

特集 持続可能な社会に向けて (13) ー完

# 木材利用と地球環境

## ーゼロエミッションへの道ー

富 田 文 一 郎  
とみ た ぶん いち ろう

### 一 持続可能資源としての木材と活用のための要件

#### (一) 持続可能資源の賦存量と木材の活用

地球上に存在しているバイオマス資源量（森林や植物等の資源量）については、一九七五年の調査に基づいてバイオマスハンドブックが作成されていますが、その内容を新エネルギー開発機構が、以下のように取りまとめています<sup>(1)</sup>。

バイオマス資源の総量は乾燥重量で約二兆t、その内約九〇％が森林資源となっています。また、バイオマスは総量の一〇％程度（乾燥重量約二千億t、約一千億t-C）が毎年

光合成で生産されています。この内、一、七〇〇～一、八〇〇億tが森林で生産されていると推定されています。森林と植物は呼吸や枯死によりこの生産量に比べて若干少ない量のCO<sub>2</sub>を排出してバランスを保っており、固定される炭素量は僅かな量となります。IPCC（国連の気候変動に関する政府間パネル）の二〇〇〇年の報告書に基づいて作成された表1では、造林（Afforestation）とバイオマス等の炭素固定量は、年間二三億t-C（乾燥重量約四六億t）程度となっています。その後のIPCCの報告によるとこの量は若干増え続けていますが、大気中へのCO<sub>2</sub>排出量を削減するためには、この年間炭素固定量を超えることなく大切に森林資源を利用しな

表 1 地球上の年間炭素バランス<sup>②</sup>

排出 (億 t-C)/年		吸収 (億 t-C)/年	
化石資源の消費	63	海洋・湖沼	23
熱帯林の減少	16	造林・バイオマス	23
		大気	33
合計	79	合計	79

ければなりません。なお、国連食糧農業機関 (FAO) によると、二〇〇六年の世界の木材生産量は約三五億<sup>3</sup>m<sup>3</sup>(七億 t-C、内産業用四七%、薪炭材五三%)<sup>(3)</sup>ですから前述の範囲内といえます。

また、林産系の廃棄バイオマスは、消費されている化石資源由来の年間総エネルギー量の八%程度に相当すると報告されており、このような面からも、森林資源や木材を有効に活用することが重要であるといえます。

## (二) 材料とエネルギーに使える再生可能資源としての木材

この連載を通じて紹介されているように、製材や木質材料等は、不用になるとカスケード利用されています。このように材料として利用できる生物資源は、木材以外にありません。一般に、穀物の茎などのバイオマスは腐りやすく貯蔵性が悪いことや、木材のように強い強度がないことなどから、材料としての利用は限られています。

また、木材はカスケード利用が徹底すれば、成長に要した年数の何倍もの長期間使うことが可能になり、大気中のCO<sub>2</sub>削減に貢献できることとなります。さらに、最終的にはエネルギー

ギーとして利用することもできます。このように木材には、材料とエネルギーの両面で活用できる特徴がありますので、利用にはこの特徴を生かすことが重要です。

## (三) 資源循環・再生産可能な持続性が必要

資源量が豊富な熱帯林は、地球上の森林面積の五〇%以上を占めています。これらの地域の天然林には環境保全のため伐採が禁止されている地域が多くあり、伐採できるのは既に人工林となった森林に限られます。世界の森林面積(約四〇億ha)の内、天然林の面積は九〇%以上を占め、人工林は一〇%程度以下といわれています。なお、人工林の内、成長が早い熱帯の人工林は二五%程度といわれています。

また、連載(4)で紹介されているように、今後は森林認証制度や合法性に従って持続性を確保しながら森林を管理していくことが求められていますので、持続的に森林を育てて木材を生産できる森林も有限です。さらに、持続的な生産を確保するためには、いうまでもなく伐採したら植えることが原則ですが、植えても水、土壌、栄養分等が確保できなければ森林は成長しません。これらの観点から、単純に森林は再生可能資源であるとはいえず有限と考えるべきで、多面的に森林の管理をして持続性を確保することが大切です。

