

第6章 主要用途別工業用水合理的使用技術指針

6.1 概 要

第5章において、各事業所ごとの水使用合理化の方法を示したが、ここでは、一般論としての種々の合理化方法を用途別に示す。

用途としては

- a. ボイラー用水
- b. 製品処理・洗浄用水
- c. 冷却用水及び温調用水
- d. その他の用水

の4種類に区分して示す。

このうち、a、c及びdについては、業種による用排水の特徴に違いはないと思われるので、一般的な使用法に従い合理化方法を検討し示すが、bについては、業種に関連する場合と業種に無関係な場合とに区分し、主として後者の場合を中心に、ここで示す。

各用途の合理的使用法については、(1)用排水の特性、(2)標準的な合理的使用法、(3)所要費用の概略、(4)合理化における留意点と問題点の4項目によって示したが、一部の合理化方法については、理論的な説明も加えた。

本章に示した費用試算は、特記のない限り以下の条件で行っている。

償 却 年 数	10年
金 利	年10%
年間稼働日数	300日
用 水 の 価 格	10円/m ³

なお、合理的使用は経済的有利性を求めて実施するものではなく、本来経済性をはなれた公害対策として実施すべきものである。従って、ここに示した費用試算は一つの参考値である。

6.2 ボイラー用水

(1) 用排水の特性

ボイラー用水は、一般に軟水装置によって水に含まれる硬度成分を除去した後利用している。硬度成分は、ボイラー伝熱面のスケール付着の原因になるために除去するものである。

ボイラーから発生した蒸気は主に加温用として各種用途に使用されるが、大きくは

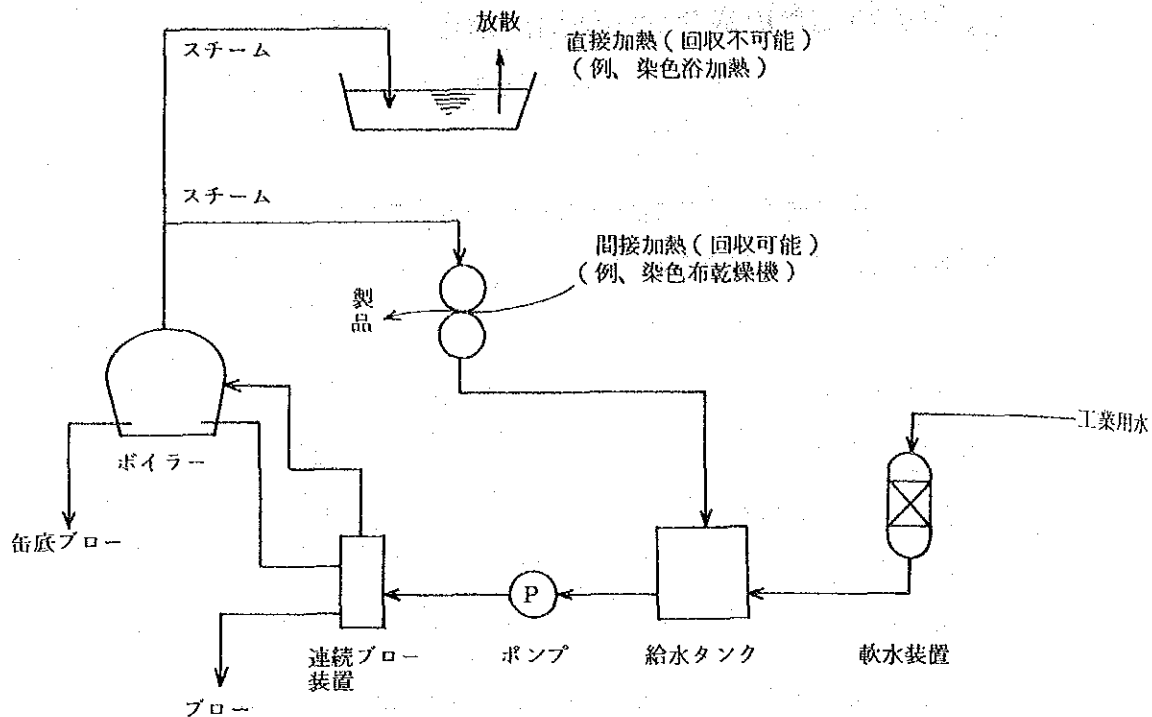


図 6.1 ボイラー用水使用系統図

直接加熱と間接加熱に分けられる。

製品等を直接加熱する蒸気は、凝縮水の回収が不可能なので合理化対象にはならないが、間接加熱の場合は原則として凝縮水（スチームドレン）の回収は可能である。凝縮水の回収は水使用の合理化の外に、熱効率増大の効果が大きく期待されるので極力実施すべきである。

直接加熱の場合と間接加熱の場合のボイラー用水の使用系統図を図 6.1 に示す。

間接加熱の凝縮水は真水に近いもので、含まれる不純物はせいぜいパイプの錆程度のものである。

(2) 標準的な合理的用法

凝縮水の水質は良いので、そのままか、または簡単なろ過器で不純物を除去すれば、ボイラー用水として再使用することができる。

凝縮水の回収システムとしては大きく、オープンシステムとクローズドシステムに分けられる。オープンシステムは回収過程で、いったん大気開放のタンクなどにドレンを開放する方式であり、大部分の事業所では現在この方式がとり入れられている。しかしながら、このシステムではドレンの持つ熱エネルギーのうち 50% に近い熱量を大気に放散してしまい、同時にドレンの質量のうち数% から 20% 程度が大気中への

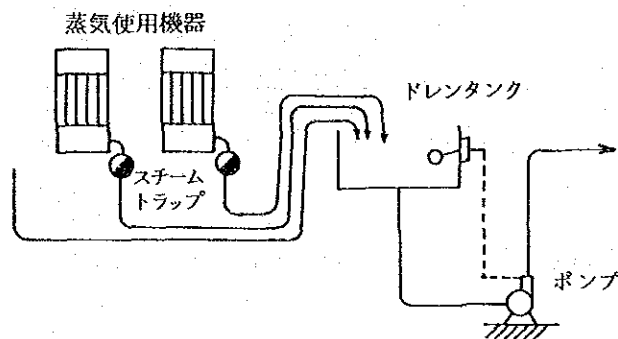
再蒸発蒸気として失われる。

この欠点を補うため、より効率的に凝縮水を回収する方式として、最近クローズドシステムが開発され普及している。

クローズドシステムはドレンを全く大気に触れさせずに直接ボイラーなどへ回収する方式で、このシステムでは100℃以上の高温でドレンを回収するため、配管類の腐食も少なく、回収ドレンの利用範囲も広い。

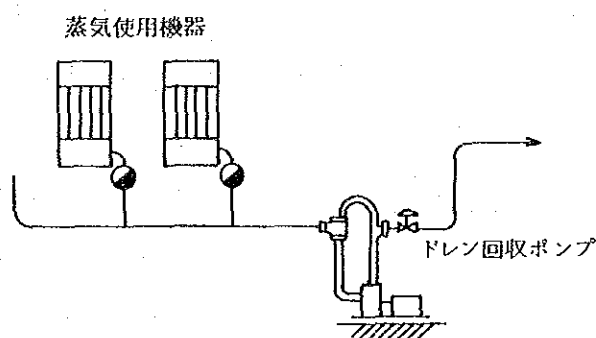
オープンシステムとクローズドシステムのそれぞれの回収方式を図6.2に示す。

(オープンシステム)



うず巻きポンプを併用したドレン回収

(クローズドシステム)



ドレン回収ポンプ併用の場合

図 6.2 スチームドレン回収装置の例

(3) 所要費用の概略

(i) スチームドレンを回収しない場合、(ii) オープンシステムで回収した場合、(iii) クローズドシステムで回収した場合のそれぞれについて、以下に費用計算を行う。

a. 設定条件

ボイラー能力	10T/日 (1T/H)
水費用 (軟化処理水)	50 円/m ³
燃料種類	重油 (65 円/ℓ)

b. 費用試算

表 6.1 ドレン回収の費用試算

項目	ケース	現 状	オープンシステム	クローズドシステム
1. ドレン回収率	(%)	0	20	50
2. 補給水量	(m ³ /日)	10	8	5
3. 補給水費用	① (円/日)	500	400	250
4. ドレン回収設備費用	(円)	—	10,000	800,000
5. 償却費 (金利含む)	② (円/日)	—	7	530
6. 燃料消費量	(ℓ/日)	700	630	420
7. 燃料費用	③ (円/日)	45,500	40,950	27,300
8. 費用計	①+②+③ (円/日)	46,000	41,357	28,080
9. 費用節約率	(%)	—	10%	39%

(4) 合理化における留意点と問題点

ドレン中に鉄分が多いと、ボイラ本体の腐食を進行させるため、スチームおよびドレンラインにおいて適切な防食処理を行い、ドレン中の鉄分を減らす必要がある。

また、前述のように原水中に硬度成分が多量に混入していると、管内にスケールが付着し、熱伝導率を極端に低下させるので、常に軟化処理を行う必要がある。とくにドレンの回収により循環利用の頻度が増すと、最初ドレン中では微量であってもボイラー水中では徐々に高濃度となるので注意が必要である。

また、ドレン回収ポンプの使用においては、スチームドレンを受け入れて、再使用

機器へ送り出すに十分な機能が必要であり、また、このスチームドレン回収装置の前・後段の機器が容量的に調和がとれていて、それぞれの性能発揮に悪影響が及ぶようなことがあってはならない。さらに取り扱う対象が高温、高圧のものであるため、装置の構成要素はそれらに対応した構造材質のものであることが必要とされる。

6.3 製品処理・洗浄用水

(1) 用排水の特性

製品処理・洗浄用水に用いられる水は、製品と直接接触する機会が多いため、一般に原料用水に準ずる比較的良質の水が要求される。また、水量としては、加工工程にもよるが全体的に多量の水が必要とされることが多い。

一方、洗浄工程から排出される廃水の水質としては、比較的汚濁度の高いものが多い。この製品処理・洗浄用水の廃水が、その事業所全体の排水水質を決定づけていることが多い。

(2) 標準的な合理的な使用法

製品処理・洗浄用水における標準的な合理化方法としては以下のような方法がある。

- a. 向流多段洗浄方式
- b. カスケード利用
- c. 節水型機器の採用

以下に、それぞれの合理化方法について、原理、節水率等を示す。

1) 向流多段洗浄方式

a. 基本的概念

向流洗浄方式とは、被洗浄物の進行方向と、洗浄水の流れ方向が互に向流（カウンターカレント）になるような洗浄方法である。洗浄槽が一槽での向流洗浄では洗浄効果が少ないので、実際は多段方式を採用する。向流多段洗浄方式の概略図を図 6.3 に示す。

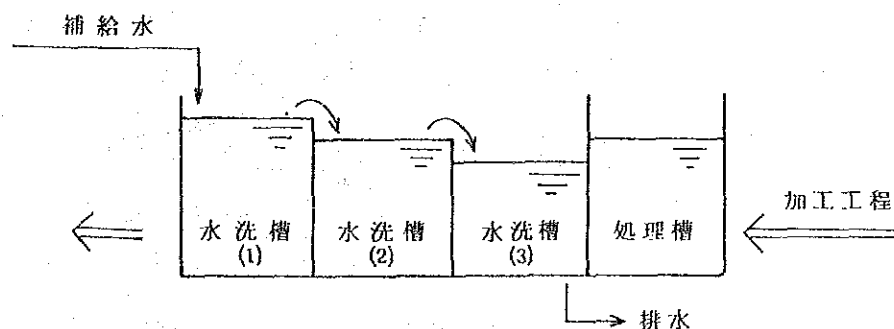


図 6.3 向流多段洗浄方式の例

めっき工業における製品の洗浄、清涼飲料や缶詰工程などの容器洗浄等において、この向流多段洗浄方式が採用されている。

b. 向流洗浄を行った場合の水使用量

めっき洗浄などに適用される場合を考えると、めっき洗浄水の役目は、めっき槽から出て来た品物の表面に付着している薬品を洗い落すことである。この場合、洗い落すと言っても完全に薬品を除去するのではなく、許容濃度まで希釈することである。

今、1段水洗である給水量で品物表面の薬品濃度が100分の1に希釈されるとする。これを向流2段水洗によって100分の1の希釈率を得るためには第1の水洗で10分の1、前2の水洗で10分の1の希釈率が得られればよい。即ち第1水洗で10分の1に希釈されたものが、第2水洗で更に10分の1に希釈されるため、総合的には $1/10 \times 1/10 = 1/100$ の希釈率となる。従って1段水洗に比べて、2段では1/10となる。同様に3段では1/22まで減少する。

即ち洗浄回数(段数)をふやすことによって得られる希釈効果の増大分だけ水量の減少をはかることができる。

図6.4に段数と水量の関係を示す。これからわかるように3段以上にしても効果は小さい。

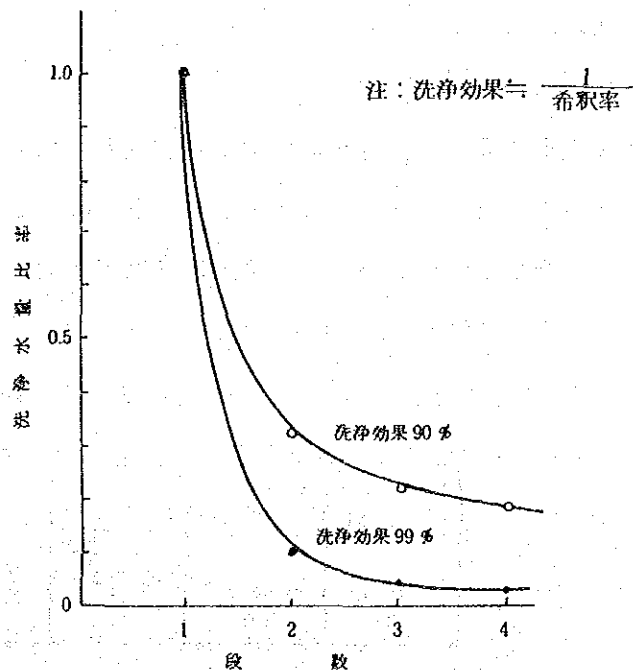


図6.4 向流多段洗浄における段数と水量の関係

一方、洗びん機における向流多段は図 6.5 に示すように苛性ソーダ液に浸した後のびんを 5～6 回の水噴射で洗浄するもので、新水の使用を第 3 水洗のみに限りその排水を第 2 水洗へ、更に第 2 水洗の排水を第 1 水洗に利用しても洗浄効果は変わらない。このような場合には前述のメッキ洗浄とは異り使用水量は段数分の 1 になり 3 段洗浄では全てに新水を用いる場合の 1/3 となる。

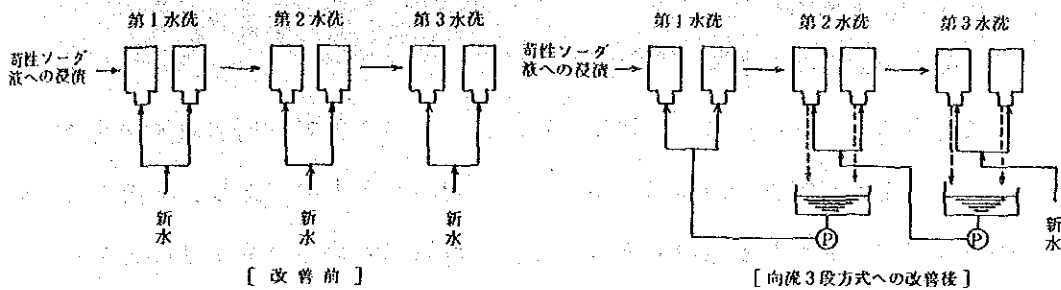


図 6.5 洗びん機の向流多段洗浄

2) カスケード利用

カスケード利用とは、ある工程に使用した排水を、そのまま他の工程にさらに使用することである。特別高価な設備を必要とせず、また運転費用も安価であるので、実施可能であれば極めて有効な合理化方法である。

方法としては、間接冷却用水を洗浄用水にカスケード利用するのが最も一般的である。

しかしながら、この方法を実施するためには以下に示すような多くの制約がある。

- 前工程の排水の水質・水温が後工程において許容できるものであること。
- 前工程の排水の水量と後工程の使用水量がほぼ見合っていること。
- 前工程の稼働状況と後工程の稼働状況が類似していること。

また、カスケード利用による合理化は、上記のような条件がすべて満たされた状況においても合理化水量は 1/2 にしかない。

3) 節水型機器の採用

節水型の洗浄用機器としては以下のようなものがある。

- 手元制御弁

- b. 定量制御弁
- c. 水洗槽用自動給水装置
- d. 高圧噴射洗浄機
- e. 温水式噴射洗浄機
- f. 洗びん器
- g. 自動定置洗浄装置（C I P）
- h. 染色仕上用水洗機
- i. 低浴比液流染色機

このうち a～e は業種とは無関係に、あらゆる業種で利用される機器であるが、f と g は主として食料品関係の事業所で利用されるものであり、h と i は繊維関係の事業所で利用されるものであるので、これらについては第 7 章の各業種で述べることとし、ここでは a～e について述べる。

また、節水型機器としてはこの他に

- k. 小便器自動洗浄装置
- l. 節水型大便器

等があるが、これらについては「6.5 その他の用水」の項で述べる。

- a. 手元制御弁

（原理・構造）

手元制御弁は水道ホース等の先端にとりつけ、水の吐出、停止を使用端の手元で自在に操作することができる器具である（ただし、後に述べる高圧噴射洗浄機に使用するものは除く）。

ホースで洗浄する場合は、元栓を開いてから洗浄を行うまでの時間及び洗浄をやめてから元栓を閉じるまでの時間は、完全に無駄な放水を行っていることになる。また元栓を閉じないで一時他の仕事を行う場合もあるので、手元制御弁を取付けることにより相当量（20%以上）の節水が可能になると考えられる。

手元制御弁は、バルブ機構、グリップ部、ホースアダプター等で構成されている。外形形状、操作方式等により種々の型式があるが、一部を示すと図 6.6、図 6.7 に示すとおりである。

筒型親指タッチ開閉式

●親指でワンタッチ放水



●放せば止まる

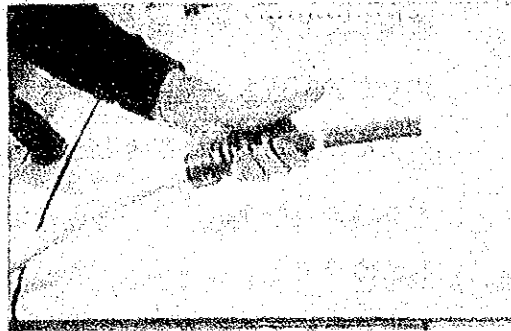


図 6.6 手元制御弁（その 1）

ガン型前方レバー操作式

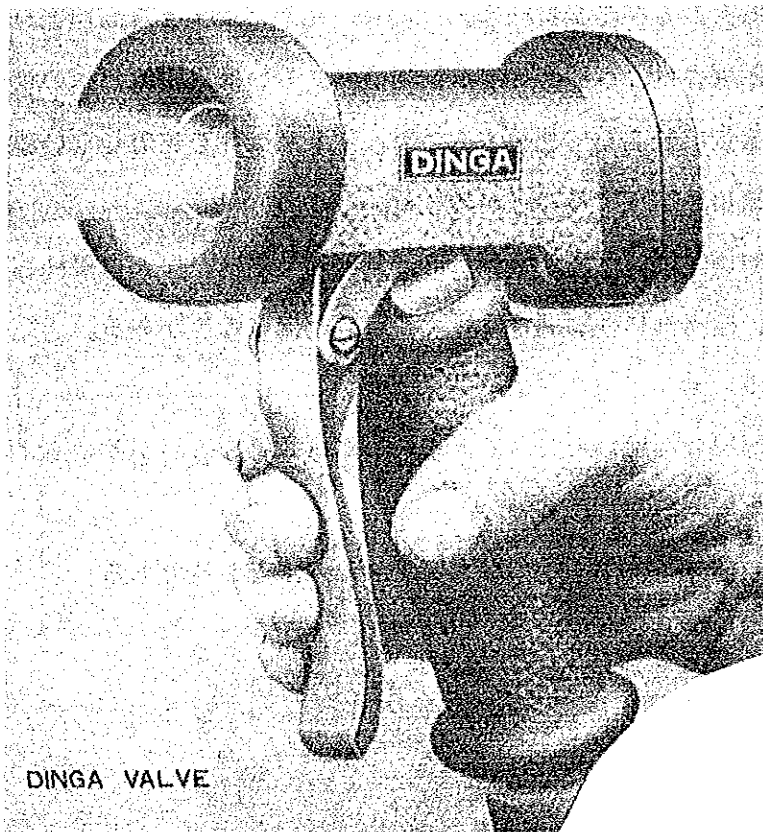


図 6.7 手元制御弁（その 2）

なお、本設備は水道ホースの先端に設置して使用する器具のため、軽快で操作しやすいことが必要であるが、使用後の取扱いが粗雑であったりすると、器具が破損してしまう場合がある。一方、これら粗雑な使用に耐える構造にすれば、器具の重量が増大して取扱いにくいものとなり、また価格高となる。

また、手元制御弁をとりつける場合には、それを導くホースも耐圧性のものにする必要がある。

(設備費用)

手元制御弁の値段は、機種、材質等にもよるが、3,000～30,000円程度である。

b. 定量制御弁

(原理・構造)

定量制御弁は、各種の事業所等で水源あるいは場内の給水栓等から水使用機器に到る給水管系の中途あるいは使用端に設置して、必要で適量の給水をうることができる弁および器具をいう。

定量制御弁は、事業所等で水使用機器あるいは水使用端への供給量を予め必要とする適量に設定して使用するため、定量制御弁を装着しない場合の無用で余分の水の流出を防止することができる。

定量制御弁は、バルブ機構、流量制御調整機構、出入口接続部等から構成されており、機構別には瞬間定流量式、積算定流量式等がある。

(節水率)

定量制御弁を用いることによる節水率は、管理のしかたにもよるが10～20%程度と考えられる。

定量制御弁の一部を示すと、図6.8に示すとおりである。

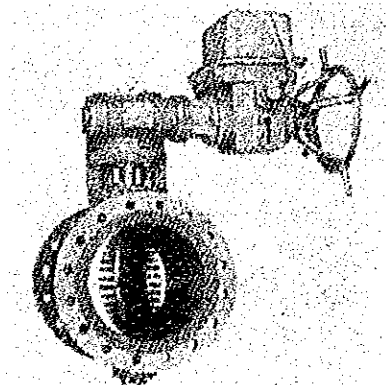


図 6.8 定量制御弁の一例

(設備費用)

定量制御弁の値段は、呼び径等仕様によりかなり開きがあり、2,000～50,000円/個である。

e. 水洗槽用自動給水装置

(原理・構造)

水洗槽用自動給水装置(以下「給水装置」という。)とは、水洗槽の水の水質を一定の状態に維持するために、水洗槽の水の水質の変化に応じて水洗槽への給水を自動的に調整する装置をいう。

原理としては、水洗槽の水質の変化を検知して給水を自動的に調整する方式であって、検知部、検知内容を駆動部へ伝達する制御部及び制御部からの指令を受けて給水を調整する駆動部より構成されている。

この給水装置は、化学工業における各種メッキ水洗工程、アルマイト水洗工程、各種半導体水洗工程及び塗装前処理の水洗工程等で使用される場合、検知部は導電率計が使用されることが多い。本給水装置を利用したモデルフローを図6.9に示す。

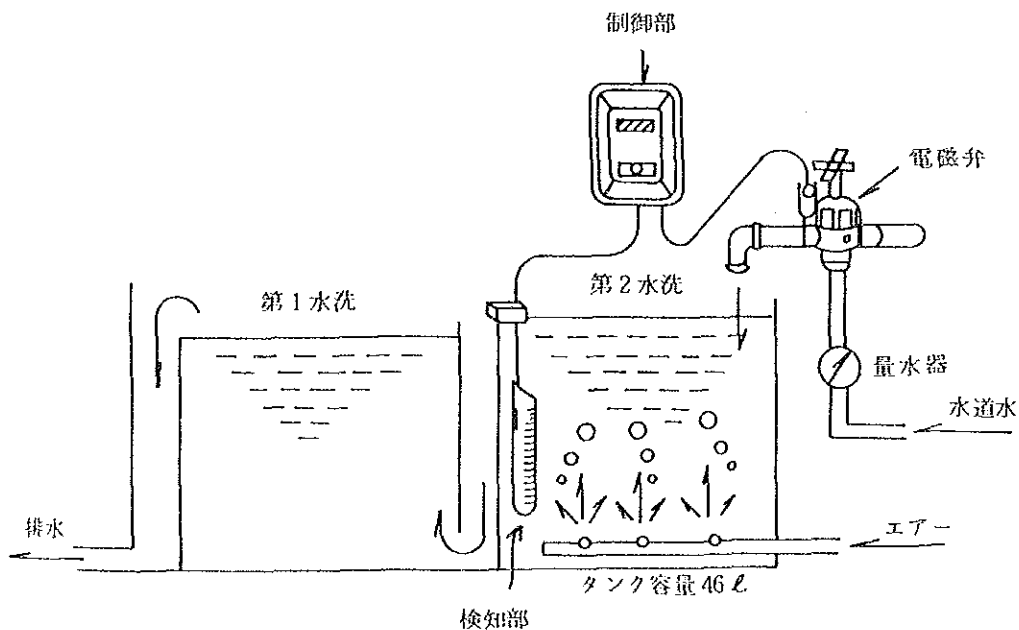


図6.9 水洗槽用自動給水装置モデル図

(節水率)

本給水装置を利用した場合の節水率は、被洗浄物の種類、形状等により異なるが、一過式で洗浄している場合に、本給水装置を設置することにより50～80%の節水率が期待できる。

(設備費用)

給水装置の価格としては、検地部、制御部および駆動部を含め10～20万円程度である。

d. 高圧噴射洗浄機

(原理・構造)

高圧噴射洗浄機とは、高圧ポンプにより加圧された高圧水をノズルから高速噴射させ、その衝撃により被洗浄物の付着物の除去、洗浄を行う機械である。

高圧噴射洗浄機は高圧水の衝撃力により洗浄を行うため、細かいすきま、網の目、細孔、その他手の届かない部分も有効に洗浄することができ、しかも被洗浄物の表面にきずをつけることがない。したがって、高圧噴射洗浄機はあらゆる業種で利用され、洗浄対象物も非常に多岐にわたっている。

高圧噴射洗浄機は、高圧水を発生する高圧ポンプ、高圧水の圧力を調節する調圧弁等の調圧装置、高圧水を移送する高圧ホース及びノズル等の付属品から構成され、手元制御弁等を装着できる構造を有している。概略図を図6.10に示す。

