

気候・気象が自然資源に与える影響

筑波大学名誉教授

吉野 正敏

1. 背景

自然資源が影響を与える外部要因の一つとして、気候・気象をとりあげ、その問題点を考察する。自然資源に最も重要な働きをするのは気候・気象なので、これをとりあげる。

大気現象の変動には、「気象」と呼ばれる秒・分・時・日くらいの時間スケールの比較的短時間の現象と、「気候」と呼ばれる数ヶ月・1年・10年・100年以上の比較的長い時間スケールの現象とがある(Yoshino, 1975, 2005)。自然資源管理には、気候が関与する時間スケールの現象の統合的な考察が重要で、特に1年以上の時間スケールの変動、すなわち、気候の変動が重要である。

気候・気象と生態系・人間活動との関係を、時空間スケールを系統だてながら考察する研究は約20年前に始まった(Clark, 1985; 1986)。これらを参考にして、以下に、気候・気象が自然資源に与える影響を考察する。最近の成果(吉野, 2008b)を参考にして述べたい。

2. 大気現象の時空間スケール

これまで、大気現象の大(長)スケールは時間では地質時代・歴史時代(現代を含む)とされ、中スケールは歴史時代から観測時代(気象台などで、組織的に観測を行う時代)、小(短)スケールを観測時代とよんできた。経済学などでいうマクロ・ミクロとかならずしも重なっていない点が問題である。言葉(名称)はともかく、諸現象をスケール別に分類して、スケールをきっちり対応させ、考察し、検討することが重要である。

気候で、最も大きいスケールは大(マクロ)スケールまたは、地球規模の空間スケール

表 1. 気候の時空間スケールと対応する気候、地球環境、社会・経済・政治体制の例

スケール規模	空間スケール*	時間スケール*	対応する気候現象のスケール**	地球環境現象の例	社会・経済・政治体制
大スケール	100~10,000kmのオーダー	年~数百年のオーダー	大気候 (地球気候、地域気候)	GHG***の増加。 モンスーンアジアの米作。 砂漠化。 中世の小温暖期。 小氷期。	国際連合、国際機関、 地域連合、各国政府、 大地域連合体など。
中スケール	10~100kmのオーダー	月~数十年のオーダー	中気候 (局地気候)	自動車排ガス。 鳥インフルエンザ。 廃棄物処理。	国、州、地域、市町村な どの行政単位。
小スケール	10m~10kmのオーダー	数ヶ月~年のオーダー	小気候 (局地気候)	ヒートアイランド。 都市型洪水。 風力発電。	市町村、集落、工場、団 地などの組織。
微スケール	1cm~100mのオーダー	数日~1年のオーダー	微気候 (小気候)	貧困。 生活スタイル。 習慣。	個人、家庭、企業体な ど。

