

技 術 報 告

669.1.011:536.55:535-15.082.5
赤 外 線 カ メ ラ の 鉄 鋼 業 へ の 応 用*

大 野 二 郎**・草 鹿 履 一 郎***

Infrared Camera and Its Application to Steel Industry

Jiro OHNO and Riichiro KUSAKA

Synopsis:

Recently the infrared camera has been used in various kinds of field, and useful applications to the steel industry are expected. Many interesting thermograms of blast furnace, hot stove etc. have been obtained by using the infrared camera (Barnes Co., Thermography T-4). The important points in practical use including the dust protection for the camera are described.

(Received Jan. 9, 1968)

1. 緒 言

近年著しく発達してきた赤外線技術の成果の1つとして赤外線カメラがあり、人工衛星をはじめ、医療用、工業用などに広く使用されている。赤外線カメラは、大ざっぱにいつて二次元的温度分布を測定する器械であり、 $-200^{\circ}\text{C} \sim 1500^{\circ}\text{C}$ あるいはそれ以上の広い温度範囲が測定できる。赤外線カメラや温度パターンについてはこれまで多数紹介されており¹⁾²⁾、鉄鋼プロセスにはあらゆるところにさまざまな形で温度や熱が関与しているので、温度パターン測定技術はなかなか魅力的である。しかし赤外線カメラは高価なことから、元来精密光学器械であるところから、導入に躊躇せざるをえない。鉄鋼プロセスにおいてはわずかに Armco 社から紹介程度の報告があるのみで³⁾、まだ効果的な使用例についての報告はない。そこで実験に使ってみたところこんな面白いデータがとれたのでこんな応用が考えられるといった case by case の実績を積重ねていかなければ話が進まない。

当研究所では、昭和 43 年 3 月にバーンズ社(U. S. A)赤外線カメラを購入し、高炉周辺の温度パターンを測定し、温度パターンとはどのようなもので、どのように利用できるものかを調べ、いくつかのプロセスに対し温度パターンを利用した解析を試みた。ここでは測定した写真と使用上注意すべき点を紹介する。

2. 使用に際しての問題点と対策

2.1 測定環境

鉄鋼プロセス、特に高炉を中心とした部分は測定環境としては最悪であろう。このような環境下で装置が安定に動作するかどうかはまず問題になる。われわれが使用したバーンズ社赤外線カメラは光学系がむき出しになっており、そのまま使用したら数時間で使用不能になる。そこで Photo. 1 のようにカメラをアクリルケースに格納し、窓の部分にポリエチレンフィルムを取り付けて使用した。赤外域で透過特性がよく、かつ簡単に入手できるものは、 300°C 程度までの測定ではポリエチレンがよく、より高温になると三弗化樹脂系がよい。Fig. 1 に透過率測定データを示す。この程度の防塵対策で、小雨程度あるいは呼吸困難になるくらいの dust 中でかなり長時間使用してもカメラに特に問題は生じなかった。

2.2 視 野

実際に測定する場合には、対象との間に障害物があつたりしてなかなかよい視野が得られない。当然のことながら、赤外線カメラは温度パターンを測定してはじめて威力を発揮するので、障害物を除いたりよい足場を作ったり積極的によい視野の確保に努める。この点がよいデータを得る重要なポイントである。

