

持続可能な低炭素社会を考える

経営戦略研究部
河口 真理子

- 地球温暖化問題が高い関心を集めるようになり、様々な地球温暖化対策が議論されている。これらは技術が中心で、かつその中には、二酸化炭素削減にはつながっても資源の枯渇や生態系へのダメージなど他の環境問題を引き起こすリスクの高い技術なども含まれている。
- そもそも、温暖化対策の目的は、持続可能な低炭素社会構築にある。今必要とされる温暖化対策とは、循環型・自然共生型の低炭素技術であり、また低炭素社会に誘導するような仕組みの構築である。

はじめに：地球環境問題への対策とは持続可能な生態系の保全から始まる。

例年になく暑い夏や、台風・ハリケーン、旱魃などの異常気象が世界各地で多発していることもあり、急速に地球環境問題に対する関心が高まってきている。地球温暖化問題に社会の関心が集まるのは望ましいことだが、地球環境問題は温暖化問題だけではない。

そもそも地球環境問題とは、人類の経済活動による資源や生態系の収奪・活用・消費・汚染のレベルが、地球環境が処理・再生産できる範囲を超えたことにより生じるもろもろの弊害や問題を指す。現在懸念されているのは、様々な環境問題が複合的に作用して人類の持続可能性を損ねる危険性が高まっていることである。

もろもろの環境問題の中で地球温暖化問題は、地球全体にかかわる問題であること、その原因が化石燃料に依存している現在の経済活動と考えられていることから、代表的な環境問題とされている。現在様々な温暖化対策が実施・議論されているが、それらの中には、温室効果ガスの排出は削減するが、他の環境問題を引き起こすような技術の提案なども含まれている。ただ、対処療法的に二酸化炭素の排出量を減らしても根本的な環境問題の解決にはならないことがある。無理やりに高熱の病人に熱さましを飲ませても、病気の根本原因を直したことになるのと同様である。求められる抜本的な地球温暖化対策とは、人類の地球環境とのかかわり方を見直し、有限な地球資源を前提とした経済システム、持続可能な低炭素社会への移行である。

1. 持続可能な地球環境対策の考え方：その考え方の枠組み

(1) 地球環境問題の整理

環境問題には、水系（河川・湖沼・海洋）の汚濁、大気汚染などの地域における公害問題、酸性雨などの広域の公害問題、過剰な森林伐採による生態系破壊、灌漑用水くみ上げのための地下

水の枯渇、表土流出、砂漠化、生物多様性の破壊、有害化学物質が生態系に与える被害、廃棄物問題、鉱物資源や化石燃料などの資源掘削時の有害物質による地域環境汚染問題、および枯渇問題、森林・漁業など再生可能資源の過剰収奪による枯渇問題、フロン類によるオゾン層破壊、温室効果ガスの増加による地球温暖化問題などである。これらの環境問題はそれぞれ複雑に関連しあっている。しかし、最も重要な環境問題は、地球温暖化問題、資源の枯渇、生態系の劣化の3つに集約することが出来る¹。以下簡単にその概要を記す。

1) 地球温暖化問題

地球温暖化問題とは、温室効果ガス排出量の増加で地球の大気中の気温が上昇することによって、生態系や気象などに様々な被害をもたらすことをさす。実際に二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量は化石燃料を使用し始めた産業革命以降、顕著に増加している。地球の生態系は、二酸化炭素を吸収するが、現在では地球の吸収量(30ギガトン)の倍である60~70ギガトンが毎年大気中に放出され蓄積されている。そして、産業革命以前と比較して現在の地球の平均気温は0.74度上昇してしまった。2007年2月に発表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第四次報告書の第一次作業部会報告では「気候システムに温暖化が起こっていると断定するとともに、人為起源の温室効果ガスの増加が温暖化の原因とほぼ断定」された。同報告書によるとCO₂の濃度は産業革命以前の280ppmから、2005年には379ppmに上昇し、21世紀末の平均気温上昇は、社会シナリオによって幅があるが、二酸化炭素の濃度は450ppm^{1.8} ~ 6.4になると予想されている。ここで重要なのは、想定されている社会シナリオによって上昇幅が大きく変化すると考えられている点である。

上昇幅を1.8(1.1~2.9)にとどめるためには、最終的なCO₂濃度を400~450ppmで安定化させる必要がある。そのためには直ちにCO₂の排出量を半減させ、環境の保全と経済の発展が地球規模で両立できる社会に移行しなければならない。一方今までと同様に化石エネルギーを重視しつつ高い経済成長を実現する社会シナリオでは、CO₂の濃度は最悪で750ppmに上昇し、気温の上昇幅は4(2.4~6.4)になると予想されている。気温の上昇に伴い様々な環境的・社会的影響が想定される。IPCC第4次報告書の第二作業部会報告によると、1~3未満の気温上昇の場合は、地域やセクターによってコストと便益が混在するが、気温上昇が2~3以上の場合は世界中の全ての地域にとって経済的にマイナスになる可能性が高いとしている。

図表1は、CO₂の濃度と気温上昇幅の可能性その際想定されるリスクについて示したものである。この資料の出典である「スターン・レビュー」は2006年10月に公表された、温暖化の経済的影響を分析した英国の公式報告書である。同報告書では、温暖化の経済的リスクは、世界のGDPの5%~20%、それを防止するための投資はGDPの1%と予測している。

この図からも明らかなように、地球温暖化問題は、もはや環境問題だけでなく、食料、エネルギー・資源問題であり、生活基盤を脅かす生態系と社会システムへの脅威であり、広い意味での安全保障問題となっている。EU各国や米国でも、総合安全保障の観点から地球温暖化問題を捉え、国家戦略の一つと位置づける動きが加速化しつつあり、温室効果ガスの濃度を大幅に削減す

