

2. ようりん

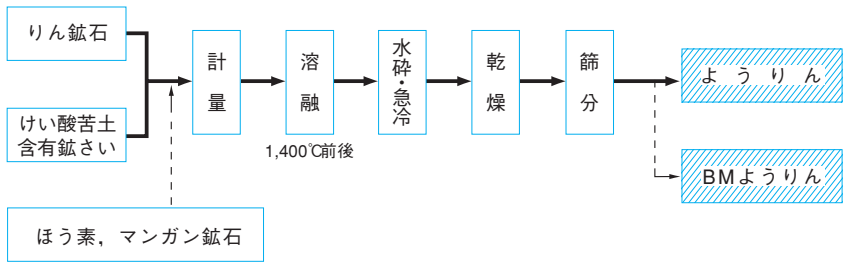
Q-1

ようりんは、どのようにしてつくられますか？

A-1

ようりんの主原料は、りん酸と石灰を含むりん鉱石と、けい酸と苦土を含むけい酸苦土含有鉱さいです。これらの主原料を電気炉または平炉で1,400℃前後でドロドロに溶かした後、炉外に導き水で急冷してつくります。

BMようりんの主原料は、りん酸と石灰を含むりん鉱石と、けい酸と苦土を含むけい酸苦土含有鉱さい、さらに、微量元素としてのほう素とマンガンを含むほう素、マンガン鉱石です（図-1）。



注）溶融は、電炉法（電気）と平炉法（重油燃焼）とがある。

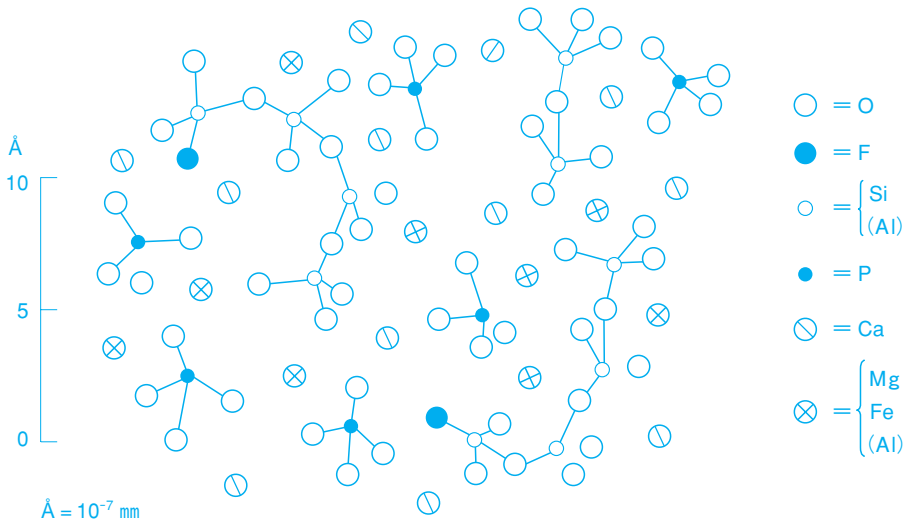
図-1 ようりんの製造工程

ようりんの保証成分は、りん酸、苦土、けい酸、アルカリ分（石灰+苦土）ですが、このほか副成分として、鉄、銅、コバルト、亜鉛、ほう素などの微量元素も含まれています。また、ほう素とマンガンを保証したBMようりんもあります。

ようりんは、りん酸 (P_2O_5)、石灰 (CaO)、苦土 (MgO)、けい酸 (SiO_2) の化合物でも混合物でもありません。これらの成分が均一に溶け合って原子と酸素 (O) とが結びついた独特な物質 (※固溶体といいます) となっているところに特長があります。…俗にいう、あめ玉 (ガラス状物) です。

ようりんは、土壌中の弱い酸にふれるとつながりが切れて、りん酸、石灰、苦土、けい酸などのイオンとなって溶け出します。

図一2にようりんの構造想定図を示します。天然物や鉱さい、あるいは鉱さいをりん酸液で処理したもののような組成、構造とはまったく異なり、種々の化合物の入り混じったものではありません。



注) 固溶体：二種またはそれ以上の固体が互いに融合して一種類の固体をつくることを固溶するといひ、固溶によってできた固体を固溶体という。

図一2 ようりんの構造想定図



ようりんの種類と特長について教えてください。



〔ようりんの種類〕

りん酸20%のようりんを基準として、りん酸を高くした23%ようりん、けい酸を高くしたようりん高けい酸・2号、微量元素（ほう素、マンガン）を加えたBMようりん、そして散布しやすい粒状ようりんなど、用途に合わせて各種揃えています（表-1）。