* : 最も典型的な現象の場合。漸移する幅が広い。

** : 吉野(1978)、Yoshino(1975)、Yoshino(2005)を参考にした。

*** : GHG = Green House Gases、温室効果気体すなわちCO₂その他。

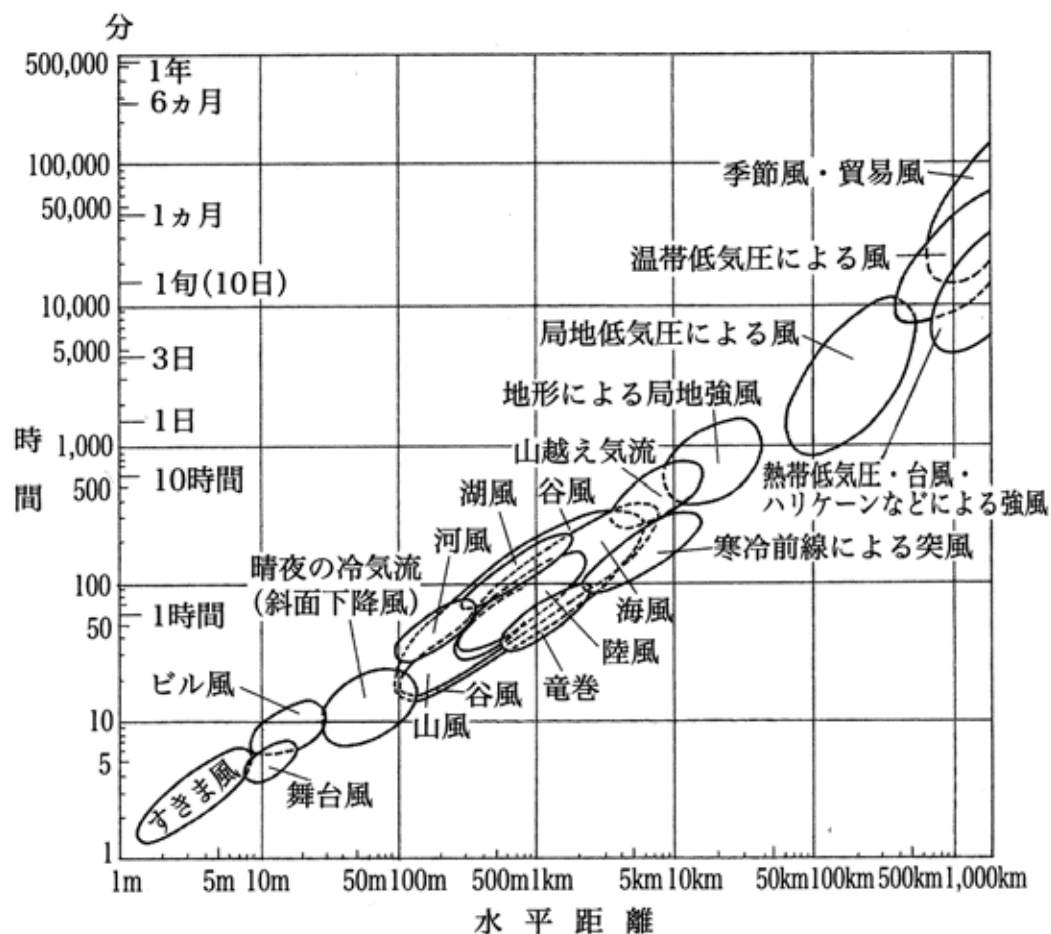


図 1. 風の時間スケールと空間スケールとの関係 (吉野、2008a)

である。人間活動によって排出された温室効果ガスと地球温暖化の問題はこの好例である。次いで、中（メソ）スケールは中気候あるいは局地気候ともよばれる。時間スケールは月から数十年・数百年のオーダーで、空間（平面）的には数十 km から数百 km が典型的とされる。小（マイクロ）スケールは、二つに細分され、小気候（局地気候）と微気候（中国語では小気候）となる(吉野、1978)。

国や地方・企業などの予算は普通、年度ごとに立てられる。場合によっては5 年、十カ年の計画が立てられるが、上記のスケールでは中スケールの場合が多い。一方、個人・中小企業・農業などは小スケールから中スケールまでである。さらに、国連機関その他の国際機関が対象とする社会・経済・政治は大スケールのはずだが、国の面積・人口が小さい場合、大よりも中スケールの問題が重要性を増す場合がある。さらに、貧困・習慣・生活スタイルなどの問題は小スケールにもかかわる（吉野、2006）。このような場合にはスケール間をまたがって横断、あるいは、連結して議論しなければならない。その問題解決は複雑になる。

もし、人間活動に関連する自然資源の統合管理の切り口から、典型的な例をあげれば、二酸化炭素削減・海洋の表面水温変動・ツンドラ地帯の永久凍土層融解などは主として大スケールの問題である。大都市のヒートアイランド・工業地域形成・土地利用変化などは主として中スケールの問題である。そして、廃棄物・工場建設・自動車交通などは主として小スケールの問題である。以上に述べたことを整理しまとめると、表1 のとおりである。

自然資源の中で風を例にとり、時空間スケールと風の循環系構造・特徴・性質など別にくくってみると、図1 のようにまとめられる（吉野、2008a）。両対数グラフ上でほぼ直線上にそれぞれの現象がのってくる。もし、自然資源の一つである風力を扱う場合には、山地・丘陵地の尾根部分における山越え気流・微地形や小地形による起因する強風の時空間スケールを重視しなければならないので、風車が立地する地点の微地形・小地形を考慮しなければならない。同様に谷間に立地する場合は、山風・谷風の時空間スケールを、海岸に立地する場合には、海風・陸風の時空間スケールを、考慮しなければならない。これらは、分から時の時間スケールである。また、1 年のどの季節に稼働率が高いかなどは、日本ならば、温帯低気圧による風、季節風による風、台風襲来時の風などの時空間スケールを重視しなければならない。これらは、数日から数カ月の時間スケールである。熱帯・亜熱帯ならば、熱帯低気圧による風、貿易風、季節風、海陸風などの時空間スケールを考慮しなければならない。やはり、数日から数カ月の時間スケールである。

