

5. 「戦略」の特徴比較

1) 本報告書での「戦略」の特徴比較に際しての留意事項

本章では、4章で定量的に示された「戦略」別の影響評価ならびに対策評価の結果をふまえて、4章1節の表 4-1-3_1 に示した3つの「戦略」(T15S36、T20S36、T25S36)について、「戦略」の特徴比較を行う。比較に先立ち、以下数点の留意事項を指摘しておく。

留意事項1: 「戦略」と分析ケースの気候変化の予測幅の違い

今回評価対象とした「戦略」の気候変化の幅は、将来の生起が想定しうる温室効果ガス排出シナリオでの気候変化の幅(代表的には、RCP2.6シナリオからRCP8.5シナリオの幅)に比して狭く、4°C等の高い世界平均気温上昇の起こる場合をカバーしていない。ICA-RUSの取り組む課題は「国連気候変動枠組条約の下で合意の得られているいわゆる「2°C目標」とは、影響評価ならびに対策評価の両側面から見て、どのような性質を持つ目標であるのかを客観的に示すこと。また、より厳しい目標あるいは緩やかな目標を設定した場合も想定し、帰結として生ずる影響や必要となる対策努力について同様に示し、複数の「戦略」として提示すること」といえる。そのため、4章の「戦略」別の影響・対策評価は、2°C目標を含む、それよりも厳しい目標・緩やかな目標を前提として予測結果を示した(一方、その材料として、3章の分析ケース別の影響・対策評価では、排出シナリオの幅の上限(RCP8.5)と下限(RCP2.6)を含む4つのRCPシナリオを前提として広い幅を持った予測結果を示した)。4章1節の図 4-1-3_1(c) が示すように、T15S36の気候変化はRCP2.6よりも小さく、T20S36の気候変化が概ねRCP2.6と同等、T25S36の気候変化はRCP2.6とRCP4.5の中間程度に相当する。

なお、T20S36を「2°C目標」に対応すると見なす際には、T20S36がリスク回避性向として66%程度の確率で「2°C」を超えないような排出経路の目標(気候感度が3.65°Cであると想定した場合の目標)を掲げる戦略であることに注意が必要である。

留意事項2: 選択肢第1版(2015年3月公表)と選択肢最終版(本報告)との間のSSPシナリオの違いについて

選択肢第1版では、本報告と類似した手順での「戦略」評価として、T15S30・T20S30・T25S30・T15S45・T20S45・T25S45の影響・対策評価を、SSP2・SSP3について実施した。本来、両報告間で結果比較が可能であることが望ましいが、選択肢第1版作成時点でのSSPシナリオは暫定値であり、その後に選択肢最終版の作成時点までにSSPシナリオに大きな更新があったことから、両報告間での戦略評価の直接比較はできない。

留意事項3: 地域集計情報での検討の限界

4章ならびに本章では、各「戦略」について、影響については世界をIPCC-SREXに準拠した26の地域(アラスカ・カナダ北西部:ALA、カナダ東部:CGI、北アメリカ西部:WNA、

北アメリカ中央:CNA、北アメリカ東部:ENA、中央アメリカ・メキシコ:CAM、アマゾン:AMZ、ブラジル北東部:NEB、南アメリカ西岸部:WSA、南アメリカ南東部:SSA、欧州北部:NEU、欧州中央部:CEU、欧州南部・地中海:MED、サハラ:SAH、アフリカ西部:WAF、アフリカ東部:EAF、アフリカ南部:SAF、北アジア:NAS、西アジア:WAS、中央アジア:CAS、チベット高原:TIB、東アジア:EAS、南アジア:SAS、東南アジア:SEA、豪州北部:NAU、豪州南部・NZ:SAU) に、対策努力については世界を5つの地域(3章1節の図3-1-1-①-a_2を参照;OECD、ASIA(アジア)、REF(東欧・旧ソ連)、LAM(ラテンアメリカ)、MAF(中東・アフリカ))に区分し、その空間平均値を用いて結果を示している。それゆえ、例えば本章の影響評価の概要表や第4章の地域別のグラフのみからは、各地域内の空間的な差異について明示的に論ずることができない。実際は、気候の変化(外力の変化)についても、人口やGDPなどの社会経済条件の変化(暴露や脆弱性の変化)についても、各地域の中において極めて大きな空間多様性があり、その結果、影響についても地域内の格差は大きい。各「戦略」の下での影響量や必要対策量の地域内の多様性をどのようにコミュニケーションし、「戦略」の比較検討に反映していくかは、ICA-RUS内の技術的問題にとどまらず、地球規模でリスク管理戦略を検討する際の本質的な課題である。なお本報告では、3章において分析ケース別に地図情報として示した影響評価結果を、世界を26に区分した地域の中の影響の空間差異を考慮するための補足情報として参照しうることを指摘しておく。

留意事項4: 適応強度ならびに気候工学の必要性の検討について

2章1節でも述べたように、本報告書の第4章においては図2-1_1(2章1節)が示すICA-RUSのリスク管理戦略検討の3つのステップのうち、ステップ1(緩和目標の設定)とステップ2(不確実性の下での緩和目標ごとの帰結の幅の導出)までを実施している。なお、ステップ2の影響評価では、いくつかのセクタについて、複数の適応水準を仮定した影響評価を実施しており、(適応効果を一部考慮した)影響・対策評価に関する評価をふまえた定性的な考察は可能であるが、適応・気候工学の効果や費用までを考慮したうえでの「戦略」の検討は実施しておらず、今後の課題として挙げられる。

