



土づくり運動

# ケイカル<sup>Q</sup>の<sup>A</sup>

改訂版

けいカルで  
よい土、よい稲  
うまい米



倒伏防止・受光態勢の良化・病害虫の防止  
秋落ち防止・冷害軽減・登熟歩合の向上  
高品質農産物の生産



珪酸石灰肥料協会

東京都中央区日本橋茅場町 2-14-1  
〒103-0025 第一井上ビル403  
TEL: 03-5651-1616  
FAX: 03-5651-1615

珪酸石灰肥料協会



ケイカルは昭和30年に肥料として世にでてから数十年を経過しました。この間、うまいコメづくり、土づくりには欠くことのできない環境にやさしい肥料として普及してまいりました。

ケイカルは、稲を丈夫に育て、病虫害や倒伏に対する抵抗力を強め、また登熟歩合を高めて食味を向上させるなどのさまざまな効果については周知のことと思います。

近年、世代の交代による若返りや、農業をとりまく環境の変化からケイカルに対する認識も薄れつつありますが、消費者の食生活の多様化からおいしいコメに対するこだわりがあり、農家の良食味米生産に対する関心が高くなっており、ケイカルに関する質問等も数多く寄せていただいております。

そこで、このたび最近の研究情報をとりいれて「ケイカルQ & A」を改訂いたしました。

ケイカルを使うにあたっての疑問点を解決し、ケイカルをご理解していただくための参考になれば幸いです。

なお、内容については水稻に対する効果、畑作物に対する効果、その他の3部に分類して見やすく編集しておりますのでご利用ください。

また、疑問点、ご意見などがありましたら珪酸石灰肥料協会あてにお寄せくださるようお願い申し上げます。

平成9年8月

珪酸石灰肥料協会  
理事長 小林 弘

## ケイカルQ & A

ケイカルのおいたち	3
ケイカル製造法と含有成分	4

### Q & A

#### I. 水稻に対する効果

- Q1. 土壌のけい酸は作物には吸収されないとされていますが、ケイカルはどのように溶けて作物に吸収されるのですか? 6
- Q2. ケイカルは水稻にどんなはたらきをするのか、具体的に教えてください。 6
- Q3. ケイカルはどんな水田で効果があるのですか? 7
- Q4. 水稻にはどのくらいのけい酸が必要ですか? 8
- Q5. ケイカルはどのくらいがいいですか? 8
- Q6. 堆肥や稲わらを施用してもケイカルは必要ですか? 9
- Q7. かんがい水のけい酸が多いときでもケイカルは必要ですか? 9
- Q8. ケイカルはいつ施用したらよいのでしょうか? 秋散布しても成分が流れるようなことはありませんか? 10
- Q9. ケイカルは毎年施用しなければならないのでしょうか? 11
- Q10. ケイカルを追肥として施用する場合の施用時期と施用量を教えてください。 12
- Q11. 土壌中の有効態けい酸が多い場合、ケイカルを施用する必要はありませんか? 13
- Q12. 土壌のpHが高い場合、ケイカルを施用しても支障ありませんか? 14
- Q13. ケイカルは水稻の登熟歩合を向上し、良質米の生産に効果があると聞きますが本当でしょうか? 15
- Q14. ケイカルは稲わらの分解を促進する効果がありますか? 16
- Q15. ケイカルと米の食味との関係について教えてください。 17
- Q16. 冷害の年でもケイカルを施用すると被害が軽いと聞きますがどうしてですか? 19
- Q17. ケイカルを施用した水田の稲は干害やフェーン現象にも強いと聞きますが、本当でしょうか? 19
- Q18. ケイカルは水稻の倒伏に対する抵抗力を強くするといわれていますが、どうしてですか? 20
- Q19. ケイカルはいもち病などの病虫害を少なくするといわれていますが、どうしてですか? 21
- Q20. ケイカルは根を丈夫にするといわれていますが、本当でしょうか? 23
- Q21. ケイカルを施すと窒素を多く施してもよいというのは本当ですか? 24
- Q22. ケイカルは有機物と併用すると効果が増すといわれますがどうしてですか? 25



Q23. 米づくりのコスト低減が叫ばれていますが、ケイカルを使った場合の経済効果について教えてください。—— 26

## II. 畑作物に対する効果

Q24. 畑土壌に対するケイカルのはたらきについて教えてください。—— 30

Q25. 畑作物にもけい酸は必要でしょうか？—— 30

Q26. ケイカルには微量要素が含まれていると聞きましたが効果があるのですか？—— 31

Q27. 畑作物に対するケイカルの施用量、施用時期などを教えてください。—— 32

Q28. 麦類に対するケイカルの効果を教えてください。—— 32

Q29. 大豆に対してケイカルはどういうはたらきをしますか？—— 34

Q30. とうもろこしやイネ科の牧草に対するケイカルの使い方、効果を教えてください。—— 34

Q31. ケイカルはきゅうり、すいかなどのウリ類に効果があると聞きますが本当でしょうか？—— 35

Q32. 野菜に対するケイカルの効果について教えてください。—— 36

Q33. さといもなどのイモ類に対してケイカルはどういうはたらきをしますか？—— 38

Q34. にんにくに対してケイカルはどのような効果がありますか？—— 39

Q35. ケイカルはゴルフ場などの芝を丈夫にすると聞きますが、効果、施用法などについて教えてください。—— 39

Q36. 竹林やたけのこにケイカルがよく使われていますが、どういう効果があるのですか？—— 39

Q37. きくやかすみ草などの花類に対してケイカルはどのような効果がありますか？—— 41

## III. その他

Q38. ケイカルの融雪効果について教えてください。—— 44

Q39. 混合肥料について教えてください。—— 45

Q40. ケイカルや混合肥料は散布量が多く、労力的にも時間的にも散布するのが大変ですが、簡単に散布する方法はないのでしょうか？—— 46

Q41. 集団機械散布の経済性について教えてください。—— 48

Q42. 最近世界的に環境問題や食物の安全性などが問題になっていますが、ケイカルは安全でしょうか？—— 50

Q43. 数年前、一部の新聞やテレビで、ある大学教授の研究として「ケイカルを施用すると石灰が吸収され、いもち病になりやすい」という報道がありました。本当でしょうか？—— 50

Q44. ケイカルは鉍さいの種類や粒度によって肥効の差がありますか？—— 51

Q45. 以前、ある雑誌で「効かないケイカル」のことを読んだことがありますが、本当に効かないのでしょうか？—— 52

# ケイカルのおいたち

けい酸は植物の生育に有益な成分であり、特に水稲などのイネ科の作物には大量に必要です。水稲に対するけい酸の生理的役割は、けい化細胞を作り、病虫害や倒伏に対する抵抗性を増し、水分の蒸散を調節するなど、水稲を健全に生育させるとともに良質米の生産に役立ちます。

けい酸の施用で水稲が増収したという試験成績は大正初期に発表されています。戦後、米の生産技術が進歩するにつれて、特に秋落水田の改良にけい酸の効果が高いことが確認されてから、安いけい酸肥料として、けい酸を多量に含む鉍さいの肥料化についての研究がはじめられ、各地の研究機関で多くの試験が行なわれました。

鉍さいの主成分であるけい酸や石灰はもちろん、そのほかに含まれている苦土、マンガ、鉄などの特殊成分についても各所でその効果が確認されました。

当時全国各地203ヶ所で実施された栽培試験成績

第1表 けい酸石灰の効果

区 分	試験数	対標準区 比 率	施用量 kg/10a
漏水過多田	11	105.6	154
漏水過多、鉄欠乏田	94	111.6	216
排水不良田	23	104.6	191
腐植過多田	28	106.4	198
排水不良、腐植過多田	47	105.7	193
合計	203	108.4	203

耕土培養事業10周年記念誌

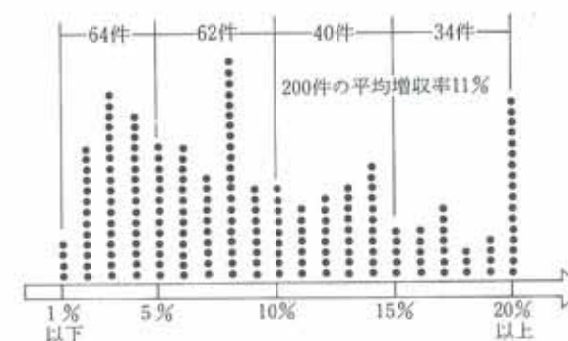
を、当時の農林省（現在農林水産省）で水田の条件別にまとめ発表したものが第1表で標準区（無施用区）と比較して平均108.4の増収率となっています。

その結果、農林省では昭和30年8月にけい酸を有効成分とすると同時に、肥料公定規格の中に「けい酸質肥料」を新しく設定し、鉍さいの中から肥料の効果が確認され、有害成分のないものをケイカルとして、はじめて公認しました。

ケイカルが肥料として正式に認められた後も各地の農業試験場では施用方法、施用量、効果などについていろいろ数多くの試験が繰り返され、安定した水稲の生育、良質米づくり、土づくり肥料の主役として、絶対に必要な資材であることが確認されました。

当時、各地の農業試験場で実施した多数の試験の中から200件を無作為に抽出し、その成績をまとめたのが第1図です。

第1図 ケイカル施用により米の収量が増加  
全国各県の栽培試験200件の増収率



## ケイカルの製造法と含有成分

ケイカルは鉄や合金鉄、そのほかの金属をつくる際の鉍さいを原料としてつくられます(第2図)。

ケイカルの含有成分量は原料鉍さいの種類によって変わります。現在原料として使われ

ている鉍さいの大部分は製鉄所の高炉鉍さいです。そのほかシリコマンガ鉍さい、普通鋼鉍さいなども使われています。主な鉍さいの含有成分量は第2表のとおりです。

第2図 ケイカルの製造工程図



第2表 主な鉍さいの含有成分量 (%)

鉍さいの種類	成分名	けい酸 (SiO <sub>2</sub> )	石灰 (CaO)	灰 苔 (MgO)	土 灰 (MgO)	アルカリ分	マンガ ン (MnO)	酸化 鉄 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
高 炉 鉍 さい		30~40	35~45	2~6		40~50	0.3~1.7	0.4~2.4
普 通 鋼 鉍 さい		9~22	37~65	0.6~1.5		40~65	0.5~10	2~5
シリコマンガ鉍さい		30~40	30~40	1~4		30~45	6~10	3~10

## I 水稲に対する効果





### Q-1

土壌のけい酸は作物には吸収されないといわれていますが、ケイカルのけい酸はどのように溶けて吸収されるのですか？

**A** 土壌中には土壌粒子というけい酸分の高い物質が大量に含まれています。土壌粒子は40~60%のけい酸を含む安定性の高い結晶質の構造物で、物理的にも化学的にも変化しにくく溶けにくいので、土壌のけい酸は作物にはあまり吸収されません。  
ケイカルは水には溶けませんが、うすい酸に溶けるけい酸を30~35%含むほかに、石灰や苦土を含んでいるため、けい酸の結合力が弱く、土壌中のうすい酸に溶けやすくなっています。  
土壌中でケイカルがよく溶ける理由は次のとおりです。

(1) 作物の根から分泌される根酸や有機酸、炭酸ガスなどで溶けます (第3図)。

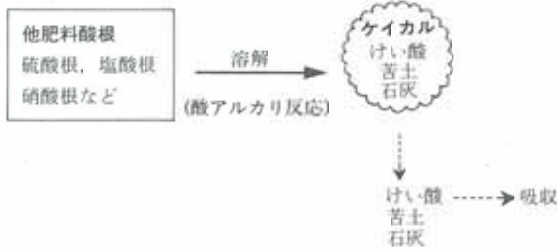


(2) 土壌中の水は炭酸ガスを含んでいます。この酸性の水がケイカルを溶かします (第4図)。



(3) 施肥された他の肥料から遊離する酸根により溶けます (第5図)。

第5図



- (4) 土壌中の土壌コロイドはイオン交換能をもち、ケイカルと土壌の間でイオン交換をして (ケイカルの構造をこわして) ケイカルが溶けます。  
(5) 堆きゅう肥、動植物遺体の分解の際に発生する有機酸、腐植酸で溶けます。  
(6) 土壌微生物が出す有機酸により溶けます。

### Q-2

ケイカルは水稲にどんなはたらきをするのか、具体的に教えてください。

**A** 水稲に対するケイカルの役割・効果はいろいろありますが、その主なものを要約しますと次のようになります。

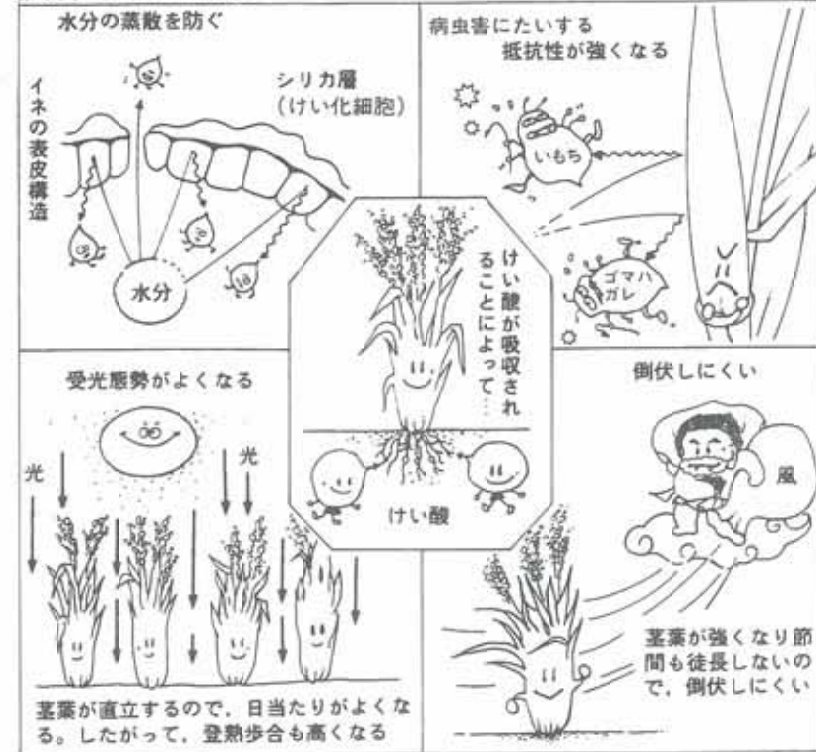
- 稲体を丈夫にするけい化細胞を作りますので、病虫害に対する抵抗性を強めます。
- 維管束が太くなるので組織が丈夫になり、倒伏に強くなります。
- 茎葉やもみがらのけい酸含有率が高くなり、千粒重が高まりますので米の品質が向上します。
- 根の酸化力が強まるとともに、葉が直立するので、受光態勢が良くなり、登熟歩合が向上します。
- 水分のムダな蒸散を抑え、干害などによる葉

身の老化を防ぎます。

(6) 土壌の酸性をなおし、石灰や苦土などの副成分の効果もあります。

第6図は、ケイカルの効果を図であらわしたものです。

第6図 ケイカルの効果



### Q-3

ケイカルはどんな水田で効果があるのですか？

**A** 施した肥料の効果を十分に発揮させるためには、いろいろの条件があるので簡単にはいえませんが、次のような水田には特に効果があります。

- 土壌の有効態けい酸含有量が少ない水田。
- かんがい用水のけい酸含有量が少ない水田。
- 有機物 (堆きゅう肥、稲わら) 施用量が少ない水田。
- 透水性のよい水田。
- 地水温が低く、けい酸の吸収が少ない水田。
- 収量水準が高く、けい酸の吸収持ち出し量が多い水田。
- 老朽化水田やいもち病、ゴマハガレ病常発水田。
- 基盤整備田。

農事試験場の出井氏は、土壌型とケイカル施用効果について第3表のような結果を報告しています。

これによると、透排水の悪いグライ土では効果が小さく、砂質土、黒ボク土では施用効果が大き

第3表 土壌型とケイカル施用の効果

	無施用区の収量	ケイカル10		ケイカル25	
		収量	指数	収量	指数
砂質土	48.9	56.7	116	58.2	119
黒ボク土	48.4	51.3	106	53.	110
灰色低地土	41.9	43.6	104	43.2	103
グライ土	50.0	52.0	104	50.0	100



なっています。施用効果の大きい砂質土は有効  
けい酸含量やけい酸供給力が少ないためであり、黒  
ボク土の場合はけい酸の有効性を阻害するアルミ  
ニウムなどが多いためと考えます。

また、土壌を構成する母材の種類によってけい  
酸供給力は大きく異なり、供給力の高い土壌の水  
稲はその含有率も高くなります。この関係は第4表  
に示すとおりです。

第4表 土壌のけい酸供給力

土壌の 母材	水稻のけい酸含有率 (茎葉)		土壌の可給性けい酸量 (100g)	
	分布幅	平均値	分布幅	平均値
花崗岩 石英斑岩	4.7~9.8	7.0	2.5~10.5	5.5
泥炭地	4.5~5.8	5.1		4.9
新しい 火山灰	15.6~18.1	16.2	22.7~31.0	28.0
頁岩	14.3~19.6	16.3	13.3~27.7	20.0

### Q-4

水稻にはどのぐらいのけい酸  
が必要ですか？

**A** 稲の葉身のけい酸含有率は栽培条件  
や土壌条件によって違いますが5~25  
%ぐらいです。健全な稲の茎葉のけい酸含有率は  
10%以上で多い場合は30%近いものもあります。

けい酸含有率の低い稲は、軟弱で病虫害や倒伏、  
異常気象（冷害、干害など）に対する抵抗力が弱  
く、また葉が下垂して受光態勢が悪くなるため、収  
量が低く、品質も悪くなります。

