

1. 目的型踏査線調査法を用いてインドネシア西ジャワ州 800m—1800m 標高地帯の作付け体系の多様性を把握

〔要約〕目的型踏査線調査法を用いて、稲作から温帯野菜への作付け移行と混作・単作の分布を標高毎に表示し、作付けの理由と制約を総合的に把握することができる。インドネシア西ジャワ州において、温帯野菜への移行は 1100-1200m に認められ、混作は 1100-1600m に集中する。単作栽培技術、および混作における作物間資源競合の緩和と経済効率に基づく栽培技術は農家の選択理由と一致する。

所属	国際農林水産業研究センター・国際情報部			連絡先	029(838)6384		
推進会議名	国際農林水産業	専門	作付け体系	対象	計測・探査技術	分類	研究

〔背景・ねらい〕

インドネシア西ジャワ州において、2000 年に 4 つの斜面に沿った温帯野菜生産地を概要調査した結果、作付けが温帯野菜に移行するのは、技術的に可能な 700m の標高よりも、1000m 前後からであることが分かり、単作を前提とする既往の高水準野菜栽培技術に適せず、独自の技術開発を必要とする混作が広く見られる。作付けの多様性を標高毎に把握し、作付けと栽培技術選択理由を統一的に解明する「目的型踏査線調査法」を開発し、2 つの生産地（地図 1、チウイデーとガルート）で適用した。

〔成果の概要・特徴〕

- 「目的型踏査線調査法」は、農業生態系分析の定性的踏査線調査法を定量的利用に改良し、参加型手法および農家戸別調査を組み合わせた総合的迅速調査法である。その特徴は、GPS で標高を測定し、傾斜を横断する線と、一定間隔の等高踏査線を設定する。各等高踏査線を踏査し、作物の栽培範囲を歩数で記録し、踏査線における割合として図式化すれば、各標高および標高間の多様性を表すことができる。
- 農民の集合的な知識を活用する。踏査線地区の農民集会を開催し、新聞紙大白紙数枚に踏査線と集落名を書き、標高毎に作物を面積順でランク付ける。その結果により、標高毎に農家を 3 戸選定し、3 年間の作付け史、混作・単作の形態と選択理由、生産流通制約について戸別聞き取り調査を行う。各年の作付けの割合を標高毎に図式化すれば、標高間と年間の作付けの多様性を同時に把握できる。生産流通制約も作付け法別、作物別、標高別に、目的に応じて表し、把握できる。
- 結果を総合的に検討できる。西ジャワの適用例では、過去 3 年間に、稲作から温帯野菜への作付け移行は、1100-1200m で認められる（図 1）。温帯野菜は種類により標高の幅が違い、アブラナ科の甘藍類は標高幅が広いのに対して、セロリーは 1400-1500m、ジャガイモは 1600m 以上の標高に集中する。単作と周囲作がある単作の踏査線上の割合は、混作と棚栽培（棚上作物下に他の作物も栽培）より 3-4 倍多い（図 2）。混作は、野菜の種類が多様な 1100-1600m 地帯に集中する（作付け史による図 1 と踏査による図 2 を比較）。混作選択理由は、作物間の資源（日射、水、栄養）の競合が少ない作目の組み合わせ、同一面積の多目的利用、肥料の効率的利用が多く、理由無い選択は少ない（図 3）。混作の根拠は伝統ではなく、栽培学的配慮と経済的動機がともに働いている。生産制約に病害虫が最も多く、流通の制約要因は生産地によって違う。

〔成果の活用面・留意点〕

- 目的型踏査線調査法では、傾斜横断線 1 つと標高毎聞き取り農家 3 戸の場合、3 人で 2 週間内に 1 生産地域の作付けの多様性と選択理由の把握が可能である。作付け史と踏査結果の整合性を高めるためには、傾斜横断線 2 つ、聞き取り農家 6 戸にすることが望ましいと考えられ、その場合、3 人で約 1 ヶ月と予定する。
- 栽培技術開発の優先度は、1) 全体としては栽培面積割合が最も高い単作栽培法に重点を置くことが、費用対効果の観点から効率的かつ効果的である。2) 混作が多い 1100-1600m 標高では、農家の混作選択理由である、作物間資源競合緩和、単位面積収益性を目標にすれば、受容の可能性が高いと考えられる。地域技術適正化チームと農民組織を通じて、調査結果を提示し、農家圃場試験研究に進むことが可能である。

〔具体的データ〕

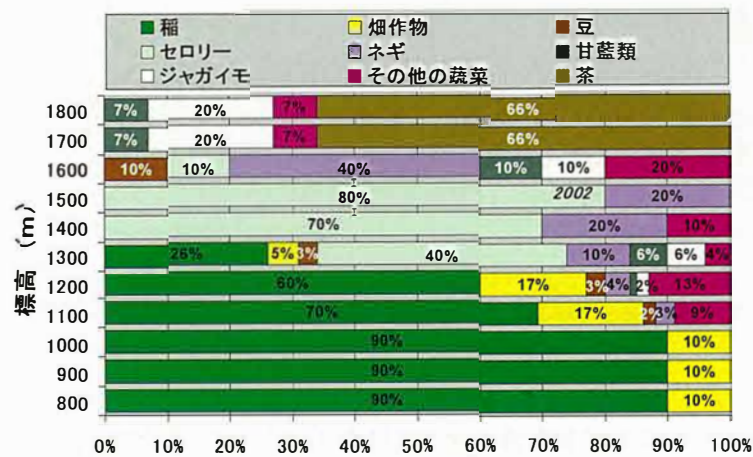


図 1 標高毎の作物別作付け割合（2002 年、チウエデー）、出所：農家聞き取り調査



地図 1 概要調査地と踏査線調査地

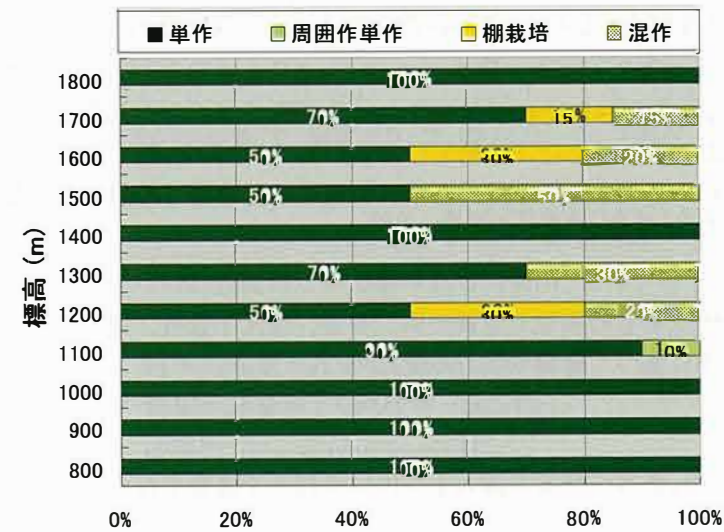


図 2 標高毎の作付け様式割合（2002 年 11 月、チウエデー）、出所：踏査線調査

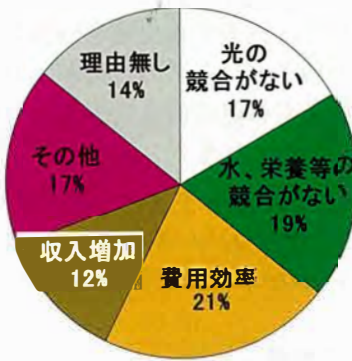


図 3 混作の農家選択理由（ガルート、2001 年）

〔その他〕

研究課題：インドネシア・ベトナム等におけるファーマーミングシステム研究の方向解明と手法開発の新展開
予算区分：国際プロ〔地域農業〕
研究期間：2003 年度（2000～2002 年度）
研究担当者：ジョン・S・コールドウェル、Iskandar Ishaq（西ジャワ農業技術評価センター）
発表論文等：
John S. Caldwell, Iskandar Ishaq, Sulawan Sastrastkadia, Agus Ruswandi, Yamada, M. and Saiful Bachrein (2002) : Transition in cropping systems from lowland rice-based to temperate vegetable-based between 800 and 1800 m elevation in West Java, Indonesia. JIRCAS Working Paper（近刊予定）

2. ガーナの精米業の効率性分析：農家への無利子の融資により 粳米を確保する精米業者

〔要約〕ガーナの大型精米機を所有する多くの精米業者が、粳米集荷のために無利子で農家へ融資を行い、その結果、融資のない場合に比べて精米機の稼働率（Capacity Utilization）が24%上昇することを経済モデルにより明らかにした。これは農家に資金需要がある限り望ましいことであるが、同時に金融市場の不完全性を意味する。市場の効率性確保のために粳米の貯蔵施設等の整備が望まれる。

所属	国際農林水産業研究センター・国際情報部				連絡先	029(838)6383	
推進会議名	国際農林水産業	専門	農産物流通	対象	稲類	分類	研究

〔背景・ねらい〕

ガーナでは近年コメの消費量の増加が著しい。これは食生活の近代化により、フーフーなどの伝統食から、調理に時間のかからないピラフなどを消費者が好むようになったためである。このような食生活の変化を反映して、一人当たりコメ消費量は、1980年代10年間に於いて年間平均7.3Kgであったが、1990年代においては13.2Kgに増加した。このような急激なコメ消費の拡大は、コメ生産の拡大を導いたが、国内生産の増加が消費の増加に追いつかず、不足した供給量を輸入量の増加で賄うこととなった。その結果、1980年代での年間平均コメ輸入量は粳ベースで8万9千トンであったが、1990年代には20万5千トンへ大きく膨らんだ。さらに近年の輸入量増加は著しく、2001年では57万6千トンとなっている。

ガーナでの顕著なコメ輸入は、コメ生産拡大の遅れがその一因であるが、生産拡大を阻害する大きな要因として、低迷する生産者価格が上げられる。生産された粳米は精米の後に小売業者へ売られるが、もしこの精米プロセスの技術が輸出国のそれよりも劣るならば、精米の品質が輸入米よりも低くなる。また、精米所の経済的な効率が低いならば精米に要する費用が高くなり、国産米に価格面での競争力が備わらないことになる。このように精米業はコメの価格形成の大きな一翼を担っている。

精米業の稼働率を基準とする効率性を検討するために、内陸に位置するクマシ市周辺においてランダムに選択された61の精米業者を対象に、精米所所有者の属性や労働時間、賃金、精米手数料、精米処理量などを2002年に調査し、経済的に最適な基準に基づく稼働率の計算を行った。

〔成果の概要・特徴〕

1. 大型の精米機を所有する精米業者の多くが、農家へ粳米の搬入を条件に無利子で融資を行っていることを調査により見出した。

精米業者は、日本製や中国製の大型（縦型）精米機を用いる業者と、国産あるいはインド産の小型（エンゲルバーク型）精米機を用いる業者に二分される。調査により、この大型精米機を所有する精米業者の多くが、粳米の搬入を条件に農家へ無利子で融資を行っていることを見出した。

このような親しい経済主体間の信用に関する取引をインターリンクージュと呼び、市場の発展していない途上国において商人と農民の間によく見られる。この場合、商人は事前に取り決められた割引価格で作物の売り渡しを農民に約束させ、その代わりに融資を行う。このときの利率は100%を超える高い値に相当するが、ここでの精米業者と農民の関係は、その精米所に農民が粳米を運ぶだけで他にも強制力はなく、また無利子である。

表1は、農家への融資の有無と利潤などの経済変数の平均値を示している。平均値を比較すると、農家へ融資を行っている精米業者は、可変利潤（機械購入費などの固定費を除いて計算した利潤）、精米生産量が大きく、労働時間が長いと言える。

2. 最適な生産量を基準とする指標を用いて稼働率の計算を行い、政策的インプリケーションを導いた。

農家に融資を行った結果、精米業者が効率的な生産ができることの証明を研究目的としたが、逆にともと効率の高い経営を行っている精米業者が農家に融資を行っている可能性がある。これを自己選択バイアスというが、この問題を回避するようなモデルを利用した。なお、このモデルを計測する際

に、短期費用関数を基準化二次形式に特定化した。この関数型は多くの利点を有するものであり、自己選択バイアスを回避するモデルとの組み合わせは他に例がない。さらに得られたパラメータを用いて、利潤を最大化する最適値を実現する機械の投入を基準とする稼働率（Capacity Utilization）を計算した。表2に示すように、農家に融資を行って粳米の集荷を図った場合、稼働率は24%上昇する。

今後、精米業者大規模化の進展が見込まれるが、その能力を使い切れない場合、非効率となる可能性がある。稼働率向上のために精米業者が農家に融資を行うことは、農家に資金需要がある限り望ましいことであるが、同時に金融市場の不完全性を意味する。稼働率の季節変動を軽減するために粳米を貯蔵する施設や、精米所における粳米需要に関する情報を迅速に伝えるシステムなどの整備が望まれる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. ガーナは西アフリカ地域の他国と比べて道路等のインフラストラクチャーがよく整備されているところであり、同地域の他国ではコメの流通形態が異なる可能性がある。

〔具体的データ〕

表1 農家への融資の有無と経済変数

農家への 融資	精米生産量 当たり 可変利潤 (cedi/Kg)	精米生産量 当たり 可変費用 (cedi/Kg)	精米 生産量 (1000Kg)	労働時間 (時間)	精米機 運転投入 数量指数	資本価格 指数 (平均:1)
融資あり	90.5	123.3	116.6	2471	6881	1.504
融資なし	6.0	229.7	32.3	1100	2548	0.582

注) サンプル数は、融資あり:27、融資なし:34である。

表2 農家への融資の有無と稼働率の計算結果

	推定値	
	融資あり	融資なし
精米生産量当たり可変費用 (cedi/Kg)	51.97	66.81
精米生産量当たり総費用 (cedi/Kg)	71.76	86.60
稼働率 (Capacity utilization)	0.925	0.683

〔その他〕

研究課題：西アフリカ国産米市場に関する研究

予算区分：基盤〔西アフリカ米市場〕（法人プロ〔ガーナ稲作〕、国際プロ〔アフリカ稲作〕）

研究期間：2002年度〔基盤〕（2001年度〔法人プロ〕、2000年度〔国際プロ〕）

研究担当者：古家淳

発表論文等：

- 1) Furuya, J. and Sakurai, T. (2003): "Interlinkage in the Rice Market of Ghana: Money-lending Millers Enhance Efficiency," *Contributed paper selected for presentation at the 25th International Conference of Agricultural Economists*, http://www.iaae-agecon.org/conf/durban_papers/papers/088.pdf.
- 2) Furuya, J. and Sakurai, T. (2002): "Efficiency Gains by Money Lending: The Case of Rice Millers in Ghana," Program and abstract of 9th JIRCAS International Symposium pp25.
- 3) 古家淳「ガーナの精米業とコメの品質」ARDEC 第28号 pp11-16.

3. イネの環境ストレス誘導性遺伝子の網羅的解析とストレス誘導性プロモーターの単離

〔要約〕 イネの cDNA マイクロアレイ解析によって 73 個の乾燥・塩・低温ストレス誘導性遺伝子が同定される。そのうち 5 種の遺伝子から単離したプロモーターは有効な発現の組織特異性とストレス誘導性を示す。

所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部				連絡先	029(838)6305		
推進会議名	国際農林水産業	専門	バイオテック	対象	稲類	分類	研究	

〔背景・ねらい〕

イネはアジア地域の食料を支える重要な穀物であるため、突然の異常気象や環境劣化に備えた品種の開発が重要な課題である。これまでに、モデル植物のシロイヌナズナを用いて、ストレス誘導性の転写因子遺伝子とストレス誘導性プロモーターを用いることで、乾燥・塩・低温ストレスに対して高レベルの耐性を示す植物を作出することに成功している。そこで、シロイヌナズナの研究結果をもとにイネの環境ストレス誘導性遺伝子を解析して、イネの環境ストレス耐性機構で働く重要遺伝子を明らかにする。また、環境ストレス耐性イネの開発に重要なストレス誘導性プロモーターを単離して、その機能を明らかにする。

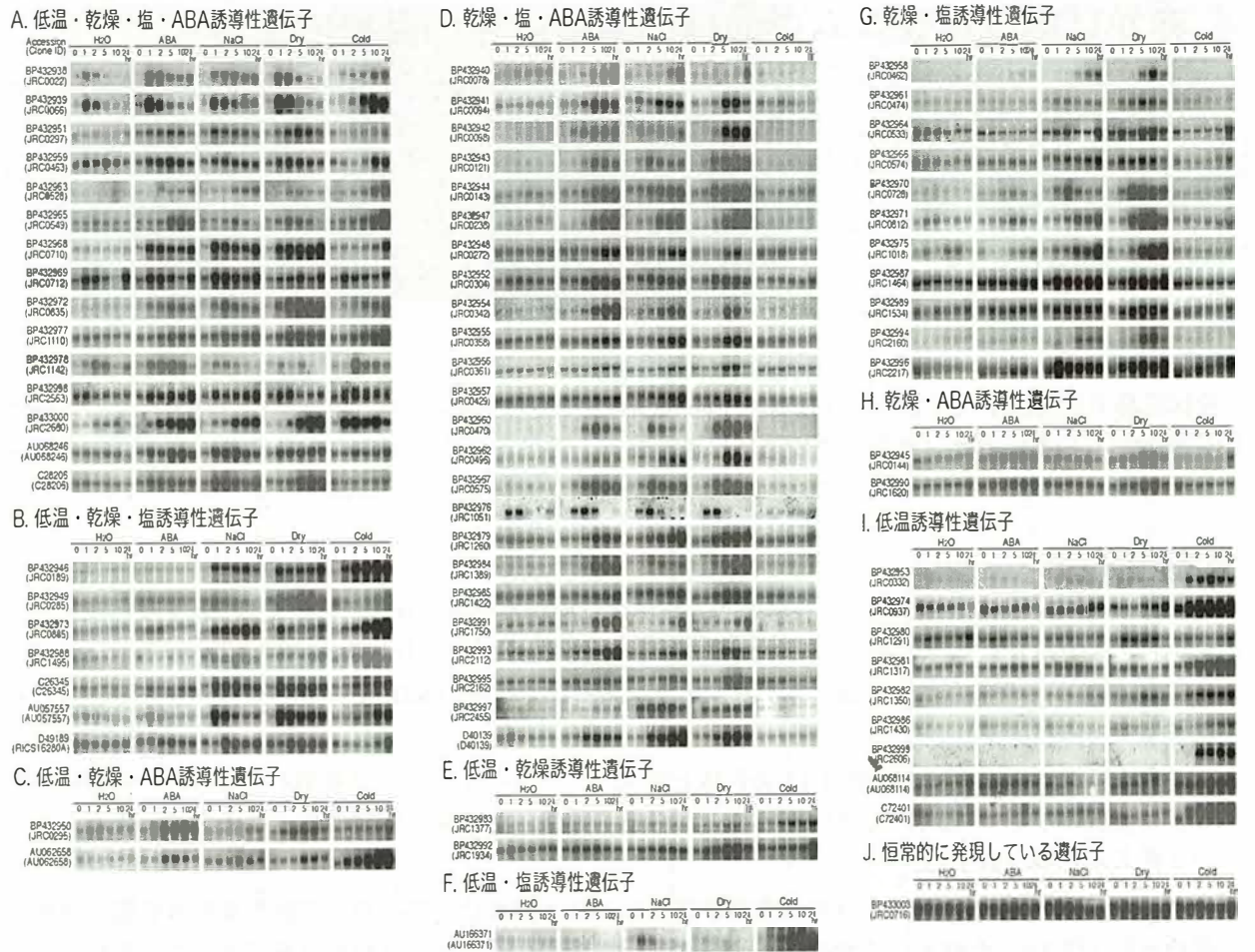
〔成果の概要・特徴〕

1. イネから収集した 1727 個の cDNA を鋳型として PCR 法により cDNA 配列を増幅させ、cDNA マイクロアレイを作製した。
2. cDNA マイクロアレイ解析によって、イネの乾燥、塩、低温ストレスあるいはストレス時に働きを示す植物ホルモンのアブシジン酸 (ABA) によって誘導される 141 個の遺伝子を選抜した。
3. 選抜された 141 個のすべての遺伝子に関して、継時的に乾燥、塩、低温ストレスあるいは ABA 処理した植物から調整した RNA を用いてノーザン解析を行い、73 個の遺伝子がストレス誘導性であることを確認した (図 1)。
4. ストレス誘導性の 73 遺伝子を分類すると、51 遺伝子 (70%) はシロイヌナズナでストレス耐性機構に関与することが示されている遺伝子に類似しており、シロイヌナズナとイネの持つストレス耐性機構が類似していることが示された。
5. 同定されたストレス誘導性遺伝子群のうち、応答するストレスの種類が異なりストレス応答が顕著な 5 種の遺伝子のプロモーター領域を単離した。ストレス誘導性を確認するため、これらのプロモーターを GUS リポーター遺伝子と結合してイネに導入した。得られた形質転換体を用いて GUS 活性を測定すると全てのプロモーターでストレスによる活性の上昇が見られ、ストレス誘導性プロモーターであることが確認された。また、組織化学的解析からこれら 5 種のプロモーターは根や葉のどの組織においても発現を誘導することが示された。

〔成果の活用面・留意点〕

1. イネの乾燥・塩・低温ストレス耐性機構で機能する遺伝子群が網羅的に明らかにされ、環境ストレス耐性イネの開発のための有用遺伝子として利用が図れる。
2. 単離されたイネの乾燥・塩・低温ストレス誘導性プロモーターは環境ストレス耐性作物の開発に利用できる。

〔具体的データ〕



4. 赤かび病抵抗性コムギ品種・蘇麦 3 号の品種内変異							
〔要約〕赤かび病抵抗性コムギ品種蘇麦 3 号には、形態的、生態的特性が異なる系統が存在する。全染色体領域にわたる SSR マーカーを用いて品種内の変異を見ると、CIMMYT 配布の 3 系統には変異は無く、オーストリア系統は 13.2%、日本の 2 系統には 19.4%と 0.4%のマーカー変異が認められる。							
所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部			連絡先	029(838)6364		
推進会議名	国際農林水産業	専門	育種・遺伝資源	対象	小麦	分類	研究

[背景・ねらい]

中国江蘇省農業科学院で育成されたコムギ品種の蘇麦 3 号は、赤かび病抵抗性遺伝育種素材として世界的に使われている。近年、世界各地の系統には形態的、生態的に異なるものが見出されており、全染色体領域にわたる SSR マーカー（マイクロサテライトマーカー）を用いて品種内の変異を明らかにする。

[成果の概要・特徴]

- 中国江蘇省農業科学院で育成された赤かび病抵抗性品種の蘇麦 3 号には、形態的・生態的特性が異なる系統が認められ、大きく分けて、幼穂と葯が紫色か黄色の系統が存在する（図 1）。
- CIMMYT から配布された米国、カナダ、イラン系統は 242 個の SSR マーカーで違いが無く、同じ遺伝子型である（表 1）。
- 蘇麦 3 号のオーストリア系統は 11 染色体上の 32 マーカー（13.2%）で多型が認められ、別品種よりも多型頻度は小さい（27.7%，53.7%）ことから、その遺伝的変異は他種のあと浸透交雑が繰り返されたと考えられる（表 1）。
- 蘇麦 3 号の日本系統には、江蘇省農業科学院保存系統と同様に幼穂や葯に紫色と黄色の形態的変異が認められ（図 1）、その 1 つは SSR マーカーが 19.4%の多型率を示す雑駁な系統であった。黄色葯個体を選抜した JIRCAS 系統では、5AS 染色体の Xgwm293 についてのみバンドを欠失する変異で固定しており、日本の系統は元からあった 2 タイプの系統が共存し保存されている。

[成果の活用面・留意点]

- 赤かび病抵抗性研究および育種現場に抵抗性遺伝資源の多様性に関する情報を提供する。
- 蘇麦 3 号には品種内変異があるため、遺伝解析や育種素材として使う際に十分に注意が必要である。

[具体的データ]



図 1 蘇麦 3 号日本系統の形態的変異幼穂と葯が紫色の系統（A- 左、B）と黄色の系統（A- 右、C）

表 1 中国産蘇麦 3 号（原品種）と比較した世界各地の蘇麦 3 号系統 SSR マーカー多型性

染色体	供試 SSR マーカー数	米国 系統	カナダ 系統	イラン 系統	オーストリ ア系統	JIRCAS 系統	日本 ジーンバンク	延岡坊主 （比較）	Gamenya （比較）
1A	8	-	-	-	2	-	1	2	4
1B	13	-	-	-	1	-	-	2	9
1D	9	-	-	-	-	-	1	3	4
2A	18	-	-	-	6	-	6	3	12
2B	18	-	-	-	1	-	3	5	11
2D	18	-	-	-	6	-	7	6	7
3A	10	-	-	-	2	-	3	5	6
3B	19	-	-	-	1	-	2	2	12
3D	9	-	-	-	-	-	-	3	4
4A	10	-	-	-	1	-	-	4	5
4B	4	-	-	-	-	-	-	1	-
4D	2	-	-	-	-	-	-	-	-
5A	21	-	-	-	2	1	11	8	13
5B	22	-	-	-	6	-	-	11	13
5D	7	-	-	-	2	-	1	-	4
6A	8	-	-	-	1	-	2	2	5
6B	8	-	-	-	-	-	4	-	3
6D	14	-	-	-	1	-	4	3	5
7A	12	-	-	-	-	-	1	4	7
7B	7	-	-	-	-	-	1	2	3
7D	5	-	-	-	-	-	-	1	3
合計	242	0	0	0	32	1	47	67	130
多型率*		0.0	0.0	0.0	13.2	0.4	19.4	27.7	53.7

－：多型なし、* 多型率 (%) = (多型を示したマーカー数 / 総調査マーカー数) × 100

[その他]

研究課題：開発途上地域における主要作物の不良環境耐性改良のための育種法の開発研究

予算区分：基盤〔育種法〕

研究期間：2003 年度（2001 ～ 2005 年度）

研究担当者：坂智広、叢花（中国新疆ウイグル自治区農業科学院）

発表論文等：

- 叢花、助川久美子、Lucy Gilchrist、坂智広（2003）：SSR マーカーを用いたコムギ赤かび病抵抗性母本の蘇麦 3 号と Frontana における品種内変異。育種学研究 5（別 1）、176 頁。
- Ban,T., Cong,H., Sukegawa,K. and Gilchrist,L.（2003）：Genetic variation of accessions within Fusarium head blight resistance wheat cultivars revealed by SSR markers. In：Proceedings of 10th International Wheat Genetic Symposium, September 1-7, Paestum, pp.551-533.
- Ban,T.（2003）：Comparative genetic analysis of FHB-resistant germplasm for wheat improvement. In：Proceedings 2003 US National Fusarium Head Blight Forum, December 13-15, Minneapolis-St. Paul, pp.215-217.

