

# 第5回 委員会資料

2007年1月17日

日本接着学会関東支部  
構造接着委員会

## ものづくりを支える接着技術

三菱電機(株)

先端技術総合研究所 マテリアル技術部

原賀康介

### 接着と日本人

#### ◆日本人と接着との関わり

- ・木と紙の生活 : 障子、ふすま : フェキ糊、ごはんつぶ
- ・幼稚園、小学校 : 学校工作、プラモデル
- ・一般事務 : 切手、セロテープ、
- ・サロンパス、ピップエレキパン、バンドエイド、貼るカイロ
- ・スーパー、コンビニ、百貨  
セグイ、ボンド、アロンアルファ、テープ、シール、...
- ・日本の優れた技術: 漆で金箔を貼る (職人の世界)

#### ◆日本人の接着に対する印象

- ・簡単、便利、だれでもできる
- ・弱い、長持ちしない

#### ◆工業的使用の障害

- ・工業的には接着は「貼る」→「継ぐ」→「組み立てる」手段
- ・しかし、接着に対する不信感が強い。◀欧米より強い

### 日本の大学における接着研究

#### ◆接着に関係する学問的領域

- 化学 : 有機、無機、合成、物性、界面、化学工学
- 物理 : 分子間力、表面、界面、流動、熱力学
- 機械 : 材料力学、内部応力、シミュレーション、設備
- 数学 : 信頼性、統計、故障解析

これらの学問はどこの大学でも教えている。

「接着工学」は、これらの境界領域に位置している。

#### ◆日本の大学における接着工学研究

- ・残念ながら日本の大学で「接着工学」を研究しているところは少ない
- ・ましてや「接着でのものづくり」へのソリューション提供ができる大学は皆無に近い。  
海外(英国、ドイツ、米国など)では目的指向が強い
- ・学会も単なる個別技術の集まりで「接着工学」にはほど遠い

### 日本の企業における接着技術と技術者

- ◆今や接着は日本の「ものづくり」のキーテクノロジーの一つ  
小型化・軽量化・高機能化、高密度化、高精度化、低価格化

- ◆なのに、企業にも接着の技術者はきわめて少ない。  
理由は

- ・大学で人材が育っていない
- ・OJTでの人材育成が必要で時間がかかる(指導者も少ない)  
接着剤の選定など経験が必要な部分も多い  
接着剤の選定は「くすり」選びのようなもの  
病院のドクターのような人材が必要
- ・企業は要素技術にリソースをかけたがらない
- ・片手間の技術(広範囲の担当技術の一つ)

