

### 3 高温適応技術の実施状況及び評価

#### (1) 主な高温適応技術の実施状況

農林水産省は、平成22年夏における高温適応技術の実施状況を把握するため、都道府県の協力の下、全国の普及指導センター(369センター)に対し平成22年10～11月にかけてアンケート調査を実施した。

調査の対象となった主な適応技術は、平成19年に農林水産省生産局がとりまとめた「品目別地球温暖化適応策レポート」に記載のある技術とした。品目については、平成22年夏の高温で被害が報告された水稻、麦、大豆、ばれいしょ、茶、果樹(りんご、かんきつ類、ぶどう、なし)、野菜(はくさい、キャベツ、ほうれんそう、レタス、トマト、きゅうり、ピーマン、だいこん、にんじん)、花き全般、飼料作物、家畜を対象に行ったものである。

本調査の回答は、全国369普及指導センターのうち、耕種関係について323センター、畜産関係について254センターから回答を得た。

#### ① 水稻

平成22年のように登熟期が異常に高温となることで、品質低下が起こることが知られているが、これには、これまでの高温障害に関する調査等から、気象以外の要因として、

ア コシヒカリやヒノヒカリなど高温耐性を有さない品種へ作付けが集中していること

イ 田植え期の前進により登熟期を通して高温となること

ウ 食味を意識した施肥量の削減により登熟期後半に稲体が凋落すること

エ コンバイン収穫作業の効率化のため早期落水すること

オ 地力低下や作土層の浅耕化により根の活力が低下すること

カ 中干しの不徹底等により分けつ過剰となり穂数や籾数が過剰となること

などが複合的に関係していることが知られている。

これらを踏まえ、具体的な高温適応技術として、「にこまる」など高温耐性品種への転換や登熟期の高温遭遇を回避する作期の遅い品種への転換が挙げられる。また、登熟期における高温遭遇を回避するための移植時期の10日間程度の繰り下げが挙げられる。さらに、移植後の回避技術としては、登熟後半まで稲体の活力を維持するため、生育診断に基づく穂肥等肥培管理の徹底、出穂後の通水管理、早期落水の防止、堆肥施用や深耕等土づくり、適正な籾数への誘導などの栽培技術が挙げられる。

平成22年産において、これらの技術の実施状況を、全国及びブロック別(北海道・東北ブロック、関東ブロック、北陸ブロック、東海・近畿・中国・四国ブロック、九州ブロック)に取りまとめたものを以下に示す。

(ア) 全国

【品種の転換】4割以上の地域で高温耐性品種が導入され、白未熟粒の発生の抑制に効果が見られた。

【肥培管理の徹底】約半数の地域で生育診断や土壌診断に基づく施肥が徹底され倒伏や白未熟粒の発生がある程度抑制されたものの、食味重視の施肥により肥切れを起こし品質が低下した地域が見られた。

【水管理の徹底】約半数の地域で出穂期以降のかけ流し灌漑や早期落水の防止等が実施され白未熟粒の発生がある程度抑制された。

【遅植え】約半数の地域で実施されたものの、想定より早い出穂となり、かつ、夏の後期に高温が続いたことから、期待どおりの効果が見られない地域が半数にのぼった。

【土づくり】実施された地域はわずかであったものの、堆肥やケイ酸質資材の投入により地力向上を図った地域においては効果が見られた。

【その他】適期収穫により品質低下の度合いが軽減された。また、一斉防除により病虫害発生が抑制された。さらに、栽植密度の適正化を図った地域においてはある程度の効果が見られた。

(図13-1.2 表6-1)

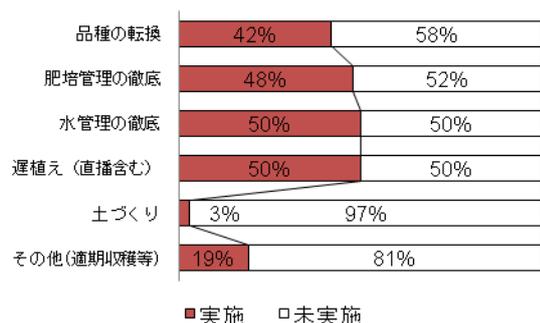


図13-1 主な適応技術の実施状況について  
(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

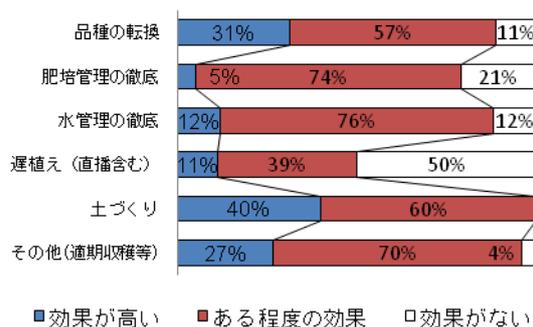


図13-2 主な適応技術に関する効果について  
(単位 各効果/技術実施センター数)

表6-1 主な適応技術の課題について 数字は普及指導センター報告数

技術	課題	報告数	技術	課題	報告数
品種の転換	① 導入品種に適した栽培方法の確立・普及	33	遅植え(直播含む)	① 遅植えでの収量確保	12
	② 導入品種の転換戦略の確立と需要に応じた生産拡大	27		② 用水が確保できない地域では遅植えが困難	7
	③ 既存品種との作付比率の検討	8		③ 他品種の収量用、播種物の播種機との適合	4
	④ 導入品種の種子確保	3		④ 育苗施設では遅植えの苗供給が一時期に集中	3
	⑤ 品種によっては病虫害被害が増加	3		⑤ 直播栽培技術の確立(出芽発生の安定化、除草防除、鳥害対策等)	3
	⑥ 晩生品種の熟化遅延、収量性が既存品種と比べて劣る	1		⑥ 遅延型冷害のリスク	2
	⑦ 高温耐性のほか、良食味等のトータルバランスを兼ね備えた品種の開発	1		⑦ 兼業農家の増加により遅植えの普及が広がらない	2
肥培管理の徹底	① 全国基準施肥法では、追肥による生育コントロールが困難。適正な施肥量や追肥の要否の検討が必要	23	土づくり	⑧ 共同防除の体系を確立するため圃地化が必要	2
	② 農家の高齢化により、適切な肥培管理(追肥)が困難	2		⑨ 直播の導入には専用機械が必要	1
	③ 食味重視の最小限の施肥体系による肥切れ	1		⑩ 収穫期が長雨の時期にあたる	1
	④ 収穫後のほ場乾燥による電力需要の確保	1		その他	① 先進飼料の入手が困難
水管理の徹底	① 用水の確保(揚水時期の延長)	87	② 播種時期による種わらの交換等、電肥の供給体制を整備する必要がある		1
	② 収穫時の機械作業性向上のため、適やかな灌水が必要	13	① 適期収穫を実施するために、品種・作付体系の組合せによる収穫期の分散、ロ干しの徹底や溝切りの導入による地耐力の確保と適やかな灌水	6	
	③ 水温が高い場合の灌水管理技術の確立	6		② 効率的な薬剤の選定	4
	④ 大規模化、兼業農家の増加、農家の高齢化による水管理の不能化	4		③ 遅延を及ぼしたが適期における一斉防除	3
	⑤ 深水管理に慣えられない畦畔の高さ、強度が必要	1		④ 兼業農家が多く適期収穫が困難	1
					⑤ 生育遅延に応じた防除計画への対応

(イ) 北海道・東北地方

【品種の転換】育成された高温耐性品種の数が少なく導入地域はわずかであるが、白未熟粒の発生の抑制に高い効果を示した。

【肥培管理の徹底】半数以上の地域で生育診断や土壌診断に基づく施肥が徹底され倒伏や白未熟粒の発生がある程度抑制されたものの、食味重視の施肥により肥切れを起こし品質が低下した地域が見られた。

【水管理の徹底】7割以上の地域で出穂期以降のかけ流し灌漑や早期落水の防止等が実施され白未熟粒の発生がある程度抑制された。

【遅植え】4割の地域で実施されたものの、想定より早い出穂となったため、期待どおりの効果が見られない地域が大半であった。

【その他】適期収穫により品質低下の度合いが軽減された。また、高温時に多発する病害虫の防除が徹底された。

(図13-3.4 表6-2)

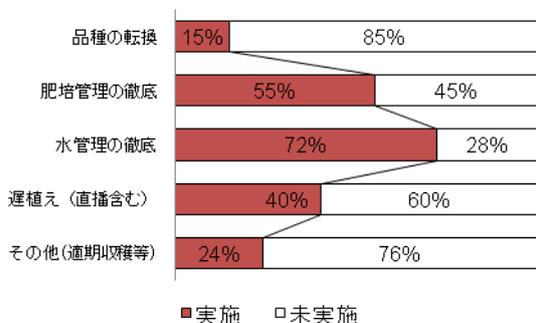


図13-3 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター)

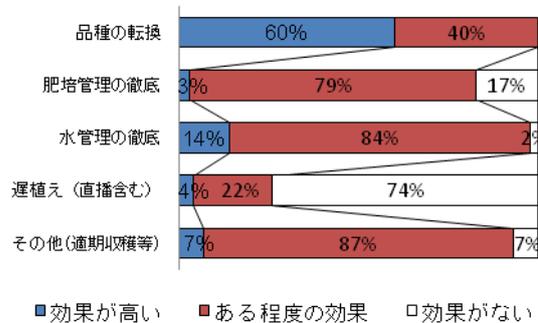


図13-4 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

表6-2 主な適応技術の課題について 数字は普及指導センター報告数

品種の転換	① 導入品種の販売戦略の確立と需要に応じた生産拡大	4
	② 導入品種に適した栽培方法の確立・普及	3
	③ 既存品種との作付比率の検討	2
	④ 導入品種の種子確保	1
	⑤ 高温耐性のほか、良食味等のトータルバランスを兼ね備えた品種の開発	1
肥培管理の徹底	⑥ 全量基肥施肥法では、追肥による生育コントロールが困難。適正な施肥量や追肥の要否の検討が必要	6
	⑦ 食味重視の最小限の施肥体系による肥切れ	1
	⑧ 融雪後のほ場乾燥による地力窒素の確保	1
水管理の徹底	⑨ 用水の確保(揚水時期の延長)	43
	⑩ 収穫時の機械作業性向上のため速やかな排水が必要	7
	⑪ 水温が高い場合の湛水管理技術の確立	2
	⑫ 大規模化、兼業農家の増加、農家の高齢化による水管理の不徹底	1
遅植え(直播含む)	⑬ 遅延型冷害のリスク	2
	⑭ 直播栽培技術の確立(出芽苗立の安定化、雑草防除、鳥害対策等)	2
	⑮ 他作物の播種期との競合	1
	⑯ 直播の導入には専用機械が必要	1
その他	⑰ 適期収穫を実施するため、中干しの徹底や溝切りの導入による地耐力の確保と速やかな排水	1
	⑱ 生育遅速に応じた防除計画への対応	1

(ウ) 関東地方

【品種の転換】育成された高温耐性品種の数が少なく導入地域はわずかであるが、白未熟粒の発生の抑制にある程度の効果が見られた。一方、一部の県では作期の遅い品種において、夏の後期に高温が続いたことから規格外が多発するなど顕著な被害を受けた。

【肥培管理の徹底】約3割の地域において生育診断や土壌診断に基づく施肥が徹底され倒伏や白未熟粒の発生がある程度抑制された。

【水管理の徹底】半数以上の地域において出穂期以降のかけ流し灌漑や早期落水の防止等が実施され白未熟粒の発生がある程度抑制された。

【遅植え】3割弱の地域で実施されたものの、想定より早い出穂となり、かつ、夏の後期に高温が続いたことから、期待どおりの効果が見られない地域が半数を超えた。

【その他】適期収穫により品質低下の度合いが軽減された。その他、栽植密度の適正化を図った地域も見られたがその効果は判然としなかった。

(図13-5.6 表6-3)

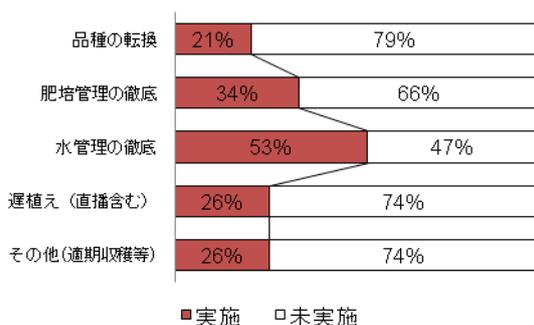


図13-5 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

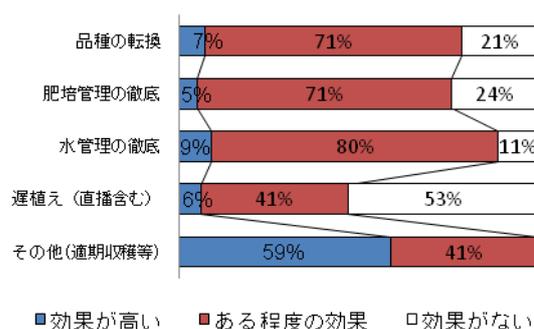


図13-6 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

表6-3 主な適応技術の課題について 数字は普及指導センター報告数

技術	課題	報告数
品種の転換	◎ 導入品種に適した栽培方法の確立・普及	3
	◎ 品種によっては病害虫被害が増加	1
肥培管理の徹底	◎ 全量基肥施肥法では、追肥による生育コントロールが困難。適正な施肥量や追肥の要否の検討が必要。	3
	◎ 農家の高齢化により、適切な施肥管理(追肥)が難しい	2
水管理の徹底	◎ 用水の確保(揚水時期の延長)	21
	◎ 大規模化、兼業農家の増加、農家の高齢化による水管理の不徹底	1
遅植え(直播含む)	◎ 遅植えでの収量確保	4
	◎ 用水が確保できない地域では遅植えが困難	2
その他	◎ 適期収穫を効率的に行うため、品種・作付体系の組み合わせにより収穫期の分散することが必要	4

(エ) 北陸地方

【品種の転換】6割の地域において高温耐性品種が導入されたものの、白未熟粒の発生が抑制された地域と顕著な被害を受けた地域に分かれた。

【肥培管理の徹底】約7割の地域において生育診断に基づく穂肥が実施され、また、一部の地域では登熟期後半まで肥効が持続する全量基肥施肥が施用されたことにより倒伏や白未熟粒の発生がある程度抑制された。一方、5～6月の天候不良から7月の草丈が長くなるなど倒伏が懸念されたため、穂肥を十分に施用できず、他の要因と複合的に相まって稲体活力が低下し、品質低下を助長した例も見られた。

【水管理の徹底】7割の地域において出穂期以降のかけ流し灌漑や早期落水の防止等が実施され白未熟粒の発生がある程度抑制された。

【遅植え】約9割の地域で実施されたものの、想定より早い出穂となり、かつ、夏の後期に高温が続いたことから、期待どおりの効果が見られない地域が約半数にのぼったが、直播栽培と併せた栽培管理により白未熟粒の発生が抑制された地域も見られた。

【土づくり】堆肥やケイ酸質資材の投入により地力向上を図った地域は1割にとどまったものの、多くの地域において高い効果が見られた。また、効果は判然としなかったものの深耕に取り組んだ地域も見られた。

【その他】適期収穫により品質低下の度合いが軽減された。

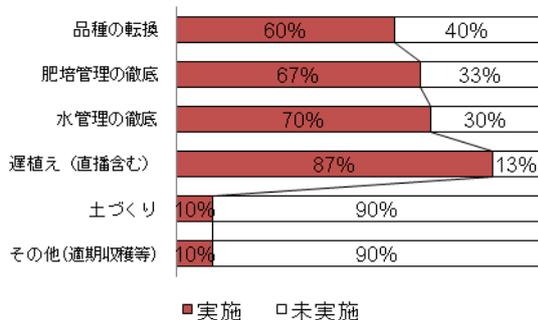


図13-7 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

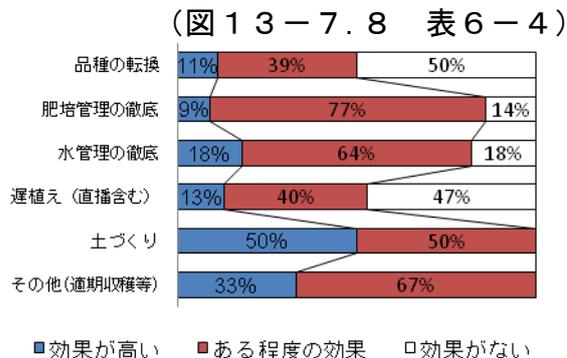


図13-8 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

表6-4 主な適応技術の課題について 数字は普及指導センター報告数

品種の転換	① 導入品種に適した栽培方法の確立・普及	4	水管理の徹底	① 用水の確保(機水時期の延長)	9
	② 既存品種との作付比率の検討	2		② 水温が高い場合の湛水管理技術の確立	4
	③ 導入品種の種子確保	1		③ 収穫時の機械作業性向上のため遅やかな排水が必要	1
	④ 導入品種の販売戦略の確立と需要に応じた生産拡大	1	遅植え(直播含む)	④ 兼業農家の増加により遅植えの普及が広がらない	2
	⑤ 晩生品種の販売価格、収量性が既存品種と比べて劣る	1		⑤ 直播栽培技術の確立(出芽苗立の安定化、雑草防除、鳥害対策等)	1
肥培管理の徹底	⑥ 全量基肥施肥法では、過肥による生育コントロールが困難。適正な施肥量や追肥の要否の検討が必要。	5	⑥ 他作物の播種期との競合	1	
土づくり	⑦ 発酵飼料の入手が難しい	1	⑦ 遅植えにより、他品種と収穫期が重なる	1	
			⑧ 共同防除の体系が組みにくい	1	
			⑨ 育苗施設では遅植えの苗数給が一時期に集中	1	
			⑩ 収穫期が長雨の時期にあたる	1	

(才) 東海・近畿・中国・四国地方

【品種の転換】約半数の地域において高温耐性品種が導入され、白未熟粒の発生の抑制にある程度の効果が見られた。

【肥培管理の徹底】約半数の地域において生育診断や土壌診断に基づく施肥が実施され白未熟粒の発生がある程度抑制されたものの、効果の見られなかった地域も散見された。

【水管理の徹底】約4割の地域において出穂期以降のかけ流し灌漑や早期落水の防止等が実施され白未熟粒の発生がある程度抑制された。

【遅植え】約半数の地域において実施されたものの、想定より早い出穂となり、かつ、夏の後期に高温が続いたことから、期待どおりの効果が見られない地域が半数を超えた。

【土づくり】一部地域で登熟期間の根を健全に保つための諸管理が実施され、ある程度の効果が見られた。

【その他】適期収穫により品質低下の度合いが軽減された。また、一斉防除により病虫害発生が抑制された。さらに、栽植密度の適正化を図った地域においてはある程度の効果が見られた。

(図13-9.10 表6-5)

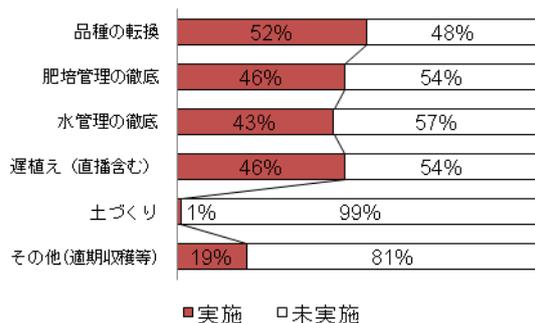


図13-9 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

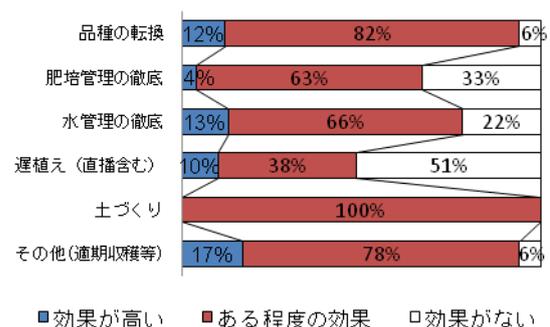


図13-10 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

表6-5 主な適応技術の課題について 数字は普及指導センター報告数

品種の転換	① 導入品種に適した栽培方法の確立・普及	12
	② 導入品種の販売戦略の確立と需要に応じた生産拡大	9
	③ 既存品種との作付比率の検討	1
	④ 導入品種の種子確保	1
肥培管理の徹底	⑤ 温暖化に対応した施肥管理技術を検討。(例:より緩行性のある肥効調節型肥料の導入、堆肥の投入)	5
水管理の徹底	⑥ 用水の確保(揚水時期の延長)	13
	⑦ 収穫時の機械作業性向上のため速やかな排水が必要	5
	⑧ 大規模化、兼業農家の増加、農家の高齢化による水管理の不徹底。	2
	⑨ 深水管理に耐えられる畦畔の高さ、強度が必要	1
遅植え (直播含む)	⑩ 遅植えでの収量確保	4
	⑪ 用水が確保できない地域では遅植えが困難	4
	⑫ 育苗施設では遅植えの苗供給が一時期に集中	1
	⑬ 直播栽培の団地化が必要	1
その他	⑭ 効果の高い薬剤の選定	4
	⑮ 混住化が進んだ地域における一斉防除	3
	⑯ 兼業農家が多く適期収穫が困難	1

(カ) 九州地方

【品種の転換】約8割の地域において高温耐性品種が導入され、白未熟粒の発生の抑制に高い効果が見られた。

【肥培管理の徹底】約半数の地域において緩効性肥料の投入や生育診断に基づく穂肥が実施され、ある程度の効果が見られた。

【水管理の徹底】出穂期以降のかけ流し灌漑や早期落水の防止等が実施された地域は約2割にとどまったものの、白未熟粒の発生がある程度抑制された。

【遅植え】7割以上の地域において普通期栽培における遅植えの実施が普及しているものの、その効果が発揮された地区、されなかった地区に分かれた。

【土づくり】堆肥や稲わらのすき込みが実施された地域は1割にとどまったものの、多くの地域において高い効果が見られた。

【その他】適期収穫や疎植によるもみ数抑制を図ることで品質低下の度合いが軽減された。

(図13-11.12 表6-6)

