
千葉製鉄所第1製鋼工場アーク溶解炉における新方式のクリーンハウス集塵

Air Pollution Control by a New Clean House System for Arc Furnace

小助川 卓(Takeshi Kosukegawa) 大谷 尚史(Takashi Otani) 斉藤 貞之(Sadayuki Saito) 平野 浅三郎(Senzaburo Hirano) 浜田 俊二(Shunji Hamada) 佐藤 譲(Yuzuru Sato)

要旨：

当社のステンレス製造の製鋼部門を千葉製鉄所第1製鋼工場に統合する計画は、1981年4月に溶解炉の稼動で、第1段階を終えた。これにより、溶解炉—K-BOP法によるステンレス製造プロセスが完成した。この溶解炉の建設にあたっては、紛塵や騒音の発生を最小限におさえるための配慮がなされた。このため、炉全体を鋼板製の建家で囲んで集塵を行う、クリーンハウス方式を日本ではじめて開発した。この結果、紛塵や騒音は非常に少なくなり、良好な作業環境が得られた。また、付带的に、炉の熱効率の向上や、窒素酸化物の減少というメリットも得られた。

Synopsis：

A new melting furnace (MF) based on the K-BOP process for making stainless steel came on stream in April, 1981 at Chiba Works, Kawasaki Steel Corporation as the first phase of the scheme for unifying all the stainless steel making divisions of the company into the No.1 steel making shop at Chiba Works. In installing the MF, great efforts have been made for the abatement of noise and reduction in fumes and airborne dust. To meet the said requirements, the melting furnace was installed in a totally enclosed house ("Clean House" system) made of steel plates and sound-absorbing materials. This innovation was realized for the first time in Japan. Due to the "Clean House" system, remarkable improvement in working environment has been achieved. At the same time, thermal efficiency was increased and some metallurgical benefits obtained.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

千葉製鉄所第1製鋼工場アーク溶解炉における新方式のクリーンハウス集塵

Air Pollution Control by a New Clean House System for Arc Furnace

小助川 卓*
Takashi Kosukegawa

大谷 尚史**
Takachi Otani

斉藤 貞之***
Sadayuki Saito

平野 浅三郎****
Senzaburo Hirano

浜田 俊二*****
Shunji Hamada

佐藤 譲*****
Yuzuru Sato

Synopsis:

A new melting furnace (MF) based on the K-BOP process for making stainless steel came on stream in April, 1981 at Chiba Works, Kawasaki Steel Corporation as the first phase of the scheme for unifying all the stainless steel making divisions of the company into the No. 1 steel making shop at Chiba Works.

In installing the MF, great efforts have been made for the abatement of noise and reduction in fumes and airborne dust.

To meet the said requirements, the melting furnace was installed in a totally enclosed house ("Clean House" system) made of steel plates and sound-absorbing materials. This innovation was realized for the first time in Japan.

Due to the "Clean House" system, remarkable improvement in working environment has been achieved. At the same time, thermal efficiency was increased and some metallurgical benefits obtained.

する。

1. 緒言

当社のステンレス製造の製鋼部門を千葉製鉄所第1製鋼工場に統合する計画は、1981年4月、溶解炉の稼動をもって、溶解炉-K-BOP法によるステンレス製造プロセスが完成した。この溶解炉は、スクラップ溶解のみを目的としたアーク炉であるが、粉塵、騒音などに関しては、従来の製鋼用アーク炉と同様の環境上の問題をかかえていた。この対策として、日本で初めてクリーンハウス方式の集塵設備を開発、設置したので、概要を紹介

2. クリーンハウス設置の理由

製鋼工場は、一般に、スクラップや副原料の搬入、半製品の搬出などのために、建家の開口部が大きく、アーク炉より発生する煙は拡散されやすく、建家内の作業環境を悪くするとともに、建家外への洩煙を生じやすい構造となっている。従来は、この粉塵に対しては、アーク炉々体より直接吸引する、直接吸引方式と、なおかつ炉周辺に拡散する粉塵に対しては、建家集塵設備とで対処し

