

複合化ゼオライト膜による 脱炭素社会への貢献

芝浦工業大学 工学部 応用化学科
教授 野村 幹弘

2021年9月7日

ゼオライト

Database of Zeolite Structures

IZA-SC All Codes Advanced Search Tools Other Links

Home > Codes

Zeolite Framework Types

Search for a Framework Type Code

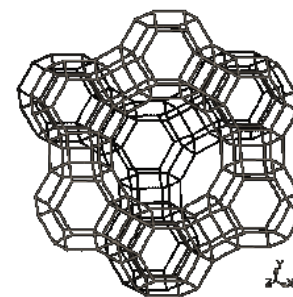
Enter one character to search for a code or two or more to search for a code or material name

or select one from the tables below:

Fully ordered Type Materials *																Partially disordered Type Materials									
ABW	ACO	AEI	AEL	AEN	AET	AFG	AFI	AFN	AFO	AFR	AFS	AFT	AFV	AFX	*BEA										
AFY	AHT	ANA	APC	APD	AST	ASV	ATN	ATO	ATS	ATT	ATV	AVE	AVL	AWO	*CTH										
AWW	BCT	BEC	BIK	BOF	BOG	BOZ	BPH	BRE	BSV	CAN	CAS	CDO	CFI	CGF	*EWT										
CGS	CHA	CHI	CLO	CON	CSV	CZP	DAC	DDR	DFO	DFT	DOH	DON	EAB	EDI	*ITN										
EEL	EMT	EON	EPI	ERI	ESV	ETL	ETR	EUO	EWS	EZT	FAR	FAU	FER	FRA	*MRE										
GIS	GIU	GME	GON	GOO	HEU	IFO	IFR	IFT	IFU	IFW	IFY	IHW	IMF	IRN	*PCS										
IRR	JRY	ISV	ITE	ITG	ITH	ITR	ITT	ITV	ITW	IWR	IWS	IWV	IWW	JBW	*SFV										
JNT	JOZ	JRY	JSN	JSR	JST	JSW	KFI	LAU	LEV	LIO	LIT	LOS	LOV	LTA	*SSO										
LTF	L TJ	LTL	LTN	MAR	MAZ	MEI	MEL	MEP	MER	MEI	MFS	MON	MOR	MOZ	*STO										
MRT	MSE	MSO	MTF	MTN	MTT	MTW	MVY	MWF	MWW	NAB	NAT	NES	NON	NPO	*SVY										
NPT	NSI	OBW	OFF	OKO	OSI	OSO	OWE	PAR	PAU	PCR	PHI	PON	POR	POS	*UOE										
PSI	PUN	PWN	PWO	PWW	RHO	RON	RRO	RSN	RTE	RTH	RUT	RWR	RWY	SAF											
SAO	SAS	SAT	SAV	SBE	SBN	SBS	SBT	SEW	SFE	SFF	SFG	SFH	SFN	SFO											
SFS	SFW	SGT	SIV	SOD	SOF	SOR	SOS	SOV	SSF	SSY	STF	STI	STT	STW											
SVR	SVV	SWY	SZR	TER	THO	TOL	TON	TSC	TUN	UEI	UFI	UOS	UOV	UOZ											
USI	UTL	UWY	VET	VFI	VNI	VSV	WEI	WEN	YFI	YUG	ZON														

253種類¹⁾(2021.8.6現在)

- ・結晶構造に起因する均質なサブナノ細孔をもつ
- ・細孔内でカチオン交換能をもつ
- ・H⁺型とすることで固体酸性を示す



触媒

分離膜

3.5兆円(2020年)²⁾

吸着・イオン交換

工業的に広く利用されている
ゼオライト種は限られている!