## 二 ゼロエミッション達成のための要件

### (一) GHGの種類・効果と排出

地球温暖化の主な原因は、我々の生活から生じる温室効果ガス（GHG：Green House Gas）が、大気中に排出されることです。GHGについては既に紹介されていますが、もう少し詳しく説明することにします。表2にGHGの主な種類、

Gの排出量には実際の排出量にそれぞれのGWPを乗じて、CO<sub>2</sub>排出量に換算した量が用いられています。  
 図1は、GHGの総排出量の内訳を示しています。<sup>(5)</sup>最も排出量が多いのはCO<sub>2</sub>で、化石資源由来と森林減少や土地利用変化等によって排出されるものを合わせると全体の七六%で、他のガスに比べて排出される量が多いことから、GHGとしての効果が大きくなるので排出の削減が注目されています。しかし、

地球温暖化に及ぼす潜在力（GWP：Global Warming Potential、地球温暖化係数）と発生源・用途等を示しました。<sup>(4)</sup> GWPとはCO<sub>2</sub>を基準として、それぞれの気体の大気中における単位濃度当たりの温室効果を一〇〇年間の強さで比較して表したものです。CO<sub>2</sub>のGWPを1とした場合、メタン、亜酸化窒素は温暖化に及ぼす影響が二〇〜三〇〇と大きくなっています。また、フロン類や六フッ化硫黄や三フッ化窒素はCO<sub>2</sub>の数万倍の強さとなっています。なお、GHGの総排出量を示す際などは、各GH

表2 温室効果ガスの地球温暖化係数と発生源・用途等（国連気候変動枠組条約と京都議定書で取り扱われる温室効果ガス）<sup>(4)</sup>

気体名	地球温暖化係数	発生源・用途等
二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )	1	代表的 GHG 化石資源の燃焼等
メタン (CH <sub>4</sub> )	25	天然ガスの主成分 家畜の腸内発酵 廃棄物の埋め立て等
亜酸化窒素 (N <sub>2</sub> O)	298	自動車燃料の燃焼 工業の製造過程
ハイドロフルオロカーボン類 (HFCs)	1,430 等	フロン的一种、冷蔵庫・エアコン・スプレー等の冷媒、工業の製造過程等
パーフルオロカーボン類 (PFCs)	7,390 等	フロン的一种 半導体の製造
六フッ化硫黄 (SF <sub>6</sub> )	22,800	電気絶縁体等
三フッ化窒素 (NF <sub>3</sub> )	17,200	半導体の製造

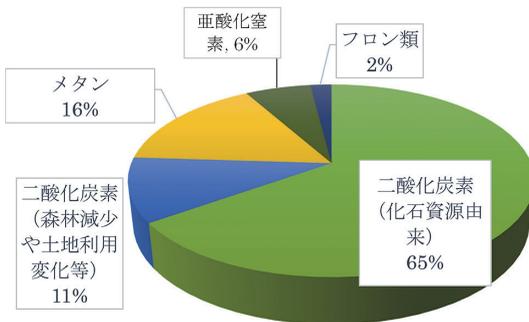


図1 人為起源の温室効果ガスの総排出量に占めるガスの種類別の割合 (2010年のCO<sub>2</sub>換算量での数値、総量 303 億 t)<sup>(5)</sup>

現在の我々の生活は、石油等の化石資源から作られた物質によって成り立っていると、<sup>(6)</sup> 図2は、「バイオマス・ニッポン総合戦略」の説明として石油を基盤とする物質フローを示したのですが、石油を燃料にするCO<sub>2</sub>、窒素酸化物類(NO<sub>x</sub>・ノックス)、硫黄酸化物類(SO<sub>x</sub>・ソックス)等を排出し、石油を原料として作られた物質、製品、廃棄物等も燃焼によって毒性の強いダ

