

# システム研究グループ

## 温暖化対策と持続可能な発展に関する総合シナリオの策定

### 1. はじめに

RITE では、2007 年度より地球環境国際研究推進事業「脱地球温暖化と持続可能な経済社会実現のための対応戦略の研究（通称 ALPS プロジェクト：ALternative Pathways toward Sustainable development and climate stabilization）」において、地球温暖化対策と持続可能な発展の総合的なシナリオ策定を行ってきた。

2011 年末にアフリカ・ダーバンで開催された国連気候変動枠組条約第 17 回締約国会合（COP17）では、京都議定書は形式上は延長されることとなったが、事実上、京都議定書体制は終焉を迎え、ダーバンプラットフォームの下で、主要国すべてが参加する新たな枠組み構築に踏み出すこととなった。COP17 をはじめ、これまでの地球温暖化対応のための国際交渉や各国国内での対応を見ても、各国は多様な目的を有し、また、国によって経済発展段階は異なり、また優先される政策課題も異なっている。多様な目的をバランスさせた中で温暖化対応をとらざるを得ないのが現実である。このような現実の世界を改めて見つめると、

従来の温暖化対策モデル分析による温暖化対策シナリオ策定は、単純にすぎ、その他の多様な部分を捨象してしまい、実態との乖離が大きく、時として、むしろ、世界の温暖化対策、政策立案を混乱させるものにもなっている。

本研究では、社会は多様で多目的であることを前提とし、それをシナリオとして定性的、そしてできる限り定量的に描き出すことにより、多様、多目的な社会の中で、温暖化対応ひいては持続可能な発展につながるより良い意思決定ができるような情報提供を行うことを目的としている。本研究による新たなシナリオ策定は、今後の新たな国際枠組み・目標の構築にも強く貢献できる時機を得たものと言える。

### 2. 分析・評価のためのシナリオ

モデル分析は、ある合理的なシナリオを導くことができ、意思決定サポートのツールとして大変有用であるが、一方で、現実社会の多くを捨棄せざるを得ず、時として誤ったメッセージを発信してしまうこともある。本研究開発プロ

