

チャレンジ 25

第2章

地球温暖化にいち早く対応する現在世代の責任 - チャレンジ25 -

第1節 増加する地球温暖化の被害

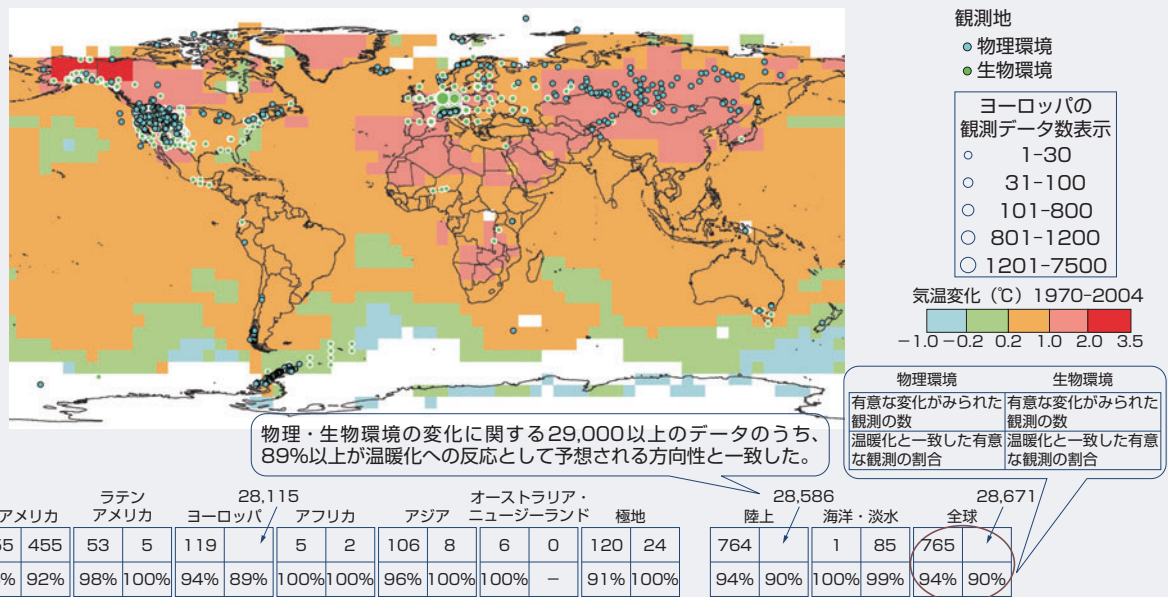
1 現在生じている被害

地球温暖化については、人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年（昭和63年）に**世界気象機関（WMO）**と**国連環境計画（UNEP）**により設立された「**気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）**」などを中心に、科学的な知見の集積が進められてきました。最新の報告書であるIPCC第4次評価報告書では、「気候システムの温暖化には疑う余地がない。このことは、大気や海洋の世界平均温度の上昇、雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されていることから今や明白である。」とされています（図2-1-1）。

地球温暖化による影響の可能性がある事象として、極地や高地の雪氷の減少、森林火災や干ばつの増加、強い台風の増加などが挙げられます。例えば、北極の年平均海水面積が10年当たり2.7 [2.1~3.3] %縮小し、特に夏季においては10年当たり7.4 [5.0~9.8] %と、大きな縮小傾向にあります（[] の中の数値は最良の評価を挟んだ90%の信頼区間）。

図2-1-2からも海水の減少傾向が読み取れます。図2-1-4は、衛星観測による昭和54年9月と平成19年9月の海水の状況を比べたもので、平成19年は、北極の海水面積が観測史上最小となりました。IPCC第4次評価報告書では、北極の晩夏の海水は、21世紀後半までにはほぼ完全に消滅するとの予測もあるとされ

図2-1-1 世界各地で観測^{※1}された物理・生物環境^{※2}の変化と温暖化の相関



※「極地」は海洋や淡水生物環境での観測された変化を含む。「海洋・淡水」は、海洋、小島嶼及び大陸の中の地点や広域において観測された変化を含む。広域な海洋変化の観測地点は地図上に示されていない。

※1：観測結果は、577の研究成果の約80,000のデータ群から選ばれた、約29,000のデータ（約75の研究成果に基づく）から得られたものである。データ選出の基準は以下の3点である。(1) データが1990年以降に終了していること、(2) 最低20年間継続されていること、(3) いずれかの方向に有意な変化を示していること

※2：ここでの物理環境とは氷雪、凍土、水循環、沿岸部などに関する物理的な事象を、生物環境とは陸上、海洋、淡水における生物に関する事象を意味する
出典：IPCC第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約

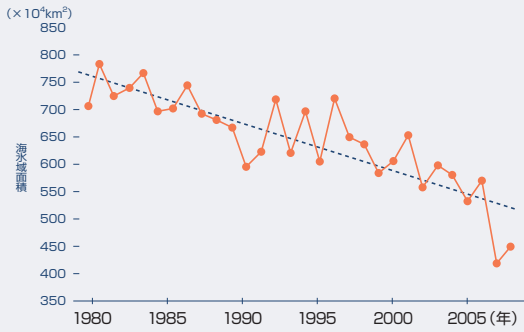
ています。アフリカ大陸最高峰のキリマンジャロでは、太陽の日射量の変化、植生変化、人間の干渉など複数の要因も重なって、氷河と積雪面積が後退していることは明らかです（図2-1-3）。

森林火災に関するカリフォルニア大学等の研究では、アメリカ西部において1970年代以降に春から夏にかけての気温が2℃程度高くなる年が増加しているとの

結果が示されています。このため、1980年代半ばから森林火災が急増しており、1970～1986年（昭和45～61年）の平均と比べて、火災の頻度が約4倍、焼失面積が6.7倍以上となっていることが分かっています。

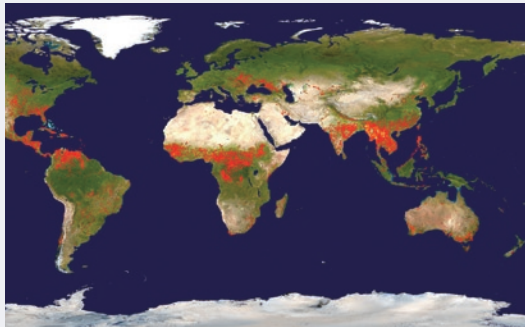
森林火災の原因は、地球温暖化を一因とする気温上昇、干ばつや降雨の状況などさまざまですが、アメリカ航空宇宙局（NASA）の統計では、多い年で年間約50万平方キロ（＝5,000万ha）の森林が世界で焼失

図2-1-2 北極域の海水域面積の年最小値の経年変化（1979年～2008年）



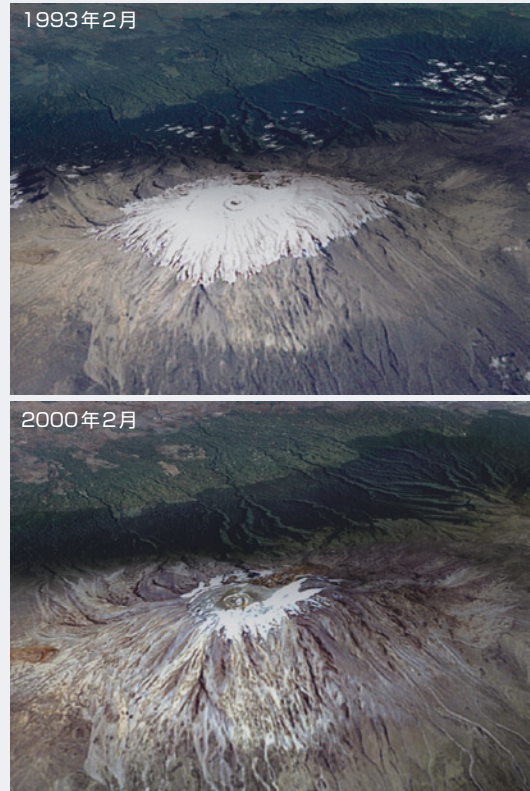
注：点線は線形トレンドを示す
出典：気象庁ホームページ

図2-1-5 衛星（MODIS）の検知した世界の森林火災（平成22年3月22日～31日）



出典：MODIS Rapid Response System Global Fire Map (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/firemaps/>)

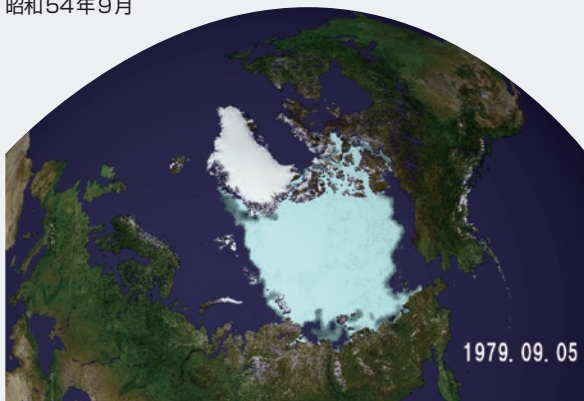
図2-1-3 キリマンジャロの氷冠と積雪の変化



出典：NASA (<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=3054>)

図2-1-4 衛星観測による昭和54年9月と平成19年9月（観測史上最小面積時）の北極の海水の比較

昭和54年9月



平成19年9月



注：昭和54年の海水分布はNASAの走査型多周波マイクロ波放射計（SMMR）、平成19年はJAXAの改良型高性能マイクロ波放射計（AMSR-E）による観測データ

出典：独立行政法人宇宙航空研究開発機構

図2-1-6 オーストラリアの小麦生産量及び輸出品

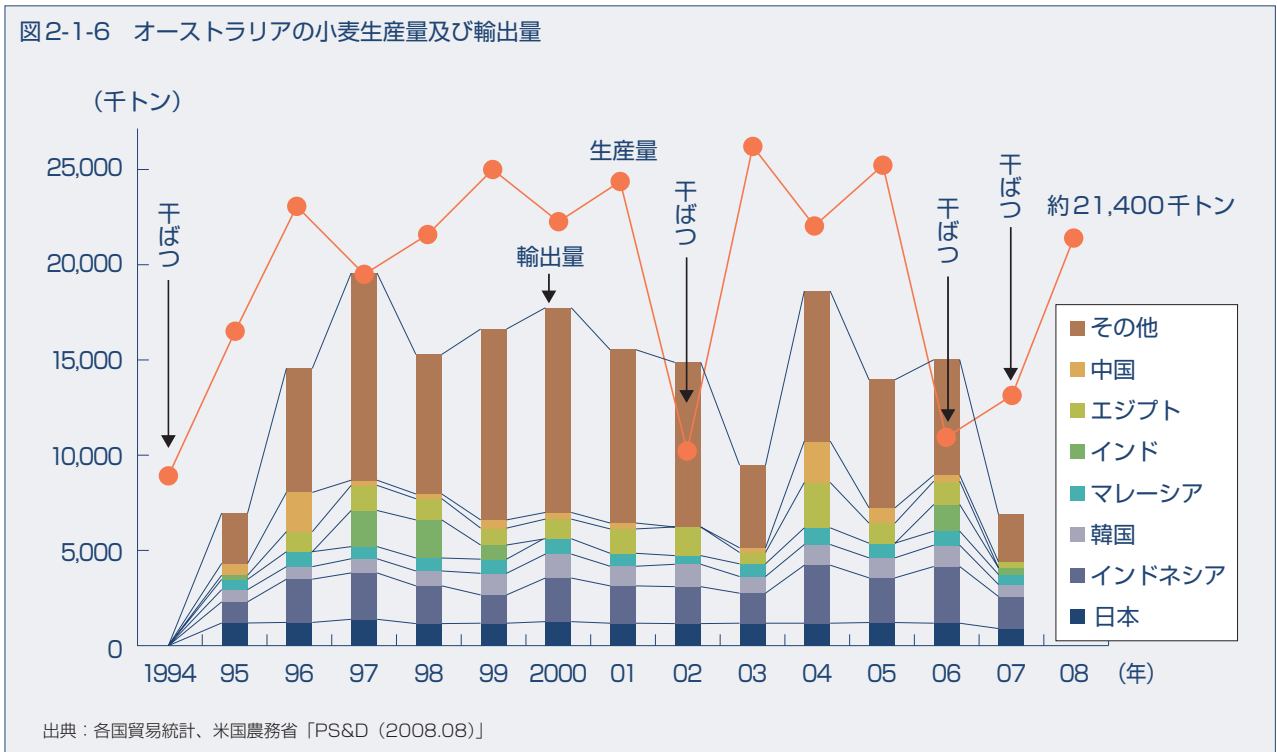
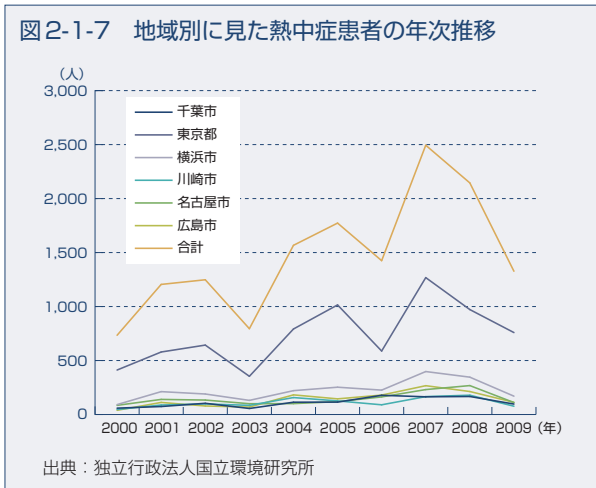


図2-1-7 地域別に見た熱中症患者の年次推移

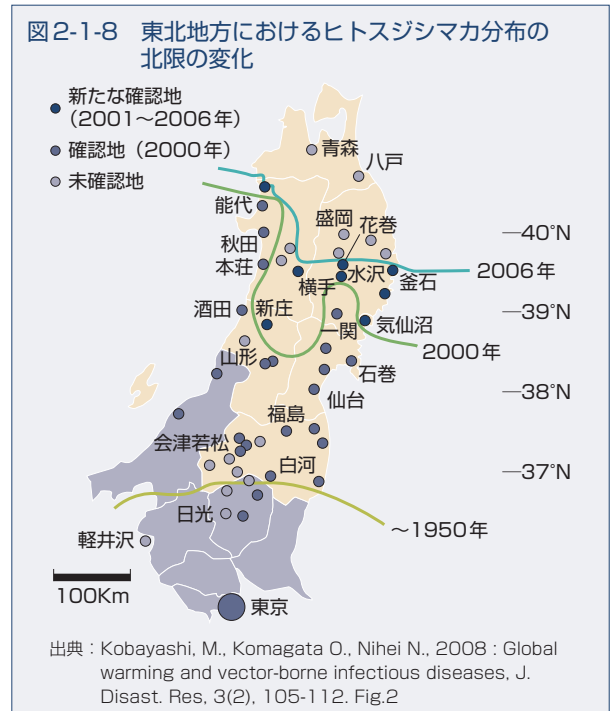


しているとされています（図2-1-5）。これは、植林、植生の修復、森林の自然回復による増加等を差し引いて年間に減少する森林面積約730万haの7倍にも相当します。また、アメリカ国立大気研究センターの研究では、アメリカ本土とアラスカでの森林火災で年間約2.9億トンの二酸化炭素が排出されると推定しています。IPCC第4次評価報告書によると、森林火災による地球全体の年間の二酸化炭素放出量は、62～150億トンと見積もられています。さらに、オーストラリアでは、2000年代に入ってから干ばつが頻繁に起こり、小麦の生産量が大きく変動しています（図2-1-6）。

国内において、地球温暖化が寄与していると考えられる事例として、熱中症患者の増加、デング熱等を媒介するヒトスジシマカの分布拡大、生物の分布が北方あるいは高標高に変化する現象、コメや果実の品質低下などがすでに起きています。

熱中症患者の推移をみると、多くの都市で平成19年

図2-1-8 東北地方におけるヒトスジシマカ分布の北限の変化

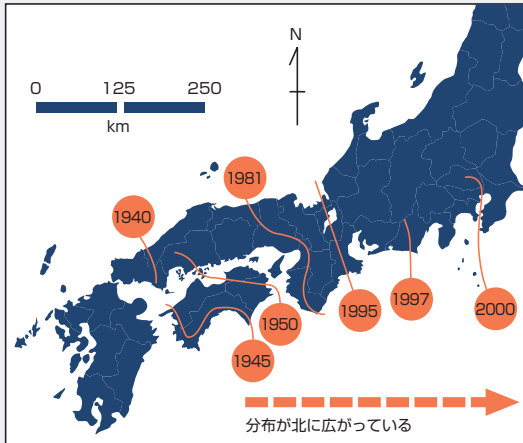


に過去最大の熱中症患者(救急搬送数)を記録するなど、熱中症患者の増加が報告されています（図2-1-7）。

また、健康に影響を与えることとして、感染症を媒介する蚊などの分布拡大も確認されています。ヒトスジシマカが生息する条件として年平均気温がおよそ11℃程度とされており、1950年代には栃木県が分布の北限でしたが、2000年代には東北北部にまで分布拡大が確認されています（図2-1-8）。

生物への影響としては、生物の分布が北方あるいは高標高に変化する現象が報告されています。例えば、ナガサキアゲハは、分布の北限地の平均気温が15℃程

図2-1-9 ナガサキアゲハの分布北上



出典：北原正彦「チョウ類の分布域拡大現象と地球温暖化」(2008年、昆虫と自然)

図2-1-10 石西礁湖におけるサンゴの白化率



注：継続してデータのある調査地点（26地点）の平均値
資料：環境省

図2-1-11 コメの白未熟粒による品質低下



写真提供：九州沖縄農業研究センター森田敏上席研究員

図2-1-12 ミカンの「日焼け果」



写真提供：農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所カンキツ研究チーム

度とされており、1950年代から2000年代にかけて分布の北上が確認されています(図2-1-9)。また、高山植物群落の衰退やサンゴの白化なども確認されています(図2-1-10)。

さらに、農作物への影響をみると、高温により、コメでは白未熟粒(白濁した玄米)や胴割れ(玄米に亀裂が生じる)、ミカンでは日焼け果の発生などの影響が生じています(図2-1-11、12)。

これらの現象が地球温暖化によるものか、短期間の

単発的な高温の影響によるものか断定することはむずかしいと言えます。これは、日本全国の平均気温を見ても、長期的には過去100年間で約1.1℃上昇していますが、短期的には平成16年に平年差で+1.00℃を記録することもあり、どちらが原因かを見分けることがむずかしいためです。これらの被害の原因が、直接的には短期的な高温の影響であっても、背景としては、長期的な地球温暖化が影響している可能性が高いと考えられています。

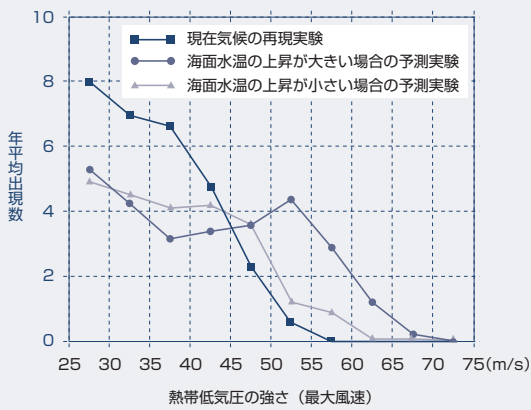
2 将来予測される被害

近年、地球温暖化の将来予測に関する研究が進み、一定の不確実性を含みつつも50年、100年後の地球の姿が描かれるようになってきています。ここでは、気候の変化として強い台風の増加、大雨の発生頻度、海面の上昇、熱帯夜や冬日の増減、また、地球温暖化の影響としてブナ林の適域の減少、マツ枯れ危険域の拡大について、まず、わが国に関する将来予測について取り上げます。

台風の将来予測については、高解像度の全球大気気候モデルを用いることで台風の再現性が向上し、地球

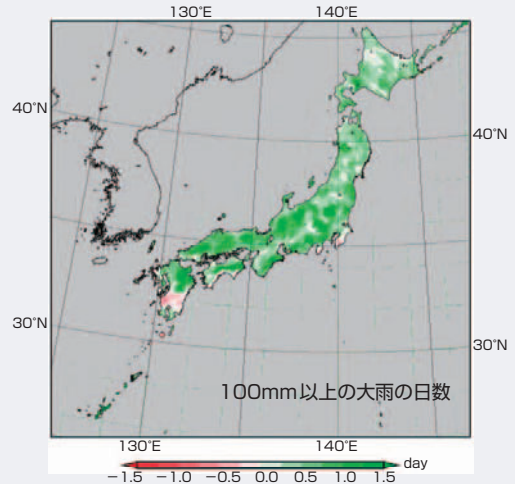
温暖化に伴う台風の変化予測の信頼性が向上しています。このモデルを用いた結果、地球温暖化に伴って発生する熱帯低気圧の総数は減少するものの、全球的に「非常に強い(最大風速44m/s以上)」熱帯低気圧(台風を含む)の数が増え、これに伴う雨も強くなる傾向が示されました(図2-1-13)。また、高解像度の地域気候モデルによる大雨の頻度の予測として、日降水量が100mm以上に達する大雨の日数は、21世紀末の20年間と20世紀末の20年間を比較して、九州の南部を除き、多くの地域で増加すると予測されています