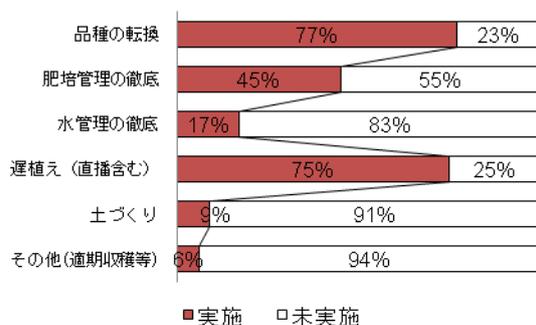


図13-11 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

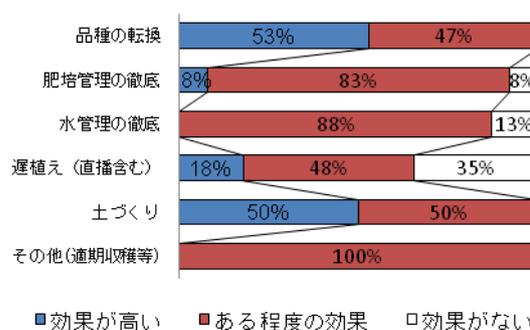


図13-12 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

表6-6 主な適応技術の課題について 数字は普及指導センター報告数

品種の 転換	◎ 導入品種に適した栽培方法の確立・普及	14
	◎ 導入品種の販売戦略の確立と需要に応じた生産拡大	13
	◎ 既存品種との作付比率の検討	3
	◎ 品種によっては病害虫被害が増加	2
肥培管理 の徹底	◎ 全量基肥施肥法では、追肥による生育コントロールが困難。適正な施肥量や追肥の要否の検討が必要。	3
土づくり	◎ 耕畜連携による稲ワラの交換等、堆肥の供給体制を整備する必要がある。	1
水管理の 徹底	◎ 用水の確保(揚水時期の延長)	・
遅植え (直播含む)	◎ 遅植えでの収量確保	4
	◎ 用水が確保できない地域では遅植えが困難	・
	◎ 他作物の播種期との競合	・
	◎ 育苗施設では遅植えの苗供給が一時期に集中	・

## ② 麦

北海道から小麦について、4件の高温障害発生の報告があった。そのうち2地域において、高温により根が弱っていることから葉面に窒素散布を行い、早期成熟を防ぐ対策が取られたものの、効果は認められなかった。(表7)

表7 麦の適応技術の実施状況と課題について

実施した適応技術	実施都道府県(注)	報告数			技術的課題
		効果が高い	ある程度の効果	効果がない	
窒素の葉面散布	北海道	0	0	2	なし

注) 今回のアンケート調査において報告のあった都道府県であって、記載のない地域が実施していないということではない。

## ③ 大豆

大豆については、高温のみが原因となる障害の報告はないものの、特に開花期以降の干ばつが原因と考えられる生育不良等の障害の発生の報告が九州地方を除く全国から59件あった。主な障害としては、青立ち、落花・落莢、小粒化、裂皮等の生育不良が41件、病害虫の発生が18件であった。

【畝間かん水】下表の地域から実施の報告があり、畝間かん水の実施により青立ち等の生育不良の障害の発生を抑制する効果があったとの報告があった。特に青立ちの発生に対しては、約9割が高い効果もしくはある程度の効果があったと評価している。

なお、本適応技術の実施については、用水の確保が難しく、かん水を適期または十分に実施しにくいということが課題となっている。

【適期・適正防除】下表の地域から実施の報告があり、5割の地域では害虫による被害の発生を抑制する効果があったと評価している一方、同割合で効果が無かったとしており、発生予察等に基づく適期防除の実施や、害虫発生状況に応じた効果的な薬剤の選定が課題となっている。

なお、害虫の発生と夏の高温との関連性は明らかではないが、平成22年度の大豆の主な害虫の発生状況については、調査結果の報告があった県のうち、ハスモンヨトウでは約5割、カメムシ類では約3割が平年に比べ発生が多いまたはやや多いという状況となっている。

(表8 図14-1. 2. 3. 4)

表8 大豆の適応技術の実施状況と課題について

実施した適応技術	実施都道府県 注1	報告数 注2			技術的課題
		効果が高い	ある程度の効果	効果がない	
畝間かん水	宮城県、福島県、栃木県、千葉県、新潟県、富山県、石川県、福井県、愛知県、島根県、岡山県、山口県、香川県	2	25	2	・用水確保 ・かん水後の雑草対策 ・適期かん水技術 等
適期・適正防除	北海道、茨城県、栃木県、岡山県、山口県、香川県	3	4	7	・適期防除の徹底 ・農薬の選定 ・共同防除の徹底 等

注1) 今回のアンケート調査において報告のあった都道府県であって、記載のない地域が実施していないということではない。

注2) 報告のあった技術ごとの集計(1つの普及指導センターで2つの技術の報告があった場合、2技術としてカウント)。

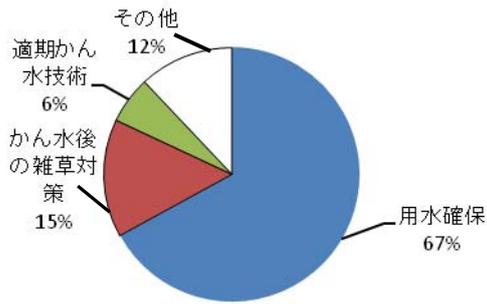


図 1 4 - 1 畝間かん水の課題について



図 1 4 - 2 畝間かん水の実施状況

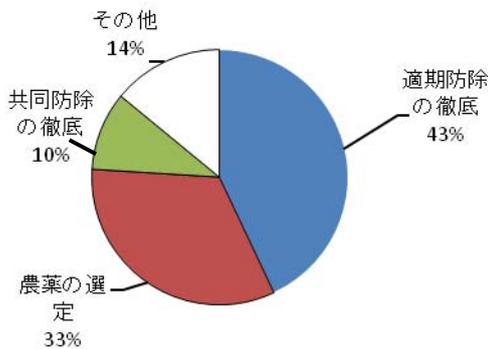


図 1 4 - 3 害虫の適期・適正防除の課題について

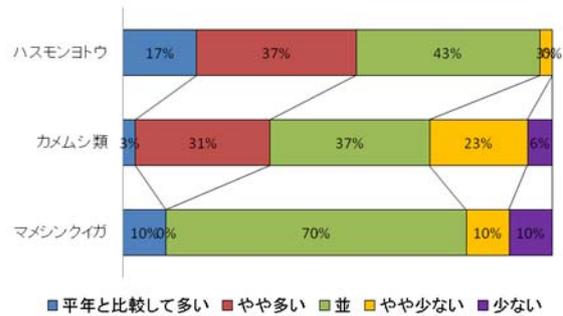


図 1 4 - 4 平成 22 年度 主な害虫の発生状況

注 1) データは調査結果の報告があった道府県の集計

注 2) 資料：消費・安全局植物防疫課調べ

#### ④ ばれいしょ

北海道から、「浴光育芽の実施」について 1 件、「病害虫の防除の徹底」について 2 件の報告があり、両技術ともある程度の効果が認められたとの報告があった。適応技術の課題としては、「浴光育芽」では、効果についてのデータ蓄積・整理など、「病害虫防除の徹底」では、発生予察等を活用した適期防除が必要であるとの報告があった。（表 9）

表 9 ばれいしょの適応技術の実施状況と課題について

実施した適応技術	実施都道府県 (注)	報告数			技術的課題
		効果が高い	ある程度の効果	効果がない	
浴光育芽	北海道	0	1	0	・浴光育芽等の基本技術の励行 ・データの蓄積・整理
病害虫の防除の徹底	北海道	0	2	0	・発生予察等を活用した適期防除

注) 今回のアンケート調査において報告のあった都道府県であって、記載のない地域が実施していないということではない。

## ⑤ 茶

茶については、静岡県、鹿児島県などから7件の報告があった。

高温障害に係る適応技術としては、「かん水」や、棚施設のある茶園では「被覆」、「整枝」を実施しており、ある程度の効果が認められたとの報告があった。適応技術の課題としては、「かん水」では、労力の確保や、かん水施設の整備が挙げられた。また、高温障害に対応できるように、茶園の根域を確保するための土づくりの推進が必要であるとの報告があった。(表10)

表10 茶の適応技術の実施状況と課題について

実施した適応技術	実施都道府県 (注)	報告数			技術的課題
		効果が高い	ある程度の効果	効果がない	
かん水	神奈川県、静岡県、京都府、岐阜県、鹿児島県	1	4	0	・土づくりの推進による茶園の根域の確保
棚施設のある茶園での被覆	京都府	0	1	0	
整枝	佐賀県	0	1	0	

注) 今回のアンケート調査において報告のあった都道府県であって、記載のない地域が実施していないということではない。

## ⑥ 果樹

### ア かんきつ類

【マルチ栽培の導入】着色促進と品質向上の目的で産地の約4割で導入されており、うち9割以上の地域で効果が認められている。課題としては、資材費が高価なこと、設置労力が大きいことが挙げられている。

【カルシウム剤の塗布】浮皮軽減対策として産地の4～5割で実施されており、うち約8割の地域で効果が認められている。一方、浮皮の発生には、樹勢や品種、湿度・降雨等の気象条件が大きく影響するため、単一の技術では効果が不十分等の課題が挙げられている。

【遮光資材の導入】単価の高いハウスみかんや晩かん類を中心に、産地の約3割で導入されており、その全ての地域で効果が認められている。一方、光合成の阻害による樹勢の低下といった栽培技術的課題や、設置コストが大きいといった課題が挙げられている。

(図15-1. 2. 3. 4. 5. 6)

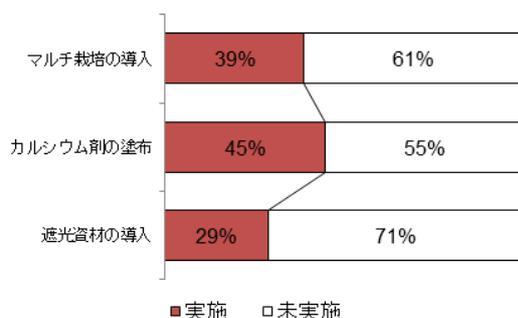


図15-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

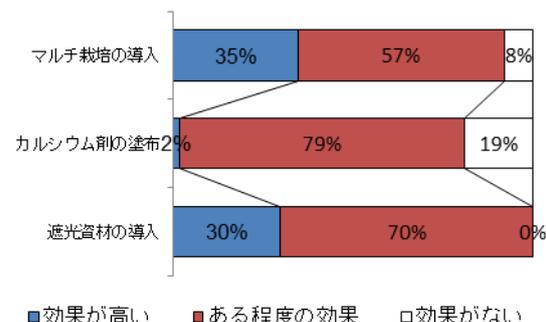


図15-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

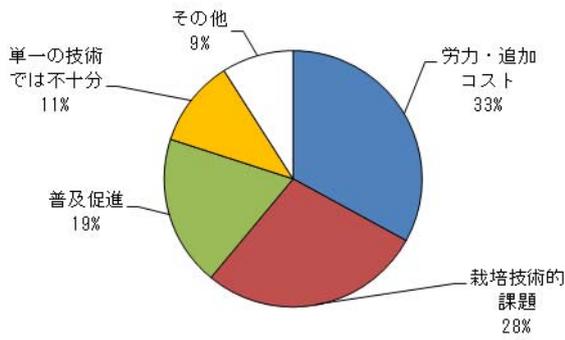


図 15-3 マルチ栽培の課題について

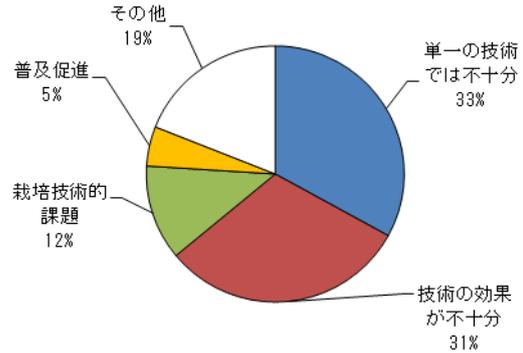


図 15-4 カルシウム剤の課題について

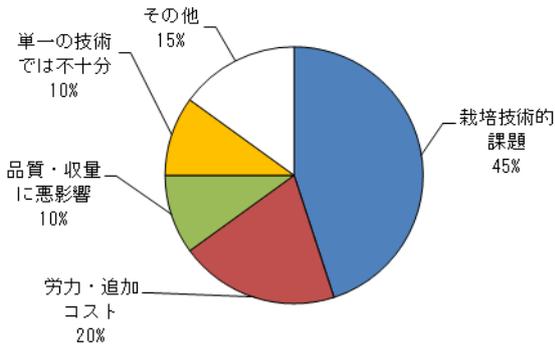


図 15-5 遮光材の課題について



図 15-6 うんしゅうみかんにおけるシートマルチ栽培

## イ りんご

【優良着色品種・黄色系品種の導入】産地の約6割で優良着色品種、黄色系品種が導入されており、ほとんどの地域で効果が認められている。一方、品種特性等を踏まえた栽培管理技術の確立といった栽培技術的課題が多く挙げられている。また、その他として地域に適した品種の選択という課題が多く挙げられている。

【反射シートの導入】着色促進のために産地の4～5割で導入されており、うち約9割の地域で効果が認められている。一方、単一の技術では効果が不十分、葉摘みや玉回し等の栽培技術と合わせて総合的に対策を行う必要があるといった課題が多く挙げられている。

(図 16-1. 2. 3. 4)

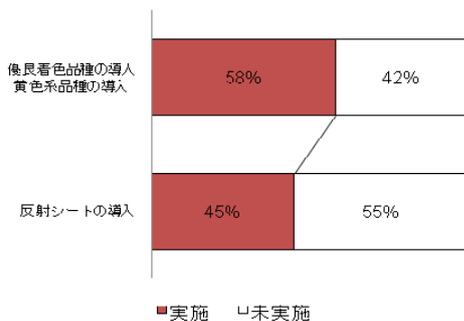


図 16-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター／作付け有センター数)

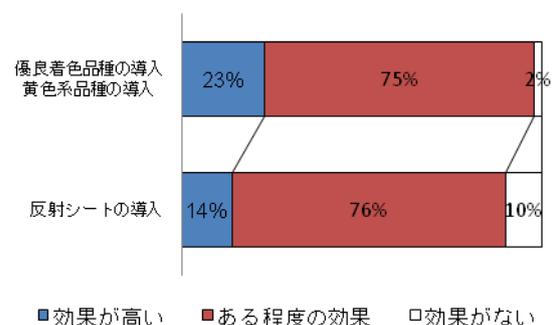


図 16-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果／技術実施センター数)

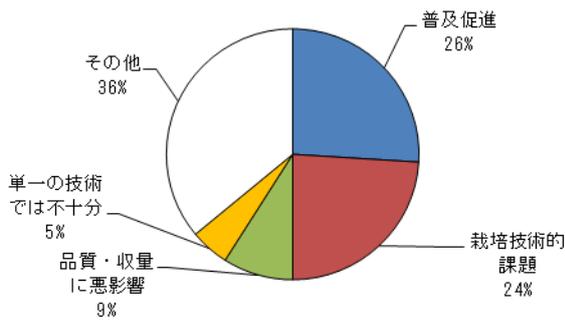


図16-3 優良着色品種・黄色系品種の課題について

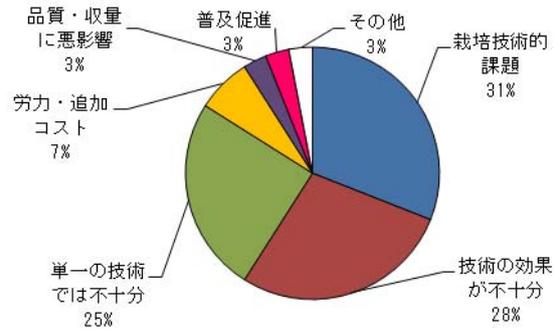


図16-4 反射シートの課題について

## ウ なし、ぶどう

【高温耐性品種の導入（なし、ぶどう）】産地の2～3割程度で導入されており、うち9割の地域で効果が認められている。一方、品種特性等を踏まえた栽培管理技術の確立といった栽培技術的課題が多く挙げられている。また、その他として地域に適した品種の選択という課題が多く挙げられている。

【遮光資材の導入（なし）】日焼け果防止のために果実袋や遮光ネット等の遮光資材が産地の約1割で導入されており、うち8割以上の地域で効果が認められている。課題としては、袋がけの労力や資材の費用が多く挙げられている。また、被覆による品質低下や園内の温度管理等、栽培技術面での課題も挙げられている。

【かん水、棚面散水（ぶどう）】産地の約3割で導入されており、うち約8割の地域で効果が認められている。一方、かん水のみでは着色促進効果が低いことや、過湿による品質低下等の栽培技術的課題が挙げられている。また、その他として水源の確保という課題が多く挙げられている。

【環状はく皮の導入（ぶどう）】着色促進のために産地の2～3割で導入されており、ほぼ全ての地域で効果が認められている。課題としては、樹勢の低下を改善することが最も多く挙げられている。また、その他として適応品種の導入等、総合的な対策が必要という意見が多く挙げられている。

(図17-1. 2. 3. 4. 5. 6)

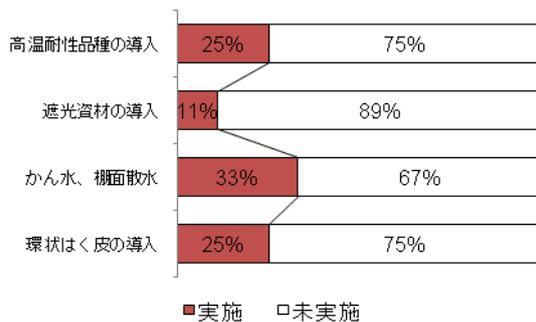


図17-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

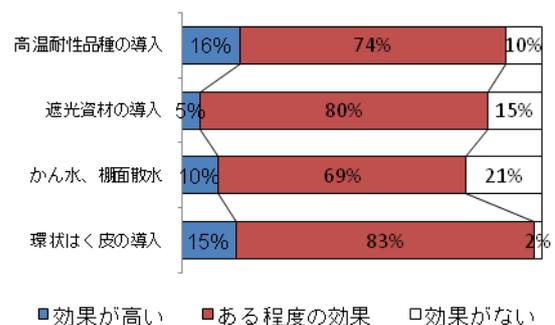


図17-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

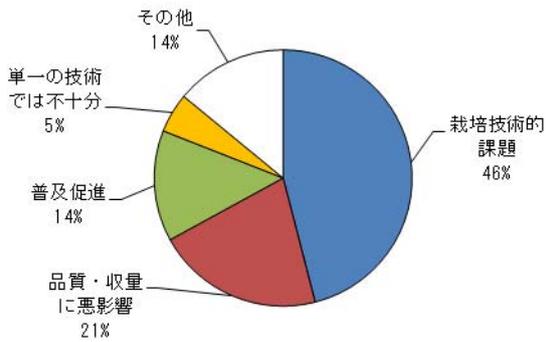


図17-3 高温耐性品種の課題について

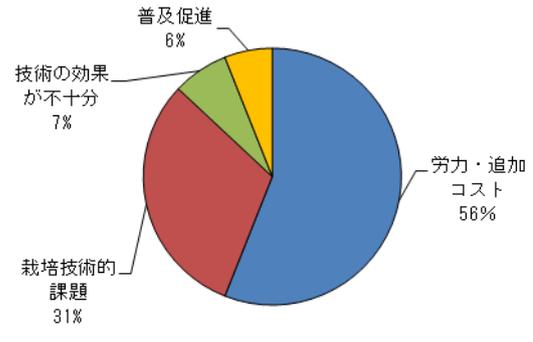


図17-4 遮光資材の課題について

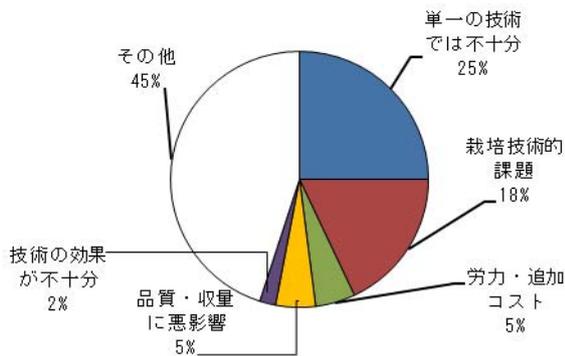


図17-5 かん水・棚面散水の課題について

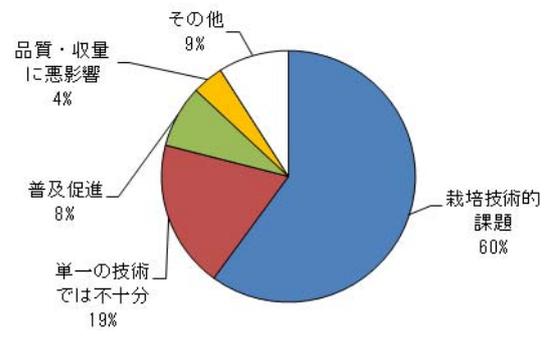


図17-6 環状はく皮の課題について

## ⑦ 野菜

### ア 葉茎菜類（はくさい、キャベツ、ほうれんそう、レタス）

【地温抑制マルチの導入】栽培が行われている地域の約2割で導入されており、9割以上の地域で効果が認められている。一方で、労力・追加コストがかかることや過湿による病害の発生・夜間の地温上昇等の栽培技術的な課題がみられる。