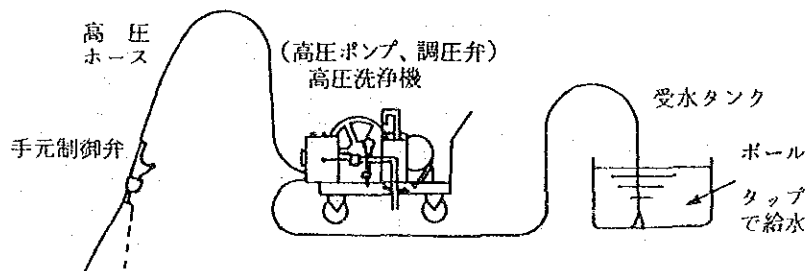


図 6.10 高圧噴射洗浄機のモデル図

噴射水の噴射、停止を手元で操作するときは、高圧ホースの先に手元制御弁をとりつける。また、パイプ等管内の洗浄には、パイプ用ノズル、クランク等の場合はタンク用回転ノズルを付けて使用する。その他に薬品を使用した洗浄、砂等を噴射水に混合して洗浄する方法等もある。

(節水率)

高圧噴射洗浄機による洗浄における噴射水の衝撃力は噴射水量と噴射速度の積に比例する。

$$F = KQ\sqrt{P}$$

F : 衝撃力 (kg) Q : 噴射水量 (m^3/H)

P : 噴射圧力 (kg/cm^2) K : 係数

したがって、噴射圧力を高くすれば使用する水量は大巾に節減できることがわかる。

高圧噴射洗浄機の節水性能についてモデル実験した結果、ホース洗浄に対する節水率は次のとおりであった。

(i) 高圧水洗浄の効果にもとづく節水率 33 ~ 75 %

(ii) 手元制御弁の効果にもとづく節水率 45 %

以上の効果を総合した節水率は

$$100 - \{ (0.33 \sim 0.75) \times 0.45 \} \times 100 = 85 \sim 67 \%$$

となる。

ただし、高圧噴射洗浄機は、多種多様な洗浄物を洗浄するため常に上述のような節水率が期待できるとは限らないが、ホース洗浄に比べて著しい節水効果のあることがわかる。

(設備費用)

使用圧力 ($20 \sim 1,000 kg/cm^2$) 等仕様により、1台当たりの価格にかなりの開きがあるが、比較的一般的に用いられるものでは、圧力 $150 kg/cm^2$ で約 40 万円程度である。

e. 温水式噴射洗浄機

(原理・構造)

温水式噴射洗浄機は、自動車整備工場、一般機械工業、建設機械、鉄道車輛工場、食品加工工場、船舶、漁業、農業関係等各種の分野における洗浄に使用され、高圧温水 ($60 \sim 80^\circ C$) を噴射することにより、特に油、グリス等の汚れに対して洗浄効率の高いものである。

温水式噴射洗浄機は、温水装置、高圧水を発生する高圧ポンプ、高圧水を移送する高圧ホース及び噴射ノズル等から構成され、手元制御弁等が装着できる構造を有している。前述の高圧噴射洗浄機に温水装置が付加されたものである。

温水式噴射洗浄機の温水装置は、現状では灯油ボイラーが大部分であり、他に電気加熱方式のものもある。また、温水温度は $100^\circ C$ 未満のものがほとんどである。

温水式噴射洗浄機は

- (i) 高速噴射水の衝撃力による洗浄効果の向上
- (ii) 高速噴射水の温度による洗浄効果の向上
- (iii) 手元制御弁による不要水のカット

により従来の水道水によるホース洗浄に比べて著しい節水効果がある。

(節水率)

節水率はほぼ前述の高圧噴射洗浄機の節水率とほぼ同様である。

(設備費用)

温水式噴射洗浄機は、高圧噴射洗浄機に比して、若干低目の圧力で用いられることが多く、一般的には50～80 kg/cm²の圧力で用いられている。価格としては、平均50万円/台程度である。

(3) 所要費用の概略

「(2)標準的な合理的使用法」で示した各種の合理化方法

- 1) 向流多段洗浄
- 2) カスケード利用
- 3) 節水型機器の採用
 - a. 手元制御弁
 - b. 定量制御弁
 - c. 水洗槽用自動給水装置
 - d. 高圧噴射洗浄機
 - e. 温水式噴射洗浄機

のうち、1)および2)については合理化のための設備費は非常に少額で実施が可能であり、節水率がそのまま水費用の節約となる。

一方、3)については、各方式ともに設備費には幅があり、また節水率についても幅があるため、正確な費用算出は難しいが、適当な仮定をもとに費用算出を行うと表6.2に示すとおりとなる。

同表からわかるとおり、節水型機器の導入により水に係る費用は9～40%の節約となる。

表 6.2 節水型機器使用時の費用節約率

項目		機器	手元制御弁	定量制御弁	水洗槽用 自動給水装置	高圧噴射 洗浄機	温水式噴射 洗浄機
設定 条件	設備費 (円)		30,000	50,000	150,000	400,000	500,000
	節水量 (m ³ /日)		10 50m ³ /日使用 の2割節水	50 500m ³ /日使用の 1割節水	50 100m ³ /日使用の 5割節水	150 500m ³ /日使用の 3割節水	150 500m ³ /日使用の 3割節水
	現状の水費用 (円/日) (10円/m ³ とする)		500	5,000	1,000	5,000	5,000
費用 計算	設備償却費 (円/日) (金利含む)		20	33	100	267	333
	節水機器導入後の水 費用 (円/日)		400	4,500	500	3,500	3,500
	改善後の 水費用の合計		420	4,533	600	3,767	3,833
	費用節約率 (%)		16	9	40	25	23

注：これらの機器を設置した場合の節水率は、設置以前の水の使用状況によって大幅に変化し、標準値を設定することは困難である。ここでは費用節約率算出のため、おおむね実現可能と考えられる節水率を仮定した。

(4) 合理化における留意点と問題点

製品処理・洗浄用水は各事業所ごとに様々な用いられかたがなされており、したがって工夫によってはそのそれぞれに対応した合理化方法があるものと思われる。したがって、ここに示した方法にこだわらず各自が工夫し、合理化を進めていくことが期待される。

また、当然のことながら不必要な水のムダ使いはさけるべきであるが、製品処理・洗浄用水は製品仕上がりの程度と密接な関連をもつため、必要以上に節水を進めて製品に影響の出るような合理化はさけるべきである。

6.4 冷却用水及び温調用水

(1) 用排水の特性

冷却用水の種類としては、以下の3種類が考えられる。

- a. 間接冷却用水
- b. 直接冷却用水
- c. 低温を必要とする間接冷却用水

一般に冷却用水と言えば、a. 間接冷却用水のことを言い、実際に用いられる冷却用水の大部分はこの間接冷却用水であるが、食料品製造業、機械器具製造業等ではb. 直接冷却用水の用いられる例も多く、食料品製造業、化学工業等ではc. 低温を必要とする間接冷却用水の用いられる例も多い。

a. 間接冷却用水は、使用により温度が上昇するのみで(通常5~10℃)、ほとんど汚れないので冷却塔を用いて循環使用することは極めて容易であり、すでに広く実用化されている。

b. 直接冷却用水は、水の使用方法が洗浄用水に似ているので、洗浄水の合理化方法(向流多段洗浄方式、カスケード洗浄方式、節水型機器の採用)が適用できる。また、洗浄水の項で述べた水洗槽用自動給水装置の検知部として、水温を検知する方式も採用できる。

また、c. 低温を必要とする間接冷却用水の場合には、冷凍機を使用する必要がある。この方法は当然設備費も高く水価格も高価になるので、それらの条件により採用を検討する必要がある。

以下には、主として一般の間接冷却水の合理化について述べる。

(2) 標準的な合理的使用法

1) 冷却塔

(原理・構造)

間接冷却水の合理化において、最も一般的に用いられるのが、この冷却塔である。しかしながら、この方法が可能なのは排水の温度が通常50℃以下、使用水の許容最高温度が30℃以上の場合であり、より冷たい冷却水が必要な場合には後述する冷凍機が必要となる。

冷却塔は高温の水を低温の空気(正確には冷却される水より低い湿球温度をもつ空気)と接触させることにより、温水の一部を蒸発させ、蒸発潜熱を放出することによって水の温度を低下させる目的に使用される装置である。

冷却塔を用いた循環利用のモデルフローを図 6.1 1 に示す。冷却塔を用いることで、この図に示すような合理化が行われたとするならば、元来 100 必要であった冷却水が、5 だけでよくなり、補給水量は 1/20 に合理化されたことになる。

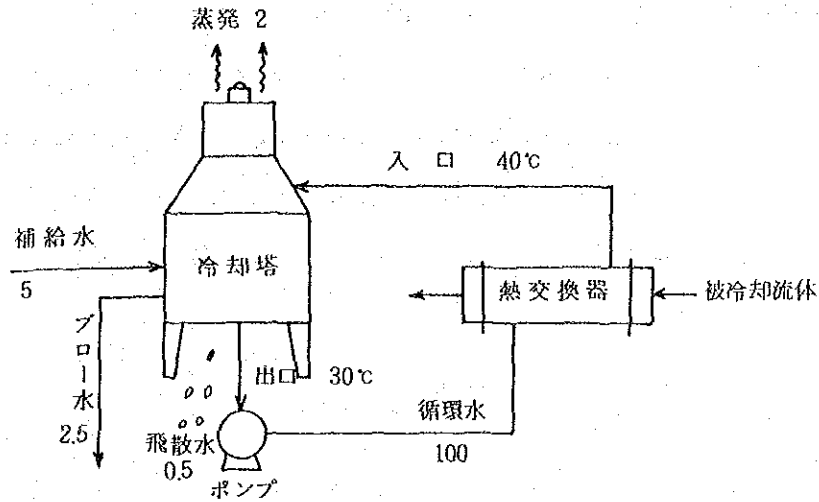
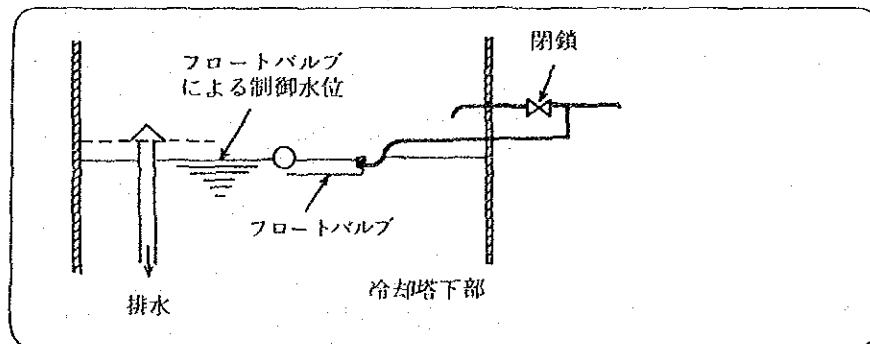


図 6.1 1 冷却塔による循環利用

(フロートバルブによる補給水の制御)

フロートバルブは大部分の冷却塔に設置されており、飛散、ブロー等による冷却塔下部の貯水池の水位低下にあわせ適量の補給水を供給するコントロールバルブである。



(開放循環式冷却水系の水収支理論)

図 6.1 1 に示したような開放式の冷却水系における水収支の理論を以下に示す。

(i) 蒸発損失量 (E)

プロセス (図 6.1 1 中の熱交換器) から冷却水が受けとる全熱量と、冷却塔で蒸発によって奪われる全熱量が等しいとすると次式が成立する。

$$Q = R \times 10^3 \times \Delta T \times C = E \times 10^3 \times H_L \quad (1)$$

R : 循環水量 (m^3/h)

C : 水の定圧比熱 ($Kcal/kg^\circ C$ 、水温 $40^\circ C$ のとき $0.998 Kcal/kg^\circ C$)

H_L : 水の蒸発潜熱 ($Kcal/kg$ 、水温 $40^\circ C$ のとき約 $578 Kcal/kg$)

ΔT : 冷却塔温度差 ($^\circ C$) E : 蒸発損失量 (m^3/h)

(1)式を変形して

$$E = \frac{(R \times 1/100) \times \Delta T}{5.8} \quad (m^3/h) \quad (2)$$

したがって、 $5.8^\circ C$ の温度差で循環水量の約 1% が蒸発する。

(ii) 飛散損失量 (W)

冷却塔から水滴として飛散することによって失なわれる水量 (飛散損失量) は、冷却塔の形式により異なるが、一般的に循環水量の 0.05% ~ 0.2% である。

(iii) 強制ブロー量 (B)

強制ブロー量は、腐食障害、スケール障害の防止や、補給水の供給可能量などを考慮して決定される。

(iv) 補給水量 (M)

冷却水系は、系内の全保有水量を一定に保った状態で運転される。したがって補給水量は、蒸発 (E)、飛散 (W) およびブロー (B) により系が失なう全水量に相等する。したがって、次式が成立する。

$$M = E + B + W \quad (3)$$

(v) 濃縮倍率 (N)

濃縮倍率は、循環水中での塩類濃度が補給水に比較して何倍になっているかを示す指標で(4)式で定義される。

$$N = C_R / C_M \quad (4)$$

C_R : 循環水中の塩類濃度

C_M : 補給水中の塩類濃度

系が定常状態で運転されている場合には、補給水として系内に流入する塩類量と、ブロー水および飛散水とともに系外に流出する塩類量が等しいので(5)式が成立する。

$$C_M \times M = C_R \times (B + W) \quad (5)$$

(4)、(5)式から次式が得られる

$$N = \frac{C_R}{C_M} = \frac{M}{B + W} \quad (6)$$

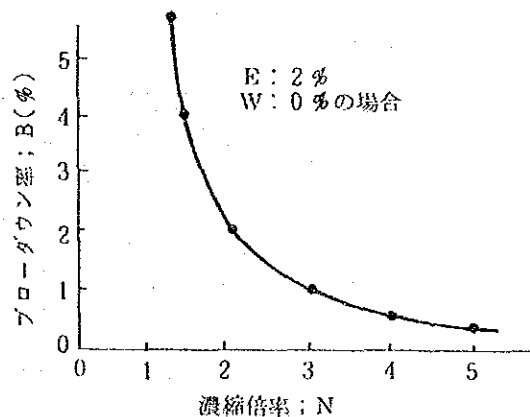
また、(3)式を(6)式に代入して次式が得られる。

$$N = \frac{E + B + W}{B + W} = 1 + \frac{E}{B + W} \quad (7)$$

(7)式において、蒸発損失量 (E) と飛散損失量 (W) は冷却塔の運転条件が一定ならば固有の値であるので、強制ブロー量 (B) を調整することによって、冷却水系の濃縮管理を行うことができる。

(7)式において、 $E = 2\%$ 、 $W = 0\%$ (ともに循環水量に対する割合) と設定して、N と B の関係を図示すると、図 6.12 に示すとおりとなる。

この図から明らかなように、濃縮倍率 5 倍程度まではブロー量の変化 (減少量) は大きいですが、それ以上の濃縮倍率では、ブロー量の大幅な減少はない。すなわち、(3)式より、 $M = 2 + B + 0$ であり、補給水量 (M) の大幅な合理化は濃縮倍率 5 倍程度までであることがわかる。



備考：%の値は循環水量に対する割合である。

図 6.12 濃縮倍率とブローダウン率の関係

(冷却塔の能力)

冷却塔で蒸発によって奪われる全熱量は、(1)式で示したとおりで、以下のようになる。

$$Q = R \times 10^3 \times \Delta T \times C \quad (\text{Kcal/Hr})$$

冷却塔の容量は、通常冷凍トン(RT)で現されるが、 $1 \text{ RT} = 3,900 \text{ Kcal/Hr}$ であるので、必要とする冷却塔の容量(RT)は次式のようになる。

$$\text{冷凍トン(RT)} = \frac{Q}{3,900} = \frac{R \cdot \Delta T \cdot C}{3.9} \quad (8)$$

(8)式からわかるとおり、水量(R)が少なくても温度差(ΔT)が大になると、必要とする冷却塔の容量は大きいものが必要となる。ただし、冷却塔の機能上 ΔT を任意に大きくすることは不可能で通常5~10℃の範囲で運転される。

2) 冷凍機

冷却水を冷却塔により冷却しても外部湿球温度以下には冷却できず、また湿球温度近くまで冷却すればするほど設備が大規模になることから、冷却水の要求水温が湿球温度より低い場合には冷凍機を併用する必要がある。すなわち、冷却水の冷却の全てを冷却塔に頼るのではなく、一部を冷凍機で補完することで、冷却塔の規模の縮小を行うことができる。しかしながら、冷却水の節減にはならない。

冷凍機の種類を大別すると表6.3のようになり、その主な特徴は表6.4のとおりである。

表 6. 3 冷凍機の種類

冷凍機の種類			1台の動力	1台の冷凍能力	主 な 用 途
機 械 的 圧 縮 方 法	往 復 動 式	小 型	kw 0.065 ~ 1.5	kcal/hr 40 ~ 550	食品冷凍、空気調和
		高 速 多 気 筒	0.2 ~ 290	200 ~ 1,800,000	同 上
		縦 型	0.2 ~ 100	200 ~ 530,000	同 上
		横 型			化学工業のガス圧送用
	回 転 式	40 ~ 160	7,500 ~ 435,000	食品冷凍、スケートリンク、船舶	
非 機 械 的 圧 縮 方 法	回 タ	ポ 式	40 ~ 200	133,000 ~ 3,320,000	空気調和
	吸 収 式			50 ~ 2,125,000	空気調和、食品冷凍
		蒸 気 噴 射 式		166,000 ~ 1,992,000	水の冷却

出典：桜井芳人他編、総合食料工業(1970)、恒星社厚生閣

表 6.4 冷凍機の特徴

種 類	主 な 特 徴	
圧縮式冷凍機	高速多気筒型冷凍機 (往復圧縮式)	1) 冷却能力が200 JRT程度(冷却温度0℃として)までの場合には安価である。 2) 3,000~5,000時間程度連続運転したときには弁回り、ピストンリング、軸封部を点検する必要がある。 3) 1年に1度程度オーバーホールを行なう必要がある。
	ターボ冷凍機 (遠心圧縮式)	1) 高速で運転されるので冷却容量の割に軽量、小型であり、比較的大容量に適する。 2) ユニットにまとめられているので据付面積が小さい。 3) 主として間接冷却に使用される。
吸収式冷凍機	1) 使用できる廃蒸気があるときには運転経費が安くなる。 2) 駆動部分が吸収液ポンプのみなので騒音の発生が少なく、また連続運転に適する。	

出典：玉置明善編、化学プラント建設便覧(1972)丸善

冷凍機そのものは、単に水の温度を下げるだけの機器であり、水使用合理化のための機器でも、節水型機器でもない。むしろ冷凍機では低温の水が製造される代償として、冷凍機内にある冷媒の温度上昇があるために、その冷媒の冷却用水が必要とされる。その冷却用水は一般には前述の冷却塔により循環利用されるため、冷凍機を用いた冷却水使用システムは図 6.1.3 に示すフローとなる。

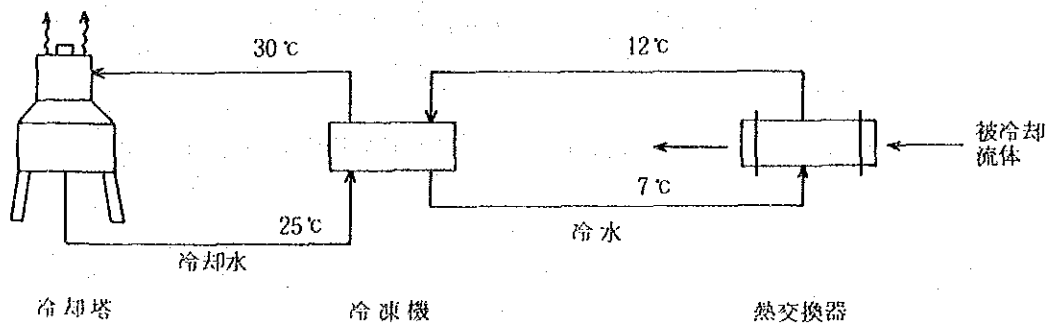


図 6.1.3 冷凍機を用いた冷却システムの概略図

(3) 所要費用の概略

1) 冷却塔

冷却塔の能力 (RT) と、価格および動力の関係を図 6.14 に示す。50 RT の冷却塔で約 900 千円/台、500 RT の冷却塔で約 7,000 千円/台である。

しかしながら実際の装置設置の際には、冷却塔の他に送水ポンプ、貯水池、付属配管等の設置工場が伴うので、全体工事費としては、冷却塔一台の価格の 2 倍程度の値となる。

冷却塔の設置前後で水に係る費用を比較すると以下のとおりとなる。

(i) 冷却塔設置前

冷却水使用量	312 m ³ /日
補給水費用	3,120 円/日

(ii) 冷却塔設置後

冷却塔能力	50 RT
循環水量	312 m ³ /日 (39 m ³ /H × 8 H)
補給水量	6.2 m ³ /日 (循環水量の 2% とする)
補給水費用 (a)	62 円/日

冷却塔価格	900 千円 (図 6.14 参照)
全体工事費	1,800 千円 (冷却塔価格の 2 倍とする)
償却費 (金利含む) (b)	1,200 円/日
電気代・薬品代 (c)	624 円/日 (2 円/m ³ とする)
費用計 ((a)+(b)+(c))	1,886 円/日

(iii) 費用節約率 40%

したがって、冷却塔を設置することで費用節約率は 40% となる。

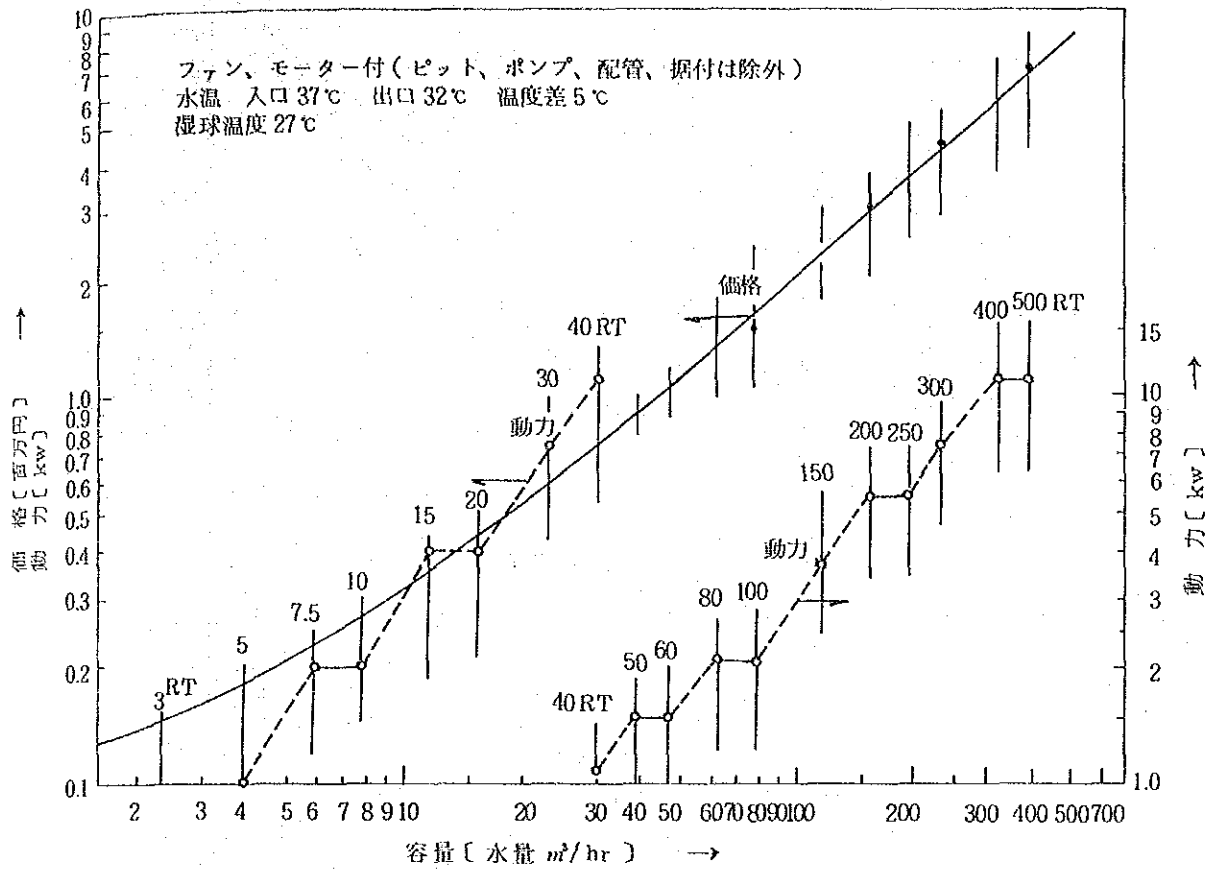


図 6.14 冷却塔の価格と動力

2) 冷凍機

図 6.13 に示した、冷凍機を用いた場合の冷却システムにおける冷凍機の容量とシステム全体の価格、動力の関係を図 6.15 に示す。

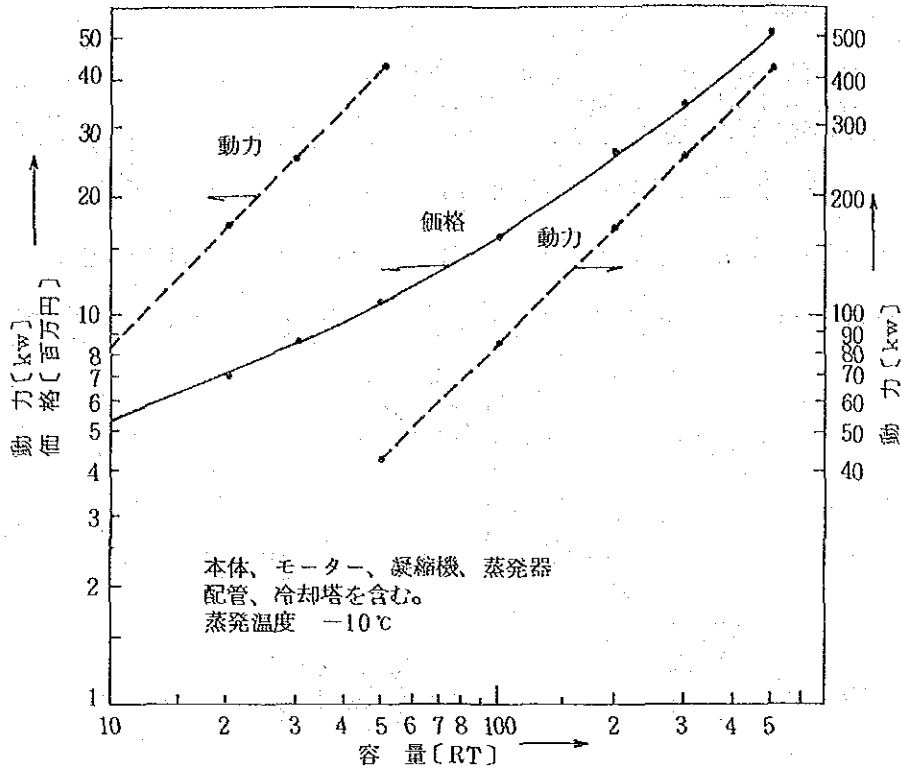


図 6.15 冷凍機利用システムにおける冷凍機容量と価格、動力の関係

(4) 合理化における留意点と問題点

前述のように、濃縮倍率の上昇は補給水量の減少すなわち水使用の合理化となるが、濃縮倍率の上昇による塩分濃度の上昇は、熱交換器の配管等の腐食、スケールあるいはスライムの発生を促しやすい。