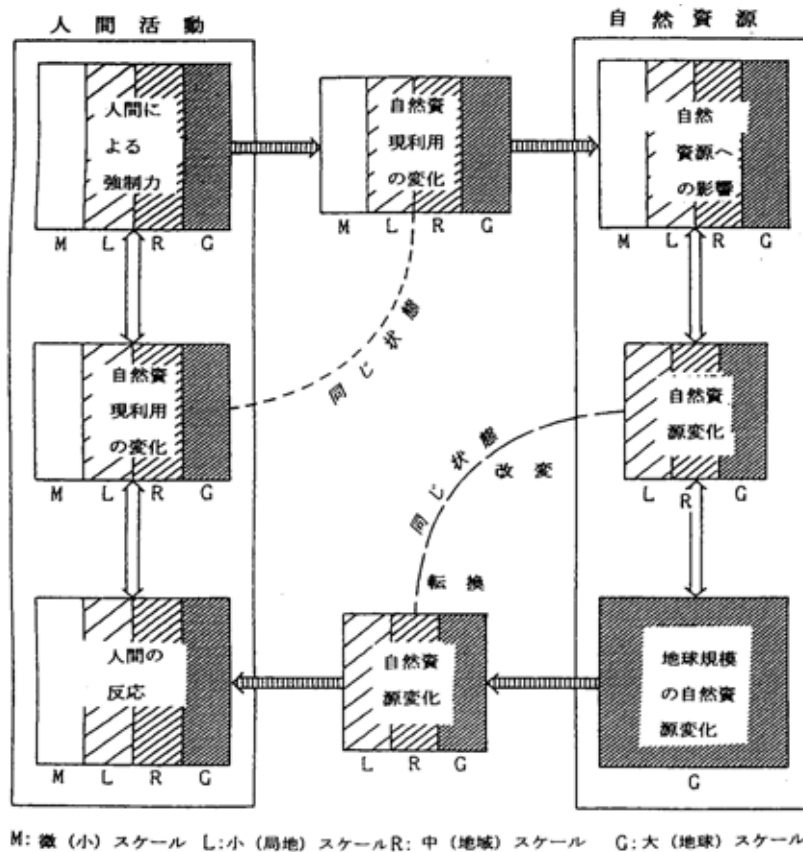


図 2 . 人間活動と自然資源変化との関係を大・中・小・微スケール別にみた流れ図

(Yoshino, 1997)

表 2 . 中国国内の観光業の概観、2005年 (吉野、2008b)

住 民	総観光者数 (億人・回)	観光に出た割合 (%)	支出した総額 (億元)	1人当たりの総額 (元/人)
全国 総計	12.12	92.7	5,285.86	436.1
都市 住民	4.96	135.1	3,656.13	737.1
農村 住民	7.16	75.8	1,629.73	227.6

注) データは国家旅游局政策法规司ほか, (2006) による

表 3 . 中国へ観光目的で入国した人と観光業による収入 (吉野、2008b)

年	入国した観光者		入国し宿泊した観光者		ツーリズム収入	
	人・回	年増加率	人・回	年増加率	総額(億ドル)	年増加率
2004年	1億以上	-	4,000万以上	-	-	-
2005年	1.2億	10.3%	4,681万	12.1%	292.96	13.8%
2006年	12,494万	3.9%	4,991万	6.6%	339.49	15.9%

