

「2050年に向けた日本のエネルギー需給」研究委員会
「2050年のエネルギーと社会:課題解決の方向性」
2020年度シンポジウム (第9回 ESIシンポジウム)

長期エネルギー政策分析における エネルギー・モデル

杉山昌広

東京大学 准教授

未来ビジョン研究センター

大学院総合文化研究科国際環境学教育機構

masahiro_sugiyama@alum.mit.edu

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)

AR6 lead author (Working Group 3, Chapter 12)

脱炭素社会への移行 transition

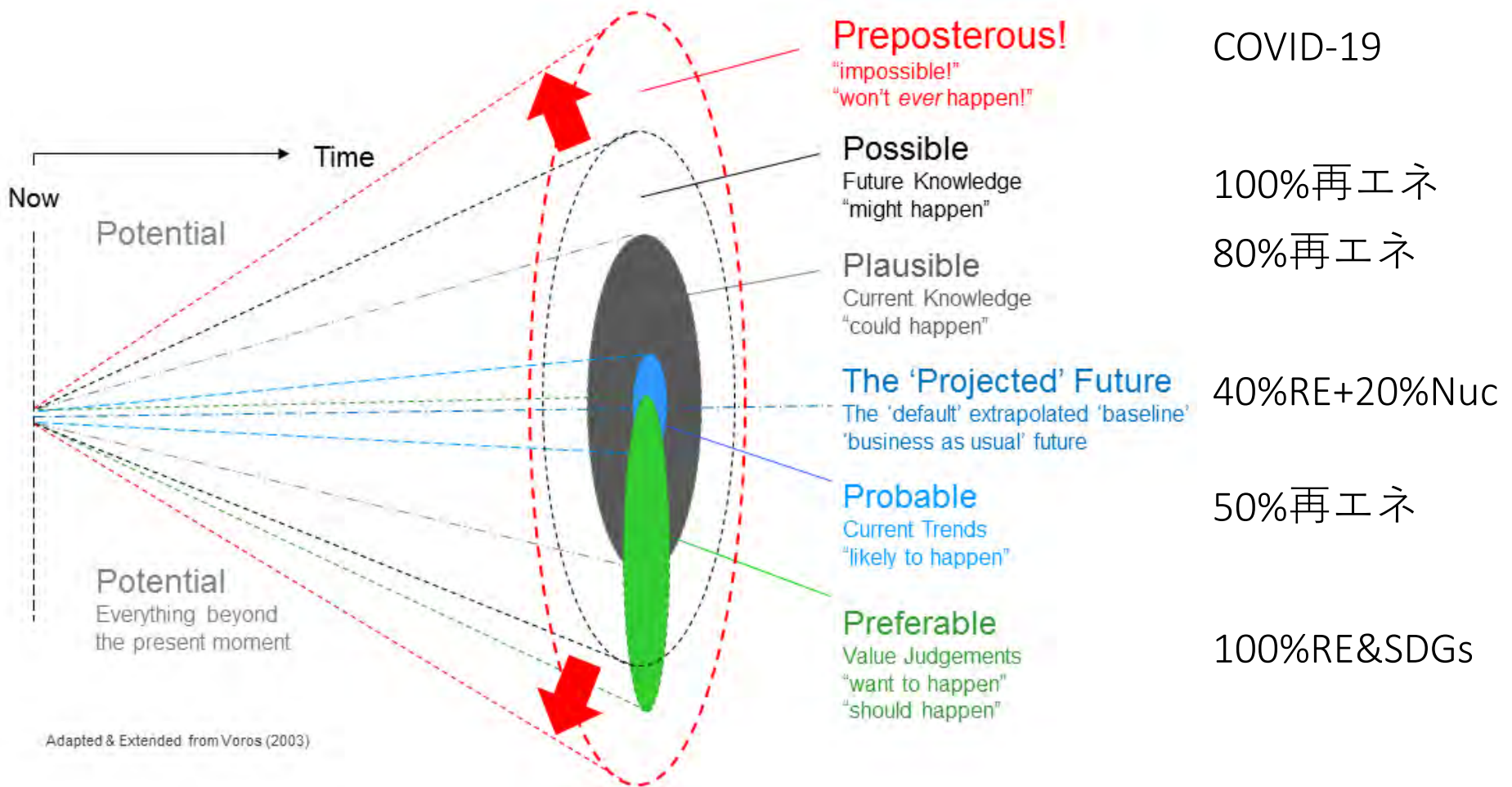
- 「もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではありません。積極的に温暖化対策を行うことが、産業構造や経済社会の变革をもたらし、大きな成長につながるという発想の転換が必要です。」（菅首相所信表明演説, 2020/10/26）
- 達成したいことはトランジション
 - ⇔
- 分析枠組みはエネルギー・モデルによるシナリオ分析が一般的
 - エネルギー経済学／環境経済学の枠組み
- エネルギー・モデルとシナリオからどのようにevidence-based informed policymakingができるか
 - 良質なエビデンス：credible, legitimate, salient (Cash et al. 2003)

