

令和5年度 公益財団法人日本ヘルスケア協会
ヘルスケア研究助成試験

ケイ酸入り肥料及び腐植酸資材の施用が
白米のケイ素及びミネラル含量に及ぼす影響

試験期間 令和5年4月～令和6年3月

人体と植物体の元素濃度

元素	人体(生体)	植物体(乾物)	植物/人体比
	ppm		
チツソ(N)	30,000.000	15,000.00	0.50
カルシウム(Ca)	15,000.000	5,000.00	0.33
リン(P)	10,000.000	2,000.00	0.20
硫黄(S)	2,500.000	1,000.00	0.40
カリウム(K)	2,000.000	10,000.00	5.00
ナトリウム(Na)	1,500.000	10.00	0.01
塩素(Cl)	1,500.000	100.00	0.07
マグネシウム(Mg)	500.000	2,000.00	4.00
鉄(Fe)	87.500	100.00	1.14
フッ素(F)	42.800		
ケイ素(Si)	28.500	1,000.00	35.09
亜鉛(Zn)	28.500	20.00	0.70
マンガン(Mn)	1.430	50.00	
銅(Cu)	1.140	6.00	34.97
セレン(Se)	0.171		5.26
ヨウ素(I)	0.157		
モリブデン(Mo)	0.143	0.10	0.70
ニッケル(Ni)	0.143	0.05	0.35
ホウ素(B)	0.143	20.00	139.86
クロム(Cr)	0.029		
コバルト(Co)	0.021	0.10	4.67

人体の体重1kg当たりの濃度は、『生命元素辞典』(オーム社,2006)による。

植物体の乾物当たりの濃度は、エプスタイン『Mineral Nutrition of Plants:Principles and Perspective』(2005)による。

ケイ素の働き

人 体

骨・腱・血管・歯・爪などの結合組織を強化する。
動脈硬化を予防すると考えられている。

組織と組織をつなげるセメント役としてのコラーゲンを
ケイ素は、束ねて結合組織を強くすると考えられている。
人体の中でも丈夫な組織(骨・腱・血管・歯・爪など)に
ケイ素は多く含まれる。

植物体

葉や茎のクチクラ層付近に集積し、ケイ化細胞をつくる。

ケイ化細胞により組織が強化され、倒伏の軽減や
光合成の活性、病気の抵抗性向上高温障害の軽減
効果が期待できる。

【目的】

ケイ素やミネラルの含有量の高いコメの生産が出来れば、人間の健康にも寄与するものとする。

腐植酸及びミネラル肥料の施用により、白米のケイ素及びミネラル含量の及ぼす影響を確認し、人間の健康に寄与するコメの栽培方法について検証をする。

【方法】

新潟県、茨城県の圃場及びポットにおいて

腐植酸・ミネラル肥料の有無の試験を設定。(詳細は別途記載)

収穫物の各部位(白米・玄米・粳・稻体(茎葉))のケイ素及びミネラル(P・K・Mg・Ca・Fe・Zn・Mn・Cu・Al・As・Pd)を分析し、有意差を確認する。別途、圃場試験においては、玄米収量を調査し、有意差を確認する。

【圃場試験】

- ①水原圃場(新潟県阿賀野市)
- ②丸山圃場(新潟県阿賀野市)
- ③渡辺圃場(新潟県新発田市)

【ポット試験】

- ④バケツ栽培試験(新潟県新潟市)ワグネル
- ⑤ポット栽培試験(茨城県つくば市)

試験に使用する資材

	商品名	内容	使用量	使用方法
育苗時	HS-2プロ	腐植酸入り液肥	0.5cc/箱	葉面散布
	ハニーフレッシュ	ケイ酸・苦土・ミネラル入り液肥	10g/箱	
基肥時	腐植無双 極	泥炭由来天然腐植酸資材	30kg/10a	土壌散布
	ハイグリーン	粒状ケイ酸・苦土ミネラル肥料	40kg/10a	
追肥時	ハイポン	粉状ケイ酸・苦土ミネラル肥料	20kg/10a	土壌散布 (流し込み)
	HS-2プロ	腐植酸入り液肥	100cc/10a	葉面散布
	ハニーフレッシュ	ケイ酸・苦土・ミネラル入り液肥	100g/10a	