5. コムギの AFLP マーカーを効率的に STS 化するための Extension-AFLP 法

〔要約〕 AFLP マーカーの選抜プライマーに塩基を付加した 4 種の 3 次選抜プライマーを用いて nested PCR を行う Extension-AFLP 法は、多型を示すターゲット DNA 断片を効率的に選抜する方法である。これにより、コムギの AFLP マーカーを効率的に STS 化できる。

所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部			連絡先	029(838)6364		
推進会議名	国際農林水産業	専門	育種・バイオテック	対象	小麦	分類	研究

〔背景・ねらい〕

AFLP (増幅断片長多型) マーカーを STS (Sequence Tagged Site) 化してゲノム DNA からその特定配列を PCR で増幅できる STS マーカーに移行するには、AFLP のターゲットバンドをサブクローニングして塩基配列を特定し PCR プライマーをデザインする。ゲノムサイズの大きいコムギでは、AFLP のターゲットバンドに複数のゲノム領域のコピーが含まれるため、複数シーケンスからターゲット領域の配列を選び出すのが困難である。また STS 化の過程でデザインしたプライマーを用いても、ターゲットの断片長多型を消失してしまうなど STS 化が非常に困難である。そのため、コムギの AFLP マーカーを効率的に STS 化する Extension-AFLP 法を開発した。

〔成果の概要・特徴〕

1. Extension-AFLP 法は、AFLP マーカーの選抜プライマー (selective primer) に A,T,G,C の塩基をそれぞれ付加した 4 種の 3 次選抜プライマーを用いて nested PCR を行う。その中から多型を示すターゲット DNA 断片を増幅する選択性の高いプライマーを選び、この操作を繰り返すことでゲノムからターゲット領域の配列を効率的に選抜する方法である。
2. AFLP マーカーをサブクローニングする際のターゲットクローンの割合 (E-ACT/M-CGAC118-120 が 15.6%、E-AAC/M-CGAC285 は 37.5%) が、3 回の Extension-AFLP 操作により単一のターゲット領域の配列を選択的に選び出すことが可能で (93.8% 及び 87.5%)、後は従来通りシーケンスおよび PCR プライマーデザインすることで、従来法よりも効率的に STS マーカーを開発できる (図 1)。
3. Extension-AFLP 法により、コムギの赤かび病抵抗性 QTL に大きく寄与する 3 BS 染色体の 2 つの AFLP マーカーが STS 化 (STS-118-120、STS285) でき、ターゲット領域の配列の増幅と多型が検出できる (図 2, 3)。
4. AFLP マーカーが優性マーカーの場合 PCR の失敗によるバンドの欠失の見分けが困難であるが、同時に第 3 のプライマーを用いて共通の増幅断片を得ることで優性マーカーでも分離が確認できる (図 3)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. Extension-AFLP による効率的な STS 化法は、コムギ以外の場合にも適用できる。
2. AFLP の際の制限酵素認識サイトに欠失がある場合は、Extension-AFLP 法でも STS 化が困難な場合がある。

〔具体的データ〕

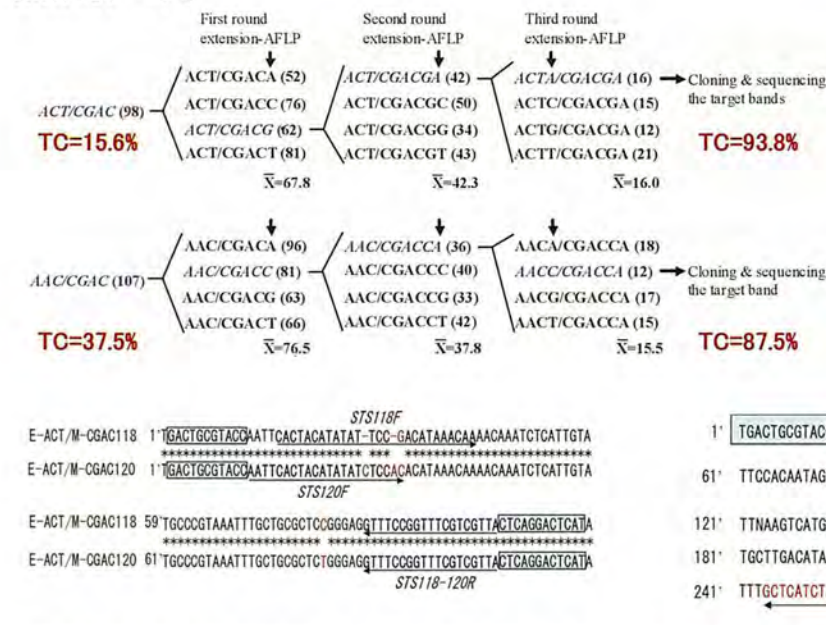
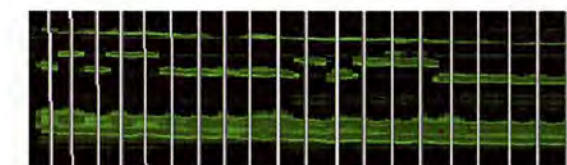


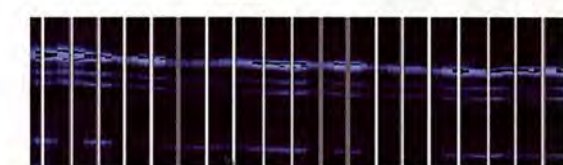
図 1 赤かび病抵抗性関連の AFLP マーカー E-ACT/M-CGAC118-120 (上) と E-AAC/M-CGAC285 (下) の STS 化のための Extension-AFLP 法のフローチャート。(ターゲット配列を増幅したプライマーを斜字で、増幅されたバンド数と共に示す。TC=サブクローニング時のターゲットクローンの割合)



E-ACT/M-CGAC118-120



図 2 赤かび病抵抗性関連の AFLP マーカー E-ACT/M-CGAC118-120 のシーケンスと STS 化のためのプライマー配列と STS マーカーのバンドパターンの比較



E-AAC/M-CGAC285



図 3 赤かび病抵抗性関連の AFLP マーカー E-AAC/M-CGAC285 のシーケンスと STS 化のためのプライマー配列と STS マーカーのバンドパターンの比較 (STS285F2+285R により共通のバンドが増幅され、優性マーカーの確認が出来る)

〔その他〕

研究課題：開発途上地域における主要作物の不良環境耐性改良のための育種法の開発研究

予算区分：基盤〔育種法〕、重点支援研究協力員

研究期間：2003 年度 (2001 ~ 2005 年度)

研究担当者：坂智広、許東河

発表論文等：

- 1) 許東河、坂智広 (2003)：コムギにおける赤かび病抵抗性に関連する STS マーカーの開発。育種学研究 5 (別 2)、106 頁。
- 2) D.H. Xu and T. Ban (2003)：Conversion of AFLP markers associated with FHB resistance in wheat into STS markers with an extension-AFLP method. Genome (in press)。

6. 中国東北部大豆遺伝資源の特性とその遺伝的多様性									
〔要約〕中国吉林省農業科学院大豆研究所で保存している中国東北部の大豆遺伝資源のうち、調査した計 3,012 点の主要形質に関するデータベースを構築した。中国東北部大豆遺伝資源は、日本の大豆と DNA レベルでも大きく異なり、また遺伝的多様性に富んでいる。									
所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部					連絡先	029(838)6305		
推進会議名	国際農林水産業	専門	遺伝資源	対象	だいた	分類	研究		

〔背景・ねらい〕

中国東北部は大豆の起源地の 1 つとされており、多様性に富んだ多くの大豆遺伝資源を有している。しかしながら、吉林省農業科学院大豆研究所が保有する多数の大豆遺伝資源の特性評価については十分な研究蓄積がない。そこで、これら遺伝資源を有効に活用するため、主要特性の評価によるデータベースの作製と分子遺伝学的手法による分類・評価を行う。

〔成果の概要・特徴〕

1. 作成した大豆遺伝資源に関するデータベースは、2001 年～2003 年の 3 ヶ年にわたり、吉林省農業科学院大豆研究所において同一栽培条件下（畦間 65cm、株間 8cm、1 株 1 本立）で栽培した計 3,012 点の大豆品種・系統の調査結果で構成される。
2. データベース化された主要形質は、出芽期、開花期、成熟期、伸育性、葉型、花色、毛茸色、主茎長、種子粒形、種皮色、子葉色、種子蛋白質含量、種子脂質含量、百粒重の 14 形質であり、多くの形質について多様な変異が認められる（表 1）。
3. 中国東北部大豆遺伝資源の 194 品種に対する 12 の DNA マーカーによる分析結果から、中国東北部の大豆遺伝資源は日本国内の大豆と DNA レベルで大きな差異を示し、かつより遺伝的多様性に富んでいることが分かる（図 1）。
4. 12 の DNA マーカーを用いて日中品種計 244 点を分類できたので、これを多数の遺伝資源の品種同定に利用できる。〔成果の活用面・留意点〕

〔成果の活用面・留意点〕

1. 評価した大豆遺伝資源は、主に吉林省を中心に黒竜江省、遼寧省など中国東北部原産であるが、一部その他の地域の育成品種・在来種も含んでいる。
2. 主要大豆形質についてのデータベースは公開に向けて準備中である。

〔具体的データ〕

表 1 中国東北部大豆遺伝資源の主要特性

供試数	生育日数	伸育性	葉型	花色	毛茸色	主茎長 (cm)	種子粒形	種皮色	子葉色	蛋白質含量 (%)	脂質含量 (%)	百粒重 (g)
2001 年	1012	平均: 115.3 レンジ: 50-132 標偏: 10.1	有: 159 半: 126 無: 727	円: 942 長: 70 紫: 564 白: 448	褐: 194 白: 813 無: 5	平均: 95.1 レンジ: 7-277 標偏: 33.4	球: 328 楕円: 468 他: 216	黄: 756 黄白: 111 他: 145	黄: 977 緑: 32 他: 3	平均: 42.5 レンジ: 11.5-59.4 標偏: 2.75	平均: 19.2 レンジ: 10.3-23.6 標偏: 1.50	平均: 18.5 レンジ: 5.3-34.2 標偏: 3.78
2002 年	1500	平均: 123.9 レンジ: 67-151 標偏: 13.2	有: 207 半: 464 無: 829	円: 1193 長: 307 紫: 644 白: 856	褐: 232 白: 1267 無: 1	平均: 82.3 レンジ: 12-197 標偏: 21.0	球: 384 楕円: 880 他: 236	黄: 1059 黄白: 151 他: 290	黄: 1384 緑: 116 他: 0	平均: - レンジ: - 標偏: -	平均: - レンジ: - 標偏: -	平均: 18.4 レンジ: 4.9-46.0 標偏: 4.1
2003 年	500	平均: 122.0 レンジ: 82-149 標偏: 16.1	有: 27 半: 214 無: 258	円: 440 長: 60 紫: 141 白: 358 混: 1	褐: 30 白: 470 無: 1	平均: 77.4 レンジ: 16-121 標偏: 15.7	球: 158 楕円: 311 他: 31	黄: 192 黄白: 31 他: 277	黄: 258 緑: 242 他: 0	平均: 42.7 レンジ: 37.4-47.5 標偏: 1.60	平均: 18.0 レンジ: 14.1-23.0 標偏: 1.59	平均: 20.7 レンジ: 7.5-42.2 標偏: 5.53
計	3012	平均: 120.7 レンジ: 50-151 標偏: 12.9	有: 393 半: 804 無: 1814	円: 2575 長: 437 紫: 1349 白: 1662 混: 1	褐: 456 白: 2550 無: 6	平均: 85.8 レンジ: 7-277 標偏: 26.1	球: 870 楕円: 1659 他: 483	黄: 2007 黄白: 293 他: 712	黄: 2619 緑: 390 他: 3	平均: 42.6 レンジ: 11.5-59.4 標偏: 2.43	平均: 18.8 レンジ: 10.3-23.6 標偏: 1.63	平均: 18.8 レンジ: 4.9-46.0 標偏: 4.34



図 1 12 の DNA マーカーの遺伝子型を基にクラスター分析によって得られた日中大豆遺伝資源の類縁関係

〔その他〕

研究課題：中国における大豆の遺伝資源の特性評価と新品種素材の開発

予算区分：国際プロ〔中国食料資源〕

研究期間：2003 年度（2001～2003 年度）

研究担当者：山中直樹、岡部昭典（近中四農研）、楊振宇（吉林省農科院大豆研究所）、楊光宇（吉林省農科院大豆研究所）、坂智広、足立大山

発表論文等：

- 1) 山中直樹、佐藤宏行、楊振宇、許東河、足立大山、坂智広（2003）：SSR マーカーを利用した中国東北部大豆遺伝資源の多様性評価、育種学研究、第 5 巻別冊 1 号、221 頁
- 2) 岡部昭典、楊春明、楊光宇、菊池彰夫、猿田正恭（2003）：中国東北部におけるダイズ遺伝資源の特性評価、育種学研究、第 5 巻別冊 1 号、236 頁
- 3) 楊光宇、足立大山、岡部昭典（2001）：吉林農業科学（4）6-13 頁
- 4) 品種登録：楊光宇、劉凱、王洋、廖林、劉玉芝、楊振宇、王曙明、馬曉萍、閻曉燕、胡金海、許明、王曉東、孫大敏、劉玉芳、富健、足立大山、岡部昭典（2001）：吉育 55 号（吉審豆 2001002）、吉育 57 号（吉審豆 2001007）、吉育 58 号（吉審豆 2001001）、吉育 59 号（吉審豆 2001006）
- 5) 品種登録：廖林、劉玉芝、楊振宇、張鉄柱、越国輝、山中直樹、閻曉燕（2003）：吉育 68 号（吉審豆 2003013）、吉育 71 号（吉審豆 2003015）

7. マンゴーおよびその近縁種の遺伝的多様性と類縁関係

[要約] DNA マーカーにより、*Mangifera* 属のマンゴーおよびその近縁種の遺伝的多様性ならびにそれらの類縁関係を明らかにできる。また同じ手法によって *Mangifera* 属における高精度の品種識別が可能である。

所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部			連絡先	029(838)6305		
推進会議名	国際農林水産業	専門	遺伝資源	対象	マンゴー	分類	研究

[背景・ねらい]

マレー半島、ボルネオ島、スマトラ島などを中心とした東南アジアから南アジアに多く分布する *Mangifera* 属のマンゴーおよびその近縁種は、この地域の重要な商用作物であり、それらの遺伝資源活用と新品種育成が求められている。しかしながら、これまでの形態形質に基づく *Mangifera* 属の種・品種の分類では類縁関係を正しく把握できなかったため、その遺伝的多様性に関する基礎情報が整備されていない。そこで、Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) 法を利用した DNA マーカー情報によって *Mangifera* 属の遺伝的多様性について調べ、品種群を分類するとともに、その類縁関係を明らかにする。

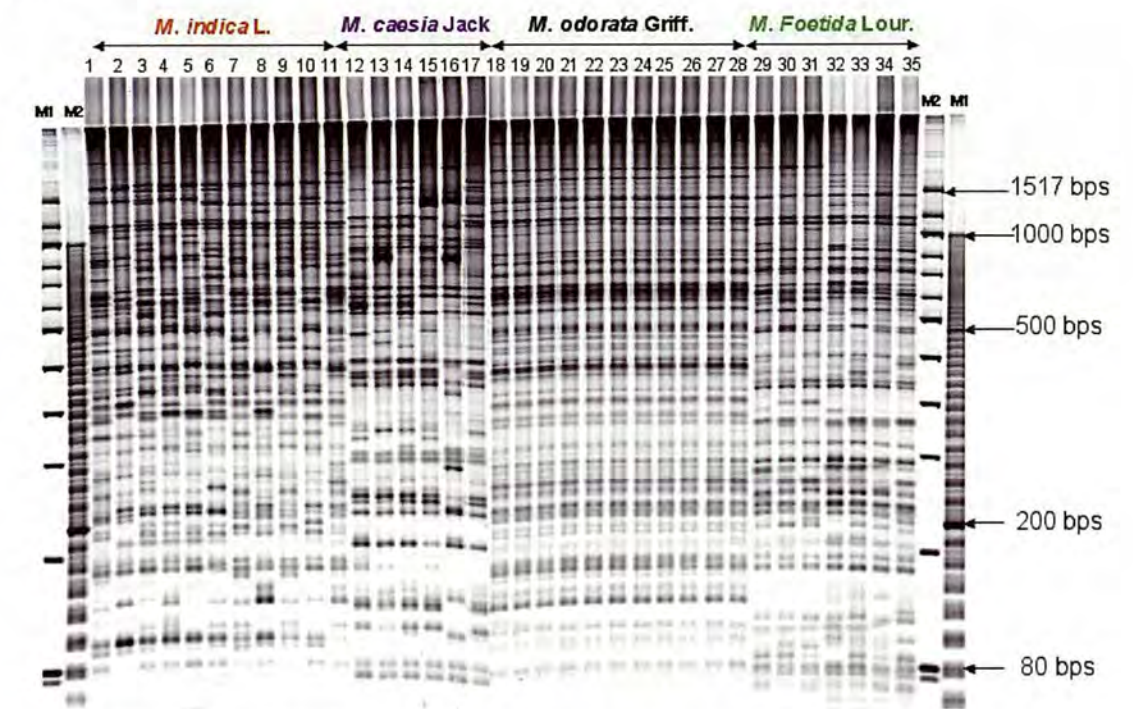
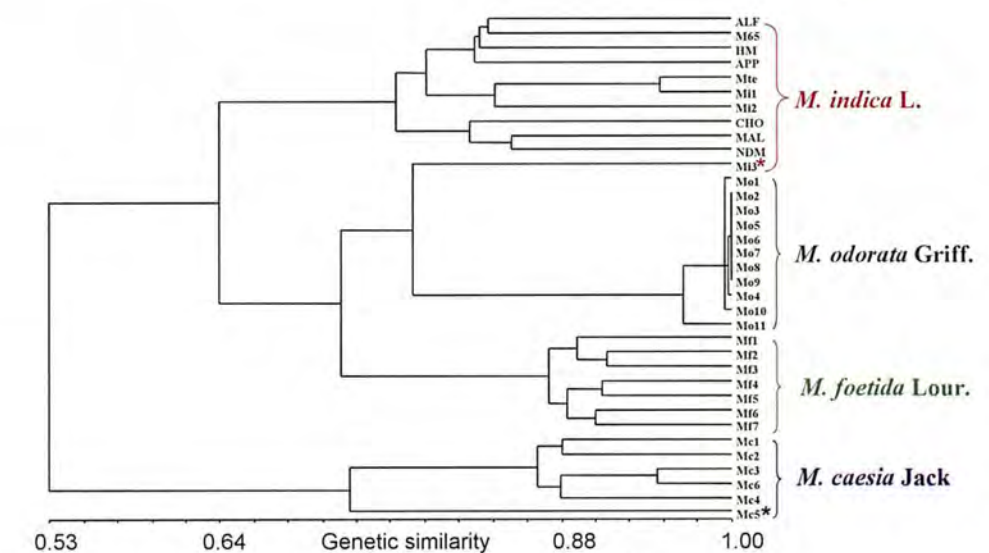
[成果の概要・特徴]

1. 東南アジアと南アジア原産の *Mangifera* 属 35 品種は、8 プライマー組合せを用いた AFLP 分析 (図 1) により、基本的に従来の分類学上の *Mangifera* 属の 4 つの種、*M. caesia* Jack、*M. foetida* Lour.、*M. odorata* Griff. および *M. indica* L. に分類できる (図 2)。
2. *M. odorata* Griff. 種内の遺伝的多様性は他の 3 種と比較して極端に低く、またこの種の 7 品種は 279 の AFLP バンドについて全て同一型を示す。
3. *M. caesia* Jack は他の 3 種と遺伝的に遠縁である。
4. *M. indica* L. の在来品種 Mi3 は、*M. indica* L. の他の品種と遺伝的に遠縁であり、むしろ *M. odorata* Griff. に近縁である。
5. *M. caesia* Jack の在来品種 Mc5 は、*M. caesia* Jack に分類されているが、他の 5 品種とは遠縁である。
6. *Mangifera* 属の 4 種 35 品種について、極めて近縁な *M. odorata* Griff. の 7 品種を除くと、AFLP 分析によって迅速かつ高精度の品種識別が可能である。

[成果の活用面・留意点]

1. 更に多くの *Mangifera* 属の遺伝資源を用いて AFLP 法による遺伝的多様性やそれらの類縁関係について網羅的に解析する必要がある。

[具体的データ]

図1 プライマー組み合わせ E-ACC + M-CTA による *Mangifera* 属、35 品種の AFLP 分析。図2 AFLP 分析により得られた *Mangifera* 属内の類縁関係。

[その他]

研究課題：マンゴー遺伝資源評価のための DNA マーカーの開発

予算区分：委託プロ [アジアバイテク]

研究期間：2002 年度

研究担当者：山中直樹、Masrom Hasran (マレーシア農業研究開発研究所)、常松浩史、坂智広

発表論文等：

- 1) Masrom Hasran, Yamanaka, N., D. H. Xu, Tsunematsu, H. and T. Ban (2003) : Genetic relationship of *Mangifera* accessions revealed by AFLP analysis, 育種学研究, 第 5 巻別冊 1 号、222 頁
- 2) 山中直樹、Masrom Hasran、許東河、常松浩史、Salma、坂智広 : *Mangifera* 属の類縁関係とその遺伝的多様性、(投稿準備中)

8. イネいもち病抵抗性に関する新国際標準判別品種シリーズの開発

〔要約〕24 種類のイネいもち病抵抗性遺伝子を対象とした判別品種シリーズとしてのモノジニックライン（一遺伝子導入系統）群および遺伝的背景が均一な同質遺伝子系統群を育成した。これらは国際的な標準判別品種として活用できる。

所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部				連絡先	029(838)6305	
推進会議名	国際農林水産業	専門	育種・作物病害	対象	稲	分類	研究

〔背景・ねらい〕

イネいもち病抵抗性に関する判別品種として、出来るだけ多くの抵抗性遺伝子を対象とする、同質遺伝子系統を開発する必要がある。ただし、同質遺伝子系統の育成には多年月を要するので、国際イネ研究所（IRRI）において、同質遺伝子系統群の育成を進めるとともに、遺伝的背景は系統間で必ずしも均一ではないが一抵抗性遺伝子のみを導入したモノジニックライン（一遺伝子導入系統）群を育成し、国際的に適用できるいもち病抵抗性判別品種シリーズを開発する。また育成される系統は、IRRI の International Network for Genetic Evaluation of Rice（INGER）等とも協力し、関連研究機関へ配布・普及を計る。

〔成果の概要・特徴〕

- モノジニックライン（一遺伝子導入系統）群としては、異なる遺伝子供給源も含め 24 種の抵抗性遺伝子（*Pia*, *Pib*, *Pii*, *Pik-s*, *Pik*, *Pik-h*, *Pik-m*, *Pik-p*, *Pish*, *Pit*, *Pita*（*Pi4*）, *Pita-2*, *Piz*, *Piz-5*, *Piz-t*, *Pil*, *Pi-3*, *Pi5*, *Pi7*（*t*）, *Pi9*, *Pi11*（*t*）, *Pi12*（*t*）, *Pi19*, *Pi20*）を対象として 31 系統で構成される。
- インド型品種 CO39 の同質遺伝子系統は、遺伝的背景に *Pia* を有し、加えて 15 種の抵抗性遺伝子（*Pib*, *Pik-s*, *Pik*, *Pik-h*, *Pik-m*, *Pik-p*, *Pish*, *Pita*（*Pi4*）, *Pita-2*, *Piz*, *Piz-5*, *Piz-t*, *Pil*, *Pi5*, *Pi7*（*t*））を一つずつ保有する 21 系統から構成される。

〔成果の活用面・留意点〕

- 両系統群は、世界で初めて開発された国際標準判別品種シリーズであり、いもち病菌の病原性解明および判別システムの構築、さらには抵抗性遺伝子源として利活用できる。モノジニックラインについては、世界 30 以上の研究機関、大学へすでに配布・利用されている。また、CO39 の同質遺伝子系統群は、次年度（2005 年）より配布を始める。
- CO39 の同質遺伝子系統群は、遺伝的背景に *Pia* を含むので、いもち病菌に対する反応を観察する際には、*Pia* の効果も考慮する必要がある。
- モノジニックラインと同質遺伝子系統群は、いずれも熱帯の短日条件下で田植え後短期間で出穂・登熟する。また、倒伏しやすいので、肥培管理に気をつけるとともに種子増殖の際には混種をおこさないよう十分注意する。
- 系統に対する問い合わせや配布依頼は、IRRI 遺伝育種生化学研究部の IRRI- 日本共同研究プロジェクト・チームもしくは INGER に行う。

〔具体的データ〕

表 1 イネいもち病抵抗性に関する新国際標準判別品種シリーズ

対象遺伝子	育成系統名	
	モノジニックライン（一遺伝子導入系統）	CO39 同質遺伝子系統（ <i>Pia</i> を含む）
<i>Pia</i>	IRBLa-A, IRBLa-C	-
<i>Pib</i>	IRBLb-B	IRBLb-IT13/CO, IRBLb-W/CO
<i>Pii</i>	IRBLi-F5	-
<i>Pik</i>	IRBLk-Ka	IRBLk-Ka/CO, IRBLk-Ku/CO
<i>Pik-h</i>	IRBLkh-K3	IRBLkh-K3/CO
<i>Pik-m</i>	IRBLkm-Ts	IRBLkm-Ts/CO
<i>Pik-p</i>	IRBLkp-K60	IRBLkp-K60/CO
<i>Pik-s</i>	IRBLks-F5, IRBLks-S	IRBLks-CO/CO
<i>Pish</i>	IRBLsh-S, IRBLsh-B	IRBLsh-S/Cob, IRBLsh-B/CO, IRBLsh-Ku/CO
<i>Pit</i>	IRBLt-K59	-
<i>Pita</i> （ <i>Pi4</i> ）	IRBLta-K, IRBLta-CT2, IRBLta-CP1	IRBLta-Ya/CO
<i>Pita2</i>	IRBLta2-Pi, IRBLta2-Re	IRBLta2-Pi/CO, IRBLta2-Re/CO, IRBLta2-IR64/CO
<i>Piz</i>	IRBLz-Fu	IRBLz-Fu/CO
<i>Piz5</i> （ <i>Pi2</i> ）	IRBLz5-CA	IRBLz5-CA/CO
<i>Piz-t</i>	IRBLzt-T	IRBLzt-IR56/CO
<i>Pi1</i>	IRBL1-CL	IRBL1-CL/CO
<i>Pi3</i>	IRBL3-CP4	-
<i>Pi5</i> （ <i>t</i> ）	IRBL5-M	IRBL5-M/CO
<i>Pi7</i> （ <i>t</i> ）	IRBL7-M	IRBL7-M/CO
<i>Pi9</i>	IRBL9-W	-
<i>Pi11</i> （ <i>t</i> ）	IRBL11-Zh	-
<i>Pi12</i> （ <i>t</i> ）	IRBL12-M	-
<i>Pi19</i>	IRBL19-A	-
<i>Pi20</i>	IRBL20-IR24	-

〔その他〕

研究課題：稲の環境調和型品種による持続可能な生産技術の開発

予算区分：拠出金（IRRI- 日本共同研究プロジェクト、第ⅢおよびⅣ期）

研究期間：2003 年度（1994 ～ 2004 年度）

研究担当者：福田善通（IRRI）、荒木悦子（近中四農研セ）、常松浩史（JIRCAS）、加藤 浩（宮崎県総農試）、井辺時雄（作物研）、Mary Jeanie T. Yanoria（IRRI）、Leodegario A. Ebron（IRRI）、Gurdev G. Khush（IRRI）

発表論文等：

- Tsunematsu, H., Mary Jeanie T. Yanoria, leodegario A. Ebron, Hayashi, N., Ando, I., Kato, H., Imbe, T. and Gurdev S. Khush（2000）：Development of monogenic lines of rice for blast resistance. *Breeding Science* 50：229-234.
- 福田善通、荒木悦子、J. M. Yanoria、L. A. Ebron、D. Mercado-Escueta、常松浩史、加藤浩、井辺時雄、G. S. Khush（2002）：IRRI におけるイネいもち病判別品種と準同質遺伝子系統の開発 育種学研究 第4巻 別冊2号：167
- Fukuta, Y., Yanoria, M. J. T, Mercado-Escueta D, Ebron L. A, Fujita, Y., Araki, E. and Khush G. S（2002）：Quantitative traits loci（QTL）reactions to rice blast isolates from Japan and Philippines. Abstract 3rd IRBC

9. イネの低分げつ性遺伝子の同定

〔要約〕日本型イネ品種合川 1 号および秀峰の低分げつ性は、単一の同じ優性遺伝子 *Ltn(t)* により支配されており、第 8 染色体長腕上の DNA マーカー、*RM149* と *XNpb56* の間に位置している。

所属	国際農林水産業研究センター・生物資源部			連絡先	029(838)6305		
推進会議名	国際農林水産業	専門	育種	対象	稲	分類	研究

〔背景・ねらい〕

国際イネ研究所 (IRRI) で開発され、次世代の草型を示す New Plant Type (NPT) 稲は、その低分げつ性と超穂重型に特徴がある。しかし、登熟や病害抵抗性に問題があり、従来育成されてきた IRRI のエリート品種 IR64 や IR72 より優れた生産性や安定性を確保することが難しかった。そこで IR64 や IR72 の登熟や生産特性を生かし、かつ低分げつ型の稲を作ることが IRRI 内の研究プロジェクトの一貫として望まれた。ここで遺伝子源素材として、日本型品種、合川 1 号と秀峰の低分げつ性の NPT 育種への利用が考えられた。なお、合川 1 号と秀峰の低分げつ性は、単一の優性遺伝子により支配されていることが確認されている。

本研究では、これら品種の低分げつ性の遺伝様式を明らかにするとともに、その遺伝子を用い IR64 や IR72 の遺伝的背景をもった同質遺伝子系統を開発し、NPT 型の多収性品種の育成・研究に資する。

〔成果の概要・特徴〕

- 合川 1 号と秀峰の低分げつ性における対立性検定では、両品種の低分げつ性の遺伝子が同一の遺伝子であることを示した (図 1)。
- この低分げつ性遺伝子は、第 8 染色体の長腕上の SSR マーカー *RM149* と RFLP マーカー *XNpb56* の間に位置する (図 1)。
- この染色体領域にはこれまで分げつに関する遺伝子の報告がないことから、新規の低分げつ性 (Low tiller number) 遺伝子として、遺伝子記号 *Ltn(t)* を仮称した。
- この遺伝子はイネの形態形成に関する重要な遺伝子であると考えられ、IR64 と IR72 の遺伝的背景を持つ同質遺伝子系統 (BC_5F_4) を育成中である (図 2)。

〔成果の活用面・留意点〕

- 合川 1 号および秀峰の低分げつ性に関する遺伝様式や遺伝子座情報は、*Ltn(t)* の DNA マーカーを用いた間接選抜 (MAS) 法による育種や、遺伝子地図情報に基づいた遺伝子単離 (マップベースドクローニング) の研究に利用できる。
- Ltn(t)* と、マーカーとの距離がまだ遠いので、効率的選抜を進めるためにはさらに近接したマーカーを見つける必要がある。
- 育成中の同質遺伝子系統は、イネの草型の制御に関する遺伝的要因を解明やインド型品種育成の育種素材として資することができる。

〔具体的データ〕

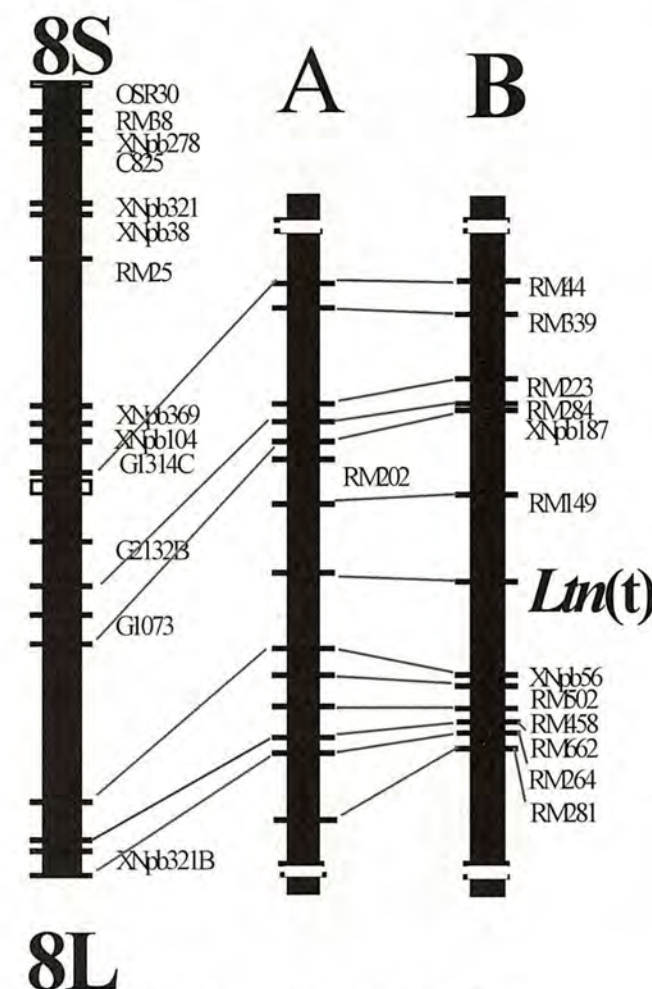


図 1 低分げつ遺伝子 *Ltn(t)* のマッピング
 BC_1F_1 および BC_1F_2 集団の解析結果
 A: IR64/合川 1 号 // IR64, B: IR72/秀峰 // IR72



図 2 低分げつ性同質遺伝子系統 (NIL, BC_5F_4)
 左 : IR64 (戻し交雑親)
 中央 : NIL
 右 : 合川 1 号 (遺伝子供給親)

〔その他〕

研究課題：稲の環境調和型品種による持続可能な生産技術の開発

予算区分：拠出金 (IRRI-日本共同研究プロジェクト)

研究期間：2003 年度 (1999 ~ 2004 年度)

研究担当者：福田善通 (IRRI)、荒木悦子 (近中四農研セ)、加藤 浩 (宮崎県総農試)、常松浩史 (JIRCAS)、Leodegario A. Ebron (IRRI)、Jhon E. Sheehy (IRRI)、Gurdev G. Khush (IRRI)

発表論文等：

- Araki, E., L.A. Ebron, R. P. Cuevas, D. Mercado-Escueta, G.S. Khush, J.E. Sheehy, Kato, H. and Fukuta, Y. (2003) : Identification of low tiller gene in rice cultivar Aikawa 1. *Breeding Research* Vol.5 Suppl.1 : 95
- Araki, E., L.A. Ebron, R.P. Cuevas, D. Mercado-Escueta, G.S. Khush, J. E. Sheehy, Kato, H. and Fukuta, Y. (2003) : Genetic analysis of low tillering in Japonica-type rice (*Oryza sativa* L.) cultivar Aikawa 1. *The Philippine Journal of Crop Science* Vol.28 (1) : 40. Abstract of paper presented at the 17th Scientific Conference, Federation of Crop Science Societies of the Philippines.
- R.P. Cuevas, Araki, E., L.A. Ebron, D. Mercado-Escueta, G.S. Khush, J. E. Sheehy, Kato, H. and Fukuta, Y. (2003) : Genetic analysis of low tillering in Japonica-type rice (*Oryza sativa* L.) cultivar Shuho. *The Philippine Journal of Crop Science* Vol.28 (1) : 40. Abstract of paper presented at the 17th Scientific Conference, Federation of Crop Science Societies of the Philippines.

