〔研究ノート〕

バイオマスエネルギーの人間開発論
――フィリピンを事例としたローカルコモンズの意義――

鳥飼 行博*

序

東日本大震災以降，原子力発電所の事故を契機に，脱原子力，再生可能エネルギーの重要性が強調され，日本政府も再生可能エネルギーの導入を一層進めることを決めた。しかし，日本では，再生可能エネルギーやクリーンエネルギーが，太陽光や風力を由来とする自然由来の電気エネルギーであるかのような認識が広まっている。また，再生可能エネルギーに含まれるバイオマスエネルギーについても，バイオ液体燃料，バイオマス発電と見なされている場合が多い。しかし，これらの認識は，現在の世界の再生可能エネルギーの７割近くが，熱エネルギーを回収する伝統的バイオマスエネルギーであることを見落としている。グローバルな視点で，再生可能エネルギーの実情を見ると，その主流は，バイオマスエネルギー，とりわけ薪，木材，木炭，農業廃棄物などの固形（木質）バイオマスを直接燃焼利用することによって得られる熱エネルギーで，それを利用しているのは，主に開発途上国の貧困世帯である。さらに，人類の歴史をみれば，人類の進化が火の使用を契機にしており，それは薪を使った調理から，土器，陶器の製造へ用途を拡大し，さらに製鉄や蒸気機関でも，当初は木質バイオマスを広範に使用していた。食糧生産，生活，経済の上でも農業が大きな役割を果たした時代は，農耕文明といわれるが，これは言葉を換えればバイオマス文明である。景徳鎮の陶器，有田焼，伊万里などの芸術も，窯と木炭を使った窯業があって成立したものである。つまり，有史以来，産業革命の時期まで，人類史は古代から近代まで，食，道具，文化の上で，バイオマス文明として特徴づけることができよう。

そこで，本稿では，グローバルとローカルの双方の視点から，固形バイオマスを中心とした再生可能エネルギーとそれ供給してきたローカルコモンズの重要性を指摘し，バイオマスエネルギーに依拠した人間開発論を考察してみたい。

受理日2017年11月22日
＊教養学部人間環境学科社会環境課程教授

1．世界の一次エネルギー総供給

1-1　再生可能一次エネルギー総供給

21世紀の重大な課題となっている地球環境問題は，どのようなエネルギーによって経済的，社会的，文化的なニーズを満たすかというエネルギー問題の一環でもある。資源の消費量と再生量のバランスをとる持続可能な社会の構築には，枯渇性の資源エネルギー利用の抑制と効率的な利用，そして再生可能エネルギーの普及が求められからである。しかし，持続可能な社会を構築するためには，再生可能エネルギーの技術開発を進めるだけでは不十分であり，社会経済システムを長期的視野の中で研究することが必要である。

一次エネルギー総供給（Total Primary Energy Supply：TPES）は，一国内でのエネルギー生産とエネルギー輸入の差異から，エネルギー輸出と国内エネルギー在庫増減を控除した値で，国内への一次エネルギー純供給を示す。一次エネルギー総供給の値は，石油（原油）換算の重量（トン）・容積（リットルあるいはバーレル）・熱量（カロリー）で表される。IEA（International Energy Agency：国際エネルギー機関）では，石油1トン換算（toe）を4万1868メガジュール，1万メガカロリー，11.63メガワットとしているので，本稿もそれに依拠する[1)]。

2015年の一次エネルギー総供給は，石油換算でOECD諸国53億6631万トン，非OECD諸国80億612万トンである。このエネルギーの主要供給源については，OECD諸国は原油21億2000万トン，天然ガス13億7400万トン，石炭9億4800万トンで，非OECD諸国は石炭28億8800万トン（OECD国の255％），原油23億2200万トン（同96％），天然ガス15億7000万トン（同112％）である（図1-1参照）。つまり，世界の一次エネルギー総供給は，南北とも原油と石炭を

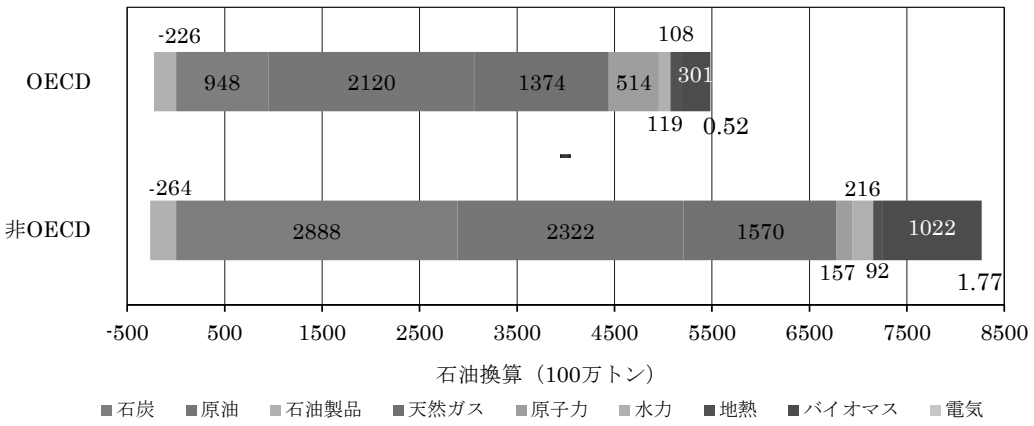


図1-1　2015年の南北別総エネルギー供給（石油換算100万トン）

注）石油製品は，ナフサ・灯油・軽油・LPガスなどの輸出。風力，太陽光，潮力は電気に含まれるが世界全体でも229万tに過ぎない。
出所）IEA（http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=OECDTOT&product=balances&year=2015）より作成。

中心とする化石燃料が担っており，再生可能エネルギーの供給は，水力，地熱，バイオマス，風力発電・太陽光発電などの電気もあるが，その主力はバイオマスエネルギーで，OECD 諸国3.0億トン，非 OECD 諸国10.2億トンで，非 OECD 諸国は 3 倍以上の供給を誇っている。

ここで，大量に供給された化石燃料が燃焼，消費されることで，二酸化炭素を中核とする温室効果ガスが入寮に排出され，それが気候変動，地球温暖化の要因となる。そこで，エネルギー利用に際して，できるだけ温室効果ガスの排出を抑制することが望ましく，そのために再生可能エネルギーの開発が重要視されている。

ここで再生可能エネルギーとは，日本の2009年「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」（エネルギー供給構造高度化法）では，「エネルギー源として永続的に利用することができると認められるもの」と定義されているが，実際には自然のプロセス由来で提供される太陽をエネルギー源とするエネルギーで，①自然エネルギー，②水力，③バイオマスエネルギー，の 3 種類に分類される（表 1 - 1 参照）。

表 1 - 1　再生可能エネルギーの分類

	源　泉	新エネルギー	伝統的エネルギー
自然エネルギー	風力	風力発電	風車（製粉機・揚水器）
	太陽	太陽光発電・熱温水器	天日乾燥（洗濯,干物）
	地球・月の引力	潮力発電	干満（水産業，塩田）
	火山などの地熱	地熱発電	地熱利用（温泉，農業）
水力	水流・落差	水力発電（ダム，水路）	水車（製粉機）
バイオマスエネルギー	エネルギー作物	バイオ燃料（液体）	ー
	家畜の糞尿	バイオガス（気体）	乾燥糞燃料（固形）
	木材・廃材・間伐材	バイオマス発電 廃棄物発電・石炭混焼	薪炭
	農業・食品廃棄物		焚きつけ燃料

注）エネルギー作物は，穀物，サトウキビなど。大規模水力発電は，ダム建設に伴い生物多様性の減少を伴うため，OECD 分類基準でも10MW 以下の小規模水力だけを再生可能エネルギーに含めている。ただし，統計によって水力発電全てを再生可能エネルギーとする場合もある。
出所）筆者作成。



写真 1 - 1　川崎市川崎区浮島町の廃棄物処分場埋立地跡（川崎市所有地11ha）に建設された浮島太陽光発電所。2011年 8 月から運転開始。発電能力 7 MW，年間発電量945万 kWh，建設当初の発電能力は日本第三位だった。 4 万枚の太陽光パネルが並ぶ。2016年 5 月27日撮影。

先進工業国で自然エネルギーといえば，太陽光発電，風力発電など20世紀後半になって普及し始めた電気エネルギー，新エネルギーと思われている（写真１-１参照）。行政だけでなく，企業，メディア，学会，市民においても，近年における再生可能電気エネルギーの著しい伸長を見れば，このことは，日本など先進工業国にあって当然である。

日本の経済産業省・資源エネルギー庁でさえも，再生可能エネルギーとは，「太陽光，風力，水力，地熱，太陽熱，大気中の熱その他の自然界に存する熱，バイオマスが規定されています。再生可能エネルギーは，資源が枯渇せず繰り返し使え，発電時や熱利用時に地球温暖化の原因となる二酸化炭素をほとんど排出しない優れたエネルギー」と説明し，再生可能エネルギーの大半は発電によって供給されることを前提としている[2)]。

しかし，グローバルな視点，あるいは歴史的視点でみると，古代から利用してきた伝統的エネルギーが再生可能エネルギーの中核を成している。つまり，太陽熱や風力を直接利用した天然乾燥，水の運動エネルギーを直接利用した水車，風力を利用した風車は，中世から干物加工，製粉業など産業に大きな役割を果たしてきた。また，バイオマスエネルギーとしては，日本では，農作物から加工されるバイオ液体燃料，木質ペレットを燃料とするバイオマス発電，燃えるごみ（廃棄バイオマス）を焼却する廃棄物発電，家畜の糞尿などを利用したバイオガス発電など新エネルギーが思い浮かぶ（写真１-２参照）。しかし，人類が太古から使用してきた薪，木質バイオマスを原料とする木炭などを燃焼して熱回収をするのも，再生可能エネルギーの利用形態の一つである。

バイオマスエネルギーは，バイオマスを起源とするエネルギーであり，バイオマスとは「再生可能な生物由来の有機性資源で化石燃料以外のもの」である。この内訳は，①エネルギー作物（資源作物），②家畜の糞尿，③木材，④農業・食品廃棄物，の４種類である（表１-１参照）。いずれにせよバイオマスエネルギーは，植物が光合成に伴って吸収した二酸化炭素を，固形バイオマスの燃焼に伴って大気中に戻すという循環的利用であり，カーボンニュートラルな性格を持つ。したがって，化石燃焼消費をバイオマスエネルギーに代替できれば，温室効果ガスの排出を削減でき，地球温暖化，気候変動に対して，有効なエネルギー政策となる。

エネルギー作物とは，サトウキビ，テンサイ，トウモロコシ，小麦，大豆，油糧作物（ナタ



写真１-２　川崎市川崎区浮島町の浮島処理センターごみ焼却処理施設。焼却炉３基で一日当たり900tを処理。地下２階・地上６階建て，建築敷地面積１万平方メートル。蒸気タービンの最大出力１万2,500kW。バイオマスを含むごみを燃焼してボイラーを使って蒸気タービン回転させ発電する廃棄物発電施設でもある。焼却対象の廃棄物にはプラスチックも少なくないがバイオマスも含まれている。2016年５月27日撮影。

ネ，ヒマワリ）で，発酵，蒸留させるなどエネルギーを投入することで，バイオ液体燃料に変換することができる。バイオ液体燃料は，バイオエタノールとバイオディーゼルなどバイオアルコール類である。家畜の排出する糞尿や分解した廃棄物からメタンからバイオガスを取り出すこともできる。こられ二つは，液体バイオマス，気体バイオマスとして分類される現代的な新エネルギーの範疇に入る。

ここで，2015年の再生可能一次エネルギー総供給（石油換算）の一次エネルギー総供給に対する比率を見ると，世界では，水力2.5%，地熱1.5%，バイオマス9.9%である。世界平均では，一次エネルギー総供給の13.8%を再生可能エネルギーが賄っていることになる。

南北別では，2015年の再生可能一次エネルギー総供給は，OECD 諸国３億100万トン，非OECD 諸国は10億2200万トンで，一次エネルギー総供給に対する再生可能エネルギーの比率は，各々9.6%，29.6%となっている。この再生可能エネルギーの中で，世界の一次エネルギー総供給に対する比率は，水力2.5%，太陽光・風力・地熱・潮力の電気エネルギー1.5%，バイオマス（廃棄物を含む）9.9%である。再生可能エネルギーの一次エネルギー総供給に対する比率を，南北別で，OECD 諸国と非 OECD 諸国とで比較すると，水力2.2%対2.7%，地熱2.0%対1.2%，バイオマス5.6%対12.8%で，非 OECD 諸国のほうが，再生可能エネルギーが普及している（図１-２参照）。

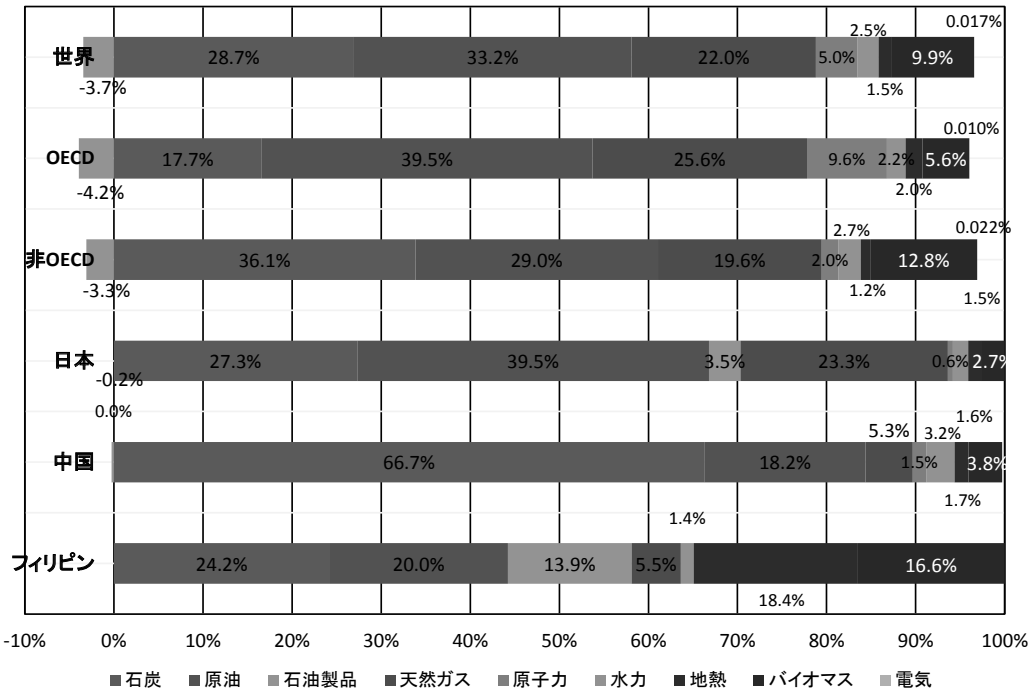


図１-２　2015年の南北別総エネルギー供給構成比率

出所）IEA（http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=OECDTOT&product=balances&year=2015）より作成。

つまり，南北別にみると，先進工業国（OECD 諸国）よりも開発途上国（非 OECD 諸国）の再生可能エネルギー供給のほうが 3 倍も多いが，この理由は，先進工業国では，新エネルギーとして注目されている風力発電，太陽光発電，バイオ液体燃料，バイオガス発電など再生可能電気エネルギーが，一次エネルギー総供給の上で世界で1.5%，先進工業国でも2.0%と極めて僅かな比率しか占めていないためである。こうした再生可能エネルギー供給の実情から見えてくることは，開発途上国で広く利用されている薪，木炭，廃材（木材チップ），農業廃棄物（サトウキビの搾りかす，籾殻）など固形バイオマスを直接燃焼して得られる熱エネルギーが，世界の再生可能エネルギーの中心となっていることである。再生可能エネルギーは新エネルギーであるという錯覚に基づいて，世界の実情を無視しても，再生可能エネルギーの開発を促進することはできないであろう。その意味で，バイオマスエネルギーに依拠して，衣食住，衛生・医療，教育というベーシックヒューマンニーズを充足する人間開発を，今後の地球環境問題への対策，持続可能な開発の一環として，考察してみたい。

1 - 2　日本昔話「桃太郎」のバイオマスエネルギー

再生可能エネルギーの近年の成長は，主に先進工業国における風力発電，太陽光発電，バイオマス発電など再生可能電気エネルギーの供給増に依存しており，その意味で新エネルギーの成長が支えていると言ってよい。しかし，エネルギーの供給水準では，依然として，開発途上国における薪炭など伝統的なバイオマスが再生可能エネルギーの中心となっているが，近年，薪炭の利用が廃れ，次第に化石燃料に代替される傾向が強まっている。

日本昔話「桃太郎」は，桃太郎の鬼退治として江戸時代には，絵本の草双紙・赤本として，筋立ては若干差異はあるものの，民衆の間に広まり，人口に膾炙して現代に至っている。そこで，桃太郎物語の冒頭「お爺さんはやまにシバカリに，お婆さんは川に洗濯に」は周知ではあるが，このシバカリを，芝刈り，草刈りと誤解している現代人は少なくない。実際にはシバとは「柴」であり，老人でも集めて運搬することのできる小さな木の枝，手づかみできる粗朶のことで，これら固形バイオマスを燃焼して熱回収して調理，給湯に利用するのである。しかし，里山の「柴刈り」が日本では廃れて過去の歴史となったため，柴刈りの意味が忘れ去られてしまった[3)]。



写真 1 - 3　中国江西省上饒市**婺**源県（上**饶**市**婺**源**县**）理坑，里山での柴刈り。里山で柴刈りをしているが，採取しているのは枝の部分で，鉈（ナタ）や手を使っている。2014年12月28日筆者撮影。



写真1-4　中国江西省上饒市婺源県（上饶市婺源县）理坑，里山での柴刈り。柴の長さを切りそろえて，運搬しやすく束ねる。2014年12月28日筆者撮影。

里山で労力をかけて柴刈りをして，自宅まで人力で担いで運搬する，すなわち臂力（ひりょく）搬送できる程度の薪や木炭が，バイオマスエネルギーとして家庭部門で広範に利用されている。例えば，中国の農村の周囲には，集落の周囲に里山や林があり，山道を踏み分けてゆけば，日常的に使用する薪を採取する人々がある（写真1-3，1-4参照）。山林の枝，小さな樹木など固形バイオマスは，無償で採取できるため，貧困世帯にとって，家庭部門での調理や給湯に必要なエネルギーとなっている。ここで，柴刈りとは，樹木の枝，細い粗朶を集めるものであり，樹木を根元から伐採するものではないことには注意を要する。木材という場合，本来はこのような薪にしかならないような小枝であり，家具や建築資材にはならない薪炭用木材も含んでいる。しかし，日本など先進工業国の視点では，木材といえば，商業的な価値のある用材しか思い浮かばないのである。さらに，柴刈りでは，切り揃えた柴を運びやすいように束ねて臂力搬送するという労働集約的作業が不可欠である。伝統的バイオマスエネルギーの利用は，薪炭など無償の固形バイオマスを直接燃焼する熱エネルギーであるが，それらを利用するには，里山で柴刈りをして，それを切り揃え，束ねて家庭まで運搬しなければならない。その運搬方法は，人力で担いで切り揃えた柴を束ねて運ぶ臂力搬送である（写真1-5，1-6，1-7参照）。そして，帰宅してからも，採取，運搬してきた柴や建築廃材などを手斧で切る薪割りの作業をし，保管場所を確保しなければならない。

ジェンダーの視点で作業分担を見ると，柴刈りやその運搬は，家事労働の一環とみなされ，



写真1-5　中国江西省上饒市婺源県（上饶市婺源县）理坑，里山での柴刈り。切り揃えた柴を束ねて，運びやすいように束ねて臂力搬送する。2014年12月28日筆者撮影。



写真1-6　中国江西省上饒市婺源県（上饶市婺源县）理坑，里山で柴刈りをし，自宅まで臂力（ひりょく）搬送する。2014年12月30日撮影。



写真１-７　中国江西省上**饶**市**婺**源県（上**饶**市**婺**源**县**）嶺脚，里山で柴刈りをし，自宅まで運搬する。2014年12月25日撮影。



写真１-８　中国重**庆**市酉**阳**土家族苗族自治**县**（重慶市酉陽土家族苗族自治県）河湾，農家の庭先で，建築廃材，周囲の里山で採取した木材の薪割りの作業。切れ端など商業的な価値のない木材を薪として有効活用する。2014年２月15日筆者作成。

調理に繋がる行為であり，女性は男性以上に参加している。男性が農作業に，女性が柴刈りにという分担も見られる。他方，手斧を使った薪割り作業は，瞬発力が必要な危険な作業として，男性の仕事と見なされている（写真１-８参照）。

しかし，開発途上国では，一次エネルギー総供給に対する再生可能エネルギーの比率は低下している。他方，先進工業国では，既に薪炭はほとんど利用されなくなったため，一次エネルギー総供給に対する再生可能エネルギーの比率は低いものの，近年の再生可能電気エネルギー供給の増加から，一次エネルギー総供給に対する再生可能エネルギーの比率は，次第に上昇しているのである。

ここで，先進工業国における再生可能エネルギー供給は，開発途上国と比較して低い比率に留まっているが，このことは環境意識が高いとされる先進工業国の市民よりも，貧しい開発途上国の市民のほうが，「**地球に優しい**」行動をとっていることを意味する。環境負荷が低い状況や環境負荷を低下させる活動を，市民に子どもに喧伝するために「地球に優しい」という標語が生まれたのである。先進工業国では，大人から子どもまで，自然を大切にするという「**感情**」に訴え，環境保全の活動を促そうとしているのであって，科学の視点から見れば，荒唐無稽のプロパガンダにしかならない「地球に優しい」という標語は，世論喚起の「感情」上では決定的な重要性をもっているといえる。

しかし，貧しい開発途上国の市民は，「地球に優しい」という意識があるかないかにかかわらず，「もったいない」という節約意識の「**勘定**」の中で，省エネとバイオマスエネルギー（薪炭）に依存したライフスタイルを採用している。これは，環境保全が，「地球に優しい」という環境意識・感情にかかわる以上に，所得・資源エネルギーという経済観念・勘定に依存し

てくることの例証であり，勘定に基づく節約という「**意図せざる環境保全**」の有効性を示している。換言すれば，貧困は「意図せざる環境保全」に結びつく点で，環境意識の滋養，環境教育の普及といった手段を得なくとも，持続可能な開発に大きく寄与しているのである[4)]。

1-3　新エネルギー

日本の経済産業省は石油代替エネルギーの導入を図る目的で「新エネルギー」の概念を導入した。これは，1980年の「非化石エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」によって定められた概念で，廃棄物発電，廃棄物熱利用，廃棄物燃料製造は，バイオマス由来の木質チップ，林地残材のほか，製材所廃材，建築廃材，剪定材，農業廃棄物を燃料とした廃棄物発電は，バイオマス発電であり，再生可能エネルギーに含まれるが，プラスチックなど化石燃料由来の廃棄物発電は，再生可能エネルギーではない。また，新エネルギーに，クリーンエネルギー自動車，天然ガスコージェネレーション，燃料電池など非再生可能エネルギーを含んでいた。このように「新エネルギー」の定義は，再生可能エネルギーとは大きく異なるが，メディアや学会は，再生可能エネルギーと同一視して，地球温暖化対策に有用な「クリーンエネルギー」として喧伝した。