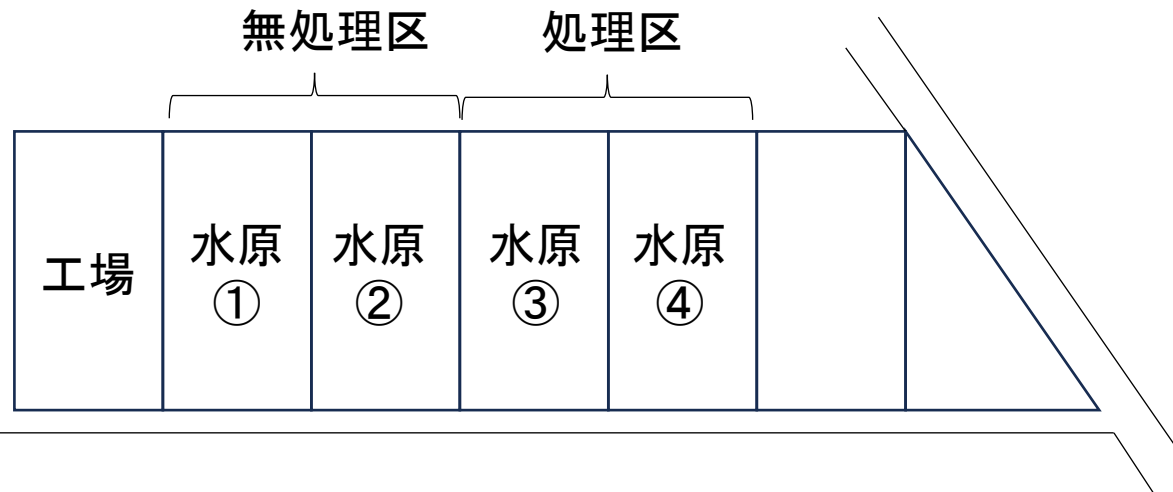
※三要素肥料は、母肥力10(N10-P10-K10)を共通として使用した。



①水原圃場（阿賀野市）

品種：従来コシヒカリ 田植え：5/6 圃場面積：20a 栽植密度：42株/坪

施用時期	資材名	水原① (無処理区)	水原② (無処理区)	水原③ (処理区)	水原④ (処理区)
土づくり資材	腐植無双 極			30	30
	乳酸卵殻	40	40	40	40
	ハイグリーン			60	60
基肥	母肥力10	60	60	60	60
調節肥	ハイボン			20	20
穂肥	母肥力10	10	10	10	10
葉面散布	ハニーフレッシュ			15g	15g
葉面散布	HS2プロ			100cc	100cc
チッソ量		7.0	7.0	7.0	7.0
ケイ酸量				12.8	12.8

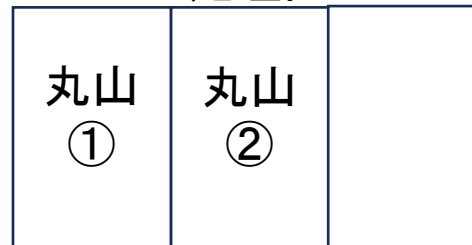


②丸山圃場（阿賀野市）

品種：従来コシヒカリ 田植え：5/6 圃場面積：20a

施用時期	資材名	丸山① (無処理区)	丸山② (処理区)
土づくり資材	腐植無双 極		30
	ハイグリーン		40
基肥	母肥力10	40	40
調節肥	ハイグリーン		20
穂肥	母肥力10	20	20
葉面散布	ハニーフレッシュ		15g
	HS2プロ		100cc
チッソ量		6.0	6.0
ケイ酸量			9.6

無処理区 処理区



③渡辺圃場（新発田市）

品種:コシヒカリBL 田植え:5/27 圃場面積:50a 栽植密度:50株/坪

施用時期	資材名	渡辺① (無処理区)	渡辺② (処理区)
土づくり資材	腐植無双 極		30
	ハイグリーン		40
基肥	越後の輝き スーパー元肥有機50 12-6-5	40	40
調節肥	ハイグリーン ミルキー		20
穂肥	なし		
葉面散布	なし		
チッソ量		4.8	4.8
ケイ酸量			9.6

【留意点】

水原圃場、丸山圃場の設計と異なる。

(基肥・追肥の違い 葉面散布の有無)

田植えが5/27と遅い。

品種がコシヒカリBLと他の試験と異なる。

無処理区

処理区

渡辺 ①		渡辺 ②
---------	--	---------

③バケツ栽培試験（新潟）

④ワグネルポット栽培試験（つくば市）

育苗時の施用

施用時期	資材名	無処理区	処理区
葉令1.5時 散水	ハニーフレッシュ		10g
	HS2プロ		0.5cc

ポットあたりの施肥量(g)

施用時期	資材名	C1~4 (無処理区)	T1~4 (処理区)
土づくり資材	腐植無双 極		6.0
	ハイグリーン		8.0
基肥	母肥力10	10.0	10.0
調節肥	ハイポン		3.0
穂肥	母肥力10		
葉面散布	ハニーフレッシュ		1.0
葉面散布	HS2プロ		0.2cc

※バケツ栽培試験は、ネイグル新潟本社（新潟市）の試験を調査していたが、高温の影響を受けて、ほとんどが不稔粒となり、サンプル採取が不可能だった。代替として、ネイグル新潟 長岡営業所（長岡市）でも同様の試験を実施していたため、新潟市のサンプリングを断念し、長岡市の稲をサンプリングを行った。

2023年米等級割合(%)