¹ この3つの類型化は、環境省「21世紀環境立国戦略」2007.6.21に基づく

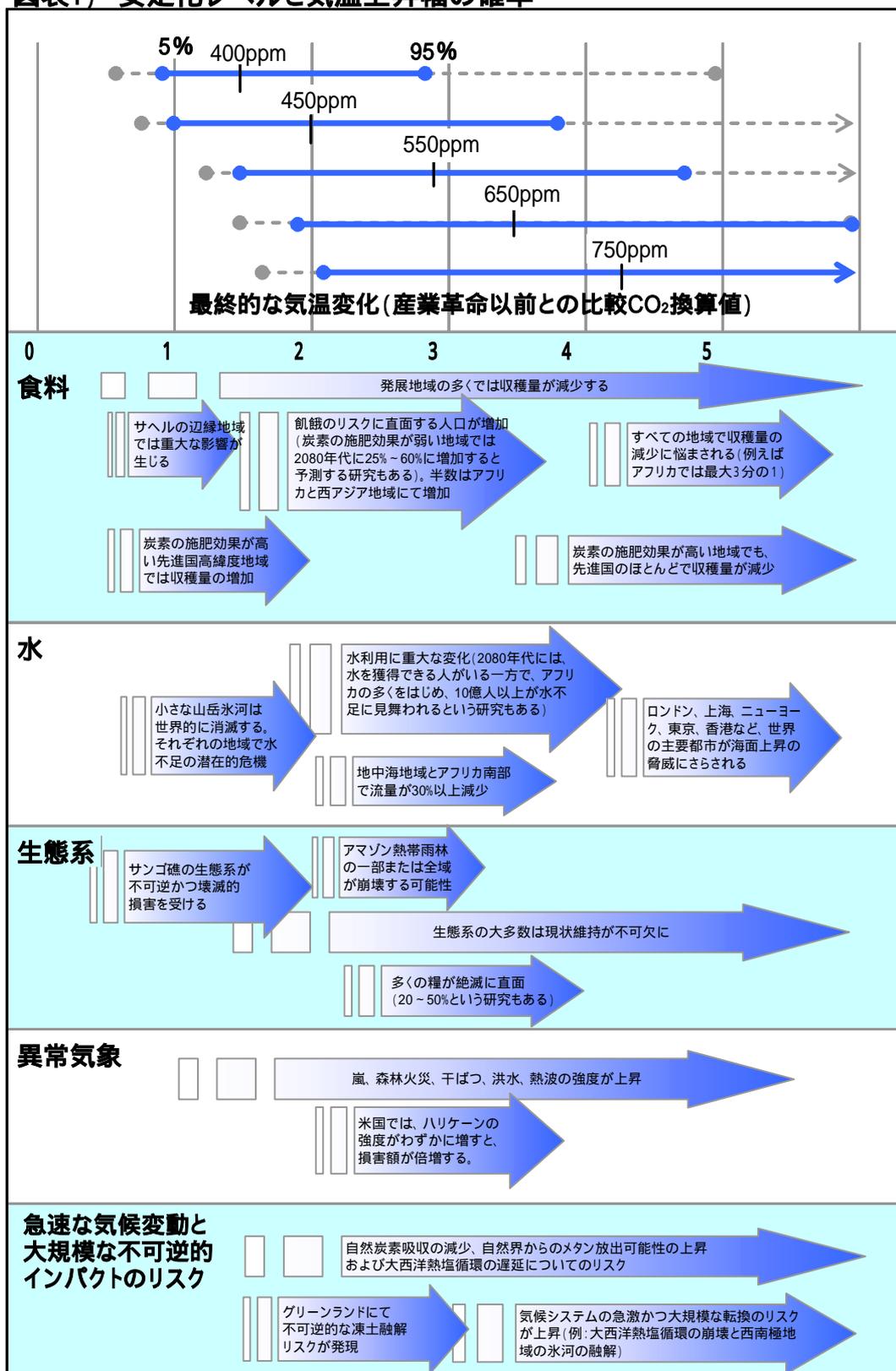
る『低炭素社会』は今や国際社会のキーワードとなっている²。しかし日本の政界財界の対応をみると、そうした危機感が今ひとつ薄いように感じられる。

なお、地球温暖化は資源エネルギー枯渇や生態系の破壊を引き起こす要因となるが、温暖化の影響が無かったとしても、現在の経済システムは資源エネルギーの枯渇、生態系の破壊につながっている。地球温暖化対策さえとれば資源エネルギーの枯渇、生態系の破壊が回避できるとは限らないし、対策によっては、逆に資源エネルギーの枯渇や生態系の破壊を促進するリスクもあることには留意する必要がある。

持続可能な低炭素社会に移行するためには、資源エネルギーの枯渇問題、生態系の破壊問題も同様に考慮した地球温暖化対策を注意深く選別していく必要がある。

² 詳細は環境省 中央環境審議会「気候安全保障に関する報告」2007.5 参照のこと

図表1) 安定化レベルと気温上昇幅の確率



出所) 英国財務省「スターンレビュー」

2) 資源の枯渇、生態系の破壊

化石燃料は現在ピークオイルという枯渇の問題に直面しているが、それ以外鉱物資源や生物資源も問題を抱えている。

鉱物資源は基本的に有限なので枯渇の可能性がある。特に現在のIT産業やエレクトロニクス産業、自動車産業や鉄鋼業などはニッケル、マンガン、タングステン、クロムやタンタルなど多くの希少金属を前提にして成立しているがその希少金属は有限であり、需給関係によって価格が乱高下しやすい。また、資源・環境問題の専門家谷口正次氏³によると、鉱物資源はその採掘段階から廃棄段階にいたるまで、様々な環境負荷を引き起こしている。鉱石の採掘と輸送段階では、森林が破壊され、表土が剥離されるので、表土流出を引き起こして生態系が破壊され、生物多様性が消滅し、河川、海洋、地下水、土壌が汚染される。さらに、鉱物資源の製造工程においては、硫酸化物や窒素酸化物、重金属などの公害問題を発生させ、使用後に廃棄処分する際には最終処分場での廃棄物処理の問題（重金属などの地下水汚染問題など）を生じさせる。ちなみに、現在の1か月分の主要金属の生産量は、人類が地上に登場してから産業革命までに使った総量をはるかに超え、金、銀、亜鉛はすでに埋蔵量の半分以上を採掘してしまったとされている⁴。

