

2018.2.13 16:35-16:50

第7回革新的CO<sub>2</sub>膜分離技術シンポジウム

活動報告2

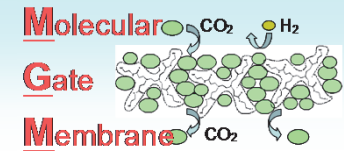
---

# 海外のCO<sub>2</sub>分離回収技術の最新動向

---

次世代型膜モジュール技術研究組合

京都研究室 山田秀尚



9th Trondheim Conference on CO<sub>2</sub> Capture, Transport and Storage (TCCS-9)をもとに、海外、特にノルウェーのCO<sub>2</sub>分離回収技術の最新動向を紹介

TCCS-9

日時：2017年6月12–14日

場所：トロンハイム（ノルウェー）

参加者：340名（25か国）

主催：Norwegian CCS Research Centre

後援：NTNU & SINTEF

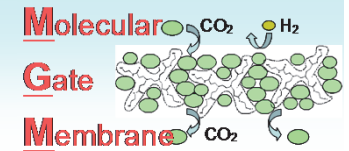
## "The Foundation for Scientific and Industrial Research"

Type	Not-for-profit organization
Founded	1950
Parent	NTNU (Norwegian University of Science and Technology)
Headquarters	Trondheim, Norway
Employees	ca. 2000

欧州最大規模の  
研究組織の一つ



# ノルウェーのCCS



- ・ 化石燃料とエネルギーの主要な輸出国
- ・ 政治的コンセンサスのもとCCSを推進
- ・ 沖合に他国からも受け入れ可能な大型貯留層

1991年 炭素税導入

1996年 CCS稼働 スライプナー天然ガス田 ( $100 \times 10^4$  t/y)

2008年 スノービット天然ガス田 ( $70 \times 10^4$  t/y)

2012年 世界最大級のCO<sub>2</sub>回収試験設備 ( $10^5$  t/y) 操業開始  
@ TCM (CO<sub>2</sub> Technology Center Mongstad)

2016年 Norwegian CCS Research Centre設立

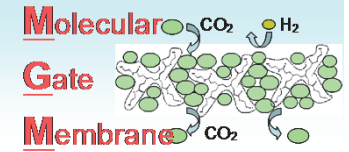
2022年までにCCS本格実用化を目指す

- ・ 本会議は2年に1回、トロンハイムで開催。今回は9回目。
- ・ 基調講演では、パリ協定を踏まえたCO<sub>2</sub>排出削減シナリオ、ノルウェーのCCS戦略、米国エネルギー省のCCS技術開発等が話題に。RITEはMGM組合の膜分離技術を含む日本の先進的CO<sub>2</sub>回収技術について報告。
- ・ 一般講演は全239件(口頭:139/ポスター:201)。

## Sessions

Solvent development  
Solvent properties and emissions  
Membranes  
Membranes contactors  
Oxy-fuel capture  
CCS in energy intensive industries  
Storage projects  
Storage capacity

# SINTEF & NTNU CCS Award 2017



[www.sintef.no](http://www.sintef.no)

Winner:  
Professor May-Britt Hägg  
(NTNU)

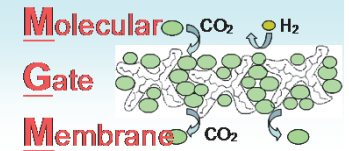


[blog.sintef.com](http://blog.sintef.com)

