

JCM方法論（案）は素案であり、二国間クレジット制度の下で承認されたものではなく、また同制度で将来承認されることを保証するものではありません。

## H26 年度 JCM 方法論 和文要約

### A. 方法論タイトル

保温材を使用した、保温施工によるプラント効率の改善(Ver3.0)

### B. 用語の定義

用語	定義
ASTM C1728-12	ASTM とは、(米国材料試験協会 ; American Society for Testing and Materials) の略で、国際標準化・規格設定機関である。 ASTM 規格は、世界最大・民間・非営利の国際標準化・規格設定機関により、設定・発行されている。 ASTM 規格は任意規格でありながら、国際的に広く通用している。 また、ASTM C1728-12 は、柔軟性エアロゲル保温材 (Flexible aerogel thermal insulation) の仕様を規定している規格である。
ボイラ効率	ボイラの熱効率 (ボイラの入出力熱量の比) を意味し、以下の式で表現ができる。 $\text{ボイラ効率} = (\text{発生主蒸気の熱量} - \text{給水の熱量}) / \text{ボイラ燃料の消費熱量}$ 又は、 $\text{ボイラ効率} = (\text{ボイラ燃料の消費熱量} - \text{ボイラの熱損失量}) / \text{ボイラ燃料の消費熱量}$ ボイラの熱損失には、ボイラの排ガスによる熱損失、ボイラ表面放射熱損失、ボイラの排ガス中の未燃分損失 (CO、HC 等損失)、フライアッシュ中の未燃分損失、ボトムアッシュ中の未燃分損失、ボイラ立ち上げ時のエネルギー損失などが挙げられる。
赤外線サーモグラフィ	対象物から出ている放散熱量を直接、計測できないが、赤外線放射エネルギーを検出し、見かけの温度に変換して、温度分布を画像表示する装置である。 赤外線は絶対零度 (マイナス 273.15°C) 以上のすべての物質から放射されており、絶対温度の 4 乗に比例して赤外線放射量が増えるため、対象の温度変化を赤外線量の変化と

	<p>して可視化する。</p> <p>赤外線サーモグラフィには以下の特徴がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・面の温度分布として捉え、可視化情報として表示できる。</li> <li>・対象物から離れたところから、非接触で温度測定ができる。</li> <li>・リアルタイムで温度計測ができる。</li> </ul>
熱流計	<p>熱の流れ(熱流量)を計測する装置である。この熱の移動の度合いを示すものを「熱流 (熱エネルギー)」といい、単位時間あたりに単位面積を流れる熱エネルギー量 (単位: <math>W/m^2</math>) で表す。平面状微小熱抵抗体を熱流が貫通するとき、熱流の大きさに比例した熱抵抗体の両面に生じる温度差を検出することによって測定できる。</p> <p>熱電対やサーモグラフィでの温度計測だけでは、温度が変化した過程 (発熱しているのか吸熱しているのか) がわからないが、「熱流計」を使うことで、熱エネルギーの移動や量が見える化し、温度変化の先行指標となる。</p>

### C. 方法論概要

項目	概要
GHG排出削減量の手法	<p>プロジェクト活動は、火力発電所における熱・電力供給設備の表面からの放散熱量を低減することを目的とした、保温材を使用した保温施工事業である。保温強化に伴い、ボイラ燃料の石炭の消費量が抑制し、GHG排出量を低減させる。</p> <p>(発電所からの電力供給や熱・発電供給の運転や稼働は、需要に応じて行われているため、発電所から供給される電力や熱は、本プロジェクトの有無に関係なく、同じと考えられる (当該発電所からの供給電力量や供給熱量は、プロジェクトケースとリファレンスケースで同じと考えられる) ため、本プロジェクトの実施による、熱・電力供給設備表面からの放散熱量の軽減効果により、当該発電所のボイラ燃料である石炭の消費が節約されることになる。)</p>

