

平成22年度

農薬土壌・特殊緑化技術講習会資料

土壌と土壌改良材
植物の栄養と肥料

目 次

第 1 章 土壌と土壌改良材

- 1 - 1 土壌と植物の関係
- 1 - 2 土壌の生成
- 1 - 3 土壌の構成物質とその働き
- 1 - 4 土壌の三相
- 1 - 5 土壌粒子とその理学性
- 1 - 6 土性とその性質
- 1 - 7 土壌分析値とその判定
- 1 - 8 土壌と土壌改良材について

第 2 章 植物の栄養と肥料

- 2 - 1 植物の生育に必要な条件
- 2 - 2 植物の生育に必要な元素
- 2 - 3 植物の生育に必要な肥料の要素
- 2 - 4 肥料取締法に基づく肥料とは
- 2 - 5 肥料の種類
- 2 - 6 主な肥料の有効成分と特性
- 2 - 7 肥料の土壌中における分解とその変化
- 2 - 8 肥料の物性
- 2 - 9 肥料の特性と用途

執筆責任

日本林業肥料(株)

顧問 田原頼史朗

第1章 土壌と土壌改良材

1-1 土壌と植物の関係

植物は成育に必要なもののうち、酸素 光 温度などは大気中から、そして水は土壌から吸収する。土壌と植物の関係は次のように要約できる。

- *土壌は植物の根の健康を守り地上部をささえている。
- *土壌は養分と水分の貯蔵と供給を行う。
- *土壌は温度、水分の急激な変化をやわらげ有害物質から根を守る。

1-2 土壌の生成

岩石が、温度の変化、水の力、風雨の力などにより細かい物質になる。この岩石の風化物は土壌の母材で、この母材にコケ類が成育し、微生物が生活をはじめ。そして動物(ミミズ、センチュウ)、植物(落葉、細根)が成育し、その遺体が分解されて腐植となる。このように母材に生物が作用し、腐植が加わって土壌が生成されるのである。

残積土(洪積土) ほくち、れんち 岩石の風化生成物がどこにも動かされないのその場所に残った土である。

運積土〔風積土水積土(沖積土)〕 岩石の風化生成物が、風 雨 流水などにより運ばれて積もった土である。

(3) 土壌の構成物質とその働き

三 相 (100%) 土壌を構成している物質		その働き	
土 粒 (固相) (40%)	1次鉱物 (粗砂) (細砂) (微砂)	— 石 英 —粗砂、細砂、微砂 — 長 石 — 雲 母 — その他 —微量元素を含む	母岩や母材のままで透水性、通気性を良くする。
	2次鉱物 (粘土)	— モンモリロナイト —肥料成分を蓄える働きがある。 — ハロイサイト — カオリナイト — イライト	粘土質で団粒化に役立ち、 <u>保肥性</u> ・ <u>保水性</u> を高める。
	腐 植	— 耐久腐植 — コロイド	
	酸化物	— 鉄・アルミナ	磷酸肥料を固定（不溶性に）する。
	有機物	— 動物（ミミズ・センチュウ） — 植物（落葉・根）	腐植のもとになる 微生物が増殖して土壌が活性化する。
	微生物	— 菌 類 —糸状菌、放線菌、細菌	有機物を分解し養分を作る。根毛の働きを良くする。
	その他	—	
養 分	— 窒素 — 磷酸 — カリ — その他・カルシウム・マグネシウム	成育に必要な栄養素。 " " "	
水 分 (液相) (30%)	— 液体・水蒸気	養分の吸収に役立っている。	
空 気 (気相) (30%)	— 土壌空気・水にとけている酸素	好気性菌の活動に役立ち、根毛が発達して根の分布を支配する。	

(4) 土壌の三相

土壌は固体、水、空気の3つの部分で構成されている。それぞれを固相、液相、気相という。これら三相の容積割合を三相分布という。健全なる根の伸長をはかり、根が成育しやすい分布状況は、固相率が40%、液相率と気相率がそれぞれ30%位に保つのが理想である。

1) 固相（固体）40%位がよい。

固相は土の粒子、土性によってその割合が異なる。粘土質で細かい粒子だけでできている土壌で、単粒構造の場合には、固相の割合が多く、透水性、通気性が不良となるため根の伸長が悪くなる。反対に団粒構造の場合には固相の割合が少なく、透水性、通気性が良くなるため根の伸長も良くなる。

粗砂、細砂、微砂は土壌の母材を構成する一次鉱物である。この一次鉱物は二次鉱物である粘土の母材で、植物養分の供給源になっている。主な内容は次のとおりである。

一次鉱物（粗砂、細砂、微砂）

- (1) 無色鉱物群（石英、長石）
- (2) 有色鉱物群（雲母類、輝石、角閃石、磁鉄鉱、硫化鉄鉱）
- (3) 火山起源非結晶性粒子（火山ガラス、軽石、火山岩片）

二次鉱物（粘土鉱物）

- (1) 1:1型鉱物（カオリナイト、メタハロイサイト、ハロイサイトなど）

1:1型鉱物はけい酸層とアルミナ層が1層ずつ結合して単位層となっている。

- (2) 2:1型鉱物（モンモリロナイト、バーミキュライト、イライトなど）

2:1型鉱物はアルミナ層の両面をけい酸層がはさんで単位層となっている。

- (3) 混層型鉱物（クロライト）
- (4) 酸化鉱物（ギブサイト、ヘマタイト、ゲータイト）
- (5) 非結晶性鉱物（アロフェン、水酸化アルミニウム、水酸化鉄）

土のコロイドの塩基置換容量

コロイドの種類	me/100g	コロイドの種類	me/100g	コロイドの種類	me/100g
カオリナイト	3~15	イライト	10~40	ギブサイト	0
ハロイサイト	5~10	バーミキュライト	100~150	アロフェン	30~200*
加水ハロイサイト	40~50	モンモリロナイト	80~150	腐植	200~600*

注. *アロフェン・腐植のコロイドは、アルカリ性反応では陽イオン交換容量がそれぞれ200、600というように大きく変化するが、他のコロイドではこのような変化はない。

2) 液 相 (水) 30 %位がよい。

土壌のなかにある水はその状態からみると次の3つに分けることができる。

- (1) 結合水 (無効水) 粘土に強く結合していて、植物の根によって吸収できない水分である。
- (2) 毛管水 (有効水) 毛管孔隙に保持されていて植物に利用される水分である。
- (3) 重力水 (過剰水) 孔隙に含まれていて、下層に流失していく水分である。

以上のそれぞれの水の区分となる境界は萎凋点、ほ場容水量、最大容水量と名づけられる。

- (1) 萎凋点 (pF4.2) 植物がしおれて、しおれが回復できなくなったときの水分状態をいう。
- (2) ほ場容水量 (pF1.6) 雨が降った後に過剰の水が重力によって流失した後に土壌中に残っている水分状態をいう。
- (3) 最大容水量 (pF0) 土壌の孔隙が全部水で飽和されている状態の水分含量である。

pFとは水が土壌に保持されている力を表示する単位で土壌から水を取り去るに要する力を水圧計の差 (高さ : cm) で表してこれを対数とした値をいう。

水柱の高さ (cm) 0. 10. 100. 1000.

pF 値 0. 1. 2. 3.

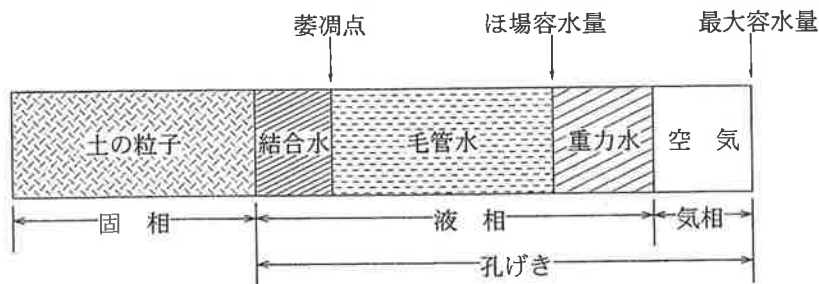
P = Power 対数

F = Freal Energy 遊離エネルギー

3) 気 相 (空気) 30 %位がよい。

空気は窒素80%、酸素10~21%、二酸化炭素0.1~10%を含んでいる気体ですが、土壌空気は微生物が活動しているので炭酸ガスは大気中の濃度の2~200倍と高い。

空気は根毛の呼吸作用および微生物の活動に欠かすことのできない物質である。



(5) 土壌粒子とその理学性

区分	粒径(mm) 日本農学会法	粒径(mm) 国際法	粘着性	理 学 性	1g当りの粒子の 表面積
粗砂	2.00~0.25	2.00~0.20	ない	粒子間が大きく通気、排水を促進する。	21cm ²
細砂	0.25~0.05	0.20~0.02	〃	毛管力による水分保持、通気、透水を促進する。	210cm ²
微砂	0.05~0.01	0.02~0.002	〃	砂と粘土の中間的性質をもつ。粘着性はないが弱い凝集力を示す。	2,100cm ²
粘土	0.01以下	0.002以下	ある	表面積が大きく、コロイドとしての性質を強く示す。水の吸着保持、イオン交換、肥料分の吸着保持など土壌の理学性に寄与する。	23,000cm ²

(6) 土性とその性質

土性は砂（粗砂、細砂）、シルト（微砂）、粘土の粒径組成によって示される土壌の性質である。

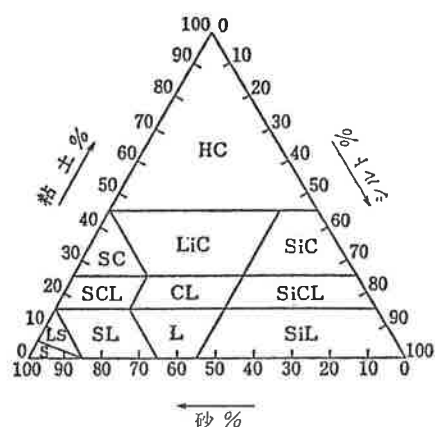
1) 農学会法

区分	粘土	水を加え指で判断する	保水	透水	通気	保肥
砂土(S)	12.5%以下	砂だけの感じ	×	○	○	×
砂壤土(SL)	12.5~25.5%	砂に粘土を感じ棒には出来ない	△	○	○	△
壤土(L)	25.5~37.5%	鉛筆位の太さにできる	○	○	○	○
埴壤土(CL)	37.5~50.0%	マッチ棒位の太さにできる	○	△	△	○
埴土(C)	50.0%以上	コヨリのように細長くなる	○	×	×	○

