

タイ王国省エネルギー計画アフターケア調査

エネルギー診断技術ワークショップテキスト

4. 産業分野のエネルギー管理方法

1994年3月

国際協力事業団 (JICA)

財団法人 省エネルギーセンター (ECCJ)

1. 産業部門の省エネルギー

産業部門の省エネルギーを定義づけると、「省エネルギーとは生産水準や生活水準の低下を伴うことなく、また環境や安全を損うことなく、エネルギーのムダを省き、より効率的なエネルギーの使用を推進することである。」となる。

企業の省エネルギー活動の目的としては、つぎの3つの点が挙げられる。

- ① 電気や燃料などのエネルギー消費量を減らすことが、製造コストをはじめとする諸経費の削減に直接効果があること
- ② エネルギー供給に制限を受けても、企業には製品の安定供給責任があり、そのような事態にそなえて、日頃からより少ないエネルギーでユーザーの需要を満たせる体制をつくっていかなければならない。
- ③ 国の重要施策としてのエネルギー節約に協力することは、企業の社会的責任である。

以上のような背景のもとに、産業部門はわが国のエネルギー体質の強化をはかる上で、今日まで大きく貢献してきている。

表1はエネルギー多消費業種における省エネルギー対策の概要と代表的な省エネルギー設備である。

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	省エネルギー対策の概要	代表的な省エネルギー設備など
鉄 鋼	①操業技術の改善 ②排エネルギーの回収 ③生産工程の改善 ④エネルギー使用効率向上	①改良型連続式鑄造設備 ②高炉炉頂圧回収発電設備 ③コークス乾式消火設備
石油化学 (エチレン 部門)	①排熱回収強化 ②プロセスの合理化 ③蒸留系における環流比の低減化	①加熱炉排ガスからの排熱回収設備 ②分解生成物からの排熱回収設備 ③高効率コンプレッサ
セメント	①NSP転換 ②原料ミル・仕上げミルの改善など ③排熱の利用 ④燃焼管理の適正化	①SP・NSPキルン ②立て型ミル ③中低温排熱利用発電
紙・パルプ	①生産工程の連続化 ②排熱の回収 ③生産工程の効率化 ④古紙利用の拡大 ⑤操業管理の改善	①連続蒸解釜 ②液膜流下型真空蒸発缶 ③面圧脱水設備
染色整理	①保守管理の徹底 ②温排水および排熱の回収利用 ③低浴比染色機等省エネ設備の導入 ④加工条件の改善など	①熱交換器(液-液) ②省エネルギー型洗浄装置 ③低浴比染色機
板ガラス	①保温材による断熱 ②窯のシーリング改善 ③蓄熱効率の向上 ④排熱ボイラの設備	①排熱利用ボイラ

2. エネルギー管理の組織

工場における適切なエネルギー管理は製品のコストを引き下げ、原価の低減につながり、将来的に競争力の維持強化がはかれる。このように、企業におけるエネルギー管理を上手に運営するためには、省エネルギー活動の活性化や組織化など管理体制の充実が必要であり、経営者をはじめとして、各階層、各部門一丸となって推進しなければならない。

2.1 省エネルギー活動を成功させるための条件

省エネルギー活動を成功させるためには、つぎの条件が絶対に必要である。

(1) 経営トップが自から先頭にたつ

トップにたつ経営者が省エネルギー推進をはっきり明示し、具体的目標値を設定し、継続的に衆知徹底させる。

(2) 専任化組織をつくる。

省エネルギー対策を実行できる部隊および制度をつくる必要がある。この際責任者と責任範囲を明確にしておくことが重要である。また従業員一人一人の認識を深めさせることが大切で、改善提案制度や省エネルギー推進月間の設定や小集団活動の活性化をはかることが必要。

(3) 計画を確実にフォローする。

省エネルギー改善の検討を計画だけで終わらないように、必ず計画の段階からテーマを登録し、実行化して行く段階の進捗状況を報告させると共に、その成果を随時発表して衆知させる。

また成果の挙げたテーマについては水平展開をはかり、同様の改善を多く実施させることが効果的であり、このようなことができるしくみを標準化しておく必要がある。

(4) 予算的優遇処置

省エネルギー対策費を当面の優先投資とし、投資回収期間が2年以内であれば無条件で改善に着手できるようにする。

例えば、工場における省エネルギー対策の範囲は、技術的、経済的に可能な範囲であること。

2.2 推進母体の組織化

省エネルギー活動の組織はこうでなければならないという特定の方式はない。それぞれの企業の体質、特性に応じた組織化をすることである。

(1) 全員参加方式

トップからの呼びかけにより全社一丸となって省エネルギー活動に取り組むもので、実質的な成果とともに企業内のモラルの高揚を狙っている。

したがって、精神主義的な面をもち、活動当初は熱心に展開され、短期間にかなりの成果が上がる。ただし緊張感を持続させることが難しく、日常の仕事に左右され、しだいに熱意がさめていく。

(2) 会議方式

各部門からの代表者による定期的会合を主体として行われ、部門間の調整などがスムーズにいくことから改善の規模も大きくなる。しかし、部門の代表者は兼任であることが多く、どうしても主業務が優先されるため、マンネリ化しやすい。メンバーの選び方がポイントである。

(3) プロジェクト方式

各部門からの代表者や専門家を集めて省エネルギー専任のプロジェクトチームを作り、目標を達成するまでの間、省エネルギー活動に専念できる。この方式は計画的に活動を進めることができるので、より深く省エネルギーについて研究でき、テーマごとに大きな改善要素を発見することができるなどの特長がある。しかし省エネルギープロジェクトを作ったことによつて、他の人達がプロジェクトにまかせておけばよいという考えになりがちである。その結果、プロジェクトメンバー以外の人達の省エネルギーに対する無関心さは、省エネルギーに対する認識不足や問題意識の欠如を引き起こし、プロジェクトが改善策を実施しようとしたときに現場側の保守的体質と絡みあって、改善対策に対する抵抗という形で現れてくることが多い。

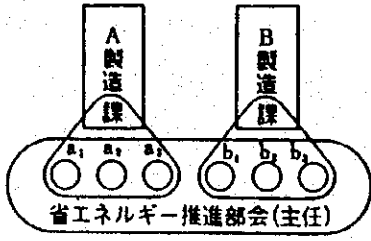
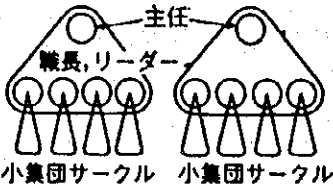
したがって、企業ぐるみの省エネルギー活動の体制を作ること、優秀なメンバーを集めること、マンネリ化を防ぐために省エネルギーの対象と期間を決め短期に行うことが重要である。

(4) 業務方式



企業の中の一つの組織として省エネルギー専門の担当部門を設けるとともに、各部門に省エネルギー係を置き、この係との協力体制を作り、問題を吸いあげやすくした方式である。省エネルギー係は日常の主業務と並行して、省エネルギー推進業務を行う。

この方式の利点は、部門ごとの省エネルギー係により各部門の現状把握や問題点の発見が容易になること、また係を通して担当部門と現場が結びつき、全員参加意識を持続することができる。

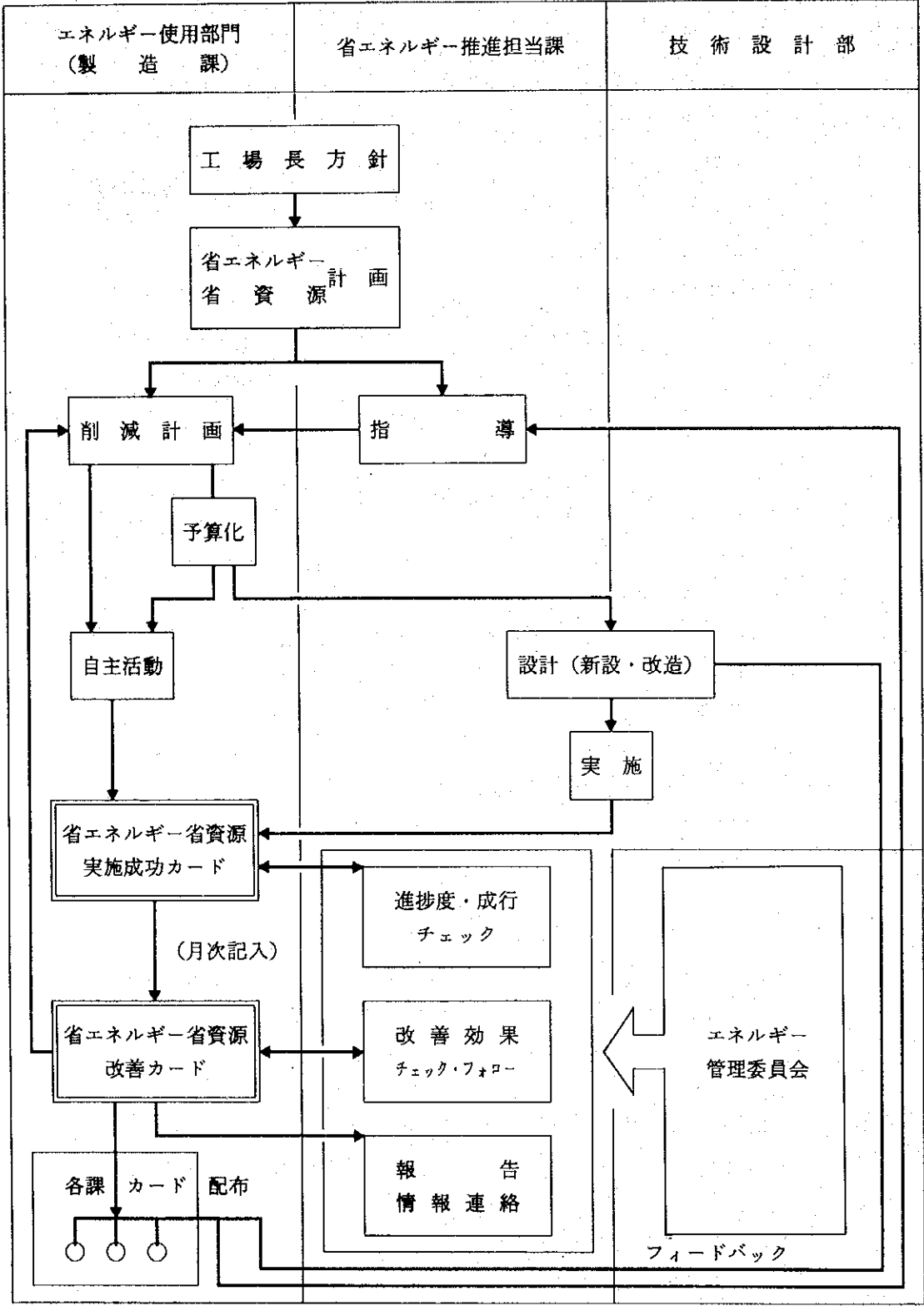
エネルギー管理組織の整備と強化

テーマ	実施項目	ねらい	具体的実施内容
1. エネルギー管理組織の改革	管理範囲および対象の拡大	省エネルギー・省資源意識の向上	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">熱管理組織</div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">エネルギー管理組織</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">エネルギー管理 (燃料, 電気)</div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">燃料(蒸気), 電気, エアー, 水, 油類, 溶剤, 廃棄物</div> </div>
	エネルギー自主管理体制化	自主管理による改善, 意識の向上	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">エネルギー管理 部署(供給部門) 主導形</div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">エネルギー使用 部署(製造部門) 管理主導形</div> </div>
2. 全員参加方式の活動組織化	省エネルギー推進部会の設置	自主的な改善活動意識の向上	<p>各製造課主任クラスがメンバーとなり自主活動の推進部会を結成, 全員参画の活動の推進を行う。</p> 
	小集団サークルの改善活動の組織化	サークル活動の活性化	
3. 省エネルギーの専任化組織	省エネルギー推進専任担当部署の設置	専任化による活動の強化	省エネルギー推進を主担当とする専任化組織を工場長直轄の部署として組織化し, エネルギー管理体制の強化をはかる。
4. 専門家会議の組織	専門部署グループの会議体の設置	省エネルギー改善技術力の強化	省エネルギー推進の小集団活動と同時に, 専門家による改善対策と協力体制による相乗効果をねらう組織

省エネルギーの教育・啓蒙活動

テーマ	実施項目	ねらい	具体的実施内容
1. 啓蒙活動の展開	(1)省エネルギー・「省資源虎の巻」刊行	啓蒙書による意識づけ	「目で見ると、やさしい虎の巻」を配布，勉強会実施 (改善効果：金額換算 早見表付) 
	(2)啓蒙・PR活動	省エネルギー・省資源意識の向上	ステッカー，シンボルマーク作成，配布，標語，ポスター作成，掲示責任区分標示 
	(3)社内VTRによる啓蒙活動	方針徹底，意識の向上	工場内，各事務所，休憩所に配置されている構内VTR施設による工場長方針放映，啓蒙VTR放映，事務局連絡
	(4)社内報による省エネ“ミニ”情報提供	改善意識の向上	社内報“かわら版”（週1回発行）にアイデア，改善の情報掲載 事務局発行，ニュース
	(5)省エネルギー・省資源課題提案キャンペーン	改善意欲の向上	定例の改善提案制度を利用し，一定期間を定め，課題提案キャンペーンを実施し，優秀提案に個人，サークル，工程別に表彰し，評価する。
	(6)省エネルギー・省資源推進大会	啓蒙，教育	社内外講師による研修会，講演会を開催し，管理監督者，一般従業員へ省エネルギーマインドの啓蒙普及をはかる。
2. 教育・訓練	(1)研修会，他工場見学会参加	意識の向上，レベルアップ	社内外の事例発表会，工場見学会を企画し，製造部門の従業員の積極的参加をはかる。
	(2)社内勉強会および技術指導	レベルアップ	「省エネルギー・省資源虎の巻」をテキストにリーダークラスを対象に教育・訓練を実施。 省エネルギー技術の実演指導も行う。

省エネルギー改善・フォローシステム



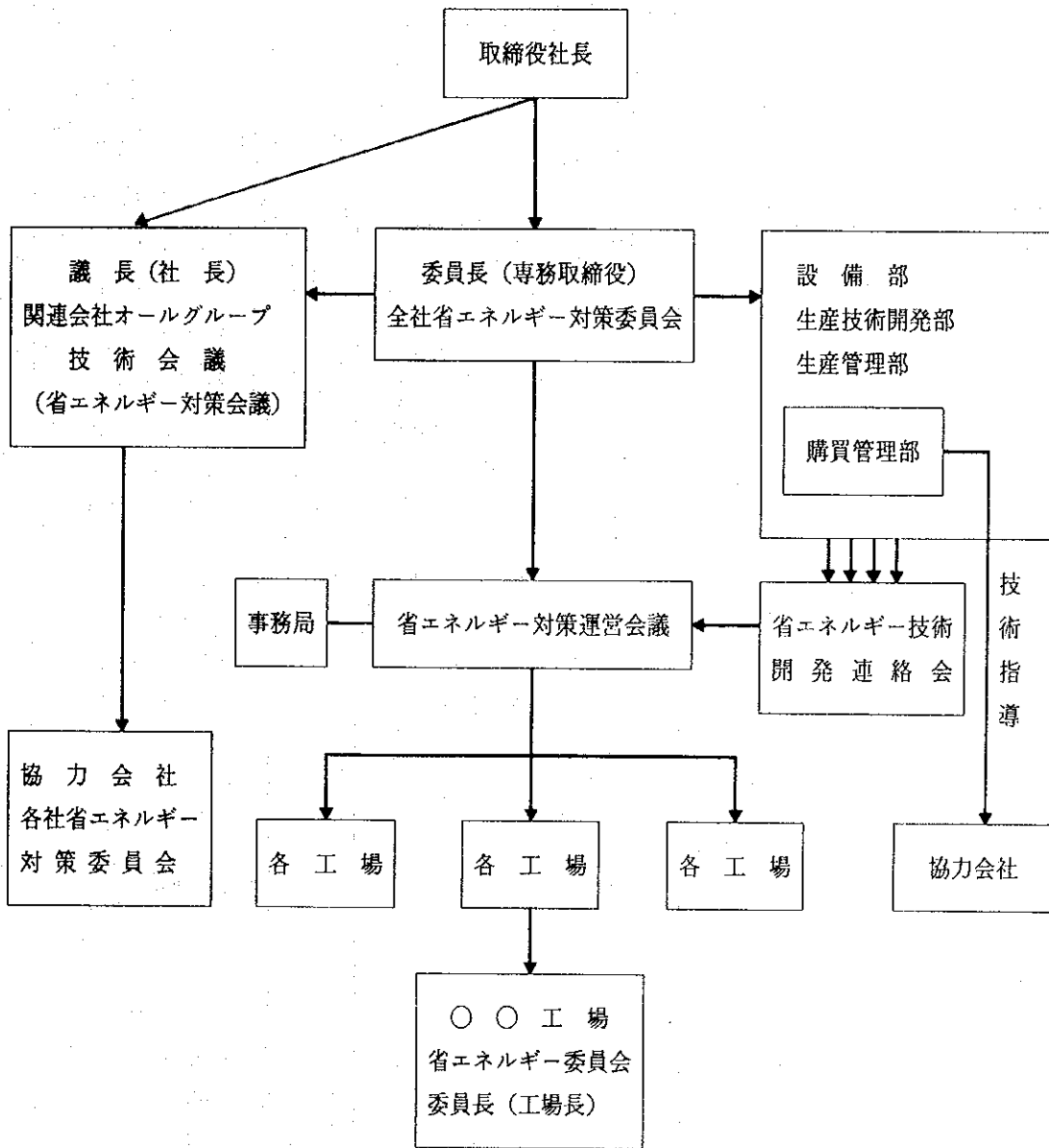
省エネルギー設計の標準化と省エネルギー一点検制度の導入

テーマ	実施項目	ねらい	具体的実施内容
1. 設計および管理の標準化	(1)省エネルギー設計施工の基準整備	省エネルギー・省資源設計指向	<p><例></p> <ul style="list-style-type: none"> ◦省エネルギー設計のチェックマニュアル ◦蒸気使用有効利用の設計基準 ◦電力使用合理化の設計基準 ◦保温設計、施工基準 ◦適正スチームトラップの選定基準 ◦省エネルギー改善事例集 ◦省エネルギー設計アイデア集 <p>電力編 燃料、蒸気編 など</p>
	(2)エネルギー使用許可制度の導入	エネルギー使用量、使用箇所の管理	<ul style="list-style-type: none"> ◦エネルギー（燃料、蒸気、電力、水、エア）の使用（量、場所）許可制度 ◦エネルギーフロー管理図の整備
2. 省エネルギー設計チェックシステム	省エネルギー一点検制度の導入	省エネルギー設計指向	<p>設備新設・改造時、製造課受入時「省エネルギー一点検」をルール化し、設備導入時、問題点を洗い出し改善する。</p> <pre> graph TD A[設備完成] --> B[省エネルギー一点検] B -- No --> C[改善] C --> A B -- Yes --> D[使用開始許可] </pre> <p>(注)点検者は省エネルギー推進担当課</p>
3. 改善情報フィードバックシステム	省エネルギー・省資源改善情報カード化	関連部署への改善情報PR、フィードバック	改善成功を報告する成功カード(月次記入)と完成時作成する改善カードによる情報フィードバックシステム

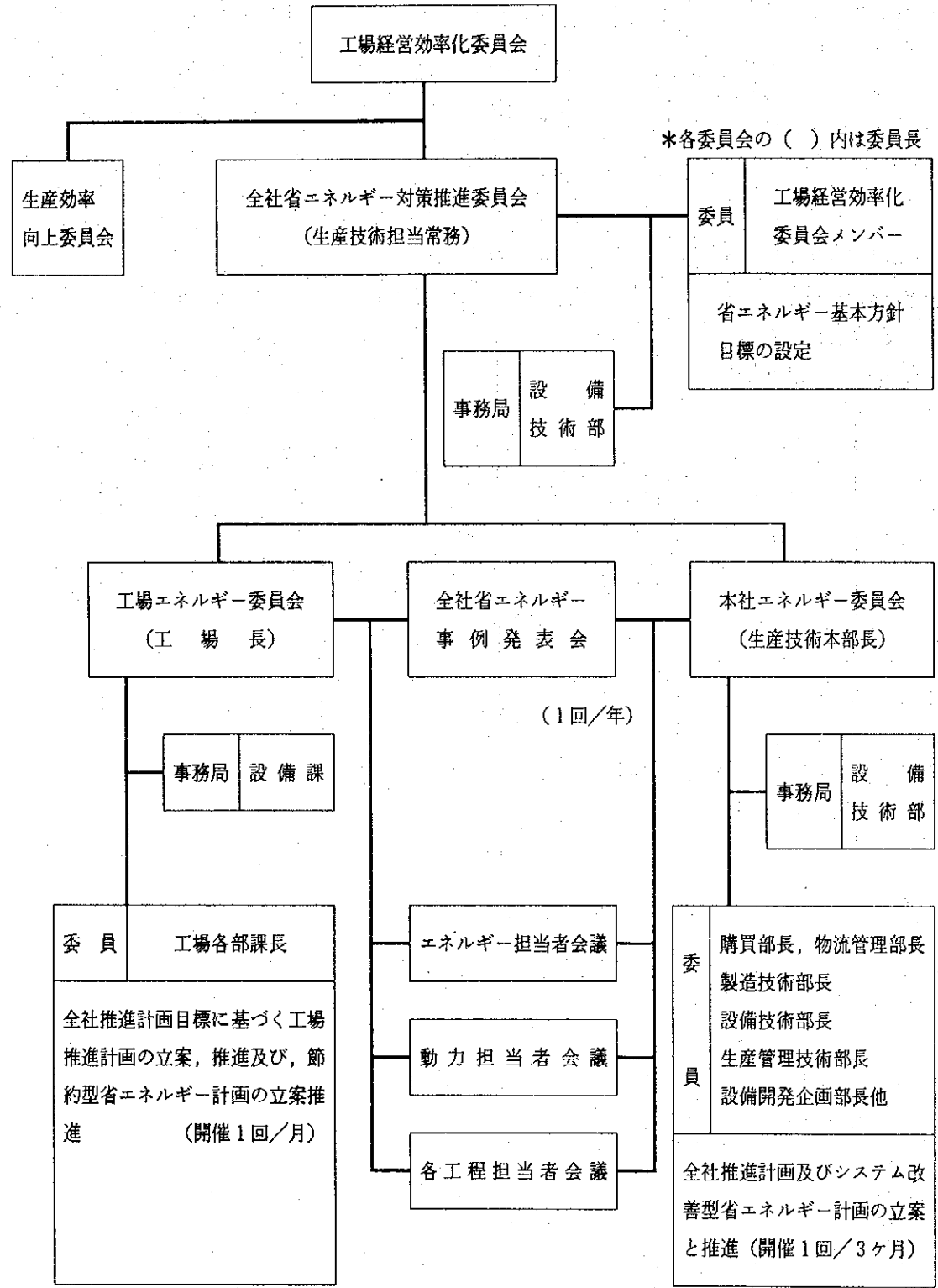
省エネルギーの評価システム

テーマ	実施項目	ねらい	具体的実施内容
改善評価のシステム化	(1)省エネルギー・省資源パトロール	現場診断	所属長、事務局による現場のパトロールを行い、各課の管理状況および省エネルギー・省資源に関する現物現場で問題点をチェック、フォローする。
	(2)改善事例発表会	改善意欲の向上 モラルアップ	各職場代表による改善事例発表会を工場単位行う（1回/年以上）また全社単位の工場対抗発表会実施（1回/年）
	(3)省エネルギー・省資源コンテスト	全員参加による統一目標に向かって改善活動を評価することによる改善意識の向上	「省エネルギー・省資源職場コンテスト」として各職場の管理状況、改善実施状況の成果を各工程（主任単位）ごとに評価、優秀職場とワースト職場を表彰し、全体のレベルアップをはかる。同時に工場長によるトップ診断である。