- ◆その結果の問題点

開発段階での課題抽出が不十分(見抜く力)  
最適設計(構造、プロセス、設備)ができない  
工程管理、品質管理にぬけが生じる

### 構造接着技術の変遷（三菱電機の例）

◆70年代： 構造接着を採用する動きはほとんど見られなかった。

主な理由： 組み立て作業性の悪さ、接合性能の不十分さ、長期耐久性データの不足や長期信頼性予測法が未確立、など



◆80～90年代： 機器の高性能化、高機能化、生産性向上が追求される中で接着技術は急速に必要性が増加した。



▼製品への接着技術の適用開発に注力

- ・接着技術の欠点をカバーし利点を有効に活用する接着工法および接着材料の開発
- ・接着の諸現象の評価法、CAE解析技術の開発

▼耐久性評価技術の開発に注力し長期寿命予測法を開発



### 構造接着技術の変遷（三菱電機の例）

◆90年代後半： 寿命予測法と統計的手法を組み合わせることにより、製品の耐用年数経過後の安全率の裕度を定量化する方法を開発。

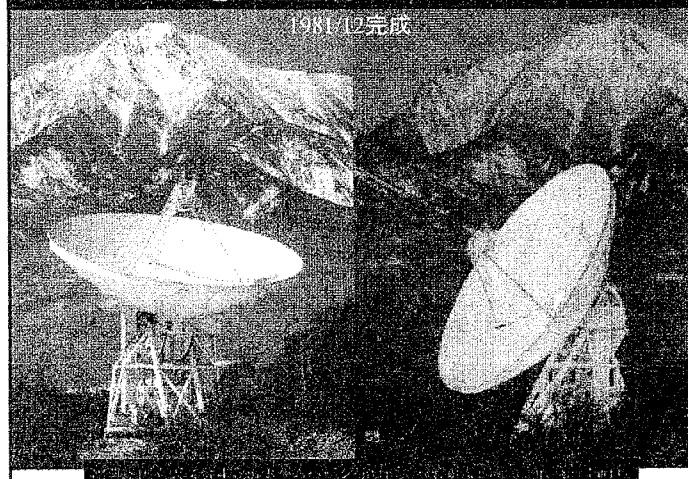


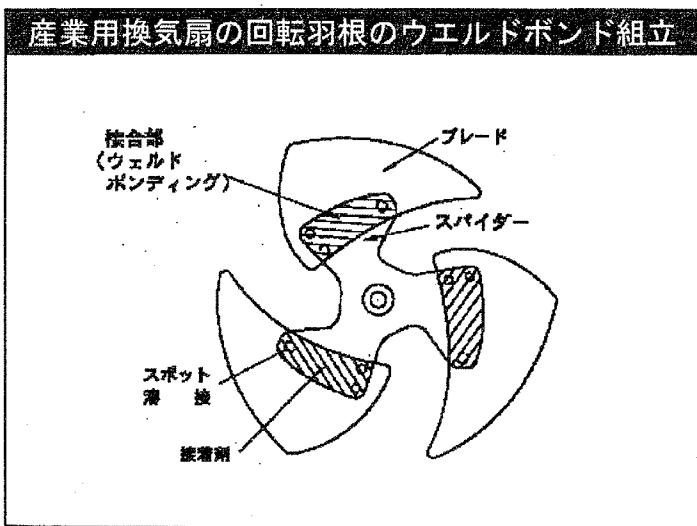
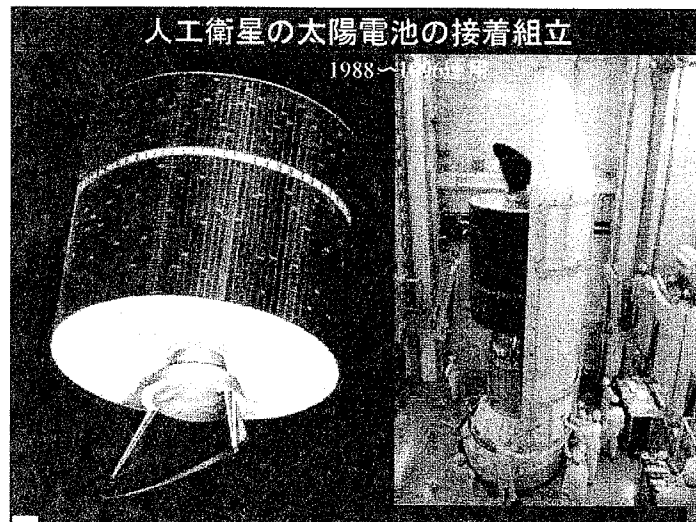
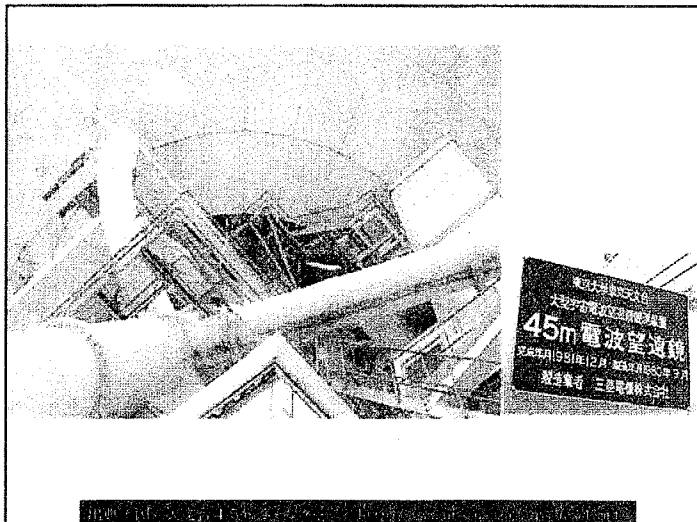
◆2000年代： 接着部の最適設計や限界設計が可能となり、構造接着が溶接やボルトと同等の汎用的接合技術として位置づけられるようになった。

