

# WCP の窓

## 大気—地表相互作用に関する日中共同研究 (HEIFE)\*

光 田 寧\*\*

### 1. はじめに

この研究は気候変動国際協同研究計画(WCRP)に関連して中国北西部の河西回廊地域における半乾燥地域の砂漠化の現象を精密に調べようとするもので、1986年に Geneva で開かれた WCRP の First Informal Planning Meeting において中国科学院の Ye, Duzheng 教授によって紹介された計画(Third Hydrological and Atmospheric Pilot Experiment (HAPEX-3)として記録されている)が基本となっている。中国側から筑波大学吉野教授などを通じてこれを日本と共同研究として実行しようとの働きかけがあった。その後、日本側では学術会議 WCRP 専門委員会がこれに対応することとなり、委員長の京大・理山元教授が1987年秋中国を訪問した機会に最初の打ち合わせを行った。中国側では中国気候研究委員会(CCRC)(議長 Ye, Duzheng 教授)が計画審議機関で、科学院(CAS)に属する蘭州高原大気物理研究所など10以上の研究機関と幾つかの大学が研究観測に参加することとなっている。

この会合の結果、第一回の日中研究集會を日本で行うことが合意され、1988年1月に中国側から Gao, Youki 教授等3名が来日、日本側は WCRP 専門委員会の下で作業委員会メンバーが出席して宇治を中心に日中合同の会合が持たれた。その席上、基本的な研究計画が合意され実施のため努力を開始することとなった。その結果は HEIFE Report No. 1\* としてまとめられ印刷されている。これに先立って中国側では科学院(CAS)および自然科学基金委員会(NSFC)の合意を得て日本側の合意を条件に予算が認められるところまで計画が進められていた。日本側はこの会議の結果に基づいて日本の計画作成にとりかかったが、やはり現地調査が第一だということ

とで、3月上旬に山元教授以下3名が中国に出張し、現地を見た上で蘭州において第二回の日中研究集會がもたれた。その結果は近く Report No. 2 として印刷される予定であるが、この現地調査の様子については佐橋教授の報告を見て頂きたい(p. 507~p. 510)。これら一連の作業に基づいて日本側の参加の計画が作られ、文部省の予算を得るべく交渉を進めている段階である。