第5表は、米作日本一で10a当たり1t以上の収  
量をあげて、日本一になった長野県の北原氏の水  
田と、全国14県の農業試験場の標準栽培水田の10a  
当たりの肥料成分吸収量の平均を比較したもので  
す。

北原氏の場合は205kg、農業試験場の平均でも

86kgと多量のけい酸を吸収しています。

この吸収量を玄米収量100kgあたりに換算する  
と、両者とも20kgのけい酸量となり、これは窒素  
の10倍、りん酸の20倍に達し、玄米量の20%にあた  
ります。

第5表 玄米収量と養分吸収量との関係

		窒 素	り ん 酸	カ リ ウ ム	カ ル シ ウ ム	マ ン ガ ン	け い 酸	玄 米 収 量
10a当たり 養分吸収量 と玄米収量 (kg)	農 試 北原氏	9.1 19.5	4.6 10.0	14.2 33.3	3.2 6.4	0.4 1.0	85.5 204.8	428 1,024
玄米100kg 当たりの養 分吸収量 (kg)	農 試 北原氏	2.1 1.9	1.1 1.0	3.3 3.3	0.7 0.6	0.1 0.1	20.0 20.0	

\*北原氏は昭和33年度の米作日本一

### Q-5

ケイカルはどのぐらいの  
量がよいですか？

**A** 施肥量をきめる場合は次のことに注  
意しなければなりません。

- (1) 目標収量
- (2) 作物の生産に必要な吸収量
- (3) 天然供給量（かんがい水や土壌、堆肥・稲  
わらからのけい酸量）
- (4) 施用肥料の吸収利用率
- (5) 施用肥料の成分含有率

ケイカルは施用量を決めるときにも、これらの  
ことを考えなければなりません。各地区にはそ  
れぞれ標準施用量が決まっています。標準施用  
量はその地区の土壌、かんがい水、目標収量など  
を基にして定められており、普通100~200kg/10a  
ぐらいになっています。

いま玄米の目標収量を600kgとしたときのケ  
イカル施用量の計算をしますと第6表のとおりです。

第6表 ケイカル基準施用量の算出例(kg/10a)

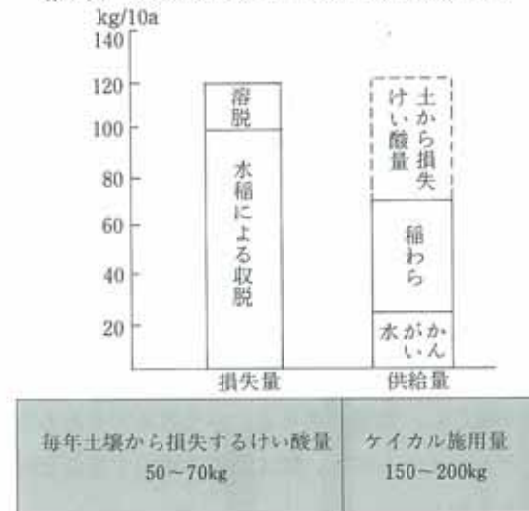
(玄米生産量600kg/10a)	
必要とするけい酸量(玄米量の20%)	120kg A
かんがい水中のけい酸量 (20ppm、かんがい水1,400トン)	28kg B
稲わら施用量(300kg/10a、稲わらのけい酸10%)	30kg C
補給を必要とするけい酸量(A-B-C)	62kg
ケイカル基準施用量 $62\text{kg} \times \frac{1}{0.3}$	約200kg
(ケイカルはけい酸分30%)	

この計算は算出例ですから、特に土壌中の有効  
けい酸が少ない場合や、稲わら・堆肥などを使用し  
ない場合はケイカルは施用量を多くしてください。

参考までに富山県の施肥設計例は次のとおりで  
す。

富山県のけい酸収支は、第7図のように損失量、  
供給量とも120kg/10aで、そのうち毎年土壌から  
損失するけい酸量は50~70kgとなっています。こ  
の損失量をケイカルで補給するわけで、ケイカル  
としては150kg~200kgが必要ということになり  
ます。

第7図 けい酸の収支(富山県:収量500kg/10a)



### Q-6

堆肥や稲わらを施用してもケ  
イカルは必要ですか？

**A** 堆きゅう肥や稲わら、籾殻には多量  
のけい酸を含有していますから、収穫  
したものをそのまま全量土に戻せば、地力けい酸  
が低下することはありません。

森林などで、特に肥料や有機物を施用しなくて  
も樹木が生長するのは、落葉や落枝が堆積・腐熟  
し、これから養分が供給されるいわゆる自己施肥  
が行われているからです。

しかし、農業では収穫したものを全部土に戻す  
ことは不可能です。

堆きゅう肥1tあるいは稲わら500kgを施用した  
としても、これから供給されるけい酸が40~50kg  
と考えられます。この量は施用した有機物のけい  
酸が全量吸収利用されたとしても稲の吸収するけ  
い酸100~120kgの1/3~1/2程度です。

かんがい水からの供給量を加えても不足します  
ので、ケイカル肥料でけい酸を補給する必要があ  
ります。

### Q-7

かんがい水のけい酸が多いと  
きでもケイカルは必要ですか？

**A** 第7表は日本の主要河川のけい酸含  
有量を示したものです。

これによると、けい酸の低いものは淀川の  
8.2ppm、多いものは岩木川の27.5ppmとなっ  
ています。当然これより多い水質の河川もあると思  
われますが、日本の河川のけい酸濃度は平均で



19.0ppmとなっています。

第7表 日本の主要河川のけい酸含量と供給量 (小林:1960)

	含 量 (ppm)	供給量 (kg/10a)
石狩川(北海道)	20.9	30.1
岩木川(青森)	27.5	39.6
北上川(宮城)	19.6	28.2
信濃川(新潟)	17.0	24.5
利根川(千葉)	21.1	30.4
天竜川(静岡)	12.9	18.6
淀川(大阪)	8.2	11.8
球磨川(熊本)	17.2	24.8
日本平均	19.0	27.4

\*供給量は産水水量1,440tとして算出

これらの河川の水をかんがいした場合、水から供給されるけい酸量は、岩木川で39.6kg、淀川で11.8kgとなります。この量は稲が吸収する100~120kgの1/4~1/10程度です。供給されるけい酸が全部利用された場合でもこの程度ですから、水からの供給量だけでは稲の吸収するけい酸は足りません。

参考までにかんがい水のけい酸利用についての研究を紹介しましょう。

- (1) 農業技術研究所の柳沢・高橋氏は全国18ヶ所の農業試験場におけるかんがい水から供給されるけい酸のうち、稲の吸収利用率は18~57%で平均すると29%としています。
- (2) 京都大学の高橋教授は、北陸農業試験場において行ったライシメーターによる養分収支の試験成績から、かんがい水けい酸の利用率は12~41%としています。
- (3) 栃木県では河川のけい酸利用率は20%として施肥設計をたてています。
- (4) 宮城県農業センターでは、泥炭地水田の養分収支に関する研究において、かんがい水から供給される量の約2倍のけい酸が溶脱・排出されるとしています。

このようにかんがい水からも多量のけい酸が供給されますが、この量は稲の吸収する量の1/3~1/4

程度ですので、不足けい酸はどうしてもケイカルによるけい酸補給が必要となります。

- (5) 岩手県農業試験場において、県内の主要な河川の水質調査(平成4年)をした結果によると、最近の河川のけい酸含量は平均(56点)で11.4ppmで昭和50年代に比べ24%も減少しています。特にダム用水(25点)のけい酸量は9.9ppmで50年代に比べると31%の減少となっています。つまり、ダム用水のけい酸含量は絶対量も少なく、その減少割合も大きいとしています。

この原因について、岩手県経済連では河川の治水が整備されたことや山の樹木の伐採により保水力が弱くなり土壌からのけい酸溶解量が少なくなったためではないかと考えています。

### Q-8

ケイカルはいつ施用したらよいでしょうか？  
秋散布しても成分が流れるようなことはありませんか？

### A

ケイカルは他の化学肥料に比べて施肥量が多いので、普通、散布条件のよい秋から翌春までの耕起前で比較的暇な季節の施用が基本となっています。

しかし、天候や労力の都合でこの季節に施用できなかった場合は、春の耕起の前に基肥として施用してください。

基肥として秋施用すると、田植するまでにけい酸が流亡し、効果が落ちるとい考え方もありますが、ケイカルのけい酸は簡単に溶脱することはありません。

その主な理由は、ケイカルの成分が

- (1) 水溶性でなく、酸可溶性である。
- (2) けい酸の一部が可溶性になっても、土壌中の他の成分と結合するからです。

多くの都道府県の指導機関で、農閑期の秋~翌春施用を奨めているのは、長期間たっても肥効が落ちないからです。ケイカルの効果を期待するには、多量施用が必要です。このため可能なかぎり、暇な秋~翌春に施用するのが労力配分の上からもよいと思われます。

稲わら施用田では、ケイカルを併用すると、稲わらの分解を促進するので、その効果は大きくなります。第8表はケイカル施用時期別の各地の試験成績です。

第8表 ケイカル施用時期による試験成績(水稻) 収量指数

試験場名	岩手農試	富山農試	北海道農試	福井農試				広島農試		
				大野試験地	坂井試験地	武生試験地	小浜試験地	昭和30年	昭和31年	昭和32年
標準区	100	100	100	100.0	100.0	100	100.0	100	100	100
秋散布区	105	108	112	104.6	106.1	192.2	112.3	104	120	126
春散布区	107	101	104	97.9	104.9	96.3	108.6	104	115	130

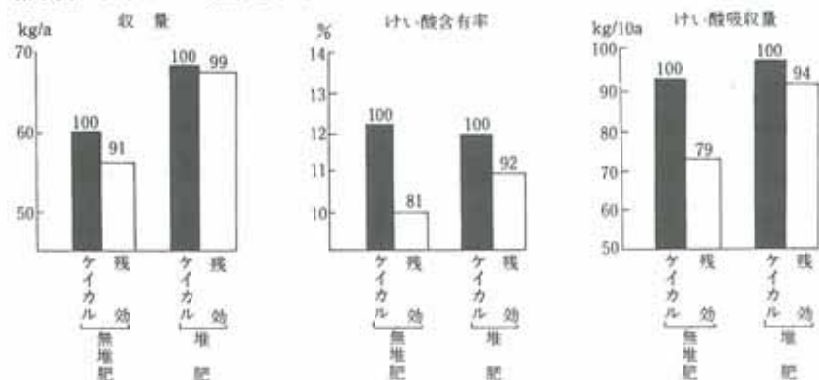
### Q-9

ケイカルは毎年施用しなければならぬでしょうか？

### A

稲は多量のけい酸を吸収しますから、土壌やかんがい水から供給される量だ

第8図 ケイカルの残効(大山)



※堆肥: 2t/10a, ケイカル: 150kg/10a: 45年-, 残効: 57年以降無施用

けい酸は足りません。毎年ケイカルを施用する必要があります。その施用量は土壌診断や稲の栄養診断にもとづいて決める必要があります。

東北農業試験場の大山氏は、ケイカル連用試験から、連用区と残効区の収量とけい酸吸収を第8図のように示しています。

これによると、長年ケイカルを連用した水田でも、施用を中止すると収量、けい酸吸収量は減少するようになります。特に収量は9%も減少しています。

このことについて、大山氏は次のように発表しています。

- (1) ケイカル施用は、土壌中の上澄液けい酸含量が約20ppm (SiO<sub>2</sub>)以下の土壌を目安とする。
- (2) 数年に1回多量施用する考え方があるが、減量しても毎年施用が有効である。
- (3) 施用は、土壌有機物の分解を促進するので、有機物の併用が望ましい。

このことから考えると、稲が吸収持ち出した量ぐらいいは毎年施用して補ってやる方がよいこととなります。特に、近年けい酸の主要な供給源である堆きゅう肥などの有機物の施用が減少してきて、けい酸地力の低下が懸念されるので、毎年施用がよいと考えられます。

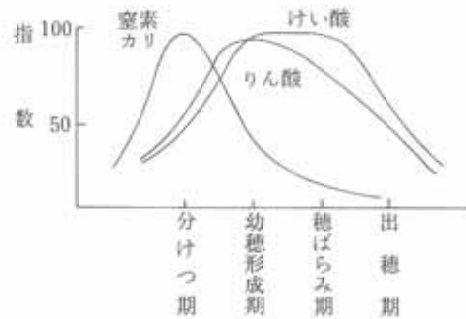


### Q-10

ケイカルを追肥として施用する場合の施用時期と施用量を教えてください。

**A** 第9図は農業技術研究所の高橋・村山氏が水稻の生育段階による主要養分の吸収速度を調査したものです。

第9図 水稻の生育段階による各種養分の吸収速度の変化 (高橋・村山: 1953)



これによると、窒素、カリの吸収は分けつ期に最高になり、りん酸はこれよりやや遅れて幼穂形成期頃にピークとなっています。そしてけい酸は最も遅れて幼穂形成期から出穂期となっています。このことは、けい酸は他の成分とちがって生育後期までよく吸収していることを示しています。

第9表 イネの生育におよぼすけい酸の影響 (高橋英一・1961)

地理区	前期	後期	穂数	穂長	一穂粒数	稔実歩合 (%)	千粒重 (g)	精籾収量 (g/ポット)	けい酸含有率 (%)	
									地上部	根部
-Si	-Si		9.5 (86)	12.9 (85)	49.3 (78)	55 (72)	20.4 (100)	5.25 (48)	0.05	0.02
+Si	-Si		10.3 (94)	12.5 (82)	47.1 (75)	67 (88)	20.4 (100)	6.64 (61)	2.16	0.45
-Si	+Si		10.0 (91)	15.5 (102)	65.4 (103)	78 (102)	20.2 (99)	10.30 (95)	6.88	3.38
+Si	+Si		11.0 (100)	15.2 (100)	63.2 (100)	76 (100)	20.5 (100)	10.83 (100)	10.41	3.42

品種は農林22号、4連平均、稔実歩合は比重1.06の食塩水で選別した粒数比( )内の数字は+Si+Si区を100にした指数  
地上部は穂・葉身・葉鞘・茎を含む

けい酸が生育後期になって吸収されることは、第10図でより一層明らかです。この図は葉身が出葉してから枯死するまでのけい酸含有率をりん酸と比較したのですが、けい酸は生育末期まで含有率が上昇するのに対し、りん酸は生育経過とともに減少し、対照的な曲線を示しています。

これらの研究結果から考えると、当然追肥としても十分な効果が期待されます。

けい酸の施用時期について、京都大学の高橋氏は、幼穂形成期を中心に前期と後期に分けて、けい酸施用による収量構成要素におよぼす影響を検討し、第9表のとおり発表しています。

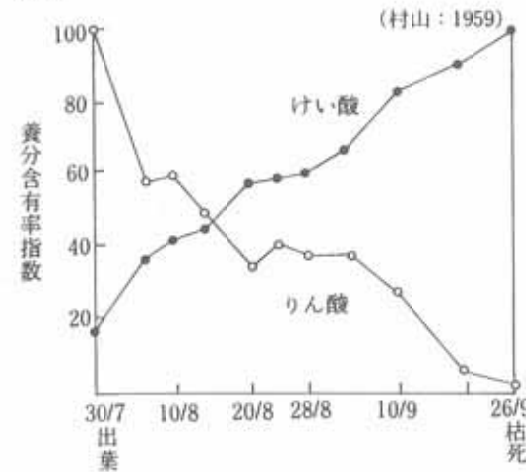
この結果によると、後期にけい酸を施用すると、籾数、稔実歩合が高くなり、このため収量も前期施用よりかなり高くなっています。

また、各地の農業試験場の水田圃場でケイカルを追肥した場合の効果は第11図および第10表のようになっています。

宮城県農試は幼穂形成期追肥が最も効果が高く、兵庫県農試の場合は、最高分けつ期の追肥が基肥区と同等に高くなっています。しかし、石川県農試の場合は無施用区よりは高いものの基肥区よりは劣る結果となっています。

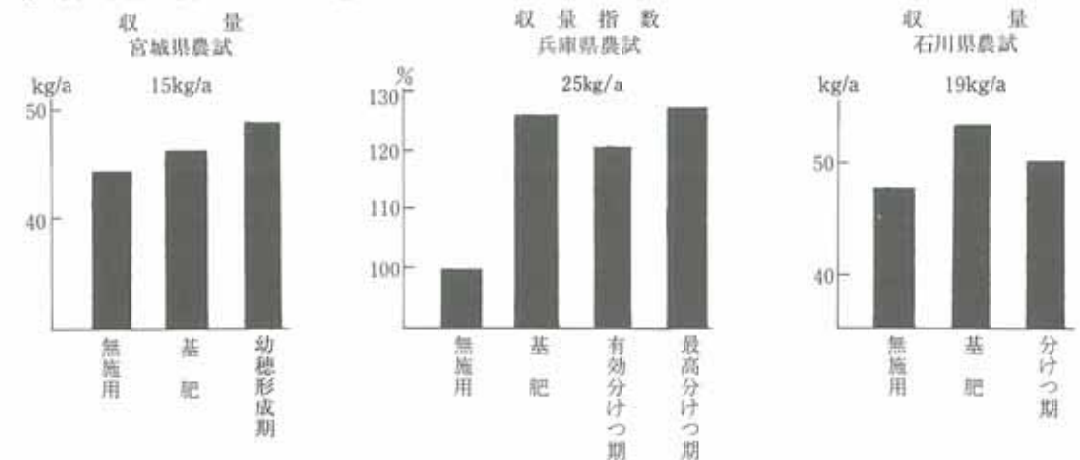
また、珪酸石灰肥料研究会が平成5年～7年の3年間、山形、長野、長野南信、鹿児島島の4試験場で実施した試験の結果によると、場所や年次によ

