

File No. 4 小粒尿素と大粒尿素

尿素はアンモニアと二酸化炭素を原料として製造されたもので、硫酸などに比べ、窒素含有量が高く（N>46%）、完全水溶であるうえ、中性で、長期施用しても土壤に悪影響を与えないため、化学肥料の中に生産量と使用量が抜群に多い肥料である。

尿素は吸湿性が高く、粉末の状態では固結しやすいため、すべて粒状の形で出荷する。造粒方式によりできた粒子の粒径と物理的特性が大きく違い、その性質と用途も異なる。

工業と農業に通常に使う小粒尿素はプリル尿素（Prilling Urea）と呼ばれ、粒径（直径）が大体 0.8~2.5mm であり、粒子のバラツキが目立ち、強度が低く、流通過程に粉化しやすいため、肥料としては化成肥料の原料か単肥しか使えない。一方、BB 肥料や被覆肥料に使う粒径 2mm 以上の尿素はグラニュー尿素（Granulation Urea）とも呼ばれ、粒子が大きく、均一で、強度も高く、機械散布に適しているため、単肥としても人気がある。また、大粒尿素の中には特に 4~6mm 粒子は園芸用か林業用、6mm 以上の粒子は飛行機散布用など特殊の用途に供する。各サイズの尿素的用途は図 1 に示す通りである。

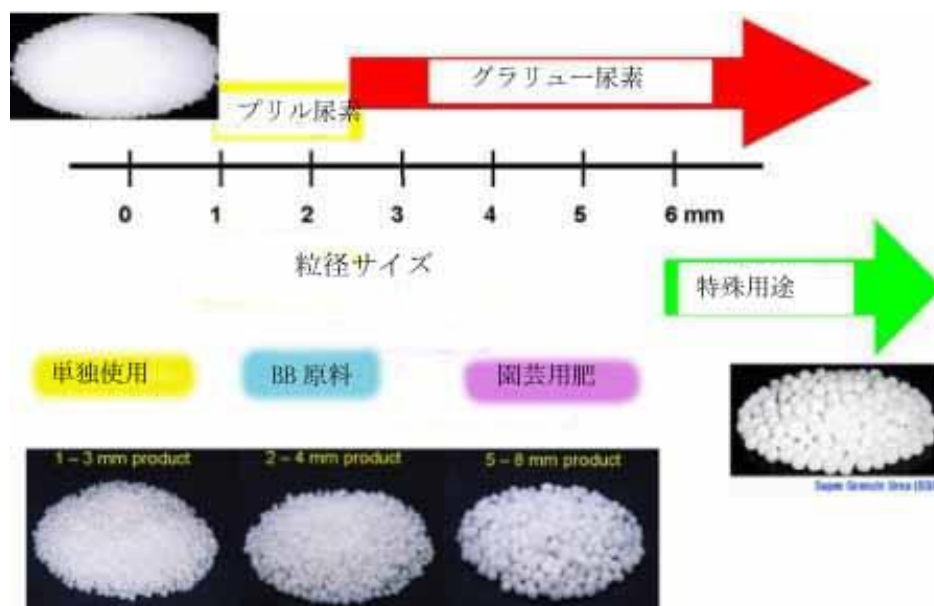


図 1. 各粒径の尿素的用途

小粒尿素と大粒尿素は、粒子の粒径こそ異なるものの、原料と製法が全く同じで、窒素含有量にも差異がない。粒径の違いは造粒工程によるものである。通常、粒子は粒径の小さいほど見かけのかさ密度が高くなるが、大粒尿素は造粒に少量のホルムアルデヒドを添加しているため、結晶形状が変わり、粒子内の空洞が少なく、逆にかさ密度がやや高く、圧壊強度が 5~10 倍も高い（表 1）。

表 1. プリル尿素と大粒尿素のかさ密度、強度

	粒径 (mm)	かさ密度 (g/cm ³)	圧壊強度 (N) *
プリル尿素	1.0~2.0	0.752	1.0~3.4 (平均 1.9)
大粒尿素	2.0~4.0	0.761	8.8~34.8 (平均 17.8)

