

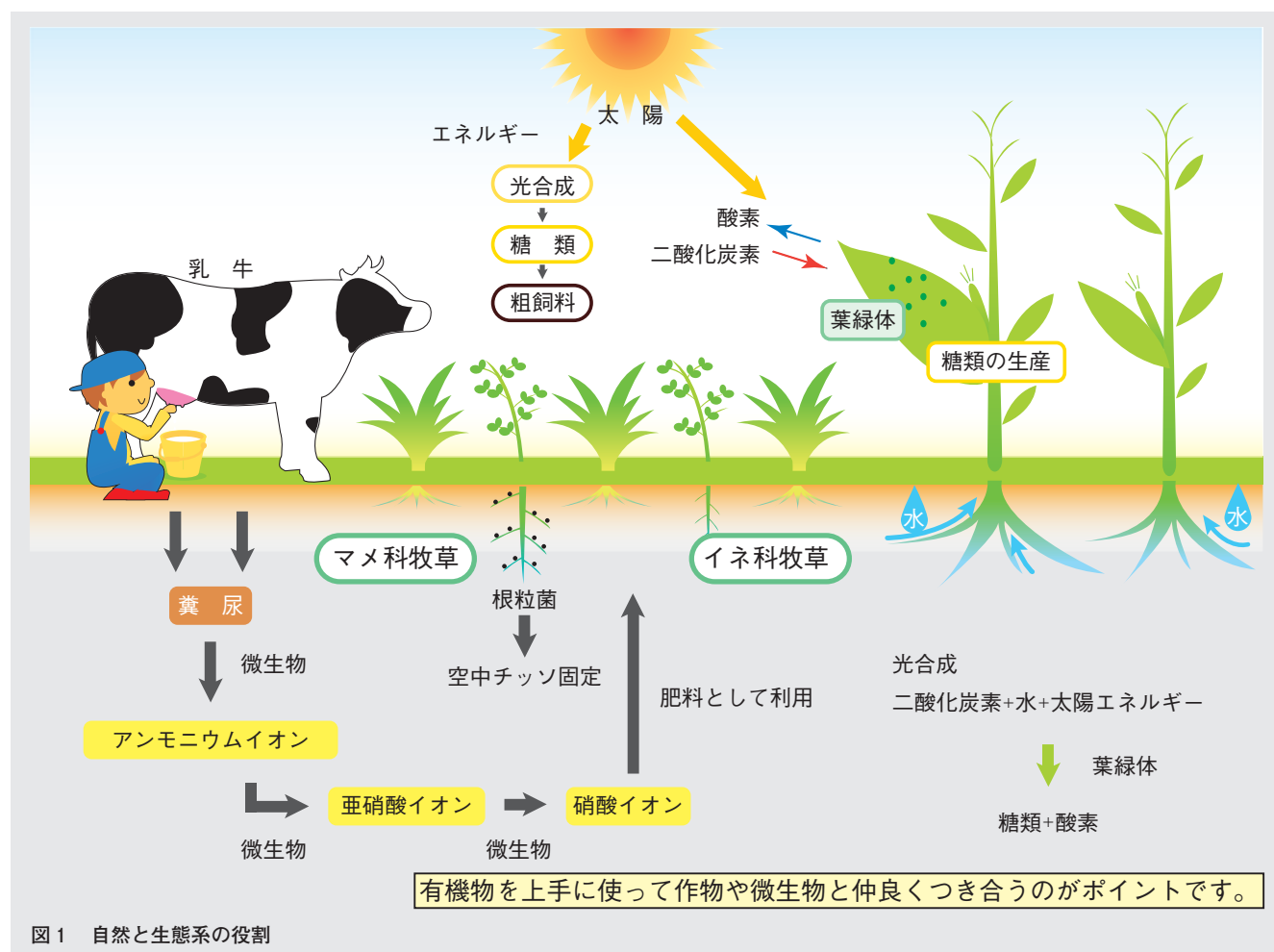
地球温暖化とその対応策、持続的農業のご紹介

はじめに

ここ数年の地球温暖化による異常気象には予想を超えるものがあり、編集部でも一度取り上げて、この3月号に幾つかの報告を紹介させていただきます。この原因は自然や生物の生態系のバランスが崩れてきている事が考えられ、二酸化炭素を固定してきた熱帯雨林が焼畑農業で減少し、化石エネルギーを使った自動車や工業生産による多量の二酸化炭素の排出が原因として考えられています。農林水産省でもこの対策には積極的に取り組み、シンポジウムの資料が入手できましたので、これをご紹介します。