	1等	2等	3等	等外
新潟	15.6	47.1	34.3	2.9
栃木	84.2	14.3	1.0	0.5
茨城	56.3	38.7	4.7	0.4
全国	61.3	30.3	7.0	1.5

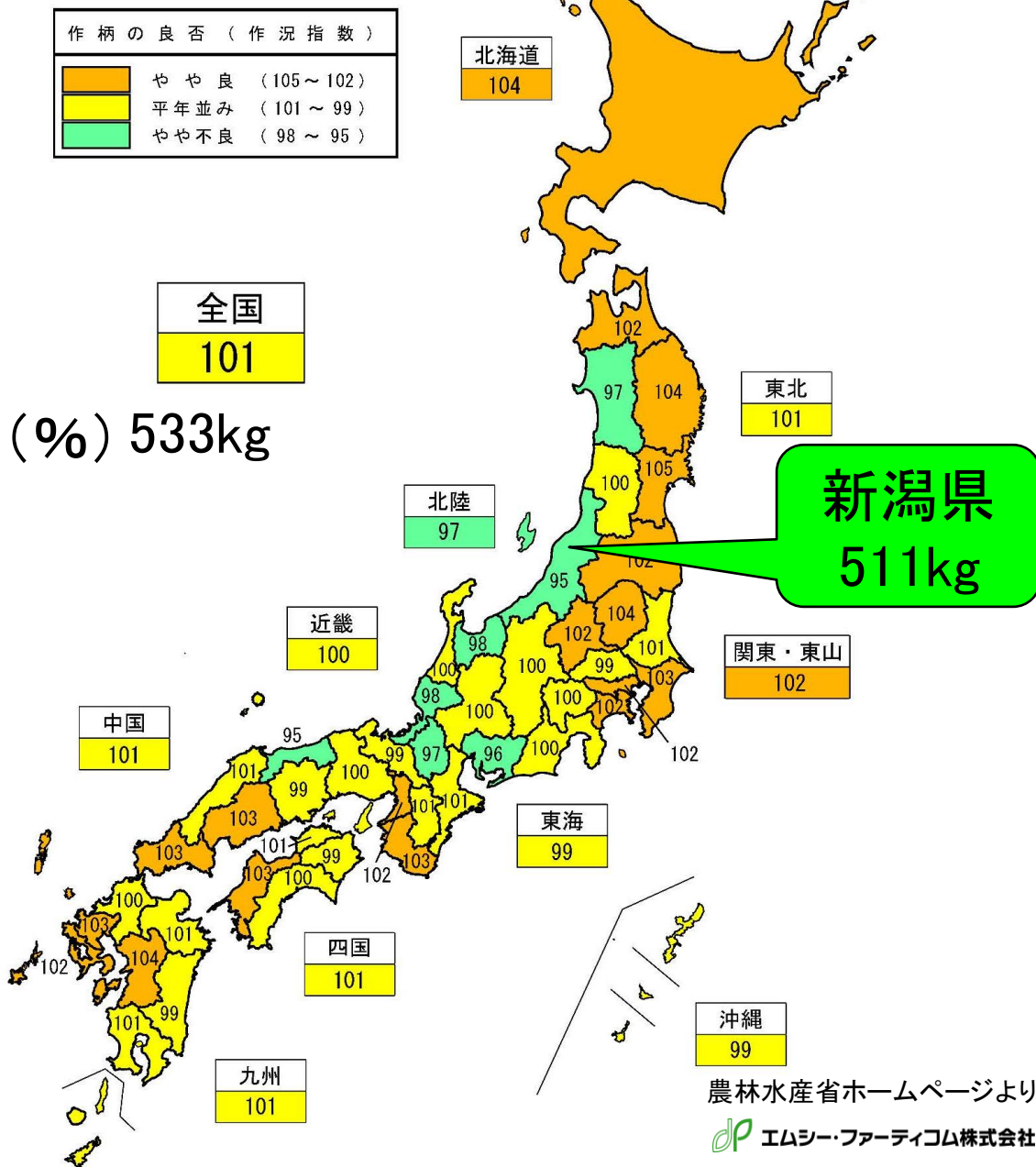
