

耕作放棄地再生と WCS 生産における 農業用小型機械を使用した作業体系の実証

坂本 真実・帯刀 一美・西 政敏*

Demonstration with the Work System Using Small Machine for Agriculture
to the Utilization of Abandoned Cultivated Land and Production of Whole Crop Silage

SAKAMOTO Mami, TATEWAKI Kazumi and NISHI Masatoshi*

要 旨

耕作放棄された水田を復田や畑地化するため、また WCS を生産するため農業用小型機械の使用に視点をおいた作業体系を検証した。2カ所の調査区で復田に要した時間は16時間/10a, 19時間/10aと差を認め、これは刈り払い機とハンマーナイフモアの除草効率の違い、さらに集草と搬出の有無が要因と考える。畑地化した2カ所の調査区は16時間/10a, 2.5時間/10aと作業時間に大きな差を認め、放牧による除草効果が顕著にみられた。稲WCS(たちすずか)の生産については、稲わらの長さを15cmに揃えることで小型機械であっても不調は生じないことを確認した。3通りの作業体系を比較すると、稲WCSの生産量は刈り取りに歩行型モア、梱包に乗用ロールベアラを使用した調査区が1,827kg/10aと最も多く、生産経費は刈り取りにコンバイン、梱包に乗用ロールベアラを使用した調査区が14,844円/10aと最も低単価であった。牧草(ヘイスダグ)のWCSを生産した調査区では、細断長が1m程度と長くなる場合、梱包作業時に機械の作動不良を認めた。飼料稲、牧草ともサイレージの品質は良好であることを確認した。しかし、各調査区とも収穫残渣が多いことが課題であり、刈り取り、集草および梱包作業の改善が必要である。

キーワード：耕作放棄地、復田、畑地化、農業用小型機械、WCS生産

I はじめに

耕作放棄地を解消することは中山間地域に共通の課題であり、その対策として飼料作物の生産や放牧地への利用が進められている。一方、近年では飼料価格が高騰しており、自給飼料の生産拡大が必要と考えられている(吉田, 2012; 島根県, 2017)。本県では、飼料米やホールクロップサイレージ(以下、WCSと略記)の生産が増加傾向にあり、農地利用の拡大が期待される。しかし、本県の耕作地は大半が小面積であるためWCS生産専用の大型機械では作業能力的に過剰となり、また経営規模の小さい畜産農家が多いことから1梱包が300kg以上のWCSは

扱い難いことが課題となっている。

そのため当センターでは、数種類の農業用小型機械を組み合わせた作業体系によって耕作放棄地を復田または畑地化する方法と、WCS生産の方法を検討している。本報告は小型機械による作業と、一部の作業に人力や放牧を取り入れた数通りの作業体系を分析し、これを耕作放棄地の再生モデルとして実用性や課題を抽出した。

II 調査方法

1. 復田と畑地化の作業性

2009年、雲南市木次町で不作付け地として7年が経過

*島根県西部農林振興センター(元島根県中山間地域研究センター, 専門研究員)

した水田を調査区ⅠA(5a),同じく12年が経過した水田を調査区ⅠB(15a)とした。調査区ⅠAでは飼料稲生産を想定して刈り払い機で除草,人力で集草と搬出した。調査区ⅠBでは牧草生産を想定して乗用ロータリーモア(ゼノア ZHM1520, 26.5ps)で除草,人力で集草と搬出した。

2014年,大田市水上町で不作付け地として15年以上が経過し,近年は放牧によって除草管理されている水田(16a)を2区に分け,それぞれ調査区ⅡA(4a),調査区ⅡB(12a)とした。調査区ⅡAでは飼料稲生産を想定して,歩行型ハンマーナイフモア(オーレック HR661A, 8ps)で除草し,細断した雑草は土壌へすき込んだ。調査区ⅡBでは牧草生産を想定して,5月下旬から15日間,繁殖黒毛和牛種6頭の放牧によって除草した。

復田を想定した調査区ⅠAとⅡAでは代掻き(トラクター, 20ps)や畦畔補修など,畑地化を想定した調査区ⅠBとⅡBでは耕起(トラクター, 30ps)など必要なほ場管理を実施して,除草から作付け可能となるまでに要した作業時間を計測した(表1)。