### 三菱電機における構造接着技術の適用開発の事例

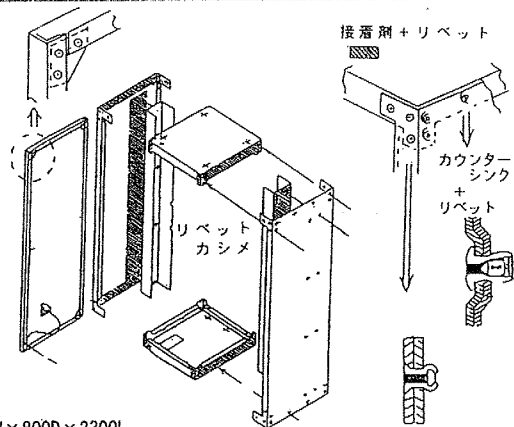
- 1978 エレベータ意匠構造パネルの補強接着
- 1980 45m電波望遠鏡のCFRPハニカム反射板
- 1980 ルームエアコンの冷媒配管の接合
- 1981 上越新幹線無線中継架（接着防水筐体）
- 1983 通信衛星さくら3号の太陽電池接着
- 1984 艦船用接着構造軽量高剛性筐体
- 1987 37"ブラウン管の防爆用ガラスの接着
- 1988 エレベータ焼付塗装パネルの補強接着
- 1988 オーロラビジョンのレンズ接着
- 1989 産業用換気扇の回転羽根のウェルドボンド
- 1994 制御盤筐体の接着・リベット併用組立
- 1995 エレベータ高級意匠パネルの低歪接着

### 45m大形電波望遠鏡のCFRPハニカム反射板





接着・リベット併用組立法による制御盤筐体の構造例



寸法：800W×800D×2300L  
材質：軟鋼板または亜鉛めっき鋼板、板厚2.3t

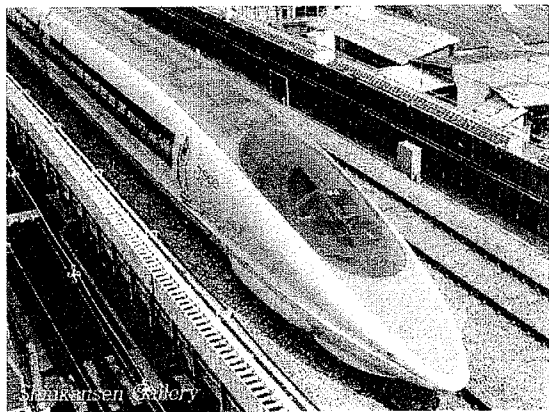
皿リベット

三菱電機における構造接着技術の適用開発の事例

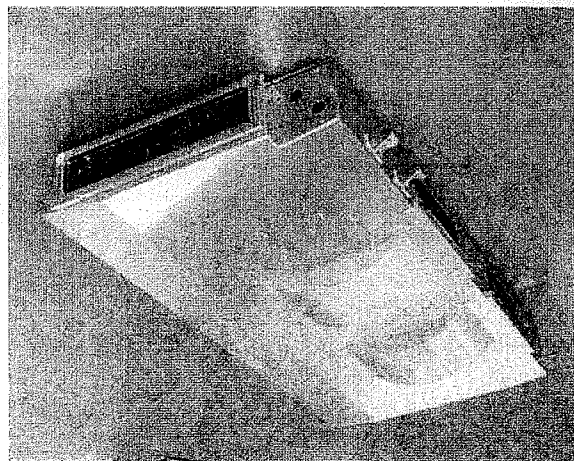
- 1996 油入り大型変圧器の絶縁体の接着組立
- 1996 500系新幹線車両空調装置用枠体
- 1996 大型回転機用冷却装置の接着組立
- 1997 大電力インバータ用大形フレーム構造筐体
- 1997 大型光学赤外線望遠鏡すばるのミラー組立
- 1999 耐用年数経過後の安全率の定量化法の開発
- 1999 機械室レスエレベータ巻上機の磁石接着
- 2000 FA用サーボモーターのロータ磁石接着
- 2000 大形電波望遠鏡VERAのパラボラ反射板
- 2001 2MW風力発電機のロータ磁石接着
- 2002 エレベータ用接着構造耐火扉