(二) 化石資源から生物資源への変換、ポスト石油化学産業

GWPが大きいGHGの減少も重要な課題となっており、とくに、石油の燃焼に由来する亜酸化窒素の削減対策、冷媒や半導体製造に使われるフロン類とフッ素系化合物等の代替対策が進められています。

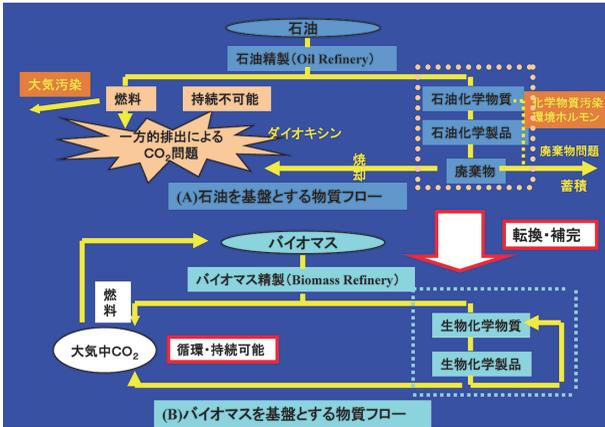


図2 生物資源の有効利用によるバイオマスリファインリーへの移行(概念図)

バイオキシンの等々の環境汚染物質を排出します。日本学術会議では、このような石油を主とする化石資源を利用したエネルギーと物質の生産に基づく炭素循環を図3のように表しています。すなわち、地球に貯蔵されている化石資源を用いると最終的にはCO<sub>2</sub>を排出しますが、化石資源はカーボンニュートラルではないので、排出するCO<sub>2</sub>量だけ大気中のCO<sub>2</sub>量を増加させることに

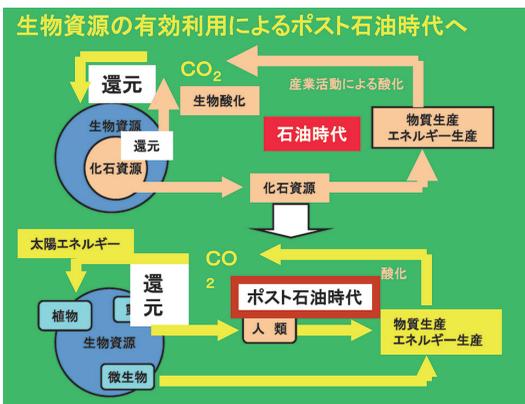


図3 生物資源の有効利用によるポスト石油時代へ(概念図<sup>(7)</sup>より作成)

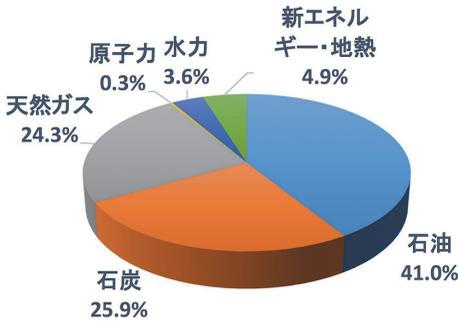


図4 一次エネルギーの国内供給の割合 (2015年)<sup>8)</sup>

なりません。このような面から、木材等の生物資源を利用して、最終的には燃焼や腐朽等でCO<sub>2</sub>を大気中に戻す循環システムへ移行すべきとされています。この観点から、図2のバイオマスを基盤とする物質フローへ移行するために、木材等のバイオマスのセルロースやリグニン等の成分を分離（バイオマスリファイナリー）して、生活に必要な物質を生産するシステムの構築が必要であると提言されています。現在、産官学が連携して多面的に開発研究を進めていますが、成果が期待され

