

これからの北海道を考える。 —持続可能な社会を目指して—

(一社)寒地港湾技術研究センター 会長
北海道大学名誉教授

佐伯 浩

持続可能な社会とは

1987年 国連の「環境と開発に関する世界委員会」の最終報告書「地球を守るために(Our Common Future)」の中で、委員長ブルトラントは「持続可能な社会」を次のように定義した。

「将来の世代のニーズを充たしつつ、現在の世代のニーズをも満足させるような開発」。それが満たされるような社会を「持続可能な社会」とした。

地球温暖化と異常気象

1988年(昭和63年)「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が国連のもとに設置された。

○ここでは、世界的な気候変動に関する信頼のおける科学的見解を評価報告書として公表してきた。

○2005年2月には、気候変動問題への国際的な対策として、温室効果ガスの具体的削減目標を定めた「京都議定書」が発効した。

○気象庁では異常気象レポートを継続的に公表してきている。

1992年、国連地球サミットではこの考えをもとに「**環境と開発に関するリオデジャネイロ宣言**」や「**アジェンダ21**」が合意され、現在の地球環境問題に関する世界的取り組みの基礎となっている。

2006年(平成18年)4月の閣議決定の「**第3次環境基本計画**」において、持続可能な社会には健全で恵み豊かな環境が地球規模から身近な地域までにわたって保全されるとともに、それらを通じて国民一人一人が幸せを実感できる生活を享受でき、将来世代にも継承される社会と定義した。

1) 地球に存在する資源の制約問題

鉱物資源、化石燃料などの資源は有限。

資源の安定供給を確保する観点からも、使用量の削減、回収・リサイクル、代替材料の開発、再生可能資源活用の促進が重要。

化石燃料については、太陽光エネルギーやバイオマスなどの再生産が可能な資源に代替していくべき。

2) 人間活動によって排出される汚染に対する自然のシステムの処理能力を考慮すべき

地球温暖化については、その原因物質である炭酸ガス等の温暖化を促進する温室効果ガス類が自然システムの処理能力を踏まえた排出規制をすべきである。

2005年～2014年

ESD (Education for Sustainable Development) 持続可能な開発のための教育として10年間にわたり持続可能な社会づくりの担い手を育む教育を実施すべきことがユネスコの総会で決定された。

○これは人格の発達や自律心、判断力、責任感などの人間性を育むことと、他人との関係性、社会との関係性、自然環境との関係性を認識し、「関わり」「つながり」を尊重できる人材を育む。

北大も2006年から現在まで、Sustainability weekとして、毎年秋に50程の関連テーマについてのシンポジウム、講演会を集中的に実施している。

○2008年からの北大では「低炭素社会」に向けての教育研究活動とともに、その成果を持続的に社会に提示してきた。また同じ年に学内協同教育研究施設として「サステナビリティ学教育研究センター」を設置し、全学的な教育に貢献している。

2010年6月、G8洞爺湖サミット開催直前に札幌に世界35の主要大学の学長が集まり、世界初の**世界学長会議**を開催し、持続可能な開発のための大学の役割を議論し、最終日に**Sapporo Sustainability宣言**をまとめ、G8サミットの議長をつとめた福田首相に手交し、サミット最終宣言の中に盛り込むことができた。

IPCC気候変動報告2013

(2014年7月1日)気象庁訳

—政策決定者向け要約—

1. 気候システムの観測された変化

気候システムの温暖化は疑う余地がなく、また1950年代以降、観測された変化の多くは数十年から数千年間にわたり前例のないものである。大気と海洋は温暖化し、雪氷の量は減少し、海面水位は上昇し、温室効果ガス濃度は増加している。

1-1, 大気

地球の表面では、最近30年の各10年間はいずれも、1850年以降の各々に先立つ、どの10年間よりも高温でありつづけた。北半球では、1983～2012年は過去1400年において最も高温の30年間であった可能性が高い(中程度の確信度)。

