

緩和と適応のシナジーに関する基礎調査

気候変動とエネルギー領域 研究員
清水規子、吉野まどか

気候変動対策をとる上で、その効率性及び効果の向上のためにも、また、緩和策と適応策が相互に負の影響をもたらすことのないようにするためにも、両者のシナジー(相乗作用)を促進することは重要である。しかし、緩和及び適応に関するそれぞれの実務レベルの取り組みや研究からは、両者のシナジーに関する取り組みや研究が多いとは言えない。主な取り組みや研究を概観する。

《実務者レベルの取り組み》

経済開発協力機構開発援助委員会(OECD・DAC)によれば、2010年に二国間援助機関によって支援された気候変動関連の援助の58%が緩和向け、24%が適応向け、18%がその両方に充当されたものである(OECD、2013)。

また、少なくとも公開されている情報に基づいて判断すれば、緩和と適応のシナジーに関する取り組みを行う国際機関は、ごく一部に限られ¹、国際連合食糧農業機関(FAO)を中心とした農業セクターで既に取り組みがみられる。FAO(2012)は、以下のように、特に農業セクターにおいては食糧安全保障と関連して、既に緩和と適応の有益なシナジーが存在していると指摘している。

- ・ 西アフリカ、インド、インドネシア、ベトナムで伝統的に見られる統合的な米の耕作システム及び畜産システムを通じたメタン(CH₄)排出削減(緩和)策は、同時に、灌漑における水の効率性の改善につながる。
- ・ 亜酸化窒素(N₂O)の排出削減は、地下水の水質を改善し、生物多様性のロスを減少させる。
- ・ 動物肥料の統合廃棄物管理システムによる、バイオガスの回収・利用は、CH₄とN₂Oを削減し、多くの貧困層が従事する畜産業からの収入創出等の効果がある。
- ・ 放牧管理による土地劣化の回復は、炭素隔離や、家畜の生産性の向上、砂漠化の防止に寄与し、特にサハラ以南のアフリカ諸国における極端現象発生時の貧困層の社会的な安全性の確保に貢献する。
- ・ アグロフォレストリの実施は土壌炭素隔離の促進に加え、土壌の肥沃性及び保

¹ ただし、ヒアリング調査は実施していないため、国際機関が水面下で緩和および適応のシナジーの取り組みを進めている、あるいは進める計画がある可能性はある。

水性の向上によって、該当地域の極端現象への耐性や農業生態系の強化につながる。

さらに、FAO(2012)は、これらの事業は、炭素隔離や土地由来の GHG 排出削減への貢献に加えて、生産システムの極端現象への耐性の強化に寄与するとしている。一方で、このシナジーが生まれるかどうかは、地域の文化・知識にも左右されると共に国際機関や NGO 等の支援次第であり、ケースバイケースの評価が必要であると指摘している。

一方、一部の二国間機関では適応と緩和の取り組みの重要性が認識されつつある。北欧諸国は、Nordic Council of Ministers による支援の下、適応と緩和のシナジーに関する調査を専門家に委託し「適応と緩和のシナジー活動への資金支援に関するスコーピング調査(IIIman, J. et al., 2013)」を出版した。そこでは、緩和と適応のシナジーを発揮できる可能性が高いセクターとして農業、森林、土地利用セクターが、可能性があるセクターとしてエネルギー、インフラ計画・建設、運輸、保険、廃棄物処理セクターが特定されている。IIIman(2013)らは、適応と緩和のシナジーに関する一般論として、以下の助言を提示している。

- ・ 既に多くの研究でシナジーの存在自体は指摘されているが、そのシナジーのレベル(magnitude)、費用、便益の評価に関する実証研究の必要性がある。
- ・ 関連の気候資金の支援基準をレビューするべきである。基準としては、どの程度資金支援がシナジーに対処・報告しているのか等が考えられる。民間資金によるシナジーの強化についても注意が向けられるべきである。
- ・ シナジーは気候変動の主流化と関連付けて進めるべきである。

