

特集

燃焼と環境

# 省エネルギーと環境改善

## The Energy Conservation and Environment Improvement

石原 幸\*

Miyuki Ishihara

### 1. はじめに

環境問題は、従来の硫黄酸化物・窒素酸化物・ばいじん等から、最近では地球温暖化・オゾン層破壊・酸性雨等の地球規模の環境問題が出てきて複雑になってきている。わが国が、第一次石油危機以降、燃料価格の高騰対策として国・産業・民生・輸送部門等が積極的に行ってきた。省エネルギーとエネルギー効率向上の推進は、排煙脱硫装置・脱硝装置の設置等による環境対策の推進と合わせて、環境改善に寄与してきた。

しかし、最近、景気の拡大、産業構造やライフスタイルの変化等により、エネルギー需要が伸びてきて、環境面で、都市部の窒素酸化物が横ばいに推移しており、これら大気汚染の改善や地球規模の環境問題を解決する手段の一つとして省エネルギーが叫ばれてきている。このような状況下において、当社が実施してきた省エネルギーとエネルギー効率向上の代表的な事例を紹介すると共に地球温暖化についても触れてみたい。

### 2. わが国におけるエネルギー需要の状況

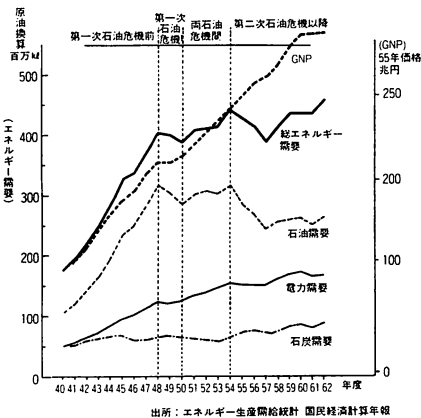


図-1 エネルギー需要とGNPの推移

\* 中部電力(株)環境部 次長  
〒461-91 名古屋市中区東新町1

図-1に示すとおり、第一次石油危機の前は、鉄鋼・セメント・アルミ産業等エネルギー多消費型産業に支えられていたことなどにより、エネルギー需要は、GNPの伸びを上回って増加した。

第一次石油危機以降は、電機・輸送機械等エネルギー寡消費型産業への構造変化、省エネルギーの進展等により、エネルギー需要の伸びはGNPの伸びを下回り低い水準で推移した。しかし、62年度以降は、内需主導型の景気上昇によって、エネルギー消費量の全般的な増加が見られ、63年度も引き続いている。

### 3. わが国における環境の現状

昭和40年代半ば以降、環境に対する住民の関心と環境保全を求める社会的要請に支えられ、政府および民間における環境保全対策が強力に進められてきた。第一次石油危機以降、わが国の経済が安定成長へ移行し、産業構造の変化、省エネルギー化が進展したこともあって環境の状況は全般的に改善の方向を示してきたが、大都市圏を中心とした窒素酸化物による大気汚染については、改善が遅れている(図-2、3参照)。環境汚染の発生源、発生形態について見ると、工場・事業場に起因するもの他、自動車等家庭生活に起因するもの

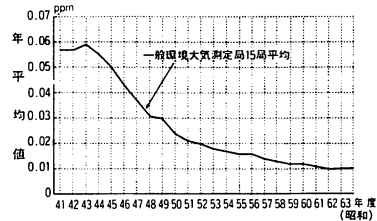


図-2 二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)測定実績の推移(環境庁調べ)

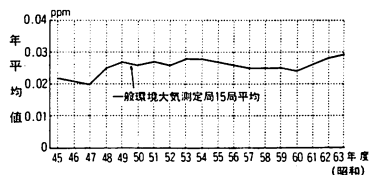


図-3 二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)測定実績の推移(環境庁調べ)

が大きくなってきている。

また、最近では地球規模の環境問題が出てきて、全世界が一丸となって対応するための国際会議が相次いで開かれている。

4. わが国における省エネルギーの進展状況

省エネルギーとエネルギー利用効率向上をはかることは、エネルギー資源を節約するのみでなく、化石燃料の消費を抑制するので、環境への負荷を減少させる効果がある。

エネルギー多消費業種における省エネルギー対策の現状は、表1に示すとおりで、省エネルギー設備の設置等でエネルギー原単位が1973年度から1987年度で大巾に低下している。また、主要民生機器の省エネルギーは、冷凍冷蔵庫、カラーテレビ、ルームエアコンディショナーで、1973年度から1987年度でそれぞれ67%、41%、43%の大巾低下となっている。(資源エネルギー庁の資源エネルギー関係資料集(1989年3月)より引用)

