

# 作物統計と気象観測データから考察した 近年の愛媛県産ハダカムギの多収阻害要因

大森誉紀 辻田泉

High yield inhibition factor of naked barley in Ehime prefecture estimated from crop statistics and weather observation data

OOMORI Takanori and TSUJITA Izumi

## 要 旨

東予地域では直近の10年、中予地域では直近の7年でハダカムギの作付面積が増加している。この期間、両地域とも作付面積が増加すると10a当たり収量は低下し、東予では $R^2=0.818$ で1%水準で有意であり、中予では $R^2=0.649$ で5%水準で有意であった。同様に、作付面積が増加すると収穫量は減少し、東予では作付面積の増加に対して収穫量の減少は小さいが、中予ではわずかな作付面積の増加で収穫量は大きく減少し、現状の生産基盤等では東予、中予とも作付面積が582haで収穫量は最大となることが予測できた。重回帰分析から、東予では説明変数を12月から3月までの月平均気温の平均と4月の月平均気温および4月と11月の降水量の月合計とすることで、決定係数 $R^2=0.885^*$ が得られ、中予では説明変数を4月の月平均気温および4月と5月の降水量の月合計とすることで、決定係数 $R^2=0.908^{**}$ が得られた。近年の平均気温や全期間の降水量は両地域とも平年値と概ね同等であったが、月別降水量は近年、播種期から出芽期に多く、成熟期に少なくなっており、栽培法や品種に変化がない中で降水パターンの変化により10a当たり収量が大きく低下していることは、現在の生産基盤や機械装備では過大な作付けとなっていると考えられた。10a当たり収量を早急に引き上げるには、行政によるハード整備の充実、団体による作付集団化への誘導、栽培技術開発面では播種準備から成熟期までの総合的対策技術の確立が必要である。

キーワード：ハダカムギ，湿害，枯れ熟れ

## 1. 緒言

作物統計によると、愛媛県のハダカムギの収穫量は1987年産以降、30年連続して日本一となっている。この間、作付面積では1989年産の3,680ha、収穫量では1988年産の12,700tが最大で、その後は作付面積、収穫量とも大きく減少し、1993年産では作付面積1,860ha、収穫量7,720tであり、それぞれピーク時の50.5%、60.8%であった(図1)。

その後、作付面積は増加に転じ、2001年から2003年は2,000haを超えた。これは、東予地域の作付面積が倍増したためであるが、再び作付面積は減少し、2007年産で1,520haとなり、ここ30年間で最も少なくなった。直近の10年間では、作付面積は漸増したが、収穫量は減少を

続けた。すなわち、10a当たり収量は、ここ10年低下し続けており、2007～2008年産には387～397kg/10aであったものが、2015～2016年産には206～220kg/10aと2007～2008年産の約54%まで低下した。

麦類は畑作物であり、特にオオムギの一種であるハダカムギはコムギと比較して耐湿性が低い(柳沢, 2007)。浜地・吉田(1989)は、暖地のオオムギの収量と気象要因との関係を、生産力検定試験のデータを用いて重回帰分析法で解析し、暖冬に伴う多降水が減収要因であると結論づけている。オオムギは耐湿性が低いことから生育期間中は排水対策を施し湿害を回避することが重要である。

また、ハダカムギの好適pHは6.2～6.9(愛媛県農林水産部技術指導課, 1995)で、コムギに

比べ酸性に弱い。pH4.5 以下では葉枯れを伴う生育障害を発生する（山田ら，2001）事例もあり，栽培土壌は適正な土壌 pH に調整する必要がある。

さらに，ハダカムギの早播きは多収を得やすい反面，暖冬年や晩霜年には気象災害を受けやすく，遅播きは全粒数が減少し低収となりやすい（辻田ら，2015）。このように，湿害や土壌の酸性化以外に，栽培規模の拡大に対応した適期外播種の増加も 10a 当たり収量の多収阻害要因となりうる。

