

解 説 UDC 669.1 : 662.99(-0)

製鉄所排熱の地域利用システム*

内 田 秀 雄**

Utilization System of Waste Heat Originated in Steel Industry

Hideo UCHIDA

1. ま え が き

わが国の一次エネルギー消費量は 1973 年国民一人当たり約 4.7 kWt/人であつて、先進工業国の中ではまだ低い水準である。しかし一次エネルギーのうち 60% 以上が鉄工業に消費されており、その割合は他国よりも高率である。このことは天然資源が皆無に近いわが国が活動するためとして当然のことであろうが、オイルショック以来将来の化石燃料の供給難を見通して、10% 近い省エネルギーが必要とされている¹⁾。そのために鉄工業界におけるエネルギーの有効利用の促進が強く望まれている。製鉄業に限つていえば、粗鋼生産量に対する一次エネルギー消費率は現在 5.2~6 Gcal/t (粗鋼) 程度であつて、この値は昭和 48~50 年の間に 5% の減少を示しており、既に製鉄プロセスの中での省エネルギーは相当の成果をあげているといつてよい。しかしながら製鉄業に消費される一次エネルギーの全量は、全国一次エネルギー消費の約 20% に当り、しかもそのうち約 40% が何らかの形態の熱エネルギーとして排出されており、その温度も上は 1500°C から下は環境温度に近い低レベル迄の広い範囲にわたっている。そこで省エネルギー政策の一つとしてこの製鉄所からでている未利用排熱を回収し、それを周辺地域の民生・農・水産業などで利用することの可能性を調査するため工業技術院は昭和 50 年度に、日本鋼管株式会社福山製鉄所と周辺の福山・笠岡両市を対象として「特定地域熱総合利用計画策定」のための研究調査を行い、51年度には大型技術開発制度の「廃熱利用技術システムの開発研究」の一環として調査研究を行つた。筆者はこの研究プロジェクトに一員として参加したので、これらの研究調査結果を参照しつつ製鉄所排熱の有効利用に関する一般問題について私見をまじえ説明する。本文中「調査会」と称して前記福山地区に対する研究調査の委員会を称することにする。

2. 製鉄プロセスからの排熱

福山製鉄所は粗鋼生産能力 1600 万 t/y であつて、一次エネルギー消費は 5.4 Gcal/t である。図 1 に昭和 48 年 (生産実績 1270 万 t/y) における同製鉄所のエネルギー流れを示している。この製鉄プロセスから排出される未利用排熱は、ガス状・固体および滓・冷却水に区分される。排熱の温度レベルは 1500°C 以下多段のレベルにわたっており、図 2 に示されている。排熱量の総計は以下に示すように 3000 Gcal/h となり、消費一次エネルギー投入量約 6.86×10^7 Gcal/y の約 38% になる。

ガスとして放熱	760 Gcal/h
製品の保有熱として	940 "
炉体などからの放熱 (150~100°C)	240 "
計 1940 "	
冷却水が持ち去る熱 (100~50°C)	1060 "
総計 3000 Gcal/h	

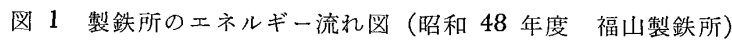
ガス状未利用熱は主に各炉の煙突から出る燃焼排ガスである。転炉排ガスのように含塵量の多いものは水噴射によつて冷却後除塵されるので、排出温度は 200°C レベルになる。製品の保有熱には、中間製品も含まれている。焼結鉄の保有熱は空冷によつて熱風として排出される。赤熱コークスの保有熱は散水冷却による蒸気として間欠的に放出されている。高転炉滓は散水冷却されている。図 2 の排熱の温度は排出鉄の状態を示すものでなく未利用熱の回収が行われる場合を想定してその発生源での状態を示すものである。たとえば 400°C レベルの製品熱は製品の圧延直後の温度で表示されている。

