



# 氫氣輔助燃燒與 廢熱再利用技術

工業技術研究院 綠能與環境研究所  
109年3月30日

# 簡報內容

- 氫氣輔助燃燒技術：改善燃燒效率
- 熱輻射回收技術：廢熱回收熱能再利用
- 熱電溫差發電技術：廢熱回收發電



# 氫氣輔助燃燒技術

# 氫氣輔助燃燒技術簡介

能源領域中，氫氣除用於**燃料電池**發電外，做為**燃燒**用途也廣受重視，目前常見應用領域包括**汽車、家用或工業燃燒器**等

## ■ 氫氣燃燒特性

- ✓ 燃燒速度較碳氫化合物快
- ✓ 燃燒溫度較常見碳氫化合物高
- ✓ 燃燒範圍廣

## ■ 氫氣輔助燃燒優點

- ✓ 火焰溫度高，液體燃料容易氣化，燃燒更完全
- ✓ 可降低空燃比
- ✓ 可降低NO<sub>x</sub>與CO
- ✓ 節能效果從數個百分比到數十百分比皆有報導

## ■ 目前氫氣燃燒主要探討(應用)領域

### 內燃機輔助燃燒



車輛引擎

### 工業燃燒燃燒



Ex: 焦爐氣燃燒

### 其他應用



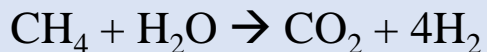
氫氣燃燒機

# 氫氣產生方式

## 產氫為商業推廣主要限制因素

### 化石原料觸媒重組

- **方法**：在一定溫度壓力下，以特定觸媒讓化石原料(如甲烷/甲醇)分解出氫氣
- **特徵**：通常需加水一同反應(可從水中分解出氫氣)

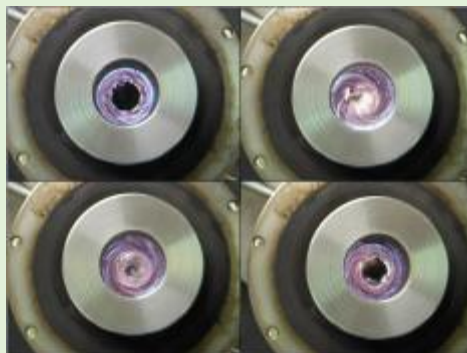
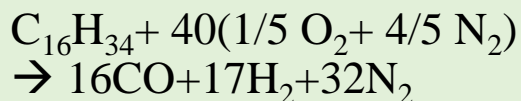


重組系統與觸媒外觀

### 化石原料電漿裂解

- **方法**：以電漿直接隨機轟擊化石原料，使其斷鏈而產生氫氣
- **特徵**：通常需加入空氣(以使碳和氧結合成一氧化碳→合成氣成分)

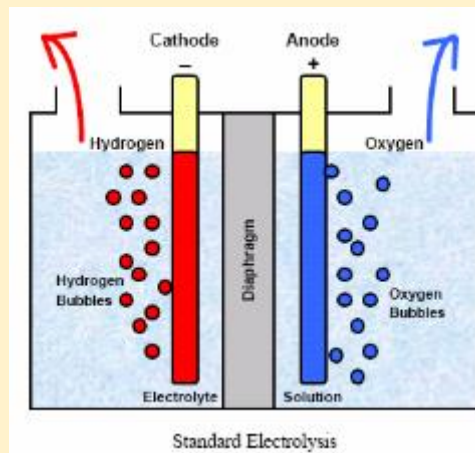
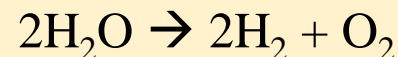
以柴油為例



電漿渦流外觀

### 水電解

- **方法**：以電化學方法，直接將水中的氫氧解離而產生氫氣
- **特徵**：反應物為純水+電解質。



水電解示意圖

# 產氫技術比較

	觸媒轉化產氫	電解產氫	電漿產氫
產氫能源	熱	電	電
產氫原料	天然氣/醇類/液化石油氣等	水, 電解質	天然氣/醇類/液化石油氣/油類等
效率	>85%	40~80%	>70%
產物主要成分	[H <sub>2</sub> ]>70%, CO <sub>2</sub> , CO	[H <sub>2</sub> ]>66%, O <sub>2</sub>	[H <sub>2</sub> ]<40%, C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> ,
產氫直接成本 (元/Nm <sub>3</sub> H <sub>2</sub> )	3 ~ 4	>12	>5
特色	工業大型系統技術成熟/氫氣純度高/規模容易放大/無氧較安全	技術成熟/容易取得	可處理長碳鏈碳氫化合物
發展空間(問題)	中小型分散式重組系統不成熟	效率較低/氫氧分離型系統成本高	效率/成分控制

