





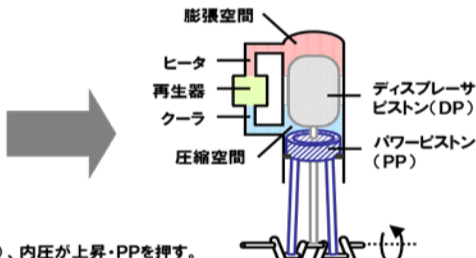
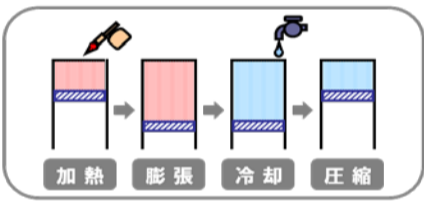
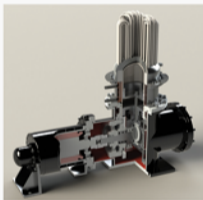


事業名	窯業炉における製造プロセスでの廃熱利用実証事業														
委託者	株式会社LIXIL														
実施場所・周辺環境等	<p>●実施場所</p> <ul style="list-style-type: none">・株式会社LIXIL 伊賀上野工場(三重県伊賀市三田1030番地)・伊賀上野工場は、敷地84,529m²の規模で、主要製品として、内装壁タイル、内外装床タイルを生産するタイル生産の中心工場である。 <div></div> <p>伊賀上野工場 窯業炉</p> <p>窯業炉出口 (焼成後内装陶磁器タイル搬送の様子)</p> <p>伊賀上野工場</p> <p>伊賀上野駅</p> <p>スターリングエンジンの様子</p> <p>炉内から見た スターリングエンジン(ヒータ部)</p>														
事業の目的	<p>●連続式窯業炉へのスターリングエンジン導入による廃熱利用の検証</p> <p>連続式窯業炉の冷却帯廃熱を有効活用するために、スターリングエンジンを設置して廃熱を電気として回収し、二酸化炭素削減効果や事業性・採算性等について検証する。</p>														
実証内容	対象技術・システムの特徴	<p>●スターリングエンジン</p> <ul style="list-style-type: none">・シリンダー内のガスを外部から加熱・冷却し、その体積の変化により仕事を得る外燃機関。 <div><p>DPが圧縮空間側へ移動・・・高温ガスが流入(ヒータ→膨張空間)、内圧が上昇・PPを押す。 DPが膨張空間側へ移動・・・低温ガスが流入(クーラ→圧縮空間)、内圧が下降・PPを戻す。</p></div> <p>本事業でRHKに導入したスターリングエンジン</p> <table><tr><td>エンジン</td><td>定格出力・基数</td><td>5kW・2基</td></tr><tr><td rowspan="2">高温熱源</td><td>種類</td><td>窯業炉廃熱</td></tr><tr><td>熱源温度・必要流量</td><td>600℃・1,000Nm³/h</td></tr><tr><td rowspan="2">低温熱源</td><td>種類</td><td>水道水(クーリングタワー)</td></tr><tr><td>熱源温度・必要流量</td><td>10～30℃・25L/min</td></tr></table> 	エンジン	定格出力・基数	5kW・2基	高温熱源	種類	窯業炉廃熱	熱源温度・必要流量	600℃・1,000Nm ³ /h	低温熱源	種類	水道水(クーリングタワー)	熱源温度・必要流量	10～30℃・25L/min
エンジン	定格出力・基数	5kW・2基													
高温熱源	種類	窯業炉廃熱													
	熱源温度・必要流量	600℃・1,000Nm ³ /h													
低温熱源	種類	水道水(クーリングタワー)													
	熱源温度・必要流量	10～30℃・25L/min													
	実証方法	<p>●ローラーハースキルン(RHK)の壁面にスターリングエンジンを設置し、廃熱を電気として回収</p> <ul style="list-style-type: none">・伊賀上野工場 RHKの冷却帯廃熱を活用するため、RHKの壁面に、スターリングエンジンの熱交換器部(ヒータ部)を直接導入して、廃熱を電気として回収する・回収した電気は系統連系し、工場内で使用する・電力会社から供給される電気を削減し、二酸化炭素を削減した。・スターリングエンジンを直接生産設備に導入しているため、製品や生産設備に影響があるかどうかの確認を優先して事業を進めた。													
	事業実施体制・役割分担	<p>●株式会社LIXIL(事業主体)</p> <ul style="list-style-type: none">・総合研究所:事務局・企画・調査等・伊賀上野工場:実証、管理等 <p>●株式会社eスター(外注先) :スターリングエンジン監視・メンテナンス等</p>													