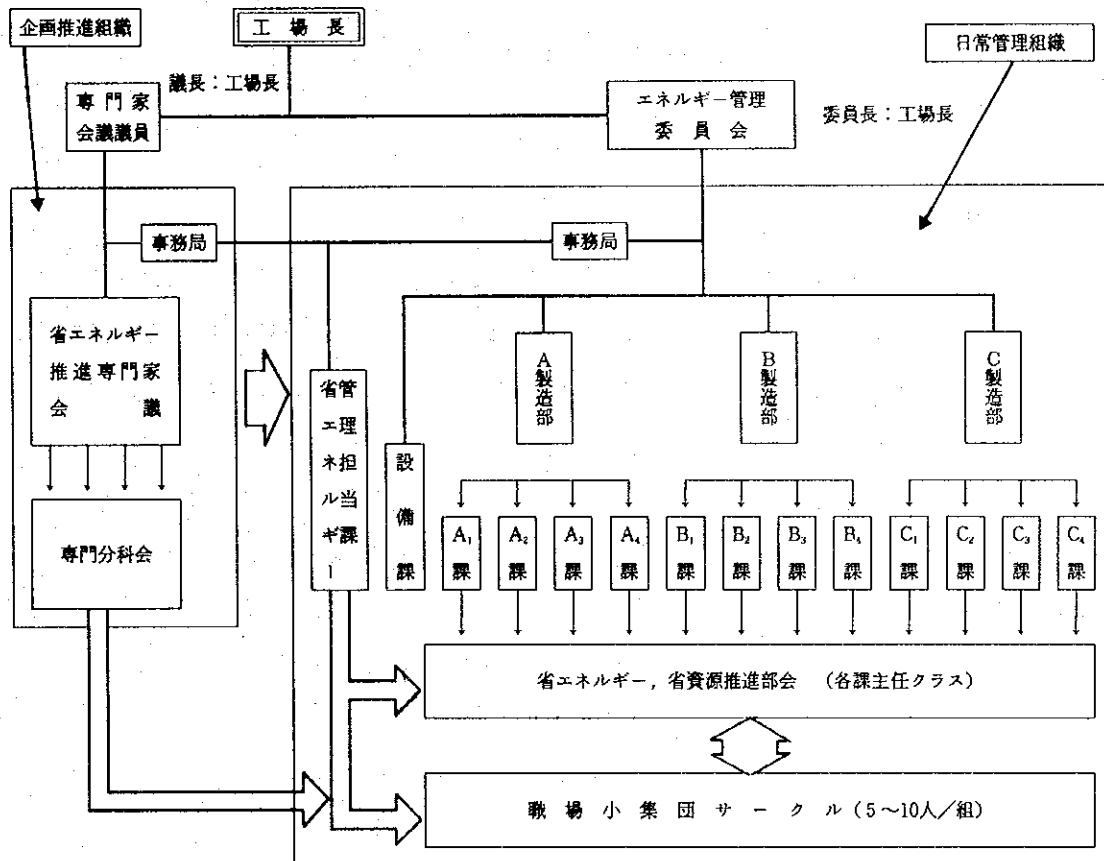
全社省エネルギー対策推進組織（例）



省エネルギー推進対策（例）



工場におけるエネルギー管理組織（例）



2.3 省エネルギー推進のための留意点

- I. 一番重要なのはトップのやる気である。トップがやる気にならなければ、効果は上がらない。
- II. 二番目は省エネルギー対策は、全員が参加しなければ効果が期待できない。
- III. 省エネルギー対策には、ある程度の資金が必要であり、対策に専任する人も必要である。
- IV. 簡単なこと、やさしいことから先ず始めることが重要。
- V. 全員参加と標準化による水平展開が必要。

3. エネルギー管理の実務

エネルギー管理も品質管理など同様に、管理の基本に忠実に、各種管理技法を活用して進めるべきである。

3.1 現状の把握

管理を行うには、まず現状の正確な把握が前提である。エネルギー管理を行う場合は、エネルギー消費実績が正確に把握されるように計器を充実すること、エネルギー効率の評価基準を明確にしておくことが重要である。参考までに表2に中小企業エネルギー使用合理化アドバイザーが問診および現場調査において、通常行っている評価表の例を示す³⁾。

エネルギー管理指定工場においては、帳簿を備えて、毎月末までに、前月の状況に関して記録しなければならない。具体的に記載すべき項目としては以下のものがある。

熱管理指定工場

- (1) 燃料などの種類別および品位別の購入量，副生量，販売量および使用量
- (2) 燃料などを消費する設備の新設，改造または撤去の状況および稼働状況
- (3) 燃料などを消費する設備ごとの燃料の種類別および品位別の使用量
- (4) 燃料などの使用の合理化に関する設備の新設，改造または撤去の状況および稼働状況
- (5) 燃料などの使用の合理化に関し実施した措置

電気管理指定工場

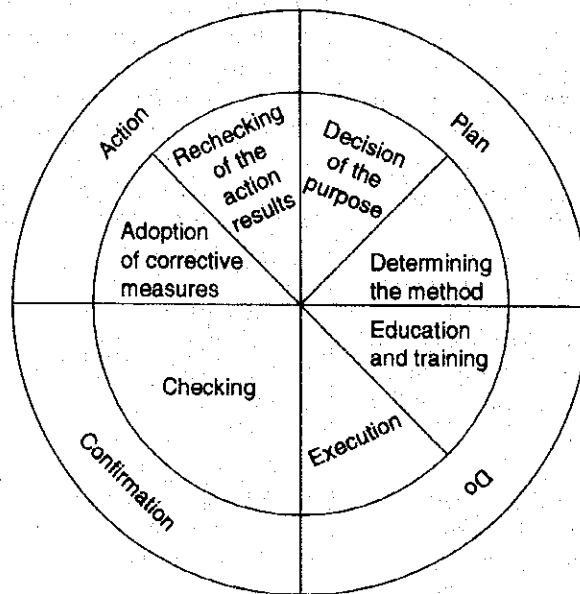
- (1) 電気の購入量，自家発生量，販売量および使用量
- (2) 電気を使用する設備の新設，改造または撤去の状況および稼働状況
- (3) 電気の使用の合理化に関する設備の新設，改造または撤去の状況および稼働状況
- (4) 電気の使用の合理化に関し実施した措置

Table 2 Typical Assessment Table for Action on Improvement Suggestions

	Check items	Content
Grasping Energy Consumption Situation	(i) Measuring equipment installation	A. Sufficient to monitor energy consumption B. Allows limited monitoring, though not sufficient C. Lacks essential instruments
	(ii) Measuring equipment maintenance and management	A. Excellently maintained and free of faulty instruments B. Satisfactory C. Poorly maintained and contains faulty instruments
	(iii) Monthly energy consumption (fuel, electricity, etc.)	A. Always well recorded and maintained B. Well recorded but poorly maintained C. Not monitored
	(iv) Daily energy consumption (fuel, electricity, etc.)	A. Always well recorded and maintained B. Well recorded but poorly maintained C. Not monitored
	(v) Energy consumption for each major energy consuming facility (fuel, electricity, etc.)	A. Well recorded and maintained B. Well recorded but poorly maintained C. Not monitored
	(vi) Examination of reasons for an increase or decrease in energy consumption	A. Carried out with improvement measures identified B. Carried out C. Not carried out
	(vii) Calculation of unit energy consumption rates (fuel, electricity, etc.) for major products (calculation in monetary units also acceptable)	A. Always carried out B. Carried out as necessary C. Never carried out
	(viii) Examination of unit energy consumption rate improvement measures	A. Always carried out B. Carried out as necessary C. Never carried out
	(ix) Calculation of daily load factor of electric power	A. Carried out as necessary B. Under consideration C. Never carried out
	(x) Examination of daily load factor improvement measures	A. Have been carried out with improvement measures taken or examination under way B. Under positive consideration C. Never carried out
	(xi) Power factor used as a basis of determining the latest electricity charge (contractual power factor)	A. 95% or more B. less than 95% but not less than 90% C. less than 90%

3.2 推進状況の管理

ここで一般に行われるのはTQCである。すなわち、図3に示すように、計画を立て、実行し、その結果を評価し、それに基づいて修正もしくは歯止めを行い、さらに一步進んだ段階の計画に入るということを繰り返す、いわゆるPDCAの輪を回すことによって、着実な進展をはかることができる。ここで大切なことは事実とデータに基づいた検討がなされることであって、データの質の向上のためには計測面での充実と適切な解析手法の活用が求められる。



Deming circle

3.3 エネルギー総合評価

エネルギー管理を考える場合、エネルギー原単位といった量的側面のみならず、エネルギーの種類と質にも着目することが重要である。(表3)。各種エネルギーの価格差は直接コストに影響するのみならず、輸送、貯蔵、環境、その他の特性についても無視できない。また将来の需給面、価格動向をも考慮する必要がある、総合的なエネルギーの経済評価が今後ますます重要となってくる。

Table 3 Characteristics of energy

	Transport	Storage	Influence on the environment	Ease of handling	Use efficiency	Safety
Coal	Normally, freight transport routes can be used.	Mass storage is possible.	SOx, NOx, dust, ash, and heat	Adjustment is required for quality and grain size.	Indirect heating (70%)	
Petroleum	The transport time is long, but the loss from transport is small.	Mass storage is possible.	SOx, NOx	Excellent operability	Direct heating (pool heater) (90%)	Flammable, explosive
Gas		Mass storage is possible.	NOx, heat	Excellent operability		
Electricity	Transmission loss (6 to 7%). Continuous transmission is possible. There is no time loss.	The storage quantity per unit weight is small. Batteries (the energy density is small) Pumped storage power generation	Heat	Excellent operability	Generation efficiency (thermal power) (35 to 40%) Heater (100%) Electric motor (85 to 95%)	
Heat	Short distances because of large loss from thermal conduction and convection.	The storage quantity per unit weight is small. Storage in the form of latent heat or sensible heat	Heat	A heat source is required at a short distance. Effective as a low-temperature heat source		

Source: "For Realization of an Industrial Structure Vision" by the Industrial Structure Council (1977).

4. 省エネルギーの経済評価

投資の経済評価の手法については、種々提案されているが、比較的よく使われるものについて述べる。

4.1 資金回収期間法

$$\text{資金回収期間} = \frac{\text{投資額}}{\text{償却前年間利益}} \text{ (年)} \quad (2.1)$$

上記では利益の時間的变化が考慮されていないが、簡単でありよく使われる。

4.2 利益の現在価値を計算する方法

P_1, P_2, \dots, P_n 各年の償却前利益

i 利子率

V 利益の現在価値

S 残存価値

I 投資額

とすると

$$V = \frac{P_1}{1+i} + \frac{P_2}{(1+i)^2} + \frac{P_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{P_n}{(1+i)^n} + \frac{S}{(1+i)^n} \quad (2.2)$$

i が与えられて $V = I$ になる n を求めれば、利子を支払いつつ何年で返済し得るかがわかる。

$P_1 = P_2 = \dots = P_n, S = 0$ のとき

$$I = V = P \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2.3)$$

$$n = \frac{\log\left(\frac{P}{P-Ii}\right)}{\log(1+i)} \quad (2.4)$$

また、設備の貢献期間 n を与えて i を計算すれば、投資利益率が求まる。この値が現在の利子率を上回れば有利と判定できる。

4.3 単純投資利益率

$$\text{単純投資利益率} = \frac{\text{償却前年間利益}}{\text{投資額}} \quad (2.5)$$

このほか、陳腐化による操業劣性を考慮し、経済的使用期間に対する総合最小費用を求めて比較する新 MAPI（アメリカ機会工業協会）方式などがあるが、ここでは省略する。

利益算定の基礎となるエネルギー価格については、将来の値上りを考慮に入れておくべきであろう。また、ある省エネルギー投資により受電契約の引き上げや、受変電設備の増設、あるいは燃料タンクや環境対策設備の増強を必要としなくなった場合は、省エネルギー利益を大きく評価することができる。逆に、タービン背気をプロセス蒸気として利用している場合は、その蒸気は高く評価できない。このように、エネルギーの評価はケースバイケースで考える必要があり、単純に原価などを採用すると誤りをおかすおそれがある。

技術進歩や経済情勢の変化が激しい現在では、資金回収期間を長く取るとはリスクが大きい。設備計画にあたっては、可能な限り設備費を切り下げる工夫をしなければならない。

5. エネルギー使用合理化の技術

5.1 エネルギー使用合理化の3段階

(1) 操業の安定

現在の設備や操業を良好な状態に維持すること（例：欠陥個所の点検補修、掃除、作業標準の遵守など）

操業を安定させることは、省エネルギーの観点から何よりも大切なことである。故障によってラインを休止させれば、仕掛け品は熱を失い、場合によっては不合格になったり、再処理を要することになる。炉も冷えて再スタート時に昇温しなければならなくなるし、立ち上がり後、安定するまでは最高の原単位を望めない。このように、故障休止はエネルギー損失の大きな要素になるので、設備の整備を十分にするとともに、誤操作を防ぐため作業標準の整備と、その教育を怠らないようにしなければならない。

(2) 設備や操業条件の改善

設備の構造や操業条件の改善（例：熱交換の強化、省エネルギー機器の付加、加熱温度の変更、排熱の回収など）のような段階があるが、今までの設備や操業の考え方が最善とはいえなくなっている場合が多く、この際基本に立ち返って見直さなければならない。改善の着眼点は多岐にわたるが、法に基づき公表されている判断基準に照らして、チェックしてみる必要がある。

排エネルギー回収利用には表4のようなケースが考えられる。

この場合、排エネルギー利用を考える前に考慮すべきことは

- (a) 排エネルギー発生量をこれ以上減らす余地はないか
- (b) 排エネルギーを系内で利用する道はないか
- (c) 排エネルギーをもっと利用しやすい形で取り出す方法はないか
- (d) 回収したエネルギーの用途はあるか。また、どのように利用するのがもっとも有利かなどの諸点であって、十分に検討のうえ、設備のむだを生じないように注意しなければならない。

Table 4 Use of Recovered Waste Energy

Classification	Examples
Improved use ratio for by-product gas	Blast furnace gas, converter gas, gas from petroleum decomposition
Use of recovered exhaust pressure	Use of the blast furnace top pressure for generation of electricity, use of petrochemical waste gas turbines to drive compressors
Use of the recovered sensible heat of solids	Dry coke quenching method (use as steam or electricity) Slab cooling boiler (use as steam)
Use of recovered steam drain	(Use as boiler feed water)
Use of cooling water waste heat	Power generation systems using medium- and low-temperatures waste heat, pisciculture, horticulture
Use of exhaust gas waste heat	Waste heat boiler (use as steam) Power generation systems using medium- and low-temperatures waste heat Absorption refrigerating machines
Use of the temperature of LNG	Air separation Power generation

(3) プロセスやシステムの改善

プロセスやシステムの改善は、本質的にエネルギーを使用する部分を減らそうとするもので、大きな効果が期待される。例としては表5のようなものがある。

Table 5 Process and system improvement

Item	Example
Elimination of processes	<p>(Steel industry)</p>
Change to continuous operation	(Chemical plants) Batch distillation → Continuous distillation
Scale increase	
Transport rationalization	Elimination of cross transportation and double transportation Shortening of transport routes Increased lot size
Cascading use	<p>Combined power generation</p>
Recycling	Blast furnace water-pulverized slag → Blast furnace cement
Use of catalysts and microorganisms	Catalytic deodorization method
Change of the production method	(Steel industry) Open hearth steel making → Converter steel making (Cement industry) Addition of SP or NSP

5.2 設備総合効率向上による省エネルギー

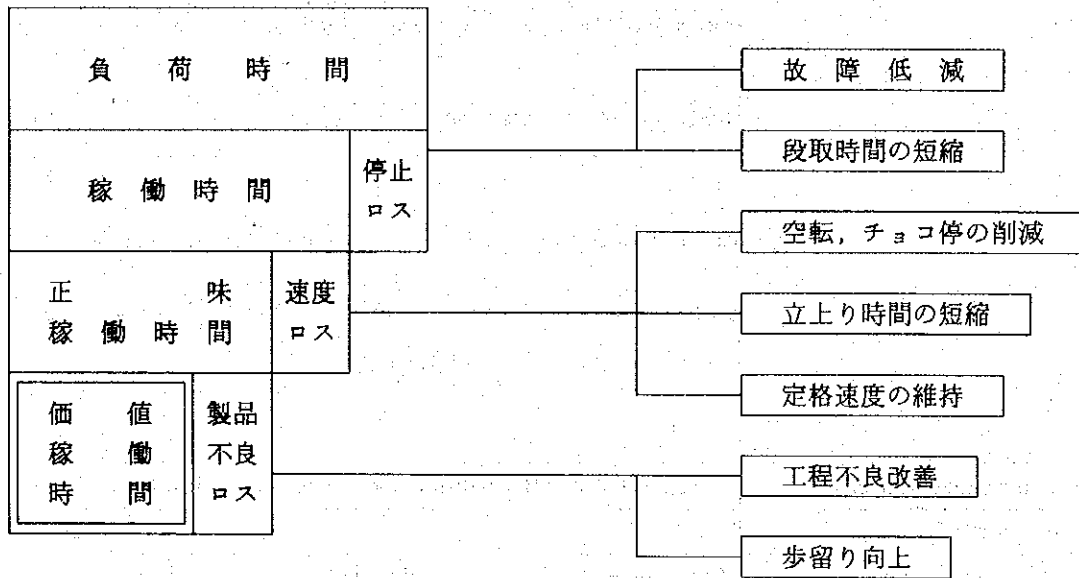
設備の総合効率とは、時間稼働率、速度稼働率、良品率の相乗積であり、それは現状設備が時間的、速度的にどうか、良品率はどうかを総合的に評価して、付加価値を生み出す時間にどれだけ貢献しているかを示すメジャーである。

- 時間稼働率 = $\frac{(\text{負荷時間}) - (\text{停止時間})}{(\text{負荷時間})}$
- 性能稼働率 = $\frac{(\text{出来高}) \times (\text{実際サイクルタイム})}{(\text{負荷時間}) - (\text{停止時間})} \times \frac{\text{理論サイクルタイム}}{\text{実際サイクルタイム}}$
 = (正味稼働率) × (速度稼働率)
- 良品率 = $\frac{\text{良品数}}{\text{投入数量}}$
 良品数 = 投入数量 - (立上り不良数 + 手直し数)

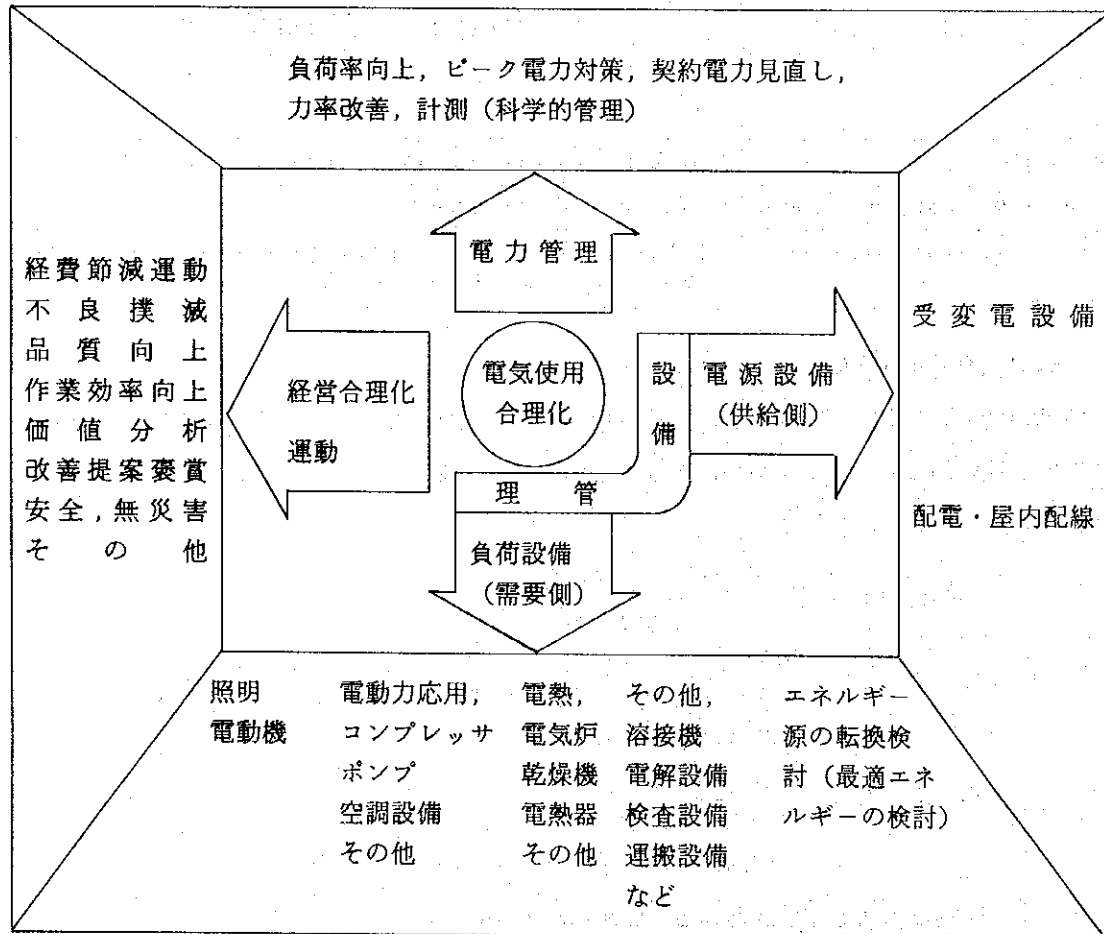
設備総合効率 = 時間稼働率 × 性能稼働率 × 良品率

設備総合効率向上による省エネルギー改善 (TPM 活動の推進)

