

新型超低NO_xバーナの開発と性能の実証

Development and Actual Verification of the Latest
Extremely Low NO_x Pulverized Coal Burner

津村 俊一 *Toshikazu Tsumura* 野村 伸一郎 *Shin'ichirō Nomura*
木山 研滋 *Kenji Kiyama* 小林 啓信 *Hironobu Kobayashi*



(b) フィンランドIVO社のインコー火力発電所



(a) HT-NR3バーナの火炎

微粉炭燃焼超低NO_x「HT-NR3バーナ」を採用したフィンランドのインコー火力発電所

高効率・低NO_x燃焼のニーズにこたえた「HT-NR3バーナ」を開発し、その優れた燃焼性能をフィンランドIVO(Imatran Voima Oy)社のインコー火力発電所で実証した。

日立グループは、世界的な環境保全意識の高揚にこたえて、ボイラでの低NO_x燃焼に対するたゆまない技術開発に注力している。石炭燃焼に対しては、世界で初めての「火炎内脱硝」という概念を導入した「HT-NRバーナ」を開発した。そのユニークな発明と社会への貢献に対し、昭和61年(1986年)度に日本機械学会賞、平成4年(1992年)度に環境庁長官賞をそれぞれ受賞している。第2世代の「HT-NR2バーナ」は、火炎内脱硝効果をさらに高めたバーナとして国内外で適用され、評価を得ている。

地球環境の保全に対する世界的な関心のいっそうの高まり、運用性・メンテナンス性・経済性の追求という要求の高度化・変化に対して、燃焼技術はますます重要性を増しつつある。

これらのニーズにこたえて、第3世代の「HT-NR3バーナ」を開発し、実機に適用して、その優れた性能を確認した。「火炎構造の幅広・短炎化」を基本コンセプトに、高効率・低NO_x燃焼と構造の簡素化を両立させた、時代に即したバーナの誕生である。

1. はじめに

石炭を燃料とするボイラは、火力発電所や産業用プラントの蒸気発生装置として、ガス・油焼きボイラとともに重要な位置を占めている。石炭中には有機窒素が多く含まれているため、燃焼排ガス中のNO_x濃度が他燃料に比べて高い。

わが国では、1970年代に米国から導入した低NO_x燃焼法が最初に適用された。これらは火炎温度を下げた長炎化を図ったものであったために、ボイラ火炉は大型化し、特に既設火力への適用にあたっては燃焼効率の面から大きな制約が生じた。

日立グループは、微粉炭の着火直後の初期の燃焼領域を高温かつ燃料過剰にすれば、この火炎内でNO_xが効率よく分解することを基礎研究で解明し、「火炎内脱硝」という新しい概念を、初代の「HT-NRバーナ」と第2世代の「HT-NR2バーナ」に応用してきた。着火を促進して火炎温度を高温に維持することにより、従来の低NO_xバーナの宿命とも言える、NO_xの低減と灰中未燃分の増大という相反関係も大幅に解消した。

このたび、高効率・低NO_x燃焼のニーズにこたえて、火炎内脱硝反応をさらに強化した第3世代の「HT-NR3バーナ」を開発した。

ここでは、HT-NR3バーナの開発の概要と、実缶適用結果について述べる。

2. HT-NR3バーナの開発ステップ

基礎研究で構築した火炎内脱硝反応をさらに高める技術要素の具現化を目的に、1992年から要素技術研究に着手し、新型超低NO_xバーナの開発を推進している(図1参照)。

各種の計測技術や数値解析手法を駆使して、反応と流動の両面から約2年間の要素技術研究を行い、低NO_x化火炎の基本的概念を構築した。低NO_x化の基本コンセプトを「火炎構造の幅広・短炎化」として、新型バーナの基本デバイスを提案した。