エネルギー・シナリオには様々な限界がある (Krey et al. 2014, McCollum et al. 2020, Shiraki & Sugiyama 2020, 他)

- 変化の速い技術には追いつけていない
 - 太陽光、電気自動車、天然ガスはモデルは過小評価 (Trancik et al. 2015; Paltsev 2017; Shiraki & Sugiyama 2020)
- 特定の研究機関、グループのシナリオだけ扱うと偏りがでる (Krey 2014)
 - 同じモデルでの仮定を変えたときの結果の差
 < 同じ仮定でモデルを変えたときの結果の差
- 小さなスケールに行けば行くほど不確実性が増す
 → ESG投資、TCFD対応への難しさ
- COVID-19のようなextremeは扱っていない (McCollum et al. 2020)
- シナリオは独り歩きする傾向があるのでコミュニケーションが難しい
(バイオマスCCSの例：Hilaire et al. 2019)
- シナリオではpolitical feasibility（政治的実現可能性）など評価できない項目も多い (Jewell & Cherp 2019)

複数の未来像 (Futures Cone) :

Futures studyは人の心の不確実性に関するバイアスとの闘い

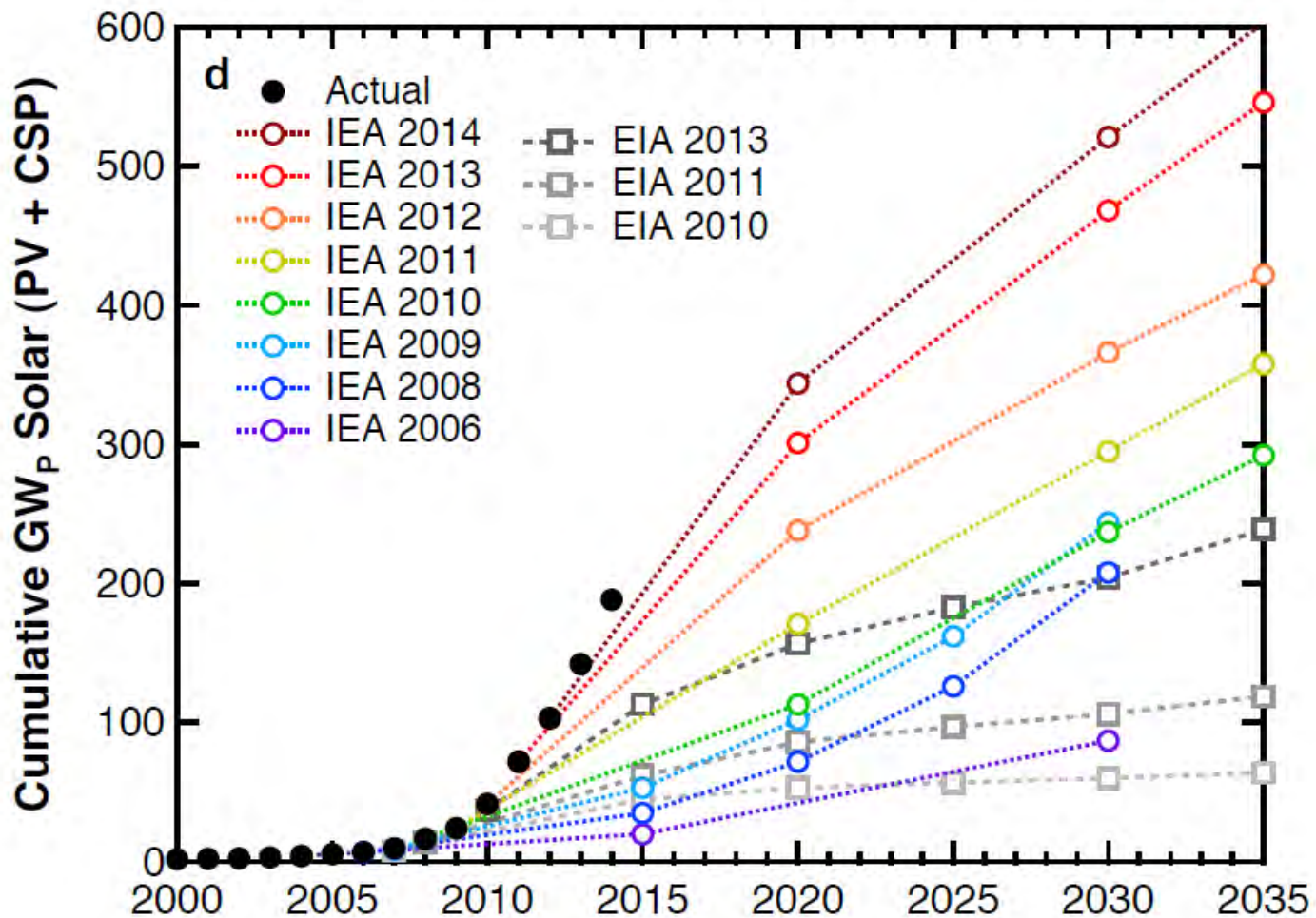


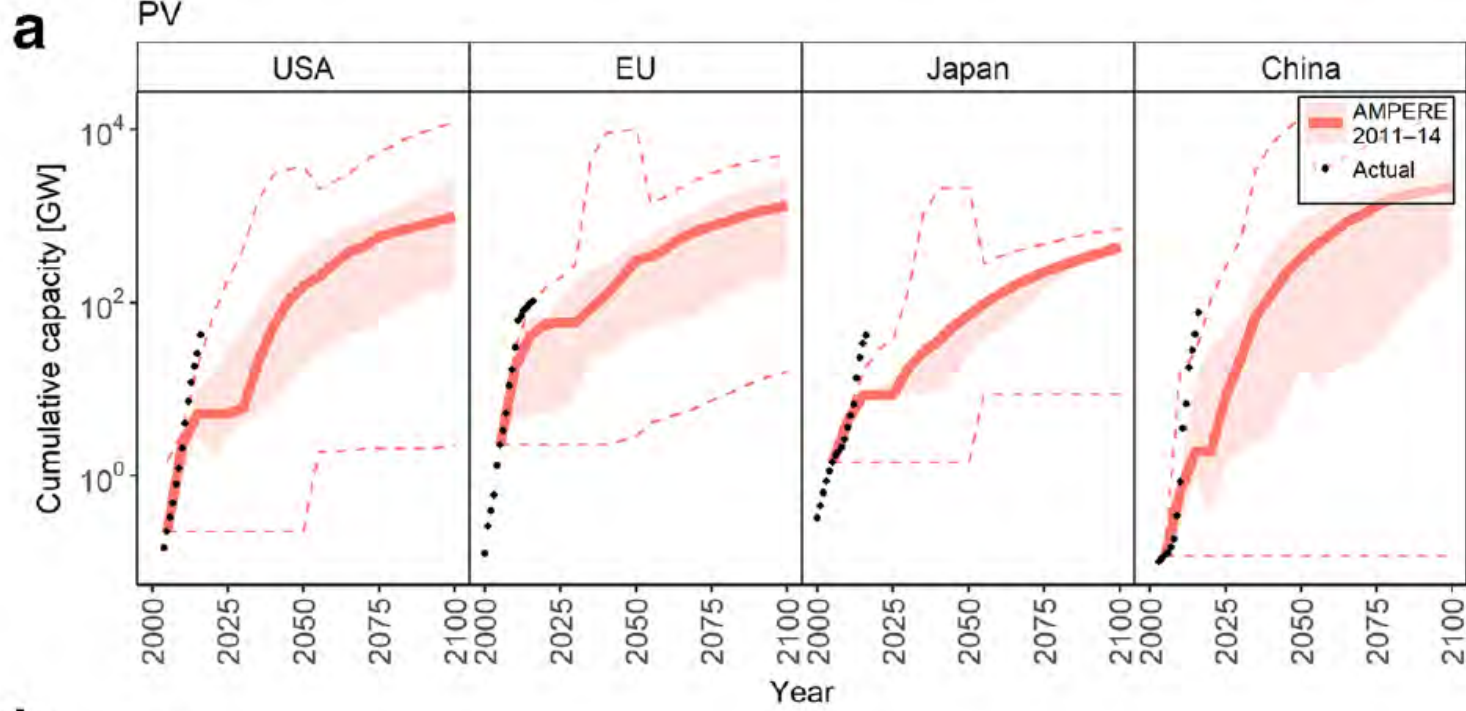
Voros (2017)