2. 飼料稲と牧草の WCS 生産

2014年4月下旬,飼料稲品種として‘たちすずか’を播種し,飯石郡飯南町で育苗した後,5月下旬に上述した大田市水上町の調査区ⅡAへ移植した。無施肥で管理し,6月中旬にヒエ用除草剤を全面散布した。10月中旬(糊熟期~黄熟期),コンバイン(ヤンマーCA125, 2条刈, 12ps)で刈り取り,乗用ロールベアラ(タカキタ AR-612D, 6ps)で梱包,ラップマシーン(タカキタ WM-510M, 2.2ps)で密封した。なお,コンバインのカッターを改良して稲わらの細断長が15cmとなるように設定した。

調査区ⅡBではスーダングラス品種として‘ヘイスーダン’を供試して,7月上旬に直播種した(4kg/10a)。元肥は施用しなかったが,7月中旬に尿素16kg/10a(窒素量4kg/10a)を追肥した。9月中旬,刈り払い機と歩行型ロータリーモア(オーレック BX80, 8ps)で刈り取り,歩行型テッダ(オーレック BX80, 8ps)で集草,乗用ロールベアラ(タカキタ AR-612D, 6ps)で梱包,ラップマシーン(タカキタ WM-510M, 2.2ps)で密封した。なお,WCS原料の長さは50~100cmとした。

刈り取りからラップにおける機械の稼働状況や収穫残

渣などを観察して作業性を評価し,WCS収量を調査した。

3. 稲 WCS 生産における作業体系

2015年,大田市温泉津町で前年まで作付けされていた隣接する水田3区画を調査区ⅢA(7a),調査区ⅢB(3a),調査区ⅢC(9a)とした。4月中旬,飼料稲品種として‘たちすずか’を播種し,飯石郡飯南町で育苗した後,5月中旬に各調査区へ移植した。いずれの調査区とも元肥に牛糞堆肥2t/10a,追肥に化成肥料(窒素量,カリ量,各2kg/10a)を施用した。また,除草剤を移植前に1回,移植後に2回,主にヒエ対策を目的に全面散布した。

10月中旬(糊熟期~黄熟期),調査区ⅢAではコンバイン(ヤンマーCA125, 2条刈, 12ps)で刈り取り,乗用ロールベアラ(タカキタ AR-612D, 6ps)で梱包した。調査区ⅢBでは歩行型ハンマーナイフモア(オーレック HR661A, 8ps)で刈り取り,歩行型ロールベアラ(タカキタ SE-551, 5ps)で梱包した。調査区ⅢCでは歩行型ハンマーナイフモア(オーレック HR661A, 8ps)で刈り取り,乗用ロールベアラ(タカキタ AR-612D, 6ps)で梱包した。また,3調査区とも密封にはラップマシーン(タカキタ WM-510M, 2.2ps)を使用した。

刈り取りからラップに要した作業時間を計測し,坪刈り収量,WCS収量を調査し,生産経費を算出した。

4. サイレージの発酵品質

2014年に調査区ⅡAで生産した‘たちすずか’と調査区ⅡBで生産した‘ヘイスーダン’のWCSについて,貯蔵90日目にpH(電極法)を測定し,全窒素(ケルダール法)と揮発性塩基態窒素(水蒸気蒸留法)を定量した。2015年の調査区ⅢAとⅢCで生産した‘たちすずか’のWCSについては,上述の項目に加えて貯蔵90日目の乳酸,酢酸,酪酸およびプロピオン酸(高速液体クロマトグラフィ)を定量した。なお,有機酸4種類の定量は島根県産業技術センター浜田技術センターに依頼した。

Ⅲ 結果と考察

1. 復田と畑地化の作業性

調査区の概要と作業時間を表1に示した。面積当たりの作業時間を算出すると調査区ⅠAの復田には19時間/10aを要したが,再生内容が同じ調査区ⅡAは16時間

/10aと作業時間が短かった。歩行型ハンマーナイフモア(8ps)による除草は刈り払い機よりも作業効率が高かったこと、人力で集草と搬出した調査区ⅠAに対して調査区ⅡAではこれらの作業を省略したことで時間短縮できたと考える。また、調査区ⅡAでは畦畔板を設置したことにより、畦畔の補修作業が省略できたことも時間短縮の要因と考えられる。