これらのトラブルを防止するために、循環水中に薬品を注入する場合もあるが、薬品代もコスト高の原因となりやすいので、濃縮倍率のコントロールと薬品の使用量をどこでバランスとるかが問題となる。

6.5 その他の用水

(1) 用排水の特性

その他の用水としては、以下のような水が含まれる。

- a. 風呂用水
- b. ちゅう房用水（調理用、食器洗浄）

- e. 庭等への散水
- d. トイレ使用水（容器洗浄、手洗い）

このうち、a. 風呂用水、b. ちゆう房用水およびd. トイレ使用水のうちの手洗い用水等については、飲料用に適した水質の水が必要とされるが、c. 庭等への散水、e. トイレ使用水の容器洗浄等に使用する水は、水質的にはそれほど高級なものは要求されない。したがって、これらの水には廃水処理水が利用される場合もある。

この用途で使用される水の水量としては、個々の使用量をチェックするのが非常に困難なために、工場全体の使用量から、工場内各用途使用量を差し引いたものをこの用途での使用量としたり、あるいは従業員1人当たりのこの用途での使用量概略値（200ℓ/日・人～500ℓ/日・人）と従業員数とから求めたりしている。

調査対象工場における生活用水の使用量については3.4及び図3.7を参照されたい。

(2) 標準的な合理的用法

1) 使用法の概要

その他の用水の合理的用法としては、以下のような方法がある。

- a. 従業員に対する節水意識の徹底
- b. 節水型機器の使用
- c. 廃水処理水の再生利用

aの節水意識の徹底については、節水効果が具体的な値で出てこないため、合理化方法としては軽視されがちであるが、従業員の社会認識とも関連するが、比較的效果の大きい合理化方法であると思われる。

bの節水型機器としては、前述（6.4製品処理・洗浄水の節水型機器（手元制御弁等））に加え、以下の2種類のものがある。

- (i) 小便器自動洗浄装置
- (ii) 節水型大便器

このうち、(ii)節水型大便器については、便器の型式が異なるのでタイの工場においては、なじまないため、以下には(i)小便器自動洗浄装置について概説する。

また、cの廃水処理水の再生利用については、ビル等においては、トイレの容器洗浄等への再生利用がかなりひろまってきたが、工場においては配管費用がかさむところから、庭等の散水に再生水の利用される例はあるが、トイレの容器洗浄に再生水の利用される例はまれである。

2) 小便器自動洗浄装置

小便器自動洗浄装置とは、小便器をその使用状況等に応じ自動的に洗浄する装置をいう。

自動洗浄方式には、以下のような方式がある。

- a. 小便器を使用する人を検知して洗浄する方式
- b. 小便器の使用時に連動して（照明、換気扇のスイッチを入れると洗浄開始する）洗浄する方式
- c. 小便器の使用時間をあらかじめタイマーにセットしておき洗浄する方式
- d. 小便器のトラップ部に設置した電極等により尿成分中の塩分の導電率等を検知して洗浄する方式

従来は、自動サイホン式ハイタンク等が一般的に使用されていて、小便器の使用とは無関係に夜間等でも一定間隔で小便器が洗浄されていた。したがって、洗浄の目的以外に費やされるむだな水の量は相当なものであった。これらのむだな洗浄水を節約するために前記のような各種の方法による自動洗浄装置が開発されたものである。

上記の4種類の方式の代表例として、aの赤外線等により小便器の利用者を検知して、使用後自動的に小便器を洗浄する方式について以下に示す。

この方式による装置は、光により利用者を検知する検知部、検知部により利用者を検知したことを駆動部へ伝達する制御部、制御部からの伝達により給水及び止水する駆動部等から構成される。

この洗浄装置は、小便器ごとに設置する個別型と複数の小便器に一つの自動洗浄装置を設置する集合型とがある。

個別検知型は、使用された小便器だけを洗浄するため、節水及び衛生面においてすぐれた機能を発揮する。

一方、集合型小便器自動洗浄装置は複数の小便器に1個の洗浄装置が設置されているので、利用者が1人であっても当該利用者を検知して使用した小便器を含め（使用していない）他の小便器も合わせて洗浄する。したがって節水効果は個別検知型に比べてやや劣る。

個別検知型の使用例を図6.16に、節水効果の例を表6.5に示す。

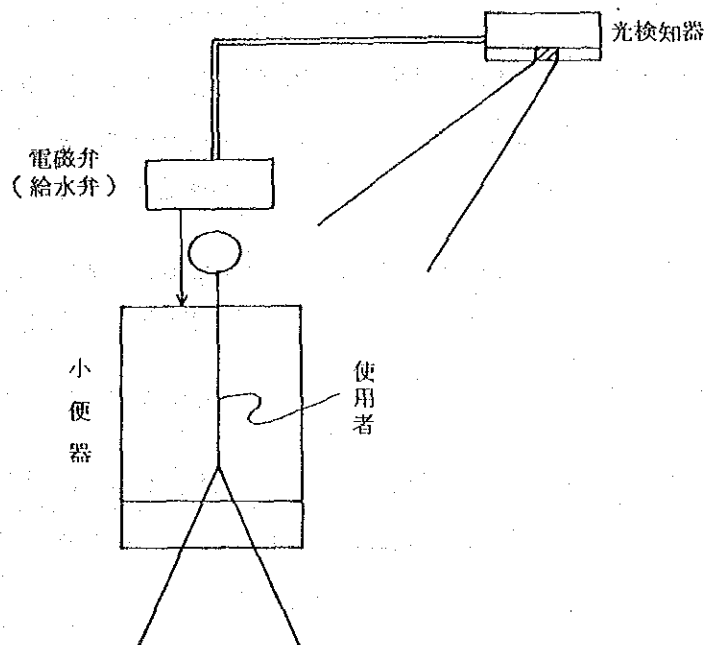


図 6.16 光検知による個別検知型小便器自動
洗浄装置の使用例

表 6.5 光検知による個別検知型小便器自動洗浄装置に
よる節水効果

従来の総使用水量	549 m^3 /月
個別検知型小便器自動洗浄装置設置後の総使用水量	270 m^3 /月
月間節水量	279 m^3 /月
節水率	50.8 %

(従来の使用状況) 小便器数 22個
 ハイタンク数 13個
 給水時間 7:00~20:00

(3) 所要費用の概略

小便器自動洗浄装置の各方式における費用は以下のとおりである。

a. 感知式	(個別)	60,000 円/台
	(集合)	150,000 円/台
b. 連動式	(ドアスイッチ)	150,000 円/台
	(照明)	70,000 円/台
c. タイムスイッチ式		70,000 円/台

感知式の洗浄装置を表 6.5 の例に適用すると、設備費用は 1,320 千円 (60×22 個)、 $1 m^3$ の洗浄水を節水するのに必要な費用は約 60 円/ m^3 となる。従って、用水の価格がこの値以上になれば、この方式は経済的に有利となる。

(4) 合理化における留意点と問題点

小便器自動洗浄装置においては、必要以上に節水すると、臭気の発生、排水管のつまり、終末廃水処理装置の能力 (廃水中の不純物の濃度が高くなることによる廃水処理装置への障害の問題) への影響等が問題となる。

第7章 主要業種別工業用水合理的使用技術指針

7.1 概 要

第6章においては、用途別の合理化方法を示したが、ここでは各業種別の合理化方法を示す。

業種の区分としては

- a. 食料品工業
- b. 紙工業
- c. 繊維工業(染色業)
- d. 金属製造業
- e. 機械製造業
- f. 化学工業

の6種類に区分して示す。今まで示してきた分類のうち、金属工業の中を製造品目および加工工程の性質の違いから、金属製造業と機械製造業に区分した。

第6章の最初でも述べたように、業種別に区分した場合の各業種の水使用の特徴はとくに製品処理・洗浄用水にあらわれるので、ここでは主としてその用途の合理化を中心に述べる。

各業種の合理化方法については、(1)水使用工程の概要、(2)標準的な合理的使用法、(3)所要費用の概略、(4)合理化における留意点と問題点、の4項目によって示した。

本章に示した費用試算は、特記のない限り以下の条件で行っている。

償却年数	10年
金利	年10%
年間稼働日数	300日
用水の価格	10円/m ³

7.2 食料品工業

(1) 水使用の概要

食料品製造業においては、対象となる製造品の範囲が多様であるため、品質によって使用原料、生産方式等が大きく異なり、一つの製造フローで食料品工業全体の水使用の特性を示すことは困難であるが、ここでは概ね共通する製造プロセスにまと

めて図 7.1 に示す製造フローで特徴を述べると次のとおりである。

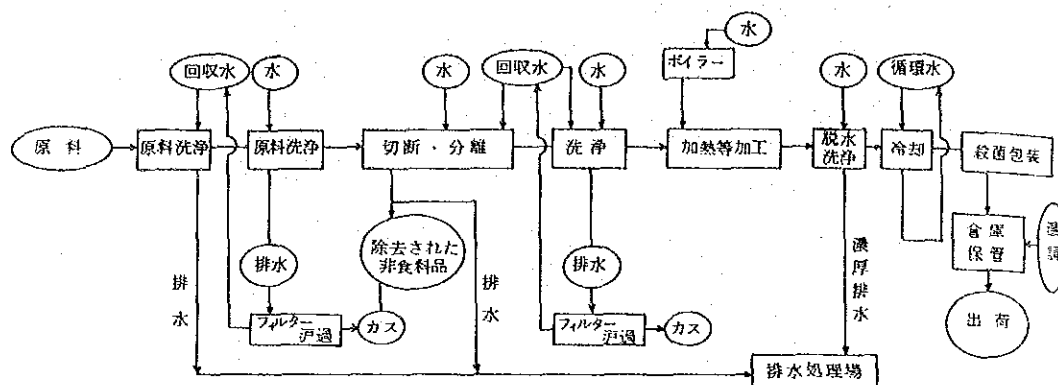


図 7.1 食料品工業の製造フロー

a. 原料の洗浄

原料の多くは魚貝類および米、大豆等の農水産一次産品であるため、原料に付着または混入している土砂等原料処理で原料の品質の悪化要因となる物質の完全除去のために、図 7.1 に示すような 2 段洗浄を行う場合も少なくなく、このため原料洗浄は多量の水を使用する工程の一つである。

b. 原料処理における洗浄（原料浸漬）

水産加工工場の場合の魚体解体とその洗浄工程に相当するが、この場合、皮や血汁、内臓等食品として不適当な物を洗浄除去する工程である。したがって濃厚排水や非食品固形物が発生する。特に非食品固形物の排除を目的とすることから、この洗浄排水は最も多く、水質の汚濁度も大きい。

c. 加熱等加工に伴って発生する脱水、洗浄水

あん製造工程のしぼ切りや水晒し排水、水産缶詰工場での缶詰め時の排水、みかん缶詰工場の薬品処理後の洗浄排水等に相当するが、この工程は製品品質を決定する重要工程でもあるので良質の水が大量に使用される。

d. 冷却用水

加工された製品の冷却に供する水であるから、加工内容によって大きく異なるが、用水量の大半がこの冷却用水である場合が多い。特に缶詰工場等製品容器を間接に

冷却する場合が多く、この場合は使用水量は多くなるが循環利用することが可能であり、かつ水質も良質なものを必要としない場合が多いので循環利用している工場がある。

c. 機械および容器の洗浄

機械や容器に付着した加工原料は、食品の一部であり蛋白質や炭水化物で栄養価が高く、それだけに汚染されやすい。したがって作業終了後は直ちに良質の水で洗浄することとなるが、残留物の完全除去を図る必要があるため多量の水が使用され、製品処理水より多い場合も少なくない。

f. 床等の洗浄

食品加工工場は、各工程が非連続的な場合も多く、かつ手作業の介入も多いことから、機械からの漏れや作業中のしたたれが生じやすいため、毎日の作業終了とともに床を水洗する場合が多い。床の清掃要領が明らかでないとなれば作業によっては必要以上に水を消費することとなる。

(2) 標準的な合理的使用法

食料品製造業の用水は、農水産物等から栄養価の高い食料品を抽出する手段に、水を媒体として処理加工する業種であることから、用いられる水の水質は、a) 一般の工業用水の水質に比べて良質な水を要求する原料用水、浸漬水、解凍水、加工用水および原料や容器の洗浄水と、b) それほど良質でなくてもよい冷却水等に大別することができる。

水使用合理化の方法としては、以下のような方法が考えられる。

a. 製品処理・洗浄用水

(i) 向流多段洗浄方式（原料洗浄）

(ii) 節水型機器の採用

- 手元制御弁（床等の洗浄）
- 高圧噴射洗浄機（機械および容器洗浄）
- 洗びん機（容器洗浄）
- 自動定置洗浄装置（CIP）（機械および容器洗浄）

b. 冷却用水

間接冷却水の冷却塔による循環利用

c. その他の用水

足踏みスイッチの採用

このうち、いくつかの方式については6章で示したので、ここでは6章で示していない以下のものについて述べる。

- (i) 洗びん機（容器洗浄）
- (ii) 自動定置洗浄装置（CIP）
- (iii) 足踏みスイッチの採用

1) 洗びん機

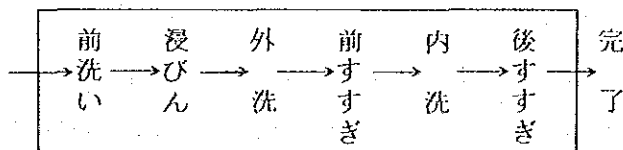
a. 原理，構造

洗びん機は乳製品、液体調味料、清涼飲料、酒類等の空きびんの汚れを洗剤、温水等の洗浄液で洗浄する機器である。

洗びん機は、それ自体で一定程度の節水型機器ではあるが、さらに(i)洗浄水の回収利用（最終すすぎ工程で使用した回収水を漸次前工程の洗浄水に使用する）を行うこと、(iii)洗びん機の停止に同調して補給水（最終すすぎ工程での洗浄用水）の供給停止ができる機構を備える等の機能を持たせることでより一層の節水型機器となる。

洗びん機は前洗い部、洗浄部、すすぎ部、搬送装置、ポンプ装置、洗浄液の加熱装置、洗浄槽、ラベルくず汙過装置等から構成されており、洗浄方式によりジェット式と浸漬ジェット式に大別される。ジェット式は洗浄液（苛性液、温水等）を洗浄ノズルで噴射してジェット効果で洗浄するもので、浸漬ジェット式はノズルでのジェット噴射洗浄と苛性液槽への浸漬を併用して洗浄効率を高めるものである。

洗びん機のプロセスは概略次のとおりである。



各プロセスについて以下に述べる。

(i) 前 洗 い

洗びん機給びん端上部にあり、主に回収水を噴射し洗浄工程に入る前に、まずここで汚れを落とす。この工程は浸漬槽の汚れを防ぎ、びんを予熱すること

を目的とする。

(iii) 浸 び ん

浸びんは、いくつかの殺菌槽を通過させることによって行われる。

びんは槽内を通過するあいだに、高温（40～65℃）の苛性液の作用により洗浄殺菌される。レットルをはがすためのかく拌装置や、熱苛性液噴射装置を内蔵する場合もある。

(iii) 内外洗とすすぎ

内洗、外洗にはブラシ洗浄とジェット洗浄がある。また、内洗の前後で、前すすぎと後すすぎが行われる。

図 7.2 にブラシ式洗びん機の概略工程図と適正水量を示す。

また、図 7.3 に洗びん機の能力と適正水量の関係を示す。なお、ここで言う適正水量とは、前述の合理化機能（回洗洗浄方式と補給水の連動停止機能）を備えた場合の使用水量である。

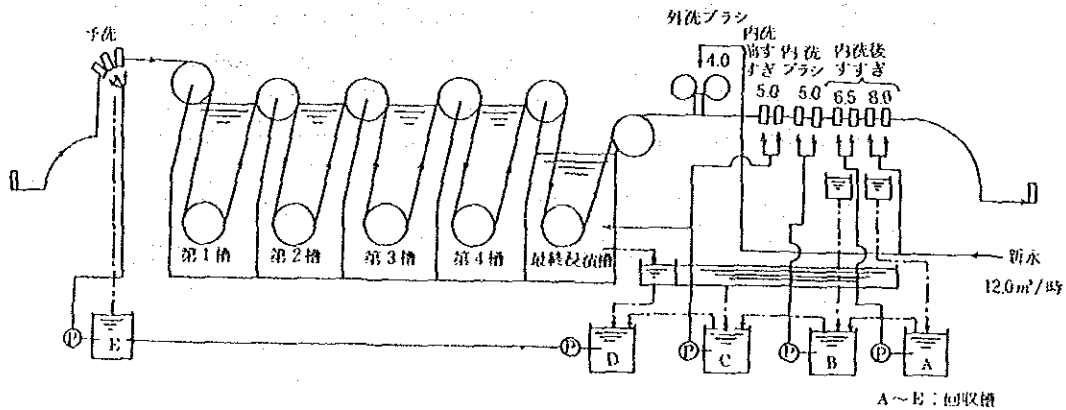


図 7.2 清涼飲料、ビールのブラシ型洗びん機の概略工程図と適正水量（能力 2.4 万本/時）

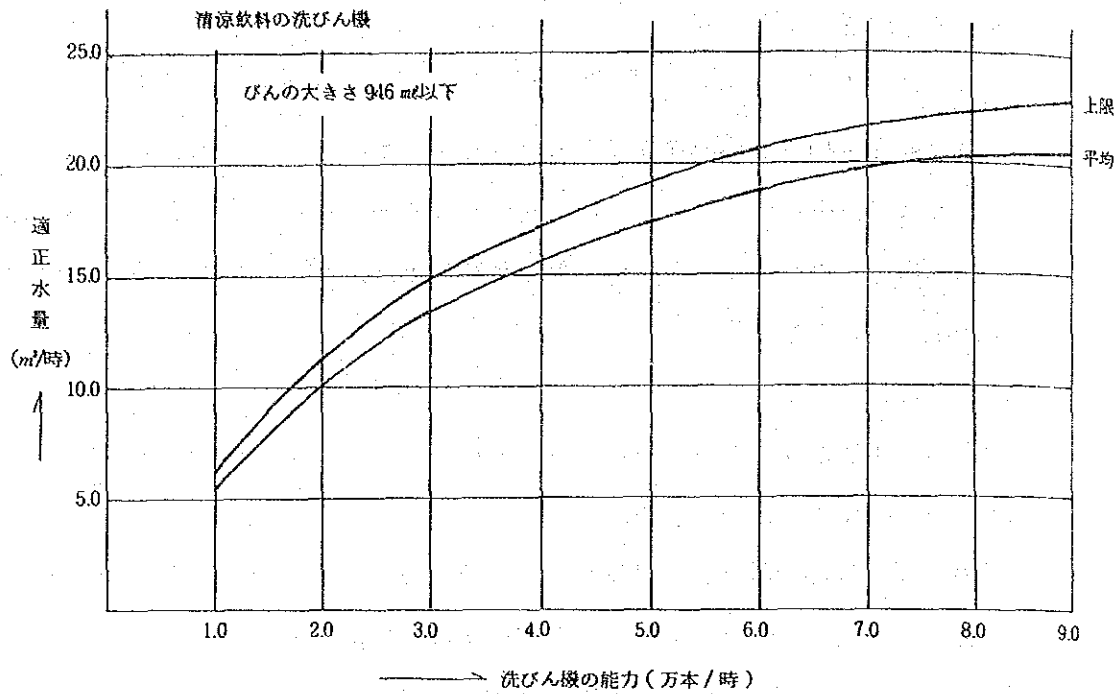


図 7.3 洗びん機の能力と適正水量

b. 所要費用の概略

洗びん機の 1 基当たりの費用は洗びん能力とも関連するが、250～6,000 万円である。

また、一般の洗びん機に前述のような合理化機能を付加させた場合の、前後の費用比較は表 7.1 に示すとおりとなる。

表 7.1 洗びん機の合理化費用^{注)}

		適正化前	適正化後
能力		2.4万本/h	同左
びん形		180 ml	同左
用水量		27 m ³ /h	12.7 m ³ /h
動力		30KW	64.8KW
改善費 (円)	配管費	—	100,400
	ポンプ	—	355,000
	水槽	—	2,400,000
	計	—	2,855,400
償却費(円/年) (金利含む)		—	571,000
維持費 (円/年)	動力費	1,440,000	3,110,400
	用水費	648,000	304,800
	計	2,088,000	3,415,200
年間総費用(円/年)		2,088,000	3,986,200
日費用(円/日)		6,960	13,287
合理化が経済的に有利となる用水価格(円/m ³)		68	
年間稼働時間 2,400時間、電力 20円/kw・H			

注) 千代田D & M: 食品産業水利用合理化検討報告書(1978年)より引用、訂正

c. 合理化における留意点と問題点

多種多様の洗びん機が開発されており、節水機能を含めて、省エネルギー機器として評価も高いが、新しい型の洗びん機の導入は高性能機との更新、新・増設の場合に限られ、普及度は低いと思われる。

また、びんに替わる紙パック等のワンウェイ容器の出現が、洗びん機の活躍分野の拡大を阻害する要因となっている。

2) 自動定置洗浄装置(CIP)

a. 原理、構造

自動定置洗浄装置(以下「CIP」と略す。)は乳製品、清涼飲料、ビール等の製造プラントのタンクや配管類等を洗浄する際に、そのプラントを分解、移動することなく、酸、アルカリ、温水等の洗浄剤を自動的に洗浄箇所に供給し、洗浄を行うものである。

CIPの構成は、洗浄槽、ポンプ、熱交換器、自動弁、制御盤、計装類からなり、洗浄槽は通常2槽または3槽（酸洗浄槽、アルカリ洗浄槽、温水槽）を備えたものが多い。

CIPは、洗浄剤の供給、回収の循環がプログラム制御により自動的に行える機能を持つことにより、従来の手動水洗に比べて、労力の削減、生産性の向上、洗浄効果の標準化による作業能力の向上および不必要な水使用の削減などの点から評価がされ、導入が図られている。

CIPそのものは特に節水を目的とした機器ではないが、洗浄水の使用方法に向流洗浄方式を導入することにより節水型機器となる。

CIPのフローシートの一例を図7.4に示す。また、図7.5にCIPの適正水量を示す。なお、適正水量とは、表7.2に示すように向流洗浄方式を導入し、節水した後の使用水量のことである。

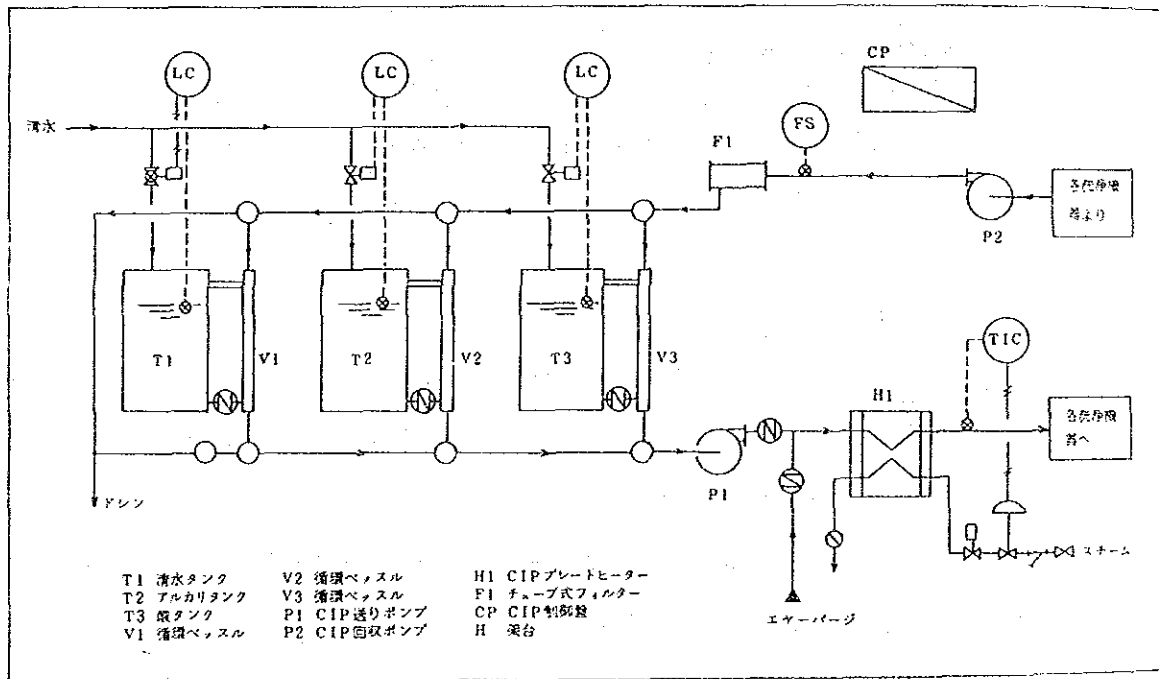
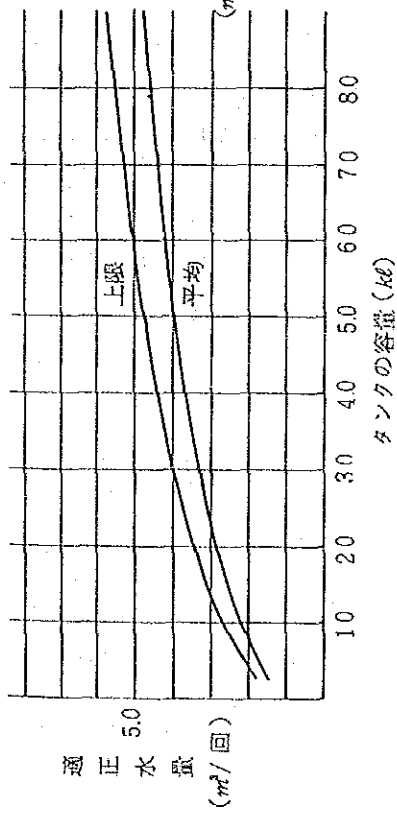
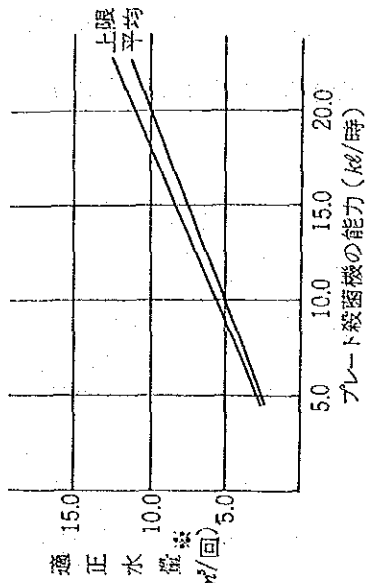


