

気候変動と世界の食料安全保障

誌名	環境科学会誌 = Environmental science
ISSN	09150048
著者名	小泉,達治 金丸,秀樹
発行元	環境科学会
巻/号	25巻6号
巻号補足	
掲載ページ	p. 487-492
発行年月	2012年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



特集

気候変動と世界の食料安全保障

小泉 達治[†]・金丸 秀樹

はじめに

人類の活動によって生じる大気中の温室効果ガスの濃度上昇は気候システム全体に変化を及ぼし、気温上昇だけでなく海面上昇、降水量や降水地域の変化、熱波や豪雨といった極端な気象現象の変化等を引き起こしていると考えられる。農業のように自然を対象とした産業は、気候変動により大きな影響を受け、極めて脆弱な部門であると考えられる。気候変動は多くの食料生産システムの生産性を低下させ、食料安全保障がすでに脅かされている現在の状態をさらに悪化させることが国際社会で懸念されている。なお、本稿で使用する「食料安全保障」(Food Security)とは、食料の供給・備蓄、入手・アクセス、安定性、栄養面や保険衛生面における摂取・利用の確保を意味する国際的な概念^{注1}であり、日本の概念^{注2}とは異なる点に注意が必要である。

こうした状況において、「世界食料安全保障委員会」(CFS; Committee on World Food Security)の下に設置された「食料安全保障及び栄養に関するハイレベル専門家パネル」(the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition: HLPE)は2012年6月にCFSへの報告書として「Food security and climate change – A report by HLPE」(FAO 2012a)²⁾(以下、CFS-CCレポート)を発表し、気候変動と食料安全保障との関係について多くの課題を国際社会に提起した。また、FAOで現在実施されている「気候変動下での食料安全保障事業」は、これまでの農業開発の事業にはない多くの新規性を有している。本稿では、まず気候変動と農業について論点を整理した上で、CFS-CCレポートとFAOの新たな取組みについて紹介することにより、今後の気候変動と世界の食料安全保障の問題について考察することを目的としている。なお、本稿の見解は筆者ら個人のものであり、必ずしも筆者らが属している組織の公式見解ではないことを付け加えさせていただく。

気候変動と農業

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第4次評価報告書は、大気中の温室効果ガス濃度は今後数十年間増加し続けるであろうと述べ、1980～1999年を基準とした2090～2099年の気温は1.1～6.4℃の範囲で上昇することが予測されている⁵⁾。気候変動への対策には2つある。1つは温室効果ガスの排出削減や吸収源の増加等によって気候変動自体を抑える「緩和策」。もう1つは進行中の気候変動に対処するための「適応策」である。

世界全体の温室効果ガス排出量をセクター別に見ると、農林水産業からの排出量は全体の3分の1以上に及ぶことが分かる。農業活動に伴う二酸化炭素排出が数%、一酸化二窒素とメタンが14%、森林減少による二酸化炭素排出が17%である。一酸化二窒素の主な排出源は窒素肥料や家畜の排泄物で、メタンは牛等のゲップや家畜の排泄物、水田等である。自然界や人類への影響を最小限にするためには、2050年までに50～80%の大幅な温室効果ガスの排出量削減が必要とされ、その達成には農業、森林での緩和策が不可欠である。農業分野からの緩和策に必要な技術はすでに確立されているものが多く、多額の投資を必要とせずに排出を削減できる可能性が高い。具体的には、有機土壌の回復による二酸化炭素貯留、水田の水管理、家畜の排泄物管理や飼料改善等の方策が考えられる。

農業は気候変動の一因である一方で、気候変動から受ける影響が最も大きい部門でもある。気候変動による農業生産の将来変化を予測するのは難しいが、一般的に気温の上昇は高緯度地域での穀物収量増、低緯度地域での収量減をもたらし、さらに上昇幅が3℃を超える場合、どの地域でもマイナスになる⁶⁾。ただし、二酸化炭素には施肥効果もあり、稲や小麦の収量には好影響があり得る等、さまざまな要素を考慮しなければならない。降水と淡水資源の変化も重要である。灌漑水の需要は増えていくこと

が予想されており、十分な水が確保できるかが農業生産量を大きく左右する。また、平均の生産量の水準だけでなく、年ごとのばらつきの変化も注意を要する。不作の頻度が増えるならば、その対応も必要となる。