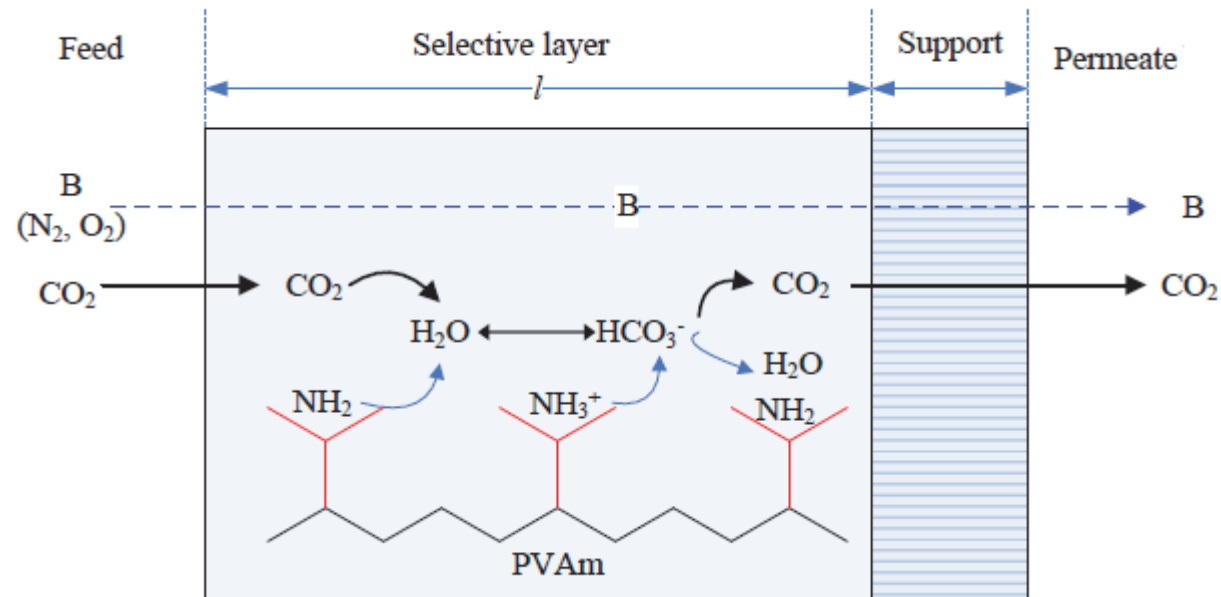
- ・ 25年以上にわたり、‘膜’の研究をリード
- ・ “Fixed Site Carrier (FSC)” 膜でCO<sub>2</sub>回収技術にブレークスルー

# Membranes for CCS

May-Britt Hägg, NTNU



【受賞講演】



Polyvinylamine on polysulfone

- ・ ラボからパイロットスケールの技術に(2000–2016年)
- ・ 2016年12月、Air Products社がFSC技術のライセンスを取得
- ・ 商用化にあたり、Air Products, USAがモジュール製作、Air Products, Norwayがエンジニアリングを担当する体制に

*A sincere wish:* I hope our FSC-membrane technology will contribute to boost - CCS

[www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2](http://www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2)



**【一般講演】 Pilot Demonstration on Membranes for Post-combustion CO<sub>2</sub> Capture**  
 Xuezhong He, NTNU

**1st step (→2008): Lab, diameter 5-7 cm**

2002-2008



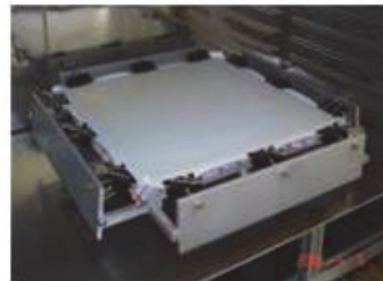
20 cm<sup>2</sup> lab-scale flat-sheet



4-50 fibers, lab-scale module

**2012: starts spinning HF's at NTNU**

2008-2012

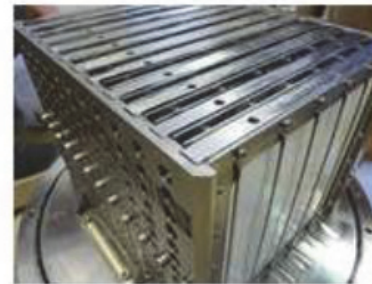


2nd step (2012): Small -scale flat sheets, 500-900cm<sup>2</sup>



150-250 fibers, lab-scale module

Tests with the small flat sheet pilot in Portugal Norcem cement plant, Norway  
 2012-2014



Small-pilot module, 2m<sup>2</sup>



Small-scale module, 0.84m<sup>2</sup>

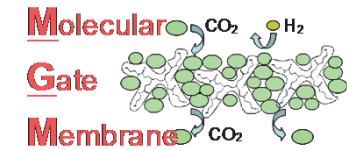
**2014: Join forces With Air Products Support fibers**

