

## 重過りん酸石灰

重過りん酸石灰は可溶性りん酸含有量が 30%、水溶性りん酸含有量が 28%以上のりん酸系肥料を指す。りん鉱石では、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含有量が最高でも 32~33%で、過りん酸石灰のように硫酸を使ったりん鉱石を分解する方法では作れない。従って、硫酸の一部又は全部をりん酸に代えることにより重過りん酸石灰を製造する。

### 一、重過りん酸石灰の製造原理

重過りん酸石灰はりん鉱石中のフッ化りん酸カルシウムがりん酸により分解され、水溶性のりん酸二水素カルシウムを生成したものである。これは、過りん酸石灰の熟成工程に起きた反応と同じである。

反応式



その反応は、まず、りん酸に溶解したフッ化りん酸カルシウムがりん酸から解離した活性水素イオン (H<sup>+</sup>) と反応して、水溶性のりん酸二水素カルシウム 1 水塩 (Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O) を生成する。次いで、りん酸二水素カルシウム 1 水塩が過飽和状態になり、りん酸二水素カルシウムが結晶として析出する。但し、りん酸の水素イオンの解離力が弱く、活性水素イオン濃度が低いため、すべての反応が完成するまでに 14~30 日がかかる。

りん鉱石がりん酸に分解される際に脈石もりん酸と反応して、難溶性りん酸塩を生成する。

### 二、原料

過りん酸石灰に比べ、重過りん酸石灰は可溶性りん酸と水溶性りん酸の指標が高いため、原料に対して厳しい要求がされている。

#### 1. りん鉱石

りん鉱石のりん酸鉱物は主に第三りん酸カルシウム (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) 又はフッ化りん酸カルシウム (Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · F)。りん鉱石の品質評価はりん酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 含有量のほか、有害物質の種類と含有量も重要である。重過りん酸石灰はりん酸を使うため、原料のりん鉱石は湿法りん酸 (以下、単にりん酸と書く) の製造に使うものが一次りん鉱石、重過りん酸石灰の製造に使うものが二次りん鉱石と呼ばれる。特に生産効率、製造コスト、製品品質が重要なりん酸の製造に使う一次りん鉱石はその品質が重要視される。

また、硫酸と比べ、りん酸の酸性度と反応性が弱いため、二次りん鉱石はその分解されやすさも重要である。

通常、一次と二次りん鉱石の品質要求は表 1 に示す規格を満たす必要がある。

表 1. りん鉱石の品質要求

項目	規格
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 含有量 (%)	> 32
カルシウム含有量 (CaO / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	< 1.5
炭酸塩類全量 (CO <sub>2</sub> / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	< 18
酸化鉄と酸化アルミニウム合計量 ((Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	< 0.1
マグネシウム含有量 (MgO / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	< 0.03

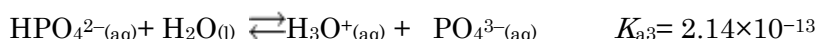
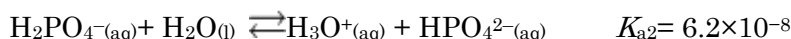
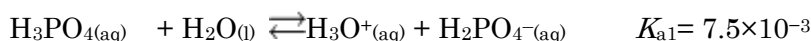
## 2. りん酸

原料に使うりん酸は湿法で作った湿式りん酸（りん酸の章を参照）である。表 2 の規格を満たす必要がある。

表 2. りん酸の品質要求

項目		規格
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 含有量	%	> 45 (濃りん酸)、 > 35 (希りん酸)
遊離 H <sup>+</sup> 濃度	%	> 0.6%
固形物含有量	%	< 1

りん酸は 3 価の酸であるため、水と反応すると解離して 3 つの水素イオン(H<sup>+</sup>)を放出する。



1 段目の解離により発生するアニオンは H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>である。以下同様に 2 段目の解離により HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が、3 段目の解離により PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>が発生する。25℃の室温における平衡反応式と酸解離定数 (K<sub>a1</sub>, K<sub>a2</sub>, and K<sub>a3</sub>) の値は上に示す通りであり、pK<sub>a</sub> の値もそれぞれ pK<sub>a1</sub>=2.12、pK<sub>a2</sub>=7.21、pK<sub>a3</sub>=12.67 (各 25℃) となる。一段目はやや強く解離し 0.1 mol/dm<sup>3</sup>の水溶液では電離度は約 0.27 であり、三段目の解離はきわめて弱く、中和滴定曲線でも第三当量点は現れない。

