

# 地域における「脱炭素社会ビジョン」策定の手順

[Ver.1.2]

2021年4月

国立研究開発法人国立環境研究所

福島地域協働研究拠点



## はじめに

本文書は脱炭素社会を実現しようとする地域において、目標としての「脱炭素社会ビジョン」を策定することが有用であると考え、そのための考え方や手順をまとめたものである。手順においては既存の研究や京都市・滋賀県をはじめとするいくつかの地方自治体における「低炭素社会」ビジョン構築の実践を参考にしている。読者としては地方公共団体の企画部局・環境部局に加え産業・交通などの関連部局の担当者、脱炭素社会ビジョン策定を支援する専門事業者を想定しているが、脱炭素社会の実現に関心のある事業者、市民団体、教育関係者、学生など、行政担当者以外の人々にとっても有益な情報があるものと考えている。

これまでの地方公共団体における温暖化対策計画においては環境省より公開されている地方公共団体実行計画(区域施策編)策定マニュアルが標準的な手法として参照されてきた。本文書は現時点でこれを代替するものではなく、追加的に脱炭素目標達成の視点から検討すべきことを整理することで、同マニュアルを補完することを意図している。計画策定の担当者や業務受託者におかれては双方を参照しつつ、本文書を考え方の整理やチェックリストとして活用されることを推奨する。

脱炭素においては温室効果ガス排出量を実質ゼロにするという明確で定量的な目標が前提とされるため、脱炭素社会ビジョンにおいても排出量の計算は避けられない。本文書においても主要な部分の計算手法の例を紹介したが、実践にあたっては相当量のデータ収集と専門的な計算作業(及び、これらを担うモデル分析チーム)が必要となるだろう。これらの作業には相応の人的資源が内部にあるか、外部からこれを調達する必要がある。計算には専門的な知識が必要だが、脱炭素社会ビジョンの目的は脱炭素に向けた効果的で効率的な取り組みを立案・実施することであり、数値計算はそのための手段であることに留意されたい。

ここで示す手順は福島県大熊町において 2020 年度に活用され、策定された「大熊町ゼロカーボンビジョン」は 2021 年 2 月に公表されている。本文書でも事例として同ビジョンの概要を紹介する。

なお、本文中で参照する文献や統計データについては可能な限りインターネットで公開されており一般に入手可能な日本語の情報を選択したが、一部の専門的な内容については書籍、一般には無料公開されていない日本語の学術論文、英語で書かれた学術論文等も含まれる。なおインターネットで公開されている情報は全て 2021 年 2 月上旬にアクセスした URL を付記している。

最後に、脱炭素社会は社会の多くの側面、例えば住宅、交通、産業、エネルギー供給、土地利用などに関わり、これらに対して現状からの変更を迫る。しかし脱炭素による気候変動の緩和は地域の唯一の目標ではない。それぞれの分野にも課題があり、脱炭素化と同時にそうした課題を解決することも重要である。このような観点を取り入れた多課題解決のアイデアとして、「SDGs(持続可能な開発目標)」と「地域循環共生圏」の考え方を脱炭素社会ビジョンに活用する方法についても本文書の後半で簡単に紹介している。社会の各分野と否応なしに関連するという脱炭素の特徴を活用し、脱炭素社会を目指す取組がより良い地域づくりを進める契機となることを期待する。

## 謝辞

本文書は国立環境研究所課題解決型プログラム「災害環境研究プログラム」の「地域環境創生研究プログラム」による成果の一部である。また内容の一部に環境研究総合推進費(JPMEERF 20191002)の支援による成果を含む。加えて、大熊町役場企画調整課より情報提供を受けた。記して感謝の意を表す。

国立環境研究所福島地域協働研究拠点  
担当:地域環境創生研究室 五味 馨・大場 真

## 目次

1. 脱炭素社会ビジョン策定の概要 .....	2
(1) 地域で脱炭素社会を実現するための課題と脱炭素社会ビジョン策定の意義 .....	2
(2) バックキャストイング .....	4
(3) 意思決定と関連計画 .....	4
(4) 脱炭素社会ビジョン構築の体制 .....	5
(5) 全体の手順 .....	7
(6) フォローアップ .....	7
2. 脱炭素社会ビジョン策定の各ステップの内容と検討事項 .....	9
(1) 枠組みの設定 .....	9
(2) 対策候補の情報整備 .....	16
(3) 目標とする将来像の描写 .....	16
(4) 必要な施策・事業とシナジー・トレードオフの分析 .....	18
(5) ロードマップの作成と主体毎のアクションの整理 .....	20
3. 脱炭素対策の候補リスト .....	25
(1) エネルギー .....	25
(2) 非エネルギー .....	27
(3) 脱炭素対策技術の情報源 .....	27
4. 将来シナリオの定量化手法 .....	29
(1) 利用可能な将来シナリオの定量化手法と複雑性・難易度 .....	29
(2) エネルギーからの CO <sub>2</sub> 排出量推計の基礎的な考え方 .....	30
(3) 分野毎の定量化手法 .....	32
(4) 手法ごとのメリット・デメリットの考慮と適切な手法の選定 .....	46
5. 脱炭素社会づくりと多課題解決 .....	48
(1) 気候変動対策と SDGs: 相乗効果とトレードオフ .....	48
(2) 地域循環共生圏による「統合的アプローチ」 .....	49
6. 福島県大熊町「ゼロカーボンビジョン」の事例 .....	50
参考資料 .....	55

## 図表目次

表 1	枠組みの検討事項	9
表 2	脱炭素対策の分類	16
表 3	定性的な叙述項目の例	17
表 4	定性的な社会経済シナリオ叙述のキーワードの例	17
表 5	定量化の項目	18
表 6	主体の分類と主体ごとの役割の整理イメージ	24
表 7	エネルギー供給部門の脱炭素対策候補の例	25
表 8	エネルギー需要部門の脱炭素対策候補の例	26
表 9	非エネルギー部門の脱炭素対策候補の例	27
表 10	エネルギー分野の脱炭素対策技術の参考となる情報	28
表 11	各分野の将来シナリオ定量化手法の例	29
表 12	活動量とエネルギーサービスの分類の例	31
表 13	要因と脱炭素対策の対応の例	31
表 14	単純で簡易な手法と複雑で高度な手法の比較	47
表 15	脱炭素社会ビジョンを構成する要素と関連する SDGs のゴールの例	48
表 16	大熊町ゼロカーボンビジョンにおける枠組みの設定	50
表 17	大熊町ゼロカーボンビジョンにおける将来像の定性的な叙述	51
表 18	大熊町ゼロカーボンビジョンにおける将来の不確実性に関する記述	52
表 19	大熊町ゼロカーボンビジョンにおける定量化手法の選択	52
表 20	大熊町ゼロカーボンビジョンにおける取組別の 2030 年・2050 年の目標	54
図 1	「脱炭素社会」と GHG 排出量	2
図 2	脱炭素社会ビジョンの内容	3
図 3	バックキャストिंगの概念	4
図 4	地方公共団体における脱炭素社会ビジョン策定体制の例	5
図 5	脱炭素社会ビジョン策定の各ステップと組織の役割の例	7
図 6	フォローアップと軌道修正のイメージ	8
図 7	地域の温室効果ガス（GHG）排出の「スコープ」	10
図 8	交通のスコープの考え方	12
図 9	なりゆきシナリオ・対策シナリオの排出量の考え方の例	15
図 10	必要な施策・事業を体系化した例	19
図 11	単純化したロードマップの模式的な例	20
図 12	ロードマップの例	22
図 13	域内外からのエネルギー供給と排出量推計・CO <sub>2</sub> 排出係数算定の考え方	41
図 14	家庭用電気製品（2018 年度）と自動車（2020 年度）の残存率	44
図 15	建物の築年数と残存率曲線（2005 年、推定値）	44

図 16 地域循環共生圏の考え方による統合的アプローチの模式的な例 .....	49
図 17 大熊町ゼロカーボンビジョンにおける将来のエネルギー消費量・再生可能エネルギー供給量・CO2 排出量.....	53
図 18 大熊町ゼロカーボンビジョン 6つの「取組方針」と具体的な対策・プロジェクト .....	53

## 1. 脱炭素社会ビジョン策定の概要

### (1) 地域で脱炭素社会を実現するための課題と脱炭素社会ビジョン策定の意義

地域の脱炭素社会ビジョンとは地域において将来の実質 GHG 排出量をゼロまたは負にすることを目標として、この目標を達成した社会、すなわち脱炭素社会の状態を描写し、これを実現するために必要な技術・施策・事業・行動変容等を示した地域の計画である。

GHG 排出量を実質ゼロにするとは、排出量をゼロにするか、現状から大幅に削減して森林等による吸収量未満とし排出量を吸収量で相殺した状態をいう。前者を厳密なゼロカーボン、後者をカーボンニュートラル(炭素中立)と呼ぶこともある。「低炭素社会」では排出量を基準値よりも下げることが目標とし、その水準はまちまちであったが、脱炭素社会においては排出量が(実質)ゼロに固定されている点で、より明確かつ意欲的な目標といえる(図1)。なお、実際に策定される計画等が他の名称(例えば「ゼロカーボンビジョン」「地球温暖化防止計画」など)であっても上記の内容を備えていればここでいう脱炭素社会ビジョンに相当し、名称そのものは異なっても良い。

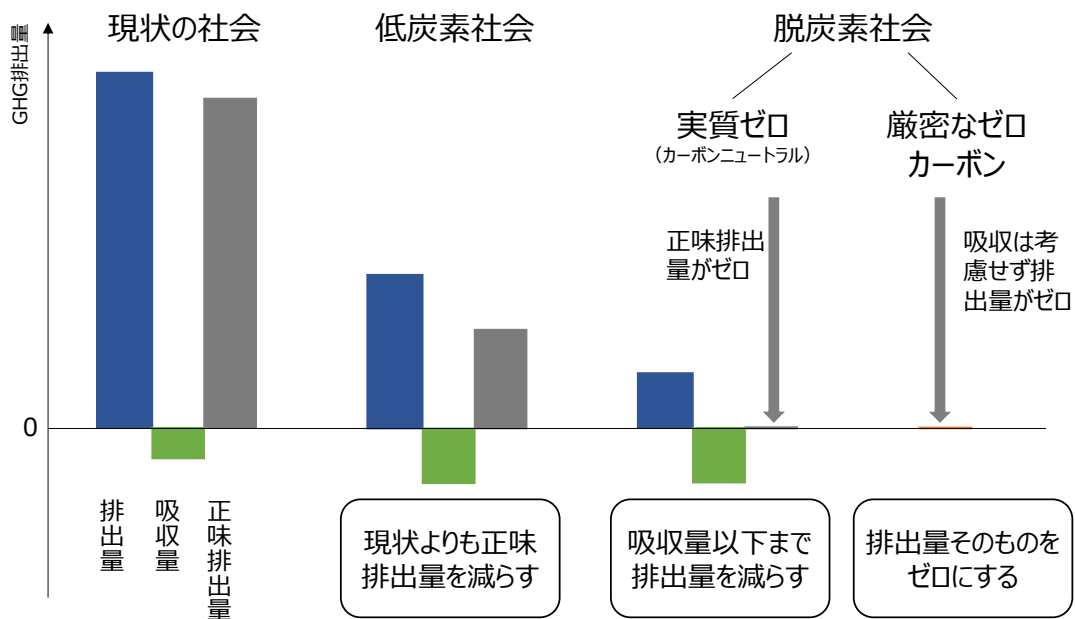


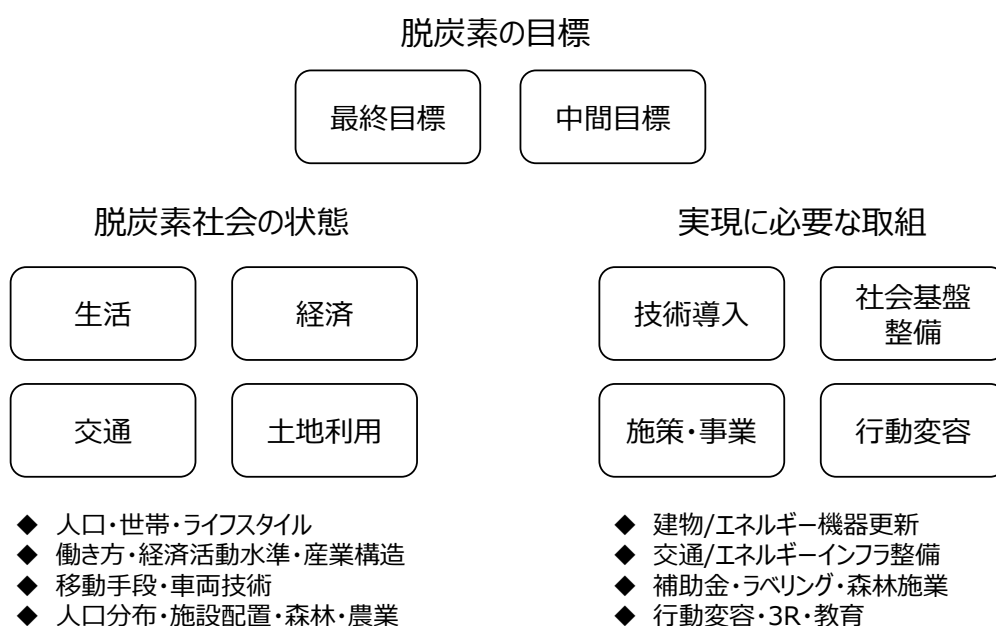
図1 「脱炭素社会」とGHG 排出量

「低炭素社会」では現状やなりゆきよりも排出を減らすことを目指しており、その排出量目標には幅がありえる。しかし「脱炭素社会」といった場合には排出量をゼロとする必要がある。ただしその場合にも吸収量と相殺してゼロとする「実質ゼロ」(カーボンニュートラルとも呼ぶ)と、排出量そのものをゼロにし、吸収は勘案しない「厳密なゼロカーボン」がある。環境省が支援して日本の地方公共団体が表明してきた「ゼロカーボンシティ」は「実質ゼロ」と「厳密なゼロカーボン」の双方を含んだものとなっている。なお、吸収量が排出量を上回り、正味の排出量が負になった状態を「ネガティブカーボン」と呼ぶことがある。また、地域の吸収量に排出権の購入や再生可能エネルギーの域外販売による他地域での排出削減を含むかどうかについて、日本国内で共有された取り決めはない。対象とする範囲については2.のスコープの議論を参照。

このように脱炭素社会では排出量に関する目標は明確である一方、そのための具体的な行動の決定は単純では

ない。まず温室効果ガス、特に化石燃料起源の二酸化炭素排出は社会の活動全体に強く関わるため、脱炭素目標を達成するための方策は多岐にわたり、多くの分野での行動が必要である。またそのため、行動主体も多くなり、行政(国・都道府県・市区町村それぞれに、多くの部局が関連する)、住民や域内での従業者、様々な産業の事業者や事業者団体(脱炭素技術の供給者でもある)、市民団体、教育機関などが役割を分担しなければならない。次に、主要な排出源であるエネルギー起源二酸化炭素排出量をゼロにするためには社会基盤や建物の更新を含めた大きな変革を必要とする。再生可能エネルギーによる発電所を建設するだけでなく、住宅等の建物の建て替えを伴う電化・省エネルギー化、公共交通機関や歩道・自転車道の整備、次世代型の自動車への入れ替えなどを大規模に行うことは数年の短期間では不可能であり、必然的に数十年の長期を要する。さらに、地域の自然地理や社会経済は多様であり、再生可能エネルギーの利用可能性、人口密度や都市構造の差異による建物や交通の構造、現に立地している産業構造、吸収源となり得る森林面積割合などの違いにより、必ずしも同じ対策が全国どこでも実行可能で効果的とは限らない。

そこで、脱炭素社会ビジョンは上記のような要因を整理して検討し、個別の具体的な行動を立案・策定・実行する根拠を与える。脱炭素社会ビジョンにおいては、社会・経済・技術の情報を収集し、将来の社会経済活動・脱炭素対策の導入強度・温室効果ガス排出量を根拠にもとづいて推計する手法を活用し、脱炭素の目標を達成した地域の姿を定性的・定量的に描写する。これにより、各々の地域においてどのような対策(群)が有効であり、またどのような主体により(誰が)、何年頃までに(いつ)、それぞれの対策を実施(何を)する必要があるかを示すことが出来る(図2)。



**図2 脱炭素社会ビジョンの内容**

脱炭素社会ビジョンは排出量の目標、めざす社会の状態、そのために必要な取組から構成される。2010年代終盤から多くの地方公共団体が行った「ゼロカーボンシティ」の表明はこのうち「脱炭素の目標」の「最終目標」を示したものと見てよいだろう。なおここに示した内容は全て例示であり、追加/削除があってもよいが、脱炭素目標の達成には少なくとも図中に示された内容の取組は必要になることが多いだろう。



## (2) バックキャストイング

多くの場合、脱炭素社会は現状の傾向の延長上では達成できないと推察される。また上記の通り「ゼロ」という目標が与えられている。さらにその達成には 10 年以上の期間が必要と思われる。このような、「現状の延長では達成できない長期的な将来の目標」の達成に向けた取組には、まず目標を達成した未来の状態を描き、次にそこから現状に至る道筋を探索する「バックキャストイング」の考え方が有用である(図 3)。そこで本文書においてもこの考え方を応用している。

バックキャストイング(「未来逆算方式」ともいう)を脱炭素社会ビジョンに活用する場合、前半部分ではまず将来に脱炭素目標を達成した地域の各分野の状態を描写する。生活・経済活動・交通・エネルギー・土地利用・農業・廃棄物などの各分野の活動状況や脱炭素対策が「このようになっている必要がある」ということを示す。そのためにはコンピューター・モデルを利用した定量的なシミュレーションの支援が必要になるだろう。各分野のシミュレーションには様々な方法があり、4. では技術的な難易度の異なる手法をいくつか解説する。

バックキャストイングの後半部分では前半に作成した未来像に到達するために現在から行うべきことを検討する。様々な脱炭素対策の実現に必要な期間から逆算して、対策導入のロードマップを作成し、中間目標を設定する。またこのときに主体ごとの役割も検討する。

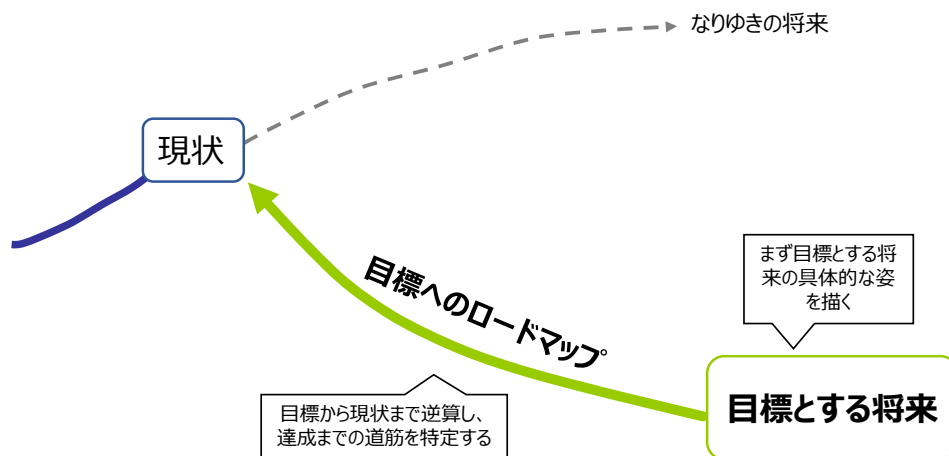


図 3 バックキャストイングの概念

脱炭素社会のような現状の延長にない目標には、蓋然性の高い未来を予測する(フォアキャストイング)方法は活用できない。そこで先に将来の目標を決めてしまい、現状まで逆算してなすべき行動を見出すバックキャストイングの考え方が必要になる。

## (3) 意思決定と関連計画

本文書では主に脱炭素社会ビジョン策定に係る技術上の諸課題を解説するものの、脱炭素社会ビジョンを地方公共団体において策定する場合、当然ながら住民の代表たる首長の意思決定が必要である。こうした行政手続き上の側面について以下のほとんどの部分では明示的に言及しないものの、脱炭素社会ビジョン策定そのもの、会議体の設置、目標の設定、脱炭素対策の内容、作成されたビジョンの決定など、各段階における要所では公式の意思決定がされることを前提としていることを承知されたい。

また、脱炭素社会ビジョンには地域社会の幅広い活動が含まれるため、地方公共団体がすでに策定している他の計画や実施中の事業との関係を整理しておく必要もある。懸念されるのは脱炭素社会ビジョンの内容と既存計

画の間に矛盾が生じることが多いが、多くの計画期間が 5 年程度であることに對して、脱炭素の目標は必然的に長期となるため、短期的には既存計画と整合する取組を脱炭素社会ビジョンに位置づけ、既存計画(例えば都市計画)の改定時には脱炭素ビジョンとの整合をはかるなどして対応が可能である。

#### (4) 脱炭素社会ビジョン構築の体制

地方公共団体が脱炭素社会ビジョンを策定するという意思決定がされたならば体制(組織とその役割、組織間の関係)の構築が必要である。図 4 に体制の例を示す。以下に説明する組織は機能の必要性から示すもので、機能を統合したり、さらに細分化した下位組織があったりしてもよく、また当然ながらこれらと異なる名称であってもよい。

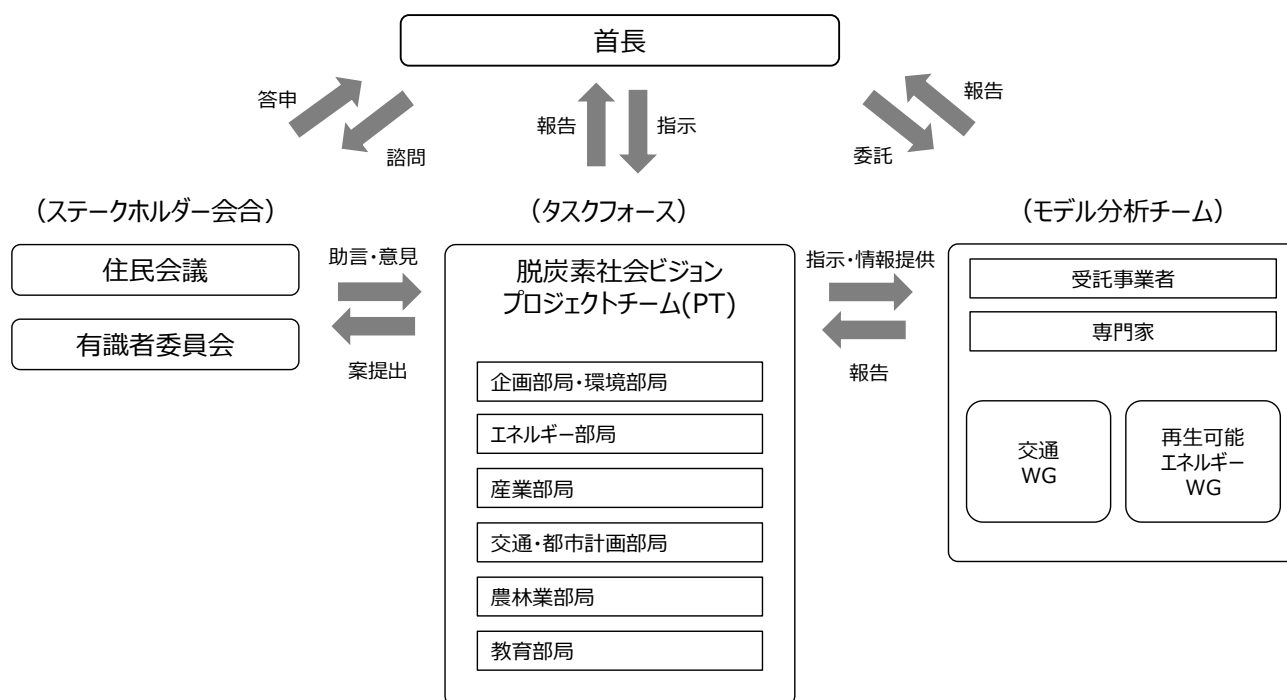


図 4 地方公共団体における脱炭素社会ビジョン策定体制の例

ステークホルダー会合、タスクフォース、モデル分析チームはそれぞれ本文中の説明に対応する。図の例では首長の直下にタスクフォースとして庁内のプロジェクトチーム(PT)を置き、PT がステークホルダー会合・モデル分析チームそれぞれとの窓口になる体制としている。また首長はステークホルダー会合(図では住民会議・有識者委員会)に諮問し、これに対し PT を事務局とする会議・委員会が答申する形としている。地方公共団体では総合計画の策定などで同様の体制をとることは一般的と思われるが、脱炭素社会ビジョンの特徴としては PT に産業、交通などの脱炭素対策に関係する部局が入る必要があること、また専門的なシミュレーションを利用した計算を行うためモデル分析チームを置くべきことなどが挙げられる。モデル分析チームでは専門のコンサルタントに委託しつつ、地域内や近隣の専門家が直接参画して作業をガイドすることで、各地域の事情をより適切に考慮した分析が可能になるだろう。

#### ・タスクフォース

地方公共団体の担当者などからなり、ビジョン策定の中心となって全体のプロセスを進行し、必要な判断を行い、首長や議会に状況と成果を報告する。地方公共団体の企画部局・環境部局の担当者と、特に脱炭素と関係の深

