

特集

エネルギーの複合利用技術

コンビナートにおけるエネルギー複合体

Energy System Complex of Kombinat

鈴木 胖

Yutaka Suzuki

1. はじめに

コンビナート(КОМБИНАТ)は「結合する」という語源から生れたロシア語で「総合工場」を意味する。専門的には「技術的・経済的関連性をもつ種々の産業部門が、限られた一定地域内で結合し、複雑、多岐にわたる生産体系を構築する」ことを指している。わが国では1958年ごろから石油・化学、石油・電力、製鉄・化学などのコンビナートが多数建設された。

これらのコンビナートはわが国の高度経済成長時代の担い手であったが、2度にわたる石油危機を経てわが国の産業構造が「資源多消費型」ないし「重厚長大型」から「高次加工型」ないし「軽薄短小型」に重点を移すにつれ、コンビナートの巨大な生産能力がむしろ重荷になり、一部では設備の縮小や廃棄という事態に追い込まれており、コンビナートは今や重大な転換期にある。

コンビナートの代表例は石油・化学に見られ、ここでは石油精製(コンビナート・リファイナリ)、ナフサ・センター(ナフサ分解により、エチレン、プロピレンなどを生産)、各種誘導品企業(プラスチック、合繊原料などを生産)などが結合して1つの連鎖生産工程を形成している。コンビナートを構成する多数の設備は、相互に原料、製品、蒸気などを輸送するためのパイプラインで結ばれている。このような結合により、原料、製品、エネルギーの合理的融通が可能になり、経済的メリットが達成できたのである。

しかし石油危機以降、製品需要の大幅な減退、原料の高騰、エネルギーの高騰は、コンビナートの経済性を一変させ、コンビナートにおける原料、製品、エネルギーの流れは当初のものとは大きく変わってしまった。最近の円高を基調とする経済情勢の変化はさらにコンビナートのあり方を大きく変えるものと予想される。

以下で紹介するのは産業間等での共同エネルギー利用を促進するために設けられた「近畿地域産業間等共同エネルギー対策推進調査検討委員会」の報告書(大阪通商産業局、昭和60年3月)より抜粋したコンビナートにおけるエネルギー利用の実態である。経済情勢は大きく動いており、すでに現在の実態は調査当時のものと変わっていることを指摘しておかなければならない。

2. 石油化学コンビナートにおけるエネルギー利用

—三井東圧化学コンビナートの例—

2.1 わが国の石油化学コンビナート

わが国の石油化学コンビナートは1958年ごろから建設され、最盛期には17ヶ所、エチレン生産能力で5,400千トン/年に達した。石油危機後、製品需要の減退および国際競争の激化から規模の小さなコンビナートは閉鎖され、現在は表1に示すように14ヶ所、4,350千トン/年の体制となっている。図-1に示すようにこれらはすべて太平洋ベルト地帯に立地している。

三井東圧化学コンビナート(表1、図-1では大阪石

表1 わが国のエチレンセンター(1985年6月現在)

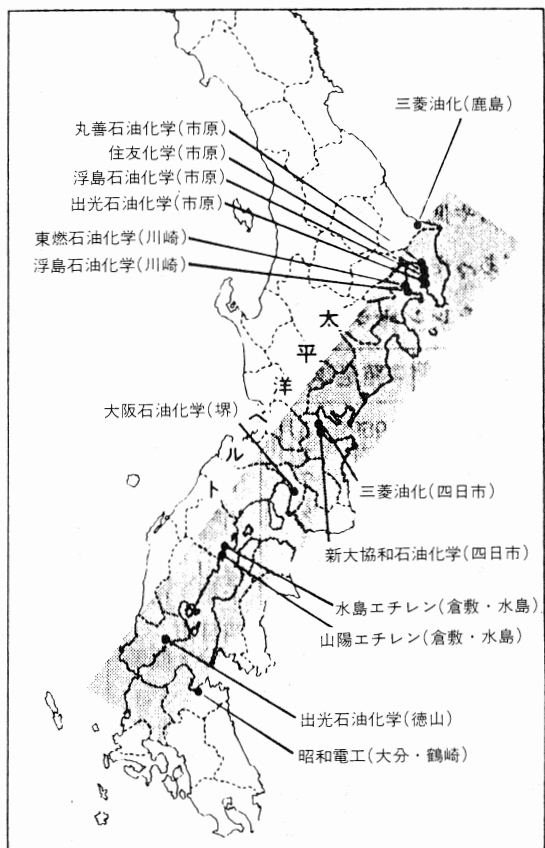
資本系	エチレンセンター	発足年月	所在地	現役能力 (千t/年)
旧財閥系	三菱油化	1959年3月	四日市	210.0
	"	1971 1	鹿島	300.0
	住友化学	1967 7	千葉・市原	345.0
石油資本系	東燃石油化学	1962 3	川崎	350.0
	丸善石油化学	1964 3	千葉・市原	373.0
	出光石油化学	1964 10	徳山	164.0
	"	1985 7	千葉・市原	246.5
	新大協和石油化学	1972 1	四日市	266.0
石油・化学資本系	昭和電工	1969 4	大分・鶴崎	330.0
	大阪石油化学	1970 4	堺	252.0
	浮島石油化学	1970 4	川崎	312.0
	"	1978 4	千葉・市原	496.0
	水島エチレン	1970 7	倉敷・水島	360.0
	山陽エチレン	1972 2	"	344.0
	計			4,348.5

