

水田放牧の手引き

－水田飼料資源の効率的活用と畜産経営の発展に向けて－



平成 25 年 3 月

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター

序

食料の安定供給を確保するうえで水田の有効活用は喫緊の課題である。このため、転作田でのムギやダイズの生産振興と並んで、自給率の低い家畜飼料の生産基盤として、飼料用イネ等の生産が推進されている。他方、農業労働力が激減するなかで、放牧等の超省力的な水田利用技術の開発も欠かせない。放牧は牧野や公共牧場などを舞台に展開されてきたが、近年、里地に広がり水田にも放牧が展開されつつある。しかし、水田放牧による家畜栄養や繁殖、産肉への影響に関する知見は限られており、水田の持つ高いポテンシャルを活かした飼料生産と効果的な放牧利用が行われているとは必ずしも言い難い。また、季節により特性の異なる水田飼料を踏まえた放牧飼養指針も定まっていない。さらに、放牧に伴う感染症、事故発生のリスクや環境への影響は、営農現場で十分な配慮が必要であろう。

そこで、農研機構では平成 21 年度から地域農業確立総合研究「飼料イネ活用型周年放牧モデルの開発」に取り組み、茨城県常総市を中心に生産者の協力を得て、飼料イネ等を活用した水田の通年放牧を営農ベースで実践しつつ、牧草及びイネ栽培学、家畜栄養生理学、家政調理学、家畜衛生学、土壌肥料学、生物多様性分類学、応用昆虫学及び経営経済学分野の参画により多角的な研究に取り組んできた。本書はこれらの研究成果をまとめた「水田放牧の手引き書」である。

本手引き書では、①水田放牧に適した牧草や飼料イネの栽培及び放牧利用技術、これらを組み合わせた通年放牧体系を紹介するとともに、②水田での放牧飼養による繁殖牛の栄養と繁殖への影響、乳用種経産牛の産肉への影響と放牧牛肉の特性等を明らかにしている。また、③水田放牧に伴うリスクを明らかにし、リスクを低減する対策、及び水田放牧に伴う衛生管理上の留意点に言及している。

さらに、水田の放牧利用は、他の作物生産と異なり薬剤を使用しないため、周囲の圃場とは異なる植物相、生物相が形成され、生物多様性が高まる反面、斑点米の原因となるカメムシ類の温床となる可能性もある。これらの点についても踏み込んだ調査を行い、④水田放牧が環境に及ぼす影響について解明を試みている。そして、⑤水田の放牧利用が畜産経営の発展に与える効果を実証するとともに、水田作経営の発展を意図して放牧跡地でのダイズの減肥栽培の可能性について明らかにしている。

水田放牧の研究は緒についたばかりであり、営農現場での取り組みも限られている。今後、放牧の新たな活用場面が明らかにされるとともに、さまざまな課題も顕在化することが予想される。本書手引き書が、水田放牧に取り組んでいる、或いはこれから取り組もうとする生産者や普及指導員の方の参考となり、水田作経営、畜産経営、及び地域農業の発展、さらには研究の礎になれば幸いである。

中央農業総合研究センター所長
寺島 一男

「水田放牧の手引き」執筆者

日本女子大学 家政学部食物学科		飯田 文子
(独) 農業環境技術研究所	生物多様性研究領域	楠本 良延
		山本 勝利
(独) 農研機構 中央農業総合研究センター	農業経営研究領域	千田 雅之
	生産体系研究領域	渡邊 和洋
	病害虫研究領域	安田 美香
		安田 哲也
(独) 農研機構 動物衛生研究所	細菌・寄生虫研究領域	中村 義男
		花房 泰子
	ウイルス・疫学研究領域	小西美佐子
		亀山健一郎
(独) 農研機構 畜産草地研究所	企画管理部	池田 哲也
	草地管理研究領域	山本 嘉人
		北川 美弥
		的場 和弘
		森 昭憲
		手島 茂樹
		恒川 磯雄
	家畜飼養技術研究領域	山田 知哉
		松山 裕城
(独) 農研機構 東北農業研究センター	農業放射線研究センター	石川 哲也

水田放牧の手引き
—水田飼料資源の効率的活用と畜産経営の発展に向けて—
目 次

第1章	水田飼料の栽培と放牧利用技術	
第1節	耐湿性草種を組み合わせた水田放牧技術	・・・ 1
第2節	バヒアグラスとイタリアンライグラスを組み合わせた放牧延長技術	・・・ 5
第3節	飼料イネを利用した秋冬季放牧技術	・・・ 10
第4節	再生イネと牧草を利用した水田裏作放牧技術	・・・ 15
第5節	イネ WCS を利用した繁殖牛の冬季屋外飼養技術	・・・ 20
第2章	水田放牧による繁殖への影響と放牧肥育の可能性	
第1節	水田放牧飼養による肉用種繁殖牛の栄養及び繁殖への影響	・・・ 25
第2節	水田放牧飼養による乳用種経産牛の増体と放牧肥育の可能性	・・・ 30
第3節	水田で放牧飼養した経産牛の牛肉品質	・・・ 34
第4節	水田で放牧飼養した経産牛肉の官能特性	・・・ 37
第3章	水田放牧のリスク管理	
第1節	水田放牧に伴う多様なリスクとその低減策	・・・ 41
第2節	水田放牧時の寄生虫対策	・・・ 50
第3節	水田放牧時の牛白血病ウイルス対策	・・・ 55
第4章	水田放牧が環境に及ぼす影響	
第1節	水田の放牧利用による生物多様性への影響	・・・ 61
第2節	水田放牧における斑点米カメムシ類の発生リスクと対策	・・・ 67
第3節	放牧飼養による温室効果ガスの発生抑制評価	・・・ 71
第5章	水田放牧の導入による営農への効果と社会的評価	
第1節	水田放牧の導入による営農への効果	・・・ 77
第2節	放牧跡地の低投入型ダイズ生産の可能性	・・・ 85
1)	冬季水田放牧跡地の低投入型ダイズ生産	・・・ 85
2)	イタリアンライグラスを利用したダイズのリビングマルチ栽培	・・・ 88
第3節	地域農業からみた水田放牧の評価と普及定着の課題	・・・ 91

第 1 章 水田飼料の栽培と放牧利用技術

第1節 耐湿性草種を組み合わせた水田放牧技術

1. 水田を放牧地として活用する

輸入飼料価格は2008年の高騰以降、もとの水準にも戻ることはなく、今後も高めに推移すると予想されます。一方で国内には耕作されない遊休農地が多くあり、農地機能の保全も含めて自給飼料生産が果たすべき役割は高まっています。水田においても米政策改革大綱決定を受け飼料生産基盤として利活用する場面は今後も増えていくと考えられ、飼料イネ生産や水田放牧が注目されています。以前は、水田区画のように点在する小規模な圃場を放牧地として利用することは困難とされてきました。しかしながら、電気牧柵で小さな牧区を囲い、牧区間で家畜を移動放牧する「小規模移動放牧」技術の開発等により、水田放牧は徐々に普及しつつあります。

水田の草地化にあたっては、排水性が良好な圃場であれば、高標高地や北関東以北では、オーチャードグラスやペレニアルライグラス等の寒地型永年牧草の導入が可能です。南関東以南の温暖地では、これら寒地型牧草は夏枯れしますので、バヒアグラス等の暖地型永年生牧草の導入が勧められます。しかし、水田にはこれら永年生牧草の根付き難い湿田圃場が少なくありません。このような圃場では、耐湿性の強い1年生牧草の導入が有効です。耐湿性のある永年生牧草として、リードカナリーグラスやレッドトップがありますが、両種ともやや嗜好性が劣るとともに高い放牧圧では衰退しやすい傾向があります。そこでこの節では、耐湿性と耐暑性の強い「栽培ヒエ」と耐湿性と耐寒性の比較的強い「イタリアンライグラス」を組み合わせ、夏季の生産量確保と放牧延長の可能な高牧養力の放牧草地管理技術を紹介します(図1)。



図1. 水田放牧草地

2. 耐湿性草種による水田放牧地の造成

栽培ヒエとイタリアンライグラスを組み合わせた水田放牧草地の造成利用法についてのポイントを紹介します(図2)。

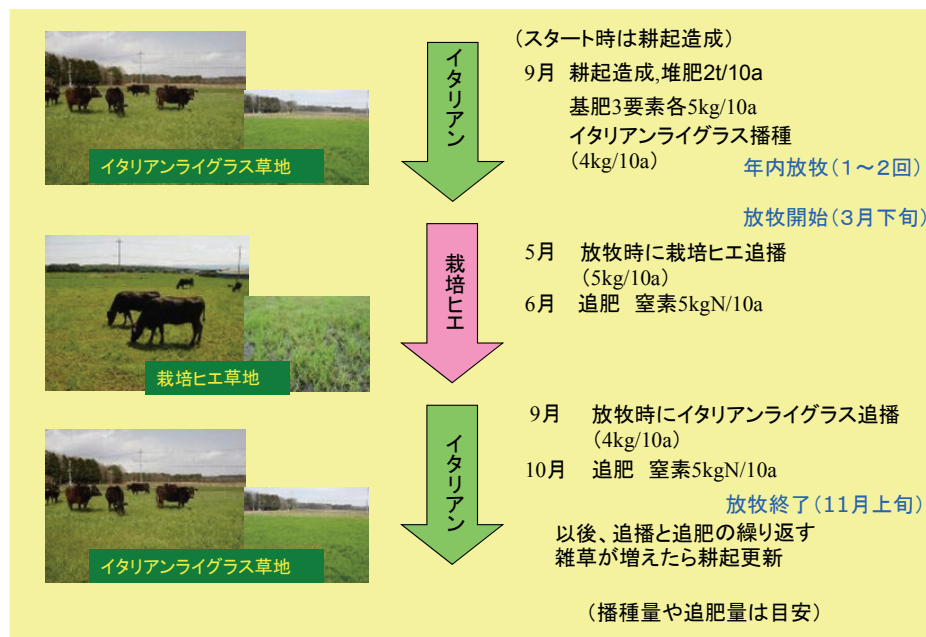


図2. 耐湿性草種組み合わせ草地の造成管理法

- ① 牧予定草地において、耕起造成により9月にイタリアンライグラス(早生品種)を4kg/10a播種します。基肥は窒素成分で5-10kg/10a程度です。堆肥等も投入できますが、多量に施用すると牧草の硝酸態窒素含量が高まる場合がありますので注意します。この草地内を電気牧柵等で小牧区に分け、これら小牧区の輪換放牧を年内11月から1-2回実施します。冬季は休牧し翌春3月下旬より輪換放牧を再開します。
- ② 5月の退牧時に栽培ヒエ(図3)を4kg/10a追播し、以降は同様に、秋(9月)の退牧時にはイタリアンライグラス、春(5月)の退牧時には栽培ヒエを追播し、季節により主要草種の変換をはかります。放牧時に追播することで放牧牛によく踏ませ、他の草を食べさせ抑えます。播種した牧草は牛が他の牧区に移動している間に発芽定着させます。耕起することなく追播することで放牧利用を継続しながら草種変換することができます。
- ③ 追肥は追播草種が定着してから(6月および10月頃)窒素成分で4kg/10a程度を施用します。
- ④ 草種の転換は簡易な蹄耕法やリノベータ法等を用いた追播で可能ですが、経年的に追播牧草の比率低下もみられ、雑草が多くなった場合には耕起更新します。



図3. 栽培ヒエ草地
栽培ヒエは湛水しても生育します。

3. 耐湿性草種の草地生産量

北関東の水田放牧草地において、オーチャードグラス等の寒地型永年生牧草を播種した永年牧草地と、1年生牧草の栽培ヒエとイタリアンライグラスを組み合わせた草地と比較すると、両草地に水田雑草も多くみられましたが、組み合わせ草地では、夏季に栽培ヒエ、春・秋季にイタリアンライグラスがよく優占します(表1)。栽培ヒエは雑草ヒエと異なり、脱粒性・休眠性がなく結実しても落下しづらく、落下してもすぐに発芽し越冬できないので雑草化することはありません。

表1. 耐湿性草種の組み合わせ草地と永年牧草地の被度(%)の推移

(a) 耐湿性草種組み合わせ草地			
月日	5月22日	7月17日	10月25日
イタリアンライグラス	53.8	5.4	91.0
栽培ヒエ		67.0	5.8
他雑草等	29.5	28.2	16.6

(b) 永年牧草地			
月日	5月15日	8月4日	10月21日
播種イネ科4種	65.0	47.4	33.2
他雑草等	34.4	38.6	53.2

イネ科牧草4種(オーチャードグラス、ペレニアルライグラス、トルフェスク、ケンタッキーブルーグラス)を播種。

組み合わせ草地の現存量に占める播種牧草比率(全体草量に占める牧草の割合)は、春季と秋季にイタリアンライグラスが高く、夏季には栽培ヒエが占める割合が高まり補完し合いますが、永年牧草地では雑草が増えて播種牧草4種の比率が8月以降大きく低下します(図4)。また永年牧草地の乾物生産速度(一日あたりの牧草生長量)は6月以降低く推移しますが、組み合わせ草地では夏季でも栽培ヒエにより高く維持されます。

組み合わせ草地の年間生産量は約 1.5kgDM/10a と永年牧草地の 1.7 倍近い値を示し、年間被食量や平均利用率も優れます（表 2）。実際の営農現場では、組み合わせ草地も含めた 3 牧区の輪換放牧で 1 ha 当たり 6 頭の肉用種繁殖牛を 3 月下旬から 11 月上旬まで放牧できました。

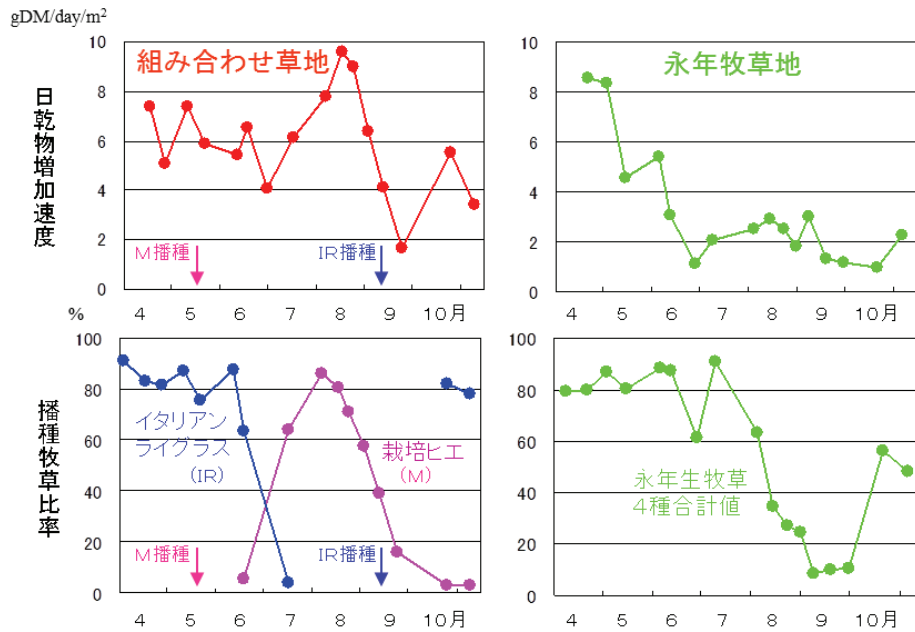


図4. 耐湿性草種の組み合わせ草地と永年牧草地の季節変化

表2. 耐湿性草種の組み合わせ草地と永年牧草地の年間生産量

	組み合わせ草地	永年牧草地
放牧時期	3/29-11/8	4/3-11/4
放牧圧(頭・日/ha)	1380	1383
年間生産量(kgDM/10a)	1550	912
放牧期間生産速度(kgDM/10a/日)	7.0	4.3
年間被食量(kgDM/10a)	1539	899
平均利用率(%)	90	68

4. 水田放牧地における放牧管理

耐湿性がある栽培ヒエ等の草地でも、梅雨時期の多量の降雨により放牧地内が湛水されている状態では泥濘化によってその後の放牧草再生に影響を及ぼすことから、休牧あるいは長期の放牧は控えます。また、常に湛水状態が続くような水田は放牧地には向きません。

水田放牧草地では、畦畔の保持にも務めます。畦畔が残っていれば、放牧草地から水田へ復田することも容易ですし、いつでも復田できることを示しておくことが、水田を放牧草地として転用することへの抵抗が小さくなります（図 5）。



図5. 復田した水田放牧地
6年間ほど放牧地(右)として利用された後、翌年に水田に変換され、問題なく食用米が栽培できます(左)。

そのためには、畦畔を崩壊から防ぐために土壌保全に優れるセンチピードグラス等のシバ型草種を播種したり（図6），放牧牛が直接蹄圧をかけないように電牧線を張ったりする工夫が必要です。段差が大きい棚田では，あらかじめ牛の誘導路を設置しておきます（図7）。



図6. 崩壊した畦畔(左)とセンチピードグラスを播種した畦畔(右)
電牧線を張り，畦畔に牛が脚をのせないようにします。



図7. 牛の誘導路
段差が大きい棚田跡の草地には，あらかじめ誘導路も設けます。

参考文献

畜産草地研究所「小規模移動放牧技術汎用化マニュアル（Q&A）「身近な草資源を放牧地としてもっと活用しよう！」，『技術レポート10号』（畜産草地研究所，2011年）

http://nilgs.naro.affrc.go.jp/pub/report/report_no10.pdf

山本嘉人「遊休水田等を活用した放牧技術」，『地域資源を活用した家畜生産システム』（学会出版センター，2009年，82-94頁）

（執筆者：山本嘉人）

第2節 バヒアグラスとイタリアンライグラスを組み合わせた放牧延長技術

1. 暖地型牧草の利用

ペレニアルライグラスやオーチャードグラスといった寒地型牧草が主に放牧草として利用されている一部の地域において、近年、夏期における生産量低下や、永続性が問題となっています。牧草には寒地型牧草の他に、バヒアグラス（Ba）やギニアグラスといった、暖地型牧草があります。暖地型牧草は、気温の高い地域に適しており、その利用は関東南部以南が適しているとされてきました。しかし、より北部の関東平野部においても Ba の利用が可能であることが明らかとなりました。そこで、ここでは Ba の栄養価や生産性を紹介します。さらに、高温に適した Ba は春の萌芽が遅く放牧開始時期が寒地型牧草を利用した場合よりも遅くなるため、気温の低い春先にも放牧ができるようにイタリアンライグラス（IR）を追播することにより、春から秋にかけて放牧利用できる放牧草地利用技術について説明します。

2. 本技術の利用が可能と考えられる地域

夏期に寒地型牧草が夏枯れを生じるなど、生産量が著しく低下してしまう地域での導入が勧められます。ただし、本調査を行った茨城県常総市付近（下妻）の年間平均気温は約 13℃、Ba の播種から調査終了の 2008～2012 年における最高気温と最低気温は、それぞれ 36.8℃、-9.2℃で冬期（12～3月）の平均最低気温が-4.5℃～-5.9℃であったことから、冬期の平均気温が 5℃以上、最も気温が低くても-9℃程度の地域に適していると考えられます。なお越冬に疑問が生じるような地域では、草地の一部や小さい牧区などに導入し、越冬を確認してから、本格的な導入を行うと良いでしょう。

3. Ba の特徴

1) 草型等

Ba は暖地型牧草の中でも比較的寒さに強い草種で、西南暖地では採草、放牧の両方で利用されています。寒地型牧草の生育が低下してしまうような気温の高い時期にも旺盛な生育を示し、3 kgN/10a 程度の施肥量で 900DMkg/10a の生産量を得ることも可能な、生産性の高い草種です。さらに永年性牧草ですので定着すれば、IR や栽培ヒエのように毎年播種する必要はありません。また、シバのようなほふく茎はありませんが、茎がほふくすることにより（図 1 左）、地表面を覆うので、雑草の侵入が抑えられるため（図 1 右）、草地管理が楽で



図 1 茎がほふくするバヒアグラス（左）。シバ草地のように地表面がバヒアグラスで覆われている草地（右）。

す。さらに、比較的湿潤状態にも強い草種で、調査地においても、降雨により数日間水がたまった状態になっても枯れることはありませんでしたので、水のたまりやすい水田跡地などでの利用にも適しています。

2) 栄養価

Ba の放牧利用条件下における栄養価は TDN (可消化養分総量) が 50% 前後、粗蛋白質は 10% 前後と報告されています (中村ら 2010)。また、繊維成分の中でも Ob (低消化性繊維) の割合は 50% 以上、NFC (非繊維性炭水化物) は 10% 以下です。肉用繁殖牛の維持に必要な TDN は 50%、粗蛋白質は 12% とされていることから、Ba は肉用繁殖牛の放牧に適していると考えられます。しかし、繊維分が多いためやや嗜好性が劣ることや、粗蛋白質や NFC 含有量が低いことから、暑熱時や妊娠末期および授乳期など、通常より多くのエネルギーを必要とする時期には、補助飼料の給与を行いましょう。

3) 造成方法

Ba は初期生育が遅いため、発芽後に旺盛な生育をさせることが早期造成のポイントとなります。そのため、関東地域で利用する際には、秋の造成は行わず、春 (5 月) から梅雨明け前 (7 月上旬) に造成を行い、気温の高い時期に旺盛に生育させます。また、造成にあたっては、できる限り耕起を行い、播種後に鎮圧を行うと発芽・定着が良くなります。調査地では、不耕起播種機による Ba の導入も試みましたが、耕起した場合に比べると定着が劣り、草地化に時間がかかりました。

4) 生産性と放牧利用

調査地における、Ba 生産量は約 900 DMkg/10a でした。これは栃木県の水田跡地に栽培された寒地型牧草の生産量に匹敵する量です。しかし Ba は先にも説明したように、暖かい地域に適しているため、寒地型牧草に比べると春先の生育が遅く 5 月中旬ごろから生育が開始します (図 2)。1 日あたりの生産量 (日乾物増加速度) は暑くなるに従い増加し、7~8 月頃に最も多くなります。しかしながら、9 月になると急激に生産量が低下します。このため放牧期間は 5 月中旬~10 月上旬頃までとなります。また出穂は、6 月~9 月頃まで、断続的に続きます。出穂すると茎が固くなるために牛の嗜好性が低下し、食い残しが生じますので、出穂をさせないように、できるだけ定置放牧 (同じ放牧地で連続して放牧する方法) を行うように心がけましょう。調査地においても輪換放牧 (複数の放牧地を順々に利用する方法) では放牧期間中の Ba の利用率は 50% 程度でしたが、夏期に定置放牧に近い状態で放牧することで、利用率を 70% 程度まで高めることが出来ました。

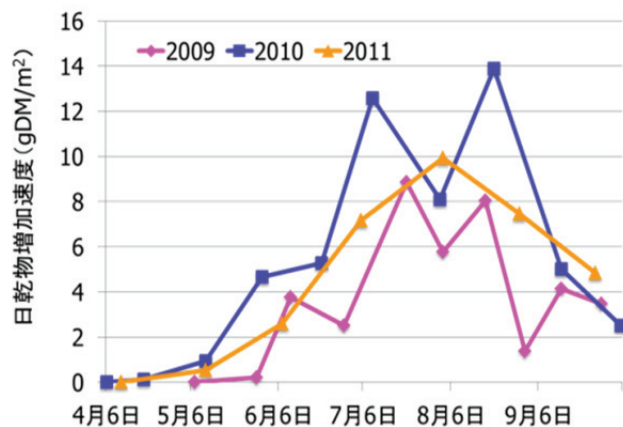


図 2 バヒアグラスの 1 日あたりの乾物増加量の推移.

4. Ba 草地への IR の追播

Ba 草地では春先に放牧が出来ないため、寒地型牧草の放牧地に比べると放牧期間が短くなります。そこで、秋に Ba 草地に寒地型牧草である IR を追播することにより、放牧期間を延長することが出来ます。IR と Ba は生育時期が異なるため競合が少なく、放牧期間を通じて牧草量が安定します（図 3）。

1) 追播の方法

IR の追播は、10 月中旬までに行いましょう。播種が遅れると IR の生産量が著しく低下します。しかし、早すぎると Ba も伸びて、IR の生育を抑えてしまいますので適期に作業するように心がけましょう。IR を播種する前には、牛をやや多めに放牧し、Ba の草高を 10cm 以下にしておきます。放牧だけで無理な場合は刈払いを行います。播種する IR の品種は、主に春先に利用する場合は早生系統を、年内にも利用したい場合は、極早生系統を用います。播種量は 3～4 kg/10a がよいでしょう。追播方法には、以下のような方法があります。

①不耕起播種機により追播する方法

不耕起播種機には主に、オープナーと呼ばれる爪のようなもので溝を掘るタイプ（図 4 左）と、ディスクにより溝を切るタイプ（図 4 右）の 2 種類があります。これらの機械は、草地に 15～25cm の間隔で幅 2～3 cm の溝を掘るだけですので、草地のダメージが少なく済み、さらに、牧草用の専用機では、種子の発芽もよくなります。作溝と播種（機械によっては施肥）、鎮圧といった一連の作業を同時に行うため、省力的です。いずれの機械を使用する場合でも、追播前に刈払いを行った場合は、刈払い草が播種機の爪やディスクなどに引っかかり、作業の邪魔になりますので、可能な限り除去します。播種・施肥同時タイプであれば、同時に施肥を行ってもいいですが、IR よりも先に Ba に吸収されてしまう可能性が高いため、IR が 10cm 程度まで生育してから施肥することも有効です。

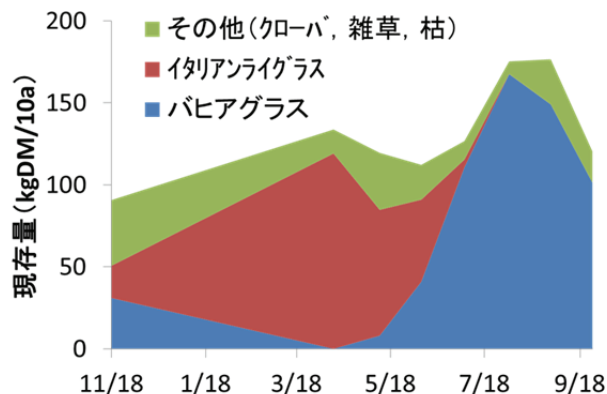


図 3 バヒアグラス草地へイタリアンライグラスを追播した草地における、両草種の現存量（その時点における牧草の量）の推移。



グラスファーマ エイチゾン社製

NSV600B ニプロ社製

図 4 不耕起播種機。

②一部抜歯したロータリにより部分耕起して追播する方法

耕起幅が 30cm 程度になるように回転歯を外したロータリ(図 5)で 10~15cm の深さに耕起し、耕起した部分に手や動噴で播種を行います。その後、トラック等で鎮圧します。IR は種が大きいいため、鎮圧しないと発芽が悪くなりますので、鎮圧作業は必ず行いましょう。施肥は播種した IR が 10cm 程度までに伸びてから施用すると、雑草等に養分を取られにくくなり、有効に利用されます。



図 5 回転歯を一部抜いたロータリ。

③その他の方法

Ba 草地への IR の追播には、この他にも、播種後堆肥で覆土する方法等もありますので参考文献を参照して下さい(山田ら 2010, 堀ら 2004)。

5. 営農現場での実績

1) Ba の生産量と栄養価

関東平野部(茨城県常総市)の水田地帯の一角にある耕作放棄地へ、播種の前年(2007年)から放牧を開始し、2008年の春に耕起を行い、Ba 種子(Ba: 3kg/10a)を播種しました。この Ba 草地の 2009~2011年における生産量は、それぞれ乾物で 613, 1014, 950kg/10a でした。なお年間の施肥量は窒素あたりで約 7kg/10a (IR 追播時の施肥量(4kgN/10a)も含む)でした。Ba は九州地方においても造成年の放牧は難しいとされており、営農現場でも、播種後、2年目(2009年)と3年目(2010年)の生産量には大きく差がみられたことから、

関東平野部において Ba 草地の生産性が安定するのは播種から3年目以降であると考えられます。また、放牧期間中における Ba の TDN は 55~50%, 粗蛋白質は 10~18% で推移し(図 6), これまで報告されている値よりも若干高くなっていました。

2) IR の追播と生産量

2010年の10月6日に不耕起播種機(グラスファーマ エイチゾン社製)と部分耕起により IR (さちあおば 3kg/10a)を追播しました(図 7)。追播前には Ba の草高が 10cm 程度になるように掃除刈りを行い、刈払い草を一部回収しました。部分耕起では、耕うん幅約 25cm で耕起を行い、その後手播きで播種を、トラックで鎮圧を行いました。いずれの場合も施肥は10月28日に尿素肥料(4kgN/10a)を圃場全体に散播しました。部分耕起による IR の生産量は約 440kg と、播種機の約 500kg に比べるとやや低く、また追播後の Ba の生産量も播種機に比べると若干低くなったものの、両草種で年間約 1200kgDM/10a の生産量が

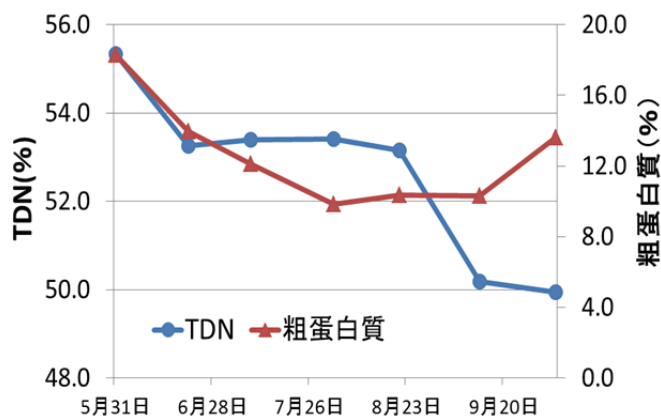


図 6 営農現場におけるバヒアグラスの TDN と粗蛋白質含有率の推移。

得られました。さらに、部分耕起では耕起により雑草の侵入が心配されましたが、雑草の侵入はほとんど認められませんでした。これらのことから、播種機を持たない営農現場でも部分耕起により Ba 草地へ IR を追播することで高い牧草生産量を得ることが可能です。

3) 放牧実績

営農現場における Ba と IR の両草種を合わせた年間生産量は 1375kgDM/10a でした。この圃場 (15a) における放牧実績は、他牧区との輪換放牧利用で、2010 年 11 月 1 日～2011 年 9 月 16 日までの間に計 65 日、326 頭・日でした。月別の放牧実績を図 8 に示しました。Ba のみでは、放牧は 5 月から 10 月までしか行えませんでした。IR を追播することで 11 月、3～5 月の放牧が可能となりました。

4) Ba と IR による牧養力

放牧牛による牧草の利用率を 70% とした場合、営農現場での牧草生産量と肉用繁殖牛の維持乾物要求量 (体重 500kg で 1 日あたり乾物 6.54kg) から、牧養力を算出すると Ba のみでは 95CD/10a でしたが、IR を追播した場合は 147CD/10a と約 1.5 倍になりました。この値から、15a あれば、関東平野部で IR を追播した Ba 草地において肉用繁殖牛 1 頭を 4 月から 10 月まで放牧することができると試算されました。



図7 部分耕起 (左) と不耕起播種機 (右) で播種されたイタリアンライグラスの様子。

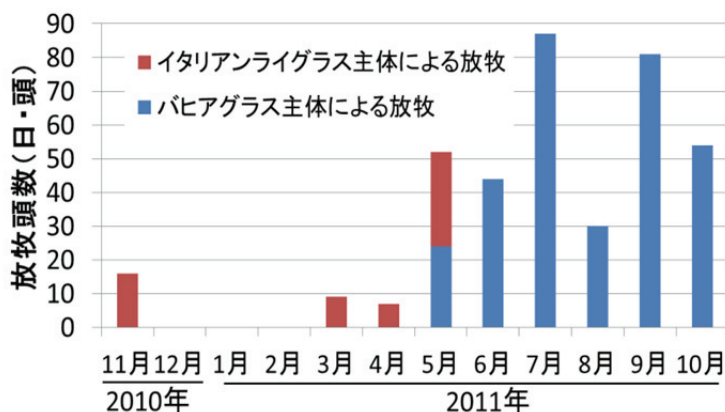


図8 営農現場におけるイタリアンライグラス、バヒアグラスそれぞれを主体として放牧した実績。

参考文献

掘 誠ら (2004) バヒアグラス草地における改良型追播機の利用によるイタリアンライグラスの追播. 九州農業研究 66 p151.

中村好徳ら (2010) 放牧と自給飼料を組み合わせた新しい肉用牛生産方法“草地育成・肥育技術”の可能性と肉質の特徴. 日暖畜報 53 (1) 41-49.

山田明央ら (2010) バヒアグラス草地へのイタリアンライグラスの簡易なオーバーシーディング法. 農研機構, 九州沖縄農業研究センター 2010 年の成果情報.

<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/karc/2010/konarc10-01.html>

(執筆者：北川美弥・山本嘉人)

第3節 飼料イネを利用した秋冬季放牧技術

1. 家畜飼料としてのイネの利点と利用上の課題

飼料イネは、牧草栽培の難しい湿田でも栽培できる数少ない飼料作物です。近年、育種された飼料イネ専用品種は、多肥栽培でも倒伏し難く、適切に肥培管理すれば10a当たり乾物1t～2tの生産量が得られ、適切な品種を選択すれば冬季まで圃場に立毛状態で保存することもできます。また、湛水状態では硝酸態窒素が生成されにくいため、堆肥をたくさん投入して栽培しても安心して牛に給与できるのも飼料イネの利点です（図1）。

他方、飼料イネは稲発酵粗飼料（イネ WCS）として収穫調製され、畜舎に運搬して牛に給与するのが一般的ですが、収穫調製作業に高額な機械が必要になります。また、イネ WCSは梱包密度が低く、高水分のため運搬作業にも労力と経費を要します。

そこでこの節では、飼料イネの収穫利用の負担を低減し、放牧期間の延長を可能にする「飼料イネの放牧利用技術」を紹介します。

2. 飼料イネの立毛放牧の適用場面

飼料イネの放牧利用は、①イネ WCS の収穫調製に必要な高額機械の導入困難な場合、②公共牧場や水田・畑での牧草放牧を既に実施していて秋冬季に放牧の延長を図りたい場合、③飼料イネの収穫調製作業の繁忙期の収穫作業や家畜飼養管理作業の軽減を図りたい場合、等に導入を勧められます。



図1 コシヒカリ(右)と比べた飼料イネ専用品種「タチアオバ」: 茎が太く草丈が高く、晩生品種のため10月でも茎葉が青い

3. 飼料イネの放牧利用技術

1) 飼料イネの栄養特性

飼料イネの栄養成分は穂と茎葉で大きく異なり、穂はデンプンや蛋白が高く、茎葉はこれらが低く繊維が多くなります。牛に自由に採食させると穂の方から好んで食べます。穂は消化し難い籾殻で覆われていますので、籾を大量に摂取すると胃の中で食滞を起こすことがあります。このため、穂部だけを選び好みしないように茎葉と一緒に食べさせる必要があります。

茎葉の嗜好性は、茎葉に含まれる蛋白、糖、繊維の質に影響されます。専用品種を含めてイネの蛋白成分は牧草や一般の飼料作物と比べて低く、穂部で6～9%前後、茎葉部は2～8%程度です。茎葉部の蛋白成分は、品種間差よりも施肥の差が大きく多肥栽培によりある程度高めることができます。

茎葉に含まれる糖は品種と生育ステージにより異なります。「モミロマン」など穂重型品種は茎葉部の糖蓄積は少なく、「たちすずか」など穂の少ない茎葉型の品種は茎葉部の糖蓄積が多くなる傾向が見られます。繊維は高消化性の繊維と低消化性の繊維に分けられますが、低消化性の繊維の少ない品種ほど牛の嗜好性は高くなります。

飼料イネの放牧利用に当たっては、以上のような栄養特性を踏まえて、品種選択や施肥の工夫が必要です。

2) 飼料イネの放牧利用技術

① 茎葉型専用品種の利用

「モミロマン」などの穂重型品種は茎葉に対して穂の量が多く、茎葉の糖蓄積及び TDN（可消化養分総量）が茎葉型品種と比べて低いため放牧時の摂取量が穂に偏ります。このため、低消化性の粳米を多量に摂取した牛が消化不良から食滞を起こすことがあり、茎葉の食べ残しも多くなります。また、完熟期以降、鳥害を受け減少することも考えられます。そこで、飼料イネの放牧利用に当たっては、「たちすずか」「タチアオバ」などの茎葉型品種を用います。いずれも極晩生で出穂は9月以降になるため、10月以降に放牧利用する場合に勧められる品種です。9月から飼料イネの放牧を行う場合は、「関東飼糯 254 号」「たちすがた」などの早生、中生の茎葉型品種を勧めます。

② 排水性の高い圃場、バックヤード付き圃場の選択

放牧利用により飼料イネの圃場は泥濘化しやすくなります。泥濘化した圃場では牛の休息場所がなくストレスがかかります。このため、立毛放牧は排水性の良い圃場を選び、中干しを強めに行い、出穂期以降は畦畔の一部を切り降雨時の排水を良くします。また、バックヤードとして放牧牛が退避休息できる牧草地や里山に隣接する圃場で立毛放牧を行います。

③ 飼料イネの栽培管理

飼料イネ栽培は、食用米生産と同様に雑草防除は不可欠で、専用品種を用いた移植栽培が基本です。また、食用品種や専用品種でも直播栽培したイネは根の張りが弱いため、放牧利用時に牛が根ごとイネ株を引き抜いてしまい食べ残しが多くなります。

飼料として必要な蛋白成分を低下しすぎないようにするため、施肥は窒素成分で元肥に10a 当たり 8kg、追肥に 4kg 程度施用します。追肥は、茎葉の伸張が止まる出穂時に行います。施用しすぎると専用品種と言えども倒伏します。倒伏したイネは栄養成分が低下し、泥で汚染されるため放牧牛の食べ残しが多くなります。

④ ストリップ方式の放牧利用

牛を飼料イネ圃場全面に放牧すると、牛は穂を好んで食べるため食滞を起こしやすく、また、イネが牛により踏み倒されたり、排せつ物で汚染されるため、食べ残しが多くなります。草丈の高い飼料イネの採草率を高める（残草を減らす）ためには、電気牧柵を活用しストリップ（帯状）方式で放牧牛に飼料イネを制限採食させます。圃場周囲の牧柵（外柵）に加えて、立毛イネ列の手前に地面から約 70cm の高さに、移設可能な電気牧柵（内柵、フロントフェンス）を設置し、牛の採食範囲を制限します。



図2 電気牧柵を利用した飼料イネのストリップ放牧

フロントフェンスは牛同士が争わないように長く確保します。また、脱柵を防ぐため、フロントフェンスは支柱をしっかりと立て、弛まないように張り電圧を高くします。フロントフェンスを角で前方へ押し広げる牛がいる場合は2段張りとします（70cm, 100cm）。そして、図2のようにフロントフェンスの下から飼料イネを放牧牛に採食させます。放牧牛が飼料イネの株元まで採食したら、フロントフェンスを未採食の立毛イネの手前まで前進させます。

⑤寄生虫検査

肝蛭などの汚染地域では寄生虫検査を行い、感染が確認された場合は駆虫薬を処方します。

4. 営農現場での飼料イネ立毛放牧の実際

1) 飼料イネ立毛放牧の実績

飼料イネの立毛放牧技術を開発した茨城県常総市の営農現場では、2007年から飼料イネの放牧を実施しています。この営農現場では妊娠牛 50 頭の通年放牧を行っており、春夏は約 10ha の転作田に牧草を栽培し放牧飼養しています。当初は9月から牧草が不足気味だったため、中生の茎葉型専用品種「たちすがた」を用いて、9月～11月末まで立毛放牧を行っていました。その後、暖地型永年草「バヒアグラス」が定着し10月末まで牧草で放牧飼養することが可能となり、飼料イネは11月から1月の晩秋から初冬にかけての放牧飼料と位置づけ、品種も極晩生の「タチアオバ」を用いるようになりました(表1)。

2009年度は、7筆計 213a の圃場で9月4日から11月30日まで飼料イネの立毛放牧を実施しました。延べ放牧頭数は 2,372 頭、10a あたり放牧頭数は平均 111 頭であり、一般的な牧草地の約 2 倍の牧養力を確保することができました。ただし、漏生稲圃場や多湿田圃場、倒伏圃場では、採食ロスが多くなりました。

