

# 酸素高炉ガスからのDME製造

レンファッド(株)

大野陽太郎

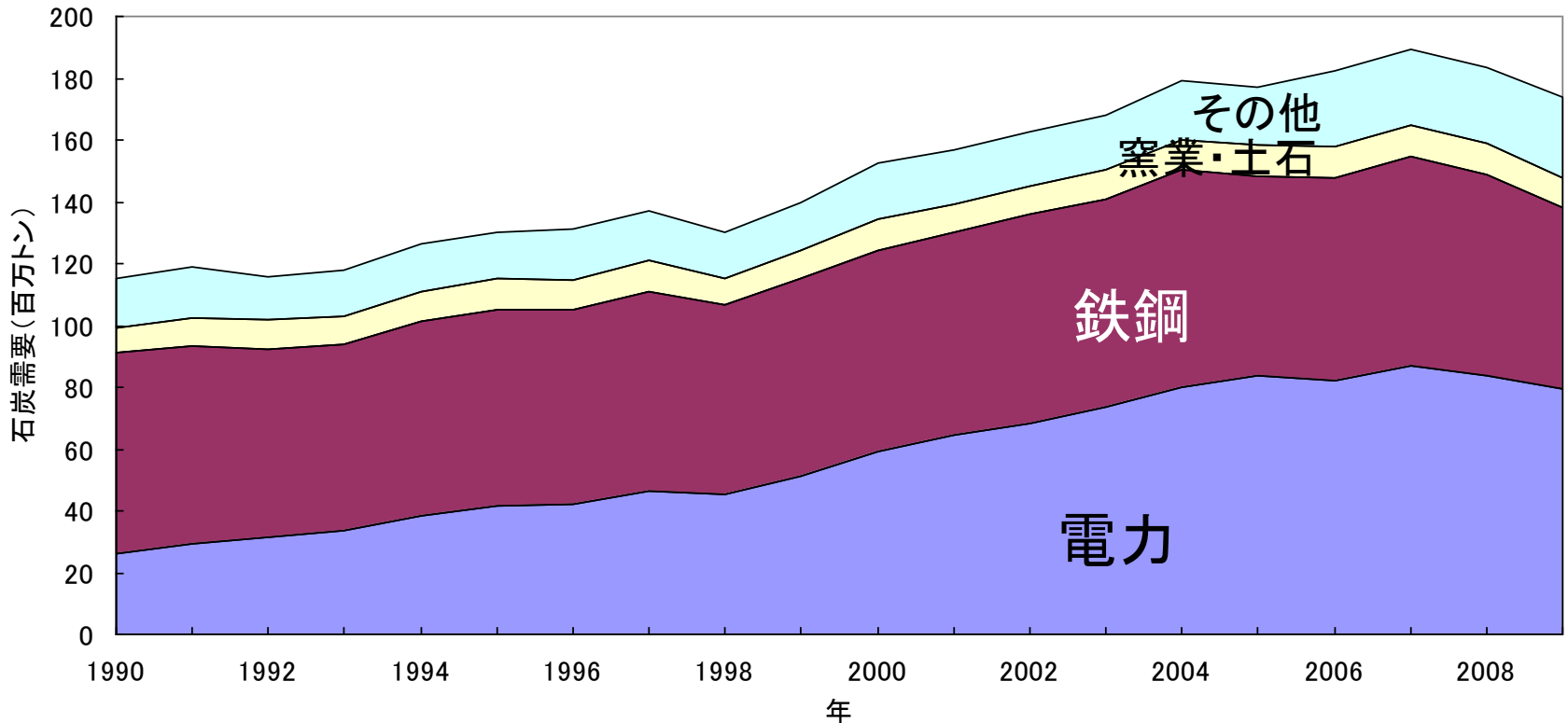
# 内容

---

- 石炭利用基地としての製鉄所のポテンシャル
- 製鉄所のエネルギーバランス
- 還元材比と余剰エネルギー
- 酸素高炉の概念
- 酸素高炉ガスからのDME製造
- 石炭ガス化DME製造との対比
- まとめ

