

※発言をそのまま書き起こしたデータを基に、個人情報に関する部分を削除し、文意が通るように修正を行っています。

講義 「環境適合性について」

木村：では、ここからは柳下先生に、1時間くらいお話しただきたいと思います。質疑応答を入れて8時半くらいを目安にしてもらって、その後、皆さんから意見を言ってもらって、意見交換をします。そんな流れで進めたいと思いますので、よろしくお願いします。

柳下：はい。たぶん、このワークショップはエネルギーに関することがずっと底流にあるわけですね。今日は「環境」の話をしますが、環境といっても実はエネルギーとの接点はいろいろあります。例えば水力発電と水の生態系との関係とか。いろいろありますが、今日は最近の気候変動問題をメインの話にしたいと思います。

説明としては、気候変動問題の概要と、最近の知見がどういうふうに変遷しているかということと、これに関して政策的にどういう流れになっているか、ということだと思っておりますが、それらは「情報資料集」の中はかなり端的に入れてありますので、読んでもらえば分かると思います。ですから、まずはどこを読んでもらえば分かるかということだけを行います。

まず、第一部の3ページに「1.2 東日本大震災で直面したエネルギー政策の見直し」というセクションがありますが、そこから3.11以降の政策の変遷が書いてあります。

6ページには、気候変動問題の中で、特に「パリ協定と地球温暖化対策計画」というものが出ていますが、もう本当に直近の動向が端的に書いてあります。これから世界各国が、いかに長期的に温室効果ガスの削減というものを真剣にやっつけていかなければいけないのか。そういう目標が設定されたということがここに書いてあるわけです。

最後に、7ページには、「1.3 更なる前進に向けて」という形でまとめています。

ただ、これはあまりにも抽象的に簡潔に書きすぎているので、これを補強する資料が後ろのほうにあります。資料編の45ページを見ていただけますか。いちいち説明はしませんが、どういうことが書いてあるかという流れを説明します。

「E-1 地球温暖化政策の黎明期（1980年代から90年代半ば）」と書いてありますが、人類社会がいつ頃地球温暖化問題に直面したのかというと、1985年なのです。それまで個人的な研究レベル、学会レベルではいろいろ論文が出ていたのですが、それを世界共通の問題として国際会議で取り上げたのが1985年でした。1985年の会議は、科学者の会議でした。1987年には、政策決定者会議といって、各国の役人の代表が集まって議論がなされ

ました。その議論からたった5年後の1992年には、ブラジルで地球サミットが開かれたのですが、「気候変動枠組条約」が採択されました。これは、今でも生きている条約です。「COP〇〇」というのはこの条約の話です。さらに、この条約では温暖化対策の目標が不明確で法的拘束力がないということで、先進国だけでも目標を立てて法的拘束力をもつようにということで、「京都議定書」が1997年に採択されました。これが黎明期の話です。

続く E-2 には、京都議定書の内容と、日本がそれに対してどういう対策を行ってきたのかということが書いてあります。

次に、47 ページに行ってください。京都議定書というのは、温暖化対策の最初として、2010 年の前後 5 年間（2008 年～2012 年）の温室効果ガス排出量の平均レベルを、1990 年レベル（20 年前）と比較して下げる方向に持っていき、というものでした。それはそれなりにうまくいったのですが、温暖化対策というのは、一時だけ目標を作って、それをクリアすればいいのではなくて、対策を持続させ、どんどん下げていかなければならないのです。それをどうしようかということで、また国際的に大議論・交渉が始まるわけです。その経緯が E-3 に書いてあります。本当はもっと複雑な年表になって、論点が非常に様々に展開するのですが、ここでは省略します。

続いて、49 ページに行ってください。いろいろな動きがあったのですが、2015 年 12 月には COP21 が開催されました。COP というのは、締約国会議のことです。締約国というのは、条約を批准した国のことです。正確に言うと、COP21 は、「The 21st Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change」です。「気候変動枠組条約の第 21 回目の締約国会議」という意味なのです。その会議が毎年 1 回あるのですが、去年の今頃開かれた COP21 において、これから世界各国が、京都議定書に代わる対策をどのように行えばいいかということについて、「パリ協定」という形で方針を定めたのです。これが非常に重要で、そのパリ協定の中身を我々は認識しなければなりません。

「パリ協定」の中身について、少し説明しておきたいと思います。

「目的」は、「産業革命以前と比較して、地球全体の温度の上昇を 2°C より低く抑えよう。あわよくば 1.5°C に抑えよう」という内容にしました。ですから、人間行動学的な意味での目標ではなく、極めて地球科学的な目標を立てたということです。

じゃあ、そのためにはどうするかというのは、実は一義的に決まらないのです。ここで、「緩和」と「適応」という言葉が必ず出てきます。これは非常に重要な言葉です。

「緩和」とは、温暖化が進まないように、温室効果ガスを出さないようにすること。あるいは、出てきた温室効果ガスが吸収されるように森林をもっと充実させること。これが緩和策です。

「適応」とは、そうは言っても温度は上がってしまうし、気候変動は進むでしょうと。それに対して、人類社会としてある程度対応しましょう、という話になります。例えば、

気温が上がると海面が上がります。そうすると、高潮によって海岸が浸食されてしまうので、堤防を作って対応しましょうとか。それから、ある程度温度が上がってしまうと、農業生産の最適な場所が変わってしまいます。まあ信州はリンゴを作るのをやめてパイナップルにしようとか。まあそれは冗談にしても、北海道にもっとリンゴ畑を広げようとか。それから、今までは亜熱帯地域までしかなかったようなマラリアが、いよいよ日本まで上がってくるということで、防疫体制をこれまでと違った形で強化しなければいけないとか。こういったものを適応策というのです。

緩和と適応の 2 つがあって、両方やらなければいけない。本来は、適応なんか考えたくないのだけど、温度が上がって一定の影響が出るということはもう避けられない、という前提になっているということは、知っておいてください。

「緩和策」のルールがここに書いてあります。京都議定書時代は、「あなたの国は、いついつまでに何トン温室効果ガスを減らしなさい」ということについて、非常に丁寧な目標を立てたのですが、今やそうではなくなっています。「全ての国は、自国が何をやるかという計画を作らなければいけない。そして、5年ごとにそれを見直して提出する。見直し後は、以前の計画よりも高い目標にしなければいけない」ということが定められています。見直して目標値を下げることは許さないということです。5年経つごとにやるのが必ず前より強くなるといけないというのが、ひとつの大きなポイントです。

それから、「グローバル・ストックテイク」とあります。これは、全ての国々が対策を一生懸命やった結果、本当に世界全体が前進しているかどうか経過を見ます、ということなのです。経過を見て、このままでは2℃に収まらないというような場合には、何らかのメカニズムによって、各国に対してもっとスピードを上げるようはたらきかけると。マラソンで例えるなら、2時間30分以内に全てのランナーがゴールに到達しなければいけないという基準を作ったとします。そして、5キロごとにチェックする、というような感じですが。皆で結託して、ジョギングのようにゆっくり走っていて、5キロで30分かかったとします。そういうときにはムチで叩いてもっと急がせる、という仕組みです。これがこれからどういうふうに機能するかどうか、楽しみでしょうがないのですが。こういうルールが2010年からスタートするのです。

それから、「緩和策」の一番下に、「全ての国が長期のGHG（温室効果ガス）低排出開発戦略を策定・提出するように努める」と書かれています。ここで言われている長期というのは、今のところは2050年です。最終的に2℃に抑えるというのは、とりあえず5年後にこうしますとか、10年後にこうしますなんていうことではとてもじゃないけれども達成できるわけがありません。長期的に思い切ったことをやりますという戦略を、今の段階から作りなさいということです。これを2020年までに国連に提出しなければいけないことになっています。今、日本国の中でも、じゃあどうしようかという勉強会が始まったところです。実は明日も勉強会があって、先ほど私は急遽出席の申し込みをしたばかりなのですが、