後処理による機能制御

1) <http://www.iza-structure.org/databases/>

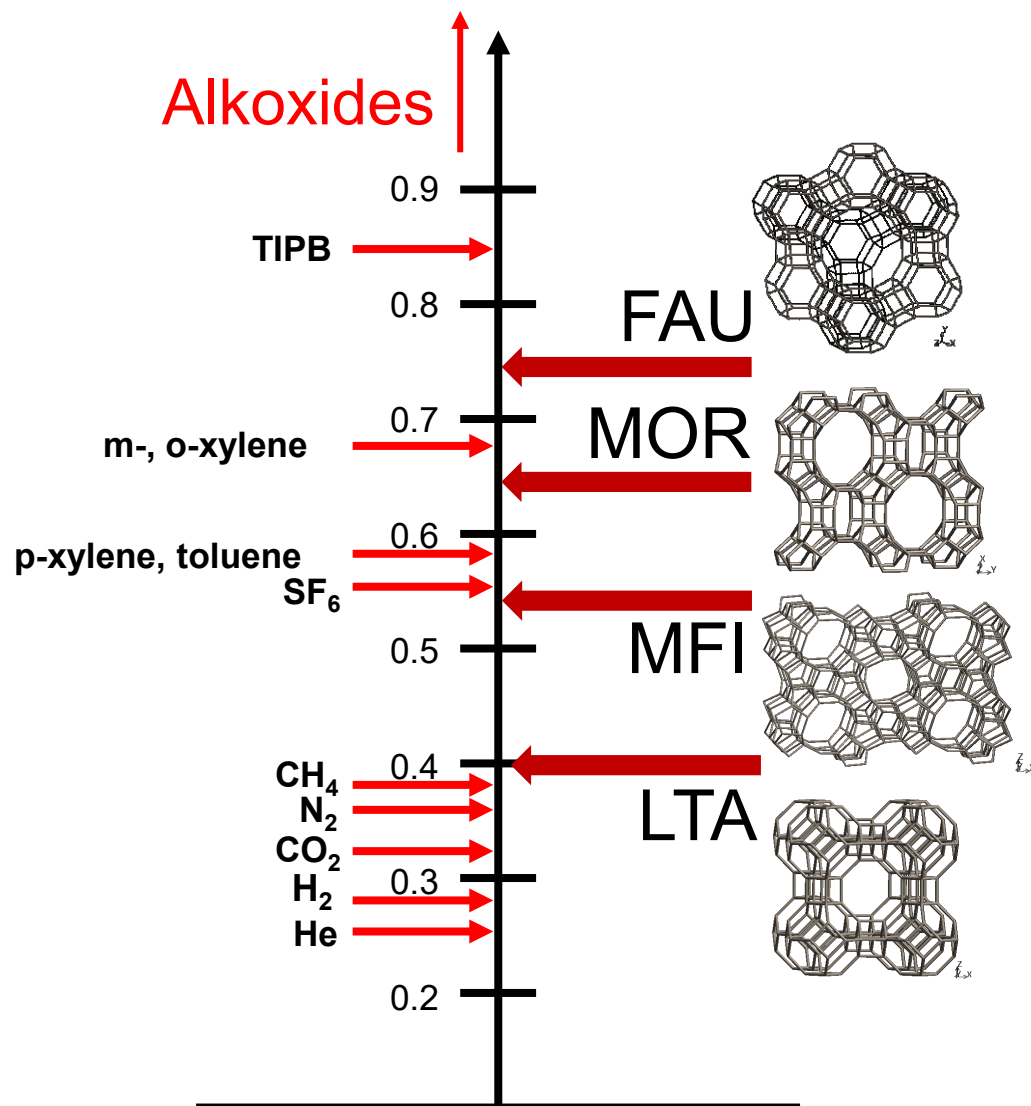
2) <https://newscast.jp/news/0251203>

ゼオライトの特徴

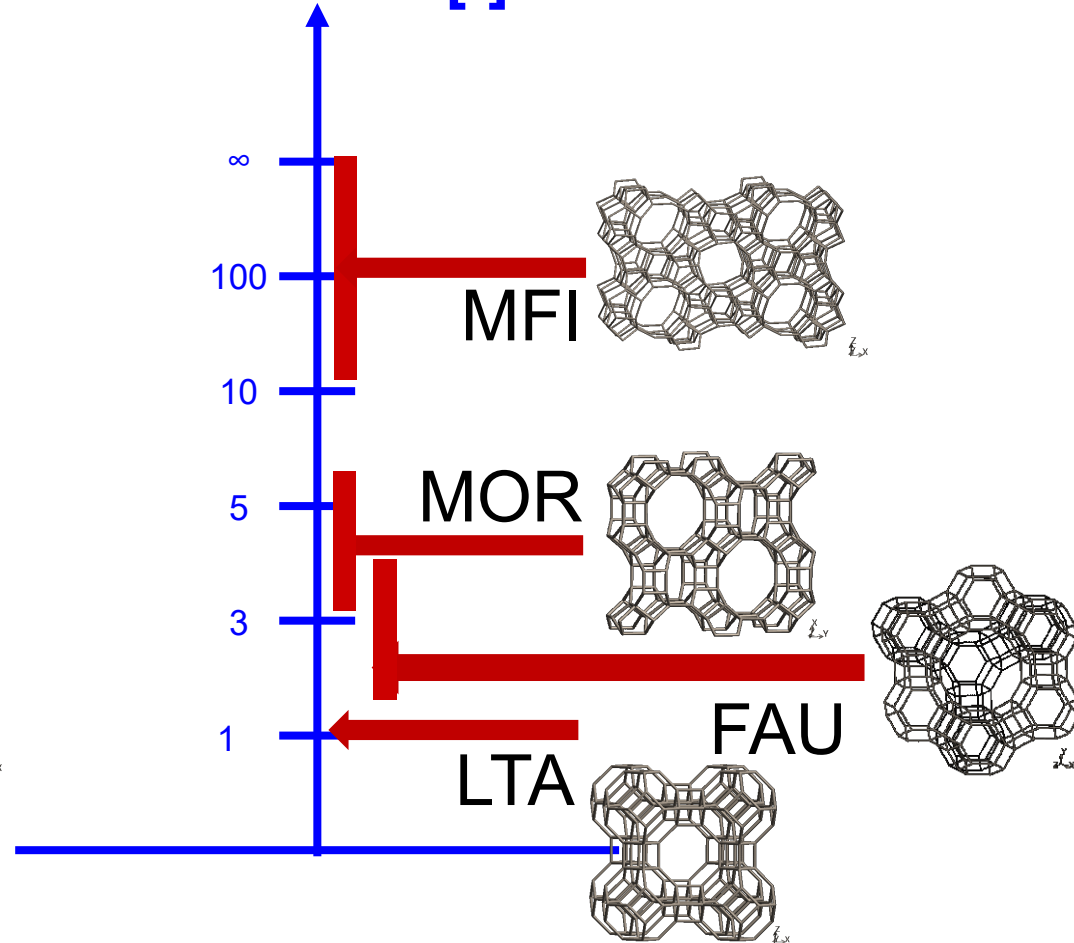
分子ふるい機能

酸・イオン交換容量

Molecular diameter [nm]

