

地球環境時代に向けての 給排水衛生システム

小川正晃 (株)ユニ設備設計 正会員

キーワード

地球環境(Global Environment), 環境負荷(Environmental Load), ホテル(Hotel), 給排水設備(Plumbing Systems), 節水(Water Saving), 温泉熱利用(Hot Spring Heat Utilization), 排水熱回収ヒートポンプ給湯設備(Wastewater Heat Recovery Heat pump Hot Water System), エコマテリアル(Ecomaterials), 省資材(Materials Saving)

環境負荷節減を達成するための給排水衛生設備の課題は、節水、省エネルギー、環境負荷の少ない材料(エコマテリアル)の使用そして使用器材の節減がある。

ここでは節水、省エネルギーを達成した実例を挙げるとともに、エコマテリアルと機材の節減についての考え方を記述する。

1. 給排水衛生設備における環境負荷削減対策の現状

地球環境時代の給排水衛生設備の命題は、水の有効利用(節水)と機材の長寿命化および環境負荷の少ない材料(エコマテリアル)の採用であろう。特に、給湯を含めた節水対策は、これまでその必要性が叫ばれてきたにもかかわらず、大きな成果を上げることなく、上水道における1人あたりの給水使用量は毎年上昇を続けている。

我が国の上水道・下水道にかかわるCO₂排出量は、浄水施設で0.076 kg-C/m³、下水処理場で0.049 kg-C/m³と試算されており¹⁾、さらに上水道送水ポンプや建物内の給水ポンプや排水ポンプの電力消費に伴うCO₂排出量を考慮すれば、節水によるCO₂排出量の節減効果がいかに大きいことであるか理解できる。

設備機材の長寿命化についても、これまでさまざまな耐久性向上を策したものが開発され使用されてきたが、例えば配管材にみられるように、材料単品としての耐久性は向上したものの、継手や弁類との複合材料としては期待はずれのものもあるのが現状である。

また、エコマテリアルについても、例えば硬質塩化ビニルライニング鋼管のように複合材料であるがゆえに、リサ

イクルを図るにはさまざまな問題を内在するものもあり、解決すべき問題が多いのが現状であろう。ここでは、事務所ビルの4倍もの水を消費している宿泊施設に焦点を当てて、CO₂排出量節減対策について記述する。

2. 環境負荷節減対策としての節水の実例

給排水衛生設備の運用における環境負荷節減対策は、まず給水・給湯の消費量を減らすことに尽きるといっても過言ではない。特に、事務施設の4倍もの給水を消費している宿泊施設の節水は、光熱水費の高騰が経営を圧迫していることも相まって不可欠なこととなっている。

しかし、“サービスが商品”である宿泊施設では、使用感が悪かったり不満感が残るような節水は実用的でなく、節水コマや節水オリフィスによる過大流量の防止や、比較的少流量でも使用感のよい散水角度の小さなシャワーヘッドを使用するなどの節水対策、リゾートホテルなどでは給湯使用の少ない深夜に給湯循環ポンプをタイマで停止するなどのエネルギー節減対策が採用されている。

2.1 温泉大浴場における節水対策

温泉ゆう(湧)出量の豊富な旅館では、温泉大浴場で消費する浴槽の湯温調整のための給水量(うめ水)は、温泉湯温が高いほど、また湯量が多いほど多くなり、上水道を水源にする場合には上下水道使用量が高額となり、経営を圧迫する原因の一つになっている。

図-1に鳥取県のM温泉旅館における節水対策の実例を示す。

計画に際して当初、給湯の熱源として熱交換器によって温泉熱を利用することによって温泉湯温を下げ、大浴場での給水使用量を削減することを提案したが、既存設備の改修費用が高価になるため、投資額の制約もあって図-1の