500系新幹線の列車空調装置枠体の接着組立

1997/3営業運転開始

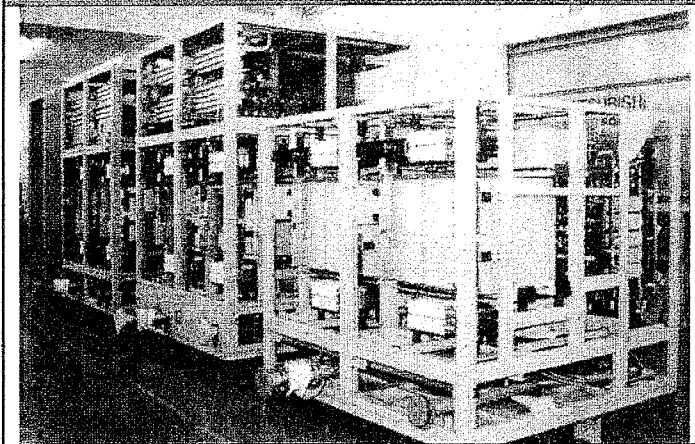


出典：新幹線ギャラリーホームページ <http://tec.supertrain.net/west/>



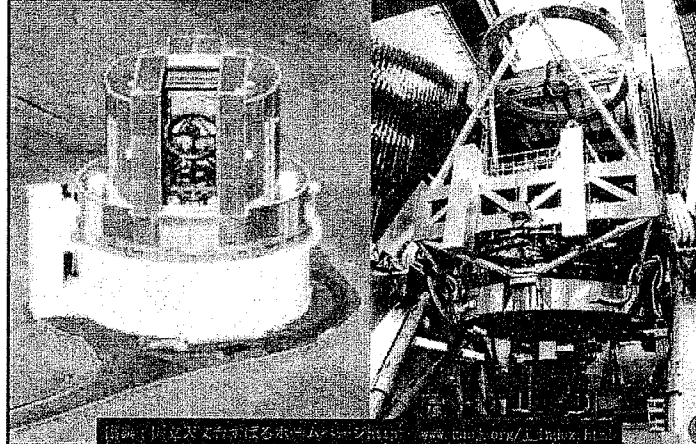
500系新幹線車両空調装置室内機

大電カインバータ用大形フレーム構造筐体の  
接着・リベット併用組立<MELARS>1997～

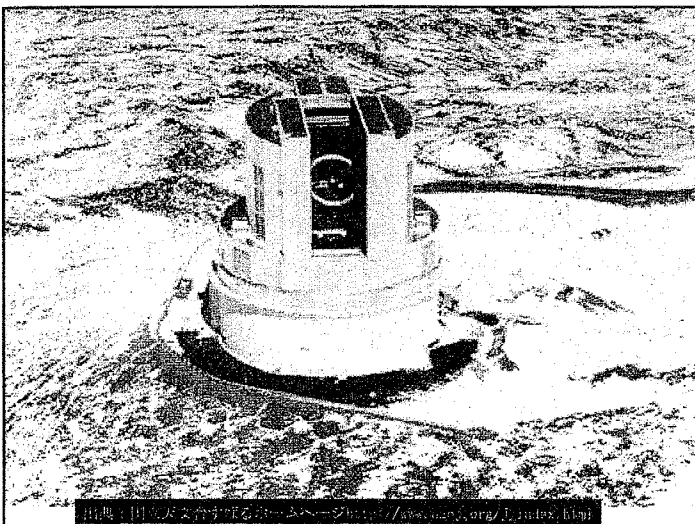