図 7.4 CIP使用のフローシート

(立型タンク)

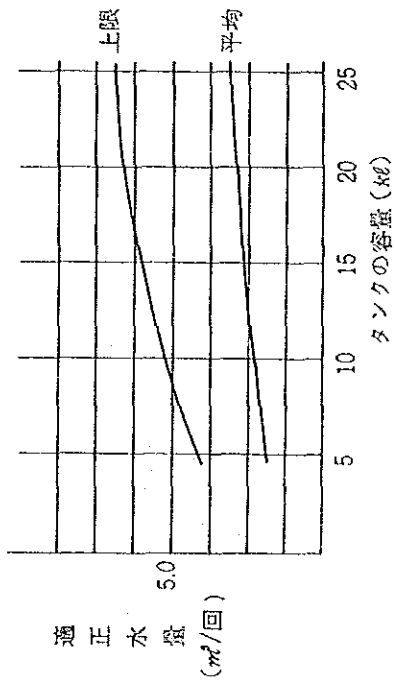


(プレート殺菌機)



※1回の洗浄はプレート殺菌機を8〜12時間運転する度に行う。

(横型タンク)



(タンクローリー)

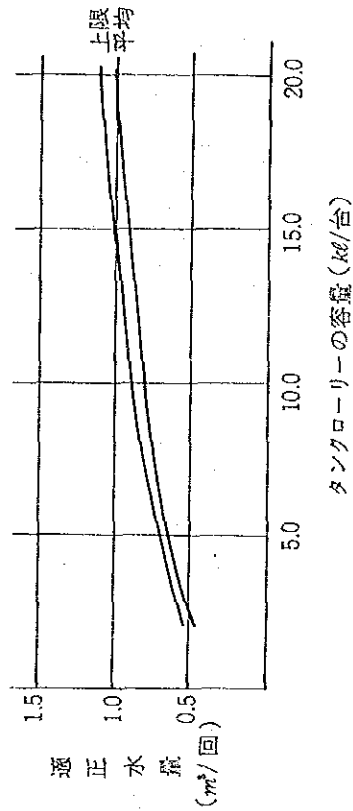


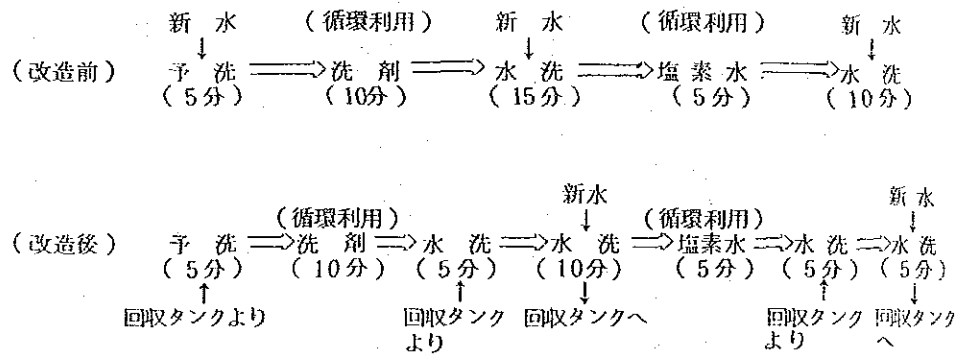
図 7.5 CIP の適正水量

b. 所要費用の概略

CIPの設備費としては、洗浄槽容量1,000ℓ規模のもので1セット約2,000万円である。

経済性については、工場内の配置等により異なるが、すでにあるCIPに対して、前述の向流洗浄を導入した場合の前後の費用比較を行うと表7.2に示すとおりである。改造後の経費はかなり高くなっているが、これはCIP設置による作業工数の減少、衛生状態の向上、設備の稼働率の向上等が算入されていないためである。

表7.2 CIPの合理化費用 ^{注)}



		改 造 前	改 造 後
供給水量		$200 \text{ ℓ}/\text{min} \times 30 \text{ min} = 6 \text{ m}^3$	$200 \text{ ℓ}/\text{min} \times 15 \text{ min} = 3 \text{ m}^3$
回収タンク		—	3 m ³ SUS
バルブ		—	25A, オートバルブ, SUS
配管		—	25A×10m, SUS
設備費 (円)	回収タンク	—	500,000
	バルブ、配管等	—	200,000
	計		700,000
償却費(円/年) (金利含む)		—	140,000
維持費・用水費 (円/年)		18,000	9,000
年間総経費(円/年)		18,000	149,000
日間総経費(円/日)		60	490
CIPが経済的に有利 となる用水価格(円/m ³)		156	

注) 千代田D&M：食品産業水利用合理化検討報告書(1978年)より引用、訂正

c. 合理化における留意点と問題点

CIPにおいては、水または温水を含む洗浄剤はすべてあらかじめ設定されたプログラムにより自動制御されるので、使用水量の適正値をどこに設定するかが節水の効能を左右するキーポイントとなる。したがって、洗浄システムの工程時間の設定を誤ることがなければ問題となるところはないと考えられる。

3) 足踏みスイッチの採用

流し等で洗浄する場合、水を出しっぱなしにしている例が比較的多い。又一般的な水栓だと作業前後のロスもかなり多くなる。

この場合従業員の教育のみでなく、足踏みスイッチを採用し必要時のみの給水により使用量の削減を図ることができる。

電気式のスイッチと電磁弁を組み合わせたものと機械式のものがある。

コストは5～6万円程度である。一例を図7.6に示す。

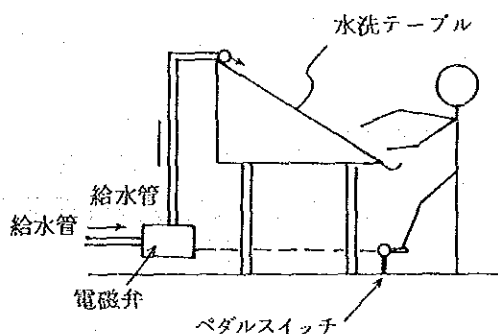


図 7.6 足踏みスイッチ

7.3 紙工業

(1) 水使用の概要

パルプ及び紙の製造は、木材等からセルロース繊維を細胞ごとに分離する工程（パルプ化工程）と、これを均一に配列させる工程（抄紙工程）とからなっている。

パルプ化工程および抄紙工程は、ともにセルロース繊維の洗浄を何段も繰り返す生産方式であることから、工業用水の使用量は極めて多量で、紙を1t作るのに補給水はその100～200倍必要とされている。

また、主たる水使用用途が原料・半製品と水が直接接触する製品処理・洗浄用水であるところから、水の回収利用が難しいという特性を有している。しかしながら、原

料（セルロース繊維）の歩留まりを上げるために、廃水の工程外への排出を極力押さえるような努力が進められており、白水回収という形の工程内循環利用はかなり高度に行われている。

パルプには木材チップから作られたばかりのバージンパルプと、回収された古紙から作られる古紙パルプとがある。一般に、紙はこのバージンパルプと古紙パルプを適当に混合して作られる。上質紙やティッシュペーパーはバージンパルプの割合が高いが、トイレットペーパーやダンボール板紙などでは古紙パルプの割合が高い。

一般に、バージンパルプの製造工程を持つ事業所は大企業に限られており、対象事業所も限られるので、以下には一般性の高い古紙パルプを主に考え、古紙パルプの製造から抄紙工程までを持つ事業所をモデルに、加工工程と水使用について示す。

加工工程フローを図 7.7 に示す。

以下に各工程について概説する。

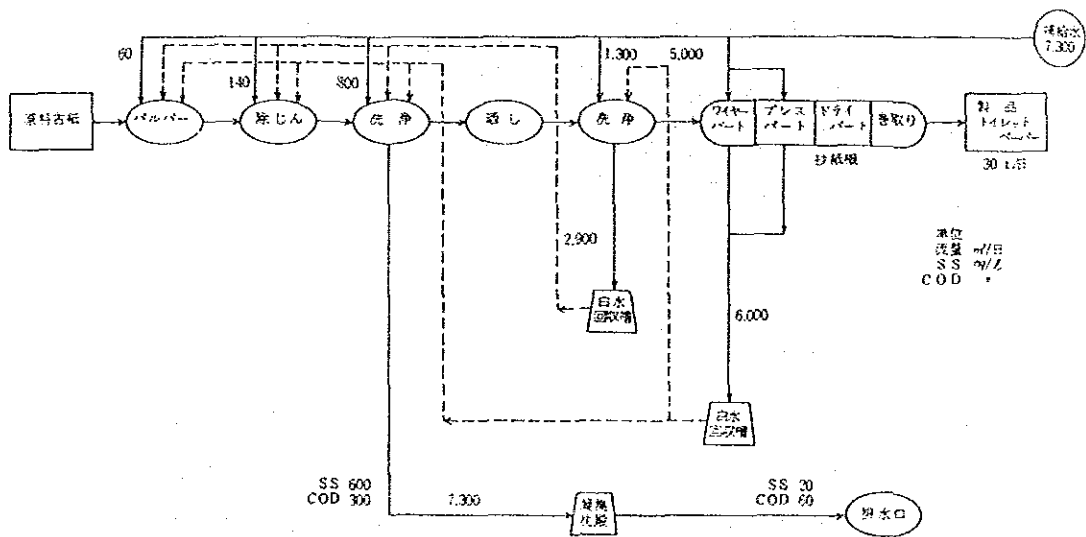


図 7.7 トイレットペーパーの製造工程図

a. 古紙処理

古紙処理は、古紙の選択と選別、離解、除塵、脱インクに分けられる。

古紙の選択と選別は、古紙集荷業者と受入れ工場での作業である。この段階での除塵が、最初の粗選工程となる。人間の能力に頼ることの大きな部門であり、教育、指導等が大事である。

離解と除塵は、古紙処理の場合同時に行われる場合が多く、また、この2つの能力を兼ね備えた機器が多く開発されている。

脱インクには、大別してフローテーション法と水洗法があるが、実際には両者の併用、補完型が多い。

b. パルパー

古紙の離解と除塵を行うためのもので、槽中央の攪拌機により機械的に離解を行う。低濃度パルパーの離解濃度は3.5～5.5%であり、高濃度パルパーは15～18%で行われるが、この溶解用に水が用いられるものである。

低濃度パルパーは除塵装置として、ストレーナー、ラガー等を持っているが、高濃度パルパーでは除塵ができないため、補助パルパーを利用し、各種異物の除去を行う。最近では、パルパー・補助パルパー・高濃度クリーナー、粗選機を組合せて、システム化した装置が発表されている。一例を図7.8に示す。

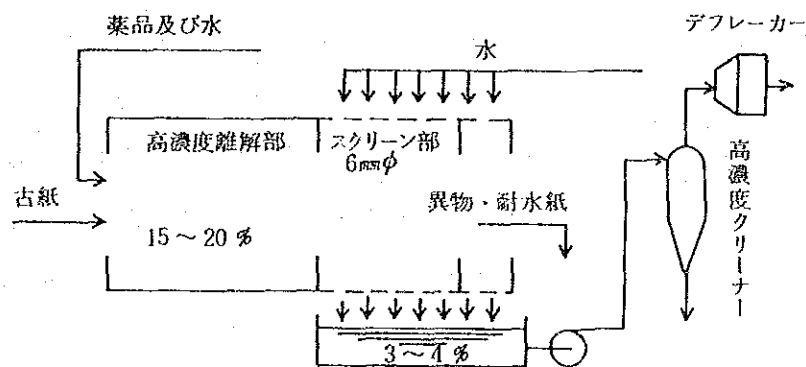


図 7.8 離解・除塵、粗選機の組合せフロー

c. 脱インク、漂白

除塵、洗浄を行った後、古紙パルプは薬品を用いて脱インク及び漂白が行われる。

脱インクは、古紙にアルカリと洗剤を加え、これに温度と機械的処理を加えることにより、古紙を単繊維に分散するとともに、インクを微細化し、水中に分散させるものである。

また、インク中に有機顔料、染料を含むものでは、脱インク工程中に、これらの顔料、染料が溶出し、パルプにその色合いを残すことがあるため、この場合には漂白が必要になる。

漂白は、酸化系または還元系漂白剤を用いて、化学反応により不純物を分解変質させるものである。各種漂白においては、前後に溶出物を十分に除去してやる必要があり、そのために洗浄機を設置し、用水を用いて十分な洗浄が行われる。

d. 調整工程

漂白・洗浄の終わった後のパルプにサイズ剤、硫酸バンド、でん粉、填料等が加えられる。これは紙に印刷適性及び表面性等、目的とする品質を与えるためである。

e. 抄紙工程

調整工程のあと、もう一度クリーナーやスクリーンで除塵と異物除去を行い、精選した紙料を抄紙機に送る。抄紙機のストックインレットで紙料濃度を調整した後、ワイヤーパートに流出させ、紙層を形成する。

ワイヤーパートで水分濃度を80%程度にまで脱水した後、プレスパートにおいて、約65%にまで圧搾脱水され、ドライパートにおいて5~7%にまで乾燥される。

パルプ・紙の製造工程で特に厳しい水質が要求される工程は、抄紙機のワイヤーパートとプレスパート、およびパルプの漂白である。漂白は前述のとおり洗浄目的を達成するためであり、抄紙機においては、ワイヤーと毛布の洗浄目的を達成するためである。

したがって新水(補給水)の使用は漂白と抄紙の工程に集中している。

(2) 標準的な合理的使用法

紙工業においては、以下のような水使用合理化が考えられる。

a. 白水の循環使用

b. 廃水処理水の再生利用

1) 白水の回収利用

a. 基本的概念

紙・パイプの工場においては、白水の循環使用は以前から行われている。これは、抄紙工程のワイヤーパートおよびプレスパートから排出された廃液（白水）を、その前の調整工程やスクリーン工程で使用し、その廃水をさらに前の漂白工程にもどして再利用するものである。

これは、水使用の合理化に加え、原料繊維の回収や加温用蒸気の節減などのメリットを考慮して、どの工場でも一般的に行われているものである。

b. 所要費用の概略

白水の回収率を上げる場合には、その回収量の増大に伴って、回収槽および回収ポンプの増設が必要となる。

200 m³/日の白水回収を例に、合理化前後での水費用を試算すると表 7.3 に示すとおりとなる。

表 7.3 白水回収前後の水費用の比較

	回 収 前	回 収 後	備 考
1. 新 水 使 用 量 (m ³ /日)	200	0	
2. 新 水 費 用 (円/日)	2,000	—	10A/m ³
3. 白 水 回 収 量 (m ³ /日)	0	200	
4. 白水回収装置設備費 (円)	—	800,000	工事費含む
5. 償却費(金利含む)① (円/日)	—	530	
6. 運 転 費 ② (円/日)	—	360	0.75 kw
7. 回収費用計(①+②) (円/日)	0	890	
8. 費用節約率 (%)	—	55%	

したがって、白水を回収することにより、55%の費用節約となる。これにさらに、原料回収（歩留まり上昇）というメリット、エネルギー回収というメリットも加わる。

しかしながら、白水回収の回収率をあまり上昇させると、後に述べるような、製品品質への影響があらわれるので、回収率は経験的に決められるものであろう。

c. 合理化における留意点と問題点

発生した白水のうちどの程度の量を循環利用しているかが、合理化が進んで

いるか否かの目安となる。

一方、あまりに合理化を進めて、白水の回収率を上げすぎると、原料繊維として不適当なものまで回収することになり、製品の品質に影響を与えることになる。

また回収利用に伴う一般的なトラブルとしては、水中の着色物質による白色度の低下スケール、スライム、発泡、ピッチの発生、機器の腐食等が考えられる。これらに対する対策も考慮しておく必要がある。

2) 廃水処理水の再生利用

a. 基本的概念

一般に、紙・パルプ事業所においては廃水は凝集沈殿処理して放流されるが、ここに示す合理化方法は、その廃水処理水にさらに若干の処理を加えて再生水とし、再度工程で新水の代替として利用するものである。

この方法は日本においても、水の不足しがちな一部の地域で用いられているものであり、まだ一般的な方法とはなっていないが、5章の個別企業の合理化方法において示した方法なのでここに示すものである。

再生処理方式としては生物処理と砂濾過であり、また再生水の利用工程は抄紙工程のワイヤパート及びプレスパートを仮定する。

b. 設定条件

(i) 原水の種類 : 紙・パルプ工場総合廃水の凝集沈殿処理水

(ii) 原水および処理水の
水質

	原 水	処 理 水
SS (mg/l)	20	5
COD (mg/l)	100	25
導電率 (μs/cm)	500	500

(iii) 再生処理方式 : 生物処理—砂濾過

(iv) 処理水量 : 1,000m³/日

(v) 再利用工程 : ワイヤパート、プレスパート

c. 所費用の概略

表 7.4 廃水再生利用における費用比較（紙・パルプ）

	再生利用前	再生利用後	備 考
1. 新 水 使 用 量 (m ³ /日)	1,000	0	
2. 新 水 費 用 (円/日)	10,000	0	10円/m ³
3. 再生水使用量 (m ³ /日)		1,000	
4. 再生処理装置設備費(千円)		125,000	
5. 償却費(金利含む)②(円/日)		83,000	
6. 運 転 費 ③(円/日)		4,000	電気代、薬品代
7. 回収費用計(②+③)(円/日)		87,000	
8. 費 用 比 較 (円/日)	1	8.7	
再生利用が経済的に有利となる 用水価格 (円/m ³)		87	

d. 合理化における留意点と問題点

この方式による合理化は、水コストが通常の工業用水よりかなり高いという不利な点がある。しかしながら、新規水源が見込めない場合には、最後に残された方式である。

また留意点としては、前述の1)白水の回収利用の項で述べたのと同様のトラブル発生も予想されるので、再生処理装置および再利用工程での維持管理にとくに注意を払う必要がある。

7.4 繊維工業（染色業）

(1) 水使用の概要

繊維工業は、紡績、製織等物理加工を主体とする工程と、染色等化学的処理加工を主体とする工程に大別できる。前者は、温湿度に敏感な繊維の高速運動を伴う加工であり、作業性、品質の安定向上のため、工場の温湿度調整を必要とし、そのため大量の温調用水を使用する。一方、後者は水を処理媒体とする化学的処理と洗浄、乾燥の繰返しからなるため、染色加工業は水・エネルギー多消費型産業として位置づけられている。

温調用水については前章で述べたのでここでは省略し、以後には染色加工業の水使用を中心に述べる。

染色加工は大別して、繊維に含まれる不純物、前工程で付けられた油剤、たてのり剤・その他の汚れ等を洗浄除去し、更に必要ならば漂白によって白くする〈精練・漂白工程〉、染料を染着させて着色する〈染色工程〉、プリントにより模様状に染色す

る〈捺染工程〉、更に樹脂剤、その他種々な加工剤、仕上剤を用いたりして化学的、物理的に処理し、繊維品の性能を高めたり新しい機能を付与する〈仕上加工工程〉の4工程からなる。

染色加工工程は、繊維の種類、繊維の形態、加工目的・内容等によって、種々な工程操作を経て加工され、その数も非常に多いが、以下には綿・麻織物の染色加工工程を一例として示す。

工程フローを図7.9に示す。

以下に各工程について概説する。

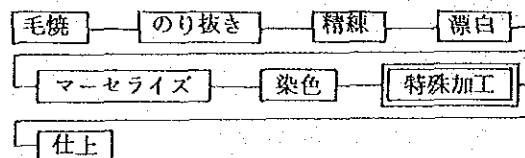


図 7.9 綿・麻織物の染色加工工程

a. 毛焼

綿・麻等の織物は表面に毛羽があるので、これをガス炎等で焼き水槽を通して消火する工程である。

b. のり抜き

製織時にたて糸にのり付けされたでんぷん、PVA等ののり剤を除去する工程で、のり抜き剤液中に浸した後、蒸熱して分解し、水洗除去するものである。

c. 精練・漂白

繊維に含まれている不純分等を除くため、苛性ソーダ、洗剤の液中で煮沸処理し水洗する。この工程が精練工程である。

綿・麻等では精練後の繊維は黄褐色をしているので、次亜塩素酸ソーダ、過酸化水素水等により、一段もしくは二段の処理で漂白を行う。処理後、薬液を除去するために水洗を行う。

通常、のり抜きから漂白までの工程は連続式の装置で加工される。

d. 染色(浸染)

一部の製品は漂白上がりの白製品として加工・仕上げの工程に送られるが、大部

分の製品は浸染、捺染によって色柄をつけられる。

浸染は繊維重量の1.0～5.0倍量の染色液中で加熱染色する各種のバッチ式染色と、染料液に浸漬後均一に絞った後に、蒸熱、乾燥などの処理によって染色するパッド方式の連続式染色法とがあり、いずれも染色処理の後、繊維重量の2.0～8.0倍量の水を使って洗浄し、未染着の染料や薬助剤を完全に洗いとる。

o. 捺 染

捺染の場合、色ごとに準備された捺染色のりと、版型を用いて、所望の図柄にプリントし、蒸熱・乾燥により染着させる。その後、洗浄装置によってのり剤、未染着染料、その他薬助剤などを洗浄除去するが、洗浄は浸染の場合よりも困難でより多くの水を必要とする。

(2) 標準的な合理的用法

染色工場における用水需要の多いのは、各工程での洗浄のための水洗機である。用途や目的に応じて、さまざまな型式の水洗機があり、各工場においてその利用の方式も異なるが、完全に生地を洗浄するに要する水の量は、布1kg当たり20ℓ程度といわれている。

このように多くの水量を要する水洗機に対して、最近省資源、省エネルギーという考えからの性能向上の要請が強くなり、さまざまな研究開発が進められている。

具体的な合理化方法としては、以下のようなものがあげられる。

a. 節水型機器の採用

- 染色仕上用水洗機
- 低浴比液流染色機

b. 廃水の再生利用

以下に各合理化方法について概説する。

1) 染色仕上用水洗機

a. 原理、構造

染色仕上用水洗機とは染色工場等におけるのり抜、精練、漂白、樹脂加工等繊維または繊維製品の染色仕上げ用工程で使用される水洗機械をいう。

節水型機器としての機能としては、補給水使用量が従来型染色仕上用水洗機の補給水使用量の $\frac{1}{2}$ 以下ということおよび以下に示す5種類のうちのいずれかの水洗方式及び構造を有していることが必要である。

(i) 向流式

繊維又は繊維製品の移動方向と逆方向に洗浄水が移動し、その間に繊維または繊維製品は浸せきと脱水を繰り返し洗浄する完全な向流式洗浄により節水効果を向上させる方式である。

次に向流式染色仕上げ用水洗機の洗浄機構を述べる。

布は洗浄室の下方から上方に水平に進行し、洗浄水はこれと反対に上方から下方に流下する。その間、布は各段毎に洗浄水のカウンターフローの効果を受けながら、浸せきと搾液が繰返される。全ての前後のガイドローラーの下部にはガイドローラーの一部が液に漬るように浅い槽が設けられ、布がこの間を通過する間に洗浄水の浸せきと引上げが繰返される。更に、槽内のバーは脱水シゴキを行い、且つしわの発生を防止する。上段へと走行する布と共に運ばれる水は、中間ローラーで振切られ、今通った槽内に戻される。布は洗浄室の上部に於て最も新鮮な水で洗浄される。洗浄室の上部に水平型絞り装置が設けてあるので、完全カウンターフローが可能である。

洗浄機構図と構造図を図 7.10 に示す。

(洗淨機構図)

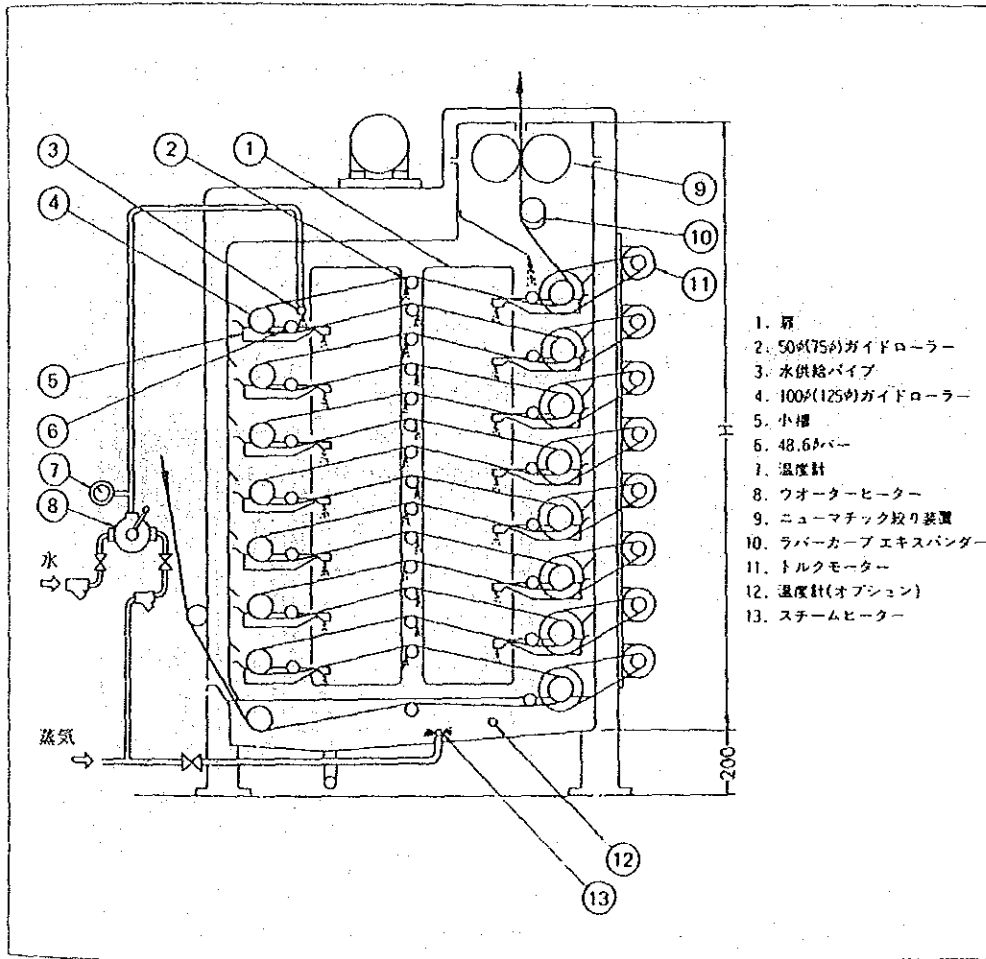
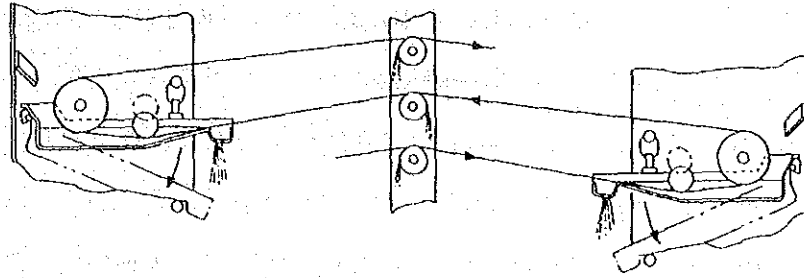