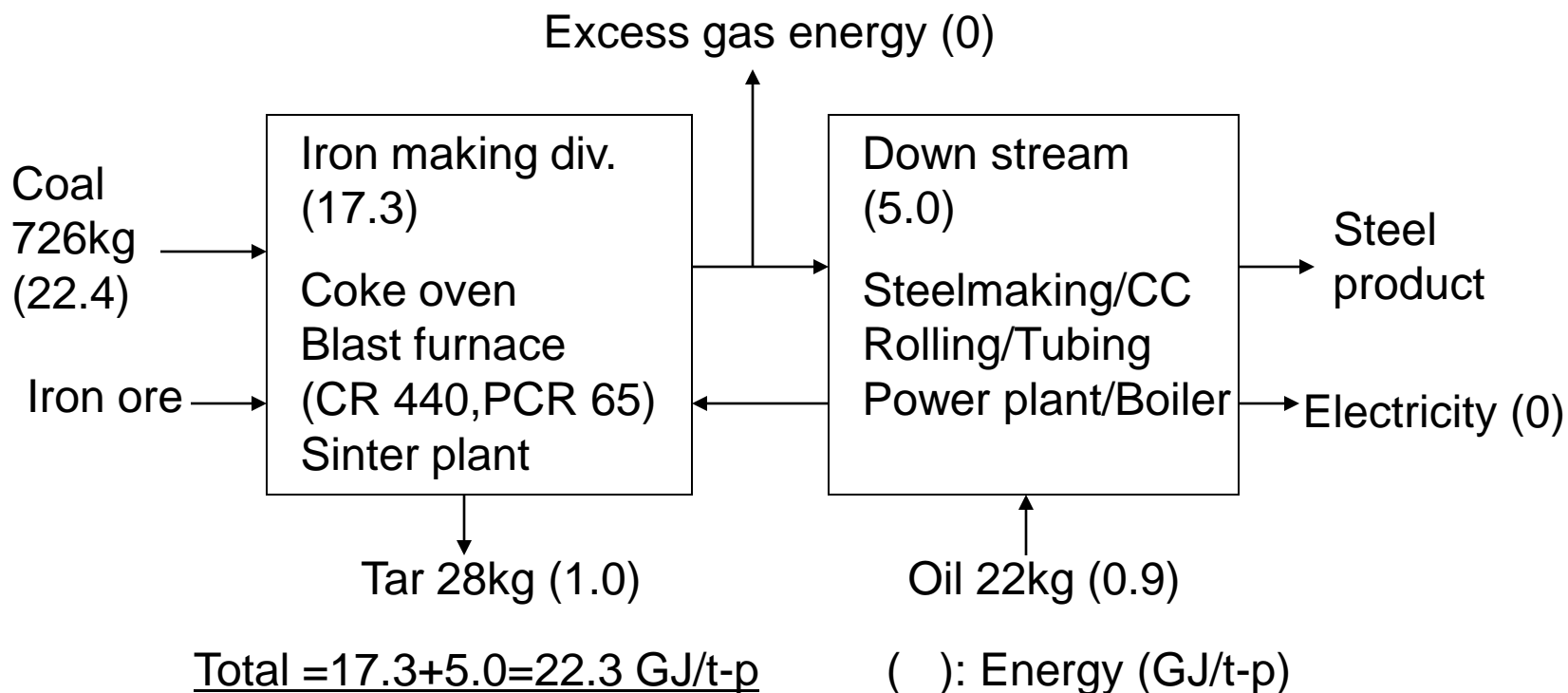
# 石炭の国内需要の推移

- ・ 製鉄所は、国内需要の約36%の石炭を消費しており、石炭受け入れ・貯蔵能力が大きく、周辺地域へのエネルギー供給のポテンシャルが高い。



# 一貫モデル製鉄所のエネルギーバランス

- 一貫製鉄所のエネルギー需要は、ほぼ全量、石炭によりまかなわれ、製鉄部門が約80%消費している。



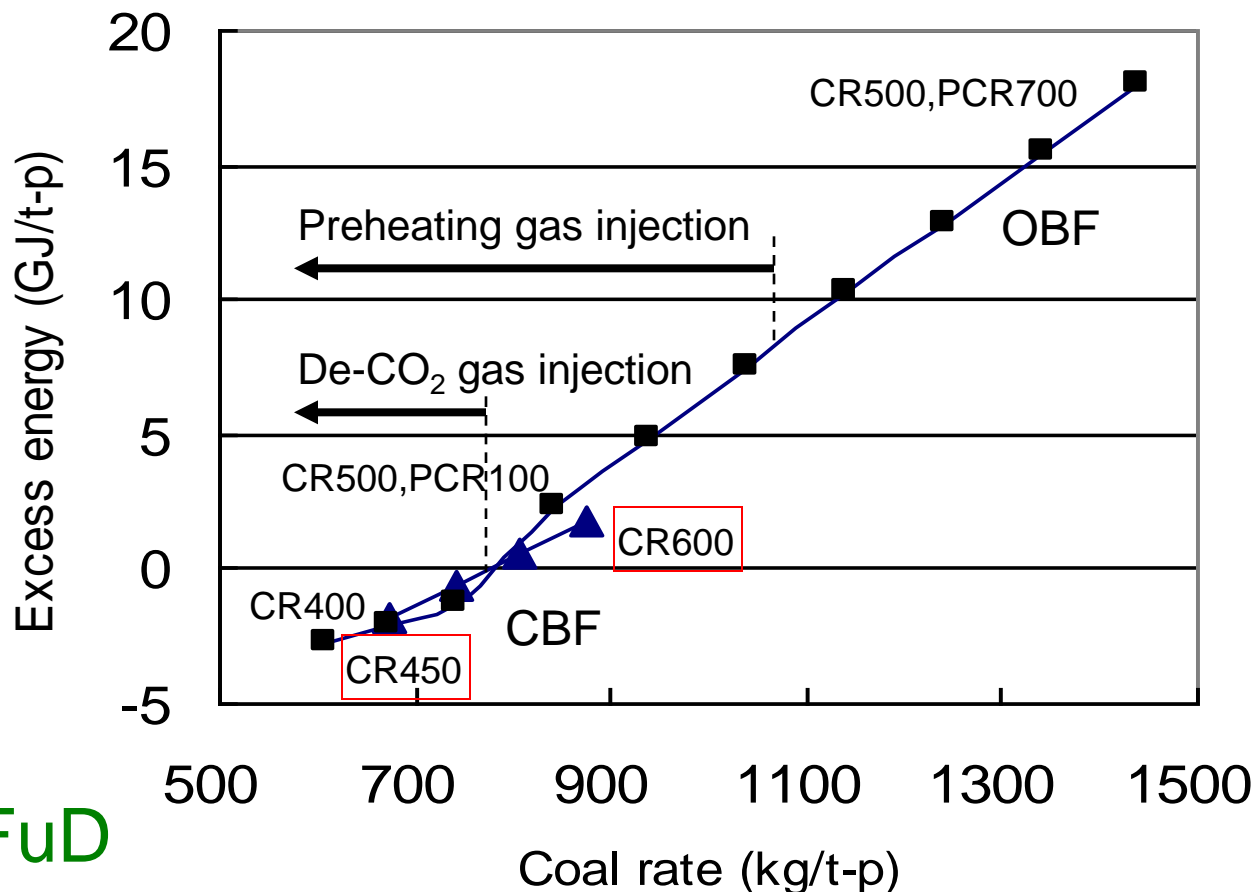
# 製鉄所副生ガスの組成、発生量と用途

- ・ BFG、COG発生量は、銑鉄生産量、還元材比(RAR)により変化、BFGは、発生量の調節幅が比較的大きい。
- ・ 合成ガスとしては使用するには、BFGはN<sub>2</sub>が多いので不利、COG中のCH<sub>4</sub>などの炭化水素は改質する必要がある。

組成 (%)	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>x</sub>	N <sub>2</sub>	発生量 GJ/t-p	製銑消費 GJ/t-p	下流部門 GJ/t-p
BFG	21.6	20.4	2.7	0	55.3	4.6	2.9	1.7
COG	7.4	2.6	51.0	34.4	4.6	3.9	2.8	1.1
LDG	73.4	13.3	1.2	0	12.1	0.9	0.2	0.7

