

## 音波エネルギーを利用した石炭燃焼技術に関する実験的研究

正会員 ○任 建興\*1  
 正会員 高 偉俊\*2  
 正会員 李 海峰\*3  
 正会員 高橋信之\*4  
 正会員 尾島俊雄\*5

## 1. はじめに

エネルギーは我々の生存の源泉であり、エネルギーの利用によって今の繁栄が保障されていることは誰も否定できない。現在では、世界で消費される一次エネルギー全体の9割は化石燃料に依存している。主な化石燃料は石油、天然ガス、石炭があり、石炭の確認埋蔵量は最も多いが、石炭燃料の生成速度は消費速度に比べて、ほとんど期待できないため、再生不可能な枯渇性資源と見なされている。従って、石炭を研究対象として、低汚染高効率燃焼を研究することは重要な意義を持っていると思われる。一方、工業化と経済発展に伴ってエネルギー消費量が増加し続けており、これに伴って省エネルギー問題は非常に重要となる。同時にエネルギー消費に伴い、発生したSOxやNOx、CO2等による地球環境に与える影響が問題となっている。

本研究は熱エネルギーと音波エネルギーが互いに干渉し作用するメカニズムによって、音波エネルギーを利用した高効率低汚染石炭燃焼技術を研究し開発することを目的とする。

## 2. 音波を利用する燃焼技術の特徴

エネルギーの大量消費に伴う新しい燃焼方法の研究の一環として、新型燃焼装置の基礎的な開発を進めている。その中に八十年代から研究開発が進められている音波エネルギーを利用した燃焼技術は、新しい燃焼技術として注目されている。この音波エネルギー燃焼技術のメカニズムは、ある特定の条件のもとに、Rayleigh 準則に従って熱エネルギーと音波エネルギーとの間の相互干渉作用原理によるものである<sup>1)</sup>。即ち、燃料燃焼によって音波を発生させ、この音波は逆に燃料燃焼に作用し、燃料燃焼の特性を高めていることが可能でなる。燃料燃焼により音波が発生し、燃焼空間の中にパルス波を形成する。このパルス波は燃焼の全過程に作用する。即ち、燃焼空間の中に、ある特定の条件を満たせば、燃焼空間の中に気体の音響圧力波が速度波と互いに調和され強いパルス音波を発生することになる<sup>2)</sup>。

音波エネルギー燃焼の特徴は次のようになる。

(1) 固体燃料については、パルス音波の存在によ

って、酸素が固体燃料表面への有効接触性が高められ、燃料表面への付灰を除く力が増強させ、低空気過剰係数の条件のもとに、燃料は完全燃焼の域まで達することができる。

- (2) 燃焼効率、熱効率、燃焼の強さは伝統燃焼方法より高く、要求される熱負荷に達する条件が整うと、燃焼装置の規模は小さくなり、製造コストも低く押さえられる。
- (3) SOx と NOx などの有害物の排出量は少なくなり、大気環境にやさしい燃焼装置である。
- (4) この新しい燃焼理論と技術による燃焼装置を使用すれば、燃焼に要する時間も一段と短くなり、燃焼効率も高められる。
- (5) 炉内にはパルス音波が発生するため、運転時に送風・排ガス設備も不要となり、運転コストが大幅に低減させることが可能となる。

通常では、音波エネルギーを利用した燃焼技術は伝統的な固定床式、流動床式技術に比べて、更に高い燃焼効率(約2-3%アップ)、低汚染(約30-40%減少)、低運転コスト等のメリットがある。今まで、アメリカ、ドイツ、イギリス、中国、日本等の国ではこの新しい燃焼技術の研究開発が進められている<sup>3,4)</sup>。

## 3. 石炭の燃焼実験

本研究はより高効率な音波燃焼の特性を研究するため、Rayleigh 準則に基づき、新しい音波燃焼装置を試作した。装置のサイズは長さ 540mm、幅 450mm、高さ 2,600 mm となる。図 1 は新しく完成した音波実験装置の写真を示す。実験装置は排気口、上音波カップリング除去室、燃焼主体、燃料入口、下音波カップリング除去室及び空気入口によって構成されている。

本実験の使用燃料は通常石炭とする。燃焼により、音波エネルギーが発生する時、或いは発生しない時、それぞれの石炭の燃焼状況を観察した。図 2 の写真に示すように、音波エネルギーが発生しない場合は、炎の長さが非常に長くなり、炎の明るさが低くなる。それに対して、音波エネルギーが発生する場合は(図 3)、炎の長さは著しく短くなり、炎の明るさは非常に高くなって