2010年度は、降雨時、牧草地等に牛を移動するようにし極晩生の「タチアオバ」を導入しました。その結果、4筆 153a の圃場で9月7日から翌年2月1日まで飼料イネの立毛放牧を実施することができました。延べ放牧頭数は 2,057 頭、10a あたり放牧頭数は平均 134 頭に向上しました。

表1 飼料イネ立毛放牧の実績

圃場番号 2009年	面積	品種(移植日)	圃場生産量(乾物kg/10a)	放牧期間	放牧延べ頭数 (日頭)	牧養力(日頭/10a)	採食ロス	備考
①	15	コシヒカリ(6/3)	828	9/10-9/29	143	95		雑草繁茂
②*	20	夢あおば	775	9/4-10/1	260	130	19.6	漏生イネ
③	55	たちすがた(7/13)	1,110	9/23-11/22	415	75	9.9	
④*	50	たちすがた(6/26)	1,177	10/6-11/16	511	102	12.6	
⑤	14	たちすがた(6/3)		10/4-11/24	161	115		多湿田
⑥*	23	たちすがた(6/3)	2,032	9/25-11/23	361	159	13.8	倒伏
⑦*	36	たちすがた(6/22)	1,613	10/13-11/30	521	145	5.3	
計	213			9/4-11/30	2,372	111		
2010年								
⑧*	70	モミロマン(6/21)	1,381	9/7-11/23	802	115	11.2	
⑥*	23	たちすがた(6/25)	1,451	9/20-11/30	297	129	12.1	
①	36	たちすがた(6/25)	1,779	10/18-1/12	509	141	25.8	多湿田
⑨*	23.5	タチアオバ(6/3)	1,877	12/9-2/1	449	191	13.2	出穂時追肥
計	153			9/7-2/1	2,057	134		
2011年								
⑩	18	タチアオバ(6/3)	1,080	10/15-11/20	216	120	7.0	乾田
⑪	28	タチアオバ(6/3)	1,315	10/16-12/7	332	119	18.2	多湿田
⑫	7.2	タチアオバ(6/4)	1,483	12/6-12/24	108	150	14.0	
⑨	23.5	モミロマン(5/31)	1,494	11/3-12/4	115	途中中止	32.0	放牧牛の食滞発生
計	77	(⑨を除く)		10/15-12/24	771	101		

注:1)圃場番号の右の*印は、バックヤード有りの圃場を示す。

2)圃場生産量は、坪刈による放牧開始時の乾物量推計値。

3)採食ロス率=(50株エリア内の残草量)/(未採食イネ20株の重量×2.5)*100

2011年度は、モミロマンの圃場では完熟期以降に嗜好性が低下し、食べ残しが多く、穂を過剰に採食した複数の牛に第1胃食滞が発生したため、途中で放牧利用を中止しました。

2) 飼料イネの栄養成分の推移

表1の2010年圃場⑨で、6月上旬に移植し出穂時に尿素9kg(窒素成分4kg)/10aの追肥を行ったタチアオバは、穂と茎葉合計で乾物1900g/m²前後の生産量が得られ、冬季でも倒伏せず可食草量は低下しませんでした。12月上旬の粗蛋白(CP)は慣行施肥よりも1.7ポイント高く、茎葉の非繊維性炭水化物(NFC)は黄熟期以降増加し、1月の可消化養分総量(TDN)は約53%と慣行の稲わらより10ポイント以上高い値でした(表2)。

表2 現地圃場で放牧試験に供した飼料イネ専用品種タチアオバの生産量と栄養成分

採材月日	出穂時追肥・タチアオバ・全体				同左・茎葉				同左・穂			
	乾物重 (g/m ²)	粗蛋白 (CP、%/ 乾物)	非繊維性 炭水化物 (NFC、%/ 乾物)	可消化養 分総量 TDN(%/ 乾物)	乾物重	CP	NFC	TDN	乾物重	CP	NFC	TDN
10月13日	1,910	5.7	27.8	55.6	1,334	4.9	15.2	50.1	576	7.6	57.0	68.5
11月10日	2,010	5.1	32.6	58.7	1,416	4.0	20.3	54.7	594	7.6	62.0	68.1
12月8日	1,880	5.3	36.1	55.4	1,296	4.2	23.6	49.4	584	7.8	63.7	68.8
1月12日	1,877	4.7	42.4	57.6	1,314	3.5	33.2	52.8	563	7.4	63.9	68.8
	慣行施肥・タチアオバ・全体				同左・茎葉				同左・穂			
12月8日	1,448	3.6	38.0	55.9	1,061	2.6	29.2	51.8	387	6.5	62.1	67.1

3) イネ立毛放牧による牛の栄養状態の変化

試験圃場⑨で、維持期の肉用種繁殖牛および乳用種乾乳牛を、12月9日から2月1日まで補助飼料なしでストリップ方式により放牧を行った結果、採食ロス率は13.2%と低く、補助飼料なしで延べ449頭、10aあたり191日頭のきわめて高い放牧実績が得られました(図3)。

放牧牛の体重および血液性状を放牧開始後1か月間で比較すると、体重は413kgから435kgに22kg増加し、総コレステロール値(Tch)は96mg/dlから128mg/dlに増加しました。飼料イネの蛋白成分が低いため、血液中の総蛋白値は、7.6g/dlから7.4g/dlにやや低下しましたが、基準値の範囲内に納まっています(表3)。1月になっても「タチアオバ」の茎葉も含めてNFC及びTDNが高かったことが、放牧牛の高い栄養状態を維持できたと考えられます。



図3 飼料イネの冬期立毛放牧

表3 立毛放牧前後の体重と血液性状の変化

測定項目	測定日	肉用種繁殖 牛(4頭)	乳用種乾乳 牛(3頭)	平均
体重(kg)	12月9日	436	383	413
	1月12日	460	401	435
	増減	24	18	22
Tch(mg/dl)	12月9日	112	74	96
	1月12日	165	77	128
	基準値80-150 増減	53	3	32
TP(g/dl)	12月9日	7.1	8.3	7.6
	1月12日	7.2	7.8	7.4
	基準値5-7.5 増減	0.1	-0.5	-0.2

5. 飼料イネ放牧利用の経済性

飼料イネの立毛放牧では、牧柵資材の調達と設置、牧柵の移動などの経費と労働を要します。しかし、イネ WCS 生産に必要な高額な機械の利用、ラップフィルムなどの資材の使用、機械による収穫調製作業や畜舎への運搬、牛への給餌、排せつ物処理、堆肥の運搬散布の各作業が削減されます。そこで、飼料イネを栽培する耕種経営が、収穫調製を委託しイネ WCS として販売するケース（乾物 1kg あたり 40 円）と畜産経営の牛を預託放牧し料金を受け取るケース（1日1頭当たり400円）で、生産量に応じた収益性を比較してみます。

耕種経営は、預託放牧のケースでは放牧管理の労働を必要としますが、イネ WCS 販売よりも収益は 10a あたり 3～4万円高くなります（図4）。また、飼料イネの圃場生産量が多いほど、放牧預託の収益がより多くなり、飼料増産（単収増加）のインセンティブも湧きやすくなります。

畜産経営ではイネ WCS の購入利用と比べて立毛放牧委託の方が費用を要しますが、給餌と排せつ物処理作業が大幅に削減できます。繁殖牛 50 頭で試算すると 1日あたり費用増加 6,600 円に対して、労働時間は 7 時間節減されるため、労賃単価を 940 円/時以上と評価する場合は、立毛放牧委託の方が経営的に有利になります。さらに、冬季にも牛舎に空きが生じるため、家畜の増頭など経営発展が可能になります（表4）。

ただし、現行の農業者戸別所得補償制度のもとでは、飼料イネを WCS 用に収穫する場合は 10a あたり 8 万円の助成が交付されるのに対して、立毛放牧では 4.8 万円（一般作物 3.5 万円＋水田放牧 1.3 万円）の交付にとどまることに留意しましょう。

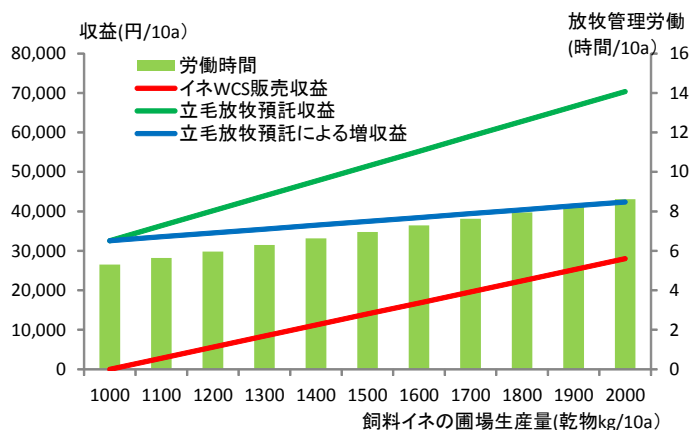


図4 イネWCS販売と立毛放牧の収益比較(耕種経営)

注:1)イネWCS販売収益は、実収量を圃場生産量の80%、販売単価を40円/乾物kg、収穫調製委託料を(28千円/10a+5円/乾物kg)として計算。
2)立毛放牧預託収益は、採食率を85%、採食量を9kg/日、放牧料金を400円/日、牧柵資材償却費を5200円/10aとして計算。

表4 イネWCS購入利用と立毛放牧委託の収益比較
(畜産経営、繁殖牛50頭分/日)

	イネWCS 購入利用	飼料イネ立毛 放牧委託
イネWCS購入費用(円)	8,000	
補助飼料(円)	5,400	
放牧委託料(円)		20,000
費用計(円)	13,400	20,000
給餌・排せつ物処理作業(時間)	7.5	
家畜運搬作業(時間)		0.5

注:1)イネWCS購入利用は、イネWCS4kg(@40円/乾物kg)とへイキューブ2kg(@54円/乾物kg)とする。2)放牧委託料金単価は、茨城県内の公共牧場の冬季預託料金400円/日頭を用いて計算した。3)畜舎、堆肥舎の償却費は含めていない。

(執筆者：千田雅之，石川哲也，松山裕城，的場和弘)

第4節 再生イネと牧草を利用した水田裏作放牧技術

1. この技術のねらいー水田の通年利用と放牧期間の延長ー

今日、水田の多くは稲1作、利用期間は1年のうち4～5か月程度で、冬季を中心に半年以上は遊休状態です。また、コシヒカリなど早生食用米の収穫後には、再生イネ（ひこばえ）の伸張する圃場がみられますが。ほとんど利用されていません。他方、家畜飼養の省力化効果の顕著な放牧は、夏季を中心に行われており、牧草生育の低下する10月頃から4月頃まで牛舎で飼養することが多くなります。

そこで、再生イネなど未利用資源と水田の通年利用、放牧期間の拡大を図ることをねらいに、イネ収穫後の水田圃場で、再生イネおよび牧草を栽培して秋と春に放牧を行う技術を開発しました。この節では、WCS（発酵粗飼料）用の飼料イネ作付水田の裏作放牧技術として、牛の嗜好性の高い再生イネの生産を促す品種・施肥法と飼料イネの収穫時期、早春に利用する牧草の播種法を解説するとともに、営農現場における水田裏作の牧養力と牛の栄養状態への影響及び営農上の有用性について紹介します。

2. 再生イネの生産を促す品種・施肥法と収穫時期

再生イネの生産量を確保するため、2011年に茨城県つくばみらい市の中央農研谷和原水田圃場において、早生種の穂重型品種「夢あおば」と、茎葉型育成系統「関東飼糯254号」を用いて、窒素施肥法（追肥あり、なし）、WCS調製時期（出穂後約3週、5週）が再生に及ぼす影響を調査しました。

5月9日に稚苗を設定栽植密度15.2株/m²で機械移植しました。窒素施肥量は、標準区は高度化成で10a当たり5.6kgとLP70で4.2kgを、いずれも基肥として施用しました。追肥区は、7月13日に尿素で4kgを施用しました。出穂後約3週および約5週にフレール型専用収穫機を使用して、刈り高約10cmでWCS用イネとして収穫しました。再生イネの調査は、10月14日に、残存株とあわせて刈り高5cmで採取しました。

1) 品種・施肥法と収穫時期が再生イネの生産量に及ぼす影響

WCS用イネの乾物重は、出穂期が約10日遅い「関東飼糯254号」の方が大きく、追肥区や出穂後約5週収穫がそれぞれ大きくなり（図1左）、専用収穫機での収量も同様の傾向を示すと考えられます。一

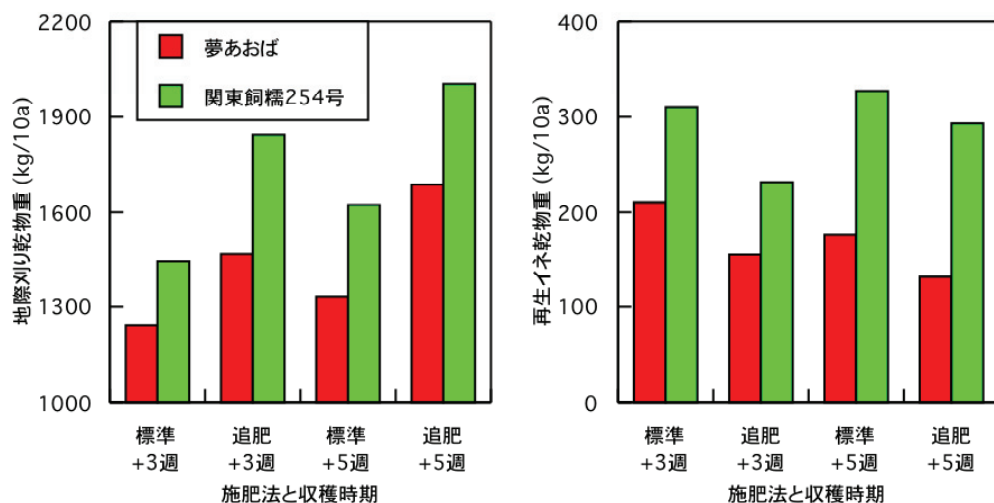


図1 品種・施肥法と収穫時期がWCS用イネと再生イネの生産量に及ぼす影響

注：+3週は出穂後約3週間目に収穫，+5週は出穂後約5週間目に収穫

方、再生イネの乾物重は、「関東飼糶 254 号」の方が大きく、標準区が追肥区より大きくなりました。収穫時期の影響は品種により異なり、「夢あおば」は出穂後約3週収穫が、「関東飼糶 254 号」は出穂後約5週収穫が、それぞれ大きくなりました。

2) 品種・施肥法と収穫時期が再生イネの飼料成分に及ぼす影響

出穂後約5週に収穫した標準区の WCS 用イネと再生イネについて、それぞれの飼料成分を分析しました。WCS 用イネでは、各成分や推定した可消化養分総量 (TDN) 含量には大きな品種間差はありませんでした。これに対して、再生イネでは、「関東飼糶 254 号」の粗タンパク質 (CP) 含量がやや低く、非繊維性炭水化物 (NFC) 含量はやや高くなり、推定 TDN 含量もやや高くなりました (表1)。

表1 WCS用イネと再生稲の飼料成分における品種間差

部位	収穫時期	施肥法	品種	CP	NFC	推定TDN
WCS用イネ	出穂後約5週	標準	夢あおば	4.2	30.2	52.4
			関東飼糶254号	3.9	31.8	51.5
再生イネ	出穂後約5週	標準	夢あおば	8.4	9.5	47.4
			関東飼糶254号	6.5	14.5	51.7

CP: 粗蛋白質、NFC: 非繊維製炭水化物、TDN: 可消化養分総量、いずれも乾物中%

WCS用イネの推定TDN=54.297+1.205×高消化性繊維?0.109×低消化性繊維?0.462×粗灰分

再生イネの推定TDN=0.89×(細胞内容物+高消化性繊維))+0.45×(総繊維)-5.45

3) 再生イネの生育を促す栽培条件

以上の試験結果から、作付けする品種は、「関東飼糶 254 号」のような茎葉型のものが適していると考えられます。また、出穂前の窒素追肥は、WCS 用イネの収量を増やす一方で、再生イネの生育を抑えてしまうことがわかりました。再生イネのための窒素施肥法としては、WCS 調製後の即効性肥料散布か、出穂前の緩効性肥料散布が適していると考えられます。

茎葉型育成系統の「関東飼糶 254 号」は、出穂後約3週で黄熟期に達して、出穂後約5週はほぼ完熟期になります。これに対して、穂重型品種の「夢あおば」は、出穂後約5週に黄熟期に達します。したがって、どちらのタイプの品種であっても、「黄熟期を避けて」収穫する方が、再生イネの生育が促進されると考えられます。

実際の営農現場では、WCS 調製前の落水と、再生イネ生育のための入水がポイントとなりますので、地域の水利慣行に応じて、適切な品種・収穫時期を選定することが重要です。

3. 営農現場における再生イネと牧草を利用した水田裏作放牧の実際

茨城県常総市菅生地区の水田圃場において、5月中下旬に移植栽培した WCS 用イネを8月下旬に収穫した後、追肥を行い一時的に入水してイネの再生を促し、10月上旬頃から再生イネを利用して妊娠7～9か月齢の繁殖牛を12月中旬頃まで、順次圃場を移動させながら放牧飼養を行っています。また、再生イネの放牧時にイタリアンライグラスを播種し、3月上旬からイネ移植前の4月下旬まで繁殖牛の放牧飼養を行っています。すなわち、「WCS 用イネ生産-再生イネ放牧-牧草放牧」の三毛作です。

以下では現地調査で得られた再生イネの生産量と栄養価、放牧牛の栄養状態への影響について紹介します。また、再生イネと牧草を利用した水田裏作放牧技術の経済性を検討します。

1) 再生イネの生産量と栄養成分

表2は2009年から水田裏作放牧を継続している圃場の実績を示しています。WCS 用イネ収穫後の再生イネの生産量は、品種、収穫時期等により異なり、2009年の夢あおばは追肥量が2kgと少ないにもかかわらず乾物202kgを確保できましたが、2010年のモミロマンは

追肥量を 4kg に増やしたにもかかわらず 68kg と低くなりました。また、2011 年は WCS 用イネ収穫の 2 週間前に追肥を行ったところ、WCS 用イネの収穫量は増えましたが、再生イネの生育は皆無に近い状態でした。2012 年はモミロマンを乳熟期頃に収穫したところ、WCS 用イネの収穫量は減少しましたが、再生イネは 300 ～ 400kg に増えました。



WCS用イネの栽培・収穫(5-8月) 再生イネの放牧(10~12月) 牧草による放牧(3~4月)

図2 「イネWCS生産－再生イネ放牧－牧草放牧」による水田通年利用モデル

表2 再生イネと牧草によるWCS用イネ裏作放牧の実績

年度	圃場 番号	WCS用イネ		再生イネ放牧		牧草放牧		放牧頭数 計(日頭 /10a)	
		品種	収穫量(乾 物kg/10a)	生産量(乾 物kg/10a)	放牧期間	頭数(日 頭/10a)	放牧期間		頭数(日 頭/10a)
2009	①(78a)	夢あおば	1,261	202	10/15-11/5	16.2	3/9-5/1	22.7	38.8
	②(74a)	夢あおば	1,272		11/5-11/27	17.8	3/12-5/2	18.4	36.2
2010	①	モミロマン	1,216	160	10/14-10/24	9.0	2/17-3/15	23.3	32.3
	②	モミロマン	1,084		10/24-11/1	7.6	3/5-3/17	10.8	18.4
2011	①	たちすがた	1,473	0	再生量が少なかったため		原発事故により		
	②	ホシアオバ	1,367		実施せず		放牧自粛		
2012	①	モミロマン	1,036	307	9/25-10/15	17.8			17.8
	②	モミロマン	1,084	401	10/7-11/12	27.6			27.6
参考	③	関東飼糯254号	980	337	10/14-11/3	26.0			26.0

注: 1) 2009年度から調査を継続している圃場の実績。冬季に堆肥を10a当たり6t施用。WCS用イネ栽培時は無施肥。2011年度以外は、稲WCS収穫直後に、尿素を窒素成分で10a当たり4kg施用。2011年度は、稲WCS収穫2週間前に尿素を追肥。WCS用稲は牧草収穫機体系で収穫調製。牧草は、再生イネ放牧時にイタリアンライグラスを10a当たり3kg散播し、放牧牛に踏ませて鎮圧。2012年度の牧養力は、再生イネのみの値。

表3 再生イネの生産量と栄養成分

種類・品種等	再生イネ				
	食用品種2010 (10圃場平均)	専用品種			
		夢あおば 2009	モミロマン 2010	モミロマン 2012	関東飼糯254号 2012
移植日・播種日	5月上旬	4月26日	5月14日	5月20日	5月21日
収穫日	9月上旬	8月23日	8月31日	8月23日	8月22日
生育ステージ	完熟期	完熟期	糊熟期	乳熟期	黄熟期
刈り取り高		15cm	15cm	15cm	15cm
追肥	なし	N2kg	N4kg	N4kg	N4kg
調査日	10月18日	10月14日	10月20日	9月30日	9月30日
乾物生産量(kg/10a)	176	202	160	369	337
粗蛋白(CP)	7.2	9.1	10.4	14.5	10.9
非繊維性炭水化物(NFC)	14.6	17.4	11.9	7.6	14.4
総繊維(NDF)	61.7	53.6	58.7	61.4	60.8
高消化性繊維(Oa)	14.4	9.1	18.6	14.4	15.3
低消化性繊維(Ob)	47.3	44.5	40.1	39.9	43.1
可消化養分総量(TDN)	55.4	51.4	58.9	57.6	59.0

注: 栄養成分は乾物あたり割合(%). $TDN = (CP + NFC + Oa + \text{粗脂肪}) * 0.89 + NDF * 0.45 - 5.45$

WCS 用イネ収穫後に追肥を行った再生イネの栄養成分は、粗蛋白（CP）および可消化養分総量（TDN）は比較的高く、とくに CP は追肥なしの食用品種の再生イネより明らかに高く牛の嗜好性は高いようでした。他方、追肥なしの食用稲の再生イネの CP は7%ほどでしたが食べ残しが多く牛の嗜好性は明らかに低い様子が見て取れました（表3）。

蹄耕法により播種した牧草の生産量は、3月中旬では乾物 100kg/10a 前後、4月中旬には約 300kg に達しました。3月上旬からこれらの牧草の放牧利用を開始しましたが、3月の牧草は CP および NFC が高く TDN も高いのですが、総繊維（NDF）とりわけ低消化性繊維（Ob）が少なく乾物摂取量の不足が懸念されました。

2) イネ WCS 裏作の放牧実績と放牧牛の血液性状等

放牧利用は再生イネの生産量を反映して、2009年、2012年は10a当たり20日頭前後実施できましたが、2010年は10日頭以下にとどまり2011年は実施できませんでした。春の牧草の放牧は、5月中旬に飼料イネの移植を行うことから4月中に放牧を終えるため、10a当たり20日頭前後にとどまりました。この結果、2009年秋～2010年春の水田裏作の放牧頭数は10a当たり38日頭でした（表2）。

再生イネ放牧前後の繁殖牛の血液性状は、総コレステロール値（Tch）は基準値内に納まり、総蛋白（TP）はやや高めに推移しており、2010年に行った調査では放牧3週間後の体重は11kg増加していました。また、産子の体重も実施農場平均の33kgよりも約2kg多い35kgでした（表4）。このことから追肥を行い蛋白成分を高めた再生イネの栄養価は高く、補助飼料なしで妊娠後期の繁殖牛を十分養えると考えられます。

表4 再生イネ放牧牛の栄養状態と産子体重

	2009再生イネ		2010再生イネ	
再生イネ放牧頭数(頭)	6		12	
入牧日	10月15日		10月14日	
退牧日	11月27日		11月5日～12月9日	
平均放牧日数(日)	43		40	
血液性状・測定日	10月15日	12月2日	10月14日	11月4日
Tch(mg/dl)	111	140	116	100
TP(g/dl)	7.4	7.1	7.8	7.8
BUN(mg/dl)	15.3	10.2	13.9	16.9
放牧牛の体重(kg)			487	499
出生子牛の平均体重(kg)	35		35.5	
注:血液性状の基準値は、Tch:80-150mg/dl, TP:5-7.5g/dl, BUN:9-14mg/dl.				

3) 水田裏作放牧の経済性

水田裏作放牧に要した費用は労働費を含めて10aあたり約6,400円、労働時間は1.7時間でした。秋の再生イネ放牧と春の牧草放牧を併せて、10aあたり20日頭の放牧を行った場合の飼養経費は322円/日頭と試算されます。40日頭の場合は161円/日頭となります（表5）。牛舎飼養の場合、飼料費だけで300円/日頭、給餌や排せつ物処理の労力や施設の償却費を考えると、繁殖牛1日あたり飼養経費は500円ほどです。

表5 水田裏作放牧の経済性(1.5ha分)

費目等	金額(円)
牧柵資材・給水器	31,513
牧草種子・肥料	26,946
労働費(牧柵移設等)	18,000
労働費(転牧・給水等)	20,100
計	96,559
10aあたり費用	6,437
同(労働費除く)	3,897
1日1頭あたり費用	
放牧頭数20日頭/10aのケース	322
同 30日頭	215
同 40日頭	161

注:労働費は労賃単価を1,500円/時として計算。

4) 再生イネと牧草を利用したイネ水田裏作放牧の技術的ポイントと留意点

これまでの研究結果及び営農現場での取り組みより、再生イネの放牧利用および牧草播種の技術ポイント、経営的効果及び留意点等を整理します。

① WCS 用イネの早期収穫と収穫後の追肥

再生イネの生産量を確保するためには、気温の高い8月下旬頃までに WCS 用イネを黄熟期を避けて収穫します。5月中旬に移植する場合、「モミロマン」等の中生種は乳熟～糊熟期に、「関東飼糶 254 号」等の早生種は完熟期の収穫とします。

追肥を行わない再生イネは、蛋白成分が低く放牧牛の嗜好性が劣るため、WCS 用イネ収穫後に必ず追肥を行い、可能であれば1～2回浅く湛水します。ただし、降霜後の再生イネの嗜好性は低下する傾向が見られましたので、9月下旬～11月下旬にかけて放牧利用します。冬季は再生イネ放牧時に播種した牧草の生育を促すため放牧を控えます。またこの時期に堆肥を散布します。

② 牧草播種とストリップ方式の放牧

再生イネの放牧時に、イタリアンライグラス等の牧草を播種し、放牧牛に踏ませて鎮圧を行うと発芽率が高くなります。ただし、長期間、踏ませると発芽した牧草が損傷するため、放牧牛の採食範囲と播種した牧草の踏圧期間を制限します。このため、電気牧柵を利用して、再生イネの採食範囲を制限しつつ牧草を播種するとともに、播種した牧草の踏圧期間が5日以内に納まるよう、バックフェンスを設置し、両フェンスを平行移動させます。麦類は蹄耕法による発芽率が低い傾向が見られますので、イタリアンライグラスを用いるのが良いでしょう。



図3 再生イネ放牧時の牧草播種(蹄耕法)

長く踏ませないためバックフェンスも移動

③ 排水性の高い圃場の選択

排水不良圃場では、放牧利用により泥濘化を招きやすく、播種した牧草の発芽・定着率が低くなります。このため、再生イネ放牧は排水性の良い圃場で行い、イネ生育中の中干しを強めに行い、放牧前に畦畔の一部を切り降雨時の排水を良くする等の対策を行います。

④ 寄生虫検査

肝蛭などの汚染地域では寄生虫検査を行い、感染が確認された場合は駆虫薬を処方します。

⑤ 経営経済性と適応場面

水田裏作での繁殖牛の放牧飼養は、牛舎内飼養と比べて飼養管理の省力化とコスト低減が図れますが、春の牧草放牧後、飼料イネ移植のための圃場の整備期間が短くなることに留意する必要があります。一般に公共牧場等の開牧期間は5月～10月であり、水田裏作の放牧利用により畜産農家では、放牧期間の延長と繁殖牛飼養の省力化とコスト低減が図れます。また、条件を満たせば、二毛作助成、耕畜連携（水田放牧）助成等の戸別所得補償の交付を受けられるため、経済的にも有効と考えられます。

参考文献

石川哲也・千田雅之「温暖地での早期栽培における稲発酵粗飼料専用品種・系統のひこばえ生育に及ぼす要因」（日本作物学会関東支部会報第26号，2011年，24-25頁）

（執筆者：千田雅之・石川哲也）

第5節 イネ WCS を利用した繁殖牛の冬季屋外飼養技術

1. イネ WCS を利用した繁殖牛の冬季屋外飼養のねらい

第1章第3節で紹介したように、イネ WCS（稲発酵粗飼料）は湿田でも栽培できる数少ない飼料作物ですが、高水分のため運搬作業に労力と経費を要します。体重 500kg の牛にイネ WCS を 1 日 12kg 給与すると年間 4.4 t のイネ WCS を圃場から牛舎へ運搬し、ほぼ同量の堆肥を牛舎から圃場に運搬し散布しなければなりません。また、イネ WCS の収穫が秋に集中するため、これを受け入れる畜産経営には保管場所の確保が必要になります。

そこでこの節では、収穫したイネ WCS を牛舎へ運ばず、収穫圃場や周囲の牧草地で給与し、給餌ロス（食べ残し）を抑えながら冬季に屋外で繁殖牛を飼養する技術を紹介します。また、イネ WCS を主飼料として冬季屋外飼養する際の、繁殖牛の栄養状態及び繁殖成績への影響を実例にもとづいて紹介します。

冬季屋外飼養により、すでに春から秋にかけて放牧を実施している畜産経営では通年放牧が実現できるため、牛舎収容頭数を超える規模へ経営革新を図ることが期待できます。

2. 電気牧柵や給餌柵を用いたイネ WCS の屋外給与方法

1) 給餌場所

飼料イネの収穫圃場でのイネ WCS の給与は泥濘化をもたらしますので、近くに排水性の良い畑や牧草地、里山があればそちらに運んで給餌します。多量に運び入れて給餌すると牧草が痛み排せつ物が堆積されますので、1ha あたりに持ち込むイネ WCS はおおよそ 50a 分以下（堆肥換算約 1.5t/10a の有機物還元量）とします。飼料イネの収穫圃場で給餌する場合は排水性の良い圃場で行い、収穫量の 2 分の 1 以下の量を給与するようにし、イネ WCS に不足する蛋白を補うためイタリアンライグラス等の牧草や麦を播種します。残りのイネ WCS は牛舎に運んで利用します。里山に広げて冬季飼養する場合は、アセビ、ユズリハ、センダン、キョウチクトウなどの有毒植物がないこと、自動車のバッテリーや有機溶剤など異物が投棄されていないことを確認して行います。

2) 電気牧柵や給餌柵を利用したイネ WCS の給餌制御

①イネ WCS ロールの間隔を空けて圃場に並べ、放牧牛によるイネ WCS の盗食、フィルムの破損防止のため、未開封のイネ WCS は周囲に電気牧柵を張り牛が近づかないようにします。

② 1 群の放牧頭数はイネ WCS 1 個を 4～5 日以内に食べきれぬ頭数とします。

③牛同士の争いやイネ WCS 上へのふん尿排せつによる給餌ロスを削減するため、電気牧柵や給餌柵を利用して放牧牛の採食行動を制御します。フレール型専用機で収穫したイネ WCS 調製品は、開封すると帯状に展開可能なため、図 1 のように、展開したイネ WCS の上に電気牧柵を張り、飼料を牛が踏みつけたり、飼料の上に排せつすることを防ぎます。牧草収穫機や細断型専用機で収穫したイネ WCS 調製品は帯状に展開することが不可能なため、図 2 のような給餌柵を被せて給餌し、牛の排せつ物によりイネ WCS が汚染されないようにします。

開発した給餌柵は幅 20～30mm のステンレスの角材を溶接したもので、1 辺 190cm、高さ 100cm の大きさです。このサイズは成牛が給餌柵の間に頭を入れて成牛の舌が給餌柵の

中心まで届く最大の大きさです。重量は 22kg で圃場内を一人で転がして移動させることが可能です。製作費用は資材費込みで約 20 万円です。2009 年に 4 台製作し 4 年間冬季放牧に使用していますが 1 台も壊れたり変形することなく使用を継続しています。

給餌ロスを調査した結果、給餌制御を行わない場合、20 ～ 30 %もの食べ残しが発生しましたが、電気牧柵を用いた給餌制御により 7 %程度に抑制され、給餌柵を用いた給餌制御により 5 %以下に抑制することができました。



図1 電気牧柵を利用したフレール型調製品の屋外給与 図2 給餌柵を用いた細断型調製品の屋外給与

3. イネ WCS を用いた妊娠牛の冬季屋外飼養による家畜生産への影響

茨城県常総市の営農現場で、2006 年から 6 年間、イネ WCS を用いて繁殖牛の冬季屋外飼養を行ってきました。これらの繁殖牛の血液性状および繁殖成績から、イネ WCS を利用した冬季屋外飼養の家畜生産への影響を検討します。

1) 屋外飼養時のイネ WCS の採食量と放牧牛の栄養状態

牛舎で繁殖牛にイネ WCS を給与する場合は、蛋白成分が低いことを踏まえて、1 日当たりイネ WCS12kg (乾物 4 kg) と蛋白の高いヘイキューブ 2 kg を給与します。この給与量は、維持期の繁殖牛の栄養要求量を満たす水準です。冬季に屋外で補助飼料なしでイネ WCS を飽食状態で給与すると 1 日当たり 24kg (乾物 8kg) ほど採食します。

イネ WCS で冬季屋外飼養時の放牧牛 (ジャージ種) の血液性状を調査した結果、総コレステロール (Tch) 値は高いものの、尿素窒素 (BUN) 値は極端に低く、総蛋白 (TP) 値も低くなっていました (図 3)。デンプン等は比較的高い一方、蛋白の低いイネ WCS 中心の冬季屋外飼養により、放牧牛のエネルギー摂取量は高くなりますが、蛋白摂取量は不足すると考えられます。

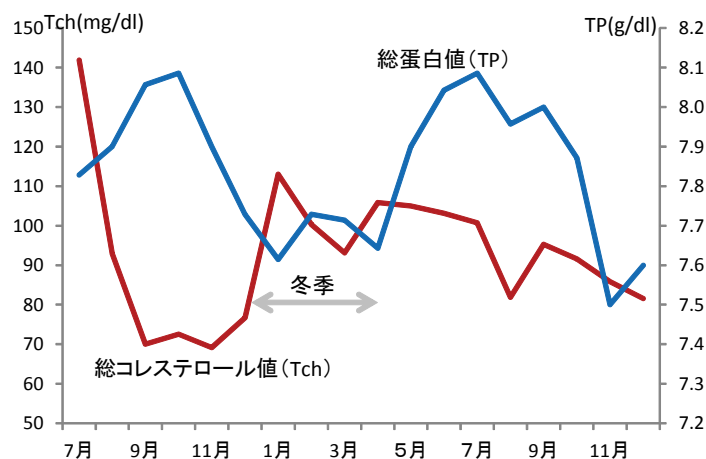


図3 放牧飼養中の乳用種乾乳牛の血液性状の推移

注: ジャージ種経産牛6頭、育成牛1頭の平均。

2) 繁殖成績と事故リスク

表 1 は営農現場で放牧飼養した繁殖牛の 6 年間の繁殖成績を整理したものです。イネ WCS は蛋白質が不足することから、実施牧場では 12 月～ 3 月にかけて分娩予定の妊娠牛は予定

日の約3週間前には牛舎に連れて帰り、妊娠末期の胎児の発育に十分な栄養を含む飼料を給与するよう心がけています。また、秋にイタリアンライグラス等の牧草を播種した圃場やネザサのはびこる平地林に隣接する圃場にイネ WCS を持ち込み、これらの飼料を採食できる環境で冬季屋外飼養を行っています。この結果をみるかぎり、収穫圃場または周囲の牧草地において、妊娠後期に冬季屋外飼養した繁殖牛の産子体重や分娩間隔は、春夏秋の放牧牛の場合と変わりありません。しかし、この時期に有害植物の摂取による中毒事故が発生しました。詳しくは第3章第1節の水田放牧のリスク管理で紹介します。

表1 繁殖牛の退牧時期(妊娠後期の放牧飼養時期)と繁殖成績

退牧時期 (妊娠後期)	主な放牧飼料	集計頭 数(頭)	放牧日 数(日)	退牧～ 分娩の日 数(日)	産子体 重(kg)	次産まで の分娩間 隔(日)	放牧中の事故死(頭数)
12～2月	イネWCS	113	209	22	33.7	357	硝酸塩中毒(2)、ユズリハ中毒(2)
3～5月	イタリアンライグラス	80	210	15	34.1	368	
6～8月	バヒアグラス	62	213	12	33.7	356	熱射病(1)
9～11月	バヒアグラス、飼料イネ	108	207	18	32.8	363	段差地横臥による起立不能(1)

4. イネ WCS を利用した冬季屋外飼養の経営経済性

コンバイン型専用機で収穫調製したイネ WCS100 個 (1 ha 分, 原物総重量 28t) を、収穫圃場から約 10km 離れた牛舎へ運搬して繁殖牛に給与し、その堆肥を圃場に運搬散布するまでの運搬総重量は約 51 t, 運搬距離は約 800km, 労働時間は 314 時間, 物財費は約 60 万円に達します。イネ WCS の運搬を業者に委託した場合, 1 個あたり 700 円～ 1,500 円 (1 ha 分, 7～15 万円) もの経費を要します。また, 保管場所の確保が必要になり, 運搬時のフィルムの破損による品質低下のリスクも高くなります。

これに対して, イネ WCS を収穫圃場や周囲の牧草地で放牧牛に給与する場合, 労働時間は 65 時間に減少します。また, 物財費は, 放牧に必要な牧柵資材費を加えても約 44 万円に節減されます。ただし, 屋外給与では前述のようにイネ WCS の採食量が 2 倍に増えるため, 1 頭あたり物財費は, イネ WCS を牛舎へ運搬して給与する場合に比較して約 1 万円増加します。しかし, 労働時間は約 20 時間から 7 時間に省力化できます (表 2)。

表2 イネWCSの牛舎運搬給与と牧草地給与の比較

ーコンバイン型専用収穫機で収穫調製したイネWCS100個(1ha分)を12月～4月の150日間、繁殖牛に給与する場合ー

イネWCS牛舎運搬給与	労働 (時間)	物財費 (円)	備 考	イネWCS牧草地給与	労働 (時間)	物財費 (円)	備 考
イネWCS購入費		300,000	@30円/kg	イネWCS購入費		300,000	@30円/kg
イネWCS運搬(28t)	25	16,549	燃料費	牛の捕獲運搬(3.3t)	11	1,474	燃料費
給餌・排せつ物処理	272		手作業	牧柵移設・牧草播種	8	48,161	牧柵、種子代
堆肥運搬散布(23t)	17	34,404		イネWCS開封・給水	46	51,308	給餌柵、燃料費
補助飼料(ヘイキューブ)		251,910		補助飼料(大豆粕)		37,118	
計	314	602,863		計	65	438,061	
1頭あたり(150日間)	20.2	38,769			7.2	48,387	

注: 1) イネWCS運搬給与: 運搬距離は片道10km、1車(2t車)で5個運搬。イネWCSの原物収量は280kg/個、乾物重量は93.3kg/個。給与量はイネWCS4kg+ヘイキューブ2kg/日頭。イネWCS100個あたり給与延べ頭数は2,333日頭。

2) イネWCS圃場牧草地給与: 給餌柵を使用し採食ロス率は5%。採食量はイネWCS8kg+大豆粕500g/日頭。イネWCS100個あたり給与延べ頭数は1,108日頭。牧草による扶養頭数250日頭。計1,358日頭。

3) 費用単価: ガソリン131円/ℓ、軽油118円/ℓ、ヘイキューブ54円/kg、大豆粕67円/kg。牧柵資材費及び給餌柵(20万円)は、償却期間4年とし年間の償却費を計上。イネWCS及び堆肥、家畜の運搬車両の償却費は計上しない。

