

ハニカムの  
技術説明メモ



昭和飛行機工業株式会社

——目 次——

1.	構 造	.....	1頁
2.	特 長	.....	3頁
3.	設 計	.....	5頁
4.	製 造	.....	8頁
5.	設 備	.....	11頁

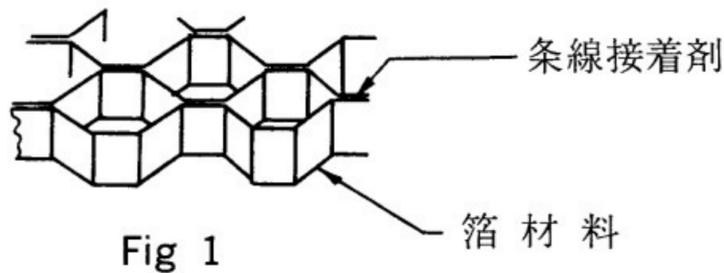
# 1. 構造

## 1.1 名称の区別

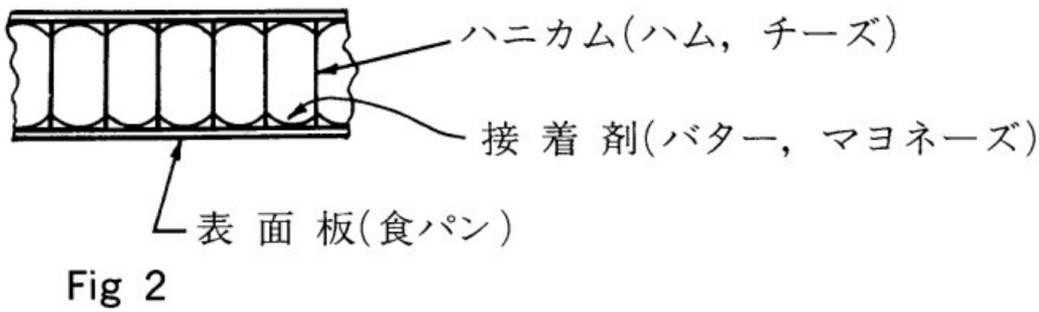
- 蜂の巣状の材料そのもの : ハニカム, ハニカムコア, コア
- ハニカムを芯材とした構造 : ハニカムサンドイッチ構造, サンドイッチパネル, ハニカムパネル