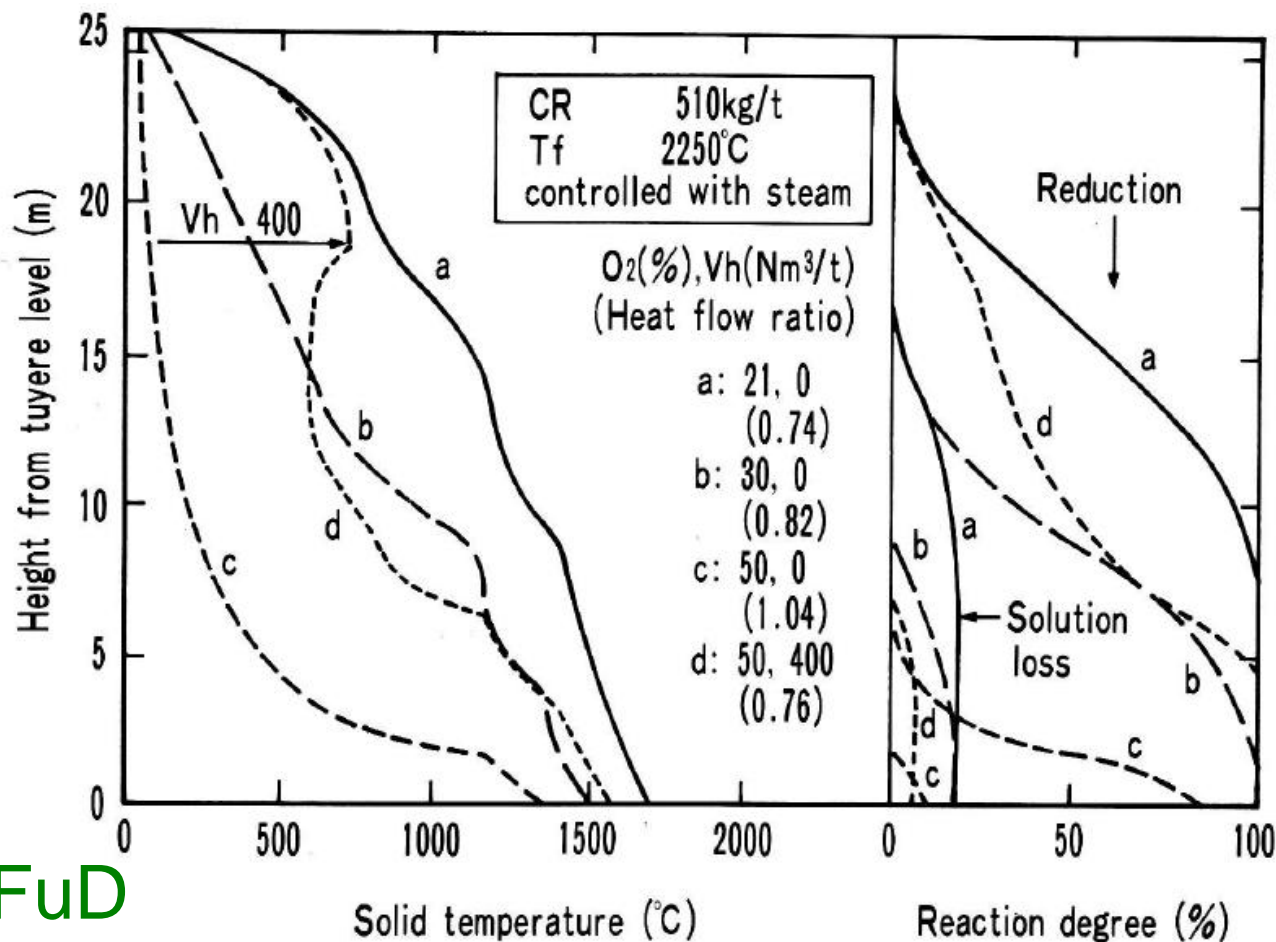
# 一貫製鉄所における石炭比と余剰エネルギー

- 高炉プロセスの操業可能還元材比の範囲は、溶銑温度の下限と炉頂温度の上限から決まる。通常高炉(CBF)の操業可能な還元材比の幅は、450~600kg/t-p程度で、余剰エネルギーの発生能力は小さい。



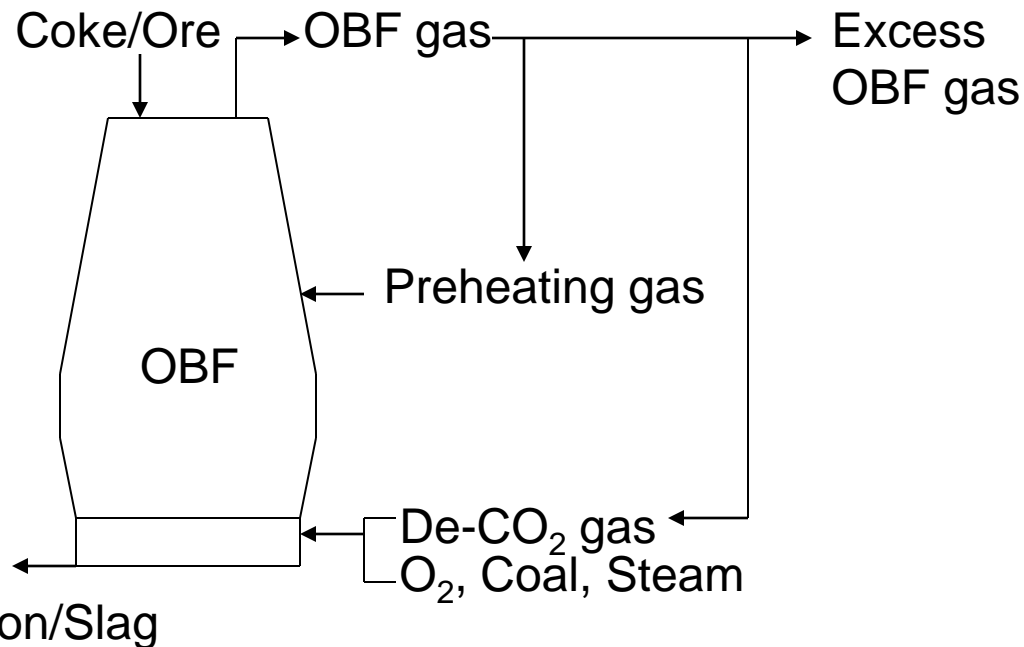
# 送風酸素濃度と炉内温度分布の変化

- 送風酸素濃度が高くなると、炉下部からのガス量が減少し、熱流比が増大し、炉上部から降下する装入物の昇温・還元が不十分になり、操業が不可能になる。(熱流比の上限は、0.9程度)