5. イネ WCS の屋外給与の適応場面と留意点

この技術は、すでに春から秋にかけて放牧を実施し、冬季放牧の導入による通年放牧の実現とそれによる規模拡大意欲の強い畜産経営に勧められます。ただし、冬季降水量が多いと屋外飼養により圃場の泥濘化と牛へのストレスが大きくなりますので、山間地や日本海側の地域での実施は困難です。肉用牛繁殖経営の多くは山間地で営まれていますので、冬季晴天日の多い太平洋側や瀬戸内側でイネ WCS 生産が行われている場合は、山間地の繁殖牛を冬季にそちらに運びイネ WCS を利用して屋外飼養することも考えられます。広域の耕畜連携が必要になりますが、耕種経営ではイネ WCS の運搬作業と堆肥の調達作業が低減できます。山間地の畜産経営では、春から秋の公共牧場や転作田、耕作放棄地等での放牧と冬のイネ WCS を利用した水田放牧預託を組み合わせることで通年放牧が可能になります。

他方、水田放牧や公共牧場での夏季の補助飼料としてイネ WCS の利用も勧められます。真夏は牧草の生育が衰えます。また、暑さに強いバヒアグラスやトールフェスク等の牧草は、糖分が少なく難消化性の繊維が多いため、暑さで弱った牛の食欲は低下します。そこで、蛋白質は少ないもののデンプンや糖の多いイネ WCS をこれらの牧草放牧地に運び入れて給与すると牛は好んで食べます。

ところで、公共牧場は夏季を中心に肉用繁殖牛や乳用育成牛の預託放牧を行っていますが、その経営は厳しいところが少なくありません。多くの公共牧場は放牧管理に習熟した技術者、家畜や飼料の運搬車両、飼料収穫機等を保有しています。他方、飼料イネやイネ WCS 生産を行う耕種経営が畜産経営の牛を預かり放牧を行うには技術的対応の困難なことが予想されます。そこで、公共牧場の事業として、晩秋から初春の水田を預かり、飼料イネやイネ WCS、牧草を利用して水田で預託事業を展開することが考えられます。これにより通年預託が可能になり畜産経営へのサービスが拡充されるとともに、技術職員の通年雇用や保有する車両等の有効活用が図れます。公共牧場の新しいビジネスモデルとして、水田放牧の取り組みが期待されます。

さて、イネ WCS を使って冬季屋外で繁殖牛を飼養するためにどれくらいのイネ WCS が必要でしょうか。常総市大生郷地区の 3 年間の冬季放牧の実績をもとに計算すると、12 月～3 月の 4 か月間をイネ WCS 中心の飼料で屋外飼養する場合、WCS 用イネの作付面積は放牧牛 1 頭あたり約 11a（乾物約 1,100kg）、1 月～3 月の 3 か月間の飼養では 1 頭あたり約 8.5a の面積が必要と試算されます。

他方、イネ WCS は蛋白成分が少ないため、大豆粕やヘイキューブなど高蛋白飼料を 1 日当たり 500g ～ 1kg 補給するようにし、緑色の濃い野菜残渣やユズリハなどの有毒植物が牛の届く範囲にないよう注意しましょう。

イネ WCS を利用した冬季放牧により、畜産経営では新規放牧牛の放牧馴致が円滑にはかれるとともに家畜飼養の省力化がはかれます。春から秋の牧草等の放牧、晩秋から初冬の飼料イネの立毛放牧と組み合わせると通年放牧が可能になり、牛舎を増設することなく規模拡大をはかれます。また、備蓄飼料（イネ WCS）を放牧地で給与することにより、早春など牧草の少ない時期、平地林など飼料の少ない場所の放牧利用が円滑に行え、放牧時季や放牧用地の拡大と未利用飼料資源の活用を図ることができます。

（執筆者：千田雅之）

第2章 水田放牧による繁殖への影響と 放牧肥育の可能性

第1節 水田放牧飼養による肉用種繁殖牛の栄養及び繁殖への影響

1. はじめに

肉用種繁殖雌牛の飼養管理において、転作田や休耕田を利用した小規模放牧は多くのマニュアル（畜産草地研究所 2011 年）等を通じて技術が紹介されており既に各地で定着していますが、最近、立毛状態の飼料イネ（立毛イネ）やイネホールクロップサイレージ（イネ WCS）を利用して通年、水田で飼養管理する技術が開発されました。この技術では、春季～夏季は牧草、秋季は立毛イネ、冬季は放牧地周辺の水田で生産したイネ WCS を放牧地で給与することで1年を通して肉用種繁殖雌牛を屋外で飼養することができます。これまでの小規模放牧とは異なり、飼料資源として立毛イネやイネ WCS が加わることで、通年屋外で飼養管理することなど注意すべき点があります。そこで本節では、この技術を開発した茨城県常総市の営農試験地での調査結果にもとづいて、水田を活用した通年屋外飼養における飼料資源の特徴と家畜栄養及び繁殖への影響について解説します。

2. 水田における通年屋外飼養に関する調査の概要

調査は 2009～2010 年に茨城県常総市の営農試験地で屋外飼養された黒毛和種妊娠牛（19 頭）を対象として行いました。さらに妊娠牛の飼養管理で重要な妊娠末期（分娩前 2 ヶ月）において牧草（牧草群，4～9 月）、立毛イネ（立毛イネ群，10～12 月）およびイネ WCS（イネ WCS 群，1～3 月）をそれぞれ採食する 3 群に分けて比較しました。調査は月 1 回の頻度で体重測定、採血および採食飼料のサンプル採取を分娩前 5 ヶ月前から放牧終了（退牧）時まで実施しました。

調査頭数、放牧経験及び放牧期間等について表 1 に記載します。営農試験地で通年屋外飼養を行う牧場では妊娠が確認された黒毛和種雌牛を水田に放牧し、分娩直前に牛舎に戻します。調査結果によると放牧期間（屋外飼養期間）は牧草群と立毛イネ群が 210 日を超えており、イネ WCS 群は 200 日を下回りました。したがって、退牧から分娩までの期間はイネ WCS が最も長くなっており、約 1 ヶ月となっております。この結果については後述しますが、牧草に比べてイネ WCS の栄養不足を懸念したことから、他の群よりイネ WCS 群を早めに退牧させたためでした。繁殖成績も関係しますが退牧、分娩後、妊娠が確認されて再び放牧に出るまでの屋内飼養期間は 130～160 日と 3 群で数値は異なりましたが統計的には差がなく、いずれの群も同程度です。

表 1. 調査頭数、放牧経験および各期間

	調査頭数	放牧経験 (回)	放牧期間 (日)	退牧-分娩 期間(日)	屋内飼養 期間(日)
牧草群	8	2.9	210.8 ^{ab}	14.1 ^b	144.3
立毛イネ群	5	3.0	217.4 ^a	15.2 ^b	130.0
イネWCS群	6	2.5	196.2 ^b	35.2 ^a	164.0

*異符号間に有意差あり (p<0.05)

3. 水田を活用した通年屋外飼養における飼料資源の特徴

この営農試験地で妊娠牛が採食する飼料は季節によって変わります。大別して 3 つの主な

飼料があり、それぞれの飼料成分値を表2に記載しました。春季から秋季に掛けてはイタリアンライグラス（3～5月）、バヒアグラス（6～11月）およびシロクロバ等の牧草が主な飼料となります。これらの牧草の粗タンパク質（CP）含有率は、立毛イネやイネ WCS に比べて高く、平均で 20%程度でした。一方、10～12月に採食された立毛イネや1～2月に採食されたイネ WCS の CP 含有率は4～6%でした。立毛イネを摂取している秋季は、春季や夏季に比べると量は少ないながらも牧草も摂取できますので CP 不足で最も注意すべきは、ほぼイネ WCS のみを摂取している冬季（1～2月）です。

デンプンを主成分とする非繊維性炭水化物（NFC）含有率において、イネ WCS は立毛イネに比べて低くなっており、これはイネ WCS の収穫、調製時に子実が脱落したためと考えられますので、子実を無駄なく利用する点では立毛状態でイネを採食させることが有利です。

エネルギー含有量を見ると牧草に比べて立毛イネやイネ WCS がやや低く、さらに実際に消化されるエネルギー割合は牧草が6～7割、立毛イネやイネ WCS は5～6割ですので、ほぼイネ WCS のみを摂取している冬季にはエネルギー不足にも注意が必要です。

表2. 主な飼料の飼料成分値

項目	牧草			立毛イネ			イネ WCS		
	平均	最小値	最大値	平均	最小値	最大値	平均	最小値	最大値
乾物 (%)	21.1	12.0	26.2	40.2	39.9	40.5	50.7	36.6	65.2
有機物 (% DM)	88.4	87.4	89.8	86.5	85.8	87.9	85.0	82.1	88.1
粗タンパク質 (% DM)	20.3	16.4	26.4	5.7	4.8	6.6	4.2	3.1	5.3
中性デタージェント繊維 (% DM)	41.5	27.8	52.5	47.2	44.3	51.0	55.1	51.6	64.6
非繊維性炭水化物 (% DM)	23.3	15.8	30.0	32.3	29.9	33.6	24.3	12.1	29.0
エネルギー (KJ/g DM)	18.9	18.6	19.3	16.8	16.5	17.0	16.5	16.1	17.2

4. 水田を活用した通年屋外飼養における家畜栄養と繁殖成績

一般に肉用種繁殖雌牛では、受胎してから分娩2～3ヶ月前までを妊娠維持期と呼び、この期間は体重の増減が殆どない状態での飼養管理が求められます。ただし、初妊牛や低産次牛（2～3産）については母体の成長分を考慮する必要があります。分娩2～3ヶ月前から分娩までを妊娠末期と呼び、この期間は胎子の急激な発育（胎盤、胎膜等の増大）にともなって養分要求量が増加します。したがって、妊娠末期に低栄養状態に陥ると、分娩後の泌乳量や繁殖成績に悪影響を及ぼし、深刻な場合は胎子にも悪影響を及ぼします。また、分娩後から離乳までの期間を授乳期と呼び、この期間も母体回復や子牛への授乳のために養分要求量は増加します。営農試験地の牧場では分娩後3日程度の早期に母子分離を行っているため授乳期がほとんど無く、分娩後の養分要求量は多くなかったと考えます。

図1は分娩前5ヶ月を基準として以後毎月の増体量を加算した結果です。妊娠末期に立毛イネを採食した群の増体量が最も多く、分娩1ヶ月前までに68.4kgの増体が認められました。一方、妊娠末期にイネ WCS を採食した群では分娩3ヶ月前から2ヶ月前において体重が減少し、最終的な増体量は18.0kgに留まりました。また、日増体量においても牧草群、立毛イネ群がイネ WCS 群に比べて多くなり、イネ WCS 群の増体は顕著に少ない結果となりました。これらは、妊娠末期において牧草群や立毛イネ群は栄養価の高い牧草を摂取することで増体量が多くなり、イネ WCS 群は牧草より栄養価が低い立毛イネやイネ WCS を摂取した

ことで増体量が少なくなったと考えます。黒毛和種繁殖雌牛において妊娠時の適正な増体量は 50~60kg ですので、増体量から見ると牧草群が最も適正であり、立毛イネ群はやや肥り気味、イネ WCS 群は明らかに痩せていたと言えます。

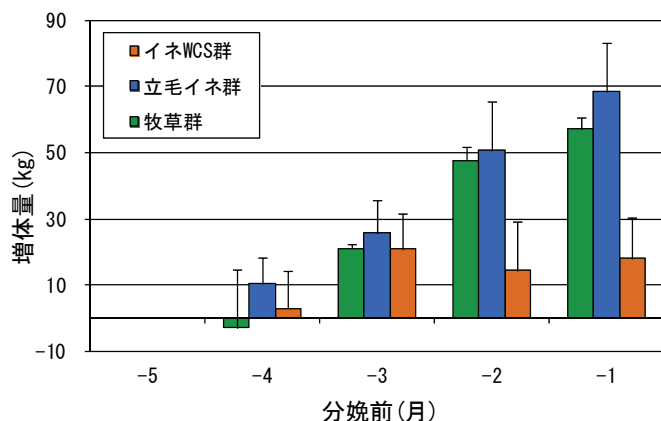


図 1. 増体量の推移

採食している飼料や家畜の生理状態を反映して血液成分値は変動するため、血液検査により家畜の健康状態や栄養状態を把握することができます。表 4 には分娩 5ヶ月前ならびに 1ヶ月前の血液成分値、図 2 には血清中の遊離脂肪酸 (FFA) 濃度と尿素態窒素 (BUN) 濃度の推移を記載しました。

エネルギー代謝関連の指標である FFA は分娩前 5ヶ月においては群間に差は認められませんでしたでしたが、分娩前 1ヶ月では牧草群に比べてイネ WCS 群は高くなりました。FFA 濃度はエネルギー摂取量が非常に多い場合にも高くなりますが、一般にはエネルギー摂取量が不足する場合に高くなります。それは生命活動を維持するために蓄積している体脂肪を動員することによって、血液中の FFA 濃度が増加するからです。黒毛和種繁殖雌牛の FFA 濃度の基準値は 100~300 μ Eq/dl とされていますが、イネ WCS 群は分娩前 3ヶ月以降高く推移しており、エネルギー摂取量の不足がうかがえます。研究所内で実施した実験において、イネ WCS のみの摂取では妊娠末期に要求されるエネルギー量の 7割程度しか充足できないことが分かっています (妊娠維持期は 9割程度)。これは立毛イネにも同様のことが言えるため、

表 3. 増体量, 日増体量

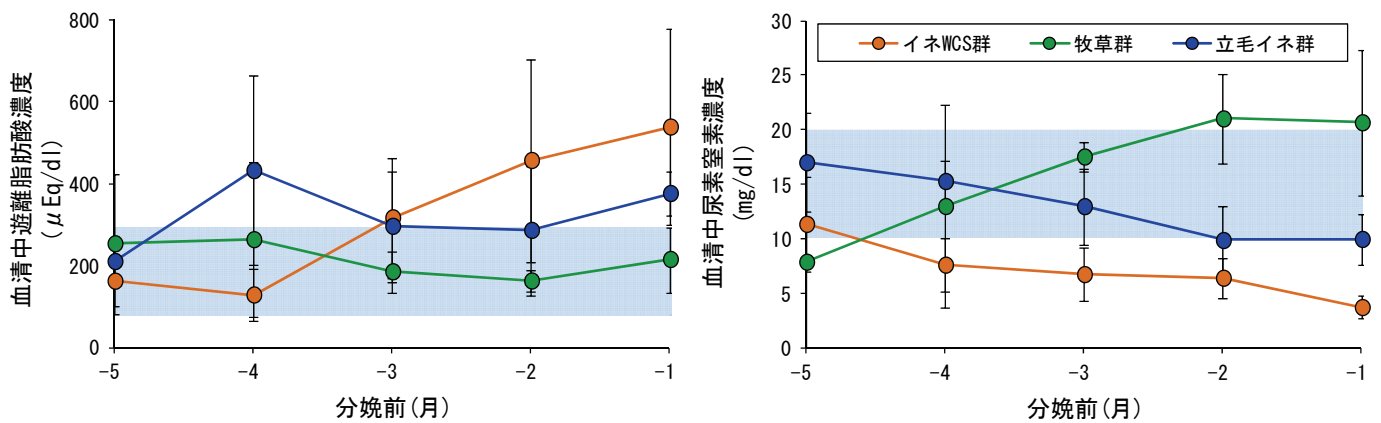
	増体量 (kg)	日増体量 (kg)
牧草群	56.0 ^a	0.48 ^a
立毛イネ群	68.4 ^a	0.55 ^a
イネWCS群	18.0 ^b	0.15 ^b

*異符号間に有意差あり (p<0.05)

表 4. 血液成分値

	牧草群		立毛イネ群		イネWCS群	
	分娩前5カ月	分娩前1カ月	分娩前5カ月	分娩前1カ月	分娩前5カ月	分娩前1カ月
エネルギー代謝関連						
総コレステロール (mg/dl)	99.0	115.0	130.0	135.4	107.6	142.3
遊離脂肪酸 (μ Eq/dl)	253.3	215.0 ^a	210.0	376.0 ^{ab}	162.0	538.3 ^b
3-ヒドロキシ酪酸 (μ mol/L)	348.3	417.3	309.0	485.2	341.4	453.0
タンパク質代謝関連						
総蛋白 (g/dl)	7.3	7.8 ^a	7.5	7.3 ^b	8.1	7.2 ^b
アルブミン (g/dl)	3.6	3.7 ^a	3.5	3.5 ^a	3.3	3.4 ^b
尿素窒素 (mg/dl)	7.9	20.7 ^a	17.0	10.0 ^b	11.4	3.8 ^b
肝機能関連						
AST (IU/L)	71.3	63.8	74.2	68.6	67.8	67.5
ALT (IU/L)	31.3 ^{AB}	26.4	24.4 ^B	24.8	34.8 ^A	26.7
γ -GTP (IU/L)	20.3	21.6	16.8	15.4	18.4	18.3

* 異符号間に有意差あり (p<0.05)



* 青枠は黒毛和種繁殖雌牛の基準値を示す。

図2. 血清中の遊離脂肪酸濃度と尿素態窒素濃度の推移

実際に立毛イネ群においても、主な飼料が牧草から立毛イネに切り替わった分娩前1ヶ月時のFFA濃度は基準値より高くなりました。

長期的なタンパク質代謝関連の指標である総蛋白濃度は群間の違いは見られましたが、いずれの群も概ね基準値(7.1±0.2g/dl)に納まっていました。短期的なタンパク質代謝関連の指標であるBUN濃度は、分娩前1ヶ月において牧草群に比べて立毛イネ群、イネWCS群ともに低くなりました。立毛イネ群は分娩前2ヶ月以降、イネWCS群は分娩前4ヶ月以降、BUNの基準値である10~20mg/dlより低く推移しました。BUNは直前のCP摂取量を反映しているため、これらの結果から推察するとCP摂取量の不足がうかがえます。こちらも研究所内で実施した実験結果から見ると、イネWCSもしくは立毛イネのみでは妊娠末期に要求されるCP摂取量に対して多くても6割程度しか満たせないと考えられます(妊娠維持期は8割)。

今回調査した妊娠牛が分娩した子牛の生時体重や前回の分娩との分娩間隔の結果を表5に記載しました。子牛の生時体重は3群の間に統計的な差は認められなかったことから、同程度であると考えます。3群の生時体重の平均は約35kgでした。また、前回の分娩との分娩間隔も3群の間に統計的な差は認められず同程度であり、その分娩間隔の平均は357.8日でした。いずれの群も1年1産を達成しており、全国和牛登録協会の発表による全国平均の404.5日に比べると繁殖成績は良好であったと判断できます。

表5. 子牛の生時体重と分娩間隔

	調査頭数	子牛の生時体重(kg)	分娩間隔(日)
牧草群	6	33.9	360.2
立毛イネ群	4	35.0	350.5
イネWCS群	6	36.7	360.3
全体	16	35.1	357.8

*有意差なし(p>0.05)

表6. 放牧期間、子牛の生時体重および分娩間隔の経年変化

年	調査頭数	放牧期間(日)	子牛の生時体重(kg)	分娩間隔(日)
2006年	5	158.8	33.3	374.0
2007年	32	179.7	32.4	365.5
2008年	43	206.4	33.3	385.6
2009年	73	216.8	33.0	358.9
2010年	71	209.9	34.1	361.8
2011年	74	215.1	33.1	357.5
2012年	65	213.5	34.6	-----

表6には、営農試験地で通年屋外飼養を行う牧場全体の放牧頭数、放牧期間、子牛の生時体重および分娩間隔を記載しました。放牧を取り入れた2006年より徐々に放牧頭数と放牧期間が増加し、その間の子牛の生時体重は32～34kg、分娩間隔も約1年で推移しており、この技術が堅実に定着していることがうかがえます。

5. 水田を活用した通年屋外飼養における家畜飼養指針

今回の調査で明らかになったことは次の3つです。(1) 妊娠維持期にイネ WCS、妊娠末期に牧草を摂取する「牧草群」では、増体量、血液性状とも適正であること、(2) 妊娠維持期に牧草、妊娠末期に立毛イネを摂取する「立毛イネ群」では、妊娠維持期に肥満、妊娠末期に栄養不足が、若干心配されること、(3) 妊娠維持期に牧草や立毛イネ、妊娠末期にイネ WCS を摂取する「イネ WCS 群」では、妊娠維持期に問題ないのですが、妊娠末期に増体量が少なく明らかな栄養不足であることが認められたことです。したがって、牧草群と立毛イネ群では分娩直前まで補助飼料なしで放牧飼養可能と判断されますが、イネ WCS 群に対しては補助飼料が必要であると言えます。

一般に肉用種繁殖雌牛において妊娠末期(分娩2, 3ヶ月前)は胎子の成長にともない養分要求量は高まります。しかし、この妊娠末期では胎子や子宮の急激な成長によって消化管が圧迫されること、分娩や泌乳に係るホルモン分泌に起因して食欲が減退することなどが原因で著しく飼料の摂取量が低下します。したがって、牧草に比べて栄養価が低い立毛イネやイネ WCS のみに近い採食状況下では栄養不足が生じます。また、飼料イネには難消化性の繊維成分が多いために乾物摂取量を抑制する可能性もあり、さらに栄養不足を助長する懸念もあります。今回調査した黒毛和種妊娠牛のうちイネ WCS を妊娠末期(分娩前2ヶ月)に摂取する群では、体重の増加量が少なく、血液性状から CP, エネルギー不足が示唆されましたが、他の2群より早い分娩1か月間に退牧させているため子牛の生時体重や分娩間隔については他の群と変わらず良好な成績でした。一般に放牧飼養時では採食時間、歩行距離が増えることによるエネルギー消費量の増加、夏季の暑熱時は熱放散活動や基礎代謝量が増えること、冬季の寒冷時は体温維持のための熱産生量が増えることにより、それぞれエネルギー消費量が増加します。特にイネ WCS を摂取している時期は寒冷時の冬季であるため、栄養不足が助長されていると思います。その対応として放牧地では補助飼料を給与するか(例:大豆粕の場合、1日1頭あたり1kg程度)、早めに退牧して舎内でバランスの取れた飼料を給与することによって、妊娠末期の栄養不足を解消することが重要です。

最後に今回調査した畜産経営では分娩間隔が約1年であるため、同じサイクルでの飼養が続きます。つまり、同じウシが同じ時期に放牧を経験することになります。したがって、今回の調査では明らかになりませんが、妊娠末期に栄養不足が伺えたイネ WCS 群や肥満気味であった立毛イネ群の連産性、繁殖供用年数および生涯産子数などは、今後注意していく必要があると考えます。

参考文献

農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所『小規模移動放牧技術汎用化マニュアル(Q&A)身近な草資源を放牧としてもっと活用しよう!』(2011年)

(執筆者:松山裕城・的場和弘)

第2節 水田放牧飼養による乳用種経産牛の増体と放牧肥育の可能性

1. 放牧肥育のねらい

牧草の生育する春から秋の水田放牧は水田の省力管理に有効ですが、繁殖牛の飼養には冬季飼養や産まれた子牛の哺育育成用の畜舎、採草用の機械が必要になります。このため、耕種経営にとって繁殖牛の導入は容易ではありません。しかし、春に比較的安価な経産牛を導入して、牧草生育期間のみ水田で放牧飼養し、飼料のなくなる晩秋に出荷する放牧肥育ならば、負担は比較的軽いと考えられます。

そこでこの節では、ジャージー種（乳用種）を用いて行った試験の結果をもとに、水田での放牧肥育の可能性を検討します。まず、放牧飼養で増体を図るには、どのような飼料で、いつ頃からいつ頃まで飼養するのが合理的なのか検討します。また、もと牛の導入から食肉加工までに要するコストを明らかにして、放牧肥育が経済的に成立するための放牧牛肉の販売条件を提示します。

2. 放牧飼料により異なる放牧牛の増体

1) 水田放牧飼料の栄養成分

一口に水田放牧と言っても、放牧牛に給与できる飼料は季節により変わり、各飼料の栄養価も異なります。このため、放牧牛の栄養状態及び増体は、季節と飼料により異なってきます。表1に水田放牧の季節ごとの主な飼料とその栄養成分を示します。春に旺盛に生育するイタリアンライグラスは、非繊維性炭水化物（NFC）、粗蛋白（CP）ともに高く、牛の嗜好性の非常に良い飼料です。他方、バヒアグラスは、暑さに強い永年草で夏季の放牧飼料として有用ですが、NFCが低く総繊維（OCW）とくに低消化性繊維（Ob）の高い飼料です。このため、牛の嗜好性は低く、ルーメン微生物の活動エネルギーが不足しがちです。秋から冬の放牧飼料として利用できる飼料イネは、NFCは高いもののCPが低く菌体蛋白の合成に必要な窒素源が不足します。

表1 放牧飼料の栄養成分

調査月日	H22.4.19	H22.5.18	H22.6.21	H21.8.18	H22.11.24
草種	イタリアンライグラス		バヒアグラス		飼料イネ
非繊維性炭水化物(NFC)	32	25.4	9.1	8.3	29.0
粗蛋白(CP)	17.3	11.2	14	10	5.4
粗脂肪(EE)	3.0	2.3	1.5	1.7	0.8
総繊維(OCW)	39.6	51.7	67.3	69	50.6
うち高消化性繊維(Oa)	18.3	12.2	8.7	6.5	13.0
低消化性繊維(Ob)	21.3	39.5	58.6	62.5	37.7
粗灰分(CA)	10.1	11.7	9.4	11	14.3
可消化養分総量(TDN)	75.2	63.2	54.5	49.2	60.2

注:いずれも乾物中の割合(%). $TDN=0.89*(NFC+CP+EE+Oa)+0.45*OCW-5.45$

2) 放牧牛の体重の推移と食肉加工適期、増体を図るための補助飼料

これらの飼料を用いて3年間にわたり、春に導入し冬まで水田放牧を行ったジャージー種の季節ごとの体重増加の推移を図1に示します。この図からイタリアンライグラス（晩生

種)が主な放牧飼料となる5月から7月の体重増加は顕著で、バヒアグラスが主な放牧飼料となる7月～9月の体重増加はやや小さくなります。そして、飼料イネやイネ WCSが主な放牧飼料となる9月以降の体重増加は停滞傾向に推移していることが分かります。

この相違は、前述の飼料の栄養成分の影響を強く受けていると考えられます。増体効率を考えると、春に導入して

イタリアンライグラスやバヒアグラス等の牧草を利用して放牧飼養し、秋に食肉加工することが合理的と考えられます。残念ながら飼料イネは栽培や収穫調製に経費を要する割りにその給与による増体効果は期待できません。また、第4節の食肉の官能評価結果に見られるように、牧草で放牧飼養した直後の夏季に食肉加工した牛肉の方が、イネ WCSで屋外飼養した直後の冬季食肉加工の牛肉よりも、評価は高い傾向が見られます。

営農現場では、秋も牧草は伸張するため植生管理のためには、夏季に食肉加工するよりも秋まで放牧を継続する希望が強いと思われます。そこで、夏から秋の増体の可能性を考えてみます。第1章第5節の図3をご覧ください。この図は放牧牛の月ごとの血液性状の検査結果から、総コレステロール (Tch) 値と総蛋白 (TP) 値の推移を整理したものです。夏季は、暑さによるストレスに加えて、主な放牧飼料のバヒアグラスの NFC が低いことから Tch は低くなっていると考えられます。このため、実証試験は行っていませんが、NFC の高いイネ WCS や規格外の麦などをむしろ夏季に給与した方が放牧牛の栄養状態が改善され増体も向上すると考えられます。また、第1章第4節で紹介した追肥を行った再生イネ (ひこばえ) の放牧利用時の繁殖牛の増体と栄養状態が良かったことから、秋期に再生イネを利用して増体をはかることも考えられます。対照的に飼料イネ中心の飼料で冬季も放牧飼養を続ける際には、蛋白成分の高い大豆粕やヘイキューブ等を給与すれば増体の向上が図れると考えられます。

3. 放牧肥育の経済的可能性

さて、牛の放牧肥育は経済的に成り立つでしょうか。まず、市場評価の高い脂肪交雑の多い牛肉生産は放牧飼養とは相容れません。放牧肥育では、脂肪含量の少ない赤身肉生産を行うこととなります。また、牧草に含まれるベータカロテンは脂肪に蓄積されるため、放牧飼養した牛肉は脂肪色が黄色く一般の市場では評価が低くなります。このため、もと牛価格の高い黒毛和種や交雑種等の子牛段階からの放牧肥育は経済的に困難です。ここではもと牛価格の低いジャージー種の経産牛および子牛を対象に、実際に水田放牧を行い、一定期間の放牧飼養後に食肉加工を行って得られた結果をもとに、放牧肥育が経済的に成立するための条件を検討します。

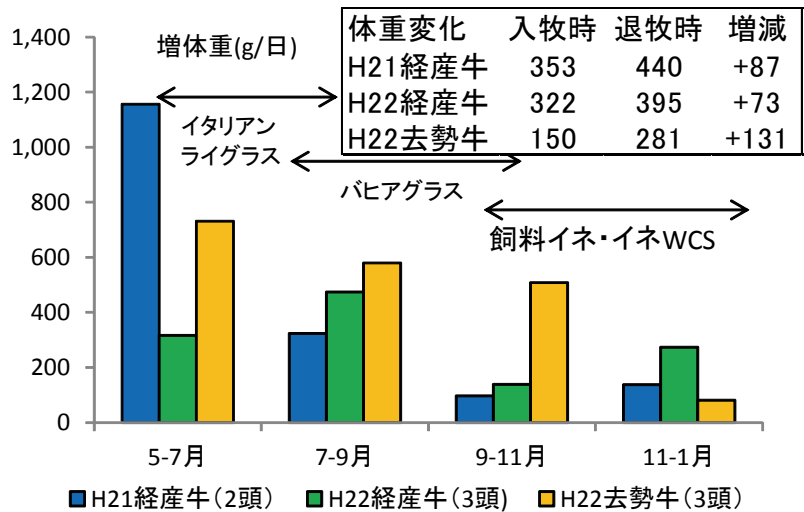


図1 放牧牛(ジャージー種)の増体の推移

まず、放牧飼養による増体と1頭の放牧牛（ジャージー種）からどれくらいの精肉が得られるのか紹介します。試験に用いたジャージー種の5月から10月の増体重は、経産牛で平均58kg、育成牛で平均117kgでした（表2、写真1）。

表2 春夏水田放牧期間の増体（ジャージー種）

	経産牛	育成牛
頭数	5	4
導入時年齢	5.3	1.0
5月時体重(kg)	342	179
10月時体重(kg)	400	296
増体重(kg)	58	117

表3 ジャージー種の精肉歩留

	経産牛	育成牛
頭数	5	2
生体重量(kg)	414.0	292.0
枝肉重量(kg)	182.8	122.0
部分肉重量(kg)	130.5	88.8
精肉重量(kg)	104.4	71.04
枝肉歩留率(%)	44.2	41.8
参考)和牛去勢	62%	
部分肉歩留率(%)	71.4	72.8
精肉歩留率(%)	80	80
精肉/生体重(%)	25.2	24.3

食肉加工後の枝肉歩留率（枝肉重量／生体重量）は、経産牛44%、育成牛42%で、黒毛和種去勢肥育牛の62%と比べて著しく低いことがわかりました（表3）。肉屋さんに部位ごとに部分肉加工してもらった結果、枝肉から部分肉への歩留率は約72%でした。さらに肉屋さんの説明から部分肉から精肉加工までに、脂肪やスジ等の除去により約20%の減耗が生じるようです。したがって、得られる精肉は生体重量の約4分の1、生体重量400kgの場合、約100kgの精肉が得られます。

つぎに、もと牛の導入から部分肉加工までの経費を試算してみます（表4）。もと牛代を3万円とすると、放牧地までの運搬経費6,300円、放牧地からと場までの運搬経費6,300円、と畜利用料等13,105円、食肉加工施設までの運賃6,300円、部分肉加工経費約24千円（枝肉1kgあたり130円）です。これに放牧飼養に関わる経費として、牧柵資材費、牧草種子・施肥代等が掛かってきます。現地試験の結果から1頭の放牧飼養に30aの水田飼料基盤が必要ですが、借地料をなしとすると牧柵資材費と牧草栽培の資材費に約24千円必要となります。これらを合計すると、1頭あたり約11万円の経費になります。

これをもとに、出荷時の生体重量別にもと牛導入から精肉加工までの経費および販売単価に対応した精肉販売収入を示すと図2のようになります。精肉販売単価が1kgあたり1200円の場合は、370kg以上の生体重であれば販売収入は経費を上回ります。単価1,000円の場合は、生体重量470kg以上で収入が経費を上回ります。単価600円の場合の販売収入は経費を大きく下回ります。

市場での乳用種経産牛の枝肉取引価格は、枝肉1kgあたり300円程度（1頭あたり換算約

注:1)生体重、枝肉重量、部分肉重量は実測値です。精肉重量は精肉歩留率を80%として計算しています。

表4 もと牛導入から食肉加工までの経費

	(円/頭)
もと牛代	30,000
圃場までの輸送費	6,300
牧柵資材費(30a分)	15,000
牧草栽培費(30a分)	9,000
と場までの輸送費	6,300
と畜利用料	13,105
副産物価格	-1,800
食肉加工施設までの輸送費	6,300
部分肉加工費	23,764
合計	107,969

注:牧柵資材費は2ha設置に必要な償却費を30a分で計算しました。牧柵設置や牧草播種、放牧飼養管理等の労働費は含めていません。と畜利用料及び副産物価格は茨城県中央食肉市場の料金等です。部分肉加工費は茨城県内の食肉加工業者の単価(枝肉1kgあたり130円)を用いました。

6万円)の水準でしかありません。しかし、この章の第4節で紹介する放牧牛肉の官能特性は、夏季に食肉加工したジャージー種経産牛の牛肉の評価は交雑種と変わらない評価のようです。したがって、放牧飼養によるベータカロテンの豊富な牛肉を積極的に受け入れる消費者に向けた販路を開拓し、交雑種並みの価格で販売できれば採算は取れます。実際、放牧飼養したジャージー種経産牛の精肉を精肉単価1,500円で販売してもらったところ、売れ行きは好調だったようです。

以上のことから放牧肥育に取り組む場合は、①赤身の牛肉や脂肪色に理解と関心があり、②目安として精肉単価1kgあたり1,000円以上で販売可能な販路を開拓すること、③子牛よりも経産牛を春に導入して牧草を利用して水田放牧を行い、④できる限り増体をはかり牧草がなくなる前に販売することが合理的と考えられます。

(執筆者：千田雅之)

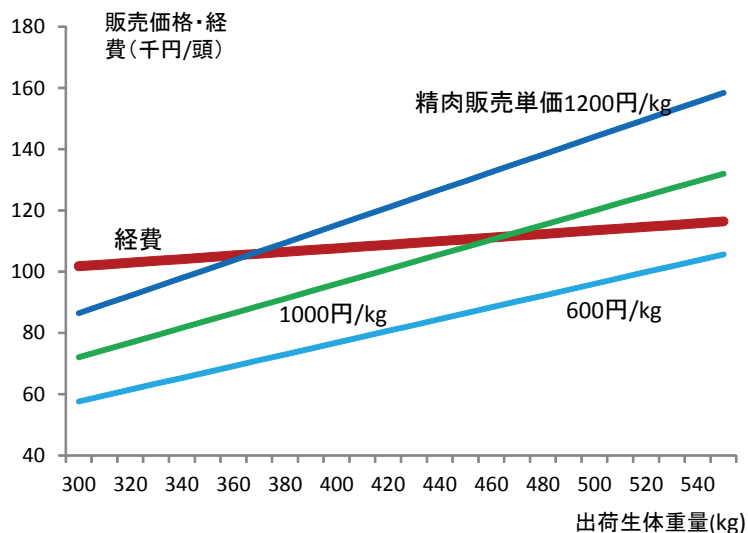


図2 放牧肥育の経費と経費を上回る販売価格水準



写真1 水田放牧開始時(左)と放牧経過後のジャージー種経産牛(右)

第3節 水田で放牧飼養した経産牛の牛肉品質

1. 経産牛の水田放牧飼養のねらい

牧草や飼料イネには、稲ワラやチモシー乾草などの粗飼料に比べ、抗酸化能を有するビタミンであるビタミンE (α -トコフェロール) が豊富に含まれています。牛肉は時間の経過とともに赤い色素であるオキシミオグロビンがメトミオグロビンに酸化されて茶褐色に変色すること(メト化)に加え、牛肉中の脂質が酸化され酸化臭が生じます。これに対し、ビタミンE製剤を給与して牛肉中に α -トコフェロールを蓄積させることによりメト化が抑制され、牛肉中の脂質酸化も抑制されることが明らかとなっています。これら抗酸化作用を示すためには、牛肉1kg中に約3mg程度の α -トコフェロールの蓄積が必要であることがこれまでの研究で判明しています。従って、経済価値の低い経産牛を水田放牧を行うことにより牛肉中の α -トコフェロール含量を向上させることが出来れば、国産牛肉に新たな付加価値が生じるとともに、我が国の遊休水田の有効活用に繋がることが期待されます。

そこでこの節では、水田放牧を行った黒毛和種経産牛及びジャージー種経産牛と、慣行肥育を行った黒毛和種去勢牛の胸最長筋(ロース部位)の肉色変化ならびに脂質安定化を比較した試験の結果をご紹介します。

2. 水田放牧飼養と牛肉品質

放牧試験の詳細に関しては、本手引きの2章2節「水田放牧飼養による乳用種経産牛の増体と放牧肥育の可能性」をご参照下さい。ジャージー種に関しては、経産牛と去勢牛をそれぞれ水田放牧を行った区(放牧ジャージー雌区及び放牧ジャージー去勢区)と、経産牛を舎飼飼養し、放牧を行わない無放牧ジャージー雌区の3区を設けて牛肉品質を検討しました。なお無放牧ジャージー雌区は、ジャージー種経産牛をコーンサイレージおよび乾草の飽食給与条件下で舎飼飼養したものです。黒毛和種に関しては、経産牛を水田放牧を行った放牧黒毛雌区と、黒毛和種去勢牛を10ヶ月齢から30ヶ月齢までの肥育期間に、オーチャードグラス乾草と市販配合飼料を飽食給与させた慣行黒毛去勢区を用いました。図1は、実際の放牧試験中の様子を写したものです。また図2は、水田放牧を行った経産牛の枝肉の写真です。脂肪の色が黄色味を帯びていますが、これは牧草中に多く含まれる β -カロテンの蓄積によるものです。



図1. 放牧の様子



図2. 放牧牛の枝肉

3. 水田放牧した牛肉の α -トコフェロール含量

水田放牧地において牧草や飼料イネを摂取することにより、血中および牛肉中の α -トコフェロール含量は上昇します。本試験のジャージー種の結果では、放牧開始時の血中 α -トコフェロール濃度は平均 0.2mg/dl でしたが、放牧試験終了時には血中濃度が平均 0.6 mg/dl にまで大きく上昇しました。図3に、各試験区の胸最長筋の α -トコフェロール含量を示しました。水田放牧を実施した放牧黒毛区及び放牧ジャージー区の胸最長筋中の α -トコフェロール含量は、無放牧ジャージー区並びに慣行黒毛去勢区より有意に高くなりました。また水田放牧した黒毛和種およびジャージー種の胸最長筋中の α -トコフェロール含量は約 5 mg となり、抗酸化能を示すのに十分な α -トコフェロールが牛肉中に蓄積しました。牧草や飼料イネには α -トコフェロールが豊富に含まれていることから、水田放牧地において牧草や飼料イネを豊富に摂取することによって、牛肉中の α -トコフェロール含量が、慣行肥育牛の牛肉よりも高まることが明らかになりました。

