

アスファルトプラントにおける二酸化炭素削減と 日工におけるアンモニアバーナ開発

宗像 元・田中 翔太・今田 雄司

MUNAKATA Hajime, TANAKA Shota, KONTA Yuji,

日工株式会社

概要

日本は2020年10月の地球温暖化対策計画の閣議決定により、温室効果ガスの排出を2030年までに46%(2013年比)削減することを目標とし、2050年には実質ゼロを目指すこととなった。アスファルト合材工場においては、骨材の加熱乾燥工程における燃料利用が二酸化炭素排出量の75%を占め、エネルギー消費の内訳を見ると、水の蒸発に必要なエネルギーが30-40%程度であり、骨材の加熱に必要なエネルギーが40-50%程度である。このため、水分管理やプレ乾燥等による省エネルギーのみでは、二酸化炭素削減目標をクリアすることは難しく、CO₂フリーの燃料への転換が重要になる。アンモニアは、貯蔵や運搬が容易で、工業地帯や都市部から離れた位置にあるアスファルトプラントにも供給が可能であり、また生産技術が確立されており今後は火力発電所等で燃料として大量に利用される計画がある。従って、将来的に入手が容易なCO₂フリー燃料として期待ができる。日工株式会社は、現在大阪大学赤松研究室との共同研究を行い、100kWクラスまでのバーナ試験を実施している。今後は500kWクラスのバーナ試験を実施し、国内のアンモニア供給体制の整備と歩調を合わせて実機スケールである5MWクラス以上のバーナ開発とプラント開発を進めていく計画である。

1. 緒言

IPCCの特別報告書によると、世界全体の平均気温を工業化以前より+1.5℃の上昇に抑えることで気候変動のリスクと影響を著しく減少させるとしている。¹⁾日本はパリ協定に批准し、2050年の温室効果ガスの実質ゼロと2030年に2013年比で46%の削減を目指すことが、2020年10月に地球温暖化対策計画として閣議決定された。²⁾このような中で日工株式会社では、社会要請に応えるために、アスファルトプラント(以下APと表記する。)における2030年の二酸化炭素50%削減、2050年の実質ゼロ排出を実現することを目標として掲げている。³⁾

本稿では、APにおけるエネルギー消費の内訳から燃料転換の必要性、代替燃料の中でのアンモニア燃料の特徴とAPにおける優位性、および日工におけるアンモニアバーナ開発の取り組みについて紹介したい。

2. APにおけるCO₂排出構成と燃料転換の必要性

アスファルト合材工場全体のCO₂排出量は、年間約150万t-CO₂であり、合材1tあたりの排出量は37.2kg-CO₂/t(17年-19年の平均値)である⁴⁾。このうち、プラントにおける加熱乾燥工程の燃料消費が75%、保温や機械駆動、事務所等での電力消費が17%、重機燃料その他が8%となっている。⁵⁾⁶⁾

合材製造のCO₂排出の規模は、土木資材の中では、セメント、鉄鋼に次ぐ3番目に位置し、⁷⁾国内の年間CO₂排出量が約12億t-CO₂のため、アスファルト合材工場におけるCO₂排出量は、国内の排出量の0.12%程度を占めている。⁴⁾⁸⁾

APにおけるCO₂排出の主因は上に述べた通り、骨材の加熱乾燥工程における化石燃料の燃焼である。この工程が必要になるのは、アスファルトが流動性を持つ160℃付近で骨材の混合を行う必要があり、また、アスファルトは原油由来の疎水性材料であるため、骨材表面に水分があると、アスファルトのコーティング不良による合材の強度低下を引き起こすため、水分の除去が必要となるためである。⁹⁾¹⁰⁾

図1にAPにおけるVドライヤとRドライヤのエネルギー消費内訳の推算を示す。ここでVは新規骨材を、Rはリサイクル材を表す。推算条件は、Vでは骨材含水比6%、骨材加熱温度180℃であり、Rではリサイクル材含水比3%、リサイクル材加熱温度160℃である。いずれの場合も水の蒸発に使われるエネルギーが30-40%を占め、常温からアスファルトを混合させる温度までの加熱に40-50%のエネルギーが使われている。また、乾き排ガスの加熱が10-15%であり、水蒸気の加熱が1-2%であることが分かる。