気がついたと思うのですが、この政策は、2050年をかなり意識していて、それまでの間どうやって一步一步を強固にしていくかという形になっています。あなた方も自分の年齢を考えてほしいと思うのですが、2050年には何歳ですか？

A：56歳です。

柳下：いい年じゃないですか。その頃には総理大臣かもしれないな。あなたは？

B：57歳です。

柳下：どこかの会社の社長になっているかもしれないよ。

ということで、自分に関係ないと思ったらとんでもない話で、あなた方が責任を取らなければいけないような政策なのですよ。

私は1947年生まれですから、2050年に生きていたら103歳です。生きていてもまったく役に立たないというか、むしろ中途半端に生きてるとエネルギーをいっぱい使っている可能性があります。呼吸するのにもエネルギーが要る、ご飯を食べるにもエネルギーが要るとか。

あなた方が社会の中心になったときに、「大変なことになってしまった」とならないようにするためには、今からどういうふうにしたらいいかということ、年寄りが考えるのではなくて、あなた方が考えなければいけません。そういう枠組みができていくということを知っておいてほしいと思います。

最後のところに「発効」という言葉があるのですが、これも最近新聞で話題になったので知っておいてほしいのですが、条約や国際法は誰を縛るのでしょうか？では、法律だったら誰ですか？

A：国民です。

柳下：国民ですね。例えば、日本国で「何人も酒を飲んではいけない」という法律ができたら、国民がそれに縛られるわけです。では、条約は？

A：国家ですか？

柳下：そうなのです。国連を構成している国家、または国際機関を縛っているのです。

では、条約ができた瞬間、全ての国を縛れるかということ、縛れないのです。世界には190超の国があるのですが、ある条約ができたときに、わが国はそれを守って参加するかどうかということ、態度を示さなければいけないのです。それを「批准」といいます。では、

190 何か国が全て批准しないと条約は成立しないのかというと、そういうわけではありません。逆に、1 か国でも批准すればいいのかというと、そんな条約は何の意味もないでしょう。そこで、条約や議定書は、必ず、どういう条件が満たされたときに、このルールは国際的なルールとして意味を持つ、ということが盛り込まれているのです。

パリ協定の場合は、「世界総排出量の 55%以上の排出量を占める 55 か国以上の国が協定を締結した日の後 30 日目に発効する」と定まっています。パリ協定は、実は、今年 11 月上旬に発効しました。ということは、逆に言うと、30 日前だから、10 月の然るべきときにこの条件を満たしたということです。

55 か国という条件を満たすのは比較的簡単です。途上国がたくさん批准すれば、55 くらいはすぐに到達します。

一方で、「世界総排出量の 55%以上の排出量を占める」という条件は、少し注意が必要です。第一部の 18 ページを見てください。図 1-9 の左側のグラフで、2014 年の世界の排出量が 32.4 ギガトンと書いてあります。各国の値を見ると、中国が約 9 ギガトン、アメリカが約 5 ギガトンです。32 分の 14 ですから、この 2 か国だけで 40%を超えていることになります。ですから、アメリカと中国と、あと何か国かが参加しないと行った瞬間、パリ協定は未来永劫発効しないのです。

ところが、アメリカも、中国も、あるいは EU も、日本よりも早く、参加を表明したのです。したがって、早々とこの 11 月には発効したのです。

実は、日本政府は、発効は 2~3 年先だろうと読んでいたのです。だから、今年の COP も、来年の COP も、パリ協定の締約国会議ではなくて、その準備段階だろうと踏んでいたから、早々にパリ協定が発効してしまったのです。日本はまだ批准していなかったのに、新聞で叩かれ、野党に叩かれ、11 月 7・8 日に国会を通過して、それから閣議決定して、それから国連にわが国は批准しましたので、締約国の中に入れてくださいとお願いしたのですが、そのときには国連機関は全部モロッコのマラケシュに集まって会議していて、ニューヨークとかはもぬけの殻になっていたのに、手続きが間に合わず、今回の会議には締約国として参加できずに、オブザーバー参加になってしまったのです。知っていましたか？ 知らなかったでしょう？ でも、結構ニュースで報道されていたのですよ。

今日の午前中の国会中継でも、野党が安倍総理を「なんでそんなことになってしまったのか」と追及していました。総理は、「いや、もう批准しました。来年からは正々堂々と締約国として世界に貢献して参る所存でございます」で終わってしまいました。ごめんなさいとは一言も言わない。心臓に毛が生えているなと思いましたね。

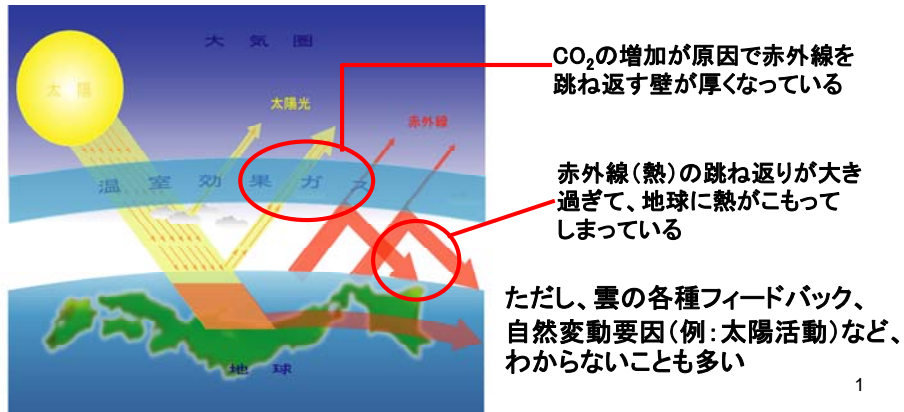
以上がパリ協定の概要の説明になります。大丈夫でしょうか？

では、情報資料集は一度ここまでにして、温暖化について、これは知っている人から見ると子供だましみたいな資料なのですが、ざっと見ていきたいと思います。こちらのパワーポイント資料を見てください。