一方、森林資源や水産資源などの再生産可能な生物資源であるが、これも過剰な採取により枯渇の危機にある。例えば、現在世界ではたった1秒間にテニスコート20面分（5,100㎡）の天然林が消失し、カツオ1,850匹分（3,700キロ分）の魚が世界の漁港で水揚げされ・同時に1,050キロ分の養殖魚が収穫されている、といわれている⁵。

「サステナビリティの科学的基礎に関する調査2006」⁶によると、世界の漁業生産量は、1950年の約2,000万トンから2000年には6倍以上の1億3,000万トンに増加し、途上国での需要が増えていることから今後も増えると予想されている。しかし、海洋からの漁獲量は2000年の9,600万トンをピークに減少しており、2003年には9,000万トンとなった。現在世界の主要魚種のうち、過剰に漁獲されているものが16%、漁獲量が最大限に達しているものが44%と推定されている。

また、FAOによると、世界の森林面積は1990年～2000年の間に日本の約2.5倍の9,400万ha減少した。これは世界の森林面積の2.4%に相当する。森林は、CO₂の吸収源でもあり、特に熱帯林や熱帯雨林は、生物多様性の宝庫でもあるが、これが急速に脅かされている。

図表1では温暖化と生態系の危機について、2 から3 の上昇で20～50%の種が絶滅の危機に瀕するという予測に触れている。しかし、資源の過剰利用は着実に生態系の危機を招いている点にも留意すべきである。

(2) 持続可能な温暖化対策の枠組み

このような人間社会のあり方は持続可能とはいえない。持続可能な社会の条件についていくつか代表的な考え方を示す。

³ 谷口正次『入門・資源危機』新評論

⁴ 出所) 責任編集山本良一 Think the Earth Project 編「一秒の世界」ダイヤモンド社

⁵ 出所) 責任編集山本良一 Think the Earth Project 編「一秒の世界」ダイヤモンド社

⁶ サステナビリティの科学的基礎に関する調査プロジェクト編著。www.sos2006.jp

1) ナチュラルステップ：4つのシステム条件

持続可能な社会の原則として最も社会的に受け入れられているものに、国際NGOナチュラルステップの4つのシステム条件(図表2)がある。同原則は、スウェーデンの医学者カール・ヘンリック・ロベール氏が提唱したものである。この4原則のうち1から3は、有限な地球を前提とした経済社会システムのあり方を、4つ目は社会的な分配のあり方を示している。この3つの原則は、鉱物資源はなるべくリサイクルして新たな採掘は極力減らし、地球上で分解できない不自然な合成化学物質は製造使用せず、土地利用に際しては生物多様性を損ねない、資源節約型の経済活動を意味する。そして4つ目の原則は、資源利用が限られる中で、社会の構成員のニーズを満たすことを求めている。

図表2) ナチュラルステップ 4つのシステム条件

1) 自然の中で地殻から掘り出した物質の濃度が増え続けられない。
鉱物は地殻のなかにゆっくりとしたプロセスで定着していきますが、それに相当する以上の石油・石炭・金属・リンなどの鉱物を掘り出さないということです。企業や自治体にとってこの条件が意味することは、製造や消費のすべてのプロセスにおいて、計画的なスクラップと再生可能な資源を原料として利用するという変革です。
2) 自然の中で人間社会の作り出した物質の濃度が増え続けられない。
社会が生産したもののすべて、すなわち望ましい製品も、排煙汚染や下水などのように望ましくないものも含めて、社会の技術による循環かあるいは自然の循環によって新しい資源として再生されるペース内で生産・排出することです。そのためには資源の利用を極力節約し、PCBやフロン、塩素パラフィンのような生分解しにくく自然にとって異質な物質はすべて除去しなくてはなりません。
3) 自然が物理的な方法で劣化しない。
アスファルト化、砂漠化、塩化、耕地の侵食などの人為的な原因による土壌面積の不毛化を止めることです。企業にとっては、できる限り土地面積を効率よく利用し、企業自身の恒久基幹施設に対する必要度の吟味を始めとして、開発によって生産性のある緑地に与える影響を考慮することが必要になります。
4) 人々が自らの基本的ニーズを満たそうとする行動を妨げる状況を作りだしてはならない。
社会が資源を利用するに際して条件1から3に収めるためには、真剣に資源節約という精神で効率的かつ公平に利用しなければならないということです。そのためには社会のあらゆる局面において、人間のニーズを満たし、かつ資源を節約するもっと洗練された方法・技術を求める努力をしなくてはなりません。同時に富める国と貧しい国の不公平な資源配分も避けるべきです。

