

～ICEFのTop10イノベーションで読み解く～ 未来のイノベーションの方向性 (令和2年2月20日@)

安井 至

(一財)持続性推進機構 理事長

(独)製品評価技術基盤機構 名誉顧問・前理事長

東京大学名誉教授・国際連合大学元副学長

環境省：中央環境審議会総合政策部会委員

経産省資源エネルギー庁・原子力小委員長

NEDO：ICEFステアリングメンバー&未踏チャレンジPD

内閣府「パリ協定に基づく成長戦略としての長期策定に向けた懇談会」終了

パリ協定に基づく成長戦略としての 長期策定に向けた懇談会 2018年8月3日～

■ メンバー

- 内山田竹志 トヨタ自動車会長(理系)
 - 枝廣淳子 大学院大学至善館教授
 - 北岡伸一(座長) 国際協力機構理事長
 - 進藤孝生 日本製鉄社長(現会長)
 - 隅 修三 東京海上ホールディングス会長(理系)
 - 高村ゆかり 名古屋大学教授
 - 中西宏明 経団連会長(理系)
 - 水野弘道 GPIF(政府年金機構)CIO
 - 森 雅志 富山市長
 - 安井 至 持続性推進機構理事長(理系)
- 2019年4月2日に報告書を提出して終了。
 - 何が本題なのか、それは多分、「この国で、**本当のイノベーションをどうやって起こすのか(難しい！！)**」

- シュンペーターが1912年に定義したイノベーションは
 - Neuer Kombinationen = 新結合 ≠ 最先端
 - 2015年以降、パリ協定時代になった今日、定義の一部が、これに戻ったように思う。
- その理由＝「変化の速度(≒コスト)が最重要」
 - 1. 砂漠では、太陽電池による発電コストが、
2¢/kWhを切った
 - 2. 企業が内部炭素税を設定し始めた。
- 自分で問題解決するという強い意思が必須
- 今まで議論をしたことのない人との議論が重要₃

- 2015年12月、COP21で合意
- 内容 1)CO2排出量の大幅削減
- 2)NZE(Net Zero Emission化)を要求
 - 今世紀中できるだけ早期の化石燃料文明からの離脱
 - 再生可能エネルギーへの100%依存
 - 鉄鋼業の場合には、今世紀末までに水素還元へ
 - セメントの場合には、CO2を地中に埋めるCCS化
 - さらに、大気中のCO2を減らす、BECCS
 - =バイオエネルギーCCS。 バイオマスを燃焼し、出たCO2をCCS処理する。大気中のCO2量を減らす。
 - DAC(Direct Air Capture)による大気中CO2削減も現実味
∴ 砂漠における太陽光発電のコストが¥2/kWh

- 日本は、世界的にかなり遅れていたが、**TCFD**という組織を**経産省**が**全面支援**したため、企業において**大転換**が**一気に起きた**。
- **TCFD**とは、2015年のパリでのCOP21の際に、各国の財務大臣や中央銀行総裁が設立。
- Task force on **C**limate-related **F**inancial **D**isclosures
- 要するに、TCFD曰く、「**CO2による気候変動でビジネスリスクは格段に増大する。CO2の排出削減を積極的にしない企業には、出資しない**」。