2.3 外 乱

温度パターンの測定にはいろいろ外乱になる要因があり、データの整理には注意しなければならない。次に代

* 昭和 43 年 10 月本会講演大会にて発表
昭和 44 年 1 月 9 日受付

** 八幡製鉄(株)東京研究所

*** 八幡製鉄(株)東京研究所、理博

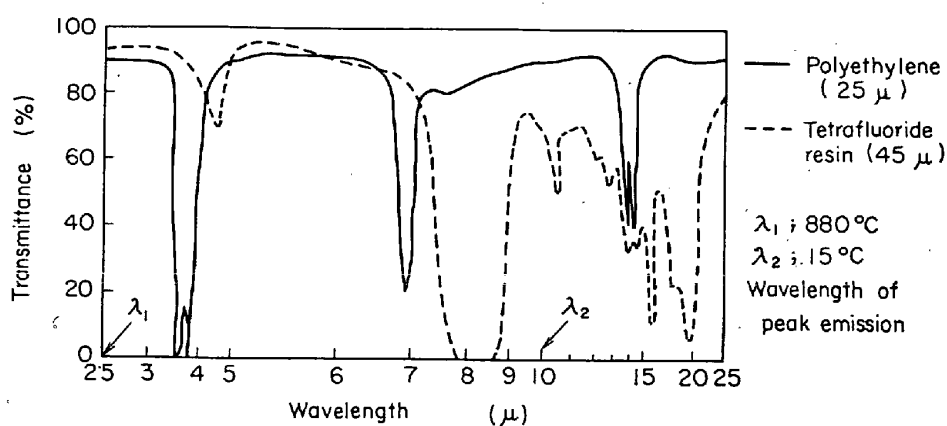


Fig. 1. Transmittance of window material.

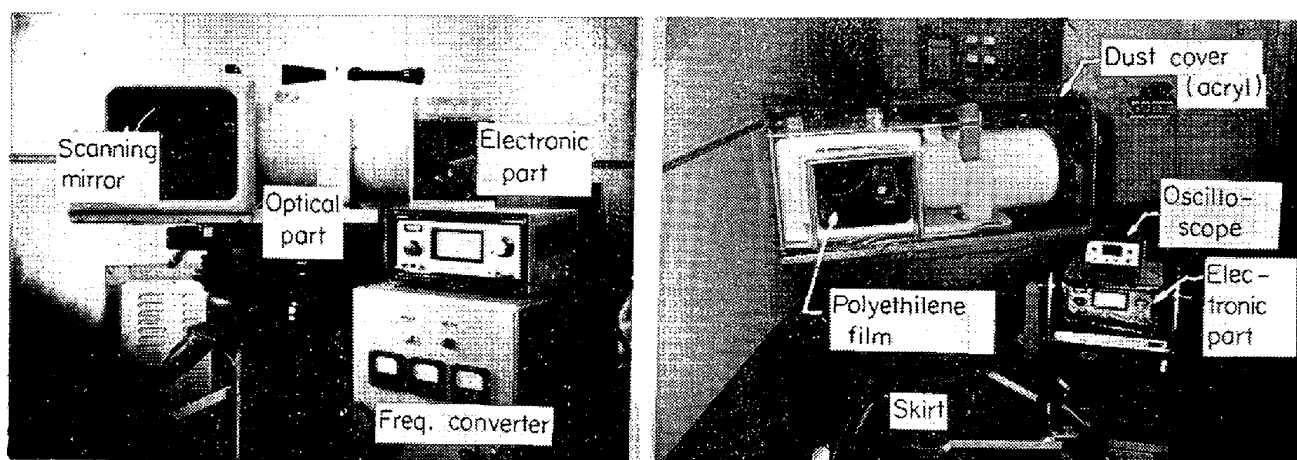


Photo. 1. Infrared camera: Barnes Co., (USA) thermography-T 4.

