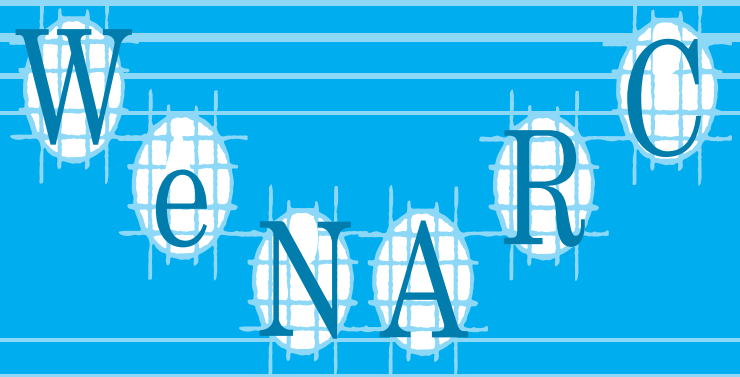


MISCELLANEOUS PUBLICATION
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

February, 2009 No.6

平成21年2月 第6号

近畿中国四国農業研究センター研究資料



WeNARC

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
近畿中国四国農業研究センター

NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH ORGANIZATION
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

近畿中国四国農業研究センター研究資料

第6号

所長 鳥越 洋一

編集委員会

委員長	松田 長生		
委員	川上 秀和	家常	高
	足立 礎	楠田	宰
	相川 勝弘	棚田	光雄
	伏見 昭秀	柴田	昇平
	添野 和雄	池田	順一
	高橋 佳孝	中村	博志
	五味 靖明		

MISCELLANEOUS PUBLICATION
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

No. 6

Yoichi TORIGOE, Director General

EDITORIAL BOARD

Nagao MATSUTA, Chairman

Hidekazu KAWAKAMI	Takashi IETSUNE
Ishizue ADACHI	Osamu KUSUDA
Katsuhiro AIKAWA	Mitsuo TANADA
Akihide FUSHIMI	Shohei SHIBATA
Kazuo SOENO	Jun-ichi IKEDA
Yoshitaka TAKAHASHI	Hiroshi NAKAMURA
Yasuaki GOMI	

近畿中国四国農業研究センター研究資料

第6号

(平成21年2月)

目 次

モチ性裸麦「ダイシモチ」の生産動向と実需者の意向 齋藤仁蔵・柳澤貴司	1
平張型傾斜ハウス施工法を活用した片屋根型ハウスの設計および施行法 長崎裕司・畔柳武司・田中宏明・中元陽一・伊吹俊彦	21
職務作成プログラム「MPN（最確値）法による土壌微生物密度推定のためのVisual BASIC プログラム」の利用マニュアル 堀 兼明・須賀有子・小森冴香・福永亜矢子・池田順一	31

MISCELLANEOUS PUBLICATION
of THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
for WESTERN REGION

No. 6 February 2009

CONTENTS

- Trends in production of a waxy (glutinous) naked barley variety,
'Daishimochi' , and buyer intentions
Jinzo SAITO and Takashi YANAGISAWA 1
- Design and Construction of Flat Roof Type Greenhouses and
Their Associated Problems21
Yuji NAGASAKI, Takeshi KUROYANAGI , Hiroaki TANAKA ,
Yoichi NAKAMOTO and Toshihiko IBUKI
- A user manual for Windows software designed to analyze densities of
soil microorganisms by the most-probable-number method31
Kaneaki HORI , Yuko SUGA , Sayaka KOMORI , Ayako FUKUNAGA
and Jun-ichi IKEDA

〔 近中四農研資 6 〕
1 - 19 (2009)

モチ性裸麦「ダイシモチ」の生産動向と実需者の意向

齋藤仁藏・柳澤貴司

Key words: モチ性裸麦, ダイシモチ, 実需者, 商品開発, アンケート調査

目 次

I はじめに……………	1	2 実需者の概要……………	6
II JWFにおける「ダイシモチ」の生産状況…	3	3 「ダイシモチ」利用状況……………	7
1 JWFの概況……………	3	4 「ダイシモチ」の利用に関する評価と課題…	8
2 「ダイシモチ」の生産状況……………	4	5 その他……………	14
3 「ダイシモチ」の精麦, 製粉……………	5	6 小 括……………	17
4 「ダイシモチ」の販売と市場形成……………	5	IV 終わりに……………	17
III JWFにおける「ダイシモチ」実需者の意向…	6	謝 辞……………	18
1 調査の目的, 対象および方法……………	6	Summary ……………	19

I はじめに

戦後、米の代用品として消費された大麦・裸麦の需要は、年々減少を続け、現在1人当たりの年間消費量は0.2kg程度である。大麦・裸麦を食用として利用する場合は、穀粒の外側を削り、搗精という加工工程を必要とする。裸麦は大麦の一種であるが、脱穀すると容易に穎が外れるため、穎が外れない皮麦と比べて加工上のメリットがある。現在、裸麦は主に麦味噌や麦ご飯に利用される他、焼酎や麦茶にも利用されている。近年、焼酎ブームによって裸麦に対する需要の回復がみられたものの、再び減少傾向にある。

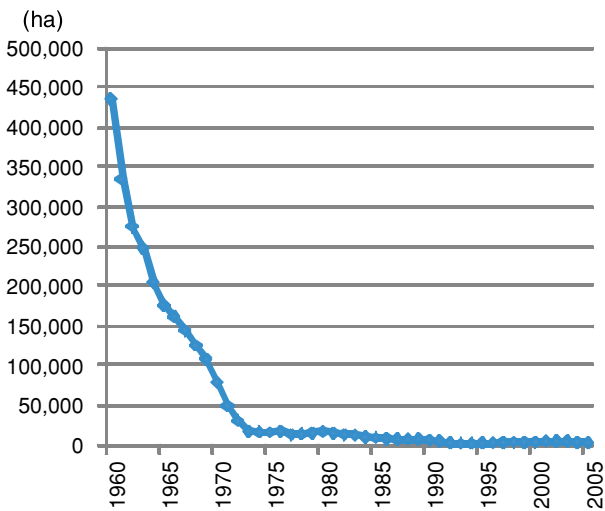
裸麦の作付面積の推移をみると、1960年に435,900haあったものが、1970年過ぎまでに急速に減少し、2005年には1960年の約1/100の4,540haとなった(第1図)。この傾向は、後に紹介するモチ性裸麦「ダイシモチ」の生産者がいる四国地域や愛媛県でも同様である(第2, 3図)。しかし、外国には食用の裸麦に向く品種がないため、その供給を国産に頼らざるを得ない状況にある。そのため、現在の需要は生産量の3倍以上となり、その増産が強く求められている。

全国に占める四国の裸麦作付面積は、1960年には20%(四国85,500ha)であったが、2005年には62%(四国2,820ha)になっている。さらに2005年における愛媛県の裸麦作付面積1,780haは、四国地域の

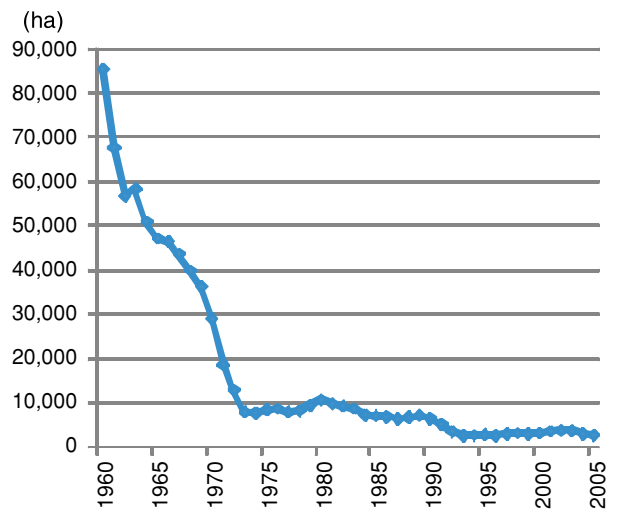
(平成20年5月30日受付, 平成20年10月28日受理)

地域営農・流通システム研究チーム

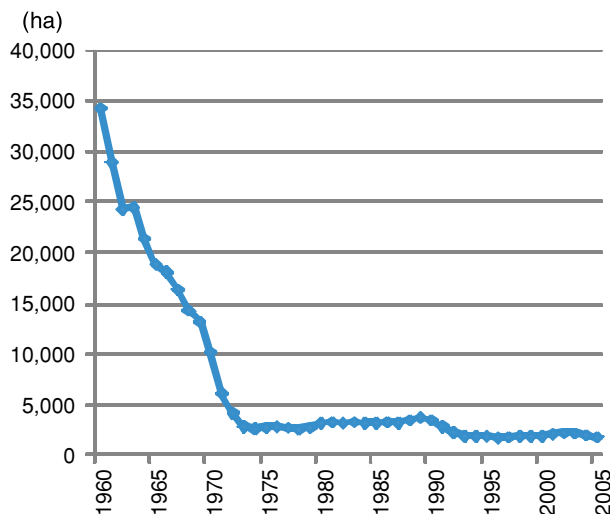
大麦・はだか麦研究チーム



第1図 日本における裸麦の作付面積の推移
データ：作物統計



第2図 四国地域における裸麦の作付面積の推移
データ：作物統計



第3図 愛媛県における裸麦の作付面積の推移
データ：作物統計

63% (全国の39%) もあり、愛媛県は裸麦の主力産地として位置づけられる。四国のように温暖な地域では、稲麦2毛作によって、農地を高度利用することが可能であり、担い手に農地を集積できれば、生産コストの削減が期待される。また、高品質麦の生産によって価格向上が図られれば、収益性の向上も期待される。しかし、麦作の成立には助成制度が大きな影響を与えていることに加え、需要に応じた計画的な生産を図るため、播種前契約に基づく取引が

必要である。したがって、生産者が新品種の導入や生産拡大を図る場合には、実需者側が新商品の開発などによって新たな需要を創造することが重要な条件となる。

ところで、大麦や裸麦のモチ麦は在来種を用いて生産されてきたが、在来種は晩生で長稈であり、栽培が難しく収量性も低いことから作付けがほとんど無くなっていた。そこで旧四国農業試験場（現近畿中国四国農業研究センター四国研究センター）は、

1997年に成熟期が早く、短稈で多収の品種「ダイシモチ」を育成した¹⁾。「ダイシモチ」は、在来種の特徴である成熟期に穂や麦稈が紫色を呈する特徴を有する。また穀粒も紫色を呈する。大麦は穀類の中でも食物繊維の β -グルカンが多く(3~4%)含まれているが、中でもモチ麦にはその1.5倍程度(6~7%)が含まれており、その機能性を活用することが期待されている。

四国地域は元々在来種のモチ麦の生産があったため、「ダイシモチ」の作付適地が多いことや、地産地消という時代の流れに適応したため、その作付面積が伸びている。この品種が持っている特徴を生かして加工食品を好条件で販売することができれば、さらなる生産の拡大が見込まれる。さらに近年、大麦や裸麦を微細粒の粉末にする技術が開発されたこともあり、うるち性麦にはなかった新たな需要を生み出したり、これまでにない特性を持った商品が開発されることも期待される。

現在のところ、「ダイシモチ」の生産や利用は限られたものであるが、優れた品種特性を活かした取り組みが期待されている。そこで、農林水産省からの委託プロジェクト研究「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」のなかで、「ダイシモチ」を利用した商品開発の方向性を明らかにするとともに、現時点における生産実態を明らかにし、産地形成の可能性を明らかにするための課題「裸麦の実需者ニーズと商品開発方向の解明」を実施した。本稿は、この調査・研究結果をとりまとめたものである。

農研機構と「ダイシモチ」の「登録品種に係る許諾契約」を締結しているのは、有限会社ジェイ・ウイングファーム(以下「JWF」と略記)と財団法人善通寺農地管理公社の2カ所に過ぎない。このうち、種子の譲渡を行っているのは前者のみであるが、2007年および2008年に譲渡された種子の量は、それぞれ約1.4t、1.6tであり、その普及面積は限られている。そこで本稿では、代表的な生産者であるJWFの取り組みを紹介し、その実需者の実態、評価から今後の需要の動向を探る。

II JWFにおける「ダイシモチ」の生産状況

1 JWFの概況

JWFは、1993年に法人化された農業生産法人であり、愛媛県東温市にある(写真1)。この経営者は、衰退しつつあった麦作を憂慮し、水田裏作の麦作に力点をおいて経営を発展させてきた。



写真1 農業生産法人(有) JWF

経営面積は、60haあるが、そのうち自作地は2haであり、ほとんどは借地である。2007年における作付作物は、水稲32ha(うち「あきたこまち」10ha、「ヒノヒカリ」10ha、「愛のゆめ」0.5ha、その他の品種11.5ha)、麦類45.6ha(うち「ダイシモチ(モチ性裸麦)」35ha、「マンネンボシ(裸麦)」10ha、小麦0.6ha)、雑穀類、野菜(主に加工用キャベツ3.5ha)である。今後も、借地の拡大によって規模拡大が進むとみられている。

労働力は、役員が3人、常勤従業員が5人、非常勤職員が9人である。この他、研修生を毎年2人ほど受け入れている。また、米、麦の土地利用型作物を中心とした生産体系であるため、作業機として田植機3台、トラクタ7台、コンバイン7台(うち汎用型が3台)、乾燥機2台(120石、320石)を装備している。この他、精麦、製粉を行うための施設があり、自ら麦を加工できることが販売先の開拓につながっている。

2 「ダイシモチ」の生産状況

JWFは、発足当初から裏作中心の作付体系で生産活動を行ってきた。裏作に力点を置いている理由は、瀬戸内の気候が麦作に適しており、これを有効活用すること、そして麦作の衰退と同時に食文化や地域特産物が無くなっていくことへの憂いからである。「ダイシモチ」を生産するまでは、在来種のモチ麦を若干生産していたが、生産性が悪く作付面積は多くなかった。しかし、「ダイシモチ」を作付けしたところ、それまでの在来品種とは異なり、生産性が優れていたため、2005年から本格的に生産を開始している（写真2, 3）。この後、需要の拡大にあわせて「ダイシモチ」の作付面積を増やし、麦作付面積の大部分を占めるようになった。それまでは、裸麦「イチバンボシ」「ヒノデハダカ」や小麦を主に作付けしていた。



写真2 JWFにおける「ダイシモチ」の圃場



写真3 JWFにおける「ダイシモチ」の圃場（出穂期）

現在、「ダイシモチ」の作付面積は35haであるが、労働力、作業機の装備状況、作業適期の関係から、ほぼ作付可能面積の上限に達していると経営者は認識している。しかし、「ダイシモチ」への需要が順調に伸びているため、外部に生産を委託し、生産量の確保を図っている。委託先は、近隣の農家6戸の7haに加え、近隣だけでは生産者を募れないため、広域連携を図り、徳島県美馬市の農家4戸が生産する8haを加えている。

徳島県美馬市の取り組みは、JWFと同様、水田裏作を利用した生産である（写真4）。需要もあることから、生産者の評価は高い。しかし、圃場が10a区画と小さく、「ダイシモチ」を作付けしている圃場が分散しているため、生産効率が上がらない問題点もある。また、収穫時に隣接する水田に灌水されると、「ダイシモチ」の圃場に用水が浸透してきて作業に支障をきたすこともある。生産者からは、裏作圃場の団地化が求められているが、そのためには関係機関の支援や調整が必要であろう。



写真4 徳島県美馬市における「ダイシモチ」収穫作業の様子

JWFは、これらの委託先から生産物を買取るかたちをとっているが、水田裏作で「ダイシモチ」の再生産が可能な価格とするために、実需者であるメーカーなどと交渉している。なお、JWFまでの運搬経費は、生産者側の負担であり、美馬市の生産者は生産量も多いため、これを運送会社に行わせている。

自社生産と委託生産をあわせると、「ダイシモチ」の生産面積は合計50haになる。生産量は、約130 tであり、平均単収は約260kg/10 aと推測される。

3 「ダイシモチ」の精麦、製粉

JWFは、米麦雑穀類の乾燥調製施設を有している（写真5）。この施設が建設されたのは2005年であり、大きさは565m²である。本施設の内部には、乾燥機、貯蔵タンク、精米、精麦、圧片機、色彩選別機などが設置されている（写真6）。また、別棟に製粉機が設置されており、実需者のニーズに応じた製品を出荷できる体制を整備している。



写真5 JWFにおける穀類の乾燥調製，加工施設



写真6 JWFにおける乾燥調製，加工施設の内部

この加工施設は、年間で1千tの処理能力があるが、近い将来、その処理能力では不足するとみられている。そのためJWFでは、需要の拡大にあわせて、さらに年間1千tの処理能力がある施設の増設を計画している。

また、この加工施設ではJWFの生産物と外部に生産委託した「ダイシモチ」の他に、一般の裸麦も加工している。ただし、通常、麦は実需者との播種前契約で生産されるため、JWFにおいても「ダイシモチ」以外の麦類をいったんJAに出荷するかたちをとっている。その後、JWFで生産されたものを含めて、管内で生産された玄麦をJAから買い取り、製麦して実需者に販売している。

なお、精麦によって生じる糠は、飼料として利用されており、評価も高く、畜産（養豚）農家から強い引き合いがある。

4 「ダイシモチ」の販売と市場形成

「ダイシモチ」の導入によって、JWFは劇的に麦類の作付品種構成を変えたわけであるが、これと同時に新たな需要と実需者の開拓も必要であった。つまり、「ダイシモチ」の生産拡大の裏では、社長の営業活動努力があったのである。先述のように、「ダイシモチ」はこれまでにない特性を持った農産物であり、また奨励品種ではないため、生産可能な価格を実現するためには、JA出荷のような既存の流通システムや従来の裸麦の実需者とは異なるところへ販売する必要がある。つまり、それを必要とする新たな実需者と取引する「場」を創造する必要がある。自ら販路開拓を行い、実需者との結びつきを強化してきたのである。これは、まさしく「ダイシモチ」の市場作りを行ってきたものといえよう。現在、「ダイシモチ」の販売先は20社を超えている。

