

# 気候変動の緩和策について考えよう

—IPCC第6次評価サイクルの活動と今後の取り組み—

## 講演要旨集



**日時** 2017年11月14日(火) 13:00~17:00

**会場** 品川プリンスホテル メインタワー15階「トパーズ15」  
(東京都港区高輪4-10-30)

主催：経済産業省

共催：公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 (RITE)

# プログラム

主催者挨拶（ビデオレター）：経済産業省 産業技術環境局長 末松 広行

基調講演：『IPCC第5次評価報告書第三作業部会報告の主な知見と第6次評価報告書に向けての計画』  
ジム・スキー（IPCC 第三作業部会 共同議長）

講演：『CO<sub>2</sub>ゼロエミッション技術をめぐる -IPCC AR6 WG3への要請-』  
茅 陽一（公益財団法人地球環境産業技術研究機構 理事長、IPCC国内連絡会座長）

講演：『カーボンプライス 新たな視点からの国際比較 -古くて新しい指標-』  
小川 順子（一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 地球環境ユニット地球温暖化政策グループ 研究主幹）

パネルディスカッション：『IPCCへの期待と課題、及び温暖化対策への取り組みについて』

モデレータ： 山口 光恒（公益財団法人地球環境産業技術研究機構 参与）

パネリスト： ジム・スキー（IPCC 第三作業部会 共同議長）

大沼 あゆみ（慶應義塾大学 経済学部 教授）

小川 順子（一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 地球環境ユニット 地球温暖化政策グループ 研究主幹）

梶野 勉（株式会社 豊田中央研究所 研究推進部部长・主席研究員）

杉山 大志（一般財団法人 キヤノングローバル戦略研究所 上席研究員）

# Program

## Opening remarks (Video letter)

Hiroyuki Suematsu

Ministry of Economy, Trade and Industry

## Keynote lecture

『Key findings from the WG III Fifth Assessment report and plans for AR6』

Jim Skea (Co-chair of IPCC Working Group III)

## Lecture

『On CO<sub>2</sub> zero emission technology -A request to IPCC AR6 WG3-』

Yoichi Kaya (Research Institute of Innovative Technology for the Earth)

## Lecture

『New Approach on Carbon Price Comparison -Old but new indicator-』

Junko Ogawa (The Institute of Energy Economics, Japan)

## Panel discussion 『Expectations, issues regarding IPCC and how to tackle global warming』

Moderator

Mitsutsune Yamaguchi (Research Institute of Innovative Technology for the Earth)

Panelists

Jim Skea (Co-chair of IPCC Working Group III)

Ayumi Onuma (Keio University)

Junko Ogawa (The Institute of Energy Economics, Japan)

Tsutomu Kajino (TOYOTA Central R&D Labs., Inc.)

Taishi Sugiyama (The Canon Institute for Global Studies)



# 目次／Contents

## 要旨／Abstract

基調講演 『IPCC第5次評価報告書第三作業部会報告の主な知見と第6次評価報告書に向けての計画』 ……	1
ジム・スキー (IPCC 第三作業部会 共同議長)	
Keynote lecture 『Key findings from the WG III Fifth Assessment report and plans for AR6』 ……	2
Jim Skea (Co-chair of IPCC Working Group III)	
講演 『CO <sub>2</sub> ゼロエミッション技術をめぐる - IPCC AR6 WG3への要請 -』 ……	3
茅 陽一 (地球環境産業技術研究機構)	
Lecture 『On CO <sub>2</sub> zero emission technology -A request to IPCC AR6 WG3-』 ……	4
Yoichi Kaya (RITE)	
講演 『カーボンプライス 新たな視点からの国際比較 -古くて新しい指標-』 ……	5
小川 順子 (日本エネルギー経済研究所)	
Lecture 『New Approach on Carbon Price Comparison -Old but new indicator-』 ……	6
Junko Ogawa (The Institute of Energy Economics, Japan)	
パネルディスカッション／Panel discussion	
モデレータ／Moderator	
山口 光恒 (地球環境産業技術研究機構) ……	7
Mitsutsune Yamaguchi (Research Institute of Innovative Technology for the Earth) ……	8
パネリスト／Panelists	
大沼 あゆみ (慶應義塾大学) ……	9
Ayumi Onuma (Keio University) ……	10
梶野 勉 (豊田中央研究所) ……	11
Tsutomu Kajino (TOYOTA Central R&D Labs., Inc.) ……	12
杉山 大志 (キヤノングローバル戦略研究所) ……	13
Taishi Sugiyama (The Canon Institute for Global Studies) ……	14
略歴／Curriculum Vitae ……	15

## IPCC第5次評価報告書第三作業部会報告の主な知見と第6次評価報告書に向けての計画

---

ジム・スキー（IPCC 第三作業部会 共同議長）

本講演では、まず長期の温度目標、自国が決定する貢献（NDCs）、及び21世紀後半の排出源と吸収源のバランスといったIPCC評価報告書に関連するパリ協定の主要な要素について振り返る。第5次評価報告書以降の入手可能な情報は、長期的な温度目標を達成するために必要なものから遙かに低い軌道の上にNDCsがあることを示している。