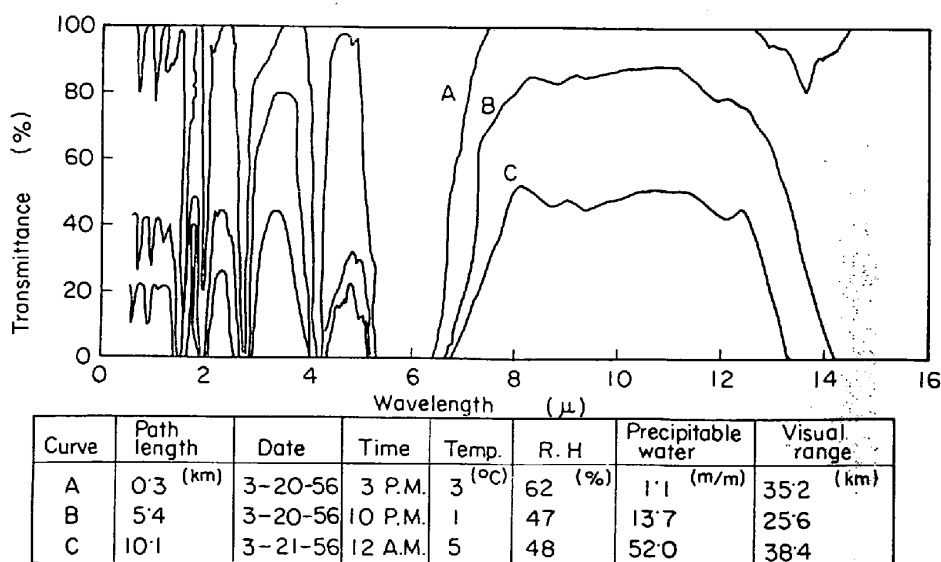


Fig. 2. Atmospheric transmission.

表的なものを示す。

(i) 輻射率

輻射率が異なると見かけ上の表面温度が変わってくるので注意しなければならない。しかし一般に、高炉周辺

の測定対象は錆などで輻射率が高くなっており、温度パターンを問題にする範囲においてはそれほど気にする必要はない。

(ii) 反 射

測定対象付近に高温物体があつたり、構造上空洞条件を作つていたりすると、反射の影響で表面温度が見かけ上高くなる。高炉周辺には高温物体が散在していたり、複雑な建築構造になっているので、十分注意しなければならない。特に常温付近の対象を測定する場合に気をつける。

(iii) 大気中の透過特性

水蒸気や炭酸ガス、dustなどは赤外線を吸収、散乱して外乱になる。しかし温度パターンだけが問題ならば相当見通しの悪い場合も測定できる。Fig. 2 に大気中の透過特性測定例を示す³⁾。われわれの測定例では約 200 m 離れた対象でも明りような温度パターンを得た。

2.4 測定上の注意とデータ処理

現場で測定をする場合は周囲条件を細かくメモしておくとの後の解析に役立つ。また赤外線カメラの視野を記録するために通常の写真をあわせて撮しておくとの便利である。温度パターンは、そのまま利用できるものも、更に詳しい解析が必要な場合もあるが、後者の場合はサーモグラム(温度パターン)から温度を読みとる必要があり、大

変な手間になる。そこで温度パターンを電気信号のままデータ・レコーダーに記録しておき、計算機を利用して等温線を描かせるなどのデータ処理が必要になつてくる。

3. 測 定 例

主として高炉と周辺設備の温度パターンを測定した。赤外線のみで見た高炉や熱風炉とはどんなものであるかをこれらの中から代表的なもので紹介する。測定した温度パターンには、すぐに利用できるものや、さらに解析を進めれば興味ある結果が得られそうなものなどがあり、いろいろ有効な応用が考えられる。

(i) 熱風炉の温度パターン

Photo. 2 に紹介してあるが、大変特徴的な温度パターンが得られた。熱風炉の内部構造は簡単なので表面温度分布の解釈は容易にできる。これらの写真中にホットスポットが見い出されるが、この変化から炉のいたみ具合がわかる。