このような市場形成を達成するために、社長自ら営業活動を行う他、講演や行政対応なども積極的に行い、JWFの知名度を向上させてきている。これらの活動によって、様々な業者との交流を図ることができるようになり、取引先の拡大につなげている。このようなこともあって、社長は生産活動以外の仕事に多くの労力を割当てている。

Ⅲ JWFにおける「ダイシモチ」実需者の意向

1 調査の目的、対象および方法

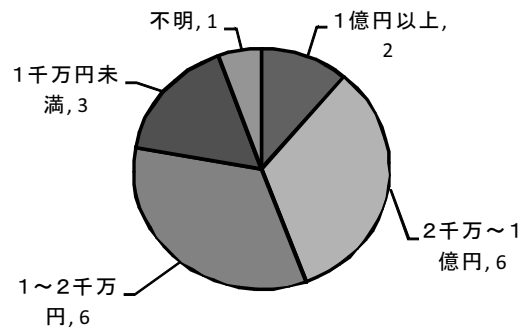
「ダイシモチ」の実需企業における商品開発の動向、関連商品の市場における評価および今後の需要動向を把握するために、主たる生産者であるJWFの実需者へのアンケート調査を実施した。本調査を実施するに当たり、現在JWFから「ダイシモチ」を購入、仕入れしている実需者と、今後利用する可能性が高い実需者を調査対象とした。調査の実施に当たって、実需者からの了解を得る必要があったため、まず、JWFから実需者の方々に連絡を取っていただいた。そして、了解を得られた方のみ、こちらに連絡先を通知していただいたが、ほとんどの実需者の方々に承諾していただいた。

調査は、2007年12月に調査対象に対して調査票を郵送し、記入後、返送してもらう形式をとった。21社に配布し、18社から調査票を回収した（回収率86%）。

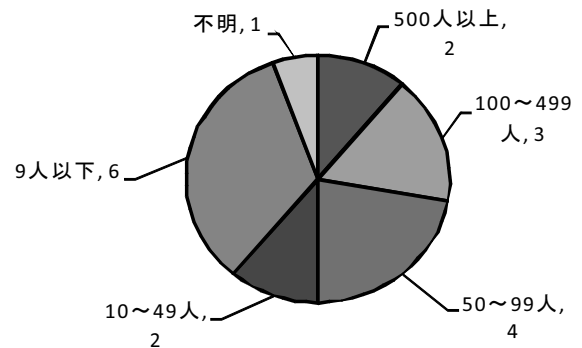
2 実需者の概要

これらの18社のうち、株式会社は12社、有限会社は6社である。これらの企業規模を資本金、従業員数からみると、まず資本金が1億円を超える企業が2社、2千万円以上1億円未満のものが6社、1千万円以上2千万円未満のものが6社、1千万円未満のものが3社、不明だったものが1社ある（第4図）。従業員数では、500人以上のものが2社、100～499人のものが3社、50～99人のものが4社、10～49人のものが2社、9人以下のものが6社、不明だったものが1社ある（第5図）。このように「ダイシモチ」の実需者には、大手企業から零細企業まで幅広く含まれている。

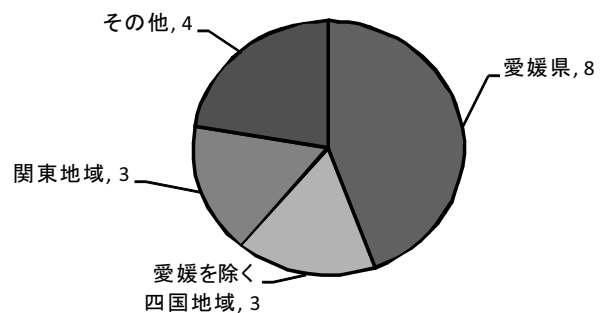
また、その所在地をみると、愛媛県内が8社、愛媛県を除く四国地域が3社、関東地域が3社、その他の地域が4社である（第6図）。近くの地域でありながら、中国地域、関西地域のものは、それぞれ1社に過ぎない。この点から、JWFは愛媛県内だけでなく、実需者を全国的に拡大して、需要の拡大に取り組んできたと考えられる。ただし、人口の多



第4図 「ダイシモチ」の実需者の資本金別企業数



第5図 「ダイシモチ」の実需者の従業員数別企業数



第6図 「ダイシモチ」の実需者の所在地別企業数

い関西圏の実需者が少ないことから、ここが市場の空白地帯といえよう。

これらの企業の業種は、米穀流通業、菓子やパンなどの食品製造販売業、飲食店、小売業、大手食品メーカーなど多岐にわたる。

3 「ダイシモチ」利用状況

「ダイシモチ」の実需者は、様々な業種に及ぶが、これをどのように利用しているかによって、5つの業態に分類した（第1表）。多い順に、「JWFから仕入れたものを加工し、商品化を図り、それを販売している」企業が9社、「JWFから仕入れたものを、そのまま消費者に小売りしている」企業が7社、「飲食店として、JWFから仕入れたものを食材として利用している」企業が5社、「JWFから仕入れたものを、そのまま実需者（業者）に販売している」企業が4社、「JWFから仕入れたものを小分けし、包装してから実需者に販売したり、消費者に小売りしたりしている」企業が3社である。これらを、それぞれ業態1～5とし、以下では、特にこの業態の違いに着目することによって、これらの実需者における「ダイシモチ」利用上の問題点や評価の特徴を分析する。なお、それぞれの業態に含まれる企業数の合計が18を超えるのは、複数の業態に重複

して属している企業がいくつかあるためである。したがって、業態ごとの明確な差異を把握することには、ある程度制約や限界があることに留意されたい。また、現在試用中で、どの業態に属するかについて回答を保留した企業が1社あった。この実需者の回答に関しては、分類された業態のデータには含まれていないが、全体の中には含めていることに注意されたい。なお、第2表に属している業態別に実需者の数の詳細を示した。これによると、業態1において業態1にのみ属している実需者が過半数を占めているが、他の4業態では、それぞれ複数の業態に属する実需者の割合が高い。この点を理解された上で、以降の集計結果を解説する際の参考にされたい。

実需者に業態1が多いことは、第一に「ダイシモチ」を加工して様々な商品開発に利用可能であることを示している。また、JWFが精麦・製粉施設を有していることも理由として考えられる。なぜならば、実需者が玄麦で購入しなければならない場合で

第1表 JWFから「ダイシモチ」を仕入れている実需者の利用形態別数

業態の分類	業 態 の 内 容	実需者数
業態1	JWFから仕入れたものを加工し、商品化を図り、それを販売している	9
業態2	JWFから仕入れたものを、そのまま消費者に小売りしている	7
業態3	飲食店として、JWFから仕入れたものを食材として利用している	5
業態4	JWFから仕入れたものを、そのまま実需者（業者）に販売している	4
業態5	JWFから仕入れたものを小分けし、包装してから実需者に販売したり、消費者に小売りしたりしている	3

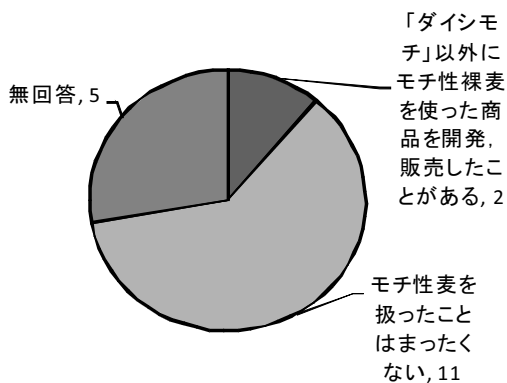
注. 調査した実需者の総数は18であるが、どの業態に属するかについて回答を保留した企業が1社あったため、ここに示されている実需者の総数は17である。また、実需者数の合計が17を超えるのは、複数の利用形態に含まれている実需者がいるためである。

第2表 実需者が属している業態の状況とその数

業 態 の 分 類	業態1	○				○		○	○
	業態2		○				○	○	○
	業態3			○				○	
	業態4				○				○
	業態5					○	○		○
該当社数		5	1	2	1	1	1	2	2

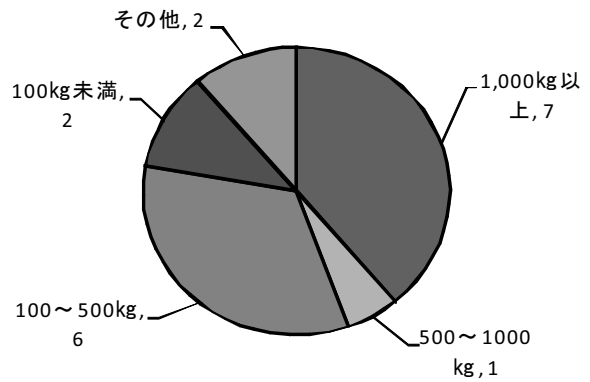
は、自ら精麦・製粉するか、これを外注する必要があるからである。特に、中小企業ではそのような施設を所有している可能性は低いうえ、外注した場合にはロットが少ないと、多額の費用がかかる恐れがある。この点は、財団法人善通寺農地管理公社の利用実態を調査したことによって確認できている。したがって、JWFが精麦、製粉したものをすぐに利用できるような条件を整えたことによって、多様な実需者に様々な商品開発をできる環境を与えることができたといえよう。

これらの実需者に関して、「ダイシモチ」を扱う以前におけるモチ性麦を利用した経験の有無をみると、モチ性裸麦を使った商品を開発、販売したことがあるものはわずかに2社である(第7図)。1社は、和菓子メーカーで業態1に属するものであり、1社は米穀流通業で業態1, 2, 4, 5に広く属するものである。これ以外は、裸麦、大麦を含めて、モチ性麦を扱ったことはまったくないか、回答がないものである。これまでモチ性裸麦は、様々な実需者が利用できるほど生産されたことのない農産物であり、生産の拡大によって様々な分野・業種での市場開拓が期待される。



第7図 「ダイシモチ」の実需者に関する過去のモチ性麦利用経験別企業数

「ダイシモチ」の年間利用量を階層別にみると、1,000kg以上のものが7社、500kg以上1,000kg未満のものが1社、100kg以上500kg未満のものが6社、100kg未満のものが2社であり、半数は1,000kg未満の利用にとどまっている(第8図)。1,000kg以上の



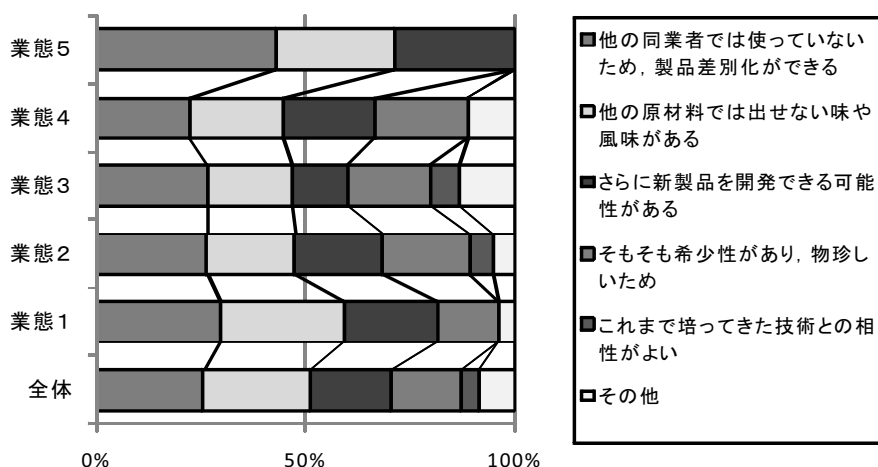
第8図 「ダイシモチ」実需者の利用量階層別企業数

ものでも、最も多いのは7t程度であり、その中でも多いのは米穀流通業の企業である。食品メーカーや、飲食店は多くても数t程度であり、1企業当たりの利用量は少ないのが現状である。また、供給量の過不足については、ほとんどが供給量は十分足りているとしており、不足していると答えたものは1社のみであった。すなわち、「ダイシモチ」の利用状況は、中小企業の原材料として利用されている段階であり、1企業当たりの利用が大幅に増加することは期待できない。また、「ダイシモチ」がJWFで限定的に生産されている実態や、その生産量を考慮すれば、全国の市場に広く商品を提供する大手メーカーが、これを原材料として利用することは現実的ではない。したがって、今後も中小企業が主な販売先となるならば、需要の伸びは、用途の拡大や利用する企業数の増加に大きく影響される。

4 「ダイシモチ」の利用に関する評価と課題

1) モチ性裸麦を利用するメリット

実需者にとって、モチ性裸麦を利用するメリットがどこにあるかについては、まず全体では、「他の同業者では使っていないため、製品差別化ができる」26%、「他の原材料では出せない味や風味がある」26%、「さらに新商品を開発できる可能性がある」19%、「そもそも希少性があり、物珍しいため」17%、「これまで培ってきた技術との相性がよい」4%、「その他」9%である(第9図)。つまり、「ダイシモチ」の希少性や独自性などに力点をおい



第9図 実需者にとってのモチ性裸麦を利用するメリット

注) 複数回答可

た製品差別化によって市場での優位性を獲得しようとする傾向があると考えられる。その一方で、これまで培った技術とは違うものが求められていることも推察される。なお、「その他」の内容は、やや重複するものもあるが「顧客からの依頼」「食感がおもしろい」「食味が非常に良い」「β-グルカンなど、栄養面で優れている」というものである。

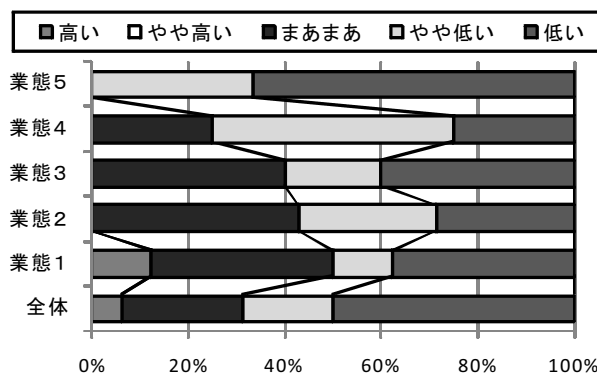
この傾向は、それぞれの業態において同様であるが、業態1で「他の原材料では出せない味や風味がある」がやや多いのが特徴的であり、加工を行うメーカーなどにとっては、原材料としての魅力という点で評価が高い。その一方で「これまで培ってきた技術との相性がよい」とするものは無く、加工する企業にとって加工技術に関する問題が存在するのかどうか検証が必要である。なお、流通業である業態2において「これまで培ってきた技術との相性がよい」とする回答があるのは、業態2と3に重複して属している企業によるものである。

2) 実需者からみた消費者の評価

実需者からみた消費者の「ダイシモチ」関連商品に対する評価について「認知度」「関心」「食味」「希少性」「機能性」「リピート率」そして「総評」という点から、それぞれ5段階で評価してもらった。今回の調査では、利用量の少ない実需者が多いこと、それぞれの業種に幅があること、さらにそれらの消

費者に直接アプローチするための情報が十分に把握できなかったため、消費者に接する機会のある実需者を通して、間接的にそれぞれ消費者がどのように、どれくらい評価しているのかを捉えることにした。なお、商品開発中で、実際に販売していないため、答えられない実需者が2社ある。

まず、消費者の「ダイシモチ」への認知度についてである。実需者の方には、「ダイシモチ」が消費者にどの程度知られているか、感覚的に回答してもらった。全体では、「低い」「やや低い」をあわせて7割ほどあり、認知度は低いことがわかる(第10図)。特に、消費者と接する機会の少ない業態4、5の評価が低い。また、業態2～5では、「高い」「やや高い」とするものはない。一方、「ダイシモチ」を加



第10図 消費者の「ダイシモチ」への認知度に対する実需者の評価

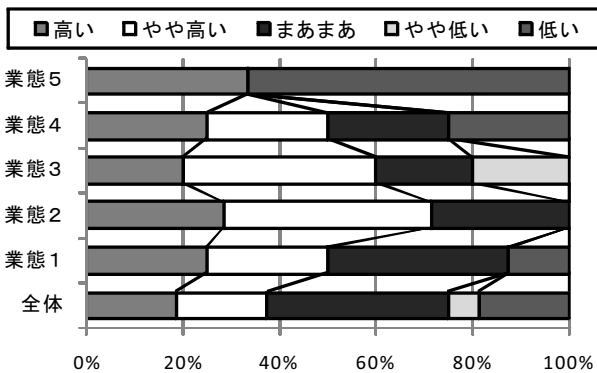
工する業態1では、「高い」と評価するものが1社ある。この実需者は、すでに「ダイシモチ」を利用した主力商品を開発、販売しており、これがインターネット上で紹介されていることから、認知度が高いと評価していると考えられる。

次に、消費者の「ダイシモチ」への関心の高さについてである。実需者の方には、消費者が「ダイシモチ」にどの程度興味をもって知ろうとしているか、感覚的に回答してもらった。全体では、「高い」「やや高い」をあわせたものが4割弱、「低い」「やや低い」をあわせたものが2割強あり、どちらかというに関心は高いといえる(第11図)。業態別には、業態5において関心の高いものと低いものに極端に分かれていることが特徴的であるが、これはサンプル数が少ないことの影響であると考えられる。この他の業態1～4では、「高い」「やや高い」をあわせたものが5割以上であり、関心は高い。したがって、