2014-2016



Pilot module, 4.2-10m<sup>2</sup>  
 This work

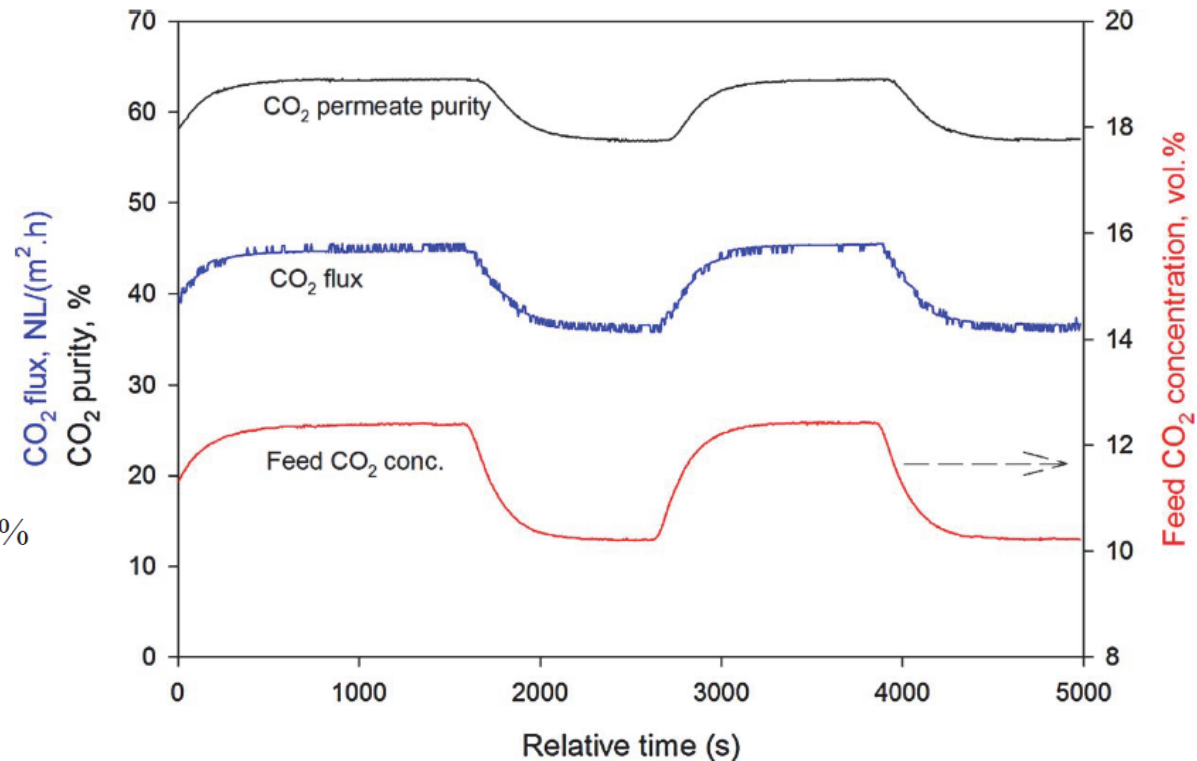




【一般講演】 Pilot Demonstration on Membranes for Post-combustion CO<sub>2</sub> Capture  
Xuezhong He, NTNU

パイロット試験  
@ Tiller CO<sub>2</sub> Capture  
Pilot Plant

CO<sub>2</sub> conc. 10.2 vol.% to 12.4 vol.%  
Two module in parallel (8.4m<sup>2</sup>)  
Pressure ratio: 2 bar / 0.2 bar  
Feed flow: 40 Nm<sup>3</sup>/h  
Temperature: 30°C

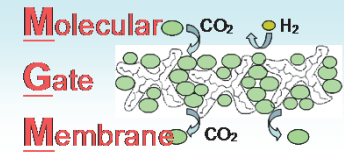


[www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2](http://www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2)

