

未利用森林バイオマス資源を用いたエネルギーシステムの評価

Evaluation of Energy System using Unused Woody-Biomass Resources in Japan

80222786 高松 健太郎 (Kentaro Takamatsu) Supervisor 長島 昭 (Akira Nagashima)

1. 背景及び目的

バイオマスエネルギーは近年、そのカーボンニュートラル性という環境優位性から、新エネルギーのひとつとして認識され、注目されるようになった。

一方、戦後の造林政策によって増加した日本の人工林は、木材生産を目的として植林されたものであったが、近年では価格の面で輸入材に押され、国内林業は低迷しているのが現状である。そのため、間伐、下刈りなどの作業で保護育成されるべき林地は放棄され、また、間伐材の半分以上が利用されずに林地に残され、森林環境の悪化と同時に、森林の持つ公益的機能低下を招いている。

そこで、日本の人工林の持つ公益的機能向上を図るため、木材としての利用ではなく、バイオマスエネルギー資源としての利用を目的に、間伐を行うことを提案したい。

しかし従来、木質バイオマス資源は空率率が高く、エネルギー密度が低いために、輸送や貯蔵に多くのエネルギー、コストがかかってしまうという問題点があった。また、化石燃料に比べて発熱量が低いために、直接燃焼だけでは効率的にエネルギーを得ることが出来なかった。

よって本研究では、燃料形態として、エネルギー密度の高い木質ペレットを用い、エネルギー変換方式として、効率の高いガス化複合発電(BGCC)によって電力を得るエネルギーシステムを提案する。

以上のように、本研究では、日本の人工林の森林環境向上、森林の持つ公益的機能向上を図るため、間伐材の利用促進、間伐の促進となるエネルギーシステムを提案することを第一の目的とした。また、そのエネルギーシステム導入により、最大どれだけのエネルギーを供給できるのか、またその際、化石燃料を代替することによってどれだけの二酸化炭素削減に繋がるのか、エネルギーシステム全体を考慮して定量的に示すと同時に、経済性を評価することを第二の目的とした。

2. 未利用資源を用いたエネルギーシステムの提案

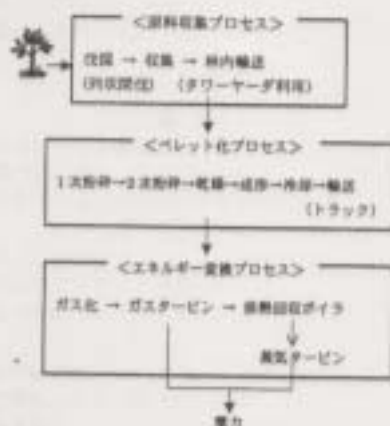


Fig.1 本エネルギーシステム概念図

本研究で提案するエネルギーシステムの概要を Fig.1 に示す。燃料形態はペレットを、発電方式はBGCCを考えた。また、資源として間伐材を対象を絞った理由は、間伐材のエネルギー利用により以下の効果が期待できるからである。

- ① 間伐促進による森林の持つ公益的機能の向上
- ② 化石燃料代替による二酸化炭素排出削減
- ③ エネルギーセキュリティ問題の緩和

間伐方法としては、タワーヤードを用いた列状間伐方式を考え、ペレット化は土場に併設されたペレット化工場で行うことを考えた。

3. エネルギーシステムの評価項目

提案したエネルギーシステムについて、以下の評価を行った。

- (1) 資源量の評価。
- (2) 本エネルギーシステム導入による最大 CO₂ 削減量評価。
- (3) 本エネルギーシステム導入による最大エネルギー供給量の評価。
- (4) 本エネルギーシステムの経済性評価。
- (5) 本エネルギーシステム導入による森林への影響評価。

4. 資源量の推定

近年の国産材への需要の低下により、間伐、主伐が行われなくなった日本の人工林では、年々森林蓄積量が増加している。本研究では、この人工林における蓄積量増加分を間伐材とすることによって得られる間伐材を、未利用バイオマス資源と考え、「人工針葉樹林の森林蓄積量増加分」を資源量とした。間伐対象林を日本の人工林全体に拡大することで、毎年 6627 万 m³ の間伐材を得ることができると推定した。

5. 化石燃料代替による CO₂ 削減量

本エネルギーシステムで化石燃料を代替した時の最大 CO₂ 削減量を式(1)により算出した。その際、以下の二つの評価が必要となる。

- ① 本エネルギーシステムによる最大エネルギー供給量
- ② 本エネルギーシステムのライフサイクル CO₂ 排出量

$$CO_2\text{cut} = E * (LCCO_2\text{coal} - LCCO_2\text{biomass}) \quad (1)$$

CO_{2cut}: 石炭火力発電代替による CO₂ 削減量 [g-CO₂]

E: 本エネルギーシステムによる最大エネルギー供給量 [kWh]

LCCO_{2coal}: 石炭火力発電のライフサイクル CO₂ 排出量 [g-CO₂/kWh]

LCCO_{2biomass}: 本エネルギーシステムのライフサイクル CO₂ 排出量 [g-CO₂/kWh]

5.1 最大エネルギー供給量

間伐された資源が持つ発熱量 E_r が、原料収集プロセス、ペレット化プロセス、エネルギー変換プロセスを経て電力 E になる。各プロセスにおける効率、資源の持つ発熱量 (Table 1) から、本エネルギーシステムによる最大エネルギー供給量 E を算出した。