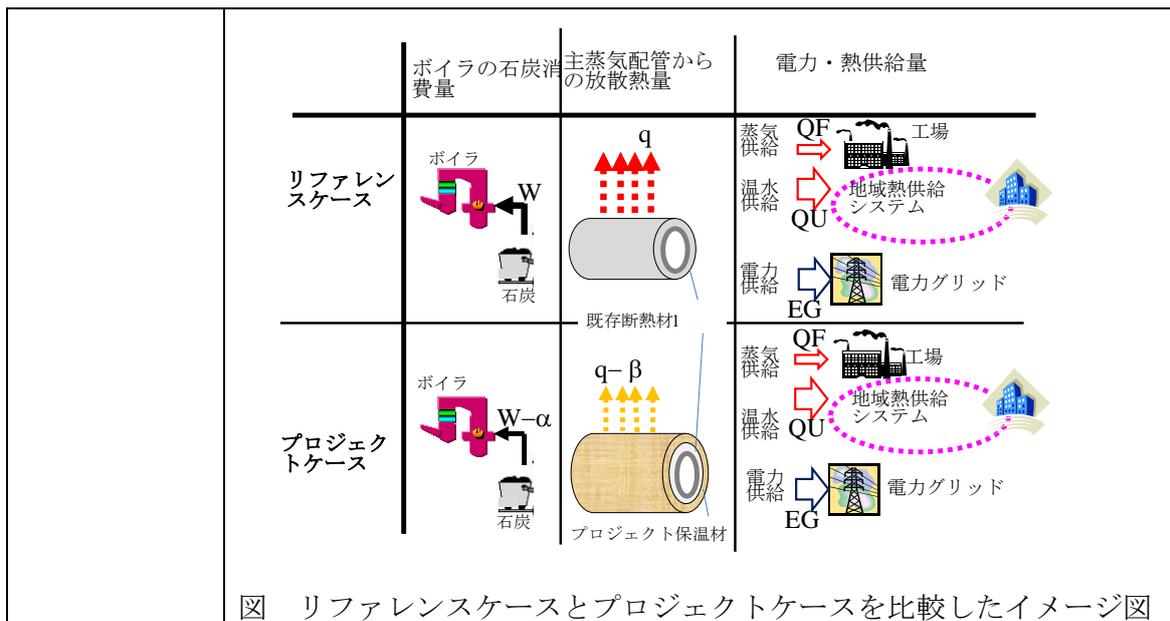


図 リファレンスケースとプロジェクトケースを比較したイメージ図

リファレンス  
排出量の算定

リファレンス排出量は、以下の式で算定される。

$$RE_y = QR_{RE,y} / \eta_{boiler} \times EF_{CO_2,coal}$$

$$QR_{RE,y} = \sum_n QR(n)_{RE,y}$$

$$QR(n)_{RE,y} = SA(n)_{RE,y} \times q_{RE} \times 3600 \times OH(n)sv_y \times 10^{-9}$$

ここで;

$RE_y$	y年における、リファレンス排出量	tCO <sub>2</sub> /y
$QR_{RE,y}$	y年における、リファレンス放散熱総量	GJ/y
$n$	当該火力発電所における、プロジェクト保温材が施工される、主蒸気配管ラインのナンバー	
$QR(n)_{RE,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ のリファレンス放散熱総量	GJ/y
$\eta_{boiler}$	ボイラ効率	無次元
$EF_{CO_2,coal}$	石炭の CO <sub>2</sub> 排出係数	tCO <sub>2</sub> /GJ

$SA(n)_{RE,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の、リファレンス放散表面積	m <sup>2</sup>
$q_{RE}$	当該火力発電所における、主蒸気配管系統からの、リファレンス（保温材施工前の）放散熱量	W/m <sup>2</sup>
$OH(n)sv_y$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の蒸	hours/y