3. 未利用熱エネルギー回収利用の方法

未利用排熱を回収利用するには、① 熱エネルギーを蒸気・高温水その他の熱媒体によつて回収し熱エネルギーと

* 昭和 53 年 3 月 1 日受付 (Received Mar. 13, 1978) (依頼解説)

** 東京大学工学部 工博 (Faculty of Engineering, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo Bunkyo-ku Tokyo 113)



で温度レベルをあげて熱エネルギーとして利用する方法の三種に大別される。図3はエネルギーの温度レベルと利用

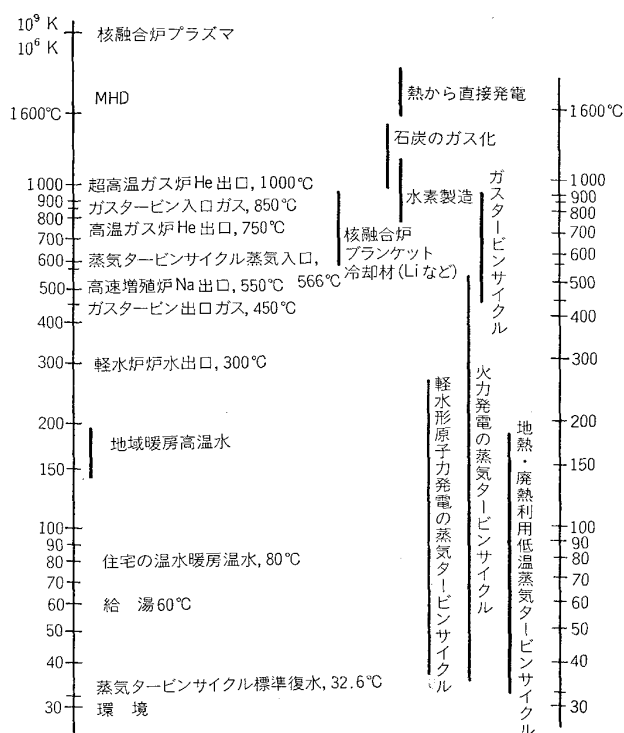


図 3 エネルギー利用と温度レベル

方法との関係を示すものである。未利用熱の回収利用は温度の高い部分は電力に転換し、温度の低い部分は熱エネルギーとして利用するのがよい。

熱エネルギーとして利用する場合、温度 t 、エンタルピー i 、比熱 c 、熱媒体流量 G とし、排熱源に h 、受熱源に k 、初めの状態に 1、終りの状態に 2、環境状態に 0 の添字をつければ、排熱量 Q_h 、回収熱 Q_k は

$$Q_h = G_h c_h (t_{h1} - t_{h0}) = G_h (i_{h1} - i_{h0})$$

$$Q_k = G_k c_k (t_{k2} - t_{k1}) = G_k (i_{k2} - i_{k1})$$

であらわされる。したがって未利用熱の回収効率は

$$\eta = \frac{Q_k}{Q_h}$$

であらわされる。ここで排熱あるいは熱回収が液体の蒸発あるいは凝縮で行われる場合は Q は蒸発熱あるいは凝縮熱一般にはエンタルピー差であらわされる式が適用される。

排熱を回収して発電するとかガスタービンを駆動するとかというように仕事に変換して利用する場合は、熱エネルギーが、そのまま有効に仕事に転換されるものではない。熱源温度を T_h K、環境温度を T_0 K とすれば、排熱量 Q_h のうち $Q_e = Q_h \frac{T_h - T_0}{T_h}$ が理論上有効に仕事に転換利用できる最大値である。これを有効エネルギーという。たとえば、図 2 の高・転炉滓からは温度 1450～1500°C の排熱 $Q_h = 200$ Gcal/h があるが、その有効エネルギーは $T_h = 1475$ K、 $T_0 = 300$ K とすれば、 $Q_e = 165.7$ Gcal/h となり、 Q_h の 83% である。同様の計算をすれば、図 2 に示す 100°C 以上の全排熱量 1940