### 2. 共同研究 HEIFE

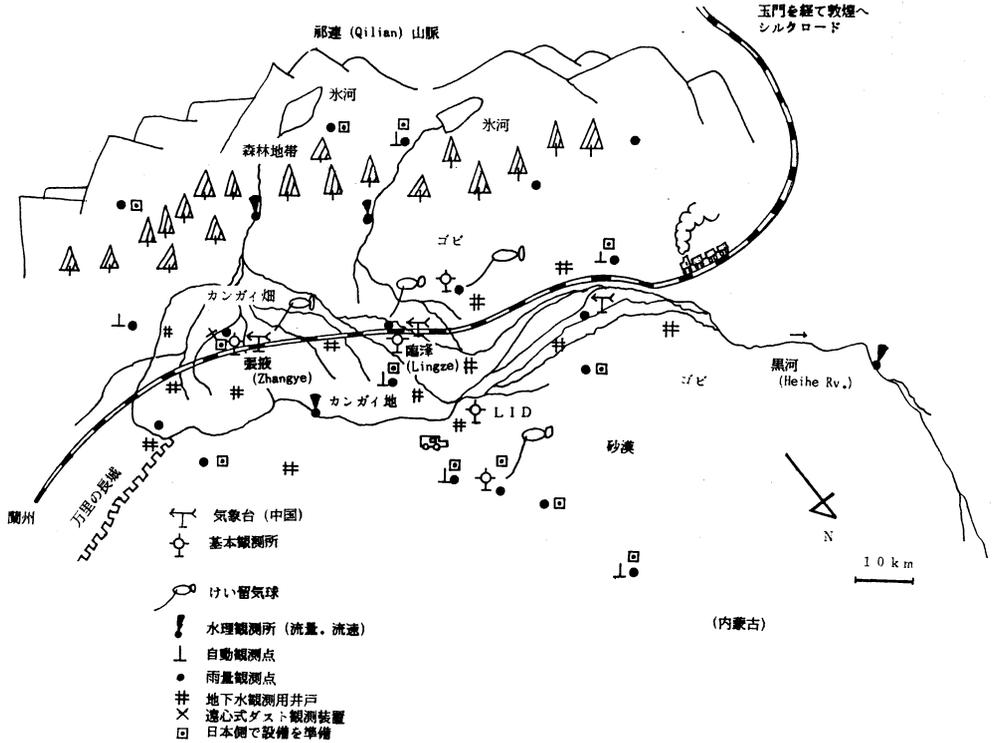
実験の計画されているのは黒河流域で、西安から発したシルクロードが蘭州で黄河から分かれて北進し、内モンゴルの南西端で祁連(Qilian)山脈に沿って北西に進む河西回廊地域、すなわち万里の長城の西端あたりにあたる。祁連山脈は5000 m ぐらゐの高さがあるが頂上近くには氷河もある。この山脈の北東斜面から流れ出た川は森林地帯を細分して流出し、平野において黒河(Heihe River)となり北西流し、Zhangye 付近で北に転じモンゴル砂漠の中に消えてしまう。すなわち70×90 km ぐらゐの実験流域(第1図参照)の中の南西側には山と森林があり山の麓にはかんがいによる麦畑、さらにその北東側には内モンゴルに連なる砂漠が存在する。この麦畑はもともと砂漠であったものを永年の努力により緑地化したものであり、常に砂漠化の危機にさらされている。従って、この地域での研究は中国側にとっては実的な面からも重要なものである。今回の実験はこの黒河の流域で行われるところから HEIFE river Field Experiment (HEIFE) と呼ばれることになった。参考までに張掖における1951~1980年の気候統計を第1表に示す。

なお調査団が持ち帰った Desert 観測予定地点付近の砂漠の砂の分析結果は第2図のようなものである(京大・防災研村松教授による)。

砂漠は極寒の南極に対する乾熱の極にある環境であ

\* Sino-Japanese Cooperational Program on the Atmosphere-Land Surface processes.

\*\* Yasushi Mitsuta, 京都大学防災研究所.



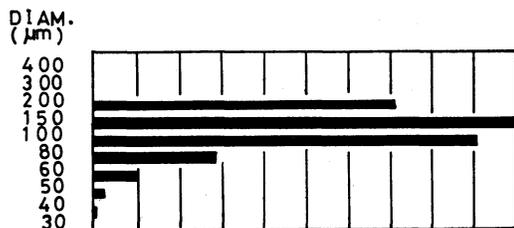
第1図 日中共同研究実験地略図

第1表 張掖 (38°56'N, 100°26'E, h=1482.7 m) の気候 (1951~1980)

要素	月	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 全年												
		平均温度 °C	-10.2	-6.1	2.0	9.5	15.4	19.4	21.4	20.5	14.6	7.0	-1.4	-8.3
地表面平均温度 °C		-8.8	-3.9	4.6	13.3	21.5	26.6	27.9	26.3	18.8	9.5	-0.2	-7.8	10.7
平均相対湿度 %		56	56	44	40	43	50	57	57	58	56	60	60	52
降水量 mm		1.8	1.3	3.2	4.3	13.0	19.3	27.7	30.9	18.0	5.0	2.4	1.6	129
風速 m/s		1.9	2.1	2.6	3.0	2.9	2.4	2.2	2.1	1.9	1.9	1.9	1.8	2.2
最多風向		NW	NW	NW	NW	NW	SE	SE	NW	NW	NW	NW	NW	NW
暴風日数		0.4	0.6	1.6	2.8	2.5	1.9	2.0	1.3	0.6	0.5	0.4	0.4	14.9
砂嵐日降		1.4	1.4	3.1	3.8	2.7	2.1	2.1	1.2	0.6	0.6	0.5	0.8	20.3
降雪日数		2.9	2.3	2.4	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.2	2.7	14.8
最高気温 (極値) °C		17.9	21.5	27.2	32.2	34.0	38.1	37.7	38.6	33.4	29.6	24.0	16.5	38.6
最低気温 (極値) °C		-28.7	-27.1	-21.2	-10.5	-3.5	1.3	5.8	4.4	-3.2	-9.7	-26.3	-27.5	-28.7