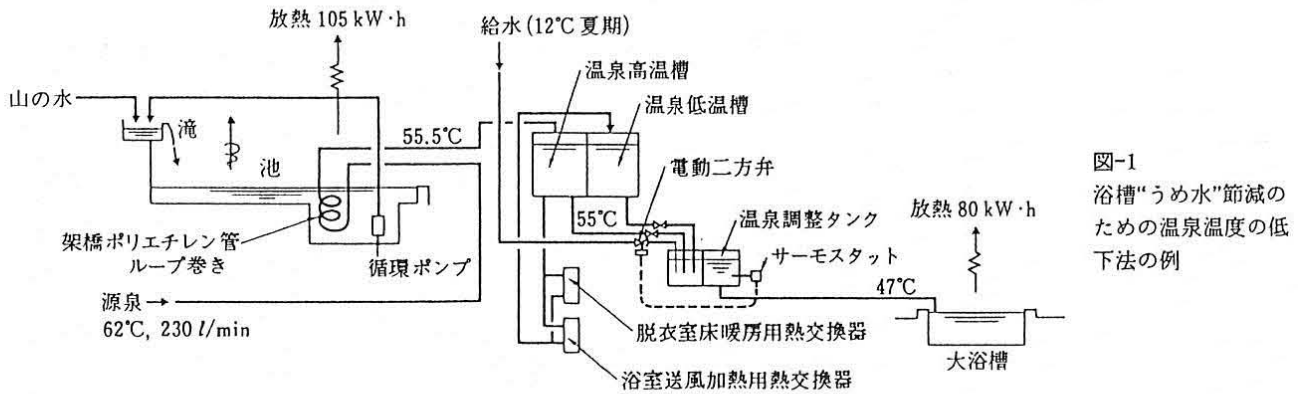


図-1
浴槽“うめ水”節減のための温泉温度の低下法の例

表-1 温泉湯温低下による給水量の削減

	温泉温度 [°C]	混合水の割合 [%]	47°C とするのに必要な給水量 [l/min]
源泉のまま	62	$\frac{47-12}{55-12} \times 100 = 64$	$\frac{230}{236+Q_c} = 0.64, Q_c = 130$
放熱コイル設置	55	$\frac{47-12}{55-12} \times 100 = 82$	$\frac{230}{230+Q_c} = 0.82, Q_c = 50$

[節水量 80 l/min(115.2 m³/日)]

ような安価な方法を採用した。

この例は、62°Cの源泉を大きな滝のある池の中に浸した放熱コイルを通して、55~56°Cまで湯温を下げてから調整槽内で給水と混合させて、浴槽での放熱量に見合った温度(47°C)にして浴槽に供給するもので、浴槽用の加熱設備は設けていない。さらに、暖房期には脱衣室の床暖房や浴室給気設備の加熱コイルの熱源として温泉熱を利用し、温泉温度を下げて給水量を削減しようとするもので、暖房期以外でも表-1に示すように、1日あたり約100m³程度の節水が可能である。

実際には池の水温が上がったり、温泉の温度やゆう出量の変動するため、計画どおりには湯温を制御できない場合もあったが、この改修に合わせて既存の給水・給湯管の調査を行って、漏水箇所の補修を行い、結果として表-2に示すような節水を達成した。

2.2 温泉熱利用の給湯・暖房システムによるCO₂排出量の節減例

図-2に、岩手県のS温泉ホテルの温泉熱利用例を示す。

このホテルは、延べ面積26700m²のコンベンションホール、大宴会場、プール、二つの大浴場を持つ客室数195の温泉リゾートホテルで、合計6本の温泉井から毎分約800lの温泉がゆう出していて、これまでも温泉を利用した給湯が使われており、温泉の有効利用が大きな課題であった。

計画に際して、まず温泉と給水を熱交換器によって熱交換するという、単純な給湯システムを採用することとして、熱交換器における温泉と給水の混交という最悪の事態を考慮して、衛生的に完全とはいえないが、ちゅう房システムの給水・給湯は受水槽を含めて単独システムとして独立させ、

表-2 M温泉旅館における節水量 [m³/月]

月	工事前(平成4年)	工事後(平成5年)	月間給水量の差
1	12064	8395	3669
2	13289	8434	4855
3	10485	7030	3455
4	7072	3687	3385
5	8956	4588	4368
6	7731	4846	2885
7	9033	7378	1655
8	9669	7860	1809
9	10669	9186	1483
10	11048	8796	2252
11	11137	7549	3588
12	12120	8757	3363