1. 太陽エネルギーの固定とその利用

地球上の全ての生物は太陽からのエネルギーの恩恵を受け、植物や藻類は葉緑体で光合成を行ない、二酸化炭素と水とエネルギーから糖類を固定し、酸素を放出しています。人類はその植物が固定した糖類を澱粉として穀実から、家畜は茎葉や雌穂を食してエネルギーを確保しています。人間はエネルギーを自分で生産できない従属栄養生物で、寿命にしても環境に対する耐性にしても植物が優れているものが多々あります。この動物に食べられた作物（有機物）は糞尿として土壤に還元され、微生物が分解、



有機物を上手に使うって作物や微生物と仲良くつき合うのがポイントです。

無機化して、植物に肥料成分として吸収され、生態系が維持されています（図1）。最近はこの微生物が分解できないプラスチックやビニール等を人類が作り、その処理でも問題が出てきています。

また、化学肥料多投の農業にも問題が出てきました。酪農は糞尿の還元やマメ科牧草のチッソ固定で、化成肥料がなくても粗飼料の生産が十分できると教えられましたが、最近では生産性が重視され、適正以上の家畜頭数と未熟糞尿の多投の問題が生じています。まずは食物連鎖と生態系のバランスをもう一度振り返る事が大切です。

2. 温暖化と最近の農業への被害と影響

一般に気温が上昇すると、作物の光合成の能力は高まるので、生産性は向上します。二酸化炭素の濃度も高まると、牧草の生産性も高まる事が報告されています。しかし、ストレスも増え、病虫害は増え、粗飼料の品質も、暑い場所の材料（例：トールフェスク）は寒い場所（例：メドウフェスクやライグラス）より消化性が悪くなります。更に夏場の高温は実のなる作物にはマイナスで、受精不良や不稔の問題が生じます。一番心配なのは水資源の不足と新たな暖地型の病虫害の北上です。

農水省の最近の調査結果でも、この高温障害で、

畜産関係では暑熱による受胎率や乳量、肥育効率の低下（夏、全国）が56件、飼料関係でも牧草の夏枯れ（夏、全国）、サイレージ調製後の品質低下（東北以南）が94件も報告されています。特に夏場の被害が全国的に大きい事がわかります。その他の作物では水稲では東北以南を主体に白未熟粒の発生やカメムシの多発、麦類では東北以南での低温や遅霜による凍霜害、収量や品質の低下、野菜では全国的に病虫害が増え、果樹でも生理障害が報告されています。

