

モンゴル森林火災が及ぼす永久凍土の融解と 温暖化への影響及びヒートパイプによる抑制効果

(11691168)

平成11年度～平成13年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))

研究成果報告書

平成14年3月

土 谷 富 士 夫
(帯広畜産大学畜産学部)

はしがき

研究組織

- 研究代表者 : 土谷富士夫(帯広畜産大学畜産学部)
研究分担者 : 福田 正己(北海道大学低温科学研究所)
研究分担者 : 丸山 純孝(帯広畜産大学畜産学部)
研究分担者 : 宗岡 寿美(帯広畜産大学畜産学部)
研究分担者 : 了戒 公利(元清水建設、現株ちばとち)
(研究協力者) : Dong Tumurbaatar(モンゴル科学アカデミー地質研究所)
(研究協力者) : Natsagdori Sharkhuu(モンゴル科学アカデミー地質研究所)
(研究協力者) : Ravji Baatar(モンゴル科学アカデミー地質研究所)

交付決定額(配分額)

(金額単位:千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 11 年度	3,300	0	3,300
平成 12 年度	1,800	0	1,800
平成 13 年度	900	0	900
総 計	6,000	0	6,000

研究発表

(1) 学会誌など

F. Tsuchiya, M. Fukuda, D. Tumbaatar, N. Sharakuu, R. Baatar, T. Muneoka:
Forest Fire Impacts to Mongolian Permafrost, Tohoku Geophysical
Journal, Vol. 36, No. 2, pp. 219-223, 2001

土谷富士夫:モンゴル国の永久凍土火災地を訪ねて、雪氷 62 巻、2 号、
pp. 166-168、2000

(2) 口頭発表

土谷富士夫:モンゴルの森林火災とヒートパイプの設置、1999 年度日本
雪氷学会全国大会、凍土分科会、米子市、1999

土谷富士夫、宗岡寿美:モンゴル永久凍土地帯の森林火災とヒートパイ
プの効果、第 50 回農業土木学会北海道支部研究発表会, pp. 160-161, 2001

(3) 出版物:

研究成果による工業所有権の出願・所得状況

なし

目 次

I.	研究の概要と目的 -----	1
II.	1996 年のモンゴル森林の経過 -----	10
III.	モンゴルにおける多年凍土の分布 -----	20
IV.	モンゴルの気温と降水量からみた温暖化 -----	26
V.	モンゴル調査地点の土壌分析 -----	30
VI.	ヒートパイプによる凍土の融解抑制効果 -----	39
VII.	モンゴル森林火災による環境変動とその抑制法の開発 -----	60
VIII.	ヒートパイプ設置点周辺の植生 -----	78
IX.	モンゴル国の実情と自然環境 -----	96
X.	モンゴル国の歴史 -----	104
X I.	モンゴル科学アカデミーからの論文 -----	114
	(1)Permafrost of Mongolia -----	114
	(2)Dynamics of permafrost in Mongolia -----	122
	(3)The properties of long seasonally freezing alluvial soils of the Orkhon river flood-plane ecosystem ----	131
	(4)Properties of dark chestnut soils of the Mongolia---	138
X II.	国内発表論文 -----	149
X III.	新聞記事 -----	161

あとがき

I. 研究の概要と目的

この研究計画の必要性を述べると、森林消失による二酸化炭素の増加とメタンガスの増加による地球温暖化は、各産業に及ぼす影響は大きく、とりわけ農業生産性の変動性不安をもたらす。1996年に発生したモンゴル火災の消失面積は、かつてない北海道の広さに匹敵し、その年冷害をもたらした北海道の日照不足の一因と因果関係は不明であるが、今後再び発生すると北海道への影響も懸念される。日本近隣で多発する永久凍土地帯の森林火災の影響と実態が不明である。悪影響が浸透する以前に、種々の対応策が検討される必要がある。

火災による地被植物の消滅が永久凍土の融解を助長させ、水文環境の変動、植物生態の変遷、地形の変形、構造物の倒壊など悪影響を及ぼし、遊牧等の農業生産性をも衰退させる。この凍土融解状況を現地モンゴル科学アカデミーの研究者らと共に調査し、影響範囲を明確にする必要がある。他方、我が国で研究開発された人工凍土造成技術を基に、国産のヒートパイプを埋設し、永久凍土の融解を抑制する効果を実証する。そして、将来、永久凍土地帯の天然ガス・パイプライン輸送技術の基礎と省エネ型凍土貯蔵庫の普及効果が期待される。

研究計画全体の概要を説明すると、モンゴルにおける森林火災の影響が最も大きかった、永久凍土連続地帯である。ヘンテイ山系(ドルノド県との境界)を拠点とし、森林火災による融解の程度を調査する。凍土の厚さ減少、植生樹木の変遷などのデータを収集する。日本から搬送したヒートパイプを埋設し、森林火災地のヒートパイプの融解抑制効果と凍土保全状況をモニターする。また、比較的被害の軽度な永久凍土地帯を見つけ出し拠点に同様な調査を行い、ヒートパイプを埋設する。また、完全に草地化しているナライハを拠点とした同様の調査を行い、両者と比較する。

結果として、森林火災地、永久凍土地および草原にヒートパイプを埋設し、2冬で得られる融解抑制効果を検証する。従って、最終年には、モンゴルの永久凍土の資料をまとめ、温度変動解析、融解変動、ヒートパイプ効果、植生の変遷、凍土分布、水文環境などについてまとめ、永久凍土地帯の森林火災による凍土融解と今後の対策の指針を明確にする。