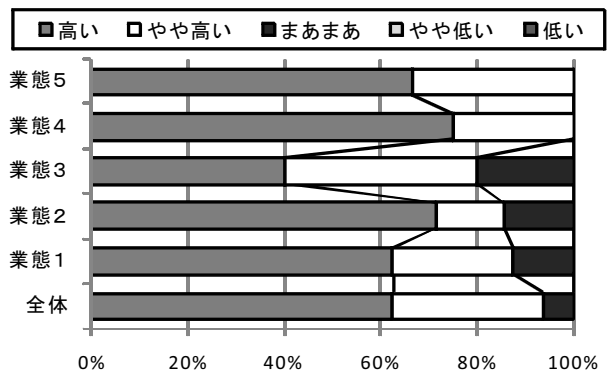
消費者の「ダイシモチ」に対する認知度は低い、知れば関心は高まると推察される。

消費者の「ダイシモチ」の食味に対する評価では、「低い」「やや低い」とするものはなく、「まあまあ」とするものは業態4にみられるだけで、業態1～3および5では「高い」「やや高い」という評価のみである(第12図)。すなわち、消費者から「ダイシモチ」の食味は優れていると評価されており、実需者もこれを期待して取り扱ったり、加工して商品開発に取り組んでいると考えられる。

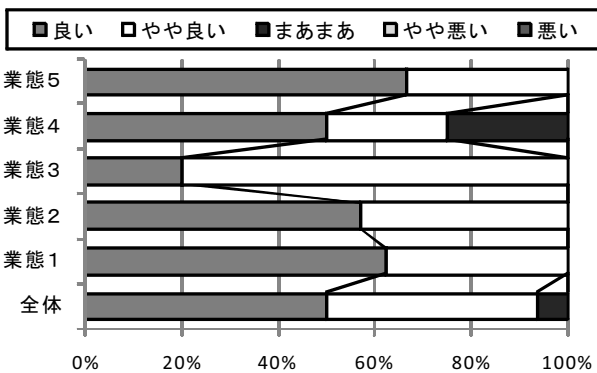
消費者が「ダイシモチ」に希少性を感じているかどうかに関しても、「低い」「やや低い」とするものはない(第13図)。特に、業態4、5では「高い」「やや高い」というのみであり、流通業関係では高い評価を得ている。一方、業態3の飲食店関係では、相対的には評価が低い、料理したかたちの中で、「ダイシモチ」の希少性を認識させることがやや難



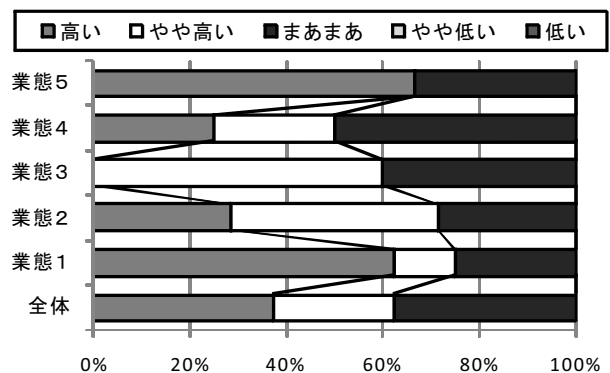
第11図 消費者の「ダイシモチ」への関心に対する実需者の評価



第13図 消費者の「ダイシモチ」への希少性評価に対する実需者の評価



第12図 消費者の「ダイシモチ」への食味評価に対する実需者の評価

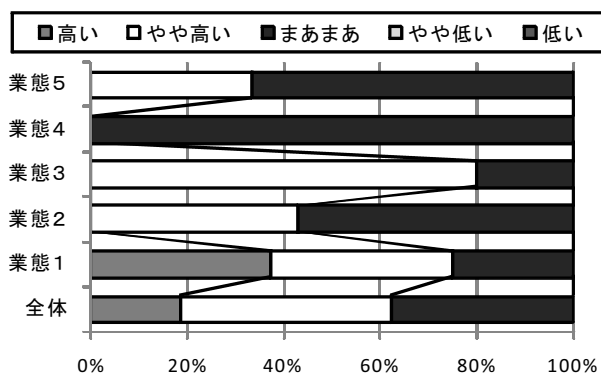


第14図 消費者の「ダイシモチ」の機能性評価に対する実需者の評価

しいと実需者側が認識しているものと考えられる。

消費者の「ダイシモチ」の機能性に対する評価でも、「低い」「やや低い」とするものではなく、実需者とその機能性に期待するところが大きいと推察される（第14図）。特に、業態1の評価が高く、機能性が加工した商品の付加価値を高めることを期待している。

消費者の「ダイシモチ」のリピート率の高さに対する評価でも、「低い」「やや低い」とするものではなく、いったん購入した消費者は、ある程度の率で再購入することを示唆している（第15図）。特に、業態1と3の評価が高いが、リピート率が「高い」と評価したものは、業態1のものだけである。これは、消費者のリピート率を高めるには、単純に「ダイシモチ」の特性に依存するのではなく、メーカー側の加工技術の高さ、商品の特性や完成度などが消費者の購買意欲を刺激することを意味している。一方、



第15図 消費者の「ダイシモチ」のリピート率に対する実需者の評価

業態3では飲食店のメニューとして好評であることが推察される。

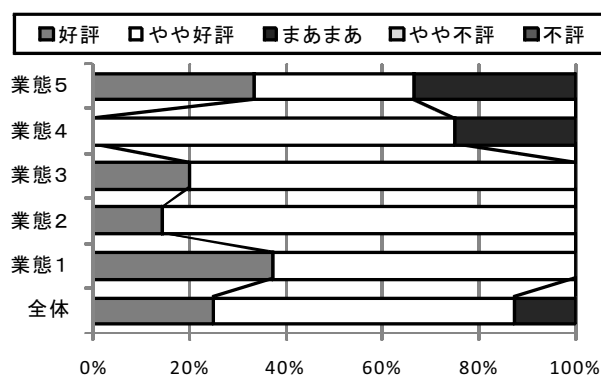
総評としては、「低い」「やや低い」とするものではなく、全体的に「やや好評」が多い傾向にある（第16図）。すなわち、実需者は、消費者が「ダイシモチ」関連商品に対して高く評価しているとみている。特に、業態1～3では「好評」「やや好評」が全体を占め、消費者に直接接する機会の多い業態において評価が高まる傾向がある。

以上の評価結果から、消費者の認知度を高められれば、消費の増加、ひいては実需者からの需要の増加につながる可能性があるといえよう。つまり、消費者の認知を高めるための宣伝などの情報戦略が重要であるといえる。

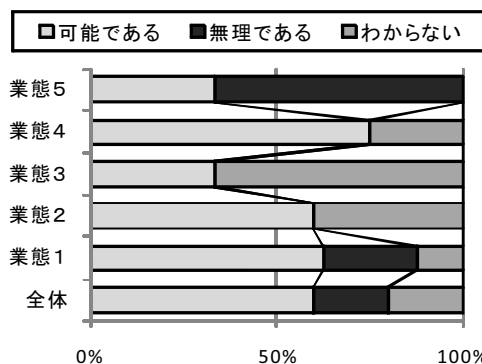
3) 「ダイシモチ」の特性に対する評価

米やうるち性の麦類にはない「ダイシモチ」の特性に関して、実需者が商品開発に利用できるかどうかを評価したところ、次のような結果となった。なお、製品作りはしていないということで無回答のものが1社、部分的に無回答のものが数社ある。

まず、「通常の裸麦に比べて食物繊維が多い特質」については、全体では「可能である」が60%、「無理である」「わからない」がそれぞれ20%であり、利用できる可能性が若干高いことがわかる（第17図）。ただし、業態3での評価がやや低い。つまり、飲食店では味、食感、外観に影響を与える特性は活用できるだろうが、これらにあまり影響を与えない



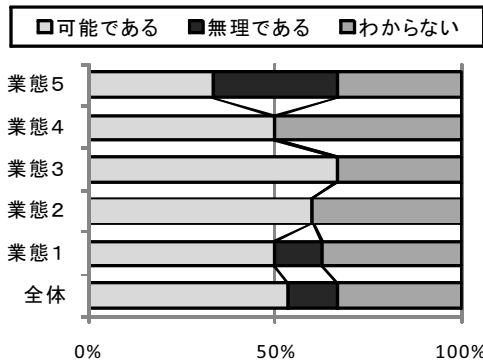
第16図 消費者の「ダイシモチ」への総評に対する実需者の評価



第17図 「ダイシモチ」の「通常の裸麦に比べて食物繊維が多い」という特質を商品開発に利用できるかという設問への実需者の回答結果

食物繊維の多さを飲食店の現場で活用することは何らかの工夫が必要であると考えられる。これに対して、業態1, 2では、この特性を商品のパッケージなどに記載すれば、アピールできる可能性は高いといえよう。また、業態2, 3, 4では、「無理である」とする回答がなく、全社が何らかの商品開発の可能性を探っていると推察される。

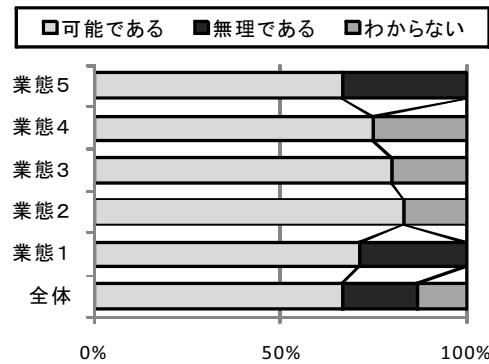
次に、「外皮に含まれている紫色のアントシアン」についてである。アントシアンは、抗酸化物質のフラボノイドの一種であり、その機能性が着目されている。全体の評価では、「可能である」が53%、「無理である」が13%、「わからない」が33%であり、この点も利用できる可能性がやや高いことがわかる(第18図)。前述の特性とは対照的に業態3での評価が高いのは、食材としてその色を活かし、個性的なメニューを創作しうる可能性を示していると考えられる。



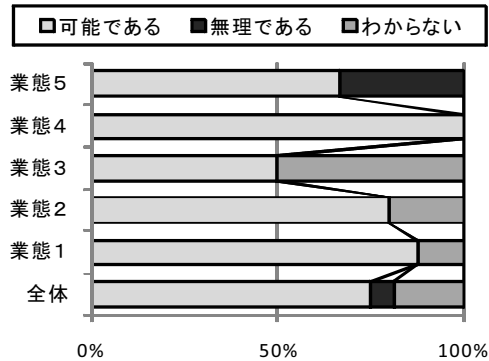
第18図 「ダイシモチ」の「外皮に含まれている紫色のアントシアン」を商品開発に利用できるかという設問への実需者の回答結果

「ご飯に入れると粘り、食味が良くなり、また冷えた後に硬くなりにくい長所」に関しては、「可能である」が67%、「無理である」が20%、「わからない」が13%であり、評価は高い(第19図)。この点は、ほぼ全ての業態で高い評価を得ているが、特に、業態2, 3での評価が高いのは、米に混ぜて炊飯する利用方法において「ダイシモチ」の食味が良いことを反映しているといえよう。

「粉にして小麦粉と混ぜてパンやお菓子を作ることができる特質」に関しては、「可能である」が



第19図 「ダイシモチ」の「ご飯に入れると粘り、食味が良くなり、また冷えた後に硬くなりにくい長所」を商品開発に利用できるかという設問への実需者の回答結果



第20図 「ダイシモチ」の「粉にして小麦粉と混ぜてパンやお菓子を作ることができる」という特質を商品開発に利用できるかという設問への実需者の回答結果

75%、「無理である」が6%、「わからない」が19%であり、評価は最も高い(第20図)。すなわち、「ダイシモチ」は粉状態での利用が拡大する可能性を示している。特に評価が高かったのが業態1, 2, 4である。業態1で評価が高いのは、これらの実需者は「ダイシモチ」の粉を原材料として菓子やパンを製造しているものが多いためであり、さらに商品開発ができることを示唆している。また、業態2における評価が高いのは、今後は消費者が自宅で「ダイシモチ」の粉を利用してパンやお菓子を作る可能性を示していると考えられる。さらに、業態4からの評価が高いのは、流通業を通して製造業などの実需者から粉の需要が拡大する可能性があることを意味しているといえよう。一方、業態3で評価が低いのは

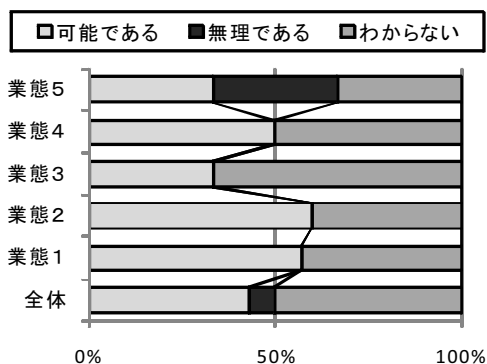
は、飲食店では米に混ぜて炊飯するなど、粒の状態での利用が主であることが影響していると考えられる。

最後に、「小麦粉に比べると色が白くない特質」について全体では、「可能である」が43%、「無理である」が7%、「わからない」が50%であり、「可能である」とする評価はもっとも低い（第21図）。しかし、「無理である」とするものもかなり少なく、「わからない」が最も多いことは、この特性をどのように利用できるか、なお試行錯誤の段階にあるといえよう。業態別には、相対的に業態3の評価が低く、「外皮に含まれている紫色のアントシアン」では評価が高かったことと対照的である。飲食店では、ご飯に混ぜて利用することが多いと考えられるが、このときに「白くなくなること」と、「紫色のアン

トシアン」では、色彩的な点で利用の可能性に関する評価が異なるといえよう。

以上のように業態によって評価に特徴がみられるのは、粒か粉かといった利用する状態が異なることや、加工するかどうかといった利用する場面も異なることが影響していると考えられる。したがって、「ダイシモチ」の利用の多様性が認められ、それ故に需要が拡大する可能性もある。

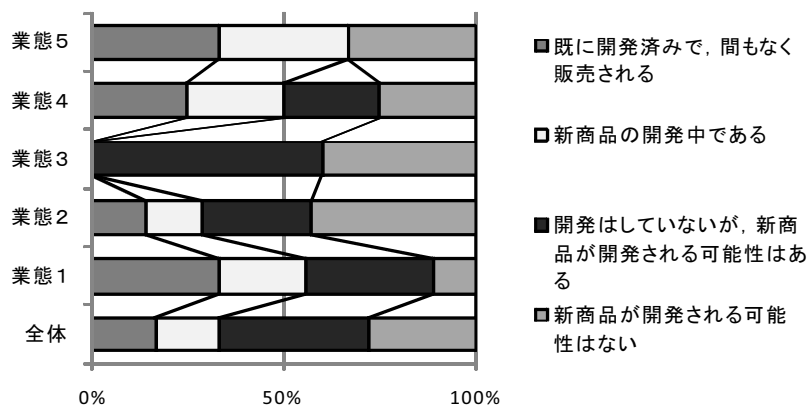
ここでの評価では、米に混ぜて炊飯して利用することが、全体的に評価が高いことから、「ダイシモチ」の認知度を高めるには、この利用方法を広めることが重要な突破口になると考えられる。一方、「外皮に含まれている紫色のアントシアン」「小麦粉に比べると色が白くない特質」といった色に対する評価は相対的に低く、今後の利用や商品開発に留意が必要であろう。



第21図 「ダイシモチ」の「小麦粉と比べると色が白くない」という特質を商品開発に利用できるかという設問への実需者の回答結果

4) 商品開発状況

「ダイシモチ」を利用した新商品開発の可能性に関しては、全体では「既に関済みで、間もなく販売される」が17%、「新商品の開発中である」が17%、「開発はしていないが、新商品が開発される可能性はある」が39%、「新商品が開発される可能性はない」が28%である（第22図）。実際に商品開発に取り組んでいるものが3分の1おり、また可能性まで含めれば、7割以上になることから、今後、「ダイシモチ」を利用した新商品がさらに出てくることが期待できる。



第22図 「ダイシモチ」を利用した新商品開発の可能性に関する実需者の回答結果

業態別では、可能性まで含めれば、業態1が最も新商品開発の可能性が高い。つまり、「ダイシモチ」を利用した新商品開発は、これに何らかの加工を加えることによって生まれる可能性が高いことを意味していよう。業態4、5が高いのは、サンプル数が少ないことと、業態1と重なっている実需者がいることが影響している。

その一方で、業態3では新たな商品開発に取り組んでいるものはない。しかし、これまで商品開発をしてきた実需者もいるため、「可能性がある」という評価が高いと考えられる。

5) 品質面における問題点

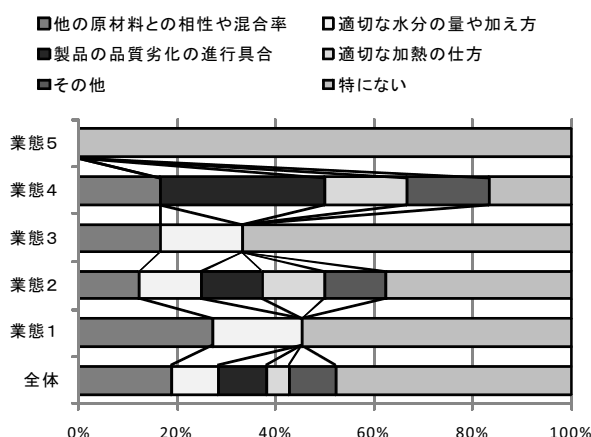
「ダイシモチ」の品質面に関する問題点については、72%は「特にない」としている。「年ごとに品質にムラがある」「保管中に品質の劣化がみられる」としたものがそれぞれ1社あるが、「色が悪い」「製粉状態が悪い」とするものは無く、品質面の問題はほとんどみられない。

また、これは品質の悪さというわけではないが、「その他」として「香りの持続がもっと欲しい」「糠切れが良い様に磨いて欲しい。全体的に精麦はほこりっぽい」ということをそれぞれ1社が指摘している。

6) 加工における技術的問題点

「ダイシモチ」の加工において、実需者が未解決の技術的問題点であると指摘した点は、全体では「他の原材料との相性や混合率」が19%、「適切な水分の量や加え方」が10%、「製品の品質劣化の進行具合」が10%、「適切な加熱の仕方」が5%、「その他」が10%、「特にない」が48%である(第23図)。なお、調査時点では「製品の保存方法」も選択肢にあげていたが、これを指摘する実需者はいない。

まず、「他の原材料との相性や混合率」を指摘するものが最も多かった理由として、「ダイシモチ」を業者が加工する場合でも、消費者が家庭で食べる場合でも、単品で食べるものではなく、何らかのものとおわせて食べる必要があることが指摘できる。したがって、何と合わせたら相性がよく、さらにそ