* 千葉製鉄所製鋼部製鋼技術室主査（部長補）
** 千葉製鉄所企画部企画開発室主査（課長）
*** 千葉製鉄所環境安全部環境管理室主査（課長補）
[昭和57年3月24日原稿受付]

** 千葉製鉄所製鋼部製鋼技術室主査（課長）
**** 千葉製鉄所企画部企画開発室主査（掛長）

ていた。しかし、この方式は、建家集塵の集塵効率が悪いなどのために、強風下などの気象条件によっては、建家外に煙がもれることがある。また、炉より排出されたダストが、炉周辺に推積し、炉廻りや、製鋼工場内の作業環境を悪化させている。

一方、アーク炉からは、最大120dB(A)以上の騒音が発生し、炉廻りおよび製鋼工場全体の作業環境を悪化させている。また、立地条件によっては、工場周辺の住宅地域まで影響をおよぼす可能性がある。この騒音に対しては、騒音を低下させる方法が、技術的に困難であることや、炉が UHP (Ultra High Power) 化することあっても、逆に悪化することが推定された。これらの問題点をふまえて、今回のアーク炉の設置にあたっては、「粉塵、騒音の出ない、クリーンで静かなアーク炉」の建設を第1の目標とした。このため、種々の技術的な方法を検討した結果、アーク炉全体を1つの建家で囲み、この建家（以下、クリーンハウスと呼ぶ）内を吸引する方式が、対粉塵、対騒音上最良であるとの結論を得、米国での類似の実施例も調査し、日本ではじめて開発、実用化したものである。また、この方式によると、アーク炉内が正圧操業になるため、炉内に空気が入らず、窒素酸化物の発生を抑止も期待された。

3. クリーンハウスの特徴

3.1 構造、および作業性

Fig. 1に、アーク炉、クリーンハウスの平面、断面の構成を示す。基本的には、アーク炉全体を包み込む溶接鋼板製の建家で、内容積は4 400m³である。このクリーンハウスにより、アーク炉作業員とアーク炉とは、壁により遮断されることになり、作業性の低下が最初に心配された。このため、各種作業に対応すべく、クリーンハウスには、各所に以下に示す様な扉を設けた。

(1) 装入扉、天井扉

ハウス南側よりスクラップを装入するため、スクラップバケットが通過する装入扉と、スクラップバケットを吊る天井クレーンのワイヤが通過する天井面に天井扉を設けた。

(2) 炉前扉

炉内監視、酸素吹精作業、排滓作業等の、炉前作

業を行うための、炉前扉を設けた。この扉をあけても、炉内監視や酸素吹精作業ができる様に、のぞき窓や小扉が付属している。

(3) 出鋼扉

出鋼時、溶鋼鍋をハウス内に入れるための、出鋼扉を設けた。

この他、電極をハウス内に入れるための、電極バレット台車用扉や、作業員が出入りするための扉も設けてある。

以上の様な各種作業用扉により、炉周辺の作業性は、従来の製鋼用アーク炉と、ほぼ同等なものとなった。このクリーンハウスの、装入扉側よりみた外観を、Photo. 1に示す。

3.2 粉塵対策

クリーンハウス方式による集塵は、ハウス上面に設けた集塵フードより、ハウス内部の空気を吸引する方式で、間接吸引方式の一種である。吸引風量は、ハウス内部の熱バランスを計算し、ハウス内温度が限界許容温度を超えない量を設定し、5 000m³/minとした。ハウス外へ洩煙しない様に、ハウスは密閉気密の構造となっている。このため、吸引により、ハウス内の負圧が過大となり、破壊