また、りん酸解離に関する標準エンタルピー変化、ギブス自由エネルギー変化、エントロピー変化の値が表 3 に示す通りである。水素イオンの解離に伴うエネルギーの変化は第二解離と第三解離が吸熱反応であるため、りん鉱石の分解への貢献度がほとんどない。

従って、りん酸の P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含有量が低い場合は、活性水素イオン (H<sup>+</sup>) の濃度が低く、りん鉱石の分解力が弱い又は分解できない。一方、マグネシウム、鉄、アルミニウム等の異物もりん酸と反応して、難溶性のりん酸塩を生成するため、活性水素イオンの濃度を下げる。

固形不溶物の存在はりん酸の粘度を高め、流動性に影響して、気温が低い冬期には沈殿が発生する恐れもあり、輸送、貯蔵、使用に影響を及ぼす。

表 3. りん酸解離に関する各化学変化値

	$\Delta H^\circ$	$\Delta G^\circ$	$\Delta S^\circ$	$\Delta Cp^\circ$
第一解離	-7.95 kJ/mol	12.26 kJ/mol	-67.8 J/mol K	-155 J/mol K
第二解離	4.15 kJ/mol	41.13 kJ/mol	-123.9 J/mol K	-226 J/mol K
第三解離	14.74 kJ/mol	70.45 kJ/mol	-188.7 J/mol K	- J/mol K

### 三、りん酸使用量

りん酸使用量とは、りん鉱石から重過りん酸石灰を生産するには必要なりん酸の量である。精製されていないりん酸は異物を多く含んで、一部のりん酸がすでに異物の金属系陽イオンと結合して、化学活性を失った。また、湿式りん酸の生産工程により、残存した硫酸や生成したフッ素ケイ酸も含んでいるため、実際の分解能力がその  $P_2O_5$  含有量を超えることもよくある。従って、りん酸の分解能力をその  $P_2O_5$  含有量により計算することはずれが大きい。通常、りん酸の分解能力は活性水素イオン ( $H^+$ ) の濃度で表示する。

活性水素イオン濃度はアルカリ法で測定する。即ち、水酸化ナトリウムを標準液として、メチルオレンジ-ブロモクレゾールグリーン混合指示薬を使って、 $pH=4.35$  を終点としてりん酸を滴定し、りん酸の第 1 水素イオン、硫酸とフッ化ケイ酸の第 1 と第 2 水素イオンの濃度を測定する。

りん酸を使つてりん鉱石を分解する際に、りん鉱石に含まれている脈石、例えば、カルシウムやマグネシウムの炭酸塩化合物、鉄やアルミニウム酸化物もりん酸と反応して、消費する。ただし、 $P_2O_5$  はりん酸を消費しないうえ、カルシウムと反応してりん酸二水素カルシウムを生成する。りん酸の使用量は下記の計算式でその理論値を計算することができる。

$$\text{使用量 (重量)} = (\text{CaO}/28 + \text{MgO}/20 + \text{Fe}_2\text{O}_3/80 + \text{Al}_2\text{O}_3/51 - \text{P}_2\text{O}_5/71) \div [H^+]$$

CaO、MgO、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$  はそれぞれりん鉱石に含まれる量 (%) であり、 $[H^+]$  はりん酸の活性水素イオンの量 (%) である。

例えば、 $\text{P}_2\text{O}_5$  33.1%、CaO 48.0%、MgO 0.29%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1.13%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  1.29% のフロリダ産りん鉱石を原料にして、 $\text{P}_2\text{O}_5$  48%、MgO 2.52%、遊離  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3.74%、遊離  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  0.98% の湿式濃りん酸液を使って、重過りん酸石灰をつくる場合の例を挙げて、その必要なりん酸量を計算する。

まず、りん酸中の MgO が  $\text{H}_3\text{PO}_4$  と反応して、 $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  を生成する。消費した  $\text{H}_3\text{PO}_4$  量 =  $2.52 \times 236/40 = 14.75$

$$\text{りん酸中の遊離 } \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ 濃度} = 48 \times 98/71 - 14.75 = 51.5$$