* : 木屋式硬度計を使って、それぞれ 20 粒の計測値。

尿素の造粒方式は概してプリリング造粒法、流動床造粒法の 2 つに分けられる。

一. プリリング造粒法

プリリング (Prilling) 造粒法の造粒工程は図 2 に示す通りである。その流れは、

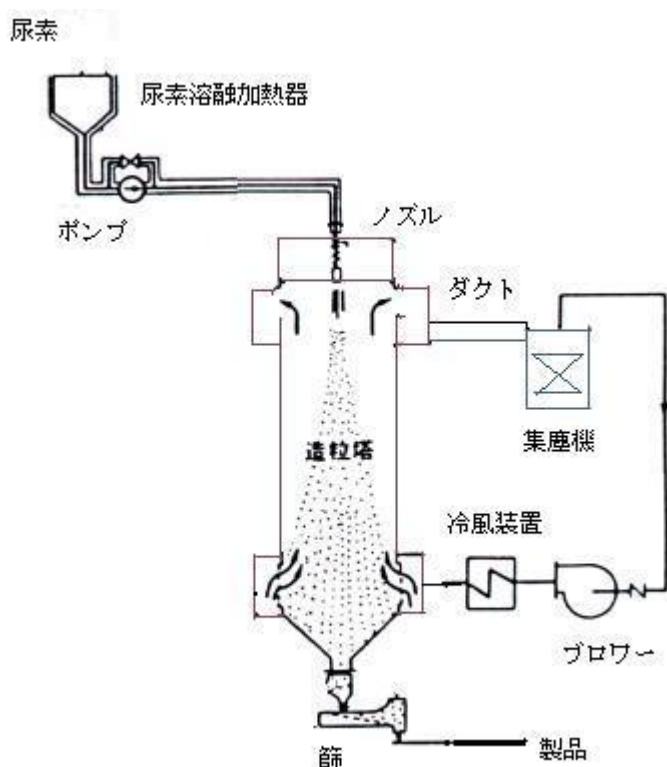


図 2. プリリング造粒装置概念図

- ① 合成された尿素溶液を真空乾燥工程で水分率を 0.5% 以下 (ほぼ無水) まで濃縮乾燥する。
- ② 尿素を 135~140℃ まで加熱し、熔融液にする。
- ③ ポンプ等を使い、熔融尿素液を回転ノズルから造粒塔 (Prill Tower) の上部からシャワーのように噴出させる。

- ④ 造粒塔の下部から冷風を導入し、尿素滴が造粒塔の中から落下しながら冷却され、粒状となる。
- ⑤ 造粒塔の底部には冷却した尿素粒子は集められ、篩分けして製品となる。

