

45  
1998  
H.C.

チベット高原におけるエネルギー・水循環過程の研究  
The Energy and Water Cycle Processes on the Tibetan Plateau  
(課題番号 08041094)

平成8年度～平成10年度 科学研究費補助金  
〔国際学術研究(学術調査)〕

研究成 果 報 告 書

平 成 11 年 4 月

寄 贈	年 月 日
安 成 哲 三 氏	平 成 年 月 日

研究代表者 安 成 哲 三  
(筑波大学地球科学系・教授)

00602244

# 目次

はしがき	1
調査・観測の経過報告	3
研究組織	6
研究経費	8
研究成果	9
主な研究成果のまとめ	
GAME チベット国内研究集会予稿集	181
Proceedings of the 1st International Workshop on GAME-Tibet	213
Activity Report of GAME-Siberia, 1998	223

## はしがき

チベット高原域は、アジアモンスーン循環の熱源域として重要な役割を果たしており、モンスーンの形成と維持、および変動の機構を解明するに際し、詳細なエネルギー・水循環過程の研究が必要な地域である。5,000m を越える高原上では、地表面での強い加熱と大気の熱・水熱収支、大気境界層の構造、上空のチベット高気圧と大規模なモンスーン循環が相互に密接に関与しており、総合的な大気圏の観測が必要である。また、高原上の雪氷や永久凍土と大気圏のあいだの相互作用は、モンスーンの年々変動の気候を解明する上で、非常に重要な物理過程である。

本研究は、WCRP (World Climate Research Programme; 世界気候研究計画) の大型観測計画であるGEWEX(Global Energy and Water Cycle Experiment; 全球エネルギー・水循環研究計画) 傘下の国際共同研究計画 GAME (GEWEX Asian Monsoon Experiment; アジアモンスーンエネルギー・水循環観測研究計画) の一環(GAME-Tibet) として、チベット高原上でのエネルギー・水循環過程とその変動に関する大気・陸面相互作用を、現地での集中的な気象・水文観測を通して明らかにすることを目的として、平成8年度から10年度の3年間の研究計画として実行された。

平成8年度は、日本の関連研究機関との計画立案と、予備的な現地調査が行われた。平成9年度は予備観測期間 (POP) をモンスーン期間中に設定し、集中観測で展開する観測システムのすべてを現地に搬入、設置して、1ヶ月程度の予備観測を行い、さまざまな観測に関する問題点の検討と再準備をおこない、同時に、モンスーン季の高原におけるエネルギー・水循環過程の日変化、季節内変動に関する貴重な初期的成果なども得られた。平成10年度は、GAME 集中観測期間(GAME-IOP) の一環として、自動観測システムによる地表面での熱収支観測、高層ゾンデシステムによる大気境界層と対流圈変動の観測、気圧計ネットワークによる広域熱フラックス観測などを通じて、モンスーンの季節変化と年々変動に関する高原スケールでのエネルギー・水循環過程をモンスーン開始から後退にいたる数ヶ月間にについて、高精度の長期間観測を行った他、中部高原のメソスケール観測領域では、ドップラーレーダ観測、降水分布観測、地表面水文過程観測など、大気・陸面間のより詳細な水循環過程の観測的研究を行った。また、大気に対する積雪・永久凍土などの寒冷圈水循環過程の役割を比較するため、シベリア、モンゴルの寒冷圏での同時観測の一部も、この研究により実施した。これらの観測的研究は、中国科学院蘭州高原大気物理研究所、同蘭州冰河凍土研究所、中国国家気象局、中国水利部、ロシア国立水文研究所、同科学アカデミー地理研究所、ヤクーツク永久凍土研究所、ヤクーツク生物学研究所、モンゴル自然環境省水文気象研究所などとの共同研究として実施された。

さらに、この研究では、チベット高原のエネルギー・水循環過程とその大気大循環およびモンスーン気候における役割の解明のために、現地での観測データによるプロセス解明のみならず、気候モデルによる数値シミュレーションと広域データ解析も併せて行った。

これらの研究成果は、IOP 実施の後、西安で開かれた第1回 GAME チベット科学ワークショップにまとめて報告され、その英文プロシーディングスとして刊行された。シベリアでの観測的研究も、英文報告(GAME Publication No. 14)として刊行されている。査読付きの国際、国内学会誌にも、この報告に収録しているように、すでに十数編が出版された。また、平成11年度日本気象学会春季大会では、特別分科会「GAME-IOP とその初期成果」が二日間にわたって開催され、本研究による多くの成果も報告された。

期間およびその他の期間における観測で得られた膨大なデータを用いて、現在多くの解析が進められており、今後、新しい気象学的水文学的成果が続々と公表されると期待されり報告書では、現時点での初期成果を中心にして報告をまとめる次第である。

チト高原という地球上最大、最高の高原という厳しい自然環境下で、のべ数十人以上の研究者観測を遂行し、大きな研究成果を挙げられたのは、ひとえに、国内および国外（中国、モンゴル）の研究者、諸官庁担当者、国際研究プログラム関係者、および現地の協力員、多人な援助と協力によるものである。この紙面を借りて、厚くお礼を申し上げる次第であ