表-1 ようりんの種類

種 類	成 分	保 証 成 分 (%)					
		りん酸	苦 土	けい酸	アルカリ分	ほう素	マンガン
20%ようりん		20	15	20	50	—	—
23%ようりん		23	12	20	50	—	—
B M ようりん		20	13	20	45	0.5	1.0
ようりん高けい酸		20	12	25	45	—	—
ようりん 2 号		20	12	25	45	—	—
粒状20%ようりん		20	12	20	45	—	—
粒状23%ようりん		23	12	—	48	—	—
粒状BMようりん		20	12	20	45	0.5	1.0

〔ようりんの特長〕

ようりん、BMようりんは、つぎのような特長をもっています。

- ①作物の根から出る酸や炭酸水、また、有機物の分解によりできる有機酸などによって溶出し、作物の根によく吸収されます。
- ②硫安、塩安、硫加、塩加などの肥料と一緒に施用すると溶けやすくなり、よく作物に吸われます。
- ③アルカリ分50%（BMようりん：45%）が保証されており、弱アルカリ性を呈しますが、石灰質肥料と比べて土壤の酸性を緩やかに矯正します。
- ④土壌中では、かなりの部分が有効態といわれる石灰型りん酸のかたちで保持されますので、土壌へのりん酸固定が少なく地力を高めます。
- ⑤けい酸は短分子構造のため溶けやすくなっており、作物によく吸収されて茎や葉などの表面にけい化細胞が形成され、倒伏、冷害等に対する抵抗力を高めます。また、副次的効果としてイモチ病にかかりにくくなります。
- ⑥りん酸のほか、石灰、苦土、けい酸を多く含むほか、鉄、微量元素（ほう素、マンガンなど）を含み、総合的・省力的な土づくりに役立ち、これらが作物の生育を促進させ、品質をよくします。
- ⑦有機物（稲わら・青刈作物など）との併用により、その分解を促進します。
- ⑧カドミウムなど有害な重金属で汚染された土壌の改良に役立ち、重金属の作物への吸収を抑制します。
- ⑨配合肥料の原料としても使用することができます。
- ⑩く溶性のため、河川、湖、海への流亡が少なく、環境にやさしい肥料です。

Q⁻³

ようりんの吸収のされ方は、ほかの肥料と違うといわれますが、どう
いうことですか？

A⁻³

一般的にりん酸の成分として、水溶性りん酸とく溶性りん酸があり
ます。

ようりんの各成分は、く溶性ですので、水にはほとんど溶けません
が、土壌中では根の呼吸や有機酸の分解などによって、土壌水が酸性を呈しますの
でよく溶けます。このほか、土壌粒子や根から出る酸と接触して溶け出します。土
壌コロイドや根はその表面に水素イオン (H⁺) をつけていますが、石灰や苦土な
どの塩基分があると、水素イオンを追い出し塩基分を吸いつける性質を持ってい
ます。ようりんを施用しますと、この水素イオンとようりに含まれる石灰や苦土が
交換し、これが溶け出すとともに、ようりのガラス構造が外側から破壊され、り
ん酸やけい酸なども溶け出して作物によく吸収されるようになります。これは、
「接触溶解吸収」といわれ、ほかのりん酸質肥料にはみられない、ようりの特長
です (図-3)。

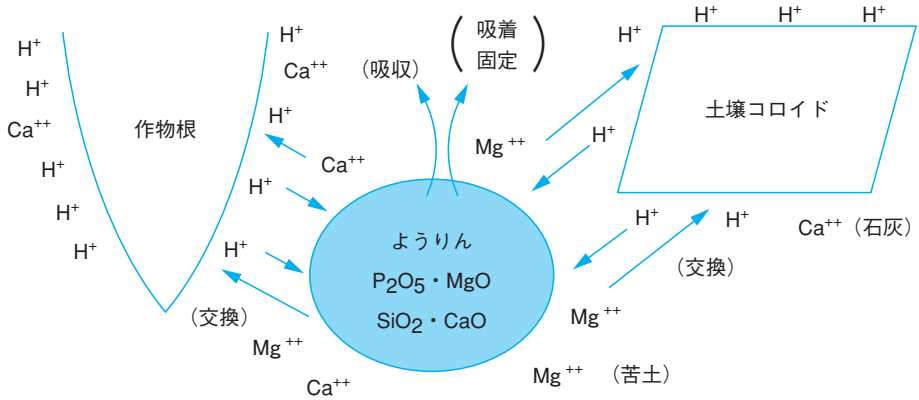


図-3 ようりんの接触溶解吸収モデル

Q-4

ようりんのけい酸はよく溶けると聞きましたが、本当ですか？

A-4

ようりんには、けい酸が20%保証されています(ようりん高けい酸、ようりん2号は25%)。

ようりんのけい酸は、短分子状で、石灰、苦土と弱い結合をしていますので、よく溶けます。また、ようりんのけい酸は、りん酸と苦土が多く共存していますので、作物によく吸収利用されやすく、丈夫な作物体をつくり、収量・品質の向上に役立ちます。