第10図 1枚の葉のけい酸とりん酸含有率の変化 (村山: 1959)



って差はありますが、4ヶ所、3年間の平均収量は追肥区>基肥区>無施用区となっています(第10表)。

第11図 水稻に対するケイカルの追肥効果



以上の研究結果にみられるように、ケイカル施用は基肥が原則ですが、追肥効果も十分に期待されます。追肥は足場の悪い畦畔から散布施用することが多いので、労力、作業性などを考えると40～60kg/10aでもよいものと思われます。

なお、追肥の時期は幼穂形成期までに散布するのが最も効果的です。

第10表 ケイカル追肥と収量・けい酸吸収量 (kg/10a/%)

区名	玄米重指数	けい酸吸収量
無施用区	583	100
基肥区	590	101
追肥区	595	103

### Q-11

土壌中の有効態けい酸が多い場合、ケイカルを施用する必要はありませんか？

**A** Q4で記述したように、水稻が吸収するけい酸は100～120kgですが、これを由来別にみると、かんがい水から20～30kg、堆きゅう肥・稲わらから40～50kgとみなされています。

したがって、水田におけるけい酸の収支をみると、40kgのけい酸不足になります。

このうち、堆きゅう肥・稲わらのけい酸は、土壌中で有機物が分解してから一旦土壌に蓄積し、徐々に水稻に吸収利用されるので、土壌から供給されているとみなしてよいでしょう。

いずれにしても、この不足量40kgは何かのけい酸質肥料で補わなければ、地力けい酸は低下するようになります。

いま、この不足けい酸40kgをけい酸30%のケイカルで補うとすれば、約133kgが必要になります。



この算出基礎は、土壌中の有効態けい酸の改良目標値、あるいは地力けい酸を常に一定基準値以上に保つための施肥基準です。

したがって、改良目標値より低い場合は当然不足量を上乘せする必要があります。また、多い場合でも、極端に多くない限り、水稲が吸収持ち出した量は常に補給してやるという施肥基準なのです。

京都大学の高橋氏は「けい酸は肥料要因よりも地力要因にちかい存在であると思われる。けい酸は過剰障害のあらわれない唯一の《肥料成分》であるが、その効果を期待するためには多量施用が必要である」と発表していますが、このことは、地力要因としてのけい酸を重要視し、そのためには多量施用が必要であることを強調しているものと理解されます。

したがって、土壌中の有効態けい酸が極端に多い場合は別として、一般の水田ではけい酸の補給、ケイカルの施用は必要です。

**Q-12**  
土壌のpHが高い場合、ケイカルを施用しても支障ありませんか？

**A** 稲の生育に好適なpHは、一般に畑作物より低く、5～6ぐらいです。したがって土壌のpHが7以上になるとなんらかの障害を受けるといわれています。

しかし、水田土壌はその特性として、湛水によって土壌のpHが次第に高くなります。その程度は土壌の種類によって違いますが1.0～1.5ぐらいは高くなります。

第11表は京都大学の川口氏が湛水による土壌のpHの上昇を調べたものですが、いずれの土壌とも湛水日数が長くなるとpHはスタート時より約1～2ぐらい高くなっています。はなはだしい場合は湛水2週間で8まで上昇しているものもあります。

第11表 湛水による土壌pHの上昇(川口)

	0日	5日	14日	22日	30日
1	5.41	7.13	7.25	7.17	7.25
2	5.26	6.26	6.59	6.81	6.41
3	5.34	5.68	6.14	5.83	5.53
4	6.09	7.15	8.03	7.96	—

このような現象は実際の水田圃場でも同様のことが観察されています。ただ、圃場は室内実験のように一定の温度では経過しませんのでこれよりやや低いかもしれませんが、湛水日数が長くなれば土壌のpHは高くなってきます。

この主な原因は、鉄とマンガンの還元によるためと考えられています。(還元されると酸化物よりアルカリ性が高くなります)。

このことから考えると、水田では石灰質肥料を施用しなくてもその特性としてpHは高くなりますが、このことによって稲の初期生長が抑制され、茎数や穂数・籾数が減少して減収したという例はまだ確認されていません。

昔、西南暖地では水田に生石灰を施用する習慣がありました。当時は石灰を連用すると、土壌の力を追い出して力不足になるとか、また、土壌の有機物の分解を促進するので次第に地力が低下し、やがて稲の生育・収量も低下するのではないかと懸念されました。しかし長年石灰(消石灰)を連用している福井県、埼玉県、宮城県各農業試験場の成績では、かえって無石灰区より収量が多くなることが報告されています(第12表)。したがってケイカルは消石灰よりアルカリ度も低く、しかも緩効的ですので稲の生育・収量を悪くすることはありません。

第12表 水稲栽培期間中における土壌pHの推移と収量(宮城県農セ)

	5/22	6/6	7/3	7/31	8/21	収量
三要素区	5.78	6.20	6.70	6.22	6.34	480
石灰区	7.48	7.20	7.00	6.76	6.74	509

注:石灰区:消石灰100kg/10a(連用)、収量:kg/10a(31カ年平均)

**Q-13**

ケイカルは水稲の登熟歩合を向上し、良質米の生産に効果があると聞きますが本当でしょうか？

**A** けい酸を多く吸収した稲は丈夫に育つとともに、葉が直立し、下葉の枯れあがり少なくなります。そのため光が稲全体によくあたり登熟歩合が向上し、米の品質もよくなります。また根の活力を後期まで保つことも登熟向上の一因です。

特にコシヒカリやササニシキなどの銘柄米は倒伏や病虫害に比較弱いためケイカルの施用が必要です。

第13表は珪酸石灰肥料研究会が3農試で実施したケイカル連用試験の63年度の成績から登熟歩合、玄米千粒重をまとめたものです。ケイカルの連用により各農試とも登熟歩合が向上し、千粒重も増加の傾向になっています。

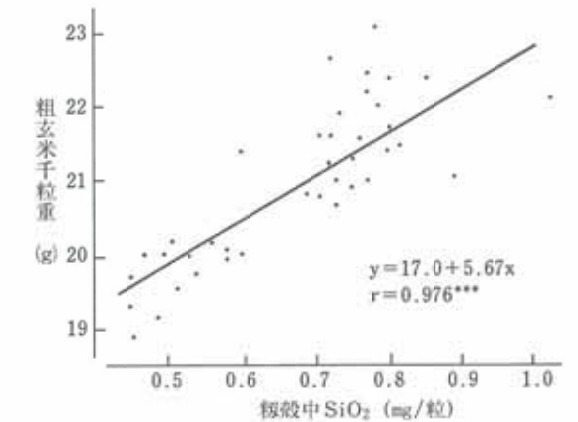
第13表 ケイカル施用により登熟歩合、千粒重が向上した

農試名 区名	福島県農試		広島県農試		鹿児島県農試	
	登熟歩合	千粒重	登熟歩合	千粒重	登熟歩合	千粒重
無施用区	70.7	19.3	76.3	24.0	84.4	22.3
ケイカル連用区	72.6	19.5	79.1	23.9	87.7	22.4
隔年施用区	73.9	19.8	77.0	24.2	86.6	22.2

注:単位は登熟歩合(%),千粒重(g)

第12図は籾殻中のけい酸含量が高まると籾殻が大きくなり、千粒重も高まるという相関関係を示したものです。

第12図 籾殻中のけい酸含量と玄米重との関係(水野)

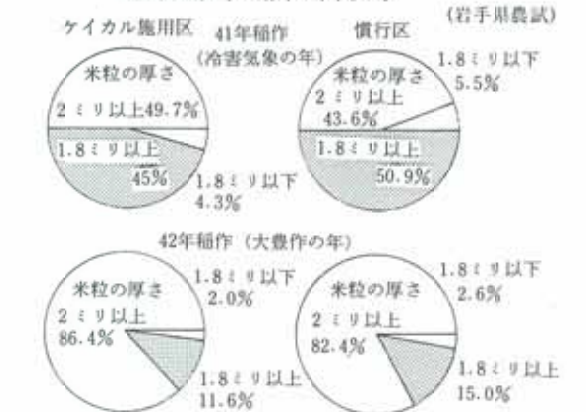


第13、14図はケイカル施用により登熟歩合が向上し、コメの粒張がよく上位等級米が増加した試験成績です。

第13図 ケイカルの施用により上位等級米が増加

県	年度	ケイカル 導入量トン	上位等級米比率	
			2等以上	1等以上
富山	40	13,000	44%	
	42	33,000	66%	
	44	42,000	68%	
愛知	40	23,000	31%	
	42	48,000	77%	
	44	30,000	42%	
佐賀	40	12,000	48%	
	42	27,400	67%	
	44	32,000	74%	

第14図 米の粒張がよく、等級が1～2等向上(異常気象時の効果が大きい)





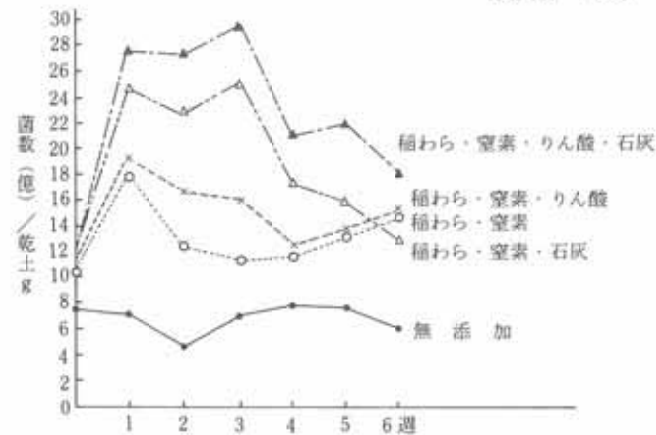
### Q-14

ケイカルは稲わらの分解を促進する効果がありますか？

**A** 稲わらはそのまま堆積してもなかなか腐りません。よく腐熟させるためには窒素と石灰（アルカリ分）の添加が必要です。ケイカルはアルカリ分を43～47%含有していますので、窒素肥料（石灰窒素、硫安、尿素など）と同

第15図 わらに添加物をするとうち中の菌が増える

（農技研 1958）



▼ケイカルは稲わらの腐熟を早め、同時に酸度の低下を防ぐ



時に使用するとわらの繊維を軟らかくするほか、稲わら腐熟による酸度の低下を防ぎ、微生物の増殖をさかんにしますので稲わらの分解を促進する効果があります。また稲わらの腐熟促進と土づくりの一石二鳥をねらって、ケイカルと石灰窒素の混合品の施用も効果的です。

第15図は稲わらに窒素、りん酸、石灰を加えて土壌中の菌数を測定したものです。窒素、りん酸のほかに石灰を加えると菌数が非常に増加しています。

### Q-15

ケイカルと米の食味との関係について教えてください。

**A** ケイカルの施用により登熟歩合、千粒重を高めるので、品質のよいうまい

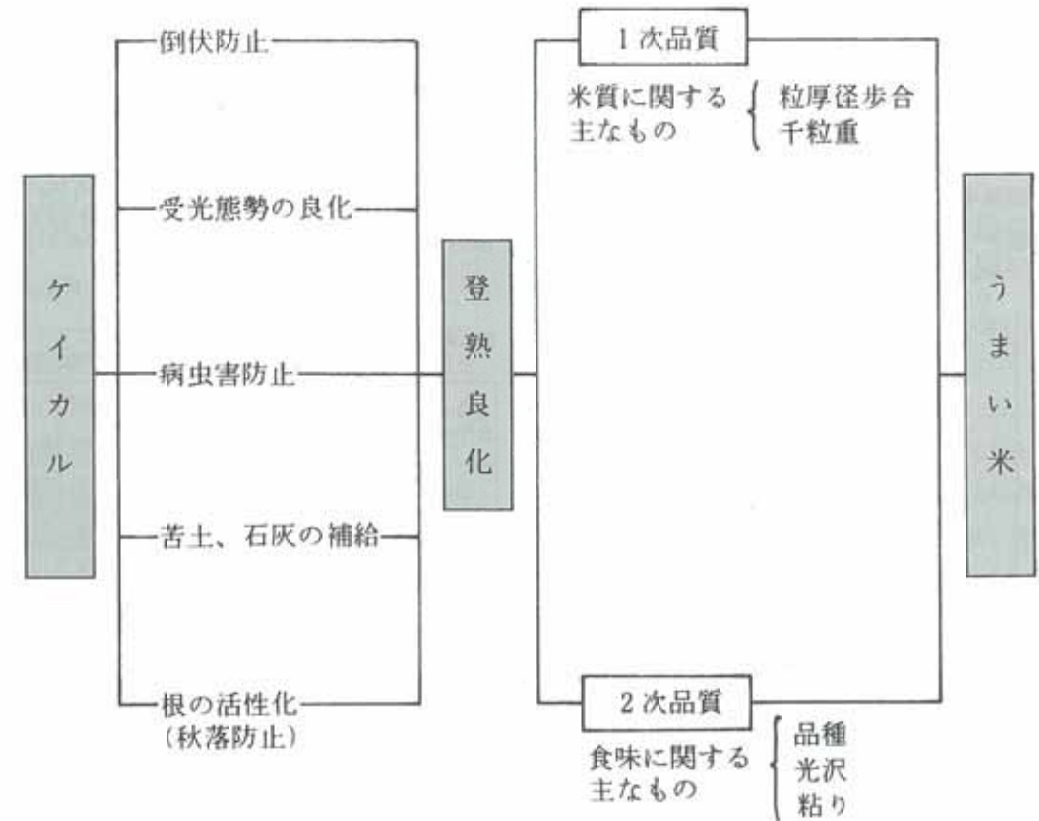
米ができます。

ケイカルと米の食味との関係は第16図のようになります。

最近、中国農試で、味のよい米は石灰（Ca）や苦土（Mg）の含有が多いという試験成績が発表され、また、全農営農・技術センターでは塩基飽和度の高い水田の米の味がよいと報告しています。

ケイカルは苦土や石灰を含んでいますので、米の食味向上にも効果があります。

第16図 うまい米とケイカルの関係



食味を左右する主な要因として、品種、土壌、気象条件、栽培方法などがあげられますが、たんぱく質の少ない米が食味がよいとされています。

近年、(平成8年)北海道中央農試の宮森氏は、け

い酸施用による水稻の収量、玄米生産効率、米粒中のたんぱく質含有率に及ぼす影響について、第14表のような成績を発表しました。



第14表 けい酸施用による玄米生産効率・米粒中のたんぱく質含有率に及ぼす影響

(北海道中央農試：宮森)

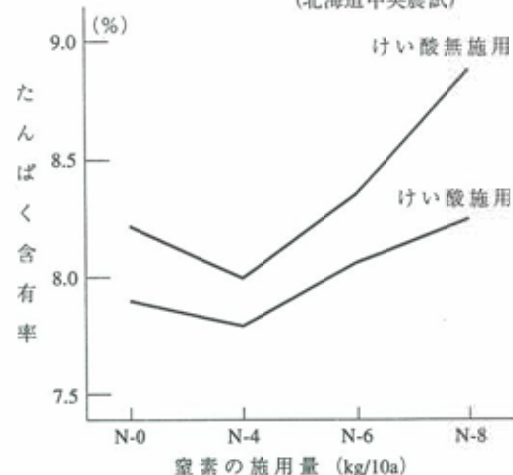
施用量	たんぱく質含有率(%)	玄米生産効率(%)	含有率(%)		吸収量		収量	
			N	SiO <sub>2</sub>	N	SiO <sub>2</sub>		
0	0	8.2	45.5	0.82	6.3	8.9	43.1	405
	200	7.9	50.1	0.68	12.2	8.2	74.4	411
4	0	8.0	47.6	0.85	4.9	10.9	40.0	519
	200	7.8	50.8	0.69	10.9	10.3	83.9	523
6	0	8.4	45.8	0.87	5.1	13.0	43.1	595
	200	8.1	50.1	0.75	11.6	12.9	99.9	625
8	0	8.9	44.2	0.88	5.3	13.7	48.0	605
	200	8.3	46.0	0.76	11.7	13.2	100.2	607

注：1. 圃場試験 2. 含有率：収穫期茎葉 3. 施用量、玄米重、吸収量：kg/10a

特に、興味深いデータとして、けい酸施用によって葉中のけい酸含有率が高まると、米粒中たんぱく質含有率が低下し、いわゆる良食味の生産に役立つことを明らかにしました。

この関係をグラフ化してみると第17図のとおり一層明確となります。

第17図 けい酸施用とたんぱく質含有率の変化 (北海道中央農試)



すなわち、米粒中のたんぱく質含有率は、窒素施用量の増加によって高くなるが、窒素施用量が同一であれば、けい酸施用によって低下します(2~7%)。

このことについて宮森氏は、けい酸施用によって米粒中のたんぱく含有率が低下するのは、窒素玄米生産効率すなわち吸収窒素当たりの炭水化物生産量が高まり(4~10%)、穂(米粒)への転流