Table 1 各プロセスの効率、資源の持つ発熱量

項目 (パラメーター)	数値	単位
間伐材資源量	6627	万 m ³
原料収集効率	80	%
ペレット化効率	57	%
発電効率 (BGCC)	40	%
木材密度	0.51	t/m ³
ペレットの発熱量	4.7	kWh/kg

算出の結果、本エネルギーシステムによる最大エネルギー供給量は 2.9×10^{10} [kWh]であり、日本の一次エネルギー供給量の0.46%であることが分かった。

5.2 本エネルギーシステムの LCCO₂

伐採、収集、林地内輸送などからなる原料収集プロセス、ペレット化プロセス、輸送、エネルギー変換プロセスの各プロセスでの消費エネルギーから、CO₂排出量を求め、本エネルギーシステムのライフサイクル CO₂排出量を算出し、他の自然エネルギー、火力発電における LCCO₂と比較した。(Fig.2, (Fig.3))

算出の結果、本エネルギーシステムの LCCO₂は、202[g-CO₂/kWh]であることが分かった。

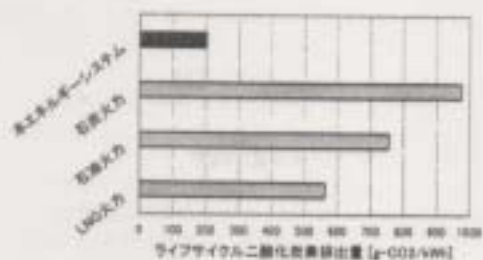


Fig.2 化石燃料火力発電とのLCCO₂比較

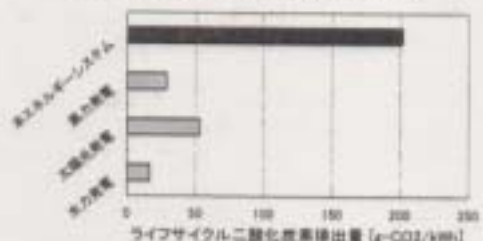


Fig.3 自然エネルギーとのLCCO₂比較

6. 本エネルギーシステムの経済性

資源を伐採し、林地内輸送、ペレット化、燃料輸送して発電するまでの本エネルギーシステムのライフサイクルコストを算出し、他の自然エネルギーの発電コストと比較した。本エネルギーシステムの発電コストは算出の結果、45 [円/kWh]であった。

また、チップ利用時とペレット利用時での経済性を比較した。発電所までの輸送距離が20kmを超えると、ペレット利用時の原料供給コストがチップ利用に比べて安くなり、燃料としてペレットを用いる有効性が確認された。(Fig.4)

また、算出した発電コストとLCCO₂より、CO₂削減に対する費用対効果を算出した。代替対象は石炭火力発電を考えた。本エネルギーシステムの結果を、太陽光発電、風力発電のCO₂削減費用対効果と比較した。(Fig.5)

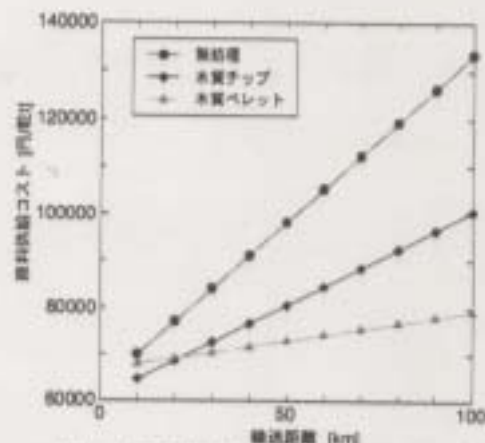


Fig.4 燃料形別の原料供給コスト比較

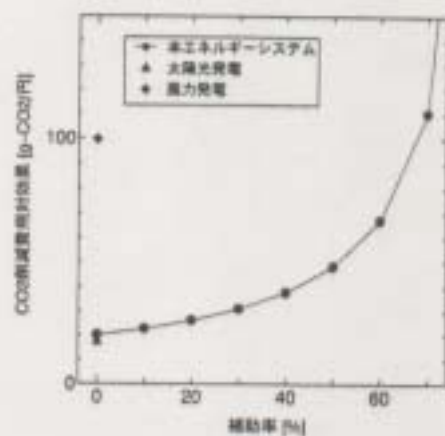


Fig.5 CO₂削減費用対効果の比較

7. 森林へ与える影響

現在間伐が行われていない森林に対して間伐を実施することで、その森林の持つ公益的機能の向上が期待できる。森林の持つ公益的機能は様々であるが、具体例として、表土侵食防止機能、土砂崩壊防止機能へ間伐が及ぼす影響に注目し、本エネルギーシステム導入による影響を定量化(経済的価値評価)した。

定量化の結果、本エネルギーシステム導入が、森林の公益的機能の向上に及ぼす経済効果は年間746億円になることが分かった。この金額は、本エネルギーシステムの発電コストの約5.7%に相当する。

8. 結論

本研究では、人工林の持つ公益的機能向上を目的として、間伐対象林を日本の人工林全体に拡大し、得られた間伐材をペレット化し、ガス化複合発電(BGCC)によって電力を得るエネルギーシステムを提案した。

本エネルギーシステム導入によって、最大で、日本の一次エネルギー供給量の約0.46%を供給することができると同時に、日本の年間CO₂排出量の最大1.85%を削減できることが分かった。

発電コストは45 [円/kWh]であり、60 [円/kWh]である太陽光発電に比べて経済的で勝る。CO₂排出費用対効果では、風力発電には補助率0%では及ばないものの、太陽光発電には勝ることが分かった。