第23図 実需者が指摘する「ダイシモチ」の加工における未解決の技術的問題点

注) 複数回答可

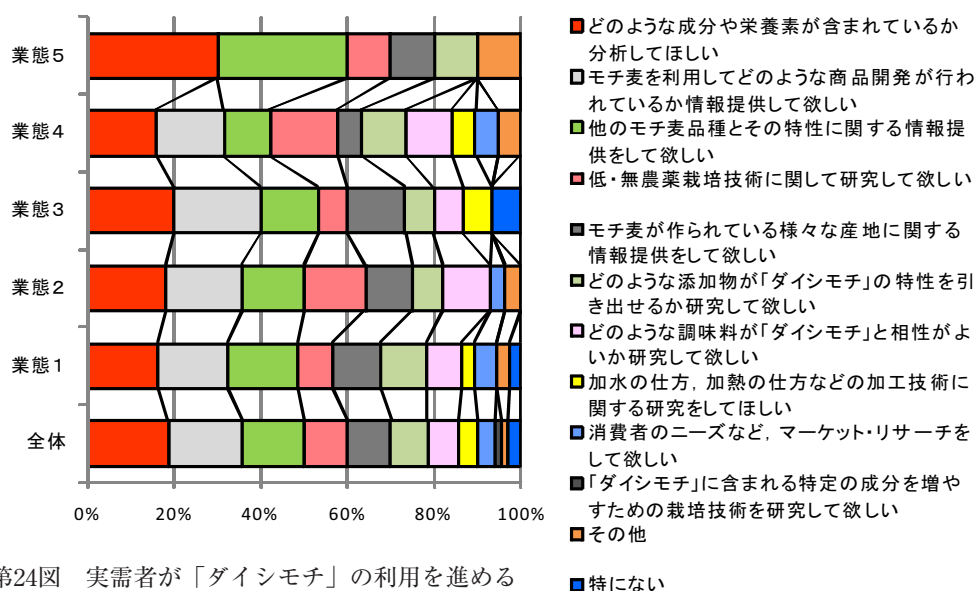
れをどの程度の割合にしたらよいのかは、重要な課題である。また、この点は先述の商品開発の可能性が高いことと表裏一体の関係がある。この一方で、「特にない」とするものが最も多く、「ダイシモチ」は実需者にとって扱いやすい素材であることも推察される。

業態別では、業態1と3において、「他の原材料との相性や混合率」と「適切な水分の量や加え方」が多いのが特徴であり、加工や調理における問題点として指摘される。一方、業態2、4といった流通業関係では、「製品の品質劣化の進行具合」が指摘されており、これは在庫の品質管理の問題として考えられる。また、これらの業態では「適切な加熱の仕方」も指摘されている。しかし、今回の調査では、指摘された問題点の詳細までは把握できていない。また、業態5では問題点を指摘する実需者はいなかった。

5 その他

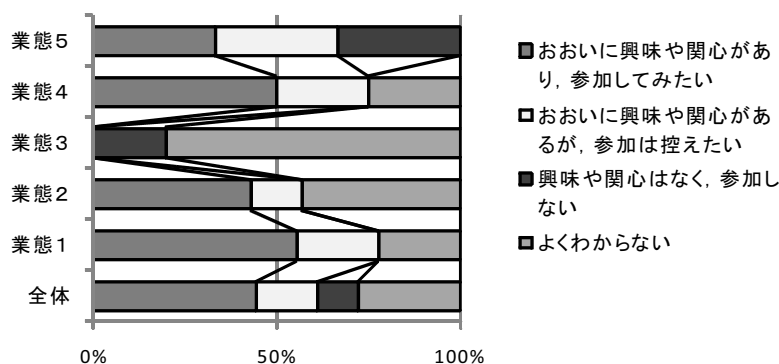
1) 試験研究機関への要望

本調査は、モデルコンソーシアム設立の可能性を視野に入れたものであったため、試験研究機関に解決してもらいたい問題や要望をたずねた。まず、全体では「どのような成分や栄養素が含まれているか分析してほしい」が19%、「モチ麦を利用してどのような商品開発が行われているか情報提供して欲し



第24図 実需者が「ダイシモチ」の利用を進める上で試験研究機関に要望する事項

注) 複数回答可



第25図 モデルコンソーシアムを設立し、これに参加することに対する実需者の興味や関心の程度

い」が17%、「他のモチ麦品種とその特性に関する情報提供をして欲しい」が14%、「低・無農薬栽培技術に関して研究して欲しい」が10%、「モチ麦が作られている様々な産地に関する情報提供をして欲しい」が10%、「どのような添加物が『ダイシモチ』の特性を引き出せるか研究して欲しい」が9%、「どのような調味料が『ダイシモチ』と相性がよいか研究して欲しい」が7%、「加水の仕方、加熱の仕方などの加工技術に関する研究をしてほしい」が4%、「消費者のニーズなど、マーケット・リサーチをして欲しい」が4%、「『ダイシモチ』に含まれる特定の成分を増やすための栽培技術を研究して欲しい」が1%、「その他」が1%、「特にな

い」が17%、「他のモチ麦品種とその特性に関する情報提供をして欲しい」が14%、「低・無農薬栽培技術に関して研究して欲しい」が10%、「モチ麦が作られている様々な産地に関する情報提供をして欲しい」が10%、「どのような添加物が『ダイシモチ』の特性を引き出せるか研究して欲しい」が9%、「どのような調味料が『ダイシモチ』と相性がよいか研究して欲しい」が7%、「加水の仕方、加熱の仕方などの加工技術に関する研究をしてほしい」が4%、「消費者のニーズなど、マーケット・リサーチをして欲しい」が4%、「『ダイシモチ』に含まれる特定の成分を増やすための栽培技術を研究して欲しい」が1%、「その他」が1%、「特にな

3%である(第24図)。特に多く指摘されているのは、商品開発に関連する技術的な問題といえよう。業態別にみても、特に特徴を示すようなところはなく、全体で指摘されている要望は、業態に関係なく、共通の問題として捉えられる。

2) モデルコンソーシアムに対する関心

最後に、実需者に対してモデルコンソーシアムに対する関心をたずねた。全体では、「おおいに興味や関心があり、参加してみたい」が44%、「おおいに興味や関心があるが、参加は控えたい」が17%、「興味や関心はなく、参加しない」が11%、「よくわからない」が28%であり、このような取り組みに対

する関心が高いことがわかる (第25図)。

業態別では、業態1の関心が高く、加工を行う食品メーカーなどは、モデルコンソーシアムのような技術協力に興味を示していると考えられる。一方、業態3の関心は低く、飲食店のようなサービス業を含めたモデルコンソーシアムの設立はやや難しいと考えられる。

3) 実需者の意見

本調査では、実需者の方々が自由に意見を記入する欄を設けたところ、次のような意見をいただいたので紹介する。

「行政や公的機関の本当の意味での情熱と継続支援、あなた達は本気でこの穀物を育て広げたいのですか? [A社]」

「十分な供給体制とモチ麦自体もしくは栽培技術の構築をお願いする次第であります [B社]」

「この秋、ダイシモチ粉を使った商品開発に初めて取り組みました。このような状況ですので、今後の研究および開発については未知数ですが、良い材料であると認識しております。できる限り多くの情報をいただけますようお願い申し上げます [C社]」

「現在雑穀の評価が上がってきており、その栄養価や健康への寄与が評価されつつあります。ごはんに混ぜて炊くだけで手軽に摂れ、しかも安価なダイシモチはもっと広くアピールすれば需要が広がると思います [D社]」

「愛媛がモチ性裸麦の主産地として栽培特区認定を受ける方向性を考えても良いと思う。特長ある裸麦だから計画的な生産販売を心がけて欲しい (価格もディスカウントされることなく付加価値商品として末永く

生産・販売が出来る体制づくりは必要だと思います) [E社]」

「当店では既に商品化し、お客様の評判も良く、おいしい商品になっていると思います。昨今のロハスブームに乗るつもりはありませんが当店の『体にやさしいパン作り』の理念に叶った食材だと思っています [F社]」

「『もち麦』はもう6年ぐらいになり、ゆっくりじっくり商品化を進めております。食生活の中のお菓子に健康を意識した物づくりをしております [G社]」

中には、A社のように厳しい意見を出した実需者もあり、これは「ダイシモチ」に対する大きな期待の現れとして理解したい。その他、B、E社の意見にもあるように「ダイシモチ」生産体制に対する不安や、それを払拭するような体制整備が望まれている。現在の制度は、農産物あるいは食糧の安定供給、共販体制に基づき効率的に農産物を流通させることを重視しているため、マス・マーケティング的な取り組みを支援する性格が強い。したがって、消費者の多様化が進む中で、実需者が個性ある商品づくりに取り組むことを促進するような対応が難しい。

その一方で、「ダイシモチ」関連商品が優れており、消費者の評価が高いことが実需者からの評価としてある。また、宣伝やPRなどの情報戦略の重要性も把握できた。「ダイシモチ」のように、どちらかというマイナーな農産物を育てていくのは、地域の特色を出すための取り組みとしては重要であろう。その際、農業政策というよりは、むしろ地域産業を育てるといった総合的な視点が必要である。ここで指摘された意見をさらに咀嚼すれば、農業生産の現場から、そこで生産された農産物を活用した食品産業まで全体の流れやシステムを支援するような施策が求められていると理解できよう。

6 小 括

このように、これらの実需者のほとんどはこれまでモチ性麦を利用した経験がないが、「ダイシモチ」に対する評価は高く、今後も継続的な利用が期待される。また、米やうるち麦にない「ダイシモチ」がもつ特性によって、商品開発の余地は十分にあることが把握された。特に、加工を行う食品メーカーにおいて、その傾向が強い。特性に関しては、食味や加工面で優れているという評価がある一方で、その色に対する評価は高くはなかった。これまでに扱った経験がないこともあり、商品開発に当たっては、試験研究機関に対して様々な要望も示されており、特に商品開発に関連する情報を求めていることがわかった。

今のところ、各実需者側にとって供給量は足りており、現状のままでは、需要の拡大は、実需者の増加によるところが大きいといえる。各実需者の需要が増大しない理由としては、消費者の認知度が低いことが考えられる。したがって、「ダイシモチ」は、実需者にとって優れた食材として認められているが、消費拡大のためには消費者の認知度を向上させる取り組みが不可欠といえよう。

IV 終わりに

JWFにおいて、「ダイシモチ」の生産および需要が増加傾向にある背景には、次のようなことがあるといえよう。まず、モチ性裸麦の栽培品種として「ダイシモチ」が育成されたことがある。先述のように、生産性の低い在来種から脱却し、生産性の向上を図ることができた。次に、加工技術が向上し、特に大麦や裸麦の製粉技術が向上したことによって、菓子やパン、麺類などに加工用途が広がり、商品開発の可能性が拡大したことがあげられる。また、「ダイシモチ」の素材としての特性もあげられる。粒状のまま米と一緒に炊飯したのもでも独特の食感があるが、その食感を活かした商品の開発も行われており、また製粉したものについては特色ある食感や風味を出した商品が開発されている。

これらの「ダイシモチ」自体の特性の他に、流通

や情報関連のインフラが整備されたことも、生産者の販売活動を支えている。まず、前者については、宅配便の普及によって小口でも広範囲に流通させられる環境が整い、これが農産物の流通にも利用されるようになってきている。ただし、一般の市場にはない価値のあるものであることが条件といえよう。後者については、インターネットの普及などによって生産者から広範囲に情報発信することが可能となっている。また、これらの2点は実需者にとっても同様である。

この他に、重要な点として、JWFのように自ら生産したものを自らの力で販売する経営体にみられる経営者能力の向上を指摘することができる。「ダイシモチ」のように特色ある農産物の販路を開拓するためには、経営者自身が営業活動を行い、新たな需要を生み出したり、新たな販路を開拓することが必要となる。このような活動は、これまでの農業経営者の行動にはみられなかったものである。

モチ性裸麦「ダイシモチ」は限られた生産者のもとで、限られた実需者によって利用、販売されているが、生産、実需の両サイドからの評価が高いことから、今後、需要の増大と生産の拡大が期待される。しかし、モチ性裸麦「ダイシモチ」を奨励品種あるいは産地銘柄に採用している自治体はないため、採算性のとれるような価格を実現するための販売対策や販売戦略が必要不可欠である。したがって、現在その生産振興は生産者の多大な努力と独創的な着想および実需者側の理解によって支えられている。一方、消費者の多様化によって、このような農産物の多様化も避けては通れないことから、「ダイシモチ」のような特殊な農産物の生産に対しては、産地の特区を作り特産品として活用したり、加工などの設備面に対する支援に力を入れるなど、何らかの助成ができるような制度を整備する余地はあるだろう。さらに、消費者からの評価は高いものの、よく知られていないことから、知名度の向上が何より重要な対策といえるだろう。

謝 辞

本稿の執筆にあたっては、JWFの牧秀宜代表取締役をはじめとして調査に御協力いただいた職員の皆様、アンケート調査に御協力いただいた実需者の方々に厚く御礼申し上げるとともに、今後のご活躍を期待するものである。

引用文献

- 1) 土井芳憲・伊藤昌光・藤田雅也・土門英司・石川直幸・片山正・神尾正義 1999. モチ性裸麦新品種「ダイシモチ」の育成. 四国農業試験場研究報告64:21-36

Trends in production of a waxy (glutinous) naked barley variety, 'Daishimochi', and buyer intentions

Jinzo SAITO and Takashi YANAGISAWA

Summary

Because distinctive foods can be made from 'Daishimochi', a waxy naked barley variety developed at the former Shikoku Agricultural Experiment Station in 1997, it should be possible to increase production of this crop.

At present, 'Daishimochi' is produced mainly by J-WING FARM, an agricultural corporation located in the city of Toon in Ehime Prefecture.

1) J-WING FARM plants 'Daishimochi' on 35 ha of land; plantings by subcontractors bring the total area under cultivation to 50 ha.

2) J-WING FARM has milling and grinding equipment and more than 20 business partners and is opening a new market.

Our survey of the business partners of J-WING FARM revealed the following:

1) The size, location, and type of business varied among the companies. Most had not previously purchased waxy barley.

2) Evaluation of the cultivar's characteristics varied among types of industry; the food processing industry was most interested in using it to develop new products.

3) The companies commented that consumer interest in 'Daishimochi' is high, and that they are likely to be long-term users, but that their awareness of the barley is still very low.

Although both buyers and producers value 'Daishimochi' highly, its production is not appropriately subsidized, and production and sales of 'Daishimochi' are currently managed and maintained only with considerable effort. It is thus necessary to implement public-information strategies, including advertising and promotion, to develop new markets.

〔 近中四農研資 6 〕
21-29 (2009)

平張型傾斜ハウス施工法を活用した片屋根型ハウスの設計および施工法

長崎 裕司・畔柳 武司・田中 宏明・中元 陽一・伊吹 俊彦*

Key words: 平張型傾斜ハウス, 片屋根型ハウス, 足場用鋼管, スパイラル基礎杭

目 次

I 緒 言	21	III 摘 要	28
II 片屋根型ハウスの設計・施工方法およびコスト	22	謝 辞	28
1 設計の考え方と施工方法	22	引用文献	28
2 施工手順と結果	23	Summary	29
3 施工時間と資材コスト	26		
4 今後の課題	28		

I 緒 言

平張型傾斜ハウスは、外径48.6mmの足場用鋼管を主要構造部材とし、クランプ等で組み立てた構造物である。

伊吹らは平成18年までの約10年間、高知県土佐町や徳島県東みよし町において、傾斜畑に適した平張型傾斜ハウスの開発と現地実証を行ってきた。その結果、同程度の強度水準である鉄骨補強パイプハウスよりも低コストであること、引き抜きに強い基礎や適切な補強により高い耐風性が得られること、高軒高で全ての側面を開放できることにより換気性に優れることを明らかにした。

具体的には、コストは近年の鋼材価格の高騰の影響を受けているものの、平成17年度時点で10a当たり約340万円の資材費であり、同程度の強度を有す

る鉄骨補強パイプハウス（通常APハウスと呼ばれるもの。耐風速30m/s程度）より約2割低コストであった。

強度については、傾斜6度に建てた直方体に近い形状の傾斜ハウス（10.5m×27m×高さ約3m）について構造解析を行った結果、山側からの風に対して風速32m/s、谷側からは50m/sに耐えることが示された¹⁾。平成16年に四国に4個の台風が上陸し、現地実証ハウスも強風にさらされたとみられる（台風0416の徳島での最大風速は27.6m/s、最大瞬間風速は54.1m/s（平成16年8月30日））が、大きな損傷はなかった。

高い耐風性の一つの要因として、引き抜きに強いベース付基礎を使用していることが挙げられる。このベース付基礎として当初は紙製円筒型枠（ポイド管）を利用して作製したコンクリートベース型基礎を用いたが²⁾、より軽量の鋼板ベース型を考案し適

(平成20年9月19日受付, 平成20年12月9日受理)

中山間傾斜地域施設園芸研究チーム

*現 畜産草地研究所

用するようにした。これにより基礎の運搬や埋設作業の省力化も達成された。

現在、全国的にみると、耐風速50m/s以上のハウス（園芸施設共済における型式区分でV類に相当）のうち、従来型の約60%のコストで建設できる低コスト耐候性ハウス³⁾が開発されたことから、特に平坦地の大規模圃場においてその導入が進みつつある。しかし、強度の高い基礎を必要とし、その埋設のためには重機を必要とすることも多く、中山間の小区画圃場では適用困難である。また、当該地域の設計風速にもよるが一部地域を除いて、近畿中国四国地域の中山間においては、再現期間30年では風速30m/sを超える地域は少なく、コストや耐用年数を考慮すると強度水準は耐風速30m/s相当でも十分と考えられる。

