

## 工業加熱の脱炭素における電化と燃焼についての考察

A Consideration of Electrification and Combustion in the Decarbonization of Industrial Heating

### 工業加熱の業種ごとの温度域と脱炭素方策の課題整理

工場の脱炭素において、工業加熱の熱源には電化、水素・アンモニア、合成メタンといった選択肢があるが、それらの得意不得意、費用や技術を踏まえて選択するべきである。そこで、工業加熱の設備と温度域のマップを作成して、電気と燃焼の棲み分けや温度域を分析し、脱炭素の実現に向けた課題整理を行った。



執筆者

先端技術応用研究所  
先端技術ソリューショングループ  
長 伸朗

#### 1 はじめに

脱炭素社会の実現に向けて、産業部門での工業加熱の脱炭素熱源として、電化、水素・アンモニア、合成メタン（メタネーション等）といった選択肢がある。しかし、それぞれに得意不得意があると共に、その導入にはお客さまに投資が必要なため、熱源の選択には費用や技術を踏まえ、全体最適の観点から選択するべきである。また、電化、水素・アンモニア、合成メタンの導入には、用途や時期、政策動向等によって異なってくるため、現在のところ不透明な状況にある。

そこで、工業加熱の脱炭素についての調査を、大阪ガス株式会社の先端技術研究所と共同で実施した。

#### 2 工業加熱の概要

工業加熱とは、概ね数百℃の加熱源で工業製品を加熱する技術のことで、自動車・食品・化学・金属などのあらゆる産業で利用されている。第1図と第2図に、工業加熱で使用する工業炉と工業製品の一例を示す。工業製品の材料や性状には、金属・セラミックス・ガラスや固体・液体・ガスなどがある。

現状の工業加熱の加熱源としては、主に燃焼ガスや電気を使用されており、燃焼ガスを工業製品に直接接触させて加熱したり、電気ヒータの輻射で間接的に工業製品を加熱したりなど、加熱方式には数えきれないほど様々な種類がある。第1表に工業加熱の各方式の特徴と温度域を示す。

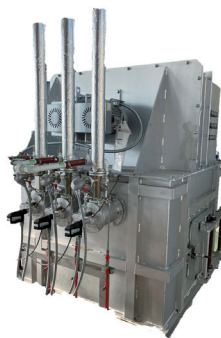
工業加熱には、主に以下の3種類の方法がある。

- ①燃焼…都市ガス・LPG・重油などの燃料を燃焼させて高温の燃焼ガスを生成し、その熱で工業製品を加熱する方法である。例えば、金属溶解炉や乾燥炉などがある。
- ②電気…電気を熱に変換する方法で、電気抵抗・誘導・アーク・赤外線・マイクロ波などがある。
- ③蒸気…100～200℃程度の蒸気を使用して工業製品を加熱する方法である。一般に、第3図のように、工場内の一か所に設置されたボイラで発生させた蒸気を配管で送り、工場各所の工業製品を加熱する。ボイラ

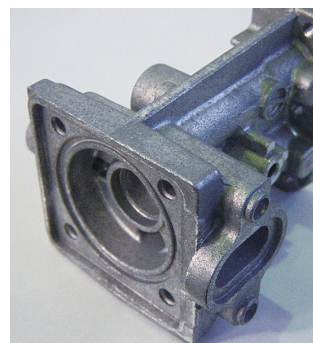
の熱源は、燃焼がほとんどであり、電気は極めて稀である。

#### 3 産業部門における脱炭素の政府指針

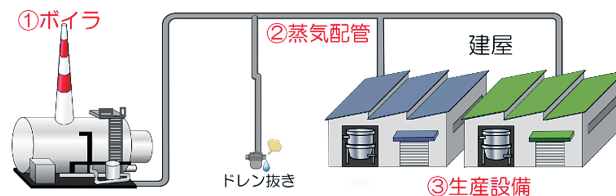
産業プロセスの脱炭素について、2021年の第6次エネルギー基本計画にて、具体的な議論が行われた（総合資源エネルギー調査会 省エネルギー委員会）。脱炭素の具体的指針として、従来のガスや油からの燃料転換として、「電化」「水素・アンモニア」「合成メタン」「バイオマス」が挙げられている。「電化」が第一に挙げられているのは、将来に再生可能エネルギーなどの非化石燃料による発電の増加を前