ここ 10 年で東予地域では作付面積が微増しており，中予地域でも直近の 7 年で同様に作付面積が増加している。近年，生産者数は減少の傾向にあるので，この作付面積の増加は一戸当たりまたは一営農組織当たりの作付面積の増加を意味しており，両地域で麦作の規模拡大が進んだことを示していると考えられる。

そこで，近年の愛媛県における麦作上の特徴と統計データから考察できる多収阻害要因を，農林水産省作物統計および気象庁気象観測デ

ータを用いて考察したので報告する。

なお，本研究は，農林水産省委託プロジェクト「多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発（2015 年～2019 年）」試験の中で取り組んだ。

## 2. 材料および方法

ハダカムギの作付面積，10a 当たり収量および収穫量は，農林水産省ホームページで公開している作物統計（農林水産省，2017）を用いた。対象地域は，ハダカムギの主要産地である東予地域と中予地域とした。東予と中予では気象や土壌の特徴が異なることから両地域を区分して解析することとした。対象市町は東予が西条市と新居浜市，中予が松山市，東温市，伊予市，松前町で，調査年は東予が 2007 年産～2016 年産，中予は 2010 年産～2016 年産で，いずれも近年，作付面積が漸増している期間とした。統計調査では，作付面積と 10a 当たり収量や収穫量との関係を調査した。

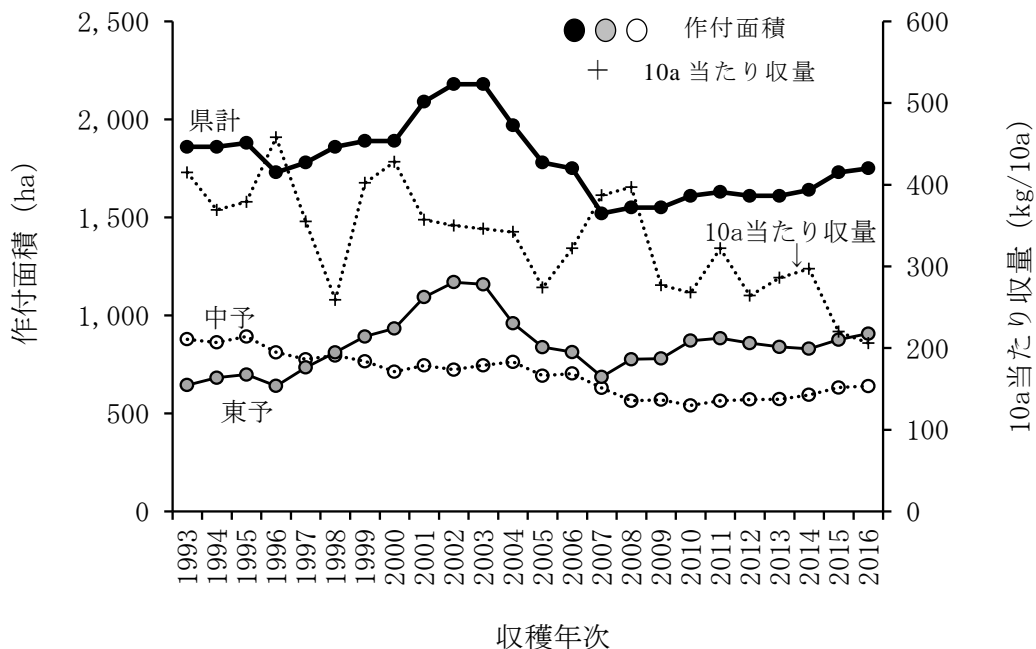


図 1 愛媛県産ハダカムギの作付面積と 10a 当たり収量の推移

注) 作物統計（農林水産省 HP）から作図。対象市町は，東予が西条市と新居浜市，中予が松山市，東温市，伊予市，松前町。市町村合併前の旧市町データは新市の管轄に合算した

気象データは、気象庁ホームページで公開している過去の気象データ・ダウンロードのページ（気象庁，2017）から、西条と松山の地点について、麦栽培期間中の月平均気温と降水量の月合計をダウンロードして用いた。なお、気象観測地点の西条を東予の代表地点、松山を中予の代表地点とした。