温泉熱利用給湯システムは客室バスルームと大浴場の上がり湯に限定した。

さらに、河川に放流している浴槽のオーバーフロー湯を回収槽に貯留して、水熱源ヒートポンプチラー熱源として熱交換器を介して利用すると同時に、河川に放流する温泉排水の温度を低下させ、環境への影響を少なくするよう計画した。

当ホテルには客室棟が3棟あり、その1棟の最近4箇月の給湯使用量、ボイラで加熱したとした場合のA重油消費量計算値、補助熱交換器の熱源に使われるボイラのA重油消費量換算値を表-3に示す。

当ホテルは、平成8年10月にリニューアルオープンしたもので、6箇月を過ぎた5月以降は熱交換器のスケール付着や、温泉の温度や供給量の変動などのため、温泉熱交換器の効率が低下して重油節減量が減少しているが、正常な状態では4月のデータにみられるように、毎月2000l

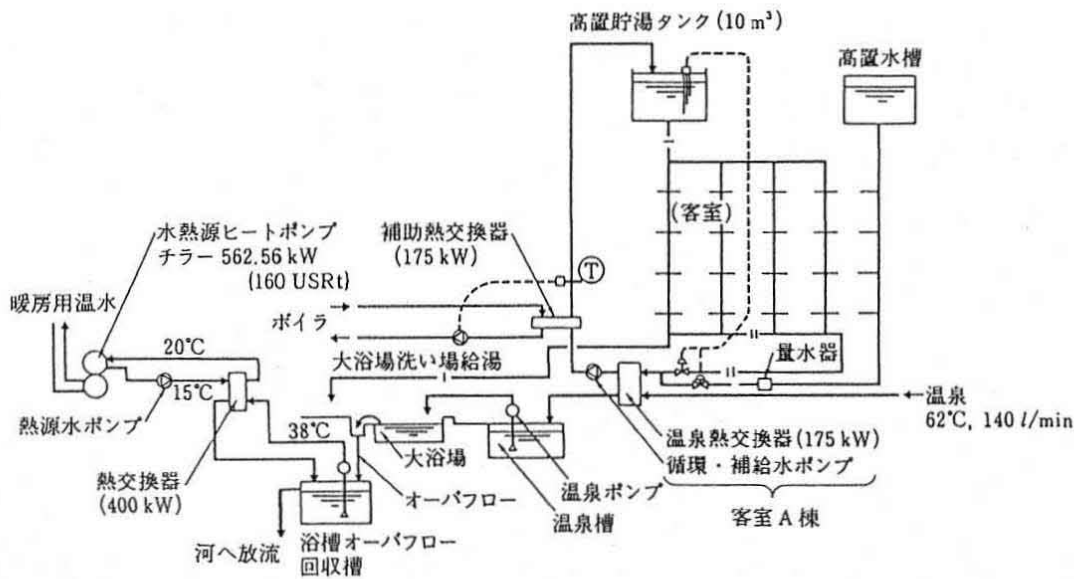


図-2
S温泉ホテルにおける温泉利用例

表-3 SホテルA棟における油使用量の節減

年月	給湯使用量 [m³/月]	① 換算重油消費量 [l/月]	② 補助熱交換器重油消費量 [l/月]	重油節減量 ①-② [l/月]
1997年4月	452	3030	600	2430
5月	353	2370	1300	1070
6月	411	2760	1700	1060
7月	397	2660	1750	910

注 補助熱交換器用ボイラの重油消費量②は、本工事施工前後の油消費量との差(増量)より、同ボイラより供給している他システムの加熱量の増加分を差し引いて算出、ボイラ(真空温水器)効率率は85%とした。

以上の重油使用量の節減が可能である。この重油節減により重油のCO₂排出量原単位を0.084 kg-C/Mcalとすれば、月間約1700 kg-CのCO₂排出を削減したことになり、さらにボイラや付属機器の電動機の電力消費によるCO₂排出量の削減にもつながっている。

以上を要約すると、当ホテルでは次のような環境負荷削減が達成されている。

- 1) 大浴場の湯温調整用給水量の節減
- 2) 温泉熱利用給湯によるCO₂排出量の削減
- 3) 排湯熱回収ヒートポンプ暖房設備によるCO₂排出量の削減
- 4) 河川放流の排湯温度低下による環境への影響低減