研究代表者

筑波大学地球科学系 教授

安成哲三

# 調査・観測の経過報告

## 1) 1996年夏期予備調査報告

高原スケールの南北観測ラインおよびメソスケール領域の候補地の選定と交通・ロジスティクス・安全性などの確認を目的として、7月25日～8月19日の予定で青蔵公路沿いの格尔木～拉薩間で現地調査を実施した。日本側参加者は、小池以下4名で、中国側は蘭州高原大気物理研究所の王教授、劉助教授をはじめ、大学院学生、技官、運転手を加え6名であった。

南北観測ラインおよびメソスケール領域の主要な交通路である青蔵公路は、1993年から始まった大改修がほぼ終了しており、道路状況は非常に良くなっている。観測候補地点の選定は順調に進んだ。この調査結果に基づく観測機器の配置計画については、GAME-Tibet ホームページで近く公開の予定である。またメソスケール領域での日本側拠点の候補地としていた安多には、チベットにしては快適なホテルがあり治安もよく、また地元からの協力も得られそうであることが判明し、計画実行の可能性が確認された。したがって、予定していた調査内容はほぼ消化できた。しかし、今回の予備調査を通して2つの問題点が浮かび上がった。

一つは高所順化の問題である。標高4500～5000mでの領域で調査・研究するわけであるから、高所に徐々に順応するようにトレーニングをする。このトレーニングスケジュールは、往々にして中国側からの異論により変更される。今回も諸般の事情で予定していたスケジュールをきちんと消化できないまま高原上にあがることになった。調査期間が短いので少々は大丈夫であろうという気の緩みもあったことは確かである。しかし結果は、私を除く日中双方の隊員全員が大なり小なり不調を訴えることになり、いくら短期間の調査でも十分な高所順化日程の確保し、順化できたことをしっかりと確認して調査研究を開始することの重要性を再確認した。また、調査参加者へは、チェックする項目を定めて事前の健康検査を義務づけているが、結果の十分審理と、調査参加へ向けた体力づくりや日頃の体調コントロールも、辺境地域での研究には不可欠であることが痛感された。IOPの98年には日本側だけでも延べ20～30人の研究者が高原上で1ヶ月間程度滞在して調査研究することになる。健康管理は今後の議論の焦点の一つである。

二つ目は、チベット自治区の特殊性についてである。今回の調査はJCC開催の遅れから、チベット入境許可申請が遅れ、我々の行動範囲はかなり制限されていた。結果として公路以外の領域へは立ち入りできず、メソスケール領域東部への調査旅行は見送られた。幸い、この点についてはほぼ同時期に調査を実施した北京大のグループから情報を得られたので、当初の目的は達せられたが、チベット自治区内の行動の自由度の低さを痛感した。

シベリアにおいては、GAMEシベリアでのタイガ観測、ツンドラ観測地域の設定を行い、現地の予備的な視察とロシア側共同研究機関との打ち合わせを行った。また、一部、予備的なエネルギー・水循環観測を、レナ河地域で行った。

## 2) 1997年度夏期現地予備調査・観測報告

6月下旬より10月上旬にかけ、6パーティ(合計29名)をチベット高原に派遣し、自動気象観測機器、境界層タワー、土壤水分・地温計、3次元ドップラーレーダ等の観測機器を現地に設置するとともに、境界層観測、レーダ観測に関する集中予備観測(POP-1、-2)を実施した。さら

に衛星データ解析のための地上検証用データを取得した。観測の実行に当たっての問題は観測機器の中華人民共和国への持ち込みに関してであり、税関での deposit 金の支払いの免除の要請が最大の焦点であった。特に 3 次元ドップラーレーダは高額であるため、その手続きに時間を要し、機器の設置および POP の実施計画を直前まで決めることができなかつた。しかし、NASDA、文部省、科学技術庁、北京日本大使館、蘭州高原気象物理研究所、中国科学院国际合作局、中国気象局、日本通運など関係各位の努力により、6 月初めに許可があり、レーダは 7 月初めに天津から陸揚げされ、鉄道、トラックを用いて、8 月 16 日未明、那曲に到着した。その他の機材も同等の措置がとられ、蘭州まで空輸された後、トラックで現地へ輸送された。もう一つの難関であつた TIPPEX（チベット気象観測に関する中国の国内プロジェクト）とデータ交換についても合意に達した。

この合意をもとに、試験観測を下記の 2 期間に行った。

- a) POP-1 : 1997 年 8 月 6 日～8 月 16 日
- b) POP-2 : 1997 年 8 月 31 日～9 月 10 日

GAME シベリア地域においては、ヤクーツク郊外スバスク地区で、タイガ地域における観測タワーを設置し、予備観測を開始した。また、レナ川河口のティクシ郊外に、ツンドラ水循環・熱収支観測地図を設置し、予備観測を開始した。一部の観測項目については通年観測も開始した。モンゴルでは、GAME-AAN の一環として、自動熱収支観測システム PAM の設置を行い、モンゴル自然環境省との共同で、継続観測を開始した。

