

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：33601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26740053

研究課題名(和文) 農地計画的手法によるエネルギーの地産地消型地域の提案に関する研究

研究課題名(英文) Suggesting a self-production and self-consumption area about energy by farmland planning methodology

研究代表者

森本 英嗣 (MORIMOTO, Hidetsugu)

長野大学・環境ツーリズム学部・助教

研究者番号：00632598

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、小規模農地でのヤナギ生産の可能性を検討するため、耕作放棄地や遊休農地といった小規模農地(1ha未満)での生産を通して、今後の新たな農地利用計画のあり方とその可能性について考察した。慣行農業との投入量比較から、十分な経済的優位性は確認できなかったが、化石燃料との熱量単価(MJ/JPY)での比較においては、価格競争の可能性を示した。本研究を通して、国内での小規模農地でのヤナギ生産の基礎的な知見を集積することができ、将来的な森林バイオマス需要増を見越した新たなエネルギー生産のための農地利用の可能性を示唆することができた。

研究成果の概要(英文)：This research tried to find a possibility of willow production on small farmlands (smaller than a hectare) and discussed about a new farmland planning including energy production there through willow yield. We could not confirm that the production was expensive to them with preparing to established farm such as rice, wheat and beans cropping but indicated a possibility of price competition with fossil energy in sight of heat value (MJ/JPY). This study could compile some basic knowledges about the yields on the fields in Japan and indicate a possibility of a new land use for the biomass energy production in anticipation of excessively woody biomass utilization in the future.

研究分野：農村計画学

キーワード：バイオマス ヤナギ 小規模農地 遊休農地 耕作放棄地

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災を機に国民のエネルギーに対する注目が再生可能エネルギーへと向けられ、そして国内エネルギー自給率の低迷からの脱却を目指し、太陽光発電や小水力発電等はもちろんのこと、これまで以上にバイオマス発電やバイオマス燃料生産等の増産への期待が著しく高まってきていると考える。各学会においても、バイオマスのエネルギー利用技術の開発や改良に関するシンポジウムが開催され多くの情報を発信している。中でも、次世代バイオマスと称されるエネルギー作物の生産や利用技術の開発は発展途上分野であり非常に注目が高い。

しかし、国内という次世代バイオマスに関する研究は、依然として栽培実験段階であり、資源として優良なヤナギ種の選定 (Y.Mitsui, et al., 2010) や森本 (2013) によるヤナギ生産でのメタン発酵消化液利用の可能性の試算評価に留まっている。

また、国内では耕作放棄地の増加が大きな問題となっている。放棄地の増加に伴い、国土の保全、水源のかん養等農業の有する多面的機能の低下が懸念されている。また、地域住民の生活環境や都市住民と交流等に対する悪影響といった観点からも、その発生防止と解消を図ることは喫緊の課題となっている。

Y.Mitsui, et al.(2010) : Willow clones with high biomass yield in short rotation coppice in the southern region of Tohoku district (Japan). Biomass and Bioenergy, vol.34, pp.467-473

森本(2013) : メタン発酵消化液利用および耕作放棄地活用方法としてのヤナギ生産の可能性, 環境情報科学学術研究論文集 27, pp.61-66.

2. 研究の目的

国外に比べ日本ではエネルギー作物に関する研究蓄積は多くない。特に、実用化に関する研究蓄積はほぼゼロに等しい。また、農地の有効利用方法についても提案・提言は必至である。

本研究は、まずは試験栽培を通して、ヤナギ生産への投入量を定量的に把握する。それをもとに、農業生産としての優位性を検証することを目的とする。農地を食料生産の場からエネルギー作物生産の場へとシフトし、エネルギーの生産と農地保全を同時に達成する地域づくりが必要という着想に至った。そのため、新たにエネルギー作物を介した土地利用計画や地域づくりの基盤が重要と考えた。

3. 研究の方法

本研究は、試験栽培を通して、栽培に要するエネルギーや費用についての基礎情報の収集を図った。それをもとに、慣行農業との比較分析を行い、さらに、生産後の運搬にも

視野を広げ、熱量単価 (JPY/MJ) の指標を使って、ヤナギ生産における適当な利用圏域について考察した。

4. 研究成果

(1) ヤナギ生産の試験栽培の現状と課題

ヤナギ生産への投入量の整理

農地の生産能力保持を前提とした再生可能エネルギー生産に着目し、次世代バイオマスのひとつとして注目されているヤナギの生産費について整理した (図1)。茨城県土浦市 (T区) と宮城県川崎町 (K区) での試験栽培を通して、前者を一般的なヤナギ生産、後者を省エネ生産方法と位置づけて、生産投入量、生産量等を比較し、さらに省エネ生産と慣行農業との対比を行い、ヤナギ生産の経済的な優位性を考察した。