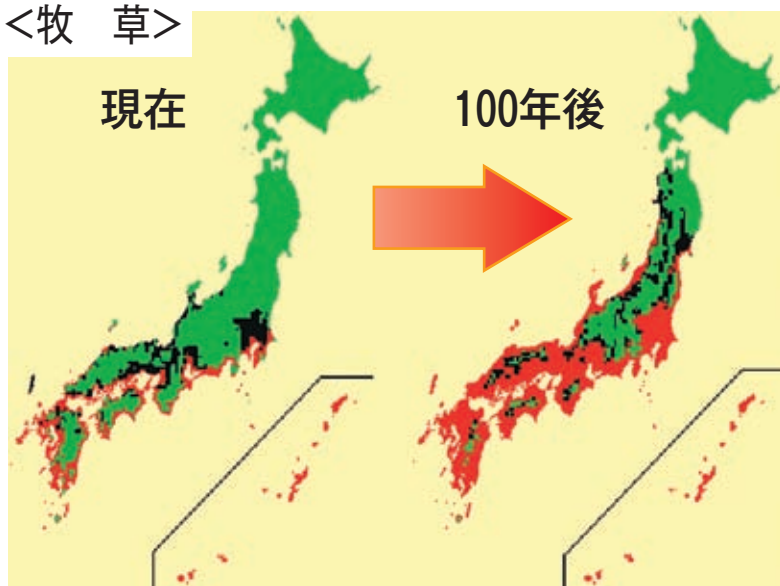
3. 温暖化が畜産に及ぼす影響

農水省の資料によると、2060年代に全国レベルで、平均気温が約3℃上昇した場合、水稲の収量は北海道では13%増加、東北以南では逆に8～15%減少し、畜産分野では8月の産肉量が15%以上低下する地帯が1割出現すると述べられています。特に九州における水資源の不足が述べられ、8月では約30mmの不足（蒸発散量が約20%増加）と予想されています。牧草は100年後に年平均気温が約4℃上昇する場合、寒地型牧草の適地が明らかに減少、暖地型牧草の適地が拡大し、生産量が約1.5倍に増加すると予想しています（図2）。

これらを見ていると、北海道の農業には比較的ブ

100年後に年平均気温が約4℃上昇する場合、寒地型牧草の適地が縮小、暖地型牧草の適地が拡大し、日本全体の牧草の生産量は約1.5倍に増加する。

<牧 草>



寒地型牧草の生育適地
暖地型牧草の生育適地
夏枯れ地帯
(両方とも生育しにくい)

- ・トールフェスクが栽培可能であれば寒地型牧草地帯、バヒアグラスが栽培可能であれば暖地型牧草地帯、それ以外を夏枯れ地帯と区分。夏期の収量が一定基準より低くならない地域を栽培可能と判定。収量は、気温、日射、CO₂濃度などから収量を計算する統計的なモデルで算出。
- ・100年後の気候については、現在の大気CO₂濃度（1990年の濃度に当たる350ppm）が、毎年1%複利で上昇することを前提として、気象庁気象研究所が開発した全球気候モデルを用いて算出された100年後の気候データを使用。

図2 牧草：生産地帯の移動と生産量の増加（農研機構、佐々木らの図を改編）

ラス材料が多く、生産性は改善されますが、府県では耐暑性に優れた暖地型牧草やソルガム類が求められ、嗜好性や耐病性の改良が求められてきます。また、高温で栽培期間が短くなるため、トウモロコシの二期作や、品種が晩生化し、極多収・耐病性・耐倒伏性に優れた品種の栽培も出てくるかと思われます。また、府県では影響が少ない秋～春季での粗飼料の一層の安定多収と確保がポイントになってきます。

4. 温暖化による新病害の登場と対応策

農研機構の月星は牧草や飼料作物に新しい病害虫が出てきている事を報告しています。トウモロコシでは萎凋病が1960年代に関東地方で発生、発生すると作物は維管束がやられるため、水分供給に問題が生じ、未熟でも萎凋・枯死し、低収で乾物率が高い、低品質のサイレージになります(写真1)。昔はピシウム・グラミニコラ菌が原因でしたが、十勝地方で最近に大発生した病原菌はピシウム・アレノマネス菌が多数を占めていると報告されています。この病原菌の登場で、耐病性も変わり、病原性が更に強くなっています。

本病の発生には大量の降雨と未熟厩肥の多投で有機物を分解するピシウム菌が急速に増殖するのが原因である事がわかっています。そのため、対策には抵抗性品種(例えばビビッド等)と完熟堆肥の適量の施用、排水性の改善しかありません。更に北海道ではすす紋病が北見・網走管内まで広がり、暖地で多発しているごま葉枯病の北上も聞いています。



写真1 根腐病抵抗性品種：ビビッド(左)と罹病性品種(右)の違い(トウモロコシ)