注) データ源は、中国社会科学院旅游中心(2007)：曾(2007)による

気候・気象が風力に及ぼす影響を考える場合には、関連する諸課題を上記の時空間スケールに分類・区分して、個々に分析し、結果を積み上げる必要がある。

3. 地球規模でみた人間活動 - 自然資源変化

地球規模で、人間活動と自然資源変化との関係について空間スケールを基礎にして次に考察する。これまで、気候条件と人間活動に関して、地球規模（大空間）から微空間スケールまでの流れについて(Yoshino,1997), および、資源の総合利用について(吉野, 2006) 筆者は考察してきた。それらを、自然資源の統合的利用に適用し、再構築したものが図 2 である。この流れ図で、左側が人間活動のコラムで、人間活動により、まず、強制力が働く。これは自然資源の変化をもたらす。この関係は相互方向、すなわち、原因と結果は循環している。自然資源利用の変化は人間の反応をもたらす。ここの関係も相互方向である。以上をまとめると、人間活動による強制力と人間の反応との間に自然資源利用の変化があり、これらの関係は相互方向、言い直せば、循環している。そうして、どの現象も大・中・小・微のスケールで明瞭に構成されている。

この人間活動のコラム内の関連については、調節（adjustment）の評価と、適応(adaptation)戦略の問題がある。ここには、二つの反応型があり、その1は緩和(mitigation)、その2は適応(adaptation)である。適応策についてはその有効性、経済効果、達成度などについて検討しなければならない。ここで強調したいのは、そのいずれの問題においても空間スケール別に検討する必要があることである。

図2の右側のコラムは自然資源の関連をしめす。自然資源への影響は自然資源の変化と相互方向の影響、すなわち循環型である。さらに個々の自然資源の変化は地球規模に至る。ここの部分も相互方向である。この自然資源のコラムで重要なことは、人間活動による強制力は一方的な影響で、大・中・小・微の各スケールが確立している。しかし、自然資源のコラムの中間の自然資源変化では微スケールは問題にならず、最下の地球規模の自然資源変化では、大スケールのみになる。しかし、自然資源のコラムの中だけでは関係は相互方向、すなわち、循環している。

自然資源のコラムの最下、地球規模の自然資源変化は転換によって各地における個々の自然資源変化を経て人間の反応に至る。ここの部分は一方的である。中小、さらに微のスケールも加わり、最終的に人間活動のコラム最下にしめす人間の反応に至る。

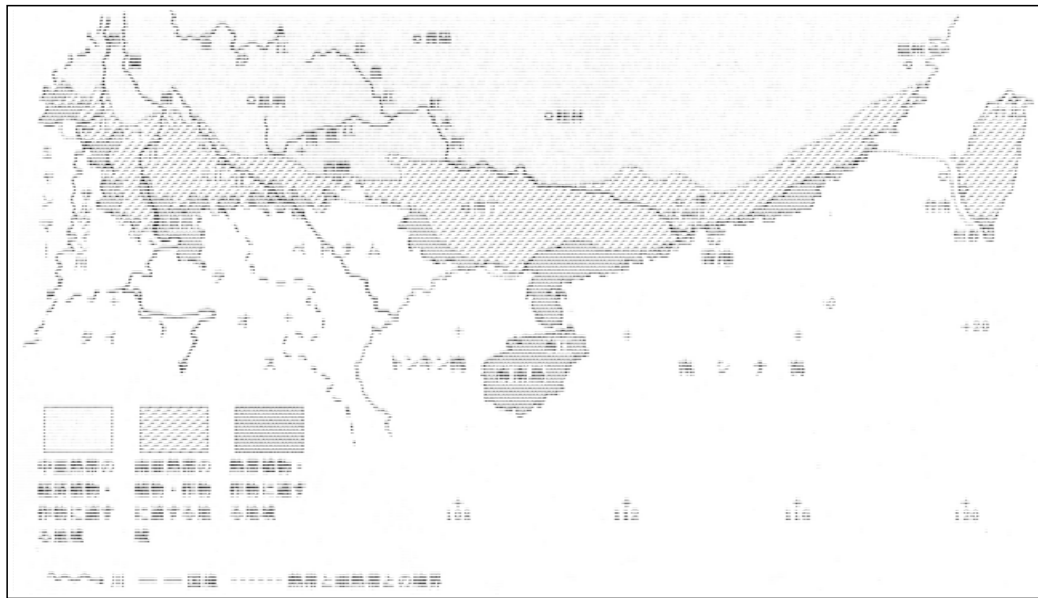


図 3 . 中国の亜熱帯 (吉野, 1997)