T区において、準備期の費用は約 30 万円 /10 a となり (図1上段)、その多くが植え付けと維持管理の合計費用 (87.1%) となった。特に、維持管理費用が半分以上 (52.1%) の費用を要した。T区では、除草作業が 13.5 回 (ロータリー耕), 121.5 時間 (人力作業; 人工に換算すると 15.2 人工) と月 1 回程度の頻度で行われていたこと、そのほとんどが作業委託費であったことから維持管理費用の中でも除草作業費用が圧倒的に多かった。次いで除草剤散布が 8.5%, 病虫害防除が 5.1% の割合を占めた。ヤナギの成長速度は速いうえにある程度の丈になると畝間は遮光率が高くなり、雑草の繁茂は比較的抑制される。今回 T区においては、觀賞用ヤナギの生産方法に準じた除草作業ということもあり、最大限の作業投入量であったと考えられ、これ以上の除草作業はないといえる。

収穫期に入ると維持管理費用が大幅に減少し、全体の経費は準備期の半以下になった。維持管理費用も準備期に比べて 4 分の 1 程度に減り、成長に伴う除草作業の軽減によるものと考えられる。もちろん収穫費用が発生するが、最も低い時期であった。

非収穫期は、準備期での維持管理工程と同様の作業投入量が予想される。既述のとおりヤナギは成長するに従って隣接あるいは隣

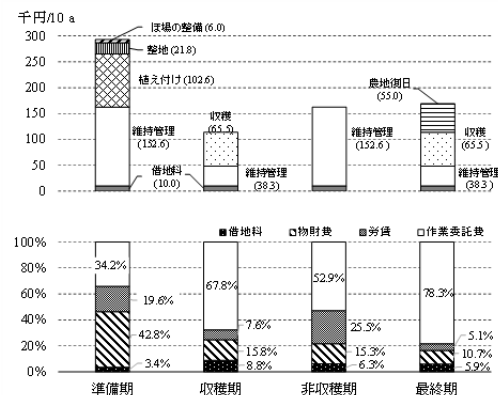


図1 ヤナギ生産への投入量

の畝の枝葉と交差し、遮光性が高まるため畝間の除草が不要になる。しかし、伐採してしまうと植え付け直後と同様の状態になるため、準備期と同様の作業が必要となる。その際除草作業や除草剤散布等の回数を軽減し、委託から自作へ転換することにより大幅な抑制が可能と考えられる。

最終期は、収穫後の農地復旧費用が収穫期の費用に加わり、非収穫期と同じくらいの費用だが、農地復旧工程の作業委託費が約80%を占めていた。

作業委託費は、収穫期・非収穫期いずれにおいても半分以上を占める結果となった。ただし、農地所有者自身の生産とすれば、作業委託費の軽減だけでなく借地料の負担もなくなるため、ヤナギ生産でこれ以上の経費が掛かることはないと考えられる。

#### 省エネ生産方法の提案

T区とK区の比較より、過大な除草作業は不要と考えられる。T区とK区および、参考値として既存研究(Satoh et al., 2012)のは場(京都府舞鶴市:M区)の生産量(表6)をみると、T区の実産量はK区よりも0.61dry-t/10a多かったが、M区とはほとんど差がみられない(表1)。M区の実産管理は、K区と同様除草作業のみで準備期では5回(2009年5月~2009年9月)、収穫期では未実施、病害虫防除も実施していなかった点を考えると、生存率に多少は関係しているかもしれないが、植栽密度の影響も考慮に入れても生産量(乾燥重量:dry-t/10a)は除草作業を含む維持管理工程の頻度に左右されないと考えられる。

また、北欧の事例(1.0dry-t/10a未満)を鑑みても、生産量は少なからず気候に影響を受けると考えられるが、本報における試験栽培は場の地理的距離の差では、大きな差異は確認できなかった。ただし、1本当たりの生産量は植栽密度に、生存率は維持管理の頻度に関係していると推測する。これらについては、統計的手法による検証を実施していないため明言できないが、今回の試験栽培から、本ほ場のような1ha未満の農地において収穫期で約2.0dry-t/10a、(一期当たりに換算すると約1.0dry-t/10a)の生産量が見込まれる。国内における生産量は、概ね同量と推測できるが、植栽密度や維持管理の頻度については検討の余地があるだろう。

