



ETFEの魅力と空間創造

AGC Chemicals
ASAHI GLASS CO., LTD.

2012年9月6日

旭硝子(株)化学品カンパニー 中尾卓也

AGC Chemicals
Chemistry for a Blue Planet



1) フッ素樹脂フィルムの種類と
その優れた物性

2) ETFEフィルムの特徴

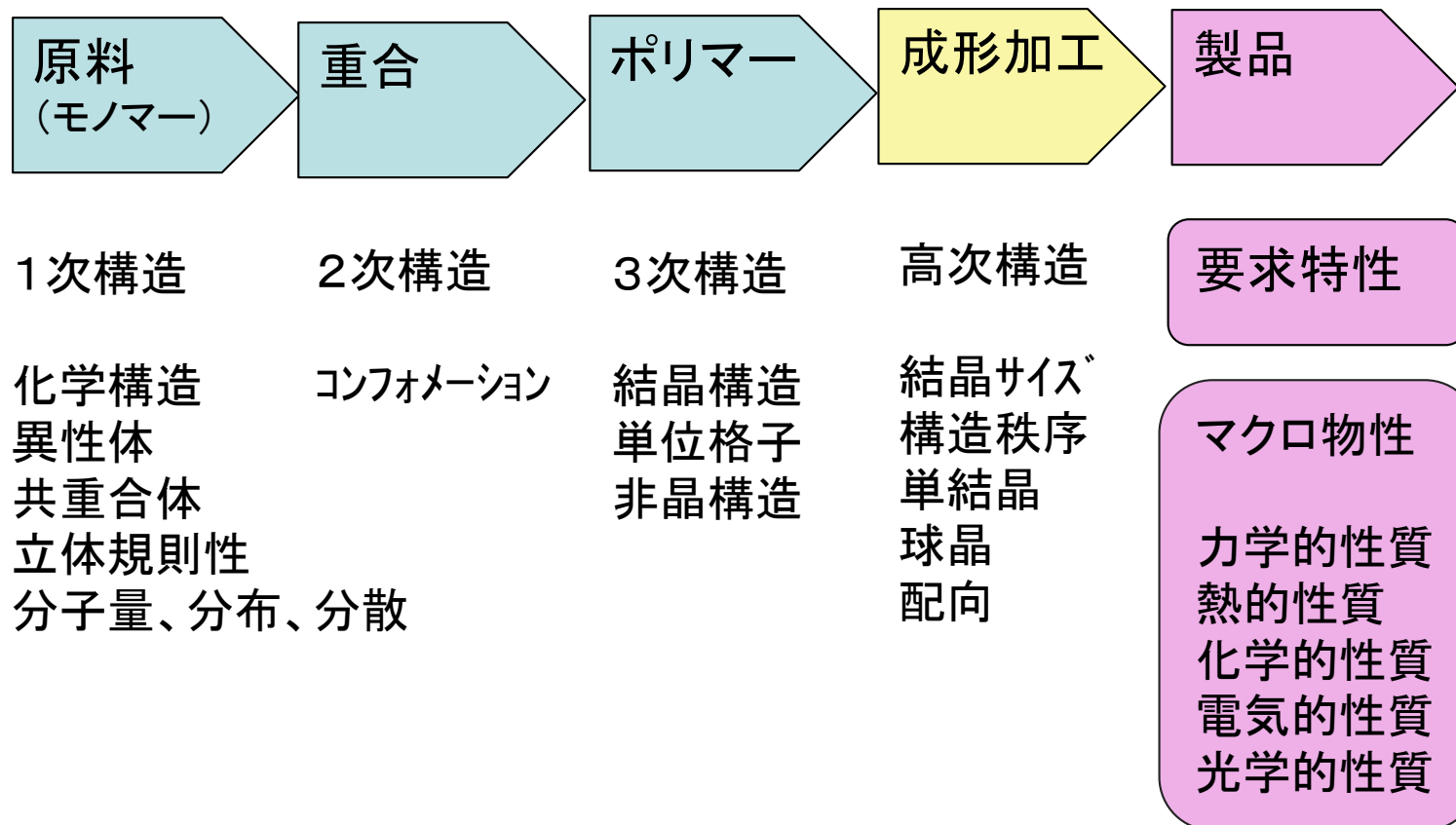
3) ETFEフィルム建築物の事例紹介

AGC Chemicals
ASAHI GLASS CO., LTD.



“物性”とは

一定の性質を要求されて役に立つとき”もの（Matter）”は、初めて”材料（Material）”になり、性質（Property）は”機能（Function）”になる

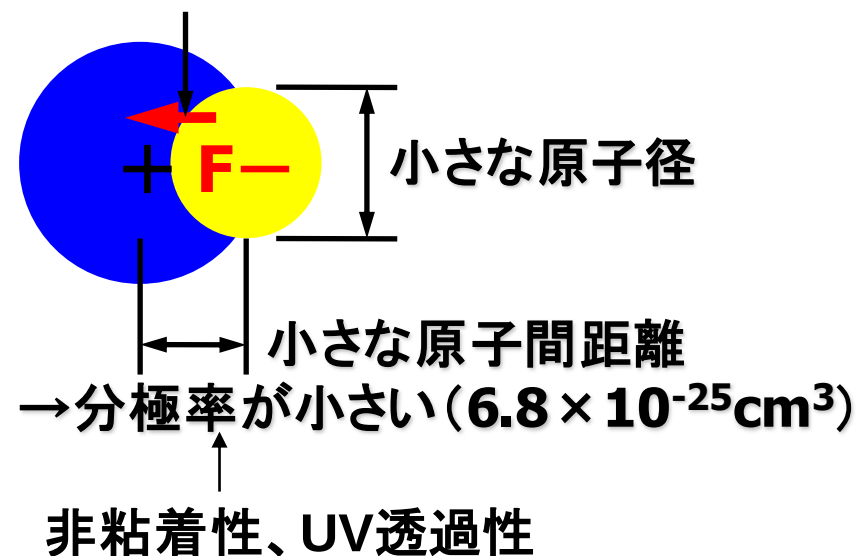


分子設計・加工条件・構造解析・物性評価

フッ素樹脂の特徴

周期律表(最初の18個)

H								He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
→ 電気陰性度大							中性	



原子間距離が小さい(=原子間結合エネルギー大)
 =外界からの刺激(薬品、熱、光、電圧)に強い
 =他の物質と反応・親和しにくい(非粘着性・撥水性)

フッ素樹脂の種類と構造・フィルム加工法

TFE以外の含

フィルム成形方法

PTFE(テフロン)

円筒ブロック加工→切削(スカイブ)

PFA

溶融押出し成形(加工温度高い)

ETFE

溶融押出し成形(加工性良好)

FEP

溶融押出し成形

PVdF

溶融押出し成形(単独難、アクリルアロイ化)

PVF

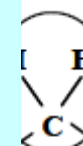
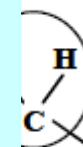
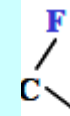
溶剤溶解液→流延キャスト

PCTFE

溶融押出し成形

E/CTFE

溶融押出し成形(加工性良好)



フッ素樹脂の物性

	単位	PTFE	PFA	FEP	ETFE	PVdF	PVF
融点	℃	327	300-310	260	270	156-170	203
比重	—	2.14-2.20	2.12-2.17	2.12-2.17	1.7	1.75-1.78	1.38-1.57
連続最高使用温度	℃			200	150-180	150	100
限界酸素指数				>95	30	44	23
耐溶剤性				超優	優	良	可
引張強度	MPa	27-34	24-34	22-31	45	34-43	82
引張伸び	%	200-400	300	250-330	100-400	80-300	115-250
引張弾性率	MPa	400-600	310-350	320-360	700-850	370-2580	
耐衝撃性	J/m	160	破壊せず	破壊せず	破壊せず	160-370	

材料粘りやすさの目安

強度 × 伸び

出典：プラスチック成型材料（株）工業調査会 より



2) ETFEフィルムの特徴

AGC Chemicals
ASAHI GLASS CO., LTD.