1. 地球温暖化問題に関する基礎知識

地球温暖化とは何か

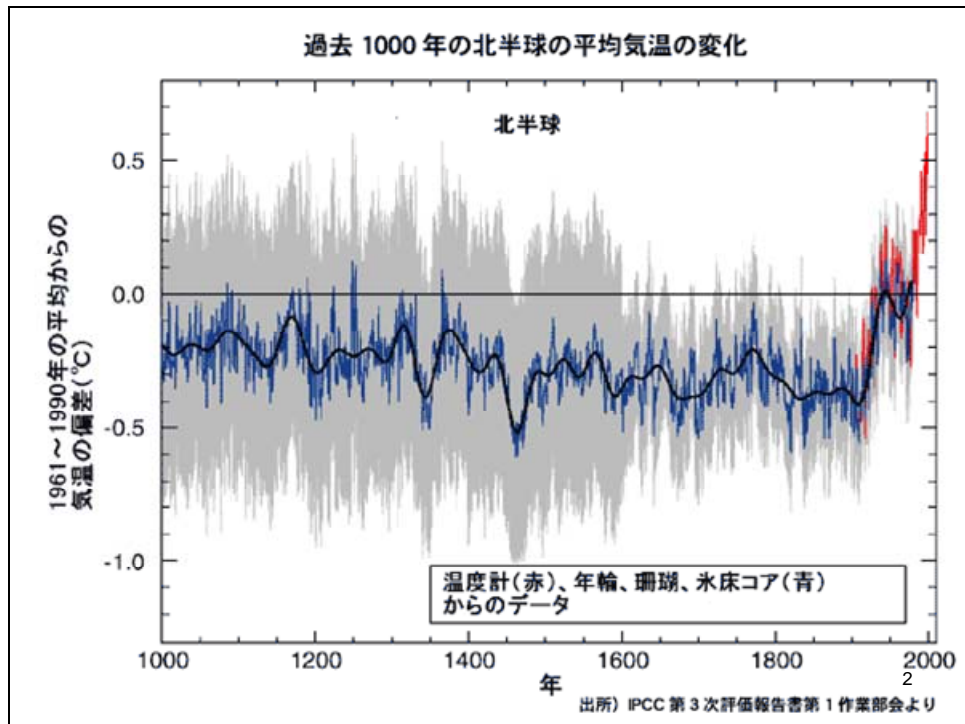
- ◆ **CO₂などの温室効果ガス**が、地球表面から逃げる**赤外線を吸収・再放射**している
- ◆ 温室効果が無ければ、地表温度は-18℃ → 温室効果のおかげで+15℃程度に
- ◆ しかし**温室効果ガスの急激な増加によって温暖化が進行**している



柳下：この図にあるように、太陽のエネルギーが地球に届いて、地球が温まって、そこから赤外線が放射されています。その赤外線が全て宇宙空間に行ってしまうと、地球の平均気温はマイナス 15℃くらいになります。でも、地球には水があり、空気があり、その中に温室効果ガスという熱をトラップする性格のあるガスがあります。そのために熱が宇宙空間に行かず、平均気温が約 15℃になっているということです。これを「温室効果」と呼んでいます。

そして、現在は、人為的な温室効果ガスが増えていることが問題になっています。

温室効果ガスの中で一番量が多いのは、ご存知かもしれませんが、水蒸気です。地球には水があるということが、非常に住みやすい温度になっている要因なのです。



柳下：この図は、過去 1,000 年間の北半球の平均気温の変化を表しています。IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change ; 気候変動に関する政府間パネル) が作成したものです。

IPCC とは何かというと、気候変動問題は、元々は非常に地球科学的な、あるいは気象学的な非常に難しい問題です。でも、それを対処するのは政治であったり、あるいは行政であったり、社会科学の世界だろうと。そこで、政策決定者が自分で科学を学ばなくてもいいように、科学者のほうで一定程度の情報を常に集約して、様々な学説がある中で、だいたい今の学説の相場というのはこの辺にあるということ、5年おきくらいに明らかにして、それを制作決定者に提供しています。その仕事をやっているのが IPCC という国連の中にある機関です。

このデータを見ると、地球の平均気温が 20 世紀に入る頃から急速に上がってきていることが分かります。1°C くらい上がっているのですが、この問題が指摘されているわけです。

2. 気候変動問題と科学

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）

- ◆ 設置: 1988年11月、UNEPとWMOの共催により設置。
- ◆ 目的: 気候変動に関する科学的知見、社会・経済的な影響評価、対策の3視点から検討・評価し、政策決定者に最新の科学的・技術的知見を提供。
- ◆ 組織: 3つの作業部会と1つのタスクフォース
 - 第一作業部会…気候システム及び気候変動に関する科学的知見の評価
 - 第二作業部会…気候変動に対する社会経済システムや生態系の脆弱性、気候変動の影響及び適応策の評価
 - 第三作業部会…温室効果ガスの排出抑制、気候変動の緩和策の評価
 - インベントリ・タスクフォース
- ◆ 定期的に評価報告書を提示
 - 第1次1990年、第2次1995年、第3次2001年、第4次2007年
 - 第5次報告書……2014.11**

3

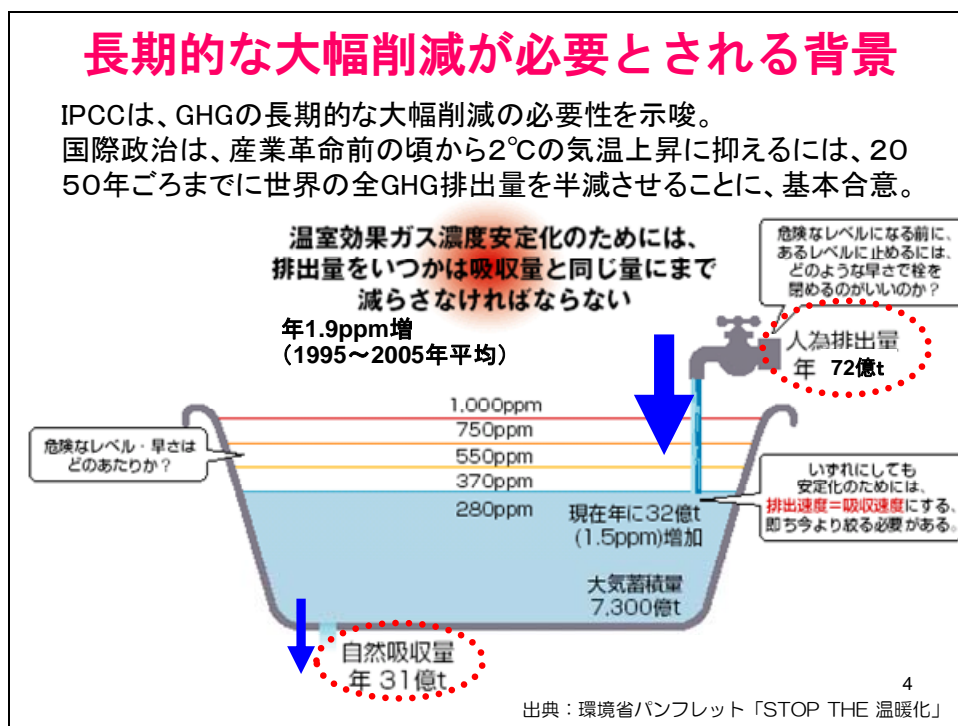
柳下：先ほども言いましたように、IPCC という機関があります。この機関は、1988 年に設置されています。たった 30 年前です。

その目的は、先ほど申し上げた通りです。

組織としては、作業部会が 3 つあります。第一作業部会は、大学でいえば理学部です。第二作業部会は、気候変動による影響とか、どちらかという工学的な、あるいは社会科学分野です。第三作業部会は、政策そのものを担当しています。いろいろなモデル計算をして、どのくらい温室効果ガスを減らすと温度上昇がどのくらい抑えられるのかなど、そういう効果を勉強しているのが第三作業部会です。

報告書は、1990 年の第 1 次から、5～6 年おきに出ています。最新の報告書は、2 年前の 2014 年 11 月に出されています。これは出版物になっているので、手に入れて読むことができます。全体の報告書は英文 2,000 ページくらいのボリュームがあります。それは読み切れないので、サマリー版もあります。サマリー版が 300 ページくらいです。300 ページのサマリー版でも読むのが大変なので、ポリシーメーカーズ・サマリーといって、さらに要約されたものも出されています。忙しい政策決定者はこれだけ読めばいいということで、結論だけが書かれているバージョンです。どういう根拠でそうなるのかということは飛ばして、「今は温度が上がっている」とか、「こういうことは断定できる」とか、「これはまだ科学的知見が不十分だ」とか、そういう答えだけが書かれたバージョンです。それでも数十ページあるのです。2,000 ページの報告書は、本当の学者しか読みません。しかも、自分に関係あるところしか読みません。300 ページのサマリー版を読んだらたいしたものです。普通は、ポリシーメーカーズ・サマリーで分かったふりをするのです。皆さんがもし本気

