



天 気

1990年11月
Vol. 37, No. 11

[解説]

601 (地空相互作用; 砂漠; 日中共同研究)

黒河流域における大気—地表相互作用に関する 日中共同研究 (HEIFE) の現状*

光 田 寧・山 田 道 夫・井 上 治 郎**

1. はじめに

この共同研究は、中国西北部の河西回廊地域における半乾燥地域の砂漠化に伴う各種の現象、特に地空相互作用を調べることを目的とし、中国は蘭州高原大気物理研究所、日本は京都大学防災研究所がそれぞれの国の参加研究者を代表し、両者の合意書に基づいて、1989年から5年間の予定で実施されている。実験地域は、西安から発したシルクロードが祁連山脈に沿って北西に進む河西回廊地域、すなわち万里の長城の西端あたりであり、祁連山脈の北東斜面から流れ出た川が森林地帯を横切り平野において集まって黒河 (Heihe River) となりさらに北に転じてモンゴル砂漠に消えてしまうおよそ70×90 km²の流域である。この実験地域には、南西側に山と森林とゴビがあり、北西側には内モンゴルに連なる砂漠が存在する。この間の部分を流れる黒河に沿って、緑地が帯状に延びていて河西回廊と呼ばれる地域を作っている。今回の実験は、この黒河流域で行われることからHEIFE (HEIhe river Field Experiment) と呼ばれている。この計画は WCRP の一部として中国科学院葉教授を中心に計画され、日本に協力が呼びかけられた。

そこで日中の科学者が共同して1989年に研究計画を完成し実行に移ったものである。

この研究計画の概要は既に本誌に紹介されているが (“天気”, 1988年8月『WCPの窓』), 主な研究内容を再掲すると、1) Surface layer における乱流輸送の測定と planetary boundary layer の構造に関する観測研究、2) 地表での放射収支と実験地域内での各種地表面上での放射特性に関する観測研究、3) 蒸発散と実験地域内での水収支に関する観測研究、4) 観測資料の収集と整理および配布、5) 境界層の数値モデルの研究、6) この地域での水需要と農耕のための水理問題の研究、である。観測は、種々の地表条件を代表する5つの基本観測点 (日本側2カ所、中国側3ヶ所) と5つの自動観測点、34ヶ所の雨量計などにより実施する (詳細な計画については著者に連絡されたい)。中国側は1988年に試験観測を開始したが、日本側は1989年に予備観測を行った。本観測は1990~92年の3年間に実施することが計画されており、この間、継続した通常観測 (FOP; Fundamental Observing Period) と、春、夏、秋、冬の4回、2~3週間、特に高密度な集中観測を行う期間 (IOP; Intensive Observing Period) が設けられている。全体は合同執行委員会によって統制されるが、日本側の参加者の連絡のため研究連絡協議会をつくっている。去る1990年8月27日、京都大学防災研究所に於て、1990年度第一回の会合が開催され、計画の進行状況、予備観測の結果、および、今後の計画が議論されたのでその概要

* The present status of Sino-Japanese Cooperational Program on the Atmosphere-Land Surface Processes at Heihe River Basin.

