

# 石灰窒素のシアナミドの分解速度 およびタマネギへの追肥効果

元岡山県農林水産総合センター 農業研究所 副所長  
全農岡山県本部 園芸部 技術講師  
石橋英二

## 石灰窒素のシアナミドの分解速度

### 石灰窒素の分解速度は温度で推定可能

石灰窒素は、その分解過程でシアナミドが生成される。そのため、緩効性窒素の効果だけでなく、農薬としての効果を持っている。また、カルシウムの施用効果も期待できるため、使い方によっては非常に有用な肥料である。シアナミドによる作物の障害を回避するため、これまで基肥としての利用が多かったが、最近では生育期間が長い作物などの追肥にも利用されるようになった。施用にあたっては、作物に直接かけないなど注意が必要であるが、施用時期については、作物に悪影響をおよぼさないために、春・秋では播種・作付け前7～10日、夏の暑い時期には3～5日程度と、大雑把に示されているにすぎない(日本石灰窒素工業会)。

土壌中の有機態窒素の無機化を解析する方法として、有効積算温度(吉野ら・1977年)による方法や、Stanfordら(1972年)が提案した反応速度論的方法を発展させた温度変換日数法(金野・1980年;杉原ら・1986年)が知られている。土壌窒素の無機化は微生物の働きで行われるため、温度との関係からみて反応速度論的に解析する方法が有効である。同様に、堆肥や有機質肥料からの窒素無機化速度も微生物の働きが関与するため、反応速度論的に解析できる(古江ら・2001年)。また、被覆肥料からの窒素溶出速度は、被覆資材の被膜の物理・化学的变化および膜の内外浸透圧差によって決まる。このような反応は、微生物が関与しない化学的な変化が主体と考えられるが、これらの反応も温度との関係が深いことから、反応速度論的に解析できることが示された(石橋ら・1992年)。

ところで、石灰窒素の分解、無機化は、次の4段階で進む。①最初に、単純な化学反応で加水分解され、遊離のシアナミドが生成される。②次に、生物が関与しないと考えられる土壌膠質物(コロイド)の接触反応で尿素に変化する。③その後、微生物などのウレアーゼの作用で

アンモニウム態窒素に変化し④硝酸化成菌により硝酸態窒素になる。このように、石灰窒素の分解、無機化の前半は微生物がほとんど関与しないが、この期間の単純な化学反応もコロイドの接触反応のいずれにも、温度と土壌水分が影響する。

そこで、石灰窒素の分解、無機化過程の前半に当たるシアナミドの生成と分解の過程に、温度変換日数法を適用して反応速度論的に解析した。その結果、石灰窒素を施用して、シアナミドが分解し、作物に悪影響をあたえなくなるまでの期間が、当該期間の地温データを入力することで推定可能となったので紹介する。

### シアナミド態窒素の分解速度に対する 反応速度論的解析方法の適用 解析データ

解析に用いたデータは「青海工場研究報告集No.1 - シアナミドの分解特性 -」(電気化学工業株・1995年)に示されたシアナミド残存率(%)と培養日数のグラフから得た。本データは次の実験方法で得られたものである。

風乾した畑土壌に所定量の粒状石灰窒素を混合したものを、50mlポリ容器に詰め、最大容水量の30、60%に水分を調節して、10、20、30℃の温度条件で定温培養した。経時的にサンプルを取り出し、シアナミド態窒素の残存率を測定した。供試土壌として、表1の5種の土壌が用いられた。

### 解析方法

得られた温度別の培養日数とシアナミド残存率に対し、単純型モデル式(杉原ら・1986年)に当てはめて、反応速度論的に解析した。

### 【単純型モデル式】

$$S = S_0 [1 - \exp(-kt)]$$

表1 供試土壌

土壌統群	土壌統	土性	pH	CEC(meq)
淡色黒ボク土	日下部統	S	6.0	4.8
表層腐植質黒ボク土	大川口統	SL	6.3	24.9
中粗粒褐色低地土	飯島統	FSL	5.3	15.5
中粗粒褐色低地土	芝統	FSL	6.2	18.0
細粒褐色森林土	尾猿内統	LiC	5.7	15.4

