

話題 44 木質バイオマスは再生可能エネルギーの一翼を担えるのか
中道 宏

目次

1. エネルギーをめぐる混乱

- (1) 文明とエネルギー
- (2) エネルギーを巡る日本政府の混乱とその原因
- (3) 本話題のねらい

2. 日本の再生可能エネルギーの開発方向

- (1) 再生可能エネルギーとは
- (2) 再生可能エネルギーの利用の現状
- (3) 再生可能エネルギーの賦存量
- (4) 再生可能エネルギーの開発方向

3. 木質バイオマスの可能性

- (1) 森林・林業について素朴な問題意識
- (2) 木質バイオマスの流れと問題点
- (3) 木質バイオマス・エネルギー利用の形態と問題点
- (4) 森林・林業の再生
- (5) 木質バイオマス・エネルギー利用には長い道程を必要とする

謝辞

要旨

キーワード

要旨

エネルギーに支えられている現代文明が持続的に発展するためには、化石燃料や原子力を代替する再生可能エネルギーの開発が不可欠であるが、再生可能エネルギーの大本は太陽であり、これを受け止める国土が狭く人口が多い日本は再生可能エネルギーにも恵まれず、国土経営に相当の工夫が必要である。

領海、排他的経済水域、島礁、海岸線に恵まれる日本は、洋上風力発電の賦存量が他の再生可能エネルギーに抜きん出て大きい、まだ1基もなく、国土の2/3を占め、太陽エネルギーをもっとも受け止めている森林はその成長量に比べ生産量、利用量がきわめて低く、いずれの開発も欧米に比べ、相当に遅れている。

3.11以来、原発廃止を声高に唱える人がいるが、再生可能エネルギーが石油や原子力を代替できるまでには相当の時間を要するし、また使い勝手がきわめて悪いことを認識しなければならない。

私達は今、文明が持続するためのヴィジョンを描き、道程を定め、これに私達の生活を重ね合わせることに相当の覚悟をもって臨まなければならない時に来ていることを、木質バイオマス・エネルギーを例に考えてみる。

キーワード

文明とエネルギー、温室効果ガス削減、原発見直し、再生可能エネルギー、洋上風力発電、木質バイオマス・エネルギー、森林再生プラン、施業集約化、高密度林道整備と機械化、広葉樹の利用

人類は今、この現代文明が行き詰まりつつあることに気づき始めた。

一つは、現代文明を支える化石燃料の枯渇が見えたからである。話題 32 で述べたようにオイルピークが到来したようである。二つは、循環しないエネルギー源を地中から地表に持ち出したことにより地球環境が悪化したからである。温暖化防止の枠組みは会議を重ねているが、まだ議論が始まったばかりと言えよう。

はたして人類は、これらエネルギーに起因する呪縛から解放され、現代文明社会を持続させることができるのであろうか。このことはエネルギーを海外に大きく依存している日本にとっては特に深刻な課題であり、世界に先駆けて対応する必要がある（話題 27）。

その方向の一つは、エネルギーの消費を抑制することであり、二つは、化石エネルギーの消費を削減して再生可能エネルギーに転換することである。

「経済成長が技術革新を促して持続可能な社会を実現する、宇宙で発電した電力をマイクロ波に変換して地上に送信する技術が実用化する（G. フリードマン「100 年予測」2009、早川書房）」（話題 27）などの楽観論、というより逃避論に堕することなく、世界の識者・リーダーは苦悩しながら、「より少なく労働し、より少なく消費しながら、より良く生きるための社会を創造する」²⁾ 道程を求めている。Seneca21St でも、京都大学の一方井誠治教授に話題 36「地球環境時代の経済成長を考える」を提供していただいている。

環境省地球環境研究総合推進費戦略研究開発プロジェクトは、2050 年に温室効果ガスの 70%削減可能性を検討し、

- ・ 国民福祉を維持したうえで、適切な産業構造転換、国土整備、技術革新により低炭素社会を実現する技術的なポテンシャルが存在する。
- ・ それを実現するには、政策措置を強力なリーダーシップの下に実行することが必要である。
- ・ 特に早期の対策が効果的であり、経済的である。
- ・ 低炭素社会の実現は、後戻りできない世界的な潮流となりつつある現実を直視し、技術イノベーションの推進によって、国際競争力を高めていく戦略をとるべきである。

と報告している（別紙 1）。

1. 山地憲治「エネルギー・環境・経済システム論」岩波書店 2006
2. S. ラトゥーシュ「経済成長なき社会発展は可能か？」作品社 2010

別紙 1 (http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=9167&hou_id=8032)

国民福祉を維持したうえで、適切な産業構造転換、国土整備、技術革新により低炭素社会を実現する技術的なポテンシャルが存在することを示した。しかしその実現には、国民の気候変化に対する危機の共有、低炭素社会への合意、温室効果ガス排出に伴う外部経済の内部化を初めとする政策措置を強力なリーダーシップの下に実行することが必要である。

特に早期の対策が効果的であり、経済的であることに着目すべきである。産業の転換や技術開発、利用は個々の企業の選択であるが、政府として低炭素社会に向けた早期のシグナルを明示するとともに、温室効果ガスの削減を行った企業が経済的に報われる社会システム作りが必要である。また、政府の早期の統一した方針により、これまでの高炭素排出社会構造から抜け出し、低炭素排出に向けた都市・交通関連インフラ投資を粛々と進めてゆく必要がある。

低炭素社会の実現は、後戻りできない世界的な潮流となりつつある。この現実を直視し、わが国は、低炭素社会の到来を見通した技術イノベーションの推進によって、国際競争力を高めていく戦略をとるべきである。

2050 年までの様々な資本形成投資や技術開発投資の機会を逃すことなく低炭素社会へ導くために、低炭素社会の必然性への確固たる認識に基づく、早期の国家目標（削減数値目標というより、低炭素社会イメージ）の共有、削減計画設定と、温室効果ガス排出の外部不経済が内部化された社会の実現が必要である。その過程で、低炭素世界での国際競争に打ち勝てる社会・技術イノベーションがもたらされよう。

(2) エネルギーを巡る日本政府の混乱

この課題に対する近年の日本政府の対応は次の発言群にみるように、まことにお粗末である。

発言 1

前原国土交通大臣が八ッ場ダム建設中止を明言、鳩山総理も支持

発言 2

鳩山首相が国連気候変動首脳会合で温室効果ガスを 2020 年までに 25%削減すると演説

発言 3

菅首相が浜岡原発の運転停止を要請

菅首相が原発政策の見直しを提起

発言 4

菅首相が G 8 サミットで 2020 年代の早い時期に再生可能エネルギーの割合を 20%を超える水準とすると表明

発言 5

鉢呂経済産業大臣が基本的には原発はゼロになると発言

いま、それぞれの発言等を単純に数字にすると、将来の一次エネルギー国内供給量を 2008 年時点から約 19%削減し、新エネルギー・地熱等の供給量を約 6 倍にすることを意味することになる(単純な計算を別紙 2 に示す)。

ここにいう「将来」とは、発言 2 では 2020 年、発言 4 では 2020 年代の早い時期、発言 5 では原発の寿命を 40 年とすると、稼働中の原発で 40 年超が 2 基、30 年超が 11 基であることから遠からずゼロに近づくことになる。

項目	2008 年	将来	将来／2008 年
一次エネルギー国内供給量	21.56	17.49	0.81
うち化石エネルギー	17.96	13.12	0.73
原子力	2.24	0.00	0
水力	0.66	0.66	1.00
新エネルギー・地熱等	0.66	3.71	5.62