長銀経営研究所調べ。

出所：日本国勢図会 1986年版

* 大阪大学工学部電気工学科教授

〒565 吹田市山田丘2-1



長銀経営研究所調べ。
出所：日本国勢図会，1986年版

図-1 わが国のエチレンセンター所在地
(1985年6月現在)

油化学となっている)は1970年に堺泉北臨海工業地帯に建設された。

2.2 三井東圧化学コンビナート

コンビナートは表2に示すように大阪石油化学㈱のエチレン30万トンのオレフィンセンターおよびその誘

表2 三井東圧化学コンビナート構成企業

企業名	設立	主要製造品目	備考
三井東圧化学㈱ 大阪工業所	昭39/43	アンモニア尿素、フェノール、PP、PVC	
大阪石油化学㈱	昭40	オレフィン、B.T.X.	三井東圧化学50%
*東洋ケミックス㈱	昭45	アクリロニトリル	東レ合併 昭57解散
*西日本メタノール㈱	昭44	メタノール	昭58.2 休止
*三井リキッドカーボニック㈱	昭46	液化炭酸、ドライアイス	LC社 51%
*泉北水素㈱	昭48	水素ガス	岩谷産業 40% 三井物産 10%
泉北酸化エチレン㈱	昭43	酸化エチレン、エチレングリコール	三井石化合併 昭53 解散
泉北酸素㈱	昭44	酸素ガス、窒素ガス、アルゴン	大同酸素 40% 三井物産 10%
日本アルキルアルミ㈱	昭43	有機金属化合物	コノコ社
大阪スチレン㈱	昭43	スチレンモノマー	昭58.7 休止
サンポリマー㈱	昭45	AS樹脂	日本合成ゴム50%
東洋ポリスチレン㈱ 大阪工場	昭43	PS樹脂	三井東圧化学 100%
泉北ポリマー㈱	昭52	ポリプロピレン	日石化学 35% 旭化成 15%
日本ビーヴィシー㈱	昭56	塩化ビニール	電気化学 40%
GEMポリマー㈱	昭57	PPE樹脂	GE社 51.0% 三井石化 24.5%

*東工場

導品を製造する企業多数から構成されている。コンビナートにおける各企業の配置は図-2に示す通りである。コンビナートの東に隣接して大阪ガス㈱泉北製造所第1工場があり、LNGを原料として都市ガスを製造、送出している。

コンビナートの中核をなす三井東圧化学㈱大阪工業所は、昭和39年に操業を開始した旧東洋高圧工業㈱大阪工業所(現、東工場)が昭和43年に設立された三井泉北石油化学㈱(現、西工場)を昭和49年に吸収合併したものである。前者は、LPGを原燃料とし主にアンモニア誘導品を、後者はオレフィン、アロマを原料とする石油化学製品を製造していたが、合併により総合化学工場としての体制が確立された。