- 直接成本以天然氣價格10元/立方米概估
- 假設電費2.5元/度



# 國內外氫氣燃燒應用現況



COG燃燒(成分為 $H_2$ 、 $CH_4$ )  
(一貫煉鋼廠，如中鋼、中龍等)



餘氫鍋爐(製程餘氫)  
(浙江特富鍋爐、山東華源鍋爐)



鍋爐(輔助)  
(HHO technology)



引擎除碳機(純氫)  
(友荃、Tiger)



氫氣引擎車(純氫)  
(BMW、Mazda已停產)



油氫混合車(輔助)  
(友荃、HHO technology、Maynex)

甚少針對工業燃燒設備推出之節能產品商品

GEL NEW ENERGY TECH

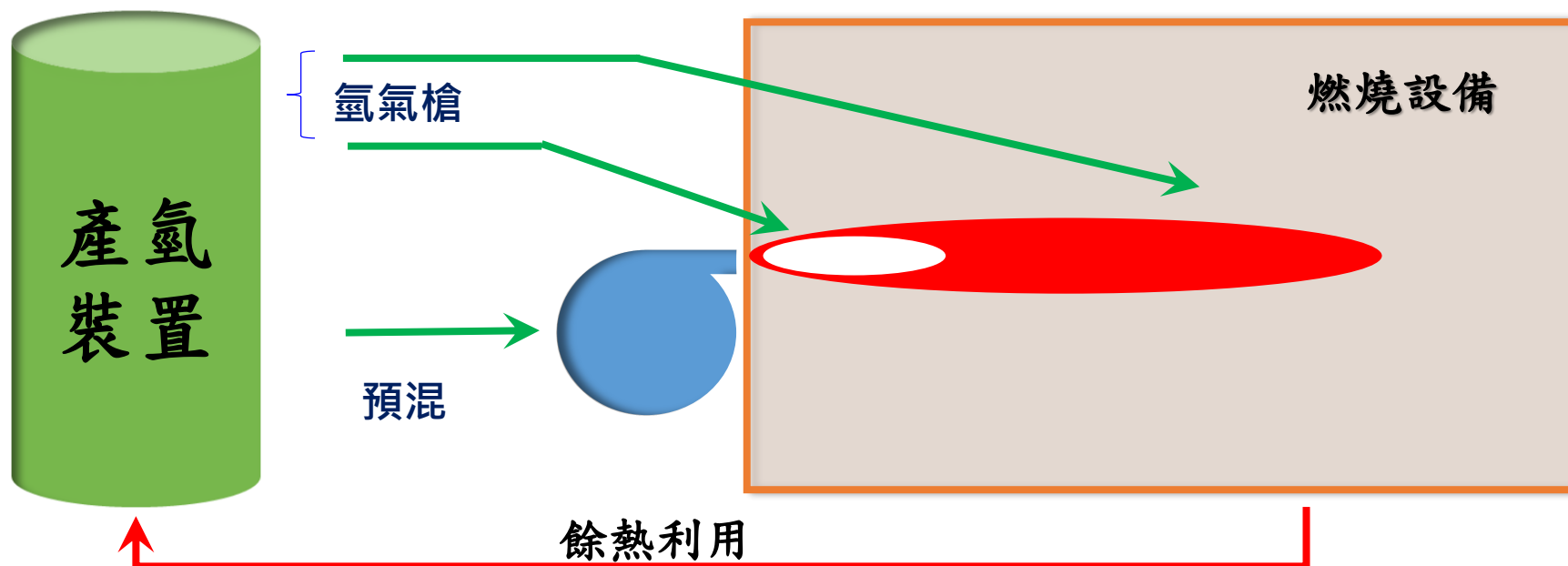