そこで、中山間の小区画平坦地にも導入が容易である平張型傾斜ハウスの知見を活用した高強度・低コストハウスの開発を目指した。特に近年、環境保全型農業などの取組みの中でハウスの開放部に防虫網を組み込むケースが増えているが、これは何も張らない場合に比べハウス内の温度が上昇するため、自然換気だけでも外気温並みにできる好換気性ハウスが希求されている。このことから、従来の平張型傾斜ハウスの知見をもとに、自然換気性能に優れた平坦地用のハウスを開発することを主要な目的の一つとした。

これまで、屋根傾斜が10度程度となる両屋根型ハウスについて設計・施工実証がなされたところであるが、現在は側窓開放面積が広く確保でき、自然換気を促進できる片屋根構造⁴⁾を中心に検討を進めているところである。そこで本報では、現地実証を行っている片屋根型ハウスでの施工結果をもとに施工法および施工時間・コストについて述べるとともに、今後の課題を考察する。

Ⅱ 片屋根型ハウスの設計・施工方法およびコスト

1 設計の考え方と施工方法

片屋根型ハウスは、図1のように支柱長と垂木パイプの長さを調節して平屋根を区画形状に合わせた多角形とすることで、平張型傾斜ハウスと同様に不整形な圃場区画に合わせて建てることできる⁴⁾。

ここでは施工方法の概略を説明するため、図2のような間口×奥行きが長方形の片屋根型ハウスについて述べる。

中柱を設置しない場合、間口は最大5.4mとした。これは、最大6mの長さである足場用鋼管やフィルム留め材を効率的に利用するためであり、5.4m以上の間口にすると垂木パイプとして使用している足場用鋼管や屋根面のフィルム留め材を継ぎ足す必要が生じる。なお、間口を10m程度にまで広げた場合には、中央部に支柱列を追加する必要がある。これ以上の幅にすると片屋根型では山側の軒高が4mを超えるため、施工の安全性確保や支柱の座屈強度の観点から、両屋根型にするなどして軒高が4mを超えないようにする必要がある。

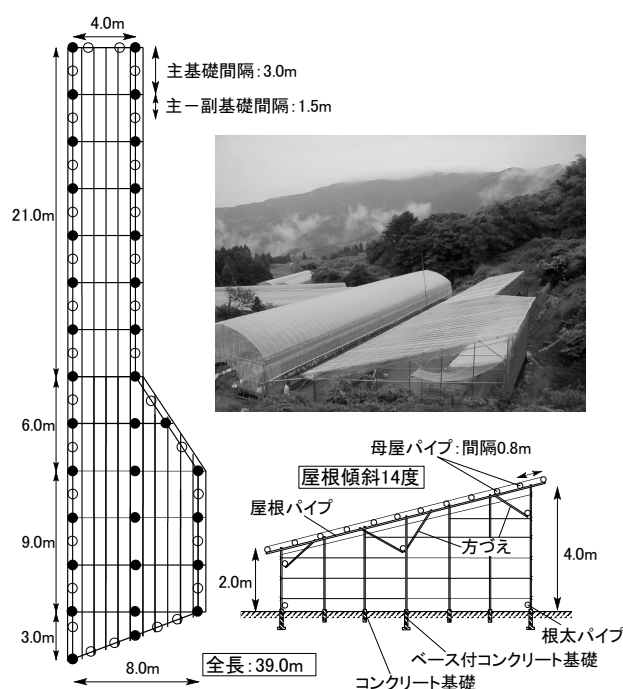


図1 不整形な圃場に設置した平張型ハウス（片屋根型）

注：高知県土佐町溜井での施工事例（平成13年，面積2 a）

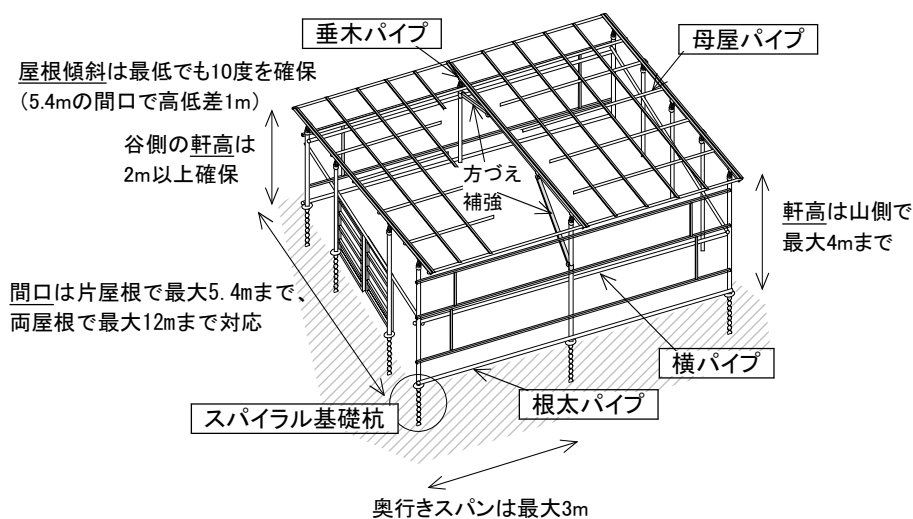


図2 平張型ハウスの概略図 (片屋根型)

また、奥行きに関しては従来の平張型傾斜ハウスでの実績を踏まえ¹⁾、スパイラル基礎杭取付支柱間隔を3m以内にした。

強度は、鉄骨補強パイプハウスと同等の耐風速30m/s以上を想定している。この強度を維持しながら、資材量を減らして低コスト化を図りながら、施工時間の削減も目指した。

資材量削減の一例として、曲げ強度の大きい箱形フィルム留め材を側面に適用して、支柱本数を平張型傾斜ハウスの約半分に減らすことができた。また、片屋根型については強風時に軒高の高い山側で受ける風圧力が大きいことから、適切な補強を加えることが重要である。これは、支柱と垂木パイプを方づえで補強することで対応した。

方づえは、長さ1～1.7mに切った足場用鋼管(外径48.6mm, 厚さ2.3mm)の両端に自在クランプを取り付けて接合する方法がコスト面では有利である。しかし、自在クランプ1個当たりの許容支持力は3.43kN(約350kgf)であることから⁵⁾、支柱頭部と垂木パイプの接合を含めて3ヶ所とも自在クランプで対応することは強度面で問題があると考えられる。そこで、支柱頭部と垂木パイプの接合については、2種類のダグタイル鋳鉄製の金具(以下、エンド金具, 片ボルト止金具)をM12ボルト・ナットで接合する方式を適用した(図3)。エンド金具はパ

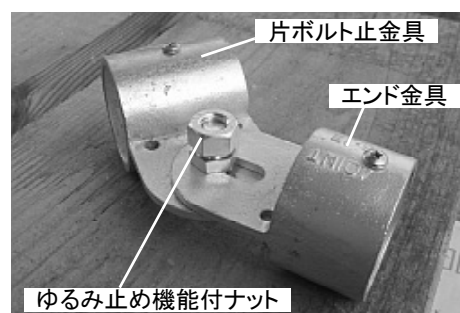


図3 使用した足場パイプ用組立金具

イプの先端に被せて、片ボルト止金具はパイプに通して任意の位置で固定して使用する金具である。それぞれの金具の側面に張り出した板に空いた長穴に、M12ボルトを通してナットで緊結する。

方づえについては前述した足場用鋼管と自在クランプによる方法でもよいが、ここでは片ボルト止金具を支柱と垂木パイプに取り付け、両端に12.5mmの穴をあけた50mm幅の等辺山形鋼で方づえ補強を行う方法を適用した(図4)。

2 施工手順と結果

平成19年11月に、愛媛県久万高原町のJ A松山市久万育苗センターの敷地内に間口5.4m、奥行き21mのハウスを施工した。以下、施工手順に沿って結果の概要を示す。



図4 等辺山形鋼による方づえ補強

1) 基礎設置および根太パイプ取付

基礎には重機等による基礎穴の掘削が不要なスパイラル基礎杭を使用した。片屋根型ハウスでは、耐風速30m/sを想定して、幅50mm、厚さ6mmの平鋼によるスパイラル部（長さ500mmまたは700mm）を有した基礎杭を利用している。外径48.6mm、肉厚2.3mmの足場用鋼管の支柱が差し込み固定できるよう、杭の上部に外径42.7mmの支柱差し込みパイプが取り付けられている。

基礎杭設置作業では、①原位置土を練り返してしまおうと引き抜き強度が著しく低下することから、その発生がないことを確認しながら、かつ②支柱差し込みパイプの垂直を見ながら、③沈下および倒れ防止用として杭上部に取り付けられている円板が確実に地面に接触するまで施工することが重要である。なお、地盤が硬く人力によるねじ込みが困難な場合には、両手ハンマーによる打ち込み施工を行った（図5）。



図5 スパイラル基礎杭の設置
ねじ込み施工（左）と打ち込み施工（右）

次に、基礎杭の支柱差し込みパイプ地際に直交クランプを固定し、根太パイプ（足場用鋼管を使用）を奥行き方向に水平度を確認しながら取り付けました。これにより、支柱の基準高さをそろえるとともに、基礎杭の奥行き方向の傾きも補正した。

2) 支柱設置および横パイプ、筋交い補強の取付
支柱の長さは、間口5.4mのハウスでは山側と谷側で1mの高低差をつけると屋根勾配10度を確保できることから、資材利用効率も考慮して2mと3m、または2.5mと3.5mの組合せとする。久万育苗センターの事例では、換気性を確保するため軒高をできるだけ高くすることとし、2.5mと3.5mの組合せとした。

支柱頭部には、片端にエンド金具をあらかじめ仮留めした。支柱は前述した基礎杭の支柱差し込みパイプに差し込み、エンド金具の向きに注意しながら、外径6mmのドリルねじで固定した。

横パイプは、足場用鋼管を側面の高さ約1.8mに直交クランプで水平に取り付けた。まず、四隅の支柱については図6のように筋交い補強を加えて倒れを防ぎ、支柱の奥行き方向の垂直を確認しながら作業を進めた。

3) 屋根の垂木パイプ取付と方づえ補強

垂木パイプと支柱は、図7のように足場パイプ用組立金具の片ボルト止金具とエンド金具をM12のボルト・ナットで接合した。摩擦力により支柱と垂木の接合角度がある程度保持されるため、従来の自在

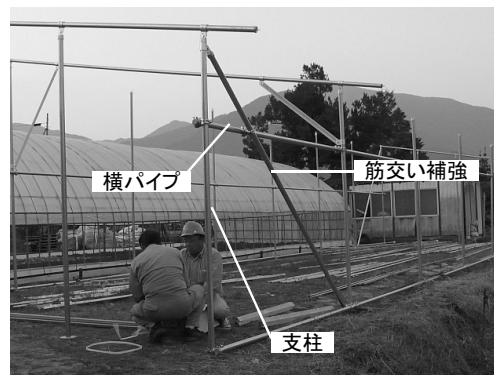


図6 支柱の立ち上げと横パイプの取付

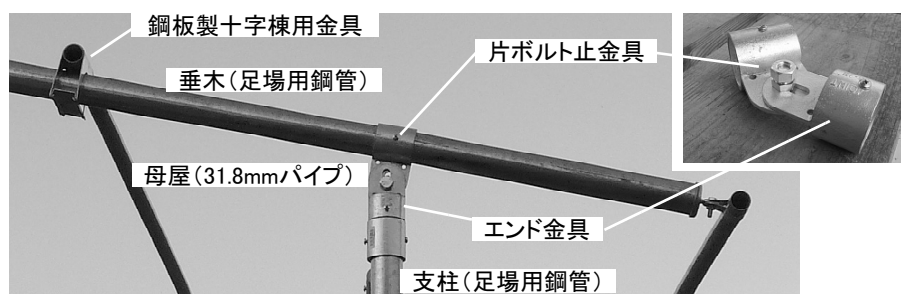


図7 屋根組における支柱と垂木、垂木と母屋パイプの接合例

クランプによる接合では支柱の山谷方向への倒れを防ぐために必要であった仮の筋交い補強が不要であった。

方づえ補強では、前述したように、支柱と垂木パイプに足場用金具の片ボルト止金具を用いて、両端にM12ボルト留め用の穴あけ加工をした50mm幅の等辺山形鋼を利用した。ただし、従来の足場用鋼管と自在クランプ利用の方が安価であり、垂木パイプと支柱の接合部の強度が十分に大きいことから、従来方式を適用しても強度面で問題ないと考えられる。

4) 妻面の支柱，横パイプ取付

妻面の支柱は、フィルム留め材を水平に固定するため、間隔が1.5mを超えない範囲で配置した。例えば、間口5.4mであれば両端の支柱を除いて3本の支柱を1.35mの間隔で配置した。

ハウス用扉を設置する妻面については、扉の幅、高さに合わせて支柱間隔と横パイプの高さを調節する。間口5.4mの妻面に幅1.2m、高さ2mの扉を2枚両開きで設置する場合、両端の支柱から1.5mの位置にそれぞれ支柱を配置し、横パイプは直交クランプで扉の高さプラス20cmを確保して水平に取り付けるようにした。

5) 側面のフィルム留め材取付

側面のフィルム留め材は支柱間隔を3mとしたため、曲げに対して強い箱形のフィルム留め材を用いた。支柱には48.6mmパイプ用の鋼板製専用金具で固定した。

換気窓の設置に合わせて、山側側面は3段、谷側は2段で留め材を水平に取り付けるようにした。最

下段は地面から50～70cmの高さに裾張りシートを固定するために取り付け、山側には2段の巻き上げ換気窓を設けるため、支柱上端から20cm程度下の位置に上段の留め材を取り付け、さらに横パイプに沿わせて中段に設置した。谷側については、巻き上げ換気窓の幅を考慮して、支柱上端から20～50cm下に上段を取り付けた(図8)。なお、両端の支柱から約1mの位置には固定張り用として垂直にフィルム留め材を配置した。

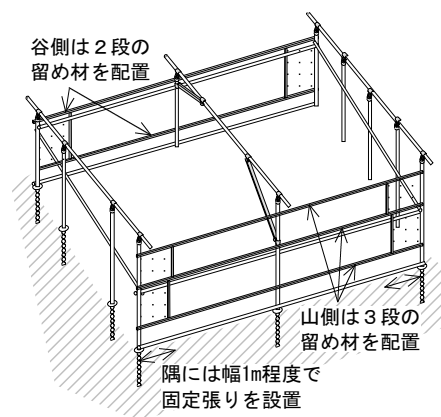


図8 側面留め材の配置と固定張り

6) 屋根の母屋パイプ，フィルム留め材取付

母屋パイプは、従来の平張型傾斜ハウスと同様に足場用鋼管を用いてもよいが、外径31.8mmや25.4mmのハウス用直管(片端が差し込み延長できるスウェッジ加工されたもの)でも屋根組の作業性や積雪に対し強度面で十分とみられる。母屋パイプと垂木パイプの接合には鋼板製棟用十字金具を用いることで、従来の直交クランプでは屋根面にボルトが突き出て切断する作業が必要であったが、その作業が無くな

り省力化が図られた。

母屋パイプの間隔は1 m以下で平行に取り付け、フィルム留め材は母屋パイプに直交させて傾斜方向に配置して外径5 mmのドリルねじで固定した。取付間隔は積雪などの条件に応じて50, 60, 75cmの中から選択（垂木パイプの間隔3 mをそれぞれ6, 5, 4等分）する。

垂木パイプ直上には、フィルムの重ね張り作業が容易になるよう、2本のフィルム留め材が一体成型されたものを用いた。また、軒先にはフィルムの重ね合わせで隙間が生じないようにするため、垂木パイプのピッチに合わせて軒先パイプから側面上部の箱形フィルム留め材まで、縦に留め材を配置するようにした（図9）。



図9 屋根面のフィルム留め材配置と軒先処理

7) 妻面仕上げ

妻面については、支柱間隔を1.5m以下にしていることから、箱形でないフィルム留め材で十分であり、側面の最下段に合わせて1段、その上に約0.7 m間隔で平行に配置する。また、最上部については、垂木パイプから20cm程度の間隔をとって平行に留め材を配置して支柱にドリルねじで固定した。

扉については、市販のハウス用扉セットを購入して組み込むことができる。市販ハウス用扉の上下レールは専用金具により妻面支柱にU字ボルトで取り付ける形式のものが多いが、必ず足場用鋼管の外径48.6mmに対応した金具を指定する。

8) フィルム展張と防虫網組込

片屋根型ハウスの被覆には、伸びや裂けに強いP O（ポリオレフィン）系の軟質フィルムを使用した。フィルムの展張は、上からのフィルムが必ず表側にくるように重ねて留めることが基本であり、裾回りの固定張り、側面、屋根の順で作業を行った。

まず、裾回りについては、厚さ0.2~0.5mmの厚手のP O系フィルムを使用した。

側面は、巻き上げ換気窓部分には防虫網を固定張りしている。ここでは防風網としても使用されている4 mm目合いのものを組み込んだ。網は留め材に波形スプリングで固定するが、フィルム巻き上げ時に網まで巻き込まないように、余り代は5 cm以下になるよう切りそろえるようにした。巻き上げ用フィルムは留め材間隔プラス15cmの幅のもの（厚さ0.1mm）を使用した。

屋根面では、垂木パイプ間隔3 mに留め代を加えた3.3m幅（厚さ0.15mm）のフィルムを使用した。あらかじめ垂木長と軒先下の固定張り相当幅（山側と谷側で合わせて1.5m幅程度）の長さ7.5mで切り、それをスパン数分だけ用意する。

垂木上に配置したダブルのフィルム留め材では、重ね合わせたフィルムを確実に2本のスプリングで留めるようにすることで、垂木間に配置したフィルム留め材にスプリングを入れなくても風で簡単にフィルムが外れたり、雨水が滞留したりすることはなかった。ただし、ハウス建設地の風や積雪条件を考慮して、必要に応じて留め材にスプリングを入れる本数を増やす対策が求められる。