2.3 一般大浴場におけるCO₂排出量節減

温泉の供給がなかったり、温泉の供給量が少ない宿泊施設の大浴場では、上水道などを水源とする給湯を浴槽に入れて循環ろ過・加熱している。そして、湯が豊富にあるようにみせる、あるいは清潔感を強調するために、常時湯を浴槽の縁からあふれさせたり、人が浴槽につかったときに縁からあふれるようにしている例が多く、給水の使用量や浴槽内湯温保持のために使われるエネルギーも非常に多くなる。

このような場合は、オーバーフロー回収型の浴槽循環ろ

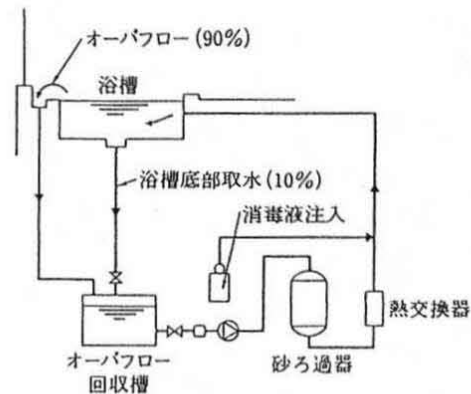


図-3 オーバーフロー回収型浴槽ろ過システム

過・加熱方式が給水使用量および給湯加熱用エネルギーの削減に有効である。

このシステムでは、オーバーフロー回収槽内に汚濁物が沈殿するため、槽内底部の沈殿物を排出するためのブローや槽内の清掃が欠かせないので、排水弁の操作や清掃が容易にできるような位置に回収槽を設置する必要がある。

図-3に磯部温泉のSホテルで用いたオーバーフロー回収型浴槽循環ろ過・加熱システムの概要を示す。

2.4 公衆浴場におけるCO₂排出量削減の例

図-4は、東京都にあるS浴場の給湯システムである。

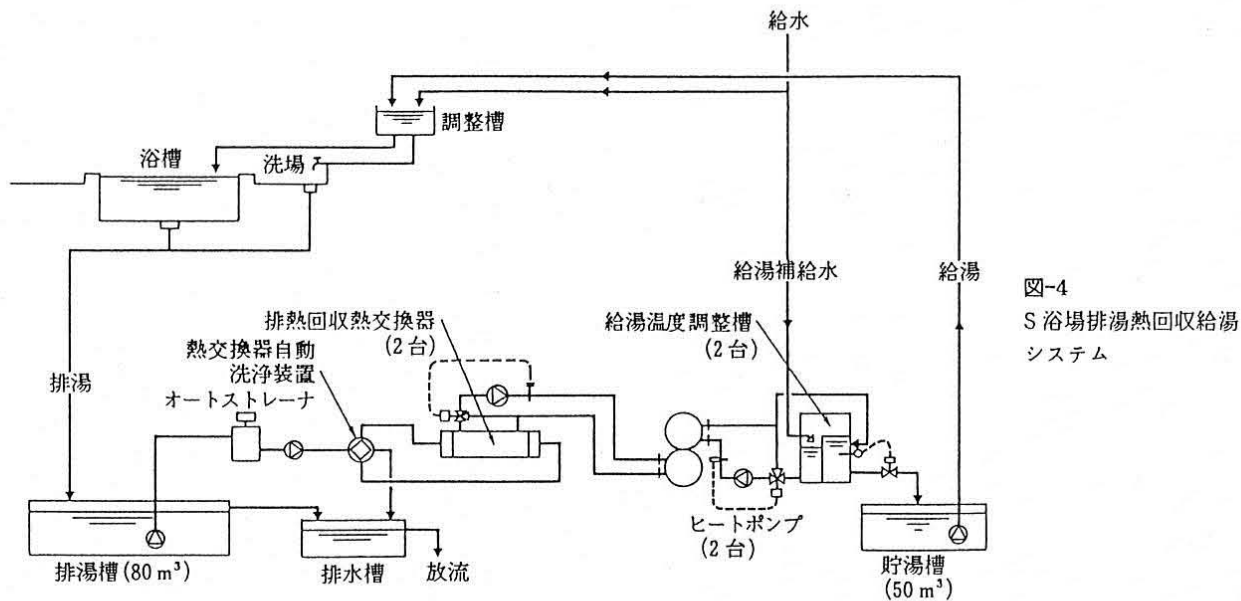


図-4
S浴場排湯熱回収給湯システム

表-4 S浴場ヒートポンプ給湯システムの実績(平成1年10月27~28日)