S=sand C=clay L=loam ○印=良 △印=中間 ×印=不良

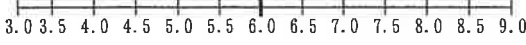
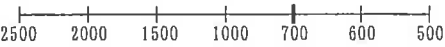
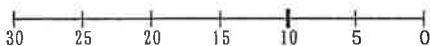


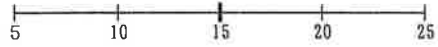


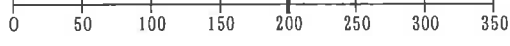


2) 国際土壌科学会法（国際法）

粘土分析で得られた砂（粗砂+細砂）、シルト、粘土の重量を合わせて100とした場合の三者の%を計算し土性の三角図によって土性を決定する。例として、砂50%、シルト40%、粘土10%を示し、土性はL壤土である。



HC	heavy clay	重埴土
SC	sandy clay	砂質埴土
LiC	light clay	軽埴土
SiC	silty clay	シルト質埴土
SCL	sandy clay loam	砂質埴壤土
CL	clay loam	埴壤土
SiCL	silty clay loam	シルト質埴壤土
SL	sandy loam	砂質埴土
L	loam	埴土
SiL	silt loam	シルト質埴土
LS	loamy sand	埴質砂土
S	sand	砂土

(7) 土壤分析値とその判定

分析項目	判 定	分 析 値
pH (H ₂ O)	酸性 微酸性 アルカリ性 (微酸性が良い)	
磷酸吸収力 (係数)	強い 普通 弱い (弱いのが良い)	
可溶性 アルミニウム	多い 普通 少ない (少ないのが良い)	
塩基置換容量 (CEC)	少ない 普通 多い (多いのが良い)	
腐 植	% 少ない 普通 富む (普通から富むが良い)	
有効窒素	mg/100g (乾土) 少ない 普通 富む (普通から富むが良い)	
有効磷酸	mg/100g (乾土) 少ない 普通 富む (普通から富むが良い)	
置換性加里	mg/100g (乾土) 少ない 普通 富む (普通から富むが良い)	
置換性石灰	mg/100g (乾土) 少ない 普通 富む (普通から富むが良い)	
置換性苦土	mg/100g (乾土) 少ない 普通 富む (普通から富むが良い)	
電気伝導度 (EC)	ms 少ない 普通 多い (普通以下が良い)	

1) pH

土壌溶液中および土壌の陰荷電に吸着している水素イオンの濃度を表している (Potenz Hydrogen)。pH (H₂O) は遊離の水素イオンを示し、pH (KCl) は粘土や腐植の表面に結びついた水素イオンを示している。

pH(-logH)	0	1	2 ~ 6	7	8 ~ 12	13	14
[H ⁺]	1	10 ⁻¹	10 ⁻² ~10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸ ~10 ⁻¹²	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁴
[OH ⁻]	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹³	10 ⁻¹² ~10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶ ~10 ⁻²	10 ⁻¹	1

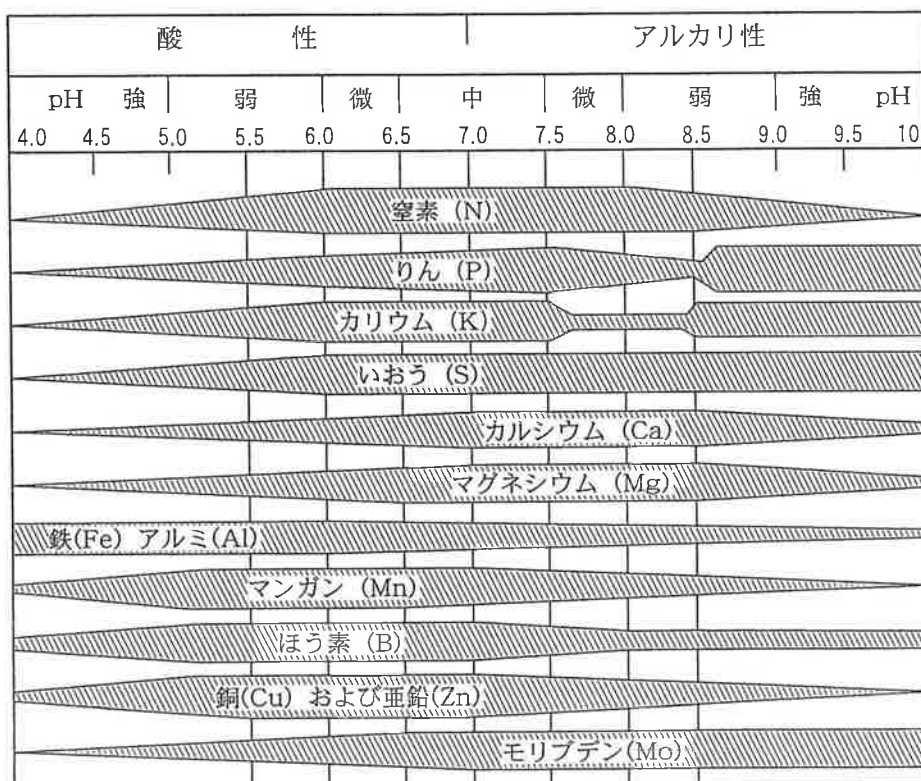
pHの値は、作物の成育・土壌の生物や微生物の活動・土壌構成物の形態の変化・養分の有効性などに影響を与える。

土壌の主な交換性陽イオンのうちCa⁺⁺、Mg⁺⁺、K⁺はpHを高くする効果を示すので交換性塩基と呼ぶ。逆に交換性H⁺は土壌のpHを低くする効果を示し酸性の本体をなすものである。降水量が多く排水の良い土壌では交換性陽イオンはH⁺>Ca⁺⁺>Mg⁺⁺>K⁺=NH₄>Na⁺の順序で保持される。

酸性の害

- (1) pH5.0以下になるとアルミニウムイオンが解離して作物の生育が阻害される。また、アルミニウムイオンは燐酸と結合するので燐酸は不活性となり肥効が低下する。
- (2) カリウム・マグネシウム・モリブデンなどが溶脱し、それらの養分が不足する。
- (3) 鉄やマンガンが過剰に吸収されて生理障害を引き起こすことがある。

土壌の反応 (pH) と肥料要素の溶解・利用度 (TRUOG原図)



2) 燐酸吸収（係数）力

土壤に一定量の燐酸液を加えたとき乾土 100g に吸収された量を mg 単位で表した数値をいう。

りん酸質肥料を施すと土壤中の鉄、アルミニウムなどと結合して吸収されにくい不溶性のりん酸に変化する。このりん酸の固定（不溶性）力は火山灰土壤が多く、沖積土壤は弱い。また酸性になるほど増加する。

3) 塩基置換容量（CEC）

植物に養分を供給する能力即ち肥料成分の保持能力を評価する上で重要である。

土壤中のコロイド（粘土、腐植）は（-）の性質を示し（+）イオンのカルシウム、マグネシウム、カリウムなどを吸着することができる。その吸着できる最大量を塩基置換容量という。乾土 100g 当りのミリグラム当量で示す。（CEC : Cation exchange capacity）

ミリグラム当量：原子量を原子価で割った数字に mg をつけたものを 1 ミリグラム当量（me）と
いう。

主な陽イオン（原子）の当量

	原子量（またはイオン量）	原子価	グラム当量	me	1me を酸化物の形であらわしたとき	
Ca ²⁺	40.0g	2	20.0g	20.0mg	CaO	28.0mg
Mg ²⁺	24.3	2	12.2	12.2	MgO	20.2
K ⁺	39.1	1	39.1	39.1	K ₂ O	47.1
Na ⁺	23.0	1	23.0	23.01	Na ₂ O	31.0
NH ₄ ⁺	18.0	1	18.0	8.0	-*	
H ⁺	1.0	1	1.0	1.0	-*	

注. *酸化物の形はない。

4) 腐植

腐植は地力のもとである。その腐植は植物の死がい微生物に分解されたもので、まず、糖、デンプン、タンパク質が、ついで、セニ素（セルローズ）や半セニ素（ヘミセルローズ）が分解される。そしてリグニンも分解される。

これらの植物体の分解によって微生物は増殖する。この植物の遺体の分解物と土壤微生物のからだのタンパク質とから土壤腐植がつくられる。

栄養腐植 土壤微生物によって比較的分解されやすい部分を栄養腐植という。その分解にともなって、窒素や燐酸などの無機栄養分を放出するので栄養の供給源となる。また微生物が増殖し、根毛に活力が付き細根が発達する。

耐久腐植 土壤微生物の分解をうけにくい安定した腐植で土壤中に長く残留する。水分や (+) イオン吸着保持力が強く緩衝能力を高める働きがある。また団粒を形成する際の接合物質として物理性を良好に保つ働きがある。

5) 電気伝導度(EC)

溶液の抵抗率の逆数をいい、この値が高い土壤ほど土壤溶液中に陰イオンや陽イオンの含有量の多いことを意味する。ECを目安に元肥窒素の使用量を加減することができる。0.5程度で標準施肥でよいが0.5以上では除塩対策が必要である。(EC : Electric Conductivity)

(8) 土壤と土壤改良材について

土壤改良材とは土壤に施用することにより土壤の物理的、化学的および生物学的な性質を改善する資材をいう。その対象項目として、団粒構造・保水性・透水性・通気性・保肥性・pHなどがある。

