

公開講演会記録

カーボンニュートラルを巡る中国、アメリカの課題と今後の展開について

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）省エネルギー部主査

曲曉光



はじめに

中国とアメリカが世界の1位、2位の温室効果ガス（GHG）の排出国であり、それぞれ世界排出量約26%と15%を占めております。第3位のインドが約7%で、中国、アメリカ両国は圧倒的に排出量が多いことが分かります。

昨年中国政府が2060年にカーボンニュートラル、2030年にエミッション・ピークを目標として打ち出しました。本年1月、バイデン氏が大統領令になった初日に、パリ協定復帰の大統領令に署名し、2050年にカーボンニュートラルを実現させると宣言し、さらに本年4月22日「地球の日（Earth Day）」に行わ

れたオンラインの気候変動サミットの際、2030年にCO2排出量を50〜52%削減するという野心的な目標を表明しました。

地球温暖化対策を表現する言葉としては、CO2ゼロ・エミッション、ネットゼロ・エミッション、脱炭素（decarbonization）等様々な表現が使われていますが、近年カーボンニュートラルという言葉が登場しました。イギリス、フランス等EUがカーボンニュートラルより、カーボンニュートラリティーを多用しています。カーボンニュートラルとは化石燃料全廃を意味しておらず、化石燃料の利用に伴うGHG排出量を最大限に削減できるものの、現時点では将来も化石燃料をすべて廃止することが見込めません。

しかしながら、CO2を吸収する効果がある植林（森林吸収源 sink）、湿地とマングローブ等の造成・復元、自然再生を行うとともに、排出されるCO2の分離・回収・利用・貯留（CCUS）を実施することにより、実質的にCO2排出を相殺し、排出ゼロにすることが実現できます。

森林吸収源（sink）については、ここ数十年、中国の森林面積が大幅に増加し、陸地面積に占める森林の割合が10%と増えており、新規造成の森林面積が世界最大となっています。一方、アメリカ西海岸のカリフォルニア州、オレゴン州等で近年毎年大規模な山火事が発生し、多くの森林が焼失しています。

CCUSに関しては、主に火力発電所

等からCO₂を分離・回収し、地中の帯水層または多孔質岩に注入します。回収されたCO₂を一部高純度化し、化学原料として利用します。地中貯留後のリークおよび回収コストが大きな課題であります。特に、日本のような地震が多い国では、CO₂貯留の適地が少なく、CCUSに向いていないとされます。また、現在、直接に空気中のCO₂を捕集し、地中に貯留するDAC(Direct Air Capture)は次世代のNET(Negative Emission Technology)として注目されています。アイスランドでは地熱発電を用いて、年間CO₂回収量が4000トに達する世界最大規模のDACプラントを建設しています。ただし、DACのCO₂回収量が少なく、回収コストも600〜800ドル/トとCCUSよりも遙かに高いと指摘されています。

1. 気候変動問題に関するこれまでのマイルドストーン

これまで地球温暖化対策については、国連気候変動枠組条約締約国会議(COP)等を通じて、様々な議論がなされてきました。これまでの主な出来事を簡単に整理します。

まず、1992年、ブラジルのリオデジャネイロで「地球サミット」が行われて、「sustainable development」(持続的な発展)という新しい概念が定着しました。中国政府がこの「持続的な発展」を産業政策ではなく、科学技術政策の一環として科学技術部下の「アジェンダー21センター」という新しい組織を作り、経済開発と環境問題の両立に関する研究を始めました。

1997年、国連気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)が京都で開催され、日本のリーダーシップで「京都議定書」が締結されました。議定書では初めて先進国を対象にGHGの削減目標を設定し、具体的な達成手段も明確化しました。2008年〜2012年の第1約束期間中に、1990年を基準年に日、米、欧がそれぞれGHG排出量を6%、7%、8%削減すると規定されています。