1-2, 海洋

海洋の温暖化は気候システムに蓄積されたエネルギーの増加量において卓越しており、1971年から2010年の間に蓄積されたエネルギーの90%以上を占める(高い確信度)。1971年から2010年において、海洋表層(0～700m)で水温が上昇したことはほぼ確実であり、また1870年代から1971年の間の水温が上昇した可能性が高い。

1-3, 雪氷圏

過去20にわたり、グリーンランド及び南極の氷床の質量は減少しており、氷河はほぼ世界中で縮小し続けている。また、北極域の海氷及び北半球の春季の積雪面積は減少し続けている(高い確信度)。

1-4, 海面水位

19世紀半ば以降の海面水位の上昇率は、過去2千年間の平均的な上昇率より大きかった(高い確信度)。1901年から2010年の期間に、世界平均海面水位は**0.19[0.17~0.21]m**上昇した。

1-5, 炭素とその他の生物地球化学循環

大気中の二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素濃度は、少なくとも過去80万年間で前例のない水準にまで増加している。二酸化炭素濃度は、第一に化石燃料からの排出、第二に正味の土地利用変化による排出により、工業化以前より40%増加した。海洋は排出された人為起源の二酸化炭素の**約30%を吸収**し、海洋酸性化を引き起こしている。

2. 気候変動をもたらす要因

放射強制力の合計は正であり、その結果、気候システムによるエネルギーの吸収をもたらしている。合計放射強制力に最大の寄与をしているのは、1750年以降の大気中の**二酸化炭素濃度の増加**である。

3. 気候システム及び近年の変化についての理解

気候システムに対する人間の影響は明瞭である。これは、大気中の温室効果ガス濃度の増加、正の放射強制力、観測された温度上昇、そして気候システムに関する理解から明白である。

3-1, 気候モデルの評価

第4次評価報告書以降、気候モデルは改良されている。モデルは、20世紀半ば以降のより急速な温暖化や、大規模火山噴火直後の寒冷化を含め、観測された地上気温の大陸規模の分布や数十年にわたる変化傾向を再現している(非常に高い確信度)。

3-2, 気候モデルの応答の定量化

温度変化、気候フィードバック、及び地球のエネルギー収支の変化に関する観測やモデルによる研究が総合されて、過去及び将来の強制力への応答としての地球温暖化の大きさについての確信度を与えている。

3-3, 気候変動の検出と原因特定

気候に対する人為的影響は、大気と海洋の温暖化、世界の水循環の変化、雪氷の減少、世界平均海面水位の上昇、及びいくつかの気候の極端現象の変化において検出されている。人為的影響に関するこの証拠は、第4次評価報告書以降増加し続けている。人間による影響が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い。

4. 将来の世界及び地域における気候変動

温室効果ガスの継続的な排出は、更なる温暖化と気候システム全ての要素の変化をもたらすだろう。気候変動を抑制するには、**温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減**が必要であろう。

4-1, 大気: 気温

21世紀末における世界平均地上気温の変化は、RCP2.6シナリオを除く全てのRCPシナリオで1850年から1900年の平均に対して1.5°Cを上回る可能性が高い。RCP6.0シナリオとRCP8.5シナリオでは2°Cを上回る可能性が高く、RCP4.5シナリオではどちらかと言えば2°Cを上回る。RCP2.6シナリオを除く全てのRCPシナリオにおいて、**気温上昇は2100年を越えて持続する**だろう。気温上昇は年々から十年規模の変動性を示し続け、地域的に一様ではないだろう。

4-2, 大気: 水循環

21世紀にわたる温暖化に対する世界の水循環の変化は一様ではないだろう。地域的な例外はあるかもしれないが、湿潤地域と乾燥地域、湿潤な季節と乾燥した季節の間での降水量の差が増加するだろう。

