Ⅰ．イントロダクション
Ⅰ-1. 気候変動による沿岸域の変化と対策

喜田　潤

1. はじめに

2018年の夏は，気候変動を実感する豪雨や酷暑となっている。ここでは，続く講演のイントロダクションとして，我々がなぜ気候変動に対応しなければならないのか，またそのために沿岸域でどのような対策が必要とされるのか，この2点について振り返る。

2. 地球温暖化と海洋環境

IPCC第5次評価報告書によると，産業革命以降これまでに世界平均地上気温は上昇し続け，温暖化対策をとらなければ2100年まで気温が上昇し続けるが，厳しい温暖化対策をとれば気温上昇をある程度に抑えることができる，という予測が示された。また，気候変動による追加的リスク水準をみると，リスクが及ぶ事項によってリスク水準は若干異なるものの，「世界全体で総計した影響」は世界平均地上気温の上昇が2℃より高くなるとリスク水準が高いあるいは非常に高いものとなることが示された。

海洋に目を向けると，観測結果から気候変動の影響が明瞭に示されている。気象庁は世界の年平均海面水温の変化を示しているが，海面水温の長期変化傾向は100年あたり0.5℃の上昇であることが分かる。この上昇率は，同じ期間の陸上気温の上昇率0.8℃より小さな値だが，海洋の表面温度は確実に上昇していることが観測によって示されている。

海水温が上昇すると，海の生物の生息場所が変化してしまうことが容易に想像できる。1900年から2010年の観測に基づく海生動植物群の分布域の平均移動速度（すなわちこれは海の生物がかつてはより低温だった水域に10年で何キロメートル移動したかを示している）をみると，全ての生物がかつてより低温だった水域に移動したことがわかる。注目されるのは海の基礎生産を担う植物プランクトンの移動が大きく，続いて一次消費者の動物プランクトンの移動が大きいことである（IPCC第5次評価報告書）。このように生態系を通じて海水温上昇の影響が生物分布域に及ぶことが見て取れる。このことについては，桑原氏の次の講演で詳しく紹介していただく。

気候変動は海水温だけでなく，海水の化学にも大きな影響を与える。大気中の二酸化炭素濃度が上昇すると海水に溶け込む二酸化炭素が増加し，海水が酸性化する。もし温暖化対策をとらなかった場合に，現在から百年後に海水のpHがどれだけ低下するかをみると，すべての海域でpHが低下することが示されている。社会経済的に人間と関連のある生物群である軟体動物，冷水サンゴと造礁サンゴは沿岸海域に分布しているが，これら生物の海洋酸性化への感度を比較すると，石灰質の殻をもつ軟体動物やサンゴ類が甲殻類より負の影響，すなわち生物にとって好ましくない影響を受ける（IPCC第5次評価報告書）。海洋酸性化ついては，原田氏の次の講演で詳しく紹介していただくとともに，海生研の研究について当所の林氏が紹介する。

海水温が上昇し，生物の分布域が変化するということは，当然ながら漁業にも大きな影響がある。中・高程度に温暖化するシナリオにおいて，2001～2010年と2051～2060年の10年平均を比較して，約1,000種の魚類や無脊椎動物の最大漁獲量の変化をみると，漁獲量がほぼ変わらない海域は少なく，多くの海域で漁獲量が半分以下になることが示されている（IPCC第5次評価報告書）。なお，この予測には乱獲や海洋酸性化の潜在的影響は考慮されていないので，これらを考慮するとさらに漁獲量が減少してしまうことも考えられる。

3. 気候変動への世界的な対応

これまで見てきたように，気候変動によって様々なリスクが増えるということが，科学的な知見をもとに明確に示されるようになった。

そこで，1992年に「国連気候変動枠組条約」が採択され，大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極の目標として，世界は地球温暖化対策に世界全体で取り組んでいくことに合意した。そして，国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）が1995年から毎年開催されるようになった。

COP21のパリ協定では，京都議定書に代わる取組みとして，「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに，1.5℃に抑える努力を追求すること」，「できるかぎり早く温室効果ガス排出量を減少に転じ，今世紀後半には，温室効果ガス排出量と吸収量のバランスをとる，すなわち排出をゼロにすること」が目標として定められた。パリ協定が歴史上，最も画期的である点は，途上国を含むすべての参加国に，排出削減の努力を求める枠組みということである。