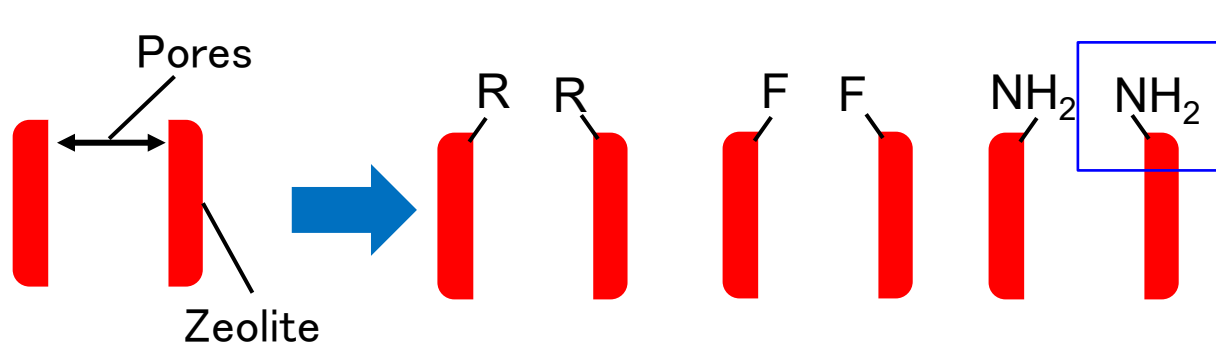


Si/Al ratio [-]