Gcal/h の有効エネルギーはその約 58.4% の 1133 Gcal/h となる。低温熱源を利用し電力に転換するためフロン系冷媒の蒸気タービンが使われるが、フロン系冷媒は潜熱が小さいので必要流量が大きくなるが、沸騰に至る予熱域での顕熱を利用するとアンモニア・炭化水素など他の低沸点流体より有利になる。

ヒートポンプは、低温度ではあるが容量の大きい熱量を温度レベルをあげて利用するものである²⁾。すなわち温度 T_k で Q_k の熱量を吸収し温度 T_h で利用する時消費される仕事の熱当量を W とすれば、 T_h では $Q_h = Q_k + \varepsilon W$ の熱量が利用できることになる。 ε をヒートポンプの成績係数という。理想サイクルでは $\varepsilon = \frac{T_h}{T_h - T_k}$ である。仕事 W の一次エネルギーからの転換率を η とすればヒートポンプは $\varepsilon > \frac{1}{\eta}$ であれば総合的に一次エネルギーが有効に利用されたことになる。すなわちヒートポンプが火力発電の電力で駆動されるような場合 $\eta = \frac{1}{3}$ とすれば、 $\varepsilon > 3$ であることが望ましいことになる。水力発電が主力であるスイスなどでは $\varepsilon \approx 2$ でもヒートポンプが利用されている。

未利用熱の回収利用にあたって、低温熱源利用の発電あるいはヒートポンプの利用のような場合では、ポンプなどの装置の補助機器に必要な電力などのエネルギー消費が回収熱量に対しかかなりの割合をしめることがあるのでそれらの影響を考慮に入れた上で熱の回収の有効性を検討しなければならない。

4. 製鉄プロセスの未利用熱エネルギー回収方式

わが国の製鉄所では一次エネルギーをいろいろな形態で回収しプロセスの中で再使用しておりエネルギー原単位はすでにかかなりの減少を示している。このことについては本誌で別に詳説があるのでここでは概要を示すにとどめたい。製鉄工程で行われるエネルギー回収利用で特に最近問題視されていることを下記に示す。

(1) コークス乾式消火方式 (コークス・ドライ・クエンチ)

コークス炉で赤熱コークスの消火を CO_2 、 N_2 などの不活性ガスを用い赤熱コークス層と排熱ボイラ間に循環させ、赤熱コークスの熱を蒸気として回収するものである。コークス炉の消火能力 t/h 当り約 0.45 t の蒸気が得られる。

(2) 高炉炉頂圧力回収ガスタービン発電方式

高炉炉頂から出る高炉ガスは、大型高炉では圧力が 2～2.5 kg/cm² であるので、このガスを除塵後ガスタービン発電機に導いて電力に転換するものである。ガス量 4.2×10^5 Nm³/h として約 9000 kW の電力が回収できる。ガスタービン排出後は熱エネルギーとして利用する。

表1 仮想製鉄所の熱回収

仮想製鉄所の熱回収 (粗鋼1600万t/年85%操業)	
分塊スラブ	15 at 飽和蒸気 50 t/h
コークス	40 at 440°C 240 t/h
転炉排ガス	40 at 440°C 130 t/h
焼結設備	15 at 飽和蒸気 150 t/h
加熱炉	42 at 310°C 100 t/h または 15 at 飽和蒸気 86 t/h 及び発電 3.9MW
熱間圧延	15 at 飽和蒸気 70 t/h

(3) スラブクーリングボイラ

赤熱の半成品からの熱回収で、たとえば分塊圧延後の鋼片(スラブ)をボイラの水管壁で構成された冷却室を通過させて、そのふく射熱で蒸気を発生させるものである。蒸気ボイラの代りにCO₂、Heなどのガス冷却で熱の回収を行うことも可能であろう。