図2-1-13 温暖化実験による熱帯低気圧の強度別に表示した熱帯低気圧の年平均出現数の頻度分布



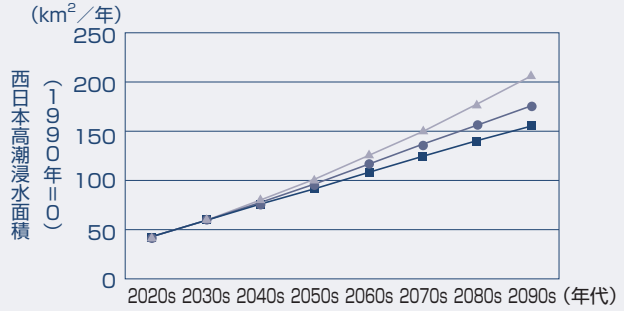
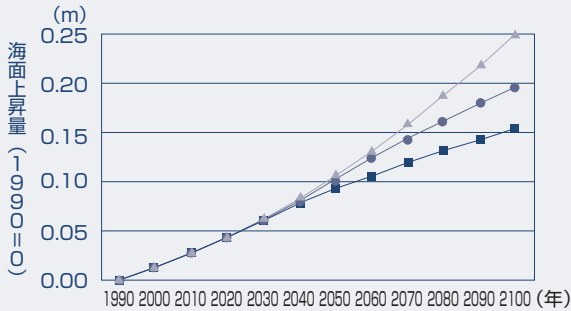
注：海面水温観測値による再現実験、温暖化の程度が小さい海面水温予測値（海面水温の上昇が小さい）による実験、及び、温暖化の程度が大きい海面水温予測値（海面水温の上昇が大きい）による実験の結果
出典：気象研究所他、2007

図2-1-14 日本各地の降水量の変化の予測



出典：文部科学省、気象庁、環境省「日本の気候変動とその影響」（2009年10月）

図2-1-15 シナリオ別の世界全体の海面上昇量及び西日本の高潮浸水面積



■ 450S / 温室効果ガス濃度450ppm、2100年時点の気温上昇約2.1℃(産業革命前比) のシナリオ
● 550S / 温室効果ガス濃度550ppm、2100年時点の気温上昇約2.9℃(産業革命前比) のシナリオ
▲ BaU / 2100年時点の気温上昇が約3.8℃(産業革命前比) のシナリオ

出典：温暖化影響総合予測プロジェクトチーム2009

(図2-1-14)。

環境省地球環境研究総合推進費による戦略的研究開発プロジェクト「温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究（以下「温暖化影響総合予測プロジェクト」という。）」によると、地球温暖化に対して何も対策をとらない場合2100年までに世界平均で海面水位が約25cm上昇すると予測されています。また、同シナリオで西日本の高潮浸水面積を予測したところ、21世紀末には年間約200km²増加することが示され、これまで相対的に海岸の防水水準が低かった地域に浸水の危険があると試算されました(図2-1-15)。

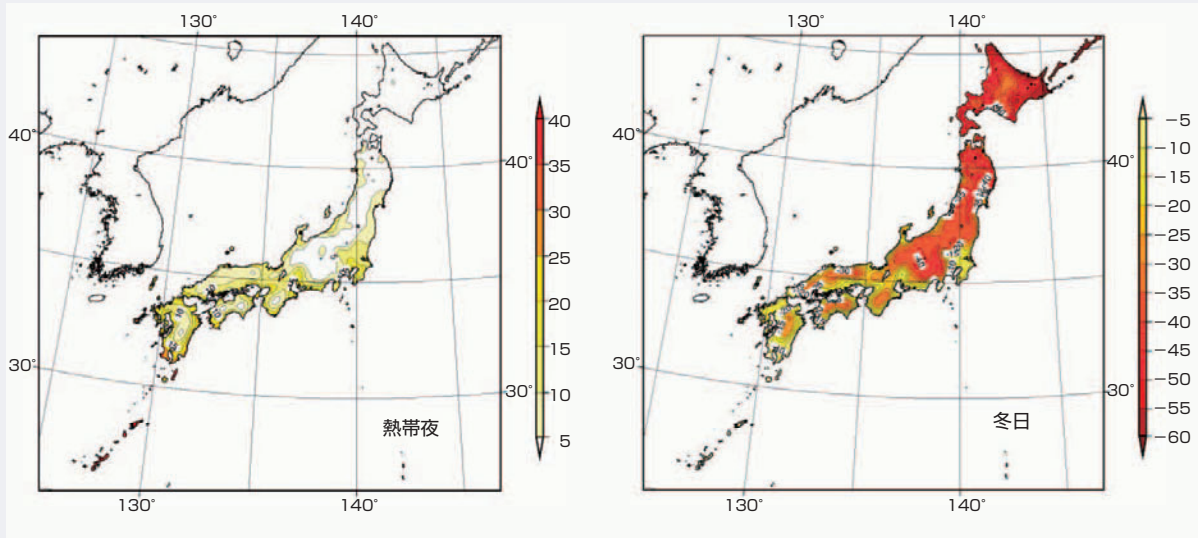
すでに、熱帯夜の増加や冬日の減少は肌で感じるようになってきていますが、文部科学省・気象庁・環境省が2009年10月にまとめた温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響」によると、日本各地の100年後の冬日（日最低気温0℃未満）の日数は、特に、本州の山間部や東北地方、北海道で減少が大きく、熱帯夜（日最低気温25℃以上）

の日数は関東地方と近畿以南での増加が大きいと予測されています(図2-1-16)。

こうした気温の変化は、植生などに大きな影響を及ぼします。温暖化影響総合予測プロジェクトでは、何も対策を行わない場合、21世紀末にはブナ林の分布適域が7割弱減少すると予測されており、また、マツ枯れの危険域についても、20世紀末にはマツ枯れ危険域ではなかったマツ分布地域のうち約5割が新たに危険域となると予測されています(図2-1-17)。

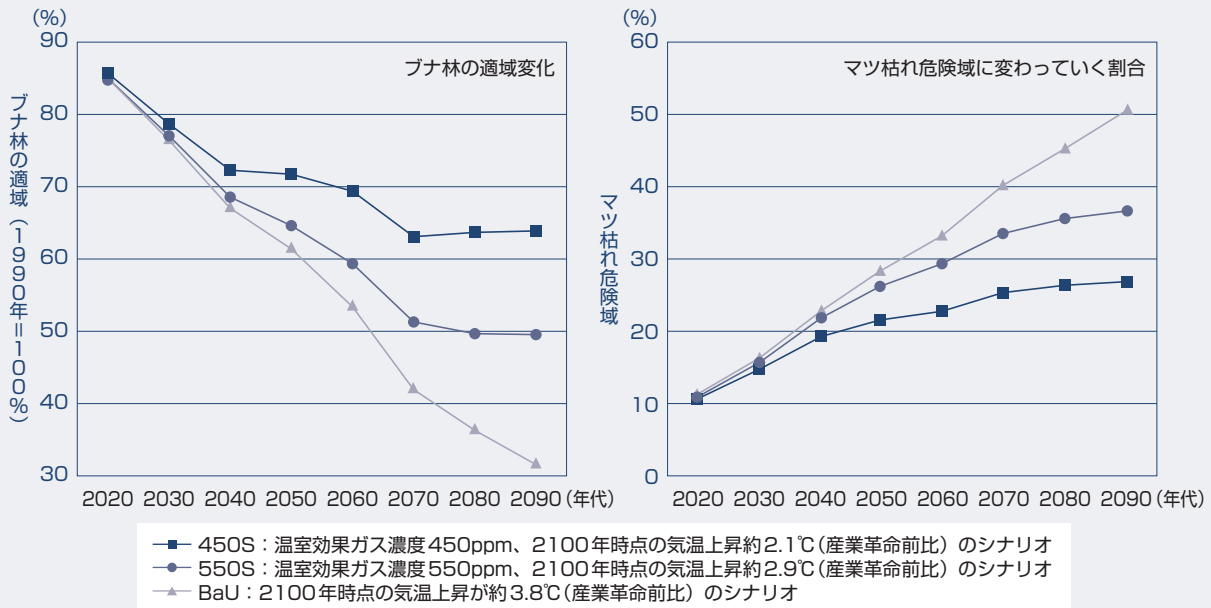
一方、諸外国に関しても、将来の地球温暖化の影響についてさまざまな予測がなされています。地球温暖化の影響には、洪水リスクの増大や水供給量の低下など「水」を介したものが多く、その被害は、地球温暖化が進むにつれて急激に増加するものと考えられます。また、気候変動は、特に開発途上地域において大きな脅威となります。これらの地域はもともと温暖な場合が多く、降雨パターンの大きな変化によって被害を受けやすい状況にあります。また、開発途上国の経済は、気候変動の影響を強く受ける農業に依存している場合

図2-1-16 日本各地の熱帯夜及び冬日の年間出現日数の変化（単位：日）



注1：2081～2100年の20年平均値と1981～2000年の20年平均値との差
 2：水平解像度20kmの地域気候モデル（RCM20）によるA2シナリオの予測結果
 3：この計算結果は、単一モデルによる単一シナリオの結果であり、モデル・シナリオが異なると計算結果に違いが生じる可能性がある
 出典：文部科学省、気象庁、環境省「日本の気候変動とその影響」（2009年10月）

図2-1-17 地球温暖化による日本への影響（ブナ林の適域変化、マツ枯れ危険域に変わっていく割合）



出典：温暖化影響総合予測プロジェクトチーム2009

が多く、このことも大きなリスク要因となっています。最後に、貧困ゆえに、自力では気候変動への対応策を講じることが困難な場合が多いのです。

以下、表2-1-1に、IPCC第4次評価報告書に示さ

3 必要な対応策

これまでみてきたように、地球温暖化が寄与していると考えられる被害はすでに現実のものとして発生し始めており、適切な適応策（気候の変動やそれに伴う

れたアフリカ、アジア、ラテンアメリカ及び小島嶼地域に関して予測されている気候変動の影響事例をまとめました。

気温・海水面の上昇などに対して自然や人間社会のあり方を調整することで悪影響を軽減するための方策）を講じることが必要になっています。

表2-1-1 地域における予測される影響の例

アフリカ	<ul style="list-style-type: none"> ・2020年までに、7,500万～2億5千万人の人々が気候変動に伴う水ストレスの増大にさらされると予測される。 ・2020年までに、いくつかの国では、天水農業における収量は、最大50%まで減少し得る。多くのアフリカ諸国において、食料へのアクセスも含む農業生産は、激しく損なわれると予測される。このことは、食料安全保障に一層の悪影響を与え、栄養不良を悪化させるだろう。 ・21世紀末に向けて、予測される海面上昇は、大きな人口を擁する低平な沿岸域に影響を及ぼすであろう。その適応のコストは、国内総生産（GDP）の少なくとも5～10%に達し得る。 ・2080年までには、一連の気候シナリオによると、アフリカでは乾燥地と半乾燥地が5～8%増加すると予測される。
アジア	<ul style="list-style-type: none"> ・2050年代までに、中央アジア、南アジア、東アジア及び東南アジアにおける淡水利用可能量は、特に大河川の流域において減少すると予測される。 ・沿岸地域、特に南アジア、東アジア及び東南アジアの人口が稠密なメガデルタ地帯は、海からの洪水の増加によって、またいくつかのメガデルタでは河川の洪水によって、最大のリスクに直面する。 ・気候変動は、急速な都市化、工業化、経済発展に伴う自然資源及び環境への圧力と複合すると予測される。 ・風土病の罹病率や主に洪水及び干ばつに伴う下痢性疾患による死者数は、水循環に予測される変化によって、東アジア、南アジア及び東南アジアで上昇すると予想される。
ラテンアメリカ	<ul style="list-style-type: none"> ・今世紀半ばまでに、気温の上昇とそれに伴う土壌水分量の減少により、アマゾン東部地域の熱帯雨林がサバナに徐々に取って代わられると予測される。半乾燥地域の植生は、乾燥地植生に取って代わられる傾向にある。 ・熱帯ラテンアメリカの多くの地域においては、生物種の絶滅による重大な生物多様性の喪失リスクが存在する。 ・いくつかの重要な農作物の生産性が下がり、家畜生産力も低下するため、食料安全保障に悪影響をもたらすと予測される。温帯地域では、大豆の収量が増加すると予測される。全体として、飢餓リスクにさらされる人口が増加すると予測される。 ・降水パターンの変化と氷河の消滅は、飲料水、農業、エネルギー生産のための水利用可能量に著しい影響を与えると予測される。
小島嶼	<ul style="list-style-type: none"> ・海面水位上昇は、浸水、高潮、浸食及びその他の沿岸災害を悪化させ、その結果、島の地域社会を支える肝要なインフラ、住宅地、及び施設を脅かすと予想される。 ・例えば、海岸侵食やサンゴの白化などによる沿岸の状態の悪化は、地域の資源に影響を及ぼすと予想される。 ・今世紀半ばまでに、気候変動は、カリブ海や太平洋などの多くの小島嶼において、小雨期における需要を満たすのに不足するところまで水資源を減少させると予想される。 ・気温上昇に伴い、特に中・高緯度の小島嶼において、非在来種の侵入が増加すると予想される。

出典：文部科学省、経済産業省、気象庁、環境省「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約」

表2-1-2 安定化レベル別の気候シナリオ及び影響（全国値）

気候シナリオ/影響分野			2030s			2050s			2090s		
			450s	550s	BaU	450s	550s	BaU	450s	550s	BaU
年平均気温変化 (1990=0℃)	年平均気温変化 (1990=0℃)	℃	0.9	0.9	1.0	1.3	1.6	1.7	1.6	2.3	3.2
	年平均降水量変化 (1990=100%)	%	100	101	101	105	106	107	107	110	113
	海面上昇量 (1990=0m)	m	0.06	0.07	0.07	0.10	0.11	0.12	0.15	0.19	0.24
洪水氾濫	洪水氾濫面積	1000km ²	0.2	0.2	0.2	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.8
	浸水被害コストポテンシャル	兆円/年	1.3	1.3	1.3	4.4	4.7	4.9	5.1	6.1	8.3
土砂災害	斜面崩壊発生確率	%	3	3	3	3	4	4	4	5	6
	斜面崩壊被害コストポテンシャル	兆円/年	0.60	0.60	0.60	0.49	0.52	0.58	0.65	0.77	0.94
ブナ林	ブナ林の適域	%	79	77	77	72	65	61	64	50	32
	ブナ林の適域喪失被害コスト	億円/年	778	829	851	1034	1273	1381	1325	1811	2324
マツ枯れ	マツ枯れ危険域	%	15	16	16	22	26	28	27	37	51
コメ	コメ収量	t/ha	4.9	5.0	5.0	4.9	5.0	5.1	4.8	4.9	5.1
砂浜	砂浜喪失面積	%	13	13	13	19	21	23	29	37	47
	砂浜喪失被害コスト	億円/年	116	118	121	176	192	208	273	338	430
高潮	高潮浸水人口 (西日本)	万人	12	12	12	19	20	21	32	37	44
	高潮浸水人口 (三大湾)	万人	11	11	11	17	17	17	30	32	35
	高潮浸水面積 (西日本)	km ² /年	60	60	61	92	97	102	155	176	207
	高潮浸水面積 (三大湾)	km ² /年	24	24	24	37	38	39	63	67	72
	高潮浸水被害コスト (西日本)	兆円/年	2.0	2.0	2.0	3.1	3.3	3.5	5.4	6.2	7.4
	高潮浸水被害コスト (三大湾)	兆円/年	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	1.8	2.0	2.3
熱ストレス	熱ストレス死亡リスク	—	1.5	1.6	1.6	1.8	2.1	2.2	2.1	2.8	3.7
	熱ストレス (熱中症) 死亡被害コスト	億円/年	243	265	274	373	480	529	501	775	1192

出典：温暖化影響総合予測プロジェクトチーム2009

具体的には、水災害・沿岸分野における高潮被害を防ぐための防波堤や堤防の整備、局地的大雨による洪水被害を軽減するための一時貯水施設の整備、自然生態系分野における地球温暖化によって生息・生育地を失う動植物の避難場所の確保、森林の枯損の早期発見と防除、食料分野における高温耐性のある農作物の開発等が挙げられます。

英国で財務大臣の下で検討を進めた結果を取りまとめた「スターン・レビュー」では、今後、地球温暖化に対して特別に対策をしなかった場合には、気候変動による総被害額は、1人当たりの消費額に置き換えると5～20%の減少に相当するとしています。一方、排出量削減のための対策コストは、わが国の掲げる中期目標で想定される対策強度よりも低い水準である2050年に大気中の**温室効果ガス**の濃度を500～

550ppmでの安定化のために必要な年間の排出削減コストについて、GDPの1%程度ですむと予測しています。

表2-1-2は、国内の地球温暖化影響による被害コストを見積もった環境省による温暖化影響総合予測プロジェクトの研究結果です。緩和策によって世界的に温室効果ガスの排出を削減した場合、影響・被害も相当程度に減少すると見込まれますが、追加的な対策を行わなかった場合（BaU）には、2090年代には毎年、洪水氾濫で8.3兆円、土砂災害で0.94兆円、ブナ林の適域喪失被害コスト2,324億円、砂浜の喪失被害コスト430億円、高潮浸水被害コスト7.4兆円（西日本）、熱ストレス（熱中症）死亡被害コスト1,192億円が最大見込まれることが分かりました。

コラム 温暖化への疑問にお答えします。

今般、IPCC 第4次評価報告書に関して、記載の誤りなど、報告書の信頼性について議論が起きています。

しかし、これらの誤りは約1,000ページに及ぶ報告書の一部におけるものであり、報告書の地球温暖化をめぐる科学的根拠の信頼性は、依然として変わりはないものです。なお、IPCCでは今般の問題を受け、IPCC報告書作成プロセス及び手続の独立したレビューをインター・アカデミー・カウンシル（Inter Academy Council：IAC）に要請しました。IACのレビュー結果は、本年のIPCC総会で議論され、第5次評価報告書（平成25年～26年に公表予定）の作成に反映される予定です。

ここでは、IPCC第4次評価報告書等による科学的知見をもとに、地球温暖化に関する疑問について解説します。

① 地球温暖化の主要な原因は、人為起源の温室効果ガスの増加であるという証拠は十分なのか。

世界平均気温を変化させる要因には、温室効果ガスの排出等の人為要因だけでなく、太陽活動、火山噴火によって排出されるエアロゾル等の自然要因も含まれ、これらさまざまな要因が組み合わさって気温の上昇や低下がもたらされます。20世紀中頃には、大気中の温室効果ガス濃度が増加していたにもかかわらず、ほかの要因との相殺で世界平均気温が横ばいとなった時期がありました。IPCC第4次評価報告書では、1906年から2005年の気候のシミュレーションを行った結果、人為的な温室効果ガスの増加を考慮しないと、最近数十年に観測された急激な地球温暖化を再現できないとしており、20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高いとしています。

② 温室効果が一番大きいのは水蒸気であり、二酸化炭素が少し増えるくらいでは影響はないのでは。

現在の大气において、水蒸気が最も大きな温室

効果を有する（約6割）のは事実ですが、二酸化炭素もその寄与分は約3割と重要な役割を果たしています。大気中の水蒸気量は、大気と海洋・陸面との間の交換（蒸発・降水）によって決まります。直接的に人間活動の有り様によって、その量が大きく増減することはありません。また、水蒸気は、気温が上昇すると、大気中でその量が増加し、ますます地球温暖化を促進すると考えられています。その気温上昇への寄与については、人間活動による二酸化炭素の排出に拠るところが大きいのです。つまり、水蒸気は現状において温室効果を有しており、将来、地球温暖化を増幅させる可能性をもつという点において、確かに注視しなければなりません。その増加をもたらしなためには、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出を抑えることが有効です。