### 3) 1998 年度観測・調査報告

1998 年 4 月 19 日に蘭州を出発して 5 ヶ月あまり、チベット高原中央部を拠点に展開されたメソスケールおよび高原スケールの GAME-Tibet IOP は、9 月 29 日をもって無事終了した。この間、日中韓 67 名の研究者(日 : 39 名、中 : 25 名、韓 : 3 名)が 6 つの観測班を組織し、うち 1 隊班は拉薩(Lhasa)を拠点に西チベットの改則(Gerze)や獅泉河(Shiquanhe)に設置されている AWS のメンテナンスを行なった。他の 5 隊は安多(Amdo)および那曲(Naqqu)をベースに、高所順化期間も含めて高原上にそれぞれ約 40 日間滞在し、3 日間程度の引継期間を設けて、レーダ、ゾンデ、PBL タワー、AWS(PAM を含む)、雨量計、土壤水分地温計、気圧計、GPS、マイクロ波放射計、水位計などを用いて、主としてメソスケール領域と南北観測線上での連続観測を実施した。

以下に主な機器による観測の展開状況を示す。

#### 1) 観測機器の展開と観測実施状況

##### a) 自動気象観測機器

フリーメンテナンス AWS が西藏公路沿いの南北観測線上の 4 力所に設置された。また、高原西方の Shiquanhe、Gerze に放射 4 成分、3 高度観測を基本とする AWS を設置した。既存の 6 力所の AWS とともに、計 12 の AWS による高原スケールの東西一南北の観測ネットが完成し、稼働を始めた。

#### b) 土壌水分・地温計

西蔵公路沿いの南北観測線上の 8 カ所に 6 深度 TDR+10 深度 Pt 抵抗地温センサシステムを設置し、稼働を始めた。これらの観測点の内 4 カ所には、キャリブレーション用の中性子水分計アクセスチューブを埋設した。連續的永久凍土小流域の源頭部に 8 深度地温計も設置された。また、安多ステーションの露場内に土壤層を造成し、土壤水分、フラックスの検証サイトとした。さらに、高原西方の AWS 新設地点に 2 深度 TDR、地温計および熱流板を設置した。

#### c) PBL タワー

東西一南北観測ネットの交点付近に位置する安多に、17m の PBL タワーおよび観測小屋、発電器室などを建設した。

#### d) 3D ドップラーレーダ

東西一南北観測ネットの交点付近に位置する那曲において、X バンド 3D ドップラーレーダを設置し、試験運用を行った。

#### e) 降水量観測メソネット

メソ観測領域の 7 カ所に雨量計を設置し、10 分インターバルで観測した。内 4 セット重量量式である。

また、同位体サンプリングや衛星観測のための地上実験を、西チベットも含めて両スケール領域にて実施した。高所での活動経験を有しない研究者が多く参加した集中観測ではあったが、大きな怪我や病気もなく、参加隊員が全員無事帰還できた上に、チベット高原上のエネルギー・水循環に関する質の高い包括的なデータ取得でき、GAME-Tibet プロジェクトはその第一段階において大成功であったと確信している。第二段階の成功は、参加者全員が分野を越えた固い協力関係を今後も維持しつつ、データセット作成、解析、モデル化を進めることによって達成される信じている。

GAME シベリアに関しては、タイガ、ツンドラ観測地における測定システムの充実とタイガ草地への展開、通年の大気・植生・土壤系での熱・水の蓄積と交換の観測、山岳タイガの予備観測の開始（中国水文研究所との協力）、東シベリア降水量評価に関するサブ・プロジェクトの設定、ロシア研究機関、研究者との共同研究の一層の推進、水・エネルギー循環に関する既存データセット（地上、高層）の収集と広域・変動解析とモデル構築、中央高層気象台との協力で高層データセットの収集を行った。