## 1.2 ハニカムの構造

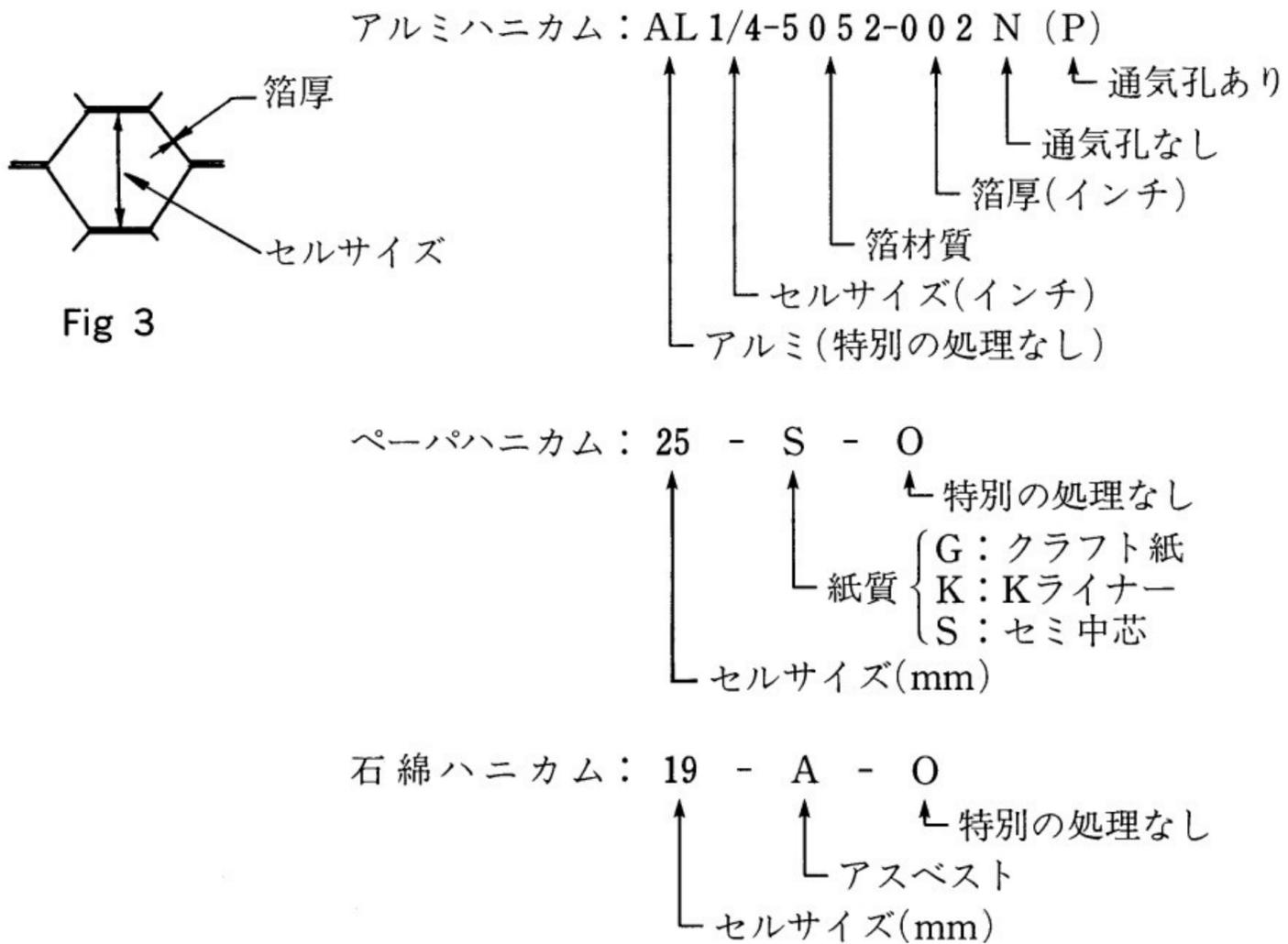
箔材と接着剤を用いて作った六角形の中空柱が多数集合したものの。



## 1.3 ハニカムサンドイッチ構造

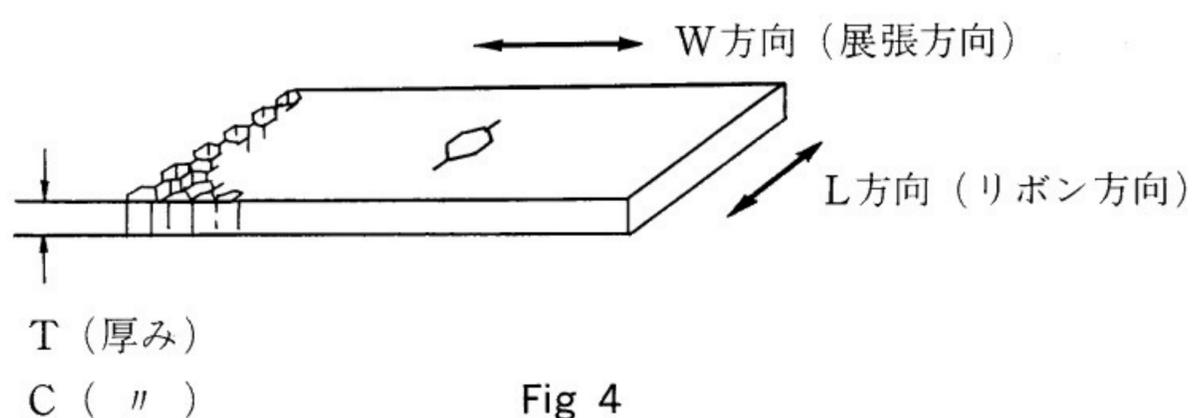


## 1.4 ハニカムの呼称



<u>ACFハニカム</u>	:	<u>ACF</u>	<u>-1/8</u>	<u>-40</u>	
		↑	↑	↑	密度(kg/m <sup>3</sup> )
			↑		セルサイズ(in)
		↑			アクリルファイバー
<u>塩ビハニカム</u> (プラニカム)	:	<u>20</u>	<u>-P</u>	<u>-01</u>	
		↑	↑	↑	フィルムの厚さ(0.1mm)
			↑		プラスティック(塩化ビニール)
		↑			セルサイズ(mm)
<u>アラミドハニカム</u>	:	<u>SAH</u>	<u>-1/8</u>	<u>-3.0</u>	
		↑	↑	↑	密度(lb/ft <sup>3</sup> )
			↑		セルサイズ(in)
		↑			<u>Showa</u> <u>Aramide</u> <u>Honeycomb</u>

### 1.5 ハニカムのサイズ呼称



L, W, T, はMIL規格のとり決め。

L, W, C, はJIS規格のとり決め。(ペーパーコアのみ)

