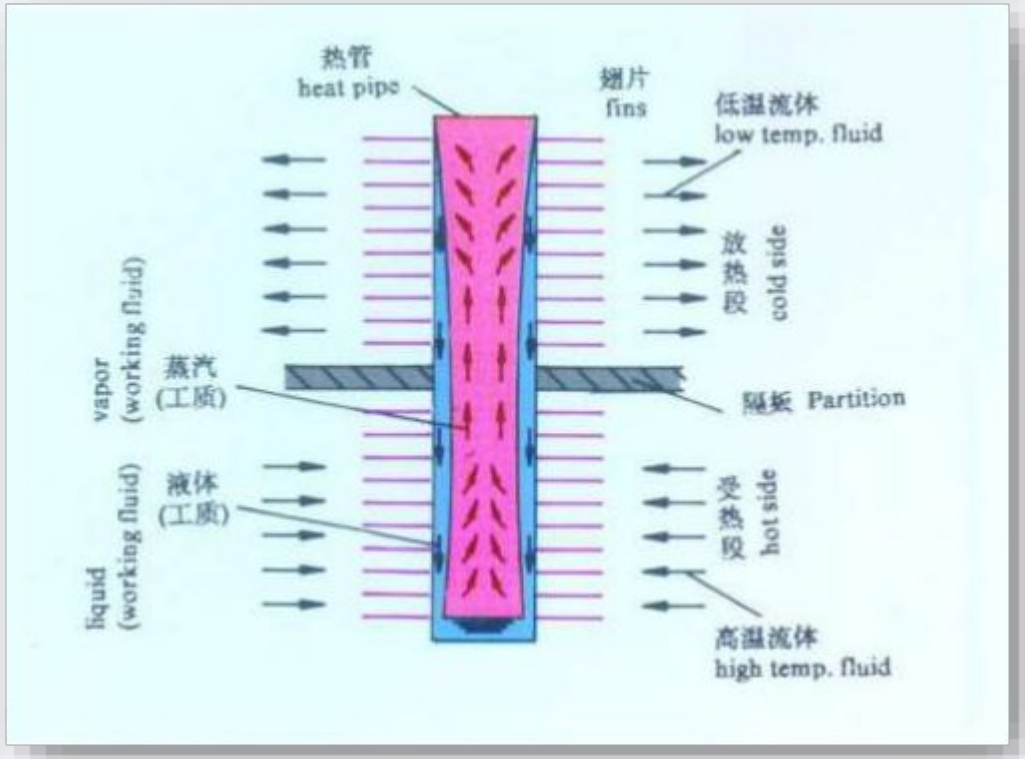
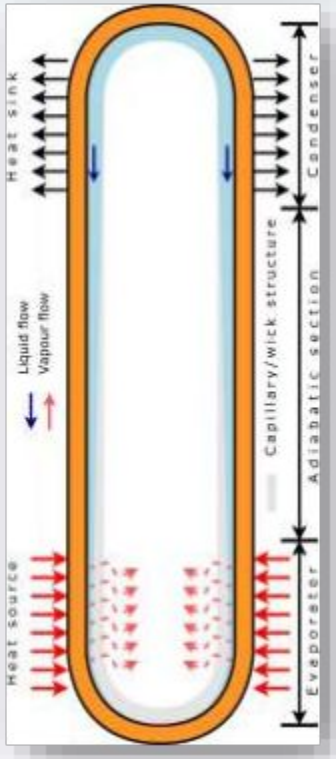
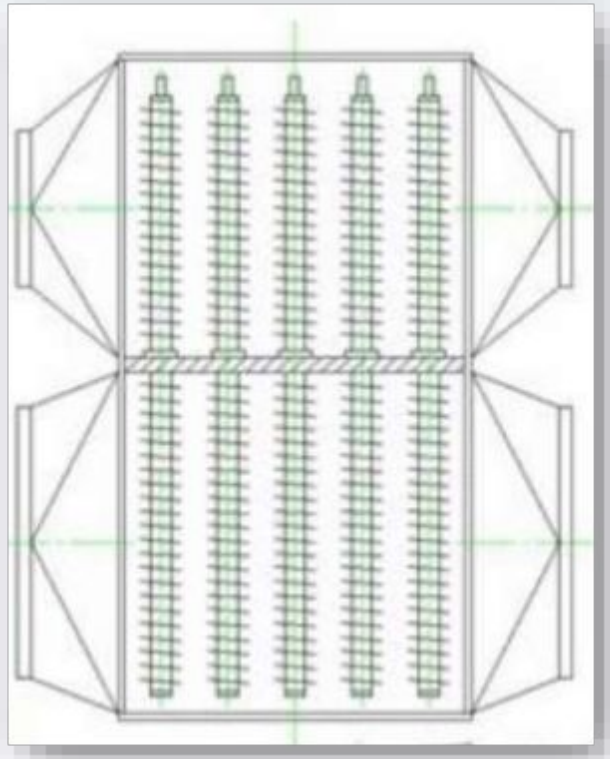
省エネプロジェクトにおけるヒートパイプ技術および廃熱回収（WHR）技術の応用

Heat Pipe Technology & WHR Solution

ヒートパイプの作動原理
Heat Pipe Working Principle:







- ヒートパイプは超高熱伝導性（銅と比較して）を持つ 。有超高热传导性 （相比铜）

  Heat pipe achieves extremely high thermal conductivity (better than

- 恒温性（温度低下が少ない）

  Constant temperature over entire length with low temperature drop.