※地温抑制マルチ：光線の透過を抑制することで地温の上昇を抑制させるマルチ。

【高温耐性品種の導入】栽培が行われている地域の約2割で導入されており、8割以上の地域で効果が認められている。一方で、新たな品種に対応した作型の検討や、より高温に強い品種の選定等の栽培技術的課題が見られる。なお、高温耐性品種としては、ほうれんそうで「ミラージュ」、レタスで「マイヤー」などが挙げられる。

【遮光資材の導入】栽培が行われている地域の半分以上で導入されており、9割以上で効果が認められている。一方で、労力・追加コストがかかることや単一の技術では不十分などの課題がみられる。また、過剰な遮光により徒長が誘発される等の栽培技術的課題があることから、遮光率と遮光期間の検討が必要である。

(図18-1. 2. 3. 4. 5. 6)

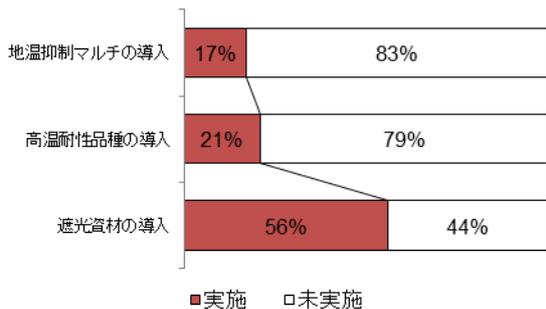


図 18-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

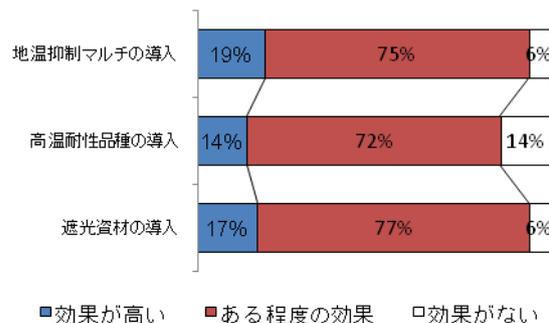


図 18-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

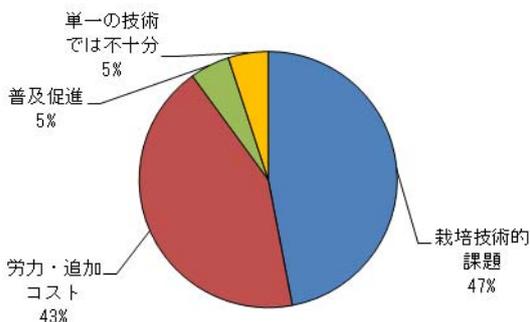


図 18-3 地温抑制マルチの課題について

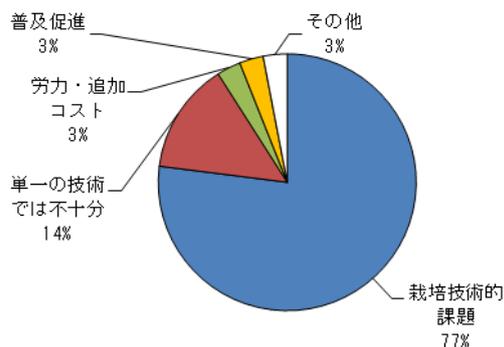


図 18-4 高温耐性品種の課題について

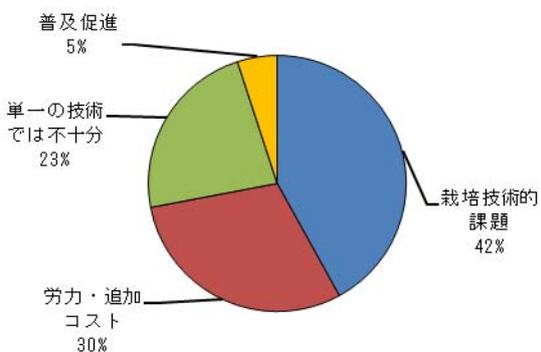


図 18-5 遮光資材の導入の課題について

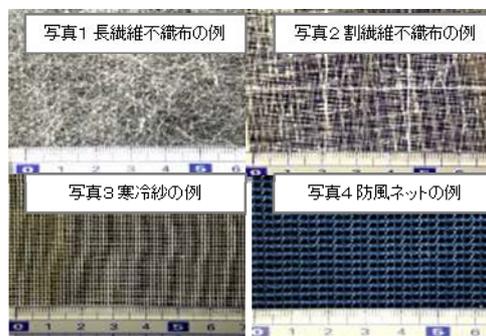


図 18-6 遮光資材の例

## イ 果菜類 (トマト、きゅうり、ピーマン)

【遮光資材の導入】栽培が行われている地域の約7割で導入されており、9割以上の地域で効果が認められている。一方で、労力・追加コストがかかることや単一の技術では不十分などの課題が見られる。また、遮光による日射量の減少により、徒長や着果不良による収量の減少や空洞果が発生する等の栽培技術的課題がみられることから、遮光率の検討や日射量に応じた開閉管理を行う必要がある。

【夏秋栽培用品種等の導入】栽培が行われている地域の約4割で導入されており、8割以上の地域で効果が認められている。一方で、品質や収量への悪影響などの課題や、品種に対応した作型や栽培技術の確立などの栽培技術的課題がみられる。

なお、高温耐性品種としてはトマトで「桃太郎グランデ」「りんか409」「麗夏」、きゅうりで「ズバリ163」などが挙げられる。

【散水・かん水】栽培が行われている地域の半分以上で導入されており、9割以上の地域で効果が認められている。一方で、労力・追加コストがかかることや単一の技術では不十分などの課題がみられる。また、過湿により病害や根痛みが発生する等の栽培技術的課題があることから、かん水の頻度やタイミングに留意する必要がある。

【循環扇の導入】栽培が行われている地域の半分以上で導入されており、約8割の地域で効果が認められている。一方で、単一の技術では不十分や労力・追加コストがかかるなどの課題がみられる。

(図19-1. 2. 3. 4. 5. 6)

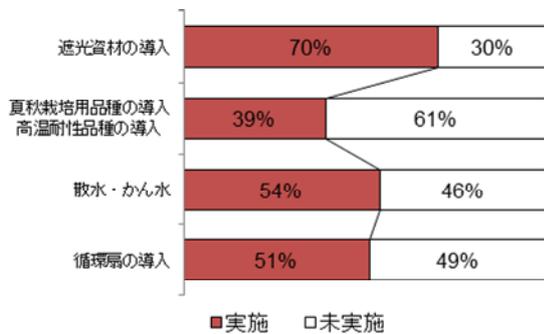


図19-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

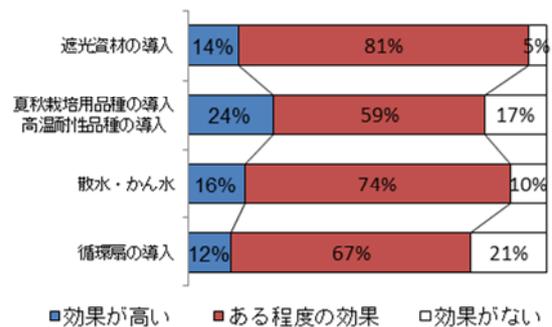


図19-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

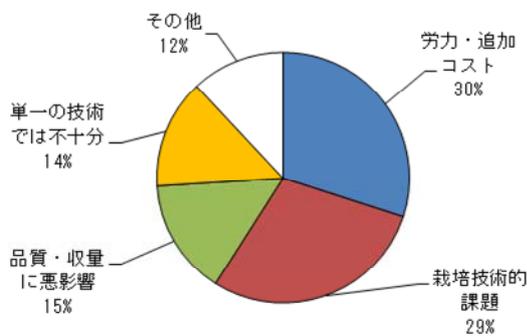


図19-3 遮光資材の課題について

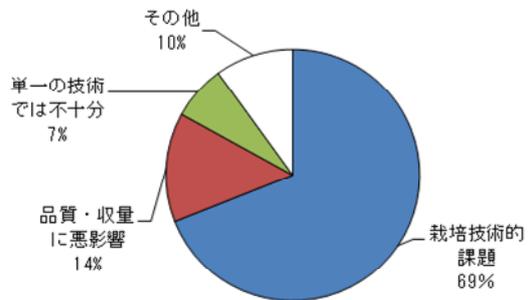


図19-4 夏秋栽培用品種・高温耐性品種の課題について

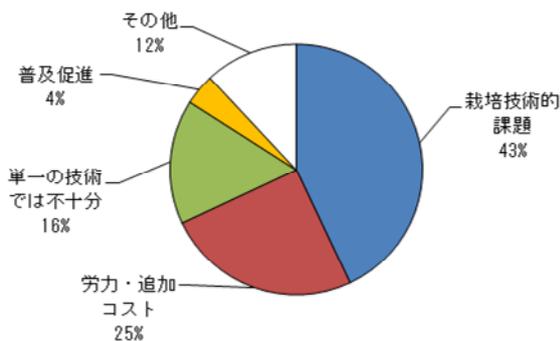


図19-5 散水・かん水の課題について

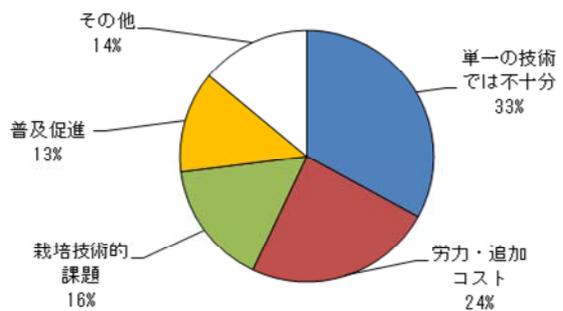


図19-6 循環扇の導入の課題について

## ウ 根菜類（にんじん、だいこん）

【かん水】栽培が行われている地域の4割以上で導入されており、9割以上の地域で効果が認められている。一方で、労力・追加コストがかかること等の課題が見られる。

【敷わらの導入】栽培が行われている地域の約1割で導入されており、約7割の地域で効果が認められている。一方で、多くの地域で労力・追加コストがかかるという課題が見られる。

【地温抑制マルチの導入】栽培が行われている地域の約1割で導入されており、9割以上の地域で効果が認められている。一方で、病害の発生などの栽培技術的課題や労力・追加コストがかかることなどの課題が見られる。

(図20-1. 2. 3. 4. 5. 6)

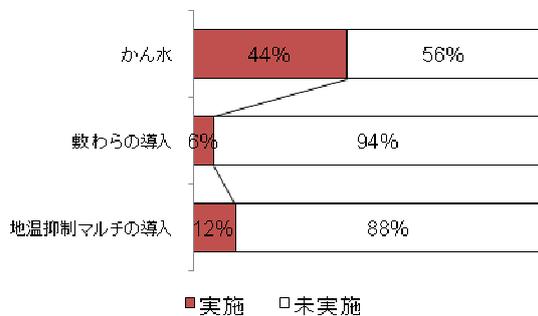


図20-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/作付け有センター数)

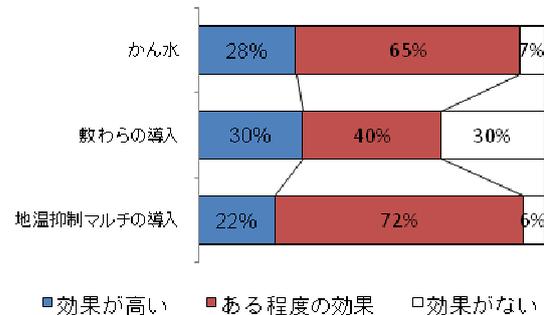


図20-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

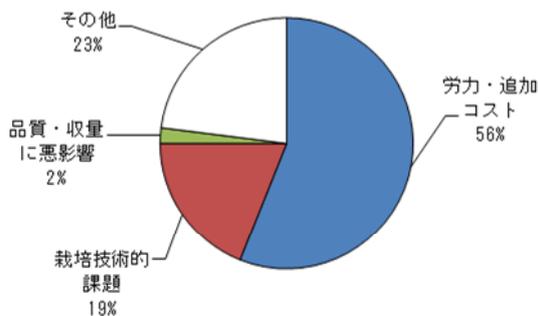


図20-3 かん水の課題について

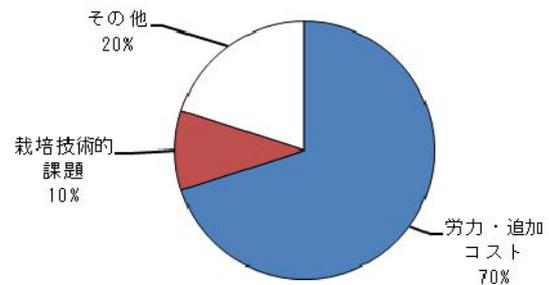


図20-4 敷わらの課題について

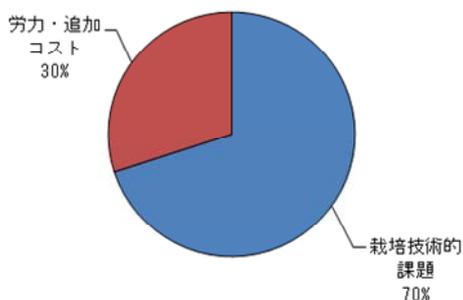


図20-5 地温抑制マルチの課題について



図20-6 地温抑制マルチ

光線の透過を抑制することで地温の上昇を抑制させるマルチ

## ⑧ 花き全般

【遮光資材の導入】栽培が行われている地域の約8割で導入されており、約9割以上の地域で効果が認められている。一方で、品目や気象条件に即した栽培管理など技術的な課題がみられることや単一の技術では不十分などの課題がみられる。

【循環扇・換気扇の導入】栽培が行われている地域の約6割で導入されており、約9割の地域で効果が認められている。一方で、他の適応技術との併用やハウス施設の構造により効果が様々であるなどの課題がみられる。

【高温耐性品種の導入】栽培が行われている地域の約2割で導入されており、約9割の地域で効果が認められている。一方で、新品種に即した栽培管理など栽培技術的な課題がみられる。

(図21-1. 2. 3. 4. 5. 6)

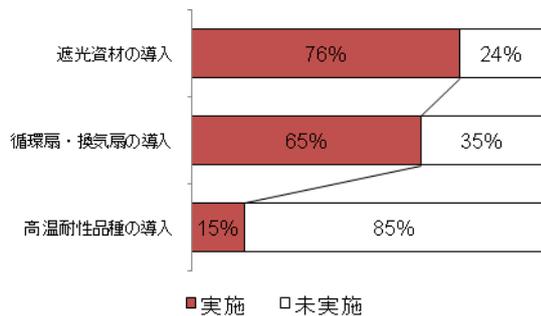


図21-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター数/作付け有センター数)

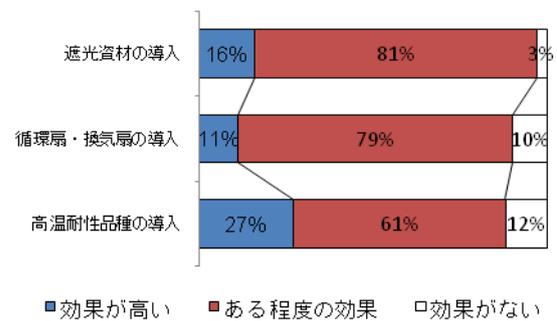


図21-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

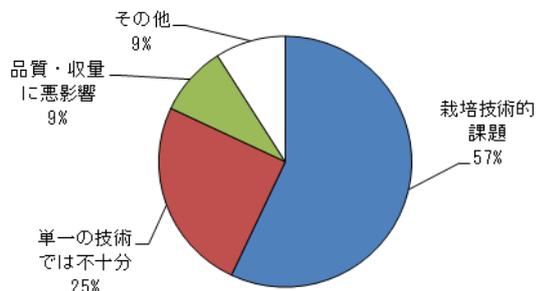


図21-3 遮光資材の課題について

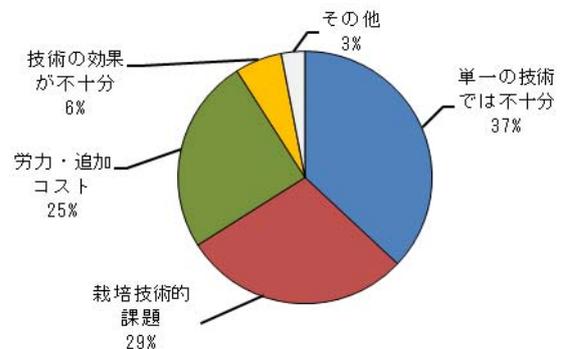


図21-4 循環扇・換気扇の課題について

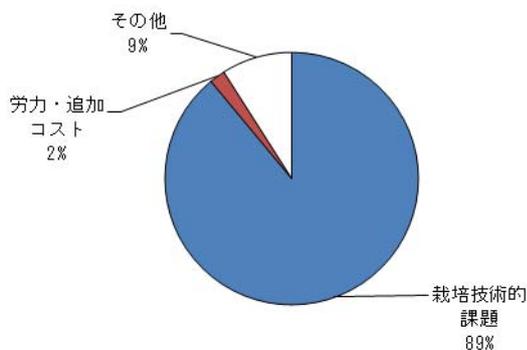


図21-5 高温耐性品種の課題について



図21-6 循環扇

## ⑨ 飼料作物

【耐暑性・耐病性品種等の導入】当該技術については、調査に回答のあった180普及指導センターのうち23の普及指導センターにおいて取り組まれた。具体的には、チモシー等寒地型牧草についてより耐暑性の高い草種（オーチャードグラスあるいは暖地型牧草）への転換の他、熟期の異なる品種の活用による適期刈り取りの推進及び各県奨励品種の活用が行われている。

実施した普及センターにおいては、一定の効果があるとの回答がほとんど（約9割）であったが、一部ではこれらの取組に関わらず生育不良がみられたところもあることから、今後の課題として、より耐暑性に優れた品種の育成を進めるなどの技術改良が挙げられるとともに、奨励品種活用の効果の検証、普及啓発を進めることが挙げられている。

【草地等の適正管理】当該技術については、調査に回答のあった180普及指導センターのうち59の普及指導センターにおいて取り組まれた。具体的には、永年牧草地において過放牧、過度の低刈りや短い間隔での刈り取りを避け、貯蔵養分の消費を軽減するなどにより草勢の維持を図ることや、青刈りとうもろこしなど高温により登熟の早期化に対応した適期刈り取りの推進、飼料用稲における適切な水管理等が行われている。

実施した普及センターにおいては、一定の効果があるとの回答がほとんど（約8割）であり、これらの技術の励行を図るための普及啓発を図ることや病虫害等の防除方法の改善等の技術改良が課題としてあげられている。

(図22-1. 2. 3. 4)

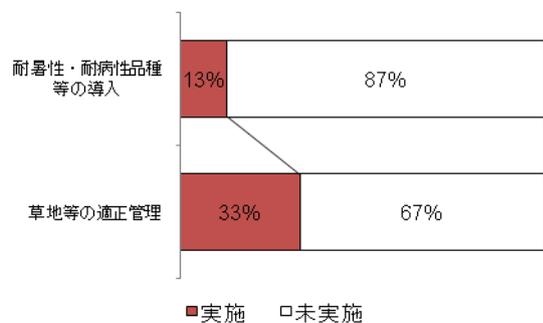


図22-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター/技術実施センター数)

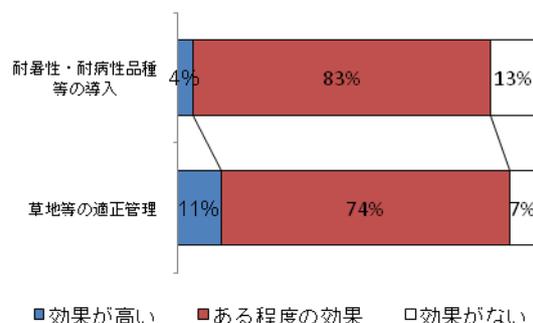


図22-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

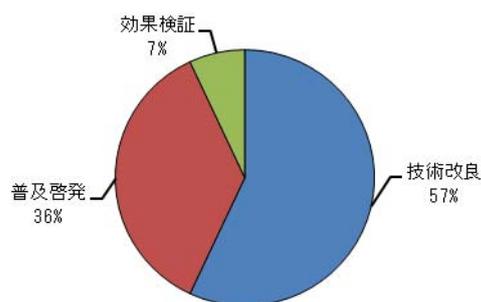


図22-3 耐暑性・耐病性品種の導入の課題について

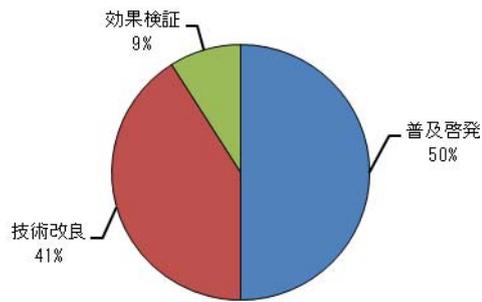


図22-4 草地等の適正管理の課題について

## ⑩ 家畜

家畜の高温適応技術としては、大別すると、「畜舎外から畜舎温度を下げる技術」、「畜舎内から畜舎温度を下げる技術」、「密飼いを避けて、体感温度とストレスの低減を図る技術」、「飼料給与等を工夫する技術」に取り組みされており、その具体的内容において畜種間には大差は無いが、「畜舎内から畜舎温度を下げる技術」では、牛に比べて相対的に閉鎖型の環境で飼養されている豚・採卵鶏・肉用鶏においてクーリング・パッドが活用されていること、「密飼いを避けて体感温度とストレスの低減を図る技術」では、牛において放牧場・パドックが活用される一方で、豚・採卵鶏・肉用鶏においては導入・出荷調整に取り組みられていること、「飼料給与等を工夫する技術」では、牛に比べ濃厚飼料多給型である豚・採卵鶏・肉用鶏において、飼料の腐敗を防止するために飼料タンクの暑熱対策（塗装等）に取り組みられていることが特徴的となっている。