注：小水力の増加分は、新エネルギー・地熱等に含まれる。

単位 10¹⁰J

いずれも現代文明の課題に国としていかに対応するかを踏まえたものでなく、実現の可

能性や国土経営を検討したうえのものでもない。しかし発言 2 と発言 4 は国として国際社会に約束したこととなるもので、今後の施策の展開を拘束することになる。

なぜこのような混乱を生じているのであろうか。

一つは、国を導く政治家に資質が欠けていることである。

ベストセラーとなったマイケル・サンデルの「これからの「正義」の話をしよう」を読み、アメリカ合衆国大統領の発言が哲学に裏打ちされていることを知り、羨ましく思った人は多いだろう。哲学とまではいなくても、日本人を代表する品格と教養を求めることはそもそも無理な話であらうか。

二つは、哲学を政策として具体化する意識を持たないことである。

行政府の最大の仕事は、文明の行く末を見据え、そこに至る道程、すなわち政策を示し、実行することである。政策も長期の目標と近未来の工程表に裏付けられた計画を欠いてはならない。

このことを理解すれば、原発をゼロにする発言はありうるはずがない。いずれの発言もこれをわきまえず、政策として練られたものではない。「いつでも、誰にでも、なんでも公約するという意欲だけが目立つ、権力に飢えた政治家たちのつじつまの合わない連合体」(話題 35)であり、政党としての綱領を持たない政権の思い上がりから出たものであろう。

三つは、間違った政治主導である。

行政府の権限は憲法からも法律からも大臣にあり、大臣が権限を行使するために官僚制度がある。この機能を壊し、官僚以外の情報を鵜呑みするのが政治主導であると間違って理解しているのではないか。

一方官僚も、出すぎて不評を買うより待ちに徹している。再生可能エネルギー開発の工程表を作成し、これを大臣と議論しているようには見えないのは残念なことである。

次の北海における風力発電の写真をご覧いただきたい。生態系を乱す等から風力発電を否定する政府の責任者の発言 6 が必ずや現われるであらう。

写真 1-1 北海の洋上風力発電



(<http://www.climatewatch.noaa.gov/image/2011/wind-turbines-churn-the-air-over-the-north-sea>)

別紙 2

いま、それぞれの発言等を、「一次エネルギー国内供給の推移」にある図の値を基に具体的に推算してみる。

一次エネルギー国内供給量 (E) = 化石エネルギー (石油・石炭・天然ガス) 供給量 (a)
+ 原子力供給量 (b) + 水力供給量 (c) + 新エネルギー・地熱等供給量 (d)

であるから、将来の一次エネルギー国内供給量: E_f は、

$$E_f = a_f + b_f + c_f + d_f$$

発言 1 …化石エネルギーを (単純に) 1990 年比 20%削減(単位 $10^{10}J$ 、以下、同じ)

$$a_f = E_{1990} \times 1990 \text{ 年の化石エネルギーの割合} \times 0.80 = 19.66 \times 0.835 \times 0.80 = 13.12$$

発言 2、発言 5 …原子力を見直す (0 とする)

$$b_f = 0.00$$

発言 3 …大水力の開発は行わない

これは、現在の水力による供給量が現時点のままで固定されることを意味することから
(小水力の増加分は d_f に含める)、

$$c_f = E_{2008} \times 2008 \text{ 年の水力の割合} = 21.56 \times 0.031 = 0.66$$

発言 4…再生エネルギーの比を 25%とする

再生エネルギーとは $c_f + d_f$ のことであるから、

$$c_f + d_f = 0.25 \times E_f = 0.25 \times (a_f + b_f + c_f + d_f)$$

$$\therefore 0.75 \times (c_f + d_f) = 0.25 \times (a_f + b_f)$$

$$\therefore c_f + d_f = 0.25 \times (a_f + b_f) \div 0.75 = (a_f + b_f) \div 3 = (13.12 + 0.00) \div 3 \\ = 4.37$$

$$\therefore d_f = 4.37 - c_f = 4.37 - 0.66 = 3.71$$

$$\therefore E_f = a_f + b_f + c_f + d_f = 13.12 + 0.00 + 0.66 + 3.71 = 17.49$$

（３）本話題のねらい

エネルギーに支えられている現代文明が持続的に発展するためには、化石燃料や原子力を代替する再生可能エネルギーの開発が不可欠であるが、これは容易なことではなく、相当の努力と覚悟が求められる。

このためには、

- ・ 再生可能エネルギーの大本は太陽であり、これを受け止めるのは国土である。国土が狭く人口が多い日本は再生可能エネルギーにも恵まれず、国土経営に相当の工夫が必要である、
- ・ 太陽エネルギーをもっとも受け止めているのは国土の 2/3 は森林である。森林は炭酸ガスを吸収して、酸素を供給するだけでなく、木材として炭酸ガスを長く貯留するとともに木質バイオマス・エネルギーを供給することができる。しかしこれが実現するためには 長い道程を要する、

ことについて理解を深め、「より良く生きるための社会を創造する」検討の材料を提供したい。

2. 日本の再生可能エネルギーの開発方向

(1) 再生可能エネルギーとは

「再生可能エネルギー renewable energy」には、いろいろな定義があり、自然エネルギー, new renewable energy, green power, 新エネルギー、代替エネルギー等同義語、類似語が多いが、ここでは話題 37 と同じ用語「再生可能エネルギー」を用いる。水力を小水力に限るかどうかを別にすれば、次の説明が分かり易い。

自然界で起こる現象から取り出すことができ、一度利用しても再生可能な、枯渇しないエネルギー資源のこと。水力、バイオマス、太陽光、太陽熱、風力、地熱、波力などがある。これに対して、ストック（賦存量）が一定で再生不可能なエネルギー資源は枯渇性エネルギー資源と呼ばれ、石油や天然ガスなどの化石燃料や、ウランなどの埋蔵資源などが含まれる。再生可能エネルギーは、ある地域で1年間に得られるエネルギーの量（フロー）が限定され、立地条件によって経済性が左右されるかわりに、半永久的に使用し続けることができる利点がある。（アンダーラインは話題提供者）

(<http://eco.goo.ne.jp/word/ecoword/E00382.html>)

再生可能エネルギーのうち、

- ①太陽光、太陽熱は太陽の光と熱
- ②潮汐は太陽と月の引力
- ③水力、バイオマスは太陽によりもたらされる地球の物質と生命の循環機能
- ④地熱だけは地球

に起因しており、基本的には太陽起源であり、またいずれも枯渇することがない。しかし物理学上は厳密に言うと、エネルギーは再生しないで、放散されるもので、「再生」という用語は的確ではない。太陽は枯渇せず、地球上の循環機能も原則的には絶えることがないから、再生しているように感じられるのである。