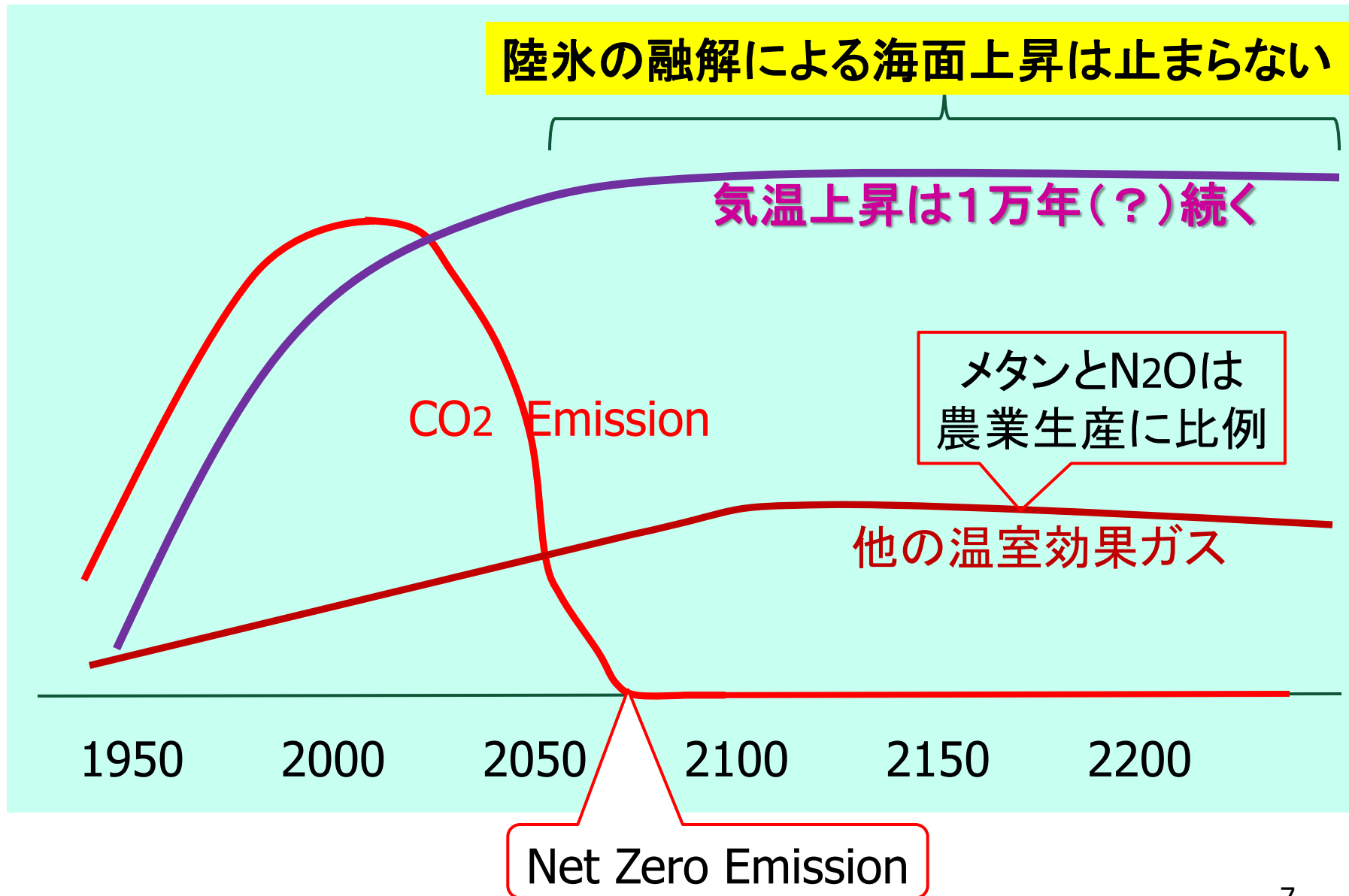
■ 12月16日現在、211社。2019の5月に急増。

- AEON Co., Ltd.
- AGC Inc.
- Aisin Seiki Group
- Ajinomoto Co., Inc.
- AMITA HOLDINGS CO.,LTD.
- ANA HOLDINGS INC.
- Asahi Group Holdings, Ltd.
- ASAHI KASEI CORPORATION
- Asahi Life Asset Management Co., Ltd.
- Asahi Mutual Life Insurance Co.
- ASICS Corporation
- ASKUL Corporation
- Asset Management One Co., Ltd.
- Benesse Holdings, Inc.
- Challenergy Inc.
- Chiyoda Corporation
- Chubu Electric Power Co., Inc.
- ClassNK
- CSR Design Green Investment Advisory, Co., Ltd.
- Dai Nippon Printing Co., Ltd.
- Dai-ichi Life Holdings, Inc.
- Daifuku Co., Ltd.
- Daiichi Sankyo Co., Ltd.
- DAIKIN INDUSTRIES,LTD
- Daito Trust Construction Co., Ltd.
- Daiwa House Industry Co., Ltd.
- Daiwa Securities Group
- DENSO Corporation
- Development Bank of Japan
- DIC Corporation