収益性の点を勘案しても改善は不可欠で

表1 各ほ場での生産量(2生育期間)

|      |             | T区    | K区                | M区 <sup>1</sup> |
|------|-------------|-------|-------------------|-----------------|
| 面積   | (a)         | 50.0  | 46.8              | 4.32            |
| 植栽本数 | (本)         | 4,500 | 3,516             | 864             |
| 植栽密度 | (本/10a)     | 900   | 751               | 2,000           |
| 湿重量  | (kg/本)      | 5.21  | 5.24              | 2.77            |
| 含水率  | (%)         | 43.0  | 45.0              | 42.2            |
| 生存率  | (%)         | 95.0  | 89.4 <sup>2</sup> | 83.7            |
| 乾燥重量 | (dry-t/10a) | 2.54  | 1.93              | 2.68            |

1: Satoh et al., (2012)を参照

2: 不測定のためT区とM区の生存率の平均値を代用

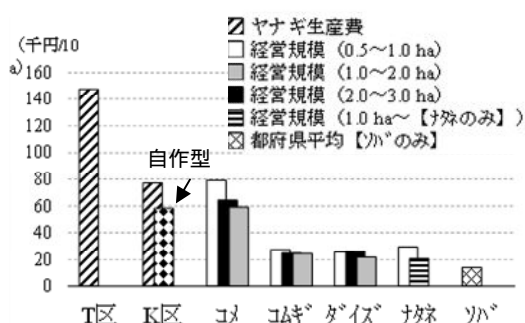


図2 慣行農業との生産コスト比較

ある。ヤナギを燃料用チップとして利用することを前提とした場合、今日の燃料チップ販売価格(12,000円/t)15)を鑑みると、一期当たりの販売収益は、約12,000円/10a程度となる(ただし、生産量の単位はdry-tのため若干の差はある)。つまり、K区の平均生産費(67,059円/10a)の方が高く、このままでは販売利益は見込めない。さらなる生産費の軽減が必要である(図2)。

#### 生産における改善点

本研究において、ヤナギ生産に関して3つの改善点を示唆した。

1つ目は維持管理における改善である。先進国の作業マニュアルに記載されているような維持管理(防虫や除草等の頻度)は不要であり、必要最低限(年間4回程度)の除草や防虫防除(虫発生時に薬剤散布)で十分であることが分かった。

2つ目は生産管理主体による生産費抑制である。本研究では委託作業による労働費が多くを占めていたが、自作によればその生産費は比較的規模の大きい水稲栽培(図2 コメ)と同等もしくはそれ以下の投入量で済むと考えられる。

3つ目は収穫費用の改善であり、試験栽培を通して、収穫費用が生産費に影響を与えることが分かった。現状においてヤナギの収穫機械は存在しないが、刈り払い機での伐採を実施したところ、十分に可能であることが判明した。しかしながら、伐採後の収集方法の改善点を指摘した。

#### (2) ヤナギの収穫方法の提案

ヤナギの収穫方法については、サトウキビハーベストやデントコーンが先進国や北海道の試験栽培で利用されていた。しかしながら、いずれも1ha以上のほ場での実績であり、これら大型機械は、一般的な農業従事者が所有できるサイズではない。

そこで、本研究は、小規模農地でのヤナギ収穫、特に伐採後のチップ化工程に着目した。宮城県川崎町での試験栽培地にて、刈り払い機での伐採と小型破碎機によるチップ化を宮城県川崎町内にある2つのほ場(ほ場A、ほ場B)で実験的に実施した(図3)。評価の指標として、作業量(人工/10a)、面積当たりの消費エネルギー量(MJ/10a)、収穫量当

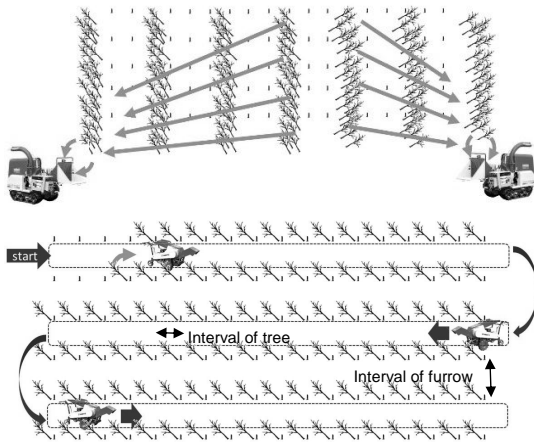


図3 チップ化工程(上:ほ場A, 下:ほ場B)