また、電力における火力発電プラントの熱効率の推移は、図-4に示すとおりで、大容量化、タービン・ボ

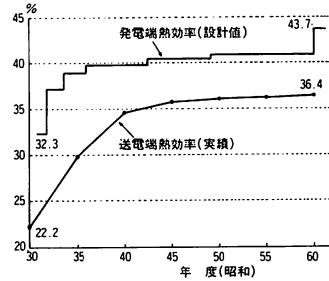


図-4 火力発電プラントの熱効率の推移

イラの改良、コンバインドサイクル発電等高効率対策の実施により、60年度に36.4% (送電端熱効率) まで上昇した。

主要国におけるGNP当たりのエネルギー消費を見ると表2に示すとおりで、わが国は不断的努力により世界のトップレベルになった。

5. 当社のエネルギー効率向上と省エネルギーの実施状況

火力発電所におけるエネルギー効率向上と省エネルギーをはかるために、新技術を取り入れたコンバインドサイクル発電、超々臨界圧プラントを新設すると共に、既設プラントについても数々の設備の改造、新しい考えに基づいた機器の採用、運用面の改善、改良を行ってきた。以下に代表的なものについて紹介する。

5.1 コンバインドサイクル発電の採用

コンバインドサイクル発電は、ガスタービン発電と蒸気タービン発電(汽力発電)を組み合わせた発電方式である。図-5に示すように、従来の蒸気タービン発電は、ボイラ内で燃料を燃やしその熱で蒸気をつくり、タービンを回転させるが、コンバインドサイクル発電は、圧縮空気の中で燃料を燃やし、その高温の燃焼ガスでガスタービンを回転させ、さらにガスタービンから排出される高温ガスを排熱回収ボイラへ導き蒸気を発生させ蒸気タービンを回すものである。最近、ガスタービンの技術が進歩し、ガスタービン入口温度1100℃級の高効率機が実用化され、コンバインドサイクル方式にすることによって、従来の蒸気タービン発電に比べて熱効率が高い上、所内の消費電力が少なくてすむので、エネルギー効率を大巾に向上させることができるようになった。

当社では、四日市火力発電所に、発電出力11万2000KWのそれぞれ独立した機能を持つコンバインドサイクル機を5軸組み合わせて、56万KWの発電設備を63年7月に完成した。

表1 エネルギー多消費業種における省エネルギー対策の現状

業種名	エネルギー(226) 原単位(1973/1987)	省エネルギー対策の概要	代表的な省エネルギー設備等
鉄 鋼	77.8 (21)	①操業技術の改善 ②廃エネルギーの回収 ③生産工程の改善 ④エネルギー使用効率向上	①高温焼片連続式排油設備 ②低圧出部高炉炉内回収発電設備 ③コークス乾式消火設備
石油化学 (エチレン 部門)	57.8 (23)	①燃熱回収強化 ②プロセスの合理化 ③蒸留系における濃度比の低減化	①加熱炉ガスからの燃熱回収設備 ②分解生成物からの燃熱回収設備 ③高効率コンプレッサー
セメント	69.7	①NSP転換 ②燃料の燃焼、仕上ミルの改善等 ③燃熱の利用 ④燃焼炉の適正化	①SP・NSPケルン ②燃熱利用 ③中圧蒸気熱利用発電
紙・パルプ	70.2	①生産工程の連続化 ②燃熱の回収 ③生産工程の効率化 ④古紙利用の拡大	①予備乾燥機連続高留装置 ②高性能パルプ洗浄装置 ③高性能サイプレス装置

(注1) 鉄鋼におけるエネルギー(石油)原単位は、1986年度/1973年度の数字  
(注2) 石油化学(エチレン部門)におけるエネルギー(石油)原単位は、1987年度/1973年度の数字  
資料: 資源エネルギー庁の資源エネルギー関係資料集(1989年8月)より引用

表2 各国のエネルギー消費のGNP原単位(1986年)

国名	1986年原単位(石油換算kW/ドル)	指数 日本=100
日 本	0.25	100
西ドイツ	0.87	148
イギリス	0.48	172
フランス	0.84	186
アメリカ	0.41	164
中 国	1.77	708