いエネルギー・産業・都市計画・交通などの担当者から構成されることが望ましい。後者についてはビジョンが策定されたのちにその施策の実施を担当することになるため、予め初期からこれに参画することで実現可能性の高いビジョンとなることが期待される。またこれらの分野における現行の施策・事業・計画等との整合をはかるためにも必要とされる。後述のステークホルダー会合においては事務局としての機能を果たす。タスクフォースの主担当者は脱炭素社会ビジョン策定プロセスの要として全体の進行と調整を担う重要な役割である。

#### ・モデル分析チーム

脱炭素社会ビジョンの目的を達成するためには将来の GHG 排出量・排出削減量・吸収量を定量的に検討する必要がある。またその前提として将来の社会経済活動についても定量的に把握しなければならない。そこでバックキャストिंगの考え方にもとづきつつ、地域の特徴や状況に適した計算を行うため、情報を収集し計算・分析を実施するチームを結成する。チームは必ずしも公式な会議体とする必要はなく、実体があればよい。多くの場合、モデル分析チームは専門的な知識・技術・情報を持つコンサルタントや研究機関が中心となるだろう(地方公共団体の職員にこれを行う技能があり、人員配置が可能であれば、庁内で内生することにも何ら問題はない)。モデル分析チームはタスクフォースと緊密に協力して、その指示のもと、データを収集し、分析に利用する定量化モデルを構築し、現状分析と将来推計を行い、結果を分析し、これを報告する。脱炭素社会ビジョンは社会の様々な側面に関連するため、モデル分析チーム内にさらに細かく分けたワーキンググループ(WG)を設置することが有効な場合もあるだろう。例えば交通や再生可能エネルギーなどがその対象になりえる。

#### ・ステークホルダー(利害関係者)会合

外部の専門家、住民、地域内の事業者、その他の利害関係者からなる会議を設置し、タスクフォースがこれに対してビジョンの方針・進捗・成果を報告し、会議の意見を取り入れてビジョン策定を進める。すでに多くの地方公共団体が計画策定の際にこうした手順を取り入れており、専門家の助言を得たり、地域の住民や関係の深い事業者・団体が策定の過程に参加したりすることで、地域の主体にとってより望ましい将来の地域の姿を反映したビジョンを策定するとともに、ビジョンにもとづく事業の実施をより確実に効果的なものとするのが期待される。また、これもすでに行われているように、目的に応じて複数の会合を設置することも可能である。例えば専門的な助言を求めるための有識者委員会と、これとは別に幅広く一般の住民や地域内の事業者の意見を取り入れるための意見交換会を開催する、といった例がある。

こうした計画策定においては調査、資料作成、会議運営などの業務を支援させるために外部のコンサルタントを利用するケースが多いだろう。この場合、受注者はタスクフォースとモデル分析チームの一部としてそれぞれ活動することになる。図4の例ではタスクフォースの役割を果たす組織として庁内の関連部局からなる脱炭素社会ビジョンプロジェクトチーム(PT)をおき、ステークホルダー会合として住民会議と有識者委員会をそれぞれ設置し、モデル分析チームは受託事業者と専門家が協力する体制とし、さらに交通WGと再生可能エネルギーWGを置いている。実際の作業上はPTの主たる担当者モデル分析チームは相当緊密に(例えば週に一度の会合をもつなどして)連携する必要があるだろう。

## (5) 全体の手順

チームの体制が出来たら(あるいはチームづくりと並行して)次の手順で脱炭素社会ビジョン構築を進める(図 5)。3)では、通常、モデル分析と議論を複数回繰り返す必要があるだろう。手順については2. で詳しく解説する。

- 1) 枠組みの設定
- 2) 対策候補の情報整備
- 3) 目標とする将来像の描写(定性的・定量的)
- 4) 必要な施策・事業とシナジー/トレードオフの分析
- 5) ロードマップ作成と主体毎のアクションの整理

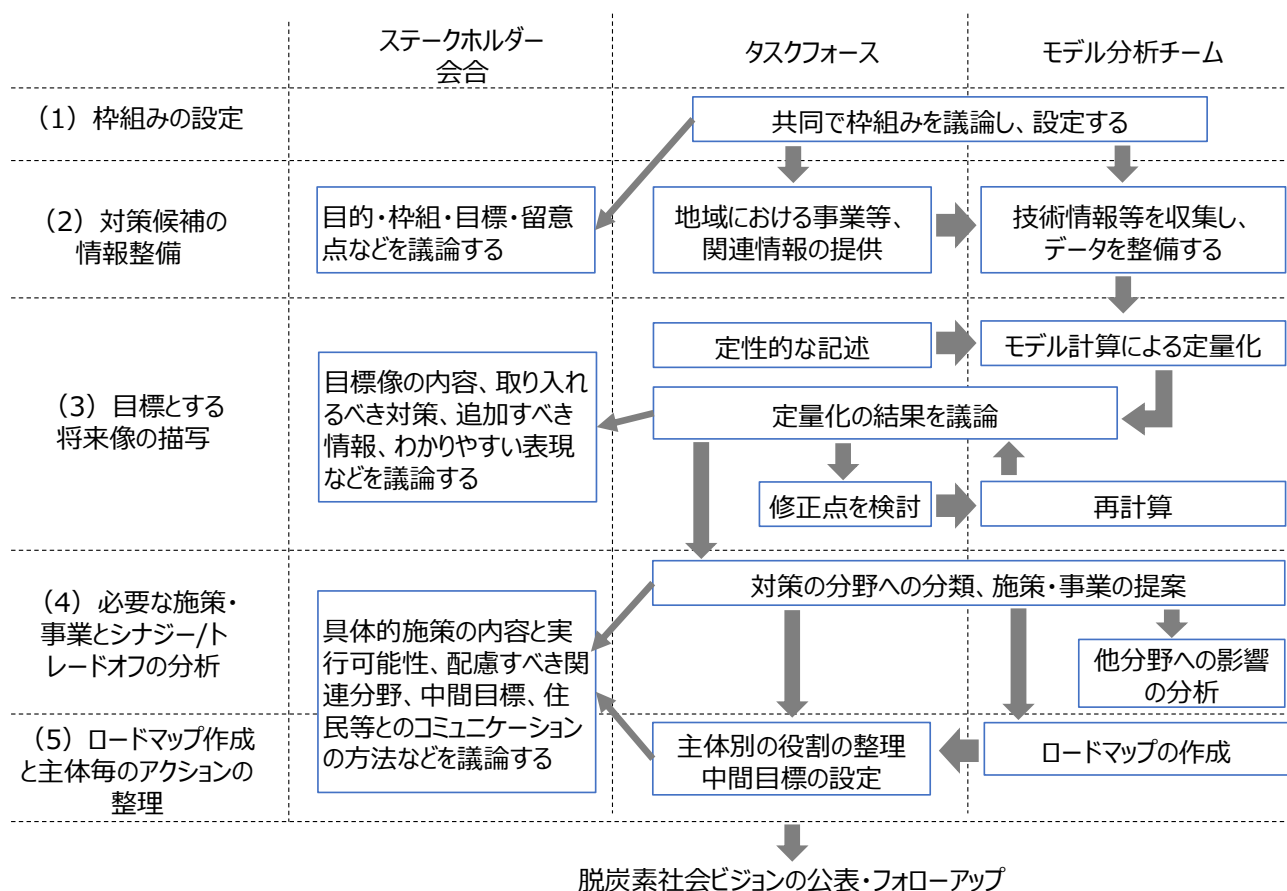


図 5 脱炭素社会ビジョン策定の各ステップと組織の役割の例

図に示した例では組織・体制は出来ているものとしている。タスクフォースとモデル分析チームは密に連携して作業を進め、ステークホルダー会合は3回程度の開催としている。またおおよそ一年間のスケジュールを想定している。

## (6) フォローアップ

長期的な将来にわたる行動計画には必然的に不確実性が伴う。脱炭素社会ビジョン実現への道のりは必然的に長期的になるため、目標年に到達する前に随時、進捗状況・達成状態を確認し、ビジョンや対策の内容を見直していく必要があるだろう。社会経済の状況は当初想定どおりに進展するとは限らず、また技術革新により新たに利用可能となる対策や、逆に見通しよりも開発が遅れる技術もありえる。激甚な自然災害や新型コロナウイルス感染

症のように社会に極めて大きな影響を与える外力の発生は事実上予期できない。そこで数年おきに進捗確認を行ったうえで、新たな状況を反映して上記(1)～(5)を再度行い、導入すべき技術や施策を再検討する必要がある。これを繰り返して軌道修正しながら施策・事業を進めていくことで、漸近的に長期的な目標に近づき、最終的に脱炭素への到達を目指すことが出来る(図 6)。

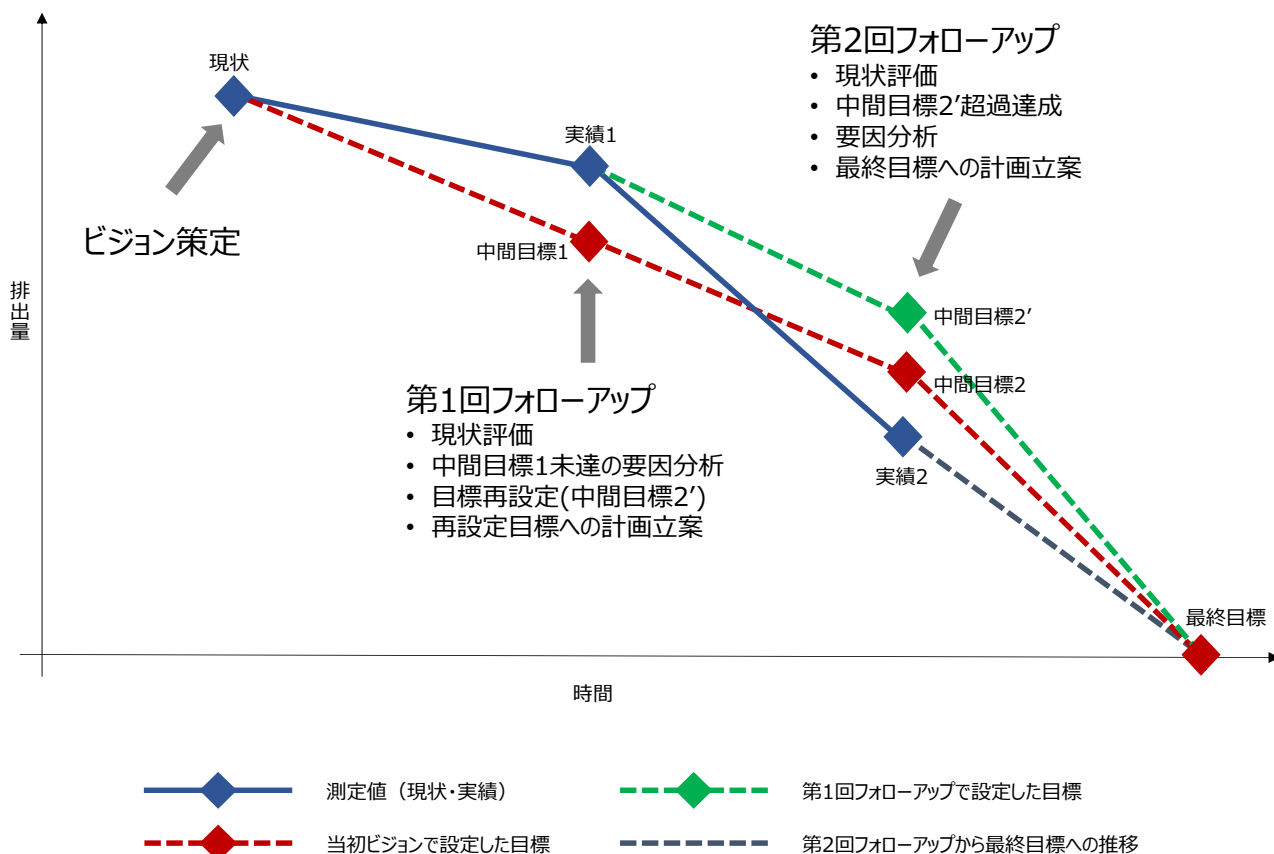


図 6 フォローアップと軌道修正のイメージ

図の例ではビジョン策定から最終目標までの間に 2 回のフォローアップを行っている。第 1 回フォローアップでは当初設定した中間目標 1 が達成できなかったため、改めて計画を立案し、最終目標はそのままに、当初計画の中間目標 2 を中間目標 2' に設定しなおしている。第 2 回フォローアップでは中間目標 2' 以上に排出量を削減することが出来たため、最終目標は変更なく達成を目指している。

◆ 定量化手法を活用した将来分析の参考文献

European Environment Agency (2001) Scenarios as tools for international environmental assessments, Experts' corner report Prospects and Scenarios No 5.

[https://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_24](https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_24)

越智雄輝、五味馨、福田堯、島田幸司、松岡譲(2010) バックキャスティングアプローチに基づいた体系的な低炭素社会シナリオ構築手法の開発、環境システム研究論文集(土木学会論文集 G(環境))、38、pp109-118.

## 2. 脱炭素社会ビジョン策定の各ステップの内容と検討事項

### (1) 枠組みの設定

まず脱炭素社会ビジョン全体に係る枠組みを検討する(表 1)。以下、各項目について、一般的な留意点と検討事項を示した。なお、排出量・排出量目標は年単位で把握・検討すること、一般的に入手可能な情報源を基本として検討を進めることを前提としている。

表 1 枠組みの検討事項

枠組みの要素	検討事項
①基準年	現状として参照する時点。近年に地域の社会経済活動、エネルギー、GHG 排出に係る大きな動きがあった場合には検討が必要。
②目標年	総合計画、人口ビジョン等の既存計画との整合性
③対象の範囲	「スコープ(1~3)」(特に交通、その他の間接的な排出)
④排出目標の定義	域外との再エネ売買、排出権取引
⑤社会経済シナリオの設定	シナリオ数、人口・世帯等の見通しと目標、経済活動の推移と産業誘致などの方針
⑥対策シナリオの設定	シナリオ数、導入する対策の方向性、再エネ供給が不足した場合の方針、社会経済シナリオとの組み合わせ方

#### ①基準年

計算の基準となる「現状」を把握し、将来の参照とする年。なるべく最近の年が望ましいが、主要な統計データの入手可能な年次を選ぶ。典型的には直近の国勢調査年。ただしその後に地域社会の活動や GHG 排出に大きな動きがあった場合にはより新しい時点としたほうがよいことがある。大きな動きとしては人口や経済活動に大きな影響を与える大災害、大規模な産業施設(工場や発電所)・商業施設(ショッピングモール等)、業務施設(官公庁の庁舎や大学等)の新設や廃止、地域の主要な公共交通機関の運行開始や終了、大規模住宅団地の入居開始などが挙げられる。特に東日本大震災とこれに伴う原子力発電所事故の被災地のように、避難により一時的に社会経済活動が極めて小さくなった地域ではその期間を基準年とすると、目標年との参照にあたり不都合であるから、この場合には災害以前の年次を参照用の基準年とすることが比較の上では適切な場合もあるだろう。

#### ②目標年

脱炭素を達成する時期が目標年である。通常、大きな変革が必要となることから、現状から 20 年程度以上の期間をとることが望ましい。一方であまりにも遠い将来時点(例えば 100 年後)とすると現在からの道のりが見通しづらくなることや、そもそも気候変動緩和のため早期の大幅な排出削減が求められていることから好ましくない。また、目標年までの途中時点で中間目標となる時点を設定することで、現状から目標年までの経路を示し、取組開始後の進捗確認にも役立つ。他に地域や国における既存の構想・計画・目標との整合にも配慮すべきである。2021 年現在で脱炭素社会ビジョンを作成する場合の具体的な設定として、約 30 年後の 2050 年を最終目標年とし、2030

年・2040 年を中間目標年とする、といった例が挙げられる。

### ③対象の範囲

各々の地域が GHG 排出削減に取り組むにあたっては、現状把握・目標設定・行動立案・進捗管理のため、各地域の活動に関連する排出のうちどの部分を当該地域の目標において対象とするかを決定する必要がある。国を単位とした場合には IPCC が中心となってインベントリ・ガイドラインを作成し国単位の排出の範囲を定めているが、日本において現状では脱炭素社会を目指すにあたり地域ごとの排出量を算定する統一されたルールはない。そこで当面は各地域がそれぞれ決定する必要がある。

地域の排出を考えると、現実の社会では地域の境界をまたいでさまざまな活動が行われているため、域内外との関係の処理が重要である。この点に着目した地域の GHG 排出源は一般的に「スコープ(範囲、Scope)」として1～3に分類され、国際的にもしばしば利用されている(図7)。

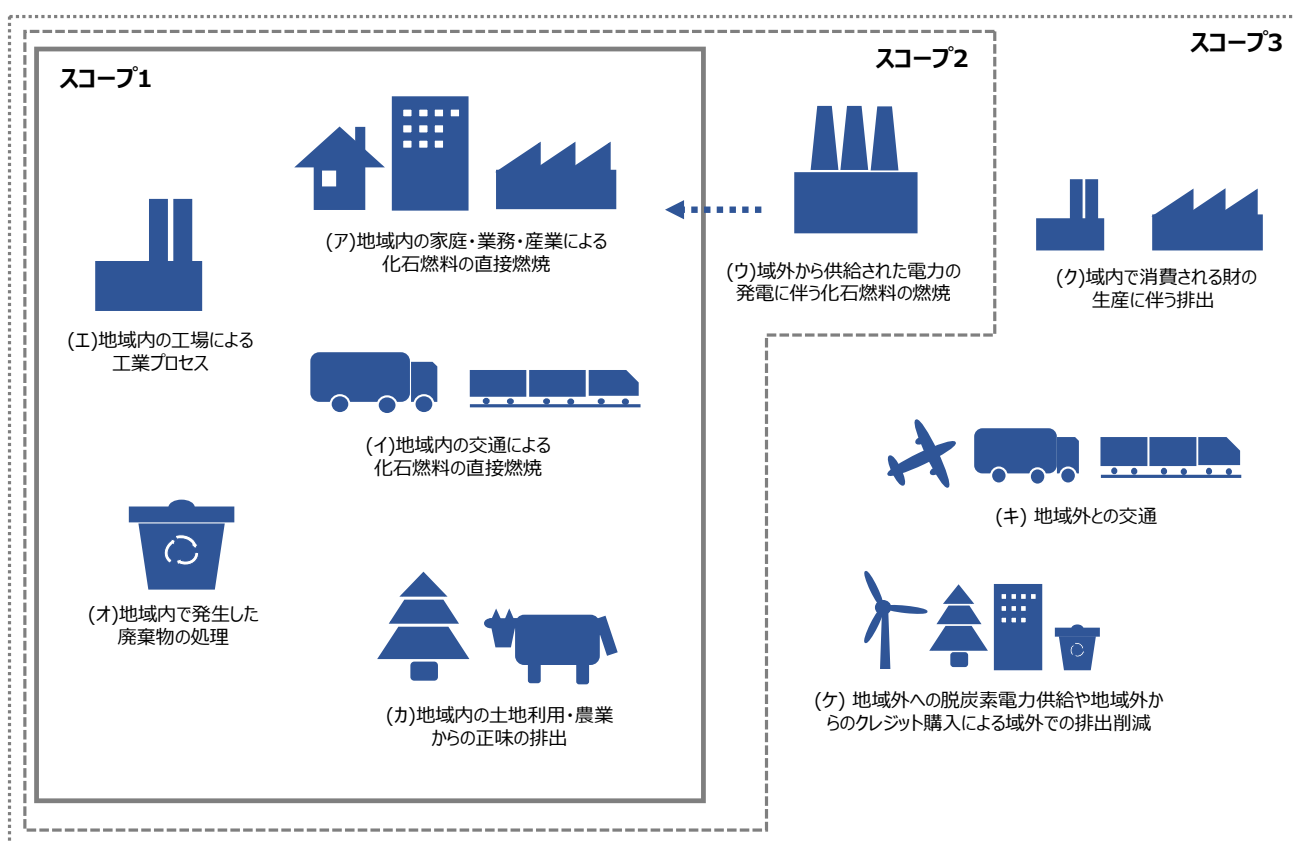


図7 地域の温室効果ガス(GHG)排出の「スコープ」

スコープ1の境界は対象地域の境界(地方自治体であれば通常は行政界)を示す。ある GHG 排出の責任がどの地域にあるかを考える場合には地域内での活動をなるべく完全に含みつつ、境界をまたぐ場合には排出量の点での重要性、把握の可能性、地方行政の統治が及ぶ範囲などを勘案して決定する。出典: Greenhouse gas protocol (2014) Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories をもとに作成。

図7のスコープ1のように、単純に地域内での直接的・物理的な GHG 排出量のみを対象とすることは多くの場合適切ではない。国と比べて開放的な地方自治体においては GHG 排出に関連する活動が地域外と関係することが多く、例えば地域内に発電所がなければ域内の電力消費からの GHG 排出は域外でされるから、地域内での

節電の努力は排出量削減に反映されない。逆に地域内に化石燃料の火力発電所があれば域外の電力需要に対して大きな域内での排出が発生する。交通は頻繁に行政界をまたぎ、通過交通もある。廃棄物の処理もしばしば広域で行われる。そこで考え方としては、次の各点に配慮すべきである。すなわち、

把握可能性(availability):その排出に係るデータが入手可能であること

制御可能性(controllability):地方政府(地方公共団体)のガバナンスが及ぶこと

関連性(relevance):地域における排出削減の努力が反映されること

整合性(consistency):全ての地域が同じ考え方をとった場合に漏れや重複がないこと。

結果として多くの場合、スコープ 2 を基本として、図の(ア)～(オ)となり、森林による炭素吸収も考慮する場合には(カ)に広げる。スコープ3について域外での交通(キ)はすぐあとに、域外での排出あるいは排出削減分を対象とする(ク)(ケ)の考え方は④で後述する。

(ア) 地域内の家庭・業務・産業による化石燃料の直接燃焼による CO2 排出

(イ) 地域内の交通による化石燃料の直接燃焼による CO2 排出

(ウ) 域外から供給された電力の発電に伴う化石燃料の燃焼による CO2 排出

(エ) 地域内の工場による工業プロセスからの GHG 排出

(オ) 地域内で発生した廃棄物の処理に伴う GHG 排出(域外に搬出して処理される場合も含む)

(カ) 地域内の土地利用・農業からの正味の GHG 排出(森林による吸収も含まれる)

(キ) 域外との交通に伴う GHG 排出

(ク) 域内で消費する財の生産に伴う GHG 排出

(ケ) 地域外への脱炭素電力供給や地域外からのクレジット購入による域外での排出削減

ここで交通について、上記(イ)の交通は「地域内主義」であり、すべての交通の地域内部分(道路や線路の上に排出量を帰属させる)を対象とする。これは地理的範囲の明瞭さが利点であるが、通過交通のように、地域としてほとんど制御の出来ない活動が含まれる点が問題となる。交通の対象範囲は他にも考え方があり、例えば「出発地主義」であれば、出発地が地域内である交通を全て対象とする考え方である(域外から域内への交通は含まれない)。図のスコープ 3(キ)の一部を含む形になる。他に「居住地主義」として住民の交通を目的地や経路を問わず対象とする考え方、「発着地主義」として出発・到着の双方を対象としてその半分(それぞれ到着地・出発地と折半する)とする、さらに域外との交通は対象外として地域内で完結する交通のみを扱う、などの考え方がある。

選択にあたっては地域の現在の交通政策、地方公共団体としての制御の可能性、データ入手の可能性、地域の交通からの排出の特徴(主要な排出源を含むことが望ましい)などを考慮して決定する。ここで地域の現在の交通政策との関係を例示すると、多くの観光客が域外から流入するような地域では、来訪者の交通そのものが地域の重要な行政課題となりえるだろう。ここで観光客の公共交通機関利用を促進するような施策があった場合、これには脱炭素の効果もある。このとき観光客の交通による排出を対象範囲に入れていれば、その脱炭素効果を示すことが出来る。このような地域の事情を踏まえて交通の対象範囲を検討することが望ましい。