** Yasushi Mitsuta・Michio Yamada・Jiro Inoue, 京都大学防災研究所.

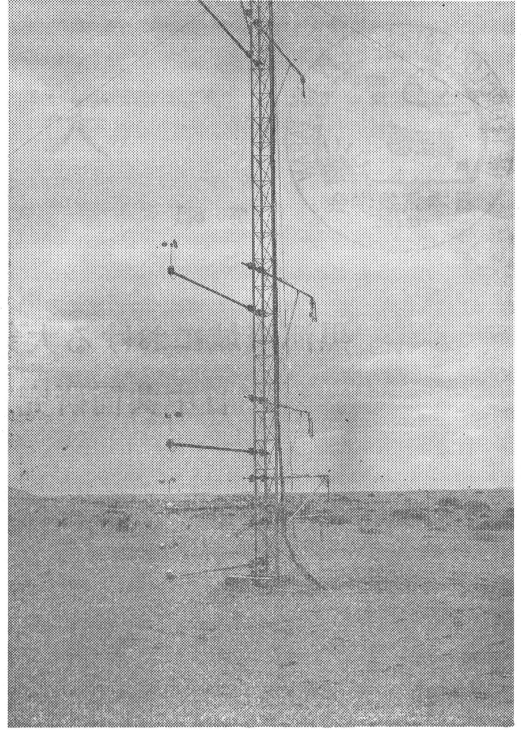
をここに報告する。

2. 計画の進行状況

1990年になっての計画の進行状況は次の通りである。

本観測の開始に先立ち、中国側との事務打ち合わせが、1月に中国側3名が来日し、また2月には井上(京大防災研)が訪中して行われた。これに引き続いて3月には池淵(京大防災研)他7名が訪中し、現地で予備観測を行うと共に蘭州高原大気物理研究所において「砂漠における観測法の研究」に関する討論を行った。これは文部省科学研究費(海外学術研究)の補助を得て行われたもので、結果は HEIFE Report No. 5 (233頁) に収録されている。その後、90年夏には、本観測に用いる機器を設置するため井上他3名が現地に赴き待機したが、COCOM に関する審査に時間がかかり中国に向けての発送が8月下旬に遅れたため、中途帰国した。90年秋に再度現地に赴き測器の設置を行う予定である。90年度に現地設置予定の機器は全て基本観測点での FOP 観測のためのもので、20 m 観測塔などに感部を取り付けた自動気象観測装置 (MILOS 200, VAISALA 社製: 風向, 風速, 気温, 湿度, 地中温度, 土壌水分, 地中熱流量, 気圧, 雨量) および放射測定システム (英弘社製: 短波放射, 短波反射, 赤外入射, 赤外放射, 紫外入射, 地表温度) で全て太陽電池で作動しヶ月分のデータを IC カードに収録する。この他に IC カードからデータを読み取り処理するためのテクニカルコンピュータ (PS-9000, TEAC 社製), 電子天秤, 携帯用伝導度計, 携帯用 PH メータなどの測定機器などのほか、電源事情に対応するための無停電電源装置や発電機が含まれている。なお、中国側の観測は90年6月から既に開始されているが、日本側はまだその観測データを入手していない。

日本側の2つの観測点(張掖観測点および砂漠観測点)の観測事務所の整備はすでに完成しており、ほぼ使用可能な状態になっている。張掖観測点はオアシスの中で、張舎市内から約9 km 南西の甘肅省農業科学院の敷地内にあり、その事務所は古い小学校の校舎を改造したもので、日本人用の3つの部屋で4人の宿泊が可能である。一方、砂漠観測点(第1図)は、臨沢県の町から約40 km 北の砂漠にある。ここは、自動車の到達可能点からさらに2 km 砂漠に入った地点であり、機器等の輸送にはトラクターを用いる必要がある。この観測点の事務所は、臨沢県平川郷政府所有の家屋を借り受けたもので、3部屋が使用でき4人の宿泊が可能である。細かな



第1図 砂漠観測点

砂塵から測定機器を守るため、観測点の観測室には空気清浄機を設置する予定である。いずれの事務所でも、AC 100/200 V が利用でき、また実費で食事が得られる。また、これらの事務所には中国側から借用の無線機が設置されており、さらに砂漠では2台のウォークーキーを用いて、相互の連絡が可能である。これらの周波数はすべて共通(400 MHz)で、これは中国側の無線連絡網のものと一致している。実験地域から日本への連絡は張掖からのみ電話または電報が可能であり、Telex や Fax は使用できない。1990年11月から日本側の購入したジープ(三菱パジェロ, 9人乗り)2台が、それぞれ張掖と砂漠の観測点に配置され使用可能となる予定である。ただし、日本人による運転は不可で、中国側の運行を委託することになる。

張掖観測点、砂漠観測点とも、実験期間中は、それぞれ2名ずつの中国人観測補助者が常駐する。これらの観測補助者は若い科学者であり、日本側が給料を支払って、器械の保守、目視気象観測、露場・事務所の整備、日本人研究者の補助などにあたる。