AからDまでの企業のみ

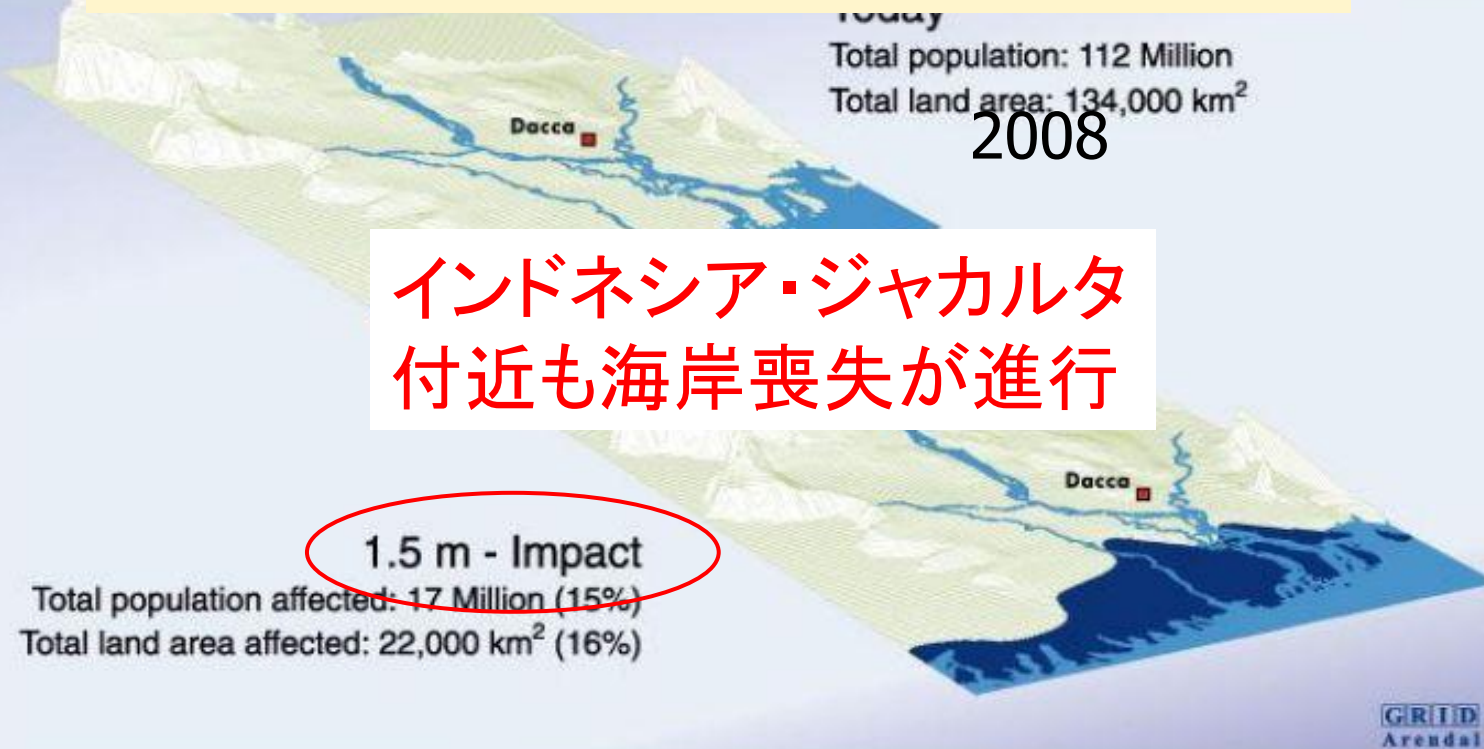
12月現在 世界で898社

CO₂・GHG排出量と気温上昇



国際交渉リスクのために、2°Cは必須の条件 なぜ？

バングラデシュの海面上昇による国土の喪失

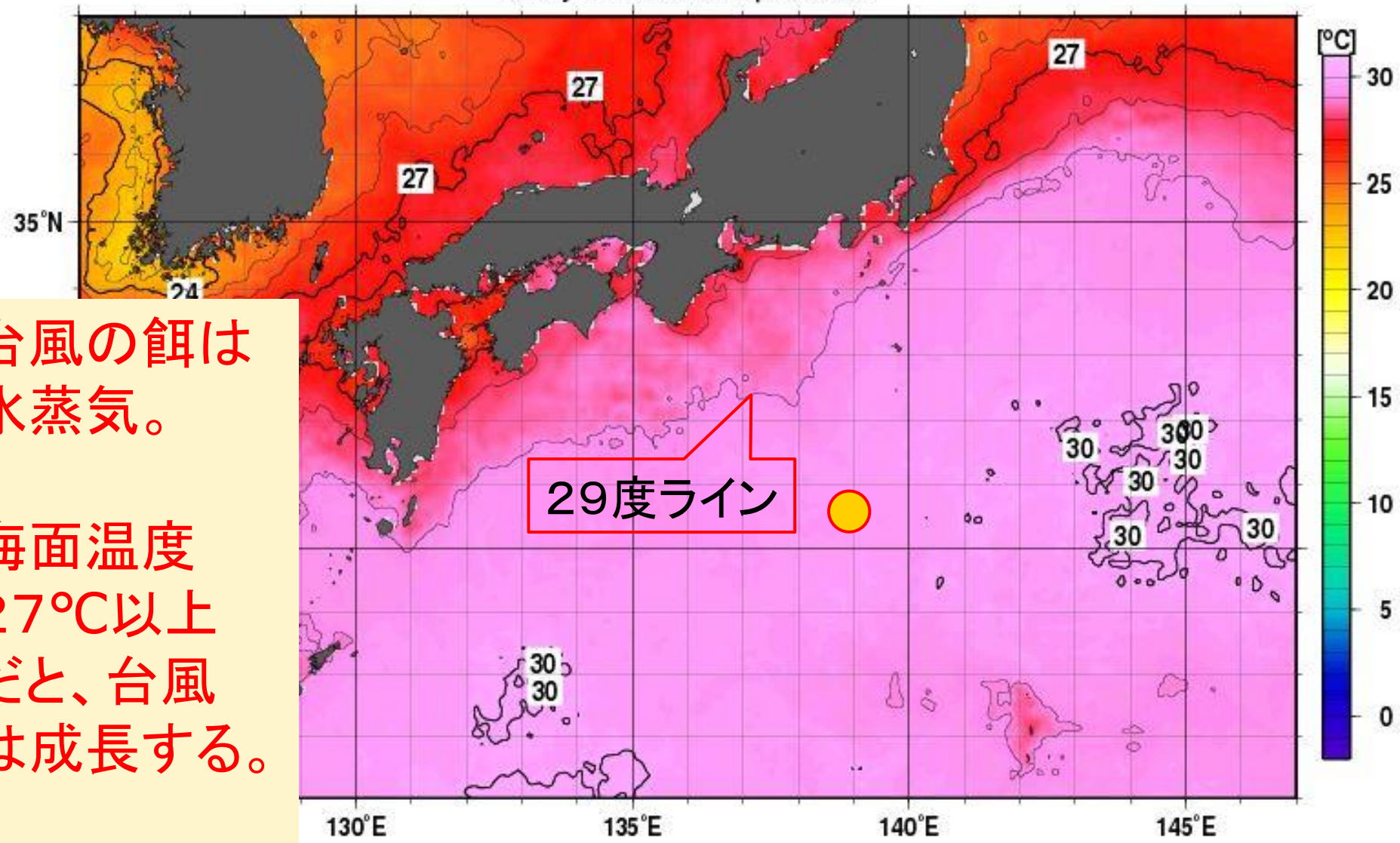


インドネシア・ジャカルタ
付近も海岸喪失が進行

海面上昇と異常気象による環境難民問題

2. 5°C上昇で始まる(?) 7mの海面上昇
＝「不正義」だからゴールには不適切

Daily SSTs 08 Sep. 2019.

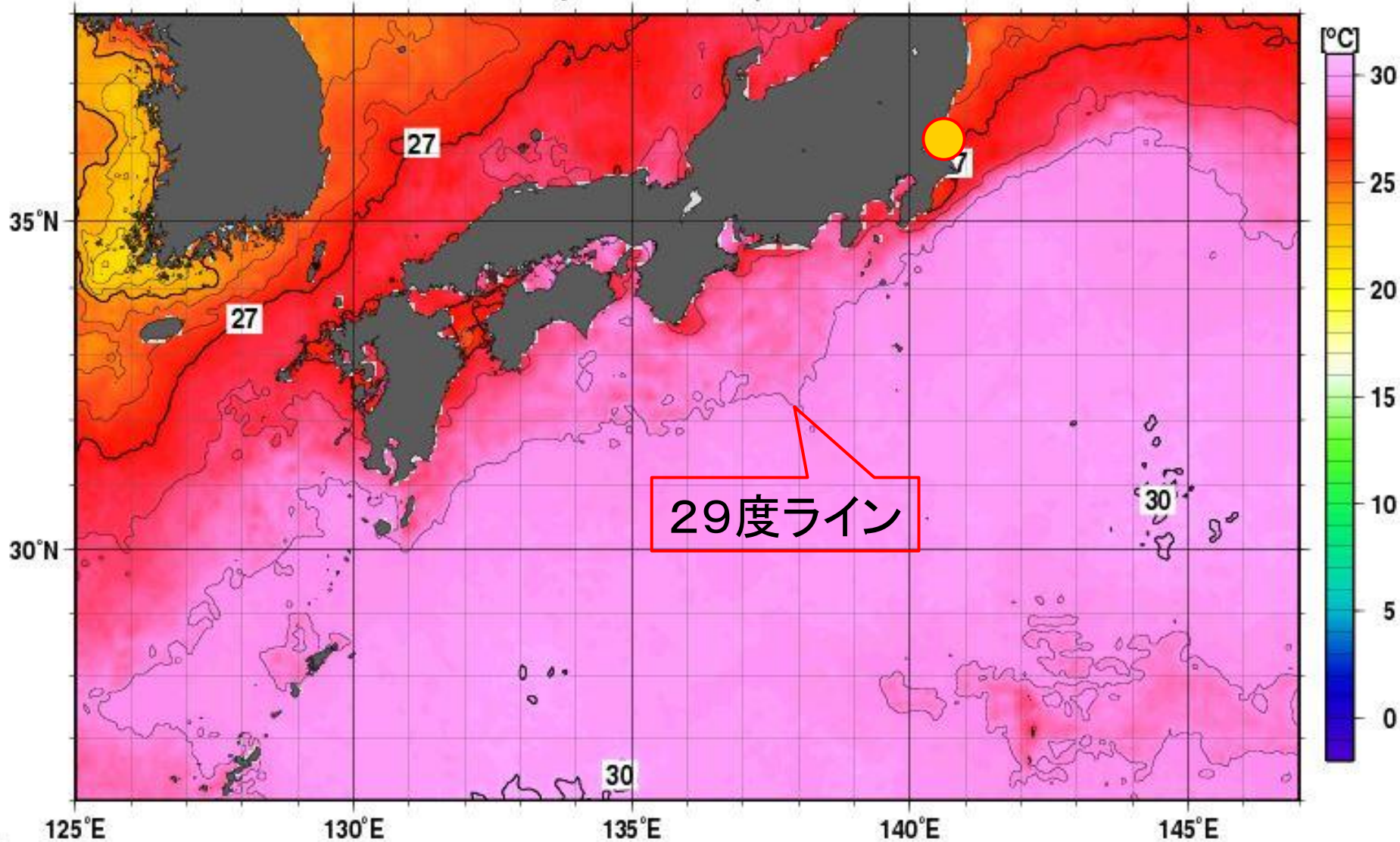


台風の餌は
水蒸気。

海面温度
27℃以上
だと、台風
は成長する。

2019年9月9日

Daily SSTs 09 Sep. 2019.



