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—

Basic Study of Willow Production as an Energy Coppice and its Issue toward Use of Small-scale Idle Farmlands:
Discussion from an Economical Point of View

森本英嗣* 佐藤 茂** 石澤公明*** 新井 健****

Hidetsugu MORIMOTO*, Shigeru SATOH**, Kimiharu ISHIZAWA*** and Takeshi ARAI****

(*長野大学環境ツーリズム学部 **龍谷大学農学部 ***宮城教育大学教育学部 ****東京理科大学理工学部)

(*Faculty of Tourism and Environmental Studies, Nagano University, **Faculty of Agriculture, Ryukoku University,

*** Faculty of Education, Miyagi University of Education and ****Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science)

I はじめに

今日、我が国においてエネルギーの地産地消が注目されている。エネルギーコストの上昇と温室効果ガスの排出量の問題解決に向かうべく、第4次エネルギー基本計画が閣議決定(2014年4月)、さらには農山漁村再生可能エネルギー法(2014年5月1日施行)が成立し、農山漁村地域では今後、各地域の「土地利用を勘案した調和のとれた再生可能エネルギー」¹⁾の導入が求められるようになる。

一方、近年では遊休農地増加の問題は農山村地域のみならず都市近郊にも及んでいる。近年、遊休農地の活用方法として恒久転用による太陽光発電施設の整備が進み、固定価格買取制度による新たな収入源として見直されている。しかし、農地の不可逆性を鑑みれば、本来極めて慎重を期すものであり、判断を誤れば農地の生産能力を損失し前述の「調和のとれた」土地利用からほど遠くになってしまう恐れがある。

そこで、本報は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報告する。ヤナギのバイオマス利用に関する研究は、国外とりわけ欧米諸国での研究報告が多い(例えば、Sara *et al.*²⁾, Beyhan *et al.*³⁾)。その生産規模は数ヘクタールに及び、生産されたヤナギはエタノール(液体燃料)や熱の原料・資源として利用されている。一方、国内におけるヤナギに関する研究は、北海道開発局⁴⁾や森林総合研究所⁵⁾ならびに佐藤ら⁶⁾やSatoh *et al.*⁷⁾による栽培研究に留まり、前2編はいずれも面積1 ha以上の実績報告である。後2編は遊休農地によく見られるような小

規模農地での研究であり、生産性の高い品種(エゾノキヌヤナギ:KKD)ならびに性質(化学成分組成、発熱量)の特定の上に留まっている。これら既存研究は生産費には着目しておらず、Rosenqvist and Dawson⁸⁾による経済性評価はあるが、小規模(1 ha未満)農地での生産費について言及した報告は現時点で確認されていない。本報は、小規模農地での試験栽培を通して生産費を試算し、国内におけるヤナギ生産に関する先駆的情報を提示する。

II エネルギー作物としてのヤナギ生産

1 ヤナギの性質

ヤナギはヤナギ科に属し、早生広葉樹の木本植物である。萌芽再生能力が高く約20年にわたって1~2年周期での収穫が可能である。先進国であるスウェーデンでは既に商業的な生産が1980年代から行われ、2009年時点で約14,000 haもの土地で栽培されている。22年間の生産期間で年平均生産量は0.3(無施肥区)~0.79(施肥区) dry-t/10 aと報告されている²⁾。一方、国内の報告では、先述の佐藤ら(2009)およびSatoh *et al.* (2012)により、エゾノキヌヤナギ(KKD)の生産量が最も多く、2年間(2生育期間)で26.8 dry-t/haと報告され、温暖な日本の方が単位面積当たりの生産量が高いとされる。

2 生産方法

遊休農地を活用したヤナギの生産は6つの工程(ほ場の整備、整地、植え付け、維持管理、収穫、農地復旧)に区分される(図1)。

表 1 試験ほ場の気象条件ならびに栽培条件

Table 1 Meteorological and planting condition at field sites

	気温 (℃)	降水量 (mm)	相対湿度 (%)		面積 (a)	栽培期間	植栽本数	植栽前の利用状況
			平均	最小				
茨城県土浦市(T区)	14.5	1,199	74.8	26.4	50.0	2011.3 -2012.12	4,500	園芸花木(観賞用ヤナギ)栽培
宮城県川崎町(K区)	12.5	1,249	71.3	28.7	46.8	2012.4 -2013.12	3,516	不耕作, 堆肥(搾乳牛排せつ物)仮置き場