日工のAPにおけるVドライヤの設計基準となる含水比は

6%であり、実際には天候や管理状況にもよるが3-6%程度とみられている。骨材表面に付着した水分は、砕砂製造時の水洗と、ヤード保管時における雨水との接触に由来する。省エネルギーによる燃料消費量の削減という観点からは、このような骨材含水比の削減は重要であり、例えば、水分管理を行い、太陽光や排熱等を利用して骨材保存時のプレ乾燥をすることで、含水比を1%以下まで減少させることが考えられる。一方で、APの乾燥加熱工程のエネルギー消費内訳は、上で述べた通り40-50%が骨材の加熱工程であり、合材の混合温度の制限から、この部分の寄与を減少させることは難しく、中温化合材により骨材の加熱温度を180℃から160℃に減少させた場合でも、乾燥加熱工程における燃料の削減率は13%程度である。従って、2030年の50%や2050年の実質ゼロという二酸化炭素削減目標達成には、省エネに加えて、燃料の転換が必要となる。

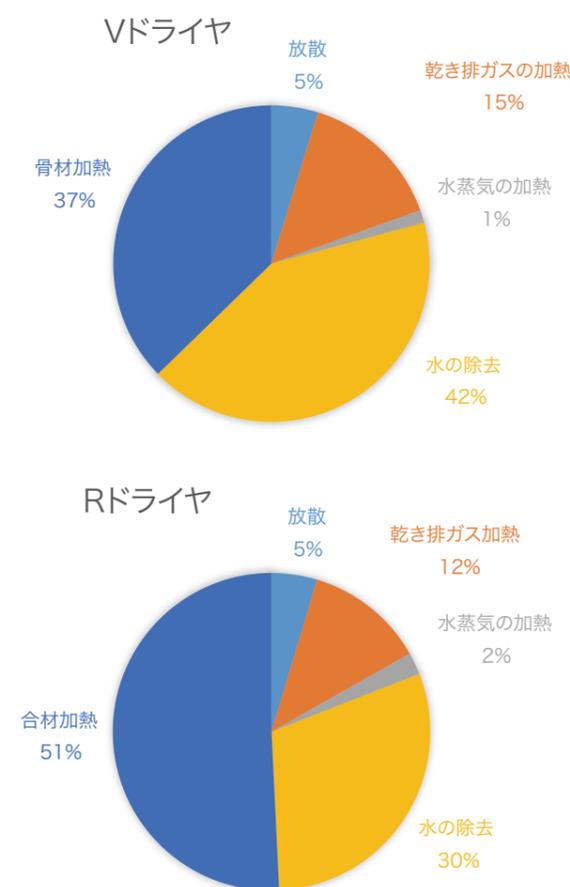


図1 VドライヤとRドライヤのエネルギー消費の内訳

3. 1日工のバーナラインナップと代替燃料

現在、APの乾燥加熱工程では、主にA重油や灯油を燃料とするバーナが利用されている。日工のバーナラインナップには、これらに加えて、天然ガスやプロパンを燃料としたガスバーナ、廃油や廃グリセリンといった高粘度の液体バイオマス燃料を利用できるバーナがあり、実際のAPにて合材の製造に使用されている。また、固体燃料を利用するためのバーナとして粉体燃料バーナが開発中であり、廃棄物由来の炭化燃料¹¹⁾や、もみ殻¹²⁾等を粉碎したバイオマス燃料を燃焼させることができる。

二酸化炭素の削減という点からみると、天然ガスやプロパンは、A重油と比較して熱量当たり、前者は約29%、後者は18%の削減が可能¹³⁾、2030年に向けた現実的な二酸化炭素の削減手段として重要である。一方で、50%削減や実質0%といった目標には、より高い削減が可能燃料が必要となる。このような中でバイオマス燃料は、植物が空気中の二酸化炭素から生成する燃料のため、燃やしても二酸化炭素を事実上排出しない燃料として重要である。ただし、バイオマス燃料は、工業燃料として消費するには量が限られており¹⁴⁾、燃料を大量に消費する火力発電所等におけるバイオマス利用と競合するため、APの燃料を全て代替することは現実的に難しく、地域特性に応じて利用可能な範囲での限定的な使用にとどまると考えられる。

3. 2アンモニア燃料の特徴とAPにおける優位性

以上から、より大規模に利用可能で、安定的に供給されるCO₂フリーの燃料が求められるが、将来的に工業利用が可能燃料として大量に生産される可能性のあるものとして、再生可能エネルギー由来の水素や製造工程でCO₂を分離固定化した水素(グリーン水素、ブルー水素)、このような水素を用いて二酸化炭素から合成されるメタン(メタネーション)やアンモニアといった燃料がある。^{15) 16) 17)}