Photo. 1 View of clean house

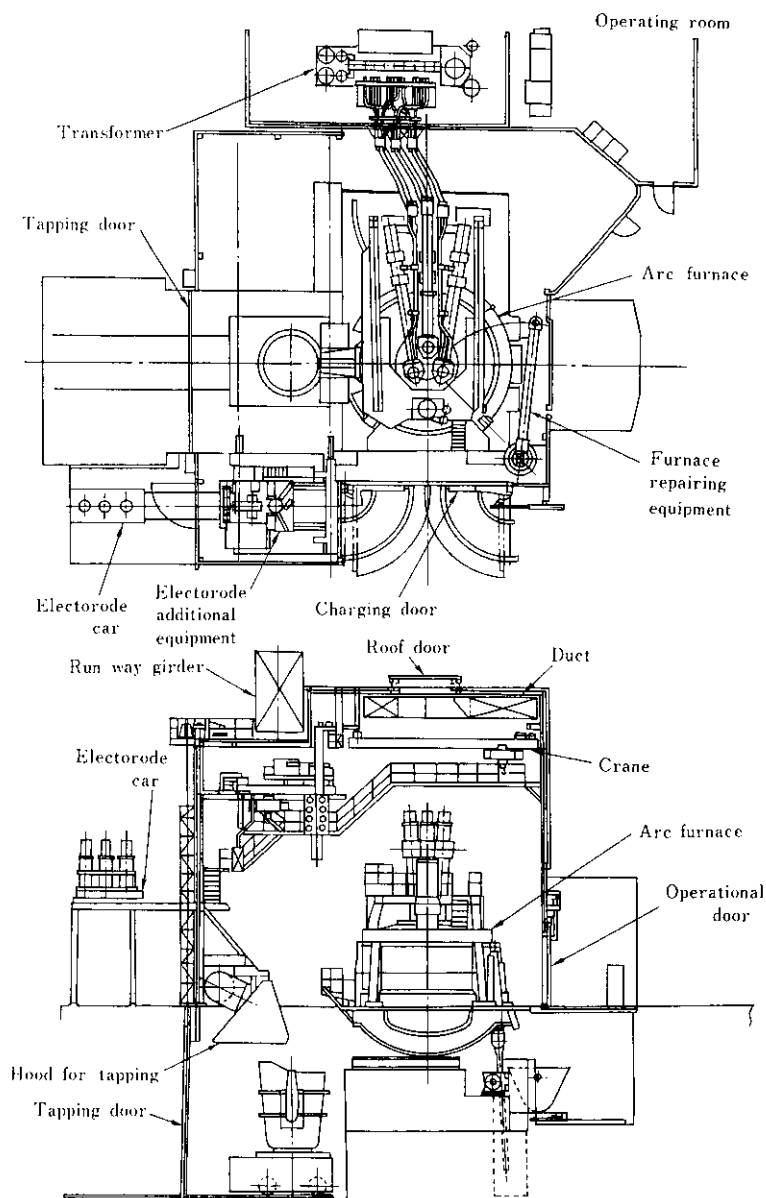


Fig. 1 Plan and side view of arc furnace

するのを防止するため、サイレンサー付の空気導入口を設けた。許容最大負圧は -20mm Aq である。出鋼時は、発塵する場所が、炉の出鋼口附近に限定されることから、出鋼集塵用のフードは、ハウス内に別に設けた。

3・3 騒音対策

騒音に対しては、ハウスの壁による音圧の透過

損失で十分な減音効果が得られる。騒音源である、アーク炉をハウスで包みこむことによって生じる音圧上昇を防止するためハウス壁の内側に 100mm 厚みのロックウールをはりつけてある。壁は 4.5mm 厚みの鋼板である。ハウス壁に少しでもすき間があると外に音がもれるため、扉のシールには特に気をつかい、ゴム等のやわらかいパッキンで、完全なものとしてある。

4. クリーンハウスの効果

4-1 対粉塵面での効果

本アーク炉の様に、スクラップの溶解のみを目的とし、炉内精錬を行わない炉にあっても、発塵量は Fig. 2 に示す様に操業時期により変化する。この発塵対策としては、Fig. 3 に示す方式をとっている場合が多い。すなわち、通常の溶解期においては、炉殻に直接集塵ダクトをつなぎ込んで、炉内を負圧とし、炉外部への洩煙を防ぐ直接吸引方式がとられている。ところが、この方式だと、炉蓋が開く初装、追装時や出鋼時は有効でないた