（文責：安成哲三、小池俊雄、大知哲夫）

## 研究組織

(研究代表者)	安成 哲三	筑波大学・地球科学系・教授
(研究分担者)	福島 義宏 武田 喬男 池淵 周一 木村 富士男 大畠 哲夫 石川 裕彦 小池 俊雄 太田 岳史 兒玉 裕二 石井 古之 檜山 哲哉 上野 健一 塙本 修 山崎 剛 小池 孝良 野村 隆 林 泰一 堀口 光章 杉本 彩子 熊倅 俊郎 吉川 賢 沼口 敦 小林 哲夫 石平 博 窪田 順平 開發 一郎 城岡 龍一 桑形 恒男 萩野谷 成徳 山崎 信雄 玉川 一郎 橋本 哲 寺尾 徹 齋藤 隆志 浅沼 順 藤井 秀幸 鈴木 力英 遠藤 伸彦	名古屋大学・大気水圏科学研・教授 名古屋大学・大気水圏科学研・教授 京都大学・防災研・教授 筑波大学・地球科学系・教授 北海道大学・低温科学研・教授 京都大学・防災研・助教授 長岡技術科学大学・工・助教授 岩手大学・農・助教授 北海道大学・低温科学研・助手 北海道大学・低温科学研・助手 名古屋大学・大気水圏科学研・助手 滋賀県立大学・環境・助手 岡山大学・理・助教授 東北大学・理・助教授 東京農工大学・農・助教授 北海道大学・天塩地方演習林・助手 京都大学・防災研・助手 京都大学・防災研・助手 京都大学・生態学センター・助教授 長岡技術科学大学・工・助手 岡山大学・農・助教授 東京大学・気候センター・助教授 九州大学・農・助教授 山梨大学・工・助手 東京農工大学・農・助教授 広島大学・総合科学・助教授 北海道農業試験場・研究員 東北農業試験場・研究員 気象研究所・物理気象部・主任研究官 気象研究所・気候研究部・研究室長 名古屋大学・大気水圏科学研究所・助手 名古屋大学・講師(COE研究員) 京都大学・防災研究所・助手 京都大学・防災研究所・助手 長岡技術科学大学・環境・建設系・助手 長岡技術科学大学・環境・建設系・教務職員 筑波大学・地球科学系・助手 筑波大学・地球科学系・助手

梶川 正弘	秋田大学・教育学部・教授
江守 正多	国立環境研究所・大気物理研・研究員
清水 収司	宇宙開発事業団・地球観測データ解析研究 センター・研究員
矢吹 裕伯	地球フロンティア研究システム・研究員
Yao Tang Dong	中国科学院・蘭州冰川凍土研究所・教授
Wang Jiemin	中国科学院・蘭州高原大気物理研・教授
Chen Lianshou	中国気象科学研究院・院長
Ma Heinan	中国気象局・副局长
Xu Xiangde	中国気象科学研究院・副院长
Xiao Yongsheng	中国科学技术教育局・教授
Ding Yihui	中国気候研究センター・所長
Chen Jia-yi	北京大学・教授
Zhou Mingyu	中国海洋局・教授
Cgen Goudong	中国蘭州冰河凍土研究所・所長
胡澤勇	中国科学院・蘭州高原大気物理研・研究員
高洪春	中国科学院・蘭州高原大気物理研・研究員
Georgiadis A.	ロシア科学アカデミー地理学研究所・主任研究官
Sokolov B.	ロシア国家水文研究所・主任研究官
Vuglinsky V.	ロシア国家水文研究所・副所長
Razuvayev V.	ロシア水文気象局世界データセンター・研究官
Maximov, T.	ロシア科学アカデミー・ヤクーツク生物学研・ 研究官
Fedorov, A.	ロシア科学アカデミー・永久凍土研・研究官
Adyasuren T.	モンゴル自然科学環境省・大臣
Ganbaatar, B.	モンゴル自然環境省・国際協力及びプロジェクト 局・局長
Namkhai, A.	モンゴル自然環境省・水文気象研究所・所長
Erdenetstseg, D.	モンゴル自然環境省・水文気象研・研究員

(研究協力者)	藤吉 康志	北海道大学・低温科学研・教授
	宮崎 真	筑波大学・地球科学系・助手
	田中 弘樹	京都大学・農学部・大学院生
	鈴木 和良	岩手大学・総合農学研究科・大学院生
	田殿 武雄	長岡技術科学大学・工学研究科・大学院生
	筆保 弘徳	岡山大学・理学研究科・大学院生
	中田 彩子	筑波大学・環境科学研究所・大学院生
	永井 秀幸	九州大学・農学研究科・大学院生
	堀込 淳一	北海道大学・理学研究科・大学院生
	廣瀬 望	長岡技術科学大学・工学研究科・大学院生
	会田 健太郎	長岡技術科学大学・工学研究科・大学院生
	青井 洋介	長岡技術科学大学・工学研究科・大学院生
	桑田 孝	岡山大学・農学研究科・大学院生

## 研究経費

平成 8 年度	9, 500, 000 円
平成 9 年度	13, 400, 000 円
<u>平成 10 年度</u>	<u>16, 500, 000 円</u>
計	39, 400, 000 円