この中で、メタネーションによって作られたメタンが利用可能であれば、従来のガスバーナを用いて二酸化炭素の排出を事実上ゼロにすることが可能になる。ただしメタネーションの技術は、実証段階であり、2030年の目標は1%のカーボンニュートラルのメタンを導入と試験的な利用にとどまり、2050年の時点での普及が実際に起きるかどうかは現時点では不確実性が高い。¹⁷⁾

そのため、現時点での現実的な燃料の候補は、大量生産が技術的に可能であり、燃焼によって二酸化炭素を排出しない水素及びアンモニアということになる。ここで水素と比較して、アンモニアには工業用の燃料として有用な特徴があ

る。それは、アンモニアは加圧により容易に液化をするため、エネルギー密度が高く、貯蔵と供給が容易なことである。¹⁸⁾¹⁹⁾また、アンモニアの供給貯蔵設備は、水素と比較して安価である。APはプラントの立地が工業地域や市街地から遠い町はずれの山沿いに存在するものも多く、ガス配管が届かないプラントも多い。このため、重油や灯油、LPGのような液体の状態でのローリー輸送が可能な燃料が利用されており、アンモニアはこの点でAPでの利用に適していると考えられる。また、アンモニアの合成は100年以上の歴史があり、主に窒素肥料の原料として、全世界で年間約2億tのアンモニアが生産され、タンカーによる海上輸送も行われている。¹⁶⁾以上から、CO₂フリーのアンモニア製造という課題はあるが、アンモニアの燃焼技術が確立すれば、社会実装は現実的に可能であるとみられている。また、現在、アンモニア燃料を火力発電所での石炭代替等に利用し、2050年には年間3000万tの利用が計画されている。¹⁶⁾APにおける天然ガスやプロパンの利用は、先行して火力発電所での燃料利用が進み、流通が整備されることで利用可能になったという経緯があり、アンモニアも、火力発電所での大量利用が計画されていることから、将来的な利用可能性は高いと考えらえる。

4.日工のアンモニアバーナ開発と今後の展開

日工では大阪大学赤松研究室との共同研究で、現在アンモニアバーナの研究開発に取り組んでおり、10kW、100kWクラスのバーナでアンモニアの燃焼試験を行っている。図2は試験に用いた10kWクラスバーナと試験炉である。試験で

は、ガス組成分析の他に、ガラス越しの火炎観察を行っており、図3のように高速カメラによる撮影も可能である。現時点で、日工の実機バーナをベースとした小型バーナにより、アンモニアの80%までの混焼が可能なこと、NO_xの排出量をAPにおける一般的な大防法の規制値である16%O₂換算230ppm以下(乾燥炉)に抑えることが可能なこと等を確認している。



図2 試験用10kWクラスアンモニアバーナ



図3 高速カメラによる火炎写真 (15kWアンモニア混焼率30%空気比1.2)