従って、当該りん酸液の活性水素イオン  $[H^+]$  濃度は

$$3.74 / 49 + 0.98 / 72 + 51.5 / 98 = 0.62$$

活性水素イオン濃度からりん鉱石を分解するに使うりん酸使用量（理論値）は

$$P = (48.0/28 + 0.29/20 + 1.13/80 + 1.29/51 - 33.1/71) \div 0.62 = 2.10$$

即ち、りん鉱石 1 部には  $P_2O_5$  48%濃りん酸 2.1 部が必要である。

りん鉱石中の  $MgO$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $Al_2O_3$  含有量が非常に低い場合は、その影響を無視して、単純にりん鉱石の  $P_2O_5$  と  $CaO$  の含有量からりん酸使用量を計算することが多い。その簡易計算式は、

$$P = \text{りん鉱石} (CaO/28 - P_2O_5/71) \div \text{りん酸} ((P_2O_5 - MgO) / 71)$$

同じ上記のフロリダりん鉱石とりん酸から計算して、

$$P = (48.0/28 - 33.1/71) \div (48 - 2.52)/71 = 1.95$$

即ち、りん鉱石 1 部には  $P_2O_5$  48%濃りん酸 1.95 部が必要である。但し、簡易計算式では、必要なりん酸量が理論値から計算した量より若干少ないため、100~105%の範囲に調整するのは慣例である。

#### 四、重過りん酸石灰の生産工程

重過りん酸石灰の生産方法は熟成室法、スラリー造粒法、半製品直接造粒法、希りん酸戻り粉固化法に大別される。各生産方法の概略は下記の通りである。

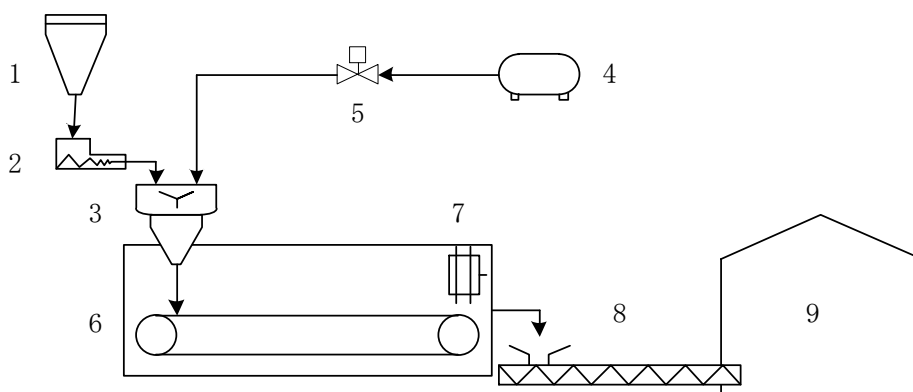
##### 1. 熟成室法（濃りん酸熟成法）

この方法は過りん酸石灰の生産方法を元に発展してきたもので、りん鉱石粉と濃りん酸を原料として、初期熟成室と熟成ヤードを使用するものである。

149 メッシュ全通過（粒径  $100 \mu m$ ）のりん鉱石粉を混合機（3）に入れ、濃りん酸（ $P_2O_5$  含有量 45~55%）を  $60 \sim 70^\circ C$  に加熱してから添加し、混合機内で 1~3 分間強く攪拌混合して、反応させる。反応したスラリーを熟成室（6）に流し込み、そこで初期熟成を行う。初期熟成時間が 5~20 分間。固まった重過りん酸石灰の半製品はカッター（7）で細かく切り砕き、熟成ヤード（9）に送り、そこで最終熟成を行う。

混合機は円盤式混合機その他、ホッパー式混合機も多用される。熟成室はベルトコンベア式熟成室またはターンテーブル式熟成室が多用される。熟成室から出た半製品は未分解のりん鉱石が 10~30%も残ったので、熟成ヤードに於いて 7~15 日の最終熟成が必要である。その生産工程の概略は図 1 に示す。

