

奥出雲町

バイオマス産業都市構想



平成 26 年 1 月 7 日

奥出雲町

奥出雲森林総合活用協議会

目 次

はじめに	1
1. 地域の概要	2
1. 1. 計画作成主体	2
1. 2. 対象地域範囲	2
1. 3. 地理的特色	2
1. 4. 社会的特色	3
1. 5. 経済的特色	4
1. 6. 歴史的特色	6
1. 7. 行政上の地域指定	7
1. 8. 地域が目指そうとする今後の方向	8
2. バイオマス資源の利用の現状と課題	8
2. 1. バイオマス資源の利用の現状	8
2. 2. バイオマス資源の利用についての課題	11
3. 目指すべき将来像と目標	13
3. 1. バイオマス産業都市を目指す背景と理由	13
3. 2. バイオマス産業都市として目指すべき将来像	15
3. 3. バイオマス産業都市として達成すべき目標	16
4. 事業化プロジェクトの内容	18
5. 地域波及効果	22
6. 実施体制	23
7. フォローアップの方法	24
8. 他の地域計画との有機的連携	24
引用文献	25
添付資料	26

はじめに

現在、エネルギー問題への対応については種々の議論がなされており、木質バイオマスの利用も、着眼点の1つに挙げられている。また、森林は、環境面で重要な機能を果たすものであり、さらに、中山間地にとっては、林業は地域振興のための手段の一つである。

このように、森林、林業は、今日の重要な課題である「エネルギー」、「環境」、そして「地域振興」に関連するものであるが、これまで講じられてきた「木材などの材料としての利用」と、それに伴って発生する「林地残材の有効利用」という考え方だけでは、特に経済性の面から効果が得られていないのが現状である。

奥出雲町は、江戸中期から大正末期まで行われた「奥出雲近世たたら製鉄」の中心地である。たたら製鉄の環境面への影響については、これまでいくつかの間違った解釈がされているが、江戸中期以降の奥出雲でのたたら製鉄の歴史は、今日の森林、林業の問題への対応を考える上で、ポジティブなヒントを与えるものである。また奥出雲町は、松江市、出雲市などの都市の水源の町であり、森林の環境整備が急務である。

奥出雲町は、地域のこの歴史的体験を生かし、木質バイオマスを中心に「エネルギー」、「環境」、「地域振興」の課題解決につながる事業を確立するとともに、同じような問題を抱えている他の中山間地域の見本となる姿を作り上げたい。



仁多地域



横田地域

写真 1. 市街地の全景

200m～400m の起伏の緩やかな山地が多く、急峻な山地は県境付近と雲南市との境周辺に限られる。

年間平均気温は 11.9℃、年間降水量は 1,717 mm、年間日照時間は 1,490 時間である。

土地の利用状況を表 1 に示す。林野率は約 84%で、耕地率は約 7%である。

表 1 奥出雲町の土地利用状況 (単位 ; ha)

	総土地面積	林野面積	耕地面積		
			田	畑	計
実 数	36,806	30,850	2,130	516	2,646
構成比	100%	84%	6%	1%	7%

※ 出典：総土地面積、林野面積は「2005 年農林業センサス」(農林水産省)、
耕地面積は「平成 24 年(産)作物統計調査」(農林水産省)

1. 4. 社会的特色

平成 22 年の国勢調査結果によると、奥出雲町の総人口は 14,456 人で、平成 17 年と比べて 8.6%減少している。高齢人口は 5,295 人であり、36.6%を占めている。

表 2. 奥出雲町の人口

	平成 22 年国勢調査結果	(比較)平成 17 年国勢調査結果
人 口 (人)	14,456	15,812
高齢人口 (人)	5,295	5,419
世帯数	4,713	4,874

林家数、農家数は表 3 のようになっている。

表 3 奥出雲町の林家、農家数 (単位；世帯)

	林家数	農家数
実 数	1,811	1,859
構成比	38%	39%

※ 出典：農家数・林家数は「2010 年農林業センサス」(農林水産省)

なお、この場合

- ・林家の定義；保有山林面積が 1 ヘクタール以上の世帯
 - ・農家の定義；10a 以上の経営、または年間の農産物販売金額が 15 万円以上の世帯
- である。林家のうち、森林施業で生計を立てている世帯は極めて少ない。

奥出雲町は、農業においては「奥出雲仁多米」、酪農業においては「仁多牛」のブランドで全国的に知られている。

仁多牛は、江戸時代から改良が重ねられてきた肉質、増体を兼ね備えた良質和牛である。奥出雲仁多米は、良質な水、昼夜の寒暖差が大きいという気候の特性、有機質に富んだ土壌などを生かし、さらに家畜類の糞などを用いた完熟堆肥を鋤き込んで土作りをした水田で生産されている。平成 25 年の第 15 回「米・食味分析鑑定コンクール国際大会」では全国 3954 点の出品米の中から、国際総合部門で金賞に選ばれている。4 年連続、通算 5 度目の金賞獲得である。



仁多牛（奥出雲和牛）



奥出雲仁多米

写真 2. 奥出雲町のブランド品

1. 5. 経済的特色

産業別就業者数の推移を図 1 に示す。奥出雲町の総就業者数は、年とともに減少し続けている。特に、第一次産業（農業、林業）就業者数は平成 12 年まで著しく減少し、平成 12 年以降、ほぼ横ばいになっている。

産業別生産額の推移を図 2 に示す。第 1 次産業は生産額の減少が続いている。就業人口の減少や高齢化が進行しており、担い手不足の状況にある。一部では、施設型農業や複合経営が進んでおり、建設業から農業分野へ参入事業者も発生している。また、有機農業な