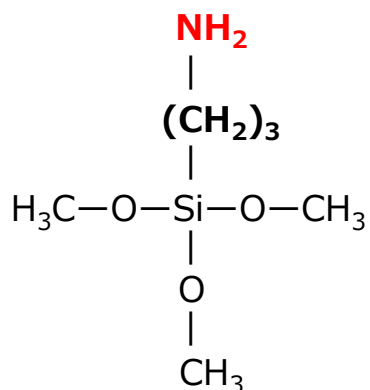
分子ふるい機構・親疎水性の制御！

後処理による機能付与

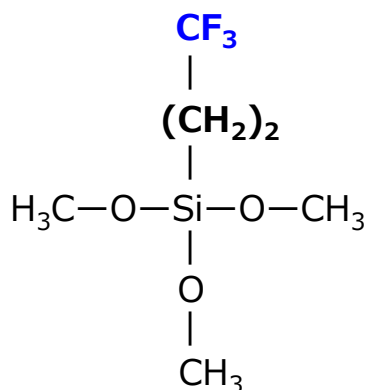


Hydrophilic

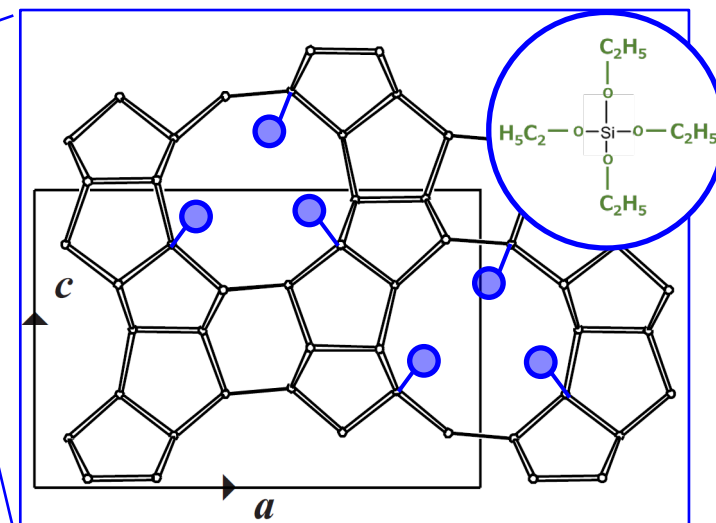
Hydrophobic



**Aminopropyl
trimethoxysilane
(APrTMOS)**



**Trifluoropropyl
trimethoxysilane
(TFPrTMOS)**



細孔径より大きなアルコキシド原料を用いることで、表面のみの処理を行う。



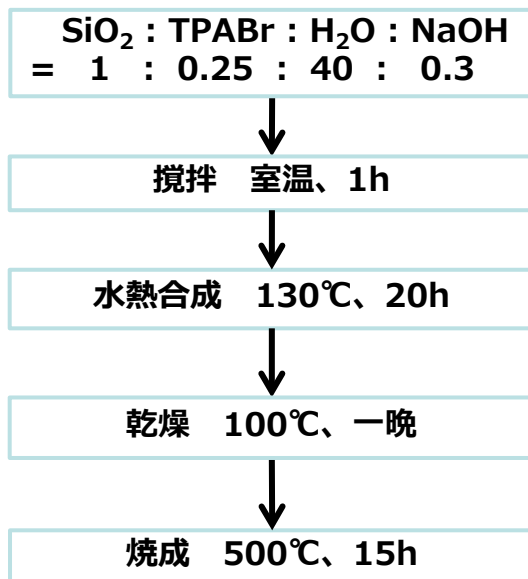
- ・有機液体中の吸着
- ・炭化水素分離

想定される用途

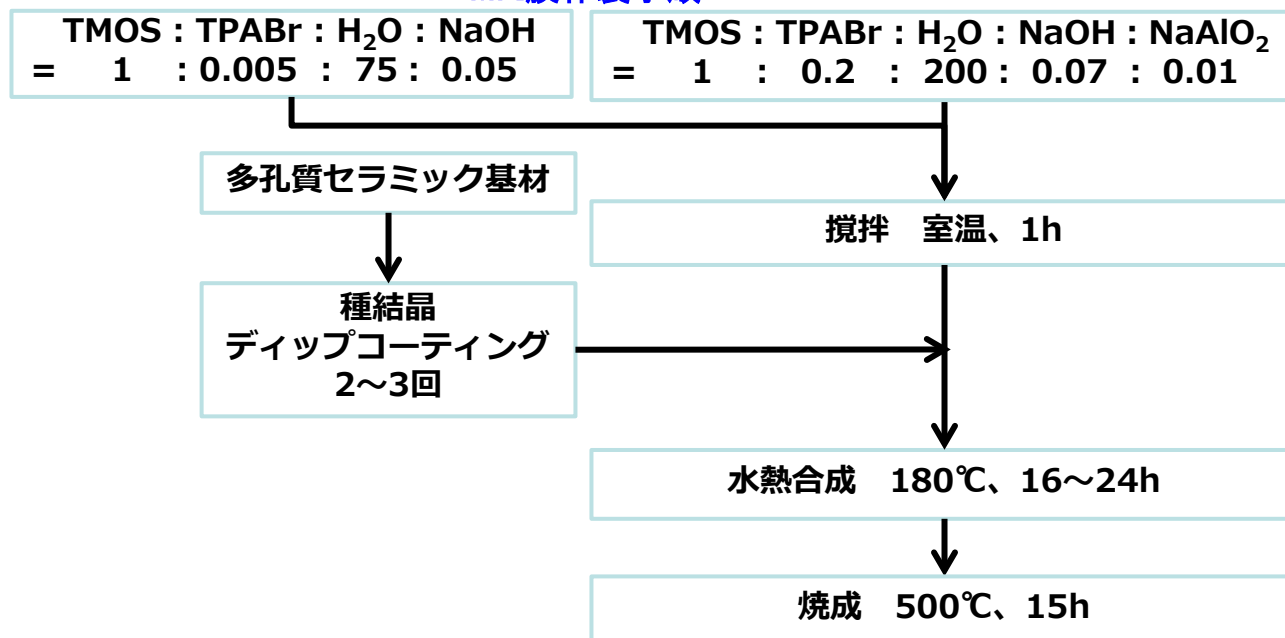
- 廃液回収
 - 分離膜: 低濃度有機物水溶液からの有機物選択回収
 - 吸着・イオン交換: 有機液体用吸着材
- 炭化水素分離
 - 分離膜: 低級炭化水素分子ふるい分離
 - 吸着・イオン交換: 新規PSA用吸着材
- 二酸化炭素分離
 - 分離膜:
 - 吸着・イオン交換: 低温二酸化炭素吸着