	気通気時間																																		
プロジェクト 排出量の算定	<p>リファレンス排出量は、以下の式で算定される。</p> $PE_y = QR(n)_{PJ,y} / \eta_{boiler} \times EF_{CO_2,coal}$ $Q_{PJ,y} = \sum_n QR(n)_{PJ,y}$ $QR(n)_{PJ,y} = SA(n)_{PJ,y} \times qR(n)_{PJ,y} \times 3600 \times OH(n)_{sv,y} \times 10^{-9}$ <p>ここで</p> <table border="1"> <tr> <td><math>PE_y</math></td> <td>y年における、プロジェクト排出量</td> <td>tCO<sub>2</sub>/y</td> </tr> <tr> <td><math>Q_{PJ,y}</math></td> <td>y年における、プロジェクト放散熱総量</td> <td>GJ/y</td> </tr> <tr> <td><math>n</math></td> <td>当該火力発電所における、プロジェクト保温材が施工される、主蒸気配管ラインのナンバー</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>QR(n)_{PJ,y}</math></td> <td>y年における、主蒸気配管ライン No. <math>n</math> のプロジェクト放散熱総量</td> <td>GJ/y</td> </tr> <tr> <td><math>\eta_{boiler}</math></td> <td>ボイラ効率</td> <td>無次元</td> </tr> <tr> <td><math>EF_{CO_2,coal}</math></td> <td>石炭の CO<sub>2</sub> 排出係数</td> <td>tCO<sub>2</sub>/GJ</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td><math>SA(n)_{PJ,y}</math></td> <td>y年における、主蒸気配管ライン No. <math>n</math> の、プロジェクト放散表面積</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>qR(n)_{PJ,y}</math></td> <td>当該火力発電所における、主蒸気配管ライン No. <math>n</math> における、プロジェクト（保温材施工後の）放散熱量</td> <td>W/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>OH(n)_{sv,y}</math></td> <td>y年における、主蒸気配管ライン No. <math>n</math> の蒸気通気時間</td> <td>hours/y</td> </tr> <tr> <td><math>SA(n)_{PJ,y}</math></td> <td>y年における、主蒸気配管ライン No. <math>n</math> の、プロジェクト放散表面積</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>qR(n)_{PJ,y}</math></td> <td>当該火力発電所における、主蒸気配管ライン No. <math>n</math> における、プロジェクト（保温材施工後の）放散熱量</td> <td>W/m<sup>2</sup></td> </tr> </table>		$PE_y$	y年における、プロジェクト排出量	tCO <sub>2</sub> /y	$Q_{PJ,y}$	y年における、プロジェクト放散熱総量	GJ/y	$n$	当該火力発電所における、プロジェクト保温材が施工される、主蒸気配管ラインのナンバー		$QR(n)_{PJ,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ のプロジェクト放散熱総量	GJ/y	$\eta_{boiler}$	ボイラ効率	無次元	$EF_{CO_2,coal}$	石炭の CO <sub>2</sub> 排出係数	tCO <sub>2</sub> /GJ	$SA(n)_{PJ,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の、プロジェクト放散表面積	m <sup>2</sup>	$qR(n)_{PJ,y}$	当該火力発電所における、主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト（保温材施工後の）放散熱量	W/m <sup>2</sup>	$OH(n)_{sv,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の蒸気通気時間	hours/y	$SA(n)_{PJ,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の、プロジェクト放散表面積	m <sup>2</sup>	$qR(n)_{PJ,y}$	当該火力発電所における、主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト（保温材施工後の）放散熱量	W/m <sup>2</sup>
$PE_y$	y年における、プロジェクト排出量	tCO <sub>2</sub> /y																																	
$Q_{PJ,y}$	y年における、プロジェクト放散熱総量	GJ/y																																	
$n$	当該火力発電所における、プロジェクト保温材が施工される、主蒸気配管ラインのナンバー																																		
$QR(n)_{PJ,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ のプロジェクト放散熱総量	GJ/y																																	
$\eta_{boiler}$	ボイラ効率	無次元																																	
$EF_{CO_2,coal}$	石炭の CO <sub>2</sub> 排出係数	tCO <sub>2</sub> /GJ																																	
$SA(n)_{PJ,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の、プロジェクト放散表面積	m <sup>2</sup>																																	
$qR(n)_{PJ,y}$	当該火力発電所における、主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト（保温材施工後の）放散熱量	W/m <sup>2</sup>																																	
$OH(n)_{sv,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の蒸気通気時間	hours/y																																	
$SA(n)_{PJ,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の、プロジェクト放散表面積	m <sup>2</sup>																																	
$qR(n)_{PJ,y}$	当該火力発電所における、主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト（保温材施工後の）放散熱量	W/m <sup>2</sup>																																	
モニタリング パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 主蒸気配管ラインの蒸気通気時間数 [時間数]</li> <li>● プロジェクト保温材の剥がれ落ちた箇所の総面積[m<sup>2</sup>]</li> <li>● 新品のプロジェクト保温材の熱伝導率(プロジェクト保温材の当初の熱伝導率) [W/m・K]</li> <li>● 施工から y 年経過した、プロジェクト保温材の熱伝導率 [W/m・K]</li> </ul>																																		