10. 中国太湖地域の農業集水域からの地表水による窒素の流出

〔要約〕江蘇省宜興市梅林集水域からの地表水移動にともなう窒素流出量は、域内施肥窒素量の 8.5 % にあたる $20.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ であり、主要作物の施肥時期に増大するが、水稻生育の旺盛な 7～9 月に減少する。野菜畑・畑地では表面流去窒素量および土壌侵食量が大きい。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6306		
推進会議名	国際農林水産業	専門	環境保全	対象	現象解析技術	分類	研究

〔背景・ねらい〕

太湖周辺地域は、中国で最も経済発展を遂げた地域のひとつであるが、水系の富栄養化が深刻な問題となっている。これに対して、中国政府は主要な汚染源とみられた多数の企業を閉鎖し、また集水域内での有リン洗剤の販売と使用を禁止するなどして水系の浄化に努めてきたが、近年太湖の水質に有意な改善は見られておらず、過剰施肥による農地からの養分流出の増加がこの水質汚染の主因のひとつであると考えられるに至っている。しかしながら、この地域における養分動態に関する情報は限られたものであり、その多くも小規模なプロット試験の結果に基づいたものでしかない。そこで、江蘇省宜興市梅林集水域 ($31^{\circ} 20' \text{ N}$, $119^{\circ} 51' \text{ E}$, 1.22 km^2 , 図 1) を対象として、地域の窒素動態を調査し、その実態を明らかにする。

〔成果の概要・特徴〕

- 対象地は、2 本の水路に隣接した谷底部に水田、その上部傾斜地に畑、果樹園、竹林、森林が広がる太湖西岸地域の典型的な農業集水域である (図 1)。年降水量は約 1280 mm (その 70% は 3～8 月) である。
- 農家聞き取り調査により、集水域内の各栽培作物延べ作付面積および窒素施肥量を推定した結果 (表 1)、域内施肥窒素量は作付面積あたり $391 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (木本を含む)、集水域全面積あたり $238 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ である。
- 水路下流端に四角堰 (図 1) を設け、集水域から地表流出する窒素濃度をモニタリングした結果、水稻・アブラナ等の主要作物の施肥時期に対応して急激な濃度上昇が認められる (図 2)。水稻基肥施肥期にのみアンモニア態窒素濃度が顕著に上昇していることから、同時期の田面水表面流去の影響が示唆される。
- 一方、水稻生育の旺盛な 7～9 月には、全窒素濃度はほぼ 2 mg l^{-1} 以下に抑えられる (図 2)。これは、夏季における作物および水生植物による窒素吸収量の増加や、水路周辺に広がる水田の還元状態の進行による脱窒の活発化等によるものと考えられる。
- 対象集水域からの地表水による流出窒素量は $20.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ と推計され、域内施肥窒素量の 8.5 % にあたる。これは、太湖集水域全域から太湖に対して同強度の窒素負荷がありその全量が太湖に集積すると仮定した場合、太湖の全湖水窒素濃度を約 $16 \text{ mg l}^{-1} \text{ y}^{-1}$ 増加させる負荷量に相当する。
- プラスチック膜により周囲と隔離した水田圃場 (0.0756 ha) を用い、地表流入水量とその水質を調査した結果、排水による窒素流出量は $8.34 \text{ kg ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ と推定され、域内平均の 41% にあたる。
- 傾斜地の代表的な土地利用形態である野菜畑 (ヘチマ・豆・大根)、畑地 (トウモロコシ・アブラナ)、栗林、竹林からそれぞれ代表的な 2 地点 (傾斜 $10 \sim 15^{\circ}$) を選択し、枠試験圃場 (傾斜に沿って約 $10 \text{ m} \times$ 幅約 5 m) を設定して、強雨後に表面流去する水量、懸濁物量およびそれらに含まれる窒素量を調査した結果、竹林・栗林に対して、畑地・野菜畑では表面流去窒素量および土壌侵食量が大きい (図 3)。

〔成果の活用面・留意点〕

- 本結果は、太湖地域水系の富栄養化を議論するためのひとつの重要な事例となる。
- 水稻基肥施肥直後の田面水位を低く抑えることによって 6 月期の窒素流出が抑制される可能性がある。
- 中国における富栄養化の問題を議論する際には、地表水移動のみならず大気に放出されるアンモニア等の含窒素ガスの影響も考慮する必要がある。

〔具体的データ〕

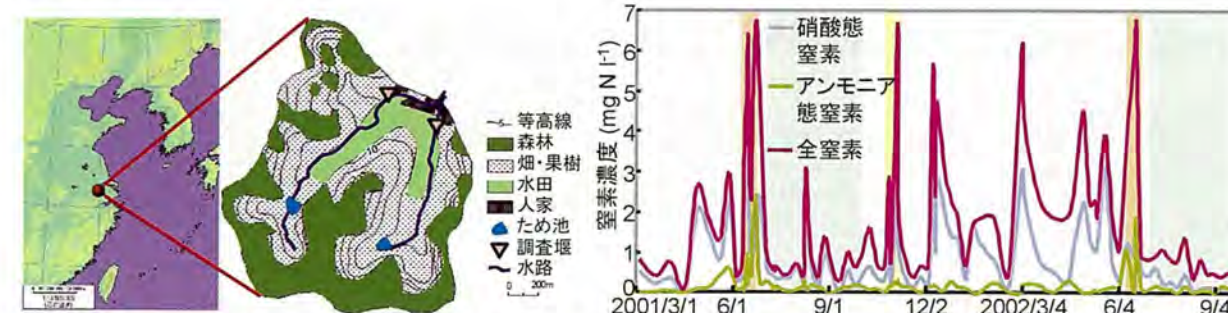


図 1 江蘇省宜興市梅林集水域の位置と地形・土地利用

図 2 江蘇省宜興市梅林集水域から流出する水路水中硝酸態窒素、アンモニア態窒素および全窒素の濃度。採水は 1 週回を基本とし、降雨後 14 時間は最短 15 分毎の高頻度で行った。

水稻生育の旺盛な 7～9 月期、水稻基肥施肥期、アブラナ・小麦基肥施肥期。

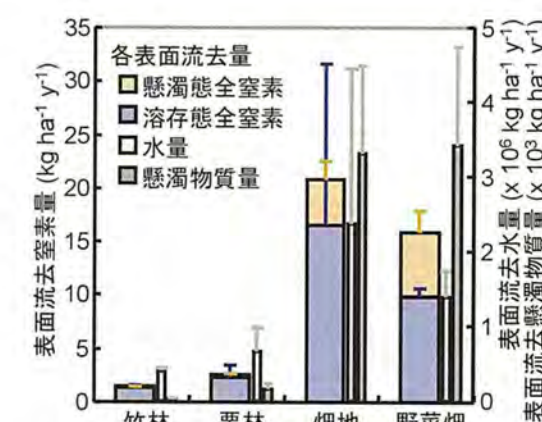


図 3 表面流去水量、表面流去懸濁物質量、表面流去懸濁態・溶存態全窒素量に及ぼす傾斜地の代表的な土地利用形態の影響 (2002 年通年。計 12 回の強雨により顕著な表面流去が観察された)。バーは 2 反復の標準偏差。

表 1 農家聞き取り調査に基づく、栽培作物別作付面積および施肥窒素量

栽培作物	延べ作付面積			窒素施肥量		
	農家42戸の調査結果 (ha y ⁻¹)	集水域内推定値 (ha y ⁻¹)	全延べ作付面積に占める割合 (%)	1作あたり (kg N ha ⁻¹) ¹⁾	集水域内推定値 (kg N y ⁻¹)	化学肥料施用率 (%)
水稻	9.0	35	32	366	12698	91
アブラナ	5.1	20	18	212	4176	98
栗	3.3	13	12	182	2320	91
梨	2.9	11	10	165	1840	78
竹	2.1	8	7	9	71	100
トウモロコシ	1.9	7	7	211	1545	99
茶	1.7	7	6	465	3049	83
野菜	1.1	4	4	636	2695	66
小麦	0.7	3	2	209	564	87
サツマイモ	0.3	1	1	113	131	98
合計	28.1	108 ²⁾	100		29089	

1) 木本については、年間施肥量。2) 集水域内作付面積および集水域全面積は、それぞれ74.4 および122 haであり、域内耕地における年平均作付け回数は1.95作 (木本を除く) と計算される。

〔その他〕

研究課題：中国における環境保全型農業生産技術の評価と開発

予算区分：国際プロ [中国食料資源]

研究期間：2003 年度 (1997～2003 年度)

研究担当者：宝川靖和、高超 (中国科学院南京土壤研究所/南京大学)、朱建国 (中国科学院南京土壤研究所)、朱継業 (南京大学)、高翔 (南京大学)、奚貽俊 (南京大学)、八木一行 (農環研)

発表論文等：

- 宝川靖和、八木一行、高超、白曉華、朱建国、蔡祖聰 (2002)：中国太湖地域の農業集水域からの窒素およびリンの流出。日本陸水学会講演要旨集, 67, 82.
- Gao, C., Zhu, J., Yang, L., Hosen, Y. and Yagi, K. (2003)：Watershed scale study on nutrient export from agricultural land in Taihu Lake area, China. Workshop on Evaluation and Development of Methods for Sustainable Agriculture and Environmental Conservation, March 2003, Yangzhou, China, 6, 58-67.
- Gao, C., Zhu, J., Zhu, J., Gao, X., Dou, Y. and Hosen, Y. (2004)：Nitrogen export from an agriculture watershed in the Taihu Lake area, China. Soil Quality and Sustainable Use of Soil Resources (accepted).

11. 熱帯地域における非作付け期の土壌乾燥に起因する生育抑制

〔要約〕 水稻の長期連作試験において、非作付け期に土壌を乾燥させると、リン欠乏により特に初期の成育抑制とそれによる収量の低下が見られる。これは土壌排水により二価鉄が酸化され、それに伴って可給態リン量が減少することが一因となっている。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6306		
推進会議名	国際農林水産業	専門		対象	水稻	分類	研究

〔背景・ねらい〕

熱帯地域においては、水稻二期作のような集約的農業が一般的に行われている。しかし、この農法では非作付け期が短く、土壌に対する負荷も大きくなるため、非集約的な農業に比べて一作あたりの収量が減少する場合が多い。本研究では、水稻二期作体系において持続的な水稻栽培を行うため、非作付け期の水管理に起因する水稻生育抑制とそのメカニズムを明らかにする。

〔成果の概要・特徴〕

- 1972 年の試験開始以来、それぞれのプロットで同じ水・有機物管理が繰り返されている試験において、2001 年乾期から 2002 年雨期までの 4 作について、非作付け期の土壌乾燥・灌水 (W0・W1) × 稲わら無施用・施用 (S0・S1) の 4 区を 4 反復で設定する。各試験区から土壌及び植物体サンプルを採取し、土壌二価鉄量、植物乾物重、養分濃度などを測定する。
- 2001 年乾期から 2002 年雨期のいずれの作期においても、W0S0 区において、他区より収量が低くなる (図 1)。2002 年乾期作について、W0S0 区において他区に比べて、特に稲作初期で生育が抑制される (図 2)。すなわち、非作付け期の土壌乾燥によって水稻の初期生育は抑制され、収量を減少させるが、稲わら施用 (W0S1)、非作付け期の土壌灌水 (W1S0) によってこの抑制は緩和される。他の作期についても同様の傾向となる (データ非表示)。
- W0S0 区における葉の養分濃度は、窒素濃度は各処理間の差はほとんどみられず (図 3)、カリウム、亜鉛 (データ非表示) についてもこれらの要素による生育抑制は認められない。リン濃度は特に初期において他の区よりも著しく低く、その値はリン欠乏が生じ始めるといわれる $1 \text{ (g kg}^{-1} \text{ plant)}$ 程度である (図 4)。また、この区では茎数が少なく、深緑色を呈しているため、この生育抑制は、リン欠乏によるものと考えられる。他の作期についても同様の傾向となる (データ非表示)。
- 非作付け期の土壌排水で二価鉄が減少するため、W0S0 区における、作付け期にの二価鉄量は他の区よりも小さくなる (図 5)。これは他の作期についても同様の傾向となる (データ非表示)。2002 年乾期作前の土壌中の可給態リン (Olsen リン) 濃度は、W1S1 (2.5) > W1S0 (2.3) > W0S1 (1.9) > W0S0 (1.4) となり W0S0 区で最小となる。土壌のリン酸は、二価鉄の酸化と同時に吸着され、可給度が減少すると言われているが、土壌中の二価鉄濃度はこの逆の順となる (図 5)。以上から、W0S0 区においてリンの可給度が減少するのは非作付け期の二価鉄の減少が一因となっていると推察される。この他、非作付け期の土壌乾燥は、表層への塩基類の集積を促進し、これに伴ってリンの可給度や吸収に影響を及ぼすことも考えられる。

〔成果の活用面・留意点〕

- 非作付け期に土壌乾燥を防ぎ、稲わらを施用する土壌管理は、水稻の生育抑制を軽減する効果がある一方で、温室効果ガスを増加させる懸念もある。この生育抑制の方策は、環境への影響を勘案し、総合的に行う必要がある。

〔具体的データ〕

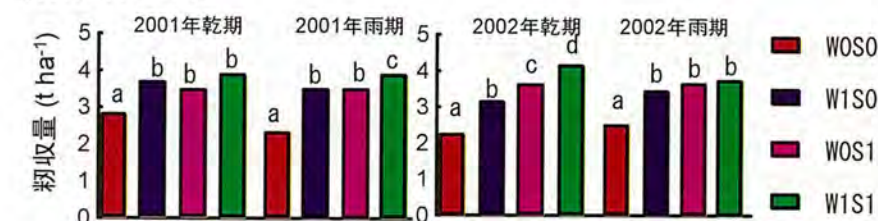


図 1 収量
測定値間の有意差は Duncan の多重比較により検定し、異なる記号間には 5% 水準で有意差があることを示す。(以下同)
DAT: 栽培日数

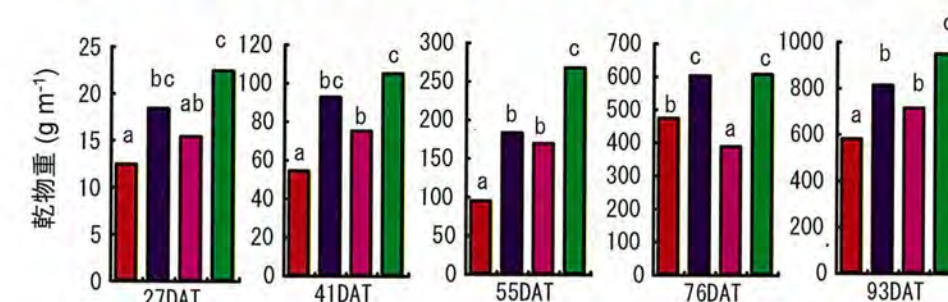


図 2 乾物重の変化 (2002 年乾期 (以下同))

誤差線は標準誤差を表す。
(以下同)

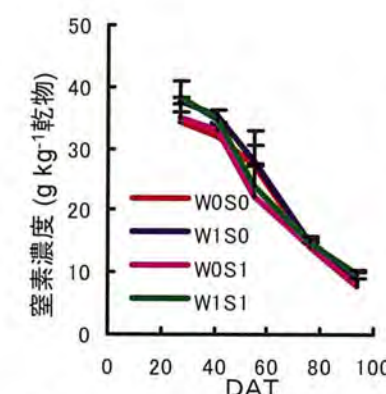


図 3 葉における窒素濃度の変化

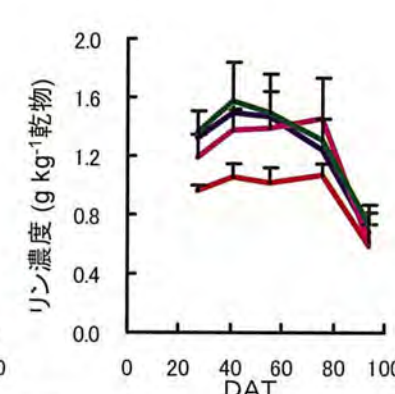


図 4 葉におけるリン濃度の変化

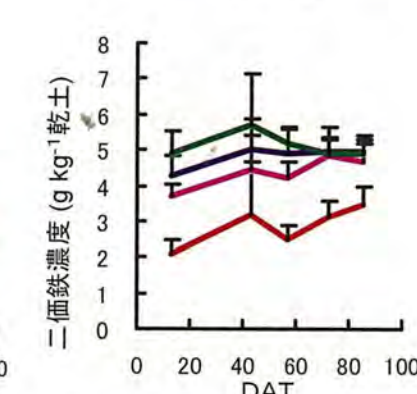


図 5 土壌中の二価鉄量の変化

〔その他〕

研究課題: 環境保全型稲作技術開発のための収量決定要因および環境適用に関する生理学的研究

予算区分: 特別拠出

研究期間: 2003 年度 (2000 ~ 2004 年度)

研究担当者: 野副卓人

発表論文等:

- 野副卓人, Reynaldo Rodriguez and Ruth Agbisit (2003): 熱帯地域における水稻一期、二期および三期作が土壌の二価鉄含量および pH に及ぼす影響、日本土壌肥科学雑誌、74 巻、p 499-502
- Reynaldo Rodriguez, Nozoe, T. and Ruth Agbisit (2003 年 4 月): Effects of straw and fallow treatments on the early growth of irrigated rice in relation to soil pH and Fe (II) content, The Philippine Journal of Crop Science (Published by the Crop Science Society of the Philippines), Volume 28 (Supplement No.1), p 71
- 野副卓人 (2003 年 8 月): 一年の栽培回数の違いが水田土壌における pH および二価鉄量の変化に及ぼす影響、日本土壌肥科学会講演要旨集、第 49 集、p 121
- 野副卓人, Reynaldo Rodriguez and Ruth Agbisit (2004): 熱帯水稻二期作地域における非作付け期の灌排水が生育収量に及ぼす影響、日本土壌肥科学雑誌、75 巻、2 号 (印刷中)

12. 水稻の耐倒伏性関連形質の QTL 解析

[要約] インディカ・ジャポニカ交配後代の半数体倍加 (DH) 系統の押し倒し抵抗値、地上部形態形質、根系形態形質など耐倒伏性に関する形質の量的形質遺伝子座 (QTL) はそれぞれ複数の染色体上に散在し、押し倒し抵抗値では QTL は第 7, 8 染色体上に存在する。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部				連絡先	029(838)6355	
推進会議名	国際農林水産業	専門	遺伝	対象	水稻	分類	研究

[背景・ねらい]

インディカとジャポニカが交互に作付けされる中国江南地方の二期作において、倒伏はこぼれ種によって次作に重大な影響を与える。さらに近年では、産業構造の変化によって直播栽培が急速に広まっており、ころび型倒伏の発生が問題となっている。このため、地上部形質のみならず根系も含めて耐倒伏性の機作を解明し、耐倒伏性品種を育成することが求められている。そこで、インディカ・ジャポニカ交配 (窄葉青 8 号 / 京系 17) 後代の DH 系統 (供試系統数 127) を用いて、押し倒し抵抗値や根系形態など耐倒伏性に関連する形質の QTL 解析を行う。

[成果の概要・特徴]

- 倒伏程度との相関は、稈長、重心高、地上部重、地上部モーメントの地上部形質、次いで地上部重を除いた押し倒し抵抗値、TR 率が強く、根系形態及び根活性は弱い。押し倒し抵抗値との相関は到穂日数 > 地上部形質 > 根系形質の順に強い。(表 1)
- 倒伏程度の QTL は第 2, 6 染色体上にあり、第 6 染色体上の QTL は TR 率の QTL の一つと同じ位置である (表 2、図 1)。
- 稈長の QTL は第 4, 8, 10, 12 染色体、重心高の QTL は第 4, 8, 9, 10 染色体上にあり、第 4, 8, 10 染色体上の QTL は両者が同じ位置である。他の形質 (根系形態、根活性、押し倒し抵抗値、倒伏指数、到穂日数、地上部形態) も各々複数の QTL が複数の染色体上に散在する。(表 2、図 1)
- これらの QTL を、各形質と倒伏程度との相関係数の正負号と各 QTL の Additive Effect の正負号により、耐倒伏性を増加させる QTL と減少させる QTL に分類すると、ゲノム上で分布が鮮明に分かれる。増加させる QTL は第 3, 5, 6, 7 染色体上、減少させる QTL は第 1, 2, 4, 8, 9, 10, 12 染色体上に偏在する。(図 1)

[成果の活用面・留意点]

- 得られた情報に基づき、耐倒伏性を増減させる領域を置き換えた材料を開発することにより、その効果の研究に活用できる。
- 1 つの集団での成果であり、他集団での反復が望まれる。
- 稈長が耐倒伏性に与える影響は大きいので、稈長をそろえた材料を開発し、更に解析を進める必要がある。

[具体的データ]

表 1 倒伏程度及び押し倒し抵抗値と各形質の相関係数

	2003		2002	
	倒伏程度	抵抗値	倒伏程度	抵抗値
倒伏程度	1		1	
倒伏指数	0.50		0.53	
押し倒し抵抗値	0.06	1	-0.06	1
抵抗値/地上部重	-0.39	0.38	-0.37	0.80
稈長	0.41	0.40	0.29	0.43
重心高	0.47	0.33	0.35	0.42
地上部重	0.42	0.59	0.41	0.63
地上部モーメント	0.45	0.59	0.38	0.60
到穂日数	0.26	0.46	0.28	0.61
TR 率	0.39	0.25	0.31	-0.09
根重	-0.05	0.25	-0.02	0.39
根数	0.12	0.36	-0.06	0.39
根直径	-0.04	-0.17	-0.09	0.26
最長根長	-0.15	0.14	0.01	0.31
出液速度	-0.13	-0.30		
根呼吸活性	-0.11	-0.26		

表 2 各形質の QTL (2003)

Test Trait	QTL	Interval	Chromosome	LOD score	Varian ce %	Additive Effect
倒伏程度	qLS	G1314B-GA216	6	3.98	23.2	-0.8257
倒伏指数	qLS	G295-RG491	9	2.1	11.4	-0.5746
押し倒し抵抗値	qPRF	G2159-G16	10	2.11	11.1	26.117
稈長	qPH	RG650-CT369	7	2.21	13.1	-0.6695
重心高	qGCH	G2132-G192	8	3.23	15.3	12.854
地上部重	qGCH	C513-G271	4	2.33	12.4	3.7359
地上部モーメント	qGCH	G2132-G192	8	2.65	12.7	3.9774
到穂日数	qPN	C16-GT221	10	2.45	11.9	3.5061
TR 率	qTR	Y8007R-CT388	2	2.32	11	2.7096
根重	qPN	CT208-CT404	4	3.04	15.1	-2.9941
根数	qCT	RG322-RG520	2	2.06	9.9	-0.0441
根直径	qCT	G122-G1314B	6	2.59	13.3	-0.0519
最長根長	qCT	G200-C235	6	2.53	14	-7.5291
出液速度	qCT	RG885-GA408	8	2.83	24.1	9.9672
根呼吸活性	qCT	G148-RG413	12	2.15	11.4	6.5824
地上部重	qPRF	G157-G1234	2	2.7	14.5	-1.5446
地上部モーメント	qPRF	G1314B-GA216	6	2.78	19.5	1.8047
倒伏指数	qPRF	RG463-G148	12	2.21	11.7	0.4693
押し倒し抵抗値	qPRF	G148-RG413	12	3.53	17.7	66.881
稈長	qPH	GA506-C649	1	3.25	21.4	-5.2167
重心高	qPH	CT746-GA505	3	2.22	13.2	-4.2167
地上部重	qPH	G249-G164	3	2.76	21.9	0.0481
地上部モーメント	qPH	G148-RG413	12	2.8	16	-0.0411
到穂日数	qPN	CT234-G175	3	2.19	14.5	-0.6496
TR 率	qTR	GA505-G249	3	2.12	13.2	0.6213
根重	qPN	G249-G164	3	2.05	19.8	0.3004
根数	qPN	G93F-C356A	9	2.87	15.9	-0.2681

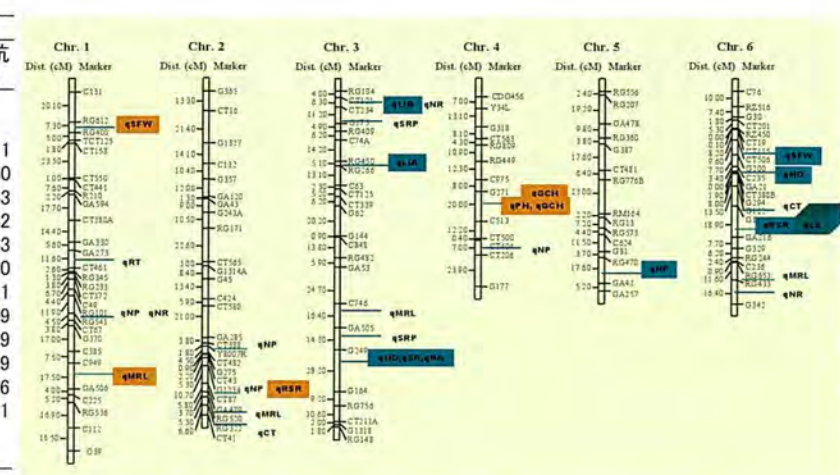


図 1 倒伏との関係で色分けされた QTL の分布

[その他]

研究課題：多収関与要因の解析と安定多収栽培技術の開発

予算区分：国際プロ [中国食料資源]

研究期間：2003 年度 (2002 ~ 2003 年度)

研究担当者：藤本寛、飛田哲、銭前、呉偉明、曾大力、董国軍、郭龍彪 (中国水稻研究所)

発表論文等：

- Fujimoto, H. (2003) : QTL mapping for lodging-resistance traits using a DH population. Workshop on Rice Germplasm Innovation Using Biotechnology 口頭発表
- Fujimoto, H. and Q. Qian (2003) : QTL mapping for lodging-resistance traits using a DH population. The First International Symposium on Rice Functional Genomics Abstracts p.49 ポスター発表
- Fujimoto, H., J. Hu, Q. Qian, G. Dong, S. Teng, D. Zeng and L. Zhu (2002) : QTL analysis of lodging resistance in rice (*Oryza sativa* L.) International Rice Congress 2002 ポスター発表