第三作業部会第5次評価報告書が論じている主な知見、期待と達成したことのギャップ、今世紀半ばまでの大きな排出削減の必要性、早期実施の利点、緩和経路の特徴、及び利用可能な緩和オプションの範囲に話を移す。大気中の炭素を除去するために第5次評価報告書の排出経路がどの程度、二酸化炭素回収・貯留（CCS）に依存していたかを明らかにする。

次に講演では、第6次評価サイクルで計画している主な成果物のうち第三作業部会の寄与について紹介する。1.5℃の地球温暖化についての特別報告書（概要を述べる）、土地利用に関する特別報告書、及び中心となる評価報告書である。

さらに第三作業部会第6次評価報告書の優先課題に関する政府アンケート調査の結果を示し、第三作業部会ビューローが抱いている希望と認識している課題について述べる。これらには、高レベルのシナリオや経路と短・中期に取り得る対策との間でもっと連携を取る事、より広範囲な学問分野を描くこと、及び持続可能な開発や持続可能な開発目標（SDGs）の文脈で気候変動対策をしっかりと設定することなどがある。

第三作業部会第6次評価報告書概要の構成と背景にある論理について述べる。最後に第三作業部会第6次評価報告書に向けてのスケジュールと執筆者推薦の概要を紹介して本講演を締めくくる。

## Key findings from the WG III Fifth Assessment report and plans for AR6

---

Jim Skea (Co-chair of IPCC Working Group III)

This presentation will first provide a reminder of key elements of the Paris Agreement relevant to the IPCC assessment reports, including the long-term temperature goal, nationally determined contributions (NDCs) and the balancing of sources and sinks in the 2<sup>nd</sup> half of the 21<sup>st</sup> century. Using information available since AR5, it will show that the NDCs put us on a trajectory that is far short of what is needed to attain the long-term temperature goal.

The talk will move on to look at principal findings from the WG III 5<sup>th</sup> assessment report covering: the gap between aspirations and achievement; the need for deep emission cuts by mid-century; the advantages of early action; characteristics of mitigation pathways; and the range of mitigation options available. It will demonstrate the extent to which emission pathways in AR5 relied on carbon capture and storage (CCS) to remove carbon from the atmosphere.

The talk will then look at the main products planned during the 6<sup>th</sup> assessment cycle to which WG III is contributing. These include the Special Report on Global Warming of 1.5° C, which will be outlined, the Special Report on Climate Change and Land, and the main assessment report.

The talk will show the results of a questionnaire for governments on priority topics for WG III AR6 and set out the aspirations of and challenges identified by the WG III Bureau. These include better linkages between high-level scenarios and pathways and actions that can be taken in the short- to medium-term, drawing in a wider range of disciplines and setting climate action firmly in the context of sustainable development and the Sustainable Development Goals.

The architecture of and logic behind the WG III AR6 outline will then be set out. The talk will conclude with the timeline for the WG III contribution to AR6 and a profile of nominations for authors.

## CO<sub>2</sub>ゼロエミッション技術をめぐる ―IPCC AR6 WG3への要請―

---

茅 陽一（公益財団法人地球環境産業技術研究機構 理事長、IPCC 国内連絡会座長）

IPCC AR5 WG1 の報告によれば、地球表面気温は過去も将来もほぼ人為的排出 CO<sub>2</sub> の累積値に比例し上昇する。したがって、地球表面気温を安定化しようとするれば、人為的排出 CO<sub>2</sub> のゼロエミッションを実現する必要がある。したがって、IPCC WG3 は、AR6 の作業として、そのゼロエミッションの方策を具体的に検討提案することが要請される。本講演では、そのための基盤として、エネルギー各部門での CO<sub>2</sub> ゼロエミッションに向けての方策について考えられるアイデアを取り上げ、問題点を議論していきたい。

## On CO<sub>2</sub> zero emission technology —A request to IPCC AR6 WG3—

---

Yoichi Kaya (Research Institute of Innovative Technology for the Earth)

According to the report of IPCC AR5 WG1, global surface temperature has risen and will rise almost in proportion to accumulated anthropogenic emission of CO<sub>2</sub>. Therefore stabilization of global surface temperature requires to realize zero emission of anthropogenic emission of CO<sub>2</sub>. In this sense IPCC WG3 is requested as the work in AR6 to investigate ways for CO<sub>2</sub> zero emission in a practical manner and make concrete proposals. This talk will, as the basis for the above task, discuss on the measures for the CO<sub>2</sub> zero emission in every energy sector and stimulate discussions on key issues.