ようりんのけい酸は、水田土壌で多く測定されるpH6における溶解割合が、他のけい酸質肥料よりも2.7～7倍も高いことがわかります(図-4)。

(保証成分量に対する溶解量の割合)

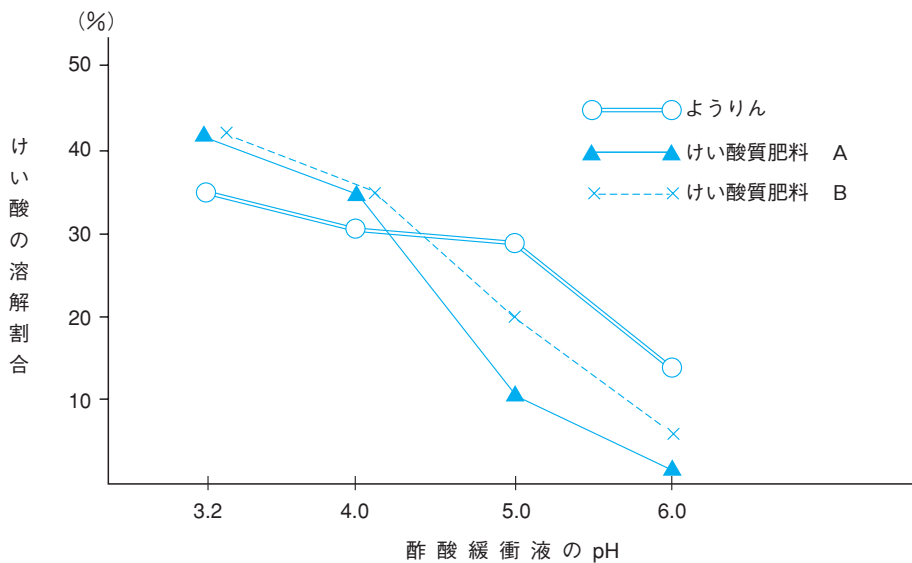


図-4 緩衝液のpHがけい酸の溶解に及ぼす影響について
(栃木県農試 1990年)

Q-5

ようりんの経済性について教えてください。

A-5

土壌の化学性改良をするために、土壌の酸度を改良し石灰を富化するもの（石灰類）、土壌にりん酸を富化するもの（りん酸質肥料）、苦土を富化するもの（硫酸苦土・水マグ・苦土石灰など）、けい酸を富化するもの（ケイカル）など、いろいろあります。ようりんは、一つでこれらを総合的に改良できる土づくり肥料といえます。

ようりん1袋（20kg）の中には、りん酸4kg（過りん酸石灰1.2袋に相当）のほか、苦土3kg（水マグ0.2袋に相当）、けい酸4kg（ケイカル0.7袋に相当）、アルカリ分10kg（ケイカル0.7袋+苦土炭カル0.4袋に相当）が含まれており、ようりん20kgはほかの肥料合計約50kg分に相当します（図-5）。

