し、年間を通して気温が平均 1℃前後低く、過去の月平均最低気温は 1 月の -3.7℃ (1984) である。

この気温の低さは、生出地区の課題の一つとされている冬季の暖房費に直接関係すると思われる。

また、冬季の降雪も多いが、年間降水量は 1,380mm 台で、全国平均 1,700 mm に比較し低い。

なお、この寒冷地的気温と低降水量を生かした、新農作物の栽培計画も地域活性化の一つと考えられる。

(3) 文化・生活習慣

生出地区は上述の通り、小規模な中山間地であるが独自の地域文化を形成してきた。その中で、自然資本の利活用を基に、林業に加え過去には、踏鞴製鉄・馬産・製糸・酪農・製炭業などの地域産業を創出し日常生活と産業を一体化した生活習慣を歴史的に伝承してきた。現在は、林業と製炭業を継続している。また、市の無形民俗文化財の指定を受けている神楽、剣舞、鹿踊を伝承している。これらの生活習慣から生まれる地域構成員間の信頼と絆は、地域エネルギー自給システムを考える場合の人的資源面で有効と考えられる。

2. エネルギー消費構造と地域の課題

生出地区の地域性に基づく課題について、エネルギーの面から明らかにする目的で家庭用エネルギー消費構造をアンケート方式で調査した。なお、調査は筆者の依頼により生出地区コミュニティ推進協議会の協力で行った。

(1) 調査方法

アンケート調査は、2008 年 9 月現在の全世帯数 114、人口 317 人 (2005 統計とは相違) の内、長期不在宅 4 軒を除く 110 世帯に調査用アンケートを配布した。

アンケート内容は、エネルギー源別の項目を示し調査対象期間を 2007 年 9 月～2008 年 8 月までの 12 ヶ月分とした。電気料金ならびに LPG 使用量に関して各家庭における毎月の料金振り込み額を記入願った。

その金額に対して電力料金単価 (東北電力株) を基に、各家庭別の月単位の電力使用量 [kWh] を算出した。電力料金単価については、契約電流値別基本料金と使用料金を各々区別し算出後その合計値を採った。

LPG (プロパン) についても電力料金同様、LPG 購入先あての使用料金振込額と地域における LPG 料金体系を

基に世帯別の LPG 使用容量 m^3/y を算出した。

家庭用灯油については、購入用容器の容量と回数ならびに据え付けタンクの容量と給油回数から年間使用量を記入する方法を採った。

さらに、薪の年間使用量の棚数ならびに木炭の俵数から各々総量を算出した上で、それぞれのエネルギー量を算出した。

また、自動車ならびに農林業機器用ガソリン、軽油、重油についての年間使用量については、燃料タンク容量と燃料購入回数から総量を記入する方法を採った。

(2) 家庭用エネルギー消費量調査結果

アンケート配布 110 世帯に対し、回収は 85 世帯、人口 264 人分、回収率は約 77% であった。エネルギー源別消費量は図表 2. に示す通りとなった。

アンケート回収 85 世帯、人口 264 人分の総エネルギー消費量は、約 3,910 GJ/y (一人当たり 14.8 GJ/y) であった。これを 114 世帯、人口 317 人に単純換算すると約 5,240 GJ/y となる。

なお、エネルギー源別消費熱量算出に際して、薪炭に関する単位重量当りの発熱量値の採り方ならびに量の特定の仕方により差異が生じる。

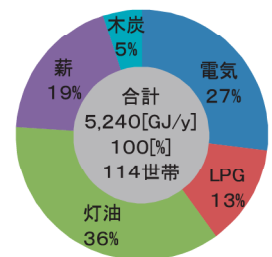
薪については、乾燥度合いにより 1 棚の重量が変化するが、ここでは 1 棚分、0.81 t (水分 30%) とした。また、薪の発熱量 15.66 GJ/t は新エネルギー等導入促進基準調査・バイオマスエネルギーの実態等調査、(新エネ財団、2001) を使った。ガソリン、軽油、灯油、重油、LPG の単位発熱量は、環境省・経済産業省「温室効果ガス排出基準算定・報告書マニュアル Ver. 1」による。家庭用エネルギーに加え、自動車用エネルギーを見るために、生出地区の自動車保有状況を調査した。その結果、生出地区の世帯当りの自動車保有台数は、自動車所有世帯 86 について総台数 160 台で世帯当たり台数 1.860 台であった。これは、全国 1.107 台、岩手県 1.368 台に比較し多いことが分かった。