畑地化した調査区ⅠBは面積当たりの作業時間が16時間/10aであったが、再生内容が同じ調査区ⅡBは2.5時間/10aと大きな差を認め、作業効率は6倍以上であった。調査区ⅡBで実施した放牧は除草効果が高く、そのため作業効率を著しく向上させたと考える。また、再生内容は異なるが耕作放棄地の現状が同じ調査区ⅡAと比べても、放牧の除草効果は大きいといえる。

2. 飼料稲と牧草のWCS生産

1) 収穫調製の作業性

作業内容を目視観察した結果、調査区ⅡAでは機械の稼働不良など、作業効率に影響を及ぼすような事例は認めなかった。‘たちすずか’は他の水稻品種よりも比較的草丈が高く、また茎葉が太いため、コンバインの刈り取り部位や搬送部位、稲わらの排出部位での詰まりが生じないかを注視したが、排出部位で若干の詰まりを認めたものの作業を中断するほどの障害にはならなかった。

調査区ⅡBでは‘ヘイスーダン’の刈り残しが多く、

ウインドローの形成不良を認めた。また、ロールベアラに詰まりが生じて、作業が中断する事例を認めた。収穫残渣が多かったのは‘ヘイスーダン’の倒伏が大きな原因と考えられた。また、スーダングラスのように茎径の太い草種では、細断長が1m程度の場合に小型テッダによる集草や、小型ロールベアラの稼働に不調をきたすと考えられた。一方、調査区ⅡBでは雑草量(主にヒエ)が多く、‘ヘイスーダン’の生育と競合した可能性が考えられ、耕作放棄地再生に共通する条件として、除草を徹底することは重要と考える。

2) 収量

収量調査の結果を表2に示した。調査区ⅡAは面積当たりのWCS作製数が75梱包/10a、1梱包当たりの重量は26.5kg/梱包であった。梱包数とWCS個重から算出した面積当たりの実収量は1,988kg/10aであった。後述する刈り取りと梱包に同じ機械を使用した調査区ⅢAで求めた推定収量の4,121kg/10aを参考にすると、本調査区の収穫率は48%であった。

調査区ⅡBは面積当たりのWCS作製数が81梱包/10a、1梱包当たりの重量は19.9kg/梱包であった。梱包数とWCS個重から算出した面積当たりの実収量は1,612kg/10aであった。島根県が示している‘ヘイスーダン’の目標収量は6,000kg/10a以上であり(島根県, 2014)、この値に対する本調査区の収穫率は27%であった。

表1 復田と畑地化の内容と作業時間

調査区	場所	面積(a)	放棄年数	再生内容	除草	時間 ¹⁾ (hr/10a)
ⅠA	雲南市	5	7	復田	刈り払い機	19
ⅡA	大田市	4	15	〃	歩行型モア	16
ⅠB	雲南市	15	12	畑地化	乗用モア	16
ⅡB	大田市	12	15	〃	放牧	2.5

¹⁾ 除草から作付け可能としたまでの面積当たり総作業時間

表2 飼料稲と牧草のWCS収量

調査区	草種(品種)	含水率 ¹⁾ (%)	WCS数(梱包/10a)	WCS個重(kg/梱包)	実収量 ²⁾ (kg/10a)
ⅡA	たちすずか	69.8	75	26.5	1,988
ⅡB	ヘイスーダン	60.2	81	19.9	1,612

¹⁾ 刈り取り時の値, ²⁾ WCS数と個重から算出

2 調査区の収穫率はいずれも低率と判断し、小型機械による作業体系において改善すべき点は刈り残しを少なくすること、集草作業を徹底すること、ロールベアラによる回収率を高くすることなどが考えられた。それに加えて基本的な管理内容である雑草対策、倒伏防止も重要と考える。また、本調査では初の回収を徹底しなかったが、今後はこの回収率を調査項目とし、収穫残渣を少なくする作業条件の検討が必要である。