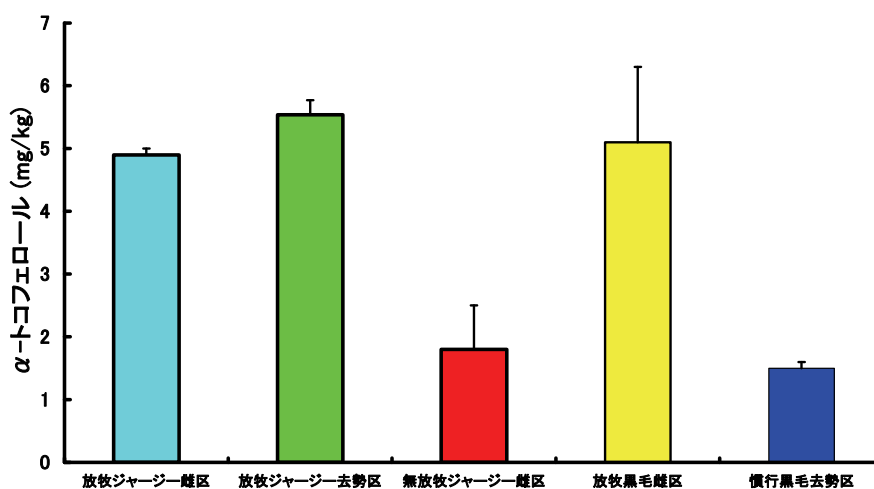


図3. 胸最長筋の α -トコフェロール含量

4. 水田放牧した牛肉のメトミオグロビン割合の変化

図4に、胸最長筋のメトミオグロビン割合の経時変化を示しました。メトミオグロビン割合は牛肉色の変色度合い（メト化）の指標であり、この値が高くなるほど牛肉の褐色化が進行していることを示しています。冷蔵保存7日目において、無放牧ジャージー区のメトミオグロビン割合は、放牧黒毛区より有意に高く、放牧ジャージー区並びに慣行黒毛去勢区より高い傾向が認められました。また冷蔵保存13日目においては慣行黒毛去勢区のメトミオグロビン割合が他区より有意に高くなりました。ジャージー種雌牛とホルスタイン種雌牛の冷蔵保存中のメト化を検討した試験では、ジャージー種の牛肉のメトミオグロビン割合の増加スピードは、ホルスタイン種より早かったことが報告されています。本試験の結果から、保存7日目における無放牧ジャージー雌区のメトミオグロビン割合が放牧黒毛雌区および慣行黒毛去勢区より高い傾向にあったことから、品種の特長としてジャージー種の肉色の変化スピードは黒毛和種より早いと考えられました。また本試験の結果から、水田放牧により牛肉中の α -トコフェロール含量が増加した結果、ジャージー種並びに黒毛和種の牛肉は慣行肥育を行なった黒毛和種肥育牛の牛肉よりも牛肉褐色化の原因であるメトミオグロビン割合の増加が抑えられ、冷蔵保存中の変色が抑制されることが明らかとなりました。

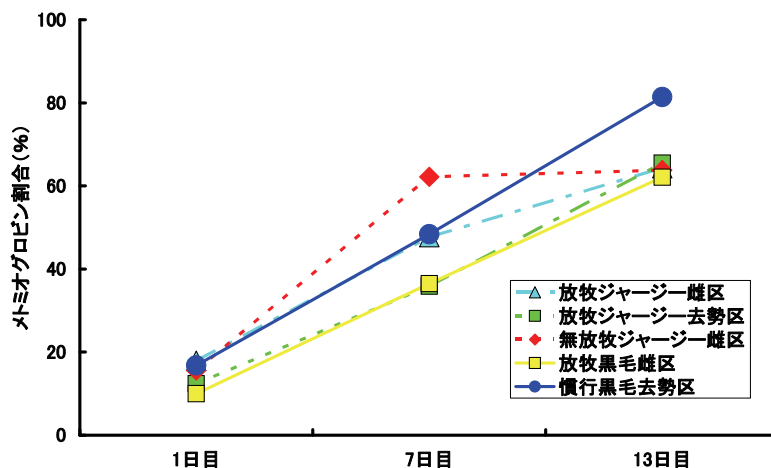


図 4. 胸最長筋のメトミオグロビン割合の経時変化

5. 水田放牧した牛肉の TBARS 値の変化

図 5 に、胸最長筋の TBARS 値の経時変化を示しました。TBARS 値は脂質酸化の指標であり、脂質酸化の進行にともない値が上昇し、牛肉では TBARS 値と酸敗臭や異臭との間に正の相関関係が認められることが報告されています。本試験の結果から、冷蔵保存 13 日目において、慣行黒毛去勢区の TBARS 値は放牧黒毛区及び放牧ジャージー区より有意に高い値となりました。また冷蔵保存 13 日目における無放牧ジャージー区の TBARS 値も、放牧黒毛区及び放牧ジャージー区より高い傾向でした。従って、水田放牧地において α -トコフェロール含量の高い牧草や飼料イネを摂取することにより、牛肉中への α -トコフェロールの蓄積が促進された結果、慣行肥育牛と比較し水田放牧を行ったジャージー種並びに黒毛和種の牛肉の冷蔵保存中の脂質酸化が抑制されることが明らかになりました。

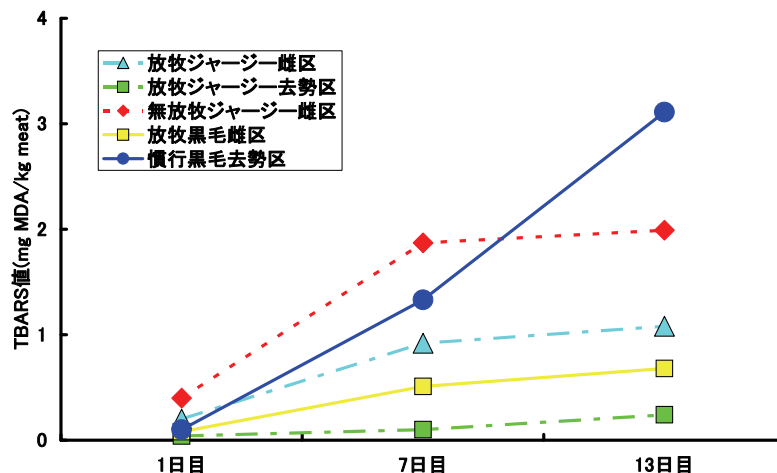


図 5. 胸最長筋の TBARS 値の経時変化

以上より、水田放牧地において牧草や飼料イネを摂取することにより経産牛の胸最長筋の α -トコフェロール含量が増加し、冷蔵保存中の牛肉色素の変色防止並びに脂質酸化の抑制に効果があることが明らかとなりました。今後、自給粗飼料の畜産現場での利用が更に拡大し、国産牛肉のブランド化に繋がることを期待されます。

(執筆者：山田知哉)

第4節 水田で放牧飼養した経産牛肉の官能特性

1. 牛肉の官能評価とは

牛肉の食味を単なる個人の好き嫌いでなく、客観的に数値化するのには、官能評価という手法を用います。官能評価とは、人間を測定器にして人間が感ずる、視覚・聴覚・嗅覚・触覚・味覚の五感を使って数値に表す手法で、食品のみならず、化粧品や家具などあらゆる製品の品質評価に用いられています。それには、例えば今回のように牛肉の官能評価の場合、「かたさ」や「線維の粗さ」、「うま味」など、人間が口に入れた時の刺激の数値が高いか低いかを測定する分析型評価とその「かたさ」や「線維の粗さ」、「うま味」が好きかどうかを測定する嗜好型評価の2方法があります。分析型評価は、評価を行うパネル（評価者）の訓練により、使用する用語の理解を統一させる、または、かたさなどのスケールを統一させるなどの訓練を行い評価の精度を高めま

一方、それを好むかどうかの嗜好型評価は、一般のなるべく多くの人に評価を行ってもらい、統計的な解釈により、好まれるかどうかを評価します。ここでは、前者の分析型評価により、放牧の有無、期間、時期、牛の年齢や種によってどれくらい差があるのかを検討してみました。

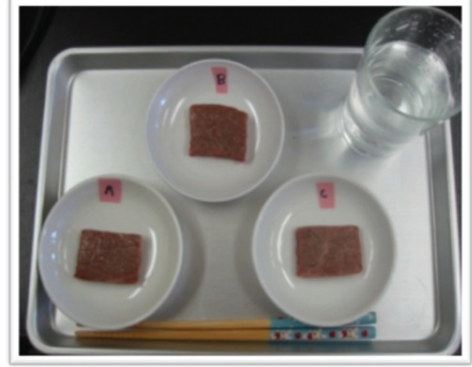


写真1. 牛肉の官能評価

2. 経産牛肉の食味と放牧効果

1) 官能評価に用いた対象牛

経産牛肉は、肉質がかたいため、挽肉などに加工されて食されることが多いのですが、ここでは、通常の焼き肉の手法で、市販牛肉とどれ位異なるのか、また、それは放牧によって、肉質の改善がされるのかどうかを分析型官能評価によって比較しました。対象とした牛肉は表1に示したとおりです。



表1. 官能評価に用いた牛肉一覧

放牧の有無による肉質の検討はジャージー種経産牛（写真）で行いました。対照牛として放牧前の牛は3.5歳から10.4歳までの牛3頭でいずれも体重が203-325kgと痩せています。4月に導入し、その後3か月、8か月、11か月と約1年間放牧した牛を放牧の有効性を検討する対象牛としました。はじめの4月から6月の春放牧は牧草、次の8か月は牧草に引き続き飼料イネ、11か月は牧草、飼料イネに続き、イネ WCS（稲発酵粗飼料）を給与しました。

と畜後の条件はすべて一定とし、チルドで

	牛番号	年齢	放牧期間	と畜時体重kg
ジャージー種経産牛	7262	10.4歳	0	317
	9300	7.2歳	0	325
	4392	3.5歳	0	203
	7296	9.9歳	3か月	365
	1463	6.6歳	3か月	431
	4217	4.2歳	3か月	359
	6213	5歳	8か月	459
	478	5歳	8か月	456
	1468	6歳	11か月	400
	7329	9歳	11か月	449
黒毛種経産牛	989	21カ月令	9か月	268
	991	21カ月令	9か月	316
黒毛種経産牛	2896	6歳	8ヶ月	570
	9667	6.9歳	8ヶ月	552
	4503	9歳	10か月	479
	1605	12.4歳	10か月	417
	9608	13歳	10か月	390
	6002	14歳	14か月	354

14日間熟成した牛肉（胸最長筋部）を同一条件で調理加工後、官能評価用試料としました。

2) ジャージー種経産牛の放牧効果

官能評価試料は、牛肉を1cm厚さに揃え、200℃のホットプレート上で表裏計2分15秒焼成（内部温度が60℃のミディアムレア）した後、線維方向を統一し、3×4cmに切った状態で行いました（写真1参照）。順序はランダムに試料が何かわからないように提示したものを、訓練パネル10名（女子大生8名と教員2名）が8段階で評価（8：非常にやわらかい・線維が細かい・多汁性がある・食感が良い・牛くさくない・風味うま味が強い、1：非常にかたい・線維が荒い・多汁性がない・食感が悪い・牛くさい・風味うま味が強い）を行いました。図1に結果を示します。

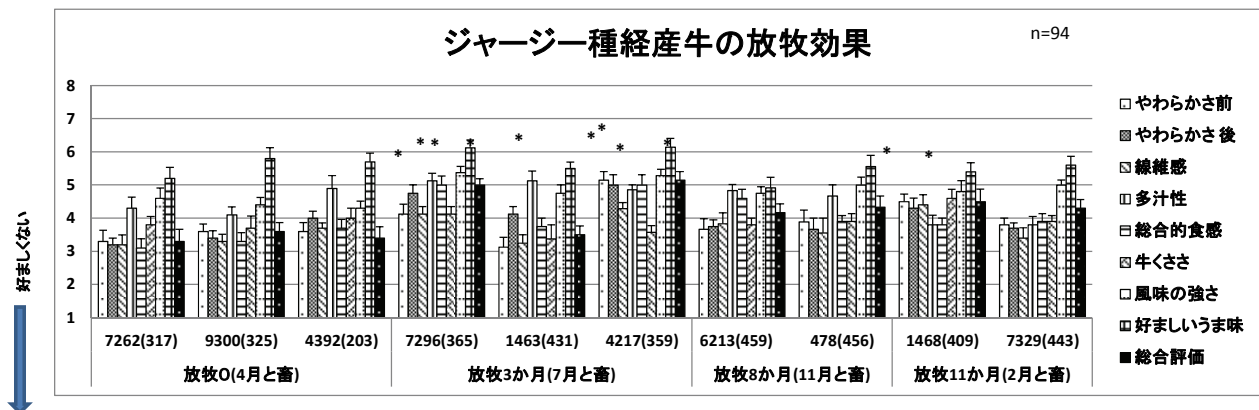


図1. ジャージー種経産牛の放牧の違いによる官能評価結果, *: $p < 0.05$

全体の特徴として、ジャージー種経産牛は、「うま味」の評価が高いことがわかります。この「うま味」とは、基本味としての「うま味」であり、いわゆる「旨味=おいしい」ではありません。基本味としての「うま味」とは、肉中のイノシン酸やアミノ酸によるうま味の強さを評価したものです。

放牧飼養期間及びと畜時期別に比較すると、まず、放牧期間0（放牧なし）の対照牛は、「うま味」以外は平均点4.5以下で牛の年齢に関わらず、すべてかたくて食感の悪い牛肉と評価されました。つぎに、4月～7月の3か月間の放牧後にと畜した経産牛、すなわち、と畜前に牧草を採食していた経産牛は、「やわらかさ」や「多汁性」などの食感や「うま味」などの評価が高く、総合的評価は最も高くなっています。特に年齢の低い4.2歳の牛では、最初の一噛みに相当する「やわらかさ（前）」が5以上の評価となり、「牛くささ」の評点は低いものの市販の交雑種牛肉に匹敵する評価でした。放牧期間8か月および11か月の経産牛、すなわち、と畜前に飼料イネやイネWCSを採食していた経産牛は、放牧なしの対照牛よりも全体に評価は高いものの、牧草を採食した後の7月にと畜した経産牛よりも、「やわらかさ」や「多汁性」など食感の評価が低い傾向が見られます。

このことから、ジャージー種経産牛では放牧飼養により牛肉の評価は向上しますが、と畜時期により評価は異なり、牧草採食後の夏から秋に、と畜すると牛肉の評価が高くなると考えられます。

3) ジャージー種去勢牛肉と市販牛肉の比較

図2に生後21か月令のジャージー種去勢牛（放牧9か月）と市販のホルスタイン種および交雑種牛を2）と同様の方法で比較評価した結果を示しました。交雑種去勢牛はホルスタイン種去勢牛に比較し、「やわらかさ(後)」「飲み込むまでのかたさすべて」「総合的食感」「風味の強さ」「総合評価」の評価値が高いことがわかりますが、ジャージー種去勢牛はホルスタイン種去勢牛とはさほど評価が変わらず、むしろ「やわらかさ(後)」の評価が高くやわらかいと評価されました。ホルスタイン種は国産牛として通常市販されておりますので、ジャージー種去勢牛の放牧飼養は、市販牛肉並の評価ということがわかりました。

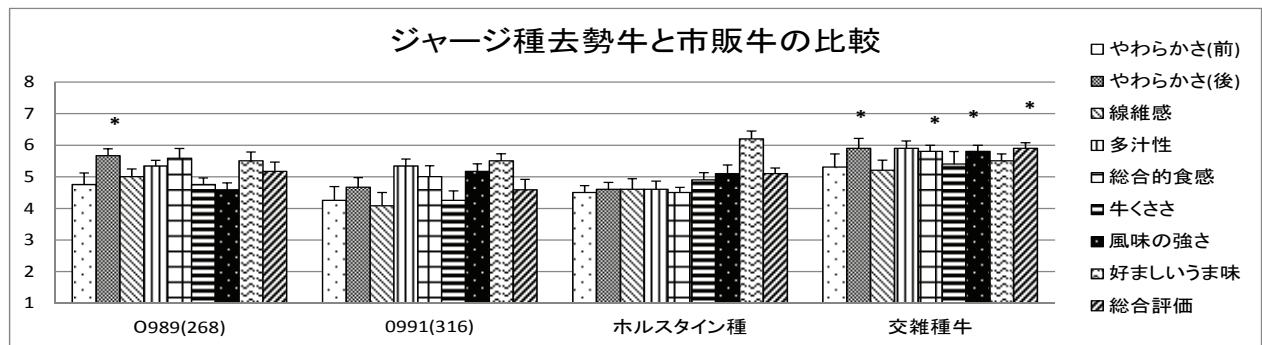


図2. ジャージー種去勢牛と市販牛の比較(0内は体重, *:p<0.05 n=44)

4) 黒毛和種経産牛の放牧効果

図3に黒毛和種経産牛の評価結果を示します。黒毛和種経産牛（6歳から14歳）は、ジャージー種に比較すると評価の平均値は高く、9歳までは、放牧期間（230日から420日）に関わらず通常の市販牛肉と遜色ないと考えられました。しかし、10歳を超えると評価が極端に悪くなりました。それでも放牧日数が171日から420日へと増えるほど評価が上昇しました。この中では、6歳で放牧日数も多い牛肉の評価が最も高評価でしたが、14歳でも放牧420日のものは「多汁性」の評価が高くなりました。

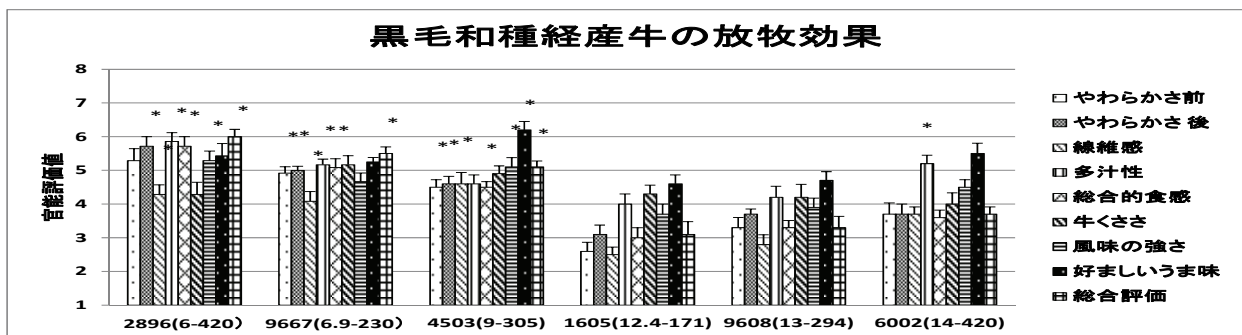


図3. 黒毛和種経産牛の放牧効果—(0内は年齢—放牧日数, *:p<0.05)

5) 放牧牛肉のかたさに 関する機器測定値

図4にジャージー種牛の破断測定値を示しました。これは、一定速度で破断する力を比較したも

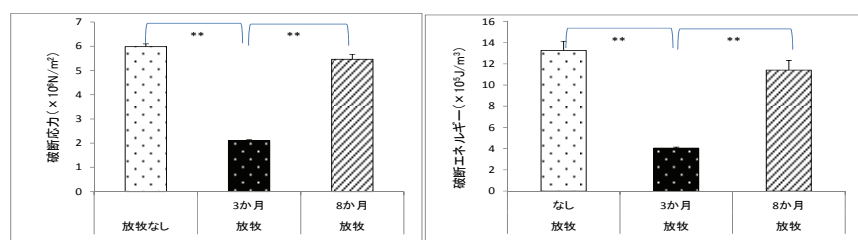


図4. ジャージー種牛肉の破断測定値, **:p<0.01

ので、値が高いほどかたいことを示しています。放牧牛（3か月）と放牧なしとの平均値を比較しますと、3か月放牧では有意にやわらかくなることが示されました。ここで破断エネルギーは咀嚼中の総エネルギーに匹敵し、破断応力は最初の一噛みの力に相当します。このことから、「かたい」と評価されがちな経産牛肉に関しては、放牧により体重を増量することが肉質向上に繋がるということから放牧効果は期待できると考えられます。

3. 今後の課題

以上のように、ジャージー種経産牛は、放牧することにより体重の増加がみられ、肉質がやわらかくなり、とくに牧草採食後の夏から秋にと畜することにより評価の高い牛肉生産が期待できることが示唆されました。また、ジャージー種去勢牛は、放牧飼養により、市販乳用種去勢牛と遜色ない肉質が得られることがわかりました。黒毛和種経産牛でも、10歳以下では、放牧することにより、日数に関わらず市販交雑種牛肉に遜色ない肉質とされましたが、10歳を超える牛に関しては、1年以上の十分な放牧期間が必要になることがわかりました。

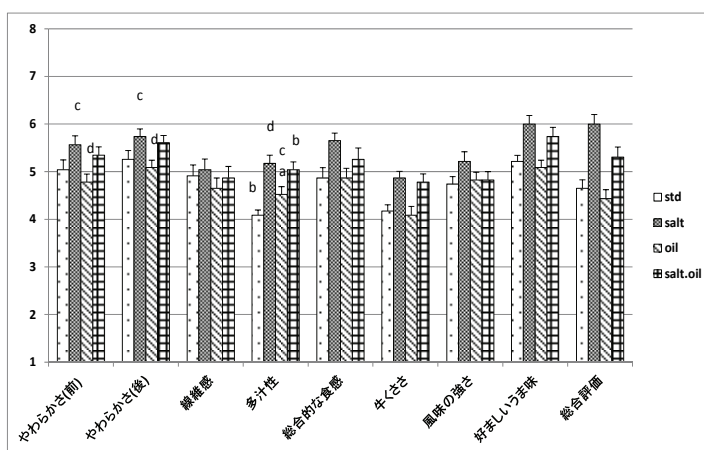


図5. 経産牛の調味料添加効果, 異なる文字: p<0.05

今回行ったジャージー種および黒毛和種経産牛は脂肪が少ない赤身の牛肉です。消費者の求めている「低脂肪・高タンパク」食品としては、経産牛は目的が合致しています。課題のかたさを克服する調理方法として、①物理的には薄くスライスするか挽肉にする、②筋原線維タンパク質を塩により溶解させる（図5）、③肉基質タンパク質のコラーゲンを長時間の加熱方法（シチュウや工業的には真空低温調理など）により分解させる、などが考えられます。

参考文献

- 「ジャージー放牧牛の食味特性」日本官能評価学会 2010 年度大会研究発表論文集 p36-37
 (執筆者・飯田文子)

第3章 水田放牧のリスク管理

第1節 水田放牧に伴う多様なリスクとその低減策

1. 従来の放牧と異なる水田放牧のリスク

前節までは、家畜生産に関わる水田放牧の技術を紹介してきましたが、第3章、第4章では水田放牧で注意すべきリスクとその対策について解説します。

畜舎施設内で牛を飼う舎飼いと比べ、牧野や水田で牛を放し飼いにする放牧は、吸血昆虫による感染症発生等のリスクを伴います。水田は、人里から離れた牧野や公共牧場と異なり、周囲に米や野菜を栽培する圃場や住居、道路があり、車両の往来も少なくありません。また、1つの牧区は数 10a の狭い放牧場が多く、牛の捕獲と牧区間の移動が頻繁になりますが、公共牧場のようにしっかりと固定された牧柵や捕獲施設等の設置は現実的に困難です。このため、捕獲移動時の捕獲者の怪我や牛の脱柵による事故のリスクは高くなります。

さらに、放牧地で栽培する飼料作物は茎葉も含めた植物体すべてが牛の餌となるため、他の作物生産と異なり薬剤を使用することがありません。このため、水田放牧地では周囲の圃場とは異なる植物相・生物相が形成され、珍しい昆虫類や鳥類を見ることができます（図1）。しかし、同時にカメムシ等、害虫の温床となることも考えられます。このように水田放牧では従来の放牧とは異なるリスクのあることを十分に考慮した放牧管理が必要になります。

そこでこの節では、営農試験地で発生した事故や調査研究結果を中心に、水田放牧に伴うリスクを分類するとともに、各リスク顕在化の要因を整理しリスクを回避・低減する対策を総論的に紹介します。なお、放牧衛生についてはこの後の第2節、第3節で、生物多様性と害虫のリスクについては、第4章で詳しく紹介します。

2. 営農試験地の水田放牧の概要

まず、営農試験地の放牧の概要を紹介しておきます。営農試験地の茨城県常総市は都心から約 30km の平地農村に位置し、放牧地周囲の圃場では稲作や野菜作が行われ、放牧地の一部は交通量の多い県道に接しています。水田放牧地の面積は約 12ha、牧区は 25 ヶ所（地権者約 70 名）あり、一部は隣接する平地林にも放牧を行っています。放牧飼料は、飼料イネ、イネ WCS（稲発酵粗飼料）、イタリアンライグラス、バヒアグラス等の牧草で、冬季も含め常時 50 頭の牛を放牧しています。このほか、WCS 用イネ収穫後の水田約 8 ha で再生イネや牧草を利用した水田裏作の放牧も行っています。



図1 営農試験地で見られる生物(左:チョウトンボ、右:アマサギ)

2006年から放牧を開始し2012年12月までの6年間に延べ8万8千日頭の牛の放牧を行ってきました。最近では、1年間に約75頭の繁殖牛をそれぞれ妊娠確認後から分娩予定日2週間前まで約7か月間放牧飼養しています。放牧地は電気牧柵で囲い、比較的広い3か所の圃場に単管パイプを使用した追い込み施設を設けていますが、残りの圃場は追い込み施設を設けず、電気牧柵で牛を狭いエリアに囲い込んで捕獲しています。

3. 水田放牧に伴うリスクの分類とリスク顕在化の要因

直接、被害を受ける対象から水田放牧のリスクを分類すると、(1)放牧管理者の怪我等のリスク、(2)家畜自体のリスク、(3)地域農業、地域社会に影響を与えるリスクに分けられます(表1)。

(1)は牛の入牧、捕獲、移動に伴い発生する管理者が被る転倒や怪我等です。牛舎に隣接する放牧地では牛を捕獲することなく入退牧が可能のため、こうした怪我の発生は多くありませんが、牛舎から離れた水田で捕獲・移動を伴う放牧を行う場合に、事故や怪我のリスクは高くなります。放牧牛には鼻環を装着し鼻環と角に手綱を掛けて、手綱から牛の行動を制御するのが一般的ですが、入退牧や移動時に興奮しコントロールしきれない牛がしばしば存在します。興奮した牛に手綱ごと引っ張られて転倒し切り傷や打撲、骨折等の怪我を負うことも少なくありません。また、放牧地に着いて家畜運搬車から牛を降ろす際や段差のある場

表1 水田放牧のリスクの分類とリスク顕在化の要因

	リスクの分類とリスク算定(影響の大きさ)	リスク顕在化の頻度	リスク顕在化の要因	
(1)管理者のリスク	①放牧牛の入牧、捕獲、移動時の管理者の転倒、怪我	切り傷1, 打撲4, 骨折1	無理な捕獲, 手綱による長距離の移動, 牛の興奮	
(2)家畜自体のリスク	②転落等の事故(個体の被害:外傷, 流産, 早産, 死亡)	移動時水路等への転落数回, イネ立毛放牧時死亡事故1回	移動・分娩時の水路等への転落。立毛放牧時, 畦畔で横臥していた牛が起立不能になり死亡(バックヤードなしのイネ立毛放牧が原因)	
	③栄養低下, 食滞(個体の被害:胎児の流産, 早産, 発育不良など)	放牧初期, 暑熱時に数頭発生, イネ立毛放牧時に数頭食滞, 1頭早産	放牧地の飼料不足, 初放牧牛の採食不慣れ, 飼料内容・飼養環境の変化, 寄生虫症, 暑熱, 穂重型飼料イネ専用品種の完熟期以降の立毛放牧	
	④熱射病(個体の被害:放牧牛の死亡など)	夏季1頭死亡	日陰のない環境, 高温, 飲水・塩分・ミネラル不足	
	⑤中毒症	硝酸塩中毒(個体～牛群の被害:流産, 放牧牛の死亡) 有毒植物中毒(個体～牛群の被害:流産, 放牧牛の死亡)	冬季2頭中毒死 冬季2頭中毒死	窒素濃度の高い果菜類の採食, 冬季イネWCS給与時のビタミン, 蛋白不足, 飼料不足
(2)家畜自体のリスク	⑥感染症	牛白血病(個体～農場レベルの被害) ピロプラズマ病(個体の被害) 肝蛭・膀胱虫症(個体～牛群の被害) 口蹄疫(同居牛殺処分, 埋設地の確保＝用地買収, 15km以内移動制限, 風評被害)	数頭発症 全頭に寄生, 劇症無し 発生無し 発生無し	感染牛と媒介昆虫(アブ, サシバエ)の存在 感染牛と媒介昆虫(媒介ダニ)の存在 感染牛と寄生虫宿主(ヒメモアマガイ)の存在 口蹄疫ウイルスの侵入・感染
	(3)地域農業や地域社会に影響を与えるリスク	⑦環境への影響	斑点米カメムシ類など放牧草地由来害虫の農作物被害(放牧地周囲の圃場レベルの被害) 異臭, ハエの増加(放牧地隣接住民への被害) 洪水発生時溢水の道路等への流出(//)	被害報告無し 苦情数件 1回発生
(3)地域農業や地域社会に影響を与えるリスク	⑧脱柵事故	農作物への被害(1～13万円), 交通事故(数十万～数億円)	年数回発生, 農作物被害補償2回	断線・漏電(ゲート閉め忘れ, 台風による倒木, 着雪による支柱倒壊, 電気の入れ忘れ), 放牧場内の飼料不足, 電気柵を飛び越える牛の放牧, 電気柵の学習不足, 捕獲時の興奮, 屋外環境・群行動への不慣れ

注:リスク顕在化の頻度は、当農試験地において6年間通年放牧を実施(放牧延べ頭数約88,000日頭, 退牧および測定のための捕獲延べ約800頭)する中で発生した件数等。

所で高い方から低い方へ牛を誘導する際に、牛が飛び降りることがあります。その際、手綱を持つ誘導者の方に向かってきて誘導者が大怪我をすることがあります。

(2)の放牧家畜が被るリスクには、②転落等の事故、③栄養低下や食滞、④熱射病、⑤中毒症、⑥感染症があります。

②の転落等の事故は、断崖等のある牧野や公共牧場と比べて水田放牧では比較的少ないですが、牛を移動する際に興奮した牛が水路等に転落し事故を招くことがあります。放牧地でお産する際、牛は圃場の隅等、比較的目立ち難い場所でお産します。このため、生まれた子牛が立ち上がる際に牧柵外の水路等に転落することがあります。また、生まれた子牛がカラスやタヌキ等の野生鳥獣に突かれたり噛みつかれることもあります。これらの事故は営農試験地では発生していませんが、放牧地でのお産は注意が必要です。

水田放牧では畦畔で横臥していた牛が起き上がれなくなることがしばしばあります。牛はお腹を冷やさないように地面の乾いた場所に横臥して反芻します。降雨が続いた後の水田放牧地では狭い畔畦で横臥することがありますが、その際、背中を低い側に向けて横臥した牛では健座姿勢を維持できなくなり起き上がれなくなることがあります。身体の重い牛が起立できない姿勢のまましていると、自重によって血行不良になり、神経の麻痺や筋肉の壊死にとどまらず、臓器不全を引き起こし死に至ることがあります。営農試験地ではこうした状態の放牧牛の発見が遅れ死亡したことがあります。地面の乾いたバックヤードを設けず飼料イネ圃場のみで放牧を行ったことが遠因です。牛は自ら寝返りできないため1日1回必ず見回りをを行い、こうした牛を見つけたら脚を低い側に移動するよう介助しなければなりません。

③の栄養低下は、飼料の摂取不足等に起因します。地面に根を張った草の採食行動に不慣れな初放牧牛の放牧初期や猛暑時に数頭見られます。また、食滞は、営農試験地では飼料イネの放牧時に発生し流産を招いたことがあります。原因は籾米を大量に摂取したためです。電気牧柵を用いて茎葉の多い品種を株元から穂先まで食べるように制御すれば問題ありませんが、穂重型の飼料イネ専用品種を用いた際、電気牧柵を越えた牛が圃場の稲穂を選び食した結果、食滞を招いたと考えられます。

④の熱射病は、日陰林のない水田放牧で起きやすい事故で、営農試験地でも猛暑時に牛舎から日陰のない圃場に入牧した4頭のうち1頭が2日後に死亡したことがあります。

⑤の中毒症は、有害植物や硝酸塩濃度の高い飼料の摂取等により発症します。放牧場内に可食草が豊富にある限り、たとえ有害植物があっても牛は本能的に採食しません。しかし、十分な飼料が与えられなかったり、栄養バランスの偏る飼料を与え続けていると、有害植物に舌を伸ばす牛が現れます。営農試験地では、冬季に硝酸塩中毒および有毒植物中毒による死亡事故が2件(4頭)発生しました。冬季の放牧飼料として給与するイネ WCS は、蛋白成分が低くビタミン類も多くありません。この時期の放牧牛は、ダイコン等の野菜残渣を好んで食べるため、周囲の農家が放牧地に投げ込んで与えることがあります。その中に、硝酸塩濃度の高いハウス栽培のトマトの茎葉があり、これを採食したと考えられる放牧牛2頭が同日に急死しました。牛が硝酸塩濃度の高い植物を摂取すると、胃から吸収された硝酸が血液中のヘモグロビンと結合し、ヘモグロビンが細胞に運搬すべき酸素と結合できなくなるため酸素欠乏により急死します(図2)。

また、ユズリハを採食した放牧牛2頭が2日後に死亡したことがあります。ユズリハは常緑の縁起木で民家の庭先によく植えられていますが、有害物質アルカロイドが含まれていま



図2 ハウス栽培のトマトの残渣(茎葉)を採食し硝酸塩中毒で急死した放牧牛(2010年2月)



図3 有毒物質を含むユズリハ。剪定枝の葉を採食した牛が2日後に死亡(2012年2月)

す。放牧地にはユズリハはありませんでしたが、隣接する民家の庭に植えてあるユズリハの剪定枝が放牧地に置かれており、これを採食した放牧牛が中毒症を起こしました(図3)。いずれも普段は本能的に避けるものですが、冬季の蛋白が不足しがちな飼料に飽きて採食し事故が発生したと考えられます。

⑥の吸血昆虫等が媒介する感染症は、放牧環境下でリスクが高まります。水田放牧で最も感染が心配されるのは水系に生息するヒメモノアラガイを宿主とする肝蛭虫です。ダニが媒介する小型ピロプラズマ病への注意も必要です。また、牛白血病は、牛白血病ウイルス(BLV)が感染して引き起こされる届出伝染病ですが、アブ等の吸血昆虫によって伝播するため、放牧実施の際には、感染牛と非感染牛を分ける等の対応が求められます。これらの疾病については、次節で詳しく紹介します。

なお、2010年に宮崎県で発生した口蹄疫は、感染力が強いため感染牛および同居牛の全頭殺処分と埋設が義務づけられています。このことから家畜および経営への影響の最も大きな感染症と言えるでしょう。日本国内での発生は稀ですが、輸入飼料や渡航者に付着して国内に持ち込まれる可能性が指摘されており、放牧環境においても注意が必要です。

(3)の地域農業や地域社会に影響を与えるリスクには、⑦環境への影響(放牧草地由来の病害虫の作物への被害、異臭やハエによる居住環境への影響)、⑧放牧牛の脱柵による周囲の圃場侵入と作物の盗食、道路への侵入による交通事故があげられます。

牛の糧となる牧草類は薬剤を施用しないため、放牧草地は昆虫類が増加する等、生物多様性は向上しますが、斑点米の原因となるカメムシ類も多くみられるようになります。とくに通年放牧を行う営農試験地では、飼料が欠乏する時期が生じないように多種多様の牧草を組み合わせ栽培しており、昆虫にも好ましい生息環境を提供していると考えられます。これについては第4章で詳しく紹介します。

居住環境への影響に関して、営農試験地では蛋白の高い牧草採食時(5月頃)の排尿に起因するアンモニア臭やハエの飛来、冬季のイネ WCS 給与時のサイレージ臭に対して、放牧地に近接する住民から苦情を呈されることがしばしばあります。地下水や放牧地周囲の水路の水から基準値を越す窒素やリン酸、大腸菌は検出されていません。ちなみに、営農試験地の水田放牧の平均密度は100日頭/年/10aであり堆肥換算にすると1.8t/年/10a程度です。しかし、集中豪雨により放牧地周囲の水路から溢れ出した水が住居の床下まで浸水し、低地

での放牧を控える要望が出されたことがあります。

⑧の牛の脱柵は、入牧、捕獲、移動時、および冬季に発生のリスクが高くなります。入牧、捕獲、移動時に発生しやすい脱柵や事故のパターンとこれらを回避するための作業の要点は項をあらためて紹介します。冬季の脱柵は着雪による牧柵の倒壊によることが多く、放牧地の外の畑に青物の野菜等がある場合、牧柵が機能していないと牛は容易に畑に侵入します。営農試験地では、脱柵に伴う交通事故はこれまで発生していませんが、冬季降雪時に倒れた牧柵を越えて脱走した牛が隣接する畑のケール、ニンジン等を盗食し、耕作者から補償を請求されたことがあります。

4. リスクの顕在化を回避・低減する放牧管理のポイント

以上のリスクについて放牧管理場面と関連づけると図4のように整理できます。管理者の転倒や怪我および牛の事故は牛の入牧、捕獲、移動時に発生することが多く、放牧牛の栄養低下や熱射病は採食行動に不慣れた初放牧牛や猛暑時に発生しやすくなります。中毒症や脱柵事故は放牧飼料の乏しい冬季に発生しやすく、感染症は媒介昆虫の多い夏季放牧時に伝播しやすくなります。したがって、リスクを回避・低減するためのポイントは、放牧初期、入牧・捕獲・移動、猛暑、冬季放牧時の放牧管理に集約されます。そこで、上記の放牧管理場面を念頭に、リスク回避・低減のポイントを紹介します（表2）。

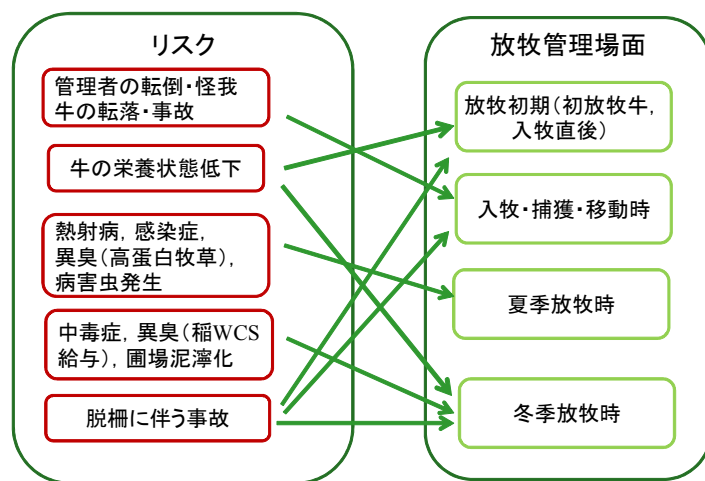


図4 水田放牧のリスクと放牧管理場面

1) 放牧初期の対応—畜舎やパドックでの放牧環境への馴致—（①③⑧のリスク対策）

牛から見れば、畜舎と放牧地では飼養環境は大きく異なります。雨風や直射日光が遮られ、1頭ごとに繋がれて調理した飼料や水を与えられる畜舎と異なり、放牧地では気象の影響を直接受けます。また、根の張った植物を自ら歩いて舌で巻き千切って食べなければなりません。さらに、群れのなかでは集団で生活することになります。このため、放牧地に連れて行く前にパドック等で屋外環境や集団生活、青草の採食への馴致を図る必要があります。電気柵に対する学習は、放牧地に連れて行く前に、必ずパドックや牛舎で弱電圧にして学習させます。

2) 牛の入牧、捕獲、移動時の管理（①②⑧のリスク対策）

営農試験地での実践を踏まえた入牧、捕獲、移動時のリスクを回避・低減するポイントについては、次項で詳しく紹介しますが、捕獲時はできるだけ人手を確保するとともに、捕獲手順の周知をはかり、事前に訓練することが重要です。

表2 水田放牧のリスク対策

リスクの分類・要因	リスク対策(リスク回避・顕在化低減)
①牛捕獲時等の管理者の怪我	注意を要する個体の認識、捕獲・綱による誘導を避け、運搬車または誘導柵により移動。
②転落等による牛の事故	分娩予定日前の退牧。毎日の観察による異常の早期発見と対応
③栄養低下	放牧経験牛との同群放牧による初放牧牛の馴致、補助飼料給与、夏季暑熱時は日陰林へ移動
④熱射病	日陰林のある里山と組み合わせた放牧地確保、朝夕の移牧、用水掛け流しによる牛の体温上昇抑制、退牧・休養
⑤中毒症	硝酸塩中毒 野菜残さ等を給与しないことを地域農家に伝達 有毒植物中毒 圃場面積、草種、季節に見合った放牧頭数、放牧頭数に応じた飼料作付計画、有毒植物の除去
⑥感染症	牛白血病 放牧前の検査、感染牛の分離放牧、高ウイルス牛の淘汰、パドック飼養を控える。 寄生虫症 血液検査、糞便検査による寄生の有無調査、症状に応じた投薬、媒介動物の調査駆除 口蹄疫 防疫意識の周知、消毒の徹底、立ち入り禁止看板の設置、分散飼養
⑦環境への影響	作物病害虫 牧草の出穂を抑える放牧管理(定置放牧、掃除刈りなど) 異臭、ハエ等 住居近接圃場での放牧を控える 排泄物流出 水路の点検、多雨時低地の放牧を控える
⑧脱柵事故	断線・漏電 「牛飛び出し注意」等の看板の設置、台風・降雪後の点検 飼料不足 牛と飼料の観察(牛が寄ってきたら移牧)、面積と草種、牧養力に見合う放牧計画 電気柵を警戒しない牛 放牧自粛、電気刺激の継続的体験(高めの電圧設定) 捕獲時の興奮 追い込み柵捕獲施設の設置、捕獲時の人手の確保と捕獲の訓練 屋外環境等への不慣れ 一晩繋留して観察

