

## ウレアホルム (UF)

ウレアホルム（ホルム窒素、Urea formaldehyde、UF）は、尿素とホルムアルデヒドを一定の条件下で縮合反応させ、合成されたものである。1930年代にアメリカがユリア樹脂の研究開発を行った際に、反応条件によりユリア樹脂ではなく、ウレアホルムが合成されることが発見した。1955年、ドイツのBASF社がウレアホルムの商業生産を始めた。本邦では1958年当時の東洋高压（現サンアグロ）が肥料として販売を始めた。現在、サンアグロが最大手であるが、ほかにも数社が生産している。

ウレアホルムは原料コストが安く、生産技術が安定して、緩効性効果も良いため、世界では化学的緩効性窒素肥料の中に最大のシェアを維持しつつある。ただし、水田用肥料に適しないため、本邦では生産量と消費量がIBDUとCDUに次いで化学的緩効性窒素肥料の3番目に屈する。

### 1. 成分と性質、緩効性の評価

ウレアホルムは尿素とホルムアルデヒドが脱水し縮合してきたものである。白い粉状で、融点なし、230℃以上に加熱されると酸化窒素と二酸化炭素、炭素などに分解する。冷水に不溶であるが、熱水に重合度の低いものが溶解する。

ウレアホルムは重合度により、メチレンジウレア (M2U)、ジメチレントリウレア (2M3U)、トリメチレンテトラウレア (3M4U)、テトラメチレンペンタウレア (4M5U) および n メチレン (n+1) ウレアなど様々な重合物がある。これらの構造の概略は図1に示す。

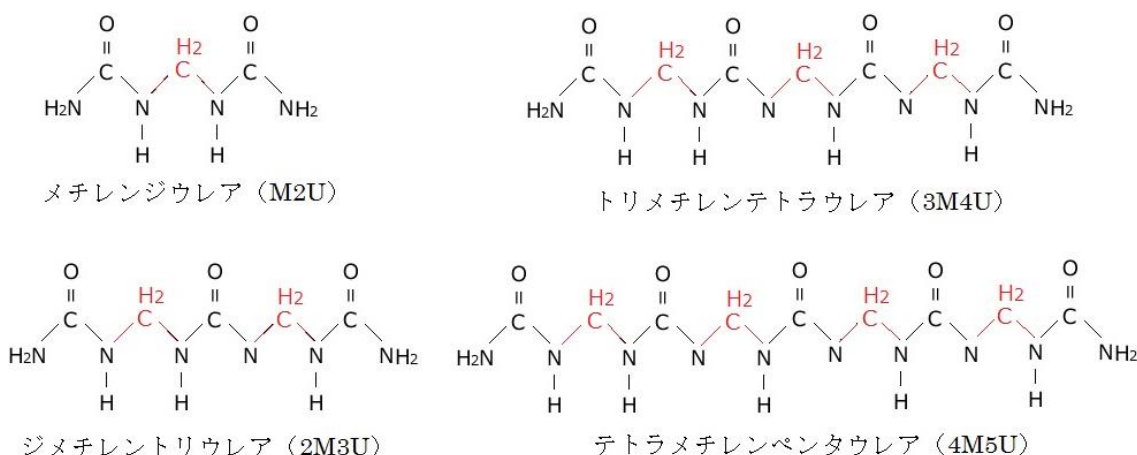


図1. 重合度の異なるウレアホルム（黒は尿素、赤はホルムアルデヒドから由来した構造を示す）

通常、合成されたウレアホルムはこれらの重合度の異なるものの混合物である。重合度は尿素 (U) とホルムアルデヒド (F) の比率 (U/F 比) で表示し、U/F 比が小さいほど重合度が高くなる。窒素含有量が各重合物の混合比率により 37~40%である。

ウレアホルムはそのままの状態では植物に吸収利用できない。施用後、土壌中の微生物による分解を受けて次第に加水分解し、尿素を放出して、アンモニア化成、硝化作用を経てアンモニア性窒素や硝酸性窒素となって初めて作物に吸収利用される。その分解の様子は図2に示す。

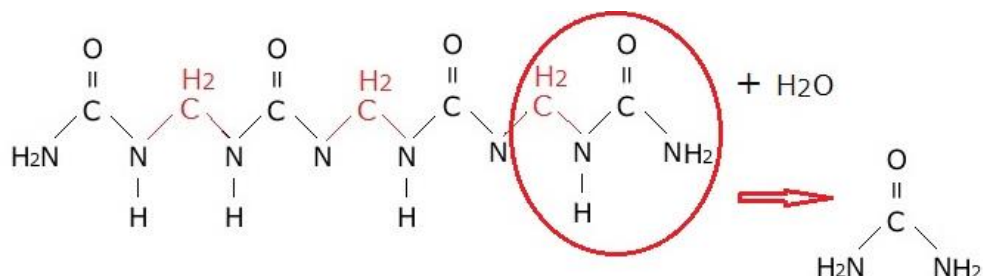


図2. ウレアホルムの加水分解

ウレアホルムの分解速度はその分子鎖が長いほど遅くなり、通常の土壌環境ではペンタメチレンヘキサウレア (5M6U) 以上の重合度の高いウレアホルムがほとんど分解されないまま残る。

