



X Y L O W A T T sa

## 放射性セシウムで汚染された木材の Notar® ガス化法による減容処理

ガス化技術は、放射能で汚染された木材の処理法として、また重金属を灰分中に濃縮し、処分を要する汚染物質の量を減らす方法として定評を得ています。その過程で発生した合成ガスは、コージェネ・エンジンで利用し、電力を生みます。

以下の説明は、UCL\* のラボで得られた科学的データおよび Xylo watt\*\* が直接入手した社内データに基づいています。

### ガス化法の利点：焼却法との比較

- 焼却処分した場合、セシウムのほとんどが煙霧の形で気化するので、特殊な処理、たとえば高性能なフィルターによって回収する必要があります。この処理が正常に機能しなかった場合、大気汚染につながります。
- 焼却炉で発生する煙霧の量は、ガス化炉で発生する可燃ガスの少なくとも3倍に達します。このことは、煙霧処理のため多額の設備投資が必要となることを意味します。
- ガス化法のトータルなエネルギー効率、可燃性ガスを熱生産に利用した場合で90%以上、発電に利用した場合でも35%以上に達します。焼却法のエネルギー効率は一般に、これよりずっと低くなります。
- ガス化法により生産した可燃性ガスは、多様な方面に利用できます  
用途：ガスエンジン、工業用燃料（ガラス融解炉、石灰石焼成炉化学原料など）。

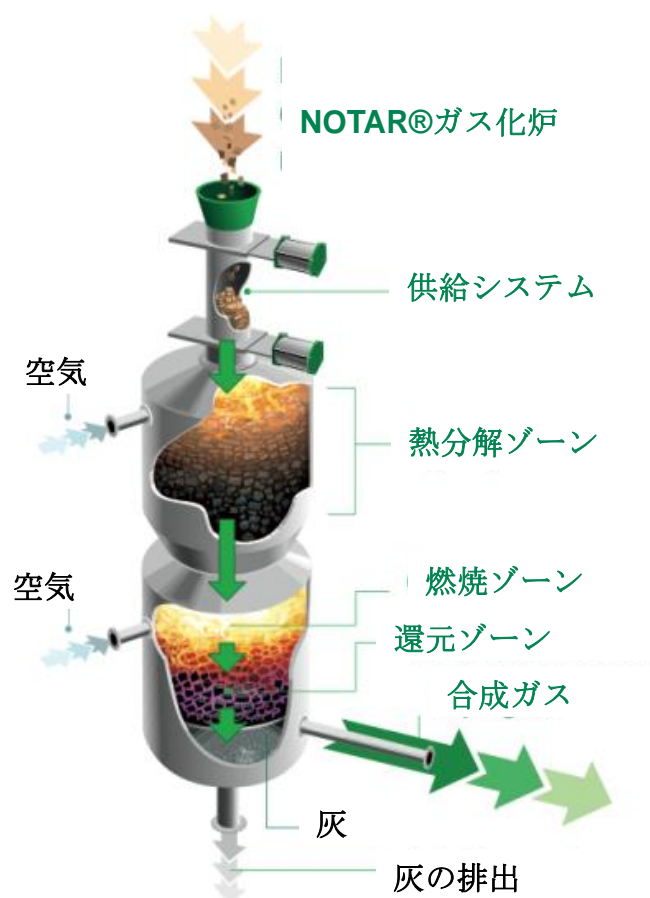
### 固定床下方通気ガス化法の利点：在来の他のガス化法との比較

「バイオマス廃棄物を効率的にクリーンな低温ガスに変換します。発生したガスはコージェネ・エンジンの燃料として、また化石燃料に代わる工業用炉の燃料として適しています」

- 固定床ガス化炉では、反応ゾーンに温度勾配が形成されます。ガス温度が下がるとセシウムは凝固し、ほとんどが炉底の灰に集積します。残るセシウムのほとんどは、サイクロン（ガス・コンディショニング・ユニットの最初の段階）で飛灰の形で捕捉され、ここをすり抜けた分もガス冷却ユニットで最終的に全て回収されます。
- 灰の形で回収したセシウムは、化学的抽出により濃縮した後、高放射性同位体処理ラインに移します。