3. 稲 WCS 生産における作業体系

1) 収穫調製の作業性

作業体系別に面積当たりの作業時間を図1に示した。調査区ⅢAが4.6時間/10aと最も短く、次いで調査区ⅢCの5.5時間/10a、最長は調査区ⅢBの7.0時間/10aであった。作業要素別にみると、刈り取りはコンバインが1.5時間/10aであったのに対し、歩行型ハンマーナイフモア

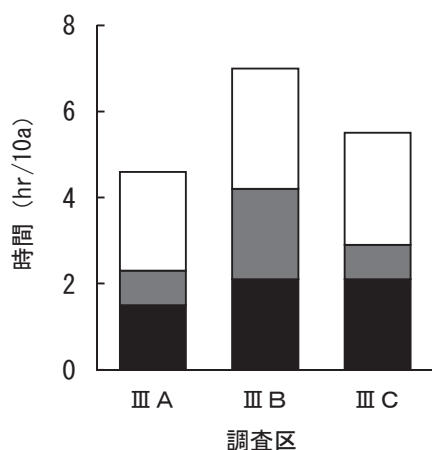


図1 作業体系別の稲WCS作製時間

■：刈り取り，■：梱包，□：その他

は2.1時間/10aと1.4倍の時間を要した。また、梱包は乗用ロールベアラが0.8時間/10aであったのに対し、歩行型ロールベアラは2.1時間/10aと2.6倍の時間を要した。ロールベアラは歩行型(5ps)と乗用(6ps)を使用した。これらの処理能力が作業時間に影響を及ぼしたことに注目した。なお、その他の作業は主に集草とラップであったが、これらの作業時間は各調査区とも同等であった。

2) 収量

作業体系別に収量調査の結果を表3に示した。坪刈り収量から算出した面積当たりの推定収量は調査区ⅢAが4,121 kg/10aと最も多く、調査区ⅢBは4,075 kg/10aで調査区ⅢAとの差は小さく、最も少なかった調査区ⅢCは3,379 kg/10aと他の調査区との間に明らかな差を認めた。調査区ⅢCは比較的雑草量が多く、除草剤の効果が他よりも劣ったと考えられ、その原因を明らかにして生産技術に反映させたいと考える。また、調査区ⅢCは刈り取り時の稲わら含水率が54%と他よりも低く、これも収量低下要因の一つと考えられ、この原因究明も今後の課題である。

面積当たりのWCS作製数は調査区ⅢBが91梱包/10aと最も多く、調査区ⅢCと調査区ⅢAはそれぞれ70梱包/10a、67梱包/10aと大きな差はなく、調査区ⅢBとの間に明らかな差を認めた。1梱包当たりの重量は調査区ⅢCが26.1 kg/梱包と最も大きく、調査区ⅢAと調査区ⅢBはそれぞれ20.5 kg/梱包、19.6 kg/梱包と大きな差はなく、調査区ⅢCとの間に明らかな差を認めた。WCSの個重は調査区ⅢCの値が最大となったが、これは、ハンマーナイフモアによる刈り取りでは、コンバインによる細断よりも稲わらが細かく粉碎されること、また乗用ロール

表3 作業体系別の稲WCS生産量

調査区	作業機械の仕様		含水率 ³⁾ (%)	推定収量 ⁴⁾ (kg/10a)	WCS数 (梱包/10a)	WCS個重 (kg/梱包)	実収量 ⁵⁾ (kg/10a)	収穫率 ⁶⁾ (%)
	刈り取り ¹⁾	梱包 ²⁾						
ⅢA	乗用, 12ps	乗用, 6ps	58.6	4,121	67	20.5	1,374	34
ⅢB	歩行型, 8ps	歩行型, 5ps	55.7	4,075	91	19.6	1,784	43
ⅢC	歩行型, 8ps	乗用, 6ps	53.8	3,379	70	26.1	1,827	54