留意事項5: モデル前提条件の違いについて

対策評価については、複数の統合評価モデルを用いた比較評価として、「戦略」の分析を行っている。ただし、モデルの定式化の違いもあることから、統合評価モデル間ですべての前提条件(モデルパラメータ)を揃えたうえで「戦略」の分析を行えていない。モデル間の結果の比較、あるいは複数モデルから示される予測結果の幅の解釈にあたっては、上記のモデル間差異があることに留意が必要である。

2) 「戦略」別の影響評価の比較

「戦略」別影響評価の概要表および叙述的比較

本報告書で評価対象とした3つの「戦略」(T15S36、T20S36、T25S36)について、4章での評価結果をふまえた比較を行う。

また、表 5-2_1 は、4章の各影響指標のグラフあるいは本報告では掲載省略したデータ分析結果をふまえ、影響指標別に「戦略」の特徴を叙述的に比較したものである。わかりやすさを重視して文量を抑え、エキスパートジャッジに基づき特に注目を要する点を選び、「戦略」の違いについて述べた。影響指標別の詳しい考察は4章で行ったため、ここでは表 5-2_1 を概観し、各「戦略」での影響リスクの全体的傾向について整理する。

影響評価結果の「戦略」間比較

表 5-2_2 を概観することにより、以下の6点を指摘することができる。

1. 概ね全ての影響指標について、3つの「戦略」(T15S36、T20S36、T25S36)の間の差異に比べ、それらと無緩和ケース (BaU) との差異の方が大きいことが表 5-2_2 から見て取れる。これは、基本的には前項で留意事項として述べたように、RCP2.6～RCP8.5の気候変化幅に比べて3戦略の間の気候変化幅が小さいことによる。なお、水ストレス人口については、無緩和ケースと3つの「戦略」の間の差が明確にみられないが、これは、水ストレス人口が社会経済因子(人口)の変化に対して感度が高く、気候変化への感度が相対的に小さいことによる。
2. 農作物の生産性、純一次生産、植生バイオマス量などのように、気候変化が大きくなるにつれ、無緩和ケースも含めた今回の分析の範囲内では、食料安全保障や炭素管理の観点からの好影響が単調増加する指標があることを指摘しておきたい。ただし、前項で留意事項として述べたように、世界・広域集計された指標で好影響が示される場合でも、その地域間・地域内の差まで見てみると、一概に単調な好影響の増加とみなせない場合もある。また、気候変化に対して単調増加する指標に共通の特徴として、大気中CO₂濃度による二酸化炭素施肥効果が作用する指標であることも指摘しておく。
3. 「戦略」間で比較した場合に、気候変化の大きさに従い、悪影響が非線形に増加する影響指標の存在も指摘できる。野外火災、洪水暴露人口、洪水暴露GDP、熱関連超過死亡数は典型的な例である。このうち洪水暴露人口と洪水暴露GDPは、気候変化に応じて強い雨の頻度が増し、結果的に洪水の発生確率が高まることが、その増加傾向の主たる因子である。極端現象ならびにその影響については、緩和策の強度に対する非線形な応答に注意が必要であることを示唆している。一方、バイオマス火災、熱ストレス超過死亡数については、他の影響指標に比べ、気候関連因子のうち気温上昇が直接に寄与しやすい影響指標であることが、その単調増加傾向の背景にある。これらの影響指標で示されるリスクは、緩和策の効果が直接に表れるリスクといえる。

4. これは気候変化に応じて好影響が生ずる影響指標にも悪影響が生ずる影響指標にも当てはまるが、気候変化が大きい「戦略」であるほど気候モデルの違いによる不確実性幅が大きくなる傾向があることも4章の一連のグラフから読み取れる。この不確実性幅の違いの対策検討への含意は影響の性質によってもあるいは影響を受ける側のリスク認知・価値観によっても異なるが、不確実な事象への対処であるリスク管理の観点からは注視が必要である。
5. 同じく不確実性幅に関する考察となるが、「戦略」間の影響量の差に比べて、同一「戦略」の中での気候予測の違いによる不確実性幅の方が大きい場合が多い。また、次項のように、一部の項目（農業、健康）については適応策の効果を評価したが、同等なレベルの適応策実施を想定した「戦略」間を比較した場合も上記の傾向は変わらなかった。このことは、気候変化とその影響に備えた適応策を検討するうえで、長期目標として1.5°C、2.0°C、2.5°Cのどれを目指すかということよりも、どの目標を定めたとしても依然として残る気候予測の不確実性に対してどう対峙するのかの方が、重要度が大きい可能性を示している。
6. 農業部門（作物生産性）・人間健康（熱関連超過死亡）については、複数の適応強度を仮定した分析を行った。いずれの場合でも、適応の有無による影響量の違いは、戦略間の影響量の違いよりも大きい。影響量を極力小さく抑制することを目指すならば、T15S36やT20S36のような強い緩和政策を選択したうえで、適応策を実施することが求められる。一方、影響量の最小化を絶対的な目標とせず、適応無しでGCM幅の悲観側が現実化した場合に生じてしまう規模の影響の回避を重視するならば、T25S36のような比較的緩やかな緩和政策を選択したうえで適応策を確実に実施することも選択肢たりうる。ただし、熱ストレス死亡に関しては、BaUの場合には適応実施によっても影響が表れる可能性が残ることから、適応のみに依存した対策には限界があることが示された。
7. ティッピングポイントを持つ大規模事象の生起についての「戦略」の比較評価について、グリーンランド氷床融解と北極海夏季海氷消失の閾値温度の超過について確率的評価を示した。なお、グリーンランド氷床のティッピングポイントとはグリーンランド氷床の表面質量収支が負に転じる昇温量を指し、北極海夏季海氷のティッピングポイントとは、北極海で夏季に海氷が消失する閾値となる昇温量を指す。グリーンランド氷床融解について、BAU(SSP2)の場合、2100年までにティッピングポイントを超過する確率は84%だが、T15S36、T20S36の場合、それぞれ21%と35%であった。T15S36を取ることで閾値超過の時期を遅らせることが出来るが、閾値を超えた場合でも実際の問題（大きな海面上昇とその被害）が生ずるのは数百年～数千年先になるため、この超過年を遅らせる効果の意義をどう解釈するかは議論が残る。同様に北極海夏季海氷消失について、BAU(SSP2)の場合は、2100年までにティッピングポイント