# カーボンプライス 新たな視点からの国際比較 ―古くて新しい指標―

小川 順子（一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 地球環境ユニット地球温暖化政策グループ 研究主幹）

本報告では、先行研究におけるカーボンプライスの定義と算定方法を踏まえて、さらに発展させたカーボンプライス水準の国際比較を試みた結果を紹介するとともに、分析過程において抽出されたカーボンプライス国際比較に関する課題を提示する。

## 1. カーボンプライス国際比較の背景

近年、国際機関や研究者による“カーボンプライス”の国際比較の研究が盛んに行われている。カーボンプライス水準の国際比較が行われるようになった背景には、パリ協定の発効を受けて、各国が温室効果ガスの排出削減目標に向けた対策の一つとして経済的手法が検討され始めているといった点があげられる。

カーボンプライス国際比較の意義は、第一に、世界全体でどの程度の対策が行われているのかを知る指標の一つとなりうる点にある。第二に、各国が自国の温暖化対策を検討する際に、自国の炭素価格政策の強度がどの程度の水準なのかを知る指標となる可能性があげられる。例えば、自国の水準が他国とかけ離れて厳しい場合は国際競争力の面で不利になり、緩い場合は国際的な非難を受ける可能性もある。このため、世界各国の水準の把握は各国政策決定者にとって不可欠な情報であると言える。

## 2. カーボンプライスの定義

“カーボンプライス”とは炭素価格の水準であり、さらに分類すると大きく以下のように分けられる。

①明示的カーボンプライス：炭素の排出に応じた価格水準（例：炭素税、排出量取引）

②暗示的カーボンプライス：炭素の削減を促す効果のある価格水準（例：エネルギー価格、エネルギー税、省エネ基準、再エネ賦課金、自主的取組等）

先行研究においては、炭素従量課税や排出量取引におけるクレジットの取引価格を指す場合や、エネルギー課税額を合計したものを指す場合など、扱う定義は統一化されていない。論文毎に定義が異なる背景には、データ制約や論文が伝えたい主張が異なるという点がある。こういった点を鑑みると、“カーボンプライス”の国際比較の場合に対象とすべき範囲や利用方法については、今後の議論になることが予想される。

## 3. カーボンプライス国際比較の課題

カーボンプライス水準の比較では、名目的な水準の高低のみでは、片手落ちの評価となるといった視点を持つ必要がある。カーボンプライシング施策以外の要素である各国の経済水準、産業構造、産業政策、エネルギー賦存量、エネルギー効率水準、エネルギー価格水準・政策、自主的取り組み等のその他の政策の実施状況等は、それぞれの国のカーボンプライス水準に影響を及ぼしているからである。

また、エネルギーの需要家の削減を促す要素は何かという点は、制度設計プロセスでは欠かせない視点である。政策決定者は炭素税や排出量取引のような明示的カーボンプライスのみに着目すべきなのか、あるいは暗示的カーボンプライス、例えば需要家が直面するエネルギーの全体価格といった視点にも目を配る必要があるのかといった点は、カーボンプライシング施策の導入を検討する際の重要な論点となると言える。



# New Approach on Carbon Price Comparison —Old but New Indicator—

---

Junko Ogawa (The Institute of Energy Economics, Japan)

The aim of this presentation is to lay out new approach on carbon price international comparison. In the process of investigating new approach, the definition and calculation method of carbon price level used by the preceding researches were analyzed. The presentation also raises issues to be taken into account in order to design an appropriate carbon pricing policy.

## 1. Background on International Comparison of Carbon Price

In recent years, research on international comparison of “carbon price” by international organizations and researchers has been actively conducted. As the Paris Agreement entered into force, economic instruments such as carbon tax and emissions trading are examined as one of the countermeasures for achieving greenhouse gas emission reduction targets in some countries.

There are several aims for carbon price international comparison. Firstly, it is expected to be one of the indicators to evaluate how much countermeasures are introduced in the world as a whole. Secondly, there is a possibility that it will be one of the indicators for evaluating each country’s carbon pricing policy strength. In the policy making process in a certain country, it is essential to grasp the strength of the country’s carbon price level. For example, if its level is much higher than those of other countries, a far high price will cause disadvantageous on international competitiveness. On the other hand, if it is too low, it may be subject to international criticism in terms of climate action effort. Therefore, grasping the level of country’s carbon price against international level is indispensable information for policy makers in order to introduce an appropriate level of carbon price.

## 2. Carbon Price- Its Variety of Definition

“Carbon price” is a price to carbon emission. Further classified into following two categories;

### 1) Explicit Carbon Price:

Price that aims carbon emissions reduction  
(e.g. carbon tax and emissions trading)

### 2) Implicit Carbon Price:

Price that induces carbon emission reduction. Aim is not necessarily for reducing carbon emission but it will induce carbon emission reduction as a result.  
(e.g. energy prices, energy taxes, feed in tariff on renewable energy, energy conservation action, voluntary actions and so on).

In the preceding researches, definitions are not unified. One refers to carbon tax and emissions trading credit price, while another refers to the sum of energy related tax revenue per unit of carbon emission. These differences are coming from the data constraints and what as well as each paper wishes to convey. Given these points, further discussions is expected on the scope and methods of international comparison of carbon price.

## 3. International Comparison on Carbon Price-Issues to be considered-

It is important to pay attention to not only nominal levels of carbon price itself but also each country’s background such as economic level, industrial structure, energy security status, other actions such as energy conservation policy and voluntary actions, energy efficiency level, industrial policy and energy price policy. These factors are complicated but definitely affecting the level of carbon price in each country.

In addition, the factors that promote both carbon emission and energy consumption reduction is an important element for policy making. In this point of view, whether policymakers should focus only on level of explicit carbon price or whether they also should pay attention to implicit carbon price such as the total energy price their country is facing? It will be one of indispensable issues in order to design appropriate policy.