プリリング造粒法に使用する造粒塔は直径 5~25m、高さ 40~100m、鉄筋コンクリートまたは鉄鋼製である（図 3、図 4）。



図 3. 三井化学大阪工場の尿素造粒塔
（高さ 40m）



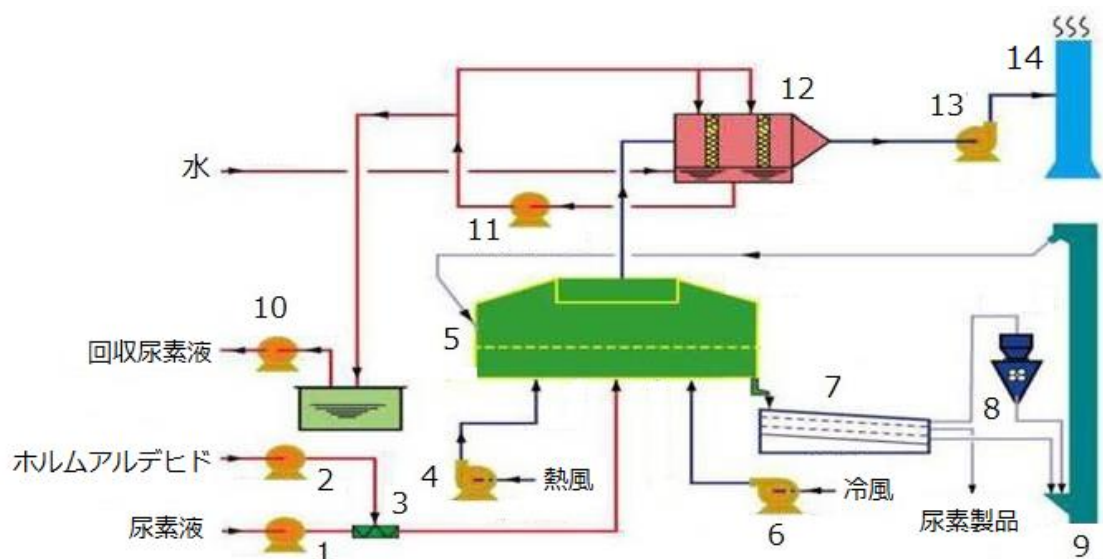
図 4. 中国錦邦化工公司の尿素造粒塔
（高さ 110m）

プリリング造粒法で造粒した粒子の粒径がノズルの孔径により制御される。但し、尿素滴が落下する際に、冷風を受けて表面が凝固し、収縮するが、内部の熔融態尿素が逆に膨張して粒子の表面を破り、吹き出す傾向がある。また、尿素が凝固する際に細長い針状の結晶を形成するため、粒子内に無数の微細空洞が存在して、強度が低い。従って、粒径を大きくすると、破碎した粒子の数が増えるので、大粒を作れない。プリル尿素は大体粒径 1.0~1.5mm のものが多く、2.5mm あたりが限界である。

二. 流動床造粒法

流動床造粒法の生産工程モードが図 5 に示す通りである。その流れは、

- ① 大粒尿素の篩下品、破碎品またはプリル尿素を核粒子にして、流動床造粒機に投入し、熱風また回転により、流動床を形成させる。
- ② 95~97%まで濃縮された尿素液に尿素ホルムアルデヒド液を添加・混合して、120~130℃に加熱する。
- ③ 尿素液をノズルから流動床にある尿素の核粒子に向けて噴射し、霧化させる。
- ④ 霧化した尿素液が核粒子に付着し、乾燥する。
- ⑤ 粒子が尿素液の付着と乾燥の繰り返しを受けて成長しながら造粒機の後端へ移動する。
- ⑥ 造粒機から排出された粒子は篩分けされる。規格を超えた大粒子は、クラッシャーで破碎された後、規格未満の小粒子と一緒に造粒機に戻され、核粒子として利用される。規格サイズに合う粒子は製品として出荷される。



1.尿素ポンプ、 2.ホルムアルデヒドポンプ、 3.混合加熱器、 4.熱風ブロウ、 5.流動床造粒機
6.冷風ブロウ、 7.篩い分け装置、 8.クラッシャー、 9.バケットエレベーター、 10.尿素液回収ポンプ、
11.洗滌液循環ポンプ、 12.排ガス集塵装置、 13.排ガスブロウ、 14.排気塔

図 5. 流動床造粒法の生産工程模式図

尿素液に尿素ホルムアルデヒド液を添加する理由は、尿素結晶の形を制御するほか、生成したホルムアルデヒド尿素が強い粘着力があり、結晶化する際にほかの尿素結晶を一つに纏め、空洞の少ない粒子を結成する。従って、できた粒子の強度が高い。また、ホルムアルデヒド尿素の存在により、吸湿性が下がり、固結しにくくなる。

流動床造粒法は造粒機の構造によりさらにロータリードラム造粒法（ドラム噴流式造粒法）と噴流流動層式に分けられる。

1. ロータリードラム造粒法

ロータリードラム造粒法は、造粒機がロータリードラムを使用する。プリル尿素や破碎した尿素粒子をドラムに投入し、ドラムの回転により粒子の持上げと自由落下で流動幕を形成する。ドラム内部に固定している 10 数～数 10 個のノズルから 120～130℃に加熱された尿素液を粒子の幕に噴霧し、粒子の表面に均一に付着し、乾燥凝固させる。粒子が尿素液の付着と乾燥を受けて成長しながらドラムの後端へ移動する。成長した粒子は、ドラムから排出され、スクリーン篩で製品規格サイズ/大粒子/小粒子に分級される。規格を超えた大粒子は、クラッシャーで破碎された後、規格未満の小粒子と一緒にドラムに戻され、核粒子として利用される。規格サイズに合う粒子はさらにクーラーで冷却され、製品として出荷する。