研究計画の準備状況を説明すると、モンゴル科学アカデミー研究所では、自国の永久凍土の分布地図の作成し、代表地点の凍結・融解深さの計測を行って、きた。永久凍土が消失により、家屋の損壊、ゲル床の浸水、斜面の崩壊、斜面のクリープ、アラス、湖沼の発生など最近多発する傾向を明らかにした。土谷・福田は1986年に中国最北端の永久凍土地帯を訪れ、永久凍土が融解し湖沼が発生している現状を認識した。その後、福田は東シベリアの永久凍土の融解やエドマ層の氷塊のメタンガスの発生を実証した。そして、地球温暖化の影響と永久凍土融解

の相互関係を実証した。また 1998 年 2 月にモンゴル側の Dr. Tumubaatar らを日本に招聘し検討を行い、さらにウランバートルを訪問し再度協議を行った。1987 年以来土谷・了戒はヒートパイプを使用した人工永久凍土低温貯蔵庫のモデルプラントを建設し、野菜や米・生花の高品質貯蔵に実績を示してきた。宗岡を加え季節的凍土の現地調査や土質実験の分析を行ってきた。土谷・丸山は郷土種を使用した景観保全やビオトープなどの自然復元の研究に着手し、人工永久凍土上の植生変遷についての調査も行ってきた。

この研究計画に関する内外の状況をみると、シベリア永久凍土地帯の自然火災などで発生する特殊地形アラスを初めて紹介したのは、元北大低温研の木下名誉教授である。これは、1972 年の海外学術調査結果によるものである。その後、福田は 1996 年に岩波新書「極北シベリア」の著書のなかで、ロシアの森林火災によって生じた凍土融解地形のアラスやバイジャーラーヒーの紹介を行った。また、1997 年の著書「極地の科学」では、シベリア永久凍土内のエドマ層の巨大氷の融解は、濃度の高いメタンガスの放出を促していることを示した。国際永久凍土学会では、北方諸国の凍土融解の研究は多数あるが、モンゴルについての情報はほとんどない。特に、突発的な森林火災によるアラスカやシベリアの永久凍土の融解・は多少知られているが、モンゴルに関してはほとんど資料や論文がないため、世界的に知られていないのが現状である。

社会主義から自由主義経済へ移行段階の戸惑いがあるが、共同で調査する意義が大きい。そこで、この報告ではモンゴルの歴史についても簡単にまとめて記載する予定である。

ここに研究の目的を簡単に要約する、1996 年に発生したモンゴルの 3.5 ヶ月にわたる森林火災が原因で、永久凍土が融解し、それによって地球温暖化の影響が懸念される。これらの環境変化状況を調査するとともにヒートパイプによる融解抑制効果の有効性を実証することを目的とした。

年度別の具体的な研究実施内容

(平成 11 年度)

国内研究者全員による第 1 回会合を行い、モンゴルに持参する装備、携帯用計測機器の点検打ち合わせ(6 月中旬)に行った。

ヒートパイプ 3 本をフジクラ(株)に製造、梱包発を依頼した。(製造に 3 ヶ月程度要した)ヒートパイプの直径は 50.8mm、長さ 3.3m、フインは 100 枚(22cm×22cm の角)とする。

野営装備およびヒートパイプはモンゴルで実績がある鴻池運輸に依頼した。7 月 21 日に、関西空港経由でウランバートルに到着した。メンバーは、土谷、福田、

丸山、宗岡で出発した。ウランバートルでは研究協力側のモンゴル地生態研究所に最も近いマルコポーロホテルを拠点とした。モンゴル科学アカデミと調査研究打合せ、ヒートパイプ 2 本と野営装備および食糧を運搬するため、ロシアントラックとジープを借り上げた。7 月 23 日にウランバートルを出発し、目的地のヘンティ県東北部の永久凍土連続帯位置を目指したが、途中湿原に行く手を阻まれ、野営することになった。翌日、途中まで引き返し、ヘルレン川の対岸に渡り、森林火災地に到着した。火災消失森林の植生、凍土融解状態の調査、水文環境の調査を行った。永久凍土地を探すための試掘や踏査を行い、ヒートパイプの埋設に適する地点の選定を行った。森林火災地の土壌断面調査、サンプリングを行い、その穿孔ホールにヒートパイプを埋設し、温度センサーの設置を行い計測器に接続記録した。他方、火災地より東方の山林 50m 登った永久凍土があると推測された地の試掘を行った結果、170cm の深さが 0℃を示し、土の中から氷が発見された。

同様に、土壌断面調査、サンプリングを行いヒートパイプを埋設し、温度センサーの設置を行った。8 月 1 日にウランバートルに戻った。翌日は、ナライハの草原地帯に向かい、同様な調査を行った。ヒートパイプの埋設の適切地を選定し、埋設した。近郊のピンゴらしき跡地を調査するとともに、頂部の島に渡りボーリングを行った結果、氷の塊が 5m 以下に存在することが証明された。17 日にナライハ調査を切り上げ、帰国の準備と今後必要ない装備を梱包し、日本に戻すため輸送会社の手配を行った。また、サンプリング土壌等の輸出許可の手配を行った。8 月 7 日にウランバートルから関西空に戻り、土壌の持込の手続きを植物防疫所と行った。

(平成 12 年度)