3) 夏季の放牧管理のポイント (③④⑥⑦のリスク対策)

栄養状態の低下や熱射病を予防するには、真夏に放牧を開始することを避け、梅雨明け前から徐々に暑さに順応させるようにします。また、できるだけ日陰林のある里山と組み合わせた放牧地を確保します。とくに、夏季の初放牧牛は日陰林があり草量の豊富な牧区に入牧させるようにしましょう。移動の容易な場所では、日中は日陰林があり風通しのよい場所、夜間は水田で放牧というように朝夕の転牧を実施します。日陰確保の困難な水田では、用水の掛け流しによる牛の体温上昇の抑制、ミネラルと水分の十分な補給を行います。

牛白血病については入牧前に血液検査を行い、感染牛と非感染牛を別けて放牧するようにします。ピロプラズマ病や肝蛭、口蹄疫等については、日常の観察による異常の早期発見と適切な対応が必要です。とくに、口蹄疫は感染力が強いことから関係機関への迅速な連絡を含めた対応方法を日頃から関係者に周知しておきます。また、放牧管理者自ら消毒を徹底し、放牧地への部外者の立ち入りを禁止する等、防疫意識を常に持ち続けることが必要です。

異臭やハエ飛来の予防については、問題の発生する時期の住居近接圃場での放牧を控えるようにします。斑点米カメムシの発生抑制のためには牧草の出穂を抑制する放牧管理(牧草の機械による掃除刈りや定置放牧)に取り組みます。また、放牧地周囲の水路は、豪雨時に詰まりや溢れることのないよう点検しておくことが必要です。

4) 冬季の放牧管理のポイント (⑤⑧のリスク対策)

中毒症や脱柵の予防については、まず、可食飼料の十分な確保を行い、同時に中毒の原因となる野菜残渣等を搬入しないよう周知します。また、脱柵に伴う事故等の予防については、「牛飛び出し注意」看板の設置等、日頃から注意の呼びかけ、台風や降雪後には必ず牧柵の倒壊や漏電が

ないか点検を行うようにします（図5）。

5. 牛の入牧，捕獲，移動時の管理のポイント

1) 入牧時の注意点

まず，運搬車から牛を降ろす時には飛び降りる牛もいることを念頭に置き，やや離れた位置に立って手綱を持ち，牛が自然にトラックから降りてくるのを待ちます。つぎに，放牧地に連れて来たらすぐに手綱を放さずしばらく様子を見ます。落ち着いて牧草を食べ始めたら，電気牧柵の近くに連れて行き観察を続けます。この時，牛が牧柵を避けるようであれば大丈夫ですが，興奮している牛は要注意です。しばらく，しっかりした杭等に繋留して様子を見ます。ほとんどの牛は一晩放牧地に繋留すれば覚悟を決めて落ち着くようです。それでも落ち着かない牛は，牛舎に連れて帰ります。

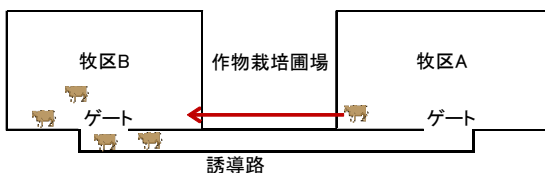


図5 交通量の多い道路沿いの放牧地には、注意看板を設置するようにします

放牧地にすでにいる牛群中に，牛舎から連れてきた牛を放すときは注意が必要です。新入りが来ると古参の牛たちは必ず新入りの周りに集まってきます。その際，電気牧柵の学習を行ってきた牛でも驚いて，狭い牧区では牧柵を突破して逃げ出すことがあります。古参の牛に集られて興奮している場合は，別の牧区に移動し落ち着くまで様子を見ます。また，放牧地で牛の群れを替える際には，雌同士の牛でも序列づけのための争い（角突き）が生じます。通路等，狭い場所で争いを起こさないよう，必ず広い牧区で群れ替えを行うようにします。

2) 牧区間の牛の移動

牧区間が比較的近い場合は，誘導路の両脇に牧柵を張り，その間を牛を追って移動するようにします。牧柵に通電する必要はありませんが，車道の横断や移動距離が長い場合は，必ず複数人数で誘導するようにします。また，誘導の際，率先して新しい牧区へ移動する牛もいれば，警戒して元の牧区からしばらく出てこない牛もいます。ほとんどの群れが移動した後，数頭取り残された牛は焦って誘導路を無視し牧柵をなぎ倒して，先に移動している群れに向かって直線的に走っていくことがあります。このため，すべての牛を誘導路への出口付近に集めてから移動する，或いは，迂回せずに移動できるような場所に出入り口を設けて誘導するようにします（図6）。



取り残された牛は，迂回して誘導路へ進まず，牧柵を突破し，直線的に他の群れの方へ向かう。このため，作物栽培圃場に侵入することもある。

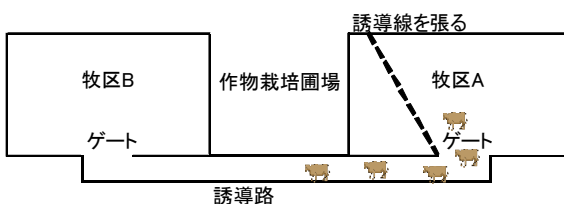


図6 圃場間の牛の移動時のゲート，誘導路の設置位置

3) 牛の捕獲、手綱での移動

①捕獲時の注意点

放牧牛の捕獲は、放牧管理者が最も苦勞し緊張する作業の一つです。各地の放牧マニュアルには、連動スタンションを設置して頻繁に餌付けを行い、スタンションに頭を入れて餌を食べているときにロックをかけて捕獲する方法が紹介されています。しかし、狭い水田では牧区ごとにスタンションを設置するのは現実的ではありません。常総市の営農現場では試験捕獲のため、単管パイプで組み立てた追い込み柵による捕獲施設も設けていますが、ほとんどの牧区ではこうした施設を設置しないで、2～3人で電気柵を使って狭いエリアに牛を追い込み捕獲します。以下、要点を紹介します。

基本は牛を落ち着かせることと、狭いエリアに電気柵を使って牛を囲い込み捕獲することの2点です。牛が興奮して集団で走り出すような場合は、離れた場所から牛が落ち着くまで静観します。この場合の人員は、脱柵が問題となる箇所立つよう配置すると良いでしょう。4頭以上の群れは2～3頭ずつ狭いエリアに追い込むようにします。4頭以上の群れを狭いエリアに追い込むと、電気柵が視界に入っても後ろから続く牛に押されて否応なしに柵にぶつかり柵外に集団で逃げ出すことがありますが、3頭以下の群れだと個々の牛の意思で行動します。

また、電気柵への学習は日頃からしっかり行います。放牧牛は柵の下草や柵外の草を食べる際、時々電気柵に触れ、ショックを受けることにより、電気柵への警戒心を維持します。しかし、通電されていなかったり、電圧が低いと触れた時の刺激が弱く学習が不十分になります。このため、電気柵は、昼夜問わず、常時高い電圧を維持できているか見回りの際には必ず確認します。これを怠ると普段は柵を意識しているように見える牛も、捕獲の際には躊躇うことなく柵を突破してしまいます。

②障害物（壁、車両、牛、人）を利用した捕獲

狭いエリアに追い込んでも、放牧牛は容易に頬網や鼻環をつかませてくれません。また、電気柵だけで囲っている場合は、追い詰められて脱柵する可能性が高くなります。このため、できるだけ障害物のある場所で、障害物を壁にすると捕獲しやすくなります。障害物は、垂直に近い法面やブロック塀、第1章第5節で紹介した給餌柵等です。また、捕獲場所に簡単な単管パイプを組んでおくとも捕獲しやすくなります（図7）。軽トラックや牛自体も障害物として捕獲の際に有用です。図8は、捕獲した牛を給餌柵に繋留し乗用車を付けて、牛と給餌柵と車で築いた壁に放牧牛を追い込んで捕獲したところです。牛は群れる習性がありますので、捕獲しやすい牛から捕獲して繋留しておくとも繋留している牛の間に捕獲しづらい牛が割り込んできて捕獲しやすくなります。同様に、牛舎から放牧地に連れてきた牛を繋留しておとり牛とし、移動させる牛を集めて捕獲するのも一つの手です。



図7 単管パイプで組み立てた障壁兼けい留施設

1頭だけになっても走り回り電気柵を突破する牛は、どんな農場でも10～20頭に1頭くらいの割合でいます。こうした牛の放牧は控えるようにしましょう。万一放牧してしまったら、運搬車に数頭の牛を入れておき運搬車に向けて誘導柵を設けて運搬車の中に直接追い込

むようにして捕獲します。

万一、放牧牛が柵外に逃げだしたら決して追いかけてはなりません。追いかけるとどんどん遠くへ逃げます。まず、車道や作物圃場等、逃げ出した牛に行かれては困る場所へ迂回して先回りし、そちらに行かないようにします。そして、遠くから牛を追って、元の放牧地の方へ押し戻すようにします。

③手綱を使っての牛の移動

まず、移動する牛をすべて捕獲し、繋留しておいてから移動します。牧区から牧区へ牛を移動する際は2人以上で行うようにします。手綱で移動する際は、1頭よりも2頭以上の方が動かしやすくなります。ただし、できるだけ最後に1頭だけ残さないように、最後は複数頭数で移動するように段取りします。興奮している牛は手綱を短く持ち、走り出さないように注意します。万一走り出したら手綱を放します。体重 500kg の牛の動きに勢いがついたら人力ではコントロールできません。怪我をしかねないので素早く手綱を放します。素早く手綱を放すためにも手綱を手に巻き付けてはいけません。柵田等、高い場所から低い場所に牛を移動する際は、牛もいったん躊躇した後、意を決して突然飛び降りることがあります。このため、牛の移動方向に立って手綱を強引に牽くことを避け、やや離れた位置から牛が自然に移動するのを待ちます。



図8 乗用車や牛も壁にして放牧牛を捕獲する

6. 必要なリスクコミュニケーション

以上のように、水田放牧に伴うリスクは多様ですが、リスク顕在化の頻度はそれほど多くないため、つい慢心しがちになります。しかし、リスク顕在時の影響は、入退牧時の管理者の怪我や脱柵に伴う交通事故等、取り返しのつかない大きな損害を及ぼすことが考えられます。このため、リスク顕在化の原因を踏まえた放牧管理の要点を念頭に入れておきましょう。また、リスク顕在時の影響を緩和するリスク移転として、JA 共済、家畜共済、放牧事故保険等の保険加入を勧めます。

さらに、放牧地では薬剤を使用しない等、従来の農業技術と異なることから、生態系に及ぼす影響も変わることを周囲の農家や住民に説明し、理解を得ておくことも必要です。その際、病虫害の発生や異臭、ハエの発生等のリスクを伴う事例を示すとともに、放牧により除草作業が軽減されることや耕作放棄地が解消し荒廃した里山の景観が改善されること、野鳥や昆虫が増えること等、プラスの側面も具体的に提示し、上述のリスクが受け入れられるものかどうか判断を仰ぐ姿勢が必要でしょう。

なお、ここで紹介したリスクがすべてではありません。各地で水田放牧が広がる中で、思いもよらない事故が今後も発生することでしょう。普及指導機関や家畜保健衛生所では、家畜の事故については、発生の原因を解明し、同じことが他でも起こらないように情報を共有することが必要と考えます。営農試験地で発生した放牧牛の死亡事故も当時は思いもよらない事故でしたが、原因を解明してみれば起こるべくして起きた事故であり、各放牧管理場面で注意すべき点を明確に意識すればいずれも防ぐことのできる事故と言えます。

(執筆者：千田雅之、花房泰子、小西美佐子、中村義男、亀山健一郎)

第2節 水田放牧時の寄生虫対策

放牧、水田、イネをキーワードとする牛の飼養形態において、特に警戒が必要な寄生虫は小型ピロプラズマ原虫と肝蛭（かんてつ）です。前者は小型ピロプラズマ病の、後者は肝蛭症の原因寄生虫です。これらの寄生虫が放牧地に定着すると撲滅は容易ではありません。寄生虫の多くは暖かい環境を好むため、温暖化が進むと寄生虫病の発生リスクが高まることが想定されます。水田放牧地では寄生虫検査や対策がなされていない場合が多いようです。すでに水田放牧を始めているところではこれらの寄生虫について一度汚染状況を確認し、これからのところでは開始時に検査して発生予防対策を取るとよいでしょう。以下に示す検査や投薬については家畜保健衛生所や家畜共済などの獣医師に相談しましょう。

1. 小型ピロプラズマ原虫と媒介ダニ

1) 小型ピロプラズマ病とは

小型ピロプラズマ原虫は牛の赤血球に寄生する原虫です（図1）。原虫というのは単細胞で活動する寄生虫のことです。感染した牛は原虫の増殖にともない発熱，貧血，黄疸，発育停滞を示し，妊娠牛では流産を起こすことがあります。牛，水牛以外の哺乳動物には感染しません。フタトゲチマダニの吸血によって主に媒介されます。また，感染牛を吸血したアブがすぐに次の牛を吸血する際にも原虫が伝播される可能性があります。

春先に初めて放牧に出された牛が夏に発病する事例が多く，一度貧血が進行すると回復には長い時間がかかります。感染歴のある牛は再感染しても症状が軽くなります。ホルスタイン種は感染に弱くて症状が進行しやすく，黒毛和種は強くて症状が軽く，日本短角種はそれらの中間です。各地に公共放牧場が整備された1960～70年代にかけて全国的に蔓延し多大な被害を与えました。その後は多くの放牧場で血液検査と殺ダニ対策が実施され，大流行はみられなくなっています。

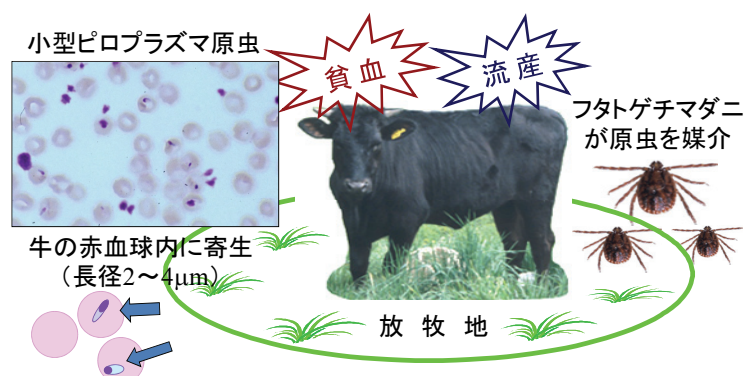


図1 小型ピロプラズマ原虫の感染経路

2) 水田放牧におけるフタトゲチマダニの動向

フタトゲチマダニは牛ばかりでなく，シカ，ウサギ，ネズミなど多くの動物を吸血します。このため，草地，山林や田畑などに広く生息しています。春から秋にかけて活動し，冬には地表直下の土中で越冬します。茨城県内の水田放牧モデル試験地を3年間調査したところ，水田牧区からは1匹のみ採集されました（図2）。放牧にも利用している庇陰林や牧区間の農道では4～11月にかけて採集され，12～2月にも少数が採集される場合があります。牧区間農道については林に面し日陰が多い側で採集され，水田牧区に面し日が当たる側では採集されませんでした。採集されたフタトゲチマダニの一部から原虫の遺伝子が検出されました。また，この試験地では春から秋にかけてアブとサシバエが確認されました。



水田跡地牧区
ダニはほとんど生息していない

庇陰林
ダニが生息

牧区間農道
右林側(赤線部)にダニが生息
左水田側には生息していない

図2 水田放牧モデル試験地におけるダニの生息状況

水田牧区からダニがほとんど採集されなかった点については、木立がなく夏季は直射日光、冬季は放射冷却が著しいこと、粘土質土壌でありダニが好む落ち葉や枯れ草などが堆積した地表層の形成が不十分であること、吸血できる野生動物が生息していないことから、ダニの定着に適した環境が未形成であることが原因と考えられました。庇陰林内は暑熱や寒冷、強風が軽減され、野生動物の定住や有機的な地表層の形成があり、ダニにとっても居心地のよい環境であることが推察されます。農道も日陰が確保でき灌木などがあればダニの生息が可能です。冬季にもダニが活動可能な気温 15℃を超える日があり、そのような日にダニが活動していることが明らかになりました。温暖化によってダニの生息地域の拡大や生息数の増加ばかりでなく、活動期間が長くなることが懸念されます。

3) 水田放牧におけるダニ対策

小型ピロプラズマ病の防除にはダニ対策が欠かせません。効果的な対策を立てるためにはダニの生息状況を調査する必要があります。1m 四方程度の白いフランネル布を振って、地表や草木の上で動物を待ちかまえているダニを採集します(図3)。成熟したダニ(成



旗振り法によるダニの採集 布地に付着したフタトゲチマダニ(成ダニ, 体長約3mm)

図3 ダニの採集調査

ダニ)がみつきやすい5~7月に実施するとよいでしょう。その際に水田牧区だけでなく庇陰林など周辺も含めた調査が必要です。新たに水田放牧を始めた時にダニがいなくても、放牧地が次第にダニの生息に適した環境となる可能性があるため、定期的な調査が推奨されます。すでに小型ピロプラズマ病が発生している放牧地では、牛体のダニ寄生についても検査しましょう。ダニは牛の鼻先や口周り、まぶた、脇や股間、会陰部などの柔らかい部分に好んでつきます。目で探すだけでなく、手のひらで脇など体表を触って探索しましょう。

放牧地にダニが見つかる場合は殺ダニ剤の牛体投与が推奨されます。最も普及しているのはフルメトリン製剤で、牛の鼻部から背中に沿って尾根部までの皮膚に滴下します。本製剤は食用目的の出荷禁止期間が投与後2日間と短く、妊娠牛や搾乳牛にも使用できます。放牧地にダニが見つからない場合も、牛を入退牧する際に投与するとよいでしょう。特に、公共

放牧場など外部から牛を搬入する時に投与しておくことで安心です。殺ダニ剤投与の頻度や期間は放牧地のダニ汚染状況によって変わってきます。ペルメトリン耳標形樹脂練り込み剤はダニとサシバエに効果があります。両耳に装着後約6か月間有効で、出荷前の休薬は必要なく妊娠牛や搾乳牛にも使用できます。効果の高い殺ダニ剤を選択することが重要となります。

近年、放牧地への野生シカの侵入が各地で問題となっています。シカには小型ピロプラズマ原虫は感染しませんが、フタトゲチマダニは寄生するのでその増殖要因となります。シカが多数のダニを持ち込む可能性があるため、侵入を可能な限り阻止しましょう。牧区周辺や農道の下草刈りはダニの生息密度減少に有効です。整備を心がけている放牧地では関係者の衛生意識が高く、小型ピロプラズマ病を含めた各種疾病の発生が少ない傾向にあります。ダニ密度の高い牧区の使用は控えるべきです。ダニは1～2年間吸血しなくても生存できるので、休牧する場合は2年以上の期間が必要です。以前は草地への殺ダニ剤散布や野焼きが実施されましたが、効果が低く環境への配慮から現在は実施されません。

4) 水田放牧における牛の感染動向

上述のモデル試験地では黒毛和種妊娠牛が出産期を除き周年放牧されています。放牧牛計69頭の血液を検査したところ、2頭を除く全頭から原虫が検出され、5頭が1%以上の比較的高い原虫寄生率（全赤血球数に対する原虫寄生赤血球数の割合）を示し、3頭において夏から秋に一時的な貧血の進行が観察されました。原虫に強い黒毛和種でも妊娠や暑熱など何らかのストレスがかかると原虫が増殖して発病する場合があります。

原虫に感染していないおとり牛（ジャージー種）を試験地に導入し、原虫伝播の可能性を調べました。その結果、放牧牛群に同居させたおとり牛15頭全頭が導入後3か月以内に原虫に感染し、うち7頭に貧血が進行しました。放牧牛群と異なる牧区内でのみ放牧し、庇陰林などダニが生息する牧区に入れていないおとり牛3頭についても全頭が感染し、うち2頭に貧血が進行しました。遠く離れた隔離施設内で飼育したおとり牛2頭は原虫に感染しませんでした。既感染牛と感染が成立したおとり牛の血液から原虫の遺伝子を分離して解析したところ、塩基配列が一致しました。感染発病の経過からもおとり牛には試験地において放牧牛由来の原虫が伝播したことが推察されました。原虫伝播経路については庇陰林などに生息する原虫保有ダニの吸血が考えられますが、ダニ不在牧区でのみ飼育したおとり牛にも原虫感染が成立したことから、アブなどの吸血昆虫が原虫を伝播している可能性も考えられました。

5) 水田放牧における感染対策

フタトゲチマダニは国内に広く生息するので、新規の水田放牧地に原虫感染牛が導入されれば、やがては小型ピロプラズマ病常在地となる可能性が高く、それを防ぐためにはダニ対策に加えて牛の血液検査が必須

です。貧血確認のための血液ヘマトクリット値測定と、原虫検出のための血液塗抹検査を実施します。公共放牧場の多くでは、ヘマトクリット値25%未満を貧血とみなし、貧血の進行



簡易柵場の設置で検査や投薬が容易に

図4 簡易柵場の利用

状況に応じて治療や退牧などの処置が取られています。初放牧や公共放牧場からの搬入時に血液を検査することにより原虫感染牛の導入を避けることができ、定期的な血液検査により感染の早期発見が可能となります。金属製の単管パイプを組み合わせた簡易柵場を設置しておく、採血などの検査、殺ダニ剤や抗原虫薬の投与を実施することが容易になります（図4）。

治療にはジアジピン製剤を使用します。筋肉内注射により原虫が減少して貧血が軽減されますが、1か月程度で効果が弱まり再度発病に至る場合があります。この薬剤は注射時の痛みが大きいので蹴られないように注意し、大型牛には2～3箇所に分散して投与するとよいでしょう。痛みが少ない皮下注射でも同様の効果がありますが、用法に指定されていないので獣医師の責任による使用となります。ジアジピン製剤は食用目的の出荷禁止期間が投与後60日間と長く注意が必要です。また、妊娠末期や搾乳中には使用できません。貧血が進んでいる牛は隔離あるいは退牧させ、抗原虫薬の投与とともに輸液を行って体力回復につとめましょう。有効なワクチンは開発されていません。

2. 肝蛭と媒介貝

1) 肝蛭症とは

肝蛭は牛の肝臓に寄生する寄生虫です（図5）。ヒメモノアラガイとコシダカヒメモノアラガイによって媒介されます。これらの巻貝は水田や用水路、湿地などに生息しています。媒介貝の体内から放出された肝蛭の幼虫がイネやあぜ草に付着し、牛がこれらを食べることによって感染します。多くの場合は無症状で経過しますが、重度に寄生すると肝臓障害を起こして発育が停滞します。食肉検査において肝蛭が寄生する肝臓は廃棄され経済的損失となります。感染牛の糞便に肝蛭卵が排出され、孵化した幼虫が媒介貝の体内に入り発育します。肝蛭症は1970年代頃まで水田地帯に蔓延し河川敷放牧でも散発しましたが、飼養衛生の向上により発生は減少しています。幼虫が付着したセリやクレソンなどを食べると人にも感染し、まれに発熱や下痢を起こします。

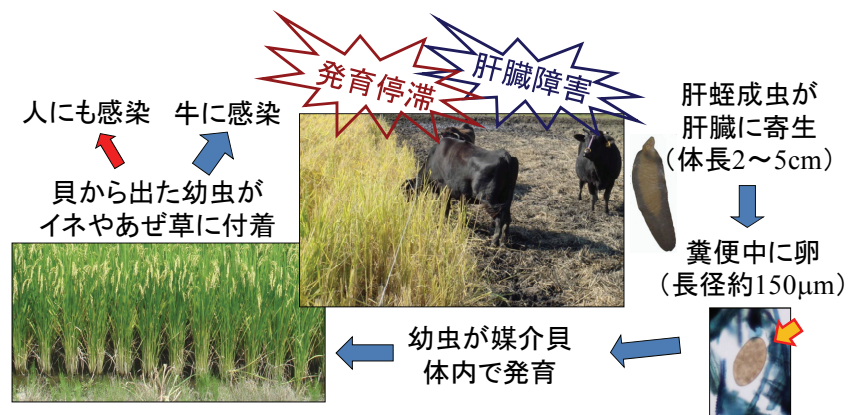


図5 肝蛭の感染経路

多くの場合は無症状で経過しますが、重度に寄生すると肝臓障害を起こして発育が停滞します。食肉検査において肝蛭が寄生する肝臓は廃棄され経済的損失となります。感染牛の糞便に肝蛭卵が排出され、孵化した幼虫が媒介貝の体内に入り発育します。肝蛭症は1970年代頃まで水田地帯に蔓延し河川敷放牧でも散発しましたが、飼養衛生の向上により発生は減少しています。幼虫が付着したセリやクレソンなどを食べると人にも感染し、まれに発熱や下痢を起こします。

2) 水田放牧における媒介貝と肝蛭の動向

モデル試験地において飼料イネ水田や牧区脇小水路の巻貝調査を実施したところ、当初3年間は肝蛭を媒介しないサカマキガイのみが確認されました（図6）。ところが2012年4月以降、サカマキガイとともに肝蛭媒介種と考えられる種を含むモノアラガイ類の生息が確認されました。当地の水源は井戸水あるいはわき水で、これらの水系を通過して試験地にモノアラガイ類が再侵入したものと推察されました。さいわい放牧牛の糞便から肝蛭卵は一度も検出されませんでした。

3) 水田放牧における肝蛭症対策

イネなどに付着した肝蛭幼虫はメタセルカリアと呼ばれ、環境抵抗性が強く、刈り取りの翌春まで感染性が残る場合があります。イネ WCS（稲発酵粗飼料）にして1か月以上保存すると感染性が消失するとされています。牛糞の堆肥化は肝蛭卵の殺滅に有効ですが水田放牧には適用できません。これらのことから飼料イネを活用する水田放牧では、特に立毛放牧期間に肝蛭に感染するリスクが高いといえます。水田や周囲水系の巻貝調査と、

放牧牛の糞便検査の実施が推奨されます。糞便は沈殿法あるいは昭和式法で検査します。肝蛭卵は比重 1.2 の蔗糖液や飽和食塩水にも沈むので、一般的な浮遊法では検出できません。野生シカの肝蛭寄生率が高いことが報告されています。肝蛭症防除のためにも水田放牧地や飼料イネ水田へのシカの侵入を可能な限り阻止しましょう。

駆虫にはトリクラベンダゾール製剤あるいはブロムフェノホス製剤を経口投与します。前者は食用目的の出荷禁止期間が投与後 28 日間で、出産予定3週間前から搾乳中は使用できません。後者は同出荷禁止期間が投与後 21 日間で、出産予定2週間前から搾乳中は使用できません。両薬剤とも感染初期の幼若虫には効果がありません。投薬の適期は肝蛭が成熟する感染2～3か月後とされています。対症療法として輸液や強肝剤の投与を実施します。

3. その他の寄生虫

その他放牧時に留意する寄生虫として、コクシジウム原虫と消化管内線虫があげられます。急性コクシジウム病では出血性下痢が起り、死亡する場合があります。特に初放牧子牛が発病した場合はサルファ剤の緊急投与が必要になります。消化管内線虫が多数感染すると発育停滞や生産性低下を起こします。イベルメクチン製剤、モキシデクチン製剤、エプリノメクチン製剤などを滴下投与して駆虫します。

参考文献

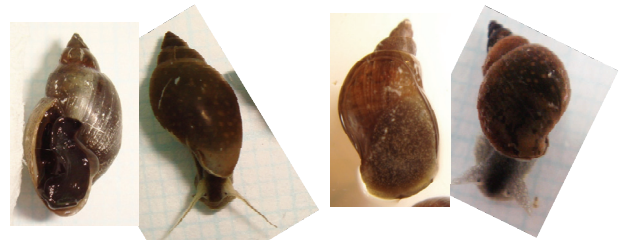
中村義男「牛のピロプラズマ病とアナプラズマ病」『中央畜産会冊子』（中央畜産会、2012年）

中村義男他「水田周年放牧における寄生虫感染の実態と衛生対策」『農研機構シンポジウム飼料イネ・放牧を活用した水田周年放牧利用技術の展開 プロシーディングス』（農研機構、2012年、37-40頁）

寺田裕「小規模放牧における衛生状況とマダニ動態」『動衛研研究報告』（動衛研、2011年、第117号、11-18頁）

吉原忍「日本の牛肝蛭病について」『東京獣医畜産学雑誌』（東京獣医畜産学会、1991年、第37巻、1-12頁）

（執筆者：中村義男・花房泰子）



サカマキガイ
殻は左巻き(口を正面下に向けると左側)、触覚は棒状、肝蛭を媒介しない

モノアラガイ類
殻は右巻き(口を正面下に向けると右側)、触覚は三角形、一部の種が肝蛭を媒介

図6 水田に生息する巻貝

第3節 水田放牧時の牛白血病ウイルス対策

1. はじめに

水田放牧のリスクの一つとして、感染症があります。放牧場で広がりやすい牛の感染症の中でも、牛白血病は近年わが国で非常に問題となっています。この節では、牛白血病の概要説明とともに、水田放牧を行う際に取りべき牛白血病対策について紹介します。

2. 牛白血病について

牛白血病は、白血球の一つであるリンパ球が腫瘍化して血液や各臓器で増殖する、牛の悪性腫瘍です。発症牛は、元気や食欲をなくし、難治性の下痢または便秘、著しい消瘦に加え、体表のリンパ節が大きく腫れるといった症状を示します(図1)。わが国では牛白血病の発生が急増しており、近年ではその発生報告数が毎年1,000件を超えるようになりました(図2)。牛白血病を発症した牛は、と畜場法により全部廃棄処分となるため、肉牛経営に与える経済被害は甚大なものとなります。

牛白血病には、ウイルス感染でおこるもの(地方病性牛白血病:EBL)と、自然に発生するもの(散発性白血病:SBL)がありますが、最も多いのはEBLで、その原因ウイルスを牛白血病ウイルス(BLV)と言います。BLVは、非常にやっかいな性質をもつウイルスです。その性質とは、①BLVに感染した牛は一生ウイルスを保有し、他の牛の感染源となる、②感染牛の半数以上は無症状のまま一生を過ごす、③感染から白血病発症まで数年かかる、というものです。感染しても、多くの牛が無症状であるため見逃されやすく、知らない間にウイルスが農場全体に広がっていた、ということも珍しくありません。また、BLV感染牛の約5%程度しかEBLを発症しないため、感染牛がいることを軽視する傾向も見られますが、感染牛が増えれば増えるほど、発症牛の出る可能性も高くなります。



図1 牛白血病の特徴

発症牛は著しく消瘦し(青矢印)、
体表リンパ節が腫大する(赤矢印)

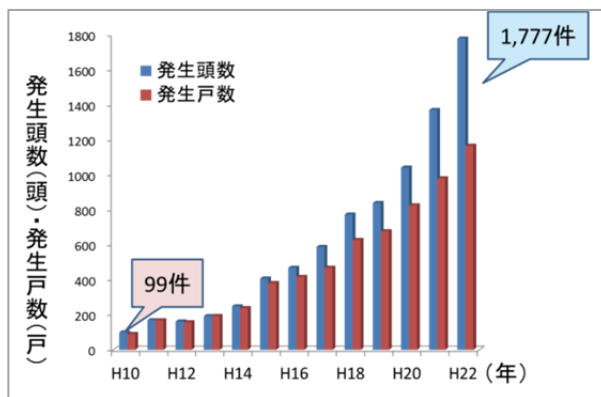


図2 牛白血病の発生報告数

(農林水産省家畜衛生統計より集計)
発生報告数は上昇の一途を辿る。

3. BLV 対策について

今のところ、この感染症にはワクチンも治療法也没有せん。最も有効な対策法は、感染牛の摘発・淘汰ですが、感染率が全国的に高くなってしまったわが国では、感染牛を早急に淘汰することは非常に困難です。したがって、感染牛を飼育する農場ではウイルスの伝播を阻止し、感染牛を増やさない対策をとる必要があります。BLV は牛のリンパ球に感染するため、主に感染牛の血液が他の牛の体内に入り込むことで伝播していきます。具体的には、注射、直腸検査、去勢、除角や削蹄など出血を伴う処置で使用する器具の使い回し、アブなどによる吸血がウイルス伝播の原因になります。

したがって、BLV の伝播を阻止するためには、①感染牛と非感染牛を分離し飼育する、②各種器具等は一頭ごとに消毒または使い捨てにする、③飼育作業は非感染牛から始め感染牛は後にする、④忌避剤や防虫ネットを使用し、吸血昆虫の畜舎への侵入や牛への吸血を防止する、等の対策が必要です。とくに、パドックのように日当たりの良い狭い場所では、吸血昆虫による感染のリスクが高くなりますので、パドックに放す場合は、必ず感染牛と非感染牛の間に一定の距離を置くようにします。

また、BLV は胎内でも感染するため、感染牛はなるべく繁殖に用いないのが望ましいのですが、やむを得ない場合は、出産直後に子牛を感染牛から離し、感染の有無を確認しましょう。感染牛の初乳・常乳も BLV の感染源となりますので、非感染牛の初乳や初乳製剤、代用乳を与える方がよいでしょう。感染牛の初乳・常乳を与える場合は、確実に加熱処理（60℃、30分）したものを与えるようにしましょう。感染牛は血液検査で検出できますが、1回の検査で陰性だったからといって安心せず、非感染牛はその後も定期的に検査し、陰性であることを確認しておくことが肝心です。

これらの BLV 対策は、水田放牧においても同様に有効です。放牧に出す前に全頭を血液検査し、牛群を感染群と非感染群に分けましょう。両群は可能な限り離れた場所で放牧し、周年放牧する場合は、非感染群を定期的に検査して、後から感染した牛が検出された場合は、速やかにその牛を感染群に移しましょう。この牛群編成は、退牧後、牛舎でも継続することが重要です。せっかく放牧場で分離飼育していた感染牛と非感染牛が牛舎で混ざってしまわないよう、耳票に異なる色のビニールテープを巻くなど、感染牛と非感染牛が一目で見分けがつくような工夫をするとよいでしょう。

4. 研究紹介：おとり牛を用いた水田放牧場での BLV 伝播の検証

水田放牧をおこなう際、繁殖計画や収容面積の都合上、完全に感染牛と非感染牛を分離することが困難なこともあります。ここでは、分離放牧をしなかった場合、BLV がどのように伝播していくのかを検証するため、おとり牛を用いて H21～H24 年度に実施した調査の結果を紹介します。

1) 方法

① 保有ウイルス量による感染牛の群編成

分娩前後を除き周年放牧される成牛 88 頭について血液検査を実施し、BLV 感染群と非感染群を編成しました。感染牛は、さらに血液中のウイルス遺伝子数（コピー数）によって高ウイルス量群（H 群）および低ウイルス量群（L 群）の 2 群に分けました。年度による H 群、L 群の区分内容は以下の通りです。コピー数はリアルタイム PCR で測定

し、10ng の DNA に含まれる数を示してあります。

H 群：100 コピー以上， L 群：99 コピー以下（平成 21～23 年）

H 群：1, 000 コピー以上， L 群：999 コピー以下（平成 24 年）

② 放牧場における感染伝播に必要なウイルス量の推定

H 群と L 群を 5 m 以上（道路幅）隔てた牧区で別々に放牧し，各群におとり牛として BLV 非感染牛を配置しました（図 3）。おとり牛は定期的に血液を検査し（図 4），感染の有無を確認しました。

③ 放牧地における吸血昆虫の生息状況調査

放牧場にアブトラップ（図 5）を設置し，各月の吸血昆虫の生息状況を調査しました。



図 3 おとり牛の配置
左がおとり牛，右が感染牛。



図 4 おとり牛の採血風景
保定や採血に慣れていない牛を扱う場合，
輸液用延長チューブを用いることで安全に採
血することができる。



図 5 アブトラップの配置
配置場所によって捕捉されるアブの数に差が出る
ため、検討が必要。また、牛にいたづらをされない
ように、周囲に電柵を巡らせておくと良い。

2) 結果

①各群の内訳とおとり牛の感染状況

各年度における H 群，L 群の内訳，おとり牛の頭数および陽転数を表 1 に示しました。感染牛については，各群ともに随時牛の入退牧があるため，年度内の平均頭数を示しています。調査期間を通じて，H 群で 2 頭のおとり牛が BLV に感染しました。

表1 各群の構成と陽転数 ※感染牛の頭数は、年度内の平均頭数

頭数	調査年度							
	H21		H22		H23		H24	
	H群	L群	H群	L群	H群	L群	H群	L群
感染牛*	8	8	8	8	4	10	6	6
おとり牛 (陽転数)	3 (1)	3 (0)	3 (0)	3 (0)	4 (0)	3 (0)	4 (1)	3 (0)

②放牧場における吸血昆虫の生息状況

アブトラップに捕捉された昆虫を分類した結果、調査対象の放牧場にはフタスジアブおよびサンバエが生息しており、それらの生息数は8月～9月初旬にかけて多くなることがわかりました(図6)。

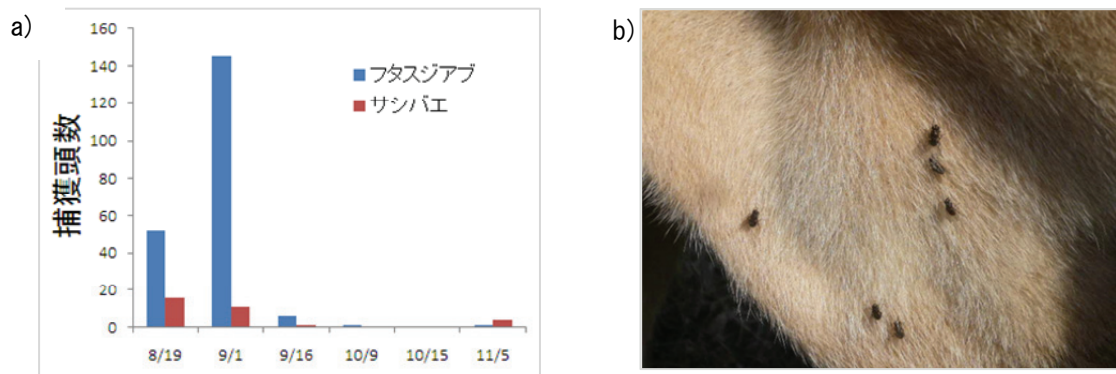


図6 放牧場で確認された吸血昆虫

a) アブトラップに捕捉された吸血昆虫の推移

活動時期は毎年の気候や地域によって異なる。

b) サンバエによる吸血

吸血昆虫が牛から牛へと連続して吸血する際、その口に付着した血液が次の牛の体内に侵入する。

3) 考察とまとめ

調査期間を通じたおとり牛の陽転率は、H群で20%(2/10)、L群で0%でした。血中ウイルス遺伝子数が100コピー/10ng DNA以上の個体をH群とした平成21~23年度では、おとり牛の陽転は3年間で1頭のみでしたが、平成24年度に規定を1,000コピー/10ng template DNAとしたところ、半年以内に1頭が感染しました。このことから、血中ウイルスの保有量が1,000コピー/10ng DNA以上の牛群では、それ以下の群よりもBLVが伝播しやすい可能性があることが推察されます。しかし、感染牛の血中ウイルス量が低ければ、絶対に同居牛が感染しない、というわけではありません。やむを得ず感染牛と非感染牛を同一牧区内で放牧する場合は、なるべく血中ウイルス遺伝子数の少ない牛と、更新時期の近い牛で編成するなど、感染が起きた場合の経済被害が低くなるような工夫が必要です。また、感染牛には必ずアブの忌避剤を塗布し、アブトラップを配置するなど吸血昆