ど高付加価値農産物の生産に力を入れている農家も増えている。

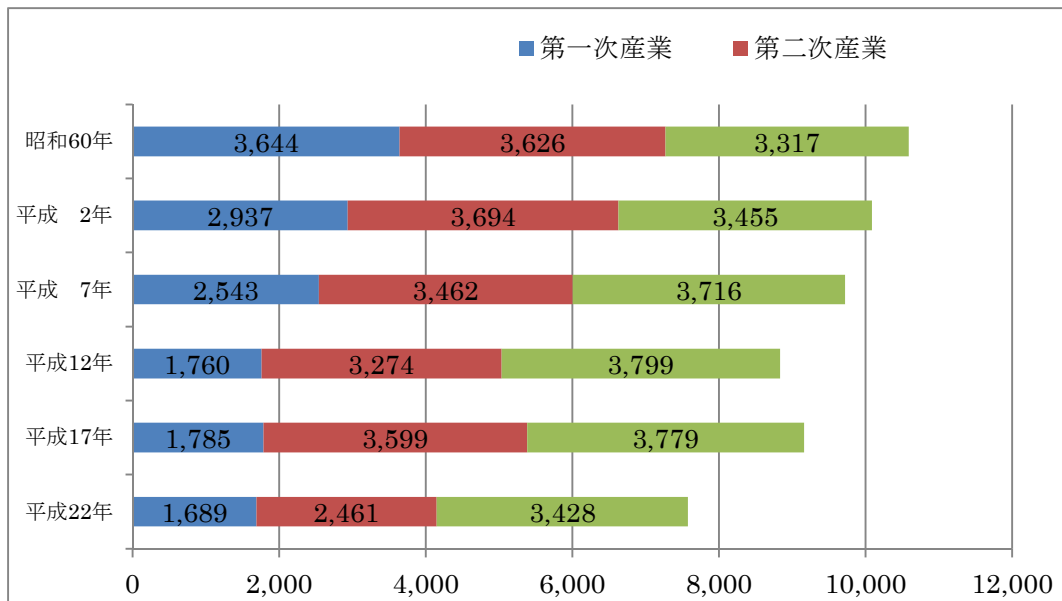


図1. 産業別就業者数の推移

※ 出典：「国勢調査」（総務省統計局）

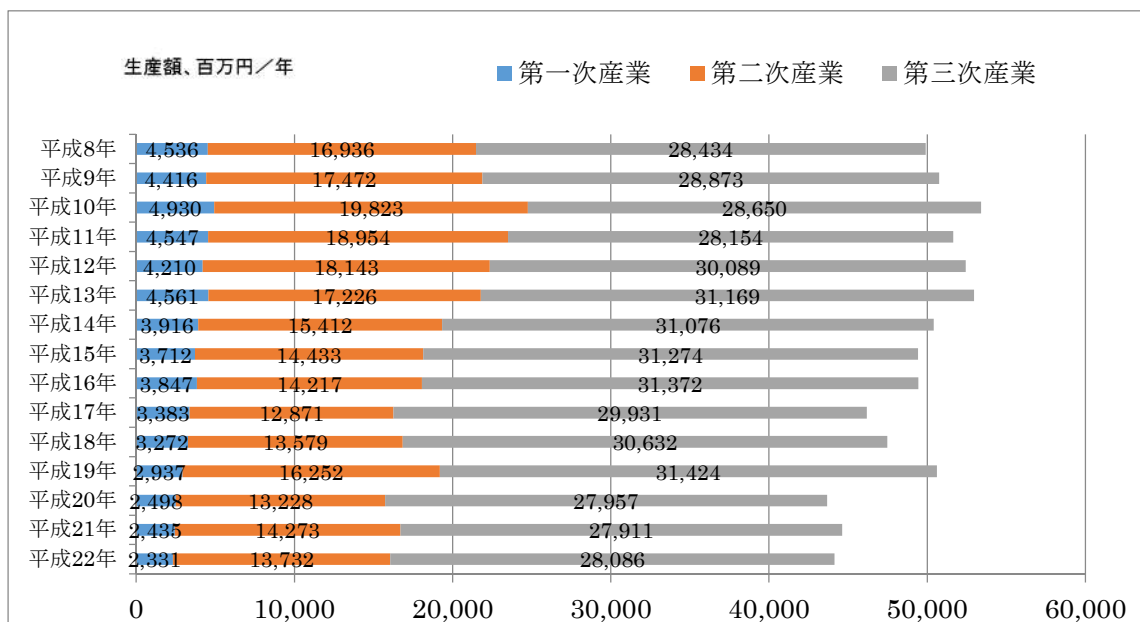


図2. 産業別生産額の推移

※ 出典：「しまねの市町村民経済計算」（島根県）

第二次産業は、公共事業の減少、世界的な金融危機の影響等により、建設業、製造業ともに厳しい状況を迎えている。こうした中でも、新たな分野への参入や独自の技術開発に積極的な事業所もあり、雇用の維持に貢献している。

第三次産業は、車社会の進展やインターネットの普及等の社会環境の変化により、町内に多く所在する小規模な小売店や各種サービス業には厳しい状況となっている。

1. 6. 歴史的的特色

奥出雲町は斐伊川の上流に位置している。その流域は砂鉄を産することから、それを原料として古代からたたら製鉄が行われてきた。斐伊川の流域は風化しやすい土質であるため川床が上がりやすく、洪水に結びつくことが多かった。また、砂鉄採取時に分離された土砂の流れ込みも、それを助長したと言われている。そして、江戸時代の初めに、松江藩によって、斐伊川の洪水による農業被害を防ぐため斐伊川の水を利用した砂鉄の選鉱が禁止され、1601～1637年の間は、たたら製鉄を行うことができなかった。注目すべきは、その後の経過である¹⁾。

時間的経過は添付資料に示すが、もともとは水田地主である「鉄師」と呼ばれる経営者（3家）が、松江藩と連携して、今日でいう「総合的視点」から表4に示すような解決策を講じた。それは、「近世奥出雲たたら製鉄」と呼ばれている。これによって、明治17年（日本としての統計が初めて行われた年で、まだ日本に近代製鉄法が導入される前）には、奥出雲地域（現在の雲南市の1部を含む）で全国の50%以上の鉄を生産していた。さらに、日本に欧州から近代製鉄法が導入されてからも、大正12年まで生産が続けられた。

表4. 近世奥出雲たたら製鉄における課題と解決のために取られた方策

課 題	解決のための方法
① 砂鉄から分離した廃砂（採掘量の97%を占める）の処分方法（環境問題）	川を使った選鉱法から、地上で人工樋を用いた方法に代えられ、得られた廃砂は、谷間に埋め立てて農地拡大に利用されるようになった。
② 製鉄用の炭を作るための木質原料の確保（資源量確保）	松江藩への上納金と引き換えに藩有林が利用できるようになり約25年サイクルで伐採場所を移動できるようになった。
③ 炭、砂鉄などの輸送方法（輸送コスト低減）	人力では限界があった（炭3里；炭の場合は約12km）が、藩の軍用馬の飼育を引き受け、それを輸送に利用して、距離の壁を突破することができた。
④ 製品鉄の需要変動への対応策	炉から流れ出す高炭素鉄（鋳物用）と、炉の中に残る中・低炭素鉄の生産比率を、たたら炉操業法の技術革新で、需要動向に対応して変更できるようにした。

この歴史は、江戸時代まで日本の各地で行われていた製鉄のほとんどが農閑余業の段階

に留まっていたこと、また製鉄量が比較的多かった地方でも、農業への悪影響で百姓一揆の原因になったりして幕藩体制の終了とともに停止されたことと大きく異なっている。その差はどこにあったのか。

製鉄の経営者は、安芸、備後、備中、伯耆、石見では多くの場合、商業資本であった。また、江戸後期の東北では藩の直営であった。それに対して、出雲ではすべてが大水田地主であった。この大水田地主でもある鉄師（製鉄経営者）が、松江藩と協力関係にあったことを背景に、独自の農山鉦蓄一体型の経営が行われた。すなわち、水田地主、製鉄、山林管理、牧畜（藩の軍馬の飼育も引き受けた）の全体の最適化を、長期的視点に立って考えたということがポイントであった。

今日、学ぶべき点としては次のようなことが挙げられる。

配慮点	江戸時代の奥出雲たたら製鉄で取られた具体策
長期的視点からの配慮	① 砂鉄の泥を水で洗い、その泥の最終的行き先として、従来の川に流すのではなく、地上で土砂分を分け、埋め立てに用いた。 ② 山の木が枯渇しないように、約 25 年サイクルで伐採して、現地で炭にして、製鉄場に運んだ。
効率アップの追求	① 農閑余業から年中、操業へ移行。 ② 炉の大型化、熱効率を上げられるように炉の基礎部に工夫を取り入れる。 ⇒ 永代たたら ③ 運搬；木を炭にしてかつ、藩から飼育を引き受けた軍馬を有効に輸送に利用した。
需要変動に対応する柔軟性	① 鉄の種類による需要変動への対応 たたら製鉄の製品は、炉から溶けて流れ出す高炭素鉄（鋳物用）と、炉の中に固体として残る中炭素鋼（鍛冶用）がある。この比率の需要変化に対応できるように、炉に吹き込む風の量を調整する技術などを開発した。