常識的な Length(長さ), Width(巾) とは逆。

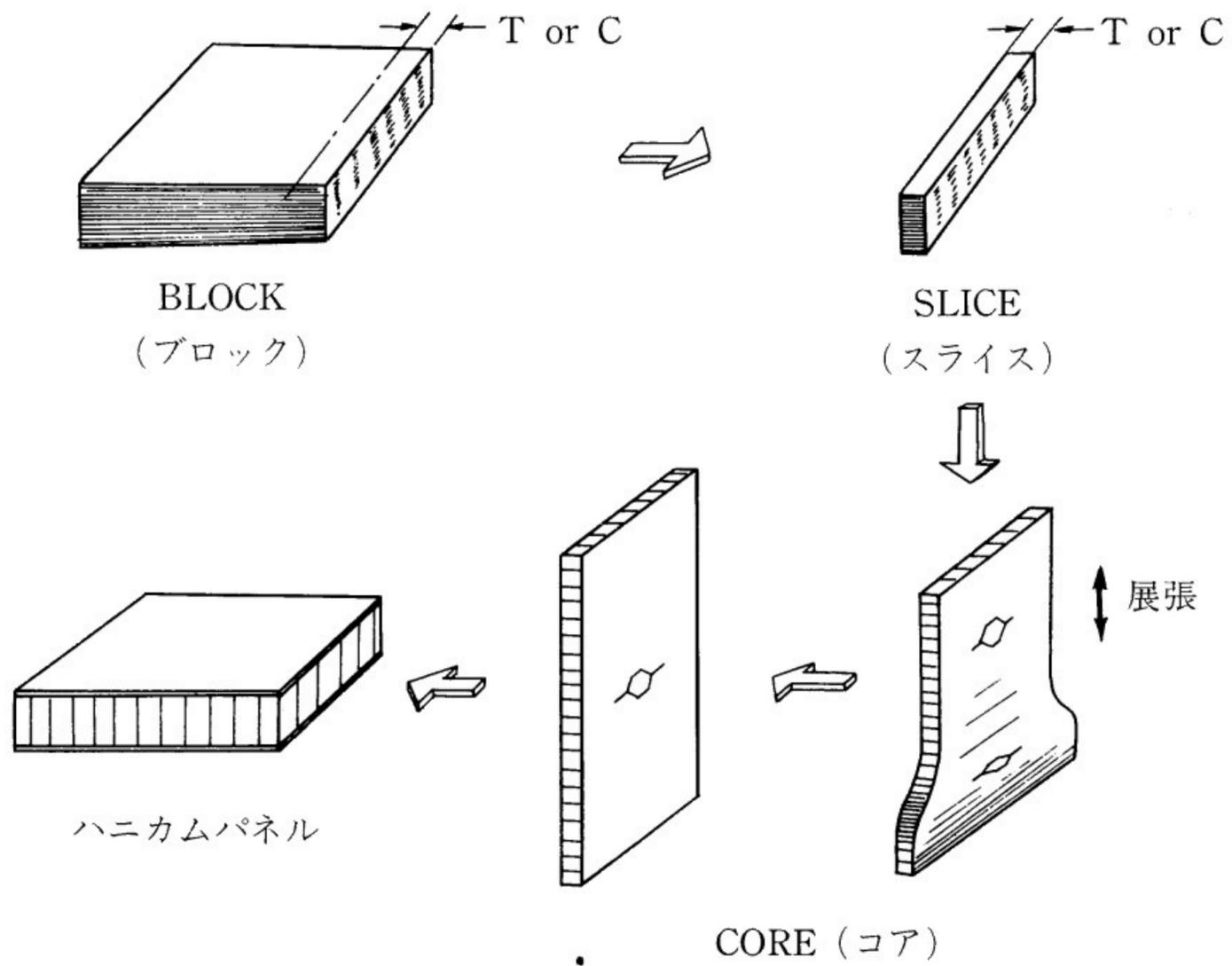


Fig 5

## 2. 特 長

### 2.1 強度及び剛性

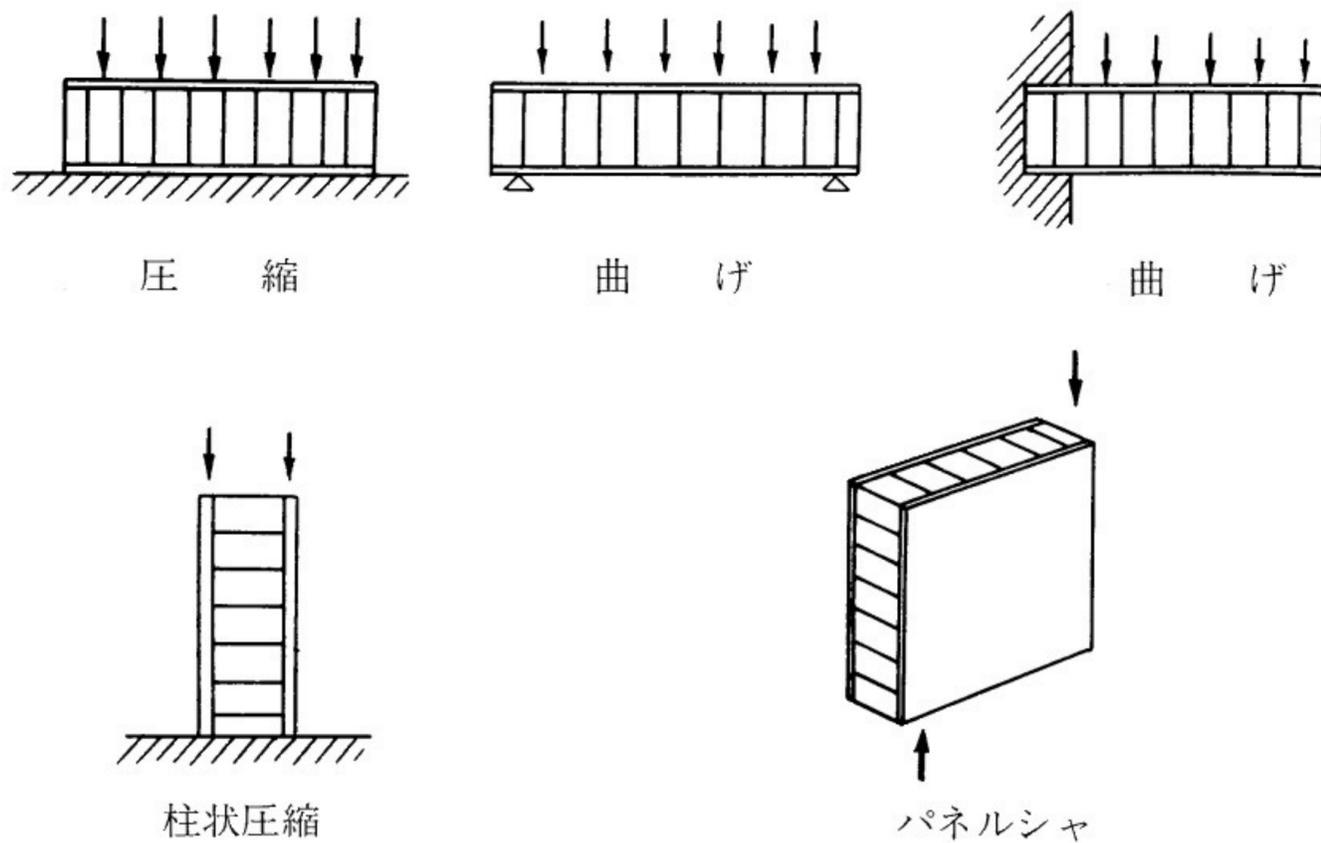


Fig 6

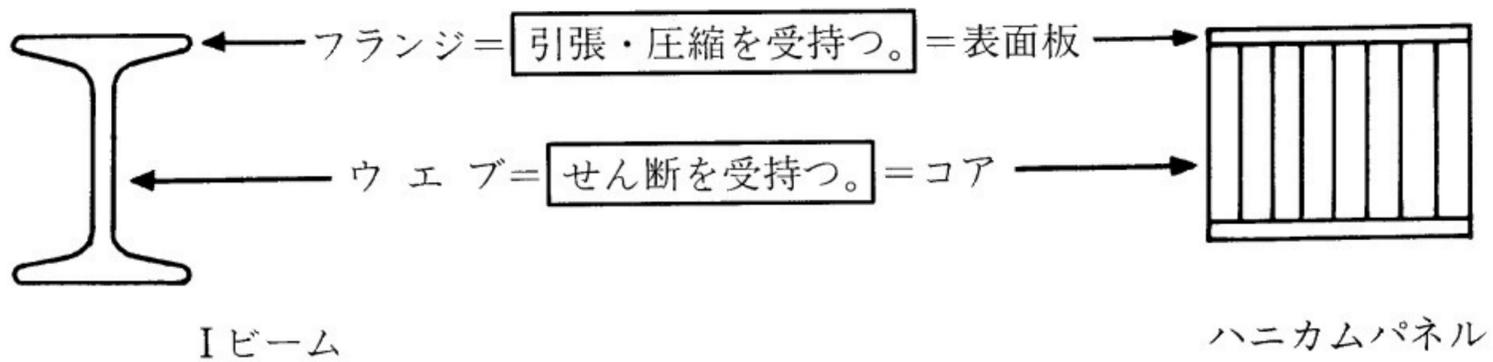


Fig 7

- サンドイッチ構造の強度・剛性は接着剤によって表面板とコアが結合されているという前提で成り立つ。(圧縮を除く)
- ハニカムコアの容積の90%以上は空気。
- 現在存在する構造の中でもっとも強度/重量・剛性/重量の高い構造。
- L方向とW方向ではコアのせん断強さ及びせん断弾性係数が異なる。

## 2.2 諸性質

- 断熱性 空気層による断熱。 25mm厚ペーパーハニカムでレンガ200mm厚に相当
- 平滑性 コア厚精度  $\pm 0.25\text{mm}$   
表面板の歪は接着剤の力で吸収。
- 耐疲労性 応力集中が避けられる。
- 防音性 遮音 — 面密度(重量)による  
吸音 — セル内による吸収  
適当な吸音材充填により効果増進
- 衝撃吸収性