<設備総合効率=時間稼働率×性能稼働率×良品率>

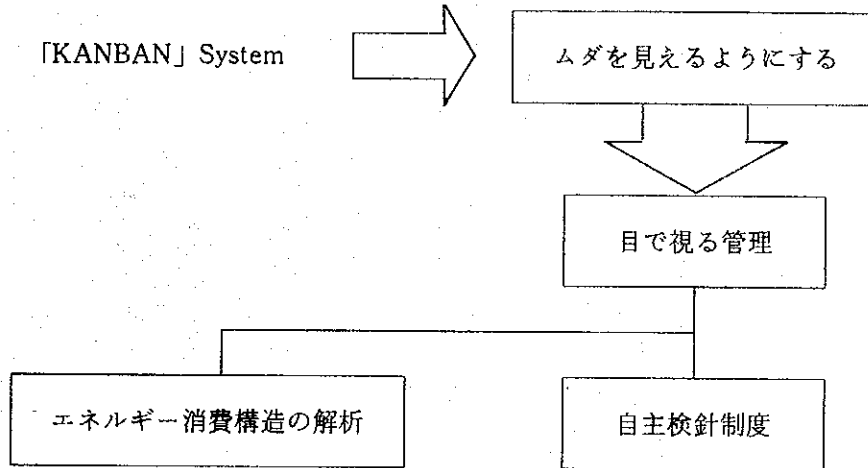


電気使用合理化へのアプローチ



エネルギー管理の徹底（自主検討制度の実施）

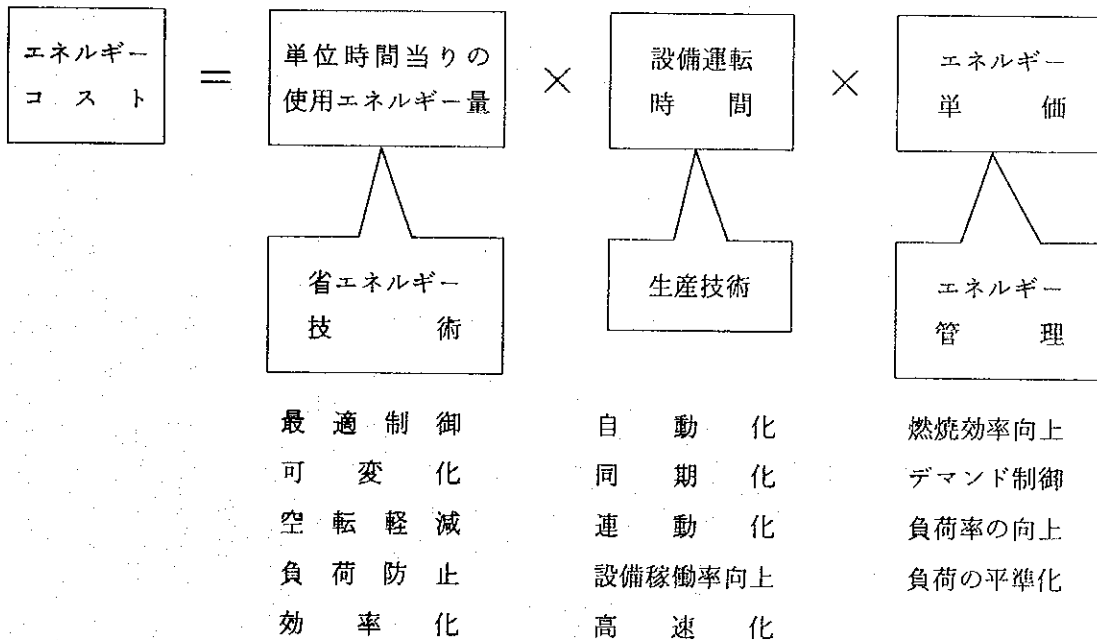
1. トヨタ生産方式に代表される“徹底したムダの排除”

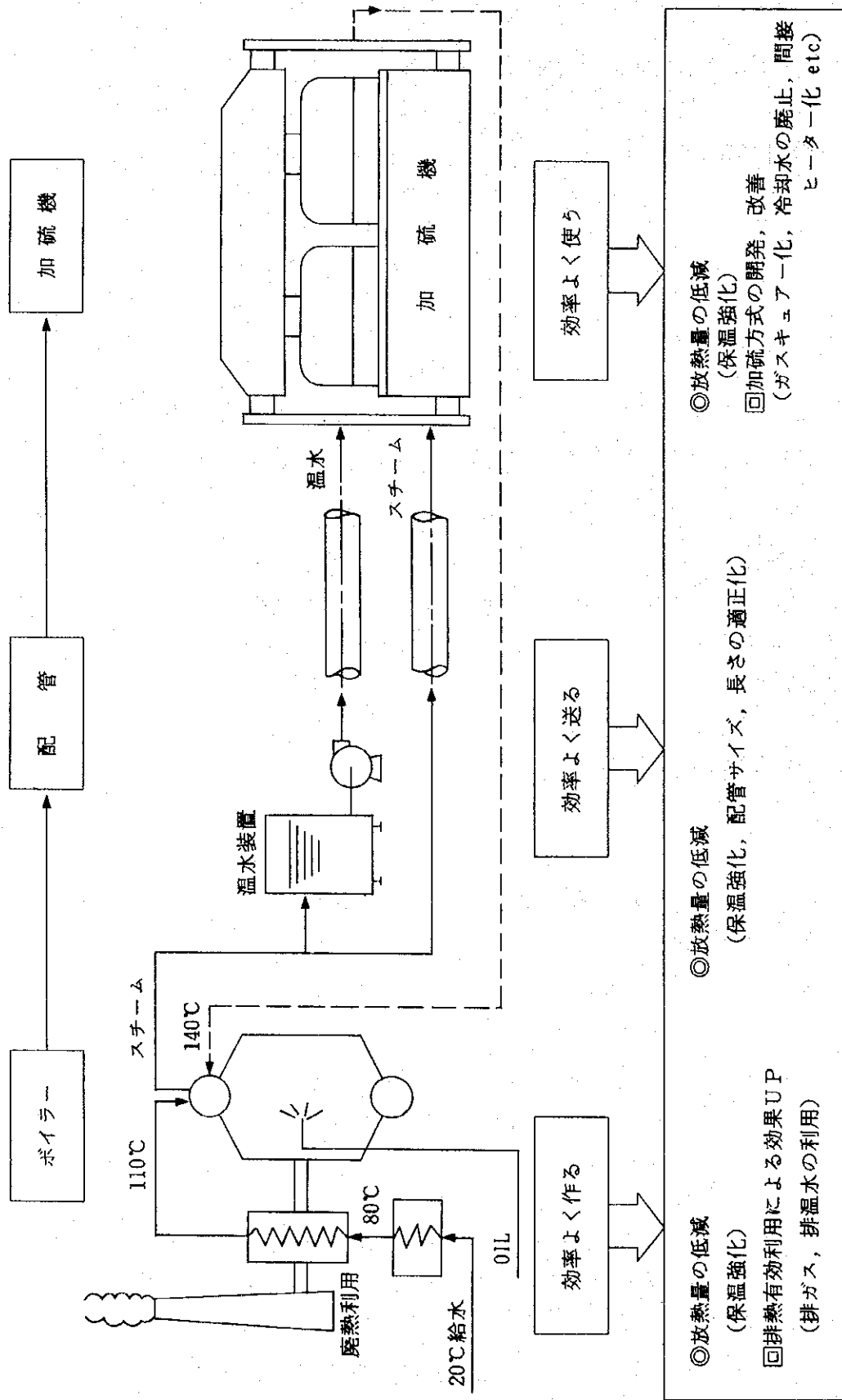


2. ねらい

- | | |
|----------------|----------------|
| (1) チョコ停防止 | (5) ポカミス防止 |
| (2) アイドルタイムの抽出 | (6) エネルギー予測管理 |
| (3) 変動要因把握 | (7) 省エネルギー意識改革 |
| (4) 設備稼働率向上 | (8) 改善テーマの発掘 |

エネルギー使用合理化





(注) (回システム改善型省エネルギー)
(◎節約型省エネルギー)

6. 省エネルギーを進めるための10のステップ

もっとも代表的な進め方は、つぎの手順で進める目標管理方式である。

ステップ1：目標を決める

ステップ2：進め方をねる

ステップ3：エネルギーをつかむ

ステップ4：お金でながめる。

ステップ5：アイデアを出す

ステップ6：改善案をねる

ステップ7：評価する

ステップ8：実施する

ステップ9：チェックする

ステップ10：歯止めを行う

第1ステップ：目標の設定

省エネルギーの戦略的目標の設定をする。

例

- (1) 抽象的な目標 世界一の〇〇設備を目指す
- (2) 具体的な目標 排熱回収ヒートポンプ導入
- (3) 絶対的目標 電力原単位〇〇 kWh/Ton 以下達成
- (4) 相対的な目標 エネルギー原単位10%ダウン（対前年比）

第2ステップ：推進計画の作成

- (1) 5 WIH で企画立案

5 W：WHEN, WHO, WHERE, WHAT, WHY

1 H：HOW

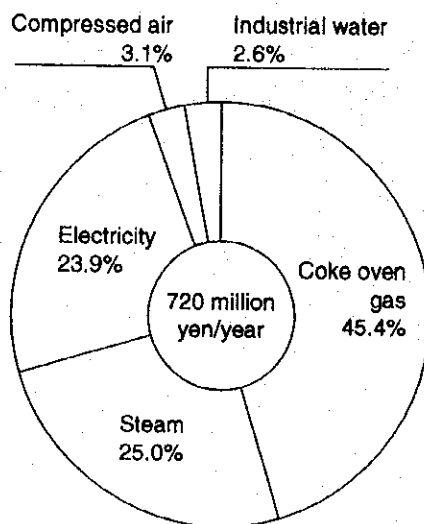
- (2) 推進計画表の作成

第3ステップ：エネルギー使用状況の把握

エネルギー使用状況を解析するための各種グラフの活用

例

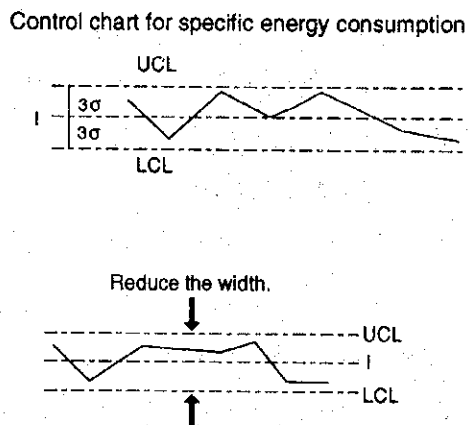
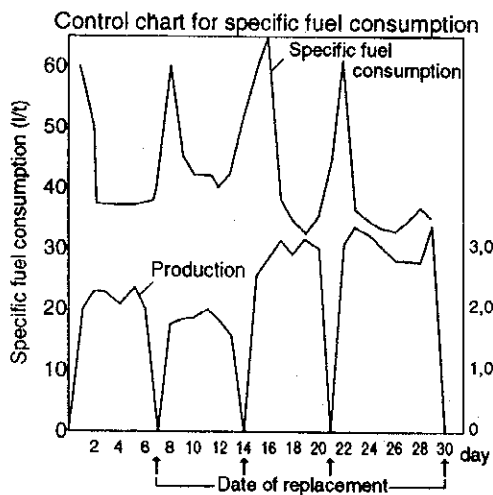
- (1) 各種エネルギーの使用量およびエネルギー費比率あるいは総額を表わすグラフ（円グラフ，帯グラフ，パレート図）



(2) エネルギー原単位の推移のわかる管理グラフの作成

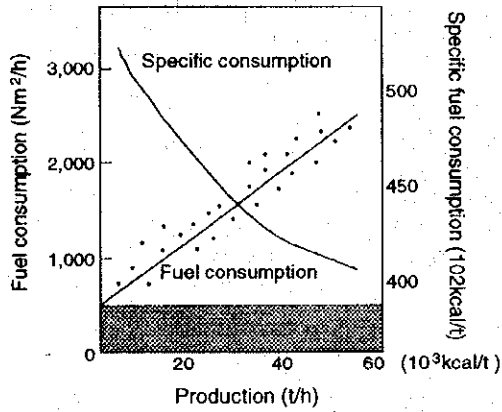
ポイント,

- ・バラツキを知ること (月, 週, 日, 直各単位)
- ・省エネルギーの成果が見えるようにする
- ・問題点を浮きぼりにする
- ・ \bar{x} と σ を小さくする

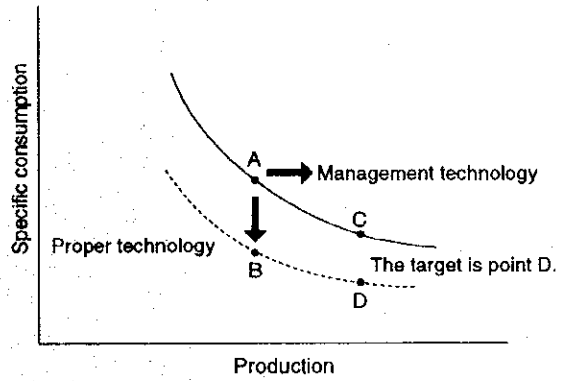


(3) エネルギー原単位の変動要素を知る 相関図の作成

Diagram for the correlation between production quality and specific energy consumption

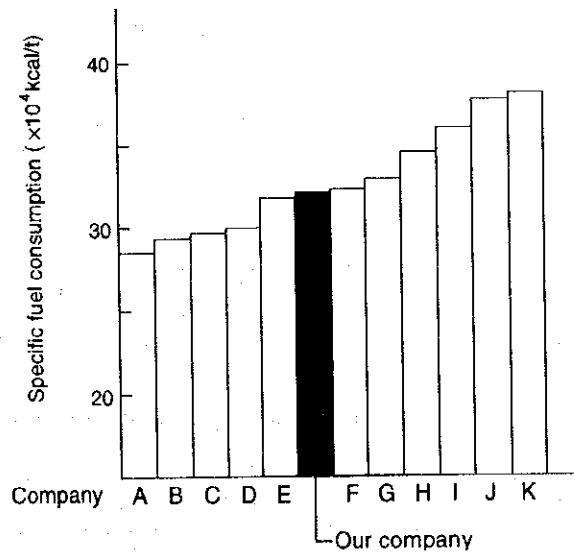


Approach to energy conservation from the correlation diagram

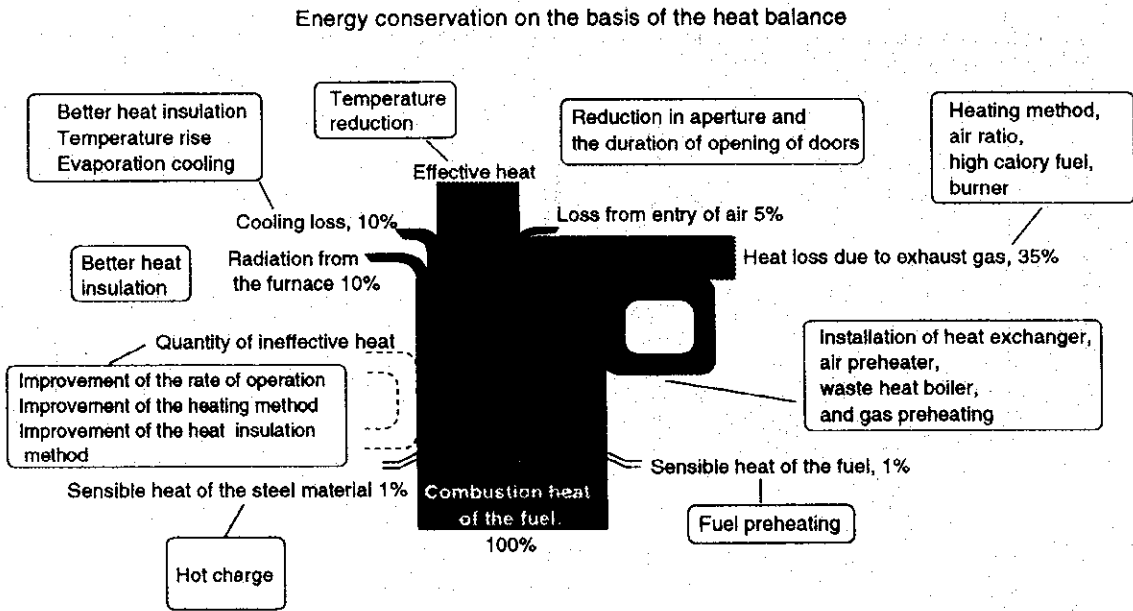


(4) 設備別、製品別、品種別のエネルギー原単位を求め、他の原単位との比較をする逆パレートグラフを作成する。

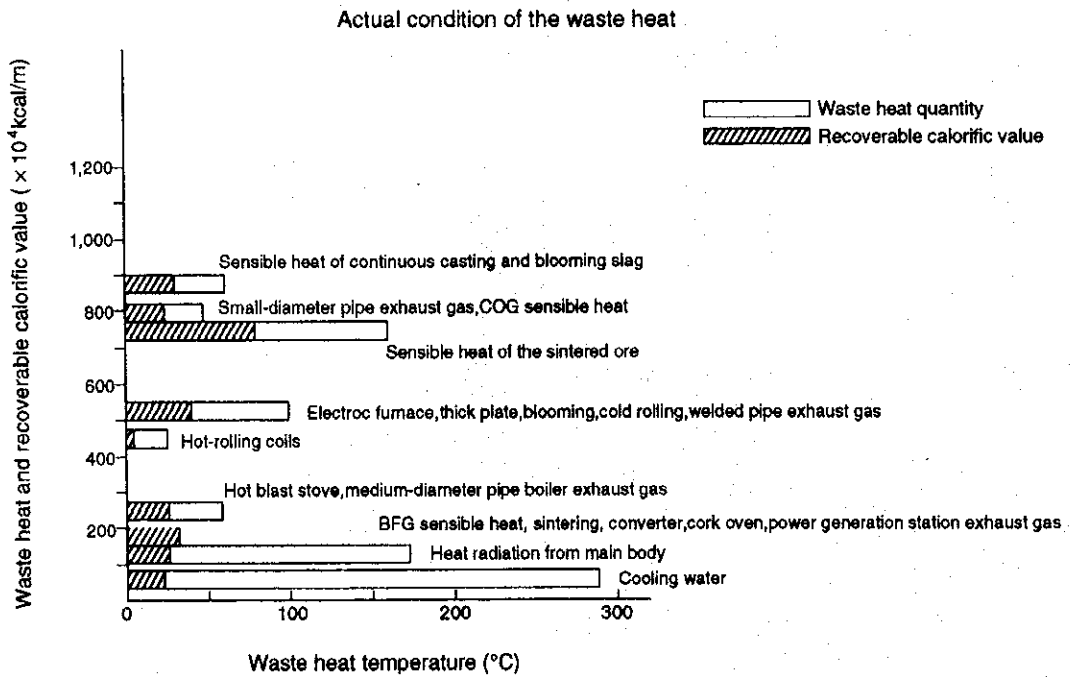
Reverse Pareto chart



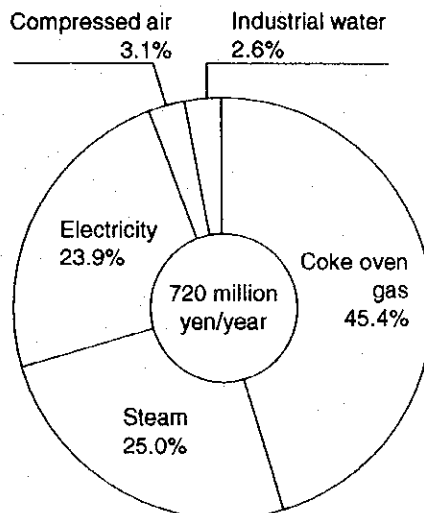
(5) 入熱（入力）と出熱（出力）の状態を知るため熱流れ図（熱勘定図）を作成する



(6) 廃熱（ロス）の実態を知るために廃熱温度と量の関係を表わすグラフの作成



第4ステップ：省エネルギーの予測効果を金額で評価する。



第5ステップ：改善案の発掘

例(1) 直感

- (2) ブレインストーミングと特性要因図
- (3) KJ法
- (4) VE, VA的発想
- (5) IE的アプローチ
- (6) チェックリストによるテーマ発掘
- (7) 省エネルギーMAP法の活用

第6ステップ：改善案のテーマ化と実施計画の作成

第7ステップ：計画の実施

ポイント

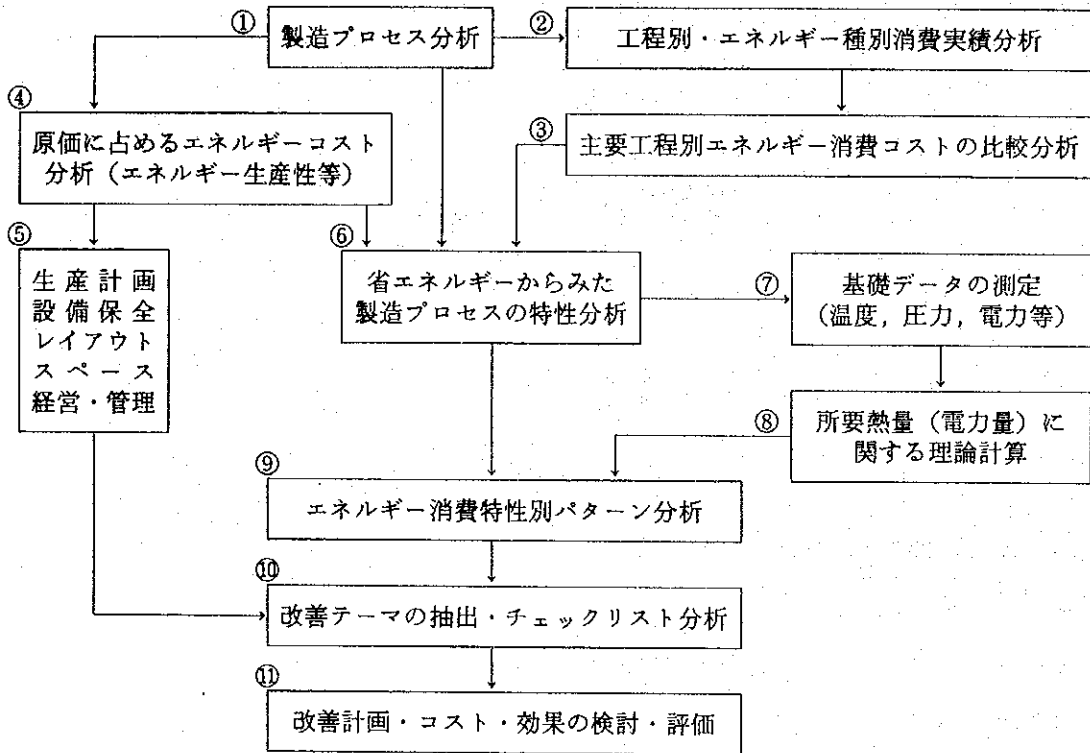
- 何んでもやってみる“実行”が最大の省エネルギー改善
- 実施計画のチェック・フォローの管理体制の強化

第8ステップ：結果の把握

第9ステップ：改善活動の評価

第10ステップ：歯止め（標準化）

省エネルギー診断・分析・対策の進め方フロー



7. 省エネルギー設計の標準化例

省エネルギー設計チェックリスト

1. 目的

設備の設計に際して、恒久的な省エネルギーをはかり、エネルギーの有効利用による設計のVA, コストダウンを目的とする。

2. 適用範囲

生産設備の新設, 増設, 改造, 移設および更新等すべての設備について適用する。

3. 省エネルギー設計チェック項目

3.1 設備

3.1.1 設備設計に際し, 消費エネルギー量を計算し, 図面に明記してあるか

- (1) 蒸気消費量 kg/h, Ton/h
- (2) 電気消費量 kWh, MWh, kWh/T
- (3) 圧縮エア消費量 Nm³/h, Nm³/T
- (4) 工業用水消費量 m³/h, m³/T
- (5) 燃料使用量 kℓ/h, kℓ/T, m³/h
- (6) 排熱損失量 kcal/h, Nm³/h (at °C)

(注) ピーク負荷も明記のこと。

3.1.2 設備の高効率化はできているか

- (1) 高効率機器の導入
- (2) 動作部(特に回転部等)の軽量化
- (3) 動作の単純化および省略化
- (4) 慣性力の利用(スプリング等)
- (5) 輸送距離の最短化
- (6) 省エネルギー指向機器の採用

