

FTC 比例制御システム

セーブ90

水道凍結防止帯用節電器

平成五年度経済産業省・資源エネルギー庁・(財)省エネルギーセンター主催
省エネ大賞・資源エネルギー庁長官賞受賞

※ 技術資料目次 ※

1. はじめに	P 1
2. 従来の水道凍結防止ヒーターとその問題点	P 2, 3
3. セーブ90の原理	P 3, 4, 5
4. ON/OFFの温度域と時間周期	P 6
5. 特徴	P 6, 7
6. 電気温度特性表	P 8
7. T F Tヒーターの節約金額	P 9
8. N F オートヒーターの節約金額	P 1 0
9. セーブ90節電器使用後の電気料金	P 1 1
1 0. セーブ90の定格・注意事項	P 1 2

テムコ株式会社

1. はじめに

近年における一般家屋の構造は、給水・給湯設備が充実し、生活が非常に便利になってきております。つまり、台所・洗面所・トイレ・風呂場などには必ず給水・給湯設備が設置され、寒い冬でも暖かいお湯を使うことができます。これらは、電気温水器やボイラー・ソーラーシステムの普及と建築設計思想が豊かになったからに他なりません。反面、これらの給水・給湯設備の充実によって、電気代も以前とは比較にならないほど増加し、家計を圧迫していることも事実です。

この要因は、ほとんどが凍結防止帯ヒータにあります。各家庭ではこれをなんとか節約しようと、朝晩ヒータの電気を入れたり切ったりして努力をされております。しかし、まれには電気の入れ忘れによる凍結事故も発生しています。こうした場合には大変な費用と不便を被ることになります。

当社が開発した節電器「セーブ90」は、FTC 比例制御によって、凍結防止帯ヒータを最も安全に効果的に節電するシステムです。ご存知の通り凍結防止ヒータは水道又は給湯管の凍結を防止するヒータです。従ってその性能は水道又は給湯管の温度を5℃前後にコントロールすることが求められます。しかし現状は、言い換えれば従来の技術はTFT又はNFオートヒーターいずれも冬季間又は一年中通電しっぱなしというセンサー技術でしかありません。この結果、前述した電気代の大幅な増加の要因となっているわけです。

FTC 比例制御節電器「セーブ90」は、その驚異的な節電率と安全性において、最も先進的な節電システムとして、平成6年度 経済産業省・資源エネルギー庁・財省エネルギーセンター主催の「省エネ大賞・資源エネルギー庁長官賞」を見事受賞しました。その理由は、不可能とされた水道・給湯管温度を検出し5℃前後にコントロールするために外気温度・風速・日照・水道管温度の相関分析をすると同時に、水道管温センサー、外気温度センサー、風速センサー、日照センサーを搭載し比例制御する回路を構築したからに他なりません。

ご存知の通り、水1gは80calの熱量を蓄熱し80calの熱量を放熱してから凍り始めます。更に人間の体感温度と同じように風速1m/secで1℃の熱が放熱されます。水道管が凍る、凍らないは外気温だけだと思っているとしたら大いなる誤解です。水道管が凍る、凍らないで一番怖いのは、外気温度は勿論ですが風速です。「セーブ90」の開発、試作、実機試験の過程で最も驚いたのは外気温がプラス2℃にも関わらず水道管が凍ってしまったことです。この時に初めて水道凍結防止帯の節電器は、外気温は勿論のこと風速・日照及び水道管の温度をも検出し、尚水道管温を5℃前後に維持するために、ヒータを外気温・風速・日照・水道管温の相関に基いてON/OFF比例制御しなければならぬということでした。結果、凍結防止ヒータの電気代を最も安全に90%以上節約する快挙を達成することができたのです。

1991年の発売以来、合計50万台以上の販売実績において「セーブ90が原因で水道管が凍った」という家庭は一軒もありませんでしたが、「セーブ90のおかげで電気代がびっくりするほど安くなった」というお礼の電話やお手紙を数多く頂いております。

2. 従来の水道凍結防止帯ヒータとその問題点

1) 従来の凍結防止帯ヒータ

従来の水道凍結防止帯ヒータは、ヒータとヒータを制御する温度スイッチより構成されている。

ア) 温度スイッチ

従来の水道凍結防止帯ヒータに使用されている温度スイッチは、バイメタルサーモスタットやサーマルリードスイッチ等の ON/OFF 2位置制御の温度スイッチが使われている。

