

研究活動紹介 分山研究室

環境・社会理工学院 融合理工学系 分山達也



Institute of
SCIENCE TOKYO

研究のアプローチ

システム工学

地理情報システム
GIS

機械学習

システムモデリング

線形計画法による
需給モデリング

電力市場の限界費用分析

統計学・地球統計学

Modeling &
Scenario
analysis

Market
design &
community
acceptance

エネルギー経済学
環境政策論

空間計画
土地利用計画

市場設計
インセンティブ

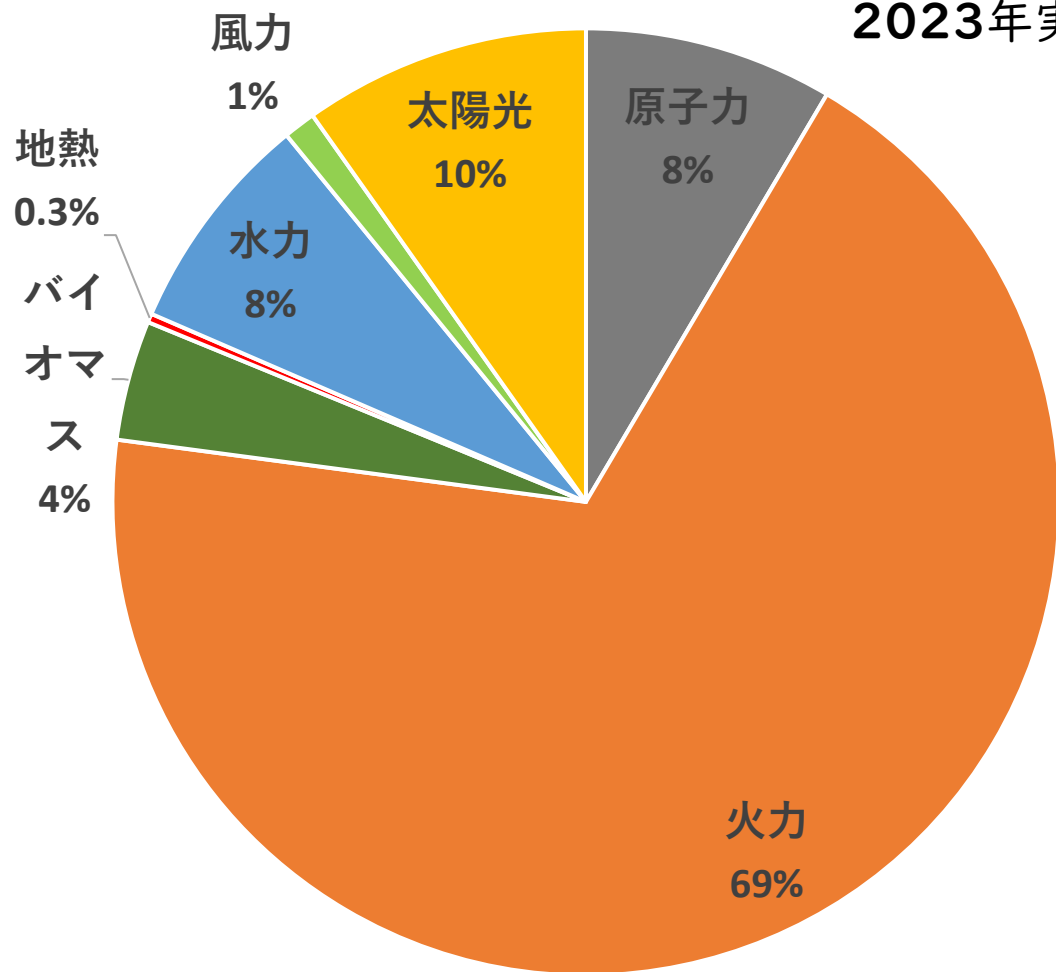
システム運用ルール

地域合意形成・社会受容性

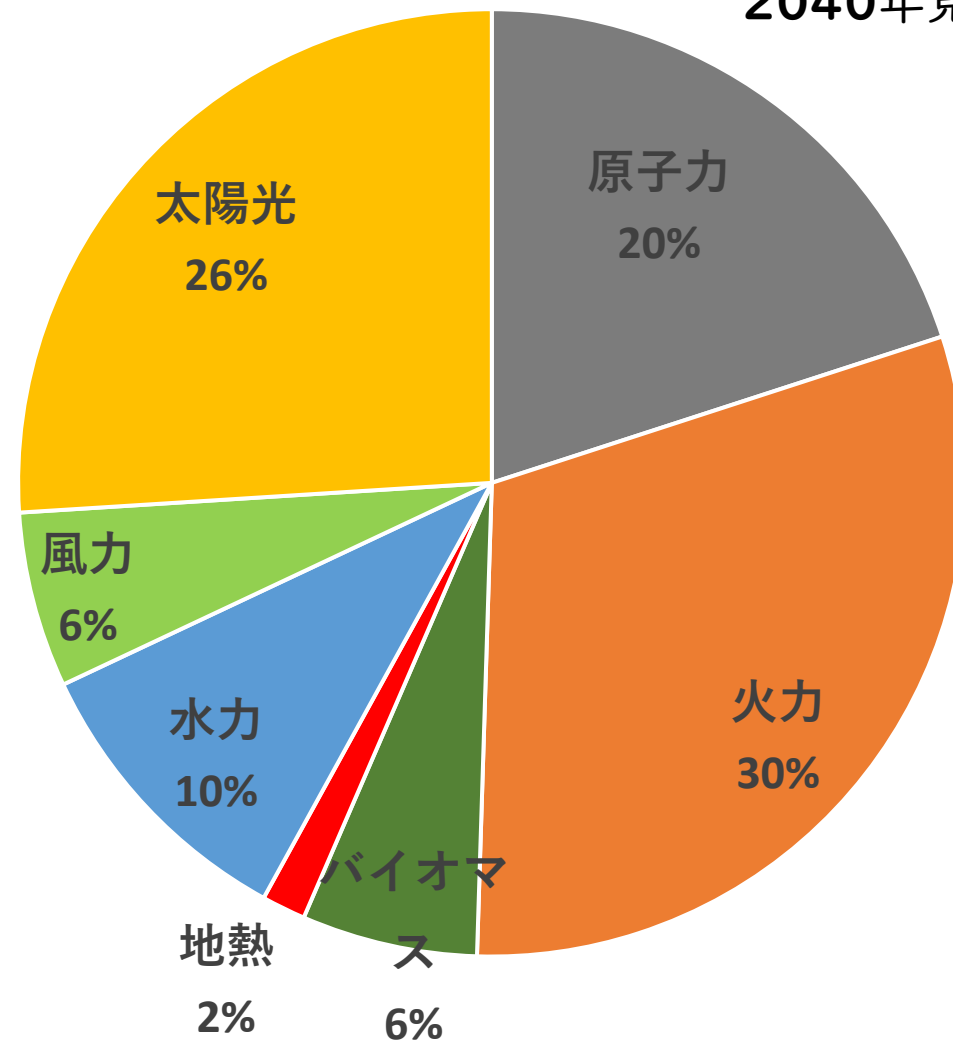
ゲーム理論・共有資源論

背景：再生可能エネルギーの現状と見通し

2023年実績



2040年見通し



再生可能エネルギー拡大への課題

目標設定

電力市場制度
設計

価値の保証
FIT・FIP

土地利用計画



生態系への影響

合意形成・環境影響低減



系統運用・計画

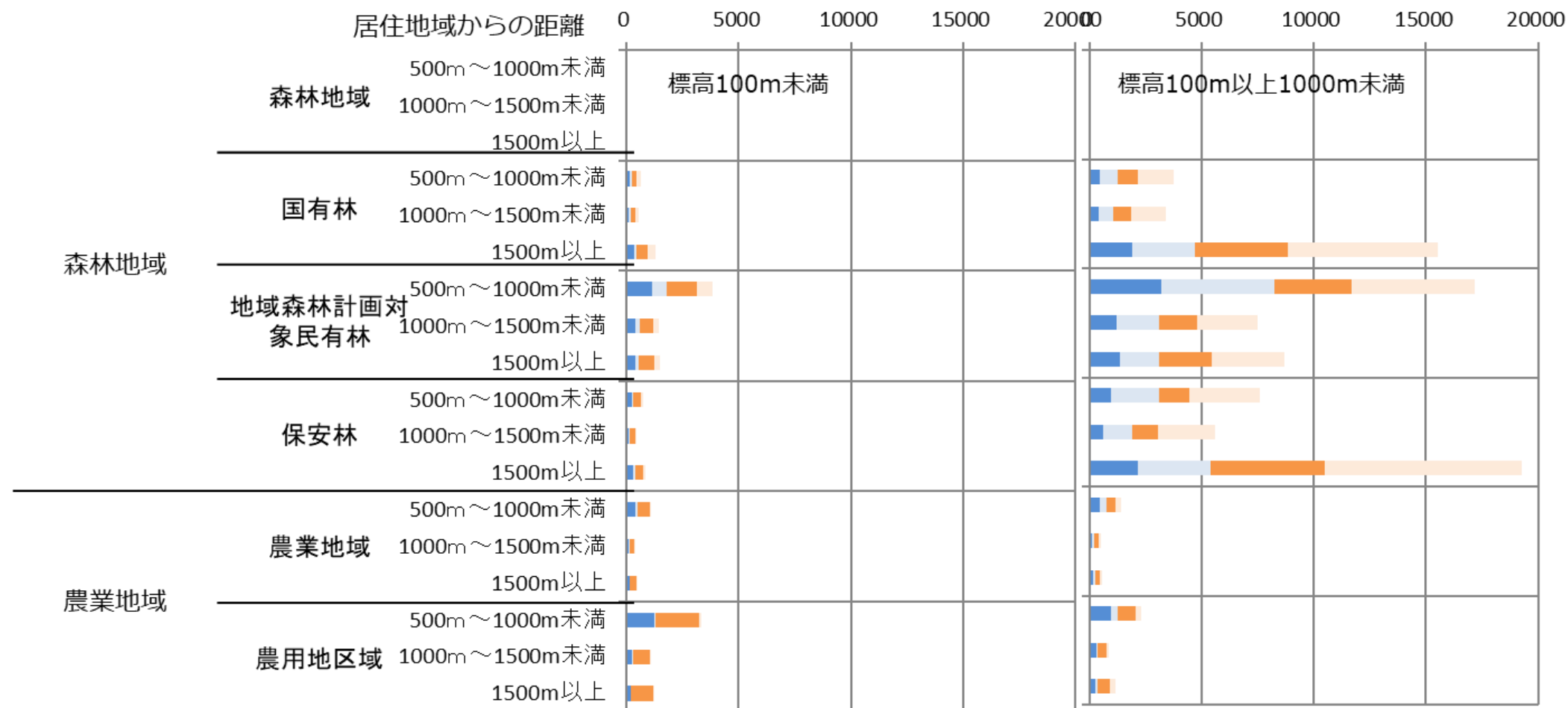


既存電源からの移行

どんなことが研究されているのか？

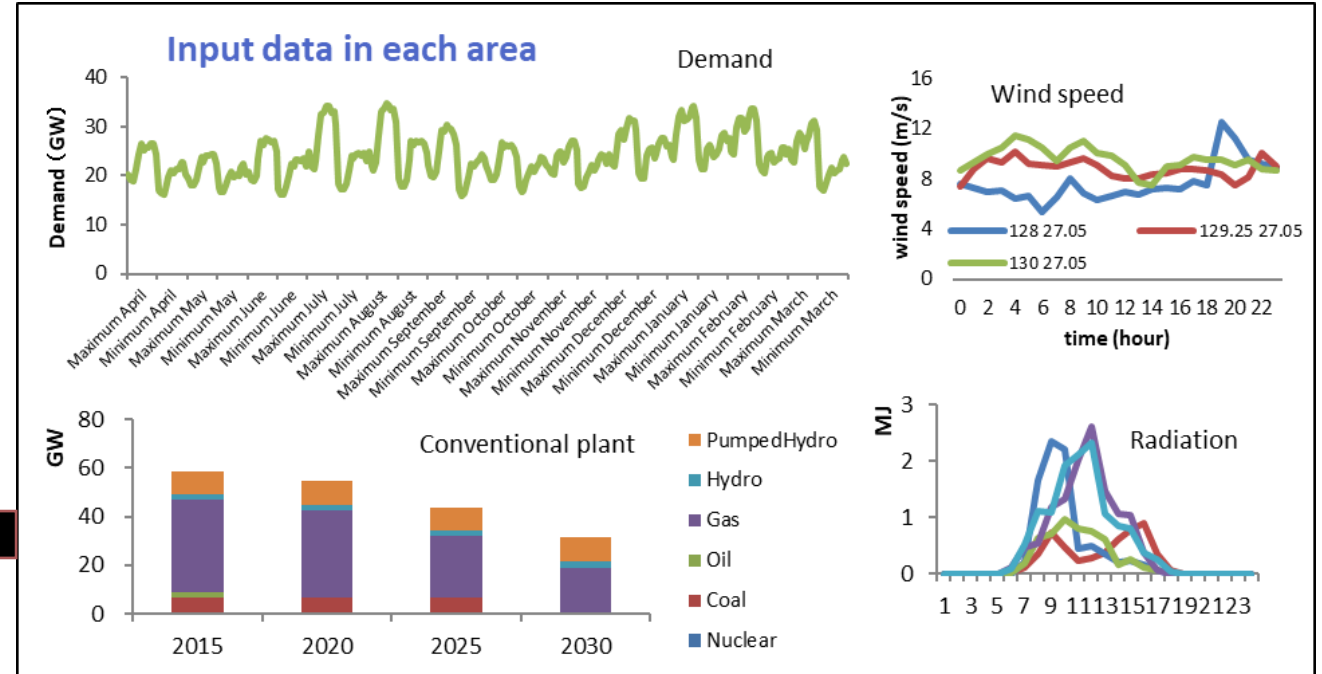
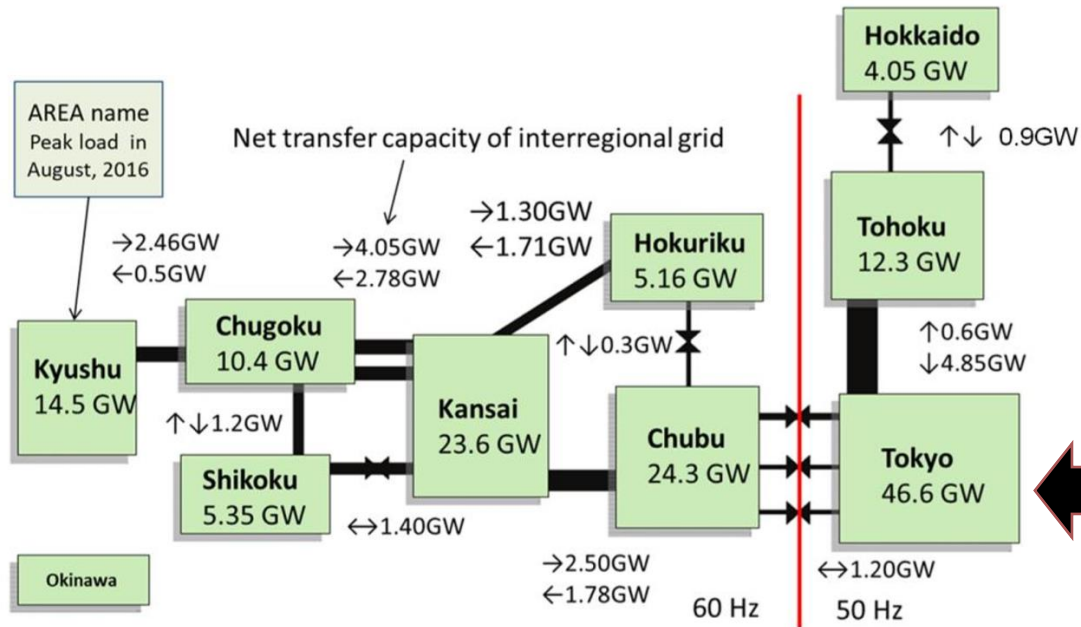