さらに、特に北欧諸国による今後の適応と緩和のシナジーへの取り組みに関して以下の意見も述べている。

- ・ 北欧諸国は、緑の気候基金(GCF)に理事を置く等、気候関連基金における影響力を持つことから、緩和と適応のシナジーの分野において影響力を持ち得る。
- ・ 北欧諸国は、緩和と適応のシナジーに関連する特定のセクターにおいて専門知識がある(例:森林、農業、分散型エネルギー)
- ・ 開発と気候変動の主流化に取り組む北欧諸国にとって、シナジーはより包括的な気候変動の機会と捉える事ができる。

《研究者による取り組み》

それでは、現在までに、緩和と適応のシナジーに関してどのような研究が行われてきたのだろうか。緩和と適応の関係性に関する研究は、緩和と適応の個別研究に比べて比較的少ない(IPCC, 2007)。IPCCは、第四次評価報告書(AR4)(IPCC, 2007)において初めて緩和と適応の関係性に関する章を設けている。両者のシナジーに関する2007年以前の研究は初期段階であるとしつつ、以下の研究が紹介されている。

- ・ Barker (2003)及び Dessai and Hulme (2003): 統合評価モデルの文脈において、緩和と適応の関係性を分析している。
- ・ Dang *et al.* (2003) and Klein *et al.* (2003): 緩和策と適応策をより効果的に統合する事は可能なのか、また可能だとしたらどのような統合方法が良いのかという課題を提起している。
- ・ Tol (2005) : 適応と緩和は政策として代替可能なものであり、両者は気候変動への統合的な対応策として分析されるべきであると主張している。

緩和と適応は等しく重要であるとの研究者からの指摘は、1990年代初頭よりあった(Schipper, 2006)。しかし、緩和と適応の両方を取り上げる研究が少ない理由として、歴史的には、適応ポテンシャルの検討は、緩和の議論を弱める可能性があった(Wilbanks, 2005)ことや、適応は緩和が十分にできなかったことを認めることになる(Schipper, 2006)ことなどがある。また、一般的に、緩和と適応に関してそれぞれ異なる研究者により研究が実施されてきた。しかし、どれほど緩和努力を行っても気候変動の影響が発生し、適応策が必要になるとの認識や、国際的な緩和対策の遅れへの懸念から、適応への気候政策における関心が2000年代中盤から特に高まった(Schipper, 2006)。AR4以降の研究には以下が含まれる。

- ・ Smith, P., & Olesen, J. E. (2010): 緩和策の中には農業システムの適応能力に対して負の影響を与えるものもあるが、(1) 土壌流出低減策、(2) 窒素及びリンの溶脱防止策、(3) 土壌保水力の保持、(4) 作物種・品種の選択による輪作の多様化、(5) 極端な温度変化の抑制および保護のための微気候の改良²、(6) 農地の耕作放棄や集約的農業生産の縮小、新規開墾の回避等の土地利用変化等のように、多くの適応策は緩和に正の影響をもたらすとした。バイオ燃料、食糧、餌の生産を統合できるような新しい農業生産システムの構築により、農業における緩和と適応のシナジーのポテンシャルは大きいと考えられる。短期・長期的な緩和と適応の適切性への影響を定量化するには更なる研究の必要性を指摘している。

² 例として、陰を作るための屋根の設置などにより、強い直射日光を避けるなど。

- ・ Jessica M. Ayers and Saleemul Huq. (2009): 緩和と適応の統合アプローチのシナジー(及び負の影響)は、国・セクターレベルよりも、地域(ローカル)レベルにおいてより生じると指摘。 Bangladeshにおける緩和と適応の関係性について論じており、NAPAsに含まれる15のConcept Notesの多くが両者の関係性を示しており、最もそれが顕著な事業はコミュニティーの参加による沿岸植林に関する事業であると紹介している。また、 Bangladeshの廃棄物関連事業における適応便益についても指摘している。
- ・ Locatelli, B. (2011): REDD+事業等の森林セクターにおける緩和と適応のシナジーについて論じている。森林緩和策には、生態系サービスの強化、地域住民の生計手段の多様化、インフラ・社会サービスの構築、地域制度の強化等がある(但し、緩和策による適応への負の影響も指摘)。逆に、生態系の保全や炭素貯蓄を生むような適応事業には、緩和効果もある。