気候変動が世界の農業生産に与える影響についてのこれまでの主な研究及び報告書には以下のようなものがある。Parry et.al (1999)⁹⁾は二酸化炭素濃度倍増時の収量変動を予測した。また Fischer et.al (2002)¹⁾は2080年にかけての世界各地の穀物生産量の変化を予測した。IPCC (2007b)⁶⁾は今後の世界平均気温の上昇による農業等への地域別影響評価をとりまとめた。Nelson et.al (2010)⁷⁾は2050年における気候変動がトウモロコシ、米、小麦の世界各国における単収に与える影響予測を行った。また、Rosenzweig and Wilbanks (2010)¹⁰⁾は統合モデルを活用して将来の気候変動による適応策及び脆弱性の評価を行った。気候変動が世界の食料安全保障に与える影響については、Hertel and Rosch (2010)⁴⁾が一般均衡経済モデルを用いて気候変動が農業・貧困に与える影響分析を行った。

森林については温暖化によって世界全体の生産性は上がるが、暴風雨、病虫害、干ばつ、山火事等の影響も考慮しなければならない。世界的に食肉・乳製品の需要の増大が見込まれる中、畜産分野では飼料作物の生産量変化、牧草地の質の低下が懸念される。熱や水のストレスによる家畜生産性の低下や受胎率への影響もある。

日本の農業へも影響がある。米の収量は2℃程度の気温上昇で最も多くなるが、3℃付近になると現状より減ってしまうというモデル結果がある。栽培適地の変化や収量のばらつきが増長する可能性もある。また果樹は、ほかの作物と比べても影響が現れやすい。リンゴの色づきが悪くなったり、ナシの果肉の質が落ちたりする。気温上昇が進めば、ウンシュウミカンの栽培適地は内陸部や北部に移動するであろう。果樹は長期間にわたって収穫を続けるものであるため、気候変動への適応が難しく、早期に手を打つ必要がある。

2050年には世界人口が90億人を超える見込まれ、農業生産は今後40年間に60%以上増産の必要があるものと試算される。また、急速な人口の伸びが予測されている地域の多くは農業に依存した経済である。一方、世界では約8.7億人が慢性的に栄養不良に苦しんでおり(2010 - 12年)、このうち8.5億人が開発途上国に住んでいる。世界で飢餓に苦しむ人々の割合は、1990 - 92年の18.6%から2007 - 09年の12.9%と大幅に減少したが、2010 - 12

年は12.5%となっており、2007 - 09年以降、飢餓人口比率の減少速度は鈍化している³⁾。気候変動によって2080年までにアフリカの75%の人々が飢餓のリスクにさらされるという予測もある⁶⁾。農業が気候変動に適応できるか否かは、人類の未来を直接左右するきわめて重要な課題である。しかし、ポスト京都議定書等の国際交渉の場における議論の多くは、排出削減を中心とした緩和策に費やされている。過去20年の排出実績を鑑みるに、今後どのような緩和策が講じられても、気温上昇幅を2℃以下に抑制するという国際社会の目標は達成が難しそうである。さらに、気候変動に対する農業の脆弱性を考えれば、緩和策だけでなく同時に適応策を講じていく必要があることは明らかである。

世界には4億5千万の小規模農場と農民が生計を立てている。とりわけアフリカ(特にサハラ以南)、小さな島国、メガデルタ地域の農家の適応は難しい。多くが小規模農家である上に、農地適性が低く、農業技術も進んでいない等様々なハンディがある。これらの地域の農業からの温室効果ガス排出は世界全体の排出量から見ればごく僅かであるが、気候変動によって真っ先に深刻な影響を受けるのはこうした飢餓人口の多い低緯度の貧しい農民である。現在でさえ自然の気象変動への適応に苦労している農家が自力で将来の気候変動に適応していくのは容易ではない。このため、先進国による技術支援と資金援助が必要である。