今年は、7 月 1 日に関西空港からウランバートルに向かって出発した。今回のメンバーは、土谷、福田の 2 名である。翌日は、野営用の食糧と装備の調達をウランバートルで行った。3 日はモンゴル科学アカデミーの地質研究所(名称が改正された)と打合せを行った。また、モンゴル事情の聞き取りなどのため、JICA モンゴル事務所を訪れた。7 月 4 日に、現地に向かってウランバートルを出発して、夕方に目的地にたどり着いた。5 日から、森林火災地の調査を行い、温度データの回収を行った。3 時間ごとのデータが完全に回収できた。翌日は、同様にして温度データの回収に成功した。両者のバッテリーを交換し、7 月 7 日にウランバートルに引き返した。翌 7 月 8 日に、ナライハの草原に埋設したヒートパイプ設置点の温度データの回収を行い、3 時間ごとの 1 年分のデータ完全に回収できた。回収データの確認や今後の予定に対し、モンゴル地質研究所と協議を行った。研究協力者 3 名の日本への招聘計画を議論した結果、2 班に分けることとなった。7 月 12 日にウランバートルを去り、関空に到着した。帰国後、試料の熱伝導率の測定をおこ

なったり、回収温度データの加工やノイズ取に了戒が行った。

8月17日から28日まで12日間、第1次として、モンゴル地質研究所のシャラクー博士(Sharkhuu Natsagdrorj))を帯広に招聘することとなった。研究結果の打合せを行った。さらに、11月15日から11月15日の5日間を帯広に招聘するとともに、モンゴル学術セミナーを開催した。セミナーの内容は下記のとおりである。

- | | |
|-----------------|---------------------|
| (1)モンゴルの森林火災と凍土 | 土谷富士夫(帯広畜産大学) |
| (2)モンゴルの植生 | 丸山純孝(帯広畜産大学) |
| (3)モンゴルの永久凍土 | ツムルバータ(モンゴル科学アカデミー) |
| (4)モンゴルの土壌の特色 | バートル(モンゴル科学アカデミー) |

(平成13年度)

最終年は、土谷が6月30日に関西空港を出発してウランバートルに到着した。翌日は、現地調査のための装備と食糧の調達を行った。7月1日はモンゴル科学アカデミーの地質調査所を訪れ、調査の打合せを行った。また、昨年同様にモンゴルの情報をえるためJICAモンゴル事務所を訪れ、情報を得た。7月3日に、モンゴル地質調査所の3名の共同研究者とともにウランバートルを出発し、ヘンティ山系の森林火災地に向かった。7月4日に森林火災地及び永久凍土地のヒートパイプ温度データの回収を行った。その結果、いずれも1年分のデータの回収に成功した。7月5日には、ナライハ草原のヒートパイプの温度データの回収を試みたが、いずれも回収不能となった。原因は不明であるが、参照用に利用できなかったのは残念である。また、ヘンティ山系のデータのうち、フィン部の計測データがいずれも異常値を示していることから、今回は利用できなかった。この原因はセンサーのコネクター部の接触不良と推測された。

7月5日夕方にウランバートルに帰還した。9日に関西空港へ向かって、ウランバートルを出発した。

森林火災地の詳細図面

調査地点の詳細図を図1と図2に示す。図1に示すように、選定した森林火災地は、ウランバートル東方の都市、モンゴル最大の炭鉱町バガノールからヘルレン川の上流をさかのぼり、人口500人のモンゴモルト村から北に40kmの地点である。標高は約1630mである。

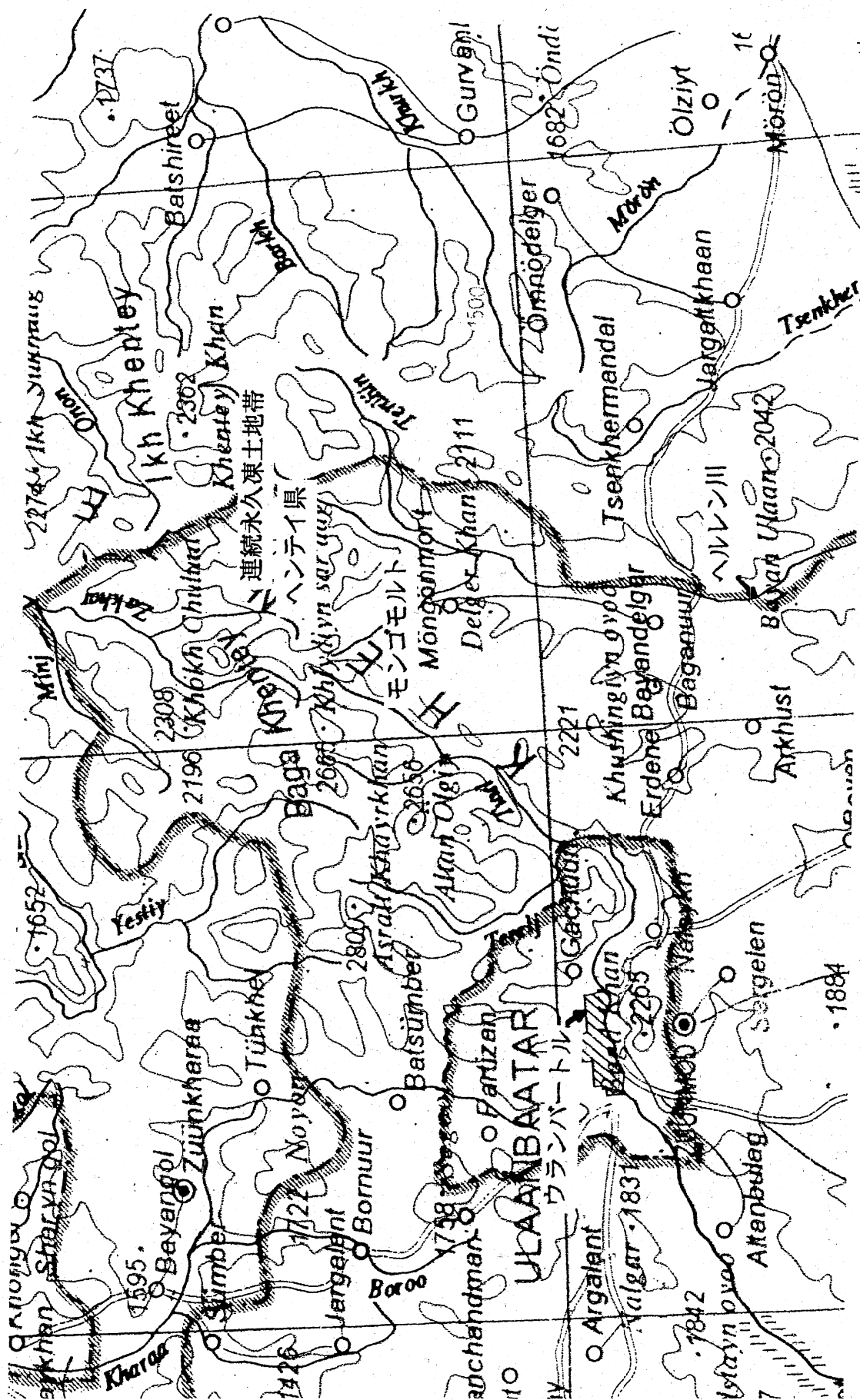
図2は、ヘルレン川左岸のホイト・ホリオツト支流とドント・ホリオツト支流にはさまれる河岸段丘地点にある森林火災地と永久凍土地を示すものである。

