

放射効果によるボイラ性能向上の評価

炭化ケイ素材を用いた放射効果の検証

Study of Boiler Efficiency Improvement from the Radiation Effect

Verification of radiation effect using silicon carbide materials

(電力技術研究所 発電G 環境エネルギー T)

(Environmental Energy Team, Generation Power Group, Electric Power Research and Development Center)

放射率の高い炭化ケイ素（以下、SiC）素材からの放射によるボイラや廃熱回収設備など熱利用設備の性能向上効果を検証した。ここでは小型ボイラを対象に流動解析による放射効果の評価を行い、ボイラ効率向上効果を確認した。さらにボイラ実証による放射効果を定量的に検証すると共に、信頼性、耐久性さらには経済性を評価した。

A lot of the ceramic materials such as silicon carbide (SiC) have high emissivity. And by installing the ceramic material inside a boiler or a heat exchanger, the radiation effect by the ceramic material can improve heat transfer performance. In this study we verified the performance improvement of a boiler by radiation of silicon carbide. At first, we estimated the radiation effect using CFD analysis and predicted a boiler efficiency improvement of about a 45t/h steam boiler. Moreover, we proved the radiation effect using a small through flow boiler and estimated the reliability, durability, and cost performance.

1 研究の背景および目的

昨今、再生可能エネルギーを含めエネルギー利用設備導入への関心は高く、その中でも熱の有効利用に対するニーズは高くなっている。ボイラや廃熱回収設備など熱利用設備は、熱交換のプロセスが重要であり、熱交換性能の向上は設備効率向上に直結する。

SiCをはじめとしたセラミック材料はエネルギーの放射率が高いものが多く、ボイラや熱交換器の内部へ邪魔板（以下、放射板）として設置することで、そこからの放射効果により伝熱性能の向上が期待できる。

本研究では、放射によるボイラ性能向上効果を流動解析などにより評価するとともに、実機ボイラでの実証試験により放射効果を定量的に検証し、信頼性、耐久性ならびに経済性を評価する。

2 流動解析を用いたSiCの放射効果の評価

(1) SiCの放射率測定

SiC放射率を実測し、温度との相関や表面処理（研磨）の有無の影響についても確認した。その結果、放射率に温度との相関はなくその値は80%前後であった。一方で表面処理の影響については、処理を施したSiCの方が放射率が0.4~1.0ポイント高かった。

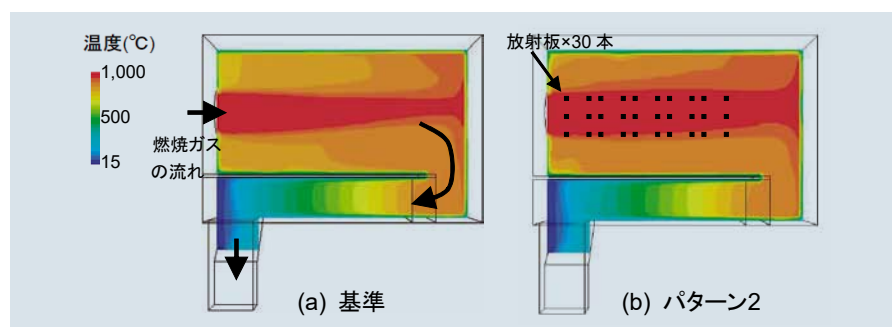
(2) 水管ボイラを想定した流動解析

2胴水管式自然循環形ボイラ(補助ボイラ:蒸発量45t/h、生成蒸気250°C/0.98MPa)を想定し、燃焼室内に設置するSiC製放射板の形状6パターンの数値解析を実施した。また、ここで用いた放射板の放射率は80%とした。

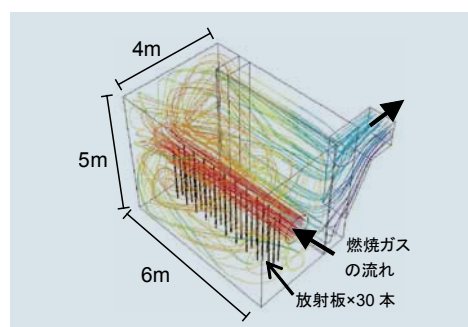
その結果、第1表のとおりパターン2は、放射板表面積が最大ではないが、ボイラ効率の向上幅が0.9ポイント

第1表 解析結果まとめ

邪魔板パターン	基準	1	2	3	4	5	6
	放射板なし	φ34×2.3m 20本	φ34×2.3m 30本	φ34×4.6m 20本	t30×0.5m ×2.3m 5本	t30×0.5m ×2.3m 10本	t30×0.5m ×3m 10本
邪魔板表面積 (m ²)	0	4.9	7.4	9.9	12.3	24.5	32.0
総伝熱量 (MW)	30.39	30.68	30.70	30.64	30.66	30.58	30.62
ボイラ効率 (%)	84.9	85.7	85.8	85.6	85.6	85.4	85.5
ボイラ効率差 (%)	—	0.8	0.9	0.7	0.7	0.5	0.6
出口温度 (°C)	269	267	267	268	269	269	269



第1図 ボイラ内中心部上断面の温度分布



第2図 パターン2における流線図

と最も大きかった。これは、放射板への熱吸収量と放射量との関係により、必ずしも表面積が大きいほど放射による効果が大きくなるわけではないことを示している。

第1図に現状ならびに最も効果の高かったパターン2の温度分布を、第2図にはパターン2の流線図を示す。第1図のようにパターン2では燃焼室中心部の高温域が広がっており、伝熱性能が高まっていることが確認できる。