気象条件(気温, 降水量, 相対湿度)はいずれも気象庁^{9), 10)}を参照し, 1984年1月~2013年12月までの平年値である。

1年目: 準備期①~④
2年目以降: 収穫期④・⑤と非収穫期④を交互にむかえる
20年目: 最終期④・⑤・⑥

図 1 ヤナギ生産工程フロー図

Fig. 1 Flow chart of willow production process

遊休農地を活用する場合, 状態にもよるが雑木および雑草の除去が必要となる。本報におけるほ場の整備工程では, 雑草の除去(刈り払いと運搬)とした。整地工程では, トラクターによる耕うん・整地に加え, 生産過程での除草作業の効率化を考慮してマルチングを実施した。維持管理工程では, 除草, 施肥等を行い, 畝間の除草作業は, トラクターならびにエンジン付き刈り払い機(以下, 刈り払い機)による中耕除草とした。収穫の伐採作業はチェーンソーならびに刈り払い機を使用し, 人力作業によりヤナギを収集し, トラックに積み込んだ。

ヤナギ生産は20年を1サイクルとして, 1年おきに収穫を実施する。生産開始年(1年目)は, ほ場の整備, 整地, 植え付け, 維持管理の工程を実施する準備期, 2年目は維持管理と収穫の工程を実施する収穫期, 3年目は維持管理工程のみの非収穫期である。4年目以降は2年目の工程と3年目の工程の繰り返しとなる。そして最終年(20年目, 最終期)は, 収穫後に農地復旧工程を実施し, 再び準備期に戻る。

Ⅲ 研究の方法

1 試験ほ場ならびに生産方法

栽培するヤナギはエゾノキヌヤナギ(KKD)とし, 栽培は茨城県土浦市(T区), 宮城県川崎町(K区)の

T区(茨城県土浦市)

K区(宮城県川崎町)

図 2 栽培の様子

Fig. 2 Appearance of willow fields

表 2 植栽方法(畝間間隔, 植栽間隔)

Table 2 Planting Method (furrow and plant interval)

単位 (cm)	畝間 (b)	畝幅 (B)	株間 (L)	概略図
T区	120	70	50	
K区	200	90	50	

ほ場で実施した。面積はそれぞれ50.0 a, 46.8 aとした。ほ場は共に温暖湿潤気候(Cfa: ケッペンの気候区分)に属し, それぞれの気象条件, 栽培期間等は表1に示す。

T区では2011年3月~同年12月を準備期, 2012年1月~同年12月を収穫期とした。K区では2012年4月~2012年12月を準備期, 2013年1月~同年12月を収穫期とした。T区は借地期間が限定されていたため, 栽培期間を2年とし, 収穫が終了した時点で農地の復旧を実施した。一方, K区は収穫期が終了してもそのまま栽培を継続している。ここで, K区はより粗放的(省力的)な栽培方法の試験区として位置づけ, 作業と物財の投入量を把握し, 単価はT区の水準によって試算することとする。

植栽方法は両区で異なる。ヤナギは挿し木による繁殖が可能であり, 生育期間3~4年の幼木(30 cm)をそれぞれ表2のように植え付けた。栽培管理については, T区では, 園芸花木(観賞用ヤナギ)を生産している造園業者に作業を委託し, 従来通りの栽培方法を実施してもらった。一方, K区では, 農地所有者(農家)に極力省力的な作業を実施してもらった。