	<p>(第1回目の検証後に確定されるパラメータ)</p> <p>以下のパラメータは、モニタリングの必要はないが、プロジェクト実施前の設定値にはできない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●プロジェクト保温材の施工長さ</li> <li>●施工されるプロジェクト保温材の厚み</li> </ul>
--	--

#### D. 適格性要件

本方法論は以下の全ての要件を満たすプロジェクトに適用することができる。

要件 1	プロジェクト活動は、高性能保温材を使用して、石炭火力発電所の既設の主蒸気配管システムの表面からの放散熱量を低減する保温施工事業であること。																		
要件 2	既存保温材（アスベストなど）を撤去せずに施工できる工法であること。																		
要件 3	プロジェクトで使用する保温材は、アスベストの飛散を防止する適正な工法を確保するため、アスベストが含まれない、柔軟性エアロジェル保温材であること。更に、環境十全性の観点から、フロン系発泡剤も含まれないこと。																		
要件 4	<p>プロジェクトで使用する保温材の熱伝導率は、ASTM C1728-12 で規定された熱伝導率及びそれを基に高温領域まで外装した近似式より求められる熱伝導率以下であること。</p> <p><u>ASTM C1728-12 で規定されたエアロジェル保温材の熱伝導率</u></p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>平均温度 [°C]</th> <th>熱伝導率 [W/m·K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>23.9</td><td>0.021</td></tr> <tr><td>37.8</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>93.3</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>149</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>204</td><td>0.029</td></tr> <tr><td>260</td><td>0.032</td></tr> <tr><td>316</td><td>0.036</td></tr> <tr><td>371</td><td>0.043</td></tr> </tbody> </table> <p><u>ASTM C1728-12 で規定された熱伝導率を基に高温領域まで外装した近似式</u></p> $\lambda = 2.771E-10 \cdot \theta^3 - 3.098 E-9 \cdot \theta^2 + 3.328 E-5 \cdot \theta + 0.02034$ <p>ここに；</p> <p><math>\lambda</math>：エアロジェル保温材の熱伝導率 [W/m·K]</p> <p><math>\theta</math>：温度 [°C]</p>	平均温度 [°C]	熱伝導率 [W/m·K]	23.9	0.021	37.8	0.022	93.3	0.023	149	0.025	204	0.029	260	0.032	316	0.036	371	0.043
平均温度 [°C]	熱伝導率 [W/m·K]																		
23.9	0.021																		
37.8	0.022																		
93.3	0.023																		
149	0.025																		
204	0.029																		
260	0.032																		
316	0.036																		
371	0.043																		

要件 5	プロジェクトで導入される保温材は、メーカーカタログ値で、プロジェクトで使用される高温領域をカバーできること。
------	--

## E. GHG 排出源及び GHG 種類

リファレンス排出量	
GHG 排出源	GHG 種類
プロジェクト活動がなかった場合に、主蒸気配管系統のプロジェクト施工エリアにおける、既存保温材表面から放散されたであろう放射熱量を生成するのに燃焼された、ボイラ燃料の石炭消費	CO2
NA	NA
プロジェクト排出量	
GHG 排出源	GHG 種類
主蒸気配管系統のプロジェクト施工エリアにおける、プロジェクト保温材表面からの放射熱量を生成するために、燃焼された、ボイラ燃料の石炭消費	CO2
NA	NA