しかし，2007年の「**新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法施行令**」で「再生可能エネルギーのうち，その普及のために支援を必要とするもの」（新エネルギー部会中間報告，2006年11月）として，太陽光発電，風力発電，バイオマス発電といった再生可能エネルギーに変更した[5)]。新エネルギーの範疇には含まれる太陽光発電，風力発電，バイオ液体燃料，バイオガスは再生可能エネルギーであるが，それらよりも遥かに昔から，先史時代から人類が利用してきたのが，薪炭を中核とするバイオマスエネルギーを排除している。薪炭は，草食動物の糞の植物繊維を乾燥させた動物由来バイオマス，すなわち乾燥糞燃料や農業廃棄物，食品廃棄物と合わせて，**固形バイオマス**と呼称することができる。これら固形バイオマスは，直接燃焼による熱回収をすることで，伝統的エネルギーとして世界中の人類が利用し続けてきた再生可能エネルギーである。つまり，2007年に新エネルギーの語句を再生可能エネルギーを表すとしたことで，人類史と世界の再生可能エネルギーの実情に関する錯誤を誘発することになった。

再生可能エネルギーには，自然，バイオマスと並んで，水力がある。水力発電は，水の運動エネルギーを介して電気エネルギーにするが，伝統的には，水の運動エネルギーを直接利用する水車がある。これらはみな太陽熱による水の蒸発，降雨による位置エネルギーが源になっているという意味では，水力の分類をすることなく，自然エネルギーに分類することも可能である。

つまり，再生可能エネルギーは，自然エネルギー，水力，バイオマスエネルギーいずれも太陽からのエネルギーを直接的あるいは間接的に利用することで，仕事に役立てることができるものである。この場合，自然と生物とは，同一の源，すなわち太陽からエネルギーを得ているのであって，太陽の核融合反応の持続性を引継いでいる点は共通している。

このような新エネルギーが注目されている理由は，そのエネルギー供給の多さではなく，その増加率が顕著なためである。1990年から2015年の世界の再生可能エネルギー年平均増加率は

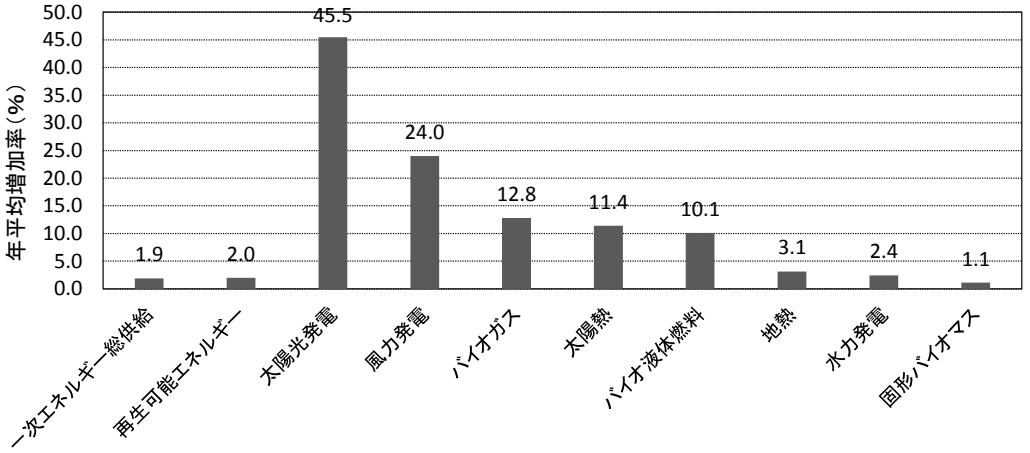


図 1 - 3　1990-2015年の世界の再生可能エネルギー供給の年平均増加率

出所）IEA(2017) *Renewables Information 2017*. fig3より作成。

2.0％で，一次エネルギー総供給の年平均増加率1.8％よりも若干高い程度である。しかし，個別にみると，太陽光発電45.5％増，風力発電24.0％増，バイオマス発電12.8％増，バイオ液体燃料10.0％増というように，再生可能電気エネルギーの急増が著しく，これらは新エネルギーが急速に導入されていることを物語っている（図 1 - 3 参照）。日本など先進工業国では，毎年のように，巨大な太陽光発電施設のメガソーラーや風力発電の風車が立ち並ぶウィンドファームが建設されており，新エネルギーが私たちの身近でも急増していることが容易に理解できる。

木質バイオマスは，含水率が高いと燃やすことは容易ではない。そこで，乾燥させてから燃焼しなければならないが，発熱量は，石油はもちろん，石炭と比べても低い。つまり，木質バイオマスは，直接燃焼しても，エネルギー密度が低く，現代の先進工業国において，薪を燃料としたエネルギーは限定されている。近年でも，木質ペレットを使ったバイオマス発電やバイオストーブが西ヨーロッパで導入されたのは，1970年代，1980年代の 2 回の石油危機の時期だった。原油価格の高騰のために，安価な代替エネルギーとして，木質ペレットという固形バイオマス利用が先進工業国でも増加したのである。その後，原油価格が低い水準に復帰すると，木質ペレットの相対価格が上昇し，使われなくなった。つまり，環境意識の感情より経済的な勘定に依拠して，バイオマスエネルギーの利用が進んだり，低迷したりしたのである。

しかし，ヨーロッパ連合では，スウェーデン，ドイツ，イタリアを中心に，地球温暖化対策の一環として再生可能エネルギーの普及政策を進め，間伐材，伐採時の残材，チップ工場や製材所の副産物としての樹皮や大鋸屑（おがくず）を原料に，木材の成分であるリグニンを溶解して固形化し，木質ペレットを製造することで，バイオマス利用が広まりつつある。スウェーデンでは，間伐材，伐採時の残材，チップ工場や製材所の副産物としての樹皮や大鋸屑（おがくず）を原料に，木材の成分であるリグニンを溶解して固形化し，木質ペレットを製造している。そして，木質ペレットを燃料として，燃焼効率を高めて，バイオマス発電を行っている。

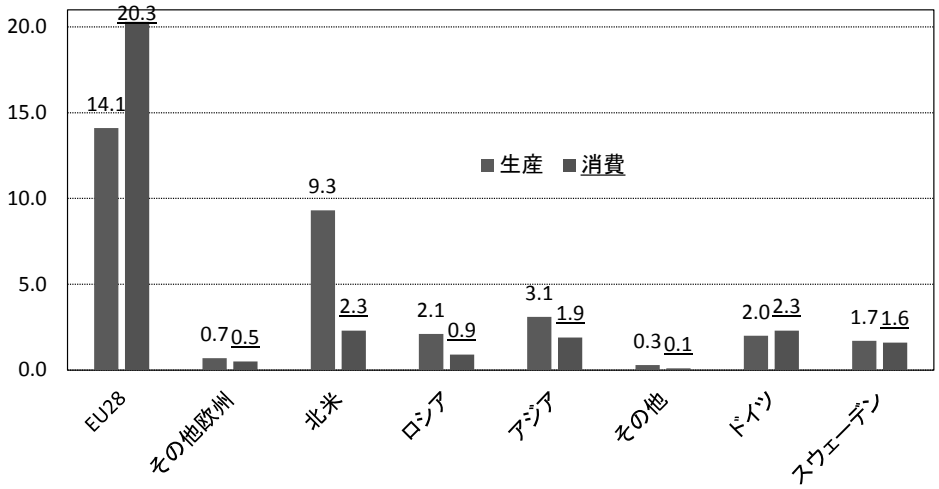


図 1 - 4　2015年の木質ペレットの需給（100万トン）

注）ロシアには CIS（独立国家共同体）を含む。
出所）AEBIOM（2016）*AEBIOM 2016 Statistical Report*, pp.25-26より作成。

ヨーロッパ・バイオマス連盟（AEBIOM）によれば，木質ペレットを燃料として，燃焼効率を高めて，産業として300メガワット規模のバイオマス発電を促進しており，さらに家庭でも15から40キロワット相当の木屑粉末燃焼バーナーが導入されている[6)]。

2015年の木質ペレットの需給を見ると，EU28カ国は生産1410万トン，消費2030万トンで，世界に対して生産で47.6%，消費で78.1%を占めている。他方，森林資源の上では，EU に遜色ない北米は生産930万トン，消費230万トンで，木質ペレット輸出に傾いており，ロシアは生産210万トン，消費2030万トン，アジアは生産310万トン，消費190万トンで，ドイツ・スウェーデンの２国の水準にも及ばない（図１- 4 参照）。日本でも，建築廃材などを原料としたバイオマス発電に石炭を混焼してセメント焼成燃料へ応用することが試みられている。石炭火力発電にバイオマスを追加することで，発電効率を維持しながら，バイオマスを有効利用できるともされる[7)]。しかし，木質ペレットの製造工程，発電工程，送電・変電の工程でエネルギー損失があるために，薪を直接燃焼する山村の囲炉裏のほうが，バイオマスの持つエネルギーを効率よく取り出している，すなわちエネルギー効率が高いと考えられる。

2016年の OECD 諸国の発電電力量の電源別構成比は，石炭27.9%，天然ガス27.7%，石油2.0%，原子力18.0%に対して，再生可能エネルギーは水力12.9%，風力5.5%，バイオマス2.8%，太陽光2.0%，太陽熱・地熱・潮力0.6%と合計23.8%を占めている。つまり，電気エネルギーに着目すれば，再生可能エネルギーは，水力と地熱を除けば，風力発電，太陽光発電など新エネルギーといってよい（図１- 5 参照）。

2015年の世界の発電電力量構成比をみても，石炭39.3%，天然ガス22.9%，石油4.1%，原子力10.6%に対して，再生可能エネルギーは水力16.0%，風力・太陽光・地熱4.8%，バイオマス1.9%と合計22.8%を占めている。つまり，世界の発電電力量に着目しても，再生可能エネルギ

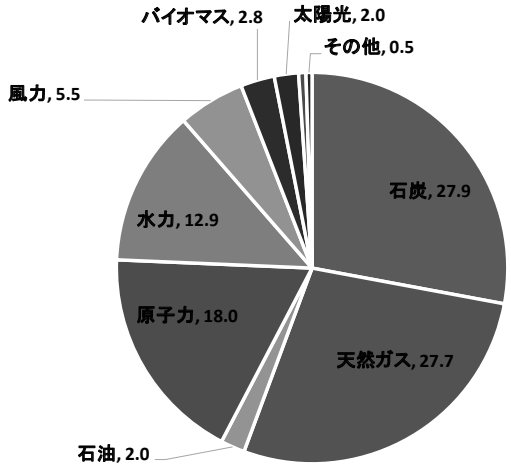


図 1 - 5　2016年の OECD 諸国の発電電力量構成比（%）

出所）IEA(2017) *Renewables Information 2017*. fig14より作成。

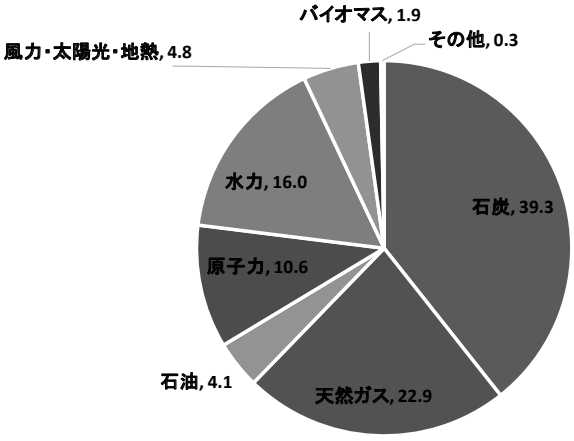


図 1 - 6　2015年の世界の発電電力量構成比（%）

出所）IEA(2017) *Renewables Information 2017*. fig7より作成。

ーは，水力と地熱を除けば，風力発電，太陽光発電など新エネルギーであるが，その比率は OECD 諸国よりも低い（図 1 - 6 参照）。

つまり，非 OECD 諸国（開発途上国）は，OECD 諸国（先進工業国）に比して，再生可能エネルギー発電の構成比が低く，気候変動の上で，環境負荷は相対的に大きいとみなされるかもしれない。このように，日本の行政，企業，メディア，学会，市民が，再生可能エネルギーとは再生可能エネルギー発電や新エネルギーであると考えるのも無理はない。身の回り，身近なことから考えるという経験則は，経済状況からベーシックヒューマンニーズの充足度，メディア報道の在り方まで，自分の立ち位置，初期値を暗黙裡の前提として形成されるが，正しいとは限らない。

1-4　世界の再生可能エネルギー

1971-2014年の世界の再生可能エネルギー構成比（%）を見ると世界平均では，1971年の12.6%から2014年の10.1%に若干低下した。同時期に，開発途上国のインドは63.1%から23.7%へ，フィリピンは48.3%から18.1%へ，中国は39.4%から7.2%へと低下している。エネルギー革命により，従来，貧困者に普及していた薪炭が次第に化石燃料に代替されていったことが分かる。一次エネルギー総供給に対する可燃性バイオマスエネルギーの比率は，長期的には低下傾向にあり，これが世界の再生可能エネルギーの構成比低下の主要因となっている。

他方，先進工業国のスウェーデンは1971年の8.0%から2014年の23.5%へ，アメリカは2.2%から4.7%へ，ドイツは0.8%から9.5%へ，日本は0 %から2.5%へと上昇している。これは，バイオマス発電，太陽光発電，風力発電という再生可能電気エネルギーの供給が増加したことを反映している（図1-7参照）。しかし，開発途上国では再生可能エネルギーの構成比は低迷しつつあるとはいっても，先進工業国よりもおおむね高い比率を維持している。インド，中国，フィリピンの再生可能エネルギー構成比は，日本やアメリカよりも高い。

ここで，日本の一次エネルギー総供給（石油換算キロリットル）は1990年には，石炭8568万キロリットル，石油2億8429万キロリットル，天然ガス5430万キロリットル，原子力4864万キロリットルだったが，2016年には石炭1億3025万キロリットル，石油2億314万キロリットル，天然ガス1億2875万キロリットル，原子力390万キロリットルと石油は減少したものの，石炭，天然ガスが増加し，全体としては化石燃料による一次エネルギー総供給は増加している（図

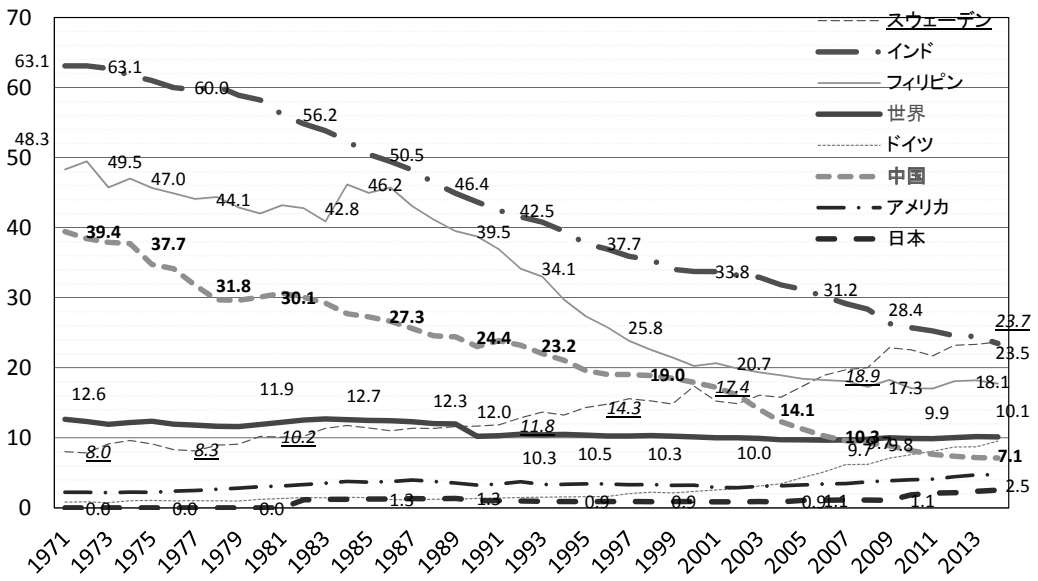


図1-7　1971-2014年の世界の再生可能エネルギー構成比（%）

注）一次エネルギー総供給に対する可燃性バイオマスなど再生可能エネルギー（Combustible renewables and waste： % of total energy）の比率。

出所）World Bank（Combustible renewables and waste (% of total energy)）より作成。

1-8照)。この間，2011年3月11日の東日本大震災，その後の原子力発電所の事故，点検・安全性確保のための建設工事があり，原子力発電所の停止という選択がなされた。これは，世界的に稀有な状況で，原子力発電を将来的には停止するとしていたスウェーデン，ドイツですら実施できなかったことを，緊急事態で企図は異なるとはいえ，唯一日本だけが実施し得たのである。

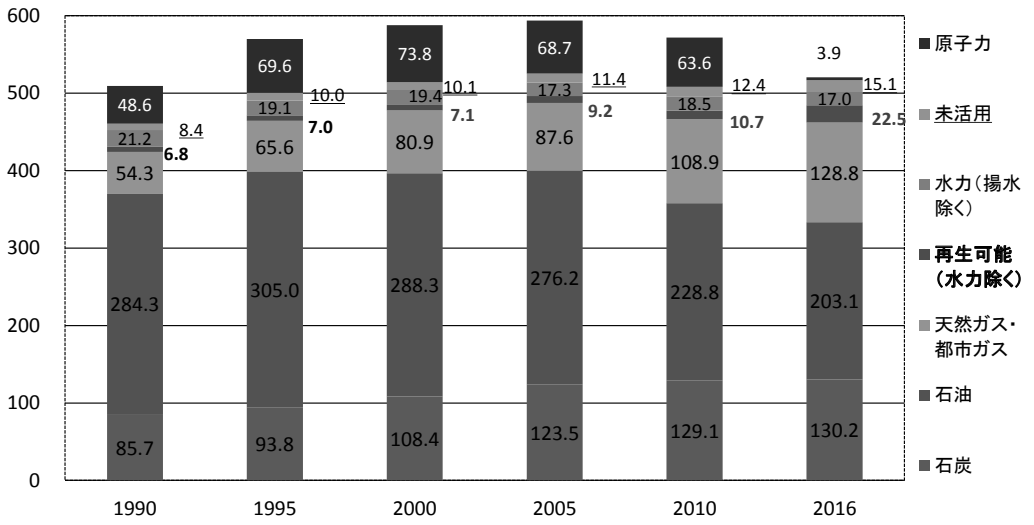


図1-8 日本の一次エネルギー総供給（石油換算100万 kL）

出所）資源エネルギー庁（http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1）より作成。

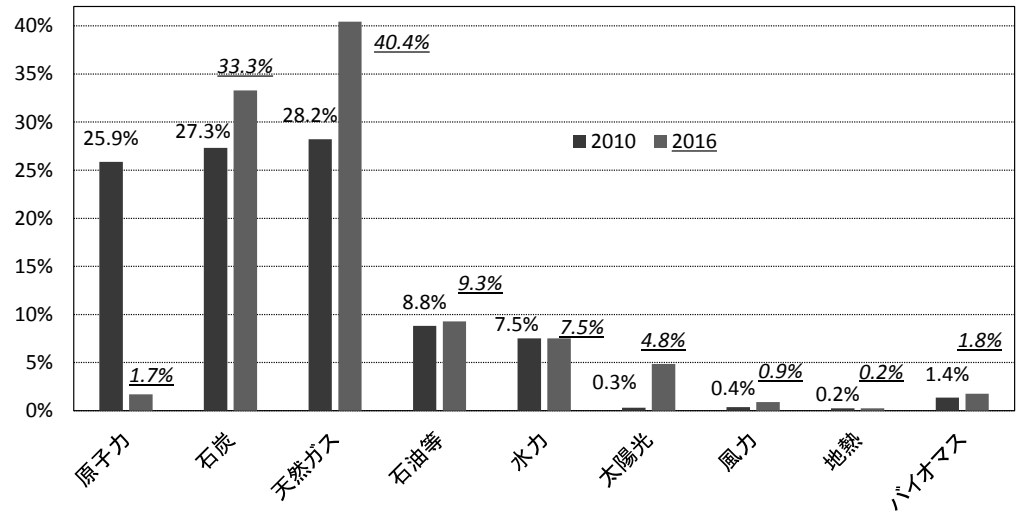


図1-9 日本の電源別構成比（%）

出所）資源エネルギー庁（http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1）より作成。

2011年以降，日本では，石炭火力と並んで，再生可能エネルギーの開発が促進され，新エネルギーの導入が急速に進んだ。再生可能エネルギーの発電電力量は，太陽光発電が，2010年の35億キロワット時（電源構成比率0.3%）から，2016年の510億キロワット時（同4.8%）へ，風力発電は40億キロワット時（同0.4%）から96億キロワット時（同0.9%）へ，バイオマス発電は153億キロワット時（同1.4%）から184億キロワット時（同1.8%）と増加している（図1-9参照）。こうして，水力発電も含めたゼロエミッション電源（二酸化炭素排出ゼロ）の電源構成比は，2010年11.9%から2016年の17.0%へと上昇した。

ただし，新エネルギーのデータ上の問題は，指摘しておく必要がある。再生可能エネルギー発電のデータは，設備容量や導入量といった数値が広く公開されているが，これらは発電能力であり，実際の運用実績を反映した発電電力量ではない。風力発電の発電電力量の時系列統計は，経済産業省・資源エネルギー庁でも一般的な方法では公開していない。また，太陽光発電に至っては，設置した後，家屋の屋根に設置され自家消費される太陽光発電の発電電力量の推計困難，故障や廃止になった設備などの制約のために，発電能力のデータしかない。メガソーラーやウィンドファームのような買取電力量が明確な場合を除いて，分散型の小規模発電や家庭発電では正確なデータの把握は，困難な状況にある[8)]。

他方，開発途上国では，再生可能電気エネルギーや新エネルギーよりも，固形バイオマス燃焼による伝統的バイオマスエネルギーに依存して生活している貧困者が少なくない。これは，発電所から電気の送電を受けられないような辺地や貧しい人々が，薪，木炭，廃材（木材チップ），農業廃棄物（サトウキビの搾りかす，籾殻）など固形バイオマスを直接燃焼して，熱エネルギーを回収するという伝統的バイオマスエネルギーに依存して生活している。換言すれば，開発途上国には，木質固形バイオマスに由来するバイオマスエネルギーを利用せざるを得ない多数の貧困者が依然として存在しているが，彼らは，気候変動の緩和や地球温暖化対策として，再生可能エネルギーを利用しているのではなく，昔から貧しい生活を続ける中で，身近にあるもの，安価なものあるいは無償で収取できるバイオマスをエネルギー源として利用しており，それが固形燃料の薪や木炭である（表1-1参照）。

したがって，開発途上国の貧困者は，衣食住，衛生・医療，教育というベーシックヒューマンニーズの中で，調理・給湯，安全な水の確保という食，暖房用の熱という住，安全な水の確保という衛生という点で，バイオマスエネルギーに多くを依存しており，その人間開発には，バイオマスエネルギーの供給が不可欠であるといえる。

2．再生可能エネルギーの歴史と現代的意義

2-1　バイオマス文明

固形燃料の薪や木炭は，人類が生きる上で，食べるという営みに不可欠のエネルギーであった。食べるという代謝プロセス，すなわち外界から取り入れた無機物や有機化合物を素材として，合成や化学反応の働きによって生命を維持，成長するには，栄養素摂取が必要不可欠である。そして，それだけではなく，よりおいしく食べるための，味覚，視覚，触覚，嗅覚，聴覚

という五感を総合的な営みとして食が存在してきた。また，人類と動物との境界の一つは，火を使って料理することとされており，火の使用は食べることを容易にし，食料対象の拡大，食糧保存の長期化など人類進化に重要な役割を果たしてきた。自然界に存在する食材を柔らかく消化しやすくすることによって，人類は消化のための負担を節約したのであり，その意味では火を使った料理はカロリー源を拡大し，文化を形成する契機にもなった。

