

# 水素還元製鉄法 (DRI-H<sub>2</sub>) の

## 評価と課題

低炭素社会戦略センター

岩崎 博

(2022.6.24)

# 目次

1. 鉄鋼業とCO<sub>2</sub>排出量、脱炭素化
2. DRI法とは
3. DRI-H<sub>2</sub> 法の特徴
4. 高炉法との比較  
コスト・CO<sub>2</sub>排出原単位・評価
5. 課題

# 1. 鉄鋼業とCO<sub>2</sub>排出量、脱炭素化

## CO<sub>2</sub>排出量 (2019)

日本 1108Mt  
(世界中の3.2%)

産業分野 384Mt  
(日本の35%)

鉄鋼業 155Mt  
(産業分野の40%)

- 日本鉄鋼連盟

～2030：COURSE50 Project

現状の高炉に水素添加し  
水素還元反応を並行させる。

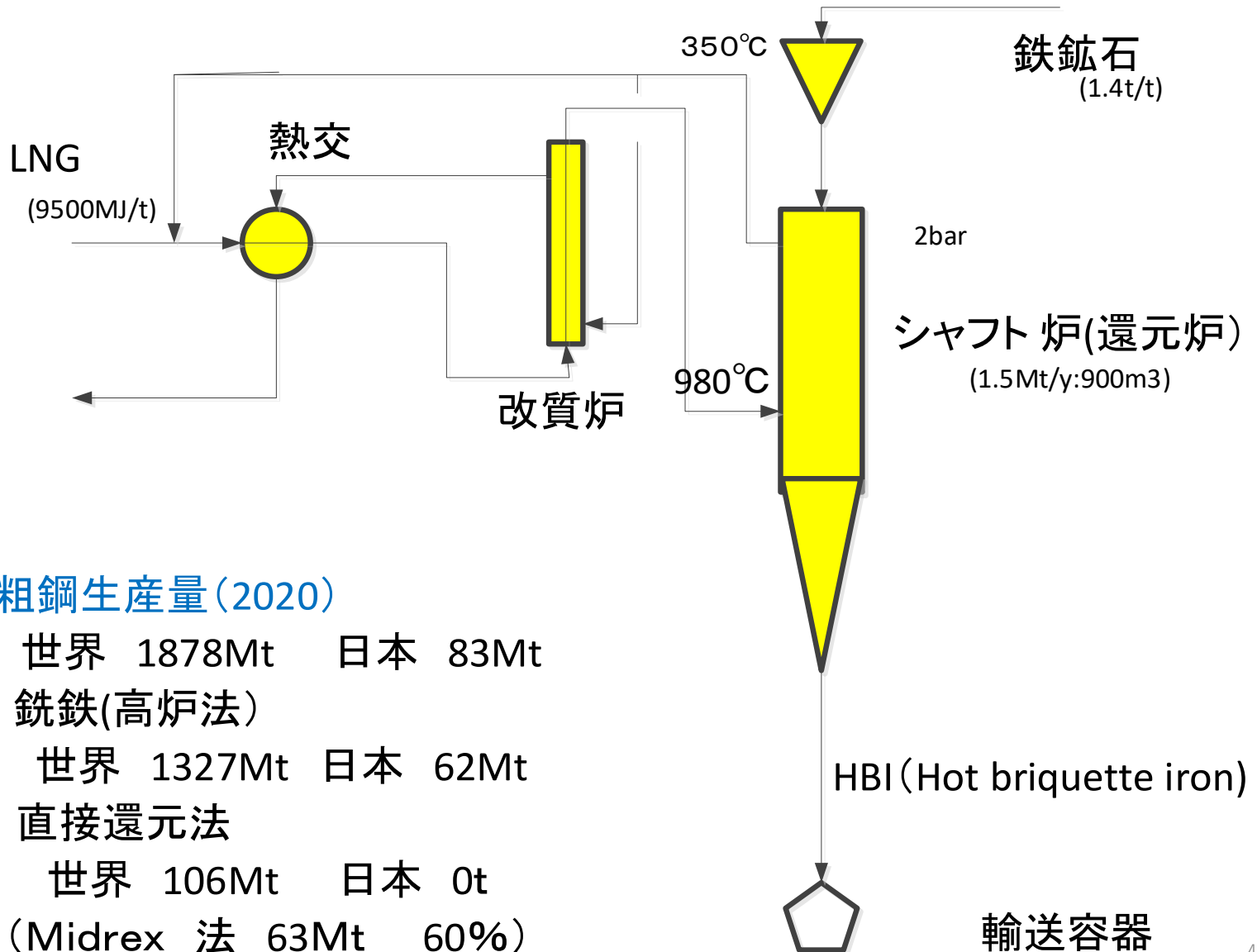
目標：10%削減、CCSを  
含め30%削減

～2050：水素還元製鉄法R&D

**日本のCO<sub>2</sub>排出量の14%**

## 2. DRI 法とは (MIDREX -LNG法)

従来法



### 粗鋼生産量(2020)

世界 1878Mt 日本 83Mt

銑鉄(高炉法)

世界 1327Mt 日本 62Mt

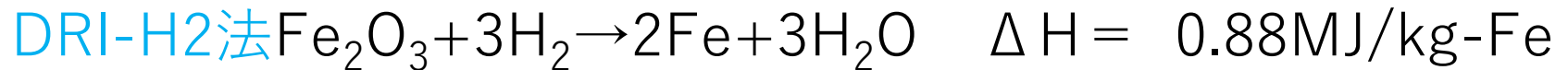
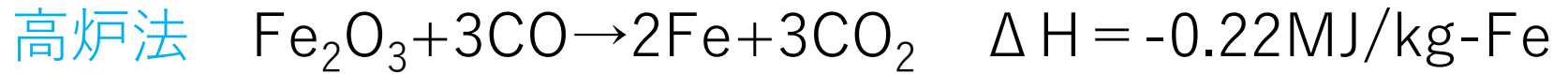
直接還元法

世界 106Mt 日本 0t

(Midrex 法 63Mt 60%)