今後、森林・林業の問題を考える上で、この奥出雲の近世たたら製鉄の歴史が示唆することが多いと思われる。

1. 7. 行政上の地域指定

表 5, 行政上の地域指定

区 分		地 域
過疎地域自立促進特別措置法	過疎地域	奥出雲町全域
辺地法	辺地指定地域	上三所、上高尾、下高尾、三井野原、坂根奥八川、大峠
農業振興地域に関する法律	農業振興地域	奥出雲地域（総面積 24,477ha、農用地面積 3,178ha）

山村振興法	振興山村地域	三沢、阿井、亀嵩、八川、 鳥上、馬木
特定農山村法	特定農山村地域	奥出雲町全域
農村地域工業等導入促進法	農村地域工業等導入地区	一部
特殊土壌地帯災害防除及び 振興臨時措置法	特殊土壌地帯	奥出雲町全域
豪雪地域対策特別措置法	豪雪地帯	奥出雲町全域

1. 8. 地域が目指そうとする今後の方向

特色ある農業、酪農業に加えて、地域の歴史的経験に学び、古来より有効活用されていた資源である木質バイオマスの総合的・一体的な循環利用を図ることで、バイオマス利用の産業化による新規雇用創出や農林畜産業の振興を図る。

また、バイオマスの総合的・一体的な利用を推進することで、健全な森林整備、化石燃料消費量の削減、廃棄物の有効利用を図り、二酸化炭素排出量削減、循環型社会の形成につなげ、日本の中山間地の振興の見本となるものを作り、地球温暖化防止に貢献する。

2. バイオマス資源の利用の現状と課題

2. 1. バイオマス資源の利用の現状

(1) 廃棄物系（木質バイオマス関係以外）

賦存量と、現在の利用先、利用率を表6に示す。

表6. 廃棄物系バイオマスの賦存量と利用状況

バイオマス		賦存量 (t/年)	変換・処理法	利用先	利用率(%)
家畜 排泄物	牛フン尿	38,053	堆肥化	域内使用、外販	100
	豚フン尿	110	堆肥化	域内使用	100
	鶏フン	238	堆肥化	域内使用、外販	100
下水 汚泥	公共下水汚泥	3,196	民間業者に委託	販売	100
	集落排水汚泥	1,896	堆肥化	販売	73
	合併浄化槽汚泥	3,026	堆肥化	販売	73
	し尿汚泥	2,995	堆肥化	販売	73
食品	生ごみ	709	一部、堆肥化 残りは焼却	堆肥販売	13
廃棄物	廃食用油	37	BDF化	原料として提供	30

家畜排泄物の処理のためには、3つの堆肥センターが作られており（写真3）、80%以上が堆肥化され、堆肥は域内の農業用に利用されている。

- 横田堆肥センター（(社)奥出雲町農業公社）
- 仁多堆肥センター（(株)仁多堆肥センター）
- 堆肥化施設（JA雲南仁多肥育センター）



横田堆肥センター



仁多堆肥センター

写真 3. 既設の堆肥化施設

公共下水汚泥類は民間業者に処理委託しているが、堆肥として73%が利用されている。

食品廃棄物は、発生量；709t／年のうち27%が堆肥化され、残りは町の可燃物処理場で焼却処分されている。

廃食用油は、発生量；37t／年のうち30%が回収されて、BDF原料として域外に販売されている。

（2）廃棄物系（木質バイオマス）

① 製材工場等残材

発生量は約800t／年である。端材は、チップ用原料としてチップ化工場に、あるいは薪として家庭に販売されている。また、オガクズは家畜敷料として畜産業者に販売されている。現在、約80%が利活用されている。

② 建設発生木材

発生量は2,300t／年である。そのほとんどすべてが産業廃棄物中間処理業者等によってチップ化や炭化され、利活用されている。

（3）未利用系の中の「農作物の非食用部」

以下のように、ほぼ全量有効利用されている。

a. 稲ワラ； 発生量 11,250 t／年

収集については、ロールベア等を導入して水稻農家に貸し出し、効率的に行われている。また、町民参加型の稲ワラの収集として、サイロ詰めやラッピング、昔ながらのはで

干し等で乾燥させた稲ワラの集積場への持ち込みが推進されている。収集・集積された稲ワラについて、堆肥化、家畜飼料、家畜敷料、すき込みなどへの利用が図られている。

b. モミガラ；発生量 2,147 t／年

モミガラを、細かく粉砕したものは、家畜敷料として利用されている。そのままでは硬くて尖っており乳用牛の乳房等に刺激を与えるが、粉砕機が導入されて解決されている。

(4) 林地残材

林地残材の実績値を表 7 に示す。伐採量に対する林地残材の発生率は、40.5%である。

表 7. 林地残材の実績値

	伐採量 (t／年)	林地残材 (t／年)	林地残材率 (%)
主伐	9,100	2,100	23.1
搬出間伐	2,100	350	16.7
切捨間伐	3,500	3,500	100
合計	14,700	5,950	40.5

このように、林地残材の搬出が十分に進んでいないのが現状である。その対応策の 1 つとして、奥出雲町では、平成 24 年から、「おろちの深山（みやま）プロジェクト」を始めている。これは、自伐林家およびその仲間などが、町内の山の木を伐採（間伐等）して、所定の場所へ持って行くとトン当たり 6 千円（運搬費込）の奥出雲町商工会商品券がもらえるという制度である。その商工会商品券を町内の商店等で使うことにより地域が活性化されることも狙っている。

それによって林地残材に集積量は徐々に増えつつあるが、現在はまだ、数百 t/年のレベルである。

一方、奥出雲町内での林地残材を利用するために、チップ化してボイラーに利用することが進められている。奥出雲町内の、加熱ボイラー設備として、既存のもの、計画中のものを表 8 に示す。

表 8. 奥出雲町内の加熱ボイラー

	設置場所	熱容量 チップ年間必要量
稼働中のもの	玉峰山荘	350kW ； 1,336 t/年
々	佐白温泉「長者の湯」	800kW ； 300 t/年
具体的計画中的のもの	ほだ木センター (しいたけのほだ木)	1,600 t/年
将来計画があるもの	ひのかみ温泉	420 t/年
々	サイクリングターミナル	220 t/年

々	奥出雲病院	1,330 t/年
々	老人保健施設	800 t/年
々	あいサンホーム	460 t/年
々	奥出雲トマトハウス(民間)	α
	合計	6,466 t/年 + α

現在は、林地残材の集積量が少ないので、木材の加工屑を購入して、町外にチップ化を委託し、得られたチップを表 8 中の稼働施設の燃料の 1 部として使用している。

加熱ボイラーの運転は順調に行われているが、冬期などは、木質チップの水分が高いと水分に起因する白い煙が出て、外から見た時にイメージが悪いのではないかという意見もある。