## ■ 工作方式

1. 將產出之氫氣送入預混室，與原燃料混合後，和空氣一同送至火嘴。

2. 直接送至燃燒室

(1) 前端注入

(2) 後端注入



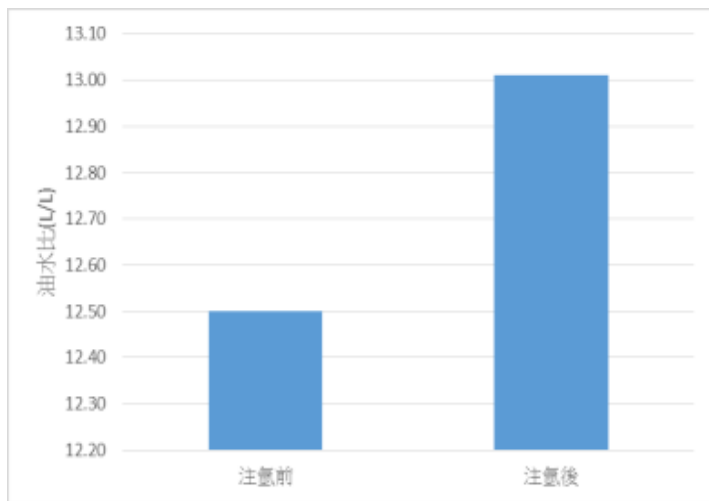


## ■ 案例

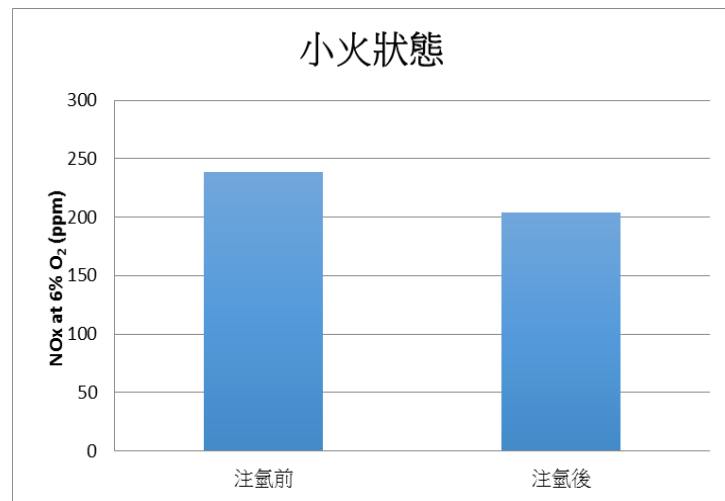
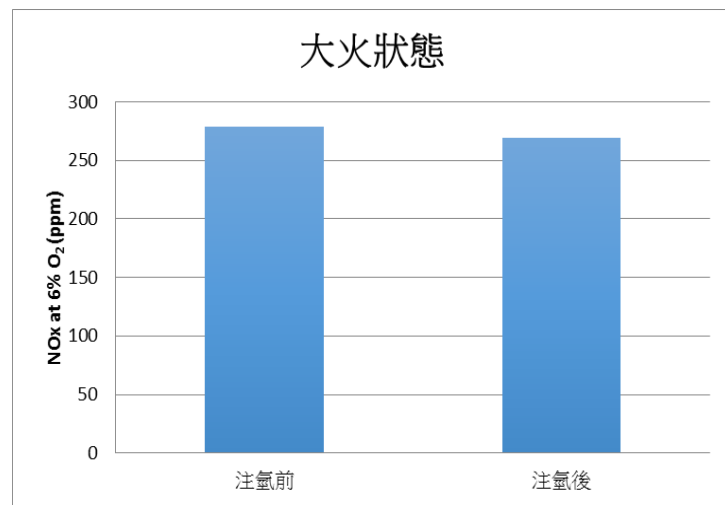
- 2噸貫流式重油鍋爐
- 以甲醇產氫，全廢熱驅動
- 安全防護機制與鍋爐系統連動
- 平均節能率3.5~4.5%
- NO<sub>x</sub>濃度大火↓3.58%，小火↓14.64%
- 排煙管油污(未燃碳)明顯減少