## IPCC報告書の役割 政策に適切な情報の提供

---

山口 光恒（公益財団法人地球環境産業技術研究機構 参与）

### 第5次IPCC報告の教訓

- ・気候変動枠組み条約（対策の究極目標）
- ・対策費用の表示の仕方
- ・気候損害のそれとのアンバランス
- ・気候感度問題
- ・「政治経済学」的視点の欠如

## Role of IPCC Report to provide Policy relevant information

---

Mitsutsune Yamaguchi (Research Institute of Innovative Technology for the Earth)

Lessons from AR5

- UNFCCC Article 2 (sustainable economic growth)
- unrealistic cost calculation
- Unbalanced way to show climate damages
- Equilibrium Climate Sensitivity was not shown in the important table
- Lack of political economy view point

# ネガティブ・エミッションは持続可能か

---

大沼 あゆみ（慶應義塾大学 経済学部 教授）

ネガティブ・エミッションにおける主要な手段の一つが、植林とBECCSである。植林は直接的に炭素吸収固定し、またBECCSは、農産物などを利用したバイオエネルギー生産とCCSをミックスする手段であり、農産物を生産する際に吸収した炭素が、エネルギー転換時に放出されるのを捕獲し、処理する手段である。こうした手段について、土地利用・農業・生物多様性の観点から、その持続可能性についての問題点を述べる。

## 1. 土地利用と生物多様性の問題

BECCSと植林では、土地利用の転換が必要となる。草原等の生態系を転換すれば生物多様性を減少させる。既存の農地の転換は食糧生産量を減少させる可能性がある。また、植林では、炭素吸収の早い（成長の早い）樹種に著しく偏った人工林が保護と植林に優先されてしまうのではないかという懸念もある。ネガティブ・エミッションを目的とする植林では、同様に炭素吸収が目的とされることから、成長の早い単一樹種（モノカルチャー）林に集中する可能性がある。この場合、森林生態系の生物多様性は著しく下がる。

## 2. 肥料の希少性を高める問題

BECCSでは、バイオ燃料となる農産物の増産が必要である。これにより、肥料、とりわけリンの希少性が高まる可能性がある。リンは、農業生産に欠かせないが、自然プロセスでの再利用可能な量はわずかであるため、地球上で偏在するリン鉱石から採取することが主たるソースとなる。経済学的観点から、リンの需要価格弾力性は小さく、供給が減少すると価格上昇につながりやすいと考えられる。これは、バイオ燃料以外の農産物生産コストも高め、食糧価格の上昇につながることで、途上国の貧困層に打撃を与え、貧困を解消することを目的の一つとするSDGsの実現を困難にする。

## Will Negative Emissions be Sustainable?

---

Ayumi Onuma (Keio University)

Measures aiming at implementing “negative emissions” include afforestation and BECCS, which are expected to sequester CO<sub>2</sub> from the air. Although both are expected to play important roles in reducing emissions below zero, some problems can arise in terms of biodiversity and sustainable development.

First of all, species of trees in afforestation could be confined to the ones that grow fast and sequester more, which means that the planted would be monoculture forests with low biodiversity. Secondly, the measures need lands, so that they would require either converting existing ecosystem such as grasslands into the fields for the plantation or changing land use from agriculture. In both cases, biodiversity would be lost or agricultural products would be reduced. Thirdly, the measures requires huge amount of fertilizers such as phosphorus. Phosphorus is renewable in natural processes, but it takes very long time, so most of phosphorus uses are taken from phosphate rocks. Increasing demand for phosphorus would lead to a price rise of agricultural product through the price rise of phosphorus. Poor people would heavily suffer from the foods price rise, which obstructs the implementation of sustainable development.

## ライフサイクルの視点から見た運輸セクターにおける温暖化対策の評価

---

梶野 勉（株式会社 豊田中央研究所 研究推進部部长・主席研究員）

パリ協定において、地球平均の温度上昇を2度以下に抑える目標が合意され、各国は、2050年に向けた地球温暖化対策の長期シナリオの提出、これに基づく実行が要請されている。従来の温暖化対策は、排出セクターごとに対応策が検討されてきた。しかしながら、各セクターは社会活動のバリューチェーンの一部を構成しているため、個別最適の対策がバリューチェーン全体で見た時に好適であるかの評価が必要である。運輸セクターでは、燃費改善やエコカーの普及によりCO<sub>2</sub>排出削減に一定の寄与をしてきた。しかしながら、更なる大規模のCO<sub>2</sub>排出削減のためには運輸セクターのみでは対応できない。例えば、EVの普及が大規模CO<sub>2</sub>削減の大きな施策の一つと位置づけられているが、これは発電セクターにおけるCO<sub>2</sub>削減とセットで初めて効果がある。電源構成が異なる場合、同じ施策でもプラスの効果を生じる場合とマイナスの効果が生じる場合があることに留意する必要がある。一方、貨物輸送は運輸セクターのCO<sub>2</sub>排出量の約半分を占める。貨物輸送分野では新しいエコトラックの開発に加えて、情報協調による交通流制御、モーダルミックス、エコ燃料の利用など社会システム全体にわたる評価が必要な施策も多い。社会全体で大幅なCO<sub>2</sub>排出削減を実現するためには、温暖化対策をライフサイクルの視点で評価することが必要になっている。

## Evaluation of measures against global warming in the transport sector from the viewpoint of life cycle

---

Tsutomu Kajino (TOYOTA Central R&D Labs., Inc.)