- 固定床下方通気ガス化法では、標準的なガス化法である上方通気法あるいは流動床ガス化法に比べ、ガス中のタール分が格段に少なくなります。タールは、従来のガス化法でしばしば大きなネックとなっていました。これを除去するためには追加投資が必要になる、保守が厄介、稼働率に影響するなどの問題を引き起こすためです。その関係で、炉内で直接、タールを極力減らす技術が求められていました。ガス中のタールが少なければ、タールに固定されるセシウムも減少し、セシウムをプロセスフローから取り出しやすくなります。
- 2000年に実施された下方通気ガス化炉の初期段階のテスト(\*)では、最初に存在したセシウムの92.53%が炉底に集積した灰、およびサイクロンで分離した飛灰の形で回収され、残る7.47%はガス浄化設備内で(使用前に)除去されました。ストロンチウムも、99.97%が同様にして捕捉されました。このような結果は、独特の設計の下方通気ガス化炉ならではのものです。他に指摘しておきたいのは、還元ゾーン出口では、セシウムのほとんどが凝固する十分なレベルにまで、ガス温度が低下することです。
- 同じ下方通気ガス化法でも、従来の方法には弱点があります。それは、タールとクリンカーが多量に発生し、炉内の各所に付着し、その堆積物の除去に多額のコストがかかるほか、出力低下の原因となることです。



## Notar® ガス化法の利点

NOTAR® ガス化法は、下方通気ガス化法をさらに発展させたもので、炉底に溜まった灰の形で金属分を回収できるだけでなく、ガス化工程に画期的な手法が取り入れられたことにより以下の利点が得られます。

- タール分が非常に少ないクリーンガスを生産できる
- ミネラル含量の高い燃料を処理しても、灰の融解固化が起きない

放射能汚染バイオマス処理における NOTAR® ガス化炉の利点：

- 放射性セシウムの**99%**を捕捉可能。それもガス化工程段階だけで**92%**を、そしてガス・コンディショニングの最初の過程(微細灰の析出)で**7%**以上を回収できます。
- ガス・コンディショニング・ラインの放射能汚染レベルが低い。
- 小型(乾燥バイオマス処理能力300 kg/h)のため、バイオマス資源の近くに設置でき、放射能で汚染されたバイオマスを長距離輸送する必要がない。
- タール分の非常に少ないガスが得られる。タール含有量は**0.005 g/Nm<sup>3</sup>**以下と、固定床か、流動床かを問わず、従来のガス化炉の**1/10~1/40**にしかありません。タール分が非常に少ないため、ガス・コンディショニング・ラインの運転コストを最低レベルに抑えることができます。
  - NOTAR® はミネラル分を多量に含むバイオマスを効率的に処理でき(最高30%)、その際、スラグが発生することがない。
  - NOTAR® プラントは集約設計でコンパクト、場所を取らない(設置面積はガス化炉とガス浄化モジュールを合わせて**100 m<sup>2</sup>**前後)。
  - NOTAR® ガス化炉は、炉の運用に伴う煩雑な手間を解消するために、一連の特許技術を備えています。

## Notar® ガス化法のセシウム除去率の高さはどのようにして確認できるか？

NOTAR® ガス化法のセシウム除去率の高さを確認するため、特定タイプの汚染木材について当社のガス化試験設備（TGP）で測定テストを行うことができます。TGP はベルギーのルーヴァン大学（ルーヴァン・ヌーヴ：ブリュッセルの近く）構内に設けられています。

### 1. バイオマス試料の準備

各種カテゴリのバイオマスを評価することができます。

- ・ 樹木の一部：樹皮、小枝、大枝、幹、根、葉（通常はペレット化した後に試験）
- ・ 樹木の種類：硬木、軟木、落葉樹、樹脂の多い樹種、竹、若木、老木など

放射性汚染地域から持ち込んだバイオマスをテストするのは、手続き的に難があります。そこでテストには、地元産バイオマスに非放射性ミネラルを添加したのを使います。林業とガス化技術のスペシャリストが合同で定めた具体的基準に従って試料を選定、処理過程で汚染地域産バイオマスにできるだけ近い挙動を示すバイオマスを用意します。