が増加することによって相対的に米粒中のたんぱく質含有率が低下するためとしています。

さらに、山形県農試庄内支場の藤井氏は、第15表のとおり葉身のけい酸含有率と精米中のたんぱく質含有率とは負の相関がみられるとして、けい酸含有率が高い稲ほどたんぱく質の少ない食味のよい米が生産されることを明らかにしました。

第15表 けい酸施用による光合成の向上と食味 (山形県農試庄内支場)

葉身けい酸含有率(%)	収量(kg/10a)	千粒重(g)	精米たんぱく含有率(%)	1粒窒素量(mg)(穂揃期)	光合成比	
					午前	午後
9.7	606(100)	23.6	6.3	0.270	100	100
10.8	617(102)	23.8	6.1	0.265	115	109
11.4	656(108)	23.6	6.0	0.245	115	147

すなわち、葉身のけい酸含有率が低い稲の精米中のたんぱく質含有率は高くなり、反対にけい酸の高い稲は、精米中のたんぱく質含有率が低下し、食味の向上につながることを指摘しています。

また、藤井氏は、葉身のけい酸含有率の低い稲は、夏の晴天時における光合成が、午後は午前と比べその能力が停滞あるいは低下するとしています。しかし、けい酸含有率の高い稲は、午前より午後の光合成能力が高くなるとしています。

これらのデータは、けい酸が単に稲体の健康に役立つだけでなく、玄米の炭水化物の生産効率を高め、相対的に米粒中のたんぱく質含有率を下

げ、良食米生産につながる注目されます。

第16表はコメの粒厚とたんぱく質の関係をみたものです。これによると、粒厚の大きいものほど整粒歩合は高くなるが、たんぱく質は低下します。

このことは、けい酸は米粒の大きい生産と品質のよい良食味米の生産に役立つことを示しています。

第16表 米の粒厚とたんぱく質の関係 (山形県農試)

ふるい目(mm)	整粒歩合	未熟粒歩合(%)			たんぱく質(%)
		乳白	青未	その他	
1.7	60.2	10.2	12.3	17.2	7.77
1.8	69.6	9.6	7.1	13.7	7.63
1.9	79.6	6.7	4.7	8.8	7.56
2.0	90.2	3.6	1.7	4.5	7.46

### Q-16

冷害の年でもケイカルを施用すると被害が軽いと聞きますがどうしてですか？

**A** ケイカルは稲を丈夫にするけい酸をたくさん含んでいます。したがって冷害時に多発しやすいもち病の軽減に役立ちます。また倒伏の防止にもなります。特に稲わら、堆きゅう肥等の併用はさらに冷害に強い稲体をつくりあげます。第17表は冷害年における山形県農試の調査成績です。ケイカルを主体とした土づくりの効果が発揮されて冷害を回避し、収量がおちていません。

第17表 冷害年でも土づくりを続けている水田は被害が軽い

(山形県農試：1981)

調査場所(土壌の種類)	標高	土づくりの内容	収量	周辺農家収量
1. 米沢市関根(灰色低地土)	320m	稲わら全量還元、石灰窒素20) 連用 ようりん60、ケイカル150	600	450— 480
2. 南陽市小滝(グレイ土)	420m	堆きゅう肥1000 ようりん60、ケイカル120	360	200 前後

(単位：kg/10a)

また、低温の時はけい酸の吸収が悪くなりますので、ケイカルは特に多く施用する必要があります。

第18表は、ケイカル施用による平成5年の冷害時における優良事例です。

第18表 ケイカル施用と冷害年の優良事例(平成5年)

場所	区分	ケイカル施用量	収量	備考
北海道旭川市	施用田	ケイカル 80kg	480kg	堆肥2トン
	付近水田		200kg	
岩手県石鳥谷町	施用田	ケイカル 180kg	360kg	稲わら全量すき込み
	付近水田		200kg	
青森県武田農協	施用田	ケイカル 120kg	180kg	栽培管理の徹底
	付近水田		0~90kg	
宮城県白石市	施用田	ケイカル112.5kg	350kg	ようりんとの配合品
	付近水田		240kg	
新潟県北魚沼郡	施用田	ケイカル 180kg	585kg	稲わら還元
	付近水田		510kg	
愛知県海部農協	施用田	ケイカル 150kg	525kg	わらすき込み、堆肥
	付近水田		400kg	
熊本県小国町	施用田	ケイカル 100kg	660kg	土づくりの徹底
	付近水田		360kg	

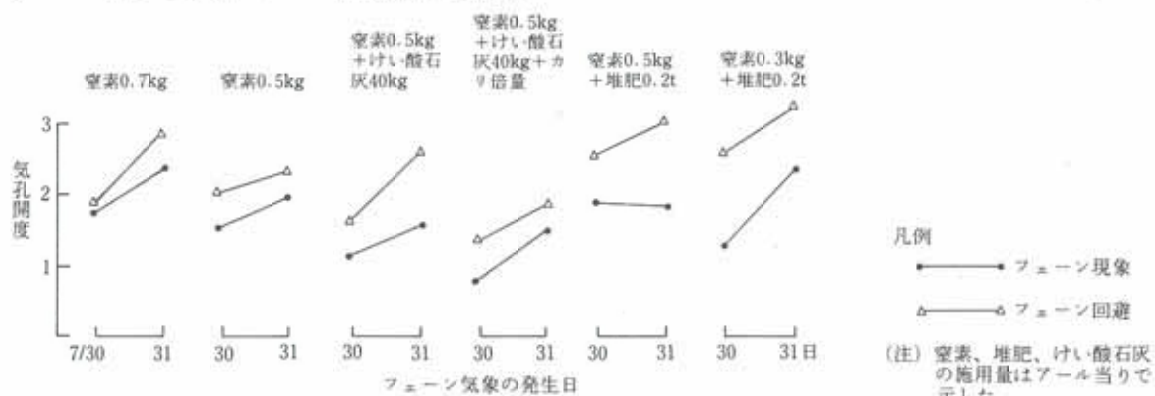
### Q-17

ケイカルを施用した水田の稲は干害やフェーン現象にも強いと聞きますが本当でしょうか？

**A** けい酸は水稻に吸収されてけい化細胞を作りますが、このけい化細胞は体内の水分蒸散を抑制する効果があります。そのため干害、フェーン現象の時でも被害を軽くします。第18図はフェーン気象下の稲の気孔開度を見たものですが、ケイカル施用区は気孔開度が小さく蒸散量が少なくなっています。



第18図 フェーン気象下での稲の栄養条件と気孔開度



Q-18

ケイカルは水稻の倒伏に対する抵抗力を強くするといわれていますが、どうしてですか？

**A** それはケイカルの中に含まれるけい酸によって、丈夫な稲になるからです。稲の茎葉中のけい酸を調べてみますと、倒れない稲はどの部分にもけい酸が多いのに、倒れた稲ではけい酸が少なくなっています。

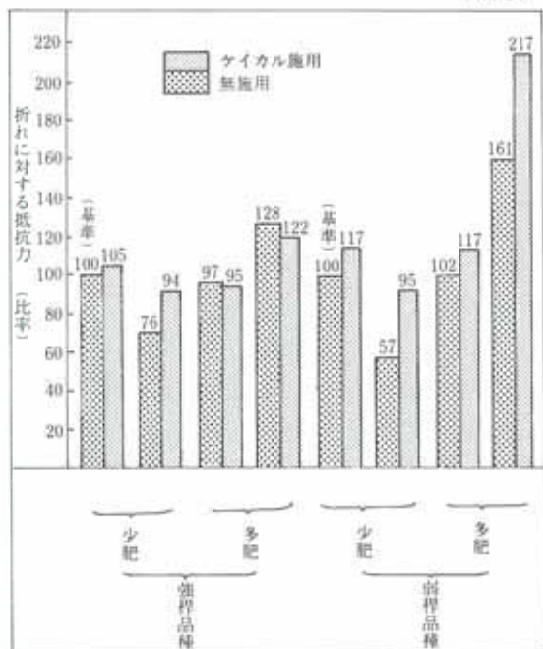
水稻はけい酸をたくさん吸うので代表的なけい酸植物といわれていますが、窒素が多いとけい酸が吸われにくくなり茎葉が軟弱となって倒れやすくなります。けい酸を多く吸収した稲は、余分な窒素吸収を防ぐ作用がありますので、けい酸を十分に施しておくとも稲は茎葉が硬くなって直立し、節間も短くまた根も丈夫となり倒伏に強い稲になります。

また、けい酸があっても苦土が不足すると、けい酸が吸われにくくなりますが、ケイカルには吸われやすいけい酸が多く含まれているとともに、苦土も含まれていますので、けい酸の吸収を一層促進して、倒伏防止に大きく役立つわけです。

第19表より、苦土とけい酸が共存した方が、茎葉中のけい酸分が多くなっていることがわかります。

第19図は稲の稈の折れに対する抵抗力を調査したのですが、特に倒伏しやすい弱稈品種の場合ケイカル施用により稈が著しく丈夫になっているのがわかります。

第19図 ケイカルの施用で稲の稈が折れにくくなった (岡山大学)



第19表 けい酸と苦土の相互関係 (二品種平均)

事項	けい酸		苦土		
	+	-	+	-	
穂重 (指数)	100	72	65	38	
茎葉中%	窒素	2.03	2.51	3.13	3.32
	けい酸	5.08	1.20	2.64	1.06
	苦土	0.46	0.26	0.13	0.03
糖分濃度 (指数)	100	154	206	222	
けい化細胞 (100mm <sup>2</sup> )	596	55	93	23	
いもち病 (100cm <sup>2</sup> )	16	55	64	83	

(注) +: 加えた、-: 加えない

(石塚博士)

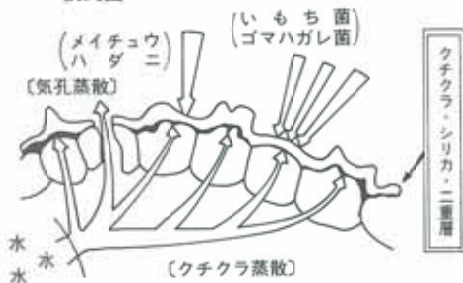
Q-19

ケイカルはいもち病などの病虫害を少なくするといわれていますが、どうしてですか？

**A** ケイカル中のけい酸は前述したように、水稻によく吸収されます。

水稻体内に吸収されたけい酸は、表皮組織の一番外側に位置するクチクラ層の下に集積して、けい酸だけからなる厚いシリカ層と、外側の細胞膜の層の間隙にけい酸が満たされたシリカセルローズ膜をつくります (第20図)。

第20図 水稻の表皮細胞におけるけい酸の意義を示す模式図

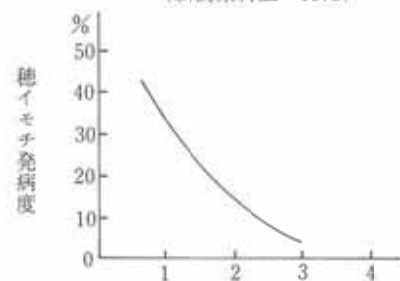


このクチクラシリカ二重層は、表皮細胞からの水の損失 (クチクラ蒸散) を抑制するとともに、病虫害の侵入を阻止します。

また、けい酸は窒素過剰障害をなくしたり、窒素の適量をもつ働きがあることは、すでに述べたとおりです。窒素過多の稲は、病虫害、特に、い

もち病にかかりやすいのですが、ケイカルを施し、稲体のけい酸含量を高めておく (けい酸窒素比 = SiO<sub>2</sub>/N)、いもち病にかかりにくいことが確認されています (第21図)。

第21図 水稻のSiO<sub>2</sub>/Nと稲いもち発病との関係 (新潟県村上 1979)



[葉身中のけい酸と窒素の割合 (SiO<sub>2</sub>/N)]  
少い←けい酸→多い

稲体のけい酸は、低温下での吸収は低下するので、葉身のけい化細胞の形成の減少がみられます (第20表)。

いもち病発生は、低温によるけい酸の吸収低下と乾物生産の低下による相対的な窒素濃度の高まりがその要因とされていますが、第21表は、ケイカル施用により低温時においても葉、穂いもち病の発生が著しく抑制されていることが認められます。

第20表 低温化におけるけい化細胞数の減少 (東京農工大: 鈴木)

品種	区名	けい化細胞数			
		1	2	平均	指数
亀治	標準区	34.05	40.26	37.16	100
	低温区	23.76	22.52	23.14	62
雄町	標準区	28.56	24.25	26.40	100
	低温区	10.98	15.62	13.30	50



第21表 ケイカル施用による温度といもち病の発生関係  
(東北農試：鈴木)

気温 (°C)	堆肥 (t)	ケイカル (kg)	葉いもち病 病斑数 (10cm当り)	穂いもち病		
				みご発 病率	穂くび発 病率	枝梗発病 率
13	0	0	0.6	47.3	44.0	19.6
	2	0	4.6	85.9	73.2	27.3
	2	20	1.6	32.7	38.6	5.9
25	0	0	0.2	32.8	21.7	3.5
	2	0	1.6	64.2	65.8	13.1
	2	20	1.2	38.9	40.5	7.1

施肥量：N：6+2kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/K<sub>2</sub>O：12kg/10a  
品種：オオトリ

◎いもち病常発地における土壌改良資材の効果

新潟県南魚沼郡湯沢町のいもち病常発地での現地試験例を紹介します。

水稻は、コシヒカリを用い、標準区、ケイカル180kg区、ようりん60kg+ケイカル120kg区を設けました。施肥は、慣行(N：基肥4kg、穂肥0.9kg×2回、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：基肥7.2kg、K<sub>2</sub>O：基肥5.6kg)としました。結果は、次のとおりです。

- (1) 稲の体質は、資材施用区でけい酸含量が高く、特に、ようりん・ケイカル併用区が顕著で

けい酸窒素比(SiO<sub>2</sub>/N)が大きくなり、病虫害抵抗性の高い体質となっています(第22表)。

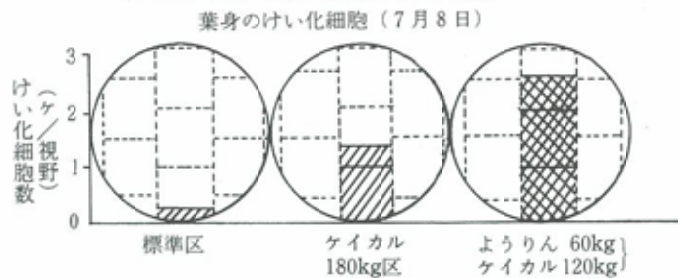
第22表 葉身の窒素とけい酸含有率の変化

	最高分けつ期			出穂期		
	窒素 (N)	けい酸 (SiO <sub>2</sub> )	SiO <sub>2</sub> /N	窒素 (N)	けい酸 (SiO <sub>2</sub> )	SiO <sub>2</sub> /N
標準区	3.4	2.46	0.72	2.74	3.64	1.33
ケイカル 180kg	3.76	4.19	1.11	2.67	6.18	2.31
ようりん60kg+ ケイカル120kg区	3.80	4.34	1.14	2.52	6.23	2.46

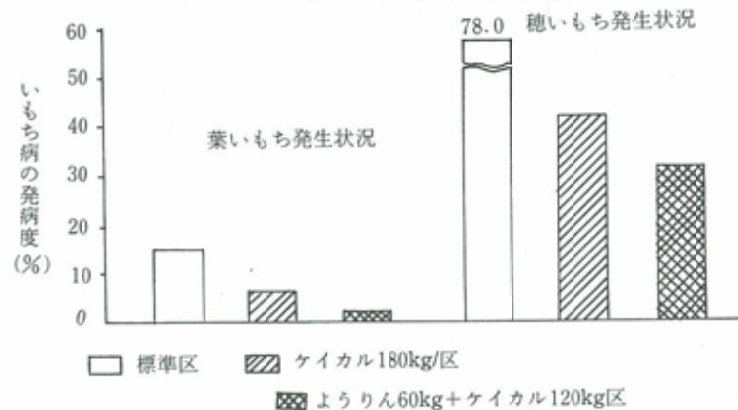
(注) 最高分けつ期は開花最上位葉、出穂期は止葉

- (2) しかも、資材施用区は、クチクラシロカ二重層がしっかりできたけい化細胞が、著しく多くなっています(第22図)。
- (3) 薬剤散布しても、いもち病が毎年発生する常発地だけに、標準区は、著しいいもち病の発生がみられたが、資材施用区は、明らかに少なく、特に、ようりん・ケイカル併用区は、葉いもち、穂いもちも標準区の半以下という結果を示しました(第23図)。

第22図 葉身のけい化細胞(7月8日)



第23図 いもち病の発生状況



Q-20

ケイカルは根を丈夫にするといわれていますが、ほんとうでしょうか?