¹⁾ ⅢAはコンバイン，ⅢBとⅢCはハンマーナイフモア，²⁾ ロールベアラ，³⁾ 刈り取り時の値，

⁴⁾ 坪刈り収量から算出，⁵⁾ WCS数と個重から算出，⁶⁾ 実収量/推定収量

ベアラ (6ps) は歩行型ロールベアラ (5ps) よりも梱包能力が高いためと推察した。

WCS の梱包数と個重から算出した面積当たりの実収量は調査区ⅢC が 1,827 kg/10a と最も多く、調査区ⅢB は 1,784 kg/10a で調査区ⅢC との差は小さく、最も少なかった調査区ⅢA は 1,374 kg/10a と他の調査区との間に明らかな差を認めた。調査区ⅢA、ⅢB およびⅢC の推定収量に対する収穫率はそれぞれ 34%、43% および 54% であった。これらはいずれも低率と判断されるが、最も低率となった調査区ⅢA ではコンバインで高刈りしたために残された株元が集草作業の障害となったこと、土壌混入を避けるためロールベアラのピックを高め設定したことなど、いくつかの理由が考えられる。また、本調査では籾の回収率を算出しなかったが、刈り取りと梱包に使用する機械によっては回収率に差が生じる可能性もあるため、今後の調査で確認したいと考えている。

3) 生産経費

生産経費の集計結果を表 4 に示した。収穫と WCS 作製にかかる面積当たりの経費はコンバインと乗用ロールベアラを組み合わせた調査区ⅢA が 14,844 円/10a と最も低単価で、次いで歩行型ハンマーナイフモアと乗用ロールベアラの調査区ⅢC が 16,590 円/10a、歩行型ハンマーナイフモアと歩行型ロールベアラの調査区ⅢB が 19,369 円/10a で最も高かった。WCS の重量当たりに換算すると、上述の順に 10.8 円/kg、9.1 円/kg および 10.9 円/kg となり、各調査区の差は比較的小さくなり、調査区ⅢA とⅢB の値は同等となった。これは、WCS の 1 梱包当たり重量と、面積当たり収量が関係しており、すなわち WCS 個重の値は調査区ⅢC が大きく、単収は調査区ⅢA が少なかったためである。

4. サイレージの発酵品質

各調査区で生産した WCS について、サイレージの発酵品質を評価して表 5 に示した。pH は調査区ⅡA とⅢC が 4.65、4.61 と比較的 low、次いで調査区ⅡB の 5.27、調査区ⅢA は 6.03 と最も高かった。安宅 (1991) はサイレージ調製が進むとともに pH が低下し、安定期には 4.2 以下になると述べており、本調査ではこれを指標値としたがいずれの調査区とも目標には達しなかった。しかし、永西・四十万谷 (1998)、平岡ら (2006)、勝部ら (2006) が飼料稲を供試した結果をみると pH は 3.6~5.3 の範囲にあり、これらと比較して調査区ⅡA とⅢC の評価は中程度と考えられる。一方、調査区ⅢA の 6.03 は明らかに大きく、また調査区ⅡB の 5.27 は平岡ら (2006) がスーダングラス (ヘイスーダン) を供試した結果の 3.6~4.0 と比較して明らかに大きかった。

全窒素 (T-N) と揮発性塩基態窒素 (VBN) の値から求めた発酵品質指標 (VBN/TN) は調査区ⅡA が 3.4% と最も低く、次いで調査区ⅢA の 8.3%、調査区ⅡB は 11.0%、調査区ⅢC は 12.6% と最も高かった。VBN/TN による品質基準は 8% 以下が「高品質」、15% 以下が「中品質」、15% を超えると「低品質」とされており (安宅, 1991)、本調では調査区ⅡA が「高品質」、それ以外は「中品質」と判

表 4 稲 WCS 生産経費

調査区	面積当たり (円/10a)	WCS 重量当たり (円/kg)
ⅢA	14,844	10.8
ⅢB	19,369	10.9
ⅢC	16,590	9.1

表 5 サイレージ品質の評価結果¹⁾

調査区	草種 (品種)	pH	VBN/TN (%)	フリーク評点	V-スコア
ⅡA	たちすずか	4.65	3.4	—	—
ⅡB	ヘイスーダン	5.27	11.0	—	—
ⅢA	たちすずか	6.03	8.3	70	93
ⅢC	たちすずか	4.61	12.6	98	80