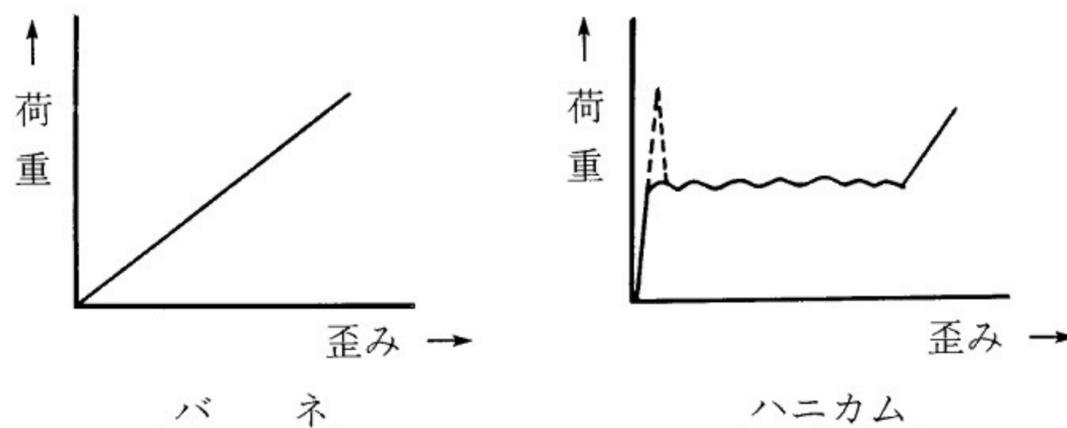


Fig 8

物糧投下, アポロ宇宙船, 原子力発電所, 安全装置・梱包材等に使用

- 整流性 無数のセルによる，空気，水等の整流
- 散光性 点光源 → 面光源
- 電磁性 遮へい → アルミハニカム  
透過 → FRPハニカム
- 表面積/容積が大 熱交換に利用
- その他 △乾式工法が可能  
△構造が単純化出来る  
△軽量による波及効果が期待できる

### 3. 設 計

ハニカムサンドイッチ構造の設計には，その製品に要求される性能を十分に把握し，ハニカムを使用することのメリットを確かめて行うこと。

#### 3.1 コアの選定

- 強度計算によりせん断や圧縮応力を求める。……コア厚を仮定して。
- アルミハニカム，ペーパーハニカムの区別。

#### 3.2 表面板の選定

- 製品用途から材質の選定……アルミ合金板，鋼板，合成樹脂板，合板，etc.
- 応力計算により表面板厚さの選定

#### 3.3 剛性のチェック

- 撓み量の計算

#### 3.4 縁材の選定

- 製品用途から形状，材質を決める。（加工性の検討）  
木材，合板，折曲材，アルミ合金型材（Fig 9 参照），etc.
- 縁材厚さ……コア厚よりマイナス気味
- 縁材使用例（Fig 10 参照）

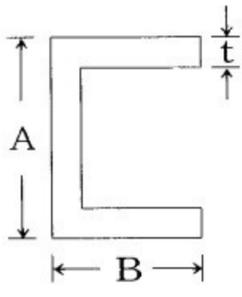
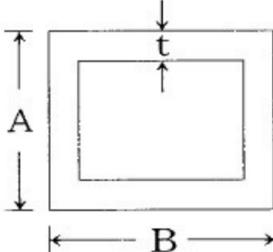
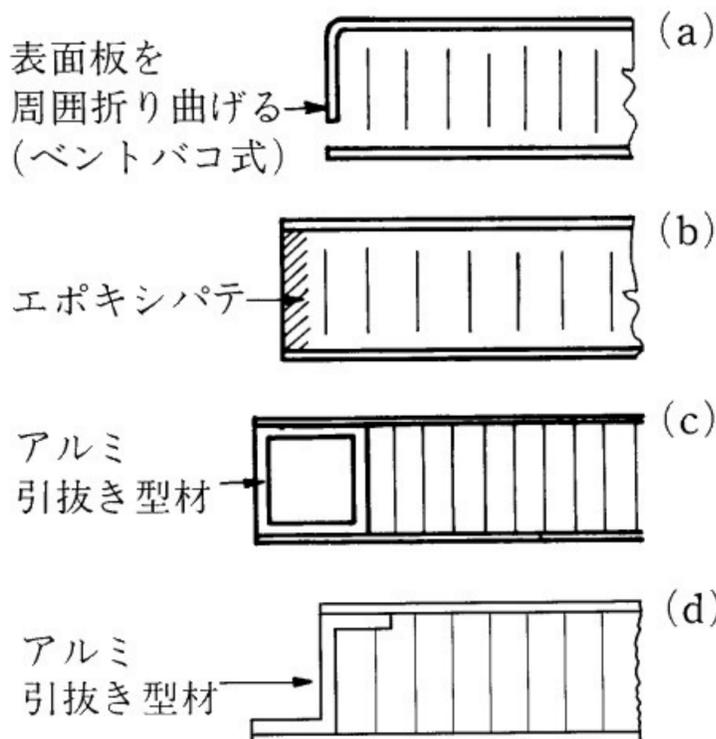
形 状	寸 法	重量 (kg/m)
チャンネル  (t × A × B)	1.6 × 10 × 10 × 4,000 ℓ	0.117
	2 × 15 × 15 × 4,000	0.225
	2 × 20 × 20 × 4,000	0.304
	2 × 25 × 25 × 4,000	0.386
	2 × 18 × 10 × 4,000	0.184
	2 × 22 × 12 × 4,000	0.239
	2.4 × 30 × 30 × 4,000	0.555
	2 × 30 × 15 × 4,000	0.305
	2.4 × 35 × 20 × 4,000	0.457
	3 × 40 × 20 × 4,000	0.605
	3 × 50 × 25 × 4,000	0.767
	3 × 60 × 30 × 4,000	0.93
	3.2 × 75 × 40 × 5,000	1.285
	4 × 80 × 40 × 5,000	1.66
	5 × 100 × 50 × 5,000	2.58
6 × 125 × 65 × 5,000	3.97	
角パイプ  (A × B × t)	15 × 15 × 1.5 × 4,000	0.22
	20 × 20 × 2 × 4,000	0.39
	25 × 25 × 2.5 × 4,000	0.615
	30 × 30 × 3 × 5,000	0.87
	40 × 40 × 2.5 × 5,000	1.015
	50 × 50 × 3 × 5,000	1.535
	15 × 25 × 1.5 × 4,000	0.302
	20 × 30 × 2.5 × 5,000	0.61
	20 × 40 × 2.5 × 5,000	0.75
	25 × 50 × 2 × 5,000	0.78
	30 × 60 × 2.5 × 5,000	1.16
	40 × 60 × 2.5 × 5,000	1.28
	30 × 70 × 2.4 × 5,000	1.24
	40 × 80 × 2.5 × 5,000	1.56
	50 × 100 × 2.5 × 5,000	1.975
	30 × 100 × 2.8 × 5,000	1.89
	60 × 120 × 2.8 × 5,000	2.66
50 × 150 × 3 × 5,000	3.17	