## F. リファレンス排出量の設定と算定

### F.1. リファレンス排出量の設定

モンゴルの火力発電所では、JCM スキームがなかった場合には、以下の理由で、熱・電力供給設備に高性能な保温材の施工で要する追加的で多大な費用を賄うことはできないため、保温強化活動が施されない、現在の状況が今後も継続されることが想定され

る。

- モンゴルでは、国内消費される石炭は非常に安価であるので、石炭を節約することには経済的の魅力がない。

- 効率改善対策はいくつかあるものの、断熱材による保温強化対策より、優先されるべき、重要な対策が他にいくつか考えられる。保温強化対策は最後のオプションである。

- 安価で低性能な断熱材を導入する場合、断熱材を厚くする必要があり、配管の耐久性や膨らみによる作業安全性への支障など、問題がある。

このように、リファレンス排出量の設定において、本プロジェクト活動では、BaU とプロジェクトシナリオの間に位置するようなシナリオは想定されない（シナリオとして、BaU とリファレンスに差別化することはできない）。そこで、本方法論のリファレンス排出量の定量化においては、算定式中のパラメータを保守的に設定することによって、BaU 排出量との差別化を図ることとする。

そこで、本方法論のリファレンス排出量の定量化において、算定式中のパラメータを保守的に設定することによって、BaU 排出量と差別化を図っている。

従って、リファレンス排出量は、BaU 排出量よりも低くなることが担保されており、本方法論により、正味の排出削減に繋がる。

## F.2. リファレンス排出量の算定

リファレンス排出量は、以下の式で算定される。

$$RE_y = QR_{RE,y} / \eta_{boiler} \times EF_{CO_2,coal}$$

$$QR_{RE,y} = \sum_n QR(n)_{RE,y}$$

$$QR(n)_{RE,y} = SA(n)_{RE,y} \times qR_{RE} \times 3600 \times OH(n)_{sv,y} \times 10^{-9}$$

$$SA(n)_{RE,y} = SA(n)_{Ext} \times (1 - SA(n)_{PJI-st,y} / SA(n)_{PJI-ins})$$

$$SA(n)_{Ext} = (d(n)_{ExtP} + 2 \times t(n)_{ExtI}) / 1000 \times \pi \times l(n)_{PJI}$$

ここで

$RE_y$	y年における、リファレンス排出量	tCO <sub>2</sub> /y
$QR_{RE,y}$	y年における、リファレンス放散熱総量	GJ/y
$n$	当該火力発電所における、プロジェクト保温材が施工される、主蒸気配管ラインのナンバー	
$QR(n)_{RE,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ のリファレンス放散熱総量	GJ/y
$\eta_{boiler}$	ボイラ効率	無次元
$EF_{CO_2,coal}$	石炭の CO <sub>2</sub> 排出係数	tCO <sub>2</sub> /GJ

$SA(n)_{RE,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の、リファレンス放散表面積	$m^2$
$qR_{RE}$	当該火力発電所における、主蒸気配管系統からの、リファレンス（保温材施工前の）放散熱量	$W/m^2$
$OH(n)_{sv,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の蒸気通気時間	hours/y

$SA(n)_{ExtI}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト保温材に施工される、既存保温材に覆われた部分の表面積	$m^2$
$SA(n)_{PJI-ins}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト保温材の施工表面積	$m^2$
$SA(n)_{PJI-str,y}$	主蒸気配管ライン No. $n$ の、y年に末までに、プロジェクト保温材が剥がれ落ちた箇所の総面積	$m^2$

$d(n)_{ExtP}$	主蒸気配管ライン No. $n$ の既存配管の外径	mm
$t(n)_{ExtI}$	主蒸気配管ライン No. $n$ の既存保温材の厚み	mm
$t(n)_{PJI}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、施工されるプロジェクト保温材の厚み	mm
$l(n)_{PJI}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト保温材の施工長さ	m