Experimental Study on the Coal Combustion Technology by Using Sound-Energy

Jianxing Ren et al

ることが分かる。

この二つの燃焼状況を見ると、音波エネルギーが発生する燃焼は、発生しない時に比べて、炎の特性が非常に高められ、石炭燃焼の強さ、燃焼速度及び燃焼効率は高くなることが確認できた。

そのほかに、音波エネルギー発生への影響要素はたくさんあり、例えば装置のサイズ、燃料の特性、音波エネルギーの周波数特性、及び空気取り入れ口における吸気速度等が挙げられる。

本研究では主に空気入口速度の大小が直接的に音波エネルギーの発生と音波の強さを左右することに

着目した(図4)。実験結果によって、空気の入口速度は小さすぎると、音波の強さは低くなり、その燃焼状況は普通の燃焼状況に近づき、燃焼効率が著しく低減した。一方、空気の入口速度が増やすにつれて、燃焼状況は不安定となり、ある値を超えると、音波エネルギーの強さは次第に弱くなり、遂に音波エネルギーを発生しにくくなる現象も観察された。



図1 実験装置の写真



図2 音波エネルギーを発生しない炎

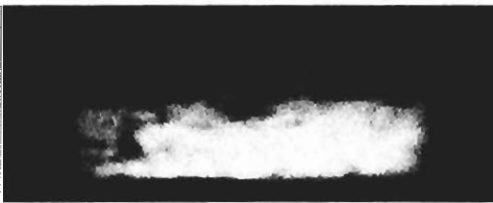


図3 音波エネルギーを発生する炎

本実験では、音波エネルギーの強さの最も高い空気入口速度の範囲は約0.8~1.2m/sで、音波エネルギー発生

- \*1 中国上海電力学院教授・工博
- \*2 早稲田大学理工学総合研究センター 講師・工博
- \*3 早稲田大学理工学部建築学科 助手・工修
- \*4 早稲田大学助教授・工博
- \*5 早稲田大学理工学部建築学科 教授・工博

強さの変化範囲は約73.5~75.0dBであることが確認できた。

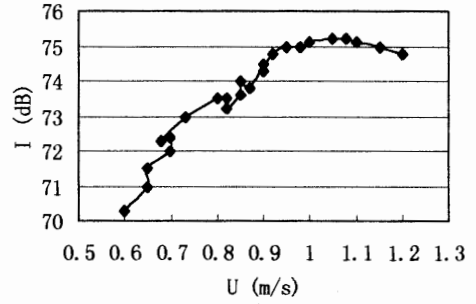


図4 音波の強さと空気入口速度との関係

#### 4. まとめ

21世紀へ向けて、経済発展に伴うエネルギー消費の増加が避けられないため、省エネルギー及び環境保全の問題は非常に重要になってくる。音波エネルギー燃焼装置はRayleigh準則に基づいた新しい燃焼装置であり、今後とも環境面、効率面において、さらにこの方式を利用した新型装置の開発が望まれる。

この装置の燃焼方法は他の燃焼方法に比べ、多くの特長を持ち、高効率であるばかりでなく、低汚染による環境保全の役割を果たすことが期待できる。音波エネルギーを利用した燃焼装置は、現在研究の著についたばかりであり、基礎的な実験の成果によれば、音波エネルギー発生をコントロールする重要なパラメータの一つは空気入口速度であり、そのパラメータの変化範囲は非常に小さいことが確認できた。

#### 5. 参考文献

- 1) 程著辰、パルス燃焼技術、中国鉄道出版社、1994
- 2) F.L.Chen etc. International Conference on Energy and Environment, Shanghai China, May 1995.
- 3) 任建興等、新型Rijke燃焼装置の燃焼特性に関する研究、燃焼科学及び技術、No.2 2000
- 4) Miller, E.A, Powell, F.Chen and B.T.Zinn, The Use of Air Staging to Reduce the NOx Emissions From Coal Burning Rijke Pulse Combustors, Combustion Science and Technology Vol.94 1993

謝辞：本研究は、平成11年度三菱財団自然科学研究助成によって行われたものである。

Prof. Dr. Eng., Shanghai University of Electric Power, China  
 Research Lecturer, Dr. Eng., RISE, Waseda University  
 Research Assoc., M.Eng., Dept. of Architecture, Waseda University  
 Assoc. Prof., Dr. Eng, RISE, Waseda University  
 Professor, Dr. Eng., Dept. of Architecture, Waseda University