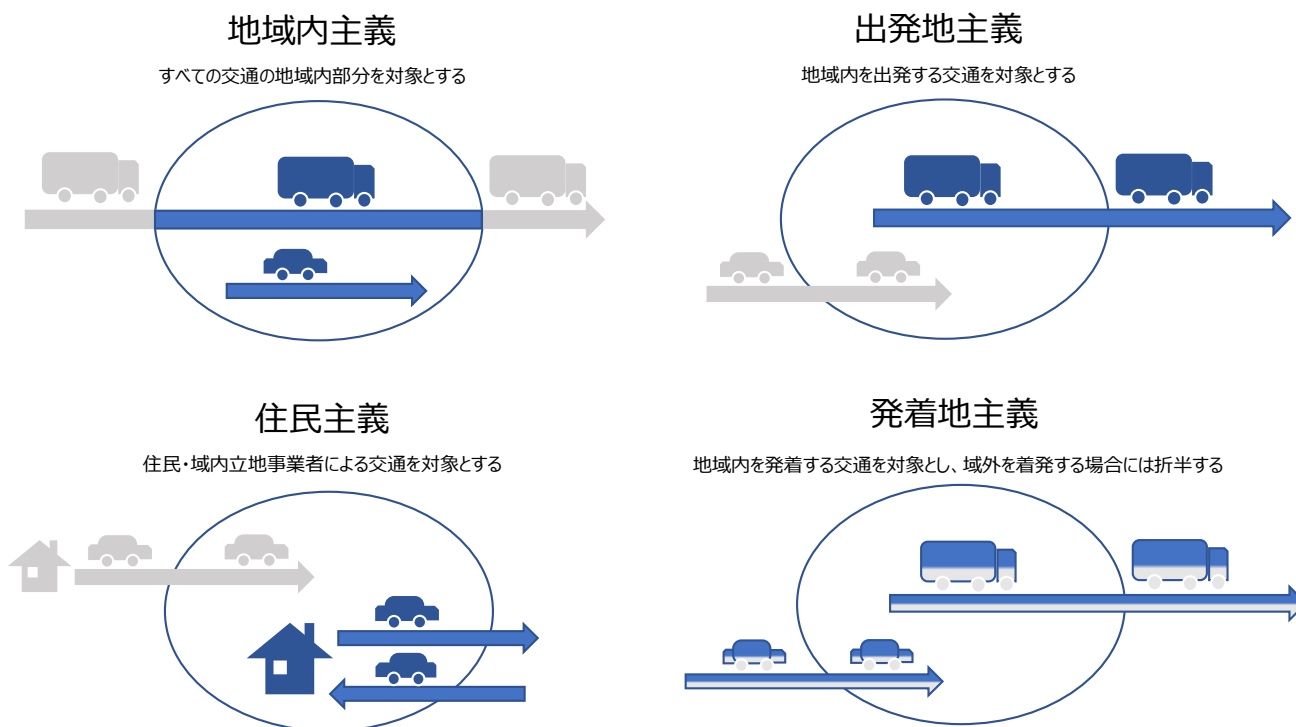


図 8 交通のスキープの考え方

交通は一つの地域の中では完結しないことが多いため、特に地域で脱炭素の取組を進める場合には対象範囲の検討が必要。空間範囲、居住者、出発地・到着地と、それぞれ考え方が異なる。選択にあたって重要な視点はスキープ全体と同様であり、把握可能性、制御可能性、関連性、整合性を検討する。地域の事情によってはさらに自動車交通だけを対象とする、住民に加えて観光旅行者の交通も対象とする、交通については周辺の地方自治体と協力して広域で取り扱う、などの工夫が必要になることもあるだろう。

#### ④排出目標の定義と域外との関係

スキープの(ケ)では域外での排出削減を示している。具体的には排出権(例えば植林による炭素吸収)や再生可能エネルギーで発電した電力(再エネ電力)によって、域内の事業者等(地方公共団体も含まれる)が他地域の事業者等にこれらを売った場合の他地域における削減量、またこれらを買った場合の自地域の排出削減量を考慮するかどうか、である。全体の整合性の観点からは、電力を購入した地域ではスキープ2、植林で炭素吸収をした地域ではスキープ1にそれぞれ含まれており、同じアプローチを全ての地域がとった場合に排出量の合計が全体と一致しない。削減量の観点ではこのように両地域で削減量に計上されてしまうことを二重計上(ダブルカウント)という。また特に排出権取引を利用する前提での脱炭素目標は自地域内での取組を軽視しているという誤ったメッセージととられる恐れもある。そこで域外との排出権取引、再エネ売買について、脱炭素目標達成のために残余の排出量を域外との売買により相殺することを認めるか、あくまで域内での自力達成を目指すかを検討しておく必要がある。一方、域外への再エネ電力の販売そのものは、再エネ資源とエネルギー需要は空間的に一致しないことから必然的である。再エネ資源の相対的に豊富な地域(多くが人口密度の低い農山漁村)からエネルギー需要が相対的に大きな地域(多くが大都市)への再エネ電力販売の推進は、日本全国の脱炭素化の点で必要であり、地域資源を活用した地域経済への効果の点でも推奨される(5. の地域循環共生圏の解説も参照のこと)。そこで、整合性を重視しつつも再エネ電力の地域間売買による環境上の効果をその発電地域において示す

には、スコープ2で地域の排出量目標を定めつつ、これと並行していれば「別枠」で地域外の排出削減への貢献量を提示する、といった方法があるだろう。

図2のスコープ3(ク)では域内で消費される財の生産に伴う排出を示している。製品のライフサイクル的な思考によるGHG排出削減を推進するためには、消費者が製品やサービスを選択する際にその製造・提供に伴うGHG排出の少ないものを選ぶことが効果的だろう。SDGsのゴール12ロゴでも「つくる責任・つかう責任」と端的に表現されているように、製品・サービスの利用者の行動に働きかけることは脱炭素社会の実現においては重要な課題である(同ロゴのオリジナルである英語版では”Responsible consumption and production”であり consumption(消費)が先に書かれている)。また、事業者が自社の製品・サービスの生産に伴うGHG排出をその調達先(サプライチェーン)まで遡って削減する取組も存在する。しかしながら、地方公共団体の計画としての脱炭素社会ビジョンをみたとき、消費ベースのGHG排出に関する研究はあるものの地域においてはその把握が困難であること、地域外の事業者のGHG排出について地方政府が影響を及ぼすことが難しいこと、さらにその生産地ではスコープ1に入ることから、政策のターゲットとしづらく、現時点ではこのようなアプローチによる脱炭素社会ビジョンの策定は効果が限定的なものにとどまる可能性がある。

#### ◆スコープの参考文献

Scott Kennedy, Sgouris Sgouridis (2011) Rigorous classification and carbon accounting principles for low and Zero Carbon Cities, Energy Policy, 39(9), Pp 5259-5268.

Greenhouse gas protocol (2014) Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories.

<https://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>

#### ⑤社会経済シナリオの設定

社会経済シナリオとは目標年にかけての、人口、世帯、経済活動水準、産業構造、ライフスタイル、土地利用、交通構造などの社会経済要因の変化である。これらの要因はいずれもエネルギー消費やGHG排出に影響を及ぼすため、脱炭素対策を検討するための前提として設定しておく必要がある。設定の方法としては既存のこれらの分野における地域の計画や目標を活用する、外部の将来推計を参照する、新たに目標とすべき将来の社会経済状況を検討する、などの方法がある。

また、脱炭素対策を実行した場合には産業構造や消費、交通等にも無視できない大きさで影響することが考えられ、これを含めて検討する場合には脱炭素対策をとらない場合の社会経済シナリオを予め作成し、これに対して脱炭素対策の影響を検討する(結果として社会経済変数が変わる)という手順となる。

さらに社会経済シナリオと脱炭素対策を一体化させて検討することも可能である。脱炭素対策は多くが経済活動でもあり、日本国政府の「グリーン成長戦略」や諸国による新型コロナウイルス感染症によって損害を受けた経済活動の「グリーン・リカバリー」などは環境対策と経済活動の好循環や一体化を目指したものといえる。とはいえ、以下に示すように対策シナリオの作成には相応の時間を要すること、排出量推計の手法としては社会経済活動を与件(与えられた条件であり、変更しない)とすることが最も容易であることなどから、多くの場合にはいったん社会経済シナリオを固定し、そのもとで技術導入等が行われる対策シナリオを作成し、最後に対策を行った場合の経済効果を分析する、という手順が実施可能な選択肢になるものと思われる。

また、さらに踏み込んでSDGsや地域循環共生圏の考え方を取り入れ、多課題の同時解決を目指すアプローチ

もある。脱炭素達成は社会の多くの分野に係るため、総合的な視点で望ましい地域の将来像(例えば人口維持、経済活動の活性化、防災など安全の確保、良好な景観や生物多様性の保全、資源循環など)を描く一環として脱炭素を位置付ける、という考え方(「統合的アプローチ」という)も可能である。その場合には、様々な方策(例えば特定の産業の誘致)が人口、経済、防災、自然環境、エネルギー、脱炭素などのそれぞれにどのような効果があるかを検討・分析することになる。そのため統合的アプローチによる将来ビジョン構築は脱炭素よりもさらに広い視野と複雑なシステム思考が要求される。計画立案業務上の負担は高くなるが、事実として様々な課題の間には関連があり、住民にとってよりよい地域の実現を目指す視点からは益が多く、部分的にでも取り入れることを推奨する。統合的アプローチについては5. で改めて解説する。

## ⑥対策シナリオの設定

「対策シナリオ」は社会経済シナリオのもとで脱炭素対策をどのように導入するかを示すシナリオである。これに対して対策の導入を行わない場合を「なりゆきシナリオ」のように呼ぶ。バックキャストの考え方では目標の達成は与件であるから、対策を実施して目標とする将来像を実現するシナリオ(ここでは「脱炭素シナリオ」と呼ぶ)の他になりゆきシナリオを作成することで、両者を比較し、その差から必要な対策やその効果を把握することが出来る。なりゆきシナリオ、対策シナリオのそれぞれについて、細かい考え方の違いによりさらにいくつか分類することが出来る。対策強度の違いによるシナリオ分けのイメージを図9に示した。

### ・ なりゆきシナリオの種類と考え方

「なりゆき」についても異なる考え方があり、分析の必要性に応じて選択する。例えば現状の技術や行動パターンを固定する「現状固定」、現在すでに実施されている政策等を織り込んだ「現行施策」、政策的に特段の介入を行わなくとも実現するであろうエネルギー効率の改善を想定する「自主的改善」(AEEI: autonomous energy efficiency improvements)などの考え方がある。脱炭素社会ビジョンなしの現実の世界がどのように展開するかを考えたとき、「現行施策」は現に行われているものであるし、「自主的改善」についてもエネルギー効率の改善はたとえ気候変動の問題がなかったとしても益が多いため技術開発が行われるであろうから、こうした状況を織り込んだ将来の展開がもっともらしい。しかしながら現行施策の効果と自主的改善の程度はいずれも不確実性があり、将来の正確な予測は事実上不可能であるから、恣意的な想定を置くことが避けられず、説明の負担が高くなる。一方で「現状固定」は予測的な意味での蓋然性は高くないものの恣意的な操作の入る余地が少なく、考え方としてはもっとも単純でありステークホルダーにとっても理解しやすい。そのためなりゆきシナリオの作成に投入できる人的資源や策定のスケジュールにより、余裕がなければ最も単純な「現状固定」が採用されることが多い。

### ・ 対策シナリオの種類と考え方

対策を実施するシナリオについても分析の目的や文脈により、複数作成することが考えられる。対策の強度を変える、導入する対策の種類(たとえば分散型か集約型か)を変える、など。脱炭素目標の達成は通常容易でないことから、比較的实现の可能性が高い(しかし脱炭素には到達しない)シナリオを作成してこれを「低炭素シナリオ」などとし、これと脱炭素シナリオを比較してどのような追加的努力が必要かを議論することが出来る。

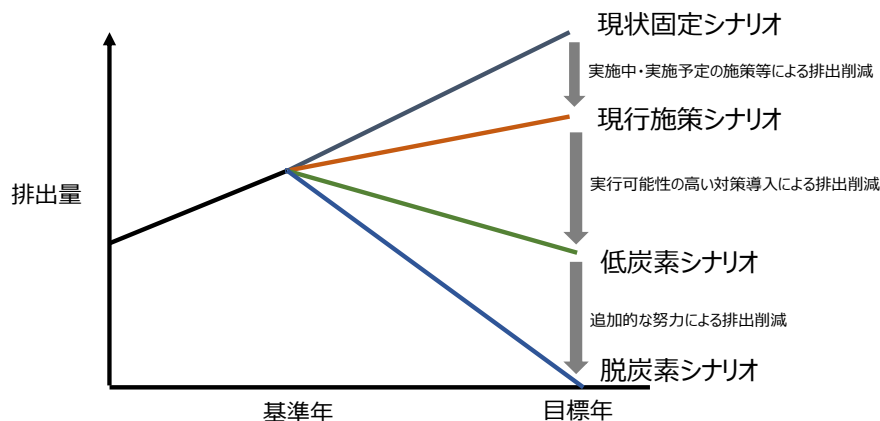


図9 なりゆきシナリオ・対策シナリオの排出量の考え方の例

この例ではなりゆきシナリオとして「現状固定」、対策シナリオは3種類あり「現行施策」「低炭素」「脱炭素」としている。例示した名称は固定的なものではなく、それぞれの地域でシナリオの内容を表現したり、内外に説明したりするのに適切な名称を設定すればよい。例えば単純にシナリオ A、B、C などとしてもよい。

上記には対策の強度によるシナリオの考え方の違いを挙げた。これ以外にも、対策の選び方や域内外の関係により異なる考え方の対策シナリオがありえる。域内外の関係では、例えば地域のエネルギー需要を地域の再エネで全量賄うような「地産地消脱炭素シナリオ」、これに対して外部の連携自治体から脱炭素エネルギーの供給を受ける「地域連携脱炭素シナリオ」といった考え方がありえる。また、域内での排出を外部からのクレジットの購入により相殺する、域外での吸収促進事業(例えば植林)を直接的に実行する、などの手段を認めるかどうかも域内外の関係として検討が必要である。このほかにも対策の選択としてどのような対策を優先的に導入するかにより、例えば先端技術や脱炭素電源の大幅導入によって排出削減を目指す技術集約的なシナリオ、それとは逆に生活様式の変化による省エネルギーや公共交通機関へのモーダルシフトなどを促す行動変容シナリオなどがありえる。とはいえ、脱炭素は目標そのものが相当に高いので、あらゆる手段を総動員しなければ達成できない可能性が高く、これらのいずれかを選ぶ余裕はないかもしれない。

さらに、シナリオの設定を考える場合にシナリオの数を決定しなければならない。例えば社会経済シナリオ2つ(例えば人口の高低)、対策シナリオ2つ(例えば現状固定と脱炭素)をそれぞれ組み合わせると4つのシナリオが出来ることになる。それぞれ3つあれば組み合わせは9通りに増える。学術的・理論的にはシナリオ数が増えることに問題はないものの(むしろ多いほうがより多くの示唆を引き出すことが出来る)、実践的には増えるほど分析の作業量が増加し、また、結果の解釈にもより高度な思考と分析能力が求められ、担当者以外には説明が難しくなる可能性がある。一方で最小は1シナリオ(脱炭素目標を達成する単一のシナリオ)だが、多くの場合にはなりゆきとの比較が有用と考えられる。対策による排出削減量の計算は現状よりなりゆきと比較したほうが分かりやすく、また将来の選択肢を示すという考え方でもある。以上を踏まえると、検討の過程では多数のシナリオが作成されることがあったとしても、最終的にはなりゆきを含めて2~3程度にとりまとめることが、住民や事業者等のステークホルダーへの説明責任がある地方公共団体の策定する計画としては、わかりやすさの点で望ましいだろう。なおこの段階で決定したシナリオの数などは脱炭素社会ビジョンの検討を進める中で必要が生じれば柔軟に増減すべきである。

## (2) 対策候補の情報整備

枠組みが設定されたら(あるいはそれと並行して)、脱炭素対策の情報を整備する。対策は導入の必要な技術や行動(例えば省エネルギー型の機器)と、それを促すための行政手段(施策あるいは事業、例えば導入補助金やラベリング)に分けることができる(表 2)。なお技術や行動のうち、行政が直接行うものもあり、これは他の主体の取組を促すための「行政手段」とは分けて考えたほうがよい。行政が構築するビジョンとしてはこれら全てが必要であり、後者については市区町村、都道府県、国のそれぞれによって役割・可能な手段が異なる(そのためどの立場から脱炭素社会ビジョンを作成する場合でも他の行政組織との協力・連携が必要となるだろう)。技術や行動について導入候補となる対策や関連する技術的な情報は 3. で例示する。

バックキャストिंगの考え方ではまず現状に囚われずに脱炭素目標を達成した社会の姿を描くが、実際に行動を起こすには最終的な(比較的遠い)将来の目標と現在の行動を繋ぐ必要がある。そのためこの段階でも実施中あるいは計画中の事業等の情報を整備しておく。それぞれの分野を担当する関連部局との連携も必要になるだろう。現在すでに地方公共団体の運営するエネルギー供給事業は多く、他にも計画中の再生可能エネルギー発電所建設、交通関連の事業計画、廃棄物処理関連の方針、森林施業の目標などが対象となるだろう。

表 2 脱炭素対策の分類

分野	例
技術や行動	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 高断熱の建築物</li><li>・ 省エネルギー型の機器</li><li>・ EV・FCV などの車両技術</li><li>・ モーダルシフト</li><li>・ 再生可能エネルギー技術、</li><li>・ クールビズ等の省エネルギー行動</li></ul>
技術や行動のうち、行政が直接行うもの	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 第三セクターによるエネルギー供給事業</li><li>・ 公営の公共交通事業</li><li>・ 廃棄物処理</li><li>・ 公営住宅、公共建築物の省エネルギー化</li></ul>
他の主体の行動を促すための行政手段	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 技術導入への補助金</li><li>・ 省エネルギーラベリング</li><li>・ 教育、講習会、省エネルギー診断</li></ul>

## (3) 目標とする将来像の描写

設定した枠組みと対策の候補にしたがって、目標とする将来の状態を具体化する。まず定性的に叙述したのち、計算手法(多くはコンピューター・モデルによるシミュレーション)を利用して定量化する。

### ①定性的な叙述

脱炭素を考えるときの前提となる将来の地域社会の姿を検討する。社会経済のイメージ、脱炭素対策に関連するイ

メージについて、表 3 の例に挙げたような項目で目標年の状況を定性的に記述する。数値がすでにある場合にはそれを書き込んでよい。完全な文章でなくとも、表 4 の例のようにキーワードを並べることで可能である。またここではその地域にとって適さない対策を除外することがより重要である。例えば景観を重視するため風力発電や大規模太陽光発電所(メガソーラー)の開発を抑制するといった判断がありえる。3. の対策一覧も参照。

表 3 定性的な叙述項目の例

分野	項目
社会経済	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人口(年齢構成)、世帯数</li> <li>・ 農業(施設 or 露地)</li> <li>・ 経済(業種別の方向性、誘致の方針等)</li> <li>・ 交通(交通行動の傾向、都市計画の方向性)</li> <li>・ 森林・土地利用(林業や土地利用全体の傾向)</li> <li>・ 廃棄物(リサイクル等の取組の様子)</li> </ul>
脱炭素対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギー、交通、行動変容などの候補となりえる対策</li> <li>・ 候補のうち短期・長期でそれぞれ導入を想定する対策</li> </ul>

表 4 定性的な社会経済シナリオ叙述のキーワードの例

出典:京都市持続可能社会研究会(2009)低炭素都市への京都ロードマップ

分野	キーワード
社会・価値観	「精神的な豊かさ」「日本の精神文化のふるさと」「仕事と生活のバランス」「社会に貢献」
くらし	「世帯規模は若干減少」「地域の様々なボランティア活動」「家事は家族で分担」「生涯学習」「3R の徹底」「余暇の過ごし方は市内で完結」
都市構造・交通	「景観保全のため中心市街地における高度利用が抑制」「既存建物の有効活用」「公共交通機関や自転車へのシフト」「TDM の適切な運用」
経済・産業	「長寿命で再利用を前提とした製品」「環境ビジネス」「趣味・教養・娯楽関連のサービス業」「知的技術産業」「京都ブランド」「伝統産業」「経済成長率は低め(1.3%程度)」
観光	「入浴観光客数は現状を維持」「量から質への転換」「エコ・ツーリズム」

## ②定量化

設定したシナリオの枠組みと上記の定性的な記述に従って、すべての将来シナリオをそれぞれ定量化する計算を実行する。定量化すべき項目を表 5 に示す。定量化手法の例とその選択の考え方については 4. で後述する。定性的な将来像の描写は行政を中心としたタスクフォースで行い、モデル分析チームはこれを定量化する。分析にはある程度の自由度が発生する(設定と解は自動的に一意に定まらない)ことが予想されるため、モデル分析チームはタスクフォースによる議論を分析のためのモデルへの入力値の設定に翻訳し、計算を実行し、設定と

計算結果をタスクフォースに対して説明する。タスクフォースは計算結果を議論し、その意味するところを理解し、必要な修正を指示する。これを受けてモデル分析チームは計算を修正する。この手順は数回(少なくとも2回)反復し、最終的に目標とする脱炭素社会ビジョンとしてふさわしい定量的な将来像(人口・経済・交通・土地利用等の社会経済変数、エネルギー需給構造、技術導入状況・行動変容の強度とそれぞれの脱炭素化への貢献度)を得る。排出量は家庭、業務、交通、産業、廃棄物などの部門別に計算されるため、目標年の各部門の目標もここで決まることになる。また場合によっては(4)のあとに再びここに戻る必要がある。

表 5 定量化の項目

分野	項目
社会経済活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人口・世帯</li> <li>・ 経済(経済活動水準、産業構造)</li> <li>・ 交通(土地利用)</li> </ul>
エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギー需要(家庭、業務、産業、交通)</li> <li>・ エネルギー供給(地域内、地域外)</li> <li>・ CO2 排出量/排出削減量</li> </ul>
非エネルギー排出源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 農業・森林・土地利用</li> <li>・ 資源循環</li> <li>・ 工業プロセス</li> </ul>

◆将来シナリオ構築の参考文献

京都市持続可能社会研究会(2009)低炭素都市への京都ロードマップ

五味馨, 仲座方伯, 松岡譲 (2008): 地域経済の開放性を考慮した低炭素社会シナリオ構築手法の開発と京都市への適用, 環境システム研究論文集, vol.36 pp1-10.

滋賀県持続可能社会研究系 (2007) 持続可能社会の実現に向けた滋賀シナリオ.

<https://www.lberi.jp/read/publications/record>

島田幸司, 田中吉隆, 五味馨, 松岡譲 (2006): 低炭素社会に向けた長期的地域シナリオ形成手法の開発と滋賀県への先駆的適用, 環境システム研究, Vol. 34, pp143-154.