したがって、ようりんは経済的で省力的な土づくり肥料といえます。

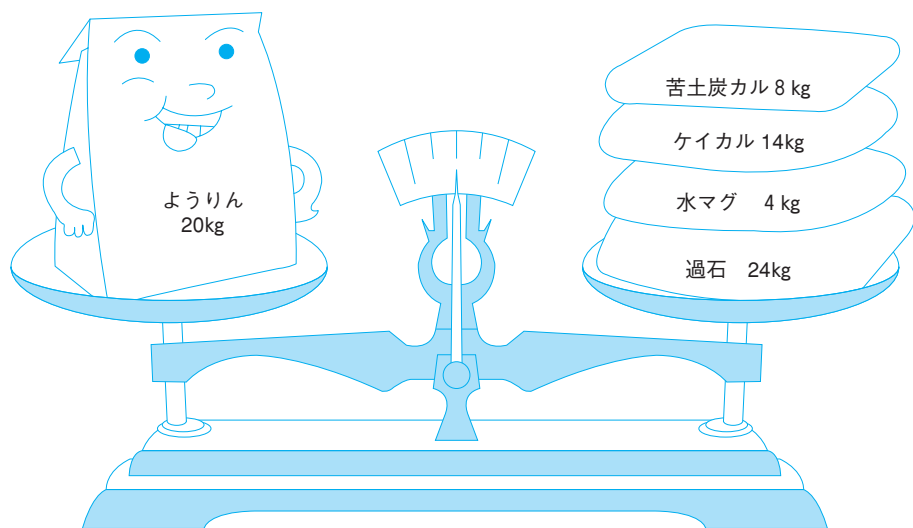


図-5 ようりんの経済性・省力性

Q-6

りん酸は土壤中で固定されると聞いていますが、ようりんの場合はどうでしょうか？

A-6

りん酸の固定（りん酸の効果A-4参照）の度合いは、土壌の種類によって異なりますが、土壌のpHが低いほど、活性のアルミニウムや鉄が多くなり固定量も大きくなります。

土壌中では、石灰と結合したものを石灰型（Ca型）りん酸、アルミニウムと結合したものをアルミニウム型（Al型）りん酸、鉄と結合したものを鉄型（Fe型）りん酸と呼んでいますが、作物に吸収利用される順位は、石灰型（Ca型）>アルミニウム型（Al型）>鉄型（Fe型）で、有効態りん酸の代表は石灰型です。ようりんは土壌中では、りん酸と石灰のバランスがよいため、石灰型として保持される場合が多く、長持ちします。

山形県農試の成績によりますと、火山灰土壌でも非火山灰土壌でも、過石、りん酸アンモニウムよりも、ようりんのほうが石灰型りん酸を蓄積することが多いことを示しています（図-6）。

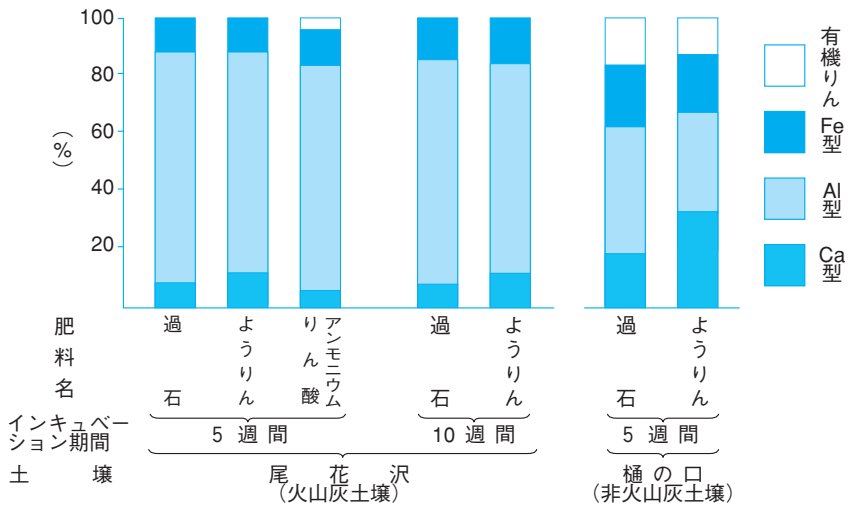


図-6 施用りん酸の蓄積形態
(山形県農試庄内分場 1970年)



ようりんはアルカリ性肥料といわれていますが、水稻に多量に施用してもアルカリ過剰になりませんか？



ようりんは弱アルカリ性ですが、く溶性のため、弱い酸にゆっくりと溶けます。したがって、石灰類のように急激にアルカリ性を示すものと異なり、多量に施用しても、アルカリ効果はゆっくりとあらわれます（表-2）。

また、実際の水田において、ようりんを多量施用した場合でも、土壌のpHは極端にあがることはありません。その理由としては、土壌中の塩基の溶脱や稲体に塩基が吸収されることなどによります。

なお、畑作物の場合でも、アルカリ分の吸収が大きかったり、流亡、溶脱が大きいことから土壌pHが低下しやすいのです。

施用基準の範囲での施用であれば、アルカリ過剰になることはありません。

表-2 ようりん・ケイカル施用量と土壌pH, 収量 (kg/10a) (富山県農試 1977~1979年)

	ようりん	ケイカル	跡地土壌 pH (H ₂ O)			収 量 (指数)		
			1977	1978	1979	1977	1978	1979
慣 行 区	26	190	6.0	6.2	5.9	492 (100)	500 (100)	486 (100)
ようりん・ケイカル区	150	210	6.4	6.7	6.2	536 (109)	534 (107)	520 (107)

Q-8

砂状ようりんと粒状ようりんとは、肥効に差はありますか？

A-8

ようりんは前述（A-2）のように、砂状ようりん、粒状ようりんがありますが、肥効的には変わりません。

砂状ようりんと粒状ようりんの施用試験事例で、水稻の成績を表-3に、野菜（ほうれんそう）の成績を表-4に示します。

表-3 水稻に対するようりんの形状別施用試験（宮城県農業センター 1983年）

	ようりん施用量 (kg/10a)	収 量	
		(kg/10a)	(%)
対 照 区	—	479	100
砂状ようりん区	砂状ようりん 84	497	104
粒状ようりん区	粒状ようりん 84	504	105

