

2-5

砂漠化問題とその対策

東京大学大学院農学生命科学研究科 清水 庸、大政 謙次

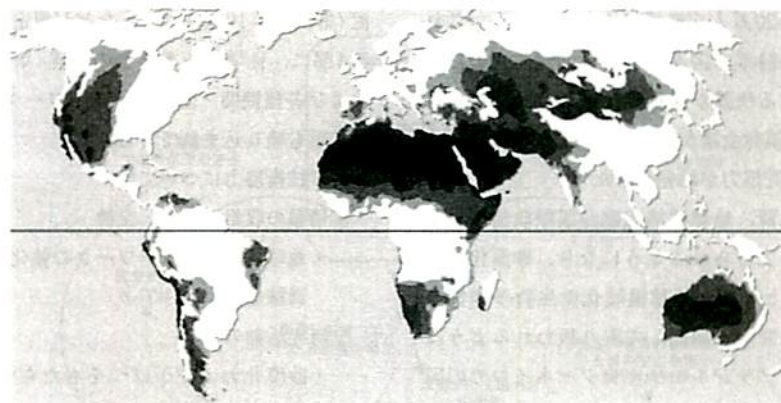
砂漠化問題と砂漠化対処条約

砂漠化とは、国連の砂漠化対処条約 (UNCCD)[※]において、「乾燥地域、半乾燥地域、乾燥半湿潤地域における気候の変動や人間活動を含むさまざまな要因に起因する土地の劣化」と定義され、土地の劣化とは、乾燥地の生物学的・経済的生産力の低下や喪失のことを示す。世界には、多くの乾燥地が分布しており、それらの地域は砂漠化の問題に直面している。

図1は乾燥度指数 (Aridity Index) に基づく乾燥地の分布図¹⁾である。この図における乾燥度指数は国連環境計画 (UNEP) の定義に基づくものであり、年間の降水

量を可能蒸発散量で割った値 (比率) で表される²⁾。この図の場合、1951～80年の30年間の気温と降水量データの平均値に基づいて計算されており³⁾、乾燥度指数が0.65よりも小さい場合を乾燥地とし、数値に応じて、4種類の地域に区分されている。それらは、極乾燥地域、乾燥地域、半乾燥地域、乾燥半湿潤地域である。砂漠

※ UNCCDの正式な名称は「深刻な干ばつ又は砂漠化に直面する国 (特にアフリカの国) において砂漠化に対処するための国際連合条約」(United Nations Convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification particularly in Africa) である。



- 極乾燥地域 (乾燥度指数 < 0.05)
- 乾燥地域 (0.05 ≤ 乾燥度指数 < 0.20)
- 半乾燥地域 (0.20 ≤ 乾燥度指数 < 0.50)
- 乾燥半湿潤地域 (0.50 ≤ 乾燥度指数 < 0.65)

図1 乾燥度指数による乾燥地の種類と分布図
(文献1の付属資料Aの図を著者が一部改変)

化対処条約においては、極乾燥地域を除いた、乾燥地域から乾燥半湿潤地域を対象地域として設定している。

これら4種類の乾燥地の面積は、陸域の総面積の41.3%を占めており、乾燥地に居住する人口は世界の総人口(2000年時点)の34.7%に相当し¹⁾、国連環境計画のデータではサヘル地域(サハラ砂漠南縁地帯)、ザンビアなどのアフリカ南部の国々では国民の80%以上が乾燥地に居住している。乾燥地は土壌の脆弱性が際立って高い地域であり、人間活動や気候変動などの影響をとくに受けやすい。また、このような地域では農作物などの生産性が低く、社会経済的な基盤も脆弱で、政治的にも不安定な地域が多いことが問題を複雑にし、貧困とも深くかかわる。砂漠化は喫緊な対応が必要な課題と位置づけられる。

砂漠化の問題は、人類の農耕と牧畜の歴史とともに始まっている。人類は世界各地で、それぞれの気候風土に適した農耕や牧畜の技術を開発し、持続的な生産活動を行ってきたが、人口の急激な増加や新しい開発活動が、環境と持続的な生産活動のバランスを崩し、砂漠化を引き起こしてきた。たとえば、古くはメソポタミアなどの古代文明が、土壌の流出や塩害などによる土壌劣化によって衰退したことはよく知られている。また、気候変動が砂漠化を引き起こした例としては、西アフリカのサハラ砂漠周辺の国々の例がよく知られ、これらの地域では、干ばつとそれに伴う飢餓が繰り返し引き起こされており、1968～73年にかけての大干ばつによって、2500万人が被災し、約20万人が飢餓により死亡した。これを契機として、1974年の国連総会で砂漠化防止のための国際協力に関する決議が採択され、その後1977年にナイロビで国際砂漠化会議が開かれ、防止対策のための国際的な援助と研究協力が活発化した¹⁾。