で勉強したいと思ったならば、最初から細かい内容を読んでも理解できませんので、ポリシーメーカーズ・サマリーで全体の雰囲気を理解した上で、だんだん詳しい内容を見ていく、という順番がよろしいかと思ます。



柳下：この図は、日本の IPCC のグループの中のリーダーの 1 人である西岡先生が作成したものです。なぜ温室効果ガスをそんなに減らさないといけないのかということ、なんとかマンガで示せないかということで作ったものです。正確にはこんなに単純ではないのですが、感覚として理解してほしいと思います。

ここに水槽があります。水槽ですから、下に栓がありますが、栓が入っていない状態です。ですから、水が溜まっているのだけど、常に水が下から抜けています。一方で、蛇口があって、水がジャンジャン入っていると。こういうふうに思ってください。水槽の中に入っている水は、空気中の二酸化炭素の量を示しています。地球の空気全体が水槽だと思ってください。その中に二酸化炭素がどれくらいあるかというのがこの水位なのです。

水の一部は下に向かって抜けています。これは、二酸化炭素が固定化されることを表しています。二酸化炭素がガスでなくなる。1 つは、森林によって固定化される。それから、二酸化炭素は一定程度水に溶けます。水に溶けた上で、その中にいろいろなものと反応して、水に溶けない塩（えん）ができたりします。CaCO₃（石灰岩）はその典型例です。サンゴ礁の骨格の主成分です。水に溶けた二酸化炭素が、そうやって水の中で沈殿・固形化されると、その分だけまた空気中の二酸化炭素が水に溶けることとなります。これらを二酸化炭素の「吸収」と呼んでいます。その量が、年間約 31 億トンだろつと言われてています。

これも実は変数なのですが、だいたい 31 億トンくらいだということです。

これに対して、人間が今排出している二酸化炭素の量は、年間約 72 億トンだと言われています。吸収量より多いわけだから、当然水位が上がっていきますよね。今の状態が続いていくと、どんどん上がってしまう。ここに ppm とありますが、ppm の意味が分からない人はいますか？ 分からない？ 分からないあなたは何学部ですか？

C：社会学部です。

柳下：社会学ならいいでしょう。あなたは？

B：農学です。

柳下：ppm が何か分かりますよね？

B：なんとなくは。

柳下：ppm は、パーツ・パー・ミリオンのことです。100 万分の 1 の単位です。パーセントは 100 分の 1 だから、1 万 ppm が 1% になります。この水槽にある 1000ppm は、0.1% のことです。280ppm というのは、約 0.03% です。昔の理科の教科書には、二酸化炭素の空気中の濃度は 0.03% ですと書いてあったのですが、今は約 400ppm になっていますから、0.04% になっています。二酸化炭素濃度がだんだん上がっていくということは、その分だけ温室効果の能力が高くなるから、だんだん温暖化していくわけです。

これをどこかで食い止めなければいけない。自然吸収量を増やすことができるのだったら、それを増やせばいいですよ。でも、海の吸収量を増やしましょうなんて、そんな簡単にはできません。そうすると、結局出ている量を減らすしかありません。ざっと見て、半分近くまで減らさないといけない。

だから、「2050 年までに半減しましょう」とスローガンで言っているのです。そのときに、途上国も全部半減しろといっても、人間に例えると、過去にさんざん栄養をとってきて贅肉がついている人間と、ほとんどご飯も食べられていないやせ細った人間と、全員半減なんていったら、死んでしまいますよね。だから、先進国は 70~80% 削減する、途上国は衣食住が最低限足りるところまでは横ばいか、ある程度増えるのはやむを得ない、という考え方になっています。なぜ 70~80% 削減なんて無茶なことを言っているのかというと、先進国はそれだけの負担をする必要があるということです。

この図は非常に定性的で、実際はそんなに簡単な話ではないということは分かっているのですが、社会科学、自然科学、人文科学をやっている全ての人たちに、大幅削減がなぜ求められているのかということのある程度知ってもらうために、IPCC の日本側の代表の西

岡さんが必死になって作ったものです。

3. 地球温暖化対策を考える

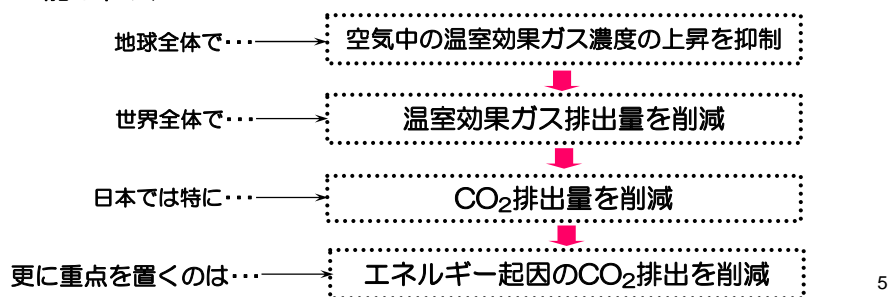
緩和策と適応策

緩和策…GHG排出削減をし、地球温暖化の進行を防止したり、GHGの吸収促進のために森林保全対策を促進すること。

適応策…温暖化による影響を軽減させること。

地球温暖化を防止するためには⇒低炭素社会の実現

低炭素社会…CO₂排出量が少なく安定した気候の下で豊かで持続可能な社会



柳下：温室効果ガスというのは二酸化炭素以外にもあるのですが、特に日本では二酸化炭素が圧倒的に多いということは、知っておいてください。

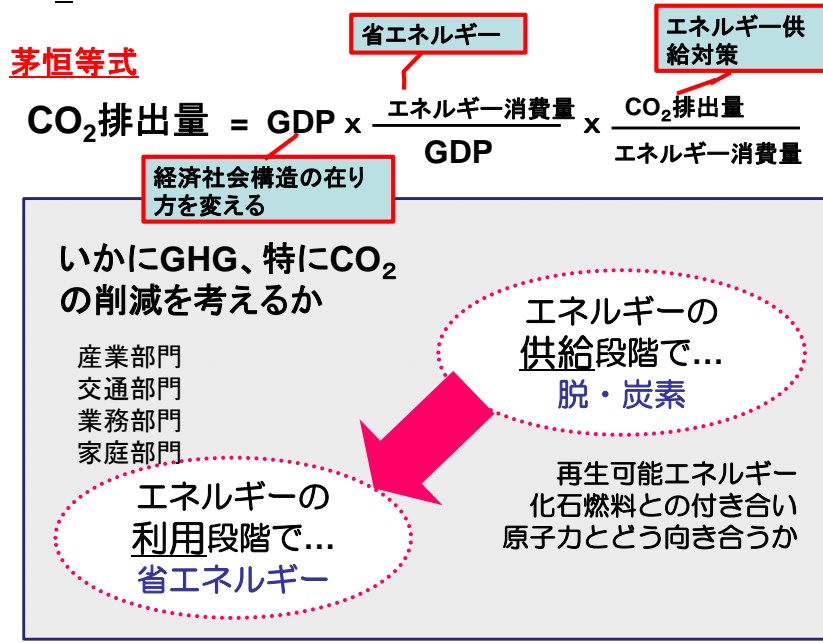
さらに言うと、二酸化炭素も様々なところで出のですが、日本の場合は化石燃料に基づく二酸化炭素の排出量が全体の90%近くになっています。