產氫系統外觀



採用氫氣輔助燃燒前後之油水比



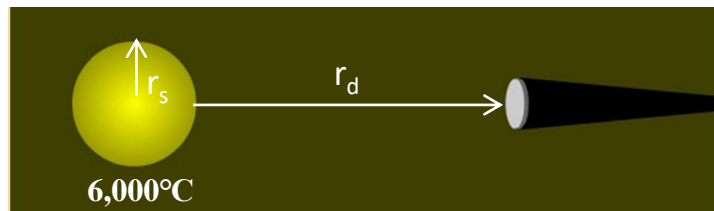
氫氣輔助燃燒前後之煙氣中NO<sub>x</sub>濃度變化



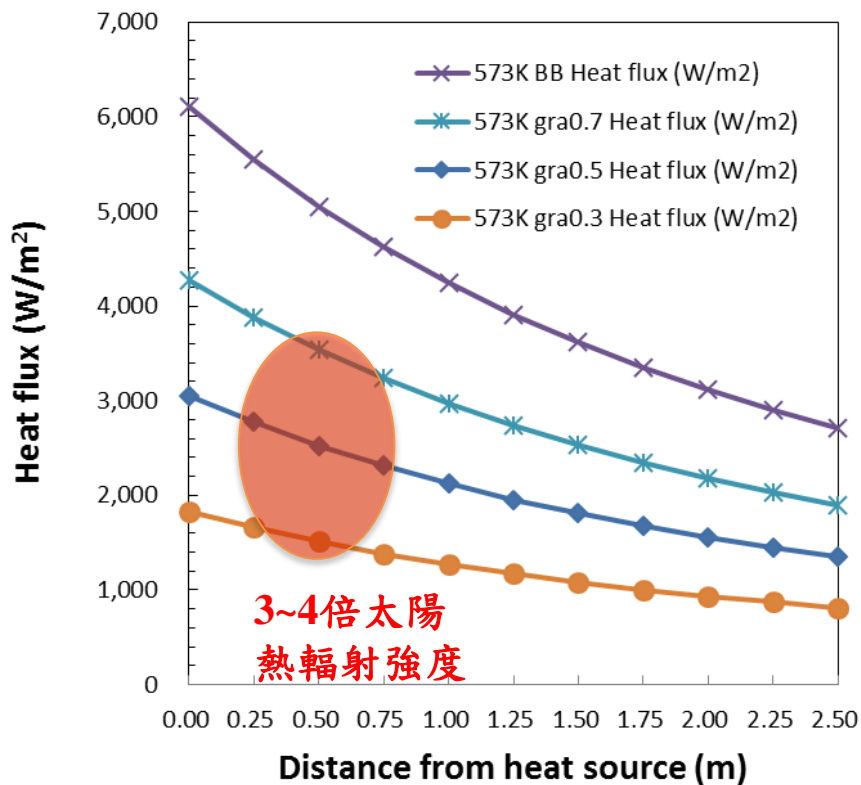
# 熱輻射吸收技術

# 太陽與工業輻射熱比較

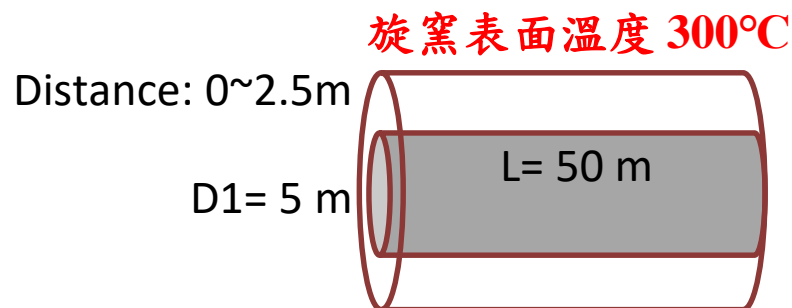
## ■ 太陽之熱輻射能量強度



太陽溫度雖高，但距離地球遠  
太陽輻射至地球強度約：  
 $1,000 \text{ W/m}^2$



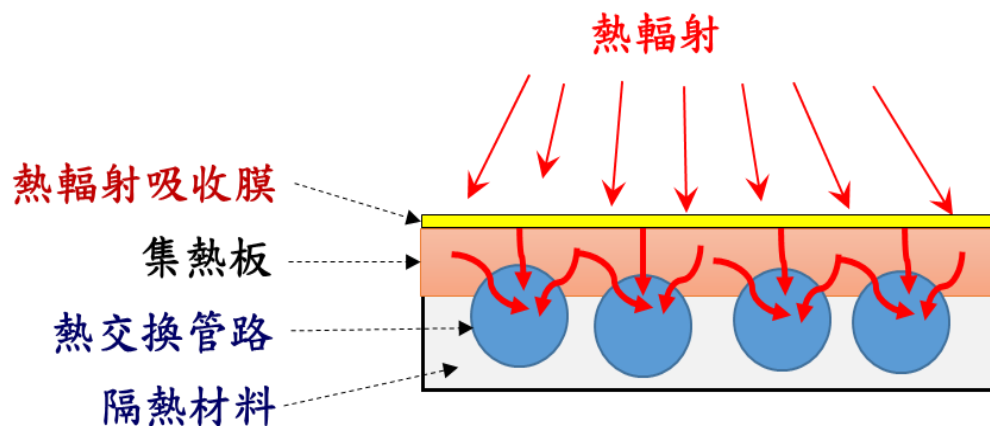
## 範例：旋窯之熱輻射能量計算



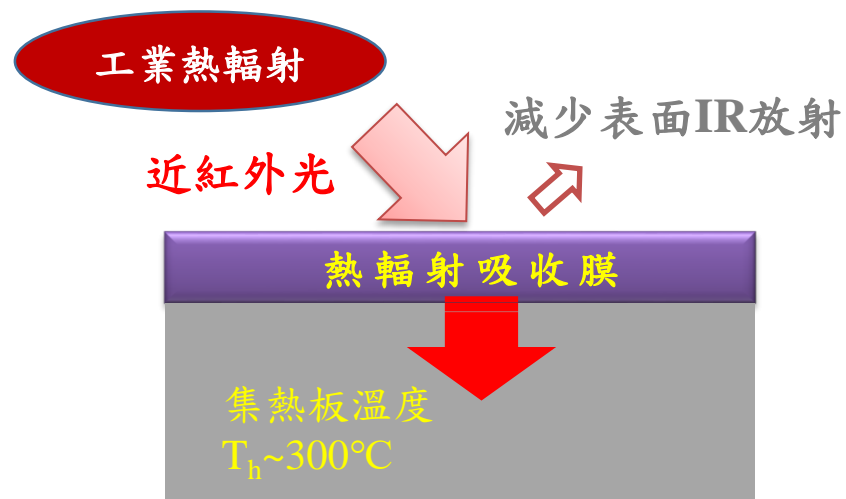
