

水田から見た飼料生産の可能性

村井 勝

The Possibility of Forage Production in a Paddy Field
Masaru Murai

はじめに

我が国の食料自給率の向上・改善には、畜産部門における自給飼料の増産が最も重要なポイントの一つであることは、論をまたない。また、その自給飼料増産を担う大きなものとして遊休耕地、特に水田の畜産的利活用による飼料生産基盤の拡大が肝要という点でも異論は少ないものと考えられる。現在、食用米の需要減退による米生産調整のため、100万ha以上に及ぶ稲作休耕地がある。これは、直ちに飼料作物の増産に転用できる最も重要な耕地である。このような状況は、限られた耕地・国土の有効活用の点からも、水田用の飼料作物生産技術が望まれる所以でもある。この水田における飼料生産は、大きく二つの観点から考える必要がある。一つは水田を畑地化して利用する場合、もう一つは水田に栽培できる飼料作物の開発である。

この二つの観点から、水田・水田転換畑における飼料生産の特徴、さらには水田栽培飼料作物としてのイネについて、北海道の立地条件を考慮しながら、その飼料特性や可能性について述べる。

1. 水田の転換畑における飼料作物生産の問題点 (北海道)

現在、広く作付けされている飼料作物は、いずれも乾燥土壌を好むものであり、湛水が前提である水田に作付けする場合は、畑地化が前提となる。しかし、転換畑となる多くの水田は、良質米生産に不向きな不良水田、特にいわゆる「湿田」と称する土壌水分が高い排水不良田、作業性が著しく劣る山間地、1筆当たりの狭隘な耕地、が当てられている。従って、比較的立地条件の良い転換畑でも湿害が発生し易い場合が多く、飼料作物の栽培上大きな制約要因となっている。

また、耕地の立地条件以外でも問題となる要因があり、例えば、①高い生産性をもつ飼料作物・品種がない (前述した

ように湿害に強い栽培特性が求められるが、十分な耐湿性を備えた飼料作物種は少ない)、②近隣に畜産農家がなく、水田農家には収穫用の飼料調製機械や技術がない、③水田農家が飼料作物用の栽培機械および栽培技術に不慣れである、といった問題がある。これらの要因以外にも、特に北海道は、④低温・日照時間が少ない等から飼料用として栽培可能な作物種が限られている、ことも転換畑における飼料作物生産が進まない要因として挙げられる (表1、2)。現在、北海道の飼料作物栽培は圧倒的に牧草 (北方系イネ科牧草が主体) であり、全体の約95%にも達する。他では、トウモロコシの栽培が畑作地帯・道央以南で一部あるに過ぎない。水田転換畑作物としては、現在栽培利用されている中では、トウモロコシがやっと候補に挙がるだけであり、他の寒地型牧草は永年作付け利用型であるとともに耐湿性も強くない。そのトウモロコシも収量性の向上はもちろんであるが、耐寒性と耐湿性の飛躍的な向上が望まれている (表1)。

表2. 水田転換畑の飼料作物生産における問題点 (北海道)

- ①寒地の自然条件に適合した生産性の高い飼料作物種が少ない。
- ②寒地向けの耐湿性の高い飼料作物がほとんどない。
- ③泥炭地帯では、地盤沈下が生じる。
- ④水田地帯の近隣に畜産農家がなく、飼料作物の生産・利用の繋がりが困難である。
- ⑤水田農家が高齢化し、飼料作物生産用の技術ノウハウ・作業機がない。

また、北海道地域全体の傾向としては、飼料作物作付け面積は頭打ち状態にある。労働力の確保の困難さや飼養頭数の増加に伴う家畜管理部門への労働配分時間の増加等により、自給飼料生産に回す労力不足が逼迫して、濃厚飼料以外にも輸入の粗飼料を利用しているケースもある。このように畜産経営における労力配分の問題、気象条件や栽培管理・収穫作業性等から北海道の酪農・畜産に対応出来る水田転換畑用の飼料作物種は非常に少ない。

