

2050年までに

エネルギー・物質・水を

パーソナルに循環させる **自立型生活空間**

を得られる社会を実現

パーソナルグリッドで快適生活を地球でも宇宙でも

電解パーソナルグリッドチーム

チームリーダー 長澤兼作

横浜国立大学 先端科学高等研究院

サブリーダー 才田隆広

名城大学 理工学部

PG

2050年の社会像

既存のムーンショット目標の達成



自然および人為的災害に弱く

COVID-19の様なパンデミックに脆弱

様々な面における地域格差は未解決



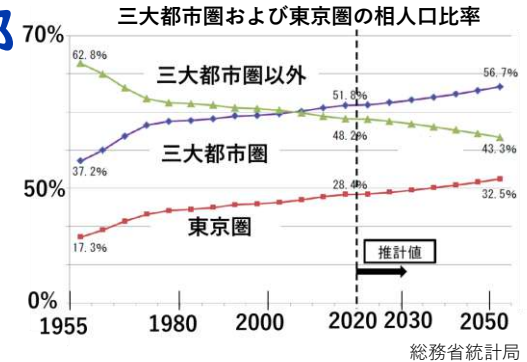
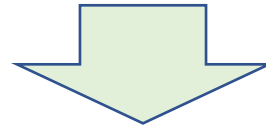
人々が居住する場所は主に都市部

人々はインフラに縛られている



これらを解決する分散可能な社会を構築

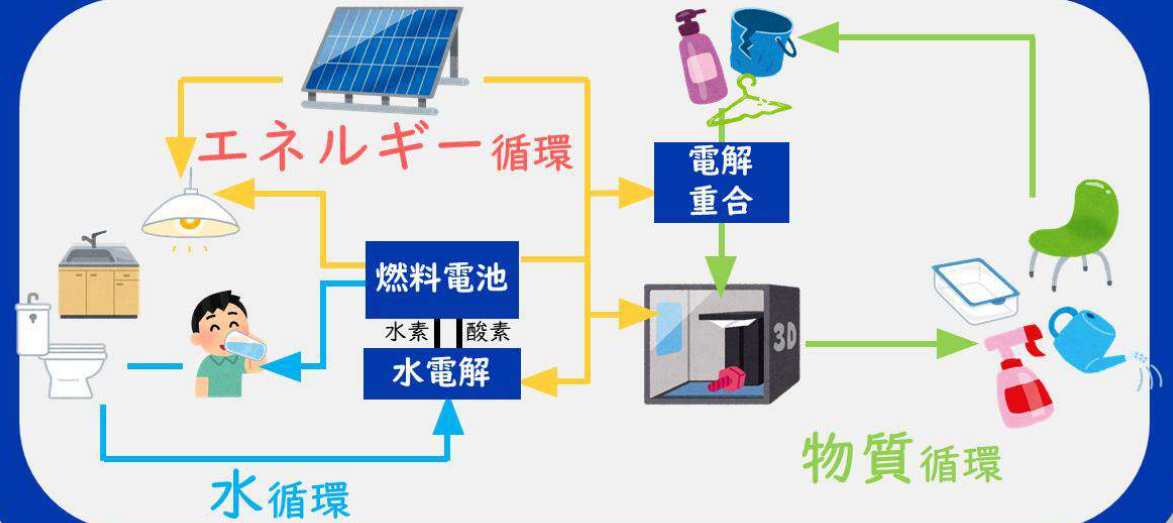
住む土地に関係なく全ての人々が、生きていく上で
必要十分なエネルギー・物質・水を
生活空間単位で得られる社会



“パーソナルグリッド(PG)”

必要十分なエネルギー・物質・水を生活空間単位で
循環させる独立分散型社会システム

チームが描く“パーソナルグリッド”