工業輻射熱特色是距離近、輻射強度大於太陽，約： $3,000 \text{ W/m}^2$

# 熱輻射集熱器結構與特性

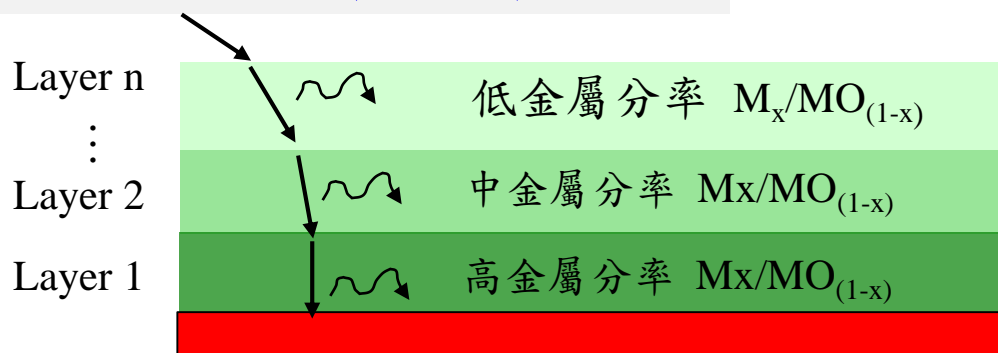
## ● 耐熱衝擊熱輻射集熱板



## ● 熱輻射吸收膜



## ● 多層陶金膜(Cermet)結構



金屬材質：  
Al, W, Ni, Ti, SS ...

金屬基材：Cu, Al, SS ...

# 工業熱輻射回收範圍



水泥業旋窯 ( $\sim 300^{\circ}\text{C}$ )



熱軋盤捲 ( $\sim 500^{\circ}\text{C}$ )



金屬熱處理 ( $\sim 700^{\circ}\text{C}$ )



鋼鐵連鑄 ( $1,000^{\circ}\text{C}$ )



