

ZEB化改修に寄与する光透過型真空断熱材の開発

北海道大学大学院工学研究院
葛 隆生

光透過型真空断熱材の概要と特長

光透過型真空断熱材(Transparent VIP, TVIP)の製作方法と適用例

適用例: 建築物の窓面、農業用ハウス等

3 mm glass window
Inside, i
Outside, o
Wall
TVIP

TVIPの有効熱伝導率: 0.012 W/(m·K) (厚さ5.5mm)
光透過率: 約75%

芯材の種類

- ① フレーム型芯材
- ② ピーク型芯材

光透過型真空断熱材の概要と特長

光透過型真空断熱材の特長…高性能、軽量、安価

TVIPと他の光透過性のある断熱改修技術の比較

Design	TVIP	Low-Eペアガラス	真空断熱ガラス	シリアエアロゲル断熱材
Photo				
熱貫流率	1.5 W/(m ² K) (3mm窓ガラスに設置した場合)	1.9 W/(m ² K) (一般的な市販品の値を採用)	0.5~1.4 W/(m ² K) (市販品の値を採用)	1.5 W/(m ² K) (厚さ10mmを想定)
改修方法	簡易設置可(軽量)	要工事(重い)	要工事(重い)	簡易設置可(軽量)
製造コスト [m ²]	1万円以下(目標)	2万円以上	3万円以上	10万円以上

光透過型真空断熱材の課題と本研究の内容

光透過型真空断熱材の課題

1. 真空封止直後のTVIP内部の圧力の上昇
→ 芯材からのガス放出の抑制(目下の最大の課題となっている)
2. TVIPに適した芯材形状の検討
3. 長期的なTVIPの断熱性能の維持
4. TVIPの建築適用時の外観の検討

本研究の内容

- ・蓄積法を応用したガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討
- ・スループット法によるTVIP芯材のガス放出測定試験
- ・3DプリンタによるTVIP芯材の作製とTVIPの有効熱伝導率の評価

ガラスorPET
気体封入フィルム
芯材
ガラスorPET
外装

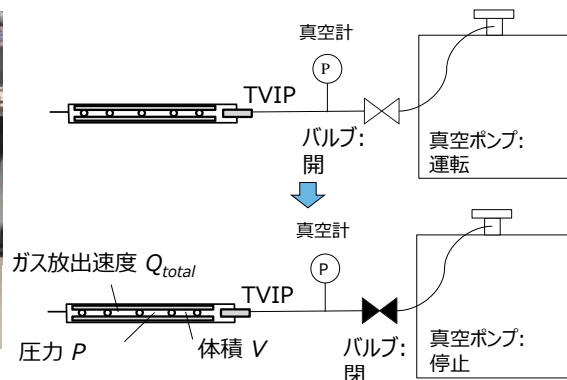
ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

蓄積法によるガス放出速度定量化試験

外観



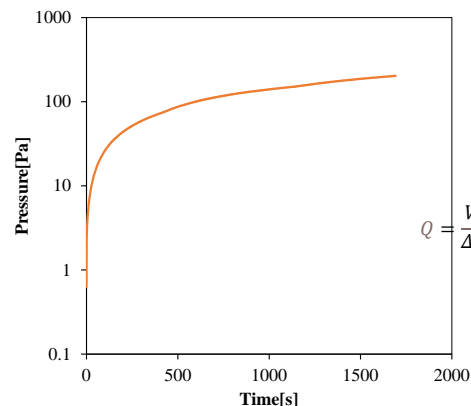
試験概念図



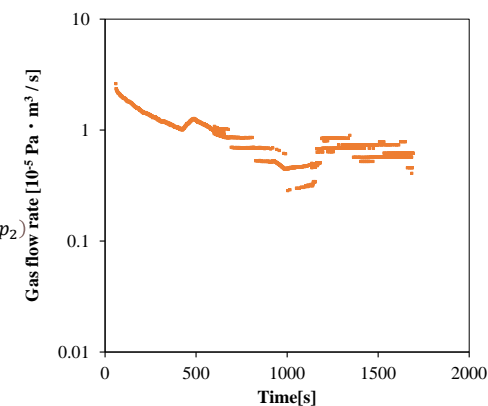
ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

蓄積法によるガス放出速度定量化試験

圧力変化の一例



ガス放出速度の一例



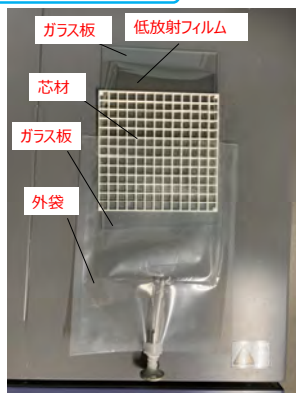
$$Q = \frac{V}{\Delta t} (p_1 - p_2)$$

Q : ガス放出速度 [Pa·m³/s], V : 体積 [m³], Δt : 時間 [s], (p₁ - p₂) : Δt における圧力差 [Pa]