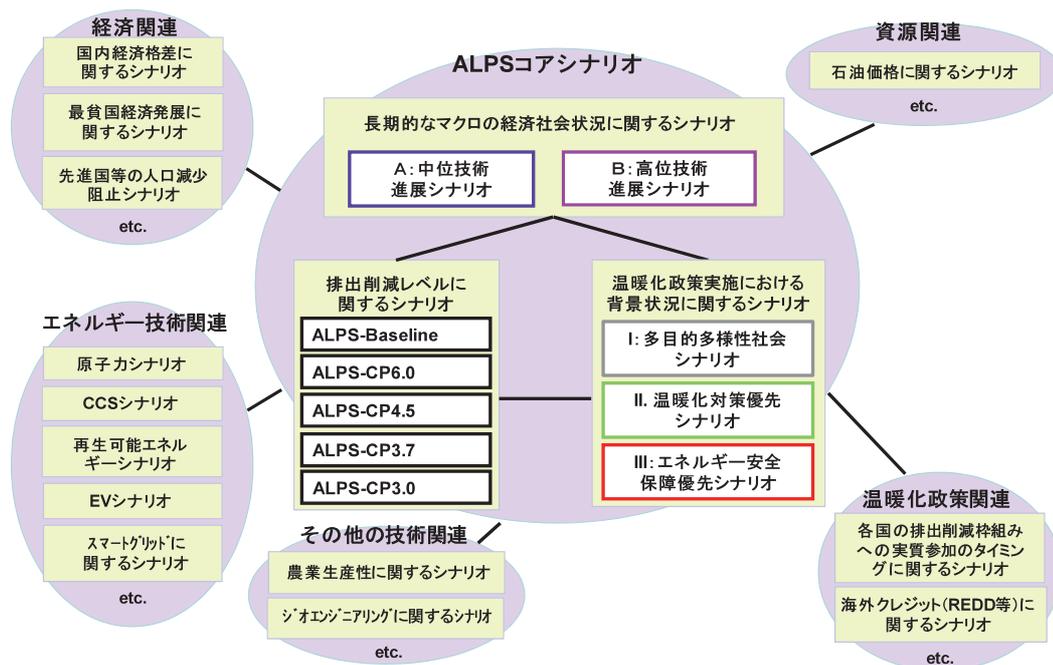


図 1 ALPS で策定予定のシナリオ

プロジェクトでは、モデルによる定量的な分析に先だって叙述的なシナリオ策定を行い、より広く、より深く、現実社会の動向の把握に努めてきた。

分析・評価のためのシナリオとして、1) 社会経済状況に関するシナリオ、2) 温暖化政策実施における背景に関するシナリオ、3) 排出削減レベルに関するシナリオ（濃度安定化レベル）について策定している。これに加え、サブシナリオとして、温暖化対策技術の開発普及状況等について策定している（図1）。

社会経済状況に関するシナリオは、その主要なドライバーフォースは技術の進歩であるとし、その不確実性の範囲として2種類の見通しを策定した。技術進歩は不確実であり、将来の革新性の高い技術を予期することは不確実性が高いと考えたためである。本来、政策によっても技術の進歩は変わり得るが、それ以上に意図しない不確実性が大きいものと考えた。シナリオは、これまでの奇跡的とも言える高経済成長から先進国を中心に次第に緩やかなる経済成長へと変化していく「中位技術進展シナリオ」（シナリオA）と、奇跡的とも言える技術革新が今後も継続し一人当たりGDP成長も大きく成長する「高位技術進展シナリ

オ」（シナリオB）の2種類である。

温暖化政策実施における背景状況に関するシナリオは次の3種類である。シナリオI「多目的多様性社会シナリオ」は、現在の社会行動に近いことを前提としたシナリオである。このシナリオでは、温暖化対策技術普及の様々な障壁が存在することが表現される。シナリオIIは「温暖化対策優先シナリオ」であり、このシナリオにおいては、様々な目的の中で温暖化対策の優先度が高く、温暖化対策をコスト効果的に実施することが優先されるシナリオである。シナリオIIIは「エネルギー安全保障優先シナリオ」であり、エネルギー安全保障の視点から国内資源の利用が優先されるようなシナリオである。

排出削減レベルに関するシナリオは、IPCCが第5次評価報告書に向けた新シナリオのために選定した4つの排出シナリオに沿って、ベースライン（RCPでは2100年に放射強制力が8.5 W/m<sup>2</sup>、RCP6.0（6.0 W/m<sup>2</sup>）、RCP4.5（4.5 W/m<sup>2</sup>）、RCP3PD（3W/m<sup>2</sup>をピークに2100年に2.6 W/m<sup>2</sup>）相当の排出推移、およびこれに3.7 W/m<sup>2</sup>程度のシナリオを加えた5シナリオについて分析を行っている。