Fig 9



パネル寸法L, W公差±1.0~1.5mmのときに有効です。

パネル厚みが15mm以下のときに利用下さい。

縁にヒンジやクランプ等を取付けるとき便利です。

フレーム等への取付けを容易にする場合等に使用します。

Fig 10

### 3.5 諸部品の取付方法の選定

- インサートによる取付。(Fig 11-a)
- ダブラによる取付。(Fig 11-b)
- ポップナットによる取付。(Fig 11-c)

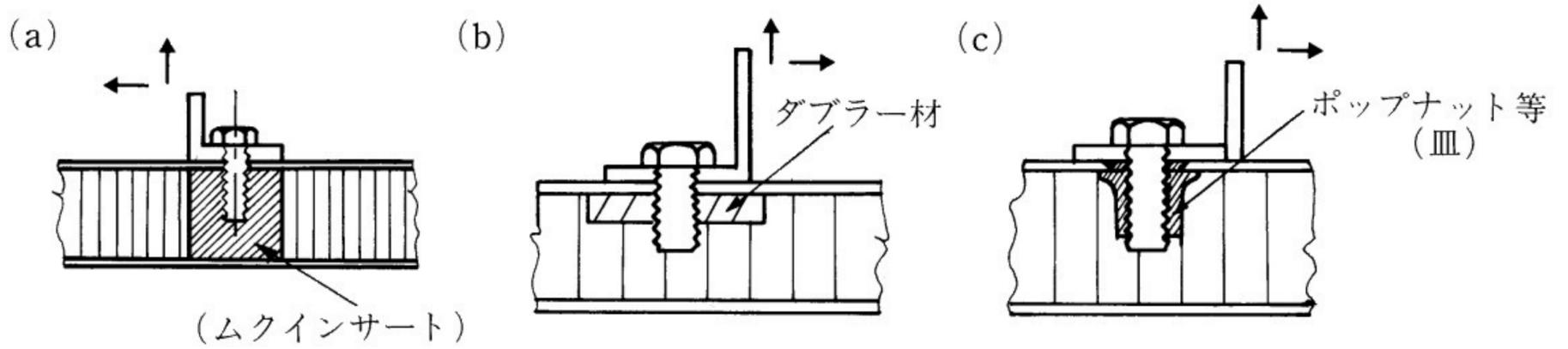


Fig 11

### 3.6 接着剤の選定

#### ○ 接着剤の働き

コアと表面板の接触は、  
線接触

その接触はパネル面積の 3~5%

ファイレットにより表面板とコアは結合される。

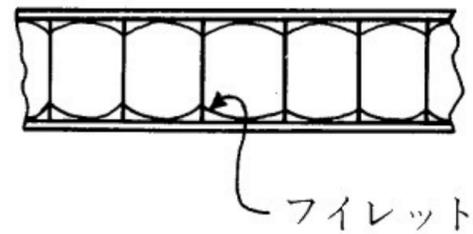
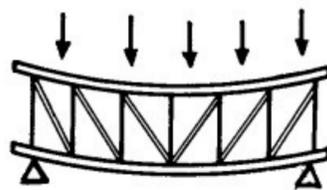


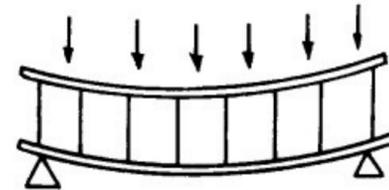
Fig 12

#### ○ 接着強度

〔せん断〕



接着剤のせん断強度あり  
コアにシャが入る



コアがずれる  
変形したまゝで復元しない

〔ピール〕

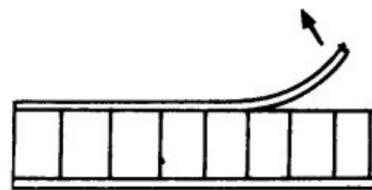


Fig 13

一般にせん断強度を上げると硬くなりピール強度が減少し、ピール強度が上がると粘ばっこくなり、せん断強度が下る。

せん断とピールはウラハラで、その兼合いがポイント。

#### ○接着剤の種類

常温硬化型……エポキシ系

熱硬化型……フェノール系，エポキシ系等

溶剤型……ゴム系

その他，ホットメルトタイプも使用可

### 3.7 表面処理

○表面板・縁材を金属にした場合は必要。

### 3.8 確認テスト

一般にハニカムサンドイッチ構造の製品は大判ものが多く、また量がまとまる場合が多いので、設計の段階でテストピースを作り、それをテストして、性能を確認し乍ら設計を固めるのが確実である。