出典: 資源エネルギー庁作成

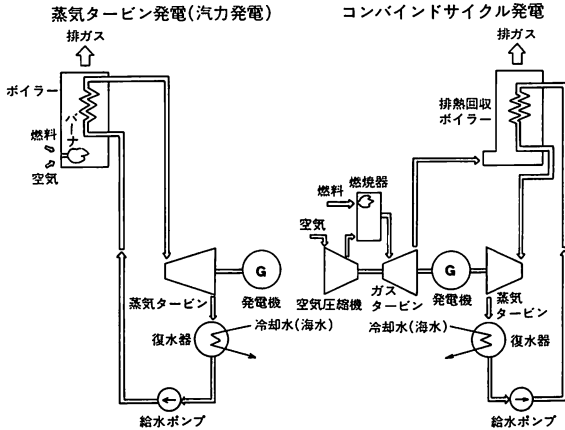


図-5 蒸気タービンとコンバインドサイクル発電システムの比較

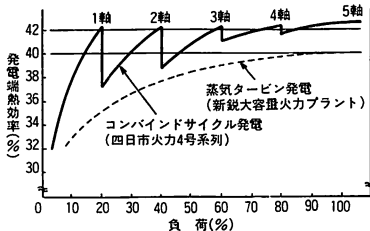


図-6 コンバインドサイクル・蒸気タービン発電の熱効率比較

運用後の熱効率は、43%前後で従来の蒸気タービン発電の熱効率の高いプラントに比べても図-6に示すとおり3～4%の効率向上が得られ、年間約5万トンの燃料の節約が可能となり、コストの低減とこの分に相当する環境負荷の低減につながった。

燃料はLNG（液化天然ガス）の他、2軸にはLPG（液化石油ガス）の使用もでき、クリーンエネルギーであるので、硫黄酸化物・ばいじんの排出はない。窒素酸化物は、脱硝効率80%以上の全量排煙処理のできる脱硝装置を設置し除去している。

5.2 超々臨界圧プラントの採用

火力発電プラントは、戦後の海外技術の導入期を経て最新技術の確立に至るまで、絶え間なく技術革新が行われ図-7の示すとおり大容量化と高効率化が合わせて進められてきた。

特に高度経済成長時代には、急増する電力需要をまかなうために、単機容量の飛躍的な増大と蒸気条件の高圧化を積極的に行ってきた。43年には、知多火力発電所3号機に、蒸気条件、主蒸気圧力246kg/cm<sup>2</sup>g、主蒸気温度538℃の超臨界圧プラントを建設したが、その後は、再熱蒸気温度が566℃まで上昇したものの向上がみられなかった。しかし、54年に発生した第二

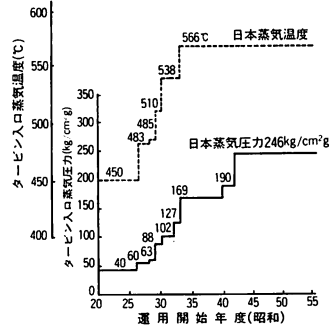


図-7 火力発電プラントの蒸気条件の変化状況

次石油危機を契機に、蒸気の圧力温度を高めて高効率化を図ろうとする動きが出てきた。当社では、早くからこれらのプラントの導入を検討し、新材料の採用等により川越火力発電所1号機（発電出力70万KW、平成元年6月運開）、2号機（発電出力70万KW、平成2年7月運開予定）に大容量機では世界で初めての超々臨界圧プラント（蒸気圧力316kg/cm<sup>2</sup>g、主蒸気温度566℃、再熱蒸気温度566℃（第一段）、566℃（第二段））を運開した。LNG専焼プラントであるが、これにより従来の超臨界圧プラントに比べてタービン効率の向上量は、定格負荷で相対値5%、プラント熱効率では2%向上し、発電端効率は、41.9%（計画値41.7%）となった。

この効率向上により、本超々臨界圧プラント1基当たり年間約4万トンの燃料費の節減ができるようになり、コストと環境負荷の低減につながった。LNGを燃料とするため硫黄酸化物・ばいじんの排出はないが、窒素酸化物対策としては、ボイラに二段燃焼・排ガス混合方式を採用し窒素酸化物の発生量を少なくすると共に、全量排煙処理のできる脱硝装置（脱硝効率80%以上）を設置した。

5.3 ガスガスヒータの設置

当社には、排ガス中に含まれる亜硫酸ガス（SO<sub>2</sub>）を除去するための排煙脱硫装置が設置されている発電プラントが2基ある。脱硫方式は、石灰石こう法で51年に尾鷲三田火力発電所1・2号機（発電出力いずれも37万5000KW）に設置し全量排ガス処理をしている。この排煙脱硫装置では、排ガス中の亜硫酸ガスの吸収効果を高めるために、水で冷却した後吸収液と接触させるので、亜硫酸ガスが除去された排ガスは60℃以下の低温となる。しかし、低温のままでは煙突からの拡散効果が低いためアフタバーナで再加熱していたが、これに要する燃料量が年間6万kl（2基分）にも達

