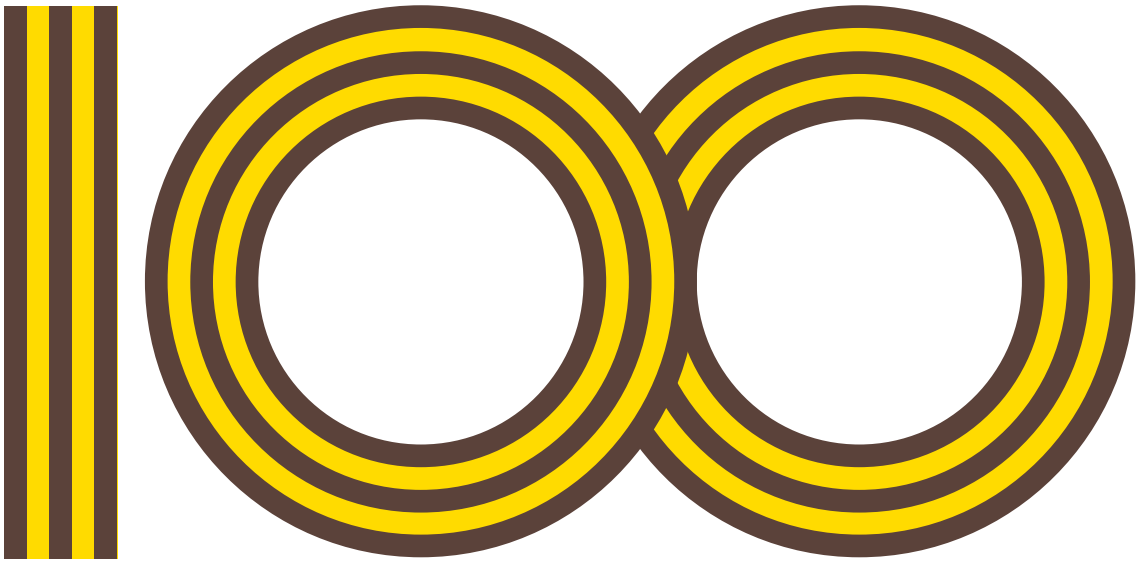
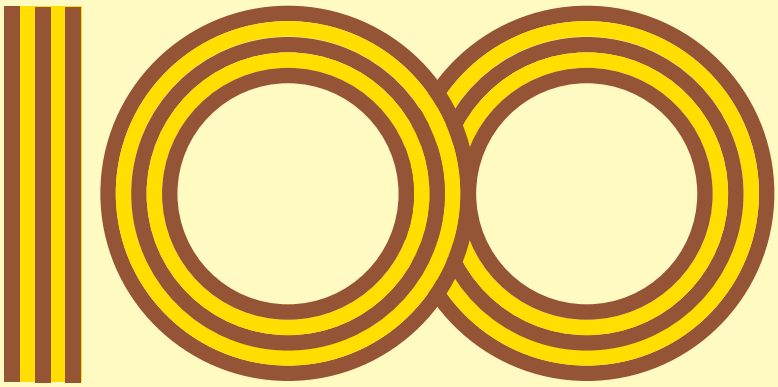
石灰窒素100年 技術の歩み



日本石灰窒素工業会

石灰窒素100年 技術の歩み



日本石灰窒素工業会

「石灰窒素100年 技術の歩み」発刊に寄せて

日本石灰窒素工業会
会長 矢野恒夫

「石灰窒素100年 技術の歩み」発刊にあたり一言ご挨拶申し上げます。

1901年、アルバート・フランク博士（ドイツ）が初めて石灰窒素を発明して以来１世紀に亘り、農業に役立つ資材としてご愛顧頂いてきたことは誠に稀有な例であり、その特質がいかに優れているかとの証左であると考える次第です。

21世紀を迎え世界の政治、経済、文化、教育、宗教など人類を取り巻く環境も急速に変化する時、さらにＩＴ革命による波が世界を席捲し、個人生活に直接及ぶ時代となって参りました。

農業社会や環境もそのような影響を受けざるを得ず、日本農業の将来のあり方も真剣に見直さなければならない時代に突入したと言えます。わが国農業においても農水省の「食料・農業・農村基本法」による新たな基本理念「農業の持続的発展の追求」が示され、関連諸政策が推進されておりますが、石灰窒素に深くかかわる環境保全型農業の大切さも重要課題のひとつとして取り上げられております。

今後の厳しい農業状況を考える時、石灰窒素は長年、諸先輩の研究努力と創意工夫により改良改善が重ねられ、農家のニーズに応えられる品質を備えた、まさに今こそ見直され日本農業に必要な資材ではないかと密かに思っております。

1908年、日本に石灰窒素が導入されて以来、農林水産省をはじめ農業関係者のご協力、ご助力により石灰窒素が積み重ねてきた資料を集大成し、ここに技術記念誌として発行することは、時宜を得た大変有意義なことと喜んでおります。

温故知新・古くて新しい肥料――「特色と存在感のある石灰窒素」が21世紀も農業に微力ながら貢献できることを信念として普及推進に邁進して参る所存であります。今日まで、石灰窒素にご理解・ご協力下さった皆様に深い感謝を申し上げると共に、本書を有効利用し石灰窒素の普及拡大にさらにご助力頂きたく、また発刊に携わった関係者の労を多として御礼申し上げ、ご挨拶にさせて頂きます。今後ともご愛顧・お引き立ての程お願い申し上げます。

平成13年11月

石灰窒素100年 技術の歩み●もくじ

発刊に寄せて　日本石灰窒素工業会　会長　矢野恒夫

写真で振り返る石灰窒素100 年

第1章 肥料効果

1.石灰窒素の発見と肥料としての特性 ……3
（1）窒素質肥料としての用途を発見 ……3
（2）世界的にも早かった日本での研究と生産 ……3
（3）「変成使用」から「そのまま使用」へ……5
（4）つぎつぎに改良された窒化炉の方式 ……5
（5）パッケージが石油缶から 3 層紙袋に ……7
（6）各地の試験で明らかになる肥効と使用法 ……7
1）水稲に対する試験
2）麦に対する試験
3）桑樹に対する試験
4）畑作物に対する試験
（7）帝国農会における指導 ……10
（8）「食糧増産」の国策に大きな貢献をした ……12
無酸根肥料としての石灰窒素－耕土培養法による影響－

2.肥料効果 ……13
（1）窒素の特性 ……13
1）効果が多面で利用価値が高い
2）硝酸化成抑制と肥料効果の関係
3）さまざまな施肥法と効果
（2）石灰の特性 ……17
1）土壌反応矯正効果
2）作物養分効果

3.農作物に対する肥効 ……22
（1）水稲の窒素吸収を高め、肥効が高い ……22
1）合理的な施肥法を探る
－基肥 1 回でも硫アン分施 3 回と同じ
兵庫県立農事試験場　小畑秀雄
2）有機物からの窒素吸収を高める（アルカリ効果）
－^{15}N- 石灰窒素による水稲 3 例の試験成績から－
（2）麦に対する施肥法が開発される ……30
「環境保全を視野に入れた高品質小麦づくり」
滋賀県農業試験場・環境部土壌肥料係主査　柴原藤善
（3）野菜の収量・品質を高める要因は ……37

（4）大豆には窒素の施用量に注意する……40
（5）困難ではない茶園の肥料対策……41

第2章 農薬効果

1.農薬効果の発見とその重要性 ……45
（1）農薬効果の研究開始……45

2.有効成分とシアナミドの生理活性 ……48
（1）有効成分に対する認識……48
（2）石灰窒素の生理活性……48

3.殺菌・殺虫効果 ……49
（1）細菌による病害……49
（2）糸状菌による病害……49
（3）動物による害……50

4.除草効果……51
（1）麦づくりで各地に普及……51
（2）ノビエ駆除に効果……51

5.バレイショの枯凋効果 ……52

6.スクミリンゴガイの駆除効果 ……53
（1）俗に「ジャンボタニシ」……53
（2）使い方、効果を高めるため……53

7.休眠覚醒効果……54
（1）休眠と覚醒……54
（2）有効成分と濃度……54
（3）対象植物と水溶液濃度……54
（4）石灰窒素（シアナミド）の作用……55
（5）除草効果……55
（6）新しい作型……55

8.使用時期（気温）と効果の変動 ……57

9.土壌中における移動と有効範囲 ……58
（1）試験方法……58
（2）有効範囲……58

10.太陽熱・石灰窒素法 ……60
（1）作業の手順……60
（2）土壌中の変化……61
（3）日射量と地温の上昇……62

（4）石灰窒素と有機物……63
（5）土壌の還元……63
（6）病原菌の死滅温度と適用病害虫……63
（7）特長……63
「太陽熱・石灰窒素法」
●有機物、水の効果
●石灰窒素の効果
●適用病害虫

11.総合防除（防除法の組合せ）……66
アブラナ科野菜の根こぶ病防除
（1）石灰窒素の本病に対する効果……66
（2）石灰窒素を組合わせた総合防除……66

12. 安全性と環境に及ぼす影響……67
（1）石灰窒素の散布者に対する毒性……67
（2）食物摂取から毒性を起こす可能性……67
（3）使用した石灰窒素の行方（行動）……68

13. 風土病の撲滅……69
（1）日本住血吸虫病……69
（2）ワイル病……70

14.アルコール中毒症の治療……73
（1）シアナミドの性質を利用……73

15.鳥獣害の忌避効果……74

第3章 土づくり効果

1.速成堆肥……79
（1）石灰窒素による堆肥づくり……79
（2）石灰窒素速成堆肥のつくり方……79

2.稲わらのすき込みと石灰窒素……81
（1）土中堆肥に石灰窒素……81
●水稲に対する有機物と土壌改良資材との併用効果
山形県農業試験場庄内支場　上野正夫
●稲わらの連用・連年焼却が水稲の収量に及ぼす影響
宮城県古川農業試験場　塩島光洲
（2）懸念される地力の低下……87
●理にかなった稲わら＋石灰窒素の秋すき込み
福島県農業試験場農芸化学部　三浦吉則

3.コンバインソーワの開発と中止 ……91
（1）実用化試験の開始……91
（2）実用化を断念……91

4.汚泥・生ゴミ処理 ……92
（1）汚泥の堆肥利用……92
（2）家庭生ゴミ、落下リンゴの堆肥化……92

5.家畜・家禽のふん尿に対する添加効果……93
（1）家畜ふん尿の消臭効果……93
（2）ハエの除去、乾燥効果……93
（3）ふん尿に1～2％添加……93

6.緑肥・残さ処理 ……94
（1）緑肥作物の分解を促進……94
（2）作物残さによる連作障害の軽減……94

資料編

●データ集：肥料効果 ……97
（1）効果の一覧
（2）施肥方法並びに肥効からみた優良事例

●石灰窒素100年 技術の歩み／年表 ……118

●写真で振り返る石灰窒素100年

1968年（昭和43年）3月30日

ノビエ種子の休眠覚醒による発芽

富山県農業試験場 試験成績

石灰窒素を10月５日に散布（気温17℃）、11月17日には霜で枯死した。

写真上：右側は石灰窒素30kgを散布した場合、左側は無処理の場合。
写真右：ノビエ種子を石灰窒素溶液に浸漬して、覚醒し発芽させたところ。
1967年（昭和42年）11月16日撮影

1980年（昭和55年）3月25日発行　石灰窒素だより111号

大根萎黄病がなくなりました

福島県奥磐梯桧原地域

「石灰窒素を毎年使っていると、病害虫が少なくなる」と前から言われてきました。

病気の対策には予防と治療とがありますが、まず病気にかからない工夫が大切なことは人間でも作物でも同じです。

従来、石灰窒素と有機物による土づくりは、土壌の理化学性の改善と窒素の循環に目が向けられていましたが、更に、生物性の改良、つまり病害虫の予防にも効果が高いことが明らかにされてきました。

福島県奥磐梯桧原地域は、古くから夏大根の産地で200 ha栽培され、1969年（昭和44年）に夏大根指定産地となって順調に発展してきました。

ところが1972年（47年）頃から萎黄病がぽつぽつ発生し、それが年を逐ってはげしくなり、そして1975年（50年）には大発生して、これでは産地の維持も困難ではないかと危ぶまれるほどの被害をうけました。

そこで、現地の喜多方農業改良普及所と北塩原村農協は、検討の結果、石灰窒素で土壌消毒することに踏み切り、実験展示圃を設置するとともに、全農家に石灰窒素を使用することを奨励しました。

初年度ははっきりした効果は見えないようでしたが、２年目・３年目とつづけるうちに、だんだん萎黄病の発生が減り、53年にはほとんど被害がなく、そして４年目の昨年は、まったく発生が見られませんでした。

昨年、この地区の夏大根200 haのうち、石灰窒素を使わない圃場は、たったの30ａだけで、萎黄病の残っているのもこの30ａだけとのことです。

写真右：石灰窒素を使わず、萎黄病の発生している畑
写真左：石灰窒素と堆肥を連用して、萎黄病の出ない畑

「石灰窒素だより」
　1955年（昭和30年）に創刊（当時はタブロイド判の月刊紙）した日本石灰窒素工業会のＰＲ雑誌。現在、通巻136 号、Ａ５判で年１～２回発行。発行部数２万部。研究・指導・流通各機関の他「石灰窒素Ｑ＆Ａ」の請求農家約7,000 戸に配付している。

1980年（昭和55年）7月15日発行　石灰窒素だより112 号

茨城県藤代町に麦づくりを見る

藤代町は東京から東北へ約50km、国鉄常磐線で1時間足らず、都市化の波が押し寄せようとしている地帯である。

1973年（昭和48年）に基盤整備が終了したのを機会に、麦作の導入が検討され、1975年（昭和50年）から麦作の集団化が始まった。初年目は１団地、4人の耕作者、3.8 haの面積であったが、昨年は7団地、96人、100 haにまで伸び、今年は150 haに播種されるという。

収量も初年は10ａ当たり380 kgから、本年は450 kgが見込まれるまでに伸び、農家収入の大きな柱となっている。

この影には、普及所・役場・農協の一体となっての推進があった。

麦の種類は大麦を主とし、ビール麦が従である。栽培法は全面全層播きを採用している。

肥料は石灰窒素（粒状）・重過石・複合肥料を混合し、ブロードキャスターで全面散布、稲わら（約500 kg／10ａ）と一緒にすき込んだ後、全面に播種、カゴ車輪を砕土と覆土を兼ね使用する。これらの作業は多くの人が１日で終わっている。

全面全層播きに稲わらをすき込むと、労力がかかり、作業の正確さを欠き、麦の生育障害を起こしやすいなどマイナスが多くなり、焼却するケースが少なくないようであるが、ここではよくすき込まれ、地力の増強に役立っている。

また、麦の生育ぶりとその斉一さからみて、適正な窒素施肥量、土壌反応、基盤整備後の地力むらの対策など、普及所の指導がよく行き渡っていることがうかがえた。

広い沃野に数台のコンバインが一斉に働いている姿は、麦秋の新しい風景であった。

「石灰窒素は稲わらの腐熟促進と肥持ちが良いので欠かせない。施肥当日に播種しても発芽障害はまったくない」とのこと。

石灰窒素が作土全層に分布し、発芽までにアンモニアに分解されるからでしょう。

写真：藤代町の麦作団地畑

1981年（昭和56年）6月6日発行　石灰窒素だより114号

石灰窒素の休眠覚醒効果

植物の多くは秋、葉が落ちたり、実を結んだあとは、発芽に適した温度と水分があっても冬を越さなくては芽を出しません。

これは植物が休眠しているからです。

石灰窒素で、この休眠を覚醒させ、花きの開花を早めたり、果実を速く収穫したり、雑草を手軽に防除できるようになりました。

★

生け花に使ういろいろな花きを早く咲かせるため、石灰窒素を用いる研究が各地でおこなわれ成功しています。

方法は、石灰窒素の５～10％の水溶液を休眠中の枝條（正しくは芽）に塗布するか、散布します。そして、温度を開花の適温にすると、30日前後で開花します。

写真は福井県園芸センターの試験例で、散布後１ケ月ほどで見事に開花したニホンレンギョウです。

写真右上：

★

秋に田んぼに落ちたヒエの種子は、休眠しているので冬を越さないと発芽しません。

そして、田植後もだらだら発芽してくるので防除が大変面倒です。

これを稲刈後、なるべく早く石灰窒素を10ａ当たり40kgぐらいを全面散布すると、写真のようにヒエが一斉に発芽します。そして、冬の寒さに枯れてしまいます。気温が下がって秋に発芽しない場合でも、春先に揃って発芽してくるので、防除が大変楽になります。写真中：

★

12月中に施設ブドウの枝條（休眠芽）に10～20％の石灰窒素水溶液を塗布（散布）すると、発芽、生育、出荷が15日ぐらい早くなります。その上、生育も揃い、薬剤処理などの管理も楽になり、また、施設の加温期間も短くて済むので、省エネルギーにもつながります。

暖かいブラジルでは、この方法で１年に３回もブドウを穫っています。

この他、リンゴ、モモ、ナシなどの落葉果樹、草花の球根、アスパラガスなどの休眠を覚醒することもできます。写真左上：

1983年（昭和57年）2月10日発行　石灰窒素だより115 号

土づくり資材の機械散布

福島県

福島県では土づくりを積極的に進めるため、1971年（昭和46年）から土壌改良資材のバラ輸送と機械による共同散布試験を開始し、散布労力の軽減とコストの合理化および稲作の安定増収に好成績をあげている。

しかし、石灰窒素、ようりん、ケイカルの3つをあらかじめ混合した製品の販売はできないので、3つを混ぜながら散布できる都合のよいアタッチメントの開発が望まれていたが、この度、福島県農業試験場農機具研究室において完成をみた。

この機械はブロードキャスターのホッパーの中に仕切板を設け、３つの資材を別々に入れ、下部よりとり出して散布する時に所定の割合に混合されるよう、取付け角度が工夫されている。

福島県では、生わら腐熟には10ａ当たり粒状石灰窒素20kg・ようりん40kg・ケイカル160 kgが標準であるが、取付け角度を調節すれば散布量は容易に変えられる。仕組みが簡単で、取付け費もわずかなので実用性が高い。

この機械を利用した土づくりの現地試験圃を1980・81年度（昭和55・56年度）に設けた。

その結果、1980年度（昭和55年度）は試験圃7カ所の収量指数が平均113 、最高136 という高いものであった。特に冷害の大きかった浜通り地方において大幅に増収した。

1981年（56年）は試験圃を10カ所に増やした。昨年は県下全域が初期生育抑制型の冷害に見舞われた。しかし試験圃では、初期の茎数確保が容易で穂数の増加に結びつき、全般的には良い成績であったが、収量指数は慣行区に比べ103 であった。これは7月中の土壌窒素がやや多めだったため草丈が伸びすぎ、一部の試験圃で倒伏減収があったからである。

この効果をあげるためには、1)年内中に生わらのすき込みをすること、2)排水の条件を備えること、3)栄養診断の生育調整との組み合わせ、などが重要である。

昨年の経験を生かし、土づくりとこれに応じた栽培管理の合理化をすすめ、うまい米の安定増収をはかりたい。

（武田敏昭・福島県土壌肥料専門技術員）

写真右・左：収穫前の水稲の生育状況の比較
写真中央：土壌改良資材の散布機への積込みとホッパー内の仕切板

1992年（平成４年）５月25日発行　石灰窒素だより127 号

◎コマツナへの石灰窒素のカルシウム源としての効果

写真左：硫アン・無石灰区　写真中央：カルシウムシアナミド区　写真右：硫アン、炭カル区

◎さらに広がる石灰窒素の用途（茎葉枯凋効果）

バレイショの茎葉を枯らし機械掘りをしやすくする

2000年（平成12年）５月20日発行　石灰窒素だより135 号

「太陽熱・石灰窒素法」

ハウス内でのビニールマルチング

1986年（昭和61年）6月25日発行　石灰窒素だより119 号

写真で見る窒素肥料の形態と野菜の生育

“硝酸”と“アンモニア”の好ましい混ざりあい

★野菜の種類、環境条件でちがう

作物、とくに野菜にとって、窒素肥料のかたちは「硝酸がよいか、アンモニアがよいか」が、よく話題になります。

一般に硝酸態が栽培しやすく、好ましいとみられています。しかし、“ゆっくり硝酸になる石灰窒素”は野菜によく使われています。

どちらのかたちが良いかは、野菜の種類によってちがいます。同じ野菜でも、生育段階、また土壌の反応、気温の高低など、環境の条件によって変わってきます。

★両方の濃度の好ましい割合

野菜の種類と反応との関係を水耕栽培で調べてみると表－１のようになります。

一般に両方の濃度が好ましい割合に混ざりあっていると、図－１のように良い生育をします。このほか、効果として、

・野菜中の硝酸窒素の吸収をおさえる。
・日照が弱まっても生育が劣りにくい。
・健全なよいものがとれる。

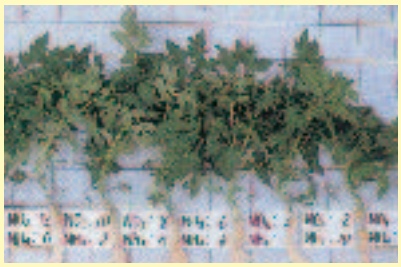
などが知られています。

石灰窒素が野菜によく使われている理由はいくつかありますが、このことも、その一つに加えられるでしょう。

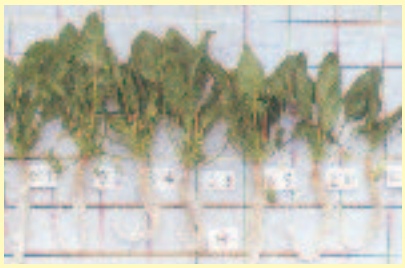
★割合を変えた場合の生育差

写真①～⑥は、水耕栽培で養液中の窒素濃度を一定にし、硝酸とアンモニアの割合を変えた場合の野菜の生育状況を示したものです。生育の差がはっきりあらわれています。

pHは6.0。単位はmg当量。１mg当量は窒素として14ppm、16mg当量は168ppmになります。



①トマト

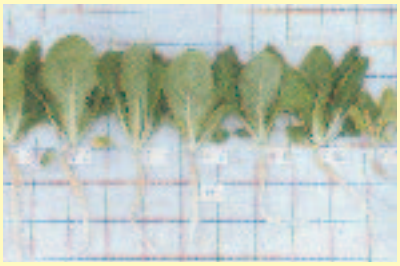


②ホウレンソウ

表－１　そ菜の窒素吸収特性（池田・大沢　1981年）

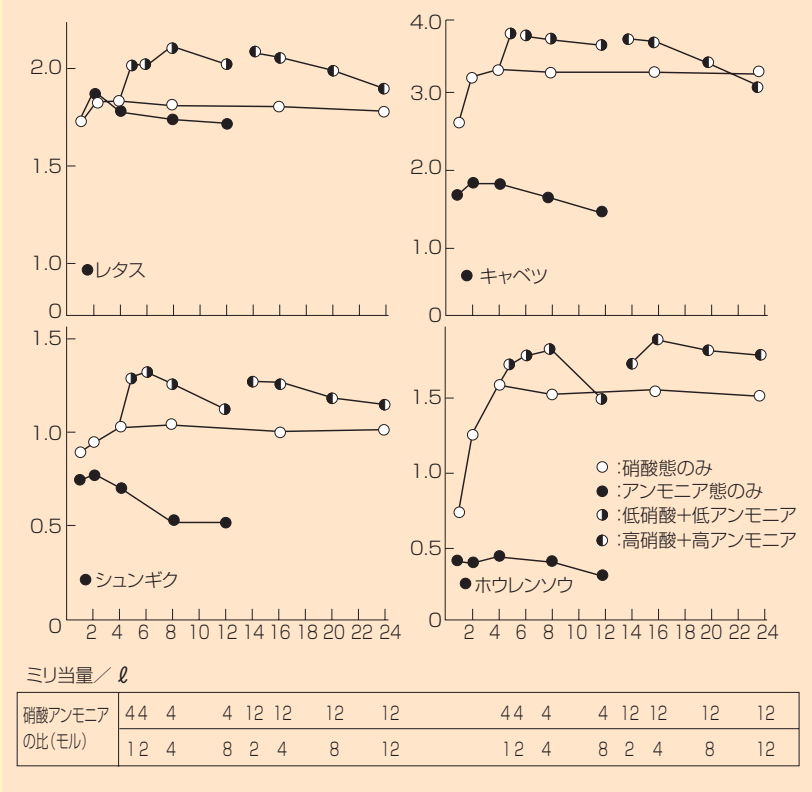
培養液の反応	アンモニア態窒素を優先吸収する	硝酸態窒素を優先吸収する	アンモニア態窒素と硝酸態窒素をほぼ等しく吸収する
pH5（酸性）	●トウモロコシ ●イチゴ ●メロン ●キュウリ ●レタス ●セルリー ●セリ ●ミツバ ●シュンギク	●エンドウ ●スイカ ●インゲンマメ ●トマト ●ピーマン ●ホウレンソウ ●ハクサイ ●キャベツ ●コカブ	●ナス ●エダマメ
pH7（中性）	●トウモロコシ ●イチゴ ●メロン ●キュウリ ●エダマメ ●ピーマン ●レタス ●セルリー ●セリ ●シュンギク ●ミツバ ●ナス	●ホウレンソウ ●ハクサイ ●コカブ	●インゲンマメ ●キャベツ ●エンドウ ●トマト ●スイカ

③カブラ



④ハクサイ

⑤ネギ　⑤⑥は培養液の温度も変えてある



図－1　培養液中のアンモニア硝酸濃度ならびに比率がそ菜の生育に及ぼす影響（池田・大沢　1983年）

⑥ミツバ写真提供：大阪府大農学部・池田英男博士

表－2　培養液中の硝酸とアンモニア濃度ならびに比率がそ菜の葉中の硝酸態窒素濃度におよぼす影響（乾物中、%）（池田・大沢1983年）

処理（ミリ当量1ℓ）		レタス	ハクサイ	ホウレンソウ	コカブ
硝酸	アンモニア				
3.0	0	1.62	1.77	0.96	1.08
2.5	0.5	1.42	1.88	0.77	1.07
2.0	1.0	1.01	1.95	0.68	0.69
1.5	1.5	0.72	1.37	0.37	0.79
1.0	2.0	0.59	1.02	0.21	0.56
0.5	2.5	0.26	0.51	0.10	0.20
0	3.0	tr	tr	tr	tr
12	0	1.66	2.10	1.39	2.27
10	2	0.93	2.64	1.08	2.16
8	4	0.99	2.70	1.22	1.98
6	6	0.90	2.25	1.24	1.95
4	8	0.72	2.12	0.99	1.84
2	10	0.64	1.62	0.58	0.92
0	12	tr	tr	tr	tr

2001年（平成13年）5月30日発行　石灰窒素だより136号

“石灰窒素の父” アルバート・フランク

1962年（昭和37年）３月、石灰窒素の発明者、アルバート・フランク博士が来日された。麦の不耕起多株穴播栽培法の圃場にご案内し、その播種機を試されているところ。石灰窒素の特性（肥効の持続性と除草効果）を利用した栽培法であることに深い興味を示された。

石灰窒素について談笑する野村與曾市（日本石灰窒素工業会会長・電気化学工業株式会社社長　左）、アルバート・フランク博士（中）、藤原彰夫（日本土壌肥料学会会長・東北大学農学部教授　右）の三氏

石灰窒素の発明者アルバート・フランク博士

第1章
肥料効果

1.石灰窒素の発見と肥料としての特性

(1)窒素質肥料としての用途を発見

カルシウムシアナミドは、カルシウムカーバイドに窒素を反応させて造られ、青酸の原料として利用されていた。ところが、これが土壌中では、アンモニアに変わることがわかったので、窒素質肥料としての新しい用途が提案された[1)]。1901年（明治34年）１月14日、アルバート・フランク（Albert Frank）氏らによるもので、製造には1898年（明治31年）から、アドルフ・フランク（Dr.Adolf Frank ベルリン市工科大学教授で、アルバート・フランクの父）、ニコーデム・カロー（Dr.Nikodem Caro アドルフ・フランク教授の助手）の両氏もかかわった。

その当時、青化法*1 が発見されて青酸の需要は増加していたが、ボーア戦争*2 の影響で、その需要も一時低迷を余儀なくされていた[2)]。ところが、窒素質肥料としての用途は、青酸のそれより、さらに大きなものであった。

植物の栄養として、窒素、燐、カリウムが重要であることは、すでに明らかにされていた。そのうち燐とカリウムは、鉱物資源として豊富にあることが知られていたが、窒素は、チリ硝石を原料とするか、石炭をガス化するときの副産物である硫酸アンモニウムを利用するしかなかった。

ところが、窒素質肥料の需要は増えつづけていたので、原料となるチリ硝石の輸出量も、硫酸アンモニウムの生産量も、大幅に増えつづけ、25～30年もすると、供給が枯渇するのではないか、と危ぶまれるほどだった[3)]。ちなみに、1860（万延元年）～1906年（明治39年）の間に、チリ硝石の輸出量は、68,000ｔから1,600,000ｔに、硫酸アンモニウムの生産量は、97,000ｔから600,000ｔ、と大幅に増加している[3)]*3。

そうした状況のもとで、カルシウムシアナミドを窒素質肥料として利用する方法が開発されたのである。当然のこととして、カルシウムシアナミドを硫酸アンモニウムと同じように、窒素質肥料として利用した場合の効果を試験することが、要請されることになった。

そうした要請に応じて、1901年（明治34年）から、ゲハイムラート・ワグナー（Geheimrate Wagner ・ドイツ）とゲルラック（Gerlack ・ポーランド）の両氏によって、比較試験がおこなわれ、1903年（明治36年）には、両者の肥効価値は同等であることが公表されたのである[4)]。

(2)世界的にも早かった日本での研究と生産

日本では、東京帝国大学農科大学のドイツ人教師オスカル・ロイブ（Oscar Loew）氏を通じて、同大学の助教授麻生慶次郎氏が、カルシウムシアナミドについての情報を知り、ワグナー氏（前述）に依頼して試料を入手した。そして、ドイツ名でカルクスティックストッフ (Kalkstikstoff) と名付けられていたカルシウムシアナミドを「石灰窒素」と命名し、日本での

＊1 青化法
貴金属の鉱石を青酸で処理し、錯化合物として溶解する方法。貧鉱の処理に適した方法とされている。1887年、ジョン・S・マッカーサー氏（John,S.MacArther）が発見した。

＊2 ボーア戦争
19世紀末、南アフリカの産金国、ボーア人の住むトランスバール共和国の併合を企てて イギリスが起こした戦争。

〔参考文献〕

１）
日比勝治
石灰窒素工業の発達とフランク博士
土肥誌　22,3.（1951）

２）
日比勝治
カーバイド工業講話
丸善出版（1950）

３）
２）と同じ
日比勝治訳
アドルフ・フランク講演要旨
将来におけるチリ硝石の代用品～石灰窒素
第8回国際農業大会1907年於ウィーン市
(Ersatz des Chilisal pecters der Zukunft Kalkstickstoff)

４）
権威者のみる石灰窒素
（座談会速記録）
全国石灰窒素共販組合（1933.7）
昭和８年４月10日、当時石灰窒素の研究に関係していた農事試験場、大学関係者ら27名に参集願い、麻生慶次郎（東京大学教授）、春日井新一郎（同　助教授）、塩入松三郎（農事試験場技師）が議長となり、座談会が開催された。石灰窒素の分解、肥料効果、貯蔵（包装）、特性、形態、普及、宣伝などについて論じられており、その頃における「石灰窒素の姿」が明らかにされている。

＊3
ヨーロッパ及び北アメリカの需要量と推定される。

肥効試験が始められた。

麻生氏自身、石灰窒素の肥料効果に関する成績は、1906年（明治39年）に公表されている。石灰窒素は窒素成分19.2％品を使用し、作物として水稲、陸稲、麻、ゴマを対象に、土壌は２種類（砂質土壌と有機物に富む土壌）における試験の結果、石灰窒素の肥料効果は硫酸アンモニウム、チリ硝石に比較し、概ね良好（generally superior）あるいは劣らない（not inferior）

5）
K.Aso
On the Manurial Value of Calcium Cyanamide
東京帝国大学農科大学　学術報告7.
（1906～8）

6）
農事試験場事務功程（1906、1907、1908）

表－１　農事試験場事務功程

石灰窒素及硫酸安母尼亜ノ窒素効能比較試験
明治39年度（1906）農事試験場事務功程

埴土及砂土ヲ用ヒ小松菜ニ就テ石灰窒素及硫酸安母尼亜ノ窒素ノ効能比較試験シタリ其成績ノ大要ハ次ノ如シ　（一）石灰窒素ハ共用スヘキ他ノ肥料ノ反応ニ依リテ其効能ヲ異ニス　（二）石灰窒素ハ其用量稍々多キトキハ硫酸安母尼亜ト其肥効殆ンド同キモ其用量少キトキハ其肥効硫酸安母尼亜ニ及ハス（三）石灰窒素ハ砂土ニ於ケルヨリ壌土ニ於テ其肥効著大ナリ

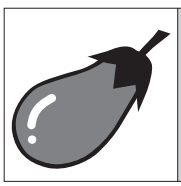
石灰窒素ノ肥効試験
明治40年度（1907）農事試験場事務功程

前年度ニ於テ小松菜ニ就テ施行シタル植木鉢試験ノ成績ニ依レバ石灰窒素ハ硫酸安母尼亜ト殆ント同様ノ肥効アルコトヲ認メタルヲ以テ本年ニ於テハ更ニ智利硝石区ヲ増加シテ圃場（壌土）ニ於テ陸稲ニ就キ其肥効ヲ比較シタリ　其成績ニ依レハ石灰窒素ハ壌土ニ於テ陸稲ニ対シ硫酸安母尼亜及智利硝石ト同様ノ効果アリシヲ認メタリ。

天竺牡丹ノ青枯病病原調査及予防試験
明治40年度（1907）農事試験場事務功程

近来觀賞用ニ栽培セル天竺牡丹ノ往々青枯病ニ罹リ枯死スルモノ尠ナカラザルヲ以テ之レガ原因ヲ調査セシニ土壌中ニ存スル一種細菌ノ作用ニ依ルコト確メタリ　因テ之レガ予防ノ為メ石灰窒素、「フォルマリン」、二硫化炭素、生石灰等ヲ以テ土壌ヲ所理シ天竺牡丹ヲ栽培セシニ「フォルマリン」及石灰窒素ヲ使用セシモノハ本病ノ発生スルコトナキヲ認メタリ。

注：天竺牡丹＝ダリア



土壌ノ消毒用ニ石灰窒素ノ応用試験
明治41年度（1908）農事試験場事務功程

土壌中ニ存在スル病原菌ニ依リテ起ル病害予防ノ為メ石灰窒素ノ分解ニ依テ生スル「シャンアミド」ノ有毒性ヲ利用シテ茄子青枯病、蓮根腐敗病、天竺牡丹青枯病、麦立枯病ノ各発病土壌一反歩15貫乃至20貫ノ割ニ石灰窒素ヲ施セシニ何レモ発病ヲ予防シ得タリ。

注：１反歩15～20貫＝56.25～75kg／10ａ
（１反歩＝10ａ、１貫＝3.75kg 以下同じ）

とまとめられている[5]。農事試験場における成績は表－１のとおりであった[6]。

さらにその翌1907年（明治40年）には、堀正太郎氏によって、ダリアの青枯病を防除するという土壌消毒効果も明らかにされている。

これらの試験に先んじて、1905年（明治38年）に麻生氏は、読売新聞系の農業雑誌に「空中窒素の固定の成功」という論旨で、石灰窒素の開発を紹介しているが、まだ当時は、一般の関心は高くなかったという[4]。

イタリアでは、1906年（明治39年）から石灰窒素を肥料として生産をはじめており、翌1907年（明治40年）に日本がそれを輸入したという記録があるが[7]、数量は定かではない。

7）
鶴田万平
肥料史裏街道〔Ⅴ〕
肥検回報　No200(1982)

さらにその翌年の1908年（明治41年）には、日本でも石灰窒素の生産が計画されている。発電とカーバイド生産の事業を軌道に乗せていた野口遵、藤山常一の両氏によるものである。両氏は、カーバイドの新たな消費を拡大するために、肥料としての石灰窒素の製造特許権を獲得して、「日本窒素肥料株式会社」を設立（1908年）、1909年（明治42年）には熊本県水俣村(現水俣市) に工場が完成して操業を開始した。これは世界的にみても、石灰窒素工業のかなり早い展開といってよい。

（３）「変成使用」から「そのまま使用」へ

こうして生産を開始した石灰窒素であるが、その特質と肥料としての使用法が正しく末端まで普及することがなかったため、作物に薬害をもたらすという現象がしばしば発生した。その差し当たっての対策としてとられたのが、石灰窒素をそのまま使用せずに、当時慣用されていた硫酸アンモニウムの形に変成して使用するという苦肉の策であった。

これには、石灰窒素に加圧水蒸気を反応させてアンモニアを発生させるという工程が必要であった。1926年（昭和元年）の統計によると、石灰窒素の生産量約140千ｔのうち、そのまま石灰窒素として使われたのは約27千ｔに対して、硫酸アンモニウムに変成して使われたのが約113千ｔであった[8]。このような変成工程は、1943年（昭和18年）までつづけられていた。

8）
黒川計
日本における明治以降の土壌肥料考（中）
（1978）

一方、使用法が適正ならば、石灰窒素そのままの形でも、なんの支障もなく十分その肥効が期待できることを広く理解してもらう努力が、生産者を中心としてつづけられた。それに加えて、そのままの石灰窒素は価格が安いこと、さらに日本の土壌の持つ欠陥を矯正するのに役立つこと、などの利点が徐々に知られるようになっていったのである。

中でも、湿田に多発する水稲のワイル病の駆除に、顕著な効果を示すことが知れわたり、石灰窒素の殺菌効果（次章、農薬効果のＰ70を参照）が注目され、肥料効果とあいまって、石灰窒素そのままの使用が広まる大きなきっかけとなった。

（４）つぎつぎに改良された窒化炉の方式

野口遵、藤山常一両氏が当初導入した石灰窒素の製造法は、カーバイドに窒素を反応させる「F.C式窒化炉」といわれる装置によるものだった。

これは、1000°Ｃの高温が加えられて反応が終了するたびに、炉を冷却しては製品を取り出すという工程なので、炉は高温と常温をくりかえし、そのたびに反応は一時停止させざるをえない（非連続式）。これではきわ

めて非能率であり加熱のコストもふくらむ。

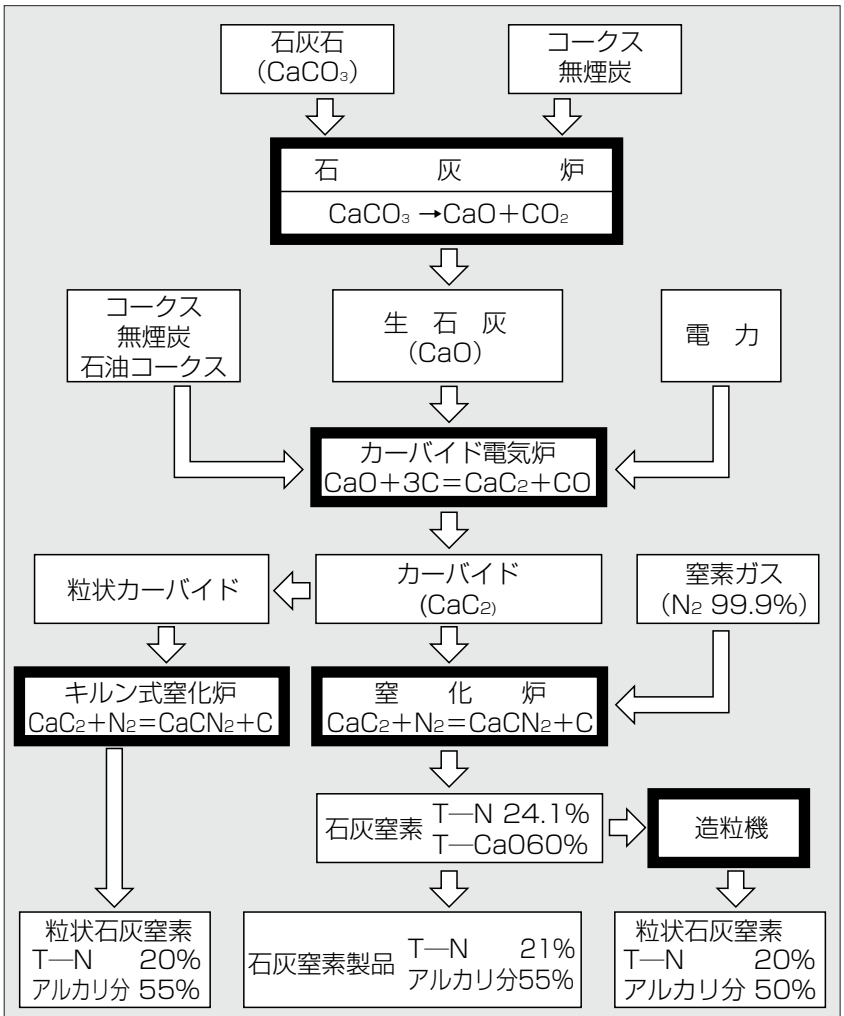
そこで、野口、藤山両氏は非常な苦労を重ねた末、反応を連続して進行させながら、反応を終了したものを自然に冷却し炉から取り出すという連続工程を創案し、実働させることに成功したのである（N式）。これを知ったカルシウムシアナミドの生みの親アルバート・フランク氏は、大いに感心したということであった[9]。

