

グラスライニング温水ボイラの開発

Development of Domestic Glass-lined Hot Water Boiler

横山 精*
Akira Yokoyama

伊伯生 穂*
Ikuo Saeki

鈴木 信次*
Shinji Suzuki

吉田 貞夫*
Sadao Yoshida

内藤 猛美*
Takemi Naitô

要 旨

セントラルヒーティングが普及するにつれ、主要機器である家庭用温水ボイラの需要が急増している。日立製作所では、従来より熱出力の異なる温水ボイラを種々開発し、「日立ファミリーボイラ」の名称で発売してきた。これらの温水ボイラは、熔融金属メッキを施した熱交換器のものである。今回、耐食性にすぐれ、温水ボイラ用熱交換器の表面処理として最適と考えられるグラスライニング処理の温水ボイラを4機種開発した。

本稿は、グラスライニングの耐温水性、開発した温水ボイラの仕様、構造および性能について報告するものである。

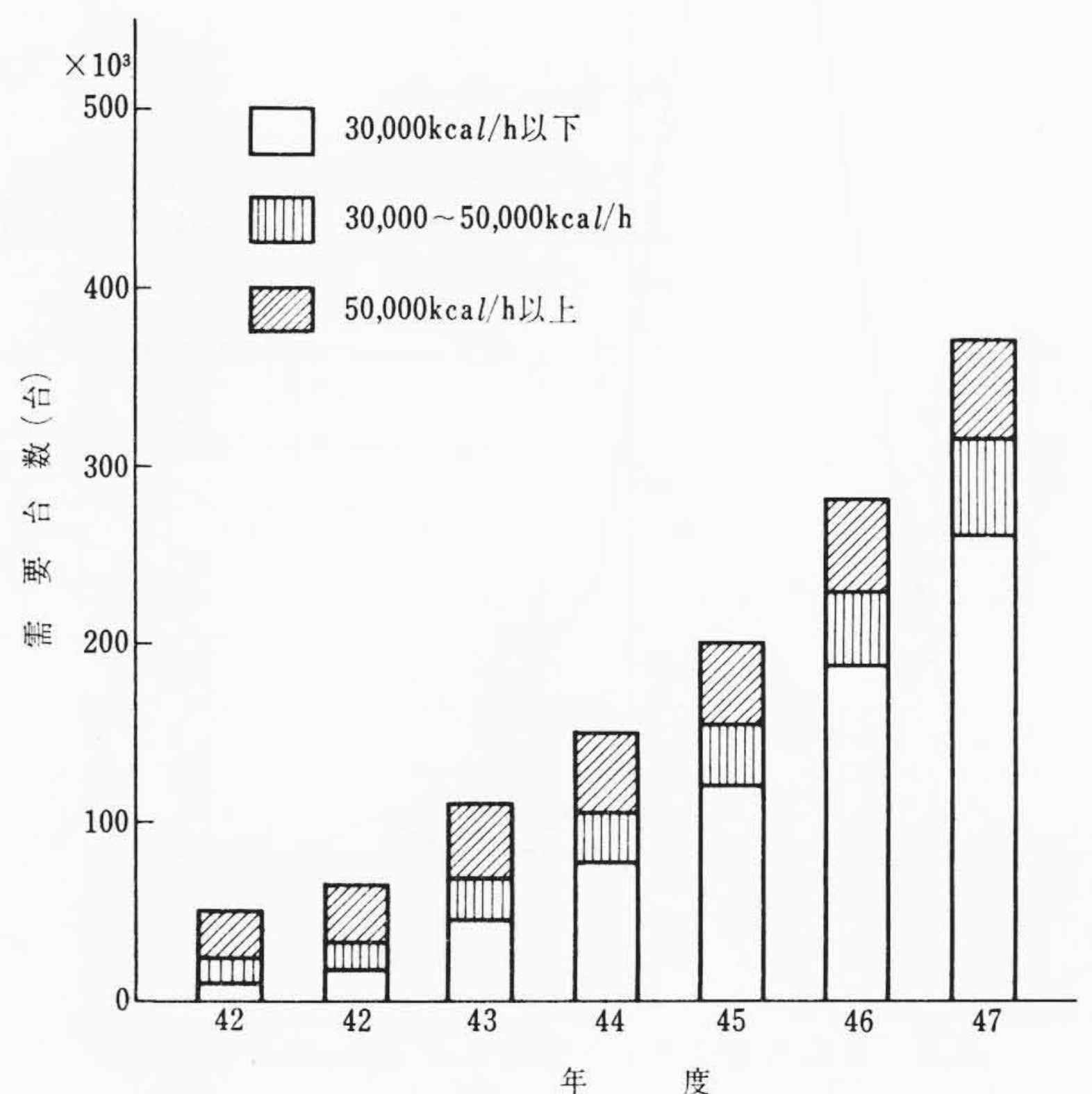
1. 緒 言

最近、一般家庭でもセントラルヒーティング設備を施工する例が多くなってきた。これは、国民所得の増大、生活様式の高度化、生活環境改善意識の高まりなどによるものである。セントラルヒーティングは、熱源の供給方式により二つの方式に分類される。第一の方式は、温風暖房機により直接空気を暖めて、ダクトで各部屋（へや）に導いて暖房する温風暖房である。第二は、温水ボイラで加温した60～80℃の温水を、各部屋に配管で導き放熱機で暖房する温水暖房である。わが国では、風呂（ふろ）を多用すること、暖房と給湯を同一設備で行ないたいことなどの要望が強く、また、温風暖房用ダクトの施工業者より、温水暖房用配管の施工業者のほうが多いなどの理由で、温風暖房方式より温水暖房方式の普及が先行している。

わが国のセントラルヒーティングの普及状況は、温水ボイラの需要推移から予測できる。図1は、わが国の温水ボイラの需要推移を示したものである。図1に示すように、熱出力30,000 kcal/h以下の温水ボイラの年平均需要増加率は昭和42年度から昭和44年度に50%強を示している。温水ボイラの総需要台数は昭和44年度に15万台であり、昭和45年度では約20万台が見込まれている。

温水ボイラは、セントラルヒーティングの重要な要素であるので、長寿命のものが要求される。寿命の点から考えて最も重要な温水ボイラの構成部品は、熱交換器であり、特に内面の処理にはじゅうぶんな考慮を払わなければならない。熱交換器の表面処理としては、従来、熔融金属メッキが採用されているが、アメリカでは、小熱出力のガス燃焼温水ボイラの表面処理としてグラスライニングを採用している。このグラスライニングは、耐食性にすぐれ温水ボイラ用熱交換器の表面処理として信頼性が高くアメリカにおける実績も顕著である。しかしわが国では、温水ボイラ用熱交換器にグラスライニング処理を施した例は少なく、白灯油を燃料として使用する温水ボイラの熱交換器にグラスライニング処理を施した例はない。そこで筆者らは、グラスライニングに使用するフリットの成分、混合割合と耐食性などについて基礎研究を重ね、耐温水性にすぐれたグラスライニング処理に成功した。この耐食性にすぐれた特性を示すグラスライニング処理を行ないやすくするために、熱交換器の構造、材質に検討を加え、さらに溶接技術を確立し、温水ボイラとして完成することができた。現在、グラスライニング温水ボイラとして、BO-158形、BO-210形、BO-310形、BO-320形の4機種が販売されている。

* 日立製作所柳井工場



(昭和44年2月日本暖房機器工業会調べ)

図1 温水ボイラの需要推移

2. 温水ボイラ用熱交換器の防食

温水ボイラの寿命を保ち、腐食生成物の混入しない清潔なお湯を供給するという点から、熱交換器は耐食性のすぐれた材料で製作しなければならない。

従来は、熱交換器の耐食性を向上するために、亜鉛、アルミニウムなどの熔融金属メッキを行っていた。熔融金属メッキの防食効果は、使用水の水質に大きく左右されるので、温水ボイラの設置にあたっては、据付前に使用水の水質調査を行ない、使用の可否を決めることが必要であった。このため、温水ボイラの設置条件の一つとして、使用水の水質に制約を加えなければならなかった。しかし全国的に急増する温水ボイラの需要に対処してゆくためには、水質の影響を受けにくい耐食性のすぐれた材料で熱交換器を製作するか、または耐食性のよい表面処理を施した温水ボイラを生産しなければならない。耐食性のすぐれた材料で熱交換器を製作することは、温水ボイラが高価なものとなるため、家庭用としては向かない。そこで、筆者らは、鋼板に施す表面処理を開発することにした。