AGC Chemicals
Chemistry for a Blue Planet

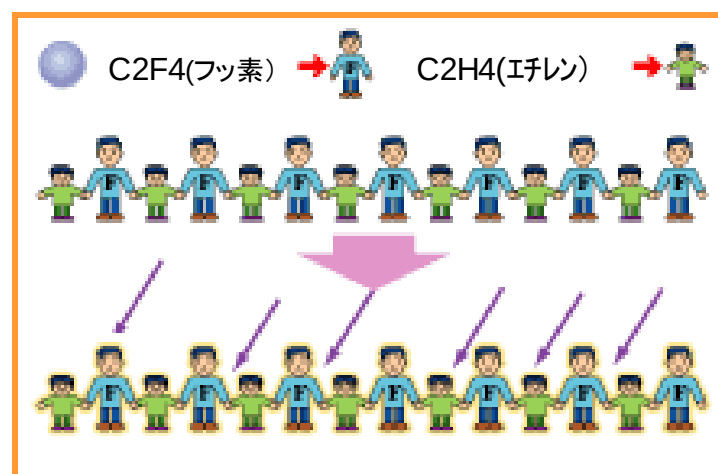
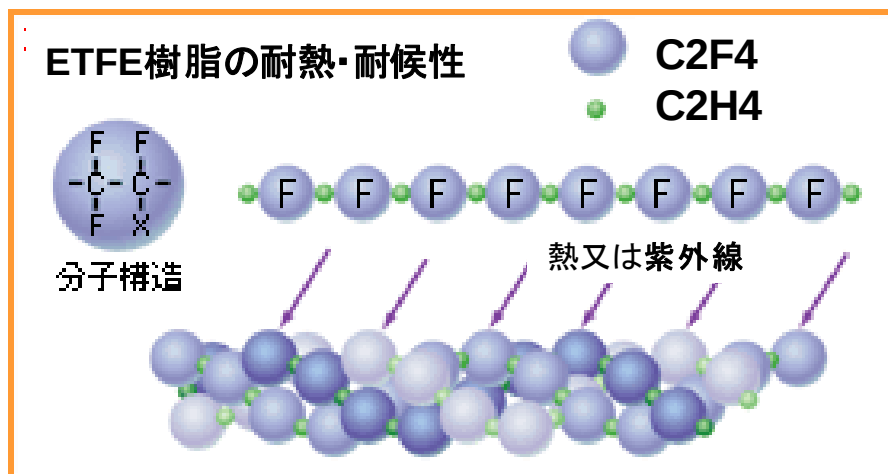


原子間結合エネルギーと耐久光線波長

結合エネルギーと乖離波長

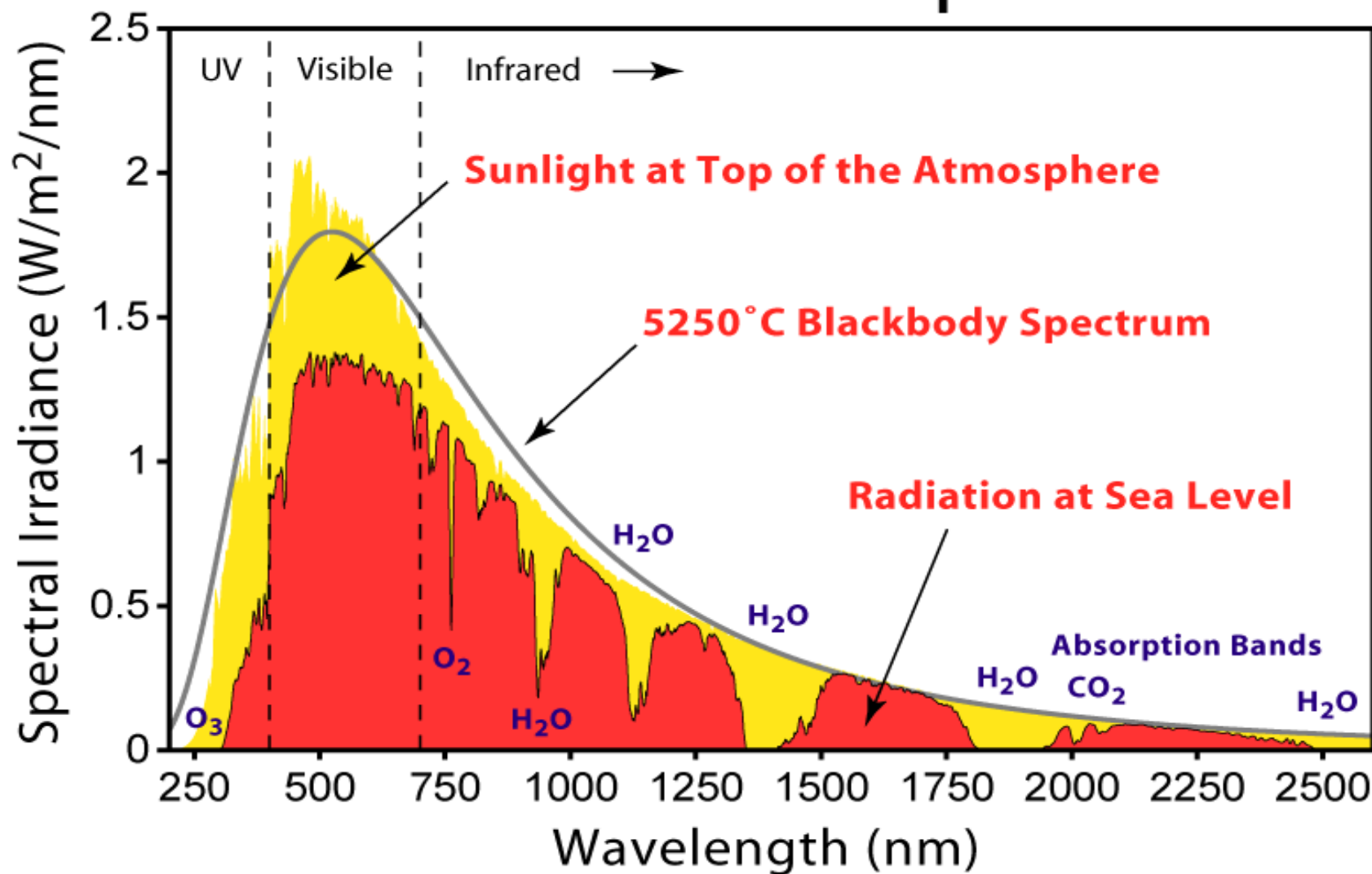
	結合エネルギー	乖離エネルギーの相当波長
C-F結合	484 (C ₂ F ₄) kJ/mol	250nm
C-H結合	412 (C ₂ H ₄)	290nm
C-O結合	338	370nm