を超過する確率は90%だが、T15S36、T20S36の場合、それぞれ13%と28%であった。

以上の表 5-2_1 に基づく考察は、本研究が評価対象とした3つの「戦略」について、(個別影響指標ごとではなく) 総体的にリスク量の大小を論ずることの困難さを、あらためて浮き彫りにするものである。なお、本研究では気候予測の不確実性幅については複数気候モデル出力を用いることで一定の考慮がなされているが、影響評価モデルについては各影響評価指標につき1モデルのみを用いている。結果の解釈にあたり留意が必要な点であるとともに、今後克服すべき課題である。

表 5-2_1 影響評価指標別の「戦略」の叙述的比較

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2-BAU	SSP 間の違い	備考等
全球平均気温 (1981-2000 年比)	0.6~1.6°C 上昇 (2080s)	0.8~2.0°C (2080s)	1.1~2.4°C (2080s)	2.1~3.9°C (2080s)	---	工業化前比の気温上昇に換算するには 0.5°C を加算する。
陸域平均気温 (1981-2000 年比)	世界平均で 1.0~2.0°C 上昇 (2080s)	1.2~2.7°C 上昇 (2080s)	1.6~3.2°C 上昇 (2080s)	3.0~5.5°C 上昇 (2080s)	---	地域差が大きく ALA・CGI・NAS 等の高緯度地域での昇温が大きい。不確実性幅もそれらの地域で大きい。
降水量変化率	世界平均で +2~+5.5% (2080s)	+2~+6.5% (2080s)	+2~+7% (2080s)	+1~+5% (2080s)	---	地域差が大きく、昇温と同様に ALA・CGI・NAS では増加が大きい。逆に MED・SAF では減少が予測される。
トウモロコシ生産性 (戦略別結果について、5GCM 平均・SSP2・施肥効果有・品種適応無し)	世界平均で現在比約 75% 増 (2080s)	世界平均で現在比 65% 増 (2080s)	世界平均で現在比 60% 増 (2080s)	世界平均で現在比 38% 増 (2080s)	GDP 成長の鈍る SSP3 で生産性増加が小さい。SSP 間差は、戦略間差よりやや大きく、GCM 幅より小さい。	主要生産地域を見ると、SSA で生産性増加率が高い。EAS・CEU では生産性の伸びが 2050s で頭打ち。最大主産地の CNA では、生産性増加率は小さく、BaU では現在比で減少。
適応策として、生育期間短縮回避の品種改良が行われた場合、品種適応が無い場合に比べて、世界平均では 5GCM シナリオ平均・2080s で +30~+90% 程度の増加率の伸びとなる。さらに灌漑を作物生理的な上限まで可能とした場合、世界平均の生産性は品種適応に比べさらに +40% 程度の伸びとなる。(SSP2)						
コム生産性 (戦略別結果について、5GCM 平均・SSP2・施肥効果有・品種適応無し)	世界平均で現在比約 8% 増 (2080s)	世界平均で現在比 5% 増 (2080s)	世界平均で現在比 13% 増 (2080s)	世界平均で現在比 28% 増 (2080s)	GDP 成長の鈍る SSP3 で生産性増加が小さいが、SSP 間差は、戦略間差と同程度、GCM 幅より小さい。	主要生産地域を見ると、SAS・SEA で高い伸び率を示すが、EAS ではむしろ若干の減収。SAU で-15% 前後、WNA で-30~-50% 程度、MED で-15% 程度の減収。
適応策として、生育期間短縮回避の品種改良が行われた場合、品種適応が無い場合に比べて、世界平均では 5GCM シナリオ平均・2080s で +20~55% 程度の増加率の伸びとなる。さらに灌漑を作物生理的な上限まで可能とした場合、世界平均の生産性は品種適応に比べさらに +20% 程度の伸びとなる。適応の効果は BaU で大きい。(SSP2)						
ダイズ生産性	世界平均で現在比約 60% 増 (2080s)	世界平均で現在比約 60% 増 (2080s)	世界平均で現在比約 85% 増 (2080s)	世界平均で現在比約 140% 増 (2080s)	GDP 成長の鈍る SSP3 で生産性増加が若干小さい。	主要生産地域を見ると、NEB・SSA および SAS では 3 戦略で +70