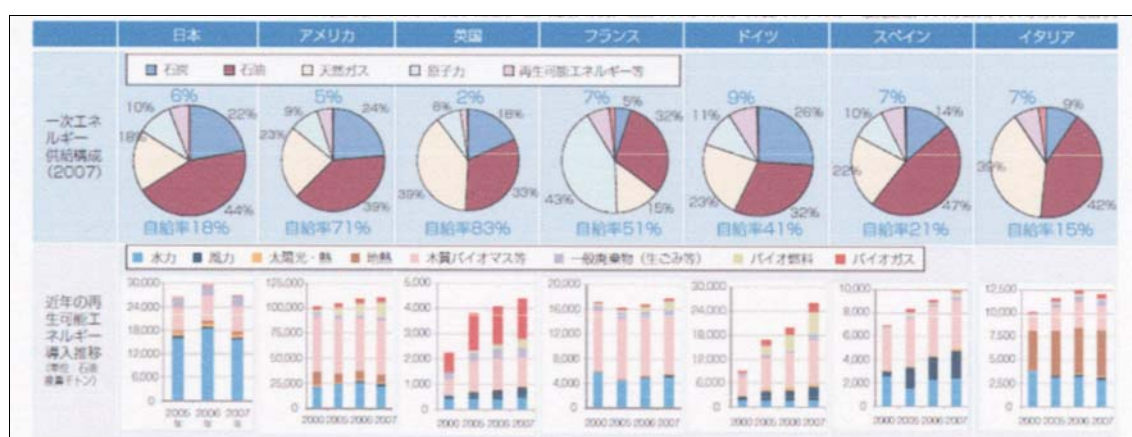
これらのうちバイオマスは電気エネルギー以外に燃料として、また材料として利用できることに十分留意する必要がある。

（２）再生可能エネルギーの利用の現状

欧米各国と比較しながら日本の再生可能エネルギーの利用状況をみると、

- ・ 1次エネルギーに占める割合は6%で各国とはほぼ同水準である、
- ・ 各国は拡大しているが、日本は停滞している、
- ・ 各国に比べ日本は水力の割合が高く、木質バイオマス等が極端に低い。

図 2-1 主要先進国における再生可能エネルギー利用状況（2007）（「エネルギー白書 2010」から転載）



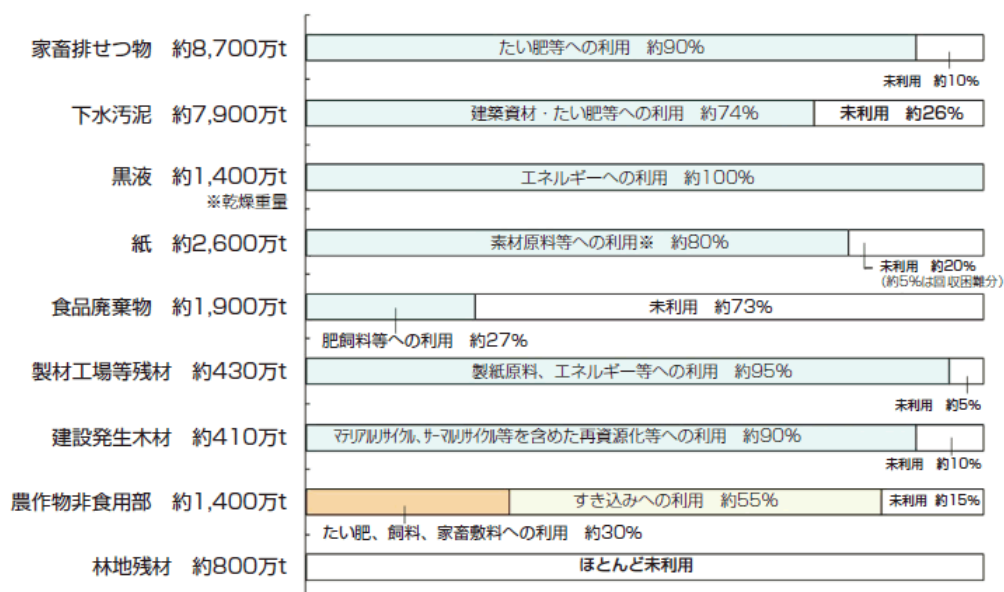
注：バイオマス等は、木質バイオマス、一般廃棄物、バイオ燃料、バイオガスを指す。

「エネルギー白書 2010」は、バイオマス活用推進会議事務局調べ（2010 年 5 月時点）の図 2-2「主なバイオマス未利用量」を紹介しているが、発生量が多い家畜排せつ物等が図 2-2 のように約 90%も堆肥等へ利用されているわけではないことは、話題 5 の 10.から明らかであり、また下水汚泥の利用には埋め立て処分も依然として含まれていることに留意する必要がある。

図 2-2 主なバイオマス未利用量（「エネルギー白書 2010」から転載）

廃棄物系バイオマス

未利用バイオマス



※ 素材原料等への利用は、一部海外への輸出分も含む。

(3) 再生可能エネルギーの賦存量

再生可能エネルギーは、これまでの利用のあり方から次の2つに大別される。

- ①効率性と経済性から安価で、効率の良い化石エネルギーの出現により駆逐され、廃棄物となっていた木質バイオマス、草・植物残渣、畜産糞尿、食物廃棄物を、科学技術を活用し、再び利用するもの。
- ②これまで利用が遅れていた自然資本である太陽光、太陽熱、潮汐、地熱等を科学技術の進歩で開発し、利用するもの。

これらのほとんどは太陽起源エネルギーであることから、その利用は国土の在り様に、特にその大きさに規定される。1人当たりの国土面積が小さく、国土が稠密に利用されている日本は再生可能エネルギーに恵まれないことをまず認識する必要がある。

例えば、日本は水に恵まれていると一般に理解されているが、国民1人当たりの年間降水総量は世界の4分の1、サウジアラビアの2分の1に過ぎない¹⁾。水に恵まれていると理解されるのは、水に恵まれるように国土に働きかけてきた〈水土の知〉の賜物である。

国民1人当たりの森林面積についても世界の4分の1に過ぎないが、森林の国土に占める割合は2/3と高く、森林資源は未利用の割合が高く、また成長量も高い。

唯一恵まれているのは領海および排他的経済水域の広さである。

表 2-1 国民1人当たりの国土面積等

	世界	日本	参考
国民1に当たりの			
国土面積	2.2ha	0.3ha	中国 0.7ha
総降水量	22千 m ³	5千 m ³	サウジアラビア 11千 m ³
領海＋排他的経済水域面積		35.0ha	中国 0.7ha
森林面積	0.87ha	0.20ha	中国 0.15ha

環境省委託の「平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書（平成23年4月）」は、いくつかのシナリオを設定して再生可能エネルギー導入ポテンシャルを次のように整理している。

表 2-2 各種再生可能エネルギーの賦存量・導入ポテンシャル・シナリオ別導入可能量（設備容量：万kw）（「平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書（平成23年4月）」から転載）

エネルギー	小区分	賦存量	導入ポテンシャル	シナリオ別導入可能量		補助シナリオに基づく導入可能量	
				基本シナリオ1 (FIT 対応シナリオ)	基本シナリオ2 (FIT+標準新シナリオ)	補助シナリオ1 (基本シナリオ1+補助金)	補助シナリオ2 (基本シナリオ2+補助金)
太陽光発電(非住宅系)	公共系建築物		2,315	0	0～1,039	0～1,039	1,039～2,069
	発電所・工場等		2,896	0	17～1,392	0～1,392	1,401～2,043
	低・未利用地		2,735	0	0～129	0～129	129～286
	耕作放棄地		6,983	0	0～4,661	0	4,315～5,785
	小計		14,929	0	17～7,221	0～2,560	6,884～10,183
風力発電	陸上風力	132,233	28,294	2,437～13,764	27,374	12,930～26,485	28,294
	洋上風力		157,262	0～300	14,108	31～32,782	124,383
	小計	(132,233)	185,556	2,437～14,064	41,482	12,961～59,267	152,677
中小水力発電	河川部	1,655	1,398	90～284	406	243～517	710
	農業用水路	32	30	16～20	24	22～26	29
	上下水道・工業用水道	18	16				
	小計	1,705	1,444	(106～304)	(430)	(265～543)	(739)
地熱発電	熱水資源開発 150℃以上	2,357	636	51～408	446	152～434	459
	120～150℃	108	33	0	0	0	0
	53～120℃	849	751	0	0	0	0
	温泉発電	(72)	(72)	57～68	72		
	小計	3,314	1,420	108～476	518	152～434	459