ではエチレンを含むETFEが何故、耐候性が良い？

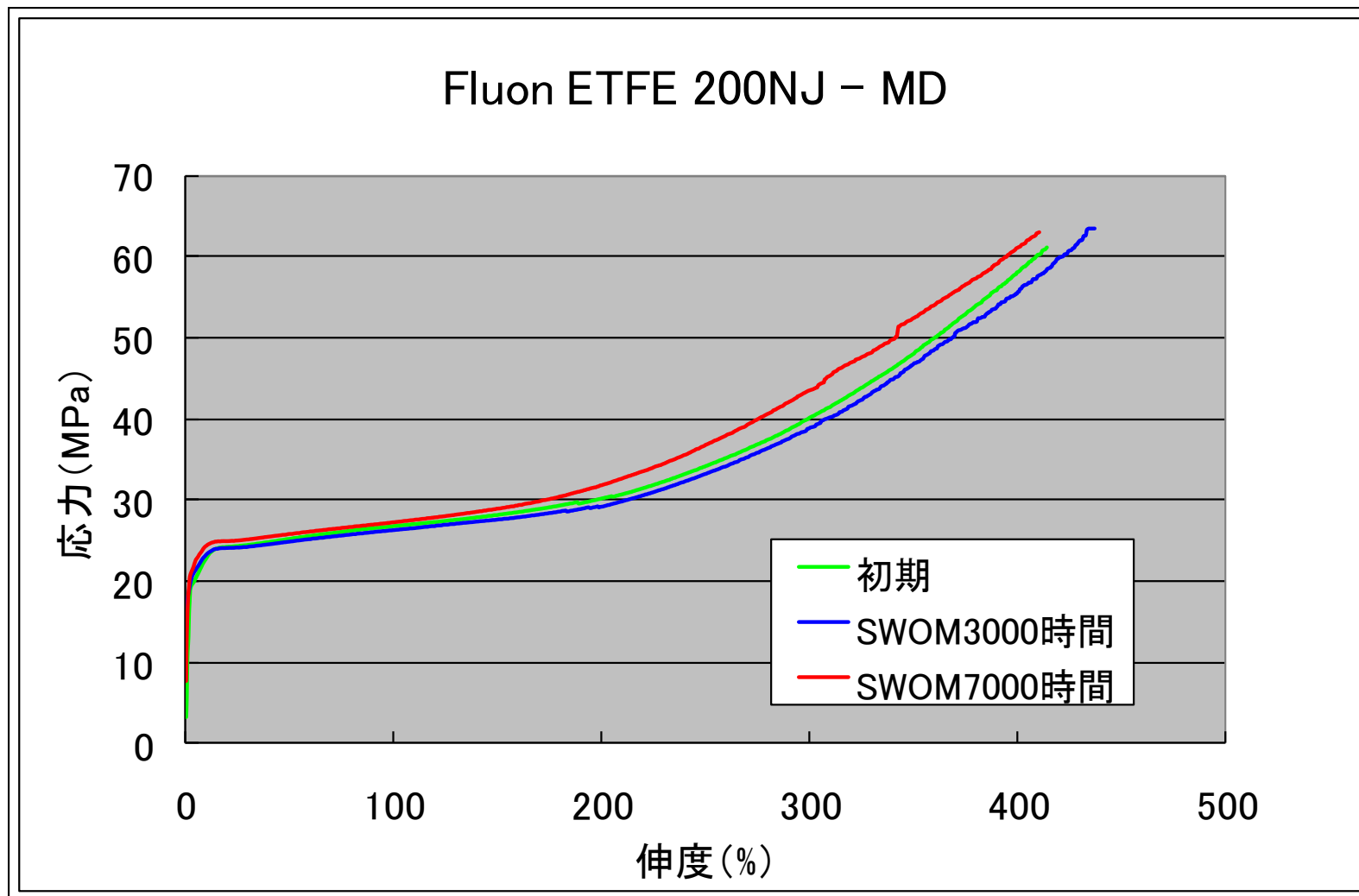


大きなC₂F₄がC₂H₄を守る & 隣接Fの電子吸引性により、C-H結合エネルギーも増加する。

Solar Radiation Spectrum



サンシャインウェザーメーター促進試験

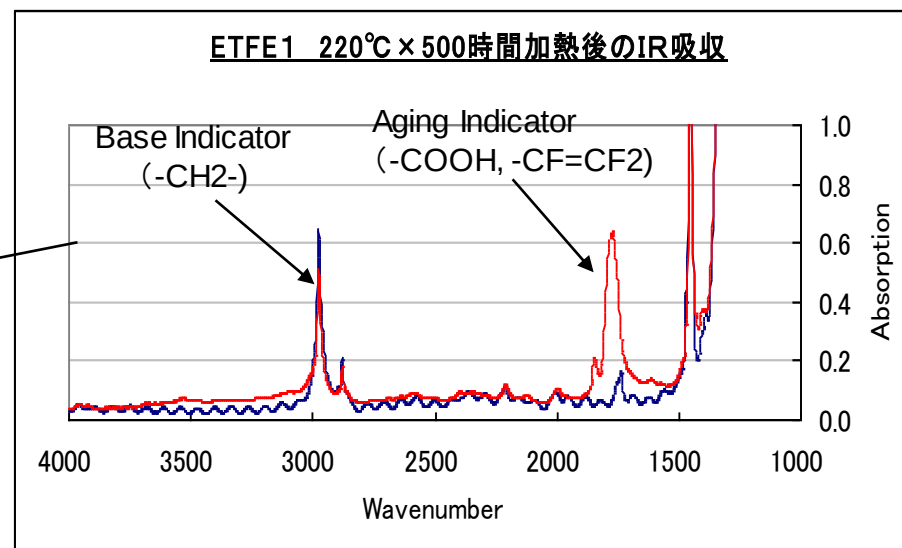
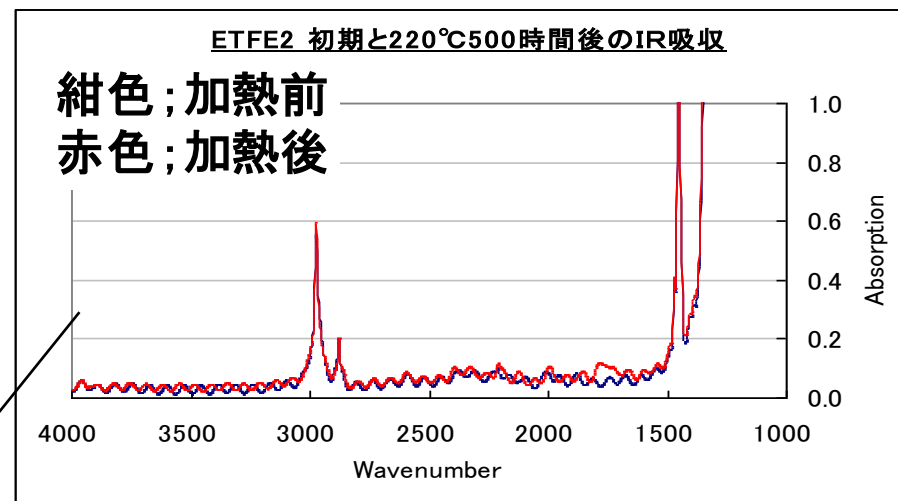
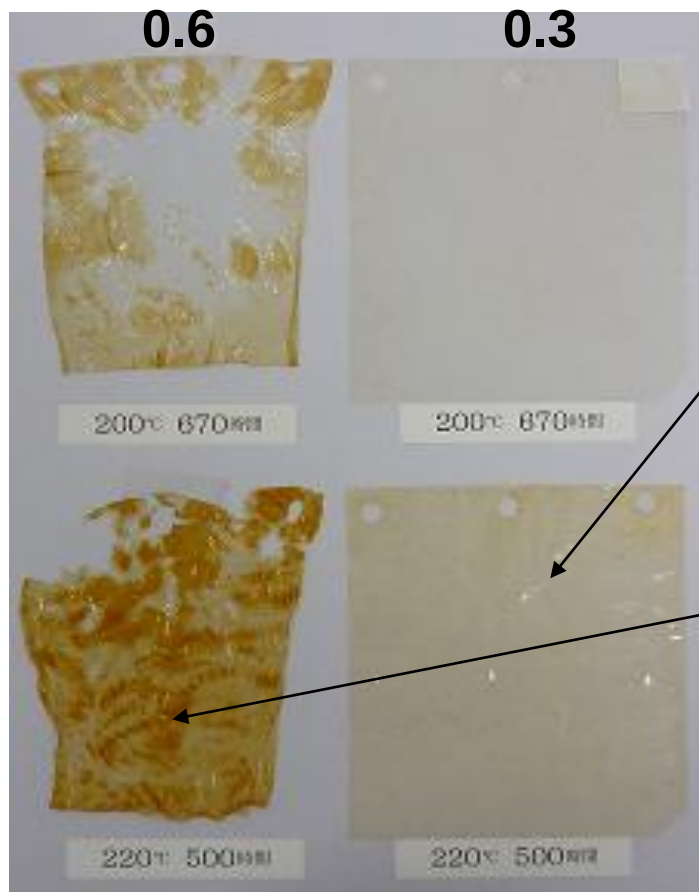