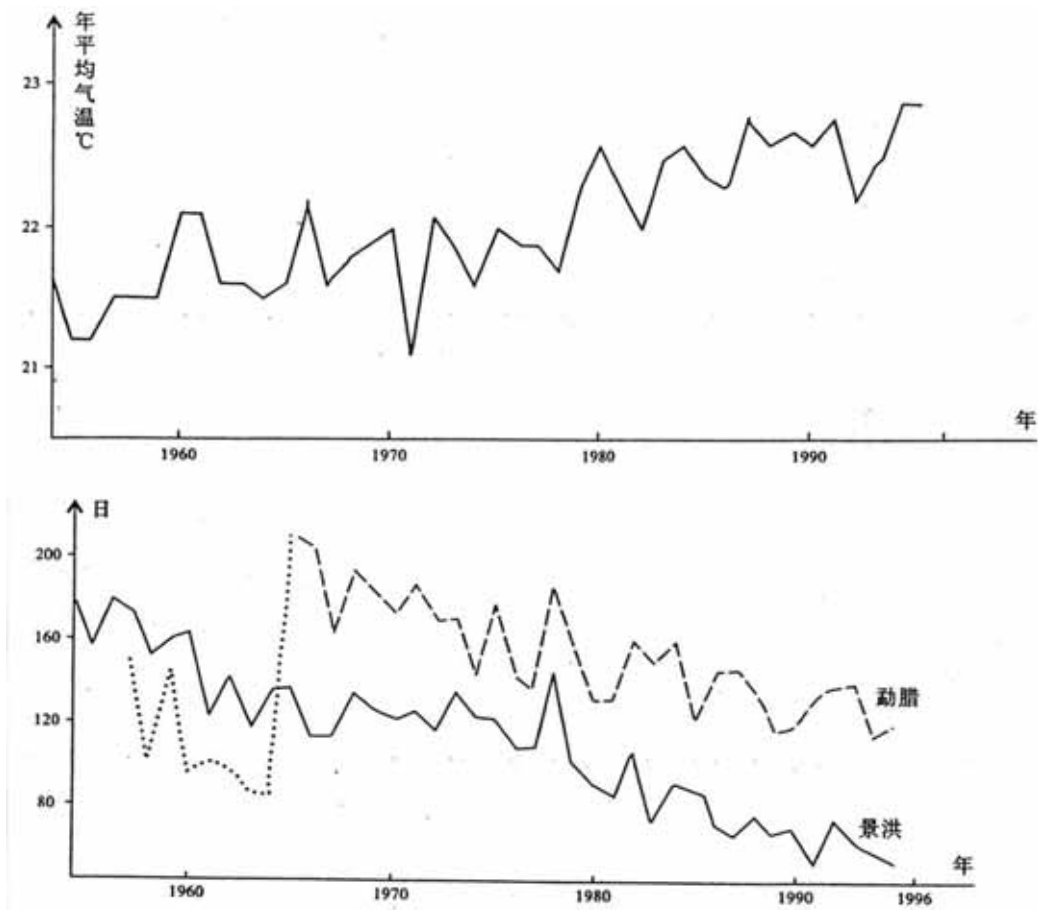


図 4 . (上) 景洪における年平均気温 () 1954-1995 年。

(下) モンラーと景洪における霧日数、1954-1995 年。(西双版纳傣族自治州志, 2002)

このように人間活動のコラム内と自然資源のコラム内は独立した循環、相互影響の流れがあり、そして大きくみると、人間活動と自然資源との間では、この図上で時計周りの流れの影響がある。その間に時空間スケールの変遷がある。

ここで最後に問題なのは、この図ではそれぞれの現象を単純に四角形で表現し、各スケールは4等分して図示したが、原因と結果の関連、影響の強弱、性質の差など、まだ不確定・不明な点が種々ある。その評価をしなければならない。例えば、気候のスケールと、人間生活との関係は両対数グラフ上でほぼ直線にのるが、個々の人間活動はその傾向線の上に偏る行動と下に偏る行動とがある。その差は、人間の宗教活動（社寺教会などへの参拝祈りなど）・教育活動（通学圏など）のような精神活動による行動と、食事・排便・睡眠などの生理学的理由による行動に起因するようである（吉野、1983）。

これを解明しながら個々の問題を検討するのが今後の課題である。

4. 中国雲南省の自然観光地域における統合管理の例

(1) 中国の最近の観光業の概観

近年の中国における観光業の増強傾向は著しい。2005年の統計で見ると、世界全体の平均増加率の2倍以上を示している。表2からわかるように総観光者数は全国の統計で12.12億人・回、支出した総額は約5,300億元（約8兆4,000億円）に達する。