(4) スキッドボイラ

圧延工場加熱炉内で、鋼片を支えるスキッドパイプに冷却水を通し蒸発管として熱を回収する。加熱炉での加熱量 400×10³ kcal/t (鋼材)の約8%がスキッド冷却水熱量とみられる。

(5) 加熱炉・均熱炉・焼結炉の排ガス

加熱炉・均熱炉からは、600°Cの排ガスが排出されるので、これによつて排ガスボイラで熱を回収する。例えば排ガス量 278 000 Nm³/hの加熱炉に適用すれば、圧力 14 kg/cm²gの飽和蒸気が約 52.3 t/h 得られる。また排ガスボイラで圧力 41 kg/cm²gの蒸気を発生させ背圧タービンに送れば電力約 2 320 kW と圧力 14 kg/cm²gの飽和蒸気約 60.1 t/h が得られる。

焼結炉の排ガスは加熱炉の排ガスより温度が低く415°Cであると予想されるので、排ガス 400 000 Nm³/h とすると排ガスボイラで圧力 14 kg/cm²gの蒸気が約 41 t/h 発生する。

以上の案をまとめ、一般製鉄所を対象として予想したものを表1³⁾に示す。

稼働中の実際の製鉄所でこれら未利用熱を回収し、利用するためには製鉄工程への影響あるいは熱回収の設備のための場所の確保など実施段階で、種々の問題がある。福山製鉄所を対象として前記調査会で調査の結果、回収が可能であり地域熱供給源として計画の対象となつ

表2 各熱回収対象での予想発生蒸気量

熱回収対象	ガス量 (Nm ³ /h)	ガス温度 (°C)	発生蒸気量 (kg/h)	回収熱量 (Gcal/h)
熱延加熱炉	278 000	600	67 600	37.8
分塊均熱炉A	73 900	600	17 900	10.0
分塊均熱炉B	70 000	600	17 000	9.5
大形加熱炉	45 800	600	11 100	6.2
焼結炉A	403 000	415	44 700	25.0
焼結炉B	650 000	415	72 100	40.3

注1) 発生蒸気の蒸気条件は 23kg/cm²・g 飽和(221°C)(発生端にて)。
ボイラ給水温度は 110°C として計算した。

たものは表2であり、総熱量 128.8 Gcal/h で圧力 23 kg/cm²gの飽和蒸気(温度221°C) 230.4 t/h として回収されるものであつた。すなわち前記総排熱量 3 000 Gcal/hの4.1%である。これが工場内のエネルギーセンタに集められる。

5. 地域における集中熱エネルギー利用システム

製鉄工場など大規模工業プラントからの排熱量は前述のように極めて大きい、これを回収して民生・中小規模工業・農・水産業等地域へ供給し利用することは、熱需要の地域における熱負荷密度と総熱量、熱負荷の日間・年間の変動などとの関連から未利用熱エネルギーの利用有効度を考察しなければならない。

地域熱利用システムの対象に考えられる需要には次のようなものがある。

(1) 地域の民生用に直接利用する形

- (a) 住宅の暖房・冷房
- (b) 農村コミュニティへの熱利用
- (c) 生活用給湯

(2) 地域の産業に利用する形

- (a) 産業プロセスへの熱供給
- (b) 商業用大形ビルの暖房・冷房
- (c) 農業への熱利用・施設園芸など
- (d) 水産業への熱利用
- (e) 酪農や畜糞尿などの処理への熱利用
- (f) 貯蔵設備等への利用
- (g) レジャー設備への利用