表3 試算に用いた単価の一覧

Table 3 Expenditure unit price for estimation

作業委託費	・一般作業：6,000 円 /10 a /回 ^{注1)} (機械による作業：耕うん、除草、病害虫防除) ・運搬：実費 ・農地復旧作業 抜根：25,000 円 /10 a ^{注1)} 運搬：15,000 円 /10 a ^{注1)} 抜根処分：15,000 円 /10 a ^{注1)}
作業労賃	・労賃 手作業：1,125 円 / 時間 (9,000 円 / 人工) ^{注1)} ・技術料 マルチング設置：1,500 円 /200m ^{注1)} チェーンソー使用：12,900 円 / 人工 ^{注2)}
物財費	・光熱動力費 軽油：120 円 /L 混合油：200 円 /L チェーンソーオイル：700 円 /L ・肥料費：200 円 / 袋 ・種苗費 (苗木購入単価)：104 円 / 本 ^{注3)} ・農業薬剤費 (除草剤、防虫剤等)：使用品目、使用量 による実際の支払い額 ・その他 マルチシート：3,380 円 /200m
借地料	10,000 円 /10 a

注：1) 土浦市基準による

2) 平成 16 年林業労働者職種別賃金調査¹¹⁾ 参照3) 兵庫県林業種苗共同組合¹²⁾ 参照

2 生産費の算出

(1) 費用算出

本報では、生産における経費は作業委託費、作業労賃、物財費、借地料の費目に限定し (表 3)、図 1 に示す (ほ場の整備から農地復旧までの) 範囲とした。労働費を作業委託費と作業労賃に分けた理由は、作業委託費の割合が大きいためである。

準備期の費用は各工程 (ほ場の整備、整地、植え付け、維持管理) の費用、収穫期は、維持管理ならびに収穫工程での費用、非収穫期は維持管理費のみとなる。但し、各期とも借地料を含む。

非収穫期は、準備期と同様の維持管理が実施されると考えた。さらに、最終期は、収穫後に農地復旧作業を実施するものとする (廃棄費用)。最後に、今回の生産は場で使用した苗木は無償提供であったため、購入費用は発生なかったが、一連の経費を算出するため、購入価格を 104 円 / 本^{注1)} として積算した。

ヤナギ生産に要した費用の程度を測るため慣行農業と比較し、その差を確認する。その際、借地料を除いた費用を用いて比較するが、本稿ではこれを生産費と定義する。

3 生産工程の省力検討

K 区での作業投入量ならびに生産量から、ヤナギ生産の省力化を検討する。費用試算の際、K 区での作業に対して作業者に支払った費用では、労賃と燃料費が分かれ

表4 T 区での投入量ならびに費用

Table 4 Workloads and costs during the production at site T

生産工程	内容	費目 ^{注1)}	投入量	費用 (円 /10a)
①ほ場の整備	除草 (処分含む)	委託	1 回	6,000
②整地	耕うん	委託	1 回	6,000
マルチング	設置作業	労賃	1,800m ^{注2)}	2,565
	人力作業	労賃	4 人工	7,200
	マルチシート		1,800m	6,084
③植え付け	人力作業	労賃	5 人工	9,000
	苗木	物財	4,500 本	93,600
④維持管理	除草			
準備期	トラクター (軽油)	委託 物財	13.5 回 280L	81,000 6,720
	人力作業	労賃	121.5 時間	27,338
収穫期	トラクター (軽油)	委託 物財	2.5 回 100L	15,000 2,400
施肥				
準備期	人力作業 (肥料代)	労賃 物財	2 人工 70 袋	3,600 2,800
収穫期	無施肥		—	0
除草剤散布				
準備期	動力散布機 (混合油) (薬剤費)	労賃 物財 物財	43.5 時間 78L —	9,788 3,120 10,489
収穫期	手動式背負噴霧器 (薬剤費)	労賃 物財	26 時間 —	5,850 8,762
病害虫防除				
準備期	スピードスプレイヤー (軽油) (薬剤費)	委託 物財 物財	3 回 60L —	3,600 1,440 2,686
収穫期	スピードスプレイヤー (軽油) (薬剤費)	委託 物財 物財	2 回 40L —	2,400 960 2,954
⑤収穫				
伐採	チェーンソー伐採 伐採補助 (混合油) (チェーンソーオイル)	労賃 労賃 物財 物財	5 人工 5 人工 60L 4L	12,900 9,000 2,400 560
収集	人力作業	労賃	12.5 時間	2,813
運搬	運搬	委託	—	37,840
⑥農地復旧				
抜根	抜根・土払い	委託	—	25,000
運搬	運搬・積み込み	委託	—	15,000
処分	根材処分 (3.0t)	委託	—	15,000