この方法は、濃りん酸を使うことにより、く溶性  $P_2O_5$  含有量が低いいわゆる活性度の低いりん鉱石を使用することができること、熟成工程に十分な時間をかけて、りん鉱石の分解率が高いこと、過りん酸石灰の生産設備をそのまま利用できること、エネルギー消費量が少ないことなどの長所があり、中小メーカーがよく利用する。



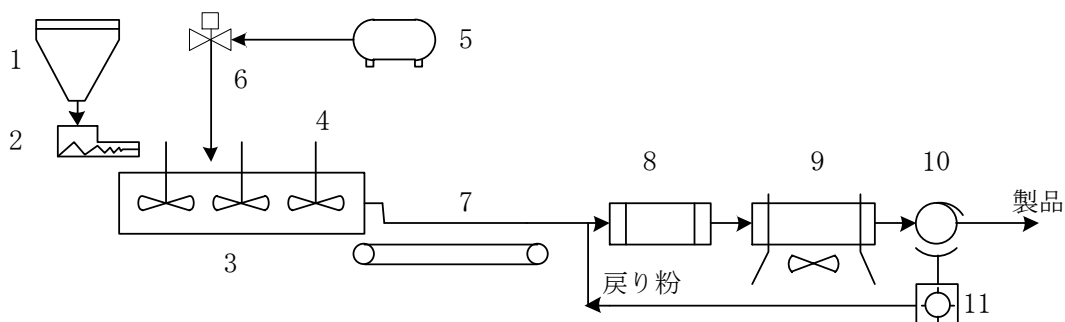
1. りん鉱石粉貯槽、 2. りん鉱石粉計量器、 3. ホッパー式混合機、 4. りん酸タンク、 5. 流量計、 6. ベルトコンベア式熟成室、 7. カッター、 8. ベルトコンベア、 9. 熟成ヤード

図 1. 熟成室法の生産工程概略図

## 2. スラリー造粒法（希酸戻り粉造粒法）

この方法は、りん鉱石粉と希りん酸を原料として、反応後のスラリーが熟成室を使わず、直接造粒するものである。

149 メッシュ全通過（粒径  $100\mu\text{m}$ ）のりん鉱石粉を攪拌機付の反応槽（3）に入れ、 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ に加熱した希りん酸（ $\text{P}_2\text{O}_5$ 含有量 35～42%）を注入し、攪拌混合して、反応させる。反応を促進するため、蒸気で反応槽を加熱して、反応温度を  $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ に保ち、反応時間が 30～120 分間。希りん酸を使うため、生成したスラリーは水分が多く、固まることができない。そのスラリーを造粒機（8）に送り、直接造粒する。スラリーは水分が多いので、造粒には戻り粉を使う必要がある。造粒後、ロータリーキルンなどの乾燥機（9）で  $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度で乾燥する。乾燥後の製品を篩分けして、合格製品をそのまま出荷することができる。篩下粉を粉砕機（11）で粉砕して戻り粉として造粒機（8）に戻し、スラリーと混合して造粒する。その生産工程の概略は図 2 に示す。



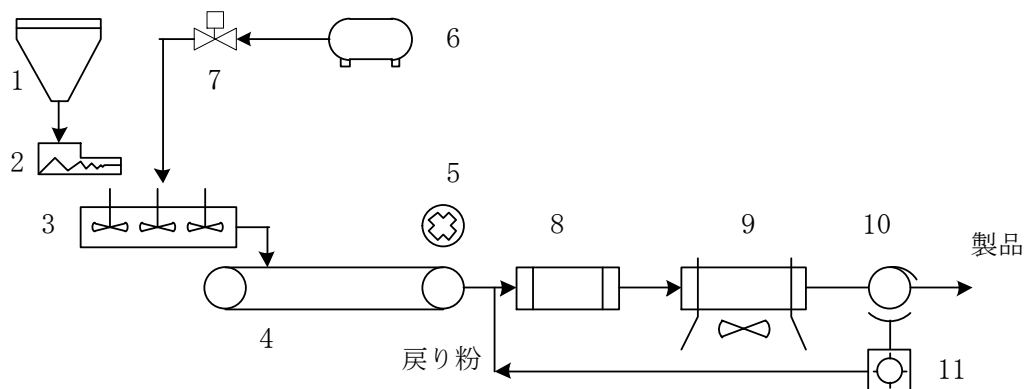
1. りん鉱石粉貯槽、 2. りん鉱石粉計量器、 3. 攪拌機付反応槽、 4. 攪拌機、 5. りん酸タンク、 6. 流量計、 7. ベルトコンベア、 8. ドラム式造粒器、 9. 乾燥機、 10. 篩分け機、 11. 粉砕機