気候変動対策の重要性を理解することは、必ずしも簡単ではない。

そのため、パリ協定では
『気候正義』
という言葉が選択された。

しかし、この言葉を本当に理解できる
のは、世界人口の60%
≡ 一神教徒のみ

世界でもっとも怖い『最後の審判』の壁画



ルーマニアのヴォロネッツ修道院の外壁のフレスコ画
撮影:2015年6月



「最後の審判」の怖さ
★地球がなくなる
★神は「永遠の命」を授ける
★住む場所は天国か地獄
★死者は甦る。その行く先
は、この時点までの貢献で
評価される

日本のエネルギー政策の混乱

- **最大の原因**と推測されることは、**国会議員の原発反対のスタンス！？と小選挙区制！！**
- 最近、一般的な市民は、原発に対する反感が強い(多分)
- その理由として考えられるものは、**日本人独特の感性「穢れ」**ではないか。
- ひとたび**失敗した企業人は、決して復活しない。**
- なぜなら、日本社会の支配原理は、「七転八起」ではなく、「**一転びアウト**」(堀場雅夫氏の言葉)
- **原発も「一転び(大転倒?)アウト」**なのだろう。

- 進藤社長は、今世紀中に鉄鋼CO₂ゼロを約束
- 現時点での製鉄は、炭素による酸化鉄の還元である。
 - この反応は、発熱反応なので、溶鉱炉の下部から高温空気を注入すると、還元時の発熱によって、生成した鉄が溶けて、溶鉱炉下部に自然に落下
 - それを溶鉱炉底部に貯めておき、十分に溜まったところで、流し出す。
- 将来の製鉄は、水素による酸化鉄の還元
 - ところがこの反応は、吸熱反応である。そのため、外部から高温の空気を導入する必要がある。

高温の空気を作るということ

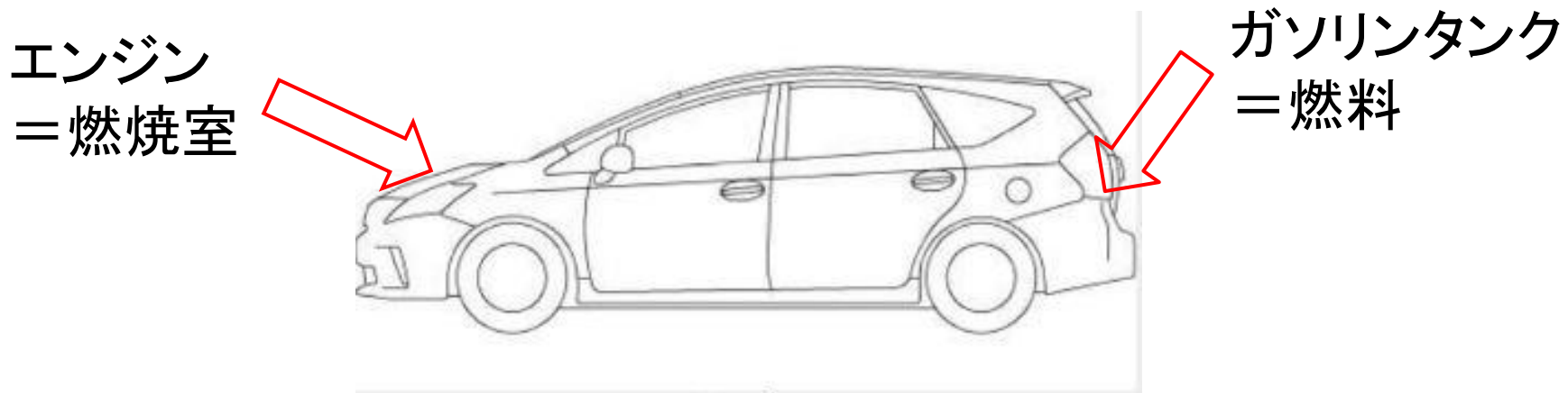
- 化石燃料に依存しないで、高温の空気を作ることはかなり難しい。例えば、太陽炉？
- そこで登場するのが、高温ガス炉
- 1000°Cという高温の熱を取り出すことが可能
- 熱媒体はヘリウム
- 異常が起きた場合でも、黒鉛材料の熱容量が大きいために、炉心温度の変化が緩慢
- ヘリウムが漏洩したとしても、発生する熱は原子炉容器表面から自然に除去され、燃料が破損する可能性はない。

- しばらくは、いわゆる再生可能エネルギー
 - 風力(日本は洋上が主力)と、太陽光＋電池
 - 電池の難点は、価格と寿命
- 日本での海洋、地熱、などのエネルギー源は期待薄で、最終的にはほぼゼロになるだろう
- 当面の核エネルギー＝Small Modular Reactor
- 遠い将来は、当然のことながら、
＝核融合炉 Nuclear Fusion
- 核融合炉は、現在の原発よりも確実に安全
- しかし、この道は来ないかもしれない。

その先は核融合！？

核融合は核分裂より安全(？)

- 「多分、そうだ」と思う。
- 燃料と燃焼室の関係が、自動車と同じなのが核融合。



- 軽水炉の燃料と燃焼室は、木炭コンロと同じ。

今後必要な未来技術を考える 1

- エネルギー関係の未来技術はほぼ無限のニーズがあるものと思われる
- 例えば、電池にしても、**現在のリチウム電池**で十分とは思えない
- より**安全、小型、低コストの電池の開発は不可欠**であろう
- **さらなる省エネ**はそれこそ不可欠である
- 特に、今後、莫大に増加するであろう、**各種センサーの省エネは不可欠**