3.1.3 自然のエネルギーの有効利用を考えているか

- (1) 製品自重の利用
- (2) 製品形状の利用
- (3) 水落差の利用
- (4) 可動部自重の利用
- (5) 冷却水戻りの自然放熱

(6) 冬季、夏季の温度の有効利用

3.1.4 計測の適正化はできているか

- (1) 必要な計測量を必要な場所に取り付けているか
- (2) 後からでも設置できるよう、取出口、予備ノズル等を取付けてあるか
- (3) 無意味な計測をしてないか

3.2 蒸気

3.2.1 能力、容量は適正であるか

- (1) 設備の熱容量
- (2) 配管の経済設計
- (3) 使用条件（温度、時間等）と保温厚さ
- (4) 熱収支バランスの検討はしたか

3.2.2 使用の適正化はできているか

- (1) 加熱温度とチーム圧力
- (2) 加熱時間
- (3) 弁、フランジ、スチームトラップ等の個数削減
- (4) 配管の接続は溶接か

3.2.3 保温の適正化はできているか

- (1) 保温材の厚さ、及び材質
- (2) 保温の範囲
- (3) 配管の短縮
- (4) 冬季専用配管の独立化

3.2.4 洩れ防止はできているか

- (1) スチームトラップの適正使用
- (2) 配管の短縮
- (3) バイパスの配管、バルブ類の削減

3.3 電力

3.3.1 容量は適正であるか

- (1) 変圧器、モータ、配線の容量、台数の削減
- (2) ポンプ、ファンの容量が過大でないか
- (3) モータ等の力率改善（進相用コンデンサの設置）

3.3.2 使用の仕方の適正化はできているか

- (1) コンベヤ等の自動起動および停止
- (2) 関連設備、トレーンの連動化はできているか

- (3) 主機と補機の連動化
- (4) 力率の自動調整はされているか
- (5) タイマーの利用
- (6) ファン等の温度による自動入切
- (7) 回転類やスピードの改善
- (8) 空転防止対策
- (9) 無負荷損防止対策

3.3.3 照明の適正化はできているか

- (1) 高効率の光源，器具の採用
- (2) 標準照度は守っているか
- (3) 局部照明の効果的利用
- (4) 自然光の利用
- (5) 分岐スイッチ，個別プルスイッチの利用
- (6) 光源取付高さの引き下げ
- (7) 自動点滅器の利用

3.4 エアー

3.4.1 容量は適正であるか

- (1) コンプレッサー能力，配管の容量
- (2) ファン，エアブローの容量，台数の削減
- (3) 設備専用の小型コンプレッサの使用

3.4.2 使用の適正化はできているか

- (1) エアー圧力
- (2) シリンダー個数の削減
- (3) シリンダーの径とストローク
- (4) 水切りのスポンジローラー化

3.4.3 洩れ防止はできているか

- (1) 弁，フランジ個数の削減
- (2) 電磁弁や計測器のノンブリード型使用
- (3) 配管の短縮
- (4) 高圧→低圧化設計

3.5 工業用水

3.5.1 容量は適正であるか

- (1) ポンプの容量は過大でないか

- (2) 配管サイズは経済設計されているか
- (3) クローズド化されているか
- (4) 水の「ムダ」使いになっていないか

3.5.2 使用の適正化はできているか

- (1) 水の圧力
- (2) シリンダー径とストローク
- (3) 冷却水量調節用絞り弁はつけてあるか
- (4) カスケード方式の採用

3.5.3 洩れ防止はできているか

- (1) 弁，フランジ個数の削減
- (2) 配管の短縮
- (3) 元弁の設置

3.6 エネルギーの再利用

3.6.1 排熱回収はしたか

- (1) スチームドレンの回収
- (2) フラッシュタンクの設置
- (3) ホットウェルタンクの利用
- (4) 排熱ガスの利用
- (5) 排熱による材料の予熱
- (6) 熱交換器の利用

3.6.2 エネルギー種別の選択はしたか

- (1) 使われる目的，加熱システム，経済性
- (2) 暖房の温水化
- (3) コンプレッサーの吐出熱の利用
- (4) 排気圧の利用
- (5) 廃油の利用（燃料化，原料化）

3.7 省エネルギー新技術，機器の採用

- (1) ヒートポンプ
- (2) ヒートパイプ

タイ王国省エネルギー計画アフターケア調査

エネルギー診断技術ワークショップテキスト

5. 工場の省エネルギー診断方法

1994年3月

国際協力事業団 (JICA)
財団法人 省エネルギーセンター (ECCJ)

1. 工場の省エネルギー推進手法

工場の省エネルギーを推進するためには図1に示すとおり現状把握をするのがまず第1である。

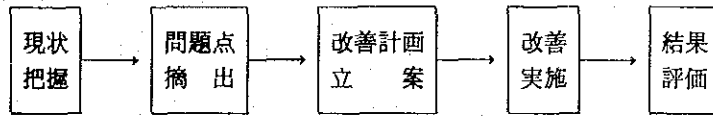


図1 工場の省エネルギー推進手法

現状を把握する方法は工場全体に対するものと個々の設備に対するものの2種類が考えられるが、どちらの場合でもエネルギーがどのように使用されているかを知ることが重要である。

その方法として一般には計測器を用いて各種の測定を行い、エネルギーの入力、出力を計算することが必要になる。

2. 測定総論

(1) 計測器の選択

熱管理用計測器としては、ガス分析計、温度計、流量計、圧力計、湿度計、水質計、などがある。熱管理ではこのような計測器を活用して計測を行い、それを数値的に表わして検討することが重要なことである。

計測器は測定目的に最も適合したものを選ぶことが大切である。現場操業用としては指示計でもよいが、あとで操業について検討する場合には記録式のものが多い。測定範囲に対する最大目盛、常用目盛、最小目盛、さらに精度などについて考慮し、また据付けとその後の維持方法についても、十分に考慮する。同じ計器でも各社によってそれぞれの特徴があるから、目的によく適したものを購入すべきで現場で使用するものは比較的安価で、構造は簡単で取り扱いやすく、堅牢なものを選ぶべきである。また同じ計器を多数使用する場合には、できればさらに精度の高いものを1個購入し、それによって現場用のものを比較検定するよう心掛けるべきである。

(2) 測定場所

計測器は適当な測定場所に設置することが大切である。合理的な操業をするためには、その装置のどの部分の何を測定すべきかをよく研究しておく必要がある。また据付けにあたって測定したい場所に計器を設置できないとき、あるいは計器の消耗がはなはだしい恐れのある

る場合には、場所をかえて相対的にその傾向を知ることができる間接的な測定場所または測定方法を工夫すべきである。

熱勘定などを行なう場合には一定時間の平均した測定値が得られるよう努力する。

(3) 計測器の保守

熱管理用計測器は温度の変動、塵埃、振動などの多い場所で酷使されることが多いので計測器の保守については万全を期す必要がある。また一般に高価なものであるからつねによく手入れを行い、長期にわたってその効果を発揮させるようにしなければならない。熱管理用計測器は高温の場所で使用する場合が多いが、一般に電気式計器は高温になると内部の磁石は磁力が減少し、スプリングは制御力が減少し、可動線輪は電気抵抗が増加するなどのために誤差を生ずる。したがって温度補償装置のない計器はつとめて熱の影響のない場所に移すか、あるいは適当な断熱方法を考えなければならない。また計器に対する認識が必要で、CO₂計の故障の大部分が一次濾過器の目詰り、配管関係に原因しているというようなことのないように、計器本体ばかりでなくその付属装置、配管などに関する知識、技術をもった保守係をおき、定期的に計器の調整、点検、掃除、注油、消耗品の取りかえなどを行なう必要がある。

(4) 測定値

指示、記録などの測定結果は、図表に表わしたり、さらにそれから計算などを行って批判検討を加え、生産設備、管理技術の改善に役立てなければならない。しかし測定にはつねに誤差を伴う。測定値と真の値との差を誤差といい、普通%で表わす。誤差には系統的誤差、個人的誤差、過失誤差、偶然誤差がある。偶然誤差はいかに注意を払っても修正することのできない誤差で、これを少なくするために測定値の平均をとることや最小自乗法などの手段がある。

3. 燃焼排ガス分析法

燃焼排ガス中の成分は、CO₂、O₂、CO、N₂、SO₂、NO_xなどである。これらのガスの分析計は、化学的分析計、物理的分析計に大別できるが、これを分類したものは表1である。

化学的CO₂計はCO₂が強アルカリによく溶ける性質を利用したもので、煙道ガスを強アルカリ溶液の入った吸収槽内に導いてCO₂を吸収させ、ガス容積の減少からCO₂の濃度[%]を知るものである。最近では工場においてはあまり使用されない。

物理的ガス分析計は各ガスの密度、粘度、熱伝導率、磁気性、反応性、赤外線吸収性など

が異なることを利用したものである。燃焼管理に使用されるガス分析計の種類を表1に示す。

表1 ガス分析計の分類

	測定方式	分析計の名称	測定成分
化学的ガス分析計	溶液の吸収	ヘンベル式ガス分析計	CO ₂ , O ₂ , CO, N ₂
		オルサット式ガス分析計	CO ₂ , O ₂ , CO, N ₂
物理的ガス分析計	熱伝導率法	電気式CO ₂ 計 未燃ガス計	CO ₂ CO+H ₂
	比重法	比重式CO ₂ 計	CO ₂
	赤外線吸収	赤外線ガス分析計	CO ₂ , CO, CH ₄ , SO ₂ , NO
	導電率	SO ₂ 自動記録計	SO ₂
	電気化学式	ジルコニア式O ₂ 計 カルバニ電池式O ₂ 計	O ₂ O ₂
	磁気式	磁気式O ₂ 計	O ₂
	ガスクロ	ガスクロマトグラフ	CO ₂ , N ₂ , H ₂ , O ₂ , CO CH ₄ , SO ₂ , NO ₂

(1) 排ガス試料採取方法

ガス成分を分析するための試料ガスを煙道から採取する場合には、平均的な試料が採取できるように注意し、対象成分に特有の問題点を考慮に入れて行う必要がある。

1) 試料ガス採取点の選定

煙道内への空気の漏れ込みのあるところや、煙道内にばいじんが堆積しているところを避けて、平均的な性状のガスが得られる位置を選んで測定口を設け、煙道の大きさ、形に応じていくつかの測定点を設定する。ただしボイラの煙道のように各採取点における分析結果の相違が少なく、ガス濃度が採取位置断面においてほぼ均一と認められる場合は、任意の1点を採取としてもさしつかえない。

2) 試料ガス採取装置の構成

採取装置は一般に採取管、導管、冷却除湿器、気液分離管、凝縮水トラップなどで構成される。採取管および導管の材質は、化学反応や吸着作用などで排ガスの分析結果に影響を与えないもの、腐食されにくいものを選ぶ必要がある。排ガス中の水分または露点の高いガス成分が凝縮して導管をふさぐのを避けるために、必要に応じて採取管および導管を保温または加熱する。

試料ガスにダストなどが混入するのを防ぐためには、必要に応じて採取管に濾過材を入れ、さらに気液分離管の後に微細濾過材を用いる。分析計内部の配管などへの凝縮水の付

着および水分の妨害による指示誤差を避けるためには、必要に応じて水分を冷却凝縮させて除湿する冷却除湿器、気液分離管、凝縮水トラップ、あるいは乾燥剤、吸着剤などを用いる。

(2) 二酸化炭素の分析

1) 熱伝導率法

電気式 CO₂ 計ともいい、広く使用されている。CO₂ の熱伝導率が空気のそれに比べて非常に小さいことを利用したものである。

その機構は図 2 に示すように、①のガス室と③の空気室内に張った細い白金線に電流を通して約 100℃ に加熱する。ガス室に入った CO₂ の多い煙道ガスの熱伝導率は空気のそれよりも小さいから、加熱白金線の放熱はガス室のほうが小さい。したがって試料ガス室の白金線の温度は標準ガス室のものより高くなって電気抵抗は大となるから、それをホイートストン・ブリッジで測って⑥のメータで指示するか、または⑦の記録計に記録させる。

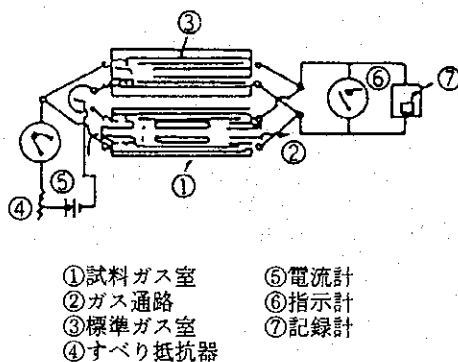


図 2 熱伝導率を利用した CO₂ 計

2) 比重法

CO₂ は空気に比べて比重が大であることを利用して CO₂ の含有量を測定しようとするものである。

図 3 に示すように 2 個の同形同速の羽根車を一方は空気室内、他方は煙道ガスを送入した室内で互いに逆方向に回転させ、それらによって生ずる風圧をそのおのおのの向きあった同形で自由に回転できる受動羽根車に受ける。いま両羽根車に同一条件の空気流を吹き付けてこの両者を作動させるときは、空気用腕を下方に回転しようとする力とガス用腕を上方に回転しようとする力は同じで、両腕を結んだ連結棒は動かない。

しかしガス室内に煙道ガスを送入すると両者の比重の相違のためにガス用腕の回転トルクは空気用腕のそれよりも大きいから、連結棒はガス用腕によって引き上げられる。この

トルク差による空気、ガス両腕および連結棒の動きを空気用受動羽根車軸につけた指針あるいは記録ペンによって示すものである。

ガスおよび空気にはつねに同一湿度を与えるために器底に水槽を設けてある。

煙道ガスのCO₂計として使用する場合にCO₂以外のガスの組成が異なると、ガス全体としての比重に影響するために若干誤差を生じる。

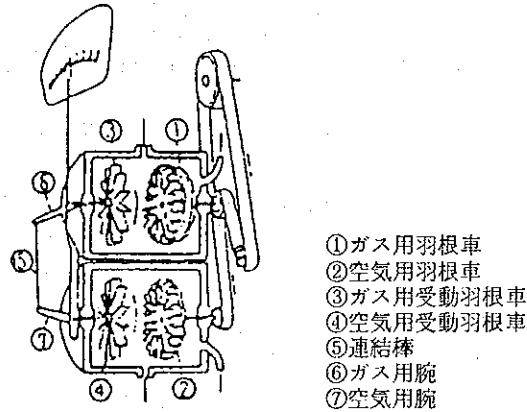


図3 比重式CO₂計

3) 赤外線ガス分析法

H₂, N₂, O₂のように同一の2原子で1分子を構成するガスを除いてCO₂, CO, CH₄などほとんどすべてのガスは赤外線に対して固有の吸収波長帯をもっている。これを利用したもので、工業用赤外線ガス分析計には、正フィルタ形と負フィルタ形のものがある。正フィルタ形のものには普通熱源はニクロム線を赤熱して用い、反射鏡により2つに分ける。1つは試料槽を経て検出器Aに、他方は比較槽（普通N₂を入れる）を通過してBの検出器に入る。1, 2の両検出槽には分析するガスのみが高濃度に入れてある。2検出槽の吸収エネルギーは変わらないが、1検出槽の吸収するエネルギーは試料槽中の分析するガスの濃度によって変わる。1, 2両検出槽に吸収されるエネルギー差を、たとえば間に挟んだコンデンサの容量変化としてとり出し、分析するガス成分の濃度を指示させる。負フィルタ形ものは、検出器の非選択性のもを使用し、フィルタ槽には被検ガス100%入っており、補償槽にはN₂かあるいは試料槽のガス中から被検ガスを除いたものを入れる。この場合の両検出器たとえばボロメータ出力の差を測定して、被検ガスの濃度を知る。

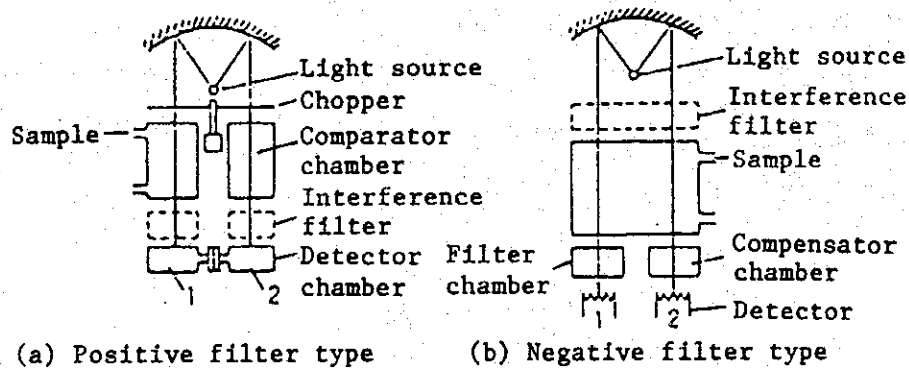


図4 赤外線ガス分析計

(3) 酸素の分析

排ガス中の酸素濃度を連続的に測定するための自動計測器としては、つぎのようなものがある。

1) 磁気式 O_2 計

磁気式は常磁性体である酸素分子が磁界内で磁化された際に生ずる吸引力を利用して酸素濃度を連続的に求めるもので、磁気風方式と磁気力方式に分けられる。磁気式は体積磁化率の大きいガス（一酸化窒素）の影響が無視できる場合に適用できる。

a) 磁気風方式 O_2 計

この方式は磁気内で吸引された酸素分子の一部が加熱されて、磁性を失うことによって生ずる磁気風の強さを熱線素子によって検出する。

b) 磁気力方式 O_2 計

ダンベル型 非磁性体のダンベルが磁化された酸素分子によって磁界外に押出される際の偏位量を検出する。

圧力検出型 周期的に断続する磁界内において、酸素分子に働く断続的な吸引力を、磁界内に一定量で流入する補助ガスの背圧変化量として検出する。

2) 電気化学式 O_2 計

電気化学式は酸素の電気化学的酸化還元反応を利用して、酸素濃度を連続的に求めるもので、ジルコニア方式と電極方式に分けられる。

ジルコニア方式：この方式は高温に加熱されたジルコニア素子の両端に電極を設け、その一方に試料ガス、他方に空気を流して酸素濃度差を与え、両極間に生ずる起電力を検出する。図5はその構成である。

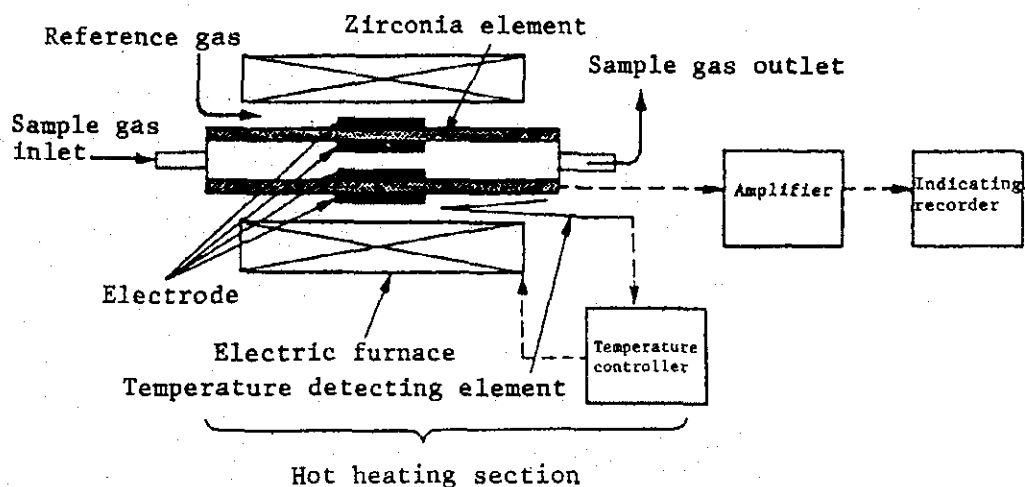


図5 ジルコニア分析計

電極方式：この方式はガス透過性隔膜を通して電解槽中に拡散吸収された酸素が固体電極表面上で還元される際に生ずる電解電流を検出する。この方式には外部から還元電位を与える定電位電解型およびポーラログラフ型，ガルバニ電池を構成させるガルバニ電池型がある。

(4) 一酸化炭素の分析

排ガス中の一酸化炭素は次の方法により分析する。

1) 酸化凝縮法

液体空気で冷却して試料ガス中の凝縮性成分を除き，残りのガスを酸化銅系ガス酸化剤中を通すことにより一酸化炭素を二酸化炭素に酸化し，同時に液体空気で凝縮させ，酸化凝縮前後のガス圧力の差を測定するか（差圧法），またはこれを一定容積中に気化し，その圧力を測定して（気化測圧法）一酸化炭素を定量する。

2) ガスクロマトグラフ法

試料ガスの一定量を採取し，これを熱伝導度形検出器を備えたガスクロマトグラフに導入して得たクロマトグラムのパークの高さから一酸化炭素濃度を求める。

3) 赤外線ガス分析法（非分散法）

一酸化炭素の赤外領域における光吸収を利用し，試料ガス中に含まれる一酸化炭素濃度を非分散型赤外線ガス分析計を揚いて測定する。

4) 検知管法

ガラス細管に一定量の検知剤を詰めた一酸化炭素検知管に試料ガスを通して得られた着色を利用して一酸化炭素を測定するものである。排ガス中の一酸化炭素の概略値を知るための簡易測定法である。

(5) その他の分析方法

1) オルザット法

排ガス中の二酸化炭素，酸素，一酸化炭素をオルザット式ガス分析装置を用いて吸収法により分析するもので，吸収液には水酸化カリウム溶液 (CO_2)，アルカリ性ピロガロール溶液 (O_2)，アンモニア性塩化第一銅溶液 (CO) を用いる。装置は小型軽量で携帯に便利であり，操作も簡単であるが熟練を要する。

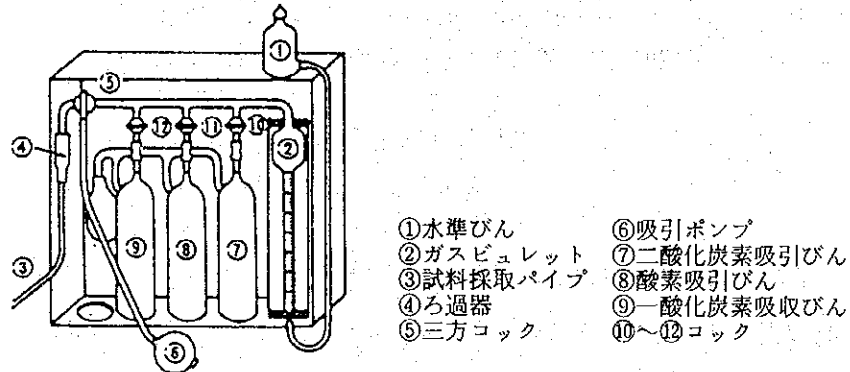


図6 オルザットガス分析装置

2) ガスクロマトグラフ法

燃焼ガスの分析にガスクロマトグラフを使用することもできる。赤外線ガス分析計等と比較すると応答速度は遅く，連続分析はできないが，自動ガスサンプリング装置を付けることによって自動分析を行うことはできる。ガスクロマトグラフは多成分からなる試料の分析に適しており，とくに微量成分の分析が可能である。燃焼ガスの主成分の CO_2 ， O_2 ， CO ， N_2 ， H_2 ， CH_4 ， SO_2 ， NO_2 などが分析できる。