4-3, 大気:大気質

大気質(地表付近の大気中のオゾンやPM2.5)について予測される範囲は、物理的な気候変動よりむしろ排出量(メタンを含む)によって主に決まる(中程度の確信度)。世界的に、温暖化がバックグラウンドの地上オゾンを減少させることの確信度は高い。PM2.5については、気候変動はエアロゾルの降水による除去過程の変化と同様に、エアロゾルの自然的発生源を変化させるかもしれないが、PM2.5の分布に対する気候変動の全般的な影響についてはいかなる確信度も与えられない。

4-4, 海洋

21世紀の間、世界全体で海洋は昇温し続けるであろう。熱は海面から海洋深層に広がり、**海洋循環に影響する**であろう。

4-5, 雪氷圏

21世紀の間、世界平均地上気温の上昇とともに、北極域の海氷面積が縮小し厚さが薄くなり続けること、また北半球の春季の積雪面積が減少することの可能性は非常に高い。世界規模で氷河の体積は更に減少するだろう。

4-6, 海面水位

21世紀の間、世界平均海面水位は上昇を続けるだろう。海洋の温暖化が強まることと、氷河の氷床の質量損失が増加することにより、全てのRCPシナリオについて海面水位の上昇率は1971年から2010年の期間に観測された上昇率を超える可能性が非常に高い。

4-7, 炭素とその他の生物地球化学循環

気候変動は、**大気中の二酸化炭素の増加を更に促進する**ような形で炭素循環過程に影響を与えるであろう(高い確信度)。海洋の更なる炭素吸収により、海洋酸性化が進行するであろう。

4-8, 気候の安定化、気候変動の不可避性と気候変動の不可逆性

二酸化炭素の累積排出量によって、21世紀後半及びその後の世界平均の地表面の温暖化の大部分が決定づけられる。気候変動の特徴の大部分は、**たとえ二酸化炭素の排出が停止したとしても、何世紀にもわたって持続するだろう**。このことは、過去、現在、及び将来の二酸化炭素の排出の結果による、大規模で数世紀にわたる気候変動の不可避性を表している。