(ii) 高炉ファフトの温度パターン：Photo. 3

炉内付着物があつたり、炉内ガスの流れに円周方向分

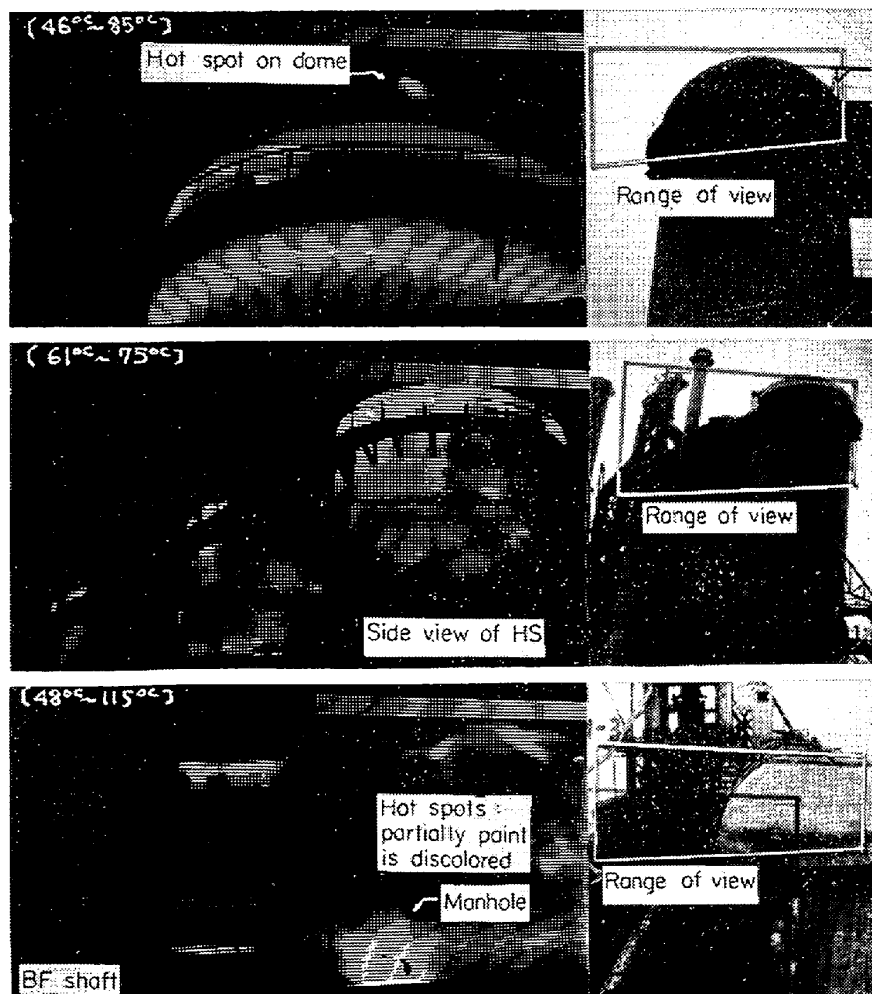


Photo. 2(I). Typical thermograms of hot stoves (closed view).