# 酸素高炉プロセスの概念

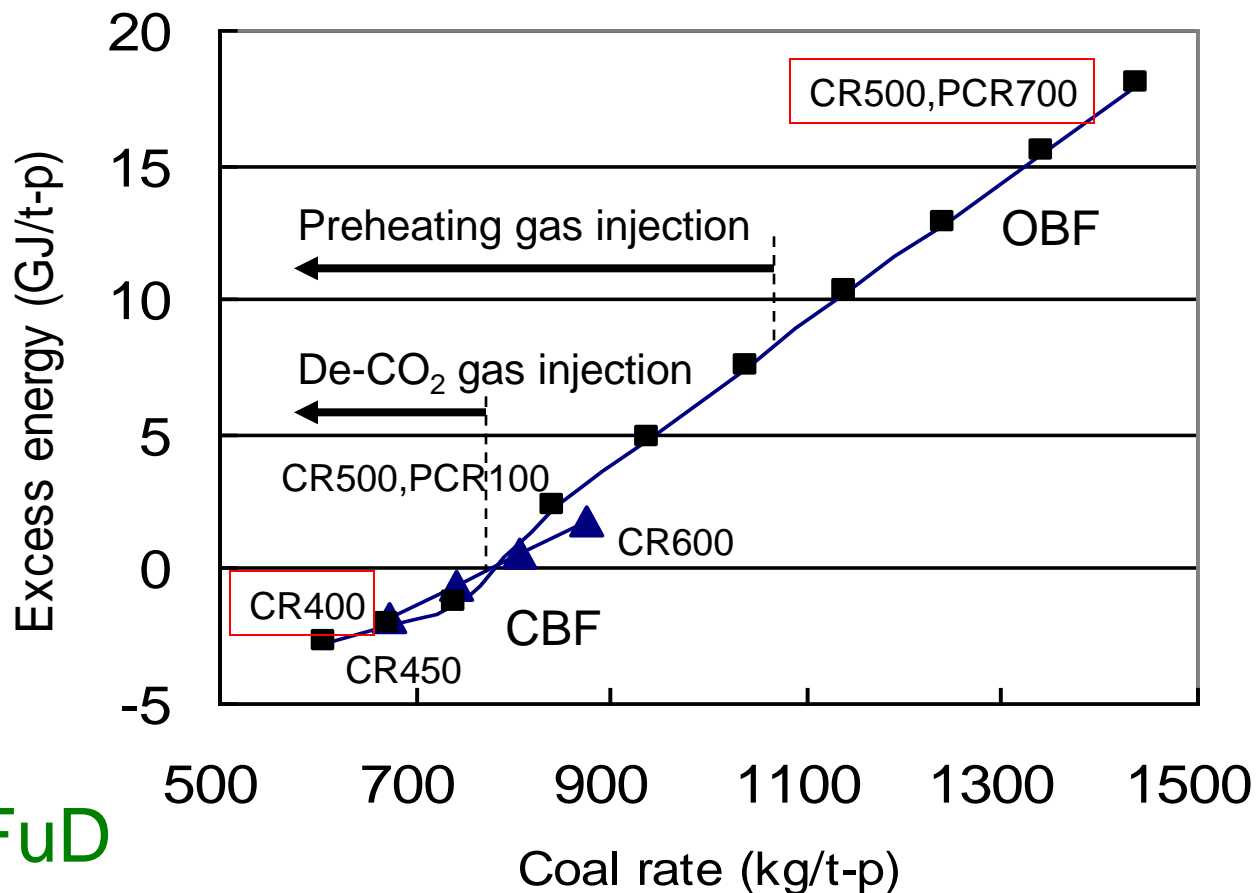
- ・ 送風酸素濃度増加に伴う装入物の昇温・還元停滞の対策として、炉頂ガスを部分酸化して得た予熱ガスを炉上部に吹き込み、炉内温度分布を適正に維持することにより、高炉プロセスとして成立。
- ・ 炉頂ガス中の $\text{CO}_2$ を除去して炉下部に吹き込むと、高炉としての還元材比が大幅に低下。(  $\text{CO}_2$  排出量低減対策 )