2.3 エネルギー利用

三井東圧化学コンビナートにおけるエネルギーフローおよびエネルギー使用量の現状をそれぞれ図-3、表3に示す。

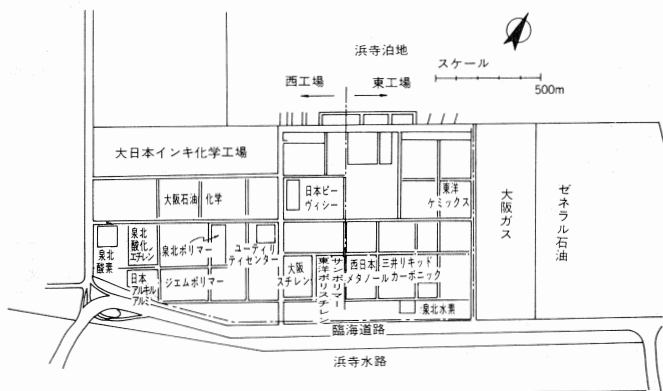


図-2 三井東圧化学コンビナート配置図

コンビナートに電力と蒸気を供給するユーティリティセンターは、120 kg/cm²の発電ボイラー3缶（発電能力合計530t/h）、スチームタービン発電機3基（定格出力合計70,000kW）を有しているが、石油危機後の製品構成の変化、生産量の縮小、それに省エネルギーの進展により現在はボイラー1缶、発電機2基（内1基は昼間帯のみの復水発電）の稼働である。

現在のコンビナートの蒸気のフローを図-4に示す。図にあるように三井東圧化学㈱と周辺関連企業および大阪石油化学㈱の間ではユーティリティの共同化が計られており、これはコンビナートの設立当初からである。

コンビナート内の蒸気使用量が減少し、自家発電用

表3 三井東圧化学コンビナートにおけるエネルギー使用量（昭和58年度）

	単位	使用量	10 ⁹ kcal	構成比 (%)
重油	kℓ	102,000	991	29.2
副生油	t	46,000	445	13.1
副生ガス	t	3,000	30	0.9
LPG	t	17,000	185	5.5
天然ガス	kNm ³	25,000	262	7.7
C ₄ 留分	t	20,000	214	6.3
C ₅ 留分	t	7,000	71	2.1
その他	10 ⁹ kcal		18	0.5
電力	MW	482,000	1,181	34.8
			3,397	100

大阪石油化学㈱，泉北酸素㈱除く

蒸気タービンの抽気量にアンバランスを生じてきたため、蒸気のユーザーの開拓が必要になった。一方、隣接の大阪ガス㈱では、ガス発生設備の熱回収により蒸気を発生していたが、都市ガス需要の日間変動に伴い必要蒸気量と回収蒸気量に過不足を生じるため、工場ボイラーを常時待機運転をしておく必要があった。このような相互の事情からエネルギー利用の効率化を図