1980年代後半以降、地球環境問題が国際政治の重要な課題として取り上げられるようになり、砂漠化も地球環境問題の1つとして、地球温暖化や生物多様性など、他の地球環境問題と関連して取り扱われるようになった。1992年、ブラジルのリオデジャネイロでの国連環境開発会議(地球サミット)で採択されたアジェンダ21(持続可能な開発のための行動計画)に、砂漠化の問題も取り上げられ、この合意に基づき1994年に砂漠化対処条約が国連で採択された。締約国が50か国を超えた1996年に条約は発効し、1997年の同条約の第1回締約国会議(Conference of the Parties: COP 1)がロー

マで開催され、2013年のナミビア・ウィントフックでのCOP11に至る。2007年のマドリッドでのCOP 8では、2008～18年をターゲットとした「10か年戦略計画と枠組」が採択された⁵⁾。締約国の数は、現時点において195にのぼり、日本政府は1998年に締約国となっている。

砂漠化対処条約の具体的な内容について説明する。同条約は砂漠化に直面している国々における砂漠化の防止と干ばつの影響の緩和を目的として採択された。条約のなかで被影響国(とくにアフリカ諸国)の貧困の撲滅と、食糧安全や人口動態、自然資源の持続的管理、持続的農業慣行、多様なエネルギー資源の開発と効率的利用、制度的法的枠組み、影響評価と体系的観測の強化、教育と公衆啓発などを保証するための行動計画の立案と実施の必要性が謳われている。また、目的を達成するために、締約国には国家レベルだけでなく、国際レベルから住民のレベルまで、それぞれのレベルにおける行動を義務づけている。

とくに先進締約国には、

- ①行動計画の作成・実施などに対する資金的・技術的な協力
- ②被影響国の能力形成、教育および啓発に対する協力
- ③科学技術協力

などでの積極的な支援を求めている。これに関連して、条約の第2部で、一般的義務(第4条)、先進締約国の義務(第6条)、第3部で、行動計画(第1節 第9条～15条)、科学技術協力(第2節 第16条～18条)、支援措置(第3節 第19条～21条)などが規定されている。また、第4部に、科学技術委員会の設置(第24条)や研究機関および各種機関・団体のネットワーク化(第25条)などの条項も盛り込まれている。

科学技術協力については、

- ①情報の収集・分析・交換
 - ・地球規模のネットワークの強化(情報提供・教育・訓練など)
- ②研究活動の支援
 - ・砂漠化および干ばつをもたらし過程、原因とその影響などに関する研究
 - ・地域の人々の生活水準を向上させる解決策の特定・実施をもたらし研究
 - ・被影響途上国の研究能力を開発・強化する研究
 - ・貧困・環境上の要因による移住と砂漠化の関係についての研究

との異なる挙動に起因して、生物種の増減、動物群集・植物群落の構造や多様性の変化が起こる可能性があり、その結果、一次生産量の減少や栄養循環の弱化へと、再びつながる。生物多様性の喪失は、植物群落の構造やその多様性の喪失を通じ、土壤保全機能の低下、降水の浸透や地表水の調整機能を悪化させ、局地的な気象の状態を変え、乾燥地における生態系サービスの低下を招くことになる。