<温度特性>

- ・ 通電開始温度 (ON 温度) $6\pm 3^{\circ}\text{C}$
- ・ 通電停止温度 (OFF 温度) $16\pm 3^{\circ}\text{C}$
- ・ 温度ディファレンシャル 10°C

通電開始温度 (ON 温度) $6\pm 3^{\circ}\text{C}$ は現在の技術水準に於けるバイメタルサーモスタットやサーマルリードスイッチの温度精度及び1・2階の温度差、風速、水道管の長さ、逆転現象、家屋の立地条件を考慮し、水道管の凍結を防止する為設定された値であり、耐寒性能試験や実機試験及び過去の実績から非常に適切な値であることが実証されている。従って省エネという視点のみで、例えば単純に $0\pm 3^{\circ}\text{C}$ に設定温度を下げたり、サーミスタで電圧制御することは凍結事故をまねくばかりでなく、節電効果も望めないことが種々の実験で明らかとなっている。

イ) ヒータ

ヒータは現在 TFT ヒータと NF ヒータが実用化されており、その発熱量は TFT ヒータが 15W/m 、NF ヒータが $44\text{W}\sim 22\text{W/m}$ ($0^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$) となっている。この発熱容量は水道管の凍結を防止する為に様々な実験を経て設定された値であり、とりわけ耐寒性能と風速を考慮した時これ以下に出来ない値である。従って省エネという視点のみで例えば単純に位相制御 (半波整流等) によって発熱容量を半減 ($15\text{W/m}\rightarrow 7.5\text{W/m}$) することは凍結事故を招くばかりでなく、節電効果も望めないことが種々の実験で明らかとなっている。特にサーミスタによる電圧制御をした場合、トライアックノイズが発生するばかりでなく凍結事故や雷サージによる事故が頻繁に発生することが実証されています。

2) 従来の水道凍結防止帯ヒータの問題点

様々な自然界の厳しい条件の中で水道管の凍結を防止する為に開発された水道凍結防止帯ヒータは、その温度スイッチの ON/OFF 温度の設定やヒータの発熱容量の設定は様々な実験と過去の長い実績の中から生まれたものであり、決して過剰品質ではなく非常に適切な値であることが種々の実験によって確認されている。しかしこの為、冬期間はほとんど通電状態となり、図一1 に示す毎く、大変な電力量と電気代がかかることも事実である。

図一1

平年気温	通電時間 (H)		消費電力 (KWH)		電気料金 (円)		節約金額 (円)
	従来品	セーブ 90	従来品	セーブ 90	従来品	セーブ 90	
1 1月	720	0	288	0	7,489	0	7,489
1 2月	744	50	298	20	7,748	520	7,228
1 1月	744	171	298	68	7,748	1,768	5,980
2 2月	696	160	278	64	7,228	1,664	5,564
3 3月	744	30	298	12	7,748	312	7,436
4 4月	720	0	288	0	7,489	0	7,489
合計	4,368	411	2748	164	45,450	4,264	41,186

※その年の気候条件等により節約金額は前後します。

上記金額は長野県諏訪測候所の過去 30 年間の平年気温を基に、40W の TFT 凍結防止ヒータを 10 本使用した場合の電気代試算額となります。

3. 「セーブ 90」の原理

凍結の要因である熱の移動の仕方には熱伝導、熱対流及び熱放射の三つがあります。そして、熱の移動に伴い物質の温度変化及び性質が変わり、現象の現れ方やその速度も変わります。例えばアルコールは零下になっても凍りませんし、温度は外気温に比例することが知られています。しかし水の場合は零下になりますと凍ります。更に、温度は地熱効果により外気温に比例しなく、水の持つ凝固熱 (80cal/g) により水全体が凍るまではたとえ外気温がマイナス 20℃になっても水の温度は変わりません。

(図-3 参照)

一般的に時間 t に流れる熱量を Q 、物質の長さを l 、断面積を S 、物質の両端の温度を θA 、 θB ($\theta B > \theta A$) としますと

$$Q = \lambda ST(\theta B - \theta A) / l \quad (\text{但し } \lambda \text{ は物質による定数で熱伝導率という})$$