- 遠距離の伝熱が可能で、制御が容易

  Long distance heat transfer with ease of control .

石油化学産業における廃熱回収（WHR）技術の応用
WHR Technology for Petrochemical Industry

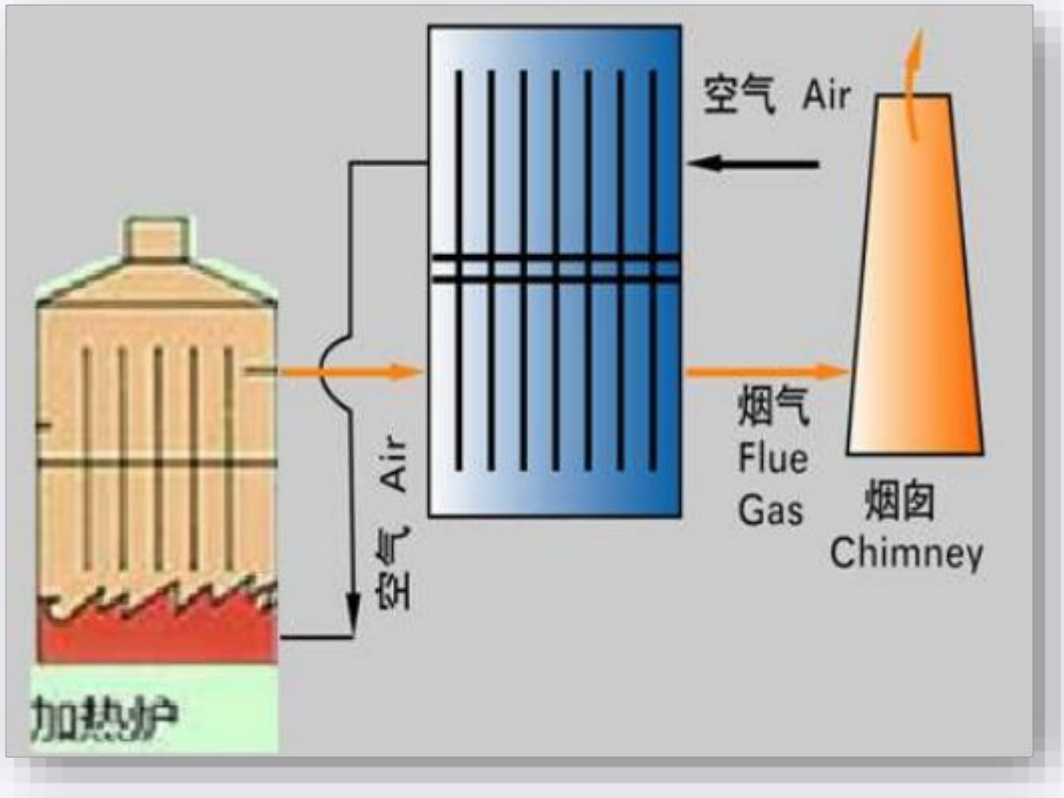
- 加熱炉に付帯する空気予熱器
  Air preheating for heating furnace
- 排ガスの冷却
  Waste gas cooling
- 工プロセスガスの廃熱回収
  Waste heat recovery from chemical process






石油化学加熱炉に付帯するヒートパイプ式空気予熱器

Heat Pipe Air Preheater for Heating Furnace in Petrochemical Plants



	Flue Gas	Air
Flowrate	105,610 Nm^3/h	97,447 Nm^3/h
Inlet Temp.	345℃	20℃
Outlet Temp.	~155℃	~242℃
Energy Recovery	28 MB tu/hr	