3 施工時間と資材コスト

1) 施工時間

施工時間はハウスの規模・形状により異なるが、表1のように、間口5 m、奥行き12m規模の施工事例において、本体骨組みまでに約7人日、フィルム展張なども入れて計10人日を要する。これは、平成13年に高知県土佐町に従来の工法（ベース付コンクリート基礎使用、クランプ類による接合など）で建設したハウスに比べ約3分の2の時間で済むことが明らかになった。

表1 工法改善による施工時間の短縮効果

施工法 施工年月 施工場所	本施工法 H19.3 四国研究センター	従来工法 H13.7 高知県 土佐町溜井
作業日数(単位:人・日) 【作業内容】	10.03	15.75
0) 粗整地	1.25	—
1) 基礎埋設	1.00	2.50
2) 基礎連結	0.25	10.25
3) 支柱設置	0.25	
4) 支柱連結	0.25	
5) 垂木パイプ取付	0.25	
6) 側面箱形フィルム留め材取付	0.25	
7) 方づえ補強取付	0.25	
8) 妻面支柱側面パイプ取付	0.13	
9) 屋根パイプ取付	0.19	
10) 妻面・屋根フィルム留め材取付	2.00	
11) 扉設置	0.38	
12) 本体骨組み仕上げ	0.33	
13) 腰フィルム設置	0.19	
14) フィルム展張準備	0.20	
15) 屋根フィルム展張	2.25	
16) 側面フィルム展張	0.44	
17) 自動巻き上げ設置	0.19	

注: 1) H19、H13施工ハウスとも平坦地の片屋根型施工での値
2) 従来工法はベース付基礎、パイプ接合はクランプ類を使用

2) 資材コスト

平成19年の久万育苗センターにおける施工実績(間口5.4m, 奥行き21m, 面積1.1a, 図10)からコストを算出すると, 表2のように1平方メートル当たり約4,000円(骨組みのみ)であった。被覆材, 施工人件費込みで試算すると約7,000円となる。

なお, 間口11m, 奥行き90mの約10a規模で, 中央に中柱列がある片屋根型について試算すると, 骨組みだけで10a当たり150万円の水準であり, 近年の資材費高騰下で単純な比較はできないが, 同程度の強度を有する鉄骨補強パイプハウスの約7割のコスト水準であると考えられる。



図10 JA松山市久万育苗センターに建設した片屋根型ハウス(間口5.4m, 奥行き21m)

表2 片屋根型ハウスによる使用資材およびコスト一覧

No.	資材名	必要数	単価(円)	コスト(円)	規格等
1	スパイラル杭(基礎)	21本	4,172	87,612	G・Tスパイラル製 φ48.6mm足場用鋼管対応
2	接続用パイプ	1本	3,143	3,143	φ42.7mm×厚2.3mm×長6m、メッキ品
3	足場用鋼管	39本	2,000	78,000	φ48.6mm×厚2.4mm×長6m
4	母屋パイプ	28本	1,383	38,724	ハウス用31.8mmパイプ、長さ5.4m SW加工
5	ハウス用等辺山形鋼	3本	4,358	13,074	50mm×50mm×4mm×5.5m、溶融亜鉛メッキ
6	自在クランプ	12個	155	1,860	φ48.6mm足場用鋼管用
7	直交クランプ	42個	155	6,510	φ48.6mm足場用鋼管用
8	足場用金具(エンド金具)	28個	550	15,400	ジョイント工業製 エンド金具 6-1E
9	足場用金具(片ボルト止金具)	52個	550	28,600	ジョイント工業製 片ボルト止金具 7-1S
10	M12×25mmボルト	52個	11	572	足場用金具接合
11	M12ハードロックナット	52個	54	2,808	足場用金具接合
12	フィルム留め材	43本	960	41,280	長さ6m、メッキ品
13	ダブルフィルム留め材	12本	1,600	19,200	長さ4m、メッキ品
14	箱形フィルム留め材	18本	3,000	54,000	長さ6m、メッキ品
15	平キャップ	12個	170	2,040	φ48.6mm足場用鋼管対応、鋼板製溶融亜鉛メッキ
16	六角頭鋼板ビス	45個	8	360	六角頭M6×25
17	ナベ頭鋼板ビス	755個	—	3,658	ナベ頭M5×16、1箱500本入を2箱
18	箱形フィルム留め材用金具類	60個	—	19,651	足場用鋼管への固定、留め材同士接合用等
19	フィルム留め材端金具	16個	143	2,288	フィルム留め材同士を接合
20	鋼板製十字棟用金具	40個	180	7,200	屋根組で母屋パイプ(32)と足場用鋼管(48)を直交接合
21	ユニバーサルジョイント	16個	67	1,072	31.8mmパイプ用30mm幅、M8×25ボルト・ナット付
22	鋼線製波形スプリング	120本	90	10,800	PO系フィルム用
23	PO系フィルム	3巻	35,429	106,287	厚0.15mm×幅330cm×50m巻
24	すそ張シート	1巻	9,200	9,200	0.5mm厚、幅75cm、長さ55m
25	防風網	1巻	10,300	10,300	4mm目、幅3m、長さ50m
26	側窓換気資材類	1式	—	38,386	巻き上げパイプ、手動巻き上げ装置等
27	ハウス扉	1式	30,476	30,476	幅1.2m×高さ2mを2枚で両開き、足場用鋼管に取付

全資材コスト(ハウス面積113平方m)	632,501 円
骨組み資材コスト(被覆材等を除く)	457,528 円
1平方m当たり骨組み資材コスト	4,035 円
(1坪当たり骨組み資材コスト)	13,314 円)

注: 平成19年11月、JA松山市久万育苗センター(愛媛県久万高原町)において施工した片屋根型ハウスの施工実績より算出

4 今後の課題

片屋根型については、同程度の容積のアーチ型ハウスより側窓の換気面積を広く確保することができることから、換気性が良いことが確認されている⁴⁾。一方で、山側の軒高が3～4 mと高く、壁面の見つけ面積が大きく、ハウス骨組みの強度が十分でないとして強風により倒壊する危険性があると言われている。

また、愛媛県久万高原町において、間口が8 mでスリークォータタイプの両屋根型(図11)について、中柱を外し脱着式の補助支柱を横梁に取り付ける構造を試みた。両屋根型構造を検討する場合には、合掌部分のパイプや留め材配置、ハウス内での作業の邪魔にならない補強配置など改良すべき要素が残されている。

今後は、本施工ハウスの経年変化を調査するとともに、実大模型での強度試験や構造解析を行い、安心して平坦地も含めた中山間地の多様な形状の圃場に適用できる仕様を確立する必要がある。



図11 愛媛県農業試験場久万試験地に建設したスリークォータ型ハウス(間口8 m×奥行き18 m)

Ⅲ 摘 要

片屋根型ハウスの設計・施工実証を通して、①重機などによる基礎穴掘削が不要なスパイラル基礎杭による基礎埋設作業の省力効果、②足場用金具や鋼板製金具を屋根組に利用することによるフィルム破れ防止や施工省力化、③強度の大きい箱形フィルム留め材の側面への適用による支柱本数の削減、などの効果を確認した。

これらの改良により、資材コストを抑えながら、従来の施工法に比べ約3分の2の時間で建てられることを明らかにした。

謝 辞

本研究については、平成19年度の農研機構重点事項研究強化費の配分を得て実施した。また、実証試験にあたり、愛媛県農業試験場久万試験地(現愛媛県中予地方局産業振興課久万高原町農業指導班)とJA松山市久万育苗センターの圃場に平張型ハウスを施工させていただいた。さらに、ハウス施工については、近中四農研の研究支援センター業務第2科職員の協力を得た。多数の方々のご理解・ご協力の賜であり、改めて深甚な謝意を表する。

引用文献

- 1) 近畿中国四国農業研究センター 2006. 平張型傾斜ハウスの設計・施工マニュアル：
http://wenarc.naro.affrc.go.jp/seika/seika_print/inclination2006/manual01.pdf
- 2) 長崎裕司・宮武正広・樋笠啓智・上枝博樹・野中瑞生・川嶋浩樹・的場和弘 2003. 平張型傾斜ハウス用低コスト基礎の考案. 近畿中国四国農業研究センター研究資料2: 1-6
- 3) 野菜茶業研究所 2007. パイプ基礎工法と屋根ユニット工法を特徴とする低コスト耐候性園芸用ハウス. 平成18年度野菜茶業研究成果情報：
<http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2006/vegetea/ve06001.html>
- 4) 中央農業総合研究センター 2003. 換気が容易な小規模育苗用片屋根型プラスチックハウス. 平成14年度関東東海北陸農業研究成果情報：
<http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2002/kannto/kan017.html>
- 5) (社) 仮設工業会ホームページQ&A集. S I 単位系への移行に伴う鋼管足場用部材及び附属金具の許容支持力等について：
<http://www.kasetsu.or.jp/qa/shijiryoku.html>

Design and Construction of Flat Roof Type Greenhouses and Their Associated Problems

Yuji NAGASAKI, Takeshi KUROYANAGI, Hiroaki TANAKA,
Yoichi NAKAMOTO and Toshihiko IBUKI*

Summary

We developed a novel design and construction plan for flat roof type greenhouses. These greenhouses were constructed using 48.6 mm diameter steel pipes that are generally used for scaffolding. Flat roofs in greenhouses are efficient for optimizing production in small-sized farms as they prevent wind damage and provide good ventilation on the account of their high eaves. In addition, we upgraded several parts of the greenhouses using the following: (1) Screw type piles, a labor-saving addition in the foundation setting, (2) some fastening metal fittings for the steel pipes used in the roof of the greenhouses, which were effective in preventing damage to the surface film of the greenhouses, and (3) box-type film fasteners, which have a large bending strength, and the use of which reduces the number of prop pipes required.

As a result, the construction time reduced by 30 percent along with low material cost.

〔 近中四農研資 6 〕
31-45 (2009)

職務作成プログラム「MPN（最確値）法による土壤微生物密度推定のためのVisual BASICプログラム」の利用マニュアル

堀 兼明・須賀有子・小森冨香・福永亜矢子・池田順一

Key words: MPN（最確値），土壤微生物密度，有意差検定，Visual BASIC，プログラム，マニュアル

目 次

I 緒 言	31	4 シート③：希釈段階補正MPN値の算出法の説明	39
II プログラム内容の概要と留意点	32	5 シート④：MPN表(最確値表)の算出	39
1 MPN法の概要	32	6 シート⑤：MPN表(10倍希釈, 5反復)の例	39
2 プログラムの構成	32	IV 今後の課題	39
3 プログラム動作上の留意点	33	V 摘 要	43
III プログラムの操作と解説	33	謝 辞	43
1 シート①：MPN値と信頼限界の算出	33	引用文献	43
2 土壤中の微生物密度の算出例	35	Summary	45
3 シート②：MPN値の試料間の有意差多重 t 検定	35		

I 緒 言

MPN (Most Probable Number: 最確値) 法は土壤・水・食品等の微生物密度解析のために広く用いられている手法である。しかし、その解析において行われる希釈操作段階毎の希釈率および反復数の設定に関しては、一般の実験書^{1, 2, 6, 11, 12)}では限られた組み合わせがMPN表として紹介されているのみであり、調査にあたって求めたい分析精度を確保するための分析条件の検討が困難な場合が多い。

また、MPN値の信頼限界の上限値および下限値については、記載がない場合⁶⁾もある。こうした解析手法上の制約のために、MPN法は対象微生物

を必要な密度に対応してかつ必要な精度で検出するためには、必ずしも簡便な手法とはなっていなかったものと推測される。

一方、これらの目的のためにコンピュータ用プログラムが報告されているものの、BASIC言語^{5, 8, 9)}やFORTRAN言語¹⁰⁾で記述されているために、最近のWindows等のOS環境での使用は困難であった。近年、米国のFDA: Food and Drug Administration¹³⁾は、Windows環境でMPN値と信頼限界値の算出のための、Microsoft Excelシートのダウンロードができるサービスを行っている。

さらに、MPN値の解析に関しては、算出したMPN値の試料間の有意差検定が有効である。しかしこれについてはCochran³⁾による基本的な計算式は

(平成20年8月14日受付, 平成20年12月16日受理)

環境保全型野菜研究チーム

報告があるが、上記のFDA¹³⁾のプログラムでも採用されていない。

そこで、筆者らはこれまでにCochran³⁾の計算式に基づき、MPN法における希釈段階毎の希釈率および反復数設定の自由度を広げた場合のMPN値や信頼限界値等を算出でき、加えてMPN値間の有意差多重t検定を行うためのコンピュータ用プログラムを開発してきた。この一連のプログラムは、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の職務作成プログラム「MPN（最確値）法による土壤微生物密度推定のためのVisual BASICプログラム」：機構-M09（2008）⁴⁾として認定されている。このプログラムは機構本部の知的財産センター（脚注）宛に利用申請することにより入手できる。これら一連のプログラムは、土壤微生物密度解析の精度向上に資するものである。

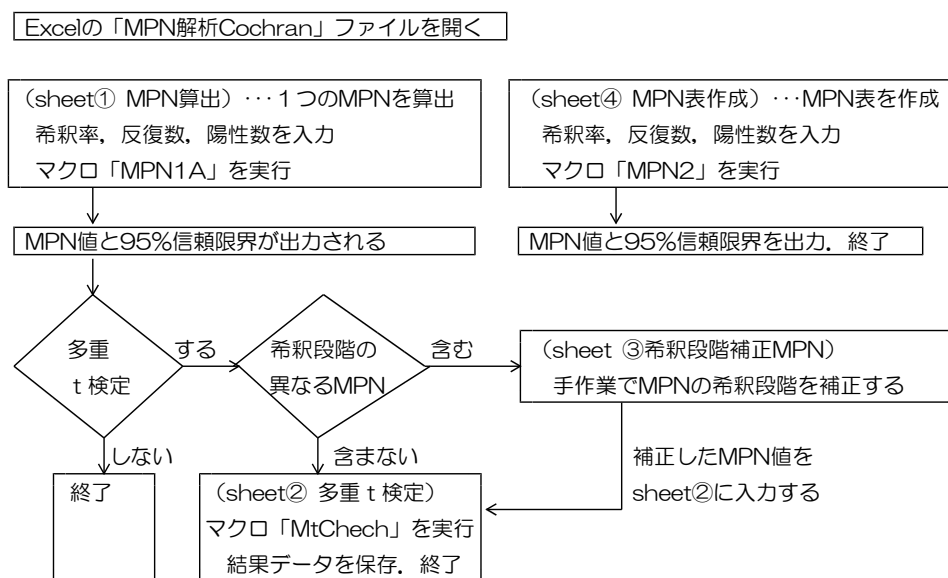
本資料は、この職務作成プログラムの利用マニュアルである。本マニュアルの内容は概ねプログラム本体のワークシートの中に記載してあるものである

が、プログラム利用者のためには、利用申請の前にプログラムの概略と手順とを理解していただけるような条件整備が必要と考え、本資料としてとりまとめることとした。

Ⅱ プログラム内容の概要と留意点

1 MPN法の概要

MPN法の概要は以下のとおりである。微生物を含む懸濁液を段階的に希釈し、その一定量を微生物用の培地を含む試験管等に接種して培養すると、希釈度合いが高まるにつれて微生物の生育が認められる（陽性）試験管と認められない（陰性）試験管とが現れる。この場合、微生物細胞が試験管に入れば生育することを前提としているが、微生物細胞が試験管に入る確率はポアソン分布に従うことが分かっているため、希釈段階の異なる3段階において各々複数用いた試験管の内、陽性のものの本数から原液中の微生物密度を推定する手法がMPN法である。



第1図 プログラムの関連性と流れ

脚注（プログラム入手の連絡先）

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構知的財産センター
〒305-8517 つくば市観音台3-1-1 代表電話：029-838-8511

第1表 シートの内容, シート名, マクロ名, 操作法

シートの内容	シート名	マクロ名	操作法・参考
1) MPN値の算出	①MPN算出	MPN1A	シートの指定セルに, データ入力. マクロ実行
2) MPN値の信頼限界算出	①MPN算出	MPN1A	自動
3)* 多重 t 検定用データソート	②多重t検定	Sort	シートの指定セルに, データ入力. マクロ実行
4)* 試料間の多重 t 検定	②多重t検定	MtCheck	マクロ実行!
5) 希釈段階の異なるMPNの補正	③希釈段階補正MPN		手作業で行うための説明
6) MPN表の作成	④MPN表作成	MPN2	希釈率, 反復数が同一の条件でのMPN表の作成
7) MPN表の例(10倍希釈, 5反復)	表 d10, r5		10倍希釈, 5反復条件のMPN表

(注)* 多重 t 検定のためのデータ数の限界は確認していないが, とりえず $n = 100$ に設定している.

2 プログラムの構成

本プログラムは4つの独立したプログラムからなっており, それらの各々が各シートに書き込まれている. それらのプログラムの関連性と, 一連の作業を行う場合のプログラムの流れを第1図に, 各々のシートの内容, シート名, マクロ名, 操作法などを第1表に示した.

作業の流れは2つに大別される. それらは, 1つのMPN値を算出する場合と, 同一の希釈率, 反復数の条件で陽性数が異なるいくつかのMPN値を算出したりMPN表を作成する場合とである.

3 プログラム動作上の留意点

1) プログラム使用上の限定条件

- (1) MPN算出に適用する各希釈段階の反復数は一定であること.
- (2) 希釈段階毎の希釈率は一定であること.
- (3) プログラムは, Excelシートの入出力セルの絶対番地を参照しているため, この変更を伴う行・列・セルの挿入・削除を行わないこと.

2) 本プログラムはMicrosoft Windows XPおよびVISTA上では動作を確認しているがWindows 2000上では動作できなかった. またMicrosoft Excel 2000, 2003, 2007での動作を確認している.

3) プログラムの動作のためにはマクロを有効にすることが必要である. 例えばExcel 2003の場合には, Excelを立ち上げ, ツール→マクロ→セキュリティーで, セキュリティーレベルを「中」に設定する. また, プログラム立ち上げ

時に, Microsoftのマクロに関する警告メッセージが出れば, 「マクロを有効にする」をクリックする.