- 陸上風力の拡大によって、どのような土地に影響が出そうか。

風速	6.0m/s~7.0m/s		7.0 m/s以上	
傾斜	10度未満	10度以上~20度未満	10度未満	10度以上~20度未満
色				



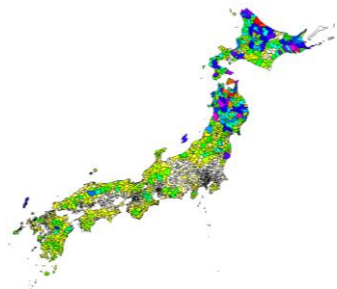
どんなことが研究されているのか？

- 将来の電源構成をシミュレーションする。

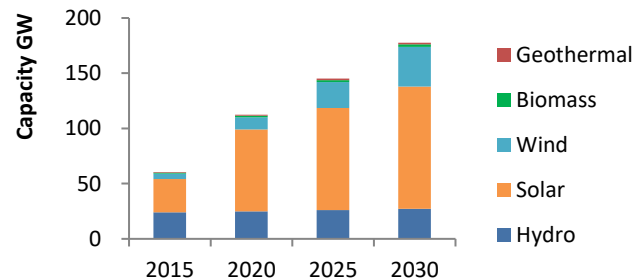


Constraints (制約条件)

Wind energy potential



Renewable energy projection



線形計画法を用いて、電力コストを最小化する発送電パターン(組み合わせ)を計算する。

線形計画法

- 線形（1次結合）の制約条件式の下で、目的関数の値を最大化（あるいは最小化）する最適解（変数の組み合わせ）を求める方法。

Objective function

Maximize. $P = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

*Constraints. ***

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

...

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

例題

Objective function

Maximize.