農業レベルで対応できる適応策としては、播種日の調整や品種の変更、肥料の使用法の改善等があるが、その地域・土地の固有の条件に合った対策でなければ効果はない。また品種改良のように時間を要する適応策もある。水資源への対策もますます重要になる。雨水の有効活用や水の貯蔵・節約、条件によっては海水の淡水化も有用だろう。荒廃した土地への植林といった地道な取り組みも必要である。気候変動が農産物の収量にもたらす影響の予測には不確実性が伴うのは事実だ。しかし、まさに今起こりつつある気候変動と食料問題の喫緊性を考えれば不確実性を理由に適応策を遅らせることがあってはならない。セクター間を超えた協力を可能にするような包括的な気候変動影響評価を根拠とした適応策を早急に始める必要がある。

農業セクターの適応策の特徴は、緩和策と両立し得る点にある。例えば、林業と農業を組み合わせた「アグロフォレストリー」は土壌流出、気温・降水量のばらつきへの適応策として有効だけでなく、土壌の炭素固定量を増加させる効果がある。FAOの支援のもとでコロンビア、コスタリカ、ニカラグア

で導入された際には、土壌の炭素固定量が71%増加した。同時に生産量が増え農家の収入増にもつながったり、土壌流出を減らし、極端な気象現象への耐性を高める等多くのプラスの効果があり、プロジェクト終了後も各国で引き続き導入が進められている。

先進国は緩和策に目を向けがちであり、途上国での適応策に対する関心は低い。緩和と適応の双方に効果のある対策の推進が今後ますます重要になるものと考えられる。

気候変動と食料安全保障

気候変動が世界の食料生産に与える影響については、前述のとおり、これまでも個々の研究として報告されてきた。しかし、気候変動が世界の食料安全保障に与える影響についての包括的な国際的議論の展開は日が浅い。2008年6月に開催された「FAO世界の食料安全保障に関するハイレベル会合」(High-Level Conference on World Food Security: the Challenges of Climate Change and Bioenergy)において、初めて気候変動とバイオエネルギーの問題が食料安全保障の文脈で議論された。その後、食料価格高騰を受けて2009年11月に開催された「世界食料安全保障サミット」(World Summit on Food Security)でも気候変動問題が扱われた。そして前述のCFS-CCレポートが2012年に発表されるに至っている。

同レポートでは一般的な勧告(recommendation)として以下の点が指摘されている。第1点目としては、食料安全保障と気候変動の問題の統合化である。これに関しては、気候変動適応策及び緩和策に関する研究や人材育成(capacity building)の重要性の課題が提起されている。第2点目としては、食料システムにおける気候変動の影響によるレジリエンス(resilience; 回復力)の向上である。気候変動適応策におけるリスクと脆弱性の評価の必要性、農家レベルにおける気象予報情報の重要性、国レベルでの気候変動適応策の計画及び実施の重要性等の課題が提起されている。第3点目としては、食料安全保障と調和する気候変動緩和に貢献する農業生産戦略の推進である。この点に関しては、稲作地域における水管理の向上等の課題が提起されている。第4点目としては、地域情報の収集、グローバルな知見の共有化等である。生物物理学データの収集促進、気候変動による脆弱性の高いコミュニティ及び地域等に関する情報の改善、気候変動が農業に及ぼす影響に関するモデルの改善、国を越えた地域内もしくは地域間の気候変動適応策の技術及び知

見の共有化等の課題が提起されている。第5点目は、適応策及び緩和策に関する政策決定プロセス及び実施における全ての関係者の参加の促進である。

さらに、同報告書は、CFSへの勧告として、1) 以上の5点の勧告を食料安全保障と栄養に関するグローバル戦略フレームワーク(Global Strategic Framework for Food Security and Nutrition)に含めること、2) 気候変動枠組み条約(UNFCCC)の活動に、食料安全保障の論点をより明確に再認識させること、3) 気候変動及び食料安全保障に関する国際的なデータ収集の促進に向けた支援等を提起した。

気候変動と食料安全保障に関する FAOの新たな取組み

FAOでは2011年10月から、「気候変動下での食料安全保障事業」(AMICAF; Assessments of Climate Change Impacts and Mapping of Vulnerability to Food Insecurity under Climate Change to Strengthen Household Food Security with Livelihood's Adaptation Approaches、以下「AMICAF」と言う)を実施している。同事業は気候変動による影響評価、適応策の実施そして気候変動により生じる食料安全保障問題に各国の政策立案者が的確に対応できる体制を整備することを目的としている。AMICAFは日本政府による拠出事業であり、2014年までフィリピン、バレーを対象国として実施する。