## 研究成果

### (1) 学会誌等

1. Yabuki, H., T. Ohata, and Y. Ageta, Seasonal change of land-surface processes in permafrost region of Tibetan Plateau, I. Moisture and heat conditions at surface-soil layer, *J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour.*, 11, 324-335, 1998.
2. Yabuki, H., T. Ohata, and Y. Ageta, Seasonal change of land-surface processes in permafrost region of Tibetan Plateau, II. Evaporation and water budget in surface-soil layer, *J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour.*, 11, 336-345, 1998.
3. 小池俊雄、清水取司、城岡竜一、山田広幸、土野健一、藤井秀幸、黎平、安成哲三、住明正、上田博、土野精一、山崎孝、チベット高原における3次元ドップラーレーダ試験運用・観測報告、天気、45、483-488、1998。
4. 安成哲三、GAME強化観測期間(IOP)を迎えて季節変化する太陽入射エネルギーはアジアモンスーンをどのように駆動しているか、天気、45、501-514、1998。
5. Ueda, H., and T. Yasunari, Role of Warming over the Tibetan Plateau in Early Onset of the Summer Monsoon over the Bay of Bengal and the South China Sea, *J. Meteorol. Soc. Japan*, 76, 1-12, 1998.
6. Yatagai, A., and T. Yasunari, Variation of Summer Water Vapor Transport Related to Precipitation over and around the Arid Region in the Interior of the Eurasian Continent, *J. Meteorol. Soc. Japan*, 76, 799-815, 1998.
7. Miyazaki, S., T. Yasunari, and T. Adyasuren, Abrupt Seasonal Changes of Surface Climate Observed in Northern Mongolia by an Automatic Weather Station, *J. Meteorol. Soc. Japan*, 77, 583-593, 1999.
8. Numaguti, A., Origin and recycling processes of precipitating water over the Eurasian continent: Experiments using an atmospheric general circulation model, *J. Geophys. Res.*, 104, 1957-1972, 1999.
9. Hiyama, T., T. Ohta, K. Suzuki, and A. Sugimoto, Diurnal variation of surface energy fluxes and its impact on the lower atmospheric boundary layer over eastern Siberia, submitted to Agricultural and Forest Meteorology, 1999.
10. Hiyama,T., Ohta, T., Suzuki, K., and Sugimoto, A.(1999) : Diurnal variation of surface energy fluxes and its impact on the lower atmospheric boundary layer over

eastern Siberia. Agricultural and Forest Meteorology (submitted).

11. Yamazaki, T. 1998: A multi-layer heat balance model of snow cover –simulations in Siberia and plans–, Research Report of IHAS (Proceedings of 2nd international workshop on energy and water cycle in GAME-Sibera) No.4, 161–168.
12. Nakabayashi, H., Kodama, Y., Takeuchi, Y., Ozeki, T. and Ishikawa, N., 1996: Characteristics of heat balance during the snowmelt season in Ny-Alesund, Spitsbergen Island. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 51, 255–266.
13. Kodama, Y., T. Shiraiwa, D. Kobayashi, T. Matsumoto, S. Yamaguchi, Y.D. Muravyev and G.E. Glazirin, 1996: Hydrometeorological and glaciological observations in the Koryto and Ushkovsky Glaciers, Kamchatka, 1996. Low Temperature Science, Ser. A., 55, Data Report 107–149.
14. T.Kameda, S.Takahashi, H. Enomoto, N.Azuma, T.Shiraiwa, Y.Kodama, T. Furukawa, O.Watanabe, G.A.Weidner and C.R.Stearns, 1997: Meteorological observations along a transverse route from coast to Dome Fuji station, Antarctica, recorded by Automatic Weather Stations in 1995. Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol, 11, 35–50.
15. N.Ishikawa, Y.Takeuchi, Y.Ishii, Y.Kodama, 1997: Characteristics of the water balance of the Moshiri experimental watershed, Japan. Annals of Glaciology, 25 , 220–225.
16. Y.Kodama, T.Matsumoto, G.E.Glazirin, Y.D.Muravyev, T.Shiraiwa, and S.Yamaguchi 1997 Hydrometeorological features of Koryto Glacier in the Kronotsky Peninsula, Kamchatka, Russia. Bull. Glacier Res., 15, 37–45.
17. T.Shiraiwa, Y.D.Muravyev, S.Yamaguchi, G.E.Glazirin, Y.Kodama and T. Matsumoto, 1997: Glaciological features of Koryto Glacier in the Kronotsky Peninsula, Kamchatka, Russia. Bull. Glacier Res., 15, 27–36.
18. Kobayashi,D., Y.D.Muravyev, Y.Kodama and T.Shiraiwa, 1997: An outline of Russo-Japanese joint glacier research in Kamchatka, 1996. Bull. Glacier Res., 15, 19–26.
19. 大畠哲夫、大野宏之、矢吹裕伯(1997)：地域比較による衛星計測積雪量の評価・改良に関する研究. 重点領域研究「衛星計測による大陸規模の水・熱エネルギーフローの解明」1997年度研究成果報告集, 34–36.
20. 石平 博・小池俊雄、1997 : 永久凍土帯での一次元的な水・エネルギー輸送の変動に関する