- ・ 1段の実験結果から2段プロセスをシミュレーション  
→ 純度>95%
- ・ 回収率はCO<sub>2</sub>濃度に依存  
→ CO<sub>2</sub>濃度によってモジュールデザインを最適化する必要あり

# Positioning for a Low Carbon Future

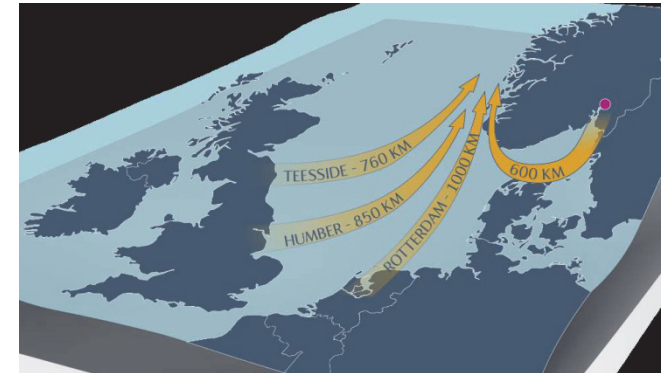
Irene Rummelhoff, Statoil








【ノルウェーの石油・ガス企業、Statoilによる基調講演】

## Operating some of world's largest CCS projects

Capturing up to 1.8 MT CO<sub>2</sub>/yr / ~850,000 cars/yr



Sleipner	In Salah	Snøhvit LNG	TCM	NCS CO <sub>2</sub> storage
				
In operation	Injection stopped*	In operation	CO <sub>2</sub> capture	Feasibility studies
<b>1 MT/yr.</b>	<b>~1 MT/yr.</b>	<b>0.7 MT/yr.</b>	<b>0.1 MT/yr.</b>	
1996-	2004-11	2008-	2012-	2016-

Hydrogen Value chain

European storage hub



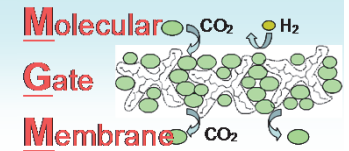
\* Due to preliminary conclusions regarding reservoir properties – mainly related to capacity

[www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2](http://www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2)

次のフェーズ“Full-scale CCS value chain in Norway”実現に向かって

# CCS in Norway: Pushing Ahead

Trude Sundset, Gassnova



【Gassnovaによる基調講演】



産業分野でのFull-scale CCS value chain実現を目指す(-2022年)

[www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2](http://www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2)

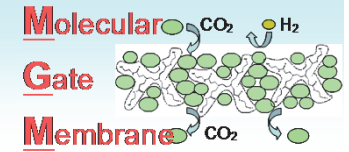
## Gassnova

CCS推進の為に2005年に設立されたノルウェー政府石油エネルギー省傘下機関 TCMの研究資金として、新たに約111億円の提供を発表(2017年8月)



# European Cement Industry – CEMCAP Status

Sigmund Størset, SINTEF



## 【セメントプラントからのCO<sub>2</sub>回収技術開発に関する一般講演】

### CEMCAP

セメントプラントからのCO<sub>2</sub>回収事業  
(パイロット～実証)

期間:

2015 ~ (42 months)

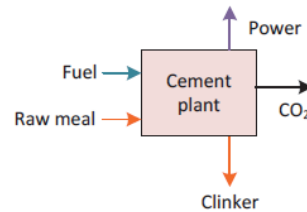
コーディネータ:  
SINTEF

総予算:

€ 10 030 120.75

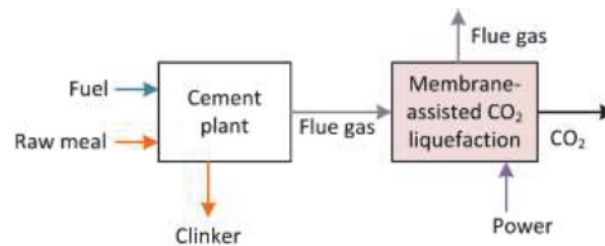
#### Oxyfuel

- Combustion in O<sub>2</sub> (not air) gives CO<sub>2</sub>-rich flue gas
- Require: oxygen
- Generate: power from waste heat