つまり，先史時代の人類は，進化の過程で，数十万年前の旧石器時代に火を発見し，それを食材の加熱（煮炊き）や暖房に使用するようになったが，この火の使用が人類を他の動物から決定的に分岐させた。直立歩行するホモ・エレクトスは，手を使い，火で調理を始め，柔らかくて噛みやすい食料へ適応する過程で，頭部の両あごの筋肉や歯の構造が変化し，頭蓋骨の内部で脳内容積の拡大も容易になり，人類が進化した。これは，火の使用，そして燃料となった薪など固形バイオマスが人類の進化に重要な役割を果たしたことを意味する。

さらに，火の使用とは技術であり，人為的に多様な方法で食材を変化させ，暖を取ることで地球上のあらゆる場所に人類は移動し，生活することができた。つまり，バイオマスエネルギーがあったために，人類は自然を利用し，生活圏を拡大したのである。そして，生活を共にする集団が形成され，文化が伝播し，社会が組織された。

東アジアでは，新石器時代の２万年から１万2000年前に土器が発明された。火で粘土を焼いて作った土器を使えば，植物，魚介類，鳥類，動物など多様な食材を簡便に保存し，調理することができる。動物狩猟，水産資源の獲得，植物性食料の採取に生活を依存した狩猟採取の文化は，バイオマスに依存しており，人類史の中で固形バイオマスの直接燃料が食と道具が重要な役割を果たしてきたことを評価して，**バイオマス文明**と呼ぶことができよう。

日本でも，北海道，福井県で出土した１万5000年から１万1800年前の初期の縄文土器内側に付着していた炭化物から，海の生物に由来する脂質が検出された。土器外側の炭化物には脂質が認められないことから，この縄文土器でサケなど海から遡上してきた魚を調理したと考えら



写真２-１　縄文時代（後期）の前2000-前1000年，重要文化財「人形装飾付異形注口土器」。北海道北斗市茂辺地出土。画像番号：E0032608，列品番号：J-37440，2014年12月22日，国立博物館（撮影者）。東京国立博物館画像検索引用。

れる[9]。粘土はケイ石，長石，カオリンなどの微粒子から成り，可塑性（力を加えると変形するがその形を保つ），粘性（水を加えると粘り気を持ったまま軟化する），焼固性（焼成する固形化する）という特質がある。粘土を捏ねて，成形して天然乾燥するだけでも土器となるが，これでは耐水性，耐火性に劣る。しかし，火にかけて調理をする過程で，粘土を焼くことになり，焼固性を活かした土器を作ることを学んだと考えられる。北海道では，その後，紀元前2000年（4000年前）の後期縄文時代には，人形装飾付異形注口土器のような芸術的な土器も焼かれている（写真 2 - 1 参照）。

人類は，自然界に存在する地表資源（浅い水産資源を含む）を調達する採取狩猟生活を始め，移動する獲物や移り変わる植物の影響を受け，人類も頻繁に移動したようだ。しかし，椎の実（どんぐり）・栗・桃などの果実栽培が始まると，定住して生活するようになり，イネ，ムギ，キビ，トウモロコシなど穀物を栽培する農耕が始まる。

農耕遺跡の発見時期は，地理的に格差はあるが，西南アジアのチグリス・ユーフラテス川の流域，すなわち肥沃な三日月地帯においては，紀元前8000年頃には，ヒツジとヤギの家畜化，オオムギ，ヒトツブコムギ，エンマーコムギなど穀物栽培，エンドウマメ，レンズマメ，ヒヨコマメなどマメ類栽培が始まっている。北東アジアでは，紀元前7000年頃，黄河流域でアワ，キビなど雑穀類の栽培が，長江流域でイネの栽培が始まっている[10]。

つまり，現在からおよそ１万年の新石器時代に定住・農耕が始まり，四大文明を築く契機になった。換言すれば，人類の農耕文明は，その創始期において，食事から道具製造まで，バイオマスエネルギーに依存していたのであり，農産物生産も含めて，人類史は，**バイオマス文明**として築かれてきた。



写真 2 - 2　中国江西省景徳鎮市。陶磁器で有名な景徳鎮では，現在でも窯業が盛んである。轆轤（ろくろ）を使って形を作り，釉をかけて窯で焼く。電炉の窯も多いが，木炭を使った窯も残っていて，高級陶磁器が生産されている。2014年12月22日撮影。



写真 2 - 3　中国江西省景徳鎮市。轆轤で形ができた器に，釉をかける作業。木炭を使った窯での焼き上げまで，労働集約的な技術が採用されている。道具作りには，このような土器，2014年12月22日撮影。



写真 2 - 4　鹿児島県姶良（あいら）市，薩摩焼の最古の古窯「古帖佐宇都窯跡」（県指定史跡）。豊臣秀吉の朝鮮出兵に参加した島津義弘が茶の湯の流行にあわせて朝鮮陶工を日本に連行した。傾斜地に登るように作られた半地下式の蛇窯で1601年（慶長６年）に開設。2016年３月9日筆者撮影。

中国では，紀元前から彩陶，黒陶が窯で焼かれ，唐代の三彩から，宋代になると，白磁や青磁といった磁器を家内制手工業により生産するようになり，元代では江西省景徳鎮などで世界的な陶磁器の生産が行われる。中国文明の陶器は，ヨーロッパにまで持ち込まれて愛好されるようになるが，すべての陶器は，みな木炭という固形バイオマスを燃焼する窯で焼かれた芸術品あるいは必要品であり，文化の上でも大きな足跡を残している。景徳鎮で窯業が発展した理由として，製陶技術水準，良質な陶土，交易のための水運の利便性が挙げられるが，窯の燃料となる木質バイオマスの豊富さも指摘されるべきであろう。景徳鎮では，現在でも，木炭を使用する窯も使用し続けられ，家内制手工業に基づく窯業が盛んである（写真２-２，２-３参照）。日本でも安土桃山時代から，朝鮮半島からの技術導入を契機に，家内制手工業形態の窯業が興隆し，薩摩焼，有田焼，伊万里・鍋島焼，備前焼，益子焼など日本各地で特徴ある陶器製造が興隆し，日本の輸出品にもなった。このような日本における磁器，陶器の焼き物は，登り窯など薪炭を燃焼させる窯で製造されて現在に至っている（写真２-４参照）。

焼レンガを積み上げた建築物も，古代ローマ，中国文明の一翼を担っている。焼レンガの素材は，土器と同様，粘土，頁岩などで，それを木製の型に入れて圧縮成形し，木炭，練炭などを燃料とした窯で焼き固めて製造する。石よりも軽量で，規格化して大量生産できるために，コロッセオのような巨大建築物から家屋まで広く用いられていきた。焼瓦も中国で発展し，日本でも安土桃山時代からは，だるま窯を使って大量生産できるようになり，江戸時代には民家も焼瓦で葺かれるようになった。

中国の商（殷）代からは，青銅器が祭祀，生活用に大量に製造されている。青銅の融点は銅の含有量によるが摂氏800度，その後に登場する鋳鉄は摂氏1200度であるが，ともに薪炭を燃料とする炉を使って製造された。金属器の製造方法は，金型による圧縮という鍛造，融解して型に流し込む鋳造があるが，ともに薪炭を燃料とした炉が用いられてきた。金属器は，生活や祭祀の道具，戦争の武器として使用され，文明の基盤を提供することになるが，この製造にはバイオマスエネルギーが不可欠だったのである。特に，中世からは，家内制手工業として営まれることになる鍛冶屋が大いに活躍し，生活道具から農具，武器まで大量に鍛造するようになった。鍛冶屋は，木炭をくべた炉に，輞（ふいご）を使って空気を送り込み，高温状態で金属を軟化させ，それを取り出して，金床の上で，槌（ハンマー）を使って，鍛造し，さらに鑢



写真２-５　フィリピン，カリンガ州ティンラヤン町，鍛冶屋。木炭を燃料とした炉に輔（ふいご）で送風している。2013年８月15日筆者作成。



写真２-６　フィリピン，カリンガ州ティンラヤン町，鍛冶屋。木炭を燃料とした炉で熱した鋼を，槌で打って，ブッシュナイフ（大型のナタ）を鍛造する。2013年８月15日筆者作成。



写真２-７　中国**貴**州省黎平**县肇兴镇**（貴州省黎平県肇興鎮），反物の天然染料での染色作業では，色づきをよくするため木製桶に入れて蒸す。この時にも固形バイオマスが燃料として使われる。2012年12月31日筆者作成。



写真２-８　フィリピン，カマリネスノルテ州メルセデス町のイワシ燻製工場。塩漬けにしたイワシを煮てから燻すが，その熱源には薪炭が使用されている。2011年8月31日撮影。

（やすり）や鑿（のみ）で細部を削り，切断する。鉄を熱する炉の燃料は，エネルギー革命以降，石炭，コークスが普及するが，それ以前はほとんどが薪炭である。そして，炉の燃料には，現在でも家内制手工業を担う鍛冶屋では，バイオマスエネルギーが使用されている（写真２-５，２-６参照）。

調理・給湯，窯業，金属加工の他にも，産業の上で，パン焼き，農産物・水産資源の加工（干物や燻製），酒の蒸留，染料の定着など様々な場面で，薪炭を燃焼させるバイオマスエネルギーが利用されている（写真２-７，２-８参照）。近代になって衰微したとはいえ，未だに産業における伝統的なバイオマスエネルギーの利用は持続しているのである。

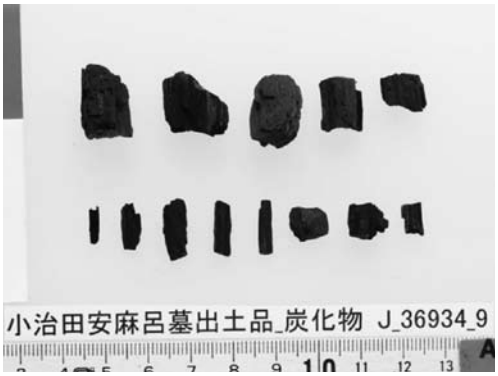


写真２-９ 奈良時代の729年，重要文化財「奈良県山邊郡都介野村小治田安麻呂古墳出土品　炭化物（木炭）」。火葬に使用された木炭残片。画像番号：E0017307，列品番号：J-36934_9，出土・国：奈良市都祁甲岡町小治田安万侶墓出土，時代：奈良時代神亀6年 (729年)，数量：一括，2010年11月9日，国立博物館（撮影者）。東京国立博物館画像検索引用。

バイオマスは，人生の終末，葬儀にも関連が深い。1912年に奈良県の畑の耕作中に偶然発見された小治田安萬侶（おはりだのやすまろ）の墓（国史跡）からは，墓誌が出土し，その銘に「右京三条二坊従四位下小治田朝臣安萬侶大倭国山邊郡都家郷郡里崗安墓神亀六年（729年）歳次己巳二月九日」と記載されていた。木棺には火葬骨が納められ，墓誌は木櫃側面にあった。1951年の発掘調査では，骨片３個，木棺破片１個，木片１個，銀で鋳造された和銅開珎10枚，土師器甕（はじきかめ）１個，三彩壺破片１個，土師器・須恵器片多数，鉄器残片多数が見つかり，これらは全て重要文化財に指定された（写真２-９参照）。葬儀は，一辺3.6メートルの穴で遺体を固形バイオマス（薪と木炭）を燃料に火葬し，焼骨を木櫃に納め，墓誌とともに埋葬し，封土を形成した。銅で鋳造された墓誌は，鍍金が施された主板１枚と副板２枚からなる[11]。埋葬者，埋葬時期の判明しているこの火葬墓の史跡によって，日本では，中国・仏教の影響の下，奈良時代から火葬が始まったことが明らかになった。そして，火葬という文化行事の中で，固形バイオマスは，木製棺，火葬，墓誌・貨幣の鋳造，鉄器製造，土師器の窯焼きという重要な役割を担っていたのである。

現代でも盛んな茶道は，古くは唐代で茶の製造，茶を飲む風習から始まり，遣唐使を通じて平安時代の日本貴族・僧侶にも伝えられた。そして，禅宗の祖・栄西は，中国から持ち帰った茶を栽培し，鎌倉幕府を開いた武士にも茶が広まり，室町幕府第８代将軍足利義政は，東山で茶の湯を始めた。新興商人の堺にも茶人・千利休が生まれ，安土桃山時代には，海外交易と並行して，茶道の原型が完成した。茶道の発展は，茶道具を珍重する風習を広め，茶碗，茶壺（茶葉を保管する），茶釜，水指（みずさし），茶筅（ちゃせん），炭斗（すみとり）などが工芸品とみなされた。また，利休のわび茶の下には，蒲生氏郷，細川三斎，古田織部ら弟子が集い，織田有楽斎のように織田信長の弟で武人ありながら，茶道，陶芸に秀でた人物も生み出した。しかし，茶道の中で，木炭が重要な役割を担っていることが明示されるべきであろう。茶碗・茶壺を制作する窯業，茶釜・薬缶の鋳造，湯沸かしをする茶室炉・火鉢には薪炭など固形バイオマスが燃料として使用されている。また，茶室の炉・火鉢では，燃料となる木炭を入れて手近なところに置いておく容れ物に炭斗（すみとり）が発達した（写真２-10参照）。炭斗は，炭取，炭籠，炭櫃とも呼ばれ，木・竹などを材料に製造した籠状あるいは箱状の容器である。中国や日本で興隆し，世界に伝播している現代の茶の湯は，木炭というバイオマスエネルギー



写真 2-10 安土桃山時代，織田有楽斎所持（伝）の中国製（伝）竹四方炭斗。画像番号： C0084651，列品番号： G-5385，形状：高15.2cm，口径19.2cm ×17.2cm，底径17.0cm ×16.2cm，撮影日： 2005年12月21日，国立博物館（撮影者），備考：竹四方炭斗を収めた木箱の蓋裏「有楽斎所持ト閒伝」蓋表「唐物　炭斗」。

（再生可能エネルギー）が支えて続けている伝統文化である[12)]。

火を使った調理，食材加工に加えて，生活，祭祀，文化に使用する土器・陶器，さらに農具，武具としても使われる金属製品など，いずれも加熱するためには，囲炉裏，窯，炉が使用され，その燃焼するための材料，すなわち燃料として，薪炭という固形バイオマスが，有史以来，現代まで長期間使用され続けている。つまり，経済的，文化的にも再生可能エネルギー，特に薪炭を中核とするバイオマスエネルギーが重要な役割を果たしてきたのであって，その歴史に比べれば，化石燃料の利用が急増したのは，19世紀のエネルギー革命以降のことに過ぎず，人類史のなかで新しい出来事である。

吉野敏行（2015）は，文明を環境変化に対する人類社会の創造的な適応の仕方で区分でき，人間相互，人類対自然の間の物質・エネルギー・情報の代謝・循環・蓄積・制御の在り方であると定義している。そして，代謝形態からみた文明の類型を，時代を追って，①狩猟採取型文明，②農耕牧畜型文明，③鉱工業型文明，④環境情報型文明，と変容しつつあると理解している。そして，古代から近世まで長らく続いてきた農耕牧畜型文明について次のように述べている。

> 農耕牧畜型文明の代謝形態の特徴は，第一に，一次エネルギーが太陽の経常的エネルギーを起源とする再生可能エネルギーで，人為的に管理された生態系（農業生態系・林業生態系・牧畜生態系）における植物光合成によって固定されたバイオマスエネルギーであり，地域によっては水力（水車）及び風力（風車）が利用された。二次エネルギーは，バイオマスエネルギーを食料とした人力及び畜力であって，これが社会経済活動の主要な駆動力であった。

他方，近代の鉱工業型文明は，化石燃料をはじめとする地下資源に依存し，地上に人工物と廃棄物を累積させる代謝形態である。そこで，将来的には，地下資源への過剰な依存から脱却して，再生可能エネルギー利用へ高次復帰する必要性を指摘している。

したがって，先史時代から，現代までの人類史を長期的，大局的に眺めると，

（1）バイオマスが文明を支えてきたという人類史，
（2）バイオマスが経済的，文化的に大きな役割を果たしてきたという歴史，
（3）バイオマスが再生可能エネルギー供給の大半を占めている現状，

という3点を指摘することができる。再生可能エネルギーを新エネルギーと見なすことは，近視眼的な発想に過ぎず，バイオマスエネルギー，とくに固形バイオマス燃焼による熱回収という再生可能エネルギーが，人類の歴史を支えてきた。先史時代の土器の発明，土器による火を使った調理・暖房から，古代の青銅器・鉄器の鍛造・鋳造，貨幣の鋳造，火葬，中世の窯による陶磁器の製造，茶の湯文化・茶道から家内制手工業まで，薪炭を中核とするバイオマスエネルギーを燃焼し使っていた。したがって，食，道具，生活，農業，産業，エネルギーの上で，有史以来，人類は長らくバイオマスエネルギーに依存する**バイオマス文明**を築いてきたといえる（表2-1参照）。そして，現在でも，世界の多数の人々が，調理・給湯，安全な水，暖房といった衣食住をバイオマスエネルギーに依存していることを踏まえれば，これからの人間開発を進める場合も，バイオマスエネルギーの供給が不可欠であると考えられる。

18世紀の産業革命以降，火の利用は，従来の木質バイオマス燃料から化石燃料へと転換し始めた。当初の製鉄・蒸気機関は，コークスや石炭ではなく，木炭を利用していたが，19世紀半ばにアメリカで機械掘りの油井の開発が始まると，石油産業が興隆し，自動車・船舶などの運輸部門，発電部門，家庭や事務所などの暖房，給湯・調理など民生部門に至るまで，さまざまな用途に石油が使用されるようになった。このように化石燃料由来のエネルギーが，バイオマスエネルギーにとって代わったことを，**エネルギー革命**と呼ぶ。

化石燃料は，動植物・サンゴ・プランクトンなどの遺物が堆積し，地中で圧力と熱を受けて，長い年月の間に変成してできた化石化した有機物であり，石油，石炭，天然ガスがある。当初普及し始めた化石燃料は，石炭で，木質バイオマス燃料に比較して，圧倒的にエネルギー密度が高く，少量でも高いカロリーを供給できる。そして，地下に埋蔵されている原油の利用が可能になると，よりエネルギー密度が高く，常温・常圧の下では液体で，運搬，取り扱いが容易な石油が広く使用されるようになった。

20世紀末になると，地球サミットの時期，人間は，自然を人為的に大規模に改変し破壊する

表2-1 バイオマス文明の位置づけ

	先史時代	古代	中世	近世	近代／現代
時代	旧石器時代 新石器時代	青銅器時代 鉄器時代			産業革命
道具	打製石器 磨製石器・土器	青銅器 鉄器 貨幣	陶磁器		工業機械
文化	火の発見 土器での調理	鍛造・鋳造 火葬		茶道	大量消費
経済	狩猟採取	農耕 炊飯・パン焼・酒造	窯業・鍛冶屋 家内制工業		産業革命
エネルギー	薪・木炭など固形バイオマス・自然エネルギー		風車・水車		化石燃料
	再生可能エネルギー／**バイオマス文明**				エネルギー革命

出所）筆者作成。

ようになったが，この化石燃料の燃焼に伴い，硫黄酸化物，窒素酸化物など人体に悪影響を与える物質が排出され，さらに二酸化炭素の排出が急増したことで，温室効果によって気候変動，地球温暖化という地球環境問題が危惧されるに至っている。つまり，環境悪化の多くは，エネルギー革命が引き起こしたともいえるもので，大規模な自然環境の改変と相まって，大気，水・海洋，土壌，森林，生物多様性が悪化し，それが人類の存続そのものを脅かす状況になっている。

こうしたエネルギー革命以後，地球環境問題の深刻の中で，人間と自然との関わりをあらためて問い直すことが重要とされ，気候変動に対しては，再生可能エネルギーの開発が求められている。換言すれば，バイオマスエネルギー文明では長らく問題にならなかった地球環境問題が，化石燃料の大量消費を伴うエネルギー革命以降に，深刻化したのである。

2-2　クリーンエネルギー論の錯誤

人類の進化の中で，薪や木質バイオマスを半加工した木炭などバイオマスエネルギーの重要性，すなわちバイオマスエネルギー文明は現在に至るまで，等閑視されている。18世紀までは，石炭，石油，天然ガスなど化石燃料の利用は限定されていたから，エネルギーは，バイオマス，特に薪炭に依存していた。また，油脂・脂質についても，アブラナ・ゴマなどの植物生油脂，哺乳類の動物性油脂ともに，古代では主として灯火に利用されたバイオマスエネルギーがあり，油脂・脂質が食用に普及したのは，近世にはいってからである。つまり，薪炭などバイオマスエネルギーよりも高密度で利便性の高い化石燃料が広範に普及するエネルギー革命が起こったことで，大量生産・大量消費が可能となる文明，特に資本主義の興隆をもたらしたが，これは同時に再生可能エネルギーが衰微して行く過程でもあった[13)]。しかし，化石燃料も核燃料も，再生不可能な資源であり，持続可能性を追求するために再生可能エネルギーの開発が求められようになった。そこで，温室効果ガスを排出しないという意味の「**クリーンエネルギー**」との名称が登場し，太陽光発電，風力発電，バイオ液体燃料，バイオガス，バイオマス発電など現代的な新エネルギーが注目されるようになった。

木質バイオマスは，含水率が高いと燃やすことは容易ではない。そこで，乾燥させてから燃焼しなければならないが，発熱量は，石油はもちろん，石炭と比べても低い。しかし，木質ペレットの製造工程，発電工程，送電・変電の工程でエネルギー損失があるために，薪を直接燃焼する山村の囲炉裏のほうが，バイオマスの持つエネルギーを効率よく取り出している，すなわちエネルギー効率が高いと考えられる。

2015年の世界の電気エネルギー供給のうち，再生可能電気エネルギーの構成比は22.8％であるが，再生可能電気エネルギーの大半は，大規模な水力発電であり，地熱発電，太陽光発電，風力発電，バイオマス発電が主力というわけではない。そこで，OECD 諸国の再生可能一次エネルギー供給についても，1990年から2015年の過去25年間の年平均増加率からみれば，太陽光発電45.5％増，風力発電24.0％増と新エネルギーが急速に伸びてきたことはすでに指摘した（図 1 - 3 参照）。

しかし，次のような問題も残っている。第一にバイオマス発電は，一般廃棄物の中の農業・

食品廃棄物などバイオマスを使うサーマルリサイクルであれば，確かにバイオマス発電となる。また，製紙過程で木質バイオマスの副産物として排出されるパルプ黒液直接燃焼といった産業内の再生可能エネルギーの利用もある。しかし，容器包装，廃プラスチック類，廃タイヤなどの廃棄エネルギーは，未利用エネルギーの回収にはなっても，再生可能エネルギーではない。そこで，特に，再生可能な廃棄物のデータ作成が困難であると予測される開発途上国の場合，再生可能一次エネルギー供給のデータの信憑性に疑義が生じる。

第二に，再生可能エネルギー発電に，水力発電を含める場合，ダム建設に伴う河川とその周辺の環境悪化，特に生物多様性の減少が懸念される。他方，小規模ダム式発電，揚水式発電，水路式発電など**マイクロ水力発電**であれば，環境への悪影響は小さく，再生可能エネルギーの範疇に含むことが可能である。

ここで，「先端技術を用いたクリーンエネルギー」というイメージの代表として，再生可能エネルギー発電や電気エネルギーが注目されるが，その理由は，次のような三つの特徴があるためである。