植物は土壤中の根から水分や養分を吸収するとともに呼吸作用を行いながら生育している。したがってこれらの諸条件を充たすためにそれぞれ必要な土壤改良材を使用している。その、主な土壤改良の対象項目と資材の関係はつぎのとおりである。

1) 土壤改良の対象項目と資材

土壤改良の対象項目	砂 土		埴 土	
	有機質系資材	無機質系資材	有機質系資材	無機質系資材
膨軟にする (団粒構造)				
水分を貯える (保水性)				
余分な水分を排除する (透水性・通気性)				
肥料成分を保持する (保肥性)				
酸度を矯正する (pH)				

2) 地力増進法について

地力増進法 昭和59年5月18日 法律第34号

地力増進法の目的

第一条 この法律は地力の増進を図るための基本的な指針の策定および地力増進地域の制度について定めるとともに、土壤改良資材の品質に関する表示の適正化のための措置を講ずることにより、農業生産力の増進と農業経営の安定を図ることを目的とする。

地力増進法に基づく土壤改良資材の種類と用途の概要

種類	説明	基準	用途（主な効果）	商品名
泥炭	地質時代に堆積した水ごけ、草炭等。	乾物 100g 当たりの有機物の含有量 20g 以上	土壤の膨軟化 土壤の保水性の改善	ピートモス (北海道・カナダ・ソ連)
バークたい肥	樹皮を主原料として家畜ふん等を加えたい積腐熟させたもの。	肥料取締法(昭和25年法律第127号)第2条第2項の特殊肥料に該当するものであること。	土壤の膨軟化	キノックス
腐植酸質資材	石炭又は亜炭を硝酸及び硫酸で分解し、カルシウム化合物又はマグネシウム化合物で中和した物。	乾物 100g 当たりの有機物の含有量 20g 以上	土壤の保肥力の改善	グラスパワー
木炭	木材、ヤシガラ等を炭化したものの粉。		土壤の透水性の改善	アグリカーボ グリーンカーボ
けいそう土焼成粒	けいそう土を造粒して焼成した多孔質粒子。	気乾状態のもの10当りの質量 700g 以下	土壤の透水性の改善	イソライト
ゼオライト	肥料成分等を吸着する凝灰岩の粉末。	乾物 100g 当たりの陽イオン交換容量 50mg 当量以上	土壤の保肥力の改善	ゼオフィル
パーミキュライト	雲母系鉱物を焼成したもの。非常に軽い多孔質構造物。		土壤の透水性の改善	バーンピース
パーライト	真珠岩等を焼成したもの。非常に軽い多孔質粒子。		土壤の保水性の改善	ネニサンソ
ベントナイト	給水により体積が増加する特殊粘土。	乾物 2g を水中に 24 時間静置した後の膨潤容積 5ml 以上	水田の漏水防止	佐渡
VA菌根菌資材	VA菌根菌を粘土鉱物等に保持した物。	共生率が5%以上	土壤のりん酸供給能の改善	
ポリエチレンイミン系資材	アクリル酸・メタクリル酸ジメチルアミノエチル共重合物のマグネシウム塩とポリエチレンイミンとの複合体。	質量百分率3%の水溶液の温度25℃における粘土10ポアズ以上	土壤の団粒形成促進	
ポリビニルアルコール系資材	ポリ酢酸ビニルの一部をけん化した物。	平均重合度 1,700 以上	土壤の団粒形成促進	

第2章 植物の栄養と肥料

2-1 植物の生育に必要な条件

- 1) 光 植物は葉緑素のはたらきで二酸化炭素 (CO₂) と水 (H₂O) から炭水化物を合成している。光合成に必要なエネルギーは太陽の光エネルギーである。
- 2) 水 光合成の材料であるとともに、植物体の重要な構成成分でもある。
- 3) 空 気 光合成の材料である二酸化炭素 (CO₂) や植物の呼吸に必要な酸素 (O₂) の供給源である。
- 4) 温 度 植物が生育するには、ある範囲の温度 (生育適温) が必要である。
- 5) 養 分 天然供給量、不足分は肥料として補給する。
- 6) 有害物質 存在しないこと
- 7) 土 壤 養分および水の保持と供給に関与している。

2-2 植物の生育に必要な元素

植物が生育するために、絶対になくってはならない元素を植物の必須元素という。

1) 植物の必須元素

元素名 (記号) と吸収形態		元素名 (記号) と吸収形態	
酸 素 (O)	H ₂ O, CO ₂ , O ₂	鉄 (Fe)	Fe ²⁺ , Fe ³⁺
水 素 (H)	H ₂ O, H ⁺ , OH ⁻	マンガン (Mn)	Mn ²⁺
炭 素 (C)	CO ₂ , CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻	ほう 素 (B)	BO ₃ ³⁻
窒 素 (N)	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	亜 鉛 (Zn)	Zn ²⁺
りん (P)	PO ₄ ³⁻ , HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻	モリブデン (Mo)	MoO ₄ ²⁻
カリウム (K)	K ⁺	銅 (Cu)	Cu ⁺ , Cu ²⁺
カルシウム (Ca)	Ca ²⁺	塩 素 (Cl)	Cl ⁻
マグネシウム (Mg)	Mg ²⁺	けい 素 (Si)	SiO ₄ ⁴⁻
硫 黄 (S)	SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻		

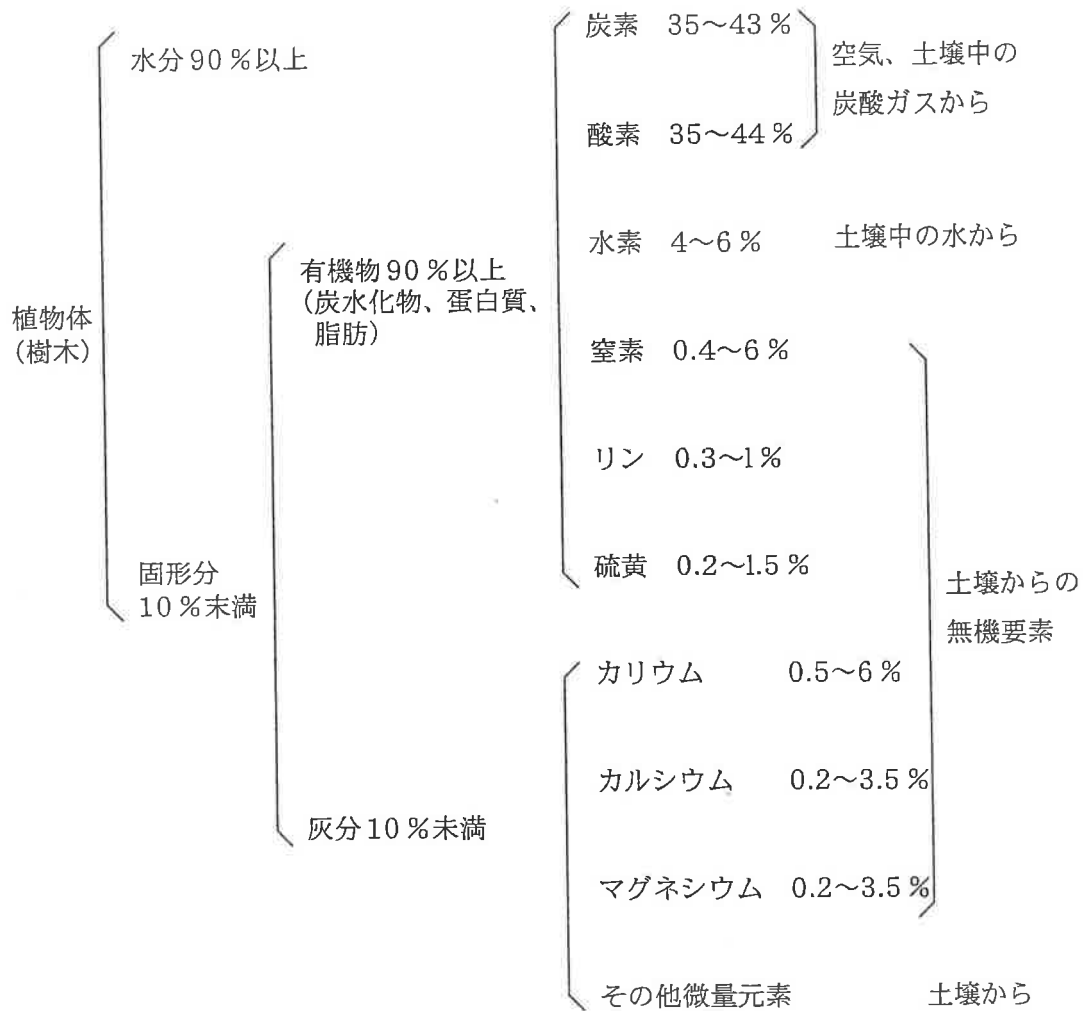
2) 肥料としての必要性

植物の必要とする養分のうち、天然供給量で満たせないものを、人為的に補給するものが肥料である。

3) 必須要素の供給源

- (1) 大気から養分供給 (炭酸ガス CO₂、窒素ガス N₂)
- (2) 水からの養分供給 (水 H₂O、水に溶けている養分)
- (3) 土壌からの養分供給 (肥沃度、養分の可給性、pH)

4) 植物体の構成成分とその供給源



③ 植物の生育に必要な肥料の要素

1) 肥料の三要素の働き

植物の生育に必要な養分のうち、土のなかで不足しやすく、しかも植物の必要とする量の多いものは、窒素・りん・カリウムである。

(1) 植物体における窒素のはたらき

植物体における窒素の大部分は、たんぱく質の形をしており、植物体の主要な構成成分である。また貯蔵たんぱく質として、種子などに多量にたくわえられる。たんぱく質は、他の複雑な化合物と結びついて酵素となり、植物体の生命現象を調節する役割をしている。そのほか窒素は、植物に緑色を与えている葉緑素の主成分で、光合成にもっとも重要な役割をもっている。