また、「京都議定書」におけるGHG排出削減については、先進国は「共通だが差異ある責任」という排出削減の義務を負うものの、途上国はボランタリーベースで取り組むと明記されています。先進国から途上国へのGHG削減の技術移転を促すためのクリーン・開発メカニズム(CDM)が導入されたのです。アメリカ

は京都会議に参加しましたが、議会が「京都議定書」を批准しませんでした。2015年、パリでCOP21が開催され、中国、アメリカが協力し、「パリ協定」が結ばれました。同協定には産業革命後の温度上昇を2℃以内に抑えるべく、各国に目標達成のための取り組み強化を促しています。

2. エネルギー消費構造とCO₂排出源の主要セクター別の米中比較

地球温暖化の大半は化石燃料の利用に起因します。中国、アメリカの1次エネルギーの消費構造を比較してみます。中国は石炭が全体の58%と最も多いのに対して、天然ガスは全体の8%しかありません。アメリカは天然ガスが全体の32%と2番目に多く、石炭は11%とかなり少ないです。

化石燃料のうち、天然ガスが燃焼時CO₂排出量が最も少なく、石炭の半分強となります。CO₂排出係数は以下の通り。

石炭	炭：820ト/Gwh
石油	油：720ト/Gwh
天然ガス	天然ガス：420ト/Gwh
石油を入れると、米中両国とも化石燃	

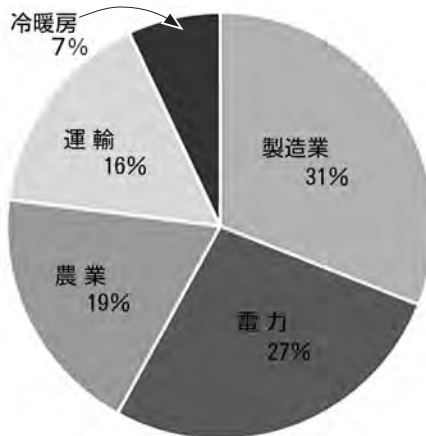
料が大半占めています。中国よりアメリカのほうが天然ガスの消費比率が高く、石炭消費の比率が低く、比較的バランスが取れています。

水圧破砕法 (hydraulic fracturing または fracking) というコストが低く、高効率なシェールガス開発技術の確立をきっかけに、アメリカ国内でシェールガスの開発が急速に進むとともに、石炭の消費量が著しく減りました。ペンシルバニア州西部は「アメリカのサウジアラビア」と言われます。この天然ガスの利用拡大と同時に、ここ数年ニューヨーク州を中心とするニューヨーク州地方とカリフォルニア州等では地球温暖化、地下水への汚染等で天然ガス利用を規制または禁止する「脱天然ガス」の動きも活発化しています。例えば、ニューヨーク州では天然ガスパイプラインの新設を事実上凍結する、カリフォルニア州バークレー市では全米で初めて天然ガス利用を禁止するといった施策が見られています。このように、アメリカでは「天然ガス利用拡大」とそれに相反する「脱天然ガス」の2つの流れが同時に現れています。一方、中国では天然ガスを「クリーンな燃料」として政府主導で石炭からの天然ガスへの転換「脱石炭」を進めています。

GHGの排出源は主に、「製造業 (Making things)」（31%）、「電力」（27%）、「農業 (Growing things)」（19%）、「運輸」（16%）、「冷暖房 (Temperature regulation)*」（7%）という5つのセクターに集中しています。この5つのセクターについては、米中を比較し、現状と課題を説明したいと思います。

※冷暖房以外には、冷蔵庫、冷凍庫も含まれています。

世界のセクター別 CO2 排出構造



2-1 製造業 (Making things) について

製造業がCO2最大の排出源であり、全体の31%を占めています。2018年

の世界貿易のうち、中国が世界最大の輸出国で世界輸出货量の約13・5%を占めており、アメリカは9%未満です。しかも、中国から海外へ輸出される商品は基本的にモノであり、サービスの割合が非常に低いです。