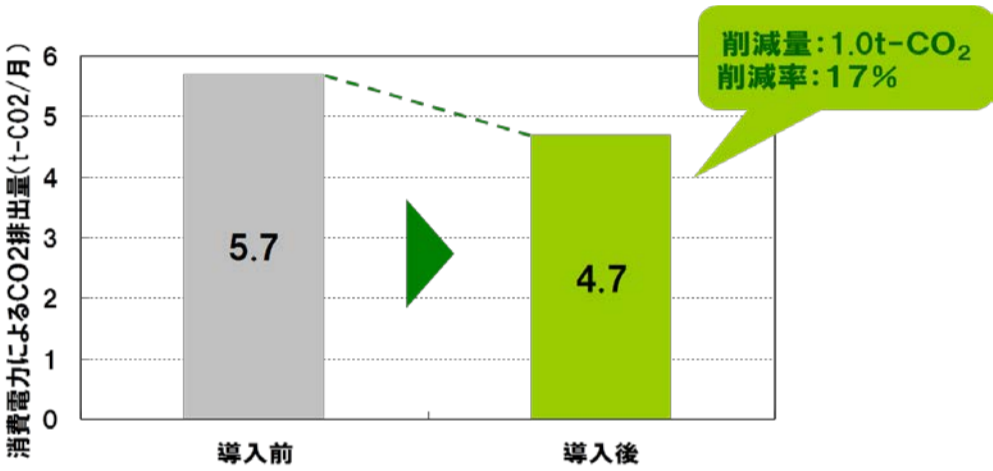
実証から分かったこと
(事業実施の際の留意
点・今後の課題等)

●運用上の課題
・製品や生産設備への影響は認められず、運用上問題ないと判断。
・今後は、様々な熱流量に合わせたスターリングエンジンを選択することで幅広い分野の熱を活用できる発電設備になると言える。

課題項目		詳細	結果概要
①	製品への影響	吸熱による製品の割れ、反り	窯業炉内雰囲気管理をすることで、製品への影響を最小限に抑え、運用可能。
②	生産設備への影響	振動による窯業炉への影響	スターリングエンジンからの炉への振動影響は見られず、問題なしと判断。
③	スターリングエンジンヒータ部の経年劣化	窯業炉内腐食性ガスによるヒータ部の影響	フッ酸によるスターリングエンジンヒータ部の腐食もなく、長期運用が可能と判断。
④	横置きによるスターリングエンジン摺動部の経年劣化	窯業炉仕様の設計によるスターリングエンジンへの影響	摺動部の劣化はないが、今後、保守間隔を1年から2年にするため更なる長期経過観察が必要。
⑤	発電性能	製品への影響を加味した設備での発電量	製品への影響より、本導入場所での発電量向上は見込めないが、十分な熱流量が確保できれば可能。
⑥	波及性	横展開等	窯業分野の展開は発電量アップが不可欠。アルミ業界への展開は有望と判断。
⑦	BT主任技術者	ランニングコストへの影響	発電状況も安全管理されているため、BT不要と判断。BTの規制緩和が必要。

事業の成果
二酸化炭素削減効果

●二酸化炭素削減量・削減率
・製品に影響がないよう、窯業炉内の熱流量を調整した結果、スターリングエンジンの発電出力は2.3kW/基となり、窯業炉の消費電力におけるCO2排出削減量は1.0t-CO2(削減率17%)

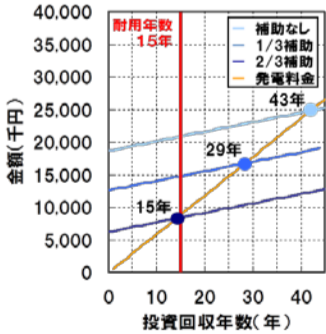


※ 上記のCO2排出量は、設備の1ヶ月あたりの消費電力から中部電力のCO2排出係数をかけて算出
※ 中部電力のCO2排出係数 0.000469(t-CO2/kWh) (H23年度調整後排出係数)を使用

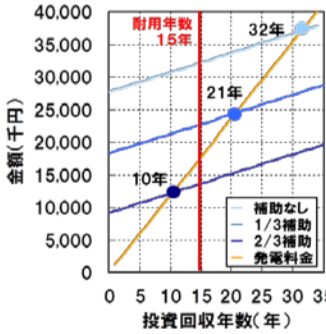
事業性・採算性

●投資回収年
・現状では、初期投資が大きい為、耐用年数(15年)以内に投資回収するには、廃熱量に合わせて1/3～2/3補助が必要となる。

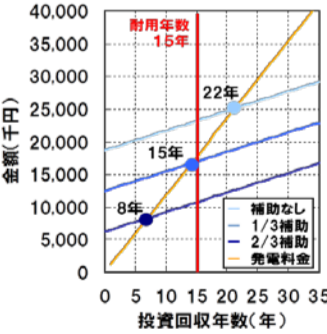
① 600℃以上・500～1,000Nm³/h
(例) 窯業業界 等



② 600℃以上・1,000Nm³/h 以上
(例) アルミ業界 等



③ 800℃以上・1,000Nm³/h 以上
(例) 鉄鋼業界、焼却炉 等

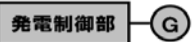




※ 発電料金は、300日24時間稼働、各定格出力が出た際の値
※ 初期導入費は発電設備費のみ(工事費を含まず)、ランニングコストは修繕費のみ(BT人件費含まず)

費用対効果

●二酸化炭素削減量1tあたりのコスト[円/t-CO2]