3 小型貫流ボイラによる実証試験

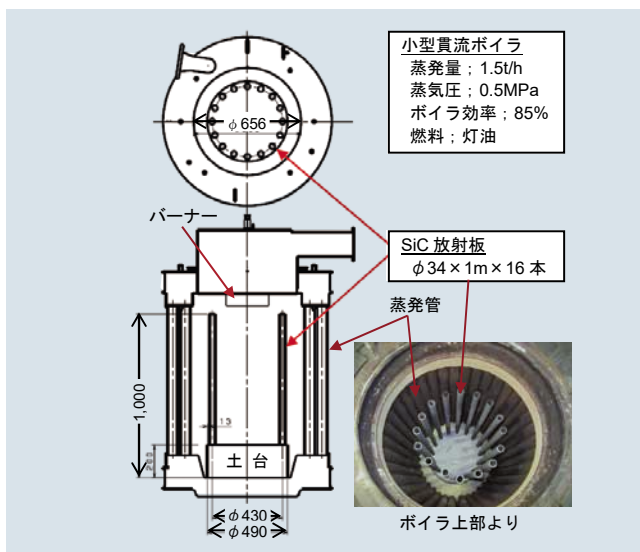
(1) 実証設備

次に実機にて検証するため、1.5t/hの小型貫流ボイラを用い実証試験を行った。第3図に示すように放射板はφ34のパイプ状SiC16本を円筒状の燃焼室に土台に固定して設置した。放射板の本数ならびに配置は、炉内スペースや燃焼への影響を極力小さくすることを条件に決定した。

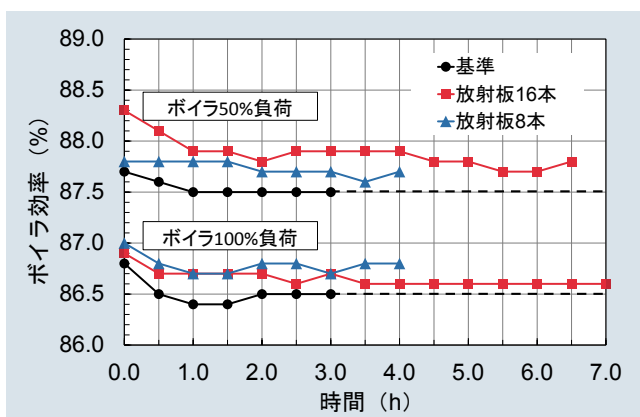
(2) 実証試験結果

実証試験では、放射板16本および8本のケースにおいて、それぞれ100%負荷と50%負荷での試験を実施した。

放射板16本100%負荷では、第4図に示すとおり、起



第3図 ボイラ断面図および放射板設置状況



第4図 放射板設置によるボイラ効率の時間変化

動当初にボイラ効率が0.3ポイント向上する結果となったが、時間経過に連れて効率向上幅は小さくなり、最終的に0.1ポイントの上昇で収束する結果となった。一方で、放射板8本100%負荷では、効率向上が0.3ポイントで収束し、放射板16本の時よりも効率向上効果が大きくなった。これは、放射板が多いほど燃焼状態に影響を与えているためと考えられる。今回試験に用いた小型貫流ボイラでは、炉内の火炎充満度が高いため、火炎への影響が大きくなったと予想される。火炎充満度が低くなる50%負荷での試験では放射板8本よりも16本の方がボイラ効率は向上し、その向上幅も0.2ポイント以上となり100%負荷時よりも効果が発揮された。

以上のことから、燃焼室が広く火炎充満度が低いボイラであれば、放射効果がより大きく発揮されることが期待できる。また、火炎輝度が低く火炎放射が得難いガス燃料の場合は、さらに放射板による放射効果が得られるものと考えられる。

4 実機適用評価

(1) 信頼性・耐久性評価

実証試験における放射板設置運転は約30時間であった。試験終了後のSiC放射板に、破損や変形、劣化などは確認されず、今回の運転時間における耐久性に問題はないことが分かったが、放射板表面に煤の付着が確認され、燃焼状態に影響を与えたことが分かった。また煤によりSiCへの伝熱低下が起きていた可能性がある。炉内における放射板の設置位置には炉形状に合わせた検討が必要と考えられる。

(2) 経済性評価

ボイラ効率向上に伴う燃料費削減は、基準ボイラ効率85%から0.1ポイント向上で0.1%となる。これを2(2)で検討した火力発電所の補助ボイラで換算すると、設備利用率を50%として、年間の燃料費削減額は約120万円と見積もられる。パターン2の放射板設置に係る費用は、390万円(材料費340万円、施工費50万円)と見積もられるため、ボイラ効率の向上が0.1ポイントでも3年程度でその費用の回収は可能である。また、補助ボイラは、火炎充満度が低いボイラ形状であるため、放射効果によりさらなる効率向上が期待できる。

5 まとめ

SiCの放射効果によるボイラ効率向上を確認することができた。今後、本成果のより大規模な設備への適用を想定した設置方法の最適化ならびに詳細設計を実施し、実機実証への移行を目指す。なお、本研究はクアーズテック(株)との共同研究にて実施した。



現所属: 技術開発本部
研究企画グループ
執筆者 / 大岩徳雄