9）
化学工業日報
アルバート・フランク博士訪日記念対談
（1956.5.10）

さらに藤山氏は、炉が高温を維持するために、それまで使われていた電熱を必要としない方式を確立した（D式）。それは、反応が進行する際に発生する熱を利用するというものである。

それ以来、窒化炉には、いくつかの改良が加えられ、さらには粒状のカーバイドを窒化する方式も実用化されるにいたっている。

なお、石灰窒素の製造工程は次のとおりである。



図－1　石灰窒素の製造工程略図

（５）パッケージが石油缶から3層紙袋に

製品となった石灰窒素は、そのまま放置すれば、空気中の炭酸ガスと水分を吸収して、容積も重量も増え、成分にも変化を起こす。そのためにパッケージには石油缶が使われていた。

しかし、生産量が増えて製造コストが下がれば、総コストに占めるパッケージのコスト割合は高くなる。そうなれば、当然パッケージ方式になんらかの工夫が求められることになる。

研究の結果、缶の代わりに、クラフト紙２枚の間にピッチを塗布したターポリン紙をはさみこんだ計３層の紙袋が考案された。そしてこの紙袋は、保管する環境や期間などさまざまな条件で品質保全の性能がテストされ、さらに肥料取締法に定められた条件を満たすものであるかどうかの試験も、農林省農事試験場で精密におこなわれた[4)]。

これらの結果、1931年（昭和６年）に石灰窒素のパッケージとして、３層の紙袋が晴れて陽の目をみることになった。そして1933年（昭和８年）には、販売される石灰窒素のすべてが、この紙袋に変わり、これによって、パッケージのコストは約３分の１になったといわれる。

ちなみに、採用された紙袋の内容量22. 5 kg(6貫) は、18 ℓ (1斗) 容量の石油缶に詰めた石灰窒素の重量が22. 5 kgであったことに由来している。

（６）各地の試験で明らかになる肥効と使用法

1）水稲に対する試験

石灰窒素の肥料効果が初めて試験されたのは、東京帝国大学農科大学と農商務省農事試験場であり、その試験結果は、1906年（明治39年）に公表されている。その後、石灰窒素の本格的な製造が始まるにおよび全国各府県道農事試験場でも試験が進み、メーカー自身も研究と試験を進め、使用法とその効果が明らかにされた。

1907 ～1925年（明治40年～大正14年）の間におこなわれた府県道農事試験場の水稲に対する試験成績は次のとおりである[10)]。

10）
電気化学工業（株）試験部
石灰窒素肥効ニ関スル本邦各地官立試験場及当社試験場ノ試験成績（1937）

表－２　府県道農事試験場の水稲に対する試験成績

農事試験場（試験年）	硫酸アンモニウム	石灰窒素
北海道（1920～1923）	100 （指数）	99（指数）
青　森（1922～1924）	459 kg	507 kg(110)
岩　手（1922～1924）	388 kg	397 kg(102)
宮　城（1923～1924）	330 kg	339 kg(103)
秋　田（1919～1920）	47.5 g	58.7 g(124) ポット
山　形（1909～1910）	354 kg	377 kg(107)
福　島（1915～1919）	393 kg	427 kg (109)
茨　城（1913～1916）	338 kg	349kg (103)
栃　木（1924）	360 g	399 g(111) 枠
群　馬（1916～1918）	119 g	128 g(108) ポット
埼　玉（1909～1912）	362 kg	369 kg (102)
（1918～1922）	362 kg	374 kg (103)
東　京（1907～1910）	278 kg	296 kg (106)
（1912～1913）	336 kg	345 kg (103)

農事試験場（試験年）	硫酸アンモニウム	石灰窒素
千　葉（1923～1925）	53g	56 g（106）ポット
神奈川（5カ年平均）	308 g	341g(111) 枠
山　梨（1909～1910）	385 kg	445 kg（112）
（1921～1924）	405 g	430 g（106) 枠
静　岡（1909～1910）	412 kg	446 kg(108)
（1916～1921）	49.8 g	51.3g(103) 筒当たり籾
新　潟（1909～1912）	401 kg	410 kg(102)
富　山（1911～1912）	451 kg	442 kg (98)
石　川（1925）	422 kg	440 kg (104)
福　井（1911）	360 kg	347 kg (97)
岐　阜（1909～1913）	323 kg	329 kg (102)
愛　知（1913～1915）	420 kg	441 kg (105)
三　重（1911～1915）	345 kg	353 kg (102)
滋　賀（1916～1919）	436 kg	431 kg (99)
京　都（1910～1914）	355 kg	400 kg(113)
兵　庫（1922～1924）	560 kg	583 kg (104)籾
奈　良（1917～1923）	499 kg	521 kg (104)
（1919～1922）	210.8 g	203.5 g(96)筒当たり籾
和歌山（不明）	383 kg	439 kg (111)
鳥　取（不明）	3kg	3.5 kg(116)5坪当たり
島　根（1922～1923）	375 kg	383 kg(102)
（1912～1914）	12.6kg	13.7 kg(108)10坪当たり
岡　山（1909～1914）	407 kg	416 kg(102)
広　島（1912～1916）	534 g	540 g(101) 枠当たり籾
（1919～1921）	30.6g	34.5g(113）ポット
山　口（4カ年）	330 kg	347 kg(105)
徳　島（1917～1921）	228 kg	299 kg(104)
香　川（1912～1914）	445 kg	465 kg(104)
愛　媛（1916～1919）	23.65 g	29.27 g(124）ポット
高　知（1914～1915）	287 kg	367 kg (127)
（1912～1913）	54.3g	54.7g(101）ポット
福　岡（1915～1924）	1.05kg	1.20(113)枠
佐　賀（1912～1918）	424 kg	415 kg (98)
長　崎（1911～1919）	58.3 g	57.4g (98) 筒当たり籾
熊　本（1911～1918）	424 kg	429 kg(99)
宮　崎（1911～1915）	20.16 g	20.73 g(102) 筒当たり籾
鹿児島（1909～1915）	404 kg	435 kg (108)
（1916～1920）	381 g	442 g (116)枠当たり籾

注：10a当たり収量、容積を1石＝150kgとして換算

窒素の施用量は、10a 当たり5.63～9.38kg、リン酸（過リン酸石灰が主）、カリ（硫酸カリ、木灰）は、窒素と同量ないし少量を用いた。

当時は化学肥料の特性とそれに対する使用法、水田土壌の性質と肥料効果の関係などが明らかでなく、石灰窒素、硫酸アンモニウムそれぞれの最適の使用法が採られていたとは考えられないが、多くの試験成績が石灰窒素≧硫酸アンモニウムを示している。

これに類した集計は他にもあり、これによれば石灰窒素の肥料効果は、硫酸アンモニウムに比較し５～10％良好である。

2）麦に対する試験

同じ年代における麦に対する肥料試験成績は、次のとおりであり[10]、土壌の反応と麦作、肥料の種類と流出量などについては、詳しい知識は十分ではなかったと考えられるが、石灰窒素の肥料効果は良好である（麦の種類、大、小、裸の区別は不明）。

表－3　府県道農事試験場の麦に対する試験成績

農事試験場（試験年）	硫酸アンモニウム	石灰窒素
宮城（1912～1914）	546 kg	580 kg（106）
山形（1917までの累積）	204 kg	221 kg（108）
東京（1910）	283 kg	299 kg　（103）
群馬（1917～1919）	94.0 g	104.0 g(111)ポット
千葉（1924～1925）	30.7 g	31.5 g(102)ポット
山梨（1909～1910）	267 kg	324 kg (122)
新潟（1912～1915）	239 kg	252 kg (106)
岐阜（1914～1915）	173 g	240 g(138) 枠
奈良（1916～1922）	265 kg	268 kg(101)
和歌山（1919～1920）	11.39 g	12.82 g(113)ポット
岡山（1909～1914）	187 kg	229 kg(122)
広島（1920～1921）	26.7 g	28.9 g(108)ポット
山口（1912～1914）	202 kg	208 kg(103)
高知（1913～1914）	297 kg	319 kg(108)
香川（1913～1914）	29.6 g	29.0 g(98)ポット
佐賀（1912～1918）	10.39 g	13.92 g(134) 筒
宮崎（1913～1917）	34.22 g	34.27 g(100) 筒

注：数字はすべて小麦として換算（1石＝150 kg）。

1933年（昭和８年）、石灰窒素に関する座談会において、「麦作に対する使い方として、石灰窒素は広く散布し（全面散布）、麦も広まきあるいは畦幅を狭くするとよい」、「２月頃になっても効果がある（肥料効果が持続する）」、「稲の裏作の場合、排水中の窒素濃度が低い」、「堆肥と一緒に使用すると、流亡量が一層少なくなる」という記録が残されている。

3）桑樹に対する試験

桑樹に対する石灰窒素の肥料効果は、農林省蚕糸試験場において1915年（大正４年）から実施されている。その結果は次のとおりである[11]。

11）
農林省蚕業試験場
窒素質肥料の桑樹に対する肥効調査
彙報43号（1932.11）

表－4　石灰窒素の桑樹に対する試験成績

	硫酸アンモニウム	石灰窒素
春 蚕 用（日野桑園）	613.5 kg	757.8 kg(124)
夏秋蚕用（日野桑園）	898.5	1093.1 (116)
（松本桑園）	949.1	1039.1 (109)

日野桑園は1915～1930年（大正４年～昭和５年）（16作）、松本桑園は1916～1927年（大正５年～昭和２年）（12作）の成績である。

4）畑作物に対する試験

畑作物については、農林商務省農事試験場において1907～1912年（明治40年～大正元年）にわたり、10種類の作物を連作し、次の結果を得ている[12]。

12）
農林省農事試験場　事務功程（1912）
石灰窒素肥効試験

表－5　農林商務省農事試験場の畑作物に対する試験成績

作	作物	硫酸アンモニウム	チリ硝石	石灰窒素
第1作	陸稲	100	99	107
2	大麦	100	89	107
3	山東菜	100	94	92
4	大麦	100	86	91
5	カブ	100	77	134
6	大麻	100	96	104
7	小麦	100	87	98
8	ダイコン	100	108	120
9	アブラナ	100	135	103
10	ニンジン	100	107	104
平均		100	98	106

（7）帝国農会における指導[13)]

帝国農会*4では、農業生産費の中で肥料費が大きな比率を占めるため、その種類の選択と使用法の合理化を促進するため、1933年～1934年（昭和８年～９年）に実地指導地を全国に1390カ所（１年）設置した。作物は水稲、麦類、桑樹、野菜類など多岐にわたっており、石灰窒素は重要な肥料として使用されている。例えば、広島県高田郡郷野村では、魚肥がよく使用されていたが、これを石灰窒素に変え、肥料費を節約し増収を得ている（表―6）。

13）
帝国農会
合理的施肥法実地指導地成績調査梗概編（1936.1）

＊4 帝国農会
1910年（明治43年）に設立された農業団体。政府の施策とは別に自主的な農事改良運動ををおこなっていたが、後に補助金を受けて政府の公認団体となる。戦後は、他の農業団体と合同して農協中央会となった後に解散。

表－6 帝国農会の例

（一）鰊粕を廢めて石灰窒素に替へた例

廣島縣高田郡郷野村地方は北陸地方と同じく割高な鰊搾粕を施用するものが多かつたが、之等を割安な石灰窒素に取替へると共に施肥量を調節せる結果、反當肥料費を約三圓節減したるのみならず反當玄米二斗六升の増收を得た。

廣島縣高田郡郷野村（昭和八年度）

肥料費及肥料成分（反當）

		種類	數量	窒素	燐酸	加里	價額
比較	慣行地	鰊粕	六貫	五七〇匁	二四〇匁	一五〇匁	三円一二
		トキハ肥合	五	二五〇	六〇〇	—	一、三〇
		燐寸	一、五	三〇〇	—	—	四五
		石灰	二五	—	—	—	一、七五
		小計		一、一二〇	八四〇	一五〇	六、六二
		堆肥	四〇〇	二、〇〇〇	一、〇〇〇	二、〇〇〇	七、二〇
		合計		三、一二〇	一、八四〇	二、一五〇	一三、八二
	指導地	燐寸	石	五	—	—	一、六五
		硫加	二	—	—	九六〇	一、三〇
		石灰	一〇	—	—	—	七〇
		小計		一、〇〇〇	—	九六〇	三、六五
		堆肥	四〇〇	一、〇〇〇	一、〇〇〇	二、〇〇〇	七、二〇
		合計		二、〇〇〇	一、〇〇〇	二、九六〇	一〇、八五

肥料成分

		反當	反當肥料費	一石當肥料費	反當窒素	反當燐酸	反當加里	一石當窒素	一石當燐酸	一石當加里
比較	慣行地	三石二六	一〇円七六	三、六九〇	二、〇〇〇	一、六〇〇	二、〇〇〇	三、三〇〇	一、六〇〇	二、〇〇〇
	指導地	三、〇五〇	一三、八二	四、六一一	一、八一一	四五四	一、四〇〇	二、二〇〇	一、一〇〇	二、二〇〇

收支

		收入	支出				
		主作物	肥料費	自給	他人購入	其計	計
比較	慣行地	七一四円	七五〇	七六五	一三七	一〇五	六五七
	指導地	六三〇円	六五〇	六八〇	一六二	一三八	五四二

（８）「食糧増産」の国策に大きな貢献をした無酸根肥料としての石灰窒素
－耕土培養法による影響－

もともと日本の農地には、酸性土壌や火山灰土壌が広く分布しているので、これらの対策が早くから研究されてきた。中でも秋落ち田の対策が大きな課題であった。戦後、食糧増産が緊急の中心的な国策となり、そのために国によって、「低位生産地調査」が1947年（昭和22年）から開始され、さらに1952年（昭和27年）には、食糧増産に十分な機能を発揮できる農地を造成することを目的とした「耕土培養法」が公布施行された。

石灰窒素は、耕土培養のさまたげになるおそれのある硫酸根を含まない窒素肥料であると同時に、副成分として多量のカルシウムを含んでいるので、「低位生産」の原因となっている酸性土壌の矯正に、直ちに役立つという特性を持っている。

そのことが、広く農家に知られるようになり、国の施策と調和するという背景もあって、消費量は大幅に増加し、食糧増産の国策に大きく貢献した。

宮沢賢治と石灰窒素
――賢治指導の施肥に石灰窒素が！――

詩人・童話作家の宮沢賢治は、農村活動、特に土壌・施肥指導に積極的に関わっていました。ＪＡ岩手県経済連技術参与の千葉明氏の資料によりますと、賢治は昭和２年（1927年）時には、施肥設計書を2,000枚書いたと言われ、その中に石灰窒素が採り入れられています。

当時の施肥設計を現在に直接役立たせることはできませんが、石灰窒素が古くから施肥設計に採用され、しかも宮沢賢治も採り入れたことを知ってもらいたいと思います。

昭和３年　宮沢賢治の水稲施肥設計（kg／10ａ、鎌田家）

ほ場NO.	3	4
きゅう肥	1125	1238
大 豆 粕	26	—
硫　　安	9	8
石灰窒素	—	11
過　　石	28	28
骨　　粉	8	8
硫　　加	11	4
品　　種	陸奥132号	陸羽132号
土　　性	粘質壌土	壌土（腐植）

2.肥料効果

(1)窒素の特性

1）効果が多面で利用価値が高い

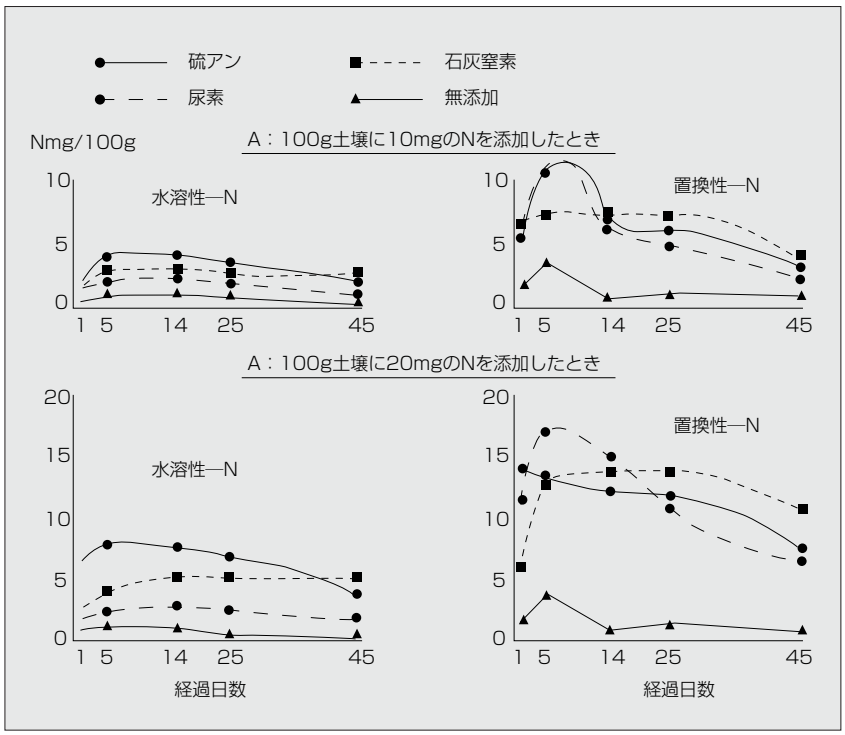
石灰窒素は、副成分にカルシウムを60%含み、生理的にアルカリ性で土壌反応を矯正する。そして主成分の窒素は、シアナミドの形態をしていて、これが土壌中では一時的に消毒効果を現わす。こうした多面の効果が、肥料としての利用価値を高めている。

①石灰窒素から生成するアンモニアは、炭酸塩、あるいは重炭酸塩となる。これにより土壌への吸着がよく、硝酸への変化も遅いので、流亡、脱窒が少なく安定している。

次に石灰窒素、尿素、硫アン※を土壌に加えた場合、アンモニウムを水溶性と置換性に分けて測定すると、図－２のような結果となった。硫アンは水溶性が多く、置換性は経過日数とともに減少するが、石灰窒素は水溶性が少なく、置換性はほぼ一定し、減少が少ない。このような現象は、水稲の生育にも影響することが明らかにされている[14)]。

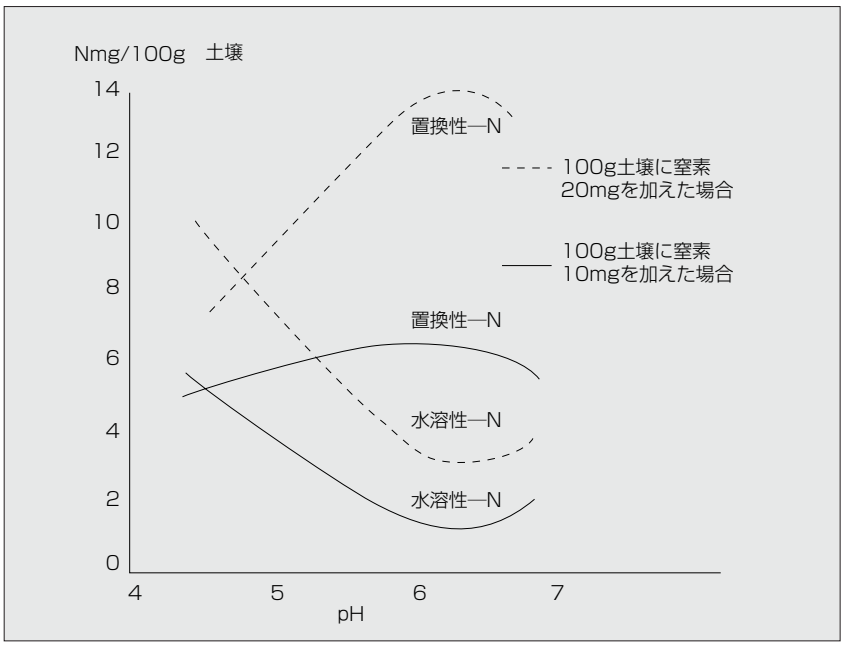
※
「硫酸アンモニウム」、「硫安」を「硫アン」に略しました。

14）
本谷耕一
石灰窒素から生成するアンモニアの特徴
農業昭和（1959.9）



図－２　石灰窒素・尿素・硫アンのアンモニウムの推移

〔置換性アンモニウムと水溶性アンモニウムの定量〕
土壌（乾燥）100 gに窒素として20mgの試料を添加し、所定日数放置後、土壌50ｇに対し水100 mlを加え１時間振とうし、濾液中のアンモニウム態窒素を定量し、残さに10%塩化カリウム100 mlを加え30分間振とうし、濾液中のアンモニウム態窒素を定量し、それぞれを水溶性、置換性とした。



図ー3　土壌の反応による炭酸アンモニウムの吸着量の違い

②土壌反応を矯正し、部分殺菌効果を現わすことにより、有機態窒素の無機化が促進される（表ー7　アルカリ効果による肥効増進）[15)]。

古くから、石灰窒素は堆きゅう肥と併用するよう指導されていた。石灰窒素の分解を進めるためと堆きゅう肥の効果を引き出すためである。

15）
藤原彰夫ら
石灰窒素のアルカリ効果に関する研究
土肥誌28,17.（1957）

表ー7　石灰窒素のアルカリ効果[15)]　　（東北大学　植木鉢試験）

	収量（乾物g）		窒素吸収量（mg）		計	石灰窒素の加用区と無石灰の差
	わら	穂	わら	穂		
無窒素区	11.64	10.92	52.6	154.2	206.5	差　収量1.06g 窒素吸収量26.2mg
無窒素区 生石灰	11.46	11.98	78.3	154.4	232.7	
石灰窒素区	27.50	20.47	196.1	270.9	467.0	差　収量2.13g 窒素吸収量19.4mg
硫アン区	28.59	18.34	238.1	209.5	447.6	

注：
無窒素区　移植前日にリン酸、カリを0.3 gずつ過リン酸石灰、塩化カリにて施用
無窒素区生石灰　石灰窒素に含有する石灰量に相当する生石灰量（0.793 g）を移植8日前に施用。リン酸、カリは上と同じ。
石灰窒素区　湛水直後窒素0.3 gを石灰窒素で施用して、1週間後移植。リン酸、カリは上と同じ。
硫アン区　窒素0.3 gを移植前日にて施用。リン酸、カリは上と同じ。

③シアナミド誘導体～ジシアンジアミド（硝酸化成抑制）、グアニル尿素（緩効的肥効）、グアニジン（緩効的肥効）の生成により、肥料効果が増進する。

④カルシウムは土壌改良効果があると同時に、養分としての効果が高く、また陽イオン交換量を高める。

石灰窒素と硫アンを10 a当たり30～40kg使用すると、土壌の反応（pH）は0.5 ～0.7 差が生じる。これにより土壌の陽イオン交換量に違いが生じ、アンモニウムの吸着量に影響する。これらの関係の一例を図ー3に示す。

これらの効果がどれだけ、どのように影響しているか、定量的な判断は困難であるが、これらが総合して、緩効という肥料効果の特殊性が示される。

2）硝酸化成抑制と肥料効果の関係

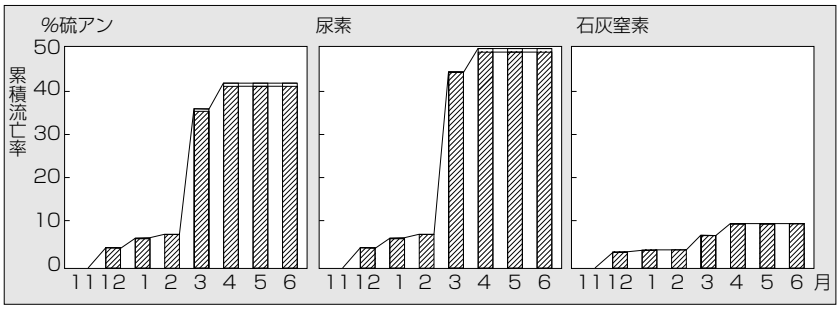
石灰窒素が硝酸に変わるのが遅いという性質は、肥料効果と密接な関係がある。

水田の窒素肥料の肥効は、施肥後、潅水、代かき、田植えまでの期間に硝酸化成が進行し、潅水後、還元層が発達するまでの期間に生成する硝酸の量に影響する。また、畑では、作物の生育の速さ（吸収量の速さ）と硝酸化成の速さの差が、肥料効果に影響する。硝酸化成を抑制する薬剤の利用が効果をあげているが、石灰窒素を施用する場合にはその必要はない。その上、石灰窒素は土壌中のアンモニア、有機物からのアンモニアも含めて硝酸化成を抑制し流亡を抑える[16)17)]。

石灰窒素は、硝酸態窒素による水質汚染など環境問題に対し、環境への負荷の少ない肥料ということができる。

16）
大杉繁
施肥せる窒素肥料の損失について（第２報）
農学会報　317 号（1929.4）

17）
奥田東ら
土壌に施用した各種アンモニウム塩の溶脱について
土肥誌30,4（1959）



図－４　裸麦（1926～27）栽培中の窒素の流亡量

試験方法　１／４坪（約0.8㎡）ライシメーターを使用し、裸麦、陸稲を栽培、毎作各区施肥量、窒素9375mg、リン酸（過リン酸）、カリ（硫加）それぞれ7500mg、排水中の窒素量を測定した。棒グラフの上、アンモニア態窒素、同下、硝酸態窒素（他は除く）

表－８　裸麦～陸麦４作栽培中の窒素の流亡量[16)]

	裸麦		陸稲		計	２年間の流亡量
	1926年	1927年	1927年	1928年		
無肥料	1227	976	311	1875	4389	—
硫酸アンモニウム	4184	2221	448	4934	11787	7398
尿素	4522	2579	467	4605	12173	7784
石灰窒素	813	1363	45	5151	7372	2983
降雨中	928	338	404	565	2235	

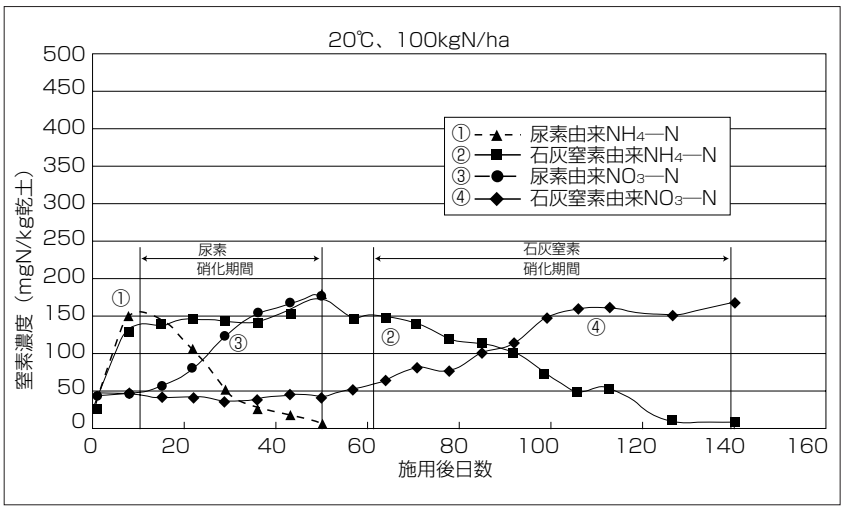
注：流亡量＝各肥料の流亡量－無肥料（単位mg）

表－９　pH7のアンモニウム塩溶液からの土壌のアンモニア吸収率[17)]

	高知土壌		京大土壌		高槻土壌		一乗寺土壌		4種の土壌の吸収比の平均
	吸収率	比*	吸収率	比*	吸収率	比*	吸収率	比*	
リン酸アンモニウム	67%	100	40%	100	47%	100	47.5%	100	100
炭酸アンモニウム	53	79	33.5	84	36	77	38	80	80
硫酸アンモニウム	28	42	17.5	44	27	57	22.5	48	48
塩化アンモニウム	20	30	15.5	39	25.5	54	16	34	39

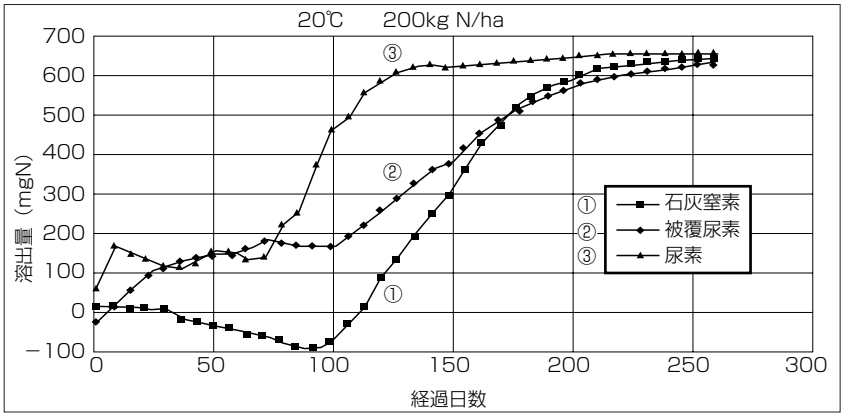
注：（１）石灰窒素は炭酸アンモニウムに相当する。
（２）*リンアンからのアンモニア吸収率を100とした場合の比。

試験方法　pH7のアンモニウム塩溶液50㎖（NH_3－N70mgを含む）を風乾土25gに加え、1時間振とうし、24時間温室に放置後濾過し、濾液のNH_3－Nの減少量を土壌吸収量とした。



図－5　尿素との窒素消長との比較－細粒褐色森林土－[18)]

試験方法　土壌30ｇに対し、窒素として10ａ当たり10kgを添加し、水分は最大容水積の60%、20℃で放置した。



図－6　窒素溶出量（積算値）－中粗粒褐色低地土－[18)]

試験方法　内径20cm、高さ60cmの円管に土壌を入れ、表層から５cm下に肥料を置き、１週間放置後、日本の平均降水量に相当する水量（週１回、10mm/h相当量を３時間）を滴下し、溶出液を分析した。施肥量は窒素として10ａ当たり20kgに相当量。

18）
直川拓司ら
畑土壌に施用した石灰窒素由来の窒素の消長について
第３報硝化開始時期及び硝化期間について
日本土壌肥料学会講演要旨集（1998.4）

３）さまざまな施肥法と効果

水田での石灰窒素の施肥法は「田畑の代かき、すき返し、畦崩し、土砕き、畦返し、土寄せ」など、整地のすぐ前に施すようにすることが一般であった。これは、石灰窒素を作土とよく混ぜるようにするためである。この方法は、後に水田に広く導入された「全層施肥」*5に通じ、石灰窒素の肥料効果を高める大きな理由の一つと考えられる。畑では石灰窒素の薬害を抑え、流亡の少ない性質を利用した施肥法であるといえる。

畑では種々な施肥法が試みられていた。例えば、種子のまき溝に散布する方法では、降雨などで土壌の水分が変化し、石灰窒素の分解に遅速が生まれ、石灰窒素の濃度が局所的に高くなり、薬害が生じやすい欠点があり、労力も必要なことから、次第に実行されなくなった。

石灰窒素の除草効果を活用する使い方もあった。麦、ナタネ、水稲の多株穴播栽培法（不耕起直播）が普及して、この場合の除草に石灰窒素が利用され、需要の柱となった時代があった。

石灰窒素の窒素としての効果は、植物に吸収される量が他よりも多いと見られていたが、実際は有機態窒素の無機化促進効果によるところが大きい。これはアルカリ効果として知られているが、これが^{15}N－石灰窒素に

*5 全層施肥
窒素質肥料を作土全体に混ぜる施肥法をいう。水田にアンモニウム窒素を施肥し、すぐに潅水できなかったり、すぐに潅水しても水田の表層に肥料があると硝酸態に変化しやすく、溶脱したり、さらに土壌が還元されると窒素に変化し（空気中に逃げる）、肥料効果が落ちる。これを防ぐ施肥法をいう。

より明らかにされた。すなわち、作物の全窒素吸収量は、石灰窒素≧硫酸アンモニウム、肥料からの吸収量は硫酸アンモニウム≧石灰窒素である（「^{15}N－石灰窒素」についてはP25で後述）。

(2)石灰の特性

石灰窒素に含まれる石灰は、酸化カルシウムとカルシウムシアナミドの形態で、酸化カルシウムに換算して約60％を含む。これをアルカリ分50％として保証しているが、「酸化カルシウム60％」と等しい土壌反応矯正効果と作物の養分効果がある。

1）土壌反応矯正効果

石灰窒素と硫酸アンモニウムを続けて使用した場合の土壌反応の変化の例を示す。

表－10 桑園土壌の酸度に対する影響[11)]

	日野桑園		松本桑園	
	全酸度	pH	全酸度	pH
無肥料区	3.0	6.2	2.7	5.8
無窒素区	3.9	6.0	0.5	5.9
硫アン区	28.2	5.9	52.2	5.4
石灰窒素区	0.0	6.6	0.2	6.3

注：日野桑園は14カ年、松本桑園は13カ年窒素として15kgを使用した。
全酸度は風乾燥土壌100 gに1規定塩化カリ250 mlを加え、良く攪拌し、5日間放置後、1/10N カセイソーダ液にて定量、指示薬フエノールフタレン。
（表－4の試験土壌の酸度の変化を示す）

次に石灰窒素の土壌反応矯正効果の例を示す。水酸化カルシウム、酸化カルシウムと等しい効果を示す。これにより、土壌の物理性、化学性、生物性が総合的に改良される。

19）
日本石灰窒素工業会
石灰窒素の新しい研究報告（1）（1958）

表－11 石灰質資材による土壌酸度の改良[19)]

	厨川土壌			四国土壌		
添加量	石灰窒素	水酸化カルシウム	酸化カルシウム	石灰窒素	水酸化カルシウム	酸化カルシウム
0	6.0	6.0	6.0	6.20	6.20	6.20
10	6.1			6.35		
25	6.15			6.45		
50	6.15	6.1	6.15	6.6	6.5	6.75
100	6.35	6.15	6.20	6.9	7.1	7.15
200	6.45	6.45	6.40	7.4	7.5	7.75

注：（1）添加量は土壌100 g当たりmg。
（2）施用後3日のpHを示す。

2）作物養分効果

石灰窒素のカルシウムの効果を調べる方法として、土壌中のカルシウムと見分けるために、カルシウムシアナミドのカルシウムに放射性を与えた。収穫後、放射性のカルシウムを測定すれば、石灰窒素のカルシウムがどれだけ吸収されたかを知ることができるわけである。

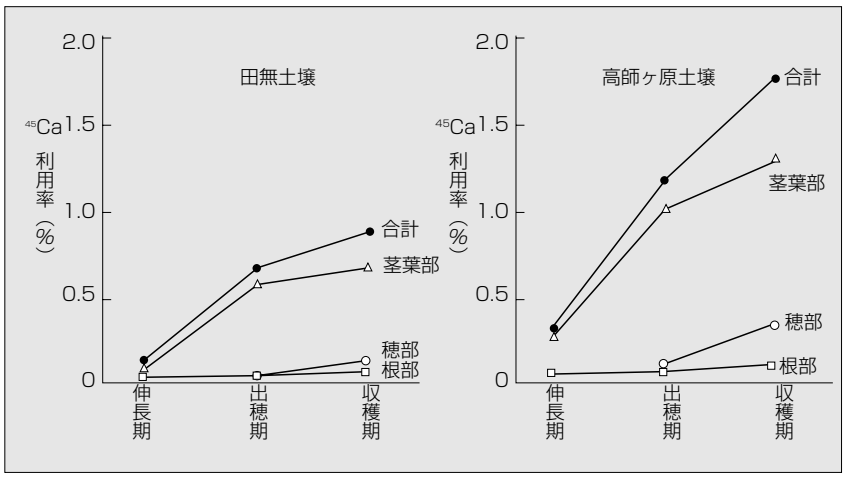
①小麦

小麦のカルシウムの吸収の状況を収穫後の部位別と時期別に、２種類の土壌を用い調べ、次の結果が得られた。

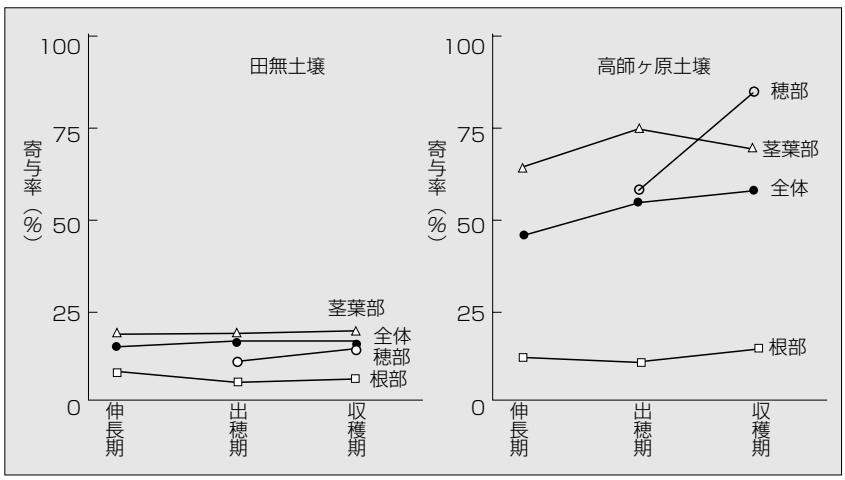
酸性が強く置換性石灰の乏しい高師ヶ原土壌（置換性石灰11.7CaO mg／100 g）では、石灰窒素のカルシウムは穂で全カルシウム吸収量の85.7％に達し、収穫時全吸収量でも59.2％となり、重要性は明らかである。

一方の田無土壌（置換性石灰114.7CaO mg／100 g 土壌）は、高師ヶ原土壌より石灰窒素の依存が低いが、土壌中のカルシウム含有量が多いためとみられる。

小麦の生育時期ごとの吸収状況をみると、全生育期間を通じ吸収されている。このことは、作物体内では転流が少ないカルシウムには重要な現象である。



図－7　小麦による石灰窒素のカルシウム吸収[20)]



図－8　小麦の吸収したカルシウムのうち石灰窒素のカルシウムが占める割合[20)]

20）
三井進午ら
45Ca-標識石灰窒素による作物のカルシウム利用について
土肥誌29（1958）

表－12　石灰窒素のカルシウムの小麦による吸収[20)]

	部位	カルシウム吸収量（mg）	^{45}Ca利用率*1（%）	小麦のカルシウムに*2おける^{45}Caの割合（%）
田無土壌	穂部	4.96	0.12	15.9
	茎葉上部	16.20	0.51	21.5
	茎葉下部	7.27	0.19	18.1
	（茎葉部合計）	23.47	0.70	20.4
	根部	7.97	0.07	6.1
	計	36.40	0.89	16.7
高師ケ原土壌	穂部	2.85	0.36	85.7
	茎葉上部	7.83	0.89	77.5
	茎葉下部	5.00	0.43	58.4
	（茎葉部合計）	12.83	1.32	70.4
	根部	4.95	0.11	14.7
	計	20.63	1.79	59.2

注：＊１：施用した石灰窒素のカルシウムのうち、小麦に吸収された割合
　　＊２：小麦が吸収したカルシウムのうち、石灰窒素のカルシウムが占める割合

②コマツナ

コマツナは、カルシウムの吸収量が多く、この試験に適している。石灰窒素の試料としてカルシウムシアナミドと酸化カルシウムを３対１に混合したものを使用した。そして両者の違いをみるため、それぞれに放射性カルシウムを含むものを作り、試験区として標識した石灰窒素と標識していない酸化カルシウムと混ぜた区、逆に標識していない石灰窒素と標識した酸化カルシウムを混ぜた区を設けた。また、別に炭酸カルシウムとも比較した[21)]。