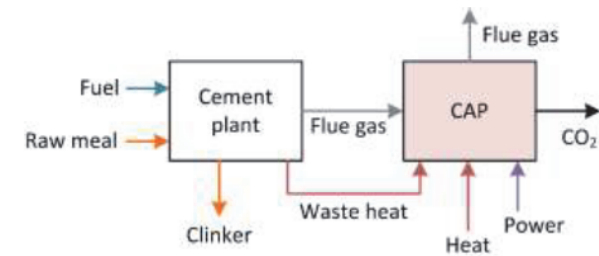
#### Membrane-assisted liquefaction (MAL)

- Polymeric membrane for flue gas CO<sub>2</sub> enrichment followed by CO<sub>2</sub> liquefaction
- Require: El for refrigeration and compression



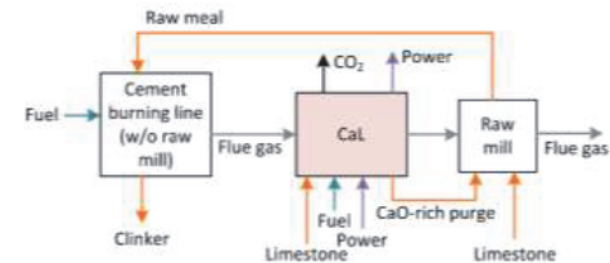
#### Chilled ammonia process (CAP)

- NH<sub>3</sub>/water mixture as liquid solvent
- Require: heat for solvent regeneration, el for refrigeration



#### Calcium looping (CaL)

- CaO reacts with CO<sub>2</sub> to form CaCO<sub>3</sub>
- Require: heat for sorbent regeneration, oxygen
- Generate: power from waste heat

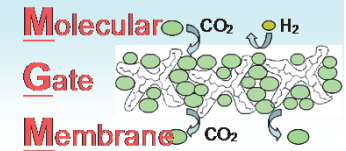


[www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2](http://www.sintef.no/projectweb/tccs-9/program2)

- レトロフィットに絞り、異なる回収手法を検討
- 欧州各国の研究機関、セメントメーカーが参画

# Status of CCUS in the United States

Jarad Daniels, U.S. Department of Energy



## 【DOE事業に関する基調講演】

### Petra Nova (JX石油開発 / NRGエナジー)

テキサス州の石炭火力発電所から回収したCO<sub>2</sub>を約130kmのパイプラインで輸  
送し、石油増進回収(EOR)に利用する実証プロセスが操業開始(2017–2019)

KM CDR process (化学吸収法),  $140 \times 10^4$  t/y

### Southern Company / Mississippi Power

ケンパー郡で“IGCC with EOR”が近々商用稼働予定

Selexol process (物理吸収法),  $300 \times 10^4$  t/y

\* その後、石炭ガス化を停止し、天然ガスプラントとして操業を継続すると公表

### National Carbon Capture Center (NCCC)

これまでに40以上の回収技術について実ガス試験を実施(2008–)

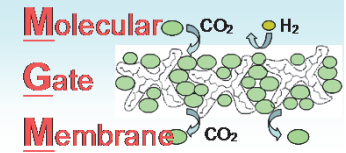
Post combustion (>20), Pre combustion (>20)