必要があれば、日本産とベルギー産のバイオマス試料を使って比較テストを実施、追加確認を行うこともできます。

### 2. バイオマス試料の前処理

一般に、バイオマス中に天然に存在する安定セシウム ( $^{133}\text{Cs}$ ) は、重量ベースで放射性汚染地域の樹木に含まれる放射性 Cs と同レベルか、またはそれを上回っています。したがって、天然に存在する  $^{133}\text{Cs}$  の質量収支から、ガス化の過程、サイクルの任意の時点およびプロセスフローの任意の段階における放射性セシウムの挙動を示す重要かつ信頼性の置ける質量収支\*\*\* データが得られると考えることができます。

より汚染レベルが高いバイオマスを処理したときの状況をシミュレーションするには、テスト前にバイオマス試料に  $^{133}\text{Cs}$  をスプレーして添加します。

汚染レベルの低い試料の挙動を観察したい場合は、少量の放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ) を、ガス化前に試料にスプレーで添加します。これにより、福島汚染地域のうち、汚染レベルが最も軽微な値をシミュレーションできます。

### 3. ガス化とサンプリング・プロセス

クライアントの提案に基づいて用意したバイオマス試料を、数時間あるいは数日間かけて NOTAR® プロセスでガス化します。この時間枠内にバイオマスは炉内の熱分解床と固定カーボン床を通り、完全に処理されます。サイクルの全過程を通じて、炉内でのバイオマスの挙動を分析します。

炉内温度、バイオマスの初期含水量、樹種の違い、木質チップ・サイズ、システム故障の影響など、パラメータ設定をさまざまに変更し、影響を評価します。

### 4. Notar® 法のセシウム除去率の数値化

プロセス・サイクル中、灰、凝縮水、冷却水、排出ガスなどの副生物を集め、分析します。それをもとに、ガス化プロセスの各段階ごとの放射性元素捕捉状況を把握します。質量/エネルギー収支から、プロセスの特性を完全に明らかにします。

分析は、核/化学分析の認定資格を持つ国立ラボ（ベルギー国立原子力研究センター：CSK-CEN）に依頼します。こうして得られた確定データから、ガス化モジュールの各処理段階における汚染元素の捕捉レベルを確認できます。この数字は、実際の汚染地域に設置するフルスケールのガス化プラントで得られるデータと一致するはずで



## Notar®法のセシウム捕捉レベル確認のためのフィージビリティ調査スケジュール

処理対象のバイオマスが十分に入手できるものとして、調査には契約調印日から数えて最長3ヵ月を要すると推定されます。このスケジュール中の作業には、バイオマスの品質の把握、適切な条件下でのガス化試験、および中立のラボによる最終計測と報告書作成が含まれます。

\*: 「下方通気固定床ガス化プロセスにおいてバイオマスに由来する放射性セシウムおよび放射性ストロンチウムが辿る運命：テスト・リグ・アプローチ」、Y. Thiry、F. Navez、および H. Vandenhove、2000、(2000年にスペインのセビリアで開催されたエネルギーと産業のためのバイオマスに関する世界会議の議事録)

\*\*： Xylowatt 刊行の小冊子「Xylowatt Radionuclides Waste to Energy 2012」(放射性核種を含む廃棄物をエネルギーに変換)を参照

\*\*\*: 「汚染された森林生態系の生物学サイクルにおける放射性セシウムと安定セシウムの平衡」、S. Yoshida、Y. Muramatsu、A.M. Dvornik、T.A. Zhuchenko、I. Linkov、Journal of Environmental Radioactivity 75 (2004)、301-313

### Xylowatt とは：(会社概要)

その分野における10年を超す経験を活かして Xylowatt は、バイオマスまたは有機廃棄物を効率的に処理し、コージェネ・エンジンまたは化石燃料を使ってきた工業用炉の代替燃料として適したクリーンな低温ガスに変換する最先端の NOTAR® ガス化技術を開発しました。

NOTAR® ガス化法は、大手工業パートナーおよびクライアントから放射性核種を含有するバイオマスからタール分を含まないガスをつくり出す、成熟した技術としての評価を頂いています。