ヒートポンプ	運転時間	給湯量	加熱熱量	消費電力量	システムCOP
No. 1	8.0	26 100 l	1 156 kW (994 Mcal)	495.7 kW・h	平均 3.78
No. 2	11.6	16 200 l	717 kW (617 Mcal)		

この浴場では、浴場洗い場や浴槽の排湯をすべて排湯槽に貯留し、深夜電力でヒートポンプを駆動して翌日分の給湯を貯湯槽に貯留するもので、表-4に1日(22時~8時)あたりの実測値を示す。

この結果より、給湯運転に伴うCO₂排出量は、下記のように化石燃料温水ボイラに比べて、約60%近く少なくなっていることがわかる。

温水ボイラ給湯のCO₂排出量

$$(994 + 617) \text{Mcal} \times 0.084 \text{ kg-C/Mcal}^2) = 169 \text{ kg-C/日}$$

ヒートポンプ給湯のCO₂排出量

$$495.7 \text{ kW} \cdot \text{h} \times 0.131 \text{ kg-C/kW}^2) = 64.9 \text{ kg-C/日} (-104 \text{ kg-C/日})$$

なお、20年間のLCCO₂を比較した場合、排水熱回収ヒートポンプ給湯システムは化石燃料ボイラに比べて50%以上環境負荷が少ないという試算もある²⁾。

この浴場では当初、開放型の水槽にヒートポンプの蒸発器を浸して排湯から採熱していたが、排湯の水質が予想以上に汚染されていて、蒸発器コイルが短期間で腐食したり、臭気が機械室内に充満するなどのトラブルにみまわれたため、図に示すようにスポンジボール洗浄式熱交換器を介しての熱回収とし、排湯系を密閉回路とするなどの改造を行って今日に至っている。

3. 地球環境時代へ向けての給排水衛生設備の課題

給排水衛生設備分野における環境負荷低減のための節水

や給湯用エネルギー節減技術について述べてきたが、給水や給湯はさまざまな人がそれぞれ無意識に、あるいは自己の意識に基づいて自由に使われるため、使用者に節水の目的すなわち地球環境時代におけるCO₂排出量削減の重要性に対する理解を深める教育が不可欠なことである。

例えば、施設内の各部門別に計量器を設置して、定期的に使用量を掲示して節水意識を喚起するなどの試みを行っている施設もある。特に、宿泊施設ではちゅう房の給水使用量が多いので、その節水効果は大きい。

住棟セントラル方式の給湯設備では、浴槽への給湯が行われていると思われる時間帯での流量不足の不満が多く、浴槽用水栓の流量制限を行うことも提案されており³⁾、常に適正な流量を保つための、ターミナルコントロール機能を持った水栓器具の開発も望まれ、住棟セントラル給湯方式において住戸ごとに定流量弁を設置している例もある。

これまで、設備の運用面での環境負荷低減策について述べてきたが、前述のように設備機材の長寿命化や環境負荷の少ない材料(エコマテリアル)の使用、さらに使う資材(機器・配管材)を少なくするというのも重要な課題である。

3.1 設備機材の長寿命化

現在、建築後30~40年の建物を解体して建て直すことが各地で行われており、都心部の事務所ビルの寿命は鉄骨造が29年、鉄筋コンクリート造で38年との実態調査報告⁴⁾がある。

しかし、その廃棄物の処理はますます難しくなってお

表-5 配管材のCO₂排出量の比較

管 種	CO ₂ 原単位 [kg-C/kg]	単位長さあたりの重量 [kg/(m・20 A)]	単位長さあたりのCO ₂ 排出量 [kg-C/m]
配管用炭素鋼管	0.89(冷温水)	1.68	1.50
硬質塩化ビニルライニング鋼管	0.61(冷却水)	1.82	1.11
ステンレス鋼管	1.62(冷温水)	0.529	0.86
銅管(Mタイプ)	1.30(冷温水)	0.487	0.63
硬質塩化ビニル管	1.25(排水配管)	0.31	0.39