- 地球上の資源の有効活用のために、あらゆる技術の省資源化が求められる
- 特に、**金属類の枯渇が心配**
- 漢字で書くことができる金属が枯渇の可能性大
 - その理由は、歴史が古いから
 - その2、実用性が高いから
 - = **金、銀、銅、亜鉛、鉛、錫、白金、鉄、、、**
- 次の枯渇候補が、実用になっているもの
 - ニッケル、コバルト

今後必要な未来技術を考える 3

- 地球上の資源(空間を含む)の有効活用のために、**あらゆる状況の長期予測**が求められる
- 特に、**食料生産**が気候変動によってどのようになるか、その予測が十分には行われていない。
- ブラジル・オーストラリアなどでの**森林火災**の多発もかなり大きな問題。
- もし、2050年にほぼNet Zero Emissionを実現しようとする、かなりのバイオエネルギーの利用が必須。
- **森林をミスカンタス畑にするのか???**

- ICEFにおけるTop 10 Innovationのご紹介
 - ICEFは、経産省、文科省、環境省が実施している国際会議。Innovation for Cool Earth Forum。ただし、Cool=Low Temperature
 - 2014年に第1回目が開催された
 - 場所は、これまでずっと椿山荘
 - 参加人数は、800人程度。海外から4割？
- Top 10 Innovationは、参加者の投票によって、その年の重要な方向性を決める。

No.A2

太陽光と空気からカーボンニュートラル燃料
を製造

Organization: ETH Zurich

ETHチューリッヒの屋上にあるソーラー製油所は、熱化学生産技術によりカーボンニュートラルである炭化水素燃料を生産している。高温の太陽光反応器は、集結した太陽光エネルギーにより、周囲の空気から二酸化炭素と水を直接抽出、分解し、灯油やメタノールなどの炭化水素となる合成ガスを生成する。抽出された燃料は、燃焼過程において抽出時に分解されたのと同量の CO_2 しか排出しないため、持続可能な航空や持続可能な海運に貢献する。

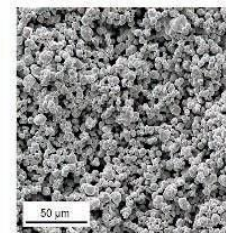
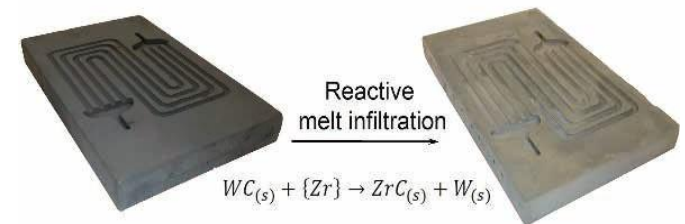
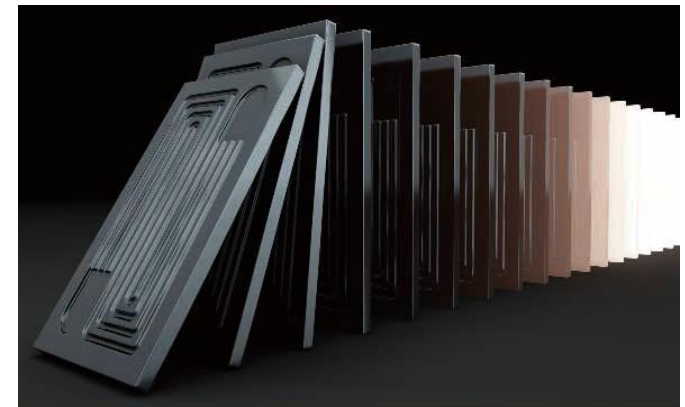


太陽熱を効率よく電力に変換するために用いる

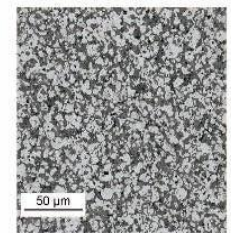
No.A3

高温高压環境用新素材

パデュー大学はじめとする研究グループは、多孔質炭化タングステンプレーットの形状とサイズを保持する化学変換により、調整可能なパターンを持つZrC/Wベースの熱交換器プレートを製造した。 効率的な発電に必要な高温高压の超臨界CO₂に耐えることができる。 集光型太陽熱発電プラントは超臨界CO₂を利用するブレイトンサイクルによって発電しており、熱エネルギー貯蔵媒体としてKCl-MgCl₂溶融塩を使用している。



Easily-formed, porous WC

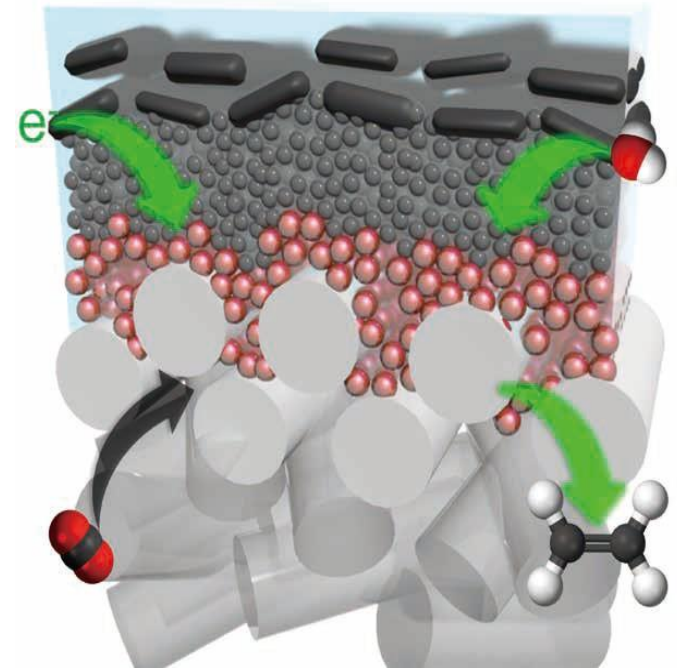


Dense, net shape/size ZrC/W

No.A4 水酸化物を媒介とする銅触媒の急峻界面におけるCO₂の電解還元によるエチレンの合成

CO₂ electroreduction to ethylene via hydroxide-mediated copper catalysis at an abrupt interface