注：1) 委託は作業委託費、物財は物財費を意味する。

2) 実際の設置延長は 1,710 m (≒ 95 m / 列 × 18 列) である。

ていなかった点、支払い基準が T 区と異なる点^{注2)} から K 区での支払金額の言及は避け、実際に掛かった作業投入量 (人工^{注3)}、時間) のみを整理し、T 区の支払い単価 (表 3) を参考に K 区の経費を算出した。本来ならば、各ほ場にて対照区を設けて生産工程の省力化を検証する必要があるが、作業委託費用支払いの都合上、同一区画内での作業分割 (面積割り) が困難であったため、T 区は既存のヤナギ生産方法、K 区は省力生産方法という位置付けで検証を行う。また、生産管理主体の違い (年齢、農業形態による使用機械の種類) によって作業効率性や生産量の差異が生じる可能性があるが、その点については V 章 2 節で述べる。

注：1）維持管理費は準備期の費用を代用

2）維持管理費、収穫費は収穫期の費用を代用

図3 T区における各期のヤナギ経費

(上段：工程別積算、下段：費目別割合)

Fig. 3 Cost of each production season at site T

(top: integrated cost by process, bottom: ratio of cost)

IV 生産における作業投入量と費用

1 T区での期別費用

T区における第1, 2期の作業投入量と費用別の結果を表4に、各期別の単位面積(10a当たり)の積算費用を図3に示す。

準備期の費用は約30万円/10aとなり(図3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、維持管理費用が半数以上(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、観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分以下になった。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

表5 K区での投入量ならびに費用

Table 5 Workloads and cost during the production at site K

生産工程	内容	費目 ^{注1)}	投入量	費用 (円/10a)
①ほ場の整備	未実施(整地と同時実施)		—	
②整地				
耕うん	トラクター(耕うんと同時)	委託 物材	1回 1,800m ^{注2)}	6,000 6,500
③植え付け	人力作業 苗木	労賃 物材	6人工 3,516本	11,538 78,104
④維持管理				
除草				
準備期	トラクター 刈り払い機 (混合油)	委託 労賃 物材	4回 16時間 4.8L ^{注3)}	24,000 3,846 205
収穫期	トラクター 刈り払い機 (混合油)	委託 労賃 物材	2回 16時間 4.8L ^{注3)}	12,000 3,846 205
施肥	未実施		—	
除草剤散布	未実施		—	
病虫害防除	未実施		—	
⑤収穫				
伐採・収集	刈り払い機 (混合油)	労賃 物材	18人工 43.2L ^{注3)}	34,615 1,846
運搬	未実施		—	37,840 ^{注4)}
⑥農地復旧	未実施		—	55,000 ^{注4)}

注：1）委託は作業委託費、物材は物財費を意味する。試算するときはT区の単価を用いる。

2）実延長は1,739mである。

3）消費量0.6L/2時間

4）T区の費用を代用

って隣接あるいは隣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考える。

2 K区における作業投入量

T区の生産方法に比べてK区では作業投入量を極力抑えることができた(表5)。特に、維持管理工程の省力化が顕著であった。準備期では、トラクターによる中耕除草を13.5回から4回、刈り払い機による除草を121.5時間から16時間に減らし、収穫期ではトラクターによる中耕除草2回、刈り払い機による除草を16時間

に抑えられた。除草剤散布，病虫害防除の作業は生育の状況を見て不要とした点も大きい。施肥を不要とした点については，栽培前，ほ場が家畜排せつ物堆肥の置き場であったことから，追肥した場合過剰投入になると判断した。