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2-BAU	SSP 間の違い	備考等
(戦略別結果については、5GCM 平均・SSP2・施肥効果有・品種適応無し)	適応策として、生育期間短縮回避の品種改良が行われた場合、品種適応が無い場合に比べて、世界平均では5GCM シナリオ平均・2080s で3 戦略では+30～+70%程度、BaU では+80%程度、それぞれ増加率の伸びとなる。さらに灌漑を作物生理的な上限まで可能とした場合、世界平均の生産性は品種適応に比べさらに20～40%程度の伸びとなる。(SSP2)				SSP 間差は、戦略間差・GCM 幅より小さい。	～160%と極めて高い増収。BaU を含め WSA では+80～150%。EAS では+50～100%、SAS でも+100%程度。一方、ENA では-10%～+20%と変化がまちまち、WNA では2080s のBaU を除き減収傾向。
春コムギ生産性 (戦略別結果については、5GCM 平均・SSP2・施肥効果有・品種適応無し)	世界平均で現在比約40%増(2080s)	世界平均で現在比50%増(2080s)	世界平均で現在比70%増(2080s)	世界平均で現在比120%増(2080s)	GDP 成長の鈍る SSP3 で生産性増加が小さいが、SSP 間差は、戦略間差と同程度、GCM 幅より小さい。	主要生産地域を見ると、NEU では2050s で+5～20%の増収があるが、2080s のBaU、特に SSP3 では-20%程度の減収。NAS では2050s・2080s ともに5～15%の増収だが、GCM 間の差異が大きい。ALA・CGI でも2050s・2080s で-15%程度の減収。 春コムギは生産地域が偏っており、世界平均値の解釈には注意が必要。
冬コムギ生産性 (戦略別結果については、5GCM 平均・SSP2・施肥効果有・品種適応無し)	世界平均で現在比約33%増(2080s)	世界平均で現在比35%増(2080s)	世界平均で現在比38%増(2080s)	世界平均で現在比36%増(2080s)	SSP 間差は極めて小さい。他の作物と異なり SSP3 でわずかだが高い。	地域別に見ると、NAS では2080s に3 戦略では+30～60%の増収、EAS で+25%程度の増収だが、BaU では減収になる。WNA・CNA とも2080年のBaU では減収。NEU では3 戦略であっても-30%前後の減収、BaU だと-50～-70%の減収。

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2-BAU	SSP 間の違い	備考等
植生純一次生産	世界総計で現状から 11～17%年増 (2080s) 昇温の抑制により、3 戦略間では植生の生産力変化を最も小さく抑え込むことが出来る。	世界総計で現状から 15～22%年増 (2080s) T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。	世界総計で現状から 22～27%年増 (2080s) 21 世紀中の昇温に伴い植生の生産力は全体的に増加していく。	世界総計で現状から 41～47%年増 (2080s)	土地利用差にも関わらず SSP 間差は小さい。	二酸化炭素施肥効果のため、緩和努力が小さい方が、純一次生産増が大きい。
植生バイオマス	世界平均で現在比 10～15%年増 (2080s) 昇温の抑制により、3 戦略間では植生バイオマス変化を最も小さく抑え込むことが出来る。	世界平均で現在比 113～19%年増 (2080s) T15S36 と T25S36 中間的な予測結果となる。	世界平均で現在比 16～24%年増 (2080s) 21 世紀中の昇温に伴い植生のバイオマスは全体的に増加していく。	世界平均で現在比 28～36%年増 (2080s)	世界平均での増加は、どの戦略でも SSP1>SSP2>SSP3 の順となる。	地域差があり WAF・EAF では土地利用転換の影響でバイオマスが減少する傾向が見られた。
土壌炭素プール	世界平均で現在比 1～4%年増 (2080s) 昇温の抑制により、3 戦略では土壌炭素変化を最も小さく抑え込むことが出来る。	世界平均で現在比 1～5.5%年増 (2080s) T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。	世界平均で現在比 1～6%年増 (2080s) 21 世紀中の昇温に伴い、土壌炭素は全体的に増加していく。全体的には BaU ケースと同等程度の変化が生じている。	世界平均で現在比 0～7%年増 (2080s)	土地利用差は生産力や土壌流出に影響を与えるが、全体としてはそれらが土壌炭素に与える影響は戦略間差よりも小さかった。	地域差があり CAM・AMZ・NEB・MED・WAF では減少する可能性もある。
土壌流出	世界平均で現在比 13～23%年増 (2080s) 昇温の抑制により、3 戦略間では土壌流出の変化	世界平均で現在比 17～29%年増 (2080s) T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。	世界平均で現在比 20～32%年増 (2080s) 21 世紀中の昇温に伴い土壌流出は次第に増加していった。全体としては	世界平均で現在比 23～37%年増 (2080s)	戦略間差よりも大きい。耕作地化が進む SSP3 では土壌流出が大となる。	大きな土地利用変化を受け WAF の増加が極めて大きい。逆に降水の減る MED・CAS・TIB・では減少が大きくなる。