パリ協定の目標達成にむけて，「主要排出国を

含むすべての国が削減目標を5年ごとに提出・更新すること」，「長期目標の設定および各国の適応計画プロセスと行動の実施」，更に「世界全体の進捗状況を2023年以降に，5年に1回検討すること」が取り決められた。なお，世界全体の進捗状況の検討は，2018年から世界全体の進捗確認の機会が促進的対話（Facilitative Dialogue）として設けられることになった。これは，いわゆるタラノア対話と呼ばれるものである。

最初に示した過去と未来の世界平均地上気温の変化をみると，将来予測の部分は，モデルによる不確実性のため幅があることが分かる。2100年には，温暖化対策をとらない場合，気温は2.6～4.8℃上昇し，さらに上昇し続けるのに対し，厳しい温暖化対策をとった場合，気温は0.3～1.7℃上昇するものの一定に保てることが分かる（IPCC第5次評価報告書）。

世界平均の海面pH，すなわち海洋酸性化の変化をみると，温暖化対策をとらなければ，海洋酸性化はさらに進行してしまうのに対し，厳しい温暖化対策をとれば海洋酸性化の程度を一定に留めることができることがわかる。しかし，世界平均の海面水位上昇をみると，厳しい温暖化対策をとっても，海面上昇は続いてしまうことが予測されている（IPCC第5次評価報告書）。このように，気候変動はリスクによって及ぼす影響の度合いが異なるということに注意が必要である。

4. 気候変動緩和策

気候変動を緩和するために厳しい温暖化対策をとるということは，すなわち温室効果ガスの排出量を今後マイナスにしていく，ということである。気温上昇を産業革命前に比べて2℃未満に抑えられる可能性が高い緩和シナリオでは，2100年に大気中の二酸化炭素濃度が約450ppmとなる（IPCC第5次評価報告書）。

気温上昇を2℃未満に抑え，大気中の二酸化炭素濃度を約450ppmで安定化させるためには，低炭素エネルギーの規模拡大が欠かせない。特に，発電の脱炭素化が費用対効果の高い緩和戦略として必要となる。

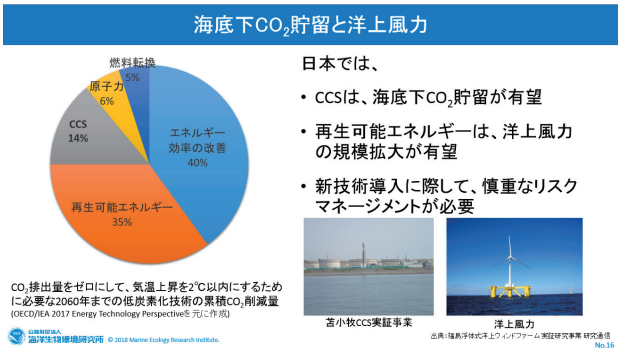
一次エネルギー中に占める低炭素エネルギーの割合をみると，より低い大気中二酸化炭素濃度で安定化するためには，低炭素エネルギーの割合を80%以上に増やさなければならないことが分かる（IPCC第5次評価報告書）。このような発電の脱炭素化には，「エネルギー効率の改善（省エネ）」とともに，「再生可能エネルギー（風力・水力・太陽光/熱発電）」，「原子力エネルギー」，「CCSすなわち二酸化炭素の地中貯留技術付き化石エネルギー」，また「ネガティブCO_2エミッションとされるCCS付きバイオエネルギー」などがある。

海洋はエネルギー生産の重要な場となっている。

枯渇性エネルギーとしてみると，海底の石油・天然ガス，将来のメタンハイドレートなどが挙げられ，枯渇性エネルギーに対する気候変動緩和策として海底下地層へのCO_2貯留（CCS）がある。再生可能エネルギーに目を向けると，洋上風力発電のほかに，将来の波力・潮力・海流発電，海洋温度差・塩分濃度差発電などもある。

二酸化炭素排出量をゼロにして，気温上昇を2℃未満にするために必要な2060年までの低炭素化技術の割合については，CCSと再生可能エネルギーで約半分を占めることが示されている（OECD/IEA 2017 Energy Technology Perspective）。

日本では，CCSは海底下CO_2貯留が有望とされており，再生可能エネルギーにおいては，洋上風力の規模拡大が有望とされている。一方，これらの新技術導入に際しては，慎重なリスクマネージメントが必要となる。シンポジウムの後半部では，CCSについて当所の吉川氏から，洋上風力発電については，当所の三浦氏から紹介する。



第1図　地球温暖化対策として期待されるCCSと洋上風力。

引用文献

IPCC（2014）. Climate change 2014 : Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/

OECD/IEA（2017）. Energy technology perspectives 2017 Catalysing energy technology transformations. https://www.iea.org/etp2017/