(3) 経済格差とエネルギー消費量の関係

生出地区は上述のように、市街地から隔離された、寒冷な中山間地であり、日常生活における移動用エネルギーならびに冬季の暖房用エネルギーの消費量が多い。また、同じく上述の通り、典型的な少子高齢化地域社会であり所得格差を考えられるが、生出地区の世帯別経済的調査を実施してないので陸前高田市における市民一人当たりの分配所得を参考に検討した。

生出地区の経済格差を図表 3. の陸前高田市と同じと見た場合、全国比約 60% (2006) であり、岩手県の約 80% に比較しても低い。これに対して、生出地区の地域生活ならびに職業活動などにおけるエネルギー消費量

図表 2. 生出地区の家庭用エネルギー源別消費量



は、全国、岩手県の平均値に比較して家庭用、自家用車用とも高い。なお、図表 3. において個人所得とエネルギー消費量の年度に 2 年間の相違があるが一つの比較として引用した。

図表 3. 生出地区の家庭用ならびに自動車用エネルギー消費量

	1人当り所得 ^{注1}		エネルギー消費量 ^{注2} [GJ/y]		
	千円/年	[%]	家庭用	自家用車	合計
全国	2,922	100	12.8	9.0	21.8
岩手県	2,346	約80	—	10.2	—
陸前高田市	1,718	約59	—	—	—
生出地区	—	—	14.8	13.6	28.4

注1. 全国・岩手県は、岩手県(2006)平成18年度岩手県県民経済計算の概要。

陸前高田市は、岩手県(2006)平成18年度岩手県県民経済計算・市民所得より

注2. 家庭用の全国は、環境省編(2008)環境・循環型社会白書平成20年度版、p28、図2-2-9読み取り算出、一人当たりの値で、2~4人の平均値。

自家用車用は、全国ならびに岩手県とも、独立行政法人経済産業研究所(2006)研究員監修：経済産業省

資源エネルギー庁都道府県別エネルギー消費統計の試算結果の分析-I(2006)年度版-都道府県別

エネルギー消費統計の試算結果の地域比較より

生出地区は、いずれも調査結果による

経済格差の点で全国平均の約 60%に留まる中、家庭用エネルギー消費量は全国平均の約 116%、自動車用エネルギーは同じく約 150%となる。従って、エネルギー調達費用の面で大きな経済的負担を有していることが分かった。

(4) 家庭用エネルギー源に関する考察と対策

エネルギー消費面での課題を解決する手段を検討するために、家庭用エネルギー源別状況を見ると図表 2. ならびに図表 4. に示す通りその比率は、電力 27、灯油 36、LPG 13、薪 19、木炭 5%であり、薪ならびに木炭を合わせると 24%を占め低炭素型構成といえる。

一方、2008 年版エネルギー白書によれば、灯油の 70%以上が家庭用、業務用として使用され一部産業用ボイラー燃料として用いられている。この中で、「平成 18 年度灯油消費量実態調査報告書」石油情報センターによれば、灯油の 40.5%、LPG の 33.1%が、他のエネルギー源に転換し、電気はこれを受ける形で、他のエネルギー源からの転入が 52.3%となっている(エネルギー白書(2008)P33、図第 112-1-11 による)。

また、図表 4. に、生出地区における世帯当りの家庭用エネルギー源の種別・絶対量の全国比を示した。

これによると、生出地区の電気の比率は全国の 1965 年に近い値であり、図表 4 において、全国の 48%(2006)比較して 21%低く、灯油の比率は全国の 20%に比較して 16%高い。この部分に上述の全国的傾向である、灯油ならびに LPG から電気への転換を当てはめると、今後、生出地区における、電力の需要拡大を十分予測できる。従って、生出地区のエネルギー消費面での課題解決策として、地域エネルギー源利用による電力自給が優位であると考えられた。そこで、後述の木炭水性ガス発電と小水力発電を組合せ、地域単位の電力自給を目的とする「自給電力網・コミュニティグリッド」を考案した。この自給電力網は「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」に対応するものではなく、地域で作る電力を地域で自ら使用するためのものである。