（1）用途の広さという汎用性
（2）スイッチ一つで操作できるという簡便性
（3）利用場所では廃棄物や汚染が生じないというクリーン性（清潔感）

対照的に，固形バイオマスの直接燃焼は，煤煙による大気汚染，燃殻，灰による室内の汚れを伴うもので，利用空間を汚染してしまう。つまり，薪炭など固形バイオマスの直接燃焼は清潔ではなく，その意味で，伝統的バイオマスエネルギーは「**クリーンエネルギー**」ではない。利用空間で清浄さを保つことのできる電気エネルギーこそが，清潔さを保つ「**クリーンエネルギー**」である。換言すれば，火力発電，原子力発電も含めた電気エネルギーは，利用空間（大気，場所）を汚すことなく清潔に使用できる「クリーンエネルギー」であり，そのため，電気エネルギーが，家電製品から，家庭・事務の民生部門に広範に普及するようになったといえる[14)]。

成熟社会の日本にあって，再生可能エネルギーは，風力発電，太陽光発電，バイオマス発電など再生可能エネルギー発電，そしてバイオ液体燃料，バイオガスなど現代的な「新エネルギー」あるいは「クリーンエネルギー」である。しかし，世界的視野で見れば，再生可能エネルギーは，バイオマス，それも固形バイオマスを直接燃焼して，その熱を回収する伝統的エネルギーである。開発途上国の山村は，まさしく，地域で調達した木質バイオマスを中核とした再生可能エネルギーを日常的に利用し続けているのであって，再生可能エネルギーの自給自足を遂げているということができる。

2-3 新エネルギー論の錯誤

日本では東日本大震災以降，原子力発電所の事故を契機に，脱原子力の世論の高まりの中，再生可能エネルギーの重要性が再認識された。経済産業省資源エネルギー庁のウェブサイトでも再生可能エネルギーの種類と特徴と題して次のように記述している。

現在わが国の主要なエネルギー源である石油・石炭などの化石燃料は限りがあるエネルギー資源です。これに対し，太陽光や太陽熱，水力，風力，バイオマス，地熱などのエネルギーは，一度利用しても比較的短期間に再生が可能であり，資源が枯渇しないエネルギーです。これらは，「再生可能エネルギー」ともいわれます。石油等に代わるクリーンなエネルギーとして，政府はさらなる導入・普及を促進します。……エネルギーを安定的かつ適切に供給するためには，資源の枯渇のおそれが少なく，環境への負荷が少ない太陽光やバイオマスといった再生可能エネルギーの導入を一層進めることが必要です。

このような国家公務員の書いた記述から伺われることは，日本では，再生可能エネルギーの中核が太陽光発電や風力発電など先端技術を活用した自然由来の電気エネルギーであるかのような誤解が広まっていることである。再生可能エネルギーの代表は，自然エネルギーであり，それはあたかも自然由来の風力や太陽光による発電と同じように考えている。クリーンエネルギーという言葉も，化石燃料を代替する自然エネルギー，それも電気エネルギーと暗黙の裡に想定されている。行政担当者からメディア，学会に至まで，再生可能エネルギーの中核が，太陽光や風力発電といった自然エネルギーであるとみなしている者は少なくない。また，再生可能エネルギーの一環をなすバイオマスエネルギーに言及される場合でも，バイオエタノールやバイオディーゼルに代表されるバイオ液体燃料，バイオガスや木材チップを利用したバイオマス発電と同一視されている場合が多い。

たしかに，エネルギー作物（資源作物）として，サトウキビやトウモロコシを利用したバイオ液体燃料が21世紀に入って注目を集め，その生産量は，十年もたたないうちに倍増する「バイオ燃料ブーム」が到来した。しかし，エネルギー作物と食糧との競合，エネルギー作物の生産拡大に伴う環境悪化が指摘された。そしてシェール（頁岩）由来の石油やガスの供給増大の中で，バイオ燃料の相対価格の高さから，バイオ燃料ブームは過去のものとなった。

他方，グローバルな視点で，再生可能エネルギーの実情を見ると，その主流は，バイオマスエネルギー，とりわけ薪炭，農業廃棄物などの固形バイオマスを直接燃焼利用することによって得られる熱エネルギーである。世界のバイオマスエネルギー統計から再生可能エネルギーの実情を整理してみると，現代の再生可能エネルギーの多くが，木材に由来する木質バイオマスの燃焼によるものである。ローカルな視点でみると，再生可能エネルギーは，電気・ガスなどエネルギー関連インフラが整っていない開発途上国の貧困者が利用している。そして，経済発展に伴い，開発途上国の家庭部門のエネルギー消費は，電気エネルギーの比率を高めつつあるが，固形バイオマスが特に農村の貧困者に無償エネルギーを提供している点で，世界の持続可能な開発に重要な役割を担っていることに変わりはない。

固形バイオマスは，可燃性の再生可能エネルギーとなり，木質バイオマス，農業廃棄物，食品廃棄物などがある。木質バイオマスとは，木材，間伐材，柴，倒木，枯れ枝，廃材，木質ペレットなどであり，農業廃棄物とは，籾殻，ココナツの殻，サトウキビの搾りかす，ワラ，家畜の糞など，食品廃棄物とは，家庭の生ごみ，流通過程・食品製造過程での食品残さである。固形バイオマスの利用方法は，燃焼であるが，間接的な電気エネルギーとしての利用ではなく，

燃料として直接燃焼して熱回収することに特徴がある。

ここで，バイオマスエネルギーが地球温暖化対策として有効な理由は，**カーボンニュートラル**の条件を満たし，バイオマスの再生と燃焼という物質循環が成り立つことである。そして，世界の再生可能エネルギーの中核は，古くからある薪炭，農業廃棄物からの熱回収が中核であり，日本の経済産業省が定義した「**新エネルギー**」では決してない[15)]。

世界の再生可能エネルギー供給の中心は，開発途上国におけるバイオマスエネルギーであり，先進工業国における風力発電，太陽光発電，バイオ液体燃料，バイオマス発電など新エネルギーは，再生可能エネルギーの中で僅かな構成比しか占めていない。世界の再生可能エネルギーの大半は，薪炭という伝統的なバイオマスエネルギーが供給しているのである。

3．バイオマスエネルギー

3-1　家庭部門のバイオマスエネルギーの中核をなす薪炭

再生可能エネルギーを新エネルギーとする誤解を与えかねない状況で，日本政府は，再生可能エネルギーの中でもバイオマスに注目して，2002年の「**バイオマス・ニッポン総合戦略**」を次の4点を踏まえて閣議決定した。

（1）地球温暖化対策（エネルギーの観点）
（2）循環型社会形成（廃棄物処理の観点）
（3）競争力のある戦略的産業の育成（経済的観点）
（4）農林漁業・農林漁村の活性化（地域経済活性化の観点）

そして，2002年の「バイオマス・ニッポン総合戦略」では，「動植物，微生物，有機性廃棄物からエネルギー源や生分解素材，飼肥料等の製品を得る」ことのできるものをバイオマス発生起源とし，①廃棄物，②未利用，③資源作物，④新作物，に分類し，その開発を図っている。2006年3月末の閣議決定「バイオマス・ニッポン総合戦略について」報告書の初めにも，「なぜ，今，バイオマス・ニッポンか」，として，次のような歴史的背景を重視している[16)]。

> 私たち人類は，古来より，地球に降り注ぐ太陽のエネルギーを使って生物により生産される資源であるバイオマスを食料・木材として，更にはエネルギーや製品として利用することにより，生活を営んできた。
>
> しかしながら，経済的な豊かさと便利さを手に入れ，発展する過程において，その生活基盤の多くを枯渇が予想される石炭や石油などの化石資源に依存するようになってきた。これまでの大量生産，大量消費，大量廃棄の社会システムは，自然の浄化能力を超え，地球温暖化，廃棄物，有害物質等の様々な環境問題を深刻化させている。

このように，日本政府は，伝統的にバイオマスを活用してきたという歴史的認識を持ってお

り，それを背景にバイオマスエネルギー開発を進めると公言している。しかし，問題も残っている。それは，バイオマスエネルギーを，発電による電気エネルギーと，運輸用のバイオ液体燃料に限定するような議論を展開していることである。

第一に，現段階でも，世界の再生可能エネルギーの主流は，バイオマス発電やバイオ液体燃料など現代的バイオマス（新エネルギー）ではなく，木材，薪炭，農業廃棄物など伝統的な固形バイオマスであり，それが広範に利用されている現況を踏まえて再生可能エネルギーの開発に取り組むべきである。世界の再生可能エネルギーの主流が，固形バイオマスである理由は，森林の持つバイオマス賦存量が圧倒的に大きいためである。バイオマス賦存量は，森林面積とそこの植生の状況から推計されるが，地域別の森林面積をみると，アジアは5.5億ヘクタール，その森林密度は１ヘクタール当たり63立方メートルであり，森林体積は340億立方メートルとなっている（表３-１参照）。そこで，１ヘクタール当たりの木質バイオマスを82トンとして，バイオマス賦存量は449億トンと推計できる。他方，欧州（ロシアを含む）森林面積10.4億ヘクタール，その森林密度は１ヘクタール当たり112立方メートル，森林体積は1164億立方メートルもある。

第二に，有史以来続いていたバイオマス文明を概観すれば，バイオマスエネルギーの供給は消費と隣り合わせであり，バイオマスエネルギー供給者と需要者とが同一主体であったことが大半だったという点である。つまり，一次バイオマスエネルギーの総供給とバイオマスエネルギー最終消費とが隣接空間で行われ，需給バランスが取れていたという自給自足である。この理由は，バイオマスエネルギーが家計が里山など近隣で薪を採取し，木炭を焼き，その消費も，家庭で行われていたためである。

2015年の世界のエネルギー部門別消費をみると，火力発電・水力発電など発電部門が31.8%

表３-１　地域別の森林とバイオマス賦存量の推計

	森林面積	森林密度	森林体積	木質バイオマス密度	木質バイオマス
	100 万 ha	m^3/ha	100 万m^3	t/ha	100 万 t
	a	b	a×b	c	a×c
アジア	547	63	34461	82	44854
アフリカ	649	72	46728	109	70741
南アメリカ	885	125	110625	203	179655
北中アメリカ	549	123	67527	95	52155
欧州	1039	112	116368	59	61301
オセアニア	197	55	10835	64	12608
世界	3869	100	386900	109	421721

出所）Parikka, Matti（2004）“Global Biomass Fuel Resources,” table2より作成。

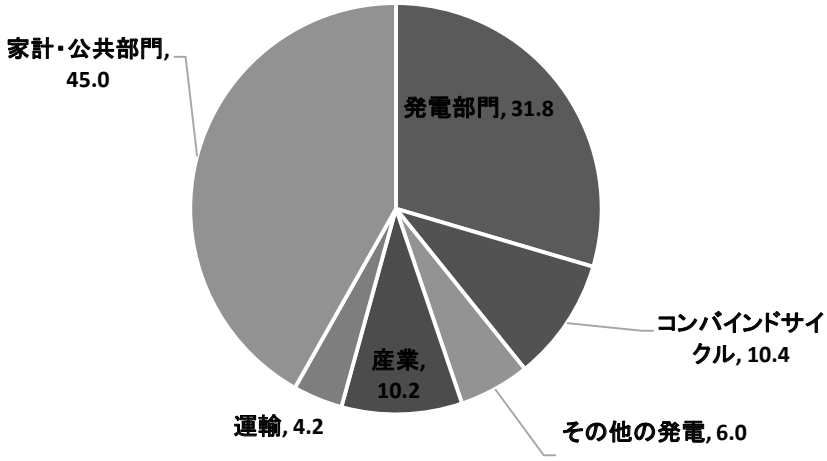


図３-１ 2015年の世界のエネルギー最終消費（%）

出所）IEA(2017) *Renewables Information 2017*. fig6より作成。

も占めており，化石燃料や再生可能エネルギーが電気エネルギーに転換されて消費されている。また，工業生産のための産業部門10.2%，自動車など運輸部門4.2%に対して，家庭・業務部門が45.0%と生活や事務所といった民生部門におけるエネルギー最終消費が半分近くを占めている（図３-１参照）。そして，発電部門，運輸部門はエネルギー革命後のエネルギーの用途であるから，それ以前のエネルギー消費の過半は，民生部門である。特に家庭にあって，伝統的なバイオマスエネルギーの消費とは，里山から自ら採取してきた柴や山林で炭焼きをしたものであり，それを地域コミュニティ内で自家消費あるいは近隣者向けに販売し，消費していた。

他方，薪炭，農業廃棄物，建築廃材など固形バイオマスの直接燃焼は，開発途上国では，無償エネルギーとして里山や近隣で採取できる場合が多く，電気・ガスなどインフラが未整備の地域に住む人々には，依然として重要な家計部門のエネルギーである。IEA は国際機関として，最先端の新エネルギーにのみ注目してしまう日本と同じ錯誤には陥っていない。エネルギー最終消費に関して，開発途上国の家計部門が薪炭など固形バイオマスに依拠した調理をしており，家計部門にあってバイオマスエネルギーが普及していることに注意を喚起している（写真３-１，３-２参照）。固形バイオマスの直接燃焼によって調理をしている人口とその地域別構成比は，インド，インドネシア，パキスタンなど南アジア４億8400万人（33.2%），中国など東アジア（オセアニアを含む）４億4600万人（30.6%），ナイジェリア，エチオピアなどサブサハラ・アフリカ３億9600万人（27.2%）など，貧困地域における家計部門における固形バイオマスが指摘されている。こうして，2004年時点で，世界25億2800万人が，薪炭など固形バイオマス直接燃焼に依存した調理をしているとされた[17)]。

固形バイオマス調理人口は，地域別の人口とその地域構成比は，インド７億4000万人，中国



写真３-１　中国重**庆**市酉**阳**土家族苗族自治**县**（重慶市酉陽土家族苗族自治県）河湾，農家の囲炉裏。ここで薪を燃料として，給湯，調理を行う。煙が立ち上るため，天井は煤で黒く汚れてしまうので，バイオマスエネルギーは「クリーンエネルギー」ではない。しかし，煙や余熱の当たる囲炉裏の上に，生肉を吊るして，乾燥させ燻製にできるので，エネルギー効率は高い。2014年２月15日筆者作成。



写真３-２　中国重**庆**市酉**阳**土家族苗族自治**县**（重慶市酉陽土家族苗族自治県）河湾，農家の食卓。簡易炉に薪をくべて温めながら食事を摂る。炉は，開放的で熱は逃げてしまうが，余熱は暖房に有効活用される。春節に里帰りした家族の最後の夕食は豪華である。2014年２月15日筆者作成。

表３-２　2004年の固形バイオマスに調理を依存する人口（100万人）

	全域	農村	都市
サブサハラアフリカ	575	413	162
北アフリカ	4	4	0.2
インド	740	663	77
中国	480	428	52
インドネシア	156	110	46
その他アジア	489	455	92
ブラジル	23	16	8
その他中南米	60	59	25
合計	2528	2147	416

出所）IEA（2006）*World Energy Outlook* 2006 Table 15.1 より作成。

４億8000万人，ブラジル2300万人，ナイジェリア，エチオピアなどサブサハラ・アフリカ５億7500万人と推計している。また，都市と農村を比較すると，固形バイオマス調理人口は，農村の２億1470万人，都市4160万人と農村に多いことが確認できる（表３-２参照）。

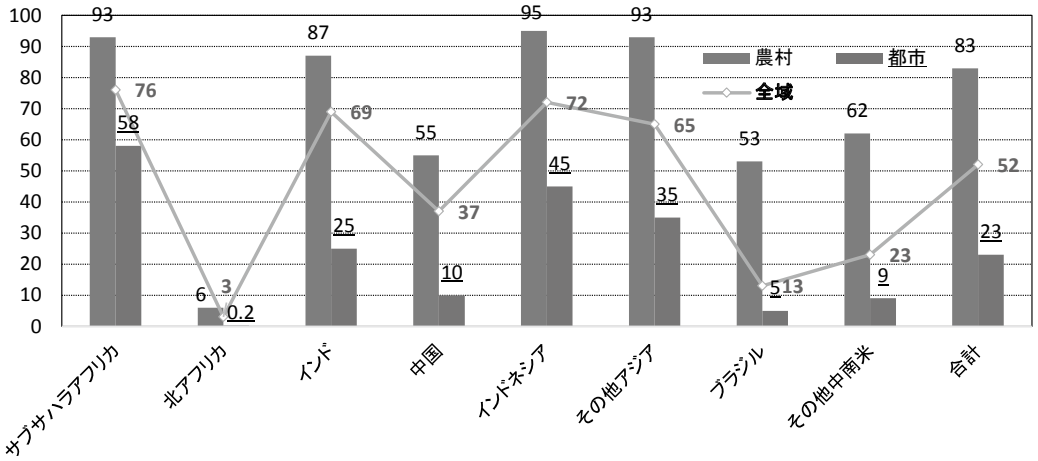


図 3 - 2 固形バイオマスに調理を依存する人口比率（％：2004年）

出所）IEA (2006) *World Energy Outlook 2006* Table 15.1 より作成。

2004年時点で世界の固形バイオマス調理人口（25億2800万人）は，当時の世界人口の52％に相当し，有史以来の伝統的なバイオマスエネルギーが，化石燃料，原子力と併存していることが明らかである。バイオマスエネルギーは，経済やエネルギー需給の上では，エネルギー革命以降，低迷しているが，世界人口の過半数以上の貧困者にとって，主要なエネルギーとなっている。この意味で，バイオマス文明は，化石燃料，原子力と並んで，現代の人々を支え続けているのである。地域別国別の固形バイオマス調理人口の比率は，サブサハラ・アフリカ76％，インドネシア72％，インド69％，中国37％，ブラジル13％などで，各国で都市よりも農村において，遥かにバイオマスエネルギー依存度が高くなっている。固形バイオマス調理人口比率は，農村では83％と，都市の23％より高い（図 3 - 2 参照）。これは，農村の周囲に里山，山林など森林が広がっており，その植生を活かして，柴刈り，薪採取をして，固形バイオマスを労力をかけて収集し，家庭に自ら運搬して，調理に利用している。開発途上国の家計部門，特に農村が，バイオマスエネルギーの最終消費者として，再生可能エネルギーの普及に大いに寄与しているのである。

他方，バイオマス・ニッポン総合戦略では，日本のバイオマス賦存量の多さを強調するが，これはあくまで潜在的な一次エネルギー総供給であるに過ぎない。つまり，バイオマスをどのように獲得し，消費地にまで運搬するのかといった消費者と消費地について，検討が不十分である。問題解決の一つの可能性は，スウェーデンのように木質ペレットを大量生産して，それをバイオマス発電施設まで運搬し，そこで再生可能エネルギー発電を行うことであるが，そのような新たな施策を採用することなく，開発途上国の農村は，薪採取と運搬という労働力をかけて，固形バイオマス由来の再生可能エネルギーを自給自足しているのである。

しかし，固形バイオマスに依存した調理が，再生可能エネルギーの普及を可能にし，気候変動緩和に寄与しているとしても，問題がないわけでない。それが，室内汚染による健康被害である。世界保健機関（WHO）は，固形バイオマスの直接燃焼によって調理をしている貧困地

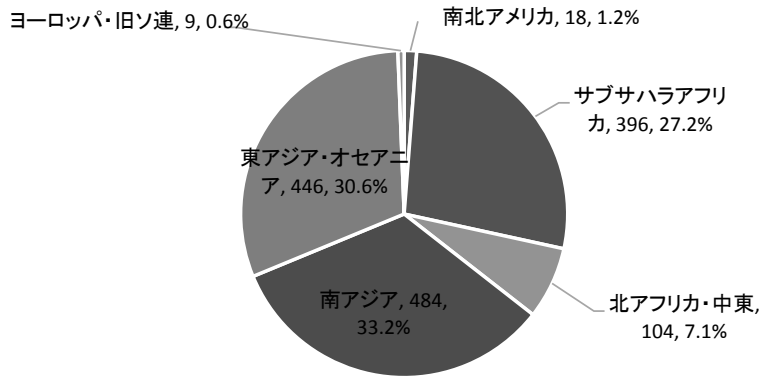


図 3 - 3　2004年の室内汚染による年間死者数（1000人）

出所）IEA (2006) *World Energy Outlook 2006* Table 15.1 より作成。

域では，室内汚染が進行し，2004年時点で世界145.7万人が，煤煙や有害物質によって死亡していると推計している。室内に長時間留まり，抵抗力も十分でない乳幼児が特に室内汚染によって健康を蝕まれているとする。地域別の室内汚染による死亡人口とその地域構成比は，インド，パキスタン，インドネシアなど南アジア48.4万人（33.2%），中国など東アジア（オセアニアを含む）44.6万人（30.6%），サブサハラ・アフリカ39.6万人と固形バイオマス燃料の問題点を指摘している（図 3 - 3 参照）。

しかし，このような室内汚染のリスクについては，若干の疑問もある。貧困者の家屋は，都市でも農村でも，バラックや木造などにトタンを葺いたものが多く，窓や扉も立て付けが悪く，密閉性や断熱性は低い。また，固形バイオマスを燃焼する場所は，天井が高い囲炉裏や家屋の外や脇にある場合も少なくない（写真 3 - 1 参照）。つまり，燃焼する場所は半室内や吹き抜けの開放的な空間であり，不完全燃焼したり，煙が立ったりすることはあっても，室内が汚染され続けることは稀であると考えられる。

3 - 2　エネルギー最終消費

バイオマス発電がなぜ石炭や天然ガスの火力発電が行われる前に実施されなかったかを考察すれば，バイオマス発電の制約が明らかになる。第一に，木材の成長には水が不可欠であり，水を含んだ木材を燃焼可能になるまで乾燥させる作業が必要になる。そしてもしこれを天日乾燥という自然エネルギーをもちいて実施しようとすれば，広大な空間が必要となる。そこで，天日乾燥できないのであれば，木質バイオマスの乾燥にも，燃料が必要になってくる。

第二に，木質バイオマスのエネルギー密度は，化石燃料よりもはるかに低く，同じ熱量（カロリー）を得るには，量と重量の上で，移動の負担が著しく大きくなる。石油や天然ガスを運搬するのに要するエネルギーの数十倍から数百倍ものエネルギーがそこに投入されなくてはならない。つまり，木質バイオマスを利用するバイオマス発電のエネルギー効率は，化石燃料を用いる火力発電所よりもはるかに低いのである。



写真３-３　フィリピン，カリンガ州ルブアガン町下ウマ，薪を採取し自宅に運搬する。山の麓にある棚田（二期作）で耕起作業をした帰りに集めた薪。2015年８月20日撮影。



写真３-４　フィリピン，カマリネスノルテ州メルセデス町，海岸のマングローブ林などでの採取した柴や落ちていた枝を籠に入れて自宅にまで運ぶ。運搬距離は徒歩10分程度の集落の周囲で柴刈りをする。女子供が担っている。2011年８月28日撮影。

バイオマスエネルギーは，ながらく家庭部門にあって，人力で薪を採取し，運搬して，それを燃焼して熱回収するかたちで自給自足で自家消費されてきた。これは，第一に，小規模分散型の利用であり，バイオマスの生産点と消費点が接近しており，運搬距離が短かったために可能だった。肩に担いで水分を含んだ薪・木材を臂力（ひりよく）搬送するのは，容易ではないが，古来から無償のバイオマスエネルギーをえるために，労力を投入し汗をかくのは当然のことだった。このような労働集約的な工程を得て，初めて家庭部門におけるバイオマスエネルギーを自給自足し，自家消費することができる（写真３-３，３-４参照）。したがって，バイオマス・ニッポン総合計画のように，潜在的供給可能量を推計して豊富なエネルギーがあるといっても，その利用には労力をかけるか，エネルギーを負担するかしなければならない。