実験方法～MFIゼオライト膜～

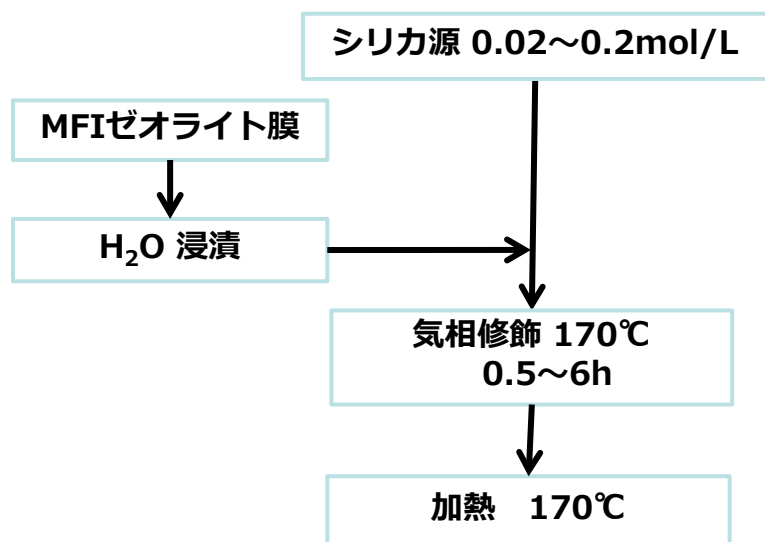
Silicalite-1種結晶



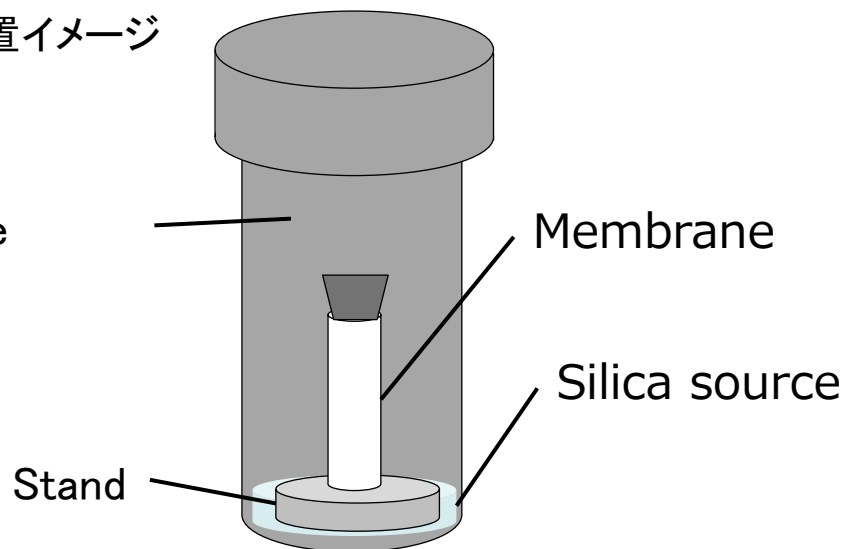
MFI膜作製手順



気相修飾手順

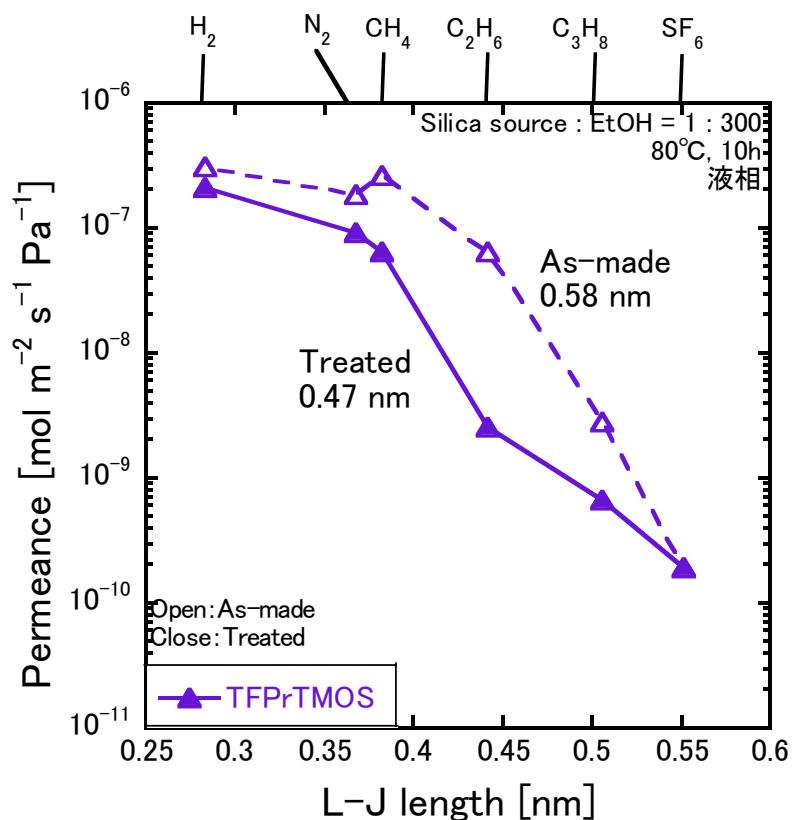


気相修飾装置イメージ



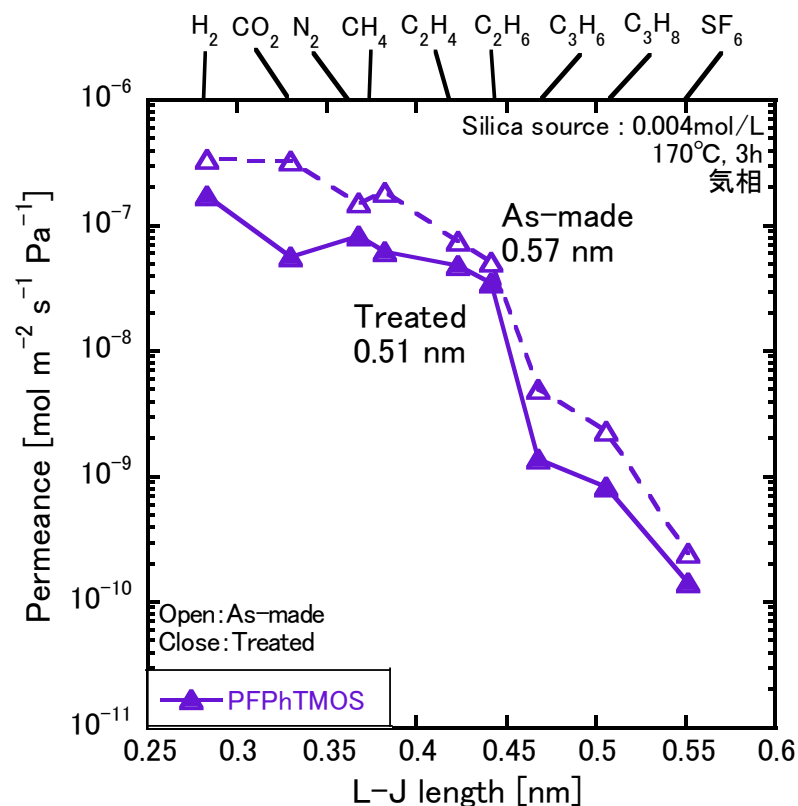
分子ふるい性～MFIゼオライト膜～

アルキル系フッ素