### 3.DRI-H<sub>2</sub> 法の特徴

1. 高炉法にくらべ、還元速度は大きく吸熱反応である。



高炉法に比べ 生産性が約3倍高い。

反応器出口Feの形状：スポンジ状の固体

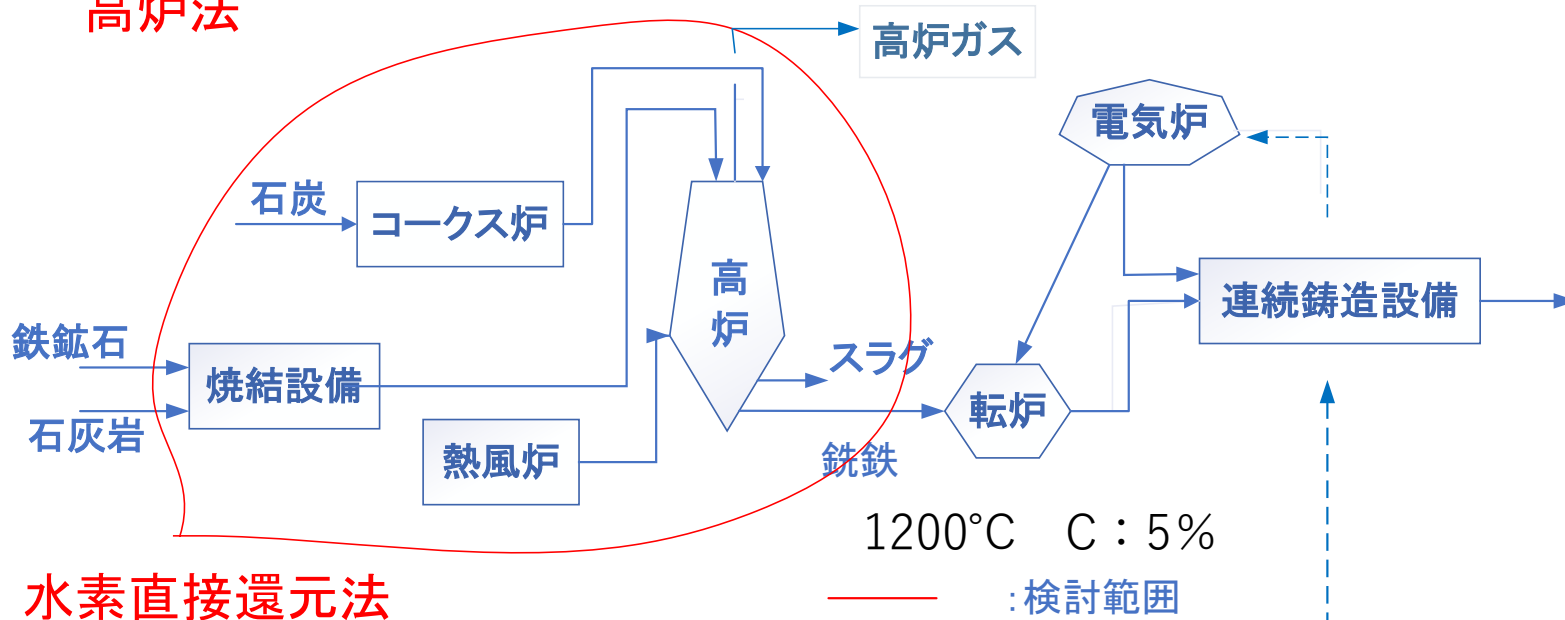
空気中で発火の危険あり、輸送が困難→ブリック化が必要

2. 製品中のC含量が0%（高炉法：5%）である。

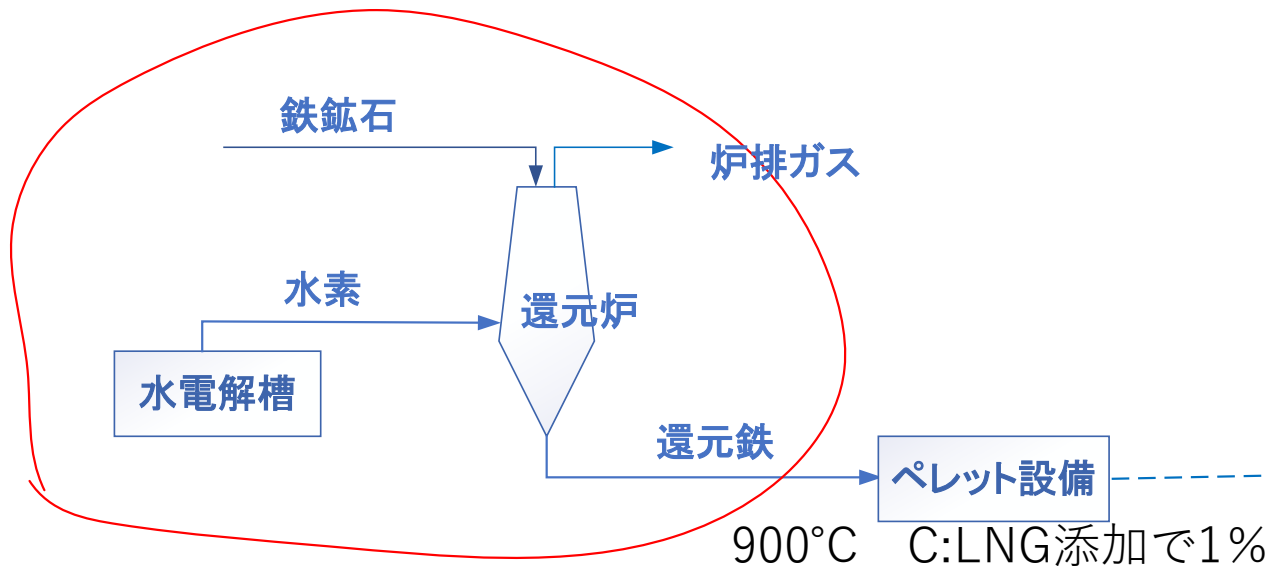
浸炭など鋼材の品質設計が必要

# 4.高炉法との比較

## 高炉法



## 水素直接還元法



製造コスト(生産量 2.5Mt/y)							
高炉法				水素直接還元法			
固定費	コスト(¥/kg-Fe)			固定費	コスト (¥/kg)		
設備対応	建設費	80B¥	4.8	設備対応	建設費	28.5B¥	1.7
人対応	100人		0.2	人対応	100人		0.2
<b>固定費計</b>			<b>5</b>	<b>固定費計</b>			<b>2</b>
変動費	原単位( /t-銑鉄)			変動費	原単位( /t-DRI)		
原材料	原単位( /t-銑鉄)	単価	コスト (¥/kg)	原材料	原単位( /t-DRI)	単価	コスト (¥/kg)
鉄鉱石	1594 k g	12¥/kg	19.1	鉄鉱石	1417 kg	12 ¥/kg	17
石灰石	118 k g	1¥/kg	0.1	H <sub>2</sub>	800 Nm <sup>3</sup>	58¥/Nm <sup>3</sup>	46
CaO	44.6 k g	14¥/kg	0.6				
石炭	827 k g	10¥/kg	8.3				
O <sub>2</sub>	19.2 Nm <sup>3</sup>	500¥/Nm <sup>3</sup>	9.6				
LPG	5.3Nm <sup>3</sup> (469MJ)	1.5¥/MJ	0.7	LNG	54.5 Nm <sup>3</sup> (1.8GJ)	1.5¥/MJ	2.7(C添加用)
動力	139 KWh	15¥/kwh	2.1	動力	135KWh	15¥/kwh	2.0