③ 地球温暖化の主な原因は、温室効果ガス濃度の増加ではなく、太陽活動の活発化などにあるのでは。

地球の平均気温を変化させる要因には①で示したとおり、温室効果ガス濃度の増加だけでなく、太陽活動の活発化（太陽の放射エネルギーの増加）なども挙げられます。しかし、太陽活動のよい指標である太陽黒点数の最新の観測データを見ると、20世紀半ば以降はほぼ横ばいか減少傾向で、太陽活動が活発化している可能性は小さいと考えられます。また、地球に到達する宇宙線（宇宙空間を漂っている電気を帯びた原子核）は雲を形成するといわれ、太陽活動が活発な時はこの宇宙線が減少し、これに伴い雲量が減って気温が上昇する、との説がありますが、現段階では宇宙線と雲量の相関については明瞭な対応が見られず、物理的な機構も解明されていません。IPCC第4次評価報告書では、このような太陽活動や宇宙線等の自然要因に関する科学的議論も踏まえ評価した上で、20世紀後半の気温上昇の主要因は人為起源の温室効果ガスの増加である可能性が非常に高いと結論づけています。

第2節 地球温暖化対策による経済上の効果

地球温暖化対策には、経済へのプラスの効果とマイナスの効果の双方があると考えられますが、このうち経済へのプラスの効果として、具体的には、まず、さまざまな産業、サービスにわたって、かなりの新ビジ

ネスのチャンスがあると考えられます。低炭素エネルギー製品の市場は、今後相当の成長が見込める分野です。わが国も、このビジネスの好機を生かすよう努力しなければなりません。

また、気候変動への対策は、現存する非効率性を根絶する一助となる可能性があります。企業レベルでも、地球温暖化対策の導入は、経費の節約につながる場合があるでしょうし、経済全体のレベルでは、気候変動対策は、非効率なエネルギーシステムの改善につながる可能性があると考えられます

さらに、気候変動対策を講じることの副次的な便益として、例えば大気汚染による健康被害が減ったり、世界の生物多様性の大きな割合を占めている森林が保全されたりすることにつながることも期待できます。

最後に、地球温暖化対策の一環として、エネルギー効率を向上させるとともにエネルギー源及びエネルギー供給を分散化することは、国家のエネルギー安全保障に役立ち、また、エネルギーに関する長期的な政策枠組みを明らかにすることにも役立ちます。

このように、温暖化対策の推進は、負担のみに着目するのではなく、新たな成長の柱と考えることが発想の転換として大切です。平成21年12月に閣議決定された「**新成長戦略（基本方針）**」にも、環境関連の事業を、国の内外で短期的にも長期的にも潜在的な需要

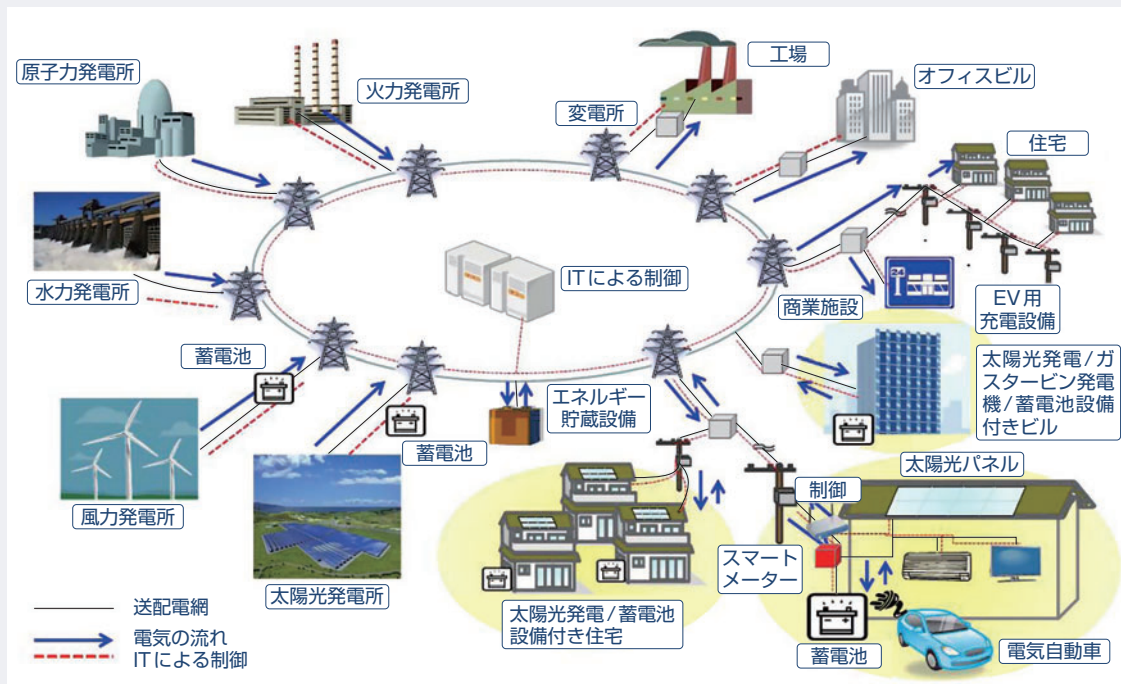
コラム スマートグリッド

「スマートグリッド（次世代送電網）」という言葉はさまざまな意味で使われていますが、例えば通信機能を持った専用の機器やソフトウェアを組み込み、電力の流れを供給側・需要側の両方から制御し、最適化できるようにした送配電網を指すといった使われ方がなされたりします。

いわゆる「スマートグリッド」をどのようなものとするかは各々の国や地域によって異なります。米国では、オバマ政権が**グリーン・ニューディール**政策の柱として打ち出し注目を集めていますが、老朽化した送電網の更新という狙いが大きいようです。また、基本的な事情として、わが国と異なり、米国は電力需要がこれからも伸びていくので、送電線の更新・増強自体の必要性が高いという違いがあります。

一方、日本の送電網は高効率、高信頼度といわれており、例えば、停電時間をほかの先進国と比較すると、わが国の電力の信頼度が非常に高いことが分かります。しかし、今後、欧州などと同様に、天候や気候に左右され、出力が不安定な太陽光発電や風力発電などといった**再生可能エネルギー**が大量に入ってくると、電力の安定供給のために系統安定化対策が必要となります。例えば、電力需要が少ない時に供給量が増加するような場合には、電力需給バランスを調整するために、太陽光発電等の出力抑制や据え置き型の大型蓄電池に蓄電するなど系統安定化対策を講じる必要があります。日本においては、電力の安定供給の保持と再生可能エネルギーの導入拡大がスマートグリッドに取り組み一つの目的です。

スマートグリッドの概念図



出典：経済産業省「次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて」

が見込まれる持続的な成長分野と位置づけた上で、グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国を目指し、2020年までに50兆円超の環境関連新規市場、140万人の環境分野の新規雇用を創設するという目標が掲げられました。このことについては、本章第4節で詳しく説明します。

リーマンショック後の世界的な不況の中、新たなビジネスを求めて、さまざまな企業が新たな分野に活路を見いだそうとしています。中でも環境ビジネスは、さまざまな分野ですでに芽を出し、その葉を広げつつあるものと言えます。

自然エネルギーの利用は、今後ますます世界でその重要性が増すと考えられる分野です。代表的な自然エネルギー利用である太陽光発電については、IEA（国際エネルギー機関）のPVロードマップ2009の試算では、発電量ベースで世界全体で2020年までに現在の約5倍と大きな需要拡大が予測されており、太陽光発電で高い技術を持つわが国にとって、今後の成長の望める産業分野です。わが国においても、全量**固定価格買取制度**の創設、再生可能エネルギー利用設備の設置の促進、電力系統の設備の促進、規制の適切な見直し等による再生可能エネルギー（太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、**バイオマス**等）の普及拡大支援策の導入が予定されており、国内での普及拡大に伴う量産効果によって製造コストが下がり、国際的にも価格競争力が増すものと期待されています。

また、再生可能エネルギーの効率的な利用を実現する「スマートグリッド」については、欧米諸国をはじめとして、その導入に向けた取組が行われています。わが国の企業も太陽電池、二次電池といった電池技術を活かし、活発に事業を展開しています。

経済産業省では、このスマートグリッド事業を次世代のビジネスと位置づけ、すぐれた製品・サービスを有する日本の企業が、海外にシステムとして事業展開することを支援するため、積極的かつ戦略的にスマートグリッドの国際標準化に貢献していくべく、平成21年8月に「次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会」を発足させました。同研究会では、平成22年1月には26の重要アイテムを特定し、「スマートグリッドに関する国際標準化ロードマップ」として取りまとめを行ったところです。

また、将来的には、スマートグリッドに警備システムや家電を操作する機能を付加した新たなサービスの展開も考えられます。

リチウムイオン電池などの二次電池は、スマートグリッド以外に電気自動車などでも必須となる技術であり、わが国が得意とする分野です。環境省では、これまで大容量ラミネート型リチウムイオン電池に係る研究開発を支援してきたほか、経済産業省でも、高性能・低価格な革新型蓄電池を推進しています。実際に、昨年度から電気自動車やプラグインハイブリッド自動車の本格的な市場投入が開始されているほか、今後、大

図2-2-1 家庭用太陽熱利用システムの普及加速化について

- ・低炭素社会の実現のためにはトップランナー機器をリースし、サービスを買う社会スタイルに変革することが必要
- ・特に適切なメンテナンスが必要な太陽熱利用システムの普及のためには、リース方式により利用者の安心を確保することが重要

設置からメンテナンスまで一貫したサービスを提供する事業者を支援

エネルギー変換効率が高い太陽熱利用システムの住宅への設置

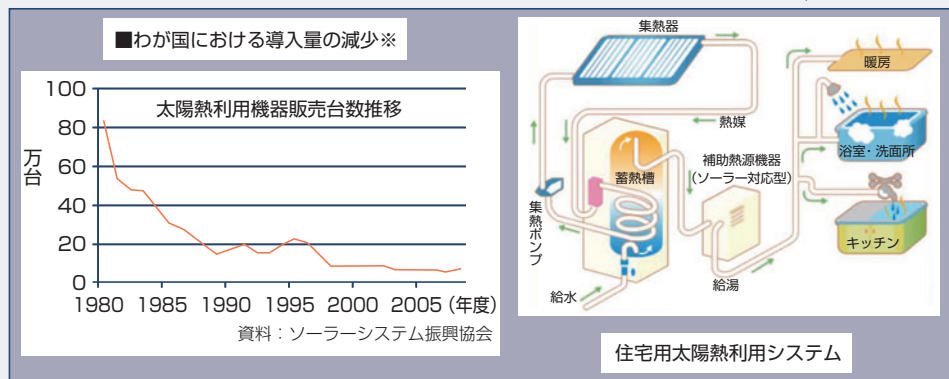
リース方式によるビジネスモデルの普及拡大

家庭部門のCO2排出量を1戸あたり約14%削減

(ガス事業者等)

・太陽熱利用は、エネルギー変換効率が40~60%と高い(太陽光発電は最高20%程度)

※ヨーロッパ、中国等においては急速に導入が拡大



資料：環境省

容量ラミネート型リチウムイオン電池を搭載した電気自動車も実用化が予定されています。二次電池は、次世代の環境配慮型製品の開発にとり欠かせない要素となっています。

地球温暖化対策は、家計に光熱費の削減をもたらします。例えば、給湯器等の太陽熱利用システムは、太陽光エネルギーの利用方法としては、そのエネルギー効率が40～60%と高く、価格も安い機器です。太陽熱利用システムは、欧州や中国などでは急速に導入が拡大しているものであり、わが国でも、リース契約を

主とした形で普及を図ることにより、メンテナンス時のトラブルをなくし、安心して利用できる仕組みとしていきます（図2-2-1）。

また、例えば、戸建住宅において太陽光発電、高断熱化、高効率給湯器を導入するとともに省エネ家電に買い換えた場合には、その導入・買い換えコストが発生するものの、光熱費の削減等の効果も得られます。さらに、住宅の高断熱化は、夏は涼しく冬は暖かく、より快適で健康的な居住空間となるという副次的な効果ももたらします。

コラム スターン・レビュー

「スターン・レビュー：気候変動の経済学」は、英国政府が、2005年（平成17）7月の主要国首脳会議を受け、ニコラス・スターン元世界銀行上級副総裁に作成を依頼した気候変動問題の経済影響に関する報告書で、2006年（平成18）10月に公表されました。スターン・レビューでは、気候変動の影響による経済的コスト、**温室効果ガス**の排出削減対策で必要となるコスト、排出削減対策でもたらされる便益について、以下の3つの方法で分析しています。

① 個別の要素をみる方法

気候変動が経済活動、人間の生活、環境に及ぼす物理的な影響を一つずつ明らかにし、温室効果ガスを削減するさまざまな対策技術や方策に必要なコストを積み上げる分析手法です。

スターン・レビューでは、被害額を貨幣単位で評価することを目的に、まず、統合評価モデルを使用して分析を行っています。スターン・レビューでは、不確実性が極めて高い要素についても、そのリスクを確率によって評価できるモデルを使用しており、気候変動による金銭的影響は、従前の多くの研究が予測したものよりも大きな額に予想されています。

今後2世紀にわたるBAUシナリオでの排出条件下における気候変動による影響とリスクにかかわる総コストは、世界の1人当たり消費額を少なくとも5%減少させる額に相当するものと予測されました。さらに、「非市場的」な環境と人の健康に関する直接的な影響などを加味するとともに、気候変動の負荷が世界の貧しい地域に集中する不均衡性を適切に評価した場合には、BAU時における総被害額は、1人当たり消費を20%減少させる額に相当するものと予測されました。

② 経済モデルを用いた手法

気候変動の経済的影響を推定できる統合評価モデルや、経済システムが低炭素エネルギーシステムへ移行するのに必要なコストと効果を検討でき

るマクロ経済学モデルを用いた分析手法です。

スターン・レビューでは、温室効果ガス排出量削減のための方策として、

- ・温室効果ガス排出量の大きな機器やサービスの需要を抑制
- ・エネルギー効率を高め、エネルギーコスト抑制と排出量削減の両立を目指す
- ・森林減少の防止などの非エネルギー起源の排出対策推進
- ・電力部門、熱供給部門、交通部門における低炭素技術への転換

の4つを念頭に置いた上で、各削減対策手法における資源コストをBAUの場合と比較してコストの上限値を求める方法と、低炭素エネルギー経済への転換による効果を経済システム全体でみるためにマクロ経済モデルを用いるといった2種類の方法を使い、500～550ppmで安定化させる場合のコストを計算しました。その結果、いずれの方法でも、2050年まで平均して年間GDPのおよそ1%が必要という結論となりました。多くのマクロ経済モデルの計算から、「対応の遅れは高くつく」という重要な示唆が得られました。さらに、今後の10～20年間に実施される対策が弱いものであったなら、二酸化炭素換算550ppmの安定化ですら手が届かないものとなり、しかもこのレベルでさえ深刻なリスクがあるかもしれないとの警告をも発しています。

③ コストを比較する手法

緩和策に係るコストの推定額と、何も対策を取らなかった場合の気候変動のコストの推定額とを比較する分析手法であり、炭素削減に係る限界費用と炭素の社会的費用を比較するものです。

スターン・レビューでは、リスクに関する最新の知見を取り込み、BAUの軌道をたどり続けると仮定して、炭素の今日の社会的費用を二酸化炭素1トン当たりほぼ85ドルと推定しました。この数字は、多くの部門での限界削減費用をはるか

に上回るものです。BAUの道筋とCO₂換算550ppmでの安定化に向かう道筋における炭素の社会的費用を比較すると、強固な緩和策を今年中に実施し、世界をよりよい道筋に移行させることによって、便益がコストを上回り、その純便益は約2兆5千億ドル程度にのぼると予測されました。

また、強力な政策によるイノベーションによって、結果的に社会の炭素排出原単位を下げ、低炭素技術が成熟するにつれて、消費者は自らの支払う費用を低減できることになるとしています。

スターン・レビューでは、これら3つの分析結果を総合し、早期対策でもたらされる便益は、対策を講じなかった場合の被害額を大きく上回ると結論しています。

なお、スターン・レビューには、経済モデル計

算における「割引率」の設定が過小であり、長期の影響を過大に評価しているのではないかと批判する声もあります。従前の経済学的な解析では、現実の人々の行動を観察した結果を踏まえて、もっと大きな割引率を適用することが多かったため、スターン・レビューは適切でないともいわれます。これに対し、スターン卿自身は、スターン・レビューの中で、むしろ、割引率を小さく設定し、地球温暖化により影響を受ける自然システム及びそれに依存して生活する人間システムについては、長期の便益を重視しなければならないと主張しています。

資料：AIM (Asia-Pacific Integrated Modelling) チーム及び(独)国立環境研究所訳 スターン・レビュー「気候変動の経済学」概要

第3節 地球温暖化に対する世界の動き

地球温暖化に伴う被害はすでに発生し始めており、適切な緩和策を講じ、その被害によるコストを最小限に食い止めることが必要です。一方、わが国だけが高い目標を掲げても地球温暖化を食い止めることはでき

ません。この一国だけでは対処しきれない大きな問題に対し、国際交渉の場では、先進国と途上国、先進国の間、途上国の間と各国の間で短期的利害が一致せず、根気の要る議論が続けられています。

1 地球温暖化に対する国際社会のこれまでの歩み

気候変動枠組条約に基づき1997年の気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)で採択された**京都議定書**では、温室効果ガス排出量を削減する国際的な取組は、まず先進国から始めることとして、京都議定書第一約束期間(2008~2012年)中の先進国の温室効果ガス削減の数値目標を決めています。しかし、京都議定書には、米国が参加しておらず、また途上国に削減目標が課せられないため、削減目標を負っている国のエネルギー起源二酸化炭素の総排出量は、2007年時点で世界全体の約28%です。削減目標を負っていない途上国の経済発展に伴い、温室効果ガスの世界の排出量は今後も増え続けると予測されています。こうしたことから、今後、実効的な温室効果ガス削減を行うためには、京都議定書を批准していない米国やエネルギー消費の増大が見込まれる中国等の新興国を含む世界全体で地球温暖化対策に取り組んでいくことが必要です。

2013年以降の温室効果ガス排出削減枠組みに関する国際交渉について、2007年(平成19年)12月にインドネシアのバリ島で開催されたCOP13において、

バリ行動計画が採択され、2013年以降の行動の内容について、すべての締約国が参加して2009年のCOP15までに合意を得ることが決まりました。

一方、2008年に開催されたG8北海道洞爺湖サミットでは、2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量の少なくとも半減を達成する目標を気候変動枠組条約の全締約国と共有し採択することを求めることについてG8間で共通理解が持たれました。そして2009年7月に開催されたG8イタリア・サミットで世界全体の排出量を2050年までに少なくとも半減することを再確認するとともに、この一部として先進国全体で80%以上削減することや、気温上昇を2℃以下に抑えるべきとの科学的知見への認識について、G8間で合意が得られました。その後、わが国としては、2009年9月にニューヨーク国連本部で開催された国連気候変動首脳級会合において、鳩山内閣総理大臣より、すべての主要国による公平かつ実効性のある国際枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を前提とした上で、わが国の中期目標として、地球温暖化を止めるための科学が要求する水準に基づくものとして、2020年まで

に1990年比25%削減を目指すものとする演説を行いました。また、2009年（平成21年）11月に日米両国首脳の間で発表された「気候変動交渉に関する日米共同メッセージ」において、2050年までに自国の排出

量を80%削減することを目指すとともに、同年までに世界全体の排出量を半減するとの目標を支持することを両国で合意しました。

2 COP15の成果と残された課題

わが国としては、**京都議定書第一約束期間後の温室効果ガス削減**について、すべての主要国による公平かつ実効性のある国際枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を目指し、野心的な目標を率先して掲げるとともに、「鳩山イニシアティブ」による途上国支援により、**COP15**に向けた国際的な気運の醸成に貢献しました。COP15の政治合意において、わが国としては、米中を含む主要排出国が参加する公平かつ実効性のある枠組みを得ることを目指して交渉に臨み、また、適応、キャパシティビルディング分野などでの途上国支援の道筋を付けること等に尽力しました。

平成21年12月7日から19日までデンマークのコペンハーゲンにおいて開催されたCOP15、CMP5（京都議定書第5回締約国会合）等の交渉では、前半の交渉官級の特別作業部会における議論、閣僚級での協議等を経て、17日夜から18日深夜にかけては30近くの国・機関の首脳級による協議・交渉が行われた結果、「コペンハーゲン合意」（Copenhagen Accord）が取りまとめられ翌日の全体会で「条約締約国会議（COP）としてコペンハーゲン合意に留意する」ことが決定されました。また、2009年末に終了することになっていた枠組条約の下の長期的協力について話しあう特別作業部会（AWG-LCA）も、京都議定書の下で2013年以降の先進国の数値目標について検討する特別作業部会（AWG-KP）とともに作業を継続することとされました。