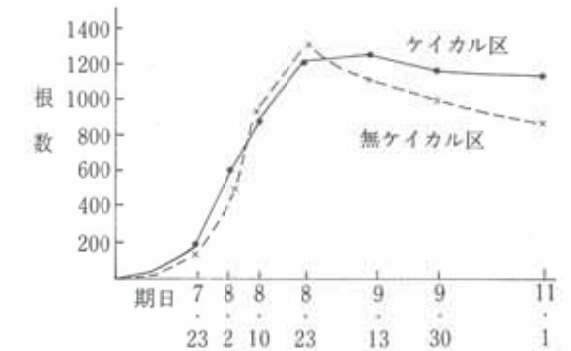
**A** 丈夫な根とは外見的には白くて、弾力やつやがあり、根が多く張っているものをいいますが、水稻の場合は酸化鉄の被膜で赤褐色になったものも健全な根といえます。

ケイカルは丈夫な根をつくるのに非常に効果があります。水稻の根が最も多くなるのは出穂期前後で、それ以降は減少していきますが、第24図の農業技術研究所の試験成績によりますと、ケイカル施用区は出穂期以降も増加し、また根の状態を調査した第25図によりますと、ケイカル施用区は健全な赤根が後期まで多く、腐根の発生がおそいうえ量も少なくなっています。

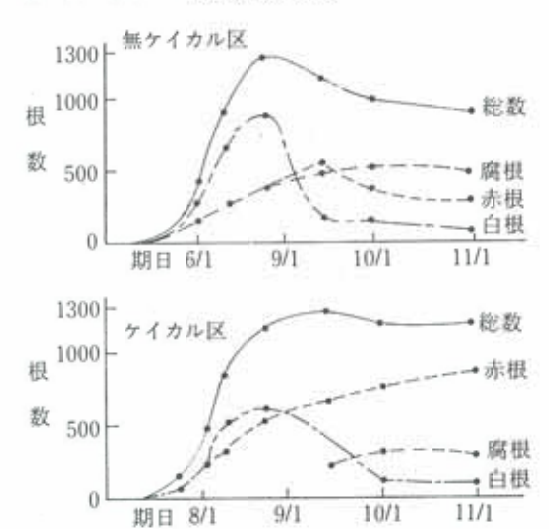
また、水稻の根は自分で酸素を出して、根のまわりを酸化状態にしています。この酸化力の強いということも健全な根の条件となります。

第23表は根の活力を調べるため根の酸素吸収量を測定したものです。ケイカル施用区は普通乾田でも、老朽化水田でも酸素吸収量が少く、特に生育後期に老朽化水田でその傾向が高くなっています。生育後期に根の活力がおとろえ、秋落ちする水田にケイカルの効果が高いのはこのためです。

第24図 根数の消長



第25図 白根、赤根、腐根の消長



第23表 ケイカル施用とイネ体下部の酸素吸収量

(富山県)

試験区	月日					
	7月16日	7月23日	8月5日	8月21日	9月9日	
富士土壌 (普通乾田)	標準	7.28	5.90	2.87	3.18	3.19
	ケイカル区	11.29	7.85	1.94	3.93	3.29
砺波土壌 (老朽化水田)	標準	7.94	6.28	1.68	2.54	1.67
	ケイカル区	9.72	7.21	2.91	3.97	3.74

O<sub>2</sub>mm<sup>3</sup>/時間/乾物mg



### Q-21

ケイカルを施すと窒素を多く施してもよいというのは本当ですか？

**A** 肥料の要素の中で収量、品質などに最も影響するのは窒素です。ケイカルを施した水田の稲は多量のけい酸を吸収し、丈夫に育ち葉が直立するため、受光態勢が良くなるとともに、病虫害の抵抗性が増加し、また倒伏が少なくなります。

このことは逆にいえばケイカルを施すことにより、窒素を多く施すことが可能な稲の身体ができるということです。第24表はそれをはっきり示しています。

けい酸は稲の受光態勢を良くするほかに、光合成力を増大する働きもあります。せっかく稲が多

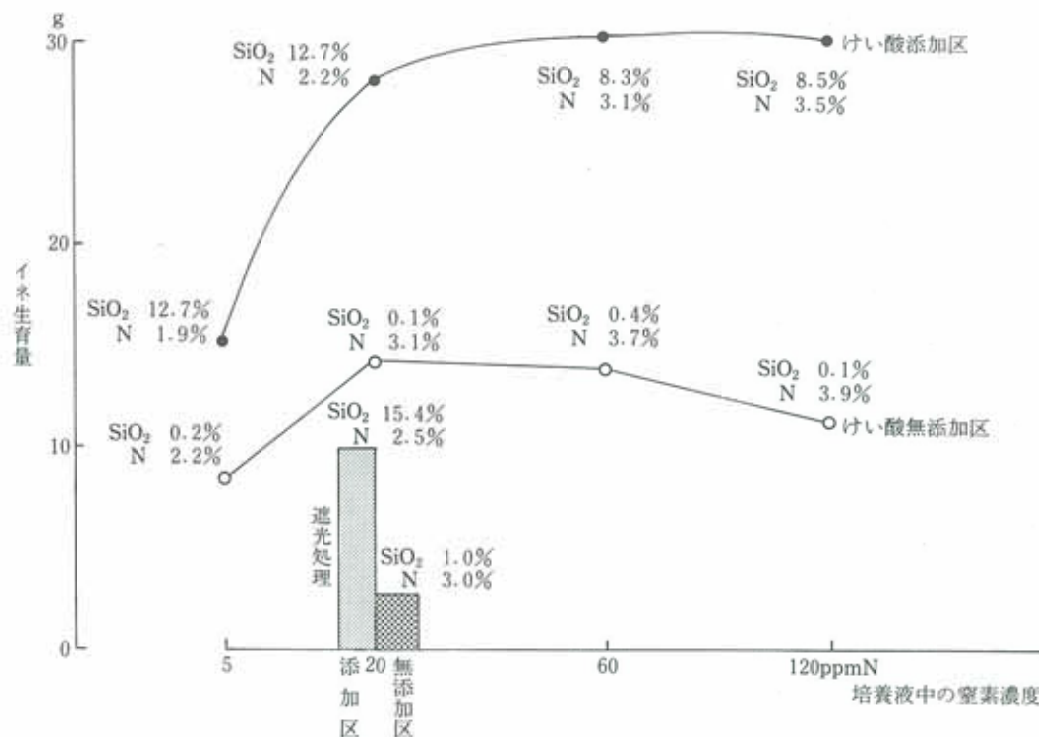
量の窒素を吸収しても、それに見合うだけの光合成ができないと、根の活力が低下し地上部の生育にも影響します。つまり、倒伏しやすく、病虫害にも弱くなり、かえってマイナスになります。

第26図は水耕栽培で窒素の濃度を変えてけい酸の効果のみた成績です。けい酸添加区と無添加区の差は窒素が多くなるほど大きくなっています。下部に遮光処理した場合の棒グラフがありますが、遮光処理によって稲の生育は非常に低下します。しかしけい酸を添加した区としない区の差は大きく、けい酸添加区の光合成力の強さをはっきりあらわしています。

第24表 窒素の施用量を増した場合のケイカルの効果 (福井農試)

窒素施用量 (/10a)	ケイカル施用量 (/10a)		ケイカルの効果
	0kg	150kg	
7.3kg	玄米収量 (/10a)		124%
	315kg	390kg	
11.3kg	345kg	525kg	152%

第26図 窒素増施、遮光処理に対するけい酸の効果 (京大・高橋)



注) けい酸、窒素、含有量は葉身乾物あたりパーセント

### Q-22

ケイカルは有機物と併用すると効果が増すといわれますがどうしてですか？

**A** 稲わらや堆肥などの有機物は、土壌の物理性(透水性、通気性、膨軟性、保肥性など)の改良や地力窒素などの化学養分の補給、緩衝能の改善、有効土壌微生物の活性化など土づくりには欠かせないものですが、ケイカルを同時に散布すると一層の効果があります。

第25表はケイカル、ようりん、有機物を11年間連用した試験成績ですが、ケイカルなどと有機物の併用区は特に効果が高くなっています。

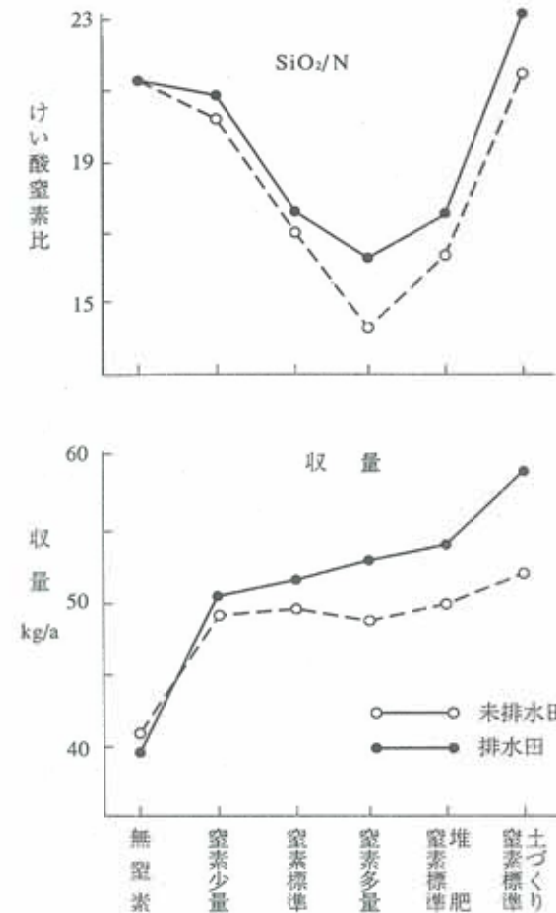
最近各地で行われている有機栽培では地力がないとどうしても収量が減少します。

第26表は山形県農試の経営部の調査結果をまとめたものですが、有機栽培の場合でもケイカル、ようりんなどの土づくり肥料を施した集団では他集団の400~500kg台に対して600kg以上の収量を得ています。

東北農試では昭和45年から堆肥、ようりん、ケイカル連用試験を実施中ですが、45年から61年まで17年間の平均収量は第27表のとおりでケイカル施用区は毎年収量が増加しています。

第27図は、窒素施用量が多くなっても土づくりとしてケイカル・熔りんの施用で稲体のけい酸含有率が高まり、けい酸窒素比 (SiO<sub>2</sub>/N) も高まり収量が増加した例です。

第27図 窒素施用量と収量の関係 (宮城県農七)



第25表 ケイカル・ようりん・有機物併用効果

区名	11年間連用平均	
	収量 (kg/10a)	指数 (%)
無施用区	580	100
ケイカル・ようりん区	633	109
堆肥1t・ケイカル・ようりん区	636	110
堆肥1t区	602	104
堆肥3t・ケイカル・ようりん区	637	110
堆肥3t区	616	106
稲わら0.5t・ケイカル・ようりん区	639	110
稲わら0.5t区	598	103
稲わら0.75t・ケイカル・ようりん区	648	112
稲わら0.75t区	610	105



第26表 有機農業米の収量

集団	有機質の施用量 (10a当)	化学肥料の施用	改良資材等	10a収量 <sup>(a)</sup>
A	完熟堆肥 2トン以上	全く使わない		480
H	堆肥 4トン	全く使わない		480
K	堆きゅう肥 1トン以上	慣行どおり	ケイカル、ようりん	620
B	堆肥 4～5トン	減らしている	カトー菌、タフライト	
D	有機質肥料 150kg	全く使わない	ケイカル、ようりん、ゼオライト	600
L	堆肥 1トン以上 または稲わら全量+鶏ふん75kg以上	減らしている		525

第27表 堆肥、土づくり肥料連用試験における平均収量 (昭和45～61年)

区名 (施用量10a当たり)	平均収量 (kg/10a)	指数
堆肥 2t連用	627	100
堆肥 2t・ケイカル200kg連用	665	106
堆肥 2t・ようりん58.8kg連用	633	101
堆肥 2t・ようりん・ケイカル併用	669	107

Q-23

米づくりのコスト低減がさげばれていますが、ケイカルを使った場合の経済効果について教えてください。

**A** コストの低減には資材費や労力費を節約する方法と、米づくりの基本を実行して高い収量をあげて生産費を下げる方法の二つがあります。

土づくりを基本にして労力費を節減し、高収量をあげるのが一番良い方法と思います。

ケイカルを施用した場合の増収率は水田の土壌によっても違いますが5%から15%位です。

かりに、  
 米の10アール当り平均収量を…………… 500 kg  
 ケイカルを…………… 150 kg  
 ケイカル1袋 (20 kg) の価格を……………500円  
 玄米60 kgの価格 (平成8年平均米価)  
 …………… 16,392円

として、ケイカル施用による経済性を試算しますと第28表のとおりになります。

このように5%の増収でも10アール当り2,080円の収入増、10%の増収では8,910円の収入増となり、1ヘクタールでは9万円近くの収入増ということになります。

このほかにケイカル施用による品質の向上もありますので、これを加えますと収入増は一層多くなります。なお、等級の格差は1等と2等で320円、2等と3等で1,000円となっています。

第28表 10アール当り収入増

増収率	増収量 (kg)	収入増	ケイカル費	散布費用	差引き収入増
5%	25	6,830円	3,750円	1,000円	2,080円
7	35	9,562円	"	"	4,812円
10	50	13,660円	"	"	8,910円
15	75	20,490円	"	"	15,740円

▼ケイカルを使用すると反収が上がり、コスト低減につながる





## Ⅱ 畑作物に対する効果





## Q-24

畑土壌に対するケイカルのはたらきについて教えてください。

**A** ケイカルは水稲に対して優れた効果が認められたため、現在は主として水田の土づくり肥料として使われていますが、最初は畑の酸性改良材として使われたくらいで、畑土壌改良にも優れた効果があります。

畑土壌に対するケイカルの効果は次のとおりです。

(1) 土の酸性をゆっくりなおし、効果が長続きます。

ケイカルに含まれる石灰や苦土は緩効性で、土の中のうすい酸や作物の根から出る有機酸に少しずつ溶けて土壌の酸性をなおします。石灰類は一度に多量に施した場合、一時的に土壌をアルカリ性にするがありますが、ケイカルは緩効性ですから土壌中の酸を少しずつ中和し、効果が長続きするのが特徴です。

(2) 土壌中のりん酸の不溶化を防ぎ、りん酸の肥効を高めます。

我が国の畑は火山灰土壌が多いこともあって、酸性が強く、活性アルミナの多い畑がたくさんあり

第29表 ケイカル区と炭カル区の有効りん酸の比率 (青森県畜試 1962)

深 さ	処 理	栽培区		裸地区	
		ケイカル区	炭カル区	ケイカル区	炭カル区
0~5cm	NPK	332	100	392	100
	N2PK	483	100	169	100
10~15cm	NPK	398	100	240	100
	N2PK	182	100	261	100

注：炭カル区各処理の有効りん酸含量を100とした。

ます。ケイカルは石灰や苦土が酸性をなおすとともに、けい酸がアルミナと結びついてりん酸を不溶化するアルミナの害をおさえ、りん酸の肥効を高めます。

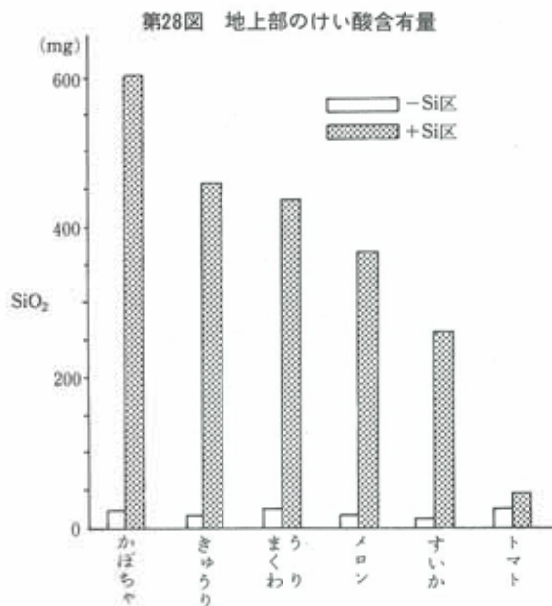
第29表は青森県畜試における牧草畑での試験成績です。炭カル区と比較してケイカル区は表土でも下層土でも有効りん酸が2倍~5倍近く増加しています。

## Q-25

畑作物にもけい酸は必要でしょうか？

**A** けい酸は植物の必須成分ではありませんが水稲などのイネ科作物、ウリ類などは多量のけい酸を吸収します。

畑作物の中でけい酸を多く吸収するのは陸稲、麦類、とうもろこし、ソルゴー、芝、牧草、竹、たけのこなどのイネ科作物、すいか、きゅうり、メロン、かんぴょうなどのウリ類です。



このほかにもトマトやいちごなどでけい酸欠乏による異常果の発生という例もあります。

けい酸は主としてこれらの作物の茎や葉に集積され、茎や葉を丈夫にし、病虫害を少なくし、根のはたらきをよくするなどの効果があり、収量や品質の向上などに好影響をおよぼします。

第28図はウリ類のけい酸含有量を調べたものですが、けい酸区と無けい酸区では非常な差があることがわかります。

このほかにも小麦やきゅうりのウドンコ病の発生が少なかったとか、きゅうりのツルワレ病を抑制したなど病虫害被害軽減の例や、かすみ草の葉の垂れ下がりが少ないなどの例もあります。

## Q-26

ケイカルには微量元素が含まれていると聞きましたが効果があるのですか？

**A** ケイカルには主成分のけい酸や石灰のほかに苦土、マンガン、ほう素、銅、亜鉛、モリブデン、鉄などの微量元素が含まれて

います。

ケイカルに含まれる微量元素の分析例は第30表のとおりです。

第30表 ケイカル中の微量元素 (分析例)