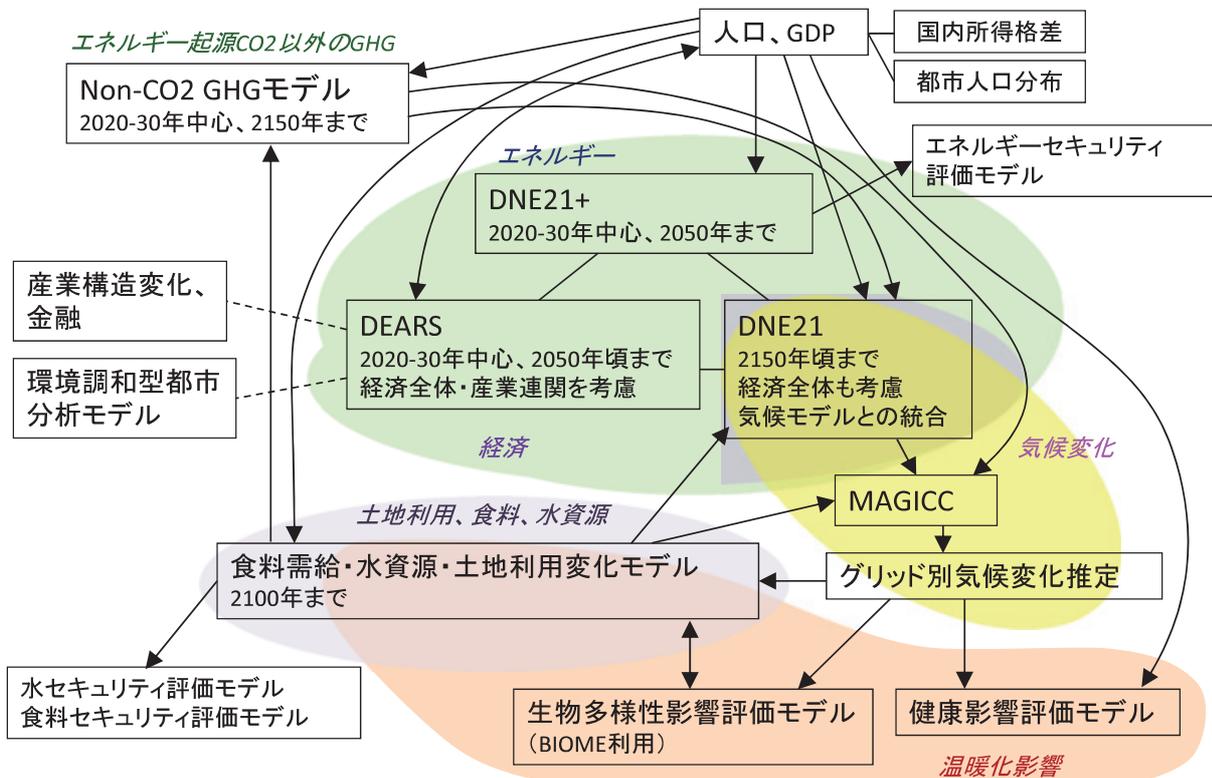


図2 定量的シナリオ策定のためのモデル群

### 3. 各種コンピュータモデルの開発

持続可能な発展の大きな文脈の中で、シナリオを策定するためには、温暖化に関連しつつも、より幅広い社会状況を評価できるモデルが必要である。本研究プロジェクトでは、RITE がこれまでに開発してきたモデルや、本研究プロジェクトにおいて新たに開発したモデルを総合的に利用して、シナリオ策定に取り組んできた。

詳細な国別、セクター別・技術別のエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出削減の分析が可能な DNE21+ モデルや、食料需給・淡水資源・土地利用変化評価モデルなどのモデルによって、それぞれのシナリオを表現する各指標が、整合性を有するように定量的な分析を行うことができるようにしている（図2）。

また、国別、セクター別・技術別の対策の提示が重要である一方、温暖化対策、持続可能な発展は長期を考えた上での対応が不可欠である。そのため、短中期を扱う国別、セクター別・技術別評価が可能なモデル以外にも、気候変動、温暖化影響を考慮した評価が可能なより長期を対象に評価できるモデルも用いて、総合的なシナリオ策定に取り組んでいる。

### 4. 脱地球温暖化と持続的発展可能な経済社会シナリオの総合評価

社会は多様であり、温室効果ガス排出量と温暖化対策費用といった温暖化関連の指標について評価するだけではシナリオの評価として不十分である。ALPS プロジェクト

では、叙述的シナリオに沿った定量的なシナリオを、RITE で開発した各種モデルを利用し、また、それらモデル間のデータ整合性を確保しながら策定している。これによって、エネルギー、気候変動関連のみならず、経済社会など、広く持続可能な発展と関連する指標の評価も行うことができ、より広範な視点から、的確な意思決定のサポートが可能となる。

図3のような5つのCO<sub>2</sub>排出削減レベル（ALPS Baseline、CP6.0（750 ppm-CO<sub>2</sub>eq. 程度）、CP4.5（650 ppm-CO<sub>2</sub>eq. 程度）、CP3.7（550 ppm-CO<sub>2</sub>eq. 程度）、CP3.0（450 ppm-CO<sub>2</sub>eq. 程度））の排出推移について、各種指標の評価を行っている。このとき、これと整合性を有したCO<sub>2</sub>以外の温室効果ガスの効果を含めた気候変動の推定を行うと、図4のような全球平均気温の上昇が予想される。ALPS CP3.0は、全球平均気温上昇が産業革命以前比で2℃以下に抑制が期待できる排出推移となっている。温暖化影響被害のことだけを考えれば、このようなできるだけ低いレベルに抑制することは望ましいが、様々なトレードオフが存在し、複数の指標で見たときに、これが必ずしも望ましいというわけではない。