第1図 工業炉の一例



第2図 工業製品の一例



第3図 工場での蒸気の流れ

第1表 工業加熱の各方式の特徴と温度域

| 熱源          | 加熱方式          | 特徴          | 30 | 100 | 200 | 温度域<br>1000 | 2000 | 10000 |
|-------------|---------------|-------------|----|-----|-----|-------------|------|-------|
| 電気式<br>加熱   | 抵抗加熱          | 電気式で最も一般的   | →  |     |     |             |      |       |
|             | 赤外線加熱         | 電気式で一般的     | →  |     |     |             |      |       |
|             | マイクロ波・誘電加熱    | 特殊用途        | →  |     |     |             |      |       |
|             | 誘導加熱 (IH)     | 特殊用途        | →  |     |     |             |      |       |
|             | アーク加熱         | 高温向け・特殊用途   | →  |     |     |             |      |       |
|             | プラズマ加熱        | 超高温向け・特殊用途  | →  |     |     |             |      |       |
| 燃焼式         | ヒートポンプ        | 温水・熱風製造 省エネ | →  |     |     |             |      |       |
|             | 燃焼バーナー        | 燃焼式で一般的     | →  |     |     |             |      |       |
|             | 燃焼バーナー (酸素燃焼) | 高温用途        | →  |     |     |             |      |       |
|             | 蒸気            | 低温域で使い勝手が良い | →  |     |     |             |      |       |
| 電気式・<br>燃焼式 | 熱媒            | 中温域で使い勝手が良い | →  |     |     |             |      |       |
|             | コークス          | 超高温域 製鉄向け   | →  |     |     |             |      |       |
|             | 熱風            | 低温域で簡単に利用   | →  |     |     |             |      |       |
|             | 温水            | 低温域で簡単に利用   | →  |     |     |             |      |       |

提としているためである。また、個別の製造プロセスについては、「水素還元製鉄」「人工光合成」「CO<sub>2</sub>吸収型コンクリート」が、脱炭素技術として位置づけられている。

## 4 工業加熱マップによる考察

第4図に工業加熱マップを示す。このマップは、現状の各業種と工程について温度域と加熱方式の実態を整理したものである。横軸は業種であり、左の縦軸は電気加熱の方式別の温度域、右の縦軸は燃焼加熱の方式別の温度域である。マップの中には、業種別の代表的な工業プロセスと温度域が、四角形の領域で示してある。それぞれの領域の着色が濃いほど、電気加熱の割合が高い。前述のように脱炭素の施策の一つとして電化が掲げられているため、この着色が濃いところは、CO<sub>2</sub>フリー電気を使用することで、比較的容易に脱炭素が可能となる。

### (1) 現状の電気と燃焼の棲み分け

マップの縦軸に着目すると、以下のおおまかな棲み分けがあることが分かった。③と④は電気と燃焼の混在領域である。

- ①電気 …1,200℃以上  
②燃焼 …400～1,200℃  
③熱風 …400℃以下  
④蒸気・温水 …200℃未満

## (2) 現状の業種別の温度域

各業種の温度域に着目すると、業種別の温度域について、おおまかに以下のような分類ができることが分かった。

- ① 100 ~ 10,000°C…自動車・機械・金属・鉄鋼・非

鉄・窯業

(金属や無機質原料を取り扱うため温度が高い)