維持管理までの作業は比較的省力化できたが，収穫工程（人工数）の省力化は達成できなかった。伐採作業には山林用の刈り払い機を使用し，作業投入量の軽減を図ったが，十分な作業投入量（人工）軽減とはならなかった。T区で実施したチェーンソー伐採は上下運動が多く，作業効率的にもロスが生じ，本数が多くなればなるほど疲労蓄積，効率性の低下を招く。刈り払い機はその点を改善できると考えた方法であるが，今後は刈り払い機による伐採作業の経済的軽減の検証が必要となる。また，作業実施者が高齢（70歳前後）であった点も作業投入量が多くなったと考えられる。

3 慣行農業との生産費の比較

本試験栽培における収穫期，非収穫期の生産費の尺度を測るため，慣行農業（平成24年度産の米，小麦，大豆，ナタネ，ソバ；農林水産省（2014a, 2014b）^{13), 14)}の生産費^{注4), 注5)}と比較を行った（図4）。ただし，各区の生産費については，以下の手順で算出した。

- ①初期費用として，ほ場の整備，整地，植え付けの和を求める。
- ②初期費用と農地復旧費用の和を1サイクルの20（年間）で按分し，それを収穫期，非収穫期の費用に加える。
- ③各期の加重平均を求める。

本稿における結果は，慣行農業に比べて費用が多いことが分かった。まず，T区の平均生産費はK区に比べて約2倍と非常に高かった。次に省力栽培を実施したK区の費用は，コメ生産（経営規模0.5～1.0 ha）よりも低かったが，他の作物に対しては大きく上回っている。既述の通り，K区の費用軽減は維持管理の省力化が特に影響したが，収穫工程の費用を抑えることで更なる軽減が可能となるだろう。ほ場の整備や植え付けの費用にも両区で差は見られるものの，減価償却費用として按分されると各期2千円／10 aの差にとどまり，やはり維持管理費用，収穫費用をどれだけ軽減するかが課題といえる。また，ヤナギは粗放栽培が可能であるが，粗放栽培で代表的なナタネやソバに比べても，その差は明らかである。

図4 ヤナギ生産（T区，K区）と慣行農業との生産費の比較

Fig. 4 Preference of production cost between the willow and conventional agricultures (rice, wheat, soybean, rape and buckwheat)

表6 各ほ場での生産量（2生育期間）

Table 6 The yields in each fields during two seasons

		T区	K区	M区 ^{注1)}
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 ^{注2)}	83.7
乾燥重量	(dry-t/10a)	2.54	1.93	2.68

注：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

V 生産管理の作業軽減の検討

1 単位面積あたりの生産量

T区とK区の比較より，過剰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.*,⁷⁾）のほ場（M区：京都府舞鶴市）の生産量（表6）をみると，T区の実験量はK区よりも0.61dry-t/10 a多かったが，M区とはほとんど差がみられない。M区の実験量は，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，病虫害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/10 a）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²⁾（1.0dry-t/10 a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ほ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1 ha未満の農地において収穫期で約2.0dry-t/10 a、(一期当たりに換算すると約1.0dry-t/10 a)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/10 a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/10 a)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。

2 作業実施における改善点

(1) 維持管理費用の改善

病害虫防除策の費用は、生産地域の気象条件や生育状況に応じて変化する。これまでヤナギ生産過程で確認されている病害虫はセグロシャチホコやコウモリガの幼虫による葉食被害とサビ病が確認されている³⁾。T区では未然防止として複数回の病害虫防除策を実施し被害はなかった。K区では、特に防除策は実施せずともサビ病の発生および害虫の発生は確認されなかった。これは、恐らく冬場は気温が摂氏ゼロ度以下になる日が多く、一度害虫が発生しても越冬が困難¹⁶⁾になると推察する^{注6)}。また、サビ病も両ほ場では確認はされなかったが、発生した場合には拡大を防ぐためある程度の対策が必要である。ただし、エネルギー用ヤナギと観賞用ヤナギとでは品質への配慮の度合いがまったく異なるため、伐採・利用の後は場に残留する菌を駆除するなど2期を通して1～2回程度の頻度で、生育状況に応じた防除策を実施していけばよいと考える。その点、防虫防除の際の散布作業分の費用が生育期によって加減する可能性はある。