今後、林地残材の収集量が増加するにつれて、それを町内でチップ化して、表 8 の加熱ボイラーで有効利用するようにしてゆく。

(5) 竹など

最近、急速に繁茂してきている竹は、森林保全や農林業へ悪影響を及ぼすおそれがあるため利活用方法の検討が行われてきた。現時点では、効率的な伐出方法が確立していないので、収集量は多くはないが、平成 24 年に、町内各地区（9 ケ所）に竹粉碎機（チップパー）を整備して住民に貸出し、収集された竹の処理を行っている。その用途は、現在は、堆肥、飼料用などである。その他、域内企業で竹を加熱処理して各種の製品に結びつける方法が種々、研究開発されている。ただし、現時点では製造体制が整わず、商品化に結びついていない。なお、木質についても、加熱による商品化の検討が行われているが、これも同様である。

(6) その他

地域での発電については、現在、奥出雲町では、小水力発電の計画が進行している。木質バイオマス発電は考えられていない。

2. 2. バイオマス資源の利用についての課題

(1) 堆肥化利用が可能なものについて

家畜排泄物、下水汚泥、食品廃棄物など、堆肥化が可能なものについては、現在 3 つの堆肥化施設で堆肥化され、主として奥出雲町内の農地で有効利用されている。したがって、少なくともこれからの 10 年は、既存の堆肥施設で堆肥化し、域内の農業に有効利用するという方策で対応可能である。

(2) 木質バイオマスについて

林地残材を狭い意味で解釈すれば、発生量 5,950 t / 年に対して、すでに町内の加熱ボ

イラーで1,636 t／年が使用され、具体的計画が進んでいるもので1,600 t／年、さらに将来、利用可能性がある施設用として約3,200 t／年、合計 6,466 t／年であることから、林地残材搬出促進を図ってゆけばよいことになる。

しかし、より広い見地から考えれば、次の問題があると思われる。

a) 林地残材量の考え方

伐採が遅れている森林の木を「木材用として適正量伐採」した時の林地残材量の計算例として表9のような結果が示されている。この場合には、林地残材発生量は、さきに述べた値の約4倍になるので、表8に示した奥出雲町内で計画中の加熱ボイラーなどでは消費できない量となる。

表 9. 適正伐採実施時の林地残材の算出例（木材用伐採という視点から）

伐採法		適正伐採実施時 (t／年)
主伐実績		37,100
間伐実績		22,400
搬出間伐実績		8,540
林地残材量	主伐残材	8,540
	搬出間伐残材	1,400
	切捨間伐材	14,000
林地残材 合計		23,940

b) また、奥出雲地区の森林の蓄積量として、表10のような調査結果が得られている。

表 10. 奥出雲町の民有林の現況

		面 積 [ha]	蓄 積 [m³]	成長量 [m³/年]	ha 当り成長量 [m³/ha 年]
人工林	針葉樹	16,134	4,693,028	108,140	6.7
	広葉樹	239	11,544	730	3.1
	合 計	16,373	4,704,572	108,870	6.6
天然林	針葉樹	1,222	428,498	4,862	4.0
	広葉樹	10,081	1,302,460	17,213	1.7
	合 計	11,303	1,730,958	22,075	2.0
合 計		27,676	6,435,530	130,945	4.7

この成長量の約70%を適正伐採量とし、伐採されたものの30%が木材用、合板用などに利用されると仮定すれば、エネルギー用などに利用すべきものとして、67,800 t／年（比重を0.74と仮定）となる。この量は、現在、計画されている加熱ボイラー用の約10倍となる。その有効利用を図るためには「地域内利用」という発想を超える必要があ

る。

3. 目指すべき将来像と目標

3. 1. バイオマス産業都市を目指す背景と理由

(1) 日本の森林の現状と課題の捉え方

日本の森林は、昭和30年代に植林されたものが伐採期に達しているが、木材用途が外材に押されて、森林が手入れ不良のために荒廃が進んでいるのが問題である。しかし、一般には、木を伐ることは森林を荒らすことに繋がっている人が多い。これが日本の林業の問題が先送りされている一因である。

森林への対応のあり方について、視点を広げ、世界を対象に考察したものとして、1990年に刊行されたウェストビー著「森と人間の歴史」がある²⁾。そこでは以下のように述べられている。

- ① **熱帯**の一部は、列強の植民地支配で森林破壊が生じ、また、今日においても過度の伐採が行われ、**森林破壊**が進行している。
- ② **欧州**は、中世から近代にかけて過伐採による森林破壊が進んだが、第2次大戦後、ヨーロッパ全域で森林面積は増えて続けている（とくに、北欧、中欧など）。機械化の多面的な進展で、森林作業の効率が向上し、毎日の作業も何倍も安全なものになった。このように、この1世紀ほどの間で**最良の状態**にあるが、今後、このような改善のペースが維持できるかどうかには疑問が出始めている。
- ③ **日本**は、植林の歴史で最も長く連続する伝統を持った国であるが、1950年代の燃料革命により木炭から石油に大規模な転換がおこり、何千もの山村集落は生計の道を奪われて人口が都市に流れた。1960年代の半ばころには、木材の74%は国内の森林から伐り出されていたが、1980年代には31%になっている。1962年以降、熱帯諸国が輸出するすべての木材の半分以上は日本に向けられている。**熱帯諸国に、お金を出して、植林に協力すればいいのではないかという安易な議論**が今なお、まかり通っているが、植林で解決するような単純な問題ではない。その一方で、**日本の森林には質的劣化**が起きている。

このように、現在の日本の森林は、歴史的に見ても、また世界的に見ても、「植林したものの手入れ不足、伐採不足による森林の荒廃の進行」という極めて特異な状況にあることが示されている。この本は刊行されてから20数年経過しているが、この問題は、ますます深刻化していると言える。

(2) 日本が見習うべき森林・林業の対応策としてドイツの例が挙げられることが多い。具体的には、次のような方策である。

- ① 伐採された木の効率的な搬出のために、機械が入れる作業道の整備を進める。
(ドイツ； 作業道；～120m/ha；日本の10倍)

② 伐採したものは、余すことなく有効利用する。

(木材用、合板用、エネルギー用、堆肥用など)

③ 森林の形は、スギ、ヒノキの単層林から針広混交複層林(上層；針葉樹、中層、下層；広葉樹)に移行させてゆく。(→ 山の水土機能を高める)

このうち、①と③については、確かに見習うべきであるが、②の地域でのエネルギー利用に関してドイツと日本は条件の差があるように思われる。すなわち、ドイツでは家庭などの木質エネルギー利用についてインフラが整備されていたことが日本の現状と異なっている。日本でもこのインフラの整備を進め、熱供給網を形成してゆくことが検討されているが、一般家庭への熱供給のためのインフラ整備は、過疎地帯である奥出雲町では、あまり効率的な方法ではないように思われる。

したがって、2章の最後にまとめたように、奥出雲町では、「森林の適正伐採」と、「(木材・合板用以外の)木質バイオマスの地域内でのエネルギーなどとしての有効利用」の両立は難しいと思われる。

(3) 木質をエネルギーとして利用する産業を促進するために、平成24年からFiT(電力固定価格買取制度)が発足している。これについて梶山は次の問題点を指摘している³⁾。

① 日本では、従来の発電技術(スチームボイラー・タービン方式)で、ある程度以上の発電効率(例；20%以上)を得るために、5000kW以上のものが選ばれる場合が多い。その運転に必要な木質バイオマスは7～10万t/年あるいはそれ以上になる。