(3) 地域の公共事業に利用する形

- (a) 公共施設の暖房・冷房
- (b) 福祉施設への熱利用

前記調査会では主に地域暖冷房を対象としたが、その他についても計画の基礎資料が作られたのでそれを紹介する。

給湯・冷暖房用熱エネルギー供給を主とするいわゆる地

表3 我が国の地域冷暖房計画例

	冷房能力 RT ①	ボイラ容器 t/h ②	区域面積 ha ③	建築面積 10 ³ m ² ④	①/③ RT/ha	②/③ t/h·ha	①/④ RT/m ²	②/④ 10 ⁻³ t/h·m ²
千里ニュータウン	13 500	202	31.5	500	429	3.2	0.027	0.204
岡崎市街地	2 500	16	2.5	118.9	100	6.4	0.021	0.234
苫小牧市街地		53.9	75	159.0		0.72		0.339
札幌市中心地		315	155	1 000		2.03		0.315
新宿副都心	36 000	231.5	21.35	1 477.5	1 686	10.8	0.0244	0.157
泉北ヤングタウン	3 700	47.4	42	212.1	88.1	1.13	0.0174	0.223
福山駅前(案)	10 979	66.72	273.3	751.3	40.2	0.24	0.0146	0.089
福山7地区(案)	22 446	184.5	2 492	2 692.5	9.0	0.074	0.0083	0.069

表4 冷暖房・給湯基準負荷(最大)

(単位: kcal/m²·h)

No.	建物利用区分	冷 房		暖 房		給 湯	普 及 率 (%)		
		木 造	非木造	木 造	非木造		冷 房	暖 房	給 湯
1	独 立 住 宅	110	90	100	80	15	15	30	50
2	共 同 住 宅	90	70	80	60	15	25	40	60
3	ホテル・旅館	80		130		25	80	70	100
4	事務所・銀行	80		90		5	85	75	90
5	店舗・百貨店	120		30		5	85	75	80
6	劇場・映画館	110		145		1	100	75	80
7	娯楽場・風俗	120		145		5	100	75	80
8	病 院	80		150		25	70	80	20
9	公 衆 浴 場	90		110		80	60	70	100
10	公 共 施 設	80		90		1	70	80	80

(注) 本表は、「地域冷暖房計画の推進に関する一般的調査」(東京都公署局・48/3)などを参考に策定した。

表5

① 地 域	福山駅前周辺
② 地 域	東深津団地周辺
③ 地 域	福山卸売センタ周辺
④ 地 域	伊勢ヶ丘団地
⑤ 地 域	旭ヶ丘団地
⑥ 地 域	笠岡干拓地
⑦ 地 域	笠岡市街地を中心とする地域

域冷暖房計画はすでに100年の歴史をもっているが、わが国では歴史も浅くプロジェクトごとに見ると少数の例を除いては必ずしも経済的に成功しているとは思われない。これは一口にいえば、わが国が比較的温暖の地にあること、民間特に住宅では暖冷房に関しての需要が低いこと、熱併給発電方式の採用がないことなどが原因であろう。表3にわが国の実例を示すが、商業地区あるいは高密度の集合住宅街でなければ、経済的に調和することはむづかしい。表3には、福山地区の計画案も示してある。

地域冷暖房の負荷の決定には種々の方法があるが、一般の資料として表4を示す。調査会は福山製鉄所周辺地区の表5に示す7地域について負荷の算定を行つた。結果を表6に示す。また全地区についての熱負荷の日間・

年間変動を表わしたものが図4・図5である。以上をもとに7地区に地域暖冷房を行うとすれば、熱負荷の総計は次のようになる。

	最 大 負 荷	年 間 熱 需 要
暖 房	86.1 Gcal/h	1.18×10 ⁵ Gcal/y
給 湯	13.6 "	0.230 "
冷 房	67.7 "	0.615 "
		2.03×10 ⁵ Gcal/y

わが国における農業におけるエネルギー消費量は近来増加してきたので、農業用としての熱の利用も本調査の対象となる。農業用の熱需要は温度も一般暖房・給湯用より低いので、熱源温度も低いものが適用できる。表7に農業の所用熱量を示す。温室経営も近来盛んでありこれに消費される熱エネルギーは多い。例を表8に示す。