製酸プロセス廃熱回収システム

WHR System for Sulphuric Acid Making



硫黄(いおう)製酸高温廃熱ボイラー
SA Making WHRS for Baling Petrochemical



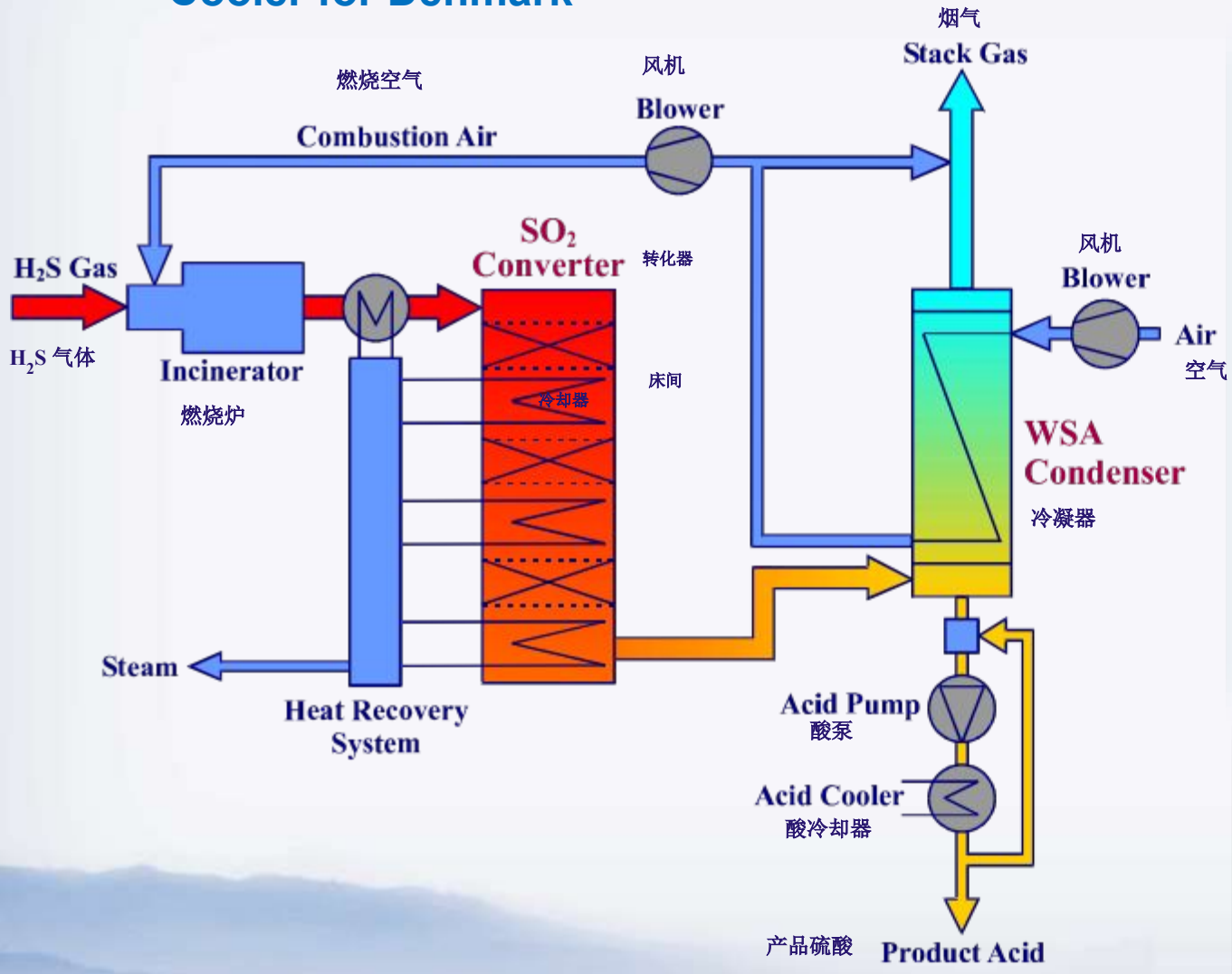
精錬排ガスWHRシステムCopper Refining WHRS



精錬排ガス製酸廃熱ボイラー
Copper Refining WHRS

製酸プロセス冷却器(デンマーク 向け)

Cooler for Denmark







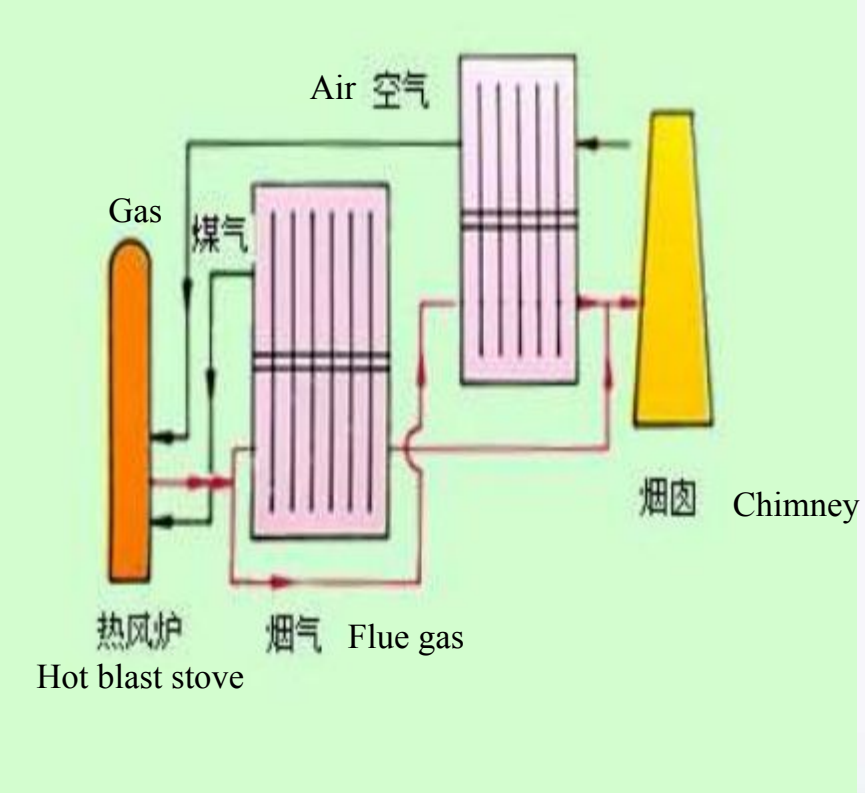


鉄鋼産業における廃熱回収（WHR）技術の応用
WHR Technology for Steel Industry

- 高炉熱風炉向けガス ・ 空気予熱器(ヒートパイプ式熱交換器)
  Heat Pipe Exchangers (CA & BF Gas Preheaters) for BF Hot Blast Stoves
- DRIプラント向け高温還元炉トップガス廃熱回収システム
  WHR System from high-temp. DR top gas for DRI Plant
- 電気炉向け高温排ガス廃熱回収システム
  WHR System from high-temp. flue gas for EAF
- 加熱炉排ガス廃熱回収システム
  WHR System for Reheating Furnace
- 焼結大煙道および環状クーラー排ガス廃熱回収システム
  WHR System for Sinter Cooler and Sintering Ducting
- コークス炉排ガス廃熱回収システム
  WHR System for Coke Oven
- 火力発電所向けガス焚きボイラー用ガス予熱器
  Gas Preheater for Gas-fired Boiler in Thermal Power Plant