苦土	マンガン	ほう素	鉄	銅	亜鉛	モリブデン
2~4%	0.9%	0.03~0.05%	1.03%	16PPm	84PPm	5PPm

苦土は葉緑素をつくるのになくしてはならないもので、苦土が不足すると葉脈の間が黄化し生育が不良になります。またりん酸の吸収や移行を助けるはたらきもあります。

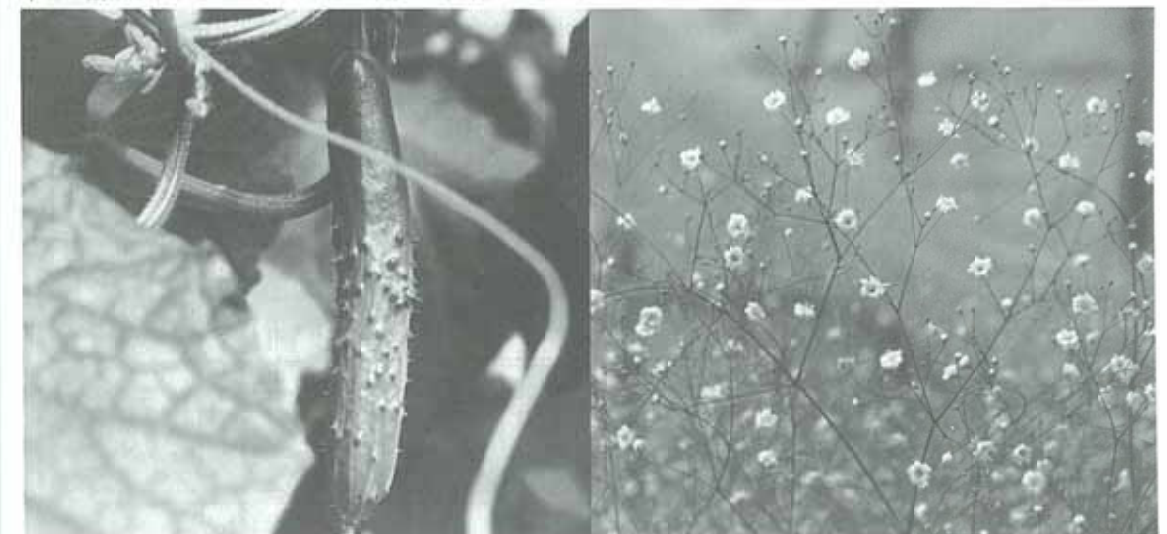
苦土を十分に吸収した作物は増収し、特に品質が良くなります。

マンガンは葉緑素の成分ではありませんが、葉緑素をつくる時に必要なもので、やはりマンガンが不足すると葉に黄化現象があらわれます。

ほう素は、なたね、大根、白菜などのアブラナ科作物には特になくならないものですが、ほう素を0.05%以上含有するケイカルは保証成分として保証が認められています。

このほか、鉄、銅、亜鉛、モリブデンも作物の生長には欠くことのできない成分です。

▼けい酸はきゅうりなど、ウリ類の病虫害の抑制やかすみ草などの葉の垂れ下がりに効果がある





### Q-27

畑作物に対するケイカルの施用量、施用時期などを教えてください。

**A** 畑の場合ケイカルは土壌の酸性をなおす肥料として多く使われていますが、その場合は炭カル、苦土石灰、消石灰などと同じように作物の播種または植付け前に散布して土壌とよく混ぜてください。

施用量は150~200kg/10aですが酸性の強い畑では多めに施すことが必要です。目安としては炭カルの1.2倍、消石灰の1.5倍くらいが標準施用量です。

なお水稲と麦の輪作の場合、ケイカルを麦作前に散布しますと麦にも効果があり、後作の水稲にも効果があります。この場合、散布量の半量ずつを水稲作、麦作に分けて散布するより、まとめて一括散布の方が水稲、麦ともに好結果が出ます。第31表は香川県農試で実施された試験の成績です。

第31表 ケイカルの連用が水稲、裸麦の生育、収量に及ぼす影響 (昭31~34)

区番号	試験区名	地区番号	はだか麦					水稲				
			生育状況 (cm)			収量 (g/m <sup>2</sup> )		生育状況 (cm)			収量 (g/m <sup>2</sup> )	
			稈長	穂長	穂数	玄麦重	稈重	稈長	穂長	穂数	玄麦重	稈重
1	標準 (無施用)	1	54.5	3.3	42.3	21.80	22.0	61.4	17.7	12.8	29.36	31.65
		4	53.3	3.6	39.0	15.80	18.0	64.2	18.9	12.1	34.04	37.68
		平均	53.9	3.5	40.7	18.80	20.0	62.8	18.3	12.5	31.70	35.17
2	ケイカル 130kg 施用	2	81.5	4.2	171.8	41.52	43.0	73.7	19.2	18.3	48.18	65.93
		5	80.3	4.2	141.5	40.40	39.8	70.8	18.7	16.0	46.33	59.78
		平均	80.9	4.2	156.7	40.96	41.4	72.3	19.0	17.2	47.25	62.86
3	炭カル施用	3	83.8	4.2	168.5	42.70	44.0	73.1	19.8	16.4	44.13	50.99
		6	80.1	4.1	153.5	40.80	44.6	70.3	18.6	15.9	35.43	40.44
		平均	82.0	4.2	161.0	41.76	44.3	71.7	19.2	16.2	39.78	45.72

(注) 農試現場

また、第32表は宮崎県えびの地区農業改良普及センターの展示圃の成績です。

第32表 けいカルの大麦及び水稲に対する効果 (宮崎県えびの普及センター) (1982)

区	分	大 麦		水 稲	
		種実重	収量比	玄米重	収量比
苦土石灰	70kg区	293kg	100%	582kg	100%
ケイカル	70kg区	327kg	112%	636kg	109%
ケイカル	140kg区	293kg	100%	672kg	115%

### Q-28

麦類に対するケイカルの効果を教えてください。

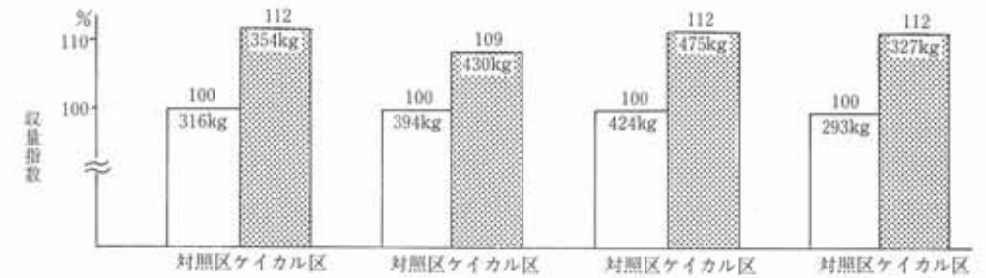
**A** 麦類はイネ科作物ですから、多量のけい酸が必要です。けい酸を吸収した麦は丈夫に育ち、病気や倒伏に対する抵抗力が強くなります。

また、根の発育も良くなり収量が安定し、品質も向上します。

麦に対する試験成績は第29、30図、第33表のとおりです。

#### 1) 大麦に対する効果

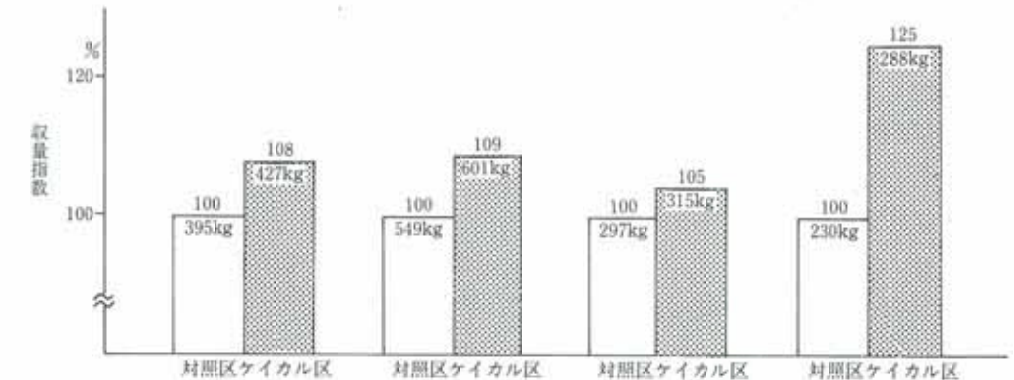
第29図 ケイカルは大麦の増収に役立つ



場 所	茨城県鉾田普及センター	栃木県鹿沼普及センター	大分県竹田普及センター	宮崎県えびの普及センター
土 壌	沖積層植壤土	灰色低地土	火山灰土壌・壤土	黒ボク土
品 種	二条大麦 (あかぎ2条)	二条大麦 (アズマゴールデン)	二条大麦 (ダイセンゴールド)	二条大麦 (カワホナミ)
対 照 区	1 MC 420kg	無施用	無施用	苦土石灰 70kg
土づくり肥料	ケイカル 200kg	ケイカル 100kg	ケイカル 100kg	ケイカル 70kg
年 度	1983年	'83年	'83年	'83年

#### 2) 小麦に対する効果

第30図 ケイカルは小麦の増収に役立つ



場 所	埼玉県熊谷普及センター	岡山県高梁普及センター	福岡県田川普及センター	熊本県鹿本普及センター
土 壌	洪積土壌	壤 土		砂壤土
品 種	シロガネコムギ	シラサキコムギ	チクシコムギ	農林61号
対 照 区	無施用	消石灰 200kg	無施用	無施用
土づくり肥料	ケイカル 200kg	ケイカル 200kg	ケイカル 200kg	ケイカル 200kg
年 度	1983年	'83年	'83年	'83年

\*: 熊本県の根の調査では、発育に差があった。



第33表 けい酸施用と小麦葉のウドンコ病発生の関係 (京大)

品種	けい酸 (mg/ポット)	平均葉長 (cm)	病斑の分布 (%)		葉長10cm 当りの病斑数
			大	小	
農林47号	0	31.0	13	87	30.0
	100	30.4	14	86	25.0
	300	31.1	10	90	12.2
西村	0	28.0	13	87	22.2
	100	29.7	15	85	18.9
	300	23.4	14	86	15.0
農林72号	0	24.3	28	72	13.0
	100	25.1	26	74	12.0
	300	24.1	28	72	10.0

Q-29

大豆に対してケイカルはどういうはたらきをしますか？

**A** 大豆は石灰作物といわれるくらいで非常に石灰を好む作物です。

ケイカルの石灰は緩効性ですから少しずつ溶けて酸性土壌を中和し、大豆にも吸収されます。けい酸は少量ですが大豆に吸収され大豆を丈夫にします。

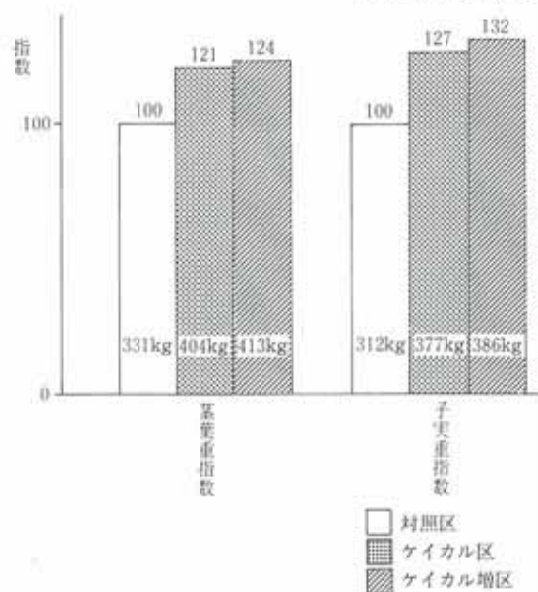
山形県農試最北支場での試験によりますとケイカル施用は生育のまん化を防ぎ、特に密植栽培の場合に効果が高いという成績がでています。

第34表は信州大学、第31図は栃木県農試の試験成績ですがいずれも茎葉重、子実重とも他区と比較して増収しています。

第34表 大豆に対する酸性土壌改良材の効果 (信州大学1965) 大豆の収量調査成績

処 理	風乾重中 (kg/10a)				子実重比 (%)
	茎葉	サヤ	子実	全重	
炭カル	157	99	195	451	100
苦土石灰	169	110	212	491	109
ケイカル	171	114	227	512	116

第31図 ケイカル施用で大豆の収量が増加 (栃木県農試 1978)



Q-30

とうもろこしやイネ科の牧草に対するケイカルの使い方、効果を教えてください。

**A** とうもろこしやイネ科の牧草はけい酸をたくさん吸収します。けい酸を多く吸収したとうもろこしは丈夫に育ち倒伏や病気が少なくなります。

第35表は福島県畜試の試験成績ですが、炭カル区と比較して倒伏も少なく、収量も増加しています。

第35表 トウモロコシに対するケイカルの肥効試験 (福島県畜試 1973)

区別	倒伏	稈長 (cm)	生重量 (kg/10a)	同比率
炭カル区	多	348.5	4,569	100
ケイカル区	中	347.3	4,933	108

とうもろこしの場合の使い方は、播種または移植前に150~200kg/10aを施し、イネ科の牧草は新植の場合は播種前に200~300kg/10aを散布し、土壌と良く混ぜてください。追肥の場合は新芽が出る前に100~150kg/10aを全面に散布してください。緩効性ですから草を枯らすようなことはありません。

第36表は四国農試におけるイタリアンライグラスの試験ですが、窒素の多少にかかわらずケイカル区はいずれも生草重、乾物重とも増加し、けい

第36表 イタリアンライグラスに対する窒素の施肥量試験 収量、成分吸収量等の成績 (四国農試 1970)

試験区	項目	収 量 kg/a		4 回刈時 (4. 1. 6) の成分含有率 %				
		生草重	乾物重	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	SiO <sub>2</sub>
対 照 区	N 少量	887	154	2.40	0.71	3.05	1.08	4.01
	N 中量	1,200	181	3.84	0.89	3.33	1.12	3.98
	N 多量	1,400	191	4.67	1.02	3.42	1.15	3.72
石 灰 区	N 少量	992	170	2.42	0.68	3.10	1.14	3.96
	N 中量	1,278	191	3.77	0.75	3.42	1.20	4.04
	N 多量	1,470	196	4.55	0.93	3.54	1.22	3.68
ケイカル区	N 少量	1,307	177	2.44	0.70	3.07	0.20	4.45
	N 中量	1,334	198	3.78	0.82	3.40	1.17	4.28
	N 多量	1,542	206	4.57	0.91	3.51	1.19	4.00

酸の吸収量が増加しています。

Q-31

ケイカルはきゅうり、すいかなどのウリ類に効果があると聞きますが本当でしょうか？

**A** ウリ科の作物がけい酸をたくさん吸収することはQ25の第28図を見てもわかります。

ケイカルはウリ類の茎や葉を丈夫にし、ウドンコ病、ツルワレ病などの病気の発生を少なくします。また原因不明の異常果が発生したとき、ケイカル施用で少なくなったという例もあります。ウリ類の場合は特に石灰類のかわりにケイカルを施用しますと、土壌酸性の中和、けい酸補給が同時にでき、一石二鳥です。



第37表はきゅうりに対する試験成績ですが、ケイカル区は収量、品質とも苦土石灰区に勝り、ウドンコ病の発生も少なかったという成績が出ています。

第37表 きゅうりに対するケイカルの効果 (福島西会津農改)

(1) 収量調査 (単位: kg)

収量	苦土石灰区						ケイカル区					
	SS	S	M	L	LL	合計	SS	S	M	L	LL	合計
A級	70	2,420	1,820	730	80	5,120	120	2,600	1,750	830	60	5,360
B級		230	210			440		240	240			480
合計	70	2,650	2,030	730	80	5,560	120	2,840	1,990	830	60	5,840

(2) 病虫害調査

ウドンコ病の発生度はケイカル区が少なかった。

第38表 すいかの異常発生に関する試験 (愛知園研 1971)

試験区名	収穫個数	全重	糖度	コンニャク症状		コルク症状		
				個数	発生率%	個数	発生率%	
K圃場	標準	58	161.70	10.6	17	29.2	14	24.1
	ほう砂	61	165.57	10.4	25	41.0	9	14.8
	ケイカル	53	160.57	10.7	8	15.1	2	3.8
S圃場	標準	93	214.38	9.7	28	30.1	39	41.9
	ほう砂	113	246.30	9.4	44	38.9	42	37.2
	ケイカル	115	268.42	10.2	45	39.1	28	24.3

### Q-32

野菜に対するケイカルの効果について教えてください。

**A** 野菜に対するケイカルの効果はやはり石灰や苦土が中心ですが、忘れてはならないものに微量元素があります。

石灰や苦土は土壌の酸性を中和し、作物に吸収されて栄養分となります。前述したとおり、ケイカルは緩効性ですから土壌中のうすい酸や、作物の根から出る酸に溶けてゆっくりと酸性

第38表はすいかの異常発生の際の試験です。圃場によって違いますが、ケイカル区は収量その他において良い成績をあげ、特に糖度の試験では両圃場とも最高という成績をあげています。

第39表 タマネギの収量調査成績(トン/10a) (香川農試)

試験区別	球重	同指数	大球	中球	小球	球高/直径
無石灰区	5.69	91	3.01	1.74	0.84	0.73
ケイカル区	6.51	104	3.12	2.30	1.08	0.75
苦土石灰区	6.25	100	3.01	2.19	1.05	0.73
消石灰区	6.23	100	3.13	2.52	0.58	0.79

備考/大球: 300g前後、中球200g前後  
小球: 120g前後のものとする。

にもケイカルは色々な野菜に使われて良い成績をあげています。第42表の東京都農試の成績にもあ

りますように、他の石灰類と比較して、経済的にも優れた肥料です。

第40表 キャベツの収量調査成績

(香川農試)

試験区別	球重(t/10a)	同指数	外葉重(t/10a)	直径(cm)	球高(cm)	球高/直径	球のしまり
無石灰区	4.70	90	2.56	19.4	12.6	0.65	4
ケイカル区	5.84	112	2.82	19.3	12.3	0.63	5
苦土石灰区	5.22	100	2.86	19.5	12.4	0.64	4