※1 上記の数値は設備容量(kW)単位であり、再生可能エネルギーによって標準的な設備利用率も異なるため、異なるエネルギー間で単純な比較はできない。
※2 上記の数値は既開発分を含んだものとして推計した。但し既開発分は事業採算性以外の観点で導入されているものが少なくなく、単純な比較はできない。
※3 補助シナリオとして、本表では事業費1/3の補助金導入を想定したシナリオ(熱水資源開発のみ調査費100%補助を含む)を掲載した。
※4 太陽光発電の耕作放棄地は、21年度調査では「低・未利用地」の一区分にしていたが、他の低・未利用地と導入可能量の推計方法等が異なるため、別途区分した。
※5 風力発電は地域偏在性が極めて強く、電力系統に与える影響等を別途検討する必要がある。
※6 中小水力における上下水道・工業用水道の値は、21年度調査における推計値を引用した。なお、今回の調査で使用した賦存量等の推計方法については、比較的規模が大きいものでは過小評価となっている可能性が高い。このことへの対応は今後の課題となる。
※7 地熱発電のうち温泉発電は、53～120℃の低温域を活用したバイナリー発電の一部になるが、自然湧出温泉又は既開発温泉を活用するためインシヤルコストが低減できるので、シナリオ別導入可能量等においては外数となる。

これには太陽光発電(住宅系)、太陽熱、バイオマスが含まれていないが、次のように概観できる。

- ・風力、特に洋上風力が桁違いに大きく、太陽光発電(非住宅)が次ぎ、河川部の中小水力、地熱は小さい。なお中小水力は既設の砂防ダムの活用が中心である。
- ・シナリオにより導入可能量が大きく異なる。

(4) 再生可能エネルギーの開発方向

再生可能エネルギー開発の太宗を担うものについて整理してみよう。

①日本は、陸域は狭いが広い排他的経済水域と長い海岸線、それに多くの島礁に恵まれていることから、洋上風力発電の潜在力はずっと大きい。もう一度写真 1-1 を見ていただきたい。これが日本には 1 基もない。

②日本の陸域で太陽エネルギーをもっとも多く受け止めているのは、2/3 を占める森林である。木質バイオマスは再生可能エネルギーの一翼を担うべきであるが、欧米に比べきわめて低い。

木質バイオマスは他の再生可能エネルギーと異なり、

- ・電気としてだけでなく、燃料として利用できる、
 - ・貯蔵できることから、季節、時間に左右されない、
- という長所を有する。

③太陽光・太陽熱を戸別住宅・集合住宅で受け止めることは重要である。これを成功させるためには次のような住宅政策の根本的な変更が重要である。

- ・住宅寿命を長くする。

日本 約 26 年、アメリカ 44 年、イギリス 75 年

(小松幸夫「住宅寿命について」(「住宅問題研究」vol.16 No.2

<http://www.f.waseda.jp/ykom/jkf2000.pdf#search='住宅の寿命'>)

欧米では住宅の建築後年数を経るに従い不動産評価額は上がるが、日本では極端に下がる。

- ・断熱対策を講じる。

日本の住宅は断熱対策が十分でないため、冷暖房したエネルギーが無駄に放出されている。特に、窓の構造に工夫が要る

- ・CO₂を貯留するために国産の木材を使う。

法隆寺にみるように、日本はかつて木材建築の先進国であった。

④有機性廃棄物のエネルギー利用に過度に期待することは次の理由により避けるべきであろう。

- ・メタン醗酵のもとになる家畜糞尿の発生地域は限られ、またメタンガス発生後残った消化液は農地に還元されなければならない。加えて、輸入餌による畜産経営はいずれ縮小せざるをえなくなり、メタン醗酵のものが減少する。
- ・食糧需給の緊迫等から食品廃棄物はいずれ減少に向うとともに、磷資源の枯渇等から有機肥料として優先的に活用されことになる。

- ・ 有機性廃棄物が大量に発生する都市でこれをメタン醗酵させてガス利用を図ることが真面目に唱えられることがある。確かに有機性廃棄物の中の炭素 C は利用されるが、窒素 N は液体の消化液として残る。農村ではこれを肥料として作物に吸収させることはできるが、都市では新たなエネルギーを追加し、これを浄化せざるを得ない。

なお、総務省も関係 6 省に対してバイオマスの利活用に関して政策評価及び勧告を行っている。

再生可能エネルギーの開発は次の例のように国土経営と密接に関係することに留意する必要がある。

- ①再生可能エネルギーの賦存は地域に規定され、また貯蔵と移動にエネルギーと経費等を要することから、利用にあたっては地域性が重要な意味を持つ。個々の地域で工夫を凝らし、いわゆる地産地消に務めることが重要であり、都市と農村では利用の方向は当然ながら大きく異なる。

- ②排他的経済水域まで含める国土は、低迷している農林水産業の場であり、その長期展望を見据え、再生可能エネルギー開発を進めることが重要である。

森林・林業の再生なしには間伐材や林地残材のバイオマス利用は実現しない。またエネルギーの最たるものは食糧であり、休耕している水田で太陽光発電を計画する愚行は許されるわけではない。

- 1 中道宏「第 3 回世界水フォーラムへの日本/アジアからの発信」 第 22 回「世界食料デー」シンポジウム基調講演

3. 木質バイオマスの可能性

(1) 森林・林業について素朴な問題意識

話題提供者は森林・林業について門外漢であるが、学生時代とこの 10 数年間森林を歩き、林業の場を通ることが多く、森林・林業について次のような素朴な問題意識を持っている。

①米国、カナダの国立公園等では薪が供される。

昭和 42 年から 44 年の間に度々キャンプしながら米国やカナダの国立公園、国有林を訪ねた。米国の国立公園では薪が安く、国有林では薪が無料で、またカナダの国立公園ではオガクズを固めた燃料が有料で豊富に用意されていた。

米国やカナダの薪利用は当時から進んでいた。

②フィンランドのログハウスが安い¹⁾。

平成 7 年に、戦前のカラマツ植林地に土地を借り、フィンランドパインのログハウスを建てた。比較検討したら、価格、センスにおいて日本製より優れていたからである。フィンランドの木材産業は建築家アルヴァ・アアルトの活躍で勃興し(安藤忠雄著「連戦連敗」東京大学出版会 2001)、そのログハウスキットがシベリア鉄道経由で運ばれて、日本の立派なカラマツ林の伐採跡地に建てられ、伐採木は焼却処分されるという不条理を経験した。

③伐採木の処分には経費がかかる。

山小舎の伐採木を搬出・焼却してもらうためには経費がかかり、もったいないので、時間をかけて伐採木で野外のテーブル、デッキを作り、残余は陶芸窯と BBQ 炉の薪とし、すべて山小舎で利用し尽くした。やがて薪が不足するようになると、間伐跡地の残材を拾い、また森林管理署から林地残材を極めて安く購入した。棚一杯に薪が積まれると、豊かな気持ちになったことを覚えている。