平年の気象と直近の気象の比較調査では、東予と中予の月平均気温と降水量の月合計について、東予は直近10年分、中予は直近7年分を、それぞれの平年値と比較した。なお、気象庁の平年値は1981年から2010年の30年平均値である。

東予または中予それぞれの10a当たり収量と各気象項目との関係では、単相関係数を求めるとともに、10a当たり収量を推定する重回帰分析を行った。気象項目は月平均気温と降水量の月合計とし、期間は出芽期を11月、分けつ期を12月～3月、出穂～登熟期を4月、成熟期を5月に大まかに区分した。重回帰分析では、目的変数を10a当たり収量、説明変数を気象項目の内で10a当たり収量と特に関係が深い項目とし、東予では12月～3月の月平均気温の平均と4月の月平均気温および4月と11月の降水量の月合計、中予では4月の月平均気温および4月と5月の降水量の月合計とした。

いずれの調査も、統計処理には Microsoft Excel にアドインされている分析ツールを用いた。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 統計調査による近年の愛媛県における麦作栽培上の特徴と課題

東予は直近の10年分、中予は直近の7年分について、作付面積と10a当たり収量との関係を図2に示した。両地域とも作付面積が増加すると10a当たり収量は低下しており、両項目の相関は東予では $R^2=0.818$ 、中予では $R^2=0.649$ で、東予では1%水準、中予では5%水準でいずれも有意であった。辻田は農林業センサスのデータから、1985年以降麦生産農家は減少の一途であり、逆に一戸当たりの作付面積が増加し2005年から2010年の5年間で一戸あたり作付面積が約1.5倍に急激に増加したとともに、近年は10a当たり収量が低下していることを指摘している（辻田，未公表）。このことから、近年の作付面積の増加は麦生産農家一戸当たりの作付面積の増加によって達成されていることが推察できる。しかし、東予および中予とも大区画に整備された水田は少なく、多くが狭小な水田であるため、大型機械の導入や担い手へ

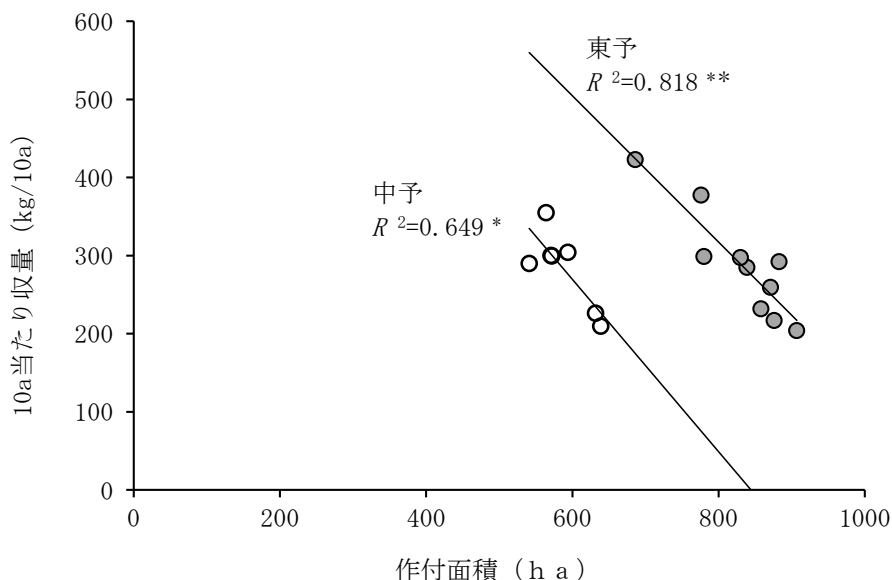


図2 近年の東予および中予のハダカムギの作付面積と10a当たり収量の関係

注) 東予は2007年産～2016年産、中予は2010年産～2016年産

図中の\*は5%水準、\*\*は1%水準で有意なことを示す

の農地集積による生産性の向上は難しい。このように、各生産者の現状の麦生産基盤では過度な作付拡大を強いられている感が否めず、栽培管理の粗放化や管理作業の遅れ等により 10a 当たり収量が低下しているものと推察された。