図5は、CO<sub>2</sub>の限界削減費用の推移を求めたものである。2050年の限界費用は、CP6.0のとき6\$/tCO<sub>2</sub>、CP4.5は28\$/tCO<sub>2</sub>、CP3.7は137\$/tCO<sub>2</sub>、CP3.0は376\$/tCO<sub>2</sub>と推計された。CP3.0シナリオの場合、他の排出削減レベルと比べて、限界削減費用が急激に大きくなる傾向があり、対策に伴う経済的な負担が大きいことが示唆される。

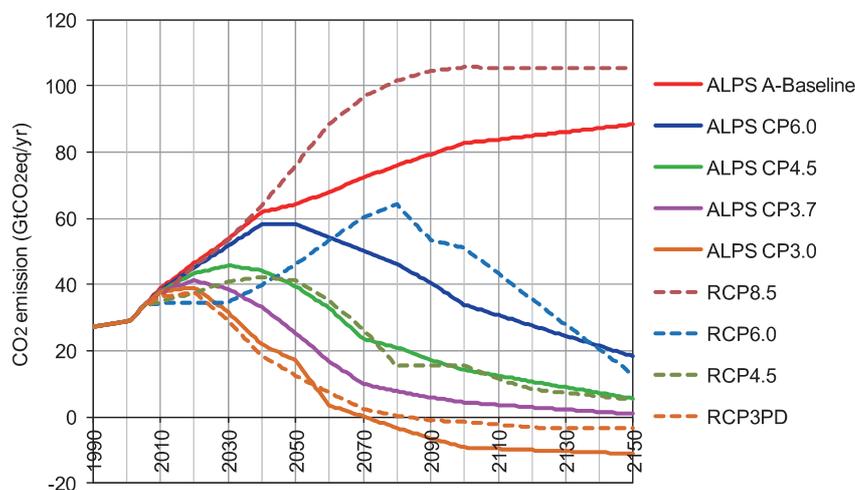


図3 ALPSにおける排出削減レベルに関するシナリオ（世界のCO<sub>2</sub>排出量）

注）RCP（Representative Concentration Pathway）は、IPCCの新排出シナリオであり、放射強制力レベルの違いによる4つのシナリオが選定されている。