② バイオマス燃料は、一般に半径30～50km圏内から集荷しないと、大幅なコスト増しとなってしまう。・・・それに対応できる地域はどれだけ存在するだろうか。

上記の②の問題は、木質バイオマス発電所に限らず、木質バイオマスの利用を考えようとする各種重工業などでも共通の問題である。これまでも重工業などで木質の利用が考えられたことがあったが、地域(半径30～50km以内)から必要な量の供給が見込めず、利用技術の開発が進まなかった例がいくつかあるようである。

このように、「森林の健全化のための適正伐採」と、「伐採されたもののすべてを有効利用する」という2つの目標を同時に達成することは、「半径30～50km圏内から集荷が必要」という壁によって遮られてきたと言える。

FiT(固定価格買取制度)で発電が計画されている場所の30～50km以内の地域以外は、木質バイオマス原料を経済的に搬送できないという前提に立てば、日本全体でも、この条件を満足する森林の面積は低い値(たとえば10%以下)に留まると思われる。また、FiT制度の適用期間が20年であるから、その後も発電事業が続けられるかどうかについても疑問がある。したがって、FiTだけでは、森林、林業のあり方を本質的に変える方策、たとえば、伐採・搬出の大幅コストダウンを目指す改革に結びつけるにはモチベーションが得られにくいように思われる。

(4) 奥出雲町は、現在計画されている FiT の木質バイオマス発電の立地場所については、30～50km 以内という条件を満足せず、また地域内においては小水力発電の計画が進んでいて木質バイオマス発電の計画は見えない。この条件を踏まえて、木質バイオマスを 30～50km 以内という壁を越えて経済的に搬送できるようにする方法という視点から検討を行った。

木質バイオマスは 30～50%の水分を含んでいるが、この水分は、木質バイオマスの使用時には、エネルギー効率などの点で悪影響を及ぼす。そこで、この水分を除去することによって使用策で使いやすくするとともに、経済的な搬送可能距離を延ばせるのではないかという視点から調査、検討を行って、ニュージーランドなどで行われているトレファイド（焙煎）法の情報を得た⁴⁾。そして、我々も、木質バイオマスを重工業などで使いやすいものにするという見地から検討を行って、検討グループ内から特許出願も行っている⁵⁾。

(5) この考え方に基づいて、火力発電所でヒヤリングしたところ、以下のような情報が得られた。現在、石炭火力発電で、石炭に数%混ぜて用いている木質バイオマスについて水分が低い方が望ましいが、発電所に供給されるものは未乾燥のものである。そこで、発電所内で排ガスを利用して乾燥しようとしたが、爆発のおそれがあるので実行に移されていない。そして現時点では、発電効率に悪影響を与えることはわかっているが、水分含有量の高いままボイラーで使用している。

(6) 次の、重工業の代表である製鉄会社に接触したところ、特殊な炭材用として、木質バイオマスを加熱処理したものに関心を示された。そこで、2年前から具体的検討を進めて、品質的には先方が要求するものが作れることが確認されるに至っている。そして、先方が要求する量やコストに対応するための方策について検討が進められている。

このように、木質バイオマスを需要先で使いやすいように乾燥～炭化の間の適正条件で加熱を行って水分などの不要分を除去すること（さらに、必要により圧縮・成型すること）によって経済的な輸送可能距離も延ばせるようになることが期待できる。

以上のように、森林の適正伐採と伐採物の全量有効利用を両立させるという視点で奥出雲町がバイオマス産業都市を目指す軸となる方式が見えてきた。

3. 2. バイオマス産業都市として目指すべき将来像

奥出雲町はバイオマス産業都市として以下に示す条件を満足するものを目指したい。

森林、林業に関して、

- (a) 環境保全への森林の機能を高く保てるようにすること
 - ・・・炭酸ガスの吸収能、水土保持効果など
- (b) 地域振興に貢献すること、
 - ・・・森林、林業を地域の収入に結び付けること

(c) 中長期的な視点から取り組まねばならない森林・林業と、時代の影響を受ける可能性のある需要とをうまく結び付ける方策を示すこと。

(d) そして、日本の中山間地の振興の見本になるようなものを示すこと。

そのために、奥出雲町では、

- ・森林の適正伐採を進めること
- ・伐採物をすべて有効利用できるようにすること

の両立に着眼する。

伐採物のすべての有効利用を可能にするために軸となる手段は、製鉄などの需要先で使いやすいものにするとともに経済的輸送可能距離を延ばすための1次加工処理（強乾燥～炭化の間の加熱処理）を奥出雲町内で行なうことである。

なお、伐採物のうち、より付加価値が高い用途（木材用など）や地域内利用物は、適当な段階で分別されるようにする。

さきに述べた地域の歴史的資産として述べた江戸時代のたたら製鉄の歴史に学ぶべき3つの配慮点に対しては、本構想では次のように対応する。

配慮点	本構想での具体策
長期的視点からの配慮	森林が適正状態になることを目指し、適正伐採、必要な後処理、監視を継続して行う。
効率アップの追求	・年間稼働率を高める。 ・設備の稼働率を上げられるようにする ・効率向上によるコストダウンを追求する。
需要変動に対応する柔軟性	各種用途の製品は周辺条件の影響で変動することを想定して新用途の検討を継続して行う。

また、この方法によって日本全体についても木質バイオマスの供給可能な領域を半径100kmに延ばすことが可能になれば30km内の場合に比べて約9倍、50km以内の場合に比べて約4倍に広がることになり、日本全体として、「森林の適正伐採と、伐採物の有効利用率を向上の両立」に向かう見本として貢献できると思われる。

3. 3. バイオマス産業都市として達成すべき目標

以下の各工程について検討し、森林を適正状態に保ちながら、伐採物のすべてを有効利用するという視点から製品化して経済性の確保を目指す。

(1) 伐採、搬出工程

- ① 伐採後の森林が、中長期的な視点から最適に状態になるような伐採を行い、必要な森林の後処理を行うようにする。

ドイツなどの先進例に習い、成長量の70%前後の伐採を行い、スギ、ヒノキの単層林型から針広混交複層林に移行させてゆくことを基本とする。

なお、森林の監視システムを作り、観察とデータ集積を行う。

② 伐採、搬出作業の効率化を図る。

ドイツなどの先進例に習い、作業道の整備、適正な機械化を進める。

③ 作業費の低減を目指す。

日本林業経営者協会のレポートに⁶⁾「・・・森林組合の作業班だけではなく、・・・・そこに中小の土木建設業が参入したり、若者が作る会社が生まれたりする可能性がある」と記載されている。

本構想では、まず、奥出雲町で平成24年から始まっている「おろちの深山（みやま）プロジェクト」（10頁参照）と連携して、林地残材や、伐採しての収集の作業費の低減策を検討する。

林家（すなわち、保有山林面積が1ヘクタール以上の世帯）が38%を占める奥出雲町では、所有する山林が収入に結びつくようにすることは重要な課題である。

林政総研レポート⁷⁾によれば、自伐林家の局面展開のためには、農林複合経営の中で、農閑期の労働力の完全燃焼、家族経営的な林家の展開、小型機械化を軸にした生産体系機械の共同利用、同志的、仲間的あるいは地縁的協同、他の林家からの受託推進などの例が示されている。奥出雲町では、伐採・収集した木質バイオマスの安定した需要先を保証することで、自伐林家の活動を増やしてゆきたい。そして、林道整備、適正な機械化、グループ化などを進めて、効率向上を図ってゆきたい。そして、その結果に基づいて収集方式やコストの基準を決めて、その値に基づいて、地域の土木建設業や森林組合に参加を呼びかけるステップを取り、量の拡大を図ってゆきたい。