2. 水田栽培用飼料作物イネの位置付け

水田は、イネの安定・高収量生産を目指して改良してきた耕地であり、やはりイネを栽培してこそ高い生産性を発揮する土地である。一方、イネのように湿潤あるいは湛水耕地で栽培して、高い生産性を示す作物は極めて少ない (特に北海道のように寒地において)。1970年代以降、水田でイネ以外の他作物の栽培・生産が数多く試みられてきたが、野菜等の

表1. 主な水田転換畑向け飼料作物のTDN含量と収量

作物種	収穫時期	TDN含量 (DM中%)	期待される生草収量 (t/10a)			
			寒地	寒冷地	温暖地	暖地
トウモロコシ	黄熟期	67.6 (東日本)	4~5	5	5~6	6~7
		65.9 (西日本)				
ソルガム	乳熟期	61.6 (子実型)	—	5	6~7	6~7
		53.3 (ルゴ-型)				
イタアソライグラス	出穂期	69.9 (1番草)	—	5	5~6	6
		59.4 (1番草)				
ギニアグラス	出穂期	56.5 (1番草)	—	—	5	5~7

生草収量は、1作/年での期待値で、周年栽培でない。(吉村、2002)
「水田ほ場を活用した自給飼料増産」より一部抜粋。

表3. 水田用飼料作物に求められる特性

- ① 湛水条件でも良く生育する。
- ② 乾物収量が多く、栄養価も高い。
- ③ 省力・省農薬栽培ができる病虫害抵抗性が強い。
- ④ 耐倒伏性が強く、多肥栽培にも適している。
- ⑤ 家畜の嗜好性が良い。
- ⑥ 子実の脱粒少なく、収穫調製作業が容易。

一部の作物種を除くと、十分に経営的成立に至る作物はない。そのような経過から、改めてこのイネ自体を従来の食用としてばかりでなく、飼料作物としての本格的な品種開発を伴う技術開発研究が進められつつある(表 8)。すなわち、従来の畑地のみから飼料生産を行うという先入観からの脱却である。この点、主食用作物の飼料利用については、既にヨーロッパでは小麦の過剰生産に至って既に実施しており、耕地の利用率も維持している。これまで日本で「自給飼料生産」と言うのと、それは即「粗飼料生産」の自給と考えられ、トウモロコシを主とする濃厚飼料の自給については、当初から二の次にされていた感がある。しかし、主食用の米生産が十分に需要を満たす状態にあれば、この濃厚飼料部分の自給率についても、我が国ではどのような作物や方法でどの程度可能か、多角的・多面的に検討する必要がある(角田 1983; 笹原・萱場 1991)。米の過剰に対し、単に休耕田にすると言うことではなく、適地適作の常法からみても、主食穀物(米)の自給ポテンシャルの確保、水田の作物生産力を活用するバイオマス生産、またモンスーン気候帯での農地としての環境保時機

飼料的特性が十分に明らかになっていない、畜産農家と水田飼料栽培農家が近接していない、といった点が挙げられる(表 3)。このように解決しなければならない技術的な問題が多々あるものの、現在転作田が 50%以上にも達する北海道において稲に替わる転作作物を探しあぐねている今日、飼料用イネの可能性も検討すべき時期とも言える。

3. ケイ酸蓄積・硝酸態窒素非蓄積型飼料作物としてのイネの特徴

イネは、他の飼料用作物として比較すると、栄養成分の部位別・組成的タイプでは、ムギ類と類似するパターンである。しかし、またムギ類と目立った相違もあり、子実殻ではムギ類に比べてイネの殻はケイ酸+リグニン含量が 30~40%以上と非常に高く、籾殻の消化は殆ど期待できない(表 4)。一方、イネの茎葉(葉と茎に大別する)部分の消化性はムギ類と異なり、葉部より茎部の比率が高い程消化性が良くなる(図 1、後藤ら、1994)。これは、茎(稈)の消化率が葉部より高いという、一般的な飼料作物の場合と相反する特性を有していることを示している。この様な特質については、まだ十分に解析されたとは言えず、今後、他の飼料作物との比較をしながらその特性解明が進むものと期待している。この特性の延長線上にあると考えられるが、茎部にデンプンや糖類を特異的に多量に蓄積される系統についての報告(永西・四十万谷、1998)がある。