製鉄高炉におけるヒートパイプ技術と熱交換器の応用
Heat Pipe Technology & Heat Exchanger for BF

Integrated type heat pipe exchanger 一体型ヒートパイプ式熱交換器



Type	Integrated Type Heat Pipe Exchanger
Hot Side	Flue Gas of Blast Furnace
Cold Side	Air, Gas
Hot Side Temp.	200℃-400℃
Cold Side Temp.	Increased from 20℃/50℃ to 180℃
Energy Recovery	＞5MW
Pressure Drop	196-590Pa

製鋼における廃熱回収（WHR）技術の応用

– 電気アーク炉からの蒸気生成

WHR Technology for Electric Arc Furnace

— Steam Generation from Electric Arc Furnace

電気炉（EAF）WHRシステムの難点

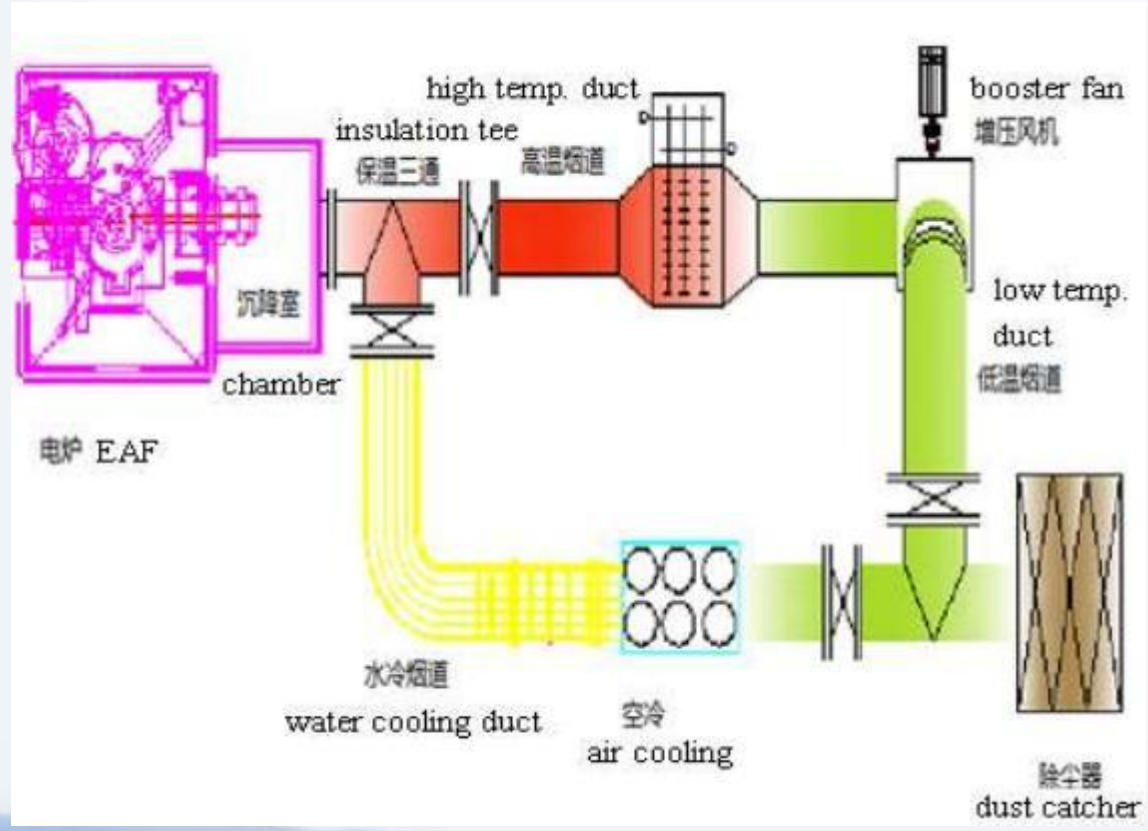
The difficult points of WHRS for EAF

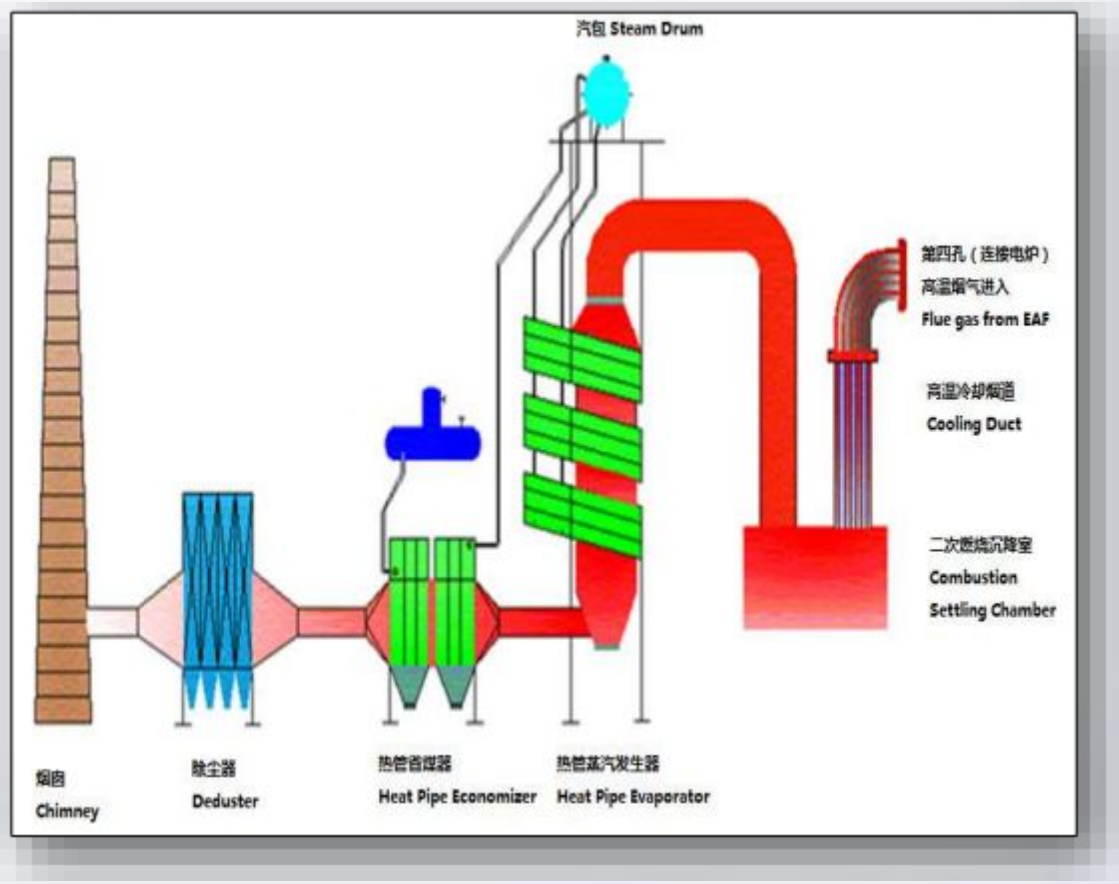
- ✓ 排ガス温度が不安定
  High temperature of flue gas is not stable

- ✓ ガス流量が不連続