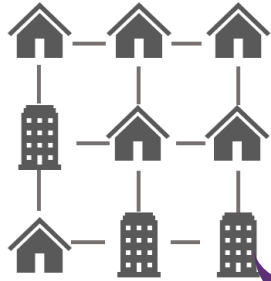
電気分解や燃料電池がコア技術

各循環はモジュール化され、自由に組み合わせが可能

PG自体が移動可能

PGが集積してIG (インテグレートッドグリッド) を形成 3

製品



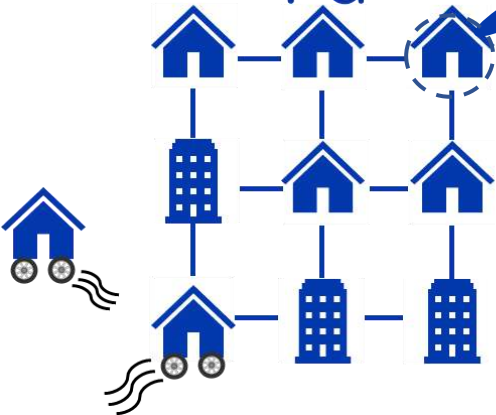
廃棄

消費・廃棄・固定型社会
から

生産・循環・移動型社会へ

エネルギー、物質、水

PG



IG

生産

パーソナルグリッドが社会に与える影響

持続可能な
環境を保つ

～自然共生型社会～

CO₂排出ゼロ
プラスチックゴミゼロ
省エネルギー
(送電ロスゼロ)