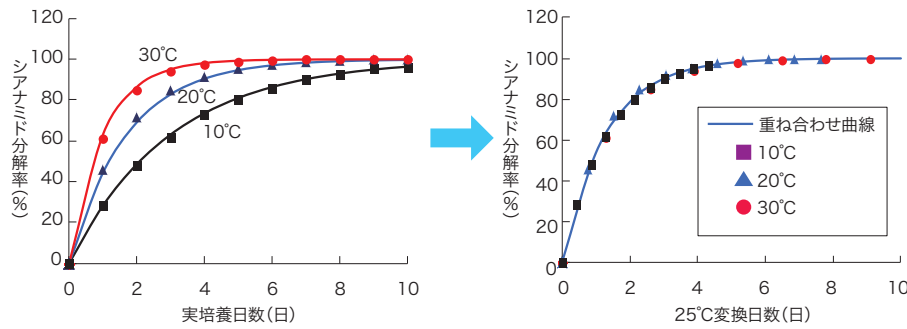


図1 温度別シアナミド分解率(左)と標準温度(25°C)重ね合わせ曲線(右)

ただし、 $k = B \exp(-Ea/RT)$   
 $t = \sum \exp[Ea(T - Ts)/RTTs]$

S：シアナミド分解率(%)

S<sub>0</sub>：最大分解率(%)

t：温度変換日数(日)

k：シアナミド分解速度定数(日<sup>-1</sup>)

Ts：標準温度(絶対温度)

T：日平均温度(絶対温度)

R：気体定数(8.318J/deg/mol)

B：定数

Ea：シアナミド分解速度に対する見かけの活性化エネルギー(J/mol)

温度変換日数とは、ある温度で、ある日数おかれた条件が、標準温度に変換すると、何日に相当するかを表したものである。

シアナミド分解特性値のk、Ea(J/mol)およびS<sub>0</sub>(%)を用いてシアナミド分解率を計算し、その値と実測値との差の残差平方和を求めた。この作業を特性値の値を変えて繰り返し、残差平方和が最小になったときの特性値を最適解とした。この計算はエクセルの最適化計算(ソルバー機能)を用いて行った。

シアナミド分解に対する反応速度論的解析法の当てはめ

図1(左)に示した温度別の実培養日数とシアナミド分解率の関係を、反応速度論的に解析したところ、図1(右)のように精度よく重ね合わせることができた。これは、シアナミドの分解速度は温度により制御され、反応速度論的な方法で推定可能であることを示していた。

すべてのデータについて同様に解析したところ、いずれの土壤の種類、土壤水分条件においても解析でき、表2に示したようなシアナミドの分解特性値が得られた。得られたシアナミドの分解特性値は、kは0.3894~0.8114/日、Eaは20,314~50,963J/molの範囲であり、土壤水分、とりわけ温度の影響を強く受けていた。