図表 4. 家庭用エネルギー源の種別比率と絶対量

種別	世帯当り家庭用エネルギー源の種別比率[%]と絶対量[MJ]					
	全 国 ^{注1}		生出地区 ^{注2}			
	1965年	2006年	1965年	2006年	2008年	(調査値)
石炭他	35	6,355	0.1	41	0	—
電気	23	4,177	48	19,772	27	12,420
都市ガス	15	2,724	20	8,238	0	—
灯油	15	2,724	20	8,238	36	16,560
LPガス	12	2,179	11	4,531	13	5,980
太陽熱	0	—	1	412	0	—
薪	—	—	—	—	19	8,740
炭	—	—	—	—	5	2,300
合計	100	18,159	100	41,191	100	46,000

注1. エネルギー白書2008年版、P113、図第212-2-4より

注2. 生出地区における調査結果(2008.9.)による

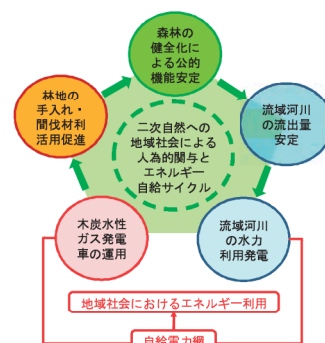
3. 地域エネルギー源利用とその効果

持続的エネルギー源として、地域の二次自然(森林・流域河川)から得られる自然資本を考えると、二次自然への維持管理面など、人為的関与の仕方を利用できる自然資本の質と量ならびにその持続性が定まると考えられる。このような条件の下、中山間地の代表的自然資本には、木質バイオマスならびに流域河川の流出水がある。即ち、この二つの資本の質、量、持続性は、森林の条件とそれを取り巻く気候的条件、そして地域社会による森林に対する関与の仕方に左右される。林地の手入れ不足の場合、林床荒廃により林内

降水の表面流出分が増大し、その分水源涵養量が減少する。また、木質バイオマスの変移によりその蒸発散量が変動する。この二つの事項は流域河川の流出量に関係するが、森林への適切な人為的関与で制御可能と考えられる。

なお、上述の二つのエネルギーを並行的に利用する相乗的效果は、図表 5. に示す通り地域の二次自然と社会の活性化に繋がると考えられる。

図表 5. 地域エネルギー利用と地域の二次自然・社会的効果



4. 木質バイオマス発電

(1) 木炭水性ガス発電の開発

現在、木質バイオマスエネルギーを電気エネルギーに変換する方式として、木質バイオマスの直接燃焼と直接ガス化が議論され実施されている。しかしながら、これらは複雑なシステム構成と高度な技術を必要とし地域の財産である「人材・資源・資金」を活かす形で地域に富を齎す方式には適さないと判断した。

そこで、地域の伝統的製炭業に着目し木質バイオマスを炭化した上で、ガス化におけるタールの影響を避けるために、木炭水性ガスの形で利用する方式を筆者が考案し「木炭水性ガス発電車」を開発した。

(2) 木炭水性ガス発電車の実証実験機

現在までに機能試験機である1号、実証実験機の2号機、さらに、福島県天栄村向けの3号機を製作した。図表6.に2号機の全体を示す、2号機による実証実験結果は、生出地区コミュニティ推進協議会のホームページにおいて、公開しているので参照されたい。

http://www9.ocn.ne.jp/~oide/07_mokutanhatsudensya/00_qxp.pdf.