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2-BAU	SSP 間の違い	備考等
	を最も小さく抑え込むことが出来る。		BaU ケースに近い規模の土壌流出が生じていた。			
野外火災	世界平均で現在比 30～55% 増 (2080s) 昇温の抑制により、3 戦略間では野外火災の変化を最も小さく抑え込むことが出来る。	世界平均で現在比 40～69% 増 (2080s) T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。	世界平均で現在比 55～75% 増 (2080s) 21 世紀中の昇温に伴い野外火災は次第に増加していった。全体としては BaU ケースの 5～7 割程度の規模が見込まれた。	世界平均で現在比 89～120% 増 (2080s)	土地利用差にも関わらず SSP 間差は小さい。	CEU・SAH での増加が大きく、気候予測間の不確実性幅も大きい。
流出量	気温上昇が抑制される事で降水量変動等が小さくなるため、流出量 (水資源量) の変化 (GCM 平均値) は、3 つの戦略の中で最も小さい (SSP2 の 2080 年代の全球で +1.3%)。	T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。(SSP2 の 2080 年代の全球で +2.0%)。	3 つの戦略の中で流出量の変化が最も大きい (同 +3.5%)。	どの SSP でも 2080 年代は 2050 年代より流出量が増加し、T20S36 と比べて 2080 年代の変化率は全球で 2 倍弱くらいとなる。	——	戦略間の被害の差よりも、GCM による被害の不確実性幅の方が大きい。 地域別にみると、SAS、NAS、ALA、CGI で流出量の増加が比較的大きい。また、AMZ、MED では逆に減少が比較的大きい。
水ストレス人口	主に降水量変化の抑制により、3 戦略間では水ストレス人口変化を最も小さく抑えることが出来る。	T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。	21 世紀中の乾燥地での流出量の減少に伴い、水ストレス人口が増大する。	3 戦略と大きな違いは無い。	人口の将来見通しの違いによる不確実性幅は、戦略間差と比べ大きい。 SSP1 は 2050 年代よりも 2080 年代の人口がほとんどの場合で小さいため、水ストレス人も減少する。逆に SSP3 では 2080	流出量を水資源とみなすため、降水量が増加するケースほど一人当たり水資源量が大きくなり、「よい」と判断されることになる。 河川流量の傾向を受け、戦略間の差は小さく、地域差が大きい。なお、結果は人口シナリオ依存性が高く、人口増加の大きいシナリオ

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2-BAU	SSP 間の違い	備考等
					年代のほうが概して水ストレス人口は大きい。	ほど水ストレス人口の増加も大きくなることに注意が必要である。
洪水暴露人口	洪水暴露人口の増加が最小。世界計で現状比 500～2400 万人増 (2080s; SSP2)	世界計で現状比 1000～2800 万人増 (2080s)	世界計で現状比 1200～2800 万人増 (2080s) アジアにおいて、年代に伴う洪水暴露人口の増加が比較的明瞭。	世界計で現状比 2800～5000 万人増 (2080s)	人口の将来見通しの違いによる不確実性幅は、戦略間差と同程度またはやや大きい。	どの戦略も BaU と比べて 21 世紀後半の洪水暴露人口はかなり小さい。昇温量が大きい戦略ほど SSP 間での洪水暴露人口の地域別に見た場合、WAS 以外のほとんどのアジア地域、EAF・WAF で特に大きな増加。
洪水暴露 GDP	世界計で現状比 0.25 ～1 兆ドル (2080s) 3 戦略間では洪水暴露 GDP の増加率が最も小さい。	世界平均で現状比 0.4 ～1.2 兆ドル (2080s)	世界平均で現状比 0.6～1.2 兆ドル (2080s)	世界平均で現状比 1.1～1.6 兆ドル (2080s)	社会経済シナリオの違いによる不確実性幅は、戦略差と同程度またはやや大きい。昇温量が大きい戦略ほど SSP 間での洪水暴露 GDP の差が大きい。	どの戦略も BaU と比べて 21 世紀後半の洪水暴露 GDP はかなり小さい。WAS 以外のほとんどのアジア地域で洪水暴露 GDP の大幅な増加が見られ、特に EAS・SAS では、T25S36 の場合は 1,000 億ドル以上の顕著な増加幅が見られる。また、CEU、ENA、WAF・EAF でも洪水暴露 GDP の比較的大きな増加幅が見られる。
熱帯低気圧被害	T15S36 では気温上昇が抑制される事により、3 つの戦略の中で被害の増加率が最も小さい (2080 年代で約 100～150% 前後)。	T20S36 における被害の増加率は両者の中間となる。	T25S36 は、3 つの戦略の中では最も大きな被害の増加率を示している (2080 年代で約 200% 前後)。	2080 年代で約 200% 前後。GCM 幅も 3 戦略に比べて明瞭に大きい。	昇温量の小さい T15S36、T20S36 では、どの SSP でも世界集計した 2080 年代の被害は 2050 年代より小さくなる傾向がある。T25S36 では、一人当たり	戦略間の差よりも GCM による不確実性幅の方が大きい。

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2-BAU	SSP 間の違い	備考等
					GDP の伸びが小さい SSP3 の場合は 2080 年代と 2050 年代の被害の増加率は同程度である。	
海面上昇被害	T15S36 では気温上昇が抑制される事で海面上昇量が小さくなるため、全球 GDP 比で見た被害の上昇幅は、3 つの戦略の中で最も小さい (2080 年代で~0.005%強)。	T20S26 の被害は両者の間位である。	T25S36 は 3 つの戦略の中で被害の上昇幅が最も大きい (0.005%強~0.01%強)。	3 つの戦略と比べて気温上昇量が高く海面上昇量も大きい BaU では、どの SSP でも 2080 年代は 2050 年代より被害が増加し、T25S36 と比べて 2080 年代の被害は 2~3 倍弱くらいとなる。GCM 幅には 3 戦略との明瞭な差はない。	2050 年代と 2080 年代を比べると、最も海面上昇量が小さい T15S36 ではどの SSP でも 2080 年代は被害がやや減少する。一方、T25S36 では T15S36、T20S36 と比べて 2080 年代の海面上昇量が大きく、どの SSP でも 2050 年代と 2080 年代の被害はほぼ同程度または微増である。	戦略間の被害の差よりも、GCM による被害の不確実性幅の方が大きい。地域別にみると、USA、西ヨーロッパ、東南アジアで被害の増加幅が比較的大きい。
熱ストレス超過死亡数	適応を想定しない場合世界平均で現状比 200%弱増 気温の抑制により、3 戦略間では超過死亡増加を最も小さく抑えることが出来る。	世界平均で現状比約 200%増 T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。	21 世紀中の昇温に伴い、次第に超過死亡が増加していく。2080 年代には T15S36 の 1.5 倍程度の超過死亡増加が見込まれる。また、GCM 幅の上端は、BaU ケースの GCM 幅の下端程度の超過死亡増加に達する。	世界平均で現状比約 700%増 (2080s)	人口の将来見通しの違いによる不確実性幅は、戦略間差と同程度	人口増の差も反映し地域差が大きい。BaU では CAM・AMZ 等で極めて大きなリスク人口増。