虫対策もしっかりと行いましょう。

放牧場における BLV 伝播の主要因は吸血昆虫による媒介とされており、本研究においても放牧場にアブおよびサシバエが生息していることが確認されました。同放牧場における生態調査は初年度しか実施していないため、調査期間中の生息状況の変化は不明です。しかし、夏期の調査時でもこれら吸血昆虫は目視では確認されず、全体として生息数が少ないものと考えられました。本研究におけるおとり牛の陽転率の低さが、吸血昆虫の生息数の低さによるものなのかは、媒介昆虫の生息状況調査を継続して確認する必要があります。

吸血昆虫の生息数や活動時期は放牧場の気候や地理条件によって様々ですし、今まで牛を吸血する昆虫がいなかった場所でも、連続して牛を放牧するうちに、昆虫の生息状況が変化する可能性があります。したがって、初めて放牧を行う牧区では、上記の吸血昆虫対策をしっかりとし、アブの生息状況を把握するようにしましょう。

5. おわりに

BLV はさまざまな経路で感染しますので、対策もやや複雑なものになってしまいます。牛舎の構造によっては分離飼育が難しかったり、作業の手間が増えたりするため、対策実施を躊躇してしまう畜主さんも決して少なくありません。しかし、感染牛と非感染牛を同居させている限り、確実に感染牛は増えていきます。まずは全頭検査をして、群内の感染牛を把握することから始めましょう。水田放牧では比較的牧区を細かく分けられますから、牛舎での BLV 対策は複雑で敷居が高い、という方は放牧場から分離飼育を始めてみるのもいいかもしれません。放牧場で一番肝心なのは、アブに BLV 感染牛を吸血させないことです。吸血昆虫対策をしっかり行いましょう。

水田放牧においても牛舎においても、BLV 対策は畜主さんの努力だけでは遂行できません。また、対策の結果が見えてくるまでに数年かかることもあります。管轄の家畜保健衛生所や臨床の獣医師とよく相談し、飼養規模や形態に適した対策案を立てていくようにしてください。

(執筆者：小西美佐子・亀山健一郎)

第4章 水田放牧が環境に及ぼす影響

第1節 水田の放牧利用による生物多様性への影響

1. 農村の生物多様性と水田放牧

農村地域では、水田、畑地、雑木林、植林地、草地など様々な緑地が各々の農村の自然条件に応じて配置されています。例えば、関東地方の台地農村では、かつて集落の背後に水田や畑地が、その背後に林野が配され、ムラーノラーヤマという緑地配置が見られました。このような農村における様々な景観構成要素の配置、すなわち農村におけるビオトープの集合が、生物相を保全する上で重要とされています（守山，1997）。それらの農村を構成する景観要素の大部分は農業活動に代表される人間活動により維持されてきた二次的自然であり、それら二次的自然にはそれぞれの場所に適合した様々な生き物が生息しています。また、生物多様性に対する関心が高まるなか、里山に代表される二次的自然の重要性が指摘されており、農村景観に生育・生息する希少な生物や身近な生き物を保全することが求められています。

一方で、近年、日本各地で急速に進む水田の休耕・耕作放棄は、わが国の食料生産ポテンシャルの低下を招くとともに、農村における二次的自然環境を大きく変容させており、農村の生物多様性の低下が懸念されています。そのような中、遊休農地の解消に向けて飼料イネ生産や放牧技術の開発とその普及が進められています。しかしながら、水田の畜産的利用による環境影響はほとんど解明されていません。水田の放牧利用は従来の食用イネ生産とは維持管理体系が大きく異なることから、周辺の生物相に大きな影響を及ぼすと予想されますが、それらの影響に関する調査研究の蓄積はありません。そこで、飼料イネ生産と放牧利用を組み合わせた水田通年放牧を対象に、その導入地区と未導入地区において生物相を調査し、両者の比較から水田通年放牧が生物多様性に及ぼす影響を評価しました。

2. 水田放牧による農村の生物多様性への影響

1) 導入区と未導入区における土地利用変化

水田放牧が導入された地域（茨城県常総市大生郷）において、放牧導入地区（県道北側；N1, N2 の2地区）と未導入地区（県道南側；S1, S2 の2地区）の相観植生図を、空中写真判読と現地踏査により作成しました（図1）。また、両地域の景観構造を小流域単位（図2A）で比較しました（表1）。その結果、放牧導入地区では水田の転作面積が大きく、放棄面積が小さいことが分かりました。放牧導入による遊休農地の解消効果が顕著に表れています。

2) 植生調査による評価

導入地区ならびに未導入地区において、放牧地（飼料イネ水田、牧草導入水田、畦畔、林内放牧樹林地）、現行水田および畦畔、耕作放棄地、森林の合計161地点を対象に、植生調査を実施しました。得られた資料から統計的手法を用いた植物群落タイプ区分を行い、各タイプの出現種数、外来植物の帰化率を比較しました（表2）。その結果、放牧導入地区周辺（牧草地、乾性二次草地、林間放牧地）では、休耕田と同程度に在来植物の多様度が高くなりました。また、導入区における雑木林の在来種数が46種、未導入区の雑木林の

在来種数が 26 種でした。この理由は林内放牧による効果と考えられます。主にアズマネザサに被われた林床植物が食べられ、まさに管理された状態になり（図 3），明るい環境に生育する雑木林の植物が復活したと考えられます。一方で放牧による効果は外来植物の増加にも寄与しています。これらの結果は、放牧による明るい環境の形成が植物群落にとって正と負の両面の影響を及ぼしていることを示唆しています。

3) センサスデータによる生物相の評価

放牧導入 2 地区 (N1, N2)，未導入 2 地区 (S1, S2) を対象に，鳥類 (ポイントセンサス)，トンボ類・チョウ類・カエル類 (トランセクト法)，ハナアブ類・甲虫類・クモ類 (掬い取り法)，植物群落を調査し (図 2 B, C)，また鳥類調査地点周辺 (半径 100m)，調査ルート周辺 (片側 20m) の景観構造との関係を地区間で比較しました (図 4)。その結果，放牧地の多寡と関係が見られた生物種群は植物，チョウ類 (開放性)，ハナアブ類，カエル類，開放地性鳥類 (夏季) でした。すなわち，放牧導入地区は未導入地区に比べて明るい開放性の環境を好む生物が多いことを示しています (図 5)。一方，クモ類，甲虫類，チョウ類，トンボ類 (均翅亜目)，森林性鳥類，水辺性鳥類は放牧地とは無関係で，荒地地 (耕作放棄水田を含む) や森林，水域との関係が見られました。以上の結果は，放牧の導入が草原性の生物に生息地を提供する一方で，周辺の景観構造 (もともと存在している緑地) に強く影響を受ける種類が多いことを示しています。

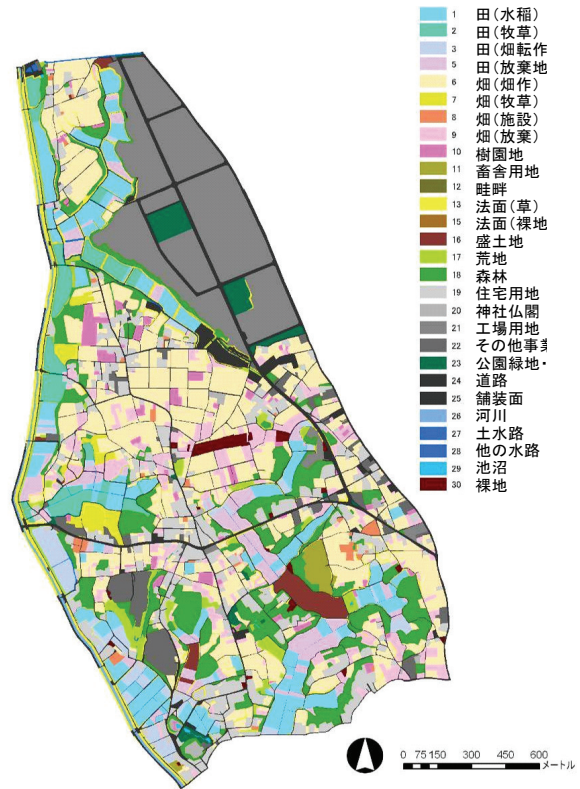


図 1 調査区の植生図

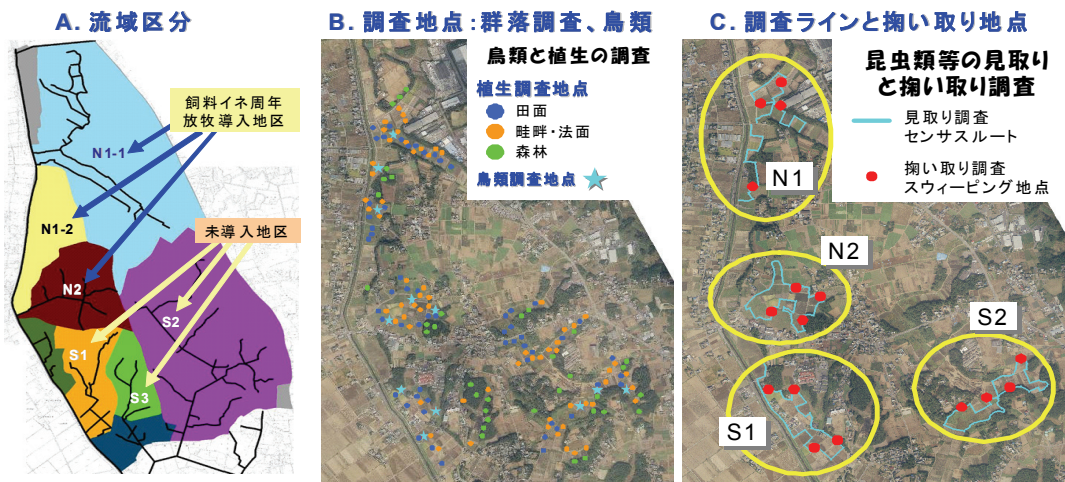


図 2 調査区の流域区分 (A) と調査地点 (B, C)

表1 大生郷地区の流域別土地利用面積率

水田放牧 流域番号	水田放牧導入地区			未導入地区		
	N1-1	N1-2	N2	S1	S2	S3
土地利用面積率(%)						
1 水田	10.0	26.8	18.2	25.1	16.4	14.7
2 畑地	23.3	26.6	46.1	20.0	33.5	26.8
3 他の農地	1.2	5.9	1.4	1.2	3.0	1.9
4 荒地	3.2	7.8	2.2	3.0	5.6	6.6
5 林野	4.7	13.0	7.1	13.8	17.1	26.6
6 建物用地	43.0	12.8	17.0	27.7	15.7	17.2
7 水域	0.6	1.7	0.5	1.8	0.4	0.2
8 他の用地	14.1	5.4	7.6	7.5	8.2	5.9
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
耕作放棄地等率(%)						
水田放棄率	17.1	14.8	14.9	8.8	36.0	48.7
水田転作率	22.3	55.4	51.6	26.5	10.2	7.2
畑地放棄率	7.0	10.4	23.9	20.4	22.2	25.1

表2 大生郷地区における植物群落タイプと出現種数

立地	植物群落タイプ		地点 放牧	種数			
	タイプ	代表種		数	平均	在来	外来
田面	水稲作水田	コナギ、ウリカワ		16	30	25	5
	休耕田(放棄初期)	イヌビエ		3	43	34	9
	長期放棄水田(湿潤型)	コガマ、オギ		9	20	16	4
	長期放棄水田(乾燥型)	セイタカアワダチソウ		9	24	18	6
	牧草地	牧草	○	23	43	28	15
畦畔・法面	水田畦畔	メヒシバ		34	34	24	10
	法面	ススキ、アズマネザサ	○	28	39	27	12
森林	雑木林(林内放牧)	コナラ、シラカシ	○	6	53	46	7
	雑木林	コナラ、シラカシ		19	27	26	1
	混交林	コナラ、シラカシ、スギ		6	41	40	1
	針葉樹植林	スギ		6	25	22	3
	荒地	アズマネザサ		2	10	10	0

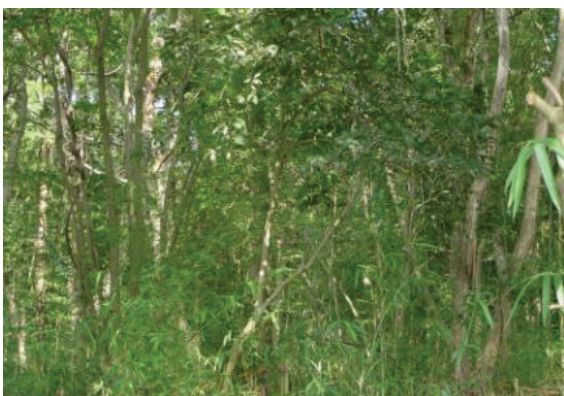


図3 林内放牧の効果 (左図：放牧前の雑木林 右図：下草が食べられた雑木林)

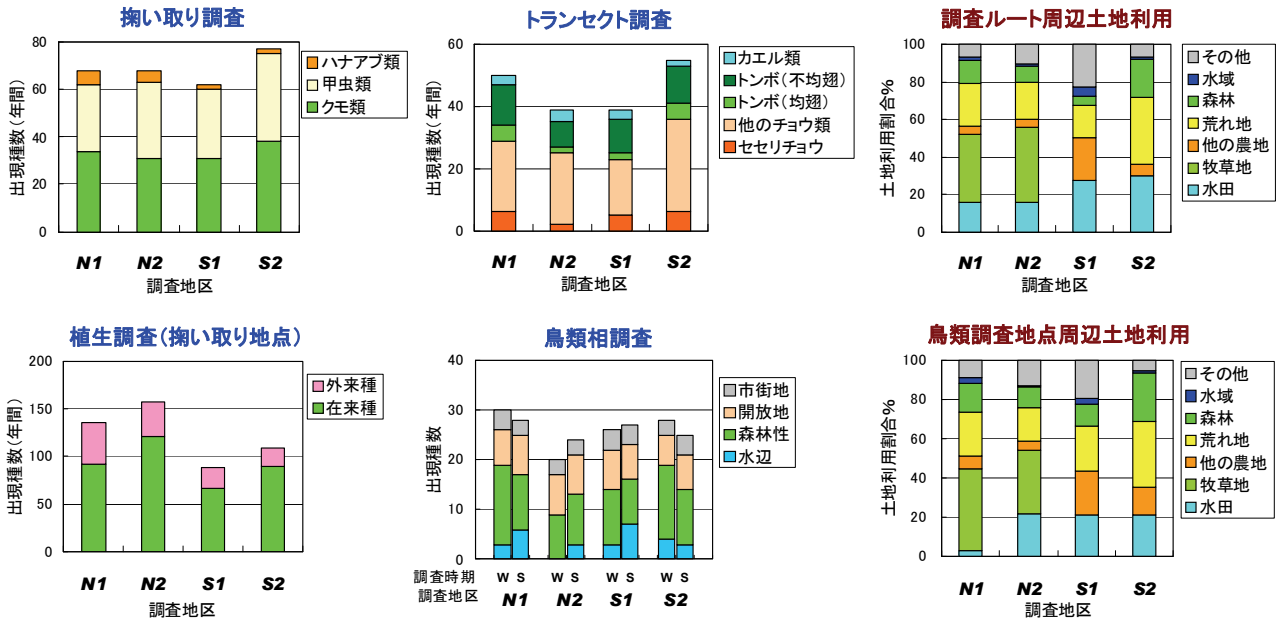


図4 調査ルート・地点周辺の土地利用と植物，昆虫類等，鳥類の出現種数



図5 明るい開放性の環境を好む生物

4) 定点観測による遊休農地への導入効果の検証

遊休農地への放牧導入効果を検証するため、セイタカアワダチソウで占められている遊休農地2圃場（湿田と乾田）に1m×1mの定点方形区を各々10地点設けて導入前の2009か

ら導入後の2011年まで3時期の定点観測による植生調査を実施しました。遊休地のセイタカアワダチソウもまだ若い柔らかい植物体であれば放牧牛は難なく食べてくれ、入牧後2ヶ月後にはセイタカアワダチソウの優占は解消されました(図6)。定点観測データ(植生調査データ)を図4に示します。湿田, 乾田ともに在来植物が増加しており生物多様性に対して顕著な正の効果が明らかになりました。特に湿田においては導入後, 絶滅危惧種であるタコノアシ(図7)や準絶滅危惧植物であるミズワラビの発生も確認できました。一方, 乾田においてはアメリカオニアザミ(図8)などの外来植物の増加が認められました。近年, 水田周辺においても外来植物の侵入が問題になっています(楠本ら, 2008)。これらについては注意が必要だと考えられます。

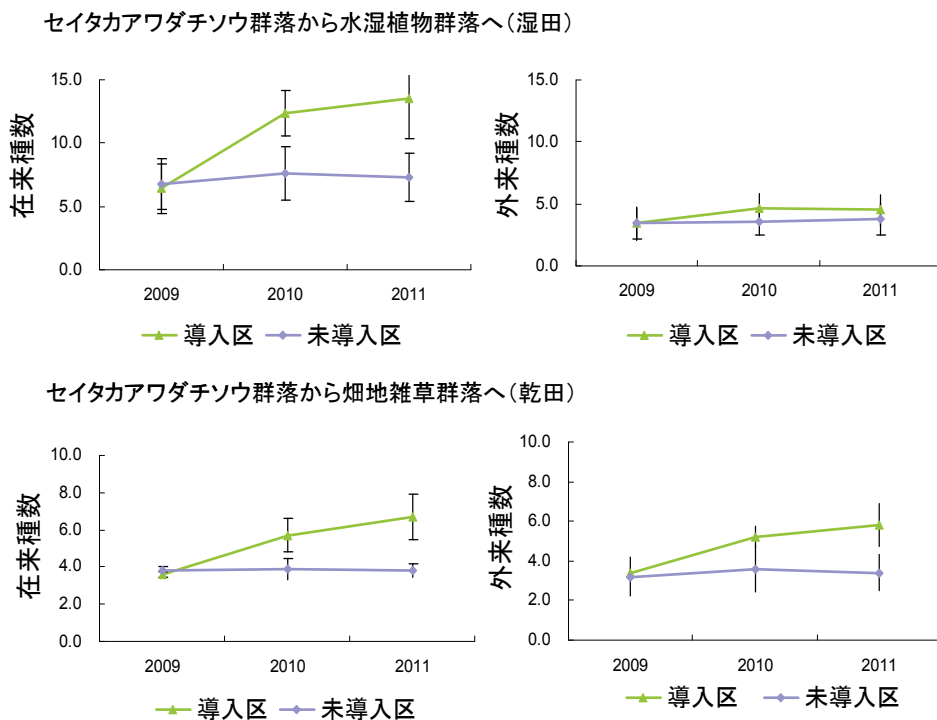


図5 水田放牧の導入効果(定点植生データから)



図6 耕作放棄地への放牧(左図:入牧時,右図:入牧2ヶ月後)



図7 タコノアシの出現（絶滅危惧種）



図8 アメリカオニアザミの侵入

3. おわりに

水田放牧の導入が生物多様性に正の影響を及ぼすことは、水田地帯への放牧導入が、耕作放棄地等の遊休農地の解消や水田の有効活用だけでなく、環境保全的な効果についても大きく期待できることを示しました。しかし、一方で放牧牛や牧草の導入などは外来生物の非意図的侵入要因になりうることも明らかになりました。これらについては注意を要する必要があります。

参考文献

守山 弘「農村環境の生物相保持機能に着目したビオトープ結合システム」、『農業環境技術研究所年報』（農業環境技術研究所，1997年，46-55頁）。

楠本良延・山本勝利・徳岡良則・井手任・大黒俊哉「水田周辺ではどのような外来植物に注意すべきか」、『農業環境技術研究成果情報（第24集）』（農業環境技術研究所，2008年，32-33頁）。

（執筆者：楠本良延，山本勝利）

第2節 水田放牧における斑点米カメムシ類の発生リスクと対策

1. 水田放牧における斑点米カメムシ類発生リスク

「斑点米カメムシ」は、イネ玄米を吸汁し米の表面を黒色や茶色に着色させてしまうカメムシ類の総称です。米の品質検査では、着色米の混入率が0.1%を超えると二等米に、0.3%を超えると三等米に格付けされますが、近年はカメムシ類による「斑点米」の被害が多くなっています（図1）。

斑点米カメムシ類には、一年に3回以上の世代を繰り返す多化性でイネの穂を吸汁し斑点米をもたらすホソハリカメムシ、クモヘリカメムシやミナミアオカメムシなどがあります。これらに加えて近年は、アカスジカスミカメやアカヒゲホソミドリカスミカメなど、イネ以外のイネ科植物を好むカスミカメムシ類が増加しています（図2）。これらの斑点米カメムシ類は、多食性で水田周辺に生育する様々なイネ科植物を餌として繁殖し、イネの出穂と

ともに水田に侵入し斑点米被害を引き起こします。その原因として、カスミカメムシ類が好む寄主であるメヒシバやイヌビエなどのイネ科植物が繁茂する遊休農地の増加、農道や畦畔、河川敷の除草回数の減少等が指摘されています。また、水田放牧地で放牧牛の飼料として栽培されるイタリアンライグラスやバヒアグラスなどのイネ科牧草も斑点米カメムシ類の発生を促し、放牧地周囲の食用イネに影響を及ぼすことが危惧されます。

そこでこの節では、放牧地および放牧地隣接水田と非隣接水田において、水稻の主要害虫である斑点米カメムシ類の発生量を調査した結果を紹介し、斑点米カメムシ類の発生と被害を抑制する放牧管理方法を考えてみます。



図1 斑点米被害粒
頂部加害（上段），側部加害（中段）と正常米（下段）



図2 アカスジカスミカメ（左），アカヒゲホソミドリカスミカメ（中央），クモヘリカメムシ（右）

2. 土地利用形態及び植生と斑点米カメムシ類の発生

茨城県常総市の水田放牧地と周辺の放棄地、河川敷、食用イネ、飼料イネ水田（計31地点）において2010年5～9月まで斑点米カメムシ類のすくい取りによる発生量調査を行いました。この結果、バヒアグラス-イタリアンライグラスおよび野草が生育している放牧地では斑点米カメムシ主要3種、アカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメとホソハリカメムシの個体数は他の土地利用形態よりも多いことが明らかになりました

(図3)。これは、放牧地にはイタリアンライグラスやバヒアグラスなど斑点米カメムシ類にとって常に好適な餌場が供給されていますが、河川敷には寄主となるイネ科植物がほとんど生育していなかったことが原因と考えられます。また放棄地にはイヌホタルイやシズイなど寄主となるカヤツリグサ科ではない他のカヤツリグサ科植物が繁茂しており、斑点米カメムシ類にとって好適な環境ではなかったと考えられます。

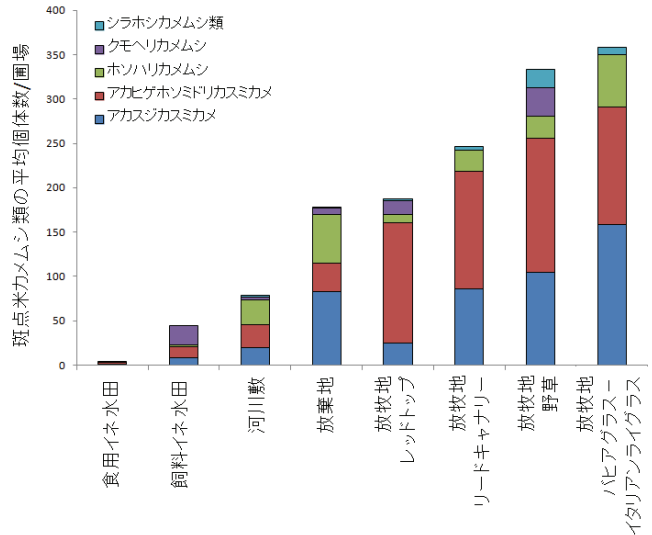


図3 各土地利用形態における斑点米カメムシ類

3. 牧草の種類、時期と斑点米カメムシ類の発生量

放牧地における主要斑点米カメムシ類2種の発生動態を調べた結果、アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメは、食用イネ出穂期前に発生量が多くなることが明らかになりました(図4)。また6月の放牧地には出穂したイタリアンライグラスが繁茂し、7月から8月には出穂したバヒアグラスが生育していました。これらの牧草は2種のカスミカメムシの好適な寄主となります。これらのことから、5月から8月までの放牧地では牧草を出穂させないための管理が必要であると考えられます。

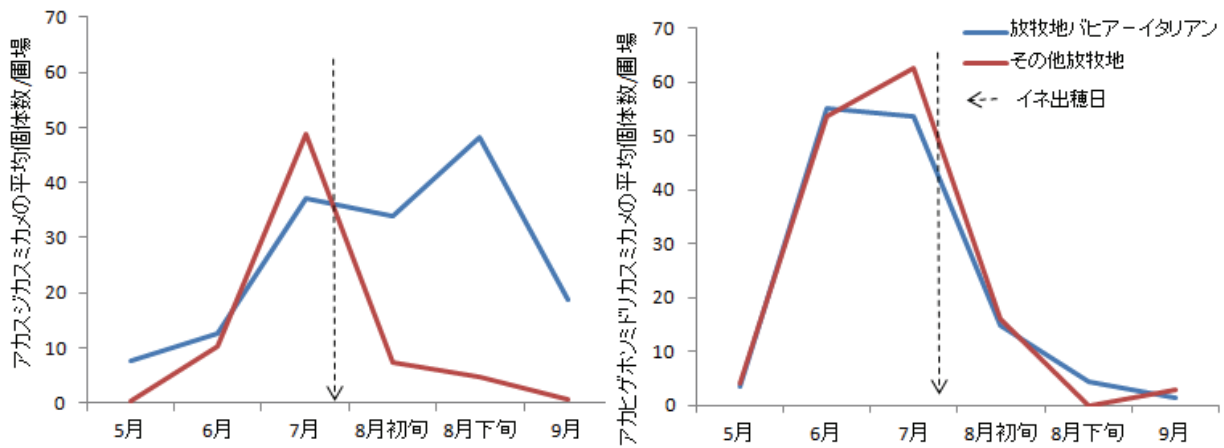


図4 アカスジカスミカメ(左)とアカヒゲホソミドリカスミカメ(右)の放牧地(バヒアグラス-イタリアンライグラスとその他)における発生動態

これまでの研究から、イタリアンライグラスは斑点米カメムシ類の好適な寄主であることが知られていますので、イタリアンライグラスに代えてムギ類を放牧に利用した場合に斑点米カメムシ類の個体数が影響を受けるかどうかを検討しました。実験はイタリアンライグラスとライムギを播種した圃場(各1)に2011年5月中旬から7月上旬まで4つつフェロモントラップを設置し主要斑点米カメムシ類2種の個体数を調査しました。また、6月初旬に一度草刈りをして各牧草の再生についても観察しました。

この結果、アカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメの個体数は、イタリ

イタリアンライグラスよりもライムギの方が少なくなりました（図5）。ライムギはイタリアンライグラスよりも草刈り後出穂するまでの期間が長いいため、斑点米カメムシ類の発生量を抑制させられたと考えられます。ただし、ライムギは牛の嗜好性があまり高くありません。

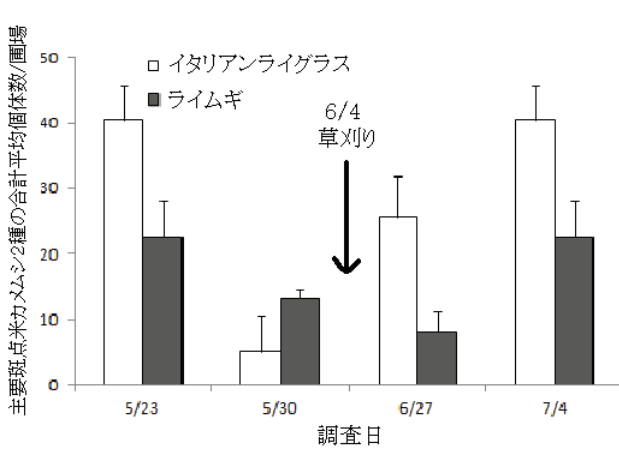


図5 イタリアンライグラスとライムギ実験圃場における主要斑点米カメムシ類2種の平均個体数。バーは標準偏差を表す。

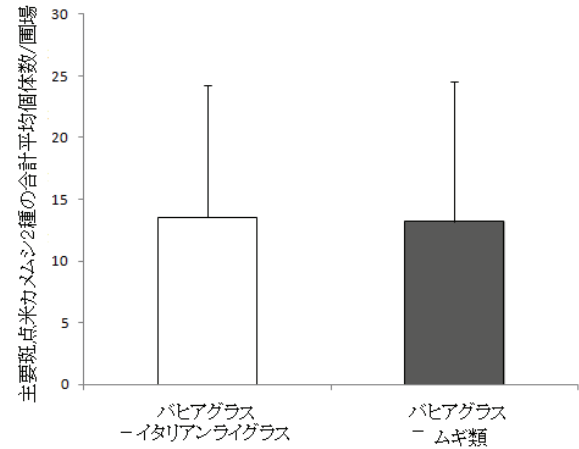


図6 バヒアグラス-イタリアンライグラス放牧地とバヒアグラス-ムギ類放牧地における主要斑点米カメムシ類2種の圃場あたりの平均個体数。バーは標準偏差を表す。

そこで、バヒアグラス-イタリアンライグラス（3圃場）とバヒアグラス-ムギ類（3圃場）の放牧地において、2011年5～9月までフェロモントラップによる主要斑点米カメムシ類2種の捕獲調査を行いました。しかし、バヒアグラス-イタリアンライグラス放牧地とバヒアグラス-ムギ類放牧地における斑点米カメムシ類2種の個体数に有意な差はありませんでした（図6）。この要因として、ライムギは牛の嗜好性が高くないためより多く出穂し、斑点米カメムシ類を発生させていたものと考えられます。しかし牛に採食させる時期や頻度を工夫すれば斑点米カメムシ類の発生量を、イタリアンライグラスを使用した場合よりも抑制できる可能性があると考えられます。

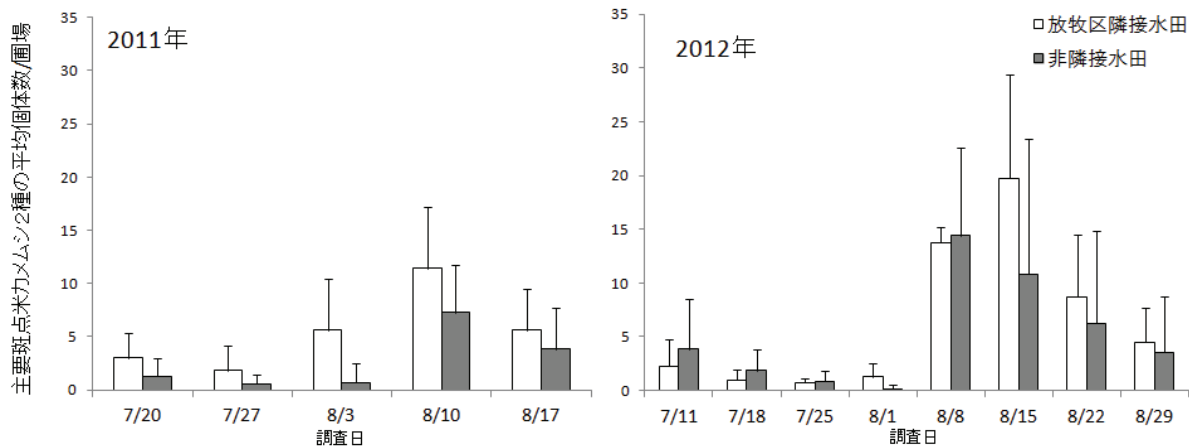


図7 2011年と2012年における放牧地隣接水田と非隣接水田における主要斑点米カメムシ2種の圃場あたりの平均個体数。バーは標準偏差を表す。

4. 水田内の斑点米カメムシ類とその被害

隣接した放牧地の存在が水田内の斑点米カメムシ類の個体数や斑点米の発生に影響するかどうかを検討するために、2011年および2012年に放牧地隣接食用イネ水田（5圃場）と非隣接食用イネ水田（7圃場）においてトラップによる捕獲調査を行いました。

その結果、まず、どちらの圃場も食用イネの出穂後に個体数が多くなることが分かります（図7）。2011年は放牧地に隣接した圃場での個体数は有意に多くなり、斑点米率も高くなりました（図8）。一方、2012年の調査においては、水田内個体数や斑点米率において両者に有意な差は認められませんでした。年次間差はありますが、食用イネ水田と隣接する放牧地は主要斑点米カメムシ2種の発生源となる可能性が示唆されます。

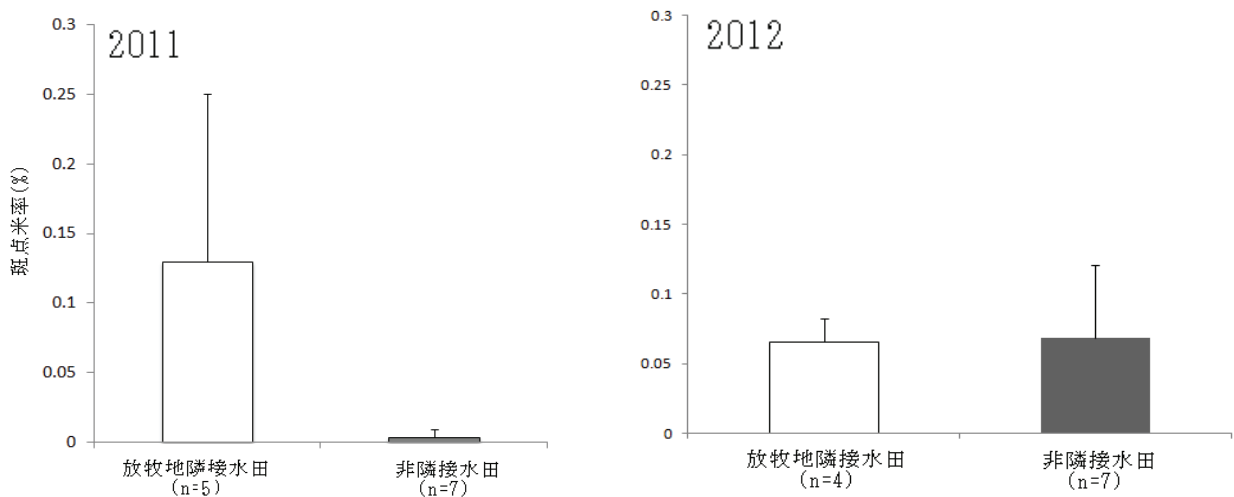


図8 2011年と2012年における放牧地隣接水田と非隣接水田における圃場あたりの平均斑点米率。バーは標準偏差を表す。

5. 斑点米カメムシ類の発生を抑制する放牧管理

本調査地で発生量の多いアカスジカスミカメは、イネ科植物が出穂している時に多発生します。したがって、斑点米被害を増加させないためには、イネ科植物の出穂を抑える放牧管理が必要になります。そのためには、①イタリアンライグラス草地では、春季にスプリングフラッシュが比較的緩やかな晩生品種を用い、牧草の状況をみながら放牧地間の牛の移動頻度を高くする。②バヒアグラス草地では、定置放牧により放牧圧を高くする。③糞尿排せつ跡の不食過繁草の掃除刈りを行うなどの放牧草地管理が効果的です。また、掃除刈や畦畔の除草時期は、イネの出穂期前後を避けて行う等の対応が必要です。

参考文献

林英明・中沢啓一「アカスジメクラガメの生態と防除に関する研究 第一報 生息場所と発生推移」、『広島県立農業試験所報告』（広島県立農業試験所，1988年，45－53頁）。

樋口博也「斑点米を引き起こすカスミカメムシ類の生態と管理技術」、『日本応用動物昆虫学会誌』（日本応用動物昆虫学会，2010年，171－188頁）。

安田美香「圃場周辺の景観構成は農業害虫の発生量に影響を及ぼしているのか？-斑点米カメムシ類の事例-」、『植物防疫』（日本植物防疫協会，2012年，10－14頁）。

（執筆者：安田美香・安田哲也）

第3節 放牧飼養による温室効果ガスの発生抑制評価

1. 農業活動と温室効果ガスの関わり

産業革命以降、人間活動により排出された二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）などの温室効果ガスが増加しつつあり、地球温暖化は人為的活動に起因するとほぼ断定されています。地球温暖化は、自然生態系や人間社会に大きく影響し、人類の生存基盤を揺るがす問題であるため、気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）などの下で、世界各国が温室効果ガス排出削減に向けた対策に取り組んでいます。稲作や畜産などの農業活動も温室効果ガスを発生させるため、農業分野も温室効果ガスを少なくする努力が必要です。

2. 水田放牧でメタンはどこから発生するか？

メタンは二酸化炭素の25倍の温室効果を持ち、地球温暖化の14.3%はメタンに起因すると推定されています（IPCC 2007）。日本のメタンの総排出量の70%は農業由来で、稲作、消化管内発酵（反芻家畜のげっぷ）、家畜の排せつ物管理（堆肥化など）が主な発生源です（図1、GIO 2012）。水田放牧を行う場合も、稲作、消化管内発酵、家畜の排せつ物からメタンが発生します。また、牧草地の土壌は、メタンをわずかに吸収することが知られています。

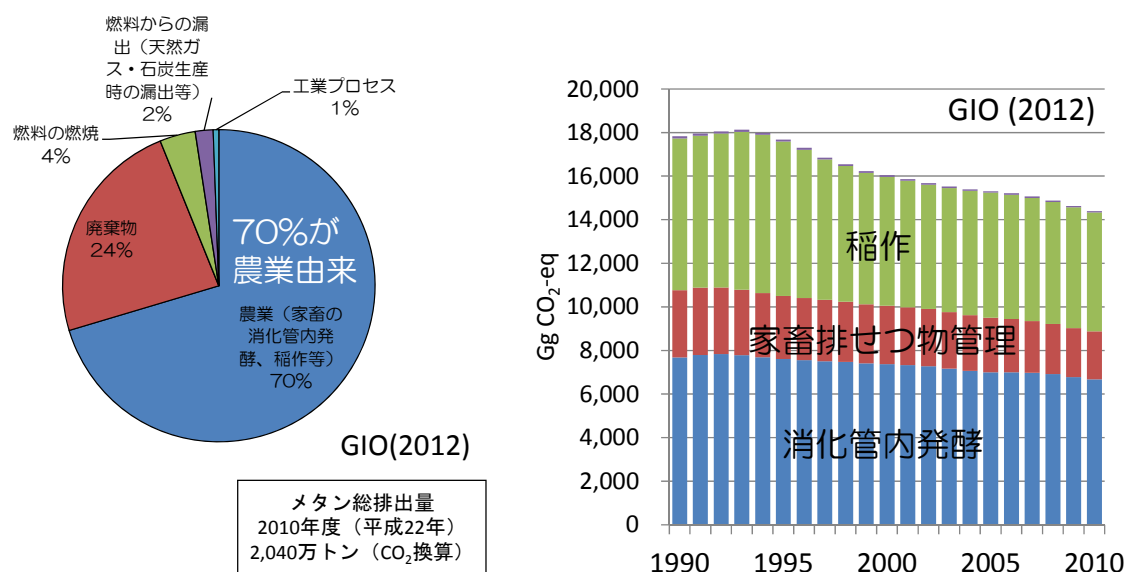


図1 日本におけるメタンの総排出量（左）と農業由来の主な発生源（右）

3. 水田放牧で一酸化二窒素はどこから発生するか？

一酸化二窒素は二酸化炭素の298倍の温室効果を持ち、地球温暖化の7.9%は一酸化二窒素に起因すると推定されています（IPCC 2007）。日本の一酸化二窒素の総排出量の50%は農業由来で、農用地の土壌（窒素施肥）と家畜の排せつ物管理（堆肥化など）が主な発生源です（図2、GIO 2012）。水田放牧を行う場合も、牧草地などの窒素施肥、家畜の排せつ物管理から一酸化二窒素が発生します。