図 2. スラリー造粒法の生産工程概略図

この方法は、濃度の低いりん酸を使い、りん酸の濃縮を簡略できること、直接造粒して、熟成室と熟成ヤードを使わないこと、生産期間が短く、製品外観が綺麗であることなどの長所がある。ただし、熟成期間がほとんどなく、熟成が不完全で、りん鉱石の分解率が低く、多量の戻り粉が必要で、反応槽の加熱と造粒後の乾燥に使うエネルギーが多いなど欠点があり、一部の大規模工場しか採用されない。

### 3. 半製品直接造粒法

上記2種類の生産方法の長所を合わせて編み出したのは半製品造粒法である。149メッシュ全通過（粒径 $100\mu\text{m}$ ）のりん鉱石粉を攪拌機付反応槽に入れ、 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ に加熱した濃りん酸（ $\text{P}_2\text{O}_5$ 含有量45～55%）を注入し、攪拌混合して、反応させる。反応槽における反応したスラリーの滞在時間を10～20分間にやや長くして、固まる直前に取出し、ベルトコンベア（4）で運び、カッター（5）で切り砕き、そのまま造粒機（8）に送り、造粒する。造粒したものは乾燥機（9）で約 $100^{\circ}\text{C}$ で加熱し、含水率が4～6%程度で乾燥を終え、製品とする。製品は篩分けして、合格製品を出荷する。篩下のものを粉砕機（11）で粉砕した後、戻り粉として造粒機（8）に戻し、再造粒する。合格製品の水分率がやや高いので、出荷までにゆっくり最終熟成を進めながら、水分を発散する。最終製品の水分率を3%以下に抑える。その生産工程の概略は図3に示す。



1. りん鉱石粉貯槽、 2. りん鉱石粉計量器、 3. 攪拌機付混合槽、 4. ベルトコンベア、 5. カッター、 6. りん酸タンク、 7. 流量計、 8. ドラム式造粒器、 9. 乾燥機、 10. 篩分け機、 11. 粉砕機

図3. 半製品直接造粒法の実験工程概略図

この方法は、熟成室と熟成ヤードが不要で、酸分解後すぐ造粒して、生産工程が短く、製品外観が綺麗であるなどの長所がある。短所として、初期熟成がないので、脈石が少なく、反応活性の高いりん鉱石が必要である。反応後のスラリーの状態がその後の造粒と製品の品質に大きな影響を及ぼす。この生産方法は大規模工場が多く採用する。

#### 4. 希酸戻り粉固まり法

これも熟成室法とスラリー造粒法の長所を合わせて編み出した生産方法である。

149 メッシュ全通過（粒径  $100\mu\text{m}$ ）のりん鉱石粉を混合機または攪拌機付の反応槽（3）に入れ、 $60\sim 80^\circ\text{C}$ に加熱した希りん酸（ $\text{P}_2\text{O}_5$ 含有量  $35\sim 42\%$ ）を注入し、攪拌混合して、反応させる。生成したスラリーは水分が多く、固まることができないため、重過りん酸石灰の粉を戻り粉としてスラリーを固めることができる程度までに添加して、熟成室（4）に流し込み、そこで初期熟成を行い、完全に固まってからカッター（5）で切り砕き、熟成ヤード（9）に送るかまたは造粒機で造粒する。生産工程の概略は図4に示す。