図 7.10 向流式染色仕上げ用水洗機

(ii) 振動式

繊維または繊維製品に対し、物理的、機械的な方法により振動を与え、強制的に洗浄水と繊維または繊維製品を接触させて洗浄することにより節水効果を向上させる方式である。

振動式染色仕上げ用水洗機の洗浄機構及び機構図の一例を図7.11にしめす。洗浄機構は次の通りである。

図のとおりランナーが回転し、水の圧縮、膨張を繰り返したとき生じる圧力波を利用し洗浄効果を向上させるものである。

この圧力波の作動は、1分間に3,000回以上行われ、移動する繊維等は高周波的に振動される。また水は下図のとおり絶えずバスケットローターの周囲を循環して位置を変えているため、汚染された水は常に同一場所に止ることがなく補給された新鮮な水は有効に使用される。

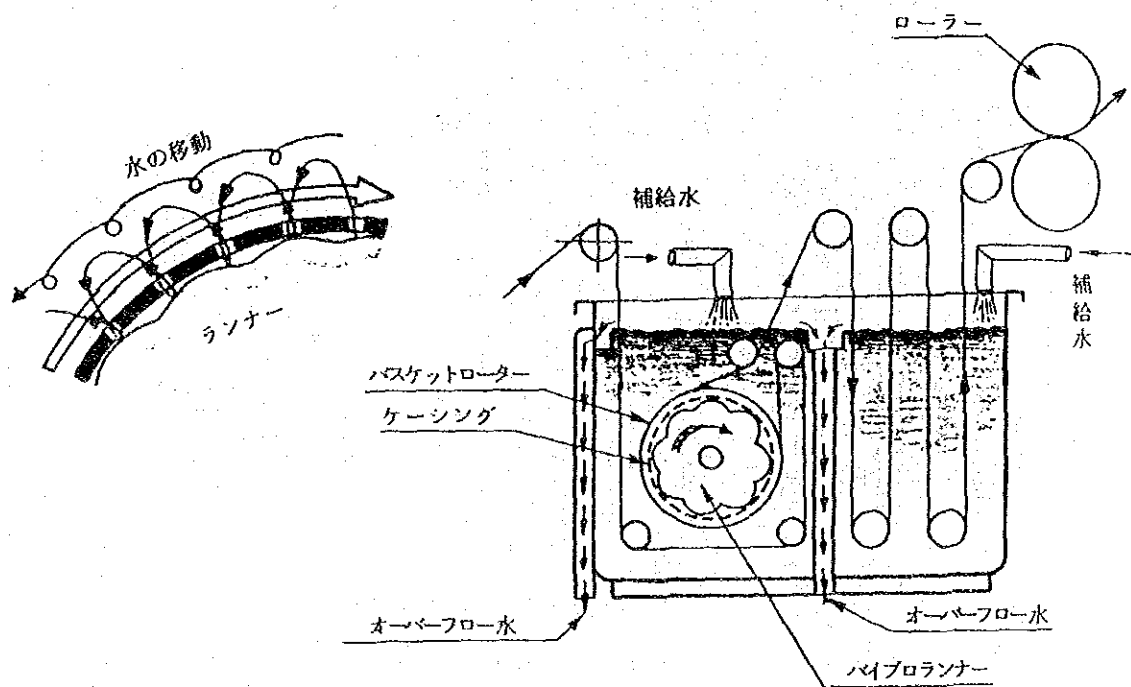


図7.11 振動式染色仕上げ用水洗機

(iii) 貫通式

繊維または繊維製品に洗浄水を強制的に貫通させて洗浄し、節水効果を向上させる方式である。

貫通式染色仕上げ用水洗機の洗浄機構及び機構図の例を図 7.1 2 に示す。

洗浄機構は次の通りである。

図のとおり金網を溶接したドラム上をドラムの回転と共に移動する布等を軟いゴムローラーで押圧して、布等を金網の目にくい込ませる。このとき布等は金網にこすりつけられて、丁度洗たく板の作用を受けて汚れは布等から分離し、分離した汚れは布等を貫流して通過する水でドラム内に搬入除去される。

(洗浄機構図)

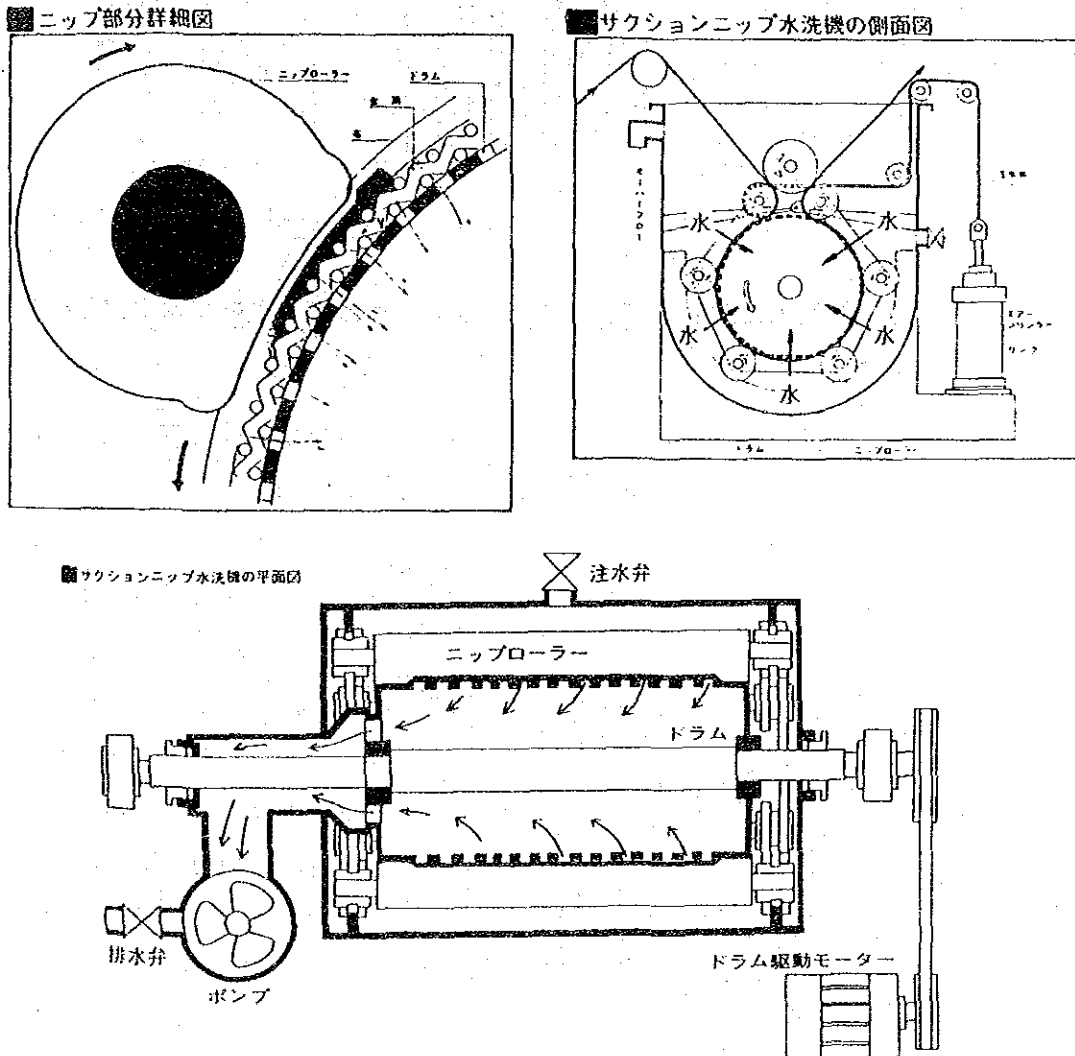


図 7.1 2 貫通式染色仕上げ用水洗機

(iv) 絞り式

繊維または繊維製品を洗浄水に浸せきし、ローラーで脱水することを繰り返すことにより洗浄し節水効果を向上させる方式である。

絞り式染色仕上げ用水洗機の洗浄機構及び機構図を図 7.1 3 にしめす。

洗浄機構は次の通りである。

下図のとおり、オープンソーパーのローラーを絞りローラーに置きかえた構造で、布等は浸せきと脱水を繰り返されることにより、布等に含まれている汚染水と新鮮な水を効率置換し洗浄する。

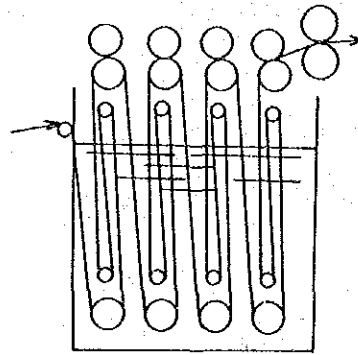


図 7.1 3 絞り式染色仕上げ用水洗機

参考のため最も多く使用されている従来型染色仕上げ用水洗機を図 7.1 4 に示す。

図に示すように浸せき槽の中を繊維または繊維製品をローラーによって移動させて洗浄する方式である（オープンソーパー方式）。

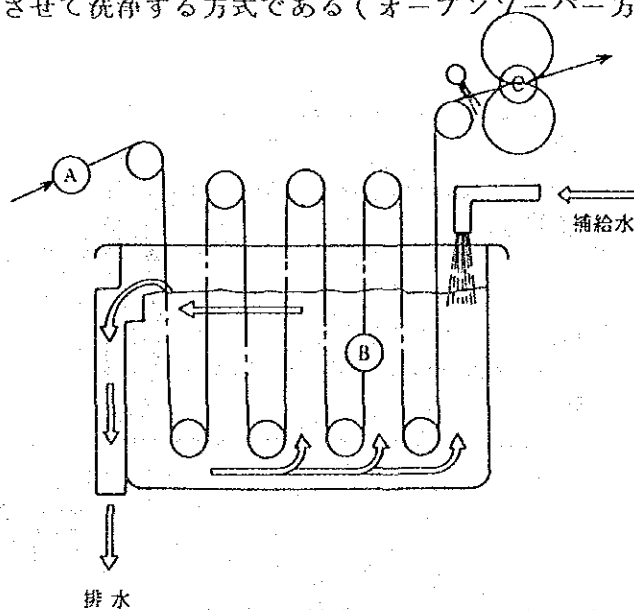


図 7.1 4 従来型染色仕上げ用水洗機

(Ⅳ) 強力スプレーシャワー式

繊維等に洗浄水を噴射し、その衝撃により洗浄する方式で、主要部は繊維等を移動させる駆動装置、新水供給装置、洗浄水を噴射する装置、洗浄水と繊維等を接触させる浸せき槽、繊維等に含浸した洗浄水を脱水する装置及び洗浄水を加熱する装置等から構成されること。

b. 使用水量の比較

使用者の工場での節水型及び従来型染色仕上げ用水洗機の被洗浄物の種類別の平均的な新水使用量の一例をしめすと、下記のとおりである。

(i) ポリエステル

工 程	新水使用量 (ℓ/Kg布)		節 水 率
	従 来 型	節 水 型	(%)
精 練 後	4 3	2 2	4 9
染 色 後	5 7	3 0	4 7
捺 染 後	8 6	3 0	6 5

(ii) 毛 織 物

新水使用量 (ℓ/Kg布)		節 水 率
従 来 型	節 水 型	(%)
120~150	80~85	33~43

(iii) 綿

新水使用量は、ポリエステルの約2倍であるが節水率はほぼ同等で約50%である。

c. 所要費用の概略

向流式の節水型水洗機の場合、水洗機1台当たりの価格は装置の規模にもよるが、約5,000~10,000千円程度である。

本施設を導入することによる水費用を試算すると以下のとおりとなる。

表 7.5 節水型水洗機導入前後の水費用の比較

	導 入 前	導 入 後	
1. 水洗水使用量 (m ³ /日)	2,000	1,000	節水率50%
2. 新水費用 ㉔ (円/日)	20,000	10,000	10円/m ³
3. 水洗機設備費 ((円)	—	8,000,000	工事費含む
4. 償却費(金利含む)㉕ (円/日)	—	5,330	
5. 運 転 費 ㉖ (円/日)	20,000	22,000	電力、薬品
6. 費 用 計㉔+㉕+㉖ (円/日)	40,000	37,330	
7. 費用節約率 ((%)	—	6.7%	

表 7.5 によると、設備費が大きいために、費用の節約率は 6.7% と小さいものであるが、一般にこれらの節水型水洗機は今までの設備が老朽化し、更新が必要な時に導入されるものであるため、実際の費用比較としては上記のようにはならない。

なお、ここでは水洗使用量を 2,000 m³/日として試算したが、この量が大きい場合には節水型水洗機導入による効果はさらに大きい。

d. 合理化における留意点と問題点

節水型水洗機は、単一槽タイプから多槽タイプのものまで多種にわたるが、水使用量は従来の 30%～50% になると言われている。しかし、素材の除去成分の難易、使用目的による布の送りの速さや補給水注入量の違い等があり、布単位量当たりの水使用量は、それぞれの現場により異なり、画一的に決められるものではない。したがって節水効果もハード面よりも、ソフト面によるところが大きい。

2) 低浴比液流染色機

a. 原理、構造

低浴比液流染色機とは、染色する際染色液の重量が織物または編物の重量の 1/1 倍以下で、染色を噴射及び流動させて染色する機器をいう。

低浴比液流染色機は染液を噴射及び流動させ、織物または編物を高速回転して染色するもので、節水機能は、i) 低浴比であること、ii) 染色時間を短縮できること、iii) 液面を制御できること、iv) 水洗の際溜すすぎが出来ることなどの構造的有利性より発生している。

機種としては以下の 2 種類が含まれる。

(i) 常圧液流染色機

常圧下で綿、アクリル、ナイロン、羊毛等の染色に使用するもので、染色槽、熱交換器、液噴射装置、ポンプ、リール、染料添加槽、モーター類、液面制御器、給排水装置、電気制御部等より構成されるものである。

(ii) 高圧液流染色機

最高使用温度130~140℃の加圧下でポリエステル、ポリエステル/綿等の染色に使用するもので、機器の構成は常圧液流染色機とほぼ同様である。液流染色機の一列として、ジェット染色機の概要図を図7.15に示す。

節水のポイントは低浴比であることであり、従来のウインス染色機の浴比が1:20(被染物の重量:染色の重量=1:20)であるのに対し、この液流染色機では1:10程度であり、節水率は約50%ということになる。なお、節水は単に染色工程のみでなく、湯洗、水洗、ソーピング等の工程においても同様の節水率であるので、全工程の節水率も約50%ということになる。

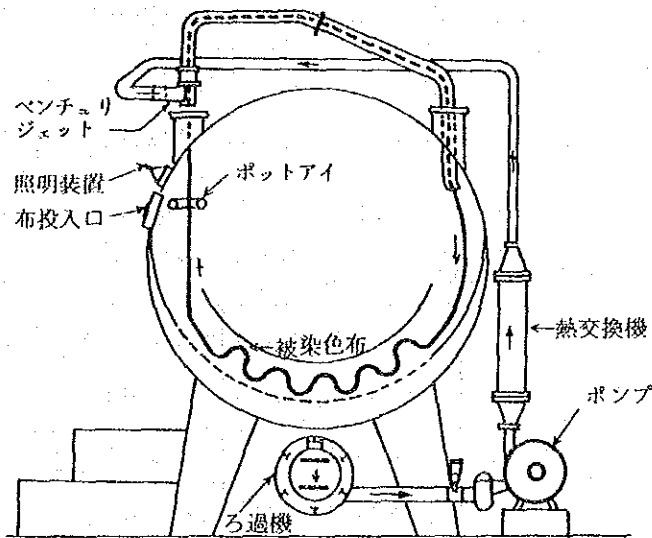


図7.15 ジェット染色機

b. 所要費用の概略

低浴比液流染色機の価格は、機器の能力にもよるが、1,000万円/台~4,000万円/台である。

費用比較については省略する。

c. 合理化における留意点と問題点

低浴比液流染色機は現在かなり普及し、とくに問題点等は起こっていない。しかしながら、当然のことながら染色機としての最低限の条件、しわ、毛羽立ち、ほつれ、染めむら等は起こさないよう注意して運転される必要がある。

3) 廃水処理水の再生利用

a. 基本的概念

染色工場では、繊維、加工内容によって使用する染料、薬助剤等の種類、量に差異があり、廃水量および廃水水質が経時的に変動するという特色がある。したがって、染色加工廃水は最も処理、管理の難しい廃水の一つであり、生物化学処理、凝集処理にさらに酸化分解、吸着等の種々な処理の組合せによって廃水処理が行われ、廃水規制に対応している状況にある。

しかしながら、染色工場は、紙工場と同様、中小企業であっても洗浄用水の使用量が多量のために、現在放流している処理水を再利用できないかとの検討が種々の方面で行われている。しかしながら、洗浄用水として要求される水質も高度であるため、今までのところ、廃水処理水の再生利用が実用化されたとの例は聞いている。

今ここでは、過去の実験結果をもとに、再生利用を行った場合の試算例を示す。

b. 設定条件

(i) 原水の種類 : 合成繊維の染色工場の生物処理水

(ii) 原水および処理水の
水の水質

	原水	処理水
SS (mg/l)	30	1
BOD (mg/l)	100	2
COD (mg/l)	200	5
導電率 ($\mu\text{S/cm}$)	1,200	1,200

(iii) 再生処理方式 : 凝集沈殿—砂濾過—活性炭吸着

(iv) 処理水量 : 1,000 $\text{m}^3/\text{日}$

(v) 再利用工程 : 各種染色の洗浄工程

c. 所要費用の概略

表 7.6 廃水再生利用における費用比較（染色工程）

		再生利用前	再生利用後	備 考
1.	新水使用量 (m ³ /日)	1,000	0	
2.	新水費用 (円/日)	10,000		10円/m ³
3.	再生水使用量 (m ³ /日)		1,000	
4.	再生処理装置設備費 (千円)		175,000	工事費含む
5.	償却費(金利含む)④(円/日)		116,700	
6.	運転費 ⑤(円/日)		20,000	電気代、薬品代、活性炭
7.	回収費用計 ④+⑤(円/日)		136,700	
8.	費用比較	1	13.7	
再生利用が経済的に有利となる用水価格 (円/m ³)		137		

表 7.6 によると、再生利用することによると水費用比較では、費用は14倍となり、かなり高価となってしまいます。また、表 7.4 に示した紙工業での再生利用の費用比較 8.7 倍よりさらに 1.5 倍となっているが、染色工程の方が要求水質が厳しく活性炭吸着が必要なことにより高価になっているものである。

7.5 金属製造業

(1) 水使用の概要

金属製造業における製造品目としては、棒鋼、アルミダイキャスト等素材製品と、鋳めっき鋼板、めっき鋼線アルマイト製品等表面処理製品とに分けられる。

図 7.16 と図 7.17 にそれぞれの代表的フローシートを示す。

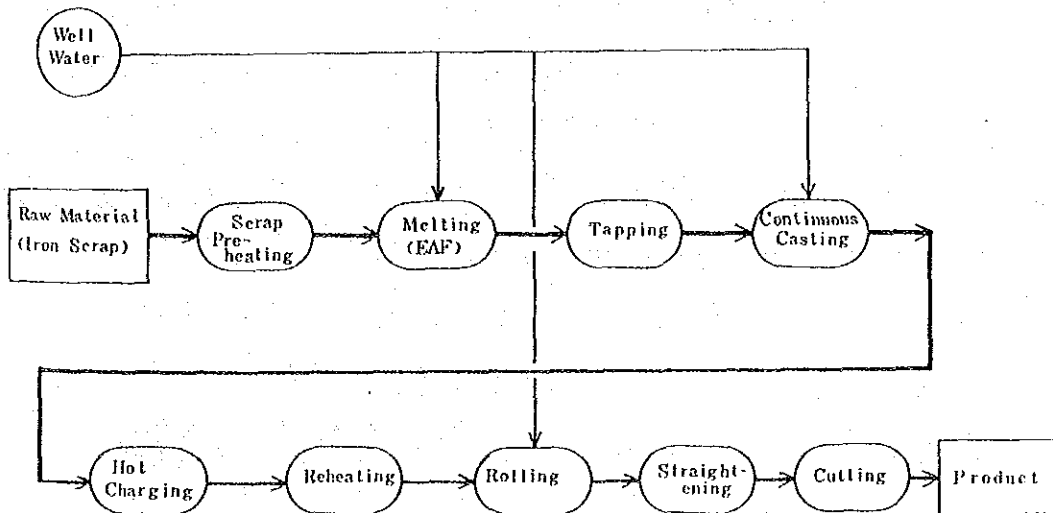


図 7.16 棒鋼の加工フローシート

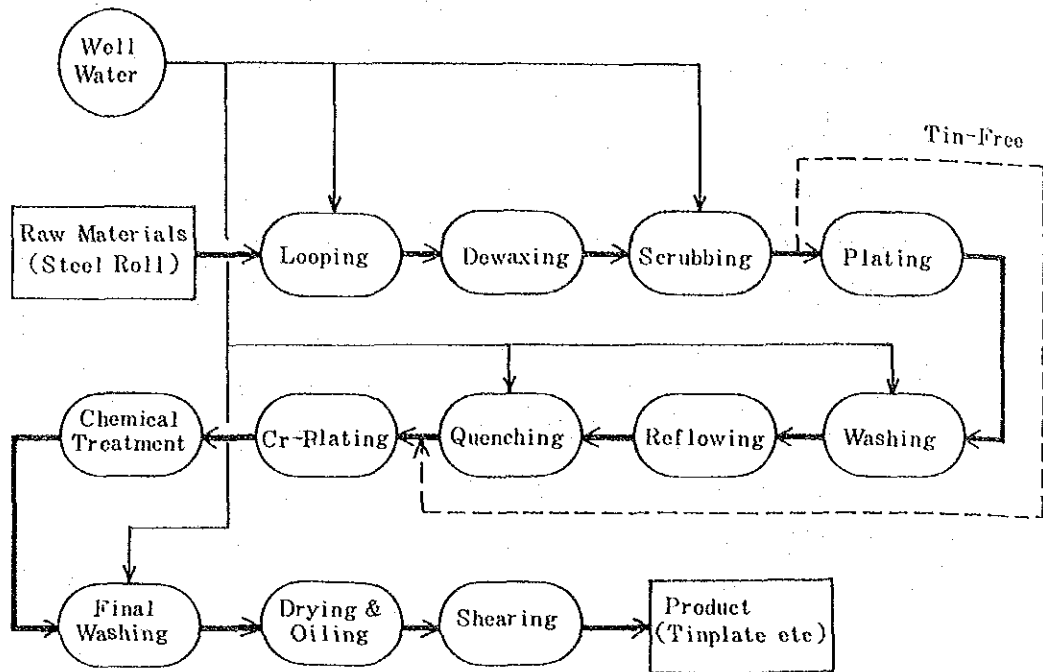


図 7.17 錫めっき鋼板の加工フローシート

図 7.16 に示す棒鋼の加工工程においては、用いられる水は次の 2 種類である。

- a. E A F 等機器の間接冷却用水
- b. ロール工程等素材への直接冷却用水

このうち、a. の間接冷却用水は前述の用途別で述べたのと同様、ほとんど汚れの発生しない水である。b. の直接冷却用水は製品と直接接触し、素材表面のスケールが冷却水中に混入する。しかし、水質的には何ら制約がないため、一部沈殿物を自然沈降で除去しながら循環利用している。

一方、図 7.17 に示した錫めっき鋼板の加工工程のような表面処理の場合には、用いられる水は次の 3 種類である。

- a. Dewaxing (脱脂) 後の Scrubbing (洗浄) あるいは Plating (めっき) 後の Washing (洗浄) 等、化学処理後の洗浄用水
- b. Quenching (急冷) 等素材への直接冷却水
- c. Mill cooling (ロール冷却) 等間接冷却水

補給水としては特に a. の洗浄用水が多い。また b. と c. については、上記棒鋼の加工で用いられる水と同様の性質のものである。

化学処理と洗浄用水については、加工製品の形状、洗浄方法の違い等に若干の違いがあるが、金属のめっきの例で示すと図7.18のとおりである。

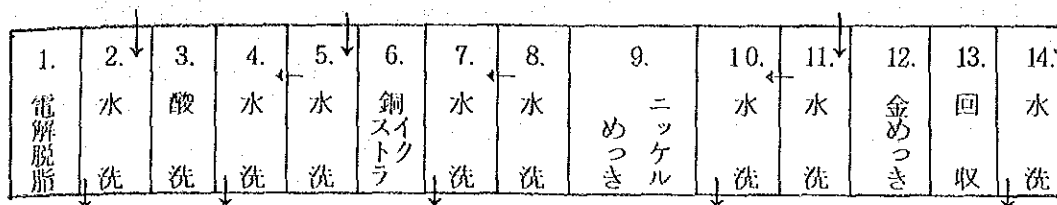


図7.18 金めっきにおける加工工程と洗浄用水

(2) 標準的な合理的使用法

金属製造業においては、以下のような合理的使用法が考えられる。

a. 製品処理・洗浄用水

(i) 向流多段洗浄方式(図7.18参照)

(ii) 節水型機器の採用

- 定量制御弁
- 水洗槽用自動給水装置

b. 冷却用水

間接冷却用水の冷却塔による循環利用

これらについては、すでに6.3及び6.4で述べたので説明は省略する。

7.6 機械製造業

(1) 水使用の概要

機械製造業には、一般機械製造、輸送用機械製造、化学機械製造、精密機械製造等があり、その工場の持っている加工工程の種類によって、水使用に大きな差がある。

代表的な加工工程として塗装・メッキ、脱脂・酸処理・鋳造水砕などがあり、水の利用は冷却水、洗浄水、処理水が主である。機械製造業は、化学工業、鉄鋼業、紙・パルプ製造業など工業用水を多量に使う多用水業種とは異なり、一般的には工業用水の使用量が少ない少用水業種である。

しかしながら、輸送用機械製造のなかの自動車製造工場は各種加工工程が含まれており、他の機械製造業と異なり用水量も比較的多いことから、ここでは自動車製造業

を代表例としてとりあげて概説する。

自動車工業における一般的な製造工程の概要を図 7.19 に示す。最も多くの水を使用するのは塗装工程で、主として塗装前の前処理や電着工程で洗浄用として使用される。次いで鋳造工程での炉体の冷却用やボデー組付工程での溶接機の冷却用である。