容量500 kg/hの燃焼試験炉と、同規模の流動試験装置を用いて新型バーナの構造スクリーニングを行い、基本構造を決定した。

実缶適用までのステップとして、大型燃焼試験設備を用いてスケールアップに伴う相似則の検討と、各デバイスの信頼性評価を実施した。

上記ステップを経て、1997年8月に既設缶改造による

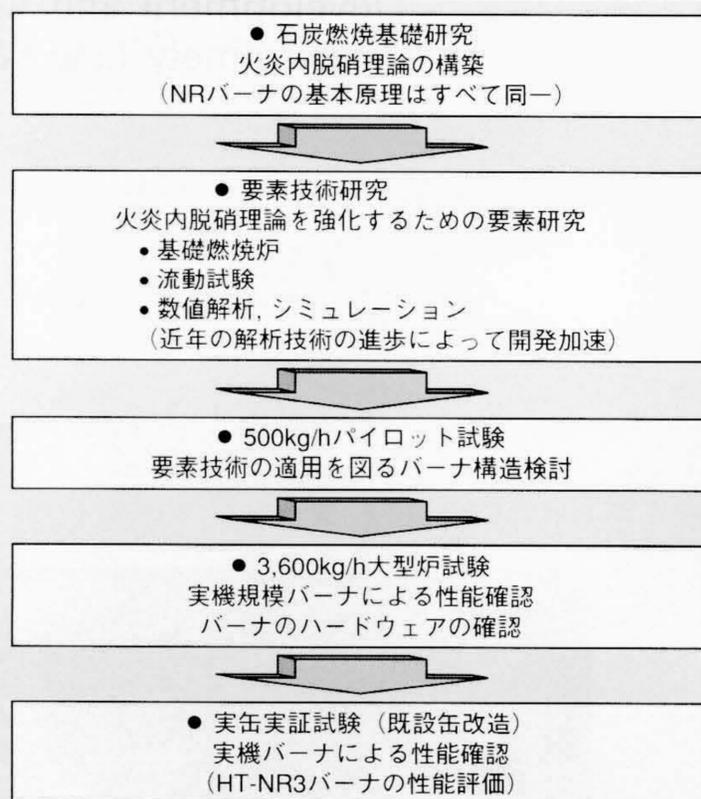


図1 新型バーナの開発ステップ

基礎研究から実缶実証試験に至るまで、一貫した研究開発体制で推進している。

実缶適用を行った。

開発では、プロジェクトシフトを行い、連携を図って研究所と担当工場がそれぞれの技術的機能を最大限に発揮できるようにした。また、基礎研究から実証試験に至るまで一貫して推進する研究開発体制を確立している。

3. HT-NR3バーナの特徴

火炎内でNO_xを還元する独自の燃焼機構はHT-NRバーナやHT-NR2バーナと同じであるが、HT-NR3バーナの基本コンセプトである「火炎構造の幅広・短炎化」による超低NO_x燃焼を実現するために、HT-NR3バーナは以下の特徴を持っている(図2参照)。

(1) 保炎器後流の再循環領域の拡大

HT-NR2バーナと同様に、微粉炭は微粉炭ノズル内で濃縮され、保炎リング(保炎器)近傍で着火、保炎する。新たな機能として、保炎リングにバッフルプレートを設置することにより、再循環領域を拡大している。再循環領域の拡大により、還元領域での燃焼率が向上し、火炎内脱硝反応を促進する効果がある。

(2) 内部保炎機構の追加による保炎強化

保炎リングの外周部からバーナ中心部に空気を噴出する機構を設けることにより、保炎リング近傍の高温ガスを温度の比較的低い火炎の中心部に同伴できるため、火炎内部の燃焼率が向上し、火炎内脱硝反応を促進する効