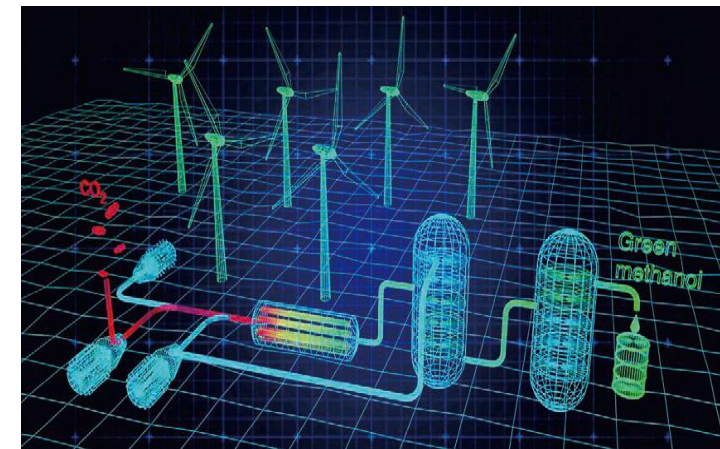
トロント大学のDinhらは、アルカリ電解液内の銅触媒の急峻反応界面において-0.55V(vs.RHE)の電界を印加するとCO₂が70%のファラデー効率でエチレンに還元されることを報告した。



No.A5 CO₂と水素からメタノールを製造する新たな酸化インジウム触媒

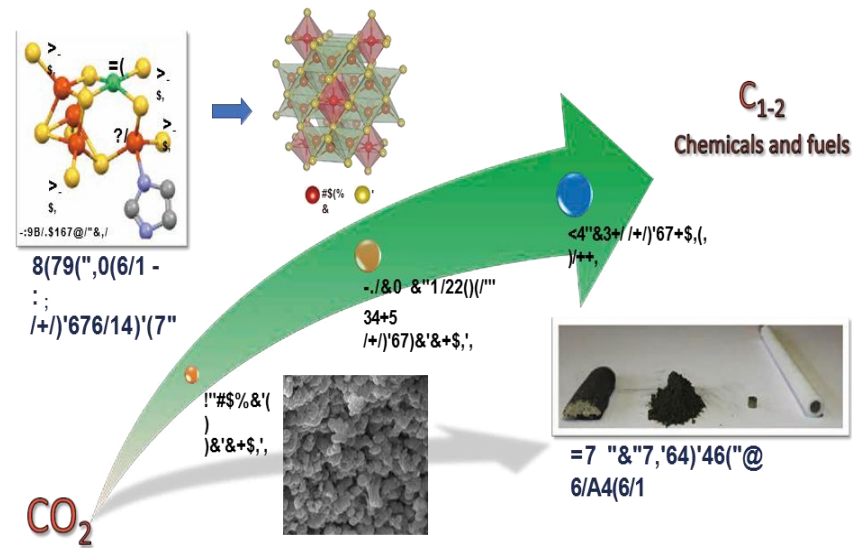
Organization: ETH Zurich

ETHチューリッヒの屋上にあるソーラー製油所は、熱化学生産技術によりカーボンニュートラルである炭化水素燃料を生産している。高温の太陽光反応器は、集結した太陽光エネルギーにより、周囲の空気から二酸化炭素と水を直接抽出、分解し、灯油やメタノールなどの炭化水素となる合成ガスを生成する。抽出された燃料は、燃焼過程において抽出時に分解されたのと同量のCO₂しか排出しないため、持続可能な航空や持続可能な海運に貢献する。



No.A6 安価な二酸化炭素還元触媒

- ルール大学ボーfumをはじめとする研究グループは、二酸化炭素を一酸化炭素に還元する際に用いる触媒としてのペントランド鉱の利用に成功した。水分量を調整することにより、一酸化炭素と水素の混合物が生成された。

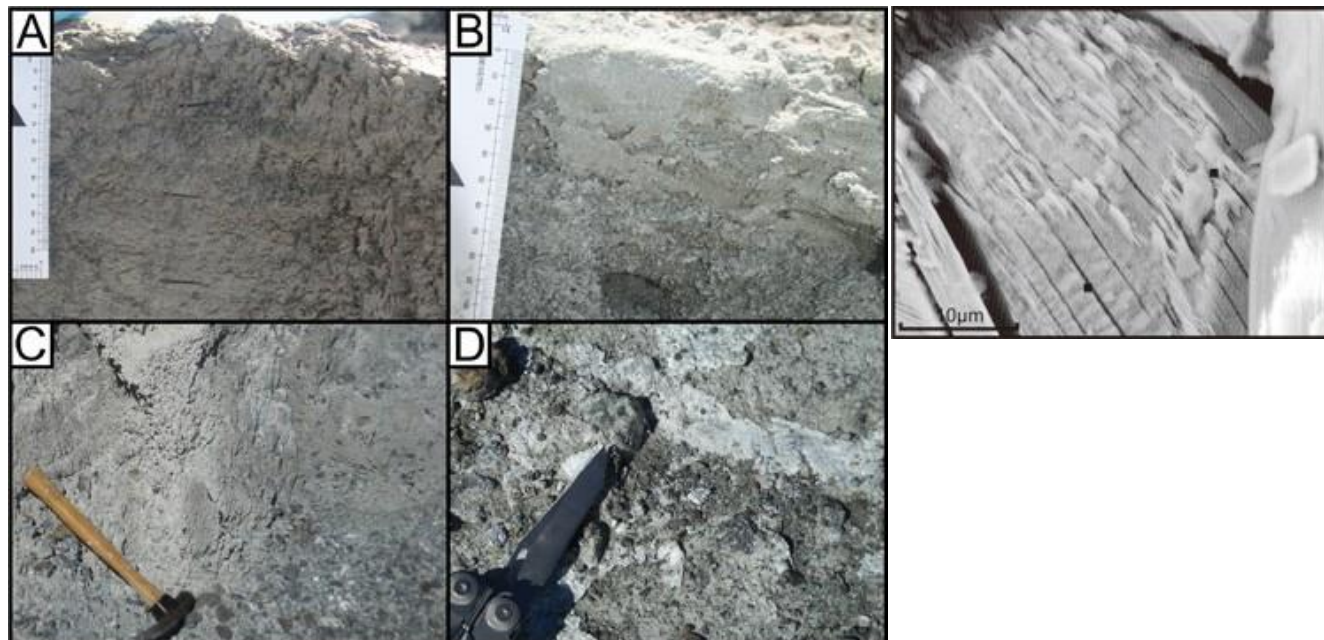


Ruhr-Universität Bochum-led team successfully utilized pentlandite as a catalyst to convert carbon dioxide into carbon monoxide. By adjusting the water content, the researchers were thus able to generate carbon monoxide and hydrogen mixtures.