### ア 乳用牛

【畜舎外から畜舎温度を下げる技術】植物・寒冷紗等の設置、スプリンクラー等による屋根への散水、屋根への石灰塗布等の技術が6割程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、畜舎構造による効果の違い等を踏まえた「効果検証」、「導入基準（の設定）」、植物による庇蔭における植栽密度と通気性における「技術改良」、「経費削減」、「普及啓発」、「管理労働（の軽減）」等の課題がみられる。

【畜舎内から畜舎温度を下げる技術】換気扇・扇風機による送風、細霧装置による冷房、家畜への直接送風・散水等の技術が9割程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、畜舎構造に合わせた効果的な送風技術の確立のための「技術改良」、「経費削減」、「導入基準（の設定）」、農家の設置費用と経済効果といった「効果検証」、「普及啓発」等の課題がみられる。

【密飼いを避けて、体感温度とストレスの低減を図る技術】毛刈りの実施、放牧場・パドックの活用、飼養密度の低減等の技術が2割程度取り組まれ、9割半ば程度にある程度以上の効果が認められるが、更なる高温下でも効果を発揮するための飼養技術にかかる「技術改良」、「経費削減」、「放牧場等の確保」、毛刈りの時期にかかる「効果検証」、「普及啓発」、「継続実施（する必要）」、「管理労働（の軽減）」といった課題がみられる。

【飼料給与等を工夫する技術】冷水の十分量給与、良質粗飼料・重曹・ミネラル等給与、給与時間の工夫等の技術が6割程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、「給与基準（の設定）」、重曹やビタミン類の添加技術の「技術改良」、添加剤などの費用対効果といった「効果検証」、「普及啓発」、「良質粗飼料の確保」、「経費削減」等の課題がみられる。

（図23-1. 2. 3. 4. 5. 6）

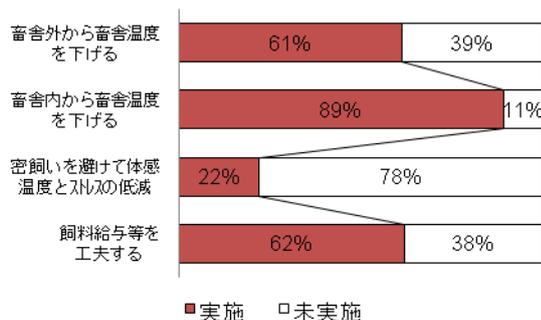


図 2 3 - 1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター数/飼養有センター数)

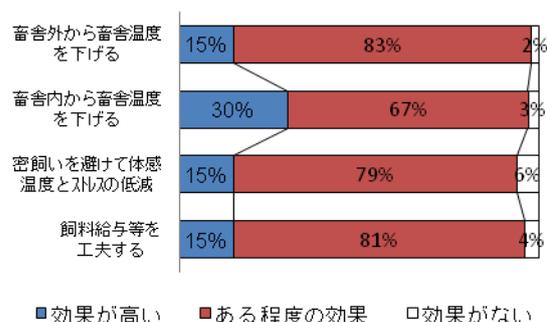


図 2 3 - 2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

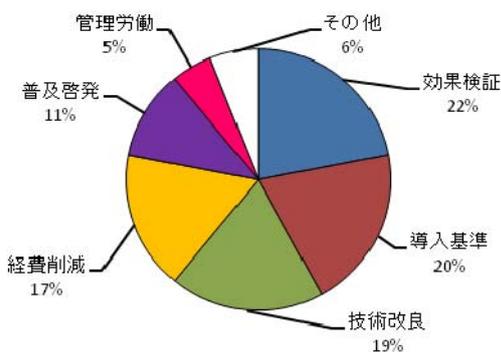


図 2 3 - 3 「畜舎外から畜舎温度を下げる」技術の課題について

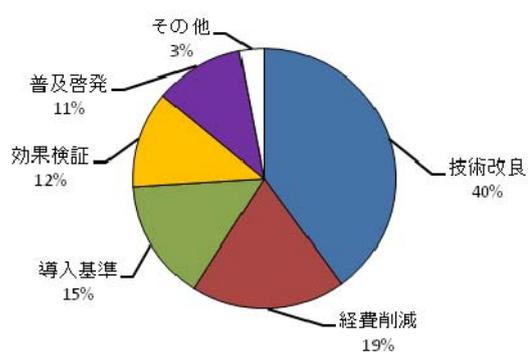


図 2 3 - 4 「畜舎内から畜舎温度を下げる」技術の課題について

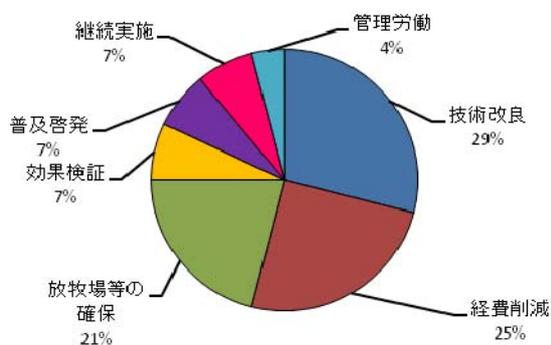


図 2 3 - 5 「密飼いを避けて体感温度とストレスの低減を図る」技術

の課題について

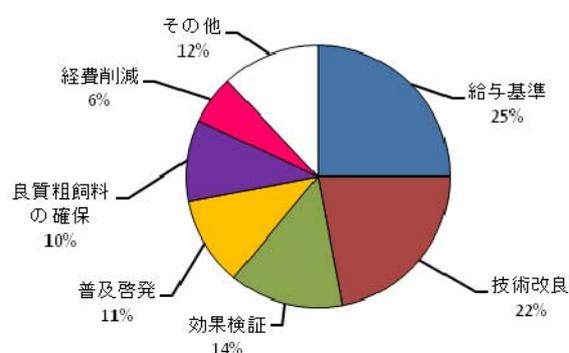


図 2 3 - 6 「飼料給与等を工夫する」技術の課題について

## イ 肉用牛

【畜舎外から畜舎温度を下げる技術】植物・寒冷紗等の設置、スプリンクラー等による屋根への散水、屋根への石灰塗布等の技術が4割半ば取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、畜舎構造による効果の違い等を踏まえた「効果検証」、植物による庇蔭における植栽密度と通気性における「技術改良」、「導入基準（の設定）」、「経費削減」、「普及啓発」、「管理労働（の軽減）」等の課題がみられる。

【畜舎内から畜舎温度を下げる技術】換気扇・扇風機による送風、細霧装置による冷房、家畜への直接送風・散水等の技術が7割半ば程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、畜舎構造に合わせた効果的な送風技術の確立のための「技術改良」、「導入基準（の設定）」、農家の設置費用と経済効果といった「効果検証」、「経費削減」、「普及啓発」、「管理労働（の軽減）」、「継続実施（する必要）」といった課題がみられる。

【密飼いを避けて、体感温度とストレスの低減を図る技術】毛刈りの実施、放牧場・パドックの活用、飼養密度の低減等の技術が2割半ば程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、「管理労働（の軽減）」、「経費削減」、「放牧場等の確保」、放牧地・パドックの「施設整備」、群飼養下でのストレス軽減にかかる「技術改良」といった課題がみられる。

【飼料給与等を工夫する技術】冷水の十分量給与、良質粗飼料・重曹・ミネラル等給与、給与時間の工夫等の技術が4割半ば程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、「管理労働（の軽減）」、添加剤などの費用対効果といった「効果検証」、「給与基準（の設定）」、「普及啓発」、「経費削減」、ビタミン剤給与と肉質にかかる「技術改良」、「良質粗飼料の確保」等の課題がみられる。

(図24-1. 2. 3. 4. 5. 6)

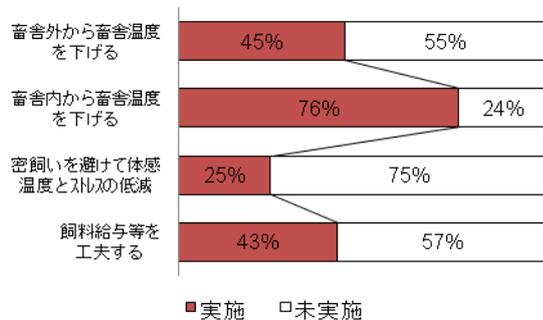


図24-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター数/飼養有センター数)

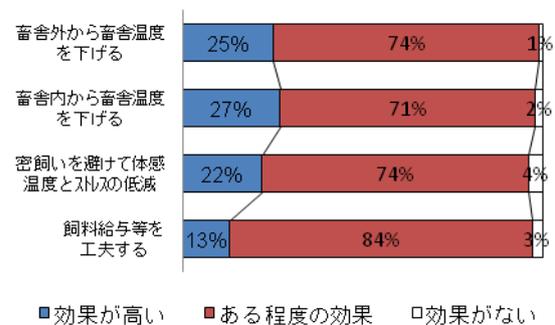


図24-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

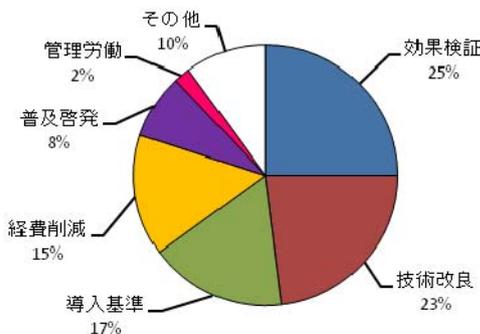


図24-3 「畜舎外から畜舎温度を下げる」技術の課題について

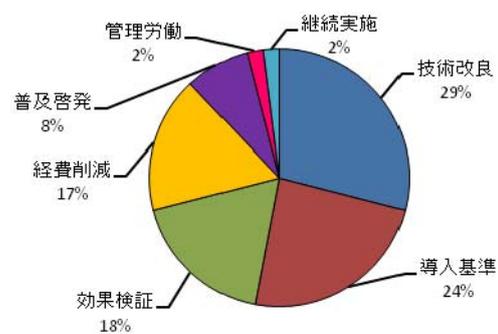


図24-4 「畜舎内から畜舎温度を下げる」技術の課題について

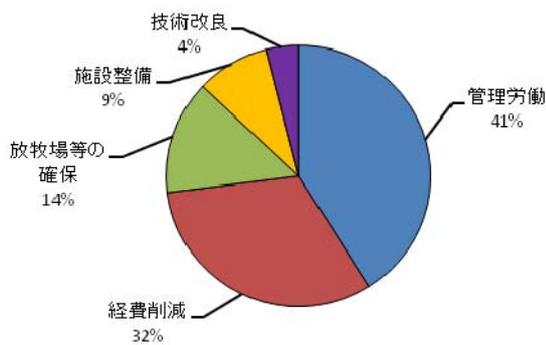


図24-5 「密飼いを避けて体感温度とストレスの低減を図る」技術の課題について

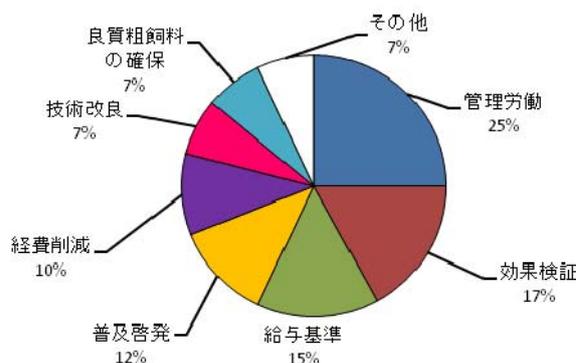


図24-6 「飼料給与等を工夫する」技術の課題について

## ウ 豚

【畜舎外から畜舎温度を下げる技術】植物・寒冷紗等の設置、スプリンクラー等による屋根への散水、屋根への石灰塗布等の技術が4割程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、畜舎構造による効果の違い等を踏まえた「効果検証」、畜舎屋根への石灰塗布の耐久性にかかる「技術改良」、「経費削減」、「導入基準（の設定）」、「普及啓発」、屋根への散水用の「水の確保」、「管理労働（の軽減）」といった課題がみられる。

【畜舎内から畜舎温度を下げる技術】換気扇・扇風機による送風、クーリング・パッドによる冷房、家畜への直接送風・散水等の技術が6割半ば程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、「経費削減」、畜舎構造に合わせた効果的な送風技術の確立のための「技術改良」、農家の設置費用と経済効果といった「効果検証」、「導入基準（の設定）」、「普及啓発」、「継続実施（する必要）」、「管理労働（の軽減）」といった課題がみられる。

【密飼いを避けて、体感温度とストレスの低減を図る技術】飼養密度の低減、出荷による頭数の調整等の技術が2割半ば程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、頭数調整とストレス低減にかかる「技術改良」、「普及啓発」、サーモメーター導入の費用対効果といった「効果検証」、「継続実施（する必要）」、飼養密度低下のための「面積確保」、「管理労働（の軽減）」といった課題がみられる。

【飼料給与等を工夫する技術】冷水の十分量給与、高栄養飼料・ミネラル等給与、給与時間の工夫、飼料タンク塗装等の技術が2割半ば程度取り組まれ、全てにある程度以上の効果が認められるが、添加剤などの費用対効果といった「効果検証」、「経費削減」、「普及啓発」、油脂等栄養価の高い飼料給与時の臭気対策にかかる「技術改良」、「継続実施（する必要）」といった課題がみられる。

(図25-1. 2. 3. 4. 5. 6)

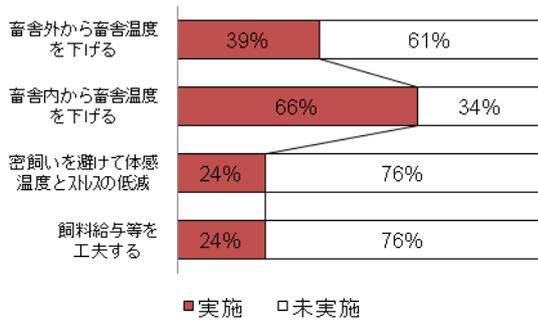


図 2 5 - 1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター数/飼養有センター数)

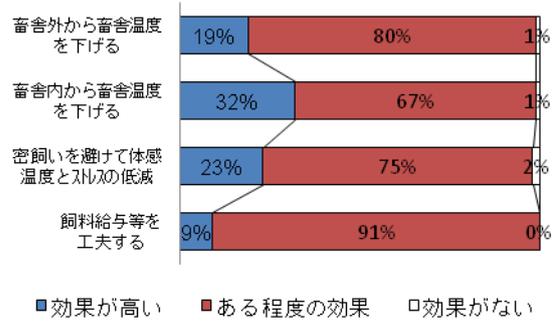


図 2 5 - 2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

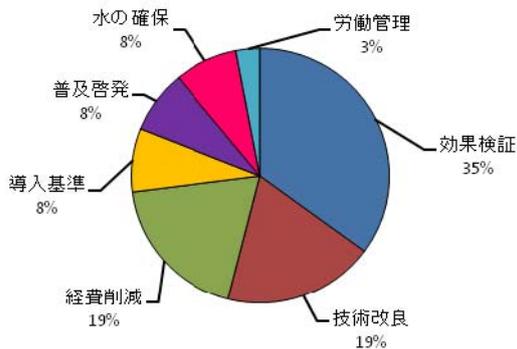


図 2 5 - 3 「畜舎外から畜舎温度を下げる」技術の課題について

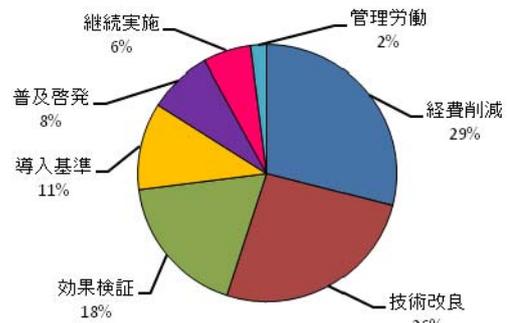


図 2 5 - 4 「畜舎内から畜舎温度を下げる」技術の課題について

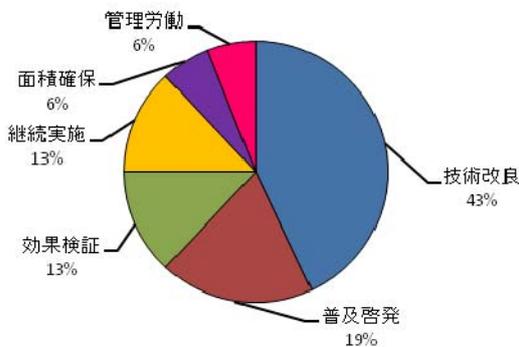


図 2 5 - 5 「密飼いを避けて体感温度とストレスの低減を図る」技術の課題について

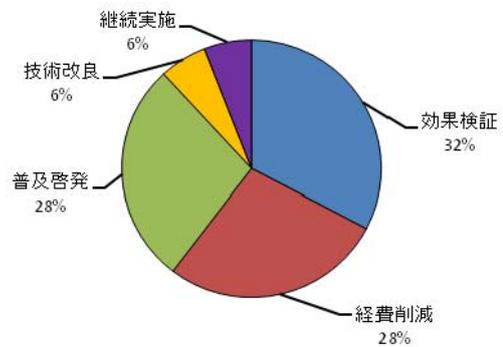


図 2 5 - 6 「飼料給与等を工夫する」技術の課題について

## エ 採卵鶏

【畜舎外から畜舎温度を下げる技術】植物・寒冷紗等の設置、スプリンクラー等による屋根への散水、屋根への石灰塗布等の技術が3分の1程度取り組まれ、全てにある程度以上の効果が認められるが、畜舎構造による効果の違い等を踏まえた「効果検証」、「導入基準（の設定）」、「経費削減」、「普及啓発」、「管理労働（の軽減）」、畜舎屋根への散水用の「水の確保」、畜舎屋根への白ペンキ塗布の耐久性にかかる「技術改良」といった課題がみられる。

【畜舎内から畜舎温度を下げる技術】換気扇・扇風機による送風、クーリング・パッドによる冷房、家畜への直接送風・散水等の技術が5割程度取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、農家の設置費用と経済効果といった「効果検証」、「経費削減」、より能力の高い装置の開発のための「技術改良」、「導入基準（の設定）」、「普及啓発」、噴霧装置用の「水の確保」、「継続実施（する必要）」といった課題がみられる。

【密飼いを避けて、体感温度とストレスの低減を図る技術】飼養密度の低減、出荷による羽数の調整、照明による昼夜逆転等の技術が1割半ば程度取り組まれ、全てにある程度以上の効果が認められるが、密飼い防止の「普及啓発」、照明による昼夜逆転等の技術の「効果検証」、羽数低減と生産量の確保にかかる「技術改良」といった課題がみられる。

【飼料給与等を工夫する技術】冷水の十分量給与、飼料設計変更、重曹・ミネラル等給与、給与時間の工夫、飼料タンク被覆等の技術が3割弱取り組まれ、ほぼ全てにある程度以上の効果が認められるが、添加剤などの費用対効果といった「効果検証」、「経費削減」、冷水給与時の軟便対策にかかる「技術改良」、「導入基準（の設定）」といった課題がみられる。

(図26-1. 2. 3. 4. 5. 6)

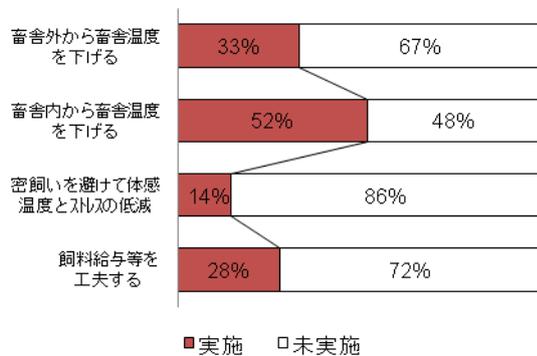


図26-1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター数/飼養有センター数)