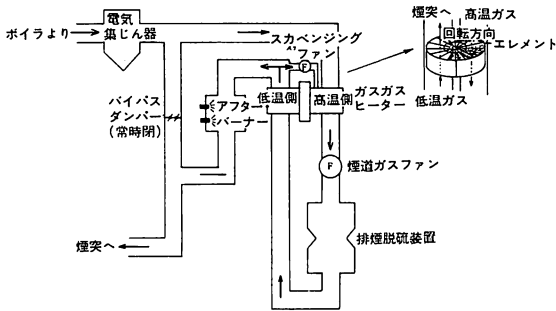


図-8 ガスガスヒーター系統図

していたので、これの代替用としてガスガスヒータを設置した。ガスガスヒータは、図-8の設備系統図に示すように、排煙脱硫装置を出た後の低温排ガスを高温排ガスと熱交換させ、熱エネルギーを有効に活用するものである。熱交換エレメントの取り付けられた回転円筒体の片側半分が高温排ガスと、また他の半分が低温排ガスと接触するような構造となっており、高温排ガスで温められたエレメントが回転してきて低温排ガス側で熱を与える仕組みである。設置にあたっては、ガスガスヒータの腐食や閉塞等の問題が懸念されたので、事前にテストピース等による調査試験をし、本装置を設置したが順調に稼働している。アフターバーナーの燃料として、良質のA重油を使用していたが、これを焚かずにすむようになり大巾な省エネルギーができた。また、高温排ガスと熱交換をするだけであるので、硫黄酸化物・窒素酸化物・ばいじんの排出がなくなり環境改善に寄与した。

#### 5.4 その他

既設プラントの設備改造として、①タービン性能の向上をはかるため、蒸気漏洩損失等を低減させる対策を行った。②空気予熱器にセンサードライブシステム(SDS)を採用しガス側へ逃げる空気量を減少させ熱損失の低減を図った。

また、運用技術として、①DSS運用の実施（発電プラントの夜間の低出力運転は、高出力時の運転に比較して熱効率が低下するので、プラントを停止して他のプラントで高出力運転をする。）②ボイラの排ガス温度を下げることによる熱損失の軽減③低 $O_2$ 運転によるボイラの排ガス損失の軽減等を行いエネルギーの効率化と省エネルギーを推進した。

## 6. 当社における環境対策の実施状況

### 6.1 硫黄酸化物対策

発電用燃料の低硫黄化すなわち硫黄分の少ない原油・

重油およびナフサの使用に加え、硫黄分を全く含まないLNGの導入を推進してきた。また、これを補完する排煙脱硫装置を設置することにより硫黄酸化物の低減をはかってきた。

### 6.2 窒素酸化物対策

窒素酸化物の低減対策として燃焼改善や排煙脱硝装置の設置をしてきた。燃焼方法の改善による具体的な方法としては、二段燃焼法、排ガス混合法、低NOXバーナーの採用等を行ってきた。排煙脱硝装置は、図-9に示すとおりで乾式アンモニア接触還元法によるもので、排ガス中にアンモニアを加え触媒層の中を通すと触媒の働きで、窒素酸化物を無害な窒素ガスと水に分解するものである。脱硝効率が80%以上得られるので窒素酸化物の大巾な低減が可能である。当社では、24基（平成2年2月現在）の排煙脱硝装置が設置されており順調に稼働している。

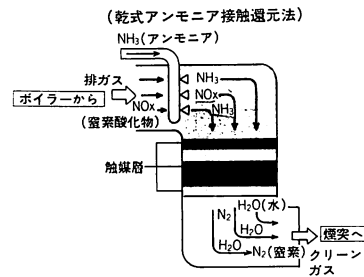


図-9 排煙脱硝装置の仕組み

### 6.3 ばいじん対策

すべての重油・原油を焚く火力発電プラントに高性能電気式集じん装置を設置してばいじんを除去している。

## 7. 地球規模の環境問題と省エネルギー

### 7.1 地球温暖化の認識

石炭・石油等の化石燃料の燃焼、熱帯林の減少等の影響により、CO<sub>2</sub>等の温室効果ガスの大気中濃度が上昇し、これにより地球規模の気温が上昇するものである。全米科学アカデミーの報告によれば、大気中のCO<sub>2</sub>濃度は、21世紀半ば以降には現在の約2倍に達し、このため温室効果により地球全体で地上気温が1.5℃～4.5℃上昇するとされている。温室効果ガスとしては、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O（亜酸化窒素）、メタン、フロン等が言われている。