出所) 国際NGO ナチュラル・ステップ インターナショナルHP

2) ハーマン・デイリー

次に、世銀のエコノミストも勤めた経済学者ハーマン・デイリーは、以下に示す資源利用と廃棄物の排出に関する原則を唱えている。

土壌、水、森林、魚など「再生可能な資源」の持続可能な利用速度は、再生速度を超えてはならない。

化石燃料、良質鉱石、化石燃料など「再生不可能な資源」の持続可能な利用速度は、再生可能な資源を再生可能なペースで利用することで代替できる程度を超えてはならない。

「汚染物質」の持続可能な排出速度は、環境がそうした物質を循環し、吸収し、無害化できる速度を超えるものであってはならない。

ここでも自然の循環の範囲内(再生可能エネルギーの再生や化学物質の浄化のペース)が経済

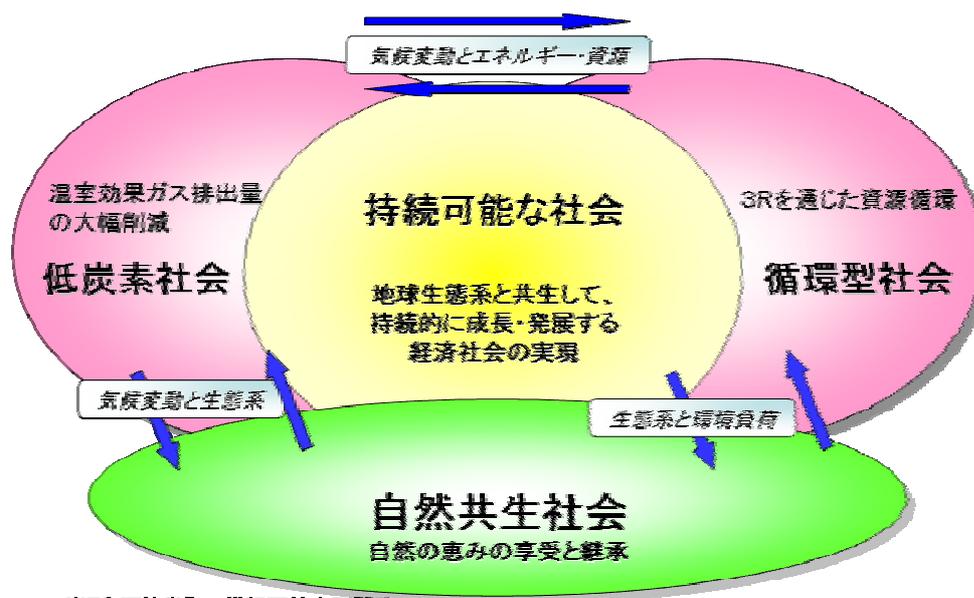
活動の制約条件となる。

3) 21世紀環境立国戦略

環境省が今年の6月に策定した「21世紀環境立国戦略」では、持続可能な社会を「地球生態系と共生して、持続的に成長・発展する経済社会」とし、低炭素社会・循環型社会・自然共生社会の3つの要件がその成立要件としている。すなわち、生活の質を向上させながら温室効果ガス的大幅な削減を実現しつつ、循環型社会持続可能な社会の物質フローが健全に循環し太陽エネルギーのフローの資源で動き、生態系が健全に保全されて自然の恵みが享受できる、社会が持続可能な社会である。(図表3)。

以上のことから、持続可能な低炭素社会とは、循環社会で自然共生型でなければならない。よって、温暖化対策も循環型で自然共生型するという要件を満たす必要があるが、この二つの要件は見落とされがちになっている。

図表3) 持続可能な社会に向けた統合的な取組



出所) 環境省「21世紀環境立国戦略」2007.6

2. 低炭素社会にむけて

(1) 温室効果ガス排出量

温室効果ガスには、二酸化炭素以外にも、メタン、一酸化二窒素や代替フロンが含まれる。図表4には日本における温室効果ガス排出量の内訳と推移を示した。エネルギー起源の二酸化炭素が84%(1990年)と圧倒的に多く、非エネルギー起源の二酸化炭素も7%(1990年)とあわせて二酸化炭素の割合が91%にも上る。2005年と90年を比較すると、メタンなどその他の温室効果ガスの排出量が大幅に削減されているのに対して、二酸化炭素排出量は大幅に増加している。よって、今後の温暖化対策として最重要なものは二酸化炭素の削減であり、特にエネルギー起源の排出量が圧倒的に多いことから、化石燃料使用の削減対策がメインになっている。これは具体

的にはエネルギー効率の改善による削減、化石燃料以外の燃料への転換（再生可能エネルギー、原子力）を意味する。ここで、エネルギー効率の改善には、エネルギーを使用しなくても済む技術やしきみも含まれる。

図表4) 温室効果ガスの排出状況について(単位:百万t - CO₂)

	1990年 基準年 (全体に占める割合)	2005年度実績 (基準年増減)	2010年度目標 (2005年度から 必要な削減)
エネルギー起源二酸化炭素	1,059 (84%)	1,203 (+13.6%)	1,056 (-12.2%)
産業部門	482 (38%)	456 (-5.5%)	435 (-4.5%)
業務その他部門	164 (13%)	238 (+44.6%)	165 (-30.6%)
家庭部門	127 (10%)	174 (+36.7%)	137 (-21.4%)
運輸部門	217 (17%)	257 (+18.1%)	250 (-2.7%)
エネルギー転換部門	67.9 (5%)	78.5 (+15.7%)	69 (-12.1%)
非エネルギー起源二酸化炭素	85.1 (7%)	90.6 (+6.6%)	70 (-22.8%)
メタン	33.4 (3%)	24.1 (-27.9%)	20 (-16.9%)
一酸化二窒素	32.6 (3%)	25.4 (-22.0%)	34 (+33.6%)
代替フロン等3ガス	51.2 (4%)	16.9 (-66.9%)	51 (+201.3%)
合 計	1,261 (100.0%)	1,360 (+7.8%)	1,231 (-9.5%)

基準年及び2005年度の数値は、平成18年8月に条約事務局に提出した割当量報告書における計算方法により算出。

2010年度目標値は、目標達成計画策定時の計算方法により算定した目安としての目標。

出所)内閣、地球温暖化対策推進本部(平成19年5月29日)資料

(2) 低炭素社会の長期シナリオ

図表5には長期的な温暖化対策の2つのシナリオを示した。これは、環境省が実施している戦略的研究プロジェクトで、2004年5月より5ヵ年計画で実施されている『2050年日本低炭素社会プロジェクト』が策定しているものである⁷。2007年2月に発表された中間報告では、二つの社会シナリオにおいて「2050年までに二酸化炭素排出量を70%削減することはエネルギー需要の40-45%削減とエネルギー供給の低炭素化によって可能」という結論が示された。ここでエネルギー需要の削減は、エネルギー効率の大幅な改善(製品・機器のエネルギー効率と社会システムのエネルギー化両方を含む)によって、またエネルギー供給の低炭素化は炭素強度の改善(炭素エネルギーへのシフト)とエネルギー効率の改善によってもたらされる。

