

# 省エネルギーのための断熱工法について

## Method of Heat Insulation for Saving Energy

佐 藤 貞 止\*

Sadashi Satoh

### 1. まえがき

景気は依然として回復の兆しを見せず、わが国の窯業界をめぐる内外の情勢は厳しい。ひと頃より石油不足の悩みは解消しかけたかに見えたが、新たに産油国同志の戦争などの思わぬ事件が加わって、資源を持たない日本としては、愈々以て真剣に省エネルギー問題と取組まざるを得なくなって来た。

窯業界では、省エネルギーという国家的な見地からだけでなく、最近では、企業間競争に勝ち抜くために、従来より以上に、製品の品質向上とコストダウンが要求されている。製品の原価に占める燃料費の割合が、他の産業と比べて高い事が、更に省燃費の必要性を求める結果となっている。

陶磁器、タイル、瓦、煉瓦、ガラス、磚子、砥石等の業界によって、その手段は異なるが、要は、「その手段が確実に省エネルギー効果を発揮し、現在の製造工程・窯炉に支障をきたさぬ事、出来れば経済的な手段である事」が望ましい。

本文で紹介する断熱工法は、かかる意味で従来の工法とは少し趣きを異にするものであるが、既に3年間各地で実際に施工され、省エネルギーの一助に役立させて頂いているので、茲に、読者の御参考に供したい。商品名は「イコート」(以後、E、C、と略す)と云う。

### 2. 工業炉の種類と現状

工業炉は、その使用目的と能力に応じて、燃料、加熱方式、搬送方式などが多岐にわたっている。大体表1の通りである。

表1 主な工業炉

窯の種類	主な用途	備考
トンネル窯	一般陶磁器、釉瓦、タイル、電気材料、硝子、煉瓦、砥石、食器衛生陶器、電極棒、ホーロー	連続式
電熱式トンネル窯	フェライト、コンデンサーなどの電気材料	〃
輪窯	赤レンガ	〃
登り窯	民芸調陶磁器、陶管、釉瓦、電磁器	半連続式
蛇室窯	民芸調陶磁器 日本瓦	〃
電気シャトル窯 倒炎窯(単窯) 昇炎窯(ダルマ窯)	家庭用陶磁器・人形 少量の陶磁器 電磁器、釉瓦 日本瓦、赤レンガ	不連続式 〃 〃
溶解炉	ガラス、煉瓦、釉薬、非鉄金属	
熱処理炉	板ガラス、テレビブラウン管、ピン非鉄金属	
焼加熱	製鉄、鋼材熱処理	
結熱風	製鋼・圧延、石油化学	

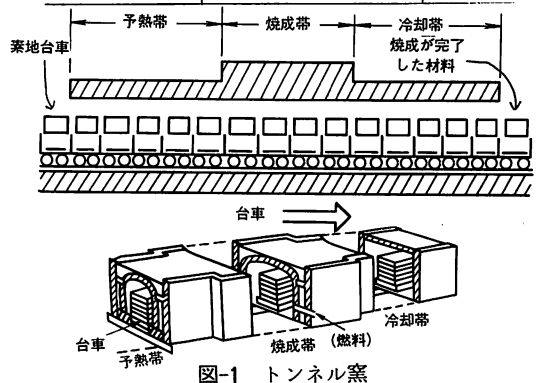


図-1 トンネル窯

#### 2.1 トンネル窯

前記工業炉の中、窯業関係で最も多いケースは、トンネル窯であったが、その型式は図-1の通りで、文献によれば、その熱効率は40~60%、実際には、10~15

\* (株)ノザワ業務本部 販売促進部長

年経過した窯で25%前後、新しい窯で、35%前後と云われる。一般には側壁・天井からの放散熱が多い。

### 2.2 タンク窯

普通、ガラス工業関係に使用される窯炉で、図-2の通りであるが、溶解炉、蓄熱室、徐冷炉等の側壁からの放散熱と、ガスのリーケージが多い。

### 2.3 その他

製鉄関係の熱風炉、加熱炉、電炉、メッキ炉、等々、の側壁からの放散熱が多いが、これらは側面が一般に鉄板で覆われている。

## 3. 従来の工法と問題点

上記窯炉の断熱方法としては、炉壁に断熱煉瓦を積んだり、炉本体の内壁に耐熱性のブランケットを貼着するか、耐高熱性のセラミックファイバーを吹付けるか、或いは炉本体の外周壁にガラス、岩綿製等のブランケットを貼着するか、キャストブルを吹付ける工法が、採用されている。然し乍ら、比等の工法では、