(4) 必要な施策・事業とシナジー・トレードオフの分析

ここまでで導入が必要な対策(技術と行動)の導入強度と貢献度のリストが得られている。次にこれを実現するために必要な行政手段(施策・事業)を検討する。例えば補助金や報告等の制度の創設、各種の事業に関連する調査・検討、社会基盤等の建設、人々の行動変容を促すための教育、といったものが含まれる。通常、このリストには数十～200程度の対策が含まれる。そのままでは政策を立案するにあたり不都合なので、これを分野ごとに分類してから対応する施策や事業を位置づける。典型的には5～10程度の分野に分類すると理解しやすい。例えば次のような分類が考えられる。これに仕組みづくりを加えることも可能である(例えば資金調達のための基金設立)。

- ・ 再生可能エネルギー地産地消…地域内での再生可能エネルギー供給
- ・ 家庭の脱炭素…家庭部門の省エネルギー、再生可能エネルギー利用
- ・ オフィス・工場の脱炭素…業務部門・産業部門の省エネルギー、再生可能エネルギー利用
- ・ 地域交通の脱炭素…ゼロ排出自動車、徒歩・公共交通機関の利用
- ・ 森林吸収の促進…森林整備

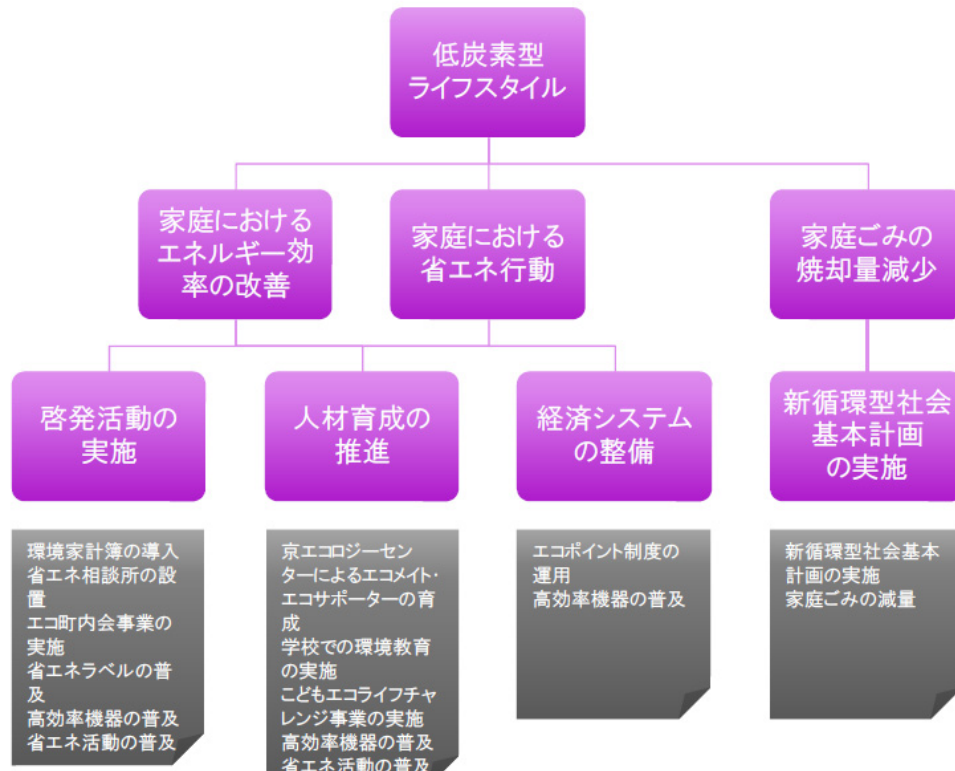


図 10 必要な施策・事業を体系化した例

この例では低炭素型ライフスタイル(作成当時においては「脱炭素」ではなく「低炭素」を目標にすることが一般的であった)として関連する取組を4層にまとめている。2層目は直接的に排出削減に効果のある行動、3層目はこれを誘導するための施策、4層目はその具体的な事業である。出典:京都市持続可能社会研究会(2009)低炭素都市への京都ロードマップ

次に各対策あるいは対策の分野ごとに脱炭素以外の影響を検討する。例えば高断熱の住宅による快適性の向上、公共交通の利便性向上によるモビリティの改善、エネルギーを地産地消することによる地域経済循環の改善、低排出自動車による大気環境の改善などの効果(脱炭素による副次的便益あるいは脱炭素との共便益。5. で後述)がありえる。このような効果を把握し提示することで脱炭素対策の推進がより容易になることが期待される。一方で他の分野に対して悪影響を及ぼす可能性もあり、例えばメガソーラーによる景観の問題、風力発電機による騒音、公共交通機関を優先する道路レーンの設定による渋滞の発生(この場合には燃費の悪化による GHG 排出増加の可能性もある)などがあげられる。こうした脱炭素とのトレードオフが許容可能な範囲であるかを検討する。許容できない場合には緩和策を講じる、それも不可能であればその対策を導入しない、といった判断がありえる。最後の場合には(3)に戻ってその対策を導入しないよう設定を修正し、再度計算を行うことが必要である。



## (5) ロードマップの作成と主体毎のアクションの整理

目標とする脱炭素社会としての地域の将来像が描けたら、取組を開始し、進捗を管理するために、現時点から目標年までの時間軸上の行動計画である「ロードマップ」を作成する。ロードマップは各時点の実施すべき行動を時系列に示したもの(工程表あるいは行程表ともいう)で、ガント・チャートの形で表示すると分かりやすい(図)。

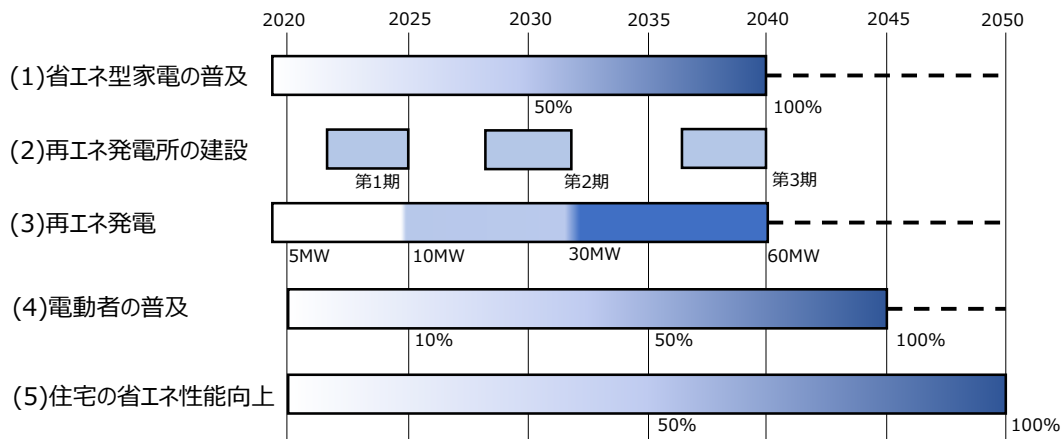


図 11 単純化したロードマップの模式的な例

この例では 2020 年から 2050 年を期間としている。バーの着色は各取組の進捗を、点線は目標水準に到達したのちに継続されることを示す。(1)(4)は現行の取組なので 2020 年以前から始まっている。(1)2040 年までに直線的に普及。(2)(3)建設を 3 期に分けそのたびに容量が拡大し 2040 年に目標水準に到達する。(4)徐々に普及を加速し 2045 年に 100%に。(5)2050 年までかけて一定のペースで進める。

### ① ロードマップ作成の目的

脱炭素社会ビジョンにロードマップが必要となる理由はその目標の遠さに由来する。脱炭素社会ビジョンの最終目標は数十年先になることが多いだろう。地域ではこれまでも気候変動緩和策として様々な取組が行われてきた。しかし、これまでのほとんどの計画や事業は排出量(実質)ゼロをもともの目標としていないから、多くの場合、現行の取組を単純に延長しても目標年までに脱炭素を実現することはできない。そこでロードマップは現在の取組と将来の実質ゼロのギャップを目標年までに埋める道筋を示したものであるということもできる。また、最終目標が数十年先であるのに対し、多くの事業は数年単位で行われるだろう。目標が遠すぎると行動が開始しづらく、進捗を評価することも難しくなる。また、既存の各分野の計画や目標と脱炭素を達成する道筋との乖離を知り、現行の取り組みの継続や修正の必要性を考えることも必要となる。現状から目標年までのロードマップを作成することでこれらの問題を解消し、中間目標を設定して直ちに取組を開始し、開始後のフォローアップではロードマップと実績を照らし合わせて評価することが可能となる。

### ② ロードマップの要件

上述の目的から、ロードマップは次の要件を満たす必要がある。まず、すべての取組が含まれていること。ここでは、将来像を作成した際に想定した技術等の導入に加えて、これに必要なあらゆる取組((4)で検討した施策・事業)が含まれる。また、現行のものや決定済みの予定も含む。次に各取組の開始時期・進捗過程・終了時期が年次で示され、目標年までにすべての取組が完遂されること。最後に直近の行動が最終年の目標達成に繋がるこ

とが示されていること。さらに各取組について、実施主体、年次ごとの排出削減量、年次ごとの費用(予算)が含まれていればより有用である。これらのうち費用以外の要素をすべて表示した例を図に示す。

### ③ 所要期間の考え方

目標年から逆算するというバックキャストイングの考え方に従うと、各々の取組に必要な年数(所要期間)を考慮することが必要となる。計算の手法については 4.の定量化手法の項において解説するが、概略をここでも示す。まず既に広く使用されている技術(エアコン、乗用車、建築物等)についてはストックの更新に必要な期間を考慮する必要がある。例えば多くの家電の平均使用期間は 10 年前後、自動車であれば10数年、住宅は30年程度であることが知られている(詳細は4.を参照のこと)。ただしこれらの期間は平均値なので、大部分のストックが入れ替わるにはさらに長期が必要になる。更新が目標年に間に合わない場合には補助金等によりストックの入れ替えを促進する施策も必要になるだろう。次に新しく大規模な施設や社会基盤(例えば再生可能エネルギー発電所や道路・線路)を建設する場合には計画・建設に必要な期間を考量する。制度の検討、調査や、人々の間に行動変容が行き渡るのにも年単位の時間を要するだろう。

さらに別の視点として費用の考慮が挙げられる。ある時期(例えば計画開始後の数年間)に集中的な投資を行うか、期間全体に渡ってより平準化した支出を想定するか、といった判断・選択がありえるだろう。行政の視点からは年間に各施策に対して割り当てることが可能な予算の上限から所要期間が決まることもあるかもしれない。

### ④ 開始時期の考え方

多くの取組はすぐに着手することが可能で、かつそれが必要でもあるだろう。しかし、脱炭素社会の達成には様々な新しい技術が必要になり、その中には現時点で未だ普及段階にないものも含まれるだろう。こうした技術については普及が可能となる時期を考慮することも必要である。

一方で、目標年に間に合うことだけを条件として対策開始を先送りには推奨されない。まず、計画通りに実施できるとは限らず、先送りすることで結果的に遅れる恐れがある。次に、多くの対策には脱炭素効果以外の便益があるから、早期に実施すればより早くこれを享受できる。さらに、これから建設・導入される多くの施設・設備は目標年に近づいても利用されている可能性が高く、ここで効率の低いストックを蓄積してしまうと将来これを更新する負担が生じる。また、そもそもの目的である気候変動の緩和にとっては排出削減が遅れると(仮に慌てて2050年ごろに急激に削減をしたとしても)気温上昇がより大きくなるから、削減は早ければ早いほどよい。こうした理由から、すでに実用段階にある技術等についてはなるべく早期に導入を開始していくべきである。

### ⑤ 中間目標

各々の取組の実施時期・所要期間が決まると、各時間断面でのすべての取組実施の水準が得られる。これにより中間目標を設定することが出来るようになる。適当な中間目標年を設定し、最終目標年の将来像と同様に社会の状態を定量化し、ロードマップに示された水準の取組を実施したときの GHG 排出量を計算する。

「再生可能エネルギー  
徹底利用」の  
ロードマップ

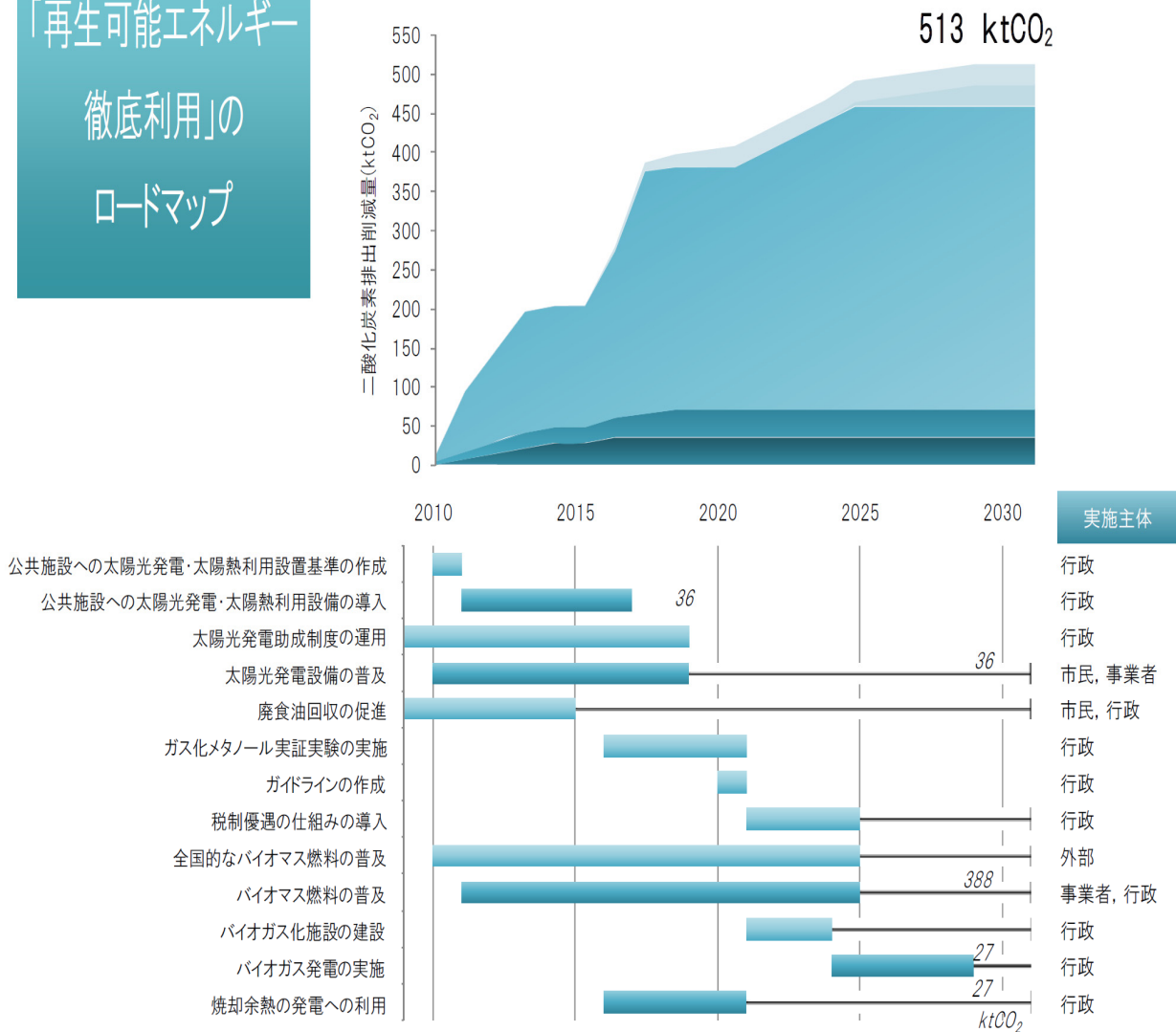


図 12 ロードマップの例

この例では再生可能エネルギーの導入を対象とし、下段左側の事業や行動のそれぞれについて、2010年から2030年までの各年次での実行スケジュールを示している。図上は排出削減量、下段右には実施主体も示されている。

出典：京都市持続可能社会研究会(2009)低炭素都市への京都ロードマップ

【国・地方脱炭素実現会議による「地域脱炭素ロードマップ」について】

内閣官房に設置された国・地方脱炭素実現会議(以下「実現会議」)は2021年6月に「地域脱炭素ロードマップ」をとりまとめ、公表した。そこでは脱炭素社会の実現に向けて地域で実行するべき様々な取組を示すとともに、2025年までの5年間を集中期間として政策を総動員すること、2030年までに100か所の脱炭素先行地域をつくること、モデルを全国に伝搬し2050年を待たずに脱炭素を達成することが示されている。これは全国に脱炭素な地域を広げていく視点からの「ロードマップ」と位置付けられる。一方、本マニュアルでいうロードマップは特定の地域での取組実施の工程を示したもので、時間解像度としては1年単位(少なくとも毎5年)、時間軸上に示されるのは省エネルギー化・電化の進展、再生可能エネルギーの拡大、交通システム等の社会基盤の整備、これらに関する制度の策定などが含まれる。実現会議のものに比べるとスケジュールの点では相当に詳細なものになる。

#### ◆ロードマップ作成の参考文献

「2050 日本低炭素社会」シナリオチーム(国立環境研究所・京都大学・みずほ情報総研) (2009) 低炭素社会に向けた道筋検討. <http://2050.nies.go.jp/LCS/jpn/japan.html>

京都市持続可能社会研究会(2009)低炭素都市への京都ロードマップ

滋賀県持続可能社会研究会ロードマップ部会(2009) 2030 年持続可能な滋賀へのロードマップ

<https://www.lberi.jp/read/publications/record>

五味馨, 金再奎, 松岡譲 (2011): 地方自治体における費用負担を考慮した低炭素社会へのロードマップ構築手法の開発, 土木学会論文集 G (環境システム研究論文集 第 39 巻), Vol. 67, No. 6, pp II\_225-II\_234.

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej/67/6/67\\_6\\_II\\_225/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej/67/6/67_6_II_225/_article/-char/ja/)

#### ⑥ 主体ごとの役割

ロードマップの作成により脱炭素社会の実現には「いつ」「何を」すべきかが示され、残るは「誰が」となる。脱炭素社会ビジョンの実現は通常、地方公共団体が単独で実行できる範囲にはとどまらない。そこで内外の各主体の協力・調整が必要となる。

これまでも様々な地域計画において、計画の遂行に必要な役割を行政、住民、事業者などに分けて示すことが行われてきた。脱炭素社会ビジョンにおいても同様に役割を明示すべきだが、主体をより詳細に分けることを推奨する。行政について、脱炭素社会の実現には国、都道府県、市区町村のjそれぞれが役割を分担して協力する必要があるだろう。そこで策定主体の地方公共団体だけではなく、日本国政府、都道府県が策定する場合には域内の市区町村、市区町村が策定する場合にはその含まれる都道府県、さらに必要な場合には周辺の地方自治体との協力も含めて可能な限り具体的な役割を示すべきである。これにより協力を促すとともに、策定主体の地方公共団体がすべきことがより明確化される効果もある。

また民間においても住民、事業者、市民団体等に分けることが出来るが、特に密接な関係のある自治体、重要な役割を果たす地域事業者、特色のある活動を行っている組織、地域の様々な課題に協力して対応する協議会などがある場合には、これらの特出しすることも一案である。また主体の中には全国的に事業所を展開している(かつ、多量に GHG 排出をする)事業者や、交通部門のように、活動が地方自治体の行政区域に留まらない主体も多い。こうした場合には当該事業者や周辺地域との個別の協議が必要になる場合もあるだろう。表 6 に主体を分類した例を示す。以上の分け方はあくまで例であり、こうした主体の分類はその地域の状況や対策の内容により異なってよい。

表 6 主体の分類と主体ごとの役割の整理イメージ

仮定の例として主体を6分類し、対策分野ごとの相対的な役割の大きさを+記号の数で表した。あくまで例示であり実際にこの通りの役割の大小があるとは限らない。また脱炭素社会ビジョンにおいて詳細な行動計画を含む場合にはより具体的な役割・行動の内容を書き込む必要があるだろう。またここでは市区町村が策定するビジョンを想定し、他の行政組織として都道府県と国をあげている。このほかに脱炭素対策実施の点で関係の深い自治体が周辺にあれば、自市区町村以外にそうした市区町村も追加されるべきである。

		主体					
		市区町村行政	住民	市民団体 教育機関	事業者・事 業者団体	金融機関	都道府県・国
対策 分野	再生可能エネルギー 地産地消	+++	+	+	++	+++	+
	家庭の脱炭素	++	+++	+++	+	+	+
	オフィス・工場の脱炭 素	+	+	+	+++	+++	++
	地域交通の脱炭素化	+++	++	++	+	++	++
	森林吸収の促進	+	+	+	+	+	++

### 3. 脱炭素対策の候補リスト

脱炭素達成に必要、実行可能、かつ適した対策は地域の特徴により異なる。ここでは地域の脱炭素対策の候補として一般的な排出削減の対策(技術や行動)を一覧する。これらの対策による排出削減量は定量化の段階で評価される。地域の状況により、これらの対策の短期(5～10年程度)・長期(～30年程度)のそれぞれにおける導入の可能性を検討する必要がある。そうすることによって、短期的には導入が難しいと考えられている技術等であっても、長期的には導入の障害を解消するという条件を付ければ、将来において最終的に脱炭素目標を達成するための選択肢となりえる。

#### (1) エネルギー

##### ① エネルギー供給部門

脱炭素社会の実現にはエネルギー供給の脱炭素化が必須であり、多くの場合に最も重要な対策分野となるだろう。国全体のエネルギー供給の視点からは大規模発電所の脱炭素化も必要になり、これは行政においては主として中央政府の役割で、本文書の作成時点で日本政府では脱炭素に向けたエネルギー供給構造を検討中の段階である。一方、分散型のエネルギー供給、特に再生可能エネルギーは多くの地域にエネルギー資源が分散しており、大規模な火力発電所等と比べれば比較的小規模で、地域の脱炭素対策として主要な候補となり得る。一方で太陽光発電や風力発電では発電量の時間変動が大きく、電力の需要と供給を一致させるために工夫が必要である(再生可能エネルギーからの水素製造はこの点を緩和するための手段ともなりえる)。また利用可能な再生可能エネルギー資源は地域によって異なる。最も遍在する太陽光であっても日射量の違いから国内の地域によって発電可能量は変化するし、太陽光発電所の建設には広大な土地が必要である。風力・水力・地熱は適地が限られる。バイオマス発電についても燃料の調達先の近くに立地することが望ましい。こうした特徴から、各地域がそれぞれの地域の特徴、この場合には地域資源としての再生可能エネルギーを知り、それを活用して脱炭素エネルギーを供給することが必要である。

表 7 エネルギー供給部門の脱炭素対策候補の例

分野	脱炭素対策の候補
再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 太陽光発電(メガソーラー、屋上ソーラー)、太陽熱利用</li> <li>・ 風力発電(陸上、洋上)</li> <li>・ バイオマス発電(森林、畜産、農業)</li> <li>・ 水力発電(大規模、小水力)</li> <li>・ 地熱発電</li> <li>・ 水素(再生可能エネルギー由来。域外から水素で調達又は域内生産)</li> </ul>
地域エネルギー供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バイオマス・再エネ水素等によるコージェネレーション(街区への熱電併給)</li> <li>・ バイオマス・再エネ水素等によるトリジェネレーション(熱電併給+CO2供給)</li> </ul>
大規模エネルギー供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 火力発電所のリプレイス</li> <li>・ CCSU(炭素隔離貯留及びカーボンリサイクル、藻類によるバイオマス燃料生産等)</li> </ul>

## ② エネルギー需要部門

エネルギーを使う側での対策は大きく分けると二つある。一つはエネルギー源を化石燃料から脱炭素エネルギー（脱炭素電源による電力、バイオマス、再エネ水素など）に変更すること、もう一つはエネルギー消費量そのものを減らすこと（省エネルギー）である。エネルギー源の脱炭素化がされれば省エネルギーは不要かのようにも見えるが、脱炭素エネルギーは無制限に供給可能ではなく、少なくとも短期的には既存のエネルギー供給システムよりも高コストになる可能性がある事から、省エネルギーも引き続き必要になるだろう。また需要側では直ちに出来る行動変容（クールビズ等）、比較的短期間（数年～10年程度）で入れ替えることのできる可能なエネルギー機器類（エアコンなど）、これらよりは長期間を要する車両、さらに更新に数十年を必要とする建物や道路などの社会基盤など、時間スケールの異なる対策があることにも注意が必要である。すぐに実行可能なものは直ちに始める一方で、長期を要するものも（それゆえに）目標年に間に合わせるべく早期に着手することが必要になるだろう。

表 8 エネルギー需要部門の脱炭素対策候補の例

分野	脱炭素対策の候補
民生部門（家庭・業務）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建物躯体性能の改善による冷暖房エネルギーサービス需要削減</li> <li>・ 個別機器の省エネルギー技術</li> <li>・ スマート・コントロールによる省エネルギー技術</li> <li>・ 行動変容による省エネルギー効果（クールビズ等）</li> </ul>
産業部門（農林水産業・鉱業・製造業・建設業）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 動力・照明・熱利用の省エネルギー技術</li> <li>・ 熱の再生可能エネルギー利用技術</li> <li>・ 再生可能エネルギーによる自家発電</li> <li>・ 水素還元製鉄</li> </ul>
旅客輸送部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ EV・FCV等の車両技術</li> <li>・ コンパクト化による移動距離短縮とモーダルシフト促進</li> <li>・ 安全な歩道・自転車道整備によるモーダルシフト促進</li> <li>・ 公共交通機関の整備・改善によるモーダルシフト促進（鉄道、路線バス等）</li> <li>・ 地域交通システム（カーシェアリング、デマンドバス等）</li> </ul>
貨物輸送部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 輸送車両の脱炭素化（EV・FCVトラック）</li> <li>・ 配送の効率化（配送センター立地、宅配ボックス、ドローン活用等）</li> </ul>

## ③ 需要・供給の複合的対策

エネルギーの供給と利用の全体をシステムとしてとらえると、需要のタイミングなどを適切にコントロールすることで、より容易に脱炭素を実現できる可能性がある。例として再生可能エネルギーの時間変動に対処するため、発電量の余裕によって電力料金をリアルタイムに変動させて安価な時間帯の利用（たとえばヒートポンプで温水をつくっておく）を促す（デマンドレスポンス、DR）、同じく供給に余裕のある時間帯に電気自動車のバッテリーに充電しておき自動車が使われない時間帯で発電量が不足したときにバッテリーから建物や電力網に供給する（vehicle to grid/home, V2G/V2H）、といった方法がある。こうした技術を地域単位で導入した「スマートコミュニティ」が需要・供給の複合的対策として候補となりえる。

## (2) 非エネルギー

### ① 廃棄物・資源循環

一般廃棄物の処理が地方公共団体の所管となっており、またエネルギー以外では主要な排出源である。廃棄物処理から発生する主要な GHG は石油製品の燃焼による CO<sub>2</sub> と有機物の分解によるメタン(CH<sub>4</sub>)である。日本では多くの廃棄物が焼却されてから最終処分されるため、CO<sub>2</sub> がより重要である。そこで 3R の推進でプラスチックの焼却を回避することが脱炭素対策としては要諦となる。一方で焼却施設でのエネルギー回収の効率向上や、生ごみの分別収集と嫌気発酵によるメタンガス回収も脱炭素対策としての効果がある(ただし後者は燃やさずに大気中に放出されれば GHG 排出となる)。また、分類によっては貨物輸送部門に含まれるものの、ごみ回収の効率化による輸送の省エネルギーも地域の脱炭素対策である。

### ② 森林・農業・土地利用

脱炭素社会の実現として「実質ゼロ」を目指すとき、様々な対策を講じて現状からの大幅削減を実現しても排出そのものをゼロにするのは困難が残るかもしれない。そこで生態系(主として森林)による CO<sub>2</sub> の吸収・固定の促進も期待される。これらは国際的には AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use)と呼ばれる部門で、土地利用転換(森林を伐採して農地にする、逆に荒地に植林して森林にする)や農地からの排出も含まれる。森林施業により CO<sub>2</sub> の吸収・固定が促進されることが知られていることから、広い森林のある地域では脱炭素を契機として林業の活性化を図ることも選択肢となりえるだろう。

### ③ 工業プロセス

セメント製造や化学品製造の過程でも GHG が排出され、対策の研究開発・実用化が進められている。

表 9 非エネルギー部門の脱炭素対策候補の例

分野	脱炭素対策の候補の例
廃棄物・資源循環	<ul style="list-style-type: none"><li>・ プラスチック等の 3R 徹底による焼却回避</li><li>・ 焼却施設からのエネルギー回収とその効率向上</li><li>・ 生ごみの分別収集によるメタンガス回収</li><li>・ 効率的な回収ルート等による輸送エネルギーの削減</li></ul>
森林・農業・土地利用	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 森林施業による炭素固定の促進</li><li>・ 森林の保全、植林による森林面積拡大</li><li>・ 適切な施肥や中干による農地からの CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出削減</li></ul>
工業プロセス	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 環境配慮型コンクリート</li></ul>