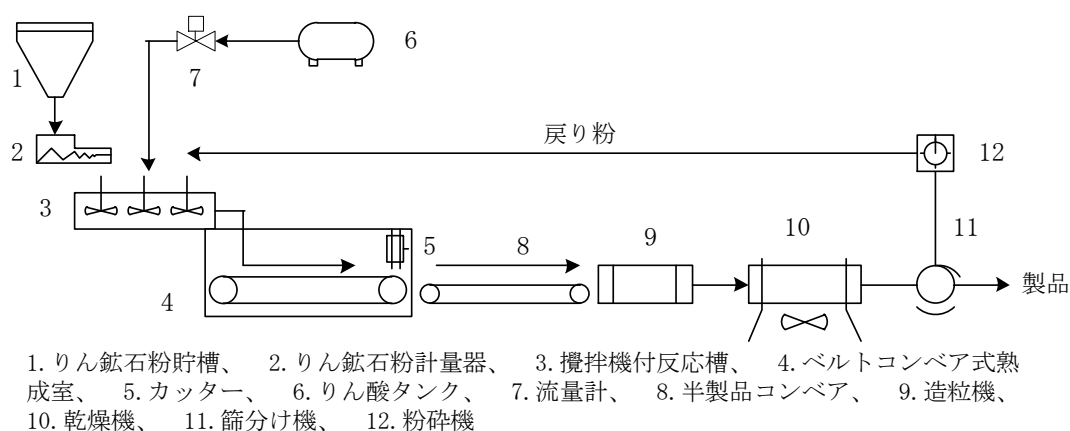


図4. 希酸戻り粉固まり生産法概略工程図

この方法は、く溶性  $\text{P}_2\text{O}_5$  含有量が低いいわゆる活性度の低いりん鉱石を使用することができること、濃度の低い希りん酸を使うことができること、酸分解反応と初期熟成工程に十分な時間をかけて、りん鉱石の分解率が高いことなどの長所がある。一部の中小メーカーが採用している。

### 五、 重過りん酸石灰の生産工程における注意事項

硫酸と比べ、りん酸は弱酸で、分解能力が低い。重過りん酸石灰の生産工程に影響する要素はりん鉱石粉の粒度、りん酸濃度、反応温度、混合攪拌強度などである。

#### 1. りん鉱石粉の粒度

重過りん酸石灰生産に供するりん鉱石粉は過りん酸石灰より細かく粉砕する必要がある。但し、粒子が細かすぎると、攪拌に必要なエネルギーが増え、反応後のスラリーの固まる時間が短くなり、流動性が悪く、りん鉱石の初期分解率が高くなるが、後期の分解速度が逆に遅くなる恐れがある。最適な粒度は 149 メッシュ篩を全部通過し、200 メッシュ篩を通過する割合は 50%以上である。

## 2. りん酸濃度

りん酸の  $P_2O_5$  含有量が高いほど、活性水素イオン ( $H^+$ ) 濃度も高くなり、りん鉱石の酸分解速度が速くなるうえ、半製品の水分含有量を下げ、熟成期間の短縮、乾燥にかかるエネルギーの低減など生産に有利な点が多い。

しかし、りん酸濃度を上げると、不利な影響要素も無視できない。

- ① りん酸濃度が高くなると、必要なりん酸液量が減り、液体／固体比が低くなり、りん酸とりん鉱石粉の均一混合が困難となり、分解されない部分が残る。
- ② 高濃度のりん酸は粘度が上昇し、りん鉱石への浸入が遅くなり、酸分解反応と熟成反応が遅くなる。
- ③ りん酸の活性水素イオン解離度はりん酸濃度の増大により阻害され、逆に活性水素イオン濃度が低下する。

通常、りん酸の  $P_2O_5$  含有量が 26～46% の範囲内では、りん鉱石分解率がりん酸濃度の上昇に伴い増加する。しかし、ある臨界点に達すると、りん酸の粘度が急激に増大し、りん鉱石の分解率が逆に低下する。特に熟成室法と半製品直接造粒法を採用する場合は、りん酸濃度が低く過ぎると、スラリーの水分が多く、りん酸濃度が高すぎると、逆に一部しか反応できない現象が起きて、両方ともスラリーの固まりが遅くなるかまたは固まることができない。従って、生産する前にテストを行い、最適なりん酸濃度を確認することが肝心である。