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change、気候変動に関する政府間パネル)は、1988年に国連環境計画と世界気象機関が共催して設立した組織であり、気候変動の観測・将来予測、気候変動の影響評価、そして気候変動の適応策や緩和策の立案に関する科学的・社会経済的な情報を評価している。また、気候変動枠組条約の締約国会議からの要請に応じ、助言を行っている。気候変動における主たる変化傾向は、気温の上昇であり、蒸発散量の増加をもたらす。したがって、降雨量の増加が追いつかない地域では乾燥化が進み、深刻な影響が生じる。一方、地球温暖化はこのような長期的なトレンドとしての気候変動だけでなく、エルニーニョなどの現象とも関係して、世界各地で異常気象を引き起こすと考えられている。脆弱な土壌を持つ乾燥・半乾燥地域では、このような異常気象の影響をとくに受けやすい。たとえば、干ばつによる土壌劣化だけでなく、集中豪雨による土壌の荒廃や侵食による影響が砂漠化を引き起こす。このため、砂漠化影響の予測は難しい問題ではあるが、地域的な異常気象とその影響についての検討が重要となる。砂漠化問題に関連して、IPCCの第4次および第5次評価報告書では、1950年以後、アフリカ西部や地中海沿岸域において干ばつの頻度や強度が増していること⁶⁾、そして、昇温や降水量の減少に関係した乾燥の強化が干ばつの変化に影響を与え、また海面水温と風の分布の変化、雪塊氷原や積雪面積の減少も、干ばつと関連づけられることが報告されている⁷⁾。そして、今後の気候変動の予測結果(RCP8.5シナリオによる2100年までの予測)について、乾燥地域と湿潤地域の間で、年間降水量の差がさらに広がること、アフリカ南部、地中海沿岸域そして南アメリカ東部において、乾燥化が進むことが予測されている⁶⁾。2012年には、干ばつや熱波などの異常気象・気候のリスク管理のための特別レポートが出された⁸⁾。2100年までの干ばつの将来予測について、信頼性は中程度であ

るが、その危険性が大きくなることが予測されている。具体的には、年間の連続乾燥日(日降水量1mm未満の日の継続期間⁸⁾)や土壌水分の年差などの複数の指標を用いて、1980～99年の20年間の状況と将来の予測結果(SRES-A2シナリオによる2081～2100年の予測)を比較しているが、サハラ北部から地中海沿岸域そしてアフリカ南部などにおいて両指標ともに乾燥化の傾向を示し、アジアではチベットの高原地帯やモンゴルにおいて、土壌水分指標で乾燥化の傾向を示している。アフリカにおける予測結果は、第5次評価報告書⁶⁾でのRCP8.5シナリオによる結果とも共通している。これらのIPCCのレポートでは、現在の乾燥地における降水量の減少と蒸発散量の増加による乾燥化が予測されており、砂漠化問題への対処が必要であることがわかる。

2. 国連ミレニアム開発目標とリオ+20

国連は、2000年に今後の国際社会の目標として、ミレニアム開発目標(Millennium Development Goals: MDGs)を採択した⁹⁾。MDGsは、2015年を達成期限として、8つの目標を掲げているが、砂漠化問題ととくにかかわるものとしては、目標1「貧困・飢餓の撲滅」と目標7の「環境の持続可能性の確保」がある。たとえば、サハラ以南のアフリカにおいて、栄養不良人口の割合は1990年代と比較すると減少しているが、2006～08年において26%であり、開発途上地域における平均値15%と比べると未だ高いことがわかる。また、目標7に関連し、2000年代において干ばつや森林火災などに起因して、アフリカやオセアニアでの森林面積の減少傾向が報告されている。

地球サミット開催から20年が経過した2012年に、同じくリオデジャネイロにおいて、国連持続可能な開発会議(リオ+20)が開催され、経済的、社会的そして環境的に持続可能な未来をつくるための取り組みを再確認した¹⁰⁾。砂漠化問題に関する点では、土地や土壌を良好な状態に管理することの経済的・社会的な重要性(経済成長、持続的農業、食料システムの安定、貧困撲滅などに貢献)および、国や地域そして国際的なレベルで調整のとれた砂漠化へ対処するための活動やグローバルでの土地劣化状況のモニタリング、劣化した土地の回復の必要性を再確認し、国連として、条約や10か年戦略計画を実行するための資金を含めた支援を決議した。科学技術や研究に関連する提言としては、砂漠

化、土地の劣化、そして干ばつの状況のモニタリングや評価のための包括的方法と指標の開発・実行が重要であること、そして締約国に科学的知見に基づく助言を与えることができるようなしくみづくり、また、気候・気象やその予測の情報、砂塵嵐や砂漠化の早期警報システムの共有を介した協力の必要性が挙げられた。

国連は、2015年に達成期限を迎えるMDGsの次の目標として、「持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals:SDGs)」の立案を決めており、現在、アジェンダ21などの過去の行動計画や目標と整合性をとりながら、策定が進められている。SDGsは砂漠化への対処を含め、地域社会や国際社会の持続的発展を目指すための社会のあり方を規定する共通目標となるであろう。