大型光学赤外線望遠鏡すばるのミラー組立

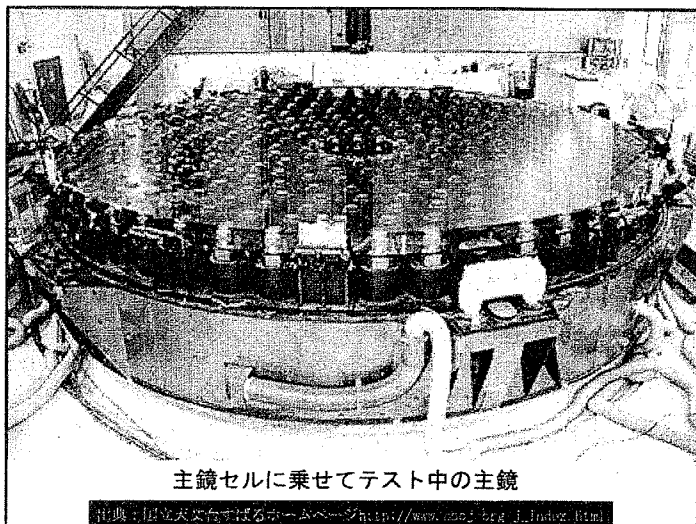
1991建設開始～1999ファーストライト



出典：国立天文台すばるホームページ <http://www.sao.ac.jp/index.html>

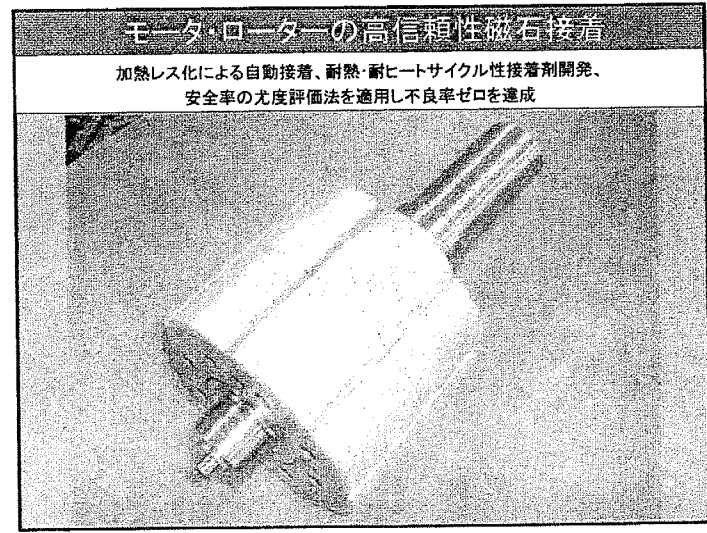
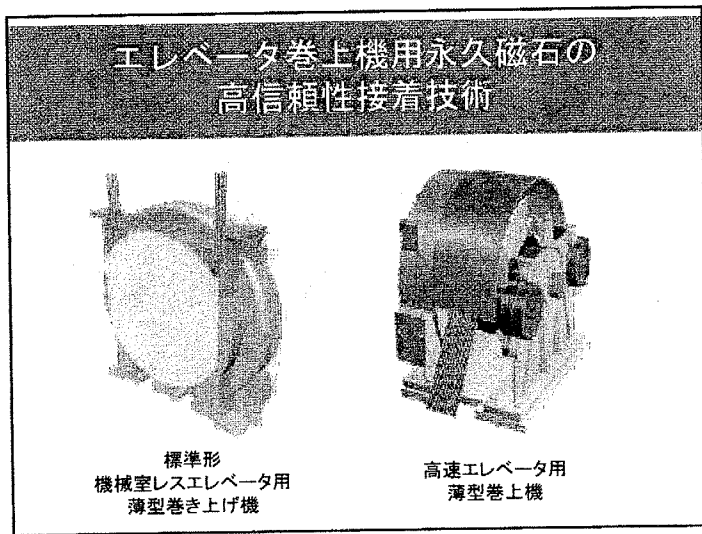
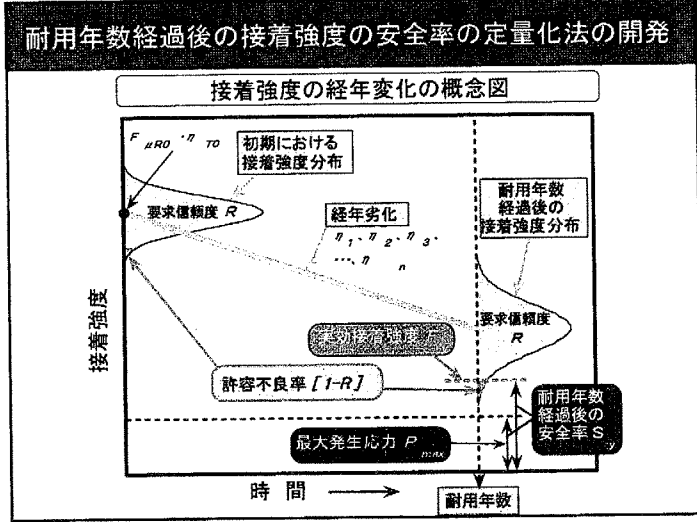