以下に塗装工程を中心に水使用の特徴を述べる。

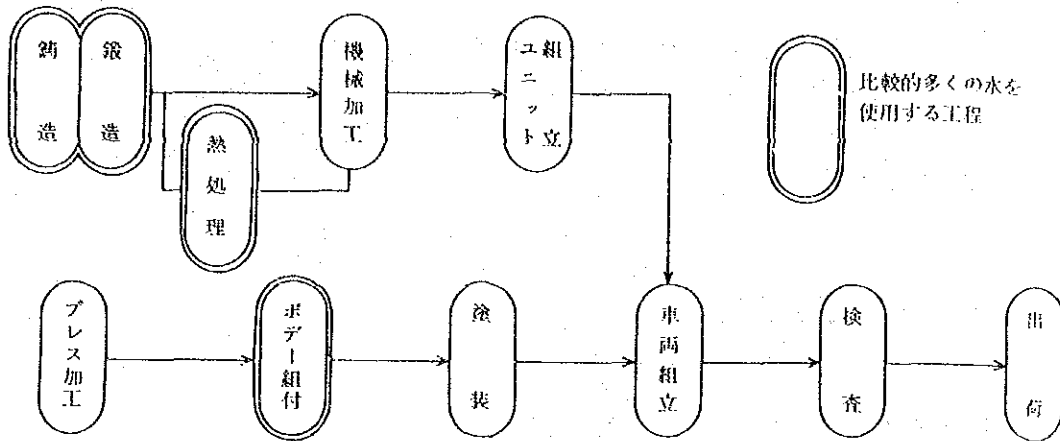


図 7.19 自動車製造工程のフロー

a. 塗装工程

自動車の車体の塗装工程は図 7.20 に示すように前処理工程、電着工程及び中・上塗り工程に大別される。用水の使用先は主に前処理工程と電着工程で占められる。

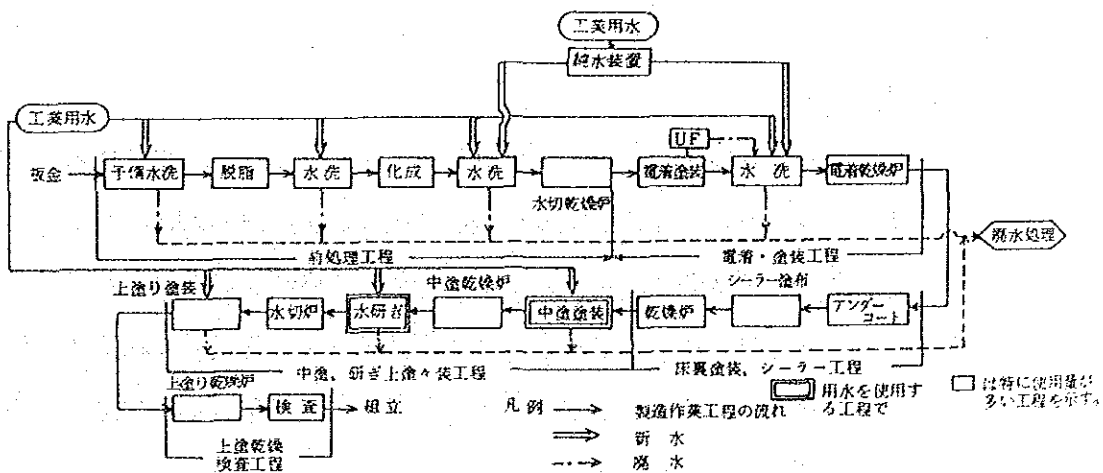


図 7.20 車体塗装ラインの製造工程概略フロー

(i) 前処理工程

図 7.2 1 に前処理のフローを示す。

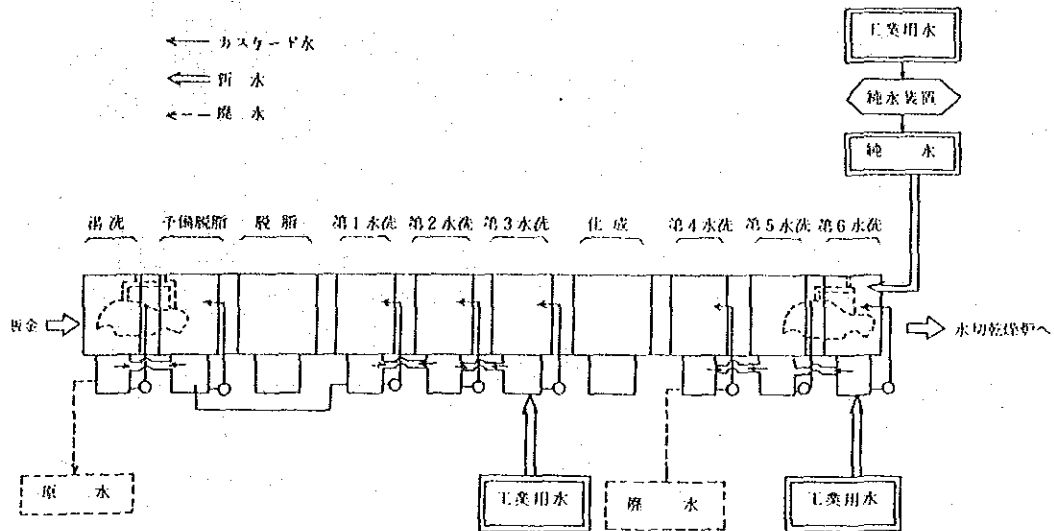


図 7.2 1 前処理工程フロー

前処理工程は車体の汚れを落とし、塗装の下地処理として化成皮膜を形成する工程で、鋼板と電着塗膜の密着性と防錆力の向上を目的とする工程で、水洗に使用される用水量は多い。塗装には化成処理膜上の微量の無機イオンを十分に除く必要があり、純水洗が行われる。

(ii) 電着工程

車体は前処理工程を終えると、直ちに電着される。電着塗装は塗料を水で希釈した溶液に車体を漬け、これを一方の電極としてこれと反対の電位をもつ電極との間に溶液を通じて直流電流を流し、車体上に塗膜成分を析出させ、焼き付けて塗膜とする塗装法である。

電着工程で使用される用水は、図 7.2 2 に示すように使用されている。洗浄工程は車体に付着して持ち出された溶液を洗い取るもので、数段階に分けて行われる。洗浄が不十分な場合には塗料のタレやタマリが生じる。これらの不具合を防止するために図に示すように数段のシャワー洗浄の後に純水のシャワー洗浄を行う。

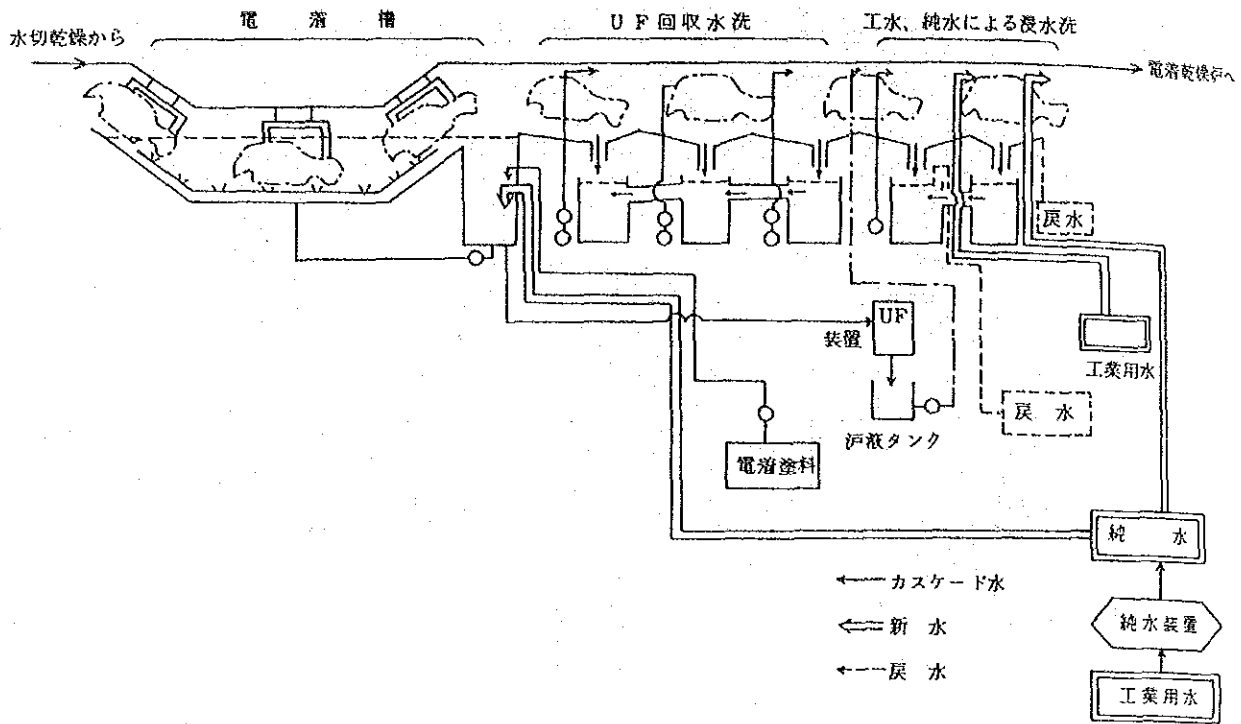


図 7.2 2 電着工程フロー

b. 鋳造工程

自動車での鋳造部品は、エンジン、トランスミッションなどに使用され車両重量の約15%を占める。材質から分類すると鋳鉄と軽合金がある。

鋳鉄部品は、一般的にはキュボラまたは低周波誘導炉などで材料を溶解し、ケイ砂、粘結剤・水等を使った鋳型に流し込んで所定の鋳造品を得る。一方軽合金鋳造(主としてアルミニウム合金)は、反射炉、急速溶解炉などで溶解した材料を、ダイカスト鋳造機、低圧鋳造機などで成形するものである。

鋳造工程は、金属溶解など高熱を伴う工程があり冷却水など用水使用量も多い。

図 7.2-3 に鑄造工程のフローを示す。

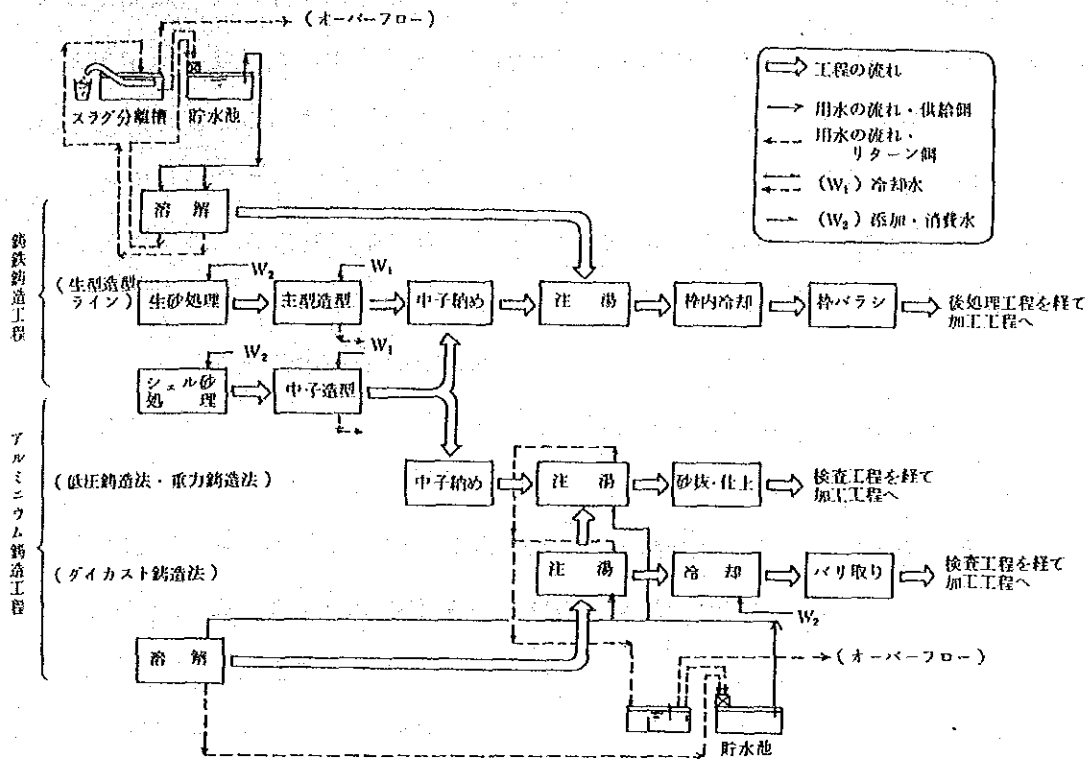


図 7.2-3 鑄造工程概略フロー

(i) 溶解工程

鑄造溶解工程の用水は、炉体の冷却水と発生するスラグを処理する水滓用水がある。例えば 5 トンキュボラでは冷却用に約 $15 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、水滓用に約 $15 \text{ m}^3/\text{hr}$ 程度の水が用いられ、使用後懸濁物質を除去したのち冷却して循環再利用されている。

低周波誘導炉では冷却水は重要でスケールなどを起さない高い水質が要求される。

(ii) 砂処理工程

鑄型用に大量のケイ砂が使用される。鑄型として循環使用できるように調整する工程で、鑄造で失なわれた約 2% 程度の水分が補給される。鑄鉄部品 1 トンを生産するのに必要な砂は約 8~10 トンとされる。

(iii) 造型工程

造型工程で用水使用の多いのはダイカスト鑄造である。ここでは品質の安定した生産を行うために、金型を適正温度で一定に保つために、金型内部に冷却水を供給して強制冷却を行う。この冷却水と、金型からもれた金型と製品の離型剤の水溶液は回収され懸濁物質や油分を除いて循環再利用される。

(2) 標準的な合理的使用法

自動車工業では、その製造工程の中で、前述のように用途として製品処理水、洗浄水が多い。しかし、これらの使用水の回収は、図 7.2 1、図 7.2 2 に示すように他産業に比べ極めてよく実施されている。具体的には以下のような水使用合理化が一般的に採用されている。

a. 製品処理、洗浄用水

(i) 向流多段洗浄方式

- 前処理工程における水洗工程及び槽間スプレーの導入
- 電着工程における水洗工程

(ii) カスケード方式

- 前処理工程本脱脂水洗水の予備脱脂更には湯洗への利用
- 前処理工程の純水スプレー排水を工業用水洗浄用水工程に利用
- 電着工程の純水スプレー排水を工業用水洗浄工程に利用

(iii) 再生利用

- 電着工程の電着塗装排水の限外炉過処理による水の洗浄工程への再利用（回収される塗料も再利用される）。
- 水研ぎ排水の固型物分離による循環使用

(iv) 再利用

- 塗装ブースの排気洗浄水の循環利用

(v) 節水型機器の採用

- 自動給水装置（塗装前処理工程の新水スプレーの新水補給量の適正化）

b. 冷却用水

間接冷却水の冷却塔による循環利用

以上に述べた方式の殆んどについては 6 章及びこれまでの他の業種の中で解説されているので、ここでは、

- 電着塗装排水の限外炉過処理による再生利用
- 塗装ブース排気洗浄水の循環利用

について述べる。

(i) 電着塗装排水の限外炉過処理による再生利用

電着工程（図 7.2 2）に示すように、電着塗装排水に含まれるものは主に塗料

成分のみであるから限外濾過装置によって塗料成分も分離すれば水と塗料成分の再使用が可能である。これによって排水処理設備の負荷を大巾に軽減することもできる。これによる水の回収量は $0.01\text{ m}^3 \sim 0.1\text{ m}^3$ /台程度である。

(ii) 塗装ブースの排気洗浄水の循環利用

塗装ブースでは吹き付けられる塗料の20~80%が被塗物に当たらずに排気中に混入する。この排気中の塗料を除去するのに排気の水洗を行う。

この水を循環すると、塗料カスが水中にたまり排気洗浄の機能が低下する。塗料カスの除去を何らかの方法で行うことにより完全循環方式を採用すると、3週間から1カ月に一度水を更新する程度に補給水を低減できる。

(3) 所要費用の概略

ここでは、前述の2種類の合理化方法のうち「電着塗装排水の限外濾過処理による再生利用」を取りあげ、費用試算を行うこととする。

限外濾過装置は、透過水量 20 l /分程度のもので約20,000千円/基である。

限外濾過を用いた場合の工程フローは図7.24に示すようになる。

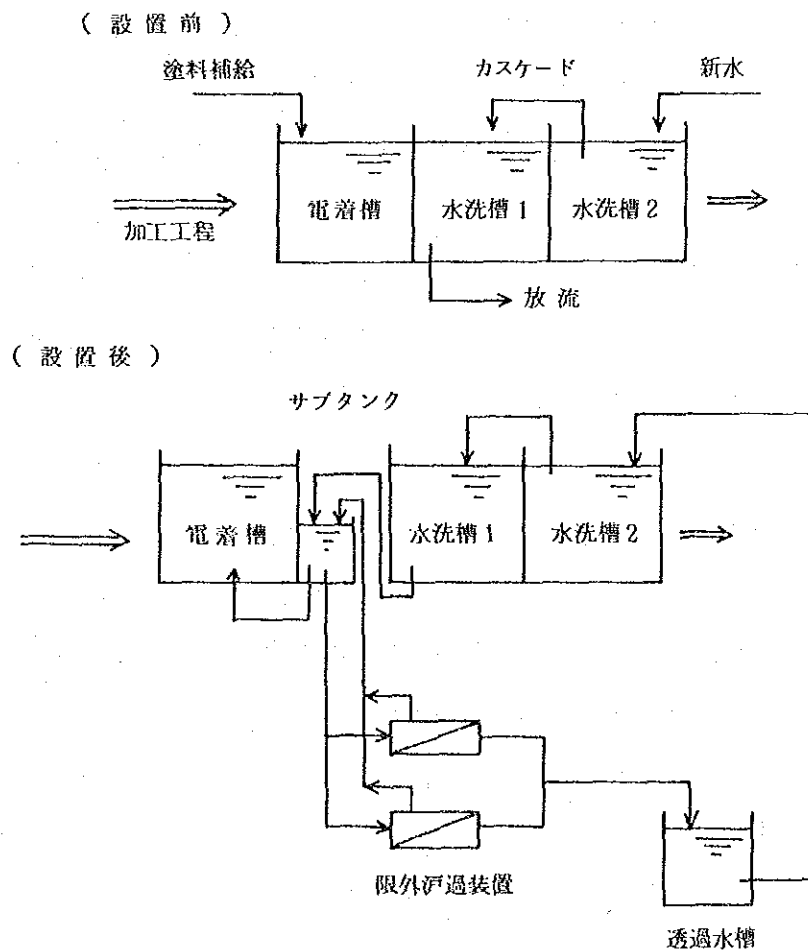


図7.24 限外濾過装置設置前後のフローシート

表 7.7 限外汚過処理による再生利用における費用比較

		再生利用前	再生利用後	備 考
1. 新水使用量	(m^3 /日)	10	1	水 10円/ m^3 、 塗料 3,500円/kg
2. 塗料補給量	(kg/日)	20	2	
3. 費用計 ㉑	(円/日)	70,100	7,010	
4. 限外汚過生産水量	(m^3 /日)	—	10	20ℓ/分×60分×8H
5. 限外汚過設備費	(千円)	—	40,000	工事費含む
6. 償却費(金利含む)㉒	(円/日)	—	26,700	
7. 運 転 費 ㉓	(円/日)	—	200	
8. 回収費用計 ㉑+㉒+㉓	(円/日)	—	33,910	
9. 費用節約率	(%)	—	52%	

表 7.7 によると、再生利用を行うことで、費用の節約率は 52% と試算され、かなり効率のよい合理化であることがわかる。

(4) 合理化における留意点と問題点

自動車工程における水使用合理化は他業種に比べ進んでおり、合理化の実績も多く、特に実施上の問題はないと思われる。

向流多段洗浄による段数と水量の関係から 3 段以上に段数を増しても効果は薄いことに注意すべきである。

また循環冷却水の利用において、スポット溶接機冷却系では、冷却コイル・スポットチップの細管部の詰りが起きないように、冷却水の汚れやスケール、スライムの発生がないよう特に留意すべきである。

7.7 化学工業

(1) 水使用工程の概要

化学工業は無機化学、有機化学、写真、電解、石油化学、高分子、油脂、医薬品、香料、塗料など多岐に渡っている。従ってそれぞれの業種によって、プロセスが異なり、水使用に大きな差がある。

従って、一つの製造工程で化学工業全体の水使用の特性を示すことは極めて困難である。しかし一般的に工程を概括すれば原料の調整、反応、分離・精製、充填・包装、で代表される。

ここでは代表例として図 7.2 5 に示すように高分子工業について概説する。

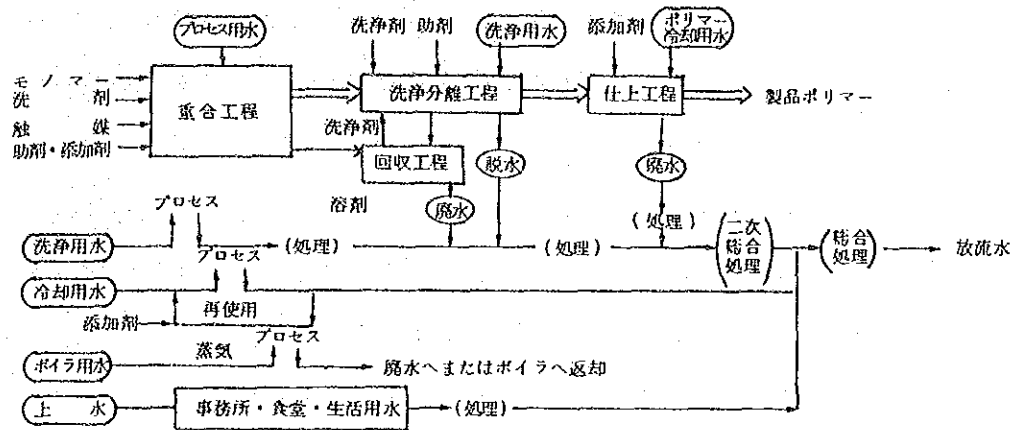


図 7.2 5 高分子工業製造フローシート

製造工程に用いられる水は、

- a. プロセス用水
- b. 洗浄用水（ポリマー冷却用水を含む）
- c. 清掃用水
- d. 冷却水
- e. ボイラー用水

に大別される。

a. のプロセス用水は、高分子製造の際の重合反応時に溶媒又は母液として用いられるものや、添加物の溶剤として使用されるもので直接ポリマーにふれて使用されるものであり、一般に純水が使用される。その理由は微量な塩類や不純物、PH などが重合反応や製品の品質に悪影響を与えないためである。

b. の洗浄用水は、生成したポリマーから不要な成分を洗浄除去したり、熔融状ポリマーを直接冷却する場合などに使われる。従って、脱水や軟水が使用される。

c. の清掃用水は、重合工程では一般に容器・配管などにポリマーの付着などが起り、一定時間毎に清掃したりまた、前回と品種の異なるポリマーを作る場合、前回の成分の影響がないように系内の洗浄が必要である。重合工程以外でもフィルターの交換など清掃が必要である。これらプロセス機器の清掃には、必要に応じて雑用水、軟水、純水が使い分けされている。洗浄には高圧洗浄機や温水洗浄機も利用される。

d. の冷却水は、反応器の温度調節や反応釜に付属する溶媒コンデンサーなどに使用され、通常は冷却塔を用いて循環再使用される。特殊な場合で200℃付近で使用されるような場合は純水が熱交換器を通して冷却循環使用されることもある。

e. のボイラー用水は、反応温度の制御その他に用いる蒸気を発生させるボイラーに用いられる。間接使用される蒸気はドレーンとして回収されるが、補給水としては純水又は軟水が使用される。

(2) 標準的な合理的使用法

化学工業においては以下のような水使用合理化が考えられる。

a. プロセス用水

要求される水質のものがその都度必要であり、合理化の余地は殆んどない。

b. 洗浄用水

i) 節水型機器の採用

○ 高圧洗浄機

○ 温水洗浄機

タンク、配管、フィルター等の洗浄に使用する。

c. ボイラー用水

○ ドレーンの回収利用

d. 冷却用水

間接冷却水の冷却塔を用いることによる循環利用

これらの詳細については第6章で述べたので、ここでは省略する。

なお、洗浄水の節水方法として生産管理をうまく行って、同一製品を連続して製造することにより洗浄回数を減少させて、洗浄水の節水を計ることができる。

第8章 問題点と対応策

8.1 地盤沈下防止対策の概要

本調査は、1.1及び1.2に示したような経緯及び目的をもって始められ、前章までに種々の視点からの検討を行ってきた。

本章では今一度、全体の流れをふりかえり、今後この調査結果を実行に移し、実際の効果を得るためには、タイ国政府としてどのような対応をすることが望ましいかについて述べる。

図8.1に示すように、現在、バンコク首都圏及びその周辺地域では、人口の増加と産業の発展、工場の集中的とも言える立地により、工業用水としての地下水揚水量が集中的に増大し、地下水位の低下、地下水への塩水の浸入、地盤沈下といった障害が発生し、雨期にはしばしば冠水、洪水被害が多発している。地盤沈下が発生した原因はいろいろ考えられるが、中でも重要な原因は、地下水の過剰な汲み揚げによることは明らかで、その原因を排除するための緊急なる対策立案と、強力な実施が待望されているところである。

タイ国政府は、この対策の一環として、この地域での地下水揚水を規制する地下水法、立地する工場に対する工場法、さらには、MWA法(Metropolitan Waterworks Authority Act)を制定し、バンコク首都圏に対する生活用水を河川表流水に代替し、従来、水源の一つとして利用してきた地下水の揚水量を削減し、近々ゼロにもっていくと努力しているところである。しかし、現実には、図8.1に示すように、1986年時点で、地下水の揚水量は1,200,000 m^3 /日以上にもなっている。タイ国政府の調査によると、この地域での地下水の適正揚水量(地盤地下を起すことなしに、地下水を利用できる量)は600,000~800,000 m^3 /日とされている。従って、現在の1,200,000 m^3 /日以上という揚水量は、適正揚水量に対して2倍に近い、過剰な揚水の状況にあるということになる。地盤沈下という障害を防止するために、現在の地下水揚水量を適正揚水量にまで削減しようとするれば、現在の地下水揚水量から400,000~600,000 m^3 /日以上という大量の地下水利用を止めねばならないことになるが、しかし、直ちに地下水揚水を止めることはできない。それは、地域の経済発展計画ともからんで、経済活動に必要な水量は絶対確保しなければならないからである。しか