砂漠化の構図と砂漠化対策の研究

砂漠化対策に関する今後の研究を考える場合には、アジェンダ21、砂漠化対処条約の10年戦略計画、そしてリオ+20などでの行動計画・目標を考慮する必要があり、図3¹¹⁾にはこれらで提起されている問題のキー

ワードも含め、整理してある。なお、砂漠化の構図を踏まえた上で今後必要と考えられる砂漠化対策の研究課題や多くの視点については、大政¹¹⁾によって網羅的に整理され、提言されており、詳しくはそちらを参照してほしい。ここでは、図3の内容に対応して、いくつかの点を要約して述べる。

1. 砂漠化の原因・機構・影響の体系的解明

砂漠化の構図について、その原因として、自然環境が本来持つ復元力を超えた人間活動、そして気候変動や異常気象、それらの相互作用が挙げられ、土地の劣化を介して、社会経済的、そして自然物理的、双方に悪影響が生じる。この過程は循環することにより、問題は深刻化する。砂漠化の予知や対策を効果的に行うためには、地域によって異なる砂漠化の原因や機構、影響の相互関係を体系的に解明する必要があるが、多くの要因が複雑に関係するために、体系的な解析は十分には行われていない。また、要因間の相互関係を表すモデルについても、サブモデルの開発段階にあり、体系化に至っていない。今後は、地域ごとの詳細な体系

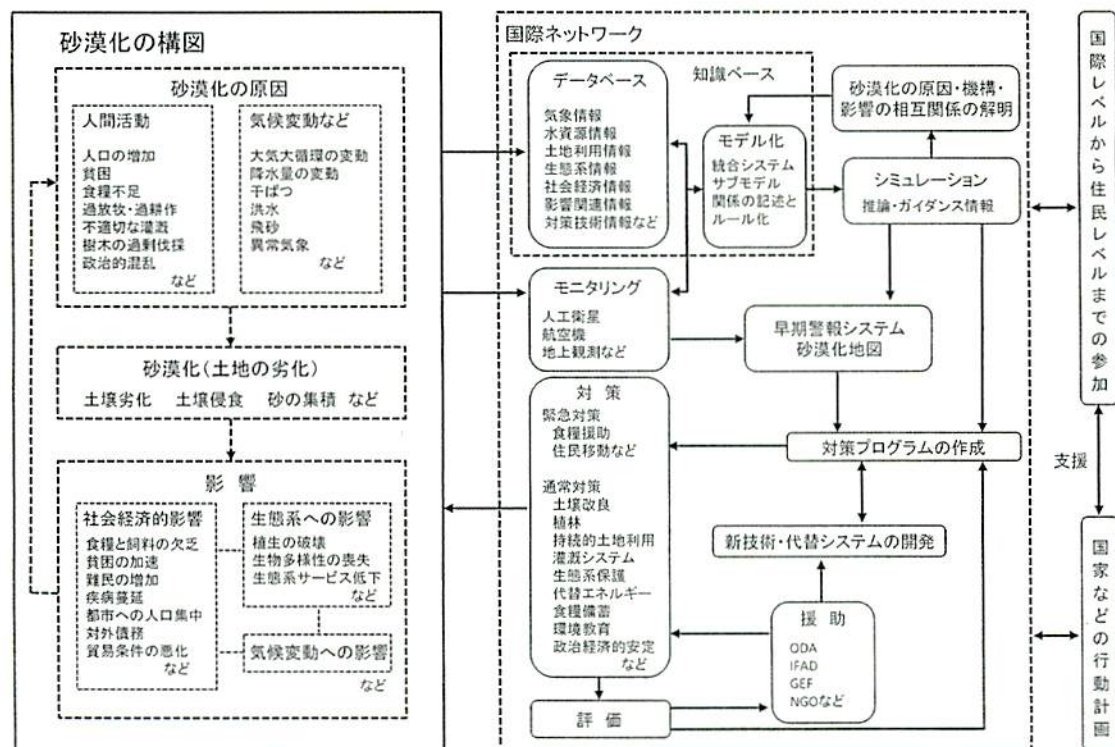


図3 砂漠化の構図と砂漠化研究の流れ図¹¹⁾

的解明に加え、社会・経済的側面も含めて、原因、機構、影響の相互関係を整理し、モデルを用いて、体系的に取り扱う手法についても検討する必要がある。とくに砂漠化問題の本質でありながらも、従来、研究対象としてタブー視されてきた住民の貧困(経済的基盤)の問題、生活習慣や思考形態の問題、少数民族問題、人口問題、政治問題など、人間社会に深くかかわる問題などの計量化しづらい要因について、人権問題などに配慮しつつ、ルールとして整理し、サブモデル化し、そして知識ベース化することが重要である。