出典：国立天文台すばるホームページ <http://www.sao.ac.jp/index.html>

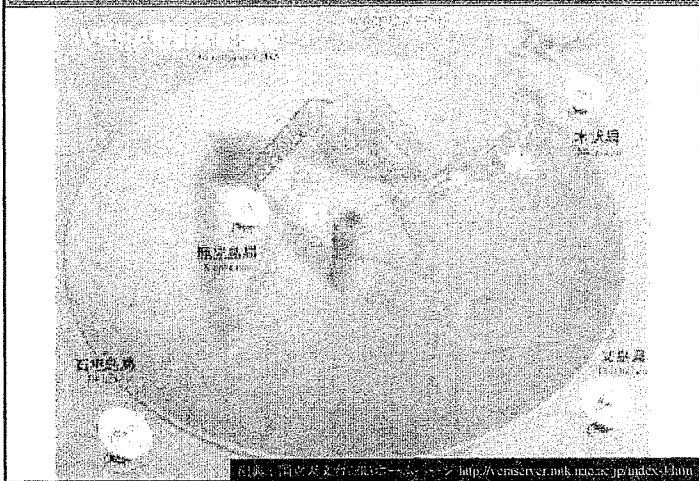


主鏡セルに乗せてテスト中の主鏡

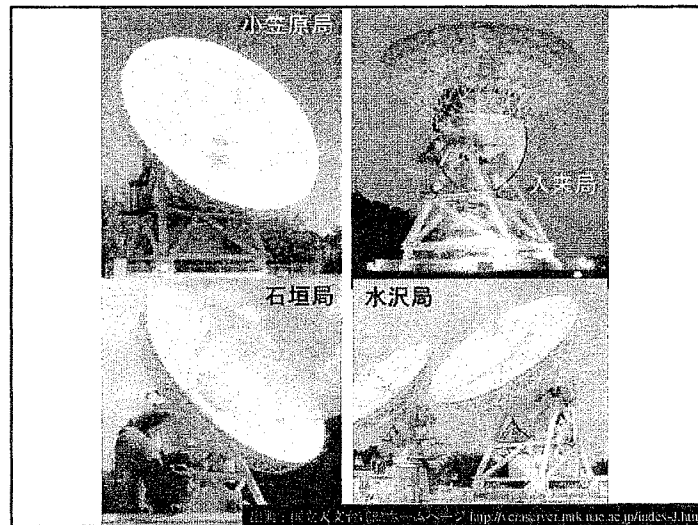
出典：国立天文台すばるホームページ <http://www.sao.ac.jp/index.html>



大形電波望遠鏡VERAの反射板の接着組立 (φ20m)