では、二酸化炭素が出る産業で、化石燃料以外でどんなものがあるのか、少し考えてもらいたいと思います。実は、セメントがそのひとつです。セメントの原料は石灰岩(CaCO₃)です。1,500°Cくらいの熱を加えて、そこからCO₂を逃がしてやります(焼成)。そうすると、CaOができます。そのCaOにH₂Oを絡めると、カチンカチンの石になるのです。皮肉なことを言えば、セメント工場は二酸化炭素発生工場なのです。

ですから、セメントをいかに使わないようにするかというのは、温室効果ガス対策になるのです。そのひとつに、石灰岩以外の原料を使うという方法があります。疑似セメント原料に近いようなものが、あちこちで廃棄物として発生しているのです。例えば、精鉄工場の高炉スラグなどが該当します。そういったものをセメントの代わりに使うということが、実は温室効果ガス対策になっているのです。

ちょっとマニアックなことを言いましたが、温暖化対策というのは、化石燃料をどうするかという問題も大切なものだけでも、今まで我々が自然界からいろいろな原料を得て、いろいろな自分たちに有利なものを作ってきている。そのプロセス全体をよく見ていかなければいけないということも知っておいてください。

CO₂の排出削減の構造



柳下：次に、「茅恒等式」を紹介したいと思います。CO₂の排出量は、こういうふうに書くことができる、というものです。

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{GDP} \times \text{エネルギー消費量}/\text{GDP} \times \text{CO}_2\text{排出量}/\text{エネルギー消費量}$$

右辺の一番左の項は「GDP」ですが、ここは、あえて「活動のあり方」というふうに置き換えてほしいと思います。

「エネルギー消費量/GDP」は、ある人間活動を行うのにどれだけエネルギーを必要とするのですか、ということです。

次は、エネルギーを使うには、エネルギーを投入しなければいけない。そのエネルギーは、CO₂排出とどのくらい関わり合いがあるのですか、ということです。

この3つの項の掛け算でCO₂排出量が決まります。この3つの項を、それぞれ、温室効果ガスを減らす方向になんとか変化できないか、ということなのです。ここについては後でまた詳しく説明したいと思います。

4. 気候変動問題に対する国際政策枠組み

	世界	日本
～	フィラハ会議(科学者の会議) 1985 ベラジオ会議(政策担当者の会議) 1987	
1987	ベラジオ会議(政策担当者の会議) 1987	
1988	IPCC(気候変動に関する政府間パネル)設置	安定化：排出レベルを横ばいにする
1989	ノルトヴェイク会議(CO ₂ 安定化の方向)	
1990	第2回世界気候会議	「地球温暖化防止行動計画」策定 90年比2000年安定化
1992	「気候変動枠組条約」採択(1994年発効)	
1995	COP1 ベルリンマンデート	
1997	COP3「京都議定書」採択	(経団連「環境自主行動計画」策定) 日本の目標…90年比6%削減
1998		「地球温暖化対策推進大綱」策定、「省エネルギー法」改正 「地球温暖化対策推進法」制定
2001	COP7 マラケシュ合意 アメリカ、「京都議定書」の不参加表明	議長国として 率先
2002	WSSD…議定書の発効ならず	「地球温暖化対策推進大綱」見直し、「地球温暖化対策推進法」 改正、「京都議定書」批准
2005	ロシアの「京都議定書」批准で条件が整い(2004) 「京都議定書」発効(2/16)	「京都議定書目標達成計画」策定(4/28)
2007	IPCC第4次報告書、パリロードマップ(COP13)	
2008	京都議定書約束期間に入る(-2012)、洞爺湖サミット	「京都議定書目標達成計画」改定、低炭素社会づくり行動計画
2009	ラクイラサミット、コペンハーゲン合意(COP15)	鳩山国連総会演説(2020年25%削減)、鳩山イニシアティブ
2010	COP16(メキシコ):「カンクン合意」	地球温暖化対策基本法(閣議決定)(3/12)
2011	COP17(南ア):「ダーバン合意」	
2015	COP21(パリ)	2020年以降の日本の取組方針を提出(7月)

柳下：最後のスライドは年表になります。先ほども言ったように、1985年が起点です。今は2016年ですから、たったの30年の歴史なのだとおっしゃってください。

30年の歴史の中で、初めて国際会議があつてから、たった数年で1992年に条約ができて、1997年に京都議定書ができて、2008年から2012年が京都議定書の約束期間で、そしてこの頃から、より抜本的な対策をどうしたらいいかという議論が始まって、2015年にパリ協定ができましたと。こういう歴史です。

その間に日本は何をやっていたのかということが右側にまとめてあります。日本は、1990年に「地球温暖化防止行動計画」を作りました。1998年には、省エネ法、地球温暖化対策推進法など、温暖化対策に関係する国内法ができました。その後のこともいろいろ書いてありますが、こういう歴史をたどってきたのだということくらいは知っておいていただきたいと思います。

ここまでで何か質問はありますか？ 1回質問を受け付けたいと思います。

木村：質問のある人はどうぞ。

D：スライド6の「茅恒等式」ですけれども、ざっくり言うと、変数は3つですね。

柳下：本当は、それに人口をかけたほうが正確です。茅先生は、

CO_2 排出量 = 人口 × GDP/人口 × エネルギー消費量/GDP × CO_2 排出量/エネルギー消費量
と提唱しています。

D：私は経済学部なのですけれども、GDP をコントロールして、CO₂ の排出量に影響を及ぼすというのは、あまりに短絡的じゃないかと思うのですけれども。一般論として、GDP が減るということは、国内総生産が減るといことですよ。こういうふうなことを考えている人たちは、CO₂ 排出量を減らすためには GDP はある程度犠牲にしてもしょうがないと考えているのですか？

柳下：いや、そうではありません。あなたはおかしいと思うでしょう？

D：はい。

柳下：もっと良い式を考えてみてください。今までの先進国の発想が GDP に振られすぎているのです。GDP しか恒等式に書けないということ自体が、実は問題なのです。

問題は、何に置き換えたらいいか、です。人間の豊かさなのか、あるいは、何にしたらいいか。その辺りを考えないといけない。この式だと、GDP を減らせばいいいんでしょうという短絡になってしまうでしょう。そういう短絡にさせないような指標を考えないといけないのです。

「GDP」ではなくて、「活動の量」と言えいいのか、「活動のスタイル」かもしれないけれども、うーん、私も答えようがありません。

20 世紀の後半に大活躍された茅先生はそういうものを提案しています。それに代わる恒等式がまだ定着していないということが問題なのです。でも、私は、このままずるずる 2050 年まで行くとは思いません。経済学者の出番だと思いますよ。

木村：他の人はどうですか？ 何でもいいので。

柳下：今の質問は、本質的な素晴らしい質問だと思います。

じゃあ、次に行きましょう。次の話は、実は今の話なのです。どうしたら温室効果ガスを減らせるかということ、少し根源的に考えてほしいなと思っています。こちらの「炭素効率性指標について」と書かれた資料を見てください。これは、あるところで私が研究の一部を分担して、私が問題提起のためにワーッと書いたものがあって、その中から一部を抜粋して作ったものです。

「背景」はいろいろと書いてあるのですけれども、後で読んでください。

次に「指標案」と書いてあるのですが、私は、温暖化対策というものは、経済とか人間が豊かになっても、温室効果ガス（特に二酸化炭素）の排出量が減っていく、という形が望ましいと思っています。今までは、経済が伸びれば当然エネルギーを使うだろう、エネルギーを使うと温室効果ガスが増えるだろう、と全てパラレルの関係で考えていたのです

が、いや、人間社会が豊かになって、本当に充実していくけれども、温室効果ガスは減るのだと。こういう発想です。でも、何かスローガンの的に信じるだけでは駄目なので、どうしたらそうなるかということをもっと丁寧に見ていきたいなど。そのためには、いくつかの「指標」を理論的に考えて、その指標をちゃんとコントロールできるような社会に早くしなくてはいけないのではないかと考えているのです。