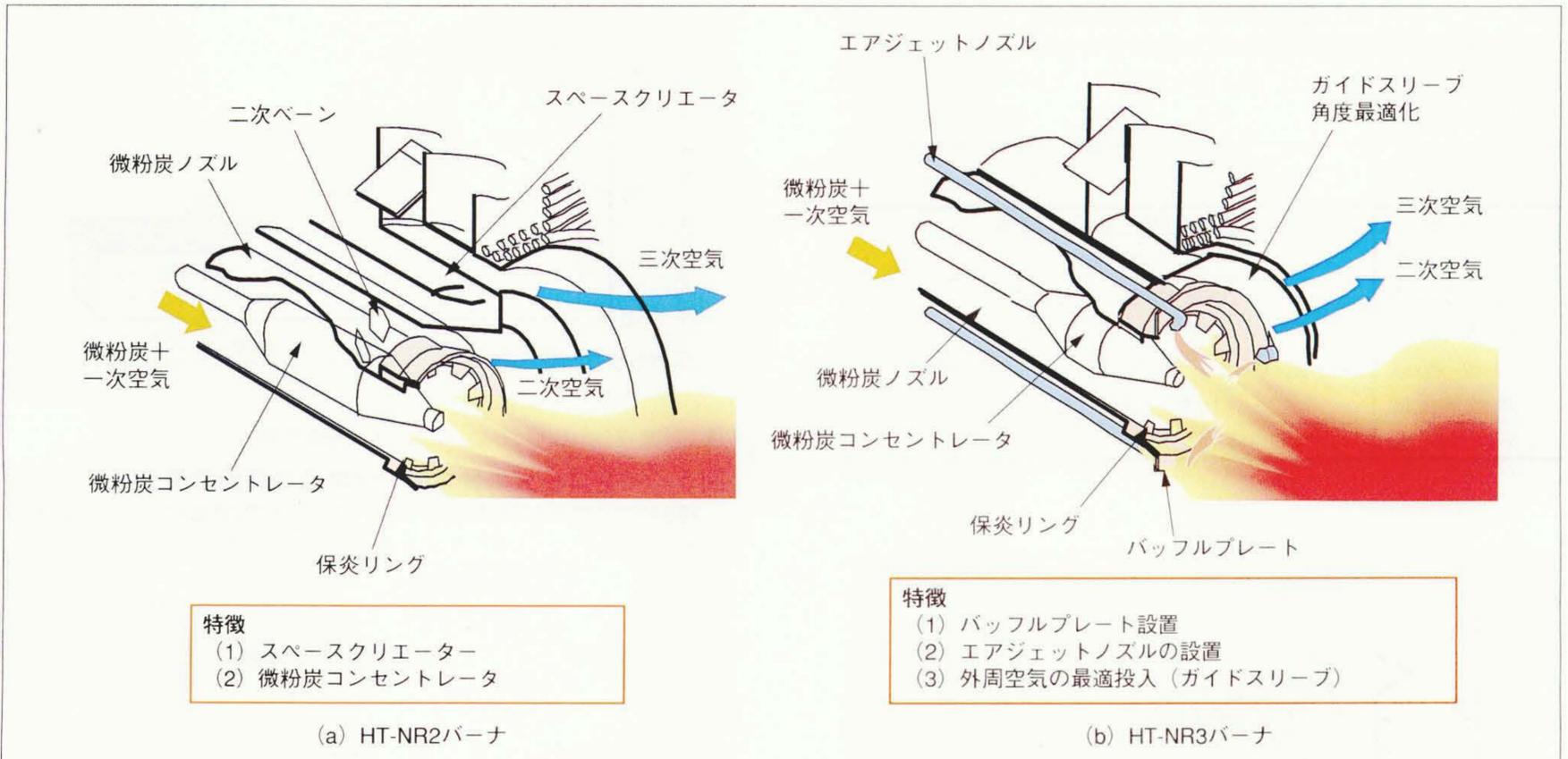


図2 HT-NR3バーナの特徴

保炎機構と外周空気の投入法を最適化することにより、「火炎構造の幅広・短炎化」を実現している。

果がある。

(3) 外周空気の最適投入

低NOx燃焼では、高温還元炎が形成されるバーナスロート近傍で、外周の三次空気をうまく分離することが肝要である。

HT-NR3バーナでは、ガイドスリーブと言うシンプルな構造の分離器で三次空気の分離を効果的に行っている。三次空気の投入方法の最適化により、還元燃焼進行後に内側の微粉炭を同伴して、「火炎構造の幅広・短炎

化」による超低NOx燃焼を実現している。

4. 実用化試験

要素技術研究とパイロット試験結果を踏まえて、3,600 kg/hの実機規模HT-NR3バーナを試作した。このバーナを大型燃焼設備に設置し、燃料比(=固定炭素に対する揮発分)が1.7のサクソンベール炭を用いて、燃焼テストを実施した。HT-NR2バーナと比較して、未燃分同一ベースでは23%(相対値)のNOx低減を確認した(図3参照)。

なお、火炎形状は幅広かつ短炎であり、バーナ根元から高輝度の安定した燃焼状態が保持されていることも確認した。

5. 実機適用結果

低NOx燃焼技術の技術供与先であるフィンランドの電力会社IVO (Imatran Voima Oy)でのNOx低減プロジェクトの一環として、インコー(Inkoo)火力発電所3号缶にHT-NR3バーナを適用した。1997年8月中旬から約1か月間、試運転を実施した。この発電所はヘルシンキから約60 km西側のところに位置し、同一仕様の265 MW亜臨界圧変圧貫流型ボイラが4缶隣設されている(表1参照)。バーナ配置では、4列四段でリアファイアリング方式を採用している(図4参照)。改造前は単段燃