<https://thevoroscope.com/2017/02/24/the-futures-cone-use-and-history/>

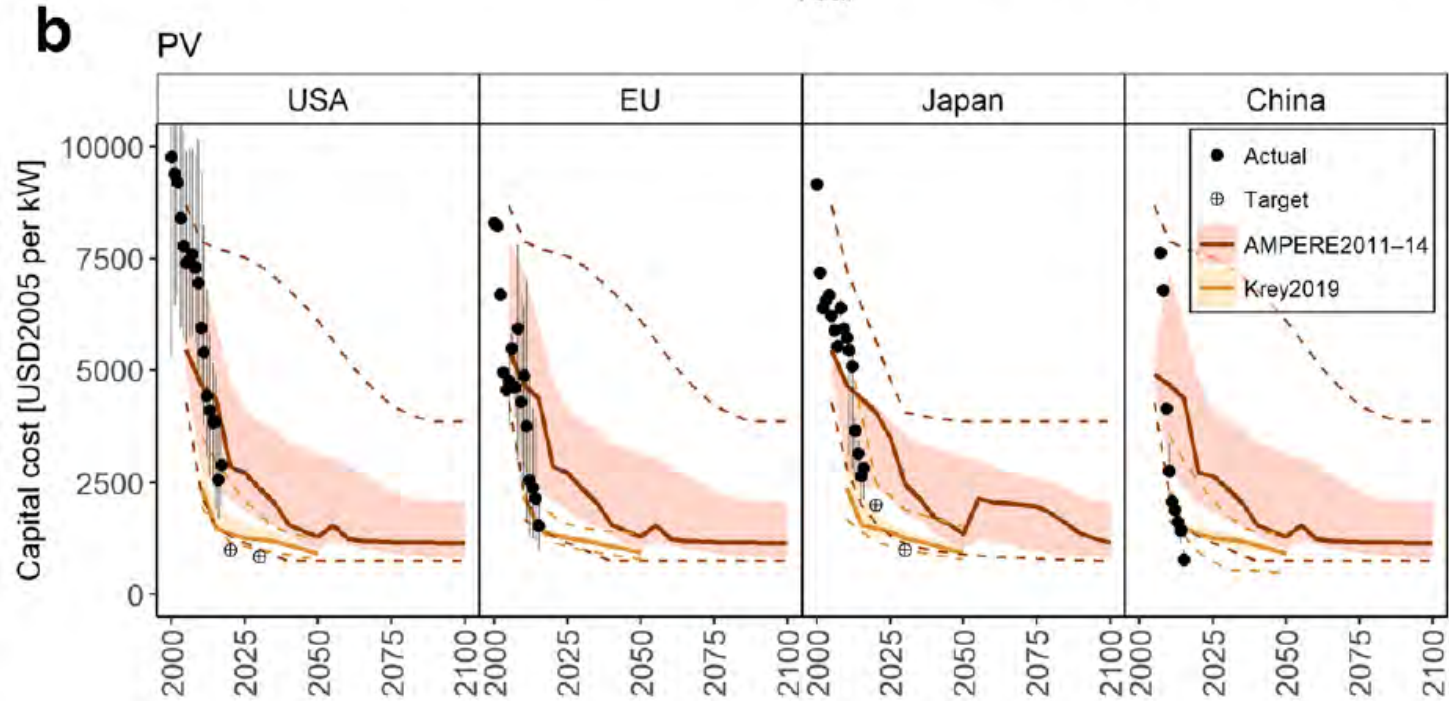
エネルギー・シナリオの問題点： 不確実なイノベーションをどう反映するか？

- IEAやIPCCのシナリオは太陽光を大幅に過小評価していた





Shiraki &
Sugiyama
(2020)