実は、今から論じようとしていることは完成品ではなくて、私が途中までやったけれども、息絶え絶えになって、42.195 キロに到達しないで、30 キロくらいで歩き始めているものです。諦めるつもりはないので、どなたかやる気があるのだったら、42.195 キロをぜひ頑張ってもらいたい。そういうペーパーです。

ここで、先ほどの茅恒等式が再度出ています。

$CO_2 \text{ 排出量} = \text{人口} \times \text{GDP/人口} \times \text{エネルギー投入量/GDP} \times \text{炭素排出量/エネルギー投入量}$
 人口というパラメータが入っています。だから、人口を減らすのもひとつの手ではありません。でも、このペーパーでは、私は人口には手をつけていません。そこで、問題にしたいのは、「GDP/人口」「エネルギー投入量/GDP」「炭素排出量/エネルギー投入量」の3つです。ただ、GDP と言ってしまうと、どうしてもそこでひっかかってしまうので、私は2 ページの表1のように改めました。言葉を、「活動要因」と、「エネルギー利用の効率化」と、「供給エネルギーの低炭素化」にしたのです。

表1 炭素効率性指標の全体構成

分野		活動要因	エネルギー利用の効率化	供給エネルギーの低炭素化
エネルギー供給		—	—	消費に伴う二酸化炭素排出量(配分後)の低減化に資するエネルギー供給構造
エネルギー需要	産業分野	産業構造自体の省エネ化、低炭素化	単位活動量当りのエネルギー消費量の低減化	—
	交通分野	輸送活動体系の効率化、省エネ化	輸送手段のエネルギー消費量の低減化	—
	都市・地域分野	都市・地域構造自体の省エネ化	都市・地域に立地する施設等におけるエネルギー消費量の低減化	—
	ライフスタイル分野	消費活動形態、生活様式の省エネ化	生活に利用するエネルギー関連製品の省エネ化	—

柳下：まず、人間の活動分野を考えると、エネルギーを頭に置くと、エネルギーを供給する分野と、エネルギーを使う分野があります。エネルギーを使う分野は、主に産業系のもの。人やものが移動する分野。都市・地域分野。第3次産業、大学や病院はここに該当し

ます。それから、ライフスタイル、すなわち消費生活分野。こういう 4 つに分けることができます。そこに、茅恒等式の 3 つ、「活動要因」「エネルギー利用の効率化」「供給エネルギーの低炭素化」を掛け合わせます。横バーは、該当しないものです。

そうすると、全部で 9 つの要素を考慮する必要があることが分かります。この 9 つそれぞれに、原単位か指標というものを作って、その指標がそれぞれ低炭素の方向に向かうようにしていく。もう 1 回言うと、全体システムは、「国や人間社会が豊かになっても、炭素排出量が減る」ということなのですが、それだとあまりにも包括的過ぎるので、いくつかの要素に分けたいのです。分けたそれぞれについて、ある方向に行くようにと分割したらどうだろうか、という考え方です。

3 ページを見てください。全体の指標を、私は、「炭素効率性指標」と呼ぶことにしました。総合指標は全体の話だから、温室効果ガスの総排出量とか、CO₂ 総排出量が指標になります。ここで、皆さんに考えてほしいのは「C 要素指標」です。要素指標とは、先ほどの表 1 の 1 つ 1 つの欄を指しています。

その要素指標を、1 つ 1 つ見ていきたいと思います。

まず、「C-1. エネルギー供給低炭素化指標」です。C-1 は、エネルギー供給の一番右の欄に対応します。これを減らすにはどうしたらいいかということが書いてあります。具体的には、一次エネルギー供給量あたりの炭素原単位とか、電気供給量あたりの炭素原単位とか、場合によっては再生可能エネルギーの導入に関する指標もありますね、と書いてあります。

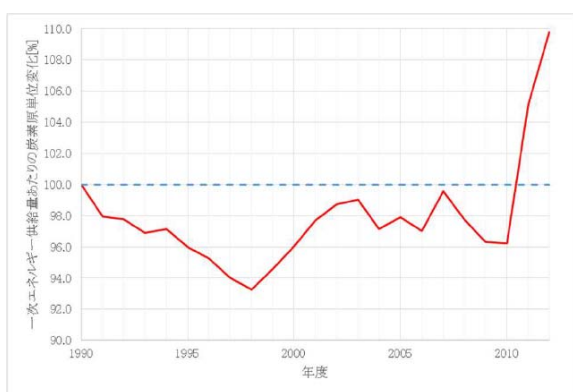


図 7 一次エネルギー供給量当たりの炭素原単位変化

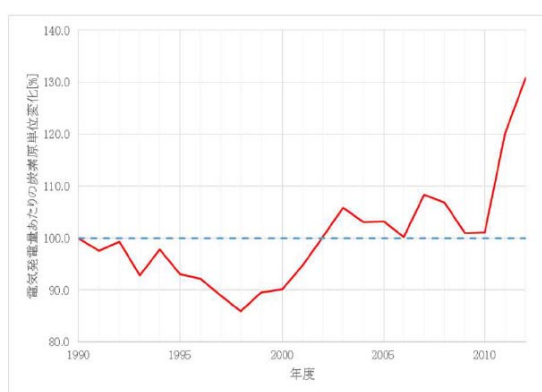


図 8 電気発電量当たりの炭素原単位変化

柳下：具体的にそれを私が計算してみた結果が 11 ページに出ています。図 7、図 8 を見てみてください。1990 年から直近の 2012 年までどう変化しているか、1990 年を 100 とした変化を表しています。図 7 は、エネルギー供給量に対して炭素原単位が減ればいいのだから、右肩下がりになってほしいのですが、日本社会は、減ったように見えたがまた上がってしまっ、そのままずっと来て、2010 年から 2011 年の間にドーンと上がっています。3.11

があって、原発が止まると、こうやって炭素原単位が単純に上がってしまうのが日本の構造だということです。図 8 は、特にこれを電気だけに限定したのですが、1990 年からちょっと下がっていません。だいたい横ばいで来て、原発が止まると途端にバーンと上がってしまう。これがこの指標なのです。

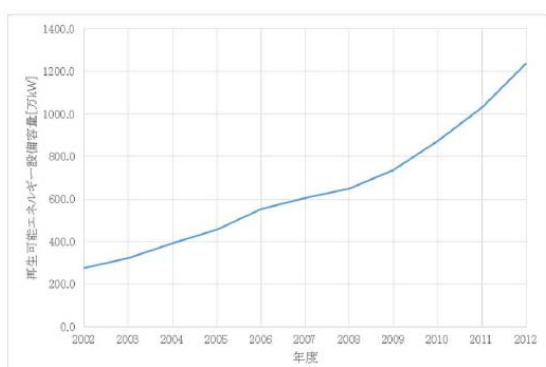


図 9 再生可能エネルギー設備容量

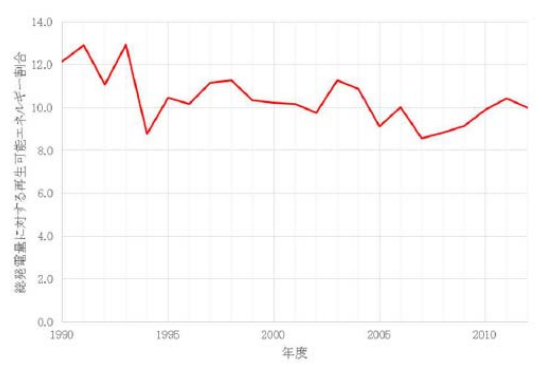


図 10 総発電量に対する再生可能エネルギー割合 (単位%)