サンシャインウェザーメーター試験7000時間で引張強度、伸度維持

ETFEの耐久性のポイント 交互重合性

耐熱性

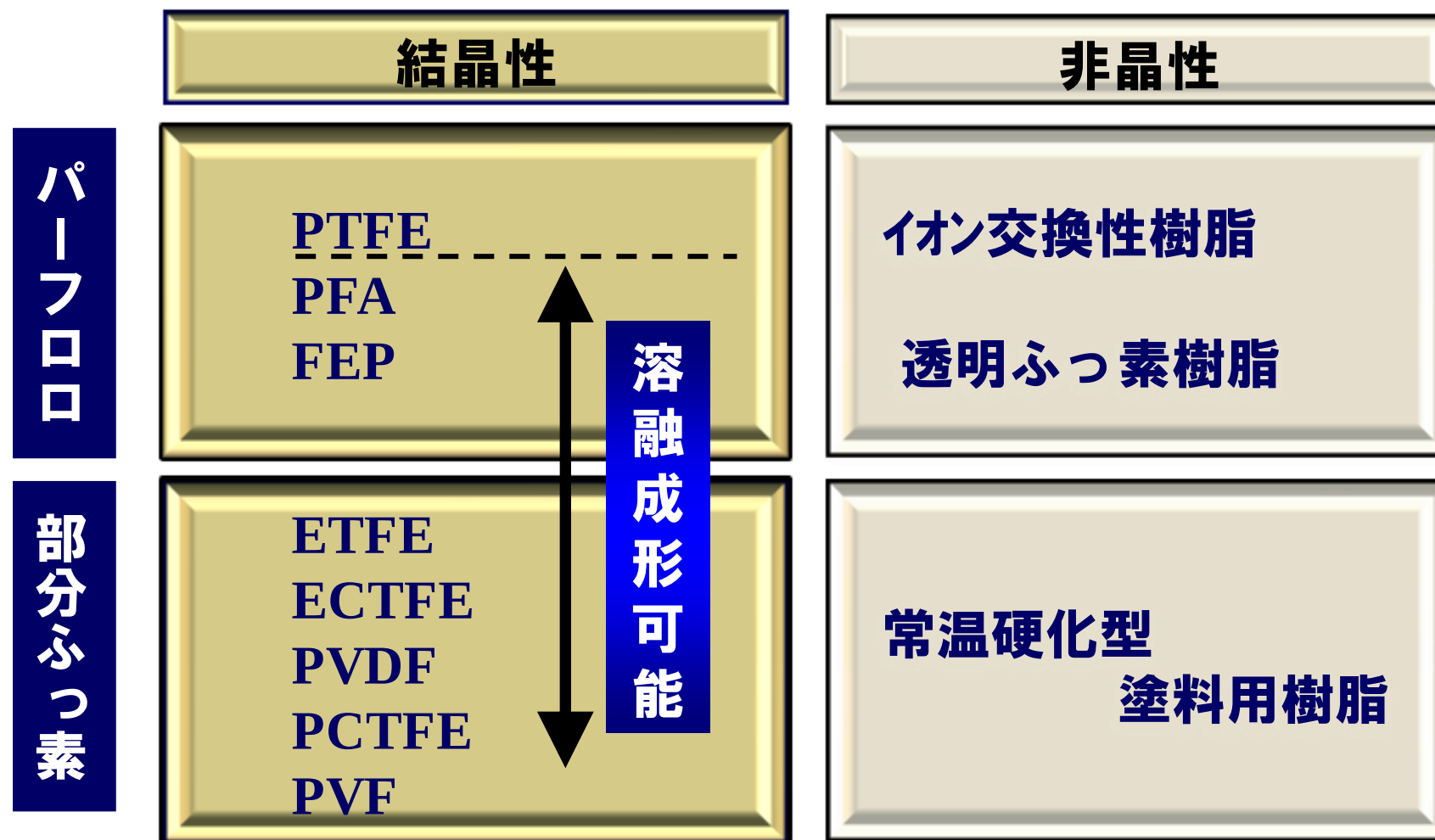
耐熱試験後のフィルム↓
エチレン連鎖



ETFE1

ETFE2

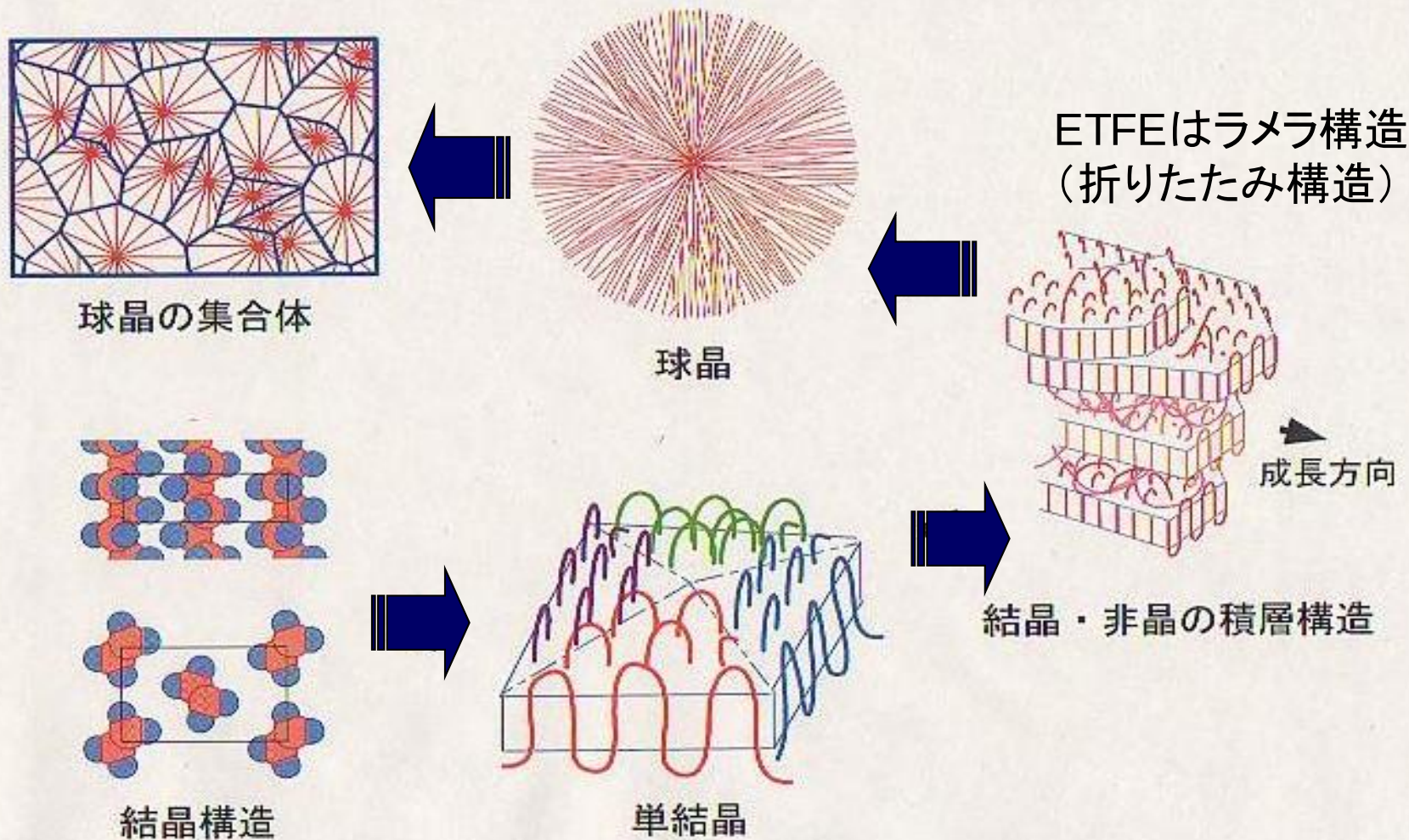