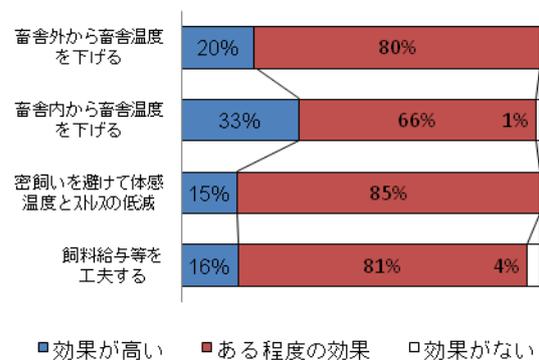


図26-2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

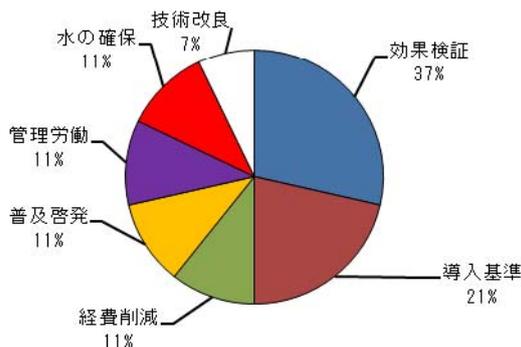


図26-3 「畜舎外から畜舎温度を下げる」技術の課題について

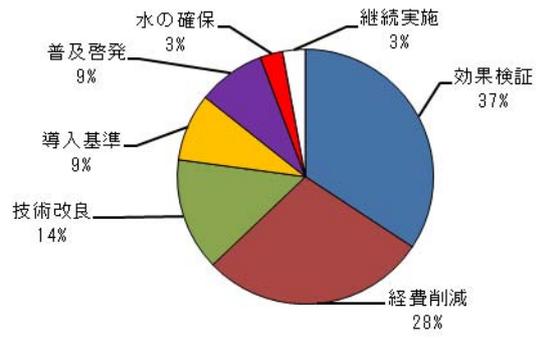


図26-4 「畜舎内から畜舎温度を下げる」技術の課題について

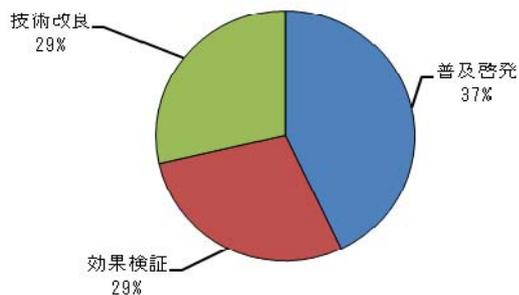


図 26-5 「密飼いを避けて体感温度とストレスの低減を図る」技術の課題について

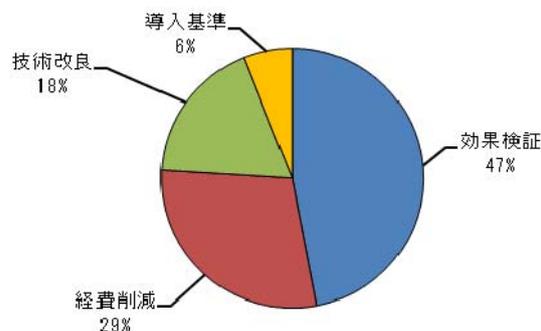


図 26-6 「飼料給与等を工夫する」技術の課題について

## オ 肉用鶏

【畜舎外から畜舎温度を下げる技術】植物・寒冷紗等の設置、スプリンクラー等による屋根への散水、屋根への石灰塗布等の技術が4割取り組まれ、全てにある程度以上の効果が認められるが、畜舎構造による効果の違い等を踏まえた「効果検証」、「導入基準（の設定）」、「経費削減」、「普及啓発」、畜舎屋根への散水の排水対策にかかる「技術改良」、「管理労働（の軽減）」、畜舎屋根への散水用の「水の確保」といった課題がみられる。

【畜舎内から畜舎温度を下げる技術】換気扇・扇風機による送風、クーリング・パッドによる冷房、家畜への直接送風・散水等の技術が5割程度取り組まれ、全てにある程度以上の効果が認められるが、農家の設置費用と経済効果といった「効果検証」、「導入基準（の設定）」、「経費削減」、空気が滞り高温となる場所の解消のための「技術改良」、「普及啓発」、「管理労働（の軽減）」等の課題がみられる。

【密飼いを避けて、体感温度とストレスの低減を図る技術】飼養密度の低減、導入羽数の調整、ウインドレス鶏舎での少光線等の技術が4割程度取り組まれ、全てにある程度以上の効果が認められるが、羽数調整と生産量増減にかかる「効果検証」、羽数調整にかかる「技術改良」、「管理労働（の軽減）」、「普及啓発」といった課題がみられる。

【飼料給与等を工夫する技術】冷水の十分量給与、飼料設計変更、重曹・ミネラル等給与、給与時間の工夫、飼料タンク被覆等の技術が2割取り組まれ、全てにある程度以上の効果が認められるが、添加剤などの費用対効果といった「効果検証」、「経費削減」、「管理労働（の軽減）」といった課題がみられる。

(図 27-1. 2. 3. 4. 5. 6)

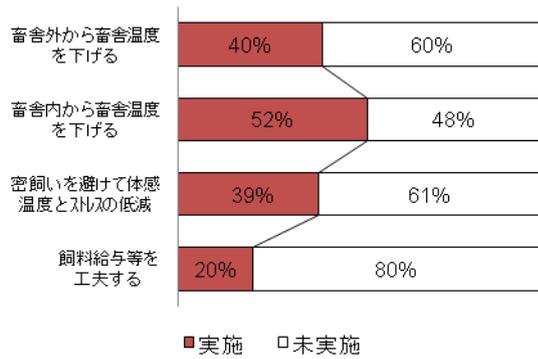


図 2 7 - 1 主な適応技術の実施状況について

(単位 各技術実施センター数/飼養有センター数)

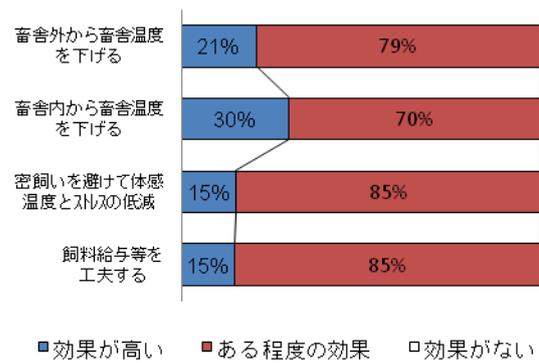


図 2 7 - 2 主な適応技術に関する効果について

(単位 各効果/技術実施センター数)

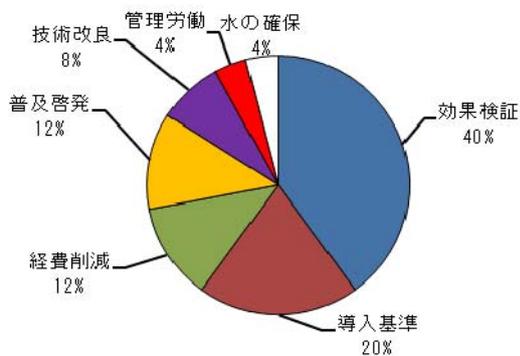


図 2 7 - 3 「畜舎外から畜舎温度を下げる」技術の課題について

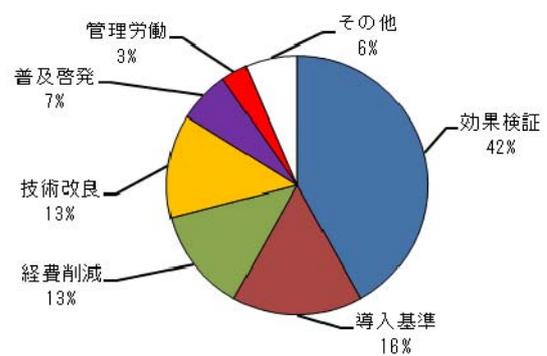


図 2 7 - 4 「畜舎内から畜舎温度を下げる」技術の課題について

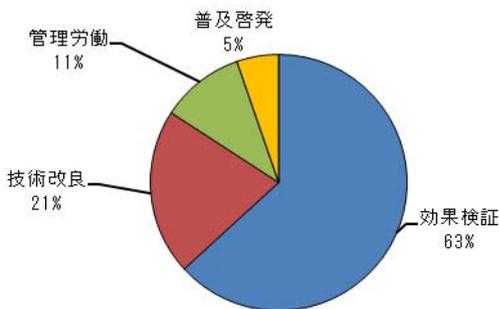


図 2 7 - 5 「密飼いを避けて体感温度とストレスの低減を図る」技術の課題について

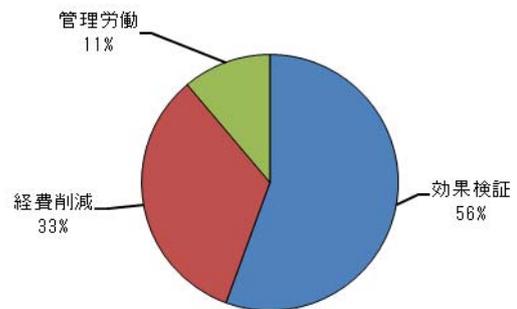


図 2 7 - 6 「飼料給与等を工夫する」技術の課題について

## (2) 主な高温適応技術の評価

### ① 水稲

平成22年産については、高温耐性品種への転換に高い効果が認められた。また、実施地域が少なかったものの、土づくりの効果も高いことが認められた。さらに、肥培管理の徹底や水管理の徹底にもある程度の効果が見られた。一方、移植時期の繰り下げや作期の遅い品種の導入については、本年のような異常高温下ではその効果が十分に発現しなかった地域が半数に上った。

#### ア 高温耐性品種への転換

「にこまる」等多くの高温耐性品種では従来品種と比較し、平坦地や中山間地等の地域条件に関わらず品質低下の程度が小さく、品種特性が発揮された。しかしながら、一部の高温耐性を有するとされる品種ではその効果が十分発揮されなかったことから、効果の発現した高温耐性品種の検証結果を都道府県の普及関係者等と情報共有し、その普及に努めるとともに、効果の発現しなかった品種については、品種特性を発揮するための栽培管理方法の見直し、あるいは高温耐性をレベルアップした代替品種の育成に取り組む必要がある。また、従来品種と作期の異なる高温耐性品種を組み合わせることで作期分散を図り、品質低下の軽減を行った事例も見られた。

一方、過去には登熟期に高温に遭遇しなかった作期の遅い品種についても、平成22年産については、9月中旬まで猛暑が続いたことから出穂後に高温に遭遇したため、1等比率及び収量が大きく低下する結果となった。このため、今後は作期の遅い品種についても高温耐性の付与・レベルアップを図るよう、育成面の努力が求められる。(以下の表中において、下線を引いた品種が高温耐性品種、二重線を引いた品種が作期の遅い品種) (表11-1.2.3.4.5.6.7.8)

表11-1 山形県の地域別、品種別1等比率

	県平均	沿岸部		内陸部			
		A地域	B地域	C地域	D地域	E地域	F地域
はえぬき	73%	73%	63%	92%	66%	78%	89%
<u>つや姫</u>	98%	99%	99%	100%	98%	96%	99%

表11-2 新潟県の地域別、品種別1等比率

	県平均	中山間地			平坦地		
		A地域	B地域	C地域	D地域	E地域	F地域
コシヒカリ	21%	52%	56%	62%	6%	10%	18%
<u>こしいぶき</u>	19%	46%	65%	0%	10%	10%	21%
<u>ゆきん子舞</u>	53%	-	-	-	55%	51%	69%

表 1 1 - 3 富山県の地域別、品種別 1 等比率

	県平均	西部			東部		
		A 地域	B 地域	C 地域	D 地域	E 地域	F 地域
コシヒカリ	58%	41%	86%	67%	64%	84%	38%
てんたかく	90%	91%	97%	90%	93%	89%	88%
てんこもり	89%	87%	97%	80%	94%	91%	72%

表 1 1 - 4 埼玉県の地域別、品種別 1 等比率

	県平均	東部			南部	北部	
		A 地域	B 地域	C 地域	D 地域	E 地域	F 地域
コシヒカリ	64%	74%	40%	36%	79%	21%	79%
彩のかがやき	0%	0%	0%	0%	3%	3%	0%

表 1 1 - 5 群馬県の地域別、品種別 1 等比率

	県平均	南部				北部	
		A 地域	B 地域	C 地域	D 地域	E 地域	F 地域
コシヒカリ	30%	0%	0%	0%	0%	59%	57%
あさひの夢	1%	0%	6%	9%	0%	-	-
ゴロピカリ	0%	0%	0%	0%	0%	-	-

表 1 1 - 6 福岡県の地域別、品種別 1 等比率

	県平均	西部	東部	南部		中央部	
		A 地域	B 地域	C 地域	D 地域	E 地域	F 地域
ヒノヒカリ	16%	11%	3%	1%	16%	47%	84%
元気つくし	87%	45%	16%	100%	96%	71%	100%

表 1 1 - 7 大分県の地域別、品種別 1 等比率

	県平均	沿岸部			内陸部		
		A 地域	B 地域	C 地域	D 地域	E 地域	F 地域
ヒノヒカリ	39%	7%	1%	14%	79%	78%	86%
にこまる	73%	76%	27%	65%	91%	-	-

表 1 1 - 8 佐賀県の地域別、品種別 1 等比率

	県平均	中山間地			平坦地		
		A 地域	B 地域	C 地域	D 地域	E 地域	F 地域
ヒノヒカリ	15%	2%	4%	2%	6%	9%	71%
さがびより	79%	81%	83%	67%	80%	81%	89%

※表中の値は、11 月 30 日現在の値として各県の地域別に聞き取ったもの

## イ 肥培管理の徹底

### a. 登熟期後半まで稲体の活力を維持するための穂肥の施用

登熟期の低窒素状態は、白未熟粒のうち背白粒及び基白粒発生を助長することから、追肥によって稲体の窒素濃度を上げる肥培管理が有効であることが知られている。近年、コシヒカリに代表される良食味品種栽培ではタンパク含量低減を重視するあまり、施肥による窒素供給を抑制する傾向があるが、過度に生育後半の窒素供給を制限すれば稲体が栄養不足に陥り、外観品質の低下を招くことが懸念される。

平成22年産については、5月中旬の低温・寡照による分けつ抑制や梅雨入り後の高温・寡照により草丈が長く葉色が濃い稲姿となったことで倒伏が懸念されたため、穂肥を十分に施用できず、他の要因と複合的に相まって稲体活力が低下し、結果として1等比率の低下を招いた地域が見られた。また、当該地域においては、標準的な窒素施用量が周辺地域よりやや少なかったこと等から、稲の栄養不足を引き起こしやすい状況であったと推察される。

以上のことから、幼穂長や葉色等の推移から生育診断を必ず行い、地力窒素の発現状況等を踏まえて適期に適量の穂肥を施用することが必要である。

その他、農作業の省力化に資する後期重点型の肥効調節型肥料を用いることで、登熟期後半まで稲体の活力が維持され、白未熟粒の発生の抑制に効果が見られた県もあった。しかしながら、肥効調節型肥料は、気象や生育状況に応じた施肥量の調整が困難であり、冷害等気象状況によっては品質低下を引き起こす場合があるため、導入に当たっては十分に留意する必要がある。

### b. 適正な籾数の制御・誘導を行うための基肥の施用

籾数は基肥に含まれる窒素量が多いほど増加するが、籾数の増加や寡照によって、白未熟粒のうち乳白粒発生が増加するため、品種の生産力に応じた適正籾数レベルに誘導する必要があることが知られている。

平成22年産については、適正な籾数確保のための基肥の減肥を行った地域において、ある程度の効果が見られた。

このため、土壌診断等によって地力実態を把握し適正な基肥を施用し、適正な籾数の制御・誘導を図る肥培管理技術は異常高温化でも効果があったと考えられる。

## ウ 水管理の徹底

### a. 出穂後の通水管理

高温は土壌を介しても生育に影響し、地温が高くなると根の発達が抑制され、土壌下層からの水分吸収や養分吸収が抑制されやすくなることが知られており、地温を下げるためには通水等による水管理が効果的である。

平成22年産については、通水等による水管理を行った多くの地域で、ある程度の効果が発現し、また、出穂後20日間の湛水管理により成熟期まで葉色が維持された地域も見られた。一方、通水等の水管理は、用水の確保が課題であり、十分な水管理ができなかった地域も見られた。

#### b. 中干し

中干しは、過剰分けつの抑制等稲の生育調整と根の健全化及び地耐力の向上による機械作業の効率化を目的に行う栽培管理方法である。

平成22年産については、春先の低温による稲の初期生育の遅れから中干しの開始時期が遅れるとともに、降雨の影響でほ場が乾きにくく中干し期間が長期化した地域が見られた。中干し終了が出穂1ヶ月前までずれ込んだ地域においては、新しい根の発生が抑制され、出穂前に十分な根の量を確保できず、栄養不良状態を招き、品質の低下につながった恐れがあるため、中干しは出穂1ヶ月前頃に終了させる必要があることが分かった。

#### c. 早期落水の防止

コンバインによる収穫作業を円滑にするため、早期落水することでほ場の地耐力を高める傾向にあるが、本年のような異常高温下において稲体の活力が低下している状況にあっては、早すぎる落水は稲体の水分生理を阻害し、登熟阻害を助長することが知られている。

平成22年産については、収穫前まで例年より長い期間かん水を継続したほ場の方が品質が良い傾向が見られたなど、早期落水を防止することで品質低下の影響の軽減効果が見られた。一方、排水不良田においては、早期落水をせざるを得ない場合も想定されるため、地域の立地条件と収穫作業を考慮し、落水時期を決定することが必要である。

#### エ 移植時期の繰り下げ

移植時期の繰り下げは、登熟期間に高温に遭遇することを回避する技術であり、例えば、北陸地方において、移植時期を5月上旬から5月中旬に約10日遅くすることで、品質が向上することが示されている。その他、移植栽培より初期生育が緩やかになる直播栽培の導入により、出穂期を遅らせることで、登熟期間に高温に遭遇することを回避する取組も行われている。

しかしながら、平成22年産においては、出穂期が想定より早まり、かつ、夏の後半に高温が続いたことから、登熟期間の高温遭遇を回避できず、当初見込んでいた効果が十分発現しなかった地域が半数に上った。

以上のことから、移植時期の繰り下げは、品種転換や肥培管理の徹底と併せて実施しなければ、本年のような異常高温下では効果が発現しないと結論づけられる。また、直播栽培については、慣行栽培より苗立ちにムラが出るなど、ほ場内出穂格差が大きい傾向にあることが知られており、栽培技術を高位平準化する必要がある。

#### オ 地力向上と作土層の確保による根系の生育促進

生育後半まで稲体の活力を維持するためには、堆肥の施用による地力窒素の向上、根が十分に生育できるための作土深の確保が効果的であることが知られている。作土深については、地力増進基本指針や各県の栽培指針においても15cm以上の深耕を

奨励する場合が多く見られるが、農業機械が大型化する中、深耕すると機械が安定走行しにくくなり、作業効率が下がるため、近年は浅耕化傾向にあるとされている。一方、田畑輪換の繰り返しにより地力が低下し、稲体の活力低下を招きやすくなっているという生産現場の声も聞かれる。

平成22年産においては、ケイ酸質資材や堆肥の施用、稲わらの鋤き込み等に取り組んだ地域の報告は少なかったものの、取り組んだ地域のほとんどにおいて品質低下の軽減効果が見られた。また、秋にプラウ耕により深耕を行った水田においては、通常のロータリー耕を行った水田と比べて、明らかに1等比率が高くなった事例も見られた。

以上のことから、根系の生育につながる堆肥の施用や深耕の実施等の土づくりの徹底が、本年のような異常高温下でも高い効果があると推定される。

#### カ 適正な籾数の制御・誘導を行うための栽植密度の調整

生育後半まで稲体の活力を維持するためには、極端な疎植を避けつつ、栽植密度をやや少なめにして過剰分げつを抑制し、適正な籾数に誘導することが効果的であることが知られている。

平成22年産については、適正な籾数確保のため、疎植により籾数抑制を図り、白未熟粒の発生にある程度の効果が見られた。一方、地域によっては、栽植密度を高くすることで、本年のように生育初期の低温等に遭遇した場合でも、単位面積当たりの穂数を確保し、1穂当たり籾数を抑制することで乳白粒発生を抑制し、品質の安定につながった事例も見られた。

以上のことから、極端な疎植は避けるとともに、作付け品種の特性や地域の気象条件などを踏まえて、栽植密度を決定する必要がある。

## ② 大豆

大豆については、平成22年の夏の高温のみが原因となる障害の報告はないものの、干ばつによる生育不良の障害に対しては畝間かん水の実施が障害の発生を抑制する効果が高いとの報告が最も多かった。また、害虫の発生に対しては、適期・適正防除の実施が被害の発生を抑制する効果が高いとの報告が最も多かった一方、防除を実施したものの効果が無いとの報告も同程度報告された。

### ア 畝間かん水の実施

生育不良の障害の発生については、九州を除く全国から報告されているが、これらの障害に対して、畝間かん水を実施した地域の約9割からはこれにより障害の発生を抑制する効果が高いとされているほか、一部の県からは、かん水の実施回数に応じて収量が増加したとの報告がある。

生育不良の障害の発生については、開花期以降の各ステージにおいて必要水分量

が確保されないことが要因とされているため、特に開花期以降のかん水に留意する必要がある。

一方、かん水の実施後には雑草が繁茂する事が懸念されることから、かん水の実施については雑草対策と一体的に実施する必要がある。

#### イ 適期・適正防除の実施

害虫の発生による被害については、東海地方、九州地方を除く全国から報告されている。北海道・東北、近畿・中国四国地方では害虫の発生による被害の発生を抑制する効果が高いとの報告があった一方、関東・北陸地方の一部地域では防除を実施しても甚大な被害が発生したとの報告がある。

効果があったとする地域では、発生予察等に基づく適期防除の実施や、広報資料や栽培講習会を通じた防除技術等の指導の徹底等により害虫による被害の発生を抑制する効果が高かったとの報告がある。

今後は、発生予察等に基づく適期防除の実施や、栽培講習会等を通じた防除技術の指導を徹底するほか、使用農薬の見直しについても留意する必要がある。

### ③ ばれいしょ

実施状況調査において、ばれいしょについては、「浴光育芽の実施」について1事例、「病害虫の防除の徹底」について2事例の報告があった。平成22年夏期の高温により中心空洞が多発したが、浴光育芽については、中心空洞の発生率が低下するなど一定の効果が認められたという報告であった。浴光育芽は、植付前に芽の伸長を促進させ、初期生育を確保し、均一な生長を促す基本栽培技術の一つであり、斉一な萌芽を促進させることで中心空洞の発生軽減に寄与したと考えられる。一方、本技術実施による中心空洞の軽減に係るデータは少ないことから、実証データの蓄積などが今後の課題である。

病害虫の防除の徹底においても、一定の防除効果が認められたという報告であった。これは、高温・多雨年に発生が増加する軟腐病において適期防除を実施したことと考えられる。今後とも病害虫発生予察情報等を活用した適期防除を行うことで、病害虫のまん延防止を図る必要がある。