⁷ 出所) <http://2050.nies.go.jp/index.html>

図表5) 2050年CO2排出量70%削減を実現する対策オプションの検討

単位: G-トン

	改善要因	シナリオA		シナリオB	
		排出量に変化を及ぼす主な要因	改善量	排出量に変化を及ぼす主な要因	改善要因
社会	社会・経済活動量変化	高い経済成長率、人口・世帯数の減少	31	物質的豊かさの脱却による最終需要伸びの鈍化、素材製品生産量の減少、人口・世帯数の減少	10
産業	エネ効率改善	生産機器のエネルギー効率の大幅改善	22	生産エネルギー効率の改善	9
	炭素強度改善	石油・石炭から天然ガスへの燃料転換	9	天然ガス・バイオマスの燃料利用率の増加	19
民生	サービス需要削減	高断熱住宅・建築物の普及促進、HEMS・BEMS*によるエネルギー消費の最適制御	19	断熱次世代基準の適合、HEMSによる最適制御	18
	エネ効率改善	高効率ヒートポンプエアコン / 給湯機・照明の普及、燃料電池の開発・普及、太陽光発電の普及	28	高効率ヒートポンプエアコン、給湯器、照明の普及	21
	炭素強度改善		6	住宅の太陽光発電、暖房・厨房機器でのバイオマス利用拡大、太陽熱温水器の普及	32
交通	サービス需要削減	土地の高度利用、都市機能の集約、公共交通機関へのモーダルシフト促進	10	歩いて暮らせるコンパクトな街づくりの促進、歩行者や自転車利用促進のためのインフラ整備	7
	エネ効率改善	電気自動車・燃料電池自動車等の普及	34	バイオマスハイブリッド自動車の普及	23
	炭素強度改善		12		28
エネ供給	炭素強度改善	原子力発電の維持、夜間電力の有効利用・電力貯蔵の拡大、水素の製造・輸送・貯蔵、利用に関するインフラの整備	73	天然ガス火力発電、バイオマス発電のシェア拡大、電力需要の低下	55
	CCS*	高効率化石燃料利用技術+CCS、化石燃料による水素製造+CCS	42		
削減量			224		222

*HEMS・BEMS Houseenergy management system, Building energy management system: 住宅や建物で使用するエネルギーの節約管理手法

** CCS: 炭素隔離貯留

出所) 2050日本低炭素社会プロジェクトチーム「2050日本低炭素社会シナリオ: 温室効果ガス70%削減可能性検討」2007.2 より大和総研で加筆

ここで想定されている各部門ごとのエネルギー需要削減率(2000年比)は以下の通りである。

産業部門：20～40%（構造転換、省エネ技術など）
運輸旅客部門：80%（適切な国土利用、エネルギー効率・炭素強度 ⁸ 改善など）
運輸貨客部門：60～70%（物流の高度管理、自動車エネルギー効率改善など）
家庭部門：50%（建替えにあわせた高断熱住宅と省エネ機器導入など）
業務部門：40%（高断熱住宅への作り替え・建直し、省エネ機器導入など）

なお、これらの対策は実施するまでの時間を考慮すると短期・中期・長期に分類できる。また対策の性格から分類すると、低炭素技術の開発と低炭素社会に誘導する仕組みづくりに大別できる。

(3) 低炭素社会にむけた技術

図表6には、IPCC4次報告書に示されたすでに現存する主要な技術と、2030年までに実現化が予測される技術の例を示した。これらはいずれも直接二酸化炭素の排出を削減するか、あるいは大気中の二酸化炭素を固定化する技術である。図表7には、二酸化炭素排出削減につながるエネルギー効率の改善技術一覧を示した。

⁸ 炭素強度 = 燃料炭素質量 / 燃料エネルギー

図表6) 大きな削減可能性を持つ温室効果の緩和技術

部門	現在、商業化されている主要な緩和技術	2030年までに商業化されると期待される主要な緩和技術
エネルギー供給	燃料転換、原子力発電、再生可能なエネルギー(水力、太陽光、風力など)、二酸化炭素回収・貯留(CCS)の早期適用(例:天然ガスから分離したCO ₂ の貯留等)	ガス・バイオマス・石炭を燃料とする発電所でのCCS、先進的な原子力技術・再生可能エネルギー
運輸	ハイブリッド車、バイオ燃料、公共交通システムへのシフト、動燃機関以外の交通手段(自動車、徒歩)	第二世代バイオ燃料、高効率航空機、高度電気自動車・ハイブリッド車
建築	高効率照明、フロンガスの回収・再利用	統合型太陽電池による電力、高性能計測器
産業	熱及び電力の回収、材料の再利用・代替	先進的なエネルギーの効率化、鉄鋼の製造等でのCCS
農業	土壌炭素貯留量増加のための作物耕作及び放牧用の土地の管理方法改善、メタンの排出量を削減するための家畜の管理方法改善	作物生産の改善
林業	新規(再)植林、森林管理、森林減少の抑制	バイオマス生産のための樹種改良、土地利用変化の地図化のためのリモートセンシング技術の向上
廃棄物	埋立地からのメタン回収、廃棄物焼却に伴うエネルギー回収、有機廃棄物の再利用・最小化	メタンを最適に酸化させるバイオカバー及びバイオフィルター

出所)『21世紀環境立国戦略:参考資料:原典』IPCC第4次評価報告書第三部会報告書

図表7) 主な対策技術のリスト

部門	主な対策技術リスト
家庭・業務部門	高効率ヒートポンプエアコン、高効率電気給湯器、高効率ガス給湯器、高効率石油給湯器、太陽熱給湯器、高効率ガスこたし、高効率電気調理器、高効率照明、高効率映像機器、高効率冷蔵庫、高効率搬送動力、燃料電池コジェネ、太陽光発電、BEMS、高断熱住宅、エコライフナビゲーションシステム、高紙、電子新聞・電子雑誌など
運輸部門	高効率レシプロエンジン自動車、ハイブリッドエンジン自動車、バイオアルコール自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、天然ガス自動車、燃料電池自動車、自動車車両の軽量化、自動車車両の空気抵抗低減、低転がりタイヤ、高効率鉄道、高効率船舶、高効率航空機、高度道路交通システム、リアルタイム&セキュリティ交通システム、サプライチェーンマネジメント、バーチャルコミュニケーションシステムなど
産業部門	高効率ボイラ、高効率工業炉、高効率モニター、高効率自家発電装置、次世代コークス炉、廃プラスチック原料化、エコセメント、接触分解プロセス、メタンカップリング、黒液ガス化発電など
エネルギー転換部門	高効率石炭火力発電(石炭ガス化複合、アドバンスト加圧流動床、バイオマス混焼など)、高効率天然ガス火力発電、高効率バイオマス火力発電、風力発電(陸上・洋上)、原子力発電、水力発電、副生水素、天然ガス改質水素製造、バイオマス改質水素製造、電気分解水素製造、水素ステーション、水素パイプライン、水素タンクローリー、CCS(炭素隔離貯留)など