$$\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6 = 4 \rightarrow 25$$

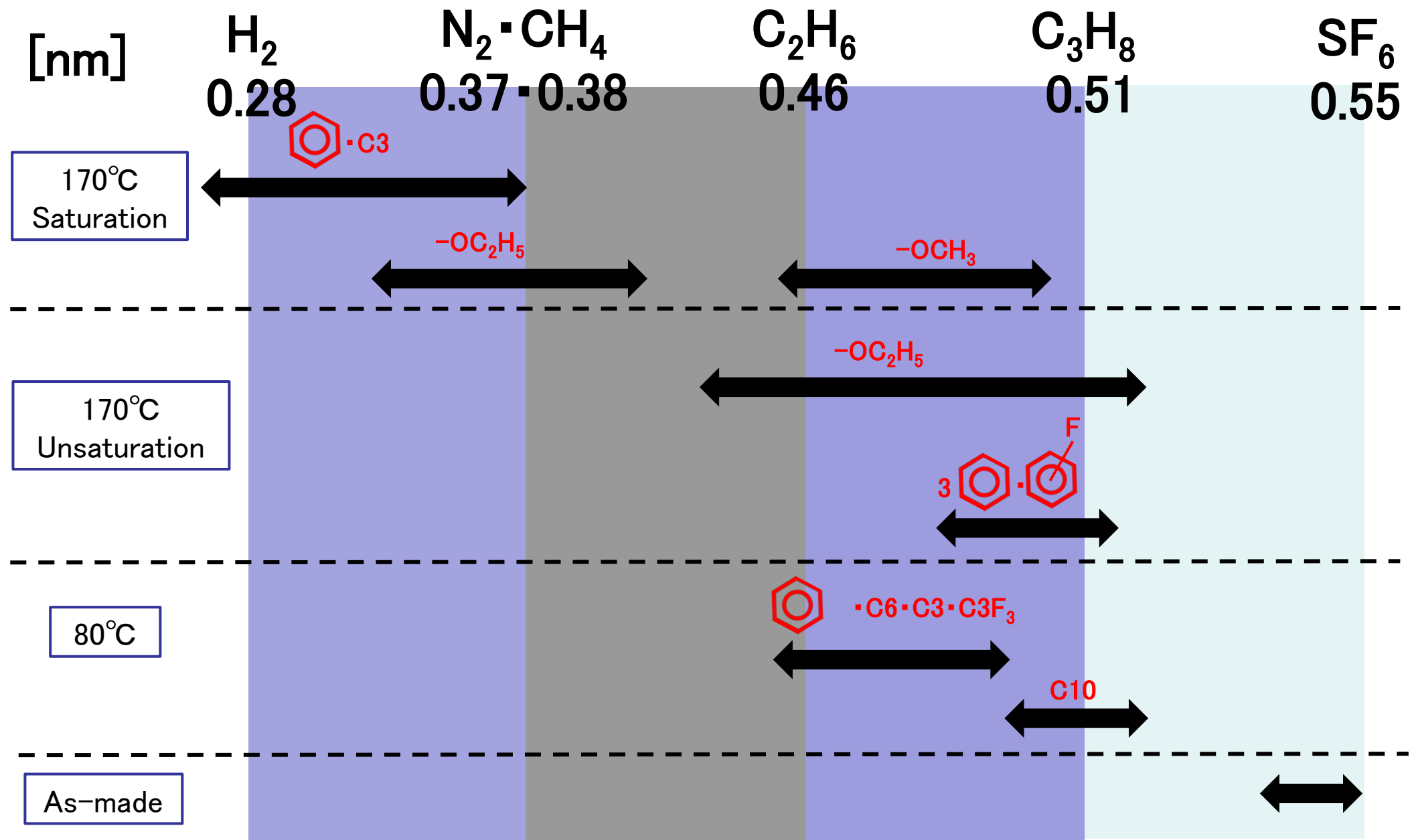
フェニル系フッ素



$$\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_3\text{H}_6 = 15 \rightarrow 35$$

炭化水素分離の可能性！

後処理と分離性～MFIゼオライト膜～



→ 細孔径を制御の可能性

疎水化の効果 (FAU粉末処理)