が必要です。ゼロエミッションに向かうためには、CO<sub>2</sub>等のGHGをなるべく排出しないことが望まれます。図4に二〇一五年現在の一次エネルギーの国内供給の割合を示しました。東日本大震災以降、原子力発電は激減していますが、CO<sub>2</sub>の排出が少ない新エネルギー関連によるものは四・九％に過ぎず、今後はわが国でもエネルギーの転換が必要と思われます。現在の電力事情では、地域的あるいは限定的にGHG排出量を削減することは可能と思われませんが、国内の抜本的なエネルギー政策の策定と実行が望まれます。

### (三) 加工エネルギーの再生可能エネルギーへの変換

生活必需品等の物質を製造する工程では、電気を主とするエネルギー、すなわち加工エネルギーが必要で、勿論、カーボンニュートラルである木材や生物資源といえども、加工工程ではエネルギー

## 三 生物資源を基盤とする持続・循環社会の構築

### (一) 循環型社会の形成に必要な方策

日本学術会議では「日本の計画」<sup>9)</sup>の中で、循環型社会を実現するためには、省エネルギー技術・環境にやさしい技術開発、脱物質・エネルギー志向への移行、都市と農村の共生関係の構築、循環型の土地利用、経済、社会、生活様式、価値意識等への転換を行っていかねばならないことを報告しています。これらを参考にして紹介したいと思います。

### (二) 社会経済システム

森林資源の循環利用をさらに推進するためには、新しい研

究開発や成果の実装に向けて多面的なインフラの整備や構築等の対策が必要と思われます。地球環境保全に寄与する事業には、事業導入の初期段階等において、公的な補助や消費者の協力が必要と思われず。しかし、環境関係の事業といっても長期にわたっては、自立して経済原則に従って収益を挙げる経営により持続性を確保することが望めます。この観点からは、木材産業や林業は既に環境産業として定着していますが、一層の努力が必要かもしれません。

また、環境保全に関わる事業や活動等を推進する際には、前述のように規制緩和や助成等が必要ですが、ルール違反の規制や罰則等の対策も必要と思われず。

### (三) 国産材利用は地域社会と経済の持続性に貢献する

最近の木材自給率は上昇傾向にあり三五%を超える状況となっておりますが、国産材の利用を拡大することは、木材生産や木材加工分野等ばかりでなく林業に関わる雇用を増やし、地域経済とその持続性に貢献します。また、木材利用で得られる収益が何らかの形で森林管理に還元されるような仕組みの構築が望まれます。

一方、森林には、国土保全、水資源の涵養、大気浄化等のほか、景観の形成、社会的・文化的価値の継承等の公益的機能があり、我々の生活に重要な役割を果たしています。この

ような面からも、森林の役割が見直され、都市と農山村の様々な交流等による山村の活性化や、水源基金制度、森林環境税等の推進が期待されます。

### (四) 情報の循環と共有

IPCCの報告が、二〇〇〇年頃から科学に基づいて地球温暖化の現象や原因を公表し始めてから、世界的にこれらが理解されるようになり、多くの対策が講じられています。このことは、科学に基づいた情報が、世界的規模で循環して共有された結果といえます。今後、このような重要な情報が科学者から発信され、社会に共有されることが必要です。国内においては、政府・民間・科学者が一体となって、持続可能な開発を実現するための方策や情報を分かり易く作成し、国民に発信して理解されることが必要と思われず。