が成り立つことが知られています。そして単位面積を単位時間に流れる熱量 q は

$$q = (\theta B - \theta A) / (l / \lambda) \quad (\text{但し } l / \lambda \text{ は熱伝導抵抗という})$$

で温度差に比例し l / λ に比例します。

どんな物質でも最終的には、熱平衡 ($\theta B = \theta A$) 状態となりますが、凍結防止帯を効率よく使うには、水道水が凍結しない状態の熱平衡をいかにコントロールするかにあります。つまり図-2において

$$q = (\theta 6 - \theta 1) / (l / \lambda)$$

の熱平衡を凍結温度 θ_1 にならない為に、 θ_5 、 θ_4 、 θ_3 、 θ_2 の熱量を最小限に押える為の凍結防止のコントロールが必要になります。

いいかえれば水道水の凝固熱 (80cal/g) を補給することにより水道の凍結は防止できることになります。

具体的には、次の計算式で表す熱量を凍結防止帯ヒータから補給すれば良いことになります。

$$Q1 = (15W/m \times 867cal/w) \ t / 60$$

補給時間 t (ON 時間) は、FTC 比例制御回路が、熱平衡の原理を応用して計算し、決めます。この FTC 比例制御回路は、外気温ばかりでなく、風と陽光の強さ及び屋外と屋内の温度差も補正します。

つまり、屋外の凍結は風と陽光の強さに大いに関係してきますし、特に屋内の蛇口の凍結は屋外の温度と大いに関係してきます。

つまり、屋外の温度がどんどん下ってきた時、水道管の温度は逆に温度上昇する様に、FTC 比例制御回路が計算し、電気を供給します。そうしないと、屋外の温度に屋内の温度も基本的には比例して下がりますから、屋内の凍結防止帯を巻いてない蛇口分部が凍ってしまうからです。屋外の温度と水道管の温度との相関は上述した熱量 $Q1$ を補給し、尚最低でも 2mm 保温テープ 1/2 重ね巻きしたとき、下記の通りになります。

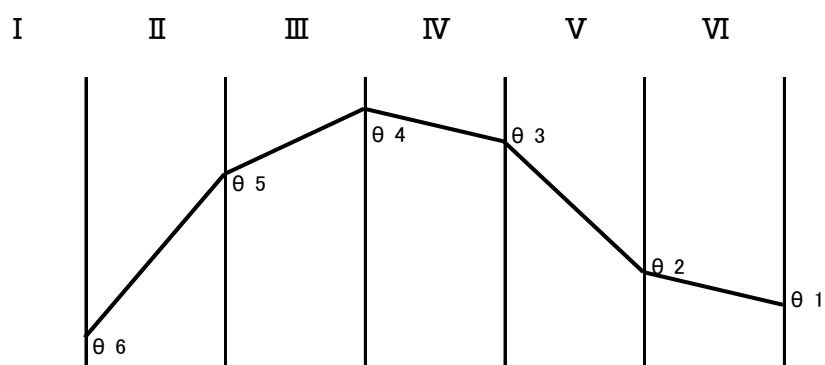
屋外の温度(°C)	水道管の温度(°C)	ON 時間(分/時間)	通電率(%/時間)
6°C	7°C	0 分	0%
4°C	7°C	0 分	0%
2°C	7°C	0 分	0%
0°C	7°C	15 分	25%
-2°C	7°C	24 分	40%
-4°C	8°C	30 分	50%
-6°C	9°C	40 分	67%
-8°C	10°C	46 分	77%
-10°C	12°C	60 分	100%
-12°C	10°C	60 分	100%
-14°C	8°C	60 分	100%
-16°C	6°C	60 分	100%
-18°C	4°C	60 分	100%
-20°C	2°C	60 分	100%