## 3. りん酸液温

りん酸は弱酸で、りん鉱石を分解する際に発生した反応熱が少ない。一方、りん酸の反応強度がその温度に影響される。りん酸の液温が高くなると、活性水素イオンの解離速度が高く、分解能力が上がり、特にりん酸濃度が低い場合は、液温を高くして、りん鉱石の分解を有利に進行させる利点がある。また、液温が高くなると、りん酸の粘度が下がり、流動性が良くなり、反応で生成したりん酸二水素カルシウムの過飽和度も増大する。但し、りん酸液温が高すぎると、反応温度が少しでも下がると、生成されたりん酸二水素カルシウムの結晶速度が急速に増加し、多量の微細なりん酸二水素カルシウム結晶を析出して、りん鉱石の継続分解を阻害する恐れがある。

通常、60～80℃に加熱したほうが良いと言われる。

## 4. 混合攪拌強度と時間

りん酸とりん鉱石粉が混合して、反応生成物の状態はスラリー → 塑性固まり → 固体に変化する。スラリーと塑性固まりの持続期間はりん鉱石種類、物性 ( $P_2O_5$  含有量)、りん鉱石粉の粒度、りん酸濃度、反応温度の他、混合攪拌強度にも影響される。概して、ほかの条件が同等の場合には、混合時の攪拌強度の影響は、攪拌強度が強くなれば、スラリーの持続期間が長くなり、流動性がよく、りん酸とりん鉱石との接触が増え、分解率が上が



る。但し、攪拌強度を上げると、機械の寿命が短くなり、電力の消費量が増えるなど不利な点もあり、そのバランスをいかに取るのが重要である。

## 5. 遊離酸の中和

りん酸が弱酸で、計算通りに添加したりん酸がりん鉱石と 100%反応してしまうことが不可能である。特に分解活性の劣るりん鉱石の場合は、未反応のりん酸が遊離酸として製品に残る。従って、重過りん酸石灰は遊離りん酸含有量が多く、大体 5%を超える。そのまま出荷すると、農作物に危害を与える恐れがある。また、遊離酸の高い重過りん酸石灰は腐食性と吸湿性が高く、保管中に固結または包装材料等の腐食も起きやすい。製品が粒状の場合は造粒前の半製品に、製品が粉の場合は出荷前に中和処理をして、遊離酸を 5%以下に減らさなければならない。その中和方法として、石灰石粉、骨粉、熔成りん肥等を添加することが多用される。特に骨粉、熔成りん肥を添加することにより、可溶性りん酸含有量を増やせ、品質を高める効果もある。但し、コストの関係で、石灰石粉を添加することが多い。なお、中和剤を添加しすぎて、過中和になった場合は、水溶性りん酸二水素カルシウム ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ) がりん酸水素カルシウム ( $\text{CaHPO}_4$ ) になり、アルカリ性になるまでの過中和は、さらに難溶性のりん酸三カルシウム ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) に変化して、品質が逆に劣化する。従って、過中和を絶対に避けるべきである。

## 6. 界面活性剤の応用

りん鉱石とりん酸を反応させる際に少量の界面活性剤を添加することにより、反応速度の促進、熟成期間の短縮、りん鉱石分解率の向上等の効果がある。

界面活性剤の作用メカニズムは、

- ①りん酸粘度の改善、特に濃りん酸の流動性の改善に有効である。
- ②液相粘度の改善により、水素イオンの活性が上がる。
- ③りん鉱石粉表面に生成した反応物を液相への移動を加速させ、膜の形成を阻害する。
- ④りん酸のりん鉱石粉内部への浸透性を強化する。

等が指摘される。陽イオン系界面活性剤がよく使われる。

## 六、 硫酸とりん酸の混酸法で重過りん酸石灰を生産する

濃硫酸と希りん酸の混酸を使い、りん鉱石を分解して重過りん酸石灰を生産方法もある。その反応式は下記の通りである。



90~98%の濃硫酸と  $\text{P}_2\text{O}_5$  が 26~28%の希りん酸を使い、硫酸とりん酸との比率は 1 : 2 ~ 4 に設定する場合が多い。できた製品の可溶性りん酸含有量が 30~35%のものが多い。

この方法は難分解性りん鉱石から重過りん酸石灰を作るために旧ソ連とアメリカが開発

したものである。りん酸だけを使う重過りん酸石灰の生産方法に比べ、優位性がほとんどない。但し、硫酸の酸性が強く、分解力が高いため、難分解のりん鉱石を利用できる。また、製品に必須元素の硫黄を有するため、硫黄欠乏土壌には適している。