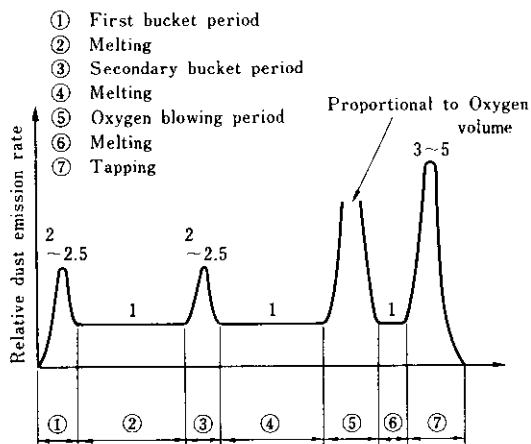


Fig. 2 Typical dust emission pattern at melting furnace

め、炉の上方、屋根直下に天井フードを設けて、直接吸引集塵のバックアップを行う、いわゆる建家集塵を併用するのが通例である。この直接吸引+建家集塵方式は、不完全、不十分な点も多く、それらをあげると以下の様になる。

(1) 直接吸引方式

- (a) 炉内の CO を多量に含む高温ガスを吸引するため、燃焼塔、冷却塔など付帯設備が増え設備費が高くなる。また、このガス顕熱による熱ロスが生じる。
- (b) 炉内に外気が侵入するため、高温およびアークにより、窒素酸化物が発生する。
- (c) 発塵がはげしいスクラップ装入時、および、出鋼時には無力で、別の集塵装置を必要とする。

(2) 建家集塵方式

- (a) 建家集塵のフードは、通常スクラップ装入クレーンのランウェイガーダーより上部に設けられるため、発塵の拡散が大きい所で集煙する。このため、大風量が必要となり、設備費が高い。また、横風などの影響を受けやすい。
- (b) 建家天井に、大型フードを設置するため、建設費が高い。

これに対し、クリーンハウスによる集塵方式は、Fig. 4 に示す様にアーク炉全体を建家で囲み、内部を負圧にして集塵する方式であるから、適正な吸引風量を選定してやれば、外部への洩煙をゼロにすることは容易である。これは、対外的な環境問題のみならず、製鋼工場内部の環境改善にも役