次に、東予および中予の近年の作付面積と収穫量との関係を図 3 に示した。両地域とも二次関数で近似でき、上に凸の関係があった。東予の近似曲線は裾が広く作付面積が増加しても収穫量の減少は小さく、中予の近似曲線は裾が狭くわずかな作付面積の増加で収穫量は大きく減少した。東予では水田の大型化を背景に農作業機械の大型化が進み、作業効率が高いため、作付面積を増加しても 10a 当たり収量の低下は小さいが、中予では天候不順などで管理作業が遅れると麦の生育の回復が難しく、10a 当たり収量が著しく低下したと推察された。

また、作付面積と収穫量の近似曲線上の頂点の座標は、東予では (582,3017)、中予では (582,1998) であった。すなわち、近年の統計データだけで判断すると、東予および中予とも作付面積が 582ha で収穫量は最大となることが推定された。このことから、過度な作付拡大は、天候不順などで管理作業が遅れると 10a 当たり収量の低下となり、結果的に収穫量を減少させ

るため、現在の麦作における生産構造に適した規模での作付拡大が必要であることを示唆している。また、適正面積で収穫量を高めることは、費用対効果の観点からも有利である。

### 3.2 気象データを用いた 10a 当たり収量の推定と愛媛県における近年の麦多収阻害要因

月平均気温と降水量について、東予では直近の 10 年間、中予では直近の 7 年間の平均とそれぞれの平年値を比較したところ、月平均気温と麦作全期間の平均気温は概ね同等であった。降水量は、全期間の合計では東予、中予ともに直近の平均値と平年値は概ね同等であった。しかし、月別に比較すると、東予、中予ともに直近の平均値が平年値より 11 月と 2 月で 20～25% 増加し、12 月では 47～55% 増加した。一方、4 月と 5 月では平年値に比べ東予で 7～12%、中予で 9～21% それぞれ減少し、成熟期の乾燥害や枯れ熟れ被害の発生が示唆された (表 1)。

そこで、東予と中予の 10a 当たり収量と各気象データの単相関係数を求めた (表 2)。東予ではいずれの項目も有意な相関ではなく、中予では、4 月の平均気温と 12 月～3 月の降水量でのみ有意な相関にあり、いずれも負の相関であった。このことは表 1 から得られた、近年の降