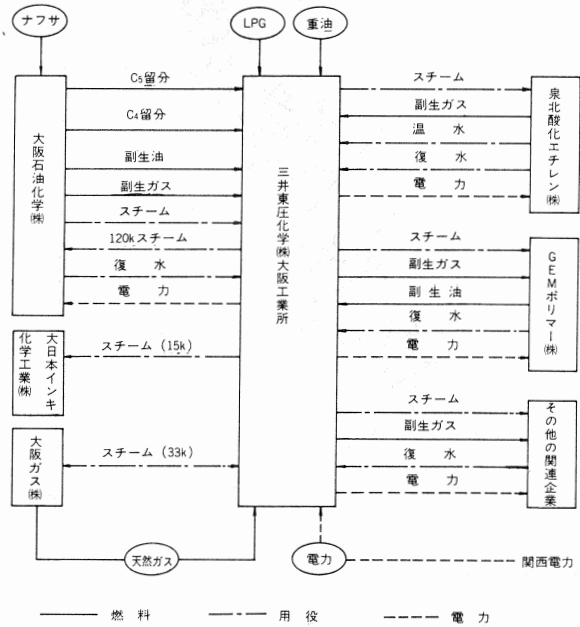


図-3 三井東圧化学コンビナートにおけるエネルギーフロー

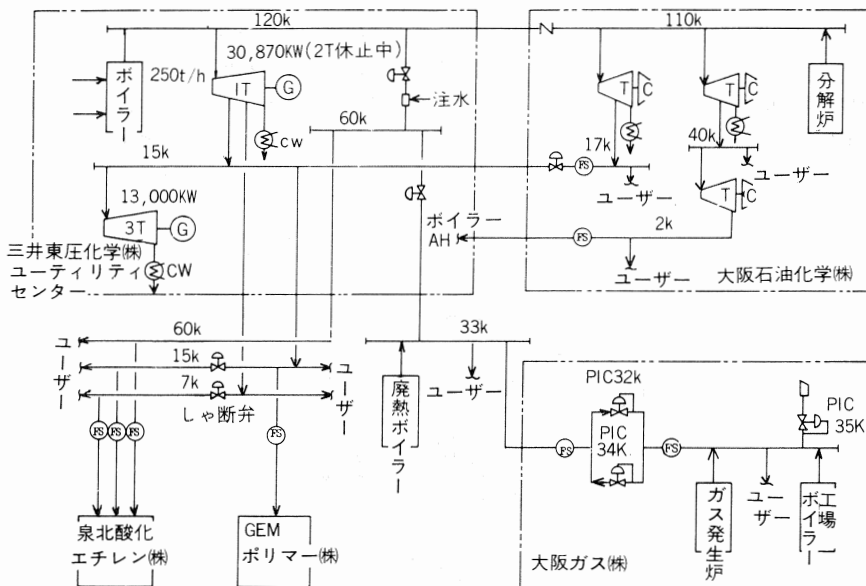


図-4 三井東圧化学コンビナートにおける蒸気のフロー

るためには蒸気の融通が得策であるとの結論に達し、現在のような結合が実現した。

なお、大日本インキ化学工業(株)には、ボイラー定期検査時等のバックアップ用として、蒸気供給を行っている。

大阪石油化学(株)のオレフィンプラントで副生するC₉留分を主とする副生油、C₄留分、C₅留分の液体燃料と水素、メタン、エタンの副生ガス及びその他のプラントで副生する原燃料は、表4に示すようにコンビナートで有効利用されている。

2.4 低レベルエネルギーの利用

三井東圧化学コンビナートでは省エネルギー対策の一環として低レベルエネルギーの利用を行っている。

(1) 蒸気ドレンの顕熱

各ユーザーの蒸気ドレンは、ボイラー給水として三井東圧化学(株)のユーティリティセンターに戻されるがポリシャー処理での温度に限界があるため、三井東圧化学(株)では、塩ビプラントの乾燥機用温水設備で熱利用を行い温度を下げて純水に合流させている。

フローシステムは、図-5に示すとおりである。

(2) 低レベル廃熱

泉北酸化エチレン(株)の炭酸ガス、ストリッパーの塔頂ペーパーとMEG蒸留塔の塔頂ペーパーは、温度が低く利用先がなく回収不能であったが、三井東圧化学(株)のメタノール精留塔の熱源として85℃の温水で熱回収を行い70℃までの顕熱を利用している。システムフローを図-6に示す。

表4 原燃料利用状況

エネルギー名	発熱量 kcal/kg	使用量 (昭和58年度)	利用状況
副生油	9,608	46,000kℓ	ボイラー燃料、 一部原料
C ₄ 留分	10,770	20,000t	加熱炉燃料(ガス)
C ₅ 留分	10,500	7,000t	加熱炉燃料(液)
水素*	2,600	41,000kNm ³	アンモニア他原料、 精製外販
メタン*	8,350	800kNm ³	原料
エタン	11,360	3,000t	加熱炉燃料
蒸留残液	8,500	1,000t	副生油にブレンド、 ボイラー燃料
オフガス*	7,650	1,000kNm ³	焼却炉燃料
残ガス*	4,500	3,000kNm ³	加熱炉燃料

* kcalℓ/Nm³ 1部表3と重複

3. 製鉄コンビナートにおけるエネルギー利用
——住友金属工業(株)和歌山製鉄所の例——

3.1 わが国の製鉄コンビナート

わが国には、高炉から各種鉄鋼製品製造設備までを保有するいわゆる一貫製鉄所が多数ある。図-7はその分布である。一貫製鉄所では高炉をはじめ多数の各種設備があり、これら相互の原料、製品、エネルギーの流れを合わせて考えるとまさにコンビナートを形成している。