柳下：次に、よく再生可能エネルギーと言われているから、再生可能エネルギーは一体どういうふうに移しているかという、図 9 を見てもらうと、このように再生可能エネルギーの設備容量は増えています。

図 10 は、では電力全体の中で再生可能エネルギーの割合は増えているか、というのですが、増えているように見えますか？ これは水力発電も入った上での数値ですが、だいたい 10% くらいで横ばいとなっています。

次に、4 ページに戻っていただきまして、需要のほうを見ましょう。

まずは産業分野です。

産業分野の「活動要因」としては、産業の構造自体が省エネ型、低炭素の方向に向かっているかどうか。何を言いたいかというと、鉄を 1 トン作る時に使うエネルギーを頑張って減らしました、ということではなくて、日本社会が相変わらず鉄でできているのか、あるいはチタンでできているのか、何によってできているのか。あるいは家が鉄筋コンクリートでできているのか、木造でできるのか。つまり、同じ産業が常に横ばいでずっと進んでいくわけではありませんよね。いろいろと変化していきます。例えば、相変わらず紙媒体の配布資料を見ているのか、IT で見るのかによって、我々が同じ利便性を享受していても、実は産業の構造自体で低炭素化するのです。

産業分野の「エネルギー利用の効率化」は、あるものを作るときに、もっと省エネの工程に変える。もっと技術革新をする。あるものを生産する時に使うエネルギーが減るかどうかという話です。どちらかというと技術的要因です。

産業分野を、この両方の指標で見ってみました。

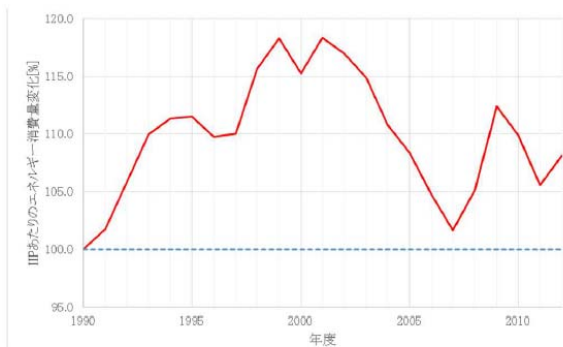


図 11 IIP あたりのエネルギー消費量変化

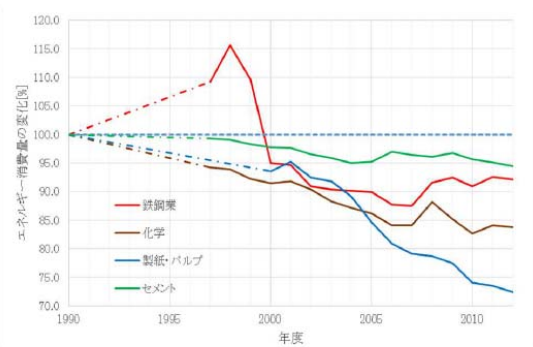


図 12 主要業種のエネルギー消費原単位

柳下：13 ページを見てください。図 11 に「IIP あたりのエネルギー消費量変化」というグラフがありますが、IIP とは付加価値のことです。製造業などがもたらす付加価値あたりでエネルギーをどのくらい使っているかということなのですが、下がっているようには思えません。

ところが、右側の図 12 は、具体的に鉄 1 トン作るのにどれだけエネルギーを使いましたか、化学製品、紙を作るのにどれだけエネルギーを使いましたか、という原単位なのですが、これを見ると下がっているのです。

こういうデータをざっと見ていくと、日本という国は、技術屋が工場の現場でやっていることはどんどん良くなっているのです。ところが、社会全体がエネルギーに頼らないような構造に変化しているとか、そういうセンスが非常に欠けているということが分かりませんか？ 政治家は、いいところしか言いません。大臣の答弁、総理大臣の答弁を聞くと、いいところだけを並べて、「日本は世界最大の技術で、なんとかです」と言っています。あなた方は、それに惑わされてはいけません。こうやって客観的なデータを見て、やらなければいけないこと全体のどこがどうなっているかということを知ってほしいと思って、これはわざとお示ししているのです。

次は、交通分野を見ましょう。交通の「活動要因」と「エネルギー利用の効率化」ですが、後者の交通手段の省エネというのは、ある車が 1 キロ走るのにどれだけガソリンを消費するか、ということです。

「活動要因」のほうは、人間というのは移動することによって便益をもらっているわけです。その移動するときの構造が省エネ化に向かっているかどうか。例えば、大学に通う人たちの大半が自転車に乗るようになったとすると、通学という便益はまったく変わらないけど、二酸化炭素は減ります。例えばそういうことなのです。



図 13 GDP あたり交通量

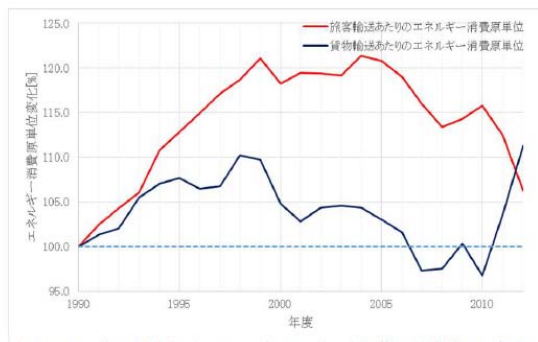


図 14 交通量あたりエネルギー消費原単位の変化

柳下：その上で、13 ページを見ると、いろいろな原単位が載っている表があります。必死になっていろいろな統計を調べて、データを引っ張ってきました。どの原単位を使ったらいいかというのはよく考えなければいけないのだけれども、図 13 を見ると、GDP あたりの交通量は、貨物にしる、旅客にしる、減っています。

図 14 は、1 人が 1 キロメートル動くのにエネルギーをどれだけ使っていますか、というグラフです。赤い線の旅客のほうは、2000 年くらいまではワッと増えています。ところが、その後だんだん減ってきているのです。青色の貨物のほうがなぜ最近増えたのかは、私はちょっと分かりません。これは統計上のトリックかもしれません。交通上の統計というのは、取り方が変わってしまうのです。

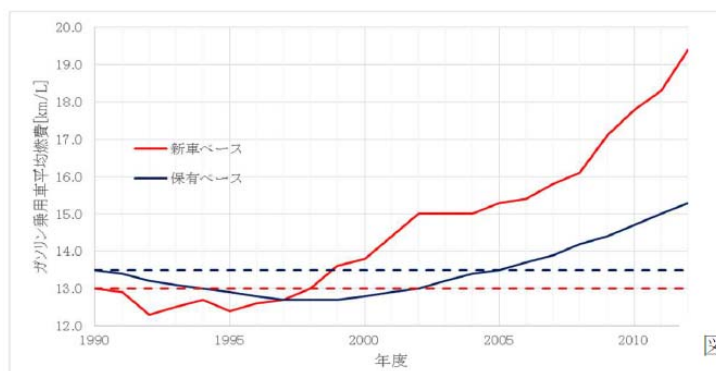


図 15 ガソリン乗用車平均燃費の変化

柳下：次に、14 ページの図 15 を見てください。これは極めて技術的な話で、出荷するときの車と、保有ベース（購入してから時間が経ったもの）の車の燃費を示しています。出荷ベースの車の燃費はどんどん良くなっているのが分かります。保有ベースは、当然のことですが、それにタイムラグが生じるわけです。