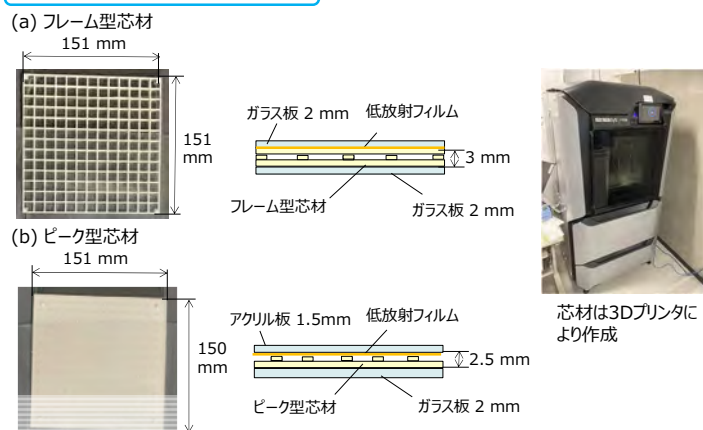
ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

実験で使用したTVIPの概要

TVIPの基本構成



基本的なTVIPの芯材等の使用



ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

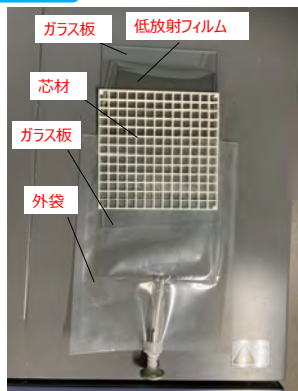
実験条件

	圧力2 Pa到達後の真空引き時間 [h]	同時加熱	コーティング	ゲッター材
A. 芯材なしの空の条件	0.5			
B. 標準条件	0.5			
C. ガラス板を二重延伸PETに変更	0.5			
D. 真空引きと同時に加熱(同時加熱)	0.5	○		
E. 芯材コーティング	0.5		○	
F. ゲッター材の同封	0.5			○
G. 同時加熱+コーティング+ゲッター材の同封	0.5	○	○	○
H. 芯材なしの空の条件、4時間真空引き	4			
I. 同時加熱(4時間)+コーティング+ゲッター材の同封	4	○	○	○
J. 芯材なしの空の条件、8時間真空引き	8			
K. 同時加熱(8時間)+コーティング+ゲッター材の同封	8	○	○	○
L. コーティング+ゲッター材の同封、8時間真空引き	8		○	○
M. 同時加熱(8時間) + コーティング	8	○	○	
N. 芯材をピーク型に変更、同時加熱(8時間)+コーティング+ゲッター材の同封	8	○	○	○

ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

実験条件

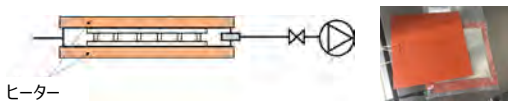
標準条件



基本構成のTVIP+2Pa到達後の真空引き時間：0.5 h

ガス放出低減方法

真空引きと同時に加熱



芯材のコーティング



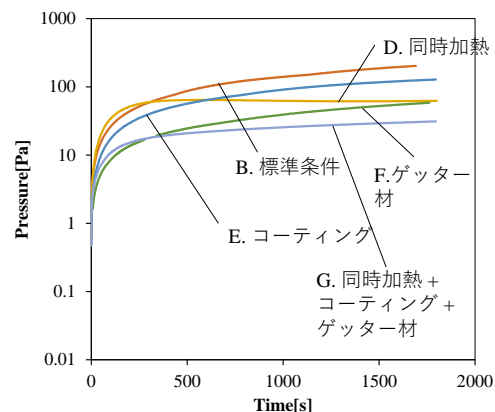
getter材の同封



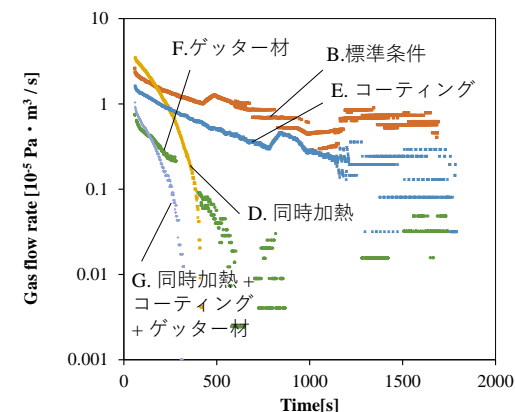
ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

実験結果および考察(ガス放出低減方法の効果)