2023年コシヒカリ等級割合(%) 533kg

	1等	2等	3等	等外
新潟	5.0	42.0	49.5	3.5
栃木	86.0	13.1	0.8	0.1
茨城	46.2	47.7	5.6	0.5

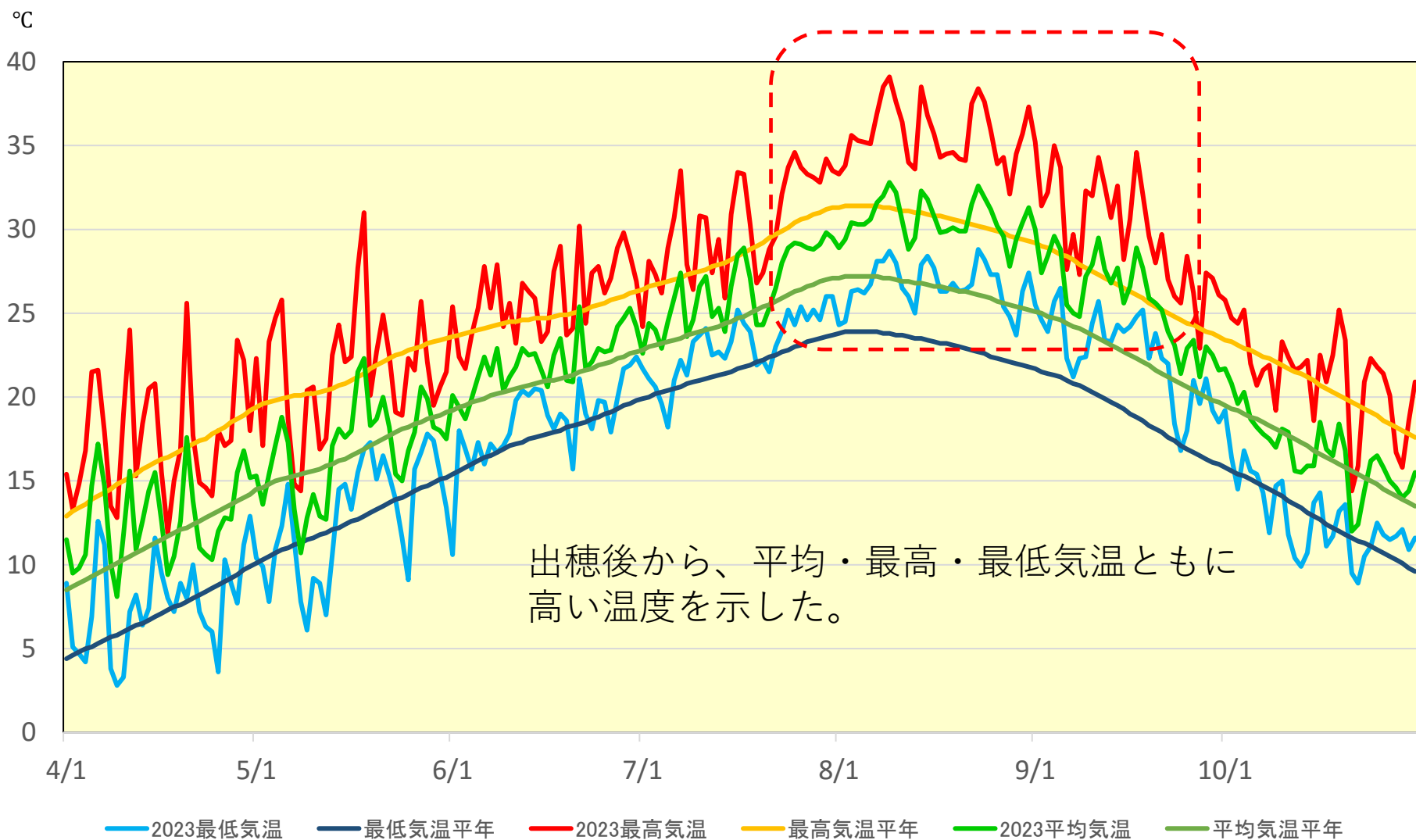
他品種等級割合(%)