  Gas flow is not continuous

- ✓ 排ガス中の粉塵が多い
  Heavy dust in the flue gas

電気炉WHRシステムの作動プロセスフローチャート
The working process of WHRS for Electric Arc Furnace





110トン電気炉廃熱回収
110t Electric Furnace WHRS

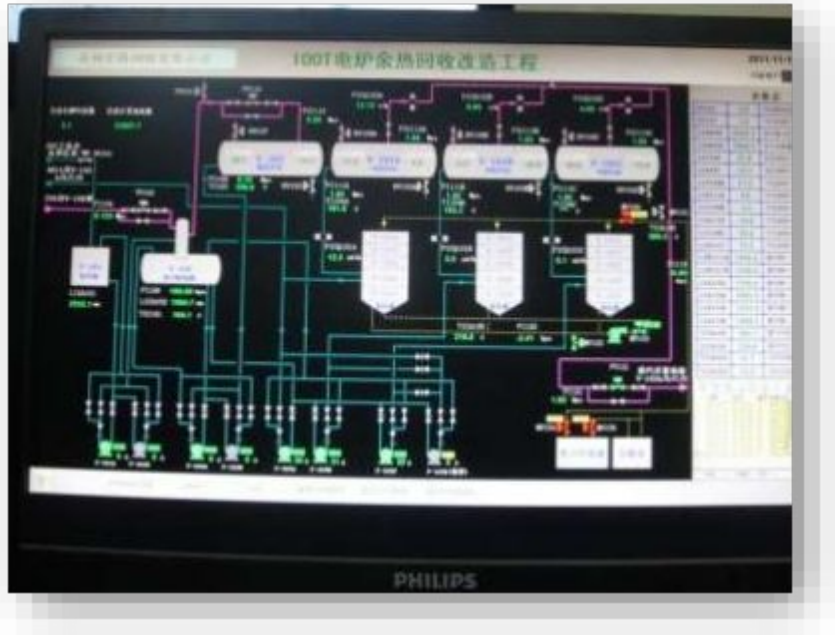


高温の排ガスを180°C未満に冷却し、連続的な蒸気を供給する電気炉WHRシステム 。

An electric furnace WHR system for cooling a high-temperature exhaust gas to less than 180 °C and **supplying continuous steam.**

100トン電気炉廃熱回収
100t Electric Furnace WHRS





Designed data reaches refining requirements:

- ✓ Flue gas rate: 200,000 Nm3/h
- ✓ Flue gas inlet temp.: 700℃
- ✓ Flue gas outlet temp.: 180℃
- ✓ Steam generation: 20 ton/hr
- ✓ Steam pressure: 1.2MPa
- ✓ Steam temp.: 190 ℃