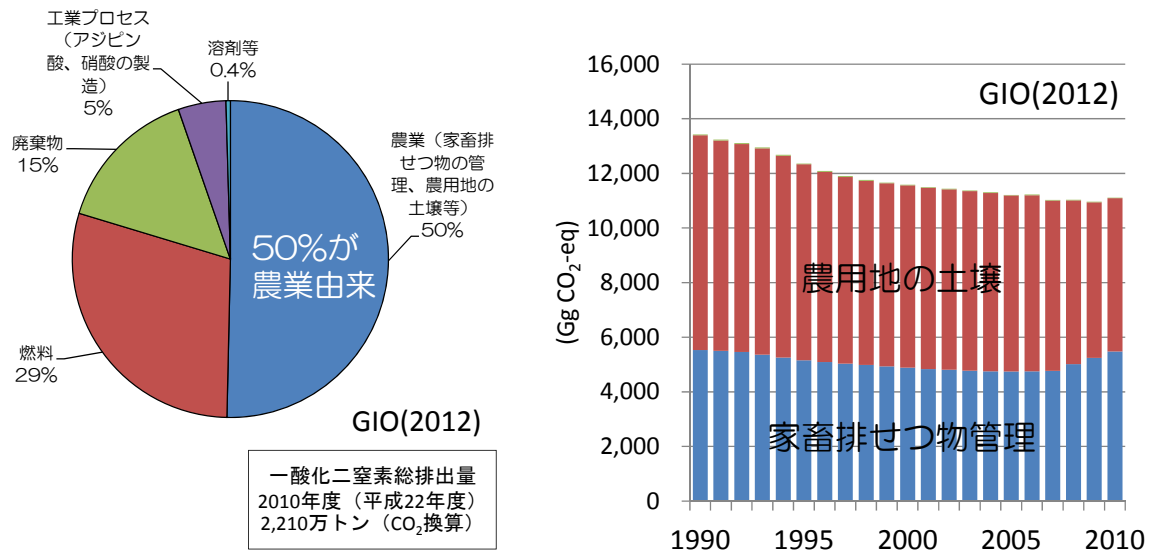


図2 日本における一酸化二窒素の総排出量 (左) と農業由来の発生源 (右)

4. 放牧地の家畜排せつ物から温室効果ガスはどのように発生するか？

放牧は飼料生産と家畜排せつ物管理を省力化し、コスト低減を図る飼養方法ですが、日本の放牧地における排せつ物由来の温室効果ガス発生量の情報は極めて少ないのが現状です。放牧地で家畜排せつ物に由来する温室効果ガスは、どのように発生するのでしょうか。以下では、イネ WCS 放牧期間と牧草放牧期間の発生パターンを比べてみました。

1) イネ WCS 放牧期間の肉牛排せつ物に由来する温室効果ガスの発生パターン

糞由来のメタン発生量は排せつ直後が最大で、その後は速やかに減少しました (図3)。糞由来の一酸化二窒素はほとんど発生しませんでした。尿由来の一酸化二窒素は排せつ直後ほとんど発生しませんでした、その後は降雨に伴う微量の発生が継続的に認められました。

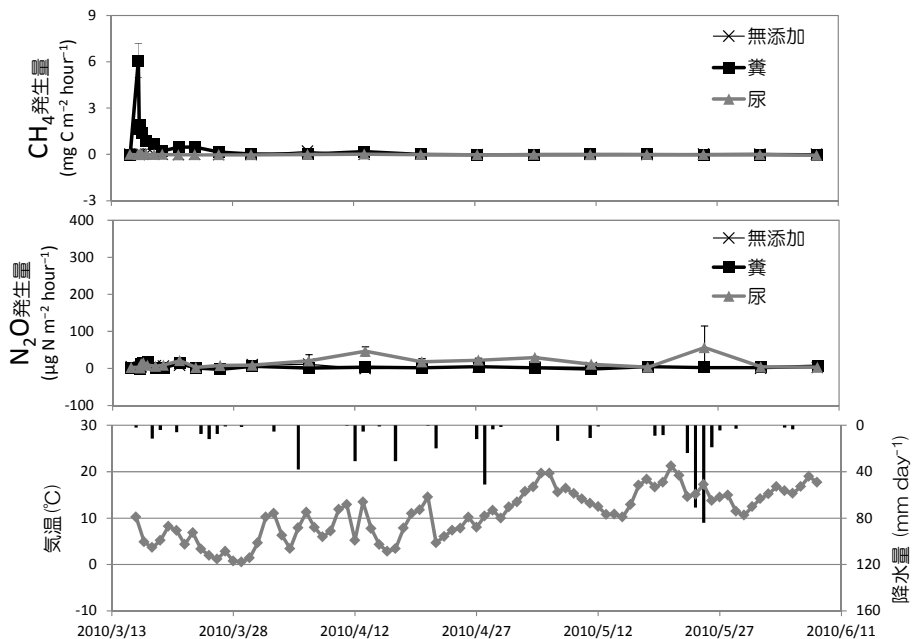


図3 イネ WCS 放牧期間 (低温時期) における肉牛排せつ物由来の温室効果ガス発生量

2) シバ放牧期間の肉牛排せつ物に由来する温室効果ガスの発生パターン

糞由来のメタン発生量は排せつ直後に最大となり、排せつ直後に降雨があると再び増加しました（図4）。しかし、発生が収まると降雨後でも再び増加しませんでした。糞由来の一酸化二窒素は、排せつ後の降雨に伴いわずかに増加しました。尿由来の一酸化二窒素は、排せつ後に増加し、排せつ後の降雨に伴いさらに増加しました。しかし、発生が収まると降雨後でもほとんど増加しませんでした。

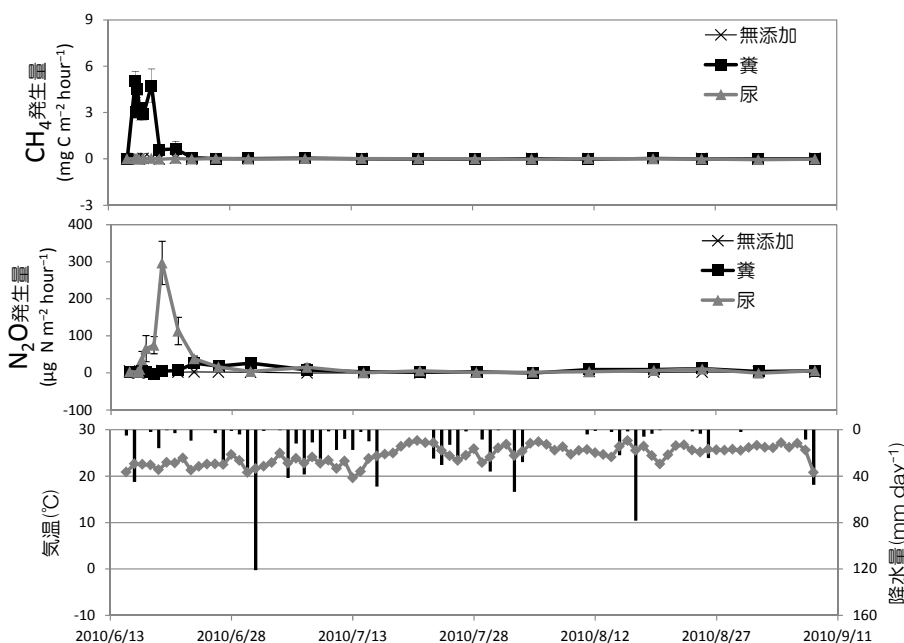


図4 シバ放牧期間（高温時期）における肉牛排せつ物由来の温室効果ガス発生量

3) 舎飼飼養と放牧飼養の比較

家畜排せつ物管理で発生する温室効果ガスの観点から舎飼飼養と放牧飼養を比較すると、どのような違いがあるのでしょうか。放牧牛の糞由来のメタン排出係数は、肉牛排せつ物を堆積発酵で堆肥化する際のメタン排出係数より小さく、放牧牛の糞由来と尿由来の一酸化二窒素の排出係数は、肉牛排せつ物を堆積発酵で堆肥化する際の一酸化二窒素の排出係数より小さいことが分かりました（図5）。

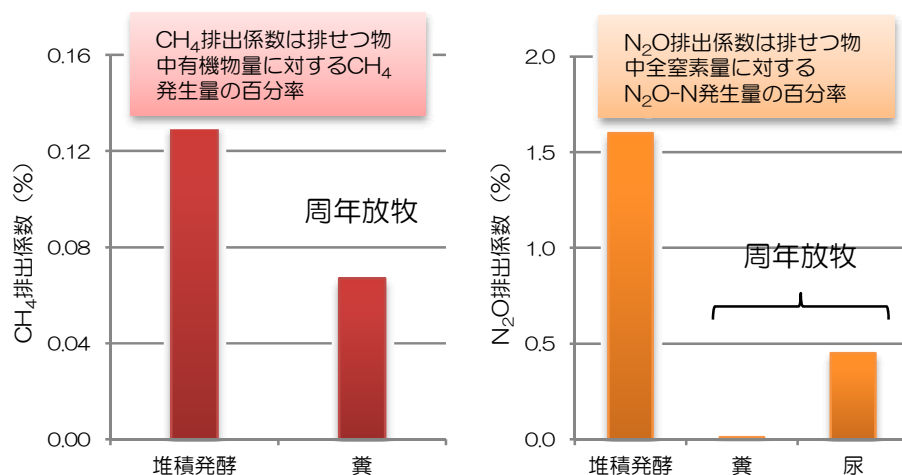


図5 肉牛排せつ物の堆積発酵と放牧牛排せつ物に由来する温室効果ガスの排出係数

メタンは酸素が少ない条件で生成します。また、一酸化二窒素は「硝化」と「脱窒」で生成しますが、一酸化二窒素の発生量を大きく増加させる「脱窒」は酸素が少ない条件で起こります。堆積発酵による堆肥化のように糞尿を集めて処理すると、糞尿中に含まれる水分が原因で酸素が少ない条件となり、メタンや一酸化二窒素が発生しやすくなります。しかし、放牧地は糞尿が乾きやすく、メタン生成や「脱窒」による一酸化二窒素生成が起こりにくい条件となるため、排出係数が小さくなったと考えられます。

5. 水田放牧で発生する温室効果ガスの全体像は？

水田放牧の全体像を考えると、メタン、一酸化二窒素の他に飼料生産に利用するトラクタの燃料消費、圃場～畜舎間の飼料・家畜の運搬などに利用するトラックの燃料消費、肥料・農薬・ラップフィルムなどの生産工程から、二酸化炭素などの温室効果ガスが発生します。水田放牧で発生する温室効果ガスの全体像を見るためには、「飼料生産」、「飼料等運搬」、「消化管内発酵」、「排せつ物」から発生する3種類の温室効果ガス（メタン、一酸化二窒素、二酸化炭素）の総和を見ることが大切です（図6）。



図6 水田放牧全体から発生する温室効果ガスの総合評価の重要性

6. 飼養形態は温室効果ガス発生にどのように影響するか？

水田放牧で発生する温室効果ガスを維持期繁殖牛1頭1日当たりの発生量に換算して、輸入飼料依存の舎飼の場合と比べると、イタリアンライグラス（IR）やバヒアグラス（BA）を利用する放牧では発生が少なく、立毛放牧やイネ WCS（稲発酵粗飼料）圃場給与放牧は発生が多くなりました（図7）。すなわち、放牧で発生が減る場合、放牧で発生が増える場合の両者があり、稲作由来のメタン発生の影響が大きいことが分かりました（千田・荻野 2013）。さらに、舎飼飼養の中でも、輸入飼料依存の舎飼より牧草サイレージを主飼料とする舎飼は発生が少なく、イネ WCS を主飼料とする舎飼では発生が多くなりました。

内訳を見ると、「飼料生産」は既述のように稲作由来のメタン発生が主因となり、牧草より稲を利用する飼養形態で発生が多くなりました。「圃場～畜舎の飼料・家畜の運搬」では、イネ WCS 運搬や飼料輸入の燃料消費に由来する二酸化炭素発生が主因となり、舎飼より放牧で発生が少なくなりました。「消化管内発酵」は舎飼より放牧で発生が多くなりました。放牧すると乾物摂取量が増加し、乾物摂取量が増えるとルーメン内でメタン生成が増えるためです。「糞尿排せつ、排せつ物管理」は舎飼より放牧で発生が少なくなりました。舎飼は

既述のように堆肥化などの排せつ物管理でメタン、一酸化二窒素が比較的たくさん発生するためです（図5）。

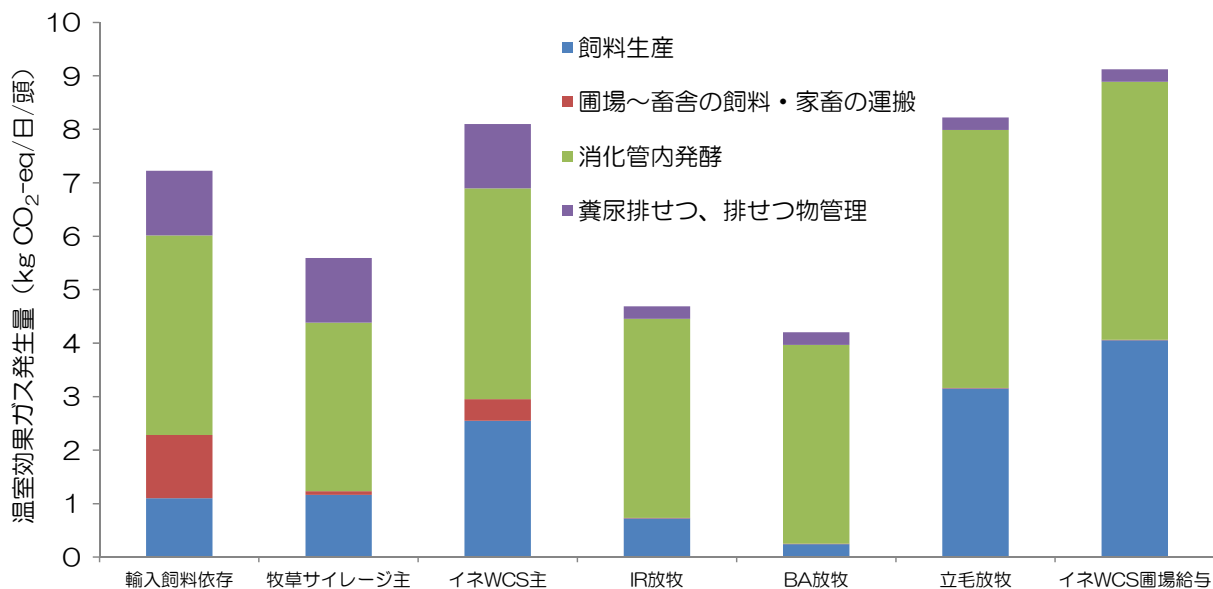


図7 維持期繁殖牛1頭1日当たりの温室効果ガス発生量

7. 水田飼料資源を利用して温室効果ガスの発生を抑制するためには？

「牧草を利用する放牧」と「稲を利用する放牧」で、温室効果ガス発生が大きく異なることが分かりました（図7）。それでは、「牧草と稲を合わせて利用する周年放牧（図8）」を全年（365日）で見た場合の発生はどうでしょうか。

常総市の営農現場で取り組んでいる維持期繁殖牛の周年放牧（牧草放牧 125日、立毛放牧 45日、イネ WCS 放牧 45日、妊娠末期～授乳期の舎飼期間 150日）では、子牛1頭当たりの生産で発生する温室効果ガスが、輸入飼料依存の舎飼の場合より6～7%少なくなることが分かりました（千田・荻野 2013）。また、飼養形態別の温室効果ガス発生量（図7）から明らかなように、牧草の放牧利用を拡大すればさらに発生を抑制できます。食用米生産では、中干し期間を1週間延長するとメタン発生量を約30%削減できることが分っていますので（農業環境技術研究所 2012）、中干しを強めに行うことにより飼料イネ生産で発生するメタンを抑制することも可能です。



図8 牧草放牧，立毛放牧，イネ WCS 放牧を組合わせた周年放牧

参考文献

GIO「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2010年度）確定値」（温室効果ガスインベントリオフィス，2012年）

IPCC「第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約」（文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省，2007年，5頁）

農業環境技術研究所「水田メタン発生抑制のための新たな水管理技術マニュアルー環境にやさしい水田水管理ー」（農業環境技術研究所，2012年，5-8頁）

千田雅之・荻野暁史「水田飼料資源を利用した子牛生産のLCAによる環境影響評価」（日本農業経済学会論文集，2013年，267-274頁）

（執筆者：森昭憲）

第5章 水田放牧の導入による営農への効果と 社会的評価

第1節 水田放牧の導入による営農への効果

1. 営農試験地における水田の飼料利用及び通年放牧の取り組みの経緯

営農試験地の茨城県常総市は、平地農業地帯にもかかわらず、耕作放棄地と田畑の不作付地をあわせた遊休農地面積が、経営耕地面積の約 16 %に相当する 764ha も存在します（2010 年農林業センサス）。また、転作田での麦の連作障害が問題となるなかで、菅生、大生郷の 2 地区で、菅原農園（耕種農家）、ドリームファーム（畜産農家）を中心に 2003 年頃からイネ WCS（稲発酵粗飼料）の生産が開始されました。菅原農園は、大生郷地区の谷地田を建設残土で埋めた造成田を対象に、WCS 用の飼料イネ栽培を開始し、2005 年にはその作付面積を 9.5ha に拡大していました。ドリームファームは、大生郷地区から 13km 離れた菅生地区で親子 2 世代で黒毛和種の子牛生産から肥育まで行う畜産農家で、菅原農園及び菅生地区で耕種農家が栽培した飼料イネ約 15ha の収穫のほか、約 30ha の水田から肥育牛用に稲わらを収集し、約 3ha の飼料畑で牧草サイレージ生産を行っていました。

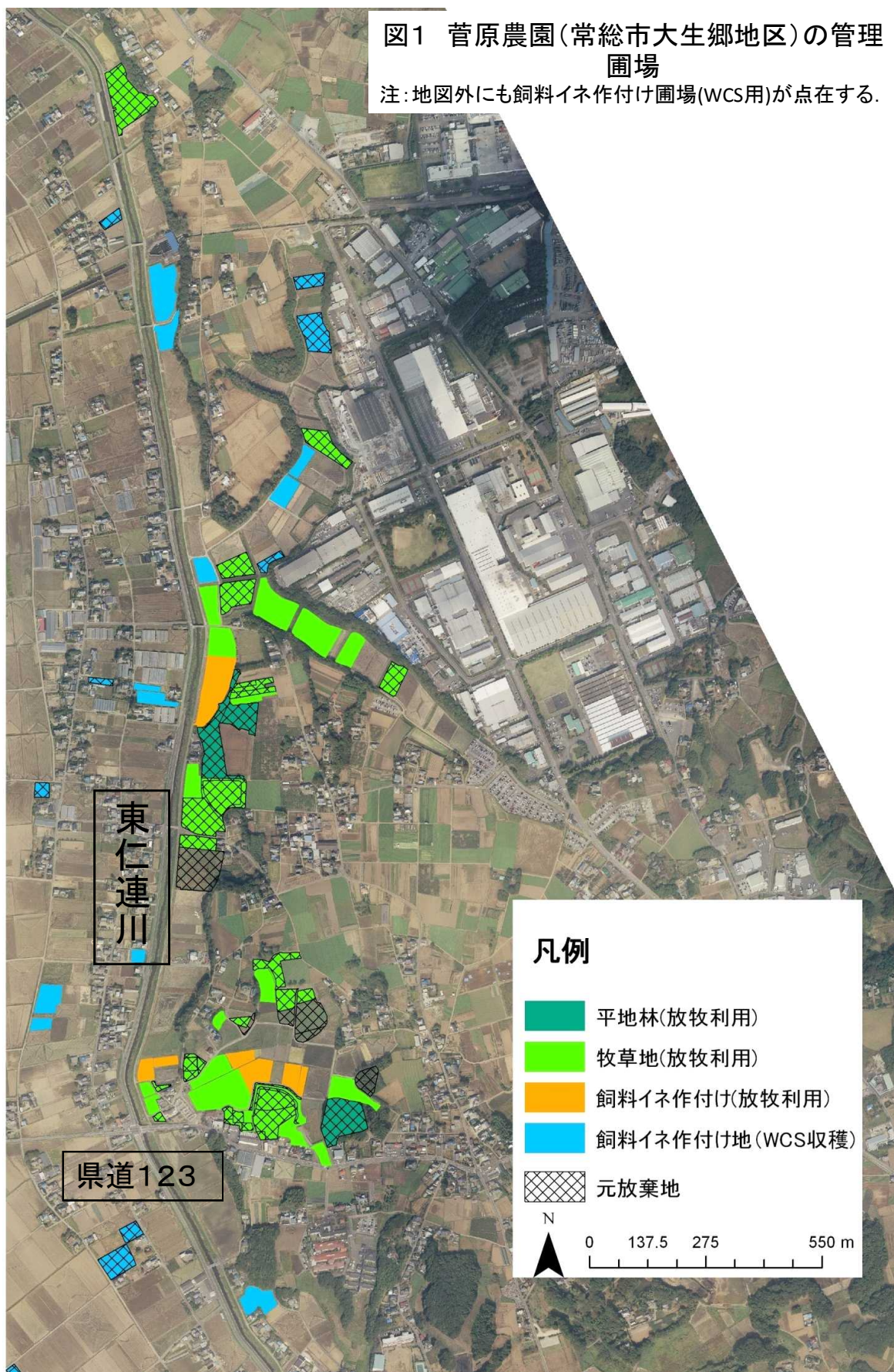
ドリームファームは、イネ WCS の利用により繁殖牛の飼料基盤と堆肥の還元圃場が確保されたこと等から、繁殖牛頭数を 2002 年の 26 頭から 2005 年の 51 頭まで増頭していましたが、飼料イネの収穫面積と飼養頭数の増加に伴い、農作業時間も増加していました。とくに、稲わらと飼料イネの収穫・運搬、牧草の播種作業が集中する秋季は多忙を極め、1 日平均のべ 13 時間を要する家畜の給餌作業等に加えて、9 月の飼料生産に関わる作業時間は 1 日平均のべ 8 時間に達し、家畜の飼養管理にも支障をきたし事故を招くことも少なくありませんでした。また、牛舎から約 13km 離れている大生郷地区で収穫したイネ WCS の運搬や牛舎から圃場への堆肥の運搬散布作業も負担となっていました。

他方、大生郷地区の造成田は、地力が低いうえ雑草が多く、イネ WCS の収量は高くなく、ドリームファームの保有する牧草収穫用の機械では収穫困難な小区画圃場や湿田が少なくありませんでした。また、耕作放棄地が多く、その一部は菅原農園が自主的に耕起除草を行っていたことから、まず、2006 年に約 2ha の耕作放棄地にドリームファームの繁殖牛の季節放牧を試みることになりました。ドリームファームでは通年放牧の意向を持っていたこともあり、その後、イネ WCS を利用した繁殖牛の冬季屋外飼養に、研究機関と協力して取り組みました。そして、家畜の健康状態を損ねることなく冬季屋外飼養ができたことから、牛舎から遠い大生郷地区の水田の飼料利用を抜本的に見直し、放牧を中心に水田の飼料利用を展開し、通年放牧可能な飼料生産利用体系を目指すこととしました。

通年放牧の最大の課題は年間を通じ安定した放牧飼料の確保です。助成金を除けば、労働や資材の投入量、コスト面から見て牧草の放牧利用が最も合理的です。しかし、秋冬季に放牧牛を養う牧草を確保することは難しいというえ、牧草栽培の適さない湿田も少なくありません。そこで、秋冬季の放牧飼料として飼料イネを活用することにし、秋は飼料イネを立毛状態のまま放牧利用し、冬の飼料のみ WCS に収穫調製して牧草地等で給与することとしました。水田の放牧利用はイネ WCS 生産と比べて生産者に交付される助成金は少ないですが、施策に左右されない持続可能な畜産的土地利用の構築を目指すことに合意して、通年放牧体系の開発に取り組みしました。

図1 菅原農園(常総市大生郷地区)の管理圃場

注: 地図外にも飼料イネ作付け圃場(WCS用)が点在する.



まず、2007年から大生郷地区の土地利用，作付計画を以下のように見直しました。

①牧草放牧を基本とし，牧草生育の衰える秋冬季の必要分のみ飼料イネを作付けする。

②耕作放棄地や放棄された平地林を，地権者に働きかけて放牧利用地に取り込む。

③耕作放棄地や平地林に隣接する圃場，牛の移動の容易な圃場は放牧利用する。

④地力が低く石礫やコンクリート塊の多い造成田は，牧草を播種し放牧利用する。

⑤地力の高い圃場，収穫時の機械作業の容易な圃場，牛の移動の困難な分散圃場は，WCS用の飼料イネを作付けする。収穫したイネ WCS は，一部は圃場に置いて冬季に牛を連れてきて放牧する。放牧困難な水田圃場のイネ WCS は地力の低い造成田や畑に運んで冬季に放牧給与し，これらの圃場の地力増強を図る。

その結果，図1のように，東仁連川東側の丘陵地との間に位置する谷地田や造成田，放棄田，放棄された平地林などに放牧地が展開しました。一方，WCS用の飼料イネは，東仁連川西側と県道123号より南側の水田圃場などに作付けることになりました。また，秋の放牧期間を延長するため，牧草放牧地や平地林に隣接する水田圃場に放牧用の飼料イネを作付ける等，土地条件に応じて，粗放的土地利用（放牧）と集約的土地利用（イネ WCS 生産）にメリハリを付けた水田利用に取り組みました。

その結果，2008年には大生郷地区では，妊娠確認した牛を分娩前まで，季節に関係なく放牧飼養することが可能になり，ドリームファームの繁殖牛は85頭に増加することができました。さらに，菅生地区ではWCS用の飼料イネの栽培期間が，5月上旬～8月下旬の4か月間に限られることから，2009年秋から再生イネ（ひこばえ）と牧草を利用した裏作放牧にも着手しました。

2. 通年放牧の仕組みと実績

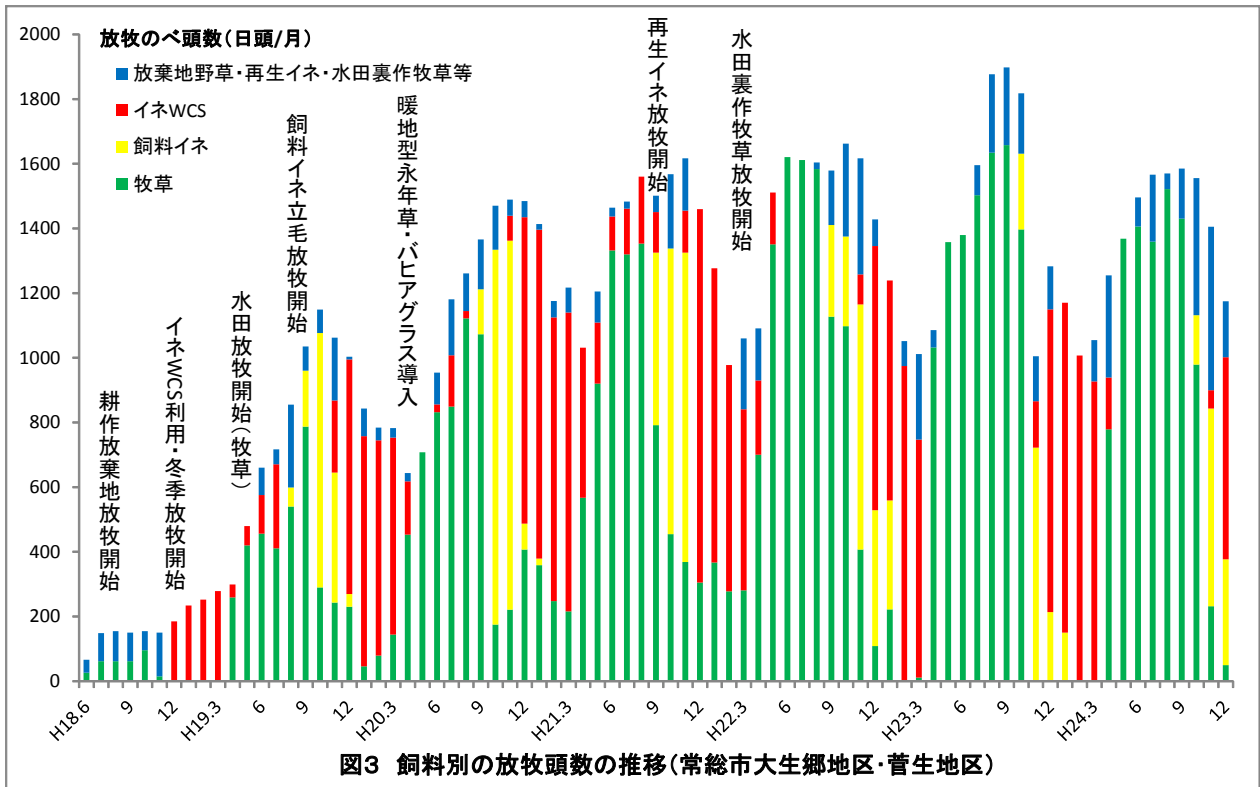
菅原農園では，約20haの農林地を利用して，ドリームファームの繁殖牛のうち妊娠が確認された牛を，季節に関係なく50頭前後を放牧飼養しています。放牧牛の糧となる主な飼料は以下のとおりです。①4月～10月は転作田と畑あわせて10.5haで牧草を採食させ，②11月～12月は水田に作付けた飼料イネのうち約1.5haを立毛状態で採食させ，③1月～3月は水田に作付けた飼料イネのうち約3haから収穫したイネWCSを放牧給与します（図2）。なお補助飼料は餌づけ用に醤油粕を少量給与する以外は与えていません。

また，菅生地区では約8.6haの水田で，ドリームファームが牛舎で飼養する育成牛や妊



4～10月：牧草放牧(26a/頭) 11～12月：イネ立毛放牧(5a/頭) 1～3月：イネWCS放牧(9a/頭)

図2 牧草と飼料イネを組み合わせた通年放牧体系(常総市大生郷地区)



妊娠確認前までの繁殖牛用に WCS 用イネの生産を行っていますが、収穫後の再生イネや牧草を利用して裏作の放牧利用も行っています（第1章第4節図2）。図3はこれまでの放牧延べ頭数の推移を月別、飼料別に示していますが、ほぼ図2で示すとおり推移していることが分かります。なお、12月～4月に放牧頭数が少ないのは、この時期にお産する繁殖牛がドリームファームが多いためです（図3）。

3. 通年放牧に必要な水田の飼料利用体系

営農試験地の放牧実績をもとに、牧草と飼料イネを組み合わせ、妊娠牛など繁殖牛の一定頭数を常時放牧飼養可能な水田の飼料利用体系を検討してみましょう。

まず、牧草地の牧養力はどれくらいあるのでしょうか。第1章第1節、第2節では、イタリアンライグラスと栽培ヒエあるいはバヒアグラスを組み合わせた草地造成技術を取り上げ、試験圃場では10a当たり100日頭以上の高い放牧実績（牧養力）が得られることを紹介しました。営農レベルでの牧養力は実際どれくらいでしょうか。表1は営農試験地で牧草放牧を行った牧区ごとの放牧実績等を示しています。営農試験地では、春のスプリングフラッシュを抑え、夏季の飼料不足を来さないこと、播種作業の省力化を考え、暖地型永年草のバヒアグラス（BA）を中心に草地造成を行っています。BAだけでは、春の放牧飼料が不足するため、一部に寒地型永年草のレッドトップ、トールフェスク、オーチャードグラス、リードキャナリ-グラス草地を設けています。このほか、BA草地の一部に不耕起播種機を用いて、イタリアンライグラス（IR）をオーバーシードしています。

牧草地の牧養力は圃場条件と草種により異なり、10a当たり53日頭から163日頭まで幅があり、排水性の良い圃場のBA－IR草地で高く湿田で低い傾向が見られます。平均では80日頭です。牧草の放牧利用期間は概ね4月上旬～10月中旬頃ですので、この期間を牧草で

放牧飼養するためには、1頭あたり約26aの牧草地が必要になります。

飼料イネの立毛放牧利用による牧養力も圃場条件と品種により異なりますが、概ね10a当たり120日頭で1月まで放牧利用できます(第1章第3節の表1)。ここでは11月～12月の2か月間を飼料イネで放牧飼養することになると、1頭あたり5aの面積が必要になります。そして、1月～3月をイネWCSを利用して繁殖牛を飼養するには約8.5a分のイネWCSが必要になります(第1章第5節)。

表1 牧草の牧養力(常総市大生郷地区)

圃場番号	面積(a)	地目等	放牧前の利用	牧草播種年	牧草種	放牧方法	冬季放牧	放牧延べ頭数(日頭/10a)			牧草放牧期間(2012年)	
								2010年	2012年	平均	放牧開始	放牧終了
①	20	田	耕作放棄	2008年	BA-IR	定置	なし	179	147	163	4月28日	11月16日
②	130	畑	耕作放棄	2008年	BA-IR	定置	有り	117	100	109	4月1日	10月30日
③	40	田	耕作放棄	2009年	BR-IR	移動	有り	110	107	109	4月9日	10月21日
④	36	田	WCS用稲	2008年	BA-IR	移動	なし	99	115	107	4月8日	9月26日
⑤	70	田	耕作放棄	2009年	BA-IR	定置	なし	75	104	90	4月21日	10月31日
⑥	36	造成田	WCS用稲	2009年	BA-IR	定置	有り	78	83	81	5月8日	11月22日
⑦	36	造成田	放牧用稲	2010年	IR	移動	なし	79	放牧用稲	79		
⑧	30	造成田	耕作放棄	2010年	BA, OG	定置	有り	47	106	77	4月21日	10月27日
⑨	70	造成田	WCS用稲	2010年	TF, SU	移動	有り	80	66	73	4月21日	10月7日
⑩	30	造成田	WCS用稲	2009年	BA-IR	移動	有り	70	WCS用稲	70		
⑪	40	湿田	WCS用稲	2009年	RC	移動	有り	45	90	68	5月16日	10月23日
⑫	120	畑	耕作放棄	2006年	CE, RT	移動	有り	65	69	67		
⑬	50	田	耕作放棄	2011年	IR	定置	なし		66	66	4月1日	10月1日
⑭	130	田	耕作放棄	2009年	RC, BA	移動	有り	68	59	64	4月1日	10月13日
⑮	30	陸田	保全管理	2012年	CE, TF	移動	なし		59	59		
⑯	100	湿田	WCS用稲	2008年	IR	移動	なし	52	63	58	4月3日	10月7日
⑰	40	湿田	耕作放棄	2009年	IR	移動	なし	53	飼料用米	53		
⑱	74	造成田	WCS用稲	2010年	OG	移動	有り	57	48	53	5月3日	10月11日
								平均	80			

注1) 草種: BA(バヒアグラス)、IR(イタリアンライグラス)、TF(トールフェスク)、SU(スーダングラス)、RT(レッドトップ)、RC(リードキャナリーグラス)、CE(センチピードグラス)、OG(オーチャードグラス)

2) 冬季放牧はイネWCSを放牧地に持ち込んで飼養。表掲の牧草放牧期間は圃場の牧草のみで飼養した期間。

3) 施肥は2010年: 尿素を窒素成分で10a当たり4kg施用。2011～2012年は無施肥。

4) 2011年は、東日本大震災・東京電力福島原子力発電所事故に伴い、春の牧草放牧を控えたためデータ不十分のため省略。

5) 表掲載以外にも平地林及び隣接する耕作放棄畑、再生イネ圃場等で、4月～10月放牧を行っている。

表2 肉用牛経営の通年放牧に必要な繁殖牛向け水田飼料の配分(繁殖牛100頭飼養のケース)

飼養仕向け牛	頭数	放牧飼養に必要な面積(ha)			舎飼いに必要なイネWCS(ha)	計(ha)	1頭あたり(a)	飼料自給率(%)
		牧草地(4～10月)	立毛放牧用イネ(11～12月)	冬季放牧用イネWCS(1～3月)				
放牧牛	57.5	15.4	2.9	4.9	-	23.2	40.3	100
舎飼い牛	42.5	-	-	-	9.3	9.3	21.9	62.9
計	100	15.4	2.9	4.9	9.3	32.5	32.5	85.9

注: 1) 茨城県常総市での実証試験より得られたデータに基づくモデル値である。2) 飼料仕向け牛の配分は、繁殖牛の分娩間隔を365日として、分娩前～妊娠確認までの舎飼い期間を155日、妊娠確認～分娩前までの放牧期間を210日として計算。3) 放牧飼養に必要な面積は、10a当たり牧養力を牧草地: 80日頭、立毛放牧用イネ: 120日頭とし、そこから4月～10月の放牧飼養に必要な面積を1頭あたり26.75a、11～12月の放牧飼養に必要な面積を5.08aとして計算。冬季放牧用イネWCSの必要面積は1頭あたり8.5aとして計算。4) 舎飼いに必要なイネWCSの面積は、給与量を乾物4kg/日/頭、イネWCSの収穫量を10a当たり1tとして計算。5) 飼料自給率はTDNベースで繁殖牛のみ。

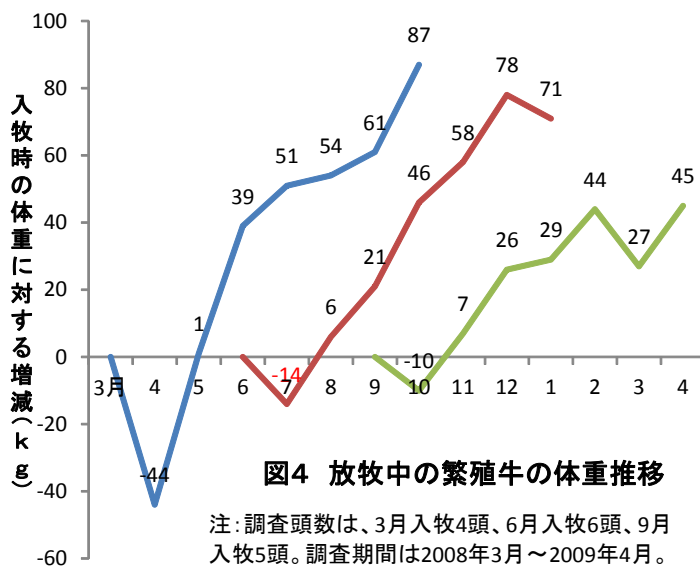
これらの放牧実績をもとに、繁殖牛 100 頭規模の経営において、妊娠確認後から分娩 2 週間前までの繁殖牛を通年放牧飼養するために必要な水田利用面積を計算すると 32.5ha となります（表 2）。内訳は、4 月～ 10 月放牧用の牧草地 15.4ha、11 月～ 12 月放牧用の飼料イネ 2.9ha、1 月～ 3 月放牧用の WCS 用イネ 4.9ha、分娩前～妊娠確認まで舎飼いに必要な WCS 用イネ 9.3ha です。なおこの表で、飼料自給率は、牛舎飼養時の給与飼料をイネ WCS 乾物 4kg とヘイキューブ 2kg として計算しています。

4. 通年放牧体系の導入による肉用牛経営の変化

1) 水田通年放牧飼養による繁殖への影響

水田通年放牧体系導入時からのドリームファームの繁殖成績は、第 2 章第 1 節表 6 に示すとおり、子牛の生時体重は 33kg 前後、繁殖牛の分娩間隔は 2008 年を除いて 365 日を切るなど極めて良好です。第 3 章第 1 節で紹介したように放牧中に繁殖牛 6 頭の死亡事故が発生していますが、いずれも原因は解明されており防止できる事故です。

図 4 は入牧から退牧までの放牧牛の体重の推移を示したものです。放牧開始直後は飼養環境が変化するため栄養状態が低下し、放牧 1 か月後の体重は減少しています。その後は退牧まで増加し続け、9 月および 1 月の退牧牛の平均体重は入牧時より 70kg 以上増加しています。また、放牧牛の血液性状分析から、夏季には暑さと小型ピロプラズマ病によると考えられる貧血症状の牛が数頭見られましたが、退牧時の総コレステロール値はほとんどの牛で入牧時より向上するなど栄養状態は向上しています。このことから、放牧期間ではできるだけ長く確保した方が良くと考えられますが、牧草のみに依存した季節放牧では、入牧時期によっては放牧期間を短くせざるを得ません。たとえば、8 月に妊娠を確認し放牧を開始しても 10 月には牧草が無くなるため 2 か月間しか放牧できません。牛が放牧環境に馴れた頃には退牧せざるを得ないのです。牧草と飼料イネを組み合わせた通年放牧体系では、入牧時期を問わず約 7 か月間放牧を続けることが可能であり、ほとんどの牛が栄養状態を向上させて退牧することができます。このことが繁殖成績にも良い影響を与えていると考えられます。