AMICAFの特徴は以下のとおりである。第1に気候変動と食料安全保障をリンクさせ、包括的な影響評価を行い、適応策の実施を行う総合的プロジェクトである点である。第2に、対象国において、地域(sub-national)レベルにおける気候変動影響評価と家計レベルでの分析を行うとともに、これをマッピングすることで対象国の政策担当者に、どの地域が将来の気候変動により脆弱性が増すかを特定することができる点である。この情報を基に、政策担当者は今後、重点的に対応すべき地域を特定することが可能となる。第3に、AMICAFでは、対象国の政策担当者、科学者及び関係者が自らの力で事業を実施・継続できるようトレーニングを十分にを行い、人材育成を行う点である。

AMICAFは、気候変動が農業生産に与える影響評価(ステップ1)、気候変動が食料安全保障に与える脆弱性分析(ステップ2)、気候変動適応策の実証テスト(ステップ3)及び気候変動関連制度分析・政策提言(ステップ4)から構成されている(図1)。最終的には、対象国における成功事例を基に、

他の国にも AMICAF の応用を図ることを目的としている。

まず、ステップ1では、気候変動が農業生産に与える影響について、気候ダウンスケーリングモデル、作物生育モデル、水資源モデルそして経済モデルを使用して、気候変動が農業生産に与える影響について、様々なモデルを統合して総合的に評価を行う。まず、GCM の将来気候予測及び時系列気象データを用いて、気候ダウンスケーリングを行う。この結果は、作物生育モデル及び水資源モデルにリンクする。作物生育モデルでは、時系列単収データ、作物パラメータ、土壌データ、技術変化率等を用いて、将来の単収変化予測を行う。水資源モデルでは、時系列水使用量、時系列河川流量、土壌及び土地使用、ダム等の各データを使用して、各河川における流出量から灌漑水使用可能量を予測する。以上のモデリングには、国レベルを対象に気候変動による影響評価を行うための FAO の統合モデル MOSAICC (MOdeling System for Agricultural Impacts of Climate Change) を使用している。

AMICAF では各ステップの有機的なリンクを重視しており、ステップ1の結果はステップ2のインプットとしてリンクする必要がある。後述するステップ2では気候変動が食料安全保障に与える影響を家計レベルまでを対象として分析を行うため、マクロ経済データよりもミクロ経済データが有用になる。そのため AMICAF では MOSAICC の一般均衡経済モデルの代わりに、県別の農産物市場を予測する経済モデル（部分均衡需給予測モデル）を新たに開発して MOSAICC と統合した。この経済モデルは、単収予測及び灌漑水の使用可能量を使って、農産物市場への影響予測を県別に試算して^{注3}、ステップ2の分析に活用される。

ステップ2では、気候変動による将来の食料安全保障上の脆弱性の評価を行う。これは対象国における家計調査データを中心に、ステップ1からの結果を活用して、将来の気候変動が家計レベルを対象とした食料安全保障に与える影響についてミクロ経済分析を行う。そして分析結果を活用して、将来の気候変動による地域・県ごとの脆弱性を表したマッピングを行う。フィリピンでは、かつての FAO の事業である「食料安全保障地図化システム」(Food Insecurity and Vulnerability and Mapping System: FIVIMS) がフィリピン政府により継続されている。これは、フィリピンにおける食料安全保障に関する分野横断的な分析を促進するとともに、同国における飢餓緩和加速計画の優先地域の特定にも活用されている。ただし、フィリピンの FIVIMS で

は地域の農地面積割合、GDP における農業のシェア、貧困率、平均家計所得、失業率、低体重等がカバーされているが、将来の気候変動は考慮されていない。AMICAF では既存の FIVIMS に気候変動による農業・家計所得への影響を加えることで、将来の地域ごとの脆弱性をマッピングする。これにより、政策担当者が地域ごとの脆弱性に応じた政策を特定・重点化することが可能となる。AMICAF では対象国をより詳細な行政区分等に分けてマッピングを行うことにより、当該国政府における気候変動関連政策に活用することを目的としている。