シナリオのコミュニケーションの問題： CDRとBECCSに関する一連の議論

- パリ協定で謳われる2°C目標、1.5°C目標のためには大量の二酸化炭素除去（CDR）／負の排出技術（NETs）が必要
- シナリオではCCS付きバイオエネルギー（BECCS）に関心が集まり、BECCSに関して論争が起きた
- しかし、BECCSはCDRを代表しているに過ぎない

脱炭素のトランジション

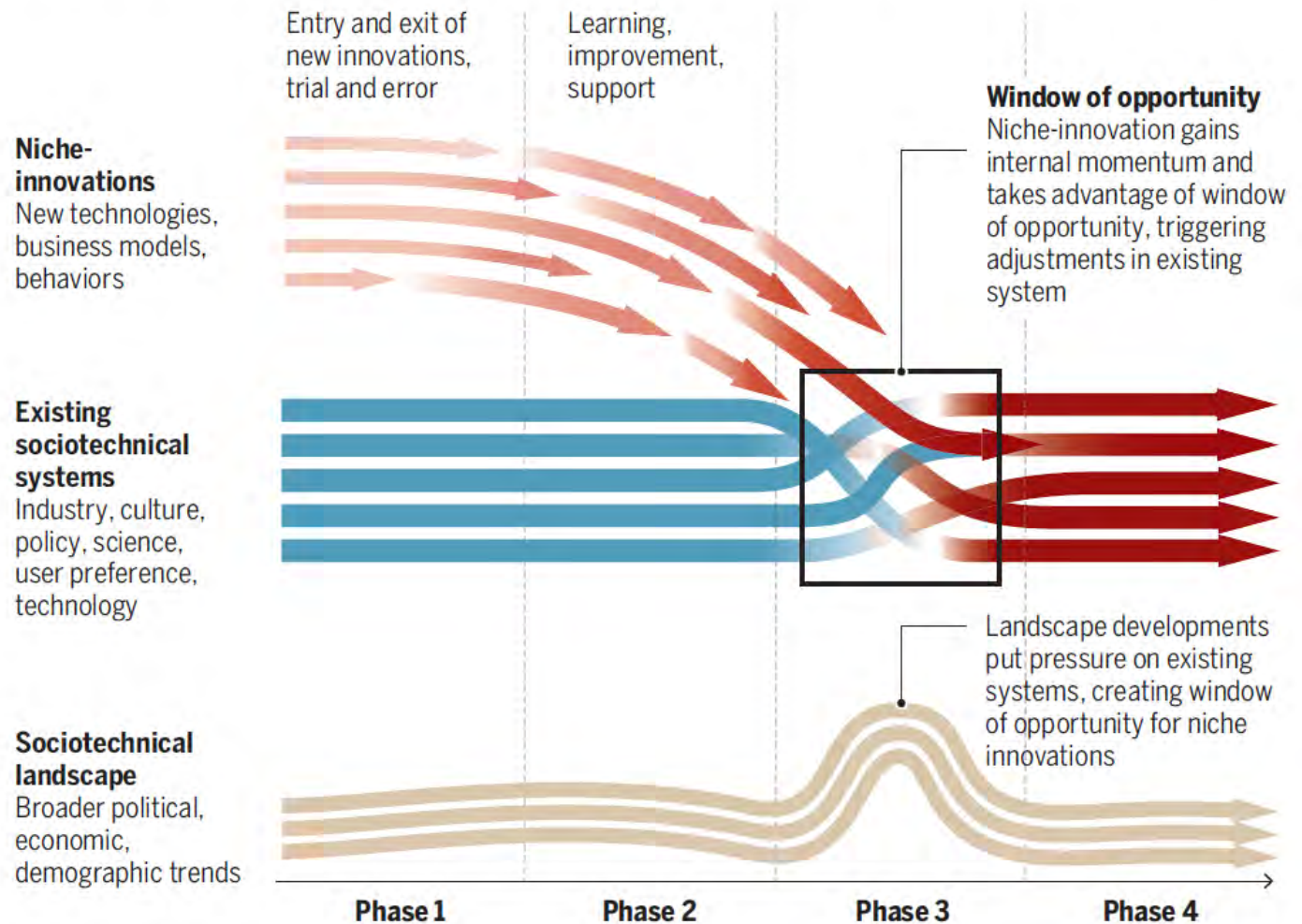
- 技術と政治の相互作用とトランジション
 - トランジションは社会学・政治学の側面が強い
- 技術経済的ポテンシャル実現可能性 工学・経済学
- 社会的受容性 社会学
- 政治的実現可能性 政治学