温水ボイラを低価格で使用者に提供するためには、熱交換器に施

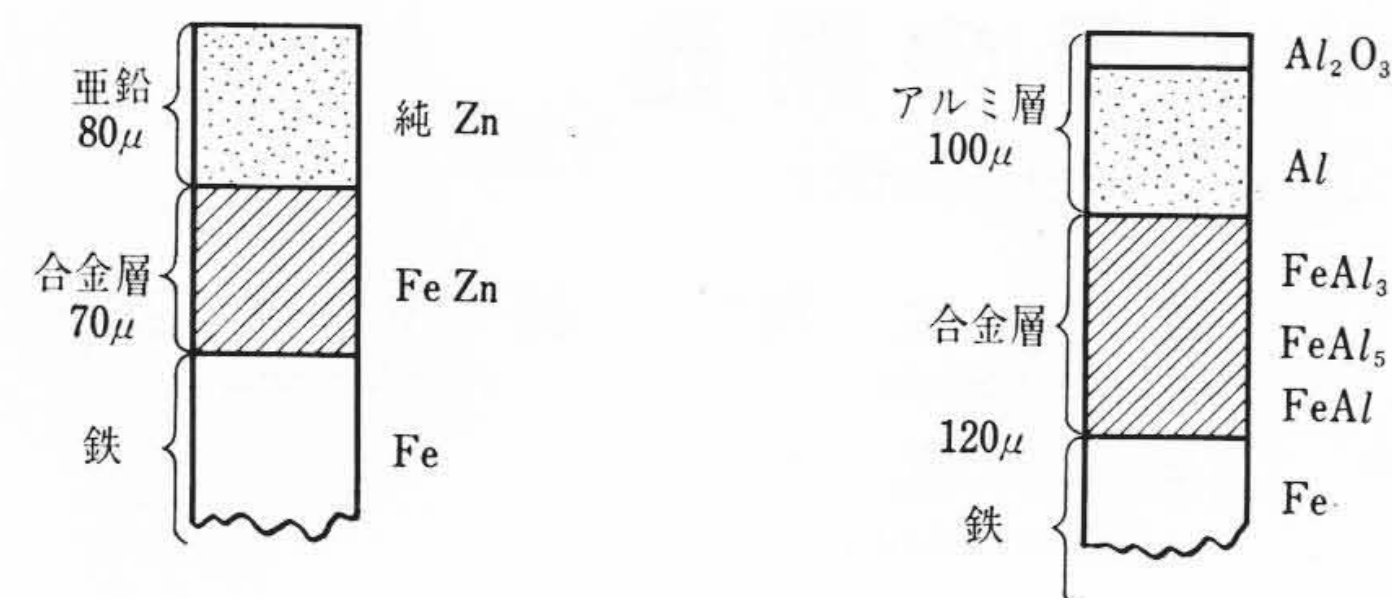


図2 溶融金属メッキ層の組成

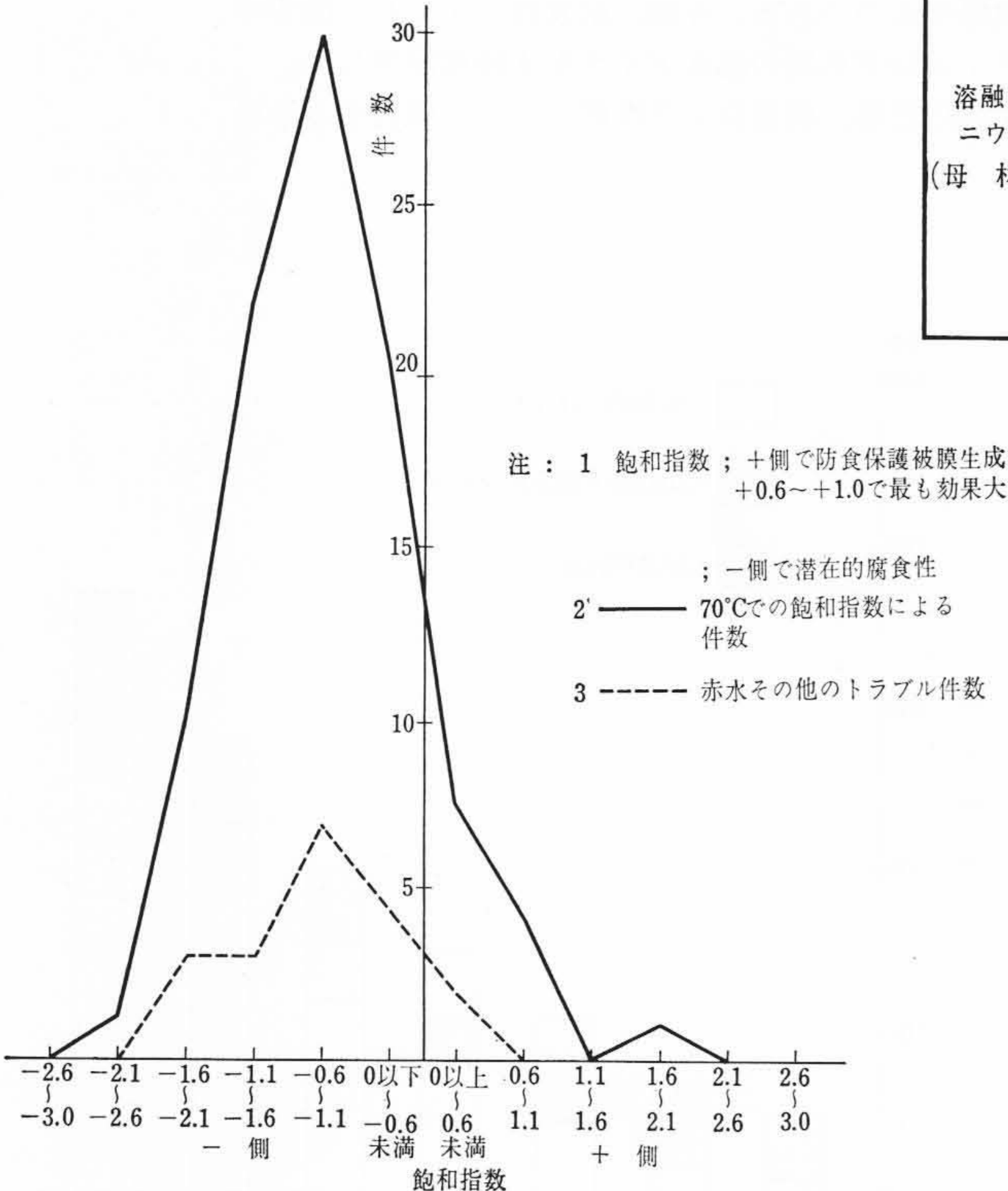


図3 日本各地のボイラ用給水の Langelier 飽和指数

す表面処理は表面処理そのものが安く、しかも量産性の良いものでなければならない。このような観点から、従来の溶融金属メッキを見直してみると、金属メッキを施した熱交換器は、使用水の水质に左右されて、寿命が短くなったりするので、販売範囲を限定せざるを得ない。また、金属メッキは、メッキ工程のうち前処理工程に長時間を要するので、量産工程上、作業タクトがアンバランスになり量産性が乏しい。

アメリカでは、温水ボイラ用熱交換器の表面処理にグラスライニングを行なっている。また、ガス燃焼温水ボイラの生産台数も多く、長年の使用実績がある。筆者らは、アメリカにおけるグラスライニング温水ボイラの使用実績の調査、グラスライニング皮膜の耐食性の調査結果から、温水ボイラ用熱交換器の表面処理としてのグラスライニングは、信頼度が高いと考えられるので、これを開発することにした。わが国では、白灯油燃焼の温水ボイラ用熱交換器を、グラスライニング処理した例はない。そこで、まず、グラスライニングに使用するウワグスリの混合成分割合と耐温水性の関係を検討することから基礎的な研究を開始した。

2.1 従来の表面処理方法

一般には、温水ボイラ用熱交換器の表面処理として、(1)溶融亜鉛メッキ、(2)溶融アルミニウムメッキが行なわれている。

表1 溶融金属メッキの耐水特性

使用材料	耐水特性			
	受動態の特性の安定 □ 不感性 (SHE) ▨ 腐食 ▩ 受動態	pHに耐する腐食性	純水に対する抵抗性	有害元素不純物
溶融亜鉛メッキ (母材軟鋼)	やや安定を欠く (クロメート処理で安定) 	両性(pH7~11で安定) 	高温水で腐食	重金属類 溶存 O_2^{--} NO_3^- HCO_3^-
溶融アルミニウムメッキ (母材軟鋼)	安定 (水中で自己受動態化) 	両性(pH5~8で安定) 	高温水で やや安定	重金属類 溶存 Cl^- 溶存 O_2^{--}

図2は、溶融亜鉛メッキおよび溶融アルミニウムメッキ（以下溶融金属メッキという）のメッキ層とその合金層の組成を示したものである。溶融アルミニウムメッキは、溶融亜鉛メッキに比べて、合金層の耐食性がすぐれているので、一般には、大形温水ボイラ用熱交換器や化学機械類の表面処理に採用されている。