イタリアンライグラスではいもち病が9～10月の播種直後に、九州や中国地方で多発していると報告されています(写真2)。本病に罹病すると地際部が黒褐色になり、立枯れするため、九州では早播きが出来ず、10月中旬以降の播種になると述べられています。この菌の北限は9月の日平均気温：22℃の境界線と言われており、3℃の気温上昇で本州全土に広がる可能性があると言われています。対策は抵抗品種：さちあおばの栽培、播種期を遅らす程度しかありません。



写真2 いもち病(イタリアンライグラス)

5. 新「BMR®スィート」の泌乳効果の紹介

ではどのような品種や技術開発が対策として現在、考えられるのでしょうか？温暖化でまず考えられる最適作物はソルガム類と暖地型牧草です。トウモロコシは実入りが良く、高カロリーの粗飼料を確保できますが、水を多く要求する作物で、耐病性・耐倒伏性・収量性とまだ多くの問題を抱えています。暖地型牧草や耐暑性に優れたトールフェスクは消化性や嗜好性で難があります。ソルガム類は耐暑性に特に優れ、旱魃にも強く、最近では消化性を改善したbmr遺伝子の導入で、従来に比べ耐病性や耐倒伏性に優れた品種が出ており、弊社では家畜を使った消化が良い品種開発に努めてきました(写真3)。特に米国や南米ではbmrソルガムやスーダングラスを放牧利用して、肉牛の肥育が盛んになって来っており、今回本誌では大分県の事例を紹介させていただきます。

ここでは、鹿児島県にお願いしたbmrソルゴーの泌乳効果の結果をご紹介します。平成21年は、泌乳中期牛3頭を用いて従来のソルゴー(通常タイプ)、



写真3 泌乳牛を使ったBMRスイートの消化試験

BMRスイート（系統名：SSR 8 bmr）、トウモロコシサイレージの3種類を乾物給与の40%、TDN含量が同じになるように給与し、消化試験を実施しました。トウモロコシサイレージに比べ、BMRスイートの新系統はサイレージの水分が80.1%と多く、pHが若干高めになっています（表1）。茎葉主体のため、蛋白質（CP）が若干多く、総繊維（NDF）や不消化区分の繊維（ADF）が特に多くなっています。しかし、通常タイプのソルガムに比べ推定TDNは15.2%高く、トウモロコシよりやや低くなっています。これを乳牛に給与すると、乾物摂取量に

はトウモロコシと大差がなく、乳量が多い傾向がありました。併せて、通常タイプのソルガムより乾物摂取量が高い傾向にありました（表2）。特にトウモロコシに比べてもNDFの消化率が4.5%高い結果となりました。

平成23年は群飼育条件で、サイレージの給与量を30%として、NDFとCPが同じようになるように給与しました。その結果、泌乳初期で特に効果が大きく、乾物摂取量で2.4kg、乳量で0.6kg、新BMRスイートがトウモロコシより高い傾向がありました（表3）。この原因は繊維（NDF）の消化率の差によるものと推察されました。このエサ代を試算したのが表4です。BMRスイートサイレージの生産原価はトウモロコシより安くなっていますが、補完したトウモロコシフレークと大豆粕の分だけ、コストアップとなるものの、同程度の乳量水準を達成出来ました。サイレージとしてみると、水分含量が多くなるので、弊社が開発したサイレージ用乳酸菌：サイマスターAC（170g/原料10¹⁰）を利用し、ロールバールや、青刈・放牧利用で、温暖化で低コストの粗飼料生産に考えて頂ければ幸いです。