2) 肉用牛繁殖経営の発展—省力化・規模拡大・飼料自給率の向上—

ドリームファームでは、妊娠牛の放牧とその管理を菅原農園が担うことにより、最も労力を要する繁殖牛の給餌、家畜排せつ物処理作業が軽減され、飼料生産を含め 1 頭あたり労働時間は 80 時間から 42 時間に減少しています（表 3）。また、牧草による春から夏の放

牧と飼料イネによる秋の放牧，イネ WCS を利用した冬季屋外飼養組み合わせることにより，約半数の繁殖牛を通年屋外飼養できるようになったため，牛舎施設にも通年ゆとりが生じました。その結果，繁殖牛を 2005 年の 51 頭から 2012 年の 85 頭まで増加することができました。さらに，繁殖牛の舎飼い頭数が減少する一方，飼料基盤が拡大したため，繁殖牛の飼料自給率は 63.1 %から 87 %に向上しています（表 3）。

表3 通年放牧導入による肉用牛経営の変化

	放牧導入前 (2005年)	放牧導入後 (2012年)
繁殖牛頭数	51頭	85頭
牧草採草面積(畑)	3ha	3ha
飼料イネ収穫面積	14.3ha	12ha
放牧利用面積		14ha
面積計(ha)	17.3	29
労働時間/家畜管理	3,404(67/頭)	2,890(34/頭)
労働時間/飼料生産	595(12/頭)	680(8/頭)
計(時間)	4,000(80/頭)	3,570(42/頭)
参考)子牛生産費調査:128/頭		
飼料自給率/繁殖牛	63.1%	85.9%
飼料自給率/子牛	0.0	34.4%

5. 放牧導入による耕種経営の変化

放牧は労力や経費を要しないため，耕種農家の菅原農園では，水田放牧の導入により 10 年以上放棄されていた約 9 ha の耕作放棄地や平地林約 2ha を含め，農林地管理面積を 9.5ha から約 20ha に増やすことができました（図 5，表 4）。また，管理面積が 2 倍以上に増え，放牧牛の管理が加わったにもかかわらず，労働時間は 990 時間から 1,685 時間の増加にとどまり，10a あたり 8.3 時間の労働で 20ha の農林地の管理と延べ約 17 千日頭の繁殖牛の飼養管理が行われていると推計されます。



放牧前の耕作放棄地

野草を採食する放牧牛

放牧1年後の同じ圃場

図5 放牧による耕作放棄地の解消(食料生産基盤の復元)

表4 菅原農園(耕種経営)の土地利用の推移

(単位:a)

	大生郷地区						菅生地区		両地区合計		
	WCS用 イネ	飼料米	水田放牧 イネ立 毛放牧	畑・平 地林の 放牧	うち耕 作放棄 地の利 用再開	管理面 積計	内二毛 作面積	WCS用 イネ	内二毛 作面積	面積	水田利用 率(%)
2005年	950					950		530		1,480	100
2006年	865			200	200	1,065		530		1,595	100
2007年	620		136	420	240	1,416		700		2,116	100
2008年	640		194	807	410	2,051	150	700		2,751	105
2009年	492		213	950	310	1,965	300	844	844	2,809	141
2010年	627		153	950	310	2,040	650	864	864	2,904	152
2011年	730	50	80	920	310	2,090	750	864	864	2,954	155
			復元農地累計面積		905						

6. 耕畜連携による放牧の運営

営農試験地での水田放牧は、耕種農家が放牧管理を行い、畜産農家が牛を提供するという耕種農家と畜産農家が連携した放牧体系です。この体系は産地づくり制度の時に開始され、その運営は次のように取り決めています。大生郷地区の飼料イネと牧草の栽培、放牧牛の観察や転牧、給水は菅原農園が行い、イネ WCS 用の飼料イネの収穫および堆肥還元はドリームファームが行う。牧草種子、肥料、牧柵資材はドリームファームが負担する。産地づくりおよび耕畜連携推進事業の交付金は菅原農園が受け取る。牧草放牧に伴う金銭の授受はなしとし、飼料イネを放牧利用した場合のみ、イネ WCS 生産よりも交付金単価が低いことから、ドリームファームから菅原農園に 2.5 万円/10a を、12 月～3 月のイネ WCS を利用した放牧管理については、1 日 1 頭あたり 100 円を支払う。また、事故に備えて、放牧保険（最高 5,000 万円補償、掛け金 15 万円/10ha/年）に加入していますが、牛の損失についてはドリームファームがすべて負うこととしています。しかし、農業者戸別所得補償の本格実施に伴い、交付金単価の変更や耕畜連携助成事業（資源循環）の交付先が変更になったことから、運営のあり方を見直す必要が生じています。

また、牛に馴染みの少ない水田地帯で放牧を円滑に推進するには、地権者と地元住民への放牧の理解と協力が欠かせません。このため、放牧交流会を定期的で開催し、水田放牧の意義等を説明し協力をお願いするようになっています（図 6）。その結果、散歩中の方から牛の発情や出産、脱柵、飲み水の不足等の連絡がしばしば寄せられ、事故を低減することができたと考えられます。

都心に近い常総市でも見渡せば、耕作放棄地や稲収穫後のひこばえ、平地林や畦畔の野草など未利用飼料資源は豊富にあります。これらを機械で収穫するのは困難ですが、身近に草食家畜がいれば、飼料として家畜の腹に納めることができます。放牧牛がいることで資源の活用を図ることができ、生命力豊かな田園景観を形成することは可能と考えられます。



放牧地内で栽培したスイートコーンのもぎ取り



収穫後の圃場を開放し茎葉を放牧牛に給与

図 6 地権者、地元住民との放牧交流会

参考文献

「放牧が切り開く水田農業と畜産の未来」『水田活用新時代』（農文協）

（執筆者：千田雅之）

第2節 放牧跡地の低投入型ダイズ生産の可能性

1) 冬季水田放牧跡地の低投入型ダイズ生産

1. 水田放牧にダイズなどの普通作物の作付を導入する意義

米の生産調整に伴い、全国の水田転換畑でダイズ栽培が行われていますが、ダイズの作付履歴が長くなるに伴って、収量が低下してきています。その大きな要因として、地力の低下が指摘されています。一方で、本手引きのように、水田で放牧管理を行うことで、有機物が特段の労力をかけることなく還元され、地力が高まることが期待できます。そこでこの節では、放牧による地力涵養力を活用した低投入型のダイズを始めとする作物の栽培技術を開発することで、水田放牧における耕種経営の収益性を高めるとともに、効率的かつ安定的な水田輪作体系の可能性を検討します。

2. 圃場の選択と前作の冬期放牧管理

ダイズを栽培する圃場は、なるべく排水性のよい圃場を選びます。また、可能であれば周囲明渠などの排水対策を行います。これは、滞水しやすい条件で放牧を行うと、土壌が泥濘化し、土壌硬度が高まり、後作のダイズの生育を抑制することを回避する意味があります。

ダイズ作付前の冬期間の放牧管理は、第1章第5節に記したように、イネ WCS（稲発酵粗飼料）による給餌とイタリアンライグラスや麦類などの冬牧草を組み合わせで行います。ここで紹介する事例では、約 30a の圃場で、1年目は 2008 年 11 月 26 日から 2009 年 5 月 29 日まで 184 日間にのべ放牧頭数 263 頭・日、2年目は 2009 年 11 月 30 日から 2010 年 6 月 19 日まで 201 日間にのべ 310 頭・日の放牧を行いました。

3. ダイズ栽培の準備：退牧後の深耕

退牧後、できるだけ深く耕起する必要があります。これは、放牧による踏圧で土壌が圧密化され、土壌硬度が非常に高くなっている状態を解消するためです(図1, 図2)。この土壌の圧密化は、土壌表層だけでなく、ロータリの耕深より深い-15~-20cmの層にも及びます(図3)。土壌硬度が高いと、透水性が低下し、大豆に湿害が発生しやすくなるだけでなく、根の伸長が阻害され、逆に干ばつ条件に遭うと青立ちしやすい



図1 放牧による土壌の圧密化。

◎ 放牧区の圃場面は、圧密化により禁牧区より約8cm低くなっている。

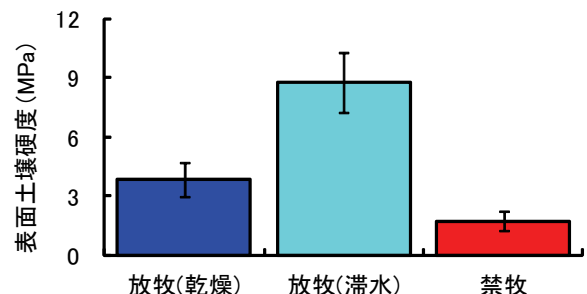


図2 放牧の有無が放牧後の表面土壌硬度に及ぼす影響(2010年)。

◎ 放牧を行うと土壌表面が硬くなるが、放牧期間中に水がたまり泥濘化した場所では特に硬くなる。

くなる危険性が高まります。できればプラウ耕，またはサブソイラによる芯土破碎を行うことが望ましいです。ただし，一度深耕を行うと，翌年の作付では，通常のロータリ耕だけでも問題はないようです。深耕がどの程度の頻度で必要かは，今後の検討課題になります。

4. 耕起播種と無施肥栽培

ここでは，より省力的なダイズ栽培を目指すため，中耕培土作業を省略した「狭畦無培土栽培」に取り組みます。慣行の中耕培土栽培では，条間を70～80cmで播種を行いますが，狭畦栽培では条間30～40cm程度で播種を行います。

そのため，生育量が大きくなりすぎると倒伏が起きやすいため，収量に影響しない範囲で，できるだけ遅まきにする必要があります。播種適期は，関東地方では6月下旬～7月中旬頃，東海以西では7月中旬～下旬頃となります。また品種には，タチナガハやサチユタカなどの耐倒伏性の強い品種を選びます。また，ダイズ収穫後に牧草を適期に播種できるように，なるべく早生の品種が良いでしょう。

播種作業は，ハローシーダ等の耕うん同時播種機を用います。狭畦無培土栽培では，早期に大豆の茎葉で圃場面を覆うことで，雑草の生育を抑制する必要があるため，苗立ち数が15,000～20,000株/10aとなるよう播種量を多めに設定します。より一層の省力化を目指し，不耕起播種についても検討してみましたが，上述のように，放牧により土壌硬度が非常に高まり，その結果苗立ちが悪くなるため，やはり耕起播種が必要となります(図4)。ただし，次稿のように，火山灰土壌の永年草地のような水はけの良い土壌条件では，不耕起播種も可能です。

施肥については，図5に示したように無施肥栽培でも施肥栽培と同等の収量が得られるので，窒素，リン酸，カリとも施用する必要がなく，施肥にかかるコストを削減できます。無施肥栽培の大豆収穫後の土壌の可給態窒素と交換性カリは，放牧区の中

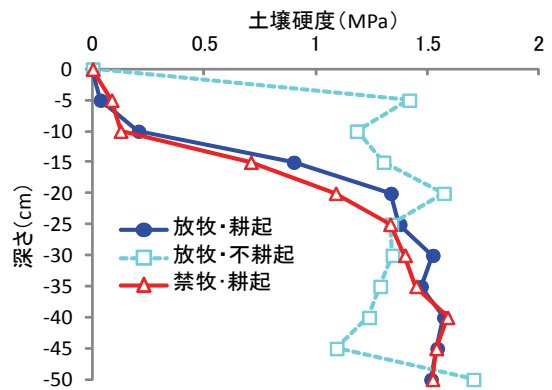


図3 放牧の有無がダイズ栽培後の土壌の貫入硬度に及ぼす影響(2009年).

◎ 放牧によりロータリ耕深より深い-15～-20cmの層でも土壌の圧密化が進む。



図4 耕起法の違いが放牧後ダイズの苗立ちに及ぼす影響(2009年).

◎ 不耕起区では著しく苗立ちが不良であるが，土壌表面が硬くなり，立ち枯れ性の病害が多発した結果である。

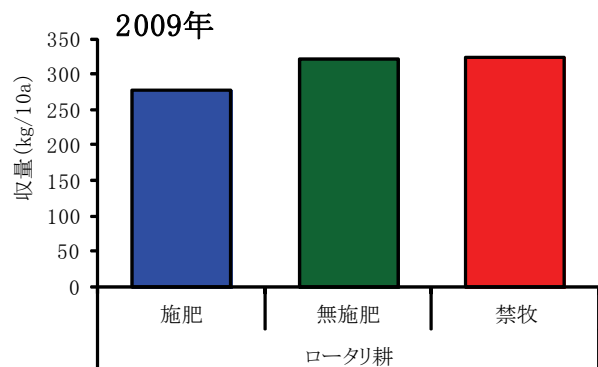


図5 放牧の有無および施肥の有無が放牧後のダイズの収量に及ぼす影響(2009年).

◎ 施肥区は，N, P₂O₅, K₂O各3, 12, 12 kg/10a, 禁牧区は無施肥。

◎ 処理区間に有意差なし。施肥区でやや収量が低いのは，一部で青立ちが発生した影響。

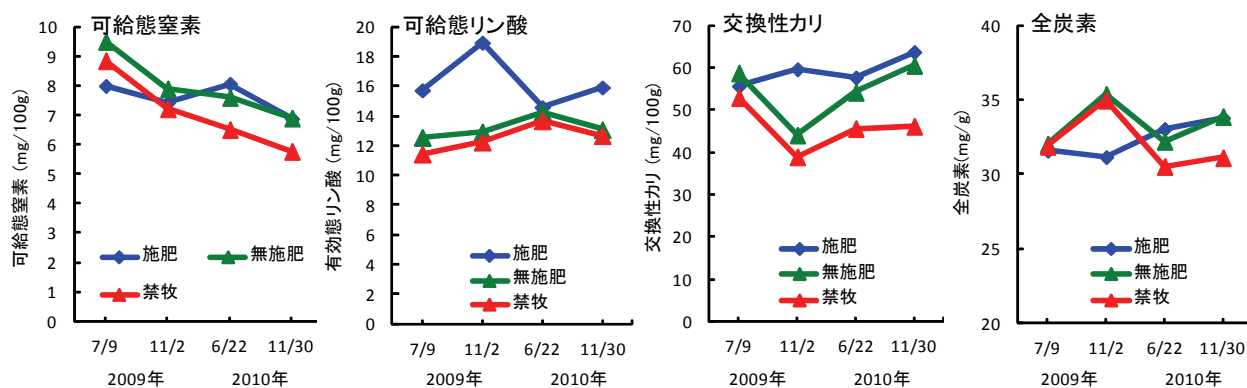


図6 耕起法の違いが放牧の有無および施肥の有無が土壌の肥沃度に及ぼす影響。

に試験的に牛が入らないように仕切った禁牧区に比べて高くなっており、放牧により窒素とカリが補給されていたことを裏付けています。無施肥区の可給態リン酸は、禁牧区と同等レベルで推移していますが、少なくとも不足する方向には進んでいないようです。また、全炭素量も放牧により高まる傾向が認められ、土壌中の有機物含量を高める効果も期待できます(図6)。

5. 防除等のその他の管理作業

雑草防除は、播種後の土壌処理剤に加えて、中耕除草を行わない狭畦無培土栽培では、2葉期に茎葉処理剤を散布します。放牧跡地では、雑草の発生量が多くなる傾向があります。茎葉処理剤では効果のない雑草種もあるので、雑草害が大きい場合は、中耕培土栽培を行うか、場合によっては飼料イネ栽培で一旦水田に戻す田畑輪換を行うことも有効です。

カメムシやハスモンヨトウなどの防除は、開花期以降適宜実施しますが、水田放牧が導入されることの多い元耕作放棄地のように、周辺の畦畔管理が十分でない地域では、害虫発生時の潜在リスクが大きい場合があるので、十分な防除が必要となります。

放牧後のダイズ作では、深耕を行うことと施肥を省略できることは、通常のダイズ栽培と特に変わりはありません。詳しい栽培法や品種選択については、地域の普及センターにお問い合わせください。

放牧と組み合わせる輪作作物として、現在のところダイズしか検討を行っていませんが、他の普通作物や野菜類での活用も可能と考えられます。もちろん、作物によって養分の要求量が異なるので、どの程度まで減肥栽培が可能かは、作物ごとに検討してみる必要があります。しかし、水田輪作体系に、新たに「放牧」という作目を組み合わせることで、これまで考えられてこなかった効率的な作付体系を検討してみる価値は高いと考えられます。

(執筆者：渡邊和洋)

2) イタリアンライグラスを利用したダイズのリビングマルチ栽培

1. この技術のねらい

水田作経営において、水田放牧は耕作放棄地の解消や水田管理の省力化等の効果が実証されていますが、さらに作物生産にも何らかの効果をもたらすことが期待されます。また、水田放牧では現在、転作対応や耕畜連携の助成金が交付されていますが、それは農地の潜在的生産力機能の保全を通じて、わが国食料の安定供給に資することに対する交付金と受け止めるべきでしょう。したがって、水田放牧跡地での作物生産に寄与することも水田放牧の社会的使命と考えられます。そこで、前節に続き放牧跡地でのダイズの省力・減農薬栽培について紹介します。ここでは、放牧に用いたイタリアンライグラスを被覆植物として雑草抑制に用いるダイズのリビングマルチ栽培技術について紹介します。

2. イタリアンライグラスを利用したダイズのリビングマルチ栽培技術

ダイズの不耕起狭畦栽培は、転作田における麦作との輪作技術として開発され、播種前の播種床整備と播種後の中耕・培土等の作業を削減できることから省力・低コスト栽培技術として期待されています。一方、リビングマルチ栽培は、圃場を被覆する植物（カバークロップ）をあらかじめ栽培し、その中に作物の種子を播種することにより、作物の初期生育時の雑草発生を抑える栽培法で、ダイズにおいても越夏性の低いオオムギを用いた方法が検討されています。

ここで紹介する方法は、春季に放牧利用したイタリアンライグラスをカバークロップ（被覆植物）として雑草抑制に用い、不耕起播種機でダイズを播種し、播種前後の除草剤散布を省略することが可能なダイズのリビングマルチ栽培法です。ダイズの生育初期にイタリアンライグラスが雑草を抑制するだけでなく、夏の暑さで枯死したイタリアンライグラスがダイズ生育時の雑草を抑制することにより、減農薬栽培を可能とします。

まず、WCS用イネ等の収穫後の10月中旬（高標高地域では9月中旬）くらいまでにイタリアンライグラス草地を造成し（播種量6 kg/10a, N-P₂O₅-K₂O : 10-7.5-5kg/10a），ダイズ播種前までに1～数回、牛を放牧します（写真1）。6月のダイズ播種時に、イタリアンライグラスの草高が5 cm程度になった段階で牛を退牧させ、直後に不耕起播種機（ニプロ NSV600B）を用いてダイズを無施肥で播種します（1粒播，畦間30cm，株間13cm，写真2）。ダイズ播種後の作業は、土壌処理型除草剤の処理を行わない以外、ダイズ不耕起狭畦栽培法に準じて行います（図1）。

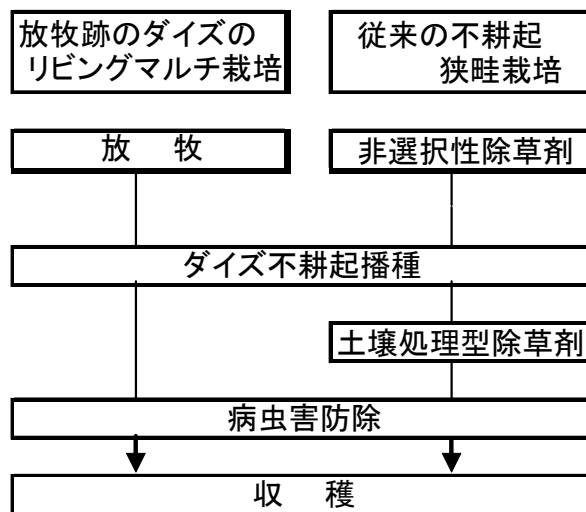


図1 ダイズの栽培体系(放牧跡のリビングマルチ栽培と従来の不耕起狭畦栽培)



写真1 ダイズ播種前の放牧（5月中旬）



写真2 不耕起播種機によるダイズ播種
（どちらの写真も長野県北佐久郡御代田町の水田跡）

3. 長野県御代田町での試験結果

図2は、2008年の長野県北佐久郡御代田町の試験地での結果ですが、被覆植物として用いたイタリアンライグラスの再生草の草高は、早生品種（タチワセ）を用いても、ダイズ（中生品種 ナカセンナリ）の出芽後約1ヶ月間は、ダイズの主茎長とほぼ同じですが、その後はダイズが上回り、ダイズの本葉の展開によってイタリアンライグラスの生育を抑制していることがわかります。また、夏以降イタリアンライグラスは、夏の暑さのため衰退枯死するので、ダイズの収穫には影響しません。

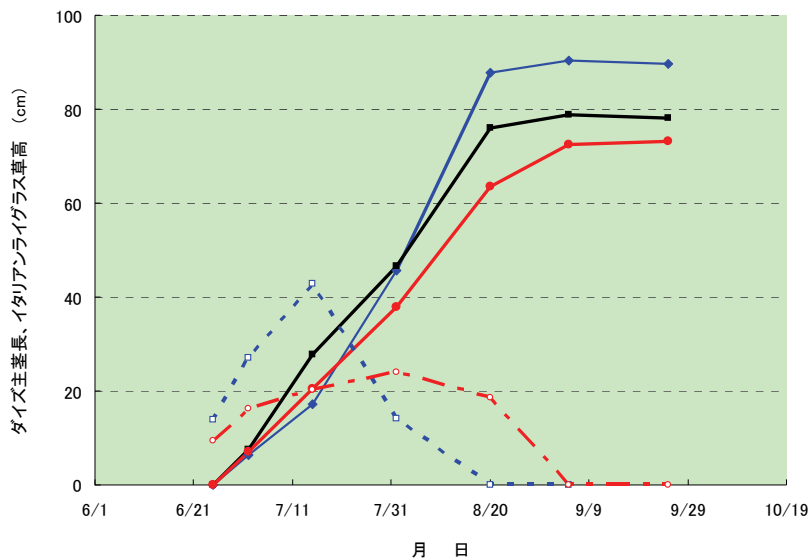


図2 ダイズの主茎長とイタリアンライグラスの草高の経時的変化
（長野県北佐久郡御代田町における2008年の試験結果）
注) イタリアンライグラス(IR)の品種は、タチワセ(早生)とエース(晩生)
ダイズの品種はナカセンナリ(中生)

ダイズ主茎長 : ●—● 対照区 ■—■ 早生IR区 ●—● 晩生IR区
イタリアンライグラス草高 : □—□ 早生IR区 ○—○ 晩生IR区

注) 対照区は、前植生を除草剤で故殺した後にダイズを不耕起播種する方法

イタリアンライグラスを利用したダイズのリビングマルチ栽培は、前植生を除草剤で枯殺した後にダイズを不耕起播種する方法（対照）に比べ、ヒメムカシヨモギなどの広葉雑草の発生量は若干多いのですが、ダイズの初期生育に影響するシロザやヒユ類の発生量は少なく、雑草抑制効果は高いという結果が得られました（表、長野県北佐久郡御代田町の試験地での結果）。特に、晩生品種のイタリアンライグラス「エース」は、早生品種の「タチワセ」を用いた場合や対照と比べて、夏季以降に発生するメシバの抑草効果も高くなりました。

表 イタリアンライグラスリビングマルチによる雑草抑制効果

処 理	2006年 ⁱ⁾		2008年			
	総雑草数 (本/m ²)	アオビユ (本/m ²)	シロザ (本/m ²)	ヒメムカシヨモギ [*] (本/m ²)	ヒメジョオン (本/m ²)	メシバ [†] 被度 (%)
早生品種(タチワセ)	2.3	0.1	0.0	6.9	0.7	35.0
晩生品種(エース)	1.5	0.1	0.0	7.2	0.2	2.7
対 照	0.1	1.6	0.1	0.4	0.1	30.0

i) 2006年は、広葉雑草のみの調査

晩生品種のイタリアンライグラス「エース」をリビングマルチとして用いることにより、対照（前植生を除草剤で枯殺した後にダイズを不耕起播種する方法）と同程度の 300kg/10a 以上のダイズ子実収量を得ることができました（図3、写真3）。

ダイズの収穫は11月以降になりますので、「牧草放牧ーダイズ生産」の二毛作は困難ですが、「耕作放棄地の放牧（農地機能の復元）ーダイズ生産」や「WCS用イネ生産ー牧草放牧ーダイズ生産」等の2年3作の輪作体系等の展開が期待されます。

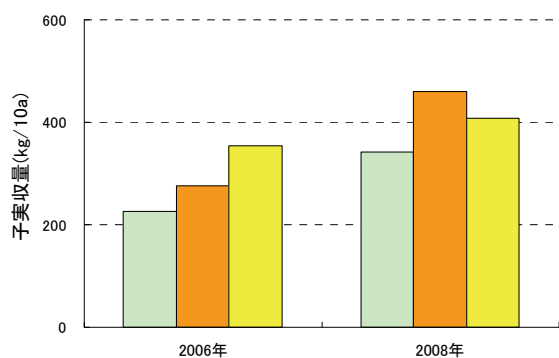


図3 イタリアンライグラスを用いたリビングマルチ栽培時のダイズ収量

（長野県北佐久郡御代田町での試験結果）

□ 早生(タチワセ) □ 晩生(エース) □ 対照

注) 早生、晩生はイタリアンライグラスの早晩性(品種)を表す。
ダイズの品種は、ナカセンナリ(中生)。

注) 収量は、坪刈り調査の結果の値



写真3 イタリアンライグラスを利用したダイズのリビングマルチ栽培

（長野県北佐久郡御代田町の水田跡）

参考文献

濱口秀生ら「汎用型不耕起播種機によるダイズ不耕起狭畦栽培マニュアル」, (中央農研研究資料, 2004年, 5, 1-21頁)。

(執筆者：手島茂樹・池田哲也)

第3節 地域農業からみた水田放牧の評価と普及定着の課題

1. 地域農業の展開と農地資源の管理問題

水田放牧をはじめとする畜産的土地利用を新しく始めるには、技術的・経済的条件と並んで、その地域の農業の生産構造・土地条件・農地所有者の意向なども重要な条件となります。ここではこの点に関して、統計、ヒヤリング、アンケートなどから営農試験地の実態を明らかにし、これに基づいて普及定着に向けた課題を考えます。

水田放牧の営農試験を実施した現地は茨城県常総市旧S村O地区で、関東平野の只中に位置する平坦地域です。地域内では、主に元の林地を計画的に転用して造られた工業団地を除き都市化の影響はほとんどなく、農業的土地利用が続いてきました。図1は旧S村の農地利用の変化です。稲作は2000年にかけて面積が減少し、その後は横ばいです。米の生産調整に対して他の作物による転作ではなく不作付での対応が目立ちます。これには当地域の水田が麦や大豆などの畑作物生産に不適であることも影響しています。農地面積は全体としても減少が続いており、地域外への貸付や転用もありますが、多くは実質的な耕作放棄が進んだ結果とみられます。畑地面積の減少が大きいことも目立ちます。

表1は旧S村の経営規模別農家数等の変化です。農家数は30年間で半減する一方、5ha・10ha以上の経営体も少数ながら現れて徐々に構造変化が進んでいますが、小規模経営も多くあります。地域内では稲作以外の作物として園芸・工芸部門もありますが限定的で、その面積は停滞しています。

図2は土地条件とS農園による畜産的土地利用の状況です。当地域の農地は(ア)基盤整備が完了し区画形状のよい平地の水田と、(イ)生産条件の悪い谷津田に2分され、さらに(ウ)台地上は主に畑地となっています。このうち(ア)では大規模経営も展開して大半に水稲が作付される一方、(イ)が転作にあてられる傾向にあります。(ア)(イ)(ウ)と条件の異なる農地をすべて所有する農家も多く、(イ)(ウ)の利用率が低下傾向にあります。S農園が通年で放牧利用(春～初秋期は牧草、晩秋期はイネ立毛、冬期はイネWCS(稲発酵粗飼料)の圃場給餌)しているのはこの(イ)(ウ)が中心であり、耕作が放棄され一部は雑草や灌

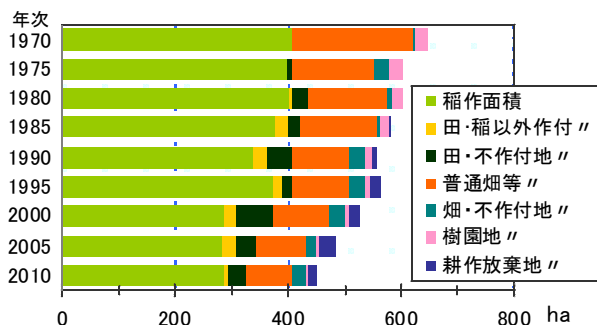


図1 旧S村の農地利用の変化

注: 農家の経営耕地面積の合計(属人データ)。1985年まで総農家、1990年から販売農家の値。図の耕作放棄地は調査対象農家が放棄地と認識した耕地であり、耕地とみなしていない土地や離農農家の放棄地等は含まない。資料: 農業センサス。

表1 旧S村の農業構造の変化 (戸)

年次	農家数等計	1ha以上 内訳				60歳未満男子専従者あり農家数	耕畜連携によるS農園への委託戸数
		1~2 ha	2~5 ha	5~10 ha	10ha以上		
1980	535	241	52	0	0	174	
1990	452	212	45	1	0	64	
2000	388	172	42	3	0	33	
2005	315	133	39	1	3	28	
2010	263	105	45	3	4	86	

農家数は農業センサスによる。1980年は総農家、1990年以降は販売農家。2010年は法人等含む経営体数。

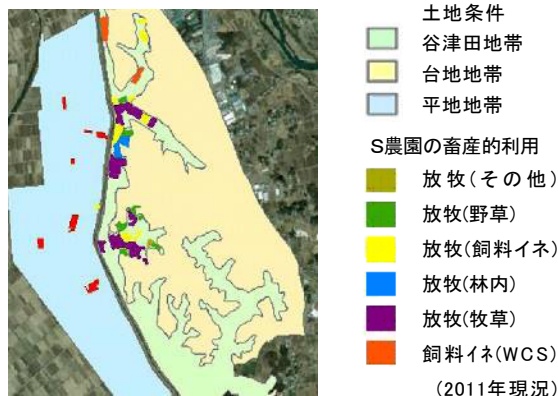


図2 旧S村の土地条件と畜産的土地利用

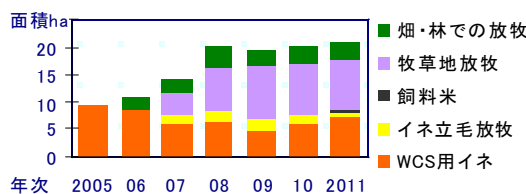


図3 S農園による畜産的土地利用の展開

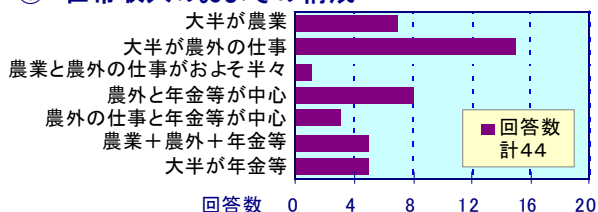
木などが繁茂して荒れ地となっていた農地を再生させて管理を行うことで生活環境の改善にも貢献しています。また、イネWCSは主に平地水田で生産されます。

図3はS農園によるO地区での畜産的土地利用の状況です。当初はイネWCSによる耕畜連携から始まり、その後放牧利用が過半を占めるようになりました。面積は約20haまで増加した後は横ばいで、現在の連携先の1戸肉用牛経営の飼養規模からみてほぼ上限となっています。

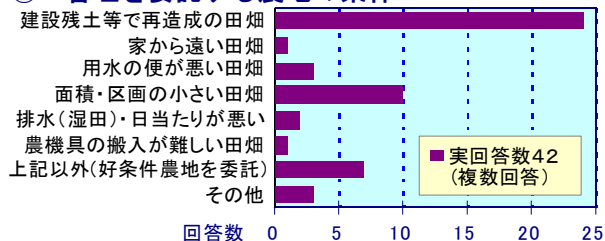
2. 畜産的土地利用に対する農地管理委託者の評価と意向

図4はS農園に農地管理を委託する地権者に対して実施した、水田放牧等の取り組みに対する評価や今後の意向に関するアンケートの結果です。①からは農業依存度が相当低くなっていることがわかります。②は委託農地の条件ですが、建設残土による造成農地を委託するケースが多く、これは当地域の特殊事情といえますが、当該農地はもともと谷津田や排水不良田であり造成によって盛土と区画整理がされました。その意味では③の転作対応に重なります。④の以前の状態に

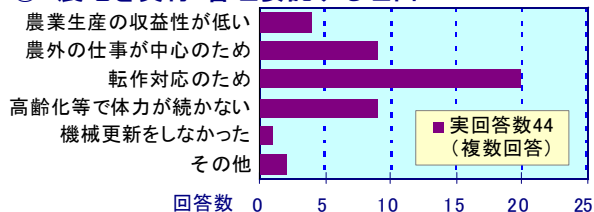
① 世帯収入のおよその構成



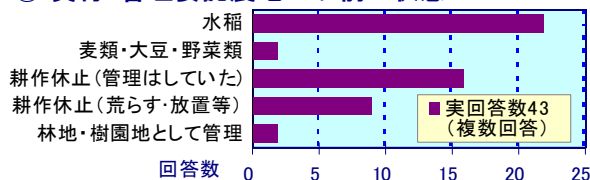
② 管理を委託する農地の条件



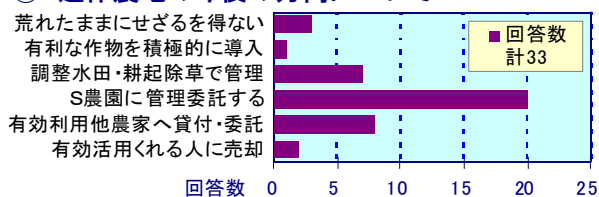
③ 農地を貸付・管理委託する理由



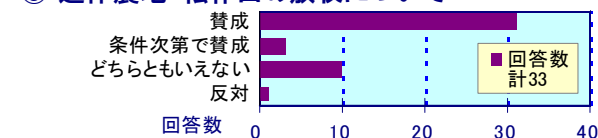
④ 貸付・管理委託農地の以前の状態



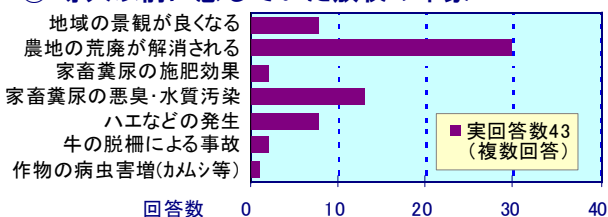
⑤ 遊休農地の今後の方向について



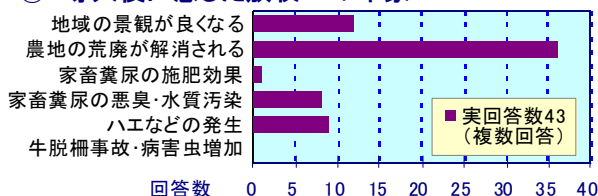
⑥ 遊休農地・転作田の放牧について



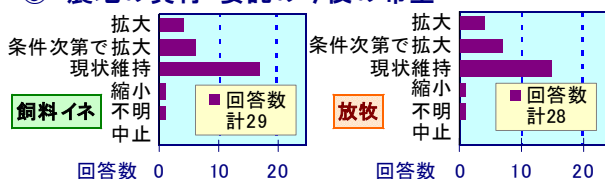
⑦ 導入以前に感じていた放牧の印象



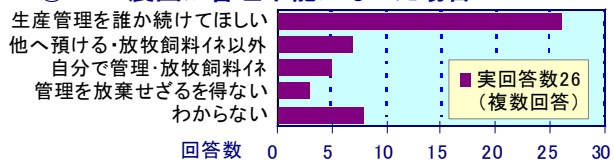
⑧ 導入後に感じた放牧への印象



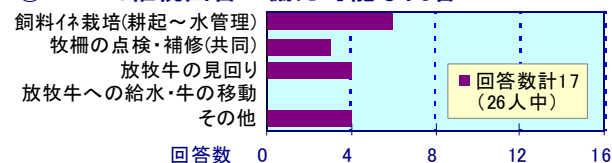
⑨ 農地の貸付・委託の今後の希望



⑩-1 S農園が管理不能になった場合



⑩-2 上で継続回答→協力可能な内容



2010年8月にS農園の協力を得て実施。回収47/配布92。

図4 O地区における農地委託者の評価と意向

については水稲作と耕作休止が半々で、荒らしていた等も9件ありました。⑥の放牧に対する考えでは賛成31件、どちらともいえない10件、反対1件で放牧は概ね支持されていますが、一部には保留の意見もみられます（委託農地が放牧かイネWCS栽培であるかの実際の利用状況にかかわらず設問）。

⑦⑧は放牧前後の印象で、景観の改善、荒廃解消といった事前の期待（38件）も多かったですが、事後評価はそれ以上でした（48件）。悪臭・水質、ハエ等の懸念は事前の21件から事後は17件と減っていますがマイナス面の認識もあります。ただ、そうした負の要素も含め、全体としては放牧等による農地の保全管理効果を認めている状況といえます。⑨今後の意向については現状維持と並び委託を増やしたいとの希望も多く、縮小希望は1件でした。⑩S農園が管理不能になった場合の想定では引き続き第三者による管理の希望が多く、S農園に協力可能との回答も17件あり、地域の協力体制は今後の課題といえます。

当アンケートは農地委託者が対象ですが、委託者は計約90名に上り、特に放牧地では連担する農地が一体として委託されていて概ね団地化ができています。ただし、一部の住人からは集中豪雨時の出水の心配から人家近くの放牧に対する懸念や水田の雑草繁茂・堆肥留置などに苦情が出されたことがあり、土地利用の工夫や農地管理の徹底には十分な配慮が求められます。

3. 関東平坦部における水田放牧を含めた地域営農方式の定着条件と課題

○地区では谷津田が一定割合を占め、台地上の畑も含めて不付作地が増えています。条件の異なる農地が個別農家レベル・旧S村全域ともに一体となって農地資源と農村環境を形成し、その維持管理が生活面も含めた課題となっています。これと同じような条件の地域は関東平野あるいは全国をみても広い範囲にわたっており、営農試験地で試みられたような放牧利用も含めた土地利用の導入が想定される地域は広いと思われます。○地区では耕種経営サイドでは助成金の関係もあって初めは水田でのイネWCS生産が優先されましたが、畜産経営サイドでの放牧の省力・経済効果は大きいものがあります。さらに畑や林地を含めた地域内の一体的な土地資源管理が重要な課題となっており、この意味でも放牧を導入し、イネWCSの生産・利用と組み合わせることが有効です。放牧については肉用牛繁殖経営では経済的なメリットを、地域においては上のおり住民が土地資源管理の効果を認めています。あとは耕種側の担い手＝農地管理主体の発掘・育成が課題となります。地域単位で組織化を図り、その下で担い手に委託することや各種助成金等を一体的に活用することなどが必要になると考えられます。そして、畜産経営と耕種経営とのマッチングの場を設定する必要があります。その際には、地域住民と関係者による信頼関係と合意の形成とその継続のための努力、関係機関の支援が重要となります。

参考文献

恒川磯雄・大浦広斗「地域農業の展開からみた水田の畜産的利用の成立条件」、『関東東海農業経営研究』103号（関東東海農業経営研究会，2013年，97-102頁）。

（執筆者：恒川磯雄）

水田放牧の手引き

平成25年3月 発行

発行者 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター

〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

編集者 中央農業総合研究センター 農業経営研究領域 千田雅之

印刷所 前田印刷株式会社

注) 本資料の掲載内容については、未公開のものもあるので、複製、転載および引用に当たっては、必ず原著者の了承を得た上で利用されたい。



 農研機構