窒素が欠乏すると、葉は黄色を呈し、茎は細くなり、側枝は少なくなる。窒素が多いと栄養生長がさかんになり、植物体の水分含量も多くなる。多すぎると、成熟期がおくれ結実がわるくなり、倒

伏しやすく、病害虫におかされやすい。

(2) 植物体におけるりんのはたらき

植物体中のりんの形は無機態と有機態であるが、大部分はフィチン・りん脂質・核酸のような有機態の形をしている。また呼吸や光合成によって生成される高エネルギー化合物は、有機態のりん化合物である。

りんは、生育中の植物体では生長点付近に多く存在しており、染色体に存在して細胞分裂に重要なはたらきをしている。また、呼吸や光合成、根の発育、花の色、果じゅうの性質などにも関係する。

りんが欠乏すると、葉色は紫がかった青緑色を呈する。りんはとくに生育の初期に必要である。りんの欠乏は根の発育をわるくし、成熟をおくらせ、病気にかかりやすくなる。

(3) 植物体におけるカリウムのはたらき

植物体のカリウムは、大部分イオンの形で細胞液中に含まれている。生きている植物組織を水で浸出しても、カリウムは溶出しないが、枯死すると容易に溶かし出される。このため枯れたあとで雨にうたれると、カリウムは流れ去って含量が減少する。

りんの植物体内での変化、たんぱく質や炭水化物の合成、水分の蒸散の調節などに関係があると考えられている。

カリウムが欠乏したときには、炭水化物の合成がさまたげられる。ことにサトウキビにおける糖の収量、サツマイモ・ジャガイモにおけるでんぶんの収量、繊維作物における繊維の収量が低下する。

カリウムが欠乏すると、葉の先端がかっ色になり、ついで葉脈間に黄化現象があらわれるか、黄色やかっ色の小はん点が葉の周辺や先端付近にあらわれる。また、作物は病気にかかりやすく、成熟期もおくれる。

2) 中量要素の働き

(1) カルシウム カルシウムは、植物の分裂組織、とくに根の先端の正常な発育のために欠くことのできないもののようなものである。また、植物体の水・たんぱく質・炭水化物の移動に関係があるといわれる。カルシウムは、窒素・りん酸・カリとともに、肥料の四要素といわれるくらい重要である。植物体のカルシウムの含量は、りんと同じくらいかあるいはそれ以上である。

カルシウムが欠乏すると、葉の先端が灰白色ないし黄白色になり枯死してくるが、新葉ほどはなはだしい。

(2) マグネシウム マグネシウムは葉緑素の構成元素であるから、すべての緑色植物にとって重要である。また、生体内のいろいろな酵素の活性化を助けるものとして、重要なはたらきをし

ている。さらに植物体内でりんの移動に重要な役割をもっていると考えられている。砂質土壌や酸性土壌では、マグネシウムの欠乏がおこりやすい。

マグネシウムが欠乏すると、葉脈と葉脈のあいだが黄化現象を呈する。黄化現象は古い葉におこり、しだいに上部の葉におよぶ。

(3) 硫黄 硫黄は、たんぱく質の構成元素であるから、硫黄をまったく欠くときは、作物は生育できない。

硫黄が欠乏すると葉はかっ色ないし黄色になり、枯死する。新葉に激しくあらわれる。

(4) 鉄 鉄は葉緑素の成分ではないが、その生成に大きな関係をもっていて、生体内の酵素の成分として重要なはたらきをしている。一般に土壌中には多量の鉄が含まれているから、欠乏のおこる原因は、なんらかの理由によって土壌中の鉄が不可給態になったためである。ことに石灰質の土壌や、石灰を施しすぎた土壌では、鉄欠乏があらわれやすい。

鉄が欠乏すると葉が黄化または白色化する。

3) 微量元素

(1) マンガン マンガンは葉緑素の生成、光合成、酵素の活性化に関与していて、生理的に重要な役割をもっている。土壌の反応がアルカリ性になると、マンガンは不可給態となって欠乏をひきおこす。砂質土ではもともとマンガンが少ないために、欠乏症のあらわれることがある。酸性土壌では、マンガン過剰症をおこすばあいがある。

マンガンが欠乏すると、しま状もしくはまだら状の黄化現象を呈する。

(2) ほう素 ほう素は水分・炭水化物・窒素代謝に関与して、カルシウムの吸収、細胞膜の形成と維持をはかるのに役立っている。

ほう素が欠乏すると根の伸長が阻害され、細根が減少する。新葉は小さく紫色化して、植物体は矮生化する。

(3) 亜鉛 亜鉛は酵素の構成元素として、また生体内での酵素のはたらきを助ける役割をされると考えられている。

亜鉛が欠乏すると、葉が小さくなったり変形したり、葉脈間にい黄症状があらわれたりすることがある。

(4) モリブデン モリブデンは、アゾトバクターと根粒細菌の窒素固定を触媒する酵素や、作物の酸化還元酵素の作用に重要な関係をもっている。モリブデンの欠乏は、酸性土壌におこりやすい。しかし、モリブデンの必要量は微量元素のうちでもとくに少ないものである。

欠乏症は古い下葉にあらわれ、黄緑色ないし淡澄色のはん点が葉脈間にひろがる。

(5) 銅 銅は酵素の構成成分として必要であるが、その量は微量でじゅうぶんである。銅が欠

乏するとムギ類では新葉の中央にい黄症状を生じ、それから先端にかけて葉が巻いてくる現象がみられる。

(6) 塩素 塩素の生理作用は、葉緑素のはたらきに重要な役割をしているようである。作物のなかには、鉄やマンガンよりも多量に含まれている。欠乏症状は、わが国ではまだ認められないが、まず下葉の先端がしおれ、生長が押さえられ、ついには枯死する。 繊維を強くする

(7) けい素 けい素は、植物の必須要素には含まれていないが、イネをはじめイネ科の作物は多量のけい素を含有していて、茎葉が丈夫になる効果がある。

けい素の生理作用はまだわかっていないが、イネの葉のけい素含量の少ないばあいには、いもち病にかかりやすいという多数の報告がある。土壌中には多量のけい素がある。

④ 肥料取締法に基づく肥料とは

「肥料」という言葉を国語辞典でみると「土地をこやし、植物の育ちをよくするために、土地に施す物質。窒素・リン酸・カリの三要素のどれかを植物が吸収しやすい形で含んでいる。化学肥料のほか堆肥・糞尿なども使う。こやし。」と出ている。

「農業全書」では、肥料のことを糞（こえ）という文字を使い、牛馬糞、緑肥、灰、魚貝肉、油かす、人糞尿、などがその使い方と一緒に記載されている。外国でも「肥料」のことをイギリスではManure、ドイツではDünger、フランスではManoeuvreといい、いずれも家畜の排泄物（糞尿）を意味している。

1) 肥料の目的と定義

肥料を流通商品として取り扱う場合は「肥料取締法」の適用を受ける。

肥料取締法における肥料の目的：肥料の品質を保全し、その公正な取引を確保するため、肥料の規格の公定、登録、検査を行い、もって農業生産力の維持増進に寄与する。

肥料取締法における肥料の定義：植物の栄養に供することまたは植物の栽培に資するため土壌に化学的変化をもたらすことを目的として土地にほどこされる物および植物の栄養に供することを目的として植物にほどこされる物をいう。

2) 普通肥料と特殊肥料、指定配合肥料

- 普通肥料は、農林水産大臣が指定した特殊肥料以外の肥料はすべて普通肥料としている。普通肥料は、窒素、りん酸、加里等の主成分量によって評価される性格の肥料であり品質保全の必要性から一定の規格（公定規格）が定められ、この規格に基づいて登録を受けなければならない

ないこととなっているほか（ただし、指定配合肥料にあってはこの限りでない。）、保証成分量や正味重量を記載した保証票の添付等が義務づけられている。化学肥料等、主要な肥料がこの普通肥料に該当している。

- 特殊肥料は、肥料取締法の用語。米ぬか、魚かすのような農家の経営と五感によって識別できる単純な肥料、たい肥のような肥料の価値または施肥基準が必ずしも含有主成分量のみ依存しない肥料で、農林水産大臣が指定した肥料をいう。

特殊肥料については品質の保全及び公正な取引の確保のため特別な措置を必要としないと認められることから、登録を受ける義務、保証票添付の義務等がなく、その生産又は輸入に際しでは都道府県知事に届け出さえすればよいことになっている。

- 指定配合肥料は、登録された普通肥料のみを原料として単純に配合した物であるから、大臣または知事に届出するだけで流通可能となる肥料である。

3) 肥料の公定規格

肥料取締法に基づく肥料の公定規格は、普通肥料の登録にあたって、業者間で不公平にならないように、また、肥料の品質が一定水準以下に低下しないことを目的にして設けられたものである。

公定規格は肥料の種類ごとにつぎの事項が定められている。

- (1) 肥料の含有すべき主成分の最小量 (%)
- (2) 肥料に含有を許される有害成分の最大量 (%)
- (3) その他の制限事項

有害成分

肥料の製造の過程で製品の中に含有されて、植生上有害な成分をいう。

肥料に含まれる有害成分は硫青酸化物、ひ素、スルファミン酸、亜硝酸、ピウレット性窒素、カドミウム、ニッケル、クロム、チタンなどがある。肥料の種類ごとに含有を許される最大量が規定されている。

肥料の主成分

主 成 分	有 効 成 分
窒素 (N)	窒素全量、アンモニア性窒素、硝酸性窒素
リン酸 (P ₂ O ₅)、苦土 (MgO)	く溶性、可溶性（苦土はアルカリ分として換算）、水溶性
カリ (K ₂ O)、マンガン (MnO) 硼素 (B ₂ O ₃)	く溶性、水溶性
ケイ酸 (SiO ₂)	可溶性、水溶性
石灰 (CaO)	可溶性（アルカリ分として換算）