13. イネ科作物のタンパク態窒素利用特性

〔要約〕イネ科作物は、その施用窒素形態に対する反応から、無機態窒素の供給が十分でない場合に有機態窒素とくにタンパク態窒素も積極的に利用するソルガム、イネ（陸稲）のタイプと、無機態窒素のみを利用するトウモロコシ、パールミレットのタイプとに分かれる。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6354		
推進会議名	国際農林水産業	専門	土壌肥料	対象	イネ科作物	分類	研究

〔背景・ねらい〕

農家の化学肥料利用量が少ないサブサハラなどの途上地域では、家畜糞、作物残渣、などの有機物を併用して窒素を施用している場合が多い。窒素有機態で施用した場合、一時的に土壤中の可給態窒素の主体であるタンパク態の画分が増大することが知られている。作物によるこの画分の利用特性を知るとは、有機・無機併用型の土壌管理における合理的な施用指針を得るために重要である。そこで、世界的に食料として重要な4つのイネ科作物について、タンパク態窒素利用特性を明らかにする。

〔成果の概要・特徴〕

1. 同じ量の窒素 (150 kg N ha^{-1}) を無機態 (尿素) と有機態 (米糠と稲わらの混合物、C/N 比 20) で圃場に施用してイネ科4作物の反応を比較したところ、生育初期の反応から2つのグループに分かれた。ソルガムとイネ (陸稲) は、有機態窒素区で無機態窒素区よりも生育がよく (表)、窒素吸収量も高い。一方トウモロコシとパールミレットでは処理間に有意な生育の差は認められない (表)。開花後は、いずれの作物でも処理間差がみられない。有機態窒素に対するイネの反応は既報のとおりであるが、ソルガムの反応は新規の知見である。
2. ポットに畑土壌を詰め、硝安区、米糠区 (C/N 比 12)、米糠・稲わら区 (C/N 比 20) を設けて、同量の窒素 (500 mgN kg^{-1}) を施用し、移植後 21 日間の窒素吸収量を比べたところ、圃場試験と同様に2つのグループに分かれた。すなわちソルガムとイネは、米糠区および米糠・稲わら区での窒素吸収量が、硝安区のそれに比べて劣らない (図1)。それに対しトウモロコシとパールミレットの窒素吸収量は硝安区で高い。前2作物の結果は土壤中のタンパク態窒素量と、後2作物の結果は無機態窒素量と、それぞれよく対応している (図2)。
3. 同じポット試験において、根系形質である根の長さ、表面積、フラクタル次元などには処理間差がほとんどないので、生育の違いは根系構造ではなく、それぞれの形態の窒素に関する単位根長あたりの吸収速度の違いによってもたらされるものである。
4. タンパク態窒素の直接吸収速度を、水耕状態で比較した。タンパク様物質は、畑土壌から中性リン酸緩衝液で抽出し、さらに透析して得たものを用いた。その結果によれば、ソルガムとイネはトウモロコシよりもタンパク態窒素吸収速度が高く、パールミレットはほとんど吸収しない (図3)。このことは、圃場やポット土耕試験での結果が、タンパク態窒素の直接吸収速度の差によってある程度説明されることを示している。また、トウモロコシは水溶液中で遊離しているタンパク態窒素はある程度吸収できるが、土壤中で鉱物に吸着しているタンパク態窒素を脱着する機構を持たない可能性がある。

〔成果の活用面・留意点〕

1. ソルガムと陸稲においては、土壤中のタンパク態窒素量の増大・維持にも目を向けた施肥法が重要である。
2. 砂質土壌のように、無機態窒素が溶脱し、有機態のみが土壌に維持されやすい条件での効率的な窒素肥沃度管理方法の指針の基礎知見となる。

〔具体的データ〕

表1 無機態、有機態の窒素の施用がイネ科作物の総乾物重 (g m^{-2}) に及ぼす影響 (平均値±標準誤差 (n=3)、括弧は無機態窒素区に対する有機態窒素区の比) (播種後 70 日)

作物	無機態窒素区		有機態窒素区	
イネ	107.34 ± 1		200.11 ± 24	(186 *)
ソルガム	37.11 ± 8		131.74 ± 28	(355 *)
パールミレット	718.36 ± 126		894.70 ± 132	(125)
トウモロコシ	652.91 ± 89		632.68 ± 65	(97)

*は $p < 0.05$ で有意

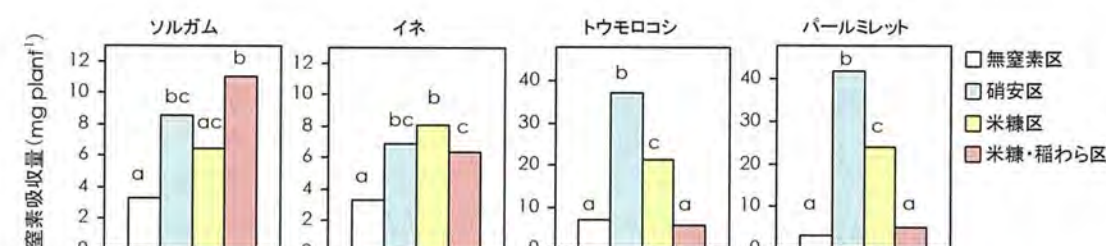


図1 土耕ポット試験における4作物の窒素吸収量。異なるアルファベットは有意差あり (5%)

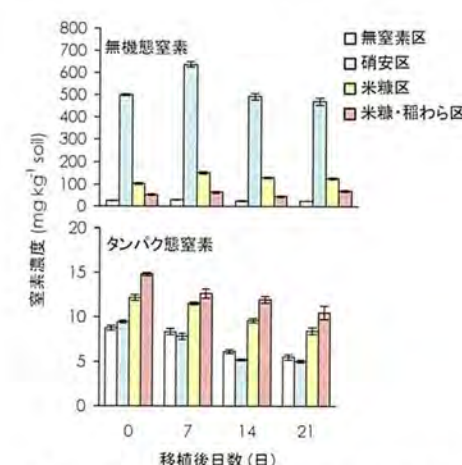


図2 非栽培土壌中の無機態およびタンパク態窒素濃度の推移 (ポット試験)

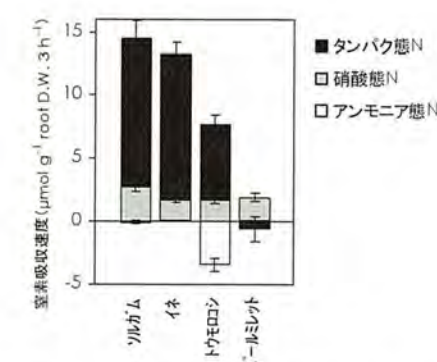


図3 単位根あたり窒素吸収速度 (水耕)

〔その他〕

研究課題：有機態窒素の施用に対する畑作物の反応における種間差

予算区分：基盤〔有機態窒素〕、国際プロ〔アフリカ土壌肥沃度〕

研究期間：2003年度 (2001～2003年度)

研究担当者：岡田謙介、岡本美輪 (東京大学大学院農学生命科学研究科)

発表論文等：

- 1) Okamoto, M., Okada, K., Watanabe, T. and Ae, N. (2003) : Growth responses of cereal crops to organic nitrogen application in the field. Soil Science and Plant Nutrition 49 : 445-452.
- 2) 岡本美輪、岡田謙介、渡部敏裕、阿江教治 (2002) : 有機態窒素に対するイネ科作物の生育反応特性。日本土壌肥科学会講演要旨集第48巻78.
- 3) 岡本美輪、岡田謙介 (2003) : 有機態窒素施用に対するイネ科4作物の生育反応特性と有機態窒素吸収の可能性。日本作物学会紀事72巻 (別1) 166-167.
- 4) 岡本美輪、岡田謙介 (2003) : イネ科4作物における有機態窒素吸収の可能性。日本土壌肥科学会講演要旨集第48巻78.

14. イネのアルミニウム耐性のメカニズムと耐性品種の迅速スクリーニング手法

〔要約〕 イネのアルミニウム耐性には、コムギの場合とは異なり、根端における Al と Ca の相対保持量が大きな役割を果たしている。このメカニズムに基づいて、より迅速に耐性品種を選抜することができる。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6354		
推進会議名	国際農林水産業	専門	作物生理	対象	陸稲	分類	研究

〔背景・ねらい〕

陸稲（畑イネ）は途上国の小農にとって重要な畑作物であるが、湿潤熱帯に多く分布する赤黄色土壌では土壌酸性が主要な生育制限要因となっていることが多い。経済的な理由から炭カルの大量施用による土壌 pH 矯正は難しいことが多く、耐性をもつ品種の開発が望まれている。しかしながら、陸稲の酸性土壌耐性は、多くの研究がなされているコムギなどに比べて不明な点が多い。これまで南米のサバナで行われた JIRCAS の研究において、酸性オキシソル土壌における陸稲の酸性土壌耐性の品種間差に、カルシウム（Ca）が大きく関与していることが示されている。そこでこの点に着目して、これまで多く研究されてきたコムギとの対比で、陸稲の酸性土壌耐性の機構を明らかにし、効率のよいスクリーニング方法を提案した。

〔成果の概要・特徴〕

1. 酸性土壌害の主因はアルミニウム（Al）であるとされており、その最初期の症状は根の伸長阻害である。水耕液に Al を添加した区の根相対伸長量（%）をもとにイネの Al 耐性を判定した。Al 耐性はトヨハタモチ（73%）＞Oryzica Sabana6（53%）＞IR72（28%）＞IR36（19%）≧Kasalath（16%）の順である（図1）。Ca の濃度を高めることによっていずれの品種でも生育は回復するが、その程度は感受性品種ほど大きい（図1）。
2. イネの場合、Al 添加によって伸長が低下しているところに Ca の同族元素であるバリウム（Ba）を加えると、いずれの根の伸長もさらに低下する（図1）。しかしコムギ（Atlas 66）の場合は、Ba の添加によって根の伸長阻害は完全に回復する（図2）。このように Al 過剰害を受けている根に対する Ba の効果がイネとコムギとは正反対であり、Al 耐性の機構が異なっていることが推察される。
3. 従来コムギでは Al 耐性のスクリーニング手法として、根の内部に浸透した Al の量をヘマトキシリンで染色して定量する方法が広く使われ、その実効性も確認されてきた。しかしこの方法はイネには適用できないことがわかっている。これは上述のように両作物における Al 耐性の機構が異なるためであると推察される。そこで、イネでは根細胞壁の Al と Ca の吸着能の差が酸性土壌耐性メカニズムに関与している可能性があることをふまえ、ピロカテコールバイオレット（PCV）を用いた短時間スクリーニング法を開発した。すなわち、15 分の Al 処理で根細胞壁に Al を吸着させた後、高 Ca 濃度の溶液に移して易交換性 Al を Ca で置換し、残った難交換性 Al を PCV で染色した。その結果、本スクリーニング法では、感受性の 3 品種の根端は抵抗性の 3 品種のものより濃く染色され（図3）、根伸長をもとに評価した Al 耐性の結果と一致した。一方、高 Ca 濃度溶液による易交換性 Al の置換除去を省略し、脱塩水でのみ洗浄した場合は、染色の品種間差は明確でなかった。この方法により極短時間のスクリーニングが可能である。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 本スクリーニング方法を、酸性圃場における生育と比較させる必要がある。

〔具体的データ〕

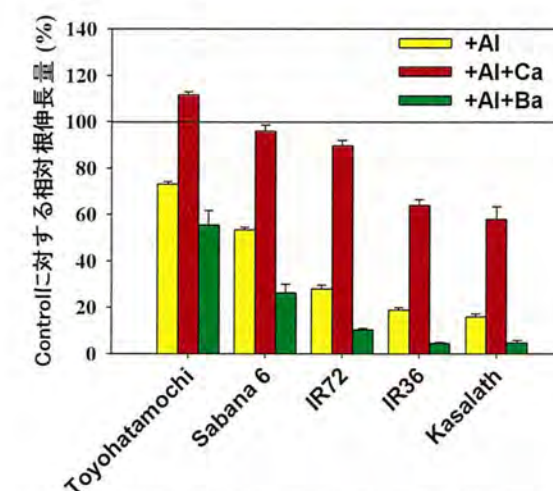


図1 Ca、Ba 添加がイネの Al による根伸長阻害に及ぼす影響
〔Control〕: 50 μ M Ca,
〔+Al〕: 50 μ M Ca + 20 μ M Al,
〔+Al+Ca〕: 500 μ M Ca + 20 μ M Al,
〔+Al+Ba〕: 50 μ M Ca + 450 μ M Ba + 20 μ M Al

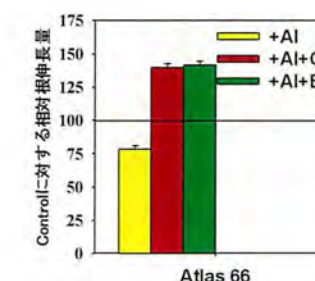


図2 Ca、Ba 添加がコムギの Al による根伸長阻害に及ぼす影響
〔Control〕: 50 μ M Ca,
〔+Al〕: 50 μ M Ca + 10 μ M Al,
〔+Al+Ca〕: 500 μ M Ca + 10 μ M Al,
〔+Al+Ba〕: 50 μ M Ca + 10 μ M Al + 450 μ M Ba.

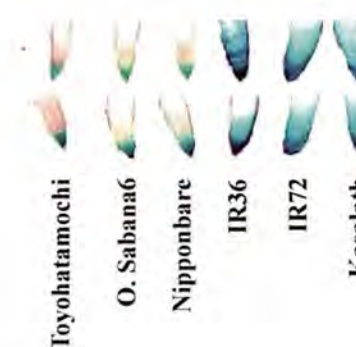


図3 イネ品種の根を 50 μ M Ca、100 μ M Al で 15 分間処理し、45 分間 500 μ M Ca で洗浄後、PCV で染色した結果。上下 2 本の根は反復を示す

〔その他〕

研究課題：イネのアルミニウム耐性および鉄過剰耐性の生理機構

予算区分：基盤、技会プロ〔アフリカ稲作国内支援〕、受託〔科学技術特別研究員〕

研究期間：2003 年度（2001 ～ 2003 年度）

研究担当者：岡田謙介、渡部敏裕

発表論文等：

- 1) Okada, K., Fischer, A.J., Perez Salazar, F.A. and Canon Romero Y. (2003): Difference in the retention of Ca and Al as possible mechanisms of Al resistance in upland rice. Soil Science and Plant Nutrition 49: 889-895.
- 2) Okada, K. and Fischer, A.J. (2001): Adaptation mechanisms of upland rice genotypes to highly weathered acid soils of South American savannas. In: N. Ae, et al. (Eds.) Plant Nutrient Acquisition -New Perspectives- Springer-Verlag, Tokyo pp. 185-200.
- 3) 岡田謙介、Albert Fischer (2002): 南米オキシソルにおける陸稲の酸性土壌耐性の品種間差は低 Ca 耐性の差による。日本土壌肥料学会講演要旨集、48-66.
- 4) 渡部敏裕、岡田謙介 (2002): イネのアルミニウム耐性品種間差に関する研究。日本土壌肥料学会講演要旨集、48-48.
- 5) 渡部敏裕、岡田謙介 (2003): 低 pH 条件下で多価カチオンがイネの根伸長に与える影響—アルミニウムイオンを中心に—。日本土壌肥料学会講演要旨集、49-70.

15. ラドン・水収支法によるため池への地下水浸入と貯水の地下浸出の定量解析

〔要約〕ラドン収支式と水収支式を用いた解析法により、従来法では困難であったため池への地下水浸入と貯水の地下浸出を定量することができる。

所属	国際農林水産業研究センター・生産環境部			連絡先	029(838)6359		
推進会議名	国際農林水産業	専門	現象解析技術	対象	水資源	分類	研究

〔背景・ねらい〕

ため池への地下水浸入と貯水の地下浸出を定量することは、水資源の有効利用、水質の予測などに役立つ。地表水の収支のみを考慮する従来の方法では、地下水浸入と貯水の地下浸出を同時に定量することはできなかった。そこで、水に含まれるラドンに着目し、ラドン収支と水収支を用いた解析法を提示した。

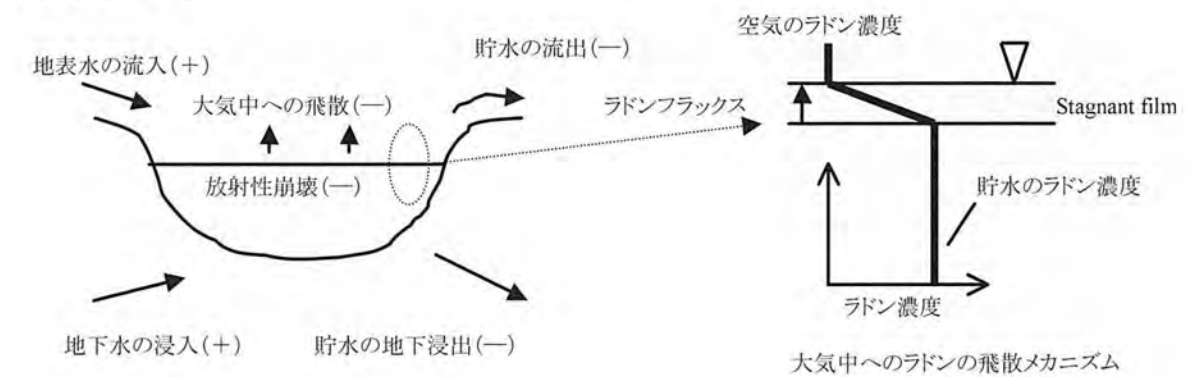
〔成果の概要・特徴〕

1. ラドンは地中のラジウムから供給される放射性のガスで、水に溶解する。ため池の水位とラドン濃度に変化がない場合、ため池の水収支とラドン収支は図 1 で示される。未知数は、地下水の浸入と貯水の地下浸出の 2 つなので、水収支式とラドン収支式を解くことによって、これらは求められる。
2. 大気中へのラドンの飛散については、水と空気の境界に Stagnant film を仮定し、film より下が貯水のラドン濃度、上を空気のラドン濃度とすると、大気中への飛散率＝貯水池の面積×ラドンの拡散係数×貯水の濃度／Stagnant film の厚さとなる（図 1）。恒温室での静水のラドン濃度の時間変化から、Stagnant film の厚さは、 $830\mu\text{m}$ と求められた。
3. この解析法を現地に適用した（表 1）。現地は長野県の F 池である。F 池は地すべり地帯に位置し、貯水の地下浸出が地すべりを誘発することが懸念されている。面積は 1550m^2 、平均水深は 2.8m である。ため池の水位変化は認められず、流入は近傍で湧出した湧水と地表を流下している流下水の 2 カ所で認められた。水収支は、 $0.11+0.15+x=0.43+0.09+y$ 、ラドン収支は $0.72+6.54x=3.74+1.00+0.18+0.41y$ となった。これらの式を解くことによって、地下水の浸入 x は 0.67 (L/s) 、貯水の地下浸出 y は 0.41 (L/s) と推定することができた。

〔成果の活用面・留意点〕

1. この解析法は地下水流入と流出が生じる通過池に適用でき、得られた地下水浸入量と貯水の地下浸出量は、水資源の有効利用、水質の予測、地すべり防止などに役立つ。
2. 水位変化のある場合には、水収支式とラドン収支式に水位変化による項を加える。
3. この解析法は、貯水は十分に混合されラドン濃度が一定であることを前提にしている。ため池の貯水の混合については、現段階では調査事例が少なく、今後、どのような場合、十分に混合されているかを明らかにする必要がある。
4. ラドン濃度の測定には液体シンチレーションカウンタが必要である。

〔具体的データ〕



水収支(水位が一定): 地表水の流入+地下水の浸入=地表水の流出+蒸発+貯水の地下浸出

ラドン収支(濃度が一定): 地表水の流入+地下水の浸入=放射性崩壊+大気中への飛散+貯水の流出+貯水の地下浸出

図 1 ため池の水収支とラドン収支（+は供給、-は損失を示す。）

表 1 調査結果 (F 池)

	流量(L/s)	ラドン濃度(Bq/L)	ラドン量(Bq/s)
近傍の湧水	0.11	6.54	0.72(流量×濃度)
地表水の流入	0.15	0.00	0.00
地下水の浸入	x	6.54	6.54x(流量×濃度)
放射性崩壊			3.74(崩壊定数×貯水体積×濃度)
大気中への飛散			1.00 (貯水池の面積×ラドンの拡散係数×貯水の濃度／stagnant filmの厚さ)
貯水の流出	0.43	0.41	0.18(流量×濃度)
貯水の地下浸出	y	0.41	0.41y(流量×濃度)
蒸発量		0.09	

貯水池の面積は 1550m^2 、平均水深 2.8m である。Stagnant filmの厚さは $830\mu\text{m}$ を、地下水のラドン濃度は、湧水のラドン濃度を採用した。

〔その他〕

研究課題：途上国における地表水と地下水の複合利用のための調査技術の開発

予算区分：基盤〔地下水利用〕

研究期間：2003年度（2002～2004年度）

研究担当者：濱田浩正

発表論文等：

- 1) 濱田浩正、岸智（2003）：ラドン収支と水収支による地下水浸入と流出の定量解析の小規模ため池への適用。水文水資源学会誌, 325-330.
- 2) 濱田浩正（2003）：静水から大気中へのラドンの飛散率と風速の関係に関する実験的研究。水文水資源学会誌, 420-422.

16. シロアリのアリ塚周辺では牧草の生産力と栄養価、及び放牧牛の採食頻度が高まる

〔要約〕草地上の有機物が集積・分解されるアリ塚周囲では、土壌は窒素含有率が高く、牧草も高栄養・高生産力を示す。放牧牛はそれらの牧草を多頻度に採食する。このことは一般的にタンパク供給力が低い熱帯草地において、アリ塚の分布が放牧牛の採食行動、特にタンパク質等の栄養摂取に重要な役割を果たすことを示唆する。

所属	国際農林水産業研究センター・畜産草地部			連絡先	029(838)6365		
推進会議名	国際農林水産業	専門	畜産草地	対象	肉用牛	分類	研究

〔背景・ねらい〕

熱帯地域の有機物の分解や養分循環にシロアリは中心的役割を果たすことが知られている。しかし、草地においてはシロアリのアリ塚は草地荒廃の指標の一つと考えられてきた。そこで熱帯草地の養分循環システムにおいてシロアリが果たす役割を解明するため、ブラジル EMBRAPA 肉牛研究センターの農牧輪換試験草地に分布するシロアリ *Cormitermes cumulans* のアリ塚を対象として、その塚隣接地と遠隔地の土壌の肥沃度、優占牧草 *Brachialia decumbens* の乾物生産量と栄養特性、放牧牛の採食訪問頻度を比較調査した。そのことにより熱帯草地の養分循環に関わる生態学的要因を解明し、農牧輪換草地の土壌肥沃度を持続的に維持するための合理的草地管理技術の開発に資する。

〔成果の概要・特徴〕

1. アリ塚内の全窒素、全炭素割合は周辺土壌より高い（表1）。周辺土壌においては、下層土は塚に近づくにつれ全窒素、全炭素割合とも高くなる。上層土では明瞭な傾向は認められないが、これは上層土では豊富な牧草根により養分の吸収が速いためと考えられる。
2. 牧草の乾物生産量は、塚隣接地が遠隔地より高い（図1）。
3. 単位面積当たりの牧草の粗タンパク生産速度は、塚隣接地が遠隔地より著しく高い（図2）。
4. 放牧牛は塚隣接地の高タンパク、高生産力の牧草を、遠隔地の牧草より多頻度に採食する（図3）。
5. 粗タンパク含量の低い C_4 イネ科草から構成され、マメ科牧草の維持が困難な熱帯草地において、アリ塚の分布は周辺牧草の生産力と粗タンパク含量の増大、及び放牧牛の採食行動、特にタンパク質等の栄養摂取に重要な影響を及ぼし、家畜生産に寄与していることが示唆される。
6. アリ塚周辺は、土-草-家畜間のエネルギー転流速度・物質循環速度が高いホットスポットと考えられる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 熱帯草地におけるシロアリの持つ養分循環機能を保全・活用した草地土壌養分の持続的維持管理技術開発の参考となる。
2. 熱帯草地生態系の生産者-消費者-分解者間の相互作用機序解明の参考となる。

〔具体的データ〕

表1 シロアリ塚中、及び塚からの距離別、層別土壌中全窒素、全炭素含有率（％）

	層／位置	塚中央層	塚外壁	塚より0.18m	0.54m	25.0m
全窒素	0-20cm 層	0.21	0.14	0.069	0.069	0.068
	20-40cm 層	0.13	0.11	0.048	0.067	0.045
	40-60cm 層			0.046	0.034	0.029
全炭素	0-20cm 層	4.2	2.2	1.7	1.7	1.8
	20-40cm 層	2.1	1.8	1.4	1.4	1.3
	40-60cm 層			1.3	1.1	1.0

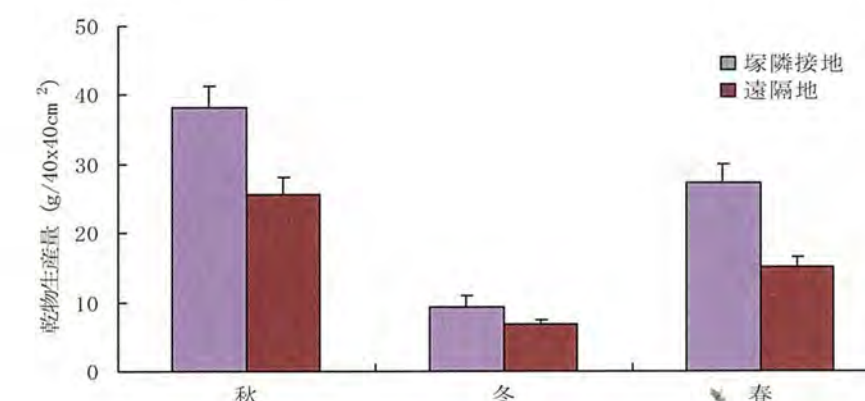


図1 牧草の乾物生産量 (g/40x40cm²) に及ぼすシロアリ塚の影響
注) 縦棒は標準誤差、n=12

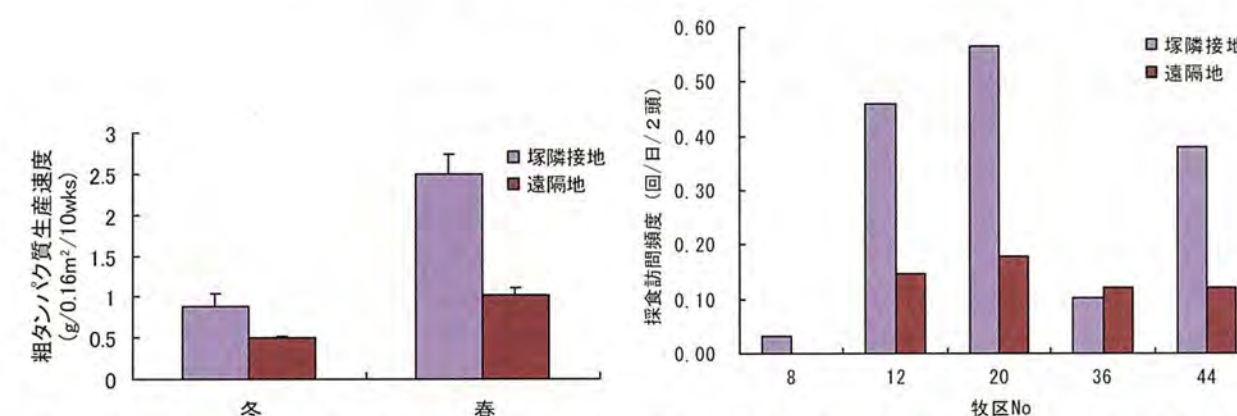


図2 牧草の粗タンパク生産速度に及ぼすシロアリ塚の影響
図3 放牧牛の採食訪問頻度に及ぼすシロアリ塚の影響

〔その他〕

研究課題：持続的農牧輪換システムにおける草地利用・管理技術の開発 - 農牧輪換システムにおける熱帯草地の特性評価

予算区分：国際プロ〔農牧輪換〕

研究期間：2002年度（2001～2002年度）

研究担当者：福田栄紀

発表論文等：福田栄紀、Manuel C. M. Macedo、Mamede J. Borges、Gustavo M. Pitaluga（2003）：ブラジル亜熱帯草地に分布するシロアリ塚が牧草の生育と放牧牛の採食行動に及ぼす影響、日本草地学会誌 49（別）24-25。

17. 窒素固定エンドファイトのイネでの組織内定着性評価の実験モデル開発

〔要約〕窒素固定エンドファイトのイネへの試験管内での接種法を確立できた。培養法と光学および電子顕微鏡観察等を組み合わせて植物内での接種細菌の感染状況を解析することにより、接種細菌の組織内定着性を明らかにできる。