2014年に発表されたIPCC AR5には、緩和と適応のシナジーについて以下の記載がみられる。これらは、緩和と適応のシナジーの存在がありつつも、今後はこのシナジーの活用機会が減少していくことを示唆しており、過去のARとはニュアンスの違いがみられる。

- ・ 緩和と適応の正のシナジーを活用する機会は、時間経過に従い減少するだろう。一部地域では、気候変動影響への不十分な対応により、既に持続可能な開発の基盤が脅かされつつある。
- ・ 緩和と適応、そして異なる適応対策の間に、大きな相乗便益(コベネフィット)、シナジー、トレードオフが存在する。緩和策と適応策の強化によって、特に水、エネルギー、土地利用、生態系における相関関係は増えることが示唆されるが、その相関関係を理解し管理するツールは限定的である。

●ネクサス 一適応と緩和のシナジーのより広義な捉え方

上記のように、緩和と適応のシナジーの対象分野として、農業、森林、土地利用セクターが注目されてきた。気候変動に関連した「ネクサス(つながり、結びつき)」は、国際的には特に2012年にドイツ・ボンで開催された世界水フォーラムや2014年にインド・デリーで開催された持続可能な開発サミットで注目された。気候変動に関連して、水・エネルギー・食料のネクサスの議論は、緩和と適応の両方に資するアプローチと言える。世界の水・エネルギー・食料は現在以下のような状況にある。(Bonn 2011 Conference, 2011)。

- ・ 約9億人が安全な飲料水へのアクセスがない
- ・ 26億人が適切な公衆衛生へのアクセスがない

- ・ 13 億人が電気へのアクセスがない
- ・ 27 億人が現代的かつ健康的な形で料理ができない状況にある
- ・ 約 10 億人が栄養失調である

水・エネルギー・食料のネクサスの背景には、これらのセクターで個々に問題解決を図ろうとした場合、相互にトレードオフの関係となり負の影響が考えられるため、統合的に考えまた行動を取るべきとの問題意識がある(Bonn2011Conference, 2011)。

図1に、水・エネルギー・食料のネクサスと気候変動の緩和と適応の関係性を示した。エネルギーと食糧生産・供給は気候変動の主要因であり、世界の GHG 排出量の 27%が電力と熱生産、15%は農業、14%が土地利用変化と森林に由来する(Stockholm Environment Institute, 2011)。この人為的な GHG 排出量の増加によって引き起こされた気候変動が、水や農業(食料)に影響を与えることは言うまでもない(図1)。

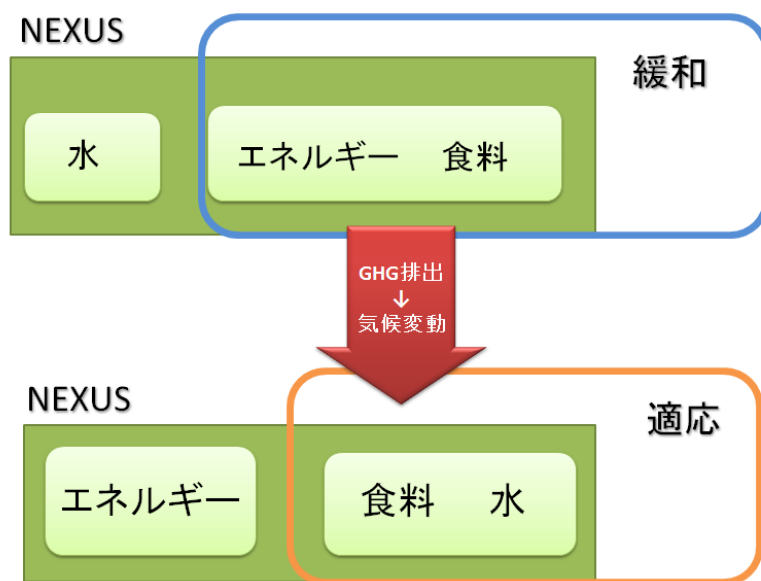


図1：水・エネルギー・食料の NEXUS と緩和・適応の関係性

つまり、緩和と適応のシナジーを考える際には図1で示す通り、水・エネルギー・食料の3分野のシナジーの検討は有益であると考えられる。以下に水・エネルギー・食料のネクサスに関する実務者及び研究者の取り組み事例を示す。