### ④ 茶

茶については、平成22年の夏の高温において、かん水や棚施設のある茶園では「被覆」、「整枝」を実施することにより、ある程度の効果が認められた。

主産県では、高温障害による被害が懸念される時点で、産地向けに、かん水に関する指導や遮光に関する指導等を行ったことで、被害軽減に努めることができた。

しかしながら、かん水においては、労力の確保やかん水施設の整備などの課題が報

告されているほか、かん水には多量の水を必要とすることから、水資源の節約に留意する必要がある。今後は、茶樹の特性に応じた効率的なかん水技術の開発が求められる。

## ⑤ 果樹（かんきつ類、りんご）

平成22年の夏の高温において、遮光資材やカルシウム剤（かんきつ類）、反射シート（りんご）、優良着色品種の導入を行った地域においては、日焼け果や浮皮、着色不良の発生を抑制する効果が認められた。一方で、労力・追加コストの問題や単一の技術では効果が不十分といった課題が見られた。

### ア マルチ栽培の導入

かんきつ類におけるマルチ栽培は、適度な水分ストレスを付与することにより、果実品質を向上することを目的とした技術であるが、これにかん水装置を併用することにより、干ばつ等の異常気象条件下においても、安定した高品質生産が期待できることも大きなメリットである。また、マルチシートによって樹冠内部にも反射光が到達することにより、果実の受光環境を改善し、着色を促進する効果も認められている。

今回の実施状況調査によると、マルチ栽培を導入している地域は、かんきつ類の産地の39%となっており、広く普及している技術であると考えられる。加えて、マルチ栽培を導入した地域の92%で、高温条件下で着色促進等に効果があったと回答している。また、平成21年に農林水産省の補助事業である「地球温暖化戦略的適応体制確立事業」において愛媛県で行われたマルチ栽培の現地実証試験では、マルチ無被覆と比較して肥大や減酸が遅れるものの、着色時期が早まり、浮皮果の発生も少ないという結果が得られている。

しかし一方で、資材費や設置のためのコスト・労力が大きな課題となっている。また、マルチ栽培と併用して効果を発揮するかん水装置の整備は、水源の確保が難しい地域での普及が課題となっている。

### イ カルシウム剤の塗布

カルシウム剤の作用としては、果皮の細胞の接着を強固にする作用や、果実からの水分の蒸散を促進する作用によって浮皮を軽減する効果が認められている。今回の実施状況調査によると、かんきつ類の栽培されている地域の45%でカルシウム剤が使用されており、使用した地域の81%で効果があったと回答している。一方で、浮皮の発生程度は湿度や降雨、樹勢の強弱や品種等に大きく影響を受けるため、気象条件によっては本剤単独での対策は効果が不十分な場合があり、摘果等の栽培技術、浮皮の発生しにくい品種の導入等、総合的に対策を行う必要がある。また、カルシウム剤は複数回散布する必要がある、労力面の課題も挙げられる。

なお、浮皮軽減効果のある新規植物生長調整剤として、プロヒドロジャスモンとジ

ベレリンの混合剤が1回の散布で高い効果を示すことが明らかにされている。

#### ウ 反射シートの導入

りんごでは、成熟期が高温で推移することによって、果実の色素であるアントシアニンの合成が阻害され、着色不良果が増加する。また、着色には温度の他に光量が重要な要因となっているため、反射シート等の敷設による受光環境の改善が有効である。

今回の実施状況調査によると、りんご産地の45%で反射シートが導入されており、導入した地域の90%で着色促進に効果があったと回答している。一方、葉摘みや玉回し等の作業や、着色系の優良品種への転換等、他の技術と組み合わせて実施することでより着色促進効果が高まる。

### ⑥ 野菜

平成22年の夏の高温において、地温抑制マルチや遮光資材の利用、高温耐性品種の導入、散水・かん水等の高温対策を行った地域においては、生育の安定や収量・品質の維持などの効果が認められた。一方で、様々な栽培技術的な課題や対策を行うに当たっての労力・追加コストの問題、単一技術の効果不足などの課題が見られた。

#### ア 遮光資材の活用

実施状況調査によると、発芽率の向上や生育の安定、生育不良や障害果の抑制といった効果が得られたとの回答があった。一方で、軟弱徒長や品質の低下、地域や天候に対応した適切な遮光期間が未確立、単独の技術としては効果が低い、資材コストが高いと行った課題が散見された。

内張に遮光資材を活用したトマトの実施状況調査事例においては、施設内における平均気温や地温が対照区よりも低下し、裂果の割合が減少した。一方で、収量や品質が対照区と比較し低下した事例も見られた。

なお、一部の地域からは、遮熱資材を活用した対策についても報告された。本資材は遮光資材と異なり被覆の開閉作業を必要としないというメリットがあるものの、天候不順等の場合に花質の低下や節間の徒長を招き収量や品質に悪影響を与える可能性がある。しかし、遮熱資材を被覆するとともに、通路に光合成を促進する反射シート等を設置する試験を行った事例では、収量の増加や裂果割合の減少が図られることが分かった。

#### イ 地温抑制マルチの活用

実施状況調査によると、地温抑制マルチを活用することにより、発芽率の向上や病害の抑制といった効果が得られたとの回答があった。一方で、過湿による病害の発生や夜間の地温上昇などの課題が散見された。

ほうれんそうの実施状況調査事例においては、地温の低下等により発芽率や収量が

裸地に比べて上回ることが分かった。また、通路に地温抑制マルチを被覆したトマトの調査事例においては、被覆を実施しなかった対照区と比較して、地温の低下や土壌水分の向上等の効果があった。また、実証区は対照区と比較して着果率が3割程度向上した。本調査の実施生産者の意見として、葉や成長点の勢いが実証区の方が良いとの回答があった。

## ⑦ 飼料作物

飼料作物においては、我が国の多様な気象に対応した多種の飼料作物が開発・導入されている状況であり、高温適応技術としては、ア 耐暑性・耐病性に優れた草種・品種等の導入、イ 飼料作物の生育に合わせた適正な管理を行うことが挙げられる。22年度における両技術の評価は以下のとおりである。なお、下記の両技術については、相互に関連しており、優良品種の活用及び適切な栽培管理が高温障害の回避に効果的である。

### ア 耐暑性・耐病性に優れた草種・品種の導入

各県の奨励品種等耐暑性等に優れた草種・品種の導入を行った普及指導センターにおいては、一定の効果が認められている。このため、各地域の気候に適した草種・品種の普及については引き続き推進していく必要がある。一方、平年より気温が特に高かった東北地方においては、寒地型牧草の夏枯れが報告されている。近年、寒地型牧草のペレニアルライグラス等で超夏性に優れた品種の開発が進められていることから、各地域の気象条件を踏まえ普及を進める必要がある。

また、九州地方では青刈りとうもろこしにおいて高温時に発生しやすい南方さび病の発生も報告されており、当該病害に抵抗性のある品種「なつむすめ」等について引き続き普及を進めていく必要がある。

飼料作物においては、条件不利地での利用が多く、かつ低コストな生産が求められることから栽培管理に多くの手間をかけられない状況にある。このため、特に栄養価等に優れた寒地型牧草を中心に高温障害を回避するためには引き続き耐暑性等に優れた優良品種の育成・普及を進める必要がある。

### イ 草地等の適正管理

寒地型牧草の夏枯れを防止するためには、暑熱時に過放牧、過度の低刈りや短い間隔での刈り取りを避け、貯蔵養分の消耗を軽減するなどにより草勢の維持することが必要かつ有効である。

また、サイレージ等の品質を確保するためには、生育の進み具合に合わせて適期に収穫することが必要であり、引き続き励行する必要がある。

この他、高温に伴い発生が増加する病害虫について、より効果的かつ省力的な防除方法を確立することが求められている。

## ⑧ 家畜

実施状況調査を基に家畜の高温適応技術を大別すると、「畜舎外から畜舎温度を下げる技術」、「畜舎内から畜舎温度を下げる技術」、「密飼いを避けて、体感温度とストレスの低減を図る技術」、「飼料給与等を工夫する技術」が取り組まれるとともに、畜種間（乳用牛・肉用牛・豚・採卵鶏・肉用鶏）・地域間で大差なく、総じて、換気扇・扇風機による送風、細霧装置による冷房、家畜への直接送風・散水等といった「畜舎内から畜舎温度を下げる技術」に最も効果が認められていた。

また、畜産経営における高温適応技術への優良取組事例をみると、「畜舎内から畜舎温度を下げる技術」に限らない広範囲に渡っての技術に効果がみられている。（表12）

表12 畜産経営における高温適応技術の優良事例

地区	取組内容	効果
新潟県酪農経営 (搾乳牛50頭)	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分な飲水の確保を図るため給水管を太くする</li> <li>畜舎温度上昇の抑制を図るため井戸水を利用したスプリンクラーの設置とトンネル換気を実施する（牛舎壁面に換気扇設置）</li> <li>採食量の維持を図るため自動給餌機を用いた1日6回の配合飼料の少量給与と盗食防止板の設置により飼料摂取量の適正コントロールする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>夏期の乳量の向上 (前年同月比の日乳量0.4kg/頭増加)</li> <li>分娩間隔の短縮 (14.5か月→13.9か月(0.6か月短縮))</li> </ul>
宮崎県肉用牛経営 (肉用牛200頭)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガルバリウム材の屋根(800㎡)に対し動力噴霧機を用いて石灰乳を散布する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋根裏温度の約15℃低下、牛舎内温度の約5℃低下</li> <li>夏場の採食量が増え、枝肉重量が増加し、出荷成績の改善</li> </ul>
愛知県養豚経営 (繁殖母豚350頭)	<ul style="list-style-type: none"> <li>分娩豚舎にクーリング・パッドを設置</li> <li>豚舎外に噴霧ノズル、豚舎内に換気扇を設置（上記より噴霧ノズルから噴霧された霧はパッドを抜けて霧として豚舎内に流入する）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>豚舎内温度は外気温と比較して平均4℃低下</li> </ul>
群馬県の採卵鶏経営 (4,500羽)	<ul style="list-style-type: none"> <li>自作地の畑などに自生し雑草とされるアカザを梅雨時にすべての鶏舎(8棟)の東側と南側に移植し鶏舎内に日陰を作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>夏期の死亡羽数が激減 (実施前約700羽→実施後約40羽)</li> </ul>

しかしながら、これらを詳細に検討した場合、

- ア 各畜産経営は、複数の高温適応技術の組合せにより対応することが通常であること
- イ 得られた効果は複数技術の組合せによるものであるが、評価に際しては、「組み合わせ技術の効果はその構成技術が等しく貢献している」と捉えざるを得ないこと
- ウ 各畜産経営における家畜の飼養条件は、畜舎等の立地条件、畜舎等の構造、土地条件、飼養方式等において様々であり、ある畜産経営で得られた組合せ技術の効果が別の畜産経営でも同様に得られるとは限らないこと

には十分留意する必要があると考えられる。

一方、実施状況調査における課題をみると、全ての技術に共通して、効果を高めるための更なる改良、効果の科学的検証、畜産経営の飼養条件等を踏まえた導入基準の設定、低コスト化、飼養管理労働の軽減（省力化）、普及啓発・継続実施などが上げられている。

以上を総括すると、家畜の高温適応技術においては、

- ア 低コスト化・省力化を踏まえて、各構成技術及び組合せ技術の改良を図る
- イ 各構成技術及び組合せ技術の費用対効果を検証し、畜産経営の飼養条件毎に導入基準を設定する
- ウ 技術の普及啓発・継続実施を図る

ことが肝要となっている。

## 4. 今後の対応方向

### (1) 生産対策・技術指導の推進

#### ① 水稲

近年、地球温暖化等に伴う気象変動による影響が様々な分野で報告されており、水稲では、夏期の登熟期が高温傾向で推移し、白未熟粒の発生等品質に影響を及ぼす状況も見受けられている。このような中、高温適応技術として、品種転換や移植時期の繰り下げ等の対策が全国的に取り組まれてきたところである。

しかしながら、平成22年産は記録的な高温に見舞われ、1等比率や収量の低下が各地で見受けられた。これまで取り組まれてきた高温適応技術の有効性を検証したところ、猛暑による影響を助長した要因として、品種特性や出穂期前後及び登熟期の稲体の活力低下が指摘された。

このため、稲作技術指導に際しては次の事項に十分留意し、基本技術の習熟及びこれの励行に重点をおいて指導する必要がある。

#### ア 高温耐性品種への転換

「にこまる」等多くの高温耐性品種では従来品種と比較し品質低下の割合が小さかったことから、検証結果を都道府県の普及関係者等と情報共有し、その普及に努める。また、従来品種と組み合わせることで作期分散を図ることとする。なお、作期分散に当たっては、用水を確保する必要があるため、あらかじめ地域において水利調整を行うこと。

また、新たな品種の普及や銘柄化を図るためには、一定の販売ロットの確保と品質の高位安定化が不可欠なため、地方農政局等を単位としたブロックごとに、関係県が協調して奨励品種の採用を行い得るよう、本年産において高い効果が発現した品種の栽培特性や品質などに関する情報の共有を図ることとする。

一方、高温耐性が十分発揮されなかった品種については、品種特性を発揮するための栽培管理方法の見直しを行い、適正な栽培管理に努めることとする。

#### イ 肥培管理の徹底

##### a. 登熟期後半まで稲体の活力を維持するための穂肥の施用

登熟期の低窒素状態を改善するため、穂肥により稲体の窒素濃度を保つ肥培管理を徹底する。その際、幼穂長や葉色等の推移から生育診断を必ず行い、地力窒素の発現状況等を踏まえて適期に適量の穂肥の施用に取り組むこととする。特に、食味重視のため、施肥による窒素供給を抑制する場合は、生育後半に稲体が栄養不足に陥らないよう、きめ細かい生育診断による肥培管理を徹底する。

その他、農作業の省力化に資する後期重点型の肥効調節型肥料を用いることで、登熟期後半まで稲体の活力を維持することが可能となるが、肥効調節型肥料は気象や生育状況に応じた施肥量の調整が困難であり、冷害等気象状況によっては品質低下を引き起こす場合があるため、導入に当たっては十分に留意すること。

b. 適正な籾数の制御・誘導を行うための基肥の施用

乳白粒発生を抑制するため、土壌診断等によって地力実態を把握し適正な基肥を施用し、品種の生産力に応じた適正な籾数の制御・誘導を図ることとする。

ウ 水管理の徹底

a. 出穂後の通水管理

地温を下げ根の発達を促進し、土壌下層から十分な水分や養分を吸収するため、出穂後20日間の湛水管理の徹底に取り組むこととする。なお、通水等の水管理は、用水を確保する必要があるため、あらかじめ地域において水利調整を行うこと。

b. 中干し

過剰分けつの抑制等稲の生育調整と根の健全化及び地耐力の向上による機械作業の効率化を図るため、田植えから1か月後をめぐりに実施する。一方、中干し期間が長期化すると、出穂前に十分な根の量を確保できず、出穂前の栄養不良状態を招くため、中干しは出穂1か月前頃に終了させる。

c. 早期落水の防止

異常高温下においては稲体の活力が低下している恐れがあるため、可能な限り収穫直前までのかん水の継続に取り組むこととする。なお、収穫直前までのかん水は、用水を確保する必要があるため、あらかじめ地域において水利調整を行うこと。

一方、排水不良田においては、早期落水をせざるを得ない場合も想定されるため、地域の立地条件と収穫作業を考慮し、落水時期を決定する。

エ 移植時期の繰り下げ

移植時期の繰り下げや直播栽培の導入により登熟期間に高温に遭遇することを回避しようとする場合、異常高温下においては特に、品種転換や肥培管理の徹底等、他の栽培管理技術と併せて実施することとする。また、直播栽培については、慣行栽培より苗立ちにムラが出るなど、ほ場内出穂格差が大きくなるため、種子コーティングによる食害の防止等栽培技術を高位平準化する必要があることに留意する。

オ 地力向上と作土層の確保による根系の生育促進

異常高温下においても稲体の活力を維持するため、ケイ酸質資材や堆肥の施用、稲わらの鋤き込み、深耕による根が十分に生育できるような作土層の確保等の土づくりを徹底し、根系の生育促進に取り組むこととする。

カ 適正な籾数の制御・誘導を行うための栽植密度の調整

栽植密度をやや少なめにして過剰分けつを抑制し、適正な籾数に誘導することは、異常高温下においても稲体の活力維持に効果的である。一方、栽植密度を高くすることは、生育初期の低温等に遭遇した場合でも単位面積当たりの穂数を確保し1穂当たり籾数を抑制する効果があることから、極端な疎植は避けるとともに、作付け品種の

特性や地域の気象条件などを踏まえて、栽植密度を決定することとする。

## ② 大豆

大豆については、平成22年夏の高温のみが原因となる障害の報告はないものの、干ばつによる生育不良の障害が発生したほか、害虫の発生による被害の報告がある。

生育不良の障害については畝間かん水の実施、害虫の発生については発生予察等に基づく適期防除の実施や、適正防除の実施等の基本技術の励行により生育不良や害虫による被害の発生を抑制したとの報告があることから、大豆作技術指導に際しては、次の事項に十分留意し、基本技術の習熟及びこれの励行に重点をおいて指導する必要がある。

### ア 畝間かん水の実施

大豆では、干ばつにより、青立ち、落花・落莢、小粒化、裂皮等の生育不良の障害が発生するとされるため、干ばつが生じやすい地域においては、根系の発達の促進と土壌の保水性の改善を図るため、深耕、堆肥の施用等の適切な栽培管理に努めるとともに、過乾燥を防ぐための地下水位制御システムの普及を図ることが必要である。また、上記の生育不良については特に開花期以降の干ばつにより発生するとされていることから、生育ステージや気象状況等に応じた適切なかん水を行う必要がある。

なお、一部の地域では、かん水が必要な時期に用水の確保が難しく、十分なかん水を実施出来ない地域もあることから、より効果的なかん水が実施できるよう、生育ステージごとの適切なかん水量・時期等についての調査・検討を行う必要がある。ほか、生育不良が発生しにくい品種の選定・育成を行う必要がある。

### イ 適期・適正防除の実施

害虫の発生は、食害による落花・落莢や、莢の減少による青立ち等の生育不良の発生を多くするが、特に干ばつ時においては、害虫被害のほか、青立ち等の生育不良の障害と相まって大豆の収量・品質の低下などの被害が大きくなることが懸念される。

このため、害虫の発生に対しては、発生予察に基づく適期防除の実施、広報資料や栽培講習会を通じた防除技術等の指導の徹底等により適切に対応することが必要である。

なお、一部地域では、防除を実施したものの、害虫の被害が甚だしかったとの地域もあることから、上記の事項の徹底のほか、使用農薬や防除体系の見直し、耐虫性の高い品種の選定・育成を行う必要がある。

## ③ ばれいしょ

平成22年の高温により、ばれいしょの主産地である北海道において、いも数の減少、小玉化及び内部障害（中心空洞）や病害虫が発生し収穫量の減少を招いた。

ばれいしょは、冷涼な気候を好むことから、他作物に比べて対策をとるには困難な

面もあるが、当面は、今後の高温被害を軽減するため既往の生産技術の徹底を図るよう指導する必要がある。

#### ア 浴光育芽の実施による中心空洞の軽減

中心空洞は、高温等の影響により塊茎が急激に肥大することで発生する生理障害で、大きな塊茎（大いも）において発生し易い。このため、大いもの発生を減少させることで、中心空洞の減少を図ることが必要である。

対策の一つとして浴光育芽がある。浴光育芽は、植付前に芽の伸長を促進させ、初期生育を確保し、均一な生長を促す基本栽培技術の一つである。ばれいしょは欠株の発生により大いもの発生率が高まるため、浴光育芽により斉一な萌芽を促進させることで、欠株の防止に努める。

#### イ 病害虫の適期防除

高温・多雨の気象条件下では、病害虫の多発により減収につながる上に、品質面にも悪影響も生じるおそれがある。このため、病害虫発生予察情報等を活用し、効率的かつ効果的な防除を実施し、病害虫のまん延防止に努める必要がある。また、長雨等でほ場が滞水した場合、塊茎腐敗を起こしやすいため、排水溝の設置等により速やかに排水が行われるよう努め、特に高温時は、長時間の滞水を避ける。

#### ウ その他の高温適応技術

中心空洞の発生を軽減する技術として上述の技術に加え、適正な栽植密度での栽培や適正施肥等基本技術の励行も有効な技術である。適正な栽植密度で植付けを行い均一な株間を確保するとともに、多肥栽培を回避することで中心空洞が発生し易い大いもの発生防止に努める必要がある。

さらに、近年、中心空洞が発生しにくい新品種（北海道農業研究センター育成の「はるか」「ピルカ」など）が開発されており、これらの品種への転換により、発生の軽減を図ることが重要である。なお、品種の選定に当たっては、作付地域のほ場条件、当該品種の栽培特性、品質についての評価等総合的な面から検討した上で行う必要がある。また、培土による地温上昇（地温変動）の緩和を行うことも有効な適応技術である。培土は、ばれいしょ塊茎の着生を容易にし、根圏の拡大、腐敗の防止、保水の増加、倒伏防止等の効果がある。また、断熱効果も認められ、夏期の高温条件下においても塊茎の肥大に最適な地温を保つ効果もある。このことから、塊茎肥大が始まる着蕾期頃（萌芽後3～4週間まで）に培土を行い、気象予測等の情報を活用し必要に応じて培土量を増加させることで、高温による地温の上昇を緩和し、いも重の低下防止等を図ることが重要である。なお、培土は多量の土を移動させるため、作業の実施に当たっては根の切断や土壌水分の損耗等に留意する必要がある。

#### ④ 茶

夏の高温適応技術として、かん水技術が樹勢の衰弱、葉枯れ等の防止に効果的であることから、産地向けに適切なかん水に関する指導を行う必要がある。

また、一部の都道府県の試験研究機関においては、水資源の節約を図りつつ、茶樹の特性に応じた効率的なかん水技術の研究開発が進められており、今後、これらの研究成果を活用したかん水指導を行う必要がある。