勿論同種の設計の場合には前のデータが活かせるので、同じことを繰り返す必要はない。

## 4. 製 造

下図は一般的なサンドイッチ構造物を示し、これを製作する基本的工程をチャートで表す。

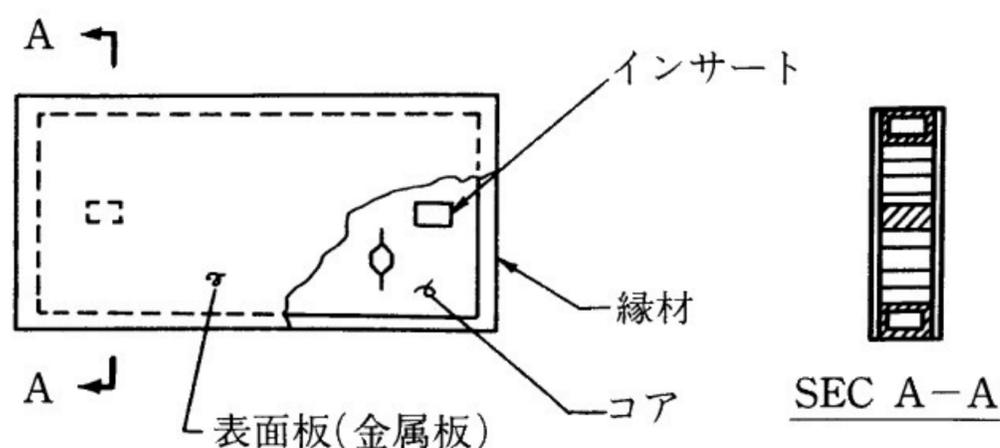
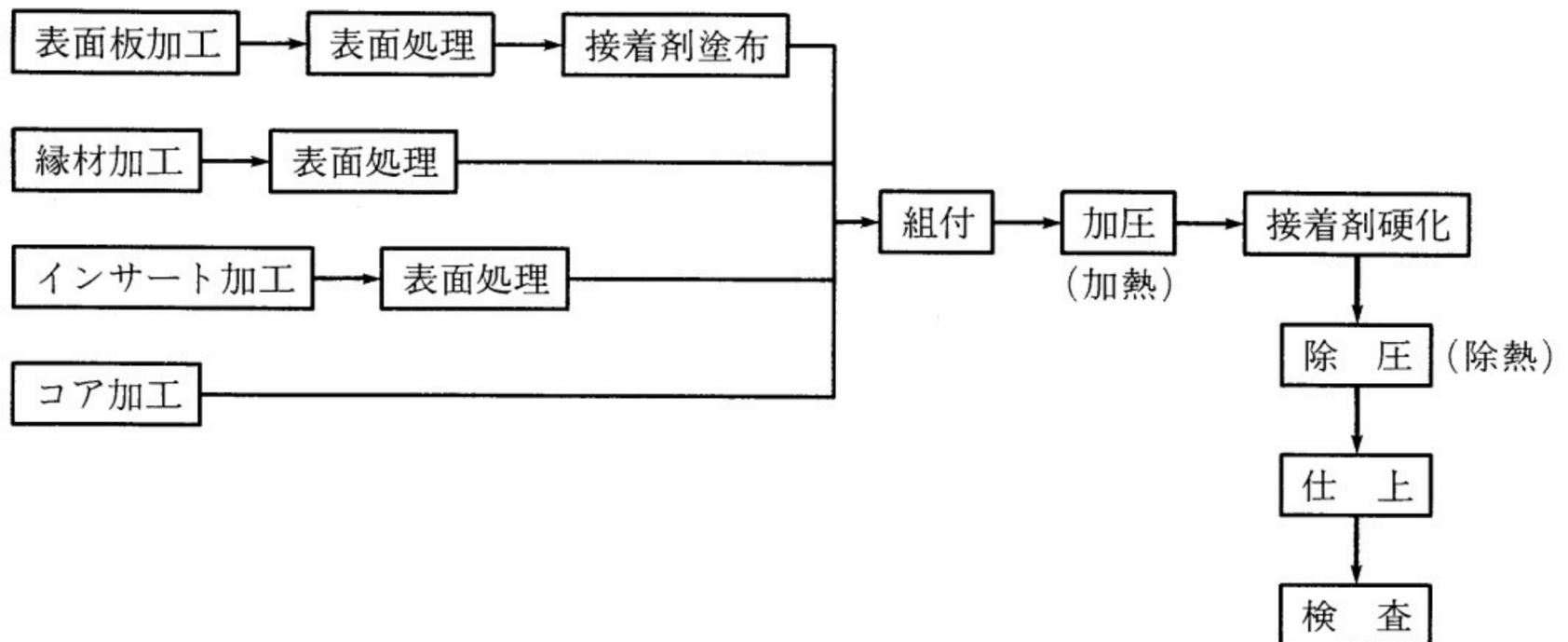