④都市の剪定枝は焼却処分される。

東京郊外の集合住宅団地に 20 数年間住んでいる。植栽木や里山には恵まれているが、手入れが遅れ、機能を発揮していない。有志で定期的に手入れしているが、剪定枝は 25 円/kg の費用をかけて焼却処分されている。

⑤人工林が手入れされていない。

この春、奥多摩をよく歩いた。世界遺産に値すると思えるくらい急傾斜地まで杉・檜の人工林となっており、先人のご苦勞に思いが及ぶ。しかし枝打ち、間伐がなされていない林班が多く、間伐されていても林地に残置されている(写真 1)。一方、花粉症対策のため

皆伐して林種転換した、過剰な対応も見られる(写真 2)。

写真 1 間伐材が残地された人工林(奥多摩)



写真 2 花粉症対策のため皆伐された杉の人工林(奥多摩)



⑥鹿の食害が激しい。

広葉樹の大木が鹿の食害で枯死している。山小舎でも自生のマユミ、植栽したイチイ、モミの順に食害で枯死した。更新した苗木を食害から守ることは大変な苦勞に違いない(写真 3)

写真 3 苗木を鹿の食害から守るネット(奥多摩)

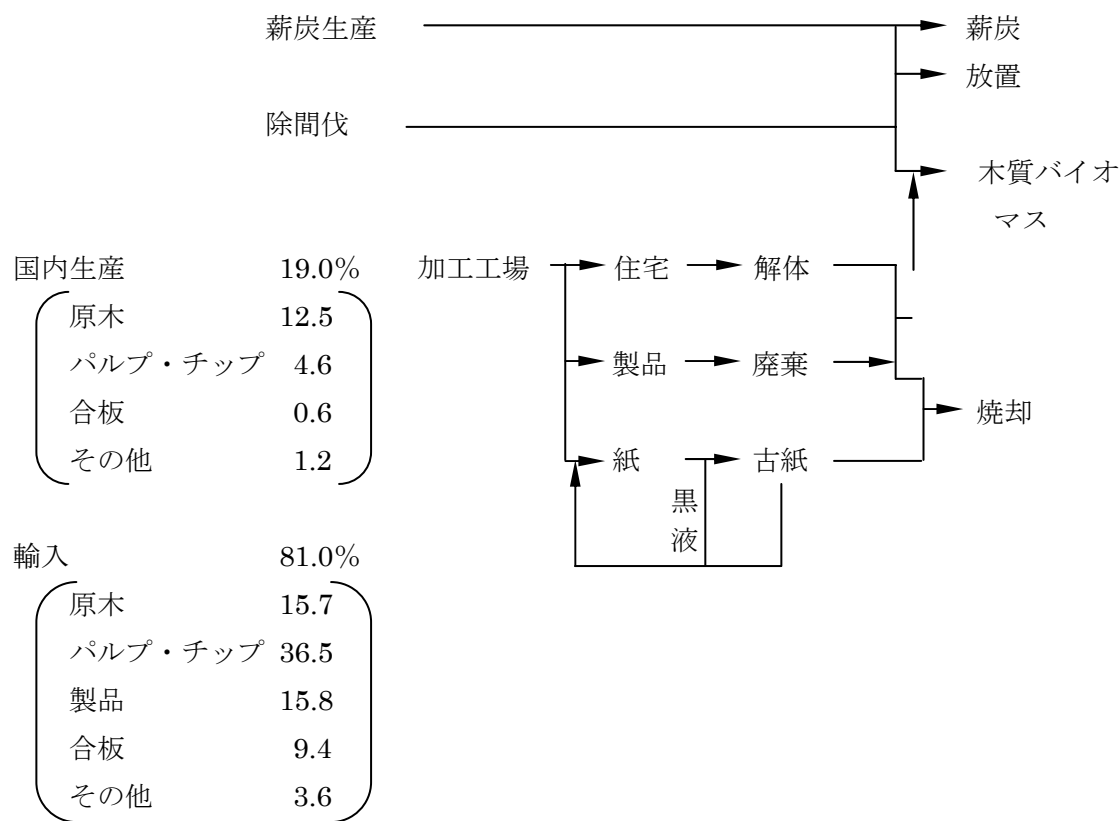


1. 中道宏「蓼科の山小舎から」 <http://h-nakamichi.com/tateshina/04motsu/02.html>

(2) 木質バイオマスの流れと問題点

木質バイオマスは図 3-1 のルートで供給される¹⁾。

図 3-1 木材バイオマスの流れ (2010 年 1,733 万 m³ 100.0%)



また表 3-2 に示すように、日本は北欧、中欧と比べて「森林から」の木質燃料供給がきわめて小さい。

表 3-2 木質燃料の推定供給量 (2005 年前後の状況)

	スウェーデン	フィンランド	オーストリア	ドイツ	日本
森林から	6.9 (18)	6.8 (21)	6.9 (48)	13.0 (43)	1.0 (3)
工場残材	16.3 (41)	6.7 (21)	4.7 (33)	8.5 (28)	2.5 (8)
黒液	15.5 (39)	19.1 (58)	2.3 (16)	1.7 (6)	21.3 (68)
廃材等	0.7 (2)	0.3 (1)	0.5 (3)	7.0 (23)	6.5 (21)
合計	39.4 (100)	32.9 (100)	14.4 (100)	30.3 (100)	31.3 (100)

100万m³ ()内は割合%

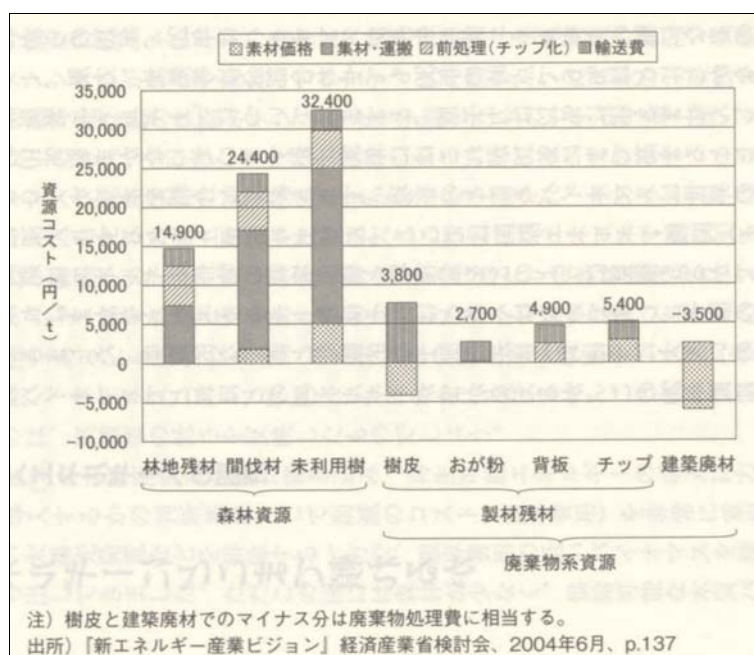
出所)欧州の4カ国は、UNECE/FAO:Woodenergyin Europeand North America, 2007。日本は各種統計をもとにした筆者の推計。