ガスクロマトグラフは熱伝導度型検出器を備え，気体試料導入装置または自動ガスサンプリング装置を付けたものを使用し，キャリアガスにはヘリウムまたは窒素を用いる。上記の成分を単一の充填剤によって分離検出することはできないので，分離能力の異なる2種類のカラムを使用し，図7に示すように1つの恒温槽の中で1つのカラムは検出器の前流路に，他のカラムは検出器の後方流路に設置する中間セル方式により分離定量するのが便利である。C₁カラムの充填剤にはシリカゲルまたはPorapak QをC₂カラムにはモレキュラーシーブ13Xまたは5Aを使用するとよい。

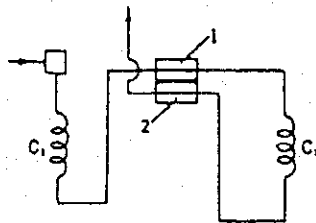


図7 中間セル方式ガスクロマトグラフ

4. 温度測定法

(1) 温度計の種類と選択

温度の測定方法には、温度を測ろうとする物体と温度計の検出素子とを熱的によく接触させて同じ温度に保ち温度を測定する接触方式と、物体の放射などを利用して温度を測定する非接触方法とがある。各方式による温度計の特徴および必要条件は表2のようである。温度計の選定に当たってはつぎの各項目を検討して計測の目的に適した温度計を選ぶ。

- (1) 測ろうとする温度の範囲。(原則として常用温度)
- (2) 精度および測定上起りうる誤差。
- (3) 検出部の材質、形状、寸法など。
- (4) 指示の遅れ。
- (5) 指示の読み取りやすさ。
- (6) 遠隔測定、記録、警報、または自動制御の必要性。
- (7) 耐久性、耐食性、信頼性。
- (8) 取り扱いやすさ。
- (9) 互換性。

各種温度計の種類および使用範囲は表3に示す。

表2 接触方式と非接触方式

	接 触 方 式	非 接 触 方 式
必要条件	(1) 温度を測ろうとする物体に検出素子をよく接触させること (2) 測ろうとする物体の温度が、検出素子を接触させても実用上変わらないこと	温度を測ろうとする物体からの放射がじゅうぶんに検出素子に達すること
特 徴	(1) 検出素子を接触させると測ろうとする温度が変わる傾向があるから小さい物体の温度は測りにくい (2) 動いている物体の温度は測りにくい (3) 任意の箇所の温度を測定できる	(1) 検出素子を接触させないから測ろうとする温度を変えない (2) 動いている物体の温度も測定できる (3) 一般には表面温度を測る
温度範囲	1000℃以下の温度測定は容易である	高温の測定に達する
精 度	一般に目盛スパン1%程度である	一般には10deg程度である。
遅 れ	一般には大きい	一般には小さい

表3 各種温度計の種類および使用範囲 (JIS Z 8710)

温 度 計 の 種 類		使用可能温度 (℃)		常用温度 (℃)	
		下 限	上 限	下 限	上 限
接 触 方 式	液体封入ガラス温度計				
	水銀温度計	- 55	650	- 35	350
	有機液体温度計	-100	200	-100	100
	バイメタル温度計	- 50	500	- 20	300
	圧力温度計				
	液体膨張式圧力温度計	- 40	500	- 40	400
	蒸気圧式圧力温度計	- 20	200	40	180
	抵抗温度計				
	白金抵抗温度計	-200	500	-180	500
	ニッケル抵抗温度計	- 20	150	- 50	120
	銅抵抗温度計	0	120	0	120
	サーミスタ温度計	- 50	350	- 50	200
	熱電温度計				
	B熱電温度計	600	1,700	600	1,500
	R, S, 熱電温度計	0	1,600	200	1,400
	K熱電温度計	-200	1,200	0	1,000
	E熱電温度計	-200	800	-180	700
J熱電温度計	-200	750	0	600	
T熱電温度計	-200	350	-180	300	
非 接 触 方 式	光高温計	700	2,000	900	2,000
	放射温度計	50	2,000	100	2,000

(2) 液体封入ガラス温度計

各種の温度計のうちで最も取扱いが簡単で、安価である。一般に使用されるのは二重管温度計と棒状温度計である。二重管温度計は毛細管とその背後の乳白ガラスの目盛板を1本の

ガラス管に封入したもので、小さい目盛分割のものが多く、示度の読み取りが正確にできるので一般に精密な測定に用いられる。棒状温度計は肉厚の毛細管に直接目盛が刻まれているもので、一般に二重管温度計より機械的強度が強い。

(3) 圧力温度計

水銀、その他の液体、気体は密閉管中に封入してこれに熱を加えると、管内の圧力が増大する。この圧力を利用して温度を知るもので、図8に示すようにその主要成分は温度測定場所に挿入する感熱部と計器内のブルドン管とその間を連結する毛細管からなっている。

精度はあまり良くないが、ガラス温度計に比較して構造が堅牢、読み取りが容易であり、遠隔測定に適しているので危険な場所から離れて測定ができる利点がある。また自動調節にも利用できる。

表4はこの温度計の種類および性能である。

表4 圧力温度計の種類と性能

種 類	液体膨張式	蒸気圧式
封 入 物	水 銀	揮 発 性 液 体
目 盛 範 囲 (° C)	-40~500	-40~200
毛 細 管 の 最 大 長 さ (m)	8~20	50
感 度	良 好	や や 悪 い
毛 細 管 の 温 度 影 響	少 し あり	な し
気 圧 の 影 響	極 め て 小	低 圧 で 少 し あり
感熱部と計器の位置による影響	少 し あり	低 圧 で 相 当 あり

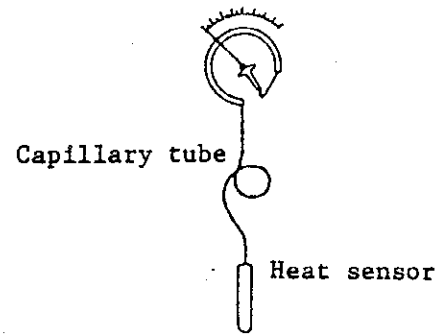


図8 圧力温度計

(4) 電気抵抗温度計

1) 測温抵抗体

金属線は温度が上昇すると電気抵抗が変化し、その間に一定の関係がある。したがってある金属線を被測温体に触れさせ、それと等温度になったときの金属線の電気抵抗を測って温度を求め、被測温体の温度とするものである。

抵抗体は、温度による抵抗の変化（温度係数）がなるべく大きく、その値は規則的で安定であることが望ましい。この要求から白金線が精密測定用として、最もすぐれ古くから測温抵抗体として使われているが、高価であることが欠点である。

図9に精密測定用の最も一般的な形の白金抵抗体を示す。直径0.01~0.2mmの白金線を中央で折り曲げて2本の平行線として雲母板あるいは磁器板の十字に組み合わせた枠にまき付け、普通導線抵抗による誤差を除くために3本あるいは4本の導線を取り付ける。

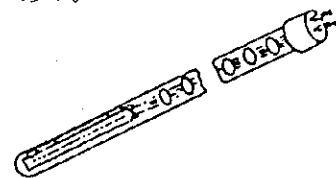


図9 白金測温抵抗体

抵抗線は、裸のままでも使用することもあるが、一般に測定する温度あるいは測定しようとする物に応じて、ガラス、石英、磁器、金属などの保護管に入れて用いる。

ニッケル抵抗体は価格も安く、常温で安定、温度係数が大きいので白金に次いで多く使用されるが、150℃以上では使用できない。

サーミスタはNi, Mn, Coなどの金属酸化物を混合焼結して作った半導体で、サーミスタ抵抗の温度係数は温度によって変化するので、広い温度範囲に対して温度係数を一定と考えることはできない。しかし、25℃におけるサーミスタの温度係数は約-2~6%/℃で極めて大きく、白金線の約10倍である。測定温度範囲は-50~300℃程度で、測温部が小さく製作でき、したがって、時間遅れも小さい。

2) 計測器

a) ホイートストン・ブリッジによる方法 図10に示すように電橋の四辺は抵抗 P および Q 、可変抵抗 R 、白金線抵抗 X から構成され、電流計 G がゼロを指示するように R を調節すれば、

$$X = R \frac{Q}{P}$$

普通 $P=Q$ としてあるから、 $X=R$ で与えられる。

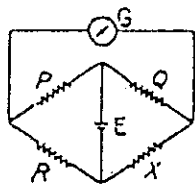


図10 ホイートストン・ブリッジ

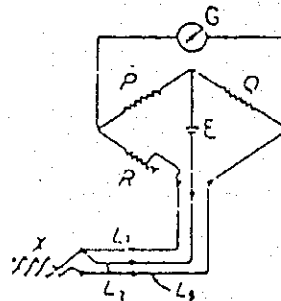


図11 3本導線

精密な抵抗測定には抵抗体と測定器をつなぐ導線の抵抗を無視することができない。その影響を消すために導線にいろいろの考案がある。図11は3線式結線の例である。

すなわち白金線コイルの一端から L_1 および L_2 の2本の導線を、また他端からは L_3 の導線（合計3本の導線）を出して、各抵抗を L_1, L_2, L_3 とすれば、

$$X + L_3 = R + L_1$$

いま $L_1=L_3$ とすれば $X=R$ となり、 R の値はコイルの抵抗 X を与える。

b) 電子式自動平衡計器による方法 ブリッジ回路に電子式自動平衡機構を組み合わせ、零立法によって温度を指示または記録するものである。測定原理によって交流ブリッジ式と直流ブリッジ式とに大別できるが、交流ブリッジ式は測温抵抗体あるいは導線に誘起する交流雑音電圧によって誤差を生じやすく、直流ブリッジ式のほうが多く実用化さ

れている。

- c) 可動線輪式比率計による方法 図12は可動線輪式比率計を用いて白金線抵抗 X を測定する結線図である。永久磁石の両極N S間に可動線輪A, Bがあり, Bの線輪には白金線の抵抗 X が入っている。

温度変化によって X が変わればA, B両線輪の合成磁界と永久磁石の磁界とが新たに平衡する位置まで指針が振れる。工業用として広く使用される。

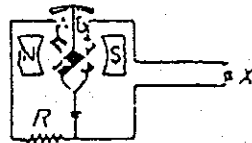


図12 可動線輪式比率計

- d) 電位差計による方法 極めて正確に抵抗, すなわち温度を測定できる。主として精密測定用および検定用に使用される。

3) 自己加熱による誤差

抵抗温度計では, 測温抵抗体に電流が流れるから, ジュール熱によって温度が上がる。その大きさは抵抗線の種類によって異なるが普通 0.2°C 以下で無視できる場合が多い。

(5) 熱電温度計

1) 熱電対

図13に示すように, 異種の金属線の両端を接合し, 両接点を異なった温度に保つとゼーベック効果によって起電力を生ずる。この起電力を直流ミリボルト計または電位差計を用いて測定し, 温度を知るものである。このような金属の組合せを熱電対という。低温の接点(冷接点)を標準用として氷槽に入れて 0°C に保っているが, 一般工場用としては水中, 地中あるいは大気中において一定温度に保ち, 他端(熱接点)は測定場所に挿入する。

図14は熱電対の構造である。

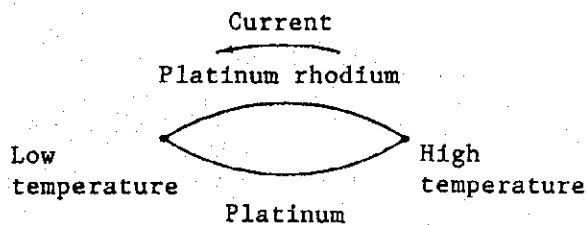


図13 熱電対の原理

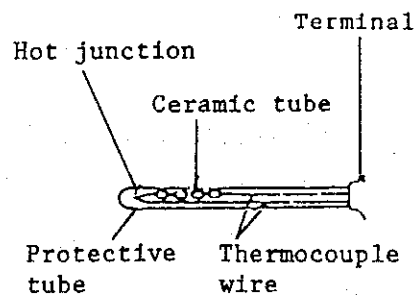


図14 熱電対

2) 熱電対材料の具備条件

- 熱起電力が大きく、温度の上昇に伴って連続的に上昇すること。
- 熱起電力が安定であって、長時間の使用に耐え、履歴現象のないこと。
- 耐熱性で、高温中でも機械的強度をもち、高温の空気やガス中で、耐食性であること。
- 特性の一定なものが容易に作られ、かつ加工も容易なこと。

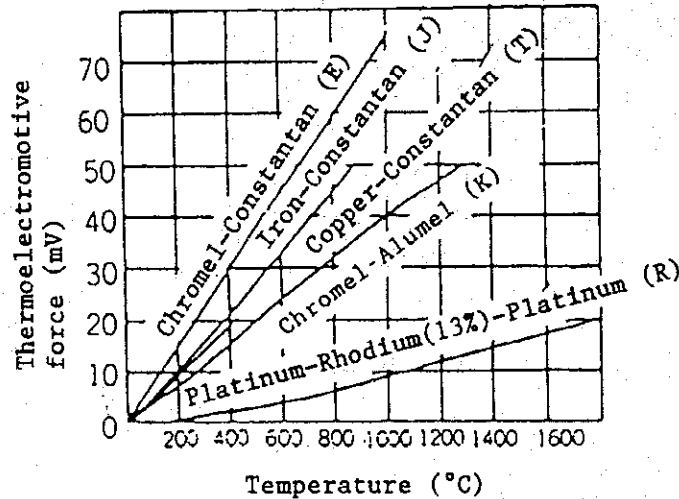


図15 JISに定められた熱電対の熱起電力

- 電気抵抗およびその温度係数になるべく小さく、また熱伝導率が小さいこと。
- 材料の供給が円滑、かつ安価なこと。

以上のような要求から、白金—白金ロジウム (B.R.S) クロメル—コンスタンタン (E)、クロメル—アルメル (K)、鉄—コンスタンタン (J)、銅—コンスタンタン (T) などが用いられる。

図15は熱電対の熱起電力線図の1例である。

高い温度の測定のための熱電対としては、Ir—Ir·Rh (40%) 2000℃、W—Ir 2100℃、W—W·Re (26%) 2980℃などがある。

白金—白金ロジウム熱電対はクロメル—アルメル熱電対 (K) に比べて熱起電力は小さいが、耐熱度は高く、精度も良い。酸化ふん囲気中で強いが、還元ふん囲気中や金属蒸気中では弱い。

3) 補償導線

高価な熱電対線では保護管の端子から冷接点までを補償導線で代用する。

補償導線は熱電対の端子温度付近での起電力特性と同じような特性をもつ電線で、主として銅線と銅—ニッケル合金線との組合せで、起電力特性はニッケルの配合比によって適当に定められる。

4) 冷接点温度に対する補正

冷接点は原則として0℃に保つのであるが、それが、困難な場合には次のようにして補正する。すなわち0℃でない冷接点 t_c と熱接点 t_h との間に E [mV]の起電力があったとすれば、使用した熱電対の温度と熱起電力曲線上あるいは起電力表から0℃と t_c との間の熱起電力 e を求め、 $E + e$ に相当する温度を線図上あるいは起電力表から求める。

熱電対、補償導線、銅導線、指示計の結線方法は図16に示すような、いろいろな結線法があるが、各結線方法における冷接点の温度が、冷接点の補正温度になる。

なおこの冷接点補正を温度係数の大きい抵抗線やバイメタルなどによって自動的に補正できるようにした計器もある。

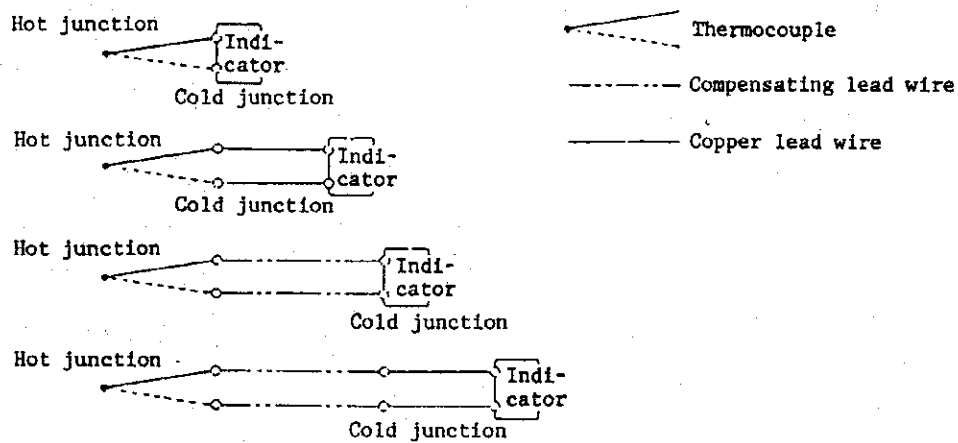


図16 各種の結線方法と冷接点

5) 計測器

熱起電力を普通の電位差計で測る場合には図17に示すように熱電対Mから出る起電力と乾電池Bから供給する既知の一定電流とを比較し、検流計Gの指針がゼロを指すようにスライド抵抗C—D上の接触子Fの位置を調節する。そのときの位置が熱電対の起電力に相当する温度を指示するようになっている。電位差計では規定電流と熱起電力とをつり合わせるのに機械的な方法を用い、不平衡の検出に比較的繊細な検流計が必要であり、またその検出が間欠的である。

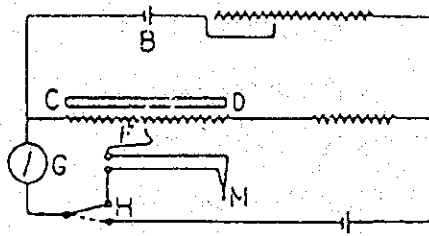


図17 電位差計

電子式はこの検流計およびそれに関連する機械的機構のかわりに、電子式連続平衡装置を利用するもので、抵抗線の場合の電子平衡器と同じである。

電子式は指針を動かすトルクが大きく、目盛を大きく表わせるので遠方からみえ、かつ指示が確実で精度が良く、自動記録も容易で目盛の温度範囲の狭い計器を作ることができ。しかし構造は複雑である。

6) 熱電温度計の誤差

電気的な誤差には熱電対と計器の組み合わせによるものおよび温度、磁界などが及ぼす電気計器一般の誤差がある。また計器の経年変化および熱電対の劣化による誤差がある。

使用する場合に注意しなければならないのは、熱的誤差であって、温度を測ろうとする物体に熱電対を接触すると熱電対はその物体から熱を奪って被測定体の温度が下がる恐れがある。あるいは熱電対を測定場所にさし込んだときに熱電対および保護管を伝わって熱が逃げる。図18にそのための誤差の一例を示す。

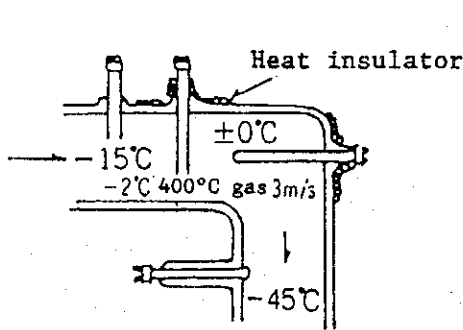


図18 温度計使用上の注意

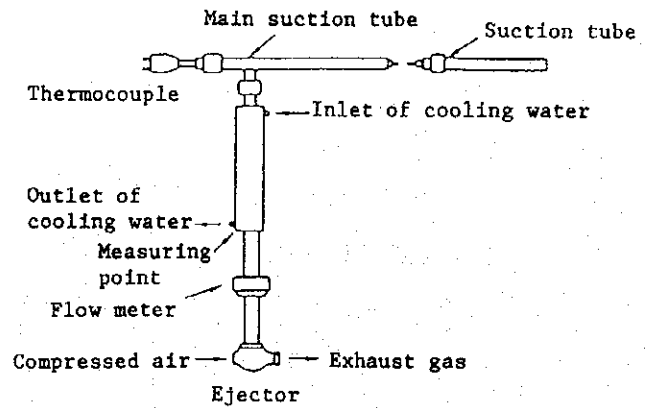


図19 吸引式温度計

また熱電対は測温点の温度を感じる以外に、付近のさらに高い温度の物体から放射熱を受けるか、逆に低い温度の物体に熱を放射によって与えるのでことにガス体の温度測定では誤差を生ずる。

図19はそれを防ぐための吸引式温度計で、熱電対を二重管にして放射の影響を防ぎ、さ

らに熱電対の周囲にガスを高速度で吸引して、熱電対への熱伝達をよくしてガス自体の温度を知ろうとするものである。

7) シース熱電対

図20に一例を示すように、熱電対の保護管の中に、マグネシア (MgO)、アルミナ (Al₂O₃) を入れてかためたもので、極めて細く作られた可撓性がある。直径0.25~12mm程度のもも作られていて、屈曲できる半径は直径の1~5倍である。細いので局所的な温度測定に適し、指示の時間遅れも小さく、被測温体の温度をみださない。



図20 シース熱電対



図21 表面温度計

8) 表面温度計

図21に示すように、熱電対の冷接点を手で握るところにおき、熱接点を物体の表面に接触させて表面温度を測るものである。

温度計を接触させることによって被測温体の温度を降下することを防ぐために内部から加熱するようにしたものもある。

(6) 放射温度計

物体は温度が高いほど強い放射熱を出す。いま放射率 ϵ 、絶対温度 T [K] の物体から単位面積、単位時間に絶対温度 θ [K] の空間に放出される放射熱 Q は、

$$Q = 4.9 \times \epsilon \left(\frac{T}{100} \right)^4 \text{ [kcal/m}^2 \cdot \text{h]}$$

の関係があるから、この放射エネルギーを測って温度を知るものである。

計器の指示は黒体について、すなわち放射率 (黒度) $\epsilon = 1$ として目盛っているから、黒体でないものについては測温体の ϵ を知って、 $\sqrt{\epsilon}$ で割れば真の温度求められる。

表5は各種物体の放射率の一例で、物体の温度、状態などによって多少の違いがある。

放射温度計は図22に示すように、放射エネルギーをレンズで集めるものと反射鏡によるものがあるが、前者が主として使用されている。

レンズ式のものには放射の可視部分および赤外部に対して透明なレンズを選ぶ。放射エネルギーの測定には熱電対あるいは熱電対を多数集めた熱電すい、バイメタルなどを用いる。こうすると電池などの消耗品が不要になる上、出力も相当大きくとれるので出力電圧で直接記録ができ、さらに温度調節用に使用することもできる。

表5 各種物体の表面の放射率 ϵ の一例

表 面	温度範囲 [°C]	放 射 率 ϵ
酸 化 鉄	500 ~ 1200	0.87~0.89
ケイ石れんが	1000	0.80
アルミニウム粗面	25	0.055
圧 延 鋼 板	21	0.675
石 灰 石	63 ~ 193	0.36~0.40

使用上の注意

- (1) 被測温体との間に煙，水蒸気，CO₂があると誤差を生ずる。
- (2) 発信器の温度が上昇すると誤差がでるから，適当な空冷，水冷装置をつける。
- (3) 計器によって距離係数が決まっているから注意しなければならない。図23に示すように，被測温体から発信器のレンズまでの距離をL，被測温体の有効な直径をD，レンズから感熱体への距離をl，感熱体の大きさをdとするとときl/dを距離係数といい，普通10~30である。この場合L/D < l/dの関係が成り立つようにLおよびDを選ぶ必要がある。