溶融金属メッキは溶接作業が完了し、熱交換器としての形状が完成したものに処理することができるので、寸法、構造上の制限は比較的緩和される。しかしその処理過程で、脱脂、酸洗いなどの前処理、浸漬(しんせき)時間、メッキ浴温度の管理およびあと処理などの一貫した品質管理に熟練を要する。また、処理工程のうち前処理に長時間を要するので量産性に乏しい。

2.2 水質の影響

表1は溶融金属メッキの耐水特性を示したもので、pHが7付近では腐食減量が少なく、pHが酸性またはアルカリ性に片よったところでは腐食傾向が大きい。また、水中に含まれる Cl^- 、 NO_3^- 、重金属類元素および溶存 O_2^{--} に対してもメッキ層は影響を受けやすい。これらの腐食要因のほかに、使用水中に含まれているCa、Mgなどの塩基性炭酸塩によって金属表面に形成される皮膜が防食効果に著しく影響を及ぼす。金属表面に保護皮膜を形成する程度は、使用水の飽和指数⁽¹⁾ (Langelier 飽和指数または Saturation Index (S.I.))で示される。この指数は、一般に金属表面への $CaCO_3$ の形成難易を示す一つの指標として、水のCa硬度、水温、Mアルカリ度、pHおよび全溶解固形物の混入量によって算出される。

飽和指数が+ (プラス) 側では、主として $CaCO_3$ からなる薄い皮膜が金属表面に形成され、 $CaCO_3$ 皮膜が、腐食を促進する主要因である溶存酸素の拡散を抑制する。このため、金属表面の防食が行なわれ、軟水に対しては+0.6~+1.0の範囲でその効果が最も著しい。一方、- (マイナス) 側では、 $CaCO_3$ が不飽和となり、皮膜を形成しないので腐食しやすい傾向となる。

図3は、日本各地の使用水の飽和指数を示したもので、ほとんどが腐食傾向を示している。この傾向は、年々工業化が進むにつれて著しくなると予想される。

溶融金属メッキを施した熱交換器を使用した温水ボイラは、使用水の水质に制限を受けるので、多種多様にわたる一般需要家向けとしては、水質の影響を受けない熱交換器が望まれていた。

このような要求を満たすものとして、アメリカでの使用実績のあるグラスライニングがある。表2は、溶融金属メッキとグラスライ

表2 熔融金属メッキとグラスライニングとの耐水特性比較

表面処理	熔融金属メッキ	グラスライニング
耐水特性		
水素イオン濃度 (pH)	酸, アルカリで腐食	市水の範囲で問題なし
飽和指数 (軟水/硬水)	+0.6~+1.0 で適切 (亜鉛) -側で腐食増加	影響なし
重金属, 有害元素	影響される	影響なし
防食電位	約 70℃ で逆転することあり (亜鉛)	影響なし
Mg アノードによる電気防食の効果	普通 (保護被膜形成後の防食電流密度小)	大きい (防食電流密度大)

表4 ほうろう中の SiO₂, Al₂O₃ の組成

ほうろうの種類	SiO ₂	Al ₂ O ₃
普通ほうろう (L)	46%	3%
耐酸ほうろう	53%	15%
耐温水グラスライニング (A)	58%	12%
耐温水グラスライニング (B)	52%	22%

表3 ほうろうの定性分光分析結果

ほうろうの種類	検 出 元 素 (+ が多いほど含有率が高い)													
	Si	Na	Ni	Co	Mn	Al	Cu	Mg	Mo	Zn	Ti	Zr	B	
普 通 ほ う ろ う (L)	■	■	+	+	■	■	■	+	-	-	-	こん跡	■	
耐温水グラスライニング (A)	■	■	■	■	■	■	■	こん跡	■	-	+	+	■	
耐温水グラスライニング (B)	■	■	+	■	+	+	■	+	-	-	こん跡	+	■	

ニングとの耐水特性を比較したものである。表2の比較は、文献⁽¹⁾⁽²⁾および実験結果をまとめたものである。

表2から金属表面に、主としてシリカ質 (SiO₂) とアルミナ質 (Al₂O₃) からなるガラス層を強固に焼成結合させたグラスライニングは、熔融金属メッキより耐水特性がすぐれていることがわかる。

2.3 グラスライニングの特性

一般にほうろうは鉄素地への密着性のよいグランドコートを施して焼成し、その上に外観、耐食性などを向上させる目的でカバーコート（セゆう）を施釉（せゆう）し焼成する。特に耐酸性、耐アルカリ性、耐温水性にすぐれているほうろうをグラスライニングといっている。これはほうろう中に含まれる酸化ケイ素量を増し、酸化ホウ素、アルカリ性成分を減少させ、耐食性向上および鉄素地との密着性をよくさせるために特殊成分を添加したものである。グラスライニングは用途によって次の3種類に分類される。

- (1) フッ素を除くほかの酸類に耐えるようにしたもの。
- (2) PH 12 以上のアルカリ中での煮沸に耐えるもの。
- (3) 高温水中で溶解減量の少ないもの。

(1), (2)のグラスライニングは化学機器類に適し、温水ボイラ用熱交換器には(3)のものが適している。

表3はほうろうおよびグラスライニング皮膜を採取して定性分析した結果である。表3からわかるようにグラスライニングには普通ほうろうよりも Zr, Ti, Co などの元素が多量に含まれている。これは、鉄素地とグラスライニング皮膜との密着性を改善するために添加されているものである。添加成分および添加量が密着性を向上させる上で重要な役割をするので、フリットメーカーでは添加成分と密着性および耐食性の関係について研究が行なわれている。表3に示す耐温水性グラスライニング(A)はアメリカのグラスライニングの一例で、Mo がはいっているのが特徴である。

グラスライニングの耐温水性を支配するのは、おもに酸化ケイ素 (SiO₂) と酸化アルミニウム (Al₂O₃) である。表4は、各種グラスライニングの組成成分の一例を示したものである。筆者らはグラスライニングの組成と、耐食性の研究を進める一方、前処理方法、焼成温度および焼成時間などの作業条件を確立するために実験を重ねてきた。図4はほうろうおよびグラスライニングの耐温水性の試験結果である。図4より明らかなように、今回開発したグラスライニング（耐温水性グラスライニング(B)）は一般市販のほうろうやアメリカで行なわれているグラスライニングより著しくすぐれている。