注 継手、弁頭、支持金物、保温材を含む(空気調和・衛生工学会地球環境に関する委員会“地球環境時代における建築設備の課題”(平7-7)から)。

り、これからは建物をいかに長く持たせるかが課題になり、より一層の設備の長寿命化と更新工事の容易性および機材のリサイクル性が求められるようになる。

機器については、一部に使い捨て的な軽薄短小機器があるものの、耐久性はかなり向上しているものと言えるであろう。しかし、配管材料についてはいまだに材質面あるいは施工面で耐久性に問題がある。

過去にコストダウンに迫られて、やむを得ず給水管に硬質塩化ビニル管(以下、塩ビ管と記す)を使用した建物と、硬質塩化ビニルライニング鋼管を使用した建物とを比較した場合、後者ではすでに赤水が発生して配管更新の必要性に迫られているのに反し、前者では何ら支障が起きていないという皮肉な現実直面している。

建築保全センターによる配管材料の期待耐用年数のグレード⁵⁾では、硬質塩化ビニルライニング鋼管は塩ビ管とともに40年以上の耐用年数を期待するとしているが、実際にはねじ接合部分の施工状態により耐久性が左右される。さらに、現在使われている管端防食コア内蔵型継手や弁類にしても、特に給湯管の場合シール剤やOリングの耐久性には疑問がある。

一方、合成樹脂管は金属管や非鉄金属管に比べて、10～20年以上の長い耐久性が期待できるとしており、実際に35年を経過したホテルで、塩ビ管を使用した給水管が現在でも支障なく使われている例がある。

塩ビ管は、これまでコストダウンの目的に使われるなど、ともすれば安価な面のみが注目されて使われてきたが、材質の特性を十分理解し、適正に使われた場合の耐久性に着目して、使用用途、使用水圧、設置場所などの諸条件を検討して、もっと積極的に採用してもよいのではないであろうか。

前述のように、ねじ接合配管は切削ねじ接合部の耐久性が劣るとともに、施工技術の優劣によって耐久性能が著しく異なるため、熟練配管工の減少が叫ばれる昨今では、耐久性の向上を求めるには不安が残る。

機器について考慮すべきものに水槽がある。最も多く使われているFRP製水槽の主な劣化要因は紫外線、酸性

雨、亜硫酸ガスやオゾンなどの外気の汚染などで、これらの劣化因子は水槽を屋内に設置することで排除できるものであり、耐久性向上に大きく寄与できる。

また、日常の機器・システムに対する予防保全が耐久性向上に役立つことは言うまでもない。

3.2 エコマテリアル

エコマテリアルとはその機材や材料が耐久性に富み、製造・加工・運搬・設置あるいは施工される間に排出するCO₂の総量が他に比べて少なく、リサイクルがしやすいものであるということである。

配管材は、その使用用途により要求性能が異なり、すべてを一律に論じることはできないが、CO₂排出量のみに着目すれば、合成樹脂管の排出量は他の配管材に比べて少ない。さらに、配管材の運搬、加工、施工にかかわるCO₂排出量も他に比べて塩ビ管が少ない。

表-5に示す配管材のCO₂排出量は、空調設備配管として試算されたものであるが²⁾、給排水衛生設備配管の場合にも同じような傾向を示すものと考えてよいであろう。

現在の消費量のまま推移すれば鉄は約200年で、銅や石油は約50年で資源が枯渇すると言われており、また廃棄物を捨てる場所がなくなりつつある現在、リサイクルは地球環境にとって大きな課題である。リサイクルする場合、再生材でつくる製品はできるだけ原材料に近い品質が確保されることが望ましく、そのためには異種材料が混入しないように、材質ごとの分別回収が必要となる。すなわち、配管材をリサイクルするには、建設時に単一素材の配管材を使用することが望ましく、硬質塩化ビニルライニング鋼管のような複合配管材は、現状ではリサイクルコストがかかりすぎ、継手接合部分の耐久性劣化と相まってエコマテリアルとは言い難い。