	1等	2等	3等	等外
こしいぶき	14.0	75.8	9.8	0.4
新之助	94.7	4.5	0.2	0.5

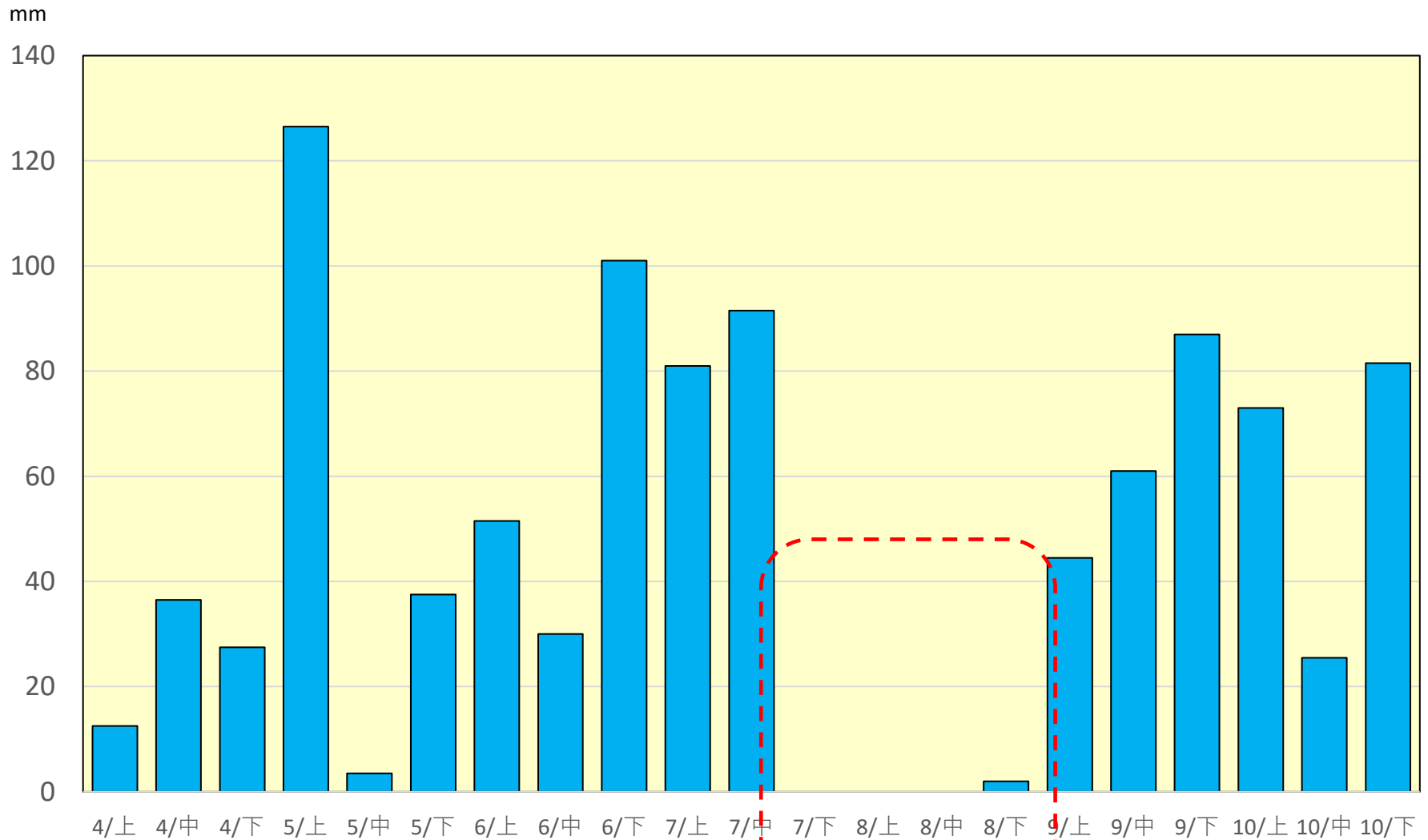
2023年 水稻作況(10/25現在)



2023年4月～10月の新潟市気温の変化

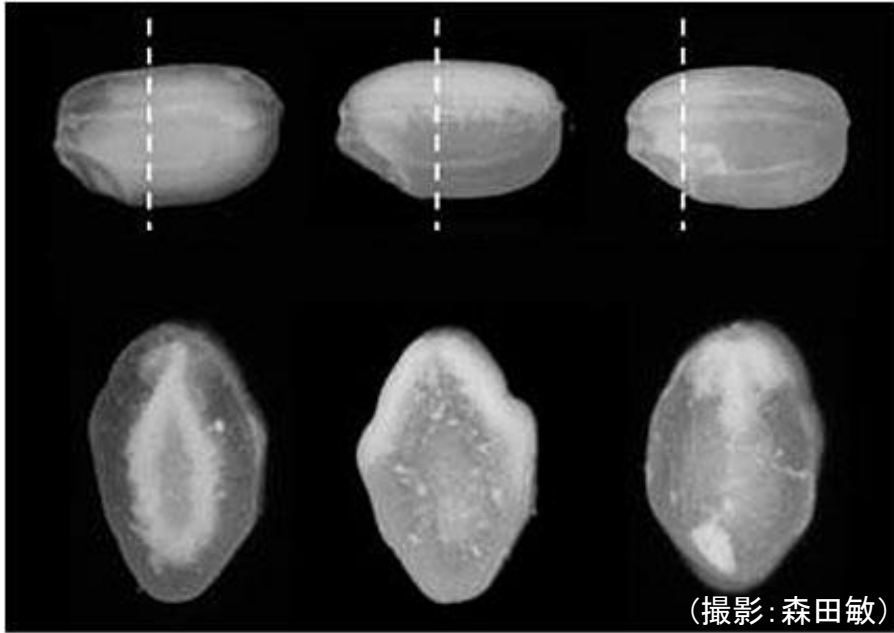


2023年4月～10月旬別の新潟市降水量



出穂後から、まったく降雨がなかった。

白未熟粒について



乳白粒 背白粒 基白粒

白濁部位により「心白」「腹白」「背白」「乳白粒」等と呼ばれている。高温によりでんぷんの蓄積が阻害されて発生する。白く見えるのは、でんぷん粒間に隙間が生じ、白く反射するため。

【発生要因】

①出穂20日間の気温が高い。

20日間の平均で

→最高気温32度以上

→平均気温27度以上

→最低気温23度以上

②総もみ数が多い

③水ストレス(フェーン現象・早期落水)