自然・人的災害に強い
パンデミックに強い

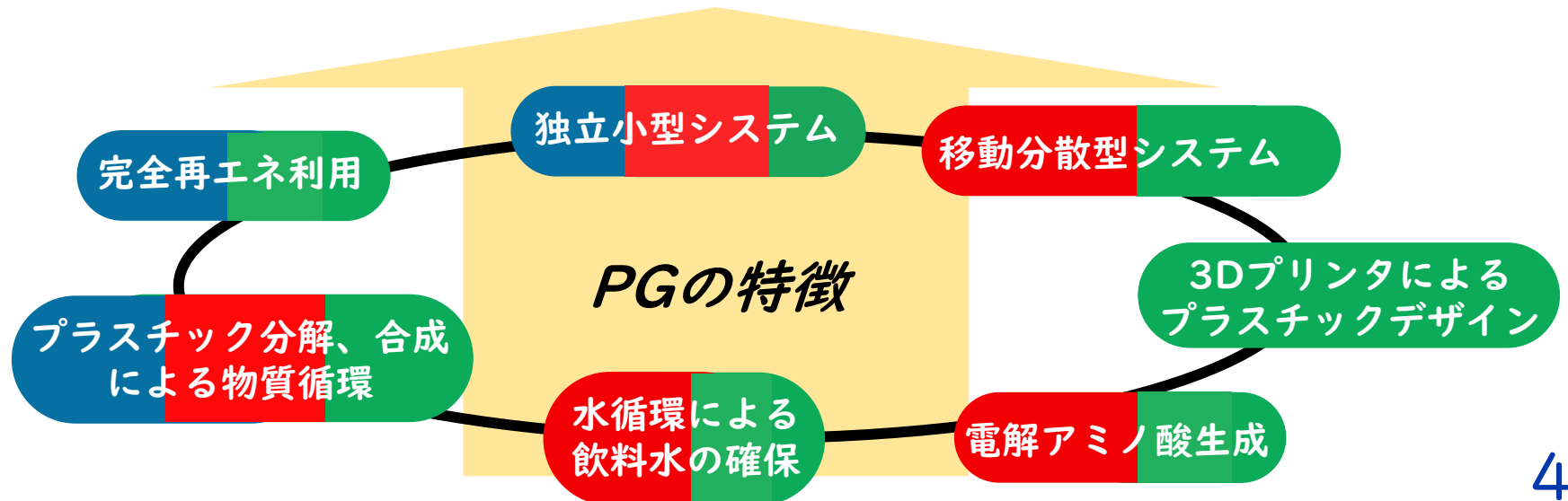
生命を守る

～防災型社会～

豊かな文化・生活
を創る

～地域分散・
循環共生圏型社会～

居住地を選択できる
自由に服、容器を
個人で創造できる
食料を自ら生産、
供給できる

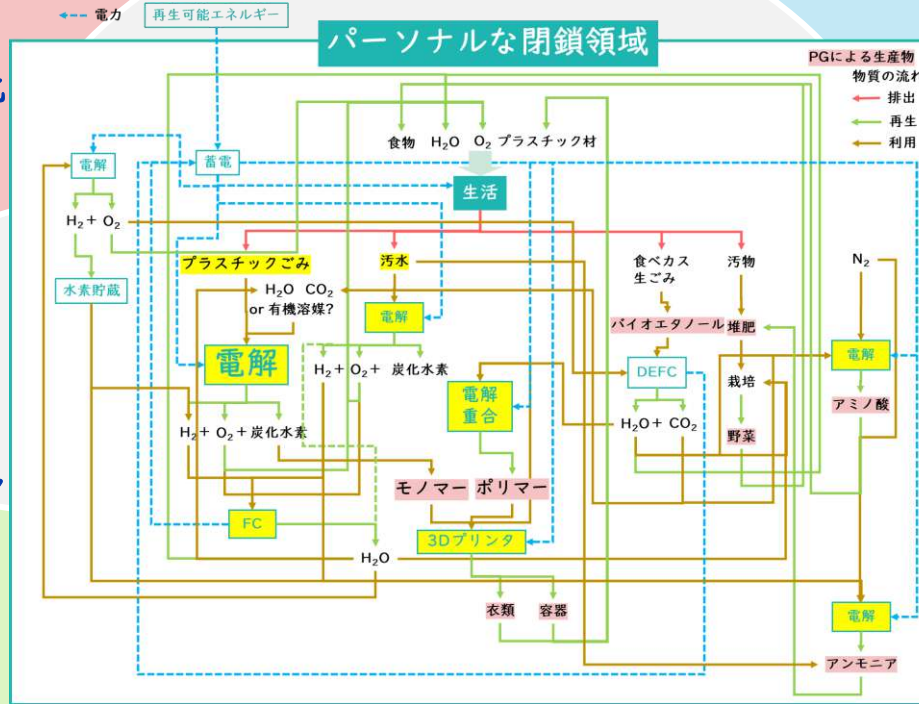


パーソナルグリッドに求められる科学技術

△課題技術

エネルギー循環

- 再エネ変動への対応
- △水素貯蔵技術
- △蓄電池の小型大容量化
- DAFCやPEFCの高耐久・高出力化
- 固定買取制度 (FIT), 発送電分離
- 燃料電池、電解の要素技術
- △バイオ燃料電池
- △バイオ電解
- △アミノ酸、アンモニアの電解合成



水循環

- 污水浄化技術
- 海水や河川、雨水の飲料化技術
- 污水や海水、河川、雨水からの直接水素製造化技術
- △污水等からのアンモニア合成

物質循環

- △プラスチック (炭化水素) からモノマーへの分解生成技術
- モノマーから高分子材料への重合技術
- △3Dプリンタ技術
- △家庭での植物栽培 (水耕栽培による植物プラント)
- △疑似ミート技術

その他

- △各種循環を要素分離し、単機能で小型化したパーソナルモジュール技術
- 住宅やビルの高断熱高気密化(省エネ化)
- PGを備えた建造物や各モジュールの耐候性

特に解決すべき技術課題とボトルネック

物質循環

高分子材料の電気化学的分解。再生利用（3Dプリンタ成形）の為の原料（モノマー）生成

ボトルネック

高分子分解の主流は化学的手法であり
電気化学的手法はほとんど例が無い
→熱分解法は高温高压のエネルギーが必要
生分解や光分解は生成速度に難

高分子分解は企業では1990~2000年代でケミカルリサイクルが活発であったが、採算が取れずほとんど中止

水循環

生活必要量の電気化学的手法による水の浄化と精製（電解酸化、還元による不純物の分解、析出）

ボトルネック

パーソナルなスケールで飲料水まで浄化すると
一日当たりの生成量が極めて少ない。
→十分な生成量確保には施設が大型化。

エネルギー循環 最終的には全ての電力を再エネ供給

ボトルネック 電力配分、バランス、物質循環における消費電力の不確定性

技術課題の解決に向けて

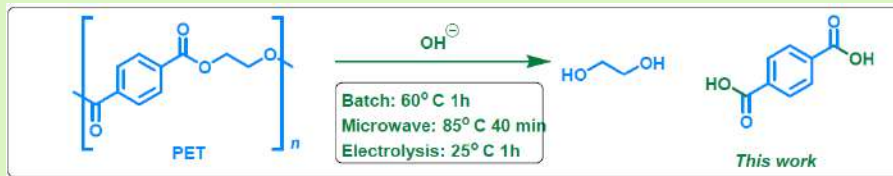
物質循環

電気分解によるプラスチック（ポリマー）からの原料（モノマー）生成

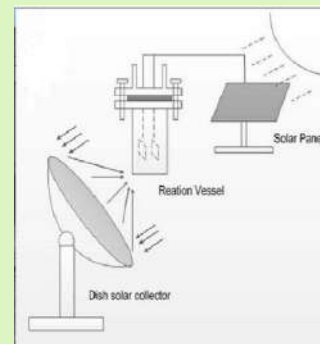
PGスケールでプラスチック分解を行う為には実用レベルの工業的な高温高圧（1500°C、5気圧）のケミカルリサイクル手法は極めて非現実的
PGスケール（小規模、高ハンドリング）で物質循環を達成するには電気分解による原料生成が最も適合した手法