(2) 生産管理主体による生産費の改善

本報で積算した労働費の多くは作業委託費である。また、借地料も生産者所有農地であれば発生しない。ほ場の整備工程では、ほ場の状況に応じて重機を利用せざるを得ないが、木本が植生していなければ従来のトラクターや刈り払い機等による整備が可能である。整地工程も既存のトラクターを利用すれば作業委託費の支出は抑えられる。植え付け工程については、現時点では人力作業による植栽方法しかなく、海外の先進地域では、整地(マルチングなし)と同時にトラクターの後部で人が植え付けている事例もあるが、本報の様な小規模農地の場合、人力作業でも十分可能な範囲である。維持管理工程に含まれる除草、施肥、除草剤散布、病害虫防除はいずれも

慣行農業で実施される作業と同様であり、自作ならば作業委託費分を軽減することが可能になる。ただし、スปีードスプレイヤーは手動式背負噴霧器への代替が可能であり、その場合は燃料費も削減できる。

以上のように、ほとんどの作業は従来の機器で代替できる。収穫工程については、K区では作業の肉体的負担を考慮して刈り払い機を採用したが、実質労働量は増えてしまった。しかし、刈り払い機はほとんどの農家が所有している機器であり新たに機器を購入する必要がない点で、現時点では最良な方法のひとつと考える。ただし、山林用刃を所有していない場合は新規購入が必要となる。今後は、生産管理者主体の状況による生産費の不確実性を明示する必要があるだろう。

最後に、自作の場合の生産費を検討した。まず、農業経営統計調査を参考に、労働費を1,788円/時間と推定した^{注7)}。この場合、例えば、K区において、耕うん作業1回(8時間)の労働費は14,304円/回となり、トラクター作業の作業委託費は1回当たり13,776円(2,944円/10 a)の削減となる。さらに、借地料負担をなくし、IV章3節の①～③の手順で算出すると平均生産費は58,081円/10 aとなった。販売収益(12,000円/10 a)と比べても46,081円/10 aの欠損が生じてしまい、経済的な優位性は認できなかった。かつてNatural Englandが2000年～2013年にかけてエネルギー作物助成制度(Energy Crop Scheme)¹⁷⁾を実施していたが、当時の補助額約14,000～24,000円/10 a^{注8)}を勘案しても、改善が必要といえる。

(3) 収穫費用の改善

収穫期の生産費は収穫費用に左右されるため、これを抑制しなくてはならない。収穫費用の面では、T区の収穫方法(チェーンソー利用)の方が効率的であったが、維持管理費用についてはK区の方が低く、前述の通り維持管理の頻度が必ずしも収穫量増につながるとは言い切れないことから、収穫期の生産費としては、維持管理はK区、収穫はT区の工程を取り入れることが現時点の最良策と推察できる。ただし、伐採方法としては、安全面や(上下運動による)肉体的疲労を考えると、取り扱いが比較的容易な刈り払い機の方が導入しやすいだろう。収穫工程においては、収集方法も含め、作業効率を高める方法・手順を考案する必要があると考える。

また、運搬費用を含めた検討も必要である。ヤナギは性質が木質バイオマスと類似しているため木質バイオマスとの混合利用が可能であり、現時点ではバイオマスボイラー施設での熱利用が考えられる。しかし、未利用材利用時の問題点同様、収穫後の運搬費用の不確実性(どこで利用・加工されるか)が考えられ、販売価格に消費

場所までの運搬費用を添加する方法、あるいは消費者自身がほ場に取りに来る方法などが考えられる。後者の場合、K区での自作による生産方法では、一期当たりの生産費は約39,000円/10aとなり、販売時の欠損値は少なくとも約27,000円/10aまで抑えられる。