HEIFE の研究期間中、参加する研究者が現地に行き

観測にあたる。現地には研究費以外の費用で出張し現地の施設を利用することも可能であるが、全ての利用は京都大学防災研究所に連絡しその指示に従うことが必要である。中国への渡航に際しては、京都大学の推薦により中国科学院蘭州高原大気物理研究所 (Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, 以下大気研と略) から発行される各人への招へい状を、中国大使館または領事館に持参して査証の給付を受けなければならない。日本から北京への航空券は各人が個別に購入することになるが、北京でのホテル予約、北京-蘭州の航空券の購入、北京空港-市内の送迎は、大気研に申し込むことにより、中国科学院に行ってもらえる。蘭州空港-市内は、大気研に連絡すれば迎えの車を出してもらえる (帰途はタクシーでも可能)。蘭州-現地の移動は、大気研の自動車による。これら全てについては、その費用を支払わなければならない。なお、実験地域は未解放地域のため蘭州において外国人旅行証の発行をうける必要がある (1~2日で発行)。これらは京大防災研が連絡等の世話をしている。

各研究者に属する器材の持込みに関する中国税関の取扱いは、中国の機関に寄付するものは無税であるが、持ち帰るものは期間が6カ月以上のとき税関に税金を支払わなければならない。さらに持込み時に保証金を要求されることがある、というものである。なお、日本出国に際しては、ものによってはCOCOMに関する輸出審査を受けなければならない。一方、現地で採取したサンプルは、原則として、中国から持ち出さず中国国内で解析を行わなければならない。ただし、このとき中国の分析装置を日本側が使用することはできず、従って分析は中国側に依頼することになる (解析費用の支払が必要)。やむを得ずサンプルを持ち出す場合には、科学院と税関の許可が必要であり、リストを蘭州高原大気物理研究所に提出しなければならないが、サンプルによっては (空気、大量の砂等を含む) 他の関係機関の理解が必要なので時間がかかる。現地での観測記録も現地で解析し中国側に報告した上で持ち帰ることになっている。持ち帰って解析する場合は中国側の理解が必要である。

3. 予備研究の結果

現地観測に先立って日中両国において予備研究が行われた。これらの研究結果は HEIFE Report No. 5 に、蘭州高原大気物理研究所発行の雑誌「高原気象」の HEIFE 特集号の英文要約とともに収録されている。

HEIFE 地域の砂砂漠において予備観測が実施され 1989年3月5日から1990年3月17日までほぼ1年間のデータが得られた。これらのデータの解析から次のような結果が得られている (井上と光田 (京大防災研))。1日当りの日射量は5月に最大 (26.2 MJ/m²) となり6月から8月までは大きく変化しない。雲量は6月から7月に多く7月に最大となる。日平均気温の最高と最低は 23.8°C (7月) と -6.4°C (1月) であり、平均日較差は2月に最大 (19.3°C) で、7月に最少 (11.9°C) となる。月平均の相対湿度はいずれも50%以下であり、強い乾燥を示している。比湿は、夏期には気温と共に正の相関をもって日変化し地表からの蒸発の存在を示唆しているが、そのほかの季節には殆ど日変化しない。風速は、一年を通じて、午後に最大となり夜最小となる。強風は5月に最頻であるが、平均持続時間は4月が最も長い。最大風速は 20 m/s (北北西) で4月に生じている。一般に、東風は弱く、南東風はまれで (あっても弱風)、強風は北西風であった。夏期には真夜中過ぎに南西風となり、他の季節には午後北西風が吹く。これら2つがこの地域の卓越風向であり、いずれも数時間続いている。このほぼ1年間の観測において、砂塵は、温度計・湿度計・プロペラ形風速計などの測器に対しては、重大な影響を与えなかった。しかし放射計のドームは定期的に汚れを清掃する必要がある。砂砂漠では砂丘が北西風により移動する可能性があるため、地中温度計などは安定な砂丘に設置しなければならない。また、予備観測の初期に誘雷による障害が生じた。測器や電気回路は雷対策を行うことが必要であると思われる。なお、自動観測に用いた太陽電池は安定に機能した。