出所)『2050日本低炭素社会シナリオ:温室効果ガス70%削減可能性検討』2007年2月

『2050日本低炭素社会』プロジェクトチーム(国立環境研究所・京都大学・立命館大学・東京工業大学・みずほ情報総研)

なおすでに大気中に放出されている二酸化炭素を回収・吸収・固定する方法のなかで代表的で伝統的な方法は、樹木による炭素の固定である。温暖化が進行した理由には化石燃料の使用とともに、二酸化炭素の吸収源である森林が木材需要増、耕地や住宅地道路などへの転用による伐採で、減少していることもある。森林の保全、乱伐防止、適切な森林管理は、生態系の保全だけでなく、地球温暖化防止の観点からも重要な対策である。また現在、発電過程などで発生した二酸化炭素を分離・回収して地中に貯蔵する技術（CCS）への研究開発が行われている。

なお、これらの技術については、さまざまな研究調査が行われているので、ここではそれぞれの市場動向や技術開発動向については割愛するが、技術の評価方法についての留意点を述べたい。これらの調査などでの議論は、技術の実現可能性、ビジネス機会の大小、二酸化炭素削減の程度を考察しているが、循環型社会、生態系保全の視点が欠けているものも散見される。しかしながら、この2つの要件を満たさない温暖化対策は、短期的には環境負荷削減の効果があったとしても、長期的には持続可能な地球環境を維持できない。

たとえば、再生不可能な枯渇性資源に依存した対策は、暫定的手段、対処療法として有効だとしても持続可能ではない。また、大規模な生態系の改変をもたらす可能性のある対策も将来的な環境への影響を考慮しつつ慎重に扱うべきである。

例えば、原子力発電は、発電過程におけるCO₂発生量は少ないので、有力な温暖化対策と目されているが、原料のウランは枯渇性の鉱物資源であり永続的ではない。また原子力発電の事故、地震、あるいはテロによって大量の放射性廃棄物が放出されれば、異常気象以上に広範な地域の生態系に致命的な損害を与えることになるかもしれない。また放射性廃棄物の処理の問題は解決されていない。現在稼働している原子力発電を止めることは現実的ではないにせよ、将来の温暖化対策として原子力発電への依存率を今後一段と高めるべきか、どうかについては慎重な検討が必要と考える⁹。経済産業省が2005年10月に公表した『超長期エネルギー技術ビジョンシナリオ』では、将来の社会イメージ（起こりえる可能性が高い社会像）として、『短中期的には、必要に応じてCCSにより急激な気候変動を回避し、長期的に見れば再生可能エネルギーを最大限活用しつつ、省エネを究極的に行い、原子力を安定的に運転していくことが持続的な社会としては望ましい組み合わせと考えられる』と結論づけている。すなわち、循環型とも矛盾しない再生可能エネルギーが中心となるべき、で、CCSは短期的な手段、原子力などは補完的な手段と位置づけている。

なお、再生可能エネルギーとして期待されるバイオ燃料についても、その原料によって持続的なものもあれば、環境破壊につながるものもある。間伐材や廃材、食品加工廃棄物、下水汚泥、家畜糞尿などのいわゆる利用価値のない「廃棄物」を原料にする限り、それは循環型社会の要件をみたし、資源の有効利用であり持続可能と評価される。しかし、例えば、とうもろこしやサトウキビ、パーム油などをバイオ燃料の原料とする場合、食料をエネルギーとして消費してしまうことによる社会的な問題は小さくない。また生産過程で大量の化学肥料を使えば、CO₂排出の多いバイオ燃料を排出していることになり、低炭素対策への有効性にも疑問が付く。さらにバイオ燃料増産のために熱帯林を伐採してパームプランテーションを作ることは、生態系保全の観点か

⁹ 原子力のもたらす様々な問題については、日本消費者連名、気候ネットワーク、原子力資料情報室、など環境NPOが、ジェームス・ラブロック博士宛に共同で提出した『地球温暖化問題と原子力のかかわりについての公開質問状』2007.4.26に詳しい。

らも問題となっている。今後の再生可能エネルギー開発においては、こうした側面の考慮も求められる。

(4) 日本を低炭素社会に導くしくみを考える¹⁰

1) 各主体の二酸化炭素排出動向とその背景

低炭素社会を実現させる手段は産業界による技術開発だけではない。各主体に求められる対策を考えてみる。図表 4 によると、産業界は二酸化炭素排出量を 90 年比で 5.5%削減しているが 4.56 億トン-CO₂ (33.5%)を排出する最大のセクターである。また 2010 年の目標値 4.35 億トン-CO₂を達成するには引き続き削減努力が求められる。経済団体などでは日本企業の省エネ努力は限界に達しており、乾いた雑巾をしぼるようなものでこれ以上の改善は難しいという意見も聞く。一方で、今まで省エネに関心の薄かった米国の産業界が急速に環境配慮を始めている。現在のエネルギー効率でみると日本企業のほうが優位にあるが、将来もこのままという保証はない。日本企業の競争力を将来にわたって維持するためには、エネルギー効率改善にむけて走り出す中で常に世界のトップクラスのエネルギー効率を維持しつづけるという覚悟が必要ではないか。

商業・サービス・オフィスなどの業務部門の排出量は 90 年比 18.1%増と大幅に増えている。その背景には床面積の増加 (90 年 04 年で床面積は 35%増加)と営業時間の増加 (90 年 05 年で百貨店の年間営業時間 27%増、大規模スーパーは 1 日あたり営業時間が 23.5%増、事業所でも自社ビルの 1 日あたり利用時間は 3.8%増)などが主要因と考えられる。また、製造業ほど、環境マネジメント規格の取得など、は環境負荷削減に取り組んでいる企業や業種が少ないことがある。

家庭部門の排出量も 90 年比 36.7%増と大幅に増加した。これは核家族化などによる世帯数の増加 (90 04 年で世帯数は 2 割増加)家電製品などの装備率の増加 (90 年 04 年で 1 世帯あたりの保有台数は、エアコンが 1.3 台 2.3 台、パソコンが 0.1 台 1.0 台、温水便座 0.0 台 0.8 台)によるものと思われる。特に衣料乾燥機、温水洗浄便座、食器乾燥機など 90 年前後に普及が始まった家電製品の電力使用量は現在家庭の電力使用量の 12.5%を占めるまでになっている。