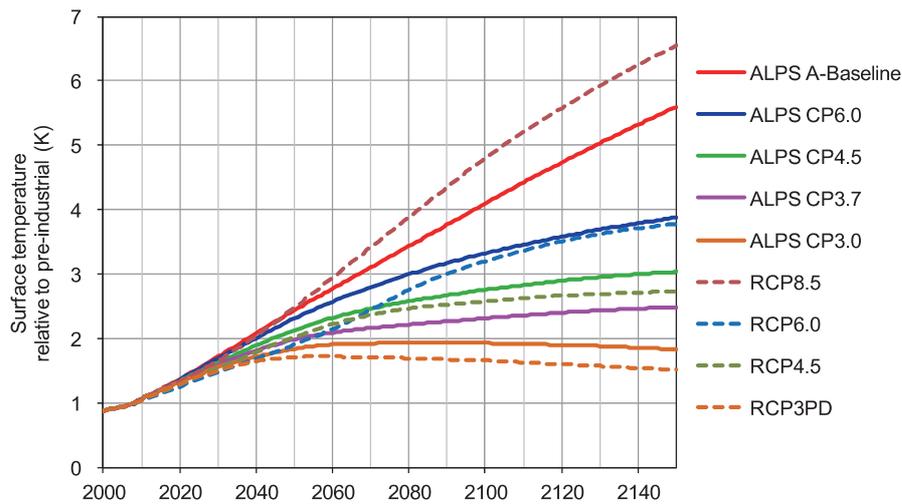


図4 排出削減シナリオ別の全球平均気温上昇

注) ALPS シナリオと RCP シナリオの差異は、主に非 CO<sub>2</sub> の温室効果ガス排出削減の見通しの違いによるものである。

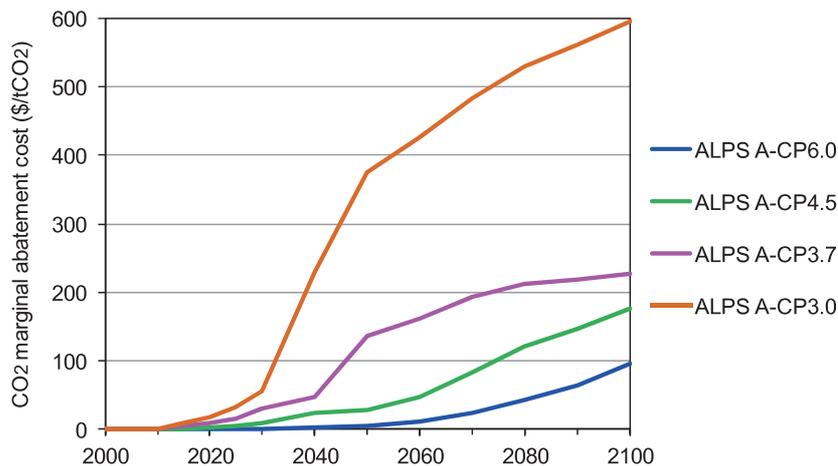


図5 排出削減シナリオ別の CO<sub>2</sub> 限界削減費用 (シナリオ A-I)

図6は、ALPS A-Baseline、CP4.5 (650 ppm-CO<sub>2</sub>eq. 程度)、CP3.0 (450 ppm-CO<sub>2</sub>eq. 程度) の3種類の排出レベルにおけるエネルギーセキュリティ度に関する評価結果である。CO<sub>2</sub> 排出削減を進めると、石油等の利用が減少し、エネルギーセキュリティにも良いということが一般的には言われるが、ここでの定量的な評価からは、地域によっては、石炭利用を減少させ、ガス利用を増すことにより、むしろ脆弱性が増すと評価されるケースも多い。排出削減レベル、地域によって、エネルギーセキュリティ度は、異なってくる。

また、図7には食料セキュリティ指標として、GDP あたりの食料輸入額を示す。グローバル化した世界において、

自給率といった指標よりも、食料輸入額が購買力に比べ、どの程度占めるのかはより重要と考えられる。そこで、この指標により、食料セキュリティを評価した。所得 (GDP) が増加すれば、セキュリティ度が高まるが、温暖化対策を取り過ぎて GDP が減少すれば、セキュリティ度は下がる。一方、食料生産性向上が食料需要の増大に追い付かず、新たな土地が必要になった場合には、食料価格上昇が見込まれ、食料セキュリティ度は下がる。食料生産性には気候変化が影響を与え、大きな気候変化は食料生産性を悪化させ、食料価格の上昇となり得る。更には、食料との競合が大きいバイオエネルギー利用を行う場合にも食料価格上昇が見込まれる。これらを総合的、統合的に評価した結果である。