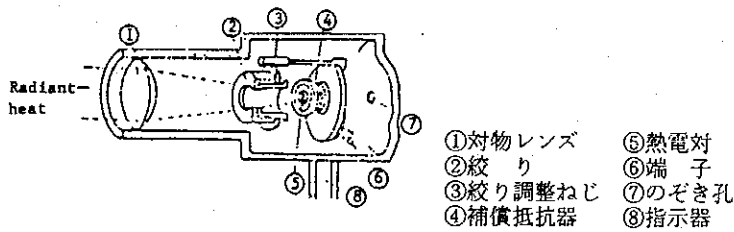


図22 放射温度計

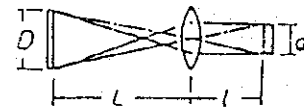
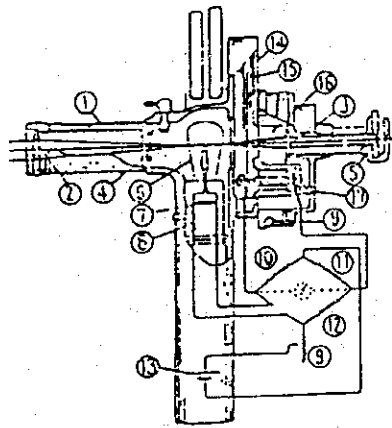


図23 距離係数

(7) 光高温計

光高温計は放射温度計の一種であるが，高温体の発する放射線のうちにある特定波長（普通0.65μ赤色）の放射エネルギーを，装置中にあるほかの標準温度の高温体（電球フィラメント）のそれと輝度を比較して，温度を知るものである。

図24に示すものは，最も広く用いられている線条消失型光高温計の内部構造を示したものである。



- | | |
|---------------|---------------|
| ①望遠鏡 | ②対物レンズ |
| ③接眼レンズ | ④暗色濾光ガラス |
| ⑤赤色濾光ガラス | ⑥標準電球 |
| ⑦電球の特性調整用並列抵抗 | ⑧電球の特性調整用直列抵抗 |
| ⑨電球輝度調整用可変抵抗 | ⑩⑪⑫電橋平衡用固定抵抗 |
| ⑬電池 | ⑭目盛板 |
| ⑮指針 | ⑯永久磁石 ⑰可動線輪 |

図24 光高温計の構造

全体が1つの望遠鏡をなし、その中央に比較用の標準電球がある。まず望遠鏡の測定する高温体に向け、物体の像が線条の平面上に重なるように鏡筒を加減する。赤色濾光ガラス板を通して、目によって物体の像と線条の頂点の輝度を比較し、それが等しくなるように抵抗器によって線条電流を調節する。標準電球の線条温度と線条電流の関係はあらかじめわかっているから、そのときの電球の線条に流れる電流を電流計で読めば、線条電流に対応する温度を得ることができる。この温度を目盛りに示すようにしてある。

また、比較光源の輝度は一定の電流によってつねに一定に保ち、測定すべき高温体からの光をある厚さの曇りガラスを通過させたり、偏光器をとおしてその輝度を減弱して、比較光減と輝度を等しくなるように調節して測定する方法もある。

光高温計によって黒体でない物体の温度測定を行った場合には、真の温度を知るには波長 0.65μ （赤色）に対するその物体の放射率 ϵ_λ を知って補正を行わなければならない。図25はその補正表である。

光高温計を人間の目でみる代わりに、光電池また光電管を利用したものが光電池温度計または光電管温度計である。

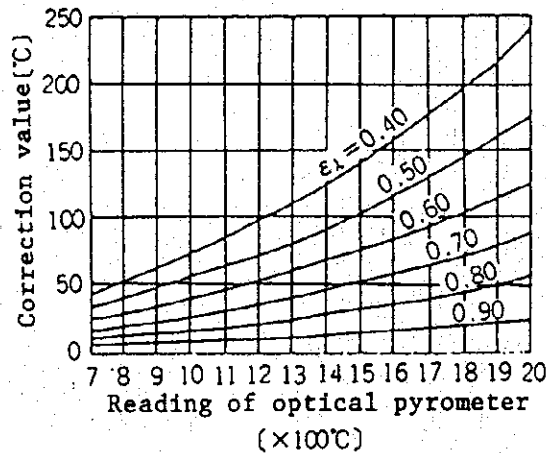


図25 放射率による補正

(8) 色温度計

一般に物体は700℃以上の温度になると発光し始め、温度が高くなればなるほど赤色から赤黄色さらに青味をおびてくる。これは温度が高くなればなるほど、光り中に含まれる短波長（青）の成分が多くなり、逆に長波長（赤）の成分が少なくなる。つまり青が強くなっていくからである。色温度計は、色フィルタを通して高温体を観測しながら、フィルタを調節して2つの波長の放射エネルギーのうち一方を弱めて高温体の色が標準の色になったのを人間の目で確かめ、そのとき一方の波長の放射エネルギーを弱めた度合から高温体の温度を求めようとするものである。

色フィルタ式温度計やビオプチック温度計がこれであるが、2つの波長の放射エネルギーの比を光電管などを利用して測り、温度を自動的に指示、記録させるようにした二色温度計もある。放射率による影響が小さく、測定値は真温度に近い。

(9) その他の温度測定法

1) ゼーゲル錐

粘土その他種々のケイ酸塩および酸化金属類を配合して作った三角錐で、これが加熱された場合、その特定成分に応じて特定温度で軟化変形することから、たとえば窯炉などの炉内温度を知るのに用いられる。加熱速度、炉内ガスふん囲気、その流速、周囲炉壁温度などの影響を受ける。使用場所によっては普通の温度計より便利な場合もある。陶磁器工業その他の窯業に使用される。

2) 示温塗料

被測温部に塗料を塗り、この色が所定温度で変化することを利用して温度を知る。可逆性のものと不可逆性のものがある。

3) バイメタル温度計

熱膨張率の異なる2種の金属を張り合わせて、温度変化による反りを指針に伝える。温度調節にも用いることができる。

5. 流量測定

(1) 流量計の種類、特徴

液体または気体の流量を測定する方法は大別すると体積または質量を測定する体積式、オリフィス板またはノズルの絞り機構による差圧式、差圧を一定に保って絞りの面積を変えて流量を知る面積式、液体中のプロペラなどの回転から流量を知る流速式、ピトー管を使用する方式、流体の渦を利用する方式、流体の熱吸収量を測定する熱線式などがある。このうち、熱管理に使用される主な流量計の種類、特徴精度などは表6のようである。

流量計の選択にあたってはつぎの点を考慮する。

- (1) 流体の温度、圧力、密度。
- (2) 流量の大小と変動範囲。
- (3) 固型物の含有状況、圧力損失。
- (4) 腐食性、有害性、引火性。
- (5) 積算値か瞬間値か。
- (6) 記録値か、指示値か。
- (7) 直視計測か、遠隔計測か。

(2) 体積式による方法

一定の体積の容器に流体を導入して流量を積算する。図26は湿式ガスメータで、半ば水を満たした水平円筒内にA、B、C、Dの4室をもった回転ドラムがある。入口Gより順次各室に入ったガスによって、計量筒は矢印の方向に回転し、再び水と置換されて出口Fに送り出される。ドラムの回転数からガスの流量がわかり、水位が一定である限り正確な計量ができる。

乾式ガスメータは、普通合成ゴム製のドラムが2個あり、一方にガスが充満すると弁の作用でガス流路が他方に変わる。合成ゴムドラムの伸縮によって計量機構を動かす。湿式に起こる氷結がないこと、またガス中に湿気が入ることがないのが利点である。

図27は、ロータリ・ピストン式流量計で、シリンダの半径方向に1つの隔壁があり、ここをロータリ・ピストンの切欠部がしゅう動しながらピストン外周の1点がつねにシリンダ内

壁に接して偏心運動を行う。動作はピストンの内外部に与えられる流体圧によって起り、流体はピストンの内外の体積で計量される。

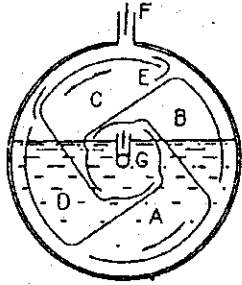


図26 湿式ガスメータ

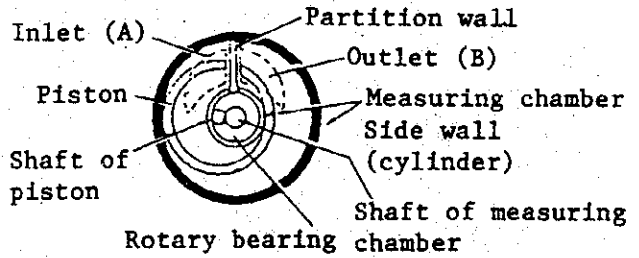


図27 ロータリ・ピストン式流量計

表6 流量計の種類、特徴、精度

測定方式	流量計	特徴	精度
体積式	湿式ガスメータ	・測定流体はガスだけ ・測定範囲 毎分/m ³ ~大容量まで	±0.5%
	乾式ガスメータ	・水を使用しないので凍結などの心配がない ・取扱いは湿式より簡単である	±0.5%
	ロータリ・ピストン式	・測定精度は流量範囲、流体の性質に左右される ・圧力損失が少ない	約±0.5%
	オーバル流量計 ルーツ流量計	・液体の種類、粘度、密度に無関係に体積流量の測定が可能 ・主として液体	±0.1~2%
流速式 (羽根車式)	接線流式	・一般に水道水量の測定に使用される	±4%程度
	ベンチュリ管分流式	・大容量の水量測定が可能 ・装置が簡単	
	タービンメータ	・小型で大容量の測定が可能	0.2~1%
面積式	ロータメータ	・有効測定範囲が広い ・低レイノルズ数における流量が測定できる ・目盛はほぼ直線性をもつ	±2%程度
	ピストン型流量計	・高粘度の重油の測定に用いられる ・遠隔測定ができる	
速度水頭の測定	ピト管	・簡単で安価	
絞り機構 (差圧式)	オリフローメータ フローノズル	・機構が簡単 ・液体、気体、蒸気などの測定ができる	±1%程度
	ベンチュリ管	・圧力損失が少ない	
渦	スワールメータ	・気体用	
	デルタ流量計	・測定範囲が広い	
熱線式	トーマス・ガスメータ	・気体用	
電磁式	電磁式流量計	・圧力損失がない ・応答が早い	±2%程度
超音波	超音波式流量計	・圧力損失がない	

図28はオーバル流量計で、2個のだ円形歯車回転子が、流体の出入差圧によって回転し、その回転数によって流量を測定する。型式および流量の伝達表示方式は各種のものがある。

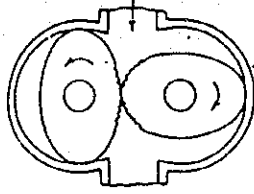


図28 オーバル流量計

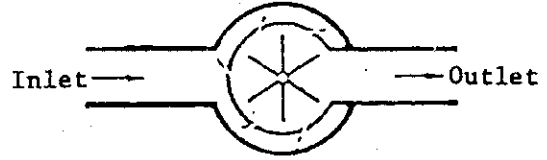


図29 羽根車式流量計

(3) 流速計による方法

流体中のプロペラなどが、流速によって回転することから流量を知るものである。図29は羽根車式流量計で、単箱式および複箱式の2種類がある。軸流式流量計は、水道などの大流量計測などに使われる。工業用としては軸流式の1つであるタービン流量計が一般に使用されている。

(4) 面積式による方法

差圧を一定に保ち、絞りの面積を変えて流量を知る方法である。図30は浮遊式流量計（ロータメータ）で、下部口径が上部口径よりやや小さい垂直管中を測定する流体が流れるとき、その管中にある浮標は流体の流量に応じた高さまで押し上げられて静止する。その静止位置から流量の瞬間値がわかるように目盛りしてある。なお、この流量計を使用するにあたっては、流体の密度、圧力、粘度などによって、測定値に変動があるので注意しなければならない。各種の条件に合わせて多数の種類がある。使い方によっては簡易で便利なもので、多方面で広く使用されている。

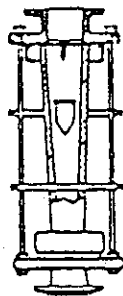


図30 ロータメータ

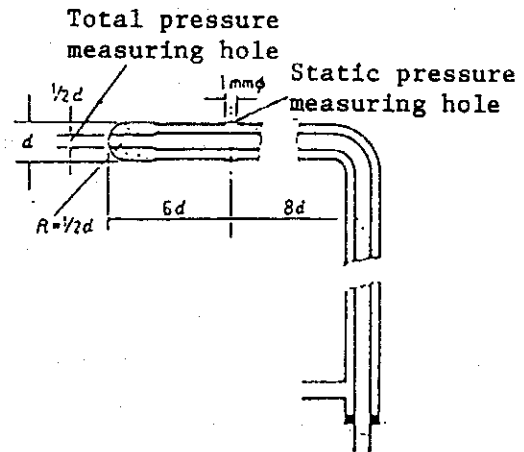


図31 ピトー管

(5) 速度水頭を測る方法

図31はピトー管で、前部に穴があり、その穴を流体の流れに向けるとその点の流体の静圧と、速度に対する動圧との和に相当する圧力を生ずる。そのときに横の口に通ずる穴には流体の静圧だけしか現われないから、この差 h を適当な圧力計で測って流体の流れの速度を知り、流量 Q を求めることができる。

$$Q = A \cdot c \sqrt{2g \cdot h / \gamma} \quad [\text{m}^3/\text{S}]$$

A = 管の断面積 $[\text{m}^2]$, $g = 9.8$ $[\text{m}/\text{s}^2]$, h = 圧力差 $[\text{kg}/\text{m}^2]$ $[\text{mmH}_2\text{O}]$, γ : 流体の比重量 $[\text{kg}/\text{m}^3]$, c : 流量係数。

ピトー管による測定は簡単であるが、使用方法をあやまると大きな誤差をまねく、すなわち、ピトー管を流れの方向に正対するよう設置すること。ピトー管の断面積は管路の断面積の1%より小さいこと。ピトー管の前には管径の20倍以上の距離の直管部を必要とする。飛びんが多い場合は双頭形のウェストン式ピトー管を使用するが、これは流量係数に留意する必要がある。

(6) 絞り機構による方法

オリフィスは一般に使用されているこの方法の流量検出素子である。

管路中に絞りを挿入して生ずる圧力差を測り、ベルヌーイの定理から流量を求める。すなわち、図32に示すような真直な管の途中に管断面積よりも小さい穴をもった絞り板（オリフィス板、ノズル板）を挿入して流れを絞り、その前後の圧力差から流量を測定する装置である。気体にも液体にも用いられる。いま F : 絞り板の穴の断面積 $[\text{m}^2]$, h : $P_1 - P_2$ = 絞り板前後の圧力差 $[\text{kg}/\text{m}^2]$, γ : 流体の比重量 $[\text{kg}/\text{m}^3]$, c = 流量係数, ϵ : 膨張補正係数とすれば、単位時間に管を通る流体の重量 G および体積 W は、

$$G = c \cdot \epsilon \cdot F \sqrt{2g \cdot \gamma (P_1 - P_2)} \quad [\text{kg}/\text{s}]$$

$$W = c \cdot \epsilon \cdot F \sqrt{2g (P_1 - P_2) / \gamma} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

から求められる。すなわち差圧の平方根に比例する。

(7) 熱線式による方法

流量を測定する流体中に電熱線や、サーミスタをおいて、流体中に生ずる温度上昇をその前後の温度計で測定して流量を知る方法、電熱線の冷却度、すなわち、その電気抵抗変化を測定して知る方法および流体の温度を電熱で一定の温度だけ上昇するのに要する電流量を測定して流量を知る方法などがある。微風計、トーマス計などが従来からあるが、小径用で新型のものおよび大型のものとしてはサーマル流量計が輸入されている。これは熱線が直接に流体に触れないのと工業的に使用できる十分な強度をもった円筒形のプローブになっていて、気体中の飛びんなどもあまり問題にならないといわれる。

(8) 電磁式による方法

図33に示すように導電性の流体が流れている管の両側に、流れの方向に対して直角に磁場を作ると、流れと磁場のおおのに直角な方向に起電力 E を生ずる。

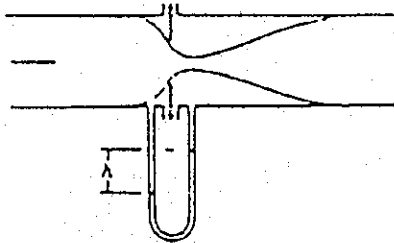


図32 絞り板流量計

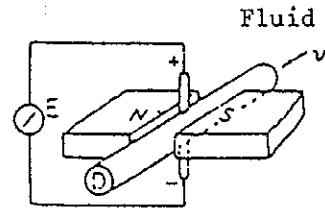


図33 電磁式流量計

いま管径 D の管中を導電性流体が平均速度 v で流れ、磁場の強さを H とすると、体積流量 Q との間には、

$$Q = C \cdot D \cdot \frac{E}{H} \quad (C: \text{定数})$$

の関係がある。そして磁場の強さおよび管径が一定ならば、起電力は体積流量に比例する。

この流量計の特徴は圧力損失がぜんぜんないこと、応答が非常に早いこと、少々固体の粒子が混入しても使えることである。

(9) 流体の渦による方法

流体に“渦”を発生させて、その周波数特性が流速と比例関係にあることに着目して開発されたもので、図34にそのデルタ型流量計を示す。三角形の柱状渦発生体に2個の熱的センサを組み込んであり、カルマン渦の交番的変化をセンサの抵抗変化でとり出し流量として表示する。

図35は渦流量計でデルタ型と同様の原理によるものであるが、円柱状の検出器であることとセンサ素子が極細白金線1個であり（デルタ型はサーミスタ）、したがって電気的な回路構成は異なっている。両者ともその構造上、圧力損失が小さく、取り付け、取り外しが容易である。渦流量計にはパージ式のものがあり煙道など飛じんや腐食性のある流体に用いられる。

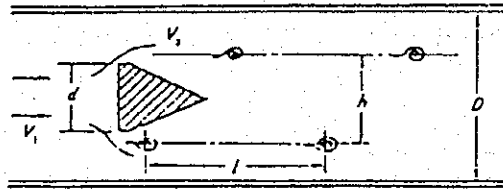


図34 デルタ型流量計

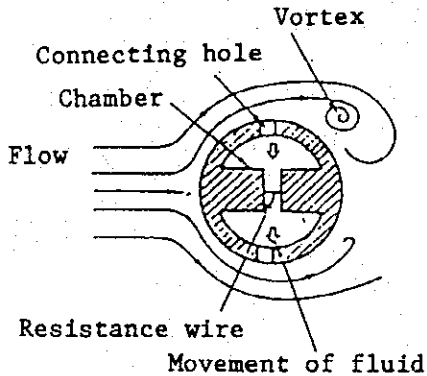


図35 渦流量計

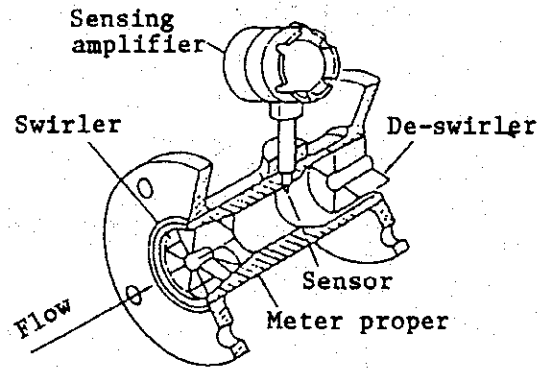


図36 スワールメータ

図36はスワールメータで、計器本体の、スワラ、デスワラ、センサおよび検出増幅器からなり、本体の内部はベンチュリ構造になっている。気体用として開発されたもので、スワラ（固定旋回翼）によって生成する渦巻きは軸心部が突出した軸中心対称の速度分布であるが、ベンチュリ部の首の部分でみそすり運動を起す。速度中心（渦巻き中心）の回転数は気体の実容積に比例するので、これをサーミスタで検出し流量を表示する。

デスワラは下流側の影響を除くためにこれによって渦のない状態にもどす。

いずれも測定範囲が大きいのは共通した長所であり、各々その特性を生かして用途が広がりつつある。

(10) その他の流量測定法

超音波流速計は流れの中で音波を発生させると音は音速と流れの速度のベクトル的に加算された速度で伝ばすることを利用してその伝ば速度を測って流速、流量を測定するものである。レーザー流速計はレーザー光の波長が単色性でしかも波面がそろった単一指向性の光であることから流体中の散乱を利用して流速を測定するものである。非接触で測定できること、応答性がよいなどの特徴がある。

6. 圧力の測定

(1) 圧力計の種類、特徴

圧力計の選択には液柱式、弾性式、沈鐘式、環状天びん式、電気式などがあるが、その特徴精度は表7のようである。

表7 圧力計の種類、特徴、精度

測定方式	圧力計	特 徴	精 度
液 注 式	単 管 式	<ul style="list-style-type: none"> ・スケールの読みが1回ですむ ・温度の影響が大きい 	0.1mm程度
	U 字 管 式	<ul style="list-style-type: none"> ・単管式より高精度 ・管径の大きさおよび温度が誤差に影響する 	0.1mm程度
	単管傾斜圧力計	<ul style="list-style-type: none"> ・管の直線性と傾斜角の影響が大きい 	0.01mmH ₂ O程度
弾 性 式	ブルドン管	<ul style="list-style-type: none"> ・構造が簡単で圧力計といえばブルドン管圧力計であるというほど広く使用されている ・測定操作が簡単で熟練を要しない ・取扱い保守が容易である ・遠隔測定、自動記録が容易である ・固形物混入流体、腐蝕性流体などの比較的苛酷な条件での測定も可能である ・高圧測定に適し、測定範囲が広い ・微圧の測定は不向きである ・弾性だけを利用するので測定圧力範囲を変えることはむずかしい ・クリープ、ヒステリシス、経年変化による誤差を生じ易い 	最高圧力の ±0.5~2.5%程度
	ダイヤフラム式	<ul style="list-style-type: none"> ・受圧面が大きい ・腐蝕対策が容易 ・応答が早い ・最高圧力は2 kg/cm² 	±0.5~2.0%程度
	ベロ式	<ul style="list-style-type: none"> ・測定範囲の変更が可能 ・変位量が大きい ・耐圧、温度補償が容易 	±0.5~2%程度
	空ゴウ式	<ul style="list-style-type: none"> ・微圧変化の感度がよい ・高圧には不向き 	±0.5~2%程度
沈 鐘 式	単 鐘 式	<ul style="list-style-type: none"> ・機械的摩擦が少ない ・衝撃振動に対して測定可能 	±1%程度
	復 鐘 式	<ul style="list-style-type: none"> ・単鐘式より感度精度とも高い 	±0.5%程度
環状天びん式		<ul style="list-style-type: none"> ・回転力が大きい ・測定範囲を加減できる ・接続口の弾性抵抗が生じ易い 	±1%~2%
電 気 式	ストレンゲージ式	<ul style="list-style-type: none"> ・急激な変化に追随する ・遠隔測定、多点測定に適する 	±1.5%程度
ピストン式		<ul style="list-style-type: none"> ・測定範囲を加減できる 	±1%程度
分 銅 式		<ul style="list-style-type: none"> ・測定範囲が広い ・精度が高い 	表わす量の1/200 (使用公差)