とくに、森林資源の適正な管理と循環利用が、持続可能な社会を構築するための基盤として必須であり、このような面からの情報の普及が望まれます。

## 四 ゼロエミッション達成の可能性と

### 世界と日本の動向

#### (一) 世界と日本のCO<sub>2</sub>排出の現状

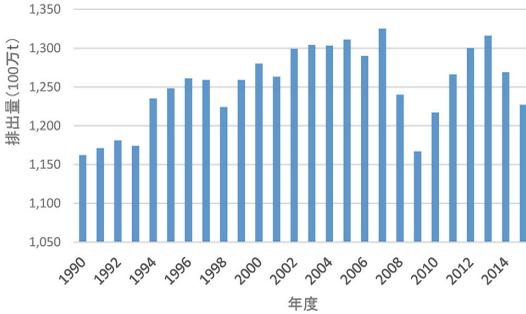


図 5 日本のCO<sub>2</sub>排出量の推移<sup>11)</sup>

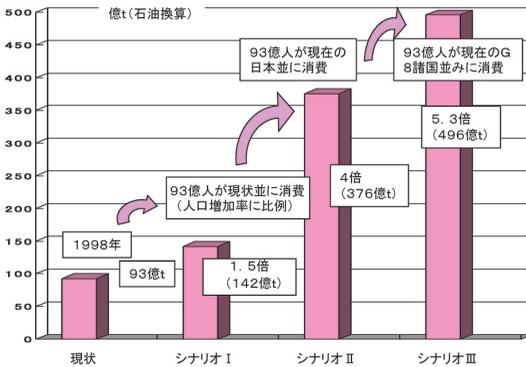


図 6 2050年におけるシナリオ別の年間エネルギー消費量比較<sup>12)</sup>

世界で排出されているCO<sub>2</sub>量は、未だ増加傾向にあります<sup>10)</sup>、表1の海洋・湖沼と造林・バイオマス等による吸収分が保持されると仮定すれば、総排出量を五〇%削減すれば大気への排出分は相殺されます。これらのバランスは条件次第で変動することも考えられますが、五〇%以上削減できれば大気中のCO<sub>2</sub>量も削減できるかもしれません。

日本は、世界全体のCO<sub>2</sub>排出量の約三・八% (一二・五億

t)を排出しており、国別では、中国、米国、インド、ロシアに次いで世界で五番目に多く排出しています。また、排出量の推移をみると図5のように二〇〇八年と二〇〇九年は減少に転じ、その後二〇一三年まで増加して、減少傾向を示していますので、さらなる削減が期待されます。

IPPCの報告によると、表1のように二〇〇〇年では総排出量が年間七九億t<sub>CO<sub>2</sub></sub>となつていますが、二〇一五年には九〇億t<sub>CO<sub>2</sub></sub> (三三〇億t)に増加しています<sup>10)</sup>。また世界気象機関(WMO)は、大気中のGHG世界平均濃度が二〇一六年に四〇三・三ppmと過去最高を更新し、二〇一五年より三・三ppmの増加で上昇が止まらないと報告しています<sup>12)</sup>。

(二) 世界の人口増加とエネルギー、資源の需要増加、地球の有限性について

地球温暖化の原因となっているCO<sub>2</sub>の排出は、化石資源の燃焼や森林減少等の人為的な活動が大きな原因となっています。わが国の人口は減少傾向にありますので、将来的にGHGの排出を減少できると推

定できませんが、世界の人口は図6のように増加傾向にありま  
す。このような人口の増加や生活レベルの向上は、CO<sub>2</sub>排出の  
上昇に繋がります<sup>13)</sup>。

二〇五〇年には、世界の人口は各シナリオのように九〇億  
を超えると予測されています。また、消費するエネルギーは、  
現在の約九〇億t（石油換算）から生活レベルの向上に応じ  
て、シナリオ別に一・五倍から五・三倍へと大幅に増加する  
と予測されています。現在、途上国は、先進国には今までの  
発展により大気中のCO<sub>2</sub>濃度を増加させてきた責任があるとし  
て排出量の大幅な削減を要求しています。しかし、途上国が  
将来、先進国並みの生活レベルを望むことが予測され、世界  
的な規模で再生可能エネルギーへの転換や大幅な省エネル  
ギー技術の開発が必須の課題といえます。また、エネルギー  
と食料の問題も地球上の資源や土地が有限であることに由来  
するので、世界的な協調により解決していかなければならな  
いでしょう。