- 各基礎的研究、水工学論文集第 11 卷、pp.233-238.
21. 小池俊雄・塙本賢明・飯島義之・藤井秀幸・熊倉俊郎・柴田彰、1997：衛星搭載マイクロ波放射計によるチベット高原の土壤水分の時空間変動特性に関する研究、水工学論文集第 11 卷、pp.915-920.
22. 田嶽武雄・小池俊雄・石平博・Jiancheng Shi、1997：マイクロ波表面散乱モデルと SAR データを組み合わせた凍土帶土壤水分観測手法の開発、水工学論文集第 11 卷、pp.921-926.
23. 熊倉俊郎・原仁志・西村照幸・小池俊雄、1998：衛星計測土壤水分量指標と大循環モデルの地表面過程の結合に関する基礎研究、水工学論文集第 12 卷、pp.73-78.
24. 田嶽武雄・小池俊雄・J. Shi・Y. Ding・X. Chen・S. Wang・M. Yang、1998：地表面潤度の空間分布を考慮した SAR による凍土帶土壤水分の推定手法の開発、水工学論文集第 12 卷、pp.103-108.
25. 石平博・小池俊雄・陸曼皎・広瀬望、1999：永久凍土帶の熱・水移動特性に関する 2 次元地中流モデルの開発、水工学論文集第 12 卷、pp.133-138.
26. 石平博・小池俊雄・広瀬望・Shen Yongping・Wang Shaoling・Ye Bosheng、1999：永久凍土の融解過程に及ぼす地形効果の観測的研究、水工学論文集第 13 卷、pp.97-102.
27. 広瀬望・小池俊雄・石平博・田嶽武雄・Shen Yongping・Wang Shaoling・Ye Bosheng、1999：土壤水分分布算定のための凍土一次元モデルの開発、水工学論文集第 13 卷、pp.103-108.
28. 小池俊雄・吉本淳一・藤春兼久・柴田彰、1999：グローバルな積雪量分布推定のための衛星アルゴリズムの開発と検証、水工学論文集第 13 卷、pp.211-215.
29. 田嶽武雄・小池俊雄・Jiancheng Shi、1999：地表面潤度特性を考慮した SAR による土壤・積雪パラメータ推定のための数値シミュレーション、水工学論文集第 13 卷、pp.217-222.
30. H. Ishidaira, T. Koike, M. Li and N. Hirose, 1998: Development of a distributed hydrological model for permafrost regions considering 1-D heat and water transfer and river flow processes, Proc. Of the 7<sup>th</sup> International Permafrost Conference, pp.501-507.

## (2) 国際シンポジウム、国内学会での発表

1. 田嶽剛、1996：積雪の単純多層モデル、水文・水資源学会 1996 年研究発表会。

2. 山崎 剛, 1997 : 寒冷地住様の積雪多層モデル, 日本気象学会1997年春季大会.
3. 山崎 剛, 1998 : 階面モデルによる GAME/Siberia タイガ林でのフラックス推定 (序報), 日本気象学会1998年秋季大会.
4. 太田岳史・榎山哲哉・田中弘樹・鈴木和良・窪田順平, 1998 : 東シベリア・カラマツ林での気象要素からの地表面状態の季節変化の推定と熱収支の季節変化—1996~1997 予備観測結果より-, 第109回日本林学会大会, 宇都宮.
5. 太田岳史・榎山哲哉, 1999 : ヤクーツク近郊のカラマツ林での熱・水収支の季節変動, 第7回日本・ロシア共同シベリア永久凍土調査報告シンポジウム, 札幌
6. 烏羽 妙・橋本 哲・太田岳史, 1998 : 全天空写真を用いた緯度の違う森林における樹冠構造の解析, 第109回日本林学会大会, 宇都宮.
7. 竹内真一・星野繭美(九共大工), 吉川賢, 桑田孝(鶴山大農), 太田岳史(岩手大農), 1999 : シベリアタイガにおけるカラマツの開葉期の樹液流動, 日本緑化工学会研究発表会, 静岡市
8. 田中広樹, 1999 : シベリアタイガ・カラマツ林の光合成・蒸散特性の季節変化—樹冠上 CO<sub>2</sub>・H<sub>2</sub>O フラックス観測データをもちいて-, 第110回日本林学会大会, 松山.
9. 吉川 賢・酒井克人・太田岳史・Ayal Maximov, 1997 : 東シベリア・タイガ林での秋期の樹液流動について, 平成9年度GAME全体研究集会, つくば
10. 吉川 賢・酒井克人・太田岳史, 1998 : 東シベリア・タイガ林の構造と秋期の蒸散量, 第6回日本・ロシア共同シベリア永久凍土調査報告シンポジウム, 札幌
11. 吉川 賢・酒井克人・太田岳史・Ayal Maksimov, 1998 : 東シベリアタイガ林でダフリカカラマツの秋期の樹液流動と樹幹径変化について, 日本林学会第109回大会, 宇都宮
12. 吉川 賢・桑田 孝・酒井克人, 1998 : 東シベリア・タイガ林内に生育するダフリカカラマツの樹液流動について, 平成10年度GAME全体研究集会, 京都市
13. 竹内由香里, 児玉裕二, 石川信敬 (1997) : 融雪面が接地面に及ぼす影響評価, 日本雪氷学会全国大会, 鶴岡市, 10/12~16.
14. 松元高峰, 児玉裕二, 石川信敬, 小林大二 (1997) : 大雪山旭岳西斜面における融雪熱収支の高度分布特性, 日本雪氷学会全国大会, 鶴岡市, 10/12~16.
15. 鈴木和良, 太田岳史, 児玉裕二, 小南裕志, 窪田順平, 中井裕一郎 (1997) : 積雪・寒冷

地域における森林の熱収支構成、日本雪氷学会全国大会、鶴岡市、10/12-16.