Fig 14



#### 4.1 製造上のポイント

- 表面板の歪……大波はよいが、極度の歪は不可。
- 縁材の厚み精度はできるだけ高い方がよい。最大 $\begin{matrix} +0 \\ -0.2 \end{matrix}$ mm 面精度も大切。  
要するに加圧した場合均一に圧力がかかること。
- 縁材やインサートの厚みは、コア厚より厚くないこと。
- 油、ヨゴレがあっては接着は失敗する。  
金属の脱脂には、トリクレン、アセトン、MEK等の溶剤かアルカリ脱脂剤が使用される。
- 表面処理したあとの材料は、キレイな手袋をして取扱う。  
接着剤の塗布  
ムラなく均一に。 クシベラが便利。  
エポキシ系接着剤の場合にはポットライフに気をつける。  
ゴム系接着剤の場合には、両面に塗布、コア側にはローラが便利。  
フィルム接着剤が作業性優れている。ホットメルトではロールコーターによる方法が良い。
- 組 付  
ズレ止め……ノックピン(釘), 接着治具

### ○加 圧

コアの圧縮強度より必ず低いこと。ペーパーコアで $0.1 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2$

アルミコアでも最大 $5 \text{ kg/cm}^2$

接着剤の硬化中は加圧しておく。

多段に積重ね接着する場合は間に剛性板を入れる。

### ○接着剤硬化

常温硬化型接着剤の場合には温度が大切。最低でも $15^\circ\text{C}$ 。

熱硬化型接着剤の場合には、処方通りの温度と時間をかける。

溶剤型接着剤の場合には、溶剤の逃げ道を作っておくこと。

サンドイッチパネルの面精度は、加圧・硬化の状態できまる。

但し、熱硬化の時は、冷却時の状態にも左右される。

### ○仕 上

僅かな接着剤のはみ出しは、そのまゝの方が接着強さから良い。



Fig 15

離型紙（テープ）等の使用は、仕上工程を楽にする。

プレス面は常に清浄にし、凸起物等のないようにしておく。

## 4.2 品質管理・検査

○接着ものは中間工程の管理が決め手。できたものが悪いと修正は非常に厄介。

○トライをしてから大量生産に。

○接着の検査方法としては、コインタッピング法が簡便且つ比較的确实。

○接着剤の硬化確認のためには、捨て塗りしたものを製品と同じ雰囲気においておく。

- 強度のウルサイものの場合，クーポンを同工程で流し，それをテストして強度チェックする。
- 接着条件の記録は事故が起きた時，原因究明の手がかりになる。
- 実物テスト（強度及び耐久性），曝露テスト……生産前の課題。

## 5. 設 備

ハニカムサンドイッチパネルの生産設備は，使用する接着剤によって左右される。十分予備テストして，製品や工場の体質にあった接着剤を決めてから設備計画をすることが肝要。

### 5.1 脱脂・表面処理設備

- 木質系の材料の場合には特になくともよい。

- 金属材料の場合

脱 脂 ： トリクレン槽（2液槽が便利），手拭きでも可。

表面処理 ： 鉄・アルミ等材料により異なる。

酸化皮膜槽，水洗槽，乾燥槽。

（水膜確認が必要）

### 5.2 接着剤混合・塗布設備

- 混合ミキサ，手で混合でも可。

- 塗布設備（道具）

エポキシ系の場合は設備は特に不用。

ゴム系・フェノール系の場合はスプレー又はロール及びプレキユア炉が便利。

### 5.3 加圧・加熱設備

#### ○締付定盤

エポキシ系接着剤等常温で硬化する接着剤を使用する場合に用いられ、もともと低廉で取扱いも簡便。

#### ○ホットプレス

熱盤（熱源はスチームが普通）をもつプレスで、圧力は油圧を用いる。フェノール系，ゴム系，エポキシ系接着剤に使用する。

#### ○ピンチロール

ゴム系接着剤の場合使用し，加圧されたロール間に製品を通し，線圧を連続的に加える。

#### ○オートクレーブ

耐圧チャンバー内に製品を入れ，製品内を減圧すると同時に空気圧を製品に加え，同時にチャンバー内の温度も上昇させるもの。  
曲面接着の場合使用する。設備の回転率はホットプレスに較べると劣る。

#### ○バキューム加圧装置

ハニカムコア内の空気を抜き，大気圧を接着圧として加える。  
大判もの及び曲面接着等に使用する。

### 5.4 附帯設備

#### ○バンドソー

パネルの切断，縁材，インサート等の加工に多く使用できる。

#### ○ボール盤，シャリング，折曲機，鉋盤，サンダマシン等があれば便利。