圧力計の選択にあつてはつぎの点を考慮する。

- 1) 測定範囲，ブルドン管圧力計などでは測定範囲を最大目盛の2/3以下とする。
- 2) 直視測定か，遠隔測定か。
- 3) 設置場所
- 4) 高圧の場合は安全装置をつけること。
- 5) 検査を常時行い，示唆の狂いのないことを確かめておくこと。

(2) 液柱式圧力計

1) U字管圧力計

図37に示すように，ガラス管をU字形に曲げてその一端を測定点に連絡し，他端は別の圧力測定口か，あるいは通常1気圧の恒圧室とみなされる大氣中に開放する。

計測液は普通水を使用するが，圧力差が大きい場合には水銀を，小さい場合には水より軽い液体を使用する。ただし，その場合はその差圧に使用流体の比重を乗じて換算する必要がある。

圧力測定に使用する液体に必要な特性として，(1)粘性の小さいこと，(2)熱膨張係数の小さいこと，(3)毛管現象の小さいこと，(4)一定の化学成分をもつことなどが要求される。

したがって精密な測定が要求される場合には温度，重力および毛管現象の補正が必要である。

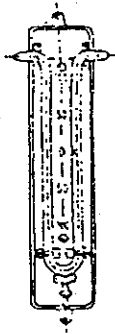


図37 U字管圧力計

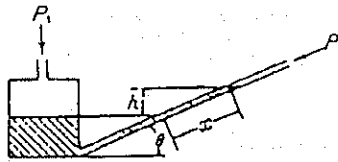


図38 単管傾斜圧力計

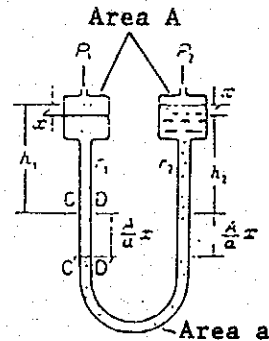


図39 二液型圧力計

2) 単管傾斜圧力計

図38に示すようにU字管を変形したもので， P_1 側が P_2 側に比べて断面積が極めて大きく，細管内の液面の上下に対してこれに応ずる断面積の大きな容器内の液面の上下は無視できるから，単管内の液の高さを差し引いて圧力に相当する長さ x を拡大して得る。拡大率は $1/\sin\theta$ である。

x はその傾斜角を θ とするとき $h/\sin\theta$ に相当するから、圧力 P_1 は次の式から求められる。

$$P_1 = P_2 + \gamma x \sin\theta$$

ここに γ は液体の比重量である。傾斜管の角度 θ は一定のものと、適宜に変更できるものがある。

3) 2種類の液体を用いたU字管圧力計

図39に示すように、2つの液体を用いてその差圧を拡大したものである。圧力差は、

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{A}{a} x \{ (\gamma_2 + \gamma_1) \frac{a}{A} + (\gamma_2 - \gamma_1) \}$$

ここに、 A ：受圧室の断面積、 a ：計測管の断面積、 γ_1 ：軽液の比重量、 γ_2 ：重液の比重量で計算できる。 a/A および $\gamma_2 - \gamma_1$ が小さいほどわずかの圧力差も大きく拡大することができる。たとえば $A/a=1000$ アルコールの比重量 $\gamma_1=800\text{kg/m}^3$ 、石油の比重量 $\gamma_2=810\text{kg/m}^3$ とすると拡大率は約81倍となる。

(3) 弾性式圧力計

1) ブルドン管圧力計

図40に示すように金属管を円形（スパイラル、ヘリカルなど、他の形状のものもある）に曲げたものの一端を固定し他端を自由にして、これに内圧を加えると自由端は動く。この動きをてこあるいは歯車によって拡大して指針を動かす。精度も超高精度のものから低精度のものまであり、用途によって型式や寸法が選択できる。工業用として一般的で数多く使用されている。

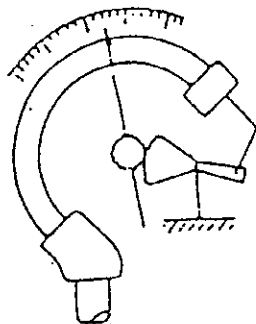


図40 ブルドン管圧力計

2) 計装用圧力計

大型プラントや工業プロセスの計測および制御用検出器として製品化されたもので、静圧、差圧、絶対圧を測る用途に適用される。伝送方式として電流伝送（DC4～20mA）およ

び空気圧伝送 (0.2~1 kg/cm²) の2方式が用いられ、指示、記録、演算入力用として統一されている。

受圧エレメントは特殊金属のダイヤフラムで構成し、検出変換素子との間に、液状物質を用いて圧力を伝達する。ダイヤフラムは、使用条件や圧力範囲により、形状、寸法、材質が使い分けられている。計測範囲は一般的に水柱20mm位から数百気圧まであり、零点の変更やスパンの変更、ダンピングの調整などができるようになっている。

(4) その他の圧力測定法

1) 沈鐘式圧力計

図41に示すような、さおと浮子（ベル）を組み合わせたものでベル式または沈鐘式といわれている。工業用としては使用実績は少ない。

2) ストレインゲージ式圧力計

一般にストレインゲージを検出素子とするもので、特殊な用途に使用される場合が多く、検出部が小型で応答速度の早いのが特徴である。超高圧から微圧まで各種のものがあ、半導体ストレインゲージや磁わい効果を利用したものである。

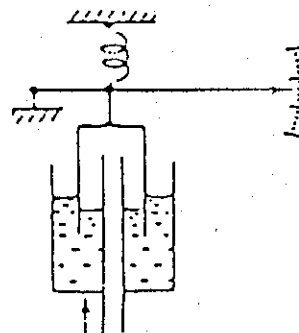


図41 沈鐘式圧力計

7. 湿度の測定

(1) 湿度計の種類と特徴

気体の湿度を測定する方法は、乾湿球湿度計による方法、露点計による方法、電気抵抗式湿度計による方法、毛髪湿度計による方法などがある。

(2) 乾湿球湿度計

最も普通に用いられているもので2個の普通の水銀ガラス温度計を湿度を測定しようとする空気中におき、いずれか1つの球部を水でぬれた布で包む。

乾球温度と湿球温度から図表によって湿度を求める。

なお静置式の乾湿球湿度計における湿球示度は放射熱の影響によって一般に高すぎ、真の湿球温度を示さないので、湿球の周囲の空気の色度を増すように考案されたものがある。

振り回し式湿度計は乾湿球湿度計を1つのわくに取り付け、これをわくのまわりに振り回して平衡温度に達するようにしたものである。

アスマン式通風湿度計は、乾湿球湿度計の上部に時計仕掛で回転する小さいはねがあり、これをまわして乾湿球面に、流速 2.5m/s 程度の気流を起こさせるようにしたものである。

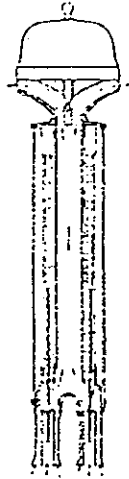


図42 アスマン式通風湿度計

(3) 抵抗温度計式湿度計

図44に示すように、原理は乾湿球湿度計と同じであるが、水銀温度計の代わりに電気抵抗温度計を使用する。低温接点はぬれた布で巻き、高温接点は空気中に露出すると乾湿球温度差に相当する起電力を生ずる。遠隔指示、記録もできる。

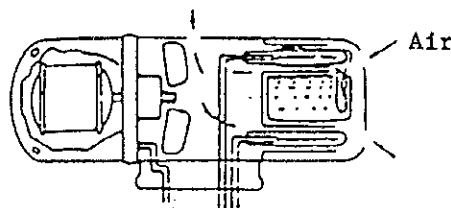


図43 電気式湿度計

(4) 露点計

冷却式露点計は、滑らかにみがいた金属面を湿度を測ろうとする空気中におき、金属面の内部に水を通し、あるいはエーテルなどの気化熱を応用してこれを徐々に冷却すれば、ある温度において光沢ある面が露の薄膜で曇ってくる。反対に露で曇った金属面の温度を徐々に

上昇すれば、前とほぼ同じ温度で曇りが消失する。この両者の平均温度を露点という。この露点を知れば水蒸気表あるいは湿度図から湿度が求められる。

霧による曇りは肉眼による判定と光電管による方法、電気抵抗による方法などがある。

光電管式露点湿度計は、金属鏡面の曇り状況を光電管回路を利用して測定するもので、記録ができる。

(5) 電気抵抗湿度計

互いに絶縁した2個の電極間に吸湿性をもった電導性のある薄い膜（たとえば塩化リチウムを含ませる）を張っておくと、周囲の気体の湿度が増せば湿気を吸収して電気抵抗が減る。これを利用したものである。

8. 液体流量計測実習

- 1) オーバル流量計による流量計測
- 2) オリフィス流量計による流量計測
- 3) 超音波流量計による流量計測
- 4) 電気管理計による電気管理計測
- 5) 水質分析実習 (pH)
- 6) 水質分析実習 (電気伝導度)

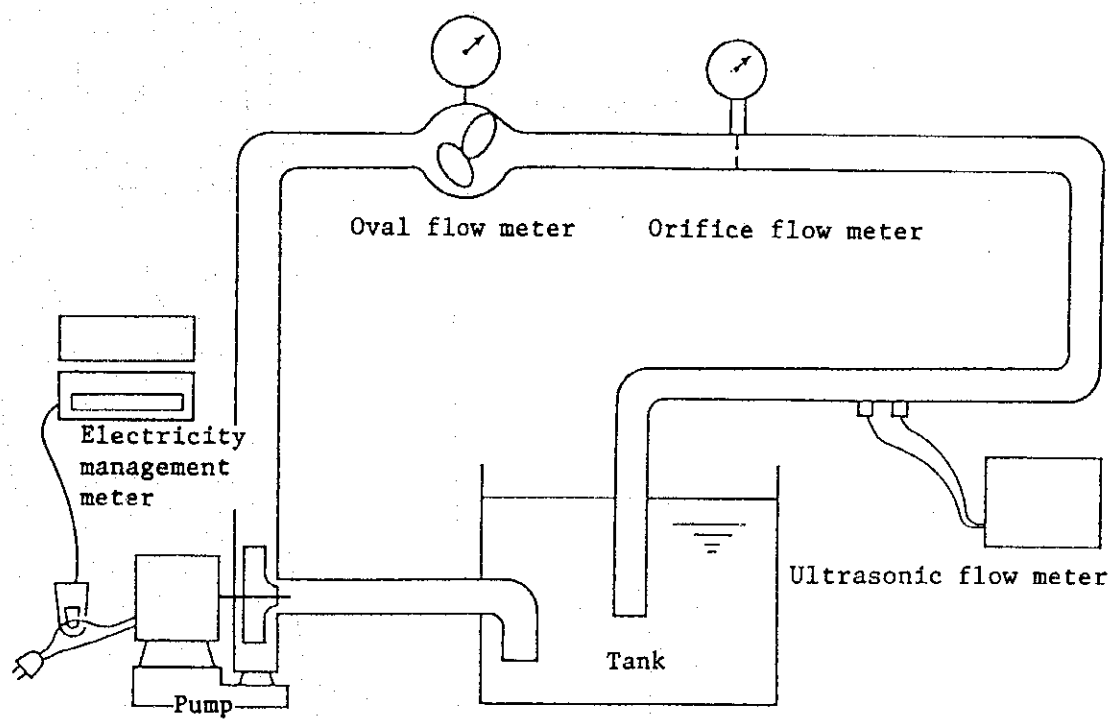


図44

9. 温度計測実習

- 1) 熱電対式温度計による表面温度計測
- 2) 熱電対式温度計によるガス温度計測
- 3) 放射温度計による表面温度計測
- 4) 打点式記録計による記録
- 5) 電気管理計による電気管理計測

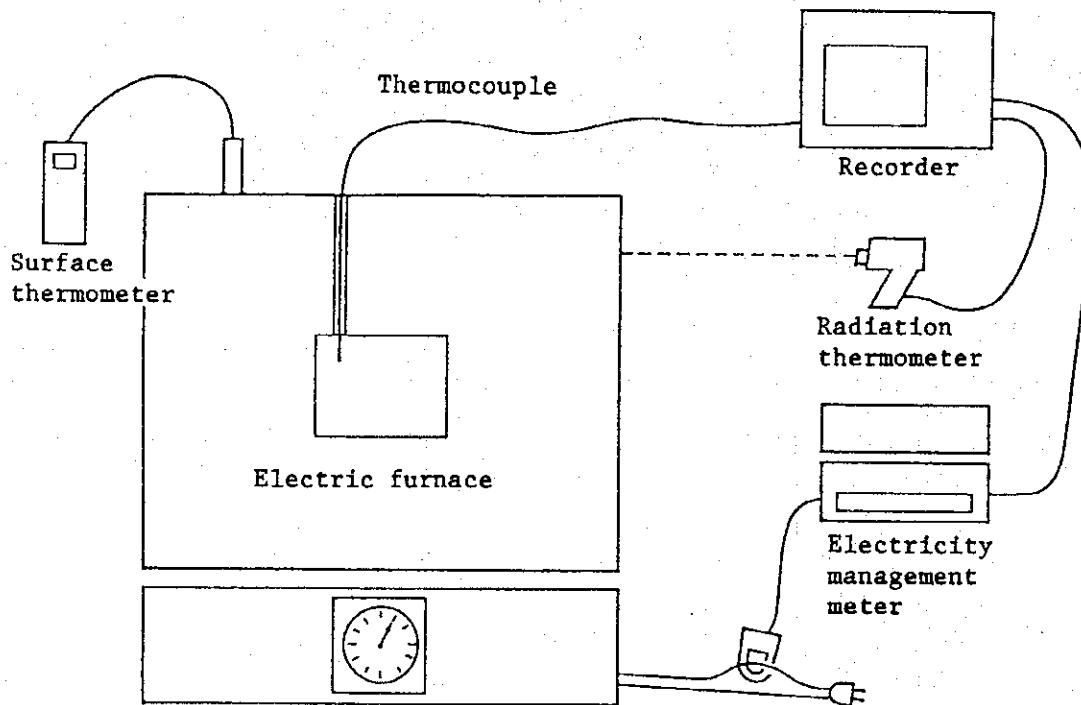


図45

10. 気体流量・圧力計測実習

- 1) ダイアフラム式微差圧計による圧力計測
- 2) 定温度型熱線風速計による風速計測
- 3) 打点式記録計による記録
- 4) 電気管理計による電気管理計測

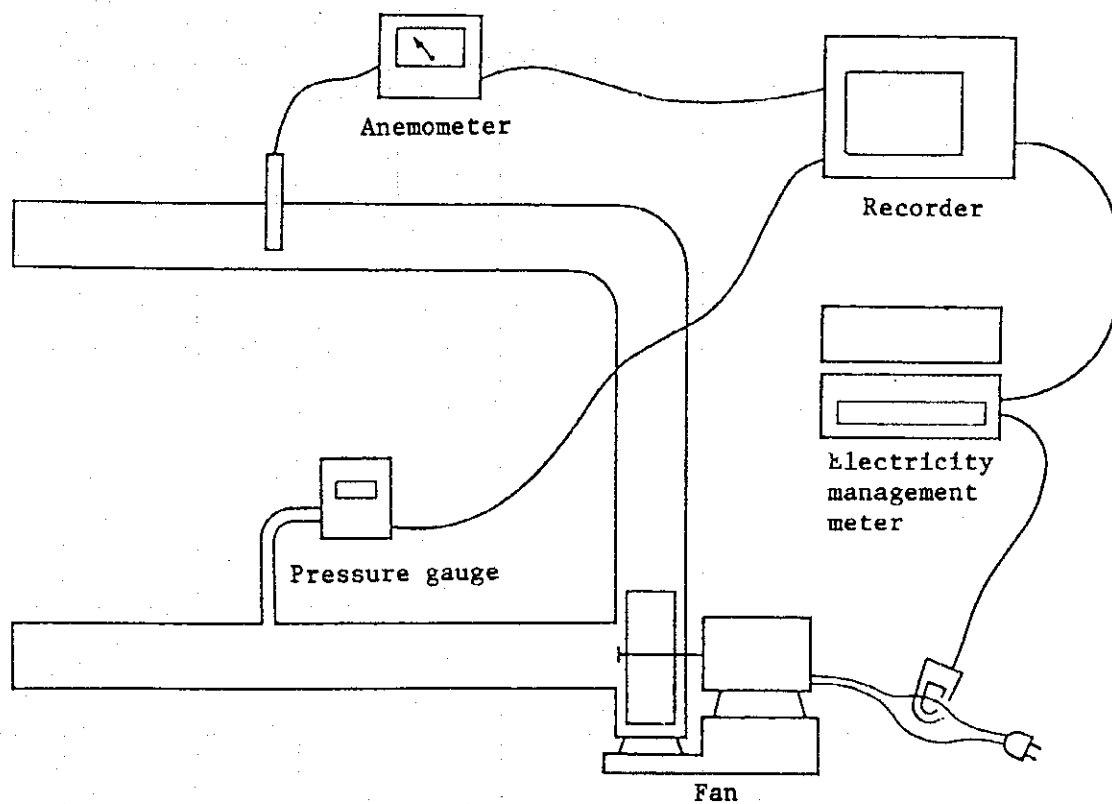


図46

Temperature Measurement

Date: _____ Room Temp _____ °C

time		heating time	inside temp	operating temp
start	measure			

Position	Temperature °C					Heat rate	
	local value				Ave.	/m ² h	/h
upper _____ m ²							
left _____ m ²							
right _____ m ²							
back _____ m ²							
front _____ m ²	door _____ m ²						
	wall _____ m ²						
Total Heat Loss [kcal/h]							

L i q u i d F l o w R a t e M e a s u r e m e n t

Date: _____ Room Temp _____ °C Water Temp _____ °C

N o .	F l o w R a t e			P o w e r
	O r i f i c e	U l t r a s o n i c	O v a l	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

W a t e r Q u a l i t y A n a l y s i s

Date	Temp	pH	conductivity

Gas Flow Rate Measurement

Date: _____ Room Temp _____ °C

No.	Pressure	Velocity				Flow Rate	Power
		①	②	③	Ave.		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

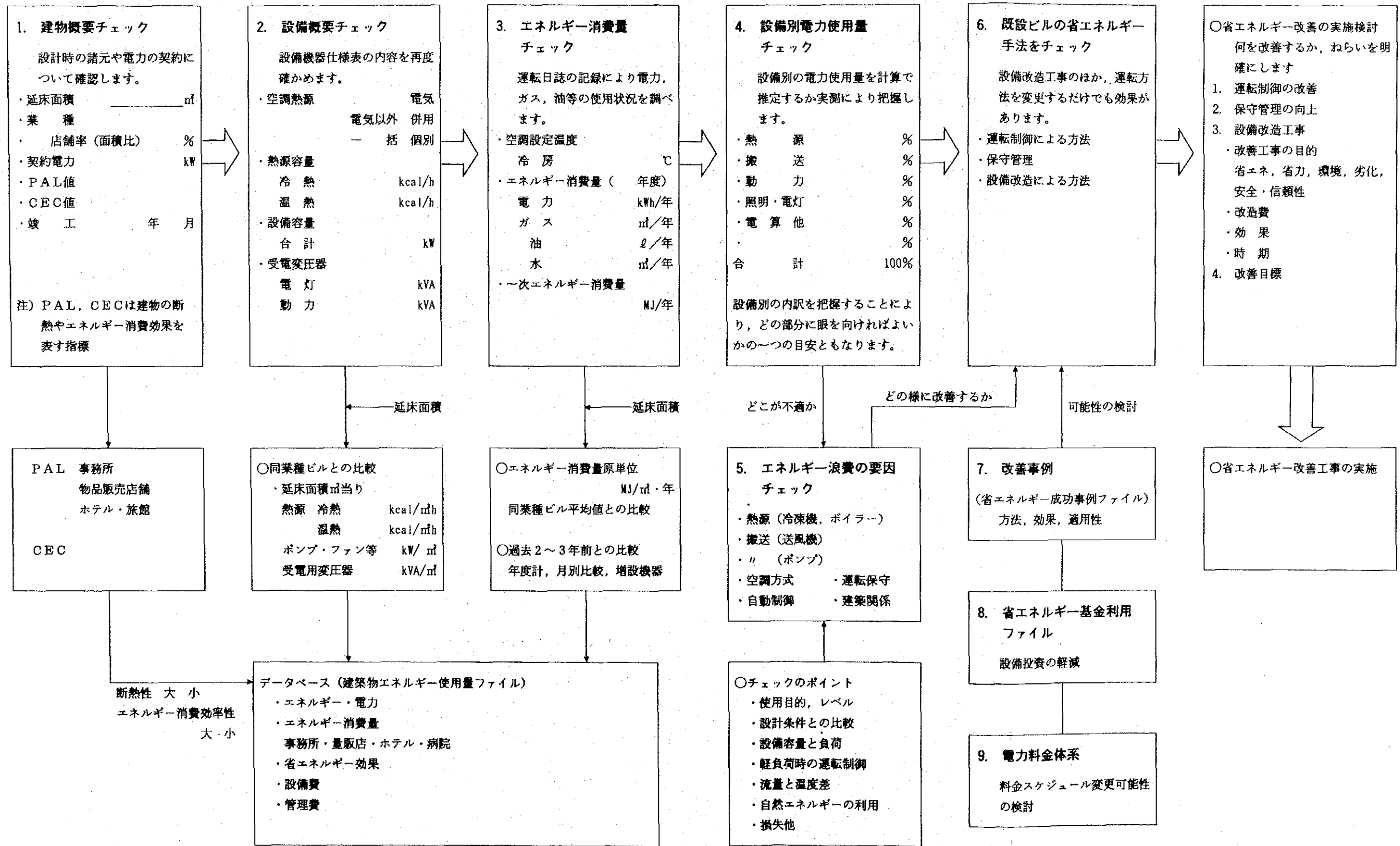
タイ王国省エネルギー計画アフターケア調査
エネルギー診断技術ワークショップテキスト

6. 既設建築物の省エネルギー推進方法

1994年3月

国際協力事業団 (JICA)
財団法人 省エネルギーセンター (ECCJ)

ビルの省エネルギーチェックフロー



1. 建物 2. 設備概要

1. 建物概要

ビル名称			連絡担当者	名前	
所有者名				TEL ()	
所在地					
建物概要	①敷地面積 ③構造 R C造: S R C造・その他 ⑤延床面積 ⑦竣工	m ² m ² 年月	②規模 地下 階・地上 ④建築面積 ⑥空調面積 ⑧就業人員	m ² m ² 人(利用人員 人/日)	
建物用途	使用形態	1. 自社専用 2. テナント 3. 併用(テナント %)			店舗 (店舗率 %)
	業種	1. 事務所 2. 共同住宅 3. 学校・研究所 4. 病院・診療所 5. 官公署 6. 百貨店・スーパー 7. ホテル・旅館 8. 公会堂・集会所 9. 娯楽施設 10. その他()			電算室 駐車場
設計・施工		建築	空調設備	電気設備	
	設計				
受電電圧	kV				
空調方式	一括空調 ①冷凍機(電気) ②ヒートポンプチラー ③吸気式冷凍機(ガス・油) 個別空調 ④パッケージ ⑤ビル用マルチ 併用				

2. 冷凍機 (ターボ冷凍機・冷凍チラー・ヒートポンプチラー・吸気式冷凍機)