ステップ3では、ステップ1から得られた気候変動が農業に与える影響評価を利用し、ステップ2から得られた気候変動が食料安全保障に与える脆弱性のマッピングにより特定された地域を対象に、気候変動適応策の実証テストを実施する。現在、フィリピンでは、南カマリネス州（ビコール地方）及び北アグサン州（ミンダナオ島）を対象にしている。具体的には、降水量の不足に備えて耐乾燥水稻品種の試験的な栽培を行っているほか、高潮に備えて耐塩性水稻品種の試験的な栽培を行っている。また、灌漑水の減少に備えて水の効率的な使用方法について実証事業を実施している。そして、農家経営面では、将来の気候変動に対応できるように、農家及び集落の農業所得を向上させるべく、より付加価値の高い品種及び農法を導入し、農業経営構造の改善を図っている。ステップ3で重要なことは、新規のみならず既存の品種・農法・経営方法を導入・適用することにより、より多くの「優良実践オプション」(good practice options) をテストし、これをストックしておくことである。このように、こうしたオプションを数多く実践し、地域及び集落ごとに適合し、かつ気候変動対策にもなりうるオプションを特定する。このことにより、将来の農環境の変化に備えていく体制を国、地方政府、集落レベルで構築していくことが可能となる。

ステップ4では、これまでのステップ1、2及び3から得られた知見及び情報を基に、気候変動関連制度分析・政策提言を行う。このステップでは、ステップ3で集められた気候変動適応策の様々なオプションを実証地域のみならず、ワークショップ等を通じて、他の地域の集落及び農家にも普及させていく活動を行う。つぎに、将来の気候変動に備えて、国、地域、集落及び農家レベルへの危機意識を促し、各段階で自発的な適応策を促す活動も行う。そして、気候変動と食料安全保障に関する政策的統合と制度的メカニズムの向上に向けた政策誘導及び提言を行う。さらには、ステップ1及び2の影響試

算で用いた経済モデルを活用して、様々な政策オプションを想定してシミュレーションを行い、その結果を対象国における気候変動関連政策に活用していく予定である。

おわりに

気候変動は今後、世界の農業に対して影響を与えるのみならず、世界の食料安全保障に対しても脅威となる可能性がある。こうした状況下、FAOは気候変動と食料安全保障との関係についての包括的なCFS-CCレポートを発表し、多くの課題及び勧

告を提起した。さらに、日本政府の拠出により気候変動と食料安全保障の諸課題に対応する「気候変動下での食料安全保障事業」(AMICAF)をフィリピン及びバレーを対象国として実施している。

またAMICAFは前述のCFS-CCレポートに記載されている多くの勧告事項に対応しており、挙げられた課題について対応すべく対象国においてプロジェクトを展開している。