たりの消費エネルギー量 (MJ/dry-t), そして新たに考案した投入量 (MJ・人工/10 a, MJ・人工/dry-t) を用いた (式1, 2)。

#### 小規模農地での収穫方法の提案

図4は, 単位面積当たりの消費エネルギー (MJ/10 a) ならびに作業量 (人工/10 a) について, 北海道開発局 (2010) の収穫 (デントコーンハーベスタならびにサトウキビハーベスタ使用) 作業と比較した結果である。ここでは, ほ場 A, B での作業をそれぞれ作業 A, 作業 B とし, デントコーンハーベスタならびにサトウキビハーベスタによる作業をそれぞれ作業 D, 作業 S とする (図中では Harvest A, B, D, S)。作業 D は伐採とチップ化 (10 mm 程度) が同時に実施される。

ほ場 A, B での収穫は, 刈り払い機と小型破砕機による作業だったが, 現時点で提案されている生産方法 (大型機械の導入) と同程度の投入量で実施が可能である。つまり, 作業 A と B の平均値, 作業 D と S の平均値はそれぞれ 551MJ/10 a と 516MJ/10 a であった。また, 作業 B は, 消費エネルギー量, 作業量ともに作業 A よりも低く, 特に, 作業 B の消費エネルギー量は作業 D, S に比べても低く抑えられた。しかし, 作業量は作業 D, S に比べて多かった。ほ場 A でのチップ化については, 面積に比して破砕機の規模が過大であり, さらに作業量も多く, 伐採後の集積作業は不要だったと考えられる。本結果に限り, 作業 B のように伐採後そのまま放置し, 可動式の破砕機によるチップ化というプロセスが省エネ・省労働になると考えられる。

収穫量 (dry-t) 当たり消費エネルギー量は, 作業 B が最も小さかった (図5)。作業 B は収穫量他に比べて多かった点がこの結果の要因と考えられるが, 作業 D や S のほ場と同じように 1.0 dry-t/10 a での収穫量と考えても, 消費エネルギーの点では, 最も効率的な収穫方法であるといえる。

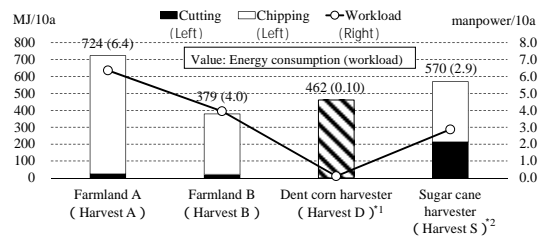
収穫に必要な投入量 (エネルギー, 人員) の軽減

収穫に投入したエネルギー量と作業量を

$$W_{\square}^k = \frac{\text{投入量}(MJ \cdot \text{人工})}{\text{面積}(10 a)} = \sum_{i=1}^2 \left( \frac{E_i^k A_i^k \times M_i^k A_i^k}{A_i^k} \right) = \sum_{i=1}^2 (E_i^k M_i^k A_i^k) \quad (1)$$

$$w_{\square}^k = W_{\square}^k / m_{\square}^k \quad (2)$$

- $W_{\square}^k$  面積当たりの年間投入量 (MJ・人工/10 a/year)
- $w_{\square}^k$  収穫量当たりの年間投入量 (MJ・人工/dry-t/year)
- $E_i^k$  年間消費エネルギー量 (MJ/10 a/year)
- $M_i^k$  年間作業量 (人工/10 a/year)
- $A_i^k$  ほ場面積 (10 a)
- $m^k$  年間収穫量 (dry-t/10 a/year)
- $i$  {伐採, チップ化}
- $k$  {作業 A, 作業 B, 作業 D, 作業 S}



- \*1 Calculated by values that energy consumption unit is 120 L-diesel fuel/ha<sup>\*3</sup> and that workload is multiplication of work effect (2 hours/ha<sup>\*3</sup>) and number of worker (4 workers)<sup>\*4</sup>
- \*2 Values of Cutting energy consumption and of workload are 55.4 L-diesel fuel/ha<sup>\*3</sup> and 1.8 manpower/ha (7 hours/ha<sup>\*3</sup>, 2 workers<sup>\*4</sup>) respectively. Chipping energy consumption and workload substituted values in farmland B because they are not written in Hokkaido Regional Development Bureau (2010).
- \*3 Hokkaido Regional Development Bureau (2010), p.47
- \*4 Hokkaido Regional Development Bureau (2010), p.51