注) 風速 2m/S

保温材 2m/mt1/2 重ね巻き

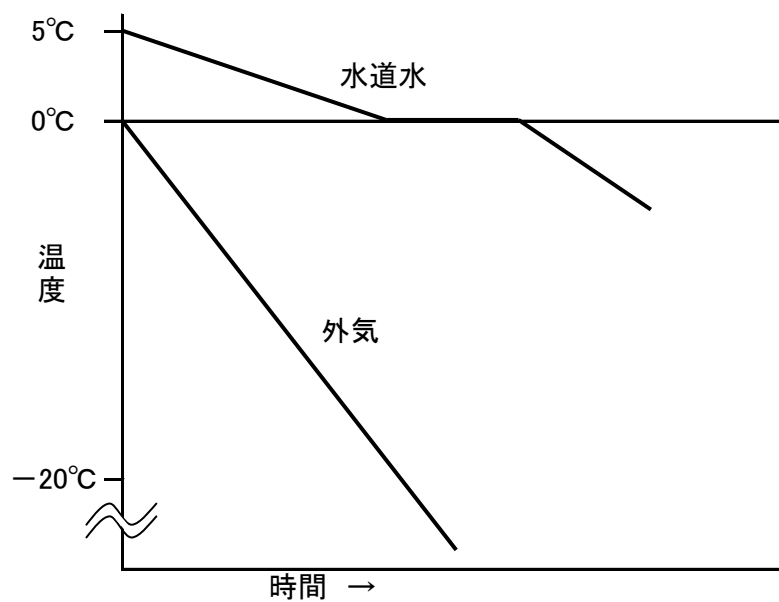
日照 夜

図-2 水道の温度分布



- | | |
|-------------|----------------------|
| I : 外気 | $\theta 6$: 外気温度 |
| II : 断熱材 | $\theta 5$: 断熱材温度 |
| III : 凍結防止帯 | $\theta 4$: 凍結防止帯温度 |
| IV : 水道管 | $\theta 3$: 水道管温度 |
| V : 水道水 | $\theta 2$: 水道水温度 |
| VI : 凍結 | $\theta 1$: 凍結温度 |

図-3 外気温度と水道水の温度相関



4. ON/OFF の温度域と時間周期

水道管の凍結は、前述した様に、周辺環境条件（外気温・風速・日照）に水道管が熱平衡し、水道管が 0℃ となってから凝固熱を放熱し終わって初めて凍結を始めます。

従って水道管の凍結を必要最低限の熱量で効率よく防止する為には、まずこの基本的な相関関係を調べる必要があります。

つまり周辺環境条件（外気温・風速・日照）と水道管の温度の相関がわかれば、どのような環境条件（外気温・風速・日照）の時にどの位の電力を供給すれば水道管が凍らないかがわかります。

この為には周辺環境条件（外気温・風速・日照）を検出できる全く新しい素子を開発しなければなりません。そして周辺環境条件（外気温・風速・日照）を検出できたら次にどの位の電力を供給すれば水道管が凍らないかというシステムを回路として構築しなければなりません。

FTC 比例制御回路はこの全く新しい素子とシステムを様々なシュミレーションと試行錯誤の実験によって生み出されました。

FTC 比例制御回路はこの全く新しい素子とシステムの開発によって従来成しえなかった外気温と風速及び日照を検出し、水道管が凍る条件の時だけ電力を供給します。

従って従来のバイメタルサーモスタットやサーマルリードスイッチ等の ON/OFF 2 位置制御の温度スイッチと違って、ON/OFF の温度域と時間周期は全く決まっていません。水道管が凍ると判断した時だけ電力を供給するシステムなのです。

5. 「セーブ 90」の特徴 (ESS-T04・T05・T06)

1) 冬の電気代を平均 3～4 万円節約します。

1 1 月から 4 月までの半年間で、水道凍結防止帯ヒータで使う電気代は、平均 3～4 万円。「セーブ 90」を取付ければ、平均 90% も節約し、電気代はわずか 3～4 千円で済みます。ひと冬だけで、平均 3～4 万円以上節約できます。

(気象庁諏訪測候所 1961 から 1990 年 統計データを基に試験した)

詳細資料 9. 消費電力テスト

10. 性能比較テスト

気象庁諏訪測候所

1961～1990 年 統計データ (平年気温)

2) 業界初の FTC 比例制御でムダなく、ムリなく、賢く節電

「セーブ 90」は、水道の温度を FTC 比例制御する業界初のシステム。従来の外気温でオン・オフする、ON/OFF 2 位置制御サーモスタット方式の節電器や電圧制御では、節電効果はあがりません。