種別	定格能力	圧縮機 kW	消費電力 kW ガス N m ³ /h	メーカー 設置年月日	補機 kW		備考
	冷房 kcal/h				冷却水 P	送風機	
小計							

単位床面積当り kcal m²h 1 R T = 3.024 kcal/h 流量計 冷 m³/min

3. ボイラー (給湯用)

種別	給湯 kg/h	ガス N m ³ /h	メーカー設置年月	補機 kW

単位床面積当り kcal m²h

4. 熱源（個別）（パッケージ、ビル用マルチ、熱回収式水熱源ヒートポンプ等）

種 別	室 内 機			室 外 機			
	冷房能力kcal	送風機kW	台 数	圧縮機kW	送風機kW	冷却水口kW	台 数
小 計							
単位床面積 当 り	kcal/m ² h			室内機・室外機電動機kW計			

5. 蓄熱槽

種 別	水 容 量 m ³	水 容 量 m ³
水 ・ 氷		
単位床面積 当 り	m ³ /m ²	m ³ /m ²

8. 給気・排気用送風機

種 別	風 量 m ³ /h	電 動 機	台 数
一 般 計			
駐 車 場 計			
厨 房 計			
小 計			

6. 空調用冷水

種 別	水量m ³ /min	電動機kW	台 数	備 考
冷房時計 (24時間系統)				

送水方式：可変水量（ポンプ台数，回転数，），定数量

9. 衛生ポンプ

種 別	流量m ³ /min	電 動 機	台 数
給 水 小計			

7. 空気調和機・ファンコイル

種 別	送風量m ³ /h	外気量m ³ /h	送風機	台 数
外 調 用 ファンコイル計				
小 計				

送風方式：可変風量（回転，ダンパー，），定風量
外気冷房制御：有 無 最小外気取入量：有 無
全熱交換器：有 無

10. エレベータ

種 別	電 動 機	台 数
小計		

11. 照明・コンセント

種 別	一 般 計	共 用 計	店 舗 計	コ ン セ ン ト 負 荷
蛍光ランプ 白熱電球				○ A 機器 自動販売機
小 計	蛍光ランプ計 kW	白熱電球 kW	単位床当たり W/m ²	小 計 kW

12. 個別

電 算 機 電算用パッケージ ショーケース
設備容量合計 kW

13. 受電設備

受電変圧器	
電 灯	kVA × 力率改善用コンデンサ
動 力	kVA ×
合 計	kVA
	単位床面積当り kVA/m ²

3. エネルギー消費量

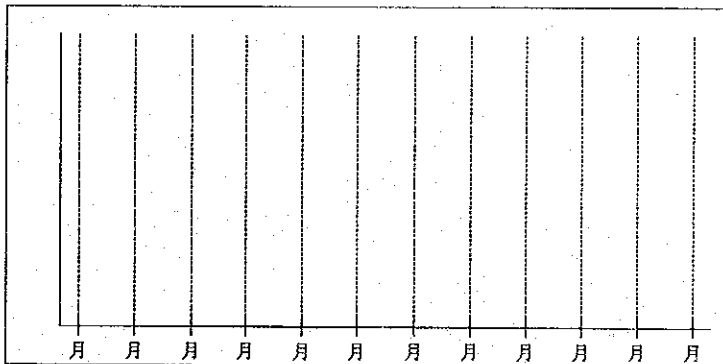
1. 運転管理

(1)空調期間	冷房 月 旬～ 月 旬				備考 室内環境基準 時間外運転
(2)空調時間 設定温度	系 統			電 算 機 室	
	冷 房	時～ 時	℃	℃	
(3)制御システム	<ul style="list-style-type: none"> ●機器制御(自動・手動・併用)(ビル管理システム 有無, 蓄熱コントローラ 有無) ●搬送系(台数制御・回転数制御)(外気導入 有無) 				
(4)保守管理	●運転体制 総人員 名, (昼間 名, 夜間 名)				

2. 電力・ガス等年間消費量 (年 月～ 年 月)

年 月	電 力		ガ ス (単 位)	燃 料 油 (単 位)	水 上水m ³ 中水m ³	備考(機器増設など)
	最大電力kW	電力使用量kWh				
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年 月						
年度計						
一次エネルギー消費量						合計 MJ/年
単位床面積当り	kWh/m ²	(単位)/m ²	(単位)/m ²	m ³ /m ²	MJ/m ² ・年	

3. 電力・ガス等月別消費量グラフ



4. 設備別電力使用量

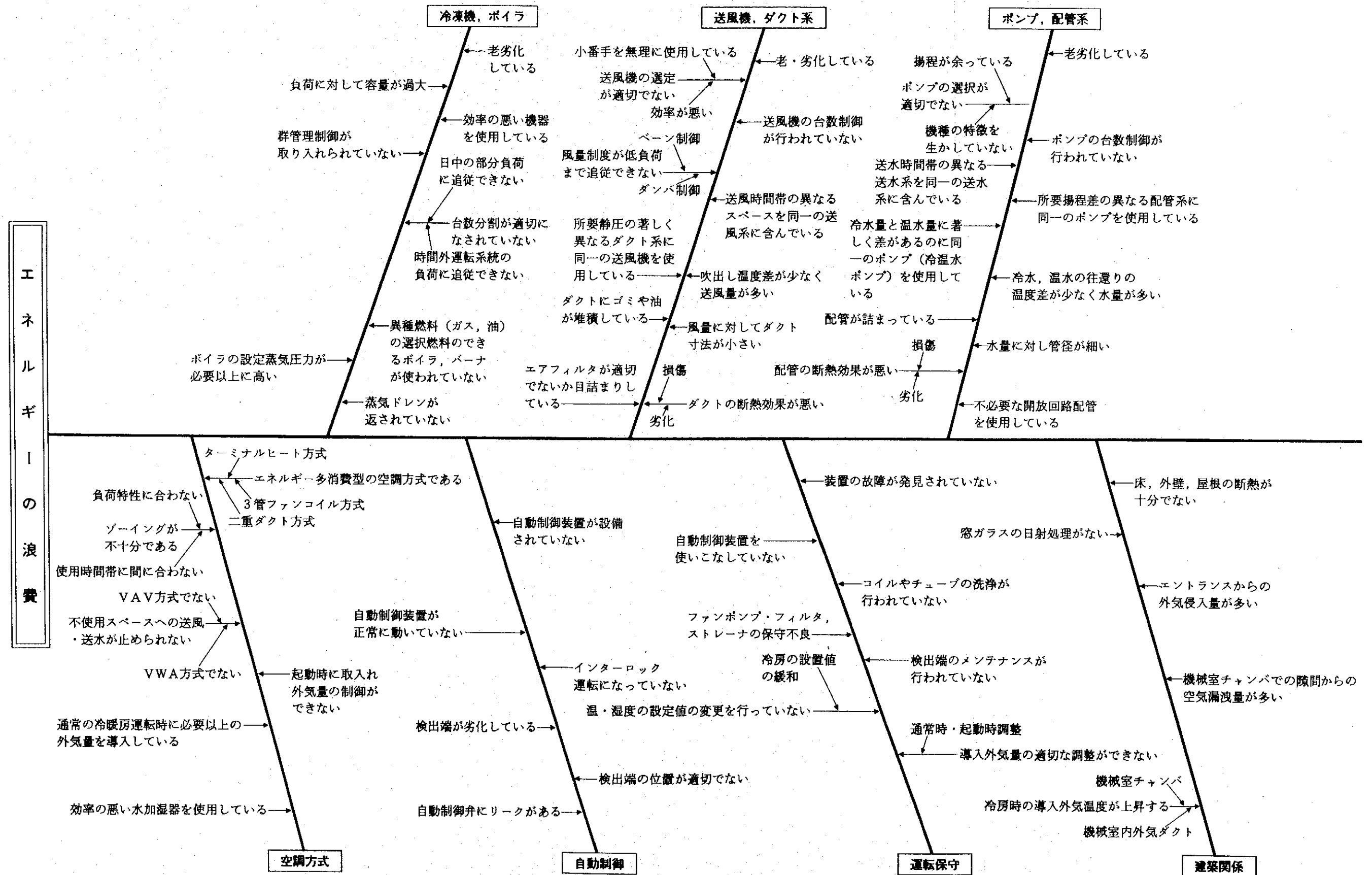
設 備	設 備 容 量 (銘板)			電 力 使 用 量 の 計 算 定格出力 × 運転時間h/日 × 日数日/月 × 月数 × 負荷率 (消費電力)	年 間 電 力 使 用 量		備 考 効率, 負荷率, 需要率, 時間 など
	電 動 機	定 格 出 力 kW	消 費 電 力 kW		計 算・実 績 kWh	割 合 %	
熱 源	冷 凍 機	冷 房					
	冷 凍 機 補 機						
	ボ イ ラ ー	給 湯					
熱 源 個 別	パ ッ ケ ー ジ						
搬 送	ポ ン プ	冷 房					
	空 調 機						
動 力	給 排 気 フ ェ ン	一 般 駐 車 場 厨 房					
	衛 生 ポ ン プ	給 水					
	エ レ ベ ー タ ー						
照 明 電 灯	照 明	一 般 共 用 店 舗					安 定 器 損 失 分 を 含 む
	コ ン セ ン ト	○ A 販 売 機					
電 算	電 算 機 電 算 用 パ ケ ー ジ						
他	シ ョ ー ケ ー ス						
変 圧 器 損 失							
合 計						100	

- 注1. 定格出力kW, 軸出力kW
消費電力=軸出力/効率
ここでは定格出力kWと消費電力kWと
見なす。
2. 但し, ファン類は軽負荷のケースが

- 見られるため電流値を確認し, 需要
率も見込むこと。
需要率=最大電力kW/設備kW
3. 負荷率=一定期間の電力使用量kWh/
(設備容量kW×全負荷運転時間h)

4. 個別取付の精算電力計によるものは
計算不要

5. エネルギー浪費の要因図



6. 既設ビルの省エネルギー手法

1. 運転制御による方法

項目	省エネルギー効果を上げる方法		効果	備考
(1)取入れ外気量の減少	a. 必要外気量の基準値の検討	<ul style="list-style-type: none"> ●建物用途、在室人員に合った必要最小外気量の設定を行う 		CO ₂ 濃度規制からだけでなく、臭気の発生、室内の圧力バランスの考慮も必要 ●取入れ外気制御用ダンパの取付け 給・排気による建物内圧力バランスの考慮が必要
	b. 取入れ外気量の制御	<ul style="list-style-type: none"> ●在室人員の変動に対応した必要取入れ外気量の制御を行う ●CO₂濃度調節計などによる外気ダンパ制御、在室人員変動を予想した外気ダンパ開度のタイマー設定を行う 	在室人員の日、時刻変動の大きい建物に有効 デパート、劇場等	
	c. 予冷の外気取入れの停止	<ul style="list-style-type: none"> ●装置起動時等のように在室人員がほとんどない時間帯は、外気ダンパをタイマーにより全開にする 	外気負荷の減少、必要装置容量の減少	
(2)設定温度の変更	a. サーモスタット設定値の変更(居室)	<ul style="list-style-type: none"> ●設定値を高く変更する 	湿度26℃→28℃ 冷房負荷約20%減少	外気負荷の減少 快感温度の個人差、各室間の温度偏差等の検討が必要
	b. サーモスタット設定値の変更(居室以外の室)	<ul style="list-style-type: none"> ●廊下、ホール等人間が通過するようなスペースでは居室より高く、設定 		
	c. 外気温度によって設定値を変更	<ul style="list-style-type: none"> ●外気温が上がる程、温度を高く設定 		
	d. 電算機室の温度変更	<ul style="list-style-type: none"> ●電算機に支障のないよう設定値を高くする(28℃の検討) 	電算機用冷房負荷の減少	
(3)過冷、過熱の防止	a. サーモスタットの設定値のチェック	<ul style="list-style-type: none"> ●自動制御装置が不十分なものでは手動調節をこまめに行う 	省エネルギー効果と同時に室内環境の向上につながる	●風量調整手段がないときには、要所にダンパを設ける
	b. 吹出、風量の調整	<ul style="list-style-type: none"> ●分枝ダンパなどを調整して、室の過冷を防止する ●ユニットの風量調節あるいは水量調節をこまめに行う 		
(4)設定温度の変更と再熱の停止	a. ヒューミディスタット設定値の変更	<ul style="list-style-type: none"> ●設定値を高く変更する ●露点温度制御をしているものでは露点設定温度を高く設定する 	一次空気の露点温度変更により生ずる省エネ効果は、 夏季：10℃→12℃ 約17%減少	特に劇場、ホール、食堂等、顕熱比の小さい部屋で、しかも室内滞在時間が短い場合は、冷房時の室内関係湿度設定値を上げると効果はある
	b. 恒温を必要としない場合は、除湿目的の再熱はやめる	<ul style="list-style-type: none"> ●再熱装置の使用停止 		
	c. 冷房時顕熱負荷減少時は、再熱を行う代わりに、送風量を減じて室温を維持する、CAVからVAVへ変更する	<ul style="list-style-type: none"> ●冷房負荷減少時は室内関係温度の上昇を許す 		
(5)装置の起動・停止時刻の調整と運転時間の短縮	a. 起動時刻の最適化	<ul style="list-style-type: none"> ●曜日、季節によって起動時刻、停止時刻のスケジュールを調整する 	予冷時間短縮による運転エネルギーの節減 装置運転時間の短縮	
	b. 停止時刻の検討	<ul style="list-style-type: none"> ●時間外運転では必要最小限の装置のみ運転(残業時間) 		
	c. 運転時間の短縮	<ul style="list-style-type: none"> ●機械室、駐車場等、換気用送風機の運転時間を短縮する 	送風機運転時間の短縮 空調機運転時間の短縮	
	d. 運転箇所の縮小	<ul style="list-style-type: none"> ●局所空調(空調作業域の集約)を行う 		
(6)送風量の減少	a. 機械室・駐車場等、送・排気量の調整	<ul style="list-style-type: none"> ●換気回数のチェック、駐車場法、建築基準法等に基づく必要最小風量の設定を行う ●ダクト系各ダンパ調整を行う送風機過剰分はブリーダウンして風量を下げる 	送風機動力は風量の3乗に比例するため、10%風量を下げると動力は27%減少する	熱的に必要な外気量の確保 設置機器に弊害を与える 温・湿度環境にならないかどうかの検討が必要

項目	省エネルギー効果を上げる方法		効果	備考
(7)熱源機器の効率運転	a. ボイラ、冷凍機等の群管理運転	●部分負荷時に運転台数を減らす	総合効率の向上 成績係数の向上	対象機器あるいはその関連機器の部分負荷特性等、把握が必要 温度制御に厳密な要求ある場合は注意を要する
	b. 冷凍機の冷水出口温度設定値の調整			
	c. 冷却水温度設定値の調整	●冷却塔ファンの停止制御は冷凍機が許容する冷却水温度まで下げようとする ●冷却塔バイパス弁の制御も同様とする	成績係数の向上	冷却水温の下限水温設定が必要 ターボ冷凍機：15℃ 吸収冷凍機：25℃
(8)動力設備	a. 動力設備の運転管理	●エレベータ、エスカレータの運転を間引きする ●エレベータの停止数を減らす	運転動力を節減	利用率は荷重50%弱を目標
(9)給湯・衛生設備	a. 給湯設備の運転管理	●給湯時間と範囲を減少・制限する ●用途に応じて給湯温度を低くする	不必要なエネルギー消費の節減 給湯熱損失の減少 ボイラーのエネルギー消費節減 水使用量の節減	
	b. 衛生設備	●フラッシュバルブの少量調整		
(10)照明設備	a. 照明の点灯管理	●必要最小照度 ●作業スペースの過剰照明の間引き ●始業前点灯時間を短縮する。早朝清掃等の作業階ごとに点灯 ●非使用室の照明の消灯 ●窓際の照明を消す	照明点灯時間の短縮 冷房負荷の減少	
(11)電気設備他	a. 電気設備の運転管理	●三相負荷のバランスをとる		低負荷運転機器のチェック

2. 保守、管理による方法

項目	省エネルギー効果を上げる方法		効果	備考
(1)装置の保守・清掃	(a) 空調機ファンコイル、フィルターを清浄にする		熱交換効率の向上	室内の吹出口、吸込口の清掃
	(b) ダクトの洩れを点検し修理する		搬送用エネルギー減少	
	(c) 冷凍機のコンデンサ、ニボレータを清掃する			
(2)装置の補修、交換	(a) 腐食、摩耗等により性能の劣化した機器、装置を補修する		機器効率、熱交換効率の向上	
	(b) 補修しても性能がさらに劣る場合は機器を交換			
(3)自動制御機器の点検	(a) センサー類の精度チェック		省エネルギー効果と同時に室内環境の向上	空気配管からの空気漏れ
	(b) バルブ、ダンパ等の作動チェック			
	(c) 特に熱源用制御機器の点検			
(4)装置の監視を強化	(a) 計量器、測定器を増設して、エネルギーの消費状況室内環境状態等を把握して役立てる		省エネルギー効果と同時に省力化	
	(b) 管理項目のチェックと見直し			
その他	(a) OA機器類は同一温湿度条件の空間に配置			終業時のブラインド降ろし(朝の日射防止)
	(b) 空気の循環を妨げないように吹き出し口等の近くの機器や展示物は取り除く			
	(c) 屋外や空調をしていない場所へ通じるドアは「開放厳禁」の表示を貼り閉鎖する			
	(d) 便所の換気は使用時のみ行うようにし、照明と連動する			
	(e) 外気取入口に防風板を設置し、外気取入量が過大とならないようにする			
	(f) 冷房時に日射がある場合はブラインド類を閉じる			
	(g) 冷房時は薄着をする			
	(h) ビル内の始業時・終業時の省エネアナウンス			
	(i) 省エネ推進の組織づくり			

3. 設備改造による方法

項目	省エネルギー効果を上げる方法	効果	備考	
(1)建築関係	a. 外壁部断熱の強化	<ul style="list-style-type: none"> ●壁や窓まわりを改造して断熱化する ●屋根や床を改造して断熱化する ●窓ガラスを断熱化する 	伝熱負荷の減少	<ul style="list-style-type: none"> ●外断熱工法（アルミパネル等） ●既設ビルでは室内側に木製の窓枠も可能
	b. 日射の防止	<ul style="list-style-type: none"> ●ブラインドやカーテンを取り付ける ●ルーバや庇を取り付ける ●窓ガラスを改修する ●屋根散水や貯水を行う 	日射負荷の減少	<ul style="list-style-type: none"> ●日射調整フィルム ●冷却等ブロー水を利用
	c. 隙間風の防止	<ul style="list-style-type: none"> ●玄関扉を改造し、回転ドア、前室等を設置する 	外気侵入による負荷の減少	自動扉は多量の隙間風が侵入
	d. 照明・採光に関するもの	<ul style="list-style-type: none"> ●反射ルーバや庇を取り付ける ●室の内装を明色化する ●壁面のコーティング仕上げ 	反射効果 照度の維持	
	e. 換気通風の改善	<ul style="list-style-type: none"> ●サッシュを改造して開けられる窓を作る 		
(2)熱源方式	a. 熱回収再利用	<ul style="list-style-type: none"> ●全熱交換器の設置 ●熱回収ヒートポンプの採用 ●排気、排水（ボイラ排ガス、給湯の排水、蒸気ドレン等）から熱回収を行う ●冷凍機冷却水から熱回収を行う ●空調リターンエアからの熱回収 	外気負荷の減少（約70%回収） 排熱回収によるヒートポンプの成績係数の向上 給湯用、冷房再熱用 給排気ファン動力の節減	<ul style="list-style-type: none"> ●排気ダクト、排風機の設置 ●汚染室の換気
	b. 熱源システムの改修	<ul style="list-style-type: none"> ●蓄熱システムに改造する ●蓄熱槽、蓄熱システムを改修する ●高効率の熱源に改修する ●熱源システムの運転制御方式を改善する 	契約電力の低減 熱源機器の効率向上	<ul style="list-style-type: none"> ●ヒートポンプ等
(3)搬送系統	a. 冷温水配管系統の変更	<ul style="list-style-type: none"> ●変流量方式への変更 ●利用水温度差の拡大 ●配管抵抗の減少と管内流速の減少 ●台数制御（VAV方式）への変更 ●配管断熱の強化 	ポンプ動力の減少 （三方弁制御 →二方弁制御 ニルボ、ティー、配管寸法の変更 ポンプの台数分割 （ポンプの容量制御）	<ul style="list-style-type: none"> ●台数制御 水量変更に伴うコイル列数のチェック必要
	b. ダクト系統の変更	<ul style="list-style-type: none"> ●変流量のダクト方式への変更 ●吹出し温度差の拡大 ●ダクト内流速の減少 ●ダクト断熱の強化 	送風機動力の減少 （CAV→VAV 高速ダクト →低速ダクト）	風量の変更に伴う換気回数、吹出し温度変更に伴う気流分布等の検討必要
	c. 空調方式の変更	<ul style="list-style-type: none"> ●空調ゾーンを見通しゾーン分割数を増やし個別に制御する ●外気取入制御システムを導入する ●空調方式の変更 全空気方式から水-空気方式への変更 定風量方式から変風量方式への変更 ●再熱方式からVAV方式への変更 顕熱負荷の変化に合わせて送風量を変える 	省エネルギーと室内環境向上 外気負荷の軽減 搬送用エネルギーの減少 単一ダクト方式 →FCU方式 CAU方式→VAV方式	<ul style="list-style-type: none"> ●ゾーンと制御位置 ●換気ファンの新設 炭酸ガス濃度
	d. その他	<ul style="list-style-type: none"> ●エアカーテンの設置 ●局所排気の設置 	外気侵入の防止による負荷の減少 発生負荷の減少	

項目	省エネルギー効果を上げる方法		効果	備考
(4)動力設備	a. 動力設備	<ul style="list-style-type: none"> ●エレベータを群管理制御する 		
(5)給湯衛生設備	a. 給湯設備	<ul style="list-style-type: none"> ●給湯系の断熱を強化する ●給湯システムを改良する 中央式を個別式に 	熱損失の低減	●ランニング銅管の採用 (損失水頭の軽減)
	b. 衛生設備	<ul style="list-style-type: none"> ●節水器具の採用 ●小便器センサーによる洗浄 ●床のコーティング仕上げ ●雨水利用 	水量の節減 ブラシ洗浄の中止	
(6)照明設備	a. 照明範囲の制限	<ul style="list-style-type: none"> ●照明の配線回路を分割する ●照明器具それぞれに個別スイッチを取り付ける ●タイマースイッチにより照明の自動点滅を行う ●局所照明を実施する ●屋外照明タイマーおよび自動点滅機器の採用 		<ul style="list-style-type: none"> ●キャノヒースイッチ ●タイマー、光電センサー
	b. 効率の良い照明	<ul style="list-style-type: none"> ●ランプを高効率なものにとりかえる ●灯具を改造または取り替える 	照明の効率向上	<ul style="list-style-type: none"> ●高周波点灯電子安定器型 ●電球型蛍光灯ランプ
(7)受電設備		<ul style="list-style-type: none"> ●力率改善コンデンサの設置 ●デマンド制御を採用する ●変圧器2次側の力率改善 	力率改善 最大電力の低減	<ul style="list-style-type: none"> ●自動力率制御装置 ●デマンドコントローラー ●負荷側にコンデンサ設置