$$P = x_1 + 2x_2$$

*Constraints. ***

$$x_1 + x_2 \leq 6$$

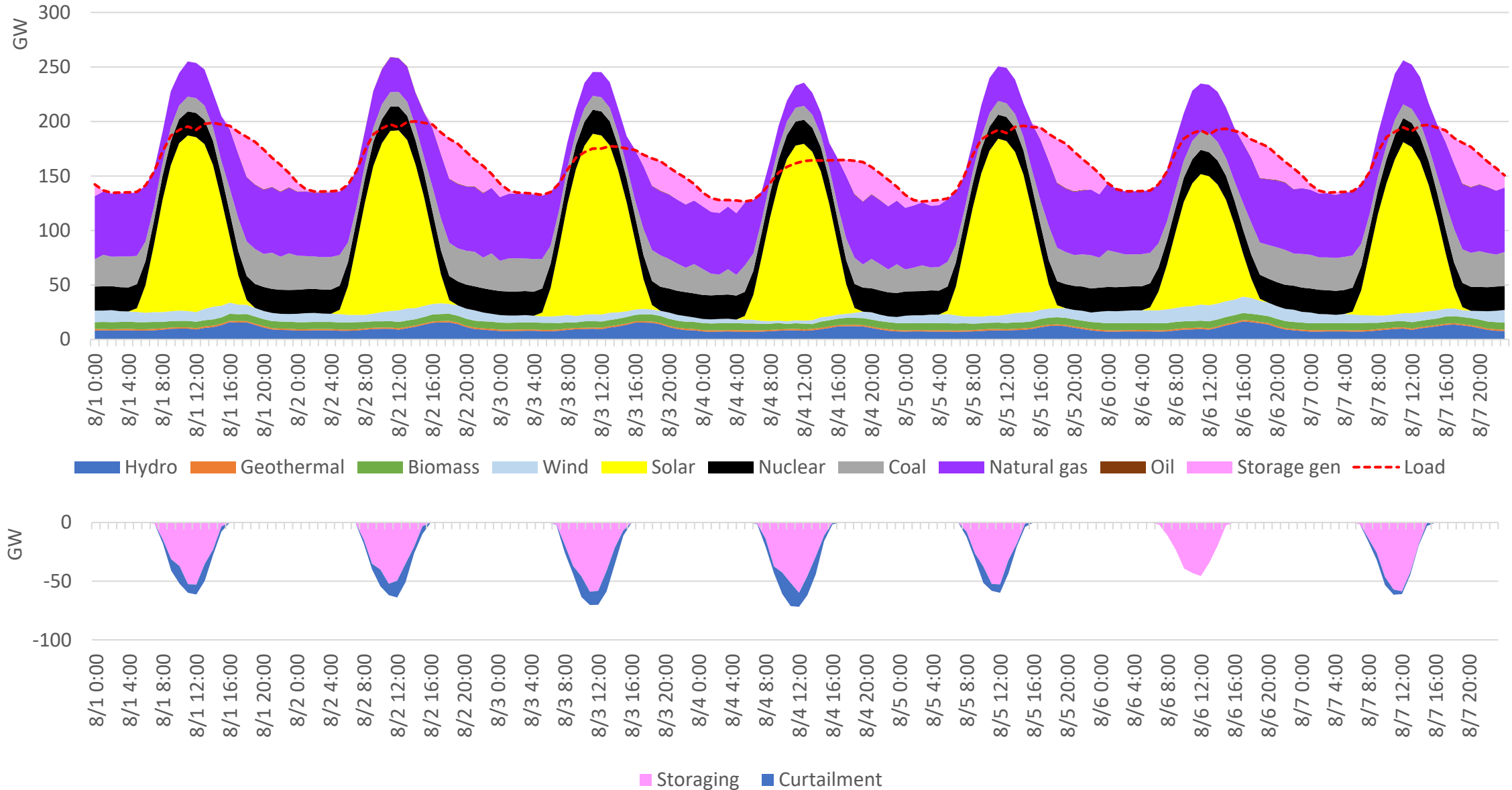
$$x_1 + 3x_2 \leq 12$$

$$2x_1 + x_2 \leq 10$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

このような式の表現方法を標準形という。全国規模の電力システムの計算では、変数や条件式が数百万となる。

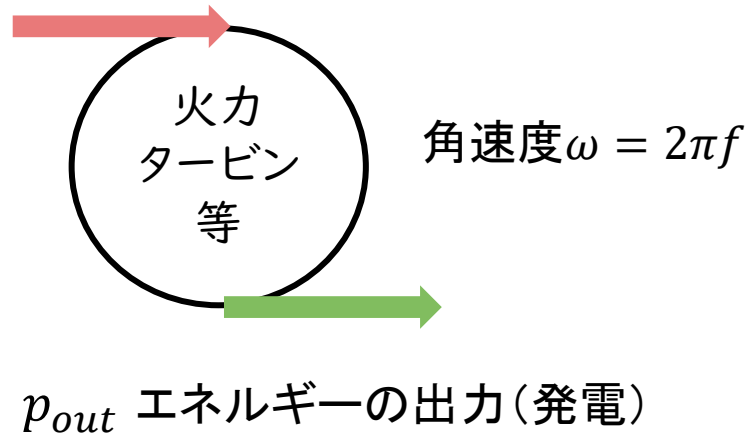
2050年8月1週目の需給シミュレーション



需要と供給のバランス

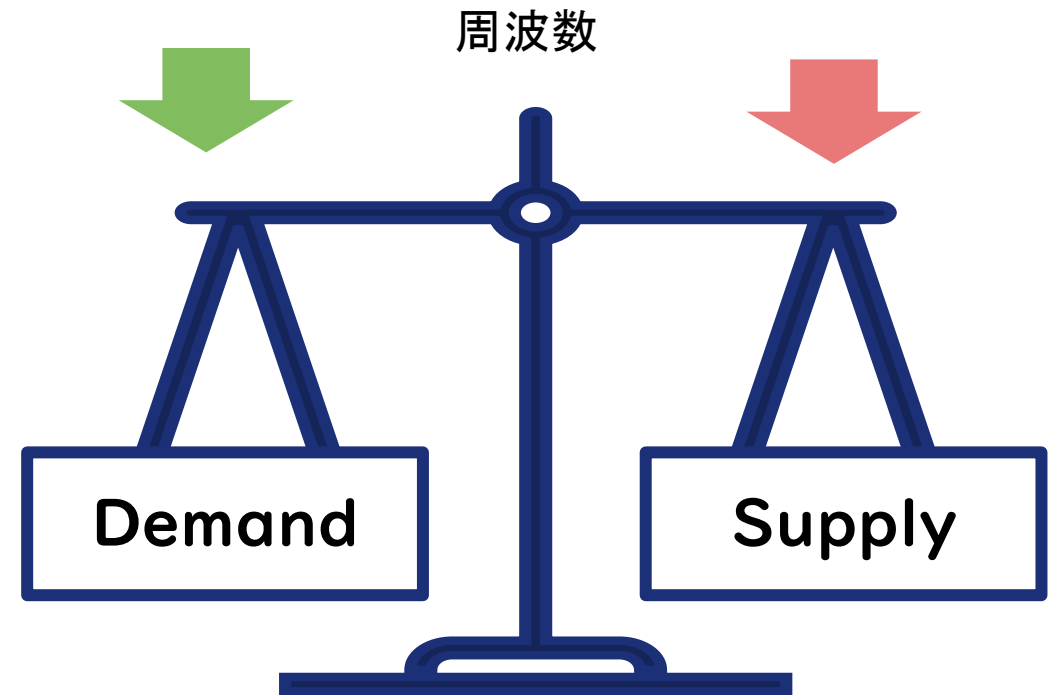
- 電気は生産（発電）と消費が同時に行われ、基本的に貯めることができない。うまくバランスが取れないと一部地域の強制停電や大規模停電につながる（2018年北海道胆振東部地震）。

p_{in} エネルギーの投入（燃料の消費）



回転運動の運動方程式

$$M \frac{df}{dt} = p_{in} - p_{out}$$

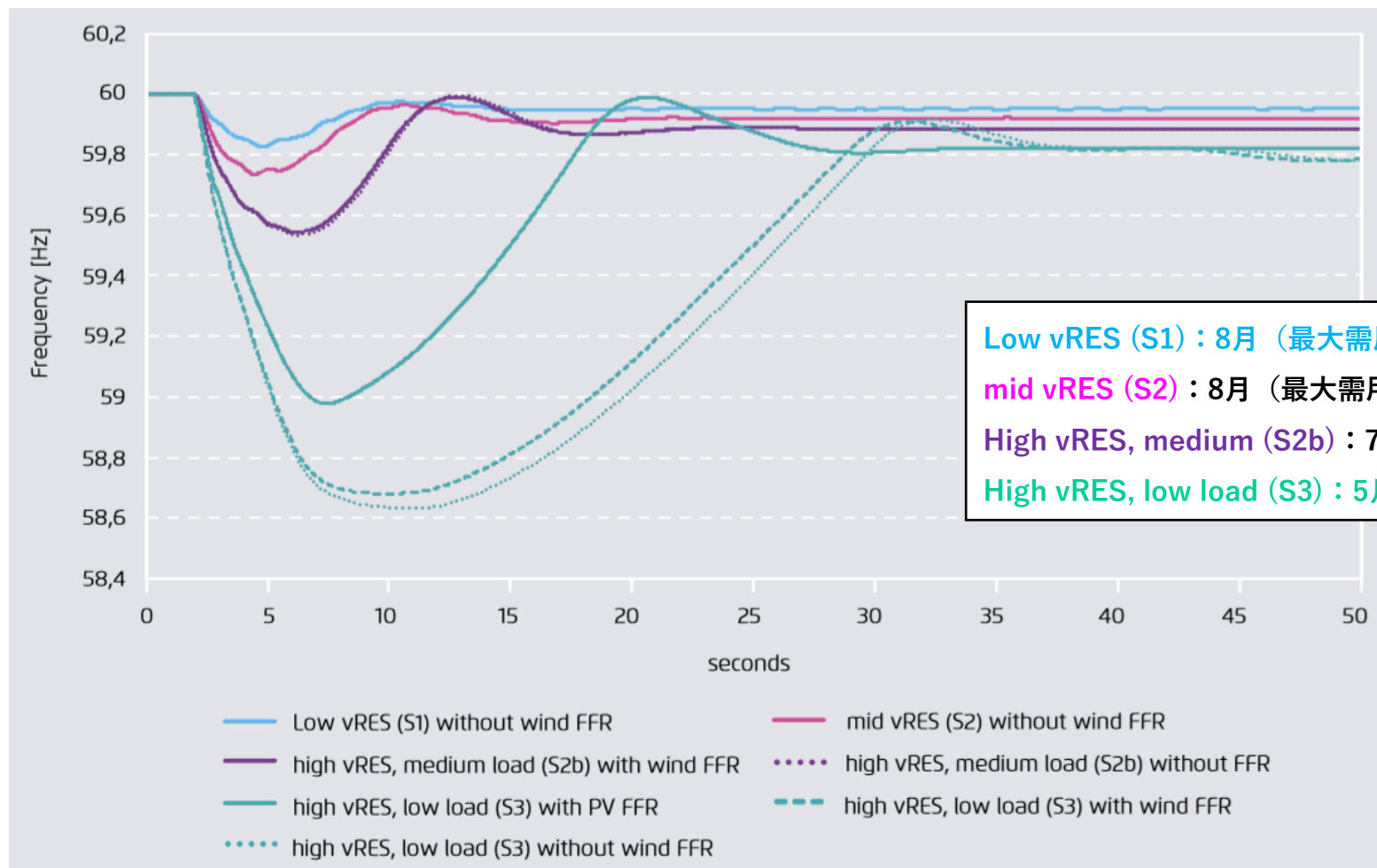


需要 > 供給
周波数低下

需要 < 供給
周波数上昇

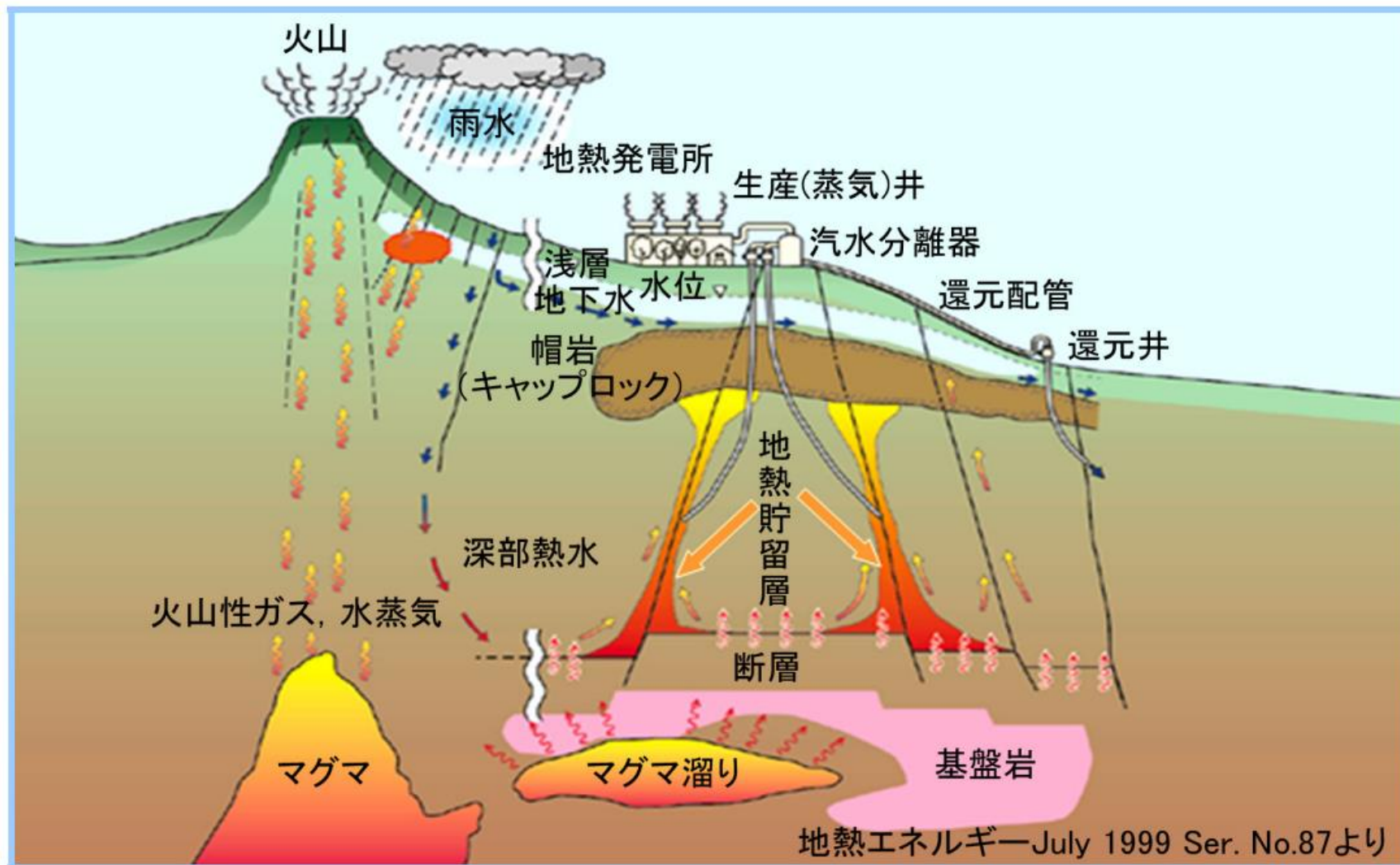
太陽光発電・風力発電比率上昇時の課題

太陽光発電や風力発電などの供給比率が上昇すると、事故時の周波数低下量が拡大する（火力からの復元力が小さくなるため）。風力発電や太陽光発電の高速周波数応答サービスの利用により、低下量を許容範囲に収めることも可能。



「自然エネルギー導入シナリオ」における西日本での電源脱落（1,500 MW）後の周波数応答（FFRあり／なし）

出典：EGI, Gridlab



八丁原地熱発電所(大分)