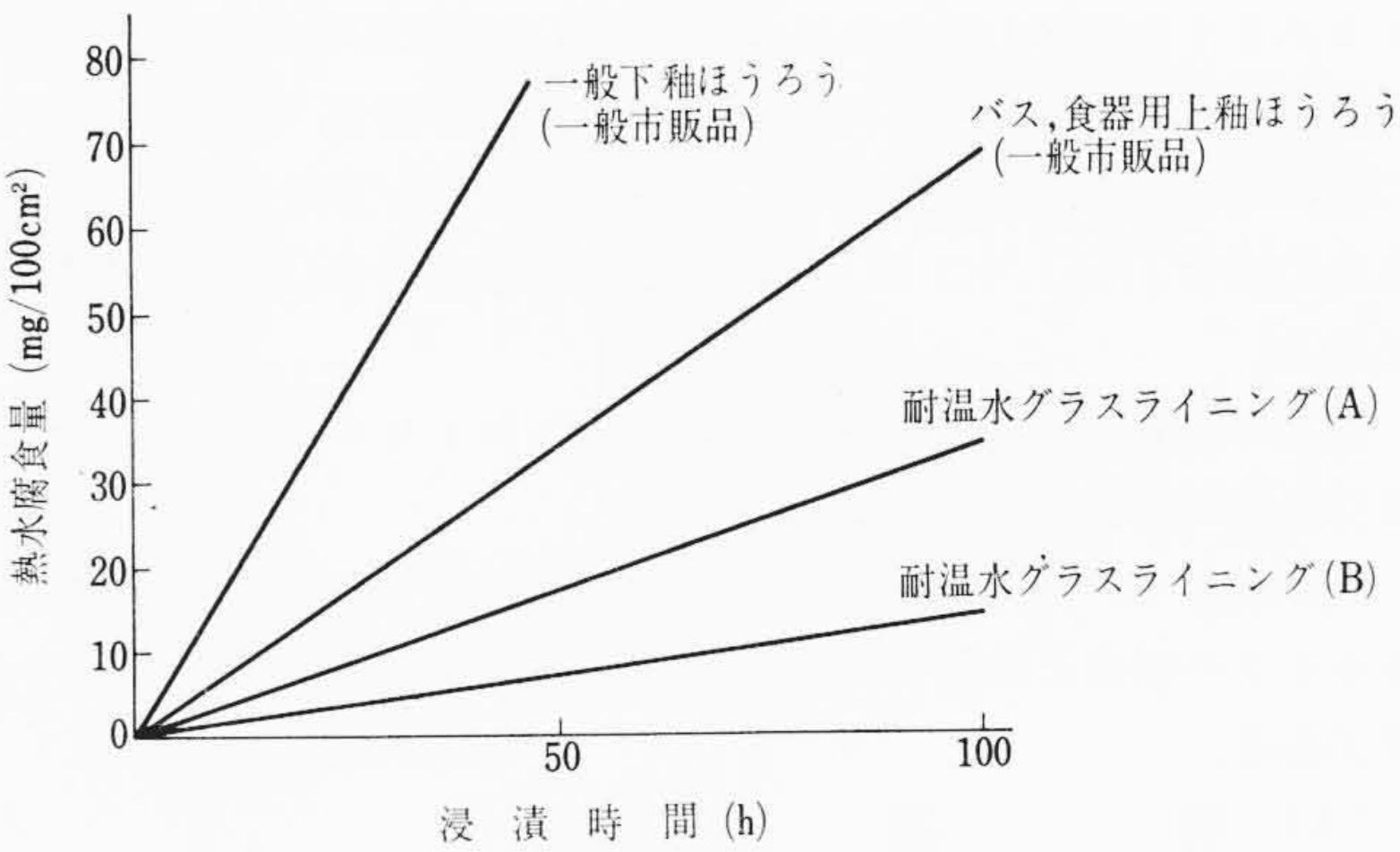


図4 グラスライニングの耐熱水性 (100℃ 蒸留水に対して)