表-4 ほうれんそうに対する粒状ようりんの効果（和歌山県農試 1981年）

	葉長 (cm)	葉長 (枚)	地上部重 (g/ポット)	同 比
ようりん (砂)	32.2	11.0	373	100
ようりん (粒)	33.6	11.7	374	100

注) 葉長は最大葉長、葉数は完全葉数を示した。



ようりんの施用が米の品質向上に役立つと聞きましたが、その効果を教えてください。



ようりんの施用による米の品質への効果をみるために、長年ようりんを施用している水田の米と、施用していない水田の米について、各種成分の分析および米食味計による測定をおこないました。この結果によれば、「ようりん施用あり」で食味値が大きくなった箇所が60%以上を、食味指数が大きくなった箇所が70%を占めており、ようりん施用により食味の向上につながった箇所が多いことがわかりました。成分量の多少では、「ようりん施用あり」では、りん酸・苦土が多く、窒素・加里・マンガンが少ない傾向がみられました(図-7)。

今まで一般的にも、米のうまみには玄米中の窒素含量が深く関係し、玄米中の窒素含量が多いとまずいといわれてきていますが、ようりん施用によって玄米窒素含量が低くなる傾向はきわめて注目に値します。

ようりん施用により窒素含量の低下が認められた理由は、ようりんからのりん酸、苦土、けい酸の保証成分に加えて、石灰、微量元素などの供給により水稻の稔実が良好になり、登熟を促進して玄米の炭水化物が増加し、結果として玄米のタンパク質が希釈され、窒素含量の低下につながったものと考えられます。