In the Paris Agreement, the goal of keeping the global mean temperature rise to 2 degrees or less was agreed. Each country is requested to submit a long-term scenario for countermeasures against global warming towards 2050, and to implement it based on this long-term scenario. Measures for countering global warming have been studied for each emission sector. However, since each sector constitutes only a part of the value chain of social activities, it is necessary to evaluate whether individual optimal measures are suitable when looking at the entire value chain. In the transport sector, we have made a certain contribution to reducing CO<sub>2</sub> emissions through improving fuel economy and the spread of eco cars. However, in order to further reduce large-scale CO<sub>2</sub> emissions, it is not possible to deal with transportation sector alone. For example, the spread of EV is regarded as one of the major measures to reduce large-scale CO<sub>2</sub>, but this is effective only for the CO<sub>2</sub> reduction measures in the power generation sector. Depending on the power supply configuration, it is necessary to pay attention to the fact that the same measures may produce a positive effect or a negative effect may occur. Freight transport, on the other hand, accounts for about half of the transport sector's CO<sub>2</sub> emissions. In addition to the development of a new eco-truck in the cargo transport field, there are also many measures that require evaluation throughout the social system, such as traffic flow control through information infrastructure coordination, modal mix, and use of eco fuel. In order to realize substantial CO<sub>2</sub> emission reductions for society as a whole, it is necessary to evaluate global warming countermeasures from the life cycle point of view.

## 汎用的技術（GPT）と温暖化問題

---

杉山 大志（一般財団法人 キヤノングローバル戦略研究所 上席研究員）

ここ10年ほどの間に、太陽光発電のコストは、急速に減少してきた。だが、急速なコスト低減が起きてきたのは、これだけではない。蓄電池、車載用燃料電池、シェールガス・オイル開発技術等の他のエネルギー技術のコストも同様に急速な低減をした。また、AI、センサー、インターネット通信、情報記憶装置等の、通常はエネルギー技術とは分類されない技術についても、急激な性能向上と、広範なコスト低減が見られている。これらは、エネルギー効率の高い空調・照明技術や、温室効果ガスの少ない精密農業などの形で温室効果ガス削減に寄与する。

以上のような急速な進歩の原動力は、ICT（AI/IOT等）、ナノテクノロジー、バイオテクノロジーなどの汎用的技術の共進化である。新しい技術は古い技術の組み合わせで生まれる。技術システムは全体として、複雑系として共進化する。技術進歩には蓄積性があり、また加速する。共進化の簡単な例を挙げると、計算機の発達によって、材料のナノスケールのシミュレーションができるようになり、これによって微細加工技術が発達し、更に計算機の能力が発達してきた。これを活用して燃料電池やシェールガス採掘技術が進歩した。

汎用的技術について急速な進歩が現に観測され、今後も加速すると見られていることから、その活用によって大規模な温室効果ガス削減が可能ではないかという議論が起きている。

この排出削減量を見積もるとなると、個々の技術の仕様・コスト・普及量の見通しや、誘発される人間活動の変化を推計しなければならず、容易ではない。仮によい技術が出来てもうまくビジネスモデルが確立出来ない場合もある。以上の理由により、大幅な排出削減という推計から、リバウンド効果によって逆に排出が増加するという推計まで、計算結果には大きな不確実性が伴う。

のみならず、2030年、2050年ともなると、どのような技術が普及をするか予想することもできないが、それによるエネルギー消費・温室効果ガス排出削減への効果がきわめて大きい可能性がある。例えば、人工知能を搭載したロボットがオフィスや家庭に普及すると、大幅な省エネが可能になるのではないかと。あるいは、太陽光発電等の設置工事の大半をロボットが担うようになれば、さらなるコストダウンが図れるのではないかと。

このような不確実性があるため、運輸部門を例外として、経済全体あるいは部門全体としてどの程度の温室効果ガス排出削減が可能であるかという定量的な見積もりは、今のところ学術論文としてはほとんど存在しない。更なる挑戦的な研究が待たれるところである。

なお適応についても、汎用的技術の進歩による効果は大きいと思われる。既に、ICTの活用によって、自然災害の予測や早期警報等が長足の進歩を遂げ、これによって自然災害への脆弱性は大幅に軽減した。今後もその寄与は大きいだろう。



# General Purpose Technologies (GPT) and Climate

---

Taishi Sugiyama (The Canon Institute for Global Studies)

Costs of PV has sharply dropped (International Energy Agency 2017) However, it is not exceptional. Likewise, there have been sharp cost drops in other energy technologies, including battery (Nykvist and Nilsson 2015) , fuel cell (Iguma and Kidori 2015) , shale gas and oil (Mills 2015). Furthermore, rapid improvement of performance and sharp decline of costs have been observed for many technologies that are not usually categorized as “climate technologies” still they will have immense impacts on GHG emissions. They include Artificial Intelligence (AI), sensors, internet, memory storage, to name a few (IEA 2017) (Holdowsky et al. 2015). Such technological development have been, and will be, contributing to cut GHG emissions in form of various technologies such as smart lighting systems and precision agriculture.