## (3) 脱炭素対策技術の情報源

脱炭素対策の参考とするため、本文書作成時点(2021年8月)で入手可能なエネルギー分野に係る技術的な情報源の例を表 10 に示した。脱炭素社会実現に向けて多くの分野で技術革新が進行中であり、表に示したものがすべてではなく、また政府による公式のとりまとめ以外にも事業者や業界団体などから頻繁に新しい情報が発表される。そのため脱炭素社会ビジョン作成の際にはその都度、関連する技術情報を収集する必要がある。表では可能な限り新しい情報を提示しているが、分野によっては入手可能な情報がやや古いものもある。



表 10 エネルギー分野の脱炭素対策技術の参考となる情報

分野	資料
地域の脱炭素化に資する施策のまとめ	国・地方脱炭素実現会議(2021)「地域脱炭素ロードマップ」 <a href="https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/">https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/</a>
各分野の技術開発の戦略	内閣府(2020)2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 <a href="https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf">https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf</a> 経済産業省(2020)革新的環境イノベーション戦略 <a href="https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyousenryaku2020.pdf">https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyousenryaku2020.pdf</a> 総合科学技術会議(2013)環境エネルギー技術革新計画 <a href="https://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/kankyoene/kankyoene.html">https://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/kankyoene/kankyoene.html</a>
低炭素対策全般の集約的な数値情報	公益財団法人地球環境戦略研究機関(2014)2050低炭素ナビ <a href="http://www.2050-low-carbon-navi.jp/">http://www.2050-low-carbon-navi.jp/</a> 環境省(2012)2013年以降の対策・施策に関する報告書 <a href="https://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/index.html">https://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/index.html</a>
多分野の機器のエネルギー効率	環境省(2020)2019年度L2-Tech認証製品一覧 Ver.1.01 <a href="https://www.env.go.jp/press/files/jp/113440.pdf">https://www.env.go.jp/press/files/jp/113440.pdf</a>
家庭用・業務用エアコンの性能	一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター(2020)令和2年度ヒートポンプ普及見通し調査報告書 <a href="https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press_topics/2020NewsRelease/news_release_siryo.pdf">https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press_topics/2020NewsRelease/news_release_siryo.pdf</a>
ZEH(ゼロエネルギー住宅)の目標	経済産業省(2015)ZEHロードマップ検討委員会とりまとめ <a href="https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9766998/www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217003/20151217003-1.pdf">https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9766998/www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217003/20151217003-1.pdf</a>
家電のエネルギー効率	経済産業省資源エネルギー庁(2020)家庭用省エネ性能カタログ 2020年版 <a href="https://seihinjyoho.go.jp/frontguide/pdf/catalog/2020/catalog2020.pdf">https://seihinjyoho.go.jp/frontguide/pdf/catalog/2020/catalog2020.pdf</a>
自動車の性能	環境省・経済産業省・国土交通省(2020)次世代モビリティガイドブック 2019-2020 <a href="https://www.env.go.jp/air/zentai2019-2020.pdf">https://www.env.go.jp/air/zentai2019-2020.pdf</a>
バス、トラックの燃費等	国土交通省(2005)重量車の2015年度燃費基準に関する最終取りまとめ <a href="https://www.mlit.go.jp/jidosha/sesaku/environment/ondan/juryoushamatome0511.pdf">https://www.mlit.go.jp/jidosha/sesaku/environment/ondan/juryoushamatome0511.pdf</a>
再生可能エネルギーのポテンシャル、設備利用率	環境省(2020)再生可能エネルギー情報提供システム[REPOS(リーポス)] <a href="http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/">http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/</a>
再生可能エネルギーの技術情報	調達価格等算定委員会(2020)令和2年度の調達価格等に関する意見 <a href="https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20200204001_1.pdf">https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20200204001_1.pdf</a>
太陽光発電の技術情報・将来目標	一般社団法人太陽光発電協会(2020)JPEA ビジョン・PV OUTLOOK 2050 <a href="http://jpea.gr.jp/pdf/pvoutlook2050.pdf">http://jpea.gr.jp/pdf/pvoutlook2050.pdf</a>
水素製造・燃料電池の技術情報	水素・燃料電池戦略協議会(2019)水素・燃料電池戦略ロードマップ <a href="https://www.meti.go.jp/press/2018/03/20190312001/20190312001-1.pdf">https://www.meti.go.jp/press/2018/03/20190312001/20190312001-1.pdf</a>
木質バイオマスボイラーの技術情報	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会(2019)国内で販売されている小規模木質バイオマスボイラー機器の一覧 <a href="https://www.jwba.or.jp/database/list-small-woody-biomass-boiler/">https://www.jwba.or.jp/database/list-small-woody-biomass-boiler/</a>
バイオガス利用の技術情報	環境省(2017)メタンガス化施設整備マニュアル(改訂版) <a href="https://www.env.go.jp/recycle/waste/impr_facil/man_er/metangas_full.pdf">https://www.env.go.jp/recycle/waste/impr_facil/man_er/metangas_full.pdf</a>

#### 4. 将来シナリオの定量化手法

##### (1) 利用可能な将来シナリオの定量化手法と複雑性・難易度

ここでは将来シナリオの定量化(将来推計)手法の例を紹介する。将来推計には様々な方法があるが、ここではそのうち比較利用可能性が高く、日本語の参考文献が入手しやすい手法を選び、さらに難易度別に簡易な「ティア1」、中程度の「ティア2」、高度な「ティア3」に分類して紹介する。表 11 に一覧を示した。

表 11 各分野の将来シナリオ定量化手法の例

分野	ティア 1	ティア 2	ティア 3
人口・世帯	既存の将来推計を利用	(人口)コーホート要因法 (世帯数)世帯主率法	<ul style="list-style-type: none"> <li>メッシュ人口モデル</li> <li>多地域人口移動モデル</li> <li>世帯推移率法</li> </ul>
経済	一人当たり成長率をあてはめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>部門別に成長率をあてはめ</li> <li>地域産業連関分析(ノン・サーベイ法)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域産業連関分析(サーベイ法)</li> <li>応用一般均衡モデル</li> <li>計量経済モデル</li> </ul>
交通(土地利用)	車両台数を基礎に推計	簡易な発生・分担交通量モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>4段階推定法</li> <li>(各種の)交通・土地利用モデル</li> </ul>
エネルギー需要	現状の活動量とエネルギー消費量から推計	サービス別のエネルギー需要モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術ボトムアップ型の最適化モデル</li> <li>応用一般均衡モデル</li> <li>地域産業連関分析</li> <li>建築物ストックモデル</li> </ul>
エネルギー供給(再生可能エネルギー)	既知ポテンシャルの制約内で必要な供給量を推計	独自のポテンシャル調査を行って供給可能量を推計	<ul style="list-style-type: none"> <li>風況調査等の実地ポテンシャル調査を実施</li> <li>費用(初期費用、運転費用)と収益を考慮して事業性のある供給可能量を推計</li> </ul>
資源循環(発生量を中心に例示)	(一般)一人当たり発生量から推計 (産業)生産額あたり発生量から推計	活動量(家庭、業務、産業)から組成別に発生量を推計	<ul style="list-style-type: none"> <li>(家庭)世帯構造と消費支出から発生量を推計</li> <li>(業務・産業)物量産業連関分析</li> <li>焼却施設でエネルギー回収量を推計</li> <li>廃棄物輸送経路最適化モデル</li> </ul>
農業・森林・土地利用	現状を継続	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地利用の転換を推計</li> <li>農業の転換(作物・家畜、施設、放棄)を想定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細な土地利用変化と植林・森林施業の内容を推計</li> <li>放棄地の発生予測から未利用地面積を推計</li> </ul>
CO2 排出係数	域内での自給、域外からの供給のそれぞれについて排出係数を算定		
CO2 排出量・排出削減量	部門ごとのシナリオ間での排出量比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>部門ごと、サービスごとのシナリオ間での排出量比較</li> <li>対策ごとの感度分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要因分解法による排出量変化の帰属分析</li> </ul>
ロードマップ	現状と目標を直線的に繋げる	<ul style="list-style-type: none"> <li>ストックの更新時期を考慮して技術の普及目標を設定</li> <li>外部の技術開発見通しから導入時期を設定</li> <li>個別事業の必要期間を計上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予算の制約を考慮して実施可能な事業スケジュールを算定する</li> <li>積み上げ型技術選択モデル</li> <li>動学的応用一般均衡モデル</li> </ul>

脱炭素社会ビジョンに含まれる各分野では単一の単純な数式による計算や、既存の数値を利用するだけの簡易な手法から、分野内をさらに詳細に分類し、大規模なデータベースを活用した統計解析と複雑な連立方程式体系からなるコンピューター・プログラムを必要とする専門的で高度な手法まで、難易度の異なる様々な手法がある。定量化手法のうち特にティア3に示したような高度なものは「～モデル」と呼ばれるものが多く、パッケージ化された製品や各種プログラミング言語のライブラリで公開されているものも多い。また一部の様々な要素を考慮するモデルは取り扱う範囲が単一の分野にはとどまらず、複数の分野に示したものもある。例えば地域産業連関分析は経済学的手法で財の生産・消費が金額表示されるが、その中にエネルギーも含まれるため、金額ベースでのエネルギー需給の分析にも使うことが出来る。

## (2) エネルギーからの CO2 排出量推計の基礎的な考え方

日本では GHG 排出の主要部分は化石燃料の消費によるもので、脱炭素社会ビジョンの定量化にあたってはエネルギー消費からの CO2 排出量の推計が主要な課題となる。各分野の計算手法の紹介に先立ち、ここではエネルギーからの CO2 排出量の将来推計の基礎的な考え方を解説する。最も単純に考えると次式で表すことができる。

$$\text{CO2 排出量} = \text{エネルギー消費量} \times \text{CO2 排出係数}$$

これをエネルギー種(電力、灯油、ガソリン、都市ガス、石炭 etc)別に行って合計すればよい。しかし将来のエネルギー消費量を考えるには、その基礎となる社会の活動状況(活動量)を考える必要がある。家庭であれば世帯数、産業であれば付加価値額や出荷額などがこれにあたる。そこで、エネルギー消費量を次のように求める。

$$\text{エネルギー消費量} = \text{活動量} \times \text{活動量当たりエネルギー消費量}$$

同じくこれを燃料別に行って合計する。ここで右辺にあらわれる「活動量当たりエネルギー消費量」とは、例えば 1 世帯あたりの年間電力消費量がこれにあたる。このようにすることで将来の活動量の変化を反映することが出来るし、省エネルギーによる活動量当たりエネルギー消費量の変化も計算できる。しかし、活動量当たりのエネルギー消費量をさらに細かく考えることが出来る。例えば暖房であれば、省エネ型のエアコンの効果とともに、住宅の断熱性能の改善によって暖房需要そのものが減る効果もあるだろう。そこで「エネルギーサービス」の考え方を導入する。エネルギーサービスとはエネルギーを消費することによって得ようとする効用のことで、ほぼ「用途」に対応すると考えてよい。暖房、照明、調理(厨房)などがこれにあたる(表 12、以下では単純に「サービス」と呼ぶ)。そこで活動量当たりエネルギー消費量をさらに細かく次式で求める。

$$\text{活動量当たりエネルギー消費量} = \text{活動量当たりエネルギーサービス需要量} \div \text{エネルギー効率}$$

ここで活動量当たりエネルギーサービス需要量を変化させるのが建物の断熱性能の改善や、クールビズによる冷房需要の削減、照明の消灯などにあたる。エネルギー効率は機器の性能改善によって向上する(数値が大きいほど効率がよいものとして、ここでは割り算になっている)。これにより高エネルギー効率技術を明示的に計算に反映できる。ここまでは燃料別に計算することを前提にしてきたが、暖房や厨房では複数の種類の燃料が候補になる(灯油ストーブかエアコンか)ため、将来の計算ではこれを反映する変数を入れておくと都合がよい。

活動量当たりエネルギー消費量 =

$$\text{活動量当たりエネルギーサービス需要量} \times \text{燃料構成比} \div \text{エネルギー効率}$$

以上の式をまとめると次のようになる。表 11 のティア2は概ねこの考え方に基づいている。

CO2 排出量 =

$$\text{活動量} \times \text{活動量当たりエネルギーサービス需要量} \times \text{燃料構成比} \div \text{エネルギー効率} \times \text{CO2 排出係数}$$

このうち CO2 排出係数を分散発電と大規模発電に分けて考えることも出来るだろう。この計算を部門別、サービス別、燃料別に行うことで、活動量の変化と様々な脱炭素対策の効果を反映して将来の CO2 排出量を計算することが出来る。表 13 に要因と対応する部門ごとの脱炭素対策の例を示す。

表 12 活動量とエネルギーサービスの分類の例

	家庭	業務	産業	交通
活動量	世帯数	従業者数	生産額	輸送量
サービス	冷房、暖房、給湯、照明、 厨房、冷蔵庫、その他	冷房、暖房、給湯、照明、 厨房、動力、その他	工業炉、スチーム、 動力、その他	自家用乗用車、タクシー、二 輪車、トラック、バス、鉄道、 船舶、航空

表 13 要因と脱炭素対策の対応の例

項	家庭	業務	産業	交通
活動量			建設物の超寿命化	テレワーク 輸送効率化
活動量あたりエネルギーサービス需要量	住宅の断熱 こまめな消灯	クールビズ ウォームビズ こまめな消灯		コンパクト都市
エネルギー効率	高効率エアコン 省エネ型冷蔵庫 ヒートポンプ乾燥機	高効率エアコン LED 照明	高効率工業炉 インバーター制御	PHEV、EV、FCV
燃料構成比 (需要側)	電化	電化	電化 然ガス CCU メタン	EV、FCV バイオ燃料
分散発電	屋上太陽光	屋上太陽光	屋上太陽光	
大規模発電	再生可能エネルギー、高効率火力発電所、炭素隔離貯留 (CCS)			

◆エネルギーからの CO2 排出量推計の基礎的な考え方の参考文献

五味馨、島田幸司、松岡譲 (2007) 地方自治体における統合環境負荷推計ツール開発と滋賀県への適用、環境システム研究論文集 35 巻 p.255-264. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/proer2000/35/0/35\\_0\\_255/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/proer2000/35/0/35_0_255/_article/-char/ja/)

### (3) 分野毎の定量化手法

以下に分野ごとのティア1、ティア2の手法について概略を示す。それぞれの手法における具体的な計算式などは詳細になりすぎることから、各手法の参考資料等を参照されたい。現状のデータの入手あるいは推計方法についてもそれぞれの手法の中で説明する。

#### ① 人口・世帯

人口は社会の活動状況の最も基本的な要素である。極端な場合、人が一人もおらず、人間活動の全くない地域では人為起源の GHG 排出はない。そこで脱炭素社会ビジョンの定量化においても活動量の基礎として将来人口が必要となる。一方、人口は社会的な要因の中では長期的推計の行きやすい分野でもある。30年やそれ以上の長期にわたる将来人口推計が頻繁に行われており、計算手法それ自体も(他の分野に比べれば)複雑ではなく、直感的にも理解しやすい。ここではティア1として既存の推計を利用することを、ティア2として基礎的な手法で独自に推計することを提案する。また、家庭のエネルギー消費量は世帯を基礎として調査分析されることが多いため、世帯数の推計についても解説する。

#### ティア1

##### ・既存の将来推計を利用

既存の将来推計人口が入手可能であればこれを利用するのが最も簡単である。多くの地方公共団体が人口ビジョンなどで将来人口推計を行っており、これを利用することは計画間の整合性の点でも第一の候補となるだろう。また広く参照されているものとして国立社会保障・人口問題研究所もおおよそ5年ごとに市区町村単位の将来推計人口を公表している。そのほかに市区町村単位の将来推計人口を公開している例としては国立環境研究所が日本版 SSP(shared socio-economic pathways)として5通りの将来人口推計を行い、全市区町村の結果を公表している。注意点としていずれの将来推計も出生、死亡、移動の仮定に基づいており、これらの仮定が描こうとしている将来社会の姿と一致しているかどうかには留意が必要である。

一方、将来世帯数推計は人口推計よりも例が少なく、既存の将来推計が入手できない場合があるかもしれない。ティア1の難易度としては平均世帯人員(一世帯当たりの人数の平均値)を設定し、単純に人口をこれで除することで世帯数を得る方法が適当と思われる。

#### ティア2

##### ・コーホート要因法(人口)

将来人口推計において最も広く使われている手法で、ティア1で示した既存の将来推計人口でもこの方法が採用されている。基準時点の性別・年齢階級別人口(市区町村の場合、多くは5歳階級)にそれぞれ5年後までの生残率・純移動率を乗じて、5年後の一階級上の年齢階級の人口とする。また出生については子ども女性比(ある時点での出産可能年齢の女性の人口と、同じ時点での0~4歳の子どもの人口の比)を利用することが多い。目標年までの仮定値(上述の生残率・純移動率・子ども女性比)を用意しておけば、国勢調査または住民基本台帳から基準人口は得られ、計算機の負荷も小さいため、比較的容易に推計が可能となる。この人口推計手法についてはティア1で示した国立社会保障・人口問題研究所が詳細に解説している。

#### ・世帯主率法(世帯数)

世帯には様々な属性があり、世帯人員の数、年齢、続柄などにより細かく分類することが可能である。脱炭素社会ビジョンにおいて詳細な世帯属性別の世帯数は必ずしも必要とは限らない。しかしながら、一人当たりの家庭でのエネルギー消費量は世帯人員が多いほど少ないことなどから、家庭分野の詳細な分析を希望する場合には世帯人員数別の世帯数を推計する必要がある。そこで一般的な手法が世帯主率法である。この手法では年齢・性別の人口に対して当該属性の人が世帯属性別の世帯主になる割合を乗じる。例えば40代の男性が100名いる地域において、この属性の人が夫婦のみの世帯の世帯主になる割合が0.3であったとすれば、100に0.3を乗じた30が「40代の男性が世帯主である夫婦のみ世帯」の数である。これを全ての年齢性別と世帯属性について行えば世帯属性別の世帯数を得ることが出来る。

#### ◆人口・世帯の定量化手法の参考資料・データ

国立社会保障・人口問題研究所(2018) 日本の地域別将来推計人口(平成30(2018)年推計)

<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson18/t-page.asp>

国立社会保障・人口問題研究所(2019) 日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計)(2019年推計)

<http://www.ipss.go.jp/pp-pjsetai/j/hpjp2019/t-page.asp>

国立環境研究所 気候変動適応情報プラットフォーム <https://adaptation-platform.nies.go.jp/>

## ② 経済

エネルギー消費量は経済活動水準と密接に連動する。また産業構造(地域に立地する事業者の産業別の内訳)によってもエネルギー消費の特徴が大きく変わる。そこで将来の産業別の経済活動水準は脱炭素社会ビジョンの作成にあたり必須の情報である。しかし既存の参照できる情報は少なく、人口・世帯とは異なり、公的機関による全国をカバーした将来推計はこれまでに整備されていない。そこで何らかの方法で各々将来推計を行う必要がある。ここではティア1で人口を基礎として経済成長率を仮定する方法を、ティア2として産業構造の変化を考慮に入れるため産業別に成長率を設定する方法を紹介する。また、ティア2としてはやや高度であるものの、地域産業連関分析を利用する手法も示す。これは脱炭素社会ビジョンを考える際に利点が多いことと、産業連関表データが入手可能であることに鑑みた。

### ティア1

#### ・一人当たり成長率をあてはめて推計

多くの地域で経済統計として市町村民経済計算が整備されており、現状の域内総生産は把握可能である。また長期的には地域の経済活動のそもそもの基盤である人口が大きく変わる可能性がある。そこで現状の域内総生産、適当な一人当たり経済成長率の仮定、将来人口から目標年次の経済規模(域内総生産)を簡易に推計することが出来る。ここで一人当たり経済成長率の仮定としては、定性的な社会経済シナリオの叙述に従って決めていくことになる。例えば現状があまり変わらないという社会イメージであれば、直近の傾向(例えば過去十年の値)を延長することが出来る。ほかに日本全国の将来推計を参照するといった方法もあるだろう。またこの場合には域内総生産を産業別に分けるために現状の産業別の比を利用することが出来る(通常、市町村民経済計算はある程度の産業分類別に入手可能である)。

## ティア2

### ・部門別に成長率をあてはめて推計

中程度の方法として個別の産業ごとに成長率を設定し、これをあてはめて推計する方法がある。まず事実として、国全体でも地域でも産業別に成長率は異なる。そこで産業別に目標年にかけての成長率を乗じることで各々の産業の事情を考慮した将来推計が可能である。それぞれの産業の成長率を設定するため、社会経済シナリオの叙述で産業構造に言及があればこれを利用することが出来る。また既存の地域の産業振興・産業誘致の方針の中でどのような産業を特に力を入れて振興・誘致するかの記述があればこれを参照し、対象となる産業の成長率を高めに設定するといった方法がある。

### ・地域産業連関分析(ノン・サーベイ法)

やや高度ではあるが、地域産業連関分析を利用することで、産業間のつながり(生産誘発効果)や財の需要側の詳細(域内・域外、民間・公的の別など)の変化も考慮して、より詳細に将来の産業を検討することが出来る。具体的には将来の需要を外生的に与え(そのため需要側の成長率や財別の内訳は設定する必要がある)、これとレオンチェフの逆行列を利用して域内生産を推計する。レオンチェフの逆行列を作成するには将来の投入係数表が必要であり、これはRAS法(過去の2時点の投入係数の変化を延長する計算技法)などを利用して可能である。産業連関分析は将来の地域の主要産業の変化を、例えば輸出財や住民の消費傾向の変化といった複数の側面から個別に考慮できる。さらにエネルギーについても、省エネルギーによるエネルギー支出の低下を反映し、さらに地域内で再生可能エネルギーを生産し、これを域内外へ販売し、一方で域外からのエネルギー購入が減る、といった場合の地域内の経済影響も検討することが出来る。脱炭素社会ビジョンに含まれるこうした要素を多く反映できることから、地域経済の将来や脱炭素に向けた取組の影響をよりよく検討・理解するために、ティア2であっても地域産業連関分析の活用を推奨する。また以下に示すようにデータの入手可能性も低くはない。

地域産業連関分析のための産業連関表について、都道府県や大都市では独自の地域産業連関表を整備している地域が多いため、これをそのまま利用することが出来る。一方で多くの市区町村ではこれを有していないことが多く、何らかの方法で入手または新たに推計する必要がある。現時点で全国の地方自治体の産業連関表はRESASの関連サービスとして当該地域の地方公共団体は有料にて入手可能である。独自に推計する場合、比較的容易な手法として都道府県の産業連関表を基として、これを市区町村別の生産額等で分割する形で市区町村の産業連関表を推計する手法がある(追加的な経済調査を行わないことからノン・サーベイ法と呼ぶ)。なお表でティア3に示したサーベイ法の地域産業連関分析とは、特に地域外との財のやりとりについては統計情報がほとんど存在しないことから、地域内の事業者に対して調査を行い、どのような地域から生産に必要な物資を購入し、また生産された財・サービスをどのような地域に販売しているかを調査してこれをもとに産業連関表を推計する技法である。より正確に地域の産業構造を反映できる利点がある。

#### ◆経済の定量化手法の参考資料・データ

経済産業省 産業連関表 [https://www.soumu.go.jp/toukei\\_toukatsu/data/io/index.htm](https://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/data/io/index.htm)

地域経済分析システム RESAS <https://resas.go.jp/>

環境省 地域経済循環分析 <http://www.env.go.jp/policy/circulation/>

土居英二、浅利一郎、中野親徳(2019) はじめよう地域産業連関分析(改訂版) [基礎編] Excelで初歩から実践まで、日本評論社。

### ③ 交通(土地利用)

地域の交通は地方公共団体の重要な施策分野であるから、脱炭素社会ビジョンにおいてもこれを出来る限り詳しく検討し、定量化することが望ましい。例えば公共交通機関の利便性改善・利用促進は多くの地域で交通施策上の課題であると同時に、脱炭素にも効果がある。一方で大都市圏以外では詳細なデータが入手しづらいという問題もある。そこでティア1では主要な排出源である自動車の走行距離に着目することにし、ティア2では移動の発生、移動手段の選択、移動距離を明示的に扱って交通構造の変化を反映する手法を提案する。なお人の移動は人口密度などの都市の構造と密接に関係していることから、より高度な手法(ティア3)では土地利用と一体で分析することが多く、都市計画分野で様々な手法が開発されている。