### 7.2 CO<sub>2</sub>排出量の実態

CO<sub>2</sub>の国別の排出量の現状（1985年）は図-10のと

おりで、米国が最も多く、次いでソ連、中国でこの3国で世界の約50%の量を排出している。わが国は、第4位で4.3%を占めている。

各産業別CO<sub>2</sub>排出量の推計(昭和61年度)では、環境庁試算によると図-11に示すとおりで一般産業が33%で多く、次いで電力が27%を占めている。

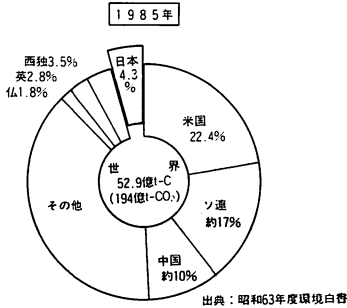


図-10 化石燃料の燃焼によるCO<sub>2</sub>排出量

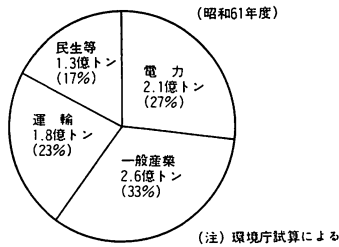


図-11 わが国の各産業別二酸化炭素排出量推計

7.3 国際会議の状況

1988年6月のトロント国際会議(カナダ主催)において、具体的な削減目標値2005年までにCO<sub>2</sub>の排出量を20%削減する旨の宣言がされて以来、急速に政治レベルの問題となってきた。UNEP(国連環境計画)、WMO(世界気象機関)の共催によるIPCC(気候変動に関する政府間パネル)が設置され、3つのワーキング・グループが活動を開始し、1990年秋の第2回世界気候会議を目標に検討作業が進められている。1989年のアルシュサミットでは、(1)経済成長と環境保護の両立を確保するため技術によるブレークスルーのための努力の強化、(2)エネルギー効率の一層の向上、(3)原子力発電の重要性の認識等が発表された。1989年11月にオランダ政府主催によりノルドベイクで開かれた「地球温暖化対策環境相会議」では、先進国が温室効果ガスの排出安定化をできるだけ速やかにIPCCと第2回世界気候会議が定めた年の水準に基づいて、達成すべきことを合意するなど、国際的な動きが活発になってきている。

7.4 対応としての省エネルギー

地球規模の環境は人類共通の大きな課題であるので、

世界が丸となって対応すべきであり、その重要な鍵を握るのは技術であると考え。地球温暖化のメカニズムは、十分解明されていないので、世界の英知を集集して解決に当ることが重要である。地球規模の環境問題に対して現実的に対応可能な方法としては、次のような方策が考えられる。

- (1) エネルギー利用効率向上、省エネルギーによる化石燃料使用量の削減
- (2) CO<sub>2</sub>の出ない原子力エネルギー利用の推進
- (3) 化石燃料の中でCO<sub>2</sub>発生量の少ない燃料への転換
- (4) 森林伐採の制限と造植林の促進
- (5) 技術開発の推進

この対策の中で、エネルギーの利用効率の向上、省エネルギーとこれらに関する技術開発の推進は、地球規模の環境問題を解決するための手段の一つとして有力である。もともとわが国は、省エネルギーでは米国や他の国に比べて優れており、これによってGNP単位のCO<sub>2</sub>発生量は少なくトップクラス的良好な状態にある。更に省エネルギーを推進するのは難しいことではあるが、地球環境問題に対する世界的な取組みが進められている現状において、一層努力していく立場におかれているものとする。

このためには、今後各分野においてエネルギー利用効率向上と省エネルギーのための施策を推進していく必要があるものとする。以下に考えられる内容を述べたい。

- (1) 各部門における推進
  - ①産業部門 エネルギー利用効率化設備の推進等
  - ②家庭部門 新機種開発等による機器の効率向上
  - ③営業部門 ビルの空調管理の改善等
  - ④運輸部門 燃費向上のための技術開発、電気自動車の普及促進等
- (2) システムとしての利用効率の推進
 

ヒートポンプ利用による機器の効率化、地下鉄、下水、地下道廃熱等未利用エネルギーの利用、コージェネレーションシステム等の推進をはかる。
- (3) 技術開発の推進
 

コンバインドサイクル発電、石炭ガス化複合発電等熱効率の高い発電システムの開発推進、環境負荷が小さい燃料電池・太陽光・風力発電等の新エネルギー開発の推進をはかる。