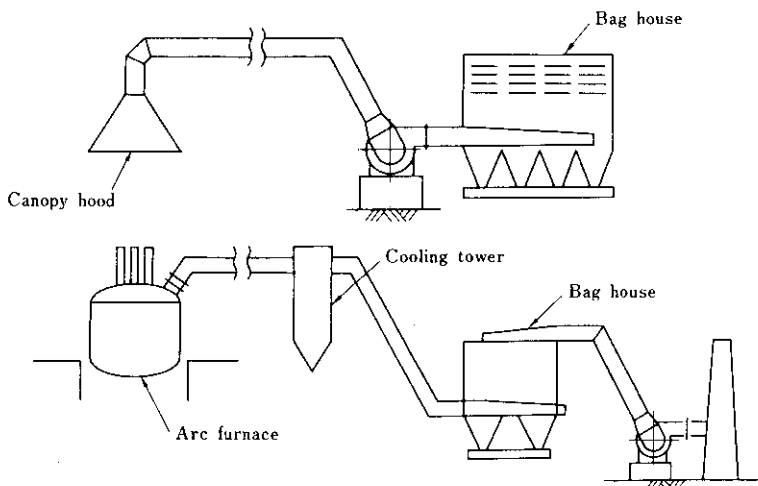


Fig. 3 Conventional air pollution control system for arc furnace

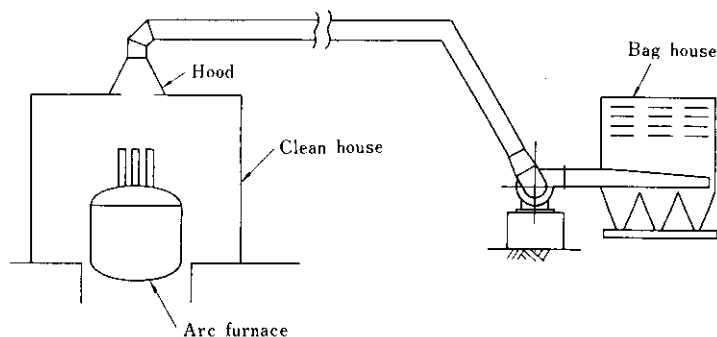


Fig. 4 Air pollution control system with clean house for arc furnace

立っている。また、集塵に要する風量が、従来方式に比べ、少なくすむことにより、イニシャルコスト、ランニングコストが少なくて済むという経済的利点がある。これ等の利点については、あとで詳述する。また、アーク炉内が正圧となり、外部より空気の侵入がないことから、結果的に、窒素酸化物の発生が大幅に少なくなった。

4.2 対騒音面での効果

製鋼用アーク炉より発生する騒音は、炉容、トランス容量、スクラップの性状により変化するが、平均して100～119dB(A)くらいであり、最大は120dB(A)以上である。この騒音により、アーク炉周辺の作業環境はもとより、アーク炉が設置されている工場全体の作業環境を悪化させる原因となっている。また、工場の敷地境界に近く、音の距離減衰が期待できないような場合は、しばしば騒音公害の原因となり、このため遮音壁などの設備を付

加する必要がある。

クリーンハウスによる、騒音減少効果の測定結果をFig. 5に示す。これで明らかな様に、ハウス外壁での音の透過損失により、ハウス外側は内側に比べ、20～40dBの音圧レベル低下がみられる。ハウス外壁の構造は、Fig. 6に示した様に、4.5mmの鋼板の内側に、100mm厚みのロックウールをはったものである。音の透過損失は主として鋼板がうけもち、ロックウールはハウス内の音圧上昇

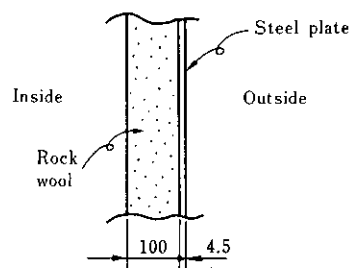


Fig. 6 Structure of clean house wall

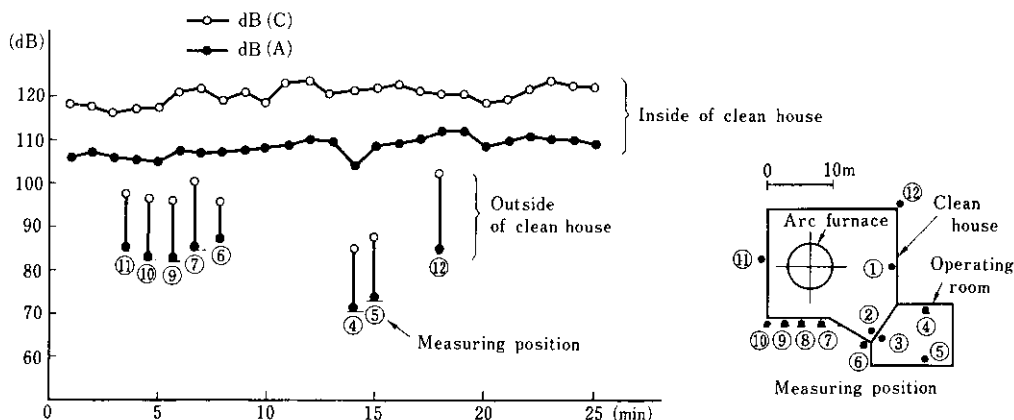


Fig. 5 Noise level inside and outside of clean house

をおさえる目的で設置されたものである。

以上述べてきた様に、クリーンハウスの設置により、粉塵や騒音の低下、および、窒素酸化物の抑止の面で、アーク炉の環境は、大幅に改善することができた。

5. クリーンハウスの経済性

前項で、クリーンハウス方式による集塵は、従来の直引+建集方式に比べて、イニシャルコスト、ランニングコストともに安くなると述べた。本項では、クリーンハウスによる集塵方式が、従来方式に比べて、コスト的に、どの程度になるか試算を行った。試算にあたって、前提として下記の条件を設定した。