# 工業熱輻射應用範圍



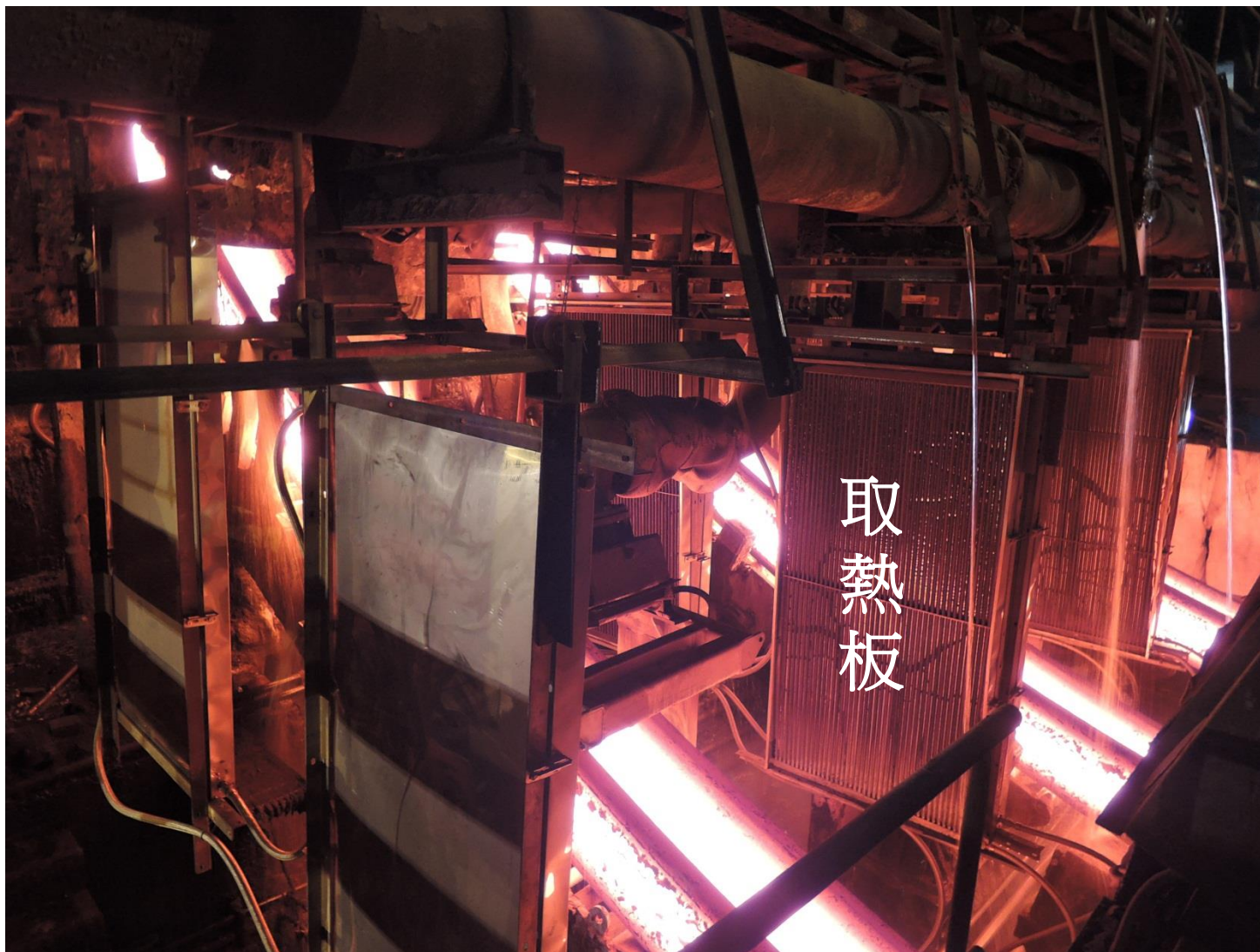


# 熱輻射回收水泥旋窯



取熱量 $1\sim 3\text{kW/m}^2$

# 鋼鐵連鑄



取熱板

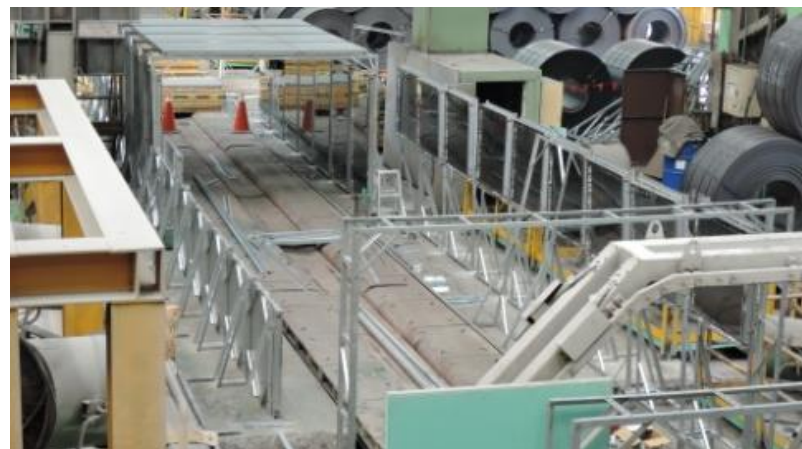
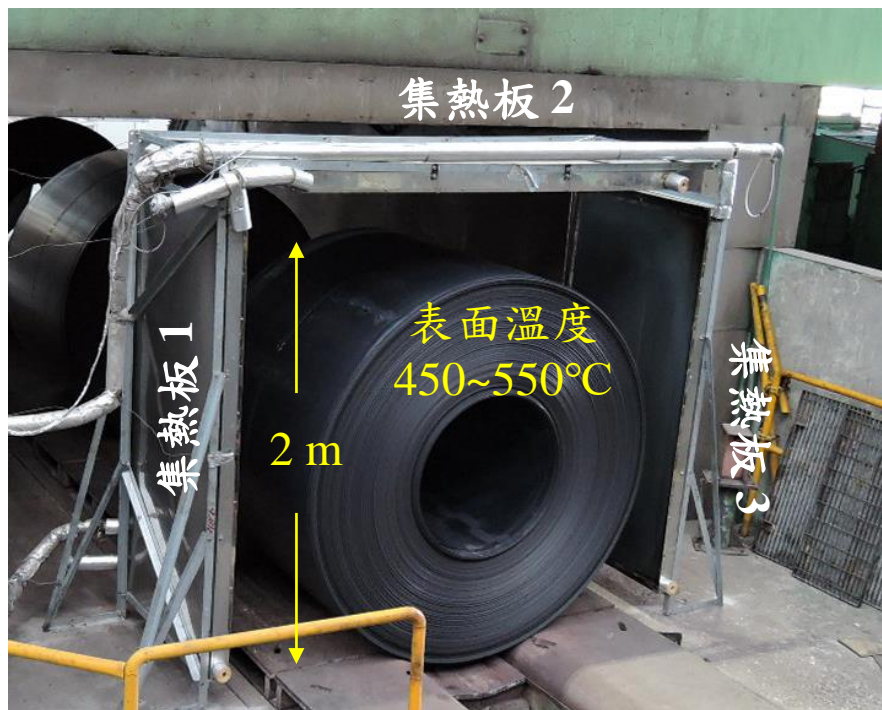
取熱量 $\sim 10\text{kW/m}^2$