社会技術システムのトランジション

Geels et al.
(2017,
Science)

Foster innovations to take advantage of windows of opportunity

Internal and external forces pressure the existing system, which can realign around maturing innovations



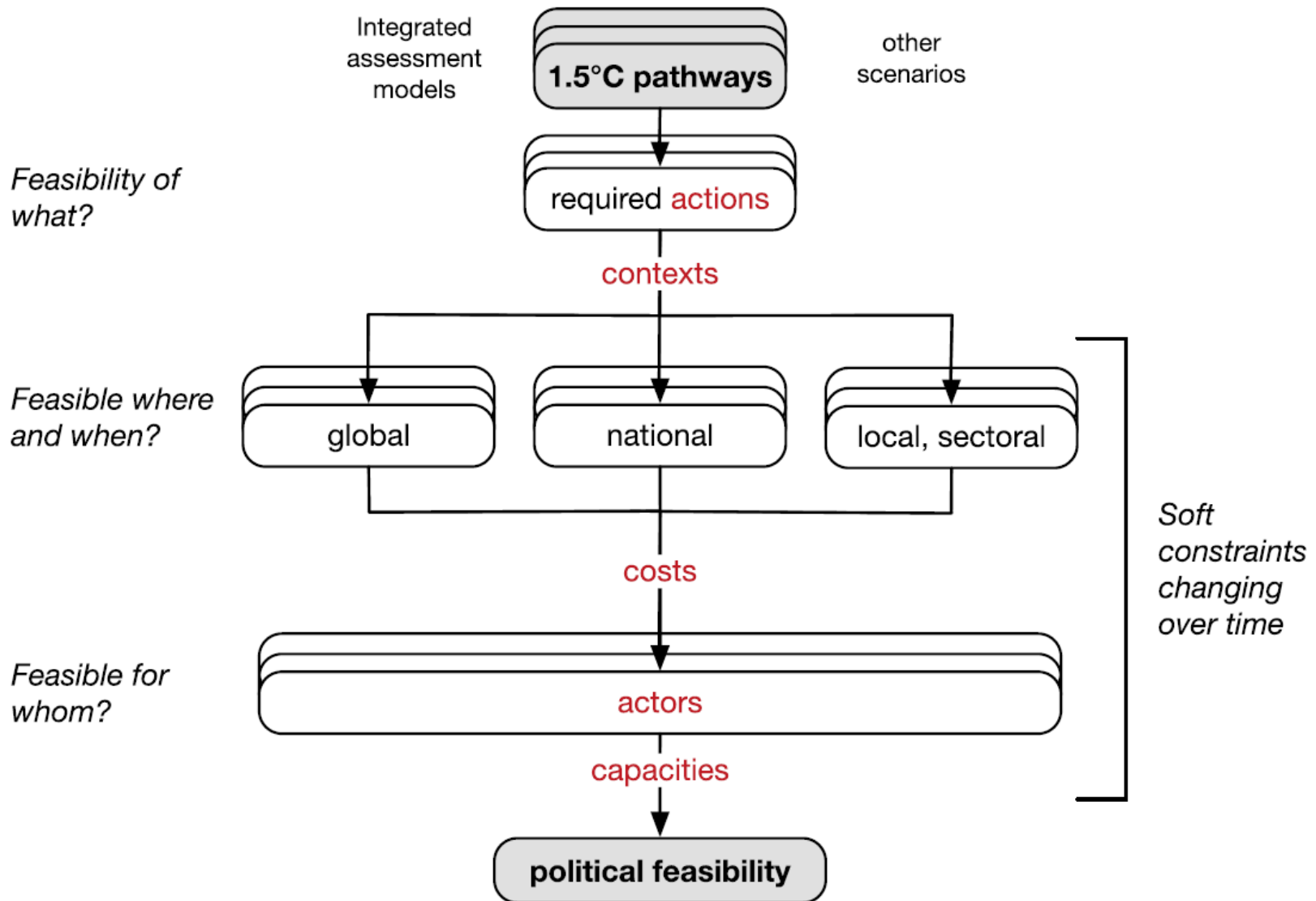
シナリオとトランジション： 関連・相互作用はするが接合はできない

- Geels et al. (2016, <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2980>)

Table 3 | Overview of strengths and weaknesses of the three approaches³⁵.