参考資料2のp61から転載

日本の「森林から」と「工場残材」の供給量が極端に少ないのは、①木材自給率が19%と極端に低い上に輸入も原木の割合が低いことと、②除間伐が低調のうえ除間伐後の残材も搬出・利用されないこと、すなわち木材生産が低レベルにあることに原因している。後者については図3-2の森林バイオマスの調達コストを反映したものである。

また「廃材等」が大きいのは、日本の住宅寿命が短いことに原因しているのではないか。

表3-2 森林バイオマスの調達コスト



参考資料2のp75から転載

日本国土の2/3で太陽エネルギーを受け止め、貯留している木質バイオマスは次のように再生可能エネルギーとして十全に利用されていない。

①成長量見合いに生産していない

表 3-1 にみるように森林の成長量に比し、日本の生産量はまことに低い。森林は植林後一定の年数を経ると成長量が低下し、また CO₂ 吸収能力も低下するものであり、適期の伐採が利用の面からも環境の面からも重要である。

もちろん森林が供給できる量を超えて利用することは厳に避けなければならない。再生可能エネルギーに全面的に依存していた江戸時代末期には、人口 3500 万人を支えるのが限度で、当時の山は「草山」となっていた。⁴⁾。

表 3-1 主要林業国の林業基本指標

	森林面積	森林蓄積 (立木材積)		成長量 (立木材積)		木材生産量 (丸太材積)		生産量/ 成長量
	万ha	万m ³	m ³ /ha	万m ³	m ³ /ha	万m ³	m ³ /ha	%
ドイツ	1,057	338,000	320	14,600	13.8	6,230	5.9	61
フィンランド	2,016	215,800	107	9,700	4.8	5,080	2.5	75
スウェーデン	2,304	315,500	137	10,000	4.3	6,200	2.7	89
オーストリア	337	109,473	325	3,135	9.3	1,914	5.7	87
日本	2,487	443,100	178	10,000	3.8	1,671	0.7	25
うち人工林	1,036	265,100	259	8,400	7.4	1,400	1.4	26

(出所) 木材生産量は、FAOSTAT2006年統計。他は、各国森林統計。
(注) 日本以外の森林面積は、木材生産を対象とした森林。
日本の人工林丸太生産量は針葉樹生産量で代替。
成長量は樹皮や枝葉を含む立木材積、伐採量はそれらを除いた丸太材積であるので、ここでは立木材積の7割を丸太材積として計算。
日本の成長量は木材生産量を含まないネット値であるため、木材生産量を含む欧州と整合性を取るため補正している。

参考資料 3 の p32 から転載

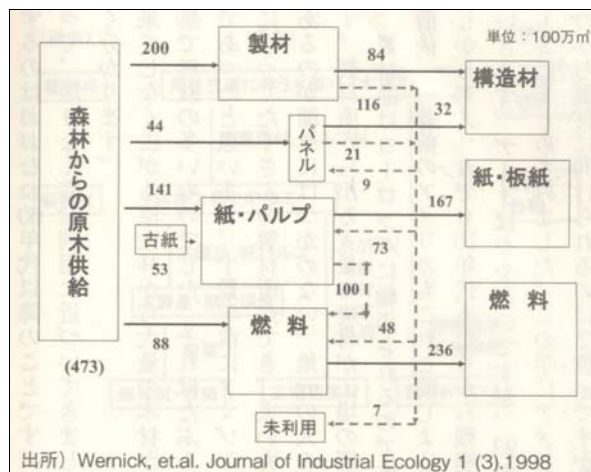
②生産された木材を利用し尽くしていない

図 3-3 は、米国の森林から伐り出された木材の流れを整理した貴重な資料である⁴⁾。

4.73 億 m³ の原木は製材に 2.00 億 m³、パネルに 0.44、紙・パルプに 1.41、燃料に 0.88 億 m³ 仕向けられるが、それぞれの残材がパネル、紙・パルプ・燃料にカスケード的に仕向けられ、さいごは原木の 1/2 が燃料となり、未利用は 2% 足らずである。燃料仕向けの 2.36 のうちパルプ廃液(黒液) 1.00 はパルプ工場では燃料として利用されるが、実に 1.36 億 m³ が直接燃焼されている。

残念ながら日本の森林・林業については、図 3-1 にみたように数字が入っていない。図 2-2 で見たように「ほとんど未利用」だから把握されていないのだろうか。

図 3-3 アメリカの木材マテリアルフロー 1993 年



参考資料 5 の p58 から転載

1. 東京木材問屋協同組合「輸入木材について」
<http://www.mokuzai-tonya.jp/01study/yunyu/index.html>
2. 熊崎実「木質エネルギービジネスの展望」全国林業改良普及協会 2011
3. 梶山恵司「日本林業はよみがえる」日本経済新聞社 2011
4. 水本邦彦『草山の語る近世』山川出版社 2003
5. 熊崎実「木質エネルギービジネスの展望」全国林業改良普及協会 2011

(3) 木質バイオマス・エネルギー利用の形態と問題点

以下は、参考資料1, 2, 3を参考に整理した。

木質バイオマスのエネルギー利用の形態としては、次の4つがある。

①直接燃焼

もともと基本的な薪として、また薪の欠点を補うため加工して粒度を整え、水分含有量が安定させたペレットとして、熱供給、発電、またはこの両者を合わせたコージェネレーションに利用する。

②炭化

かつて家庭用として、またコークスが開発されるまでは製鉄の原料として広く利用されていたが、現在利用は限られ、「燃料ではなく、その他の機能性（例えば、吸湿性、吸着性や微生物担体等）に関心が集まり、研究内容もその方向にシフトしている」（独）森林総合研究所）。炭化とガス化を同時に行う技術の開発が期待されている。

なお Seneca21St では、話題『循環、温暖化対策における炭の役割』の提供が近々予定されている。

③熱化学的変換

熱して気体や液体に改質することにより、燃焼を安定化・効率化させ、木質ガス化発電に利用し、またはガス化メタノールとして利用する。

④生物化学的変換

リグニンを分離し、残るセルロースを分解して糖分を生成し、これを醗酵させてメタノールやエタノールを生成し、利用する。

木質バイオマスエネルギー利用には次の問題点がある。

①重量当たりの熱量が石炭の 2/3、石油の 1/2 と低い（輸送費が嵩む）。

②上述した木質バイオマスのエネルギー利用の形態のうち、実用段階は①のみであり、③と④のエネルギー化プラント技術は開発途上で、現段階では熱効率が表 3-2 にみるように低い。

表 3-2 バイオマスのエネルギー変換技術と効率

変換技術	効率 %	変換効率 $E = A/(B+C)$ A: 最終の有効エネルギー B: バイオマスが含有する一次エネルギー C: エネルギー変換のために投入されるその他のエネルギー
直接燃焼	85~90	
熱電併給	40~90	
エタノール発酵	40~50	
発電専用	25~30	

出所) H.Kopetz: Bioenergy: challenges and opportunities, Utrecht, May 2007

参考資料 1 の p36 から転載

③供給源が分散しており、スケールメリットが低いうえに、品質が不安定で量的な安定供給が計画しにくい。

木質バイオマス利用の基本は燃焼であり、かつての直接または炭化して利用する薪炭利用が再評価されてよいのではないか。木質ボイラーの熱効率や CO 排出量の改善が近年劇的に進んでいる。さらに季節や天候により変動する他の再生可能エネルギーと異なり、貯留・保管が可能であり、需要に供給を調整する機能を負わせることができる。