設計データ(精製要件を満たす):

- ✓ 排ガス: 200,000 Nm^3/h
- ✓ 排ガス入口温度: 700℃
- ✓ 排ガス出口温度: 180℃
- ✓ 蒸気発生量: 20 T/hr
- ✓ 蒸気圧力: 1.2MPa
- ✓ 蒸気温度: 190℃

熱間圧延加熱炉排ガス廃熱回収（WHR）技術

WHR Technology for Reheating Furnace of Hot Rolling

加熱炉廃熱回収：空気予熱器

WHR in Reheating Furnace: Air Preheating



排ガス側圧力損失



FLUE GAS FLOW	31,910 Nm^3/h
FLUE GAS INLET TEMP.	830℃
FLUE GAS OUTLET TEMP.	350℃
FLUE GAS SIDE PRESSURE LOSS	290 Pa
AIR FLOW	28,647 Nm^3/h
AIR INLET TEMP.	20℃
AIR OUTLET TEMP.	600℃
AIR SIDE PRESSURE LOSS	2140 Pa

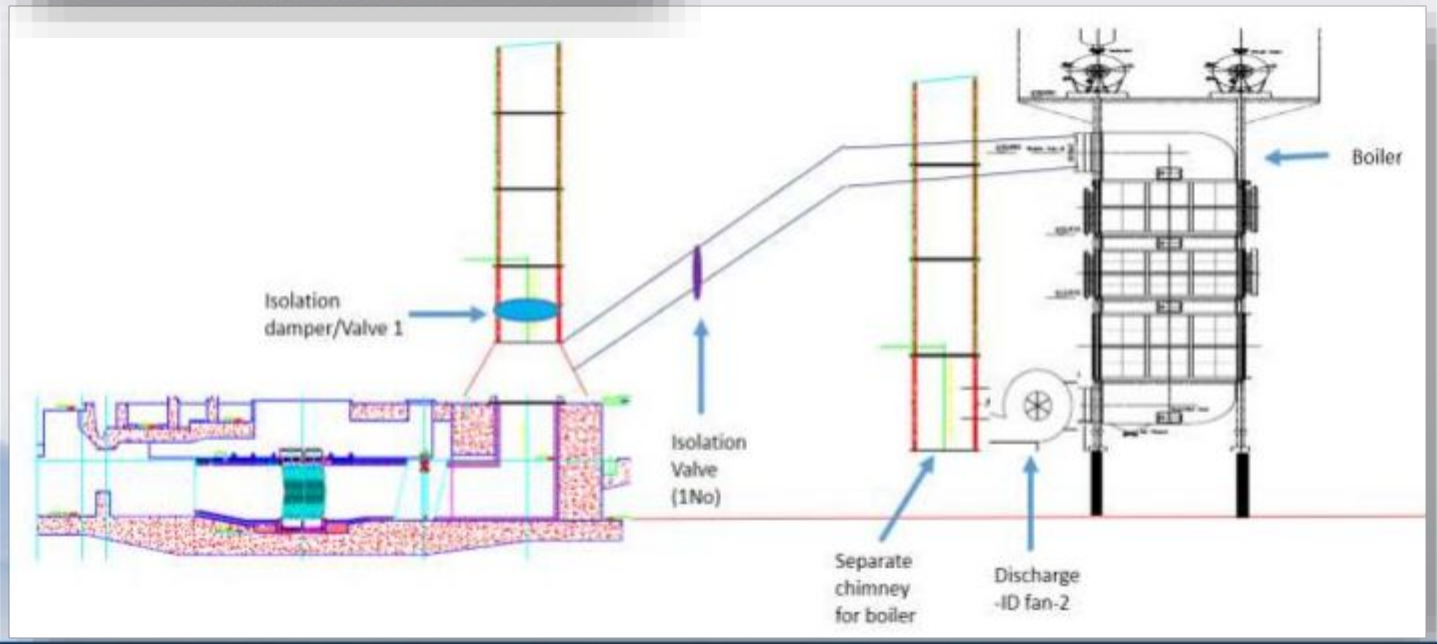
空気側圧力損失

加熱炉廃熱回収：廃熱ボイラー
WHR in Reheating Furnace: WHR Boiler

再加熱炉WHR：廃熱ボイラー



FLUE GAS FLOW	35000 Nm^3/h
FLUE GAS INLET TEMP.	500℃
FLUE GAS OUTLET TEMP.	150℃
FLUE GAS SIDE PRESSURE LOSS	290 Pa
STEAM FLOW	4 t/hr
STEAM TEMP.	194℃
STEAM PRESSURE.	1.27MPa



Description	WRM 160t/h RF	BRM 220t/h RF
FG Flowrate, Nm3/hr	56000	84000
FG Temp. ℃	650	480
Boiler steam Flow, Ton/hr	15.5	13.5
Boiler steam Temp, ℃	250	250
Boiler steam Pressure, MPa (g)	2	2

火力発電所 高炉ガス焚きボイラーの廃熱回収

Gas Preheater of Gas-fired Boiler in Thermal Power Plant

➢ 火力発電所ユニット ガスボイラー低温伝熱アイランド

Gas Preheating in Heat Transfer Island to increase Boiler Heat Efficiency from 85% to 94%