ふっ素樹脂の分類 構造と結晶性



分子構造と結晶性

← ふっ素樹脂の特性発現
もう一つの要因

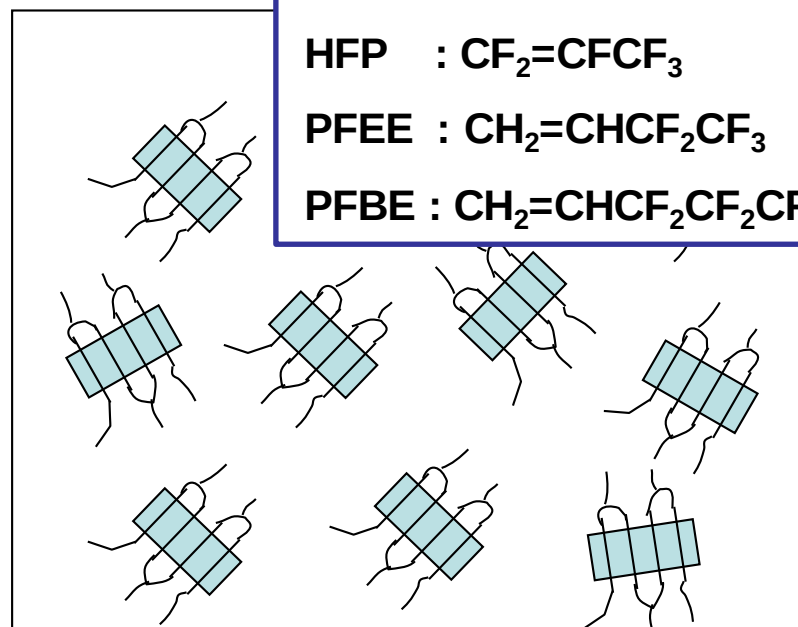
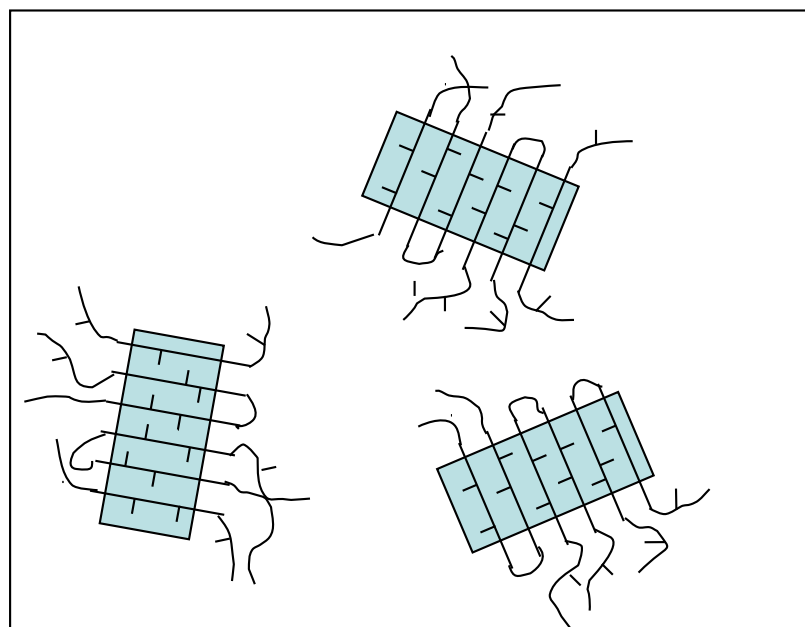
結晶性高分子の階層構造