6. ヘアリーベッチのリビングマルチ栽培

二酸化炭素を減らすには緑肥作物や飼料作物を多

表1 給与したサイレージの栄養価（鹿児島県畜試）

粗飼料	水分	pH	CP	NDF	ADF	酵素法				
						OCC	OCW	Oa	Ob	推定TDN
H21年	%		%	%	%	%	%	%	%	%
BMRスイート (SS 8 bmr)	80.1	4.6	12.2	69.2	42.2	20.0	70.4	10.4	60.0	61.1
従来型ソルガム	75.9	3.8	8.3	65.2	36.5	25.9	66.0	9.4	56.6	45.9
トウモロコシ	71.4	4.0	10.1	52.0	30.9	42.9	52.1	14.3	37.8	65.6
トウモロコシとの差	8.7	0.6	2.1	17.2	11.3	-22.9	18.3	-3.9	22.2	-4.5
H23年										
BMRスイート (SS 8 bmr)	75.0	4.0	6.6	65.0	43.4	23.0	68.9	8.9	60.0	62.6
トウモロコシ	72.0	4.0	8.8	60.0	31.7	32.6	60.7	15.8	44.9	61.5
トウモロコシとの差	3.0	0.0	-2.2	5.0	11.7	-9.6	8.2	-6.9	15.1	1.1

注1) 平成21年は全飼料中の乾物給与割合は40%、TDNが等しくなるように調整し、給与した。

注2) 平成23年は全飼料中の乾物給与割合は30%、NDFとCPが等しくなるように調整し、給与した。

表2 泌乳中期牛3頭でのBMRスイートの泌乳試験成績（鹿児島県畜試、平成21年）

H21年 粗飼料	DM消化率 (%)	乾物摂取量	NDF消化率 (%)	乳量
BMRスイート (SS 8 bmr)	63.3	21.9	47.3	30.1
従来型ソルガム	59.6	20.0	42.9	29.5
トウモロコシ	64.2	22.3	42.8	28.2
トウモロコシとの差	-0.9	-0.4	4.5	1.9

表3 群飼育条件でのBMRスイートの泌乳試験成績（鹿児島県畜試、平成23年）

粗飼料	乾物摂取量 (kg)		乳量 (kg)	
	泌乳初期群	群全体	泌乳初期群	群全体
H23年				
BMRスイート (SS 8 bmr)	23.9	22.5	35.8	28.1
トウモロコシ	21.5	22.5	35.2	28.9
トウモロコシとの差	2.4	0.0	0.6	-0.8

注3) 泌乳初期群は分娩から100日までとする。

表4 給与メニューと原価の計算（雪印種苗）

飼料名	トウモロコシ区				BMRスイート			
	単価	設計値	構成比	価格	単価	設計値	構成比	価格
	円/kg	原物kg	原物%	円/頭・日	円/kg	原物kg	原物%	円/頭・日
トウモロコシサイレージ	3.8	30.0	67.0	114.0	3.8	0.0	0.0	0.0
BMRスイートサイレージ	2.8	0.0	0.0	0.0	2.8	30.0	65.5	84.0
トウモロコシフレーク	47.5	5.5	12.3	261.3	47.5	6.0	13.1	285.0
ルーサン（レギュラー）	44.5	2.5	5.6	111.3	44.5	2.5	5.5	111.3
ふすま	31.0	2.5	5.6	77.5	31.0	2.5	5.5	77.5
大豆粕（原物4.4%）	65.5	2.5	5.6	163.8	65.5	3.0	6.6	196.5
チモシー（NDF65）	56.0	1.5	3.3	84.0	56.0	1.5	3.3	84.0
第二りん酸カルシウム	170.0	0.2	0.4	34.0	170.0	0.2	0.4	34.0
炭酸カルシウム	28.0	0.1	0.2	2.8	28.0	0.1	0.2	2.8
		44.8	100.0	848.6		45.8	100.0	875.1

青文字はBMRスイートの優位点、赤文字は補完点である。

く栽培するのが一番です。特にビニルマルチは二酸化炭素を排出して作られますが、ヘアリーベッチのリビングマルチはこれらを減らし病害虫を減らす効果がわかってきて、着目されています（写真4）。茨城県では臭化メチルや敷ワラの代替としてヘアリーベッチのマルチ栽培がカボチャの立枯病を抑制するかを検討しました。前年の10月にヘアリーベッチを3_{kg}播種、ベッド部分を3月下旬にロータリで耕起、4月上旬にチッソで12_{kg}施肥し、カボチャを定植しました。ヘアリーベッチはカボチャの畝間に繁茂して敷きワラの代替となり、雑草を防除しました。カボチャの落花率、一果重、果形、収量、果実の糖度は敷きワラ区とほぼ同等でした。