2. 砂漠化のモニタリング・データベース

砂漠化のモニタリング・データベースについての研究は、モデル化の研究と密接にかかわり、取得されたデータは、砂漠化の現状把握やモデル開発、そしてモデルを用いた砂漠化の体系的解明や予知、あるいは対策のために利用される。砂漠化のモニタリングでは、人工衛星などからの広域リモートセンシング(画像分光やマイクロ波、レーザーなど)による土地利用や降雨、土壌水分の推定などに加えて、現地調査や航空機などによる定期的な観測を併用して、モニタリングの精度と得られる情報の増大をはかる必要があり、加えて、計画的に長期間継続して実施することが求められる。とくに気象情報や土地利用、水資源、生態系などに関する情報を得る手法の確立に加えて、これらの情報を介して人間活動や影響関連の情報との関係を明らかにし、社会・経済的側面も含めた総合的なモニタリングが必要とされる。また、砂漠化のモデルと組み合わせた干ばつなどの早期警報(予知)システム(Early Warning System: EWS)への利用などを検討する必要がある。EWSは、サヘルクラブなどが1980年代から取り組んでおり、ニジェールなどのサヘル地域では、国により異なるが何らかのかたちですでにEWSが導入されている。また、北東アジア(モンゴル国・中国)でも、近年、EWS構築のパイロットスタディが行われている¹²⁾。モニタリングデータを、現地の研究者や指導員も含めて、国際的に利用していくためには、そのデータベース化とインターネットなどを通じた利用システムの整備が必要であり、国連環境計画によるGlobal Resource Information Databaseなどがあるが、地域の状況を反映した砂漠化地図などのデータベース整備は十分とは言えない。データベース整備や更新は国際的な協調による長期間の地道な作業を必要とするが、

砂漠化問題を解決していくためには、徐々にでも進めていく必要がある。

3. 新技術・代替システムの開発と対策計画の作成

地域社会の持続的な発展にとって、新技術・代替システムの導入は不可欠である。これらは、長期的な視野に立った上で、地域の社会経済状態や住民の意志が反映され、その地域社会が受容できる適正な技術やシステムであることが要求される。また、知識ベースやモニタリングにより得られた情報に基づいて、地域社会に適合する対策計画の作成が必要であり、そのための手法の確立が求められる。そして、普及のための技術指導や環境教育を含めた総合的なものであることが必要とされる。さらに、この対策計画は、地域や国家の行動計画に組み込まれることが望ましい。今後、導入が期待される新技術・代替システムとしては、代替エネルギーとしての太陽光利用のシステムや、地下ダム・地下灌漑システムなどの土壌劣化を伴わない灌漑技術、乾燥地域に適した高収量品種、その栽培・貯蔵・加工技術、土壌改良技術、リサイクル型生活・生産システムなどが挙げられる。また、持続的な土地利用システム(生物生産の脆弱な土地での地域に適合した持続的な生産システム)や植林に関する技術も含まれる。これらの新技術・代替システムは、必ずしも先進国での最新技術を意味するものではなく、地域社会で古くから用いられている技術の改良を含む。また、これらの技術が長期的な視野に立って、その地域の自然や社会において適合するかどうかの事前・事後評価を行う手法の開発も併せて進める必要がある。

一方、新技術・代替システムの開発には、砂漠化対策という観点だけでなく、地球温暖化対策にも有用な手法が望まれる。太陽光の利用や風力発電のシステムは、再生可能なエネルギーの供給手段として有用かもしれない。また、アグロフォレストリーのような農業形態は、持続可能なバイオマス生産と、土壌劣化や森林減少の防止や炭素貯蔵量の改善に役立つ可能性がある。いずれにしても、新技術・代替システムの可能性を含めて、砂漠化対策技術の体系化を行い、その地域に合った技術の選択を行うための意志決定を支援するエキスパートシステムなどの開発が望まれる。