#### ⑤ 果樹（かんきつ類、りんご）

果樹については、マルチ被覆、かん水、反射シート、高温耐性品種、カルシウム剤等が導入されており、一定の効果が得られている。

今後も、これらの技術や適正摘果等の基本技術の励行に加え、複数の技術の組合せによる総合的な対策の実施が重要である。個別の技術の実施に当たっては、以下の点に留意し、指導を行う必要がある。

##### ア マルドリ方式による高品質果実安定生産技術（うんしゅうみかん）

本技術の普及に当たっては、安価で耐久性の高い被覆資材の開発や、被覆作業の行いやすい園地地形の整備、樹の配置や整枝を推進することが必要である。

マルチ被覆については、個々の農家の労働条件や園地条件に応じて個別に被覆期間を判断することが必要である。また、マルチの表面流去水の排水対策を十分に講じる必要がある。

かん水については、果実の肥大や、糖度と酸度のバランスを考慮して、適度な水分ストレスを樹種、品種や生育ステージによって把握し、その量や時期を決定することが必要である。また、点滴かん水はかん水効率が高いが、集約的な管理が必要で設置コストがかかるため、導入に当たっては各園地での実現可能性を十分検討する必要がある。

なお、マルドリ方式システムの技術マニュアルが（独）農研機構近畿中国四国農業研究センターで2003年に策定されているため、これを技術指針として活用することが適当である。（<http://wenarc.naro.affrc.go.jp/tech-i/4/index.html>）

##### イ カルシウム剤による浮皮軽減対策（うんしゅうみかん）

カルシウム剤の散布に当たっては、果実の肥大状況や散布前後の降雨の状況を踏まえ、適期の散布に努めることが必要である。また、適正着果量を踏まえた摘果、適期収穫やせん定等の基本技術の励行や、浮皮の発生が少ない品種の導入など総合的に対策を進めることが必要である。また、青島温州等の貯蔵みかんにおいては、貯蔵時の温湿度の管理を徹底することも重要である。

なお、最近研究が進んでいるジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布技術については、高い浮皮軽減効果が認められているが、着色遅延作用もあることから、ドリフトの防止等に留意しつつ、貯蔵用や樹上完熟用うんしゅうみかんへの普及を図る

ことが必要である。

#### ウ 反射シートによる着色促進対策（りんご）

本技術の導入に当たっては、個々の園地条件に応じた適切な敷設時期の検討を行う必要がある。また、反射シートの敷設により、熟度の目安となる果実の地色が見えにくくなるので、収穫時期の判断に注意が必要である。

また、反射シートの敷設のみでなく、葉摘みや玉回し等の着色促進のための基本技術の励行や、優良着色品種の導入など他の技術と組み合わせ、総合的に対策を進めることが効果的である。

今後、園内温度の上昇を抑制する技術や、安価で耐久性と反射効率の高いシートの開発が求められる。

#### エ その他高温適応技術

多くの樹種で発生している日焼け果対策として、遮光資材の導入のほか、樹冠表層摘果（かんきつ類）や、葉摘み時期を遅らせる（りんご）等の方法がある。これらの技術を導入した場合、着色が抑制されることもあるので、導入に当たっては個々の栽培環境を考慮する必要がある。

### ⑥ 野菜

葉茎菜類については、地温抑制マルチ、高温耐性品種、遮光資材等の技術において一定の効果が得られているが、実際の導入は限定的である。果菜類については、遮光資材、高温耐性品種、散水・かん水、循環扇等の技術において一定の効果が得られており、約半数の地域で適応技術が実施されている。根菜類については、かん水、敷わら、地温抑制マルチ等の技術において一定の効果が得られているが、実際の導入は限定的である。

このように一定の効果が認められる技術については、今後も励行を図ることが重要であると考え。なお、単一の技術のみでは、その効果が不十分であることから、複数の技術を組み合わせて実施することが重要となる。各技術の実施に当たっては、次の事項に留意し指導する必要がある。

#### ア 高温耐性品種等の導入

種苗メーカー等から様々な品種が販売されているが、選定に当たっては、立地条件、品種特性、需給動向等を十分に検討した上で行う。また、異常な高温の場合は、高温耐性品種であっても被害を受ける可能性があることから、他の高温対策との組み合わせも検討する必要がある。

#### イ かん水・散水

かん水は、立地条件や品目、生育状態等を十分に考慮し、早朝・夕方に実施する。

また、施設内はかん水によって湿度が高くなりやすいことから、夜間や曇雨天の日中には通風をするなどして湿度を下げる。

#### ウ 敷わらの活用

土壌表面温度の上昇を抑えるとともに土壌水分の低下を抑制できる。ただし、早い時期からの被覆は、地温が裸地より低くなり、生育が遅れることがある。また、すき込み後に土壌中の硝酸態窒素が低下するとの報告もあり、元肥の量や追肥の時期などに注意する必要がある。

#### エ 地温抑制マルチの活用

地温の抑制や土壌水分の保持、雑草防除等を図ることができる。しかし、資材コストがかかることから、使用する栽培品目を検討する必要がある。また、通常のマルチと同様に、フィルムと土壌表面の間に空間ができないように展張し、風による飛散や、土壌水分の不均一を招かないようにする必要がある。

#### オ 遮光資材の活用

施設内の気温や地温、葉温の上昇抑制を図ることにより、品質の安定化や収量の向上、生理障害の抑制等を図ることができる。しかし、遮光期間や展張時の天候によっては、施設内の光量が低下し、作物の種類によっては収量や品質の低下を招くこともある。なお、作物が密でなく地面に光が届く場合には光合成促進用反射シートの併用等も効果を期待できる。また、光要求性が異なる作物に応じた遮光率や遮光期間を行う必要がある。

#### カ 循環扇の導入

ファンにより施設内の空気を攪拌するもので、室内全体でみると温度低下は期待できないが、局所的な高温空気の滞留を防ぎ室内温度の均一化が図られるとともに、作業快適性の向上が期待できる。また、天窓の開閉や換気扇等を活用した換気、遮光資材、細霧冷房等の対策と併用することが重要である。なお、温室外の風が強く換気窓が大きく開いている状態では、運転効果がほとんど期待できない場合もあるので注意が必要である。

### ⑦ 飼料作物

#### ア 耐暑性・耐病性に優れた草種・品種の導入

各県の奨励品種等耐暑性等に優れた草種・品種の導入を引き続き推進していく必要がある。平年より気温が特に高かった東北においては、寒地型牧草の夏枯れを防止するため、寒地型牧草のペレニアルライグラス等で超夏性に優れた品種を導入する必要がある。九州地方では青刈りとうもろこしにおいて高温時に発生しやすい南方さび病の発生も報告されており、当該病害に抵抗性のある品種「なつむすめ」等について引

き続き普及を進めていく必要がある。

飼料作物においては、条件不利地での利用が多く、かつ低コスト生産が求められることから栽培管理に多くの手間をかけられない状況にある。このため、特に栄養価等に優れた寒地型牧草を中心に高温障害を回避するためには引き続き耐暑性等に優れた優良品種の育成・普及を進める必要がある。

#### イ 草地等の適正管理

寒地型牧草の夏枯れを防止するためには、暑熱時に過放牧、過度の刈りや短い間隔での刈取りを避け、貯蔵養分の消費を軽減するなどにより草勢の維持することが必要かつ有効である。

### ⑧ 家畜

家畜では、畜産経営毎に、以下のとおり一定以上の効果が確認されている各構成技術を、コスト面・労働力の制約等を踏まえながら、最大限の効果が得られるように組み合わせた形で指導する必要がある。

また、その前提として、各構成技術及び組み合わせ技術自身の更なる改良を図ると共にそれらの費用対効果を検証、畜産経営の飼養条件毎にそれらの導入基準を設定することが肝要である。

#### ア 畜舎外から畜舎温度を下げる技術

植物・寒冷紗等の設置、スプリンクラー等による屋根への散水、屋根への石灰塗布等

#### イ 畜舎内から畜舎温度を下げる技術

換気扇・扇風機による送風、細霧装置による冷房、クーリング・パッドによる冷房、家畜への直接送風・散水等

#### ウ 密飼いを避けて、体感温度とストレスの低減を図る技術

毛刈りの実施、放牧場・パドックの活用、出荷による頭羽数の調整による飼養密度の低減、照明による昼夜逆転、ウインドレス鶏舎での少光線等

#### エ 飼料給与等を工夫する技術

冷水の十分量給与、良質粗飼料・重曹・ミネラル等給与、給与時間の工夫、飼料タンク塗装・被覆等

## (2) 研究開発の状況と今後の課題

### ① 水稲

#### ア 高温耐性品種の育成

高温条件下での品質低下に耐性のある品種として、九州地方向けには、平成17年に「にこまる」が九州沖縄農業研究センターで育成されている（図28-1）ほか、「元気つくし」（平成20年,福岡県）、「あきほなみ」（平成20年,鹿児島県）、「さがびより」（平成21年,佐賀県）、「南海166号」（平成22年,宮崎県）が育成され、「ヒノヒカリ」の置き換えが検討されている。また、北陸地方向けには「てんたかく」（平成15年,富山県）、「ゆきん子舞」（平成17年,新潟県）、「てんこもり」（平成19年,富山県）が育成されている。その他には関東地方向けの「ふさおとめ」（平成9年,千葉県）、東北地方向けの「つや姫」（平成21年,山形県）が育成され、高温を回避することができるコシヒカリ型の晩生品種として「関東HD2号」（平成21年,作物研）が育成されている。（表13-1,2）



図28-1  
22年産米の「にこまる」と「ヒノヒカリ」  
の玄米外観品質の比較

（資料提供：農研機構九州沖縄農業研究センター）

表13-1 主要品種の高温耐性評価

ランク	強	やや強	中	やや弱	弱
品 種 名	てんたかく	てんこもり	ひとめぼれ	コシヒカリ	新潟早生
	ゆきん子舞	ハナエチゼン	あきたこまち	ミネアサヒ	初星
	ふさおとめ		日本晴	黄金晴	ヒノヒカリ

現在も全国各地で高温登熟耐性のより強い品種の開発が継続されている。白未熟粒の発生を抑えるDNAマーカーも開発されており、これを利用した育種の効率化も図られている。高温は白未熟粒以外にも胴割米の発生を助長する傾向があるが、胴割米の発生を抑えるDNAマーカーの開発やこれを利用した中間母本の開発も研究が進められている。また、著しい高温条件下では不稔が発生するケースもあるが、不稔を防ぐための早朝開花性の導入のためのDNAマーカーの開発やこれを利用した品種開発も進められている。

表 13-2 平成22年産高温耐性品種の1等比率 (平成23年1月31日現在)

品種名	育成年	育成場所	1等比率 (%)	主要品種の1等比率 (%)	栽培適地
ふさおとめ	平成9	千葉県 農林総合研究センター	千葉94.3	コシヒカリ 90.8	関東地方
てんたかく	平成15	富山県 農業技術センター	富山90.4	コシヒカリ 59.4	北陸地方
ゆきん子舞	平成17	新潟県 農業総合研究所	新潟52.3	コシヒカリ 21.1	北陸地方
にこまる	平成17	九州沖縄 農業研究センター	長崎46.4 熊本91.1 大分72.1	ヒノヒカリ 長崎2.6 熊本19.3 大分38.7	九州地方
てんこもり	平成19	富山県 農業技術センター	富山91.0	コシヒカリ 59.4	北陸地方
元気つくし	平成20	福岡県 農業総合試験場	福岡87.1	ヒノヒカリ 13.5	九州地方
あきほなみ	平成20	鹿児島県 農業開発総合センター	鹿児島60.9	ヒノヒカリ 23.4	九州地方
つや姫	平成21	山形県 農業総合研究センター	宮城89.9 山形98.2	ひとめぼれ 宮城73.8 はえぬき 山形73.5	東北地方
さがびより	平成21	佐賀県 農業試験研究センター	佐賀79.9	ヒノヒカリ 12.6	九州地方

※ 1等比率は総合食料局データ

## イ 高温適応栽培技術の向上

白未熟粒の発生を防ぐ高温適応栽培技術の開発としては、以下の技術が開発されており、一部の地域で現場への導入がなされている。

### a. 作期移動（晩植）

白未熟粒の発生歩合は登熟初期～中期の気温により影響を受けることが報告されており<sup>1,2,3)</sup>、移植時期の繰り下げはこの時期の稲が高温にさらされる程度を軽減する場合には、品質向上効果があると考えられる。実際、北陸地方や近畿北部において、5月上旬くらいから5月中旬以降への移植時期の繰り下げにより、品質向上効果があったことが確認されている<sup>4,5)</sup>。移植時期の繰り下げは、登熟期間の高温回避以外にも過剰な初期生育や籾数の制御を通じて高温への耐性を上昇させる効果があるとの報告<sup>6)</sup>が出てきており、今後さらなる検証が待たれる。なお、極端な温度上昇や日射量の影響がある場合、晩植の効果が薄れることが予想されるので、最適な作期の設定には各地域の気象条件について十分に検討する必要があるとともに、他の栽培技術と組み合わせて実施していくことが重要である。

### b. 施肥管理

白未熟粒の発生を抑えるためには籾数を適正水準に抑えつつ、出穂期以降の栄養を維持する施肥方法が効果的であると考えられており、この手段として、緩効性肥料の利用が検討されている。穂肥に関しては、30日タイプもしくは40日タイプの緩効性肥料を用いることで、慣行と同じ窒素水準で、食味を維持しながら白未熟粒の発生が抑制できるとの報告がある<sup>7,8)</sup>。また、基肥に関しても、リニア型やシグモイド型の被覆尿素肥料を速効性肥料に配合することで、登熟期の葉色の低下を防ぎ、白未熟粒の発生を抑制できるとの報告がある。肥効調節型肥料の有効性は指摘されているものの、気象や生育状況に応じた施肥量の調整が困難な部分もあるので、食味等に悪影響がでないよう適切な配合割合等に関しては今後もより詳細に検討していく必要がある。

また、他の白未熟粒発生を抑える施肥管理方法として少量継続追肥技術が報告されている<sup>9)</sup>。この技術は、出穂前17日から少量継続的な追肥を行うことで、1籾当たりの穂揃い期の茎内のデンプン・糖含量が増えるとともに、登熟後半の稲体窒素濃度の維持を介して高温条件での登熟を高め、玄米品質を安定させるというものである。(図28-2)

なお、最近のコシヒカリに代表される良食味品種栽培ではタンパク含量低減を重視するあまり、過度に生育後半の窒素供給が制限されむしろ外観品質の低下を招いている可能性が高い。窒素施肥レベルの下げ過ぎによる白未熟粒発生の助長を抑制するためには茎葉部窒素の下限水準だけでなく、米中タンパク含有率等も含めて検討する必要があると考えられる。



図 28-2 少量継続追肥法

30a 圃場での灌漑時における水口施肥の様子。  
出穂前 17 日頃から 2 日おきに 10 回、硫安 5 kg を 10L の水に溶かした液肥を灌漑水と一緒に施用。硫安 5 kg をコンバイン袋に入れて水口に置くことでも実施可能（右下写真）。

（資料提供：農研機構九州沖縄農業研究センター）

### c. 水管理

出穂直後の落水は稲体の水分ポテンシャルを下げ、同化生産物の転流阻害を生じると考えられており、収穫前の落水時期を遅らせることで白未熟粒の発生が減少するとの報告はいくつかある<sup>10,11)</sup>。出穂後 25 日間、土壌水分を足跡に水がたまっている状態程度にまで維持することで、整粒歩合が向上した例もある<sup>12)</sup>。その他、夜間通水により玄米外観品質が向上する例も報告がある<sup>13)</sup>。

また、深水栽培は無効茎数を制限するとともに、登熟期のデンプン・糖含量を高めることなどで、白未熟粒を軽減できることが示されている<sup>14)</sup>。地耐力が大きく中干しを行う必要がない不耕起 V 溝直播栽培との組み合わせによる「深水無落水栽培技術」も開発されており、この栽培方法による玄米の品質は慣行水深での栽培に比べ良好であることが確認されている<sup>15)</sup>。（図 28-3、4）



図 28-3 V 溝不耕起播種機

幅 2 cm、深さ 5 cm の V 溝に播種し、播種深度が深いため、鳥害や倒伏を軽減できる。また、地耐力が大きくなり、中干しを行う必要がなくなる。

（資料提供：愛知県農業総合試験場）



図 28-4 深水無落水栽培の様

深水により、高温障害以外にもノビエ等の雑草の防除にも効果がある。

深水無落水栽培技術における水深は 20cm 程度に設定するのが望ましいが、ほ場条件により困難な場合は、ある程度の深水でも効果が期待できる。

（資料提供：愛知県農業総合試験場）

#### d. 栽植密度の調整及び根系の生育促進

白未熟粒のうち特に乳白粒は全粒数が多いときに発生しやすくなるので、適的な粒数を維持するための栽植密度の設定は重要である。疎植栽培は、茎数がある程度まで抑制することができ粒数を安定化させやすく、登熟後期まで葉色が濃く葉身機能の維持が期待できることにより、高温条件下での品質向上効果があると報告されている<sup>16)</sup>。その一方で、過度の疎植は1穂粒数が増すことにより未熟粒の発生が増加するとの報告があり、移植時期を繰り下げた場合には穂数が少なくなることから密植栽培の方で品質が良くなるという報告もある<sup>17)</sup>。栽植密度の設定は移植時期や地域の地力条件等も考慮に入れた上で検討していくことが重要である。

また、地温が高くなると地上部に対する根の発達小さくなり、水や養分の吸収が抑制されやすくなる可能性がある。作土深を深くすると根域が拡大する以外に、根の活性が上がるという報告もあり、高温条件下での品質向上に効果があることが示されている<sup>18)</sup>。また、根圏の拡大には透水性の確保も重要であり、弾丸暗渠施工により中干し以降の日減水深を20mm程度とするまで透水性を改善すると、根圏が増大し、高温条件下での白未熟粒の発生抑制につながるという報告もある<sup>19)</sup>。

#### e. 予測モデル

白未熟粒の発生率は気温変化や粒数から推測可能であると考えられるため、気象情報や施肥量を元にした白未熟粒の発生予測モデルの開発が現在実施されている。また、最適作期の設定についても気象と日射の相互作用や出穂期前の気象条件についても検討する必要がある。現在開発されている予測モデルでは、作期移動によりどのくらいの温度上昇まで白未熟粒発生の抑制に効果があるかを予測することができる<sup>20)</sup>。

### ウ 今後の対策

従来から、農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構という）等の公的な試験研究機関が密接な連携を行うことで、高温耐性をもつ品種開発や高温障害を回避するための栽培技術の開発等の試験研究を重点課題として取り組んできた。

特に、近年における異常気象傾向に対処して、現行の農業技術を見直し、高温障害に対応できる技術を確立する目的で、平成20年から農林水産省の委託プロジェクト研究「新農業展開ゲノムプロジェクト」を通じて高温耐性に関わるDNAマーカーの開発やこれを利用した育種素材開発についての研究を、平成20年から平成21年にかけての農林水産省の委託プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発」および平成22年からの農林水産省の委託プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発」を通じて栽培技術開発を中心とした研究を実施してきており、これらの成果を今後の高温対策及び高温の試験研究に活かして行く必要がある（表13-3）。

表 13-3 水稲における高温適応技術対策に関連する研究プロジェクト一覧

作物	研究内容	プロジェクト研究	研究期間 (年度)	実施研究所
水稲	高温で高品質を維持できる遺伝子の解析 高温耐性のDNAマーカーを利用した系 統開発	新農業展開ゲノムプロジェクト	20~22	農研機構作物研究所 富山県農林水産総合技術セ ンター
水稲	温暖化が水稲に与える影響評価 白未熟粒を低減させるための栽培技術の 開発	地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響 評価と緩和及び適応技術の開発	20~21	農研機構九州沖縄農業研究 センター
水稲	水稲生育モデルの改良 高温下での水稲安定栽培マニュアルの作 成	農林水産分野における地球温暖化対策 のための緩和及び適応技術の開発	22~26	農業環境技術研究所 農研機構九州沖縄農業研究 センター
水稲	広域適応性を持つ高温耐性品種の開発 高温不稔回避に向けた早朝開花性の導入 と評価 少量継続施肥法による高温障害回避技術 の開発	農業生産における中長期的視点に立っ た温暖化適応基盤技術の開発 (農研機構 交付金プロ)	20~22	農研機構中央農業総合研究 センター 農研機構作物研究所 農研機構九州沖縄農業研究 センター
水稲	気象情報による白未熟粒発生予測モデル の開発 収穫前玄米を用いた乳白粒発生予測技術 の開発	日照不足と台風による早期米品質低下 の予測・対策技術の開発	20~22	農研機構九州沖縄農業研究 センター 宮崎県総合農業試験場 鹿児島県農業開発総合セン ター

平成22年の高温の程度は非常に厳しく、現行の農業技術では対応困難な場合も多々あることが明らかになった。そこで、試験研究機関としてはより強い高温に対する安定的な稲作技術確立のための研究をさらに実施していく必要があり、今後積極的に推進すべき具体的な研究課題としては次のものがあげられる。

a. 耐冷性と高温耐性を有する品種の開発（北海道、東北、北陸）

地球温暖化は、気候変動を伴うといわれ、東北地方や北海道地方の米品質にも影響を与えかねない状況にある。平成22年の著しい高温条件下では東北地方でも一等比率は70%台と低下していた。そこで、耐冷性と高温耐性を両立した品種開発が望まれている。

b. 晩植適応性をもつ良食味の高温耐性品種の開発（関東以西、特に関東、東海、近畿）

平成22年の著しい高温により、従来は高温による品質低下が少なかった晩植用品種「ゴロピカリ」、「彩のかがやき」、「あさひの夢」等にも高温登熟の被害は拡大した。今後はこのような事態に対応できるよう、晩植適応性をもつ品種についても、高温耐性を持つ広域適応性の高い良食味米の品種開発が望まれる。

c. 耐病虫性と高温耐性を併せ持つ品種の開発（九州）

かつて無い高温傾向によりウンカ類の被害拡大や新病害多発の懸念が九州地方を中心に増大している。今後はこのような事態に対応できるよう、耐病虫性と高温耐性を併せ持つ品種開発が望まれる。