GEL NEW ENERGY TECH



# 鋼捲餘熱

## 250kW 熱能回收系統 (回收為熱水)

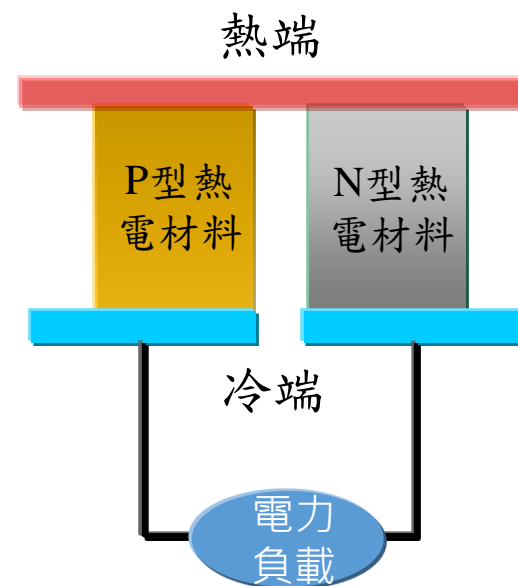
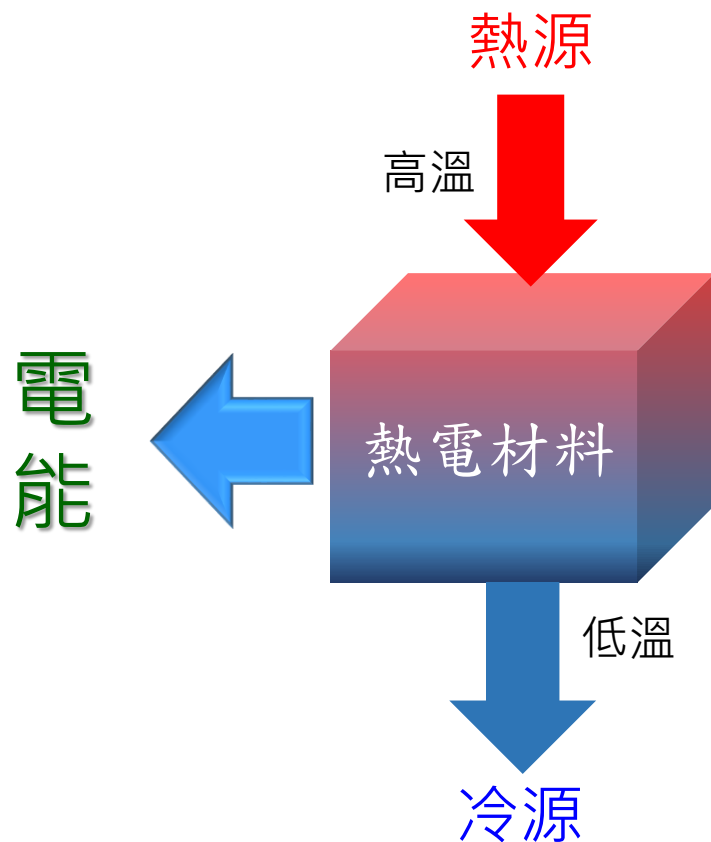