16. 佐藤軌文, 児玉裕二, 野村睦 (1997) ; ツンドラ地域における水収支解析, 日本雪氷学会全国大会, 鶴岡市, 10/12-16.
17. 野村睦, 佐藤軌文, 児玉裕二 (1997) ; ツンドラ流域における融雪流出過程, 日本雪氷学会全国大会, 鶴岡市, 10/12-16.
18. 児玉裕二, 佐藤軌文, 野村睦 (1997) ; シベリアツンドラ地帯における大気陸面過程 その1 融雪熱収支, 日本雪氷学会全国大会, 鶴岡市, 10/12-16.
19. Kodama, Y., Niimi, K., and Ishikawa, N. , 1997: Seasonal variation of volumetric heat balance near ground surface. The 3rd International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, Cheju, Korea, 26-28 Mar. 1997.
20. 中林宏典、石川信敬、兒玉裕二, 1998: 全天写真モデルを用いた森林開墾率の変化要因に関する考察. 水文・水資源学会誌、11(3), 221-228。
21. H. Nakabayashi, N. Ishikawa, Y. Kodama 1998 Variations in the forest transmissivity of solar radiation, submitted to Theoretical Applied Climatology.
22. H. Nakabayashi, N. Ishikawa, Y. Kodama, 1998: Radiative characteristics in a Japanese forested drainage basin during snowmelt. Hydrological Processes, in print.
23. N. Ishikawa, H. Nakabayashi, Y. Ishii and Y. Kodama, 1998: Contribution of snow to the annual water balance in Moshiri watershed, Northern Hokkaido, Japan. Nordic Hydrology, 29(4/5), 347-360.
24. Kodama, Y., Sato, N., and Nomura, M., 1998: Snowmelt heat balance over tundra area in Siberia. Proceedings of 2nd International Workshop on Energy and Water Cycle in GAME-Siberia, 1997. Research Report of IHAS, No. 3, 11-14.
25. Kodama, Y., Sato, N., and Nomura, M., 1998: Heat and Water Fluxes and Runoff Characteristics over a Siberian Tundra Watershed in Snowmelt Season. Programme and Abstract, The 49th Arctic Science Conference 25-28 October 1998, Fairbanks, Alaska.110-111.
26. Kodama, Y., Sato, N., and Nomura, M., 1998: Snowmelt heat balance over tundra area in Siberia. Activity Report of GAME-Siberia, 1996-97, GAME Publication No. 10, 45-46.

27. Kodama, Y., Takeuchi, T., and Ishikawa, N., 1998: Climatic Sensitivity in Lena River Basin. Activity Report of GAME-Siberia, 1996-97, GAME Publication No.10, 67-68.
28. Ishii, Y., Kodama, Y., and Sato, N., 1998: Streamflow Regime in Tundra Region and a observation Plan of 1998 Summer. Activity Report of GAME-Siberia, 1996-97, GAME Publication No. 10, 65-66.
1. 佐藤利幸, 1998: シベリアとカムチャッカの自然: 永久凍土と氷河地形の寒地植物, 北方山草会編 北方山草, 15, 11-16.
30. 鈴木和良, 太田岳史, 横田諭, 児玉裕二, 小南裕志, 署田順平 (1996) ; 林床面と樹冠状態の異なる森林上及び森林内における熱収支観測, 日本雪氷学会全国大会, 北見市, 9/24-28.
31. 石井吉之, 1998: GAME/Siberia/Tundra 班における水文研究 (概要) 日本雪氷学会融雪懇談会、新潟県塩沢町、1998年10月
32. 石井吉之, 1998: 融解層の発達に伴う河川流量及び湖水位の変動, GAMEシベリア・ワーキングショップ、愛知県蒲郡市、1998年11月
33. 石井吉之, 1998 :ツンドラでの流出と湖沼蒸発, GAME国内研究集会, 京都市, 1998年12月
34. 溝口勝・渡辺晋生・兒玉裕二, 1998: ツンドラ平地における活動層厚さの空間的変動特性, 農業土木学会全国大会 (1998.7.24) 京都.
35. 大畠哲夫, 1998: GAME 計画等で行われているシベリアの水・エネルギー循環研究の概要. 合同シベリアシンポジウム, 1999年1月18-19日, 北大.
36. 児玉裕二, 石井吉之, 佐藤軌文, 溝口勝, 1998: シベリアツンドラ地帯での熱・水フラックスの季節変動, 合同シベリアシンポジウム, 1999年1月18-19日, 北大.
37. 溝口勝・渡辺晋生・兒玉裕二, 1998: シベリア・ツンドラにおける活動層厚さの空間的変動特性. 日本雪氷学会全国大会 (1998.10.14) 塩沢.
38. 渡辺晋生・溝口勝・兒玉裕二・佐藤軌文, 1998: シベリア・ツンドラの活動層内土壤と植生について. 日本雪氷学会全国大会 (1998.10.14) 塩沢.
39. 溝口勝・渡辺晋生・福村一成・清澤秀樹 1998 ツンドラ地帯における凍土の融解と水文特性について, 農業土木学会土壤物理研究部会 (1998.9.30) 東京.
40. 溝口勝, 1998: 斜面グリッドでの活動層分布, GAME 国内研究集会 (1998.12.7) 京都.