備考/球のしまり-1(不良) 2、3、4、5(良)

第41表 ケイカル・苦土石灰の施用量とショウガの生育

(高知農技研)

処理	塊茎重(g)	茎葉重(g)	茎数(g)	最大茎長(cm)	収量(t/10a)	指数(%)
無施用	1,302	1,046	20.6	87.8	4.56	(100)
ケイカル200	1,409	1,056	18.7	94.1	4.93	(108)
苦土石灰200	1,411	1,142	19.0	96.1	4.94	(108)
ケイカル400	1,520	1,016	18.1	95.6	5.32	(117)
苦土石灰400	1,259	984	17.9	92.7	4.41	(97)

第42表 野菜畑の土壌改良試験(東京都農試、昭和43~45年)

1. 収量調査 (kg/a, 指数は%)

区名	項目	資材の量 (1年目のみ施用)	1年目		2年目				3年目			
			収量	指数	第1作		第2作		第3作		第4作	
					ダイコン	キャベツ	ダイコン	キャベツ	ダイコン	キャベツ		
対照区	0	348	100	277	100	174	100	299	100	268	100	
ケイカル区	55	398	114	300	108	178	102	334	112	278	104	
炭カル区	45	207	59	242	87	125	72	311	104	290	108	
苦土カル区	43	344	99	304	110	185	106	376	126	250	93	

2. 経済性調査 (円/a)

区名	項目	所用経費 (1年目のみ)	増収益					
			第1作	第2作	第3作	第4作	第5作	第6作
対照区	0	0	0	0	0	0	0	0
ケイカル区	318	+432	+506	+315	+770	+260	+2,283	
炭カル区	195	-2,310	-770	-795	+264	+572	-3,039	
苦土カル区	235	-295	+594	0	+1,694	-468	+1,525	



### Q-33

さといもなどのイモ類に対してケイカルはどういうはたらきをしますか？

**A** さといもは石灰を好む作物で、石灰が不足すると芽つぶれ症や芽くぼみ症が発生しやすくなります。

岐阜県の元専門技術員の前田勉氏は、畑のさといもが最も生育の旺盛な時期である10月頃倒伏して生育が悪くなる例が多いのにくらべ、水田転作

畑では倒伏例が少ないのを見て、水田時代に施用したケイカルの効果ではないかと考え、さといもに対するケイカルの展示圃を設置され、その結果、ケイカルによりさといもの品質が高まり、収量も増加することが確認されました。

その成績は第43表の(1)～(3)のとおりで、初期はほとんど差がありませんが、調査時点の10月になると差があらわれ、葉の厚さ、乾物重、成分含量などで他の区と比較して勝り、収量調査の結果でもはっきり差が出ています。特に品質の点で障害いもはほとんどなく、ケイカル区のいもはみの毛が少なく、短かくて、ハリがあり、若さを感じさせ、貯蔵性も高いという成績が出ています。

第43表 (1) 生育状況

調査項目	7月1日			8月1日			9月1日			10月1日		
	草丈 (cm)	葉数 (枚)	茎太 (cm)	草丈 (cm)	葉数 (枚)	茎太 (cm)	草丈 (cm)	葉数 (枚)	茎太 (cm)	草丈 (cm)	葉数 (枚)	茎太 (cm)
1. ケイカル区	45	4	3.2	90	4	7.0	110	4	6.7	115	4	6.8
2. 苦土石灰・生石灰区	40	4	3.5	85	3	6.5	120	4	6.8	105	3	6.5
3. 苦土石灰区	40	3	3.2	85	4	6.5	120	4	6.3	98	3	6.3

第43表 (2) 茎葉分析

調査項目	10月1日		8月1日葉乾物当り%				10月1日葉乾物当り%				
	葉の厚さ (cm)	葉の乾物 (%)	石灰	苦土	加里	けい酸	石灰	苦土	加里	りん酸	けい酸
1. ケイカル区	1.0	13.6	2.57	0.49	4.24	0.21	4.18	0.67	5.36	0.77	0.57
2. 苦土石灰・生石灰区	0.66	13.6	2.63	0.62	4.60	0.21	4.06	0.63	5.12	0.83	0.49
3. 苦土石灰区	0.6	14.7	3.0	0.70	4.15	0.23	5.11	0.89	4.03	0.75	0.31

第43表 (3) 収量調査

調査項目	親芋		子芋		孫芋		子孫芋合計				障害芋発生%				備考
	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量	孫芋1個平均重g	芽つぶれ	芽くぼみ	ひび割	健全いも		
ケイカル区	1区	240	138	960	84	4,560	180	5,520	264	39					いもに若さがある
	2区	240	120	840	78	4,680	240	5,520	318	51					
	平均	240	129	900	81	4,620	210	5,520	291	45	0	2	0	98	
苦土石灰生石灰区	1区	240	120	1,200	78	2,280	144	3,480	222	63					
	2区	240	150	720	60	3,720	150	4,440	210	40					
	平均	240	135	960	69	3,000	147	3,960	216	49	8	15	0	77	
苦土石灰区	1区	240	96	1,080	66	4,680	150	5,760	216	32					いもにみの毛が多く若さがない
	2区	240	72	720	42	3,360	132	4,080	174	39					
	平均	240	84	900	54	4,020	141	4,920	195	35	9	19	0	72	

### Q-34

にんにくに対してケイカルはどのような効果がありますか？

**A** ケイカルのにんにくに対する効果は、岩手県北上地区農業改良普及センターにおける展示圃設置の結果から、生育も良好であり、品質的には上位等級であるL、M級のものが多く収量が増加することが確認されました。

第44表 にんにくに対する施用効果

年次	調査項目	草丈 cm	収量 kg/10a	指数	L規格の比率 %	病虫害の発生
平成3年	無施用区	65.9	591	100	81	なし
	ケイカル区	71.5	672	114	81	なし
平成4年	無施用区	74.5	839	100	93	なし
	ケイカル区	77.5	1,001	120	100	なし
平成5年	無施用区	66.6	913	100		なし
	ケイカル区	68.8	931	102		なし
平均	無施用区	69.0	781	100		
	ケイカル区	72.5	868	111		

### Q-35

ケイカルはゴルフ場などの芝生を丈夫にすると言われますが、効果、施用法などについて教えてください。

**A** 芝はイネ科の作物ですから、けい酸を多量に吸収します。

第45表はポット試験ですが、バーミュダグラスにポット当たり6～200gのケイカルを施用して効果を調査したものです。

けい酸を施用した区はどの区も増収していますが、200g区は無施用区の7倍の収量になっています。

けい酸をたくさん吸収した芝は葉や茎が丈夫になり病気や害虫に対する抵抗性が強くなり、長持

ちします。また根の活力を活発にしますので、いつまでも根が新鮮で、丈夫に育ちます。

施用量、施用時期は新しく芝を植える前に200～300kg/10aを施し、よく土と混ぜてください。また植付後施用する場合は3～4月頃、100kg/10aを施用してください。

ケイカルは石灰を含んでいますのでpHの調整効果もありますが、緩効性ですので急激にpHを上げるようなことはなく、少しずつ調整し、効果が長続きするのが特徴です。

第45表 芝に対するけい酸資材の施用効果

(1987: 福永)

試験区名	施用量g/ポット	生草重g/ポット	風乾重g/ポット
無施用区	0	7.2 (100)	2.7 (100)
けい酸少量区	6	12.3 (171)	4.6 (170)
けい酸多量区	12	13.9 (193)	5.2 (193)
けい酸超多量区	200	49.6 (689)	19.6 (723)

注：( )内数字は無施用区に対する増収比

### Q-36

竹林やたけのこにケイカルがよく使われていますが、どのような効果があるのですか？

**A** 竹には窒素、りん酸、カリの三要素は勿論必要ですが、それ以外の成分として大切なのがけい酸です。

竹類に含まれるけい酸はイネや麦などと同じで、葉の部分に最も多く含まれ多いものでは12%ぐらい含まれています。次に多いのがタケノコなどの表皮(4～5%)と枝条部(2～4%)です。

けい酸が竹の生産に重要なことは第32図のようにマダケ林とモウソウチク林の優良林と不良林での生葉中のけい酸含量に、非常な差があることを



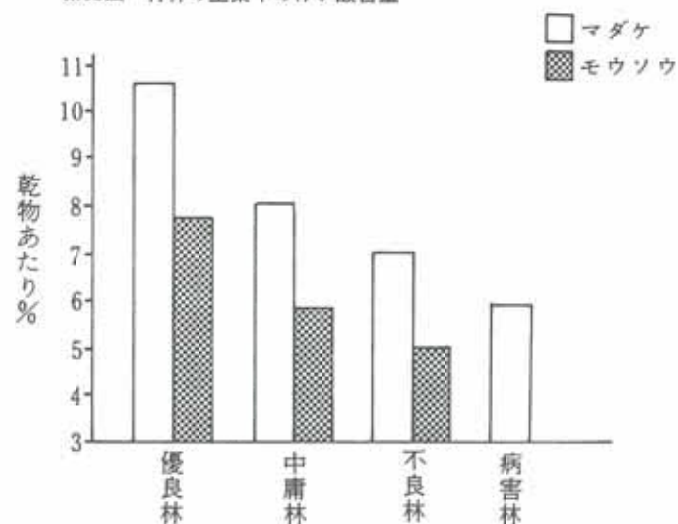
みてもわかります。

また第33図はマダケ林のケイカル施用の効果ですが、三要素だけの区とケイカル施用区では相当差があります。特に三要素区と比較して、ケイカル区の竹は表面、裏面ともかたく、強度試験の曲

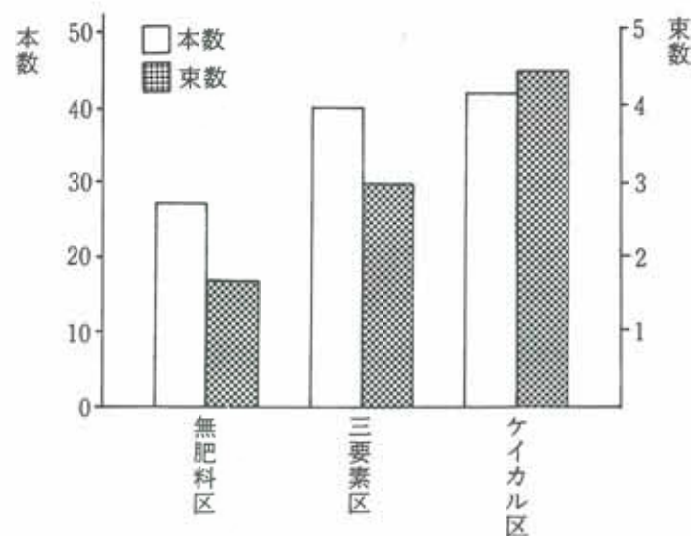
げに対する抵抗力も強いことがわかっています。

なお、ケイカルの施用量は各地の施肥基準によるのがいいのですが、基準としてはケイカル100kgくらいを3月、7月頃の2回に分けて施用するのがよいです。

第32図 竹林の生葉中のけい酸含量



第33図 マダケ林のケイカル施用効果



Q-37

きくやかすみ草などの花類に対してケイカルはどのような効果がありますか？

**A** 福岡県の八女市を中心とした電照菊栽培地では、栽培の際の土壌pHの調整にケイカルを施用しています。

電照菊の最適pHは6~6.5ですが、定植1ヶ月前に石灰質資材で矯正するのが普通です。ケイカルの場合は他の石灰資材と違ってpHが急激に上昇しないという特徴があり、また苦土を含有しているので使いやすいということから、好んで使われているようです。施用量は160~200kg/10aです。

特にきくの場合は生育の後期に多量の石灰を吸収する作物ですから、効果が持続するケイカルが使われる一因にもなっているようです。

また、かすみ草にも使われていますが、香川県農試の試験成績によりますと、第46表のようにケイカル区は切花の下垂度(頂花から80cmに切りそえたかすみ草を、切口から5cmの所で水平に支えた場合に垂れ下がる長さ)が少ないという結果が出ています。

第46表 かすみ草の下垂度 (1987・香川県農試)

区別	下垂度
対照区	30.0cm
ケイカル250kg	23.9cm
ケイカル500kg	26.1cm
炭カル区	29.5cm
けい酸カリ区	28.7cm

▼培地の土壌pHの調整にケイカルが効果を発揮する





### Ⅲ その他





**Q-38**

ケイカルの融雪効果について教えてください。

**A** 雪どけの早い年は農作業に問題がありませんが、おそい年には色々支障がでできます。

融雪促進材として適した肥料はいくつかありますが、経済性その他からケイカルが一般的に使われています。

ケイカルの融雪促進効果は第34図のとおりで一般に7~10日早まるといわれています。雪上散布した場合、雪どけ水などで成分が流亡する心配が

ほとんどありません。ケイカルの成分は水には溶けず、土壌の中のうすい酸や、作物の根からでる有機酸等によって溶けて作物に吸収されるからです。

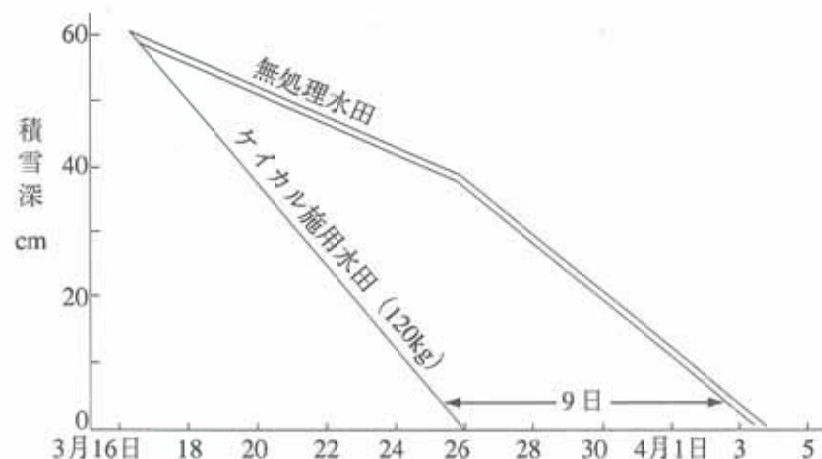
そのうえ、消雪後、作物を丈夫にして耐倒伏性、耐病性を強めるという一石二鳥の効果をねらって使われています。

さらに、農閑期の施用になるので散布労力の合理化にも役立ちます。

散布方法としては、手まき、空中散布、動力散布機利用などがありますが、作業時期、散布費用、所要時間などからみてライムソワーによる雪上散布がすぐれています。

なお、ケイカルの施用量は融雪後の肥料効果を考え、120~150kg/10aくらい散布する必要があります。

第34図 ケイカルの融雪促進効果



**Q-39**

混合肥料について教えてください。

**A** 健康な土づくりとは、作物の生産性(収量、品質、食味など)を高めるために、調和のとれた土をつくることです。そのためには圃場の土がどうなっているのか、土壌診断によって実態をつかみ、その結果にもとづいて「土づくり肥料」を選び、施用量を決めることが必要

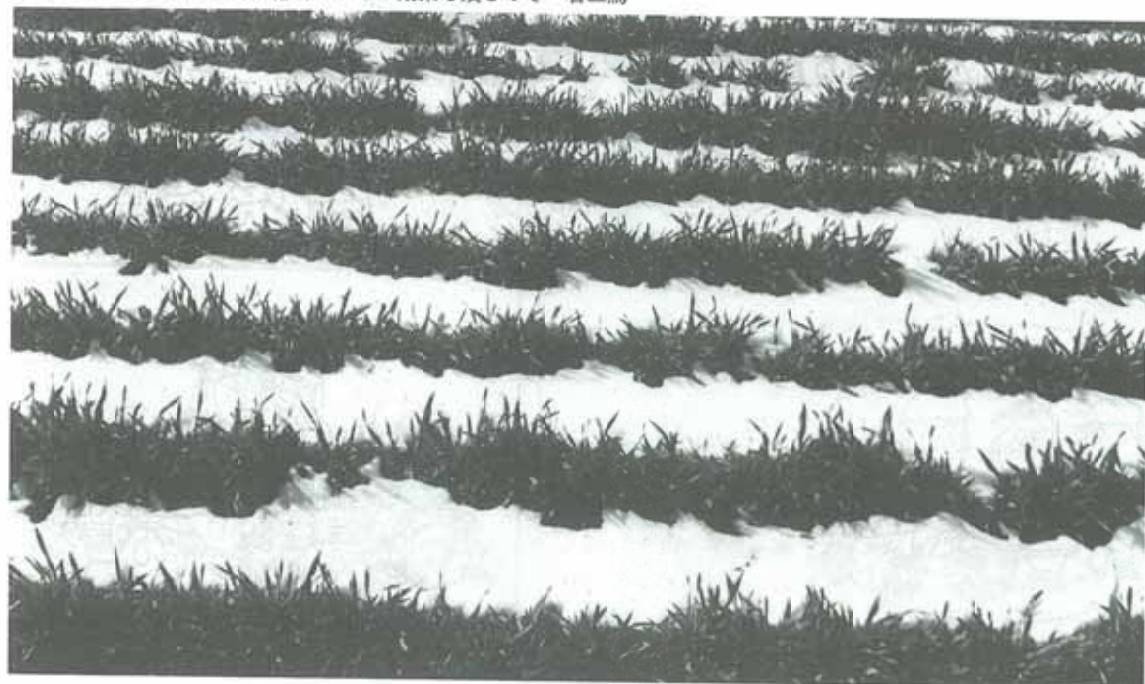
です。土づくり肥料にはいろいろなものがありますが、施肥の省力化のための2種類以上の土づくり肥料を混合したものがあります。混合肥料だと二度まきの手間が省けて便利です。現在流通している混合肥料の種類は次のようなものです。