一般的に温泉と地熱は浅層、深層の異なる資源を利用していることが多いが、関連性はゼロではない。



地熱資源の利用には温泉事業者との協力が重要

図1 地下資源モデル 地熱エネルギーの起源を示すモデル⁽¹⁾

出典：坂中貴一, 齊藤象二郎, 杉丸典夫, 土屋光由 (2010) 三菱重工技報 Vol.47 No.1

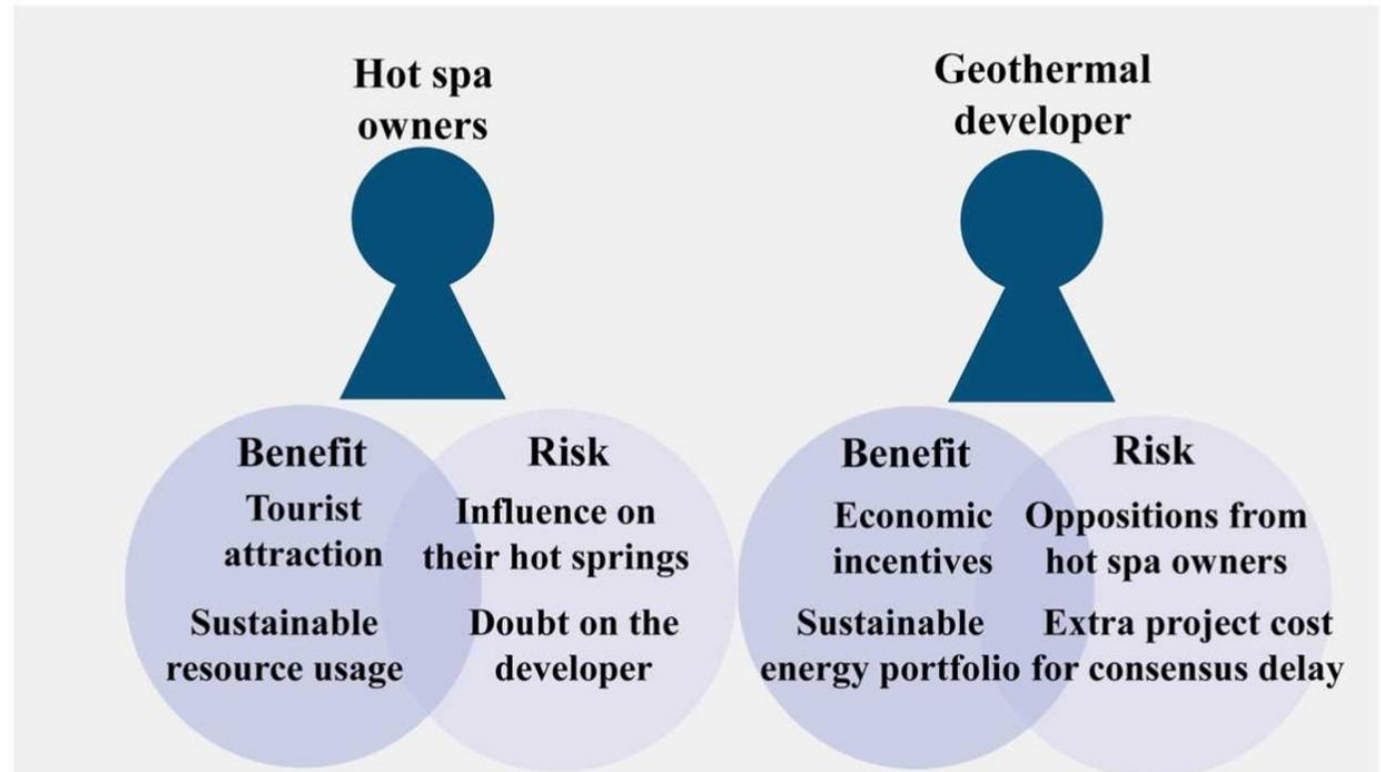
地熱発電合意形成を協調問題として考える

- 個人の合理的な選択が全体最適な結果（社会全体の便益の最大化）につながるとは限らない（ゲーム理論）

Novel Analysis Framework with Game Theory for Geothermal Development Social Acceptance

Novelty of This Study

- Application of game theory can illustrate interactive behavior between hot spa owners and geothermal developers.
- Brief mathematical model based on game theory indicated the effectiveness of risk reduction measures over benefit increment ones.
- Further research on this model will lead to finding more balancing solution, realizing co-existence of hot spa culture and geothermal power generation



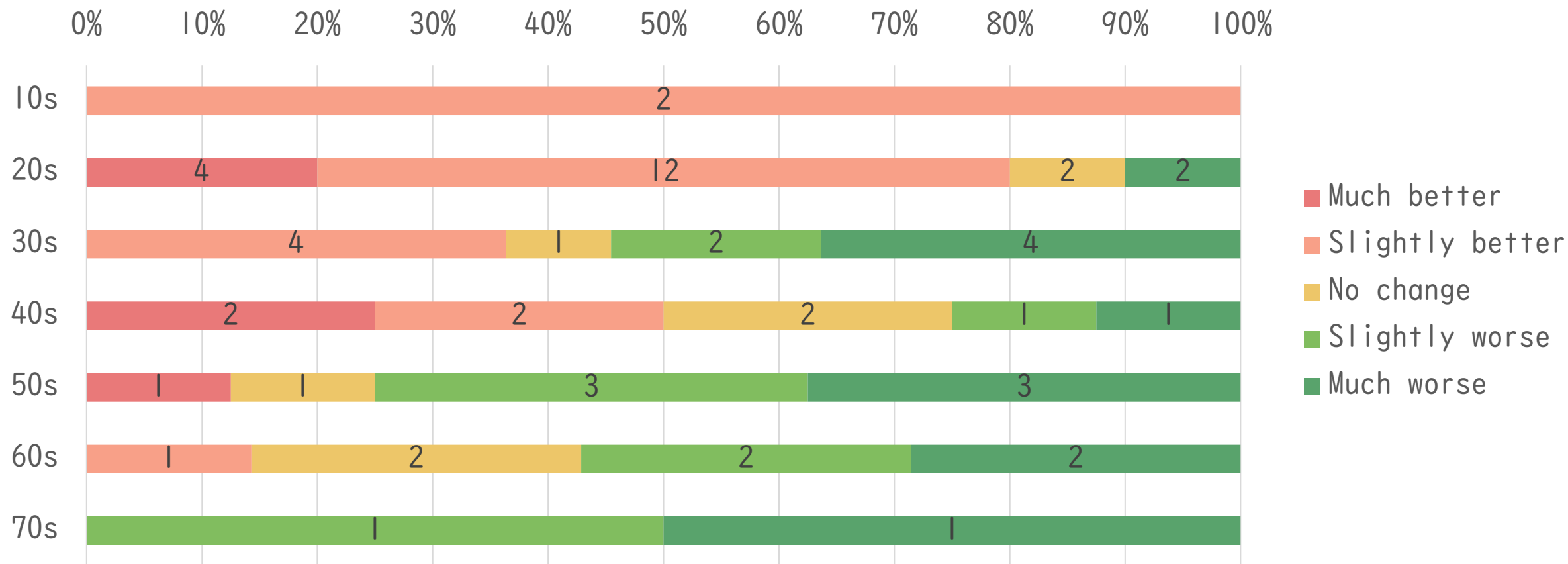
ケニアにおける地熱発電の社会受容性

- ケニア最大の地熱発電所であるオルカリア地熱発電所は、国立公園ヘルズゲート内に位置し、周辺にはマサイ族の居住地が分布している。これまでの地熱開発では、マサイ族居住地の移住が行われており、強引な再定住プログラムによって、地域の受容性が悪化したケースもある。国際学術誌においても、地熱発電開発の負の側面として報告されている。
- 一方で若い世代を中心に地熱発電の拡大を歓迎する意見もあり、全体像を把握するために約320人（1人あたり30～40分程度）のアンケートに基づく聞き取り調査を実施。



Raplandにおける年代別幸福度 (well-being)

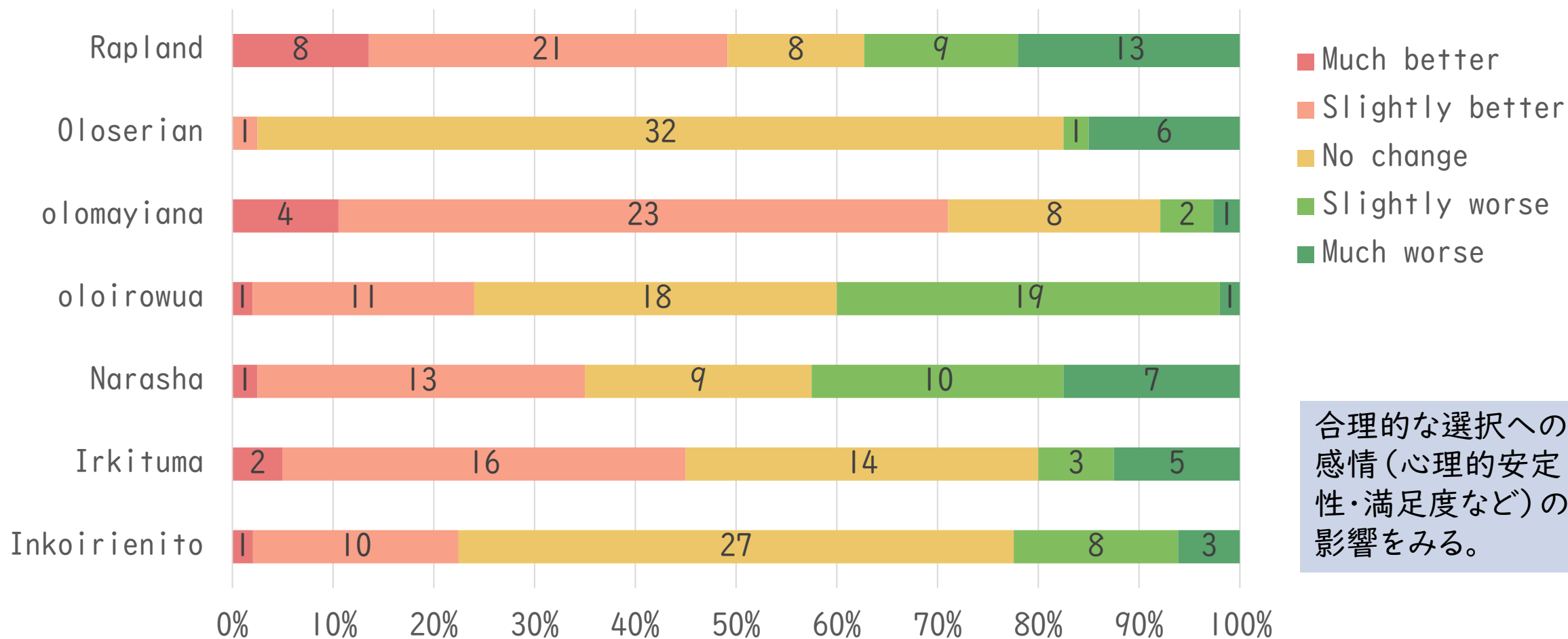
- Considering all aspects (economic, social, environmental), how would you rate your overall well-being since the geothermal project started? (N=58)



統計解析によって地熱に対する選好や幸福度、満足度に対して影響を及ぼしている要因を明らかにする。

オルカリアにおけるエリア別幸福度 (well-being)

- Considering all aspects (economic, social, environmental), how would you rate your overall well-being since the geothermal project started? (N=316)



合理的な選択への感情(心理的安定性・満足度など)の影響をみる。

ケニア産業界向けの調査

- ケニアは近隣諸国と比較して電力・燃料コストが高く、産業の近隣諸国への流出が懸念されている。ケニアの産業プロセスでは依然として熱回収が不十分なボイラーが使用されている。
- エネルギーの段階的使用を超えて、効率の向上、環境負荷の低減、産業の受容性向上が必要である。
- アイルランドの地熱産業パークでは、サーキュラーエコノミーの指針を取り入れることで、効率化、循環型利用、環境負荷低減を進めている。ケニアにおいてもサーキュラーエコノミーによる互惠関係を構築することを提案している。

GEOTHERMAL DIRECT HEAT USE WORKSHOP

Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, supported by Kyushu University, and the Institute of Science, Tokyo, Japan, holds the workshop to build the future geothermal cascading use scenario in Kenya.

28 May 2025
Venue: Merica Hotel Nakuru

AGENDA

9:00 am-12:00 pm
Keynote speech by Kenya Association of Manufacturers (KAM)
Keynote speech by Geothermal Development Company (GDC)
"Introduction of GDC's geothermal industrial park concept"
Presentations and talks by participants -part 1
"Participants' heat use activities and future heat demand"
LUNCH
1:30 pm-4:00 pm
Presentations and talks by participants -part 2
"Participants' heat use activities and future heat demand"
Group Discussion
"Benefits and barriers of geothermal heat use"

HOW TO REGISTER

Please send the email with the applicant's name and affiliation to the contact. We are willing to cover your actual travel costs and invite you and one colleague to lunch if you join as a speaker.