所属	国際農林水産業研究センター・畜産草地部			連絡先	029(838)6356		
推進会議名	国際農林水産業	専門	微生物	対象	イネ科牧草	分類	研究

〔背景・ねらい〕

植物体内に共生的に生息している窒素固定エンドファイトに関してサトウキビやイネなどのイネ科植物で報告が近年相次いでいることから、これまでに各種のイネ科牧草から窒素固定能を有する *Azospirillum* 属、*Klebsiella* 属、*Herbaspirillum* 属等の細菌を多数分離してきた。これら分離菌株の植物内での窒素供給源としての寄与について明らかにするには、接種試験による組織内定着性の検討が不可欠である。そこで、種子の入手が容易で試験管内での無菌的な培養も比較的容易なイネを用いて窒素固定エンドファイトの接種法の実験モデルを確立し、感染状況を解析して植物内での組織内定着性評価のための基礎とする。

〔成果の概要・特徴〕

1. イネ品種「スプライス」、「Tetep」、「コシヒカリ」と、ギニアグラスから分離した *Herbaspirillum* sp. A46 株とを用いて窒素固定エンドファイトの試験管内での接種法を開発した。初殻を除去し表面殺菌した種子を LB 培地あるいは改変 Rennie 培地上 (30℃、暗黒下) で 3～4 日間発芽させる。培地上で菌の生育がみられない発芽種子を試験管内の窒素源を含まないイネ培養培地上に移植し、陽光定温器内 (培養温度 27℃、昼光 14 時間) に保持する。移植後 3 日目に *Herbaspirillum* sp. A46 株の対数増殖期の菌液を幼苗の株もとに接種する。上記の条件で栽培し順次各種試験に供する。
2. 培地から抜き取った植物体を表面殺菌し磨砕した後、これを順次希釈し改変 Rennie 培地を含む試験管に接種する。一定時間培養後にアセチレン還元能を測定し、窒素固定細菌の植物内での菌密度を最確値 (MPN) 法により確定する (図 1)。
3. 植物内での窒素固定細菌の増殖に及ぼす窒素源添加の影響評価は、無窒素培地と 10 μ M NH_4Cl 添加培地でそれぞれ栽培した植物体内の菌密度を比較することにより行う (図 2)。
4. 光学および透過型電子顕微鏡を用いた観察により、接種細菌の侵入部位および植物内での増殖部位が明らかになる (図 3)。また、植物内での増殖部位を視覚化するには *gusA* 遺伝子を導入した細菌のイネ幼苗への接種試験が有効である (図 4)。
5. 植物内での接種細菌のニトロゲナーゼ活性の評価には、培地中 (植物体外) で増殖の細菌を排除するために植物体を培地から取り出し培地を含まない新しい試験管に移し替えて、外部からの炭素源供給がない状態でアセチレン還元活性を測定する。
6. 以上の結果をもとに、分離した窒素固定細菌のイネ植物体内での組織内定着性を評価する。

〔成果の活用面・留意点〕

1. この実験モデルは幼苗を用いたものであり、植物体を大きく育てた場合の感染状況の検討が必要である。
2. ^{15}N を用いたフィード実験等により、宿主植物の生育への窒素固定細菌の寄与度を明らかにする必要がある。

〔具体的データ〕

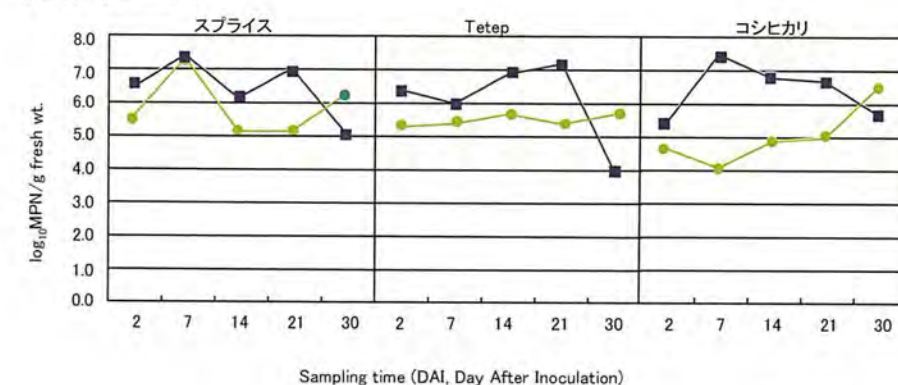


図 1 *Herbaspirillum* sp. A46 接種後の各イネ品種の根 (■) と茎葉 (●) における植物体内菌密度の経時的変化

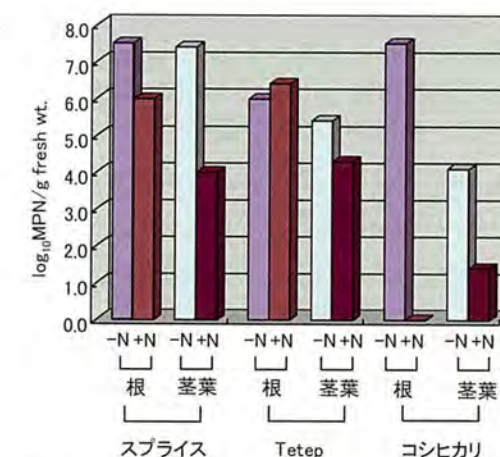


図 2 *Herbaspirillum* sp. A46 株のイネ品種への感染に及ぼす培地への窒素源 (NH_4Cl) 添加の影響
- N, 添加なし; + N, 添加あり、接種 7 日後

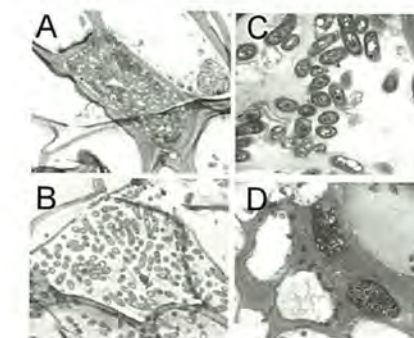


図 3 イネ品種「スプライス」に定着した *Herbaspirillum* sp. A46 の透過電子顕微鏡像
皮層細胞内 (A, B)、皮層細胞間隙 (C)、維管束原生木部 (D) に細菌が定着している

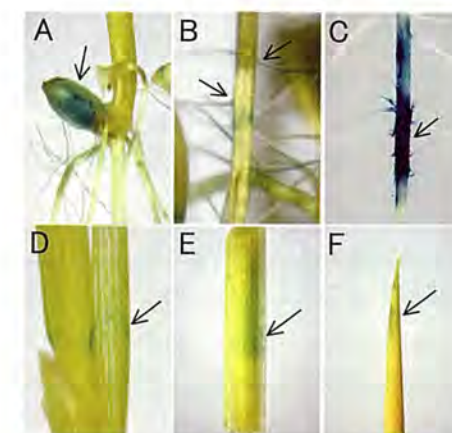


図 4 *gusA* 遺伝子で標識した *Herbaspirillum* sp. A46 株を接種した品種「スプライス」での接種 7 日後の光学顕微鏡写真。矢印部分が青紫色に発色している (A, 種子; B, 側根と根の分岐部位; C, 根端近く; D, 茎; E, 葉鞘; F, 葉身先端)。

〔その他〕

研究課題：有用植物体内細菌の特性評価

予算区分：基盤研究、招へい

研究期間：2003 年度 (2003～2005 年度)

研究担当者：安藤康雄、R.H.Hernandez-Oane (筑波招へい)、佐藤健次 (九州沖縄農研)、小林良次 (九州沖縄農研)、服部育男 (九州沖縄農研)、Adel Elbeltagy (筑波招へい)

発表論文等：R.H.Hernandez-Oane、安藤康雄、佐藤健次、小林良次、服部育男 (2002)：窒素固定細菌 *Herbaspirillum* sp. のイネでの組織内定着性。日本植物微生物研究会第 12 回研究交流会講演要旨集, 62-63.

18. 熱帯のサイレージ醗酵に適した優良乳酸菌

〔要約〕タイ国で良質サイレージを調製するための乳酸菌を熱帯対応型改良パウチ法を用いて検索し、高温 (45℃) 下に速やかに増殖して多量の乳酸を生成する優良乳酸菌株を分離した。分離株は少ない菌接種量でも共存する酵母やコリ型細菌の影響をあまり受けず、接種量を増やすと乳酸量が増大し、共存他種微生物の生菌数を低下させた。

所属	国際農林水産業研究センター・畜産草地部			連絡先	029(838)6365		
推進会議名	国際農林水産業	専門	畜産・飼料	対象	乳牛	分類	研究

〔背景・ねらい〕

タイ国では都市部を中心に牛乳類の消費が急増しているものの、新鮮乳生産量は需要の 60% に止まっている。タイ農業共同省畜産局では新鮮乳生産の自給率向上のために良質サイレージの給与を奨励しているが、良質サイレージの調製は必ずしも容易ではない。その原因の一つは、タイ国の気候風土に適応したサイレージ用乳酸菌が利用されていないことにもある。

そこで、酵母及びコリ型細菌 (CFB) とともに乳酸菌 (LAB) を接種して固体混合培養する熱帯対応型改良パウチ法を用いて、タイ国での良質サイレージ調製のための LAB を検索する。

〔成果の概要・特徴〕

1. タイ国のサイレージ 14 点から分離した 450 株の LAB を MRS 培地で培養し、培地の pH を 4 以下にまで低下させた 15 株を選抜して、それらのサイレージ適性を改良パウチ法で検定し、以下の 3 菌株を優良株として評価した。
2. トウモロコシ・サイレージから分離した SP1-3 株 (*Lactobacillus plantarum* と仮同定) は初期増殖速度はやや遅いものの、高温適応性及び乳酸耐性に優れ、最適温度 45℃ における 48 時間の液体培養では培地中糖量の約 94% に相当する 14 mg/ml の乳酸を生成した。
3. 同じくトウモロコシ・サイレージから分離した *Pediococcus* 属の CS5-5 株と CS1-8 株 (ともに *acidilactici* ~ *pentosaceus* 種群) は速やかな初期増殖を示し (図 1-B)、乳酸生成の最適温度及び対糖収率は 40℃ 及び約 60% であった。
4. SP1-3 株の培養 21 日目の最終乳酸量は LAB の接種量が他の微生物のそれよりも 10^3 倍多い (図 1-B: 10^5 cfu/g) 時に新鮮物中約 1.5% (対糖収率 100%)、他と同水準の時 (図 1-A) に新鮮物中約 1.0% (対糖収率 67%) であったが、酵母の接種量が多い時 (図 1-D) には新鮮物中約 0.8% (対糖収率 53%) にまで減少した。
5. 自然界のサイレージ材料には CFB や酵母の生菌数が多く、LAB はむしろ少ない。しかし、SP1-3 株や CS1-8 株を接種することによって酵母や CFB の増殖を抑制することができ、特に酵母に対して顕著な抑制効果が認められた (図 2)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. SP1-3 株は高温条件下に多量の乳酸を生産して雑菌の増殖を抑制することから、タイ国における高品質サイレージの調製に活用できる。
2. また、CS 5-5 株 (あるいは CS 1-8 株) は初期増殖に優れ、上記 SP1-3 株と併用するとさらなるサイレージの高品質化に活用できる。
3. 接種菌量は原物当り 10^5 cfu/g 程度にすることが望ましい。

〔具体的データ〕

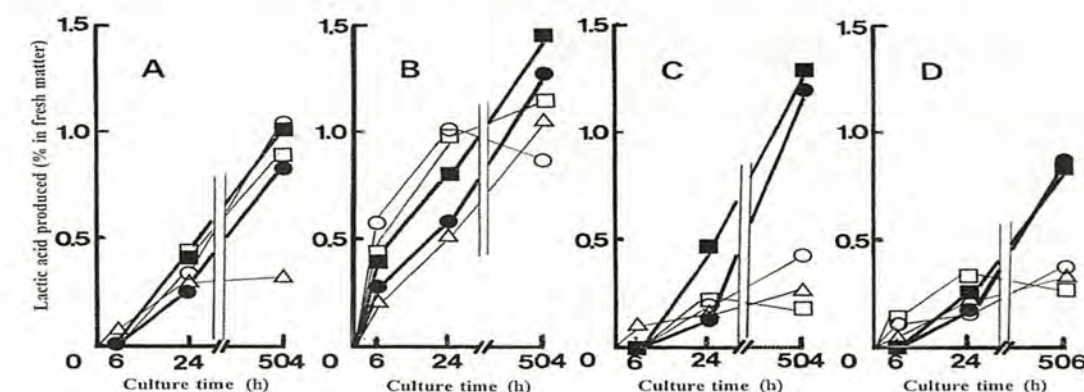


図 1 乳酸生成量に及ぼす菌接種量の影響 (パウチ法)
接種量 (cfu/ml) : A (LAB 10^2 , CFB 10^2 , 酵母 10^2)、B (LAB 10^5 , CFB 10^2 , 酵母 10^2)、C (LAB 10^2 , CFB 10^5 , 酵母 10^2)、D (LAB 10^2 , CFB 10^2 , 酵母 10^5)。
シンボル: ■ (SP 1-3 株)、● (CS 5-5 株)、△ (LS 2-34 株)、□ (KS 1-9 株)。

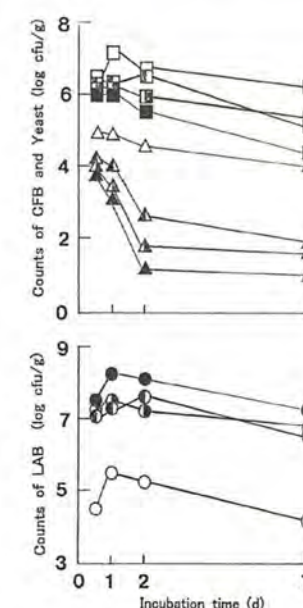


図 2 パウチ中の微生物生菌数の経時変化
○: 乳酸菌/□: コリ型細菌/△: 酵母
○△□: 乳酸菌非接種
●▲■: 乳酸菌 SP1-3 と CS1-8 の混合接種
(黒塗右は SP1-3 / 左は CS1-8)

〔その他〕

研究課題: タイ国における農業・農産物への乳酸菌の応用に関する研究

予算区分: 国際プロ [乳酸菌応用]

研究期間: 2003 年度 (2000 ~ 2003 年度)

研究担当者: 大桃定洋、Sunee Nitisinprasert (カセサート大学)、Supanit Hiranpradit (タイ農業局)

発表論文等:

- 1) Ohmomo, S., Nitisinprasert, S. and Hiranpradit, S. (2002): Silage-making and recent trend of dairy farming in Thailand. *JARQ*, 36 (4): 227-234.
- 2) Ohmomo, S., Nitisinprasert, S. and Hiranpradit, S. (2003): How to screen favorable lactic acid bacteria strains, from the case of bacteriocin producing strain and silage fermentation starter strain. Proceeding CD-ROM, The World of Indigenous Fermented Foods for Technology Development and Food Safety, 1-6. August 2003, Kasetsart University, Bangkok.
- 3) Ohmomo, S., Nitisinprasert, S., Kraykaw, D. and Hiranpradit, S. (2003): Modification of the pouch method to evaluate the ability of lactic acid bacteria strains for making good quality silage in Thailand. *JARQ*, submitted.

19. ベトナムメコンデルタにおける低利用飼料資源を用いた豚の購入飼料代替と肉質の改善効果

[要約] 養豚用飼料として米糠、破碎米が多給される地域において、ホテアオイ (*Eichhornia crassipes*)、ウォータースピナッチ (*Ipomoea aquatica*) 等の低利用飼料資源を給与することにより、増体、飼料要求率には悪影響を与えず、背脂肪厚、背脂肪ヨウ素価等の肉質も改善され、農家の収入増加に役立つ。

所属	国際農林水産業研究センター・畜産草地部				連絡先	029(838)6356	
推進会議名	国際農林水産業	専門	畜産	対象	豚	分類	国際

[背景・ねらい]

メコンデルタはベトナム国内有数の稲作地域であり、ここでは稲作を中心としたファームシステム (FS) が発達している。養豚は FS を構成する一要素であり、多くは小規模の農家によって営まれ、農家の現金収入源として重要な役割を担っている。しかしながら、農家では養豚用飼料として脂肪を多く含む米糠が多給され、こうした飼料構成は栄養のインバランスと過肥を招きやすい。これらを補うために濃厚飼料等が給与されているが、購入費用が嵩み経営を圧迫していると思われる。そこで、濃厚飼料の一部を低利用飼料資源によって代替して肥育コストを低減する必要がある。さらに脂肪が少なく赤肉の多い食肉ほど消費者に好まれ、高価格で取引される市場へ対応するため、食肉の品質向上も急務とされている。

そこで、低利用飼料資源を用いて購入飼料を代替するとともに、豚肉の品質向上を合わせて行える飼養管理法の開発を行う。

[成果の概要・特徴]

- 濃厚飼料を低利用飼料資源 (ホテアオイ等) により代替する際には飼料中粗タンパク質 (CP) 含量が低下し、日増体量が低下し、飼料要求率が上昇する傾向が見られるが、有意な違いはなかった (表 1、2)。
- 乾物 (DM)、CP、粗脂肪 (EE)、可消化エネルギー (DE) の消化率は低利用飼料資源の給与量が増加するに従い低下する傾向が見られた。ホテアオイを 4 - 6% 給与した際の DM、ウォータースピナッチを 3 - 9% 給与した際の CP 等は有意に低下した ($P<0.05$) (表 1、2)。
- ホテアオイを給与した豚では、背脂肪厚、枝肉性状ともに改善され (表 3)、ウォータースピナッチを給与したブタでは背脂肪ヨウ素価が改善された (表 4)。
- 低利用飼料資源を給与された豚の庭先価格は農家飼料を給与された豚のものより高く、飼料費も低い。よって農家の収益向上に役立つ (表 3、4)。

[成果の活用面・留意点]

- 検討された低利用飼料資源は、いずれもメコンデルタ内で容易に採集できるものであり、生のまま切断せずに給与するため、利用法も簡便である。
- 当該地域の農家が簡便に採集できる飼料資源を用いることで、購入飼料を低減しながら増収が期待できる点で有効である。
- 飼料資源 (生草) の給与量が過剰となれば消化率が低下して増体も阻害されるため、その適切な配合割合は、飼料中乾物当り 6% が目安となろう。
- サツマイモ茎葉を給与した場合にも、背脂肪厚の改善効果が得られる。

[具体的データ]

表 1 ホテアオイの給与が平均日増体量、飼料要求率と消化率に及ぼす影響^{1, 2)}

	C	H2%	H4%	H6%
日増体量, kg/日	0.80	0.78	0.75	0.75
飼料要求率	2.48	2.66	2.82	2.91
消化率 ³⁾				
DM	0.87 ^a	0.87 ^a	0.74 ^b	0.74 ^b
CP	0.81	0.79	0.68	0.73
EE	0.85	0.92	0.86	0.86
DE	0.85 ^a	0.85 ^a	0.77 ^b	0.81 ^{ab}

¹⁾米糠 35、破碎米 25、トウモロコシ 20、市販濃厚飼料 20% をそれぞれ配合する飼料 (C)、ホテアオイを 2、4、6% 配合して濃厚飼料を代替した飼料 (H2、4、6) とで比較した。²⁾ 去勢 6、雌 6 頭を各試験区に振り分けた。³⁾ 同一行でアルファベットの異なる区間に有意差あり ($P<0.05$)。

表 2 ウォータースピナッチの給与が平均日増体量、飼料要求率と消化率に及ぼす影響^{1, 2)}

	C	S3%	S6%	S9%
日増体量, kg/日	0.64	0.61	0.64	0.65
飼料要求率	3.16	2.92	3.25	3.32
消化率 ³⁾				
DM	0.75 ^a	0.72 ^b	0.71 ^b	0.69 ^c
CP	0.82 ^a	0.80 ^b	0.78 ^c	0.75 ^d
EE	0.77 ^a	0.76 ^{ac}	0.75 ^b	0.74 ^{bc}
DE	0.84	0.78	0.77	0.79

¹⁾米糠 38、破碎米 52、市販濃厚飼料 10% を配合する飼料 (C)、濃厚飼料をそれぞれ 8、6、4% に低減するとともにウォータースピナッチを 2.9、5.8、8.7% 配合して CP を 14.2-14.7% とした飼料 (S3、6、9) とで比較した。²⁾ 去勢 6、雌 6 頭を各試験区に振り分けた。³⁾ 表 1 と同じ。一行でアルファベットの異なる区間に有意差あり ($P<0.05$)。

表 3 ホテアオイ給与が背脂肪厚、枝肉性状及び収益性に及ぼす影響^{1, 2)}

	C	H3-5%
背脂肪厚, mm ³⁾	18.0 ^a	15.7 ^b
枝肉性状 CP, %	20.7 ^a	21.4 ^b
背脂肪ヨウ素価	63.9 ^a	54.7 ^b
収益性 ⁴⁾ 売却価格/頭	100	105
飼料代/頭	100	90
収益/頭 ⁵⁾	100	110
飼料費/kg 増体	100	89

¹⁾育成、肥育期を通じて米糠を飼料中 70% 配合する農家における一般的な飼料 (C) と、その濃厚飼料等を育成期に 3%、肥育期に 5% のホテアオイで代替した飼料 (H3-5%) とで比較した。²⁾ 各試験区で去勢雄、雌各 7 頭を供試した。³⁾ 表 1 と同じ。⁴⁾ 農家飼料区を 100 とした。⁵⁾ 売却価格 - 飼料代。

表 4 ウォータースピナッチ給与が枝肉性状及び収益性に及ぼす影響^{1, 2)}

	C	S4.0-45%
枝肉性状 CP, %	21.1	21.3
背脂肪ヨウ素価 ³⁾	34.4 ^a	32.9 ^b
収益性 ⁴⁾ 売却価格/頭	100	110
飼料代/頭	100	95
収益/頭 ⁵⁾	100	127
飼料費/kg 増体	100	94

¹⁾米糠と破碎米をいずれも育成期に 41.6%、肥育期には 45.4%、その他に市販濃厚飼料を配合した飼料 (C) と、ウォータースピナッチを育成期に 4.4%、肥育期に 4.0% 配合して濃厚飼料の割合を低減した飼料 (S4.0-4.4%) とで比較した。²⁾ 各試験区で去勢雄、雌各 5 頭を供試した。³⁾ 表 1 と同じ。^{4, 5)} 表 2 と同じ。

[その他]

研究課題：ベトナムメコンデルタ地域における地域飼料資源を用いた豚の飼養管理法の評価と改善

予算区分：国際プロ [メコンデルタ II]

研究期間：2003 年度 (2001 ~ 2003 年度)

研究担当者：山崎正史、Le Thi Men (ベトナムカントー大学)、高田良三 (畜草研)、Luu Huu Manh (ベトナムカントー大学)、Vo Van Son (ベトナムカントー大学)

発表論文等：Manh L. H., Dung N. N. X., Men L. T., Takada, R. and Yamasaki, S. : Replacement of Concentrate Protein by Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) on Digestibility, Feed Intake and Live Weight Gain in Growing Pigs. *JIRCAS Working Report*. 26 : 17-20. 2002.

20. ベトナム・メコンデルタの養豚農家における豚コレラの診断と損耗対策

〔要約〕ベトナム・メコンデルタでは子豚の致命的疾病として豚コレラが重要な原因であることが明らかとなった。予納接種を効果的に行うためには、市販ワクチンの一本化と接種時期の適正化、普及ワクチンでは母豚は6カ月毎に種付け前の接種、子豚へは生後1月目の接種が必要である。

所属	国際農林水産業研究センター・畜産草地部			連絡先	029(838)6356		
推進会議名	国際農林水産業	専門	家畜衛生	対象	ウイルス病	分類	行政

〔背景・ねらい〕

ベトナム最大の穀倉地帯メコンデルタでは農畜水複合経営（VACR）システムが指向され、養豚部門は、副産物の有効利用、現金収入源として重要な役割を果たしている。しかし、子豚の病死が経営を圧迫しており、病因の究明と対策の検討が求められている。病死原因の一つとして致死率の高い豚コレラ（CSF）が知られているが、類症鑑別できず適切な対策がとられていない。そこで本課題では、致死例あるいは予後不良の豚群が発生した農家の瀕死豚から材料を採取し、病性鑑定することで病因の究明と対策の検討を行う。

〔成果の概要・特徴〕

1. 今回発生農家 10 戸で認められた臨床症状は、現地の所謂サルモネラ症の臨床症状（悪寒、発熱、便秘等）とよく一致し、CSF またはその複合感染症がサルモネラ症として診断されている可能性が高い。また、発症豚群の好発年齢は母豚が初産、子豚・肥育豚が哺乳期から離乳期（平均 44 日（se 9.3）n=18 腹（群））にかけての移行抗体衰退期であり、母豚、特に繁殖候補豚およびその子豚の予防接種が適切でないために、十分な抗体を保有せず発症した事例が多いといえる。
2. CSF の病性鑑定では、直接蛍光抗体法（FA）により発症豚の材料接種細胞の一部に豚コレラウイルス（CSFV）抗原が確認された。また、全 10 戸の発症子豚からペスチウイルス属共通遺伝子（5' 末端非翻訳領域（5' NTR））が検出され、制限酵素処理（BglII）あるいはシーケンスによって CSF ウイルス（CSFV）遺伝子であることが確認された（表 1）。
3. 検出されたウイルス遺伝子は系統樹分析によりワクチンウイルス（ベトナム N 社、ハンガリー C 社、ブラジル F 社、フランス M 社、GPE）とクラスターが分かれたため、ワクチンに由来したものではない。
4. 予防接種状況調査から、一般に普及している接種方法は N 社ワクチンを 30～45 日齢の子豚と同時期に母豚に接種する簡便法である。通常、母豚は接種後数週間以内に種付けされるため、結果として年 2 回接種となる。CSF の発生は①母豚への追加接種を怠ったあるいは導入豚のため接種歴が不明な農家（6 戸）、②N 社ワクチンを追加接種していたが、母豚は種付け前 1～2 ヶ月、子豚は未接種または 22 日齢で接種していた農家（2 戸、図 1）、③力価の異なる他社ワクチンを N 社ワクチンと同じ接種法で準用した農家（2 戸）に認められた（表 1）。一方、過去 1 年間豚コレラ未発生であった N 社ワクチン接種農家 10 戸 27 群においては、子豚は平均 31.5 日齢（se 2.0）、母豚は種付け前 18.4 日（se 2.7）に接種されていた（図 1）。
5. 以上のことから、使用ワクチンを一本化し、母豚の接種時期を一定にする必要がある。最も普及している N 社ワクチンの同時期接種法においては、追加接種は個体毎に 6 ヶ月以内に行うこととし、①繁殖候補豚の予防接種を徹底する、②母豚の種付けが 3 週間以上遅れた場合は再接種するといった対策が必要である。

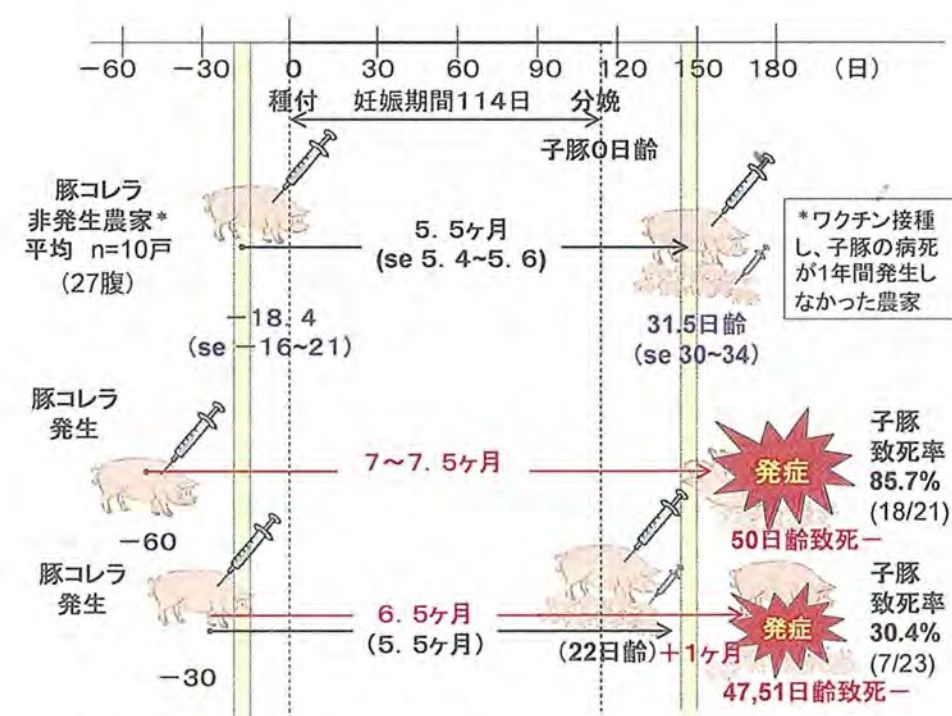
〔成果の活用面・留意点〕

1. CSF の正確な診断法が確立されたことから、症状が類似するサルモネラ症等との鑑別が可能となる。従って、経営を圧迫する要因である CSF の発生状況が把握できることから、発生時の速やかな淘汰、ワクチン接種法の適正化が可能になり、被害を最小限に食い止めることができる。
2. 接種適期については、精度を上げるために例数を増やすことが必要であり、また、ワクチン接種後の経時的な抗体価の測定を行うことも重要である。