圧力の変化



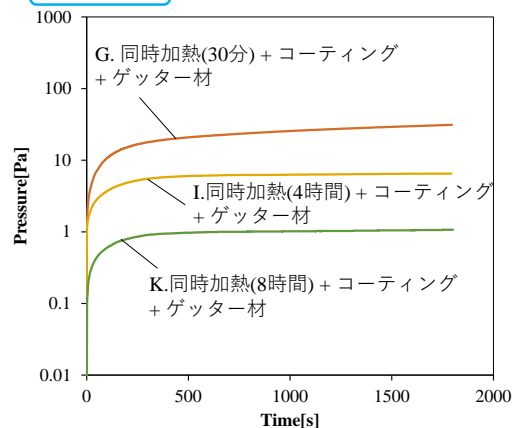
ガス放出速度



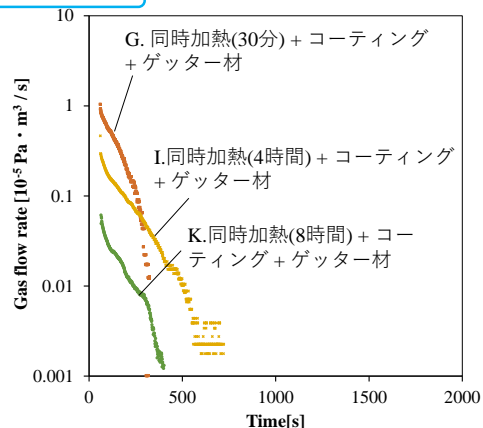
ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

実験結果および考察(長時間真空引き+加熱の効果)

圧力の変化



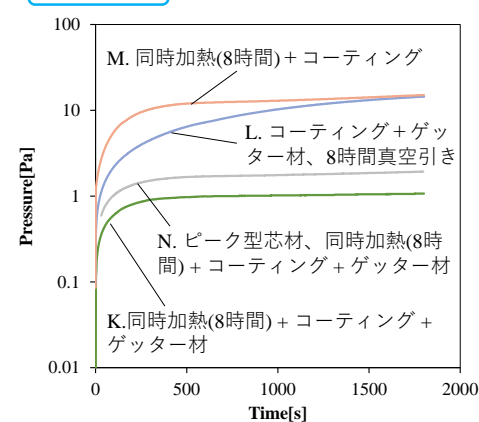
ガス放出速度



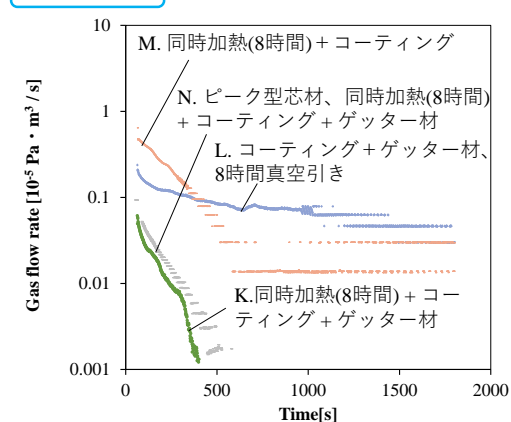
ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

実験結果および考察(その他条件の変更)

圧力の変化



ガス放出速度



ガス放出定量試験とTVIP芯材からのガス放出低減方法の検討

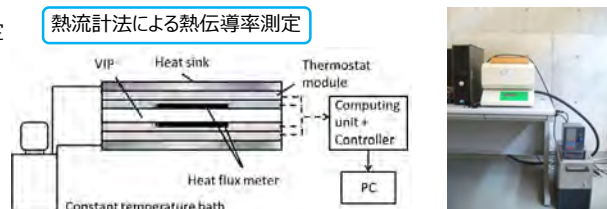
長期間の圧力測定と有効熱伝導率測定結果についての考察

真空引き停止後数日後の圧力測定結果

	ポンプ停止後の経過時間	圧力 [Pa]
K.同時加熱(8h)+コーティング+ゲッター材	4 days 17.5 hours	2.04
L.コーティング+ゲッター材, 8h真空引き	2 days 20 hours	70.2
M. 同時加熱(8h)+コーティング	3 days 17 hours	250
N.ピーク型芯材 時加熱(8h)+コーティング+ゲッター材	4 days 17.5 hours	3.69

条件Kについて、3日経過後の有効熱伝導率を測定
→ 真空引き後の最も低い値である
8.9 mW/(m・K)が得られた

熱流計法による熱伝導率測定



まとめ

1) 蓄積法を応用したガス放出定量化試験により、**真空引きと同時加熱、芯材のコーティング、ゲッター材の同封それぞれに芯材からのガス放出による圧力上昇を低減する効果があることが確認できた。**また、全てを組み合わせることで、圧力上昇が最も低くなることを確認した。

2) 全実験条件のうち最も良い結果の得られた8h同時加熱真空引き+コーティング+ゲッター材の条件の圧力は30分後経過時点で**1 Pa**、3日経過後でも**2 Pa**であり、**圧力が2 Pa以下となる断熱性能の高いTVIPを実現できることが示された。**さらに3日経過時点での真空層の有効熱伝導率を測定したところ**0.0089 W/(m・K)**となり、直接真空引き中を除き**最も低い有効熱伝導率が得られたことを確認した。**