表 4. イネ、トウモロコシ、ムギ類の各部位における飼料成分と栄養価の比較

	粗タンパク質	粗脂肪	NFE	粗灰分	ADF	NDF	リグニン	ケイ酸	DCP	TDN
(子実)										
トウモロコシ	9.2	4.4	82.9	1.5	3.0	10.5	0.3	0	7.9	92.3
ソルガム	10.2	3.7	82.2	1.8	6.6	10.0	0.4	0	7.0	90.4
籾	10.3	2.5	70.9	6.3	11.4	15.7	4.9	3.2	6.0	76.8
玄米	9.2	2.7	85.5	1.6	1.6	8.0	0.1	0	6.4	94.3
オオムギ	12.0	2.4	78.0	2.6	6.6	16.4	0.2	0	8.7	84.1
コムギ	13.7	2.0	79.7	1.9	3.8	11.5	1.0	0	11.5	89.0
エンバク	10.9	6.6	67.8	3.1	14.3	31.4	—	—	8.5	81.2
(殻)										
籾殻	3.1	1.0	32.2	19.7	54.1	86.6	19.0	17.0	0.3	14.0
エンバク殻	4.5	—	—	—	43.5	84.9	7.4	—	—	—
コーンコブ	2.8	0.5	57.3	3.5	42.7	77.8	5.5	0.2	0	49.9
(わら)										
トウモロコシ稈	5.8	2.0	52.4	6.4	42.3	65.5	6.7	1.2	2.0	58.9
稲わら	5.4	2.1	42.8	17.4	39.2	63.1	5.5	11.1	1.4	42.8
オオムギわら	3.6	1.6	44.0	9.3	47.9	74.9	5.5	3.5	0.9	46.4
コムギわら	4.2	1.4	47.3	9.3	46.5	70.2	7.5	3.2	0.3	44.3

乾物中%。(リグニン、ケイ酸と一部の DCP、TDN 並びにエンバク殻以外は日本飼料成分表(1995)より抜粋)。
NFE(可溶性無窒素物)、ADF(酸性デタージェント繊維)、NDF(中性デタージェント繊維)、DCP(可消化粗タンパク質)、TDN(可消化養分総量)。

能、等々の多面的な水田のもつ機能を維持する必要性も求められている。

以下、飼料イネ栽培の得失を挙げてみると、飼料イネ栽培の優位点:遊休水田の作物生産力の利用および生産力の涵養、排水不良圃場でも栽培技術が確立している、水田圃場整備の資産を有効に活用、従来の手持ち作業機械が利用できて狭い圃場にも対応出来る、水田作と畜産との有機的な繋がりが形成できる、飼料用穀物の生産、等々が考えられる。一方、問題点としては: 現行のイネ品種の生産性は飼料用トウモロコシの生産性の 55~70%程度とまだ低位である、低コスト栽培技術が確立していない、非農薬施用栽培技術が確立していない、家畜ふん尿施用栽培技術が不十分である、飼料イネの