### “Transformational Technology Development” (産学官で)

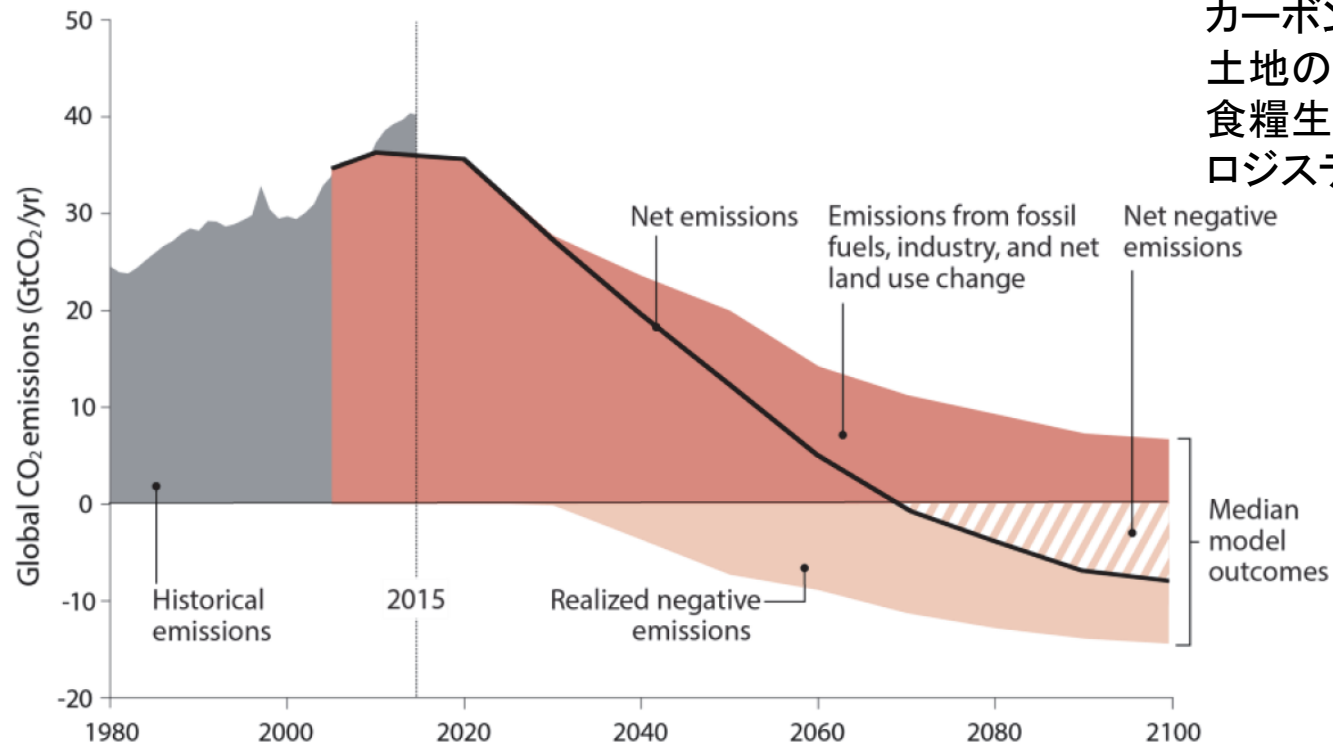
計算科学を駆使し、革新的CCUSを実現する新規材料を創製

# The Trouble with Negative Emissions

Glen Peters, CICERO (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo)



## 【BECCSに関する基調講演】



Source: [Anderson & Peters \(2016\)](#)

## BECCSの課題

バイオマスの不均一性  
カーボンニュートラルに対する疑問  
土地の利用可能性  
食糧生産との競合  
ロジスティクス、など

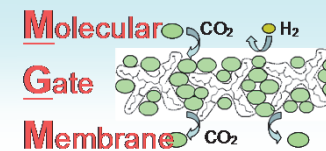
The figure shows the median of the 76 IPCC scenarios that limit the global temperature rise to 2°C with 66% likelihood.

ネガティブエミッション技術で、最も有望視されているBECCS (Bioenergy combined with CCS) には、多くの課題があると、シナリオの解釈に注意を促したうえで:

- Boutique-scale CCS not useful, we need gigatonne-scale!
- BECCS may be your saviour, we need *BECCS at scale*



# まとめ



- ・ NTNUのFSC膜を用いたCO<sub>2</sub>回収技術は、Air Productsがモジュール開発、エンジニアリングを担当する体制で、商用化に向かっている。
- ・ ノルウェーでは、“Full-scale CCS value chain in Norway”実現を目指し、産学管、欧州各国が参画する事業が進行中である。
- ・ 米国はCO<sub>2</sub>の大規模なEOR利用を実施しつつ、革新的CCUSを実現すべく、基礎研究にも力を入れている。

ご清聴ありがとうございました。