Contact: naotoshi.kurogi@gmail.com

The workshop is supported by JICA-ST LENO project.
https://www.jst.go.jp/global/english/kada/r0105_kenya.html



循環経済 (Circular Economy) への移行シナリオ

循環経済への移行シナリオ

循環経済 (Circular Economy) への移行は経済全体の構造的な変革を引き起こす可能性があります。

循環経済への移行シナリオを政策研究と社会シミュレーションモデルを用いて研究します。

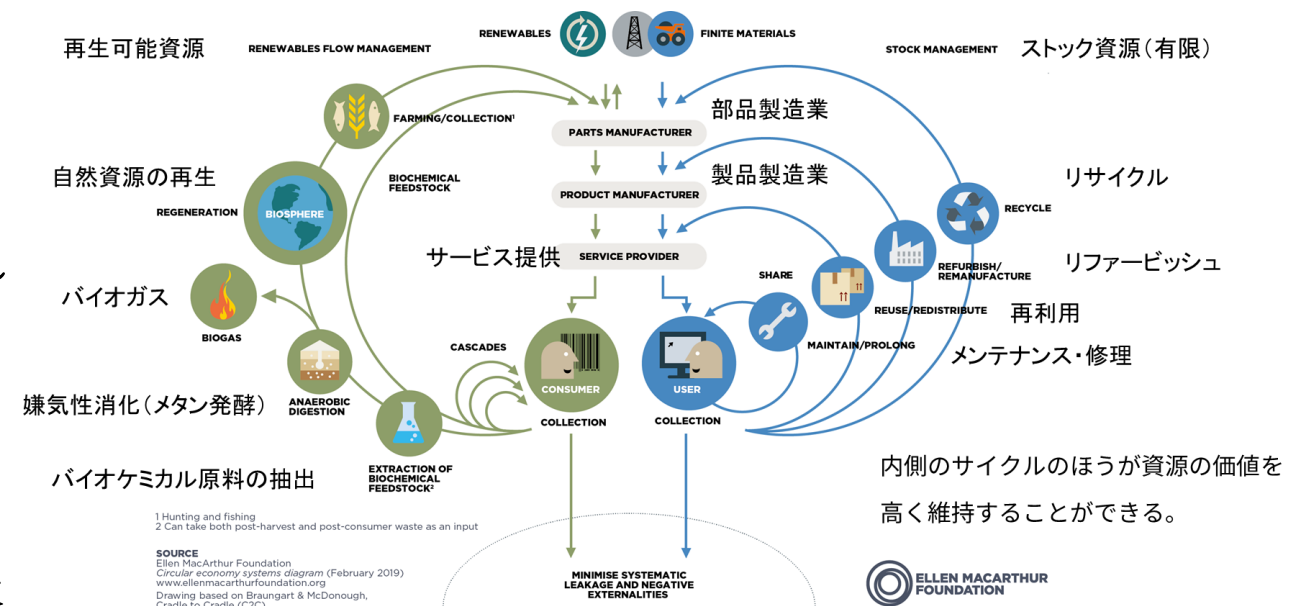
研究テーマ案

① 循環経済移行の加速要因・阻害要因の研究

- どのような政策と社会的要因が日本における循環経済移行を加速(阻害)するのか?
- どのようなデータに循環経済への移行の兆候が表れるのか?

② 循環経済への移行で何が起きる?

- 再生可能エネルギー技術や循環型技術の普及メカニズムは、社会シミュレーションモデルでどのように表現できるのか?



期待する成果: 日本における循環経済政策がどのように展開しうるかの将来像

参加教員: 分山達也准教授, 時松宏冶准教授, 後藤美香教授 + 関心のある企業の皆様

Circular economy (ISO 59004)

サーキュラーエコノミーのISO国際規格による定義

資源の価値を回復、保持、付加しながら資源の循環的な流れを維持するための体系的なアプローチを用いて、持続可能な発展に資する経済システム

Circular economy: economic system that uses a systemic approach to maintain a circular flow of resources, by recovering, retaining or adding to their value, while contributing to sustainable development.

キーワード：経済と環境資源問題のデカップリング、廃棄物政策から経済政策へ

ISO (ISO59004):

野田由美子 (2025) サーキュラーエコノミー, 日経文庫

Ellen MacArthur Foundation – Circular Economy Principles

廃棄物と汚染を設計段階で出さない

製品やシステムの設計段階から、廃棄物や汚染の発生を防ぐことを重視。長寿命設計、リサイクルしやすい素材の選定・しくみなどが含まれる。

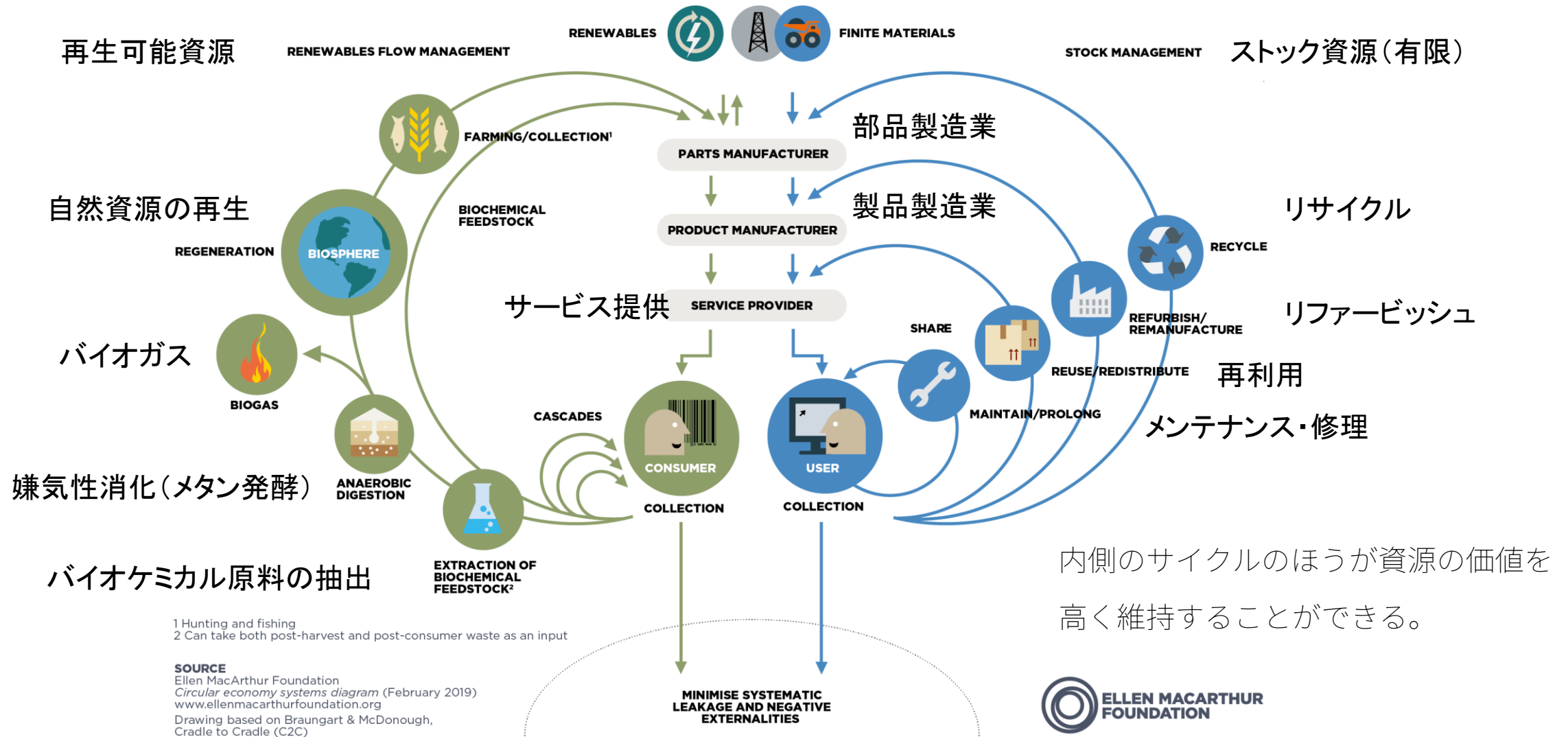
製品と資源を使い続ける

製品や資源を価値を最も高く保持させる形で循環させる。再使用、修理、再製造、リサイクルなどを通じて、価値を最大限に活用する。

自然のシステムを再生する

自然資本を保護・再生することを目指す。生物多様性の保全、土壌の回復などが含まれる。

バタフライ・ダイアグラム



内側のサイクルのほうが資源の価値を高く維持することができる。

欧州各国の戦略・特徴的な取り組み

オランダ

- 2050年までに完全な循環型経済の実現
- 2030年までに1次原料の利用の半減を目指す
- マテリアルパスポート
- プロダクトアズアサービス (Product-as-a-Service)

ドイツ

- 拡大生産者責任制度 (EPR) 製品設計段階からリサイクル性を考慮することを義務化。
- デジタル製品パスポート (Digital Product Passport, DPP)
- バッテリーパスポート

フランス

- 2040年までに非リサイクルプラスチックゼロ
- 修理する権利の確立: 修理可能性指標の導入
- 衣類廃棄禁止令

デンマーク

- 気候変動対策と資源効率の向上を両立する。
- 産業共生 (Industrial Symbiosis) のモデル: Kalundborg Symbiosis

- 循環型社会形成推進基本計画（2000年～，2024年改定）
- 市場の拡大（2020年50兆円→2050年120兆円）
- 製品設計段階からの資源循環設計（エコデザイン）
- デジタル技術（製品パスポートなど）の活用
- 地域循環共生圏の推進
- 食品ロス削減、プラスチック資源循環、建設資材の再利用など
- 資源・素材安全保障の観点
- 経済成長とWell-being を同時に実現する新しい成長

理想から実現可能なものへ

デジタル技術がサーキュラーエコノミーを推進し実現可能とする。

共有地の悲劇：多数者が利用できる共有資源は乱獲によって枯渇してしまうリスクを持つ。



共有資源論（コモンズ論）：自然資源などの共有資源の維持は地域の自治管理によって成立している。行政による管理や、私有地化だけでは資源の枯渇を回避できない。－エリノア・オストロム（2009年ノーベル経済学賞）

これまで：共有資源の管理は小規模の信頼のあるグループでしか成立しない？



現在：情報技術によるシェアリングエコノミーの拡大。デジタル技術によってより大きなグループでの共有資源管理が成立する可能性。

Iceland is closing the circle on geothermal

Iceland is pioneering a circular economy based on its abundant geothermal energy, offering an exciting, replicable template for the world's net-zero transition.

Oliver Gordon | March 1, 2024

<https://www.energymonitor.ai/policy/iceland-is-closing-the-circle-on-geothermal/?cf-view>



Energy Monitor

安価安定な地熱電力の利用 (アルミ精錬企業など)
副産物の循環 (循環型ビジネスモデルへの投資)
カスケード熱利用 (ブルーラグーンなど)
アイスランドでは地熱の固定価格買取制度は無し。
特定供給契約 (PPA) による安価な地熱電力を産業
パークへ供給。

Closing the circle

HS Orka is the largest privately owned power producer in Iceland, providing the country with 275MW of electric energy and 175MW of thermal energy capacity. At its Resource Park, there are currently ten companies – spanning aquaculture, biotech, cosmetics, e-fuels, food and tourism – tapping into the multiple resource streams coming from geothermal power plants, including carbon dioxide (CO₂), cold water, electricity, hot water, lava-filtered seawater, mineral-rich geothermal fluid and steam.