SEM

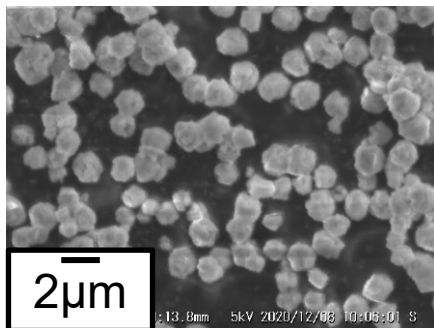


Fig. 処理前

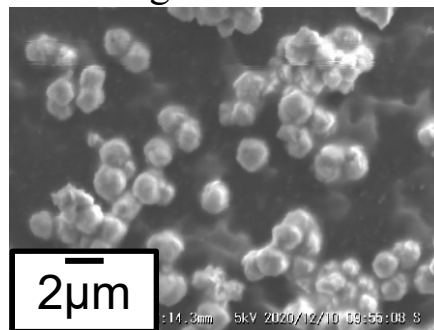
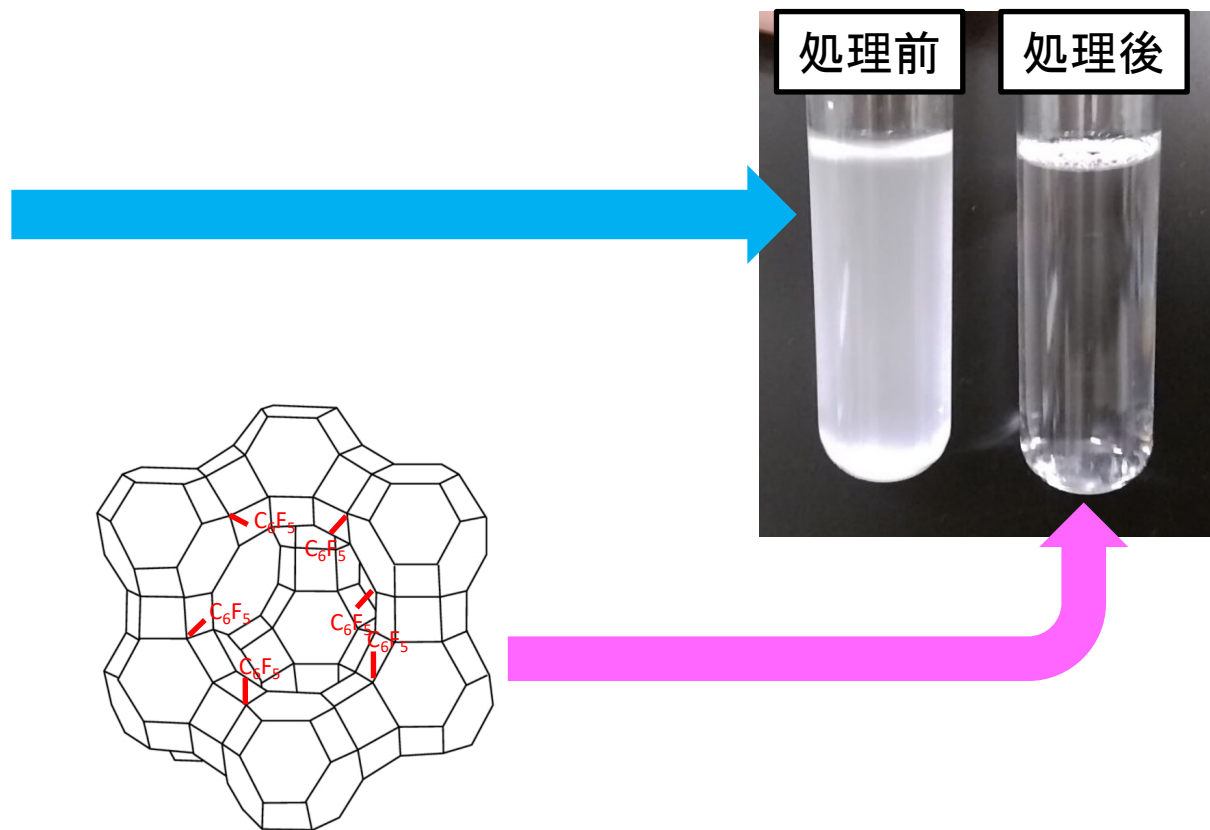