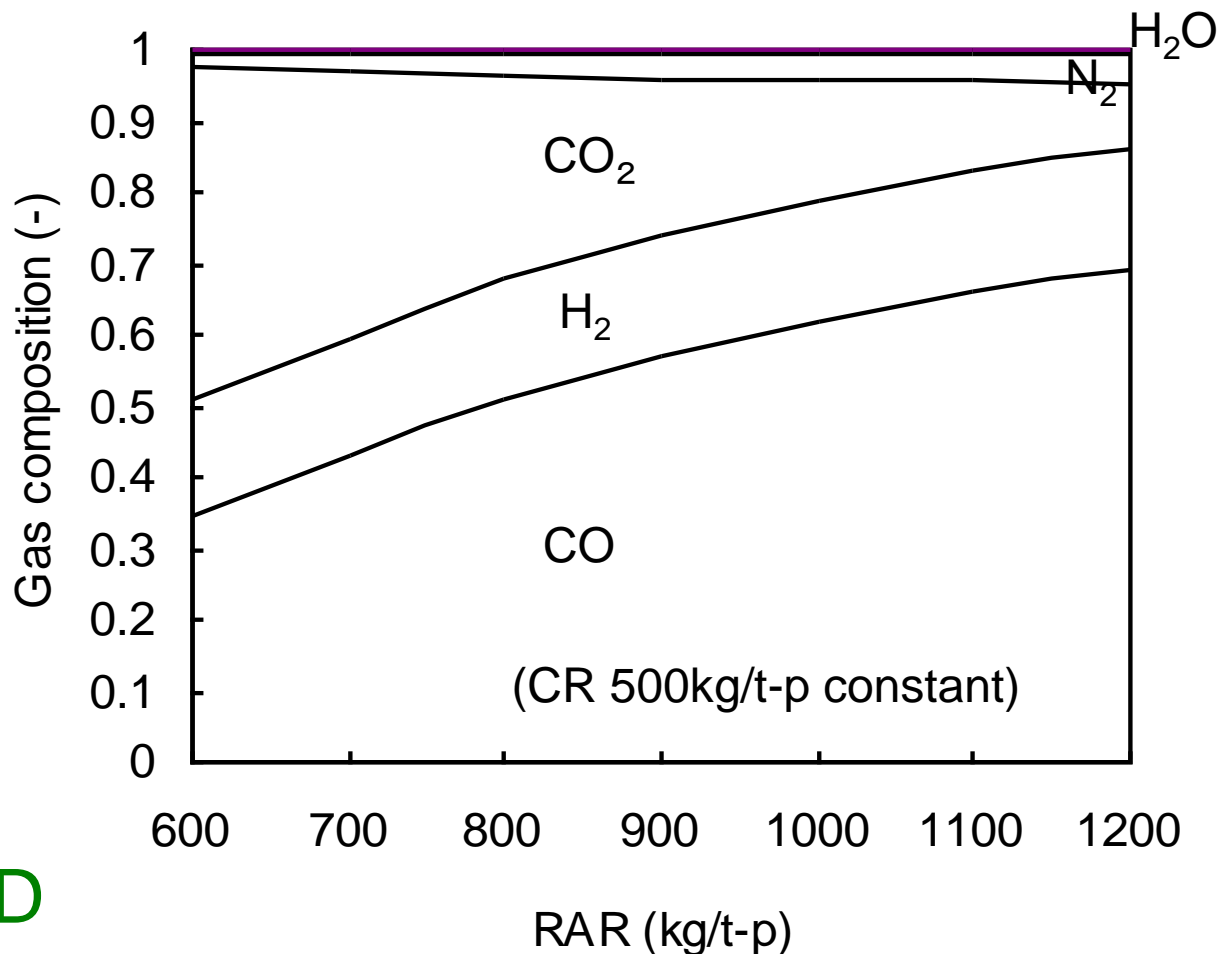
## 一貫製鉄所における石炭比と余剰エネルギー

- 酸素高炉(OBF)は、通常高炉(CBF)に比べ、操業可能な還元材比の幅が広く、製鉄所外への余剰エネルギーの発生能力が大きい。



# 酸素高炉ガスの組成と還元材比

- 還元材比 (RAR) の増加とともに、CO 濃度が増加し、CO<sub>2</sub> 濃度は減少する。