〔具体的データ〕

表 1 発症豚の検査結果

農家		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	計
母豚追加接種状況		未接種または不明						N社		C社	F社	
発症腹(群)数		1	2	1	3	2	2	2	2	1	2	18
CSFV抗原 (FA)	子豚 検査数	nt	nt	nt	nt	1	1	nt	1	nt	1	4
	陽性数					1	1		1		1	4
ペスチウイルス遺伝子 (5' NTRの RT-PCR)	子豚 検査数	1	2	1	4	3	1	2	1	1	3	19
	陽性数	1	2	1	4	3	1	2	1	1	3	19
CSFV遺伝子 (BglII/シーケンス)	母豚 検査数	nt	nt	1	1	1	nt	nt	nt	nt	2	5
	陽性数			0	0	0					1	1
CSFV遺伝子 (BglII/シーケンス)	子豚 検査数	1	2	1	4	3	1	1	1	1	3	18
	陽性数	1	2	1	4	3	1	1	1	1	3	18
CSFV遺伝子 (BglII/シーケンス)	母豚 検査数	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt	1	1
	陽性数										1	1



注) nt: 未検査

図 1 豚コレラ発症時期とワクチン接種時期（ベトナム N 社：普及ワクチン）

〔その他〕

研究課題：メコンデルタにおける家畜の主要疾病の診断と損耗対策

予算区分：国際プロ〔メコンデルタⅡ〕

研究期間：2003 年度（2002～2003 年度）

研究担当者：鎌川明美（JIRCAS）、山田俊治、久保正法、吉井雅晃、谷口稔明（動物衛生研究所）、Ho Thi Viet Thu（ベトナム・カントー大学）

21. 中国における発酵型ビーフンの物理化学特性

〔要約〕原料インディカ米を乳酸発酵させると、調製されたビーフンの破断強度が減少し、破断変位が増加する。発酵過程において原料米の澱粉含量に顕著な変化は認められないが、タンパク質・脂質・灰分が減少する。また、発酵によって澱粉の糊化温度が低下し、ラピッドビスコアナライザーによる粘弾特性も変化する。

所属	国際農林水産業研究センター・食料利用部				連絡先	029(838)6358		
推進会議名	国際農林水産業	専門	加工利用	対象	稲類	分類	研究	

〔背景・ねらい〕

中国南部では様々な種類のビーフンが伝統的手法を用いて作られている。中でも、原料米を水に長時間浸漬すると発酵が起こりビーフンの物性が向上することが知られている。中国の発酵型ビーフン以外にも、澱粉性食品を発酵させて物性を改変する手法が世界各地の伝統食品に用いられている。しかし、これら加工方法の実体には不明な点が多く残されている。そこで原料米の発酵過程において原料米の物理化学特性がどのように変化するのか明らかにする。

〔成果の概要・特徴〕

原料米（中国産インディカ米：中早 1 号、アミロース含量 26.1%）を 35℃で 27 時間自然発酵させ、これを粉砕して得られる米粉及びビーフンの物理化学特性の変化は以下の通りである。

1. 発酵終了時において浸漬水の pH は 4 に減少し（図 1）、生成する主要有機酸は乳酸である。
2. 発酵過程で増殖する主要微生物は乳酸菌類であるが、酵母類の増殖も観察される。
3. 原料米の発酵により、ビーフンの破断応力は減少し、破断変位は大きく増加する（図 2）。
4. 発酵により澱粉（アミロース）含量に顕著な差は認められないが、脂質・タンパク質・灰分が減少する。また、脂質の分解物である遊離脂肪酸含量は発酵中期で増加後、後期において減少する（図 3）。遊離脂肪酸分解物が発酵型ビーフンの不快臭の原因物質（アルデヒド・ケトン類）になる可能性があり、その制御が重要である。
5. 示差走査熱量測定装置（DSC）による発酵澱粉の糊化温度は低下する（図 4）。ラピッドビスコアナライザー（RVA）分析の最高粘度、最低粘度、最終粘度が低くなり、発酵によって原料米の澱粉に特異的な糊化特性が与えられる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 東南アジア地域には類似の発酵型ビーフンが伝統的に製造されている。また、小麦・キャッサバ・トウモロコシ等を用いた発酵性食材が世界各地で伝統的に製造されている。これら発酵性澱粉食品においても、本成果と類似の物理化学特性の変化が起こっていると考えられる。

〔具体的データ〕

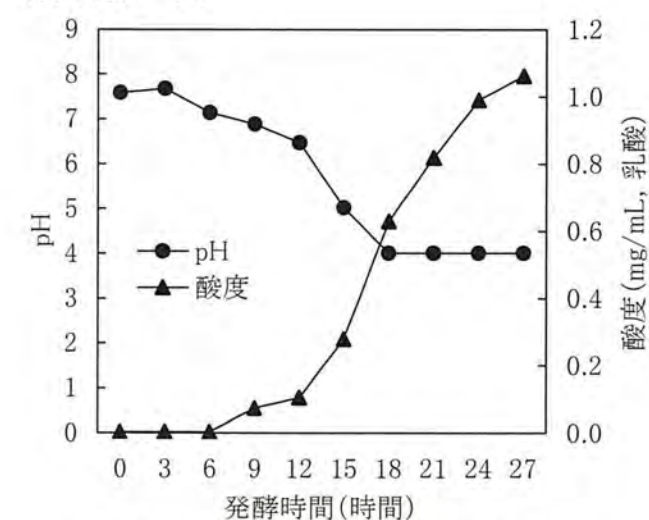


図 1 発酵浸漬水の pH と酸度の経時変化

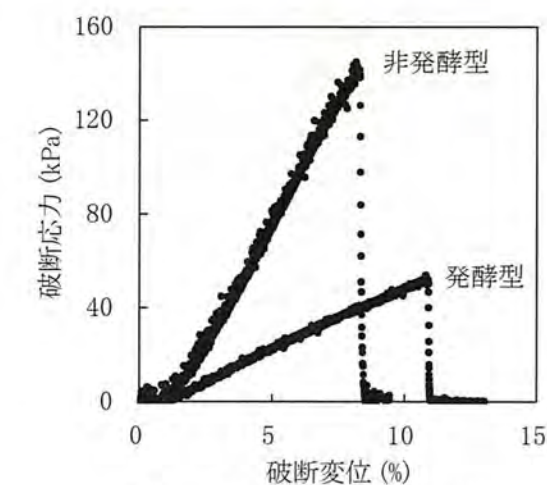


図 2 発酵型ビーフンの粘弾特性

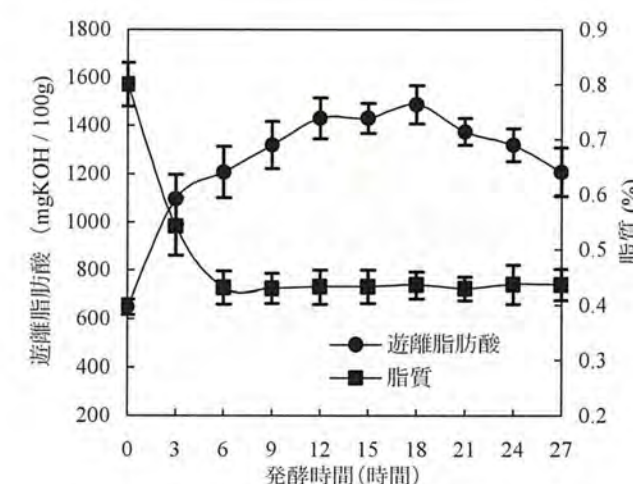


図 3 発酵米粉の脂質・遊離脂肪酸の経時変化

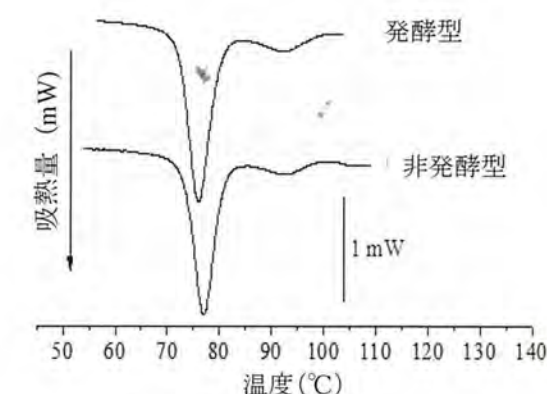


図 4 発酵米澱粉の糊化温度

〔その他〕

研究課題：成分間相互作用の制御による豆腐・ビーフン等の特性改善

澱粉・動植物蛋白質を主成分とする食品素材化技術の開発

予算区分：基盤／豆腐特性改善、国際プロ〔中国食料資源〕

研究期間：2003 年度（2001 ～ 2003 年度）

研究担当者：辰巳英三、斎藤昌義、魯戦会、李里特、閔偉紅（中国農業大学）

発表論文等：

- 1) 魯戦会、李里特、閔偉紅、李再貴、辰巳英三（2002）：自然発酵型ビーフンの粘弾特性、中国食品学報、2（2）、8-11
- 2) Zhan-Hui Lu, Li-Te Li, Wei Cao, Zai-Gui Li and Tatsumi, E.（2003）：Influence of natural fermentation on physicochemical characteristics of rice noodles. International Journal of Food Science and Technology, 38, 505-510.

22. 貯蔵食品害虫の天敵、ハウネンカメムシ (*Joppeicus pradoxus*) の捕食生態

〔要約〕捕食性カメムシの一種であるハウネンカメムシ (*Joppeicus pradoxus*) は、コクヌストモドキ等の貯蔵害虫の捕食量が大きく、貯蔵害虫の天敵として有望である。

所属	食品総合研究所・流通安全部・食品害虫研究室、タイ農務省			連絡先	029(838)8081		
推進会議名	国際農林水産業	専門	食品品質	対象	稲類	分類	研究

〔背景・ねらい〕

貯蔵食品害虫の防除には、主にくん蒸剤（臭化メチルとリン化水素）や接触殺虫剤（マラチオン、フェニトロチオン等）が長年使用されてきた。しかし、臭化メチルには地球のオゾン層破壊作用があることが判明し、先進国では 2005 年には検疫用等一部を除き使用禁止になる。さらに、リン化水素や接触殺虫剤にはそれに抵抗性を持つ貯蔵食品害虫が出現し、害虫防除が困難になりつつある。現在、くん蒸剤に代わる食品の安全性を重視した害虫防除方法の開発が求められており、化学農薬を使用しない天敵を用いる害虫防除技術の開発は重要である。

〔成果の概要・特徴〕

1. 日本やタイの穀物や飼料など食品が貯蔵されている施設（精米所、貯蔵倉庫など）で天敵を調査した結果、タイから捕食性カメムシであるハウネンカメムシ (*Joppeicus pradoxus*) が発見された。
2. ハウネンカメムシ成虫は貯蔵食品害虫の卵や幼虫に対する捕食範囲が広い（表 1）。
3. ハウネンカメムシの雄、雌成虫について、48 時間絶食させたのち、各タッパーに 1 個体ずつ投入し温度 30℃、湿度 70% の条件に 24 時間放置してその捕食数を数えると、餌密度が高いと、コクヌストモドキ終齢幼虫は 5-6 匹以上、ノシメダラメイガ 2 齢幼虫は 10 匹以上捕食する（図 1、2）。すでにアメリカで天敵として販売されているミナミアシブトハナカメムシ *Xylocoris flavipes* は、ほぼ同じ条件で平均 2 頭/日、最高 3 頭/日しか食べていない。この点ではハウネンカメムシは天敵として有望である。
4. 温度条件 25, 28, 30, 32, 34, 35℃ で、ヒラタコクヌストモドキの卵を餌に用いてハウネンカメムシを飼育した場合、1 齢幼虫から成虫羽化までの発育日数は、32℃ で最も発育日数が短く 60.2 日となる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 米倉庫、精米所での放飼試験を行い、ハウネンカメムシの有用性を証明する必要がある。
2. 他の天敵、特に寄生蜂との併用の効果について検討し、ハウネンカメムシを用いた貯蔵害虫制御システムを確立する必要がある。

〔具体的データ〕

表 1 貯蔵食品害虫に対するハウネンカメムシの捕食範囲

種名	発育ステージ			
	卵	若齢幼虫	終齢幼虫	成虫
コクヌストモドキ	○	○	○	
ヒラタコクヌストモドキ	○	○	○	
カシ米尔コクヌストモドキ	○	○	○	
ノコギリヒラタムシ		○	○	
チャマダラメイガ		○		
スジコナダラメイガ		○		
スジマダラメイガ		○		
ガイマイツツリガ		○		
ノシメダラメイガ		○		

○: 捕食可能

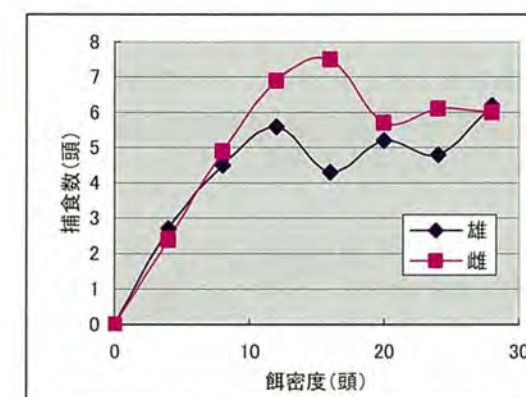


図 1 コクヌストモドキ終齢幼虫に対するハウネンカメムシ成虫の平均捕食頭数

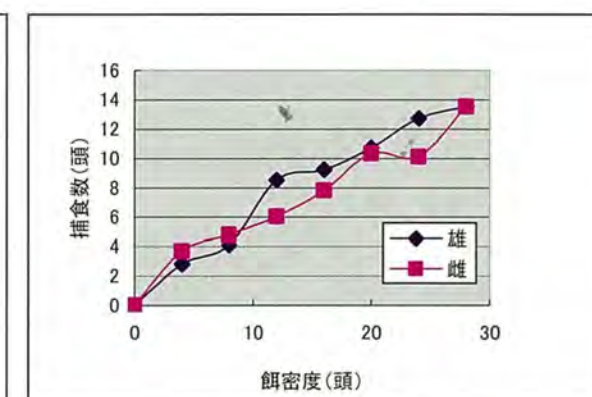


図 2 ノシメダラメイガ 2 齢幼虫に対するハウネンカメムシ成虫の平均捕食頭数

〔その他〕

研究課題：貯蔵害虫における生物的防除技術の開発

予算区分：国際プロ〔収穫後損耗防止〕

研究期間：2003 年度（2002～2004 年度）

研究担当者：宮ノ下明大（食品総合研究所）、今村太郎（食品総合研究所）、Pornpip Visarathanonth（タイ農業局）、Chuwit Sukprakarn（タイ農業局）

発表論文等：

- 1) 貯蔵食品害虫防除用生物農薬およびその防除方法、特許出願中（特願 20048882）

23. グルテニン蛋白質遺伝子からみた日本小麦の特異性

〔要約〕小麦のグルテニン *Glu-D1f* 遺伝子は、世界的にみてきわめて稀な蛋白質遺伝子であるが、日本の小麦品種に特異的に高頻度で存在し、世界的にみて品質的に大きく異なる日本小麦の特異性を示すものである。その理由として、始祖効果および瓶首効果によるものと考えられる。

所属	国際農林水産業研究センター・食料利用部				連絡先	029(838)6358	
推進会議名	国際農林水産業	専門	育種	対象	小麦	分類	研究

〔背景・ねらい〕

製パンや製麺などの重要な品質・加工特性に関連する、コムギの種子貯蔵タンパク質の分析とその遺伝変異の解析により、日本のコムギ品種の遺伝的・品質的特徴を明らかにし、今後のコムギ育種の参考となる研究情報を得る目的で、コムギ種子貯蔵タンパク質・グルテニン遺伝子の遺伝変異を明らかにする。

〔成果の概要・特徴〕

1. グルテニン蛋白質遺伝子 *Glu-D1f* は、パン文化圏である欧米品種のみならず、めん文化圏であるアジア品種も含む世界の小麦品種にはほとんどみられない、きわめて稀なグルテニン蛋白質遺伝子である(表1)。
2. この稀なグルテニン蛋白質遺伝子 *Glu-D1f* は、小麦粉の生地物性を弱くするので、パン物性には不適でうどんに適すると言われている蛋白質遺伝子である。中国品種ではわずか1.8%の低頻度で存在するに過ぎないが、日本の小麦品種に特異的に高頻度で存在し、その頻度は改良品種で35.1%、在来種では25.3%である(表1)。
3. *Glu-D1f* 遺伝子は、日本小麦品種を特徴づける重要なグルテニンの蛋白質遺伝子であり、同じ軟質小麦の中でも特に日本のうどんは中国のめんと比べても品質的に異なるので、日本小麦が世界的にみて品質的に大きく異なる特異性を示すものである。
4. *Glu-A1, B1, D1* 遺伝子座における高分子量・グルテニン蛋白質の遺伝子構成は、中国品種で29種類と幅広い遺伝変異を示すが、日本品種はわずか17種類のみであり、日本小麦の遺伝変異は狭隘である(表2)。
5. グルテニン *Glu-D1f* 遺伝子が、日本品種に特異的に高頻度で存在すること、および中国小麦遺伝資源の幅広い遺伝変異と比べた日本小麦の遺伝的基盤の狭隘化は、中国から日本への小麦伝播時における限られた育種母材・遺伝資源による『始祖効果』および限られた一部のグルテニン遺伝子源の導入による『瓶首効果』と考えられる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 世界の小麦遺伝資源をさらに広範に探索・導入・評価して、新たなグルテニン遺伝子の導入により、日本小麦品種の遺伝的基盤を、大幅に拡大することが重要である。

〔具体的データ〕

表1 中国品種274点・日本在来種174点および農林改良品種131点における各グルテニン遺伝子の保有頻度(%)

主なグルテニン遺伝子	サブユニット	中国品種	日本在来種	改良品種	世界の平均値
<i>Glu-A1a</i>	1	5.2	4.6	12.2	25.6
<i>Glu-A1b</i>	2*	14.4	8.6	13.7	69.2
<i>Glu-A1c</i>	Null	80.4	86.8	74.1	5.2
<i>Glu-B1b</i>	7+8	71.9	94.1	83.2	8.4
<i>Glu-B1c</i>	7+9	8.1	1.2	12.9	52.1
<i>Glu-B1i</i>	17+18	0.7	1.2	0.8	32.2
<i>Glu-D1a</i>	2+12	84.6	70.1	55.0	41.9
<i>Glu-D1d</i>	5+10	10.5	3.4	1.5	58.1
<i>Glu-D1f</i>	145kDa+12	1.8	25.3	35.1	稀

表2 中国および日本品種における高分子量グルテニン・サブユニット(HMW-GS)構成の遺伝変異の違い

	中国小麦品種	日本小麦品種
<i>Glu-A1, B1, D1</i> の HMW-GS 構成	29種類	→ 17種類
遺伝変異	大きい	→ 小さい

〔その他〕

研究課題：穀物蛋白質の品質評価

予算区分：基盤〔穀物蛋白質評価〕

研究期間：2002～2003年度(2002～2005年度)

研究担当者：中村 洋

発表論文等：

- 1) 中村 洋 (2002)：日本のコムギ種子貯蔵タンパク質・グルテニン遺伝子の遺伝変異とわが国における今後のコムギ品種改良。農業技術 57 (3), 131-134.
- 2) 中村 洋 (2002)：コムギ・グルテニンタンパク質の遺伝変異とコムギ育種。農業および園芸。77 (4), 475-480.
- 3) Nakamura, H. and Fujimaki, H. (2002)：The specific *Glu-D1f* allele frequency in Japanese hexaploid wheat. Cereal Chemistry 79 (4), 486-490.
- 4) Nakamura, H. and Fujimaki, H. (2003)：By reason of the founder effect or a selective bottleneck, the specific alleles frequency of Japanese hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) compared to the worldwide distribution of *Glu-I* alleles. 10th International Wheat Genetics Symposium 1, 459-462.

24. フタバガキ科 *Shorea* 属 6 樹種の更新は傾斜のある尾根で優れている

〔要約〕半島マレーシアのセラヤ (*Shorea curtisii*) が優占する丘陵フタバガキ林択伐施業地内で、かく乱を一番大きく受ける作業道では、人工植栽したフタバガキ科 *Shorea* 属 6 樹種の成長は、水平な尾根や斜面中腹に比べ、尾根より少し下の斜面上部で優れている。

所属	国際農林水産業研究センター・林業部			連絡先	029(838)6309		
推進会議名	国際農林水産業	専門	造林	対象	広葉樹	分類	研究

〔背景・ねらい〕

半島マレーシアでは天然林の伐採施業は天然更新による再生を基本としているが、高木であるフタバガキ科樹種の天然更新は地形によって分布密度にばらつきがあり、特に、中腹より下の斜面ではほとんど稚樹が見られない。そのため稚樹密度の低いところには人工植栽が必要であり、どの樹種をどのような地形に植栽するかという樹種の生育適地に関する知識が必要である。本研究では、半島マレーシアの優占樹種であるフタバガキ科 *Shorea* 属 6 樹種を異なる地形に植栽し、植栽適地を明らかにする。

〔成果の概要・特徴〕

- 1988 年にセレクトティブ・マネージメント・システム（択伐施業の一型）に従って伐採されたマレーシア、スランゴール州スマンコック・フォレスト・リザーブ 28 林班のかく乱の大きい作業道上に試験地を設定した。セラヤが天然分布しないため伐採作業道が作設されていない斜面下部を除き、地形に応じて水平な尾根、傾斜のある尾根および斜面中腹の 3 種類に分類し、1997 年、各地形にレッド・メランティに属する *Shorea* 属 6 樹種をそれぞれ 20 本植栽した（表 1、図 1）。
- 植栽後 6 年間の成長は、地形と成長の関係が明らかでないセラヤを除いた各樹種とも、水平な尾根から少し下がった傾斜のある尾根に植栽された稚樹がいちばん良い（図 2）。
- 樹種別に傾斜のある尾根に植栽された稚樹の樹高生長量は、メランティ・サラン・プナイが最も優れ、メランティ・タンパーガとメランティ・ランバイ・ダウンがほぼ同程度であり、それにメランティ・ケボン、メランティ・メランタイと続き、セラヤが最も少ない（図 2）。
- フタバガキ科樹種の大部分は尾根に天然分布するが、水平な尾根では土壌が乾きやすいこと、斜面中腹では土壌が過湿になりやすいうえ、苗木の成長を妨げる雑草が繁茂しやすいことなどから、傾斜のある尾根が植栽したこれら稚樹の成長に最も適していると考えられる。

〔成果の活用面・留意点〕

- 人工植栽の基本である樹種と生育適地に係わる情報は、植林計画の作成に活用できる。
- 天然更新が困難な斜面中腹でも、人工植栽により森林の質的な回復が期待できる。
- 植栽木の 8 割以上がコシダ、ツル植物等による被覆の被害を受けており、植栽木が経済価値のある成木に成長するためには植栽後、数年間にわたる下刈り、除伐などの保育が必要である。

〔具体的データ〕

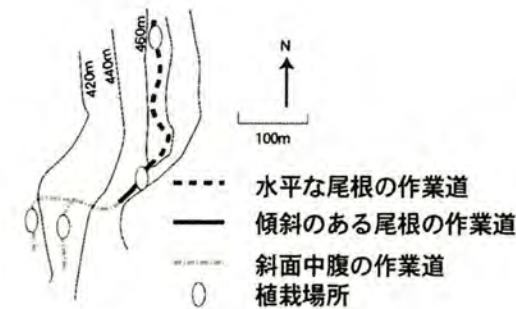


図1 スマンコック試験地の概要

表1 植栽したフタバガキ科 *Shorea* 属 6 樹種

現地名	学名
セラヤ	<i>Shorea curtisii</i>
メランティ・メランタイ	<i>Shorea macroptera</i>
メランティ・タンパーガ	<i>Shorea leprosula</i>
メランティ・サラン・プナイ	<i>Shorea parvifolia</i>
メランティ・ケボン	<i>Shorea ovalis</i>
メランティ・ランバイ・ダウン	<i>Shorea acuminata</i>

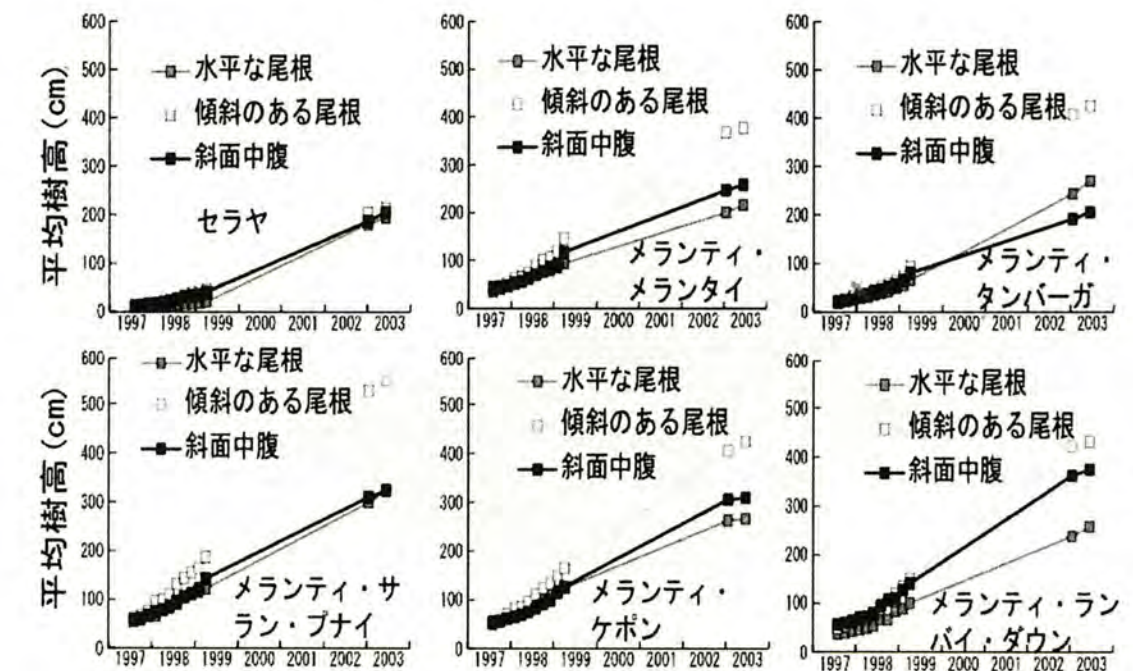


図2 スマンコック試験地において異なる地形を持つ作業道に植栽されたフタバガキ科 *Shorea* 属 6 樹種の平均樹高の推移

〔その他〕

研究課題：フタバガキ科樹木が優占する熱帯雨林における保育・管理を含む施業技術の開発に関わる基礎的研究

予算区分：基盤

研究期間：2002年度（2002～2003年度）

研究担当者：落合幸仁、Azman Hassan（マレーシア森林研究所）

発表論文等：

- Ochiai, Y. (2002) : Physiological and ecological site preference of some Dipterocarp species, TFRI Extension Series 145, Taiwan Forestry Research Institute, Ed. Chin-Te Chien & Robin, pp210-214
- 落合幸仁 (2002) : 熱帯林の再生、地球環境ハンドブック第2版、朝倉書店、pp604-607
- Ochiai Y. (2001) : Estimation and role of litter fall in mangrove forests, Farming Japan, Vol.35-5, pp40-44
- 落合幸仁 (2001) : 半島マレーシアにおける天然更新、熱帯林業、No.50, pp33-36

25. 適度の被陰は熱帯植物の定着を促し、初期保育作業を軽減させる

〔要約〕 適度に被陰された森林内では、皆伐地よりも、フタバガキ科樹種を含む多くの植物の活着率、初期成長量が大きくなり、さらに下刈り作業にともなう疲労が軽減し、作業時間も減少する。

所属	国際農林水産業研究センター・林業部			連絡先	029(838)7630		
推進会議名	国際農林水産業	専門	育林	対象	その他広葉樹	分類	研究

〔背景・ねらい〕

多様な植物が生育している熱帯で、樹木とともに果樹、薬用植物等を植栽して育成し、収穫し、中間収入を得ながら林を育てるアグロフォレストリーは、長い年月を要する森林の育成にも、また地域社会の生活条件の改善にも寄与しうる森林育成方法である。そこで、荒廃した熱帯の緑を取り戻すための一つの試みとして、アグロフォレストリーによる混交林育成試験をマレーシア、サバ州でおこなっている。本試験では、植栽した植物の最適な生育状態を明らかにするため、種々の外来早生樹種林内（植栽間隔3×3m）とその各種間伐地及び荒廃地二次林の帯状伐採地並びに皆伐地に各種の樹木、果樹、薬用植物を植栽し、それらの生育状態を植栽後の活着、初期成長と生育地の関係から解析するとともに、森林作業条件についても検討する。

〔成果の概要・特徴〕

1. 熱帯の強い日射下では、皆伐地よりも、適度に被陰されるところの方が、一部の植物を除いて、樹木、果樹の初期枯死率が低くなる。特に、この傾向は被陰に耐える能力が高いフタバガキ科樹種で顕著である（図1）。初期成長量もフタバガキ科樹木は間伐地の方が皆伐地より大きい（表1）。
2. サバ州で植栽されている、いろいろな樹種の中で、被陰があまり強くないアカシア林、アルビジア林、カリビアマツ林、ターミナリア林が、林内での植栽植物の生育に適していることが下層植生の再生量から推定された。植栽した植物の活着、初期成長量もこれらの林で大きかった。
3. 植物の多様性が高く、生育が旺盛な熱帯では、森林を造成するために、植栽植物以外を取り除く、下刈りがきわめて重要な保育作業となる。森林内や間伐地では、裸地での労働に比べて、作業員の心拍数が低下し（図2）、その結果太陽光線による圧迫感、疲労感が軽減され（アンケート調査結果）、また作業時間も減少した（表2）。
4. 以上のことから、フタバガキ科などの植物に対して、適度に被陰された森林内や間伐地は皆伐地よりすぐれた初期生育・保育環境を提供する。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 熱帯造林の中で、価値の高い混交林の造成は大きな課題であるが、植栽後の初期段階で保護樹を利用することにより、フタバガキ科等の樹種とともに、果樹や薬用植物の生育状態が改善され、アグロフォレストリーによる混交林造成の可能性が高まる。
2. 樹木の成長習性からみて、被陰効果は初期生育に限られ、生育が進むにつれて、被陰の除去が課題となる。
3. 皆伐地よりも適度の被陰下に植栽することにより、保育費の中で大きな割合を占める、下刈り費の軽減が可能である。また被陰下では裸地よりも、作業員の下刈り意欲が増すことが期待できる。