出典：国立天文台VERAホームページ <http://venserver.mtk.nao.ac.jp/index-j.htm>



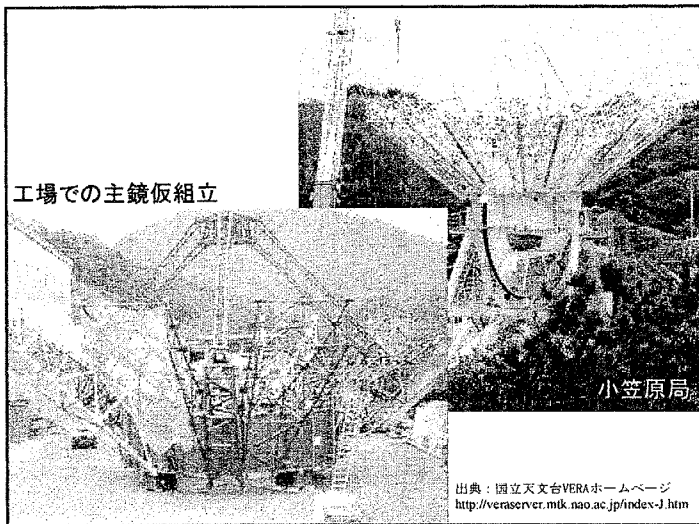
石垣島局

水沢局

小笠原局

水沢局

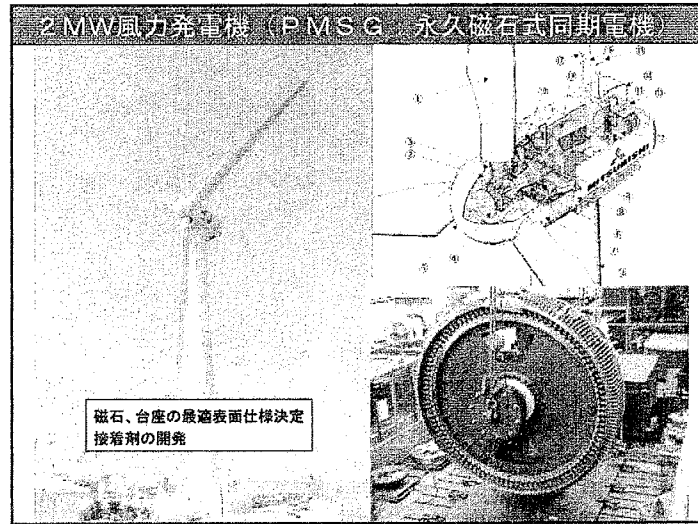
出典：国立天文台VERAホームページ <http://venserver.mtk.nao.ac.jp/index-j.htm>



工場での主鏡仮組立

小笠原局

出典：国立天文台VERAホームページ <http://venserver.mtk.nao.ac.jp/index-j.htm>



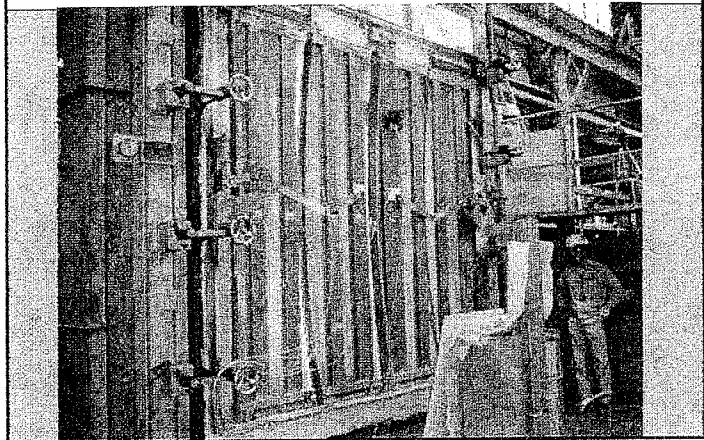
2 MW風力発電機 (PMSG 永久磁石式同期電機)