4. 生態系保護と植林

乾燥地の生態系は、厳しい環境に対して適応した植物種の宝庫であり、ハビタットの多様性を示すとともに、多くの食用作物の原産地でもある。砂漠化によるこれらの生態系の破壊や生物多様性の喪失を防止するために、希少種やそのハビタットのデータ化と保全方法の検討が必要である。また、飛砂などによる砂漠化を防止するための緑化(植林)技術の開発についても、現地の状況に適応した方法、緑化植物の適切な選定、苗木の供給法、緑化事業実施後の評価などを検討する必要がある。なお、中国の乾燥地域における自然植生の保護と回復について、草方格(イネ・ヨシなどのわら等を格子状に砂中に埋め込んだ防風・防砂技術)の実証的研究、防風・防砂林などの砂丘固定技術、生態系保護に配慮した防風・防砂林用の植物種の選定など、緑化技術に関して多くの研究が進展しつつある^{13,14)}。

5. 効率的な援助とその評価および行動計画作成のための支援

砂漠化対策のプロジェクトを立案・実施するためには、トップダウン方式のみではなく、上述の砂漠化の原因・機構・影響の相互関係を的確に評価し、適正技術を選択するための知見とともに、現地の住民の意志を反映させる必要がある。また、現地の住民へ、生活・生産と環境とのかわりにおける持続性の知識を普及する必要があり、砂漠化対策に焦点を当てた、住民参加と環境教育のための計画の検討が求められる。砂漠化対処条約では、この問題に効果的に対処していくために、国際的なレベルから住民レベルまでの行動を求めており、とくに地域や国家の行動計画の作成やその実施、事後の監視などにおいて、国際的な支援を奨励している。わが国にとって砂漠化の問題は、政府開発援助(ODA)などの援助と関連した国際貢献の問題でもある。砂漠化対策とその効果的な援助、NGOや国際機関との関係、難民の救済といった観点での研究や援助計画の作成とその事前、事後の評価法の検討なども重要な課題である。

おわりに

本稿では、砂漠化の問題の現状と砂漠化対処条約、他の地球環境問題とのかわり、そして、砂漠化の構図や対策研究のあり方について、概要を述べた。砂漠

化は、砂漠化対処条約の条文中に記載され、また図3にも示すとおり、生物物理的要因、政治的要因、文化的要因、そして社会経済的要因が複雑に絡み合うことによって生じる現象であり、気候変動や生物多様性の喪失などの他の環境問題とも深くかかわる。したがって、砂漠化に対処するためには、幅広い研究分野を有機的に結合し、組織化した研究アプローチが必要となり、それぞれの地域の特殊性を考慮した地域密着型の研究とともに、地域レベルや国家レベルでの行動計画の作成と国際的なレベルでの貢献を目的とした研究が求められている。

【参考文献】

- 1) Millennium Ecosystem Assessment : Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis. World Resources Institute. pp.26, 2005.
- 2) Millennium Ecosystem Assessment : Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group. Hassan R, et al., eds., Island Press. pp.917, 2005.
- 3) Middleton N and Thomas D : World Atlas of Desertification. Arnold. pp.182, 1997.
- 4) 大政謙次 : 小学校教育, 4 (5) : 70-74, 1991.
- 5) United Nations : Report of the Conference of the Parties on its eighth session, held in Madrid from 3 to 14 September 2007, pp.61, 2007.
- 6) IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker T F, et al., eds., Cambridge University Press. pp.1535, 2013.
- 7) IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon S, et al., eds., Cambridge University Press. pp.996, 2007.
- 8) IPCC : Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

- Field C B, et al, eds., Cambridge University Press, pp.582, 2012.
- 9) United Nations : The Millennium Development Goals Report 2012, United Nations, pp.68, 2012.
 - 10) United Nations : Report of the United Nations Conference on Sustainable Development, United Nations, pp.120, 2012.
 - 11) 大政謙次：砂漠化防止に求められるもの、新しい地球環境学、西岡秀三編、古今書院、pp.225-248, 2000.
 - 12) 武内和彦（研究代表者）：「北東アジアにおける砂漠化アセスメント及び早期警戒体制（EWS）構築のためのパイロットスタディ」環境省・地球環境研究総合推進費・成果報告、p.10, 2004-2006.
 - 13) 大政謙次：遺伝、63（1）：64, 2008.
 - 14) 邱国玉、大政謙次：遺伝、63（1）：65-71, 2008.