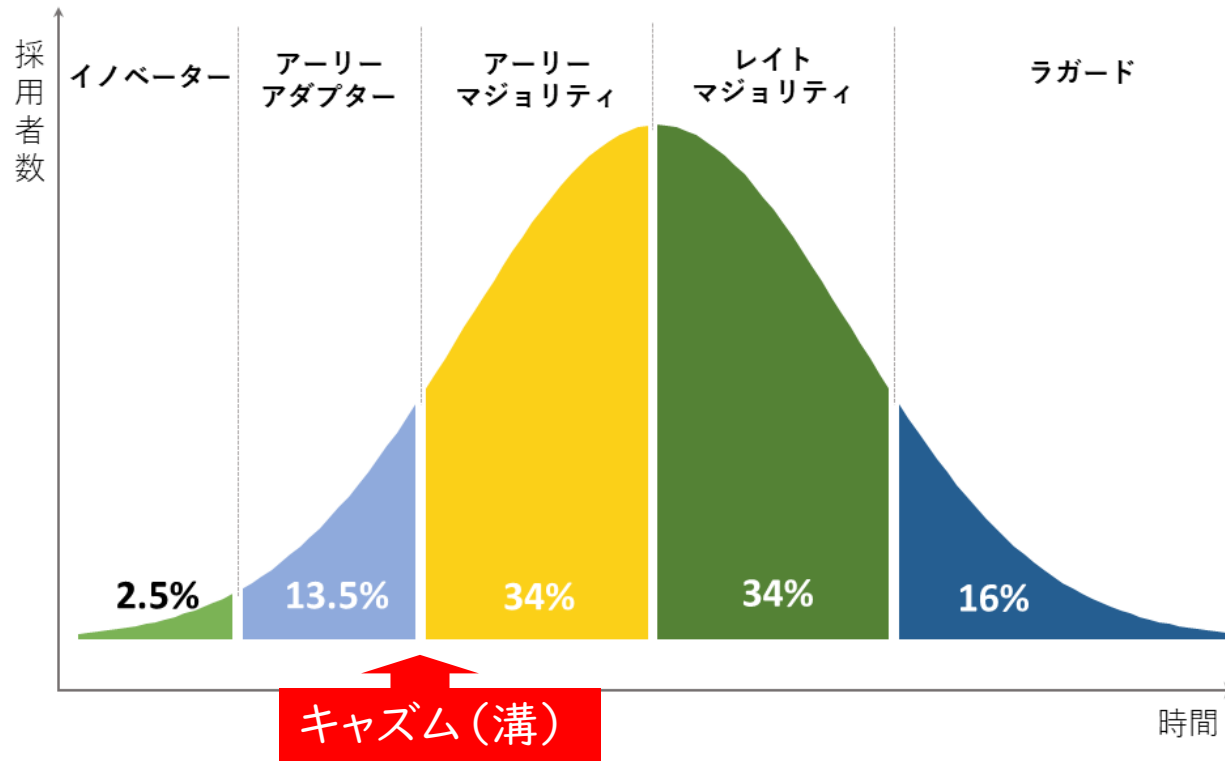
<https://www.invest.is/opportunity/resource-park-hs-orka>

社会シミュレーションモデル

イノベーションの普及理論

- イノベーター理論とは、新たな製品（商品・サービス）などの市場における普及率を示すマーケティング理論をさします。1962年にアメリカ・スタンフォード大学の社会学者 エベレット・M・ロジャース教授 (Everett M. Rogers) によって提唱された。

イノベーター理論の5つのタイプ



特に、イノベーターとアーリーアダプターの16%（普及率16%の論理）を攻略することが、本格的な市場普及の鍵とされ、マーケティング戦略に活用されている。
 ーキャズム（溝）理論

出典：東大IPC
<https://www.utokyo-ipc.co.jp/column/innovation-theory/>

思考の二重過程理論（行動経済学）

- 二重過程理論とは、人間の意思決定が「システム1（速い思考：直感的・無意識的・自動的）」と「システム2（遅い思考：論理的・意識的・努力が必要）」という2つの異なるシステムを使い分けて行われるという考え方。ダニエル・カーネマンの研究（「Fast & Slow（ファスト&スロー）」）で知られている。
- 直感（速い思考）がバイアス（偏見）を生みやすい一方で、論理的思考（遅い思考）は自らのルール・信念に沿う形で重要な決断に用いられる。

システム1（Fast：速い思考）

- 特徴：瞬時、直感的、感情的、無意識的、自動的、努力不要、経験則や連想に頼る。
- 役割：日常の簡単な判断、危険察知、表情の読み取りなど、素早い反応。
- 弱点：先入観（バイアス）を含みやすく、複雑な問題には不向きで、誤りやすい。

システム2（Slow：遅い思考）

- 特徴：意識的、論理的、熟慮的、注意と努力が必要、計算的。
- 役割：複雑な問題解決（数学、計画立案）、反論の根拠を考えるなど。
- 弱点：認知負荷が高く、一度に一つのことにしか集中できず、エネルギーを消費する。

キャズム（溝）を超えるために必要？

NIMBY: Not In My Back Yard

NIMBYとは

その施設が社会全体にとって必要なことは認めるが、自分の家の近くに設置され、暮らしに何らかの影響がもたらされることには反対する態度や手段のこと

✂ NIMBYの対象になり得る施設の具体例

ゴミ処理場・産廃施設



健康被害や環境汚染への懸念

パチンコ・ゲーム店



治安悪化

高速道路・鉄道



騒音や交通渋滞

火葬場・葬儀場



精神的な抵抗感

NIMBY問題の多くは、決定するまでのプロセスの不透明さに理由を求めることができる事業者と地域住民それぞれの「公正さ」に、認識上のミスマッチがないかを探る努力が重要

必要だけど自分の近所には歓迎されない施設 (NIMBY: Not In My Back Yard)。空間的な視点。

NIMBYとは (デザイン: 増淵舞)

富山大学人文学部准教授 / 鈴木晃志郎

NIMBYとは? 発生のメカニズムや解決方法を具体例とともに解説
<https://www.asahi.com/sdgs/article/15365606>

シェリングの分居モデル

- 各国で人種ごとに分かれて住み、混じり合おうとしない「住み分け(分居、segregation)」という現象が見られ問題になっています。日本社会でも、多くのコリアタウンやブラジリアンタウンが形成されています。分居モデルは、この住み分けのメカニズムを説明するモデルとしてトーマス・シェリング(アメリカの経済学者 2005年ノーベル経済学賞受賞)によって、1971年に発表。

計算の前提

みんなある程度同じ人種の人々の近くに住みたいと思っていますとします。例えば、自分の周りに住んでいる人のうち同人種の人が60%に満たないと、引っ越しをするという満足水準(60%)があったとします。人々の住居の定着と引っ越しが繰り返されるとどうなるでしょうか。

それぞれの人の意識がさほど排他的(人種差別的)でなくても、全体としては地域社会の分居現象(住み分け)が生じてしまう。

図2 分居モデル(最終状態)

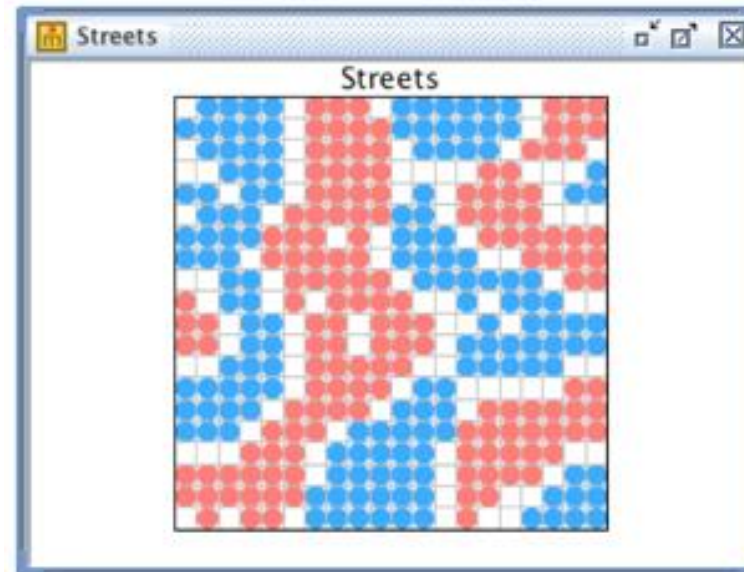
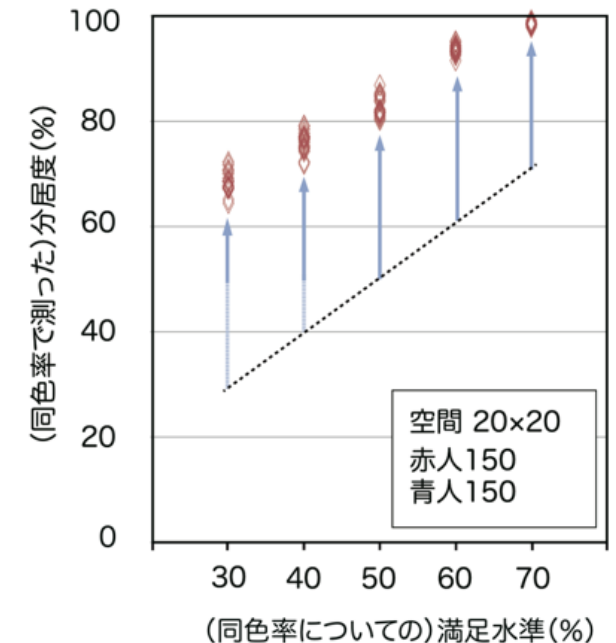


図3 満足水準と分居度



出典:構造計画研究所 <https://mas.kke.co.jp/model/schelling/>

- 複数のプレイヤーの選択がお互いの利害に影響を与えあう状況で、意思決定を数学的に分析する理論（合理的な行動を記述する方法として有効）。

完備情報の戦略形ゲーム

- 各プレイヤーが選択可能な行動（戦略）が列挙されている。
- 各プレイヤーが戦略を選択するとゲームの結果が定まる。
- 各プレイヤーは自分の利益を最大化するために合理的に行動する。
- 各プレイヤーは限られた情報から他プレイヤー選択を論理的に予測できる。

各プレイヤーの行動に均衡が現れる（ナッシュ均衡）

地熱発電と温泉事業者の交渉ゲームの例

- 地熱発電事業者と温泉事業者はともに相手の協力が得られる場合、協力して最大の利益を得ることができる。しかし、万が一相手が非協力的なふるまいを選択した場合に、不利益を被るという交渉ゲームを考える。
- このような交渉ゲームは、「鹿狩りゲーム」と呼ばれるゲーム理論の構造となる。「鹿狩りゲーム」では、ともに協力することが全体合理的な選択であることを両者が理解しながらも、相手が非協力的なふるまいをするリスクを恐れて、リスクを最小化する選択肢（ともに協力しない＝何もしない）が有効な均衡の一つとなってしまう。

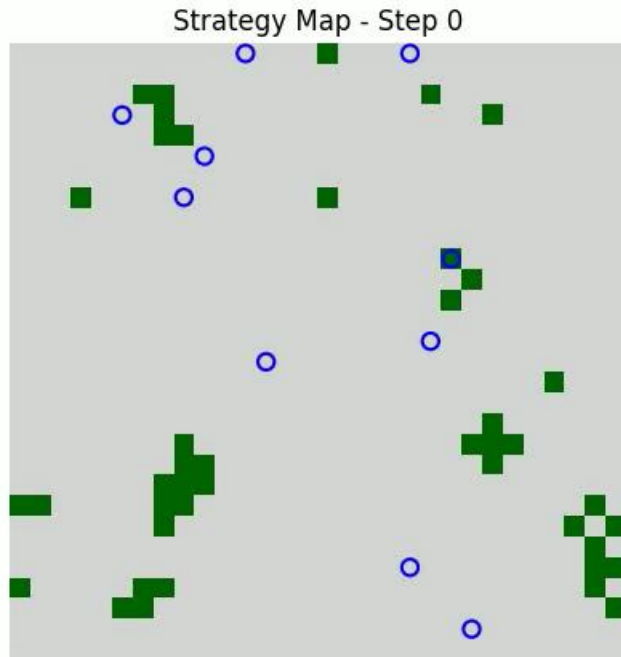
地熱発電事業者と温泉事業者の交渉ゲームの利得表

		地熱発電事業者	
		協力	非協力
温泉事業者	協力	(2, 2)	(-1, 1)
	非協力	(0, -1)	(0, 0)