住友金属工業(株)和歌山製鉄所は昭和17年に操業を開始し、昭和36年に第1高炉が完成し鉄鋼一貫体制が整った。昭和44年までに5つの高炉が建設され、現在で

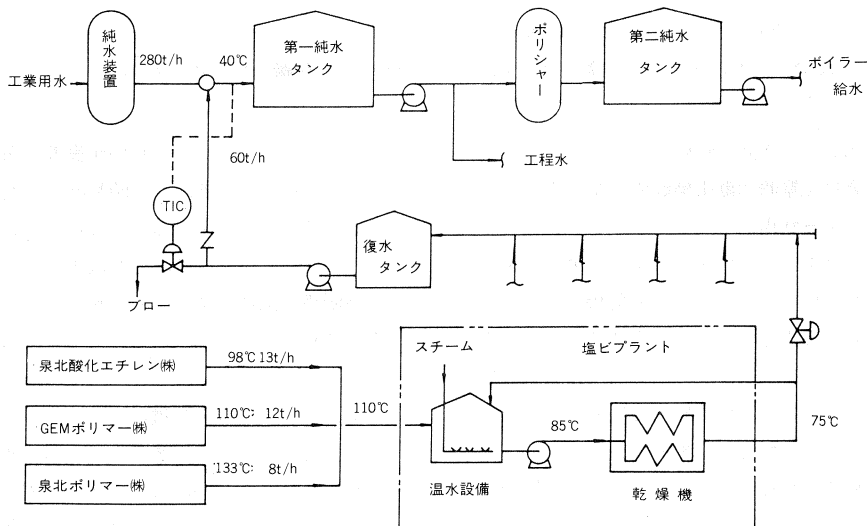


図-5 復水顕熱有効利用システム

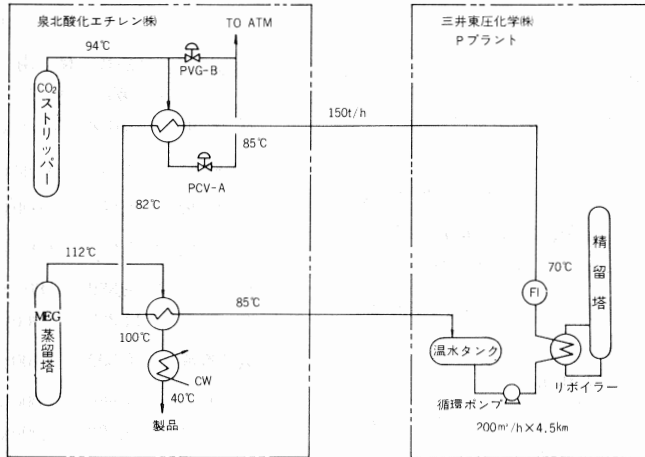
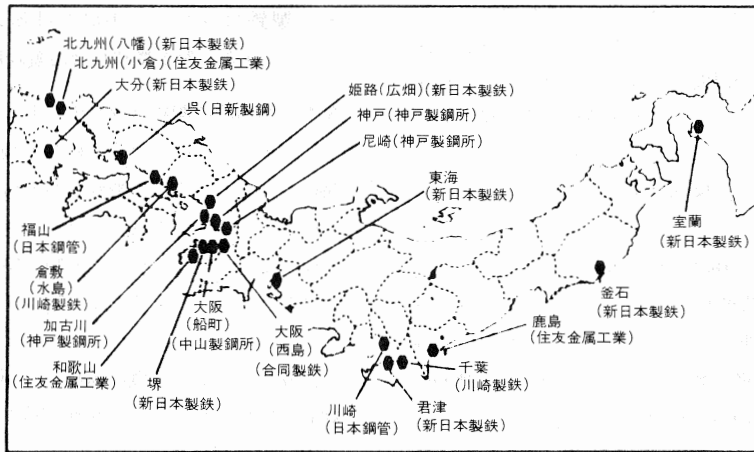


図-6 低レベル廃熱回収システム



新日本製鉄の東海市の工場の名は名古屋，日本鋼管の川崎の工場（京浜製鉄所）は、川崎市と横浜市にまたがっており、高炉は人工島（扇島）にうつされた（1号炉は1976年11月，2号炉は1979年7月完成）。

出所：日本国勢図会，1986年版

図-7 わが国のおもな鉄鋼工場（1985年4月現在）（銑鋼一貫工場所在地）

は粗鋼年産900トンの能力をもっている

3.2 住友金属工業(株)和歌山製鉄所におけるエネルギー利用

製鉄所では基本的に石炭が、様々な形態のエネルギーに形を変えて使われている。石油危機以前には石油燃料もいくらか使用されていた。石油危機以降はどの製鉄所もコスト低減を目指してエネルギーの有効利用、オイルレス化に積極的に取り組んでいる。以下に紹介するのはそのような努力の典型的な例である。

和歌山製鉄所の現在のエネルギーフローは図-8に示す通りでコークスのほか、コークス炉、高炉、転炉からの副生ガスが利用されている。製鉄所で使われてい

るエネルギー種をまとめたのが表5である。

ちなみに石油危機直前の昭和48年の石油系燃料の購入比率は全エネルギーの12%になっていた。また製鉄所への原料の供給や製品の2次加工等を分担している製鉄所構内関連企業も昭和48年時点では表6に示すように燃料として重油系に依存している企業が多かった。