シアナミドの分解特性値を用いた時期別分解速度の推定

得られた表2のシアナミド分解特性値と岡山県赤磐市で得られた地温を用いて、石灰窒素を1月、4月、7月に施用した場合のシアナミド分解速度を推定した。

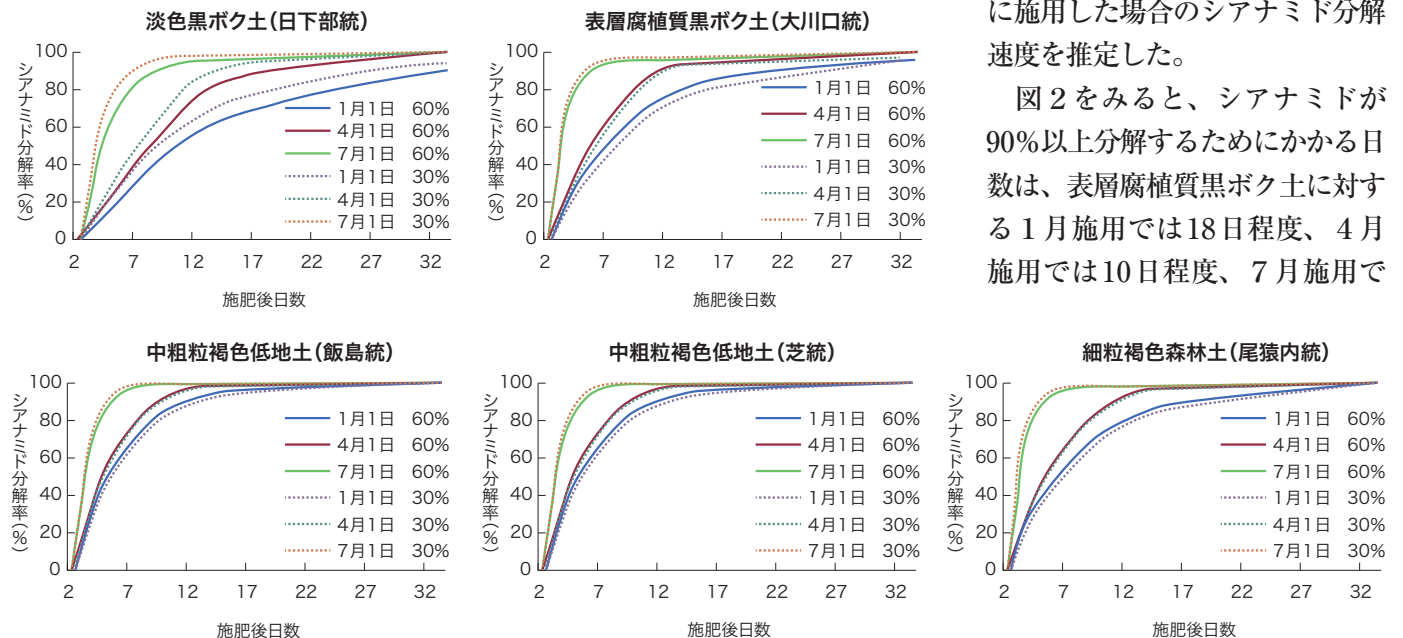


図2 施用時期ごと、土壤別のシアナミド分解率の経時変化

表2 土壤の種類、土壤水分ごとのシアナミドの分解特性値

土壤の種類	淡色黒ボク土(日下部統)		表層腐植質黒ボク土(大川口統)		中粗粒褐色低地土(飯島統)		中粗粒褐色低地土(芝統)		細粒褐色森林土(尾猿内統)	
培養時の土壤水分(%)	30	60	30	60	30	60	30	60	30	60
最大分解率(%)	100.0	99.3	99.8	99.9	100.0	99.7	100.0	100.0	99.9	100.0
標準温度(°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
k	0.5333	0.3894	0.7011	0.6078	0.7690	0.6886	0.6638	0.5140	0.8114	0.6560
Ea(J)	47,157	44,267	50,963	48,192	38,994	31,615	30,627	20,314	50,772	41,409

は4日程度であった。一方、中粗粒灰色低地土の1月施用では11日程度、4月施用では9日程度、7月施用では4日程度であった。このように、いずれの土壌でも、シアナミドが「通常の施肥量の範囲」で発芽などに対する害作用がなくなるレベルまでの所要日数は、気温の高い時期には4日程度であるが、気温が低いと11～18日程度かかることがわかった。

さらに、シアナミドの分解速度に対する土壌水分の影響は、土壌の種類によって異なった。つまり、最大容水量の30%と60%の間では、黒ボク土でやや大きく、ほかの土壌では小さかった。

このように、シアナミドの分解は、加水分解と土壌膠質物との接触反応に基づくため、温度や土壌水分により影響される程度が土壌の種類によって異なることがわかった。

### タマネギに対する石灰窒素の施用効果

タマネギは酸性土壌を嫌うので、pH6.0～6.5を目標に矯正する必要がある。石灰窒素には石灰施用効果、窒素施用効果、農薬としての効果がある。タマネギに対して、石灰窒素で追肥をねらった全面散布の事例もあり、処理時期は2月から3月上旬までに石灰窒素25～30kg/10aを圃場全体に均一に散布するとよいとされている(日本石灰窒素工業会)。