(1) 集塵機の仕様

(a) 直引+建集集塵方式

建集集塵機：15 000m³/min, 300mm Aq

直引集塵機：3 000m³/min, 800mm Aq

(b) クリーンハウス方式

クリーンハウス集塵機：5 000m³/min, 400mm Aq

(2) 集塵機の風量制御パターン

直引+建集集塵、クリーンハウス方式のいずれも、操業各時期にあわせた風量制御を行うものとするこのパターンを Fig. 7~9 に示す。

5.1 設備費の比較

簡単のために、集塵機の m³/min あたりの単価を 40 千円/m³/min と仮定する。クリーンハウスの設備費は、千葉第 1 製鋼工場の実績値を用い、各方式の設備費を積算すると、直引+建集集塵方式とクリーンハウス方式の設備費は 8 億円+ α および 4 億円となり、この比は約 2 : 1 となる。すなわち、

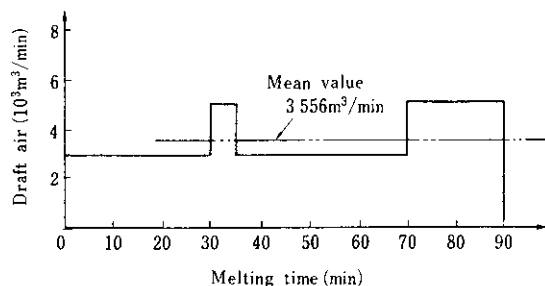


Fig. 7 Draft air pattern from clean house

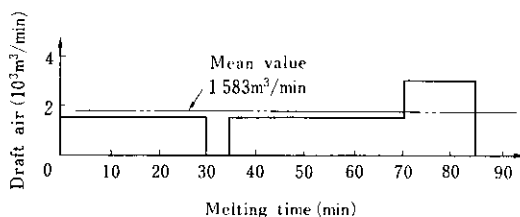


Fig. 8 Draft air pattern from furnace

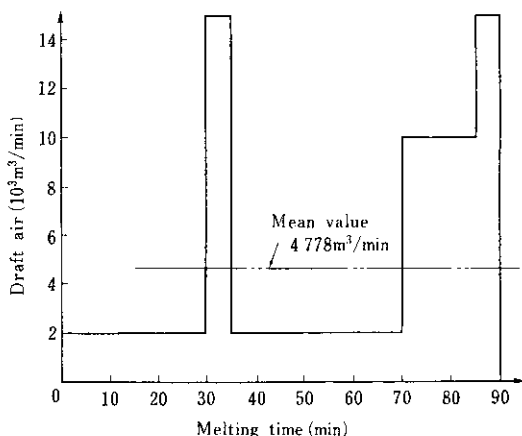


Fig. 9 Draft air pattern from building

クリーンハウス方式の方が、従来の直引+建集集塵方式に比べて、約半分の設備費ですむという結果になる。

5.2 運転費の比較

運転費の差は、集塵機のファンの消費電力の差より生じるものである。ファンの運転電力は、次式で求めることができる。

$$P = \frac{\Delta P \times Q}{102 \times 60 \times \eta} \times \alpha \times H$$

P : 運転電力 (kWh)

ΔP : ファン静圧 (mm Aq)

Q : ファン風量 (m³/min)

η : ファン効率

α : 余裕

H : 時間 (h)