第1次石油危機を契機に省エネルギーへの取り組みが積極的になされ、操業条件の改善、省エネルギー技術や廃エネルギー回収技術の開発・導入が行われた。これと並行してそれまで一部重油を使用していた高炉をオールコークス操業に切り替えるとともに、高炉へ

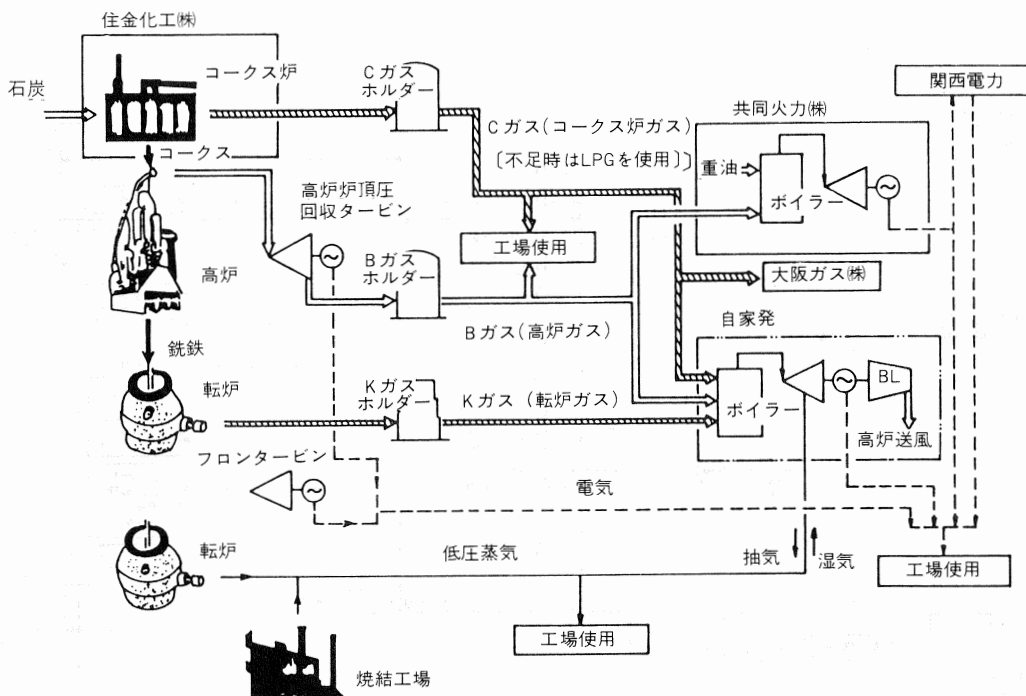


図-8 和歌山製鉄所のエネルギーフロー

表5 一貫製鉄所のエネルギー種別

種類	熱量	発生源	昭和48年 購入比率
石炭系	コークス (Cガス) コークス炉ガス	石炭乾留 副生ガス	74.2%
	Bガス 高炉ガス		
	Kガス 転炉ガス		
	蒸気		
電力	860kcal/kWh	共同火力 関西電力	13.8%
石油系	重油・LPG 9,700~ 11,000kcal/kg	購入	12.0%

(自家発電力、高炉炉頂圧発電等の副生電力は上表の石炭系に含む)

のコークス投入量いわゆるコークス比を増加させ副生ガスを増産した。この副生ガスをそれまで重油やLPGを使用していた各種炉設備に供給し、石油から石炭への燃料転換を推進した。電力については、各種の省電力対策の実施や余剰ガスによる自家発生電力の増大を計り、購入電力を削減した。蒸気についても排熱回収を行った。これらの成果が図-8のようなエネルギーフローとなって現われたのである。

表6 関連企業概要と使用エネルギー

企業名	設立	主要営業品目	昭和48年当 時の使用エ ネルギー
住金化工(株) (旧和歌山化学)	昭33	製鉄用コークス、 コークス炉ガス、 化成品(粗軽油、 硫酸、ナフタリン、 アンモニア他)	Bガス、Cガ ス、電力、 蒸気
住金和歌山鉱化(株)	昭35	高炉バラス、 還元ペレット、 廃棄物活用、	LPG、 電力、 蒸気
共同酸素(株)	昭37	酸素、窒素、ア ルゴン、水素、圧 縮空気、用水処理	電力、 蒸気
河合石灰工業(株) 和歌山工場	昭38	生石灰、 ドロマイト	重油、電力 蒸気
和歌山共同火力(株)	昭36	電力卸売	Bガス+ 重油
安治川鉄工建設(株)	昭37	パイプメッキ、 粉体塗装	蒸気、電力
大阪ガス(株) 和歌山供給所	昭16	都市ガス供給	電力、 Cガス(原料)