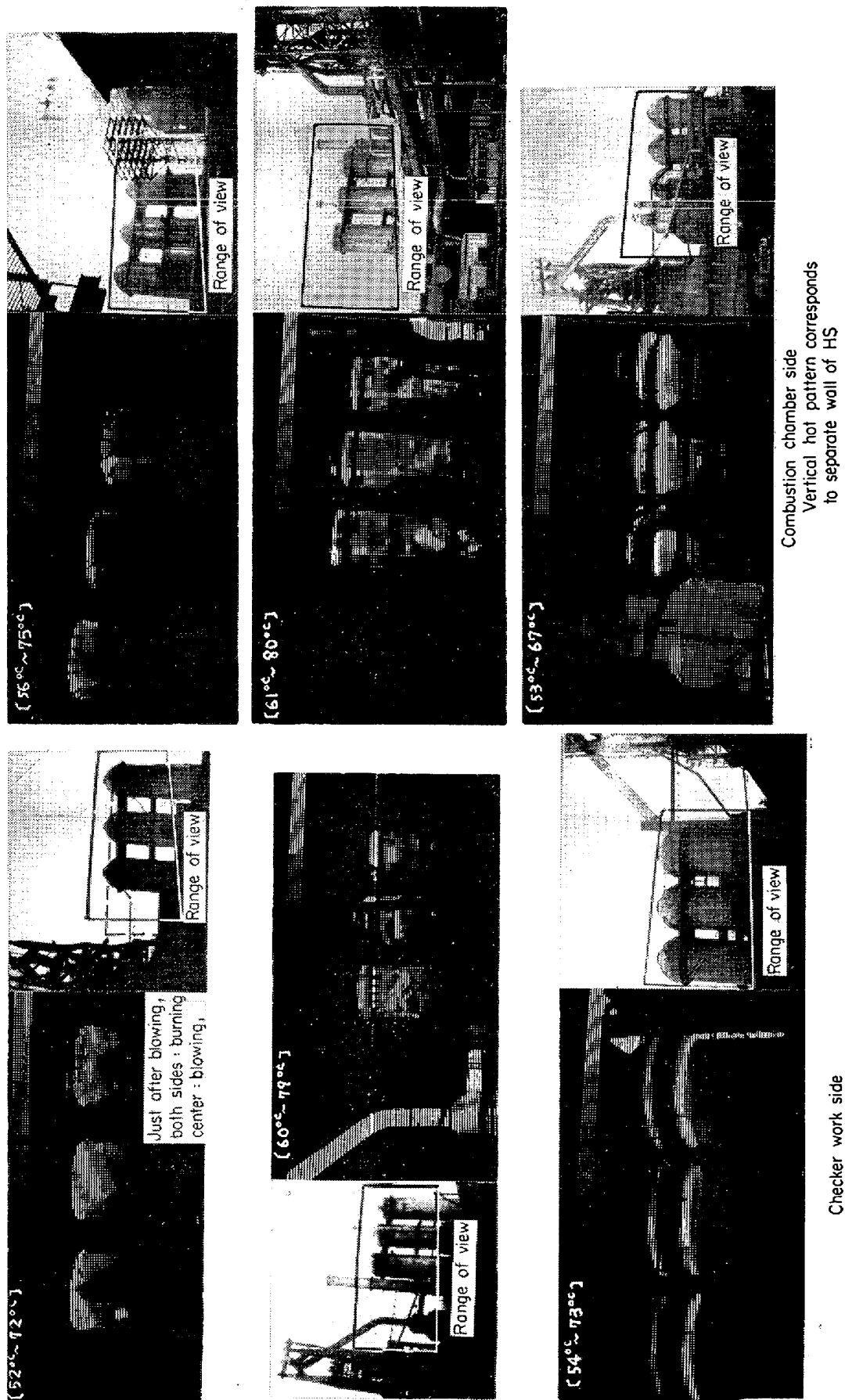
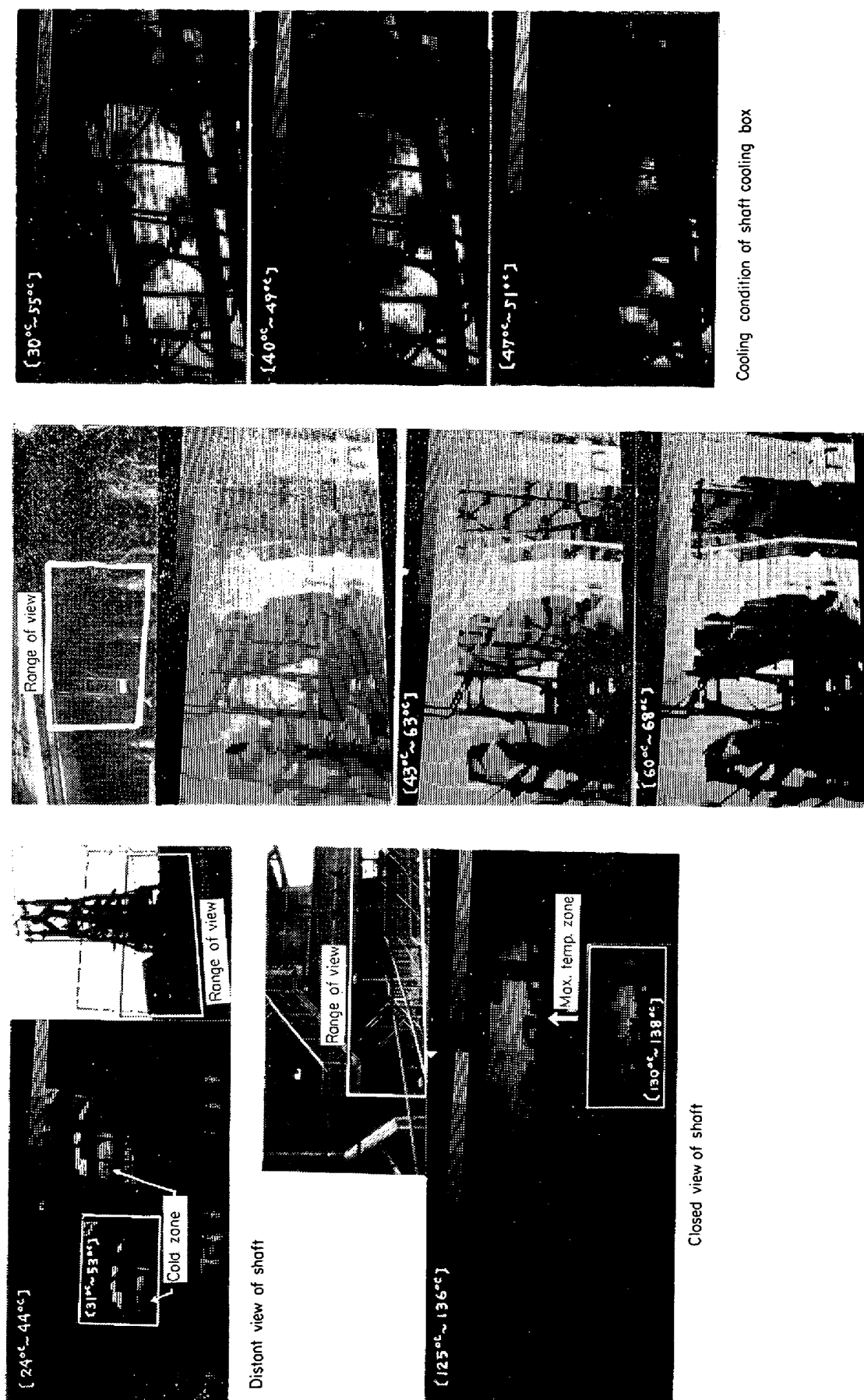