Approach	Strengths	Weaknesses
Quantitative systems modelling	<ul style="list-style-type: none"> Robust and highly formalized research methods. Consistent analysis of complex systems. Attention to system interactions (for example, sectors). Attention to problem interactions. Synthetic analysis of multiple options. Links policy goals to required physical changes. Ability to calculate effects of policy options on transition pathways. Simple and coherent policy advice. 	<ul style="list-style-type: none"> Oversimplification of social realities and little attention to actors and behaviours (politics, power struggles, beliefs and strategies). Limited scope for changing economic and social and institutional rule-sets. Over-reliance on economic mechanisms. Limited attention to implementation process.
Socio-technical analysis	<ul style="list-style-type: none"> Fine-grained analysis and understanding. Attention to different levels and temporalities. Attention to relevant socio-technical dimensions. Attention to multiple actors and behaviour types. Analysis of institutions and changing 'rules of the game' (including shared cognitions and norms). Attention to inertia of existing systems. Policy advice sheds light on uncertainties. 	<ul style="list-style-type: none"> Mainly descriptive (qualitative case studies). Qualified generalization (context-specific, pattern-based, multiple and changing causal mechanisms). Limited forward orientation to political targets. Policy advice focuses on general strategies (patterns) rather than instrumentality.
Initiative-based learning	<ul style="list-style-type: none"> Analyses and/or engages in real-world initiatives as experimenters. Attention to local level and implementation. Attention to actor-relevant dimensions (behaviour, legitimacy, learning, inclusion and so forth). Relevance to stakeholders and practitioners. Policy advice is rooted in practice. 	<ul style="list-style-type: none"> Limited methodological standardization. Often context-specific and short-term oriented. Limited attention to wider structural contexts. Difficulty to generalize lessons for entire transitions.

エネルギー・シナリオでは全て評価できない： Feasibility (Jewell & Cherp 2019)



エネルギー・シナリオの 政策の一層の活用に向けて

- 対応策
 - モデル相互比較
(エネルギー・システム、再エネ、イノベーション、etc)
 - 研究コミュニティの拡張とコミュニケーションの向上
→スタンフォード大学Energy Modeling Forumが参考になる？
 - エネルギー技術の研究コミュニティのデータベース
 - より広い不確実性の分析
 - 持続可能性トランジションとの接合
 - (現時点での) 実現可能性の評価とボトルネックの解消

I'd like to thank Shinichiro Fujimori, Ken Wada, John Weyant, Diego Silva Herran, Ken Oshiro, Ryoichi Komiyama, Yuhji Matsuo, Etsushi Kato, Atushi Kurosawa, Hiroto Shiraki, Shogo Sakamoto, JU Yiyi, WANG Jiayang
Thanks also go to IIASA (for hosting the database)

事例：

日本のモデル相互比較プロジェクト

頑健な結果：経済全体のエネルギー効率向上、
電力の脱炭素、電化、

不確実な結果：電源構成、一次エネルギー構成、コスト
投稿中の論文の結果ですので取り扱いに注意願います

スタンフォード大学Energy Modeling Forum (EMF) 35 Japan Model Intercomparison Project (JMIP)

目的:

日本の中期目標(NDC)・長期目標(MCS)を複数モデルで比較

- 日本の独自事情を考慮
限られた再エネ賦存量
エネルギーに占める高い産業部門の割合
エネルギー自給率の低さ

運営委員会:

杉山昌広(東大)

藤森真一郎(京大、国立環境研)

和田謙一(RITE)

John Weyant (Stanford)

中核的研究資金

環境省推進費 2-1704

(Apr 2017-Mar 2020)

モデル:

AIM/CGE

AIM/Enduse

DNE21

IEEJ

TIMES-Japan

アウトプット: IPCC AR6 (Ch4)

Special issue expected in Mar 2021 in *Sustainability Science*

- Policy & technology
- Renewables
- Industrial decarbonization
- Electrification

頑健な結果： 経済全体のエネルギー効率向上、電力の脱炭素、電化、

- リボン：低需要、原子力不可、CCS不可、標準の幅