- (1) 施工上、特に断熱材の吹付作業に多大の手間を要し、煩雑であること。
- (2) 各ブランケット（断熱材）の接続部分からの熱損失や、ブランケットと炉壁との空間に熱対流が起るための熱損失などの点から効果的な断熱が難かしい。
- (3) 施工は常に、盆や墓、夏休み等の休転時、つまり窯炉の火を止めた時にしか出来ない。

等の原因から、断熱工事が高くつく割りに、それに見合う熱エネルギーの節減効果を期待出来ず、投資金額の償却に長時間を要すると云った難点があった。

## 4. イイコートの概容

イイコートは上記の従来工法の難点を解消する工法として開発されたものであるが、その概略は図-3の通りで、炉内部が加熱状態にあるか、或いは無い状態の炉の外周壁面（天井を含む）に、吹付機により耐熱性の無機質材料を噴霧水と共に吹付ける事によって、均一な厚さの断熱層を形成しようとするものである。

### 4.1 材 料

原料及びその配合比等は吹付工法と共に一括して、特許申請中であるため茲ではその詳細に触れる事が出来ないが、断熱層の骨となる原料は岩綿系の無機せんで、バインダーとして、水硬性の耐熱性無機質材料が使われているから、断熱層の寿命は半永久的なものと云える。

### 4.2 施工法

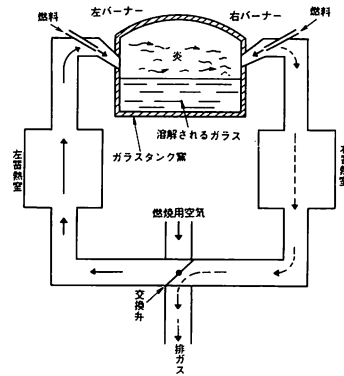


図-2 ガラス溶解窯

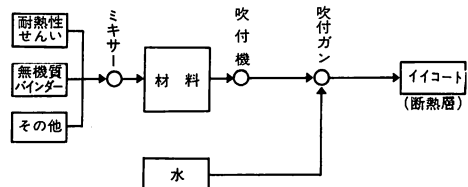


図-3 断熱工法の流れ

材料と吹付機だけで炉壁や天井へ断熱層を吹付ける訳であるが、その施工厚味は、10 mm～100 mmで、窯炉を構成する煉瓦の耐熱度と、求める省エネルギー効果と投資額とから顧客が決断する。業界によって異なるが、大体、炉壁は50m/m、天井は100m/mが多い。

壁面へ施工直後の断熱層の表面は、少々凹凸があるので、吹付け後、所定の厚さに鍍押しし、表面を若干硬く仕上げる。この普通仕上げ方法の他に、断熱層自体の高比重は0.3程度でポーラスな組織であるから、場合によっては、表面だけを特に硬化する事がある。施工後に於ける断熱層の飛散を防ぐためである。

亦た、普通仕上げのイイコートの原色は少々、グレー色なので、時には、白色又は煉瓦色に着色仕上げる事もある。

### 4.3 性 能

イイコートの諸性能は表2の通りである。耐熱度には限界があるが、従来の断熱材より熱伝導率が低いた

表2 断熱材の物性

項目	物 性 値
高 比 重	0.3 (g/cc)
熱 伝 導 率	0.04 (於150℃)
安全使用温度	650 ℃
付 着 強 度	110 g/cm <sup>2</sup> (於150℃)
吸 音 率	0.89 / 1 KHz

め、断熱層の厚さが薄くて済む事が、工法を経済的なコストにしている。

4.4 特 長

(1) 省燃費

炉壁や天井の如何なる部分、たとえば煉瓦の凹凸部分や支持鉄板、バックスティ等にも材料を直接かつ容易に吹付けて、継ぎ目の無い断熱層を形成できるため、炉本体の外周壁面よりの熱損失を完全に防ぐことが出来る。業種によって差はあるが、5%~20%の燃費を節減している。

(2) 品質の安定化

炉体の外周壁に対する外気の影響を遮断できるので、炉体内部の温度分布を均一に維持できる結果、製品の品質のパラツキを少なくすることができ、不良品、発生率の減少等、品質管理上の利点が出て来る。