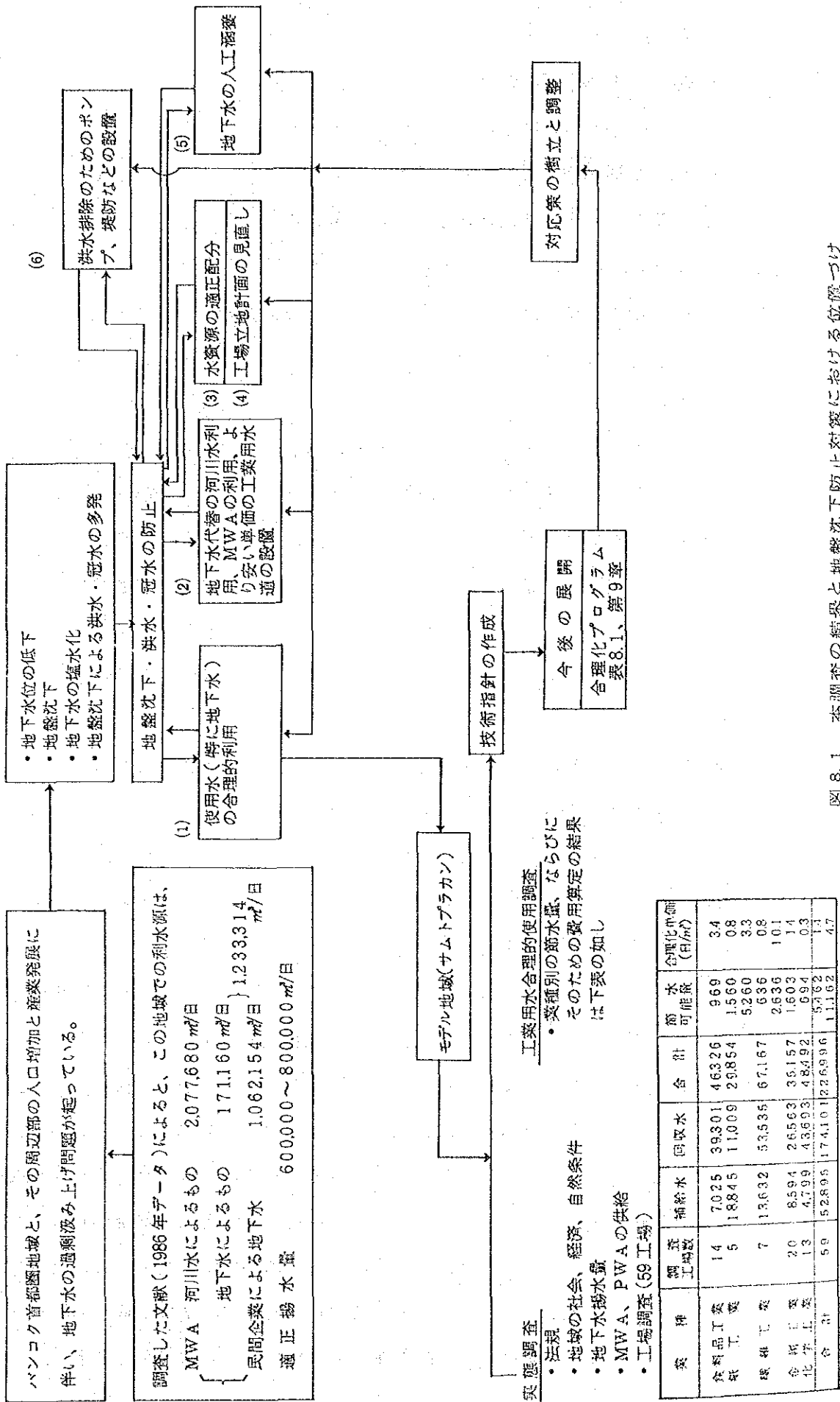


図 8.1 本調査の結果と地盤沈下防止対策における位置づけ

も、今後、新規に立地するであろう工場の需要水量も併せて考慮しなければならない。

その対応策を図 8.1 上辺に列挙してみた。

(1) 使用水（特に地下水）の合理的利用

これは今回の調査対象となっているもので、図 8.1 にも示したように、サムトプラカン地域をモデル地域として選び、59 工場の実態調査を通じて、使用水、特に地下水による補給水の節減のための技術指針を作成し、これによって対象地域全般に節減方策を浸透させ、地下水揚水量を減少させようとするものである。また、この地域には、今後とも工場が新規に立地してくるであろうから、バンコク首都圏の上流域を含めた新規の水需要を考慮して検討されなければならない。

(2) 地下水代替の河川水利用。MWA の給水によるか、または、新規に、より安い給水単価による工業用水道の布設。

現在の地下水利用を節減するためには、前項の工場各自による方策のほかに、地下水に代替する河川表流水の利用がある。河川表流水を工場に給水することによって、従来使用していた地下水揚水を停止させ、河川表流水で代替しようというものである。MWA は着々とその給水区域を拡げ、しかも水源としての地下水利用を削減し、ほとんど河川表流水に切替えつつある。したがって、対象とする地域に立地する工場が、地下水利用を止めて、この MWA を利用するか、別に河川表流水を水源とする工業用水道を布設して、その水を利用するかということになる。しかし、工場にとって水の料金は経営に大きく影響してくるものである。調査の結果によると、現在の地下水のコストは大体 $1.0 \sim 1.5 \text{ B/m}^3$ で、これに地下水法による地下水料金 $0.75 \sim 1.0 \text{ B/m}^3$ を加えても、合計して $2.0 \sim 2.5 \text{ B/m}^3$ である。

一方、MWA の料金は、使用水量にもよるが大体 8.0 B/m^3 となるので、工場にとっては、地下水揚水を止め、河川表流水に代えることは、経営上の大問題ということになる。そこで別途に上水道ほどの良質の水でなくてもよい工業用水道を布設するという方策もあるが、この方策で最も重要なことは、給水コストが MWA より如何ほど安くなるかということと、漏水率を極力小さくすることである。このために、政府による税制、財政上の優遇策などが必要になると考えられる。

(3) 水資源の適正配分

この地域で河川表流水を利用しようとする、チャオプラヤ河の表流水の利用ということになる。チャオプラヤ河はタイ国の“母なる河”で、上流域での農業開発と深

く関わってきている。さらにMWA, PWA (Provincial Waterworks Authority) による生活用水供給範囲の拡張ということもあり、これに下流域のこの地域で、新しいチャオプラヤ河の表流水の需要がでてくるということになると、チャオプラヤ河の流量、特に渇水期の流量と河川表流水利用量との間の調整が、将来計画を含めて必要ということになる。こうした調整や配分はダムの建設、隣接河川からの分水等により行われるのであるが、広大な中央平野地帯にあるこの地域では、こうした計画の実施には困難が伴うであろう。工業用水道計画の大貯水池の計画は、河川流量調整池として考えられる。広大な用地を必要とするなど、幾多の問題があるが、今後の進展に期待したい。

現在のチャオプラヤ河の流量変動を見ると、毎年2月頃が最低となっている。この最低流量の時でも、上流域を含めて農業用水、上水道、工業用水としての水の需要量が十分満足されるものでなくてはならない。将来の水需要量を含めてこの河の表流水の利用計画が確定されなければ、単に「河川表流水を代替利用する」と言っても、それは可能性が薄いということになるので、将来計画を含めて十分検討すべき問題である。

(4) 工場立地計画の見直し

この地域に工場が集中的に立地するには、立地条件の優位性、例えば港湾、道路といった社会資本の充実などを見越してのことである。同じような社会資本の一つが水道である。工場が健全なる生産活動を継続して行っていくためには、「豊富で変動の少ない安い工業用水」も必要である。従って、その地域に対する地下水供給可能量、河川表流水供給可能量の推定が必要である。場合によっては、「供給可能水量を上限とする立地計画」もあり得るのである。そうした視点から現在の立地計画を見直す必要がある。そして地下水利用という観点からすると、この地域の地下水の利用は、チャオプラヤ河上流域での地下水利用とも深く関連しているので、こうしたことも併せ考えて立地計画の見直しが必要と考える。

(5) 地下水の人工涵養

この地域での地下水の揚水量を増大させるために、上流域で河川表流水を地下水層に注入する、いわゆる地下水の人工涵養という技術手段がある。

しかし、この場合も水源は河川表流水となるので、チャオプラヤ河の流量に対する配慮が必要となるし、また、注入するためには、その河川水を処理し、清浄水としな

いと注入が進むにつれて注入孔での閉塞が起こる。また、日本においても大規模な実施例はなく、水コストまでも含めて、今後慎重に検討すべき課題である。

(6) 洪水排除のためのポンプ、堤防などの設置

この項目は、バンコク首都圏での冠水、洪水防止のための方策で、バンコク首都圏に浸水してくる水を防止するための堤防、洪水を早期に排除するためのポンプの設置が既に実施されているが、この水を大貯水池などに集め、水資源の一部とすることができないかと考えて対策の一つとして挙げた。水文学的な研究調査を加えてさらに検討されるべきであろう。

以上列挙した対応策の外にも、例えば冷却用水として海水を利用することも考えられるが、この地域では、海岸沿いの地域にしか適用できないので、項目としては示していない。

8.2 合理的使用による節減の効果

以上のべた諸対策の内、本調査「工業用水の合理的使用」は(1)であり、他の対策と比べて少ない投資で実施できるのが特色である。その結果の概要は、図 8.1 の左下に表示してある。この調査は 59 工場を対象に行われたものであるが、その結果をサムトプラカンの全域、さらにバンコク首都圏に拡大して適用した場合、どの程度の地下水揚水の節減が期待できるかを試算してみる。

サムトプラカン地域に立地する工場の数は、1986年の調査によると、2,631工場となっている。そしてそれらの地下水揚水量は第2章表2.2の商工業用の286,070m³/日であるから、われわれが調査した工場数は、県全体からみると僅か2.2%の59工場であり、地下水揚水量から見ても約17.6%に過ぎない。なお調査した工場では、大部分が地下水を利用しているが、この外にもMWAの水を利用するもの、チャオプラヤ河から直接河川水を利用するもの、運河から取水しているもの、さらには雨水を利用している工場もあったが、それぞれの利用量は極めて少ない。

この地域での地下水利用については、前述したように、多くの工場の地下水利用コストは2.0～2.5 B/m³となっており、他方、MWAからの給水を受けている工場では、8.0～8.5 B/m³の水コストとなっていた。従って、調査した工場で水使用合理化の諸施策を推進した時の算定コストが、大体平均1.5 B/m³くらいの時と、5.0 B/m³くらいになりそうな対応策にわけて計算した結果が図 8.1 の表である。すなわち、調

査した工場の現在の全補給水を約10%節減して、回収再利用を進めるためには、およそ平均1.4 B/m³の水コストで可能であろうということを示している。さらにおよそ平均4.7 B/m³のコストまで許るせるとするならば、現在の全補給水の約20%程度まで節減できるであろうということになる。この程度の経費増大であれば、工場経営にそれほど大きな影響を与えることなしに、対応できそうだと思う。もちろん、工場によって影響度は違って来るであろうから、各工場ごとに検討を進めてほしい。

調査工場を全体的に見ると現在の回収率、すなわち水使用合理化の進捗度は相当に高い。これは経営者の地盤沈下に対する危機感の高揚、地下水法による地下水料金加算に対する対応、環境保全の一環としての排水規制の強化とそれに対する対応などいろいろの事がその理由となっていると考えられる。

図8.1の表の中で補給水52,895 m³/日の中で50,295 m³/日が地下水である。これに対しサムトプラカン地域の地下水利用量は前述したように286,070 m³/日である。図8.1の表の算定コスト1.4 B/m³で節水できる量は、地下水利用量の約10%の5,462 m³/日であるから、今サムトプラカン全地域に、この調査結果と同じ節水が可能であったと仮定して、現在の地下水利用量がどの程度節減できそうかということを試算してみると、次のようになる。

$$286,070 \times 5,462 / 50,295 = 31,067 \text{ m}^3/\text{日}$$

同様に、水コスト4.7 B/m³程度かけて、地下水使用量の約20%程度節減する方策を推進すると、サムトプラカン全地域では次のようになる。

$$286,070 \times 11,162 / 50,295 = 63,488 \text{ m}^3/\text{日}$$

次に、サムトプラカン全地域の面積934 km²にもとづいて、2.2に示した、Bangkok Groundwater Area (7,923 km²)、Groundwater Critical Area (2,285 km²)まで範囲を拡げて、面積による地下水使用量の節減可能量を推定してみた。

10%節水で、Groundwater Critical Areaを対象とした場合

$$31,067 \text{ m}^3/\text{日} \times 2,285 / 934 = 76,004 \text{ m}^3/\text{日}$$

Bangkok Groundwater Areaを対象とした場合

$$31,067 \text{ m}^3/\text{日} \times 7,923 / 934 = 263,537 \text{ m}^3/\text{日}$$

20%節水で、Groundwater Critical Areaを対象とした場合

$$63,488 \text{ m}^3/\text{日} \times 2,285 / 934 = 155,321 \text{ m}^3/\text{日}$$

Bangkok Groundwater Areaを対象とした場合

$$6,348.8 \text{ m}^3/\text{日} \times 7,923 / 9,34 = 5,385.6 \text{ m}^3/\text{日}$$

これらの値を前述した適正揚水量までの節減量400,000~600,000 $\text{m}^3/\text{日}$ と比較すると、今少しの努力が必要か、場合によっては目標値近くまで行くかもしれないということになる。しかし、こうした計算は飽くまでも、ある仮定によって試算したものであるから、その通りになるとは考えにくい。技術指針に沿って今後、強力で指導普及をはかることによって、相当の実効が挙げられるものと期待するものである。もちろん、対象とする地域では今後益々経済発展を遂げ、水使用量の需要が増大するものと考えられるので、さらに節減量を大きくする方策を強力で推進せねばならない。

バンコク首都圏ならびにその周辺地域での工場が、調査工場と同じような条件にあるとすれば、水コスト1.4B/ m^3 程度までの合理化、すなわち約10%程度の地下水揚水量の節減ができたとしても、前述の地下水の適正揚水量にまで節減することはできない。つまり、合理化の指導普及を強力で推進するだけでは、地盤沈下問題を解消できない。さらに、図8.1にも述べたような対応策も同時に推進せねばならないということである。

8.3 合理的使用を進めるための問題点と対応策

前項で検討したように、本調査の結果を拡大実施したのみでは、地盤沈下問題は解決できない。そこで関連する事項も含めて、実態と問題点、それにはどのような対応策が考えられるか、その実施箇所はどこか、それを合理化プログラムとして考えると、どのような項目が挙げられるか、それらを政府レベルと民間レベルに分けて述べ、今後、実行可能なプログラムとして取り上げねばならないことは何か、といったことをまとめたのが表8.1である。対応策として簡単に述べてあるが、さらに以下に詳しく述べる。

(1) 水法、特に利水に関する諸施策の計画調整、法令の整備、施行令の強化が必要

現在の地盤沈下障害を防止するためには、先ず地下水揚水量を適正揚水量程度にまで低減せしめねばならない。特に民間企業での低減を推進せねばならない。そうした諸対策については図8.1に示した通りであり、例えばMWAが現在強力で推進している地下水の河川水への転換というのも有力な方法である。チャオプラヤ河の表流水を安定して利用するためには、工業用水のみならず農業用水、MWAによる上水道とし

表 8.1 合理的利用を進めるための問題点と対応策

実施／問題点	対応策	実施レベル	合合理化プログラム
<p>1. 水法、特に利水に関する諸施策の計画調整、法令の整備、施行の強化が必要</p>	<p>パンプコク首郡圏の地下水揚水量は120万m³/日以上、これに対する地盤沈下に対する安全揚水量は60～80万m³/日といわれる。即ち40～60万m³/日以上以上の地下水を削減しなければならぬ。この削減策を各地域で推進して行くためには、それぞれ地域別の適正揚水量を設定し、その目標に向って削減計画を策定する。</p> <p>MWAでは地下水揚水量を増加しているが、工場揚水量はむしろ増加し、全体としては地下水揚水量は増えていない。この対策として節水・合理化による低減のみでは十分でなく、代替水源（表流水など）の開発が必要である。</p> <p>表流水利用については、農業用水、上水道との水量の調整が必要。また個別に工業用水道を計画すれば、MWA法との調整や、水料金政策を含めて（工場によっては高い水料金を課すところもある）考究する必要がある。</p>	政府	<p>1. パンプコク首郡圏での地下水適正揚水量の策定と、それに対する現在及び将来の利水計画の策定</p>
<p>2. 工場立地ならびに再配置計画の見直し</p>	<p>工場の近代化、規模拡大をねらいとして団地化などにより、水使用、排水処理の効率化をはかる。この近代化の中には、水を余り使わない生産設備への転換などを含む。</p>	政府 企業	<p>2. 地下水削減計画と、それに伴う給水対策の策定 a. 水使用合理化の普及 b. 代替水源としての表流水などを含む c. 地下水浸透による人工汚染 d. 以上の開発コストなどの比較と優先の順序づけ</p>
<p>3. 合理化促進のための施策の強化</p>	<p>合理化のインセンティブとしては、水料金制、特に大量の水を使うほど料金が上がる通増法による水料金制の導入が有効であるが、現在、地下水に依存している工場にとっては経営的に高負担となる。そのため合理化の推進を法的にも強制できるようにし、適正料金による代替水（河川水等）が供給できる工業用水道の建設などを進める。</p>	政府	<p>3. 以上に基づく法令の整備 4. 工場再配置計画</p>
<p>4. 工場の用排水に関する人材の不足、技術認定制度などの立上げ</p>	<p>教育、訓練制度を拡充すると共に「水管理士」、「環境管理士」といった認定制度などを新設し、管理機能を充実するものも一方策。</p>	政府	<p>5. 実施推進のための促進策：料金制、投資に対する優遇措置など。</p>
<p>5. 工場の用排水に関する試験、検査、試験設備、サービス機能の不足</p>	<p>例えば流況計修復センター、材料検査認定制度などにより、水量・水質データの確認と、技術振興のための研究機関の設立なども一方策。</p>	政府	<p>6. 現在の地下水利用量の確実な把握 7. 水管理技術振興計画の策定</p>
<p>6. 地盤沈下地域での適正揚水量の設定が明確でない</p>	<p>地下水揚水量削減を明確にする必要がある。</p>	政府	<p>8. 人材養成プログラム 企業・民間レベル</p>
<p>7. 各工場使用水の量的・質的把握が不十分</p>	<p>水使用合理化のためには、こうした数値の把握が基本である。節水を含めたプロセス用水と生活用水を明確に捉え、循環使用のための冷却塔より節理量、プロローブの把握、さらには排水量、排水質の把握が必要。こうした調査を拡大し、全体像を明らかにすること。</p>	政府 企業	<p>9. 技術・管理水準向上運動 10. 人材養成プログラム</p>
<p>8. 中間管理者不足、用排水検査者不足、教育訓練の機材不足</p>	<p>政府主導の指導機関の設立の促進、工場側でも資格認定者による管理水検査、技術水準向上運動の促進、その間を相互にエデュケーションの育成が必要。</p>	政府 企業	<p>11. 工場再配置計画、産業構造転換計画</p>

実行可能
合理化プログラム

水使用合理化
の普及

での利用も考慮し、上流域にダム建設、平地に大貯水池といった流量調整池の築造や河川流量に対して利水量が少ないメコン河からの流域変更などが必要となる。

何れにしろ、こうした事業は、老大な資金と長期に亘る建設期間が必要であるし、それらの前提となるであろうタイ国全域に降る水の利用に関する基本的な法律―水法の制定が必要である。

これらに対し、それほど資金や期間を必要とせずに、工場自らの節水と、自らの足元にある水源、一度使った水を再び利用するという節水・合理化の普及指導は最も実施し易い対策と言えよう。

しかし、そのためには工場経営という私権にまで立入るのであるから、それらを強制し得る法による強制力が必要であろう。タイ国では、現在のところ地下水揚水のための地下水法と地下水料金による経済効果によって排水量を低減せしめようとしているようであるが、他方では河川水を配管によって供給しようとするMWAの給水体系もあるので、MWA法との調整も必要であろう。

このように水を利用しようとするときは、工業用水だけでは解決できない問題があるので、これらを総括的に見ることでできる法律の制定、実施をより有効たらしめるための法令、施行令の強化が必要である。

地下水揚水量についても、それぞれの地域で、工場の集積度、地下水揚水量も異なるので、各地域での適正揚水量の設定が必要で、これによって地下水揚水量の低減の目標値が設定できるはずである。それらの地域でも緊急性の強いところから強力に対策を施行していくようにしたい。

(2) 工場立地並びに再配置計画の見直し

ある地域に立地する工場が健全な生産活動を継続していくためには、それに見合う港湾施設、道路などの社会資本の充実が必要不可欠である。工業用水も正にそうした社会資本の重要なものの一つである。ある地域に保有される地下水量以上の水量を使うほど工場がたくさん立地すれば、全体として地盤沈下が起こることは明らかである。保有する地下水量以上の地下水が必要であれば、工場立地を計画する前に、河川水などによる工業用水道や上水道が準備されていなければならない。

現実には、サムトラカン地域をはじめとするバンコク首都圏では、保有する地下水量以上の水を使うほどの工場群が立地し、河川水による水道も懸命の拡充がはから

れてはいるが、地盤沈下は進んでいるといったところが現状である。

例えば東部臨海開発計画のように、工場の立地を見直すとか、工場の再配置を進めるといった施策は、地下水揚水量低減策としては、有力な方法の一つである。

また、今後の経済開発計画を考えて、工場の改善・新設に当たっては、なるべく水を使わない工程に転換するとか、省エネルギー型に転換するなど、節水意識を事あるごとに向上させるよう指導すべきであろう。

(3) 合理化促進のための施策の強化

バンコク首都圏での地下水揚水量を低減せしめる諸方策は、(1)でも述べたように節水・合理化の普及が有力な方策であるが、そのためには工場が進んで対応できるような法的強制力などの対策が必要である。その最たるものは、工場にとって水コストがどの位経営的に重要性をもっているかということである。自由にどこでも無料で水が得られるような状況では、節水しようという意識はおこらない。水には、それ相応のコストがかかるのだという意識が浸透すれば、自ら節水も進むであろう。そうした点から法的強制力、経済的効果など、いろいろの方策によって意識の向上をはかる必要がある。現行のMWAより安いコストの工業用水道というの、そうしたものの一つであろう。今後、節水・合理化を普及指導していくためには、こうした諸施策の強化が必要である。

(4) 工場の用排水に関する人材の不足、技術認定制度などの立遅れ

現在の工場法、地下水法では、水源としての井戸に流量計の設置が義務づけられているだけである。節水・合理化のための基本は使用水量・水質、排水水質をできるだけ正確に把握することである。しかも水というものは地域性が強く、経験工学的面を多分にもっているものなので、その地域に則して技術を開発していかねばならない。従って流量計をもっと設置するなどの対策を実施するのみならず、それを操作し、監視管理していくための人材が必要である。しかも、水には、土木、化学、機械、電気といったいろいろの技術者の協力が必要である。現況ではOJT (on the Job Training) により早急に育成せねばならないと考える。

その範囲も使用水のみならず排水にまで及び、水質汚濁防止に貢献しなければならない。その施策をより確実にするために、国家による認定制度を創設し、ある水量以上の地下水を使う工場には、その認定技術者を必ず雇用しておかねばならないといったようにするのも一つの方策であろう。

(5) 工場用排水に関する試験、試作評価、サービス機能の不足

現在得られる工場の工業用水に関するデータは、井戸の揚水量（流量計）、MWAの給水量（流量計）、工場排水質の分析値である。流量計が故障すればそのまま放置されている場合も散見される。こうしたデータを確実に集積していくためには、その実行を可能にするサービス機能の充実が必要である。工場によっては、こうした機能を自ら持つことはできないので、政府による指導で充実をはかって欲しい。特に、今後、節水・合理化が進むと、再利用水による生産機器への影響（腐食・スケールによる閉塞など）が発生することが考えられるので、そうした場合の防止法などの技術開発が必要となってくる。前述したように水には地域性が強いので、その地域での対策を実際の水によって技術開発せねばならない場合が多いはずである。

(6) 地盤沈下地域での適正揚水量の設定が必要

地下水揚水量の規制のためには、その地域での適正揚水量を明らかにする必要がある。タイ国でも調査研究が行なわれ、文献による差異はあるものの600,000～800,000m³/日という数値になっている。恐らく600,000m³/日が適正揚水量であろう。

例えば、サムトプラカン地域のチャオプラヤ河沿いの地域では、河川から土壌を通っての補給水量もあるので、県の東端地域に比べると、単位面積当たりの適正揚水量は大きいのではないかと予想される。このように地域によって適正揚水量には多少の差異があると考えられるので、工場立地の過密の地域、過疎の地域で現在の揚水量と地盤沈下の程度の関係を見ていけば、今後の工場立地政策、工業用水合理化計画等でも今よりもっときめ細かく検討できるのではなかろうか。最も見易い単位面積（Km²）当たり揚水量（m³/日）で見ていくのも一つの方法であろう。

(7) 各工場使用水の量的・質的把握が不十分

このことは既に(4)で述べたが、われわれの調査の時でも、生活用水の把握が難しく、また、全体の水バランスから漏水量を算定することもできなかった。今後の節水・合理化の普及のためには、こうしたものも正確に把握し、例えば、漏水が大であれば、その漏水個所を早急に発見し、措置を講ずることで節水ができるということになる。さらには、冷却塔よりのブロー量、濃縮倍率を見て、循環量を多くし、補給水量を低減せしめるということもできる。

こうしたものの基本は、水量を正確に把握するということである。同様に、使用水

質、排水水質、処理水質を明らかにすることで、排水処理プロセスを適正に運転できる。場合によっては、工程に戻して再利用が可能かどうかの判断がつくということになり、今後合理的使用を進めることも容易になるはずである。従って、全体の水バランスを明らかにすることが是非必要である。

(8) 中間管理者不足、用排水技術者不足、教育訓練の機構不足

これは(5)で述べたこととも重複するが、今後の節水・合理的使用推進のためにも必要なので、当面OJTによって推進すべきである。

第9章 合理化プログラムについての提言

9.1 合理化プログラム

8.3で述べた各種の対応策を、今回の調査に関連してまとめたのが、表8.1に示した「合理化プログラム」である。このプログラムには、政府が中心になって推進すべきものと、企業・民間が推進すべきものがあると思うので、この二つに分けて列記してみた。

ここに挙げた項目の中でも、今回のわれわれの調査に関連するものは、政府レベルの2-a、3、5、6、8と企業・民間レベルの9である。以下これらについて詳述する。

(1) 2-a、水使用合理化の普及

本調査の結果を、サムトラカン地域のみならず、現在地盤沈下問題をかかえているバンコク首都圏ならびに周辺地区に拡大し普及して行かなければならない。そのための方策としては次の各項が考えられる。

- a. セミナー等による技術指針の普及・徹底
- b. 合理的使用計画調査の対象工場の拡大
- c. デモンストラーションプラントの建設・運転による合理的使用の普及・徹底
- d. 工場の巡回指導による技術指針の実施
- e. 工場に専門家を派遣することによる技術指針の実施