#### ティア1

##### ・車両台数を基礎に推計

地域の交通の全体像を把握するには旅客流動調査、貨物流動調査、道路交通センサスなどの情報源がある。これらの情報源を利用することが出来ればより高度な手法で地域の交通を推計できる。しかしながらこれらの調査は実施している地域や年次が限られている。そこで簡易的に推計を行うために役立つ手法としては、特に公共交通機関の分担率が低い地域では、自動車に焦点をあて、登録されている車両台数と一台あたりの平均的な年間走行距離から現状と将来の交通量を推計する手法がある。この手法には、将来に向けて車両を電気自動車等の次世代自動車に入れ替えていくことを脱炭素社会ビジョンとして進める際に、毎年何台の車両が次世代自動車に置き換わる必要があるかを考えやすいという利点がある。一方で欠点としては公共交通機関が考慮されないため、これによる排出が計算の対象外となってしまうことがあり、何らかの方法で(例えば公共交通事業者の公開する輸送人員)補完することが望ましい(なお通勤・通学に利用する交通機関の分担率は国勢調査からすべての市区町村で得られる)。

#### ティア2

##### ・簡易な発生・分担交通量モデル

地域での交通、特に旅客輸送を脱炭素社会の視点で考えるとき、例えばテレワークが広まることで移動の回数そのものが減る。またよりコンパクト・高密度な都市構造になれば移動の距離が短くなり、かつ、徒歩・自転車・公共交通機関を利用する人が増えるだろう。将来推計においてこれらの取組を評価する場合には、移動の発生、輸送機関の分担、移動の距離を明示的に含んだ計算手法が必要である。そこでここでは旅客分野の簡易な発生・分担交通量モデルとして、人口に1日当たりの移動回数(トリップ発生数)、輸送機関の分担率、輸送機関別の移動距離を乗じる手法をティア2として提案する。これらの情報はその地域を対象とした詳細な交通行動の調査(パーソントリップ調査)があれば入手可能だが、ない場合には全国都市交通特性調査から属性の似た地域の情報を利用するなどして、ある程度の近似が可能である。この手法により、例えばなりゆきの将来推計では現状の構造を固定して人口だけを将来の値に入れ替えて将来値とする一方、脱炭素対策を行う場合にはテレワークでトリップ発生数を減らす、公共交通の割合を増やすなどの構造的な対策を将来推計に明示的に反映することが出来る。

##### ◆交通の定量化手法の参考資料・データ

総務省 2015年国勢調査 <https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka.html>

国土交通省 パーソントリップ調査 [https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi\\_tosiko\\_tk\\_000031.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000031.html)



#### ④ エネルギー需要

エネルギー需要についてはまず現状の把握が課題となる。地方自治体の単位で脱炭素社会ビジョンを検討する場合、特に市区町村の単位では、これまでの地球温暖化対策の計画であっても、現状のエネルギー消費量を把握することが容易でないことが多い。これは現状のわが国では公的な地域のエネルギー消費統計が整備されていないことが直接の原因である(当然、そうした統計の整備が望まれるが、ひとまずここでは現状に基づいて議論する)。そこで多くの場合は都道府県のエネルギー消費量統計から活動量(人口、車両台数、産業別の生産額や従業者数)で按分する手法をとることになる。対象地域とその含まれる都道府県のエネルギー消費の構造に大きな差異がないと思われる場合にはこの方法で大きな問題はない。この考え方で推計された全国の市町村別エネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量等が環境省「自治体排出量カルテ」や民間事業者により公開されている。しかし構造が十分に類似しているとは考えられない場合には、独自の調査(例えば家庭や事業者のエネルギー消費量のアンケート調査)が必要になるだろう。

##### ティア1

###### ・現状の活動量とエネルギー消費量から推計

現状の部門別のエネルギー消費量(エネルギー源別)が得られていれば、これを活動量(人口または世帯数、産業の生産額または従業者数、車両台数など)で割ることで現状の(エネルギー源別の)活動量当たりのエネルギー消費量(以下、原単位)が得られる。将来推計においては活動量をそれぞれ上述の方法等で推計し、これに現状の活動量当たりのエネルギー消費量を乗じれば、現状を固定した場合の(なりゆきの)将来のエネルギー消費量を計算することができる。これに対して省エネルギーや電化については単純にその割合、例えば省エネルギー技術により原単位を半分にする、灯油の暖房の7割を電力に代える、といった計算を行うことが出来る。非常に簡易的ではあるものの、脱炭素社会においては省エネルギー化と、需要側での電化が必須の対策になるであろうことから、最低限の要素は反映することが出来る。

##### ティア2

###### ・サービス別のエネルギー需要モデル

より詳細に実現可能な(あるいは実施が必要な)脱炭素対策を考えるには、エネルギー消費をエネルギーサービス別に考える必要がある。エネルギーサービスとは上述の通り、TV を見る、自動車で移動する、部屋を照明する、事務所を暖房する、といったエネルギーを利用する事で得ようとする効用である。ティア1では部門別・燃料別にエネルギー消費量を推計する簡易的な手法を提示したが、サービス別に分けて推計することでさらに個別の技術の利用可能性や地域特性を考慮することが出来る。例えば家庭であれば給湯、冷房、暖房、厨房、照明、冷蔵庫などの様々なサービスがあり、期待されるエネルギー効率の改善や燃料転換(電化)の取組とその効果はそれぞれ異なる。暖房には効率改善と電化の双方が期待されるが、照明は事実上全て電化されていると考えてよい。エアコンと照明に今後期待される効率改善や、行動変容によるサービス需要の低減の程度も異なるだろう。同様のことは他の部門にも言える。そこでサービス別にこれを分けることでより詳細かつ実際の行動に近い将来推計が出来る。サービス別のエネルギー需要の公的統計として総合エネルギー統計、家庭では家庭部門の

CO2 排出実態統計調査(家庭 CO2 統計)がある。これにより(2)で示した活動量、エネルギーサービス需要原単位、エネルギー効率、エネルギー源構成比を乗じてエネルギー消費量を推計する手法がフル活用でき、それぞれの対策による排出削減量を計算することも可能になる。

◆エネルギー需要の定量化手法の参考資料・データ

資源エネルギー庁 都道府県別エネルギー消費統計

[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy\\_consumption/ec002/](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/)

株式会社 E-konzal 地域 E-CO2 ライブラリー <https://www.e-konzal.co.jp/e-co2/>

資源エネルギー庁 総合エネルギー統計 [https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/)

環境省 家庭部門の CO2 排出実態統計調査(家庭 CO2 統計)

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateiCO2tokei.html>

環境省 自治体排出量カルテ

[https://www.env.go.jp/policy/local\\_keikaku/tools/karte.html](https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/karte.html)

## ⑤ エネルギー供給(再生可能エネルギー)

GHG 排出量をゼロ(または実質ゼロ)にするために電力の脱炭素化が必須となる。一方、電力は中央政府の重要な政策分野で、特に大規模な火力・水力・原子力発電所は立地する地域の外に多くの電力を供給している。そのため地方公共団体の脱炭素化をスコープ2で考える場合には、主として域外に電力を供給する(大型の)発電所は直接の対象とならないことが多いだろう。一方で比較的小規模な再生可能エネルギー発電所は地域内にこれを供給するものとして扱うことが可能である。例えば地方公共団体が出資したエネルギー事業者が太陽光発電所を所有して発電し、顧客が地域内の需要家である場合がこれにあたる。そのため地域の脱炭素社会ビジョンにおいてもエネルギー供給、特に再生可能エネルギーの供給量の将来推計を行うことが有用(多くの場合には必須)である。さらに、電力以外のエネルギー源(産業用のガスや石炭、自動車燃料、家庭・業務用の灯油・都市ガス・LPG など)についても脱炭素化しなければならない。そのためには多くの地域で電化が第一の選択肢となるが、他の再生可能エネルギーとしてバイオマスによる熱電併給(コージェネレーション)や、再生可能エネルギー由来の電力から生産された水素燃料などが候補となる。こうした脱炭素エネルギーの域内供給の将来推計手法をここでは解説する。

### ティア1

#### ・既知ポテンシャルの制約内で必要な供給量を推計

再生可能エネルギーには水力、太陽光・熱、風力、地熱・地中熱、バイオマス、波力など様々な種類があり、地域によってその利用可能な量は異なる。そのため将来の再生可能エネルギー供給を考える場合にもまず利用可能な量を知る必要がある。利用可能な量はもともと自然界に賦存する物理的な量をもとに、そのうち合理的な費用で活用できる技術的な限界、これに加えて土地利用規制・住宅との距離・災害の危険性などの社会的な制約によって決まる。いわゆる再生可能エネルギーのポテンシャル調査はこれまでに環境省を中心として行われており、太陽光・熱、風力、地熱・地中熱、中小水力については再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS(リーポス))で公表されている。地域内の将来の脱炭素エネルギー供給を定量化する最も簡易的な方法として、こうした既存のポテンシャル調査による利用可能な量を上限とし、地域内の需要を満たすためにそのうちどれだけが必要

かを計算することが出来る。なお、これまでのところバイオマスについては全国的に整備された詳細地域(例えば市区町村)単位でのポテンシャルに関する公開データがなく、既存の独自の調査がない地域ではこの方法が使えない。

## ティア2

### ・独自のポテンシャル調査を行って供給可能量を推計

ティア1よりも現実的に考える方法として、現実に利用可能なポテンシャル調査を独自に行って供給可能量を推計することが出来る。多くの地方公共団体が新エネルギー計画、これまでの地球温暖化対策の計画などでこれを行っており、すでに利用可能な情報があればティア1の方法で可能である。これがない場合や、既存の調査から大きく状況が変わっている場合に改めて調査を行って供給可能量を推計しようというのがティア2の考え方である。上述のように地域におけるポテンシャル調査の事例は十分にあり、手法は確立されているため、モデル分析チームに十分な作業リソースがあれば計画策定プロセスの期間内にこれを実施することが出来るだろう。独自に調査をすることでその地域に特有の自然・地理・社会・経済等の事情を考慮したり、発電所建設の候補となりえる地点を具体的に検討することが可能である。なお政府では緑の分権改革で賦存量調査のガイドラインを公表している。

#### ◆エネルギー供給の定量化手法の参考資料・データ

資源エネルギー庁 標準発熱量・炭素排出係数(総合エネルギー統計)

[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/carbon.html](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/carbon.html)

環境省 再生可能エネルギー情報提供システム(REPOS(リーポス))

<http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/index.html>

総務省 緑の分権改革 [https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/jichi\\_gyousei/c-gyousei/bunken\\_kaikaku.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/c-gyousei/bunken_kaikaku.html)

## ⑥ 資源循環

資源循環では廃棄物処理からの GHG 排出削減が課題となる。排水処理を含めてメタンや N<sub>2</sub>O などのガスも発生するが、日本ではプラスチック等の焼却による CO<sub>2</sub> 排出がその主要部分である。そこで本文書でもこれに焦点を当てて定量化する手法を示す。ティア1では単に発生量を将来に延長する。ティア2では組成ごとリサイクルなどを考慮する。発生後の CO<sub>2</sub> 排出量はいずれも焼却量を対象として計算する。また、一般廃棄物の処理を市区町村が担うことから一般廃棄物についてはその処理計画やリサイクル等の目標を参考にすることができる。産業廃棄物については処理責任が排出事業者にあるものの、GHG 排出源であることは一般廃棄物と同様であるから、脱炭素社会ビジョンの対象に含めるべきである。都道府県が産業廃棄物の処理計画を策定しているため、市区町村で脱炭素社会ビジョンを策定する場合にもこれを参照することが可能である。また地域内で廃棄物を処理する場合には廃棄物の焼却やメタン発酵からエネルギーを回収することが出来る。これをする場合にはエネルギー供給の一部として考慮する必要があり、その場合には廃棄物からの CO<sub>2</sub> 排出と二重計上にならないよう注意が必要である(エネルギー供給からの排出として扱う場合には廃棄物からの排出としては計上しない)。

この他に廃棄物処理に伴う GHG 排出としては回収・処理に利用するエネルギーからのものがある。推計の手法としてはエネルギー需要・供給と同様であり、脱炭素社会ビジョンでは産業と貨物輸送によるエネルギー消費として扱うことも可能だが、個別にしてもよい。また農業廃棄物(家畜排泄物や作物残渣など)については農業・森林・土地利用の項で説明する。

## ティア1

### ・一人当たり発生量から推計(一般廃棄物)

現状の一般廃棄物の発生量と人口から一人当たりの発生量を計算し、これと将来の人口から将来の廃棄物発生量を推計する手法。現状の数値を固定すればなりゆきの将来像になる。発生量を得たあとはそこからリサイクル量を差し引き、残りを焼却するものとして焼却量から CO2 排出量を推計することが出来る。単純な方法だが、人口の変化、脱炭素対策として発生抑制やリサイクルを考慮することが出来る。事業系の一般廃棄物についても人口の代わりに従業者数を利用して計算すれば同様の手法で取り扱える。この場合には従業者数の推計が別途必要だが、第三次産業の生産額と現状の従業者数などから比較的容易に推計できる。

### ・生産額当たり発生量から推計(産業廃棄物)

考え方は上述の一般廃棄物と同様であり、現状の産業生産額と産業廃棄物のデータから生産額あたりの発生量を算出し、これと将来の産業生産額から将来の産業廃棄物の発生量を推計する。以後は一般廃棄物と同様である。

## ティア2

### ・組成別に発生量・リサイクル量・焼却量を推計

ティア 1 と同様の考え方にに基づきつつ、廃棄物の具体的な組成(プラスチック、布、紙、木製品等)に分けてそれぞれ発生量、リサイクル量、焼却量を推計する。この手法をとることで将来の消費財の変化(例えば容器包装プラスチックが減少する)や、リサイクルの対象となるリサイクル率などを物質ごとに個別に考慮することが可能になる。

#### ◆資源循環の定量化手法の参考資料・データ

多くの情報は地方公共団体がそれぞれ保有・公表しているため、ここでは対策の参考となるマニュアル・報告を紹介する。

環境省 廃棄物処理部門における温室効果ガス排出抑制等指針マニュアル

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/pdf/manual201203.pdf>

一般財団法人日本環境衛生センター、パシフィックコンサルタンツ株式会社(2019)平成 30 年度廃棄物処理システムにおける低炭素・省 CO2 対策普及促進方策検討調査及び実現可能性調査委託業務報告書

<http://www.env.go.jp/recycle/report/h31-08/index.html>

## ⑦ 農業・森林・土地利用

農業からは家畜及び農地からの CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O 排出が中心となる。これらの将来推計を行うには家畜の頭数や農地面積が基礎となる。一方、森林・土地利用では土地利用転換による排出(典型的には森林から宅地への転換により、森林が蓄えていた炭素が二酸化炭素となって排出される)のほか、森林による吸収量の算定が重要な要素である。森林の面積等が決まれば吸収・排出の計算は確立されており、既存の地方公共団体実行計画策定・実施マニュアルでも丁寧に記述されているためここでは繰り返さない。一方で将来の森林面積をどう考えるかは検討の余地がある。ティア1では単純に現状を固定する。ティア2では地域内の土地利用面積全体の変化を検討する。より高度な手法としては地域内を細かく分け(例えば100m メッシュ)、都市計画に基づいて将来の土地利用の誘導を検討し、植林可能な地点・面積を推定するといった方法もある。

## ティア1

### ・現状を固定する

最も単純な方法として、現状の家畜頭数、農地や森林の面積を固定し、将来も現在と同じとみなす。現在の日本における社会経済活動の中で土地利用は比較的変動の小さい要素であり、住宅開発などのプロジェクトが決まっているのでなく他に大きな変動に繋がる要因がなければ、現状を継続するものと仮定しても、脱炭素の視点からは大きな問題がない場合も多いだろう。

## ティア2

### ・土地利用の転換を推計

ティア1では現状から大きな変化がないと仮定したが、地域によっては30年程度の期間で農地や森林の面積が大きく変わることも考えられる。また森林による吸収量を増加させることが実質ゼロの目標達成に欠かせない対策となる場合もある。そのような場合には土地利用の種類別に面積の増減を検討する。単純な方法としては農業生産額に比例して農地面積が増減する、人口に比例して宅地の面積を増減させる、その分だけ森林を増減させて総面積をバランスさせることで将来の土地利用面積を算出することが出来る。なりゆきで森林の減少が想定される場合にこれを回避し森林を保全するシナリオをつくる、といった形でもその脱炭素効果の概算としてこの手法が利用できる。

### ・農業の転換(作物・家畜、施設、放棄)を想定

農業部門からの排出は家畜の種類、水田か畑作か、施設か否かによって変わるため、これらの変化を検討する。なお農業部門でもエネルギー消費があり、特に施設では加温や照明に多くのエネルギーが利用される。脱炭素社会ビジョンとしてはエネルギーからのCO<sub>2</sub>排出は農業のCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oと構造が異なるため、農業部門のエネルギー消費も他の産業と同様に計算することが便利である。

#### ◆農業・森林・土地利用の定量化手法の参考資料・データ

環境省 地方公共団体実行計画(区域施策編)策定・実施マニュアル(算定手法編)V1.0

[https://www.env.go.jp/policy/local\\_keikaku/data/manual\\_sakutei.pdf](https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/manual_sakutei.pdf)

## ⑧ CO<sub>2</sub> 排出係数

脱炭素社会ビジョンの定量化においてCO<sub>2</sub>排出係数は非常に重要で基本的な数値であり、ここでは全ティア共通で算出の手法を提示する。特に再生可能エネルギーの地域内供給が大きな割合を占めることが予想されることから、地域内外の扱いが重要である。化石燃料の直接燃焼によるCO<sub>2</sub>排出係数については十分に知られており改めて調査検討する必要はなく、資源エネルギー庁では総合エネルギー統計の一部として公開している。主に問題となるのは多くの場合は電力であろう(熱供給事業が大規模に行われている、あるいは将来行われうる地域では熱も重要である)。エネルギーの需要側から見た場合には電力の消費量にそのCO<sub>2</sub>排出係数を乗じて排出量を推計するから、将来の排出係数をどうすべきか、という課題になる。特に上述したように地域内でのエネルギー供給が大規模に行われることを考えるときには、外から与えられる排出係数はないため、独自に考えなければならない。ここで、実際には「排出係数」という物理的な実体はなく、発電の際に化石燃料を燃焼した際の排出量を発電し消費された電力量で割ったものが排出係数である。そこでこの計算を域内外で行えばよい。すなわち、

域内で消費される電力を域内での自給と域外からの供給に分け、それぞれの発電に伴う CO2 排出量を計算し、これと消費電力量から排出係数を算出する(図 13 を参照のこと)。このようにすることで域内での再生可能エネルギー供給努力が CO2 排出係数にも直接明示的に反映される。しかし、このようにしてもなお、将来の域外から供給される電力の排出係数は外部の参照情報がなければ得られない。これは現在の排出量の計算においてもすでに課題がある。地域内の需要家は様々な電力供給事業者からの購入が可能であり、それぞれの事業者によって異なる排出係数をもつ。現時点ではその実態を把握した情報はなく、域内で最も多くを占めるであろう事業者の排出係数を使わざるを得ないだろう。脱炭素社会ビジョンにおいて、直近の年次では同様にするものとし、将来の目標年(例えば 2030 年や 2050 年)では政府の示すエネルギー供給計画を参照するのが、実務上は最も現実的な方法と思われる。

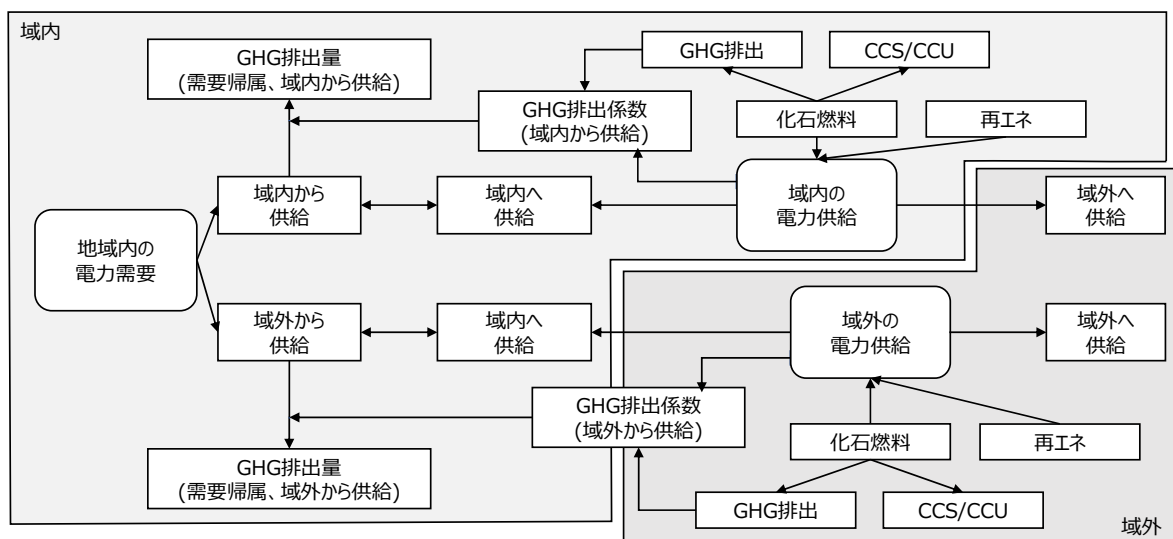


図 13 域内外からのエネルギー供給と排出量推計・CO2 排出係数算定の考え方

需要側から見ると地域内のエネルギー需要のうちどれだけが地域内で供給されているか、供給側から見ると地域内でのエネルギー生産のうちどれだけが地域内の需要家に供給されているかを、脱炭素社会ビジョンにおいて示すべきである。これを踏まえて排出量推計・排出係数算定を行う場合の概念を示した。簡単のため対象を電力のみとし、地域内外双方から供給を受けている場合の排出量推計及び排出係数算出の概念を示した。供給側から見ると発電のために燃焼した化石燃料(ただし CCS/CCU を使わず排気中 CO2 を大気に放出)の量から GHG 排出量が決まる。これと発電量から排出係数が算出される。この計算を域内から・域外からの供給双方で行うことで自給を明示的に考慮した排出量の推計が可能である。内外いずれから供給されても化石燃料の燃焼が少なければ GHG 排出は減るが、脱炭素として地域の視点から見ると、地方公共団体や地域主体の意思による操作可能性が高い域内の再エネによる電力供給を増やし、これを域内消費することで自前での脱炭素化に近づく。なお(需要端における)電力以外のエネルギー源についても考え方は同じである。こうした考慮が必要となる電力以外のエネルギー源として、熱、薪炭、バイオエタノール/バイオディーゼル、水素などが想定される。

### ⑨ CO2 排出量・排出削減量

エネルギー消費、エネルギー供給、CO2 排出係数が推計されれば、エネルギー消費量に CO2 排出係数を乗じることで容易に CO2 排出量を得ることが出来る。脱炭素社会ビジョンの観点で重要なのは排出量よりもむしろ削

減量、特に対策別の削減量である。各対策がそれぞれどれだけの排出量を削減することが出来るかは具体的な対策を選定し進めるうえで重要な情報になるだろう。ところでそもそも削減量という物理的実体はなく、対策をする前後の排出量の差を削減量と呼んでいる。そのため削減量を求めるためには排出量を計算しなければならない。また現状からの大きな変化を伴う場合には削減量を積み上げるという考え方が使えない。例として、ある人口1万人の地域の排出量が年間10万トンであり、高効率エアコン1台の導入が年間10kgの排出量削減になるとしよう。この対策だけを小規模に実施する場合には、エアコン1000台の導入で年間10トンの排出削減が可能と違って差し支えない。しかし規模を大きくする場合、単純に積み上げるとこのエアコンを1000万台導入すれば10万トンの排出削減により脱炭素が達成されることになるが、実際には当然そのようにはならない。またエアコンの効率改善と同時に再生可能エネルギーの導入拡大も行えば、エアコン1台で10kg削減とした場合の前提が変わる。こうした理由から、個別の対策に固有の削減量があるものとして計算すると不都合が生じる。そこでここではなりゆきの排出量と脱炭素対策を行った場合の排出量をそれぞれ推計し、その差を削減量とする考え方を基本として、その詳細度の違いによりティア1、ティア2を示す。なお上記のエアコンと再エネのように「同時に行う対策」のそれぞれの排出削減への貢献度をより論理的・整合的に推計する方法として表のティア3で示した要因分解法がある。

#### ティア1

##### ・部門ごとのシナリオ間での排出量比較

エネルギー消費量のティア1の手法では燃料別のエネルギー消費量を部門(家庭、業務、産業、交通)毎に計算しているから、そのなりゆきでの排出量と脱炭素対策をした場合の排出量を部門ごとに比較し、その差をそれぞれの部門の排出削減量とする。ただし、需要部門に帰属させた排出量を計算しただけでは再生可能エネルギー供給による貢献度が分からない。そこで、需要側と供給側それぞれの貢献度を算出する近似的な手法として、なりゆきに加え、対策シナリオ1として需要側の対策だけを行い、CO<sub>2</sub>排出係数を固定した場合の排出量を計算する。次に対策シナリオ2として需要側に加えて供給側の対策もおこない、再生可能エネルギー等を考慮したCO<sub>2</sub>排出係数を利用して排出係数を計算する。このとき、なりゆきと対策シナリオ1の差が需要側の省エネルギー等の対策による削減量、対策シナリオ1と対策シナリオ2の差が供給側の再生可能エネルギー等による削減量とみなすことが出来る。

#### ティア2

##### ・部門ごと、サービスごとのシナリオ間での排出量比較

考え方はティア1と同じである。ただし排出量を部門よりも細かくサービス(暖房、照明、空調、自動車など)ごとに分けて計算し、ティア1同様にシナリオ間で排出量を比較してその差をそれぞれのサービスでの削減量とする。こうすることでどのようなサービスが特に排出削減の観点で重要かを示すことが出来る。