(3) 作業環境の改善

炉体の外周壁の温度を従来に比べ著しく低減できる(約50~70°C)から、特に夏などは炉周辺での作業が楽になり、作業能率の向上に寄与する。

(4) 騒音の防止

断熱層がポーラスで吸音性能をもつため、炉体周辺の騒音防止が可能で、工場内はもとより、工場周辺の住宅に対する騒音公害の防止に役立つ、従来より約10フオン程度吸音できる。

(5) 施工費が安く、経済的

工事費が、厚さ50m/mの断熱工事で、1㎡当り5000円前後であるから、従来工法の約1/2~1/3に相当する。従って、工事費は2~4ヶ月で償却できる。この事は、数ある省エネルギー対策の中で、企業にとっては重要なメリットとなる。

5. 省エネルギーの実際

過去3年間に施工した窯炉の数は約200基、施工面積は凡そ、80000㎡に及ぶが、その主なユーザーと、施工後の燃費節減率は業種別に分けて表3の通りである。

当然の結果として、炉内温度の高い業種程、炉壁からの熱損失を大きく抑える事になって、その燃費節減率は大きくなる。亦た、ガラス業界の場合は、炉壁からのガスのリーク防止に効果をあげている。

6. 省エネルギー効果の予測と確認

イコート施工を顧客が決断するに当たって、前以てその判断資料を提供する事にしている。つまり、予想省燃費率の算出と、窯炉壁を構成する煉瓦の安全性

表3 業種別省燃費効果

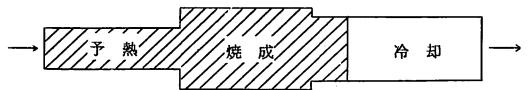
(S55. 11月時点)

業 種	メ	一	一	数	燃費節減率 (実績・%)
タイル	東 海 地 区	19社	九 州 地 区	4社	5~20
	関 東・滋 賀 淡 路・岡 山	10社			
食 器	東 海 地 区	17社	九 州・石 川 関 東 地 区	7社	8~12
	東 海 地 区	10社	淡 路 地 区	5社	
煉 瓦	東 海 地 区	12社	赤 穂 地 区	8社	12~16
	関 東・島 根 岡 山・三 石 地 区	7社			
衛生陶器	東 海 地 区	5社	大 阪 地 区	3社	8~12
	関 東・九 州・岡 山	5社			
磚 子	九 州・大 阪・関 東 地 区	5社			10~12
砥 石	東 海・関 東	2社			5~10
ガラス	関 東・関 西	4社	東 海 地 区	2社	2~5

(注)省燃費率のパラツキは、施工箇所(壁、天井)及び施工厚の差によるものが多い。

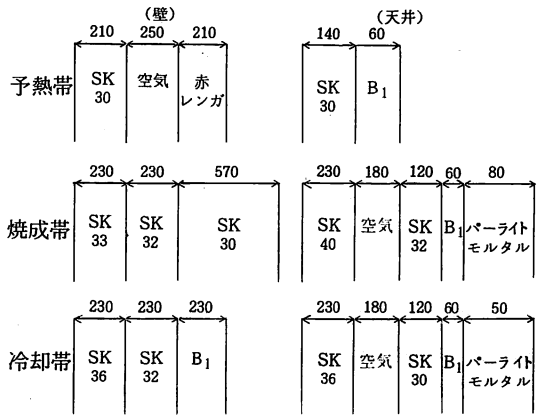
を確認するサービスである。その一例を下記にあげてみよう。

6.1 断熱計算結果(某煉瓦メーカーの場合)



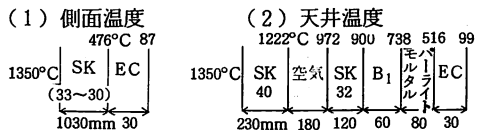
上記トンネル窯の現状と、炉壁の構成は下記の通りで、断熱材の施工予定は斜線部分であった。

場 所	予 熱 帯		焼 成 帯		冷 却 帯	
	側壁	天井	側壁	天井	側壁	天井
施 工 面 積 (㎡)	138	53	156	90	54	25
炉内平均温度(°C)	650		1350		850	
現状壁面温度(°C)	72	98	122	130	78	116
油使用量(ℓ/日)	3840					



6.1.2 断熱材の施工による煉瓦の温度上昇

上記のレンガ外壁にE, Cを、施工した場合、構成煉瓦の境界温度は下記の通り上昇する。(但し、焼成帯の例のみ)