その結果、コマツナの吸収したカルシウムのうち34.9%がカルシウムシアナミドから、14.6%が酸化カルシウムから、残りの50.5%が土壌から供給されている。そして石灰窒素のうちのカルシウムから8.68%が、酸化カルシウムから8.90%が吸収されている。別に試験した炭酸カルシウムとの比較でも、ほぼ同じぐらいのカルシウムが利用されることがわかった。

21）
加藤直人ら
石灰窒素中のカルシウムのコマツナによる吸収
土肥誌63（1992）

表－13 石灰窒素のカルシウムのコマツナによる吸収[21)]

処理区	カルシウム吸収量（mg）	^{45}Ca利用率＊1（%）	コマツナのカルシウムに＊2おける^{45}Caの割合（%）
カルシウムシアナミド単用区（$^{45}CaCN_2$）	178.5	8.76	36.4
石灰窒素Ａ区（$^{45}CaCN_2$＋CaO）	184.8	8.68	34.9
石灰窒素Ｂ区（$CaCN_2$＋^{45}CaO）	212.1	8.90	14.6

注　＊1：施用した石灰窒素のカルシウムのうち、コマツナに吸収された割合
　　＊2：コマツナが吸収したカルシウムのうち、^{45}Caで標識した化合物のカルシウムが占める割合

表－14　コマツナによる炭酸カルシウムの吸収[21)]

処理区	カルシウム＊1吸収量（mg）	^{45}Ca利用率（%）	コマツナのカルシウムにおける^{45}Caの割合（%）
炭酸カルシウム区（$^{45}CaCO_2$）	35.8	10.4	41.5
カルシウムシアナミド区（$^{45}CaCN_2$）	39.6	11.8	44.0

（注）＊1：表－13と比べて、カルシウム吸収量が少ないのは、ポットが小さいため。

石灰窒素のカルシウムの養分効果は、作物の種類、土壌の種類、使用量によって異なるが、カルシウムの少ない土壌において効果が高い。

●白い石灰窒素と標識石灰窒素

石灰窒素は遊離の炭素を含んでいるため灰黒色であり、これを除いて白くすることはできない。ところが、1933年（昭和８年）、白い石灰窒素についての肥料試験がおこなわれ、その結果が1940年（昭和15年）、次のように発表されている[22)]。土壌中の分解は緩慢であるが、硝酸化成の速さと、大麦に対する肥料効果が石灰窒素と等しいこと、すなわち、白い石灰窒素の性質と肥料効果は、石灰窒素と同じとみて差し支えないことが示された。この白い石灰窒素の成分は、全窒素25.29 %、シアナミド態窒素25.19 %で、カルシウムシアナミドの純度としては約71%である。

白い石灰窒素を造る方法は二つある。一つは、炭酸カルシウムとアンモニアと炭酸ガス（または一酸化炭素ガス）を反応させる方法[23)]。もう一つは、酸化カルシウムとジシアンジアミドを反応させる方法である[24)]。標識石灰窒素（同位元素を含む石灰窒素）は、この両方の方法で造られた。

まず、一つ目の方法は、^{45}Caと^{14}C を取り上げ、次の反応式による[25)]（炭酸カルシウムのCaとCに同位元素を含ませる）。

$$CaCO_3 + 2NH_3 + 3CO = CaCN_2 + 3CO_2 + 3H_2$$

カルシウムの場合、カルシウムの量60gに対し800 ℃、ガス流量毎分アンモニア2.0ℓ、一酸化炭素ガス2.5 ～3.0ℓ、３時間で収率85%位、炭素の場合は炭酸カルシウムと酸化カルシウムを重量比で１：1.3を混合、800 ℃、９時間で収率80%が得られた。両者とも放射性があるので、取り扱いには厳重な注意が必要である。

22）
手島周太郎
White Cyanamide について
土肥誌 14,11 (1940)

23）
永井彰一郎
炭酸カルシウムとアンモニアによるCalcium Cyanamide の合成
工化誌 43(1940)

24）
亀山直人
カルシウムチアナミドの製法について
工化誌 23(1920)

25）
昭和電工（株）
放射線Ca及Ｃ 標識石灰窒素製造報告
(1957.6.24)

二つ目の方法は、酸化カルシウムとジシアンジアミドを１：４（重量比）に混合し、1,000 ℃で30分間反応させると、90～95％のカルシウムシアナミドができ、これにさらにジシアンジアミドを加え、反応を繰り返すと純度は向上するが、微量の炭素を遊離するため色はわずかに灰色を帯び、純粋のカルシウムシアナミドを得ることは困難である。

次に、^{15}N を含む石灰窒素の造り方は、工業的生産法と同じでカルシウムカーバイドに^{15}N を1,000 ℃で反応させる。

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$$

^{15}N は放射性ではないので、取り扱いは比較的容易である。

これら同位元素を含んだ石灰窒素は自然界にある窒素、カルシウム、炭素と区別し、性質や効果を調べるために使用した。

3.農作物に対する肥効

（1）水稲の窒素吸収を高め、肥効が高い

わが国農産物の大宗である水稲に対する石灰窒素の肥効と施用法が、広汎な研究と試験によって、次々に明らかとなり、肥料としての石灰窒素の利用は、普及の一途をたどっていた。

石灰窒素は長く効き（流亡が少ない）、水稲の場合、基肥１回で硫アン３回分施と肥効が等しいこと。

また、石灰窒素の薬害発生に注意を要するが、発生しても回復は早く、収量への影響は少ないことが明らかになっている。

1）合理的な施肥法を探る
—基肥１回でも硫アン分施３回と同じ—

兵庫県立農事試験場 小畑秀雄
日本土壌肥料学雑誌（1940，14巻５号）

目的

石灰窒素の正しい施用方法を知らないために、効果を発揮できず、かえって不測の損害を生じる事例が少なくない。当場では農林省の指定により、1929年（昭和４年）から水稲と麦に対し、石灰窒素の合理的施用方法に関する試験（石灰窒素の施用量並びに施用時期が水稲の生育・収量におよぼす影響）を施行した。その結果の大要を抜録した。

表①　試験区と内容
【1930～32年（昭和5～7年）】

試験区名		施用肥料名並びに施用量（kg/10a）			
		N全量（石灰窒素）基　肥	NH_3－N（硫アン）基　肥	肥料用石灰（現品）基　肥	堆肥
無肥料区		—	—	—	—
無窒素区		—	—	—	—
堆肥併用	石窒N10.1 5日前 区	10.1	—	—	937
堆肥併用	硫アンN10.1 全量基肥 区	—	10.1	41.3	937
石窒N10.1 5日前 区		10.1	—	—	—
硫アンN10.1 全量基肥 区		—	10.1	41.3	—

備考：無肥料区以外の各区にリン酸9.4 kg、カリ10.1kgをそれぞれ過リン酸石灰と硫酸カリで施用。
1934～36年（昭和９～11年）の場合も同様。

【1934～36年（昭和９～11年）】

試験区名		施用肥料名並びに施用量（kg/10a）					
		N全量（石灰窒素）基　肥	NH_3－N（硫アン）基肥	追肥Ⅰ	追肥Ⅱ	肥料用石灰（現品）基　肥	堆肥
無肥料区		—	—	—	—	—	—
堆肥併用	無窒素区	—	—	—	—	—	937
	石窒N10.1 5日前 区	10.1	—	—	—	—	937
	石窒N10.1 3日前 区	10.1	—	—	—	—	937
	石窒N10.1 前日 区	10.1	—	—	—	—	937
	硫アンN10.1 3回分施 区	—	3.4	3.4	3.4	56.2	937
	硫アン無石灰N10.1 3回分施 区	—	3.4	3.4	3.4	—	937

供試作物：主作は水稲道海神力（晩生）、裏作は裸麦と小麦を栽培。

試験設計

■試験地

明石市北王子町本場の水田。各区はコンクリート製畦畔で区画し、１地区の面積は33㎡。地質は明石川沖積層に属し、土性は壌土、作土の深さは約12cm、麦作期間の地下水位は70～150 cm。試験区の名称と内容は表①のとおりである。

■試験成績

生育調査成績を表②に、収量調査成績を表③に示した。水稲生育期間の土壌中のアンモニア態窒素の消長を表④に、水稲生育期間の窒素吸収状況を表⑤に示した。

成績の摘要並びに考察

①石灰窒素は、速やかに分解してアンモニアになる。そして石灰窒素を窒素10a当たり10.1kg田植５日前に施用し、耕土と十分混ぜる。この場合、石灰窒素による被害はなく、あるいはごく軽微な変調が現れることがあるが、硫アン区にくらべて、玄米収量はほぼ等しいか、多い傾向がある。

②石灰窒素N10.1kgを施用した区は、硫アンN10.1kgを全量基肥あるいは３回分施した区にくらべ、裸地部土壌中のアンモニア含有量は概して多い。石灰窒素を５日前に施用した区は、生育後期の収穫物中の窒素含有量も多い傾向を認めた。

③上記①、②の関係は、堆肥を併用してもしなくても、同じ傾向であることを認めた。

④石灰窒素による田植当時の変調をみると、茎葉は黄変萎縮し、葉には黒褐色の斑点が現れる。変調がとくに著しい株は、ほとんど全葉黄色から黄褐色で針状となり、屈曲した。窒素10a当たり10.1kg相当量の石灰窒素を田植前日に施用した区の変調は、顕著であり、田植後１週間内外でもっとも強く現れ、上記のように変調を示した。しかし、その後10日ぐらいで葉色は一般にかなり回復し、回復が早い。窒素10a当たり10.1kg相当量の石灰窒素を田植３日前に施用した区の変調は、同量を田植前日に施用した区にくらべて、かなり軽く、回復もまた早い。

⑤石灰窒素による生育初期の変調は比較的大きい。例えば、窒素を10a当たり10.1kg田植前日に施用した区も、玄米の減収は大きくない。これは、水稲施肥当時の気温が高く、石灰窒素は分解が早くアンモニアに変わって、被害原因がなくなったためである。したがって、生育初期の変調が比較的軽い、同量の窒素を田植３日前に施用した区の玄米収量は大差ない。

表②　生育調査成績
【1936年（昭和11年）】

試験区名		7月14日		8月1日		8月24日		9月15日		10月14日		11月9日		
		草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	穂長	茎数
無肥料区		33	3.6	47	20.6	69	18.2	98	17.1	98	16.2	98	21	16.6
堆肥併用	無窒素区	39	4.1	56	22.7	80	19.8	107	18.4	107	17.9	107	21	18.3
堆肥併用	石窒N10.1 5日前 区	40	5.0	58	27.5	85	25.1	113	22.7	114	22.1	114	21	22.2
堆肥併用	石窒N10.1 3日前 区	37	4.3	57	30.5	87	26.8	113	24.3	117	24.2	116	21	24.3
堆肥併用	石窒N10.1 前日 区	33	3.2	53	27.7	84	26.8	109	24.8	112	23.7	112	21	23.8
堆肥併用	硫アンN10.1 3回分施 区	42	4.8	59	27.0	89	23.9	113	21.7	115	21.1	115	21	21.5
堆肥併用	硫アン無石灰N10.1 3回分施 区	42	4.8	57	27.3	87	25.0	113	22.9	114	22.1	114	21	22.1

備考：1936年（昭和11年度）に石灰窒素の施用時期を試験した成績（単位：cm、本）

表③　収量調査成績
【1930～32年（昭和5～7年）の平均】

試験区名		わら重量 kg/10a	玄米重量 kg/10a	玄米容量 ℓ/10a
無肥料区		648	413	466
無窒素区		603	446	463
堆肥併用	石窒N10.1 5日前 区	936	559	572
堆肥併用	硫アンN10.1 全量基肥 区	919	551	570
石窒N10.1 5日前 区		919	544	559
硫アンN10.1 全量基肥 区		866	521	534

【1934～36年（昭和9～11年）の平均】

試験区名		わら重量 kg/10a	玄米重量 kg/10a	玄米容量 ℓ/10a
無肥料区		593	379	449
堆肥併用	無窒素区	808	431	509
堆肥併用	石窒N10.1 5日前 区	1147	495	584
堆肥併用	石窒N10.1 3日前 区	1080	506	597
堆肥併用	石窒N10.1 前日 区	1028	487	575
堆肥併用	硫アンN10.1 3回分施 区	1088	487	575
堆肥併用	硫アン無石灰N10.1 3回分施 区	1095	510	602

備考：無肥料区「堆肥併用石窒N10.1：3日前」区および「堆肥併用硫アン無石灰N10.1：3回分施」区の収量は2ヵ年の平均を示した。

表④　裸地部土壌中のアンモニア態窒素含有量（mg／乾土100 g）
【1936年（昭和11年）】

試験区名		施肥前			7/15	7/18	8/3	8/4	8/26	9/16	10/12	11/11		
		NH_3-N	NO_3-N	合計								NH_3-N	NO_3-N	合計
無窒素区		1.0	1.0	2.0	2.1	—	2.5	—	2.5	3.6	3.3	1.0	Tr	1.0
堆肥併用	石窒N10.1 5日前 区	1.3	0.5	1.8	6.7	—	6.8	—	6.2	6.1	4.9	1.7	0.5	2.2
堆肥併用	石窒N10.1 前日 区	0.9	0.8	1.7	6.3	—	7.1	—	6.8	7.3	6.6	0.9	0.3	1.2
堆肥併用	硫アンN10.1 3回分施 区	0.7	0.9	1.6	3.7	追肥	6.3	追肥	5.5	4.6	4.2	0.8	Tr	0.8

備考：1931年～32年（昭和6～7年）および1934～36年（昭和9～11年）を調査したが、毎年ほとんど同じ傾向である。
1936年（昭和11年）の成績のみを掲載。

表⑤　窒素吸収量（mg／株）
【1936年（昭和11年）】

試験区名		7月15日	8月3日	8月26日	9月16日	10月12日	11月11日
堆肥併用	無窒素区	27	214	416	495	502	628
	石窒N10.1 5日前 区	38	452	677	738	826	1018
	石窒N10.1 前日 区	19	290	661	734	753	1025
	硫アンN10.1 3回分施 区	34	379	657	654	793	891

備考：1931～32年（昭和6～7年）および1934～36年（昭和9～11年）を調査したが、毎年ほとんど同じ傾向である。1936年（昭和11年）の成績のみを掲載。

（「石灰窒素だよりNo136」2001.5 より引用）＊6

＊6「石灰窒素だより」
1955年（昭和30年）に創刊した日本石灰窒素工業会のＰＲ雑誌。現在、通巻136号、Ａ５判で年１～２回発行。

2)有機物からの窒素吸収を高める（アルカリ効果）
－^{15}N－石灰窒素による水稲3例の試験成績から－

（「石灰窒素だよりNo136」2001.5 より引用）

石灰窒素と硫アンの肥効は「ほぼひとしい」とされているが、これまでに示した多くの試験成績のように石灰窒素≧硫アンを示している。

このように、石灰窒素の肥効が硫アンより高い理由としては、①土壌反応にあたえる影響（アルカリ効果）、②シアナミドの土壌消毒効果（部分殺菌効果）による有機態窒素の無機化促進によると考えられる。

それらについて、^{15}N－石灰窒素を利用した試験の結果、水稲が吸収した窒素量は石灰窒素≧硫アン、肥料からの窒素吸収量は硫アン≧石灰窒素を示している。

石灰窒素は、有機態窒素（地力窒素）の無機化を促し、作物の窒素吸収量を良くし、それが肥効を高める理由になると考えられる。

1. 山形県農業試験場における水稲に対する試験

【山形農試・水田状態における石灰窒素の肥効の現れかた、東北地域土壌肥料関係試験研究推進会議資料＜1982＞】

■試験方法：60×45cm、無底木枠、圃場試験
■施肥量：窒素６ｇ／㎡　リン酸，カリはそれぞれ10ｇ／㎡（過石，塩加）
■品種：ササニシキ
■結果：乾物重の推移は７月中旬ごろまで硫アン区が大きいが、それ以降は両区とも変わらない。穂揃期（８月16日）に、水稲が吸収した窒素のうち、肥料から吸収した割合は石灰窒素区が少ない。

●乾物重の推移（ｇ／㎡）

区別＼月日	6月22日	7月15日	8月16日			9月27日		
			茎葉	穂	計	茎葉	穂	計
石灰窒素区	64.4	302	648	120	768	508	629	1137
硫アン区	48.5	281	656	110	766	530	634	1164

●窒素吸収量（g／㎡）

区別＼月日	6月22日	7月15日	8月16日			9月27日		
			茎葉	穂	計	茎葉	穂	計
石灰窒素区	2.12	4.62	5.73	1.37	7.10	2.59	5.92	8.51
硫アン区	1.48	4.85	5.45	1.13	6.58	2.81	6.17	8.98

●水稲が吸収した窒素の内訳（g／㎡）

	6月22日			7月15日			8月16日			9月27日		
	Nf	Ns	窒素利用率	Nf	Ns	窒素利用率	Nf	Ns	窒素利用率	Nf	Ns	窒素利用率
石灰窒素区	1.41	0.72	23.5%	2.20	2.42	36.7%						
茎葉							2.01	3.72		0.78	1.81	
穂							0.42	0.96	40.5%	1.65 2.43	4.27 6.08	40.5%
硫アン区	1.01	0.47	16.8%	2.88	1.97	48.0%						
茎葉							2.62	2.83		0.01	1.80	
穂							0.47	0.66	51.5%	1.91 2.92	4.26 6.06	48.7%

注：Ｎｆ＝肥料由来窒素　　Ｎｓ＝土壌由来窒素

２．福岡県農業試験場における水稲試験

【福岡県における良質米安定生産のための施肥法試験＜1983＞】
～コシヒカリの窒素吸収特性に関する試験から～

■試験区

試験区＼事項	窒素施肥量（kg/10a）			
	基肥	穂肥	穂肥	計
硫アン区	5.0（6/9）	1.5（7/29）	1.5（8/9）	8.0
石灰窒素区	5.0（6/1）	1.5（7/29）	1.5（8/9）	8.0

注：（　）は施用日。リン酸5.7 kg／10a　カリ8kg／10a硫アン区の基肥には^{15}N硫アン（^{15}N10.5atom%）を、石灰窒素区には同じく^{15}N石灰窒素（^{15}N10.0atom%）を施用した。１区129 cm×90cm、田植6月10日、中干し7月8日～15日、出穂8月13日、刈り取り9月22日。

■成績

①土壌中のアンモニア態窒素の変化

（mg／100 g乾土）

試験区＼月日	6月16日	6月23日	7月8日	7月15日
硫アン区	3.42	3.25	1.28	0.04
石灰窒素区	4.47	4.10	2.33	0.16

②水稲体中窒素濃度

（乾物%）

試験区＼月日	7月15日	穂揃期		成熟期	
		わら	穂	わら	穂
硫アン区	2.51	1.11	1.12	0.63	1.25
石灰窒素区	2.72	1.24	1.10	0.64	1.25

③水稲が吸収した窒素の内訳（基肥からの窒素）

試験区 ＼ 期日	由来別	7月7日			7月15日			穂揃期			成熟期		
		Nf	Ns	N利用率	Nf	Ns	N利用率	Nf	Ns	N利用率	Nf	Ns	N利用率
硫アン区	茎葉	0.895	0.790	17.9	1.419	1.589	28.4	1.744	6.012	34.9	0.728	2.778	14.6
	穂							0.150	0.844	3.0	1.017	5.562	20.3
	計	0.895	0.790	17.9	1.419	1.589	28.4	1.894	6.856	37.9	1.745	8.340	34.9
石灰窒素区	茎葉	0.976	1.159	19.5	1.105	1.734	20.3	1.721	6.178	34.4	0.605	3.732	12.1
	穂							0.166	0.960	3.3	1.015	5.570	20.3
	計	0.976	1.159	19.5	1.105	1.734	20.3	1.887	7.138	37.7	1.620	10.992	32.4

注：Ｎｆ＝基肥に由来する窒素（ｇ／㎡）
　　Ｎｓ＝基肥以外に由来する窒素（穂肥含む）（ｇ／㎡）

④生育

試験区 ＼ 月日	7月7日		7月18日		9月22日		
項目	草丈（cm）	茎数（本／株）	草丈（cm）	茎数（本／株）	桿長（cm）	穂長（cm）	茎数（本／株）
硫アン区	41.4	22.8	48.7	21.5	75.9	17.9	14.3
石灰窒素区	43.9	22.9	53.3	25.3	78.0	17.6	16.1

注：ｎ＝16

⑤収量

試験区 ＼ 項目	わら重（kg/10a）	精玄米重（kg/10a）	同左指数
硫アン区	567	454	100
石灰窒素区	606	447	98

【福岡県における良質米安定生産のための施肥法試験＜1984＞】
～コシヒカリの窒素吸収特性に関する試験から～

■試験区：1983年（昭和58年）と同じ。
　^{15}Ｎ硫アンは^{15}Ｎ10.7atom％、^{15}Ｎ石灰窒素は^{15}Ｎ11.9atom％を使用。石灰窒素は５月28日、硫アンは６月６日、穂肥は７月28日、８月４日の２回施用。田植６月７日、中干し７月６日～19日、出穂８月９日、刈り取り９月20日。

■成績
①土壌中のアンモニア態窒素の変化（mg／100 ｇ乾土）

試験区 ＼ 月日	6月21日	6月28日	7月5日	7月12日	7月19日
硫アン区	2.24	1.15	0.16	0.40	0.07
石灰窒素区	2.55	1.33	0.23	0.44	0.07

②水稲体中窒素濃度（乾物%）

試験区 ＼ 月日	6月14日	6月21日	6月28日	7月5日	7月19日	穂揃期		成熟期	
						わら	穂	わら	穂
硫アン区	3.85	3.98	3.61	2.33	1.59	1.10	1.15	0.57	1.16
石灰窒素区	3.55	3.98	3.71	2.45	1.92	1.26	1.19	0.67	1.19

③土壌反応（ pH・H_2Oによる）の推移

試験区＼月日	6月21日	6月28日	7月5日	7月12日	7月19日
硫アン区	6.2	6.3	6.3	6.3	6.2
石灰窒素区	6.7	6.6	6.5	6.6	6.6

④生育

試験区＼期日	6月28日		7月5日		7月12日		7月19日		成熟期		
由来別	草丈(cm)	茎数(本/株)	草丈(cm)	茎数(本/株)	草丈(cm)	茎数(本/株)	草丈(cm)	茎数(本/株)	桿長(cm)	穂長(cm)	穂数(本/株)
硫アン区	39.2	11.5	45.4	16.7	61.6	18.1	71.5	16.8	83.3	17.7	14.0
石灰窒素区	39.4	10.3	45.4	17.9	60.6	18.8	70.9	17.8	82.6	18.0	13.9

⑤水稲が吸収した窒素の内訳（基肥からの窒素）

試験区＼月日		6月28日			7月19日			穂揃期			成熟期		
由来別		Nf	Ns	N利用率	Nf	Ns	N利用率	Nf	Ns	N利用率	Nf	Ns	N利用率
硫アン区	葉茎	0.546	0.401	11.0	1.802	2.394	36.0	1.735	5.259	34.7	0.937	5.383	18.8
	穂							0.195	0.992	3.9	0.564	2.223	11.3
	計	0.546	0.401	11.0	1.802	2.394	36.0	1.930	6.251	38.6	1.501	7.606	30.1
石灰窒素区	葉茎	0.556	0.374	11.1	1.751	2.131	35.1	1.717	6.252	34.4	1.037	5.343	20.8
	穂							0.229	0.980	4.6	0.718	2.564	14.4
	計	0.556	0.374	11.1	1.751	2.131	35.1	1.946	7.232	39.0	1.755	7.906	35.2

注：Ｎｆ＝基肥からの窒素（ｇ／㎡）
　　Ｎｓ＝基肥以外からの窒素（穂肥含む）（ｇ／㎡）

⑥収量

試験区＼項目	わら重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)	同左指数
硫アン区	526	491	100
石灰窒素区	555	527	107

【福岡県農業試験場における結果と考察】

両年とも、土壌中アンモニア態窒素は石灰窒素＞硫アンである。

収量は石灰窒素≧硫アンであるが、穂揃期に肥料から吸収した割合は硫アン≧石灰窒素であり、生育中も同様の傾向を示す。

●窒素全吸収量のうち肥料由来窒素の割合
【1983年（昭和58年）】

区別＼月日	7月7日	7月15日	穂揃期	成熟期
硫アン区	53%	47%	22%	17%
石灰窒素区	46	39	21	13

【1984年（昭和59年）】

区別＼月日	7月5日	7月19日	穂揃期	成熟期
硫アン区	56%	43%	24%	17%
石灰窒素区	54	44	21	18

■結果と考察

全窒素の吸収量は石灰窒素＞硫アンであるが、施肥窒素の吸収量と利用率は、硫アン＞石灰窒素である。つまり、石灰窒素は土壌中の有機態窒素の無機化を早め、それが吸収されているものと考えられる。

まとめ

^{15}N－石灰窒素を利用した肥効試験は、田畑あわせて４例であるが、古くからの試験例とあわせれば、石灰窒素の特性が示されている。

すなわち、古くから石灰窒素の上手な使い方として、堆肥、緑肥、鶏ふんなどとともに使用するよう指導されてきたが、これは石灰窒素の順調な分解を進める一方、有機物からのアンモニア放出をはかり、総合して肥効の増進を期待した使い方である。^{15}N－石灰窒素を利用した試験結果により明らかにされた。

石灰窒素と硫アンを水稲基肥に使用した場合の穂揃期における窒素吸収量の比較-３例-

区別 農試	硫アン	石灰窒素	備考
山形農試 1981年 8月16日	f　3.09 g/㎡ s　3.49 g/㎡ T　6.58 g/㎡ f　47.0%	2.43 g/㎡ 4.68 g/㎡ 7.11 g/㎡ 34.1%	N施用量　6 g/㎡ 収量（kg/10a）　窒素利用率（%） 硫アン　634　48.7 石灰窒素　629　40.5
福岡農試 1983年 8月下旬	f　1.894 g/㎡ s　6.856 g/㎡ T　8.750 g/㎡ f　21.6%	1.887 g/㎡ 7.131 g/㎡ 9.025 g/㎡ 20.9%	N施用量　5 g+1.5g（2回） 収量（kg/10a）　窒素利用率（%） 硫アン　454　34.9 石灰窒素　447　32.4
福岡農試 1984年 8月中旬	f　1.930 g/㎡ s　6.251 g/㎡ T　8.181 g/㎡ f　23.6%	1.946 g/㎡ 7.232 g/㎡ 9.178 g/㎡ 21.2%	N施用量　5 g+1.5g（2回） 収量（kg/10a）　窒素利用率（%） 硫アン　491　30.1 石灰窒素　527　35.2

注：ｆ＝肥料から吸収された窒素量
　　ｓ＝土壌から吸収された窒素量
　　Ｔ＝その合計
　　ｆ％＝肥料からの窒素の吸収

（2）麦に対する施肥法が開発される

麦づくりは低温の時期に向かって栽培するので、石灰窒素を施用したために発芽障害や生育遅延を生じないだろうか、という懸念があった。それで、そうした懸念のない施用法と、さらに肥料効果を高めるための施用法が研究されてきた（図－９）。そして、表－15のような結果が得られ、施肥法によっては、麦作に対する効果は高いことが明らかにされた。

26）
三須英雄
肥料学（農芸化学全書）
朝倉書店（1948）

表―15　石灰窒素の肥効（麦）（地方農試成績、三須氏取りまとめ）26)

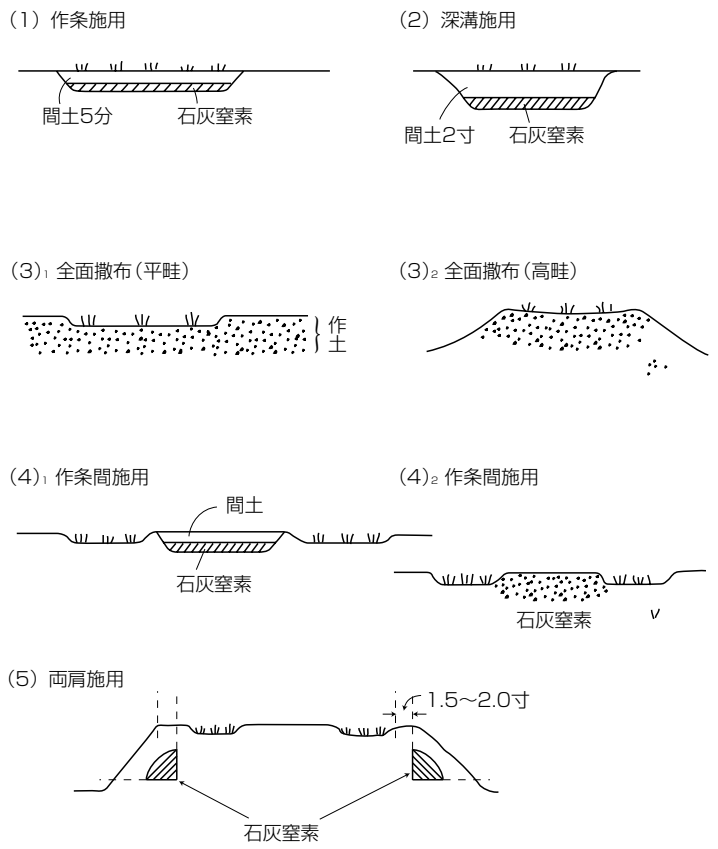
作物＼地方	東北	関東	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	北海道	平均
麦	144.7	112.2	107.5	117.5	106.0	118.3	102.5	119.5	—	116.0

注：硫アンを100 とする。

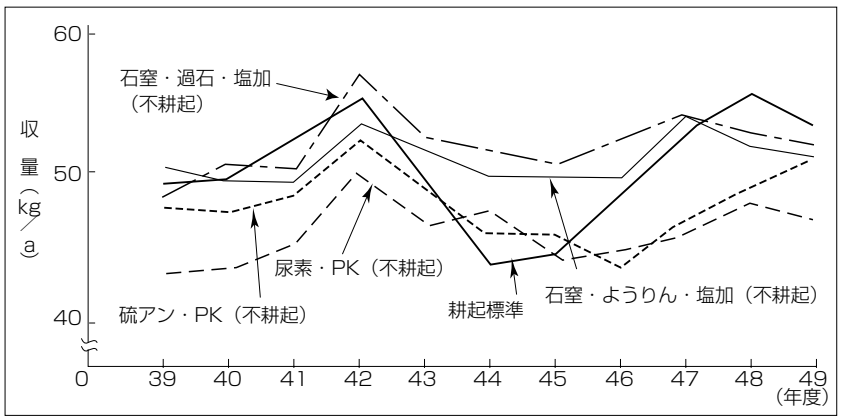
しかし、そうした施肥法では、作業に労力と時間を要することから、次第にこれらの施肥法は少なくなり、現在は、石灰窒素の特性～窒素の流亡防止と稲わらの腐熟促進による春先の窒素飢餓の防止をはかることを主眼として、10ａ当たり20kg用いる方法が普及し、小麦の品質向上（蛋白質の含有量の向上）に効果をあげている。

なお、現在では実施面積は少ないが、記録にしておきたい農法として、麦の多株穴播栽培法がある。これは岡山県の篤農家（妹尾京一氏）と農業試験場（宇垣猛技師）の研究が実ったもので、石灰窒素の除草効果を利用した栽培法であり、省力多収の農法として、瀬戸内地方を中心に関東地方から九州地方まで実施されており、これは石灰窒素の秋肥需要として重要であった。

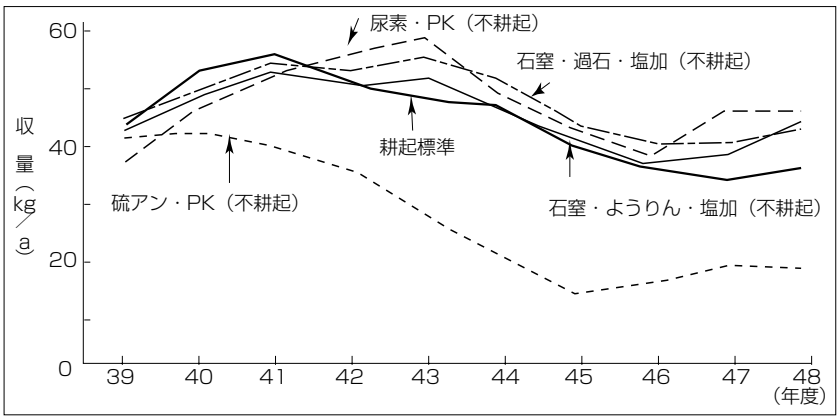
作業順は（水田裏作、不耕起）石灰窒素散布→穴あけ、播種→覆土→リン酸、カリ施用→全面に切りわら散布→収穫　栽培期間中の管理作業は不要、石灰窒素の散布と播種の作業は、簡単な機械を利用した。この方法は、麦のほか、ナタネにも適用され、さらに水稲にも応用され一部で実用化された（図―10・11）。この図表は、兵庫県農業総合センターにおいて12年間連続して水稲と麦を不耕起栽培し、収量を３カ年の移動平均法によりまとめたものである。石灰窒素により、水稲と麦とも収量は高く安定している結果が得られている。



図—9　石灰窒素施用法の基本型



図ー10　水稲収量の3カ年移動平均による年次変化[27)]



図ー11　麦収量の3カ年移動平均による年次変化[27)]

27)
二見敬三ら
機械化栽培における施肥法に関する研究第8報
兵庫県農総センター研究報告第25号
(1976)

麦作に対する石灰窒素の省力的な利用法は、水稲の生産調整から、水田の畑作転換が課題とされるにいたって、注目に値するものとの評価が高まった。

その一つの例として、高品質の小麦作に石灰窒素を利用する土壌施肥管理体系が、次のように提案されている。

「環境保全を視野に入れた高品質小麦づくり」

滋賀県農業試験場・環境部土壌肥料係主査 柴原藤善

（「石灰窒素だよりNo130 」*7　1995.3より引用）

*7「石灰窒素だより」
1955年（昭和30年）に創刊した日本石灰窒素工業会のＰＲ雑誌。現在、通巻136号、Ａ５判で年１～２回発行。

●収量・品質に対する課題を解決したい

近年、米の需給調整にともなって、水田の畑利用が進展している。滋賀県は、小麦の栽培面積が1990年（平成２年）に7,020 haまで増加し、近畿・中国地域ではもっとも多い作付となっている。

しかしながら、本県産の小麦（農林61号）は地下水位の高い水田で栽培されており、生育が不安定で、子実の粗たんぱく含量も低いなど、収量、品質面ともに改善すべき課題が多い。

また、水田の畑利用にともなって、硝酸態窒素の流出負荷が多くなることが懸念されるので、近畿の水瓶である「琵琶湖」の水質保全に留意した肥培管理も強く求められている。

このような背景から、水稲跡小麦の生産安定、子実粗たんぱく含量の向上、および水質保全に役立つ技術として、石灰窒素を利用した土壌・施肥管理体系を確立したので紹介する。

●水稲跡の圃場で石灰窒素を使う理由

滋賀県の田畑輪換栽培は、水稲－水稲－小麦・大豆－水稲の４年５作体系が中心で、水稲跡の小麦栽培圃場では畑地化が不十分となり、地力窒素の無機化も少ない。また、すき込まれた稲わらはＣ／Ｎ比（炭素率）が高く、分解される際には、土壌中の無機態窒素が微生物に取り込まれ、小麦への地力窒素の供給が少なくなる。

そこで、石灰窒素を施用することによって、土壌中での稲わらの分解を促進させ、小麦の生育や子実たんぱく含量の向上に重要な３月以降の窒素供給量を確保しようとした。

また、石灰窒素は硝酸化成を抑制する効果があり、小麦の窒素吸収力が低い生育前期の硝酸態窒素の流出軽減にも有効と考えられるので、基肥窒素の施肥効率向上もあわせてはかろうとした。

●暗渠排水と深耕は欠かせない技術

水稲跡の圃場で小麦を栽培するには、まず、本暗渠と弾丸暗渠の組み合わせ暗渠を施工したうえで深耕し、土壌中の通気性を高めることが重要である。

表①には、農試場内のグライ土水田（半湿田）での試験結果（1990年播き）を示した。本暗渠がすでに６ｍ間隔に施工された圃場で、２ｍ間隔の弾丸暗渠と18cmの深耕を組み合わせることによって、登熟期の根の活力、地上部の窒素吸収量が増加し、収量、子実粗たんぱく含量ともに向上した。

表①　組み合わせ暗渠、深耕が水稲跡小麦の根活力、生育収量におよぼす影響（1990年播き）

耕深　（深さcm） 弾丸暗渠（間隔m）		浅耕　（6） —　　2		深耕　（18） —　　2	
根　量 （枠当たり 新鮮重g）	0～10cm	21.7	26.3	29.6	23.6
	10～20cm	3.0	6.1	5.2	18.5
	20～30cm	2.8	1.9	1.1	2.7
	計	27.5	34.3	35.9	44.8
根活力* 計（0～30cm）		1,084	1,475	1,548	1,827
地上部窒素保有量 （kgN/10a）		6.3	6.9	10.1	10.2
精子実重（kg/10a）		370	397	467	509
子実粗たんぱく含量（%）		7.7	7.8	8.3	8.2

注：1）本暗渠の施工間隔は6ｍ
　　2）根。地上部の採取時期は1991年5月22日。条に沿って株直下へ幅10cm、長さ50cmの鉄枠打込みによる。
　　3）＊α－ナフチルアミン酸化力（ｕｇ/h/ｇ新鮮重）に根量（ｇ新鮮重／枠）を乗じたもの。

●子実収量と粗たんぱく含量が高まる

次に、稲わらの腐熟を促進させるために、深耕するときに石灰窒素を施用し、1週間後に速効性肥料の基肥施用と播種（30cm間隔の条播）をする施肥体系を検討した。なお、深耕の時期は10月下旬～11月初旬で、土壌酸度を矯正するために苦土石灰も同時に施用した。

石灰窒素の施用量は、10ａ当たり20kg（4kgN）あるいは40kg（8kgN）とした。また、苦土石灰の施用量は、石灰窒素の分も含めて石灰の施用量が100kg／10ａほどとなるように調整した。

滋賀県での現行の窒素施肥基準（kgN/10ａ）は、基肥6、追肥2－2－2の体系になっており、石灰窒素を施用した区では、速効性肥料の基肥施用量を少なくした。なお、1回目の追肥は1月下旬、2回目の追肥は3月上旬、3回目の追肥は出穂1週間前（4月中旬）にそれぞれ施用した。

農試場内のグライ土水田（半湿田）で試験した結果を図①、②に示す。なお、図②では、同一年次の結果を、現行の窒素施肥基準に対する改善効果として矢印（ベクトル）で示した。

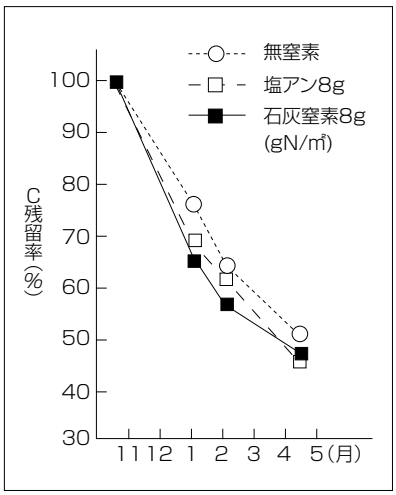
まず、図①から明らかなように、水稲跡圃場では、石灰窒素を基肥に利用することによって、稲わらの残留率が低下し、小麦の窒素吸収量は増加した。これは、あとで述べるように、石灰窒素を施用することにより稲わらの腐熟を促進し、硝酸化成を抑制する効果が相乗的にあらわれたものといえる。

また、図②をみると、1991年播きの試験では、穂数確保、増収効果、倒伏防止、子実たんぱく含量から判断して、石灰窒素の施用量を4kgN／10ａとし、播種時の基肥はその分を減らして2kgN／10ａとする組み合わせがもっとも好ましかった。