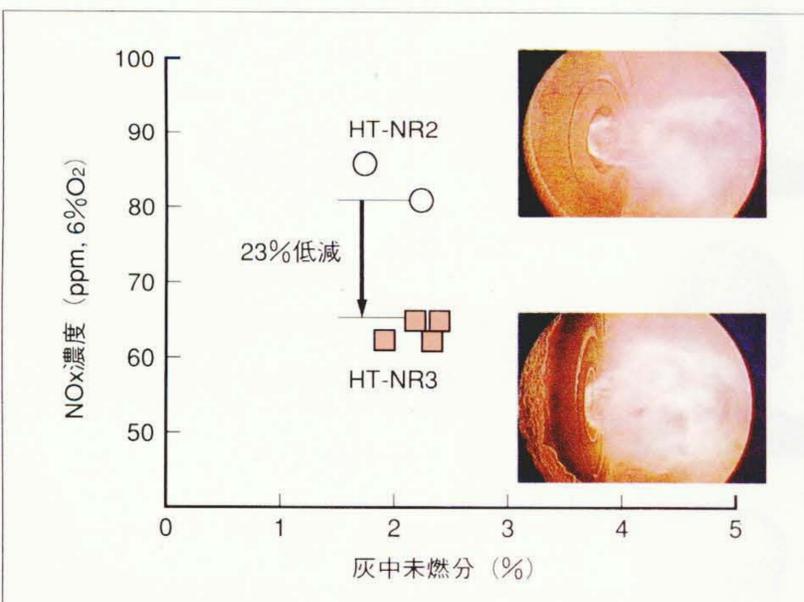


図3 実用化試験結果(3,600 kg/h大型燃焼設備)

大型燃焼設備の実機規模バーナ(3,600 kg/h)による燃焼性能(NOx・灰中未燃分)の比較試験結果を示す。

表1 インコー火力発電所ボイラの概略仕様

インコー火力発電所の低NOx化改造前後の仕様比較を示す。HT-NRバーナ，HT-NR2バーナ，および今回適用したHT-NR3バーナを順次適用している。

項目		ユニット	インコー4号	インコー1, 2号	インコー3号
ボイラ型式		亜臨界圧変圧貫流型			
出力		265 MW			
蒸気条件		206×10 ⁵ Pa-530/540℃			
型式	改造前	サーキュラバーナ			
	改造後	HT-NRバーナ	HT-NR2バーナ	HT-NR3バーナ	
本数・配置		16本・4列四段，片面			
容量		1本当たり10 t/h(59×10 ⁶ W)			

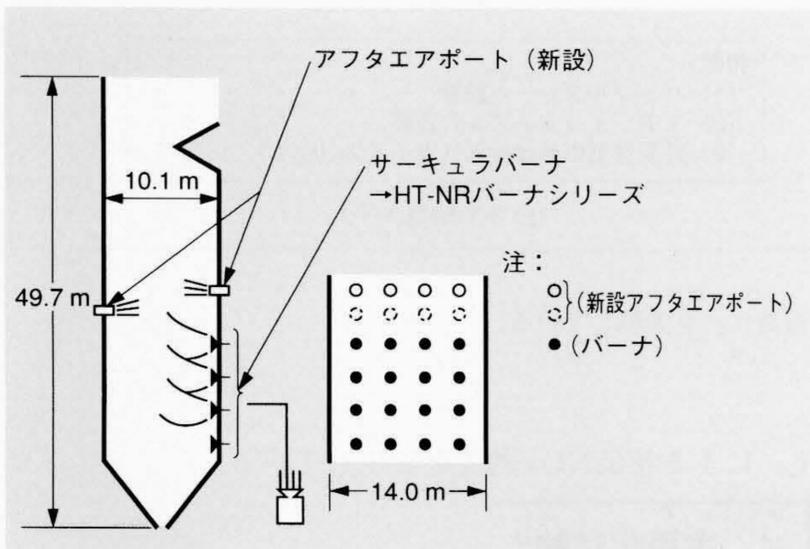


図4 インコー火力発電所ボイラの概略構造と改造内容
インコー火力発電所の低NOx化改造内容は，低NOxバーナ (HT-NR, -NR2, -NR3) への交換とアフタエアポートの新設である。