PGで求められるレベルではないが最近（2020年以降）プラスチック電気分解の萌芽的研究が報告されている

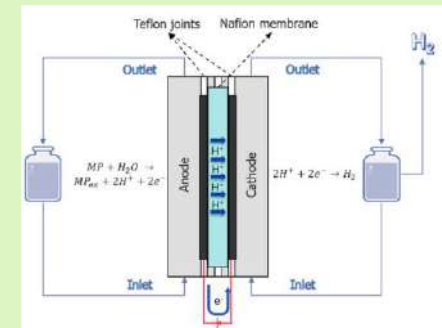
PETの分解によるモノマー生成に関する報告
(Molecules, 2020, US)



太陽光熱(350°C)を利用したPPの電気分解
(Sol. Ener. Sol. cells, 2020, US)



PMMAのモデル分子を用いた電気分解
(J. Power Sources, 2020, Italy)



但し水素生成が主で分解はモノマーまで進行しない

技術課題の解決に向けて

水循環

電気化学的操作による水循環内での不純物の除去、精製

透過膜、化学処理方法では排水全てを再生できず
化学物質は残留

電解酸化、還元による不純物の分解、析出による浄化は
上記課題を解決。水処理の分野では実績。

PGで水循環を実現するには、
生産性を上げる為のマイクロフローリアクタの開発や
反応場が多く長期安定性に優れた新たな電極触媒の開発がキー

エネルギー循環

太陽光による再エネ発電と電力配分

太陽光発電
PGスペース
20~36 m²
14~15 kWh(日本)

一日一人当たりの
消費電力量(日本)
平均6~10 kWh

約4~9 kWhが水循環物質循環に使用可

排水処理装置0.5~1 kWh
飲料化に0.8~1kWh
(但し現在の大型装置)

太陽光発電量の
20~50%を物質循環
に使用可

提案する社会像実現に向けたシナリオ

既存の社会インフラ

物質循環

- 廃棄・リサイクルシステムのスリム化
- 農産物・食品・プラスチック産業の知財産業への移行

水循環

- 水の完全循環システム
- 既存の巨大な上・下水道施設からの転換

エネルギー循環

- 発電コスト
- 新たな固定買取制度
- 発送電網、地域電力マネジメント

PGに基づく新たな社会インフラ

シミュレーション

グリッドの規模と機能、環境への影響

生活の安全性

ライフサイクルコスト

グリッド地域通貨

情報共有

地域住民、行政、事業者

社会的な合意形成

PGを導入する対象エリア(例)

モデル地域を他所へ展開

2050年を目指したマイルストーン

5年後

2030年

2040年

2050年

物質循環

PET樹脂以外のポリマーのモノマー電解

モデル実験による創製

技術の創製

95%以上分解する技術の確立

- ▶ PET樹脂分解収率95%以上、新規高効率分解法の創製

- ▶ 電解技術を利用したアミノ酸、アンモニア合成技術の確立

- ▶ 再生可能な3Dプリンター樹脂による高分子材料循環を確立

- ▶ 電解技術でポリマー⇄モノマー変換を自在に行う技術の確立
- ▶ アミノ酸およびアンモニア合成の電解合成技術の確立
- ▶ 3Dプリンターによりフェイクミートなどを作製する手法を確立

水循環

し尿、生活排水から飲料水を生成できる水循環システムの確立

50 L/day

100 L/day

200 L/day

有機廃棄物や海水からの直接電解による水素製造

原理確立

技術確立

- ▶ 各生活空間規模の小型水循環システムの構築

エネルギー循環

太陽光発電変換効率(多結晶シリコン)

25%

25%

30-35%

40%

燃料電池発電性能、システムコスト

5 kW/L、5000円/kW以下

6 kW/L、4000円/kW以下

7-8 kW/L、3000円/kW以下

9 kW/L、2000円/kW以下

PGシステム

循環システムの確立

エネルギー、水

物質、三循環統合システム稼働

- ▶ 循環システムの統合化技術の確立
- ▶ エネルギーバランスが成立する試算予測の確立

- ▶ マイクロリアクター技術の確立
- ▶ 物質循環の原理的実証

- ▶ エネルギーバランスの成立

- ▶ パーソナルスケールでの三循環のシステムのコスト削減

社会実装(達成技術内)・事業化

モデル地域での実証実験
グリッド地域通貨の試験導入

モデル地域の展開

パッケージング化による商用化