The major driver of such rapid change is the co-evolution of General Purpose Technologies (GPT) consisting of Information and Communication Technologies (ICT) including AI and Internet-Of-Things (IOT), nanotechnologies, biotechnologies, robotics, and so forth (OECD 2017) (World Economic Forum 2015) (Bresnahan and Trajtenberg 1995). New technologies always emerge by the combination of prior arts. As such the technology systems evolve over time as a big complex system. The progress is cumulative and accelerating (Arthur 2009) (Kauffman 2000). To illustrate such co-evolution process by an example, the progress of computer simulation enables us to understand the material science better, then it contributes to upgrading microscale manufacturing technique, and eventually it leads us to much faster computing technologies, and again the advanced computer contributes to other applications.

Discussions have emerged as to how much GHGs can be cut in the future by the rapid progress of GPT. As the visions of industries, Global e-Sustainability Initiative has reported that ICT has the potential to cut one quarter of global GHG emissions in 2030 (Global e-Sustainability Initiative (GeSI) 2015). The estimate is done by adding up the contribution from use cases of various technologies, such as e-Health that replaces existing medical practices by remote one using ICT. The WBCSD announced that it would aim at halving agricultural greenhouse gases by precision agriculture and biotechnology (WBCSD 2015).

Among academic literature, massive cut of GHG emissions was estimated for the passenger car by the combination of three emerging technologies : self-driving cars, electric cars, and car sharing (Viegas et al. 2016), (OECD/ITF 2015) (Greenblatt and Saxena 2015) assuming low carbon content in electricity. However, there is a possibility that greenhouse gas emissions may rather increase due to improved convenience, and appropriate policy intervention to suppress such rebound effect is necessary to enable substantial emission reduction (Wadud et al. 2016).

The industrial and building sector are also being benefited from GPT (World Economic Forum 2015) (Snatkin et al. 2013). Similar with the transport sector, generally speaking massive GHG emission cut are enabled by electrification, automation, sharing economy, and improvement in energy and resource efficiency.

All of the above-mentioned technologies can contribute to GHG emission cut. However, estimating the amount of emission cut is not easy due to many uncertainties. They include: the outlook for the technological performance, costs, penetration rate, and the human activities to be induced, to name a few. Even if a good technology is available, business models may not be established successfully in time (Linder and Williander 2017). For the above reasons, the calculation results are subject to great uncertainty. Studies show a wide range of estimates – from drastic emission cut to even the increase in the emissions due to the rebound effect (Larson and Zhao 2017).

While climate policies are often discussed in the time horizon of 2030, 2050, or even beyond, no one can not precisely predict what kind of technologies will be widely used, as the progress is so rapid. Furthermore, it should be noted that all the above estimates do not include many technologies that are not well known as of today. For example, how much emission cut is possible, if there are robots with AI in every office and home, and they manage the energy demand in very intelligent way? Or, how much costs can be cut if robots, instead of human workers, install photovoltaic power systems on the rooftop? As we can not predict how wise AI will be in 2030 (and 2050 !), we can not predict the performance or costs.

Surely the progress of technologies, in particular that of GPT, will have fundamental impacts on the energy demand, and it will enable massive emission cuts. As it is so immense, it is wrong to ignore it in the debate of climate policy. Despite the many uncertainties, estimates are required. So far, quantitative estimates of emission cuts at economy or sector scale have been scarce, particularly in academic literature, except transport sector.

GPT will also have big impacts on adaptation. For example, ICT has been, and will be, instrumental for the forecasts and early warning of natural disasters, thereby greatly reducing the vulnerability (Eakin et al. 2015).



氏名：末松 広行（すえまつ ひろゆき）

東京大学法学部卒  
昭和 58 年 4 月 農林水産省入省  
平成 10 年 7 月 大臣官房秘書課監査官兼農林水産大臣秘書官事務取扱  
平成 12 年 1 月 食品流通局企画課食品環境対策室長  
平成 14 年 3 月 総理官邸内閣参事官  
平成 18 年 10 月 大臣官房環境政策課長  
平成 19 年 7 月 大臣官房企画評価課長  
平成 20 年 4 月 大臣官房食料安全保障課長  
平成 21 年 3 月 大臣官房政策課長  
平成 22 年 7 月 林野庁林政部長  
平成 26 年 4 月 関東農政局長  
平成 27 年 8 月 農村振興局長  
平成 28 年 6 月 経済産業省産業技術環境局長

Suematsu, Hiroyuki

Director-General, Industrial Science and Technology Policy and Environment Bureau, Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), JAPAN

Mr. Suematsu currently holds the position of Director-General of the Industrial Science and Technology policy and Environment Bureau at the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), where he is responsible for industrial science and environment policy with the goal of strengthening industrial competitiveness. He represented METI during the COP21 negotiations. Prior to joining to METI in 2016, he developed a diverse background in forestry and the environment at the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) which he joined in 1983. MAFF also gave him the opportunity to develop national policies and strategies for bio fuel.