##### ・対策ごとの感度分析

同じサービスに関連する複数の対策が同時に実施される場合、それぞれの貢献度を知りたいことがある。例えば家庭の暖房であれば住宅の断熱性能の改善によるエネルギーサービス需要の減少、エアコンの技術進歩によるエネルギー効率の向上、再生可能エネルギーによる電源の脱炭素化が同時に行われるだろう。こうした場合にそれぞれの貢献度を推計する近似的な計算手法として、感度分析の考え方を応用することができる。この場合には、まず全ての対策を実施した計算をし、次にこのうち一つの対策だけを実施しない場合を計算すると、そのぶんだ

け排出量が増加する。同様の計算を全ての対策について行う。それぞれその対策を実施「しなかった」場合の排出量増加を比較することで、相対的により大きく(あるいは小さく)貢献している対策を示すことが出来る。

#### ⑩ ロードマップ

いずれの分野の定量化手法であっても、簡易な手法ほど詳細が省略されており、また考慮されない要素が増える。ロードマップの定量化では時間という次元が加わるため、特にティア1のような単純な手法による近似的な計算は長期になるほど大きな誤差を生むことが理論的には憂慮される。しかしながら、現実にはビジョンそのものを5年程度でフォローアップ・改訂していくことで都度修正される。また本手法で紹介するティア1はビジョン作成に充てられる資源が限られている場合の簡易的な方法である。そこで理論的・技術的な正確性に拘る余裕のない状況であれば、簡易的な手法でロードマップを作成し脱炭素社会に向けた取組を進めることを推奨する。

#### ティア1

##### ・現状と目標を直線的に繋げる

最も単純なロードマップの考え方は現状と最終目標の間を直線的に繋げる方法である。例えば現状のエネルギー消費量が100で30年後にこれを40まで減らすことが目標だとしたら、毎年2ずつ減らしていく。これはその取り組みがすでに実施可能であること(技術であれば普及段階にあること)を前提とし、直ちに開始し毎年同じだけの取組を実施すること(期間の後半に加速したりはしない)、目標年ちょうどにすべての取組を目標水準に到達させること(達成を前倒しにはしない)を意味している。全ての分野でこのように取組が実施された場合、GHG排出量も直線である程度の近似が可能となるから、排出量目標も直線的に繋げて設定することが出来る。実際の脱炭素ビジョンではこの全てが満たされない取組も多いと考えられるが、近似的にはこの方法でも実用上は十分であることも多い。例えば上述のエネルギー消費の場合、現状の技術ストック(例えばエアコン)の性能が均一で毎年一定の割合が廃棄されると仮定し、廃棄された技術は一定性能の省エネルギー型のエアコンに置き換えるとすればエネルギー消費量は線形に減っていく。ストックが更新されていく性質の取組であれば住宅や自動車についても同様のことが言える。またエネルギー供給側でも屋上太陽光発電のような小規模・分散型のものであれば毎年同程度の設置がされることを目標とする(そこで毎年一定額の補助金額を支出する)といった考え方が可能である。一方、大規模な施設の建設を伴うような場合には毎年直線的に増えるといったことは考えづらい(ただし日本全国のような広範囲を合計すればそのようなことになることもありえる)。上述の様々な仮定も満たされるとは限らない。そこで、時期が想定可能な比較的大規模なもの(例えばメガソーラー発電所の建設、廃棄物処理施設の更新、公共交通の整備)については個別に時期を設定しつつ、多数の利用者の間に幅広く普及させるような取組(省エネルギー型の技術利用など)は直線的に繋げることで、ティア1として簡易的な手法をとりつつもある程度の現実性をもったロードマップを作成することが出来る。

#### ティア2

##### ・ストックの更新時期を考慮して技術の普及目標を設定

建物、自動車、家庭用製品などの省エネルギー化・電化などは既に社会に存在する多数の技術ストックを脱炭素社会に向けて省エネルギー・脱炭素型のものに更新する、という性質の取組である。そのため実施主体も多数となる。こうした取組の進捗スケジュール、すなわち何年間で目標水準まで耐久消費財等のストックを更新できるかを考えるとき、各々の技術の平均的な使用期間や年次ごとの残存率が参考になる。図14では脱炭素技術への



更新が必要な財の例として家庭用電気製品と自動車の残存率を示した。

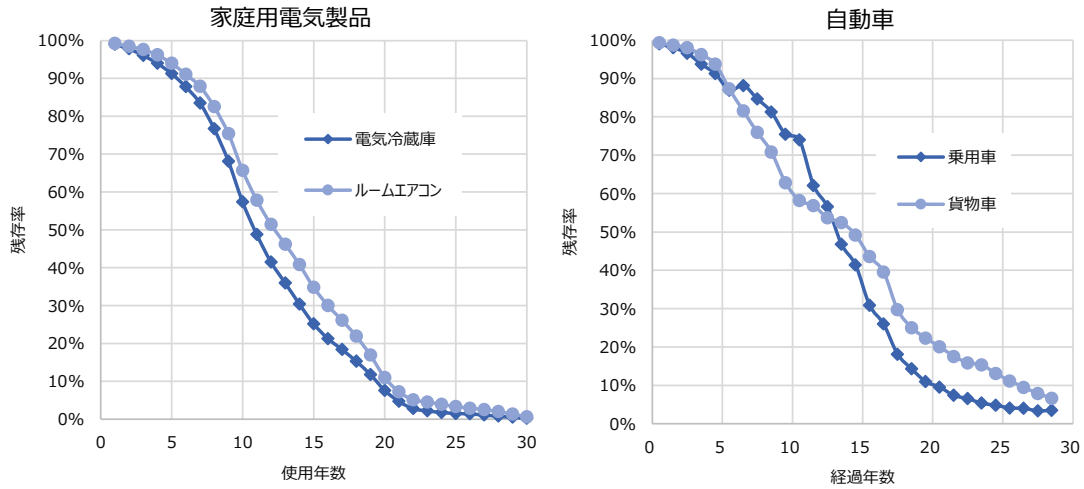


図 14 家庭用電気製品(2018 年度)と自動車(2020 年度)の残存率

平均使用年数は次の通り。電気冷蔵庫:12.2 年、ルームエアコン:13.6 年、乗用車 13.51 年、貨物自動車 15.31 年。  
 出典:家庭用電気製品:(一社)家電製品協会(2018) 内閣府「消費動向調査」データによる家電製品使用年数調査報告書より作成。自動車:自動車検査登録情報協会「平均車齢」「平均使用年数」  
<https://www.airia.or.jp/publish/statistics/trend.html> より作成。

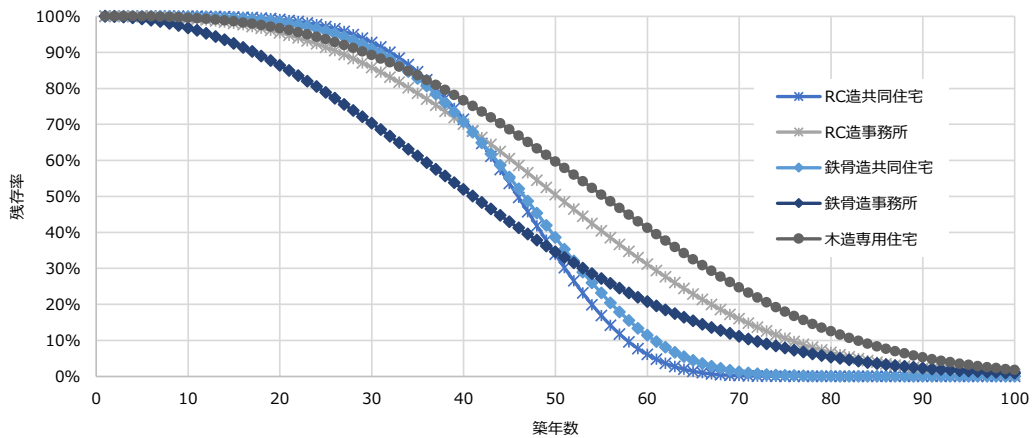


図 15 建物の築年数と残存率曲線(2005 年、推定値)

平均寿命は次の通り。RC 造共同住宅:45.3 年、RC 造事務所:50.8 年、鉄骨造共同住宅:46.1 年、鉄骨造事務所:43.1 年、木造専用住宅:55.8 年。  
 出典:小見康夫, 栗田紀之(2010) 長寿命化トレンドを考慮した建物残存率のシミュレーション, 日本建築学会計画系論文集 75(656), 2459-2465 に示された残存率関数およびパラメータより作成。

こうしたストックは初期に廃棄されるものは少なく、ある程度の年次で多くの割合が廃棄され、その時期を過ぎると長く残る傾向がある。図に示した 4 種類の財の平均使用年数は 13 年前後で(ストック総数が一定ならば)毎年 8%程度が更新されることになる。しかし必ずしも古いものから順に廃棄されるわけではなく、13 年程度ですべて

のストックが更新されるわけではない(「平均」使用年数であることに注意)。図から読み取れるように長期間残存するものもあり、90%が廃棄されるのに 20~30 年を要している。すなわち、現在新たに購入・使用開始された財のうち 1 割程度は 20~30 年後にも使われていると考えられる。こうした性質のため詳細にストックの更新と全体としての省エネルギー化や電化を計算するにはストックを導入時期によって分け、年次ごとの廃棄と追加を計算することが必要となる。ティア2として可能な場合にはこのような計算手法を利用することを推奨するが、一方で脱炭素社会ビジョンの目標を達成するためのロードマップであるから、脱炭素化のためにストックの更新を積極的に行う(古いものの廃棄と新技術の導入を進める)こととして、平均使用年数程度ですべてのストックを入れ替えることを目標とすることも選択肢である。

また、エネルギー性能の向上や屋上への太陽光発電の設置で効果の期待される建物はより寿命が長く、現在存在する建物が最終目標時期においても相当割合が残存しているだろう(図 15)。そこでこれから新築される建物については上記同様に目標を設定しつつ、既存建物の改修などの取組も必要となる。なお、一般に財を長く使うことは資源保全の点で望ましいことが多い。しかしその反面で効率の悪いストック(建物、機器、設備等)を蓄積してしまうとその後長期にわたって非効率な状態が継続する恐れがある。そこで現時点から更新の際に高効率・脱炭素型のものが導入されるよう、直ちに行動することが重要といえるだろう。

#### ・個別事業の必要期間を計上

大規模な設備の建設、新しい制度の策定のように少数の主体が実施する性質の取組(行政が直接手掛ける事業であることも多いだろう)については、各々の事業について所要期間を個別に検討することが可能である。また行動変容の普及のように、多数の主体が関わるものの、前項の技術ストックの更新のように機械的に進むとは考えづらいものもある。そこでこのような取組には各々の所要期間を与えたのち、前後関係を考慮して(例えば実現可能性調査が終了してから設計が始まる)実施可能な順に並べることでロードマップとすることが出来る。しかしこれまでの経験などから単純に所要期間を積み上げると目標年に間に合わない可能性がある。その場合には所要期間を短縮するか、開始時期を前倒しする方策を検討しなければならない。定量化手法としてはほとんどがいわゆる手作業によるもので、作業的には比較的単純だが、詳細なロードマップに含まれる数十から百を超える取組のすべてについてこれを行うには相応の資源が必要なためティア2とした。

#### ・外部の技術開発見通しから導入時期を設定

技術の種類を詳細に区分して脱炭素社会ビジョンを作成すると、その中には現時点で普及段階にないものも含まれることになるだろう。例えば燃料電池自動車は導入がされ始めた段階で大規模な普及には解決が必要な課題があり、藻類由来のバイオマス燃料生産や水素キャリアとしてのアンモニア燃料なども現時点では実用化に至っていない。自動車の電化と再エネの導入拡大に際して需給調整の役割が期待されている V2H/V2G(vehicle to home, vehicle to grid; 電気自動車の蓄電池から住宅やグリッドに電力を供給する技術)も実用化はこれからという段階である。こうした技術の中には数年以内に普及段階に到達することが期待されているものもあれば、今後 20~30 年程度を要する見込みのものもある。一方、本文書でビジョンの策定主体として想定している地方自治体/地方公共団体においては独自にこうした技術開発に取り組むことは少ないだろう。そこでこうした(近未来を含む)将来の技術については導入時期を外部の資料(典型的には日本政府の技術開発計画)を参照して設定し、その時点からストックの更新等を開始するとよいだろう。

◆ロードマップ定量化の参考資料

「2050 日本低炭素社会」シナリオチーム(国立環境研究所・京都大学・みずほ情報総研) (2009) 低炭素社会に向けた道筋検討. <http://2050.nies.go.jp/LCS/jpn/japan.html>

五味馨, 金再奎, 松岡譲 (2011): 地方自治体における費用負担を考慮した低炭素社会へのロードマップ構築手法の開発, 土木学会論文集 G (環境システム研究論文集 第 39 巻), Vol. 67, No. 6, pp II\_225-II\_234.

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejer/67/6/67\\_6\\_II\\_225/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejer/67/6/67_6_II_225/_article/-char/ja/)

内閣府(2020)2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>

#### (4) 手法ごとのメリット・デメリットの考慮と適切な手法の選定

手法により長短があるが、将来推計の目的は脱炭素社会ビジョンを実現するための取組を立案・実施するために必要十分な情報を得ることである。将来推計手法の選択やその具体的な内容の検討はしばしば専門的な知識を必要とするが、担当者とモデル分析チームは各々の地域で取組を進めるために知りたい内容を踏まえて適切な方法を選択しなければならない。特に現状のデータが不足したり、将来の社会・技術の不確実性が大きい場合にも、行動の意思決定に利用可能な程度の信頼性(必ずしも非常に高い信頼度である必要はない)が得られるのであれば、定量化を諦める必要はない。資源が十分にあれば高度な手法が選択肢になりえるが、高度であれば必ずしも良いというわけではなく、単純な推計手法にも実務上のメリットがある(表 14)。

一般的に複雑で大規模なシミュレーションほど、ある結果が得られたときに、分析担当者以外には(時には分析担当者自身にとっても)どのような理路でそのような計算結果となったのかが分かりづらく、結果の解釈が難しくなる。このことは住民に説明責任を負う地方公共団体にとってはデメリットになることもあるだろう。また高度なモデルではそれぞれ開発されてきた分野に専門特化している場合があり、経済面を中心に評価する高度なモデル(例、応用一般均衡モデル)は価格メカニズムを反映し、補助金などの影響を踏まえて経済全体への影響も評価することが出来るが、一方でエネルギー技術等の詳細(例えば冷房 COP)などは考慮せずにより集約的な経済変数(例、家庭のエネルギー支出)などで表されていることが多い。タスクフォースの担当者は定量化の手法についてモデル分析チームと密に議論し、目的(ここでは地域で脱炭素社会を実現すること)に必要な情報とその使われ方をよく考慮して、各々の地域に適した手法を選択することが重要である。なお6. で紹介する大熊町の事例では分野によりティア1、ティア2、ティア3の手法を組み合わせさせて使っている。

表 14 単純で簡易な手法と複雑で高度な手法の比較

すべての場合に共通するわけではないが、単純で簡易な手法と、複雑で高度な手法の代表的なメリット・デメリットを示す。複雑な手法ほど多くの要素をモデル化しており、自動的にシミュレートされる範囲が広く、その範囲内では整合的で理論的にも健全な計算が可能である。これらの点は同時に、利用者への要求(データ、計算時間、理解のための学習時間)が高かったり、柔軟性に欠けたり、他の手法との組み合わせを想定していないために他分野の計算と整合をとることが難しくなったりすることにもつながる。

	メリット	デメリット
複雑で高度な手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 部門、燃料、技術、行動、地域、個人属性などを細かく分類して分析できる</li> <li>・ 対象に内在する機序(例. 価格メカニズム)を明示的・自動的に考慮できる</li> <li>・ 統計的に頑健である</li> <li>・ 内的な整合性が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大量のデータを必要とする</li> <li>・ 分析に長時間を要する</li> <li>・ 分析担当者以外のステークホルダーにとって理解が難しい</li> <li>・ 見通しが悪くブラックボックス化しやすく、結果の解釈が難しい</li> <li>・ 柔軟性に乏しく大きな変化を取り扱うのが難しいことがある</li> <li>・ 他分野の手法と組み合わせて利用する場合に整合性の確保が困難</li> </ul>
単純で簡易な手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ データ要求が少ない</li> <li>・ 分析の所要時間が短い</li> <li>・ 想定と結果の解釈・理解・説明が容易</li> <li>・ 他分野の手法と整合性をとりやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各種の分類が粗くなりやすい</li> <li>・ 対象のメカニズムが十分に考慮されない</li> <li>・ 統計的な頑健性が検証されない</li> <li>・ 内的な整合性が低い</li> </ul>

## 5. 脱炭素社会づくりと多課題解決

温室効果ガスの排出は幅広い社会経済活動に関連する。そのため地域で脱炭素社会を実現しようとした場合には、必然的に、生活様式、農林業、交通、産業などの分野にも関連する。それぞれの課題と脱炭素対策との間に相乗効果があればなるべくこれを引き出し、一方で脱炭素対策が他側面の状態を悪化させること(トレードオフ)は避けねばならない。このように多くの課題を総合的に考えるための枠組みとしてここでは SDGs と地域循環共生圏をとりあげる。これらを脱炭素社会ビジョンにおいて同時に考慮することで様々な側面でのよりよい地域づくりに繋がるだろう。

### (1) 気候変動対策と SDGs: 相乗効果とトレードオフ

国連で採択された「2030 アジェンダ」に示された「持続可能な開発目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)を活用することが出来る。SDGs は 2030 年を目標年として世界において達成すべき17の大分野の目標を示し、さらにこれを詳細にした 169 のターゲット、進捗を把握するための 232 の指標から成る。なお指標については日本の状況に合わせたローカル指標が提案されている。SDGs の 17 ゴールや指標を脱炭素対策と対応させ、その関連(相乗効果やトレードオフ)を検討するチェックリストとして使うことが出来る。例えば世界レベルではバイオ燃料の生産がゴール2(飢餓)に悪影響を与える可能性が示唆されている。既に日本の多くの地方自治体でも SDGs は浸透しており、SDGsに関連する独自の目標や計画を策定している地域も多い。そこで脱炭素社会ビジョンについても SDGs 関連計画・目標と対照し、相乗効果の発揮とトレードオフの軽減に使うことを推奨する。表 15 に本文書で示した脱炭素社会ビジョンを構成する様々な要素と直接的に関連するゴールの例を示す。本文書は脱炭素を目標として気候変動対策の中では緩和策を対象としているが、これを適応策にも広げればより多くのゴールが気候変動対策と関連するだろう。例えば気候変動適応策としての熱中症対策はゴール 3(健康)と直接に関連する。

表 15 脱炭素社会ビジョンを構成する要素と関連する SDGs のゴールの例

SDGs は多岐にわたる社会の目標を示しており、ゴール間にも関連がある。ここでは脱炭素社会ビジョンの各要素に関連するゴールのうち、特に関連性が明確なものを示した(カッコ内は筆者による略称)。このうち省エネルギーとゴール1(貧困)の関連は、特に寒冷地において、所得の少ない世帯では燃料費の負担が重い(fuel poverty、燃料貧困という)ことから省エネルギーが進むことでこれを緩和する効果が期待されていることによる。

要素	関連する SDGs のゴール
経済活動水準、産業構造	8(雇用・経済)
公共交通機関、歩道・自転車道	11(まちづくり)
省エネルギー	1(貧困)、7(エネルギー)
電化・再生可能エネルギー	7(エネルギー)
高エネルギー効率技術、スマートコミュニティ	9(技術革新)
廃棄物処理	12(資源循環)
植林・森林保全	15(陸域生態系)
農業	2(飢餓・食料)
各主体の協力・協調	17(協働)

## (2) 地域循環共生圏による「統合的アプローチ」

2018年に閣議決定された第5次環境基本計画の中で打ち出された「地域循環共生圏」の理念は、地域資源を活用しながら地域間でも協力し、自立・分散型の社会を形成して、環境・経済・社会の様々な課題を同時に解決していくことを目指した考え方である。環境省ではこれを脱炭素社会の実現とともに「ローカルSDGs」としても位置づけている。地域資源を活用した多課題の同時解決の例として、地域資源として再生可能エネルギーのポテンシャルと観光資源があったとき、再生可能エネルギーによる発電を行い、その電力で電気自動車を充電し、この電気自動車を地域内のオンデマンド交通と観光客向けのシェアリングサービスに活用し、同時に観光の周遊コースを整備したとする。これらがいずれも成功したとすれば、再生可能エネルギーによる脱炭素効果、住民の交通利便性向上、観光客の増加による地域経済の生産増加、エネルギーを自給することによって域外への資金流出を抑制する地域経済循環に同時に効果がある。交通利便性向上や域内での雇用維持により人口の流出抑制にも効果があるかもしれない(図16)。こうした考え方を「統合的アプローチ」という。一つの事業で一つの成果を目指す場合と比べると相当に複雑だが、事実として取り組むべき課題が多数あり、また多方面に影響のある取組があれば、地域資源を活用して多くの課題解決を目指すアプローチが有用なこともあるだろう。

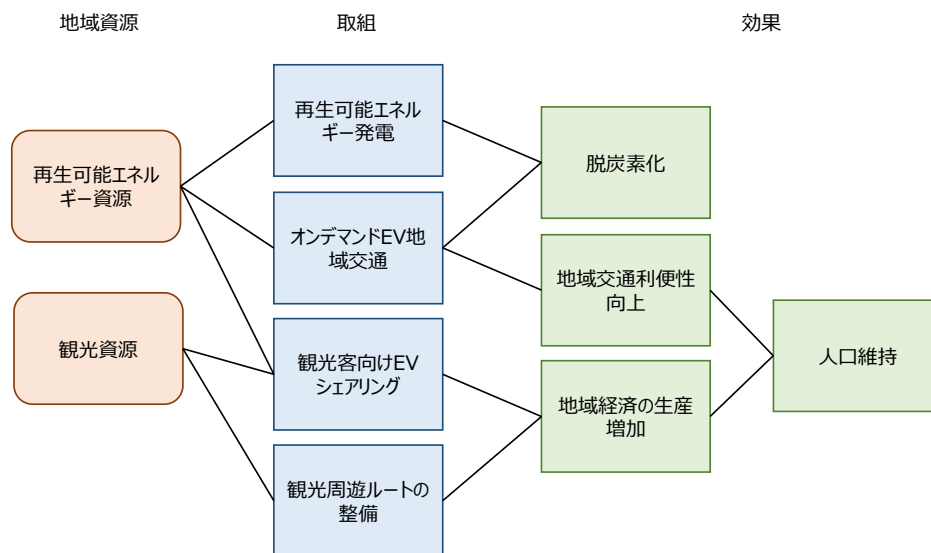


図16 地域循環共生圏の考え方による統合的アプローチの模式的な例

再生可能エネルギーと観光を組み合わせることで複数の効果を発揮しようとした例。再エネの導入は自立・分散型の社会構築にも繋がる。図に示されていない地域循環共生圏の要素としては地域間の連携がある。再生可能エネルギー資源に乏しい大都市とその豊富な地域とが連携して、後者が再生可能エネルギーによる発電を行い前者がこれを購入するといった地域間の連携がある。また森林バイオマスを活用した地域エネルギー供給により脱炭素と森林整備・林業振興を狙った取組が脱炭素ビジョンと関連の深い地域循環共生圏の活動の例として挙げられるだろう。

### ◆参考資料

環境省ローカルSDGs 地域循環共生圏づくりプラットフォーム <http://chiikijunkan.env.go.jp/>

五味馨, 藤田壮, 越智雄輝, 小川祐貴, 大場真, 戸川卓哉 (2020) 地域循環共生圏による持続可能な発展の研究と基礎的な分析枠組みの提案. 土木学会論文集 G(環境), 76 (6), II\_249-II\_260.