H<sub>2</sub> 濃度は、ほぼ一定である。



# 酸素高炉ガス中の不純物

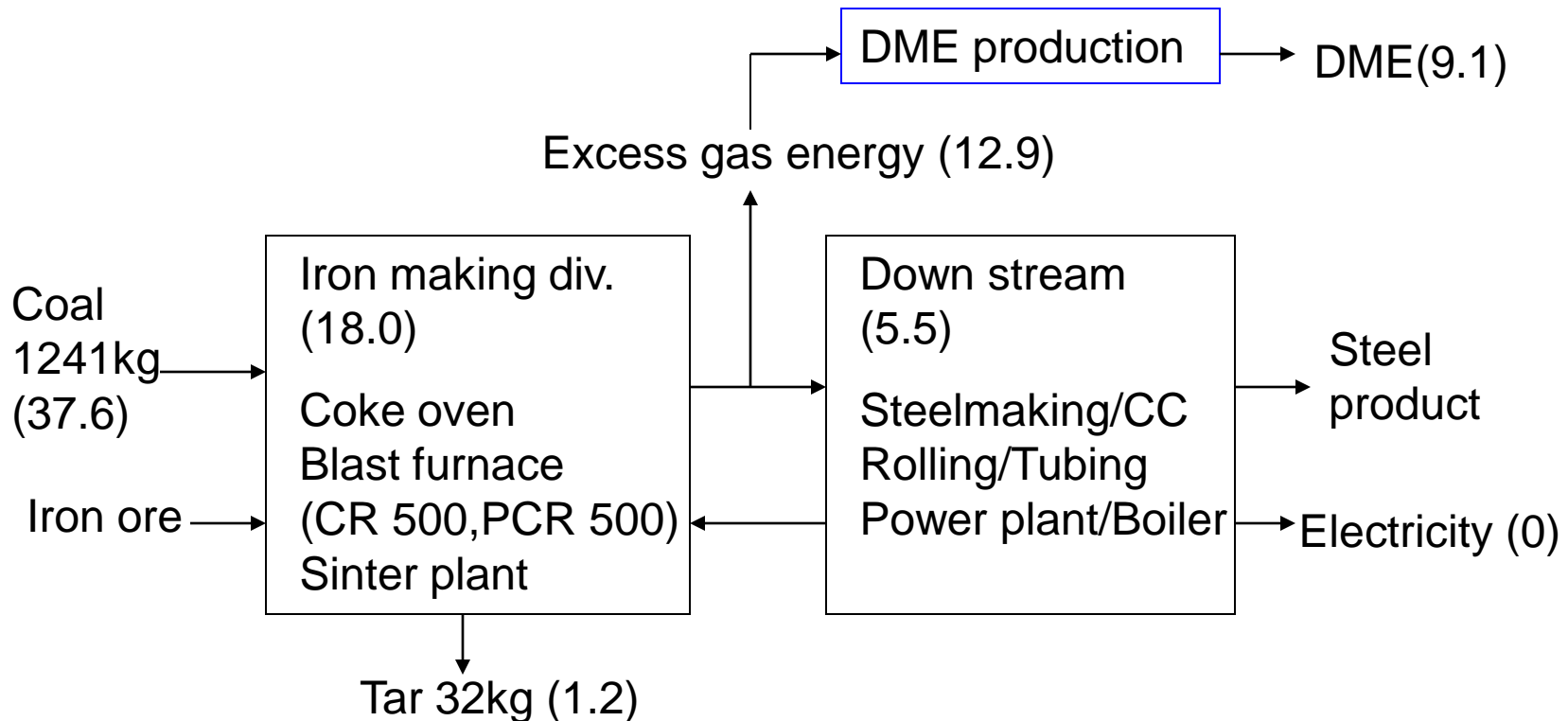
- ・ 高炉の羽口先に吹き込まれた石炭は、高温でガス化されるので、タール分、メタンが残存しない。
- ・ 硫黄は、95%程度スラグに固定され、ガス中の濃度は低い。
- ・ 灰分は、スラグとして銑鉄とともに、安定排出される。