(2) 伐採物のすべてを需要に結びつけるための方法

① 伐採・収集されたものから、木材など付加価値の高いものを選別するシステム作り

選別を集積場で行い、既存の森林組合経由のフローなどにつなげるようにする。

② 地域内での加熱ボイラー用などの需要に対して、原則としてチップ化したものを供給する。なお、時期による水分含有量の調整などは需要者に希望にそえるようにする。

③ 上記①、②以外のものについて、集積、チップ化、加熱処理（必要により圧縮成形）を行って、経済的中長距離輸送が可能なものにする。

メインの需要先は、共同研究が進められている製鉄会社向けの炭素材である。その競合品は化石燃料系のものであるが、化石燃料系のものは、資源枯渇化によりコストアップの方向にあること、また、木質バイオマス系のようなカーボン・ニュートラル特性を持っていないという弱点を抱えている。

(a) 基本加工技術は、木質バイオマスを乾燥～炭化の間の適正温度で加熱し、必要に応じて加圧・成形を行なうことである。

(b) 事業化にあたっては、木質バイオマスの収集量の増加に応じて、第1段階としては小～中規模（数千t／年）のものを作り、共同研究が進められている製鉄会社向けの炭素材の大規模（数万t／年）へのパイロット設備として、また小～中規模設備の生産

設備として利用する。第２段階としては、大規模設備でメインとなる生産を行う。また、小～中規模設備は、その他の製品の開発、生産に有効利用する。具体的には、
 11ページの「(5) 竹など」の項に示した、これまで地域の企業などで進められてきた竹は木の加熱処理の商品化に用いる。また、先に3.2の(c)に示した「中長期的な視点から取り組まねばならない森林・林業と、時代の影響を受ける可能性のある需要とをうまく結び付ける」ために、小～中規模設備は、全期間を通して継続的の需要先の開拓に有効に利用する。

4. 事業化プロジェクトの内容

1年以内、5年以内、10年以内 および10年後に実施することを表10に示す。

表10. 実施する内容

	1年以内	5年以内	10年以内	10年以上先
森 林 計 画・ 作 業 路 整 備	・町有林を中心に仁多地区122ha、横田地区34haに対して、森林計画実施し、作業路整備の助成金申請を行う。 ・地籍測量実施済地区約120km²の所有者に、作業路整備の了解を随時行っていく。 ・地元中小建設会社を中心とした、作業路整備の講習会を実施する。	・随時森林計画を行い、作業路整備延長150km、林道整備含め累計200kmを整備。	・作業路整備延長300km、林道含め累計370kmを整備。	・林道・作業路総延長800km整備まで随時実施していく。
木 質 の 収 集 作 業	・「おろちの深山プロジェクト」を中心に、その作業を解析して、収集作業のコストダウンのための要件を明確にする。 ・新規参入希望者の講習会を実施する。 ・収集作業参加者の増加策を講じる（森林組合や建設業者などの団体は別として、個人としての参加者；50人以上を目指す）	・左の諸項目の継続実施 ・新規参入者のグループ化による収集量アップ ・木材収集20,000t/年目標	・木材収集40,000t/年目標	・木材収集60,000t/年目標

集積・加工場	・既設及び新設地の比較検討 ・加工場業務内容の検討 ・燃焼用チップ生産 1,700t	・集積、加工場の整備及び加工場職員採用（20名） - 燃焼用チップ生産 3,000t - 加熱処理品生産 4,000t	燃焼チップ生産 3,000t 加熱処理品生産 9,000t	燃焼チップ生産 4,500t 加熱処理品生産 14,000t
加熱などの1次加工設備	・加熱処理の小～中規模の設備の詳細検討を行う ・さらに上記の小～中規模模の製品を作るための条件をまとめる。	・小～中規模生産設備の設備の設置、稼働 ・大型設備の詳細設計を行い、予算化に結びつける。	・大型設備の設置、稼働。	設備の稼働継続
（商品）定常的供給先	・地域内の加熱ボイラー用及び需要先の開拓	・小～中規模の各種加熱処理品の提供 ・大規模用加熱処理品を需要先での需給調整用として提供 ・地域内の加熱ボイラー用、及び需要先の開拓	・大規模需要先への加熱処理品の供給 ・小～中規模の各種加熱処理品の提供 ・地域内の加熱ボイラー用	継続
商品開拓	・大量規模の需要先と、必要条件（品質、コスト）を詰める。 ・小規模の木、竹などの加熱処理の商品化について、域内でのこれまでの検討結果、社会動向などを調べ、対象として可能性のある製品をリストアップし、その製造のために必要な条件をまとめる。	・加熱処理品の需要先拡大のための検討継続	・加熱処理品の需要先拡大のための検討継続	左の活動の継続
森林の監視	・専門家を含めた森林監視委員会を立ち上げる。 ・森林監視のための必要収集	・森林監視委員会の活動 ・山の監視グループ	左の活動の継続	左の活動の継続

	データを決める。 ・町民も含めた山の監視グループを作る。	の活動 ・伐採後の保全策についての提言		
--	---------------------------------	------------------------	--	--

【森林、その作業および監視関連】

全期間を通して、

- ① 森林の団地化（森林所有者の了解を取り付け作業路整備）は、全期間を通してほぼ継続して実施する。森林作業の適正な機械化、および機械の有効利用策を推進する。
- ② 森林の適正伐採・収集作業については、そのコストが本事業の成否に大きな影響を及ぼす。これを伐採、搬出に利用して従来の森林組合方式には拘らない視点からコストダウンの可能性を探り、それを切り口として、広く、伐採・収集作業に反映してゆく。講師として徳島県の自伐林家である橋本光治氏を招いての研修会などを継続して行なう。そして、その結果に基づいて、収集方式やコストの基準を決めて、その値に基づいて、域の土木建設業や森林組合に呼びかけるというステップを取り、量の拡大を図ってゆく。
- ③ 森林の監視については、専門家を含めた森林監視委員会、および町民も含めた山の監視グループを立ち上げ、活動を継続的に行う。

【集積地および1次加工（加熱処理）処理関連】

初年度は、

- ①集積地としては、既存の場所を利用しながら、新しい集積・加工の場所の選定を行う。
- ②加熱処理の小～中規模設備（大型生産設備のプラントを兼ねる）の詳細検討を行う。
- ③さらに上記の小～中規模模の製品を作るための条件をまとめる。
- ④予算化に結び付ける。

2～5年後には、

- ①小～中規模生産設備（大型生産設備のプラントを兼ねる）設置、運転を行う。
 - ②大型設備の詳細設計を行い、予算化に結びつける
- 5年以降には
- ①大型設備の設置、稼働を行う。
 - ②小～中規模生産設備を利用した操業（製品製造、製品開発）を行う。

【製品および開発関連】

まず、集積された木質バイオマスのうち、地域内の加熱ボイラー用などの需要に対しては原則としてチップ化したものを提供する。1年後まではほとんどそれに充てられる。

2年後以降に小～中規模設備が設置されると、大規模装置の設計のために必要試験を行うとともに、製品として需要先での需給調整用として提供する。（ここで言う「需要供給調整用」とは、たとえば製紙工場で80％は外材を使用しているが、輸入に全面的に頼ることとはリスクが大きいので、20％程度は国産材を用いているのに相当する。）