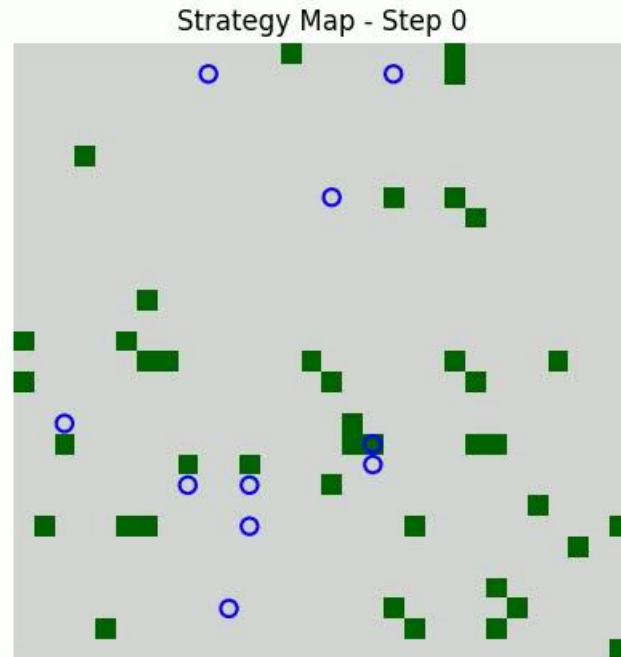
※表内の数字は各ケースの(温泉事業者の利益,地熱発電事業者の利益)を表す

エージェントベース・モデル (ABM)

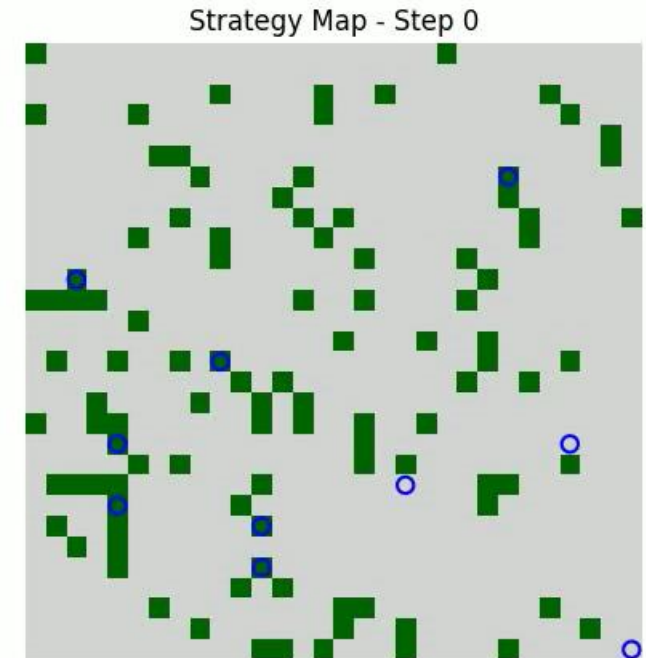
- システムを構成する個々の要素 (エージェント) の自律的な行動と相互作用をモデル化し、それらのミクロな振る舞いの積み重ねによって、システム全体のマクロな振る舞いがどのように「創発 (そうはつ)」するかを分析。



社会規範の拡がり
周りに協力 (緑) の消費者エージェントがいれば非協力の消費者エージェント (灰色) が協力を転じる



**協力による利益の学習
(協力者が少ない場合)**
協力 (緑) の消費者エージェントは企業 (青丸) から利益を得る。しかし、周囲の消費者 (灰色が) それを学習する機会が少ない。



**協力による利益の学習
(協力者が多い場合)**
周囲の消費者 (灰色が) それを学習する機会が多い。

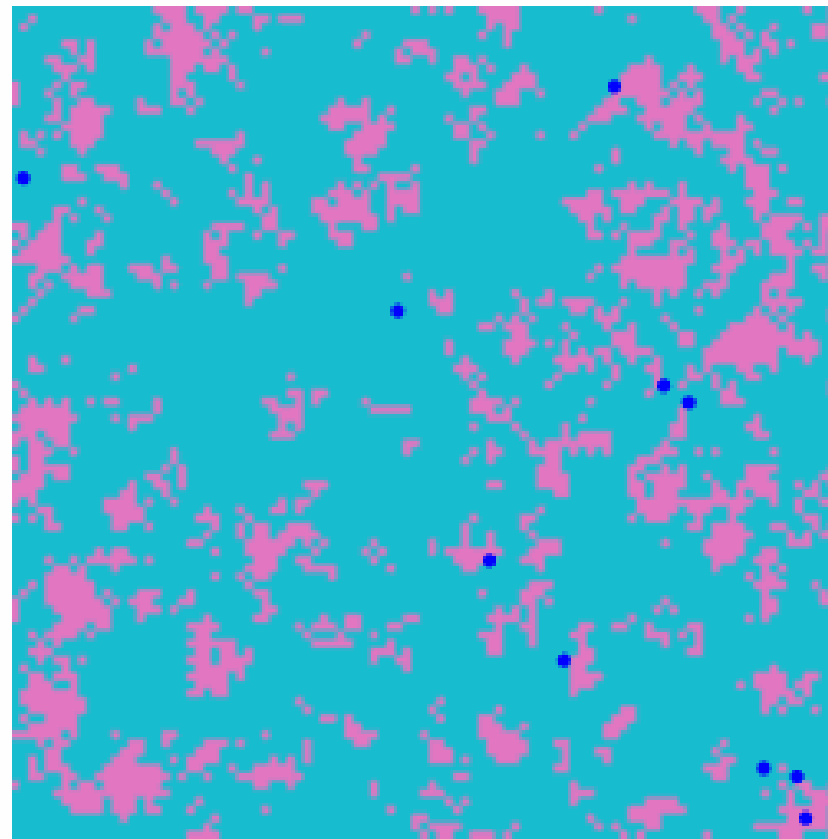
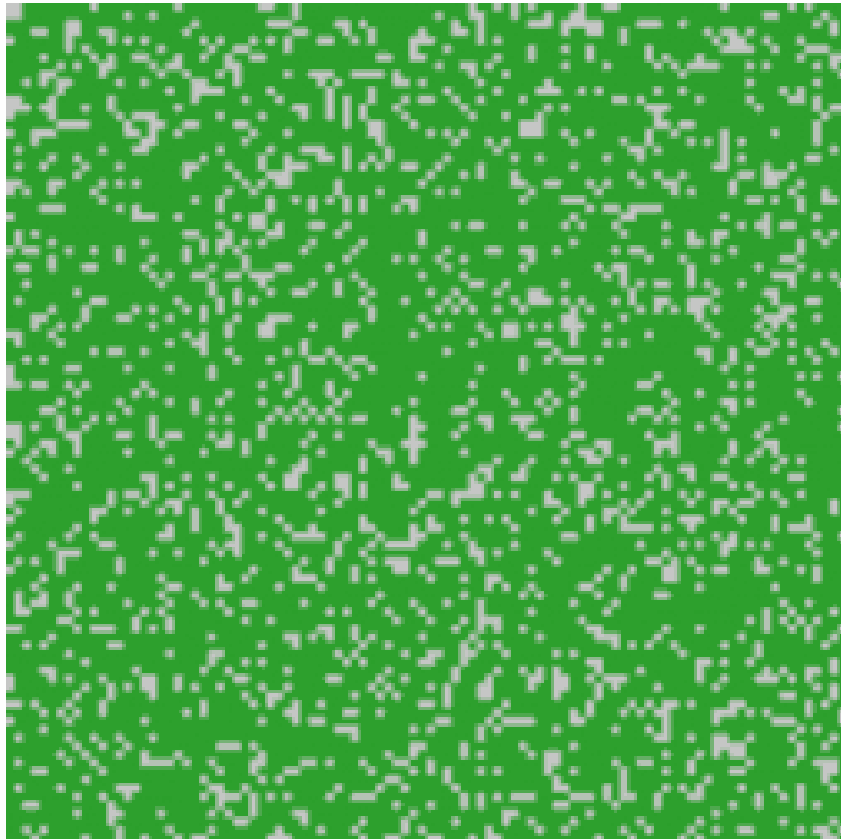
NIMBYの生成過程のABM表現

模倣と論理的決断の二重過程によるNIMBYの表現
模倣によって広範に協力が拡大しても、NIMBYは起きる。

1. 模倣による協力(青)・非協力(赤)のランダムな拡がり

Determinant Map - t=0 (initial)

Determinant Map - t=0 (initial)



2. 具体的な施設(青点)の立地検討に伴う非協力のクラスター(橙)の発生。協力のクラスター(青緑)もあるが。

共有地の悲劇: 多数者が利用できる共有資源は乱獲によって枯渇してしまうリスクを持つ。

共有資源論 (コモンズ論): 自然資源などの共有資源の維持は地域の自治管理によって成立している。行政による管理や、私有地化だけでは資源の枯渇を回避できない。

ーエリノア・オストロム (2009年ノーベル経済学賞)

共有資源管理の8原則 (オストロムの設計原則) → エージェントに協力的な行動を促すメカニズムとして

1. 明確な境界の設定: 資源とその利用者が明確に定義されている。
2. 地域の条件に合ったルール: 利用ルールが地域の実情に合っている。
3. 参加型意思決定: 利用者がルール作りに関与している。
4. 監視の仕組み: 利用状況を監視する人がいて、利用者と関係がある。
5. 段階的な罰則: 違反者には段階的な罰則がある。
6. 紛争解決の仕組み: 迅速かつ安価な紛争解決手段がある。
7. 自治の承認: 外部の政府が地域のルールを認めている。
8. 多層的な組織: 大規模な資源では複数の組織が階層的に管理している。

これまで: 共有資源の管理は小規模の信頼のあるグループでしか成立しない?

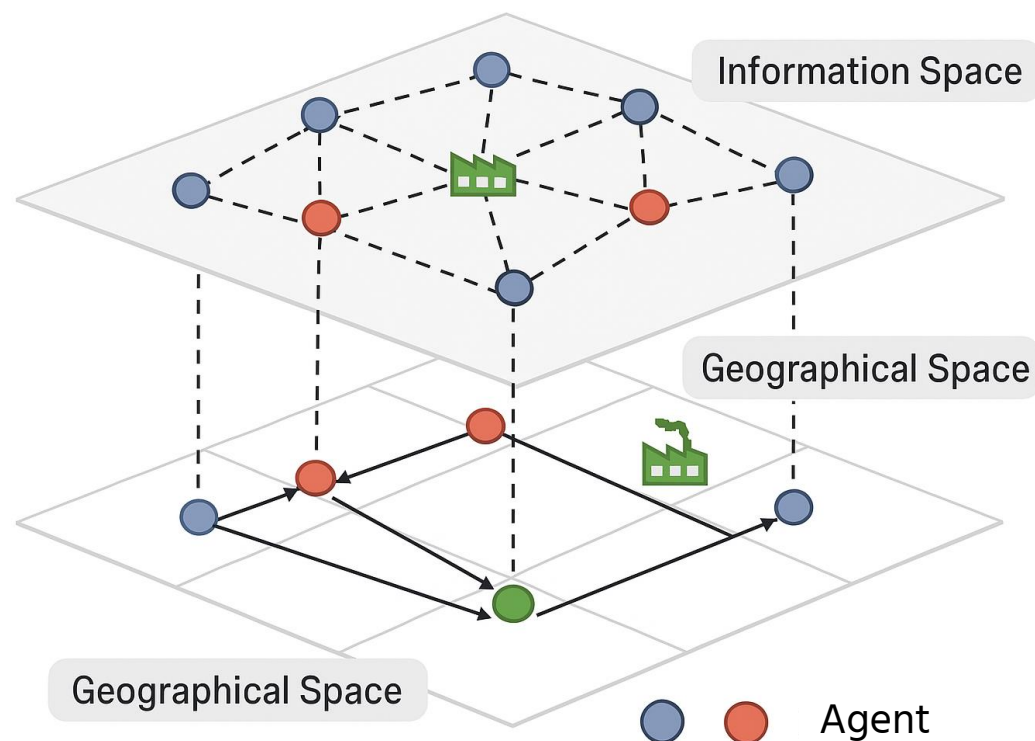


現在: 情報技術によるシェアリングエコノミーの拡大。より大きなグループでの共有資源管理が成立する可能性。

社会シミュレーションモデルを用いた研究例

例) 都市・コミュニティにおけるサーキュラーエコノミーの普及過程 (意見形成→行動・選択) の多層ネットワークエージェントベースモデル (ABM) シミュレーション