伝熱アイランドでのガス予熱によりボイラー熱効率を 85%から94%に向上 。



65MW ユニット



Gas Preheater for gas-fired Boiler of 65MW unit



2x135MW ガス焚き

ボイラー発電

2x135MW燃气锅炉发电

低温换热岛

Gas Preheater for gas-fired Boiler of 2*135MW unit

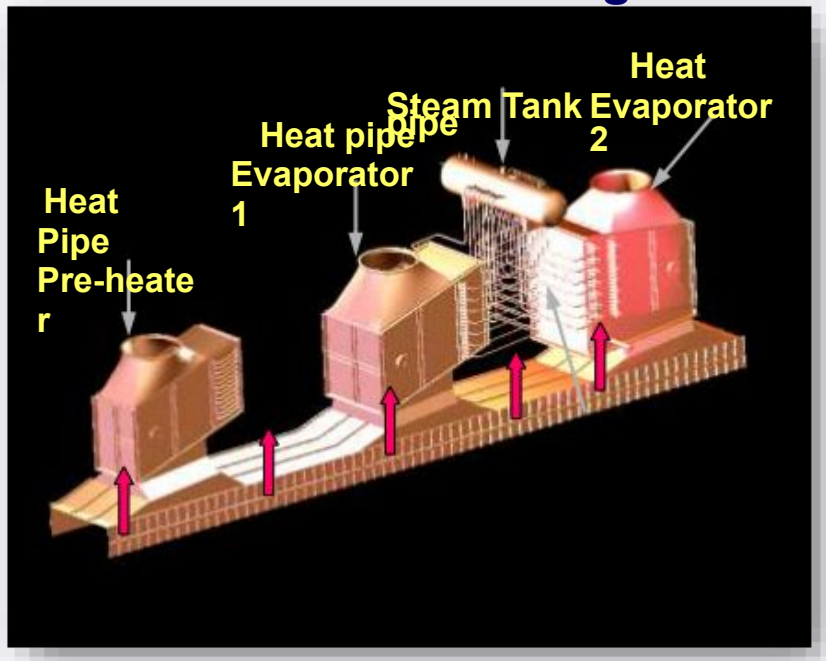
FLUE GAS FLOW	660,000 Nm3/h
FLUE GAS INLET TEMP.	210℃
FLUE GAS OUTLET TEMP.	100℃
GAS FLOW	405,000Nm3/h
GAS INLET TEMP.	40℃
GAS OUTLET TEMP.	190℃
HEAT RECOVERY	**28,000KW**
GAS SAVED	**30,000NM3/H**

焼結プロセス廃熱回収による蒸気生成
焼結クーラーからの蒸気生成

WHR Technology for Sinter Plant
— Steam Generation from Sinter Cooler

□　焼結煙突と環状冷却器からの廃熱回収により、熱汚染を削減し、エネルギーのリサイクルを促進できます。

WHR from sinter ducting & cooler to reduce thermal pollution and utilize recycling energy.





✓　左図は環状クーラー上に配置する形式で 、投資が少なく、早期に広く応用されていたが 、寸法、負荷、および煙突の吸引力の制限により熱回収量は少ない

The left sketch is on-cooler type WHRS, which heat recovery is less subject to circular cooler size, load and chimney draught but investment is lower and is used widely before.

✓　環状クーラーの横に配置する形式は柔軟性があり、熱回収量が多く、蒸気生成による発電が可能である

The surrounding-cooler type is flexible for WHRS to arrange for sintering cooler and can recover more heat to generate steam for power generation.

廃熱+発電プロジェクト： 2×210㎡焼結環状クーラー廃熱回収による蒸気発電　WHR+ Power Generation of 2×210 m2 Sintering Circular Cooler