2015年の南北別最終エネルギー消費（石油換算）をみても，OECD 諸国36億3500万トン，非 OECD 諸国53億6600万トンと一次エネルギー総供給の各々53億6631万トン，80億612万トンよりもかなり小さいが，これは非 OECD 諸国から OECD 諸国に石油，天然ガスの輸出があること，電気エネルギー変換する際に損失があることが原因である（図１-１，図３-４参照）。また，原油は，石油製品（ナフサ・灯油・軽油・ LP ガス）として産業部門，運輸部門，民生部門で幅広く消費されるが，石油製品の製造に消費されてしまうエネルギーも，最終消費からは控除されている。

2015年の南北別最終エネルギー消費構成比は，南北双方とも石炭・石油・石油製品で50％程度を占めているが，OECD 諸国は天然ガスが19.8％，バイオマス5.4％に対して，非 OECD 諸国は各々12.7％，15.9％である（図３-５参照）。つまり，環境意識が高いとされる OECD 諸国・先進工業国よりも，非 OECD 諸国・開発途上国のほうが，再生可能エネルギー消費の構成比が高い。ここでも，バイオマスエネルギー，特に薪炭を自給自足している開発途上国の家庭部門の重要性が指摘できる。

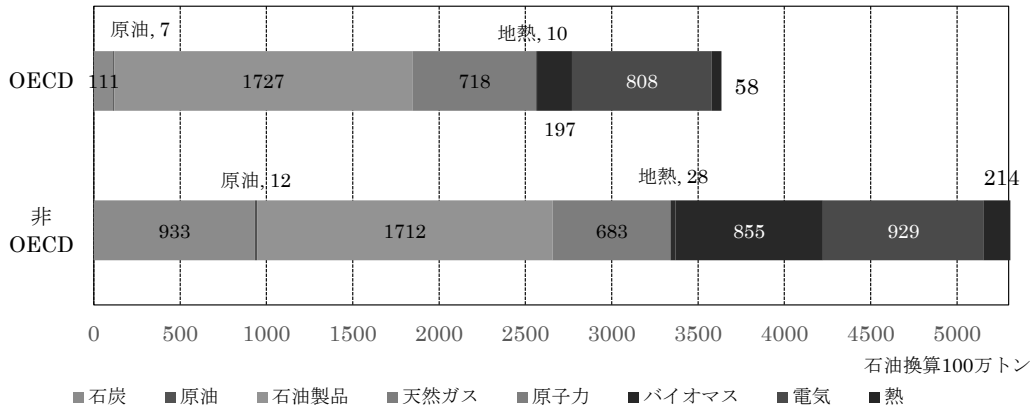


図 3 - 4　2015年の南北別最終エネルギー消費

注）原油は主に石油製品（ナフサ・灯油・軽油・LP ガス）や電気として，原子力・水力・地熱は主に電気として消費。
出所）IEA（http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=OECDTOT&product=balances&year=2015）より作成。

3 - 3　エネルギー変換効率

開発途上国においてバイオマスエネルギー消費構成比が高い理由は，環境意識といった感情の問題ではなく，無償の固形バイオマスである薪炭が多数の家庭部門で調理・給湯の熱エネルギーとして最終消費されているという勘定のためである。

一次エネルギー総供給とは異なってエネルギー最終消費の多くは，エネルギー変換，特に電気エネルギーへの変換が顕著であり，その間のエネルギー損失が少なからず生じている。火力発電所で，化石燃料を燃やして熱エネルギーを発生させ，水を沸騰させて蒸気タービンを回し，運動エネルギーを電気エネルギーに変換し，長距離の送電をした後，再びエアコンを使って，熱や冷気を発生させるという過程は，複数回のエネルギー変換を繰り返すたびに，エネルギー損失を累積させている。

他方，バイオマスの最終消費は，電気へのエネルギー変換は除外されており，多くは固形バイオマス燃焼による熱エネルギーの直接消費であり，エネルギー変換の必要がないために，エネルギー効率は相対的に高い。このバイオマスエネルギー消費（石油換算）は，OECD 諸国1億9700万トン，非 OECD 諸国8億5500万トンで開発途上国のほうが多い（図 3 - 4 参照）。

発電所で発電された電力が，需要者の届くまでの**総合損失電力量**にも注意する必要がある。発電後のエネルギー，すなわち発電電力量の流れを見ると，送配電線の抵抗損，変圧器の鉄損，銅損，送電線のコロナ損，漏れ損などの過程で生ずる**送配電損失**と，発変電所の補機類（給水ポンプ，圧油装置）の運転，変圧器の制御に消費される**所内消費電力**がある。そこで，発電電力量の一部は，この総合損失電力量となり，未利用エネルギーとして無駄になっている。つまり，発電電力量は，次式のように総合損失電力量と最終消費電力量の和である。

発電電力量＝総合損失電力量（所内消費電力＋送配電損失）＋最終消費電力量

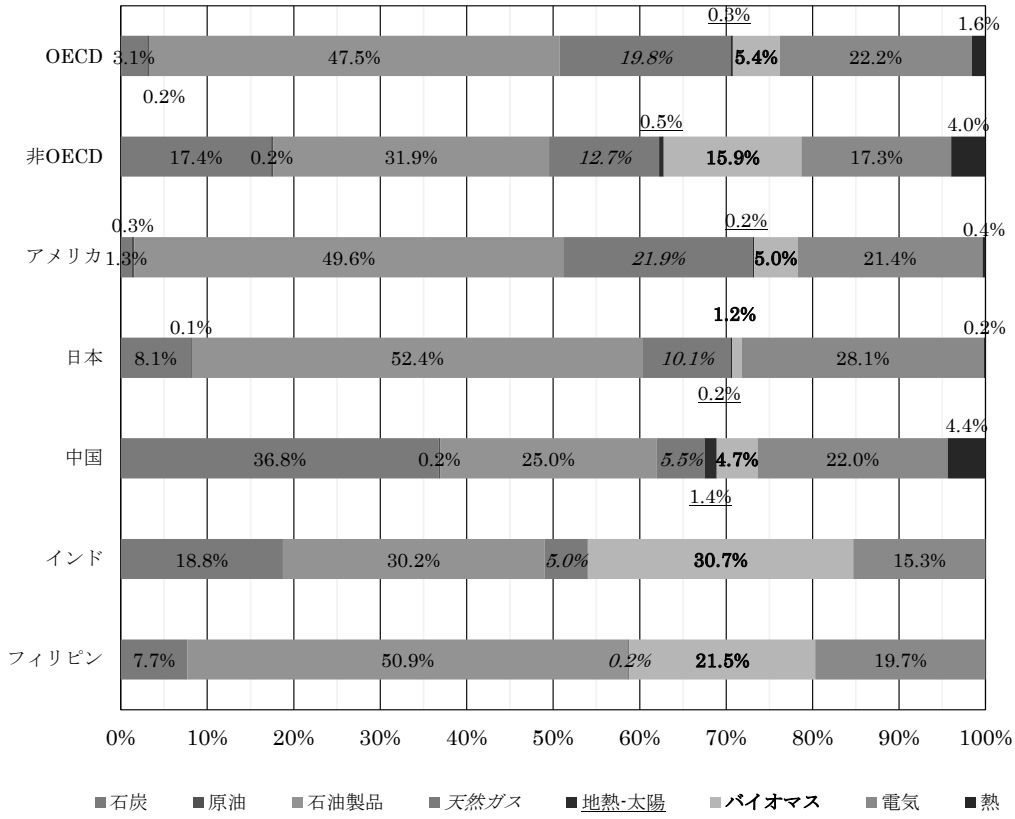


図 3 - 5　2015年の南北別最終エネルギー消費（石油換算100万トン）

注）原油は，主に石油製品（ナフサ・灯油・軽油・LP ガス）・電気として消費。原子力・水力・地熱・太陽光は主に電気として消費。電気には，火力発電，原子力発電，水力発電のほか風力発電・バイオマス発電など再生可能エネルギー発電を踏む。
出所）IEA（http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=OECDTOT&product=balances&year=2015）より作成。

総合損失率とは，総合損失電力量の発受電電力量に対する比率で，東京電力など10社平均で，1995年9.3%，2010年8.2%である[18)]。

しかし，火力発電所の発電電力量とは，化石燃料を燃焼して熱回収し，水を沸騰させて，蒸気タービン発電機を運転して得られる電気エネルギーであるが，この時投入された化石燃料が生み出した熱エネルギーは，その一部が電気にエネルギー変換されるものの，多くは，蒸気タービン運転時の摩擦熱を含む余熱・排熱となり，未利用エネルギーとして，**所内工程損失**となる。つまり，火力発電所の化石燃料由来の熱エネルギーは，発電された電気エネルギーと発電工程上の損失エネルギーとの和であり，次式で表される。

エネルギー総供給（熱量）＝発電電力量＋所内工程損失（余熱・排熱）

エネルギー変換効率とは，投入エネルギーに対する回収・利用エネルギーの比率であり，東

京電力など10社平均の火力発電のエネルギー変換効率（汽力発電所熱効率）は，1995年39.0%，2010年41.9%である。つまり，石炭・石油・天然ガスを燃焼し，熱エネルギーを起こし，蒸気タービンを回転させて発電する場合，**汽力発電所熱損失率**は，1995年61.0%，2010年59.1%と変電や送電に関わる総合損失率よりも大きな値となり，合わせたエネルギー損失率は，2010年67.3%に達する。火力発電は，化石燃焼の燃焼による熱エネルギー，それを利用した蒸気タービンの運動エネルギー，そこから汽力発電して電気エネルギーを生み出しているが，エネルギー変換を繰り返すことでエネルギー損失が大きくなる。

開発途上国の場合，非電化地区・ガス管未整備地区の人口が多く，貧困者が無償エネルギーとして，ローカルコモンズの薪炭，農業廃棄物などバイオマスを盛んに利用している。また，都市，特に低所得者・貧困層の暮らすスラムにあって，電気・ガス料金を節約するために，安価なエネルギーとして，木炭が普及している。ここでの特色は，電気にエネルギー変換しないことで，汽力発電所熱損失も変電・送電の総合損失もないことである。

固形木質バイオマスの利用は，直接燃焼し，熱エネルギーをそのまま利用し，エネルギー変換はしないで済む。囲炉裏で，熱回収をするが，そのとき利用できるエネルギーは，熱効率で測られる。

熱効率とは，投入燃料の熱量に対する利用可能な熱量（室内放出分）の比率で，薪ストーブの熱効率は，アメリカのEPA（環境保護局）の基準では触媒方式72%以上，非触媒方式63%以上と定められている。木質ペレットストーブは，ヨーロッパ機器規格で，定格出力時で75%以上である[19)]。

ここで熱効率は，次のように測定する。水素または水分を含む燃料を燃焼させると，発熱量の一部は水分の蒸発の潜熱として燃焼ガス中に蓄えられるが，潜熱は利用できない。そこで，総発熱量から潜熱を控除したLHV（低位発熱量）で利用可能な熱量を定めるのである。

薪ストーブを室内で使えば，熱を室内に放出するので，熱効率が60%から70%と高い。薪は囲炉裏や薪炭用のコンロ，ストーブで直接燃焼され，主に調理に使われる。薪炭用コンロの熱効率は，調理に35%，余熱として室内暖房，囲炉裏の上に置いた薪の乾燥・燻製製造などに65



写真3-5　カリンガ州ルブアガン町上ウマ，囲炉裏（チャイヤポーン）の炉。薪は囲炉裏上の棚に乗せて余熱を利用して乾燥させる。天井は高く，排気口や窓もあり，開放的な調理場であるため，室内空気汚染は生じにくい。2015年8月19日撮影。



写真３-６　中国重**庆**市酉**阳**土家族苗族自治**县**（重慶市酉陽土家族苗族自治県）河湾，農家の家庭調理場。大きな炉に薪をくべて調理をする。炉は，頑丈なコンクリートと煉瓦の構造で断熱性が高く，効率的である。2014年２月15日筆者作成。

%，合計で100%効率的に利用されていると推測される（写真３-５，３-６参照）。

４．ローカルコモンズ

４-１　当てはまらない「コモンズの悲劇」

人類史で調理や道具作りに用いられた薪炭などバイオマスエネルギーは，多くを森林，里山を供給源としてきたが，これらは無償エネルギーとして，重要な役割果たしてきた。そこで，住民が一定のルールの下で，無性に利用できる地域の共有資源を**ローカルコモンズ**と呼ぶと，バイオマスエネルギー文明は，ローカルコモンズに依存して興隆していたことが分かる。ローカルコモンズとは，地域コミュニティ住民に，自然共有資源として認識されている土地，森林，水，資源エネルギーであり，地域コミュニティ住民の自主的な管理に委ねられている。Hardin（1968）は「**コモンズの悲劇**」と題する論文で，自然共有資源が自由なアクセスのもとに置かれると，利用者が他の利用者の利益を試みることなく自由に収奪的に利用することになり，ローカルコモンズが荒廃するとした[20)]。そして，コモンズの悲劇を回避するためには，自然共有資源を私有化するか，国有化するかして，財産権を明確にすればよいと論じた。つまり，ローカルコモンズの適正管理がいかに難しいか強調したのである。

ここからは，筆者が2012年以来フィールド調査を続けているフィリピン，ルソン島北部山岳地のカリンガ州について話を進めるが，土地所有形態の特徴をみると，コモンズとは自由に誰でも使用できるような土地のことではないことが分かる。

フィリピンでは，固有の山岳先住民として，自らの言語，文化を共有する部族集団（少数民族）が，共通先祖伝来の土地としての慣習的土地所有を広範に認められている。2010年５月時点でのコルディリェラ行政地方にあって，土地のほとんどは，先祖名義の土地であり，2010年５月時点で，カリンガ州の州面積31.2万ヘクタールのすべてが先祖名義の土地に区分される（表４-１参照）。2010年５月現在，先祖名義の土地として法的に土地登記がなされているのは，7110ヘクタール，48名義であり，先祖名義の土地面積の2.3%でしかなく，**先祖伝来土地登記証明書**（CADT： Certificate of Ancestral Domain Title）が認証発行されているのは，48名義のうち１件，すなわち２%に過ぎない[21)]。

表 4 - 1　2010年 5 月時点でのコルディリェラ行政地方の先祖名義の土地登記

	州面積	先祖名義の土地		土地登記		名義数	CADT認証数	CADT認証比率
	1000ha	1000ha	慣習比率	1000ha	登記比率	件	件	
アブラ州	397.6	294.2	74.0%	3.92	1.3%	17	1	6%
アパヤオ州	392.8	392.8	100.0%	11.27	2.9%	8	1	13%
ベンゲット州	265.5	265.5	100.0%	251.49	94.7%	15	13	87%
イフガオ州	251.8	251.8	100.0%	47.19	18.7%	11	2	18%
カリンガ州	312.0	312.0	100.0%	7.11	2.3%	48	1	2%
マウンテン州	209.7	209.7	100.0%	9.48	4.5%	11	1	9%
バギオ市	5.75	—	—	0.15	—	1	1	100%
CAR	1829.4	1726	94.3%	330.6	19.2%	111	20	17%
全国	30000	7700	25.7%	3584.1	46.5%	—	138	—

注）CADT（Certificate of Ancestral Domain Title）は先祖伝来土地登記証明書。
出所）NEDA：Indigenous Culture and Knowledge
（http://www.nro.cordillera.gov.ph/index.php?option=com_content&view=article&id=117%3A322-indigenous-culture-and-knowledge&catid=55%3Ardp-2011-2016&Itemid=57&lang=en）より作成。ただし，バギオ市の面積は，NSCB（http://www.nscb.gov.ph/activestats/psgc/province.asp?regName=CAR+%2D+Cordillera+Administrative+Region&regCode=14&provCode=141100000&provName=BENGUET）による。

しかし，フィリピン政府による先住民の財産権の公認，法律的な保証という財産権の設定は，地域コミュニティにとって，土地の取り上げ，追放などのリスクを大幅に引き下げており，土地保有の安定に貢献している。フィリピンでは，傾斜度18%以上の丘陵地，山林，標高の高い高原で，所有者が明確に示されない土地は，国有林地化されているから，コルディリェラ行政地方の棚田も，法的に土地を所有することはできない可能性がある[22)]。

財産権上，土地の利用から貸与・譲渡・改変まで自由に可能な所有権に対して，土地の居住権，利用権，森林伐採権，放牧の権利，通行の権利などの保有権は，所有権よりも弱い財産権である。しかし，先祖伝来土地登記証明書を導入することによって，フィリピン政府は，カリンガ州の少数民族の自治を尊重し，先祖伝来の土地の登記を新たに認めることとした。フィリピン統合，民族共生を維持しようとしているといえる。

このように，先住民の土地に対する財産権の設定は，長期安定的な経済活動が可能となり，農業，資源利用について長期的視点から経営する契機が生まれる。つまり，持続可能な農業と森林・河川など自然共有資源の利用が，安定的な財産権のもとで可能になる。短期的に収入を極大化する収奪的な農業や資源収奪ではなく，民族共生の考え方は，地域の平和に貢献し，農業経営，バイオマスなどローカルコモンズの利用にも安定をもたらしたと考えられる。

4 - 2　ローカルコモンズの土地利用

山村の**ローカルコモンズ**としては，土地，すなわち**共有地**がある。共有地には，複数の保有者があり，彼らは特定血族家族集団に帰属する。共有地の利用権は，特定血縁家族集団のメンバーにほぼ平等に分配されているが，実際の利用状況は，メンバーの地理的，社会的位置づけによって異なってくる。

共有地は，特定家族血縁集団以外の者に対する利用を原則認めない排除性，共有地保有者相互の利用がお互いの利用を制約するという競合性がある。したがって，その利用の状況，相続関係は複雑である[23)]。

合田濤（1998）によれば，居住区内の宅地，その周囲の前庭や裏庭は，特定家族血縁集団の共有地とされ，個人には占有，利用権のみ無償で認められるという。**家族血縁関係**については，夫婦と子どもからなる核家族，夫婦の双方の祖先を辿る双系制出自，集団の内部構成が父系・母系の片方に偏らない共生系出自，あるいは非限定的・重複的に帰属する全系出自などが，カリンガ族やボントック族にあるとされる。しかし，実際には，家族間の対立，親密な交際，名付け親や洗礼を通じた擬制的親族関係，養子関係も加わって，複雑で柔軟な家族血縁関係が形成されている。そして，世代が進んで，婚姻関係などが拡散していけば，土地に関する権利も拡散し，一つの土地に対する利用権が，山村住民の大半に渡ってしまうことになる。

つまり，地域コミュニティ住民には，複数の特定家族血縁集団に帰属する**多重帰属**が生まれる素地があり，世代を経るにつれて，共有地に対する共有権保有者の人数が過剰になり，資源の収奪的利用に陥ってしまうリスクも指摘できる。そこで，共有地は，森林を保護したり，首狩りを顕彰したりする目的で，特定の個人や特定血縁集団にのみ，分配されるようになるという[24)]。こうして，共有地を保有する家族血縁集団の形成と消滅が繰り返されるが，地域コミュニティにあっては，共有地として，共有地保有者あるいは利用者は識別可能である。

土地は，森林，棚田，畑地，宅地などに区分できるが，土地利用の上では，建築資材など用材になる大木のある森林，薪採取，柴刈りに使う小さな樹木の生える里山，コーヒーや柑橘類の果樹園，コゴン草・萱・タイガーグラスの茂る草地などがある。また，利用と並んで，共有地とその資源，すなわちローカルコモンズの保全と管理も重要で，ボントック族の森林に関する地域コミュニティのルールとして，①山火事を起こさない，②権利のない森林で焼畑をしない，③権利のない樹木を伐採しないこと，があるという[25)]。

しかし，棚田や宅地が，排他的利用，占有が重要になる土地であっても，図面を使った登記のシステムが，山村で利用できるわけではない。法律家の支援を頼んだこともあるようだが，多くの譲渡，売買は口頭の契約，メモのようなもので済まされる傾向にある。住民間の信頼関係が成り立っている山村では，住民間の口約束は遵守するという暗黙の契約が成り立っているように思われる。フィリピンでは，傾斜地や占有が証明できない土地として公有地に分類されてしまう土地も多いのであるから，今後も山村の共有地にも私有地にも登記のシステムを導入するのは困難であろう[26)]。

他方，住民の間では，あぜ道，水路の両側，家屋の密集する集落周辺（バランガイサイト），庭先などは，一定の占有・排他的利用が認められている土地である。たとえば，庭先やバランガイサイトには，コーヒーやグアバなど果樹が植えられ，栽培されている。これは，コーヒー園とも呼べるが，果樹は個人財産であり，その栽培する土地はローカルコモンズと考えられている。コーヒーの木は永年作物であり，その個人財産がローカルコモンズのバランガイサイトで栽培されたのは，バランガイの創設期に，先住権として，コーヒーの木を植えたことによる。これはコーヒーだけではなく，夏蜜柑のような果樹，箒の材料になるタイガーグラス，薬草・

飲料に使われるレモングラスについても同様であり，有用な植物は栽培され，それには特定の持ち主があるが，その土地は住民の共有地のように扱われている。

したがって，ティンラヤン山村では，何人もの住民がバランガイサイトにコーヒー園や果樹園を保有したり，コーヒーの木や果樹を何本か栽培したりしている。この利用は，地域コミュニティに滞在している限り認められるものであって，離村した場合には，権利を居住者，一般的には親族に譲渡する。

4-3　バイオマスエネルギー最終消費

ローカルコモンズとしては，森林の木材，再生可能エネルギーとして重要な薪炭，すなわち**固形バイオマス**が重要である。木材の利用用途は，家屋の建築資材，家具や農工具の製造があり，これらの木材は，地域コミュニティ住民がローカルコモンズとして認識している木材が切り出されて無償で利用され，バイオマスエネルギーとして最終消費されている[27)]。

木材は，大木にする目的で個人が植林した樹木もあり，その樹木は里山にあっても，祖父・曽祖父から引き継いだ個人財産として認識されている。先祖が植林した樹木であり，自分に利用権がある主張する住民については，必ずしも住民の見解が一致しているわけではない。しかし，住民の間には，血縁・地縁関係を通じて，共食をしたり，緊急時の貸借をしたりして，情報共有に基づく信頼関係が成り立っている。そこで，薪採取にかかわる相互の利益や意見を大きく損なうようなモラルハザードは抑制されていると考えられる。

他方，家庭における炊飯，調理に使用する薪は，**里山の柴・粗朶**（そだ）である。柴とは野山に生えている小さい雑木や細い樹木・灌木の枝を指し，柴を集めることを，**柴刈り**という（写真4-1，4-2参照）。「木を切る」との表現は，斧や鉞（まさかり）を用いて，大木を根元から伐採することを意味することがあるが，柴刈りは，これと異なり，樹木の根元はそのままに，枝や灌木を鉈（なた）で刈って集めることある[28)]。倒木や落ちている枝を拾い集める「薪



写真4-1　カマリネスノルテ州メルセデス町，海岸のマングローブ林などでの薪採取，柴刈り。落ちている枝を拾ったり，小枝を鉈で打ったりする作業なので，女子供，老人が担っている。2011年8月28日撮影。



写真4-2　フィリピン，カリンガ州ルブアガン町上ウマ，里山での柴刈りをするが，使う道具は手にした鉈など小型のものである。柴刈りは，大木を根元から伐採するのではなく，枝や粗朶の採取作業である。2013年8月15日。

拾い」も，樹木の根元からの伐採とは異なり，森林減少には至らない。粗朶とは切り取った樹木の枝や細い樹木の切れ端であり，柴と同じく，木材採取が，森林伐採にあたるわけではない[29)]。枝を鉈で落とし，複数ある細い幹の１本を伐採しても，その樹木は維持され，再生可能な範囲にとどまっているからである。こうして，薪炭は，囲炉裏や調理用ストーブで，固形バイオマスとして燃焼され，熱回収の形態で，**バイオマスエネルギー最終消費**となる。