#### d. 高温障害回避栽培技術の体系化、汎用化

地域ごとに稲作を取り巻く状況は異なっているので、高温障害の発生を防ぐためには、品種、栽培技術を適切に選択し、組み合わせて利用していくことが重要である。各地域の状況によっては、選択できる技術も限定されるので、今後は様々なケースに合わせて高温障害回避技術を体系化し、実践を促していく必要があると考えられる。とりわけ、緩効性肥料の利用や疎植栽培の導入等については、地力や栽培条件によって有効性が異なると考えられるので、様々な地域で検討を進め、利用条件を設定していく必要がある。

#### e. 高温障害発生早期警戒システムの開発

気象情報や白未熟粒発生予測モデルによる予測結果をより各地域での高温障害対策に活用するためには、高温障害の発生予測を素早く農業現場に周知するための警戒情報システムの開発を進めていく必要がある。

## ② 麦、大豆、ばれいしょ

平成22年夏の高温は、麦では登熟期間の短縮により細麦傾向となって減収をもたらしたが、はだか麦品種「ユメサキボシ」（平成20年育成）のように、大粒の品種では細麦化傾向となっても整粒収量の確保に有利である。（図29）



図29 大粒のはだか麦品種「ユメサキボシ」

（左：ユメサキボシ、右：従来品種）

（資料提供：農研機構近畿中国四国農業研究センター）

大豆では高温そのものによる障害よりも、開花期以降の干ばつ害や吸汁害虫であるカメムシ類多発による莢数減少とそれに伴う青立ちが発生した。カメムシ類の防除については、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（平成18～22年度）」において、卵寄生蜂を利用した防除技術開発に取り組んできたところであるが、実用化するには至っていない。青立ちについては、農研機構の交付金プロジェクト研究「作物及び家畜生産における気候温暖化の影響解明とその制御技術の開発」において、莢数の減少が発生につながることで、品種間差があり、遅播によりある程度抑制可能であることが確認されている。食葉性害虫ハスモ

ンヨトウに対しては、委託プロジェクト研究「ゲノム研究成果を活用した大豆等イネ科以外の新品種開発（平成19～22年度）」において、DNAマーカーを用いて抵抗性を高めた「フクミノリ」が育成されている。（図30、表14）



図30  
ハスモンヨトウ抵抗性が改良された  
「フクミノリ」  
（上段：従来品種、下段：フクミノリ）  
（資料提供：農研機構九州沖縄農業研究センター）

ばれいしょでは、塊茎化期間の短縮による玉数減少や中心空洞などの内部障害が発生した。中心空洞については、育成地である北海道農業研究センター、北海道立総合研究機構北見農業試験場、長崎県農林技術開発センターにおいて育種目標の一つになっており、北海道農業研究センター育成の「はるか」「ピルカ」、北海道立総合研究機構北見農業試験場の「オホーツクチップ」「スノーマーチ」をはじめ発生が少ない品種が育成されている。（図31）



図31  
中心空洞の少ない青果・食品加工用  
ばれいしょ「はるか」  
（資料提供：農研機構北海道農業研究センター）

しかし、麦では高温耐性品種や効果的な適応技術はなく、そのため高温が麦の登熟に及ぼす影響の解明がまず必要である。大豆では耐虫性に優れ、青立ちしにくい品種、ばれいしょでは中心空洞が安定して発生しにくい品種や、高温で発生しやすい青枯病等に強い品種の開発が必要のため、今後次のような研究が必要である。

- ア 高温や多湿が麦の登熟に及ぼす影響の解明
- イ 耐虫性に優れ、青立ちしにくい大豆の品種開発
- ウ 中心空洞等の内部障害が発生しにくく、耐病性に優れたばれいしょの品種開発

表 1 4 畑作物における高温適応技術対策に関連する研究プロジェクト一覧

作物	研究内容	プロジェクト研究	研究期間 (年度)	実施研究所
麦	気象変動による小麦の減収要因の解明	農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発	22～26	農研機構・中央農業総合研究センター他
大豆	卵寄生蜂を利用したカメムシ類防除技術の開発	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	18～22	農研機構・近畿中国四国農業研究センター
大豆	DNAマーカーを利用したハスモンヨトウ抵抗性品種の育成	ゲノム研究成果を活用した大豆等イネ科以外の新品種開発	19～22	農研機構・九州沖縄農業研究センター
大豆	青立ち発生機構の解明と発生低減技術の開発	作物及び家畜生産における気候温暖化の影響解明とその制御技術の開発（農研機構・交付金プロジェクト研究）	15～19	農研機構・中央農業総合研究センター
大豆	青立ちに関与する生理的特性の解明と選抜マーカーの開発	農業生産における中長期的視点に立った温暖化適応基盤技術の開発（農研機構・交付金プロジェクト研究）	20～22	農研機構・中央農業総合研究センター
大豆	温暖化の影響メカニズムと適応形質の解明	農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発	22～26	農研機構・東北農業研究センター他

### ③ 果樹

果樹では平成22年夏の高温により、かんきつ類、りんごを中心に日焼け果、着色不良が多発した。これらの問題に対する適応技術の研究開発状況は次のとおりである。

#### ア 品種

かんきつ類において、夏の高温や強い日差しによる日焼けの発生や成熟期の着色不良遅延に対応する観点からの品種育成は行われていない。しかし、地球温暖化により発生が問題となるかんきつ類の浮皮については、農研機構果樹研究所が育成したかんきつ品種「津之望」（平成22年品種登録出願）や「津之輝」（平成21年品種登録）、「せとか」（平成13年品種登録）は浮皮の発生が少ないことが知られている。りんごの着色不良に対しては、農研機構の交付金プロジェクト研究「作物及び家畜生産における気候温暖化の影響解明とその制御技術の開発（平成15～19年度）」において、高温でも着色しやすい主要品種として「秋映」、「夢つがる」、「つがる姫」、「こまちふじ」、「長ふ12VF」等が見出された。また、高温でも着色しやすいりんご品種「おぜの紅」が群馬県及び農研機構果樹研究所で育成された（平成21年品種登録）。さらに、着色管理が不要な黄色りんご品種「もりのかがやき」が農研機構果樹研究所で育成された（平成21年品種登録出願）（図32-1）。



図 3 2 - 1

良食味で香りの良い黄色リンゴ品種  
「もりのかがやき」

(資料提供：農研機構果樹研究所)

## イ 栽培技術

ぶどうの着色不良に対しては、農研機構の交付金プロジェクト研究「作物及び家畜生産における気候温暖化の影響解明とその制御技術の開発（平成15～19年度）」において、環状はく皮によって着色を向上させる技術が開発された。長雨や干ばつに対応するかんきつ類の安定生産技術として、マルドリ方式（周年マルチ点滴灌水同時施肥法）が農研機構近畿中国四国農業研究センターで開発され、詳細なマニュアルが公開されている。<http://wenarc.naro.affrc.go.jp/tech-i/4/index.html>

かんきつ類の浮皮に対しては、農研機構の交付金プロジェクト研究「作物及び家畜生産における気候温暖化の影響解明とその制御技術の開発（平成15～19年度）」において、表層摘果により浮皮・日焼けを低減できることが示された。さらに委託プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発（平成20～21年度）」において、貯蔵用・樹上完熟用うんしゅうみかんの浮皮を軽減できる技術「ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布」が開発され、浮皮軽減のための技術情報として発表された。（図32-2）

<http://fruit.naro.affrc.go.jp/publication/man/ukikawa/keigen.html>

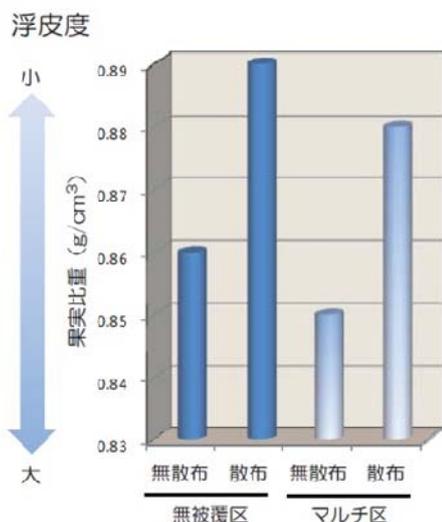


図 3 2 - 2

「ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布」の浮皮軽減効果

(資料提供：静岡県農林技術研究所果樹研究センター)

## ウ 今後の課題

今後の課題として、まず「ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布」については、浮皮軽減効果は高いが着色が遅延するという副作用があるため、十分に着色させることが可能な貯蔵用・樹上完熟用うんしゅうみかんに適用が限定されるという問題がある。そこで現在、委託プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発（平成22～26年度）」において、混用散布を早生・中生うんしゅうみかんに適用できる技術開発を進めている。ぶどうの着色については、着色に影響する気温と日照条件が明確になっていないため、現在、同プロジェクト研究において、温度と日照条件の違いや環状はく皮が果実品質に及ぼす影響を評価中である。また環状はく皮は、処理が不適切だと樹が衰弱する問題があり、同プロジェクト研究においては、遮光資材や電照補光等による新たな着色改善技術が開発される予定となっている。（表15）

表15 果樹における高温適応技術対策に関連する研究プロジェクト一覧

作物	研究内容	プロジェクト研究	研究期間 (年度)	実施研究所
うんしゅうみかん ぶどう	果樹の果実生理障害に対する適応技術の開発	地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発	20～21	農研機構果樹研究所他
うんしゅうみかん ぶどう	果樹の樹体及び果実の生理障害軽減技術の開発	農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発	22～26	農研機構果樹研究所他
ぶどう	果樹生産における温暖化の影響評価と果樹栽培適地の精密移動予測	農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発	22～24	農研機構果樹研究所他
りんご ぶどう	果樹における高温ストレスの影響解明と成熟異常防止技術の開発	作物及び家畜生産における気候温暖化の影響解明とその制御技術の開発（農研機構・交付金プロジェクト研究）	15～19	農研機構果樹研究所他

## ④ 野菜

野菜では平成22年夏の高温により、生育不良や収量・品質の低下が発生した。これらの問題に対する適応技術の研究開発状況は次のとおりである。

### ア 品種

トマトの着花不良に対しては、高温でも着果率が高い品種「ルネッサンス」が育成された（愛知県とサカタのタネ共同育成、平成17年品種登録）。高温で多発するレタスの根腐病に対しては、レース1に対する抵抗性の品種「シナノホープ」が長野県で育成された（平成17年品種登録）。高温・多雨で多発するナスの青枯病と半枯病に対しては、抵抗性のナス台木用品種「台太郎」及び「台三郎」が農研機構野菜茶業研究所等で育成された（平成9年及び平成18年品種登録）。また、野菜茶業研究所で育成された単為結果性ナス品種「あのみのみり」は高温下でも着果性の優れることが明らかになった。さらに、高温・多雨で多発するトウガラシ類の疫病、青枯病、モザイク病に対しては、抵抗性の台木用トウガラシ品種「台パワー」が野菜茶業研究所で育成され、平成22年から種子が販売されている。（図33-1）



図 3 3 - 1

疫病が多発する現地で栽培したトウガラシ

右：「台パワー」を台木にした株（健全）

左：既存品種を台木にした株（萎凋）

（資料提供：農研機構野菜茶業研究所）

## イ 栽培技術

イチゴにおいて高温期に花芽分化の安定制御と果実肥大の向上を図る技術として、「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業（平成 17～19 年度）」において、クラウン温度制御技術が開発された。この技術は、イチゴの生長点がある株元（クラウン部）だけを集中的に冷却あるいは加温することにより、省エネルギーで花芽の分化促進やその後の生育促進を図る技術である。（図 3 3 - 2）



図 3 3 - 2

クラウン温度制御装置

左：冷温水製造装置

右：往復通水する 2 連チューブ

（資料提供：農研機構九州沖縄農業研究センター）

## ウ 今後の課題

今後の課題として、トマトの着花不良・裂果に対しては、委託プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発（平成 22～26 年度）」において、遮光などによる裂果発生抑制技術の開発を進めている。さらに、「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（平成 21～23 年度）」において、ドライミストと高温抵抗性誘導剤との組み合わせによるトマトの安定生産技術の開発を進めている。

また、ほうれんそうでは慣行の全期間遮光栽培において成分品質の低下が問題となっているため、委託プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発（平成 22～26 年度）」において、遮光制御により、ほうれんそうの収量・品質低下抑制技術の開発を進めている。さらに、促成栽培イチゴの秋期の花芽分化の遅れに対しては、同プロジェクト研究において、気化潜熱利用局所冷却法による長期安定生産技術の開発を進めている。（表 1 6）

表 1 6 野菜における高温適応技術に関連する研究プロジェクト一覧

作物	研究内容	プロジェクト研究	研究期間 (年度)	実施研究所
トマト	温暖化が野菜・茶の生産と虫害発生に及ぼす影響評価と適応技術の提示	農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発	22～26	農研機構野菜茶業研究所他
トマト	施設園芸におけるドライミストを核とした夏期高温対策技術の確立	新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業	21～23	愛知県農業総合試験場他
ほうれんそう イチゴ	野菜・花きの生産安定技術の開発	農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発	22～26	農研機構近畿中国四国農業研究センター 他
イチゴ	クラウン部局温度制御によるイチゴの周年高品質生産技術の開発	先端技術を活用した農林水産研究高度化事業	17～19	農研機構九州沖縄農業研究センター 他

### ⑤ 飼料作物

飼料作物の生育にとって、平成22年夏の高温により、寒地型牧草を中心に夏枯れや生育不良などの報告が見られた。栽培管理に多くの手間をかけられない飼料作物栽培にあってはこれら高温障害の回避には耐暑性の高い飼料作物品種の開発が重要であり、委託プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発（平成22～26年度）」、「自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発（平成22～26年度）」および指定試験事業（平成22年度まで）においてオーチャードガラスやペレニアルライグラスなどの草種の耐暑性・越夏性を向上させる研究開発、およびそれらの新品種を活用する技術開発を実施している。（図34-1. 2）



図34-1  
左「ハケ岳 T-26号」、右「ヤツカゼ2」  
(山梨県酪農試験場 平成22年8月25日撮影)

現在、ペレニアルライグラスでは最高の越夏性を示す品種「ヤツカゼ2」でも、平成22年の夏期の高温で大部分の個体が枯死した。しかし、現在系統適応性試験を行っているハケ岳 T-26号は、多くの個体が生存した。

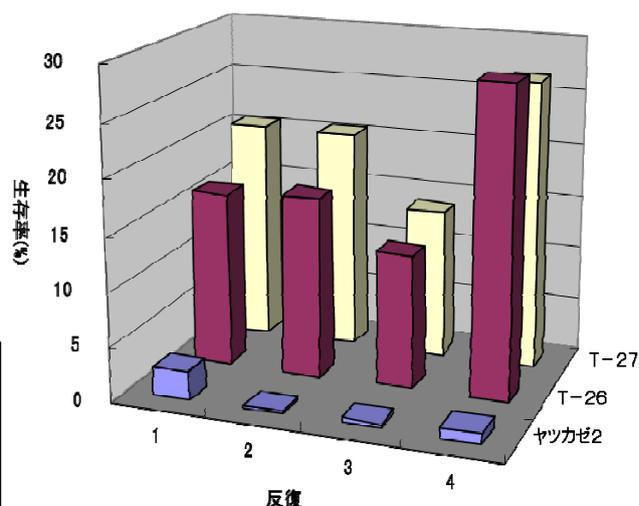


図34-2  
平成22年猛暑後の生存率  
(静岡県畜産技術研究所)

また、イタリアンライグラスいもち病、トムロコシ根腐病などは一般に高温下で多発することが知られており、イタリアンライグラスいもち病は平成22年の高温によりこれまでの北限を越えた地域で発生が確認された。(図34-3) このため、これらの病害の発生予測、抵抗性品種の開発とその利用による発生抑止技術の開発を委託プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発(平成22~26年度)」において実施している。(表17)

しかしこれらの研究は温暖化対策として将来のリスク低減に資することを主要な目的としているため、現在のところ夏期の高温障害に対応した研究は行われていない。そのため、今後次のような研究が必要である。

- ア 異常高温時での適正な収量確保が可能な草種選択など栽培技術の確立
- イ 異常高温時に発生する病害虫の生態解明と耕種的防除技術の確立



図34-3  
平成22年夏の猛暑によるイタリアンライグラスいもち病発生地域の拡大  
(資料提供：農研機構畜産草地研究所)

表17 飼料作物における高温適応技術に関連する研究プロジェクト一覧

作物	研究内容	プロジェクト研究	研究期間(年度)	実施研究所
飼料作物	飼料用トムロコシ害虫の発生予測技術の開発と分布拡大予測及び被害リスク評価、温暖化により多発するトムロコシ根腐病の対策技術の開発 他	農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発	22~26	農研機構 畜産草地研究所、九州沖縄 農業研究センター 他
飼料作物	暖地・温暖地向け高越夏性・高TDN収量性オーチャードグラス系統の開発、機能性飼料としての利用が期待できるアントシアニンとうもろこし系統の開発 他	自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発	22~26	農研機構 畜産草地研究所、九州沖縄 農業研究センター 他
飼料作物	寒冷地・温暖地向け病害抵抗性・安定多収のペレニアルライグラス品種の育成	指定試験事業	~22	山梨県酪農試験場

## ⑥ 家畜

家畜生産において平成22年夏の高温では、暑熱対策が他の地域に比べ不十分であった可能性のある東北・関東地方を中心に、家畜の死亡等が前年を上回った実態が報告されたが、委託プロジェクト研究「安全・安心な畜産物生産技術の開発（平成17～19年度）」などでは暑熱環境下で乳牛の酸化ストレスが増大することが明らかにされるなど、抗酸化性飼料の利用によりこれらのストレスを軽減できる可能性が示されている。

そこで、委託プロジェクト研究「自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発（平成22～26年度）」では抗酸化成分の一種であるアントシアニン色素を高濃度で含有するトウモロコシ親系統の開発や色素米などを利用した機能性を有する飼料用米・稲発酵粗飼料用品種の育成を行っており、今後、これらが家畜の酸化ストレスを低減する効果について実証する計画である。また、育成期間および分娩・泌乳期間の乳牛に対する温暖化影響評価モデルの高度化に向けた取り組みを委託プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和および適応技術の開発（平成22～26年度）」で実施している。（表18）

しかしこれらの研究は温暖化対策として将来のリスク低減に資することを主要な目的としているため、現在のところ夏期の高温障害に対応した研究は行われていない。そのため、今後次のような研究が必要である。

### ア 家畜の生体情報を活用した高温条件下での生産性低下を軽減する諸技術の体系化 イ 夏期高温条件下での家畜の給与飼料の微量要素の精密給与技術の開発

なお、現在行われている高温対策技術である家畜飼養環境の改善（スプリンクラー設置、トンネル換気、クーリングパッドの設置、植物による庇陰など）は環境温度を物理的に下げることができるため、一定の効果が見込めると考えられる。さらに、高温対策効果が高い畜舎内環境制御方法の開発やスポット冷房システムの開発・改良（牛への吹き出し口の改良、冷風の制御法技術の改善等）が、委託プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発（平成22～26年度）」で実施されている。

表18 畜産における高温適応技術に関連する研究プロジェクト一覧

畜種	研究内容	プロジェクト研究	研究期間 (年度)	実施研究所
乳用牛	乳牛舎における暑熱指標と脱石油エネルギー型防暑対策技術の開発、乳牛の育成・周産期・泌乳に及ぼす高温ストレスの影響評価の高度化と適正給与技術の開発 他	農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発	22～26	農研機構 畜産草地研究所、九州沖縄 農業研究センター 他
豚	高アントシアニンとうもろこし等の機能性自給粗飼料多給による生乳生産技術の開発、有色素米等の機能性を活用した肥育豚の暑熱対策技術の開発 他	自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発	22～26	農研機構 畜産草地研究所、九州沖縄 農業研究センター 他

## 参考文献

- 1) 森田(2005) 農業技術 60:442-446
- 2) 寺島ら(2001) 日本作物学会紀事 70:449-458
- 3) 若松ら(2007) 日本作物学会紀事 76 : 71-78
- 4) 高橋(2006) 農業及び園芸 81:1012-1018
- 5) 岩井・小岩(2006) 近畿中国四国農業研究センター報告 8:20-23
- 6) 田中ら(2010) 日本作物学会紀事 79 : 450-459
- 7) 田中・狩野(2008a) 平成 19 年度関東東海北陸農業研究成果情報
- 8) 坂田ら(2008) 日本作物学会紀事 77 (別 2) : 38-39
- 9) 森田ら(2009) 日本作物学会紀事 78 (別 1) : 36-37
- 10) 川口ら(2009) 北陸作物学会報 44:19-21
- 11) 森田ら(2010) 九州沖縄農業研究センター資料 94 : 1-105
- 12) 南雲ら(2010) 北陸作物学会報 45:19-21
- 13) 中村ら(2003) 北陸作物学会報 38 : 18-20
- 14) 千葉ら(2009) 日本作物学会紀事 78:455-464
- 15) 林ら(2009) 日本作物学会紀事 78 (別 1) :32-33
- 16) 井上ら(2004) 福井県農業試験場報告 41:15-28
- 17) 守田ら(2009) 北陸作物学会報 44:22-24
- 18) 松村(2008) 日本作物学会紀事 77 (別 2) :14-15
- 19) 田中・狩野(2008b) 平成 19 年度関東東海北陸農業研究成果情報
- 20) 中川(2008) 北陸作物学会報 43:133-136