特に、AMICAFはステップ1において、気候変動が農業生産に与える影響について、気候ダウンスケーリングモデル、作物生育モデル、水資源モデル

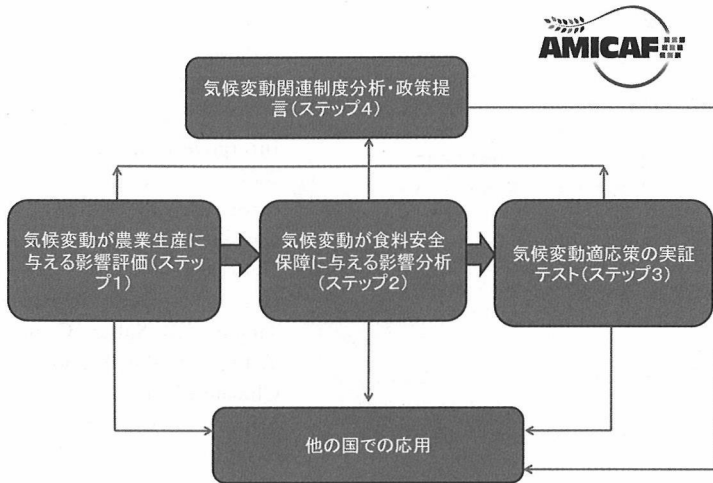


図1 AMICAFの各ステップ

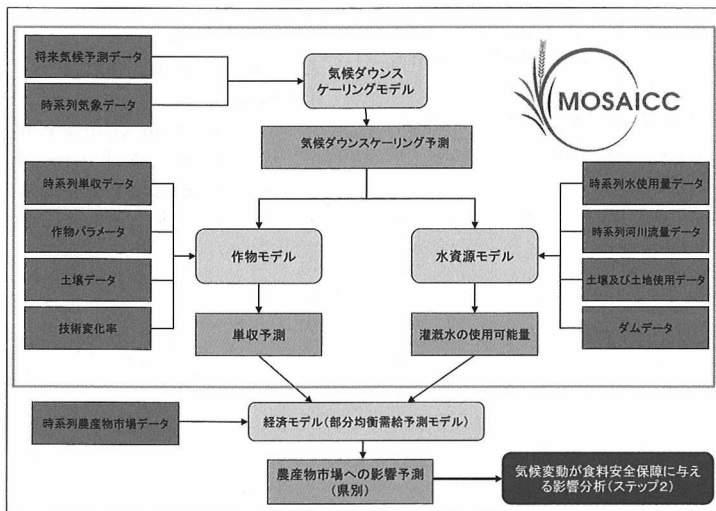


図2 気候変動が農業生産に与える影響評価モデルシステム

そして経済モデルを使用して、気候変動が農業生産に与える影響について、様々なモデルを統合して総合的に評価を行っている。こうした統合モデルによる科学的根拠に基づく予測結果は、「早期警戒」的な情報として対象国政府、地域政府、集落レベルに対して発するとともに、この予測結果が「現実」のものとならないように、現地レベルで適応策を中心とした気候変動対策を講じていくことが重要である。さらに、これを押し付けでなく、当該国の政府、地方政府、集落のリーダーのみならず住民全体で自主的に将来の気候変動に対応していく体制を構築していくことが極めて重要であると考えらる。

注

注1 1996年にFAOで開催された「世界食料サミット首脳宣言・行動計画」では、「全ての人々が、いかなるときも、活発で健康的な生活をおくるために、その必要とする基本食料に対し、物理的にも健康的にもアクセスできることを保障されていること」を指す。

注2 日本の「食料安全保障」の概念は、「予想できない要因によって食料の供給が影響を受けるような場合のために、食料供給を確保するための対策やその機動的な発動のあり方を検討し、いざというときのために日頃から準備をしておくこと」である⁸⁾。

注3 フィリピンのケースでは、稲（灌漑水）、稲（天水）及びトウモロコシを対象に80県における単収、農業生産量、土地使用（収穫面積）の他に、生産者価格、卸売価格、小売価格、需要量、輸入量及び期末在庫量までが算出される。

文 献

- 1) Fischer, G., M. Shah and H. van Velthuizen (2002) Climate Change and Agricultural Vulnerability, IIASA.
- 2) FAO (2012a) Food security and climate change, A report by The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition, <http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/report-3-food-security-and-climate-change/en/> (accessed 2012-10-8).
- 3) FAO (2012b) The State of Food Insecurity in the World, <http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e.pdf>. (accessed 2012-10-12).
- 4) Hertel, T.W. and S.D. Rosch (2010) Climate Change, Agriculture and Poverty, Policy Research Working Paper, 5468, The World Bank.
- 5) IPCC (2007a) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html. (accessed 2012-10-8).
- 6) IPCC (2007b) Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html (accessed 2012-10-8).
- 7) Nelson, G.C., M.W. Rosegrant., A. Palazzo., I. Gray., C. Ingersoll., R. Robertson., S. Tokgoz., Z. Tingju., T.B. Sulser., C. Ringler., S. Msangi., and Y. Liangzhi (2010) Food Security, Farming, and Climate Change to 2050, <http://www.ifpri.org/publication/food-security-farming-and-climate-change-2050>. (accessed 2012-10-8).
- 8) 農林水産省「食料安全保障とは」
<http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/ampo/1.html> (参照 2012-10-8).
- 9) Parry, M., C. Rosenzweig., A. Iglesias., G. Fischer., and M. Livermore (1999) Climate change and world food security: a new assessment, Global Environmental Change, 9, S51-S67.
- 10) Rosenzweig, C. and T.J. Wilbanks (2010) The state of climate change vulnerability, impacts, and adaptation research: strengthening knowledge base and community, Climatic Change 100, 103-106.