

## 環境対策、燃料の環境負荷物質除去

### 2.1.1 天然ガスの環境負荷物質除去

ガス井から採取される天然ガスには、二酸化炭素や硫黄化合物が含まれています。硫黄化合物は天然ガスを燃焼すると二酸化硫黄になり、大気汚染の原因になります。このため、産出国は需要側に出荷する前に、ガス精製設備で分離・除去しています。分離された硫黄分は硫黄回収設備で回収し、粉体状の硫黄にして出荷しています。回収硫黄は、主に化学原料として利用されています。

2016年の天然ガス消費量は世界全体が3.54兆 $\text{m}^3$ で、このうち約半分の1.84兆 $\text{m}^3$ が産出国から消費国に輸出されています。輸出の形態は、陸続きの場合はガスのままパイプラインで、外洋を隔ている場合は液化してタンカーで送り出しています。現在は貿易量のうち68%がパイプラインで、32%が液化天然ガス(LNG)による輸出です。ガスのまま輸出する場合は、産出国のガス精製設備で原料天然ガスから窒素、炭酸ガス、硫化水素、および沸点の高い炭化水素を除去しています。窒素と炭酸ガスは燃料としての価値がないからで、硫化水素を除去するのは需要側が燃料に使用したときに硫黄酸化物を発生させるからです。プロパンやブタンなどメタンより沸点の高い炭化水素を除去するのは、パイプラインの中で液化するからです。液化天然ガス(LNG)にして輸出する場合は、液化基地がガス

精製設備の下流に液化設備を設置し、専用の低温タンカーで輸入国に送り出します。ガス製設備ではパイプラインで送られてくる原料天然ガスを、スラグキャッチャーと称する装置でガス成分と液体成分に分離します。液体成分はLPGやナフサの原料として出荷しますが、ガスは酸性ガス処理設備(除去設備)に送られます。

### 1. 酸性ガス処理設備(除去設備)

酸性ガスは、二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )、硫化水素( $\text{H}_2\text{S}$ )、メルカプタン( $\text{RSH}$ )、ジサルファイド( $\text{RSSR}$ )、硫化カルボニル( $\text{COS}$ )、二硫化炭素( $\text{CS}_2$ )を含むガスの総称です。これらの成分の製品天然ガスに許容される濃度は、ガスのまま輸出する場合は用途に合った仕様に適合していればよく統一基準はありません。一方、液化してLNGにする場合は、二酸化炭素、硫化水素、全硫黄(S)、窒素( $\text{N}_2$ )についてガイドラインが決められています。図1に吸収液にアミンを使用する酸性ガス処理設備(除去設備)のプロセスを示します。