この式と、Fig. 7~9 に示した風量パターン、およびファンの性能曲線により、運転電力を求めると、直引+建集集塵方式、クリーンハウス方式はおのおの 600kWh, 400kWh となり、運転費の比は

3:2となる。

以上の結果を **Table 1** に示す。クリーンハウスを設置する工場のローカルな条件のために、前述の差の値は変化するであろうが、基本的に、クリーンハウス方式は、従来方式に比べ、イニシャルコスト、ランニングコストとも有利であることは明らかである。また **Table 1** の比較には含めていないが、従来方式では、別に設けていた騒音対策まで含めて考えれば、クリーンハウス方式は設備費面上、さらに有利になる。運転費に関しても、**Table 1** にあげたもの以外に、直引がなくなったため、炉の熱効率が上昇し、電力原単位が低下するというメリットもある。

6. 操業後の経過

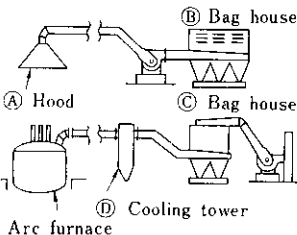
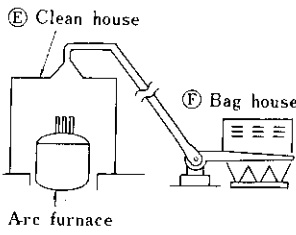
クリーンハウス方式による集塵結果は、前述した通り、対粉塵、騒音の面で、初期の目的を達した。ただし立ちあがり時点では1~2のトラブルを経験した。すなわち、ハウス内の雰囲気温度上昇によりハウス内の機器が損傷したこと、また、同じ原因により、吸引空気が高温となり、バグフィルターの吸引許容温度を超え、このため、保護回路（外気を導入するダンパーが作動し、希釈空気を吸い込んで温度を下げる機能）が働らき、結果的にハウス吸引風量が低下して、発塵が生じるというトラブルが発生した。ハウスの吸引風量は、

炉より発生する熱などを考慮して、熱バランス上、ハウス内雰囲気温度が許容値を超えない風量を設定してある。しかし、サイレンサー付大気導入口が、取り合いの上、1箇所しか設けられなかったことにより、ハウス内で空気の偏流が生じたこと、原料スクラップに予想以上の油脂類が付着しており、その燃焼熱が無視できなかったこと、などのために、ハウス内の温度が局所的に上昇して、前述したトラブルをまねいたものである。ただ、この温度上昇も、ハウス内上部に限られ、アーク炉本体への影響はなかった。この問題に対しては、①バグフィルターの濾布を交換して、耐熱性の高いものにしたこと、②ハウス内機器を耐熱度の高いものに交換したこと、などで対処し、現在一応解決されているが、今後、新しくクリーンハウスの設置を計画する際は、十分考慮にいれる必要があると考えている。

7. 結 言

静かで、粉塵の出ないアーク炉を建設するために、日本ではじめて実用化された、クリーンハウス方式の集塵は、当初の目的通りの効果をもたらした。また、付帯したメリットとして、設備費、運転費の減少、窒素酸化物の発生抑止効果も確認された。炉の操作性も、従来のアーク炉に比べて、遜色のないものとなっている。

Table 1 Cost comparison of air pollution preventive system between clean house and conventional one

		Conventional system	Clean house system
Equipment			
Initial cost	Capacity of bag house	(B) 15 000m ³ /min (C) 3 000m ³ /min	(F) 5 000m ³ /min
	Initial cost	$(B) + (C) + (D) + \alpha$ $\alpha = (A)$ $(2 + \alpha)$	$(E) + (F)$ 1
Running cost		Bag house running cost 3	Bag house running cost 2

今後は、クリーンハウスの耐久性や、より効果的な熱対策について、フォローしていく所存である。なお、本クリーンハウスは、当社と、石川島播磨重工業(株)とで、特許出願中である。

おわりに、建設に協力していただいた、石川島播磨重工業(株)の設計および工事関係者に、感謝の意を表します。