注) アルカリ分とは可溶性の石灰と苦土 (CaOに換算して) を合計したもの

4) 登 録

肥料を新規に生産または輸入する場合、登録申請書と見本を関係機関に提出して、内容を確認（公定規格に適合するかどうか）してもらって、台帳に記録するとともにその内容が公表（官報で）され、登録証の交付を受けて始めて商品化できる。したがって国内で流通している普通肥料には必ず登録番号が付けられている。

5) 保 証 票

肥料に含まれている有効成分の含有量と形態を正しく表示することは必要である。登録を受けた普通肥料を生産、輸入した場合はすべて保証票を容器（袋など）に添付することが義務づけられている。

6) 検査と検査機関

肥料の検査は農林水産省および都道府県に特別の権限を与えられた肥料検査官によって、必要なときに無通告で立入り検査形式で行われる。立入検査は肥料取締法が正しく実施されているか否かを監督する目的で厳正に行われる。

国の検査機関——農林水産省肥飼料検査所

東京、札幌、仙台、名古屋、大阪、福岡の6カ所

都道府県にも検査機関がある。

⑤ 肥料の種類

1) 肥料の分類による種類

形による分類——粒状、粉状、ペレット状、固形、液体状肥料

入手経路による分類——自給、販売肥料

製造工程による分類——化学、配合、化成肥料

原料による分類——有機質（動物、植物質）、無機質、鉱物質肥料

成因からみた分類——天然、人造肥料

成分による分類——単肥、複合、窒素質、リン酸質、カリ質、特殊成分、微量元素肥料

成分含量による分類——高度化成肥料、低度（普通）化成肥料

肥効からみた分類——速効性、緩効性、遅効性肥料

2) 複合肥料

複合肥料とは、チッ素、リン酸、カリのうち二成分以上を保証する化学肥料または化学肥料を使用した肥料のことで、一般に化成肥料、配合肥料（有機質肥料のみの配合は除外される）が代表的なもので、芝地や緑地関係での使用される主要な肥料となっている。

複合肥料の種類とその銘柄は非常に多く、数多くの製品が販売されている。したがって使用する植物の種類、気候、土壌の性質、肥料の効かせ方などによって、適切なものを選択して使うことができる。

複合肥料の種類と、その内容、特長を次に示す。

(1) 化成肥料

化成肥料は、肥料原料を配合し、造粒または成形したものや、化学的操作を加えたもので、肥料三要素のうち二成分以上の合計量が10%以上の保証がされたものである。大部分が粒状品（1～4mm）となっている。

普通化成（低度化成）は三要素の二成分以上の合計が30%以下のもので、これに対して30%以上のものを高度化成と呼んでいる。

普通化成および高度化成の両者とも、原料として使用するチッ素源を基準にして、また製造方法のちがいから分類される。

普通化成	1. 硫安系普通化成	高度化成	1. リン安系高度化成
	2. 尿素系普通化成		2. 硫安系高度化成
	3. 塩安系普通化成		3. 尿素系高度化成
	4. 硝安系普通化成		4. 塩安系高度化成
	5. リン安系普通化成		5. 硝安系高度化成
	6. 石灰チッ素系普通化成		6. 特殊成分入り高度化成
	7. 有機入り普通化成		7. 有機入り高度化成

これらの他に、二成分化成肥料として、NK化成やPK化成がある。また、硝酸化成抑制剤入り化成肥料、緩効性チッ素入り化成肥料もある。

(2) 成形複合肥料

成形複合肥料は、各種原料肥料を混合し、これに肥料成分の保持およびリン酸の土壌による固定防止等の効果をもつ木質泥炭、紙パルプ廃繊維、草炭質腐植、流紋岩質凝灰岩粉末またはベントナイトのいずれか1つを加えて成形または造粒したもので、チッ素、リン酸またはカリのいずれか二成分以上の合計量が10%以上保証されるものである。

木質泥炭を使用したものは、一般に固形肥料あるいは粒状固形肥料と呼ばれているもので、林業用、緑化樹木用、緑化工事用、造園関係、芝地用として広く使われている。固形肥料は、木質の泥

炭と硫酸、尿素、過りん酸石灰、りん安、塩加、硫加などの肥料原料を練りまぜて成形または造粒したもので、1個15g前後の桃核状になったものを固形肥料といい、粒径3mm以上に造粒したものを粒状固形肥料と呼んでいる。その特性は泥炭を加えるため一般高度化成に比べると成分量が低いものが多いが、泥炭と肥料の練り合わせ効果（マトリックス効果）により肥料粒からの窒素、加里成分溶出が遅れ緩効的である。りん酸は泥炭と作用して水溶性のりん酸に変化しているものが多く、土壌に固定されにくく肥効が高い。

(3) 吸着複合肥料

チッ素、リン酸またはカリを含有する水溶液をケイソウ土やバーミキュライトなどの吸着原料に吸着させたもので、チッ素、水溶性リン酸または水溶性カリのいずれか二成分以上の合計量を5%以上保証する肥料である。

(4) 被覆複合肥料

被覆複合肥料は、化成肥料または液状複合肥料を肥効の安定持続等を目的として肥料成分の溶出を調節するために、イオウその他の半透水性ないし非透水性の被覆原料で表面を被覆したものである。コーティング肥料とも呼ばれている。この肥料は、含有成分の溶出を確かなものにするため、水溶性チッ素の保証が義務づけられている。また、チッ素および水溶性リン酸または水溶性カリの主成分の量の合計量が25%以上であること、チッ素の初期溶出率（静水中24時間）が50%以下とされている。

水溶性チッ素
水溶性リン酸
水溶性カリ

(5) 副産複合肥料

副産複合肥料は、食品工業または化学工業によって副産されたもので、発酵廃液の濃縮乾燥処理物を主とし、チッ素、リン酸またはカリのいずれか2以上の主成分の合計量が5%以上のものである。

(6) 液状複合肥料

チッ素、リン酸またはカリのいずれか2以上の主成分の合計量が8%以上で、液体または懸濁状の肥料である。葉面散布用に苦土、マンガン、ホウ素を保証したものもある。

(7) 配合肥料

配合肥料は、チッ素質肥料、リン酸質肥料、カリ質肥料、有機質肥料、複合肥料、石灰質肥料、苦土肥料、マンガン質肥料、ホウ素質肥料、微量要素複合肥料のいずれか2以上を配合したもので、チッ素、リン酸またはカリのいずれか2成分以上の合計量が10%以上を保証されるものである。また、化成肥料同士を配合したものも含まれる。特長としては、有機質肥料を混ぜたものが多く、少量多銘柄生産であることである。

(8) 家庭園芸用複合肥料

家庭園芸用複合肥料は、化成肥料、成形複合肥料、吸着複合肥料、被覆複合肥料、副産複合肥料、配合肥料および液状複合肥料以外の複合肥料であって、チッ素、リン酸またはカリのいずれか2成分

の合計量が0.2%以上のもので、その用途がもっぱら家庭園芸専用と容器または袋に表示し、正味重量が10kg以下のものである。なお、用途が家庭園芸用であっても、化成肥料、配合肥料等の規格に適合するものは、家庭園芸用複合肥料ではない。

3) 石灰、苦土、けい酸、微量要素肥料

石灰、苦土、ケイ酸質肥料は主として土壌改良の目的で使用される場合が多く、石灰は酸性土壌の改良用として古くから使われている。また、リン酸質肥料の中で石灰やケイ酸含量の多い塩基性のものも、土壌改良用として使われる。これらを総称して土づくり肥料と呼んでいる。

4) 有機質肥料

有機質肥料は、動植物に由来するもので、一般には、化学的に合成された有機化合物とは区別して扱われている。

普通肥料の中には、現在39種類の有機質肥料が指定されており、それぞれについて、含有すべき主成分の最小量その他の制限事項が定められている。含有すべき主成分としては肥料三要素であるが、有機質肥料の大部分はチッ素を主体としており、とくに骨粉類などがリン酸を多く含有しているのを除いては、一般にカリ含有量は少ない。有機質肥料は動植物に由来しているもので、一般に三要素以外にも量的には微量なものもあるが、多種類の肥料要素を含んでおり、総合的な肥料としての特徴をもっているともいえる。

蒸製骨粉、魚かす、乾血粉、なたね油かすなど。

⑥ 主な肥料の有効成分と特性

1) 無機質三要素系肥料

肥料名	性状	組成		肥効
		保証成分量	副成分	
硫安 (NH ₄) ₂ SO ₄	白色 結晶	AN 21 %	硫酸	速効性、土壤に吸着保持される。
塩安 NH ₄ Cl	白色 結晶 粗粒状	AN 25 %	塩素	速効性、土壤に吸着保持される。
硝安 NH ₄ NO ₃	白色 粒状	TN 34 % AN 17 % NN 17 %		最も速効性、硝酸性は流亡しやすい。
尿素 (NH ₂) ₂ CO	白色 結晶 粒状	TN 46 %	炭酸	速効性、尿素は流亡しやすいが、アンモニア性に分解されれば土壤に吸着保持される。
石灰チッ素 CaCN ₂	灰黒色 粉状 粗碎状	TN 21 %	石灰 30 % 炭酸	速効性、アンモニア性に分解され土壤に吸着保持される。植物に有害。
硝酸石灰	白色 粒状	NN 10 %	石灰	最も速効性
CDUチッ素 (アセトアルデヒド 縮合尿素)	白色 粒状	TN 31 %	炭酸 アセトアルデヒド	緩効性 微生物および加水分解
IBチッ素 (イソブチル アルデヒド縮合尿素)	白色 粒状	TN 31 %	炭酸 イソブチル アルデヒド	緩効性 科学的加水分解
ホルムチッ素 (ホルムアルデヒド 加工尿素肥料)	白色 粗粒状	TN 38~40 %	炭酸 ホルムアルデヒド	緩効性 微生物分解
腐植酸アンモニア	黒色 粉状	AN 5 %	腐植酸	速効性
被覆尿素	白色 球状	TN 40 %	ポリオレフィン等	緩~極緩
オキサミド	白色 針状 結晶	TN 30 %	炭酸	緩効性