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2-BAU	SSP 間の違い	備考等
マラリア	世界平均で現状比-60~-70% (2080s)	世界平均で現状比-48~-61% (2080s)	世界平均で現状比-38~-58% (2080s)	世界平均で現状比-2~-38% (2080s)	社会経済シナリオの違いによる不確実性幅は、戦略間差・GCM 幅のいずれよりも大きい。	2080s には、GDP 成長と緩和策を組み合わせると、かなりの流行リスク人口減。
貧酸素水塊体積	昇温の抑制により、3 戦略間では貧酸素水塊体積の増加あるいは減少を最も小さく抑えることが出来、GCM 幅が最も小さい。	T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。	昇温に伴って次第に貧酸素水塊体積が増加する。また、GCM 幅の上端及び下端は、BaU ケースの GCM 幅とそれほど変わらない。	現在期間からの変化を、世界全域でみた場合、BaU ケース (SSP2) では 2080 年代までに GCM 幅の上端で約 0.15 (10 ¹² m ³) 増え、下端で約 0.05 (10 ¹² m ³) 減少する。	———	海域別に見た場合には気候モデルによる不確実性幅が大きく、増加予測と減少予測が混在する。また、低緯度帯において GCM の不確実性幅が相対的に大きい。
海洋の輸出生産	昇温の抑制により、3 戦略間では輸出生産の減少を最も小さく抑えることが出来、GCM 幅が最も小さい。	T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。	昇温に伴って次第に輸出生産は減少していく。2080 年代には T15S36 の 1.5 倍程度の輸出生産の減少が見込まれる。また、GCM 幅の下端は、BaU ケースの平均値程度に達する。	現在期間からの変化を、世界全域でみた場合、21 世紀中の昇温に伴い、BaU (SSP2) では 2080 年代までに GCM 幅の上端で約 5%減少し、下端で約 13%減少する。	———	どの海域でも昇温が大きい方が減少率が小さいという点は共通だが、特に低緯度海域で減少が大きく、南半球高緯度海域では減少が小さい。

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2-BAU	SSP 間の違い	備考等
資源量指数	昇温の抑制により 3 戦略間では資源量減少を最も抑制し (現在比 2080 年代まで GCM 平均で約 0.15%)、南半球高緯度における抑制効果が特に高く現れる。	T15S36 と T25S36 の中間的な予測結果となる。現在比 2080 年代まで約 0.18%	資源量減少が高く現れ、2080 年代には T15S36 の 1.3 倍程度の資源量減少がみられる (現在比 2080 年代まで約 0.20%)。また、GCM 幅の下端は、BaU ケースの平均値程度に達する。	現在 (1995-2005) 比 2080 年代までで約 0.25%減少する。	—	北半球高緯度帯では GCM 間の不確実性が大きい。
ティッピング (グリーンランド氷床の融解)	2100 年までにティッピングポイント (工業化前比 1.0~4.0°C の一様分布を想定) を超過する確率は 21%。	2100 年までにティッピングポイントを超過する確率は 35%。	—	2100 年までにティッピングポイントを超過する確率は 84%。	——	閾値を超えた場合でも実際の問題 (大きな海面上昇とその被害) が生ずるのは数百年~数千年先になるため、この超過年を遅らせる効果の意義をどう解釈するかは議論が残る。
ティッピング (北極海夏季海氷の消滅)	2100 年までにティッピングポイント (工業化前比 2.2~2.7°C の一様分布を想定) を超過する確率は 13%。	2100 年までにティッピングポイントを超過する確率は 28%。	—	2100 年までにティッピングポイントを超過する確率は 90%。	——	