氏名：ジム・スキー

インペリアル・カレッジ・ロンドン、持続可能エネルギー分野の教授を務める。研究関心領域はエネルギー、気候変動、技術革新。現在の主な役割は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第三作業部会における第6次評価サイクル向けの共同議長である。英国工学・物理科学研究会議（EPSRC）より英国エスタブリッシュメント・キャリア・フェローシップを授与され、2012年～2017年までは英国研究会議協議会（RCUK）エネルギー戦略フェローである。2004年～2012年にかけては英国エネルギー研究センター（UKERC）のリサーチディレクター、1998年～2004年にかけては政策研究所のディレクターを務めた。

経歴全体にわたって、研究、政策立案、及びビジネス間の接点で活動してきた。英国気候変動委員会の創設メンバー。2017年6月までは、英国のエネルギー産業で働く人々のための専門機関、英国エネルギー協会の代表を務め、現在は前代表の立場にある。英国の低炭素車パートナーシップ（LowCVP）の設立ディレクターを務めた。2013年に持続可能なエネルギーへの活動における大英帝国勲章を、2004年には持続可能な輸送への活動における大英帝国勲章を受賞。

Jim Skea is Professor of Sustainable Energy at Imperial College London with research interests in energy, climate change and technological innovation. His current main role is as Co-Chair of IPCC Working Group III for the 6th assessment cycle. He holds a UK Established Career Fellowship awarded by the Engineering Physical Sciences Research Council and was the Research Councils UK Energy Strategy Fellow from 2012-2017. He was Research Director of the UK Energy Research Centre 2004-12 and Director of the Policy Studies Institute 1998-2004.

He has operated at the interface between research, policy-making and business throughout his career. He is a founding member of the UK Committee on Climate Change. Until June 2017, he was President of the UK Energy Institute, the professional body for people working in the UK energy industry, and currently serves as immediate Past-President. He has acted as Launch Director for the UK's Low Carbon Vehicles Partnership. He was awarded a CBE for services to sustainable energy in 2013 and an OBE for services to sustainable transport in 2004.



氏名：茅 陽一 (かや よういち)

地球環境産業技術研究機構・理事長

1957年東京大学卒業、1978年に同学電気工学科教授、1995年慶応大学教授。1998年以来、(財)地球環境産業技術研究機構・副理事長兼研究所長となり、2011年に同理事長となり現在に至る。エネルギー環境分野のシステム工学を専門とし、特に地球温暖化に関心を持つ。IPCC WG3の1989年の第一回会議で彼により提示されたCO<sub>2</sub>排出をエネルギーの炭素濃度、GDPのエネルギー濃度、及びGDPで表現する式は茅恒等式として現在よく知られ、エネルギー関連のCO<sub>2</sub>排出の性向を分析するのに広く使われている。

Professor Dr. Yoichi Kaya

President of Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE), Japan

He graduated from the University of Tokyo in 1957 and became Professor of Electrical Engineering of the University of Tokyo in 1978 and moved to Keio University in 1995. Since 1998 he has been Director General of Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE) and became the President in 2011. He is specialized in system engineering in the field of energy and environment, and particularly interested in global warming issues. The equation of expressing CO<sub>2</sub> emission in terms of carbon intensity of energy, energy intensity of GDP and GDP proposed by him at the first meeting of IPCC WG3 in 1989 is now well known as Kaya identity, and widely used in the analysis of characteristics of energy related CO<sub>2</sub> emission.



氏名：小川 順子 (おがわ じゅんこ)

(一財)日本エネルギー経済研究所 地球温暖化政策グループ 研究主幹

略歴：1997年青山学院大学大学院国際経済学研究科 経済学修士(国際経済学)。同年、アジア太平洋エネルギー研究センター研究員、1999年日本エネルギー経済研究所研究員。

専門分野：地球温暖化政策・省エネルギー政策評価分析、ライフサイクルアセスメント分析。知見を活かし、日本国内での温暖化政策の議論、および世界各国の省エネルギー国際協力プロジェクトに参加している。その他、地球温暖化・省エネルギー政策に関する多くの講演や論文を手掛けている。主な論文(著書)は、(東北エネルギー懇談会ひろば461号、2016年5月)、シェールガス・オイルの掘削、貯蔵、輸送、転換技術と環境規制への対応(共著、専門書、2015年2月)、我が国のエネルギー管理政策の経験と途上国への示唆(エネルギー経済、2010年4月)、原子力と環境の経済学-スウェーデンのジレンマ(翻訳、単行本、1989年)など多数。

Junko Ogawa

Current Post

Senior Researcher, Climate Change Policy Research Group, The Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ)

Specialty Outline

Through 20 years of her career, Junko Ogawa has been and will be consistently engaging on both energy policy and climate change policy analysis with qualitative and quantitative analysis skills, and policy recommendation to the Japanese government, to the private institutions as well as to the neighboring developing economies in Asia. The emphasis is focused not only on the theoretical elements but also on evidence and empirical analysis in order to making her analysis realistic and rational to the policy making. Through conducting research projects and organizing stakeholder meetings, she has established networks with the private sectors that constitute the core climate change issues. In addition, she has been focusing on promulgating the research results through papers and presentations at government council as well as lecturing and making presentations at universities and academic conferences.