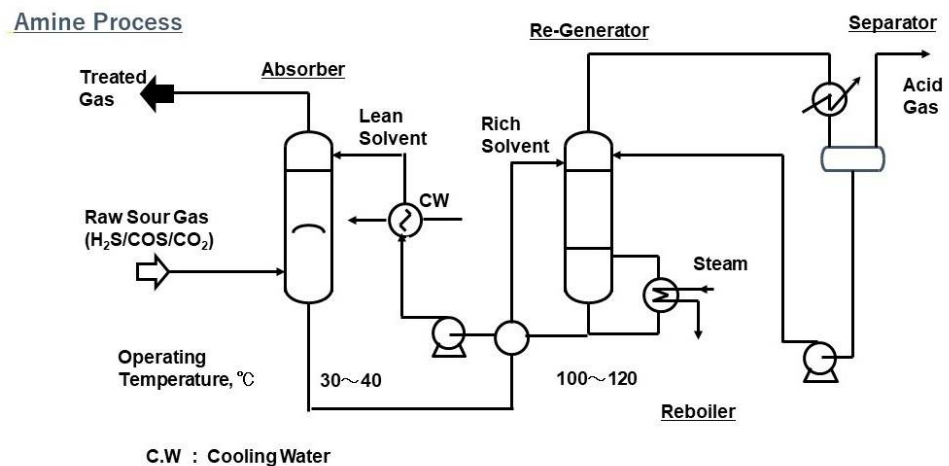


図1：酸性ガス処理プロセス

このプロセスでは、酸性ガスを含む原料天然ガス (Raw Sour Gas) を内部に気液接触用の多くの棚段がある吸収塔 (Absorber) に導きます。上からはアミン水溶液の吸収液 (Lean Solvent) を降らせ、酸性ガス濃度を ppm レベルにまで吸収します。アミンはアンモニアの水素原子を炭化水素基または芳香族原子団で置換した化合物で、複数の種類があります。酸性ガスを吸収した吸収液 (Rich Solvent) は再生塔 (Regenerator) に送られ、上部から酸性ガスを高濃度の酸性ガス (Acid Gas) として放出します。酸性ガスを放出した吸収液は冷却され、再び吸収塔に戻り循環使用されます。再生塔も吸収塔と類似した構造の気液接触装置です。

## 2. 硫黄回収設備

酸性ガス処理設備で得られた高濃度の酸性ガス (Acid Gas) は硫黄回収装置に送られ、主成分で気体状の硫化水素から、粉体状の単体硫黄を回収します。図 2 がクラウスプロセスと呼ばれる硫黄回収装置ですが、最初の炉で原料ガスを 850℃ 以上の高温で燃焼させます。すると硫化水素の約 6 割が硫黄に、約 4 割が二酸化硫黄になります。硫黄は続く凝縮器で冷却され液体になります。炉の熱交換器では、燃焼ガスの廃熱でボイラー給水を水蒸気に変えエネルギーを回収します。次に活性アルミナや二酸化チタンの触媒を充填した反応器でクラウス反応を促進し、残った硫化水素と二酸化硫黄を液状の単体硫黄に転化します。数

段階の反応器では加熱、触媒反応、凝縮の操作を順次行います。加熱操作では処理ガスをヒーターで加熱して、触媒反応に適した温度にします。触媒反応操作は発熱反応なので、低温の方が硫黄への転化率が高いのですが、触媒層の中で硫黄が凝縮して触媒を劣化しないように温度に制御します。凝縮操作では、反応ガスを 130-150℃ に冷却して硫黄を凝縮させ液化します。ここでも水蒸気発生による熱回収が行われます。通常の設備では、硫黄の回収率を上げるため、加熱、触媒反応、凝縮を 2 段階から 3 段階にわたって繰り返します。凝縮によって生成した液体硫黄は、溶け込んでいる硫化水素などのガス分を脱ガス設備で除去し、いくつかの後工程を経て製品硫黄にします。硫黄回収装置で処理した後のガスをテールガスと称しますが、硫化水素、水素、一酸化炭素などが含まれているので、燃焼炉で燃焼処理するか、またはテールガス処理装置で脱硫処理してから排ガスとして大気に放出します。なお、硫黄回収設備の硫黄回収率は約 97% です。

(おわり)

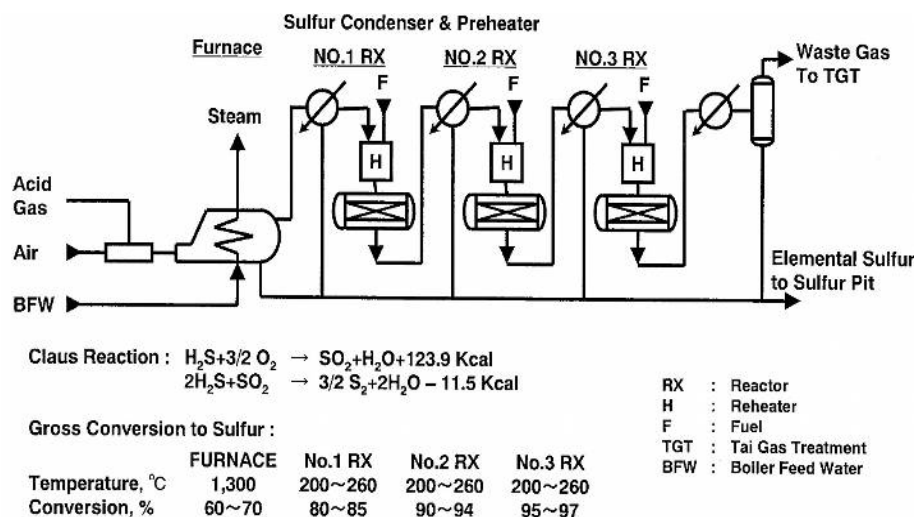


図 2. 硫黄回収装置 (クラウスプロセス)