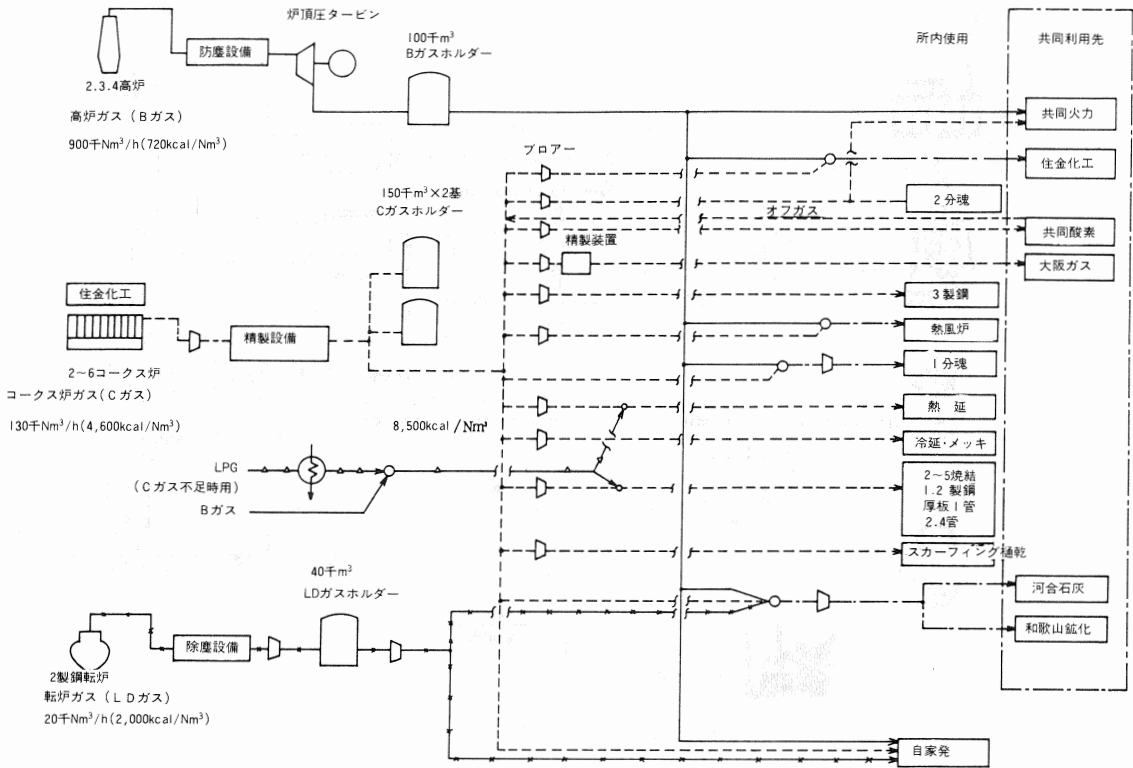


図-9 副生ガス供給

3.3 エネルギー共同利用

石油危機のずっと以前から住金化工(株)、大阪ガス(株)、安治川鉄工建設(株)と製鉄所の間で副生ガスや蒸気の共同利用が行われていたが、石油危機以降、製鉄所の余剰エネルギーの利用、オイルレス化を推進するためエネルギー共同利用を関連企業全体にまで広めることが必要になった。

(1) 副生ガスの共同利用

副生ガスは、図-9に示す供給システムにより製鉄所内の熱設備、発電所および所内の関連企業に特定供給されるとともに、大阪ガス(株)へ卸供給され都市ガスに供されている(大阪ガス(株)への供給は都市ガスをLNGへ切替時点で停止予定)。副生ガスの発生量は、表7に示すとおりであり、約48%が関連企業で使用されている。

(2) 蒸気共同利用

鉄鋼所における蒸気の供給システムは、図-10に示すとおりで、中圧ラインと低圧ラインで共同利用されており、関連企業の発熱ボイラーも同一ラインに接続されている。

蒸気の需給実績は、表8に示すとおりで発熱ボイラ

表7 副生ガス需給実績(昭和58年度)