結晶構造制御

少量の第3成分を加えることによりより小さな結晶となり
応力の集中が抑えられる。

結晶構造のイメージ図



第三成分 monomer

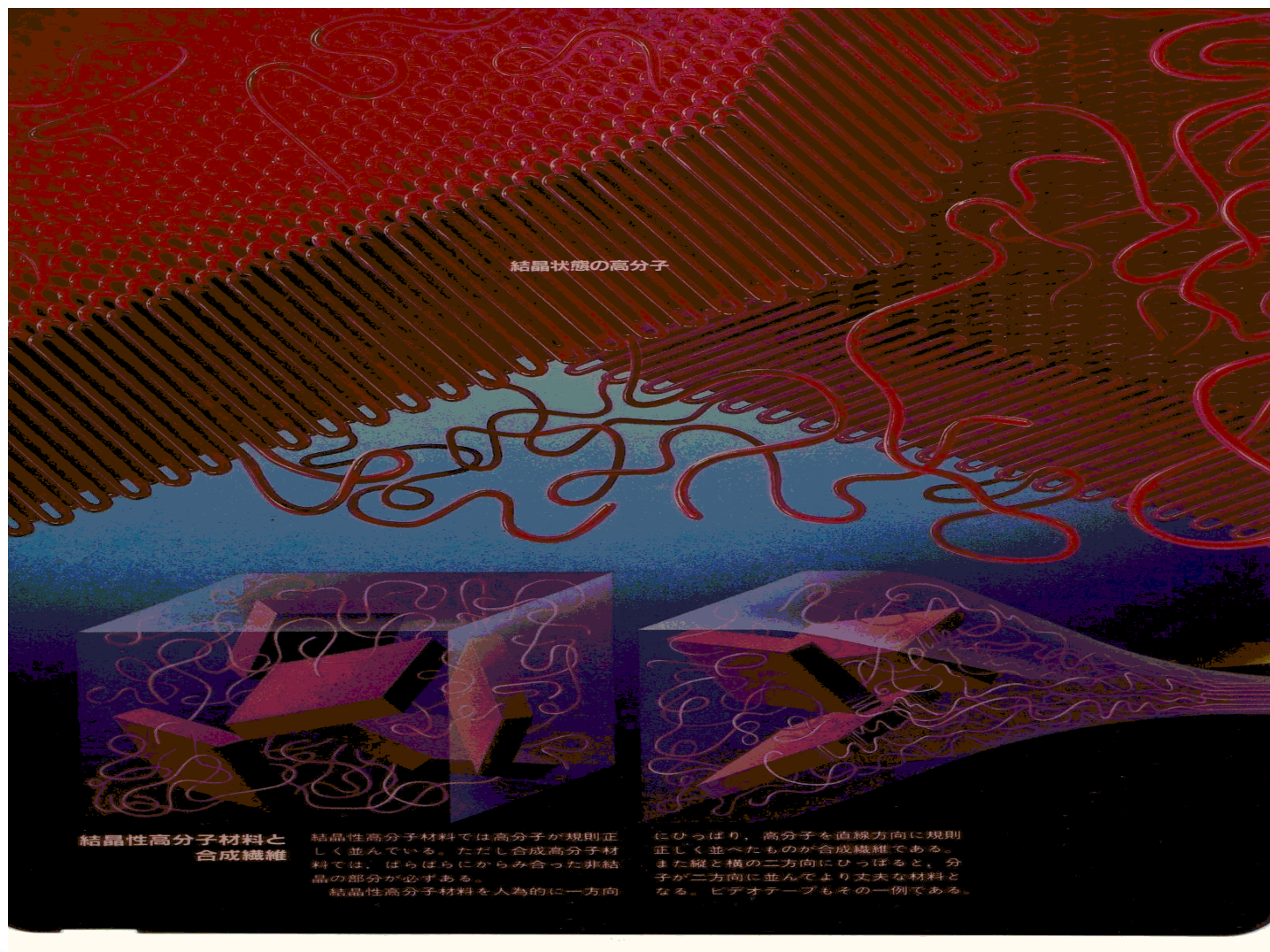
HFP : $\text{CF}_2=\text{CFCF}_3$

PFEE : $\text{CH}_2=\text{CHCF}_2\text{CF}_3$

PFBE : $\text{CH}_2=\text{CHCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$

⇒ ポリマー組成による構造が性能(結晶＝透明性、強度)に影響
＝ポリマー設計に反映

配向制御



延伸により丈夫な材料に、一方で引裂き、衝撃性などのバランスが必要

ETFE樹脂の開発について

- 1 耐久性に及ぼす主因子が、 C_2F_4 と C_2H_4 の交互重合性にある事を踏まえ、その評価技術を確立し、最適な重合条件を確立した。
- 2 特に機械的特性に及ぼす第三成分の種類と量比により、用途に合うポリマーの供給体制を保有する。
- 3 ETFE樹脂の最大供給メーカーの責任として、大学や他社と共同研究を積極的に進め、フィードバックしている。
 - 例; ETFEの加工特性に及ぼす各成分の影響の研究。
 - ETFEの構造(結晶等)解析。
 - PTFE, ETFEの延伸時の構造変化と適性組成化の研究。

3) ETFEフィルム建築物の事例紹介

AGC Chemicals
ASAHI GLASS CO., LTD.



旭硝子の歩み

1975 E T F E フィルム発売開始

(炊飯器内釜、コピーボード表面)

1985 グリーンハウスへの初展張

欧州建築の歩み

1982 E T F E の建築初物件

(動物園、オランダ)

2001 エデンプロジェクト竣工

(大型植物園、英国)

旭硝子ETFEフィルム建築物へ使用される

2004 ドイツワールドカップスタジアム

(ミュンヘン、ハノーバー)

Eden Project

所在地: Cornwall(イギリス)

面積: 21,500m²

竣工: 2001年

特徴: 植物園



左側(熱帯気候ドーム)

床面積: 15,000m²

高さ: 55m

容積: 330,000m³

エアークション: 六角形: 410個

五角形: 5個

三角形: 90個(天窓構成用)

右側(温帯気候ドーム)