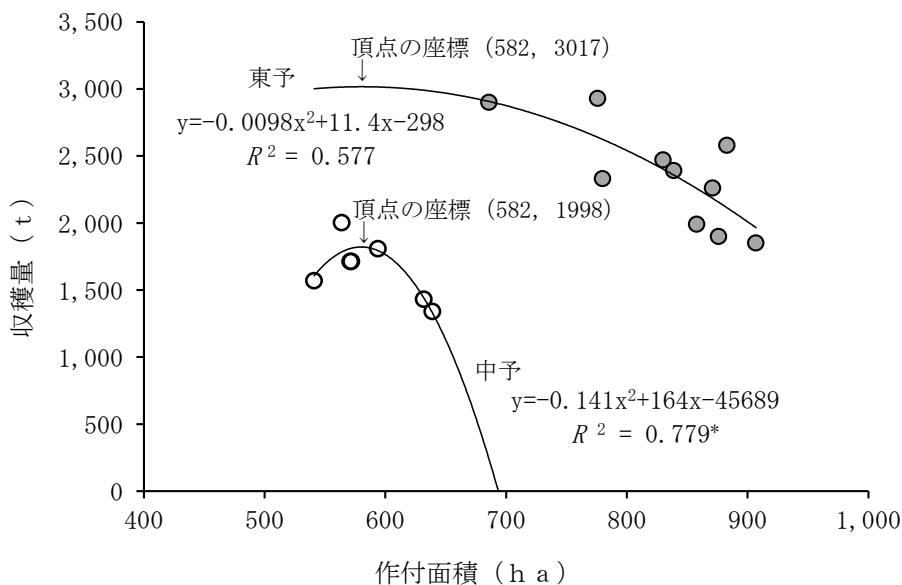


図 3 近年の東予および中予のハダカムギの作付面積と収穫量の関係

注) 東予は 2007 年産～2016 年産、中予は 2010 年産～2016 年産

図中の\*は、5%水準で有意なことを示す

水パターンは出芽～分けつ期に多く成熟期に特に少ない傾向にあることと整合していないので、各年次の気象項目を総合的に勘案し10a当たり収量を推定することを目的に重回帰分析を行うこととした。

図4に作物統計による10a当たり収量と重回帰分析に基づく10a当たり収量の推定値の関係を示した。東予では説明変数を12月～3月の月平均気温と4月の月平均気温および4月と11月の降水量の月合計とすることで、決定係数 $R^2$

$=0.885$ が得られ、5%水準で有意であった。中予では説明変数を4月の月平均気温および4月と5月の降水量の月合計とすることで、決定係数 $R^2=0.908$ が得られ、1%水準で有意であった。このことから、東予では11月の播種時の湿害と4月の登熟期の湿害が多収阻害要因の一つであり、10a当たり収量を向上させるには湿害回避作業が重要な増収技術の一つであることが示唆された。また、回帰係数の符号は、低温期の気温ではプラス、4月の気温ではマイナスで

表1 麦作期間中の東予と中予の最近の気温、降水量とその平年値の関係

項目	月	東予				中予			
		平年値 <sup>z</sup>	過去10年平均	平年値との差 <sup>y</sup>	変動率 <sup>x</sup> (%)	平年値 <sup>z</sup>	過去7年平均	平年値との差 <sup>y</sup>	変動率 <sup>x</sup> (%)
平均気温(°C)	11月	12.7	12.8	0.1	0.8	13.3	13.4	0.1	0.8
	12月	8.0	7.3	-0.7	-8.8	8.4	7.9	-0.5	-6.0
	1月	5.5	5.3	-0.2	-3.6	6.0	5.7	-0.3	-5.0
	2月	5.8	5.9	0.1	1.7	6.5	7.0	0.5	7.7
	3月	8.7	8.8	0.1	1.1	9.5	9.8	0.3	3.2
	4月	13.8	13.4	-0.4	-2.9	14.6	14.6	0.0	0.0
	5月	18.5	18.6	0.1	0.5	19.0	19.4	0.4	2.1
	全期間	10.4	10.3	-0.1	-1.2	11.0	11.1	0.1	0.6
降水量の合計(mm)	11月	71.2	85.2	14.0	19.7	68.0	83.9	15.9	23.4
	12月	43.4	63.8	20.4	47.0	46.0	71.1	25.1	54.6
	1月	50.6	54.2	3.6	7.1	51.9	44.4	-7.5	-14.5
	2月	66.6	83.3	16.7	25.1	65.6	81.1	15.5	23.6
	3月	108.1	116.3	8.2	7.6	102.3	124.7	22.4	21.9
	4月	103.3	96.2	-7.1	-6.9	107.8	98.1	-9.7	-9.0
	5月	140.3	124.1	-16.2	-11.5	141.5	112.1	-29.4	-20.8
	全期間	583.5	623.1	39.6	6.8	583.1	615.4	32.3	5.5

z: 1981年から2010年の30年平均値

y: 東予では過去10年、中予では過去7年の平均と平年値の差

x: 平年値との差÷平年値×100

表2 気象の項目と10a当たり収量との単相関係数

地域	平均気温(°C)				降水量の合計(mm)				
	11月	12月～3月	4月	5月	11月	12月～3月	4月	5月	全期間
東予	-0.12	0.35	-0.24	0.00	-0.31	-0.22	-0.46	0.24	-0.21
中予	-0.63	-0.66	-0.76*	-0.65	-0.45	-0.76*	0.65	0.40	-0.52