その他蓄産・培養農業・水産養殖・余暇利用産業など、一般産業への熱利用として海水淡水化、上水道定温化、下水道処理・し尿処理への熱需要も調査されているが、詳細は報告書を参照されたい。

表6 福山製鉄所周辺モデル地域の地域冷暖房計画

区分	地域区分		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
			福山駅前 周	東深津 団地 周	福山卸売 センター 周	伊勢ヶ丘 団地	旭ヶ丘 団地	笠岡 干拓地	笠岡市街地 中心	
地域特性	地域特性		既存都市型	住宅型	住宅店舗型	住宅型	住宅型	施設農業型	既存都市型	
	地域配管		市街地 道路埋設	市街地 道路埋設	橋梁添架 道路埋設	丘陵地 埋設 鉄道横断	丘陵地 埋設	埋立地 支柱添架	市街地 道路埋設	
建物 利用 構成	棟延床面積		5 361 751 283	2 245 186 900	584 117 085	993 258 020	46 96 846	298 829 200	6 390 453 146	
	構成内訳	住宅・旅館・ホテル・事務所・百貨店・劇場・娯楽場・風俗浴場・公共施設（ハウス）その他	m ²	370 666	165 730	41 134	65 380	—	45 200	339 129
				25 072	21 170	5 897	175 649	96 846	—	16 902
				24 661	—	105	—	—	—	6 080
				73 379	—	4 903	—	—	—	40 973
				164 321	—	59 827	3 552	—	—	10 050
				8 169	—	1 139	—	—	—	4 601
				9 603	—	—	2 157	—	—	—
				11 190	—	1 135	225	—	—	5 151
				828	—	—	—	—	—	147
				63 380	—	2 944	11 057	—	4 000	30 113
				—	—	—	—	—	780 000	—
供給熱負荷	暖給 冷給 供給熱	房湯房量 10 ⁶ kcal/h	32.02	4.84	6.70	6.39	4.88	15.53	15.75	
			4.01	1.27	1.28	1.86	1.22	1.26	2.65	
			33.20	2.75	5.98	4.87	5.91	4.03	11.13	
			37.23	6.11	7.98	8.25	6.10	16.79	18.40	
熱負荷特性	エネルギーセンタよりの距離 m		6 500	5 400	4 250	4 700	2 500	7 830	10 630	
	棟当り熱負荷 kcal/棟		6 758	2 718	13 664	8 308	132 609	56 342	2 880	
	面積当り熱負荷 kcal/m ²		48.2	32.7	68.2	32.0	61.0	20.3	40.6	
	配管長さ当り熱負荷 kcal/m		5 573	1 131	1 576	1 755	2 440	2 144	1 731	
熱媒条件	種圧温 エンタルピ	類力度 kg/cm ² g °C kcal/kg	高温水 (飽和) 175 (max 180) 177.00 (max 182.27)			蒸気 8.0 (飽和) 661.93		高温水 (飽和) 175 (max 180) 177.00 (max 182.27)		
蒸気量	暖給 冷	房湯房	t / h				11.91 3.46 15.37	8.75 2.19 10.94		
高温水量	暖房・給湯		t / h	445.5	67.3	93.2			216.1	219.1
	冷房・給湯			645.3	53.4	116.2			78.3	216.3

表7 農業用所要熱量一覧表

項目	所要熱量 × 10 ⁶ kcal/h							備考
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	
施設園芸		0.030	0.040	0.050	0.050	0.040	0.020	3 000m ² 温室
酪農	0.006	0.017	0.025	0.025	0.025	0.017	0.003	成牛50頭子牛8頭
養豚	0.016	0.040	0.053	0.052	0.037	0.035	0.008	300 頭飼育
養鶏		0.050	0.100	0.127	0.125	0.094	0.032	5 000 羽飼育
培養農業	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	エノキ茸 15 万本/y
植物工場		0.490	0.760	0.890	0.880	0.720	0.410	4 階建, 3 840m ² 53 760m ² トマト 16 t/d