床面積: 6,500m²

高さ: 35m

容積: 85,000m³

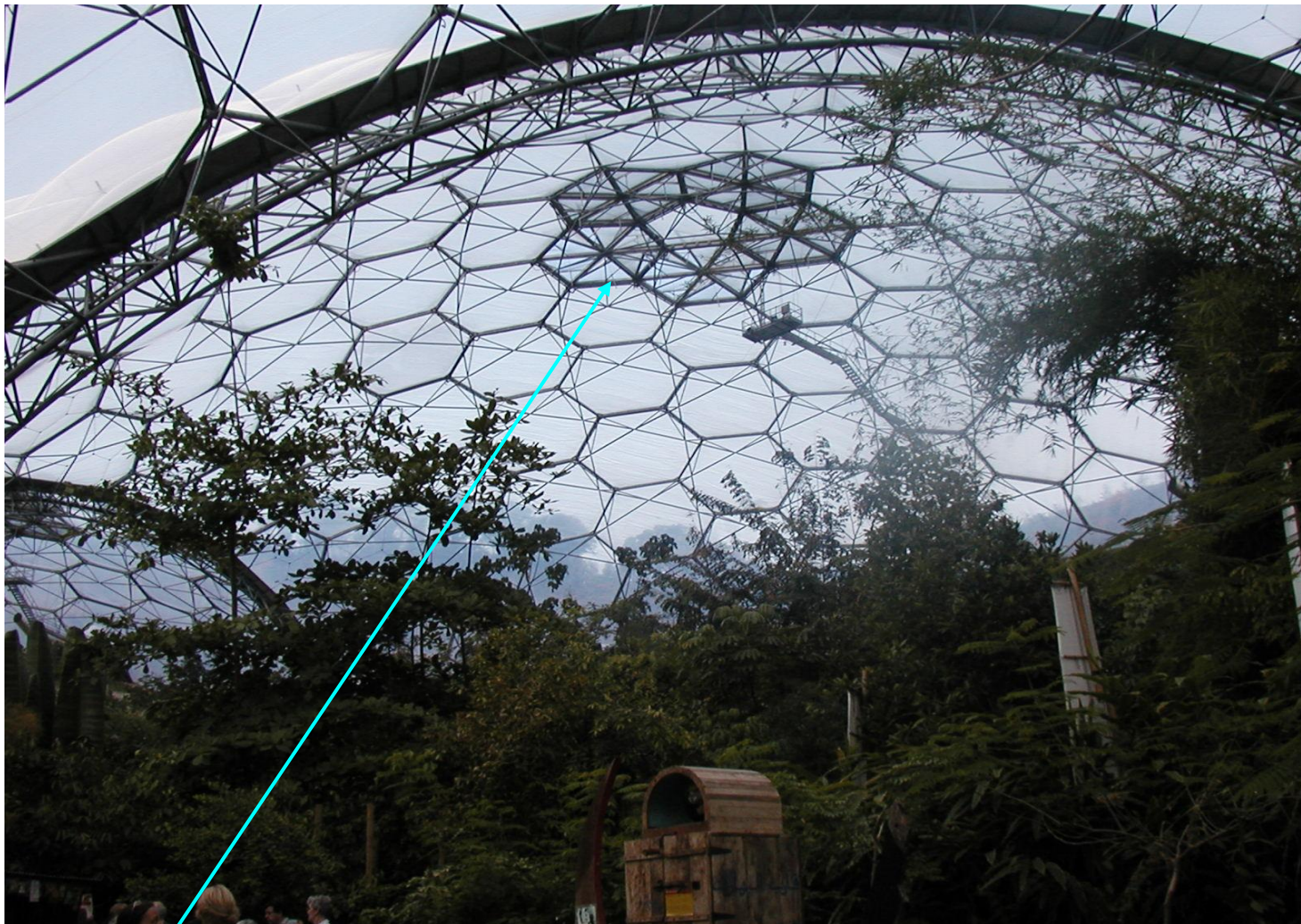
エアークション: 六角形: 215個

五角形: 11個

三角形: 100個(天窓構成用)



- ・ヒートシールの数から、フィルム3層で一つのパネルが構成されているのが分かる。
- ・エアークッションは、形状毎に数種類のサイズがあり、六角形パネルで最大のものは、対角線長さが約11mにもなる。



天窓をドーム内からみる。



天窗をドーム外部から見る。



谷部周辺には、ポンディング防止用ネットが取り付けられている。

Chelsea & Westminster Hospital

所在地： ロンドン(イギリス)

面積： 4, 200m²

竣工： 1990年

特徴： 病院



- ・太陽光を浴びることにより、患者さんが人間本来の生命リズムを取り戻し、早期治癒に貢献。
- ・太陽光を効率良く利用しており、照明コストの削減に成功。



透明部：透明3層クッション

遮光部：上2層は白フィルム、最下層は、透明フィルム

膜下部をワイヤーで補強

copyright© AGC Chemicals All Right Reserved



高さ約30m位置(建物は5階建)に換気窓が取り付けである。

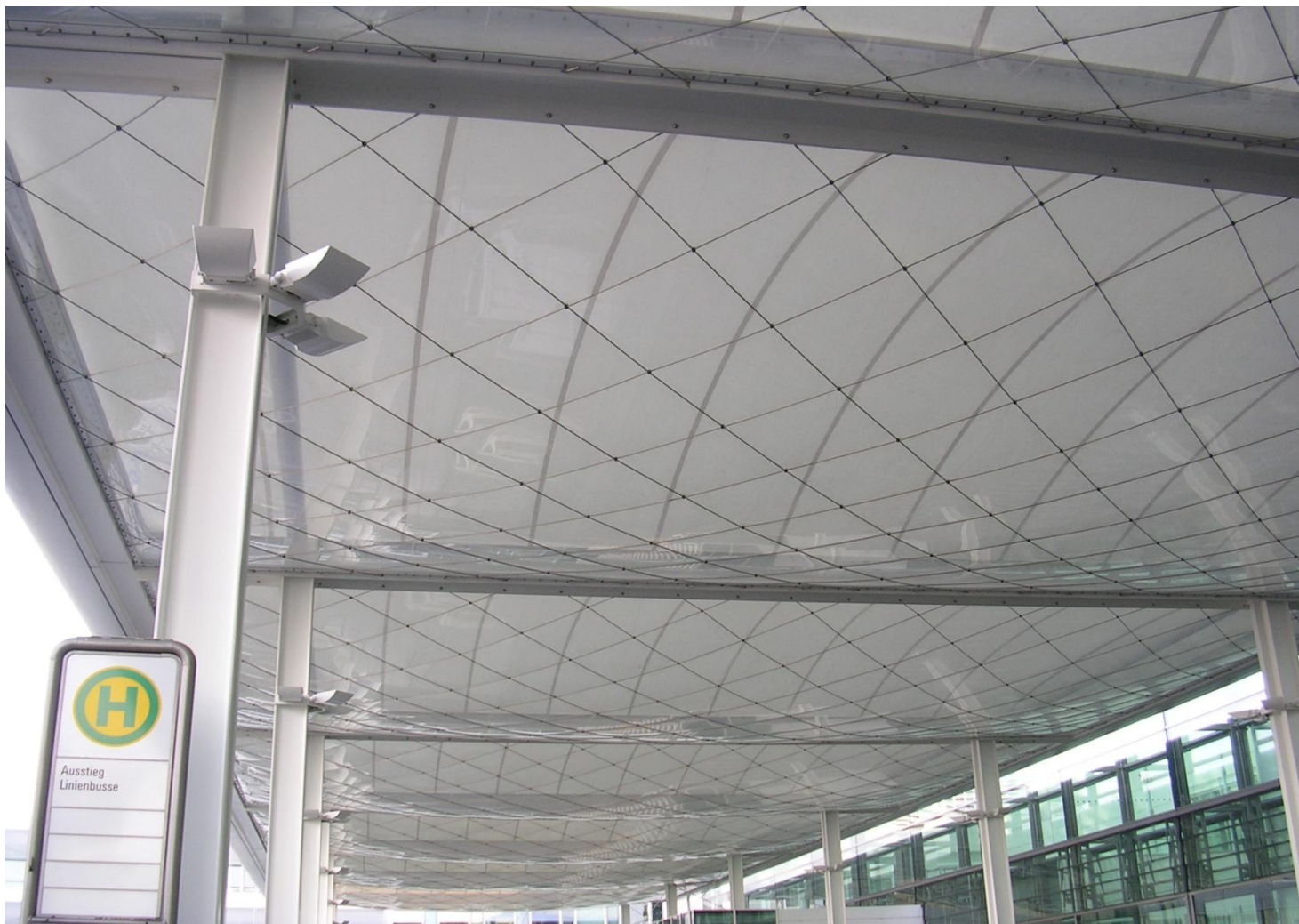
Munchen Airport

所在地： ミュンヘン(ドイツ)

特徴： 空港出発ターミナルの入口に使用。



空港入口。ターミナル両側に同構造の屋根を設置している。



上部A種膜、下部ETFEフィルム、その下には、格子状のワイヤー

Allianz Arena

所在地： ミュンヘン(ドイツ)