5年以後に大規模設備が完成すれば、量的には大規模使用先への供給が中心となる。一方、小～中規模の処理設備は、次の2つの目的に用いる。

- ・加熱処理品の需要先拡大のための試験用
- ・小～中規模の竹、木質などの加熱処理品の商品化

木、竹などの加熱処理の商品化について、域内でのこれまでの検討結果、社会動向などを調べ、対象として可能性のある製品をリストアップし、その製造のため

に必要な条件をまとめる。そして、小～中規模加熱処理設備ができれば、その製品化を進める。

競合相手である化石燃料系のものは枯渇化が進んでいるから、木質バイオマスへの転換は、中～長期的にはまちがいなく進行すると考えられるが、その進み方については各種の周辺条件の影響を受けられるので、上記のようなソフトな体制で対応してゆく。

なお、1年後、5年後、そして10年後には状況をまとめ、評価を受けて、その後の進め方に反映する。

2017～2026年の収支計画を表11に示す。

表 1 1、バイオマス産業都市構想の収支計画

	費目	2017 年度	2019 年度	2021 年度	2026 年度
処理量	木材収集	5,000t	20,000t	30,000t	45,000t
	チップ加工	4,500t	18,000t	27,000t	36,000t
	燃焼用チップ	2,000t	2,800t	4,500t	5,000t
	炭材	500t	4,000t	6,000t	8,000t
	ペレット・薪等	50t	100t	100t	200t
収入(千円)	燃焼用チップ	16,000	22,400	36,000	40,000
	炭材	20,000	160,000	240,000	320,000
	ペレット・薪等	2,000	4,000	4,000	8,000
	資本金	30,000			
	計	68,000	186,400	280,000	368,000
支出(千円)	人件費	22,700	26,200	39,400	45,000
	光熱費	200	300	300	300
	通信費	200	200	200	200
	雑費	500	1,000	1,500	2,000
	(計)	(23,600)	(27,700)	(41,400)	(47,500)
	木材購入費	15,000	60,000	90,000	135,000
	修繕費	2,700	5,400	5,400	5,400
	消耗品	1,000	2,000	2,500	3,000
	電気代	2,800	8,200	10,900	13,200
	炭化処理費	7,500	60,000	90,000	120,000
	(計)	(29,000)	(135,600)	(198,800)	(276,600)
	施設使用料	3,200	6,400	6,400	6,400

	計	55,800	169,700	246,600	330,500
収支		12,200	16,700	35,400	37,500

*チップ加工 : 0 バーク・ダスト 10%除して計算

*燃焼用チップ ; 15%乾燥して販売

*炭材 ; 炭化歩留まりは 27%として計算

資金計画を表 12 に示す。

表 12. 資金計画 (千円)

項 目	金額	補助金 (国)	起債 (町)	備考
管理 DB 作成費	30,000	30,000	0	2015 年～18 年
加工場造成費	250,000	125,000	125,000	2016 年～17 年
切削設備費	300,000	150,000	150,000	2017 年
炭材設備費	700,000	350,000	350,000	2017 年
作業路整備	1,600,000	1,600,000	0	2016 年～36 年
合計	2,880,000	2,255,000	625,000	

*管理 DB 作成— 森林図面・山林所有者名簿・搬出登録者名簿の DB 化

2015 年 6 月～2018 年 3 月

*加工場造成— 2015 年概略検討、2016 年実施設計・造成工事、2,017 年建屋工事

*切削設備— 2017 年上半期設備工事

*炭材設備— 2017 年上半期設備工事

*稼働— 2017 年下半年稼働

*作業路整備— 2,015 年町有林から森林計画実施し、作業路整備助成金申請、以降所有者の了解後申請、2016 年から作業路整備、2015 年下半年、建設業者のための作業路整備講習

5. 地域波及効果

項目	波及効果 (10 年後)	備考
地域内バイオマス資源の利用率向上	・域外企業向け (加熱処理品30,000t) ・温泉施設 3 箇所 (燃焼チップ2,100t) ・サイクリングセンター (燃焼チップ220 t) ・奥出雲病院 (燃焼チップ1,330t) ・老人保険施設 (燃焼チップ800 t) ・あいサンホーム (燃焼チップ460 t) ・ほだ木センター (燃焼チップ1,600t) ・ハウス栽培 (燃焼チップ500 t)	・化石燃料からの転換 ・現在 ; 温泉施設2箇所 (燃焼チップ 1,700t購入 ⇒ 全て町内にて生産

	・一般家庭・公共施設暖房（薪、ペレット100 t） 合計 37,110 t	
雇用の 創出	関連産業で136名以上の雇用を創出	・作業路整備 20名 ・伐採搬出 100名 ・加工センター 16名
産業の 創出	・作業路整備 (400百万円/10年) ・伐採搬出 (480百万円/10年) ・加工センター (900百万円/10年)	・整備目標;総延長;800 k m ・伐採、搬出目標 60,000 t /年 ・生産目標; 550百万円/年
CO2の削減 効果	2,000ha(10年後)の森林の適正管理により、林齢を60年から55年に下げることができるとすると、1,200t/年になる。	針葉樹林; 1,200ha、 広葉樹林; 800ha