### (三) 世界とわが国の温室効果ガス削減目標の動向

連載(2)で詳しく紹介されていますが、国際交渉上合意  
された世界全体の排出量削減目標には、国連気候変動枠組条  
約締約国会議(COP3)で取り決めた京都議定書(一九九  
八年)と、COP21で取り決めたパリ協定(二〇〇五年)が

あります。後者では、「産業革命前からの世界の平均気温上  
昇を「2℃未満」に抑える、加えて平均気温上昇「一・五℃  
未満」を目指す。」としています。また、二〇一八年には  
ポーランドでCOP24が開催され合意が難航した末に、パリ  
協定の実施に向けて、一連の確固たるガイドラインを採択し  
ましたが、今後の実行が望まれます。

先進国の首脳の間での同意等についてみると、G8洞爺湖  
サミット(二〇〇八年)で二〇五〇年までに世界全体の温室  
効果ガス排出量を少なくとも五〇%削減するとの目標を採用  
して以降、G8、G7サミットでは、様々な削減目標が採択  
されていますが、世界的な合意は得られていません。

なお、わが国では、第四次環境基本計画(二〇一二年四月  
閣議決定)において、二〇五〇年までに八〇%の排出削減を  
長期的な目標として目指すこととしています。

以上の動向のほか、米政府が、二〇一七年七月に「パリ協  
定」の離脱方針を国連気候変動枠組条約事務局に正式に通知  
したこともあり、今後の世界の動向が気になります。

## 五 おわりに

ここまで紹介してきたように、残念ながら温暖化に歯止め  
が効かないのが現状ですので、ゼロエミッションへの道のり  
は時間がかかると予想されますが、人類存続のためには達成

が絶対条件です。そのためには、科学技術、経済、情報共有等の面で多くの解決が必要であり、早期に世界的な合意や削減目標の設定等への協調が望まれます。

また、持続可能社会を構築するためには再生産可能資源を基盤とすることが絶対条件であり、その中で森林・木材が果たす役割が益々重要となることが確実と思われます。ゼロエミッションに近づけば近づくほど、世界的に森林と木材の重要性と価値が高く評価されるようになると信じています。

#### 注

- (1) Biomass Handbook (Ed. O.Kitani and C.W. Hall), Publ. Gordon & Breach Science Publ., N.Y., pp821-823 (1989) を基にして、新エネルギー開発機構 (NEDO) が作成「新エネルギー海外情報」二〇〇〇年二月号
- (2) CEI-B: Tackle Climate Change-Use Wood (2006) (IPCC 2000, Assessment Report より作成)
- (3) 林野庁ホームページ、分野別情報「木材ってどのくらい使われているの」(FAO「FAOSTAT」二〇〇八年一月二十八日)
- (4) 全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト (<http://www.jpccca.org/>) を参照して作成。
- (5) IPCC 気候変動二〇一三、気象庁翻訳:「自然科学的根

拠(技術要約) 気候変動に関する政府間パネル、第五次評価報告書(第五次作業部会報告書)」、二〇一五年二二版

(6) バイオマス・ニッポン総合戦略、二〇〇二年十二月、閣議決定

- (7) 日本学術会議第六部報告「生物資源とポスト石油時代の産業科学―生物生産を基盤とする持続・循環型社会の形成をめざして―」、二〇一二年
- (8) 経済産業省資源エネルギー庁「平成二十八年度エネルギーに関する年次報告」、平成二十九年六月二日
- (9) 第一八期日本学術会議「日本の計画・学術に駆動される情報循環社会へ」、二〇一二年
- (10) 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」二〇一七年版、二〇一七年三月
- (11) 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) 提出版「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (NIR) アーカイブ」、二〇一七年四月
- (12) 気象庁公表「世界気象機関 (WMO) 温室効果ガス年報」第三号、二〇一七年十月
- (13) 「世界人口白書二〇〇一(国連)」と「世界経済・社会統計二〇〇一年(世界銀行)」より三菱総合研究所が作成した(9)の参考図を基に作成。

(筑波大学名誉教授)