以下、交渉の経緯について順を追って紹介しますと、交渉の前半では、まず、AWG-KP議長から、京都議定書の附属書を改正し先進国の次期削減目標を定める案が提示されました。京都議定書の附属書の改正を先議すべきと主張する多くの途上国は、この議長提案を歓迎しましたが、先進諸国は、京都議定書のみでは世界規模の温室効果ガス削減に不十分であるとして、京都議定書を締結していない先進国（米国）や同議定書の下で義務を負わない主要途上国（中国、インド等）の排出削減を含めた包括的かつ実効的法的枠組みを構築すべきと主張し、議長提案に反対しました。

また、AWG-LCA議長からも提案がなされましたが、京都議定書の附属書の改正を前提とし、先進国を米国と京都議定書締約国に区別するものでした。その後、COP議長が、両AWGの報告を踏まえた新たな文書を提出して議論を進展させたいとの発言をしたところ、中国、インド、ブラジル等の主要途上国が、両AWGからの報告文書に基づき交渉をすべきと強く反発しま

した。先進国は、少数国会合の実施及び議長国デンマークによる新提案の提示を求めたのですが、途上国はAWG-LCA及びAWG-KPの議長提案をもとに議論することを主張し、議論は平行線状態となり、進展が危ぶまれました。

わが国は、鳩山内閣総理大臣、小沢環境大臣より、日本は、すべての主要排出国が参加する公平で実効性のある枠組みの構築と意欲的な目標の合意を前提に、2020年までに90年比25%の削減を目指すことを改めて表明するとともに、「鳩山イニシアティブ」として、温室効果ガスの排出削減など気候変動対策に積極的に取り組む途上国や、気候変動の悪影響に脆弱な状況にある途上国を広く対象として、2012年末までの約3年間で1兆7,500億円（おおむね150億ドル、そのうち公的資金は1兆3,000億円（おおむね110億ドル）の支援を実施していく旨発表し、各国から歓迎されるとともに、交渉の進展に弾みを付けました。

こうした中、17日夜の首脳晩餐会後、少数国による首脳級の会合が開催されました。鳩山総理をはじめ、オバマ米大統領、ブラウン英首相、ラッド豪首相、メルケル独首相、サルコジ仏大統領、中国、インド、ブラジル、南ア、小島嶼諸国グループやアフリカ諸国グループといった途上国地域代表等30近くの国・機関の首脳級が参加し、18日深夜になって、これらの国々の間で「コペンハーゲン合意」が取りまとめられました。

その後、19日未明にかけて「コペンハーゲン合意」をCOP全体会合にかけたところ、先進国、小島嶼国、後発開発途上国を含め数多くの国が賛同し、その採択を求めましたが、数ヶ国が、同合意の作成過程が不透明であったこと等を理由に採択に反対したため、最終的に、条約締約国会議として「同合意に留意する（take note）」ことが決定されました。

「コペンハーゲン合意」の主な内容は次のとおりです。

- ① 世界全体の気温の上昇が2℃以内にとどまるべきであるとの科学的見解を認識し、長期の協力的行動を強化する。
- ② 附属書I国（先進国）は2020年の削減目標を、非附属書I国（途上国）は削減行動を、それぞれ付表I及びIIの様式により、2010年1月31日までに事務局に提出する。
- ③ 附属書I国の行動はMRV（測定／報告／検証）

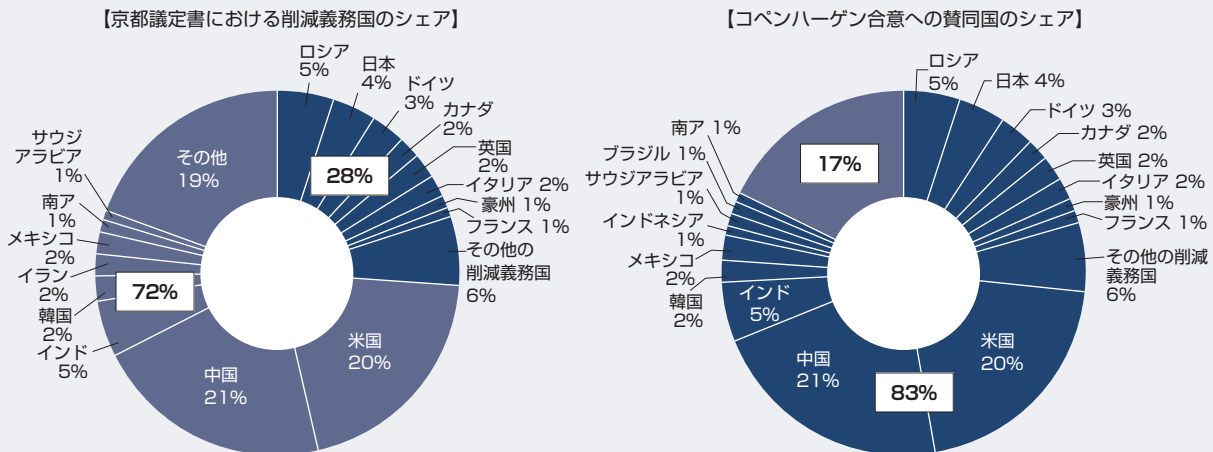
図2-3-1 主要国の削減目標

国名	2020年の排出削減量	基準年
日本	25%削減、ただし、すべての主要国による公平かつ実効性のある国際枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を前提	1990
米国	17%程度削減、ただし、成立が想定される米国エネルギー気候法に従うもので、最終的な目標は成立した法律に照らして事務局に対して通報される(注1)	2005
カナダ	17%削減、米国の最終的な削減目標と連携	2005
ロシア	15-25% (前提条件：人為的排出の削減に関する義務の履行へのロシアの森林のポテンシャルの適切な算入、すべての大排出国による温室効果ガス的人為的排出の削減に関する法的に意義のある義務の受入れ)	1990
豪州	5%から15%又は25%削減(注2)	2000
EU	20%/30%削減(注3)	1990

注1：米国) 審議中の法案における削減経路は、2050年までに83%削減すべく、2025年には30%減、2030年には42%減。
 注2：豪州) 大気中の温室効果ガス濃度を450ppm又はそれ以下に安定化させる合意がなされる場合は、2020年までに2000年比で25%削減。また、条件なしに2020年までに2000年比5%減、主要途上国が排出抑制を約束し、先進国が比較可能な約束を行う場合には、2020年までに2000年比15%減。
 注3：EU) ほかの先進国・途上国がその責任及び能力に応じて比較可能な削減に取り組むのであれば、2020年までに1990年比30%減。

国名	削減目標・行動
中国	2020年のGDP当たりCO ₂ 排出量を2005年比で40~45%削減、2020年までに非化石エネルギーの割合を15%、2020年までに2005年比で森林面積を4千万ha増加等。これらは自発的な行動。
インド	2020年までにGDP当たりの排出量を2005年比20~25%削減(農業部門を除く)。削減行動は自発的なもので、法的拘束力を持たない。
ブラジル	2020年までにBAU比で36.1-38.9%。具体的な行動として、熱帯雨林の劣化防止、セラード(サバンナ地域の植生の一様)の劣化防止、穀倉地の回復、エネルギー効率の改善、バイオ燃料の増加、水力発電の増加、エネルギー代替、鉄鋼産業の改善等
南アフリカ	2020年までにBAU比で34%、2025年までにBAU比で42%の排出削減。これらの行動には先進国の支援が必要であり、メキシコ合意において条約及び議定書の下での野心的、公平、効果的かつ拘束力のある合意があれば、排出量は2020年から2025年の間にピークアウトし、10年程度安定し、その後減少。
韓国	温室効果ガスの排出量を追加的な対策を講じなかった場合(BAU)の排出と比べて2020年までに30%削減。

図2-3-2 各国のエネルギー起源二酸化炭素排出量(2007)



の対象となる。非附属書I国が自発的に行う削減行動は国内的なMRVを経た上で、国際的な協議・分析の対象となるが、支援を受けて行う削減行動については、国際的なMRVの対象となる。

- ④ 先進国は、途上国に対する支援として、2010~2012年の間に300億ドルに近づく新規かつ追加的な資金の供与を共同で行うことにコミットし、また、2020年までには年間1,000億ドルの資金を共同で調達するとの目標にコミットする。気候変動枠組条約の資金供与の制度の実施機関として「コペンハーゲン緑の気候基金」の設立を決定する。
- ⑤ 2015年までに合意の実施に関する評価の完了を要請する。

コペンハーゲン合意にはすでに110を超える国が賛同しており、そのエネルギー起源の二酸化炭素排出量の合計は世界の8割以上に相当し、コペンハーゲン合意は、今後の交渉の重要な基盤と位置付けていくことが重要です。(図2-3-1、図2-3-2)。

わが国も、コペンハーゲン合意に基づき、「コペンハーゲン合意」に賛同する意思を表明し、2020年の排出削減目標として、「90年比で25%削減、ただし、すべての主要国による公平かつ実効性のある国際枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を前提とする」との内容を、2010年1月に気候変動枠組条約事務局に提出しました。この目標は、地球温暖化対策に向けて、わが国として、他の主要な国々の背中を押して意欲的な取組を促すために、率先して提示したものです。

コラム

COP15とコペンハーゲン後の温暖化交渉の課題

COP15とコペンハーゲン後の温暖化交渉の課題について、中央環境審議会地球環境部会の委員であり、COP15に全日参加された高村ゆかり龍谷大学教授のご意見を紹介します。

「留意する」とコペンハーゲン会議(COP15)が決定したコペンハーゲン合意は、どのように評価できるのでしょうか。正式に採択できず「留意する」決定にとどまったことで、コペンハーゲン合意は、それに同意する国のみを拘束する政治合意となり、大多数の国が支持したといっても、この合意が自動的に次期枠組み交渉の基礎となるわけではありません。この点が、COPがコペンハーゲン合意を採択していた場合との基本的な違いと考えられます。

これまでの交渉に照らしてみると、コペンハーゲン合意にはいくつかの前進点があります。第一に、先進国の削減努力と途上国の削減努力が一つの文書に規定され、「約束する先進国」と「約束しない途上国」という従来の二分構造を超えた合意となったことがあります。ここ10年ほどの間に急速に排出が増加した新興国の登場といった新たな事態に対して、ドグマティックな二分法を超えて、地球温暖化防止に向けてより効果的な枠組み構築への可能性を示しました。第二に、途上国の削減努力が、具体的かつ制度的に約束され、その進展と効果は国際的な監視の下に置かれることとなります。削減目標の実施を約束する先進国と異なり、途上国は、削減行動を実施し、その行動を提出します。国際的支援を受ける行動は、国際的ルールにしたがって測定、報告、検証され、国際的支援を受けない行動は、その国の国内ルールにしたがって測定、報告、検証され、その結果が国際的な協議と分析の対象となります。ただし、国際的監

視の程度と効果は、今後作成される指針いかんです。第三に、当面の、そして、2020年に向けた、先進国全体の資金目標が合意されました。2010~12年の間に、先進国全体で、新規で追加的に300億米ドルを途上国の地球温暖化対策と適応策に提供します。そして、途上国の意味ある削減行動と実施の透明性を条件に、公的資金か民間資金かを問わず、2020年までに毎年1000億米ドルの資金・投資の動員を目指します。

これらの前進の一方で課題も多いと考えられます。何よりも、上記の削減策と資金目標を除くと、COP15での合意が期待されていた次期枠組みの骨格となる事項の多くがなお未決着のままです。約束が法的拘束力のある約束かどうか、次期枠組みの最終的な法形式も合意には明記されていません。

また、コペンハーゲン合意では、先進国の削減目標は、**京都議定書**交渉時のように、国家間の国際交渉によって決めるのではなく、各国が自発的に目標を決定し誓約する方式が示されています。こうした自発的誓約に基づく方式が、全体として地球温暖化防止の究極的な目的の達成を可能とする水準の削減を担保し得るか、そして、日本を含め米国以外の先進国が懸念する「削減努力の同等性」が確保されるかは不透明であると考えられます。

世界の首脳が作成し、米国、新興国を含め国際社会の多数の国が賛同するコペンハーゲン合意は、なかなか進展しない温暖化交渉を進めるための貴重な手がかりです。コペンハーゲン合意で合意された事項を継続する交渉の文書に反映し、十分に明確でない事項やまだ合意されていない事項の交渉を進めて、いかに次期枠組みの最終的な合意を形成していくかが、今後の温暖化交渉の課題となります。

今後、2013年(平成25年)以降の次期枠組みについて、コペンハーゲン合意を基礎として、すべての主要国が参加する公平かつ実効的な国際枠組みが構築さ

れ、意欲的な目標が合意されるべく、リーダーシップを発揮していきます。

第4節 チャレンジ25という将来世代への約束

地球温暖化対策をどのように進めるかについては、第3節でみてきたとおり、世界で粘り強く議論が続けられています。それと並行して、わが国においてどの

ように地球温暖化対策を進め、国際的にわが国に課せられた役割を果たしていくかも大きな検討課題です。

1 チャレンジ25を実現する国全体の制度

IPCCが「地球温暖化は疑う余地がない」と断定しているように、地球温暖化問題は待ったなしの状況であり、わが国としても着実に対策を講じる必要があります。わが国はコペンハーゲン合意に基づき、2020年までに25%削減という削減目標を気候変動枠組条約事務局に提出しました。これから10年で25%削減目標を達成するためには、あらゆる政策を総動員していく必要があります。

そのためには、産業界は言うに及ばず、すべての国民が力をあわせていくことが不可欠です。政府では、「地球と日本の環境」を守り、未来に引き継いでいくための行動を「チャレンジ25」と名付け、すべての主体の力を結集するために積極的な取組を進めています。

一方、世界同時不況から脱するための取組は、まさにこれから正念場を迎えます。このため、新たな持続的な需要と雇用を確保することが求められています。これに対し、平成21年12月に閣議決定された「**新成長戦略（基本方針）**」では、わが国の強みを活かす成長分野の筆頭に、**グリーン・イノベーション**による環境・エネルギー大国戦略が掲げられています。環境関連の事業は、国の内外で短期的にも長期的にも潜在的な需要が見込まれる持続的な成長分野と言えます。また、英国で2006年（平成18年）10月に公表された「スターン・レビュー」等においては、今、環境関連の事業に取り組まなければ、将来莫大な費用が必要になるとの予測も示されています。

このような状況を踏まえ、今こそ、環境関連投資等の思い切った政策を行うことで、経済発展を牽引し雇用を創出する必要があります。さらには、このような政策を通じて、社会のあり方全体を未来に向けて持続可能なものに変えていかなければなりません。

新成長戦略（基本方針）

わが国は今、長い衰退のトンネルの中にいるといえるのかも知れません。「リーマンショック」の傷跡、65年前の終戦当時の状況にまで悪化した財政、少子高齢社会への急激な突入など、私たちの前には大きな課題が迫ってきています。しかしながら、環境大国、科学・技術立国というわが国が元来もつ強み、個人金融資産（1,400兆円）や住宅・土地等実物資産（1,000兆円）を活かしつつ、アジア、地域を成長のフロンティアと位置づけて取り組めば、成長の機会は十分存在します。このような観点に立ってまとめられた「**新成長戦略（基本方針）**」では、**グリーン・イノベーション（環境エネルギー分野革新）**による環境・エネルギー大国戦略、すなわち**グリーンイノベーション**が牽引する経済成長がその筆頭に掲げられています。

今後のグリーン・イノベーションによる成長として、具体的には、まず、電力の**固定価格買取制度**の拡充等による**再生可能エネルギー**（太陽光、風力、小水力、バイオマス、地熱等）の普及拡大支援策や、低炭素投資の促進（図2-4-1）、情報通信技術の活用等を通じて日本の経済社会を低炭素型に革新することとしています。また、安全を第一として、国民の理解と信頼を得ながら、原子力利用について着実に取り組みます。

さらに、蓄電池や次世代自動車、火力発電所の効率化、情報通信システムの低消費電力化など、革新的技術開発の前倒しを行うこととしています。また、**モーダルシフト**の推進、省エネ家電の普及等により、運輸・家庭部門での総合的な**温室効果ガス削減**を実現します。

そして、電力供給側と電力ユーザー側を情報システムでつなぐ日本型スマートグリッドにより効率的な電力需給を実現し、家庭における関連機器用の新たな需要を喚起することで、成長産業として振興を図ります。さらに、成長する海外の関連市場の獲得を支援することとしています。

低炭素社会への転換を図りつつ、経済成長を実現する上で、快適性・生活の質の向上によるライフスタイルの変革も重要な課題です。エコ住宅の普及、再生可能エネルギーの利用拡大や、ヒートポンプの普及拡大、LEDや有機ELなどの次世代照明の100%化の実現などにより、住宅・オフィス等のゼロ・エミッション化を推進することとしています。これはまた、居住空間の快適性・生活の質を高めることにも直結し、人々のライフスタイルを自発的に低炭素型へと転換させる大きなきっかけとなることが期待されます。こうした家庭部門でのゼロ・エミッション化を進めるため、各家庭にアドバイスをする「**環境コンシェルジュ制度**」を創設します。

また、老朽化した建築物の建替え、改修の促進等による「**緑の都市**」化も同時に進めなければなりません。日本の都市を、温室効果ガスの排出が少ない「**緑の都市**」としていくため、都市計画のあり方や都市再生・再開発のあり方を環境・低炭素化の観点から抜本的に見直します。そして、老朽化し、温室効果ガスの排出や安全性の面で問題を抱えるオフィスビル等の再開発・建て替えや改修を促進するため、必要な規制緩和措置や支援策を講じていきます。

このように経済社会構造を変革していくには、個々の地方がそれぞれ経済社会構造の変革を成し遂げていく必要があります。そのため、公共交通の利用促進等による都市・地域構造の低炭素化、再生可能エネルギーやそれを支えるスマートグリッドの構築、適正な資源**リサイクル**の徹底、情報通信技術の活用、住宅等のゼロ・エミッション化など、エコ社会形成の取組を支

図2-4-1 エネルギー環境適合製品の開発及び製造を行う事業の促進に関する法律案【低炭素投資促進法案】

- エネルギー・環境分野において、経済成長の柱となる産業の育成と、産業全般の低炭素化への革新は、喫緊の課題。
- そのため、①低炭素型製品の開発・製造を行う事業者に対して、日本政策金融公庫による低利・長期資金を供給するとともに、②中小企業等がリースによる低炭素型の設備導入を行いやすくするために、新たな保険制度を創設。

背景

○「低炭素型製品」の開発・製造は、今後の経済成長と雇用創出のカギであり、これを担う者への資金供給の円滑化が不可欠。

(例)



太陽光パネル 電気自動車 リチウムイオン電池
低炭素型製品：省エネ性能の高い機器・主要部品や、非化石エネルギーを利用した発電設備等

成長の柱である低炭素分野であっても、投資規模大、返済期間長期の資金供給は不十分

海外（米、独、仏等）では、低利・長期の金融支援（＝「誘致合戦」）

○中小企業等では、初期投資コストが高いこともあり、低炭素型設備の導入が進まないのが実態。

(例)

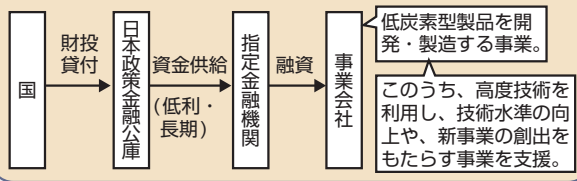


高性能工業炉 高効率ボイラー 業務用冷蔵庫

初期投資コストを抑えるリース活用は有用しかし、金融危機後、与信条件が厳格化

支援措置

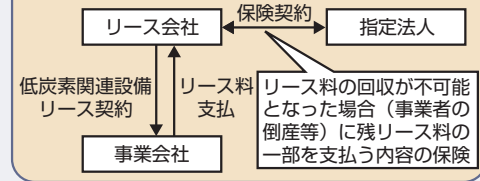
株式会社日本政策金融公庫による低利・長期資金供給（ツーステップローン）



低炭素型製品を開発・製造する事業。

このうち、高度技術を利用し、技術水準の向上や、新事業の創出をもたらす事業を支援。

リースによる低炭素型設備の導入促進のための新たな保険制度



低炭素型産業を新たな経済成長の柱として育成し、我が国を低炭素型産業の世界拠点に。
（『新成長戦略（基本方針）』（平成21年12月30日閣議決定）の早期実現）

出典：経済産業省

援します。規制改革、**税制のグリーン化**を含めた総合的な政策パッケージを活用しながら、環境のみならず、健康、観光を柱とする集中投資事業を行い、自立した地方からの持続可能な経済社会構造の変革を実現する第一歩を踏み出します。