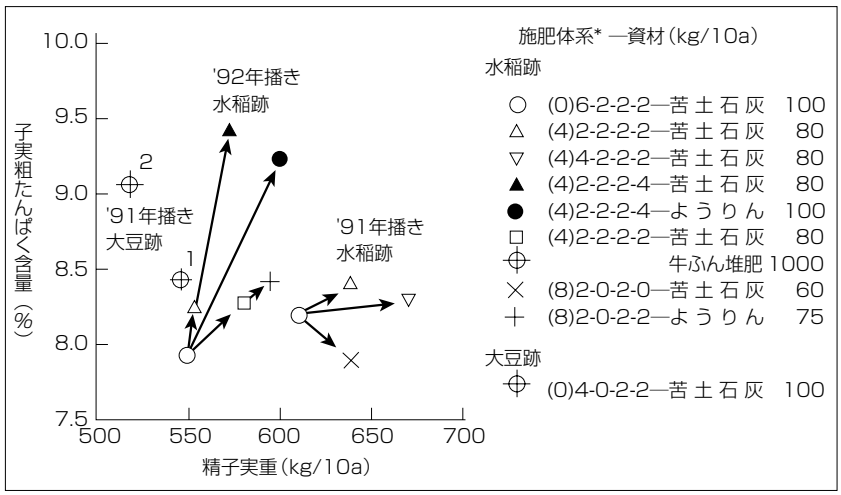
しかしながら、暖冬と登熟期の好天により収量水準が高かったものの、子実粗たんぱく含量は畑転換1年後、あるいは2年後の大豆跡にくらべて低く、目標レベルの9～10%には達しなかった。

そこで、1992年播きの試験では、石灰窒素の基肥利用法とあわせ、子実粗たんぱく含量を向上させるのに有効な3回目の追肥を増施したり牛ふん堆肥を施用することを検討した。また、グライ土壌の特徴として、活性鉄が多く、リン酸肥沃度の低いことが考えられるので、苦土石灰のかわりにようりんを施用し、基肥のリン酸を増施した。

その結果、深耕時の石灰窒素4kgN／10ａ施用、ようりんの併用、3回



図①　石灰窒素の基肥利用による稲わらの腐熟促進効果



図②　石灰窒素利用による小麦の収量および子実たんぱく含量の向上（農林61号）

注：＊施肥体系：（石灰窒素）基肥－追肥－追肥－追肥（kgN ／10ａ）　大豆跡の肩数字は、畑転換年数を示す。

目の追肥の増施を組み合わせた施肥体系により、施肥効率がもっとも向上し、600 kg／10 a 水準の子実収量と９％台の子実粗たんぱく含量が得られた。

ただし、加工適性は、製粉性、製麺性の全般にわたって大幅に改善するまでにはいたらず、子実たんぱくの質的な面を検討することが今後の課題と考えられる。また、この試験では、３回目の追肥の増施による倒伏の助長、未熟粒の発生は認められなかったが、今後は葉色診断などによる３回目の追肥施用量を基準化することが望まれる。

●硝化抑制と有機化促進バランス

近年、地下水の硝酸塩汚染や地球の温暖化を抑止するため、硝酸化成を抑制する土壌・施肥管理技術の確立が期待されている。

西南暖地に位置する滋賀県では、稲わらの分解が比較的速く、秋期の稲わら施用が水稲休閑期の硝酸態窒素の流出軽減に役立つことをこれまでに認めている。

そこで、ライシメータ（コンクリート製の人工水田で３㎡の各槽に砂壌土を詰めたもの）を用いて、稲わらと石灰窒素の併用が硝酸態窒素の流出軽減におよぼす効果を調査した。

表②に示すように、小麦の収量、窒素吸収量は、現行の標準施肥区（有機物無施用）にくらべて、稲わらと石灰窒素の併用区、牛ふん堆肥２kg／㎡（２ｔ／10ａ）施用・標準施肥区でいずれも向上しているが、硝酸態窒素の流出量は、稲わらと石灰窒素の併用区で明らかに減少し、小麦無作付区と大差ないレベルになった。

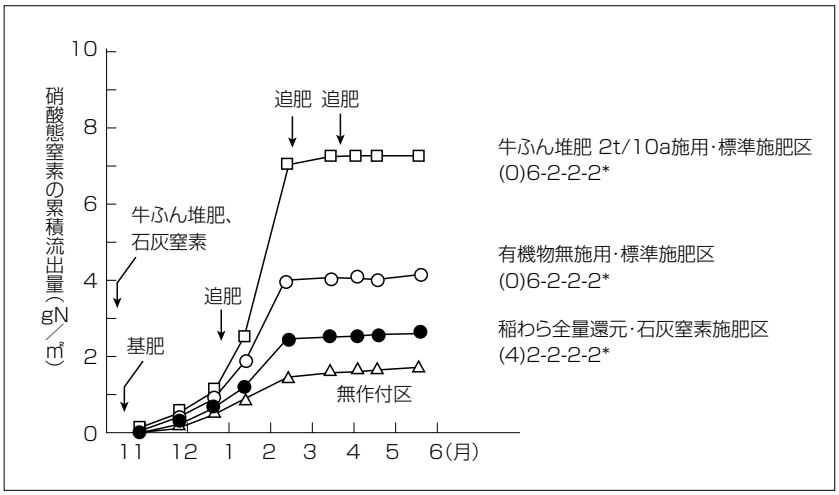
稲わらと石灰窒素の併用区では、現行の施肥区に対して、硝酸態窒素の流出量が1.5 kgＮ／㎡軽減され、その55％に相当する量が小麦の子実窒素吸収量の増加に寄与した。

また、栽培期間中の硝酸態窒素の流出量の変化をみると（図③）、３月上旬まで増加したが、それ以降は少なくなっており、基肥や有機物の影響が大きかった。牛ふん堆肥２kg／㎡施用区では、増収効果が高いものの、稲わらを施用していないこともあり、硝酸態窒素の流出量は3.2 ｇN/㎡増加し（牛ふん堆肥施用Ｎ量の16％に相当）、牛ふん堆肥窒素の小麦子実への

表②　稲わら、石灰窒素の基肥施用が硝酸態窒素の流出軽減と水稲跡小麦の生育収量におよぼす影響（ライシメータ試験、1992年播き）

施肥体系＊（gN/㎡）	資材施用量（g/㎡）		精子	窒素	硝酸態窒素	子実粗
基（　）-追1-追2-追3	肥　料	有機物	実重 —	吸収量 g/㎡	流出量 —	たんぱく 含量%
6 (0)-　2-　2-　2	苦石 100	—	366	5.78	4.00	7.8
2 (4)-　2-　2-　2	ようりん80	稲わら 800	426	6.61	2.52	7.8
6 (0)-　2-　2-　2	苦石 100	牛堆2,000	477	7.66	7.17	7.9
小麦無作付	—	—	—	—	1.66	—

注：1）＊（　）内は石灰窒素の施用量を示し、播種１週間前に施用。
　　2）面積：3㎡、土性：ＳＬ、牛ふん堆肥のＮ施用量：19.9ｇ/㎡。
　　3）苦石は苦土石灰、牛堆は牛ふん堆肥



図③　稲わら施用および石灰窒素の基肥利用による硝酸塩の流出軽減効果
（ライシメータ試験）

注：＊施肥体系：（石灰窒素）基肥－追肥－追肥－追肥、（ｇＮ／10㎡）

利用率は９％と低かった。

これらの結果から、石灰窒素の基肥利用と稲わら施用が、施肥効率の向上と硝酸態窒素の流出軽減に有効で、硝化抑制と有機化促進の効果をバランスよく発揮しているものと考えられる。

★

この試験は湖辺平坦地での水稲跡の小麦でおこなったものであるが、作物の窒素吸収の特性や土壌条件にマッチした石灰窒素を利用する技術が、今後、環境保全面からますます注目されるようになると期待される。

●日本一のビール麦づくり

昭和62年度全国麦作共励会で、農林水産大臣賞を受賞された栃木県南河内町・篠崎源吾氏のビール麦の耕種概要を紹介する。

表―16　篠崎源吾氏（栃木県南河内町）のビール麦耕種概要

前作	水稲―収穫期10月、反収530kg、堆肥1,500kg、ケイカル120kg。
品種･種子消毒	消毒済みの採種ほ産種子。あまぎ二条
耕起・整地	播種前耕2回―砕土、整地、施肥、播種、覆土、鎮圧。
播種期	11月上旬。
播種量および播種方法	9kg、ドリル播、条播18cm。
基肥	堆肥1,500kg、ビール化成（18・18・16・4）80kg、苦土リン肥40kg、石灰窒素20kg、ケイカル120kg、（堆肥マニアスプレッター、ドリルシーダー、ライムソワーによる）
管理	排水対策：トラクターによる播種前弾丸暗きょの施工、ほ場周囲にティラーによる鋤での明きょの設置（10月20日、4月20日） 麦踏圧：12月―3月において5回実施（ティラーによるタイヤローラー） 除草：播種直後土壌処理。（シマジン水和剤＋トレファノサイド乳剤混用）カーペットスプレヤー使用。
病害虫防除	5月5日硫黄粉剤3kg・マラソン粉剤3kg、動力散布機にて散布。
後作物	水稲―5月25～30日播種、6月15～20日植付。

篠崎氏　談

窒素の効果が遅くまで続き、追肥に代わる役割を果たす。特に堆肥と併用すると効果が高い。縞萎縮病の発生が少ない。

（篠崎氏の収量：553kg/10a、1等比率84％、平均322kg/10a）

（「石灰窒素だよりNo122」　1988.6より引用）

(3) 野菜の収量・品質を高める要因は

野菜に対する石灰窒素の肥料効果が収量・品質両面から良好であることは、経験的に知られており、例えば、茎葉菜類では、ホウレンソウで葉肉が厚く葉色が濃くなる、根菜類では、ダイコンの肌がきめ細かくなる、果菜類では、ナスの色・艶が良くなるなど、野菜産地においてよく使用されている。

肥料効果と品質に対する結果を別表に示した（図ー12、表ー17・18・19）。このような結果が得られるのは、石灰窒素の総合的な効果であるが、それを要因別にみると次のようになる。

1）硝酸態窒素とアンモニア態窒素を供給できること

野菜は一般に硝酸態窒素を好むとされているが、両者の窒素を与えると収量、品質ともに良好となる。石灰窒素の硝酸化成抑制効果は、この環境を保っている（カラーページ参照）。

2）土壌塩類濃度を上げない

酸根がなく、硝酸化成の遅い石灰窒素は塩類濃度が上がらず、施肥量の多い野菜類に適している。

3）養分としてカルシウムを供給すること

野菜類はカルシウムの吸収量が多く、欠乏症も少なくない。したがって、石灰窒素に含まれるカルシウムは養分としての効果も高い。

4）土壌消毒効果があること

土壌病害虫に汚染されない、きれいな野菜類が収穫できる。また、追肥として使用するとさらにその発生を抑え、それによる食害を少なくする。など品質を良くする。

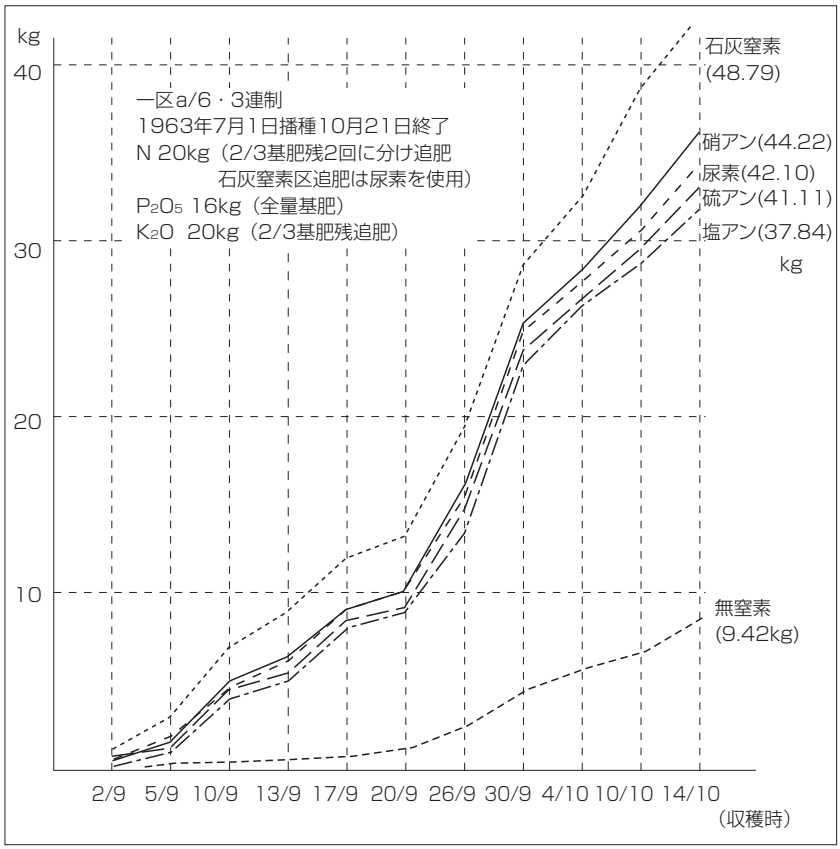
そのほか、野菜畑の土づくりの目的に青刈り作物のすき込みをする場合、石灰窒素を散布、添加する方法が有効である。最近ではマルチの下に二作分の肥料を施肥し、作業の省力化が試みられ、石灰窒素が重要な役割を果している。

なお、追肥として使用される作物にはナス、ピーマン、ネギ、タマネギ、キャベツ、ブロッコリーなど、作物にかからぬよう畦間に１回20～40kgをを散布すると、雑草や病害虫の発生も少なくなる。

表ー17 各種窒素質肥料の肥効（全購連・1966年）

作期	農試	年次	作物名	硫アン	硝アン	石灰窒素	塩アン	尿素
春作	千葉	1965	ダイコン	100	98	99	92	100
春夏作	千葉	1966	ニンジン	100	132	113	97	138
	愛知	1964	ダイコン	100	108	101	115	98
		1965	カンラン	100	132	122	90	115
	平均			100	124	112	101	117
夏秋作	千葉	1965	ナス	100	98	113	66	101
	愛知	1962	ニンジン	100	99	105	115	97
		1963	ナス	100	108	119	92	102
	平均			100	101	112	91	100
春夏秋作	奈良	1965	ナス	100	103	106	97	110
冬春作	千葉	1963	ホウレンソウ	100	89	120	88	110
	愛知	1961	ホウレンソウ	100	105	34※	91	77
		1962	タマネギ	100	115	114	74	124
		1964	ハクサイ	100	117	101	102	114
		1965	カンラン	100	112	100	86	105
	奈良	1964	カンラン	100	103	110	83	103
		1965	タマネギ	100	109	103	103	100
	平均			100	115.7	108	89.6	104.9
	通年総平均			100	109	109	93	106

注：※施肥・播種が晩秋となったため、石灰窒素の分解が遅れ、薬害が生じ減収となった。これを除いて算出した。



図ー12　窒素質肥料の差によるナスの時期別収量調査成績[28)]

（注：（　）内は、10月21日までの累計収量を示す）

（表―17の愛知県園試、1963年の成績）

28）
愛知県園試
そ菜に対する窒素質肥料の肥効試験成績
（1964.9）

29)
小浜節雄
連作障害からどう産地を守るのか
野菜の手帖36号　全購連肥料農薬部
（1983.6.25 ）

30)
小浜節雄ら
ダイコン連作による品質変動に関する実態調査（秋冬ダイコン産地）
農水省野菜試験場栽培部研究年報（1982.4）

表ー18　ダイコンの連作農家の栽培概要と作柄[29)30)]

No.	農家名	地区	連作年数	土地条件	前作	土壌消毒	施肥量（kg/a）					作柄
							有機物	ようりん	石灰窒素（N）	化成肥料（N−P_2O_5−K_2O）		
										基肥	追肥（2回）	
1	O氏	金剛坂	約15年	有効土層･中排水良	スイートコーン	無	無	4	0.42	0.76-0.84-0.82	1.28-0.32-1.28	良
2	I氏	金剛坂	約15年	有効土層･深排水良	スイートコーン	無	生わら30	5	0.63	0.56-0.40-0.52	1.75-0.28-1.12	最良
3	W氏	金剛坂	約30年	有効土層･深排水良	インゲン	EDB	生わら30	6	0.67	0.84-0.60-0.78	1.92-0.48-1.92	最良
4	K氏	北野	約20年	平坦地排水良	無	無	牛ふん300	8	—	0.96-1.28-1.12	1.28-0.32-1.29	やや良
5	K氏	勝見	約30年	平坦地排水良	無	無	無	6	—	0.72-0.96-0.84	1.44-1.92-1.68	良
6	M氏	勝見	約30年	平坦地排水良	無	無	無	8	—	1.16-0.60-0.84	1.44-1.00-1.30	やや良
7	T氏	御厨野	苗木との連作約20年	水田盛土畑耕土深排水良	ひのき苗木	無	鶏ふん30	5	0.84	0.56-0.40-0.52	1.52-0.16-0.64	最良
8	T氏	御厨野	約20年	混層耕土層深い排水良	ひのき苗木	無	鶏ふん30	5	0.84	0.56-0.40-0.52	1.52-0.16-0.64	最良
9	Y･I氏	勝見	3年(基盤整備前長年連作)	基盤整備畑下層圧密層排水不良	無	無	牛ふん多量	8	—	0.98-0.70-0.91	1.28-0.32-1.32	中
10	Y･K氏	勝見	3年	基盤整備畑下層圧密層排水不良	無	コガネムシ幼虫防除用薬剤	牛ふん多量	6	—	0.70-0.50-0.65	2.62-0.16-0.64	中

表ー19　ダイコン連作農家の収量と品質[29)30)]

農家No.	根収量kg/a	規格外%	貫入応力g	a岐根%	a す入り%	a空洞%	害虫食害%		
							センチュウ	キスジノミハムシ	その他
1	520	3	1,250	13	0	0	0	0	3
2	551	0	1,158	5	0	0	0	3	13
3	518	15	1,160	0	0	0	0	3	5
4	500	20	1,256	3	5	0	0	8	13
5	573	3	1,284	35	0	24	0	6	68
6	574	3	1,256	9	0	24	0	0	29
7	500	20	1,144	5	0	5	0	5	33
8	495	8	1,156	8	0	0	3	8	15
9	346	53	1,228	3	0	5	55	3	13
10	520	5	1,266	41	26	11	46	3	15

注：a=本数当たりの%、各障害は、わずかに認められるものを含む。

（4）大豆には窒素の施用量に注意する

大豆には根粒菌が着生して空中の窒素を固定して利用するので、窒素肥料としての施用量は少なく、10ａ当たり１～４kgである。この施用した窒素で初期生育をまかない、中期以後は土壌窒素と根粒窒素で生育する。窒素肥料を多くすると初期生育が進みすぎ、根粒菌の働きが悪くなり、収量は低くなる。

大豆に対し石灰窒素は10ａ当たり、窒素として２～３kgが全層施肥され効果をあげている。理由として、

①硝酸への変化が遅いので根粒菌の増殖を妨げない（根粒菌は硝酸が存在すると活動が落ちる）。

②土壌窒素の有効化を促進する。

③副成分のカルシウムが土壌反応を矯正し、大豆と根粒菌の環境を良くする。

④病虫害の発生が少なくなる（大豆シスト線虫、黒根腐れ病など）。

特に、石灰窒素は、根粒菌の環境を良くすることで、中期以降の根粒窒素の吸収を助け、大豆の収量・品質両面に効果をあげている。

31）
茨城県農試土壌肥料部
納豆小粒の収量向上対策試験　（1988）

表―20　大豆（納豆小粒）の生育・収量調査（成熟期）[31]

試験区＼項目		全重（kg/a）	莢数（莢/株）	子実重（kg/a）	同左対標比（%）	百粒重（g）
豚ぷん区	0.1　石灰窒素	63.4	173	26.9	109	9.3
	0.2　石灰窒素	78.9	202	30.0	122	9.4
	0.3　石灰窒素	72.8	193	32.3	131	9.7
	0.5　石灰窒素	76.3	170	33.6	137	9.2
石灰窒素区	10　豚ぷん	72.8	193	32.3	131	9.2
	15　豚ぷん	75.4	180	34.0	138	9.3
	20　豚ぷん	79.8	180	33.9	138	9.5
堆肥区	0.1　硫アン	53.3	137	23.0	93	8.6
	0.3　硫アン	61.1	149	25.1	102	9.0
	0.3　石灰窒素	60.5	150	26.3	107	8.7
（標）	0.3　硫アン	61.3	145	24.6	100	9.2

注：開花期：８月11日、子実重とEC（跡地）との相関関係：ｒ＝0.788 ※※
豚ぷん区は乾燥豚ぷんを10ａ当たり100 kg、石灰窒素区は石灰窒素をN として10ａ当たり３kg。堆肥区は同じく50kgを施用、乾燥豚ぷんは、N として10ａ当たり４kg、堆肥区は同じく３kgに相当する。
0.1 ～20の数字は、それぞれのａ当たりの施用量を示す。

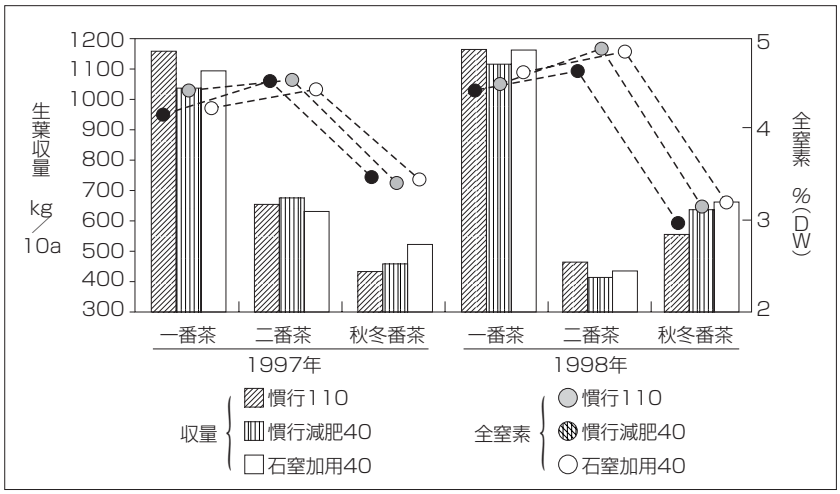
（５）困難ではない茶園の肥料対策

茶園には、多量の肥料が狭い畦間に施用されていた。そのため、畦間の根は障害を起こし、養分の吸収能力が著しく低下するので、さらに多肥となって障害はますます大きくなる。その結果、窒素肥料が流亡して硝酸が地下水、河川を汚染し、アルミニウムが溶け、土壌は酸性化し、亜酸化窒素の発生の増大を招き、社会的にも問題となった。

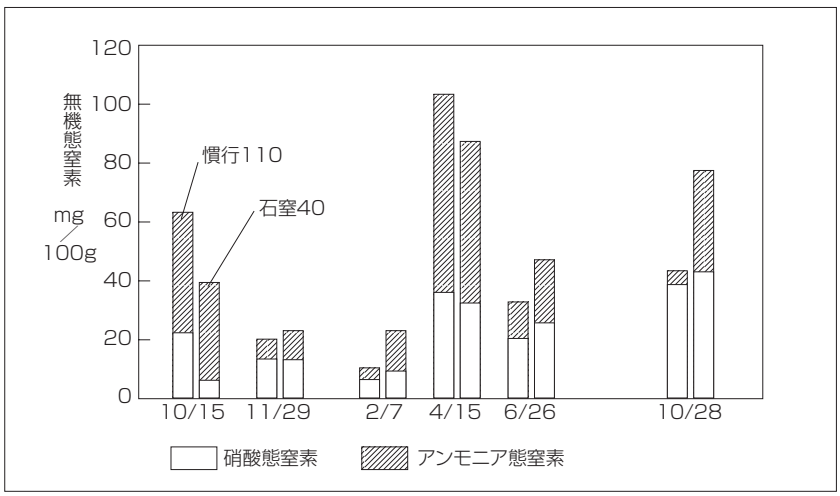
その対策として、①土壌の反応の適正化、②土壌の物理性、特に通気性の改良、③肥料の選択（緩効性、被覆肥料、硝酸化成抑制剤入り肥料、石灰窒素を利用して施肥量を減らす）が取り上げられている。そしてこれらの対策には、石灰窒素を利用すれば困難でないことが明らかになった。

具体的にいえば、施肥量を減らしても、２年間の収量、全窒素、アミノ酸の含有量は低下せず、畦間の吸収根は多く再生した。また、土壌中の無機態窒素の動態を見ると、石灰窒素によって、アンモニア態の割合が多くなった[32)]。

32)
加藤忠司
石灰窒素を使った茶園の施肥量削減
日本土壌肥料学会講演要旨集（1998）



図－13　窒素施用量と収量、および全窒素含量の関係



図－14　石灰窒素加用による土壌中無機態窒素の動態

注：平成7年まで窒素として10a当たり106kgを使用していた農家の畑における試験例
慣行110区は配合肥料を主に窒素施肥量を10a当たり110kg使用。
慣行減肥40区はそれに対し窒素施肥量36%に減らした区、施肥回数は同じ。
石窒加用40区は石灰窒素の窒素を12kgと配合肥料などからの窒素を28kgを施肥した区。

第2章
農薬効果

1.農薬効果の発見とその重要性

（1）農薬効果の研究開始

日本における石灰窒素の農薬効果[1)]の研究は、1900年代初頭から始まっている。1907年（明治40年）には、ダリアの青枯病の防除効果が、また、1908年（明治41年）には、ナス青枯病、レンコン腐敗病、ダリア青枯病、麦立枯病[2)]に対し、石灰窒素を10ａ当たり56.25～75kg施用することで、発病が抑えられることが明らかにされた。海外で、この種の研究が始まったのは1930年（昭和５年）頃からであり、日本において石灰窒素を土壌消毒

〔参考文献〕
1）
農商務省農事試験場事務工程　明治４０年（1907）
堀　正太郎
天竺牡丹の青枯病に関する研究
農商務省農事試験場報告第38号(1911)

2）
農商務省農事試験場事務工程　明治４１年（1908）

表ー1　石灰窒素の農薬としての適用病害虫

作物名	適用病害虫（雑草）名	10ａ当たり使用量（kg）	使用時期	本剤の使用回数	使用方法
水稲	ユリミミズ	40～60	播種前又は植付け前	1回	散布後土壌混和
	ザリガニ スクミリンゴガイ	20～30	植代前		散布。荒起し後３～４cmに湛水し、３～４日後全面に散布、３～４日放置後植代をおこなう。（漏水を防止すること）
	スクミリンゴガイ		刈取後（水温15℃以上の時期）		散布。3～4cmに湛水し、1～4日後全面に散布、3～4日放置する。（漏水を防止すること）
	水田一年生雑草	50～70	播種前又は植付け前		散布
	ノビエの休眠覚醒（湿田及び半湿田）		水稲刈取後1週間以内		散布。散布後２週間の平均気温が18℃前後の地帯（北陸）
ウリ類 アブラナ科野菜 レタス、パセリ セルリー ホウレンソウ トマト、ナス ピーマン ニンジン ゴボウ、豆類 バレイショ カンショ サトイモ ヤマノイモ	ネコブセンチュウ	50～100	播種前又は植付け前		散布後土壌混和
	畑地～一年生雑草	50～70			散布
麦類			播種前		
桑	カイガラムシ類 胴枯病	温湯10ℓ当たり400～800ｇ	７月上旬～10月上旬		上澄液を株又は枝条の基部に散布する。

作物名	使用目的	使用時期	10ａ当たり使用量		本剤の使用回数	使用方法
			薬量（kg）	希釈水量（ℓ）		
バレイショ	茎葉枯凋	茎葉黄変期	10～15	100	1回	茎葉散布（上澄液）
				－		茎葉散布

の目的に使用する試みが、非常に早かったことを記録に残したい。

また、この研究が参考になり、当時湿田に多発したワイル病（風土病。P70で詳述）と桑園によく発生したシントメタマバイの防除効果が明らかにされるとともに、使用された石灰窒素の肥料効果も高いことが明らかになり、水田と桑園に石灰窒素が使用される大きなきっかけとなった[3)]。米と生糸が農家収入の大きな柱であったことを思えば、この研究は石灰窒素にとって重要であり、実際、石灰窒素の需要は水田と桑園で多かった歴史がある。そして、それ以来、石灰窒素の桑樹の病害虫に対する防除効果の研究が、より進むことになる。

このように、硫酸アンモニウムの原料として使用されていた石灰窒素が、そのままの形態で使用され始めたのは、「消毒効果」によるところが非常に大きい。しかし、農薬として登録した1957年（昭和32年）11月まで、その重要性についての認識は低かった。なお、農薬取締法は1948年（昭和23年）に制定されている。

現在、農薬としての適用病害虫は、表―1のとおりである。

3）
村田久次
石灰窒素の土壌中における変化について
（第１報）日本農芸化学会誌第６巻（1929）

天竺牡丹ノ青枯病ニ関スル研究（抜すい）

農商務省農事試験場報告　第38号〔明治44年（1911年）２月〕
技師　堀　正太郎

緒言

近来花キ園芸ノ発達ト共ニ観賞用トシテ天竺牡丹ノ培養漸ク盛トナリ従テ外国ヨリ高価ナル種塊根ヲ輸入シ之レガ培養ヲナスモノ多キニ至レリ然レトモ其病害ニ関シテハ未タ見聞スル所ナカリシヲ以テ該植物ハ我邦ニ於テ頗ル強健ニ生育スルモノト信シタリシガ……天竺牡丹ニ一種ノ病害ヲ発生シ被害甚タシキノ故ヲ以テ標本ヲ添ヘ其病原及予防法ノ質問ヲナセリ　是レ実ニ本病ヲ目撃セル嚆矢（コウシ）ニシテ其被害ノ状況ハ頗ル茄子青枯病ニ酷似セリ

病原菌ノ形態培養及生理上ノ特性

●形状及大サ

中庸大ノ桿状細菌ニシテ長サ1.4 ～1.6 μ幅1.0 ～1.2 μニシテ両端ハ鈍円ナリ其培養シタルモノ及ビ植物組織内ニ生存スルモノハ多クハ孤立シテ存在スレトモ往々二箇乃至三箇連続スルコトアリ。

●染色

本細菌ノ培養ヲ取リ種々ノ染色剤ヲ以テ処理スル時ハ容易ニ染色ス就中「チールス」氏液（石炭酸「フクシン」液）「ゲンチアナヴイオレット」「アゾウル」液等最モ好ク染色ス又「グラム」氏染色法ニ依リテ脱色セス。

●鞭毛及運動

本細菌ハ６本乃至８本１周生鞭毛ヲ有ス鞭毛ノ長サハ６～10μアリ活発ナル捻転的ノ運動ヲナス。

●胞子

本細菌ノ種々ノ培養ヲ取リ「ハウゼル」氏染色法ニ依リテ染色スルモ胞子ノ生形ヲ認メス。

予防試験

本病ノ発生ヲ予防センガ為メ発病地ノ土壌ヲ採集シ之ヲ植木鉢ニ盛リ次ノ土壌消毒試験ヲ施行セリ。

石灰窒素区（１反歩15貫ノ割）（注：10a当たり56.3kg）
フォルマリン区（１鉢ニツキ50瓩（ミリリットル））
二硫化炭素区（同上）
生石灰区（１反歩150貫ノ割）（注：10a当たり563kg）
陽乾
無予防

・第一回試験ハ明治40年10月18日塊根ヲ移植シ温室内ニ於テ培養セシニ41年３月10日ニ至リ石灰窒素及「フォルマリン」区ヲ除クノ外他ノ消毒区及無予防区ハ共ニ皆発病セリ。

・第二回試験ハ42年４月10日塊根ヲ移動シ野外ニテ培養セシニ同年８月10日ニ至リ石灰窒素区及「フォルマリン」区ノ両区ヲ除クノ外区ハ皆発病セリ。

天竺牡丹青枯病原細菌

天竺牡丹青枯病原細菌ハ固毛細菌属（Bacillus）ノ一種ニシテ胞子ヲ生セス「グラム」氏法ニテ染色シ集落ハ灰白色ニシテ膠基及蒟蒻ヲ液化スルコトナク葡萄糖加培養基ニテハ多量ノ瓦斯ヲ発生スル通性嫌気性細菌ナリ。

予防法

接種試験殺菌剤ニ対スル抵抗力試験及予防試験ノ成績ニ依リテ本病ノ予防法ヲ案スレバ次ノ如シ。

１．発病地ニ連作スレハ発病ヲ免レサルヲ以テ必ス無病地ヲ撰ヒテ輪作ヲナスヘシ
２．発病地ニ連作セント慾スルカ又ハ発病ノ疑ヒアル地面ニ培養セント慾スルトキハ土壌ニ石灰窒素１反歩15貫ノ割ニ施スカ又ハ一歩ニ対シ１磅半（1ポンド半=675g）ノ割合ニ「フォルマリン」を撒布シテ土壌ヲ消毒シ２週間ノ後ニ塊根ヲ移植スヘシ
３．燐酸肥料及加里肥料ヲ充分ニ施スヘシ
４．排水良好ナル地ヲ撰ヒテ栽培スヘシ
５．発病ノ虞アル塊根ヲ生石灰30％液ニ十分間浸漬シテ消毒スヘシ

2.有効成分とシアナミドの生理活性

(1)有効成分に対する認識

石灰窒素の農薬効果に関する研究は早くから始まったが、有効成分「シアナミド」についての知見は少なく、誤って理解される場合が少なくなかった。具体的には、

①シアナミドとシアンが区別されず、石灰窒素にはシアンが含まれており、有効成分はシアンである。

②有効成分はガス化し、「ガス（臭い成分）」中に含まれている。

③有効成分はジシアンジアミドである。

④ジシアンジアミドをジシアンと略すこと、などである。

このような誤解を解き、「有効成分がシアナミドである」という結果が得られるまでには多くの試験が必要であった。すなわち、有効成分は水に溶ける部分にあるのか、沈澱する部分にあるのか、水に溶かす場合の水温、撹拌の程度、変質した石灰窒素（ジシアンジアミドを多く含む）の効果、などから明らかにされていった[4]。しかし、1930年（昭和5年）頃は、純粋なシアナミドを供試に用いるほど多量に得ることが難しく、この目的にシアナミドが使用されたのは、1950年（昭和25年）を過ぎてからである。現在ではシアナミド溶液が、肥料・農薬として利用されている。

(2)石灰窒素の生理活性

シアンとシアナミドの違いは、ヘモグロビンに対する反応で明らかである。すなわち、シアンはシアノヘモグロビンを生じるが、シアナミドは反応しない[5]。また、急性毒性もまったく異なる。ジシアンジアミドとジシアンの急性毒性も同様であり、両者は厳正に区別しなければならない。

石灰窒素の生理活性は動物、植物、微生物と広い範囲に影響を与えるが、基本的には酸化還元酵素、脱水素酵素（カタラーゼ[6]、バーオキシダーゼ[6]、チトクームオキシダーゼ[6]、アセトアルデヒド脱水素酵素[5]）の働きを阻害し、その機構としてはシアナミドと－SH基の反応によるものと推定される。

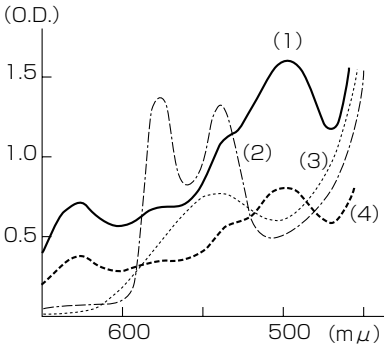
表－2　ノビエ種子のカタラーゼ、バーオキシダーゼおよびチトクロームオキシターゼ活性に及ぼす$CaCN_2$濃度の影響

$CaCN_2$濃度（M）	酸素活性		
	カタラーゼ (Qkat.)*	バーオキシダーゼ (QCO_2)*	チトクロム オキシダーゼ (QO_2)*
0	31.4(100)	20.6(100)	0.920(100)
10^{-3}	22.9(73)	19.1(93)	0.854(93)
10^{-2}	11.1(35)	19.7(96)	0.786(85)
10^{-1}	10.0(32)	16.9(82)	0.549(60)

注：Qkat.；μℓO_2/mg/30min、QCO_2/mg/15min、QO_2；μℓO_2/mg/60min. ノビエ種子100gを30℃24時間浸漬処理後測定。
カッコ内はパーセントを示す。

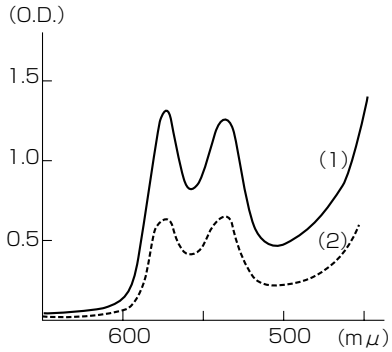
4）
中村重太郎
桑の白絹病に関する研究
埼玉県蚕糸試験場報告19.（1929）

5）
安藤春彦
Cyanamide の抗酒機構に関する実験的研究
精神経誌　65（1963）



図－1　ヘモグロビン吸収スペクトルに及ぼすシアナミドとシアンの影響

図-1は、(1)メトヘモグロビンの可視部吸収スペクトル、(2)酸化ヘモグロビン、(3)は(1)のメトヘモグロビンを水で2倍に希釈した液にKCNを加えた液、(4)は(1)のメトヘモグロビンを水で2倍に希釈し、シアナミドを加えた液の吸収スペクトルである。(4)は(3)と異なり、(1)と同じである。



図－2　シアナミド－アルコール反応中におけるシアナミドとヘモグロビンの反応

図-2は、シアナミド100 mgを2週間内服させた患者の飲酒前後のヘモグロビンのスペクトルである。(1)は飲酒前の血液を水で100 倍に希釈した液、(2)は飲酒後、シアナミド-アルコール反応の極期における血液を200 倍に希釈した液のスペクトルで、両者ともに酸化ヘモグロビンのスペクトルである。

6）
井上克弘ら
休眠覚醒利用によるノビエ防除に関する研究
（第２報）土肥誌　42,4.(1971)

3.殺菌・殺虫効果

石灰窒素の殺菌効果は病害虫防除だけでなく、部分殺菌、硝酸化成抑制など土壌微生物に広範な影響を与える。

土壌病害虫に対しても同様であり、細菌、糸状菌、小動物に影響を与える。これを桑樹についてみると次のようになる。

(1)細菌による病害

桑樹の細菌病は、Bcillus Cubonianus、Bacterium Mori、Bacterium moricolumの3種類があり、いずれも枝条中や落葉とともに土壌中に潜伏し、翌春の発病の原因となる。

これらに対しては、石灰窒素を、ポット試験では10a当たり37.5kgの割合で、圃場では37.5～56.25kg散布し、軽く土壌と均一に混合しておけばよい(表－3)[7]。

表－3　土壌中桑樹病原菌の石灰窒素消毒試験結果（ポット試験）

病原菌＼消毒剤(kg)	石灰窒素				生石灰		対照
	18.8	37.5	56.3	75	37.5	75	
1. Bacillus Cubonianus	0	0	0	0	7	6	9
2. Bacterium Mori	5	0	0	0	14	12	16
3. Bacterium moricolum	1	0	0	0	7	10	14

注：1)　消毒剤の量は10a当たりを示す。
　　2)　数字は細菌々苔数または子嚢盤の数を示す。
　　3)　2=縮葉性細菌病
　　3=枝枯性細菌病

(2)糸状菌による病害

枝枯菌核病（Sclerotinia libertiana）[8]、肥大性菌核病（Sclerotinia shiraiana）、白絹病（Hypochnus centrifugus）[9]に対しても、細菌病と同じ使用量と方法で、子嚢盤の発生と菌糸の発育を抑制する（表－4、表－5）。

胴枯病（Diaporthe Nomurai）には、石灰窒素の10%水溶液を枝条の基部に散布する（表－6）[10][11]　紫紋羽病（Helicobasidium monpa）には、被害株をていねいに抜き取り、その後に1 m²当たり約150 gの石灰窒素を5 cmの土壌と混和する[12]。冬季に作業するのがよく、発生面積が広いと効果があがりにくい[13]。

表－4　土壌中における菌糸の発育と石灰窒素との関係

病原菌＼石灰窒素(kg)	粉末（10a当たり）			沈殿（10a当たり）			上澄液		
	18.8	37.5	56.3	18.8	37.5	56.3	1:900	1:600	1:300
枝枯菌核病菌	－	－	－	＋	＋	±	＋	－	－
白絹病菌	－	－	－	＋	＋	±	＋	－	－

注：－不発育、±わずかに発育、＋発育

7)
青木清
桑病消毒剤としての石灰窒素
農業及園芸 28,9. (1953)

8)
青木清
桑樹の枝枯菌核病に関する研究
農林省　蚕糸試験報告 11,1.(1943)

9)
中村重太郎
桑の白絹病に関する研究
埼玉蚕試報告 19. (1929)

10)
農林省蚕糸局
桑胴枯病防除に関する試験 (1950)

11)
石田靖ら
石灰窒素による桑胴枯病の予防消毒について
日蚕学誌 18,5.（1949）

12)
真木元
桑の紫紋羽病に関する研究
蚕糸界報 516,519. (1935)

13)
九里山峰夫ら
石灰窒素による紋羽病防除に関する研究
鹿児島蚕試報告 (1954)

表－5　石灰窒素による子襄盤発生防止試験結果
（枝枯菌核病、肥大性菌核病、それぞれ200ヶ供試）

薬剤10a当たり施用量		枝枯菌核病菌	椹肥大性菌核病菌
石灰窒素	37.5kg	2	3
生石灰	75kg	35	40
消石灰硫黄華	75kg	44	92
クロールピクリン	50kg	0	2
二硫化炭素	50kg	7	0
対照	(1)	147	138
	(2)	162	.
	(3)	137	.