<b>変動費計</b>			<b>41</b>	<b>変動費計</b>			<b>68</b>
<b>合計 (¥/k g -銑鉄)</b>				<b>合計 (¥/k g -DRI)</b>			
			<b>46</b>				<b>70</b>

・ CO2排出原単位			
	高炉法	直接水素還元法	LNG水素還元法(従来法)
CO <sub>2</sub> 排出原単位	1.90t-CO <sub>2</sub> /t-銑鉄	0.06 t -CO <sub>2</sub> / t -DRI	0.47 t -CO <sub>2</sub> / t -DRI
主なるC源	コークス	LNG (Fe中C添加のため)	LNG (水素原料)
CCS : アミン吸収+DAC の組み合わせ (単価 : 8¥/kg-CO <sub>2</sub> )			
CCS コスト	15¥/kg	0.5¥/kg	4¥/kg

・ 評価 (能力2.5Mt/y 水素設備10MWベース 2050年)

	高炉法	直接水素還元法	
今回検討	46¥/kg	70¥/kg	
CCSを含む	61¥/kg	71¥/kg	
H <sub>2</sub> 58→31 ¥/Nm <sup>3</sup>	60¥/kg	49¥/kg	
(電気コスト15→8¥/KWh)			

高炉法は CCSによる脱炭素コストを加味すると 61 ¥/kg となる。

DRI-H<sub>2</sub>法は、電力単価が8 ¥/KWhとなり、H<sub>2</sub>単価が31 ¥/Nm<sup>3</sup>となると49 ¥/kg となる。



## 5. 課題

1. 大規模水素設備の開発と水素価格（電力単価）の低減。

製鉄 2.5Mt/ y (7500t/日) のプラントでは、

H<sub>2</sub>設備 750MW必要（10MW設備75基

現状最大設備 2～3MW/基）

現状では水素価格が安価な地域でのみ成立する。

2. 鉄に品質設計が必要。

高品質の鋼材には Fe 中のC含量は2%程度必要。

**参考：**水素還元製鉄法（Midrex-H<sub>2</sub>） 実証プラント

ArcelorMittal社（ドイツ） 100 k t / y 2023 スタート