次に紹介する噴流流動床造粒法に比べ、初期設備投資が少なく、工程の制御が容易であるが、生産効率が低く、ドラム内の粉塵発生量が多いため、次第に淘汰される。

2. 噴流流動床造粒法

1980年代までに大粒尿素は主にロータリードラム造粒法で生産された。1980年代に噴流層と流動層とを組み合わせ、エネルギー消費量と設備費用を削減できる噴流流動層式 (Spout-Fluid Bed Type) 造粒技術が確立され、普及された。現在はこの造粒方法が主流となった。

噴流流動床造粒法は、核粒子を熱風で吹上げ、流動床を形成して、その粒子表面に尿素液を吹き付けて、乾燥してからさらに吹き付けることにより、粒子を大きく成長させる造粒方法である。

その工程の概要は、熱風で核粒子を浮遊させ、流動床を形成する。95～97%の尿素液を核粒子の表面にスプレーして、付着して乾燥させる。尿素液の吹き付けと乾燥の繰り返しにより、粒子を所要の粒径まで成長させる。成長した粒子は、造粒器の出口付近に冷され、造粒器から排出され、スクリーン篩で製品規格サイズ/大粒子/小粒子に分級される。規格を超えた大粒子は、クラッシャーで破碎された後、規格未満の小粒子と一緒に造粒器に戻され、核粒子として利用される。規格サイズに合う粒子はクーラーで冷却され、製品として出荷する。図6は東洋エンジニアリング社が開発した噴流流動層式造粒器である。

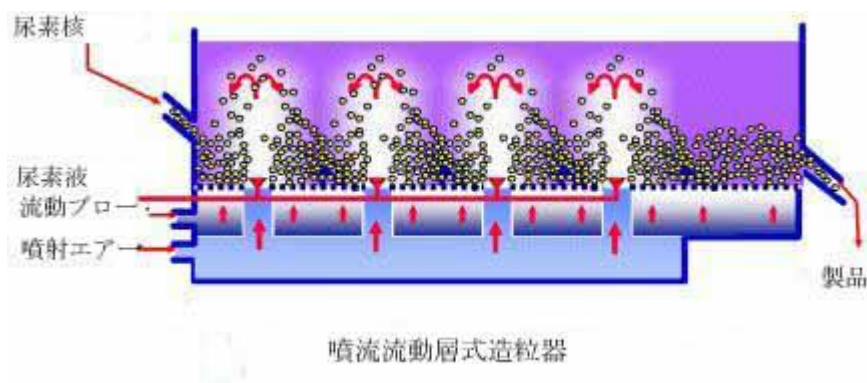


図6. 噴流流動層式造粒器概念図

噴流流動層式造粒法は、次のような特長がある。

1. 省エネルギー

- ・造粒器内での尿素溶液の微細液滴のスプレーに高圧の空気が不要。
- ・最適化された循環粒子温度。
- ・流動層高が低く、流動層形成のための空気必要圧力が小さい。
- ・尿素ダストを含む空気の洗浄設備の圧力損失が小さい。

2. 高い製品品質

- ・造粒器内でスプレーされた尿素溶液の温度が低く、ビウレットの生成量を抑制する。
- ・乾燥効果が高く、製品中の水分を低く抑え、製品硬度を大きく改善する。
- ・噴流層、流動層の組み合わせにより、丸く均一な製品形状。

3. クリーンな排気

- ・造粒器内でのダスト発生が少ない。
- ・高効率の排空気洗浄塔。

大粒尿素の製造には複雑の設備と高度の技術が必要で、コストがかかるため、通常、小粒尿素に比べ、大粒尿素の国際価格は大体 10～15 米ドル／トン高い。