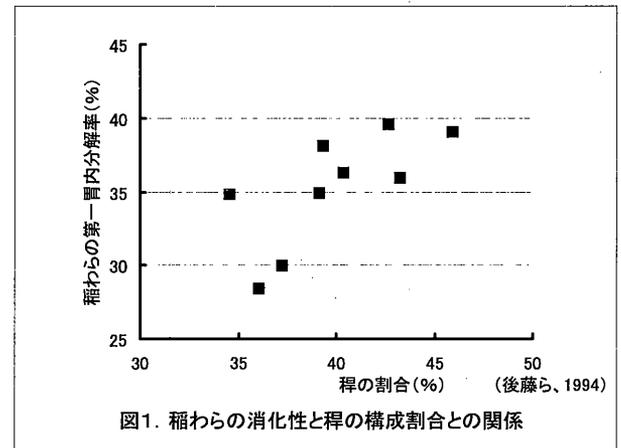


図 1. 稲わらの消化性と稈の構成割合との関係

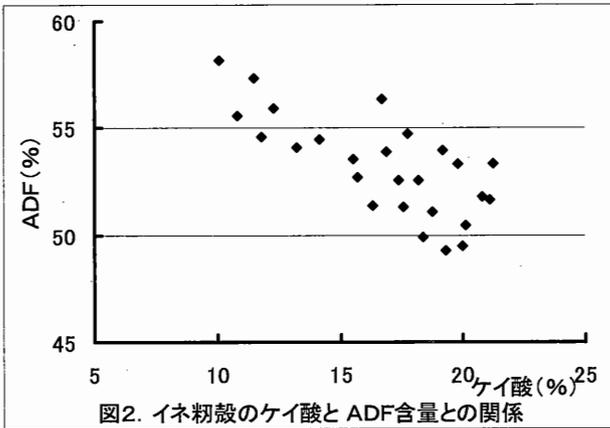


図2. イネ籾殻のケイ酸と ADF 含量との関係

一方、イネがケイ酸を茎葉や籾殻に多量に蓄積する作物であることは衆知の事実であるが、そのケイ酸と他の繊維成分との関係では、両組織においては様相が異なっていることが、一部明らかになっている。特に難消化性の ADF 含量との関係では、籾殻の場合では明らかにケイ酸含量とは負の相関が認められ、殻の物理的強度を保つ事では、相補的關係が推察される (図2)。しかし、茎葉では ADF 含量はほぼ一定値であり、ケイ酸含量との関係は認められない (図3)。このことは、子実以外の部位も利用する飼料利用場面においては、従来の飼料作物ではほとんど注目されてなかったケイ酸の生理的特性が部位別にも異なる様相を示し、その事を考慮する必要があることを示唆している。なお、ケイ酸は植物体の

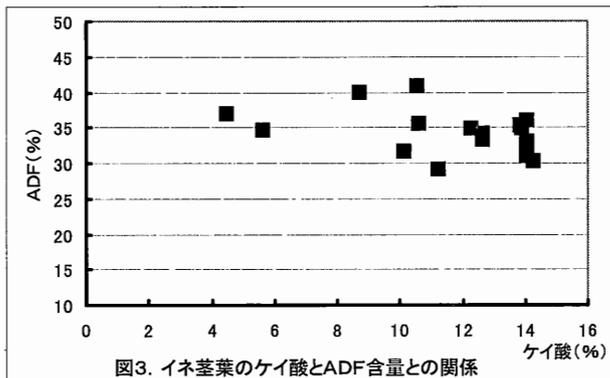


図3. イネ茎葉のケイ酸と ADF 含量との関係

機械的構造の強化においても、他の繊維成分との相互補完的な関係にあると推測されるが、ケイ酸単独の作用部分との仕分けは今後の検討課題である。

一方、ケイ酸がイネの生育や収量へのプラス効果、すなわ

表5. イネの乾物生産に及ぼす窒素とケイ酸との関係

堆肥施用	葉DM重	葉身中N	葉身中	ケイ酸/N	DM生産
t/ha	g/株	%	ケイ酸	(葉身)	g/m ²
5	7.8	2.10	8.2	3.9	435
10	9.7	2.32	7.0	3.0	406
20	12.0	2.45	6.2	2.5	396
40	15.1	2.63	5.5	2.1	337

DM生産: 出穂期から成熟期までの期間、(藤井ら2002, 改変)

ち光合成能力の向上(表5)、根の活性向上も明らかにされており、さらには病虫害に対する耐性付与も確かめられている

(表6)。このようにイネ体に蓄積されるケイ酸は、耐倒伏性の向上に貢献するイネ体の構造強化と言う物理的な作用と、前述した生理的な作用と両面を併せ持つ成分であり、イネを特徴付ける物質である。

表6. ケイ酸の施用による作物病発生の軽減

作物	病名
イネ	いもち病、紋枯病、葉鞘褐変病 ごま葉枯病、小粒菌核病
コムギ	うどんこ病
オオムギ	うどんこ病
ブドウ	うどんこ病
キュウリ	うどんこ病、つる割病、褐斑病 根腐れ病
マスキメロン	うどんこ病
イチゴ	うどんこ病
バラ	うどんこ病