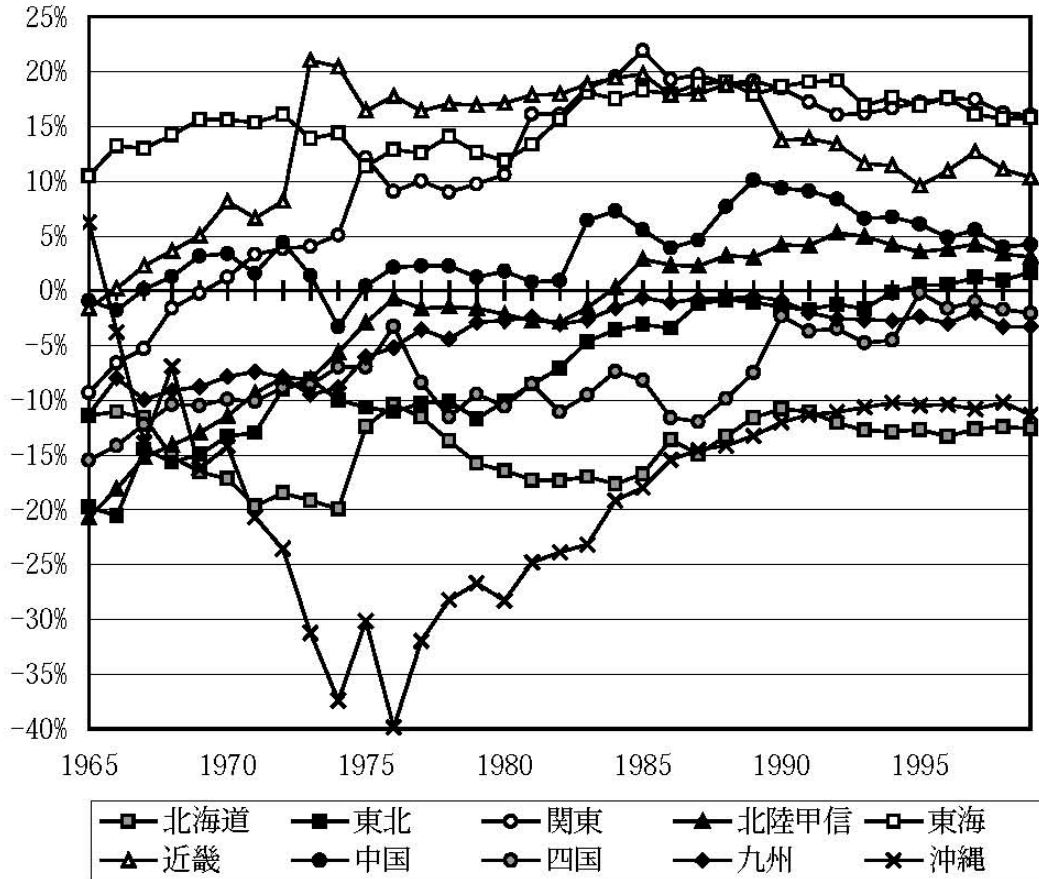
気象変動に対する気象庁の見解

- 今後も気温、海水温の上昇は100年以上続く。
- 九州以南では、日最高気温が30℃以上の日が今より25日程増加するし、熱中症患者が増える。
- 日降水量200mm以上の大雨の日数は年々増加していて、豪雨の多さはこれからも続いて増加し、水害や土砂崩れの危険が増す。この傾向は東アジアにおいても同様である。
- 日本沿岸の海面水位は、1980年代半ば以降、上昇を続けていて、最近の海面上昇速度は4.3mm/年となっていて、これは海岸浸食、海岸災害の増加を意味している。また、オホーツク海の海水減少は水産生物に大きく影響する。
- 大都市のヒートアイランド現象により、大都市では気温の上昇率が中小都市に比べて高くなっている。世界のオゾン量は、低緯度地帯を除き、長期的に減少していて、その分紫外線量が増加している。
- その他、台風の頻発と大型化、冬期の豪雪も増える可能性あり。
- 結果として、生物多様性が失なわれたり、気象・気候の影響を受け易い第一次産業である農水産、林業にも大きな影響を与えることが懸念される。

北海道の経済

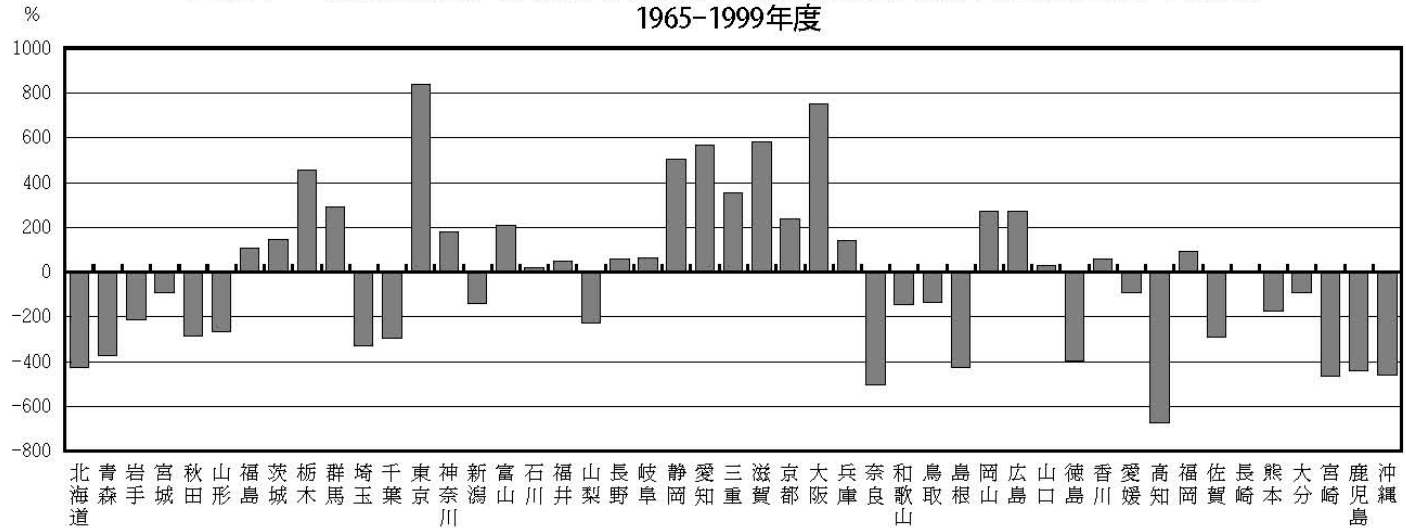
1. 北海道の域際収支、国際収支ともにマイナスである。
2. 1965～1999年の35年間の総対外債務の残高は約84兆円に達している。
3. 最近は際域収支と国際収支は年平均で約1兆5000億円の入超。この額は政府の支出で補われている。