# 熱電溫差發電技術技術

# 熱電溫差發電技術簡介

- 溫度差 → 熱流 → 熱能驅動電位
- 固體材料內直接能量轉換



熱電發電基本架構

# 熱電技術組成

## 熱電材料

通常為半導體材質

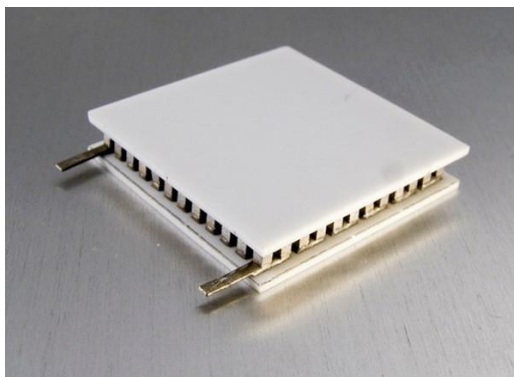


通常  
特徵

- 四方塊狀
- 尺寸：各邊<3mm
- P型/N型兩種材料同時使用

## 熱電模組

一定數量之材料顆  
粒串並聯之集合體



Ref. kryothermtec

- 四方平版型
- 尺寸：<6cm見方
- 以陶瓷為冷熱面材料

## 熱電系統

熱電模組+熱交換器  
+電控裝置



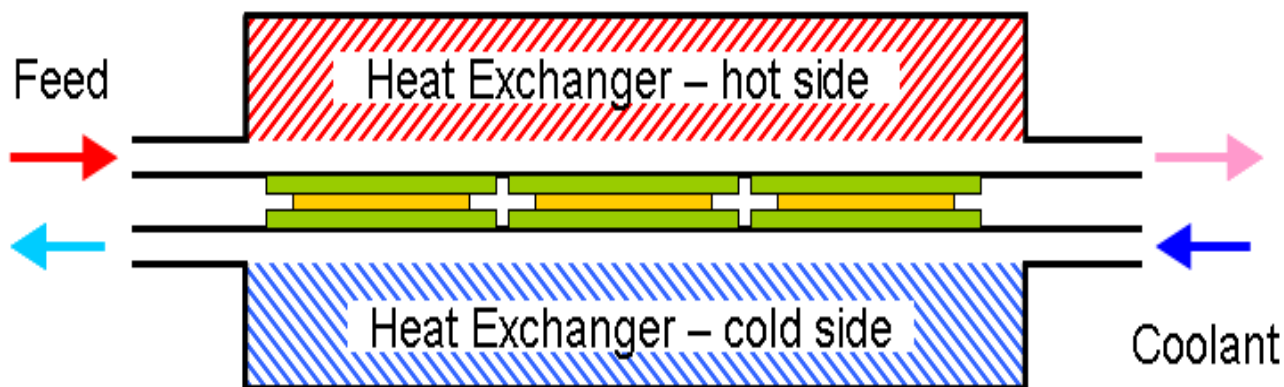
Ref. Alphabet Energy

- 類型較多，針對不同熱源(傳導/對流/輻射)形式有不同設計
- 單一系統數kW~20kW



# 熱電系統運作方式

1. 將熱電模組嵌於冷熱交換器中實施取熱與散熱
2. 複數個熱電模組以串併聯方式連接以匯集出電力



## 工作溫度

1. 熱端：液體 $>150^{\circ}\text{C}$ /氣體 $>250^{\circ}\text{C}$ 以上較佳
2. 冷端：不宜超過 $60^{\circ}\text{C}$ ，越低越佳

# 基本特性

	固態熱電(BiTe-based)
能源轉換介質	合金材料
通常工作溫度	100~280°C
通常設置規模	20kW以內
系統發電效率	~5% @ 冷熱源 $\Delta T=250\text{ }^{\circ}\text{C}$
壽命	20年衰退20%以內(視操作溫度)
單位系統成本(最大發電量時)	5~10萬元/kW (註)
維護成本 (需維護之項目)	<建置成本2 % (熱交換管路、保養、電路系統維護)
現況整體評價	適合 <b>熱源規模小</b> 、 <b>空間限制較高</b> 的環境 (ex: 鍋爐房、離地面較高處等)

註：大量生產下

## ■ 案例

- 應用於工業熱輻射：  
以水取熱後再輸入熱電系統



Max. 4.1kW

**GEL NEW ENERGY TECH**

## ■ 案例

- 應用於工業熱輻射：
- ✓ 覆蓋於鋼捲上方直接取用熱輻射
- ✓ 發電器面積:  $1.2\text{m} \times 0.6\text{m}$



熱電發電模組

熱輻射吸收膜



Max. 0.4kW

**GEL NEW ENERGY TECH**



## ■ 案例

- 應用於蒸氣或液體之10kW以上系統：13.6kW