Fig. 処理後



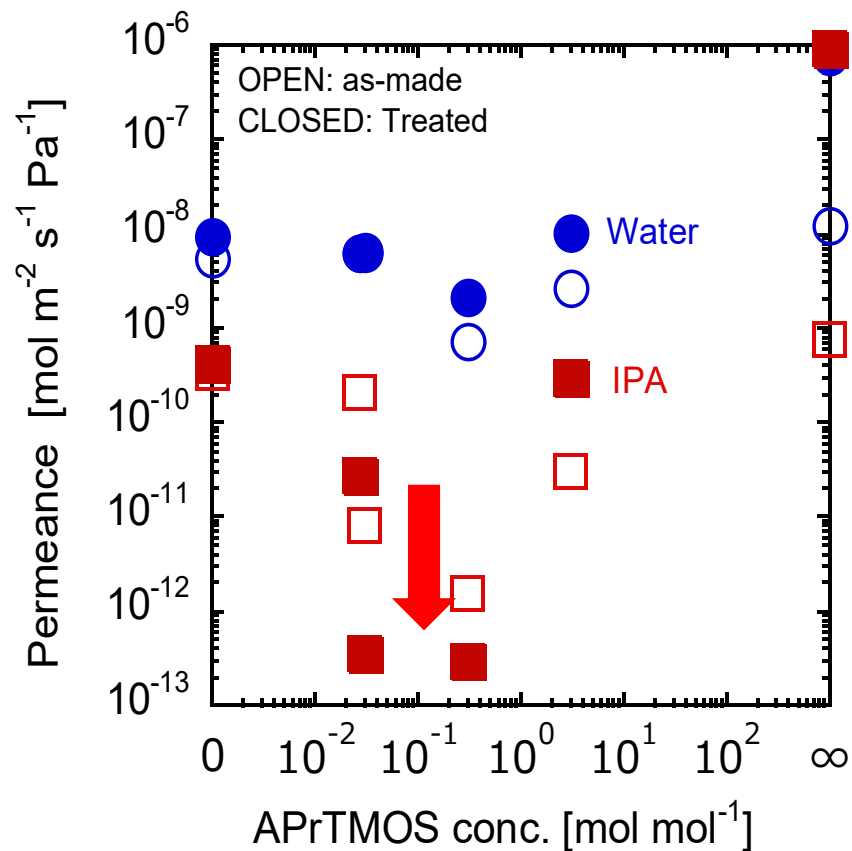
電子顕微鏡像では変化なし。

水に分散しない！

有機溶媒中での利用の可能性！

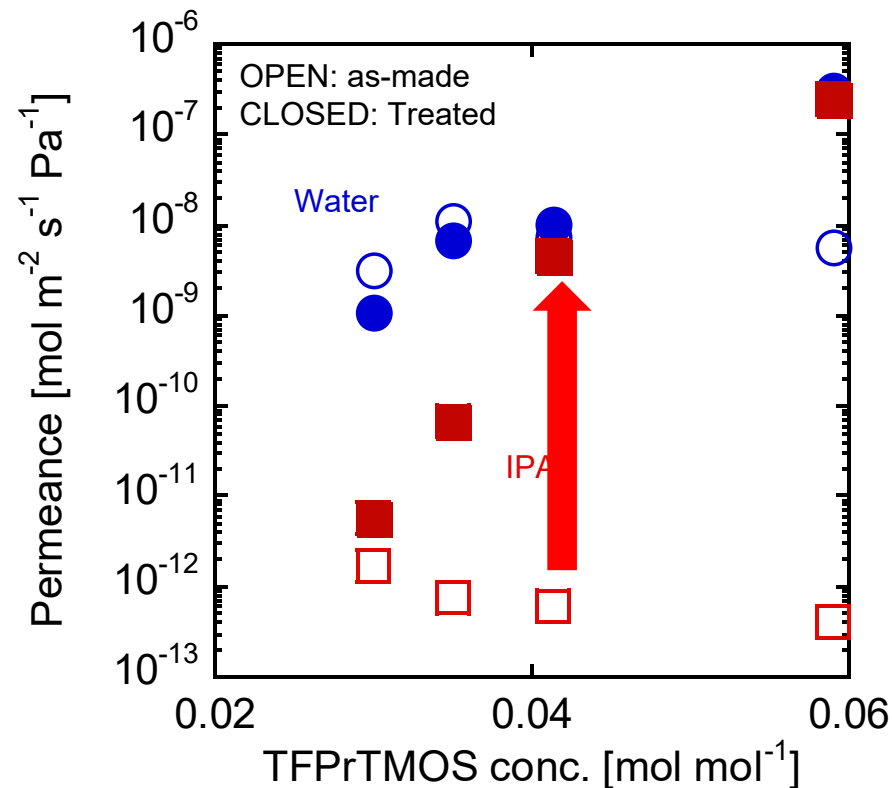
親疎水性～MORゼオライト膜～

アルキル系アミノ



water/IPA=470→7200

アルキル系フッ素



Water/IPA=14000→1.2

親疎水性の制御！

まとめ

- 親疎水性制御
 - 粉末処理：水への分散性で効果を確認
 - MOR膜処理：水/イソプロピルアルコール分離にて効果を確認
- 分子ふるい制御
 - MFI膜処理：各種処理剤、処理条件で0.1 Å 単位での制御を確認

実用化に向けた課題 & 企業への期待

- 分離膜
 - 現在、3cm長チューブにて検討を進めている。
 - 汎用有機溶媒水溶液の分離試験を行っている。
 - (ベンチャー設立を視野に)長尺化による実用化の検討を進めている。
- 耐久性
 - 分離膜、吸着・イオン交換材共に、耐久性の確認を行っている。
- 200°C以下で処理必要な有機水溶液
- 有機液体中より特定のイオンなどの回収

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 複合化ゼオライト膜およびガス分離膜
- 出願番号 : 特願2021-35642
- 出願人 : 芝浦工業大学
- 発明者 : 野村幹弘, 堀顕子

-
- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 発明の名称: 分離膜及び分離方法• 出願番号: 特願2017-049438• 出願人: 芝浦工業大学• 発明者: 野村幹弘、池田歩 | <ul style="list-style-type: none">• 発明の名称: 酸分離膜及び酸分離方法• 出願番号: 特願2014-026214• 出願人: 芝浦工業大学• 発明者: 野村幹弘、松山絵美、池田歩 | <ul style="list-style-type: none">• 発明の名称: 芳香族化合物又は酸の分離膜及び分離方法• 出願番号: 特願2014-133356• 出願人: 芝浦工業大学• 発明者: 野村幹弘、松山絵美、池田歩 |
|--|---|---|

産学連携の経歴

- 2021年 「研究開発型スタートアップ支援事業／NEDO Entrepreneurs Program (NEP)」“高性能シリカ系長尺水素分離膜の事業化”
- 2016年-2017年 NEDO「革新的分離技術の導入による省エネ型基幹化学品製造プロセスの研究開発」
- 2014年-2017年 JST SIP “水素・アンモニアの製造基盤技術”
- 2013年 JST ALCA “太陽熱を用いた革新的アンモニア製造技術の開発”
- 2009年-2013年 NEDO「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発(うち、規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発)」

- 企業との共同研究等：多数

お問い合わせ先

**芝浦工業大学
研究推進室研究企画課**

TEL 03-5859-7180

FAX 03-5859-7181

e-mail sangaku@ow.shibaura-it.ac.jp