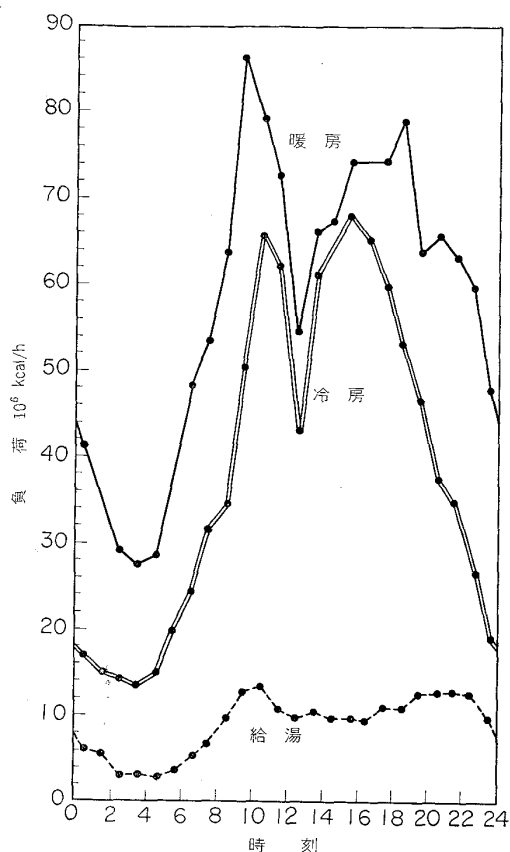


図 4 モデル7地域全体の日間熱負荷パターン

表 8 温室用必要熱量 (暖房)

月	11	12	1	2	3	4
外気温 °C	6.8	2.4	0.2	0.4	3.0	8.2
気温差 °C	8.2	12.6	14.8	14.6	12.0	6.8
所要熱量 ×10 ⁶ kcal/h	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.02

温室面積 3000m² 設定温度 15°C 外気温 広島地区

6. 排熱利用の問題点

製鉄プロセスから排出される未利用熱は以上に膨大なものになり、福山製鉄所(粗鋼1600万t/yとして)の例では約3000Gcal/hとなる。その内100°C以下で排出されるものが1060Gcal/hである。現在の生産プロセスに影響を与えないようにこれらの未利用熱を回収すれば、約123Gcal/hが回収可能である。一方福山市周辺地区の7地区に対し、地域暖房を計画するとすれば、必要な熱供給の最大容量は約100Gcal/hとなる。しかし地域暖房の稼働率が悪いと年間熱需要の総量は 2.03×10^5 Gcal/yであつて回収熱に対する利用率は19.1%であり全未利用熱量の僅か0.8%となるにすぎない。