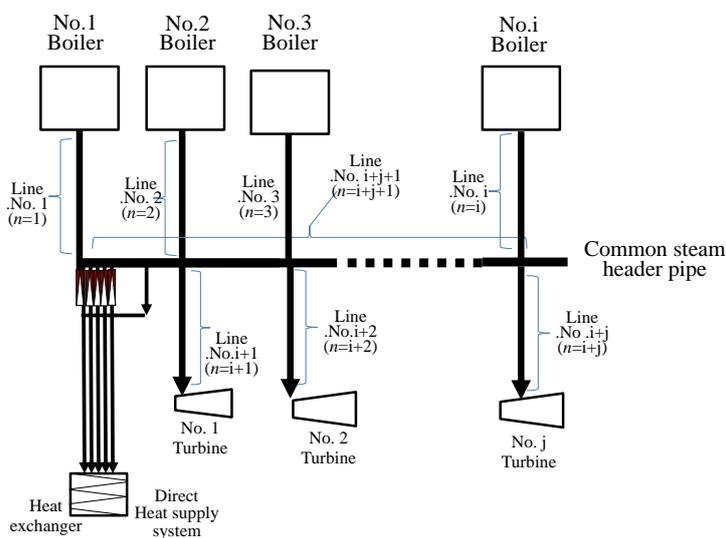
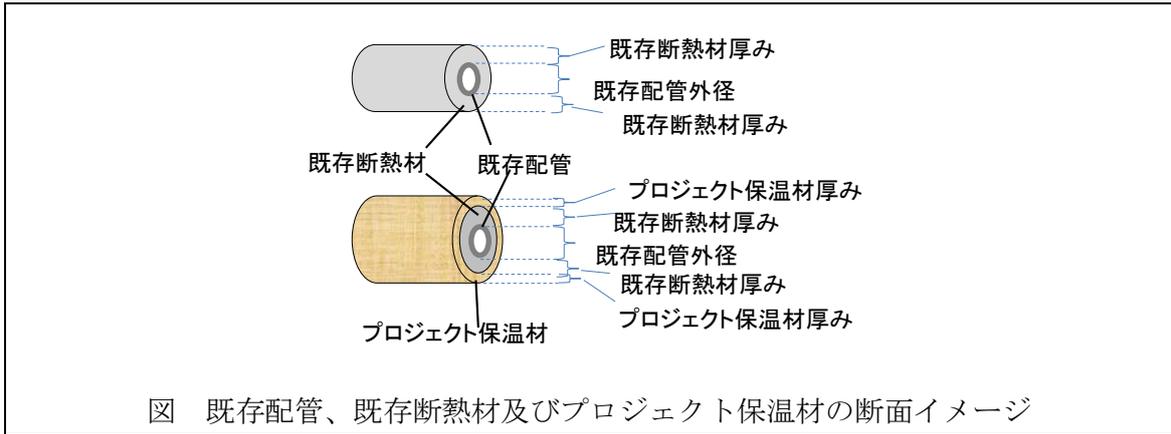


図 主蒸気配管ラインのイメージ図



### G. プロジェクト排出量の算定

プロジェクト排出量の算定式は、以下のとおりである。

$$PE_y = QR(n)_{PJ,y} / \eta_{boiler} \times EF_{CO_2,coal}$$

$$QR_{PJ,y} = \sum_n QR(n)_{PJ,y}$$

$$QR(n)_{PJ,y} = SA(n)_{PJ,y} \times qR(n)_{PJ,y} \times 3600 \times OH(n)_{sv,y} \times 10^{-9}$$

$$SA(n)_{PJ,y} = SA(n)_{PJI-ins} \times (1 - SA(n)_{PJI-stp,y} / SA(n)_{PJI-ins})$$

$$SA(n)_{PJI-ins} = (d(n)_{ExtP} + 2 \times t(n)_{ExtI} + 2 \times t(n)_{PJI}) / 1000 \times \pi \times l(n)_{PJI}$$

$$qR(n)_{PJ,y} = qR_{RE} \times \{1 - f(n)_{PJI-eff} \times (1 - f_{PJI-dec,y})\}$$

$$f_{PJI-dec,y} = \text{Maximum} \{(\lambda_{PJI,y} - \lambda_{PJI,0}) / \lambda_{PJI,0}, 0\}$$