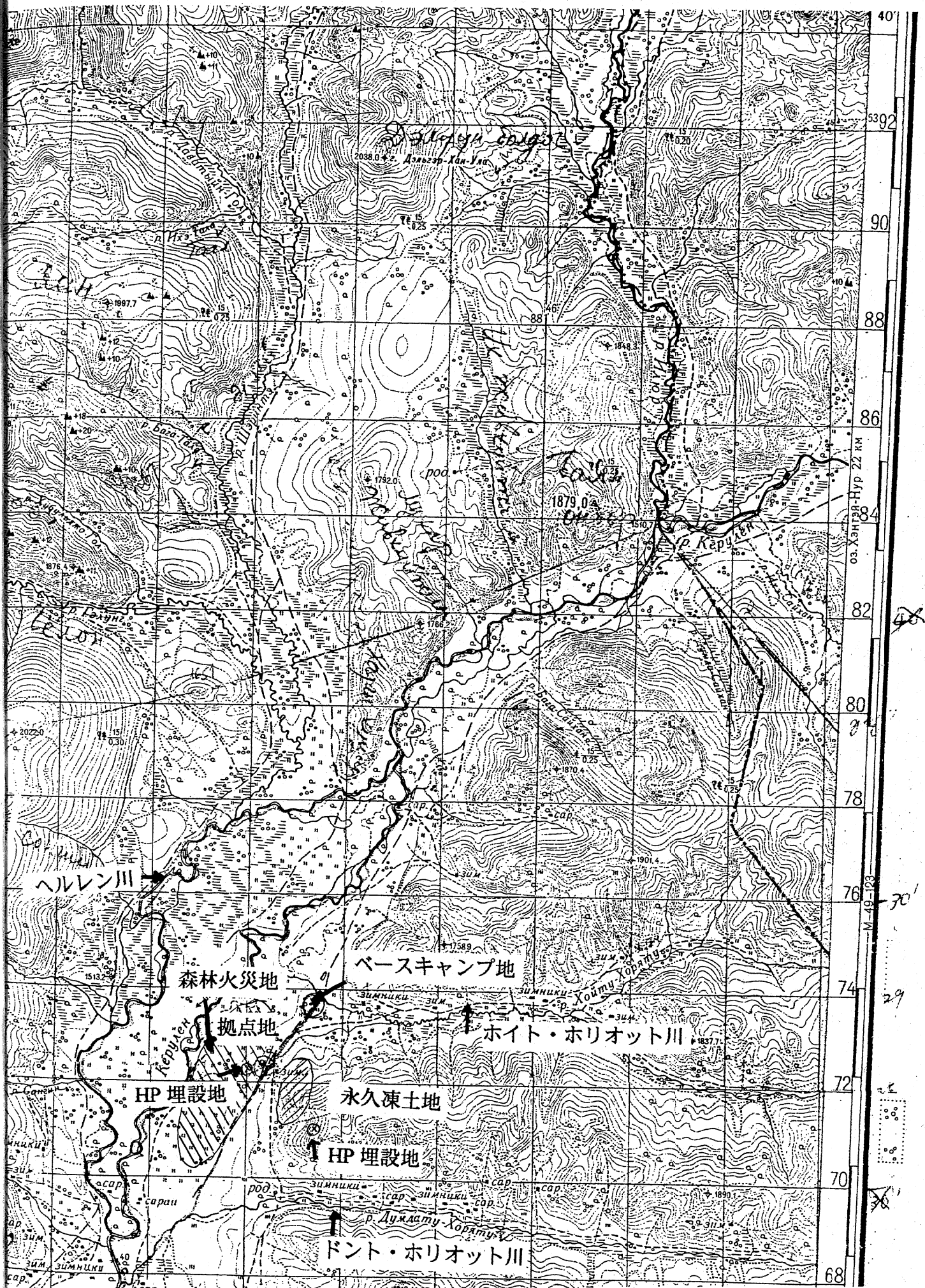
森林火災地は北緯48°27.794'、東経108°50.600'の位置であった。他方、永久凍土地は、北緯48°12.274'、東経108°58.833'の位置であった。このあたりは、モンゴモルト森林監視官によると1996年にも火災が発生したことが明確