4) 本プログラムはMicrosoft Visual BASIC v6を用いて作成しており, マクロ形式で保存されているのでプログラムの動作そのものについては以上に留意すればよいが, プログラムの改変やデバッグの必要が生じた場合にはVisual BASICソフトウェア (Microsoft) の導入が望まれる.

5) プログラムは, マクロモジュールとして, ファイルとリンクして保存されている. また, プログラムの操作はExcelシート上のセルに上書き入力してマクロを実行する形式となっており, このシートにはプログラム操作法の説明も記入されているので, ファイル「MPN解析 Cochran」のコピーを保存してから使用することが望ましい.

なお, 本プログラムはSymantec AntiVirus (2008/10/24 rev.6) ソフトウェアによるウイルススキャンでは脅威は見つかっていない.

Ⅲ プログラムの操作と解説

1 シート①: MPN値と信頼限界の算出

1) シート①は, 1つのMPN値とその信頼限界の算出に用いる. その画面を第2図に示した.

2) データの入力は以下の手順で行う.

- (1) 希釈率は, シート①のE16, G16, I16の各セルに希釈の度合いの低い方から順に上書き入力する. この時, G16セルは固定値セル

<sheet ①> MPN(最確値)の算出シート

(解説-1) 最確値 = x の算出式 (Cochran: 1950)
 $a1*p1/(1-e^{-a1*x})+a2*p2/(1-e^{-a2*x})+a3*p3/(1-e^{-a3*x}) = a1*n1+a2*n2+a3*n3$
 $a1, a2, a3 =$ 希釈率 = (ex. 10, 1, 0.1) $a2=1$ のみは固定
 $n1, n2, n3 =$ 各希釈段階の反復数
 $p1, p2, p3 =$ 各希釈段階の陽性数

*** 使用上の限定条件**
 希釈の比率は一定であること ($a1/a2 = a2/a3$)
 $a2$ の値 (G16セル) は、必ず 1 とすること
 各希釈段階の反復数は一定であること ($n1 = n2 = n3$)
 反復数 > = 陽性数であること ($n > = p$)

<作業の手順>

① 希釈率を入力する $a1 \rightarrow$ 10 $a2 \rightarrow$ 1 $a3 \rightarrow$ 0.1

② 反復数を入力する $n1 \rightarrow$ 5 $n2 \rightarrow$ 5 $n3 \rightarrow$ 5

③ 陽性数を入力する $p1 \rightarrow$ 5 $p2 \rightarrow$ 3 $p3 \rightarrow$ 1

(注意) 左辺が、右辺より小さければ、プログラム修正が必要!

結果 左辺PL 55.500 右辺PR = 55.500 信頼限界(95%)
 下限度 0.3290 上限度 3.5874

④ <計算開始>
 ツールバーの
 マクロ
 マクロで
 「MPN1A」を選択
 「実行」

⑤ <結果出力>
 データを別の場所にコピー
 して、次のMPNを算出。

セル色の凡例
 入力セル : 入力セル (ピンク)
 固定セル : 固定セル (緑)
 結果セル : 結果セル (黄)

<計算結果の出力領域>
 MPN n 下限度 上限度
 1.0864 5 0.329 3.59

第2図 シート①の画面-MPN値、信頼限界の算出-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
29	(解説-2) 土壤中微生物密度の算出例																			
30	希釈方法の例		希釈液中の 土壌 (g ml ⁻¹)		①希釈率		②反復数		③陽性数											
31	土壌 5g + 水 45ml		0.1		10		5		5											
32	0.5ml + 水 4.5ml		0.01		1		5		3											
33	0.5ml + 水 4.5ml		0.001		0.1		5		1											
34	* 各希釈液の分注量(接種量)が1mlとすれば右文の計算式																			
35	となるが、それ以外の場合は、換算を行う。																			
36	<ul style="list-style-type: none"> 左表の条件で微生物分析を行った場合、MPN=1.08645が得られる。 このMPN値は希釈率=1の場合の微生物密度を示すので、希釈液中の土壌量 0.01g ml⁻¹を勘案して土壌1gあたりの密度を算出する。 $1.08645/0.01=108.645$ 土壌水分含量が30%であれば、乾土換算する。 $108.645/(1-0.3)=155 \text{ cell g}^{-1}$ 信頼限界についても同様に計算し、以下の結果を得る。 微生物密度=155 cell g⁻¹ (47 ~ 512) 																			
37																				
38																				
39																				
40																				

第3図 MPN値と土壤中微生物密度の算出例*

であり、必ず1とすることが必要であり、E16、I16の各セルにはこの1に対する比率を入力する。

(2) 反復数は、E18、G18、I18の各セルに入力する。この時、反復数はE18=G18=I18でなければならない。

(3) 陽性数は、E20、G20、I20の各セルに入力する。この時、陽性数は反復数を上回ってはならない。

3) マクロプログラムの操作は以下の手順で行う。Excelシートのツールバーのツール、マクロ、マクロの順にクリックし、「MPN1A」を選択して実行する。

4) MPN値の算出結果はG27セルに出力される。C25およびF25セルにはCochran³⁾の計算式の左辺と右辺の計算結果が出力されるが、もしも左辺の値が右辺より小さければ、まず入力データを再検討し、入力データに間違いがないならばプログラムの修正が必要なので、筆者らに連絡されたい。なお、このMPN値の算出に要する時間は、Windows XP Pentium(R)4 CPU、768MB RAMの環境で反復数が著しく多い場合には、数分に達することがある。

5) MPN値の95%信頼限界の上限値および下限値はI27およびJ27セルに出力される。

6) MPN値の多重t検定を行う場合には、希釈率、反復数、MPN値が必要なので別に記録しておく。

2 土壌中の微生物密度の算出例

MPN値から土壌中の微生物密度を算出する例を(解説-2)として、第3図に示した。MPN値は、希釈率=1の場合の接種懸濁液中に生息する微生物密度(細胞数)を示すので、接種懸濁液量や接種懸濁液中に含まれる土壌量および土壌水分含量を考慮して乾土1g中の微生物細胞数に換算する。また、信頼限界についても同様に算出する。

3 シート②：MPN値の試料間の有意差多重t検定

1) シート②は、MPN値間の有意差多重t検定、

すなわち入力した全サンプル間について有意差判定をt検定で行い、p値が0.05、0.01などについて表示する場合に用いる。その画面を第4図に示した。

2) データの入力は以下の手順で行う。

(1) 希釈率は、シート②のC12セルに上書き入力する。この時の希釈率はシート①の場合と異なり、段階毎の希釈の比率、例えばシート②のような10倍希釈系列であれば10を入力する。また、反復数はH12セルに入力する。

(2) 有意差多重t検定を行う試料数はC16セルに入力する。

(3) 希釈段階の異なるMPN値を含むMPN値間の有意差多重t検定を行うにあたっては、シート③(第5図)の説明を参考にして、予め希釈段階補正したMPN値を算出しておき、この補正MPN値を有意差多重t検定用シートに入力する必要がある。

(4) 有意差多重t検定を行うMPN値データは各々のデータのIDを示すラベル名とセットにして、A20、B20のセル以下に上書き入力する。シート②の画面では、このMPN値入力用セル数としては、仮に10個のデータセット用に入力セル色を赤色に設定しているが、このセル以下の行のセルにも続いて入力して差し支えない。また、多重t検定を行うためのデータセット数の上限値は確認していないが、とりあえず100まで動作確認している。

3) マクロプログラムの操作は以下の2段階の手順で行う。

(1) まず、入力したMPN値とラベル名のデータセット群をMPN値の降順にソートする。具体的には、Excelシートのツールバーのツール、マクロ、マクロの順にクリックし、「Sort」を選択して実行する。このソート結果はE20、F20以下のセルに出力される。

シート画面では、これらの出力セルには予めモデルデータが現れており、かつ出力セルを示す黄色の背景色がセルに設定されているが、この「Sort」マクロの実行によりこれら

シート② > MPNの有意差多重t検定用シート <反復数・希釈率均一コース>

セル色の凡例

- 入力セル
- 途中計算
- 結果セル

反復数 (n1 = a2 =) **6**

希釈率 (a1 = a2 =) **10**

反復数 (n1 = n2 =) **6**

① 希釈率を入力する

② 作業の手順 >

③ ラベル名とMPNを入力する

④ MPNを多重比較する試料数を入力する

多重比較する試料数 = **10**

試料1のMPN=d1= **0.0357**

試料2のMPN=d2= **0.0163**

t 値算出係数 = **0.334863**

LOG(d1 / d2) = **0.341414**

t 値 = **1.019564**

有意差検定 = **NS**

MPNのソート

D	10.989
I	2.093
B	1.548
G	1.055
A	0.622
F	0.385
E	0.178
C	0.073
J	0.036
H	0.016

③ ラベル名, MPN値の (上書き)

④ <計算開始> ツール → マクロで、「Sort」を選択・「実行」

試料間の有意差多重検定 (t値と有意差判定)

D	I	B	G	A	F	E	C	J	H
D	-								
I	2.151043	-							
B	2.542108	0.391065	-						
G	3.038753	0.887711	0.496646	-					
A	3.725128	1.574085	1.183020	0.686374	-				
F	4.345324	2.194281	1.803216	1.306570	0.620196	-			
E	5.350416	3.199374	2.808309	2.311663	1.625289	1.005093	-		
C	6.504150	4.353108	3.962043	3.465397	2.779023	2.158827	1.153734	-	
J	7.430426	5.279384	4.888319	4.391673	3.705299	3.085103	2.080010	0.926276	-
H	8.449990	6.298948	5.907883	5.411237	4.724863	4.104667	3.099574	1.945840	1.019564

多重比較

D	I	B	G	A	F	E	C	J	H
D	-								
I	*	-							
B	*	NS	-						
G	*	*	NS	-					
A	*	*	*	NS	-				
F	*	*	*	*	NS	-			
E	*	*	*	*	*	NS	-		
C	*	*	*	*	*	*	NS	-	
J	*	*	*	*	*	*	*	NS	-
H	*	*	*	*	*	*	*	*	NS

⑤ <多重比較> ツール → マクロで、「McCheck」を選択・「実行」

t 表 (f=∞)

画面検定率	t値	記号
0.500	0.674	
0.400	0.842	
0.300	1.036	△: 30%危険率で有意
0.200	1.282	◇: 20%危険率で有意
0.100	1.645	○: 10%危険率で有意
0.050	1.960	*: 5%危険率で有意
0.020	2.326	** : 1%危険率で有意
0.010	2.576	
0.001	3.291	

第4図 シート②の画面 - MPN値の試料間有意差多重t検定 -

のモデルデータやセル色の設定は自動的に消去され、C16セルに入力された試料数に応じた新たな出力が行われるので、「Sort」マクロを実行する前にこれらを手作業で消去しておく必要はない

(2) 次に、有意差多重 t 検定用マクロ

「MtCheck」を上記と同様の手順で選択・実行する。H19セルを先頭として、ソートされたデータセットの順に試料間の有意差検定のための t 値行列が出力される。続いて、この t 値行列表の下に有意差検定結果表が出力される。有意差検定は、算出された t 値を t 表

< sheet ③ > 希釈段階補正 MPN の算出法説明シート

(注意) 多重比較にあたっては、予め、MPN値の希釈段階が一致するように、MPN値を補正しておく必要がある。

(解説)・MPN値を、試料間で有意差検定する場合、希釈段階が等しくない試料間については、予め以下の手順を参考にして希釈段階を補正しておく必要がある。
 ・この操作は、特にプログラミングしていないので、手作業で行う。
 ・ここで補正したデータを sheet②にコピーして有意差検定を行う。

希釈段階	分注量	反復数	希釈率	X-1	X-2	X-3	X-4
①	0.1	6	10	陽性数(例1)	陽性数(例2)	陽性数(例1)	陽性数(例2)
②	0.01	6	1	6	6	6	6
③	0.001	6	0.1	1	1	1	1
④	0.0001	6	0	0	0	0	0
MNP				3.257	0.310	32.570	3.096

希釈段階補正 MPN 値の算出法

- ・X-1, 2のMPNは希釈率=1(希釈段階②)に対応している。
- ・X-3, 4のMPNは(希釈段階③)対応であり、段階②の10倍希釈なので、10を乗ずる。

MPNの順にソート

X-3	32.570
X-1	3.257
X-4	3.096
X-2	0.310

試料間の有意差多重比較

X-3	X-1	X-4	X-2
X-3	-	-	-
X-1	2.986	-	-
X-4	3.052	0.066	-
X-2	6.039	3.052	2.986

多重 t 検定シート

(シート ②)には補正MPNを入力する。

X-3	X-1	X-4	X-2
X-3	-	-	-
X-1	**	-	-
X-4	**	NS	-
X-2	**	**	**

第5図 シート③の画面 - 希釈段階補正MPN値の算出法の説明 -

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
1		<p>＜sheet ④＞ MPN表(最確値表)の算出用シート</p> <p>・希釈率と反復数が同一の条件で、陽性数(p1, p2, p3)が異なる場合の表の作成に用いる。</p>																					
2		<p>*使用上の限定条件</p> <p>希釈の比率は一定であること(a1/a2 = a2/a3)</p> <p>a2の値(G16セル)は、必ず1とすること</p> <p>各希釈段階の反復数は一定であること(n1=n2=n3)</p>																					
3		<p>セル色の凡例</p> <p>入力セル (ピンク)</p> <p>固定セル (緑)</p> <p>結果セル (黄)</p>																					
4		<p>①～③ 計算条件の入力</p> <p>① 希釈率を入力 (a1 → 20, a2 → 1, a3 → 0.05)</p> <p>② 反復数を入力 (n1 → 6, n2 → 6, n3 → 6)</p> <p>③ 算出予定数入力 (NN → 22)</p>																					
5		<p>95% 信頼限界</p> <p>右辺PL = 126.300</p> <p>左辺PL = 126.300</p> <p>結果</p> <p>左辺と右辺が概ね一致すれば、最確値(MPN) = 0.8775</p>																					
6		<p>④ 陽性数入力</p> <p>p1, p2, p3の入力</p>																					
7		<p>MPN, 信頼限界の出力</p>																					
8		<p>⑤ 計算開始 ツールバー → ツール → マクロ で、「MPN2」を選択、「実行」</p>																					
9		<p>⑥ 結果の検証</p> <p>PLとPRが大き異なれば、異常!</p>																					
10	数	p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値	95% 信頼限界	左辺PL	右辺PR	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
11	1	6	0	0	0.150	0.043	0.520		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
12	2	6	0	1	0.215	0.062	0.747		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
13	3	6	0	2	0.329	0.095	1.141		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
14	4	6	0	3	0.483	0.139	1.674		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
15	5	6	0	4	0.645	0.186	2.238		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
16	6	6	0	5	0.810	0.233	2.809		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
17	7	6	0	6	0.976	0.281	3.385		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
18	8	6	1	0	0.225	0.065	0.781		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
19	9	6	1	1	0.354	0.102	1.229		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
20	10	6	1	2	0.526	0.152	1.825		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
21	11	6	1	3	0.706	0.204	2.449		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
22	12	6	1	4	0.889	0.256	3.083		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
23	13	6	1	5	1.074	0.310	3.726		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
24	14	6	1	6	1.262	0.364	4.378		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
25	15	6	2	0	0.386	0.111	1.339		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
26	16	6	2	1	0.579	0.167	2.010		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
27	17	6	2	2	0.781	0.225	2.710		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
28	18	6	2	3	0.988	0.285	3.426		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
29	19	6	2	4	1.199	0.346	4.159		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
30	20	6	2	5	1.416	0.408	4.910		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
31	21	6	2	6	1.637	0.472	5.679		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30
32	22	6	3	1	0.878	0.253	3.044		126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30	126.30

第6図 シート④の画面 - MPN表の算出 -

の自由度無限大の両側確率と比較して行っている。

なお、この「MtCheck」マクロでt値の算出に要する時間は、データセット数が多い場合には数分に達することがある。また、本プログラムでは比較する試料の組み合わせ毎に計算と出力を順次行うようなアルゴリズムにしているので、試料数が多い場合には出力毎に画面が著しく速く切り替わることとなり見づらいが、プログラム動作には問題はない。

4 シート③：希釈段階補正MPN値の算出法の説明

1) シート③は、MPN値間の有意差多重t検定にあたって、希釈段階の異なるMPN値を含む場合に、MPN値の希釈段階補正を手作業で行う方法の説明用シートである。その画面を第5図に示した。

2) このシートのA10からJ16セルのモデルデータを用いて説明しているが、この例のように10倍希釈系列で4つの希釈段階で実験を行い、各希釈段階の反復数6の内、X-1からX-4の試料についての陽性数が得られたとする。この場合、シート①で算出されるMPN値は、X-1とX-3とでは3.257と同一になり、X-2とX-4とでは0.310と同一になる。しかし、X-1とX-2のMPN値は希釈率=1の段階すなわち希釈段階②に対応しており、X-3とX-4は希釈段階③対応である。希釈段階③は、希釈段階②の10倍希釈なので、X-3とX-4の希釈段階補正MPN値は10を乗じて得られる。そして、この希釈段階補正MPN値をシート②に入力する。

実際に、ここで補正されたMPN値をシート②に入力してMPN値間の有意差多重t検定を行うと、このシート③の出力画面である黄色背景色セルのような結果が出力される。

5 シート④：MPN表（最確値表）の算出

1) シート④は、希釈段階毎の比率や反復数が同一の条件で、陽性数が異なるいくつかのMPN値とその信頼限界を算出したり、MPN表を作

成する場合に用いる。その画面を第6図に示した。

2) データの入力は以下の手順で行う。

(1) 希釈率は、シート④のE16、G16、I16の各セルに上書き入力する。この時の希釈率はシート①の場合と同じであり、G16のセルの値は1としなければならない。