「セーブ 90」は、FTC 比例制御で外気温に関係なく、水道管を 7℃ 前後に保つシステム。たとえ、外気温が 0℃ 以下の時でも、水道温が 7℃ 以上ならスイッチはオフ。水道温に合わせて、こまめにオン、オフを切替え、ムダなく、ムリなく節電します。

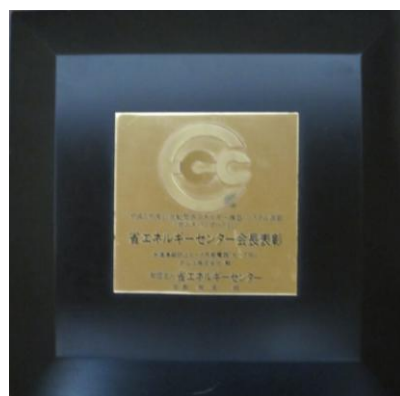
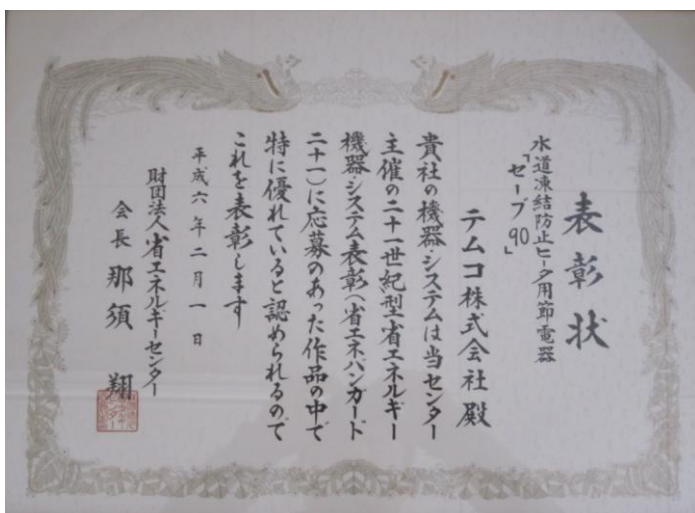
詳細資料 6. 電気特性

7. 一般特性

8. 耐寒テスト

- 3) 水道凍結防止帯ヒータの寿命を大幅アップ
「セーブ90」なら FTC 比例制御で凍結防止帯ヒータの使用時間を大幅に減少させ、ヒータの寿命まで大幅にアップします。通電時にはランプが点灯してお知らせしますから安心、安全です。
- 4) 取付け簡単、手間いらず
「セーブ90」は、今お使いいただいている水道凍結防止帯ヒータに接続するだけ。しかも1年中接続したままで OK。メンテナンスの面倒な手間いらずです。
- 5) 「セーブ90」は、様々な過酷なテストを経て生まれた新製品。
先進の FTC 比例制御技術と相まって、当社が自信と責任を持ってお薦めできる新製品です。「保証書」はこの証です。安心してお買い求め下さい。

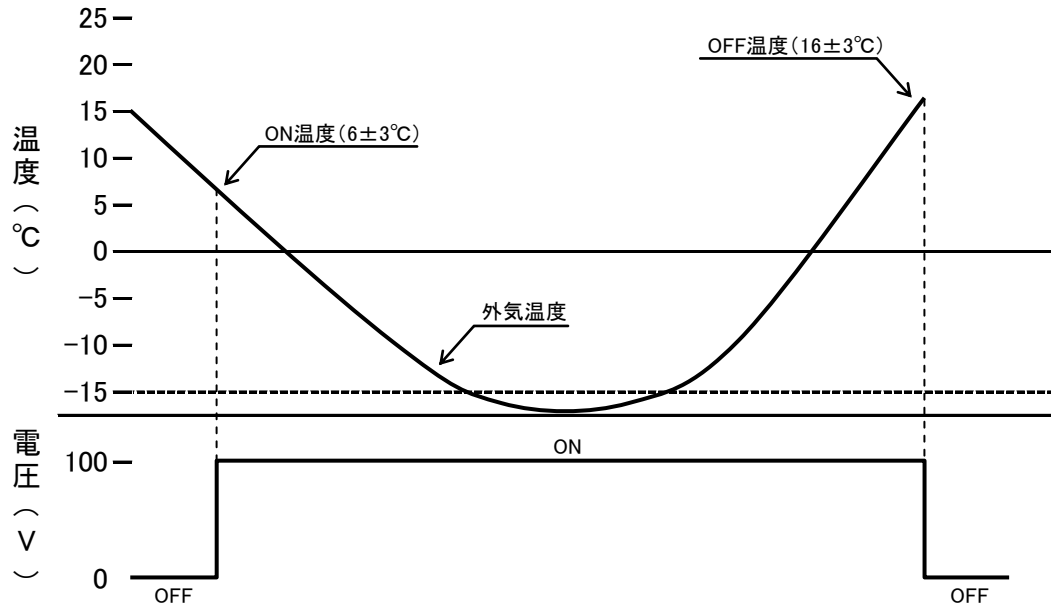
平成六年度経済産業省・資源エネルギー庁・(財)省エネルギーセンター主催
省エネ大賞・資源エネルギー庁長官賞