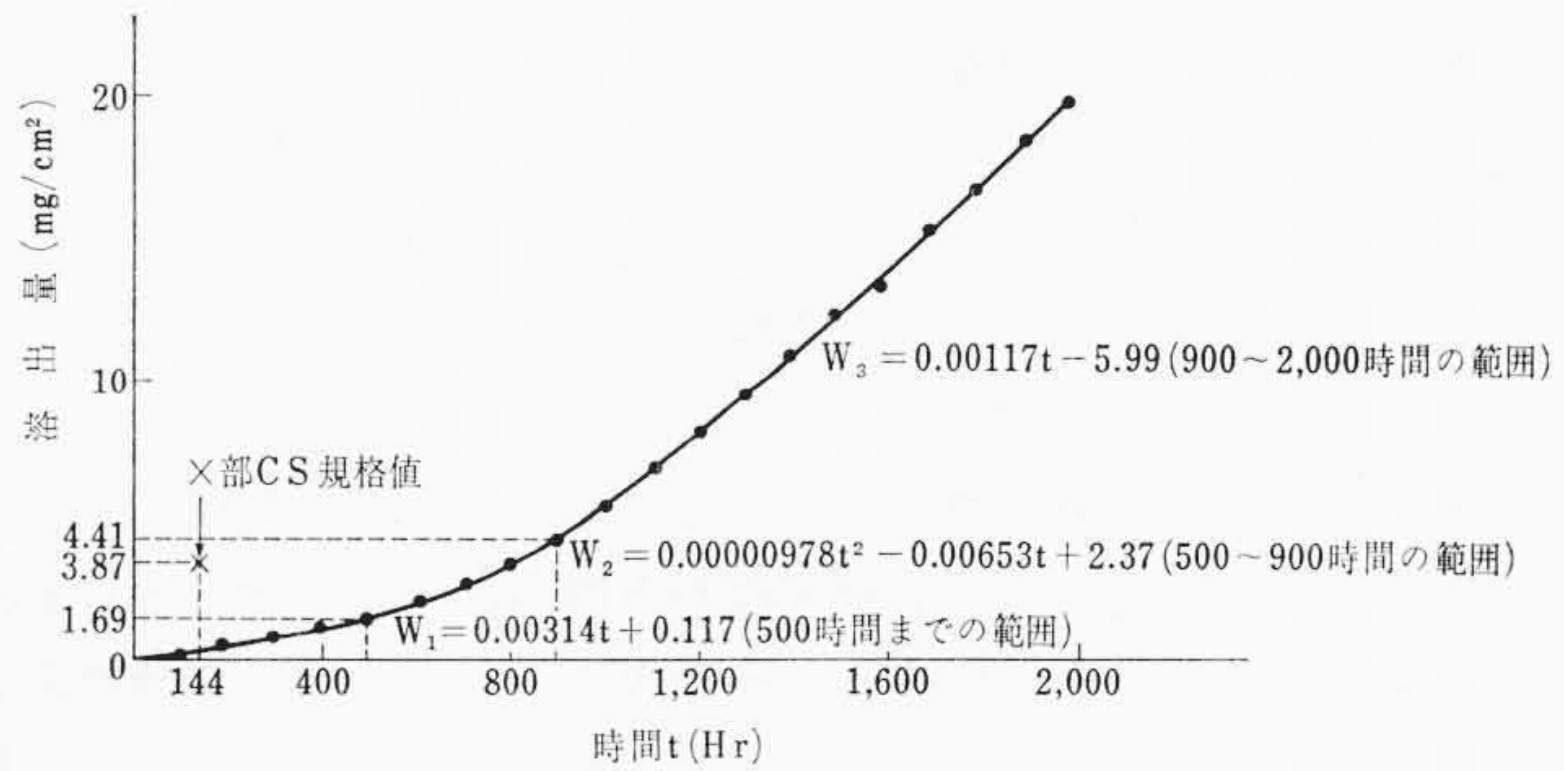


図5 耐蒸気溶解試験

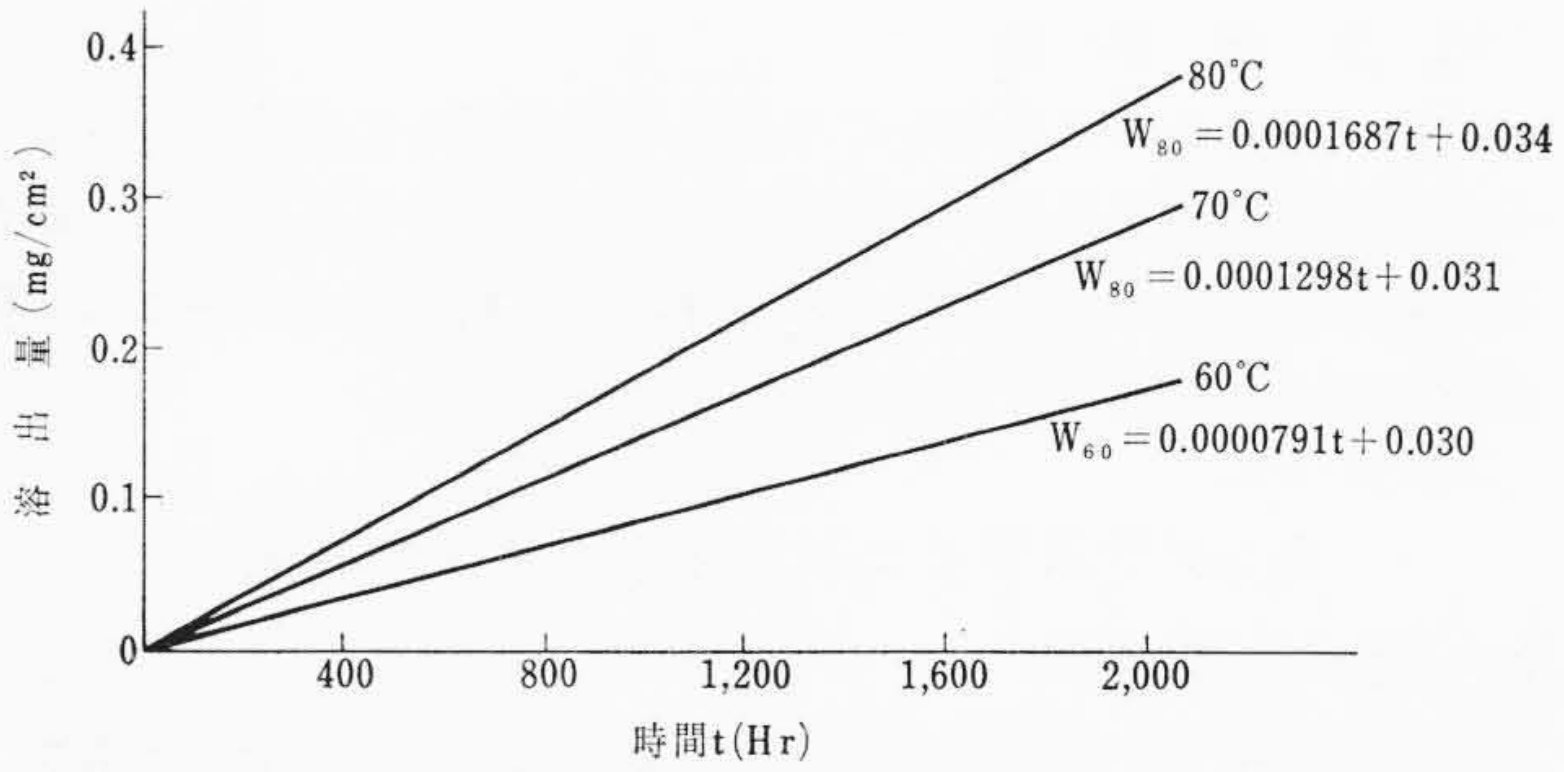


図6 耐温水溶解試験

表5 熱交換器主要仕様

形 式		BO-158	BO-210	BO-310	BO-320
項 目	暖 房 側	15,000	20,000	30,000	30,000
	給 湯 側				29,000
外 法 寸 法 (mm)		470φ×1104H	470φ×1339H	470φ×1345H	470φ×1345H
貯 湯 量 (l)		120	150	150	150
熱 交 換 器 形 式		単管式炉筒形	単管式炉筒形	多管式炉筒形	多管式炉筒形
伝 熱 面 積 (m ²)		0.8	1.0	1.23	1.23
給 湯 コ イ ル 材 質		—	—	—	脱 酸 銅 フィンコイル
重 量 (kg)		61	68	70	—
配管口径	給水膨張口	20A (¾B)	20A (¾B)	25A (1B)	25A (1B)
	温水出口 排水口	25A (1B)	25A (1B)	25A (1B)	25A (1B)
	給湯コイル	—	—	—	20A

グラスライニングの耐温水性試験についてはアメリカ商務省商用規格CS 115-60⁽³⁾に耐蒸気溶解試験，耐温水溶解試験が規定されている。図5，6は本規格に基づいて，今回開発したグラスライニングの耐温水試験を行なった結果を示したものである。開発したグラスライニングの耐食性はCS 115-60の溶解基準値すなわち試験時間144時間後で重量減3.87mg/cm²以下(耐蒸気，耐温水ともに)の基準をじゅうぶん満足している。推定寿命を算出すると60℃の温水の場合(W₆₀)では20.7年，80℃の温水の場合(W₈₀)では9.7年になる。

以上の結果，銅板製の熱交換器にグラスライニングを施すことは，熱交換器の耐食性を増すことになる。

グラスライニングを施すための熱交換器は，従来の熔融金属メッキボイラの場合と比較して次のような問題点があり検討を行なう必要がある。

(1) 構 造

グラスライニングのスリップ(釉薬)を塗布しやすい構造で，かつ耐熱強度が高いこと。すなわち高温の炉中で焼成しても熱変形，熱ひずみのない強度を有する形状，構造であること。

(2) 伝 熱 性 能

単純な形状の熱交換器を採用することにより高温ガスの伝熱性能が低下する。したがって水冷壁燃焼室で完全に燃焼するすぐれたバーナが必要であり，かつ高温火炎による放射伝熱を有効に活用し，対流熱伝達率も向上する構造とする必要がある。

(3) 防 食

グラスライニング処理の熱交換器は構造上，表面処理工程上熱交換器を構成する二つの部分すなわち内筒と外筒をそれぞれ単独にグラスライニング処理する。その後にこれら二つの部分を組合せ溶接する。これはグラスライニングの品質管理上においても望ましいことである。しかしグラスライニング処理後に溶接した部分に欠陥が生じやすいので，これらの部分の防食方法を検討する必要がある。

(4) 生 産 設 備

グラスライニング処理を行なうには大規模な生産設備を必要とし，かつ専用治工具類を新規に用意しなければならない。このため熱出力の異なる熱交換器の外法寸法，形状を極力同一にし，生産性の向上と設備の有効活用を図る必要がある。

3. グラスライニング温水ボイラの開発

3.1 熱交換器の開発

家庭用温水ボイラは長寿命で，しかも低価格で販売できるようなものでなければならない。この意味で生産性，経済性についてもじ

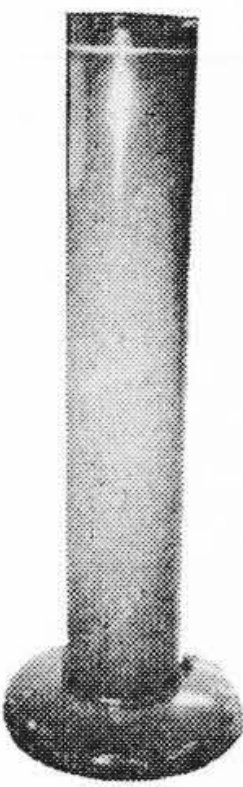


図7 BO-158形，
BO-210形内筒

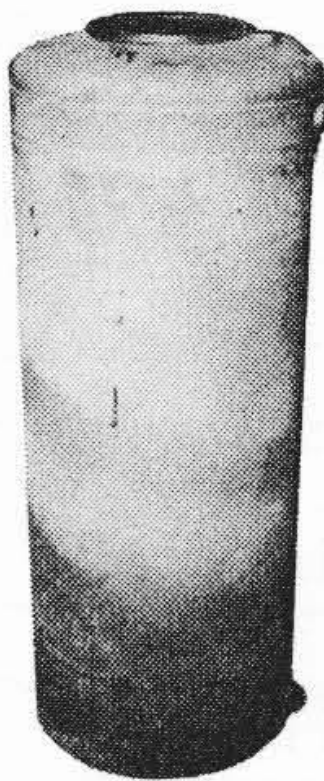


図8 BO-158形，
BO-210形外筒

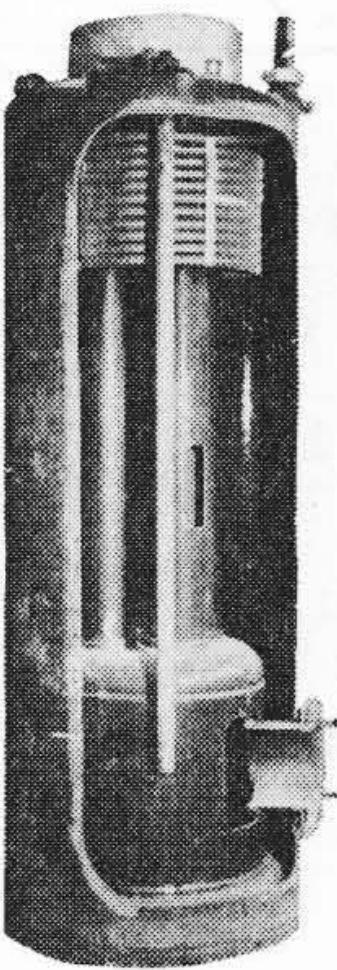


図9 BO-320形
熱交換器構造断面

ゅうぶん考慮を払わねばならない。筆者らは，生産性，経済性を高めるために銅板を使用して熱交換器を製作し，表面にグラスライニングを施工して性能，寿命のすぐれた熱交換器を開発することにした。

グラスライニングを施工するのに適した構造で，しかも白灯油燃焼を行なうのに適した熱交換器を開発するにあたり次の諸項目を考慮した。

- (1) 経済性の面から燃焼性能の良い灯油燃焼器を採用する。
- (2) 今後の家庭向きセントラルヒーティング用温水ボイラとして主流になると推定される熱出力15,000kcal/hから30,000kcal/hのボイラの熱交換器を開発する。
- (3) 生産性を向上するため熱交換器はできるだけ単純な形状とし，熱出力の異なる各種熱交換器の形状，寸法は類似設計により統一する。
- (4) グラスライニング処理の際に生ずる微細なピンホール，つまとびなどの欠陥部分およびグラスライニング施工後溶接を行なう部分に対して完全な防食を図るため，Mgアノードによる電気防食を採用する。

3.2 熱交換器の仕様，構造

表5は開発した熱交換器の主要仕様を示したものである。蒸発式ポット形バーナを使用した熱出力15,000kcal/h(BO-158形)および20,000kcal/h(BO-210形)の熱交換器には単管式炉筒煙管構造を採用し，ガンタイプバーナを使用した熱出力30,000kcal/h(BO-310形)および30,000kcal/hの2回路式(BO-320形)の熱交換器には4本の煙管をもつ多管式炉筒煙管構造を採用した。

これら熱交換器の外径寸法をすべて同一にし，高さも一定寸法以下になるように統一した。図7は熱交換器の内筒を，図8は外筒を示したものである。図7，8に示すような内筒と外筒とを別々に製作し，それぞれにグラスライニング処理をした後組み合わせ，組合せ部で内筒，外筒を溶接する構造にした。図9はBO-310形温水ボイラ用熱交換器の構造を示したもので，図9に示すように給湯用コイルを内蔵したものである。給湯用コイルの材質には伝熱性能と耐食性向上を考慮してローフィン加工をした脱酸銅管を用いた。