国外から中国へ観光目的で入国した人の数も急増しており、表3でわかるように2006年には増加率は前年の2005年よりやや下がったがそれでも大きな値で、観光業による収入総額の年増加率は十数%に達している（張ほか、2007）。

(2) 雲南省の観光業にかかわる自然資源

雲南省の最南端は北緯21度30分、最北端は29度29分で、チベット高原の南東部に位置し、北の方が海拔高度は高く、南部の方が低い。26度以北は高く険しい山岳地帯で、省の最高峰である梅里雪山は6,740mに達し、氷雪風景の要素を形成する。26度以南の中部は海拔高度は約2,000mの高原地帯で、雲南高原または雲貴高原と呼ばれる。年平均気温は約15℃、ほとんどの月が10-22℃の中にある。夏は特に涼しく、また、冬の避寒地として十分な条件である。図3は中国の熱帯と亜熱帯の範囲を示す。後で取り上げる昆明、西双版納州の中心都市、景洪の位置も記入してある。昆明付近は亜熱帯、南部は熱帯、西双版納は熱帯気候地域にある。河谷底には熱帯雨林が成育し、これが観光資源・風景要素

として重要な価値をもっている。

このように気候資源は十分であるが、問題は交通・医療などの条件の改善、観光業の組織力、地元の投資力などである。

(3) 温暖化の影響

地球温暖化の影響、および、都市域におけるヒートアイランド形成の強化による温暖化の状況を次に述べる。図4(上)は西双版纳(景洪)における20世紀後半1954年から1995年までの年平均気温の変化を示す。変動の小さい波はあるがほぼ一方的に上昇し、40年間に約1℃の昇温が認められる。詳しく見ると、景洪が都市として急激に発展した1980年頃より以前はゆるやかで、25年間に約0.5℃、1980年頃以降の15年間で約0.5℃である。おそらく近年はさらに高い上昇率であろう。これは、最近の著しい地球温暖化の影響と、景洪の近年の都市化がさらに急速なためである。

このような温暖化傾向が21世紀にも継続すると考え、熱帯・亜熱帯植生への影響、山岳氷雪の消長、四季の期間の変化など、種々の観光要素の変化を考慮に入れた計画をたてねばならない。また、観光客数は夏に極大に達するので、熱中症対策など観光客の健康管理、観光施設などに高温対策が欠かせない。

図4(下)はモンラーと景洪における霧日数の変化を示す。モンラーは1964年までの点線の部分と1965年以降の破線の部分で観測基準が変わったので、破線の部分のみをみる。両地点とも霧日数は30年間減少傾向を示す。このような傾向の原因は、盆地底・河谷底に夜間形成される冷気湖が、温暖化とそれに伴う乾燥化、および、森林破壊による降水量の減少・湿度の低下によって、形成される時間が短くなり、また、浅くなり、霧の発生を弱くするように働くためと考えられる。

10月から3月までの寒候期における霧の発生時間の合計は、景洪では1960年代に635時間、1970年代に510時間、1990年代には214時間であった。モンラーでは1960年代後半で873時間、1970年代には698時間、1990年代には554時間で、近年の減少はいずれも明瞭である。モンラーより景洪の方が減少の傾向が大きいのは、都市スケールのヒートアイランドの影響効果が、より都市化している景洪において大きいためであろう。

(4) 観光客数の年々変動による影響

1996年から2006年までの観光客数の年々変動をみると(吉野, 2008b), 1998年と2003年に顕著な落ち込みが認められる。1998年には前年と比較すると-7.3%、2003年には-23.3%であった。1998年の海外からの観光客の減少は、マレーシア・ホンコン・台湾・シ

ンガポール・タイなどからの華僑の帰国者数が全部マイナスであったためである。この理由は 1999 年に中国で世界博覧会が開催されたが、華僑がそれにゆくため前年の帰国をさし控えたためと考えられている。中国では華僑の存在（行動）が観光業に大きな影響がある好例である。