VI おわりに

本報は、短期伐可能で次世代バイオマスとして注目されているヤナギに着目し、遊休農地活用によるヤナギの一連の経費を2つのほ場での実績を通して試算した。費用の試算結果ならびにこれと慣行農業の生産費との比較結果より、現段階における生産方法では、自作と作業委託の場合で約27,000～55,000円/10aの欠損が生じ、経済的な優位性は確認できなかった。特に収穫費用は主な費用のひとつであり、森林バイオマス同様、伐採、収集、運搬等の費用をどれだけ抑えるかが今後の課題といえる。ヤナギは粗放的な栽培が可能であり、食用や観賞用等の農作物ほどの維持管理工程はさほど必要ではなく、なるべく作業委託を要しないことでさらなる費用抑制につながる。また、既存研究を含め単位面積当たりの生産量に大きな差は確認されず、生産量やヤナギの生存率が維持管理の頻度や植栽密度に関係している可能性も示唆したが、これについては今後の検証が必要である。

最後に、本報は、生産工程の省力化の検証とともに生産費、生産管理主体ならびに収穫工程を含む生産技術の改善点について言及したが、これらを踏まえたうえで遊休農地にみられる小規模農地でのヤナギ生産導入の可能性評価については今後の課題としたい。

謝辞

本研究は、宮城県川崎町におけるヤナギの試験栽培については、三井物産環境基金(2011年度東日本大震災復興助成)課題「早生樹(ヤナギ)栽培による木質バイオマス生産の実証展示と挿し木供給体制の整備」、投稿・掲載については、JSPS科研費(研究課題番号26740053)の助成によるものである。そして、各ほ場の栽培管理および収穫作業を請け負っていただいた地元の皆様に、この場をお借りして改めて感謝申し上げたい。

注

注1) 兵庫県林業種苗共同組合(2014)より、スギとヒノキの苗令2～3年で品等呼称が「小」とされる樹苗の平均販売価格とした。

注2) 宮城県川崎町の農業従事者への労賃支払いは、同町農業委員会による農作業標準賃金額表をもとに行った。

注3) 1人工＝8時間/日/人

注4) 生産費は、物材費と労働費の和とした。なお、ナタネとソバ以外はいずれも作付規模別0.5～1.0ha、1.0～2.0

ha、2.0～3.0haの都府県の平均生産費(10a当たりの生産費)とした。ナタネは0.5～1.0haと1.0ha以上の2分類のみであり、ソバは規模区分がないため、都府県の平均生産費(同生産費)とした。調査対象経営体は作付け作物によって異なるため、各対象経営体については、農林水産省^{13), 14)}の作物ごとにある「調査対象経営体の経営概況」を参照されたい。

注5) 農林水産省^{13), 14)}による生産費項目は大きく物材費、労働費に分けられている。本報のヤナギ生産費は、物材費と労働費(委託費用と作業労賃)の和としており、慣行農業については、これに相当するように、物材費は種苗費、肥料費、農業薬剤費、光熱動力費、その他の諸材料費の合計とし、労働費は直接労働費のみとした。そのため本報では、副産物価格や資本金・地代全額算入生産費については割愛する。

注6) 有沢(1971)によるとセグロシャチホコの幼虫は15度以下の温度は生育制限温度であり、繁殖能力が低下する。

注7) 農業経営統計調査(農林水産省)における「家族労働費の算出」方法を参考とした。本報の調査期間である2011年3月～2013年12月の間の毎月勤労統計調査(全国調査、月別結果)データ¹⁸⁾より、「建設業」、「製造業」及び「運輸業、郵便業」に属する5～29人規模の事業所の賃金データならびに労働時間を抽出し、これらすべての業種の平均労働賃金(円/時間)を算出した。ただし、抽出した賃金データならびに労働時間はいずれも「所定内」とした。