〔具体的データ〕

表1 植栽木初期成長の一例（*Shorea beccariana*）

調査区	皆伐	間伐				無間伐
		2列(東-西)	1列(東-西)	2列(北-南)	1列(北-南)	
平均伸長成長量(cm/7ヶ月)	14	36	29	50	45	27
皆伐		*	ns	**	**	ns
間伐 2列(東-西)			ns	**	**	*
間伐 1列(東-西)				**	**	ns
間伐 2列(北-南)					ns	**
間伐 1列(北-南)						**

*: 有意水準5%, **: 有意水準1%, ns: 有意差なし

表2 皆伐地、間伐地における下刈り時間

調査区	皆伐	間伐				無間伐
		2列(東-西)	1列(東-西)	2列(北-南)	1列(北-南)	
平均作業時間(分/100m ²)	41	32	24	23	26	22
皆伐		**	*	**	*	*
間伐 2列(東-西)			*	*	*	*
間伐 1列(東-西)				ns	ns	ns
間伐 2列(北-南)					ns	ns
間伐 1列(北-南)						ns

*: 有意水準5%, **: 有意水準1%, ns: 有意差なし

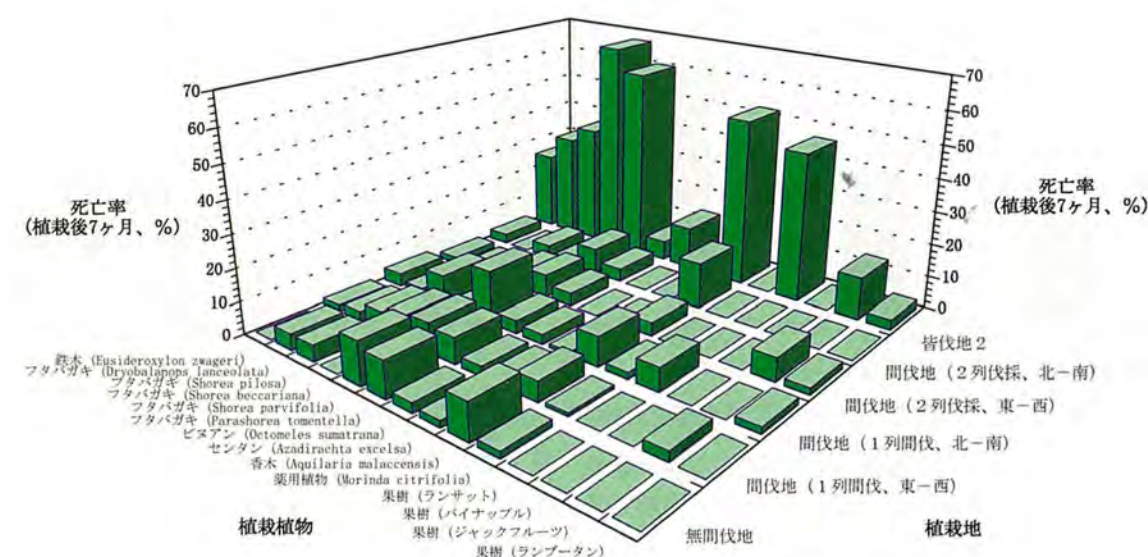


図1 植栽植物の初期枯死率（皆伐地と間伐地における例）

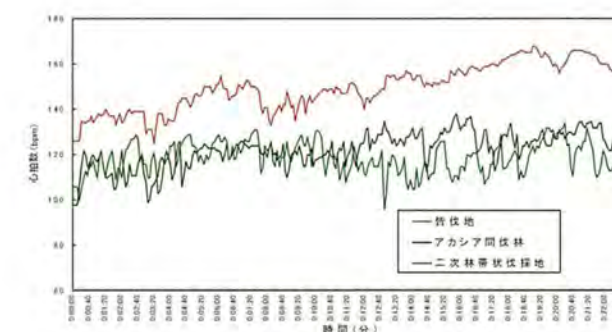


図2 作業員の心拍数の経時変化

〔その他〕

研究課題：アグロフォレストリー生産環境造成技術の開発

予算区分：国際プロ〔熱帯林アグロ〕

研究期間：2003年度（2000～2006年度）

研究担当者：加茂皓一、Lenim Lamalung、Jaffirin Lapongan（サバ森林研究センター）

26. 熱帯性・亜熱帯性魚類の必須脂肪酸組成の特性

〔要約〕熱帯性・亜熱帯性海産魚の卵稚仔は、冷水性・温水性魚類と異なる必須脂肪酸組成特性を有し、アラキドン酸が重要であることが示唆された。

所属	国際農林水産業研究センター・水産部			連絡先	029(838)6357		
推進会議名	国際農林水産業	専門	魚類栄養	対象	卵稚仔	分類	研究

〔背景・ねらい〕

東南アジアは、エビ類の世界有数の養殖地帯であるが、マングローブ汽水域の養殖産業の一層の発展を図るため、エビ類に代わりうる経済価値の高いフエダイ類やハタ類の種苗生産技術の確立が強く望まれている。熱帯性・亜熱帯性魚類の特性に応じた種苗生産技術の開発を目的として、フィリピンおよび沖縄で採集した産業重要種の必須脂肪酸組成の特性を調べる。

〔成果の概要・特徴〕

1. フィリピン（熱帯）で採集した天然魚（ゴマフエダイ、アイゴ2種、スジアラ）の卵巣ではアラキドン酸含量がエイコサペンタエン酸に比べて高い（図1）。シロサケ（冷水性魚類）およびマダイ（温水性魚類）ではエイコサペンタエン酸含量が高く、アラキドン酸含量は低い。
2. 沖縄県石垣島（亜熱帯）にて採集した天然魚（スジアラ、ハナフエダイ、ヒメフエダイ、ゴマアイゴ、イスズミ）の卵巣では、アラキドン酸含量がエイコサペンタエン酸よりも高い（図2）。
3. フィリピンおよび石垣にて採集した魚類の筋肉（図3）と肝臓においても、アラキドン酸含量がエイコサペンタエン酸よりも高い。
4. フィリピンで採集したゴマフエダイ天然種苗は、人工種苗と比べてアラキドン酸が高く、エイコサペンタエン酸含量が低い（図4）。
5. 上記の傾向は、極性脂質および中性脂質の両画分においてみられる。
6. 卵稚仔のアラキドン酸含量が高いことは熱帯性・亜熱帯性魚類に共通した現象である。以上の結果は、冷水性・温水性魚類と比べて熱帯・亜熱帯性魚類では、卵巣の発達や卵の発生においてアラキドン酸の必要性が高いことを示唆している。また、稚仔の成長においても同様のことが示唆される。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 魚体の脂肪酸組成は飼餌料の脂肪酸組成の影響を強く受けるので、餌料となる天然生物の脂肪酸組成を調査する必要がある。
2. 卵稚仔の質、稚仔の成長・生残率の改善におけるアラキドン酸の実用飼料における実効性について試験研究する必要がある。

〔具体的データ〕

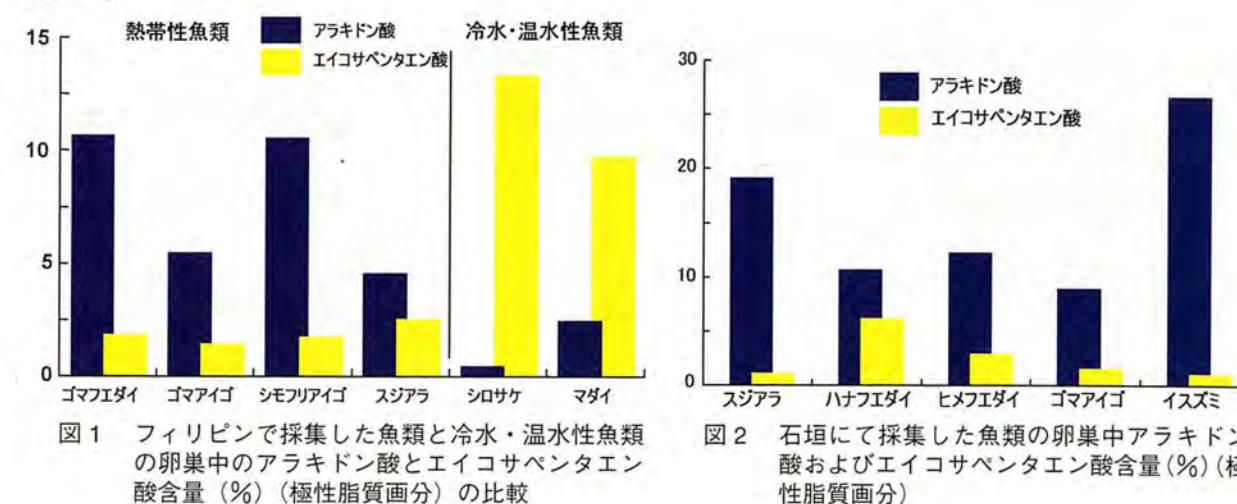


図2 石垣にて採集した魚類の卵巣中アラキドン酸およびエイコサペンタエン酸含量(%) (極性脂質画分)

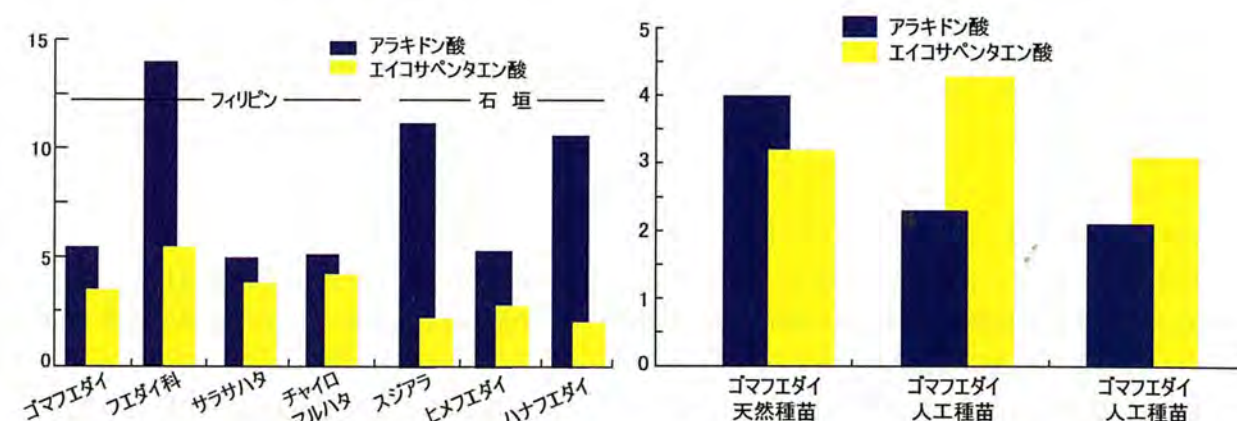


図4 フィリピンで採集したゴマフエダイ種苗の全魚体アラキドン酸およびエイコサペンタエン酸含量(%) (極性脂質画分)

〔その他〕

研究課題：亜熱帯性・熱帯性水棲生物の脂肪酸組成特性の解明

予算区分：基盤〔熱帯養殖〕

研究期間：2003年度（2003～2005年度）

研究担当者：尾形博、A.C. Emata、E.S. Garibay（東南アジア漁業開発センター養殖部局）、古板博文（水産総合研究センター）、V.-C. Chong（マラヤ大学生物科学研究所）

発表論文等：

- 1) Ogata, H.Y., Emata, A.C., Garibay, E.S. and Furuita, H. (2004): Fatty acid composition of five candidate aquaculture species in Central Philippines. Aquaculture, in press.
- 2) Emata, A.C., Ogata, H.Y., Garibay, E.S. and Furuita, H. (2004): Advanced broodstock diets for the mangrove red snapper and the potential arachidonic acid in eggs and fry. Fish Physiol. Biochem., in press.
- 3) 尾形博、Emata, A.C., Gariba, E.S., 古板博文 (2003): Arachidonic acid and EPA contents of commercial fishes in Central Philippines. 日本水産学会大会講演要旨集、p. 142.
- 4) Emata, A.C., Ogata, H.Y., Garibay, E.S. and Furuita, H. (2003): Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproductive performance and arachidonic acid level of mangrove red snapper. 7th International Symposium on Reproductive Physiology of Fish, Mie, Japan. Abstract p. 127.

27. マングローブ汽水域の浄化機能の解明

〔要約〕エビ養殖池とマングローブ植林池との間で水を循環させるシステムは、底泥中のリンの増加を抑え、環境負荷を低減する。

所属	国際農林水産業研究センター・水産部			連絡先	029(838)6608		
推進会議名	国際農林水産業	専門	増養殖技術	対象	他のエビ類	分類	研究

〔背景・ねらい〕

東南アジアを含む発展途上国では、マングローブを伐採し養殖池を造成しエビ養殖を行って来た。これによりマングローブ域が減少し、自浄作用が低下するとともに、養殖池からの排水も増大し、沿岸環境を悪化させてきた。さらに水質および底質の悪化は養殖そのものにも深刻な影響を与え、疾病の大発生や放棄池の問題を引き起こしてきた。

マングローブ林を伐採することなく、それらが持つ自然浄化機能やその高生産性を利用するために、養殖池からの排水をマングローブに導入し、水質底質の悪化を防ぐとともに、マングローブ域から供給される餌料を利用する、低投入型の環境に優しい養殖技術を開発するための実験を行った。

〔成果の概要・特徴〕

1. エビ養殖池とマングローブ植林池との間で水を循環させる実験を行った(図1)。疾病対策として養殖密度は一般的な収容密度よりはやや低い、15尾/m²および30尾/m²とした。
2. 生残率は、15尾/m²で放流した池(Pond1および4)で高かった(表1)。単位重量増に必要な餌料の量を示す餌料係数(Feed conversion ratio (FCR))も、Pond4で低く、ここで最も効率的な養殖が行われたことを示した(表1)。
3. 収穫量は、30尾/m²で放流しマングローブ池との間で水を循環させた池(Pond2)で高かった(表1)。
4. Pond1では餌中に含まれるリンの14%、Pond2で11%、Pond4で15%がえび体内に取り込まれた(表2)。
5. Pond1および4では、底泥表層3cm内のリン含量は、投入されたリン量を上回った(表2)。これは地中深部からの溶出により、リンが供給された可能性を示す(図2)。Pond2では下回っており、池の使用履歴や底泥の酸化還元状態が溶出に影響を及ぼしている可能性がある(表2)。
6. Pond2におけるリンの収支は+1.55Kgとなり、少なくともこれがマングローブ植林域に流れたものと推察される(表2)。
7. Pond4における収支はPond1同様マイナスとなったが、コントロールのPond1よりは大きくPond1と同量のリンが地中から供給されたとすると、約0.43Kgのリンがマングローブ植林池に取り込まれたものと考えられる(表2)。
8. 結果として、マングローブ域と水交換を行ったPond2およびPond4ではコントロールのPond1よりも底質の悪化は抑えられ、漁場の老化進行は遅らすことができた。収支の値も高く環境負荷低減効果が見られた。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 今回水の交換はガソリンを使ったポンプにより強制的に行った。コスト減をはかり、事業として行っていくためには潮汐、風力など自然を利用して水交換を行うシステムを作る必要がある。
2. マングローブ池と水を循環させた場合のFCRは低く、漁業者にとっては有利であり環境負荷低減効果も見られた。さらに養殖池に対するマングローブ域の面積の比を変える等の実験を行い、最適な放流尾数、養殖池マングローブ域面積比を求めて行く必要がある。

〔具体的データ〕

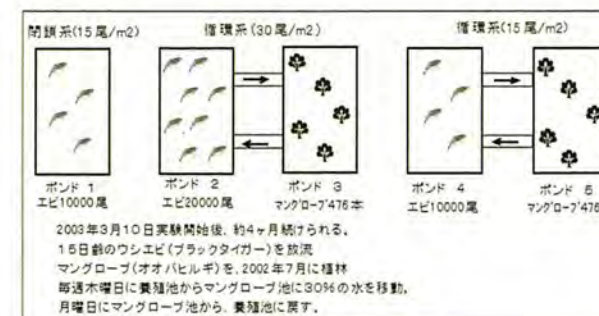


図1 実験の概要

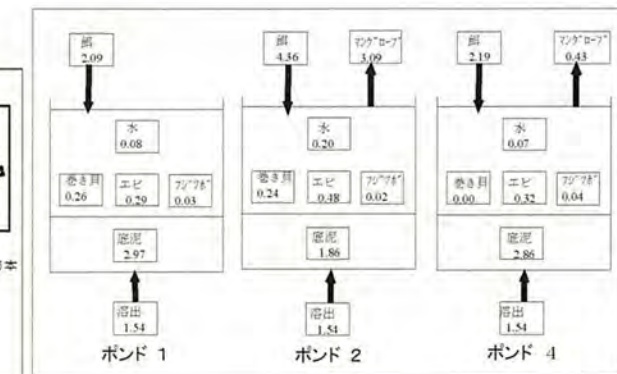


図2 リン収支概要 (Kg)

表1 エビ収穫の概要

ポンド	収容密度 (個体数/池)	収穫量 (Kg/池)	収穫量 (個体数/池)	生残率 (%)	平均サイズ (g/尾)	餌 (Kg/池)	餌料係数
1	10000	109.0	8350	83.5	13.1	158.7	1.46
2	20000	190.3	12324	61.6	15.4	331.0	1.74
4	10000	124.5	8528	85.3	14.6	166.3	1.34

表2 各池に投入されたリンおよび各パラメーターに蓄積されたリン量とその収支 (Kg)

	ポンド 1	ポンド 2	ポンド 4
投入			
餌より供給されるリン	2.09	4.36	2.19
エビ体内に蓄積されたリンの量	0.29	0.48	0.32
巻き貝に蓄積されたリン量	0.26	0.24	0.00
蓄積			
甲殻類(フジツボ)に蓄積されたリンの量	0.03	0.02	0.04
養殖水中のリン増加分	0.08	0.20	0.07
養殖池底泥(表層3cm内)におけるリンの蓄積量	2.97	1.86	2.86
収支(投入-蓄積)	-1.54	1.55	-1.11

〔その他〕

研究課題：マングローブ汽水域の浄化機能の解明

予算区分：国際プロ〔汽水域生産〕

研究期間：2003年度(2001～2003年度)

研究担当者：下田 徹、Chumpol Srithong、Chittima Aryuthaka (タイ・カセサート大)

発表論文等：マングローブを利用したエビ養殖排水浄化の試み 2004年春季日本海洋学会講演要旨集

28. 石垣島宮良川における懸濁物質および窒素とリンの推定流出量

〔要約〕石垣島宮良川から1年間に海洋に流出する懸濁物質、窒素、リンは、それぞれ、1882 t、68 t、7 t と推定される。土壌侵食深は畑地当たり 0.2 mm、窒素とリンは施肥量と家畜排泄量含量のそれぞれ 25% と 6% である。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(82)2314		
推進会議名	国際農林水産業	専門	環境	対象	土壌	分類	研究

〔背景・ねらい〕

近年、亜熱帯島嶼では大規模な農地造成・開発により、大量の赤土が沿岸海域に流出し、景観と漁業に深刻な影響を及ぼしている。また、肥料や家畜排泄物に起因する窒素、リンによる海洋汚染も深刻になりつつある。石垣島の宮良川は 27.3 km² の集水面積を有し、地目別の土地面積割合は山林（真栄里ダムと底原ダムの集水域）が 36%、畑地（サトウキビ、パイナップル、牧草等）が 30%、水田が 4% を占め、その他は原野、耕作放棄地、道路等である。こうした土地利用現況のもとでの懸濁物質、窒素、リンの海域への負荷量を解明する。河川流量は平喜名堰（図 1）で自記水位計を用いて観測する。水質の測定は 1999 年 5 月から 2002 年 12 月まで 7 カ所を対象に継続して行い、測定回数は月 2 ～ 4 回で合計 111 回である。また懸濁物質、窒素、リンの海域への負荷量の測定は、平喜名橋で降雨時に自動サンプラーによる 1 時間毎の連続採水を行い、測定回数 718 回である。

〔成果の概要・特徴〕

1. 宮良川本流（底原ダム - 二又堰 - 平喜名橋 - 平喜名堰 - 河口）は上流に山林が多く、畑地等の負荷源は下流に多いため、全窒素濃度（T-N）は上流から下流にむけて徐々に上昇する。一方、支流の T-N は上流に大規模家畜団地がある振興橋で、流域内に畑地が多い仲水橋より顕著に高かったことから、家畜排泄物による窒素汚染の影響の大きさが示唆される（図 2）。
2. 懸濁物質流量（図 3）、窒素流量（図 4）と河川流量には高い正の相関があり、この関係式に基づいて河川流量から双方の値が求められる。また降水量の違いにより、境界値 5.5 mm/day で懸濁物質流量と河川流量の間には異なる関係式が見いだされる。
3. 年間の懸濁物質および窒素、リンの海洋への負荷量はそれぞれ 1882 t、68 t、7 t である。懸濁物質流量を畑地面積で割り、流域表土の仮比重を 1.3 として土壌侵食深に換算すると 0.2 mm と見積もられる（表 1）。
4. 石垣市農林統計に基づいて推定した年間の家畜排泄物及び施肥に由来する窒素、リンはそれぞれ 276 t、113 t である（表 2）。従って海洋への負荷は窒素で 25%、リンで 6% と計算され、リンの流出は窒素に比べて小さい。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 本データは降雨量や農業の変化によって変動することが予想されるので、実際の現場に当てはめる際には注意が必要である。
2. 流域内の人口 146 人をもとに推定した生活排水に由来する窒素、リンはそれぞれ 0.5 t、0.06 t で、家畜排泄物あるいは施肥由来に比べ小さいのでここでは考慮していない。

〔具体的データ〕



図1 宮良川流域

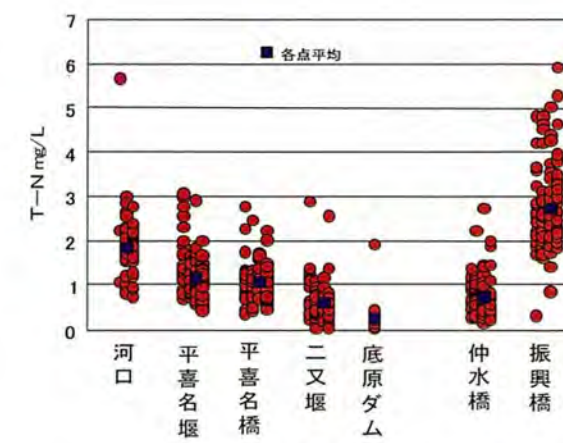


図2 河口から上流までの T-N 濃度

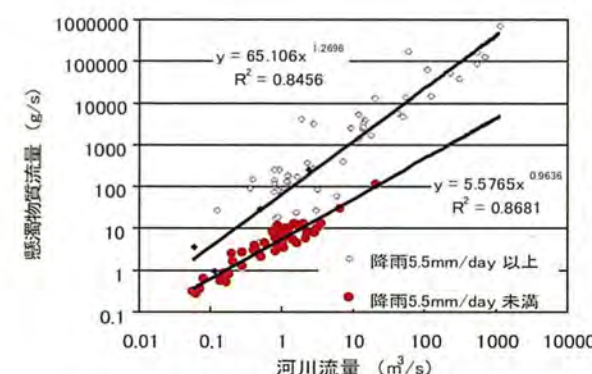


図3 河川流量と懸濁物質流量の関係

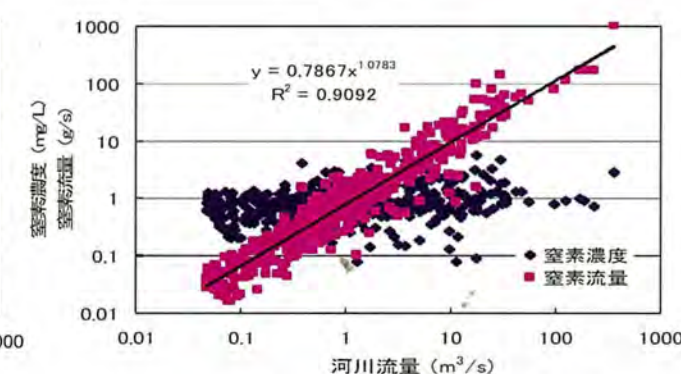


図4 河川流量と窒素濃度、窒素流量の関係

表1 2000年7月から2001年6月までの降水量、河川流量、懸濁物質流量、T-N、T-P 流出量

降水量 (mm)	河川流量 (mm)*	懸濁物質流量 (ton)	T-N 流出量 (ton)	T-P 流出量 (ton)
2601	1995	1882	68	7

*河川流量を水深に換算

表2 家畜排泄物由来と化学肥料由来の窒素、リン

	T-N (ton/year)	T-P (ton/year)
家畜排泄物由来※1	100	12
化学肥料由来※2	176	101
合計	276	113

注1：流域内で飼育される家畜頭数 2120 をもとに推定 注2：作目毎の作付面積と標準施肥量から推定

〔その他〕

研究課題：亜熱帯流域における侵食土量と環境負荷物質のモニタリングと動態解明

予算区分：経常研究、法人プロ、基盤

研究期間：2003年度（1999～2002年度）

研究担当者：坂西研二（農業環境技研）、中村乾、アフメッド コンダケル

発表論文等：

- 1) 坂西研二、中村乾（2003）：農耕地からの土壌流出と河川水質負荷、応用水文（農業土木学会）、16：38～45
- 2) 坂西研二、中村乾、アフメッド コンダケル（2003）：亜熱帯島嶼における河川流域の水量・水質について（3）、平成15年度農業土木学会講演要旨集、892～893

29. 肥効調節型肥料の施用によりサトウキビの窒素施肥量を 4 割節減できる

〔要約〕サトウキビの春植え栽培において、慣行栽培の追肥窒素分を肥効調節型肥料で施用すると、窒素施肥量を 4 割節減しても可製糖量は減収しない。また、肥料の利用効率が高くなり、未利用分が慣行より著しく少なくなる。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(88)6107		
推進会議名	国際農林水産業	専門	肥料	対象	サトウキビ	分類	研究

〔背景・ねらい〕

我が国の亜熱帯島嶼地域では、地下ダムの硝酸濃度が 8mg/L 前後で環境基準の 10 mg/L に近く、河川の硝酸濃度も 1～3 mg/L と高い。このような硝酸汚染は化学肥料、畜産廃棄物、生活排水などに起因すると考えられ、汚染軽減の対策技術の確立が求められている。そこで亜熱帯島嶼地域の基幹作物であるサトウキビ（全作付面積の約 6 割）の国頭マージ土地での栽培において、窒素肥料施用の省力化を図るとともに、利用効率を高めてその使用量の節減を図る。

〔成果の概要・特徴〕

1. 肥効調節型肥料（以下 LPS と略称）LPS100：溶出抑制期間；約 30 日、溶出期間；後半 70 日、80% 溶出到達日数；約 100 日）を使い、窒素施肥量を 2 割及び 4 割節減しても、サトウキビ（農林 8 号）の可製糖量は慣行区とはほぼ同等であり、4 割まで節減の可能性が示唆される（表 1）。
2. 定植時 LPS120 施用とポット苗作成時 LPS160（溶出抑制期間；約 80 日、溶出期間；後半約 80 日、80% 溶出到達日数；約 160 日）施用の窒素溶出曲線が、仮茎長とよく対応していることから、ポット苗作成時に肥効調節型肥料をポットに施用する場合は LPS160 が適している（図 1）。
3. ^{15}N 標識肥料窒素を用いて求めた施肥窒素の利用率は、LPS160・窒素 4 割減区で 39% と高く、慣行区では 22% と低い。また、みかけの窒素利用率で比較すると、LPS160・窒素 4 割減区は 91% と高いが、慣行区で 58% と低く、多量の未利用（残存、脱窒、溶脱等）の窒素が生じる（図 2）。
4. 基肥硫安（6gN/m²）に加えて LPS160（6gN/m²）をポット苗作成時に施用し、全体として窒素を 4 割節減しても、慣行と比べて可製糖量は減少しない（表 2）。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 圃場試験の精度を高めるために側枝ポット苗（容量 200ml のビニールポット、培地はバーミキュライト）を利用した圃場試験の結果である。
2. 施肥コストを試算すると、慣行区の窒素施肥量が 200 kg/ha で価格は 29,750 円であり、同様に LPS・窒素 4 割減区の窒素施肥量が 120 kg/ha で 38,640 円である。LPS・窒素 4 割減区の方が約 9,000 円/ha 高いが、追肥を省略することで労賃 31,700 円/ha や燃料代 5,680 円/ha を削減できる。
3. 国頭マージ（沖縄支所内の黄色土畑圃場）における試験結果であるが、地下ダムの硝酸汚染が問題になる島尻マージを対象に本成果の活用が期待される。