TN : 窒素全量 AN : アンモニア性窒素 NN : 硝酸性窒素

肥料名	性状	組成		肥効	
		保証成分量	副成分		
リン酸肥料	過リン酸石灰 CaH ₄ (PO ₄) ₂	灰白色 粉状粒状	SP 17 % (WP 14 %)	石灰 硫酸	速効性、土壤に吸着される。生理的中性。
	重過リン酸石灰	灰白色 粉状粒状	SP 40 % (WP 38 %)	石灰	速効性、土壤に吸着される。生理的中性。
	熔成リン肥 α-りん酸三カルシウム	淡緑色 粗粒状	CP 20 % CMg 15 % CSi 20 % アルカリ分 50 %	石灰	く溶性、緩効性、 流亡しない。 アルカリ性
	苦土重焼リン	灰白色 粒状	CP 35 % (WP 16 %) CMg 4.5 %	石灰 ケイ酸	緩効性 (含む速効)
	ダブリン	灰白色 粒状	CP 20~35 % (WP 5~19 %) CMg 4~15 % (WMg 0~7 %)	石灰 ケイ酸 鉄	緩効性 (含む速効)
	リンスター	灰白色 粒状	CP 30 % (WP 5 %) CMg 8 % (WMg 2 %)	石灰 ケイ酸	緩効性
	腐植リン	黒色 顆粒状	CP 15 % (WP 2 %) CMg 8 %	腐植酸 石灰 ケイ酸	緩効性
カリ質肥料	塩化カリ KCl	白色 赤褐色 結晶状	WK 60 %	塩素	水溶性、速効性
	硫酸カリ K ₂ SO ₄	白色と 灰白色 結晶状	WK 50 %	硫酸	速効性、土壤に吸着される。
	ケイ酸カリ	灰白色 粒状	CK 20 % CSi 25 % CMg 3 % CB 0.05 %	ナトリウム	緩効性
	硫酸カリ苦土 (サルポマグ)	灰色 淡褐色 結晶状	WK 21.5 % WMg 18.5 %	硫酸	やや緩効性

SP : 可溶性りん酸 WP : 水溶性りん酸 CP : くよう性りん酸 CMg : くよう苦土 WMg : 水溶性苦土
 WK : 水溶性加里 CK : く溶性加里 CSi : くよう性けい酸 CB : く溶性ほう素

2) 石灰、苦土、けい酸質肥料および微量元素肥料

肥料名		性状	組成		肥効
			保証成分量	副成分	
石灰質肥料	生石灰	白色微粉状	アルカリ分 80~100 % CMg 7~30 %		速効性
	消石灰	白色微粉状	アルカリ分 60~75 % CMg 5~25 %		速効性
	炭酸カルシウム肥料 (炭カル)	白色粉末状	アルカリ分 53~56 % CMg 3.5~17 %	炭酸	やや遅効性
苦土肥料	硫酸苦土肥料 (硫マグ)	白色結晶 灰褐色 粉末状	WMg 11~25 %	硫酸	速効性
	水酸化苦土肥料 (水マグ)	白色微粉状	CMg 50~60 %		遅効性
	腐植酸苦土肥料	灰黒色粗粒状	CMg 3 % (WMg 1 %)	腐植酸 ケイ酸	緩効性
けい酸質肥料	けい酸石灰肥料 (ケイカル)	灰白色微粉状	SSi 20~35 % アルカリ分 35~50 % CMg 2~5 % CMn 1~5 %	石灰 鉄	遅効性
微量元素肥料	硫酸マンガン肥料	黒褐色粉状 白色結晶	WMn 10~32 %	硫酸 ケイ酸	速効性
	ホウ酸塩肥料 (ホウ砂)	白色結晶状	CB 35%~ WB 34%~	ナトリウム	速効性
	ホウ酸肥料	白色結晶状	WB 54~56 %		速効性
	熔成微量元素 複合肥料 (FTE)	茶灰色微粉末状	CB 7~10 % CMn 17~20 %	ケイ酸 苦土 石灰 鉄 他	緩効性

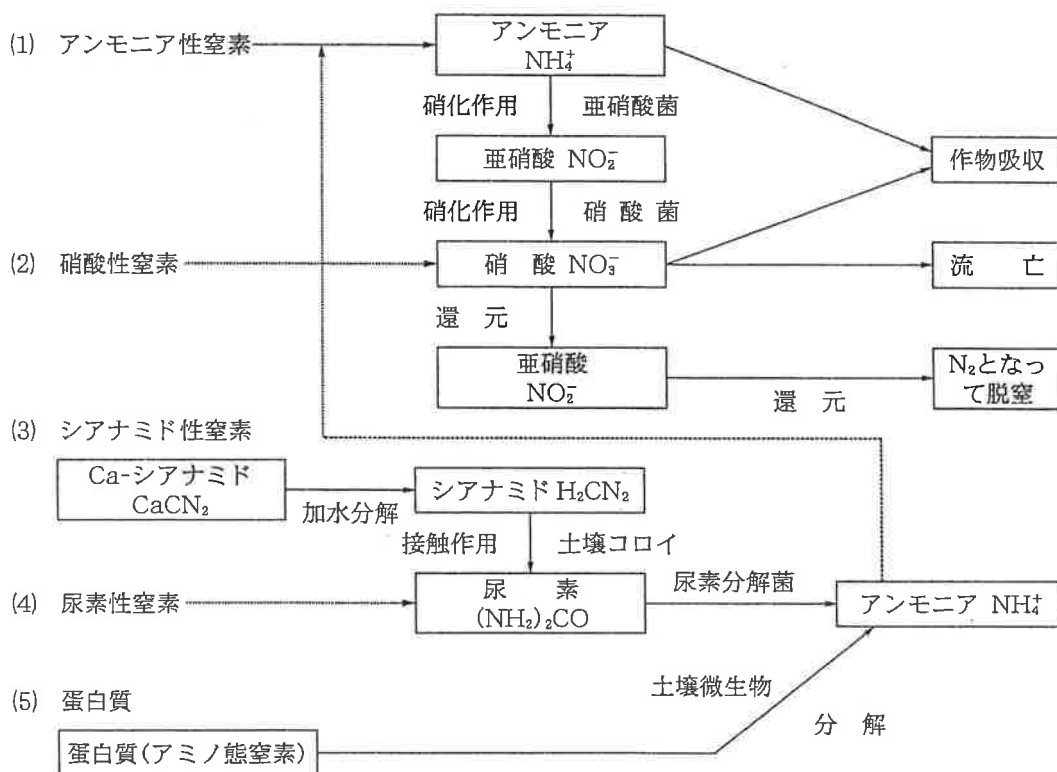
CMg : <溶性苦土 WMg : 水溶性苦土 SSi : 可溶性けい酸 CMn : <溶性マンガン
WMn : 水溶性マンガン CB : <よう性ほう素 WB : 水溶性ほう素

⑦ 肥料の土壌中における分解と変化

1) 窒素 (N: Nitrogen)

肥料中の窒素の形には、無機質と有機質とがある。無機質のおもなものは硝酸性とアンモニア性であり、有機質のおもなものは、たんぱく質あるいはそれに類似のものである。このほかにシアナミド性・尿素性の窒素がある。この二つは、化学上は有機化合物に属するが、肥料としては習慣上無機質肥料として扱われている。これらのうち植物が直接根から吸収できる形は、アンモニア性と硝酸性の窒素である。その他の形の窒素は、土壌中でアンモニア性窒素(NH_4^+) または硝酸性窒素(NO_3^-) にまで変化して吸収される。

窒素質肥料の土壌中における変化



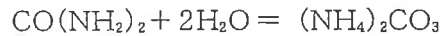
(1) アンモニア性窒素 アンモニア性窒素は水に溶けやすく、きわめてすみやかに作物に吸収される。土壌のコロイドにも吸着保持されるので流亡することは少なく、水田・畑のいずれにも適した肥料である。

硫酸 ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) や塩安 (NH_4Cl) は、この形の窒素を含んでいる。

(2) 硝酸性窒素 硝酸性窒素は、水に溶けやすく肥効はすみやかである。硝酸性窒素(硝酸イオン)は、陰イオンであるから土壌のコロイドに吸着保持されないため、雨水・かんがい水によって流亡しやすい。従って水田には適さない。

チリ硝石 (NaNO_3) の窒素と、硝安 (NH_4NO_3) の窒素の半分は、この形で含まれる。

(3) シアナミド性窒素 これは石灰窒素の主成分であるが、土壤に施すとコロイドの触媒作用で尿素になり、さらに微生物の作用で炭酸アンモニウム（アンモニア性窒素）になってはじめて作物に吸収される。



この変化が順調にすすまないと、異常分解がおこって有害なジシアンジアミド（ $(\text{C}(\text{N})\text{NH}_2)_2$ ）ができる。従って施用の際は土壤に混合する必要がある。

(4) 尿素性窒素 尿素性窒素は、水に溶けやすく肥効はすみやかであるが、土壤のコロイドに吸着されないので流亡しやすい性質がある。従って水田など水のあるところに直接施用しないようにする。乾いた土壤に施用すると微生物の働きで炭酸アンモニウム（アンモニア性窒素）になり、土壤に吸着保持され流亡することは少なくなる。

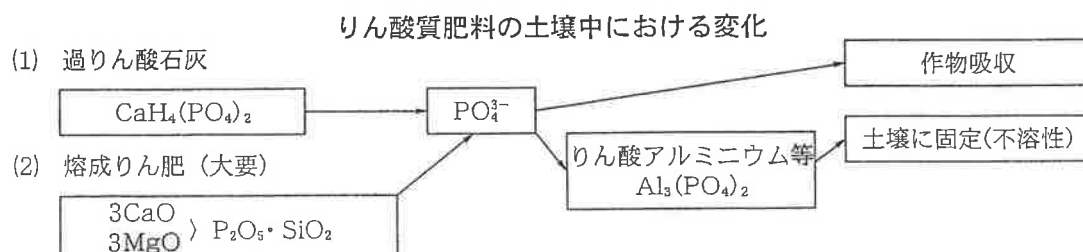
(5) 蛋白質（アミノ態窒素） この肥料は魚かす、なたね油かすなどの有機質肥料で、土壤に施されたのち、微生物の分解作用を受けてアミノ酸を経てアンモニア性窒素に変化する。蛋白質からアンモニア性窒素に生成される速度は、材料の性質と温度・水分環境条件によってちがう。