¹⁾ 貯蔵 90 日後、—: 未調査

定された。調査区ⅡAの品質が優れていたのは、稲わらの細断長を15cmに揃えることができ、梱包密度を高く保てたことが要因と推察する。

乳酸、酢酸および酪酸の含有割合から求めたフリーク評点は調査区ⅢAが70、調査区ⅢCは98であった。フリーク評点による品質基準は6等級に区分され、最も上位は81~100の「優」、次いで61~80の「良」とされており(安宅, 1991)、調査区ⅢAは「優」、ⅢCは「良」と判定された。

VBN/TNの値と、酢酸、酪酸およびプロピオン酸の含有割合から求めたVスコアは調査区ⅢAが93、調査区ⅢCは80であった。平岡ら(2006)と、勝部ら(2006)が飼料稲を供試した結果をみるとVスコアは0~92の範囲にあり、これに対して2調査区の値は比較的高いと考えられた。また、80以上が「良」、60以上が「可」、60未満が「不良」と区分された報告があり(森, 2006)、この基準に従うと2調査区とも「良」と判定される。

IV おわりに

本調査は、現地ほ場で農業用小型機械を使用し、耕作放棄地の復田と畑地化、さらに自給飼料としてWSCの生産を実証した。供試機械は使用可能な数種類であり、作業体系を網羅したものではないが、数通りの作業モデルにおいて作業時間、生産量、経費など具体的なデータを得ることができ、生産したWSCは中~高品質であることを確認した。一方で、機械の作動不良や収穫残渣が多いことなど、いくつかの課題を把握した。

作業要素のうち、放牧による除草効果の大きさがあらためて確認でき、作業体系に取り入れることを奨励したい。また、耕作放棄地を優占している草本類については、飼料としての価値が検討されており(堤, 2013)、耕畜連携が進むことに期待している。

本調査と同様な報告例は少なく、例えば三谷・上田(2016)は除草と灌木処理など耕作放棄地の再生手法を紹介しているが、本調査とは対象農地の現状や使用機械が異なるため直接比較することはできない。また、本調査目的の一つであるWSCの小ロット生産と、作業効率や生産性に優れていることが明らかなWSC生産専用の大型機械による作業体系との比較は避けるべきと考える。

耕作放棄地の現状と農地再生後の利用形態は様々であり、画一的な作業体系を示すことは困難である。今後は本調査結果を補完する多くの事例を収集し、各機械の使用方法や組み合わせを整理して、現地毎に提示できるメニュー方式の作業マニュアルを検討する必要がある。

V 謝辞

調査用としてほ場の使用を承諾して頂き、また管理作業の一部を代行して頂いた生産者の方々に厚くお礼を申し上げる。また、有機酸分析にご協力いただいた島根県産業技術センター浜田技術センターに感謝の意を表す。

引用文献

- 安宅一夫(1991)サイレージの基礎(農業技術大系畜産編7(追記第10号)、農山漁村文化協会編、農山漁村文化協会):85-108.
- 永西修・四十万谷吉郎(1998)稲ホールクroppサイレージの発酵特性. 日草誌 44(2):179-181.
- 平岡啓司・山本泰也・浦川修司・山田陽稔・荻田修一・後藤正和(2006)飼料イネ附着乳酸菌事前発酵液のサイレージ調製不適条件における添加効果とその作用機作. 日草誌 52(2):89-94.
- 服部育男・佐藤健次・小林良次・只野克紀・上村慶治・小原信孝・伊藤尚勝(2006)フレール型ロールベアラで収穫したイネ科飼料作物サイレージの発酵品質. 日草誌 52(3):161-165.
- 三谷誠次郎・上田純一(2016)農業機械を活用した耕作放棄地の復元方法. 農耕と園芸 71(7):48-52.
- 森登(2006)乳酸菌添加による飼料稲の発酵品質と嗜好性. 畜産技術ひょうご 83, 公益社団法人兵庫県畜産協会. <http://hyougo.lin.gr.jp/ghyogo/83/gijutu.htm> (2017.1.25ダウンロード)
- 島根県(2017)島根県酪農・肉用牛生産近代化計画書.
- 島根県(2014)島根県飼料作物・牧草奨励品種
- 堤道生(2013)耕作放棄地の放牧利用による農地活用に向けた研究の取り組み. 日草誌 59(3):221-225.
- 吉田宣夫(2012)水田活用による飼料の自給率向上と持続的畜産のために. 日草誌 58(1):32-36.