これらの項目は比較的実行の可能性が高いので、後で詳述する(9.2参照)。

(2) 3. 法令の整備

合理的使用の推進は多少の程度の差こそあれ、企業に新しい投資なり、運転操作のための人材の確保といった努力を強いるのであるから、その強制力を保証する法的な整備が必要ということになる。中央政府のみならず、地方自治体でも地盤沈下を「公害」の一種と位置づけて、地下水の揚水を規制する条例の整備が必要である。これに対応し、地方自治体でも、その実行を担保するため人材の育成及び確保が必要である。

(3) 5. 実施推進のための促進策

工業用水の合理的使用を強力に推進するためには、工場側の協力がなくては不可能である。工場側にそうした努力をしてもらうためには、そのための政府の対応がなければならぬ。工場の投資に対する税制・金融面からの優遇措置も必要である。優遇

措置の内容としては、合理的使用のための投資に対する税の減額及び低利資金の融資等が考えられる。また合理化を推進するための動機を強化するため地下水法を改訂し、現在の地下水料金 1 B / m³ を値上げすること、既に普及している M.W.A の水をできるだけ使用させること等が必要である。さらに、新しく、比較的安い料金で工業用水道を布設し、地下水をこれからの水に切替えさせることも考えられる。何れにしろ地下揚水量の節減が最終目標であるから、そのためにいろいろの方法を強力に推進せねばならない。

(4) 6. 地下水使用量の確実な把握

現在の地下水使用量をより確実に把握することは、今後の対策推進の根本である。政府関連の工場・機関の水使用量を含めて把握されるべきである。また、地下水法によって流量計設置が義務づけられているが、流量計が正常に動いていないものも見られたので、その維持管理に注意し、水量の確実な把握を心掛けるべきである。

(5) 8. 人材養成プログラム

前述したプログラムを遂行していくためには、人材の確保も当然であるが、今後の実行計画を考えると長い目で見た人材養成プログラムの遂行が必要である。水というものが、その国にとってかけがえのない資源であり、ある地域では、今後ひっ迫してくるような事態も考えられるので、そうした意味からもいろいろの分野の開発に必要な人材を養成をしていかなければならない。

(6) 9. 技術・管理水準向上運動

今回調査した工場の中には、すでに相当程度合理化を進めている工場もあった。しかし、合理化の根本は、使用水量の確実な把握である。それは流量計の設置によると思われるが、調査した工場の冷却塔の前後には流量計は見出せなかった。水質についても把握されていないところもあった。こうした管理水準や、廃水処理施設の管理水準を向上させることが、今後、合理的使用をより効果あらしめるために是非必要なことである。そのためには、工場間で情報を交換し、それぞれで得たノウハウを相互に教え合うということも必要であろう。政府としても、各業種の中から合理化の最も進んだ工場を選び、その手法を各工場に公表してもらおうとか、褒賞制度を創設して奨励するといったことも考えてよいのではなかろうか。

以上述べたプログラムの内、タイ国政府として当面実行可能なのは(1)水使用合理化の普及、であろう。他のプログラムについては、以下の理由で当面の実行は極めて困難と考えられる。

- a. 法令の整備は是非必要であるが、日本の実績から考えても長年月を要すると思われる。
- b. 税別・金融面の優遇策は、現在タイ国に類似の優遇制度がほとんどないことから考えて、制度化は容易ではない。
- c. 地下水料金の値上げは、合理的使用の促進には極めて好ましいが、種々の利害関係がからむので容易には行えないであろう。
- d. MWA給水の普及や工業用水道建設は、膨大な費用と長年月を要する。
- e. 流量計の設置による地下水使用量の正確な把握は、むしろ(1)のプログラムの中で実施すべきである。
- f. 人材養成は、このプログラムの中では最も実行困難なものでであろう。

ただ、a～cは特に費用は要せず、タイ国政府の努力によってのみ実行できるプログラムなので、本調査の提言とは別に是非実行されることが望ましい。

9.2 実行可能なプログラム

9.2.1 セミナー等による技術指針の普及・徹底

すでに同様な目的で技術セミナーを2回(1987年11月11日及び1988年12月12日)実施しているので、特に説明を必要としない。対象者は第1回が官庁・大学関係、第2回が民間企業の技術者であったが、セミナーを実施する場合は対象者を明確にして、それに合ったプログラムを組むことが重要である。講師もプログラムに合わせて、官庁、大学関係のみでなく、広く民間企業から起用するのが望ましい。

9.2.2 合理的使用計画調査の対象工場の拡大

今回の調査は、8.2で述べたようにサムトプラカン地域の工場の2.2%(地下水揚水量では17.6%)について行ったに過ぎない。これはあくまでモデルであって、この調査結果をそのまま他の工場に拡大適用することは危険である。

日本ではほぼ同様な調査を通商産業省が10年間以上続けており、調査した工場数は1,000以上に達しているが、新しい地域については従来の調査結果を拡大して適用することはせず、必ず新たに調査を実施している。ある地域(例えばサムトプラカン)において合理的使用を徹底させようとするならば、その地域の地下水の使用状況を十分把握しておくことが是非とも必要であり、そのためには今回の調査と同様な合理的使用計画調査を、他の工場に拡大して実施することが必要と考える。その具体的

な進め方を以下に述べる。

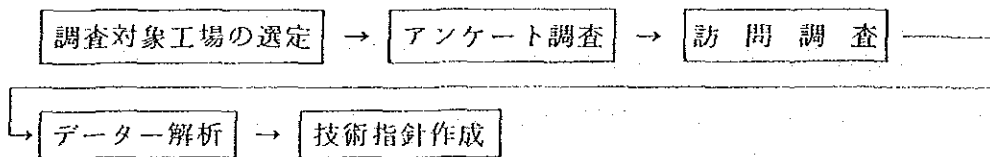
(1) 調査対象工場の選定

例をサムトプラカン地域にとると、約2,600工場の内、重要な工場は約200である(3.1参照)ので、まずこれを対象とする。最終的にはその地域の地下水揚水量の80%以上、できれば90%程度が調査できるような工場数を選定する。しかし、短期間に多くの工場を調査することは人員上の制約から困難と思われるので、年間に40~50工場を集中的に調査し、4~5年間で全地区を終了するように計画するのが好ましい。

一回に調査する工場は、なるべく同一の業種から選ぶのが好ましいが、必ずしもこだわる必要はない。立地場所が地理的に集中している方が便利な場合もある。

(2) 調査の進め方

本調査と同一な手順で行えばよく、簡単に示すと以下のようなになる。



(3) 期間及び所要人員

調査は集中的に実施し、要員はタイ国政府(IWD)のメンバーを主体とし、それに外部より招いた専門家を加え、さらに必要に応じIWDの出先機関のメンバーを加えるものとする。人員計画の概要は次のようになる。

調査項目	要員		期間 月	リーダー 人	外部 専門家 人	調査 要員 人	調査 補助員 人	出先機 関要員
	要員	要員						
1. 事前準備(対象工場選定 アンケート調査)			2	1	1	1		
2. 訪問調査			2	1	1	2	1	1
3. データー解析			4	1	1	2		
4. 技術指針作成			2	1	1	2		
合計			10					

要員の主たる業務を次に示す。

- a. リーダー…調査全体の計画・総括・指導
- b. 外部専門家…専門知識による調査の指導・助言
- c. 調査要員…実際の調査の実施
- d. 調査補助員…訪問調査における各種測定の実施
- e. 出先機関要員…訪問調査の補助を兼ねて、将来のために技術移転を受ける。

(4) 所費経費

人件費を除けば、調査表の作成・発送、説明会の開催、訪問調査の実施、報告書の作成等で、多額な費用は要しない。ただ外部専門家の招へいには相応の費用を必要とする場合がある。

(5) 外部専門家が有すべき要件

以下の要件を満足させていることが望ましい。

- a. 工業用水の使用及び排出についての高度の知識・経験
- b. 用水処理及び廃水処理についての知識・経験
- c. 各種の生産工程における水の使い方に関する一般的知識
- d. 各種の生産工程に関する一般的知識
- e. 工場の訪問調査に同行し、現場において調査を指導できる能力

なお、例えば食料品、繊維等の特定の業種について専門知識を有し、なお上記の要件を満足させる専門家が招へいできれば最も好ましいが、中々そのような専門家は招へいし難いので、特定の業種にはあまりこだわらない方が良く考える。

9.2.3 デモンストラーションプラントの建設・運転による合理的使用の普及

合理的使用の普及をはかるため、前記の合理的使用計画調査を実施した工場の中から適当な工場を選び、合理的使用のための設備（代表的な例としては冷却塔）を建設し、生産設備の一部として実際に運転してその効果を実証する。こうすることにより、技術指針と言う書類上のことでなく、実際に合理的使用の方法及び効果を示すことができるので、その普及に大きな効果があるものと信ずる。しかし、これを実行するためには以下のような多くの困難な問題がある。

- a. 建設する工場の選定…実際の生産工程に組み入れるのであるから、工場側の十分な協力が必要である。

b. 建設費の負担…工場が進んで建設するとは考えにくいので、何等かの公的資金が必要となるが、民間企業の生産設備の一部となる設備に、公的資金を投入することは困難であろう。

c. 運転及び管理…工場側が行うことになるが、経営上あまり利点のない場合に十分な運転・管理が行われるかどうかはなはだ疑問である。もし十分な運転・管理が行われないと、実証の意味がなくなってしまう。

このように考えてくると、この方法は大きな効果が期待できるものの、実行は極めて困難であると言わざるを得ない。

9.2.4 工場の巡回指導による技術指針の実施

前記の合理的使用計画調査が行われた後、その実施を工場にうながすために、日本において実施されているような巡回指導（図 2.18 参照）を行うのが効果があると考えられる。その進め方は基本的には図 2.18 に示したものと同じであるが、タイの国状に合せて多少簡略化した方が実施が容易であろう。その一案を図 9.1 に示す。以下に進め方の概要を述べる。

a. 実施機関

IWD 及び工業省の出先機関が中心となり、必要に応じ他の官庁、地方自治体等を加える。

b. 協力態勢

対象となる民間企業の協力を得るため、企業の代表者、大学・研究所等の専門家及び実施機関からなる工業用水合理的使用協議会を設置し、合理的使用の実施についての理解と協力を得るようにする。

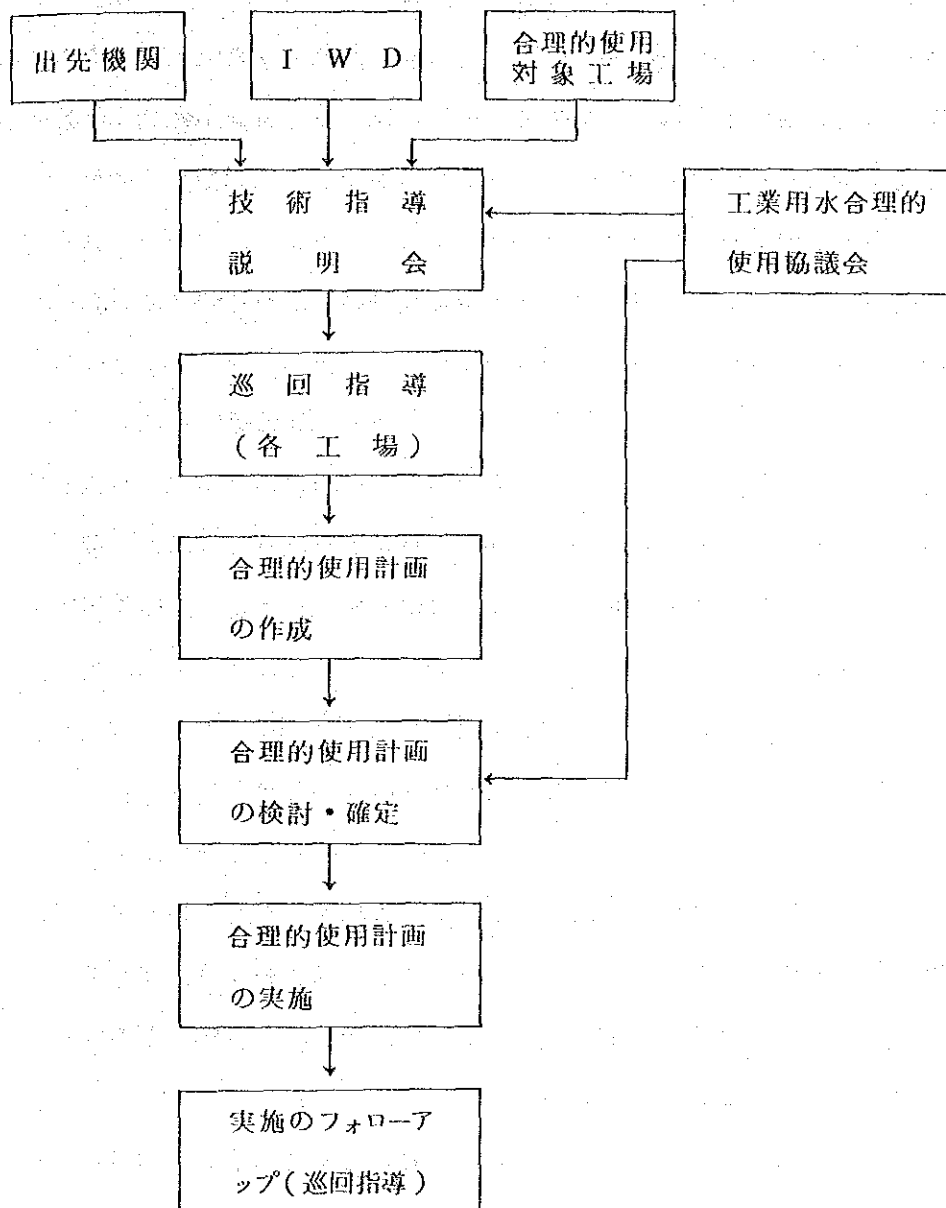


図 9.1 巡回指導の進め方の一案

c. 巡回指導の進め方

実施機関から 2～3 名、外部の専門家 1 名、計 3～4 名からなるチームを造り、1 日に 1～2 工場の割合で工場を巡回する。

巡回の回数は、工場が合理的使用計画を作成するための指導に 1 回、使用計画提出後のフォローアップのために 1 回、少なくとも 2 回は必要である。以後は必要に応じて随時使用計画のフォローアップのために巡回する。

d. 合理的使用計画の作成

合理的使用計画調査で作成された技術指針は、調査する側の立場で作成されており、工場側の事情が必ずしも十分反映されていない面がある。従って、技術指針をそのまま工場におしつけるのではなく、それにもづいて工場が自主的に合理的使用計画を作成するのが好ましい。

この巡回指導は、その作成を指導・援助するのが最大の目的である。

e. 合理的使用計画の検討と確定

工場で作成された合理的使用計画は、実施機関及び外部専門家により検討される。その内容が妥当と認められたならば、工業用水合理的使用協議会に報告して、その理解を得ることが必要である。ここで確定した合理的使用計画は、工場と実施機関の間で結ばれた一程の約束であり、工場がこの約束に従って合理的使用計画を実行することが望まれる。

f. 合理的使用計画のフォローアップ

実施機関は、工場から提出された合理的使用計画の実行をフォローアップするため、少くとも1回は巡回指導を行い、その後も随時巡回指導を実施する。計画が順調に実施されている場合は問題はないが、もし実施がおくれている場合にはその理由を確認し、必要に応じ技術的な指導を含む程々の助言を行う必要がある。

本項の方策は、前述のように日本のいくつかの地域では成果をあげているが、それには以下の諸点が前提となっている。

- a. 日本では公害対策基本法により、地盤沈下は「公害」として認められており、国及び地方自治体はそれを防止する責任があり、また民間はその施策に協力する義務がある。
- b. 地方自治体によって地下水の汲み上げを規制する条例が施行されている。
- c. 工場の経営者及び技術者に地下水の節水に関する意識が高い。
- d. 住民側に地盤沈下に対する意識が高く、工場に対する監視が行われている。
- e. 地下水の合理的使用に関し、税制及び金融上の優遇策がある。

タイ国の現状を見ると、残念ながらこのような条件は未整備であり、さらに巡回指導を実施するための人材が不足している。従って、このような状況下においては、巡回指導を実施しても効果は上げにくいのではないかと考える。ただ、実際的な効果を期待するのではなく、工場の意識の向上と、官庁側と工場側のコミュニケーションの促進を主目的として行うならば、極めて効果のある方策であろう。

9.2.5 工場に専門家を派遣することによる技術指針の実施

これは合理的使用計画調査を実施した後、工業用水の合理的使用の専門家（例えば冷却用水、洗浄用水と言った用途別、あるいは食料品、紙と言った業種別）をIWDに常駐させて、工場の要請に従って工場に派遣して技術指導を行わせる方策である。この方策が有効に働くためには、工場が合理的使用の実施に熱意があることが必要であり、現状の工場の意識から考えるとそれはあまり期待できそうもない。9.2.4に示した巡回指導を実施した後に、このような専門家の派遣を随時行うならば、効果が期待できる。

9.2.6 各プログラムの検討と提言のまとめ

5項目について提言を行ったが、詳細に検討してみると各項で述べたように様々の問題点があり、直ちに実施して効果が期待できる方策は意外に少ない。その最大の理由は、すでに度々述べたように合理的使用を進めるための前提条件（法規・規則、税制・金融、意識等）が未だ十分整備されていないことによる。

タイ国において、これらのプログラムの成果が得られるための前提条件としては、次の項目が考えられる。

1) 法規の整備

- a. 地盤沈下を「公害」と認定して、政府・民間共にその防止に責任を持つ。
- b. 地下水の揚水を規制する法規を整備する（例えば、現行の地下水法の一部改正等）。

2) 地下水揚水量を節減するための動機を強化する。

- a. 地下水料金の値上げ
- b. 合理的使用のための民間の投資を税制・金融面で優遇する。

3) 合理的使用を指導できる人材の確保。

4) 地盤沈下及び地下水節減に対する意識の向上

- a. 関係する政府機関及び民間企業
- b. 関係する地域に居住する住民

第10章 結 言

バンコク首都圏の地盤沈下は極めて深刻な状況にあり、その対策は8.1に示したように広い範囲にわたって実施することが必要とされる。本調査はその内の一つであり、工業用水の合理的使用のみで地盤沈下が防止できないことは8.2に述べた通りである。

工業用水の合理的使用について見ても、本調査はサムトプラカン地域の工場の2ヵ所について実施したに過ぎず、言わばこの種の調査のモデルを提供したに過ぎない。本調査の結果を有効に活用するには、提言にもあるように本調査をさらに広い範囲に拡大することが是非必要である。又、すでに度々述べたように合理的使用を有効に進めるには、その前提条件（表8.1 合理化プログラム）を整備することが欠かすことができない条件である。

工業用水の合理的使用を推進する場合には、できるだけ総合的な立場において他の諸対策との調整がはかれながら、その対策が実施されることを強く希望する。

付 属 資 料 その1

工業用水の合理的使用の進め方の手順

1. 概 要

工場において、実際の工業用水の合理的使用を進める場合の手順を図1に示す。以下図1に示す各項目について簡単に述べる。

2. STEP 1 背景及び目的の認識

合理的使用の背景及び目的は、本文の第1章に述べてあるが、それ以外にもいくつかの効用がある。それらを以下に示す。

a. 地盤沈下の防止

これが本文第1章で述べた合理的使用の主目的である。

b. 地下水の保全

地下水量は無限ではないので、多量に地下水を汲み上げると地下水の水位が次第に低下して汲み上げが困難となり、遂にはほとんど不可能となる。地下水の資源を保全するために、合理的使用は必要である。

c. 水資源の節約

地下水の代りにMWAあるいは工業用水道の水を使用するとしても、使用可能量は制限があって必要なだけ十分な水量が使用できるとは限らない。必然的に合理的使用が要求される。

d. 環境の保全

使用水量が多いことは排水量も多いことであり、必然的に環境を汚染させる程度が高い。合理的使用を進めることにより排水量が減少し、環境に対する汚染も低下する。

e. 経済的利益

現在地下水のコストは低い(地下水料金を含めて $2 \sim 2.5 \text{ B/m}^3$)が、近い将来地下水料金は上昇する可能性がある。又、MWAあるいは工業用水道の料金は $6 \sim 8 \text{ B/m}^3$ と予想されるが、これもさらに上昇する可能性は十分考えられる。

合理的使用は本文4.8で述べたように安いコストでも可能な方法がかなりあるので、これを行うことにより経済的な利益が期待される。

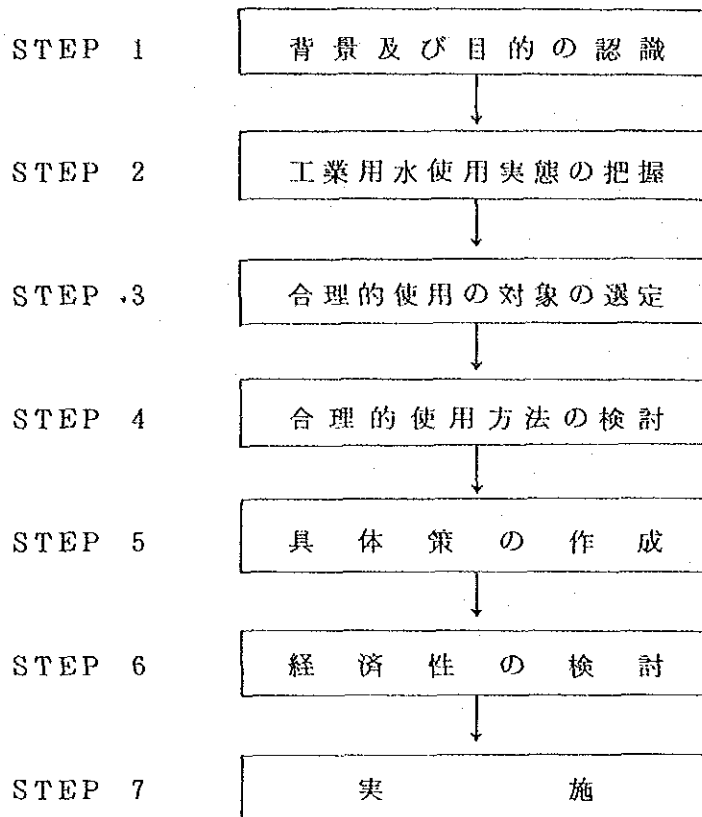


図1. 合理的使用を進める手順

3. STEP 2 工業用水使用実態の把握

工業用水使用の実態を把握する方法は、基本的には本調査で実施した方法と同一である。以下にその主要な項目を示す。

a. 用水量の正確な把握

正確な用水量の把握は、合理的使用を進める場合の最も基本となるもので、直接測定するのみでなく、ポンプの能力、水を使用している機器の仕様、配管の口径、タンクの容量等から推算して、できるだけ正確に把握しておく必要がある。その結果は、本調査で使用したアンケート調査表（付属資料1.3参照）の形式でまとめておくが便利である。

b. 使用水質の把握

使用水の水質によって合理的使用の方法が変わることがあるので、できるだけ正確に水質を把握しておきたい。

水質項目の中で、比較的容易に測定できるのは水温、pH、濁度、導電率等であるが、この程度の水質でも測定値があれば、合理的使用を検討するのに大いに役立つ。

c. 用水使用個所の把握

用水を回収利用しようとする場合、原水となる排水が得られる工程と、それを使用しようとする工程があまり離れていると配管設備等のために非常にコスト高となる。従って用水の使用箇所、用排水の配管、排水の放流点等を事業所の配置図にあらかじめ記入しておく、合理化を検討する場合極めて便利である。

d. 用排水のフローシートの作成

工業用水使用実態を把握するためには、本文で示した用排水のフローシートを作成しておく極めて便利である。このフローシートを使用すると、次項に示す合理的使用の対象の選定が容易にできる。

4. STEP 3 合理的使用の対象の選定

STEP 2で把握した工業用水の使用実態に基づき、合理的使用を実施できる対象（使用箇所、用途等）を選定する。選定の際の着眼点を以下に示す。

- a. 工場全体の使用水量に比べて、比較的多量に水が使用されている箇所。
- b. 一過式に水が使用されているか、回収の程度が高くない箇所。
- c. 排水がほとんど汚れていないか（例えば冷却用水）、あるいは排水の汚れがひどくない場合。
- d. 冷却用水の水温が、かなり高く（35℃以上）ても差支えない場合。
- e. 洗浄用水の水質や水量が、あまり鋭敏に洗浄物の品質に影響を及ぼさない場合。
- f. 単位生産量あたりの使用水量が、同様な条件の他の場合に比べてはるかに高い場合。
例えば飲料品の製造工場における使用済の瓶1本あたりの洗浄用水、製紙工場において古紙1トンを処理するに必要な用水、染色工場における織物1mあたりの洗浄用水、自動車1台を塗装するに必要な洗浄用水等。ただし、比較の対象はほとんど同様な使い方をしている場合に限る。
- g. 生活用水の使用量が、使用する人数に比べて過大な場合。

1人1日あたりの生活用水の使用量に関しては、本文3.4及び付属資料3.2を参照されたい。

5. STEP 4 合理的使用法の検討

前項で選定された対象について、以下の合理的使用法が適用できるかどうかを検討する。なお、合理使用法の詳細については本文 4.2、5 章及び 6 章を参照されたい。

a. 用水管理の徹底

前項の f、g 等に適用が考えられる。

b. 循環使用

前項の b、c、d 等に適用が考えられる。

c. 多段及びカスケード使用

前項の c、e、f 等に適用が考えられる。

d. 再生利用

前項の c、e 等に適用が考えられる。

e. 節水型機器

前項の e、f、g 等に適用が考えられる。

f. 運転管理の徹底

すでに回収使用が実施されている場合（冷却塔等）、用水処理装置（イオン交換装置、砂ろ過装置等）等に適用が考えられる。

6. STEP 5 具体策の作成

前項において合理的使用法が決定されたら、次に具体策を作成する。その内装置の設計に属することは、それぞれ専門のメーカーに依頼することが必要となる。その際少くとも以下の項目を明らかにしておくことが必要である。

a. 装置の使用目的

b. 所要の処理能力及び水量バランス

c. 装置の概略のフロー

できれば概略のフローシートを添付することが好ましい。

d. 所要の水質

処理する場合は、処理前後の水質が必要となる。

e. 所要の水温

冷却用水の場合は、特に水温が重要となる。

7. STEP 6 経済性の検討

具体策の作成に続いて建設費、運転費等の所要費用の算出を行う。経済性の検討は本文4.3に示した合理化単価によって行うのが便利である。

合理化単価が予想より高い場合には、当然合理的使用法の具体策を見直す必要がある。

8. STEP 7 実 施

計画が完全にできあがれば実施することになる。その場合、合理的使用実施前の用水の使用状況を明確に記録し、実施後の状況と比較できるようにしておくことが必要である。そうすることにより、合理的使用の効果を明確にすることができる。

9. 付 記

この手順書は、工場で合理的使用を進める場合の手順を、ごく簡明に示したもので、それぞれの項目についての詳細は、本文及び付属資料に示してあるので参照されたい。