近年都市内で薪ストーブの利用者が増加している。話題提供者の友人はその得失を別紙 3 のように教えてくれた。

別紙 3 薪ストーブ利用の得失

- なぜ薪ストーブを利用されているのですか。
薪ストーブの輻射熱のぬくもりと燃える炎に豊かさを感じるから。
- 薪ストーブは何に利用されていますか。
我が家の全暖房に利用。
- 薪はどこから入手されていますか。
入手の難しさが一番の問題点。
森林組合が市を年 2 回開催。
市の薪の会に入会。しかし、会員が多く入手が難しい。
- 薪の運搬、貯蔵はどのようにされていますか。
家の周りにストック場を設け 1 年分を確保。
- 灰の処分を含め、どのように維持管理されていますか。
家の横の土手に散布
- 薪ストーブの利用のために住居をどのように整備されましたか。

家の建設時から計画していたため特別な整備はしていない。

7. 他熱源と比べ、経済性はいかがですか。

現在、薪をかなり格安に入手しているので、トータルコストでは他の熱源に比べて遜色はない。

しかし、入手が困難で、体力的（チェーンソーでの裁断、薪割）に厳しくなった場合には明らかに経済性は悪い。

8. (さいごに)満足度はいかがですか。

現在、薪の入手が困難であることが最大の問題点。もちろん市販の薪を購入すれば入手は可能であるが、価格が高すぎる。

それ以外は、すこぶる満足。

1. 熊崎実「木質エネルギービジネスの展望」全国林業改良普及協会 2011
2. 三井情報開発株式会社「分析・提案」木質バイオマス・エネルギーの事業可能性を高める <http://research.mki.co.jp/eco/proposal/woody-biomass.htm> (2008.02.12)
3. 梶山恵司「日本林業はよみがえる」日本経済新聞社 2011

（４）森林・林業の再生

（１）森林・林業についての素朴な問題意識を裏付けるかのように、日本の森林は保全されておらず、産業としての林業は永く低迷している。いくつか挙げてみよう。

- ・ 森林の蓄積量 44 億 m^3 、年間成長量 1 億 m^3 であるが、木材生産量は 17 百万 m^3 で、木材自給率は 19% である。（図 3-1）

（近年素材生産の自給率が向上しているが、中国・インド等の経済成長や一部輸出国の原木輸出の制限等輸入環境の変化と、景気低迷による国内需要量の減少による。）

- ・ 更新適期に伐採されない、また除間伐されない森林が増加し、森林の多面的機能も十全に発揮していない。
- ・ 更新、除間伐時の林地残材が利用されていない。
- ・ 森林・林業を支える担い手が不足し、地域も過疎化している。

しかし農業と同じく林業も先進国型産業であり、日本と同様に地形条件等が厳しいオーストリア、ドイツには優れた森林・林業経営があること等から、林業の抜本見直しを行い、新たな森林・林業政策を構築するため、経済同友会、内閣府、農林水産省等で検討が進められ、次のような一連の対策が講じられつつある。

「森林・林業再生プラン」を平成 21 年 12 月 25 日に公表。

具体的な施策となる「森林・林業の再生に向けた改革の姿」を平成 22 年 11 月 30 日にとりまとめ。

これを踏まえ、森林・林業再生プランを法制面で具体化する森林法の一部を改正し、平成 23 年 4 月 22 日に公布。

「森林・林業再生プラン」を反映させ、見直しを行う「森林・林業基本計画」については、林政審議会において審議し、平成 23 年 7 月 26 日に決定。

改革の方向は

①全体を通じた見直し

国がこれまで示してきた 3 機能区分（水土保持林、森林と人との共生林、資源の循環利用林）に代わり、地域主導の森林の区分制度の創設

②適切な森林施業が確実に行われる仕組みの整備

まとまりをもった施業を実施しうる体制の構築

施業集約化に積極的に取り組む者を対象とする助成制度の創設

里山等における広葉樹林の適切な整備の推進

③広範に低コスト作業システムを確立する条件整備

④担い手となる林業事業体の育成

⑤国産材の効率的な加工・流通体制づくりと木材利用の拡大

⑥人材育成

である。

再生プランは法定計画でなく林野庁が独自に静かに策定したものであり、論評も少ないようにみえる。たまたま手にした専門家の本⁷⁾⁸⁾でも同様である。

この再生プランを論じる知見を話題提供者は有していない。しかし、国土保全、温暖化防止、生物多様性、森林休養、森林文化等森林の持つ多面的機能について関心を持つ国民には素直に理解され難いのではないか。すなわち、

- ・ 木材供給を含む森林の持つ多面的機能を発揮させるために、
- ・ どのように森林が整備されるのか、
- ・ その結果どのくらいの生産物が得られ、
- ・ それがどのように利用されるのか、

という一連のつながりの説明がなく、人工林の除間伐を促進し、用材の自給率 50%を目標とすることが強調されているように見える。

人工林の除間伐は喫緊の課題であり、これを促進する態勢を整えることは森林の整備につながることは理解できるが、国土の経営や木質バイオマスの利用の視点から次のような課題があるのではないか。

① 森林が生産する総量を捉えようとしていない

森林・林業再生プランも平成 23 年版森林・林業白書も、木材（用材、素材）ベースで整理されている。図 3-4、図 3-1 に日本の数字が入らない限り、森林の成長量に比べてどの程度利用されているのか、各種施策を講じることによりこれをどの程度まで高めようとしているのか、さらに森林バイオマスはどの程度再生可能エネルギーを供給することができるのかについて知ることができない。

前述したように江戸末期において森林が草山になっていたように森林の生産量に自ずと限界がある。この限界を把握したうえで関係分野と調整しながら森林・林業施策を組み立てていくことがもっとも重要なことではないか。

また成長量をベースに生産量を考えると、用材に限定し、その自給率を目標とすることが理解しがたい。

なお、木質バイオマスの供給ポテンシャルを把握する手法が(独)森林総合研究所で開発されている^{1) 2) 3) 4)}。

② 森林の機能区分が分からない

国がこれまで示してきた 3 機能区分（水土保持林、森林と人との共生林、資源の循環利用林）に代わり、地域主導の森林の区分制度を創設することとしているが、これが森林の持つ多面的機能をどのように反映していくのか明らかでない。

これまでの機能区分は補助体系の基本になるものであったが、今後の森林・林業の補助体系、就中直接支払いには森林の持つ多面的機能の外部経済効果をいかに評価するかが基本となることを考えると、森林の機能区分は重要となる。

③ 広葉樹の利用を促進しないのか

図 3-1 にみるように木材需要の 4 割以上がパルプ・チップで、国産材利用は少ない。広葉樹はパルプ材になるが、広葉樹の具体的な生産策が見えない。

表 3-3 にみるように北欧、中欧の森林に占める生産林の割合は高い。定義が異なるが、人工林を除く森林（その多くは広葉樹）の利用も促進すべきではないか。

表 北欧・中欧の生産林と日本の人工林⁵⁾

	面積 (万ha)	
	生産林	その他 (非生産林)
ドイツ	1,048	60
フィンランド	2,016	612
スウェーデン	2,303	567
オーストリア	337	59
日本	2,487	
うち人工林	1,036	