一方、アメリカから世界への輸出は少なくなりつつあり、しかも輸出品のうち、サービスの割合が高いです。中国は2001年、WTOに加盟した後、世界製造業のハブとしてサプライ・チェーンの3割までシェアを伸ばしています。

アメリカではアップルの「designed in California, assembled in China」というビジネスモデルが代表するように、ファブレス、製造現場の海外移転 (off-shore) が進み、製造業の衰退が加速しています。オバマ元大統領、トランプ前大統領は reshore (製造業のアメリカへの回帰) を推進してきましたが、今のところほとんど効果が見られません。他方、エネルギー多消費産業と言われる鉄、セメント産業は中国が世界シェアの半分を占めています。また、近年石炭化学という産業が大きく発展してきました。石炭が燃料だけではなく、化学原料として利用され、様々な化学製品が作られています。今後、中国がいかに製造業分野の

低炭素化、脱炭素化を実現させるかは非常に重要であります。

2-2 電力

(1) 発電

中国の場合は、水力発電を含む再生可能エネルギー（再エネ）と原子力のカーボンフリーな電源が全体の45%程度であるのに対して、アメリカは再エネの比率が低いものの、原子力が中国より多く、カーボンフリー

な電源が全体の約4割を占めています。両者間には大きな差がありますが、中国は石炭火力をかなり減らしてきていますが、まだ全体50%弱を占めています。アメリカはここ数年石炭火力を大幅に減らし、天然ガス発電

電源	中国	米国
再エネ（水力を含む）	42.4	17.6
天然ガス火力	7	38.4
石炭火力	49.8	23.4
原子力	2.4	19.6

に切り替えています。今後、電源のカーボンニュートラルに向けて、中国、アメリカはそれぞれ「脱石炭」「脱天然ガス」が大きな課題となっています。

中国は太陽光発電（P.V）、風力の生産量と導入量が両方とも世界1位を占めています。P.Vについて、米国にはP.V工事会社が多数あるものの、国内でP.Vはほとんど生産されず、大半は中国からの輸入に頼っているのが現状であります。風力についても、中国の生産量・導入量は世界一であり、陸上風力以外には洋上風力発電（off-shore windfarm）も英国に次いで2番目です。今年英国を超え、1位になると予想されています。バイデン政権の新しいインフラ整備計画は東海岸で大規模な洋上風力発電の開発を計画しています。

(2) 送配電

送配電については、特に長距離送電の場合は、送電容量と送電ロスが大きな課題となっています。電力セクターの脱炭素を実現させるために、グリーン電源だけではなく、送配電網の整備も合わせて実施することが必要とされます。

2004、2005年から、中国は世界最高圧の送電網整備を開始し、現在、

世界最長圧、最長の長距離送電網を作り上げています。2020年時点総延長は30000キロに達し、西部、内陸部における再生可能エネルギー発電の電気は東部需要地へ安定的かつ大量で遠距離の送電が可能となります。

一方、アメリカカリフォルニア州の法律では送電鉄塔が65年の寿命と定められているものの、実際は同州の電力インフラの多くが1950年代初期のアイゼンハワー大統領時代に作られており、その後ほとんど更新されていません。2020年夏には高温で古い電線の火花が発生したことにより、大規模な山火事が起き、多くの建物が焼失し、長期間の大停電も発生しました。近年、気候変動はカリフォルニア州の高温と干ばつを引き起こすとともに、高温と干ばつに起因する送配電施設の発火・火事が停電をもたらすという悪循環が生じています。

また、アメリカ国内には東部、西部、とテキサス州の3つの広域の電力グリッドがあります。テキサス州のグリッドだけが独立し、他の2つの電力系統に連係していないため、緊急時に他の電力系統から電力供給を受けるという融通が利きません。先月、テキサス州は未曾有の寒波に襲われ、発電所、送電線とも不具合