これらの施策を総合的に実施することにより、2020年までに50兆円超の環境関連新規市場、140万人の環境分野の新規雇用の創設といった経済成長を目標としつつ、低炭素社会への転換を図ります。

地球温暖化対策（低炭素化促進）のための税制全体のグリーン化

他方、いわゆる環境税の取扱を含め、税制のグリーン化も重要な課題です。平成22年度税制改正大綱では、個別間接税に関連し、「グッド減税、バッド課税」という考え方が採られています。これは、特定の財・サービスが環境や健康などに影響をもたらす場合に、それが好影響であるときには税負担を軽減し、悪影響であるときには税負担を課すという考え方です。「グッド減税、バッド課税」という考え方に立ち、地球規模での課題に対応した税制の検討が行われました。

化石燃料に課税される揮発油税、地方揮発油税、軽油引取税については、平成22年度税制改正において、

平成20年4月から10年間のものとして定められていた暫定税率は廃止されました。しかしながら、厳しい財政事情や、化石燃料消費が地球温暖化に与える影響等から、当分の間、これらの税については現在の税率水準を維持することとされました。具体的には暫定税率を廃止した上で、当分の間、揮発油税、地方揮発油税、軽油引取税について改正前の税率水準を維持することとしました。ただし、指標となるガソリン価格の平均が、連続3ヶ月にわたり、160円/ℓを超えることとなった場合には、燃料課税の本則税率を上回る部分の課税を停止する等の措置を実施することとされました。また、自動車重量税については、車体の環境負荷に応じて、段階的な複数税率を設定することでグリーン化を行うこととされ、また、いわゆる「**エコカー減税**」についても制度の仕組みを維持することとされました。

他方、環境関連税制全般については、1990年代以降、欧州各国を中心として、諸外国においてエネルギー課税や自動車関連税制などを含む環境税制の見直し・強化が進んできているところであり（図2-4-2）、わが国の環境関連税制による税収の対GDP比は、欧州各国に比べれば低い状況にあります。地球温暖化対策のための税については、環境省が、中央環境審議会グリーン税制とその経済分析等に関する専門委員会を開催し、

図2-4-2 諸外国における温暖化対策に関連する主な税制改正の経緯

1980年代からの環境問題に対する関心の高まり、気候変動枠組条約国際交渉（1990年～）など		
・1990年	フィンランド	いわゆる炭素税（Additional duty）導入
・1991年	スウェーデン	二酸化炭素税（CO ₂ tax）導入
	ノルウェー	二酸化炭素税（CO ₂ tax）導入
・1992年 気候変動枠組条約採択【1994年3月発効】、6月地球サミット（リオデジャネイロ）		
・1992年	デンマーク	二酸化炭素税（CO ₂ tax）導入
	オランダ	一般燃料税（General fuel tax）導入
・1993年	イギリス	炭化水素油税（Hydrocarbon oil duty）の段階的引上げ（～1999年）
・1996年	オランダ	規制エネルギー税（Regulatory energy tax）導入
1997年 京都議定書採択【2005年2月発効】		
・1999年	ドイツ	鉱油税（Mineral oil tax）の段階的引上げ（～2003年）、電気税（Electricity tax）導入
	イタリア	鉱油税（Excises on mineral oils）の改正（石炭等を追加）
・2001年	イギリス	気候変動税（Climate change levy）導入
2003年10月 「エネルギー製品と電力に対する課税に関する枠組みEC指令」公布【2004年1月発効】 ：各国はエネルギー製品及び電力に対して最低税率を上回る税率を設定		
・2004年	オランダ	一般燃料税を既存のエネルギー税制に統合（石炭についてのみ燃料税として存続（Tax on coal））。 規制エネルギー税をエネルギー税（Energy tax）に改組
・2006年	ドイツ	鉱油税をエネルギー税（Energy tax）に改組（石炭を追加）
・2007年	フランス	石炭税（Coal tax）導入
・2008年	スイス	二酸化炭素税（CO ₂ levy）導入

出典：各国政府及びOECD資料

地球温暖化対策税を含むグリーン税制の経済分析等について審議を行いました。環境省では、平成21年度においても地球温暖化対策税の創設について要望するとともに、経済産業省からも地球温暖化対策税の検討について要望が行われました。平成22年度の所得税法等の一部を改正する法律附則においては、地球温暖化対策のための税について、「当分の間規定する税率の取扱いを含め、平成23年度の実施に向けた成案を得るよう検討を行うものとする」と規定されました。

その他、自動車の低公害化、低燃費化や省エネ住宅の推進に係る特例措置も盛り込まれました。

さらに、平成22年度税制改正大綱では、地球規模の問題解決のため、国際連帯税について早急に検討を進めることとされました。国際連帯税は、環境問題のほか、国際金融危機、貧困問題などの地球規模の問題への対策の一つとして注目を集めており、金融危機対策の財源確保や投機の抑制を目的として国際金融取引に課税する手法や、途上国の開発支援の財源確保などのために国境を越える輸送に課税する手法など、さまざまな手法が議論されているもので、すでにフランス、チリ、韓国などが航空券連帯税を導入するなど国際的な広がりを見せているものです。

また、これらの税制による税収の用途について、地球温暖化問題に関する閣僚委員会タスクフォースの経済モデル分析からは、すべての炭素排出に炭素比例で課税する地球温暖化対策税を導入したとして、その税収を地球温暖化対策に充てた場合、家計に一括還流する場合と比較して、実質可処分所得への影響が顕著に緩和されるという結果が得られていることは注目値します。

地球温暖化対策基本法の制定と対策の推進

わが国の地球温暖化対策の基本的な方向性を明らかにするために、地球温暖化対策に関しての基本原則や国、地方公共団体、事業者及び国民の責務、**温室効果ガス**排出量の削減に関する中長期的な目標、地球温暖化対策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本計画、基本的施策等を盛り込んだ地球温暖化対策基本法案を平成22年3月に閣議決定し、国会に提出しました（図2-4-3）。

地球温暖化対策基本法案では、その目的として、地球温暖化を防止すること及び地球温暖化に適応することが人類共通の課題であり、すべての主要国が参加する公平かつ実効性のある国際的な枠組みの下で取り組むことが重要であることにかんがみ、地球全体の温室効果ガス排出量の削減に貢献するとともに、国際社会の中で率先して社会経済構造の転換を促進しつつ、脱化石燃料化を図ること等により、温室効果ガスの排出量をできる限り削減し、吸収作用を保全・強化し、地球温暖化に適応することができる社会を実現するため、経済成長、雇用の安定やエネルギー安定供給の確保を図りつつ地球温暖化対策を推進することを掲げています。

この目的の達成に向けて、上記のとおりさまざまな事項を定めており、その中でも特に重要な基本原則、中長期的な目標、基本的施策の概要は次のとおりです。

まず、基本原則として、地球温暖化対策を行うに当たっての基本原則を定めており、次の7項目を盛り込んでいます。

- ・新たな生活様式の確立等を通じて、豊かな国民生活と国際競争力が確保された経済の持続的な成長を实

図2-4-3 地球温暖化対策基本法案（平成22年3月12日閣議決定）の概要

○目的

地球温暖化の防止及び地球温暖化への適応が人類共通の課題であり、すべての主要国が参加する公平かつ実効性のある国際的枠組みの下、地球温暖化の防止に取り組むことが重要であることにかんがみ、地球全体における排出量の削減に貢献するとともに、我が国における温室効果ガスの排出量をできる限り削減すること等ができる社会を実現する、経済の成長、雇用の安定及びエネルギーの安定的な供給の確保を図りつつ地球温暖化対策を推進し、地球環境の保全並びに現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与

○基本原則

地球温暖化対策として以下の原則を規定

- ・新たな生活様式の確立等を通じて、豊かな国民生活と国際競争力が確保された経済の持続的な成長を実現しつつ、温室効果ガスの排出削減ができる社会を構築
- ・国際的協調の下の積極的な推進
- ・地球温暖化の防止等に資する産業の発展及び就業の機会の増大、雇用の安定
- ・エネルギーに関する施策との連携、エネルギーの安定的な供給の確保
- ・経済活動・国民生活に及ぼす効果・影響についての理解を得る 等

○中長期目標

- ・温室効果ガス削減目標：公平かつ実効性ある国際的枠組みの構築や意欲的な目標の合意を前提として、1990年比で2020年までに25%を削減。また、1990年比で2050年までに80%を削減し、この場合において、2050年までに世界全体の温室効果ガスの排出量を少なくとも半減するとの目標を、すべての国と共有するよう努める。
- ・一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合を10%（2020年）とする。

○基本計画

地球温暖化対策の総合的かつ計画的な推進を図るための計画を策定

○基本的施策

<p>〈地球温暖化対策のうち特に重要な具体的施策〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国内排出量取引制度の創設（法制上の措置について、施行後1年以内を目途に成案を得る） ・地球温暖化対策のための税の平成23年度からの実施に向けた検討その他の税制全体のグリーン化 ・再生可能エネルギーの全量固定価格買取制度の創設その他の再生可能エネルギーの利用の促進 <p>〈日々の暮らし〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機械器具・建築物等の省エネの促進 ・自発的な活動の促進 ・教育及び学習の振興 ・排出量情報等の公表 <p>〈国際協調等〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国際的連携の確保 ・技術・製品の提供等を通じた自国以外の排出抑制等への貢献を評価する仕組の構築 	<p>〈地域づくり〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・都市機能の集積等による地域社会の形成に係る施策 ・自動車の適正使用等による交通に係る排出抑制 ・森林の整備、緑化の推進等温室効果ガスの吸収作用の保全及び強化 ・地方公共団体に対する必要な措置 <p>〈ものづくり〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・革新的な技術開発の促進 ・機械器具・建築物等の省エネの促進 ・温室効果ガスの排出の量がより少ないエネルギーへの転換、化石燃料の有効利用の促進 ・地球温暖化の防止等に資する新たな事業の創出 ・原子力に係る施策 ・地球温暖化への適応 ・政策形成への民意の反映 等
---	--

資料：環境省

現しつつ、**温室効果ガス**の排出量を削減し、吸収作用を保全・強化することができる社会を構築すること。

- ・わが国に蓄積された知識、技術、経験等を生かして、及び国際社会においてわが国の占める地位に応じて、国際的協調の下に積極的に推進すること。
- ・地球温暖化の防止等に資する研究開発・成果の普及が図られるようにすること。
- ・地球温暖化の防止等に資する産業の発展及び就業の機会の増大、雇用の安定が図られるようにすること。
- ・エネルギーに関する施策との連携を図りつつ、エネルギーの安定供給の確保が図られるようにすること。
- ・防災、生物の多様性の保全、食料の安定供給の確保等に関する施策との連携を図ること。
- ・経済活動・国民生活に及ぼす効果・影響について事業者・国民の理解を得つつ、適切な財政運営にも配慮すること。

中長期的な目標には、温室効果ガス排出量の削減に関する中長期的な目標と**再生可能エネルギー**の供給量に関する中期的な目標があり、具体的な数値を明記しています。前者については、温室効果ガス排出量について、すべての主要国による公平かつ実効性のある国際的な枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を前提として2020年までに1990年比で25%を削減すること、2050年までに1990年比で80%を削減し、2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量を少なくとも半減するとの目標を、すべての国と共有するよう努めることを明記しています。後者については、温室効果ガス排出量の削減に関する中長期的な目標の達成に関して、再生可能エネルギーの供給量について、2020年までに一次エネルギー供給量に占める割合を10%に達することを定めています。

基本的施策には、国内排出量取引制度の創設、地球温暖化対策のための税の検討その他の税制全体の見直し、再生可能エネルギーに係る全量**固定価格買取制度**

の創設という主要な3つの制度の構築に加え、全量固定価格買取制度以外の再生可能エネルギーの普及拡大に関する施策、原子力に係る施策、エネルギーの使用の合理化の促進、交通に係る施策、革新的な技術開発の促進、教育・学習の振興、自発的な活動の促進、地域社会の形成に当たっての施策、吸収作用の保全・強化、地球温暖化への適応、国際的協調のための施策、政策形成への民意の反映等について定めています。

基本的施策に定める主要な3つの制度のうち、国内排出量取引制度については、温室効果ガス排出量の着実な削減のため、温室効果ガスの排出者の一定期間における温室効果ガス排出量の限度を定めるとともに、その遵守のためのほかの排出者との取引等を認める制度を創設するものとし、このために必要な法制上の措

置について、地球温暖化のための税と並行して検討を行い、地球温暖化対策基本法の施行後1年以内を目途に成案を得るものとしています。その検討においては、排出者の範囲や一定の期間における温室効果ガスの排出量の限度を定める方法など制度の適正な実施に関し必要な事項について検討を行うものとしています。そのうち、一定の期間における温室効果ガスの排出量の限度を定める方法については、一定の期間における温室効果ガスの排出量の総量の限度として定める方法を基本としつつ、生産量その他事業活動の規模を表す量の1単位当たりの温室効果ガスの排出量の限度として定める方法についても、検討を行うものとしています。

また、地球温暖化対策の総合的かつ計画的な推進を図るため、地球温暖化対策に関する基本的な計画（基

図2-4-4 地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ（概要）～環境大臣小沢鋭仁試案～

【中長期ロードマップで伝えたいこと】

- ①地球と日本の環境を守るためには、温暖化対策は喫緊の課題。2020年に25%削減、2050年に80%削減を実現するための対策・施策の道筋を提示。
- ②エコ投資を進め、低炭素生活スタイル（エコスタイル）を実践することにより、我慢ではなく快適で豊かな暮らしを実現することが可能。中長期目標の達成のためには、「チャレンジ25」を通じた、国民一人ひとりの取組が重要。
- ③温暖化対策は負担のみに着目するのではなく、新たな成長の柱と考えることが重要。低炭素社会構築のための投資は市場・雇用の創出につながるほか、地域の活性化、エネルギー安全保障の確保といったさまざまな便益をもたらす。

日々の暮らし～ゼロエミ住宅・建築の普及～

- 【目標】新築の改定省エネ基準達成率100%*
- ・躯体（建物）と、家電等の消費機器、太陽光などの創エネ機器を統合したゼロエミ基準策定
 - ・省エネ基準・ゼロエミ基準の達成義務化
 - ・新築・既築改修促進のための税制等
 - ・ラベリング制度と環境性能表示の義務化
 - ・住宅・GHG診断士によるゼロエミ化サポート
 - ・住宅性能の見える化と削減量に応じたインセンティブ付与の仕掛けづくり

地域づくり～歩いて暮らせる地域づくり～

- 【目標】旅客1人当たり自動車走行量の1割削減*
- ・全自治体で低炭素地域づくり実行計画を策定
 - ・居住・就業・商業の駅勢圏・徒歩圏への集約化
 - ・LRT・BRTの延伸や計画路線の早期着工
 - ・歩道・自転車の走行空間の整備
 - ・公共交通の利用を市民に促す仕掛けづくり
 - ・都市未利用熱を逃さずに最大限活用
 - ・地域の自然資本を活かす低炭素街区の整備
 - ・物流・地域間旅客交通の低炭素化

日々の暮らし～鉄道・船舶・航空の低炭素化～

- ・省エネ型の鉄道車両・船舶（エコシップ）・航空機（エコプレーン）の導入促進
- ・低炭素燃料の導入促進
- ・荷主が低CO₂輸送業者を選ぶ仕組み

地域づくり～農山漁村地域のゼロカーボン化～

- ・全地域でゼロカーボン地域計画を策定し達成
- ・建築物等への木材利用促進、バイオマス資源の利用促進、森林・農地等の吸収源の活用
- ・地域エネルギービジネスモデルの全国展開

日々の暮らし～環境対応車（自動車）市場～

- 【目標】次世代自動車販売台数を250万台*
- ・CO₂排出量等に応じた税の重課・軽課
 - ・燃料基準の段階的強化
 - ・E10対応車の認証
 - ・ハイブリッド・電気自動車の導入促進
 - ・高性能電池、次世代電池の開発
 - ・エコドライブ、カーシェアリングの促進

ものづくり～低炭素ものづくりの世界展開～

- 【目標】エネルギー消費を3～4割減（2050年）
- ・排出削減をする企業が報われる市場づくり
 - ・排出削減をする企業を金融面で支える環境づくり
 - ・有価証券報告書等を通じた情報開示促進
 - ・ライフサイクル排出量を評価する算定報告公表制度
 - ・中小企業GHG診断士制度による取組サポート
 - ・革新的技術の開発支援
 - ・低炭素ものづくりの担い手育成
 - ・脱フロン徹底（代替フロン等3ガス排出抑制等）

エネルギー供給～低炭素社会を見据えた次世代のエネルギー供給～

- 【目標】再生可能エネルギーの割合を10%以上に（2020年）、スマートグリッド普及率100%（2030年）
- ・事業投資を促す水準（内部収益率8%以上など）での固定価格買取制度、熱のグリーン証書化
 - ・事業リスクや初期負担を低減し、再生可能エネルギー普及を目指す企業や地域を育成
 - ・再生可能エネルギーの導入義務化、普及段階に応じた社会システムの変革
 - ・再生可能エネルギー大量導入に耐えられる系統連系・貯蔵システムの強化、スマートグリッドの整備
 - ・燃料転換、高効率火力発電技術による火力発電の低炭素化、安全の確保を大前提とした電子力発電の利用拡大

低炭素社会構築のための基幹的な社会システム

- ・キャップ・アンド・トレード方式による国内排出量取引制度、地球温暖化対策税

注：目標年について記載のないものは、2020年までの中間的な目標
資料：環境省



本計画) を定めることとしていますが、まずは2020年25%、2050年80%削減を実現するための具体的な対策・施策の一つの絵姿、及びその場合の経済効果を

提示するため、2010年(平成22年)3月31日に「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ(環境大臣試案)」を発表しました(図2-4-4)。今回の試案は、今後国民の御意見を伺いながら、より充実したものとなるよう精査していく予定です。

そして、そのような道筋を踏まえ、すべての国民が力をあわせて「地球と日本の環境」を守り、未来に引き継いでいくためのチャレンジ25を推進する国民運動「チャレンジ25キャンペーン」を展開し、エコな生活スタイルの選択、省エネ製品の選択など「6つのチャレンジ」の実践を呼びかけることにより、ものづくりから日々の暮らしまで、さまざまな活動に伴う二酸化炭素の排出の削減を進めます(図2-4-5)。

さらに、米国、中国などすべての主要国が参加する公平で実効性ある枠組みづくりに向け、国際交渉を主導していきます。また、先進国と途上国の架け橋としての役割を果たすため、今後の国際交渉の状況を注視しつつ、気候変動対策に意欲的に取り組む途上国に対し「鳩山イニシアティブ」による途上国支援を進めていきます。

コラム

温暖化防止の国民運動チャレンジ25キャンペーン



「チャレンジ25キャンペーン」応援団キャプテン

加山 雄三 (かやま ゆうぞう)
俳優、シンガーソングライター

チャレンジ25キャンペーン応援団のキャプテンを務めている加山雄三です。国民の皆様の中には、具体的な温暖化防止のアクションは始めてはいませんが、地球の将来を考えて、きちんとやらないといけないと思っている方もたくさんいると思います。私も、今日から新しいスタートという気持ちで、皆さんと一緒にCO₂削減にチャレンジしていきますので、皆様もどうぞ、一緒に参加しましょう。

「チャレンジ25キャンペーン」応援団

上戸 彩 (うへと あや)
女優

マイ箸やマイバックを利用するなどして、エコ活動に取り組んでいます。最近では、ソーラーパネルの付いた携帯電話が出てくるなど、そうした身近に使える、エコな電化製品も増えてきています。私も、毎日の生活の中でエコな取組を実践し、CO₂をダイエットしていきますので、皆さんも一緒に、CO₂ダイエットにチャレンジしましょう。

「チャレンジ25キャンペーン」応援団

杉本 彩 (すぎもと あや)
女優、作家

開発の犠牲になる野生動物や、美しい自然を見るたびに、心を痛めています。また、その都度、人間の傲慢さと愚かさを感じています。愛と思いやりを持ってエコ活動に取組み、意識を高めていきたいと思っています。