製鉄所のような大規模なコンビナートの排熱はこれを

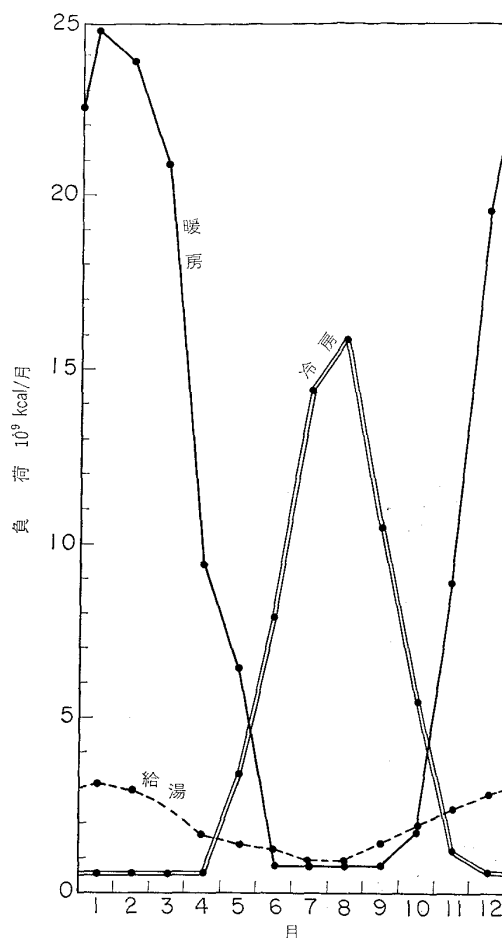


図 5 モデル7地域全体の年間熱負荷パターン

回収することができてもそれを利用する需要先を開発することが大切であることを示唆するものであろう。調査会でも前述のように地域における熱利用計画の例として農業等についても調査を行つたが、施設面積に対する熱需要密度が低いのが難点である。

製鉄所未利用熱の省エネルギー対策として考えれば、未利用排熱はプラント内でトータルエネルギーシステムとして有効利用を計ることが先決であらう。たとえば前述のように福山製鉄所で100°C以上の排熱量1940Gcal/hの有効熱量は1133Gcal/hとなるが、かりにその1/3が有効な電力に転換できるとすれば発生電力は約439MWeとなる。発生した電力は製鉄所内で利用することがまず考えられるが、周辺地域に送電して利用すれば、熱エネルギーとして回収・供給する前記計画よりかえつて経済的に有利かと思われる。

ここに一つ提案したいことがある。工業コンビナートには大容量の自家発電あるいは共同火力発電があり、それはタービンからの抽気によつてボイラ給水の加熱をするという再生サイクルを用いているのが一般である。そこで工業コンビナートで排熱される高温から低温レベルにわたる未利用熱を、温度レベル毎に回収しこれを蒸気

サイクルの給水加熱に使うことである。これが行われれば温度の低い多量の熱エネルギー迄有効に回収利用できると思われる。試算してみると次のようになる⁴⁾。165 MWe の 6 段抽気 (抽気圧 50.2, 30.3, 16.9, 6.86, 4.30, 1.51, 0.54 kg/cm² g) 自家発電用蒸気タービン設備を想定する。抽気なしで表 1 の工場排熱利用による給水加熱をするとすれば 40 at 440°C の蒸気 75 t/h, 15 at の飽和蒸気 100 t/h の回収蒸気を用いることが必要となる。その熱量は 110 Gcal/h である。給水加熱に用いていた抽気を全部電気出力の増加に利用できるとすればそれは 30 MWe 程度となる。もし表 1 の排熱を全部こういう蒸気タービン給水加熱に利用できるとすれば、それによつて得られる発電容量増加は約 80 MWe と見込まれる。この方法は既設の蒸気タービンに適用は無理であり、蒸気タービン計画の初期からそのように計画設計する必要があり、また回収熱量確保の信頼性から本計画の可能性について検討するなど技術的に研究を要する問題が多いと考えられるが、大規模工業コンビナートの省エ

ネルギ策として注目してよいと思われる。

一般に未利用熱の回収利用は落穂拾いであつて質の悪い熱エネルギーを利用することである。従つてその回収には大きな設備投資が必要であつて、その利用を含めても単純なコストだけでは経済性がないのが一般である。エネルギー生産コストの高い安いより、国全体の一次エネルギー特に石油の節約という見地から考えその利用開発をすすめるべきであろう。

おわりに図 1, 2, 4, 5, 表 2~8 は調査会の報告書によつた。その他本解説を記すにあたり、調査会の報告書を引用あるいは参照したことが多いので、ここに感謝の意を表します。

文 献

- 1) 内田秀雄: ターボ機械, 6, (1978) 1, No. 1, p. 3
- 2) 内田秀雄: 火力発電, 21 (1970) 12, p. 79
- 3) 斎藤孝基: 発電所の効率向上に関する講習会教材 p. 68 (火力発電技術協会)
- 4) 斎藤孝基: 前出, p. 67