注) 表中の\*は、5%水準で有意なことを示す

あったことから、低温期の生育促進と高温登熟対策が必要なことが示唆され、低温期の肥効の向上や凍霜害を受けない範囲内で、かつ過繁茂対策を講じた上での播種期の前進が有効であると思われるので、今後、より細かい好適播種条件の検討が必要と思われる。

中予では、4月の降水量の回帰係数の符号はマイナスであり、東予と同様、登熟期の湿害対策が必要と考えられた。また、5月の降水量ではプラスであったことから、成熟期の過乾燥による乾燥害や枯れ熟れ被害が示唆された。内田（1986）は著書の中で、「湿害は生育初期ばかりでなく出穂後に現れることも多い。この場合には茎葉の萎凋、黄変、穂は生気を失い芒を閉じ異常成熟して粒の充実悪く、品質が著しく低下減収する」とし、この現象を枯れ熟れと定義しているとともに、「麦の湿害は土壌中の過剰水分によって酸素が不足し土壌が還元状態となり根に障害が起りこれが地上部に影響し

て生育又は登熟期に現れて来る」としている。このことから、湿害と枯れ熟れは一見相反しているように思えるが、湿害で根の機能低下が起こった後に乾燥条件になると枯れ熟れを助長する要因となるので、湿害と枯れ熟れと根の機能維持には密接な関わりがあることが推察される。なお、4月の気温の回帰係数は、東予と同様に符合がマイナスで登熟期の高温対策が必要であったが、東予に比べ回帰係数が小さいことから、早播は避け、根の健全化によって、高温登熟対策、乾燥害や枯れ熟れ被害の回避に努めることが必要と考えられる。

以上のことから、ハダカムギの多収のためには、成熟期まで根の機能を健全に維持させることが重要で、湿害回避対策とあわせて、深耕や堆肥投入による直接的な土壌の保水性改善、適正施肥、適正な土壌 pH 管理、ならびに麦踏みの励行による根張りの強化等の対策を講じる必要がある。