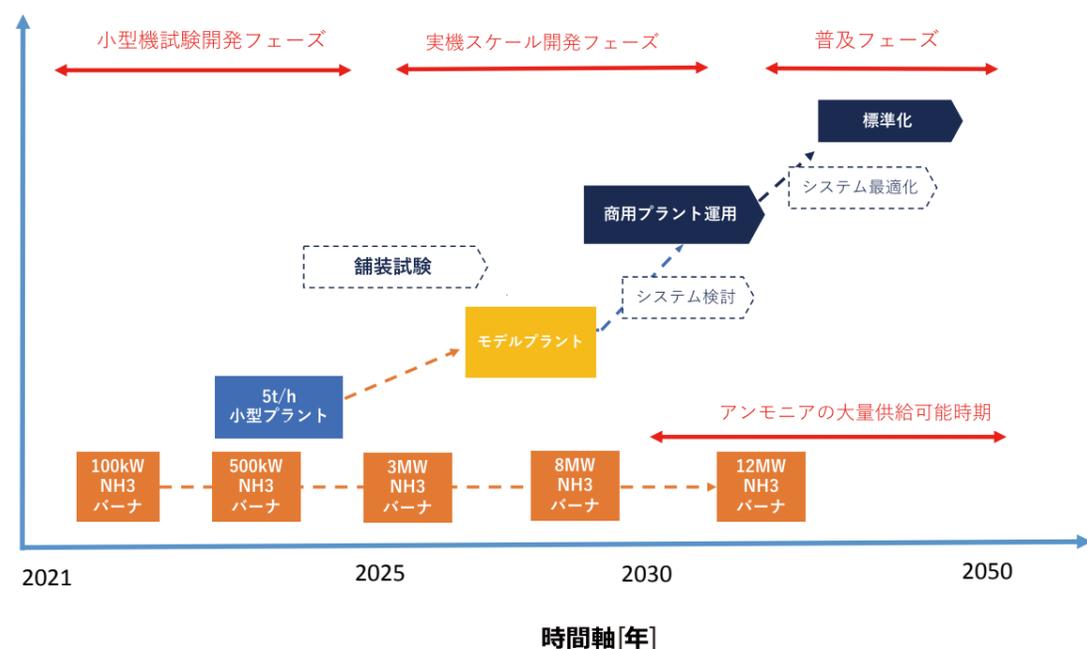


図4 日工アンモニアバーナ開発ロードマップ

5.今後の予定

図4に日工のアンモニアバーナ開発のロードマップを示す。2022年度以降は、日工社内に500kWクラスのアンモニア供給設備を導入し、より大きな出力のバーナを実施する計画である。このクラスのバーナは開発における一つのマイルストーンであり、ドライヤを用いた骨材の乾燥試験が可能になるため、ドライヤの最適化や燃焼に及ぼす外乱の影響調査、製造した合材の性状調査や舗装試験が可能になる。実際のAPで利用されているバーナは、5MW-12MWクラスが主流となるため、500kWの後も、国内のアンモニアの供給体制の進展に歩調を合わせる形で、3MW、8MWといった順でバーナのスケールアップを進め、同時にアンモニアバーナに適したプラントの開発を進めていく予定である。

References

1. 公益財団法人地球環境戦略研究機関、“「IPCC1.5℃特別報告書」ハンドブック：背景と今後の展開[改訂版]”、(2019.2)
2. 環境省、“地球温暖化対策計画”、(令和3年10月22日閣議決定)
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/211022.html>
3. 日工株式会社、“統合レポート2021：カーボンニュートラルへの対応”、p51-55(2021)
4. 一般社団法人日本アスファルト合材協会、“合材製造業におけるBaU二酸化炭素排出量推計調査概要”、(2021.8)
5. アスファルト合材協会、“2019年度アスファルト合材の現況”、アスファルト合材、No136、p10-11 (2020)及び、アスファルト合材協会、“アスファルト合材工場CO₂排出量調査 2019年の結果について”、アスファルト合材、No136、p12-27 (2020)より内訳を推算
6. 川村 克裕、“アスファルトプラントにおける低炭素化への取り組み”、道路建設、p50-54(2021.9)
7. 寺田 剛ら、“舗装工事におけるCO₂排出量削減技術の取り組み”、土木技術資、50-8、p22-27 (2008)
8. 環境省、“2019年度(令和2年度)温室効果ガス排出量”
9. T.F.Fwa, et al.、“Effect of Moisture in Aggregates on Performance of Asphalt Mixtures”、Transportation Reserch Record、1454、p28-35 (1994)
10. Hend Ali Omar, “Effects of moisture damage on asphalt mixtures”、Journal of traffic and transportation engineering(English edition)、7 (5)、p600-628(2020)
11. 川崎重工業ら、“令和2年度環境省委託事業 令和2年

- 度中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業報告書(炭化燃料化技術を活用した中小廃棄物処理におけるエネルギー回収評価事業)成果報告書”、(2020.3)
12. 北野裕樹ら、“もみ殻混焼バーナの開発”、日工技報、No.3、p43-50(2022)
13. 環境省、“温室効果ガス排出係数(デフォルト値)”
14. 農林水産省、“バイオマスをめぐる現状と課題”、(2012.2)
15. IRENA、“再生可能エネルギーの視点から見た水素(日本語版)”、(2019.12)
16. 資源エネルギー庁、“「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性”、(2021.6)
17. 一般社団法人 日本ガス協会、“カーボンニュートラルチャレンジ2050アクションプラン”、(2021.6.10)
18. Valera-Medina, et. al.、“Review on Ammonia as a Potential Fuel: From Synthesis to Economics”、Energy Fuels、35、p 6964-7029(2021)
19. Nadia Mohd Adli, et.al.、“Review—Ammonia Oxidation Electrocatalysis for Hydrogen Generation and Fuel Cells”、Journal of The Electrochemical Society、165 (15)、J3130-J3147 (2018)

筆者紹介

- 

MUNAKATA Hajime
宗像 元
2019年入社
開発部 開発1課
- 

TANAKA Shota
田中翔太
2015年入社
開発部 開発1課
- 

KONTA Yuji
今田 雄司
2002年入社
開発部 開発1課