写真4 ヘアリーベッチのリビングマルチで病害虫の防止、雑草抑制を（6月の枯死した状態）

立枯病の発病は1年目では十分に抑えられませんでしたでしたが、2年目で大きく減少し、枯死株率：13.8%（敷ワラ：39.3%）と特に低くなり、発病度：47.4と低下しています（図3）。現地試験も同様で、敷きワラの枯死株率は26.8%に比べ、ヘアリーベッチ区では19.6%と減少しました。更にトウモロコシとの隔年輪作で発病が抑えられと報告されています（2004）。

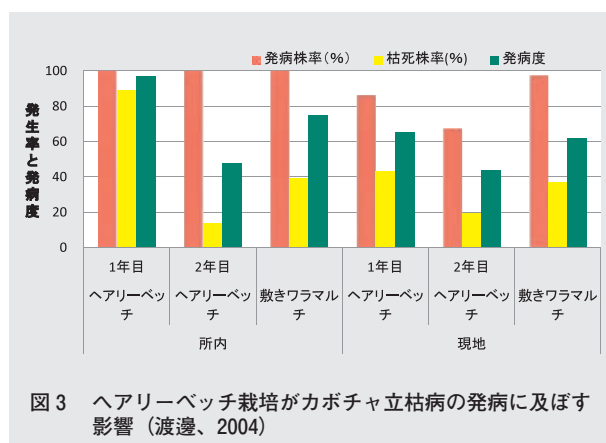
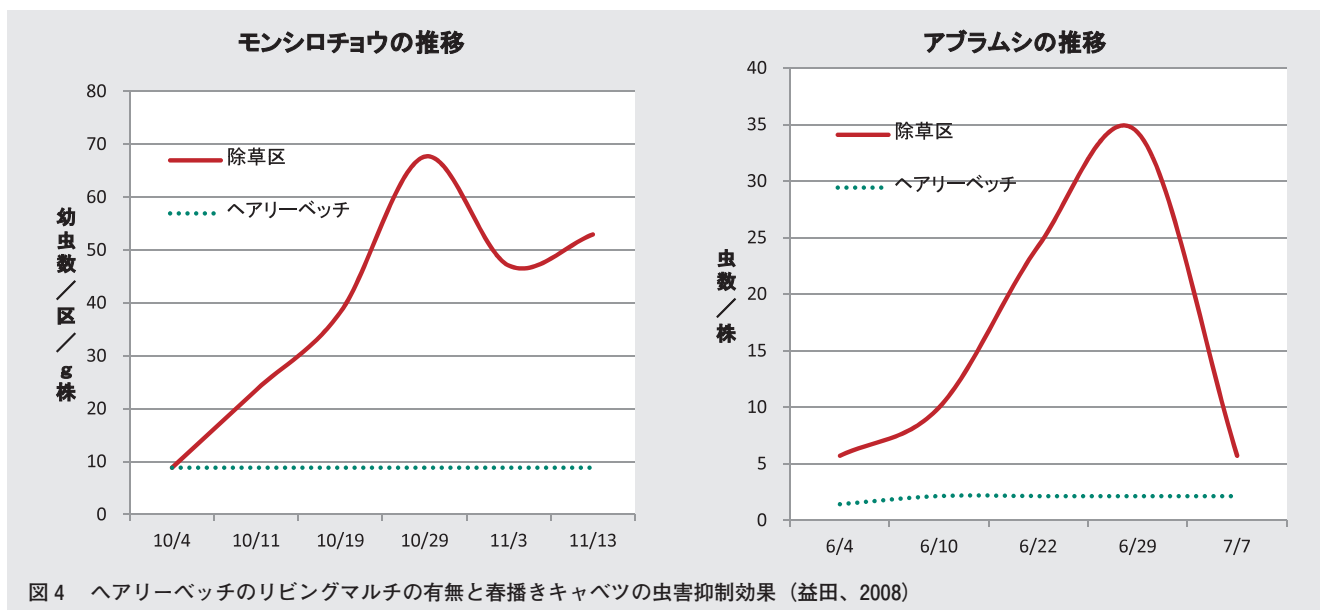