注：薬剤使用後30日間に発生した子襄盤数を示す。

表－6　石灰窒素による胴枯病発生状況との関係試験結果[10)]

	消毒時期	被害率（%）							収葉量（%）			
		福島	新潟	岩手	長　野		鳥　取		新潟	岩手	長　野	
					(1)	(2)	(1)	(2)			(1)	(2)
石灰窒素10%上澄液	9月	4	13	61	21	2	－	－	281	408	534	178
	10月	7	52	63	11	24	16	0	240	385	453	127
石灰硫黄合剤ボーメ3度	9月	9	37	59	32	57	－	－	248	412	313	110
	10月	11	35	76	64	96	－	－	266	259	183	99
対照		45	83	96	100	100	100	100	100	100	100	100

注：被害率＝$\dfrac{\Sigma\text{株条数}\times\text{被害の重み}}{\text{全枝条数}\times\text{被害の最大の重み}}\times 100$

被害の重みは次のとおりに定む
重……罹病のため7～8割以上収葉量を減ずると認められる枝条……10
中……重と軽との中間お罹病程度の枝条……5
軽……病斑あるも収葉量に大きな影響なしと認められる枝条……1
健……全く病斑のない枝条……0

（3）動物による害

カイガラムシには、石灰窒素の10%水溶液を枝条部に散布する。夏期の刈り株後、虫の幼虫期におこなうと効果が高い[14)]。

枝条の先端を食害するシントメタマバエの幼虫は、土壌中に有機物が多いと発生しやすい。これには、石灰窒素を10ａ当たり約60kg散布すると効果がある[15)16)]。

桑の根センチュウには、10ａ当たり約100kg散布する[17)]。

このように、多岐にわたる病害虫のほか、除草にも効果があり、この目的に使用した石灰窒素の肥料効果は、80%（水溶液で使用し、残さも利用する）から100%と評価されている[11)]。

以上のような石灰窒素の殺菌・殺虫（土壌消毒）効果に対して、農家からは、病害虫を特定せず「石灰窒素を使用していると病害虫や雑草の発生が少なくなる」と好評を得ている。病害菌の多くが多犯性であること考えると、石灰窒素の殺菌効果は、桑樹だけでなく農耕地全般に通用することを示唆している。

14)
中村重太郎
石灰窒素溶液の桑カイガラ虫駆除結果並びに桑樹に対する影響に就いて
日蚕学誌　第6巻4号（1935）

15)
福島蚕試報告4号（1933）

16)
大分蚕試報告13号（1930）

17)
岡部康之
桑樹栽培（実用農芸全書6）

4.除草効果

（1）麦づくりで各地に普及

石灰窒素が植物を枯らす性質は、その普及を遅らせる原因であった。これを除草効果として栽培に利用する研究が、1935年（昭和10年）から始まった。麦の多株穴播栽培法（不耕起栽培）への利用である。この栽培法は岡山県の篤農家・妹尾京一氏が、麦を稲と同じように水田一面に株を立てて栽培していたが、除草に労力を必要とする欠点があった。この対策に、石灰窒素の除草効果を利用することで問題は解決した。これは、岡山県農業試験場の研究と指導によるもので、除草効果を高める留意点なども明らかにされた[18]。

すなわち、稲刈り後、早いうちに（雑草が大きく、強くならない間に）、しかも朝露のある時（雑草に石灰窒素がよく付着する）、10ａ当たり70～80kgの石灰窒素を均一に散布する。これにより肥料と除草剤が同時に散布できるので労力が少なくて済み、穂数の確保が容易なため増収が可能となった。以後、この栽培法は、関東、東海、近畿、中国、四国、九州の麦づくりに広く普及し、石灰窒素の需要増加に貢献した。

さらに、この栽培法は、ナタネ、水稲にも応用され、水稲、麦の連続不耕起も可能となった。

（2）ノビエ駆除に効果

次に石灰窒素の特殊な除草法として、休眠覚醒の利用がある[19]。これについてはノビエの駆除に関する研究がある（7.休眠覚醒の項参照）。一般に、休眠する植物を自然覚醒する時期を外して覚醒させたり、植物の生育を画一化すると、環境の変化によって容易に死滅してしまう危険性が高いため、種の保存には好ましくない。除草の方法として広く研究されている[20]。

石灰窒素の雑草に対する休眠覚醒効果は、ノビエのみに知られているが、他の雑草にも適用できると思われる。農家の「石灰窒素を使用していると、雑草が少なくなる」という経験則が、この効果を示唆しているといえよう。

表－7　ノビエの発芽率と死滅率（富山県農業試験場　1967）

試験区名（施肥量kg/a）	発芽率（A）	未発芽種子率	TTC反応死滅種子率（B）	発芽率100%とした場合の防除率（A+B）	防除率（C）
石灰窒素3	70.7 %	28.4 %	0.9 %	71.6 %	83.9～73.5（77.2）%
石灰窒素5	71.3	22.3	6.4	77.7	91.1～79.8（83.7）
石灰窒素7	40.6	32.1	27.3	67.9	79.6～69.7（73.2）
無処理	0	100.0	0	0	

注：（C）は、自然条件を対象とした春先の発芽率85.3～97.4%の範囲で平均値は92.8%。この場合の防除率。（　）内は平均防除率を示す。

18)
笠原安夫ら
水田裏作麦圃の雑草防除に関する研究（第1報）農学研究 43,2.(1955)

19)
石原信一郎ら
富山県農試研究報告3,1.(1969)

20)
（財）日植調
植物の休眠覚醒剤の合成とその利用法の確立に関する試験成績（1967）

5.バレイショの枯凋効果

北海道のバレイショ栽培では、①収穫作業の合理化（茎葉の処理の省力）、②出荷時期の調整、③アブラムシの被害の回避、④いもサイズの調整（種いもとしての利用）の目的で、茎葉が自然に枯れる前に化学処理（除草剤の利用）したり、機械による地上部の切断処理がおこなわれていた。しかし、化学処理では維管束の褐変が生じやすく品質が低下し、機械も新しい投資を必要とした。

そこで、1988年（昭和63年）、バレイショ栽培に石灰窒素を利用する計画が立てられ、10ａ当たり水を200ℓ噴霧した後、15kg散布したところ、熟期が促進されたように枯死した。その上、維管束の異常も認められず、実用化には問題のないことが明らかになった。

その後、残留性、発芽性などバレイショの品質に対しても影響のないことが明らかになり、1992年（平成４年）、茎葉凋剤として農薬登録を得た（P45　表－１適用病害虫一覧を参照）。

21）
（財）日植防
夏作関係除草剤・作用性・適正判定試験成績総合要録　畑作編（1989）

表－８　石灰窒素液散布後の枯死葉割合（%）の推移[21]　（道立中央農試）

処理区分	処理後の日数				
	1日後	2日後	3日後	6日後	
A. 1989年 1. 石灰窒素1,500g/a区	7	8	20	100	8月1日処理 メークイン 黄変期前処理
2. 除草剤区	90	96	100	100	
B. 1990年 1. 石灰窒素1,000g/a区	12	60	97	100	8月2日処理 男爵薯 黄変期処理
2. 石灰窒素1,500g/a区	12	55	93	100	
3. 除草剤区	90	100	100	100	

表－９　塊茎維管束褐変への影響（平成元年）[21]　（道立中央農試）

処理区分	Sサイズ			M・Lサイズ		
	発生率（%）	発生度	指数2以上の発生率（%）	発生率（%）	発生度	指数2以上の発生率（%）
1. 石灰窒素区	5.8	1.5	0	12.5	3.6	1.7
2. 除草剤区	41.7	16.5	24.2	70.0	30.9	53.3

注：掘取り8月17日。サイズ別に各40塊茎を切断した。

指数	塊茎切断面の発生状況
0	維管束に褐変が見られない
1	基部に近い維管束がわずかに（およそ５mm未満）褐変
2	維管束の３分の１未満が褐変
3	維管束の３分の１ないし３分の２が褐変
4	維管束全体が褐変

$$発生度＝\frac{\Sigma\ （指数×該当個数）}{最大指数\ ×\ 調査塊茎数}×100$$

6. スクミリンゴガイの駆除効果

（1）俗に「ジャンボタニシ」

スクミリンゴガイは南米原産の淡水性巻貝の一種で、わが国では食用を目的に輸入され、養殖が始められた。その当初は珍重されたが、次第に「やっかいもの」となり、用水路、池などで野生化し、1985年（昭和60年）頃から水稲、レンコン、イグサなどの水田作物を食害するようになった。殻高が4～5cmに達し、俗に「ジャンボタニシ」と呼ばれている。

石灰窒素は、ミヤイリガイ（日本住血吸虫病の中間宿主）、ヒラマキモドキ、ヒメモノアラガイ（水田性皮膚炎と家畜の肝蛭病の中間宿主）、の駆除効果があるので、スクミリンゴガイについても調べられた。その結果、有効性が確認され、1982年（昭和57年）農薬としての適用が認められた。

被害は九州、四国各県から東海地方、千葉県など温暖な地域に多く発生している。

（2）使い方、効果を高めるため

石灰窒素の効果を高めるための使い方が検討された。まず、水田に湛水してから散布する方法と散布後に土壌と混和し水を入れる方法が比較されたが、明らかに前者の方が効果が高かった。

使用量は、多くの結果で10a当たり30kgで80～90％の死貝率が得られ、水槽中では300ppm、3日間で100％の死貝率を示した。このほか、いくつかの県農試の試験をもとに石灰窒素の使用法が決められた（P45　表－1 適用病害虫一覧を参照）。

その後、稲刈り後も同様の方法で駆除効果が認められたが、気温の低くならないうちに作業をする必要がある。また、使用した石灰窒素は、窒素肥料としての効果があるので、肥培管理には注意しなければならない。

表－10　水田における石灰窒素の防除効果[22)]　（農水省九州農試）

反復	2kg/a				3kg/a				4kg/a			
	生	死	計	死亡率(%)	生	死	計	死亡率(%)	生	死	計	死亡率(%)
1	4	16	20	80	4	16	20	80	1	19	20	95
2	6	14	20	70	2	18	20	90	1	19	20	95
3	7	13	20	65	1	19	20	95	1	19	20	95
計・平均	17	43	60	71.7	7	53	60	88.3	3	57	60	95
殻高(cm)	2.04～3.59				1.86～3.24				1.98～3.07			

表－11　石灰窒素3,000倍液浸漬日数と死亡率[22)]　（農水省九州農試）

浸漬日数(日)	生貝数	死貝数	計	死亡率(%)	供試貝の殻高(cm)
1	82	152	234	65.0	0.49～3.58
2	5	237	242	97.9	0.46～3.33
3	0	227	227	100.0	0.51～3.71

注：3,000倍液は、約330ppm

22)
農水省植防課・（財）日植防
スクミリンゴガイ薬剤防除試験成績
（1987.11）

7.休眠覚醒効果

石灰窒素を温湯(40～50℃)で５％の水溶液にし、桑樹の芽に塗布すると、発芽率が良くなり、増収効果も高いことが1940年（昭和15年）に明らかにされているが[23]、実際に使用された記録は残されていない（夏秋蚕用）。

現在は、施設ブドウに必須の技術として利用されているほか、各種の果樹、花き、球根に対する効果が知られている。

（１）休眠と覚醒

落葉植物の芽や種子は、夏から冬にかけて休眠を始め、いったん休眠すると、低温（５～７℃）の期間を経過しないと、発芽温度になっても発芽しない。休眠が覚醒しないためであり、それに要する期間は、植物の種類と品種によって異なる。

これまでの多くの試験結果を総合すると、石灰窒素の処理はこの低温期間の代わりをし、約1,000時間に相当する効果を有する[24]。したがって、この時間で覚醒する植物は石灰窒素の処理のみで、不足する植物は自然の低温時間が加わると発芽を始める。この性質は、施設果樹の促成栽培に広く利用されている。

また、自然では、覚醒の進行にばらつきがあるため、発芽した後の生育は不揃いとなる。この現象は、栽培には不利であるから、ばらつきを除くため石灰窒素の処理が好ましい。

このように、石灰窒素の休眠覚醒効果は、栽培植物の生育を早め、雑草の駆除に高い効果を発揮する。

（２）有効成分と濃度

夏秋蚕用桑樹に対しては、石灰窒素水溶液、シアナミド、ジシアンジアミド、尿素の効果が認められているが、もっとも効果の高いのは、石灰窒素を温湯で２～３時間浸出した液である[23]。

なお、その他の植物には、ジシアンジアミド、尿素の効果は低い[25]。

ブドウ樹には、石灰窒素20％水溶液がよく用いられるが、シアナミドでは0.5～１％水溶液が用いられる[26]。20％水溶液のシアナミド濃度は計算では約5.8％になるが、実際には2％ぐらいにとどまるようであり、その差は石灰窒素の水溶液の作り方（水温、撹拌、時間）によると考えられる。したがって、10％水溶液でも効果があるという意見がある。

（３）対象植物と水溶液濃度

これまでの研究によって、次のような作物については、石灰窒素の効果が期待できる水溶液濃度が明らかになっている（試験に用いられた濃度、シアナミド濃度は定量されていない）。

ブドウ	20％[27]
リンゴ	20％〃

23)
太田安澄ら
薬剤と桑樹発芽機能に関する研究（上）
蚕糸界報 50,598.(1941)

24)
黒井伊作
ブドウ樹の休眠中の石灰窒素処理による生育促進に関する研究
新潟大学農学部紀要　12,(1974)

25)
井上克弘ら
休眠覚醒利用によるノビエ防除に関する研究（第２報）
土肥誌　42,4.(1971)

26)
黒井伊作
カルシウムシアナミド及びシアナミドがブドウ“巨峰”の芽の休眠打破に及ぼす効果
園芸学会誌　54,3.(1985)

27)
森元福雄ら
薬剤処理による落葉果樹の休眠打破に関する研究
信州大学農学部紀要　15,1.(1978)

28)
鹿児島果試ほか
暖地の落葉果樹における早期出荷のための開花調節技術の確立（1998）

29)
山形県園試
休眠制御によるオウトウの効率的開花結実調節技術の確立（1996）

30)
坂村裕之ら
カキの休眠打破に及ぼす各種薬剤の影響
生物環境調節 32,3.(1994)

31)
小野憲二ら
サクラの無冷栽枝に対する温湯と石灰窒素の休眠打破効果について
園芸学研究要旨（1982.秋）

32)
中村俊一郎ら
球根類の休眠に関する研究１
山口大学農学部学術報告24.(1973)

33)
雨水若橘
簡便な石灰窒素処理による促成栽培におけるアイリスの開花促進
農耕と園芸 26,(1971)

34)
数馬俊晴ら
枝物花木の開花調節に関する研究　石灰窒素処理によるケイオウザクラ、ニホンレンギョウの早期開花について
園芸学研究要旨（1982.春）

35)
農耕と園芸
ブドウ巨峰の二期作に取組み４月から12月まで継続出荷する
（1996.6）

セイヨウナシ	20%〃
モモ	20%[28]
オウトウ	5～10%[29]
カキ	20%[30]
イチジク	
ナシ	20%[28]
サクラ	3～5%[31]
ユキヤナギ	20%
フリージア	3%（球茎）1時間処理[32]
グラジオラス	3%剥皮した木子）[32][33]
レンギョウ	[34]
アイリス	3%[33]
ノビエ（種子）	1.25%[25]（$CaCN_2$として、3日間処理）

処理時間は短くてよく、桑樹では30分で効果があり、ノビエでは濃度と処理日数の関係が明らかにされている。

（４）石灰窒素（シアナミド）の作用

ノビエ種子の休眠を覚醒させる方法の一つとして、酸素のない環境に放置し、呼吸を抑える法がある。例えば、酸素を追い出した水の中や、空気の代わりに炭酸ガス、窒素ガス、水素ガス、さらにシアン、硫化水素で処理すると休眠が覚醒する[25]。そして、その程度は、概ね呼吸の抑制と反比例する。

石灰窒素の場合も、シアナミドによる効果が高く、ジシアンシアミド、尿素、カルシウム（反応）の効果は低く、呼吸阻害の程度に呼応している。シアナミドはカタラーゼの活性を阻害するので[25]、それによって呼吸量が低下するためと考えられる。

（５）除草効果

休眠覚醒効果を利用した除草法として、ノビエ駆除がある。

秋季に結実するノビエの種子は、休眠状態にある。通常は、冬期間の低温を経過し、翌年の水稲期間に発生する。しかし、稲刈後、秋季にノビエが発芽できる気温（18℃）が２週間くらい続けば、石灰窒素を10ａ当たり30～40kg全面散布すると休眠から覚醒、発芽し、冬季の寒さで枯死させることができる。

「石灰窒素を連用していれば、雑草の発生が少なくなる」ということを農家は経験している。ノビエに限らず、休眠する雑草はいくつか知られているが、石灰窒素の持つ休眠覚醒効果は、土壌中の雑草種子の減少に役立っていると考えられる。

（６）新しい作型

休眠覚醒効果と温度管理を組み合わせれば、新しい作型が期待できる。海外、例えば、台湾、ブラジルでは、露地ブドウの二期作が広く普及しており[24]、国内でも施設ブドウの一部で実用化されている[35]。これは他の果樹にも応用が可能であろう。また、冬季の低温効果が不足し、覚醒が不十

分なため起こる生育の遅れ、不揃いを避けるためにも、石灰窒素の処理が望ましいという意見がある。花き、野菜の促成栽培にも応用されているので、その種類、作型は増加するものと考えられる。

8.使用時期（気温）と効果の変動

石灰窒素は、その使用時期により、アブラナ科根こぶ病の防除効果に変動があることが指摘されている[36]。これは効果が気温に関係があり、さらに土壌温度に左右されることを示しており、その理由は次のように考えられる。

石灰窒素の農薬成分カルシウムシアナミドからシアナミドが溶け出す速さは、温度が大きく影響する[37]。したがって、気温すなわち土壌温度によって土壌中のシアナミドの濃度が変化し、これによって効果も変化する。低温ではシアナミドの溶け出し方が遅く、濃度の高まりが低く、効果があがりにくい。逆に、高温では一時的に濃度が上がるので、効果が高くなる。これは、石灰窒素が土壌中で分解する速さからも容易に推定できる。

36)
本橋精一ら
土壌消毒剤としての石灰窒素
東京都農試特別報告12号（1956）

37)
中村重太郎
石灰窒素溶液の桑カイガラ虫駆除結果並びに桑樹に対する影響に就いて
日蚕学誌　第6巻4号（1935）

9.土壌中における移動と有効範囲

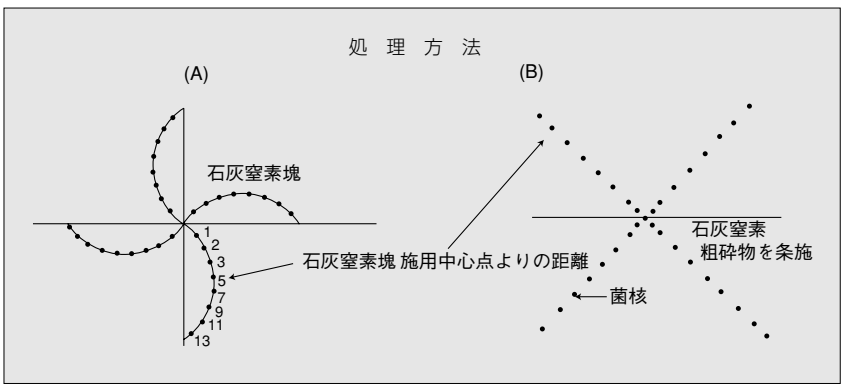
石灰窒素を土壌消毒の目的に使用し、その効果を高めるためには、土壌とよく混和し、病害虫と接触させなければならない。石灰窒素の有効成分シアナミドは水溶性であるが、カルシウムシアナミドからの溶け出しは、水温によって時間に差があり、土壌中の移動もまた同じである（シアナミドはガス化せず、土壌への吸着も少ない）。

シアナミドの土壌中の移動については、試験や化学的方法、そしてナタネの菌核病の防除効果によって、次のように明らかにされている[38)]。

38)
九州農試畑作部
病害に関する試験成績（1968）

（1）試験方法

粗砕状の石灰窒素（窒化炉から取り出した石灰窒素を荒砕きし、粒度を揃えたもの、粒状石灰窒素として量産された。窒素成分は22.5～24%、肥料としては0.5%きざみに登録し、農薬としてはカルシウムシアナミド55%を表示)を、細かく砕いた火山灰土壌に置き、移動の範囲が調べられた（図－３）。



図－３　処理方法

調査項目は、以下の２点である。
①石灰窒素0.2～0.3ｇを置いた場合の周囲への移動
②10ａ当たり30kgを条施した場合（１ｍ当たり８ｇ施用した）の移動
の状況について調べられている。

（2）有効範囲

化学的方法は、土壌中に１㎠の濾紙を垂直に埋め込み、移動するシアナミドを吸着、アンモニア性硝酸銀液を噴霧した。するとシアナミドは硝酸銀と反応し、沈殿（黄色）を生じるので、その着色の状況により判断する。供試菌核は人工培養した菌核と自然菌区を地表下１cmに埋め込み、効果の有無を調べた。

これらの結果を総合して判断すると次のようになる。

子嚢盤の形成を完全に抑制するのは、0.2 ｇ粒では１cm、0.3ｇ粒では２cm、条施では３cm、ほとんど抑制するのは、それぞれ２cm、３cm、５cm

という結果が得られた。

病害の種類によって石灰窒素の必要量が異なるが（本病は少なくてよい）、シアナミドの移動は水が移動した場合に限られるので、有効範囲は狭いと判断し、土壌との混和をていねいにしなければならない。

10.太陽熱・石灰窒素法

太陽熱・石灰窒素法による総合的な土づくりは、1974年（昭和49年）、奈良県農業試験場、天理農業改良普及所の関係者が、施設イチゴの萎黄病に対して開発し、その後、多くの病害虫に対する効果が明らかにされた[39)40)41)]。そして、適用できる地帯も拡大され、露地の野菜にも応用されるようになった。

この方法は、病害虫の駆除（生物性の改良）と物理性・化学性の改良を同時におこなうので、処理後は作物が、すこぶる健全に生育するのが特長である。

（1）作業の手順

太陽熱で地温を上げる処理をおこなうため、通常は梅雨明けの日照が多く、気温の高い時期におこなう。

1）稲わらの散布

10ａ当たり１～２ｔの切りわらを全面に散布する。モミガラ、オガクズ、未熟の堆肥、青刈り作物、前作の残さなども利用できる。これらの上に軽く散水しておくと、石灰窒素が飛散しない。

2）石灰窒素の散布

石灰窒素を10ａ当たり約100kg均一に散布する。

3）すき込み

わらと石灰窒素をできるだけ深くすき込む。側面や支柱の近くの土壌は、中に寄せるようにする。

4）小畦を立てる

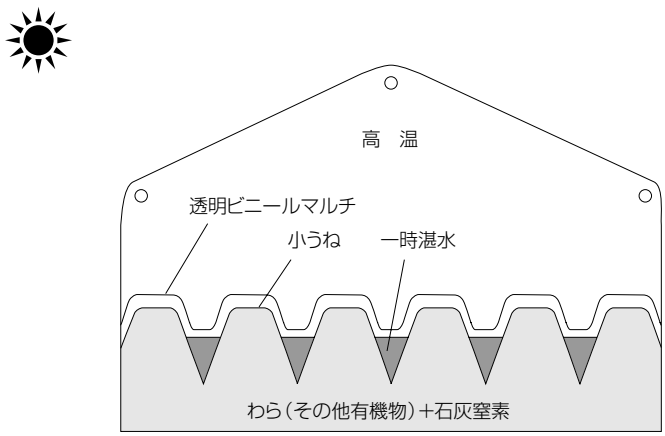
小畦（高さ30cm、幅60～70cm）を作り、表面積を広げ、受光、熱の伝導をよくする。

5）透明ビニールで完全マルチ

透明ビニールで表面を隙間なくマルチする。ビニールは古いものでよい。

6）畦間に一時湛水

土壌と有機物に水をよく含ませるため、一時的に湛水する。この目的が果たせれば、降雨後や散水でもよい。水をよく含み温度が上がらないと効



図－4　太陽熱・石灰窒素法

39)
小玉孝司ら
太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について
奈良県農試研究報告　10(1979),11(1980)

40)
同上
奈良県農試　研究報告　11(1980)

41)
同上
奈良県農試　研究報告　12(1981)

果がない。

7）施設の密閉

施設の破損した所は、修理して完全に密閉する。ビニールが破れたままでは効果に影響がある。密閉期間は20～30日間、そのまま放置する。

（２）土壌中の変化

この一連の処理により、土壌中では次のような変化が起きる。

①地温の上昇と変化

②土壌の還元

③除塩（塩類濃度の低下）

④有機物の早い腐熟

42)
白木己歳
ハウスの新しい太陽熱処理法
（社）農文協（1999.3）
を参考にして作成

表－12　野菜の主な土壌病害と「太陽熱・石灰窒素法」に効果のある病害（太字）[42]

作物＼病原		糸状菌（かび）							
		リゾクトニア	フィトフトラ	ピシウム	フザリウム	バーティシリウム	ブラスモディオフォラ	コルティシウム	その他
エンドウ		茎腐病		苗立枯病	根腐病 立枯病				根腐病
ウリ科野菜	キュウリ	**苗立枯病**	**疫病**、灰色疫病	綿腐病、**苗立枯病**	つる割病	半身萎ちょう病		**白絹病**	
	メロン		**疫病**、灰色疫病		**つる割病**	**半身萎ちょう病**			**黒点根腐病**
	スイカ		褐色腐敗病、**疫病**		**つる割病**	**半身萎ちょう病**		**白絹病**	
ナス科野菜	トマト	**苗立枯病**	**褐色腐敗病**	**綿腐病**	**萎ちょう病**	**半身萎ちょう病**		**白絹病**	**褐色根腐病**
	ナス	**苗立枯病**	**褐色腐敗病**	**苗立枯病**	**半枯病**	**半身萎ちょう病**		**白絹病**	黒点根腐病
	トウガラシ（ピーマン）		**疫病**		**萎ちょう病**	**半身萎ちょう病**		**白絹病**	
アブラナ科野菜	ダイコン			腐敗病	**萎黄病**	黒点病	**根こぶ病**		
	ハクサイ	尻腐病	**根くびれ病**			黄化病	**根こぶ病**		
	キャベツ	苗立枯病	**根くびれ病**、**根朽病**	苗立枯病	萎黄病	萎ちょう病	**根こぶ病**		
	カブ						**根こぶ病**		
その他の野菜	イチゴ	**芽枯病**	根腐病、**疫病**		**萎黄病**	**萎ちょう病**			
	ネギ	苗立枯病	疫病、白色疫病		萎ちょう病			白絹病、**黒腐菌核病**	
	レタス	すそ枯病			根腐病				
	ホウレンソウ	**株腐病**		**立枯病**	**萎ちょう病**	萎ちょう病			

上表のほか、ハスの腐敗病（フザリウム）、トマト・ナスの青枯病（細菌による病害）、メロンのがんしゅ病（放線菌による）、エンドウの茎えそ病、レタスのビッグベイン病（ウイルスによる。ウイルスを媒介する糸状菌を防除する）とセンチュウ類に効果がある。

⑤石灰窒素の効果（農薬と腐熟促進）

これらの現象は、気象、土壌の環境、作業の進め方により変化するので、作業や資材を省略すると効果が落ちる。

（３）日射量と地温の上昇

地温の上昇は、気温より日射量が大きく影響する。気温が高くても、曇天の日は地温の上がり方は少ない。したがって、年次による地温の上がり方によって、効果にはわずかに違いが生じると見なければならない。日射量の多い年は、地温の上昇だけで効果があるが、少ない年は効果が低くなることに留意する必要がある。

施設内の地温の上がり方は、中央部が高く周辺部が低い。その差を少なくするには、周辺部の作業をていねいにして、土壌を中に寄せることも有効な方法である。地温は45℃を７日間ぐらい経過させる必要がある。

43）
農業電化協会九州支部（吉岡邦男）
太陽熱利用による土壌消毒試験
農業電化30.11（臨時増刊号）（1977.11）

表－13　病原菌の死滅温度（℃）と時間の関係（電力研）[43)]

菌　名	温度	処理期間															
		分		時間						日							
		15	30	1	2	3	4	6	12	1	2	3	4	5	6	7	8
ウリ類の苗腰折病菌(Pythium)	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	
	50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●					
	55	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●						
	60	○	○	○	○	○	○	○	●								
レタスの菌核病菌(Sclerotinia)	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	●							
	50	●															
	55																
	60																
そ菜の白絹病菌(Corticium)	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	45	○	○	○	○	○	○	●									
	50	●															
	55																
	60																
トマトの萎凋病菌(Fusarium)	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●				
	50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●						
	55	○	○	○	○	○	○	○	●								
	60	○	○	○	○	●											
メロンのツルワレ病菌(Fusarium)	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●						
	50	○	○	○	○	○	○	○	●								
	55	○	○	○	○	○	○	●									
	60	○	○	○	●												
キュウリのツルワレ病菌(Fusarium)	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	
	50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●					
	55	○	○	○	○	○	○	○	●								
	60	○	○	○	○	○	○	●									

注：○：生存　●：死滅　（恒温水槽による処理）

（4）石灰窒素と有機物

1）石灰窒素

本法でも、石灰窒素の特性である土壌消毒効果と有機物腐熟促進効果は有効に働くが、地温が高くなる施設では表面には現われにくく、地温の上がり方の少ない露地栽培で、その効果が良く示される。

2）有機物

有機物が水を含むと、温度の保持、伝導に効果があり、さらに多湿高温は殺菌に好ましい。腐熟にともなう発酵熱は、地温の上昇に寄与し、効果を安定させている。

（5）土壌の還元

土壌を水田状態にして連作障害を防ぐ方法は、古くからおこなわれており、レタスの菌核病に対しても、石灰窒素を添加すれば効果が高まることが明らかになっている[44]。

本法によっても、還元が進めば病害菌の死滅温度が下がり、効果があがる。しかし、土壌の還元は、マイナス状態になることは少なく、還元よりも地温の方が効果に対する影響は大きい。

44)
孫工弥寿雄　水利用による土壌伝染性病害防除の実際（1）
農業および園芸53,10.（1978）

（6）病原菌の死滅温度と適用病害虫

本法の到達温度40～50℃で病原菌を死滅させるには、種類によって難易の差がある。

一般に常温菌である微生物は、この温度域で長期間生存することはできない。そのため、適用病害虫の範囲は広く、糸状菌、放線菌、細菌、センチュウ類と幅が広く、ウイルスに対しても媒介生物に影響を与え、間接的に効果がある。

（7）特長

土壌を40～50℃で相当期間経過させるのが特長である。これは速成堆肥の経過と同じように、病害虫がこの環境に存在しないとみて差し支えないであろう。つまり、消毒効果だけでなく、病害虫の増殖が困難な環境を作り出している。

これは、本法で処理した土壌では病原菌の復活が遅く、汚染苗を植えても蔓延が少ないという事例からも明らかである。それゆえ、本法は物理的な「熱」による効果より「好熱性微生物」によるところが大きいように思われる。

太陽熱・石灰窒素法

●有機物、水の効果

太陽熱・石灰窒素法の資材と作業は、それぞれ単独では効果は不十分で、組み合わせ、あるいは総合した場合に効果を示す。

有機物と水は、地温の上昇と保持に適切な効果を示す。有機物が飽水の状態で土壌中に存在すると、その比熱は土壌のみの場合より、地温の上がり方、伝わり方、さらに蓄熱の状況が好ましいものになる。また、湿熱の環境は、殺菌と好熱性微生物（堆肥中の微生物）の増殖には、良い結果をもたらしている。

乾熱では消毒の効果が落ちるので、水分は不足しないようにする。処理中にマルチに結露し、一時的に土壌は乾燥する現象が起きることがあるが、効果に対する影響は少ないと思われる。同一施設内でも、これらの諸変化は均一でなく、支柱や側面近くの土壌では、効果があがらない場合があるので、土壌をマルチの下に移動するようにする。

有機物として作物残さや未熟バーク堆肥、前作の残さもよく利用されている。

ちなみに、比熱（容積単位）は次のようである。乾燥状態のカオリン[45]0.233、有機質0.165、飽水状態のカオリン0.846、有機質0.945である。

●石灰窒素の効果

石灰窒素には、土壌消毒効果と有機物腐熟促進効果がある。施用量は10ａ当たり100kgが標準であるが、これより多い例も少なくない。

石灰窒素を施用すると、病害によっては、その死滅温度が下がるという現象がみられる。これは石灰窒素の殺菌効果によるものである。この効果は、地温の上がる「施設」では明らかになる例は少ないが、地温の上がり方の少ない「露地マルチ」や「低温年」では明らかになる病害が知られている。

（１）石灰窒素により死滅温度の下がる病害

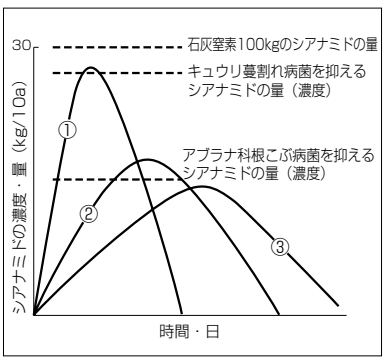
石灰窒素により死滅温度の下がる病害の一つとしてアブラナ科野菜の根こぶ病がある。結果を要約すると、石灰窒素を施用せずに発病を抑えるには、40℃で30日間が必要であるが、石灰窒素を50kg／10ａ施用すると、同じ温度で５日間、100 kg／10ａでは、30℃で５日間で、発病抑制効果がみられる（20℃では効果は認められない）[46]。

ちなみに、石灰窒素に含まれる石灰と窒素の量を、酸化カルシウムと尿素で与え、土壌の反応、酸化還元電位について関係を調べたが、効果はなかった。発病抑制効果はシアナミドによるものだという指摘がある[46]。

根こぶ病に対する石灰窒素の効果は、早くから明らかにされているが、それはシアナミドの殺菌効果によるもので、マルチによる地温上昇と石灰窒素による殺菌効果といえる。このような現象は、ハクサイ根くびれ病、ホウレンソウ萎ちょう病でも明らかにされている。これらが、マルチ栽培のように地温の上がり方が大きくない場合に現れることは、注目に値する。

45)
山根一郎
土壌学の基礎と応用　改訂16版
（社）農文協（1982.9）

46)
堀内誠三
太陽熱利用による根こぶ病の土壌消毒
植物防疫37,8.（1983）



図−5　地温によるシアナミドの溶け出し方と殺菌効果（想定）

注：40〜50℃：溶け出し方、速く一時的濃度が高く殺菌効果を示す。
20℃：溶け出し方、遅く一時的濃度が低く殺菌効果不足
①地温＞シアナミド石灰窒素と地温の相乗効果が現象に現れにくい
②地温≧シアナミド石灰窒素と地温の相乗効果が現象に現れる
③シアナミドの農薬効果は現れにくい

（２）石灰窒素の殺菌効果

石灰窒素は、その土壌病害防除効果によって、桑、野菜、果樹などの病害虫や、大腸菌群、ワイル病などの衛生病害を駆除することが明らかにされている。このように、細菌、カビ、虫と広い範囲で効果があるといえる。

表－14　温度によるシアナミド態窒素の溶出

	20℃	30℃	40℃	50℃	単位は％ 全窒素に 対する率
シアナミド態窒素	1.10	1.23	1.29	1.40	
シアナミド溶出率	55.5	62.1	65.1	70.4	

注：全窒素19.88％の石灰窒素を用い、10％水溶液をつくり、2時間後に濾過しシアナミド定量。
（中村重太郎：日蚕糸学6,4,1935,を一部改変）

（３）石灰窒素の有効成分と土壌中の濃度

石灰窒素の主成分は、カルシウムシアナミド（$CaCN_2$）であり、加水分解して遊離するシアナミド(H_2CN_2)によって殺菌効果を現す。しかし、20℃では、その変化が緩慢で濃度の高まりが低く、殺菌効果が十分でない。これが（１）のような結果を起こす理由であるとみられる。そして石灰窒素の殺菌効果は、他の病害菌にも広く影響を与えるが、地温がよく上がるとこの効果は潜在し、表面上は「熱」（温度の上昇）のみの効果として示されるものと考えられる。

（４）有機物腐熟促進による地温の上昇

太陽熱消毒法は、多量の有機物と石灰窒素を使用するので、発酵熱により地温を高めることができる。本法の効果は、わずかな温度差でも影響を受けるので、発酵熱は積極的に利用しなければならない。実際に、土壌１kgに稲わら20ｇと石灰窒素１ｇを加え、水分を圃場容水量に保ち、40℃の定温装置に放置した場合、土壌のみの場合と比較すると、１℃強温度が上がることを確認している。

レンゲなど９種類の緑肥に石灰窒素を施用し、土壌中の分解状況を調べると、無添加に比較し分解率（炭酸ガス発生量）は約20％（炭素率10の場合）ないし約40％（炭素率５の場合）増加することが明らかにされている[47]。このような現象は、同時に地温にも変化が起きていると考えられる。

47)
吉田諒蔵ら
土壌中に於ける緑肥の分解に及ぼす窒素質肥料の影響について
農業および園芸9,9.（1934）

●適用病害虫

太陽熱・石灰窒素法の適用病害虫は多岐にわたる。細菌、放線菌、糸状菌による病害とセンチュウ類には直接の効果があり、ウイルスを伝播する生物を防除して、間接的にウイルスの害を防ぐ。

ただし、病害の種類と温度・時間によって、効果に差がある。一般に常温で生存する生物は、40℃～50℃の温度域では長時間生存できないから、今後、適用範囲が広がるものと期待されている。

（渡辺　優　農業および園芸　75.10.2000）

11.総合防除（防除法の組合せ）
アブラナ科野菜の根こぶ病防除

ハクサイの根こぶ病防除には、いくつかの薬剤と技術がある。しかし、これらの防除法は、単独で完全な結果を得ることは困難な場合があり、薬剤を多用する原因となっている。

したがって、本病には、耕種的防除と化学的防除を組合わせた総合的防除が進められている。

（1）石灰窒素の本病に対する効果

石灰窒素の本病に対する効果は早くから明らかにされていた[48]。しかし、土壌中の病原菌密度によって効果に差が出やすく[49]、高濃度に汚染された土壌では、効果が不十分の場合がある。また、石灰窒素から生じるシアナミドの濃度も土壌の環境によって変化するので、効果が不安定になりがちである。しかし、シアナミドは厚膜胞子を死滅させる効果がある[50][51]ので、土壌中のシアナミド濃度を高める処理をすることが好ましい。太陽熱・石灰窒素法（P60で詳述）はその一つである。

（2）石灰窒素を組合わせた総合防除

1）薬剤との組合せ

10ａ当たり約100kgの石灰窒素と、次の薬剤を併用すると効果が高い。これはシアナミド（殺菌）と石灰（反応の矯正）によるものであり、単に反応を矯正した場合より効果が高いのが通常である。

スルフルファミド粉剤（ネビジン）

PCNB粉剤（コブトール）

TPN 粉剤（ダコソイル）

2）おとり作物との組合せ

ダイコンは根こぶ病に対し抵抗性がある。これをおとり作物として栽培すると、厚膜胞子は発芽するが寄生できず死滅し、その数が減少する。その株跡に石灰窒素を１株当たり５～６ｇ散布する[52]。