3) 「戦略」別の対策評価の比較

「戦略」別対策評価の叙述的比較

本報告書で評価対象とした3つの「戦略」(T15S36、T20S36、T25S36)について、4章での評価結果をふまえた比較を行う。

対策評価関連指標については、叙述的な特徴記述を表 5-3_1 で行い、さらに4章の評価結果群を直接参照しつつ、全体的な傾向として読み取れることをここでまとめる。

対策評価結果の「戦略」間比較

1. どの評価指標についても、3つの「戦略」(T15S36、T20S36、T25S36)の間で評価結果に明確な違いが見て取れた。 T15S36では、2050年代にほぼゼロ排出とすること、21世紀末には負の排出とすることを含め、早い時期から世紀末まで通して他の「戦略」(T20S36・T25S36)に比して大きな排出削減が求められ、その結果、T20S36の倍近くのGDPロス・消費ロスを覚悟しなければ達成がなしえないとの見通しが示された。あるいはモデルによっては、現実的な範囲を超えた排出削減であると見なされ、資源制約、対策技術の導入速度の仮定の差から解を示すことが出来なかった。また、モデル間で評価結果に幅はあるが、T20S36とT25S36の間でも、排出削減強度ならびにその実現のために受け入れが必要なGDPロス・消費ロスに、差異が示された。T25S36では21世紀前半に達成すべき排出削減量はT20S36に比して小さく、現状水準から微減(現状と同水準～10%減程度)で済むものと見込まれる。
2. どの評価指標についても、3つの異なるベースラインの社会経済発展経路(SSP1、SSP2、SSP3)の間で評価結果に明確な違いが見て取れた。 SSP2、SSP3と社会経済発展経路が持続可能性から遠ざかるにつれ「戦略」が必要とする排出削減によって生ずる損失は拡大する。T15S36については、SSP1ではどのモデルでも実行可能解を描きうるが、SSP3では実行可能解を示せないモデルが増えた。
3. 「戦略」の実現のために必要な排出削減量・GDPロス・消費ロスについて、世界を5地域に括った粗い地域区分で見た場合であっても、地域差があることが示された。 例えばGDP/消費損失については、BAUで化石燃料依存度の低い地域(OECD)で損失が低く、化石燃料依存度の高い地域(LAM,MAF,REF)では損失が拡大する傾向が共通してみられた。しかしながら、本報告書での「戦略」の分析は、あくまで世界全体で見て経済効率的に最適行動をとった場合に緩和目標を達成しうる排出削減量・経済ロスを示したものであり、地域間の削減責任の分配の公平性についてはこれまで検討をしておらず、国家間の富の移転政策等を別途検討する必要があることには、留意が必要である。
4. 最終消費エネルギーのBAUから各「戦略」への変化は、モデル間で差異が明確である。 これは、エネルギー消費の柔軟性に関する仮定、すなわちエネルギー需要の他要

素との代替可能性についての仮定の、モデル間差が影響している。この仮定の差は、T15S36 や T20S36 のような強い緩和目標の評価に際して特に重要になる。

5. 一次エネルギー供給構成については、原子力依存度、再生可能エネルギー重視などモデル間差が大きいことが示された。単一の「戦略」についての一次エネルギー供給構成のモデル間差異は、単一モデルによる3つの「戦略」間の差異よりも大きい。この差はモデル不確実性と捉えることもできるが、見方を変えれば、厳しい緩和目標に向かうにあたって、我々人類が採用しうるエネルギー供給構成には選択の自由度があることを示していると捉えることもできる。BECCS の導入パターンもモデルによって異なり、導入可能量と導入タイミングは自由度がある。ただし、大小の差はあるがいずれのモデルでも、いずれの SSP・戦略でも BECCS が必須な傾向を示す。CO₂ 制約を厳しくすると、導入時期が前倒しになる。
6. 野心的な緩和目標達成のためにはバイオマスエネルギー利用と食料需給の間で土地利用の競合が生ずることが一般的に心配されているが、ICA-RUS での複数の統合評価モデルを用いた分析によれば、モデルごとにみた場合には (エネルギー利用や経済活動に比べると) 世界全体では耕地面積推移に「戦略」間で大きな差が生じておらず、BaU からの変化も限定的であるとの見通しが示されている。ただし、地域ごとに見ると変化幅が極めて大きくなるケースもみられる。耕地面積の拡大可能性に関しては、不確実性が大きいことに注意が必要である。また、統合評価モデル分析では、水資源の物理的制約や生態系への影響等を考慮していないことにも注意が必要である。実際、食料・水資源・生態系モデルを用いた追加分析によれば、大規模バイオマス生産のための農地需要があった場合には、食料生産との競合、水資源の逼迫、生態系サービスの損失といった波及的な影響も懸念されることが示唆されている。
7. 産業部門影響における付加価値ロスについてみても、世界全体の GDP ロスと同様、各産業部門について T20S36 と T25S36 に差異がみられ、T20S36 の場合は早い段階で付加価値ロスがピークとなる一方で、T25S36 では今世紀末まで徐々にロスが拡大している。これは、T20S36 の方がより早期に大きな排出削減が必要になるためと考えられる。また、「戦略」間差に比して産業部門間では大きな差異がみられないが、理由としては、排出削減コストが相対的に大きい製造業部門のロスが経済活動を通じて緩和される一方で、その反動で他部門の付加価値ロスが増加してしまうからと考えられる。
8. バイオマス、CCS 導入制約、原子力の緩和策主要技術に制約がかかった場合、どのような変化が生じるかを評価した。SSP2 シナリオ・TG20_CS36 ケースで見た場合、全体的に経済に対する影響は小さく、特に消費に関しては 1%未満であった。ただし、CCS 制約は ASIA、REF、MAF で比較的大きな影響を持つ。また GDP に対しては REF 地域に対して 2%-3%程度の変化があった。再生可能エネルギーのコスト低下と導入可能量を緩和した場合、途上国に消費の増大が見られた。エネルギー技術では、

GRAPE ではバイオマスと CCS の補完関係が、MARIA でバイオマスと原子力間の代替関係が示されている。(※「制約」「緩和」の具体的な想定量については表 4-2-2-③_2)

9. 当初気候感度 3°C を想定して緩和政策を進めたうえで、21 世紀半ばになり気候感度が 4.5°C であったことが判明し、そこから 2°C の気候目標達成に向けて急遽緩和を強める想定での排出経路・GDP 損失等を調べたところ、途中での政策変更は損失上昇を生むことが示された。その損失は TG15_CS36 における損失を上回ることも注目されるべきである。これは、緩和策の遅延が、急激に大きな損失を後の世代に与えることも示唆するためである。

表 5-3_1 影響評価指標別の「戦略」の叙述的比較 (特段の記載のない場合は SSP2 で評価)