王 (大気研) は、1988年8月20日から9月20日に HEIFE 地域内のゴビ砂漠において試験観測を行い、渦相関法によって水蒸気フラックスを評価した。その結果、常識的な予想とは逆に、水蒸気フラックスは、昼間は下向き、夜は上向きで、日平均したものは下向きになることが見いだされた。この結果に対しては、ゴビ砂漠と南のオアシス・祁連山脈の範囲に発生する局地循環によるもの、とする解釈が提案されているが、その正否はまだ明らかではない。また地中水分に関して、下島 (京大防災研) は、砂砂漠における測定結果を報告している。それによると地中水分の鉛直分布は、地下 20 cm 付近に重量含水率が 4×10^{-2} 程度のピークをもち、地中温度は地下 30 cm 付近に極小をもつ。この原因の可能性として、地下 20~30 cm における水分蒸発、温度の日変

化の位相遅れ、降雨の影響などが挙げられている。いずれにせよ、砂漠であっても、地中深くまでからからに乾いているわけではなさそうである。

このほか、予備研究は、大気大循環への砂漠の効果、衛星データの利用方法、境界層過程の数値モデル、実験地域の水文学的特徴、実験地域の降雪など多くのテーマについて行われた。詳細については上述の HEIFE Report No. 5 を見られたい (このレポートは著者に連絡すれば入手可能である)。

4. 今後の計画

先に述べたように HEIFE では、1990~1992年にかけて連続する通常観測を行う FOP と、その期間内の1991年に春、夏、秋、冬の4回、2~3週間程度、特に高密度の集中観測を行う強化観測期間 IOP が実施される。この間、1991年8月には、蘭州においてワークショップが開かれ、同時に、現地観測に直接参加しない研究者に対して現地視察の機会が与えられることになっている。またこの他にも1992年には、植物による効果に注目して観測を行う BOP (Biometeorological Observing Period) や降雨機構・プラネタリー境界層に関する特別観測を行う SOP を計画しているが詳細はこの秋に決定される。これらに関する中国側の予算等は90年9月に決定される予定である。

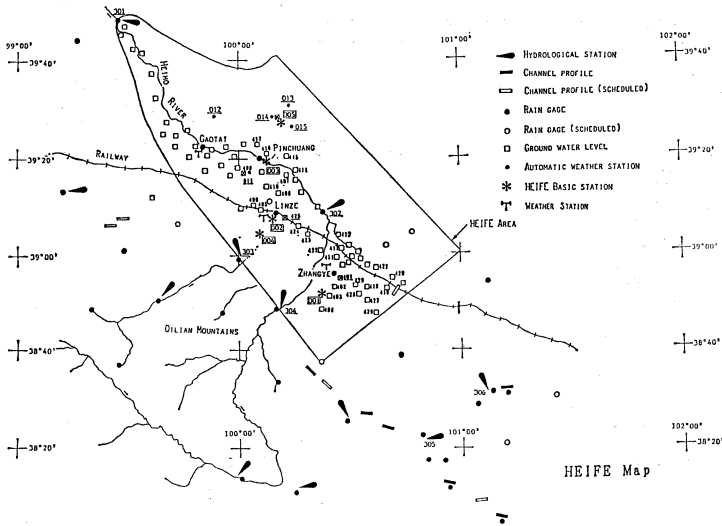
FOP には、1990年秋 (中国側は1990年初夏) から1992年秋 (中国側は1991年12月) まで継続的な観測が行われる。主な観測は、実験地域内で典型的な地表条件 (麦畑、砂、砂漠、ゴビ砂漠、高粱畑、防風林) を持つ5つの基本観測点で、毎正時 (地方時) 前後15分間に実施される。日本側はこれらの観測点のうち前者2ヶ所 (張掖観測点、砂漠観測点) を受け持つことになっている。観測項目は多岐にわたっており、観測点毎に若干の相違はあるがその主なものを挙げると、観測塔による20m (1点のみ40m) までの7つの高度における風向・風速・気温・湿度、-1.5m までの5つの深度における地中温度・地中水分・熱流量や地表面温度・地面放射など、放射関係は直達日射量・散乱日射量・短波入射量・短波反射量・紫外入射量・赤外入射量・赤外放射量・全放射量など、そのほかいくつかの観測点で大気圧・雨量・ダストの粒径分布・オゾン濃度・ライシメーター観測などが予定されている。また随時、地表面水分量・中性子水分計による地中水分分布、および、運動量・熱・水蒸気の乱流輸送量の測定が行われる。またさらに、こ