・年間費用対効果は5万円/t-CO2前後となり、太陽光発電の費用対効果とほぼ同等となる。

廃熱条件	①600℃以上 500～1,000Nm ³ /h	②600℃以上 1,000Nm ³ /h 以上	③800℃以上 1,000Nm ³ /h 以上
発電設備	 5kW	 5kW 5kW	 10kW
発電設備費用	18,700,000円	27,400,000円	18,700,000円
出力	5kW	10kW	10kW
年間稼働時間	7,200h（300日24h稼働）		
年間発電量	36,000kWh	72,000kWh	72,000kWh
CO ₂ 削減量	16.9t-CO ₂	33.8t-CO ₂	33.8t-CO ₂
耐用年数	15年		
費用対効果	73,837円/t-CO ₂	54,095円/t-CO ₂	36,919円/t-CO ₂

※ 費用対効果 = 設備導入費用 / 耐用年数 / 年間のCO₂削減量

※ 設備導入費用は発電設備費、耐用年数は15年、年間のCO₂削減量は発電量分のCO₂で算出

※ 太陽光発電(1,200h/年稼働)の費用対効果 = 50万円/kW / 20年 / 0.5t-CO₂/年 = 5万円/t-CO₂

副次的効果
波及効果

- 視察・報道等の状況
 - ・平成25年12月30日付けの日本経済新聞に、本事業の状況が掲載された。
 - ・社外の各種業界、社内の関連工場から問い合わせがあり、現在、工場見学・意見交換等を実施している。

お問合せのあった業種とその対応

お問合せ			対 応
	業 種	件 数	
社 外	エンジン部品	2 社	電話対応 工場見学 意見交換会 等
	セラミックス	1 社	
	瓦	1 社	
社 内	窯業系工場	2 工場	情報共有
	アルミ鑄造工場	1 工場	

- 他業界への波及性
 - ・鉄鋼・非鉄金属、窯業業界への活用可能性の調査を行ったところ、アルミ業界の「保持炉」の廃熱が有望であると分かった。

業界	波及性	備考
鉄鋼業界	△	500～800℃の廃熱は既に活用済み
非鉄金属業界	アルミ	○ 保持炉廃熱は気中放散
	銅	△ 当該温度の排ガスが強酸のため、活用困難
窯業業界	△	国内市場縮小傾向

【非鉄金属業界 アルミ加工における生産プロセスと廃熱状況】

```
graph LR
    subgraph 工程
        A[原料受入] --> B[溶解]
        B --> C[鑄造]
        C --> D[均熱処理]
        D --> E[加工]
        E --> F[製品]
        F --> G[加熱]
    end
    subgraph 設備
        H[アルミ地金] --> I[溶解炉]
        I --> J[保持炉]
        J --> K[鑄型]
        K --> L[均熱炉]
        L --> M[押出機 鑄造機等]
        M --> N[熱処理炉]
    end
    I --- I_T["炉内温度: 1000℃"]
    J --- J_T["炉内温度: 500～800℃  
廃熱は気中放散"]
    L --- L_T["炉内温度: 500℃未満"]
    N --- N_T["炉内温度: 500℃未満"]
```

地域づくりへの貢献性	<div>●窯業業界における横展開の可能性</div> <div>・窯業製品の生産量が多い東海地方では、窯業製品の廃熱量が、瓦・煉瓦製品で約40%を占めている。瓦の生産プロセスでは、焼成炉廃熱を冷却して活用しているため、吸熱手段としてスターリングエンジンの活用が考えられる。</div> <div><div><div><div>北海道・東北</div><div>5%</div></div><div><div>中国</div><div>8%</div></div><div><div>近畿</div><div>9%</div></div><div><div>その他</div><div>8%</div></div><div><div>東海</div><div>70%</div></div></div><div>エリア別 窯業製品生産量内訳</div><div><div><div>砥石</div><div>1%</div></div><div><div>炭素製品 (焼成)</div><div>10%</div></div><div><div>陶磁器</div><div>20%</div></div><div><div>炭素製品 (炭素化)</div><div>26%</div></div><div><div>瓦・煉瓦</div><div>43%</div></div><div><div>顔料・ フェライト</div><div>0%</div></div></div><div>製品別廃熱量内訳</div><div><div>【窯業業界 瓦の生産プロセス】</div><div><div>工程</div><div>原料受入 → 配合～土練～成型 → 成 型 → 乾 燥 → 施 釉 → 焼 成 → 検査・梱包</div></div><div><div>設備</div><div>粘土供給室 → 混練機 → 真空土練機 → 成型機 → 乾燥室 → 施釉装置 → 焼成炉 → 歪検査機 → 梱包機</div></div><div><div>室内温度: 50～180℃</div><div>炉内温度:90～1200℃ 100℃程度にした廃熱を 乾燥室へ活用、または気中放散</div></div></div></div>
その他の効果	<div>●スターリングエンジン・システムの継続運転による各設備や装置の経年劣化の確認</div> <div>・スターリングエンジン・システムを継続運転させたことによる製品、生産設備への影響及び、スターリングエンジン・システムの各部品や装置(クーリングタワー)のメンテナンス・交換時期を確認できた。</div>