Academic Qualification

1997, Master's degree of Economics, Graduate School of International Politics and Economics, Aoyama Gakuin University



氏名：山口 光恒 (やまぐち みつづね)

地球環境産業技術研究機構参与

1962年慶應義塾大学卒業、1996年慶應義塾大学経済学部教授、2006年～2015年東京大学先端研客員教授、特任教授を歴任。2012年より地球環境産業技術研究機構兼務。IPCC第3作業部会リードオーサー(第3～5次報告書)、OECD貿易と環境合同専門家会議副議長兼日本政府代表等歴任。実現可能な気候変動対策(編集及び共著・2013)をはじめ著書、論文多数。専門は環境経済学

Mitsutsune Yamaguchi is an environmental economist and Special Advisor of Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE) since 2012. Professor of Economics at Keio University (1996-2006), Visiting Professor at the University of Tokyo (2006-2015). He has been a lead author of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for the 3rd, 4th and 5th assessment reports for past 20 years, and a Vice Chair of the Joint Working Party on Trade and Environment, OECD (until December 31, 2016), and also had hold prominent positions such as a member of several committees on climate change of the Government. He has published many books and papers.



氏名：大沼 あゆみ (おおぬま あゆみ)

1983年東北大学経済学部卒。1988年東北大学大学院博士課程単位取得退学。東京外国語大学助教授などを経て、2001年、慶應義塾大学経済学部助教授。現在、教授。経済学博士。専門は環境経済学。経済学の観点から持続可能な発展、とりわけ生物多様性の側面での理論・実証分析を行っている。著書に『生物多様性保全の経済学』（有斐閣）など。2012～14年、環境経済・政策学会会長を務める。2015年より、Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) 主筆者。

Ayumi Onuma holds a Doctor of Philosophy in Economics from Tohoku University. Currently, he is a Professor of Environmental Economics, Keio University. His main field of research interest include theoretical and empirical analysis of sustainable development issues in particular biodiversity conservation and sustainable management of the global commons. His recent publications include a book entitled “The Economics of Biodiversity Conservation” (in Japanese) and “An economic and ecological consideration of commercial coral transplantation to restore the marine ecosystem in Okinawa, Japan”. He was the president of Society for Environmental and Policy Studies from 2012-2014. He is now working for Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) as a lead author.



氏名：梶野 勉 (かじの つとむ)

株式会社 豊田中央研究所 研究推進部長

1988年名古屋大学大学院農学研究科博士前期課程修了後、株式会社豊田中央研究所入社。

生体模倣材料やエネルギー変換材料の研究に従事した後、植物の光合成の機能を人工的に実現する人工光合成の研究プロジェクトリーダーを経て、2014年より社会システム研究領域リーダー。持続可能な発展を担うエネルギー・環境技術のライフサイクル評価に従事。2017年より現職。2000年 博士(農学)。2005年～12年 東京工業大学大学院総合理工学研究科連携准教授、2014年～16年 同連携教授。

#### Tsutomu Kajino

TOYOTA Central Research and Development Laboratories Inc.

Tsutomu Kajino joined TOYOTA Central R&D Labs., Inc. as a researcher in Biochemical field in 1988 and then engaged in research projects for biomimetic material and energy-conversion catalyst. He was the research-project leader of “Artificial Photosynthesis” in 2006 and the research-domain leader of “Social Systems Research Domain” in 2014 to engage in techno-economic assessment in energy and environmental fields. Currently he is division Manager, Administration Division. He received Doctor’s degree of Agriculture from Nagoya University in 2000. He was a guest associate professor between 2005 and 2012, and a guest professor between 2014 and 2016, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology.



氏名：杉山 大志 (すぎやま たいし)

東京大学理学部卒及び工学修士。キャノングローバル戦略研究所 上席研究員。電力中央研究所 上席研究員や、国際応用システム解析研究所 (IIASA) 研究員や国際学術会議 地球環境の制度的側面 科学執行委員、産業構造審議会環境部会地球環境小委員会 市場メカニズム専門委員会委員、京都議定書 CDM 理事会 小規模 CDM パネル委員を歴任。気候変動に関する政府間パネル第3作業部会に於いて、第4、5次報告書の主執筆者ならびに統括執筆責任者を務める。温暖化対策の自主的取り組み (2013) エネルギーフォーラム、環境史に学ぶ地球温暖化 (2012) をはじめ著書、及び論文多数。

#### Taishi SUGIYAMA

Senior Research Fellow The Canon Institute for Global Studies (CIGS). B.in Physics, M. Eng. in Applied Physics, both in The University of Tokyo. After Research Scholar of International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Austria, became a Senior Researcher in CRIEPI. A member of Panel to Recommend Simplified Modality and Procedure for Small Scale CDM (Small Scale CDM Panel) to the Executive Board of Clean Development Mechanisms (CDM/EB) of the Kyoto Protocol of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC/KP). He is a lead author and a Coordinating Lead Author of Working Group III of Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) for 4th and 5th assessment report.