運輸部門は、05 年の数値は 18.1%増だが、01 年の 23.5%増をピークに減少傾向にある。貨物自動車の排出量は 96 年がピーク、自家用乗用車は 01 年がピークである。貨物自動車は、トラック輸送の効率化が寄与、乗用車は燃費改善効果が大きい。

以上各部門の動向を見ると、二酸化炭素の増加は、環境負荷を増やすような機器設備の増加と、環境負荷増につながる活動時間の増加という、ビジネスモデルやビジネススタイル、またライフスタイルのあり方が増加の大きな要因であることがわかる。ここで技術はプラスマイナス両面で作用している。新しい製品ジャンルの開発・普及は、パソコン、温水洗浄便座、などにあるよう

¹⁰ この節のデータの出所は、国土交通省「京都議定書目標達成計画の評価・見直しに関する中間とりまとめ」参考資料 2007.6

に、新たなエネルギー需要を引き起こし二酸化炭素排出増につながる。一方で、運輸部門からの二酸化炭素排出量がピークを打ったことから明らかなように、普及率が高まると、排出量は減少し始める。

2) 生活者の温暖化行動

図表 8 には、生活者の立場にたって行うべき二酸化炭素削減対策のあり方を示した。ここでは、それぞれの対策・行動を、お金をかけずに行動で出来ること(短期)から、多少のお金がかかること(短期～中期)、高額な資金が必要なこと(長期)、また時間軸には関係ないライフスタイル自体の変化による選択、に分類した。企業の技術開発を待つだけでなく、生活者としても時間軸にそって全てを実行することが求められる。

図表8 生活者の温暖化行動と促進する仕組み

	生活者の行動・購入	促進する仕組み(行政・企業)
短期	不要な電灯を消す、エアコンの温度設定を変える、使わない電気製品の電気をこまめに消す、マイバッグやマイ箸、マイボトルの利用などの「行動」。ビール瓶など使い捨て容器からリユース容器の製品を選択。グリーン電力証書やカーボンオフセット商品の購入など。庭やベランダでの植樹やガーデニング。リサイクル製品の活用。地産地消型の食材やオーガニック食品の選択、など	マスコミなどを活用したキャンペーン、啓発活動、環境家計簿などの情報整備、インセンティブづくり(マイ箸やマイバッグ割引)ペナルティ(マイバッグ有料化)。ゴミ処理費用の有料化、製品にフードマイレージなどの環境情報の添付
	省エネ型製品の購入:断熱カーテン、節水コマや節水型シャワーヘッド、電球型蛍光灯、など日常生活でのエネルギー使用を抑制する日用品への買い替え・	経済的メリットに関する情報提供。より多くの省エネ商品の市場投入
中期	省エネ家電・省エネ自動車への買い替え、省エネ型住宅設備(さめない風呂桶、節水トイレなど)へのリフォーム、屋上やベランダ、壁面の緑化など	買い替えコストと環境コスト・環境メリットに関する情報提供、中古製品のリサイクル市場の整備)税金や補助金のインセンティブ
長期	省エネ住宅(高断熱、パッシブソーラー、太陽光発電、雨水利用、など)の選択	省エネ型住宅を選択するインセンティブ(住宅の環境格付け、省エネ住宅優遇ローン、非省エネ住宅への課税、省エネ住宅や設備への補助金)
随時	ライフスタイルの変更;自家用車の見直し(マイカーからレンタカー・公共交通機関への切り替え、カーシェアリングなど)、生活圏の見直し(遠距離通勤から職住接近のライフスタイルへの変更)、在宅勤務の選択など。	転勤、転職、引越しなどが契機になりやすい。
	資金運用の見直し(SRI投資、市民風車への出資、NPOバンクへの預金、ミニ公債投資など)	金融教育

出所)大和総研

このような低炭素型のライフスタイルを普及させるために、産業界には、既存の製品ジャンルや技術の省エネ性能を大幅に高めること、2050年ごろまでに現在の資源生産性を10倍くらいに高めることが求められる¹¹⁾。これは既存のエネルギーを使用する製品、自動車や家電などについて広く求められることである。

次に新たなジャンルの製品の開発・生産時には、従来型のマーケティング調査、技術調査に加えて、その製品が社会に与える環境影響も含めた調査が必要となる。たとえば、最近になって普及している食洗機は電気を使用するので、手間を省くというメリットだけで評価するのでは不十分である。電力使用量を増やす以上に水使用量削減に寄与しなければいけないという評価の基準が求められる。今後新規製品を開発するにあっては、「人間にとって便利で都合の良いもの」という基準だけの製品開発は行うべきではない。

そのためには、ユーザーが優先的に省エネ型商品を選択するような条件や仕組みの整備も同時

¹¹⁾ 山本良一『温暖化地獄』ダイヤモンド社 p182

に求められる。これはお金を使ったインセンティブの仕組みと情報開示によってユーザーの行動に影響を与える間接的な仕組みである。

インセンティブには行政が行う補助金や税金を使った仕組み(エコカー減税や、太陽光パネルへの補助金など)がある。環境行政の中心的な手段は規制だが、ライフスタイル誘導のためには、単に規制するだけでは有効ではなく、環境税を含めた、税金や補助金などのインセンティブ/ペナルティ(家庭ごみの有料化や、エコカーやエコ住宅優遇税制など)、及び行動を促す啓発活動・情報インフラの整備の組み合わせが求められる。

産業界もこうしたインセンティブの仕組みは活用している。例えば民間の金融機関ではエコカーローンやエコ住宅ローンなどがあるし、クルマの修理の際には中古部品を使うエコ保険などもある。またスーパーではレジ袋有料化に取り組んでいるし、マイカップ持参割引などのサービスを行うカフェチェーンもある。こうした取り組みは、自社のコストダウンにもつながり、かつ消費者の行動を促す効果が期待できる。