(前川ら, 2002)

これまでの畜産では、飼料中にあるケイ酸は不消化成分として分類し、飼料作物においてもできればその含量は少ない方が良いという考えで研究が進められてきた。しかし、前述で明らかなように植物生産に有用な植物生理的な機能(表7)や、家畜が過剰摂取した場合も安全であること、元素資源として多量に有ること等を勘案すると、ケイ酸を蓄積する作物は、これからの資源循環・低薬剤施用の自給飼料生産技術を確立するに当たって、新たな検討するに値する素材特質の一つと考えられる。また、昨今の安全・安心畜産の生産方式を構築しようとする流れで捉えても、より相応しい飼料作物のタイプとも言える。

さらにイネの窒素栄養も従来の飼料作物とは異なる側面を持っている。家畜ふん尿の多量施用による高硝酸態窒素含

表7. 植物体におけるケイ酸の吸収・蓄積・生理活性

- ①計算の吸収形態: オルトケイ酸 (Si(OH)₄)
- ②ケイ酸の蓄積形態: SiO₂・nH₂O
- ③蒸散により葉身・籾殻に移動蓄積する。
- ④表皮に高濃度分布する。
- ⑤病菌の侵入部位に集積する。
- ⑥菌感染後のパーオキシダーゼ、ポリフェノールオキシダーゼ等の病害抵抗性関連酵素活性を促進する。
- ⑦抗菌性物質の産生を助長する。

量が問題となる昨今の畑作飼料作物と比べると、イネではその蓄積量は全く問題にならない低い水準である。牧草やトウモロコシ等の窒素吸収形態が、いずれも硝酸態型であるのに対し、イネはアンモニア態型である。これは土壤の湛水あるいは湿潤による還元状態に適応したイネの窒素吸収機能であり、この場合もケイ酸の存在がその吸収性に関与していると言われている。この窒素蓄積特性は、家畜ふん尿の多量還元栽培が可能であることを示すとともに、イネの窒素含量が高くなりづらいことも想定される。

4. 北海道の水田で新しい飼料作物の生産

寒冷な北海道の水田では、イネの生産性も温暖地の本州と比較すると低下せざるを得ない。しかし、温暖地以上に水田に栽培できる作物は少なく、他の転作畑作物 (ムギ類やダイ

ズ・ソバ等) に対抗できる飼料作物は見当たらず、特に現有の作業機械等の有効活用を考えると、飼料用イネの生産が最も取り組み易いものと考えられる。

イネは多様で広い遺伝的素材が長い研究歴史の中でストックされており、子実型から茎葉主体型までの系統があり、今後の飼料作物用の育種改良素材としてもかなり有望である。この点、従来の日本で栽培されている飼料作物と異なり、イネには飼料用穀物としての可能性がある。北海道農業研究センターにおいても、飼料用イネ品種の系統開発が進みつつあり、乾物収量は1.3 t、TDN 収量0.8 t/10a 以上の成績が得られており(稲育種研究室、2004)、今後の研究進展により更なる高収量が期待できる。このような潜在性を考えると、北海道の水田基盤を飼料生産に活用できる技術体系が確立した時、初めて求める自給飼料主体の北海道畜産が構築出来ると考えられ、その一端を担う可能性は飼料用イネにもあるものと考えられる(表8、9)。最後に食料生産基地としての北海道においてこそ、水田耕地とも強い連携を築いた日本型の自給飼料を基盤とした畜産の構築ができるものと期待する(図4)。

表8. 現在進んでいる飼料用イネの研究課題(国内)

- ①乾物及びTDN収量の高い品種(トウモロコシ並み)の開発
- ②耐病虫害抵抗性大の品種開発
- ③省力栽培及び家畜ふん尿利用栽培技術の開発
- ④サイレージ品質の安定化と長期安定貯蔵技術の確立
- ⑤省力的収穫・調製作業機械の開発
- ⑥栄養価・消化生理特性の解析・簡易飼料評価法の開発
- ⑦粗の消化性改善法と給与技術の確立