〔具体的データ〕

表 1 春植・移植栽培における LPS の施肥量と茎長、茎数、茎重、甘蔗糖度および 可製糖量（1999 年 1 月収穫）

処理	窒素施肥量と形態 (gN/m ²)	原料茎長 (cm)	原料茎数 (本/株)	原料茎重 (kg/m ²)	甘蔗糖度 (%)	可製糖量 (kg/m ²)
慣行(基肥 6+ 追肥 6+8)	硫安 6+6+8	276	3.8	8.26	11.33	0.80
LPS	硫安 6+LPS 14	261	4.2	7.47	12.43	0.82
LPS・窒素 2 割減	硫安 6+LPS 10	257	4.0	7.31	12.20	0.80
LPS・窒素 4 割減	硫安 6+LPS 6	262	3.6	7.33	12.01	0.79

注) 圃場の全面積 600m² の中に 4 処理区を設け、収穫は 1 処理区から 2 反復、2 月上旬ポット苗作成時に LPS をポットに施用、3 月中旬基肥硫安を全層施肥後畝幅 1.4m、株間 0.35m で定植、翌年 1 月中旬に面積 4.2m² から収穫。

表 2 春植・移植栽培における LPS・窒素 4 割減と慣行の比較（2000 年 1 月収穫）

処理	施用時期と方法	原料茎重 (kg/m ²)	甘蔗糖度 (%)	可製糖量 (kg/m ²)
慣行(基肥 6+ 追肥 6+8)	基肥(定植:全層)+追肥(平均培土:条施)+追肥(高培土:条施)	9.43	15.05	1.32
LPS・窒素 4 割減	基肥(定植:全層)+育苗ポット基肥(側枝苗作成:ポット培地)	8.95	14.96	1.25

注) 同一圃場、同一条件で栽培した表 1 と表 2 の可製糖量等が大きく異なる理由として、気象の年次変動が考えられる。

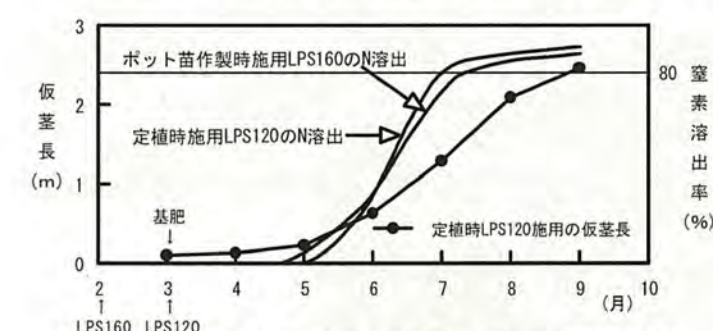


図1. 側枝苗定植時LPS120施用後の仮茎長の伸長と定植時施用LPS120およびポット苗作製時施用LPS160の窒素溶出曲線

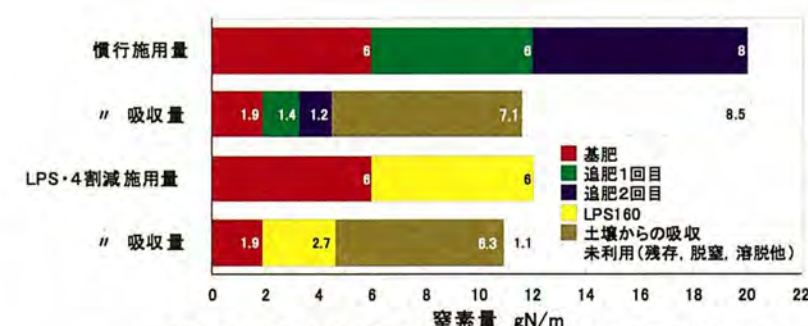


図2 サトウキビ春植移植栽培における由来別窒素施用・吸収量

〔その他〕

研究課題：サトウキビ栽培での窒素節減技術

予算区分：技会プロ〔地域総合〕

研究期間：2003 年度（1999～2002 年度）

研究担当者：増田泰三（広島県立大学）、勝田義満、菅原和夫（農業環境技術研究所）、芝野和夫

発表論文等：

- 1) 増田泰三、勝田義満、新崎正雄、菅原和夫（2000）：サトウキビ側枝苗の春植移植栽培に対する肥効調節型肥料の施用効果。日本土壌肥科学会講演要旨集、第 46 集、p.163
- 2) 増田泰三、勝田義満、平松紀士、菅原和夫（2002）：サトウキビ側枝苗の春植移植栽培での肥効調節型肥料による窒素節減と利用率。日本土壌肥科学会講演要旨集、第 48 集、p.123

30. アズキ近縁野生種 *Vigna hirtella* に見出されたアズキうどんこ病抵抗性

〔要約〕アズキ近縁野生種 *Vigna hirtella* はアズキうどんこ病菌に対して抵抗性を示す。本種は栽培アズキと交配可能で、F₁ は本菌に対し抵抗性を示す。また、戻し交配第 1 世代 (BC₁) では感受性反応と過敏反応が 1:1 に分離する。よって、本抵抗性は単一の優性遺伝子によって支配されている。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(88)6108		
推進会議名	国際農林水産業	専門	育種・遺伝資源	対象	アズキ	分類	研究

〔背景・ねらい〕

アズキうどんこ病は熱帯・亜熱帯地域におけるアズキやリョクトウなど *Vigna* 属豆類に感染する最も重要な糸状菌病害のひとつである。これまでアズキ品種の中に抵抗性のものは見いだされていない。そこで、抵抗性アズキの開発を目指して、これまで国際農林水産業研究センター (JIRCAS) が収集してきたアズキ野生遺伝資源の一部の材料につき、アズキうどんこ病抵抗性の有無を調査する。なお、ここで用いた *V. hirtella* 系統は、JIRCAS から琉球大学への委託事業「熱帯アジアのマメ科作物野生種の分布と生態」(平成 6～8 年) において北タイで収集したものである。

〔成果の概要・特徴〕

1. 栽培アズキの主要品種である「エリモショウズ」やアズキ祖先野生種ヤブツルアズキ、近縁野生種ヒメツルアズキ、ヒナアズキは、アズキうどんこ病菌 *Podosphaera phaseoli* に激しく罹病するが、アズキ近縁野生種 *V. hirtella* は過敏反応を示し、抵抗性である (図 1、図 2)。
2. *V. hirtella* と栽培アズキの間では、F₁ の作出が可能で、アズキへの戻し交配も容易である (国際農業成果情報第 6 号および図 2)。
3. 「エリモショウズ」と *V. hirtella* との F₁ は初生葉への接種試験で抵抗性を示す (図 2)。
4. BC₁ 世代 {(*V. hirtella* × 「シロアズキ」) × 「エリモショウズ」} の初生葉、第 1 本葉への接種試験では病原菌に対する反応は感受性と抵抗性が 24:21 に分離した (図 3)。
5. F₁ における抵抗性、及び戻し交配交雑集団における 1 遺伝子支配の分離理論比 1:1 に対する χ^2 値は 0.2 (0.7>p>0.5) で、本抵抗性が単一の優性遺伝子に支配されていることを示す。

〔成果の活用面・留意点〕

1. アズキうどんこ病菌レースは多様であると想像されるので、これまで JIRCAS が収集してきたアズキ野生遺伝資源について抵抗性の有無を評価する必要がある。
2. 現在 BC₂ 集団が得られている。抵抗性アズキの開発のため、「エリモショウズ」による戻し交配と抵抗性検定・選抜を継続する必要がある。
3. アズキうどんこ病菌の生理レースについてはこれまで知見がない。ここで見いだした抵抗性を崩壊させるレースの存在 (出現) が危惧される。

〔具体的データ〕

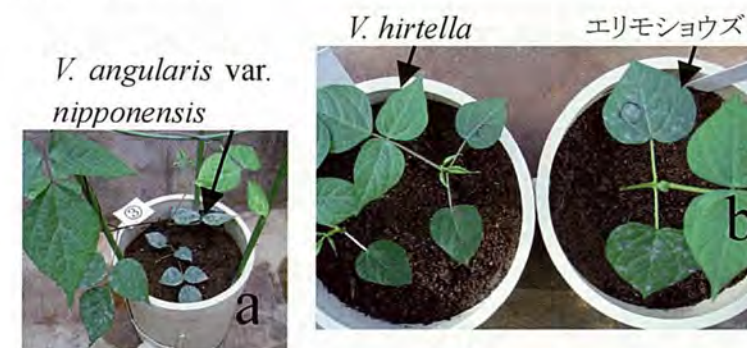


図 1 アズキ近縁野生種の抵抗性
a: ヤブツルアズキ (var. *nipponensis*) は罹病性であった。温室での自然感染で初生葉から第 3 本葉まで病斑が広がっている。
b (右): エリモショウズも罹病性であるが、b (左): *hirtella* は抵抗性であった。



図 2 エリモショウズ × *hirtella* の F₁ (左) は抵抗性を示した (接種試験による)。(右) はエリモショウズ。

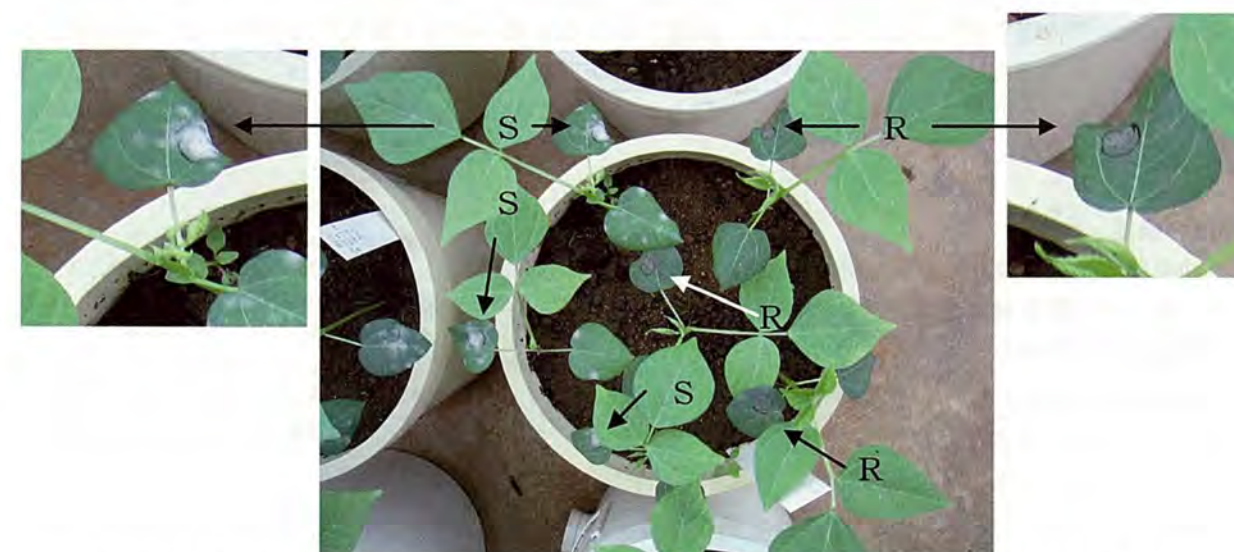


図 3 初生葉への接種による {(*V. hirtella* × シロアズキ) × エリモショウズ} (戻し交配第 1 世代) 植物のアズキうどんこ病菌に対する抵抗性 (R) と感受性 (S) 反応の分離。R:S = 24:21 に分離した。分離比 1:1 に対する χ^2 値は 0.2 (0.7>p>0.5) であった。この図には 6 個体の BC₁ 植物が植わっている。

〔その他〕

研究課題: アズキ近縁野生遺伝資源有用特性の利用による育種素材化
予算区分: 独法・生資研/バイオテック・ジーンバンク
研究期間: 2003 年度 (2001～2003 年度)
研究担当者: 江川宜伸、大前 英、庄野真理子、柏葉晃一
発表論文等: 2004 年の熱帯農業学会春季大会で発表予定。

31. 野生種を含む寄主植物の違いによるアカホシカメムシの発育特性の違い

〔要約〕ワタ・オクラなどのアオイ科作物の重要害虫で、アオイ科、キワタ科の多くの野生寄主植物をもつアカホシカメムシは、温度の違いだけでなく、近縁種間においても寄主植物の種の違いにより幼虫期の生存率や発育速度が異なる。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(82)2306		
推進会議名	国際農林水産業	専門	作物虫害	対象	工芸作物、果菜類	分類	研究

〔背景・ねらい〕

アカホシカメムシ *Dysdercus cingulatus* (ホシカメムシ科) は、アジアの熱帯・亜熱帯の棉作地域に広く分布し、ワタやオクラの果実や種子を吸汁加害する。本種は寄主植物としてアオイ科とキワタ科に特化しているが、多くの野生寄主植物を持つと同時に高い移動能力も持ち、外部から圃場に侵入して加害するため、圃場だけの防除では十分な効果が上がらない。したがって、作物以外の寄主植物における本種の発育に関する特性を明らかにすることは、圃場における本種の発生や侵入の時期の予測、防除適期の把握のために有効である。そこで、ワタ、オクラおよび東南アジアや石垣島において本種によって普遍的に利用されている野生寄主植物等の種子を餌として本種を飼育し、発育の温度反応を、寄主植物の種ごとに明らかにする。

〔成果の概要・特徴〕

1. 幼虫期の生存率は、餌とした寄主植物の違いにより大きく異なり、栽培種であるトックリキワタ、ワタ、オクラ、野生種であるサキシマハマボウ、サキシマフヨウで高く、野生種であるリュウキュウトロアオイ、オオハマボウ、タカサゴイチビで低い (表 1)。
2. 幼虫期間は、餌とした寄主植物の違いにより大きく異なり、栽培種であるトックリキワタ、ワタ、オクラ、野生種であるリュウキュウトロアオイ、サキシマハマボウ、サキシマフヨウで短く、野生種であるオオハマボウ、タカサゴイチビで長い (表 2)。
3. 幼虫期の生存率と幼虫期間の間には有意な相関が認められ、生存率が高いものほど幼虫期間が短い (幼虫期間および生存率は 25℃ のデータに基づき、検定は Kendall の τ で $p < 0.05$)。
4. 卵期の発育零点は幼虫期の発育零点より高いが、餌とした寄主植物の違いがあっても、幼虫期の発育零点には大きな違いが無い (表 2)。
5. 種子の小さい寄主植物の中にもアカホシカメムシの幼虫期の生存率が高く、幼虫期間が短くなるものがあるが、種子の大きい寄主植物はおおむねアカホシカメムシの幼虫期の生存率が高く、幼虫期間が短い (表 3)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. ワタとオクラは東南アジアで栽培されており、リュウキュウトロアオイ、サキシマハマボウ、オオハマボウ、タカサゴイチビは、アジアの熱帯・亜熱帯地域に広く分布する野生のアオイ科植物である。
2. 野生寄主植物のうちサキシマハマボウは、アカホシカメムシの発育にとって栽培種と同様に好適な寄主植物と判断されたので、特にそこでアカホシカメムシの発生に注意が必要である。
3. 幼虫期の生存率と幼虫期間のいずれもアカホシカメムシの寄主植物の好適性の指標として使用できる。
4. 野生寄主植物が自生している棉作地域において、それぞれの野生寄主植物における調査時の発生状態と、寄主植物ごとの発育特性から羽化時期が推定できるので、アカホシカメムシの圃場への侵入時期や防除適期を予測するために応用可能である。
5. 東南アジアで見られる各種キワタ類 (カボック) も、トックリキワタと同様の大型の種子をつけるので、トックリキワタと同様に、アカホシカメムシにとって好適な寄主植物だと予想される。

〔具体的データ〕

表 1 各種寄主植物の種子を餌として 25℃ 14 時間日長 (14L-10D) の条件で飼育した場合のアカホシカメムシ幼虫の幼虫期の生存率と各齢の期間 (それぞれの実験に供試した個体数はいずれも 36)

寄主植物	幼虫期の生存率*	齢期間 (平均±標準誤差)						
		卵	1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢	全幼虫**
トックリキワタ <i>Chorisia speciosa</i>	100.0% a	8.0±0.0	3.0±0.0	5.0±0.0	4.3±0.1	5.5±0.1	8.9±0.2	26.7±0.2 a
ワタ <i>Gossypium arboreum</i>	91.7% ab	7.2±0.1	3.0±0.0	5.3±0.1	6.0±0.1	6.6±0.2	11.3±0.2	32.2±0.4 b
オクラ <i>Abelmoschus esculentus</i>	80.6% b	7.4±0.1	3.0±0.0	4.9±0.2	5.1±0.1	6.1±0.2	12.0±0.8	31.0±0.7 b
リュウキュウトロアオイ <i>A. moschatus</i>	66.7% c	7.4±0.1	3.0±0.0	5.7±0.2	5.4±0.2	6.6±0.1	11.4±0.7	32.1±0.7 b
サキシマハマボウ <i>Thespesia populnea</i>	88.9% ab	7.5±0.1	3.0±0.0	5.5±0.1	5.6±0.1	7.1±0.2	11.8±0.3	33.0±0.5 b
サキシマフヨウ <i>Hibiscus makinoi</i>	97.2% a	7.6±0.1	3.0±0.0	5.2±0.1	4.8±0.1	6.4±0.1	13.1±0.4	32.5±0.3 b
オオハマボウ <i>H. tiliaceus</i>	33.3% d	7.5±0.2	3.0±0.0	5.3±0.1	6.6±0.3	7.9±0.4	16.5±1.3	39.3±1.1 c
タカサゴイチビ <i>Abutilon indicum</i>	11.1% c	7.8±0.3	3.0±0.0	6.0±0.4	10.8±1.2	9.8±0.5	24.5±1.6	54.0±2.9 d

* 同じ英文字を附したものの間では 5% 水準で有意な差がない (Tukey の方法に基づく)

** 同じ英文字を附したものの間では 5% 水準で有意な差がない (Tukey-Kramer の HSD に基づく)

表 2 各種寄主植物の種子を餌として飼育した場合のアカホシカメムシ幼虫の発育の温度反応 (v: 発育速度, t: 温度, 20, 22.5, 25, 27.5, 30℃ 14L-10D での飼育実験データに基づく)

発育段階	寄主植物	回帰式	r^2	発育零点 (°C)	有効積算温度 (日・°C)
卵		$v = -0.21469 + 0.013629 t$	0.979	15.8	73.4
幼虫	トックリキワタ <i>Chorisia speciosa</i>	$v = -0.04704 + 0.003260 t$	0.976	14.4	306.7
	ワタ <i>Gossypium arboreum</i>	$v = -0.03950 + 0.002850 t$	0.991	13.9	350.8
	オクラ <i>Abelmoschus esculentus</i>	$v = -0.03730 + 0.002661 t$	0.957	14.0	375.8
	リュウキュウトロアオイ <i>A. moschatus</i>	$v = -0.03632 + 0.002563 t$	0.964	14.2	390.2
	サキシマハマボウ <i>Thespesia populnea</i>	$v = -0.03628 + 0.002593 t$	0.984	14.0	385.6
	サキシマフヨウ <i>Hibiscus makinoi</i>	$v = -0.03507 + 0.002501 t$	0.959	14.0	399.8
	オオハマボウ <i>H. tiliaceus</i>	$v = -0.03037 + 0.002174 t$	0.979	14.0	459.9
	タカサゴイチビ <i>Abutilon indicum</i> *	$v = -0.02076 + 0.001556 t$	0.997	13.3	642.8

* 22.5, 25, 27.5, 30℃ での実験データに基づく

表 3 各種寄主植物の種子の大きさ (重量)

寄主植物	種子重量 (mg)	野生/栽培
トックリキワタ <i>Chorisia speciosa</i>	88.7	栽培種
ワタ <i>Gossypium arboreum</i>	56.1	栽培種
オクラ <i>Abelmoschus esculentus</i>	48.7	栽培種
リュウキュウトロアオイ <i>A. moschatus</i>	10.6	野生種
サキシマハマボウ <i>Thespesia populnea</i>	256.4	野生種
サキシマフヨウ <i>Hibiscus makinoi</i>	3.5	野生種
オオハマボウ <i>H. tiliaceus</i>	10.7	野生種
タカサゴイチビ <i>Abutilon indicum</i>	3.5	野生種

〔その他〕

研究課題: アカホシカメムシとその狭食性捕食者ベニホシカメムシの生態的特性の解明

予算区分: 基盤・招聘

研究期間: 2003 年度 (2002 ~ 2003 年度)

研究担当者: 河野勝行、Bui Thi Ngan (ベトナム・ワタおよび繊維作物研究所)

発表論文等:

- 1) Kohno, K. and Ngan, B.T. (2004): Effects of host plant species on the development of *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). Applied Entomology and Zoology 39 (1) (in press) .

32. Competitive PCR によるカンキツグリーニング病の病原体 DNA の定量

〔要約〕カンキツグリーニング病に感染した植物組織中の病原体に由来する DNA を Competitive PCR (競合 PCR) により定量することで、病原体の増殖量を推定できる。

所属	国際農林水産業研究センター・沖縄支所			連絡先	0980(83)9111		
推進会議名	国際農林水産業	専門	作物病害	対象	カンキツ	分類	研究

〔背景・ねらい〕

カンキツグリーニング病は、熱帯・亜熱帯のカンキツ産業のもっとも大きな生産阻害要因となっている。日本を含む各国のカンキツ栽培地帯で、本病の侵入と感染地域の拡大が問題となっている。

同病の診断は、病徴観察や PCR 法などで行われているが、これらの手法では病原体の定量はできない。病原体の定量は、その感染機構の解明や、カンキツ品種の抵抗性の評価、農薬施用などの有効性の判定に必要である。そこで、Competitive PCR による病原体の定量法を開発する。

〔成果の概要・特徴〕

1. 測定対象の DNA 領域と同じプライマーで増幅するが少し短い競合 DNA (測定対象 DNA の増幅長：1,166 bp、競合 DNA の増幅長：1,000 bp) を作成し、この DNA を一定濃度で PCR 反応液に添加することで、互いの DNA 増幅に競合反応が生じる (図 1)。
2. プラスミドにクローニングした測定対象の DNA と競合 DNA を、260nm の吸光度から得られる DNA 量から計算される分子数で等しくなるように PCR 反応液に添加すると、それぞれから増幅する DNA の分子数は等しくなる。そこで、競合反応の判定は、増幅した DNA の総量ではなく、分子数で比較する。
3. PCR による増幅前の DNA 分子数比と、増幅後の DNA 分子数比は、対数軸のグラフ上で直線になる。それぞれの DNA の増幅数が等しくなる競合 DNA 濃度に相当する濃度が測定対象の DNA 濃度と推定される (図 2、図 3)。
4. リアルタイム PCR による DNA の定量では測定対象 DNA 溶液に PCR 反応を阻害する物質が共存すると定量性が損なわれるとされているが、Competitive PCR による DNA 濃度の測定には影響がみられない (図 4)。
5. 測定値は病原体ゲノムのコピー数 (濃度) を示し、病原体の濃度を反映していると推定される。罹病カンキツ組織中の濃度を測定することにより、カンキツのグリーニング病抵抗性に関する品種間差を明らかにできる (表 1)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 直接の測定対象が DNA であるので、測定対象となる DNA の抽出効率に注意する必要がある。
2. PCR 法による DNA 検出と同程度の設備と技術が必要である。
3. リアルタイム PCR による定量法に比べて、使用機器が比較的安価に揃うこと、PCR 反応を阻害する物質が測定対象の DNA 抽出液に含まれる場合でも正確な測定が可能であることが利点である。しかし、より多くの実験操作が必要となり、測定により長時間かかるので、多数の検体を測定する場合にはリアルタイム PCR の利用を検討すべきである。
4. 電気泳動像から DNA 量を測定する画像処理ソフトウェアが市販されているが、発展途上国の研究機関で同様の研究を実施しやすくするために、当研究室では画像処理ソフトウェアを開発して測定に用いている。

〔具体的データ〕

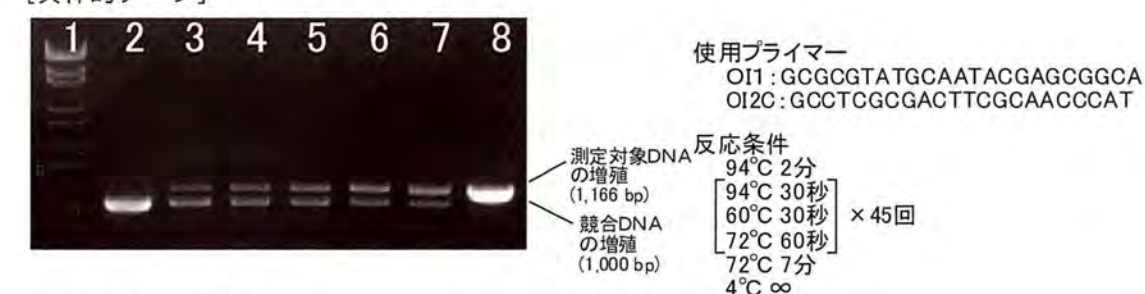


図 1 競合 PCR の反応例

Lane1: サイズマーカー (λ EcoT14I)、
Lane2: 競合 DNA のみ反応液に添加、
Lane3 ~ 7: 1pM の測定対象 DNA および競合 DNA の濃度は 100pM、10pM、1pM、100nM、10nM をそれぞれ添加、
Lane8: 測定対象 DNA のみを反応液に添加

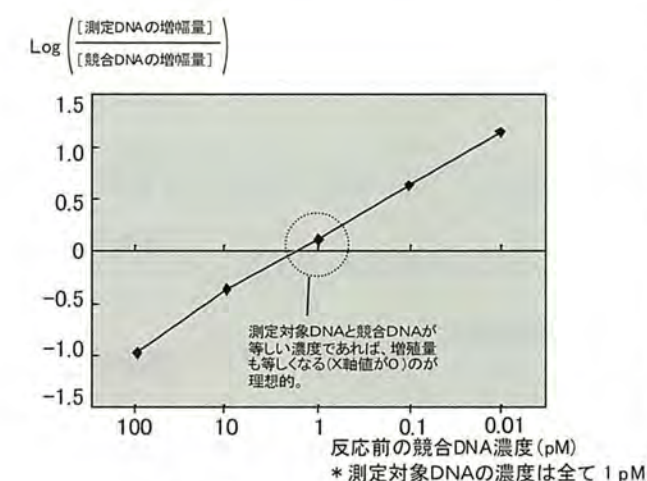


図 2 増幅した DNA 量でグラフ化

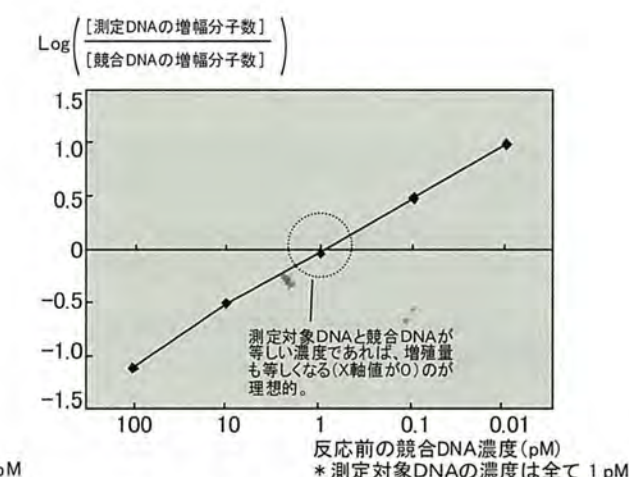


図 3 増幅した DNA 分子数でグラフ化

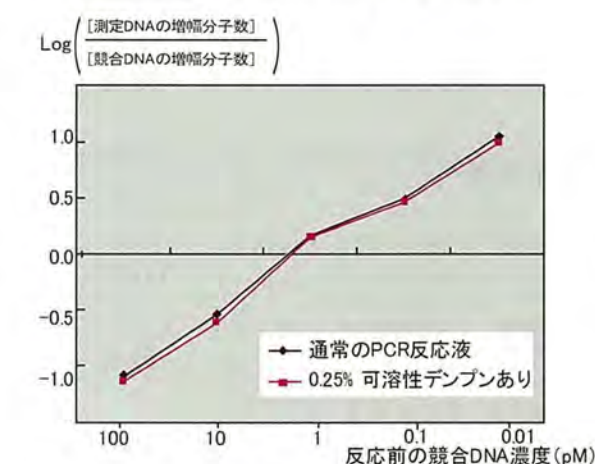


図 4 競合 PCR の定量性への可溶性デンプンの影響

表 1 罹病カンキツ葉中肋の病原体濃度の測定例

栽培品種 (ベトナム名)	検体数	濃度の測定値 (fmol/g・fw) *2			
		最大	最小	平均	標準偏差
Cam Sanh	47	92.9	0.0	35.3	23.5
Nam Roi *1	33	22.0	1.1	5.6	4.1

*1 Nam Roi はカンキツグリーニング病に“強い”品種とされている。
*2 濃度の測定には、カンキツグリーニング病の病徴を示す葉から中肋を切り出して、その基部側 1cm をさらに切り分けて用いた。切り出した中肋から、CTAB 法に準じて DNA の抽出を行い、DNA 濃度の測定に供試した。

〔その他〕

研究課題：カンキツグリーニング病の伝播機構の解析

予算区分：基盤研究

研究期間：2003 年度 (2002 ~ 2005 年度)

研究担当者：河辺邦正

発表論文等：

- 1) 河辺・大貫 (2003)：カンキツグリーニング病の病原体量を Competitive PCR 法により測定する。日本植物病理学会報, 69 (3)：308