3）ペーパーポット、有機物（堆きゅう肥）などとの組合せ

初期感染を防ぎ、地力を高め、土壌を酸性にしないなど、耕種的方法と組み合わせる。

なお、汚染の低い（発生の少ない）畑では石灰窒素だけで効果をあげることができる[53]。

48)
$CaCN_2$ の甘藍のClubroot病に對する殺菌作用に就て
J.C.WALKER　and　R.H.LARSON:
Jour.Agri.Re.Vol.51,183-189(1935)
$CaCN_2$ がClubroot病菌保有土壌に施し其の影響につき実驗せり。其の結果慍室に於てpH6.4 の罹病地土壌に段當10貫の $CaCN_2$を施したる場合は$Ca(OH)_2$21貫を施したる場合と同様の殺菌的效果あり。
$Ca(OH)_2$ 及$CO(NH_2)_2$と此れに相當する量の$CaCN_2$ との比較を行ひたるに $CaCN_2$ の方遙か５該病の防除に有力なりき。此れ$CaCN_2$ の效果は生ずる鹽基性物質のみならずCN_2 イオンの作用が有毒的效果に與つて力ある事を示すものなり。圃場に於ては種々環境の支配をうけ同様の效果を表はすためには約倍量の$CaCN_2$ を要す。Clubroot病を防除せんがため土壌酸性を矯正する必要ある場合には、先づ有效窒素量が滿足せらるる迄の量を$CaCN_2$ にて施し、尚必要の場合には$Ca(OH)_2$ にて補ふべきものなりと結論せり。（山崎）
土肥誌第10巻第1号（1936）

49)
和歌山県・滋賀県両農試、兵庫県農業総合センター
太陽熱利用による水田転換畑露地野菜の土壌病害防除技術確立（1985）

50)
高橋賢司
アブラナ科野菜根こぶ病菌休眠胞子の活性評価法植物防疫　44，6.（1990）

51)
内記　隆
アブラナ科野菜根こぶ病防除薬剤の作用機構
今月の農業　19,11.(1985)

52)
長野県中信農業試験場畑作栽培部
下水内農業改良普及センター
平成８年度報告（1996）

53)
愛知県農業総合試験場
アブラナ科野菜の根こぶ病防除対策
（1983.8）

12.安全性と環境に及ぼす影響

この問題は、(1) 石灰窒素を散布する人、主として急性毒性に関すること、(2) 石灰窒素の有効成分シアナミドが食物を通じ摂取され、慢性毒性を起こす可能性、(3) 使用した石灰窒素の行方（行動）、に分けて解説する。

（1）石灰窒素の散布者に対する毒性

石灰窒素の急性毒性はネズミで760 mg/ kg（経口）であり[54]、普通物に属している。その単独による中毒例は稀であるが、アルコールとの合併症が知られている。これは、石灰窒素から遊離するシアナミドが、アセトアルデヒド脱水素酵素を阻害するからである[55]。

この性質を利用してシアナミドは、酒量を抑制する医薬として使用されており、その投与例から推定して石灰窒素約10mgを体内に取り込むと、酒量は平常の約1/5に減少するとみられる[56]。このため、石灰窒素を吸引して飲酒すると、平常の飲酒量でも「悪酔い」症状となるので、原則として飲酒は24時間避けなければならない。

ただし、治療のために医薬として投与するシアナミド量は症状により異なり、有効時間は24時間とされており[56]、連続して長期間（2～6年）投与される例[57]も少なくない。そして、その間の慢性毒性、副作用は認められていないので[57]、石灰窒素の場合も発生しないと判断されている。また、大腸菌を対象にした発癌性、変異性に関する試験の結果でも、異常は認められていない[58]。

（2）食物摂取から毒性を起こす可能性

次に、石灰窒素の有効成分シアナミドが、食物を通じ摂取される危険は、起こり得ないといえる。その根拠は次のようである。

①石灰窒素の使用法の基本は、シアナミドがアンモニアに変化してから作物を植付け、播種することである。なぜなら、シアナミドが残っていると、作物は枯死または生育が遅延してしまうからである（ナタネの例では10～13ppm）[59]。

②農薬効果を目的に追肥に使用する方法があるが、この場合も同様である。

③生育が遅延しない程度のごく薄い濃度で栽培すると、作物はシアナミドを吸収する[60]。

④シアナミドにより、少しの障害が発生した作物は、短期間で生育が回復する[61]。作物には、シアナミドを分解する酵素があるからで[62]、シアナミドはアンモニアと炭酸　ガスになり、アンモニアはアミノ酸に取りこまれ、炭酸ガスは排出されるとみられている[63]。

なお、植物の正常な代謝の中でシアナミドが生じるか否か、については明らかにされていない。加えて、シアナミドの加熱による変化、微生物による分解を考えると、食物を通じて摂取される可能性は考えにくい。

54)
黒須健一
産業医学2,7(1960)

55)
安藤春彦
Cyanamide の抗酒機構に関する実験的研究
精神経誌 65 （1963）

56)
向笠　寛
アルコール中毒に対するcyanamide 療法の研究
アルコール研究 1 （1966）

57)
向笠　寛
アルコール中毒の治療
九州神経精神医学　13,150 (1967)

58)
残留農薬研究所
細菌を用いた変異原性試験
（1980）未発表

59)
長江春季ら
石灰窒素施用によるナタネの発芽障害　九州病害虫研究会報　14.(1968)

60)61)62)63)
三井進午ら
石灰窒素中シアナミドの吸収、移行並びに体内代謝、特に殺草効果との関連について
第１報　シアナミド態14Cの経根経葉的吸収と分解に関する予備的実験
土肥誌33（1962）
第２報　シアナミドによる薬害発現の観察とシアナミドの吸収に及ぼす影響
土肥誌33（1962）
第３報　シアナミドの分解経路について
土肥誌33（1962）

（３）使用した石灰窒素の行方（行動）

シアナミドはガス化しないため、大気中の移動はなく、特定地域に集積しての障害も認められていない。

このような石灰窒素の性質から、次のように結論づけられる。

①アルコールとの合併症に留意すれば、急性毒性は低く、人間の健康に対する影響は認められない。

②農業と食物の環境の中では分解する性質があり、蓄積しない。

③水溶性が高く、生物濃縮のおそれはない。

④揮発性を持たないので、大気を経由して再汚染する心配はない。

すなわち、農薬として使用した石灰窒素は、短い期間で肥料（アンモニアと石灰）に変わるので、環境汚染は起きない。

13.風土病の撲滅

(1)日本住血吸虫病

この病気は、日本住血吸虫が人体（門脈）に寄生すると発病する。牛、馬、犬、猫なども罹病する。

これを明らかにしたのは、1904年（明治37年）、桂田富士郎氏であり[64]、次いで1913年（大正２年）、小さい巻貝が、この寄生虫の中間宿主であることを、宮入慶之助、鈴木稔両氏が発見した[64]。この功績を讃え、この巻貝はミヤイリガイと名付けられた。

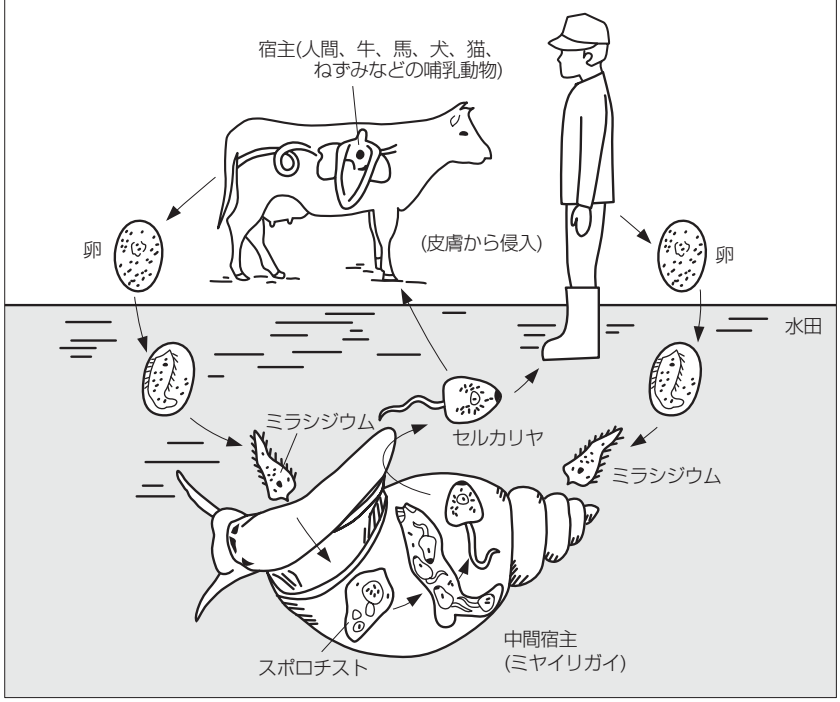
この病気は、ミヤイリガイの生息する所のみ発生するので、地域は限定される。予防法は、まず、日本住血吸虫（Schistosoma japonicum）の生活環を絶つため、薬剤の使用、用水路のコンクリート化、そして水田の畑地化によってミヤイリガイの駆除が進められた。

駆除法の一つとして石灰窒素の利用を提唱したのは、前出の桂田氏とされているが、1938年（昭和13年）、山梨県衛生課（課長・加藤龍雄）が追試した結果、石灰窒素を１m^2当たり45～50ｇ使用すればよいことがわかり[65]、本病が発生した水田に使用し効果をあげた。ちなみに、山梨県の記録によると、1944年～51年（昭和19年～26年）にかけて、石灰窒素はこの目的で3,684トン余り使用されている[65]。

本病の発生は、地域は限定されているが、有史前からとみられており[66]、原因も治療法も不明だったため、発生地域の住民には非常に恐れられていた。

幸い、予防と治療が徹底され、本病の発生はまったく見られなくなり、

図－６　日本住血吸虫の生活環



64)
佐々学
風土病との闘い
岩波新書（1960）

65)
山梨県
山梨県における日本住血吸虫病（山梨地方病）の概観（歴史編）
（1953）

66)
小林照幸
死の貝
文芸春秋社　（1998）

次のように年を追って安全宣言が出された[66]。

1990年（平成２年）　福岡県　佐賀県
1991年（平成３年）　広島県
1996年（平成８年）　山梨県

（２）ワイル病

1913年（大正２年）、富山県作道村で「黄だん症」による死亡者が20余人発生し、これを重く見た村医の谷道清氏が調査したところ、「ワイル病」であることがわかった[67]。そして、年を追うごとに発生が増え、村を中心とした地域（射水郡）で、1916年（大正５年）には420 人（死亡64人）、1917年（大正６年）には、543 人（死亡98人）が感染し[68]、住民の不安が高まった。そのため、東京大学（伝染病研究所）の遠山祐三氏が防除法を研究し、石灰窒素の利用をする方法が確立した。

その結果、試験管の中では0.01％、人口水田では19kg／10ａの石灰窒素を施用することで、ワイル病菌が死滅することが明らかになった（10a当たり18.75kg、当時の石灰窒素の窒素含有率16％）[69]。

しかし、当時、生産されていた石灰窒素（年間10万トン程度）のほとんどは、硫アンの原料として使用され、水田に使用する経験が少なかったため、水稲の生育への影響が心配された。そこで、メーカーの研究所（田中次郎、石川敏）の応援も受けた大規模な実験が実施された結果、ワイル病の予防効果と肥料効果の高いことが明らかになり、これが、石灰窒素を直接使用する契機にもなったのである。

試験の経過

①面積

1920年（大正９年）　26.6ha（作道村内耕地の１／25）
1921年（大正10年）　48.1ha（同上１／14）

②農業者数

1920年（大正９年）　263人（のべ3,389人）
1921年（大正10年）　462人（のべ6,502人）

③ワイル病発生状況

試験地は、ワイル病の発生がもっとも激しい地区である。1920年（大正９年）の試験地では、1916年から19年（大正５～８年）までに年間平均26人、1921年（大正10年）の試験地では、57人が発生していた。

表－15

	大正5年	6年	7年	8年	平均	試験年	
						9年	10年
作道村（全体）　（人）	231	211	94	63		26	47 (郡122)
大正9年試験地　（人）	33	48	12	10	26	0	0
大正10年試験地　（人）	82	75	28	32	57	—	1

【参考】
1917年（大正６年）における100 ha当たりの発生割合は、村平均＝32.1人に対し、大正９年試験地177.7 人、大正10年試験地156.2 人に達する濃厚汚染地帯である。

67) 西田重衡 新湊市作道地区のワイル病と日本脳炎 (1961)

68) 新湊市 見る新湊近代百年小史(1971)

69) 遠山祐三 農業ニヨリ見タル黄疸出血性「スピロヘータ」ノ撲滅ニ関スル実験的研究 第２回報告　農学会報第213 号

④効果

上記試験地に、石灰窒素を19kg／10ａ散布した。散布時期は、1920年（大正９年）が５月５日から18日、1921年（大正10年）が５月５日から19日。落水後、田面平均に散布し、表土と混和、２～３日後に田植えした。

この結果、試験地ではワイル病がまったく発生せず、効果はきわめて高かった（大正10年１人の発生は、試験地以外での感染とみられる）。

⑤肥培管理

試験地では、稲作用肥料として、主に人ふん尿と石灰を使用していたが、試験にあたっては、石灰窒素のほか、人ふん尿、油かす、過リン酸石灰、カリ肥料、わら灰、セメント灰などで合理的な施肥につとめた。

表－16

年次＼成分	窒素(kg)	リン酸(kg)	カリ(kg)
大正9年試験地	6.9	2.9	4.8
大正10年試験地	(中生)7.8	1.0	6.2
	(晩生)7.1	3.1	5.8

⑥水稲収量

大正９年試験地内の水田は、約360に区分されている。その中から35カ所で坪刈り試験をした。

表－17

試験地別＼項目	収量kg(石)	指数
試験地平均	442(2,949)	118
試験地平年作	375(2,500)	100
大正8年県平均	319(2,127)	85
県平年作	315(2,104)	84

大正10年試験地内の水田は、700ぐらいに区分されている。その中から、中生種32カ所、晩生種12カ所で坪刈り試験をした。

表－18

試験地別＼項目		収量kg(石)	指数
試験地32カ所平均		442(2,944)	118
試験地12カ所平均		483(3,219)	129
試験地平年作	(中生)	375(2,500)	100
	(晩生)	420(2,800)	112
県9年平均		320(2,135)	85
県平年作		318(2,121)	85

両年とも、隣接水田より病害虫、雑草などが激減し、いもち病、メイチュウ、ウンカの被害も少なかった。

⑦結果（遠山博士の後日談）

「……予想外に優秀な成績で、試験地から１名の死者も出さなかった」。

「……予防の目的を達し得たことが証明された」。

「……石灰窒素を大規模に使用する経験がなかったので、メーカーのご協力を得、試験にも立ち会ってもらった」。

「……その後、他の地方でも試験をおこない、いずれも好結果であった」。

（遠山博士の指導により、大正10年には別に千葉県成田町で32ha、昭和２年には鹿児島県東国分村で80ha、敷根村で50haが実施され、いずれも予防効果、稲作収量ともにきわめて好成績をあげている）

“水”でひろがるワイル病

●日本人による病菌発見へ国際的評価

ワイル病は、アドルフ・ワイル氏（ドイツ）により、1886年（明治19年）に発見された。

病原菌は1915年（大正４年）、稲田竜吉、井戸泰両氏により、“黄だん出血性スピロヘータ”として発見され、のちに“レプトスピラ”に改められた。この業績は、国際的に高い評価を受けている。

レプトスピラ症は、ワイル病のほか秋疫、七日熱など、いくつかの型がある。予防ワクチンの準備は十分で、黄だん出血性レプトスピラと秋疫レプトスピラＡＢＣを混合接種する必要があるという。

ワイル病は、法定伝染病でないため届け出の必要がなく、正確な発生数は把握されていない。人口動態の死亡統計からみると、発生数はかなり（1,000 人／年）のものと推定される。

患者は農業者のほか、水を多量に扱う人、料理・漁業・鉱業の関係者にもみられる。

野ネズミ、犬、牛、豚などの菌保有動物（無症状）の尿に汚染された水を使用すると、経皮感染する。

予防のためには、①水田の乾田化、②野ネズミ退治、③石灰窒素の散布、④ワクチンの利用が必要となる。

なお、石灰窒素の有効成分は、シアナミドと石灰による効果があることが明らかにされた[70]。

70）
八田貞義ら
石灰窒素のレストスピラに対する作用（III）
公衆衛生16（1958）

14.アルコール中毒症の治療

(1)シアナミドの性質を利用

石灰窒素を取り扱った後に飲酒すると、しばしば「悪酔い」状態を呈することは、すでに1930年（昭和５年）頃には知られていた。そして、その原因はシアナミドがアルコールを、アルコールがシアナミドの作用を互いに増大するためとみられていた[71]。

1955年（昭和30年）頃から、この石灰窒素の性質を利用したアルコール中毒症の治療に関する研究が始まり、石灰窒素をそのままカプセルに入れ、成人１人当たり１日１ｇを投与し、よい結果が得られている[72]。

現在では、シアナミドの１％水溶液（医薬品）が用いられている。投与量は症状により50～100 mg／1日で、酒量を約1/10に抑え、これを長期間（数カ月から数年間）、家族の協力を得ながら継続投与する方法がとられている[73]。

このメカニズムは、シアナミドによってアセトアルデヒド脱水素酵素の活性を阻害し、血液中のアセトアルデヒドの濃度を高め、過度にアルコールを摂取する意欲を失わせるというもので[74]、１回の投与により24時間有効である。同酵素の変性（あるいは立体障害）と再生（整形）は明らかでないが、これまで、シアナミド治療による慢性中毒、副作用は発生していない[75]。

また、海外においても有効成分を同じくする薬剤（テンポジル　Teposil カルシウムシアナミドとクエン酸の混合物）がある。

71)
戸島右二
石灰窒素は人畜に有害なりや(付石灰窒素と飲酒との関係)
土肥誌 4,(1930)

72)
藤田繁雄
アルコール作用に及ぼす石灰窒素並びにAntabu seの影響に関する研究
日薬理誌 51,(1955)

73)
向笠　寛
アルコール中毒に対するCyanamide療法の研究
アルコール研究 1,(1966)

74)
安藤春彦
Cyanamideの抗酒機構に関する実験的研究
精神経誌 65,(1963)

75)
向笠　寛
Cyanamide（H_2NCN）の生体アルコール反応におよぼす影響ならびに治療的応用
精神経誌 64,5.（1962.5）

15.鳥獣害の忌避効果

石灰窒素の獣害の忌避効果は古くから知られており、それは石灰窒素の臭いによるものとされている。ただし、これは確固たる研究成果に基づくものではなく、あくまで農家の経験によるものである。

忌避方法としては、①通常の肥料として使用する、②獣の通路に置く、③畑、施設の周りに置く、などがある。

また、１回の処理から数回の処理まで、農家の工夫によるところが大きく、石灰窒素が雨水にさらされないような容器も作られている。

処理期間は、獣の習性と作物によって異なる。例えば、リンゴの場合は、根雪前、樹の周囲に約30cmのリング状に施しておけば、冬の間のネズミの被害を防ぐことができる。トウモロコシは、収穫前、畑の周囲に散布しておけば、２～３週間は熊の被害を受けないで済むという体験が知られている。その事例を紹介する。

また、鳥害については、鳥の嗅覚の組織からみて石灰窒素の臭いを識別する能力を持たず、石灰窒素を処理したことによる状況の異常、例えば、石灰窒素を入れた容器の形や色などが原因で忌避するという意見がある。

京都から

●石灰窒素のにおいでタヌキに嫌がらせ ―――風の弱い日にまくのがコツ

鷹巣辰也

伊根町の海と山に挟まれた小さな田畑では、今日も気張って一生懸命働くかあちゃんたちの姿がここかしこに見られます。こんなところの常として、かあちゃんたちを困らせるのがタヌキです。タヌキ退治にいい話を大西玲子さんに教わりました。

バケツいっぱいの米ぬかに、片手でつかめるぐらいの石灰窒素を加えてよくかき混ぜ、湿り気をもつぐらいなじませてから、畝のまわりにまくのです。これで一畝分よりやや少ないぐらいの分量です。タヌキは石灰窒素のにおいがきらいなのか、これをやるようになってから、あまり寄りつかなくなったとのこと。

ただし、風の強い日にまくと、風で石灰窒素が飛ばされて、スイカのツルなど、野菜が傷むことがあるので、風の少ない日にまくのがコツだそうです。効き目があるのは一カ月ぐらいで、石灰窒素のにおいがしなくなったら、効果がなくなるとのこと。米ぬかと石灰窒素をかき混ぜてすぐにまくと風で石灰窒素が舞い上がりやすいから、必ず湿り気をもつぐらいなじませてからまくのがいいそうです。

ちなみに石灰窒素は人間にも有害ですので、混ぜる時にはマスクや手袋をした方が安全だそうです。

（社）農山漁村文化協会「現代農業」1997年８月号より引用

福島から

●石灰窒素再び登場。とっておき熊退治法
―――熊被害の防止には音よりにおい

朽木直文

八月号に石灰窒素でタヌキ退治をしている京都の大西さんの話を紹介しましたが、今度は同じ石灰チッソでも、違う方法で熊を撃退する酪農のお母さんの話を紹介しましょう。

酪農家がもっとも心配するのは、トウモロコシをねらって熊が里に下りてくることです。においで食べごろがわかるんでしょうか？毎年収穫の前にやられてしまいます。西郷村、八島節子さん（63）もそんな悩みの仲間だそうです。

これまで熊退治にはいろいろな方法を試してみましたが、今まで大成功をしたのは「石灰窒素」だけ。やり方は簡単で、熊が下りてきそうな、たとえば竹林や、雑草や木などが連続して倒されているトンネルのような道に、石灰窒素をふったり、畑のまわりを歩きながら周囲に撒いたりするだけ。節子さんは自分の90ａの畑に２袋40kgの石灰窒素を使っています。石灰窒素を散布する時期が大切で、収穫一カ月前、穂が出た頃から散布しておくことです。

このやり方でやってから、畑の被害がわずかになったそうです。ただ石灰窒素は雨が降ると流されて、においはなくなってしまいますから、今検討中なのが、「石灰窒素」をペットボトルに入れて吊るしておく方法。「音（爆音機やラジオ）は慣れると効果はない、奴等と戦うにはにおいに絞る方が得策だ」と節子さんはいいます。

（社）農山漁村文化協会「現代農業」1997年10月号より引用

第3章
土づくり効果

1.速成堆肥

(1)石灰窒素による堆肥づくり

有機物を堆積して堆肥をつくるとき、硫アンと石灰類を添加して発酵を促進させる「速成堆肥」製造の技術は、1927年（昭和２年）頃に導入された。その数年後には、硫アンと石灰の代わりに石灰窒素を使う試験がおこなわれ[1)2)]、その成果に基づいて、石灰窒素堆肥の指導が始められた。

微生物の増殖の速さが、炭素化合物と窒素化合物との比率、そして反応に左右されることは早くから明らかにされ、それが速成堆肥の製造に応用された。それまで堆肥は、農産物の増産には重要であったが、品質が悪く、取り扱いにも注意が欠けていた。すなわち、水のみを加え積み込んだ堆肥を、厩肥に近づけようという事業が進められたのである（1932年・堆肥改良増産奨励事業）。

硫アン・石灰でつくる速成堆肥は、石灰添加後、一時仮積みし、その後硫アンを加え本積みする。しかし、石灰窒素を使えば、仮積みが省略できる上、良質の堆肥が早くできることが明らかにされている。

具体的には、①石灰窒素堆肥は発酵温度が高く、持続性があり発酵が早い。②材料（稲わら、麦わらなど）の堆積容量の減少が早い。③肥料成分の含有量が高い（原料中の窒素と添加窒素の損失が少ない）。

(2)石灰窒素速成堆肥のつくり方

堆肥の材料には、落葉、野草、作物残さなども利用されるが、その種類と質により、できあがった堆肥の肥料成分が異なる。

また、モミガラ、オガクズ、樹皮なども材料として使用されるが、これらは炭素率が高く、親水性が低く、分解しにくい有機物が多い。そのため、なかなか発酵しにくいが、石灰窒素を添加すれば発酵が容易になる。特に、樹皮に家畜ふん尿を添加し発酵させる場合、そこに石灰窒素を加えると発酵がよく進むだけでなく、大腸菌群の殺菌に効果がある[3)]。温度の上がりにくい秋冬期に積み込む場合には、添加が望まれる。

石灰窒素と微生物資材の効果の比較、両者の併用効果については、現在も研究が進んでいるが、石灰窒素を使用すれば、微生物資材を使用する必要はないとされている。

速成堆肥をつくるには、水分、空気、反応、温度（保温）、炭素率（有機物中の炭素と窒素の比率）に留意しなければならない。

水分は有機物に十分に吸収させる。反応は中性くらいだが、発酵が始まると酸性に傾く。空気は好気性に保つように、しかし温度を逃がさないようにする。水分、空気、温度は、それぞれお互いに関連があり、有機物の量と積み上げる体積で調整するとよい。

炭素率は有機物の種類によって大きく異なるが、石灰窒素を添加し20～30にするのがよい。しかし，有機物によって添加量が多くなる場合には、

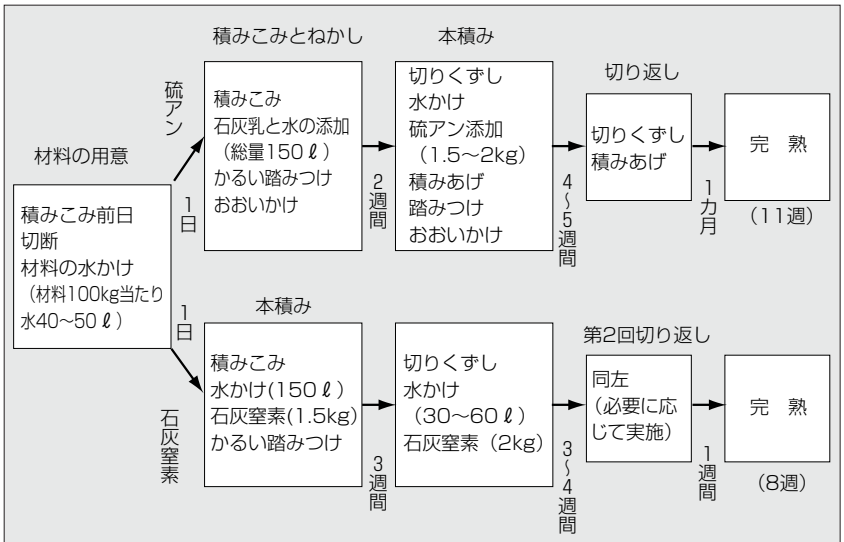
〔参考文献〕
1）
坂井信行
堆肥の発酵促進法に関する試験成績
埼玉県農業試験場特別報告第３号(1932.3)

2）
長谷川精作
石灰窒素堆肥に関する一・二の考察
土肥誌8,4(1934)

3）
酒井亨ら
石灰窒素利用による牛ふん堆肥中の大腸菌群の制御
長野県農林研究財団（1997）

石灰窒素のほか鶏ふんや厩肥なども使用するとよい。

速成堆肥の標準的なつくり方を図－１に示すが、石灰窒素堆肥と硫アン堆肥の完熟までに要する期間が異なることが明らかにされている[1)4)]。



図－１　速成堆肥づくりの過程[4)]（材料100kg当たり）

4）
橋元秀教
有機物の利用（土づくり講座）
（社）農文協（1976.6.20 ）

2.稲わらのすき込みと石灰窒素

（１）土中堆肥に石灰窒素

一般に稲わらは、堆肥として耕地に戻していたが、1965年（昭和40年）頃からコンバインが急速に普及すると、切断された稲わらが、そのまま水田に散布されるようになった。一部の温暖地では、稲わらをそのまま戻す例もあるが、東北地方をはじめ多くの水田では、これで堆肥と等しい効果をあげなければならず、そのため土中堆肥の方法が採り入れられた。

すなわち、稲刈り後稲わらの上に、10ａ当たり10～20kgの石灰窒素を均一に散布しすき込む、という方法が基本となった。

この方法については、多くの県農業試験場で長期間にわたり試験が実施されており、現在も続けられている。

水稲に対する有機物と土壌改良資材との併用効果

山形県農業試験場庄内支場 上野正夫

（「石灰窒素だよりNo112 」＊ 1980.7より引用）

＊「石灰窒素だより」
１９５５年（昭和３０年）に創刊した日本石灰窒素工業会のＰＲ雑誌。現在、通巻１３６号、Ａ５判で年１～２回発行。

1）はじめに

水稲は地力依存の高い作物で、吸収した窒素のうち約70％を土壌窒素に依存しており、米の収量の高い地帯は、共通して窒素肥沃度の高いことが明らかにされている。

水田土壌の窒素肥沃度の根源は、土壌中の良質腐植であり、施用された粗大有機物は土壌中で分解の過程を経て腐植が集積するが、その量は有機物施用量と分解率で決定される。したがって、長年有機物が施されない場合は、腐植の分解が進み、その結果地力が低下し、特に異常気象年次で作況が不安定になる場合が多い。

近年、水田に施用される有機物は収穫機械作業との関連から、従来の堆肥施用に代わって稲わら還元が主流になってきている。

山形県農試庄内支場では、このような情勢の変化に対応すべく、寒冷地における稲作安定にとって、地力増強の重要性を明らかにするために、1972年（昭和47年）から1979年（昭和54年）まで有機物（堆肥・稲わら）および土壌改良資材の連用試験をおこない、跡地土壌の理化学性の面からも解析を加えるとともに、稲わら施用における基本技術を明らかにしたので、その概要について述べてみたい。

2) 試験方法

①試験年次　1972年～1979年（昭和47～54年）（８カ年）

②試験場所　山形県農試　庄内支場

③供試条件

土壌型／強グライ土壌　粘土還元型

品　種／ササニシキ　成苗移植19.7株／m^2　１株３本植

④試験区の構成（表 ①）

表①　試験区の構成（kg／ａ）

区名	項目	堆肥	稲わら	石灰窒素	ケイカル	ようりん
1	無施用					
2	堆肥　1トン　資材	100			15	3
3	堆肥　1トン	100				
4	堆肥　3トン　資材	300			15	3
5	堆肥　3トン	300				
6	稲わら 0.5トン　資材		50	2	15	3
7	稲わら 0.5トン		50			
8	稲わら 0.75トン　資材		75	3	15	3
9	稲わら 0.75トン		75			
10	ケイカル・ようりん隔年施用				15	3
11	ケイカル・ようりん連年施用				15	3
12	ケイカル・ようりん多施用				45	9

1．本田施肥量（各区共通）窒素・リン酸・カリとも0.8 kg／ａ　ただし窒素・カリは分割施肥、リン酸は全量基肥
2．４・５区の堆肥は、1972・73年度（47・48年度）は150 kg施用
3．10区のケイカル・ようりんは1972、74、78年度（47、49、53年度）施用

表②　玄米収量の経年変化

区名	項目	収量指数（無施用区対比）								8カ年平均値
		72年	73年	74年	75年	76年	77年	78年	79年	
1	無施用	100 (54.3)	100 (51.9)	100 (56.4)	100 (59.5)	100 (53.5)	100 (68.5)	100 (59.7)	100 (55.4)	100 (57.4)
2	堆肥　1トン　資材	107	108	112	116	106	109	106	115	110
3	堆肥　1トン	103	104	104	105	101	104	102	102	103
4	堆肥　3トン　資材	105	107	114	109	103	109	107	116	109
5	堆肥　3トン	100	102	114	113	102	104	103	101	105
6	稲わら　0.5トン　資材	104	106	118	112	107	113	110	117	111
7	稲わら　0.5トン	102	100	105	103	99	104	103	101	102
8	稲わら　0.75トン　資材	112	110	116	115	103	112	112	119	112
9	稲わら　0.75トン	96	103	113	105	99	105	102	109	104
10	ケイカル・ようりん隔年施用	105	106	109	104	107	105	109	110	107
11	ケイカル・ようりん連年施用	105	112	107	116	109	107	106	114	110
12	ケイカル・ようりん多施用	105	115	104	108	106	106	105	116	109

3) 試験結果

①有機物（堆肥・稲わら）と土壌改良資材併用による増収効果

玄米収量の径年変化は表②に示したように有機物連用による増収効果は明らかで、増収率（無施用区対比８カ年平均値）は、堆肥１トンで３％、堆肥３トンで５％。稲わら単用（0.5 トン、0.75トン）では0.75トン区のみ初年目に減収したが、その後、連用施用することにより障害が軽減され、３～４％の増収効果が認められた。

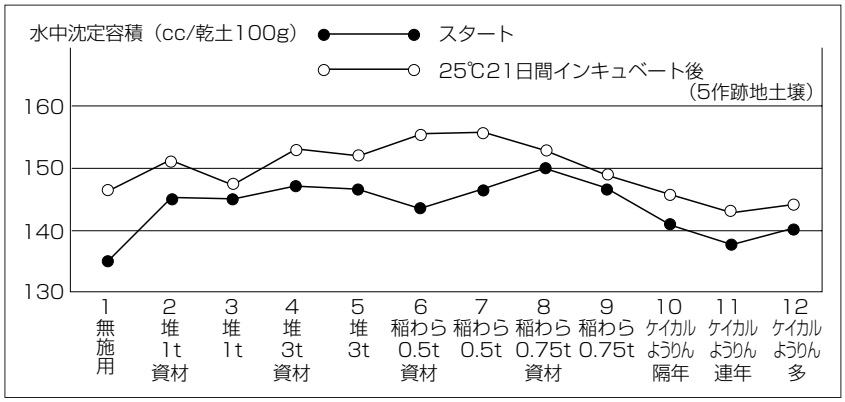
さらに、有機物に土壌改良資材を併用した場合の効果は極めて高く、堆肥、稲わらとも10％程度増収し、土壌改良資材の施用効果は堆肥よりも稲わらで高い傾向であった。

②有機物および土壌改良資材連用による土壌理化学性の変化

（ア）土壌理学性について

５作経過跡土壌の三相分布、土壌の貫入抵抗をみると無施用区や土壌改良資材単用区では固相率が高く、土壌がしまっており、貫入抵抗も高い傾向にあった。

それに対して、有機物施用区は、明らかに土壌が膨軟で、孔隙率が高く、特に液相が高い傾向にあった。そのため、貫入抵抗も表面（0 ～10cm）で低い値を示した。このような傾向は水中沈定容積、水分当量をみても有機物施用区と有機物無施用区との差が判然としており、いずれも有機物施用区で明らかに高い傾向を示し、有機物が土壌を膨軟にするとともに、水分保持力を高めるために重要な役割を果たしている（図①）。



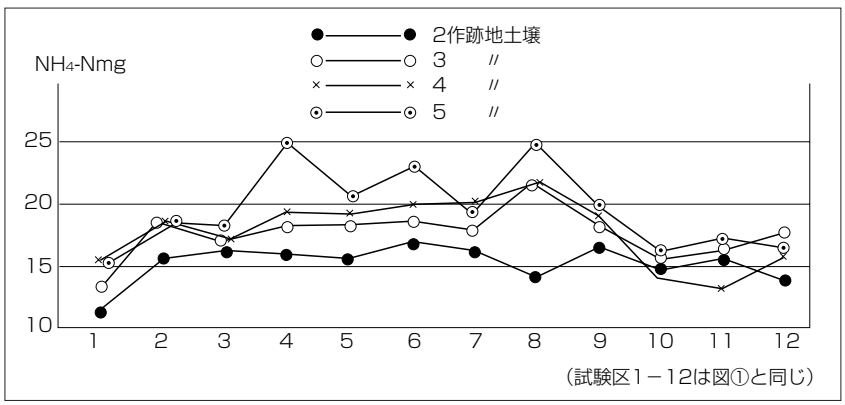
図①　水中沈定容積

（イ）土壌化学性について

作付跡地土壌化学性の径年変化をみると、全炭素（Ｔ－Ｃ）、全窒素（Ｔ－Ｎ）、湛水培養によって生成するアンモニア態窒素（NH_4－Ｎ）など窒素的地力は、有機物施用区が有機物無施用区に比較して、明らかに高い傾向が見られ、経年的に富化量が増大している。特に、有機物と土壌改良資材併用区で著しい（図②）。

また、置換性塩基や可給態珪酸などは、土壌改良資材（ケイカル、ようりん）の影響を強くうけ、土壌改良資材施用区で高く経年的に増大している。なお、腐植の形態は、稲わらと堆肥区では、ＰＱ（腐植酸の占める割合）をみても大きな差がなく、フルボ酸の集積にも差が認められなかった。

以上のことから、有機物の連年施用は、土壌肥沃度（特に窒素肥沃度）を向上させるとともに、土壌の機能的性格を高める上でも重要である。一



図②　作付跡地土壌のアンモニア態窒素発生経年変化
（インキュベート・風乾土30℃）

表③　稲わらと堆肥の組成
（庄内支場　1972年）

	T−C (%)	T−N (%)	C/N
稲わら	41.0	0.50	82.0
堆肥	36.2	1.39	26.0

方、土壌改良資材の効果は単用だけでも増収に結びつくが、跡地土壌をみると、塩基やケイ酸などの富化は著しいものの、土壌の窒素的地力や物理性の面で問題があり、地力を維持向上させ、収量に結びつけるためには、有機物＋土壌改良資材の併用が重要である。

（ウ）寒冷地における稲わら施用の問題と対策について

稲わらと堆肥の組成は表③に示したように、稲わらは堆肥に比較してＴ－Ｃが高く、Ｔ－Ｎが低いため炭素率（Ｃ／Ｎ）が明らかに高い。

このように稲わらにはまだ分解されない炭水化物が多く含まれている。そのため、稲わら施用にあたっては、いかに、春先までに稲わらの腐熟促進をはかるかが重要な課題である。

既往の結果では、稲わらの腐熟促進のためには、石灰窒素を添加し、秋耕することがもっとも効果的だった。この稲わら分解促進のための窒素源として、石灰窒素がすぐれている理由は、東北農試の木下部長が「石灰窒素だより111 号」で述べられていたように、石灰窒素が石灰分を含有しアルカリ性のため、微生物の活動を盛んにすること、石灰窒素が徐々に分解するため、微生物に吸収利用されやすいこと、さらに稲わらに石灰窒素がよく付着するためと考えられる。

4) 考察

稲わら施用による水稲生育収量への影響は、前述した８カ年の連用試験の結果からわかるように、稲わら施用初年目には、特に施用量が多くて土壌改良資材無施用の場合には、稲が黄化し、初期生育の抑制が明らかである。これは初期生育の段階でNH_4－Ｎの有機化過程が進行し、窒素飢餓を呈しやすいこと。さらに稲わらの分解に伴い還元状態が発達し、有機酸や水に溶けやすい二価鉄の濃度が高まり、根系障害をうけやすいためと考えられる。

ただし、生育中期以降は有機化より無機化が優るようになり、水稲の生育は急速に回復してくるが、収量的には、初期の抑制生育が大きすぎて減収に結びつく場合が多い。

しかし、その後、さらに連年施用することにより障害は軽減され、明らかに増収効果が認められ、収量水準は堆肥と同等であった。

この稲わらの連用効果については、連用により、稲わらの分解に関与する微生物の活性が高まるとともに、土壌の窒素肥沃度の向上によるところが大きい。一方、稲わらに土壌改良資材を併用すれば、初年目でも、初期の生育抑制が見られず、明らかに増収効果が認められた。

以上のことから、平坦部における稲わら施用に関しては、全量秋散布とし、連年施用と土壌改良資材（石灰窒素・ようりん・ケイカル）の併用が重要であり、稲わらの分解過程で起こる異常還元、有機酸などの有害物質の除去のためにも、水管理・作溝などの管理技術の徹底が基本技術と考えられる。

なお、中山間、冷水掛り地帯では、稲わら施用は避け、完熟堆肥の施用が望ましい。しかし、現実的には、コンバインの導入とともに一部で稲わら施用がおこなわれている。そのため、こうした不良環境地帯で、稲わら施用による障害を少しでも軽減するためには、上記基本技術とともに、初期生育の早期確保としての苗質強化（乾物重が高く、窒素濃度の高い苗）が必須条件である。

稲わらの連用・連年焼却が
水稲の収量に及ぼす影響

宮城県古川農業試験場 塩島光洲

（「石灰窒素だよりNo115」 1982.2 より引用）

1）はじめに

水稲の機械化栽培体系が生んだ省略技術のなかで最も好ましくない現象であるわら焼きは、未だに各所で見受けられる。また、年々増加傾向にある稲わら施用についても、透水性のよい乾田で石灰窒素の添加、秋すき込みなどの技術的条件をととのえて実施することが基本である。しかし、必ずしもこの条件は守られていない場合がかなりある。

ところで実際問題として、毎年、わら焼きや、わら施用を繰り返した場合に収量はどうなるのかが非常に興味ある問題である。古川農試では、昭和48年から既に昨年まで８年間、これらの問題について試験を実施しており、なお、本年も継続中であるが、昨年まで８年間の収量動向についてとりまとめた結果の大要を述べて参考にする。