注8) 岡久(2005)による調査値¹⁹⁾920～160£/haを参考に、2013年平均レート(152.69円/£)で換算した。

引用文献

- 1) 農林水産省(2014): 農林漁業の健全な発展と調査のとれた再生可能エネルギー電気発電の促進に関する法律(農山漁村再生可能エネルギー法)、http://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/pdf/re_ene6.pdf, 2014年5月6日。
- 2) Sara G.G., Blas M.Y. and Ioannis D. (2012): Environmental assessment of energy production based on long term commercial willow plantation in Sweden, Science of the Total Environment, 421-422, 210-219.
- 3) Beyhan Y., Amichev, Ryan D. Hangs, Nicolas Belanger, Timothy A. Volk, Vladimir Vujanovic, Jeff J. Schoenau and Ken C. J. Van Rees (2015): First-rotation Yields of 30 short-rotation willow cultivars in central Saskatchewan, Canada, Bioenergy Res. 8, 292-306.
- 4) 北海道開発局(2010): 北海道におけるヤナギ栽培マニュアル平成22年度版。
- 5) 森林総合研究所(2014): 北海道におけるエネルギー作物「ヤナギ」の生産の可能性、森林総合研究所北海道支所 植物土壌系研究グループ, 14.
- 6) 佐藤茂, 西尾麻里, 湊和也, 三井佑, 瀬戸晶子, 石澤公明(2009): 短伐期ヤナギ林によるバイオマスエネルギー資源生産—高生産種, 生産量, 総発熱量—, バイオマス学会議発表論文集(4), 54-55.
- 7) Satoh S., Ishizawa K., Mitsui Y. and Minato K. (2012):

- Growth and above-ground biomass production of a willow clone with high productivity, *Salix pet-susu* clone KKD, *Journal of the Japan Institute of Energy*, 91, 948-953.
- 8) Rosenvist H. and Dawson M. (2005): Economics of willow growing in Northern Ireland, *Biomass and Bioenergy* 28, 7-14.
 - 9) 気象庁 (2014a): 高層気象台, http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=40&block_no=47646&year=&month=&day=&view=, 2014 年 4 月 30 日.
 - 10) 気象庁 (2014b): 仙台管区気象台, http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=34&block_no=47590&year=&month=&day=&view=, 2014 年 4 月 30 日.
 - 11) 厚生労働省 (2005): 平成 16 年林業労働者職種別賃金調査, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Xlsdl.do?sinfid=000001257600>, 2014 年 9 月 25 日.
 - 12) 兵庫県林業種苗共同組合 (2014): 平成 26 年度林業用樹苗標準価格, http://www.geocities.co.jp/hyogo_naegi/ryutsu/hyozyun_kakaku.html, 2014 年 12 月 22 日.
 - 13) 農林水産省 (2014a): 農業経営統計調査, 平成 24 年度産米及び麦類の生産費, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001117795>, 2014 年 8 月 5 日.
 - 14) 農林水産省 (2014b): 農業経営統計調査, 平成 24 年度産工芸農作物等の生産費, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001114487>, 2014 年 8 月 5 日.
 - 15) 全国木材チップ工業連合会 (2015): 木材チップ市況平成 27 年 10 月, 燃料用等 (岩手), <http://zmchip.com/chipprice2710.html>, 2015 年 11 月 27 日.
 - 16) 有沢浩 (1971): セグロシャチホコ幼虫の発育におよぼす温度の影響, *日本林學北海道支部講演集* (19), 173-175.
 - 17) Natural England (2014): Energy Crops Scheme.
 - 18) 厚生労働省 (2016): 毎月勤労統計調査, 全国調査 (月別結果), 2011 年 3 月 ~ 2013 年 12 月, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/30-1a.html>, 2016 年 1 月 18 日.
 - 19) 岡久慶 (2005): イギリスの再生可能エネルギー法制, *外国の立法* 225, 43-51.

Summary: Local production for local consumption of renewable energy is focused on as a policy of regional activation in rural area while it is considered a social problem that farmlands are desolate there. This report mentioned the cost during pilot production of willow, which is called one of the neo-generation biomass, in two small-scale idle farmlands (under one hectare) aiming for the farmlands preservation. From the results, we confirmed that the production by either outsourcing or land owner in this report were into the red (about -55,000 to -27,000 JPY/10 a) and that the yield of willow was about 1.0 dry-t/10a in one season although higher planting density reduce the yield per a tree regardless of the management frequency.

キーワード (Keywords): ヤナギ (willow), エネルギー作物 (energy coppice), 小規模遊休農地 (small-scale idle farmland), 生産費 (production cost)

(2015年 4 月 1 日 原稿受理)

(2016年 2 月 12 日 採用決定)