大規模停電が発生したものの、系統連係の未整備により、長期間の大規模停電を余儀なくされました。その結果、州内複数の電力会社は会社更生法を申請しました。

このアメリカの脆弱な送配電網を強化し、脱炭素を実現させるために、今後10年〜20年、日本のGDP規模相当の4・5兆ドルに上る巨額な長期投資が必要と試算されています。この長期に亘る計画的な大規模投資ができるかどうかはアメリカのカーボンニュートラルの行方を大きく左右します。

2-c2 農業 (Growing things)

農業からのGHG排出は農業機械と肥料生産のためのエネルギー消費に一部起因しますが、メタン成分がたくさん含まれている畜産排水が最大の排出源となっています。

また、中国スターアップ (Hey Meat)、星期零 (Starfield) が植物由来肉の商品化に成功しました。今後、中国の肉消費の半分を植物由来に転換する場合、10億ト/年以上のGHG削減効果があると試算されています (日本のCO₂排出量は約12億ト/年)。

アメリカは世界最大の農産品生産国、

中国：肉消費量の急増が最大の特徴。経済成長に伴う食生活の高度化。世界の豚肉消費量の約半分

1人当たり肉消費量の推移：1960年代 5kg/年
1980年代 20kg/年
現在 63kg/年

輸出国として世界初の植物由来の代替肉を開発し、米国製代替肉製品の一部中国市場に輸出され、中国のファーストフード店には植物由来の肉が使用されたハンバーガーが販売されています。本年4月、米 Beyond Meat 社が中国浙江省で工場開設を発表し、本格的に中国市場に特化した植物由来の代替肉の開発と現地生産を開始します。

今後、植物由来の代替肉の量産技術を確立させることは重要でありますが、中国でその消費拡大を左右する最大の要因は「味」であります。中華料理に適した中国人好みの植物由来の代替肉は中国人の味覚を満足させるだけでなく、地球温暖化防止にも大きく貢献します。

2-4 運輸

運輸部門のCO₂排出源は自動車、航空機、船舶等が中心となっています。

空機は世界のCO₂排出量の2%〜2.5%を占め、脱炭素としてはバイオ燃料の導入が最も有望視されています。アメリカの LanzaTech 社が米国内に Alcohol-to-Jet (AtJ) というアルコールのジェット燃料化の開発に成功しました。また、同社は製鉄所で発生する燃焼ガスからエタノールを精製・ジェット燃料化する技術を確立させ、上海宝山鋼鉄と合併で、中国でエタノールのジェット燃料プラントを建設し、商業運転を展開しています。船舶については、中国ではすでにバッテリー搭載の船が試験運用されているもの

国、地域	販売台数(2020年)
EU	1,390,000
中国	1,330,000
米国	328,000
日本	31,000
韓国	52,000
世界合計	3,240,000

の、実用化の見通しが不透明です。

運輸部門における最大のCO₂排出源は自動車であり、ガソリン車から水素燃料自動車、電気自動車（EV）への転換が自動車の脱炭素のカギを握っています。現在、中国とアメリカがEVの開発、導入拡大に熾烈な競争を展開しています。2020年、中国とEUが世界のEV市場の大半を占めていますが、アメリカのEV販売台数は中国の4分の1程度にとどまっています。2021年第1四半期の中国のEV販売台数は20万台以上となり、通年の販売台数が日本年間新車販売台数の半分に相当する250万台に上ると予想されています。また、中国製の電気バスは世界市場を制覇し、市場シェアが驚異の98%まで占めています。

また、2020年時点のEV充電施設数については、中国が約50万か所あるのに対して、アメリカは中国の5分の1程度の10万か所となっています。EV充電を補給する手段として、中国開発のバッテリー交換ステーション（Battery Swap Station）は数分間でバッテリー交換が完了できる完全自動化の技術が確立されています。現在、国有石油会社のガソリンスタンドに併設され、本格的に普及し始めています。今後、EVの充電、バッ