11. Masaru Mizoguchi, Kunio Watanabe and Yuji Kodama, 1998; Spatial Variation of Active Layer Thickness in Siberian Tundra. Soil Science Society of America Annual meeting, Baltimore, MD (1998.10.21)
12. 早坂裕彦・袖田啓史・佐藤利幸, 1998; ツンドラにおける蘚苔類の分布と水位の関係. 日本生態学会、松本、1998年3月25日.
13. 児玉裕二, 1998; ツンドラ地域における水循環と GAME/Siberia-Tundra について. 北極圏水循環ワークショップ, 地球フロンティア, 1998年11月16日.
14. 児玉裕二, 佐藤軌文, 矢吹裕伯, 石井吉之, 1998; シベリアツンドラ地帯における観測状況と乱流フラックスの風向依存性について. GAME国内研究集会、京都市、1998年12月
15. 竹内山香里, 児玉裕二, 清水増治郎 (1998) ; 大気に及ぼす融雪面の熱的効果—気候感度の年変化にみられる地域特性—, 日本雪氷学会全国大会, 塩沢町, 10/11-15.
16. 野村睦, 中村亮, 児玉裕二 (1998) ; ツンドラ域における融雪流出過程, 日本雪氷学会全国大会, 塩沢町, 10/11-15.
17. 児玉裕二, 佐藤軌文, 野村睦, 矢吹裕伯 (1998) ; シベリアツンドラ地帯における大気陸面過程 (その2) —乱流フラックス—, 日本雪氷学会全国大会, 塩沢町, 10/11-15.
18. 松元高峰, 飯塚芳徳, 西村浩一, 白岩孝行, Y. D. Muravyev, 児玉裕二, 鈴木啓助 (1998) ; カムチャツカ半島カレイタ氷河の流出特性 (・) —流出河川における水質と懸濁物質濃度—, 日本雪氷学会全国大会, 塩沢町, 10/11-15.
19. 矢吹裕伯, 児玉裕二, GAME-Siberia グループ (1998) ; シベリア ティクシに導入した自動気象観測装置の概要, 日本雪氷学会全国大会, 塩沢町, 10/11-15.
20. 石井吉之, 児玉裕二 (1998) ; 西スバルバールにおける氷河上季節積雪の融解と流出, 日本雪氷学会全国大会, 塩沢町, 10/11-15.
21. 寺尾 徹, 1998年夏季のチベット高気圧付近の高温位大気のふるまいについて, GAME-Tibet Science Workshop, 1998年12月、京都.
22. 桑形恒男 (東北農試), GAME/Tibet 気圧計観測ネットワークグループ, 1998 年 GAME/Tibet IOP 期間中のチベット高原における地上気圧変化の特徴 —気圧変化を用いた日中の大気昇温量の予備解析, GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年12月、京都.
23. 石川裕彦, GAME-Tibet 境界層観測グループ, 接地層観測のデータ取得状況, GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年12月、京都.

54. 田中健路、石川裕彦、GAME-Tibet 境界層観測グループ、GAME-Tibet IOP98 境界層観測データを用いた地表面エネルギー収支の解析、GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年 12 月、京都。
55. 宮崎 真、塙本 修、筆保弘徳、チベット高原における PAMIII で観測された土壤水分と地表面熱収支および放射収支との関係（！）、GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年 12 月、京都。
56. 辻村真貴、Tian Lide、沼田 敦、橋本重抒、杉本敦子、土壤水の挙動と地表面付近における水の安定同位体比変動の関係について、GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年 12 月、京都。
57. 広瀬 望、小池俊雄、石平 博、凍土平坦地での土壤水分・潜熱フラックス分布算定モデルの開発、GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年 12 月、京都。
58. 石平 博、小池俊雄、広瀬 望、凍土融解過程に及ぼす地形効果に関する観測的研究、GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年 12 月、京都。
59. 会田健太郎、小池俊雄、田殿武雄、Jiancheng SHI、SAR による表層土壤含水率の算定とその分布特性の把握、GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年 12 月、京都。
60. 上野健一、藤井秀幸、青井洋介、塙本 修、石川裕彦、Li Li PING、1998 年暖候期のチベット高原那曲流域における地点降水量の特性、GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年 12 月、京都。
61. 清水收回、上野健一、山田次幸、城岡竜一、藤井秀幸、チベット高原那曲付近における夜間の層状性降水の構造と特性、GAME-Tibet Science Workshop, 1998 年 12 月、京都。
62. Proceedings of the 1st International Workshop on GAME-Tibet (Xian, China, 11–13, January 1999)
63. 日本気象学会 1999 年春季大会（東京、1999.4.26–28）講演予稿集 分科会 GAME-IOF とその初期成果 (I)、(II)

以下の頁は著作権者の許諾を得ていない  
ため、公表できません。

p. 17 ~ p.

p. ~ p.

p. ~ p.

p. ~ p.

p. ~ p.