#### タマネギ栽培における石灰窒素の効き方

瀬戸内地域でのタマネギ栽培では、石灰窒素の施用時期は、基肥として施用する10～11月頃と2月頃である。

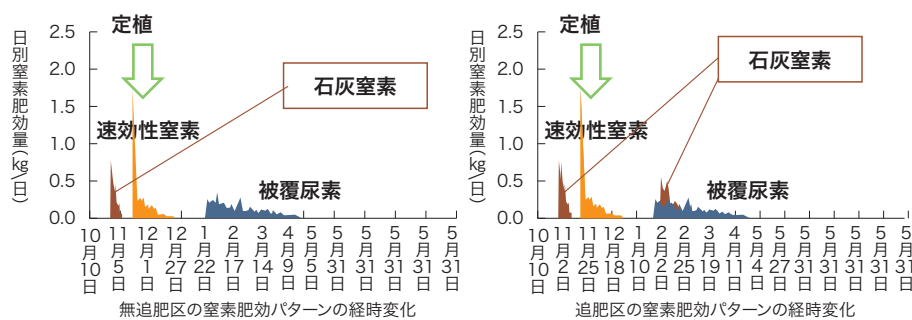


図3 石灰窒素と被覆肥料を利用した場合の窒素肥効パターン

2月追肥では、石灰の施用効果だけでなく3月頃にかけてシアナミドが分解し、その後、尿素からアンモニウム態窒素、硝酸態窒素へと変化する。その際、石灰窒素の分解にともなって生成されるジシアンジアミドの硝酸化成抑制作用により、肥効はより長期間継続するため、タマネギにとって有効な施用方法と考えられる。そこで、岡山市内のタマネギ栽培圃場において、石灰窒素と被覆尿素(リニア30日型配合)の組み合わせによる肥料試験を行った。施肥設計は土壌施肥管理システム(石橋・2005年)を用いて、肥料ごとの窒素肥効パターンから施肥量、施肥時期を決定した。その際、シアナミドが尿素に変化した時点で窒素の肥効が現れると仮定して計算した。施肥量は両区とも26.2kg/10a(うち石灰窒素の追肥N4kg)とした(図3)。

#### タマネギの収量調査結果

石灰窒素追肥の有無とタマネギ収量について調査した(図4)。その結果、10a当たりの収量は石灰窒素追肥区が6,022kgに対して無追肥区が5,721kgであり、規格別個数割合をみると、石灰窒素追肥区は6cm以下の小玉の割合が少ない傾向がみられた。

今後、タマネギの省力型施肥設計においては、被覆尿素を用いた全量基肥栽培(慣行栽培では基肥、12月下旬、2月上旬、3月上旬頃の追肥体系)だけでなく、石灰窒素を用いる場合は、被覆肥料を用いず、定植前の基肥に速効性窒素と石灰窒素を施用し、2月上旬に石灰窒素を追肥する体系の検討が求められる。その場合、必然的に石灰窒素の施肥量が増えることで、春先の雑草に対する抑草効果も期待できると考えている。

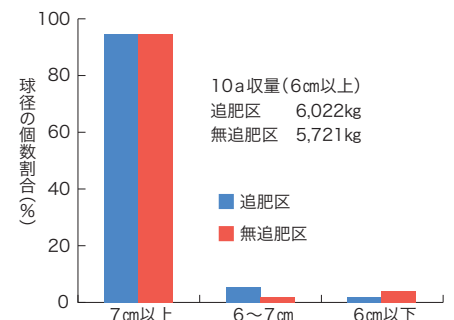


図4 石灰窒素の追肥の有無とタマネギの収量、品質

#### 参考文献

吉野喬, 出井嘉光(1977) 土壌窒素供給力の有効積算温度による推定法について. 農事試験場研究報告 25, 1-62  
Stanford, G. and Smith, S. J. (1972) Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 36, 465～472  
金野隆光(1980) 土壌中の生物活性と温度. 土壌の物理性 41, 7-16  
杉原進・金野隆光・石井和夫(1986) 土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析. 農環研報 1, 127-166  
古江広治・上沢正志(2001) 反応速度論的手法での土壌および有機質資材の有機態窒素の無機化特性値データ集--アンケート調査とりまとめ. 農業研究センター研究資料, 43, 1-50  
石橋英二・金野隆光・木本英照(1992) 反応速度論的方法によるコーティング窒素肥料の溶出評価. 土肥誌, 63, 664-668  
電気化学工業株式会社(1995) シアナミドの分解特性. 青海工場研究報告集No1, 1-15  
日本石灰窒素工業会 石灰窒素に関する質問Q & A. Q2-1、Q6-4-7、Q6-4-17 <http://www.cacn.jp/technology/qa.html>  
石橋英二(2005) 岡山県土壌施肥管理システムの開発. 岡山県農総セ農研報, 23, 33-41