図3 ヘアリーベッチ栽培がカボチャ立枯病の発病に及ぼす影響（渡邊、2004）

宮城県ではIPM（総合的病害虫管理）を推進するうえで、ヘアリーベッチと大麦をリビングマルチとして使い、キャベツの害虫防除を検討しました。ヘアリーベッチをリビングマルチとして、キャベツと同時に播種した結果、モンシロチョウやアブラムシ類の密度は抑えられましたが、コナガは抑制できず、BT剤で対応すると述べられています（図4）。また、コナガ等の害虫やアブラムシを捕食するゴミムシの密度が春播きキャベツで増えました。このリビングマルチの効果は発生が多い時に効果が大きいと言われています。

ヘアリーベッチにはアレロパシー（植物が自己を守るため、化学物質を放出、他の植物の発芽や生育を抑制する作用）で有名なカバークロップです。これをリビングマルチとして利用すると、表土の流亡防止、雑草抑制効果、これら病害虫の抑制、二酸化炭素の低減に繋がります。水田裏作にレンゲの代わりに用いると、無肥料での水稻や大豆栽培も可能で、化成肥料に頼らない、二酸化炭素の放出に繋がらない、低コスト生産が可能になります（写真5）。

播種量は3～5kg、散播で覆土・鎮圧し、まずはヘアリーベッチの圃場を5月の苗床の時期までに作



り、ベッドの部分ロータリで潰します。畦間は放置すると6月には枯死し、この上でカボチャを収穫する事が出来ます。品種面では暖地タイプで生育が良いまめ助、寒地タイプの早生の藤えもん、積雪地帯でも越冬性に優れた晩生の寒太郎と揃っています。



写真5 ヘアリーベッチのすき込み風景 水田裏作で肥料代の節約を！

7. 二酸化炭素の放出を少なくするために

まず、考えられるのは簡易耕起や不耕起栽培等のトラクターの燃料の節約です。次いで、大勢の方は見た目で多収の品種を選ばれていますが、実際は大きな無駄に繋がっています。例えばトウモロコシの場合、十勝地方では、黄熟期（乾物率：30%）の90日の品種で5トンの生収量は可能です。また糊熟期（乾物率：25%）の110日の品種で6トンも可能です。どちらも乾物収量は1.5トンと大差がありませんが、

違いは生収量の差：1トンの水です。この水は漏汁となり栄養分と一緒に流亡します。農家の方も1トンの水を無駄に運び、無駄なエネルギーを使う事になります。このように中身で多収な品種選定や栽培方法の改善がこれからはポイントになり、エネルギー節約やコスト削減に繋がります。

8. 持続的農業の紹介

持続的農業（Sustainable Agriculture）が世界中で叫ばれています。将来のある先の長い農業をやっていかうという意味です。米国ではLISA（Low Input Sustainable Agriculture）農業として普及しており、入れるものを少なくして儲かる農業、安い農産物を生産しようと取り組まれています。具体的にはプラウ耕起をやめ、エネルギーを節約し、除草剤で前植生を枯らし、不耕起栽培や簡易耕起が主流になっています。またトウモロコシは遺伝子組換え技術の利用で、アワノメイガの殺虫剤散布がなくなり、除草剤も雑草が生えてからの生育処理になっています。これらの技術が低コスト生産に結びつき、安い農産物となっています。

日本では土づくり、自給飼料増産を主体に、減肥や減農薬栽培技術を組み合わせる工夫（チャレンジ）していく農業が持続的農業ではないかと思います。地球の温暖化と言えば怖い気もしますが、もう一度原点に戻って、将来のある持続的農業に専念して頂ければ幸いです。弊社の研究開発の起点は現場の方々の問題や希望です。これからも最寄りの営業所や農場に積極的な問い合わせをお願いいたします。