2003 年のマイナスは感染症（SARS: Severe Acute Respiratory Syndrome）の影響である。人・物の国際的な移動が活発化し、自然開発による環境変化が進行し、エイズ、結核、マラリア、SARS などに代表される新興または再興の感染症が大きな問題となっている。2009 年の現在進行中の新型インフルエンザはさらに深刻な課題を提起している。

日本では 1999 年 4 月「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律（感染症法）」が制定された。その後、SARS の発生にともない 2003 年感染症法の改正において、海外で新感染症が発生した場合、広域的対応・国と地方自治体の連携体制を明確化した。しかし、新型インフルエンザの発生でさらに数々の問題が現在生じている。これについては、ここでは特にはふれない。

観光業では大きい影響をこうむることを 2003 年の例で述べたい。2003 年、中国における海外からの観光客数の減少はホンコン・アモイ・台湾などの華僑の帰国者はすべてマイナス、欧米・日本・韓国からの観光客もマイナスであった。観光業からの収入は 2003 年には前年比 +5.7% で、そのころ、ほとんど毎年 +20% の増加をしていたのが、落ち込みは深刻であった。

5. 課題と統合管理の重要性 雲南省の例で

（1）課題

[中国全体からみて]

1. 季節性が大きい。観光客数は夏秋に多く、冬少ない。年間を通じた経営計画をたてる。
2. 祝祭日のイベントとの関係と強め、イベントの中心となる少数民族の伝統を継続し発展させる。
3. 国内では、温暖気候条件を生かす。また、山岳（氷食地形・高度差・山脈・河谷など）の地形を生かす。
4. 観光に対する心理・態度・好み・目的などの調査・分析、これによる市場の開発。

表 4 . 雲南省における観光産業を中心としてみた自然資源と統合的管理 (吉野、2008b)

		自然の特徴と課題			西双版纳の例		
		地球規模 でみて	地域的(全中 国)でみて	局地的(雲南 省)でみて	漢族	タイ族	その他の 少数民族
面積		136,184,000km ²	9,634,000km ²	390,000km ²		19,100km ²	
人口		6,486,253人	1,323,345,000人	42,300,000人		852,900人	
自然資源	地形	大地形。 チベット山塊の 南東部。 高度差(山頂 - 谷底)大。 南北に走る深 い横断山脈。	(左に同じ)	中地形。 主な山脈は夏 の季節風と直 行して走る。	小地形。	小地形。 谷底部の盆地 底部の斜面下 部の川に沿う 底地。 灌漑水がえら れやすいところ。	小地形。 山地の山頂部 の斜面上部。
	気候	大気候。 氷河気候から 熱帯雨林・乾燥 した草原気候 まで。 氷河期 - 間氷 期の差が垂直 的に異なる。	大気候。 寒帯から熱帯 までの気候特 性。 はげしい風(台 風)タイクロンな どがない。 動植物は地質 時代・歴史時代 の寒暖の影響を (水平移動で なく)垂直移動 できりぬけた。	中気候、局地 気候。 温暖で湿潤。 冬には乾燥し、 夏には高湿。 山地斜面・上 部・下部と谷底 の差が大。	局地気候、小 気候。 局地性が強い が、好条件のと ころに住居す る。	局地気候、小 気候。 水田耕作には 日射・日照が不 足きみ。	局地気候、小 気候。 朝霧の上限よ り上は日射・日 照条件が良 好。
統合的管理	管理・労働・産業	-	-	-	行政責任者。 農林業従事 者。 第3次産業経 営者。	盆地底・谷底で 水田耕作、そ の他農業労 働。	山頂部・斜面上 部で焼畑、近年 はゴム園労働、 野菜・果物な ど。
	観光業への参画	アクセス(航空 路開拓など)の 発展による観 光客数の増 加。	所得増加によ る中国各地か らの観光客数 の増加。 中国東北部・華 北などの寒冷 地、西北部乾 燥地の人々の 異気候体験を 目的とする観 光業開発。	省経済におけ る観光業収入 の貢献。 観光業関係の 賃金労働者数 の増加。 観光関連施設 設備投資。	計画・企画・設 計・運営・観光 客誘致・個人企 業の設立。 四川省・貴州省 などの観光地と 1セットとなり観 光市場を開拓。	経営・運営・役 人・労働者。 独自の伝統文 化の保存・掲 示、観光資源と しての価値の 向上など。	経営・運営・役 人・労働者。 タイ族と異なる 独自の伝統文 化の保存・掲 示。