表9. 寒地型の水田利用による自給飼料生産の特徴と可能性

- ①寒地水田に栽培可能な作物種は限られている。
- ②食料・飼料の両用向け品種育成が可能なイネの活用
飼料用穀物生産の可能性
粗飼料生産
- ③ケイ酸の機能を活かしたイネ等の新しい飼料作物の開発・利用
- ④家畜ふん尿還元による水田の地力維持と飼料作物生産
- ⑤水田機能の維持(米生産力の維持)

参考文献

永西 修・四十万谷吉郎(1998) 雄性不稔稲の生育時期別・部位別化学成分とサイレージの栄養価. 日草誌 44: 260-265.
 石田元彦・M.R. Islam・安藤 貞・坂井 真・吉田宣夫(2000) 飼料イネ「関東飼 206号」ロールベールサイレージ給与乳牛の乳生産と飼料の利用性に関する予備的な観察. 関東畜産会報 50: 14-21.
 板倉福多郎・高橋昭彦・丹羽有功(1986) 飼料用稲もみのソフトグレインサイレージが乳用種去勢牛の肥育に及ぼす影響. 愛知農総試研報 18: 302-308.
 加納昌彦・高橋敏能・萱場猛夫(2000) 家畜ふん尿の施肥量と施肥法の違いが水稻ホールクロップの窒素の利用率、無機物含有率、サイレージの発酵品質並びに栄養収量に及ぼす影響. 日草誌 45: 379-387.
 木部文夫・今井明夫・勝海喜一・藍沢 敬・川瀬鎮夫(1990) 珪酸を除去したもみ殻の飼料利用に関する研究. 新潟畜試研報 9: 75-81.
 後藤正和・森田 脩・佐藤貴雄・中南重浩・若狭 滋・江原宏(1994) 稲わら消化率の品種間差異に及ぼす植物形態学的要因. 日草誌 40: 38-45.
 日本土壤肥料学会編(2002) ケイ酸と作物生産. 博友社. 東京. pp1-155.
 笹原健夫・萱場猛夫(1991) 日本型飼料用穀物生産の技術的課題. 畜産の研究 45: 233-239.
 角田重三郎(1983) 国産飼料としての飼料米生産の可能性と問題点. 畜産の研究 37: 243-249.
 畜産草地研究所技術リポート 3号(2002) 水田ほ場を活用した自給飼料増産. 畜産草地研究所. pp27-43.
 畜産草地研究所資料(2004) 飼料イネの研究・普及に関する情報交換会(普及拡大に向けた技術開発と解決すべき課題). 畜産草地研究所. pp1-125.
 豊川好司・福土浩行(1989) 稲モミ殻の反芻胃内滞留と飼料摂取抑制について. 日畜会報 60: 1122-1127.
 吉田茂昭・小林 剛・松本光人・板橋久雄(1983) ルーメン性状に及ぼす飼料用米(玄米) 給与の影響. 日畜会北陸支部報 46: 31-35.

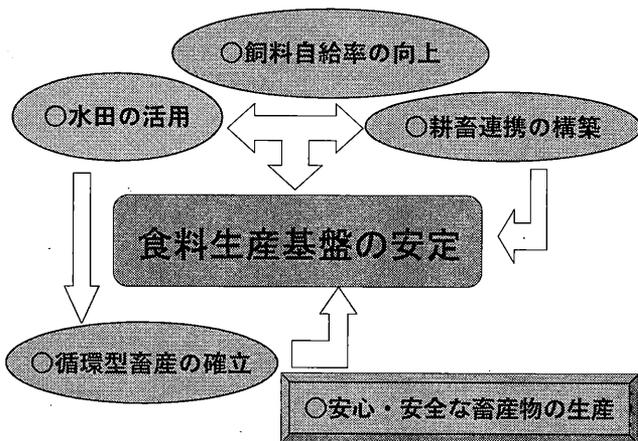


図4. 水田の生産力を活用した北海道畜産