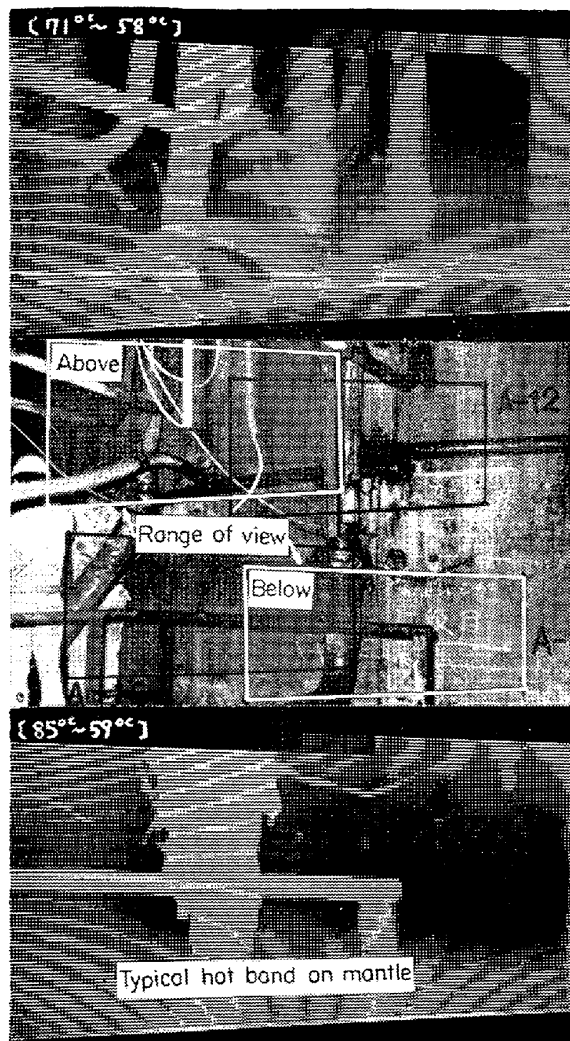