熱交換器の外筒上部には給水管配管口と膨張管配管口を設けた。給水管配管口には，流入する冷水が側面上部に設けた給湯配管口から直接出水することがないように，バイパス防止パイプをそう入し，冷水を熱交換器の下方に導くようにした。このような構造にすることにより上部の暖かい温水と冷水が混合せず，内部にたくわえられた温水を有効に活用できる。一方膨張管配管口は熱交換器内で冷水が温水になることにより生ずる気泡および温水の膨張分をインスターンへ戻す接続口として設けられた。給湯管配管口は熱交換器外筒

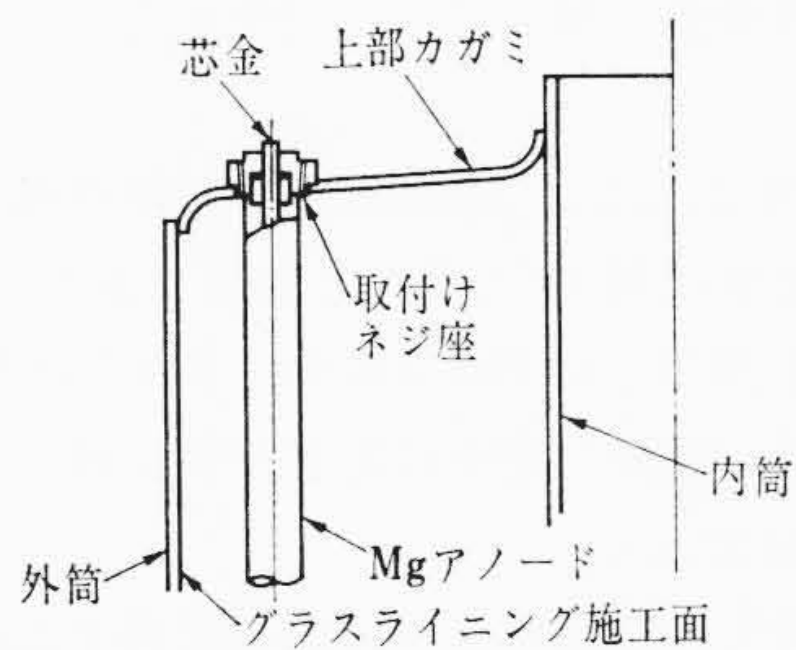


図10 Mgアノードの取付構造

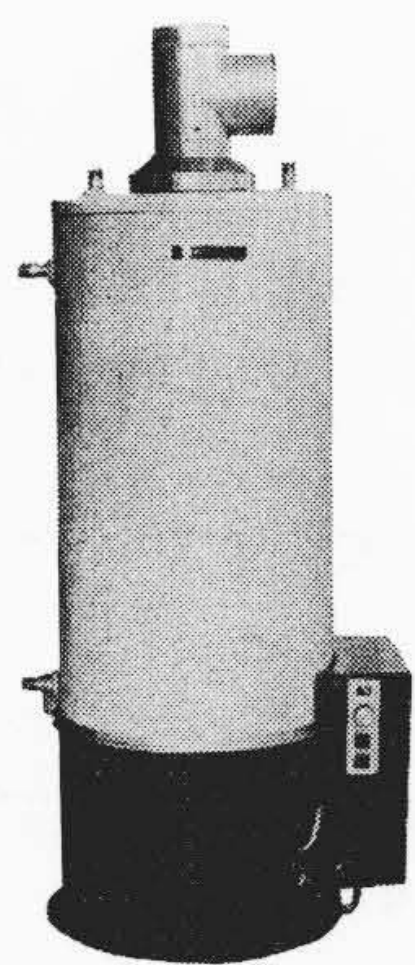


図11 BO-158形

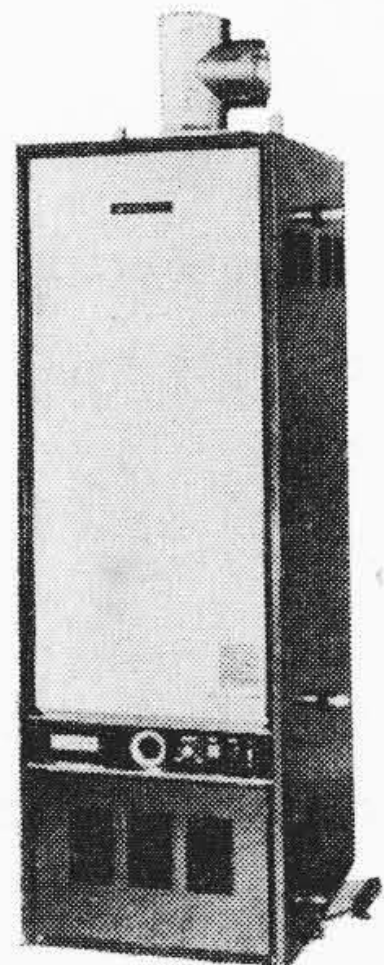


図12 BO-210形

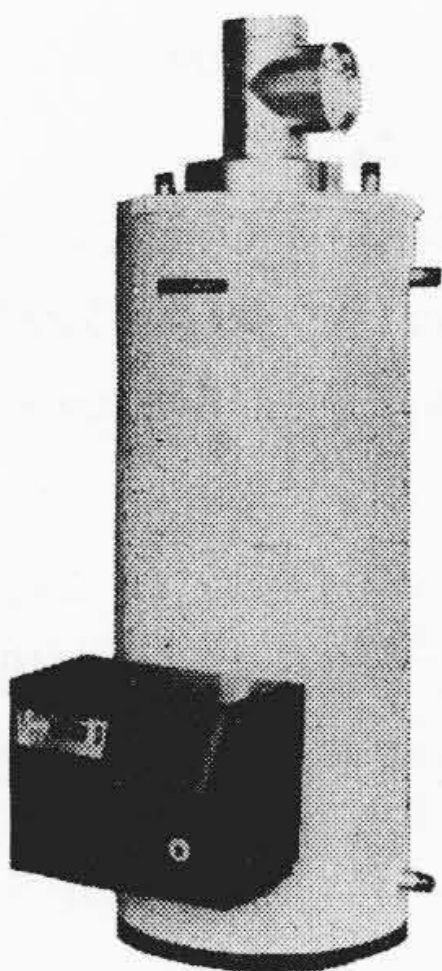


図13 BO-310形

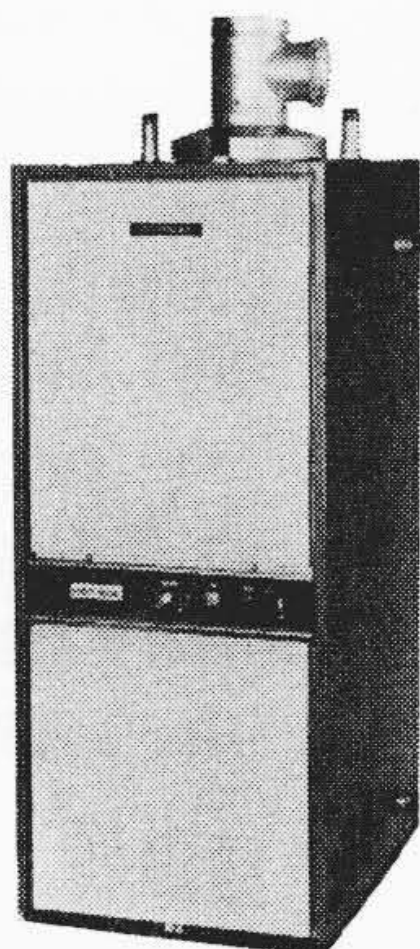


図14 BO-320形

の側面上部に設けられ、暖房戻り管配管口は同じ側面の下部に設けられ排水口と兼用である。また熱交換器の内容積すなわち貯湯量は、間欠的に多量の湯を必要とする風呂への給湯時の過負荷に対しても出湯温度の変化の少ない安定した出湯性能が得られるよう120～150lの容量をもっている。