ウレアホルムの肥料効果と緩効性は下記の冷水溶解性窒素、冷水不溶性窒素、熱水溶解性窒素、熱水不溶性窒素などのデータを使って評価する。

- ① 冷水溶解性窒素 (cold water soluble nitrogen、CWN) : 25℃の pH7.5 リン酸緩衝液に溶出した窒素を指す。未反応の尿素である。
- ② 冷水不溶性窒素 (cold water insoluble nitrogen、CWIN) : 25℃の pH7.5 リン酸緩衝液に 15min 攪拌処理した後、溶出しなかった窒素を指す。ウレアホルムである。
- ③ 熱水溶解性窒素 (hot water soluble nitrogen、HWN) : 100℃の pH7.5 リン酸緩衝液に溶出した窒素を指す。重合度の低いウレアホルムである。
- ④ 熱水不溶性窒素 (hot water insoluble nitrogen、HWIN) : 100℃の pH7.5 リン酸緩衝液に 30min 攪拌処理した後、溶出しなかった窒素を指す。重合度の高いウレアホルムである。
- ⑤ 活性指数 (activity index、AI) : 土壌中におけるウレアホルムの肥料緩効性効果を表す指数。 計算式は、

$$AI = \frac{CWIN - HWIN}{CWIN} \times 100\%$$

ウレアホルムは冷水に溶解しないため、冷水溶解性窒素は未反応の尿素から由来するものと推定される。一方熱水への溶解性はその重合程度即ち分子鎖の長さにより異なる。メチレンジウレア、ジメチレントリウレアとトリメチレンテトラウレアは熱水に可溶、それ以上の長鎖ウレアホルムは熱水に溶けない。

冷水可溶性窒素は未反応の尿素であるため、緩効性が全くない。一方、熱水に溶けない重合度の高いウレアホルムは土壌微生物による加水分解速度が非常に遅く、完全に分解され

るまでに 2~3 年またはそれ以上かかるため、窒素肥料としての効果が全く認められない。

冷水に不溶であるが、熱水に溶けるメチレンジウレア、ジメチレントリウレアとトリメチレンテトラウレアは土壌微生物による加水分解が容易である。土壌温度や土壌種類により完全分解まで 20~60 日かかる。ウレアホルム肥料の緩効性はこの冷水不溶性と熱水可溶性窒素の占める比率に依存する。

わが国の肥料取締法においてウレアホルムは、全窒素含有率が 35%以上であること、全窒素(TN)に対する水溶性窒素(WN)の割合が 50%以上のものにおいては尿素態窒素(UN)が 20%以下であること、WN/TN が 50%に満たないものに活性指数(AI)が 40 以上であることと規定している。すなわち緩効性成分窒素肥料としての評価を速効性の尿素の含量と肥効発現の遅い高重合物の含量をその割合によって表している。

ウレアホルムは単独使用の場合はほとんどない。通常、化成肥料の原料として使われる。ウレアホルム入り化成肥料はウレアホルム由来の窒素が窒素全量の 20~50%を占めるものが多い。

## 2. 用途と効果

ウレアホルム入り化成肥料は一発型省力肥料として、畑作物やお茶、牧草、果樹などの基肥に使う。主に野菜、お茶、芝用肥料として使われる。

ウレアホルムの分解に関わる土壌微生物は好気性細菌であるため、酸素の乏しい嫌気環境では活性が発揮しない。したがって、冠水状態の水田に施用する場合は、ウレアホルムの分解が期待できず、緩効性効果が見られない。

## 3. 施用後土壌中の挙動

施用後、ウレアホルムは土壌微生物により加水分解して、尿素を放出する。尿素はさらにウレアーゼを有する土壌微生物により加水分解され、アンモニア態窒素を生成して、さらに硝酸態窒素に変化し、作物に吸収される。

ウレアホルム入り化成肥料は尿素の放出が緩慢であるため、施肥後尿素のアンモニア化により土壌 pH を一時的に高め、土壌中に亜硝酸が集積し、障害を発生する恐れが無くなる。また、乾燥土壌や高 pH のアルカリ性土壌では、尿素のアンモニア化で生成したアンモニアが土壌コロイドに吸着されず、ガス化して作物の発芽や初期生長に及ぼす影響も軽減される。

ウレアホルムの分解速度は内部の要因と外部の要因に支配される。

内部要因はウレアホルムの重合度である。重合度が高いほど、分解にかかる時間が長くなる。望ましい重合度はメチレンジウレア (M2U)、ジメチレントリウレア (2M3U)、トリメチレンテトラウレア (3M4U) である。ペンタメチレンヘキサウレア (5M6U) 以上の重合度の高いウレアホルムが 1~2 年以上に経っても分解されない。

外部要因は土壌種類と土壌水分、土壌温度である。概して通気性と透水性の良い壤土質土

壤、有機物（腐植）が多い土壌ほど速く、土壌温度が高いほど速くなる。通常の畑環境に於いて、ウレアホルムの分解にかかる期間に分解後放出された尿素的肥効期間を加え、ウレアホルム入り化成肥料の肥効は60～150日持続される。

#### 4. 施用上の注意事項

ウレアホルム入り化成肥料は土壌の物理性、化学性と生物性及び天候条件などに強く影響され、条件が揃わないと、緩効性効果が見られない場合もある。施用にあたって下記の幾つ事項を注意すべきである。

- ① 石灰、草木灰などアルカリ性肥料との混合を避ける。アンモニア態窒素を含んでいるため、アルカリ性物質と接触すると化学反応が起き、アンモニアガスを放出し揮散する恐れがある。
- ② 水田での施用を避ける。ウレアホルムの分解に好気性細菌の働きが必要なので、冠水状態の水田に施用すると分解しないか分解にかかる期間が長くなり、緩効性効果が得られない恐れがある。ただし、水稻の乾田直播栽培には播種してから湛水するまでの期間を乾田状態にしておくので、ウレアホルム入り化成肥料は一定の効果が見られる。
- ③ 緩効性効果を過信しない。ウレアホルムの分解は多くの要因に支配され、揃わない場合はその緩効性が発揮しないことがある。施用後、作物の生育を観察し、生育中～後期に窒素養分不足症状が発生した場合は追肥する必要がある。