- ・ ドイツ政府: ネクサスの重要性を早くから認識し、2011年にネクサスに関する国際会議を開催³。また、“Water Stewardship Initiative”によって民間の水・エネルギー関連企業と農業従事者に、途上国における水資源の稀少性等のリスクに関する理解の促進に努める⁴。
- ・ 国際自然保護連合(IUCN)・国際水協会: 2012年2月、水インフラの計画立案者、融資者、事業者に対して行動を求めるべく、水インフラにおけるネクサスに関する対話の場(“Nexus Dialogue on Water Infrastructure Solutions”)を設けた。⁵
- ・ FAO: FAOを通じて、Global Bioenergy Partnership (GBEP)がバイオエネルギーの24の持続可能性指標を承認した。⁶

以下は、主な研究者(機関)による取り組みである。

- ・ IISD: NEXUSは概念としては研究が進んでいるものの、それをどのように実施していくのかという視点が無かったと指摘し、流域生態系における統合枠組み実施のための提言をしている。
- ・ 世界銀行: 世界銀行(2013)は、水とエネルギーの資源管理のシナジー及びトレードオフを定量分析している。
- ・ IGES: Zhou and Mitra (2014)は、これまでのネクサスに関する研究は問題の特定かあるいは相互関連性の定量化をしないままに分析が進められており、最適なネクサスの戦略の政策オプションの提言はなく、また実際にネクサスに関する政策決定を支えるために必要な知識が不足していると指摘している。このような状況を受け、IGESでは、ネクサスに関する政策オプションを提示し、またネクサスの相互関連性を定量化するための統合評価を実施することを計画している。

³ <http://www.water-energy-food.org/en/home.html>

⁴ http://www.water-energy-food.org/en/initiatives/view__279/water-stewardship-initiative--upscaling-cooperation-with-the-private-sector-and-creating-innovative-partnerships.html

⁵ http://www.water-energy-food.org/en/initiatives/view__281/nexus-dialogue-on-water-infrastructure-solutions.html

⁶ http://www.water-energy-food.org/en/initiatives/view__283/pilot-testing-of-global-bioenergy-partnership-gbep-indicators-for-sustainable-bioenergy-in-colombia-and-indonesia.html

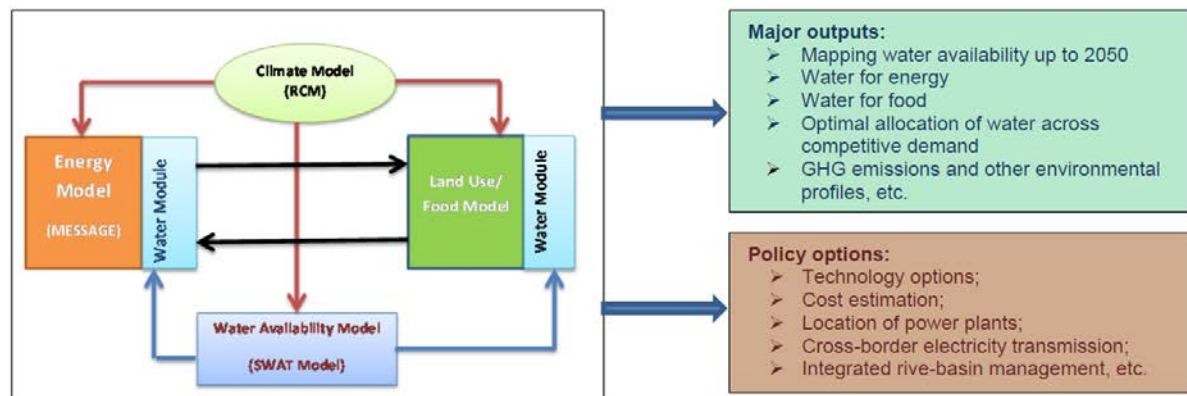


図 2: 水・エネルギー・食料ネクサスの統合評価の枠組み

●まとめ

以上のように、農業、森林、土地利用セクターにおける緩和と適応のシナジーに関する研究は進められており、その存在自体は上記の研究によって証明されている一方、IPCC AR5 では緩和と適応の正のシナジーを活用する機会は、時間の経過に従い少なくなるだろうと述べられており、早急に正のシナジーを生み出すための現場レベルでの取り組みを促すような研究が有用である。むしろ、未だ現場レベルでは明示的に両者のシナジー促進のための取り組みが多くない事を踏まえれば、AR5 で指摘されているシナジーの管理ツールも含めた、シナジーを具現化するための研究が求められるのではないかと。

