

3-5-1 竹合成ガスプロセスの開発

(CR-POWER LLC) ○八太昭道*, (大分石油株式会社) 須賀祐弥、佐藤竜二、(沼津工業高等専門学校) 伊藤拓哉、(株式会社森のエネルギー研究所) 大場龍夫、(株式会社バイオマスパワー) 小屋敏行

Development of Bamboo Synthesis Gas Process

OHATTA Akimichi* (CR-POWER LLC), SUGA Yuuya, SATOU Ryuuji (Ooita Oil Co Ltd.), ITO Takuya (NIT, Numazu College), OOBA Tatsuo (Japan Wood Energy Co. Ltd), KOYA Toshiyuki (Biomass Power Co. Ltd)

ABSTRACT

We are developing a process for obtaining syngas from bamboo using a horizontal rotary kiln that combines pyrolysis and reforming functions. Bamboo fed into the kiln is pyrolyzed into gas (dry gas, water vapor, and tar vapor) and solid (char) in the first half of the kiln, and the tar and char are steam-reformed into hydrogen and carbon monoxide gas (syngas) in the second half.

An experimental plant with a diameter of 300 mm and a length of 750 mm was used to operate at a pyrolysis temperature of 700°C and a steam reforming temperature of 750°C. As a result, it was confirmed that the reforming rate of tar and char reached 90%, and furthermore, the shift reaction progressed by 70%.

Bamboo is the most land productive plant in the world. and can be grown in many parts of the world. Bamboo power plants are expected to become a key technology for a decarbonized society in 2050.

[1] 緒言

(目的) 産業革命を契機とした石油エネルギー文明は、今大きく転換しようとしている。技術領域から新しいエネルギー文明社会に貢献する。

(目標) 竹を原料として合成ガスを製造しガスエンジンを駆動する竹発電プラントを開発する。

材質 ; SUS310S

内径 : 300mm φ 板厚 : 5mm 加熱部長さ : 750mm
傾斜ガイド板付き仕切板

傾斜角:65° ガイド板数 : 3

螺旋小円筒

数量:右巻左巻各2計4本 内径 : 112.5mm φ

軸径 57mm φ ピッチ幅 : 80mm ピッチ数 : 4

[2] 設計・実験

原料の竹は、触媒液を浸潤させたもの(“竹”)を用いる。触媒は鉄、ニッケルなどの金属と酢酸、硝酸など酸との中和塩が有効である¹⁾が、ここでは硝酸鉄水和塩:Fe(NO₃)₃・9H₂Oを用いた。

ガス化装置は内部に熱分解機能と水蒸気改質機能を併せ持つ外熱式水平ロータリーキルン(ハイブリッドキルン)を用いる。

ハイブリッドキルンはその前半部に傾斜ガイド板付きの仕切板²⁾を後半部には気固接触機能を持つ螺旋小円筒³⁾を内装している。気固接触装置はこのほかに渦巻円柱⁴⁾および螺旋パイプ⁵⁾がある。

〈水平ロータリーキルンの仕様〉

キルンに投入した“竹”は、その前半部で熱分解して気体(乾ガス、タール蒸気・水蒸気)と固体(触媒担持チャー)になり、キルン後半部の気固接触反応部へと進む。ここで気体は固体の全表面と接触して通過するが、この過程でタールおよびチャーは水性ガス反応により水素と一酸化炭素の混合ガス(合成ガス)となる。

実験プラントの外観をFig. 1に、ハイブリッドキルンの機能・構造をFig. 2に示す。



Fig. 1 Experimental plant (Oita Oil Co. Ltd)

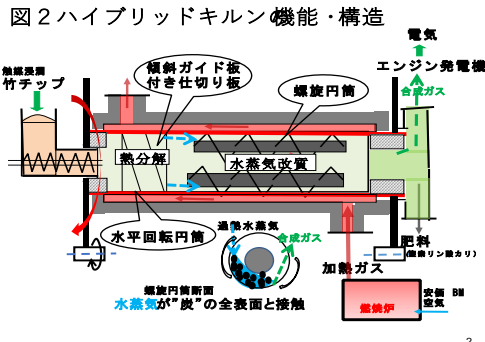


Fig. 2 Function and structure of Hybridkiln

[3] 結果と考察

実験結果を Table 1 に示す。

Table 1 ガス組成

H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	計	備考
34.9%	11.1%	8.2%	32.2%	90.1%	容積
3.43%	15.3%	6.5%	69.7%	94.8%	重量