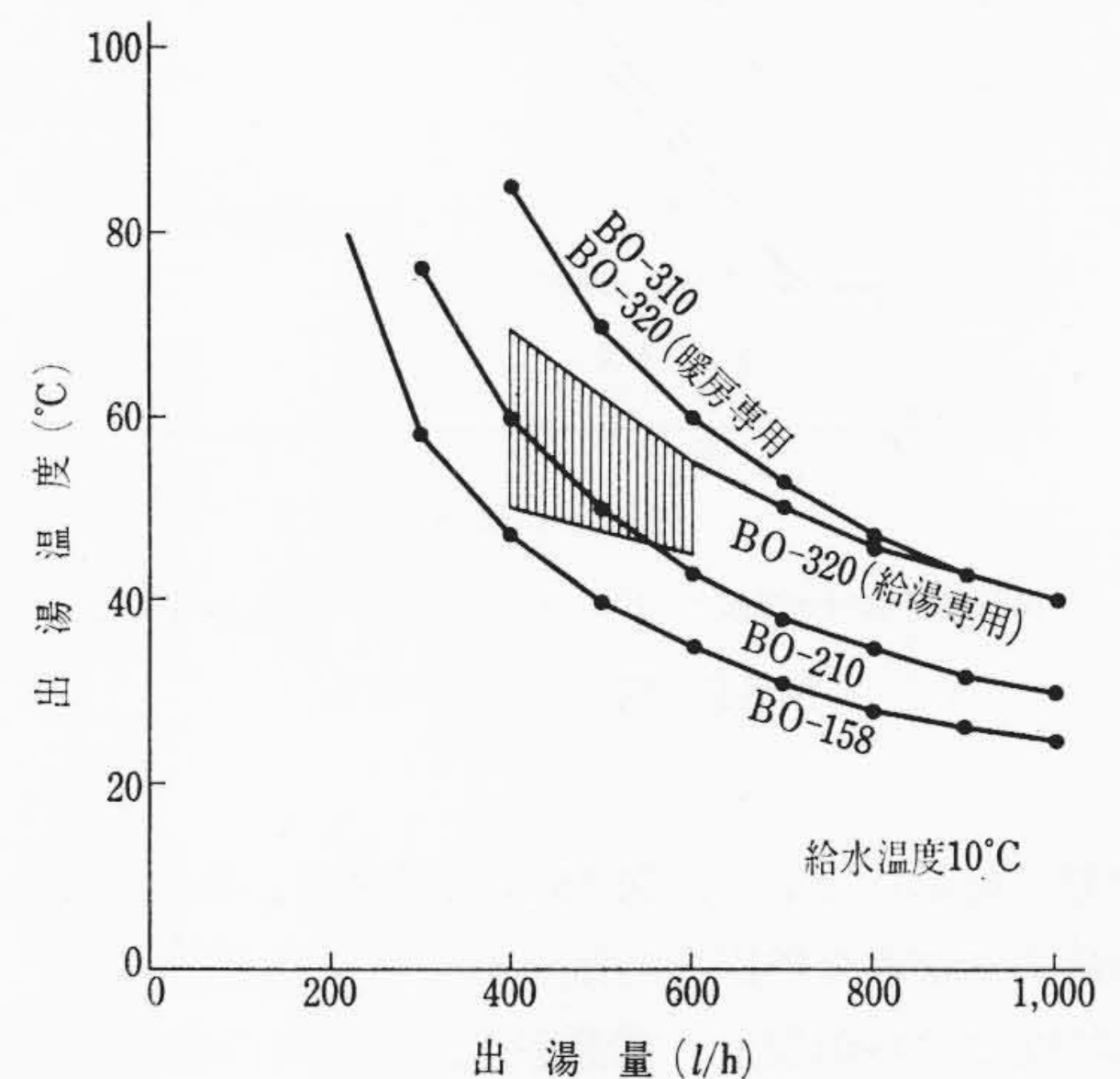
ポット形バーナを使用する家庭用の温水ボイラの場合では騒音、燃焼性能、排ガス温度、熱効率などから熱交換器の単位伝熱面積あたりの熱負荷は20,000 kcal/m²h、ガンタイプバーナを使用する場合には25,000 kcal/m²hが妥当とされている。

各種ボイラ熱交換器の伝熱面積は表5に示すとおりである。しかしこれら伝熱面積の熱負荷率を確保する条件としては、炉筒形の単純な円管伝熱面だけでは燃焼ガス流が層流となり、ガスの熱伝達率が小さいためこれを改善するため半円形バッフルを採用し、燃焼ガス流れの乱流域を拡大させ熱伝達率を大きくする必要があった。バッフルは水槽実験の結果を活用して形状、寸法および取付位置を決定した。

グラスライニングの欠陥部の保護としてCS視格に準拠して熱交換器内面積1ft²(930.3cm²)あたり25g以上の重量をもつMgアノード(陽極)を取り付け、熱交換器と電気的に接地させた。図10は

表6 グラスライニングボイラの主要仕様

形 式		BO-158	BO-210	BO-310	BO-320
項 目					
外 法 寸 法		高さ 1,480×幅 715 ×奥行 580 mm	高さ 1,705×幅 600 ×奥行 615 mm	高さ 1,400×幅 620 ×奥行 850 mm	高さ 1,400×幅 560 ×奥行 785 mm
外 装		高級仕上げ鋼板製合成樹脂塗料焼付仕上げ			
熱 出 力		15,000 kcal/h	20,000 kcal/h	30,000 kcal/h	30,000 kcal/h(暖房) 29,000 kcal/h(給湯)
貯 湯 量		120 l	150 l	150 l	150 l
出 湯 温 度		60～80℃ 調節可能			65～85℃ 調節可能
熱交換器内面処理		グラスライニング仕上げ（マグネシウムアノード付）			
伝 熱 面 積		0.8 m ²	1.0 m ²	1.23 m ²	1.23 m ²
燃 焼 装 置	燃 料	白 灯 油			
	形 式	蒸発式ポット形バーナ		ガンタイプバーナ	
	燃料消費量	2.52 l/h	3.0 l/h	4.6 l/h	4.6 l/h
	着 火 方 式	電気ヒータによる自動着火		高圧電弧式自動着火	
	電 動 機	4 W, 1 φ, 100 V, 2 P		125 W, 1 φ, 100 V, 2 P	
制 御 方 式		バーナサーモ, タイマーによる全自動		フォトセルおよびバーナリレーによる全自動	
安 全 装 置		湯温調節器, 過熱防止安全スイッチ			
電 源		AC 100 V, 1 φ, 50/60 Hz			
入 力		37 W (定常時)	140 W (着火時)	150 W (定常時) 230 W (着火時)	165 W (定常時) 245 W (着火時)
接 続 排 気 筒		153 mmφ (内 径)			
重 量		105 kg	130 kg	125 kg	140 kg



(出湯量と出湯温度の関係)

図15 出湯性能(1)

Mgアノードの取付状態を示したものである。このMgアノードは上部カガミの一部にネジ座を設け、これをつり下げる構造とし、熱交換器内面に均一にMgアノードの効果が及ぶようにしてある。

3.3 開発したグラスライニング温水ボイラ

グラスライニング熱交換器を採用した白灯油だき温水ボイラを4機種完成することができた。表6は温水ボイラの主要仕様である。図11～14は開発した温水ボイラの外観を示したものである。BO-158形およびBO-210形は蒸発式ポット形バーナ⁽⁴⁾⁽⁵⁾を採用した熱出力15,000 kcal/hおよび20,000 kcal/hの温水ボイラであり、BO-310形およびBO-320形は火炎が小さく完全燃焼を行なうガンタイプバーナ⁽⁶⁾を採用した熱出力30,000 kcal/hの温水ボイラである。なおBO-320形は熱交換器内に給湯用コイルを内蔵した2回路式温水ボイラである。