図 15 を見ると、確かに日本の自動車メーカーは優れていると言えます。でも、例えば図 14 は、1 キログラムの荷物が 1 キロ移動するのにどれだけエネルギーを使っているかという原単位ですが、こういうものが減ってもらいたいと思いませんか？ こういうところをもっと減らないと、二酸化炭素は減るわけがないのですよ。頑張っているのだけど、まだ

減っていないということなのです。

こうやって、いろいろなことを見ていくのです。以降も、もう時間が来てしまったので省略しますが、都市構造はどうなっているかとか、いろいろ書いてあります。

「工学部のエネルギー工学のところでは効率をアップさせる技術を開発すれば何とかなる」というのは、一部を言っているに過ぎないのです。社会の構造とか、都市の構造とか、あるいは産業の構造というものを、この地球という限界がある中で、我々はどのように構築していったらいいか。そのありよう自体を議論しなければなりません。技術的なところで全て解決できると思ったら、大間違いです。

私は大学で講義をしているのだけど、例えば 12~13 人しかいない講義なのに、80 人くらい入る部屋を使って、全部電気が点いていて、冷暖房をつけて、なんていうのは良くないわけです。そういうときに、「これは LED だからいいのです」とか、「これは最新式のエアコンですから」とか、すぐ技術の話をしがちです。でも、そうじゃないでしょう？ いろいろな大きさの部屋があって、人数に応じて的確に最適の講義室を割り当てるのが大切なのです。もし広いと思ったら、講師は、「この部屋は広いから講義しにくい」と文句を言うとか。これが温暖化対策なのですよ。

もう 1 回言うけれども、日本の場合は、なんでもかんでも技術で原単位を下げればいいというところに行き過ぎている。社会の構造、社会のシステム、ルール、都市のあり方などの議論がまったく遅れているのです。

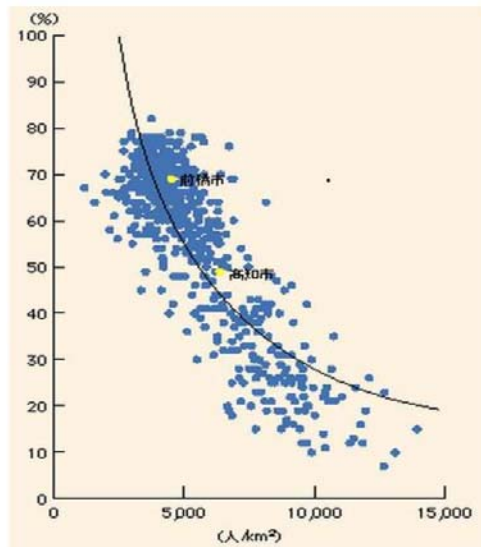


図1 都市の人口密度と人の移動における乗用車の依存度の関係（出典 環境省地球環境研究推進費 終了研究成果報告書テーマ B61 より）

柳下：最後に、その典型例をお示ししましょう。最近やっという絵が目につくようになってきました。

図1は、縦軸は人が移動の中でどれだけマイカーに依存しているかを表しています。横軸は、都市の人口密度です。当然のことだけど、東京23区は右側のほうにあります。左のほうに行くと、具体的に、前橋とか高知と書いてあります。当たり前のことかもしれませんが、人口密度が低い都市になれば、つまり面積が広くて人々がゆったりとのんびりと住んでいるところは、公共交通がなかなか経済的に成り立たないということで、マイカーへの依存が高くなります。18歳になったら、どんなにおんぼろでもいいから、とりあえず車を持つ。前橋なんて、そうでしょう？

木村：1人1台ですね。

柳下：そうですよね。それは技術の問題ではなくて、都市構造の問題です。

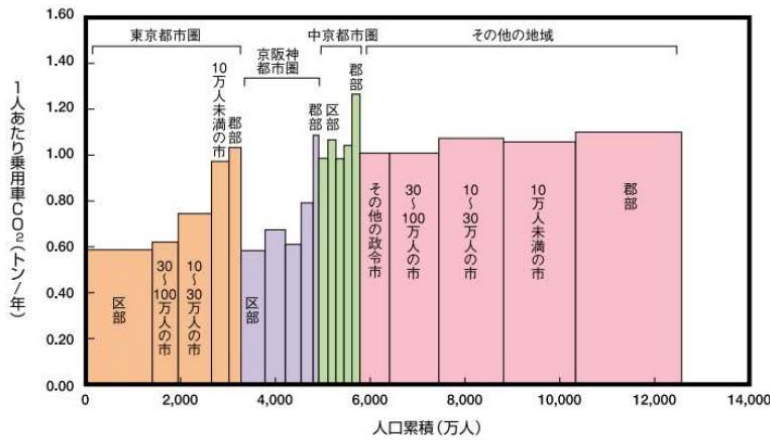


図2 都市の規模と一人当たりの乗用車CO₂排出量との関係
 (出典 環境省地球環境研究推進費 終了研究成果報告書テーマ
 B61 より)

柳下：図2は、都市の規模とCO₂排出量の関係を示しています。

横軸は、一番左のオレンジ色は首都圏です。次の紫色が近畿圏。次の緑色が名古屋です。それ以外のピンク色は地方都市です。それぞれにおいて、左側が人口が多くて、右側に行くほど人口が少なくなります。

縦軸は、その地区で1人あたりどれだけCO₂が出ているか。要するに原単位です。

東京や大阪の都心部では、全国の平均的な二酸化炭素の排出量の6割くらいしか出ていないことが分かります。東京も、区部から郡部のほうにいくと、だんだん原単位が高くなっています。大阪もそうですね。

名古屋は変なところで、皆が車に乗っているということが分かります。

ですから、トヨタやホンダがいい車を作ればいいのでしょうか、ということではないということなのです。車のCO₂排出量を本当に減らしたいのだったら、車に依存しなくてもいい都市形態にどうやって変えていくかが大切です。温暖化対策を本気でやるのだったら、そういうものを指標に掲げて、単に人口がどうか、人口密度がどうかじゃなくて、そういう都市の方向に着々と変わっていくべきなのです。

とりわけ、前橋みたいな地方都市は、将来人口が減っていくと思うのです。周辺だけ人口が減るならいいのだけれども、全体として人口が減ると、どんどん人口密度が下がるわけです。そうすると、公共交通はますます調子が悪くなるから、うんと値段を上げなければいけない。そうすると、そんな高いのだったらマイカーのほうがいってますます拍車がかかる。そうすると悪循環ですよね。

だから、とりわけ地方都市が、これから人口減少時代を迎えたときに、どういう将来設計をして、どういう都市の管理・運営をするかということは、低炭素社会を本気で作るのだったら、かなり深刻な問題です。

「コンパクトシティ」という言葉を聞いたことがありますか？ ヨーロッパより約10年遅れて、ようやく最近日本でも言われ始めたのですが。日本の国土交通省が、今私が言った問題に対して危機感を持って、低炭素都市の促進のための法律を作り、それから交通に関しても、交通基本法という法律ができています。温暖化対策のために、交通や都市というものをどう切り込んでいくかという新しい法律ができたということは、ぜひ知っておいてください。

この中に、そういうことに関心がある人はいないですか？ 温暖化というと、すぐに電力会社の問題でしょうとか、あるいは家電メーカーの省エネのための環境配慮設計でしょうとか、どうしてもそういう方向に向かっていくのだけれども、実はもっと大きなところで政策転換をしないと、2°Cの上昇を抑えるというのは空念仏になってしまいます。ましてや、80%削減なんてできるわけがありません。

ということで、あなた方の知りたいこと全体を的確にお話しできているかどうかは疑問ですけれども、雑駁な話は以上とさせていただきます。

木村：ありがとうございました。