ここで

$PE_y$	y年における、プロジェクト排出量	tCO <sub>2</sub> /y
$QR_{PJ,y}$	y年における、プロジェクト放散熱総量	GJ/y
$n$	当該火力発電所における、プロジェクト保温材が施工される、主蒸気配管ラインのナンバー	
$QR(n)_{PJ,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ のプロジェクト放散熱総量	GJ/y
$\eta_{boiler}$	ボイラ効率	無次元
$EF_{CO_2,coal}$	石炭の CO <sub>2</sub> 排出係数	tCO <sub>2</sub> /GJ

$SA(n)_{PJ,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の、プロジェクト放散表面積	m <sup>2</sup>
$qR(n)_{PJ,y}$	当該火力発電所における、主蒸気配管ライン No. $n$ におけ	W/m <sup>2</sup>

	る、プロジェクト（保温材施工後の）放散熱量	
$OH(n)_{sv,y}$	y年における、主蒸気配管ライン No. $n$ の蒸気通気時間	hours/y
$SA(n)_{ExtI}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト保温材に施工される、既存保温材に覆われた部分の表面積	$m^2$
$SA(n)_{PJI-ins}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト保温材の施工表面積	$m^2$
$SA(n)_{PJI-str,y}$	主蒸気配管ライン No. $n$ の、y年に末までに、プロジェクト保温材が剥がれ落ちた箇所の総面積	$m^2$
$d(n)_{ExtP}$	主蒸気配管ライン No. $n$ の既存配管の外径	mm
$t(n)_{ExtI}$	主蒸気配管ライン No. $n$ の既存保温材の厚み	mm
$t(n)_{PJI}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、施工されるプロジェクト保温材の厚み	mm
$l(n)_{PJI}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト保温材の施工長さ	m
$qR_{RE}$	当該火力発電所における、主蒸気配管系統からの、リファレンス（保温材施工前の）放散熱量	$W/m^2$
$f(n)_{PJI-eff}$	主蒸気配管ライン No. $n$ における、プロジェクト保温材の（当初の）断熱効率	無次元
$f_{PJI-dec,y}$	y年における、プロジェクト保温材の当初の断熱効果からの低下率	無次元
$\lambda_{PJI,0}$	（施工前の）新品のプロジェクト保温材の熱伝導率	$W/m \cdot K$
$\lambda_{PJI,y}$	施工から y 年経過した、プロジェクト保温材の熱伝導率	$W/m \cdot K$

## H. 排出削減量の算定

排出量削減量は、リファレンス排出量とプロジェクト排出量から、以下の算定式で計算される。

$$ER_y = RE_y - PE_y$$

ここに;

$ER_y$	y年における、GHG 排出削減量	tCO <sub>2e</sub> /y
$RE_y$	y年における、リファレンス排出量	tCO <sub>2</sub> /y
$PE_y$	y年における、プロジェクト排出量	tCO <sub>2</sub> /y

## I. 事前に確定したデータ及びパラメータ

事前に確定した各データ及びパラメータの出典は以下のリストのとおり。

パラメータ	データの説明	出典
$\eta_{boiler}$	ボイラ効率	デフォルト値 最も保守的な値 1.0 を適用
$EF_{CO_2,coal}$	石炭の CO <sub>2</sub> 排出係数	デフォルト値 2006年 IPCC の国家温室効果ガスインベントリーのガイドラインによる、褐炭の CO <sub>2</sub> 排出係数のデフォルト値を適用。
$d_{ExtP}$	既存配管の外径	事前に既知のパラメータ 当該火力発電所の設計図面による。
$t_{ExtI}$	プロジェクト保温材の厚み	事前に既知のパラメータ 当該火力発電所のプラント仕様による。
$qR_{RE}$	主蒸気配管系統からの、リファレンス（保温材施工後の）放散熱量	本 FS で特定したプロジェクト実施前の設定値。 Appendix 1 及び Appendix 2 を参照。
$f_{PII-eff}$	プロジェクト保温材の（当初の）断熱効率	本 FS で特定したプロジェクト実施前の設定値。 Appendix 1 及び Appendix 2 を参照。