		単 位	高炉ガス	コークス 炉 ガス	転炉ガス
性 組	H ₂	V %	2.9	54.6	1.7
	CO	"	21.8	6.3	62.8
	CH ₄	"	—	31.0	—
	N ₂	"	55.5	2.1	18.9
	他	"	19.8	6.0	16.6
状	発熱量	kcal / N m ³	736	4,690	1,948
	密度	kg / N m ³	1.365	0.475	1.380
発 生 量		10 ⁶ N m ³ / 年	6,629	1,110	152
	(重油換算)	10 ³ kl / 年	(544)	(581)	(33)
製鉄所使用		10 ⁶ N m ³ / 年	2,894	634	152
	他企業使用	"	3,735	476	—

(転炉ガス共同利用は59年度から)

一の比率は73%となっている。

需給バランスの調整は、発電所の抽気量により行い、夏場等の低圧蒸気余剰時は、逆にタービンへ混気して発電している。

4. おわりに

コンビナートにおいてどの種類のエネルギーがどのような形態で利用されているかを、筆者が担当した最

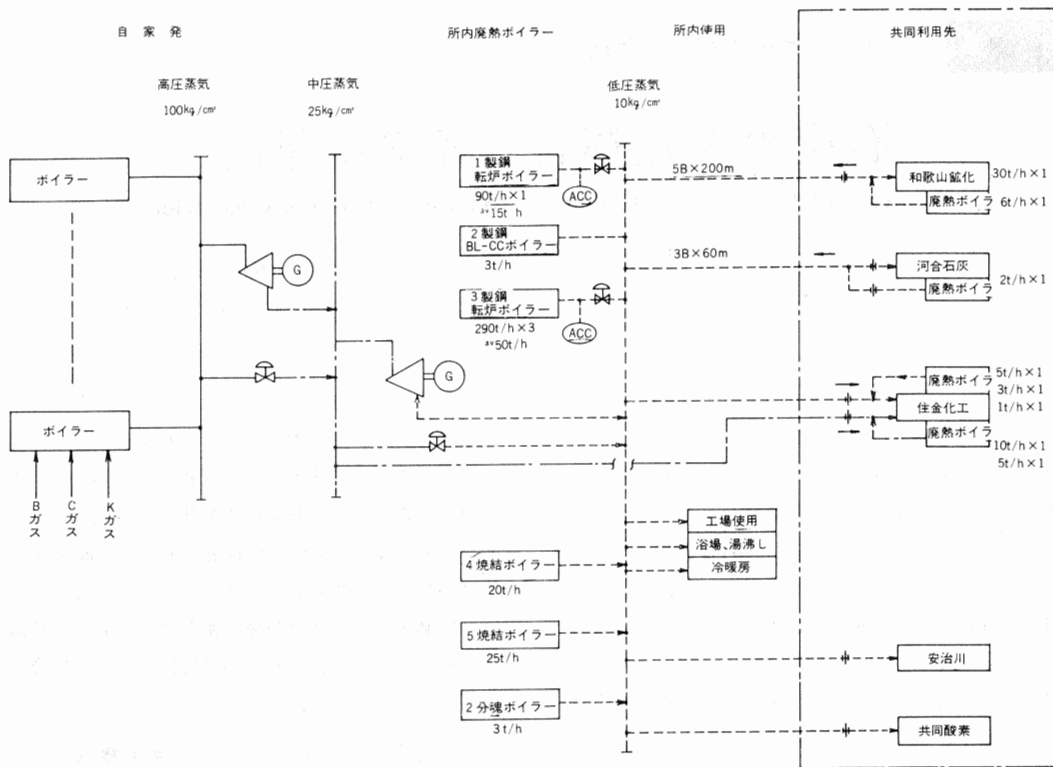


図-10 蒸気供給システム

表 8 蒸気需給実績 (昭和58年度)単位: kt

		中圧蒸気	低圧蒸気
発生	製鉄所 自家発	45	264
	” 廢熱ボイラー		757
	関連企業 廢熱ボイラー	49	45
使用	製鉄所		949
	関連企業	94	117
計		94	1,066

近の調査より引用し、紹介した。エネルギーという観点から見ると1つは石油を主とするコンビナート、ほ

かの1つは石炭を主とするコンビナートであり、特定企業の紹介とはいふものの、わが国の代表的なコンビナートでエネルギーについてのどのような取組みが行われているかを具体的に代弁している。

冒頭でも述べたように、わが国のコンビナートのほとんどすべてが国際経済情勢の変化から大幅な減産を余儀なくされており、これを反映してコンビナートにおけるエネルギー利用の実態も年々大きく変化している。ここに紹介した例も転換期にある苦しいコンビナートの1つの姿であることに留意していただきたい。