2) リン（りん酸）（P：Phosphorus）

肥料のりん酸の形にも、無機質と有機質とがある。有機質肥料や自給肥料の大部分は有機質であり、核酸態とフィチン態とがおもなものである。これらは、微生物によって分解されて根から吸収されるが、分解は速く、肥効は高い。

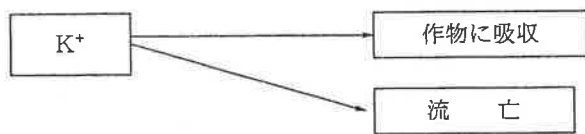
無機質のりん酸にもいろいろの形のものがあるが、りん酸塩の種類と共存物質によって肥効がちがう。肥効を判定する分析の基準として、水溶性・可溶性・く溶性・不溶性の四つに分けられている。不溶性りん酸以外はいずれも肥効は高い。但し骨粉は不溶性りん酸であるが肥効は高い。

水溶性りん酸に属するものは、りん酸二水素一アソモニウムやりん酸二水素カルシウム（りん酸一石灰）で、一般の複合肥料や過りん酸石灰のりん酸の大部分はこれに相当する。可溶性りん酸とは、くえん酸アンモニウム液に可溶なりん酸である。く溶性りん酸とは、2%くえん酸溶液に可溶なもので、熔成りん肥のりん酸はこれに相当する。



3) カリウム (カリ) (K : Kalium)

化学肥料のカリウムも、有機質肥料のものも、水に溶ける。したがって、硫酸カリ (K_2SO_4)・塩化カリ (KCl)・草木灰・たい肥のカリウムは、いずれも肥効が高い。カリウムイオンは、アンモニウムイオンと同様に土のコロイドに保持される。



⑧ 肥料の物性

1) 副成分

肥料には、主成分のほかに副成分が含まれている。肥料成分含量の低いものは、副成分の含量が多くなる。尿素のようなものは、副成分が少なく能率のよい肥料である。

熔成りん肥のマグネシウムやけい素は、それぞれ肥料としての効果がある。また、繊維作物に対しては塩化物肥料は硫酸塩肥料にまさとされている。

2) 化学的反応

肥料を水に溶かしたときに、その水溶液の反応によって、肥料を酸性・中性・塩基性の3種に区別する。

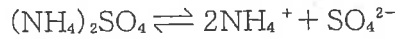
酸性肥料	過りん酸石灰・重過りん酸石灰
中性肥料	硫安・塩安・硝安・尿素・硫酸カリ・塩化カリ・硝酸ソーダ
塩基性肥料	石灰窒素・熔成りん肥・骨粉・木灰・肥料用消石灰・炭カル

化学的反応は、肥料を配合するうえで心得ておかなければならない性質である。

酸性肥料と塩基性肥料を混合した場合には化学反応がおこり、それぞれの肥料成分が不溶性となり肥料効果が半減する。

3) 生理的反応

作物は肥料中の主成分を多量に吸収するが、副成分はわずかししか吸収しない。たとえば硫安では、アンモニウムイオンを多量に吸収して硫酸イオンを残し、チリ硝石では硝酸を多量に吸収してナトリウムイオンを残し、残された副成分によって、硫安のばあいは酸性反応に、チリ硝石のばあいはアルカリ性反応になってくる。



(作物が吸収)



(作物が吸収)

このように、施された肥料が土のなかで変化をおこしたのち、土の反応に影響するものを、生理的反応とよんでいる。生理的反応によって、肥料をつぎの三つに分けることができる。

酸性肥料 硫安・塩安・硫酸カリ・塩化カリ

中性肥料 硝安・尿素・過りん酸石灰

塩基性肥料 チリ硝石・石灰窒素・熔成りん肥・たい肥

このうち、過りん酸石灰の反応はすこし特別である。過りん酸石灰の水溶液は酸性であるが、土に施したときは酸性土を改良する効果がある。それは、りん酸が土の活性アルミニウムと結合し、その悪影響を除くためである。このため、生理的反応という点からみると、中性肥料と考えたほうがよい。

有機質肥料の反応はやや複雑である。ダイズ油かすや緑肥は、分解がはじまると、まず有機酸が生成されるために酸性を示すが、つづいてアンモニアの生成と有機酸の分解とがおり、反応はしだいに塩基性になってくる。しかし、魚肥・血粉のように窒素含量の高いものははじめからアンモニアの生成がさかんであるから、微塩基性を示す。腐熟したたい肥は、微塩基性の肥料と考えたほうがよい。

4) 吸湿性

肥料には吸湿性の強いものがある。硝酸石灰、硝酸アンモニア、尿素等は高温・多湿の状態に放置すると吸湿して溶解する。

吸湿の度合には温度と湿度が影響する。気温が高いと湿度が低い状態でも吸湿が始まる。したがって、使い残しの肥料は、なるべく空気にさらさないように保管する必要がある。

5) 固結性

肥料を放置したり積んでおくと固まることがある。水分の多い、吸湿しやすい肥料は、一冬越したりすると固まりやすい。固結しやすい肥料は水溶性の成分を含む肥料に多い。このため、固結防止材としてけいそう土やタルク、ベントナイト等を肥料粒子の表面に被覆する。

6) 肥料・配合の可否

土壌条件や植物の種類によって最適な配合肥料を調整する場合の参考に、主要な肥料の配合可否

を示す。配合後は早く使うべきで、長期の保存が好ましくないこともある。

肥料配合の可否

(植物栄養土壌肥料大事典、1976)

	肥料名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	硫安、塩安、過リン酸石灰、硫酸マンガン、 複合肥料（酸性）		×	○	△	▲	×	○	○	○	○
B	石灰チッ素、重炭酸カリ	×		○	×	○	○	○	×	○	○
C	尿素（粒状）	○	○		△	○	○	○	○	○	△
D	硝安	△	×	△		×	×	○	△	○	×
E	熔成リン肥、焼成リン肥、炭酸カルシウム、骨粉類、 ケイ酸質肥料、複合肥料（塩基性）	▲	○	○	×		○	○	▲	○	○
F	消石灰、生石灰、水酸化苦土、炭酸苦土	×	○	○	×	○		○	×	○	○
G	硫酸カリ、塩化カリ、その他のカリウム塩肥料、 硫酸苦土	○	○	○	○	○	○		○	○	○
H	苦土過リン酸、混合リン肥、（熔過リン、重焼リン）	○	×	○	△	▲	×	○		○	○
I	ホウ酸、ホウ酸塩肥料	○	○	○	○	○	○	○	○		○
J	魚肥、植物油かすなどの有機質肥料	○	○	△	×	○	○	○	○	○	

注 1) 各組の肥料は相互に配合可

2) ○ 配合可

△ 配合しても成分変化はしないが、取り扱いにくくなるので注意

▲ 配合すると成分変化が起こり、不利になる場合があるので注意

× 配合不可

3) ウレアホルムはCに、IBDU、CDU、グアニル尿素はGに準ずる

4) 草木灰はF、完熟たい肥はAに準ずる（ただし硫安とは配合不可）

5) 大豆油かすと尿素とは配合不可

6) ▲印の塩基性肥料の配合比は50%以下とする。

⑨ 肥料の特性と用途

品名	保証成分量(%) N-P-K	形状 (肥効)	特性と用途
[窒素質肥料] 硫酸アンモニア (NH ₄) ₂ SO ₄	21-0-0	白色結晶 (肥効約14日)	アンモニア性窒素は土壌コロイドに吸着保持されるがその後、①硝酸性窒素に変化する。②植物に吸収されるとともに一部が流亡する。硫酸根はカルシウムと結合して石膏となり酸性化が進む。速効性の生理的酸性肥料である。化成肥料の窒素原料に使用されている。 (各社)
尿素 CO(NH ₂) ₂	46-0-0	白色結晶 粒状 (肥効約10日)	尿素性窒素は土壌コロイドに吸着保持されることはないが、乾燥した土壌に混合するとウレアーゼの働きにより1週間以内でアンモニア性窒素に変化して土壌コロイドに吸着保持されるようになる、中性肥料である。 (各社)
石灰窒素 CaCN ₂	21-0-0 アルカリ分55%	黒色粉末 粗粒状 (肥効約45日)	シアンミド性窒素は土壌コロイドの触媒作用で尿素性窒素に変化する。そしてウレアーゼの働きでアンモニア性窒素になる、この過程でできるジシアンジアミドが硝酸化成菌を抑制するのでアンモニア性窒素としての肥効が長い。植物の葉面に付着すると葉が枯死する、従って追肥より基肥に施用する方が良い結果が得られる。生理的塩基性肥料である。 全層施肥後散水し、10日以降に播種、植付をする。 (各社)
CDU窒素 (アセトアルデヒド縮合尿素)	31-0-0	白色結晶 (肥効約70~80日)	水に溶けにくい特性を利用した緩効性の窒素肥料である。加水分解および土壌中の微生物により分解され徐々に尿素性窒素に変化して肥効があらわれる。化成肥料の窒素原料に使用されている。 旭化成ケミカルズ(株)
IB窒素 (イソブチルアルデヒド縮合尿素)	31-0-0	白色結晶 (肥効約70~80日)	水に溶けにくい性質の緩効性窒素肥料である。加水分解により窒素が無機化して肥効があらわれる。粒度の大きいものほど肥効が長くなる。 化成肥料の窒素原料に使用されている。 三菱化学アグリ(株)
メチレン尿素 (ホルムアルデヒド加工尿素)	40-0-0	白色結晶 (肥効約70~80日)	緩効性の窒素肥料である。縮合の程度で水に溶けやすい低分子の1メチレン2尿素から2メチレン3尿素、3メチレン4尿素、4メチレン5尿素と水に溶けにくい樹脂のような高分子までが含まれている。微生物により分解するので肥効に持続性があらわれる。 化成肥料の窒素原料に使用されている。 サンアグロ(株)