④登熟期の日照不足 イネの栄養不足

新潟市の平均気温

2022年7/25-8/20

2023年

最高気温: 31.6°C 35.1°C

平均気温: 27.7°C 30.1°C

最低気温: 24.6°C 26.1°C



バケツ栽培試験（新潟）の穂

暑さの影響で不稔粒（実がはいらない粃）が多発した。



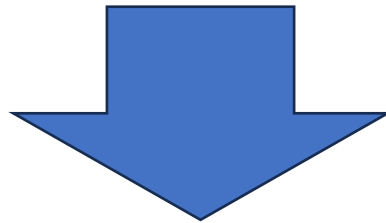
ワグネルポット栽培試験（つくば）の穂

ポットを水で保護したため、不稔粒の発生は少なかった。

本試験を評価するにあたってのコメント

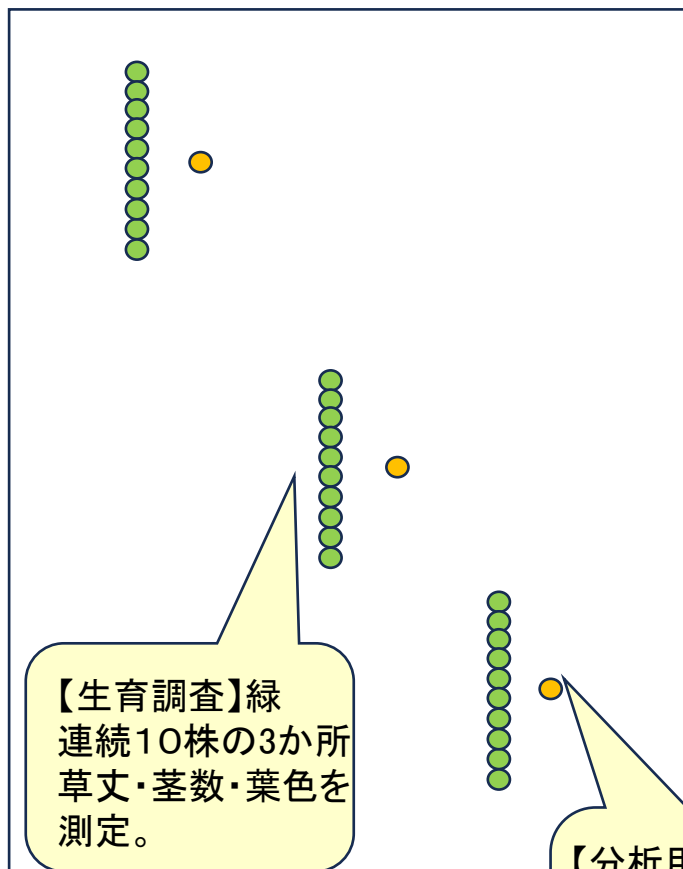
③渡辺圃場は、元肥肥料の違いや追肥での腐植酸資材の施用が出来なかったため、他の試験と異なる肥培管理となっており、本試験を評価するには難しいと判断

④バケツ試験(新潟)は、昨年の異常高温の影響により、粃の不稔が多発し、サンプル(白米)の採取が少量になったことと、3連で試験を実施したが、生育に個体差が生じたため、本試験を評価するには難しいと判断



①水原圃場②丸山圃場と
⑤ワグネルポット試験(つくば)の試験を考察することとした。

中間調査(稲体)分析用サンプリングについて



【生育調査】

各圃場 生育の平均的な3か所より連続10株、
草丈・茎数・葉色を測定した。

【分析用サンプリング】

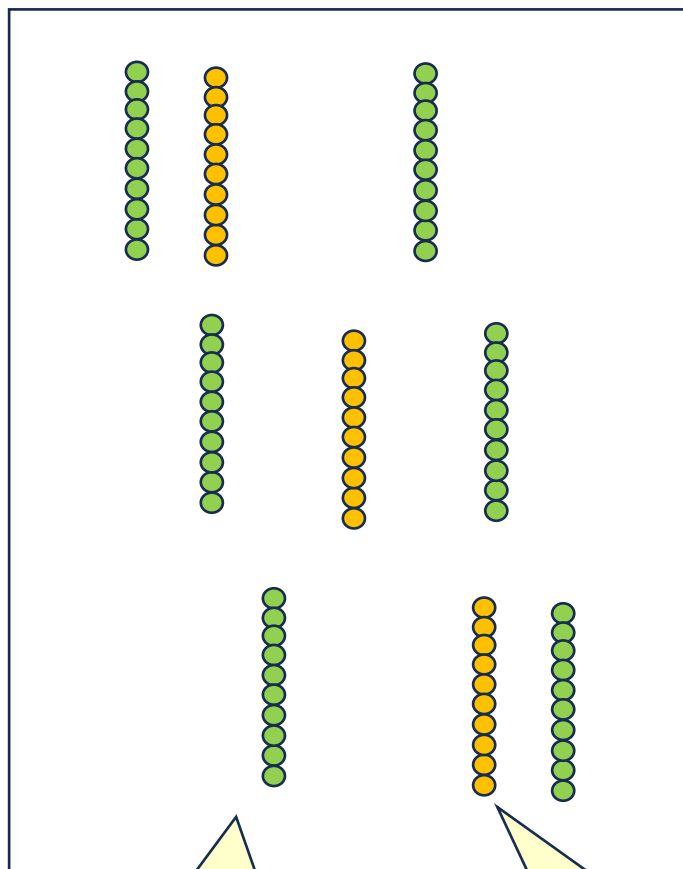
生育調査した付近の連続10株の平均値に近い株
を1株の根ごと抜き取り、各区3株ずつ採取した。
採取した株を洗浄し乾燥後、分析に供した。