4. 特 性

4.1 出 湯 特 性

図15は開発したグラスライニング温水ボイラの出湯量と出湯温

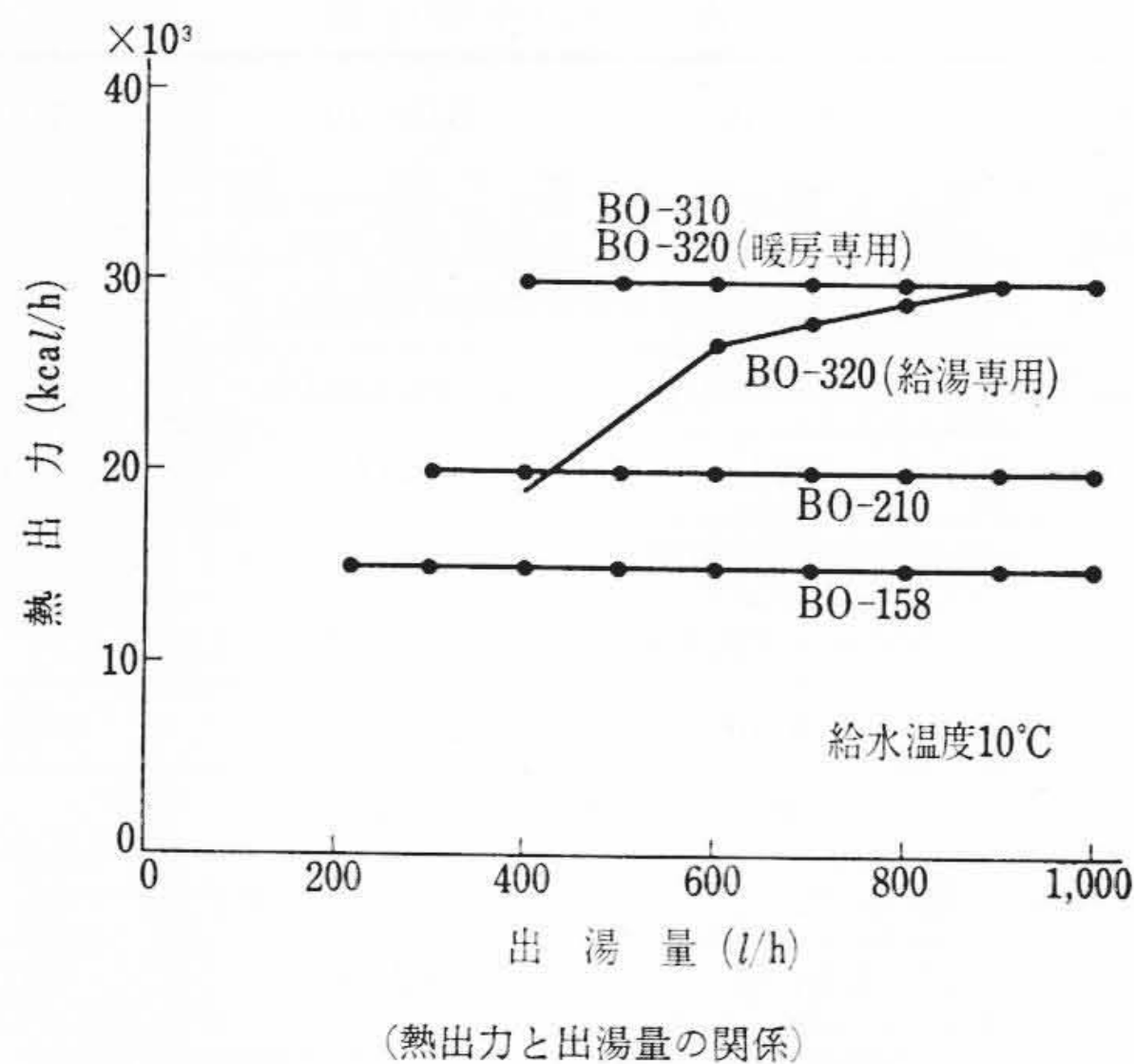


図16 出湯性能(2)

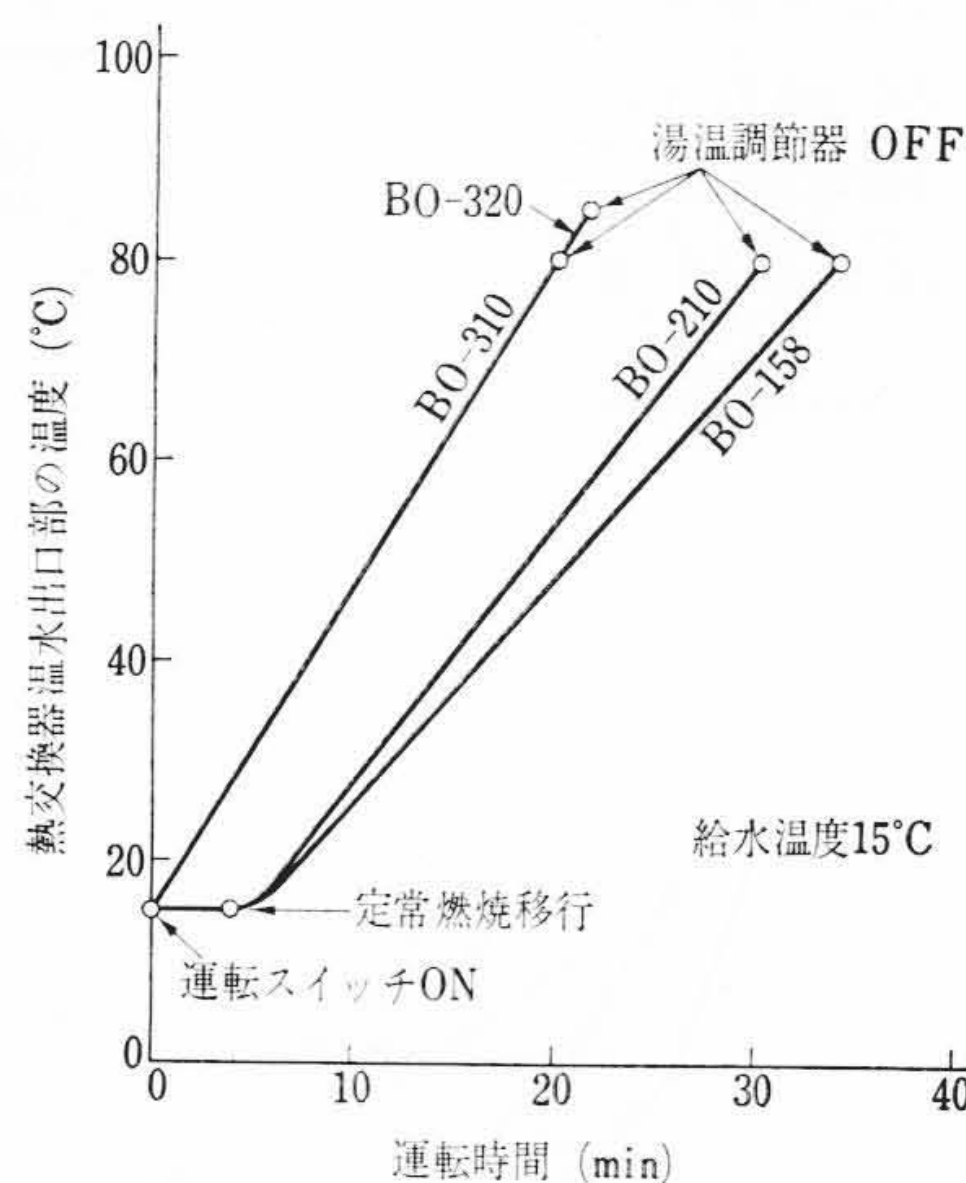


図17 沸き上がり特性

度特性の関係を示したものの、図16は出湯温度と給水温度との温度差と出湯量より求めた熱出力特性を示したものである。

各出湯特性は燃料消費量、電源電圧、排気筒の高さなどを標準仕様に設定し、湯温調節器の設定温度をBO-158形、BO-210形、BO-310形は80°C、BO-320形は85°Cに設定したものである。

バーナが連続運転を行なう300 l/hまたは400 l/h以上の出湯量においては仕様値どおりの性能を得た。出湯量が200 l/hまたは300 l/h以下の場合、出湯温度または熱出力は、出湯温度が湯温調節器の設定温度以上となり、断続運転を行なうことにより変動するため省略した。BO-320形の給湯専用使用は600 l/h以下において

断続運転を始める。燃料消費量が減少するので熱出力は低下する。

4.2 沸き上がり特性

温水ボイラに15°Cの水を満たし、運転開始後の熱交換器の温水出口部の温度を測定した結果は図17に示すとおりである。

蒸発式ポット形バーナを採用したBO-210形、BO-158形の沸き上がり時間は、運転開始後、燃焼が完全に定常燃焼に移行するまでの時間を含めて、30～34分である。

ガンタイプバーナを使用した温水ボイラの場合は沸き上がり時間は、12～13分である。これはガンタイプバーナは運転開始後瞬時に燃焼が定常燃焼に移行することと、貯湯量に対する熱出力の割合が大きいことに起因する。

5. 結 言

従来の溶融金属メッキ温水ボイラに比較していちだんと性能のすぐれたグラスライニング温水ボイラを4機種開発した。結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 耐温水性のすぐれたグラスライニング釉薬を使用している。
- (2) 温水ボイラ用熱交換器の防食処理としてグラスライニング処理が最もすぐれていることが確認された。またMgアノードによる電気防食を行なうことによりグラスライニングの防食性能をいっそう高めることができた。
- (3) 熱交換器の形状として炉筒煙管式を取り上げ、伝熱性能を検討し、計画仕様値をじゅうぶん満足する熱出力を得た。
- (4) 熱出力の異なる温水ボイラの熱交換器を4機種開発し、同一生産設備で生産することが実現できた。

開発した熱交換器は白灯油を燃料に用いた蒸発式ポット形バーナを使用した熱出力15,000 kcal/h、20,000 kcal/hおよびガンタイプバーナを使用した熱出力30,000 kcal/h、同2回路の2系列4機種である。

終わりに臨み、グラスライニング温水ボイラの開発につきご指導をいただいた日立製作所家電事業本部吉田事業本部長、栃木工場高橋工場長、古屋生産技術部長、家電研究所辛島所長に深甚な謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) H. H. ユーリック (岡本訳): 腐食反応とその制御 97 (1968)
- (2) Sheppard T. Powell: Water Conditioning for Industry, 276 (1954)
- (3) Commercial Standard CS 115-60, U. S. Department of Commerce (1960)
- (4) 本田, 横山, 吉田, 松村: 日立評論 50, 517 (昭43-6)
- (5) 三森, 横山: 日立評論 51, 472 (昭44-5)
- (6) 横山, 三森: 日立評論 52, 333 (昭45-4)