品名	保証成分量(%) N-P-K	形状 (肥効)	特性と用途
[りん酸質肥料] 過りん酸石灰 $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$	0-17.0-0 0-17.5-0	粉状 粒状(2~4mm) (肥効約14日)	水溶性のりん酸で速効性である。ただし、りん酸吸収力の強い土壌では鉄、アルミナと結合して根に吸収されにくいらん酸鉄、りん酸アルミナに変化するので肥効がおちる。生理的中性肥料である。 化成肥料のりん酸原料に使用されている。 (各社)
熔成りん肥	0-20-0 けい酸20% 苦土15% アルカリ分50%	砂状、 粒状(2~4mm) (肥効約3ヶ月)	水に溶けにくい溶性のりん酸で緩効性である。根が分泌する根酸に溶解吸収される。アルカリ分を含んでいるので酸性土壌やりん酸吸収力の強い土壌の改良に最適である。 (各社)
[加里質肥料] 硫酸加里 K_2SO_4	0-0-50	白・灰色結晶 (肥効約14日)	加里は速効性で土壌コロイドに吸着保持される。その後根に吸収されるかまたは流亡する。硫酸根はカルシウムと結合して石膏となり酸性化が進む、生理的酸性肥料である。化成肥料の加里原料に使用されている。 (各社)
塩化加里 KCl	0-0-60	白~赤褐色結晶 (肥効約14日)	塩化加里の肥効は硫酸加里と同じである。塩素は土壌に吸着されないまま流亡する。 (各社)
[有機質肥料] 魚かす粉末	6-5-1	粗粉状 (肥効約60日)	有機質肥料に含まれる蛋白質は土壌中の微生物に分解されてタンパク質、アミノ酸を経てアンモニア性窒素に変化してから根に吸収される。 微生物により分解されるため低温期の肥効は低い。 (各社)
なたね油粕	5-2-1	粉状 (肥効約60日)	
骨粉ペレット	3-18-0	4mmペレット (肥効約60日)	骨粉は不溶性であるが土壌中の微生物に分解されて肥効があらわれる。BSEの関係で使用できる原料(牛骨粉)に制限がある。 骨粉ペレット(豚・鶏骨粉類99%に菜種油粕1%配合)は流通している。 (各社)

品名	保証成分量(%) N-P-K-Mg	形状 (肥効)	特 性 と 用 途
[化成肥料] グリーンフィーバー	15・15・15・0	2～4mm (肥効30日)	窒素(尿素性・アンモニア性)、りん酸(水溶性)、加里(水溶性)の三要素すべて即効性の成分である。のり面緑化用
ニチリンパワー1号	10・10・10・2 AN2、WP2、WK10	5～9mm (肥効約3ヶ月)	緩効性窒素(メチレン尿素8%)、く溶性りん酸(10%)を含む緩効性の肥料である。緑化樹木、花木、鉢物用
ほまれ1号	10・10・10・2 AN4、WP3、WK10	5～9mm (肥効約3ヶ月)	緩効性窒素(CDU6%)、く溶性りん酸(10%)を含む緩効性の肥料である。緑化樹木、花木、鉢物用
マウントキングS	12・6・6・2	1個約15gの クルミ状 (肥効約2年半)	緩効性窒素(CDU全量)、く溶性りん酸、く溶性加里、く溶性苦土を含む。肥やけの心配がなく長期間肥効を維持する緩効性の肥料である。 一般造林、緑化樹木、竹林、治山砂防造林用 日本肥糧(株)
バーディーグリーン	16・10・14・0	2～4mm (肥効約3ヶ月)	緩効性窒素(IB8%)を含む緩効性の肥料である。 芝生、のり面用 三菱化学アグリ(株)
グリーンパイル	17・10・10・0	φ3cm・長さ30cm 重さ300g/本、 φ2cm・長さ25cm 重さ100g/本 (肥効8~10ヶ月)	窒素、りん酸、加里の三要素すべて水溶性で紙管から溶出し、土壌中に拡散してから根に吸収される。 樹木用 旭化成ケミカルズ(株)
[成形複合肥料] まるやま1号	6-4-3 腐植入り緩効性肥料	1個約15gの クルミ状 (肥効約5ヶ月)	木質泥炭(腐植コロイド)に肥料成分を吸着して成形、造粒した肥料である。 肥料成分は水溶性で速効性であるが腐植コロイドに吸着しているのゆっくと溶出する。
まるやま3号	3-6-4 腐植入り緩効性肥料	1個約15gの クルミ状 (肥効約5ヶ月)	窒素、りん酸、加里の肥効が高く、植物は健全に生育する。
ピートボール	12-8-6 腐植入り緩効性肥料	1個約10gの クルミ状 (肥効約4ヶ月)	腐植コロイドは連用することで、地力を高める働きがある。 まるやま1号 一般造林、緑化樹木、竹林用
ちから1号(普通粒)	6-4-3 腐植入り緩効性肥料	6~12mm粒状 (肥効約80日)	まるやま3号 治山砂防造林用 ピートボール 一般造林、緑化樹木用
ちから1号(小粒)	6-4-3 腐植入り緩効性肥料	3~6mm粒状 (肥効約60日)	ちから1号 一般造林、苗畑、芝生元肥用 ちからグリーン 芝生追肥用
ちからグリーン	6-4-3 腐植入り緩効性肥料	1~3mm粒状 (肥効約30日)	ちから24号 芝生用 新まるやま特号 一般造林、のり面緑化、芝生用
ちから24号	8-8-8 腐植入り緩効性肥料	2~4mm粒状 (肥効約60日)	
新まるやま特号	12-8-6 腐植入り緩効性肥料	3~6mm粒状 (肥効約60日)	日本肥糧(株)

品名	保証成分量(%) N-P-K-Mg	形状 (肥効)	特性と用途
[熔成複合肥料] マグアンプK	6・40・6・15	大粒 約5mm (肥効約1年) 中粒 約3mm (肥効約6ヶ月)	りん酸マグネシウムアンモニウムとりん酸マグネシウムカリウムを固溶化した肥料で水に溶けにくい成分で肥料焼けや流亡の少ない緩効性肥料である。 樹木・鉢物・花壇に最適である。
マグアンプⅡ	6・40・6・15	Lサイズ 約5mm球形 (肥効約1年) Mサイズ 約3mm球形 (肥効約6ヶ月) Sサイズ 約1mm球形 (肥効約1.5ヶ月)	
マグアンプⅢBB	7・23・6・7 B-0.05	Sサイズ 約1mm粒状 (肥効約1~2ヶ月)	有機(魚粕)を混合した有機配合肥料である。花壇用に。 (株)ハイポネックス ジャパン
グリーンマップ	6・36・6・16	M品 2~4mm (肥効約6ヶ月) S品 0.5~2.8mm (肥効約3ヶ月)	りん酸マグネシウムアンモニウムとりん酸マグネシウムカリウムを固溶化した肥料で水に溶けにくい成分で肥料焼けや流亡の少ない緩効性肥料である。 樹木・鉢物・花壇に最適である。
グリーンマップⅢ	6・37・6・18	M品 2~4mm (肥効約1年) S品 0.5~2.8mm (肥効約6ヶ月)	サングリーン(株)
[被覆複合肥料] ハイコントロール 650	16-5-10	2.8~4.2mm粒状 (100・180・360・ 700日タイプ)	水溶性の肥料成分を樹脂で被覆して肥料の溶出を調整している。 地温25℃で80%の窒素が溶出する日数で決めている。
ハイコントロール 085	10-18-15	2.8~3.5mm粒状 (70・100・180・ 360日タイプ)	のり面緑化、芝草、花き、花木用 旭化成ケミカルズ(株)
ソフト100	12-12-12	3~4mm粒状 (肥効約110日)	水溶性の肥料成分を硫黄などで被覆して肥料の溶出を調整している。 のり面緑化、芝草用 サンアグロ(株)

品名	保証成分量(%) N-P-K	形状 (肥効)	特 性 と 用 途
【とうもろこし 浸漬液肥料】 サンエイリップ	3-3-2	液状肥料 (肥効約20日)	有機 JAS 認証適合肥料である。 植物から抽出したアミノ酸、りん酸、加里、ミネラルを含んでいる。 葉面、根部からの吸収が早い。 土壌微生物の増殖を促し、根の発達が良くなる。 芝生、草花用 <div style="text-align: right;">サンエイ糖化(株)</div>
【石灰質肥料】 炭酸カルシウム肥料 (苦土石灰)	アルカリ分 53% 石灰(カルシウム) 32% 苦土(マグネシウム) 15%	3~4mm粒状 (肥効約3ヶ月)	カルシウムは、根の生育を促進する。 マグネシウムは、葉緑素の構成元素である。 苦土石灰に含まれるアルカリ分(カルシウム、マグネシウム)は酸性土壌を改良する。 カルシウムは土壌コロイドに吸着して土壌の団粒化を促進する働きがある。 <div style="text-align: right;">(各社)</div>
【けい酸質肥料】 けいカル	アルカリ分 45% 石灰(カルシウム) 40% 苦土(マグネシウム) 4% けい酸 30%	3~4mm粒状 (肥効約3ヶ月)	けい酸は、根ばりを良くする。茎葉を丈夫にするので病虫害に対する抵抗性を強める。 マグネシウムは、葉緑素の構成元素である。 けいカルに含まれるアルカリ分(カルシウム、マグネシウム)は、酸性土壌を改良する。 <div style="text-align: right;">(各社)</div>

日本林業肥料株式会社