No.A7 二酸化炭素を吸収する新しい無機化合物

機関 / Organization

University of Alberta,
University of British
Columbia and
University of
Queensland



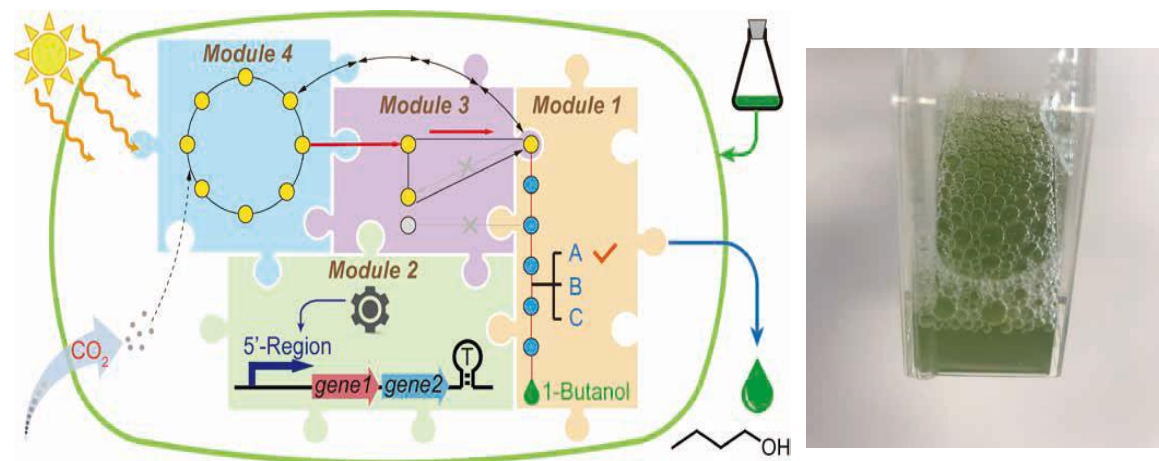
- ハイドロタルク石族の新しい無機化合物が大気中のCO₂を捕捉し貯蔵することを確認した。

An international research team from multiple universities has confirmed new minerals, members of the hydrotalcite supergroup, are capturing and storing atmospheric CO₂

No.A8 太陽電池を用いないバイオ燃料の製造

Uppsala University

Uppsala University has successfully developed microorganisms that efficiently produce butanol directly from carbon dioxide and solar energy, without the need for biomass or solar cells.

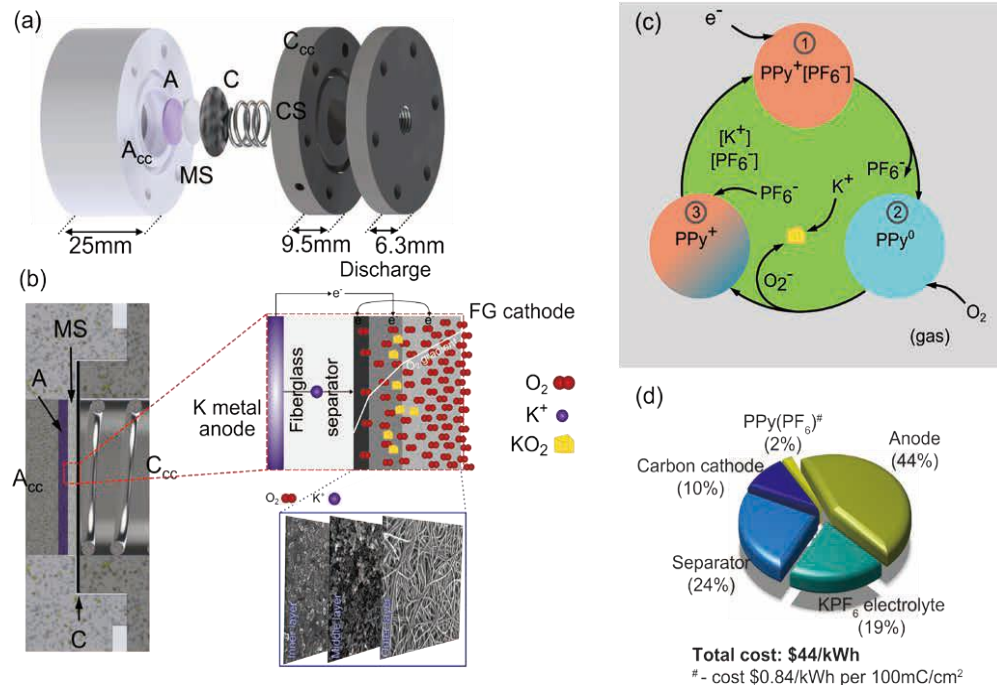


ウプサラ大学は、バイオマスや太陽電池がなくても、二酸化炭素と太陽エネルギーからブタノールを効率的に産出できる微生物の開発に成功した。

No.A9 長寿命のカリウム酸素バッテリーの新規製造ステップ

Ohio State University

オハイオ州立大学は、より効率的で信頼性が高く長寿命の、カリウム酸素バッテリーを開発した。カソードに導入された導電性ポリマーはアノードを酸素から保護しバッテリーの長寿命化に貢献する一方で、カリウムイオンはカソード全体を移動することが可能である。

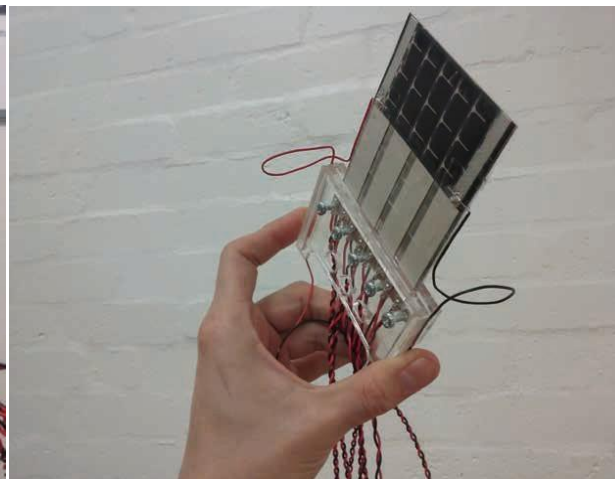
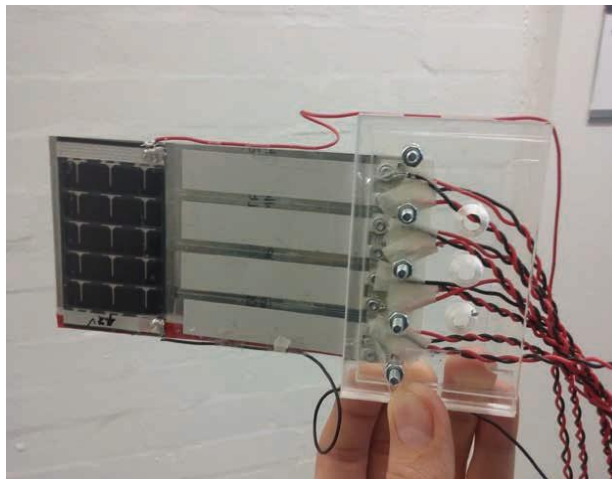


Ohio State University has developed a more efficient, more reliable potassium-oxygen battery that lasts longer. The conducting polymer introduced into the cathode protects the anode from oxygen, but allows potassium ions to travel throughout the cathode, which extends the cycle life of potassium-oxygen batteries.