6. 実施体制

奥出雲森林総合活用協議会

会長 (株) 佐藤工務所

代表取締役 佐藤 和彦

奥出雲町民課 環境政策室

室長 津田 昇

(有) 植田工務店

代表取締役 植田 良二

(有) 中村建設

代表取締役 中村 勝好

仁多郡森林組合 林産販売課

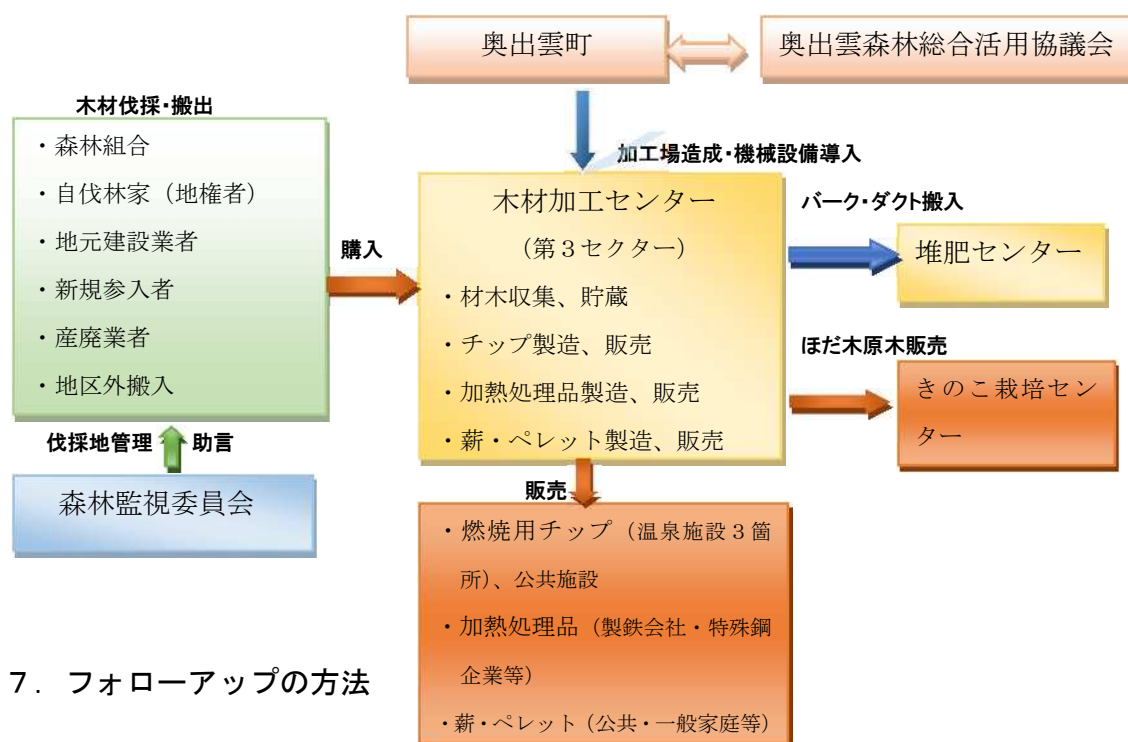
課長 青木 陽一

NPO 法人バイオマス総合研究センター

代表理事 村上 善久

NPO 法人奥出雲布勢の郷

理事長 中林 英清



7. フォローアップの方法

(1) 外部評価委員会を結成する。

委員長； 島根大学 生物資源科学部 伊藤勝久教授

委員；島根県中山間地研究センター（研究員）

仁多郡森林組合

奥出雲町連合自治会長会

奥出雲町商工会

奥出雲町建設業協会

奥出雲町第三セクター 統括本部長

住民代表

島根県農林水産部林業課

島根県地域振興部土地資源対策課

中国経済産業局資源エネルギー環境部など

1年後、3年後、5年後、7年後 10年後に外部評価委員会を開いて経過を報告し、評価を受け、それに基づき 計画修正・最適化を行う。

(2) 毎年、町民会議を開いて報告し、必要に応じて取組内容を見直す。

8. 他の地域計画との有機的連携

① 奥出雲町総合計画（平成23年策定）

本構想に係るものとして、以下のことが掲げられている。

「基本的な考え方」・・・地域資源の有効利用による施策の展開

「町づくりの方向性」・・・産業力を伸ばす

地域資源を活用した新産業の創出

観光業と他産業の連携を図った観光誘客

「基本計画」・・・豊かな地域資源を活かした産業振興によるまちづくり

・工業の振興

・農林畜産業の振興

林業生産基盤の推進

林業活性化の推進

・ホスピタリティによる観光振興のまちづくり

観光と他産業（農林畜産業など）の連携

・ふるさとの自然を守り、文化的景観の息づくまちづくり

自然環境の保全

地球温暖化防止の推進

景観形成の推進

② 奥出雲町バイオマスタウン構想

バイオマスタウン構想は平成23年3月に提出された。木質バイオマス以外は、バイオマスタウン構想に基づいて推進を継続する。木質バイオマスについては、本構想で新たな視点から見直す。

「おろちの深山（みやま）プロジェクト」

平成24年度からスタート。自伐林家およびその仲間などが、町内の山の木を伐採（間伐等）して、所定の場所へ持って行くと1トン当たり6千円（運搬費込）の奥出雲町商工会商品券がもらえるという制度。本構想で、木質バイオマスの収集の、コストダウン策の切り口の1つとして活用する。

④再生可能エネルギー発電

小水力発電の計画が進行しているので、域内の発電については、それを優先する。

⑤ 国の「重要文化的景観」

平成25年10月に、奥出雲町のたたら製鉄と棚田に対して、国の重要文化的景観の答申が出された。 「たたら製鉄で育まれた文化的景観の価値とその意義」

・江戸時代から続く景観を大きく変えず、未来像を鮮明にして活用し、地域振興を図ることが望まれている。

・外部の人へのアピールに関して、「過去の遺産というもののだけでなく、その考え方が未来につながるということをアピールできるように連携を取ってゆきたい」とされている。

【引用文献】

1) 高橋一郎；「奥出雲横田とたたら製鉄」（1990）

片山裕之、北村寿宏、高橋一郎；鉄と鋼、91（2005）122

2) ジャック・ウェストビー著、熊崎 実訳；「森と人間の歴史」（1900）築地書館

3) 梶山恵司（富士通総研）；「木質バイオマスエネルギー利用の現状と課題・・・FiTを中心とした日独比較分析・・・」富士通総研 経済研究所 研究レポート No.409.Oct.2013

4) 熊崎 実；木質エネルギービジネスの展望；林業改良普及双書；No.167(2011)

5) 特願 2011-002193 木質バイオマスの利用方法 （平成23年1月7日）

6) 今後の森林管理・林業経営に向けた提言；「循環型社会に資する日本型森林管理・経営モデルの構築」検討会、（社）日本林業経営者協会 www.rinkeikyo.jp/no3-12.htm

7) （財）林政総合調査研究所；林家経済の基礎的研究（Ⅱ）・・・自伐林家の展開局面と組織化の意義・・・；林政総研レポート No. 63（2003）

添付資料

添表 1. 奥出雲の近世たたら製鉄の歴史の要点

年代	時 期	内 容
1601 ～ 1637	たたら製鉄 操業停止期	廃砂で斐伊川水系の川底が高くなり洪水がおきやすかった。農業生産を守るために砂鉄採取が禁止され、 たたら製鉄の操業も行うことができなかった。
1638 ～ 1690	産業としての 胎動期	1637 年に砂鉄採取は解禁されたが、奥出雲のたたら製鉄は 農閑余業の段階 であり、生産量も日本の他の地方と比べて特に目立ったものではなかった。
1690 ～ 1750	産業化の確立に至る時期（操業技術の進歩と、松江藩の鉄行政確立）	(1) 砂鉄採取法は、地表に 洗樋 を作って人工的に砂鉄を比重選別して採取する方式に徐々に移行してゆく。これによって川に流れる土砂量は減少するとともに、砂鉄の採取比率も約 2 倍に向上した。 (2) 1726 年、松江藩は「鉄方御方式」を定めた。これは鉄師のうち 9 氏に限ってたたら製鉄を許可し、先納銀制を課するが、その代償として、藩は 9 鉄師の関連する村々の山をたたら付きのものとして保護し、管理も任せて便宜を与えた。鉄師はこの広大な山林を利用して樹木の成長にあわせて計画的に伐採し、山を荒廃させることなく必要な炭製造用の樹木を得られるようになった。
1750 以降	操業改善、合理化の時期	それまでは、たたら原料である砂鉄と木炭は、人の背でたたら場に運ばれてきた。炭は三里が限界で、それを越えると炭焼き場を追ってたたら場も 3 年から 10 年ごとに移動せざるを得なかった。1767 年、鉄師が藩の軍馬の飼育を引き受けたことから、その 馬を使って砂鉄と木炭の搬送 が行われるようになり、鉄師はたたら場を最も適した地に固定することになった(永代たたら)。 設備、操業技術が進んで鉄生産量が増えて当時の緩慢な鉄需要の伸びを上回ったことから、1795 年頃から鉄価格の暴落が起こった。その対応にため、 たたら操業の合理化、改善 が行われた。そして、高炭素鉄（融点が低いので、液体として炉外に流れ出す。鋳物用）と、中炭素鉄（炉の中に残る。鍛造用）の比率を需要状況に応じて自由に変えられる製造法を確立した。