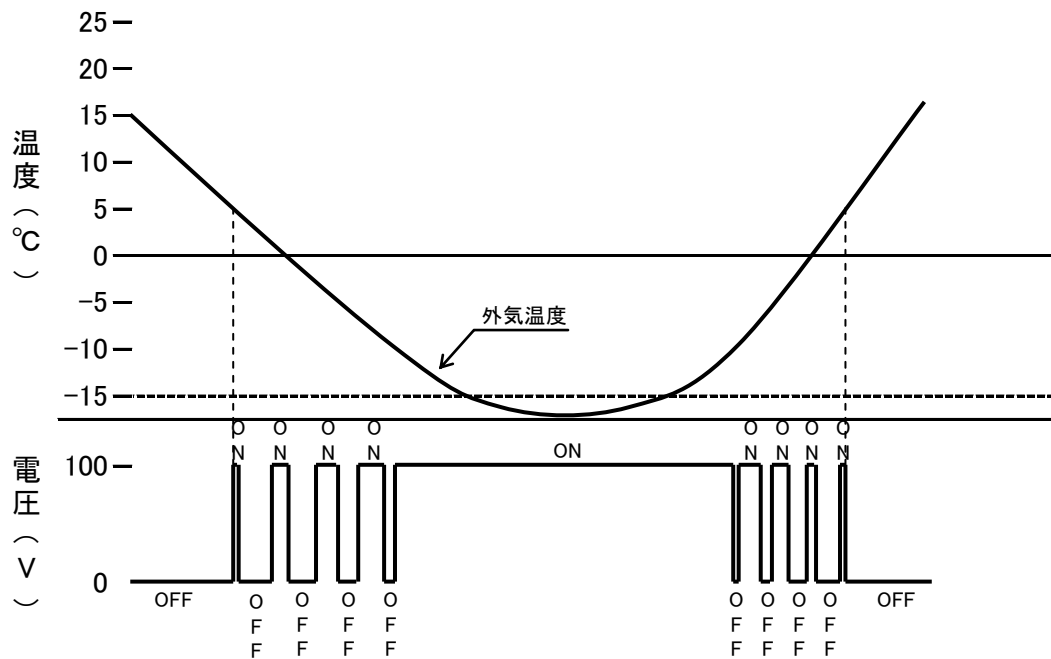
6. FTC 比例制御節電器「セーブ90」電気特性表

テムコ株式会社

従来凍結防止ヒーター：ON/OFF 2位置制御(温度ディファレンシャル 10°C)



セーブ90：FTC比例制御(温度ディファレンシャル 0.1°C)



7. TFT 凍結防止ヒーターの節約金額

テムコ株式会社

水道凍結防止ヒーター 400W/計

平年気温 統計期間 1961～1990年
(気象庁諏訪測候所)

詳細 別紙データ参照

	月間通電時間 (H)		月間消費電力 (KWH)		電気料金		節約金額
	従来商品	セーブ 90	従来商品	セーブ 90	従来商品	セーブ 90	
平年 11月	720	0	288	0	7,489	0	7,489
平年 12月	744	50	298	20	7,748	520	7,228
平年 1月	744	171	298	68	7,748	1,768	5,980
平年 2月	696	160	278	64	7,228	1,664	5,564
平年 3月	744	30	298	12	7,748	312	7,436
平年 4月	720	0	288	0	7,489	0	7,489
合計	4,368	411	1,310	164	45,450	4,264	41,186