分析項目:C N Si Mg Ca K P Zn Fe Cu Al
分析:エムシー・ファーティコム(株)

【分析用】橙

連続10株の平均
値に近い株を1株採
取り、1区3株採取し
た。

収量調査及び稲体・粃(玄米・白米)分析用サンプリングについて



【収量調査】

各圃場 生育の平均的な6か所より連続10株、
合計60株採取し、60株の穂数を測定した。
60株の平均穂数に近い稲株10株を選出し、
10連で収量構成要素(穂数・1穂着粒数・登熟歩合
・千粒重)を調査した。

【分析用サンプリング】

各圃場 生育の平均的な3か所より連続10株採取し、
各圃場3サンプルとして、粃・稲体を選別して分析に
供した。

玄米・白米は岡山大学 粃・稲体はMCFCで分析
を実施した。

分析項目: Si Mg Ca K P Zn Fe Cu As Pb

【収量調査】緑
連続10株の6か所
合計60株採取した。

【分析用】橙
連続10株の3か所
採取した。(1区3連)

結果

1) 白米・玄米・もみ殻のケイ素含有量 (分析: 岡山大学 資源植物科学研究所)

	分析日	区	ケイ素濃度					
			白米 (ppm)		玄米 (ppm)		もみ殻 (%)	
① 水原 圃場	12/18	無処理	24.1	ns	20.5	*		
		処理	27.9		23.8			
	1/10	無処理	32.7	ns	32.1	ns	8.6	*
		処理	31.9		30.2		9.8	
② 丸山 圃場	12/8	無処理	25.8	ns	24.8	ns		
		処理	27.8		24.8			
	1/10	無処理	34.4	ns	29.1	ns	8.8	ns
		処理	32.0		32.9		9.1	
③ つくば ポット	12/8	無処理	29.0	ns	31.1	ns		
		処理	27.8		30.0			
	1/10	無処理	49.0	*	36.4	ns	8.1	*
		処理	43.2		47.8		7.3	

2) 白米・玄米のケイ素以外の無機分析 (分析:岡山大学 資源植物科学研究所)

試験場所	品名	区分	Mg (mg/100g)	P (mg/100g)	K (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Mn (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Zn (mg/100g)	As (mg/100g)	Cd (μ g/kg)
① 水原圃場	玄米	無処理	1,383	3,560	2,972	134	19.8	10.8	1.09	19.5	0.85	14.4
		処理	1,406	3,690	3,012	132	20.8	11.2	1.16	19.9	0.65	13.8
	白米	無処理	482	1,350	1,184	79	6.7	7.9	0.94	16.3	0.50	15.9
		処理	491	1,376	1,179	77	7.2	9.3	1.03	16.0	0.42	16.1
② 丸山圃場	玄米	無処理	1,348	3,698	2,887	136	30.0	11.0	3.50	25.1	0.36	63.3
		処理	1,399	3,797	2,950	137	22.2	11.3	1.74	23.2	0.48	8.7
	白米	無処理	453	1,382	1,102	77	9.3	3.2	3.28	20.7	0.25	74.7
		処理	450	1,364	1,053	79	7.1	6.5	1.60	18.7	0.33	13.2
③ つくば ポット	玄米	無処理	981	2,227	2,173	106	28.1	12.0	3.25	31.6	0.08	1.3
		処理	972	2,228	2,219	101	29.6	13.4	3.13	31.1	0.10	1.9
	白米	無処理	398	1,035	1,128	70	11.6	5.1	2.94	25.6	0.07	2.1
		処理	406	1,066	1,210	72	13.2	7.1	2.86	26.6	0.08	2.1

3) 稲藁の無機分析 (分析:エムシー・ファートイコム)

試験地	区分	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Al	SiO ₂
		%					mg/kg				
① 水原 圃場	無処理区	0.17	1.56	0.31	0.15	0.03	163	218	22.7	1.03	8.6
	処理区	0.15	1.43	0.30	0.15	0.03	182	194	20.0	0.75	9.1
② 丸山 圃場	無処理区	0.12	1.46	0.34	0.13	0.03	463	108	28.5	1.80	7.9
	処理区	0.14	1.52	0.29	0.12	0.04	153	190	22.1	0.80	7.5
③ つくば ポット	無処理区	0.03	1.40	0.33	0.17	0.05	756	152	41.2	1.00	8.9
	処理区	0.03	1.28	0.30	0.16	0.05	701	178	38.5	1.10	8.6