Photo. 2(II). Typical thermograms of hot stove (distant view).

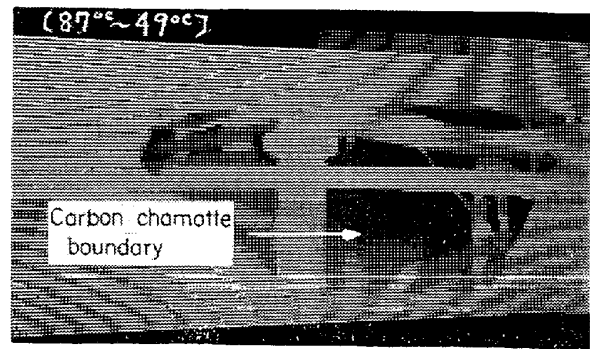


Temp. pattern of BF bosh : emphasize the hot zone

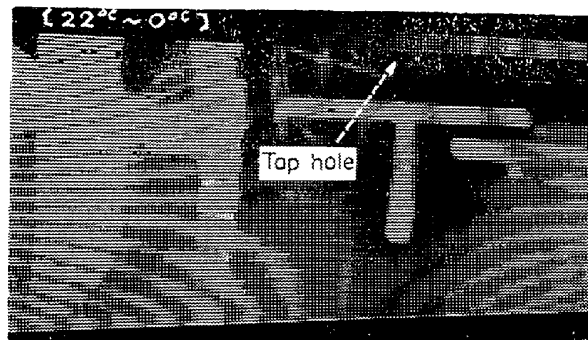
Photo. 3. Thermograms of BF shaft.



Temp. pattern of normal part



Temp. pattern about carbon-chamotte brick boundary



Temp. pattern under tap hole

Photo. 4. Thermograms of BF bottom (mantle).

布があればシャフト表面温度に変化を生ずる可能性がある。そこでシャフトの温度パターンをいろいろな角度から測定してみた。この際により視野が得られずに苦労した。シャフトのボーリングによる壁厚測定結果と温度パターンの間により対応があつた。なおシャフト壁温は風向きによつて変化するので注意しなければならない。

(iii) 炉底の温度パターン: Photo. 4

炉底マンテルは冷却水で冷やされているが、この部分の温度パターンは単に冷却水の表面温度を示すのみである。赤外線は、 $1 \sim 2 \text{ mm}$ の水膜でも完全に吸収されて透過できず計水膜の向うの情報は伝えてくれない。したがつて可視光の写真では水膜の向うの壁むらが見えるが、温度パターンは均一である。また温度パターンに生ずるムラは冷却水のムラである。ところがいつたん冷却水を止めて壁温を測定するといろいろ面白いパターンが測定できる。現在炉底レンガの侵食を測定する方法はないが、こういった面からも解析できる可能性があるのではないか。

4. お わ り に

ここで紹介した温度パターンは多様な鉄鋼プロセスのほんの一部についてであり、このほかに動いているもの、高温のもの、あるいは人間が直接観察できない場所などの測定ができれば、赤外線カメラの応用範囲はいつそう広まる。このためには鉄鋼プロセスに便利な赤外線カメラが作られるように問題点をメーカーに反映させてゆく必要がある。

当所では赤外線カメラのさらに積極的な活用を行ないつつあるが、いずれ別の機会に成果を発表したい。

文 献

- 1) 豊田他: 計測と制御, 4 (1965) 12, p. 828~847
- 2) 吉永: ミリ波と赤外線, 第 11 章, オーム社
- 3) H. E. BRADLEY et al.: ISA Proceedings, 1966 Nat. Conf. Instr. for the Iron & Steel Ind., 16 (1966) March
- 4) J. H. TAYLOR et al.: PB 121199, (May 11, 1956)