「チャレンジ25キャンペーン」スーパーアドバイザー

小宮山 宏 (こみやま ひろし)
工学博士(東京大学、1972年)、
第28代東京大学総長
2009年4月より三菱総合研究所理事
長、東京大学総長顧問

私はエコハウスに住んでおり81%のCO₂削減を実現しましたが、良さはそれだけではありません。結露しなかったり、家の中でトイレが寒くなかったり、また、初期投資も回収できるなど、とにかく、住みやすいことがポイントです。私も、スーパーアドバイザーとして全力で頑張りますので、皆さんもCO₂削減に向けチャレンジしてください。

「チャレンジ25キャンペーン」応援団

大林素子 (おおばやし もとこ)
スポーツキャスター、(財)オリンピック委員会スポーツアンバサダー

50年後、100年後、スキーやビーチバレーなどの競技が出来なくなるかもしれないと言われています。私たちアスリートも、各試合会場で、子どもたちに、温暖化防止に向けたメッセージを送るなどの活動を行っていますが、これからもそうした活動により一層取り組んでいきます。

「チャレンジ25キャンペーン」応援団

杉山 愛 (すぎやま あい)
プロテニスプレイヤー、グランドスラム62回連続出場の世界記録保持者、
グランドスラム3度優勝(ダブルス)、
オリンピック4回出場。

温暖化による気温上昇は、海外でプレーしていても肌で感じることで、私たちのプレーする環境も、その暑さ等により、どんどん厳しい状況になっています。まずは、省エネ家電に買い替えるなど、自分のライフスタイルをエコに変えていきたいと思っています。

地球温暖化という人類の生存にかかわる脅威に対して、世界が立ち向かおうとしています。

日本は、京都議定書を批准し、2008年から2012年の間に二酸化炭素などの温室効果ガス排出量を1990年に比べて6%削減することを世界に約束しています。

このような中、昨年9月、鳩山内閣総理大臣はニューヨークの国連気候変動サミットにおいて、「わが国は、すべての主要国による公平かつ実効性のある枠組みの構築と意欲的な目標の合意を前提として、温室効果ガス排出量を2020年までに1990年比で25%削減する」という目標を表明しました。政府では、地球と日本の環境を守り未来の子どもたちに引き継いでいくため、「チャレンジ25」と名付け、あらゆる政策を総動員して地球温暖化の防止を進めています。

そのための国民的運動を、「チャレンジ25キャンペーン」として本年1月14日からスタートし、二酸化炭素削減に向けた具体的な行動の実践を呼び掛けています。各界で活躍されている著名な方々もキャンペーン応援団として参加しています。皆さんもぜひご参加下さい。

「チャレンジ25キャンペーン」応援団

岡田武史 (おかだ たけし)
サッカー日本代表監督、地球環境インシアティブ発起人

再生可能エネルギーを日本に広める団体の代表発起人を務めるなど、温暖化防止に取り組んでおりますが、自分自身の生活を顧みますと、まだまだやりきれていない部分があります。これから努力していきたいと思っています。

「チャレンジ25キャンペーン」応援団

別所 哲也 (べっしょ てつや)
俳優/「ショートショート フィルムフェスティバル & アジア」代表

俳優の傍ら、国際短編映画祭の代表を務めており、2008年からストップ!温暖化部門を設立しました。毎年、世界の映像クリエイターから温暖化防止のメッセージが込められた映像が寄せられていますが、そんな映像の持つ力を活かして、日本はもちろん、世界中の人々に温暖化防止のメッセージを伝えていきたい。皆さん、ともにチャレンジしましょう。

2 チャレンジ25につながるさまざまな主体の取組

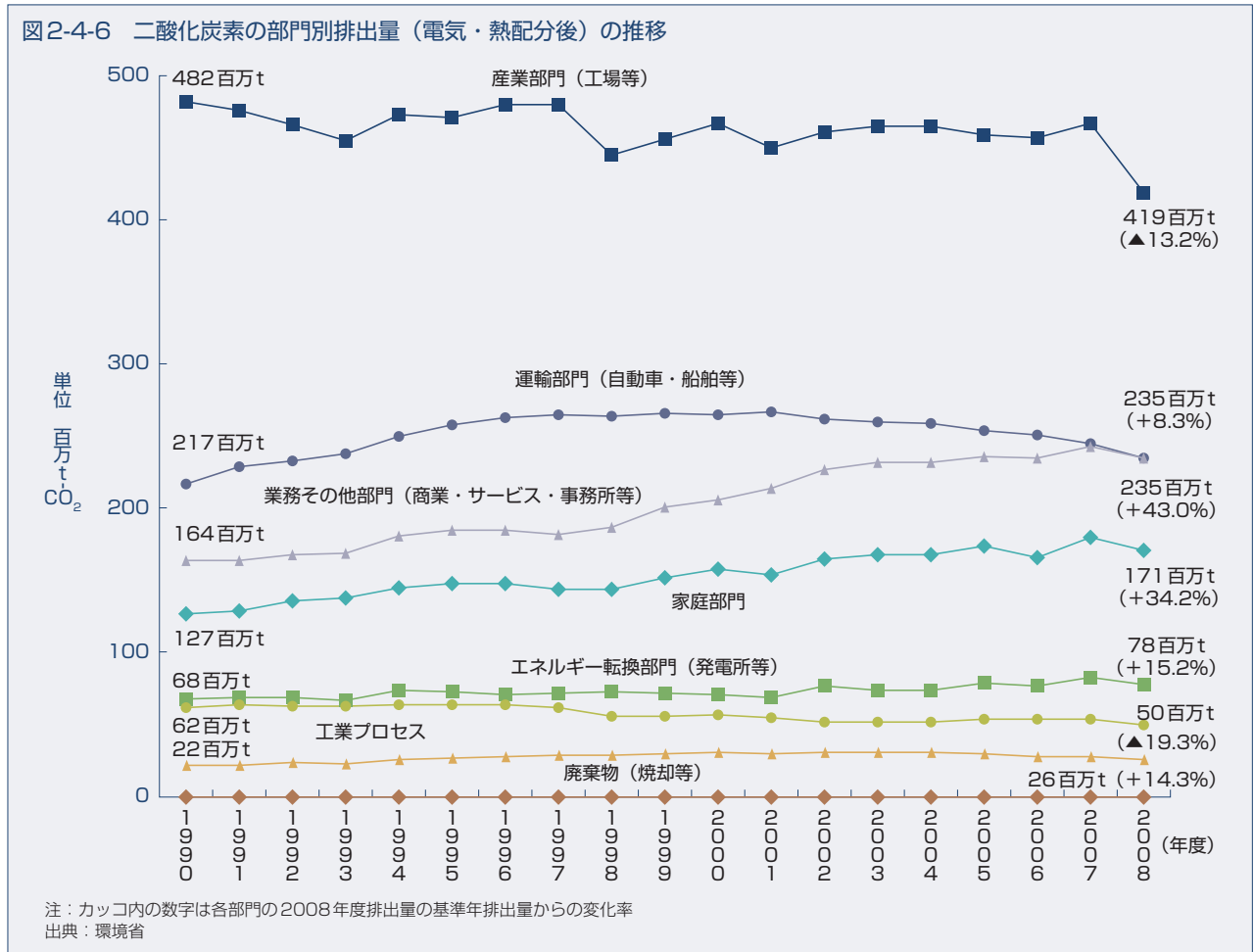
このような政府の取組と相前後して、民間企業などあらゆる主体で地球温暖化に対する問題意識が高まり、さまざまな二酸化炭素削減の取組が始まっています。環境省が平成3年度から実施している「環境にやさしい企業行動調査」においては、最近10年近くにわたり、一貫して地球温暖化防止への取組を「方針を定めて取組を行っている」とする企業が最も多く、その割合も増え続ける傾向にあるという結果が得られています。また、同じく環境省の実施している「環境にやさしいライフスタイル実態調査」では、インターネットを用い、広く国民の環境問題に対する意識や行動をアンケート調査していますが、近年の調査結果では、関心のある環境問題分野として「地球温暖化」を挙げる人が最も多く、その割合も実に回答者の8~9割に達する状況が継続しているなど、人々の地球温暖化に対する問題意識の高まりが見て取れます。

このような状況の中、近年のわが国の二酸化炭素排出量は、総体としては残念ながらあまり削減が進んでいない状況にあります。2008年度の温室効果ガスの

総排出量は12億8200万トン（二酸化炭素換算）であり、**京都議定書**の規定による基準年（CO₂、CH₄、N₂Oは1990年度、HFCs、PFCs、SF₆は1995年）の総排出量と比べると1.6%上回っています*。

部門別に排出量の推移をみると、産業部門（工場等）や運輸部門（自動車・船舶等）では、さまざまな削減努力の効果があってゆるやかに減少傾向にあるのですが、商業・サービス・事務所等を含む業務その他部門及び家庭部門では、二酸化炭素排出量は増加傾向にあり、総体としては産業部門等の削減効果を打ち消す形となってしまっています（図2-4-6）。なお、産業部門等で平成19年度から20年度にかけて二酸化炭素排出量の減少がみられますが、これは金融危機の影響による年度後半の急激な景気後退が原因と考えられます。

商業・サービス・事務所等で排出量が増加傾向にある原因としては、事務所や小売店等の延床面積が増加したこと、それに伴う空調・照明設備の増加、そしてオフィスのOA化の進展による電力消費の増加などが挙げられます。また、家庭部門における増加について



*原子力発電所の利用率が長期停止の影響を受けていない時の水準（1998年度の実績値）にあったと仮定して総排出量を推計すると、2008年度の総排出量は基準年比で3.4%減となります。

では、世帯数の増加による電力消費の増加などが原因と考えられています。これらの部門は、いずれも既製のエネルギー消費機器を購入して使用するというエネルギー消費形態であり、オフィスや家庭内のどこから

どれだけ排出されているのかといった専門知識にも乏しいことから、産業部門（工場など）が自ら工程を見直して排出削減を行うのと同じように取り組むということはむずかしいと思われているものです。しかしな

コラム

「見える化」によるソリューション

— 企業の利益創出と二酸化炭素排出量削減の両立に向けて —

エネルギーの消費によって発生する温室効果ガスは、地球温暖化を引き起こす大きな原因となります。快適な生活を守り、住みやすい地球を子孫に残していくために、近年では企業や工場をはじめ、店舗、住宅にも省エネへの取組が求められています。

電気・ガスなどのエネルギーは無形のため、通常、使用量を目で見ることはできないのですが、これをセンサー等を使用して「見える化」することにより、いつ・どこで・どのくらいのエネルギーを使っているか、より詳しい分析を行うことが可能となります。従来、二酸化炭素削減対策がむずかしいと思われてきた業務民生分野であるオフィス・家庭などでも、電力消費量を「見える化」することで、意外とかなりのムラ・ムダが見つかるものなのです。

近年では、顧客の工場やオフィス等で、この目に見えない使用エネルギー量を「見える化」し、それによって見えたムダ・ムラを指摘、改善をアドバイスするといった事業も始まり、それを利用した省エネ・環境対策活動が活発化してきています。

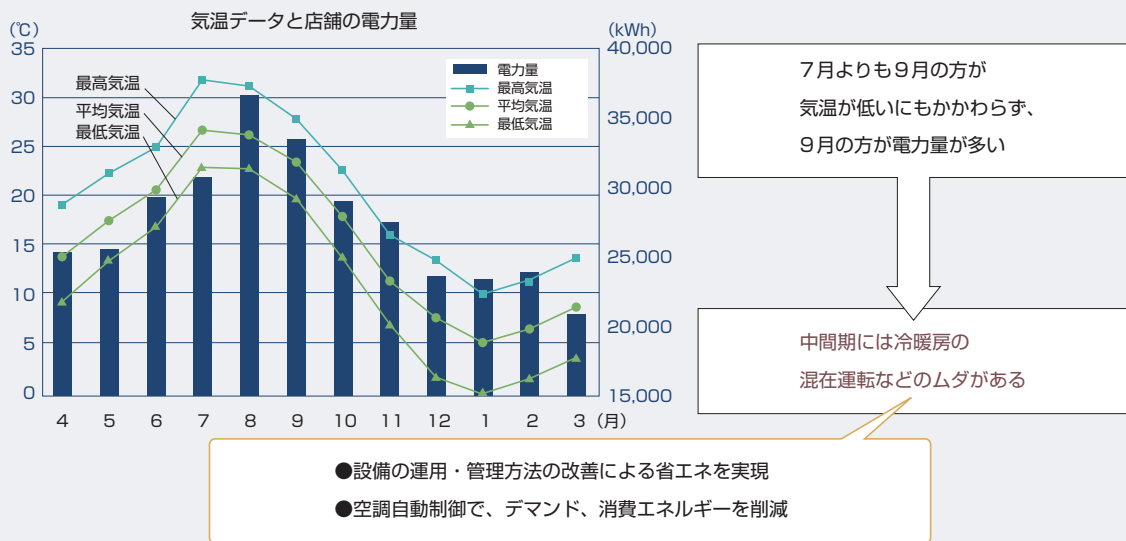
特に製造業においては、過去から省エネ活動が取り組まれており、もう改善はやりつくしたと思われがちですが、より細かなエネルギー計測を行い、

設備ごと・生産ラインごとに「見える化」を行うと、意外とまだまだ改善の余地があることが分かります。また、年々二酸化炭素排出量が増えてきている民生業務分野では、さらに省エネの改善余地があることが想定されます。多店舗型業態の企業は店舗に注目されがちですが、企業全体を捉え、物流・倉庫・工場等、エネルギー使用量の多い拠点の管理も行うことにより、さらに二酸化炭素排出の削減余地が出てくることが見込まれます。

「見える化」からの省エネ活動は、先進的に京都市立の幼稚園・小中高等学校において「京都モデル」として活発なエコ活動として取り組まれており、大きな省エネ効果を出しています。さらには「見える化」を利用した環境教育により、持続可能な社会に向けた人づくりへの取組が始まっています。学校を起点とし、家庭・地域へ波及していくことにより、さらなる省エネ・環境対策活動の広がりが期待されます。

今後、太陽光発電などの普及が進むとともに、二酸化炭素を排出しない**再生可能エネルギー**を優先して使用するなど電力の最適な融通を行うことにより、快適な生活と二酸化炭素削減の両立が実現可能となり、環境と人々の暮らしを豊かにする社会の実現が期待されます。

「見える化」による改善の事例



資料：オムロン株式会社資料より環境省作成

がら、「環境にやさしいライフスタイル実態調査」結果からもわかるように、本質的には、今の人々は自らの二酸化炭素排出を削減したがっているものと考えられます。また、これらの部門は、現状で削減対策ができていないだけに、エネルギー使用のムダやムラが潜んでおり、まだまだ対策の余地があるものといえましょう。

対策の余地という観点では、製品製造工程等の最も主要と思われる二酸化炭素排出過程のみならず、原材料調達過程（上流側）や製品の出荷・物流過程、使用、廃棄等（下流側）での排出にも留意し、サプライチェーン全体で可能な対策を講じることも非常に重要です。また、サプライチェーン全体での対策を検討する上では、自社の活動に起因する二酸化炭素排出のみならず、海外を含めて、事業活動上の関連企業の活動に起因する排出についても留意すべきです。

このようなサプライチェーン全体を見渡した上での排出削減の取組としては、すでにある総合化学メーカーにおいて、資源調達過程に着目し、廃材アルミをクロードループプサイクル化することで、一から精錬する場合と比べて精錬から製造までに排出される二酸化炭素を74%削減できることを明らかにするなどの動きがあります。部品を海外から調達したり、組立工程を海外に移転しており、そこで多くの二酸化炭素が排出されているような場合には、わが国の技術を移転し、海外の工程での排出を削減することも考えられます。また、別の製造業企業においても、これまであま

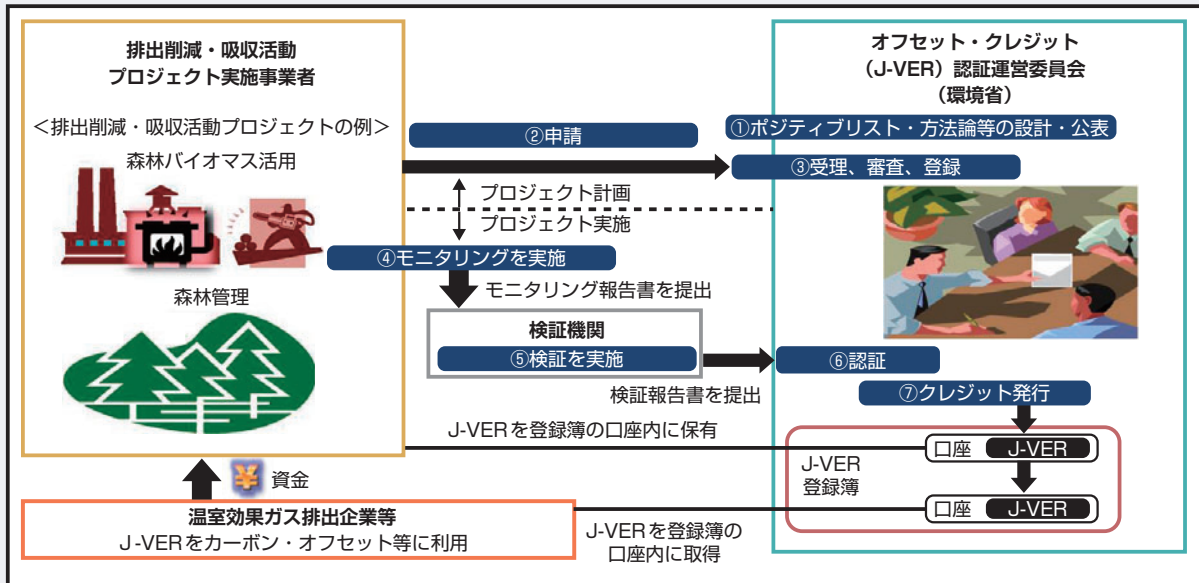
り顧みられることのなかった物流過程に着目した結果、トラックの平均積載量にかなりの余裕、すなわちムダがあることが判明するなど、今後このような取組のますますの普及が望まれます。

上流から下流までをトータルでとらえるという考え方を国全体に広げると、さまざまな産業で原材料調達などを環境配慮度合いの低い海外に依存せざるを得ない場合もありますし、大量に二酸化炭素を排出して製造された製品が輸入されることもあります。一方で、国内では、環境配慮型の工程で製造された製品や、製品そのものが環境性能が高いというものも多数あり、そのような製品が輸出されて、海外での排出削減に貢献している場合も多数あると考えられます。これらをトータルで捉えて、わが国の産業全体として、世界全体でみて二酸化炭素排出を削減できるような産業構造とすることが望まれます。

このような考え方に立つと、例えば、わが国の製鉄業では、同じ量の粗鋼を生産する際に排出される二酸化炭素の量で比較して、海外より4割程度少なく済んでいます。このすぐれた技術を活かして製造した鉄鋼を大量に輸出することにより、わが国が逆に外国から輸入している分の影響を差し引いても、平成19年時点で、世界全体で1,400万トン（わが国の総排出量の1%強に相当）の排出削減に貢献しているものと計算されます。また、ある自動車メーカーでは、同社の「サステナビリティレポート2009」において、海外も含めてハイブリッド自動車を累計で180万台以上販売しており、世界全体での累積二酸化炭素排出削減効

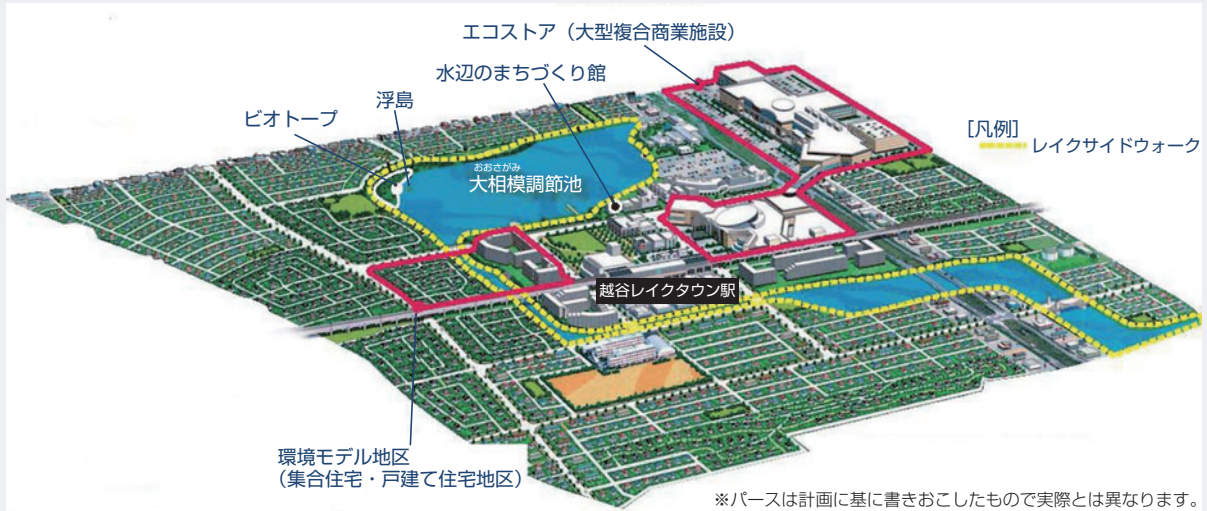
図2-4-7 オフセット・クレジット（J-VER）制度について

○国内で実施されたプロジェクトによる温室効果ガス排出削減・吸収量を、カーボン・オフセットに用いられる一定の信頼性が確保されたオフセット・クレジット（J-VER）として認証する制度。環境省が平成20年11月に創設。
 ○本制度により、市民・企業・自治体等がカーボン・オフセットを行うための資金（J-VER購入資金）が、地方の森林整備や地域地場産業等の国内の排出削減・吸収プロジェクト事業者に還流される。