図表5：域際収支対県内総生産比



資料：内閣府『県民経済計算年報』、経済企画庁『長期測及推計県民経済計算報告』

図表7：域際収支から導出した対外債権の対県内総生産比(1999年度末)
1965-1999年度



資料：内閣府『県民経済計算年報』、経済企画庁『長期週及推計県民経済計算報告』

- 図表5に我が国ブロックごとの域際収支とブロックの総生産の比の経年変化を示したものである。この図にあるように北海道は恒常的に域際収支、国際収支がともに赤字になっている地域で、ストックとして対外債務が累増していることになる。
- 1965～1999年の35年間の総対外債権と総生産の比をとったものがこの図（図表の7）である。北海道の対外債務残高は約84兆円に達している。
地域収支に不均衡がある場合は、国際経済においては為替レートの調整が行われることが多い。我が国経済では、円の単一通貨であることから為替レートによる調整はできないので、残された方法である財政による地域間所得再分配によって、この不均衡を救済してきた。（ただし、両図に示された、対外債務残高は、この期間を通じて、人口や企業の援助がなかったとの仮定での累積された残高といえる）
なお、平成20年度の域際収支と国際収支は1兆4946億円入超。この額は政府の支出で補われる。

○北海道の品目別輸入額では

		全国
鉱物性燃料	11,799億円(71.3%)	(34.1%)
食料品	2,012億円(12.2%)	(8.3%)

北海道の輸入額で最も大きいものは石炭、原油、天然ガス等、化石燃料で全輸入額の71.3%、平成20年度で1兆1,799億円となっている。将来、道州制が実施されると、北海道の経済は極めて厳しい局面を迎えることになる。

北海道のエネルギーは、風力、太陽光、地熱等の再生可能エネルギー、それに水力発電によるエネルギーと石炭、石油火力発電、それに現在停止中の原子力発電に依存している。

北海道の挑戦

持続可能な社会を目指して

地球規模の環境問題解決へ貢献

- ・豊かな自然と生物多様性の保持
- ・安全・安心な地域づくり
- ・農林水産業の未利用バイオマス等の活用による資源循環型社会の構築
- ・冬期の冷熱(寒さ、氷、雪、凍土)の利活用
- ・再生可能エネルギーの積極的開発と活用により域際・国際収支黒字化
(陸上風力、太陽光、洋上風力、地熱)

結果

- ・低炭素社会構築へ貢献、地球温暖化の抑止、持続可能な社会構築の第一歩
- ・再生可能エネルギーの積極的開発により、北海道の国際収支等の主要マイナス要因である化石燃料の輸入を減らすことも可能となる
- ・北海道の経済的な面での自立は、北海道の将来にとって極めて重要である
- ・街づくり、地域づくりの基本コンセプトを地球環境の面から再検討すべき時期にきている
- ・2014年4月、「エネルギー基本計画(第4次)」が閣議決定された

この中で、「水素は多様な一次エネルギー源から、様々な方法で製造が可能で、気体・液体・固体というあらゆる形態で貯蔵、輸送が可能であり、利用方法次第では高いエネルギー効率、低い環境負荷、非常時対応等の効果が期待され、将来の二次エネルギーの中心的役割を担うことが期待される」として、この水素を積極的に利活用する「水素社会」の実現を加速させるべきとしている。