フィリピン地域コミュニティにあっては，貧困世帯のエネルギーの中核は，調理や煮炊きに使用するバイマス，すなわちローカルコモンズを供給源とする薪，木炭，農業廃棄物である。木炭は，薪を蒸し焼きにして生産するが，地域コミュニティでは庭先に穴を掘って，木材を入れ，それをトタンで覆って簡易窯を作って，生産している。この木炭も含めてフィリピンの再生可能エネルギーによる国内熱供給の過半は，薪，炭など木材（木質バイオマス）を中核とした固形バイオマスである。

2014年８月17日，ルブアガン山村下ウマのパヤウから山道を上ってくるラモン（Lamong）氏ら男性２人は，各々が燃料用木材（トゴン）１束を肩に担いで運んでいた。谷で集めたその燃料用木材は，20キログラム程度あり，休憩するところであった（写真４-３参照）。聞取りをすると，鉈の長さで木の束を図り，これだけの木材を薪として家で調理に使用すれば，小さな木の束は４日分，大きな木の束は１週間持つとの回答を得た。その際，運搬してきた燃料用木材の体積を巻き尺を使って計測したが，細い木７本は，木の円周は，9.6センチメートルから15センチメートルで，長さは凡そ3.2メートルであった。もう一束は，太い木３本で，木の円周25センチメートルから35センチメートル，長さ127センチメートルであった。後日，木材の体積を推計すると，細い木の束は，２万5467立方センチメートル，太い木の束は２万8409立方センチメートルあった（表４-２参照）。

したがって，薪の消費量は１世帯１日当たり4058立方センチメートルから6367立方センチメートルとなる。大人４人の世帯であれば，大人一人１日当たり1041立方センチメートルから1592立方センチメートルを消費する。

調査滞在先，調査した世帯での調理の観察によれば，家族大人３人分のご飯，スープの一品料理の２回分（朝食・昼食）を一度に調理するには，円周12センチメートル，長さ100センチの細い木３本が必要で，その体積は3438立方センチメートルであり，１世帯１食当たり薪は



写真４-３　カリンガ州ルブアガン町下ウマ，採取した粗朶を山道を上り自宅まで運搬する。二人で各々１束を運搬する。途中，山麓で休憩時間をとっている。2014年８月17日撮影。

表 4 - 2　ルブアガン町下ウマの燃料用木材の運搬量（2014年 8 月）

		円周 (cm)	直径 (cm)	半径 (cm)	断面積 (cm^2)	全長 (cm)	体積 (cm^3)
細い粗朶 7 本	1	15.0	4.8	2.4	17.9	320	5730
	2	13.5	4.3	2.1	14.5	320	4641
	3	12.0	3.8	1.9	11.5	320	3667
	4	11.2	3.6	1.8	10.0	320	3194
	5	11.0	3.5	1.8	9.6	320	3081
	6	10.5	3.3	1.7	8.8	320	2807
	7	9.6	3.1	1.5	7.3	320	2347
	合計				79.6	320	25467
太い粗朶 3 本	1	35.0	11.1	5.6	97.5	127	127
	2	31.0	9.9	4.9	76.5	127	12380
	3	25.0	8.0	4.0	49.7	127	9712
	合計				223.7	127	28409

出所）2014年 8 月17日，ルブアガン山村下ウマで，筆者によるラモン家の運搬した木材実測値から推計。

1718立方センチメートル，1 食一人当たり523立方センチメートル，一人 1 日当たり1569立方センチメートルの薪が必要となる。

ルブアガン山村下ウマの2010年人口641人に必要な 1 日当たりの木材は，1 日当たり96万1500立方センチメートル（0.9615立方メートル）であり，年間351立方メートルの木材が燃料として必要となる。ここで森林密度（体積）を 1 ヘクタール当たり63立方メートルとすれば，ルブアガン山村下ウマ住民には，森林5.57ヘクタールの木材がバイオマスエネルギーとして消費されることを意味する。

しかし，このことは，ルブアガン山村下ウマで年間5.57ヘクタールの森林が減少しているということではない。柴刈り，倒木・薪拾いとして，森林密度（森林の体積）の10％に相当する木材を燃料用に消費したとしても，樹木は再生し，森林も減少しない。したがって，ルブアガン山村下ウマの住民が55.7ヘクタール（0.56平方キロメートル）の森林を保全し，それを共同利用できるのであれば，十分に持続可能な木材生産が可能であり，バイオマスエネルギーを再生可能な範囲で有効活用できることになる。実際，ルブアガン山村下ウマには，周囲を山林，棚田に囲まれており，山林の中の徒歩道を30分から 1 時間かけて歩かなくては，山林を抜けて，隣の山村にまで行くことはできない。

粗朶は，日本では，一定の太さの枝を根元と梢を重ねて番線で結束束ねて格子状に組み，粗朶沈床としても使われる。カリンガ州の棚田でも，農業用水路から水が勢いよく棚田に流れ込むと，土壌侵食して，田植え直後の稲を倒してしまうので，それを防止するために，棚田の水引き込み口に粗朶柵を設けている。また，敷地の境界部分に，ブタが逃げ出さないように，人間が通行できる階段付きの木製の柵（アラッド）を設けているが，これも粗朶で作られている。これらの木製品は，里山，すなわちローカルコモンズを用いた無償バイオマス資源として活用されているといえる。

しかし，このような木材利用は，自家消費用に限定されているのであって，商業用の建築資

材の切り出し，販売用の薪の採取は自粛・禁止されており，木材資源の収奪的利用が抑制されている。ティンラヤン山村での調査によれば，木材販売を目的とした商業的伐採や薪採取は，地域コミュニティにおける暗黙の契約として禁止されており，住民も炊事，調理に必要なエネルギーとして，樹木の成長範囲内での循環的に利用している。これは，薪を集める場合，健全な大木を根元から伐採して，薪割をするのではなく，枯死した樹木を伐採したり，枝や落ちている小枝を採取する「柴刈り」をしたりしている。建築資材となるような大木は，集落からさらに山奥に徒歩で登り２時間（下り１時間）かかるような遠隔地から切り出されている。薪採取も，集落の周辺で小枝を集めているのは，老人・児童であって，おおむね16歳以上で成人とみなすことのできる男女は，徒歩で１時間程度の山奥で柴刈りをする。

柴や粗朶は，ローカルコモンズとして認識されているために，事前には無償の資源であり，メンバー（住民或いは特定家族血縁集団）のアクセスは自由である。そして，粗朶は，薪採取され，自宅に運搬されれば，個人財産に転化する。しかし，山道を15キログラムから30キログラムの湿って重い木材を肩に担いで，30分から１時間かけて運搬することは重労働である。そして毎日の煮炊き，調理に必要な薪を確保するには，１週間に１回から２回の柴刈と木材運搬が必要になる。

柴刈り，木材採取をする森林は，集落近くの場合もあるが，樹木を再生可能な範囲で採取するには，広範囲の森林を使うことになる[29)]。したがって，屈強な男性は，山村近くで間木材を採取するのではなく，離れた場所で，柴刈りをする。そして，場合によっては，建築にも使用する用材，大きな木材を採取，運搬する。この重労働は，カリンガ山村では男性の仕事である。他方，近距離での柴刈り，薪集めは，子供でも可能であり，このように山村周辺の場所は，老人，子供が柴刈りをする里山として確保されている。

共有地の里山は，特定血族集団によって排他的利用をする農地もあるが，森では住民の体力に応じて，近距離では老人，子供，婦人が柴刈りをし，遠距離では，屈強な男性が建築用材を伐採，運搬するという仕事の区分が観察される。これは，ローカルコモンズの利用に，ワークシェアリングと同じく，社会階層や年齢層に応じた棲み分けができていることを意味する。

薪として採取された木材は，男性が肩に担いで，集落まで運搬するが，採取したばかりの木材は，水分が多く燃えにくいので，木の皮をブッシュナイフ（鉈）を使って剥ぎ，乾燥しやすいように半加工，天日乾燥の作業が必要である（写真４-４参照）。採取した段階で，柴・木材は占有され，自分の所有になる。つまり，無償のバイオマス・エネルギーは，労働力を投入することによって，個人財産へと変化するのである。

調査地では，IH もガス管によるガス供給も一切ないため，調理用に LPG（液化石油ガス）を利用する世帯が若干ある。LPG タンクは，11キログラムタンク１本850ペソで，タブック市で購入できるが，ルブアガン山村までジプニーで運搬してもらうと，それだけで人間一人分の運賃と同じ100ペソがかかってしまう。LPG タンク１本で，約２カ月の煮炊き，調理が可能であるから，薪として採取される里山の柴・倒木は，**無償のバイオマス・エネルギー**として，月々500ペソ相当の市場価値を各家庭にもたらしていると推計できる。

カリンガ州には，山岳地で山林が広がっているが，保水機能，生物多様性保全機能などを持



写真 4 - 4　カリンガ州ルブアガン町下ウマ，薪とするには，木材を乾燥させる必要がある。そのために，樹皮を剥いで乾燥しやすくする。2015年 8 月13日撮影。

つ森林の保全，そのための木質バイオマスの消費節約も課題になっている。

そこで，第一に注目されるのが，調査地における植林・造林の動きである。CHARM（Cordillea Highland Agricultural Resource Management）は，森林の保水機能を重視し，アグロフォレストリーにより住民生活を改善するために，植林と森林保全に力を入れている。すでに102の先住民組織（Indigenous Proples Organization：IPOs）と協力して，4554ヘクタールを対象に活動を始めている。2012年には835.6万ヘクタールを目標にその60％を2012年 7 月までに森林再生することを決めている。 9 月までに，165ヵ所で109の植林圃場を運営し，340万8415本の植林可能な苗木を生産し，そのうち57万630本を地域コミュニティに植林した[30]。これには，調査したティンラヤン山村ツルガオ東，ルブアガン山村上ウマが含まれる。2014年 8 月16日，上ウマのバンキタンのコンクリート小屋に苗木約250本が保管されているのを見ることができた。2015年 8 月19日，上ウマのドヤアスで，苗木を植林していることも確認できた（写真 4 - 5 参照）。

カリンが州山村では，薪を直接燃焼して，調理する場所は，囲炉裏（チャイポーン）であり，これは石或いはコンクリート柱を 3 本立てて，その上に，鍋や窯を置いて煮炊きする。囲炉裏の上には，竹や木材で作った枠組みに棚がつけてあり，そこに薪を置いて，余熱を利用して乾燥できるように配慮されている（写真 4 - 6 ， 4 - 7 参照）。また，松脂の染込んでいる松材，農業廃棄物（稲穂の束）など，火を起こすときに利用できる燃料も準備されている。火おこしに利用する鞴には，重いが耐久性に優れている金属管が使われることが多い。熱エネルギーの効率は，直接燃焼のために，エネルギー変換損失はないが，放熱が多く，調理に利用できる熱効率は30％程度と思われる[31]。**調理用薪ストーブ**（コンロ）は，低地フィリピンでのように，普及しているわけではない。しかし，余熱は，上昇気流に乗って，囲炉裏の上部におかれた薪乾燥や燻製の副産物として有効活用されている（写真 4 - 8 参照）。

つまり，数平方キロメートルの森林があるティンラヤン山村，ルブアガン山村にあって，全住民が，日常の煮炊きをするのに必要な木質バイオマスを採取して，それを薪としても，森林



写真４-５　カリンガ州ルブアガン町上ウマ，触診した苗木とそれを占める枝の先に結び付けたビニールシートの目印。2015年８月19日撮影。



写真４-６　カリンガ州ルブアガン町下ウマ，囲炉裏（チャイヤポーン）に薪をくべて調理，給湯をする。その上部には，棚があり，薪を余熱で乾燥させている。2014年８月18日撮影。



写真４-７　カリンガ州ルブアガン町下ウマ，囲炉裏（チャイヤポーン）に薪をくべてコーヒー豆を炒る。2015年８月20日撮影。



写真４-８　カリンガ州ルブアガン町下ウマ，囲炉裏（チャイヤポーン）の炉。薪は囲炉裏上の棚に乗せて余熱を利用して乾燥させる。焚きつけように，段ボール，紙，稲わらなど家庭や農作業で排出されたバイオマス廃棄物を使用する。2015年８月19日撮影。

の大きさと樹木の再生量の上から，十分に再生可能な範囲にある（写真４-９参照）。つまり，子供も含めて，山村住民が毎日のように薪炭を利用して調理していることは，木質バイオマスの直接燃焼による再生可能エネルギーの利用であり，持続可能性な内発的発展を実現しているといえる。



写真 4 - 9　カリンガ州ティンラヤン町ブグナイ，山林に囲まれたチコ川渓谷。2014年 8 月12日撮影。

以上のように，地域コミュニティによるローカルコモンズの適正管理によって，樹木の再生可能性が確保されている。カリンガ州山岳地の地域コミュニティにおけるローカルコモンズの利用は，枯渇を招いてしまう収奪的利用ではなく，住民によって自主的に再生可能な範囲内の利用にとどめられ，適正管理されていると考えられるのである。つまり，地域コミュニティ住民の木材へのアクセスは確保されているが，この木材利用は，地域コミュニティ内の自家消費に制限されており，木材の過剰伐採や枯渇を回避するように配慮している。換言すれば，カリンガ州山岳地では，地域コミュニティ住民が，ローカルコモンズの適正な共同管理を暗黙の裡に実施していると判断できる。

5．ローカルコモンズの理論

5 - 1　ローカルコモンズの財産権

調査したティンラヤン町，ルブアガン町では，棚田，畑地，家畜・家禽，家屋・土地など不動産の保有や所有は明確に個人の財産権の下にあり，ローカルコモンズの土地，森林の保有や所有とは明確に区別される。しかし，土地や家屋の所有について，土地登記，土地の売買権利書のような公的認証制度があるわけではない。私的財産といっても，あくまで地域コミュニティの住民相互の合意している範囲で，明確な財産権が存在する。しかし，それを第三者や公的に示す書類がある場合は稀であり，不動産の取引でも，口頭での合意が最終的な売買契約としても認められる。

1995年から始まったフィリピン環境天然資源省のコミュニティ森林管理プログラムは，アメリカ国際開発庁（USAID）の天然資源管理プログラムを参考に，森林管理組合として認証された地域コミュニティに対し，25年間の土地財産権を付与し，木材などの資源を合法的に利用する権利を認めるものである[32)]。したがって，長期の森林使用の財産権が公認されることで，長期的使者に立って，持続可能な範囲で資源を利用するように配慮した森林管理が促されると考えられる。

全国で認証コミュニティは5500個あるが，そこでの問題は，ローカルコモンズ，たとえば森林を管理するプログラムを中央官庁，すなわち環境天然資源省や同省森林管理局が作成し，住

民が協同組合に組織化される過程で生じてくる。住民は，組織化の手続きを，法律や書式の上で，外部の専門家に依存するしかなく，そこで策定される森林管理計画にも，伐採する樹種，本数，胸高直径，高さのリストを作成し，利用についても，木材や林産物の収穫，販売，保全についても文書化しなくてはならない。つまり，地域コミュニティは，外部の専門家に依存して，規格化，煩雑な手続を通して，画一化された森林管理を採用するしかなくなる。

5-2 アグロフォレストリー

森林は，薪採取による無償のバイオマスエネルギー供給源として最も重要であり，地域コミュニティの管理の下で，建築資材を伐採することもできるローカルコモンズである。これらの採取・伐採は，あくまで自家消費用であり，販売目的の商業的採取・伐採は許されない。このほか，箒製造に使用する竹など林産物の採取も行われ，庭先では，コーヒーが小規模に栽培され，柑橘類の果樹園も作られ，**アグロフォレストリー**が行われている[33)]。

さらに，棚田近くの木陰は，昼食，休憩，雨宿りに多用される場である。棚田に隣接する個人財産の樹木であっても，木陰の空間はローカルコモンズとして利用できる。これは，ローカルコモンズが公園のような役割を果たすことで，アメニティーの向上に繋がる事例である。

森林の生物多様性をローカルコモンズとして利用する方法には，狩猟も含まれる。山村製造された猟銃，槍，罠を使って，シカやイノシシあるいはキジを狩る。狩猟の獲物は稀に獲れるだけであるが，薪採取や木材伐採目的で山奥に入るときに，趣味として男性の中に，猟銃や罠を持参する者がある。獲物は個人財産であるが，全て親族で自家消費するのではなく，地域コミュニティ住民に贈与したり，販売したりする。これは，冷蔵庫を保有している住民がごく少数のため，生肉を保存できないためでもあるが，保存用に干し肉とすることもある。生きて捕まえたシカは，柵や檻に入れて飼育し，後日，食用としたり，販売したりする。

現地住民が頻繁に利用する地域コミュニティ周辺の森林を里山というが，現地住民にとって，里山はアグロフォレストリーのためにも重要である。アグロフォレストリーとは，森林，果樹栽培，空間利用に関連して次のような役割を持っている（表5-1参照）。

① 薪炭供給：調理・炊事用の無償バイオマスエネルギーの供給
② 用材供給：家屋，柵，農機具，工芸品の製造に使用する木材の供給
③ 林産物供給：竹，籐，棕櫚，ココナツ（採油），ゴム採取，包装・屋根葺き用の葉の供給
④ 果樹栽培：蜜柑，コーヒーなどの栽培
⑤ 有用草木の供給：タイガーグラス（箒製造），コゴン草（屋根葺き）
⑥ 糧秣供給：葉・新芽など草食の家畜の餌の供給
⑦ 大気の維持：炭酸同化作用によるCO_2の貯蔵・気候変動安定化
⑧ 保水機能：農業・生活用の水源の保全
⑨ 土壌保全：落ち葉の堆肥化，灰の肥料化，枯れ枝・倒木の腐敗，マメ科植物の窒素同化作用による栄養分の維持
⑩ 生物多様性の維持：食用になる魚介類，果実，キノコの繁殖，薬用植物の採取
⑪ 土壌保全：土壌侵食・砂漠化の防止

⑫　遮蔽：防風林，木陰・憩いの場の提供

このような森林の多面的機能を活用するアグロフォレストリーとは対照的に，収奪的な焼畑や除草され整地されているプランテーションは，大量の土壌浸食を引き起こす。しかし，樹木の種類や植え方に配慮する多層利用，あるいは灌木・多年草を除かないアグロフォレストリーは，天然の熱帯林と同じく，土壌浸食はごく僅かである（図5-1参照）。地域コミュニティの現地住民は，このような森林の多面的機能を重視するために，森林をアグロフォレストリーの下で持続可能に利用する。したがって，現地住民に対して，樹木の利用や管理など財産権を認

表5-1　地域コミュニティのローカルコモンズの意義

区分	アウトプット	有用性	財産権
森林	薪の採取	バイオマスエネルギー	コモンズ
	木材の伐採	建築材料	
	林産物（竹・籐）・木材採取	建築資材・柵・家具・農具	
	木陰の提供	休憩・雨宿り・食事場所	コモンズ 個人所有
	哺乳類・鳥類の捕獲	食料	コモンズ
	樹葉類など生草の採取	家畜の粗飼料	
	炭酸同化作用 CO_2 吸収貯蔵	地球温暖化対策	
	ごみ捨て	衛生	
河川	農業用水・灌漑	農業生産	コモンズ
	生活用水（洗い物･洗濯･沐浴）	衛生	
	水泳・水遊び	余暇・レジャー	
	ごみ捨て	衛生	

出所）2012年・2013年3月・8月，2014年8月の現地調査に基づいて筆者作成。

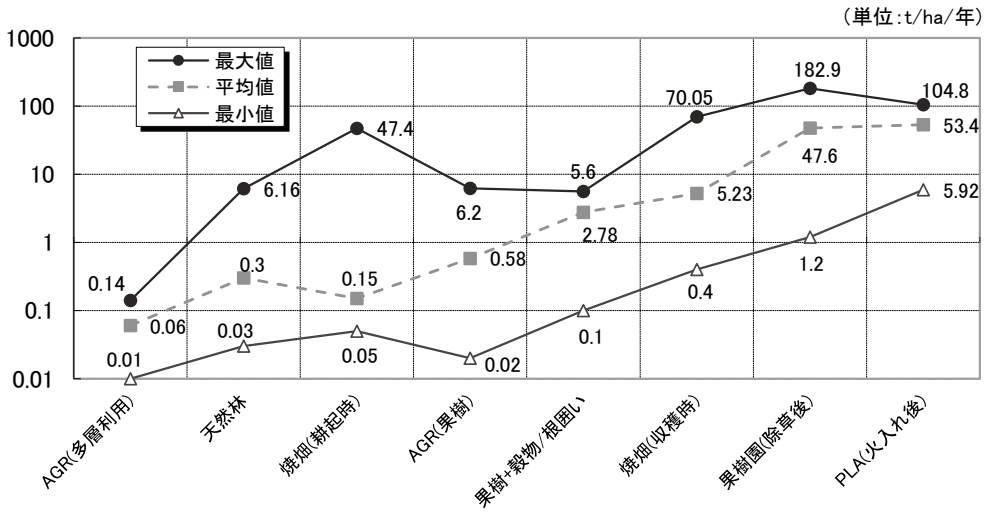


図5-1　熱帯林の利用形態別の土壌侵食

注）AGRはアグロフォレストリーで手入れをしないPLA（プランテーション）も含む．土壌浸食は熱帯林における1年間1haあたりの量（t）で，1980年代までの計測値．
出所）MacDicken and Verga (1990) table1.4

めれば，不法占有であっても，アグロフォレストリー目的に，森林の適正管理のインセンティブが生まれる。

ローカルコモンズの賦存量と利用状況に関しては，先進工業国でも，バイオマスニッポン総合計画のように，バイオマス利用の歴史的視点から，木質バイオマスの賦存量の多さに注目した計画もある。しかし，日本の木質バイオマスを供給してきた里山，森林は，公的機関の介入による私的所有化・森林組合化の動きの中，安価な外材の輸入が増加し，薪炭を中心とした伝統的バイオマスエネルギー利用が放棄されたことによって，荒廃した。

他方，開発途上国にあっては，所有権など財産権が不明確な森林の国有化・公有化，官民一体のあるいは企業的大規模開発によって，ローカルコモンズが地域コミュニティから，切り離される傾向が強まった。フィールド調査によれば，地域コミュニティにおけるコモンズは，森林・遊休地・道路わきのバイオマス，すなわち薪，牧草，落ち葉，堆肥，薬草，食用の生物（魚，果実，キノコ，昆虫）と水と現地のバイオマス，生物多様性から土壌，湧水まで多数の種類が多様な形態で利用されている。農家であれば，保有する土地面積，資本や家畜飼育の規模に応じて，個人経営体毎のコモンズ利用状況は異なっているとはいえ，コモンズが不可欠であることにかわりはない。

さらに，森林伐採率と森林再生量の相関関係をみると，伐採率75％を超えると，残っている森林再生量はマイナス16％に達し，再生能力が低下した森林は毎年減少し続けてしまう。伐採率が20％を上回ってしまえば，森林は再生せず，次第に減少してしまうのである（図５-２参照）。

他方，柴刈りや粗朶採取のように，樹木の枝を薪としている状況では，伐採率は15％未満であり，植林をせずとも，森林再生量はプラス３％から５％で成長してゆく。したがって，里山，ローカルコモンズの森林においてアグロフォレストリーとして，柴刈り，粗朶採取をし，木材消費量がかなりの容積になったとしても，森林減少，森林破壊にはつながらない可能性が高い。