にされた。1996年に北から南に向かって70,000haが焼失したとのことである。また、1997年度も60,000haの森林火災が発生したことも明らかにしている。

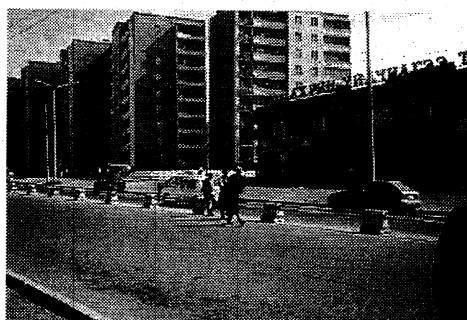
他方。ナライハ草原の位置は、図1に示すようにウランバートルより当方kmの旧炭鉱町の近郊に相当し、北緯 $47^{\circ}46.122'$ 、東経 $107^{\circ}17.453'$ の位置であった。また、ナライハの東方に旧ピングと思われる地形が存在した。

次ぎに、代表的なモンゴルの地形とヒートパイプ埋設風景などの写真を以下に示した。





モンゴルの写真



ウランバートルの市街地



調査地へ行くジープ



調査資材と食料運ぶトラック



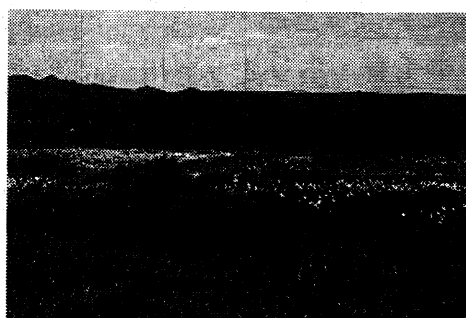
ヘルレン川を渡るトラック



森林火災調査地点のベース地



ヘンティ山系と森林限界



ヘルレン川支流の湿原

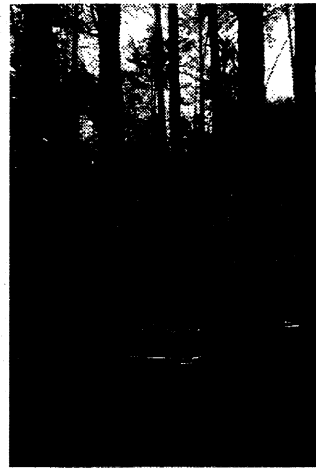


ナライハ近郊のピングゴ跡

ヒートパイプの埋設地点



森林火災跡地の HP



永久凍土地の HP



ダフリアカラマツ



遠方の森林火災よる煙



ナライハ草原の HP



森林火災地の状態

II. 1996年のモンゴル森林大火災の経過

火災の経過

ウランバートルにある国際赤十字モンゴル支局の“THE UNDP MONGOLIA SITUATION REPORT ON STEPPE AND FOREST FIRES IN MONGOLIA”というレポートを記述した。これは4月27日から6月17日まで合計13回報告されたものである。ここでは時間を追って火災の状況を記述する。

1. 1996/4/27 付けレポート

草原や森林が極端な乾燥状態のなか最初の火事はドルノト県で2月23日出火、4月10日から気候がモンゴル全土で暖かくなると強風が吹き始めた。従来の春の火災に比べて非常に火足が早かった。4月25日には12県95郡130カ所以上で出火、その内44カ所では燃え続けている。これら12県の人口は37万1400人(総人口の16.6%)、所有家畜数は570万頭の家畜(全国総数の19.9%)である。国家緊急委員会によると3万平方キロメートルの森林(全森林面積の17.1%)、5万平方キロメートルの草原(全草原面積の4.2%)を焼失したとのこと。ドルノド、ヘンティ、セレンゲ、フブスグル、ウブス県で5人が死亡、16人が重傷のやけど、ゲル56棟、家畜小屋30棟以上、70トンの干し草、10箇所の井戸が焼失、約2500頭の家畜が焼死などの被害。全ての地域における正確な被害額は出ていないが、詳細の判る郡もある。ドルノト県ダシバルバル郡では総面積の90%が被害直接被害額は3万6000ドル相当になる。しかし、この数字には牧草地や農場に対する環境被害が含まれていない。

2. 1996/4/22 付けレポート

この日ブレブドルジ副首相兼国家緊急委員会議長の発表があった。新しい情報によると4月29日現在、13県の72カ所で延焼中、13人が死亡、34人がやけど、700人が焼け出され、5000頭以上の家畜が焼死した。4月29日付けのザサギン・ガザリン・メデー紙(政府広報紙)はドルノド県ハルハゴル郡では20万ドルの被害が出ていると報じている。政府は環境被害額を19億ドルと見込んでいる。