したがって、ようりんの施用が米の品質向上に役立ちます。

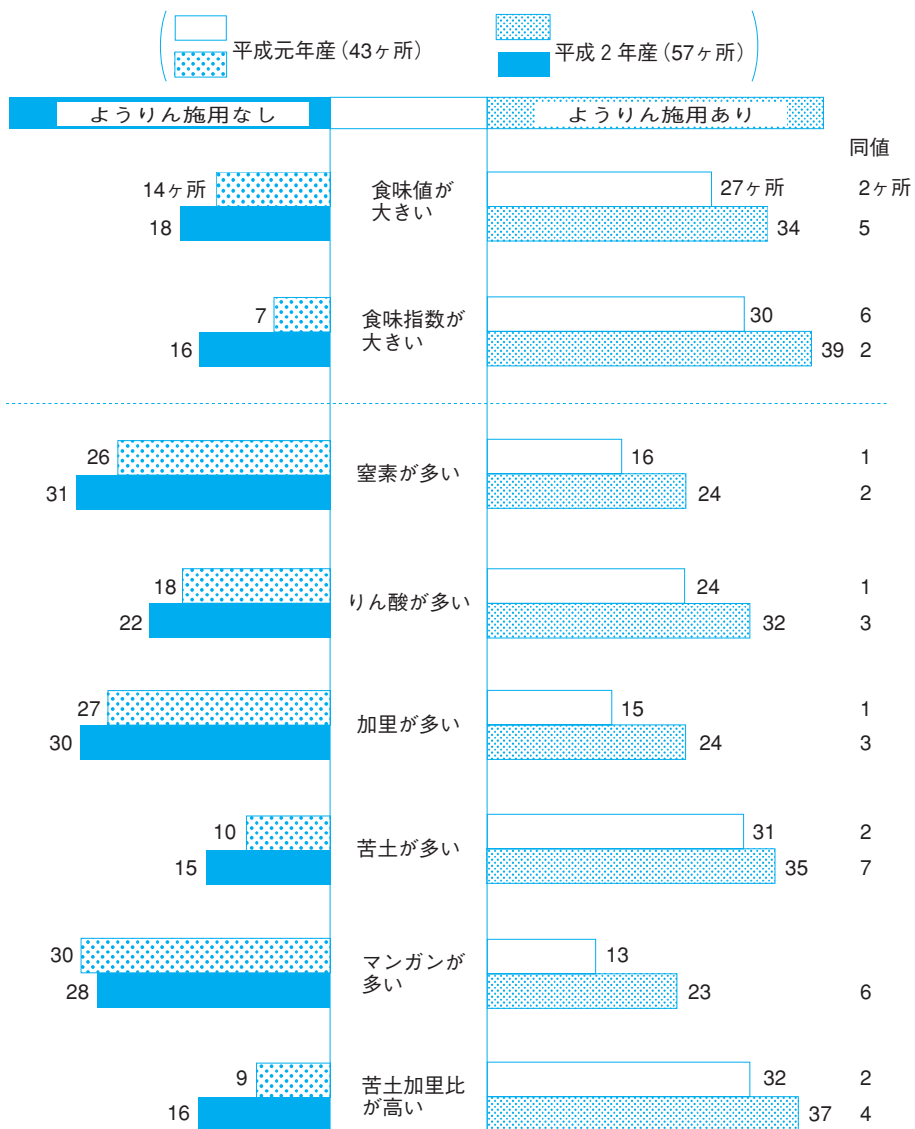


図-7 ようりん施用の有無と玄米成分含量の高い箇所数比較

Q-10

ようりんを水稻の追肥に使って効果があると聞きましたが、いつ頃に施用するのがよいですか？

A-10

ようりんの追肥効果を図-8に示します。

収量については、過石、ようりん施用ともに追肥施用のほうが高くなっています。その理由としては、追肥施用によって登熟歩合が高まったことによります。また、ようりん施用のほうが過石施用に比べ高い収量であったのは、ようりん中の可溶性けい酸の存在が主な要因と考えられます。

食味指数をみると、ようりん施用が過石施用より高く、ようりん施用の場合では追肥施用のほうが高くなっています。

なお、ようりんの追肥は出穂の35日前頃に施用してください。

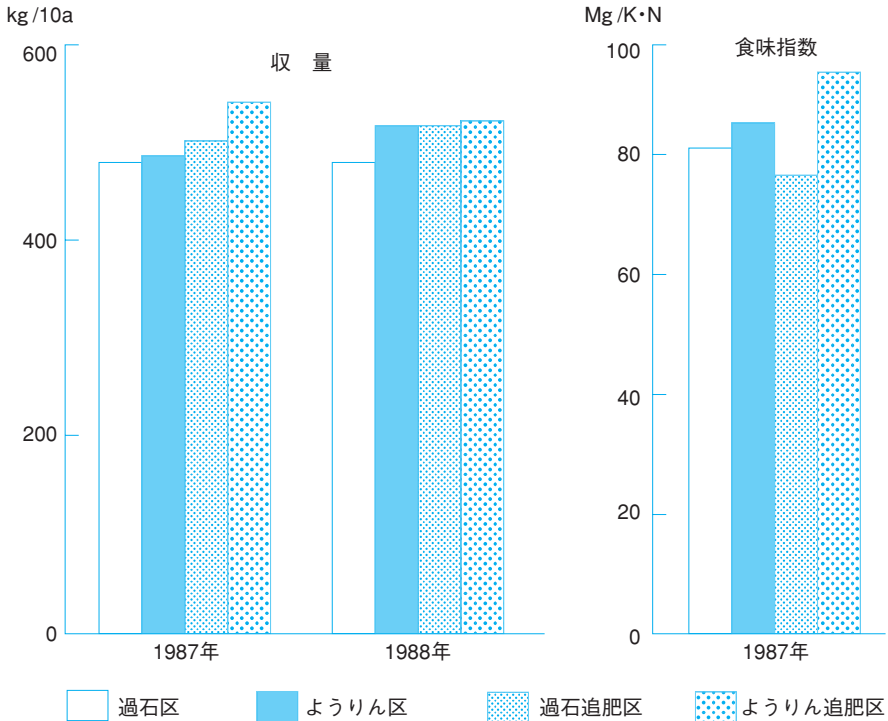


図-8 水稻の生育に対するりん酸の追肥効果
(岡山大学農学部 1987~1988年)

現場における実証として、長野県南信農試における3ヵ年継続のようりん追肥の結果によれば、登熟歩合が高まり、収量が増加しています（表-5）。

また、大阪府泉佐野市の結果では、ようりん追肥によって、稲体の各部位でけい酸含量が高まることわかりました（表-6）。

表-5 水稻に対するようりん追肥試験（3ヵ年の平均）（長野県南信農試 1985年）

	玄米重 kg/10a	登熟歩合	SiO ₂ 利用率
ようりん 無施用	616	79.2	—
ようりん 60kg追肥 [出穂35日前]	640	80.1	67.5

表-6 ようりん追肥と稲体けい酸（%）の変化（大阪府泉佐野市 1992年）

	葉身	葉鞘	茎	籾
ようりん 無施用	7.8	7.5	3.0	2.7
ようりん 50kg追肥 [出穂30日前]	9.8 (126)	9.5 (127)	4.1 (136)	2.8 (104)

（ ）内は、ようりん無施用区の稲わら・籾中のけい酸含量を100とした場合の、ようりん追肥区の指数

Q-11

ようりんは、水田に秋散布しても肥効の低下はありませんか？

A-11

ようりんは水には溶けず、土壌中の弱い酸や作物根、土壌粒子との接触によって溶解吸収されます（A-3参照）ので、秋施用しても肥効は変わりません。

長野県農事試・飯山試験地の試験成績では、雪上散布で融雪促進効果があり、また水稲へのようりん施用効果も低下していませんので、農閑期に散布することができます（図-9）。