出典：環境省

図2-4-8 越谷レイクタウン土地画整理事業



出典：独立行政法人都市再生機構 埼玉地域支社

果は1,000万トン以上に達しているとしています。ほかにも、海水淡水化などの浄水処理方法として、わが国の企業が得意とする技術に逆浸透膜法があり、ある膜製造メーカーでは、同社の膜技術を世界に普及させ、旧来の蒸発法と置き換えることにより、平成19年現在で約940万トンの二酸化炭素削減に貢献しているものと見積もっています。これらの事例のように、すでに大きく海外での**温室効果ガス**の削減に寄与しているケースも現れていますが、わが国としては、さらにさまざまな産業において同様の努力を継続し、新成長戦略にあるとおり、民間ベースの技術を活かした世界の温室効果ガスの削減として、わが国の総排出量に匹敵する約13億トン-CO₂の削減を目指すべきと考えられます。

地球温暖化に問題意識を持ち、生活や事業活動から排出される二酸化炭素を削減したい人々（個人、法人とも）に対して、利用するさまざまな商品やサービスからの二酸化炭素排出量の情報提供、すなわち「見える化」は、その行動を強く後押しします。また、人々の地球温暖化に対する問題意識の高まりに呼応して、二酸化炭素の排出削減に取り組む姿勢が、企業や商品のブランド価値を高める時代になってきました。このような状況を背景として、例えば**カーボン・オフセット**付き商品サービスを提供することにより、自社ブランドのイメージを向上させることも狙って、海外から買い取った二酸化炭素排出権を国に寄付し、カーボン・オフセットを行う企業が増加中です。また、類似の仕組みである**グリーン電力証書制度**についても、契約電力量が近年急激に増加しているところです。カーボン・オフセットについては、行政においても、例えば環境省において、その普及を後押しすることによって二酸化炭素排出削減・吸収に貢献するとともに、民間資金を国内の山村地域に還流して地域活性化を図る

ことを目的に、**オフセット・クレジット（J-VER）制度**の運営などが行われています（図2-4-7）。

中小企業等の二酸化炭素削減努力を後押しするため、平成20年10月、排出量取引の国内統合市場の試行的実施に併せて、大企業の技術・資金等を提供して中小企業等が行った温室効果ガス排出抑制のための取組による排出削減量を認証し、大企業が自主行動計画等の目標達成のために活用する仕組みである国内クレジット制度が始まりました。

また、大胆に街ぐるみで住宅や商業施設からの二酸化炭素排出削減に取り組む事例も現れてきました。東京都千代田区では、平成20年1月に制定した千代田区地球温暖化対策条例に基づき、区有施設などにおいて率先して電力量の削減に取り組むため、平成20年度から区が管理する街路灯を省エネルギー型の照明に交換しています。すべての街路灯5,501基が交換されたと仮定すると電力量は約250万Kwh削減されます。これは、一般家庭約700世帯が1年間に消費する電力量に相当します。また、埼玉県越谷市では、独立行政法人都市再生機構（UR都市機構）を施行者とする「越谷レイクタウン」土地画整理事業において、自転車専用レーンを設け、ほとんどの住まいを駅徒歩15分圏内とするコンパクトな街づくり、調節池から流れる冷気の活用、集合住宅における太陽熱セントラルヒーティングの活用のほか、大型複合商業施設では、都市ガスを利用した高効率の冷暖房（ハイブリッドガスエコシステム）や太陽光発電を導入して従来型ショッピングセンターと比べ二酸化炭素排出を20%削減するなど環境共生のまちづくりがなされています（図2-4-8）。

なお、「越谷レイクタウン」は、このような取組により「環境に配慮した住みよいまちづくり国際賞」として唯一の国際的表彰制度である「リブコムアワード

2009」において、日本で初めてプロジェクト賞の金賞を受賞しました。

これらの取組事例のように、企業が自主的に二酸化炭素排出権や割高なグリーン電力を購入したり、民間主導で二酸化炭素削減を目的とした大型プロジェクトが実行されたりするようになってきたということは、それだけ地球温暖化対策の意義が人々の間で浸透してきたことの現れであり、同時に環境を保全しながら経済をも発展させるための具体的な方法論が産み出されてきたことの現れであると考えられます。

地球温暖化対策の取組は、わが国一国にとどまるものではありません。また、地球温暖化問題の解決のために、人々の文化や豊かさが犠牲になるようでは、継続的に対策を行うことはできないでしょう。生活水準を落とさずに対策を行うには、革新的な技術が必要です。そして新成長戦略にも掲げられているとおり、わが国の環境技術は、今後の日本経済にとり最大の強みであり、世界の二酸化炭素排出削減に貢献できるものであるといえるほどのすぐれたものと考えられます。

ハイブリッド車や二次電池、あるいはヒートポンプ技術などでの国際的な技術優位性については改めて指摘するまでもありませんが、ほかにも省消費電力型ディスプレイや次世代の照明として有望視される有機ELの材料では、わが国の企業が世界シェアの90%を占めているほか（図2-4-9）、太陽光発電システムやハイブリッド車などに使用され、市場規模では年率20%近い成長を続けるパワーデバイス（パワー半導体）などの分野においても、わが国は世界有数の技術やシェアを誇っています。さらには、前述したように、新成長戦略において、わが国の民間ベースの技術を活かした世界の**温室効果ガス**の削減目標値として約13億トン-CO₂が掲げられているところであり、正に「環境が牽引する経済発展」を実現するに足る条件が備わっていると考えられます。

しかしながら、それぞれの国情や激しい国際競争の実態にかんがみると、全世界にわが国の製品や技術を普及させることは、必ずしも容易ではありません。わが国のもつ省エネルギー技術などは、最適な操業を行うための維持管理に高度な知識を要することや、一部の途上国には技術移転に係る費用の負担が大きすぎる場合があること、企業の持続的な開発・普及に不可欠な知的財産権の適切な保護等が必要であることから、技術の移転・普及に向けては、当該国の国情に応じた最適な技術の特定・開発や、技術の維持・管理のための人材育成、適切な資金支援や法制度整備を行っていく必要があります。こうした取組を促進するためにも、

図2-4-9 有機ELラウンジ



写真提供：財団法人山形県産業技術振興機構

鳩山イニシアティブを通じ途上国支援の仕組みを有効に活用するとともに、日本が世界に誇るクリーンな技術や製品・インフラ・生産設備などの提供を行った企業の貢献が適切に評価される仕組みの構築など、相手国とウィン・ウィンの関係をもって進めることも検討の視野に入れるべきでしょう。

他方で、わが国の産業界は、世界に先駆けてさらなる環境技術の高度化を追求し、率先してそのようなトップランナーの生産技術を導入することも忘れてはなりません。これにより、潜在的な可能性としては、例えば、(独)新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)の調査結果によれば、わが国の石炭火力発電所の熱効率がトップランナー機器に置き換わったと仮定すると、約400万トンの二酸化炭素排出の削減が可能であるとされています。

これらには技術的に大きなチャレンジがありますが、その可能性を秘めているのがわが国の底力であり、わが国には、その技術力を発揮することによる地球温暖化問題解決への貢献が求められます。こうしたチャレンジを克服していく過程で、今後のわが国の経済を強力に牽引する「輸出商品」が誕生することにつながると思えます。

コラム 量子ドット太陽光発電

地球温暖化対策にとって、太陽電池技術は極めて重要です。しかし、太陽電池のエネルギー変換効率が、シリコンの理論上の限界とされる29%に近付きつつあり、この限界を乗り越える新材料や新構造の出現が期待されています。量子ドットは、この太陽電池の性能限界の突破に向けて重要な役割を果たすことが期待されています。量子ドットを用いると、理想的には60%以上の効率を図ることができます。集光システムを用いれば、既存の太陽電池パネルの1000分の1の面積で同等の電力を生成することが可能になります。

半導体量子ドットは、荒川教授らの研究によって1982年に生まれた日本発の革新的基礎技術です。太陽電池の仕組みは、半導体に太陽光が当たり電子が動くことで電流が生じます。しかし、現在のシリコンなどの半導体ではその中の電子が自由に動き回るため、電極に達した電子しか取り出せていないため、限界があります。今、この中に「量子ドット」という10ナノメートル（ナノは10億分の1）程度の寸法を有する箱を置いたとします。もし箱のポテンシャルが電子にとって低ければ、電子は箱の中に閉じ込められ運動の自由度を失います（右図）。量子ドットに閉じこめられた電子は、効率よく電極に達することになります。箱の形を変えたりすれば、電子のエネルギー（振動数）を制御することができます。ちょうど管楽器が形によって音色や音程を変えていることに相当します。左図に示すように、自然界で勝手に飛び回っていた電子を量子ドットという小さな箱の中に捕捉し、これにより電子の性質を自由自在に変えてやることのできるのです。

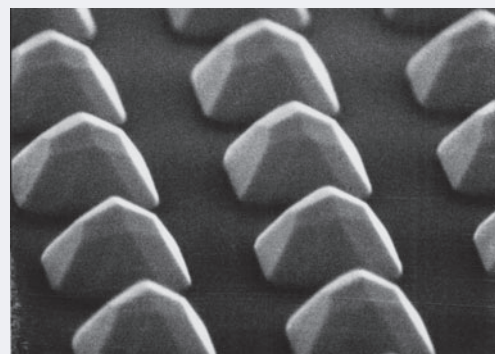
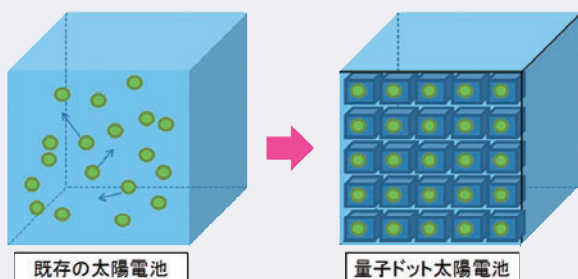
太陽電池の変換効率の限界を決めているエネルギー損失の主たる要因として、太陽光のすべての

波長のエネルギーを吸収できないという透過損失と、受け取り可能な光エネルギーより大きなエネルギーを吸収した場合、それが半導体内部で熱に変わって失われてしまうという熱損失があります。量子ドットのエネルギーの離散性を活用すると、熱損失を抑制することが可能になります。また、いろいろ工夫することにより、透過損失も解消できます。これらにより、理想的には、60%以上の効率の実現を図ることができます。

材料としては、これまでは主として化合物半導体による量子ドットが用いられてきていますが、最終的にはシリコン系量子ドットによる太陽電池の実現が期待されています。しかし、現時点は大きな課題が山積しており、今後長期的な視点で研究開発を行っていく必要があります。例えば、量子ドットの寸法と位置の完全制御や、高品質な材料開発も不可欠です。さらに、原理的にも明らかにしなければならないことがたくさんあります。

量子ドットは、日本の研究者が世界をリードしてこれまで研究開発を推進してきた研究分野です。量子ドット太陽電池への展開についても今後わが国の英知をさらに結集させることにより、世界の先頭を切って高効率太陽電池の実現に貢献できるものと期待されます。ただし、短期的に過大な期待をするのは危険であり、20~30年の長期的な研究開発の取組が必要です。幅広い裾野をもつ多数の研究開発者の人材育成を含めて、今後わが国として研究開発体制を確立することが必要であると考えられます。将来、量子ドット太陽電池は、グリーン・イノベーション創出に向けて最も重要な基盤デバイスの一つとして位置づけられることになるでしょう。

量子ドット概念図と電子顕微鏡写真



写真提供：東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長荒川泰彦教授

3 温室効果ガスの排出が削減された将来世代の暮らし

あらゆる主体の参加による地球温暖化対策が功を奏して温室効果ガスの排出が削減された社会、低炭素社会というのはどのような社会なのでしょう。ここまで環境対策を経済成長の制約要因と考えるのではなく、むしろ経済成長のためにグリーンイノベーション、環境産業を振興すべきと述べてきました。地球温暖化対策は長期にわたる努力が必要です。長期目標の目標年である2050年の日本社会はどのようなものになっているのでしょうか。

二酸化炭素削減の方法はさまざま、技術や施策の導入年もさまざまなシナリオが考えられ、当然、シナリオによって2050年の社会の姿は変わります。



望ましい社会経済の姿は人それぞれ、一つではありません。例えば、環境省では、**地球環境研究総合推進費**による戦略的研究開発プロジェクト「脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト（以下「2050年脱温暖化社会プロジェクト」という。）」において、初めに望ましい2050年の社会経済の姿を想定し、それが実現可能かどうか、そして実現するためには何をすべきなのかを検証するというアプローチ（バックキャスト手法）を用いて、将来像に幅を持たせ、経済発展・技術志向型のビジョンAと地域重視・自然志向型のビジョンBを想定して、それぞれエネルギーサービスの需要を含むその具体的な姿を描きました（図2-4-10）。

ビジョンA「活力・成長志向」では、次のような将来像を想定しました。すなわち、企業や政府などの

積極的な技術開発投資を背景に技術進歩率は高く、また社会全体として経済活動は活発であり、1人当たり年間経済成長率2%／人・年を維持しているような社会です。これらの高い経済成長率を支える要素としては、技術進歩に加えて個人レベルでの活発な消費と高い労働意欲が挙げられます。就業に関しては老若男女や国籍の区別がほとんどなく、個人の能力、特性、専門性に応じた雇用が標準となり、機会の平等が実現しています。また、これまで女性が担ってきた家事は大部分が外部化・機械化されており、仕事以外の空いた時間は自分のキャリアアップのために活用するなど、人々は「自分の夢」のために費やす時間が多くなっています。また、消費に関しては新しい技術や製品・サービスを積極的に受け入れるため、消費は旺盛であり買い替えのサイクルも比較的短い社会です。一世帯の構成人数は減少し、家族よりも個が重視され、若者や高齢者の一人暮らしが増加します。地方より都心部、戸建て住宅よりも集合住宅に居住する人口が増加し、利便性の高い生活を好む風潮が強くなると考えられます。

一方、ビジョンB「ゆとり・足るを知る」では、Aと異なり、1人当たり年間経済成長率は1%／人・年であるが、ボランティア活動など経済として現れない活動も活発に行われるため、必要なサービスは充分享受できるとしました。そのほか、地方においても充分な医療サービスや教育を受けることが可能になるなど、不便のない生活が可能になっていくため、自らのライフスタイルに合った特色のある地域（地方等）に移り

図2-4-10 低炭素社会構築に向けた2つの社会ビジョン

シナリオA：活力、成長志向	シナリオB：ゆとり、足るを知る
都市型/個人を大事に	分散型/コミュニティ重視
集中生産・リサイクル 技術によるブレイクスルー	地産地消、必要な分の生産・消費 もったいない
より便利で快適な社会を目指す	社会・文化的価値を尊ぶ
GDP1人当たり2%成長	GDP1人当たり1%成長
	

絵：今川朱美

資料：2050日本低炭素社会シナリオチーム（独立行政法人国立環境研究所、国立大学法人京都大学、みずほ情報総研株式会社）より環境省作成

住んでいく人が増加し、結果的に都心から地方への人口・資本の分散が進むものと想定しました。その結果、農村などで庭付き一戸建てをもつ人が増加するなど、戸建て住宅に居住する人が増加し、一世帯当たりの構成人数と床面積が増加すると考えられます。ワークスタイルとしては、各家庭のライフプランにあわせて二人でバランスをとりながら収入を確保するスタイルが普及・定着しています。そして家事については家族内で分担されたり、地域内のボランティアやNGOなどがそれぞれの地域で提供している無償のサービスなどを活用したりするケースが多く見られます。一方で家族と過ごす時間が増加し、余暇時間には趣味やスポーツ、習い事などのほかに、ボランティア活動や農作業、地域活動に従事する人が増加するでしょう。このように、一つの地域の中にも多様な個性が存在するが、その分他者を尊重し、共に強みを出し合って協力しあう知恵を持って生活しているといった社会経済がイメージされています。

環境省の委託調査である2050年脱温暖化社会プロジェクトでは、ビジョンAもビジョンBも、実のと

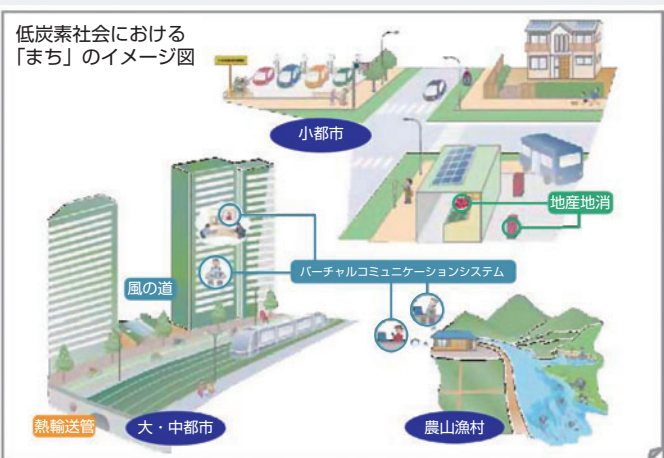
ころ、従来のさまざまな日本社会長期将来見通しと大差なく、諸想定範囲内に収まっているものであり、実際には、これらの社会経済ビジョンへいたる2つのシナリオは調和しながら混在しつつ進行していくのだろうとしています。また、同プロジェクトでは、いずれのビジョンについても、2050年にわが国の二酸化炭素排出量を1990年比で70%削減することが可能であることを示しました。さらに、環境省では、この研究成果を踏まえて、経済性、政策的実現性も考慮して技術的に二酸化炭素を80%削減しつつ需要に見合うエネルギーの供給が可能かどうかを検証しており、80%削減は可能という結論に達しました。

一方、技術革新の観点から将来像を想像することもできます。平成20年度に、18人有識者ヒアリングや一般からの意見募集を踏まえて、中央環境審議会地球環境部会において取りまとめられた低炭素社会の具体的なイメージでは、例えば図2-4-11のような社会像が示されており、低炭素社会の実現に向け、①カーボンミニマム、②豊かさを実感できる簡素な暮らし、及び③

図2-4-11 低炭素社会の具体的なイメージ まち

大都市・中都市	小都市	農山漁村
<ul style="list-style-type: none"> ■住みやすく、にぎわいのあるコンパクトな都市が形成。 ■道路は自転車や安全に走行できるよう整備。 ■パーソナル移動体を活用。 ■都市規模や既存インフラに応じ、鉄道・バス・LRTを組み合わせた公共交通網が整備。 ■集合住宅比率が高く、職場と住居は近接。 ■下水汚泥等都市における未利用エネルギーの積極的活用（小都市も同様）。また、熱輸送管が整備され地区レベルで排熱を含むエネルギーを有効に活用。 ■風の通り道となる緑地や水辺などが確保され、ヒートアイランド現象が緩和。 ■屋外照明・広告の減少等により星空の観察が可能。 ■集中豪雨に伴い都市型浸水が起こることがないような治水施設が整備。 	<ul style="list-style-type: none"> ■世帯数が減少する局面においては、例えば鉄道駅等が拠点となり周辺に業務・商業施設、居住地域がコンパクトに集積し、都市周辺部は緑地・農地等の保全が図られている。 ■ICTの進展により利便性が大幅に向上したバスが公共交通機関として中心的役割を果たす。需要に応じてさまざまなサイズのバス運行（農山漁村も同様）。 ■都市部周辺には農地があり、地産地消が行われやすい環境にある。 ■中層建築物について、国産材を活用した木造建築及び木造・鉄骨のハイブリッド建築物の比率が高まる。 ■多自然川づくりにより、地域の暮らしや歴史・文化に配慮し、自然が本来有している生物環境や河川景観を保全創出しつつ治水が行われ、災害に強いまちになっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ■森林の設備・保全の推進によるCO₂吸収源の確保。 ■経営規模の拡大、効率的な生産により、第一次産業は活性化。 ■移動については自動車の比重が高いが、自動車はモーター駆動もしくはバイオ燃料で走行。 ■住居・建築物のほとんどは木造。 ■地域で発生する廃棄物系バイオマス、稲わらや間伐材等の未利用バイオマス、資源作物などがエネルギーや製品の供給源。 ■地域関係者連携の下、地域に賦存するバイオマスを総合的に利活用する取組が全国に広がっている。 ■通信システムの高度化により、自然豊かな地域に居住しながらの就業が可能。また、医療サービスや教育の十分な享受も可能。 ■森林の整備・保全を通じた公益的機能のさらなる発揮により、山地災害の防止に寄与。地域に応じた適応策。