磁石、台座の最適表面仕様決定  
接着剤の開発

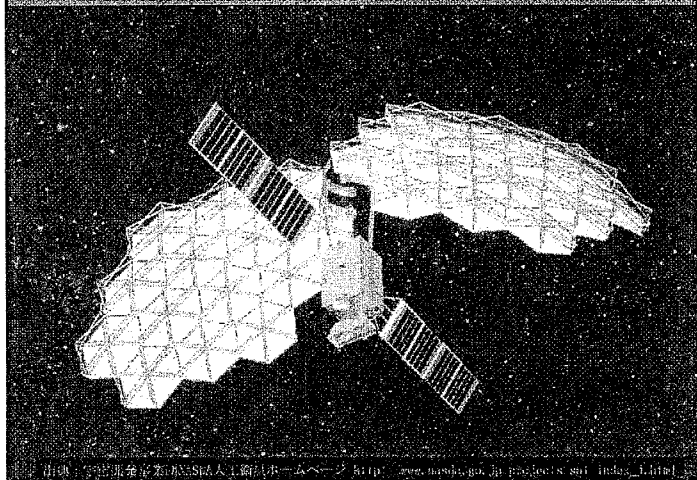


### エレベータ用接着構造耐火扉

新規格対応、コスト低減、軽量化、火災時補強材分離構造開発、難燃性接着剤開発



技術試験衛星ETS-VII (さく8号) (2006年12月18日15:32打上)



出典：宇宙開発事業団 (JAXA) ホームページ URL: <http://www.nasda.go.jp/projects/sat/etsvii/index.html>

### 企業における接着技術者の役割 (Haragaの例)

#### [担当技術] 接着品質設計技術

要求機能を満足させ、  
工程内及びフィールドで不具合を発生させず、しかも、  
低コストのものづくり (接着加工) を行う技術



[開発目標] 接着強度の変動係数  $CV < 0.1$  (0.15)、  
凝集破壊率  $\geq 40\%$ 、  
特性影響因子に対する許容範囲拡大 を実現する



[担当課題] このための材料、構造、プロセス、設備、品質管理  
のトータルソリューションを提供する

[対象製品、部品、機能] 不定

(接着品質設計を要求されるもの全て)

研究所の技術者はGeisha :

客 (工場) に呼ばれたら断らない、すぐに行く  
客 (仕事) を選ばない  
常に優れた芸 (高度な技術) を磨いておく

一度だけ断った :

[接着品質設計の全社的活動]

加工技術委員会-接着技術分科会-接着品質設計WG

(主査：原賀) (リーダー：生産技術センタ)

委員：22工場33名

## 接着の適用技術開発について思うこと

- ◆接着への不信感は依然として強い  
弱い、長持ちしない ← 接着の認知度が低い、接着を知らない  
←→ ねじ、溶接への過信
- ◆参考となる事例がほとんどない  
☒ だれもを説得できるだけのデータ、論理が必要
- ◆開発当初にすべきこと  
必要スペックの明確化、数値化：不明な項目は実験してでも求める  
制約条件と希望条件の切り分け  
目標達成のための、構造、材料、プロセス、設備の最適なコンセプト作り  
スペック達成のためのソリューションの提供
- ◆影響因子の抽出、影響度評価、最適化  
影響因子を出し尽くす ← 不良は忘れていた（無視した）因子で生じる  
影響度は徹底的に実験で評価する。シミュレーションも効果的。  
理論からの予測通りの結果にならない←理論と実際の間には隠された因子  
こちらを立てればあちらが立たず ←トレードオフの関係  
↑  
ここが開発のポイントになることが多い

- ◆接着の欠点を知り、それをいかにカバーするか  
← 欠点のむりな改良は泥沼に落ちる  
効率の良いもの作り  
信頼性の高いもの作り } を常に追求する
- ◆最終的にはばらつきの定量化  
← 変動係数、凝集破壊率、耐用年数後の安全率
- ◆情報は関係者（社内外）全員で共有することが必要

---

- ◆接着の採否の判定  
最終判断は組織のトップ・顧客 ← 接着に不信感を持っている人  
↑  
説得性のある十分な実験・検証データ（数値）と理論的な裏付け  
それらに基づく論理的な説明が必要

---

- ◆失敗は成功の元  
失敗が許されるのは製品出荷まで  
開発期間内では失敗は多いほど後の役に立つ ← 文書で残す  
失敗の原因と改善方法 情報の共有化