(2) 反復数は、E18、G18、I18の各セルに入力する。この時、反復数はE18=G18=I18でなければならない。

(3) MPN値を算出する数をD20セルに入力する。

(4) 陽性数は、O7、P7、Q7の各セルをセットとして、以下の行にMPN値を算出する数ぶんをセットで入力する。この時、陽性数は反復数を上回ってはならない。

3) マクロプログラムの操作は以下の手順で行う。Excelシートのツールバーのツール、マクロ、マクロの順にクリックし、「MPN2」を選択して実行する。

4) MPN値の算出結果はR7セル以下に出力される。また、MPN値の95%信頼限界の上限値および下限値はS7およびT7セル以下に出力される。さらに、U7およびV7セルにはシート①と同様なCochran³⁾の計算式の左辺と右辺の計算結果が出力される。

6 シート⑤：MPN表（10倍希釈，5反復）の例

1) シート⑤は、シート④のプログラムを用いて作成したMPN表（10倍希釈，5反復）の例である。その画面を第2表に示した。

2) 第2表に注記したように、このプログラムでは、反復数のすべてが陽性であったり、逆にすべてが陰性であった場合でもMPN値やその95%信頼限界が出力されるが、すべてが陽性である場合は算出されたMPN値以上とし、すべてが陰性である場合は算出されたMPN値未満とすることが適切と考えられる。⁷⁾

第2表 最確値表の例-10倍希釈, 5反復-

				95% 信頼限界		
p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値	
5	5	5	124.806	37.7978	412.099	
5	5	4	16.094	4.874	53.142	
5	5	3	9.178	2.780	30.306	
5	5	2	5.423	1.642	17.905	
5	5	1	3.477	1.053	11.480	
5	5	0	2.398	0.726	7.918	
5	4	5	4.256	1.289	14.053	
5	4	4	3.454	1.046	11.406	
5	4	3	2.781	0.842	9.183	
5	4	2	2.212	0.670	7.303	
5	4	1	1.724	0.522	5.692	
5	4	0	1.299	0.394	4.290	
5	3	5	2.527	0.765	8.343	
5	3	4	2.122	0.643	7.008	
5	3	3	1.750	0.530	5.778	
5	3	2	1.406	0.426	4.641	
5	3	1	1.086	0.329	3.587	
5	3	0	0.792	0.240	2.617	
5	2	5	1.767	0.535	5.833	
5	2	4	1.479	0.448	4.883	
5	2	3	1.205	0.365	3.978	
5	2	2	0.944	0.286	3.115	
5	2	1	0.700	0.212	2.310	
5	2	0	0.493	0.149	1.629	
5	1	5	1.293	0.392	4.270	
5	1	4	1.062	0.322	3.506	
5	1	3	0.839	0.254	2.770	
5	1	2	0.631	0.191	2.083	
5	1	1	0.456	0.138	1.506	
5	1	0	0.329	0.100	1.087	
5	0	5	0.954	0.289	3.149	
5	0	4	0.759	0.230	2.505	
5	0	3	0.578	0.175	1.907	
5	0	2	0.427	0.129	1.409	
5	0	1	0.314	0.095	1.037	
5	0	0	0.231	0.070	0.763	

				95% 信頼限界		
p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値	
4	5	5	0.806	0.244	2.663	
4	5	4	0.722	0.219	2.383	
4	5	3	0.639	0.194	2.110	
4	5	2	0.559	0.169	1.847	
4	5	1	0.483	0.146	1.594	
4	5	0	0.411	0.125	1.357	
4	4	5	0.693	0.210	2.290	
4	4	4	0.615	0.186	2.031	
4	4	3	0.539	0.163	1.780	
4	4	2	0.466	0.141	1.540	
4	4	1	0.398	0.121	1.315	
4	4	0	0.335	0.101	1.107	
4	3	5	0.593	0.180	1.958	
4	3	4	0.521	0.158	1.719	
4	3	3	0.451	0.137	1.490	
4	3	2	0.386	0.117	1.275	
4	3	1	0.326	0.099	1.076	
4	3	0	0.271	0.082	0.894	
4	2	5	0.504	0.152	1.663	
4	2	4	0.437	0.132	1.444	
4	2	3	0.375	0.114	1.239	
4	2	2	0.317	0.096	1.048	
4	2	1	0.264	0.080	0.873	
4	2	0	0.216	0.065	0.714	
4	1	5	0.425	0.129	1.402	
4	1	4	0.365	0.111	1.205	
4	1	3	0.309	0.094	1.022	
4	1	2	0.258	0.078	0.853	
4	1	1	0.212	0.064	0.699	
4	1	0	0.169	0.051	0.558	
4	0	5	0.355	0.108	1.173	
4	0	4	0.302	0.091	0.997	
4	0	3	0.253	0.077	0.834	
4	0	2	0.207	0.063	0.685	
4	0	1	0.166	0.050	0.547	
4	0	0	0.128	0.039	0.421	

注) 下記のような, すべて陽性または陰性の場合でも計算結果は出力されるが, 値は採用すべきではない.

				95% 信頼限界		
p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値	
5	5	5	124.806	37.7978	412.099	

				95% 信頼限界		
p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値	
0	0	0	0.00001	3E-06	3.302E-05	

第2表つづき 最確値表の例－10倍希釈，5反復－

			95% 信頼限界		
p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値
3	5	5	0.450	0.136	1.486
3	5	4	0.407	0.123	1.344
3	5	3	0.365	0.111	1.206
3	5	2	0.325	0.098	1.072
3	5	1	0.286	0.087	0.943
3	5	0	0.248	0.075	0.819
3	4	5	0.399	0.121	1.318
3	4	4	0.358	0.109	1.183
3	4	3	0.319	0.097	1.053
3	4	2	0.281	0.085	0.927
3	4	1	0.244	0.074	0.805
3	4	0	0.209	0.063	0.689
3	3	5	0.352	0.107	1.161
3	3	4	0.313	0.095	1.034
3	3	3	0.276	0.084	0.911
3	3	2	0.240	0.073	0.792
3	3	1	0.205	0.062	0.678
3	3	0	0.172	0.052	0.568
3	2	5	0.308	0.093	1.016
3	2	4	0.271	0.082	0.896
3	2	3	0.236	0.071	0.779
3	2	2	0.202	0.061	0.668
3	2	1	0.170	0.051	0.560
3	2	0	0.138	0.042	0.457
3	1	5	0.267	0.081	0.881
3	1	4	0.232	0.070	0.767
3	1	3	0.199	0.060	0.657
3	1	2	0.167	0.051	0.552
3	1	1	0.137	0.041	0.451
3	1	0	0.107	0.032	0.354
3	0	5	0.229	0.069	0.755
3	0	4	0.196	0.059	0.648
3	0	3	0.165	0.050	0.544
3	0	2	0.135	0.041	0.445
3	0	1	0.106	0.032	0.349
3	0	0	0.078	0.024	0.257

			95% 信頼限界		
p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値
2	5	5	0.315	0.095	1.041
2	5	4	0.286	0.087	0.944
2	5	3	0.257	0.078	0.850
2	5	2	0.229	0.069	0.757
2	5	1	0.201	0.061	0.665
2	5	0	0.174	0.053	0.576
2	4	5	0.282	0.085	0.932
2	4	4	0.254	0.077	0.839
2	4	3	0.226	0.069	0.747
2	4	2	0.199	0.060	0.657
2	4	1	0.172	0.052	0.569
2	4	0	0.146	0.044	0.482
2	3	5	0.251	0.076	0.828
2	3	4	0.223	0.068	0.737
2	3	3	0.196	0.060	0.649
2	3	2	0.170	0.052	0.562
2	3	1	0.144	0.044	0.476
2	3	0	0.119	0.036	0.393
2	2	5	0.221	0.067	0.728
2	2	4	0.194	0.059	0.641
2	2	3	0.168	0.051	0.555
2	2	2	0.143	0.043	0.471
2	2	1	0.118	0.036	0.388
2	2	0	0.093	0.028	0.308
2	1	5	0.192	0.058	0.633
2	1	4	0.166	0.050	0.549
2	1	3	0.141	0.043	0.465
2	1	2	0.116	0.035	0.384
2	1	1	0.092	0.028	0.304
2	1	0	0.068	0.021	0.226
2	0	5	0.164	0.050	0.542
2	0	4	0.139	0.042	0.460
2	0	3	0.115	0.035	0.380
2	0	2	0.091	0.028	0.301
2	0	1	0.068	0.020	0.223
2	0	0	0.045	0.014	0.148

第2表つづき 最確値表の例－10倍希釈，5反復－

				95% 信頼限界	
p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値
1	5	5	0.240	0.073	0.793
1	5	4	0.217	0.066	0.717
1	5	3	0.195	0.059	0.643
1	5	2	0.172	0.052	0.569
1	5	1	0.150	0.045	0.495
1	5	0	0.128	0.039	0.422
1	4	5	0.215	0.065	0.710
1	4	4	0.193	0.058	0.636
1	4	3	0.170	0.052	0.563
1	4	2	0.148	0.045	0.490
1	4	1	0.127	0.038	0.418
1	4	0	0.105	0.032	0.347
1	3	5	0.191	0.058	0.630
1	3	4	0.169	0.051	0.557
1	3	3	0.147	0.045	0.485
1	3	2	0.125	0.038	0.414
1	3	1	0.104	0.031	0.343
1	3	0	0.083	0.025	0.273
1	2	5	0.167	0.051	0.552
1	2	4	0.146	0.044	0.480
1	2	3	0.124	0.038	0.410
1	2	2	0.103	0.031	0.340
1	2	1	0.082	0.025	0.271
1	2	0	0.061	0.019	0.202
1	1	5	0.144	0.044	0.476
1	1	4	0.123	0.037	0.406
1	1	3	0.102	0.031	0.337
1	1	2	0.081	0.025	0.268
1	1	1	0.061	0.018	0.200
1	1	0	0.040	0.012	0.133
1	0	5	0.122	0.037	0.402
1	0	4	0.101	0.031	0.334
1	0	3	0.081	0.024	0.266
1	0	2	0.060	0.018	0.199
1	0	1	0.040	0.012	0.132
1	0	0	0.020	0.006	0.066

				95% 信頼限界	
p1	p2	p3	MPN	下限値	上限値
0	5	5	0.190	0.058	0.627
0	5	4	0.171	0.052	0.564
0	5	3	0.152	0.046	0.500
0	5	2	0.132	0.040	0.437
0	5	1	0.113	0.034	0.375
0	5	0	0.094	0.029	0.312
0	4	5	0.169	0.051	0.559
0	4	4	0.150	0.046	0.496
0	4	3	0.131	0.040	0.434
0	4	2	0.112	0.034	0.371
0	4	1	0.094	0.028	0.309
0	4	0	0.075	0.023	0.247
0	3	5	0.149	0.045	0.492
0	3	4	0.130	0.039	0.430
0	3	3	0.111	0.034	0.368
0	3	2	0.093	0.028	0.306
0	3	1	0.074	0.022	0.245
0	3	0	0.056	0.017	0.183
0	2	5	0.129	0.039	0.426
0	2	4	0.111	0.033	0.365
0	2	3	0.092	0.028	0.304
0	2	2	0.074	0.022	0.243
0	2	1	0.055	0.017	0.182
0	2	0	0.037	0.011	0.121
0	1	5	0.110	0.033	0.362
0	1	4	0.091	0.028	0.301
0	1	3	0.073	0.022	0.241
0	1	2	0.055	0.017	0.180
0	1	1	0.036	0.011	0.120
0	1	0	0.018	0.006	0.060
0	0	5	0.090	0.027	0.299
0	0	4	0.072	0.022	0.239
0	0	3	0.054	0.016	0.179
0	0	2	0.036	0.011	0.119
0	0	1	0.018	0.005	0.060
0	0	0	1E-05	3E-06	3E-05

Ⅳ 今後の課題

MPN値の算出については、希釈段階毎の希釈の比率や反復数をさらに自由に設定した場合の算出法として、Hurleyら⁵⁾により算出式とそのコンピュータ用のプログラムリストが報告されている。このプログラムの算出式はCochran³⁾の式を一般化しているため、希釈段階を3段階よりも多く実施した実験においては、それらのすべてのデータを含めたMPN値や信頼限界が算出できる。そのために分析精度が高まるという長所がある。また、MPN値は本来、必ずしも3段階希釈のデータセットが無くとも、例えば1段階の希釈率のみでも反復数が3以上であれば算出できるのであるが、このプログラムはこのような実験条件におけるMPN値等も算出できる。しかし、このプログラム言語はBASICであるためにWindows等のOS環境での使用は困難である。

このHurleyら⁵⁾の式に基づいて、上水試験方法⁷⁾では、希釈率が希釈段階毎に5-1-0.1で、その段階に対応する反復数が1-5-5というMPN表や、希釈段階が1つのみで反復数が5のMPN表が紹介されている。

本プログラムでは、このような更に自由な実験条件には対応できていないが、これらは今後の課題としたい。

Ⅴ 摘 要

筆者らはこれまでに、土壌や水等に生息する微生物密度調査に広く用いられているMPN (Most Probable Number: 最確値) 法に関して、Cochran (1950) の計算式に基づき希釈段階毎の希釈率および反復数設定の自由度を広げた場合のMPN値を算出できるコンピュータ用プログラムを開発した。具体的には、希釈段階毎の希釈比率が一定であれば、従来のMPN表のように10倍とか5倍とかの値でなくとも自由に希釈比率を設定できる。また反復数も希釈段階毎の反復数が一定であれば、自由に設定できる。併せてMPN値の95%信頼限界の算出および、MPN値間の有意差多重t検定を行うためのプログ

ラムも開発した。この一連のプログラムは、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の職務作成プログラム「MPN (最確値) 法による土壌微生物密度推定のためのVisual BASICプログラム」：機構-M09 (2008) として認定されており、申請の上で無償にて利用できる。

本資料はこのプログラムの利用マニュアルである。本プログラムは4つの独立したプログラムからなっており、それらの各々がMicrosoft Excelの各シートにマクロ形式で書き込まれている。本資料では、各々のシートの内容を説明、解説するとともに、操作法などを記載した。

謝 辞

本マニュアルの作成にあたっては、プログラムの作成段階から国立大学法人東京農工大学共生科学技術研究院の豊田剛己准教授および、山口大学農学部生物機能科学科の横山和平教授から貴重な指摘と助言をいただいた。また本資料のとりまとめにあたっては、当研究センターの楠田幸野菜担当研究管理監および熊倉裕史環境保全型野菜研究チーム長にたいへいな校閲をいただいた。ここに記して深謝する。

引用文献

- 1) Alexander M. 1982. Most Probable Number Method for Microbial Population. Methods of Soil Analysis part 2. second edition. 815-820. Madison, Wisconsin, USA.
- 2) 微生物研究法懇談会編 1975. 希釈法 (MPN法). 微生物学実験法. 213-217. 講談社. 東京.
- 3) Cochran W.G. 1950. Estimation of bacterial densities by means of the "Most Probable Number". Biometrics. 6: 105-116.
- 4) 堀 兼明・須賀有子・小森冨香・福永亜矢子・池田順一 2008. MPN (最確値) 法による土壌微生物密度推定のためのVisual BASIC プログラム. 職務作成プログラム. 機構-M09.
- 5) Hurley M.A. and Roscoe M.E. 1983. Automat-

- ed statistical analysis of microbial enumeration by dilution series. *J. Appl. Bacteriol.* 55: 159–164.
- 6) 石栗 秀 1992. MP N法. 新編土壤微生物実験法. 土壤微生物研究会編, 45–54. 養賢堂, 東京.
 - 7) 上水試験方法2001年版 2001. 微生物数の算出と記載方法. 595–601. 日本水道協会. 東京.
 - 8) Klee A.J. 1993. A computer program for the determination of most probable number and its confidence limits. *J. Microbiol. Methods.* 18: 91–98.
 - 9) 河野哲郎・福永 栄 1994. BASICによる最確数と95%信頼限界の算出及び最確数表の作成 (含 付録). 水道協会雑誌. 63: 64–86.
 - 10) Russek E. and Colwell R.R. 1983. Computation of Most Probable Numbers. *Appl. Environ. Microbiol.* 45: 1646–1650.
 - 11) 清水 潮 1985. MP N法, 海洋微生物研究法, p.46, 269–271. 学会出版センター, 東京.
 - 12) 須藤隆一 1988. MP N法. 環境微生物実験法. 86–87, 274–276. 講談社. 東京.
 - 13) U.S. Food and Drug Administration 2006. Bacteriological Analytical Manual Online. Most Probable Number from Serial Dilutions. <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-a2.html>.

脚 注

この研究は農林水産省高度化事業プロジェクト「環境負荷低減型高機能養液栽培システムの開発」および、近畿中国四国農業研究センター所長裁量所特定研究「土壌病原菌の潜在発病能のMP N法による検定」の一部援助を受けた。

A user manual for Windows software designed to analyze densities of soil microorganisms by the most-probable-number method

Kaneaki HORI, Yuko SUGA, Sayaka KOMORI, Ayako FUKUNAGA and Jun-ichi IKEDA

Summary

In measurements of microorganism density in the environment and in soils, the “most probable number” (MPN) method is widely applied. However, since MPN values are presented in the form of tables based on a limited number of dilution rates and replications, there are many restrictions on the design of experiments that use the MPN method, or that calculate MPN values and use them in statistical analysis.

We developed a program that calculates MPN values and runs on personal computers that use the Microsoft Windows XP or Vista operating system. This program can calculate MPN values with a higher number of degrees of freedom based on a number of replications and a range of dilutions. In addition, the software can test the significance of differences between MPN values.

This paper provides a user manual for each of the program's four modules, which are written as macros that run in Microsoft Excel 2000, 2003, 2007. This program can be obtained from the Intellectual Property Center in the National Agriculture and Food Research Organization.

近畿中国四国農業研究センター研究資料 第6号

平成21年2月17日 印刷

平成21年2月26日 発行

発行所 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
近畿中国四国農業研究センター

〒721-8514 広島県福山市西深津町6-12-1

発行者 鳥越洋一

印刷所 株式会社デルタプリント

〒732-0802 広島市南区大州2丁目12-15