焼で，サーキュラバーナを設置していた。

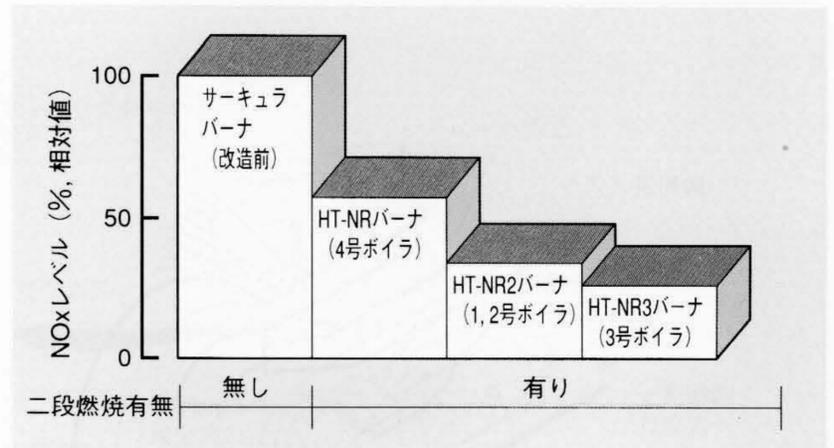
1990年にインコー4号缶でサーキュラバーナからHT-NRバーナへの改造が行われ，良好な燃焼試験結果を得た。引き続き1992年と1994年に，1号缶，2号缶それぞれでHT-NR2バーナへの改造が行われ，今回，3号缶に新開発のHT-NR3バーナを適用する運びとなった。

インコー火力発電所にはシリーズのNRバーナを順次適用し，NOxレベルを段階的に低減してきた(図5参照)。3号缶では，HT-NR3バーナと二段燃焼との組合せにより，改造前に比較して，未燃分同一ベースで75%(相対値)以上のドラスティックなNOx低減率を達成した。第2世代のHT-NR2バーナに比較しても，NOxは約25%(相対値)低減することを実証した。

6. おわりに

ここでは，微粉炭燃焼ボイラの最新の低NOxバーナである「HT-NR3バーナ」の概要について述べた。

今後，環境保全と経済的設備の供給のニーズを背景と



注：炭種(ポーランド炭，ロシア炭(未燃分同一ベース))

図5 インコー火力発電所の燃焼性能評価結果

265 MW定格運転時の未燃分同一ベースでのNOxレベルの比較を示す。HT-NR3バーナの良好な燃焼性能が実証されている。

して，高効率・低NOx燃焼技術の発展がますます期待される。

これらに対応するため，燃焼，火炉，および制御の各技術をベストミックスして，市場ニーズに適合した最適な製品への展開を図っていく考えである。

参考文献

- 1) 森田，外：最近の石炭燃焼技術，日立評論，72，6，489～496(平2-6)
- 2) 幸田，外：火炎内脱硝による微粉炭焚き低NOxバーナの開発環境研究，87(1992-9)

執筆者紹介



津村 俊一

1980年バブコック日立株式会社入社，呉工場 燃焼装置設計部 所属
現在，ボイラ燃焼装置の開発・設計に従事
日本機械学会会員，火力原子力発電技術協会会員



木山 研滋

1980年バブコック日立株式会社入社，呉工場 燃焼装置設計部 所属
現在，発電用ボイラ燃焼装置の開発・計画に従事
日本機械学会会員，火力原子力発電技術協会会員
E-mail: kiyama@kure.bhk.co.jp



野村 伸一郎

1990年バブコック日立株式会社入社，呉研究所 火力研究部 所属
現在，微粉炭燃焼技術の研究開発に従事
工学博士
化学工学会会員，粉体工学会会員，日本鉄鋼協会会員
E-mail: nomura-s@krl.bhk.co.jp



小林 啓信

1982年日立製作所入社，日立研究所 エネルギー・環境部 新火力システムグループ 所属
現在，微粉炭ボイラ・バーナの研究開発に従事
工学博士
日本機械学会会員
E-mail: hikobaya@hrl.hitachi.co.jp