２）試験方法

試験区の構成は表①に示したとおりで、耕種条件は稚苗の機械移植栽培法により実施した。供試品種は1973～75年（昭和48～50年）の３年間はササニシキ、1976年（昭和51年）以降はトヨニシキを用いている。水田の条件は透水性の極めて不良な湿田タイプであって細粒強グライ土（田川統）に属し、強還元状態を招きやすく、稲わらの施用には不適な立地と土壌である。

３）試験結果

表②に1973年（昭和48年）以降1980年（昭和55年）までの年次別わら重、玄米重と玄米の収量指数（対堆肥区）を一括して掲げた。

この表から明らかな点を2、3指摘してみよう。

①わら単用区の収量は8年間を通じて一度も堆肥区を越えたことがない。

②わら＋石灰窒素区では、8カ年の平均収量が堆肥区と全く同等であるが、年次間の増減が大きくやや安定性を欠いている。なお、わら収量が高く、指数115 を示しており、このためもみ／わらは82で各区間で最低となっている。したがって、もみ／わら比を高めるための対策として生育調整技術

表 ①　試験区と各区の内容

区　　名	施用方法と量（kg/a）	
1. 堆肥区	100	春散布、直後耕起
2. 稲わら区	60	秋散布、直後耕起
3. 稲わら＋石灰窒素区	60＋2	秋散布、直後耕起
4. 稲わら焼却区	60	秋散布、同日焼却

	基肥（成分g/a）			N追肥（g/a）
	N	P_2O_5	K_2O	
本田施肥法	500	750	583	減数分裂期 150

表② わら及び玄米収量の年次動向（kg／a）

年次＼区名		堆肥 わら重	堆肥 玄米重	堆肥 玄米重比	わら わら重	わら 玄米重	わら 玄米重比	わら＋石灰窒素 わら重	わら＋石灰窒素 玄米重	わら＋石灰窒素 玄米重比	わら焼却 わら重	わら焼却 玄米重	わら焼却 玄米重比
ササニシキ	1973	58.2	55.4	(%) 100	59.1	51.9	(%) 94	71.3	55.8	(%) 101	60.8	54.1	(%) 98
	1974	47.7	50.1	100	48.9	48.5	96	53.4	47.1	93	43.8	44.6	88
	1975	61.3	57.3	100	58.3	55.4	96	69.1	57.7	101	56.7	56.5	99
S平均		55.7	54.3	100	55.4	51.9	96	64.7	53.5	98	53.8	51.7	95
トヨニシキ	1976	60.9	58.4	100	57.3	54.7	94	69.9	64.0	110	59.7	58.5	100
	1977	61.6	56.0	100	42.7	45.0	80	56.8	53.4	95	50.2	51.4	92
	1978	59.2	58.1	100	56.6	53.1	91	71.7	63.8	110	60.7	53.9	93
	1979	64.3	65.0	100	65.8	62.8	97	73.0	65.8	101	60.3	60.7	93
	1980	63.9	45.3	100	80.5	41.9	92	83.1	40.8	90	60.5	44.3	98
T平均		62.0	56.6	100	60.6	51.5	91	70.9	57.6	102	58.3	53.8	95
ST平均		58.9	55.5	100	58.0	51.7	94	67.8	55.6	100	56.1	52.8	95
もみ/わら比（%）		94			89			82			94		

表③ 作柄の豊不作年次における玄米重の比較（kg／a）

年次＼区名	堆肥 玄米重	堆肥 収量比	わら 玄米重	わら 収量比	わら＋石灰窒素 玄米重	わら＋石灰窒素 収量比	わら焼却 玄米重	わら焼却 収量比
① 豊作年次	60.1	(%) 100	57.1	(%) 95.0	62.4	(%) 103.8	57.0	(%) 94.8
② 不作年次	51.3	100	48.4	94.3	50.6	98.6	49.1	95.7
③ 平年作年次	55.7	100	48.5	87.0	54.6	98.0	52.8	94.7

① 1975、78、79年（昭和50、53、54年）平均作況指数 108.3
② 1974、76、80年（昭和49、51、55年）平均作況指数 87.7
③ 1973、77年（昭和48、52年）平均作況指数 99.0
宮城県北部地域の作況指数による

を導入し、転流を促すような工夫が大切である。

③わらの連年焼却区においては、8カ年の平均で堆肥区に比べて5%の玄米収量減を示している。前半の4年間は1～2%の減収に止まっているが、5年目の1977年（昭和52年）以降は、異常気象年次であった1980年（昭和55年）をのぞいて7～8%の収量減となった。また、わら収量も玄米収量と同等に5%の減で、明らかに基本栄養成長量の不足をうかがうことができる。

次に方策・不作年次間における玄米収量を平年作年次及び堆肥区と対比してみると、

（ア）わら＋石灰窒素区の収量は豊作年次には堆肥区より3.8 %の玄米収量増 となり、不作年次においては僅かに1. 4 %の収量減に過ぎない。

（イ）わら単用及びわら焼却両区の収量は、豊作年、不作年次を問わず堆肥区より約５%の減収となっている。

（ウ）わら単用区、わら石灰窒素区は、堆肥区及びわら焼却の両区に比べて豊作年次における収量指数が高い。

4）要約

透水性の不良な低湿重粘土水田において、堆肥区を対照として、稲わら単用区、稲わら＋石灰窒素区、稲わら連年焼却区を設定し、収量の年次動向（1973～80）について解析検討を加えた。

（ア）8年間の平均玄米収量は、わら単用区、わら連年焼却区の両区ともに6～5％の減収を示したが、石灰窒素添加区の収量は堆肥区と全く同等であった。
（イ）作況の豊不作年次間で各区収量を比較すると、豊作年、不作年次ともにわら連用、わら焼却両区では堆肥区より４～５％の玄米重減であった。これに対しわら＋石灰窒素区の収量は、豊作年次には堆肥区より3.8 ％の増収、不作年次でもわずかに1.4 ％の減収に止まった。

５）あとがき

石灰窒素添加、秋すき込みの稲わら施用は、低湿重粘土水田においても好結果を得ているが、その生育相は過剰型で不安定性が認められる。したがって、試験開始４年目以後はトヨニシキに供試品種を切り換えて試験を継続している。湿田条件下でのササニシキ作りは、良質堆肥を基本とすべきであろう。

一方、稲わらを連年焼いて捨てることは、単に地力を損耗するだけでなく、毎年米作収入の5％ずつ同時に捨てていることになる。仮にこの５％の損失分を積み立てたとすると、概算では10年間で９作分の米作収入になり、１作分は収穫皆無であったことになる。

この試験はなお継続し、水稲の生育や収量、地力の変化などいろいろな角度から検討と解析を深めていく計画である。
（みやぎ・農業試験研究だより第38号より）

（２）懸念される地力の低下

以前は「稲は地力で穫る」といわれ、多くの収穫をあげるために、多量の堆きゅう肥を投入するのが習わしであった。しかし、近年は、堆きゅう肥をつくる労力の不足で、投入量は急速に減少し、地力の減退が危惧されている。これを水稲の窒素の吸収量で試算すると、次のようになる。

玄米を10ａ当たり600 kg収穫した場合、その稲は窒素を約13kg吸収する。これを肥料と地力（堆きゅう肥）で与えなければならない。水稲は窒素を50％強地力から吸収するので、残りの約７kgに相当する量を堆きゅう肥で与える必要がある。窒素を0.7 ％含む堆きゅう肥を使用するとすれば、1,000 kgが必要となり、収穫した稲わらは全量それに用いなければならない計算となる。このように、地力は急には落ちないが、落ちた地力を元に戻すのはそれ以上の期間を要する。地力からの窒素と化学肥料の窒素を、お互いに代替するのはむずかしいのである。

なお、稲わらの嫌気的な分解によるメタンガスの発生を抑えるためには、田植え前に稲わらを好気的に分解させ、炭素の炭酸ガス化を進めておく必要がある[5]。このためにも石灰窒素の添加が必要であり、地球規模の環境保全のためにも重要である。

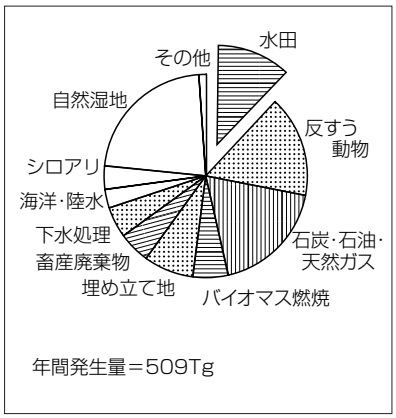
５）
三浦吉則ら
耕地土壌の生態系調査機能を生かした土壌管理技術の確立（第３報）
日本土壌肥料学会講演要旨集（1994）

水田からメタンの発生をおさえる有機物管理技術

理にかなった稲わら＋石灰窒素の秋すき込み

福島県農業試験場農芸化学部 三浦吉則

（「石灰窒素だよりNo130」1995.3 より引用）



図①　大気中のメタンの発生源

◎水田も主要な発生源のひとつ

メタンの発生源を図①に示した。これらの発生源から年間約500 ×1012 gのメタンが大気中へ放出されている。

そのうち、水田からのメタンの発生量は、全体の12%に相当する60×1012 gと試算されており、主要な発生源のひとつとみられている。したがって、メタンの発生を軽減する技術を確立することが急がれている。

◎稲のからだは重要な発生経路

メタンは土壌中では、酸素が極めて少ない条件で、微生物の働きによって生成される。したがって、水田は湛水することで、土壌が還元状態に陥り、メタンはその状態のもっとも強まった環境で生成される。

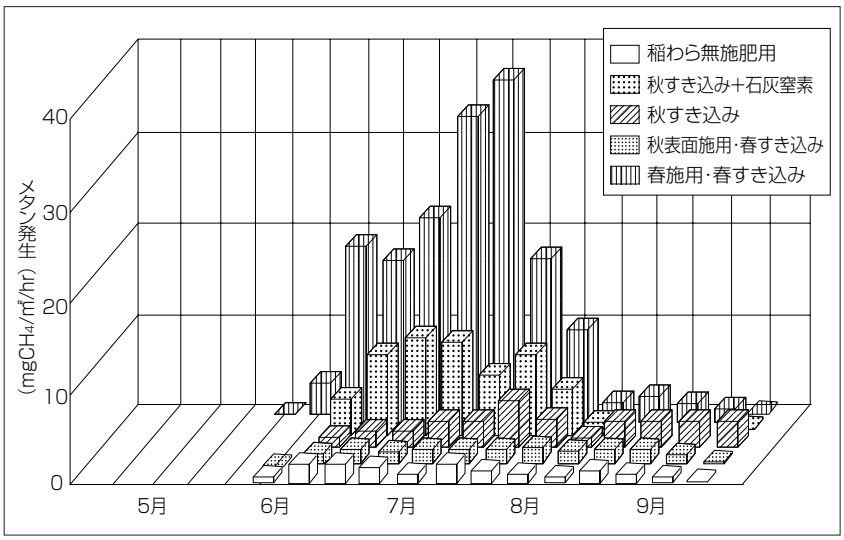
水田土壌中で生成されたメタンは、三つの発生のしかたがあり、泡の状態か、田面水を通しての拡散か、水稲体を通るかで大気中へ放出している。

特に、発生するメタンの約９割が水稲体を経由していることから、水稲体は重要なメタン発生経路である。

表①　稲わらの腐熟度

区名	乾物率（%）	全炭素（%）	全窒素（%）	C/N	灰分（%）
秋すき込み＋石灰窒素	68	22.8	0.896	25.4	50.0
秋すき込み	70	21.2	0.823	25.8	51.3
秋表面施用・春すき込み	81	34.2	0.790	43.3	83.2
春施用・春すき込み	100	36.3	0.546	66.5	85.3

注：調査は網袋に稲わらを入れて実施した。網袋の埋め込みは、1992年（平成4年）４年11月18日におこない、網袋の採取は、1993年（平成5年）４月15日におこなった。
春施用・春すき込みについては、供試した稲わらの値である。



図②　稲わらのすき込み法とメタン発生の季節変動

◎腐熟した有機物は発生が少ない

有機物土壌への供給は、地力維持の点から欠かすことのできないものである。ただ、メタンの発生は、有機物の影響を大きく受ける。例えば、稲わらのような新鮮有機物の施用は、メタンの発生を非常に増大させるが、一方、腐熟した堆肥の施用による増大効果は小さい。

これは、有機物の量のみならず質が大きくかかわっていることを示している。したがって、水田からメタンを出さない工夫として、施用する有機物をあらかじめ腐熟させるような管理方法を考える必要がある。

◎石灰窒素の腐熟促進効果を確認

稲わらの腐熟方法として、まず考えられるのは堆肥化であろう。しかし、堆肥化にあたっては、わらを集め、積み込み、切り返し、散布と農家の作業労力の点から大変である。

となると、稲わらを腐熟させる方法として、土壌へのすき込みが考えられる。わらの腐熟促進法として、すき込みについてはすでに多くのデータからその効果は認められている。

そこで、メタンの発生も抑制する可能性が考えられたことから、稲わらのすき込み時期や腐熟促進剤として石灰窒素を添加する効果を確認した。

試験区として、①稲わら無施用区、②秋すき込み＋石灰窒素区、③秋すき込み区、④秋表面施用・春すき込み区、⑤春施用・春すき込み区（現場では実際におこなってはいないが）を設定し、平成４年に福島農試内の圃場で実施した。

稲わらは、600 kg／10 a 相当量を15～20cmに切断し、圃場に均一になるように施用した。稲わらのすき込みは、秋期11月18日、春期４月19日にロータリー（耕深13cm) で作業した。石灰窒素は、秋すき込み処理日に５kg Ｎ／10 a 相当量を施用した。

メタンの発生の測定には、まず60×60×100 cmのポリカーボネイト製透明の無底箱を湛水した水田に水稲とともにかぶせ、一定時間内の箱内のメタン濃度の上昇率から発生割合を算出した。

春、湛水時の稲わらの腐熟度を表①に示した。乾物率やＣ／Ｎ比、灰分から、秋すき込みをすることにより腐熟度が高まり、石灰窒素を添加することでさらにその効果は高まった。

次に、水田からのメタンの発生について、季節変動の結果を図②に示した。すると、春すき込み区に比べ、秋すき込み区のメタンの発生量が少なく、石灰窒素を併用することにより、さらにメタンの発生量は少なくなった。

水稲栽培期間中の総発生量でみると、秋表面施用・春すき込み区は、春施用・春すき込み区に比べ約60％減少した。また、秋すき込み区は春施

表②　水稲栽培期間中の総メタン発生量（ｇCH_4/㎡）

	稲わら無施用	秋すき込み＋石灰窒素	秋すき込み	秋表面施用＋春すき込み	春施用・春すき込み
6/11～7/8	1.14	0.82	0.96	4.68	12.41
7/9～8/11	1.09	1.46	3.00	5.31	16.89
8/12～9/14	0.58	1.05	2.23	0.91	1.00
計	2.81(−91)＊	3.33(−89)＊	6.19(−80)＊	10.89(−64)＊	30.30(0)＊

＊春施用・春すき込み区の値に対する減少割合（%）

用・春すき込み区に比べ約80％減少し、さらに石灰窒素を併用することにより約90％減少した（表②）。

このことから、稲わらを秋のなるべく早い時期に石灰窒素を併用してすき込むことにより、稲わらの腐熟を促進させ、メタンの発生を軽減させるのにも有効であることが明らかになった。

◎稲にもやさしく環境にもやさしい

石灰窒素を併用した秋すき込み処理は、稲わらのような新鮮有機物の施用による窒素の取り込みや土壌の異常還元を回避する技術として、農家がこれまでおこなっている重要な有機物管理法のひとつである。

近年、地球環境への関心が高まり、メタンの研究が進むなかで、これまでの稲作技術がメタンの発生を抑制する優れた効果を示すことが明らかになってきた。

例えば、秋すき込み以外にも中干しや間断灌漑などの水管理、含鉄資材の施用などである。それらは本来、健全な稲の成長をうながす技術である。

これからの農業には、生産性や品質のみならず、環境や生産効率の問題もあわせて考えていく必要があるだろう。これからますます栽培の大規模化が進み、コンバインが導入され、稲わらを圃場に刈り捨てにするケースが増えていくと思われる。

このようなことから、石灰窒素を加えた秋すき込み処理は、稲にもやさしく環境にもやさしい有機物管理技術として、今後さらに農業現場へ普及することが期待される。

3.コンバインソーワの開発と中止

（1）実用化試験の開始

農林水産省の企画により、稲わらのすき込みに石灰窒素を添加する方法を普及推進するため、稲刈りと同時に石灰窒素を散布する機械を試作し実用化する事業が、栃木県農業試験場で３年にわたり実施された（高能率地力増進技術実用化促進事業　昭和61～63年）。

この装置は、自脱コンバインの後部に石灰窒素の貯留タンクと繰り出し散布機を搭載したもので、「コンバインソーワ」と命名された。

刈り取ったわらを切断して散布し、その上に石灰窒素を散布するものである。実験の結果、所定量がむらなく散布でき、周辺への飛散も少なく、収穫物の汚染もきわめて少なく、品質にはまったく影響のないことが明らかにされた[6]。

6）
農産業振興奨励会
高能率地力増進技術実用化報告書（1989.3）

（2）実用化を断念

実用化が期待され、試作機よる散布試験と公開運転が、岩手県、宮城県、山形県、栃木県でおこなわれたが、市場に受け入れられず、製造を断念せざるを得なかった。

これは、土づくりの重要性は理解していても、多忙な時期に一つの機械に、刈り取り、切断、稲わらの散布、石灰窒素の散布という多目的の作業を負担させることが困難で、籾の収納を優先せざるえないこと。それにもまして、米価の低下による土づくりに対する意欲の減退が理由に挙げられる。

しかしながら、この種の機械は、大規模農家には必要と考えられる。ちなみに、この機械の原型は山形県尾花沢市高橋亮夫氏の「ワラ混サー」という装置である。高橋氏は早くからこの装置を考案・製作し、個人的に実用化していた。また、これとはまったく別に、石川県辰口町の大規模農家和多昇氏も考案し、実用化している。ちなみにお二人とも、国からの発明賞を取得しておられ、本装置の必要性が高いことが証明されている。

後年、あらためてコンバインソーワの実用化を期待したい。

4.汚泥・生ゴミ処理

（1）汚泥の堆肥利用

肥料取締法が改正され、汚泥は、肥料あるいは堆肥として農地に還元する量が増えている。

農業集落の排水処理で発生する汚泥は、①取り扱いにくい、②汚物感がある、③重金属を含んでいる、など農地に戻すには難点がいくつかあり、それを解決する方法が検討されている。

その一つは、堆肥化である。堆肥材料の稲わら・麦わら・籾がらに、液状の汚泥を添加し堆肥化するときに、石灰窒素を材料の２％ぐらいを加え積み込むと、汚物感が減り、発酵が進む[7]。このようにしてできた汚泥堆肥の肥料成分は、普通堆肥に比べて窒素とカリはやや低いが、リンは高い傾向がみられる。そして、その効果は普通堆肥とほぼ同等である。なお、汚泥堆肥は重金属濃度が高いので、蓄積を防ぐため、連用は避けることが望ましい。

さらに、汚泥と酸化カルシウムを混合して粒状にすることも進められている。この処理にも、一部に石灰窒素を加え汚泥感を抑える方法が検討されている。

7）
茨城県農業総合センター農業研究所研究報告
農業集落排水処理汚泥の農業利用に関する研究
第１報「生汚泥の土壌施用が作物及び土壌に及ぼす影響」
茨城農研研報　4（1997）
第２報「汚泥の堆肥化と汚泥堆肥施用が作物及び土壌に及ぼす影響」
茨城農研研報　5（1998）

（2）家庭生ゴミ、落下リンゴの堆肥化

家庭から排出される生ゴミの処理は、庭に穴を掘って入れたり、そこをコンポスター（釣鐘型のプラスチック容器）で覆って堆肥にし、家庭菜園に利用されている。この際にも、石灰窒素を少量散布しておけば、ウジ虫の発生を抑え、腐熟が早められる。

長野県では、台風などで落下したリンゴは、自園内にすき込む方法が取られている。この場合、石灰窒素で炭素率を25ぐらいにして、窒素飢餓を防ぐよう指導されている。なお、リンゴの量は、10ａ当たり3.5 トン程度以下とされている。

5.家畜・家禽のふん尿に対する添加効果

（1）家畜ふん尿の消臭効果

家畜ふん尿は、堆肥の原料として使用されてきたが、1960年（昭和35年）頃から、畜産経営が大規模になり、排泄されるふん尿の取り扱いが問題になり始めた。すなわち、悪臭とハエの対策である。

当時、農家では、鶏ふんと石灰窒素を併用したり、魚粕を乾燥させる（取り扱いの簡便化）のに石灰窒素を混ぜることが、慣行となっていた。そこで、鶏ふんと石灰窒素をあらかじめ混合し使用したところ、よく乾燥し、悪臭も消えたので、あらためて愛知・三重両県のほか、いくつかの県関係機関で試験を実施した[8]。

その結果、石灰窒素の畜産公害に対する効果が認められ、いくつかの市町村、養鶏組合では補助金が交付された。1970年（昭和45年）、「廃棄物の処理および清掃に関する法律」にもとづいて、家畜ふん尿を市街化地域で肥料として使用する場合は、石灰窒素などで化学処理するよう求められている。

8）
愛知県江南農業改良普及所
家畜排泄物の処理とその利用（1972.1）

（2）ハエの除去、乾燥効果

家畜・家禽の排泄物が汚いとされる理由には、①悪臭がある、②ハエやウジなど衛生害虫が多発している、③流動性（どろどろしている）なので取り扱いが面倒、などがある。これらは、嫌気性微生物の増殖によってもたらされるものだが、石灰窒素を添加すれば、すべてに対し効果があり、ふんの乾燥効率も高まる。こうした効果について、農家の聞き取り調査の結果をまとめた[8]。

・石灰窒素は、ふんの量の1～4％を散布する。細かい使い方は使用者によって異なり、季節や畜舎の立地、環境（通風、日照）によっても散布の回数・量が異なっており、1％以下の散布量で効果をあげている例もある。
・石灰窒素の毒性は低く、一回の散布量も少ないので、家畜・家禽に対する影響は認められず、産卵率にも影響しない[9)10)]。

9）
伊藤寿
石灰窒素利用による鶏糞処理
五城農友（1973.5）

10）
神奈川県農業改良普及事業協議会
石灰窒素散布による鶏ふん処理
実証試験成績書（1972.10）

（3）ふん尿に1～2％添加

青森県では、家畜畜産物衛生指導協会により、次のように指導されている（1979年）。

①畜舎周辺に衛生害虫の発生抑制剤（石灰窒素）を定期的に散布する。
②すべての排泄物は落ちこぼれなく堆肥場に集積する。……石灰窒素を接地部に30cmの幅で表面が灰黒色になる程度（m^2当たり約50ｇ）散布する。……散布は春から冬にかけて10日ごと、早春・秋は15日ごとを目安とする。

なお、ハエの防除効果を、石灰窒素と他の薬剤（ＩＧＲＸ剤成長抑制剤）と比較すると、効果・価格ともに石灰窒素がよい結果を得ている。

6.緑肥・残さ処理

（1）緑肥作物の分解を促進

緑肥作物は、古くはレンゲ・青刈大豆などが栽培されたが、最近では緑肥作物の種類ごとの特徴を生かし、目的に合わせて品種が選択されている。そのすき込みにあたっては、分解を促進するため資材・肥料が添加されており、それぞれの効果が明らかにされている。

石灰窒素の場合は、シアナミドの殺菌効果が影響し、すき込み当初は分解がやや遅れるものの、その影響がなくなると同時に分解が急速に進み、その後は部分殺菌効果もともない、有機物の総分解量は増加する。

また、マリーゴールドなどセンチュウ類の防除に効果のある緑肥の鋤き込みに使用すると、一層効果があがる[11]。

また、緑肥作物は土壌の化学性、物理性、生物性の維持・向上のため輪作作物として採り入れられるだけでなく、景観作物としても重要になっている。

（2）作物残さによる連作障害の軽減

作物残さは、圃場の外に出すのが好ましいが、そのまますき込まれる例が多くなり、連作障害の原因になることが心配されている。実際、黄化病の発生したハクサイの残さには菌核が残されているが、外へ持ち出さず、10ａ当たり80kgの石灰窒素を菌核の形成する前に散布し、すき込めば次作の発病を抑えられる[12]。

11）
郷間光安ら
緑肥の分解について
神奈川県農総研
土壌肥料試験研究成績13号（1981.6）

12）
高橋正輝ら
被害残さの石灰窒素処理及び硝酸態窒素肥料の施用によるハクサイ黄化病の発生軽減
長野野菜花き試験場研究成果情報（1989）

資料編

作物	目的	石灰窒素施用量（kg/10a）
水稲	緩効・秋落ち防止・わら腐熟促進	10～20
麦	緩効・除草・わら腐熟促進	20～60
野菜	（基肥）緩効・酸性改良・石灰補給	40～80
	（追肥）緩効・除草	20～60
果樹	緩効・晩秋の土づくり・除草・野鼠よけ	40～80

●肥料効果の高い野菜（代表例）

■サトイモ　収量向上・耐病性向上
■ナス　樹勢増強・収量向上・品質向上
■ニンジン　収量向上・品質向上・土壌病害虫被害回避
■ネギ　収量向上・品質向上・耐病性向上
■ホウレンソウ　収量向上・品質向上・連作障害回避
■ブロッコリー　収量向上・除草
■ピーマン　収量向上

2.施肥方法並びに肥効からみた優良事例覧

1）施肥方法例

［1］不耕起直播栽培

(利点)

・耕起や整地がいらない簡便な栽培法

・播種時の作業が気象条件に制約されることが極めて少ない

1.水稲

玄米の品質の差異（岡山県農業試験場、1964）

	玄米重(kg/10a)	千粒重(g)	粒厚分布（%）					
			>2.2m/m	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7<
不耕起穴播	46.7	23.6	2.5	35.0	47.2	10.3	3.0	2.0
移植栽培	41.1	22.9	1.9	26.4	45.8	16.5	4.7	4.7

直播水稲に対する効果（岡山県農業試験場、1964）

		わら重（kg/a）	精籾重（kg/a）	玄米重（kg/a）
不耕起	石灰窒素区	68.0	60.2	48.6〔100〕
	化成区	56.6	50.3	40.2 〔83〕
耕起	石灰窒素区	68.2	57.4	46.7 〔96〕
	化成区	58.1	49.6	40.8 〔84〕

＊品種：きびよし

＊6/8播種，11/11収穫

2.大豆

大豆の不耕起直播栽培における石灰窒素の施用効果（岡山県農業試験場、1981）

	施肥量(kg/10a)	全量(kg/10a)	莢数（莢/㎡）	粗子実重(kg/10a)	子実重（比）	子実重/全重	100粒重(g)
石灰窒素	0	660	692	365	353〔100〕	0.53	27.6
	25	738	761	367	362〔103〕	0.49	28.6
	50	770	796	419	417〔118〕	0.54	28.9
	75	664	749	371	370〔105〕	0.67	29.3
硫アン	25	629	741	349	344 〔97〕	0.55	27.1

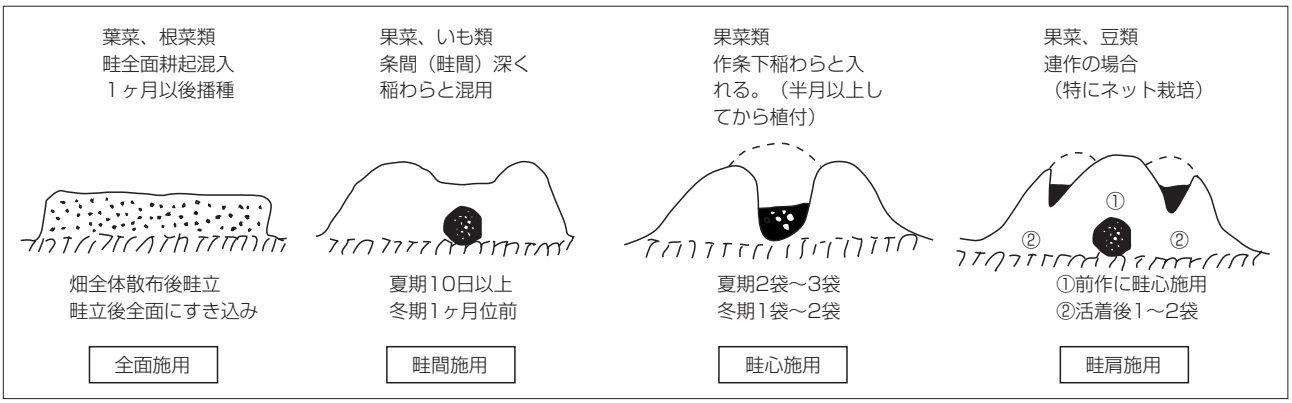
＊ビール麦跡の大豆不耕起栽培

＊品種：タマホマレ

＊播種：石灰窒素施用３日後に播種

［2］野菜への石灰窒素施肥方法

(1) 石灰窒素施肥方法



(2) キャベツ・ブロッコリー・カリフラワーへの施肥方法例

1.実施場所

兵庫県加古郡稲美町

2.利点

◎肥料効果（緩効性窒素と石灰の相乗効果）

◎除草効果

○消毒効果（害虫忌避）

○残さの腐熟促進効果

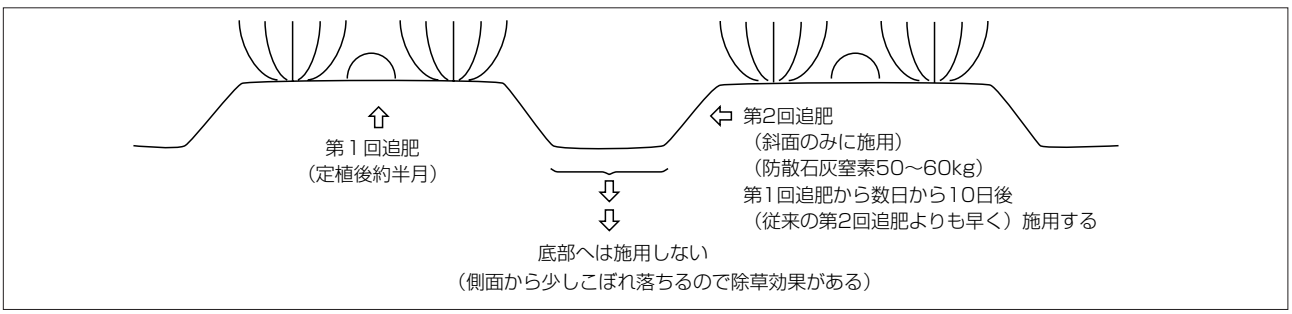
○緑色が濃くなる

3.追肥施用方法

①施肥量（例）

	N(kg/10a)	P(kg/10a)	K(kg/10a)
基肥	20	30	30
第1回追肥	10	2	10
第2回追肥	10～12	－	－
合計	40～42	32	40

②追肥の施用位置と時期



(3) ネギへの石灰窒素施肥方法例

1.実施場所

埼玉県大里郡妻沼町

農林大臣賞、埼玉県ネギ一等賞受賞、埼玉農林業賞受賞の農家

2.利点

◎窒素の緩効性と除草効果

◎肥料切れしない

○根が大きく深く入る

○緑・白が鮮やかな、しまったネギが収穫できる。

3.栽培方法

①栽培概要：

２月上旬～４月上旬播種

６月上旬～７月中旬定植

９月下旬～３月下旬収穫

②基肥：

ネギ定植の５～７日前に防散石灰窒素30kg/10aを全面散布

③追肥：

１回目は９月上旬に高度化成30kg/10a

２回目は９月下旬に高度化成60kg/10a

３回目は早出しで10月上旬に高度化成30kg/10a

遅出しで10月中旬に高度化成30kg/10a

４回目（最終）土寄せ前に防散石灰窒素40～50kg/10a畦間に施す。

施肥７日以降に土寄せするので薬害など問題なし。

④中耕・土寄せ：

早出し（10月上旬～12月中旬）は、

１回目８月中・下旬

２回目９月中・下旬

３回目９月下旬～10月中旬

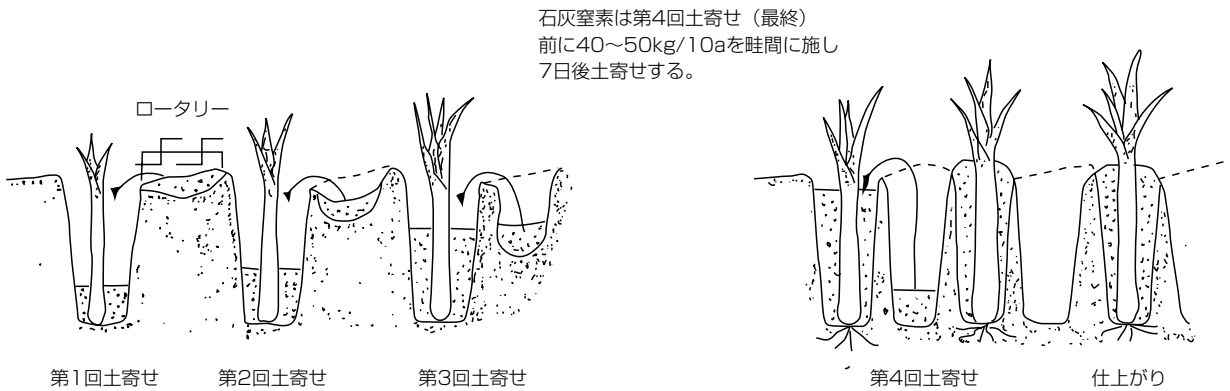
遅出し（12月中旬～３月中旬）は、

１回目９月下旬

２回目10月上旬

３回目10月中旬

４回目11月中旬



⑤中耕・土寄せ方法

2）肥効からみた優良事例

■イチゴ

［1］土づくりによる生育向上
（薬剤を使用しない環境保全型農業）

1.実施場所

宮城県本吉農業改良普及センター（1997）

2.処理方法

①品種：

女蜂

②耕種概要：

ポット育苗 仮植7/5、施肥7/24～8/18（石灰窒素7/25）
定植9/10、収穫開始12/7

③施肥設計：

	基肥（kg/10a）	成分量（基肥＋追肥）		
		N	P	K
展示区	石灰窒素 100	37.6	18.4	8
慣行区	石灰窒素　0	17.6	18.4	8

＊生もみがら1ｔ、米糠30kgを両区に施用。
＊施肥共通：基肥）堆肥、化成を同量施用
追肥）化成を同量施用

3.成績（表―1）

4.考察

1)土壌病害の発生は見られず、土壌消毒の効果が確認された。

2)開花数、結実数ともに向上したことから、土づくり効果も出ていると考えられる。

3)石灰窒素区（展示区）は、奇形果の発生割合が少なかった。

［2］緩効効果（硫アンとの比較）

1.実施場所

栃木県農業試験場（1965）

2.処理方法

①品種：

ダナー

②耕種概要：

定植10月中旬、収穫３月中旬

③施肥設計：

	施肥量（kg/10a）		
	N	P	K
石灰窒素区	20	20	20
緩効肥料区	20	20	20
硫アン区	20	20	20

＊石灰窒素は、定植5日前に植床に全面施用し、土と良く混和する。
＊ 1月中旬にﾋﾞﾆﾙ被覆およびﾏﾙﾁ実施。

3.成績

	収量（kg/10a）	収量指数
石灰窒素区	207.7	116
緩効肥料区	178.9	100
硫アン区	175.3	98

4.考察

1)石灰窒素区は、初期生育が若干遅れ気味であったが、１月中旬のビニル被覆後、生育の伸長めざましく、増収につながった。

2)石灰窒素区は、除草効果が顕著に見られた。

（表―1）

	収穫開始時生育調査								
	葉数（枚）	草高（ｃｍ）	草幅（cm）	最大葉長（ｃｍ）	葉柄長（cm）	葉幅（cm）	開花数	果房数	結実数
展示区	16.8	13.4	42.2	18.6	9.0	14.5	18.8	1.2	15.2
対照区	14.5	15.3	37.6	17.8	9.9	13.5	14.1	1.0	11.1

■キャベツ

［1］石灰窒素による追肥省力栽培

1.実施場所

兵庫県柏原農業改良普及所（1993）

2.処理方法

①品種：

グリーンボール

②耕種概要：

水田跡の露地栽培

播種7/13，基肥8/8、定植8/13、追肥２回(9/1、10/8)、

収穫10/26～11/15

③施肥設計：

	基肥（kg/10a）	追肥（kg/10a）	成分量（基肥＋追肥）		
			N	P	K
展示区	粒状石灰窒素 40	防散石灰窒素 50	45.9	39.0	27.0
対照区	粒状石灰窒素 40	石灰窒素 0	35.4	39.0	27.0

＊施肥共通：基肥）苦土石灰200 kg/10a 、BMようりん60kg/10a、園芸化成140 kg/10a
追肥）園芸化成 40kg/10a

3.成績

調査結果(10/26)

	球高（cm）	球径（cm）	球重（g）	乾物率（%）	推定収量（kg/10a）
展示区＊	15.8〔107〕	15.4〔109〕	756〔120〕	5.8 〔89〕	2892〔120〕
対照区＊	14.7〔100〕	14.1〔100〕	631〔100〕	6.5〔100〕	2414〔100〕

＊10球調査

4.考察

1)収量では、展示区の方が、球重がやや大きくなる傾向がみられた。

2)品質面では、展示区の方が、葉色が濃くなった。

3)病害虫の発生はほとんどなく、両区での差はなかった。

4)除草効果が、展示区の方で大幅に向上した。

付記：増収効果・品質向上効果が認められた。

収穫時期の遅い作型（11月以降収穫）で特に効果が大きいと思われる。

■ゴボウ

［1］石灰窒素による連作防止効果

1.試験場所

群馬県伊勢崎農業改良普及所（1990）

2.処理方法

①品種：

伊助

②耕種概要：

石灰窒素施肥12/10、播種12/20、収穫7/21～7/25

播種後畦間にマルチし、4/10までビニルトンネル被覆。

ネギ→ゴボウの輪作

③施肥設計：

	基肥	土壌消毒
試験区１	石灰窒素 100kg/10a	D-D処理 30L/10aビニル被覆
試験区２	石灰窒素 100kg/10a	なし
対照区	慣行施肥	なし

＊試験区：基肥 ）有機ペレットゴボウ専用250 kg/10a 、硫酸カリ30kg/10a、苦土重焼りん50kg/10a
対照区：基肥）有機ペレットゴボウ専用250 kg/10a 、燐硝安カリ180 kg/10a 、石灰100 kg/10a
＊追肥共通：ジシアンジアミド入り化成肥料555.8 kg/10a

3.成績

１）本数

	規格別本数（本）								合計
	L	LM	M	2M	S	2S	格外	病害	
試験区１	－	4	11	19	13	8	6	5	66
試験区２	2	4	17	13	11	－	12	3	62
対照区	－	3	18	14	10	－	11	13	69

２）重量

	規格別重量（kg）								合計
	L	LM	M	2M	S	2S	格外	病害	
試験区１	－	2.25	4.38	5.68	1.70	0.60	0.42	0.45	156.0
試験区２	1.14	2.10	6.54	2.68	1.61	－	1.58	0.35	175.8
対照区	－	1.54	6.31	3.34	1.32	－	1.32	1.82	156.5

＊1区1畦5mの長さで調査

4.考察

1) 総収量は、石灰窒素区・土壌消毒なし区（試験区２）が、最も多かった。
　２M以上の収量は、対照区に比べ石灰窒素区（試験区１・２）の方が多かった。
2) 病害（主に菌核病）の発生は、対照区に比べ石灰窒素区（試験区１・２）の方が少なかった。
3) 品質は、観察した結果、石灰窒素区（試験区１・２）は肌が白いと思われた。

■コマツナ
〔軟弱野菜における石灰窒素の連用効果〕

1.実施場所

東京都中央農業改良普及所（1984）

2.耕種概要と処理方法

	播種	試験区（kg/a）		慣行区（kg/a）	
第1作	5月26日	石灰窒素	5	高度化成（15-15-15）	6.8
		ＰＫ化成	7	ハイリンサン	1.2
第2作	6月30日	石灰窒素	11	高度化成	6.8
		ＰＫ化成	10	油かす	25.0
第3作	8月6日	石灰窒素	5	高度化成	6.8
		ＰＫ化成	7	ハイリンサン	1.2
第4作	9月7日	石灰窒素	5	高度化成	6.8
		ＰＫ化成	7	ハイリンサン	1.2
第5作	10月10日	石灰窒素	5	高度化成	6.8
		ＰＫ化成	7	ハイリンサン	1.2