## 6. 福島県大熊町「ゼロカーボンビジョン」の事例

福島県大熊町は 2020 年 2 月に「大熊 2050 ゼロカーボン宣言」を行い、2050 年までに CO2 排出量を実質ゼロにすることを表明し、2021 年 2 月にはそのための明確な道筋を描く「大熊町ゼロカーボンビジョン」を策定・公表した。同ビジョンの策定にあたっては国立環境研究所福島支部が協力し、本文書で紹介した手順や推計手法を提供している。本文書で紹介した手順の実践例として、その内容と策定過程の概略を手順に沿って紹介する。

### ◆大熊町ゼロカーボンビジョン

おおくま 2050 ゼロカーボン <https://www.town.okuma.fukushima.jp/site/zerocarbon/>

#### ① 体制

タスクフォースとして同町企画調整課が中心となり、関連部局の職員が参加する会合を定期的に行い、業務支援として 4 社からなる業務受託者、アドバイザーとして国立環境研究所福島支部が加わった。ステークホルダー会合として専門家、町外の行政関係者、町内事業者、町議会議員、行政区長、副町長が委員となった有識者会議を設置している。モデル分析チームは業務受託者と国立環境研究所福島支部の担当者が構成した。

#### ② 枠組みの設定

設定された枠組み項目の一覧を表 16 に示す。基準年は 2 時点が設定されている。大熊町は東京電力福島第一原子力発電所の立地自治体であり、同発電所事故により多くの町民が 2020 年においても避難中であった。そのため、直近の国勢調査年である 2015 年は全町避難が継続していた時期であり、将来を考えるための参照年としては不相当である。そこで 2010 年を参照のための基準年とし、直近の状況を把握するために 2020 年の状況も調査するという方法をとった。最終目標年は 2050 年としつつ、10 年ごとに中間目標年を設定している。

表 16 大熊町ゼロカーボンビジョンにおける枠組みの設定

枠組みの要素	検討事項
①基準年	2010 年(将来のための参照)、2020 年(直近の状況)
②目標年	2030 年・2040 年(中間目標年)、2050 年(最終目標年)
③対象の範囲	スコープ2(森林吸収を含む)
④排出目標の定義	スコープ2での実質ゼロまたはマイナス(域外での削減を含まない)
⑤社会経済シナリオの設定	人口・経済ともに回復(既存目標を参照)
⑥対策シナリオの設定	なりゆきに加え、対策の強度・時期により 3 通りの対策シナリオを作成 A:なりゆきシナリオ B:平均的シナリオ(2050 年に実質ゼロ) C:先導的シナリオ(2040 年に実質ゼロ、2050 年にマイナス 1 万t) C':先導的シナリオ改(C に加え、2030 年に域内電力を再エネ 100%で自給、以後は域外供給も行う)

対象の範囲は本文書で示すスコープ2を採用し、排出目標は実質ゼロまたはマイナスにすることとした。この際に域外での排出削減は算定しない。社会経済シナリオとして人口については既存の目標を参照して2050年に4000人、経済は2010年時点の産業構造が回復するものとしている。対策シナリオは対策の強度と時期を変えて3通り設定し、これに現状固定としてのなりゆきシナリオを加えた4シナリオとしている。なお社会経済シナリオは全シナリオ共通である。

### ③ 対策候補の情報整備

3. で示した情報源を中心に、建築物、高エネルギー効率技術、再生可能エネルギー技術、電気自動車などの情報を収集・整備し、大熊町で導入対象となりえるものを選定している。

### ④ 目標とする将来像の描写

#### ・定性的な叙述

目標年の状態としての定性的な叙述として、6つの分野に分け、かつ現状と将来を対比する形で記述している(表17)。また、将来シナリオの不確実性として社会経済状況、再生可能エネルギー等の技術、世界・日本の情勢に分けて、各シナリオ要素の不確実性を表18のように記述している。

表17 大熊町ゼロカーボンビジョンにおける将来像の定性的な叙述

	Before	After
住宅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高い光熱費</li> <li>・家の中の寒暖差により、ヒートショック事故が起りやすい</li> <li>・停電時に電気が使えない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ZEHに住み、太陽光発電等の再生可能エネルギーを身近に感じながら、光熱費が安く、冬でも家全体が温かく、安心して快適な暮らしを送ることができます。</li> <li>・家電は超省エネ型で、照明やエアコンは人がいないと勝手にオフ。インターネットにも繋がっていて、遠隔制御も可能となります。</li> </ul>
建物・空間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギー利用に拘りのないプレハブ群や建物</li> <li>・震災・原発事故により、殺風景となった街並み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・公共施設をはじめ、オフィス事務所や飲食店、工場及びその周辺には、ZEBが導入され、エネルギー利用の観点から工夫された建物となり、光熱費を抑えながら快適な空間を形成します。</li> <li>・建物や街並みの緑化も進められ、環境にやさしく潤いとやすらぎのある空間で、仕事や買い物等の日常生活を送ります。</li> </ul>
交通	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガソリン車が頻繁に往来する車社会</li> <li>・自分の車がなければ生活できない社会</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乗用車は全て排ガスが無いEVまたはFCVとなり、きれいな空気が保たれた町になります。</li> <li>・子どもから高齢者まで安心して移動できるグリーンな交通システムを利用できます。これにより、“歩いて暮らせるまち”を創ります。</li> </ul>
産業・経済	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力産業を主力とした経済</li> <li>・原子力産業に支えられた収入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゼロカーボントウンの先進地として日本と世界をリードし、新たな投資や産業を呼び込みます。これにより、町民の働く場所が増え、町の経済を活性化します。</li> <li>・また、エネルギーの地産地消により、町外へのお金の流出が抑制され、町に住む人々の所得も豊かになります。</li> </ul>
人・文化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原発事故のあった町という印象</li> <li>・震災・原発事故により、町を離れなければならなかった人々</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゼロカーボントウンの先進地として、充実した環境教育を受けることができます。</li> <li>・さらに、ゼロカーボンのライフスタイルが大熊町の新しい文化として定着します。このライフスタイルに憧れ・共感する人々が全国から集まります。</li> <li>・ゼロカーボンの取組みを通して人と人がつながることで、コミュニティを再構築し、手作り感・安心感のあるまちで生活を送ることが出来ます。</li> </ul>
防災	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3.11では町全体がブラックアウト</li> <li>・台風19号では水道供給がストップするなど大きな被害</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・身近な所に自立型のエネルギー供給システムが普及し、災害時にも強い町が形成されます。</li> </ul>



表 18 大熊町ゼロカーボンビジョンにおける将来の不確実性に関する記述

要素	不確実性とその対応姿勢
大熊町の社会経済状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人口推移…4千人はかなり高い目標。意向調査を踏まえると町民の帰還は1千人程度となり、3千人を町外から呼び込んでいく必要がある。</li> <li>・ 産業構成…今後、脱炭素に適合した企業の誘致に取り組み、企業の協力を得られれば、産業部門のCO2排出量は大幅に削減される。</li> </ul>
再生可能エネルギー等の技術	<p>(エネルギーの供給)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 再エネの技術進展によって、これまで難しかった場所での再エネ導入が実現する可能性がある。(例えば、軽くて薄い太陽光発電を壁や窓に設置するなど)</li> <li>・ 特に、規模が大きい洋上風力が実現するかどうかは大きな分岐点となる</li> <li>・ 蓄電池やグリーン水素などのコストダウンは、再エネの変動性克服を促す</li> </ul> <p>(エネルギーの利用)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 省エネ関連技術( ZEB/ZEH など)がどの程度高いレベルで一般化されるかどうか。</li> </ul>
世界・日本の情勢	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原油や天然ガスの価格推移、リチウムなどレアアース産出国の偏在などの情勢</li> <li>・ 様々な要因で変化する温暖化やその影響の顕在化のスピード</li> </ul> <p>世界各国の施策や国際枠組みの変化(先進国と途上国の関係など)</p>

・定量化

4シナリオについて、目標の設定と収集した対策の情報にもとづき、2030年、2040年、2050年の状態それぞれについて将来推計を行った。採用された各分野の定量化手法の概要を表19に示す。また推計されたエネルギー消費量、再生可能エネルギー供給量、CO2排出量について同ビジョンに掲載された図を図17に示す。A以外のシナリオでは省エネルギーをすすめ、シナリオC、C'では電化と再生可能エネルギー供給を拡大し、そのうちC'では特に早期に再生可能エネルギー供給量を増やすことが読み取れる。

表 19 大熊町ゼロカーボンビジョンにおける定量化手法の選択

分野	定量化手法
人口・世帯	既存の将来推計を利用(ティア1)
経済	一人当たり成長率をあてはめ、産業構造を基準年で固定(ティア1)
交通	発生・分担交通量モデルを採用(ティア2)
エネルギー需要	家庭・業務・交通:サービス別のエネルギー需要モデル(ティア2) 産業:現状の活動量とエネルギー消費量から推計(ティア1)
エネルギー供給	独自のポテンシャル調査を行って供給可能量を推計(ティア2)
農業・森林・土地利用	現状を継続(ティア1)
CO2排出係数	域内での自給、域外からの供給のそれぞれについて排出係数を算定
CO2排出量・排出削減量	部門ごとのシナリオ間での排出量比較(ティア1) 要因分解法による排出量変化の帰属分析(ティア3)

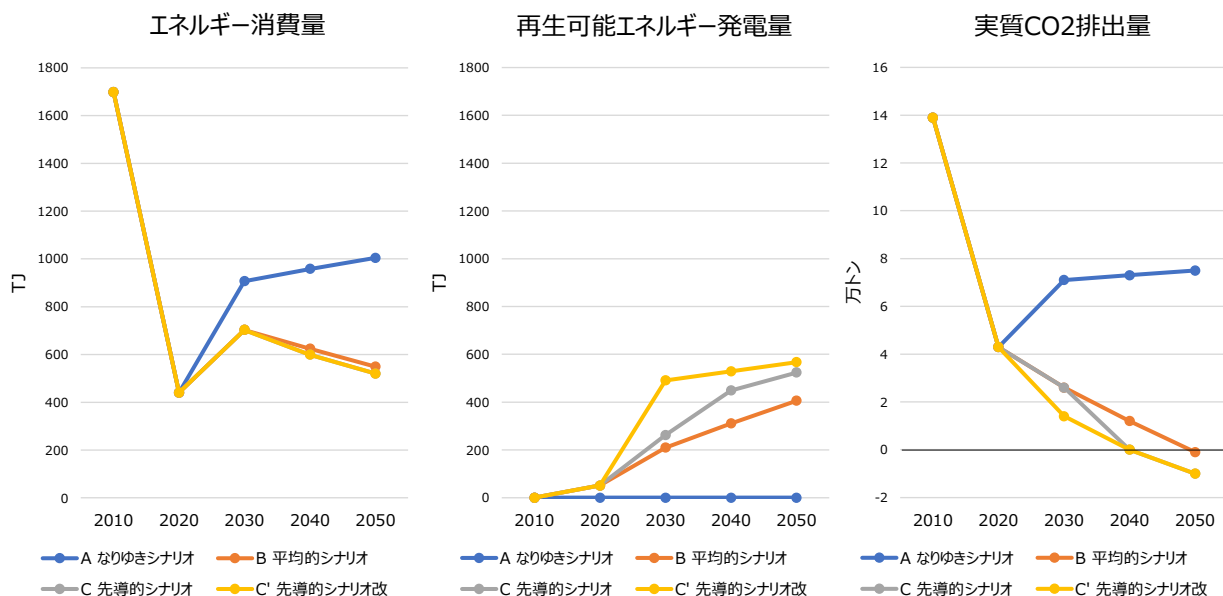


図 17 大熊町ゼロカーボンビジョンにおける将来のエネルギー消費量・再生可能エネルギー供給量・CO2 排出量

シナリオ C、C' では一部の想定が共通しているためグラフが重なっている部分がある。B、C、C' ではエネルギー消費量を減らしかつ電化している。年間約 1 万トンの森林施業による CO2 吸収を見込み、シナリオ B の 2050 年ではエネルギー消費量よりも再生可能エネルギー発電量が少ないが実質 CO2 排出量はちょうど 0。前倒しで対策を進める C、C' では 2050 年時点では吸収量が上回り排出量が負になる。なお C' では域外にも再生エネ電力を供給する。

⑤ 必要な施策・事業とシナジー/トレードオフの分析

定量化の際に前提とした対策(技術や行動)を 6 つの「取組方針」に分類し、それぞれに実施する施策・事業を示している(図 18)。またそれぞれの取組方針のなかで快適性・利便性・防災などのシナジーを示している。

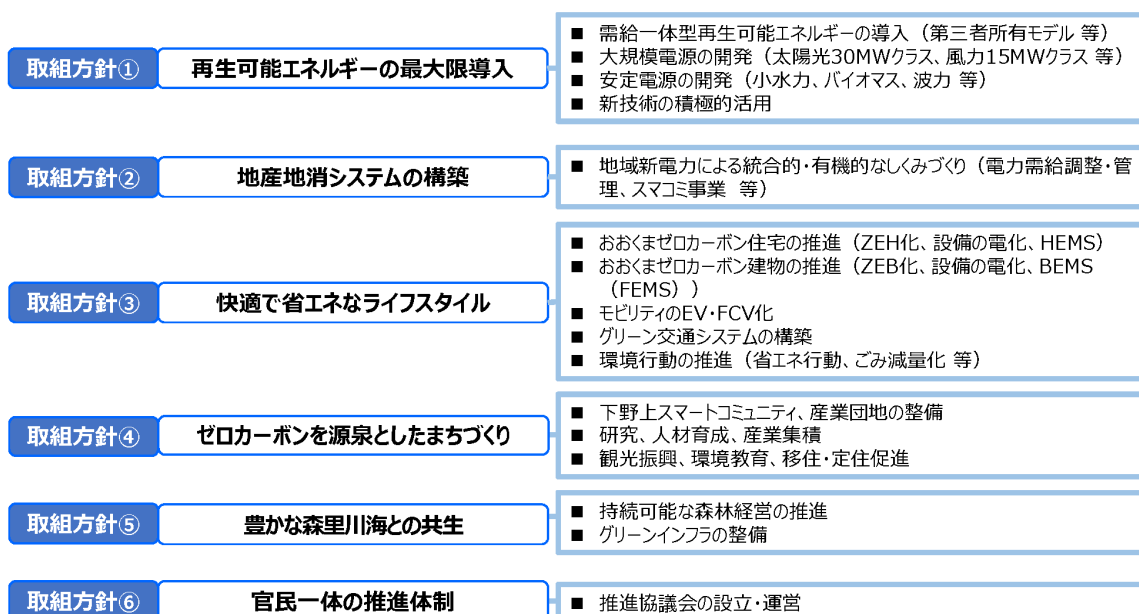


図 18 大熊町ゼロカーボンビジョン 6 つの「取組方針」と具体的な対策・プロジェクト

⑥ ロードマップ作成と主体毎のアクションの整理

上に示した各取組方針の中で 2030 年及び 2050 年の目標をそれぞれ示している(表 20)。また主体としては取組方針③の中で事業所・家庭・交通・廃棄物減量化それぞれの行動を示している。

表 20 大熊町ゼロカーボンビジョンにおける取組別の 2030 年・2050 年の目標

取組方針	2030 年の目標	2050 年の目標	
①再生可能エネルギーの最大限導入	①-1. 需給一体型再生可能エネルギーの導入	・導入量:3MW	・導入量:6MW
	①-2. 大規模電源及び安定電源の開発	①太陽光:27MW ②風力: 15MW ③バイオマス 2MW ④小水力:0.3MW ⑤波力: 0.1MW	①51MW ②30MW ③2MW ④0.3MW ⑤0.1MW
	①-3. 新技術の積極的活用	(記述なし)	(記述なし)
②地産地消システムの構築	②-1. 地域新電力による統合的・有機的なしくみづくり	・地域新電力の設立・運営 ・各種事業の実施	・再エネ電力の外販等、各種事業の拡大
③快適で省エネなライフスタイル	③-1. おおくまゼロカーボン住宅の推進	・新築住宅の 100%、既存住宅の 30%を ZEH・電化	・町内の住宅 100%を ZEH・電化
	③-2. おおくまゼロカーボン建物の推進	・新築建物の 100%、既存建物の 30%を ZEB・電化	・町内の建物 100%を ZEB・電化
	③-3. モビリティの EV・FCV 化	・充電インフラ等の整備・拡充 ・町内へ新規導入する乗用車を 100%EV・FCV にする	・EV・FCV で使用される電力・水素を全て再エネ由来にする ・町内の乗用車を 100%EV・FCV にする
	③-4. グリーン交通システムの構築	・公共バスの EV・FCV 化 ・充電・水素充填設備の整備 ・他の移動手段との連携	・クラウドシステムとの連携 ・交通システムの自動最適運転
	③-5. 環境行動の推進(省エネ行動、ごみ減量化 等)	・情報発信や普及啓発の多様化	・取り組みの継続実施
④ ゼロカーボンを源泉としたまちづくり	④-1. 下野上スマートコミュニティ、産業団地の整備	・スマートコミュニティエリアの再エネ地産地消 100%	・取り組み継続
	④-2. 研究、人材育成、産業集積	・ゼロカーボン関連企業等の立地 5 社	・ゼロカーボン関連企業等の立地 20 社
	④-3. 観光振興、環境教育、移住・定住促進	・取り組みの継続実施	・取り組みの継続実施
⑤豊かな森里川海との共生	⑤-1. 持続可能な森林経営の推進	・約 3,750ha の整備(全体の 3/4)	・取り組みの継続実施
	⑤-2. グリーンインフラの整備	・取り組みの継続実施	・取り組みの継続実施
⑥官民一体の推進体制	⑥-1. 推進協議会の設立・運営	・取り組みの継続実施	・取り組みの継続実施

## 参考資料

(再掲・50 音順)

- European Environment Agency (2001) Scenarios as tools for international environmental assessments, Experts' corner report  
Prospects and Scenarios No 5. [https://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_24](https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_24)
- Greenhouse gas protocol (2014) Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories.  
<https://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>
- Scott Kennedy, Sgouris Sgouridis (2011) Rigorous classification and carbon accounting principles for low and Zero Carbon Cities,  
Energy Policy, 39(9), Pp 5259-5268.
- 一般社団法人太陽光発電協会(2020)JPEA ビジョン・PV OUTLOOK 2050 <http://jpea.gr.jp/pdf/pvoutlook2050.pdf>
- 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会(2019)国内で販売されている小規模木質バイオマスボイラー機器の一覧  
<https://www.jwba.or.jp/database/list-small-woody-biomass-boiler/>
- 一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター(2020)令和2年度ヒートポンプ普及見通し調査報告書  
[https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press\\_topics/2020NewsRelease/news\\_release\\_siryu.pdf](https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press_topics/2020NewsRelease/news_release_siryu.pdf)
- おおくま 2050 ゼロカーボン <https://www.town.okuma.fukushima.jp/site/zerocarbon/>
- 越智雄輝、五味馨、福田堯、島田幸司、松岡譲(2010) バックキャスティングアプローチに基づいた体系的な低炭素社会シナリオ  
構築手法の開発、環境システム研究論文集(土木学会論文集 G(環境))、38、pp109-118.
- 株式会社 E-konzal 地域 E-CO2 ライブラリー <https://www.e-konzal.co.jp/e-co2/>
- 環境省 家庭部門の CO2 排出実態統計調査(家庭 CO2 統計)<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateiCO2tokei.htm>
- 環境省 自治体排出量カルテ [https://www.env.go.jp/policy/local\\_keikaku/tools/karte.html](https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/karte.html)
- 環境省 地域経済循環分析 <http://www.env.go.jp/policy/circulation/>
- 環境省 地方公共団体実行計画(区域施策編)策定・実施マニュアル(算定手法編)V1.0  
[https://www.env.go.jp/policy/local\\_keikaku/data/manual\\_sakutei.pdf](https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/manual_sakutei.pdf)
- 環境省 廃棄物処理部門における温室効果ガス排出抑制等指針マニュアル  
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/pdf/manual201203.pdf>
- 環境省 ローカル SDGs 地域循環共生圏づくりプラットフォーム <http://chiikijunkan.env.go.jp/>
- 環境省(2012)2013 年以降の対策・施策に関する報告書 <https://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/index.html>
- 環境省(2017)メタンガス化施設整備マニュアル(改訂版)  
[https://www.env.go.jp/recycle/waste/impr\\_facil/man\\_er/metangas\\_full.pdf](https://www.env.go.jp/recycle/waste/impr_facil/man_er/metangas_full.pdf)
- 環境省(2020)2019 年度 L2-Tech 認証製品一覧 Ver.1.01 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/113440.pdf>
- 環境省(2020)再生可能エネルギー情報提供システム[REPOS(リーポス)]  
<http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/>
- 環境省・経済産業省・国土交通省(2020)次世代モビリティガイドブック 2019-2020 <https://www.env.go.jp/air/zentai2019-2020.pdf>
- 京都市持続可能社会研究会(2009)低炭素都市への京都ロードマップ
- 経済産業省 産業連関表 [https://www.soumu.go.jp/toukei\\_toukatsu/data/io/index.htm](https://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/data/io/index.htm)
- 経済産業省(2015)ZEH ロードマップ検討委員会とりまとめ  
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9766998/www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217003/20151217003-1.pdf>
- 経済産業省(2020)革新的環境イノベーション戦略

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyosenryaku2020.pdf>  
公益財団法人地球環境戦略研究機関(2014)2050 低炭素ナビ <http://www.2050-low-carbon-navi.jp/>  
国土交通省 全国都市交通特性調査 [https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi\\_tosiko\\_tk\\_000033.htm](https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000033.htm)  
国土交通省 パーソントリップ調査 [https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi\\_tosiko\\_tk\\_000031.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000031.html)  
国土交通省(2005)重量車の2015年度燃費基準に関する最終取りまとめ  
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/sesaku/environment/ondan/juryoushamatome0511.pdf>  
国立環境研究所 気候変動適応情報プラットフォーム <https://adaptation-platform.nies.go.jp/>  
国立社会保障・人口問題研究所(2018) 日本の地域別将来推計人口(平成30(2018)年推計)  
<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson18/t-page.asp>  
国立社会保障・人口問題研究所(2019) 日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計)(2019年推計)  
<http://www.ipss.go.jp/pp-pjsetai/j/hpjp2019/t-page.asp>  
五味馨, 金再奎, 松岡譲 (2011): 地方自治体における費用負担を考慮した低炭素社会へのロードマップ構築手法の開発, 土木学会論文集 G(環境システム研究論文集 第39巻), Vol. 67, No. 6, pp II\_225-II\_234.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej/67/6/67\\_6\\_II\\_225/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej/67/6/67_6_II_225/_article/-char/ja/)  
五味馨, 島田幸司, 松岡譲 (2007) 地方自治体における統合環境負荷推計ツール開発と滋賀県への適用, 環境システム研究論文集 35巻 p.255-264. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/proer2000/35/0/35\\_0\\_255/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/proer2000/35/0/35_0_255/_article/-char/ja/)  
五味馨, 仲座方伯, 松岡譲 (2008): 地域経済の開放性を考慮した低炭素社会シナリオ構築手法の開発と京都市への適用, 環境システム研究論文集, vol.36 pp1-10.  
五味馨, 藤田壮, 越智雄輝, 小川祐貴, 大場真, 戸川卓哉 (2020) 地域循環共生圏による持続可能な発展の研究と基礎的な分析枠組みの提案. 土木学会論文集 G(環境), 76 (6), II\_249-II\_260.  
滋賀県持続可能社会研究系 (2007) 持続可能社会の実現に向けた滋賀シナリオ. <https://www.lberi.jp/read/publications/record>  
滋賀県持続可能社会研究会ロードマップ部会(2009) 2030年持続可能な滋賀へのロードマップ  
<https://www.lberi.jp/read/publications/record>  
島田幸司, 田中吉隆, 五味馨, 松岡譲 (2006): 低炭素社会に向けた長期的地域シナリオ形成手法の開発と滋賀県への先駆的適用, 環境システム研究, Vol. 34, pp143-154.  
資源エネルギー庁 都道府県別エネルギー消費統計 [https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy\\_consumption/ec002/](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/)  
資源エネルギー庁 総合エネルギー統計 [https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/)  
資源エネルギー庁 標準発熱量・炭素排出係数(総合エネルギー統計)  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/carbon.html](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/carbon.html)  
資源エネルギー庁(2020)家庭用省エネ性能カタログ 2020年版  
<https://seihinjyoho.go.jp/frontguide/pdf/catalog/2020/catalog2020.pdf>  
水素・燃料電池戦略協議会(2019)水素・燃料電池戦略ロードマップ  
<https://www.meti.go.jp/press/2018/03/20190312001/20190312001-1.pdf>  
総合科学技術会議(2013)環境エネルギー技術革新計画 <https://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/kankyoene/kankyoene.html>  
総務省 2015年国勢調査 <https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka.html>  
総務省 緑の分権改革 [https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/jichi\\_gyousei/c-gyousei/bunken\\_kaikaku.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/c-gyousei/bunken_kaikaku.html)  
地域経済分析システム RESAS <https://resas.go.jp/>  
調達価格等算定委員会(2020)令和2年度の調達価格等に関する意見

[https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20200204001\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20200204001_1.pdf)

土居英二、浅利一郎、中野親徳（2019）はじめよう地域産業連関分析(改訂版) [基礎編] Excel で初歩から実践まで、日本評論社。  
東京都市圏交通計画協議会 パーソントリップ調査 <https://www.tokyo-pt.jp/person/01>

内閣府(2020)2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>

「2050 日本低炭素社会」シナリオチーム(国立環境研究所・京都大学・みずほ情報総研) (2009) 低炭素社会に向けた道筋検討。

<http://2050.nies.go.jp/LCS/jpn/japan.html>

## 改訂履歴

2021年3月5日 Version 1.0 公表

2021年4月2日 Version 1.1 公表 [改訂箇所:はじめに、2.(1)、表5、図8、図13、参考資料]

2021年8月19日 Version 1.2 公表 [改訂箇所:2(4)(5)、4.(3)④⑩、表10、表11、参考資料]

## 本文書の引用・参照方法

五味馨、大場真(2021)地域における「脱炭素社会ビジョン」策定の手順[Ver.1.2]、国立環境研究所福島地域協働研究拠点.

## 本文書に関する問い合わせ先

国立研究開発法人国立環境研究所 福島地域協働研究拠点

〒963-7700 福島県田村郡三春町深作 10-2 福島県環境創造センター研究棟内

TEL: 0247-61-6561

FAX: 0247-61-6573

担当 地域環境創生研究室 五味 馨

E-mail: gomi.kei@nies.go.jp