新たな技術とそれにより得られた製品や装置等については可能な限り規準化、標準化をはかり、国際的に孤立しないような努力が必要である。

液体水素の特徴

- 液体水素は非常に軽い液体で、その密度は 70.8kg/m^3 で、水の約1/14となっている。タンク等に詰めた時、非常に大きな体積を取るので**体積効率**やタンクの**構造効率**から見た場合、液体水素そのものは効率が良くないエネルギーである。(沸点は -252.6°C 、融点は -259.2°C)
- 水素は天然ガスや石油を原料に安価に大量生産が可能である。現在の燃料電池は化石燃料から作られた水素を利用しているため、代替エネルギーではあるが**再生可能エネルギー**ではない。
- 水素と酸素を結びつけることでエネルギーと水が生まれる。水の電気分解の逆の反応である。燃料電池はこの反応を利用して電気を生み出す装置である。現在は非常に高価であり、部品に消耗品が多いとも言われている。
- 純粋な水素を直接利用する燃料電池の方が設計は簡単であるが、**水素脆化**による水素タンク等の金属劣化が危惧され、長期の使用に耐えられず、実用段階ではない。
- 現在は水素自体が化石燃料から作られており、電気分解に使う電気は火力発電等からの電気をを用いていて、大量生産は価格面で課題を残しているし、基本的には、**CO₂削減に寄与するものではない**が、過渡的な段階としては一歩前進である。

将来の展望

- 太陽エネルギーをはじめとする様々な再生可能エネルギーを大量に蓄えるエネルギー媒体としての化学物質、すなわち**エネルギーキャリア**の基盤技術の研究開発を戦略的に研究することが重要である。
- 化石燃料の枯渇、気候変動といった問題の克服のためには風力、太陽光、太陽熱、水力、地熱などの再生可能エネルギーは**地球規模では十分な賦存量を有し**、世界の基幹エネルギーとなることが期待されている。
- 我が国は国土が狭く、太陽あるいは風力エネルギー資源が豊富な国とはいえない。大量に再生可能エネルギーを導入するためには、将来的には、これら再生可能エネルギーの豊富な国から**輸入**する必要もある。

再生可能エネルギーは本質的に以下の2つの大きな課題を持っている。

①再生可能エネルギーは、地球規模もしくは国内において**偏在**している。例えば、太陽光や太陽熱は赤道に近い砂漠地帯に賦存量が多く、風力は、高緯度地域の風況が良好であり、国内であれば北海道・東北に風況が良好な地域がある。逆に、エネルギーの消費地である都市部には再生可能エネルギーの賦存量は少ない

②日ごと季節ごとの時間的変動が伴う再生可能エネルギーは、需要側の変動と調和させることは難しく、基幹エネルギーとして用いるためには**平準化**が必須である

①②の問題を克服して、再生可能エネルギーを大量に利用する社会を実現するためには、これらのエネルギーの**輸送**や**貯蔵**を可能にする必要がある。再生可能エネルギーはすでに電力として利用が進められているが、電力は長距離の輸送や、大規模な貯蔵が困難である。

そのため、再生可能エネルギーから得られた電力から、あるいは再生可能エネルギーから直接、**水素**、**アンモニア**、**有機ハイドランド**、**金属・金属酸化物**などに代表される**キャリア**を生産し、輸送、貯蔵した後に、必要な時に電力、動力、熱に変換して利用するシステムが必要である。

現在の科学技術で再生可能エネルギーまたは、それを基とした電力から、前述した**キャリア**を生産する手法は限られている。さらに、これらのキャリアから電力、動力、熱を取り出す手法も限られている。

安定した再生可能エネルギーの利用を目指す我が国は、これらの科学技術を世界に先駆け確立するために、**キャリアの生産・貯蔵技術の拡充と効率向上**を目指し、研究を戦略的に進める必要あり。

(独)科学技術振興機構

「再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けた

エネルギーキャリアの基盤技術」より