	TS15CS36	TS20CS36	TS25CS36	SSP2 と SSP3 の差	備考等
GHG 排出・削減率	<p>厳しすぎる制約により、現実的な解を示せないモデルも多い。特に、SSP3 (分断化社会) では GRAPE 以外は解を示せない。</p> <p>SSP2 で、CO₂ 排出を 2050 年にはほぼゼロとし、それを継続、21 世紀末には負の排出とすることが必要。</p>	<p>SSP2 で、CO₂ 排出を 2050 年までに現状比 4 割～6 割強削減し、その後削減を継続、21 世紀末には 6 割削減 (MARIA) ～ほぼゼロ排出 (AIM) あるいは負の排出 (GRAPE・EMEDA) の達成が必要。</p>	<p>SSP2 で、CO₂ 排出を今世紀前半にピークアウトしたうえで、2050 年位までに現状と同水準 (GRAPE) ～現状から 1 割程度の削減 (MARIA)、その後削減を強め 21 世紀末には 3 割 (MARIA)～10 割強 (GRAPE) の削減。</p>	<p>SSP2 から SSP3 となるにつれ、BAU と戦略ケースとのかい離は拡大。</p>	<p>モデルにより戦略ケースごとの制約の与え方が異なる (割引率の差や将来技術、特に CCS の導入可能性の設定の違い)。これが大規模削減の時期のモデル間の違いとして顕れる。GRAPE は 21 世紀末に近づくにつれ急激な削減経路を示すのに対し、EMEDA と MARIA は比較的早期の削減経路を示す。</p>
GDP・消費ロス	<p>(AIM では) 2060～2070 年位に最も GDP ロスが大きく、BaU 比 4%に達する。</p> <p>GRAPE では世紀末に向けて単調増加し 21 世紀末に 3.3%に達する。</p>	<p>21 世紀中に最も GDP ロスが大きくなる時期で、AIM2%、EMEDA8%、MARIA5%、GRAPE2%。なおその生起時期は違う。</p>	<p>MARIA と GRAPE では次第に GDP ロスが増加し、21 世紀末には 2%前後のロス。</p> <p>EMEDA では 2070 年位にピークがあり 3.5%。</p>	<p>SSP3 は損失が急増。</p> <p>TS20CS36 では、AIM・MARIA で 7～8%、EMEDA で 17%、GRAPE で 4%弱。</p>	<p>地域的には、LAM・MAF・REF で、BaU での化石燃料依存度が高いことから、ロス大。消費については GDP-MER 以上にモデルと地域間の結果の相違が顕在化する基本的傾向。厳しい供給制約のもとで、世界が均一に消費削減を行うか、あるいは最も弱い地域が集中的に負担を強いられることになるのかは、社会の将来像を描くうえで重要な論点。</p>
エネルギー消費・供給・技術	<p>AIM は特に 2030～40 年に最終エネ消費を強く抑制する必要。各モデルとも 2030 年段階から厳しい対策、すなわち、電源の急激な非化石</p>	<p>AIM・MARIA では GRAPE に比べて大きめの消費抑制が必要。</p>	<p>どのモデルでも極端な消費抑制は不要。</p>	<p>傾向は SSP2 と同じ。ただしベースラインは異なる。</p>	<p>エネ消費の柔軟性に関する仮定のモデル間差が大きい。一次エネ供給構成も原子力依存度、再生可能エネルギー重視などモデル間差が大きく選択の自由度が残る。</p> <p>GRAPE が CCS に対し大きな期待を寄せ今世紀末に世界的に負の排出を導くのに対し、MARIA はできるだけ早</p>

	化 (原子力、再生可能)、各部門の電化による電力需要増が開始される。				期に炭素排出を削減し、負の排出量となることを避ける傾向がある。AIM は両者の中間的であり、原子力ではなく再生可能エネルギーに期待を寄せている。
産業構造・地域別付加価値成長率への影響	—	各産業部門での付加価値の減少率は、SSP1 では最大 3%程度、SSP2 では最大 6%程度、SSP3 では最大で 15%程度となり、特に SSP3 において付加価値の大幅な減少がみられた。地域別では旧ソ連・アフリカでの減少率が特に高い。アジアの高成長率の急激な低下、アフリカにおける高成長の持続、先進国の低い成長率への収束がみられる。早期に GHG 排出削減を行うため、一部の排出削減費用増加に伴う成長率の低下が顕著である。	各産業部門の付加価値の減少率は T20S36 より低く、SSP1 ではほぼ 0%、SSP2 では各産業で最大 3%程度、SSP3 では各産業で最大で 6%程度となり、SSP3 においては依然としてやや高い減少率がみられた。地域別の差はそれほど見られない。アジアの高成長率の急激な低下、アフリカにおける高成長の持続、先進国の低い成長率への収束がみられる。		産業部門別影響を見た EMEDA 分析では、T15S36 には実行可能解を得られなかった。
土地利用・食料需給	戦略ケースにおいても、世界全体で見れば耕地面積、生産量、収率とも世界的には BAU から大きな差は発生せず、バイオマス利用と食糧供給の競合は深刻でないことが示唆されている。しかし、地域的には大きな差が発生している。これは収率が温暖化ケースごとに地域差が大きくなるという仮定に依存するためであるが、地域間の格差拡大の懸念を示唆するものである。			戦略ケース間の差は世界全体では小さいが地域ごとには拡大し、その傾向は SSP1 より SSP3 で顕著になる。	収率設定が悲観的な場合にはより大きな影響が生じる。