参考文献

- Babiker, M.H., P. Criqui, A.D. Ellerman, J. Reilly, and L. V. (2003). Assessing the impact of carbon tax differentiation in the European Union. *Environmental Modeling and Assessment*, 8(3), pp. 187–197.
- Bizikova, L., Roy, D., Swanson, D., Venema, H. D., & McCandless, M. (2013). *The water-energy-food security Nexus: Towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management*. Winnipeg.
- Bonn2011Conference. (2011). *Messages from the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus – Solutions for a Green Economy*.
- Dang, H.H., A. Michaelowa, and D. D. T. (2003). Synergy of adaptation and mitigation strategies in the context of sustainable development: the case of Vietnam. *Climate Policy*, 3(1).

Dessai, S. and M. H. (2003). Does climate policy need probabilities? Norwich.

FAO. (2012). CLIMATE CHANGE ADAPTATION AND MITIGATION: challenges and opportunities in the food sector. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/016/i2855e/i2855e.pdf>

Federal Government of Germany. NEXUS Initiatives. The Water, Energy and Food Security NEXUS Resource Platform. Retrieved from <http://www.water-energy-food.org/en/initiatives.html>

Klein, R.J.T., E.L. Schipper, and S. D. (2003). Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions. Norwich.

Illman, J., Halonen, M., Rinne, P., Huq, S., & Tveitdal, S. (2013). Scoping study on financing adaptation-mitigation synergy activities. Retrieved from <http://www.norden.org/en/publications/publikationer/2013-902>

IPCC. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch11s11-9.html

IPCC. (2014). Chapter 20. Climate-Resilient Pathways: Adaptation, Mitigation, and Sustainable Development. In *FINAL DRAFT IPCC WGII AR5* (pp. 1–42).

Huq, J. M. A. Æs. (2009). The Value of Linking Mitigation and Adaptation: A Case Study of Bangladesh. *Environmental Management*. Retrieved from <http://pubs.iied.org/pdfs/G02370.pdf>

Locatelli, B. (2011). *Synergies between adaptation and mitigation in a nutshell*. Retrieved from <http://www.cifor.org/fileadmin/fileupload/cobam/ENGLISH-Definitions%26ConceptualFramework.pdf>

OECD. (2013). *OECD DAC Statistics Climate-related Aid*. Retrieved from [http://www.oecd.org/dac/stats/Climate change-related Aid Flyer - November 2013.pdf](http://www.oecd.org/dac/stats/Climate%20change-related%20Aid%20Flyer%20-%20November%202013.pdf)

Rodriguez, D. J., Delgado, A., Delaquil, P., & Sohns, A. (2013). Thirsty Energy. Washington, DC. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/01/17932041/thirsty-energy>

Schipper, E. L. F. (2006). Conceptual History of Adaptation in the UNFCCC Process. *Review of European Community & International Environmental Law*, 15(1), 82-92. doi:

10.1111/j.1467-9388.2006.00501.x

Smith, P., & Olesen, J. E. (2010). Synergies between the mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. *The Journal of Agricultural Science*, 148(5).

Stockholm Environment Institute. (2011). *Understanding the Nexus, Background paper for the Bonn2011 Nexus Conference*.

Thornton, T.F. and Comberti, C. (2013). Synergies and trade-offs between adaptation, mitigation and development. *Climatic Change*, pp.1-14.

Tol, R. S. (2005). Adaptation and mitigation: trade-offs in substance and methods. *Environmental Science and Policy*, 8(6), pp. 572–578.

Zhou, X., Mitra, B.K. (2014). Proposal for an integrated assessment of sustainable development in Asia: Water, Energy and Food Nexus. IGES, Hayama.

Wilbanks, T. J. (2005). Issues in developing a capacity for integrated analysis of mitigation and adaptation. *Environmental Science & Policy*, 8(6), 541-547.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2005.06.014>