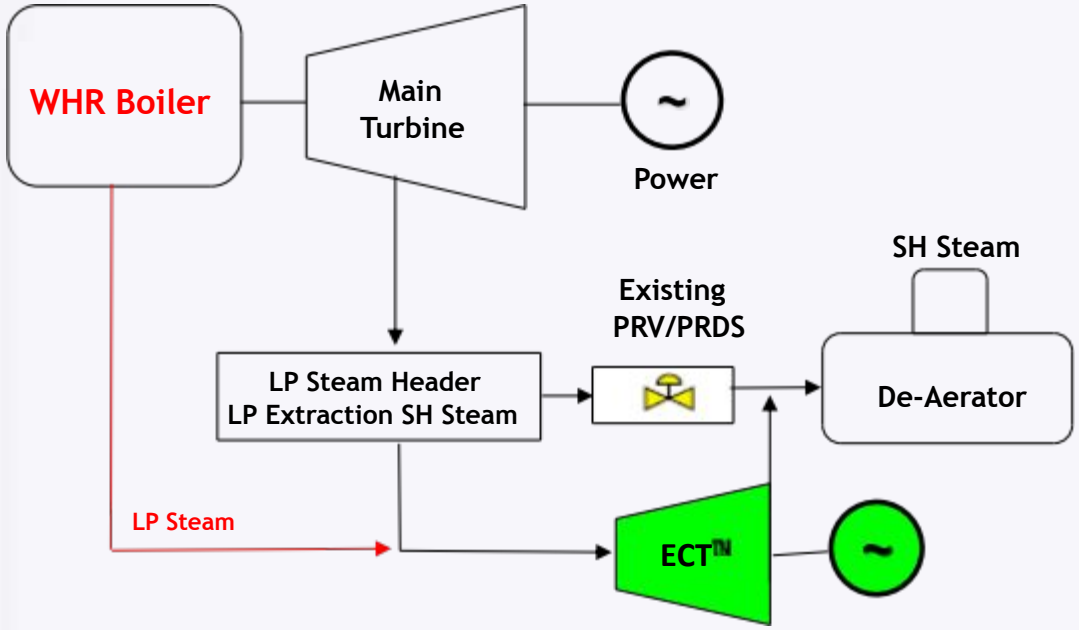


Flow rate of flue gas	2×330,000 Nm3/h	
Inlet temp. of flue gas	400℃	320℃
Outlet temp. of flue gas	135℃	
Steam pressure	1.4MPa	
Outlet temp. of steam	360℃	
Steam flow rate	45t/h	

発電量: **15MW**

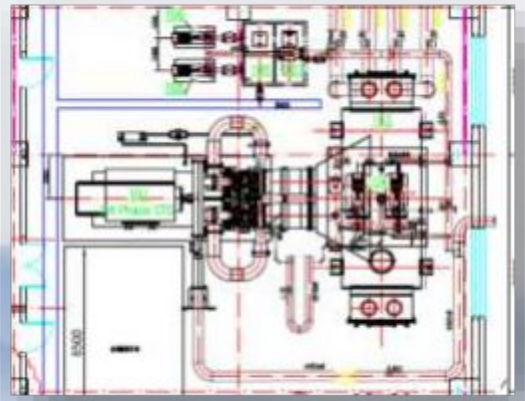
Power Generation: **15MW**

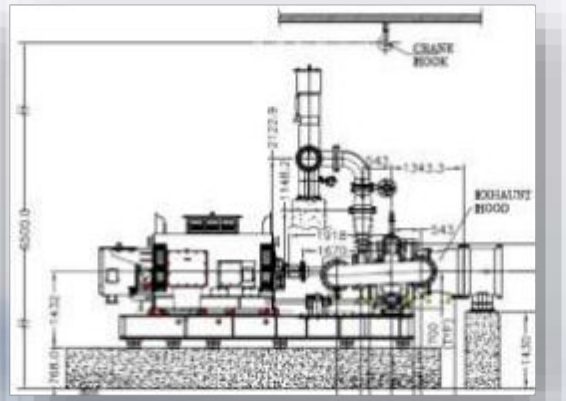
廃熱回収による低圧蒸気高速タービン発電
WHR Power Generation with Low Pressure Steam



□ Power Generation:

- 30TPH Steam @3kg/cm2 to generate power of 3MW (**up to 6MW**)
- Co-Generation： back pressure turbine



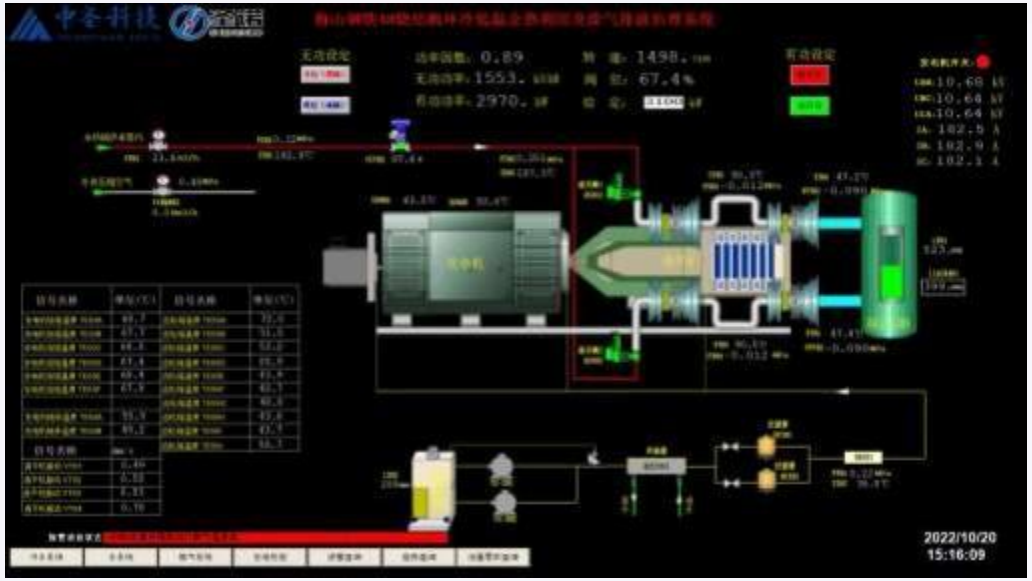






廃熱回収による低圧蒸気高速タービン発電

WHR Power Generation with Low Pressure Steam





WHR発電ユニットの利点:

1. 低圧蒸気による発電で、炭素排出量削減と省エネに貢献 。

2. スキッド上の設置が容易 。

3. クイック開閉、簡単な操作とメンテナンス

WHR power unit advantages:

1. Power generation at low pressure steam for carbon emission reduction & energy saving.
2. Easy installation for WHR power unit on skid.
3. Quick open/close and easy operation & maintainence