No.A10 光と風から電気を生み出す発電フラッグ

University of Manchester

マンチェスター大学は、柔軟な圧電ストリップと柔軟な太陽電池を使用して、発電フラッグを開発した。風力と太陽光からそれぞれ 圧電ストリップと太陽電池により発電できる。



University of Manchester has developed a novel wind and solar energy-harvesting flag using flexible piezoelectric strips and flexible photovoltaic cells. Piezoelectric strips allow the flag to generate power through wind movement and photovoltaic cells turn sunlight into electricity.

No.B1 バッテリー交換式電動スマートスクーターと交換式バッテリー用充電ステーションを活用したシェアリングサービスを開始

株式会社 e-SHARE 石垣

- e-SHARE石垣がGogoro社製バッテリー交換式電動スマートスクーターと交換式バッテリー用充電ステーションを活用し、シェアリングサービス「GO SHARE」を沖縄県石垣市で開始した。充電ステーションでは、6秒程度で充電済みのバッテリーと交換できる。充電ステーションの一部には太陽光パネルと日産自動車 リーフからのリサイクルバッテリーが設置され、災害時には防災 拠点へ緊急電力を供給できる。



No.B2 持続可能なジェット燃料

- **LanzaTech** は、微生物によるガス化を利用した技術によって排ガス中の炭素よりエタノールを製造している。米国ジョージア州の施設で施設稼働後初めて生産された4,000ガロンのジェット燃料と600ガロンのディーゼル燃料は、ヴァージンアトランティック航空が運航するフロリダ — ロンドン便の燃料の一部として使用された。2019年6月、全日本空輸(ANA) はLanzaTechと持続可能なジェット燃料購入について合意した。



No.B2 40フィートコンテナに収納された 固体高分子型水素発生装置

- **日立造船**は2000年に水素発生装置「HYDROSPRING」の販売を開始し、多数の納入実績を重ねており、今回、国内初となる40フィートコンテナに収納された大型固体高分子型水素発生装置を開発した。
- 200Nm³/hの水素製造能力を有し、再生可能エネルギーなどのMW級電力を水素に変換・貯蔵することが可能になり、日立造船の持つ電解技術とフィルタープレス技術の融合により大型化を実現した。



電解セル

No.B4 電力を熱に変換して最大130MWh／週の規模で火山岩に蓄積するシステム

- **Siemens Gamesa** は、岩石蓄エネシステムの運用を開始した。約1,000トンの火山岩が貯蔵媒体として使用される実証プラントは、ヒーターとファンを使って電力から熱風を作り出し岩石を750℃まで加熱する。蓄積した熱エネルギーから電力を取り出すときは 蒸気タービンを用いる。



写真提供 / Source
Siemens Gamesa

Electrothermal energy storage system can store up to 130 megawatt-hours of thermal for a week in volcanic rock 35

No.B5 浅い海域に設置可能な浮体式 洋上風力発電システム

- **NEDOと丸紅などのコンソーシアム**は、北九州の海岸から15kmの地点に3MWの浮体式洋上風力発電システムを設置した。鉄鋼バージ型浮体にコンパクトな2枚羽風車を搭載し、スタッドレスチェーン・超高把駐力アンカーを組み合わせた係留システムにより、水深50メートルの海域に設置することが可能。

NEDO and Marubeni et al. have developed a floating offshore wind power generation system with a 3 MW turbine at about 15 kilometers off the coast of Kitakyushu, western area in Japan. This system has a compact turbine with two blades on a steel barge type floating body and a mooring system with studless chains and super high holding power anchors, which is installed in relatively shallow waters with a depth of about 50 meters.



- Direct Air Captureと呼ばれる技術
- 日本のような地震国で、CCS=Carbon Capture & Sequestrationが不可能な国では、海外にDAC基地を設ける以外に方法はない。
- DACの変形として、スイスのETHが検討しているような、太陽光をエネルギー源にして、大気中のCO₂から、なんらかの燃料を作る試みも、コストが低下できれば、希望はある。
- ICEF(Innovation for Cool Earth Forum)が毎年開催されるが、そこでのTop 10 Innovationsを。

DAC+燃料化の実証実験

<https://www.bbc.com/japanese/44409827>



カーボン・エンジニアリング社(カナダ)は、二酸化炭素と再生可能エネルギーから合成液体燃料を生産する計画で、技術開発中。

結論

- パリ協定を重視することができる人の第一の条件は＝未来が読める(見える)人。
- 第2の条件が不安だらけの未来を改善する方法論の具体策を議論できる人。
- COP25での化石賞は、現時点での経済的なメリットが優先されている国(＝日本)への皮肉！！
- 『知的レベルの低い国だなあ。日本は！！』と言われた程度の理解で十分だが、ちょっと悔しい。
- 日本の技術レベルを維持する人材の少なさを改善するためには、中等教育の改善(理系と文系を分けない)ぐらいから始めないと無理だろう。

勉強家の方々への「チャレンジ対象の情報」

- 色々なスタンスで発行されたが、現時点で見ると下記の1件だけで十分カバーできている。
- 革新的環境イノベーション戦略（案）
- <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/dai6/gijisidai.html>
 - 令和2年1月21日
 - 内閣府の「総合イノベーション戦略推進会議（第6回）」
 - 資料3－2 革新的環境イノベーション戦略（案）

- 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」
(令和元年6月閣議決定)が最初の戦略文書
- これが国連に提出された「戦略」の基礎
- 「統合イノベーション戦略推進会議」
- 統合イノベーション戦略には、あらゆる分野のイノベーションが含まれている。Ex. AI、自動運転、量子コンピュータ
 - これらの内容も、また、ムーショット目標案も。
 - いずれも、次のサイトからダウンロード可能。
 - <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/index.html>