以上のことから、まだ十分検討すべき点があるが、地球環境時代に向けて配管材料は、現状ではエコマテリアルとしての合成樹脂管の活用を積極的に考慮し、対応できない用途についてはリサイクル製を考慮して、金属あるいは非鉄金属管を耐久性向上技術を駆使して使用することが望ましいのではないであろうか。

将来我々は、リサイクル配管材の使用を避けることはできないであろう。そして、それらの材質はリサイクルであるがゆえに、現在のものと比較して耐久性能が劣ることも予想される。しかし、設備機材の長寿命化は、地球環境時代の命題の一つであり、さらなる耐久性向上技術の開発が望まれる。

3.3 省 資 材

設備機材を必要最小限にとどめることも大きな課題である。

例えば、受水槽や高置水槽が不要な水道本管直結増圧給水ポンプ方式や、高置水槽が不要なポンプ直送方式は省資材になり、適切な圧力制御方式のポンプを使うことでCO₂排出量の節減も達成される。

給水管や給湯管の系統あるいは分岐バルブは、竣工後はほとんど操作されることのないものが多い、水中のスケール成分により固着して作動しなくなっていることも多い。弁類の耐用年数は10～15年と言われているが、水質によっては7～8年で弁体が動かなくなる場合もあり、配管に期待する耐用年数よりもかなり短いことに留意すべきである。必要なときに作動しないような弁類は意味がなく、弁類の設置はその必要性を十分検討して必要最小限にとどめ、“捨てバルブ”的なものはやめるべきである。

配管径を小さくすることも省資材である。改修工事の際、管径がさびなどで1/2以下に縮小している配管を撤去したことが何度かあるが、すべてに流量不足の苦情があったわけではなく、過大な配管が施工されていたとも考えられる。原則として、流量制限機能を設けないことの多い現在の給排水衛生設備では、負荷に確実に対応するためにもすれば“大は小を兼ねる”過大傾向の設計になりがちで、配管設計は特にこの傾向がある。流量制限機能の導入と管径決定法を見直すことにより、配管径が小さくなれば、それだけでもかなりの省資材になる。使用水量・湯量のデー

タを蓄積して、管径決定法ばかりでなく、装置計算用設計数値を地球環境時代に向けて見直すことが必要である。

参 考 文 献

- 1) 鎌田元康・岡田誠之：地球環境問題と水環境対策，空気調和・衛生工学，70-2(平8-2)，p. 164
- 2) 空気調和・衛生工学会地球環境に関する委員会：地球環境時代における建築設備の課題(平7-7)
- 3) 空気調和・衛生工学会給湯設備の使用感に関する研究委員会：給湯設備の使用感に関する研究(平3)
- 4) 野城智也・加藤裕久・吉田卓郎・小松幸夫：東京都中央区における事務所建築の寿命実態日本建築学会計画系論文報告集第413号(平2-7)
- 5) 建築保全センター：建築設備の耐久性向上技術(昭61)，オーム社

(1997/8/26 原稿受理)

Plumbing Systems to Cope with the Gloval Environmental Age

Masamitsu Ogawa*

Synopsis The problems to reduce environmental impacts from the use of plumbing systems are water saving, energy conservation, use of ecomaterials and construction materials saving. This paper presents several examples to meet the target of water and energy saving and a concept about the use of ecomaterials and construction materials saving as for plumbing system design and construction.

(Received August 26, 1997)

* Uni Consultants Inc., Member

編集 空気調和・衛生工学会／発行 オーム社

空気調和・給排水衛生設備 施工・維持管理の実務の知識

〈施 工 編〉 工事契約と着工準備／施工計画と管理／共通工事の施工／空気調和設備の施工／給排水衛生設備の施工／自動制御設備工事／断熱・塗装工事／耐震・防振・防音工事／検査・引渡し
 〈維持管理編〉 維持管理契約と準備／維持管理技術／機器の維持管理／設備システムの運転管理／診断と改修／維持管理技術の高度化

体 裁 B5判 291頁

価 格 定価 4,725円 会員価格 4,480円 送料 380円

(上記価格には消費税5%が含まれています)

社団法人 空気調和・衛生工学会

電話 (03) 3363-8261 FAX (03) 3363-8266