3. 1996/5/1 付けレポート

国家緊急委員会の最新のレポートによると5月1日現在、12県63カ所で未だに延焼中、内55カ所で消火活動中とのこと。死者16人、60人がやけど、6200頭の家畜が焼死、ゲル150棟、家畜小屋348棟、電柱(電話線)1532本が焼失した。

4. 1996/5/3 付けレポート

国家緊急委員会は今朝、13県の46カ所で延焼中、71カ所で消火作業中と発表。特に消火に難航しているのが、フブスグル、ボルガン、アルハンガイ、ヘンティ、トゥブ、ドルノド、オブス県である。

5. 1996/5/6 付けレポート

15所が手つかずの状態、83カ所が消火作業中である。186カ所の火事は消火された。

死者 17 人、やけど 60 人。この時点での被害額見積もりはドルノド県で 74 万ドル、アルハンガイ県で 17500 万トゥグルク (\$34 万)、フブスグル県が 6000 万トゥグルク (\$11.8 万)、オブス県で 4700 万トゥグルク (\$9.2 万) であるが、これには環境被害額は入っていない。

6. 1996/5/9 付けレポート

5 月 9 日午前 7 時現在、6 カ所が延焼中、95 カ所で消火活動中、186 カ所で消火終了と発表。ゲル 163 棟、家畜小屋 348 棟を焼失、家畜 6200 頭が焼死した。焼失面積は 690 万ヘクタールで、内訳は森林が 120 万ヘクタール、草原が 570 万ヘクタールである。地方政府及び緊急委員会のスタッフは牧草地を失った 1100 家族や 25 万頭以上の家畜を 40~150 キロ離れた近県に避難させるための仕事に全力を尽くしている。

また、3、4 週間の間に 13 県合計で 5 万人以上、1000 台以上の車両が出動していると緊急委員会は発表している。現在、約 4000 人、130 台の車両が出動、95 カ所で消火活動に当たっている。全国合計で 5 億 2910 万トゥグルク (約 104 万ドル) の損害が出ている。

(1) ガソリン、モーター オイル 4610 万トゥグルク

(2) ヘリコプター、飛行機 3890 万トゥグルク

(3) 警察関連 180 万トゥグルク

(4) 対策本部 2260 万トゥグルク

7. 1996/5/14 付けレポート

総出火箇所は 300 カ所に及び、フブスグル、ボルガン、セレンゲ、トゥブ、ザブハン県の 21 カ所で延焼中、73 カ所で消火作業中、206 カ所は鎮火と発表。約 1000 人、77 人のパラシュート隊が 21 カ所の延焼中の地域で活動中。

8. 1996/5/20 付けレポート

総出火箇所は 312 カ所、フブスグル、ボルガン、セレンゲ、トゥブ、ザブハン県の 21 カ所で延焼中、83 カ所で消火活動中、208 カ所は鎮火。地域住民約 1700 人、40 以上の降下部隊、約 40 台の車両が 6 県で活動中。4 機のヘリコプター、1 機の AN-26 及び 3 機の AN-2 も出動。約 130 人の消防隊がヘンティ、ドルノト地域からフブスグル、ボルガン、アルハンガイ、セレンゲ県に出動した。

9. 1996/5/27 付けレポート

総出火箇所は 340 箇所、ドルノ、トゥブ、ボルガン、セレンゲ、フブスグノ、アルハンガイ、ザブハン、ウブスハンガイ県の 38 カ所で延焼中、100 カ所で消火作業中、202 カ所で鎮火。地域住民約 8500 人、154 人の降下部隊、約 900 人の軍、警察関係者、234 台の車両が消火活動中。

10. 1996/5/30 付けレポート

総出火箇所は 352 箇所、ドルドノ、ボルガン、セレンゲ、フブスグ、ザブハン県の 36 カ所で延焼中、94 カ所で消火作業中、222 カ所の火事を鎮火。地域住民約 4400 人、降下部隊、軍、警察、133 台の車両が消火活動に当たっている。5 月 25 日には森林火災の消火に当たっていた人が死亡、また、トゥブ県の 40 歳男性も犠牲になり、7 人の子供が孤児になって

しまった。現在までに 23 名の犠牲者が出ている。やけどを負った人の数は出ていないが少なくとも 60 人は被害にあっている。約 7800 頭の家畜が焼死したもよう。

11. 1996/6/4 付けレポート

出火箇所は合計で 355 力所に至り、その内 253 力所は鎮火、トゥブ、セレンゲ、フブスグル県の 8 力所で延焼中、北辺の 7 県 94 力所で消火作業は続いているが鎮火の見通し。更に 2 名犠牲者が出たことから、犠牲者の数は 25 名に及んだ。

12. 1996/6/10 付けレポート

出火箇所は合計で 383 力所、その内 352 力所は鎮火、今現在で中央部、北部の 6 県 31 力所で延焼中だが消火のめどがついたと発表。地域住民約 200 人、45 人の降下部隊、7 台の車両が消火活動に当たっている。現時点で判っている被害は、犠牲者 25 名、やけど 61 人、ゲル 175 棟(1600 人が焼け出された)、家畜小屋 576 棟焼失、7726 頭の家畜焼死。焼失総面積 101944 平方キロ、23640 平方キロの森林、783000 平方キロの平原が被害にあった。

被害金額はまだ出ていないが、6 月 5 日の情報によれば、14 県で 2 億 60 万ドル(消火作業経費を含む)になる。しかし、基幹施設(電話線、家畜小屋、橋)などは利用できないでいる。また環境被害額を含めるとすれば 19 億ドルにのぼると見られる。また火災の再発のおそれもあり、未だに警報は出されたままである。