従って、壁天井とも、E, Cを、30mm施工すれば、耐火

レンガ (SK33~30), 断熱レンガ (B<sub>1</sub>), E, C, 等の温度は上昇するが, それぞれの安全使用温度を越えないので, 炉の安全を確認できた。

### 6.1.3 燃費節減率の算出 (予測)

6.1.2の断熱計算から, 予熱・焼成・冷却の各ゾーンの側面・天井の温度変化を予測すれば下記の通りである。

施工箇所	EC施工前	施工後	EC厚
予熱帯 側面	72℃	51℃	50 mm
	天井	98	52
焼成帯 側面	122	87	30
	天井	130	99
冷却帯 側面	78	61	50
	天井	116	78

従って, JISR 0301に基き, EC施工前後に於ける放散熱を求めると下記の通りとなる。

単位(kcal/hr)		
施工箇所	EC施工前	EC施工後
予熱帯 側面	63872	27832
	天井	51090
焼成帯 側面	196307	105681
	天井	143741
冷却帯 側面	29471	17312
	天井	32702
計	517183	267563

つまり, ECの施工によって, (517, 183-267, 563=249, 620 kcal/hr)の節減が可能となる。これを油の量に換算すれば24.96ℓ/hrに相当するから, 結局, 燃費は $(24.96 \times 24 \times \frac{1}{40}) \div 15\%$ の節減が予想された。

## 6.2 断熱施工した結果

### 6.2.1 燃料費の節減量 (施工後約1ヶ月)

燃料の使用量は1日当り約600ℓ, 1月では18 kl減った。これは施工前の約15.6%の節減比に相当し, 施工前に予測した値 (15%)を若干, 上廻る結果となった。

### 6.2.2 施工後の温度変化

EC施工後に於ける側壁・及び天井の温度を実測の結果は下記の通りであった。

施工箇所		施工前	施工後	変化
予熱帯	側壁	72℃	48℃	24℃低下
	天井	98	67	31 "
焼成帯	側壁	122	67	55 "
	天井	130	103	27 "
冷却帯	側壁	78	50	28 "
	天井	116	39	77 "

### 6.2.3 理論的な燃料減少量

上記の実測した炉壁温度の差から, 再び, JISR 031に基きカロリー計算すれば,

施工前の放散熱は, 12, 412, 392 kcal/日 (前出)

施工後の放散熱は, 7, 015, 920 kcal/日

つまり, EC工事により, 理論的には, 5,396,472 kcal/日 (約540ℓ/日)の節約となるはずである。

実績 (600ℓ/日)は, 理論値より約10%多く出たが, これは, トンネル窯の二重構造などや, 平均温度のとり方などから来たものと考えられる。

## 6.3 イイコートのメリット計算

### 6.3.1 工事費用

全施工面積は516 m<sup>2</sup>で, その工事単価は1 m<sup>2</sup>当り, 側壁分が4600円 (50 mm厚)及び3600円 (30 mm厚), 天井分が, 3400円 (50 mm厚)及び3100円 (30 mm厚)であるから, 工事総額は, 1,989,000円。

### 6.3.2 節減費

燃料使用量が1月当り18 klの節減となるから, 金額に換算すれば, 油代を70,000円/klとして, 月約126万円の節約となる。

従って, 工事代金は約1.6ヶ月で償却できる。

## 7. 本工法の応用例

過去3年間の実績の大半は, 操業中の窯, それも炉壁面が煉瓦であるケースであったが, 最近, 炉壁の鉄板や, ダクトに施工する場合が増して来た。此の場合, 鉄板が薄い時は保温による膨脹が考えられるので, 極力, 鉄板を外してから煉瓦に吹付ける事を奨めている。亦た, 新設の窯にも, 従来の断熱煉瓦, 例えばB<sub>1</sub>煉瓦などの代りにイイコートが使われる。これは, イイコートが断熱煉瓦と比べ, 熱伝導率が低いため, 厚味を薄くとれ, 経済的な工法となるからである。例えば, ローラーハースキルンなどの断熱材料であるシリカライトなどの代替にも応用されている。

## 8. あとがき

ともあれ, 今後, 高くなる事はあっても決して下る事の無い燃料は, 早目にその節約をはかり, 最少限の使用量にとどめる事が, 企業の使命ではなからうか。省エネルギーの手段は色々考えられるが, 先づは, 身近かな, 手の届く所から始める事をすすめたい。本工法の紹介が少しでもお役に立てば幸いである。