また幅広く製品の環境情報を提供して、消費者を啓発していくことも必要である。これには、東京都が行っている新築マンションの環境性能評価制度、エコマークやオーガニックなどの製品に添付するエコラベル、家電販売業者による省エネ家電の経済的・環境的メリット比較情報、消費者団体などによる製品の環境評価情報などがあるが、まだこれらのマークや情報の意味を知らない消費者も多いのが課題であるのと、情報を知って行動を起こさせるためのしかけ(例えば、賃貸住宅の情報にエコ住宅の性能表示を義務付けるだけでなく、エコ住宅のほうがオシャレで光熱費のメリットが大きいからそちらを選択するという行動を起こさせる)作りも必要である。

3) 排出権市場の整備

通常、排出権というと、途上国の技術協力の見返りとして、あるいは削減目標を達成するために企業や国が売買するもの、とみなされている。確かに現在の排出権市場の参加者は、企業が中心で、排出権の取得は企業の削減対策の一環と位置づけられている。排出権の意義は、一定量の排出量を削減するにあたり、市場メカニズムを活用して削減コストを安くすることにある。

また、排出権の売買行為自体は二酸化炭素の削減に直接寄与するものではないので、二酸化炭素削減対策としては間接的で弱い対策である。そのことは、京都議定書でも、排出権取引はあくまで主体的な削減努力を補完する対策と位置づけられていることから明らかである。しかし、社会インフラとして排出権取引を導入することは、低炭素社会にむけた重要な仕組みと考える。

排出権の取引が成立することは、無料だった二酸化炭素に価格がつくことを意味する。今まで無料で排出していたものを有料にすれば排出削減のインセンティブが生まれる。そしてその権利を市場で売買できれば排出権は資産にもなりえる。

現在、個人が自由に売買できる排出権市場は整備されていないが、製品やサービスにその製品・サービスで排出される二酸化炭素を相殺(オフセット)するコストを上乗せしたカーボンオフセット付きの製品、サービスが市場に出回り始めている¹²。まだこれらのオフセットは、環境に配慮している個人や企業が自発的にオフセット分のコストを負担する上乗せして購入すると

¹² 中間法人 日本カーボンオフセットが2007年9月に事業を開始。すでに、日本郵政では、2008年の年賀はがきにカーボンオフセット年賀はがきを採用。JTBでも旅行で排出される二酸化炭素を相殺するカーボンオフセットのエコツアーを企画している。

いう善意にもとづいたボランティアな取り組みである。しかし、将来的には個人が購入したオフセットを寄付などによって国の削減量に組み込むことができるような仕組みも作れるし、個人間でのオフセットを排出権として売買する市場を作ることにも可能だろう。また、特定の製品・サービスにはオフセット分をコストとして上乗せさせるような規制もありえる。

すなわち排出権市場を整備することは、二酸化炭素排出を市場経済に内部化して低炭素社会構築に有用な手段となるのである。排出権の売買自体は直接排出量を削減するものではないが、こうした取引制度が整備されれば、社会全体の二酸化炭素節約・削減へのインセンティブは急速に高まると思われ、こうした意味から排出権市場の整備は重要だと考える。

3. 結びに変えて：社会構造変革のために企業に求められること

前章では、主に日本における対策の考え方をまとめた。これらの対策は人口が減少しはじめた成熟経済で有効な対策と考える。しかし、世界の動向をみると、人口は引き続き増加傾向にあるし、中国やインドなど人口の多い途上国が急速な経済成長を遂げつつある。現在の経済構造上経済的成長が至上命題となっており、また経済成長すればするほど加速度的にエネルギーや資源消費が増える仕組みに変化はない。現在1日2ドル以下で暮らす途上国の貧困層は40億人いるとされるが、企業に取り彼らは重要な潜在市場であるとされる。途上国が貧困から脱出し、二酸化炭素の排出量を削減するためには、経済成長とエネルギー消費の相関を断ち切る必要がある。

途上国の新規市場でのビジネス拡大を考える場合には、自動車や家電などの場合は、本来なら最も省エネの優れた商品を投入すべきだろう。あるいは、途上国の子どもの教育向けに開発されている自己発電機能付きの100ドルパソコンや、太陽光で料理ができるソーラークッカー、高効率の薪用ストーブなど、エネルギー供給のない地域でも使える製品の開発に注力すべきだろう。

また、省エネ技術や省エネ製品の開発だけでなく、現在のビジネスモデルを低炭素型に変えることも必要である。例えば、家電の省エネ率は飛躍的に高まっているとはいえ、7年程度で買い替えが前提となった設計がされている。故障した家電は修理するより買い替えたほうが安い現在の仕組みは、果たして循環型といえるのか、再考する必要があるのではないかと。

製品を販売するビジネスモデルを製品の提供するサービス自体を販売するビジネスモデルに転換することも有力な方策と考えられる。モノではなく、サービスを販売するビジネスモデルの代表的なものにはコピー機などのオフィス機器のリースがあるが、最近では同様のアイデアを使ったビジネスが生まれている。例えば、松下電工の「あかり安心サービス」¹³は、工場などに対してランプを販売するのではなく必要な照明という機能を提供するサービスを行っている。照明という機能を提供するので、ランプのメンテナンス、使用後の再生処理は松下電工で行うため、無駄な廃棄物の発生は抑制され、常時最適で省エネのあかりがユーザーには提供される。家電や自動車についても、通常の消費者は物体が欲しいのではなく、その物体が提供するサービスが必要なのである。家電や自動車などの耐久消費財などの場合は、販売ではなくリースやレンタルを増やすことは出来ないか。また欧米では家具つき住宅が一般的である。日本では引越しの際に全ての家財道具をもって移動し、かつ引越し時には古い家財道具を処分して新品を購入する傾向がある。家具つき住宅が一般的になれば、余計な環境負荷は減る。

¹³ <http://biz.national.jp/Ebox/akarianshin/>

提供する製品サービスだけでなく、在宅勤務制度の導入などの勤務形態や、外食チェーンやコンビニの24時間営業などの営業形態も、環境負荷の観点から見直すべきだろう。このように企業が提供する製品・サービス形態や働き方を見直すことはライフスタイルを低炭素型に誘導することにつながる。低炭素型社会の構築のためにも、技術開発に注力するだけでなく、企業活動のあり方を環境負荷の観点から再構築していくことが求められる。