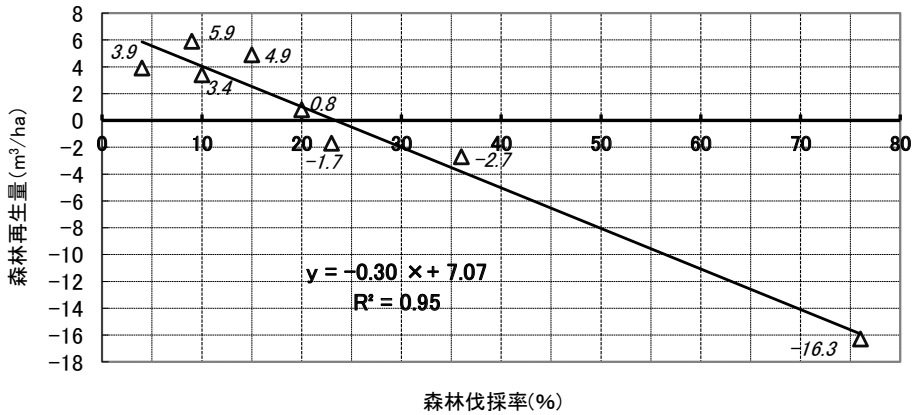


図５-２　森林伐採率と森林再生量の相関関係

注）森林再生量は１ha 当たりの年間純再生量。伐採率４～23％の場合は伐採７年後，伐採率36％，76％の場合は２年後の値．インドネシアの1980年ごろの事例。
出所）Whitmore and Sayer eds. (1992) table2.11より作成。

実際，筆者の調査した地域の住民は，経験的にこの伐採率と森林再生量の関係を理解しているようである。そこで，用材の伐採は遠距離で広範囲に分散するように，それも男性の力仕事として，体力的な制限および社会的な利用制限・消費抑制の中で実施し，柴刈りはより近距離で，日常的に実施するように棲み分けを行っている。これは，森林に関する**ローカルコモンズ適正管理**と呼ぶことができる。

第七に，河川は，農業用水にも利用されるが，動力ポンプを備えた灌漑設備がないために，河原に降りて，洗濯，食器洗い，沐浴をする生活用水として利用される。また，休日には，子供たちを中心に，河川で水泳，水遊び，ダイビングをする。これは，余暇空間としてのローカルコモンズの利用であるが，健康や衛生面での機能も期待できる。

以上のように，ローカルコモンズには，特定家族血縁集団の共有地から，地域コミュニティ住民の利用権が認められた里山など，様々な自然共有資源が含まれる。その特徴は，財産権としては，個人の私有になる所有権とは異なり，次のような性質を持っている[34)]。

① 特定メンバーに帰属する者は，アクセスし，利用できるという意味で**共有性**がある
② メンバーが占有，利用できるという意味で**排除性**がある
③ メンバーが利用するほど一人当たり利用量が低下するという**競合性**がある

したがって，特定メンバーが共有しているローカルコモンズをどのように譲渡，処分できるかという，メンバーの持分権や所有権について議論よりも，排除性と競合性の下で，メンバーがどのように利用し，どのように管理しているかといった側面が重要になる。山村住民にとって，ローカルコモンズについては，自然共有資源として，どのように活用して，利益を生み出すかが，共有性，排除性，競合性の下で考慮されているのである。

6．結論：バイオマスエネルギーの人間開発試論

広義の資源は，石油・石炭など化石燃料，鉱物資源，農産物など国内外で市場取引される商業的資源エネルギーと土地，森林，沿岸，水，太陽，風力など無償利用も可能な環境資源エネルギーの二種類に大別できる。また，資源の利用部門・利用主体として，製造業，サービス業などの一般企業，公共サービス，教育などの政府部門に加え，農家，個人商店，町工場などの個人経営体も多くの資源を消費している。

ここで，開発途上国の経済成長や工業化の視点では，農村をはじめとする地域コミュニティは，労働者の供給源として認識されがちである。しかし，雇用吸収と資源利用については，多種類の資源を労働集約的に活用するのが，地域コミュニティの特徴である。特に，土地を穀物生産，果樹栽培，家畜・家禽飼育，薪採取，堆肥生産など多角的に利用する**アグロフォレストリー**が行われ，小規模な資本形成の下で，労働力と自然共有資源が結びつき，労働集約的な多種少量利用，多様性が示された。そして，貧困世帯ほどエネルギー，食料，材料などローカルコモンズへの依存度が高いが，その集約度は，資源収奪となるほど過剰な水準にはない。地域コミュニティ住民の相互の頻繁なコミュニケーションが，個人情報の共有，信頼関係構築へとつながって，その下で他の世帯にも配慮をしたローカルコモンズ利用がなされるのである。

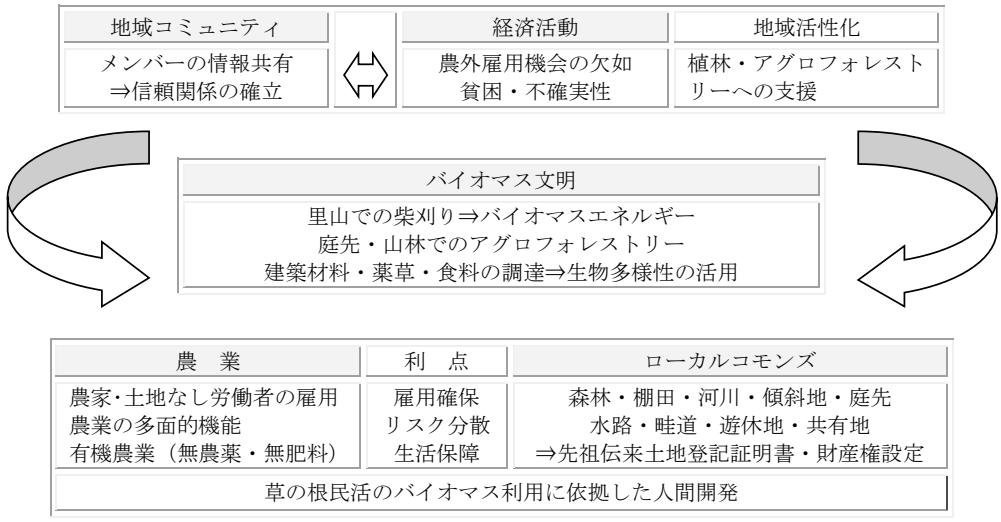


図 6 - 1　バイオマス利用の人間開発論

出所）筆者作成。

地域コミュニティの住民の間に，地縁・血縁を絆にした**情報共有とモニタリング**が基盤となる信頼関係が築かれている場合，ハーディンのいう「**コモンズの悲劇**」は成り立たない。資本形成が不十分な個人経営体にあっても，**労働集約的技術（ワザ）**によって地域の雇用を担っている。そして，域内の少ない仕事を分け合うワークシェアリングの下で，土地，森林，水，沿岸資源が住民による暗黙の契約として，無償あるいは低い取引費用で**ローカルコモンズの適正管理**をしている。例えば，フィリピンでは，コミュニティ林管理協定を認めて，土壌侵食防止，森林再生を条件に，不法占有に25年間の滞在権を与える計画が進展している[35)]。この意味で，**財産権の設定**を支援するような先祖法による先住民の財産権保護，土地証書の交付などは，土地改革，登記簿システムの整備に繋がり，地域コミュニティ住民の環境保全への参加を促すことになる。その意味で，財産権の設定は，草の根の環境協力といえる。

開発途上国の地域コミュニティにおいては，灌漑，エネルギー，運輸関連のインフラが未整備な貧困地域の住民は，水・森林・沿岸資源といった共有自然資源，すなわちローカルコモンズを古くから利用してエネルギーを確保し生計を維持している。このような状況を踏まえれば，地域コミュニティ住民は，開発と環境保全の双方の役割を担う存在であり，社会的弱者としてではなく，**草の根民活**として認識できるのであって，彼らを**持続可能な開発の担い手**とみなせば，次の 4 点が課題となる（図 6 - 1 参照）。

第一は，技術の上の見直しである。先進工業国にあっては，技術はバイオマス発電のような先端技術，シェールガス開発のような資本集約的技術，バイオテクノロジー・ナノテクノロジーのような知的情報技術と大別される。そこで，その先進工業国の技術の視点から見れば，開発途上国の技術は遅れている，生産性が低いと劣位に見做されている。

しかし，開発途上国では，資本に過度に頼ることなく，労働集約的な技術を発展させ，これが生活の知恵やワザという形で，生かされている。現地の資源エネルギー，農産物，土地，水，土壌，気候といった自然条件，賃金，価格，労働と資本の賦存量といった経済条件を合わせて考慮すると，開発途上国の貧困者の技術は，木質バイオマスの活用によって，最終エネルギー消費における再生可能エネルギーの構成比は，先進工業国よりも遥かに高い。つまり，現地の自然条件や経済条件をふまえると，ローカルな労働集約的技術は，先進工業国の先端技術，資本集約的技術よりも効率的であると考えられる。

第二は，資源エネルギーの見直しである。先進工業国にあっては，資源エネルギーの大半は，化石燃料に依存しており，近年急速に拡大してきたシェールガスも安価な化石燃料である。再生可能エネルギーとして注目されるバイオマス発電も，火力発電所よりも非効率な技術でしかない。バイオ液体燃料も，穀物や農業廃棄物を燃料化するのにエネルギーが必要であり，その投入エネルギーを考慮すれば，生み出すことのできる純エネルギーが大きなプラスの値となる保証はない。ダム建設による水力発電にも，生物多様性の減少という代償が伴い，ダム周辺の森林が破壊されるという事例が報告されている。

他方，開発途上国の地域コミュニティの最終エネルギー消費は，先進工業国よりも一人当たり消費水準が低く，薪炭，農業廃棄物に代表される固形バイオマスを直接燃料しての熱回収が普及している。この薪炭の生産に必要な木質バイオマスは，樹木，特に大木を根元から伐採することはなく，柴刈り，枯れ木・枝の利用が中心であり，商業的な木材伐採とは異なっている。この理由は，森林が里山として，地域コミュニティのローカルコモンズと認識され，貧困者が無償で利用できるように，資源の枯渇，収奪的利用を防ぐ仕組みが備わっているからである。この意味で，開発途上国の地域コミュニティにあっては，ローカルコモンズの適正管理が行われ，その下でバイオマスエネルギーが利用されてきたといえる。

第三は，節約やもったいないという勘定からくる**意図せざる環境保全**の観点である。先進工業国では，ドイツやスウェーデンが，環境税や循環型社会構築のためのリサイクル政策を積極的に採用し，「環境先進国」と評価されている。しかし，先進工業国の一人当たり資源エネルギー消費水準は開発途上国よりはるかに高い。また，廃棄物排出量，特に放射性廃棄物，窒素酸化物，フロンガスといった有害廃棄物・温室効果ガスについても，先進工業国は，開発途上国の一人当たり水準と比較して遥かに高くなっている。したがって，環境意識が教養ある市民の間に広まっていても，先進工業国では，国民一人当たりの環境負荷は，開発途上国よりも大きい。これは，エコロジカルフットプリントのような食料，資源の消費の水準でも同じである。成熟社会では，高所得で資源エネルギー消費の可能性が大きいため，環境意識は高くとも，**意図せざる資源エネルギーの浪費**を招いてしまう危険がある。

他方，開発途上国では，高成長を遂げ，環境負荷を高めつつある新興国もあるが，地域コミュニティにおける個人経営体の経済活動は，意図せざる環境保全に結びついている。１日一人当たり１ドルの支出もままならない貧困者にとって，日々の生活は節約なしには成り立たない。食べるだけでなく，教育，医療，衛生などベーシックヒューマンニーズ充足のためには，現金収入が必要であり，そのために日々の支出を切り詰めるしかない。このような貧困に起因する

節約，「もったいない」という意識は，国民一人当たりの食料，資源エネルギーの消費水準の引下げ，中古利用，再資源化などのリサイクルの推進力となる。つまり，貧困者の一人当たり資源エネルギー消費，廃棄物・CO_2 排出量は，富裕層よりも低く，環境意識がなくとも，その経済活動は，環境調和的である。

第四は，福祉，社会保障あるいは**ソーシャルセイフティネット**の上の見直しである。開発途上国では，貧困世帯が多い地域コミュニティに限らず，政府主導の社会保障，企業年金など福祉制度は，貧弱であり，高齢化を意識し始めた開発途上国政府が，国民年金，医療補償など制度を導入し始めたばかりである。したがって，開発途上国の地域コミュニティ住民の大半は，貧困であるにもかかわらず，福祉，社会保障の対象になってない。そこで，政府開発援助，あるいはそれを活用した NGO やボランティアなどの援助にあって，地域コミュニティ住民は，社会的弱者として，援助対象者に位置付けられている。また，このような貧困者がいっそう貧困化することになれば，開発途上国政府に対する反感，憎悪が広まり，それが暴動やとなり政治的安定が損なわれる，さらにはテロリズムを許容することに繋がり，先進工業国自体もテロや危機に見舞われると考えられるようになった。そこで，貧困者の暴発を防ぐかのようなソーシャルセイフティネットの発想が生まれ，そのための援助がなされるようになった。

しかし，開発途上国の地域コミュニティは，自然条件，経済条件を生かした労働集約的技術があり，再生可能エネルギーの利用においても，特に固形バイオマスの直接燃焼という利用方法によって，先進工業国を凌駕している。その森林も里山としてローカルコモンズの適正管理が行われ，資源の収奪的利用というモラルハザードを回避している。地域コミュニティ住民は，環境保全を意図した行動ではなくとも，住民間の相互利益に配慮して，資源を節約する傾向を持ったローカルコモンズの利用も行われている。これは，地域コミュニティ住民が職住一体，幼児期からの近所付合いを通じて信頼関係を構築しているからである。

つまり，ローカルな適正技術，ローカルコモンズ管理を踏まえれば，開発途上国の地域コミュニティ住民は，社会的弱者として，ソーシャルセイフティネットの援助対象とみなすのではなく，草の根民活として，地域開発や人間開発に寄与する存在として認識されるべきである。

草の根援助というと NGO や先進工業国市民の参加するボランティアが注目されているが，それだけではなく，世界の貧困者が利用するローカルコモンズや彼らのもつローカルな適正技術も検討されるべきであろう。実際，先進工業国よりも開発途上国のほうが，再生可能エネルギー，特に薪炭，農業廃棄物などバイオマスエネルギーが有効活用され，貧困者にとって無償エネルギーとして必要不可欠なものになっている。

草の根民活論に依拠した持続可能な人間開発を進めるには，外部からの援助や政府の財政に依存するのではなく，またツーリズムのような外部資金に期待するのでもない地道な自助努力が求められる。地域コミュニティの自主独立を前提にした分権化や住民参加とは，農業を軸に，里山，真水，生物多様性を含むローカルコモンズの適正管理を活かした内発的発展に通じるものである。地域コミュニティ住民のバイオマスエネルギー利用，ローカルコモンズ管理に注目すれば，住民を社会的弱者やソーシャルセイフティーネットに組み込む発想，NGO や ODA など援助，都市化・工業化による雇用吸収のいずれでもなく，バイオマスエネルギーを活用し，

開発と環境保全の担い手となる草の根民活に依拠した持続可能な人間開発が可能になると考えられる。

注

1）IEAは，エネルギーに関する政策立案と安全保障，経済発展と環境保全を目標としている。加盟国は，日本，韓国，トルコ，アメリカ，ポーランド，ポルトガル，スロバキア，エストニア，スウェーデン，スイスなどヨーロッパ諸国，2017年11月にはメキシコも加盟し，加盟国は合計30カ国となった。IEAの新規加盟には，①経済協力開発機構（OECD）の加盟，②前年の1日当たり石油純輸入量の90日分の石油備蓄，の2条件を満たす必要がある。IEA（https://www.iea.org/）参照。

2）エネルギー供給構造高度化法と再生可能エネルギーの解説は，資源エネルギー庁（http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/outline/index.html）参照。

3）渡邊言美（2016）によっても，桃太郎の鬼退治が，軍国主義，平和教育などとの関連は多数の著作が指摘しているが，残念ながら柴刈りというバイオマスエネルギーについての研究はないようだ。雲岡梓（2016）では，現代語訳で「おじいさんはくさかりに」と訳されて，柴を芝とみなし，柴刈りが「草刈り」となってしまっている。現代人が，バイオマスエネルギー文明について知り得なくなっている例証でもある。

4）感情と勘定の関連，意図せざる環境保全は，拙著（2007）第1章参照。

5）日本の経済産業省が定めた「新エネルギー」は，21世紀に定義が変更され，時系列データを整理しにくくなった。当初は，新エネルギーの7割は，廃棄物発電であり，現段階でも，決して太陽光発電や風力発電ではない。拙著（2011）参照。非化石エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律（http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S55/S55HO071.html）は，対象となる発電電力量の過半が廃棄物発電であるにもかかわらず，それにほとんど触れず，再生可能エネルギーに対する誤解を蔓延させた。この法律に関する詳説は，現在の官庁のwebsiteから消去されている。しかし，総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（2009）「新エネルギー部会 中間報告」（http://www.meti.go.jp/report/data/g90831dj.html）は，最近でも「太陽光社会」「風力，バイオマス，地熱，雪氷，水力等に対する最大限の取組み」を再生可能エネルギーの中核と見なしているため，日本の一次エネルギー供給に対する再生可能エネルギーの比率が1.97％にとどまっている事実を説明していない。世界の再生可能エネルギー消費の中核が，薪炭（固形バイオマス）を燃焼した熱回収をする貧困者にあることに思い当たらないためである。新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法施行令は電子政府（http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=409CO0000000208&openerCode=1）参照。原田拓真・勝川健三・長南幸安（2016）は，高校の教科書における「新エネルギー」の記述を分析し，バイオマスエネルギーのカーボンニュートラルの記述がない点を問題視している。しかし，新エネルギーが再生可能エネルギーを指していること，暗黙の裡に，再生可能エネルギー発電のみに注目し，固形バイオマス燃焼という伝統的バイオマスエネルギーが世界の再生可能エネルギーである点に触れていない点こそ問題であろう。

6）木質ペレットの有効性は，AEBIOM（2016），European Pellet Council（http://www.aebiom.org/16250-2/），柳下立夫監修（2003）所収の金沢茂「木質バイオマス―ペレット製造とその応用例」pp.221-231参照。

7）石炭混焼は，小宮山宏・松村幸彦・迫田章義（2003）pp.70-71参照。

8）NEDO（http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/state/1-01.html）や資源エネルギー「おひさまパワー！太陽光発電」（http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/ohisama_power/）は，発電能力の統計からあたかも過去の新エネルギー発電が，現在でも全て稼働してい

るかのような錯覚を与えている。古くなったり，故障したり，取り止めたりした太陽光発電でも，そのまま過去の積み上げデータとして記載されたままである。

9）2万年から1万2000年前，東アジア北東部の採集狩猟民が土器を発明したと考えられているが，Craig, O. E. *et al*（2013）によれば，1万5000年前から1万1800年前の北海道などから出土した縄文土器破片に付着していた炭化物を分析し，海の魚を内部で調理した痕跡があることが明らかになった。土器の出土した遺跡は，内陸の河川沿いに位置し，川を遡上する大量のサケ・マスなどを捕獲して，水とともに土器に入れ，煮炊きしていたと考えられる。福田正宏他（2015）は，ロシア極東で出土した木炭の炭素同位体測定によって，7500年から7100年前の新石器時代（磨製石器と打製石器の出土）の遺跡とし，そこから出土した土器破片の炭素・窒素同位体測定から，海洋生物（遡上性のサケ・マスを含む）の影響を報告し，北海道とサハリン南部が結びつきを指摘している。したがって，海洋資源の採取，土器による調理の可能性があるが，土器片底部にホタテ貝背圧痕があることも踏まえれば，この推測は一層強まってくる。

10）イネ，ムギ，キビ，トウモロコシなどのイネ科植物は水に含まれる珪酸を細胞内に蓄積するため，枯死した後も，ガラス質の珪酸体は分解することなく土壌に残留する。これが，プラントオパールで，その形状によって植物が同定できる。藤尾慎一郎（2001）によれば，縄文時代の遺跡から出土した石器や土器からプラントオパールが発見され稲作が存在した証拠はあるが，縄文時代の遺跡には，農耕の遺構が確認できず，コメの遺体も未発見である。つまり，採集狩猟生活に農耕がとってかわったとは言えず，縄文時代では，稲作が行われ，定住はしていても，生業の補助的な手段にとどまり，社会的・文化的な転換は起こらなかったという。

11）国立科学博物館ｅ國寶「小治田安万侶墓誌」参照。吉澤悟（2001）によれば，奈良･平安時代（8～10世紀代）の火葬墓では穿孔のある骨蔵器が86事例ある。このような骨壺への穿孔は，加工行為を集団的伝承したためであろう。火葬の意義は，遺骨保護の意識から埋葬儀礼を重視へと変化し，その後の魂や霊の供養を行う過渡的段階を表象するものと推察される。

12）茶の湯で，木炭の代わりに，電気ポットや卓上ガスコンロを用いて湯を沸かすことは，形式的には可能であるが，それは不格好で無粋である。しかし，中国でも日本でも，茶の湯のために，薄い板状のIHヒーターや茶専用の小型電気ポットも商品化され，普及し始めている。気候変動対策としてのバイオマスエネルギーの開発と，バイオマスエネルギーに依存してきた伝統文化の相克が見て取れる。

13）アメリカでも，19世紀後半までは，木質バイオマスが調理・給湯，照明など民生部門（家庭と事業）や商業用に広範に利用され，輸送部門の燃料として多用されていた。蒸気機関車の燃料も，19世紀前半までは薪炭が多用されていた。これは，工場など産業部門でも同じで，鍛冶屋や反射炉など金属工場でも，熱を得るのは薪炭が主流だった。しかし，20世紀には，蒸気機関車の燃料も石炭が主流になっており，家庭にも普及した。そして，1930年代には，薪炭にとって代わって，石油が広く使用されるようになった。また，1950年代以降，発電所が多数建設されたことで，電気が民生エネルギーの中核となり，天然ガスも普及し始めた。19世紀前半の蒸気機関車は，Basil Hall（1829）参照。

14）クリーンエネルギーの語句の使い方は，鳥飼行博・万城目正雄（2009）参照。

15）日本の経済産業省が定めた「新エネルギー」は，21世紀に定義が変更され，時系列データを整理しにくくなった。当初は，新エネルギーの7割は，廃棄物発電であり，現段階でも，決して太陽光発電や風力発電ではない（拙稿（2011）参照）。

16）小宮山宏・松村幸彦・迫田章義（2003），平成18年3月31日閣議決定「バイオマス・ニッポン総合戦略について」（http://www.maff.go.jp/j/biomass/pdf/h18_senryaku.pdf）参照。

17）固形バイオマスに調理を依存する人口とは，バイオマス以外のLPガス，電気などの調理を併用している世帯も含む。固形バイオマスのみに依存している人口は，1日当たり1.25ドルの支出もままならないような極度貧困者の人口とほぼ等しいことは，鳥飼行博･万城目正雄（2008）参照。