まちの規模と低炭素社会の構成要素
ほかの地域と比べて普及率が高い部分に線を引いている。

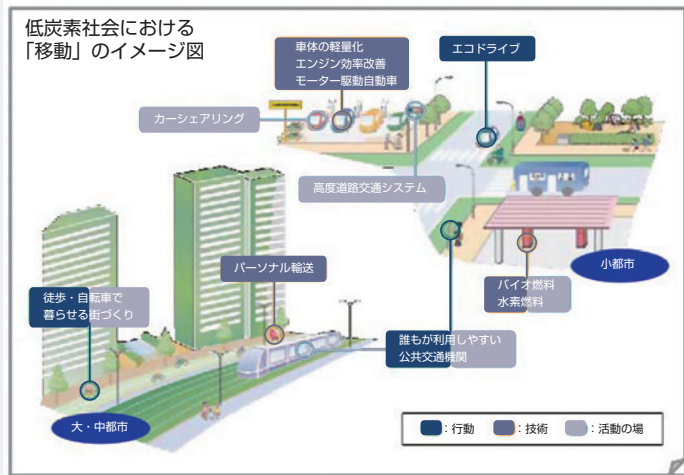


	大都市・中都市	小都市	農山漁村
交通	徒歩・自転車		
	パーソナル移動体		
	鉄道・LRT		
住宅・建築物*	高層住宅・建築物		
	中層住宅・建築物（木造比率の増加）		
エネルギー	低層住宅・建築物		
	太陽光・熱		
	熱融通	風力	バイオエネルギー供給源

*低層は2～3階、中層は4～7階、高層はそれ以上と大まかに分類

資料：2050日本低炭素社会シナリオチーム（独立行政法人国立環境研究所、国立大学法人京都大学、みずほ情報総研株式会社）より環境省作成

図2-4-11 低炭素社会具体的イメージ 移動



行動 Behavior

- ・移動手段ごとのCO₂の排出量の「見える化」や高度道路交通システムによって、移動者は公共交通機関の運行情報について把握することができ、その情報に基づき環境負荷の小さい移動手段を選択。
- ・都市部での自動車利用は共同所有やレンタルが主流。
- ・地域の物づくりに住民はさまざまな形で積極的に参加している。
- ・貨物の荷主・物流事業者は低炭素な輸送手段を積極的に選択。

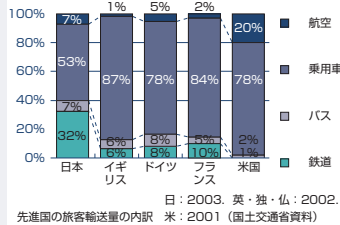
技術 Technology

- ・車体の軽量化、エンジン効率改善、モーター駆動自動車（プラグインハイブリッド自動車・電気自動車・燃料電池自動車）の普及により、自動車単体は大幅に高効率化。自動車による大気汚染問題は大きく改善されている。
- ・さまざまな種類のパーソナル移動体（1人乗り）が数多く誕生。移動手段の選択は大幅に広がる。
- ・高度道路交通システムが渋滞緩和、輸送効率改善に寄与。移動体の自律的な運転も実現。安全性も大きく向上し交通事故が大幅に減少している。

行動や技術を支える基盤 Foundation

- ・都市の規模・特性に応じて鉄道、バス、モノレール、LRTなどといった公共交通機関が適切に選択、組み合わせられて運用されている。
- ・物流については先端的な情報技術によって高度管理が行われ、また、貨物鉄道駅や港湾等の貨物に関するインフラが整備されることで、鉄道・船舶・自動車・台車が適切に組み合わせられ、低炭素物流システムが形成されている。（大量輸送機関、共同集配による効率化）
- ・公共交通機関の駅を中心としてトランジットモールや自転車道等が形成されるなど、歩行者や自転車利用者、高齢者にやさしいコンパクトな街が形成されている。
- ・カーシェアリングシステムが整備され、人々は必要なときに必要なサイズの自動車をレンタルする。
- ・自転車についても、高度情報技術を用いた管理システムによるレンタルサービスが各所に普及。
- ・環状道路整備等の渋滞対策、ボトルネック踏切等の対策、多様で弾力的な高速道路の料金施策等の推進により渋滞がなくなりスムーズに走れる道路が実現。また、高度道路交通システムの活用等道路交通情報の提供の充実等により自動車交通の運用の効率化が図られている。

日本の誇り高い公共交通機関利用率

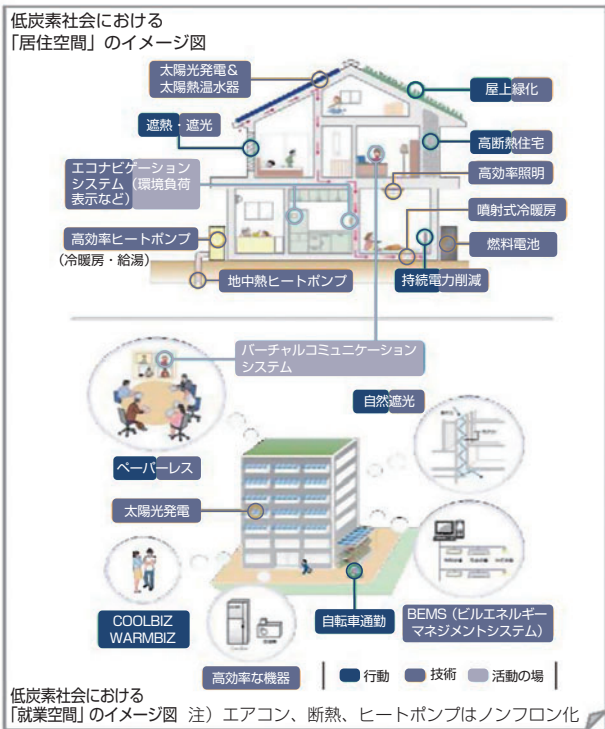


すぐれた移動体技術



資料：2050日本低炭素社会シナリオチーム（独立行政法人国立環境研究所、国立大学法人京都大学、みずほ情報総研株式会社）より環境省作成

図2-4-11 低炭素社会具体的イメージ 居住



行動 Behavior

- ・家でも職場でも、無駄にエネルギーを使わないようにする。自然のエネルギーは有効に利用するという心構えが当たり前になっている。
- ・「見える化」技術によって提供される正確な情報に基づき、省エネ行動を実践している。
- ・無駄なエネルギーを使わないようにするという点について、家庭、マンション住民、社員といったそれぞれの構成員が、常に高い環境意識の下に協働して省エネを実現している。
- ・洗練された高度情報技術の活用によって、自宅の立地に関わらず、自宅や自宅近辺の施設において会社と同様の作業環境を構築することができ、働き方の自由度が大幅に増している。企業にとっても、立地の自由度が高まり、大都市に立地せずとも世界市場での仕事ができるようになる。

技術 Technology

- ・わが国の「ものづくり」力を集結したエネルギー効率の高い機器（高効率ヒートポンプ、高効率照明など）や自然エネルギー利用技術が開発され、広く普及している。
- ・電力や熱は、太陽エネルギー利用や燃料電池などによって住宅・建築物において生産されたもの、系統電力や熱輸送管などを通じて外部から供給されたものが合理的に組み合わせられて消費されている。
- ・ITによる高度制御技術によって照明や空調は生活者の動きにあわせて運転されている。

行動や技術を支える基盤 Foundation

- ・木造住宅・建築物の普及が拡大。中層階の建築物にも木造が採用されている。
- ・地域それぞれの気候条件に適した住宅を生み出すデザイナーと匠が育成され、自然を建物内に上手に取り入れ、また、冬季は暖房を使わなくとも十分に暖かい、快適な空間を提供する建物が普及している。
- ・長期にわたって使用可能な質の高い住宅（「200年住宅」）や、建築物の寿命を延ばす工法、エコ改修が普及。既存住宅の流通シェアが拡大している。
- ・各自が使用している機器のCO₂排出量を、いつでもどこでも把握できる「見える化」（環境負荷の表示、環境配慮行動に関するアドバイスなど）インフラが整備されている。

低炭素社会における「就業空間」のイメージ図 注）エアコン、断熱、ヒートポンプはノンフロン化

資料：2050日本低炭素社会シナリオチーム（独立行政法人国立環境研究所、国立大学法人京都大学、みずほ情報総研株式会社）より環境省作成

自然との共生の実現を基本理念として、あらゆる主体が取組を進めていくことが必要とされています。
また、現時点ではまだそれほど普及していない、あ

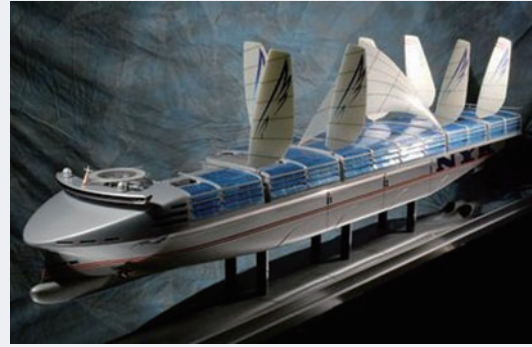
るいは実用化の用途は立っていないが、将来的に有望視されているような地球温暖化対策に資する技術は数多くあります。例えば工場・発電所や廃棄物焼却炉な

どから発生する廃熱の利用は、現在も施設内等では比較的多く用いられていますが、デンマークなどでは、さらに大規模な利用がなされています。例えば、コペンハーゲン市では総配管延長1,500kmの地域熱供給システムが完成しており、約50万人の住民が地域暖房ネットワークに接続済みとなっています。熱源としては、化石燃料又はバイオマスを燃料とするコージェネプラント（熱電併給）が約6割、廃棄物焼却からの廃熱が2~3割となっています。わが国では、現時点では熱供給事業の搬送距離は最大でも2km程度と欧米に比べ小規模な水準にとどまっていますが、熱エネルギーをそのまま熱として利用することはエネルギー効率が良く、現時点で活用されていない熱自体も多量にあることから、今後、廃熱利用のインフラストラクチャーが整備され、廃熱の有効活用が進むことが大いに期待されます。

交通・運輸部門では、陸上交通ではすでに実用化されつつある電気自動車に加え、水素自動車や燃料電池車が普通に街を走る時代がすぐに来るかも知れません。内燃機関で動く乗り物では、自動車のほか航空機や船舶にもイノベーションの波は押し寄せています。外洋を航海し、大量に物資を輸送する船舶は、かつて大航海時代には「風力」で走っていたものですが、今後また、風力や太陽光などの「再生可能エネルギー」で動くようになるかも知れません。平成20年4月に発足した民間プロジェクトでは、重油を燃料とする従来のディーゼル機関に代えて燃料電池を採用し、風力、太陽光も活用したほか、船底にはサメの肌を参考に水の抵抗を軽減する特殊塗装も施し、現在のコンテナ船に比べ、二酸化炭素の排出を69%も削減できるエコシップを構想しました（図2-4-12）。同プロジェクトでは、2050年を目標に二酸化炭素を排出しないゼロ・エミッション船の実現も目指しています。

さらに、化石燃料に代わるエネルギー源として、現

図2-4-12 エコシップ構想の例



写真提供：日本郵船（株）

在も太陽光やバイオマスなどが利活用されていますが、現時点ではまだ商業利用には至っていないものとして、ボトリオコッカスなどの微細藻類によるオイル生産があります。微細藻類のオイル生産性は、とうもろこし等のほかの産油植物と比べて格段に高く、世界の石油需要をすべてとうもろこしから産生される燃料に置き換えたとしても、地球上の全耕作地の14倍もの面積が必要となるのに対し、微細藻類では、理論上、全耕作地の1.8~4.2%でまかなうことが可能とされています。また、究極の再生可能エネルギー技術として、2050年頃には宇宙空間で太陽光を利用した発電が行われているかも知れません。地球上の限りある資源を節約しながら使う時代から、無尽蔵でクリーンな太陽エネルギーを、天候に左右されることなく安定的に利用する技術。つくり出した電力はマイクロ波やレーザーに変換して地上に送ります。これは一見荒唐無稽にも思えますが、実は何百年も未来の物語ではなく、独立行政法人科学技術振興機構において、2033年（平成45年）頃に適用されるのではないかと真剣に予想されている「技術」なのです。

コラム 微細藻類の可能性

微細藻類は、「オイルシェール（石油頁岩）」を作った生物として知られています。藻類には、脂肪や炭化水素を大量に産出する種が多く、これらの藻類をバイオマスエネルギーの原料として利用することは、1970年の石油危機後から主に米国で研究されてきました。藻類のオイル生産能力は年間約47トン～140トン/haと算定され、トウモロコシ、大豆、ペニバナ、ヒマワリ、アブラナ、オイルパームなどの産油植物と比較すると、25～120倍もあります。

例えば、米国の輸送で費やされるオイル量の半分を藻類オイルで賄うとすれば、藻類の培養に必要なプールの面積はコロラド州の1/7～1/20程度にすぎない190～560万haでこと足ります。米国では輸送部門のエネルギー消費量が全消費量の約7割を占めていることから、広大な砂漠を利用した藻類ディーゼル生産技術開発が注目されています。

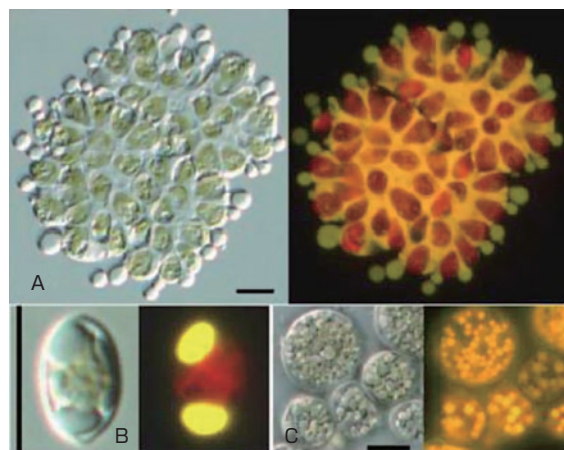
緑藻類 *Botryococcus braunii*（以後「ボトリオコッカス」という。）は、藻体乾燥重量当たり20～70%の重油相当の炭化水素を産出することで知られている藻類です。ボトリオコッカスは、「細胞内、及びコロニー内部にオイル成分を産出する」ことが特徴で、細胞を壊さずにオイルのみを採取することが可能です。また一般的な植物性オイルは、金属を酸化させたり、残余オイルが固化したりするのにに対し、この微細藻類が産出する炭化水素は、化石燃料のように既存システムを用いて精製利用をすることができます。筑波大学では、この有望なボトリオコッカス株を取得しており、コスト面で有利な大規模開放系利用の研究開発を進めています。

筑波大学における当面の研究開発目標は、「オイル生産効率を1桁向上させる（収量で1,000 t/ha

／年）」ことです。2020年までに実規模生産プラントで実証し、2025年までにそれを社会へ適用していく計画を描いています。

近年、わが国では、耕作放棄地の荒廃が問題になっています。22万haある「耕作放棄地」のすべてに微細藻類培養槽を設けることで、年間石油輸入量に当たる2.2億トンのオイル生産、約6.57億t-CO₂/年の二酸化炭素排出削減に寄与できる可能性があります。太陽光発電との用地競合も考えられますが、将来の低炭素社会においても素材製造、飛行機燃料など、「油の火力ニーズ」は存在すると考えられます。

ボトリオコッカスは、国産の新しいエネルギーとして期待されています。



選択培養試料から培養株として確立されたオイル生産微細藻株
 A. 20mM NaHCO₃条件で選抜されたボトリオコッカス培養株
 B. 0.35%海水条件で選抜された単細胞性緑藻株
 C. 20mM NaHCO₃条件で選抜されたクロロコッカム様緑藻株

参考文献、写真提供：藻類バイオマスエネルギー技術の展望、筑波大学生命環境科学研究科 渡邊 信

まとめ

本章では、ここまで、地球温暖化の被害の状況や対策の経済上の効果を論じた上で、温暖化対策に関する国内外の取組を紹介してきました。地球温暖化対策の進め方にはさまざまなオプションがあり得ますが、いずれにしても、地球温暖化問題の解決のために、私たちの文化や豊かさが犠牲になることがあってはいけま

せん。地球温暖化の進行には、私たちの日々の活動すべてが大きく関係しています。そして、その悪影響は、私たちだけでなく、未来の子どもたちまで永く続きます。私たちは、すぐにでも手立てを講じてこの問題に立ち向かい、**温室効果ガス**の排出が削減された持続可能な経済社会、新しい日本を目指します。

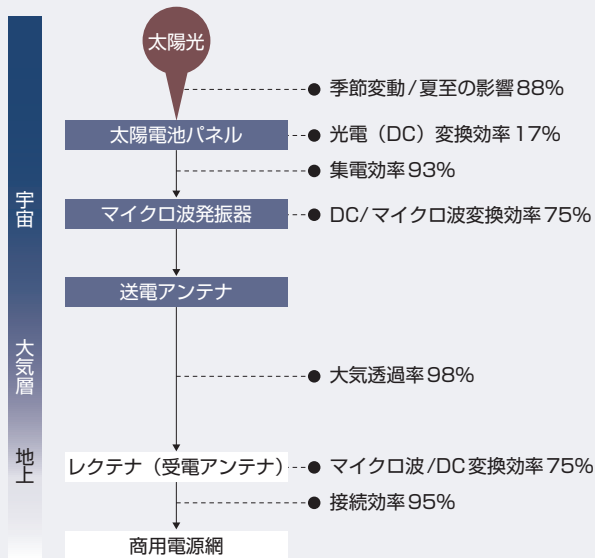
コラム 宇宙エネルギー利用システム

宇宙エネルギー利用システム（SSPS：Space Solar Power Systems）とは、太陽光という無尽蔵なクリーンエネルギーを赤道上空約36,000kmの静止軌道上で収集し地上へ送り届けるエネルギー供給施設です。

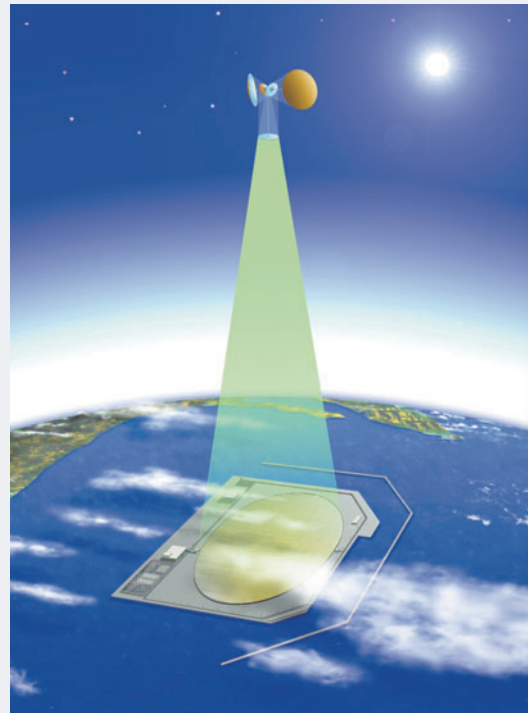
SSPSのシステム構成や形状については、これまでに国内外でさまざまな種類のものが検討されて

きています。一例として、マイクロ波SSPSは、静止軌道上の太陽電池で発電した電力をマイクロ波に変換して地上に伝送します。地上では、受けたマイクロ波を電力に再度変換して利用します。軌道上の集光設備を直径数kmの規模とすることで100万kW程度（原子力発電所1基分相当）の発電を行うことができます。

マイクロ波によるエネルギー伝送の概念



マイクロ波SSPSのイメージ



出典：独立行政法人宇宙航空研究開発機構ホームページ