13. 1996/6/17 付けレポート

国家緊急委員会は今日、全国 14 県で出火した 383 力所の火災全てを 3 ヶ月半に渡る消火活動と最近降った雨によって完全に消したと発表。モンゴル国政府 1996 年 5 月 18 日に発した緊急事態宣言は解除された。

視察結果レポート

(1) 草原、牧草 草原の焼け跡

焼け跡は一般に想像する黒こげでは無く、すでに新しい緑が一面に生えてきており(深い緑)、焼けていない草(黄色)の色のコントラストが非常にはっきりしている。家畜たちは火災直後には咳をしたり、灰のにおいを嫌ったようだが、現在はその新しい草を問題なく食べている。栄養価が低いという声も多々聞こえたが焼けていない草からの代用が十分に可能である。冬になっての牧草は秋に再び火災が起きなければ問題ない。政府レベルから心配の声が聞こえたが絶対的不足状態になることは考えられず、他地域からの輸送による充足が可能だろう。

(2) 森林 森林の焼け跡

森林焼失面積は相当なもの。地方政府も植林プランを国政府に上奏していた。しかし、牧民生活への影響はほとんどないと思われる。乾燥していた木々は全焼したが、50%以上の木々は再生可能な状態にあり、木の低い部分が燃えていても、高い部分では新芽がでている。幹の中心部分はまだ生きている。

(3) 家畜 やけどにあった馬

まだ、金銭的に問題が多く準備が遅れている。家畜を失ったままの牧民も多かったが近所からの助け合いでなんとかしているようだ。国、県、郡とも今後、家畜を与える支援に重点を置くようではある。

(4)家畜小屋 家畜小屋の燃えた跡

冬営地の家畜小屋の多くが燃えてしまった。これに対する援助は計画されているが実行段階にない。

(5)ゲル

ゲルを焼失したほとんどの家庭に一ヶ月以内に政府から新しいゲルが届けられている。まだ、新しいゲルを得ていない家庭もあったが、順次分配される予定にある。

(6)家財道具

政府からの家財道具の支援はほとんどないようだが、相互扶助システムでなんとかしている。家具のない被災ゲルは無かった。

(7)衣服 分配された衣装

最緊急時に配布された衣服の種類に関して問題がある。牧民生活にはモンゴル服が最適であり、中には分配された衣服を使用できない家庭もある。

(8)食料

最緊急時に配給があった。しかし、牧民は家畜さえあれば自給自足できるので現在問題ない。家畜を失った家庭は親類縁者や近隣の友人の援助によって生活出来ている。

(9)電柱 燃えた電柱と新しい電柱

回った被災地に関しては100%復旧していた。

(10)死傷者

やけどの被害者は病院もしくは在宅にて完治。数が少なく点々としているので支援のニーズなし。死者数についてはインタビューデータを参照。

モンゴル大火災 消えぬ猛火・消える草原・降雨頼みの政府

北海道新聞 1996年5月16日 モンゴルタイムス松田支局長が取材

13日現在、火災は全国の森林や草原の288ヶ所で発生、すでに198箇所は消火したが、99箇所が延焼中、北海道とほぼ同じ面積の約8万平方キロが焼失しているとも報じられているが、「地方には電話がなく、正確な面積は政府にも分からないのでは」という。

首都ウランバートルの北西150kmのボル・ノール地区では、森林や草原が炎上しているのを目撃。平地の標高1500mの高原にある2000m級の山では森林火災が発生していた。松田記者は、消火器具を持たない遊牧民たちが、炎に巻き込まれそうになりながら、松の木などで火をたたき消している姿を撮影している。

農作業中のトラクターのマフラーから、消したやさきの草原に火が付く深刻な状況を見て、身の危険すら感じたという。同地区では、非常時3000人の動員体制であるのにもかか

わらず、実際に消火に来たのは150人。「ひとつの山を5人くらいで消してました。ボランティアを募っても集まらない。政府の力が落ちているのです。」

モンゴルは1990年に初めての大統領選が行われ、急速に民主化が進んだとされる。松田さんによると、旧勢力が現在も実権を握っており、所得水準は上がっていない。

一方、外貨稼ぎのため漢方薬などの原料となるシカの魚が1kg約1700円で取引されており、この角拾いで森林に入ることがこの数年、急速に増加。今回の火災の主な原因にもなっているという。これまでに少なくとも5人が失火の疑いで逮捕されている。

同国政府は、6月中旬に消火する見込みを発表しているが、これは同国気象庁の降雨予測をあてにしているだけだという。食料生産などへの影響を心配する松田さんは、「下手すると、政府幹部が援助物質を独り占めする恐れもある。確実に遊牧民に渡さなければ」と話している。

モンゴル火災 本道分の面積焼失 14人焼死、37万人が被災

北海道新聞 1996年4月30日(火曜日)の記事

モンゴルで起きている大規模火災について、対策にあたる国家緊急委員会のダムディスレン副委員長は29日、焼失面積がほぼ北海道の広さに相当する8万平方キロに達し、全人口の約16%の37万1400人が被災したことを明らかにした。