り、いろいろな意味で未知の世界である。砂漠化は蒸発量が降雨量を越えた場合に生じるとされているが、砂漠面からの蒸発量が実際にどれぐらいなのかは誰も知らない。筑波大古藤田博士の概算によるとこの地域の平均雨

量は100 mm/year ぐらい、山からの河川流入は320 mm/year、北端からの流出は120 mm/year ぐらいで、蒸発が300 mm/year 程度あれば定常状態を保ち得ることになる。これに対してこの地域にある気象観測点の蒸



第2図 砂漠の砂の粒度分布の一例

岩石比重 2.4, 空隙率 0.34, 粒径中央値 118 μm, 25%値 91 μm, 75%値 147 μm, 比重面積 0.023 m<sup>2</sup>/g, 図は粒径階級別重量分布 (任意目盛) を示す。

発皿による蒸発量は約 2000 mm とされている。そのままでは直ちに砂漠になりそうであるが、これは蒸発皿の水面からの水損失であり、当然ながら地面からの蒸発よりはずっと多いはずである。しかし、実際の地面蒸発は観測を行って見ない限りははっきりしない。

またこのように氷河、貯水地、森林、畑地、ゴビ、砂漠といったいろいろな地表条件が混在している所での精密な観測を行えば、人工衛星から地表状態を観測するに当たっての ground truth をいろいろと得ることができるから、人工衛星による観測の精度向上のための国際共同研究 (International Satellite Land Surface Climatology Project (ISLSCP) のための実験場としても利用できるものとも期待されている。

このようないろいろな条件の平地は日本では得られないところから地空相互作用のパラメータ化に役立つ多くの資料がこの実験を通じて得られることが期待される。さらに日本から見ればこの地域は大循環の上流域に当り、そこでの現象の理解は下流側の日本の気象現象の理解に大いに役立つし、また日本に運ばれてくる黄砂をその源で調べることができる。また日本に流れてくる大気のバックグラウンド濃度を知るためのオゾンや炭酸ガスの観測にも意義があるといえる。

### 3. 共同研究の内容

現在計画されているこの共同研究の内容は次のようなものである。

- 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
  - Surface layer における乱流輸送の観測
  - Planetary boundary layer の構造の観測
  - 局地循環の存在と構造の観測

1988年 8月

- 乾燥地における降雨の生成と降雨分布の観測
- 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
    - 地表面での放射収支の観測
    - 各種地表面での放射特性の差異の観測
    - 大気エアロゾルの観測とそれによる放射減衰の観測
    - 人工衛星による地表放射の観測結果の解析
    - O<sub>3</sub> および CO<sub>2</sub> の特性の観測
  - 3) 蒸発散と実験地域内での水収支に関する観測研究
    - 実験地域内の水収支の観測
    - 地面および植被上での熱および水蒸気の乱流輸送の観測
    - lysimeter を用いた蒸発散の観測
  - 4) 観測資料の収集と整理および配布
    - surface layer での観測システムとデータ解析手法の開発
    - data bank の集積と利用法の確立
    - 乾燥地型での地空相互作用の研究と大規模気候現象への影響についての研究
  - 5) 境界層の数値モデルの研究
    - Heihe 河地域の精密地表分類の研究
    - 少数の観測点のデータから全実験域の状況を推定する際の誤差の数値実験的推定法の研究
    - planetary boundary layer の異なった地表面の境界付近での過渡現象の数値実験
    - 三次元的数値シミュレーションモデルの開発と改良
  - 6) この地域での水需要と農耕のための水理問題の研究

### 4. 野外观測

上に述べたような研究を実施するために次のような観測計画が作られている。まず、スケジュールとして考えられているのは次のようなもので、この間に何回かの日中共同研究集会を持つことが計画されている。