図4 エネルギー投入量と作業量

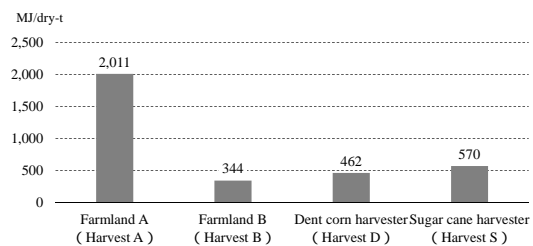


図5 生産量当たりのエネルギー投入量

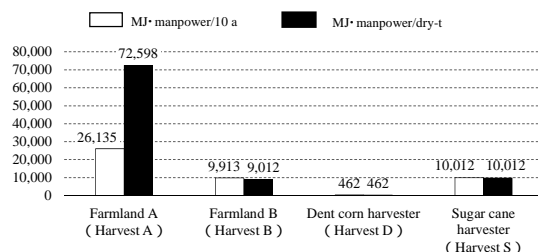


図6 収穫工程での投入量比較

総合的に評価するために、年間投入量（消費エネルギーと作業量の積）という指標を考えた。この指標は、エネルギー効率性（インプットとアウトプットの割合）に注視するのではなく、事業として実施していく際の経費（ここでは人件費）を考慮することを念頭においている。しばしば農業生産費用は面積（10 a）単位で集計されることが多く、それに倣って筆者が新たに定義した指標である。式（1）は面積当たりの投入量（ $W_k$ ）、式（2）は収穫量当たりの投入量  $w_k$  を求める式である。作業Bの面積当たりの投入量  $W_B$  は作業Sと同程度であることが分かった（図6，白）。さらに、収穫量当たりの投入量  $w_B$  は、作業Sに比べて半分以下であった（図6，黒）。これも既述のとおり収穫量が多かったことに起因する。図5ならびに図6の結果から、本稿における収穫方法は、消費エネルギー量については現時点でマニュアルとして提案されている作業（作業D，S）と同程度かそれ以下の投入量で実施が可能であることを示したが、一方で、作業量（人工）が多く、作業方法（人員配置，作業手順等）の改善の必要性も示した。

### （3）熱量単価からみる利用圏域の提案

ヤナギをチップ材として利用する際の適度な利用圏域を考察するため、（1）（2）の結果を応用して、運搬距離に伴う投入量の変化をかみしたシナリオ分析を行った（図7）。シナリオは以下の4つのケースである。

- Case1：成果（1）における委託型生産
- Case2：成果（1）における自作型生産
- Case3：Case1での収穫費用1/2
- Case4：Case1での収穫費用1/3

ヤナギチップによって代替される化石エネルギー（石油，A重油）の過去30年間の市場価格と比較した。

価格の変動によって価格競争の可能性が見込まれた。自作型（Case2）であれば、過去最高の価格に対して、50km圏内で十分な優位性が確認された。平均価格について、Case3でA重油に対して約40km，灯油に対して約

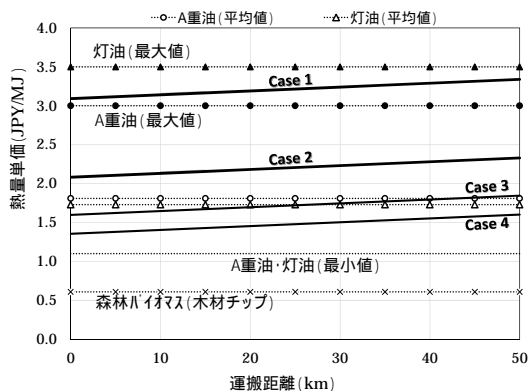


図7 シナリオ分析結果

30km圏内においてその優位性は見込まれた。森林バイオマス（木材チップ）に対してはいずれのケースにおいて優位性は確認されなかった。

### （4）まとめ

本研究は、将来の農地に際し、新たにエネルギー作物を介した土地利用計画や地域づくりの基盤を確立することであったが、そのためのヤナギ生産の可能性について検証を続けてきた。

その結果、生産工程においては、従来の農業生産用機器で実施可能であることが分かった。しかしながら、経済的な視点では十分な優位性は、現時点では確認されなかったものの、化石エネルギーの価格帯によっては、価格競争をすることも示唆することができた。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 2件)

森本英嗣，佐藤 茂，石澤公明，新井 健（2016）：小規模遊休農地の活用に向けたエネルギー作物としてのヤナギ生産の基礎的研究：経済的視点からの考察，農村計画学会誌 35（1），pp.43-50.（査読あり）

森本英嗣，佐藤 茂，小井土賢二（2016）：小規模農地における短期伐採可能なエネルギー作物ヤナギの収穫方法の提案，日本エネルギー学会誌，95（1），pp.152-155.（査読あり）

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0件）

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 出願年月日：  
 国内外の別：

取得状況（計 0件）

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

森本 英嗣 (MORIMOTO, Hidetsugu)  
長野大学・環境ツーリズム学部・助教  
研究者番号：00632598

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：

(4)研究協力者

佐藤 茂 (SATO, Shigeru)