(1) 地理的な近接性と情報空間的な近接性の2つの層を表現した空間モデルへの拡張によって、地理的に近接したコミュニティとSNS等情報空間での相互作用の違いを分析。



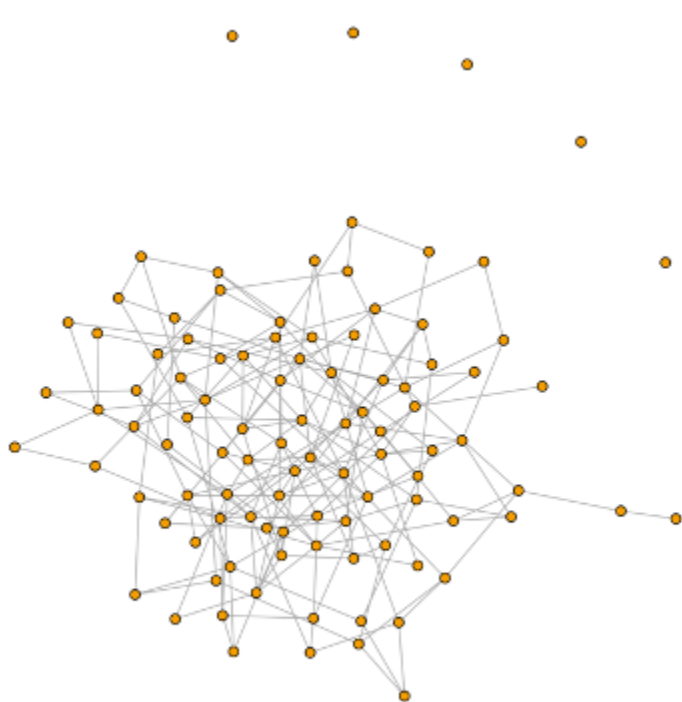
情報空間: 模倣や直感など早い思考が優位になりがち。さらに世代や思考の同質化が起きやすい。

地理空間: 地理的な距離感、近接性を表現。理論的な意見形成や学習機会を表現。

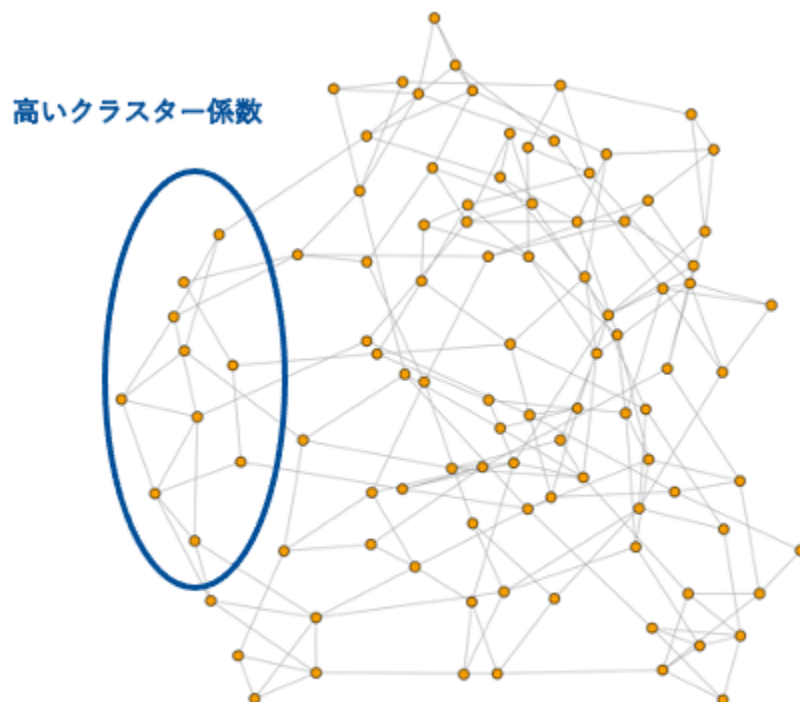
社会シミュレーションモデルを用いた研究例

例) 都市・コミュニティにおけるサーキュラーエコノミーの普及過程 (意見形成→行動・選択) の多層ネットワークエージェントベースモデル (ABM) シミュレーション

(2) 空間モデルから個人のつながりに着目したネットワークモデルへの拡張。グラフ理論 (空間をつながりでとらえる) やネットワーク科学理論の知見の活用。情報層の偏りの表現。 <https://buildersbox.corp-sansan.com/entry/2020/12/07/110000>



ランダムネットワーク



スモールワールドネットワーク

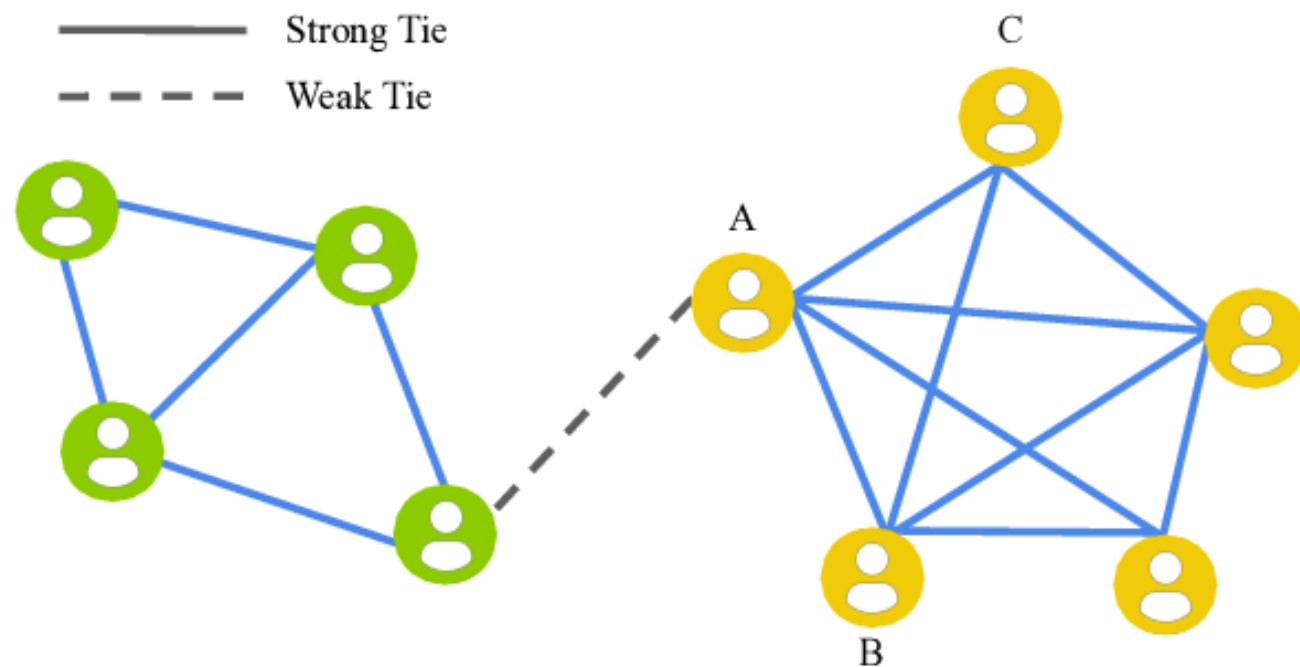


スケールフリーネットワーク

社会シミュレーションモデルを用いた研究例

例) 都市・コミュニティにおけるサーキュラーエコノミーの普及過程 (意見形成→行動・選択) の多層ネットワークエージェントベースモデル (ABM) シミュレーション

(3) 個人の家族、仕事、地域、趣味など多層ネットワークモデルへの拡張。ネットワーク科学の弱い紐帯の強み (The strength of Weak Ties) 理論の活用。家族や職場に限らず、交流頻度が低くとも広い交流が新しい情報や価値をもたらし、イノベーションの普及を促進するという理論。異なる情報ネットワークのつなぐ存在に着目する。



多層ネットワーク:ある層(例:仕事)での強い結びつきが、別の層(例:プライベート)での弱い結びつきを通じて新たな情報をもたらす。

例) 都市・コミュニティにおけるサーキュラーエコノミーの普及過程 (意見形成→行動・選択) の多層ネットワークエージェントベースモデル (ABM) シミュレーション

(4) 個人がつながりを弱めたり再編成したりする適応 (Rewiring) 行動をとることによって、同調性が強化される。これによりネットワークに生じる変化を分析。

Watts–Strogatzモデル

仕組み: 規則的なリングネットワークを初期状態として構築。各リンクを確率 p でランダムなノードに再配線 (rewiring)。
効果: 高クラスタ係数を維持しつつ、平均距離を大幅に短縮
→ スモールワールド特性を生成。

ランダムリワイアリング (Random Rewiring)

バラバシ・アルバート (BA) モデル

仕組み: 規則的なリングネットワークを初期状態として構築。新しいノードが既存ノードに接続する際、次数が高いノード (ハブ) を優先。
結果: 次数分布がべき乗則に従う → ハブが形成される。
→ スケールフリー特性を生成。

次数保存リワイアリング (Degree-Preserving Rewiring)

オルタナティブデータの活用

SNS, GPS, 個人消費 (POS), 衛星データ, Webアンケートなどの活用

データ項目	取得方法	利用目的
SNS投稿データ	Twitter API、Facebook Graph API、LINEログ	情報拡散経路の分析、イノベーション普及の速度測定
携帯電話位置情報・GPSログ	通信キャリア提供データ、スマホアプリ連携	物理的接触機会の推定、物質層ネットワーク構築
アンケート調査データ	オンライン調査、郵送調査	協力意識、NIMBY態度、採用意向の把握
購買履歴 (レジPOS)・サービス利用ログ	データ販売業者、ECサイト、サブスクサービスの利用記録	イノベーション採用タイミングの分析
住民意見・反対運動データ	公聴会記録、SNS投稿、地域新聞記事	NIMBY現象の時系列分析、反対派ネットワーク構造
土地利用・施設配置データ	GISデータ、自治体公開データ	発電所や廃棄物処理施設の位置と人口分布の把握
組織間関係データ	企業間取引ネットワーク、業界団体データ	多層ネットワーク構築 (経済層+情報層)
オフラインイベント参加記録	イベント主催者データ、地域コミュニティ記録	社会層ネットワークの補完、弱い紐帯の検出
政策介入ログ	行政公開情報、補助金・広報キャンペーン記録	介入効果の因果推定、普及率変化の分析

モデルの評価項目

指標	説明	利用目的
普及率 (Adoption Rate)	協力やイノベーション採用の割合を時系列で測定	普及速度の評価、政策介入効果の比較
クラスタ形成度 (Cluster Formation)	協力者や反対派の空間的・ネットワーク的集団化度	局所的な集団形成の影響分析、分極化の検証
NIMBY強度 (NIMBY Intensity)	反対意見の割合やネットワーク内での拡散度	反対運動の広がり方、政策調整の必要性評価
空間自己相関 (Moran's I)	協力や反対行動の地理的集中度を測定	空間的パターンの定量化、都市設計へのフィードバック
到達時間 (T50, T80)	普及率が50%、80%に達するまでのステップ数	普及のスピード比較、介入効果の評価
ネットワーク中心性 (Centrality)	ハブやブローカーの影響度を測定	弱い紐帯や情報流通の重要ノードの特定

進め方・参加方法

学術的な理論や視点から社会現象を議論

- 定例ミーティングでは、モデルの分析の進捗を報告するとともに、モデルの背景にある理論から一部を紹介します。(ゲーム理論、行動経済学、グラフ理論、ネットワーク科学理論、オルタナティブデータ分析、統計的因果推論、民俗学、比較文化・人類学など)

参加方法

- 分析対象の提案: 課題 (困っていること・知りたいこと)・データ・フィールド等。
- ビジネスの視点からモデル (普及のメカニズム) やシミュレーションシナリオへのフィードバック。