中部電力株 昭和 63 年 1 月 1 日改定

※その年の気候条件等により節約金額は前後します。

上記金額は長野県諏訪測候所の過去 30 年間の平年気温を基に、40W の TFT 凍結防止ヒータを 10 本使用した場合の電気代試算額となります。

8. NF オートヒーターの節約金額

テムコ株式会社

水道凍結防止ヒーター NF オートヒーター 45W~22W/m
平年気温 統計期間 1961~1990年
(気象庁諏訪測候所)

詳細 別紙データ参照

	1本	2本	3本	4本	5本	6本
年間節約消費電力 (KW)	319.3	638.6	957.9	1277.1	1596.4	1915.7
年間節約電気料金 (円)	8,302	16,603	24,905	33,203	41,505	49,806

※その年の気候条件等により節約金額は前後します。

上記金額は長野県諏訪測候所の過去30年間の平年気温を基に、40WのNFオートヒーターを1~6本使用した場合の電気代試算額となります。

9. セーブ90 FTC 比例制御節電器使用後の電気料金

テムコ株式会社

契約電流 30A

凍結防止器 TFT ヒーター AC100V 60W 6 本

中部電力(株) 昭和 63 年 2~3 月 領収書による

区分	科目	節電器使用前	節電器使用后
消費電力		569KWH (電気料金領収書による)	303KWH (電気料金領収書による)
従来電灯乙 の全体料金	基本料金 電力量料金 電気料金 電気税 請求金額	780 円 第 1 段階 16 円 94 銭×120KWH =2,032 円 80 銭 第 2 段階 23 円 03 銭×130KWH =2,993 円 90 銭 第 3 段階 26 円 13 銭×319KWH =8,335 円 47 銭 計 569KWH 13,362 円 17 銭 780 円+13,362 円 17 銭=14,142 円 14,142 円×5%=707 円 14,142 円+707 円=14,849 円	(左に同じ) 第 1 段階 (左に同じ) 2,032 円 80 銭 第 2 段階 (左に同じ) 2,993 円 90 銭 第 3 段階 26 円 13 銭×53KWH =1,384 円 84 銭 計 303KWH 6,411 円 59 銭 780 円+6,411 円 59 銭=7,191 円 7,191 円×5%=359 円 7,191 円+359 円=7,550 円
内訳 凍結防止器	基本料金 電力量料金 電気料金 電気税 請求金額	0 円 第 1 段階 0 円 第 2 段階 0 円 第 3 段階 26 円 13 銭×60W×6 本× 24H×30 日=259.2KWH) =6,772 円 90 銭 (250KWH 超過分) 6,772 円 6,772 円×5%=338 円 6,772 円+338 円=7,110 円	(左に同じ) 第 1 段階 (左に同じ) 第 2 段階 (左に同じ) 第 3 段階 26 円 13 銭×(60W×6 本×1.44H ×30 日=15.55KWH) =406 円 37 銭 (250KWH 超過分) 406 円 406 円×5%=20 円 406 円+20 円=426 円
その他の料金		14,849 円-7,110 円=7,739 円	7,550 円-426 円=7,124 円
凍結防止器 1 本当り電気料		7,110 円÷6 本=1,185 円	426 円÷6 本=71 円
凍結防止器 1 冬当り電気料		1,185 円×6 本×6 ヶ月=42,660 円	71 円×6 本×6 ヶ月=2,556 円
節電金額	1 冬当り 1 ヶ月当り	40,104 円 6,684 円	
節電率		40,104 円÷42,660 円=95%	

10. セーブ90の定格・注意事項

テムコ株式会社

1) 最大定格

機種	最大定格	水道凍結防止ヒーター取付可能本数
ESS-T04	AC100V 100W 1A	1本
ESS-T06	AC100V 200W 2A	2本
ESS-T05	AC100V 300W 3A	3本

2) 注意事項

電気用品取締法及び各電力会社の内部規定により屋外のタコ足配線は厳禁となっております。分岐コードまたはテーブルタップ等でセーブ90にタコ足配線をした場合、紫外線劣化により分岐コードまたはテーブルタップにひび割れが発生し、短絡・ショートにより火災の危険性が生じます。分岐コード等によるタコ足配線は絶対にやめて下さい。