これらの混合品の混合する肥料の種類や混合割合は土壌診断の結果などでできまりますが、現在流通量の最も多いのは、ケイカル・ようりん8:2混合品で、次に多いのはケイカル・ようりん7:3の混合品です。

肥料の組合せ、混合割合の組合せはいろいろできますから、農業改良普及センターまたは農協の営農担当者にご相談ください。

ケイカル+ようりん	石灰類+ようりん
ケイカル+重焼りん	石灰類+重焼りん
ケイカル+リンスター	石灰類+リンスター
ケイカル+石灰窒素	石灰類+ダブリン
ケイカル+腐植りん	石灰類+石灰窒素
ケイカル+ようりん+石灰窒素	

▼ケイカルは融雪を早め、肥料としての効果も残るので一石二鳥





Q-40

ケイカルや混合肥料は散布量が多く、労力的にも時間的にも散布するのが大変ですが、簡単に散布する方法はないのでしょうか？

**A** ケイカルなどの散布は機械散布をする  
ると手間もかからず、経済的です。機  
械散布の方法としては、農協が中心となつて集団  
散布をする場合と、農家個々が簡易散布機で実施  
する二つの方法があります。

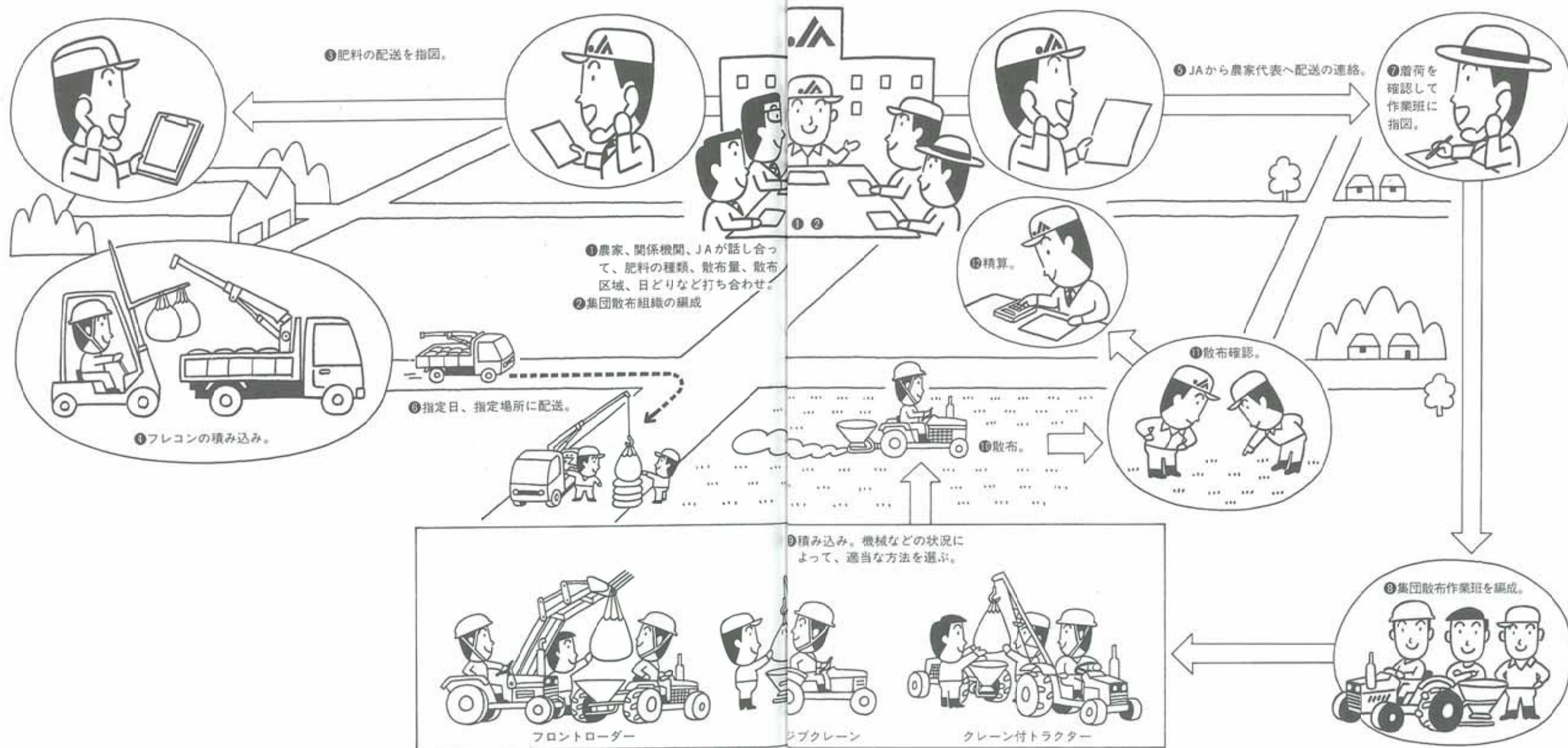
農協が中心となつて集団機械散布をする場合の  
取組み方法

労力がかかるために、なおざりになっているの  
が、土づくり肥料の散布です。各戸でやると、た  
しかに大変ですが、田畑がだいたい1地区にまとま  
っている何戸かが、集団をつくって機械散布する  
と、楽にすませることができ、経費も割安です。

農協では、その地域の土壌診断や施肥基準をも  
とに、どんな肥料をどれくらいやるか、関係機関

とも相談して、まちがいのないやりかたをきま  
ます。同時に、散布する田畑を集団的にとりまとめ  
、肥料の調達、機械の準備、散布日どりのとりきめ  
などのお世話を一切やります。

では、そのすすめかたの一例をおめにかけま  
しょう。





Q-41

集団機械散布の経済性について教えてください。

- (1) 肥料工場と散布する圃場との距離（遠い・近い）の差
  - (2) 散布機械の種類（新・旧・大・小）によるリース料の差
  - (3) 請け負い散布料金の差などの違いがあるからです。
- そこで全農肥料農薬部が発行の「健康な土づくりと施肥改善運動」から引用し回答いたします。

**A** 大変難しい質問です、なぜかといいますと、

機械散布の経済性の検討手順

〈前提条件〉

1. 機械散布に関する諸経費（1日実働7時間）

(1) トラクター、散布機のリース代（油代を含む）	50,000円
(2) 散布の人件費（オペレーター1名、補助員2名）	21,000円
(3) 保管用シート等の雑費	2,000円
<b>合計</b>	<b>73,000円</b>

注）散布面積により散布作業経費の違いが生ずる

- ・1日6ha散布するとすれば（半湿田） $73,000円 \div 60 = 1,217円/10a$
- ・1日8ha “（乾田） $73,000円 \div 80 = 913円/10a$
- ・1日12ha “（熟練者） $73,000円 \div 120 = 608円/10a$

2. 肥料の包装容量・荷姿によるメリット

(1) 大型包装品と通常品（20kg）との価格差

ようりん4袋+ケイカル6袋	= 6,530円（計200kg）
ようりん・ケイカル大型包装	= 5,420円（200kg 包装品）
<b>200kg当たりの差額</b>	<b>1,110円…(a)</b>

(2) 大型包装品で生ずる必要経費

フレコン袋の使用料等	220円/200kg…(b)
------------	----------------

(3) 大型包装品メリット

200kg当たり	(a) - (b) = 1,110円 - 220円 = 890円
----------	----------------------------------

3. トラックによる圃場直送メリット（輸送手段のメリット）

- (1) 10a当たり200kgを工場より圃場へ直送することにより、  
農協の小口配送料30円/20kg×10袋分が安くなる = 300円

〈共同機械散布によるメリット〉

第47表 散布経費等の比較

(10a 当たり)

項目	散布方式	個人散布	共同機械散布	比較
容量・荷姿		20kg普通袋×10袋	200kgフレコン袋	個人-共同
輸送方法		工場-農協-圃場	工場-圃場	(差し引き)
散布量 200kg		ようりん 4袋 ケイカル 6袋	フレコン包装1袋 (混合品)	
散布料金(注) 大型包装メリット 肥料代+フレコン使用料 小口配送料		1,217~608円 6,530+0円 300円	1,217~608円 5,420円+220円 0円	0円 890円 300円
計		8,047~7,438円	6,857~6,248円	1,190円

注）散布料金は、6haのとき1,217円、12haのとき608円で、個人共同を同じとした。

〈参考〉 個人散布に関する労働費

農家労働費を1,000円/時間とすると、

10aあたり200kgの散布労働費（2時間）= 2,000円/10a

4. 共同機械散布によるメリットの特徴

・散布面積が大きいほど、メリットも大きくなる。

機械散布による経済的効果は、大型包装メリット、肥料の圃場直送により生じます。このことは、1日当たりの散布面積が多いほど有利であり、同時に総事業量の多いほどメリットも大きくなるといえます。

つまり、前ページの表からつぎのような試算ができます、

1日6ha散布	1,190円×60 = 71,400円
1日8ha “	1,190円×80 = 95,200円
1日12ha “	1,190円×120 = 142,800円

このことから、つぎのような方式にすることが大切です。

1. 圃場は集団化し、1日当たりの散布面積が多くなるようにする。
2. 散布希望農家数を増やし、1団地の総散布面積の拡大をはかる。
3. 土づくり肥料の包装容量は200kg袋など大型包装とする。
4. 輸送方式は、工場から圃場までの直送方式にする。

### Q-42

最近世界的に環境問題や食物の安全性などが問題になっていますが、ケイカルは安全でしょうか？

**A** ケイカルは、緩効性のアルカリ肥料ですから、地下水を汚染したり、土壌を悪化したり、また大気を汚染したりということはありません。かえって重金属汚染土壌の重金属の吸収を抑制したり、大気汚染の被害を軽くした

第48表 一般土壌およびケイカル中の重金属含量について

種類	区分	含有量 (ppm)								
		ヒ素	カドミ	銅	亜鉛	鉛	水銀	ニッケル	クロム	チタン%
一般土壌	最高			100			0.8		250	
	最低			2			0.03		5	
	平均	1~2	0.5	20	50	10	0.2	40	100	0.5
ケイカル	n	33	33	33	33	33	33	28	28	2
	最高		0.7	24.8	93.7	2.84		77.1	253	0.04
	最低		ND	1.20	1.8	ND		ND	ND	ND
	平均	ND	0.04	8.12	12.2	0.66	ND	16.4	67.7	0.02

### Q-43

数年前一部の新聞やテレビである大学の教授の研究として「ケイカルを施用すると石灰が吸収され、いもち病になりやすい」という報道がありました。本当でしょうか？

**A** 以前鳥取大学の作物学教授が、稲の葉の石灰含有率が高くなるとけい酸含有率が低くなり、いもち病にかかりやすくなるという研究結果を発表し一部の新聞やテレビでケイカルを施用すると石灰が多くなるようなことが報道されました。

しかし、この研究結果は長期にわたる圃場試験の成績ではなく、ポット試験を含む限られた特殊

り、汚水流入田の被害を軽くしたりする効果があります。

なお、ケイカルに含まれる重金属は第48表のとおりで普通の土壌中の重金属と比較しても少ないくらいです。

もし毎年200kg/10aのケイカルを100年施用したとしても10ppmのものは、

$$200 \text{ kg} \times 10 \text{ mg} \times 100 \text{ 年} = 200 \text{ g}$$

となり、100t (10a、作土10cmの場合)の土壌中では2ppmになります。そのうえ、流亡や作物の吸収もありますので蓄積の心配はありません。

な環境下のもので、しかも、ケイカル施用の有無、かんがい水のけい酸含量、土壌中のけい酸量、そのほか基礎的な調査をしたデータはまったくなく、けい酸と石灰の含量のみでいもち病性を論じたものです。

今までの各地におけるケイカル試験成績の中から水稻の葉のけい酸含有率と石灰含有率をみてみますと、ケイカルを施用した区はすべてけい酸含有率は多くなっていますが、石灰は少なくなったもの、多くなったもの、変わらないものなどがあって、一定の傾向はありませんでした。

その教授はけい酸と石灰の間には拮抗的関係があるといっていますが、今までの試験成績ではそういう傾向はなく、また植物栄養学上も考えられないことです。もし教授の研究でけい酸吸収が少なかったとすれば、石灰とは関係なく、別の原因

によるものと思われます。

このようにケイカル施用はいもち病予防にはなりますが、いもち病を助長するようなことはありません。

### Q-44

ケイカルは鉱さいの種類や粒度によって肥効の差がありますか？

**A** ケイカルは原料鉱さいの種類や、冷却法によって、含有成分量や粒度が異なりますが、粒度規制によって、肥効に差が生じないように公定規格が認められております。

#### 【鉱さいの種類による肥効】

昭和51年に四国農試で当時市販品として流通していたケイカルを原料の種類ごとに集めて試験し

ています。(第49表)。

珪酸石灰肥料研究会が、昭和57年度に各地の試験場に委託して実施した、市販品の種類別栽培試験成績としてつぎのものが有ります(第50表)。

各試験地の土壌条件や立地条件により、多少の差はありますが、種類による差は少なく、いずれにしても効果は認められています。

#### 【冷却法、粒度による肥効】

製鉄鉱さい(高炉さい)の水砕品と徐冷品(急冷品をふくむ)の溶解性を粒度別に比較したのが第51表です。

水砕品の場合は粒度がこまかくても、あくても、よく溶解しますので肥効の差はありませんが、徐冷品はあらくなるとやや溶解性が悪くなる傾向があります。そのため実際の流通では徐冷品0.6mm以下のものが60%以上と、こまかく粉砕してありますので水砕品と徐冷品の溶解性および肥効の差はありません(第52表)。

第49表 ケイカルの種類別試験

(昭和53年・四国農試・ポット試験・埴壤土)

ケイカル種類	わら重g/ポット	穂重g/ポット	同 比
無 施 用	125	80	100
製鉄ケイカルA社	147	93	116
製鉄ケイカルB社	146	87	109
製鉄ケイカルC社	141	88	110
製鉄ケイカルD社	138	90	113
シリコマンガケイカルA社	144	86	108
シリコマンガケイカルB社	142	88	110
シリコマンガケイカルC社	132	91	114
フェロニッケルケイカル	135	91	114

第50表 水稻に対する各種ケイカル肥効試験

(昭和57・珪酸石灰肥料研究会)

試験場名	全農センター		福島県農試		長野県農試		広島県農試	
	沖積土		強グライ土		灰色低地土		沖積土	
種類別	玄米	収量比	玄米	収量比	玄米	収量比	玄米	収量比
	(g/ポット)		(kg/a)		(kg/a)		(kg/a)	
無 施 用 区	39.4	100	49.7	100	59.3	100	56.8	100
製鉄ケイカル(水砕)	40.3	102	53.4	107	62.8	106	60.8	109
シリコマンガケイカル(徐冷)	45.8	116	52.1	105	62.3	105	60.5	109
フェロニッケルケイカル(水砕)	43.6	111	52.3	105	60.9	103	60.4	108



第51表 高炉さいの水砕品と徐冷品の粒度別溶解性

(昭和54年・珪酸石灰肥料研究会)

粒 度 別	* 可溶性けい酸の量 (%)	
	水 砕 品	徐 冷 品
2,000mm~1,000mm	31.8	25.0
1,000mm~0.590mm	31.8	27.6
0.590~0.149mm	32.0	28.7
0.149~0.074mm	32.0	30.5
0.074mm以下	32.2	33.1

\*分析法=肥料分析法

第52表 鉱さいの種類と肥効

(昭和50年・四国農試・ポット試験)

種 類	冷却法	粒 度	水稻収量 (g/ポット)		
			わら重	穂 重	同 比
ケイカル無施用			125	80	100
製鉄鉱さい	水砕 A社 徐冷B社 C社	2mm全通	146	87	109
		2mm全通	147	93	116
		0.59mm60%以上通過	141	88	110
シリコマンガン鉱さい	水砕 急冷 徐冷	2mm全通	138	90	113
		2mm全通	144	86	108
		0.59mm60%以上通過	142	88	110
			132	91	114

**Q-45**

以前ある雑誌で「効かないケイカル」のことを読んだことがあります。本当に効かないのでしょうか？

**A** 一時「現代農業」誌にケイカルの効果についての記事が掲載されたことがあります。これは、ある地域におきた特殊現象や一部の試験データを取りあげ、短絡的に肥効を断定したもので、試験データの検討にも問題がありました。

ケイカルに限らずどんな肥料でも土壌条件や気象条件、施肥方法、量などによって効果に幅があるのは栽培試験の常識です。肥料の効果はいろいろな条件下で数多くの試験を積み重ねて評価され

るものです。

ケイカルの効果については過去40年以上にわたり10,000以上の試験が繰り返され、生き立ちのところでも述べましたとおり、水田で抜群の効果が認められ、皆さんも実地に使用し、体験して、効果を確認している方も多と思います。

無責任な報道に惑わされず、安心してご使用ください。

## ケイカルのQ&A

---

発行日 平成9年8月

発行所 珪酸石灰肥料協会  
東京都中央区日本橋茅場町2-14-1  
第一井上ビル403

〒103-0025 TEL:03-5651-1616  
FAX:03-5651-1615

制作 株式会社 日本制作社

---