	H <sub>2</sub> S+COS	NH <sub>3</sub> +HCN
通常高炉*	15ppm	18ppm
酸素高炉*	14ppm	8ppm
石炭ガス化炉例**	12000ppm	2400ppm

\* 試験高炉測定値    \*\* EPRI AP3109

# 酸素高炉の余剰ガスからDMEを製造する場合の エネルギーバランス例

- ・ 銑鉄生産量10,000t/dの酸素高炉を、還元材比1000kg/t(CR 500, PCR 500)で操業した場合、余剰ガスから、3150t/dのDMEが製造される。

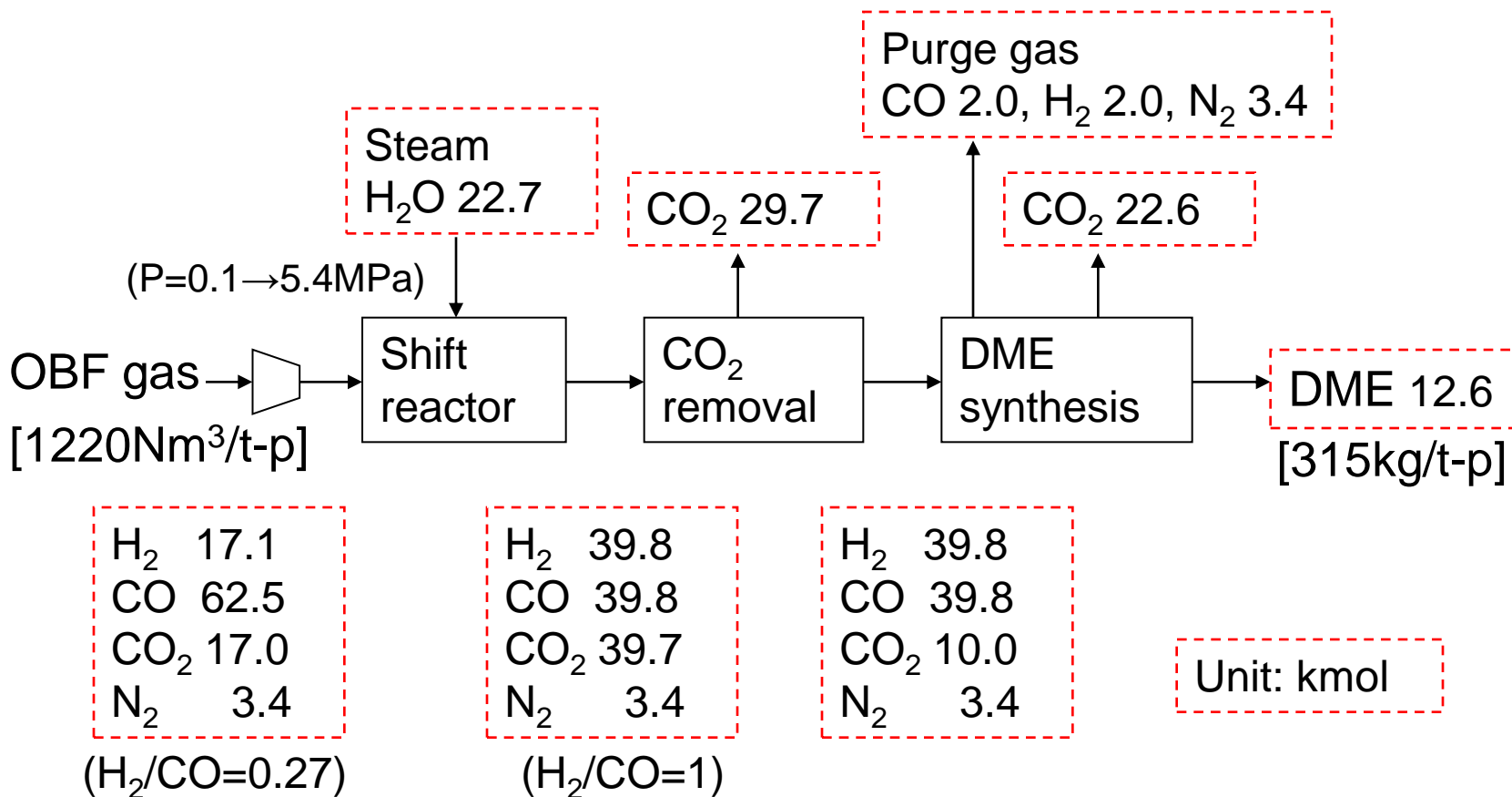


$$\text{Excess} = 37.6 - 1.2 - 18.0 - 5.5 = 12.9 \text{ GJ/t-p}$$

( ): Energy (GJ/t-p)

# 酸素高炉ガスからのDME製造プロセスフロー

- 余剰酸素高炉ガス  $1328\text{Nm}^3$  (12.9GJ) /t-pの一部は、昇圧エネルギーとして使われ、 $1220\text{Nm}^3$  (11.9GJ) /t-pが原料となる。



# 酸素高炉の石炭ガス化機能の試算

- ・ 石炭ガス化冷ガス効率

下表の2条件の差から、 $10.52(\text{GJ}/\text{t-p}) / (400(\text{kg}/\text{t-p}) \times 28.7(\text{MJ}/\text{kg})) = 91.6\%$

- ・ ガスを、0.1MPaから5.4MPaに昇圧するエネルギー

蒸気タービン駆動として、 $0.85(\text{MJ}/\text{Nm}^3) \times 1220(\text{Nm}^3 / \text{t-p}) = 1.0\text{GJ}/\text{t-p}$

- ・ 酸素原単位

$188(\text{Nm}^3 / \text{t-p}) / 0.4(\text{t-coal}/\text{t-p}) = 470\text{Nm}^3/\text{t-coal}$

送風酸素以外に、高炉内の反応により、鉱石から除去される酸素  $300(\text{Nm}^3/\text{t-p})$  の約1/2が炭素のガス化に寄与している。

	CR	PCR	O <sub>2</sub>	Excess gas	Excess energy
	(kg/t)	(kg/t)	(Nm <sup>3</sup> /t)	(Nm <sup>3</sup> /t)	(GJ/t)
CaseA	500	500	523	1340	12.85
CaseB	500	100	335	384	2.33
Difference	0	400	188	956	10.52

# 石炭ガス化DME製造との対比

	石炭ガス化炉/DME製造	酸素高炉/DME製造
ガス化	圧力 4MPa 冷ガス効率 81.5% 酸素原単位 530Nm <sup>3</sup> /t 高灰融点炭にはFlux要	圧力 0.4MPa 冷ガス効率 91.6% 酸素原単位 470Nm <sup>3</sup> /t 不要
昇圧（昇圧後冷ガス効率）	4.0→5.4MPa (81.0%)	0.1→5.4MPa (84.3%)
シフト反応	H <sub>2</sub> /CO 0.5 → 1	H <sub>2</sub> /CO 0.27 → 1
脱S	12,000ppm → 0.1ppm	15ppm → 0.1ppm
脱CO <sub>2</sub>	17 → 11%	32 → 11%
DME製造	総合冷ガス効率 62.7%	総合冷ガス効率 65.2%

# まとめ

---

- ・ 製鉄所の石炭受け入れ・貯蔵能力は大きく、石炭利用基地のポテンシャルが高い。
- ・ 酸素高炉は、高還元材比での操業が可能で、余剰ガスの発生能力が大きい。また、還元材比の増減により、余剰ガスの発生量を調節できる。酸素高炉ガスは、窒素の含有量が少なく、合成に適している。
- ・ 酸素高炉ガスからのDME製造は、石炭ガス化DME製造と対比し、熱効率が高く、酸素原単位は低い。

高炉がガス化炉本体を兼ねるので、ガス化に必要な設備は、酸素プラントと微粉炭設備の増強、圧縮機の新設のみである。

- ・ ガスの発電利用も含め、今後の検討が期待される。