図表6.中の、①はエンジン部、②は木炭水性ガス発生部、③は発電機部、④はインバータ部、⑤は蓄電池部を示す。

エンジンは軽トラックに使用されている0.66Lのガソリンエンジンを無改造で使用した。

発電規模は直流約10kVAで、DC-AC変換用インバータを接続し交流100V-50Hz 7.5kVA出力する。

木炭水性ガス発生部の構造は、上部から、「乾燥」「還元」「燃焼」部となっている。これに、炭を上部から投入し、投入口を密閉後下部の焚口に着火し、炭の一部を燃焼させ、装置全体を高温に移行させ木炭水性ガス反応を維持する。同時に、焚口格子下の高温部に水を供給する。これらにより、還元雰囲気中で木炭から発生する一酸化炭素(CO)と水(H₂O)が反応し水素ガス(H₂)を作る。これらの反応は、過去の木炭自動車運用時代から一般的に知られているもので、COならびにH₂ガス主体の混合ガスを作る。これをガソリン代替燃料として使用する仕組みである。

図表6. 木炭水性ガス発電車
(2号機)



の水車据え付け場所ならびにその近傍において十分再現し発電に供せると考えられることが分かった。

(2) 小水力発電用水車について

小水力発電用水車方式には、横型フランシス、プロペラ、クロスフロー、ペルトン、ターゴインパルス、ポンプ逆転、傾斜スクリュウ式、ならびに開放型などがある。さらに、開放型には、上掛け・胴掛け・下掛け式がある。これらの中から、地域の財産(人・資源・資金)の範囲で設計製作ならびにその運営維持管理が可能なものを選択する必要がある。その場合、地域で歴史的に使用されてきた、開放型の木製水車方式が優位と考えられる。なお、木製水車は「適切な素材と洗練された水車大工」により、製作されれば約20年間程度の寿命を担保できることが筆者の研究で分かった。

(注) 図表1～6.は、筆者の博士学位論文(2011)、「陸前高田市生出地区における木質バイオマスならびに水力エネルギーの持続的利用と循環型地域社会システムに関する研究」東北大学より引用した。

おわりに

生出地区における地域的課題の一部について、電力を自給する形で解決する試みについて述べた。

今後、他の地区においても、その地区に適合する「循環型地域社会」を創るために、自給電力網・コミュニティグリッドを活用する電力利用システムを構築して行く所存である。このことで、東日本大震災復興に微力ながら貢献できれば幸いである。

なお、地域特有のエネルギー源は、各地域性に由来し多様であり、必ずしも木炭水性ガスならびに小水力に限るものではない。

例えば、畜産廃棄物由来のメタンガス、減反政策を改善できると考えられる多収穫米由来のエタノール、ダム湖底水(低温)と温泉排熱を利用する温度差発電なども十分対象として考えられる。(4)(5)

また、コミュニティグリッド・自給電力網の詳細については次号以降において報告する。

5. 小水力発電

(1) 小水力発電の可能性

生出地区において、小水力を動力源として歴史的に利用してきたとの情報に基づき過去の木製水車利用状況を調査した。その結果、矢作町全体で34基、その内生出地区では、産業(製材、製糸)用合計3基ならびに家庭(精穀)用合計12基が1960年代まで漸減しながら稼働していたことが分かった。また、現在、町おこしの一環として精穀用1基が再建されている。

現代において小水力発電を計画するに当たり、過去

資料⁽¹⁾ 宇沢弘文・茂木愛一郎(1994)社会的共通資本、コモンズと都市、東京大学出版部。

資料⁽²⁾ 林野庁編(2009)『森林・林業白書(平成21年版)』、財団法人農林統計協会。

資料⁽³⁾ 平口義典(2008)山村地域における産業の創出・発展の条件に関する研究―戦前期岩手県仙仙郡生出製糸工場を事例にして―、博士学位論文、東北大学

資料⁽⁴⁾ JST研究(研究代表 両角和夫教授)東北大学「いわて発循環型流域経済圏の構築に関する研究 期間:2003.4～2006.3. http://www.ristex.jp/result/circulation/pdf/H15.03_morozumi_houkokusyo.pdf

資料⁽⁵⁾ いわて発流域経済圏の構築をめざして、NPO法人いわて銀河系環境ネットワーク <http://iwate-ginga.or.jp/>