の基本観測点で不足する部分の観測を行う5つの自動観測点 (日本側が準備) においても、大気圧・風向・風速・気温・湿度・放射・地表面温度・地中温度などの項目についての観測が行われる。このほか、35ヶ所の雨量計 (日本側5ヶ所)、6ヶ所での河川流量測定などとともに地下水位の観測も実施される予定である。また、以上の FOP 期間中、中国気象局の地上観測データ (張掖、臨沢、高台) および高層データ (張掖、武威、酒泉) を入手する。HEIFE 領域と観測点の配置は第2図に示す通りである。

IOP は、1991年の春夏秋冬に各1回ずつ (季節の順に IOP-1, 2, 3, 4) 計4回、FOP と平行して実施され特別集中観測が行われる。期間は IOP-3 が3週間、他の3つの IOP が各2週間である。これらの IOP 期間中は、おもに上記の基本観測点において、各奇数時の前後15分間に運動量・顕熱・水蒸気・二酸化炭素の乱流輸送測定 (サンプリング周波数 10 Hz) が行われるほか、低層ゾンデ・繫留気球などによる大気境界層の測定や、中性子水分計などによる土壌の含水率の測定、雨水質検査などが実施される。またこれに加えて、黄砂に関連してエアロゾルの粒径分布 (地上およびゾンデ)・飛砂分布・砂紋形成の測定のほかエアロゾル採取などが行われる。IOP-1, 2 ではライダーによるエアロゾルの観測が、さらに IOP-2 では、ヘリオスタットによる放射スペクトル・降雨および地下水の含塩率・内部境界層・エアロゾル粒径分布の測定やエアロゾル採取、また IOP-3 では祁連山脈の積雪調査などが計画されている。これらの観測には全国の大学・研究所から50名が参加し協力して一般観測を行うとともに独自の研究観測を行うこととなる。

これらの FOP および IOP のほか、植物の活動に関連した観測を実施する BOP が1992年夏に予定されている。これは、植物の蒸散・二酸化炭素フラックス・植物のキャノピー内の速度分布などの測定を含んでいる。日本側からは岡山大学のグループが参加する予定であり、実施時期等は現在調整中である。また降雨機構の研究に関連して氷晶のゾンデ観測と内部境界層の観測を行う SOP (Special Observing Period) が92年8月に計画されており、九州大学のグループその他が参加する予定である。

以上の研究計画に必要な資料として、現地の地形図 (2万分の1, 5万分の1)、土地利用図などは既にほとんど入手している。また、衛星データに関しては、GMS



第2図 HEIFE 地域観測点分布

データが入手可能であるほか、各 IOP 毎に1回の Landsat 画像を入手する予定である。また NOAA の AVHRR 画像については、1991年の1年間は定期的(5日~10日に一回)に、また各 IOP においては高い頻度(1週間程度昼夜連続)で入手を予定しているが、具体的な点については未定である。

5. おわりに

日本には砂漠はなく、この種の観測にはあまり経験がない。そのために観測あるいは研究が予定どおりに実行

し得るかどうかは非常に心配であった。しかし予備観測によって何とかやって行けるという自信が得られた。しかし、今後の本格的な観測には多くの方々の御協力がどうしても必要である。今からでも参加の意志のある方は御連絡頂ければ幸いである。中国側も全力をあげて我々に協力して頂いており、次々と新しい結果が得られるものと期待できる。なお、この研究は主に文部省国際共同研究事業費によって進められている。また中国側の計測器不足を補うことと自動車の購入のために万博記念協会の補助を頂いていることを記して感謝の意を表したい。

(文中敬称略)