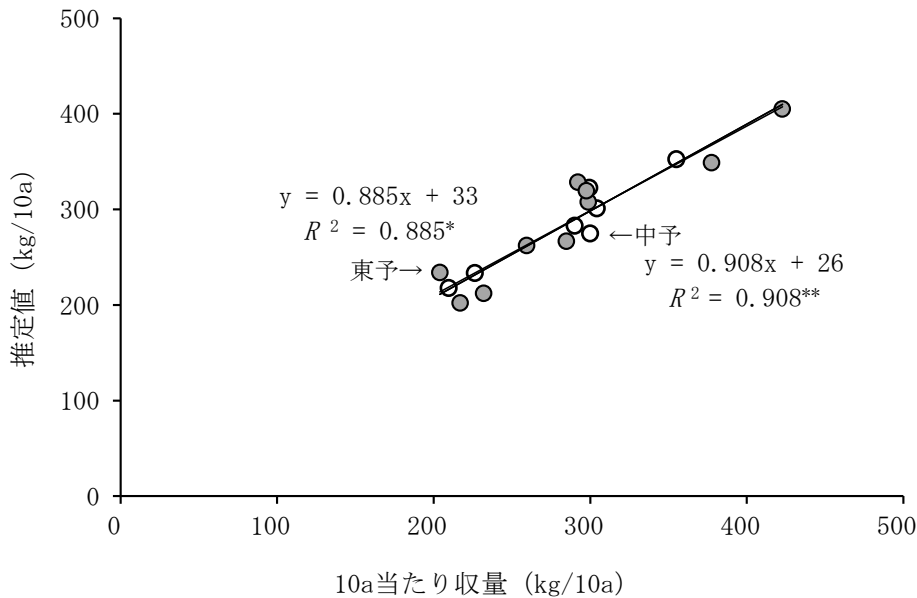


図4 10a 当たり収量と重回帰分析で得られた 10a 当たり収量の推定値との関係  
注) 図中の\*\*は、1%水準で有意なことを示す

東予の回帰式は、 $Z=93.0 A-52 B-0.58 C-0.98 D+490$

A は 12~3 月の月平均気温の平均、B は 4 月の月平均気温、C は 4 月の降水量の合計、D は 11 月の降水量の合計

中予の回帰式は、 $z=-28 a-0.53 b+0.13 c+741$

a は 4 月の月平均気温、b は 4 月の降水量の合計、c は 5 月の降水量の合計

#### 4. 総合考察

農林水産省作物統計のハダカムギの10a当たり収量を、気象庁の気象観測データを用いて重回帰分析したところ、高い決定係数で10a当たり収量を推定することができた。これは、東予と中予の地域に分けて、それぞれの地域で重要な項目を説明変数としたことと、直近の7～10年間に限定し麦作の栽培様式や品種に大きな変化がない条件の上で気象要因の影響を調べたことが、高い決定係数を得られた理由であると考えられた。

このように、近年の10a当たり収量の低下に対して、今回説明変数として選択した気象の各項目による寄与率が88.5～90.8%であることは、近年のハダカムギの生産力は気象に大きく左右されていることを如実に示している。県内での栽培法は2003年以降ドリル播が80%以上を占め、品種は2006年以降‘マンネンボシ’が作付面積の約9割を占めている。過去30年間の気象と直近の7～10年の気象の比較では気温は概ね変化がなく、降水量は麦作期間合計では変化はないものの、近年、月別降水量が播種～出芽期に多く、成熟期に特に少なくなっている。栽培様式や品種に変化がない中で、この降水パターンの変化により10a当たり収量が大きく低下していることは、不順な天候に管理作業が追いつかず収量低下となっているものと推察された。

これらのことから、現在の生産基盤や機械装備での生産者個々の作付面積は限界を超えていると思われ、この解決のためには、効率的な圃場管理が可能となる圃場の大区画化、高精度な水管理が可能な地下灌漑圃場の整備への取組み、高性能高効率な作業機械の導入など行政によるハード整備の充実が必要であるとともに、団体による作付集団化への誘導が必要であると思われた。

また、栽培技術開発面では、近年の播種～出芽期の降水量の増加に対応した高速作業が可能で土壌乾燥効果の高いチゼル耕と、播種直後の多雨でも良好な出芽が期待できる畝立て同時播種などの新技術を総合的に導入した組み立て技術を確立することが必要で、さらには厳冬期の肥効が高く多収につながる省力施肥法の開発が必要であると考えられた。

#### 引用文献

- 愛媛県農林水産部技術指導課（1995）：土壌化学性分析結果の評価指標，土壌・作物体診断マニュアル 調査・評価編，30－47.
- 浜地勇次，吉田智彦（1989）：暖地のビール大麦の収量と気象条件の関係の統計的解析，日作紀，**58**，1－6.
- 気象庁（2017）：過去の気象データ，<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 農林水産省（2017）：作物統計，<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/>
- 農林水産省中国四国農政局四国土地改良調査事務所（2017）：四国管内の農地整備状況，<http://www.maff.go.jp/chushi/kj/yontyou/pdf/gaiyosyo3.pdf>
- 辻田泉，大森誉紀，木村浩，杉本秀樹（2015）：播種期の違いがハダカムギ3品種の収量および品質に与える影響，日作紀，**84**，358－368.
- 内田音四郎（1986）：麦栽培技術に関する研究，第3章 生育期から見た肥培管理，愛媛米麦作研究 50年のあゆみ，「愛媛米麦作研究 50年のあゆみ」刊行委員会，489－554.
- 山田千津子，宮下武則，村上優浩，大山興央（2001）：土壌の酸性化に起因するはだか麦の葉枯れを伴う生育障害の発生，香川農試研報，**54**，1－7.
- 柳沢貴司（2007）：ハダカムギの品種と選択，農業技術体系 作物編，**4**，基 137－140の6.