[雲南省からみて]

- 1 . 氷河からサバンナまでの環境、生物の多様性をとりこんだ企画・計画。
- 2 . 避寒地として日照時間・日射量・気温の優位性、高山地形などの自然資源を取り込んだ商品の売り込み。
- 3 . 世界的な感染症による客数の減少、経済的損失に耐えられる企業の体力育成。
- 4 . 日本・韓国など東アジアばかりでなく、オーストラリア・欧米などからの観光客の誘致。
- 5 . 地球温暖化の影響とヒートアイランドの増強で夏の高温化は進む。観光客の熱中症対策、健康管理、観光施設の冷房整備。
- 6 . 低湿化、霧日数の減少、大気汚染・細塵量の増加などの観光園・森林公園などへの影響変化。

[昆明・西双版纳において]

- 1 . 盆地底における霧日数減少、霧発生時間短縮、霧層の厚さ減少などが顕著で、土地利用、交通機関への影響が変化している。これによる観光行動可能時間も変化している。
- 2 . 現在試みられている民俗文化村は統合管理システム確立の参考になる。
- 3 . 少数民族が行ってきた伝統的な祝祭・生活習慣・居住形態などはおおきな観光資源である。
- 4 . 民俗村、民俗園におけるイベント収入が地元の住民・労働者にどれだけうるおすか。
- 5 . 谷間に住む泰族と山頂部にすむ他の少数民族の居住形態の差を観光資源として明確に描き出す。

(2) 統合管理

以上を表4にまとめた。観光業における自然資源の統合管理には、(a)資源状態の適正化と、(b)観光資源の適正化が重要である。このうち、資源の適正化においては、生態的な見地からの環境収容力を評価することが大切で、特に社会的な見地を欠くことはできない。さらに、最近のIT化時代においては、情報価値の付加が重要である。

中国雲南省の例で言えば、中国の国内外の変化に速やかに対応し、さらに、温暖化の直接・間接の影響、特に山地の森林破壊・盆地内の小都市の都市化に対応して将来計画をすべきである。雲南省では第3次産業の比率がたかまりつつあり、特に観光業の地位はたか

まりつつあるので、統合管理の重要性が増している。

文献

Clark, W. C. (1985): Scales of climatic impacts. *Climatic Change*, 7, 5-27

Clark, W. C. (1986): Themes for a research program. In: *Sustainable development of biosphere*, ed. by Clark, W. C. and R. E. Munn, Cambridge University Press, 5-48.

西双版纳傣族自治州志編集委員会(2002)：中華人民共和国地方志叢書。西双版纳傣族自治州志、上冊、新華出版社、北京、巻2、第2章、178 - 202 .

Yoshino, M.(1975) : *Climate in a small area*. University of Tokyo Press, 549p.

吉野正敏 (1978) : 気候学。大明堂、350 p .

吉野正敏 (1983) : 生物のレベル。人間生活の時間空間スケールとそれに対応する気候のスケールについて。「現代生態学の断面」共立出版、16 - 23 .

Yoshino, M. (1990): Problems in climates and agroclimates for mountain development in Xishuangbanna, south Yunnan. *Geographical Review of Japan*, 63B (2), 149-160.

Yoshino, M. (1997): Agricultural landuse and local climate. In: *Climates and societies*, ed. by Yoshino, M. et al., Kluwer, Dordrecht, 381-400.

Yoshino, M. (2005): Local climatology. In: *Encyclopedia of world climatology*, ed. by Oliver, J. E., Springer, 460-467.

吉野正敏 (2006) : 循環型社会・経済における地球環境問題。平成 17 年度資源の総合利用に関する基礎調査、成果報告書。資源協会、278 - 284 .

吉野正敏 (2008a) : 世界の風・日本の風。成山堂、140p .

吉野正敏 (2008b) : 中国南部雲南省（自然観光地域）における事例研究。平成 19 年度自然資源の統合的管理に関する調査、成果報告書。資源協会、268 - 286 .

張 広瑞ほか (2007) : 2007 年、中国旅遊発展分析与予測。旅遊緑皮書、社会科学文献出版社、北京、388 p .

吉野正敏 (1997) : 熱帯中国、自然そして人間。古今書院、東京、388p .