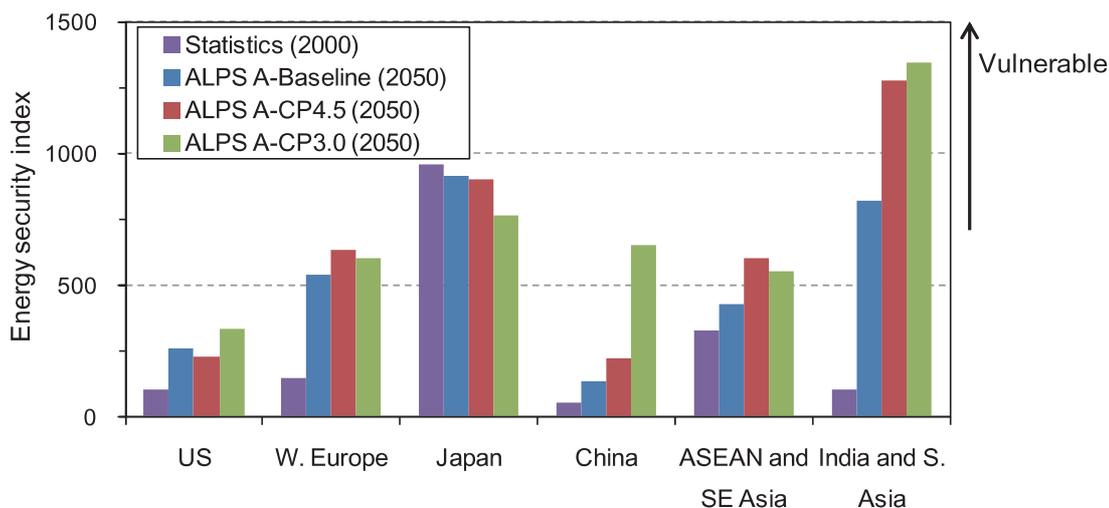


図6 地域別のエネルギーセキュリティ指標（シナリオ A-I。米国の 2000 年値を 100 として規格化したもの）

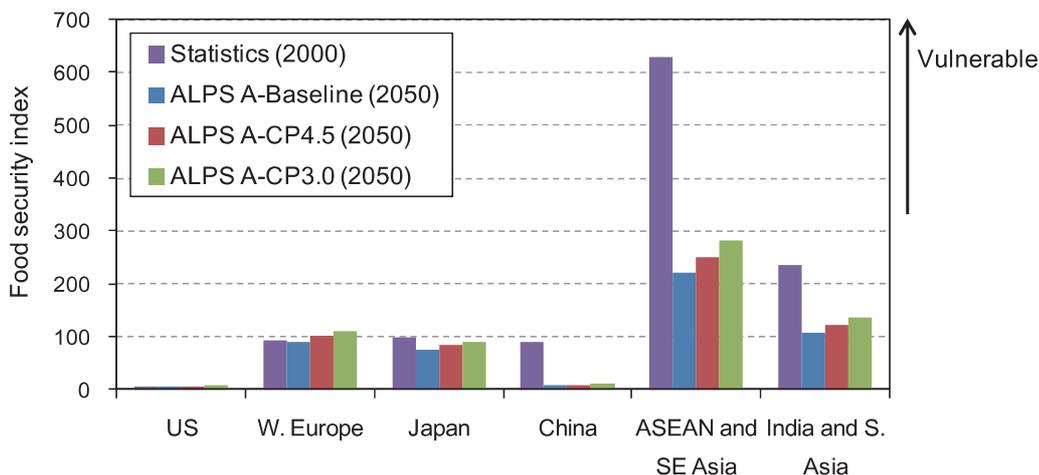


図7 地域別の食料セキュリティ指標（シナリオ A-Iシナリオ A-I。日本の 2000 年値を 100 として規格化したもの）

これを見ると、CO<sub>2</sub>削減レベルを低くすれば、食料セキュリティが増すわけではなく、むしろ、逆の傾向が見られる。

持続可能な発展は、将来世代の幸福が損なわれないよう、現世代が適切な対応をとることと考えられる。温暖化対策を怠れば、将来世代の幸福が大きく損なわれる恐れがあり、その対策は重要である。一方で、負担が大きすぎる対策をとれば、経済や他の持続可能な発展に関する事象に悪影響を及ぼし、将来世代の幸福をかえって損ねてしまう恐れがある。それを避け、持続可能な発展を成し遂げるためには、様々な目的をいかによくバランスさせるかが重要であり、CO<sub>2</sub>排出削減もバランスをもった取り組みが重要と言える。

### 5. おわりに

ALPS プロジェクトでは、脱温暖化と持続可能な発展に関する総合シナリオ策定を行うため、叙事的シナリオに沿って、RITEで開発してきたモデル群を利用し、整合性のある脱温暖化と持続可能な発展に関し、様々な指標でシナリオを評価することにより、総合的、かつ、定量的なシナリオ作成を行ってきた。策定したシナリオ、研究成果を、国内外に広く提供、情報発信し、IPCC等の科学的知見の集積のみならず、国内外における温暖化対策の意思決定のための基礎的情報として役立てられるようにしていく。