④ 施業集約化には時間がかかる

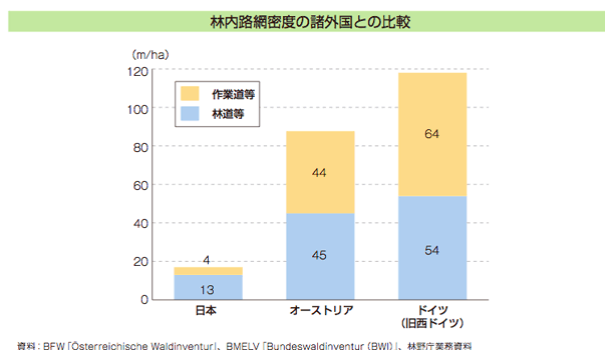
農業において経営規模の拡大、担い手の育成に難儀している実態からの率直な感じである。フォレスター、プランナーの育成、高密度林道網整備と機械化が促進されたとしても作業の担い手は不可欠であるが、少子化・高齢化、都市化・過疎化が進む中では容易なことではない。

施業集約化には、地域社会、特にこれまで林業にかかわった農家林家をどのように取り組むのかも重要であろう。

⑤ 高密度林道網整備と機械化はどこまで可能なのか

地形条件等から困難と思われていたが、中欧のドイツ、オーストリア等に倣い、これらを強力に推進することとしている。しかし、水文条件や植生環境が大きく異なるので、林道の維持管理、造林・育林を同列に論じていいのだろうか。国内にすでに先進事例があると聞くが、その可能性と限界を知りたい。

また高密度林道網整備と機械化で対応できない人工林の施業はどのようなになるのだろうか。



赤堀楠雄の林材レポート vol.10 (http://kino-ie.net/akahori_102.html) から転写

⑥ 直接支払いの制度設計は透明性が不可欠である

木質バイオマスのカスケード的利用の出発点となる間伐材の搬出については、既存の支援制度をゼロベースで見直し、23 年度に「森林管理・環境保全直接支払制度」570 億円が創設されている。これは、集約化し計画的な施行を行う者が、間伐材を林道脇まで搬出する間伐に限定して直接支援する優れた仕組みであるが、先に述べた多面的機能の外部経済効果をどのように評価し、クロスコンプライアンスと直接支払いの範囲を明確にしておくことが重要ではないか。

⑦ 木質バイオマスを直接燃焼させる薪炭利用がなぜ評価されないのか

図 3-4 にあるように米国の木材生産量 4.73 億 m³ のうち約 1/3 の 1.36 億 m³ が直接燃焼されている。

「1t のチップ (4Mwh/t) を発電に向けると、変換効率はせいぜい 30%程度で、節減される CO₂ も 0.5t くらいしかない。これが熱の生産になるとエネルギー変換効率が 80%に上昇し、CO₂ 節減量は 1t 以上になる。」⁶⁾

日本は熱利用において木質バイオマスを利用すること、また地域が生産したものを地域で利用することに関心が低かった。運搬、加工、貯留、灰の処分等の課題があるが、先進の県、市町村の事例に学び、木質バイオマスの地産地消が進むような政策が講じられるべきではないか。

1. 久保山裕史、上村佳奈「エネルギー利用のための木質バイオマスの経済的供給ポテンシャルを推定する」研究の森から No.204 季刊森林総研第 12 号(2011.2)
2. 久保山裕史他「木質バイオマスの供給ポテンシャルが大きい地域はどこか？」森林総合研究所第 2 期中期計画成果集
3. 久保山他「経済的な林地残材のエネルギー利用とは」同上

4. 久保山他「木質バイオマスの大量収集に適した地域を特定する」¹⁾ 森林総合研究所平成 22 年度版研究成果集
5. (財) 日本経済調査協議会「未来を創る森林産業改革委員会」中間提言「持続する森林経営を真に実現する政策を構築せよ」2011 年 2 月 23 日
6. 熊崎実「木質エネルギービジネスの展望」全国林業改良普及協会 2011 年 2 月
7. 田中惣次「日本の森林を考える」明治書院 平成 23 年 10 月
8. 田中淳夫「日本人が知っておきたい森林の新常識」洋泉社 2011 年 11 月

(5) 木質バイオマス・エネルギー利用には長い道程を必要とする

日本は地下資源にも再生可能エネルギーにも恵まれないが、木質バイオマスは洋上風力発電に次いで開発の可能性が高い。しかしこれを十全に利用するには、次のような問題を有する。

①木質バイオマス・エネルギーが軌道に乗るまでには相当の年数を要する

すでに見たように森林・林業再生プランにおいても木質バイオマス・エネルギーの位置づけは極めて低く、具体策に欠ける。また森林・林業再生がない限り、木質バイオマス利用は進まない。さらに森林・林業の再生には相当の時間が必要である。一連の対策に終始かかわった内閣官房国家戦略室梶山恵司内閣審議官の「日本の大学は、林業としての学問・教育を放棄したといえる」¹⁾を前提としているならば、科学・技術を再編し、人材を育成し、仕組みを再構築することに非常な困難と混乱を伴うことは間違いない。

これでは木質バイオマス・エネルギーが軌道に乗るまでに相当の年数を要する。

②熱利用のシステムが開発されていない

発電には送配電システムが整備されているうえに、買取制度も一応改善された。熱を生み出す木質バイオマス・エネルギーにはこれらの仕組みがない。加えて、木質バイオマス・エネルギーは使い勝手が悪い。供給側においても需要側においても相当の（電気・ガス以上の）支援策がない限り、進むものではない。

実験プラント、パイロットプラントでは、原料の供給、エネルギーの需要ともに安定せず、両者のミスマッチを生じている。

③木質バイオマスの利用は都市に向かない

木質バイオマスの利用には運搬、貯蔵、廃棄物処理を伴い、住宅の改造も必要となることから、庭が狭く、集合住宅が多い都市には向かない。

しかし欧米ではこれらの問題を乗り越えて利用されている。まず、そのことについて謙虚に学ぶことから始めるしかない。

次は、素人の思い付きであるが、議論の材料にしていきたい。

①大本の、森林・林業の再生を進める

木質バイオマスの原料は、森林施業・林業生産から産まれるものである。

②大量の消費が見込まれる事業所、公共施設の利用をまず促進する

木質バイオマスの安定的、確実な供給を保証することが前提となる。

③農村で利用する

他の再生可能エネルギーを含めた地産地消のシステムを構成するとともに、敗戦後かま

ど改善から始まった農村の生活環境の再編に①と同様特別の奨励策を講じて取り組む。

④発電の技術開発を進める

大変難しいようであるが、電気は使い勝手がよく、利用システムも整備されているので、究極的には発電を目指す。

3.11 以来原発廃止を声高に唱える人がいる。確かに人は間違いをするから原発は危険である。また遠からず枯渇する石油に頼ることは、「ないものねだり」に等しいことも分かる。しかし再生可能エネルギーが石油や原子力を代替できると安易に考えることでこの問題は解決しない。

洋上風力発電と並び、日本の有力な木質バイオマスはこれまで見たように石油や原子力の代替ができるようになるまで相当の時間を要する。

これに加えて、ヒトが人類になった時以来数十年前まで使ってきた木質バイオマス・エネルギーですら、文明が高度化した今、再びこれを使うことがいかに難しいかを私達はあらためて認識しなければならない。これは他の再生可能エネルギーについても共通することではないだろうか。

このことはエネルギーだけでない。私達は今、文明が持続するためのヴィジョンを描き、道程を定め、これに私達の生活を重ね合わせることに相当の覚悟をもって臨まなければならない時に来ている。

謝辞

この話題を纏めるに当たり、すでに話題提供されている石坂匡身氏、大串和紀氏から多くの助言をいただいた。記して謝意を表す。