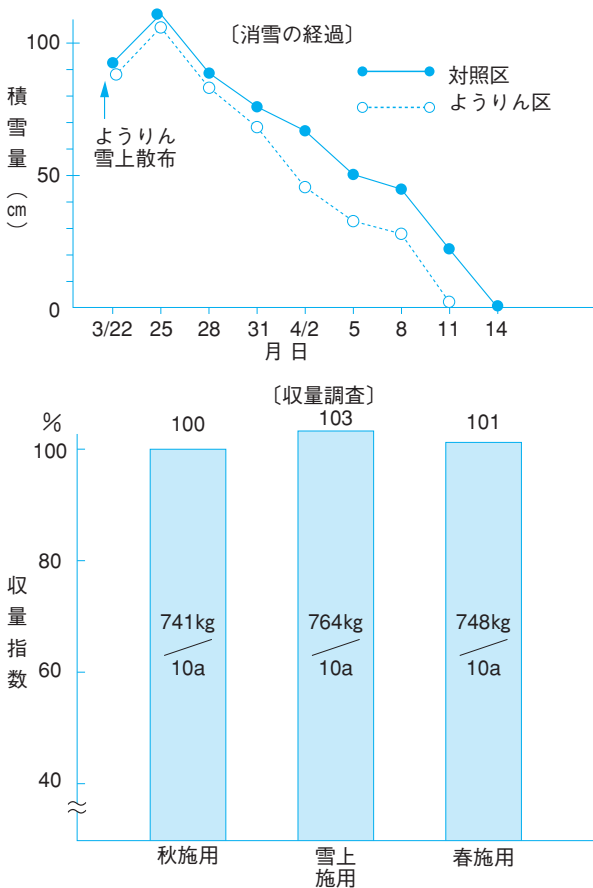


図-9 ようりんの融雪効果および施用時期別の効果
(長野県農事試・飯山試験地 1986年)

Q-12

重金属に汚染された土壌にようりんを施用すると、その吸収を抑制する効果があるといわれますが？

A-12

ようりんの施用によって重金属の吸収が抑制され、健康な稲ができます。

重金属は、石灰、苦土などの塩基の施用によって土壌の反応がアルカリ性になると固定され、また、りん酸を与えるとりん酸化合物となり固定され、作物に吸収されにくい形態のものとなります。ようりんは、りん酸とともに石灰、苦土などの塩基の含量が多いので、重金属の吸収を抑える二重の効果があります。

ようりんは、現在も、土壌の重金属汚染地区改良対策資材として、各地で取り扱われています。

図-10は、宮城県農試でカドミウム吸収抑制効果を確認した試験成績です。

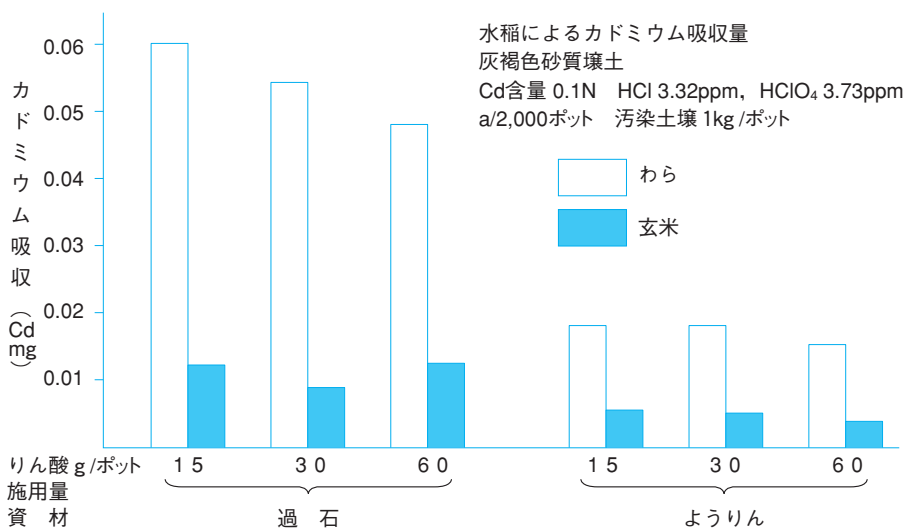


図-10 水稲のカドミウム吸収に対するりん酸質資材の効果
(宮城県農試 1971年)



ようりんを水稻育苗箱の覆土に使う方法があるそうですが、注意事項も含めて教えてください。



ようりんは、く溶性のため、水には溶けずに土壤中の酸性物質や根から出る酸などと接触して、はじめて溶け出します。この性質をうまく利用して稚苗育苗培土の覆土にようりんを用い、健苗を育成するとともに、土づくり肥料としてのようりんを苗と一緒に水田に持ち込めますので、散布する労力が省略でき、本田における安定多収がはかれます。