テリー交換がガソリンの給油と同様に便利になることで、EV導入が爆発的に拡大されると見込まれます。

2-5 冷暖房（Temperature regulation）

中国、アメリカとも暖房供給が必要とされる地域においては、暖房が冷房を上回り、家庭内でエネルギー消費量が最も多く、しかもその大半は電気を熱源としていません。オール電化は米中の共通課題となっています。

中国では、長江以北では通常専用の配管を用いて、熱供給所が作った蒸気を各家庭に送る集中暖房が行われます。小規模な原子力による熱供給またはオール電化が暖房の脱炭素に有効である一方、長期に亘り、計画的に膨大な既設の熱供給インフラを廃止することが必要とされます。

アメリカでは、1戸建て住宅が多く、天然ガスを暖房の熱源とする住宅が主流です。建物寿命が長く、新築が少なく、既存住宅のオール電化に必要な家庭内のインフラが整っていない、必要なスペースが確保できない、コストを負担できない（または嫌がる）という課題が山積しています。現時点ではそのいずれも解決の見通しが立ちません。

3. 気候変動分野における米中協力の展望

中国では2020年、政府が発表した2060年のCarbon Neutralを踏まえて、分野別に本格的に取り組み強化を開始しました。太陽光発電、風力、EV等脱炭素技術の優位性への自信から国際協調にもオープンな姿勢を示しました。

一方、本年3月3日、プリンケン米国务長官が初めてバイデン政権の外交方針演説を行った際、中国との関係について「アメリカと中国の関係は、必要な時は競争的、可能な時は協力的、必須な時は敵対的になる（Our relationship with China will be competitive when it should be, collaborative when it can be, and adversarial when it must be）」と述べました。この「should be, can be, must be」演説から気候変動分野が「競争関係（competitive）と協力関係（collaborative）」に該当すると推察されます。しかしながら、気候変動問題は単なる地球環境問題でなく、貿易政策、外交政策、安全保障政策等の要素が全て含まれているため、米中の戦略的な対立の新たなテーマになる可能性すらあると考えら

れます。したがって、この米中間の気候変動協力がこの競争関係 (competitive) と敵対関係 (adversarial) の間で揺れ動く可能性が否定できません。

3-1 米中の気候変動協力をめぐる3つのリスク要因

今後、気候変動の米中協力はこの地球規模の課題解決に必要不可欠であります。米中協力は主に米国側の対中スタンス、国内事情で一進一退すると見られます。具体的なりリスク要因は主に地政学的な対立、米国政治の二極化 (polarization)、米中の経済競争の激化を挙げることができます。

(1) 地政学的な対立

現在の米中の地政学的な対立はイデオロギーではなく、米国経済の支配的な地位の相対的な低下に起因すると考えられます。将来、米中間に新しいパワーバランスが確定されるまでに、米中の地政学的な対立はエスカレートすると思われます。

アメリカ国内で米中分断 (decoupling) を唱える論調がしばしば見られます。完全もしくは部分的な米中分断 (decoupling) の影響は2国間にとどまらず、世界全体に計り知れないほど広範囲な影響を及ぼ

します。気候変動の国際協調、目標達成が一層困難になります。特に、既存の国際貿易の仕組み、サプライ・チェーンの破壊をもたらすことにより、国家間の自由な脱炭素の技術移転、途上国への支援にも被害甚大です。現在、米中両国ともこの米中分断 (decoupling) の衝撃を吸収できるほどの国力を持っているとは思えません。

(2) 米国内政治の polarization

これまで共和党の反対による米議会での「京都議定書」未批准、トランプ政権の「パリ協定」離脱に見られたように、気候変動問題に対する共和党反対、民主党支持という米国内政治の二極化 (polarization) の一環として完全に政治問題化 (politicization) しています。米議会約130名の共和党現職議員が公然と気候変動問題を否定または疑問視しています。