- |                 |       |                           |
|-----------------|-------|---------------------------|
| (0) 1988 (S.63) | 8, 9月 | 中国側による試験観測                |
|                 | 9月    | 現地において研究集会                |
| (1) 1989 (S.64) | 夏・秋   | 測器の準備, 輸送, 設置, 一部予備観測開始   |
| (2) 1990 (S.65) | 夏     | 残りの測器の準備, 輸送, 設置          |
|                 | 10月   | 本観測開始                     |
|                 |       | この間秋, 冬, 春, 夏に IOP を計4回実施 |

- (4) 1992 (S. 67) 10月 本観測終了, 補充観測  
継続
- (5) 1993 (S. 68) 3月 全観測終了  
9月 Data 整理終了
- 1994 (S. 69) 3月 研究終了

本観測は2年間とされているが, 前には予備観測, 後には補充観測期間をおいてできるだけ長い間の資料が得られるようにすると同時に, 本観測期間中に春夏秋冬の4回, 1回10~30日間の Intensive Observing Period (IOP) を置き, 高密度な集中観測を行うこととしている。

70×90 km ぐらいの調査領域の中には森林, 畑地, ゴビおよび砂漠が存在しており, 従来から川に沿って3つの気象台と四つの水理観測所が存在するが, 代表的な地表条件のところ新たに5つの基本観測点を設置し, それを補うように6つの自動観測点および約20カ所の降雨観測点を設置して連続観測を行う。これらの配置は第1図に示すとおりである。

基本観測点とその周囲の条件は次のようなものである。

1. 張掖 (Zhangye): 麦畑
2. 臨沢 (Linze): 麦畑, とうもろこし畑
3. 平川 (Pingchuan) (Desert Experimental Station of LID): 防風林に囲まれた農地
4. 化音 (Huayin): ゴビ
5. Desert (平川の北): 砂漠

Linze には自動データ収録装置を置き中央観測所の役を果す。Huayin は平坦で一樣な地表条件に恵まれているので標準的な観測点とし, いろいろな観測法や乱流輸送の計算法の改良あるいはパラメタリゼーションの基本的なデータを得るのに用いる。これらの基本観測点では砂漠を除いて商用 200 V の交流電源が得られる。

先にも述べたとおり, この地域内の高台 (Gaodai), 臨沢 (Linze) および張掖 (Zhangye) には気象局に属する気象台があり, さらに近辺4カ所の気象台の記録が利用できる。特に Zhangye では IOP の期間中高層観測を強化することになっている。極軌道人工衛星の資料は日本でこの地域のものを受信することは不可能であるが NOAA は中国で受信している。GMS の視野ではこの地域は周辺に近い。しかし周辺にあることによってまた別な方法による大気混濁度の検出ができるかも知れない。

本観測期間の間, 基本観測所では場所により多少の差

はあるが基本的に次のような項目の連続観測を1日24回行うことになっている。

放射: 放射収支 (全波, 赤外, 可視, 紫外) の観測。放射による大気混濁度の観測。

境界層: 地上 20 m までの風向, 風速, 気温, 湿度の高度分布の観測。

地下 3 m までの温度, 水分量, 熱フラックスの観測。

放射温度計による地表面温度の観測。

畑地では 2 m までの植生内の気象要素の高度分布。

乱流輸送量:

・クラス A 蒸発計および Lysimeter による蒸発の測定。

・Eddy correlation 法による運動量, 顕熱および水蒸気 (Zhangye のみは炭酸ガスも) の乱流輸送の直接測定。

その他: 地中水分のサンプリング測定。

・空中の粉じんの測定。

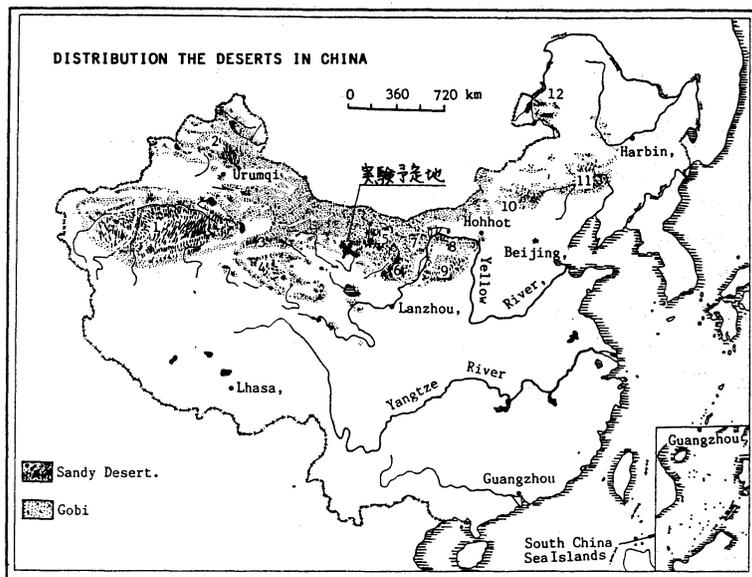
・O<sub>3</sub> および CO<sub>2</sub> 濃度の測定。

また自動観測点では高さ 6 m での風向風速気温湿度日射および 1 m での気温湿度, さらに地表での雨量, 地中温度, 地中水分各 1 点ずつを 1 日 8 回程度, 長期記録装置に記録する。また雨量計は転倒マスを用いるが, 残り水分の蒸発による誤差を最小限にするために 0.1 ないし 0.2 mm で 1 転倒になるようにした長期自記雨量計を用いる。

IOP の期間においては基本観測点での観測, 特に乱流輸送の観測を強化し, さらにけい留気球観測システムを用いたプラネタリー境界層の観測 (LID を除く) を地上高 1000 m ぐらいまで行う。また特殊な観測はなるべくこの期間に集中して行う。今のところ, 放射スペクトルの観測, 氷晶ゾンデによる雲物理学観測などが計画されている。

予備観測は, 観測システムのテストのためのものであり, 補充観測は本観測で行い得なかったことの補足, および一部基本観測所の連続観測期間延長のために行う。

これらの観測の全ての結果は蘭州の高原大気研究所に集められ, ここで統一した規格のデータテープに編集して各研究者に配布される。日本の場合は京大防災研に送られて来たものを複製し, 関係者に配ることになる。



付図 中国における砂漠の分布図

(Zhu, Zhenda *et al*, Desert in China, Institute of Desert Research, Academia Sinica, 1986 による)

5. 日本の参加

日中二国間の共同研究であるところから全てにおいて平等に行うことが原則でなければならない。しかし、日本から見れば外国であり、しかも条件の悪い所でもあり観測の実行の面などでは中国側にお願いしないとイケないことが多い。現在のところ日本側としては現地観測において二つの基本観測点 (張掖 Zhangye と Desert)、5つの自動観測点、および5つの自記雨量計の観測設備を準備し、それらを維持すると共に、日本独自の研究計画についてはこちらから設備を持ち込んで研究を実施するという事を考えている。観測の規模は予算を得る努力と共にこれから続ける中国との話し合いによっても多少変更されることがあるかも知れない。日本側ではこの研究の実行のための委員会を作り、計画および実行の審議を行う事を考えている。またこれらに関連した作業は、京大防災研でお世話することになっている。

6. おわりに

黒河における地空相互作用に関する日中共同研究計画について簡単に説明したが、佐橋教授の現地調査記と共に読んでいただいたらある程度全体像を理解して頂けると思う。砂漠については未知の点が多く、まだいろいろと検討せねばならない点が多い。これから計画を具体化して行くのであるが、何か特別なテーマを持って研究に参加しようという希望をもたれたり、現地での観測に参加したいという方、あるいは観測資料を利用したいとお考えの方があればできるだけ早く著者まで連絡して頂ければ幸いである。

\* HEIFE Report No. 1: The First Study Conference on Sino-Japanese Cooperational Program on the Atmosphere-Land Surface Processes Experiment, 105 p., 1988. の必要な方は著者まで連絡して頂ければお送りします。