育苗箱にりん酸質肥料を覆土する方法は、水溶性りん酸を含むほかのりん酸質肥料ではできないことで、く溶性であるようりんだからこそできる技術といえます。

ようりん覆土は、育苗箱の覆土に使う培土（市販の培土、田の土、山土など）の代わりにようりんを使う方法で、昭和50年頃よりおこなわれて普及しています。

ここでは、農林水産省北陸農業試験場で考案された「水稻育苗箱の肥料三要素全量施肥・農薬施用技術」を紹介します。

【特 長】

慣行栽培で本田に施用する肥料三要素の全量を水稻育苗箱に施用することにより、本田での基肥および追肥を省略できます。また、田植え時に長期持続型の殺虫殺菌混合剤も育苗箱に施用していますので、中間管理作業が超省力的になります。

本方法では、田植機によって苗の根と抱き合わせて株元に施肥および農薬散布をおこなうことで利用効率の向上をはかっており、減肥と減農薬を同時におこなうことが可能であり、環境にもやさしい方法です

【方 法】

育苗箱に、底から「培土」「苗箱全量施肥専用肥料」「発芽粉」「培土」「ようりん」を層状に入れます（図-11）。

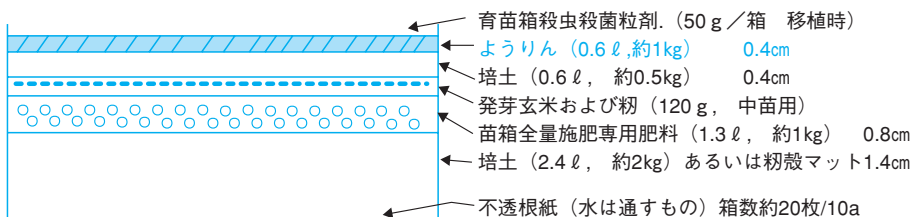
なお、図中の“不透根紙”および発芽粉の上の“培土”を省略する方法もおこなわれています。

〔注意事項〕

※ようりんは、床土および覆土（培土、田の土、山土など）には混ぜないでください。……ようりんは土と混ぜると石灰や苦土、りん酸が溶け出し、pHが上昇します。水稻の育苗にアルカリ性は禁物で、培土もpHが5.0～5.5が適当であるといわれています。

※粒状ようりん（ようりんの微粉末を粒状にしたもの）は、絶対に使わないでください。……粒状ようりんを使うと、かん水時に粒が崩壊し、各成分が溶け出してしまいます。

★実施にあたっては、土壤、温度、水管理などによって、うまくいかない場合もありますので、必ず2～3箱ためしてください。



* 育苗箱全量施肥専用肥料：育苗まかせ（NK-301）を使用。

* 施肥量は、20箱／10aと計算すると、N：6Kg .P₂O₅：4Kg .K₂O：2Kg／10aとなる。

図一11 水稻育苗箱の模式図

(農水省北陸農試 2004年)

Q-15

ようりんの使い方と施用量を教えてください。

A-15

使い方と施用量は、土壌条件、作物の種類や品種、気象条件などによって異なりますが、おおむね次のとおりとお考えください。

①基肥には

- ◎施用量（10aあたり）は、次の量を目安として施肥基準量によって決めてください。

表-8 基肥施用量の目安

[単位：kg（ ）内の数字は袋数]

水稲	麦	野菜	果樹	茶	桑	飼料作物
40～80 (2～4)	40～60 (2～3)	100～140 (5～7)	80～120 (4～6)	60～100 (3～5)	60～100 (3～5)	60～120 (3～6)

- ◎水田では全面に、畑では溝または全面に施用してください。
- ◎果樹では収穫後、株間または畦間に施用してください。新植時には堆肥と一緒に入れるやり方もあります。
- ◎微量元素の欠乏地帯では、BMようりんの施用がより効果的です。

②土づくりには

- ◎りん酸吸収力の強い火山灰土壌、基盤整備圃場、造成草地などの土づくりは、200～300kg（10～15袋）くらいを基準に全面に散布し、土とよく混ぜてください。施用量の多い場合には、大型包装（フレコン袋200kg入りなど）による機械散布が経済的です。
- ◎稲わらや青刈作物と一緒に、でき秋（水稲では刈り取り後、年内）に散布すると、分解を促進する効果があります。作業の都合などで、でき秋に施用ができない場合には、春先のなるべく早い時期や、雪上（融雪効果もある）に散布します。

③心土肥培には

- ◎土壌の種類や性質により施用量は異なりますが、200～300kg（10～15袋）を基準にしてください。