また、共和党の牙城テキサス州のヒューストンではアメリカの「エナジー・キャピタル」と言われるほど同州内には世界を代表する石油メジャー Exxon Mobil を含む多数の大手石油・天然ガス企業のヘッドクォーターであります。先述したシェールガス開発が盛んに行われているペンシ

ルバニア州が近年の大統領選のカギを握る「勝敗のカギを握る激戦州 (Swing State)」の1つとなっています。これらのエネルギー企業から支持を取り付けることは共和党の政権奪取に死活的に重要であることは言うまでもありません。

本年3月31日、バイデン大統領が発表した2・25兆ドルに上る再生可能エネルギー、EV導入拡大を含むインフラ整備プラン (The America Jobs Plan) に対して、共和党から原案予算額を4分の1に減額し、内容も大幅に縮小された対案が提示され、議会内で激しい駆け引きが展開されています。

(3) 米中の経済競争の激化

脱炭素分野が21世紀米中経済競争の勝敗を決める最大テーマの1つとなります。中国は脱炭素技術として太陽光発電 (PV)、太陽熱発電、風力等再生可能エネルギー、EV、バッテリー等において世界をリードしています。

脱炭素技術の導入に遅れを取っているアメリカが市場奪還に躍起になっています。一方、脱炭素は地球問題でありながら、経済活動の一環として一国の経済政策のみならず、安全保障、外交、貿易ひいては人種・人権問題等の全てが反映さ

れています。P.V.の対中依存が高まっているアメリカでは、中国への過度な依存がアメリカの安全保障の脅威となることを理由に共和党議員が中国からのP.V.対米輸出を制限すると提案しています。バイデン政権は今後E.V.のバッテリー技術を半導体と同様に安全保障問題の一環として位置付けし、海外依存、特に対中依存を減らすべく、アメリカ国内での大量生産を検討しています。

経済競争と安全保障の境界線の曖昧さおよび安全保障自体の定義の曖昧さが米中気候変動協力の不確実性を増大させることになる懸念されています。

3-2 米中の気候変動交渉における主要な対立点（私見）

現在、バイデン政権は当面の重要課題であるコロナウィルス対策がワクチン接種率の拡大で奏功しているため、中長期的な内政と外交の最重要課題である気候変動問題に取り組み始めています。「パリ協定」を実行に移すべく、中国との2国間の協議・交渉を開始しています。

これまでの経緯、米中のスタンスを踏まえて、個人的に米中間の主要対立点を以下の通り想定しています。

（1）中国の位置付け

「京都議定書」では中国を途上国と位置付けし、削減義務について先進国と途上国が「共通だが差異のある責任」と明文化。WTOと同様にアメリカが国際条約履行時に中国を途上国扱いすることに反対。

（2）目標達成のスケジュール

中国が世界最大の炭素排出国としてカーボンニュートラル達成年を米国により10年遅く設定。米国が中国に目標達成の前倒しを要求する可能性。

（3）達成状況の検証、罰則適用等

米中にとどまらず、達成状況の検証メカニズム、EUが強く主張する国境炭素税の導入を含む罰則適用に関する調整が困難。

（4）石炭火力発電

中国国内石炭火力のフェードアウト、他国の石炭火力案件への融資と技術移転の規制等に関する合意形成。

中国、米国が地政学的な対立、貿易摩擦等の2国間の問題と切り離して、人類共通の課題解決に向けてカーボンニュートラルに向き合う姿勢が交渉妥結に必要な不可欠であると思います。

（本稿は個人的な知識、情報に基づいて纏められたものであり、筆者が所属する組織・部門の見解、認識を代表するものではありません）

（2021年4月28日・オンライン講演会）

筆者略歴（きよく しょうこう）

北京国際関係学院日本語学科卒業、1995年～：NEDO北京事務所、2002年～：NEDO国際協力センター、2003年～：NEDO北京事務所次長、2009年～：NEDO環境部、国際部、省エネルギー部。