4) 粃(玄米含む)の無機分析 (分析:エムシー・ファートイコム)

試験地	区分	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	Cu	SiO ₂
		%					mg/kg				
① 水原 圃場	無処理区	0.27	0.30	0.03	0.12	0.02	38	19.2	19.6	0.97	4.3
	処理区	0.30	0.32	0.03	0.13	0.02	43	21.1	19.4	1.08	4.8
② 丸山 圃場	無処理区	0.33	0.30	0.04	0.13	0.02	94	21.4	29.0	3.30	4.6
	処理区	0.31	0.28	0.04	0.12	0.02	53	21.0	25.8	1.67	4.4
③ つくば ポット	無処理区	0.01	0.37	0.06	0.04	0.01	204	82.0	23.0	1.40	16.4
	処理区	0.01	0.38	0.06	0.04	0.01	220	98.7	24.5	2.15	15.7

※③つくばポットのSiO₂は、不稔粃を測定。

5) 圃場試験の収量調査結果とケイ酸の吸収量 (分析: エムシー・ファーマーティコム)

収量調査結果

試験場所	区分	穂数 (本/m ²)	1穂着粒数 (数/1穂)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米収量 (kg/10a)
①水原圃場	無処理	365	89.6	86.1	21.7	611
	処理	366	88.9	86.4	21.8	612
②丸山圃場	無処理	338	83.9	87.9	22.1	550
	処理	370	83.1	88.3	22.8	617 *

ケイ酸吸収量

試験場所	区分	精玄米収量 kg/10a	粃収量 kg/10a	粗ケイ酸%	玄米収量× 粗ケイ酸(%)
①水原圃場	無処理	611	764	4.3	32.8
	処理	612	765	4.8	36.7
②丸山圃場	無処理	550	688	4.6	31.6
	処理	617	771	4.4	33.9

【総括】

1) 白米・玄米のケイ素

一部の試験において有意差が認められる結果があったものの白米・玄米には、ケイ素が有意に高まる傾向が認められなかった。

2) 白米・玄米のケイ素以外の元素分析

一部の試験において有意差が認められる結果があったものの全体を通じて、各試験ともに有意差が認められなかった。

3) 収量性

圃場試験の2か所において、処理区は同等～上回る結果が得られ1か所で有意差が認められた。

4) 稲藁・もみ殻へのケイ素の吸収量

圃場試験の2か所において、処理区は有意差はないが、10a当たりの粗ケイ酸の吸収量がやや高い傾向にあった。

白米へのケイ素が多くなる傾向は認められなかった。

しかし、稲藁や粃へのケイ素の吸収量の向上効果は有意差はないものの若干高まる傾向があった。

【各試験のコメント】

①水原圃場

毎年、ミネラルや腐植酸の試験を実施している圃場だったため、潜在的にミネラルが豊富な土壌条件だった。

そのため、収量性に差はなかったが、粃や稻わらのケイ素含有量が向上し、吸収量がやや高まった。

②丸山圃場

ミネラルや腐植酸等の土づくり資材はあまり投入されていない圃場で、潜在的にミネラルが不足気味な土壌条件だった。

そのため、収量性が有意に高まったが、粃や稻わらのケイ素含有量はやや低い傾向だった。収量性が高まり、分散されたためと考える。しかし、10a当たりのケイ酸の吸収量は、やや高まった。

③つくばポット

3連で試験を実施したが、個体差により、値にバラツキがあり有意差を確認するには厳しい条件だった。

ポットの管理等(ポットの位置のローテーション、水管理)にも不備があったためと考える。

【試験結果の検討】

日時：2024年3月28日

場所：岡山大学資源植物科学研究所

参加者：岡山大学資源植物科学研究所

日本ヘルスケア協会

元東京農業大学 客員教授

小西安農業資材(株)

エムシー・ファーティコム(株)

馬教授

上杉部会長

渡辺氏

鈴木常務

中村

●白米・玄米のケイ素について

籾の%に比べ、白米・玄米はmg/kg(ppm)と1/10,000で有意差を求めても誤差の範疇だと考えられる。

よって、ケイ酸資材によって白米にケイ素が有意的に集積することは少ないと考えられる。

●籾・稻わらのケイ素について

ミネラル(ケイ素)含量がもともと高い土壌では、それらを施用しても、植物栄養学の観点から限界を超えて、植物は吸収しない為、結果が出にくいと考えられる。

ケイ素の吸収効果を確認する場合は、ミネラルの痩せた環境で、含有率の高い【籾殻】で確認すれば、結果が見られる可能性がある。

馬	渡辺	上杉	鈴木	中村