合成ガスの成分比 H₂/CO (重量基準) は 22.5%。木質バイオマスの 500°Cでの熱分解生成物は、乾ガス 49.7%(内、H₂0.4%, CO%21.5%) 水蒸気 5.8%, タール 21.6%, チャー22.9%とした⁶⁾。熱分解で生成したタール C_{2.4}H_{1.9}O【分子量 46.7】⁷⁾の水蒸気改質反応 C_{2.4}H_{1.9}O + 2.4H₂O → 2.35H₂ + 2.4CO チャーの水蒸気改質反応 C + H₂O → H₂ + CO および、シフト反応 CO + H₂O → H₂ + CO₂ より、タールの水蒸気改質率 90%、チャーの水蒸気改質率 90%、さらに CO のシフト反応率 40%に達していることが推定される。

[4] 結言

ハイブリッドキルンを用いた触媒浸潤竹チップのガス化によって高効率・高収率で合成ガス(ガスエンジン発電の原料ガス)が得られることが確認された。土地生産性世界一かつ世界各地で栽培可能な竹の発電プラントが2050年脱炭素社会を開く主要技術となることが期待される。

【脚注・参考文献】

- 1) 金属中和塩水溶液を浸み込ませた、細胞壁をもつバイオマスの熱分解により生成する触媒担持チャーの水性ガス反応は、200~300°C低温で進行する。鈴木勉北見工大名誉教授による発見 鈴木勉, 木質バイオマスの炭化によるエネルギー利用, 木材工業, 57, 11, 2002
- 2) 水平ロータリーキルンの中に傾斜ガイド板付きの仕切板を内装することによって、固体粒子が循環移動する。故国井大蔵東京大学名誉教授による発明 Rotary Reactor Engineering, 国井大蔵, 地崎達 (2007) ELSEVIER
- 3) ハイブリッドキルンの水平回転軸に平行な中心軸を持つ右巻き左巻き各2計4本の螺旋小円筒を内装する。気体は回転充填状態にある固体の全表面と接触して通気する。伊藤拓哉, 菅沼秀樹, 鈴木誠一, 加藤茂, 八太昭道, 小島紀徳: 化学工学論文集, 41, 1, 25-28 (2015)
- 4) ハイブリッドキルンの水平回転軸に垂直な渦巻状流路を内装する。気体は充填状態にある固体の全表面と接触して通気する。小島紀徳元成蹊大学教授、伊藤拓哉沼津高専准教授発明 伊藤拓哉, 野元洋輔, 浮島優輝, 村上寛, 菅原一輝, 鈴木誠一, 加藤茂, 八太昭道, 小島紀徳: 化学工学論文集, 46, 6, 193-199 (2020)
- 5) ハイブリッドキルンにらせん状に形成した正逆パイプ流路を内装する。気体は充填状態にある固体の全表面と接触して通気する。清水忠明新潟大学教授による発明。清水忠明, 安達亮太郎, 李留云, 八太昭道, 小島紀徳: 化学工学論文集, 45, 5, 197-203 (2019)
- 6) 木質バイオマスの熱分解で生成する気体(乾ガス)、液体(水、タール) および固体(チャー)の生成量および乾ガス組成の測定値を 400~1000°Cの温度関数として提示。国井大蔵、小屋敏行ら Chemical Engineering Journal, 22, 221-227 (1981)
- 7) 高速道路法面の刈草剪定枝の熱分解で生成したタールの組成分析結果から算定

【謝辞】

西村肇東京大学名誉教授から、化学プラントを、それを構成する装置の物質・熱の入出力を結ぶネットワークとして把握分析するプロセス設計手法について、故国井大蔵東京大学名誉教授からは水平ロータリーキルンを用いた熱分解反応解析について、多大なるご指導、貴重なる知見をいただきました。加えてお二人からは新技術への挑戦とその実践の心構え・精神姿勢を学ばせていただきました。ありがとうございました。

【連絡先】 八太昭道* TEL: 090-3226-8503

Email: hatta@cr-power.jp