フィリピンでは家庭調理用のガス利用は,「ガスシリンダー」「ガスタンク」, 日本の「ガスボンベ」が使用されている。日本では, 屋内で使用できる LPG（Liquefied Petroleum Gas：液化石油ガス）は 8 kg までとされているため, 8 キロ容器が普及している。使用ガスは, プロパン（C_3H_8）とブタン（C_4H_{10}）を主成分とする炭素と水素の化合物で, 常温（20℃）でプロパンは 0.8MPa（8 気圧）, ブタンは 0.2MPa（2 気圧）で加圧して液化している。常圧（1 気圧）で, プロパンガスは −42℃（ブタンは− 2 ℃）に冷却することでも液化できる。全国 LP ガス協会（http://www.japanlpg.or.jp/customer/overview.html）および LP ガス容器 / 神鋼機器工業（http://www.shinko-kiki.co.jp/lpgas.html）参照。価格は, 日本では家庭用 8 キロ kg ボンベ容器代 1 万 4,200 円（デポジットではない）, LP ガス（充填料込）3,200 円, 合計 1 万 7,400 円になる。LP ガス 1 kg の価格を 400 円で, 1 ペソ = 2.25 円とすれば, フィリピンの LP ガス価格 166 円の 2.4 倍も高額である。イーエルジー（http://www.elg-inc.jp/gas/houjin/bonbe.html）参照。フィリピンで中古の 11kgLPG 空タンク 1 本の価格は 1000 ペソ。他方, マニラ電力会社の RESIDENTIAL BILLS AT TYPICAL CONSUMPTION LEVELS, January 2014（http://www.meralco.com.ph/pdf/rates/2014/January/01_2014_Typical_Consumption.pdf）によれば, 2014 年 1 月の電力供給契約（6 社）, 電力購入契約（3 社）, 卸売りスポット市場, 再生可能エネルギー（3 社以上）, 1 kWh 当たり 10.0610 ペソ, そこから各種控除をして基本料金 1kWh 当たり 5.6673 ペソと計算されている。変電, 送電ロス, 分配などその他の料金を加えた 1kWh 当たりの電力量単価は, 消費電力 70kWh で 7.3686 ペソ, 300kWh で 11.4553 ペソ, 400kWh で 11.8115 ペソ, 600kWh で 12.4492 ペソ, 700kWh で 12.4497 ペソ, 800kWh で 2.4563 ペソ, 1500kWh で 12.5112 ペソ, 3000kWh で 12.6319 ペソ, 5000kWh で 12.6802 ペソである。東京電力の当時の 1 kWh 当たり基本電力量単価は, 最初の 120kWh まで 18.89 円, それ以上は 25.19 円。当時の為替レートは 1 ドル = 102.0516 円 = 45.3393 ペソで, 1 ペソ = 2.25 円。

18）電気事業連合会の損失率・汽力発電所熱効率（http://www.fepc.or.jp/library/data/60tokei/）参照。

19）薪ストーブの熱効率は,「平成 23 年度　地球温暖化対策と大気汚染防止に資するコベネフィット技術等の評価検討業務　報告書」株式会社森のエネルギー研究所（http://www.env.go.jp/air/co-benefits/conf_tech/h23_report.pdf#search='%E8%A7%A6%E5%AA%92%E6%96%B9%E5%BC%8F%E3%81%AF72%25%E4%BB%A5%E4%B8%8A%E3%80%81%E9%9D%9E%E8%A7%A6%E5%AA%92%E6%96%B9%E5%BC%8F%E3%81%AF63%25%E4%BB%A5%E4%B8%8A%EF%BC%88LHV'）の「木質バイオマスストーブ普及のための環境ガイドライン」および Academy for Educational Development (2007), 同 (2010) 参照。

20）Hardin, Garrett（1968）は, コモンズの悲劇の中で, 自然共有資源を収奪し人口増加が続き, 最終的に核戦争をもたらす可能性があることに言及している。つまり, 科学技術の進歩が, 自由と持続可能な社会を保障するものでないことを示している。しかし, カリンガ族が, 首狩りを含む部族闘争を続けていたとしても, 棚田や里山は維持されていた。コモンズの悲劇は, 科学技術に過度に依存し, 自然や環境, たとえば水産資源, 海底鉱物資源, 領海を巡って対立し争う現代人にこそあてはまるのかもしれない。森林のコモンズとしての意義は, 拙著（2007）「第 8 章　熱帯林減少とその適正管理」参照。コルディリェラ行政地方における先住民の土地慣習は, Molintas, Jose Mencio (2004) 参照。Castro, Nestor (2000)（http://journals.upd.edu.ph/index.php/kasarinlan/article/view/1109/1147）は,「沈黙する先住民権利法」と題する章を設け, 先住民に保証されたのは利用権であり, 所有権ではないため, 国・州, 私的部門, 利益集団との関連が問題になることを指摘している。

21）フィリピンの先祖名義の土地, CADT は, Philippine e-Legal Forum：Primer on Ancestral Lands and Ancestral Domains（http://jlp-law.com/blog/primer-on-ancestral-lands-and-ancestral-domains/）, University of the Philippines: Protecting IPs' Rights to Ancestral Domains and Lands

（http://www.up.edu.ph/index.php/more-on-up/22-forum/405-protecting-ips-rights-to- ancestral-domains-and-lands?start=1） 参 照。PRESIDENTIAL DECREE No. 557 September 21, 1974：DECLARING ALL BARRIOS IN THE PHILIPPINES AS BARANGAYS, AND FOR OTHER PURPOSES（http:,//www.lawphil.net/statutes/presdecs/pd1974/pd_557_1974.html）も参照。ルソン島北部山岳地のバランガイは，合田濤（1992）pp.31-33，カリンガ州ティンラヤン，ルブアガンの山村のフィールド調査は，拙稿（2011），同（2012）（2013），拙著（2015）参照。

22）フィリピンでは傾斜度 18％以上の丘陵地，山林，標高の高い高原が国有林地化されており，コルディリェラ行政地方の棚田も国有林地とされ，法的に土地を所有することはできないされる（葉山アツコ（2011）p.14 参照）。財産権上，土地の利用から貸与・譲渡・改変まで自由に可能な所有権に対して，土地の居住権，利用権，森林伐採権，放牧の権利，通行の権利などの保有権は，所有権よりも弱い財産権である。棚田や山林の開発は IFDA “Highland Agricultural Resource Management Project”（http://operations.ifad.org/web/ifad/operations/country/project/tags/philippines/1395/project_overview），Second Cordillera Highland Agricultural Resource Management Project（http://operations.ifad.org/web/ifad/operations/country/project/tags/philippines/1395/project_overview）参照。

23）土地の保有・利用形態は，実態調査を基にして論じた平田隆行・重村力（2011）を参照。

24）土地などの相続や家族血縁関係は，合田濤（1998）pp.42-53 に依拠している。

25）合田濤（1998）pp.40-41 によれば，ボントック族には，農地に適さない土地として，ワンワン（岩だらけの土地），チョワン（川岸や岩だらけの土手），チェプラス（急勾配の傾斜地），カラヤカイ（侵食された土地）などがあり，森（フィリッグ）として，パグパグ（樫，竹の成育する土地・水源），ファタンガン（松の成育する傾斜地，一部は焼畑に利用），チャタール（草原，一部は焼畑に利用），ポンチャック（放牧地）などがある。焼畑地はオマ，水田はパイェウ，宅地はサアッドと呼ばれる。

26）2014 年 8 月のカリンガ州ルブアガン山村上ウマに住み，近隣住民と土地売買取引をしたアボリ氏への聞き取りによる。

27）木材の利用は，平田隆行（1999），バイオマスエネルギー，特に木質バイオマスの持続可能な利用は，鳥飼行博・万城目正雄（2009）参照。

28）葉山アツコ（2011）によれば，フィリピンの国有林地に貧困者が不法侵入し，焼畑を行い，土地を収奪的に利用し，それを放棄する，このような貧困が森林減少という環境悪化を引き起こしたという言説が一般化している。しかし，この言説は，大規模な商業的な森林伐採，アグリビジネス，プランテーションを隠蔽することにつながることが指摘されている。

29）稲本正編（2002）p.10 でも，「熱帯での森林消失はかつては先進国への輸出のための伐採であり，それは現在も続いているが，現時点でも木材の最大の消費は薪炭用である。これが 80％を占めており，発展途上国の日常生活のための薪炭をどうするかが，非常に大きな問題である」と述べている。FAO の木材生産量の統計を木材伐採量とみなしてしまったためであろう。日本の里山利用歴史を見れば，柴刈によって山林が荒廃する，森林減少に結びつくことはまずない。焼畑の火入れも誤解されており，除草のための火入れを，森林の樹木除去の手段としての火入れ・山林火災と混同している場合が多い。

30）Domoguen, Robert L. ed.（2012） p .34 の CWCFMA（コミュニティ水源保全・森林管理・アグロフォレストリー）では，ツルガオ東，上ウマの苗木育成の様子が写真入りで紹介されている。

31）薪ストーブの熱効率は，「平成 23 年度 地球温暖化対策と大気汚染防止に資するコベネフィット技術等の評価検討業務 報告書」株式会社森のエネルギー研究所（http://www.env.go.jp/air/co-benefits/conf_tech/h23_report.pdf#search='%E8%A7%A6%E5%AA%92%E6%96%B9%E5%BC%8F%E3%81%AF72%25%E4%BB%A5%E4%B8%8A%E3%80%81%E9%9D%9E%E8%A7%A6%E5%AA%92%E6%96%B9%E5%BC%8F%E3%81%AF63%25%E4%BB%A5%E4%B8%8A%EF%BC%88LHV'）の「木質バイオマスストーブ

普及のための環境ガイドライン」参照。Division of Energy Research and Development, Ministry of Science, Technology and Energy（1984）“Industrial Biogas：A Feasibility Study of Waste Utilization from Agro-Industry in Thailand” では，調理用薪ストーブ（コンロ）の普及とその熱効率を計算し，効率の良い調理用薪ストーブを提言している。

32）葉山アツコ（2011）は，1970 年代の国有林地管理事業，1980 年代の社会林業事業，1995 年からのコミュニティ森林管理プログラムについて，分析している。また，森林行政の功罪を明らかにし，行政側は，国有林地には，最貧困者が居住するとして，それが問題にしているが，その証拠は不十分であると指摘している。PhilippineLaw.info：P.D. No. 389, Forestry Reform Code of the Philippines（http://philippinelaw.info/statutes/pd389-forestry-reform-code-of-the-philippines.html）および Presidential Decree No. 705 May 19, 1975（http://www.lawphil.net/statutes/presdecs/pd1975/pd_705_1975.html）も参照。

33）アグロフォレストリーは, MacDicken and Vergara（1990）pp.355-367 および拙著（2007）第 8 章，The Agroforestry Information Network（http://www.pcaarrd.dost.gov.ph/home/momentum/afin/index.php?option=com_content&view=article&id=405&Itemid=314）参照。Domoguen, Robert L. ed.（2012）p.34 の CWCFMA（コミュニティ水源保全・森林管理・アグロフォレストリー）では，ツルガオ東，上ウマの苗木育成の様子が写真入りで紹介されている。

34）コモンズには，野生種の共有地，自然保護区としての意味もある。Kurian, Mathew and Ton Dietz（2013）は，12 億人の貧困者が，森林，牧草地，灌漑水路などコモンズをどのように利用するかは，①土地の財産権，社会的制約，労働市場の構造，②地域や農家の置かれた生態系の差異，③コモンズを管理するリーダーシップと経験，に依存するとする。また，集団的行動を起業に生かすには，①道徳的規範と権威，②政治的党派，③利益の計算，がカギとなると指摘している。山田奨治編（2010）『コモンズと文化―文化は誰のものか』pp.16-29 参照。ここでは，グローバル化に伴って，文化をビジネス化する動きが強まり，知的財産保護，文化の囲い込みが始まっていると指摘する。

35）財産権設定によるアグロフォレストリーの促進は，Ellis（1993）pp.248-258，拙著（2007）pp.341-342 参照。

参考文献一覧

日本語文献

井上淳･北瀬（村上）晶子（2010）「湖沼堆積物中の燃焼痕跡物として記録された後氷期の人間活動」『第四紀研究』第 49 巻第 3 号 pp.173-180

稲本正編（2002）『森を創る　森と語る』岩波書店

雲岡梓（2016）「古典教材としての『桃太郎』―古典学習導入時期の教材としての可能性」『国語論集』13 巻，pp. 31-40

FAO：国際連合食糧農業機関（2009）国際農林業協働協会　翻訳『世界森林白書　2009 年報告』国際農林業協働協会

FAO（2010）国際農林業協働協会　翻訳『世界森林資源評価　2010―主な調査結果』国際農林業協働協会

FAO（2013）『世界食料農業白書　2012 年報告―より良い未来のための農業投資―』国際農林業協働協会

川崎惣一（2014）「「食べること」についての哲学的試論：人間と自然との関わりという観点から」『宮城教育大学紀要』第 48 巻

経済産業研究所･戒能一成（2012）「総合エネルギー統計の解説 / 2010 年度改訂版」pp.1-405（http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/download/pdf/2010EBXIGRF.pdf）

合田濤（1989）『首狩りと言霊―フィリピン・ボントック族の社会構造と世界観』弘文堂

合田濤（1995）「儀礼位階制と〈イエ〉―双系社会の動態に関する：試論」『神戸大学国際文化学部紀要』第 4 号，pp.41-55
木戸久二子（2014）「昔話『桃太郎』をめぐって」『東海学院大学短期大学部紀要』40 巻，pp.19-23
国際協力銀行（2008）「貧困プロファイル（要約版）フィリピン共和国」（http://www.jica.go.jp/activities/issues/poverty/profile/pdf/philippines_fr.pdf）pp.1-90
小林正史（1998）「フィリピン・カリンガ族の人口動態」『北陸学院短期大学紀要』第 30 号，pp. 255-281
小宮山宏・松村幸彦・迫田章義（2003）『バイオマス・ニッポン―日本再生に向けて』日本工業新聞社
産業技術総合研究所（2009）『きちんとわかる木質バイオマス』白日社
ジェトロ・ブリュッセル事務所欧州ロシア CIS 課（2011）「EU 加盟国の再生可能エネルギー国別行動計画による 2020 年目標に向けた見通し」『ユーロトレンド』No. 99，2011 年 4 月号
森林・林業基本政策検討委員会（2010）「森林・林業の再生に向けた改革の姿」（http://www.pref.iwate.jp/dbps_data/_material_/_files/000/000/003/987/shiryou7_3.pdf#search='%E5%B1%B1%E6%9D%91%E3%81%AB%E3%81%8A%E3%81%91%E3%82%8B%E9%9B%87%E7%94%A8%E6%A9%9F%E4%BC%9A%E3%81%AE%E7%A2%BA%E4%BF%9D'）
総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（2009）「新エネルギー部会　中間報告」（http://www.meti.go.jp/report/data/g90831dj.html）
鳥飼行博（2007）『地域コミュニティの環境経済学―開発途上国の草の根民活論と持続可能な開発』多賀出版
鳥飼行博･万城目正雄（2009）「バイオマスエネルギーの新利用形態の将来性」『経済政策ジャーナル』第 6 号第 2 巻，pp. 68-71
鳥飼行博・万城目正雄（2010）「バイオマスエネルギー政策とグローバル化―バイオマス貿易の視点から」『経済政策ジャーナル』第 7 号第 2 巻，pp. 18-21
鳥飼行博・万城目正雄（2011）「バイオマス・エネルギーと国際協力」『経済政策ジャーナル』第 8 号第 2 巻，pp. 59-62
鳥飼行博（2011）「バイオマスエネルギーと開発途上国―薪炭を中核とした木質バイオマスの再評価」『東海大学紀要　教養学部』第 42 輯，pp. 217-242
鳥飼行博（2012）「フィリピン山村の棚田と持続可能な内発的発展」『東海大学紀要　教養学部』第 43 輯，pp.185-240
鳥飼行博（2013）「フィリピン山岳コミュニティ―稲作とローカルコモンズ利用の具体事例」『東海大学紀要　教養学部』第 44 輯，pp. 179-235
鳥飼行博（2015）『アジア地域コミュニティ経済学―フィリピンの棚田とローカルコモンズ』東海大学出版部
葉山アツコ（2011）「開発援助を必然とする開発空間の形成―フィリピンの森林行政を事例に」『国際開発研究フォーラム』Vol..40，pp.1-15
原田拓真・勝川健三・長南幸安（2016）「技術教科書におけるバイオマスエネルギーの取り扱いについて―中学校の技術教科書の調査」『弘前大学教育学部紀要』第 116 巻第 1 号，pp.45-52
平田隆行（1999）「木のローテク－カリンガ集落（源流としてのローテクとライフスタイル）」『建築雑誌』114（1436），34-35，1999
平田隆行・重村力（2011）「空間語彙と土地所有から見た Butbut 氏族の集落空間―フィリピン・ルソン島カリンガ族の生活空間に関する研究」『日本建築学会計画系論文集』76（659），pp. 53-60
福田正宏・グリシェンコ V.・ワシレフスキー A. 他（2015）「サハリン新石器時代前期スラブナヤ 5 遺跡の発掘調査報告」『東京大学考古学研究室研究紀要』29 巻，pp.121-146
藤尾慎一郎（2001）「日本の穀物栽培・農耕の開始と農耕社会の成立：さかのぼる穀物栽培と生産経

済への転換」『国立歴史民俗博物館研究報告』第 119 集，pp.117-137
山田奨治編（2010）『コモンズと文化―文化は誰のものか』東京堂出版
柳下立夫監修（2003）『バイオエネルギーの技術と応用』シーエムシー出版
鷲谷いづみ・草刈秀紀編（2003）『自然再生事業―生物多様性の回復をめざして』築地書房
渡邊言美（2016）「「桃太郎」を用いた「教育学概論」授業実践」『就実論叢』45 巻，pp.260-274

外国語文献
Academy for Educational Development（2007）“Evaluation Report of Fuel-Efficient Stoves in IDP Camps.” USAID: United States Agency for International Development
Academy for Educational Development（2010）*Fuel-Efficient Stove Programs in Humanitarian Settings: An Implementer's Toolkit*. USAID
AEBIOM：European Biomass Association（2016）*AEBIOM 2016 Statistical Report:European Bioenergy Outlook*. AEBIOM
Basil Hall（1829）*Travels in North America in the Years 1827 and 1828*. Vols.1,2,3, Simpkin and Marshall
Berkeley Air Monitoring Group（2010）“Evaluation of Manufactured Wood Stoves in Dadaab Refugee Camps, Kenya. USAID Bontoc Group, Philippines,” *Ethnology*, Vol. 13, No. 3, pp. 247-260, University of Pittsburgh
Craig, O. E., H. Saul, A. Lucquin, Y. Nishida *et al*（2013）“Earliest evidence for the use of pottery”, *Nature* , No.496, pp.351-354
Castro, Nestor（2000）“Three Years of the Indigenous Peoples Rights Act: Its Impact on Indigenous Communities,” Kasarinlan: *Philippine Journal of Third World Studies*, Vol.15, No.2, pp.35-54
Castro, Nestor（2011）“The Socio-Cultural Situation in the Philippines,” *The New Horizon of Contemporary Sociological Theory*, No. 6（June 2011）, pp.5-10
Division of Energy Research and Development, Ministry of Science, Technology and Energy（1984）“Industrial Biogas: A Feasibility Study of Waste Utilization from Agro-Industry in Thailand” National Energy Administration, Ministry of Science, Technology and Energy
Domoguen, Robert L. ed.（2012）*CHARM 2 Bulletin*, Vol.4 Issue 2
Ellis, Frank（1993）*Peasant Economics: Farm Households and Agrarian Development*. Cambridge University Press, Cambridge
Forest Products Research Division, Ministry of Agriculture and Cooperatives（1984）“Improoved Biomass Cooking Stove for Household Use” National Energy Administration, Ministry of Science, Technology and Energy
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations（2008）*The State of Food and Agriculture 2008: Biofuels: Prospects, Risks and Opportunities*. FAO, Rome
FAO（2012a）*The State of Food and Agriculture 2012: Investing in Agriculture for a Better Future*. FAO, Rome
FAO（2012b）*The State of the World's Forest* 2012. FAO, Rome
Forest Products research Division, Ministry of Agriculture and Cooperatives（1984）“Improved Biomass Cooking Stove for Household Use” National Energy Administration, Ministry of Science, Technology and Energy
Jashimuddin, :Mohammed, K.M. Masum, and M.A. Salam（2006）“Preference and Consumption Pattern of Biomass Fuel in Some Disregarded Villages of Bangladesh Biomass and Bioenergy, ” Vol.30, 2006, pp.803-819
Hardin, Garrett（1968）“The Tragedy of the Commons “, *Science*. Vol. 162, No. 3859, pp. 1243-1248

IEA: International Energy Agency（2000a）*Energy Statistics of Non OECD Countries 1997-1998 2000 Edition*, OECD/IEA, Paris

IEA（2000b）*Energy Statistics of OECD Countries 1997-1998 2000 Edition* ,OECD/IEA, Paris

IEA（2006）*World Energy Outlook 2006*, OECD/IEA, Paris

IEA（2011）*Renewable Information 2011*, OECD/IEA, Paris

IEA（2016）*Renewable Information 2016*, OECD/IEA, Paris

IEA（2017）*Renewables Information 2017*, OECD/IEA, Paris

Kurian, Mathew and Ton Dietz（2013）"Leadership on the Commons: Wealth Distribution, Co-provision and Service Delivery" The Journal of Development Studies, Vol.49, No.11, pp.1532-1547

MacDicken , Kenneth G.and Napoleon T. Vergara（1990）*Agroforestry: Classification and Management* . Wiley-Interscience

Mustafa Balat and Günhan Ayar（2005）"Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends" *Energy Sources*, Vol.27:931-940, 2005

OECD: Organization for Economic Co-Operation and Development（1999）Towards More Sustainable Household Consumption Patterns: Indicators to Measure Progress. OECD

OECD-FAO（2008）*Agricultural Outlook 2008-2017*. OECD-FAO

Parikka, Matti（2004）"Global Biomass Fuel Resources." *Biomass and Bioenergy*, Vol.27 Issue 6, pp. 613-620

Seabright, Paul（1993）"Managing Local Commons: Theoretical Issues in Incentive Design". *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 7 No. 4, pp. 113-134

Whitmore , T.C. and J.A. Sayer（1992）*Tropical Deforestation and Species Extinction*. Chapman & Hall

WHO（2006）*Fuel for Life Household Energy and Health*, WHO, Geneva

Abstract

Biomass Energy in Human Economies

Yukihiro TORIKAI

Energy from renewable resources — wind, water, the sun, biomass and geothermal energy — is inexhaustible greenhouse gas (GHGs) like Carbon dioxide (CO_2) , Methane (CH_4), Nitrous oxide (N_2O),and Ozone (O_3). Renewable energy currently constitutes 15% of the total primary energy supply energy in developing economies, however it mainly consists of biomass energy. This paper shows the biomass energy is main consisted from fire woods using in developing economies and the poor. I investigated the rural economy in villages of Kalinga province in the Cordillera Administrative Region (CAR), northern Philippines.

Most of the terraced rice of Kalinga province is consumed local mountainous community because there is no excess to bring to the markets in the city. No pesticides or fertilizers are used in the rice terrace however here is mainly two crops a year. There are economic rituals involved in the planting and harvesting rice and it induced endogenous development for a long run. Sustainable mountain agriculture is controlled by local community especially for maintaining the rice terrace, supplying water and collecting fire woods in the mountain area.

This study is the first step in my Grants-in-Aid for Scientific Research organized by the Japan Society for the Promotion of Science, and it combines researching of using og the natural resources and their labor allocation in the local communities.

The fruit of local knowledge of the community handed down from one generation to the next, and the expression of sacred traditions and a delicate social balance, they have helped to create a landscape of rice terraces and forest that expresses the harmony between their economy and the natural environment. The maintenance of their forest reflects a primarily family labor and cooperative labor within the local community which is based on the blood relative and the traditional knowledge of local technologies. Biomass resources existing in the community reflects agro-forestry, zoning the area and extensive soil conservation.

The Kalinga community preserves traditional technologies and forms dating back to the historical period. At the same time the community illustrates a remarkable degree of sustainable development based on the harmony between the grassroots humankind and their history with the magnificent view of the rice terrace.