面積： 70, 000m²

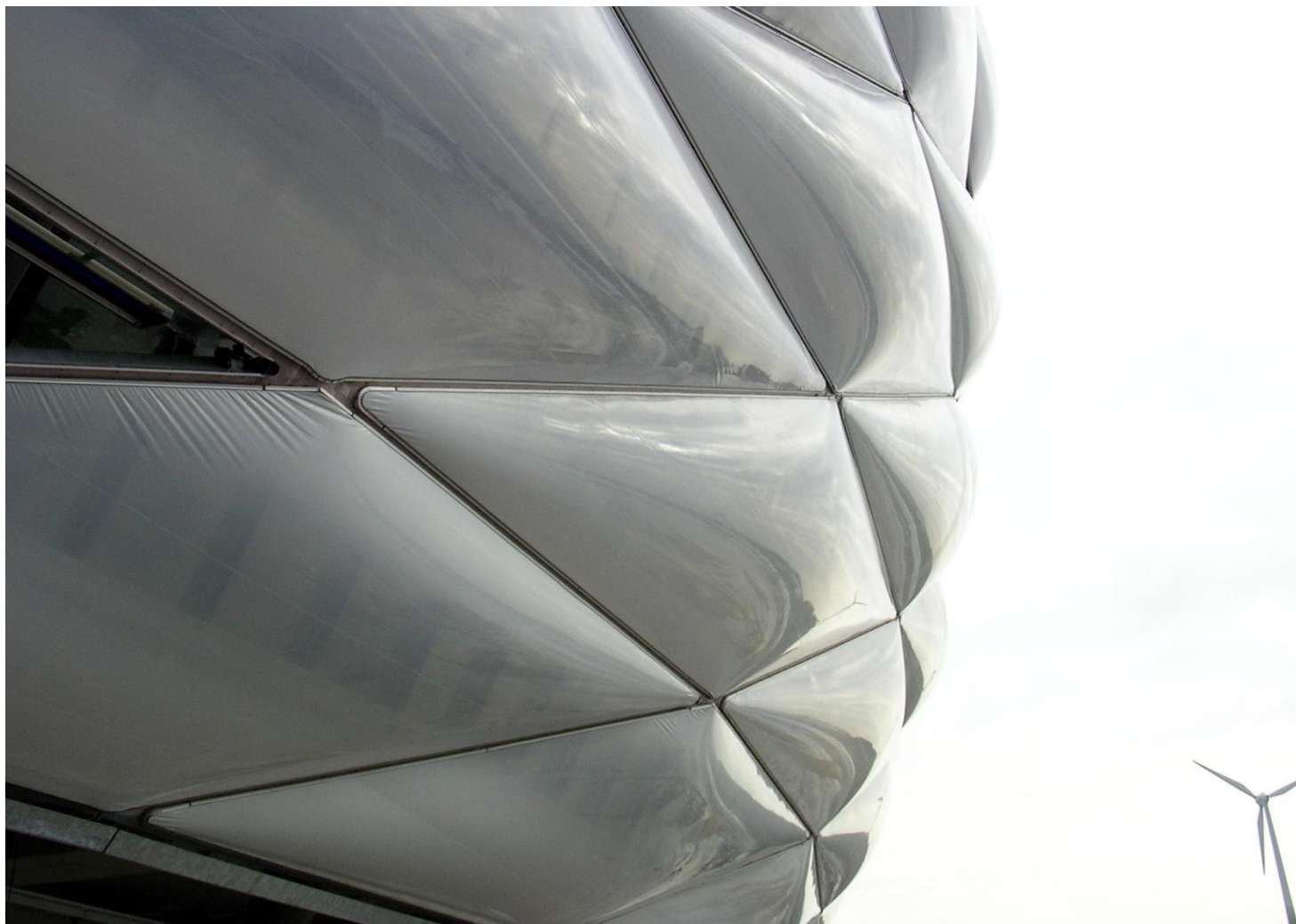
竣工： 2005年5月予定

特徴： 2006年FIFAワールドカップの開幕戦を行うサッカースタジアム。





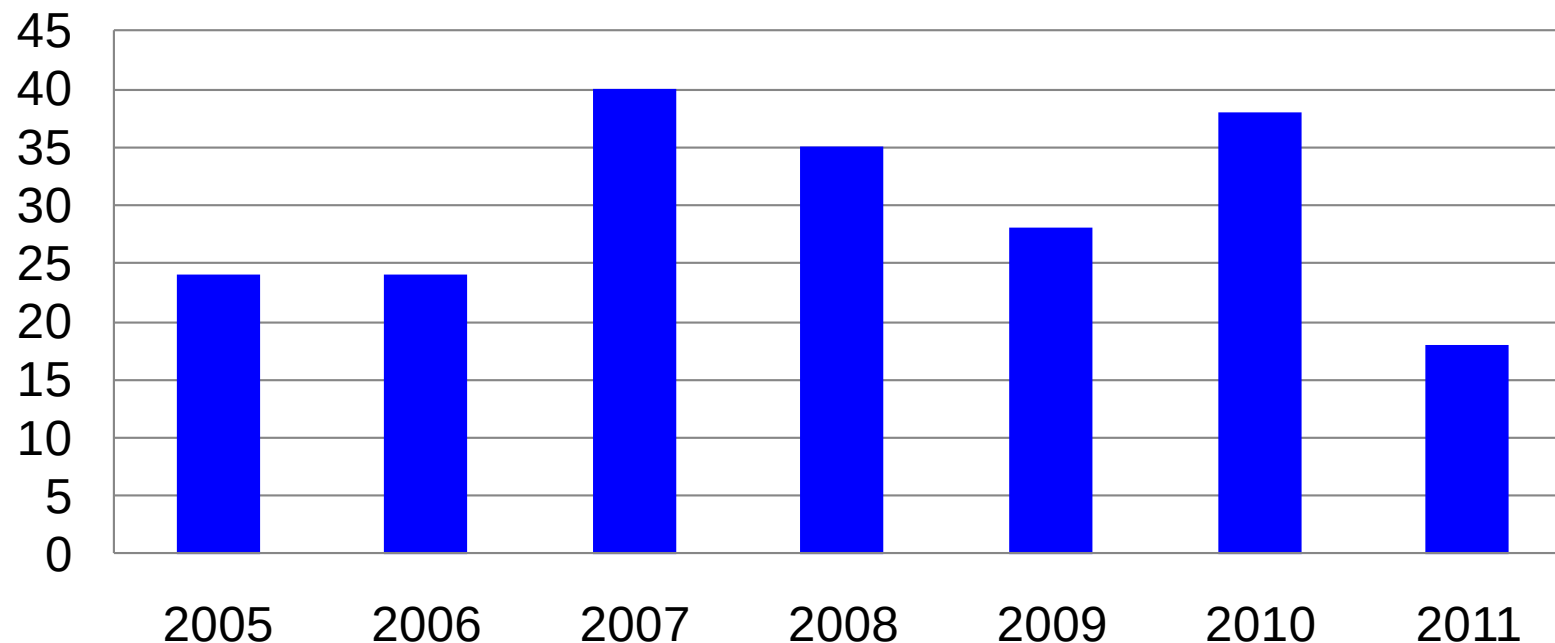
側面外壁部も圧倒的な大きさを感じる。



非常に立体的に膨らんでおり、連続な曲面が美しい。外側：白色フィルム、
内側：透明フィルムで、中の構造物が透けて見える。

2005年以降の世界のETFE膜構造物

(件)



サッカーワールドカップ:

ドイツ

南アフリカ

ラグビーワールドカップ:

フランス

ニュージーランド

冬オリンピック:

イタリア

カナダ

夏 :

中国

イギリス

国際博覧会 :

上海

* 膜ファブホームページ集計よりAGC推測

世界中でフィルムの新しい建築物が生み出されてきています。

我々の手で新しい空間を作り出して行きましょう。

よろしくお願いします。