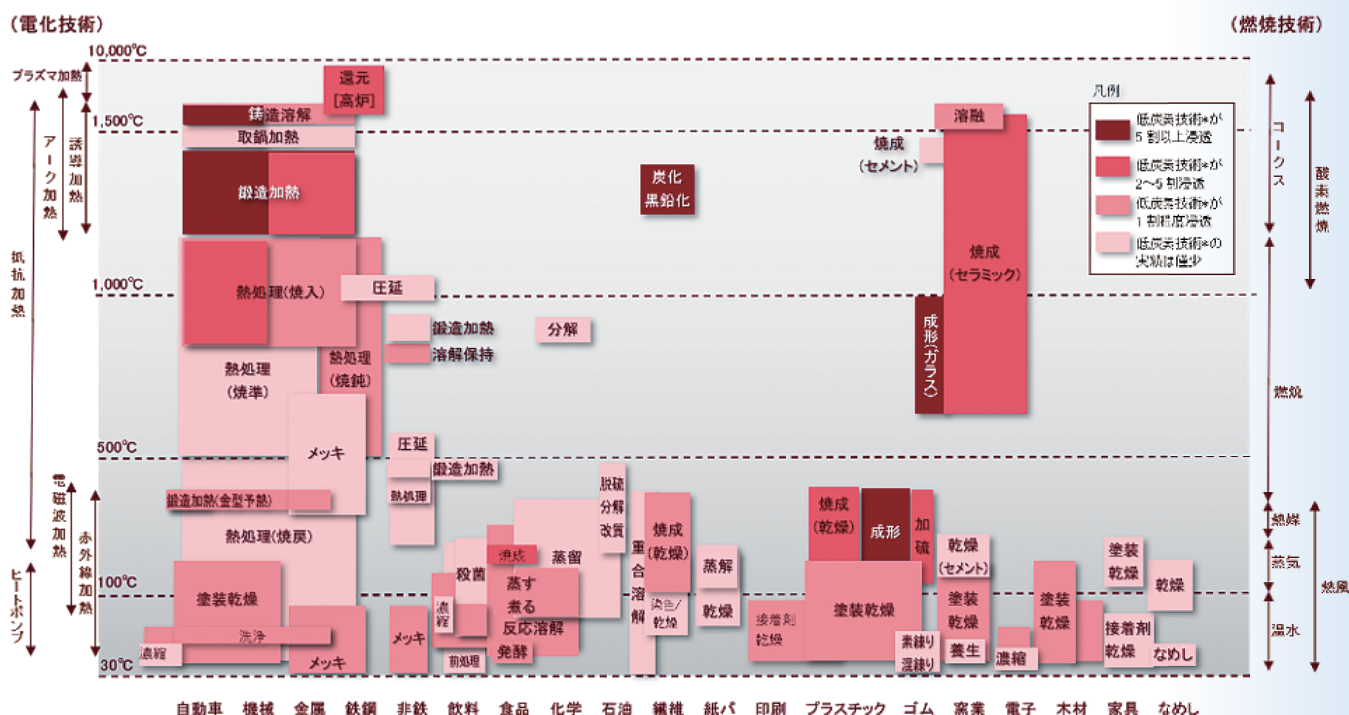
- ②100～500℃…飲料・食品・化学・石油・繊維・紙  
パルプ・印刷・プラスチック・ゴム・電子・木材・家  
具・なめし

### (3) 今後の脱炭素方策についての考察

- ① **1,200℃以上**…酸素燃焼等による高温化も可能であるものの、電気の得意な領域であり、既に電気加熱の導入が進んでいる業種も多い。
- ② **400℃～1,200℃**…燃焼の得意領域であり、電気は少ないため、表面的には電化の余地が大きい。しかし、電気への転換には受電設備の増強が必要となるため、この温度域での脱炭素では電化以外の選択肢の方が有望になるとも考えられる。このため、電化だけでなく、水素・アンモニア・合成メタンへの転換や、電気とガスのハイブリッド機器等を検討していく必要がある。水素・アンモニアの工場での普及には、供給インフラの整備や工業加熱設備の安全設備の充実が待たれる。合成メタンは、現状の都市ガス設備からの改修が少なく、安全性など取り扱いも容易であるため、期待が大きい。
- ③ **200℃未満**…技術的にはヒートポンプや抵抗加熱で対応可能であるが、装置スペースなどに課題がある。

## 5 おわりに

工場のお客さまが今後、工業加熱で脱炭素を行うにあたって、今回の調査結果が糸口となれば幸いである。なお、現状の電気や燃焼の工業加熱設備においても、至近の脱炭素のために、熱効率の向上を継続的に行うことが重要である。



#### 第4図 工業加熱マップ