3.成績

	第1作		第3作		第4作		第5作	
試験区	4232	120	5280	112	2088	91	4060	130
慣行区	3520	100	4700	100	2288	100	3120	100

（第2作は収穫済のため調査できず）
＊単位：kg/10a

4.考察

立枯病等の顕著な発生は見られなかったが、試験区は各作とも発芽率が良く、催芽効果もしくは立枯病予防効果が発揮されているものと思われる。

■サトイモ

［1］緩効効果・芽つぶれ症への効果

1.実施場所

鹿児島県笠之原営農センター（1978）

2.処理方法

①品種：

大吉

②耕種概要：

播種3/20、収穫8/30

③施肥設計：

	基肥（kg/10a）	成分量		
		N	P	K
石灰窒素区	60	12.0	20.0	0
対照区	−	17.0	11.9	9.3

＊石灰窒素区：基肥）BMようりん100kg/10a、
苦土石灰120kg/10a
対照区：基肥）鶏ふん90kg/10a、化成50kg/10a、
苦土石灰120kg/10a

3.成績

		正常イモ			芽つぶれイモ		
		個数	重量（g）	収量比	個数	重量（g）	発生率
石灰窒素区	2L	1	195		−	−	
	L	16	2100		−	−	
	M	29	2700		2	160	
	S	74	4800		1	50	
	SS	82	3000		−	−	
	外	21	350		−	−	
	計	223	13145	129	3	210	2%
対照区	2L	0	0		−	−	
	L	9	1200		3	225	
	M	27	2600		2	170	
	S	60	3770		13	900	
	SS	60	2400		2	70	
	外	13	250		−	−	
	計	169	10220	100	19	1365	13%

4.考察

収量は、石灰窒素区が約３割の増収となった。

芽つぶれ症の発生は、石灰窒素区が少なかった。

石灰窒素区のイモは、表皮の外観が良かった。

■スイートコーン

［1］石灰窒素の肥効確認

1.実施場所

宮城県園芸試験場（1995）

2.処理方法

①品種：

ピーターコーン235

②耕種概要：

施肥5/24、播種5/30、移植6/19、収穫8/21、8/28

③施肥設計：

1)土壌型４種：火山灰土壌、褐色低地土壌、褐色森林土壌、砂質土壌

2)試験区４区：CDU化成区、被覆肥料区、石灰窒素区、無窒素区

各々４区とも、堆肥量2t/10a　4t/10aを設定。

＊施肥共通：ケイ酸カリ、BMようりん、消石灰、硫マグを同量施用

3.成績

１）堆肥量2t/10a

	雌穂重（g/本）											
	火山灰			褐色低地			褐色森林			砂質		
	8/21	8/28	平均	8/21	8/28	平均	8/21	8/28	平均	8/21	8/28	平均
CDU化成区	373	324	348	362	307	334	345	352	348	191	196	194
被覆肥料区	348	343	346	378	335	356	304	353	328	228	213	221
石灰窒素区	348	318	333	368	349	359	372	332	352	276	270	273
無窒素区	259	240	249	299	342	321	161	220	191	99	68	84

２）堆肥量4t/10a

	雌穂重（g/本）											
	火山灰			褐色低地			褐色森林			砂質		
	8/21	8/28	平均	8/21	8/28	平均	8/21	8/28	平均	8/21	8/28	平均
CDU化成区	293	334	313	335	328	331	371	291	331	234	208	221
被覆肥料区	294	293	293	333	298	316	360	341	350	298	223	261
石灰窒素区	348	361	354	363	325	344	389	363	376	281	255	268
無窒素区	266	249	258	325	325	319	258	298	278	151	209	180

4.考察

施肥系列で比較すると、石灰窒素区の収量が高い傾向があった。

特に、地力の低い砂質土壌で、石灰窒素の顕著な肥効が認められた。

■セルリー

［1］石灰窒素による基肥の減肥効果（環境保全型肥培管理技術の確立）

1.実施場所

長野県野菜花き試験場（1998）

2.処理方法

①品種：

諏訪３号

②耕種概要：

基肥5/20，定植6/12，収穫8/25

③施肥設計：

	N(kg/10a)				P_2O_5(kg/10a)	K_2O(kg/10a)
	発酵鶏ふん	石灰窒素	セルエース	計		
標準施肥（全面散布）	14	21	45	80	57	41
20%減肥（畝施肥）	14	21	36	67	51	36
30%減肥（畝施肥）	14	21	27	59	45	31
40%減肥（畝施肥）	14	21	18	51	39	27

3.成績

	調整重（kg）	収量比	等級別株数割合（%）					2L,L比率（%）	窒素含有率（%）	窒素吸収量（kg/10a）
			2L	L	M	S	S未満			
標準施肥	1.70	100	31	63	6	0	0	94	3.20	15.5
20%減肥	1.68	99	25	69	0	6	0	94	3.07	14.1
30%減肥	1.56	92	13	56	13	12	6	69	2.81	12.4
40%減肥	1.61	95	31	31	31	8	8	62	2.83	13.7

3.考察

鶏ふん・石灰窒素による土づくりの効果は高い。

畝施肥による減肥をおこなう場合でも、土壌肥沃度が低い圃場では、減肥率を20%程度にするのがよいと考えられる。

■ナス

［1］石灰窒素の基肥・追肥効果

1.実施場所

宮城県角田農業改良普及センター（1995）

2.処理方法

①種：

紫紺仙台長（長ナス）

②耕種概要：

定植6/13、追肥7月上旬～9月上旬(５回)、収穫7/24～11/1

③施肥設計：

	基肥（kg/10a）	追肥（kg/10a）
石灰窒素区	120	140
慣行区	他の緩効性肥料 120	燐硝アンカリ

＊施肥共通：基肥）ＰＫ化成

3.成績

	月別収量（kg/a）				合計
	7月	8月	9月	10月	
石灰窒素区	6.5	147.5	106.8	64.4	325.4(129)
慣行区	6.4	132.4	71.9	41.2	251.4(100)

4.考察

収量では石灰窒素区のほうが、約３割増収となった。

品質では石灰窒素区のほうが、やや太く、艶が良かった。

以上のように、石灰窒素を基肥または追肥として使用することにより、長ナスの品質面、収量面での効果が期待される。

［2］石灰窒素の追肥効果

1．実施場所

長野県長野農業改良普及センター（1994）

2．処理方法

①品種：

千両二号

②耕種概要：

移植5/18、追肥7月上旬～9月上旬(6回)、収穫8月上旬～9月上旬

③施肥設計：

	追肥（kg/10a）	成分量（基肥＋追肥）		
		N	P	K
試験区	石灰窒素 228	71	46	36
慣行区	PK化成 348	74	46	85

＊施肥共通：基肥）重焼りん、塩化カリ、バーク堆肥、種粕を同量施用

3.成績（表－1）

4.考察

試験区は、慣行区と比較し１２３％と収穫量が多かった。石灰窒素は、肥効が安定しており、慣行に比べ追肥の回数が少なくてすむ。

また、果実の色艶が良く、害虫の発生も少ない。

（表－1）

	1区5本当たりの収穫果数（出荷果率）							果数比較
	8/4～8/10	8/12～8/20	8/21～8/31	9/1～9/20	9/11～9/20	9/21～9/30	合計	
試験区	40(90.0)	74(74.3)	119(76.5)	100(78.0)	56(85.7)	35(91.4)	424(80.2)	123
慣行区	31(74.2)	52(65.4)	82(81.7)	78(76.9)	51(84.3)	52(98.1)	346(80.3)	100

［3］石灰窒素の基肥・追肥効果

1.実施場所

群馬県太田農業改良普及所（1990）

2耕種概要

①品種：

黒部

②耕種概要：

播種5/30、定植6/30、追肥7/18～9/21(5回)、収穫7/29～11/20

③施肥設計：

規模15a

基肥）粒状石灰窒素80kg/10a(定植と同時に通路に散布し畦の肩にかきあげた)
燐硝アン80kg/10a,
苦土石灰67kg/10a、豚ぷん約2.7T/10a

追肥）粒状石灰窒素 約10日間隔で5回、計133kg/10aを通路に散布。燐硝アンカリを1回、37kg/10a散布。

3.成績

		月別収量（kg/10a）				合計
		7月	8月	9月	10月	
石灰窒素区	総収量	50	1547	1827	1247	4671
	A品種	50	967	1047	740	2804
	A品率	100.0	62.5	57.2	59.3	60.0

4.考察

（担当農家の感想）

ナスの色が良くなった。（濃い紫色になり光沢が出るようになった。）

A品率が高く、品質向上が図れた。

市場での評価が高い。

雑草が生えなくなり、仕事が楽になった。

（市場での評価）

A品が多く、平均単価で高く販売できた。その要因は果実の色と艶の良いことにあった。

■ニンジン

［1］緩効効果

1.実施場所

長崎県大村農業改良普及所（1979）

2.処理方法

①品種：

黒田五寸

②耕種概要：

施肥8/4、播種8/6（石灰窒素区は8/13）

③施肥設計

	基肥	追肥	成分量		
	(kg/10a)	(kg/10a)	N	P	K
CDU複合燐硝アン区	80	20	18.4	12.0	16.4
IB硝酸加アン区	86	20	18.4	10.3	15.0
石灰窒素区	60	20	18.4	12.0	10.4

＊石灰窒素区：基肥）重焼りん34kg/10a、PK化成20kg/10a
＊施肥共通：追肥）NK化成20kg/10a

3.成績

	階級別収量（㎡当たり）															茎葉重	収量比
	2L			L			M			S			合計				
	個数	重量(g)	比率(%)	個数	重量(g)	比率(%)	個数	重量(g)	比率(%)	個数	重量(g)	比率(%)	個数	重量(g)	比率(%)		
CDU区	4.5	1110	23.3	6.5	1280	26.9	16.5	1980	41.7	5.0	385	8.1	32.5	4755	100	1005	100
IB区	3.5	1100	21.6	6.0	1360	26.7	14.0	2135	42.0	6.0	495	9.7	29.5	5090	100	1205	107
石灰窒素区	4.5	1210	22.1	11.0	2160	39.5	13.0	1695	30.9	6.0	410	7.5	34.5	5475	100	1185	115

4.考察

石灰窒素区は、商品性の高いL、M級果が多い。また、土壌センチュウ被害も少なく、肌の状態も良好。

付記：この方法による緩効効果は、福岡、鹿児島の両県で普及指導されている。

■ニラ

［1］収量・品質向上

1.実施場所

群馬県伊勢崎農業改良普及センター（1997）

2.処理方法

①品種：

グリーンベルト

②耕種概要：

播種3/24、定植7/7、基肥7/10、保温開始1/20、収穫2/17

③施肥設計：

	基肥（kg/10a）	N成分量（基肥）
石灰窒素区	石灰窒素90	18
慣行区	高度化成	18

＊石灰窒素区：基肥）過リン酸石灰、硫酸カリを使用

3.成績

	葉長	葉幅	茎数	重量	葉色
石灰窒素区	34.5	1.6	38	335	75.4
慣行区	35.0	1.6	38	288	69.0

＊単位：葉長・葉幅ｃｍ、茎数 本/株、重量 g·株
葉色は葉緑素計SPAD-502測定

4.考察

１株当たり重量および葉色について、石灰窒素区が慣行区よりも優れた。

■ニンニク

［1］石灰窒素による連作障害対策
（細菌性葉枯病，黒腐菌核病，紅色根腐病）

1.実施場所

青森県畑作試験場園芸部（1979）

2.処理方法

①石灰窒素添加による青刈すき込み

1)緑肥の種類：スダックス、大豆、ひえ、ナタネ

2)石灰窒素施用量：60～80kg/10a

緑肥に石灰窒素を散布し、すき込む。

②調査：

秋季ニンニクを植え付けし、１ヶ月後、異常株数を調査。

3.成績

	生育異常株数割合
スダックス	13.3%
大豆	16.7
ひえ	20.0
ナタネ	20.0
標準	36.7

4.考察

緑肥に石灰窒素を散布しすき込むと、細菌性葉枯病、黒腐菌核病、紅色根腐病の発生を抑え、異常株数を著しく少なくした。

特に、スダックスの効果が高かった。

■ネギ

［1］石灰窒素による基肥・減肥効果
（環境にやさしい施肥法の改善）

1.実施場所

鳥取県園芸試験場弓浜砂丘地分場（1999）

2.処理方法

①耕種概要：

播種2/21、定植4/22、追肥8/31、収穫10/26

②施肥設計：

	施肥量 (kg)	基肥 (kg)	追肥 (kg)	N施用量 (kg/10a)
石灰窒素	75	57	18	15.0
スーパーIB222	125	95	30	15.0
ねぎ太郎OX	150	112	38	15.0

②土壌地下50cm層における硝酸態窒素濃度

	NO_3-N(ppm)			
	5/25	6/17	7/19	9月中旬
石灰窒素	173	171	72	84
スーパーIB222	182	183	63	73
ねぎ太郎OX	190	211	63	107

4.考察

この作型において、石灰窒素が夏期の肥効を抑えやすく、硝酸態窒素の流亡量が少ない点で適していると思われた。

3.成績　①規格別収量（kg/a）

	2L		L		4L		MS		合計		重量比
	本	kg	本	kg	本	kg	本	kg	本	kg	
石灰窒素	1000	187.5	1250	158.5	800	71.8	725	38.8	3775	456.9	106
スーパーIB222	950	171.3	1150	149.0	525	50.0	700	37.5	3325	407.8	95
ねぎ太郎OX	885	163.0	1115	141.2	550	49.4	800	42.2	3350	395.7	92

＊２Ｌ：150 ｇ以上　Ｌ：100～150 ｇ　Ｌ４：75～100 ｇ　Ｍ：30～75ｇ

■ハクサイ

［1］緩効効果

1.実施場所

熊本県鹿本農業改良普及所（1979）

2.処理方法

①品種：

錦秋

②耕種概要：

基肥8/5、播種8/25

③施肥設計：

石灰窒素基肥60kg/10a

3.成績

	総重量	外葉重	結球重	同左比
検討区（石灰窒素）	14324	3432	10852	111
対照区	12700	2948	9752	100

＊単位：kg/10a

4.考察

石灰窒素区は、葉色が濃く、品質、形状、玉ぞろいも良かった。

付記：この方法による緩効効果は、福岡・鹿児島・長崎の各県でも普及指導されている。

■ホウレンソウ

［1］収量向上（硫アンとの比較）

1.実施場所

宮城県農業センター(1980)

2.処理方法

①品種：

ほうれんそう冬どり（東海）

②耕種概要：

基肥9/23、播種10/3、追肥12/14

③施肥設計：

	N(kg/10a)		P_2O_5	K_2O
	基肥	追肥	(kg/10a)	(kg/10a)
石灰窒素（粒状）施用区	7.5	7.5	15.0	15.0
石灰窒素（粉状）施用区	7.5	7.5	15.0	15.0
硫アン施用区	7.5	7.5	15.0	15.0

＊P_2O_5は過リン酸石灰、K_2Oは塩化カリ
施肥共通：堆肥3t/10a、苦土石灰200 kg/10a

3.成績

①65日後

	草丈 (cm)	葉幅 (cm)	葉数 (枚)	1個体重 (g)
石灰窒素（粒状）	15.6	4.7	10.3	7.2
石灰窒素（粉状）	14.8	4.2	9.6	6.3
硫アン	14.2	4.1	9.9	6.7

②播種113日後

	草丈 (cm)	葉幅 (cm)	葉数 (枚)	1個体重 (g)	収量 (kg/㎡)	比 (%)
石灰窒素（粒状）	16.2	5.1	11.6	11.6	5.3	116
石灰窒素（粉状）	15.3	4.8	10.5	10.5	4.9	107
硫アン	15.1	4.7	9.0	9.0	4.6	100

■レタス

［1］収量向上
（石灰窒素添加によるソルゴーすき込み）

1.実施場所

兵庫県南淡路農業改良普及所（1981）

2.処理方法

①品種：

GL54

②施肥設計：

1)ソルゴー

2)レタス

1)ソルゴー

全量基肥(kg/10a)		
N	P	K
10	15	8

・玉ねぎ収穫の後、6/15ソルゴー播種。
・8/10のすき込み時に、粒状石灰窒素40kg/10a散布、耕起し、10月初旬のレタス定植までに腐熟を促進する。

2)レタス

全施肥量(kg/10a)		
N	P	K
25	21	23

・ソルゴーと石灰窒素すき込み後、約45日でレタス定植。
・定植10月初旬、収穫12月20日

3.成績

	規格別割合（%）					秀品率（%）	収量（kg/10a）	収量比
	LL	L	M	S	SS			
ソルゴーすき込み区	30	50	15	5	0	60～80	3000	167
対照区	0	30	40	10	20	40～50	1800	100

4.考察

活着に何ら支障を認めず、レタスの収量・秀品率とも最高となった。

■ブロッコリー

［1］石灰窒素追肥による追肥作業の省力化

1.実施場所

香川県大川農業改良普及所（1993）

2.処理方法

①品種：

幸わたり

②耕種概要：

施肥5/20、定植6/12、収穫8/20

③施肥設計：

1)慣行区　慣行肥料122 kg/10a（N17kg/10a＋P＋K）

2)展示区　石灰窒素 85 kg/10a（N17kg/10a）

＊施肥共通：基肥）堆肥10t/10a、苦土石灰120 kg/10a 、
慣行肥料60kg/10a（N8.4 kg/10a＋P＋K）

3.成績

		2L	L	M	S	規格外	計	一球重	収量(kg/10a)	収量指数
慣行区	個数	0	4	3	8	9	24			
	重量(g)	0	810	595	1235	1134	3774	157	755	100
展示区	個数	1	2	6	6	11	26			
	重量(g)	300	362	1200	740	1406	4178	161	836	111

＊調査面積：5㎡

4.考察

展示区が、収量面で慣行区を上回り、除草効果と併せて効果あり。普及性あり。

■ピーマン

［1］露地ピーマンに対する石灰窒素追肥効果

1.実施機関　長野県長野農業改良普及センター（1994）

2.処理方法

①品種：

ベルマサリ

②耕種概要：

移植5/19

③施肥設計：

	追肥(kg/10a)	成分量（基肥＋追肥）		
		N	P	K
試験区	石灰窒素 400	98	26.8	14.4
慣行区	NK化成 400	74	26.8	70.4

＊施肥共通：基肥　BMようりん、苦土石灰、堆肥を同量施用

3.成績

	1株当たり収穫個数			合計
	8月	9月	10月	
試験区	56.3	36.2	42.9	138.4(118)
慣行区	41.8	41.5	34.2	117.5(100)

4.考察

収量は、試験区の方が優っていた。

品質的にも、大きさ、艶など試験区の方が優っていた。

［2］ピーマン（ハウス）に対する石灰窒素追肥効果

1.実施機関

長野県長野農業改良普及センター（1996）

2.処理方法

①品種：

京波

②耕種概要：

播種2月、移植5/27、追肥2回(7/15、8/10)

雨よけ栽培、マルチ使用

③施肥設計：

	追肥(kg/10a)	成分量（基肥＋追肥）		
		N	P	K
試験区	石灰窒素 90	40	38	24
慣行区	化成 100	40	42	24

＊施肥共通：基肥）化成160、重焼りん、塩化カリを同量施用

＊追肥方法：潅水後畦間処理

3.成績（表―1）

4.考察

収量では、試験区は高い収量が得られ、A級比率も高く優れた効果が認められた。

アブラムシ類など害虫の発生が見られなかった。

（表―1）

	a当たり収量調査							
	8/21～8/22				9/9～9/10			
	個数	重量(kg)	A級個数	A級重量(kg)	個数	重量(kg)	A級個数	A級重量(kg)
試験区	1324	34.0	1205	33.3	1562	47.4	1321	41.6
慣行区	854	22.5	811	21.1	1488	42.7	1112	33.2

■バレイショ

［1］収量向上

1.実施機関

長崎県農林部（1998）

2.処理方法

①品種：

デジマ

②施肥設計：

試験区　No 1　石灰窒素　0 kg/10a

No 2　石灰窒素20kg/10a

No 3　石灰窒素40kg/10a

3.成績

	規格別割合（%）						塊茎収量
	3L	2L	L	M	S	2S	
No 1	0.0	25.4	29.6	29.6	10.8	4.6	248
No 2	4.0	23.8	35.8	21.9	11.4	3.1	305
No 3	4.7	25.6	28.6	22.7	13.8	4.6	400

＊規格：3L 260ｇ～、2L 180～260ｇ、L 120～180 ｇ、
M 70～120 ｇ、S 40～70ｇ、2S ～40ｇ、
＊収量：kg/a

4.考察

有機物が多いバレイショ圃場では、土壌pHが低いこともあってマンガン過剰症が多発するが、石灰窒素を施肥すると、

1)葉中マンガンは1485ppmから970ppmに低下し、合計窒素吸収量は1.36kg/10aから2.60kg/10aに増加した。

2)塊茎の石灰含有率も高まり、石灰欠乏も認められなかった。

3)収量が、248 kg/a から400 kg/a に高まった。

■キク（露地）

〔露地ギクに対する粒状石灰窒素の施用効果〕

1.実施場所

栃木県矢板地区農業改良普及センター（1996）

2.処理方法

石灰窒素施用区　石灰窒素120 kg 苦土重焼りん100 kg
塩化カリ40kg

慣行施肥区　菊専用698 （6-9-8 ）400 kg

3.成績

収量調査結果

区	草丈(cm)	茎径(mm)	生体重(g)	葉緑素値	収穫本数(本/10a)
石灰窒素施用区	103	6.1	68.7	33.0	36,000
慣行施肥区	97	6.0	64.3	32.3	36,000

4.考察

生育、品質ともに石灰窒素施用区が慣行施肥区よりも優れ、施用効果が確認された。

■飼料作物
〔デントコーンに対する石灰窒素施用効果〕

1.実施場所

栃木県矢板農業改良普及所（1985）

2.処理方法

施肥設計（kg／10ａ）

	改善区	慣行区	備考
炭カル	200	200	堆肥散布後ブラウ耕約25cmとした。 石灰窒素散布　5月18日 土づくり肥料（ようりん、炭カル）施用　5月18日
化成（13−13−13）	−	80	
石灰窒素	50	−	
堆肥	5000	5000	
ようりん	100	100	
PK化成	50	−	

3.成績

収穫期調査（９月12日）

	収量(kg)	葉実重(kg)		収量比(%)	生葉数(枚)	備考
改善区	8140	葉	4250	104	13	稔実が良く 子実重が多い
		実	3890			
慣行区	7850	葉	4550	100	12	
		実	3300			

4.考察

1）発芽状況は非常に良好で欠株率は約3%であった。
　石灰窒素による発芽障害はなかった。

2）葉色は改善区は濃緑色を示し、慣行区は緑色であった。
　草丈及び着雌穂高は改善区がやや高く経過し、特に改善区は良好な生育を示した。

3）収量は改善区が104％の増収であった。雌実重は改善区が18％の増収であった。
　特に生葉数が多く、良質なデントコーンであり、良質なサイレージが生産できたことが確認された。

●参考文献●

1）施肥方法例

［1］不耕起直播栽培

■水稲：岡山農業試験場（1964）
　　日本石灰窒素工業会編、石灰窒素だよりNo102、p1-4（1975）

■大豆：岡山県農業試験場、大豆の不耕起栽培における石灰窒素の施用効果（1981）

［2］野菜への石灰窒素施肥方法

(1)石灰窒素施肥方法：日本石灰窒素工業会提供、奈良県経済連やさい施肥シリーズ（1973）

(2)キャベツ・ブロッコリー・カリフラワーへの施肥方法例：兵庫県（加古川農業改良普及所）、すばらしい省力多収技術

2）肥効からみた優良事例

■イチゴ　：宮城県（本吉農業改良普及センター）（1997）
　　栃木県農業試験場（1965）

■キャベツ　：兵庫県（柏原農業改良普及所）、石灰窒素による追肥省力栽培（1993）

■ゴボウ　：群馬県（伊勢崎農業改良普及所）、連作障害と石灰窒素の効果確認（1990）

■コマツナ　：東京都（中央農業改良普及所）、軟弱野菜における石灰窒素の連用効果（1984）

■サトイモ　：鹿児島県（笠之原営農センター）、芽つぶれ症に対する石灰窒素の施用効果（1978）

■スイートコーン：宮城県園芸試験場、スイートコーンに対する石灰窒素の肥効確認試験（1995）

■セルリー　：長野県野菜花き試験場、ｾﾙﾘｰの環境保全型肥培管理技術の確立（1998）

■ナス　：宮城県（角田地域農業改良普及センター）、仙台長なすにおける石灰窒素の施用効果（1995）
　　長野県（長野農業改良普及センター）、石灰窒素のナスに対する施用試験（1994）
　　群馬県（太田農業改良普及所）、ナスに対する石灰窒素の施用（1990）

■ニンジン　：長崎県（大村農業改良普及所）（1979）

■ニラ　：群馬県（伊勢崎農業改良普及所）、石灰窒素の効果確認（1997）

■ニンニク　：青森県畑作試験場園芸部（1979）

■ネギ　：鳥取県園芸試験場弓浜砂丘地分場、弓浜半島における野菜の環境にやさしい施肥法の改善（1999）

■ハクサイ　：熊本県（鹿本農業改良普及所）（1979）

■ホウレンソウ：宮城県農業センター（1980）

■レタス　：兵庫県（南淡路農業改良普及所）（1981）

■ブロッコリー：香川県（大川農業改良普及所）、平成５年度野菜施肥改善展示ほ成績書、ブロッコリーの追肥作業の省力化とコストダウン（1993）

■ピーマン　：長野県（長野農業改良普及センター）、石灰窒素の露地ピーマンに対する追肥の施用試験（1994）
　　長野県（長野農業改良普及センター）、ピーマンに対する石灰窒素施用試験（1996）

■バレイショ　：永尾嘉孝（長崎県農林部）、長崎県における有機農業の実施例、圃場と土壌、第10・11月号「土を守る運動・特集号」、p91-98，日本土壌協会（1998）

■キク（露地）：栃木県（矢板地区農業改良普及センター）、露地ギクに対する粒状石灰窒素の施用効果（1996）

■飼料作物　：栃木県（矢板地区農業改良普及所）、デントコーンに対する石灰窒素施用効果（1985）

●石灰窒素100年　技術の歩み／年表

年	石灰窒素関係史	社会一般・化学関係史
1898年 （明治31年）	◆青酸の原料として，カルシウムシアナミドを製造／アドルフ・フランク,ニコーデム・カロー	
1901年 （明治34年）	◆石灰窒素の誕生　カルシウムシアナミドを肥料として使用する計画を樹てる／アルバート・フランク	★第１回ノーベル賞：Ｘ線の発見／レントゲン（ドイツ）。浸透圧・化学熱力学／ファントホッフ（オランダ）
1903年 （明治36年）	◆カルシウムシアナミドの肥料効果を公表／ゲハイムラートとワグナーら	★ノーベル賞：放射能の研究／ベルクル（フランス）,キューリー夫妻（フランス）
1904年 （明治37年）	◆石灰窒素の命名と日本への紹介，　空中窒素の固定の成功／麻生慶次郎（東京大学） ◆日本住血吸虫の発見／桂田富士郎（現・岡山大学）	
1906年 （明治39年）	◆日本での石灰窒素の初の肥効試験／東京大学，農商務省農事試験場	
1907年 （明治40年）	◆日本での石灰窒素の初の農薬効果試験「天竺牡丹（ダリア）の青枯病予防」／農事試験場	
1908年 （明治41年）	◆石灰窒素の特許導入／日本窒素肥料ＫＫ。 ◆石灰窒素の農薬効果試験「ナス青枯病，レンコン腐敗病，麦立枯病の予防」／農事試験場	◆アンモニアの工業的製造法発見／ハーバーとボッシュ（ドイツ） ◆グルタミン酸ソーダの研究／池田菊苗
1909年 （明治42年）	◆石灰窒素の製造開始／日本窒素肥料ＫＫ（Ｎ式窒化炉）	◆ベークライトの発明／ベーグランド（アメリカ）
1910年 （明治43年）		◆オリザニン,ビタミンB1の分離／鈴木梅太郎
1912年 （明治45年）	◆アルバート・フランク博士訪日（第1回）	
1913年 （大正2年）	◆ミヤイリガイ（日本住血吸虫の中間宿主）の発見／宮入慶之助（現・九州大学） ◆ワイル病の多発・富山県作道村	◆アンモニア合成の工業化／ハーバーら
1915年 （大正4年）	◆ワイル病病原菌（当時は黄疸出血性スピロヘータ、現在，レストスピラ）の発見／稲田竜吉，井戸泰（現・九州大学）	
1916年 （大正5年）	◆石灰窒素の製造開始／電気化学工業ＫＫ（Ｄ式窒化炉）	

年	石灰窒素関係史	社会一般・化学関係史
1917年 （大正6年）		◆ＫＳ磁石鋼の発明／本多光太郎と高木弘
1918年 （大正7年）		★ノーベル賞：アンモニアの合成法／ハーバー（ドイツ）
1920年 （大正9年）	◆ワイル病の駆除に成功（富山県）／遠山祐三（伝研）	
1921年 （大正10年）		★ノーベル賞：理論物理化学とくに光電効果の研究／アインシュタイン（ドイツ）
1924年 （大正13年）	◆桑の胴枯病予防効果／江本良之助（新潟桑試）	
1927年 （昭和2年）	◆石灰窒素の製造開始／信越窒素肥料ＫＫ（信越化学，シンエツ化成の前身）	◆深発地震の発見／和達清夫
1928年 （昭和３年）		◆ペニシリンの発見／フレミング（イギリス）
1929年 （昭和4年）	◆桑の白絹病予防効果／中村重太郎（埼玉農試） ◆窒素質肥料の損失について／大杉繁（京都大学）	
1930年 （昭和5年）	◆石灰窒素の土壌中における変化／村田久治（現・鹿児島大学）	◆アセチレンのビニル化と反応の発見／レッペ（ドイツ）
1931年 （昭和6年）	◆アルバート・フランク博士訪日（第2回）	◆合成ゴムの発明／カローザス（アメリカ）
1932年 （昭和7年）	◆石灰窒素による速成堆肥の製造／坂井信行（埼玉農試） ◆桑園における連用効果試験成績／農林省蚕糸試験場	
1933年 （昭和8年）	◆石灰窒素の包装が防湿紙（紙袋）となる ◆小麦の多株穴播栽培／宇垣猛（岡山農試） ◆桑のシントメタマバエの防除効果／福島県農試 ◆石灰窒素座談会／「権威者のみる石灰窒素」	◆ベンゼンの分子構造について共鳴理論／ポーリング（アメリカ）
1934年 （昭和9年）	◆石灰窒素による速成堆肥／長谷川精作（滋賀農試） ◆有機物の分解促進／吉田諒蔵（現・東京農工大）	◆葉緑素の構造決定／フィッシャ（ドイツ）
1935年 （昭和10年）	◆石灰窒素の製造開始／日本カーバイド工業（株） ◆桑の紋羽病予防効果／真木光（埼玉蚕試） ◆石灰窒素の誘導体の土壌中における変化／手島周太郎（東京大学） ◆桑のカイガラムシ駆除効果／中村重太郎（埼玉蚕試）	◆中間子理論／湯川秀樹

年	石灰窒素関係史	社会一般・化学関係史
1936年 （昭和11年）		◆「生命の起源」発刊／オパーリン（ソ連）
1937年 （昭和12年）		◆ナイロンの発明／カローザス（アメリカ）
1938年 （昭和13年）	◆石灰窒素文献集／手島周太郎・東京大学 ◆ミヤイリガイの駆除効果の確認／加藤龍雄（山梨県衛生課）	◆ジベレリンを結晶として抽出／藪田貞次郎
1941年 （昭和16年）	◆桑の休眠芽発芽促進効果／太田安澄（片倉蚕業）	
1942年 （昭和17年）	◆桑の枝枯菌核病予防効果／青木清（農林省蚕試）	◆ポリエチレンの工業的生産／イギリス
1944年 （昭和19年）		◆ストレプトマイシンの発見／ワックスマン（アメリカ）
1949年 （昭和24年）		★ノーベル賞：中間子の理論／湯川秀樹
1951年 （昭和26年）	◆石灰窒素誕生50年祭／日本土壌肥料学会・特別講演会	
1952年 （昭和27年）		◆フロンティア電子軌道論／福井謙一
1953年 （昭和28年）		◆ＤＮＡの構造を解明／ワトソン（アメリカ）とクリッフ（イギリス）
1954年 （昭和29年）		★ノーベル賞：化学結合の研究／ポーリング（アメリカ）
1955年 （昭和30年）	◆水田裏作麦圃における雑草防除効果／笠原安夫（岡山大学） ◆アルコール中毒症の治療に石灰窒素を利用／藤田繁雄（北海道大学）	◆インシュリンの構造決定／サンガー（イギリス）
1956年 （昭和31年）	◆研究委員会を組織／委員長　藤原彰夫（東北大学） ◆アルバート・フランク博士訪日（第3回）	
1957年 （昭和32年）	◆石灰窒素農薬として登録 ◆石灰窒素誘導体の生成／東北大学 ◆石灰窒素のアンモニア特性／東北農試 ◆副成分カルシウムの効果／東京大学，新潟大学 ◆石灰窒素の硝化抑制効果と早期施肥／北陸農試，四国農試 ◆桑園における新しい使用法（ダスターの利用）／農林省蚕糸試	◆カナマイシンの発見／梅沢浜夫 ◆日本の原子炉／日本原子力研究所

年	石灰窒素関係史	社会一般・化学関係史
1957年 （昭和32年）	◆牧草における効果／関東東山農試草地部 ◆石灰窒素のアルカリ効果について／藤原彰夫（東北大学） ◆つけな根こぶ病防除効果／本橋精一（東京都農試）	
1958年 （昭和33年）	◆石灰窒素の肥効の持続性／東北大学，東北農試，四国農試 ◆石灰窒素の炭素の吸収同化／東京大学 ◆果樹に対する施肥法／東北農試園芸部，岩手農試，果樹試，愛媛農試 ◆茶樹に対する肥効／農林省東海近畿農試茶業部 ◆ブドウ樹の休眠覚醒効果／黒井伊作（新潟大学）	◆トンネルダイオードの発明／江崎玲於奈
1959年 （昭和34年）	◆シアナミドの抗酒作用について／向笠寛（久留米大学）	
1962年 （昭和37年）	◆アルバート・フランク博士訪日（第4回）	◆「沈黙の春」発刊／レーチェル・カーソン（アメリカ）
1963年 （昭和38年）	◆シアナミドの抗酒機構／安藤春彦（名古屋大学）	◆日本,火力発電が水力を上回る
1965年 （昭和40年）	◆アルカリ分の保証を始める ◆ナタネ菌核病予防効果／九州農試畑作部 ◆ジシアンジアミド性窒素の含有量を改正（第１次）	★ノーベル賞：量子電磁力学の研究／朝永振一郎ら
1967年 （昭和42年）	◆休眠覚醒によるノビエ防除法／富山農試・特許	
1968年 （昭和43年）	◆アイリスの休眠覚醒効果／雨木若橘（新潟大学）	
1970年 （昭和45年）	◆粒状石灰窒素と（粉）石灰窒素の規格統合 ジシアンジアミド性窒素の含有量の改正（第２次） （全窒素の20％まで）	
1972年 （昭和47年）	◆ノビエの休眠覚醒による防除（農薬効果の適用拡大）	◆「成長の限界」発刊／ローマクラブ
1973年 （昭和48年）	◆フリージア，グラジオラスの休眠覚醒効果／中村俊一郎（山口大学） ◆アブラナ科根こぶ病に対するＰＣＮＢとの併用効果／原田敏男,芝田祐二（長野県農業技術課）	★ノーベル賞：固体におけるトンネル効果／江崎玲於奈ら

年	石灰窒素関係史	社会一般・化学関係史
1974年（昭和49年）	◆施設太陽熱・石灰窒素法（イチゴ）による総合的土づくり／奈良農試	
1975年（昭和50年）	◆グラジオラスの休眠覚醒効果／雨木若橘（新潟県巻農高）	
1976年（昭和51年）	◆サクラの休眠覚醒効果／山形農試	
1977年（昭和52年）	◆オウトウの休眠覚醒効果／佐藤孝寅（山形園試）	
1978年（昭和53年）	◆リンゴ樹, セイヨウナシ樹, モモ樹の休眠覚醒効果／熊代克巳（信州大学） ◆露地太陽熱石灰窒素法（スグキ）／京都農業改良普及所	
1979年（昭和54年）	◆ケイオウザクラ, ユキヤナギ, トサミズキ, モモの休眠覚醒効果／岡山県笠岡園試センター	◆スリーマイル島原子力発電所事故
1981年（昭和56年）	◆ストックのマンガン過剰症の抑制効果／松尾多恵子・千葉暖地園試 ◆太陽熱・石灰窒素法によるアブラナ科野菜根こぶ病防除効果（石灰窒素の効果）／堀真雄, 堀内誠三（中国農試）	★ノーベル賞：化学反応過程の研究／福井謙一ら
1982年（昭和57年）	◆スライド「ＣＣマンの活躍」「生きた土を作る」を作成 ◆グアニル化合物の生分解性／滝本道明（東邦大学）	
1985年（昭和60年）	◆太陽熱利用による転換畑露地野菜の土壌病害防除技術（露地太陽熱・石灰窒素法）／和歌山・兵庫・滋賀三農試	◆科学万博開催／於つくば
1986年（昭和61年）	◆「石灰窒素Ｑ＆Ａ」作成 ◆アブラナ科野菜根こぶ病防除薬剤の作用機構／内海隆（岐阜大学）	
1987年（昭和62年）	◆スクミリンゴガイの防除効果（農薬登録適用拡大）	★ノーベル賞：多様な抗体を生産する遺伝的原理／利根川進ら
1988年（昭和63年）	◆ミナミキイロアザミウマの防除効果／鈴木寛（沖縄農試）	◆青函トンネル完成
1989年（平成元年）	◆第１回農家使用体験記募集（応募者数107通）	

年	石灰窒素関係史	社会一般・化学関係史
1992年 （平成4年）	◆バレイショの茎葉枯凋病効果／（農薬登録適用拡大） ◆石灰窒素中のカルシウムのコマツナによる吸収（^{45}Caの利用）／加藤直人（農環研）	
1993年 （平成5年）		◆米の作柄指数74（大凶作）
1994年 （平成6年）	◆水田からのメタン発生を軽減するための稲わら処理法／三浦吉則（福島農試） ◆土壌・施肥管理による小麦高蛋白化技術の開発／紫原藤善（滋賀農試） ◆パソコンによる普及開始	
1995年 （平成7年）	◆第２回農家使用体験記募集（応募者数223通）	◆阪神大震災
1996年 （平成8年）	◆日本におけるブドウ２期作／阿部和夫（長野県中野市）	◆クローン羊誕生／イギリス ◆「奪われし未来」の発刊／シーア・コルボーン（アメリカ）
1997年 （平成9年）	◆ハクサイ２作１回施肥法の適用／長野野菜花き試 ◆石灰窒素利用による牛ふん堆肥中の大腸菌群の制御／長野県農林研究財団 ◆「石灰窒素Q&A」改訂版発行	
1998年 （平成10年）	◆石灰窒素を使った茶園の施肥量削減／加藤忠司（農水省野茶試）	
2000年 （平成12年）		★ノーベル賞：電導性高分子の開発／白川英樹
2001年 （平成13年）	◆石灰窒素誕生100年祭 記念講演会（講師・熊澤喜久雄東京大学名誉教授），記念技術誌発行	★ノーベル賞：触媒による不斉合成反応／野依良治

※「社会一般・化学関係」の歴史は、主に下の書籍によりました。記して謝意を表します。
山口幸夫「20世紀理科年表」（岩波ジュニア新書109）岩波書店1986.5.20

「石灰窒素100 年　技術の歩み」発刊にあたり、東京大学名誉教授・熊澤喜久雄氏にご指導を頂きました。心から御礼申し上げます。
なお、次の方々にご協力を頂きました（敬称略）。

野坂佳史　（電気化学工業㈱）
古野昭一郎（シンエツ化成㈱）
渡辺　優　（日本石灰窒素工業会）
平沢陽一　（日本石灰窒素工業会）

石灰窒素100年 技術の歩み

平成13年11月1日発行
発行／日本石灰窒素工業会
東京都千代田区神田鍛治町3ー3ー4
共同ビル（神田東口）9階
TEL／03ー5207ー5841
製作／株式会社 日本制作社