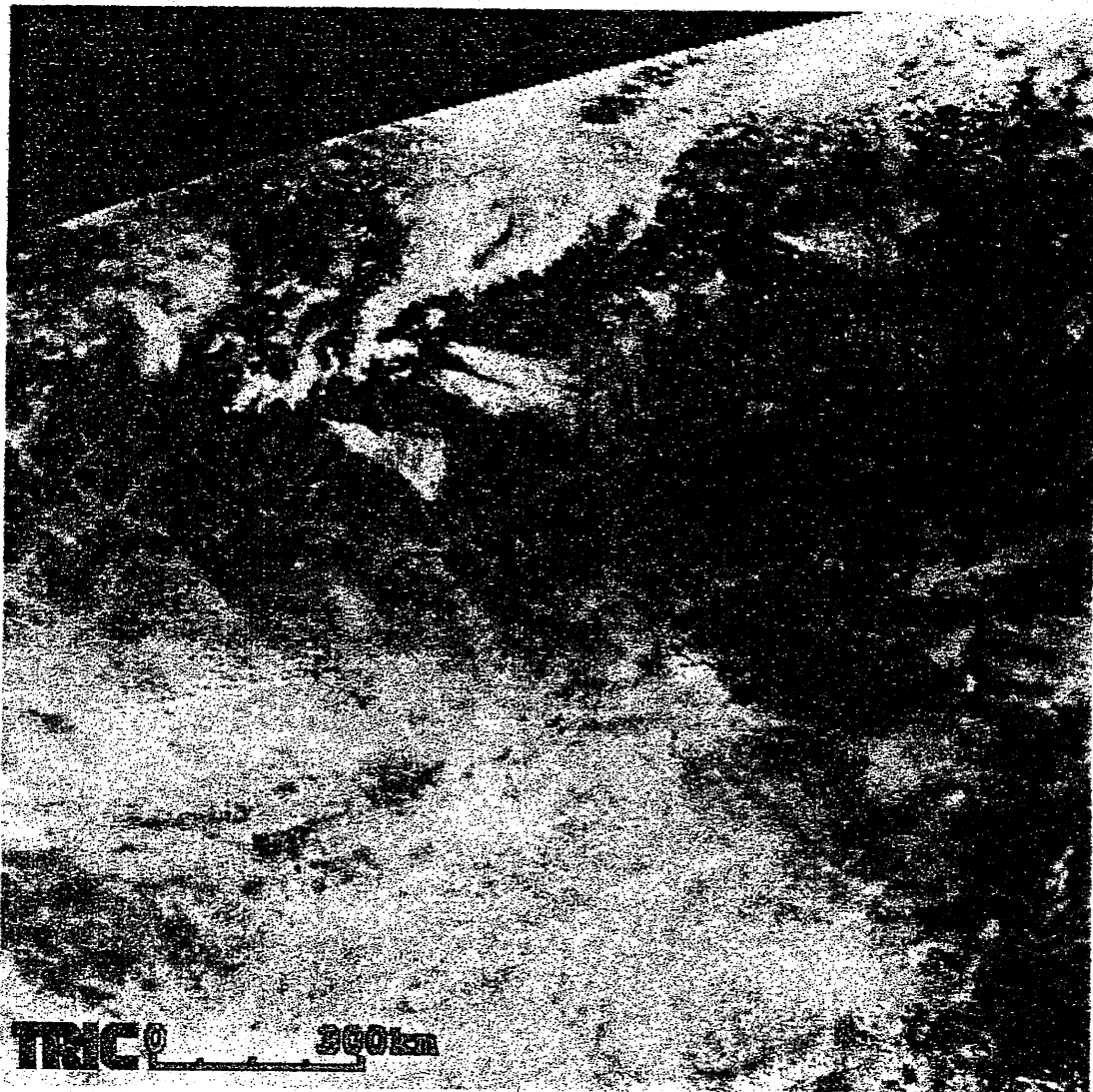
火災は2月からモンゴル各地で頻発、現在も国内の62箇所の草原や森林で起きており、首都ウランバートル北方45キロまで迫ってきた。また、中国・内モンゴル自治区のフルベルモン地区一帯の森林や草原にも燃え広がり、国境を超えた大火災となった。副委員長によると、モンゴル内でこれまで14人が焼死、20人以上が負傷して病院に運ばれた。被災者の多くは居住用のテントを焼失した。

軍や警察など2万4000人を動員して消火・救助活動を行っているが、高山地帯の消火活動は不可能な上、草原部でも電柱が焼けるなどして電話連絡がとれない地域が多く難航している。モンゴル国内の29日までの被災状況は、全森林面積の17.1%(3万平方キロ)、遊牧用の草原の4.2%(5万平方キロ)が焼失した。羊などの家畜は5000頭が焼失、被害額は18億2400万ドル(約1150億円)に達した。


以上乾燥に加えて、気温が上昇しており、火勢の衰える見通しはなく、モンゴル側は国際援助を要請している。


モンゴルの草原・森林火災

モンゴル草原・森林で1月に起きた火災は、5月になっても延焼が続いている。東海大学では、日本で報じられた4月上旬から、TSICでMOS-1 MESSRおよびNOAA AVHRRデータを連続的に受信してその状況を継続的にモニターし、TRICで画像解析を実施した。成果は、5月10日のNHKハイビジョンニュースで放映された。NOAA AVHRR画像は、首都ウランバートルに近い地域での火災の模様を写しだし、本域多発の草原火災の消化活動の難しさを物語っている。MESSRが捉えた消失地域は黒く現れている。MESSR画像は、全体にモノトーンで4月のモンゴル草原の植生が枯れ草に近いことを示している。

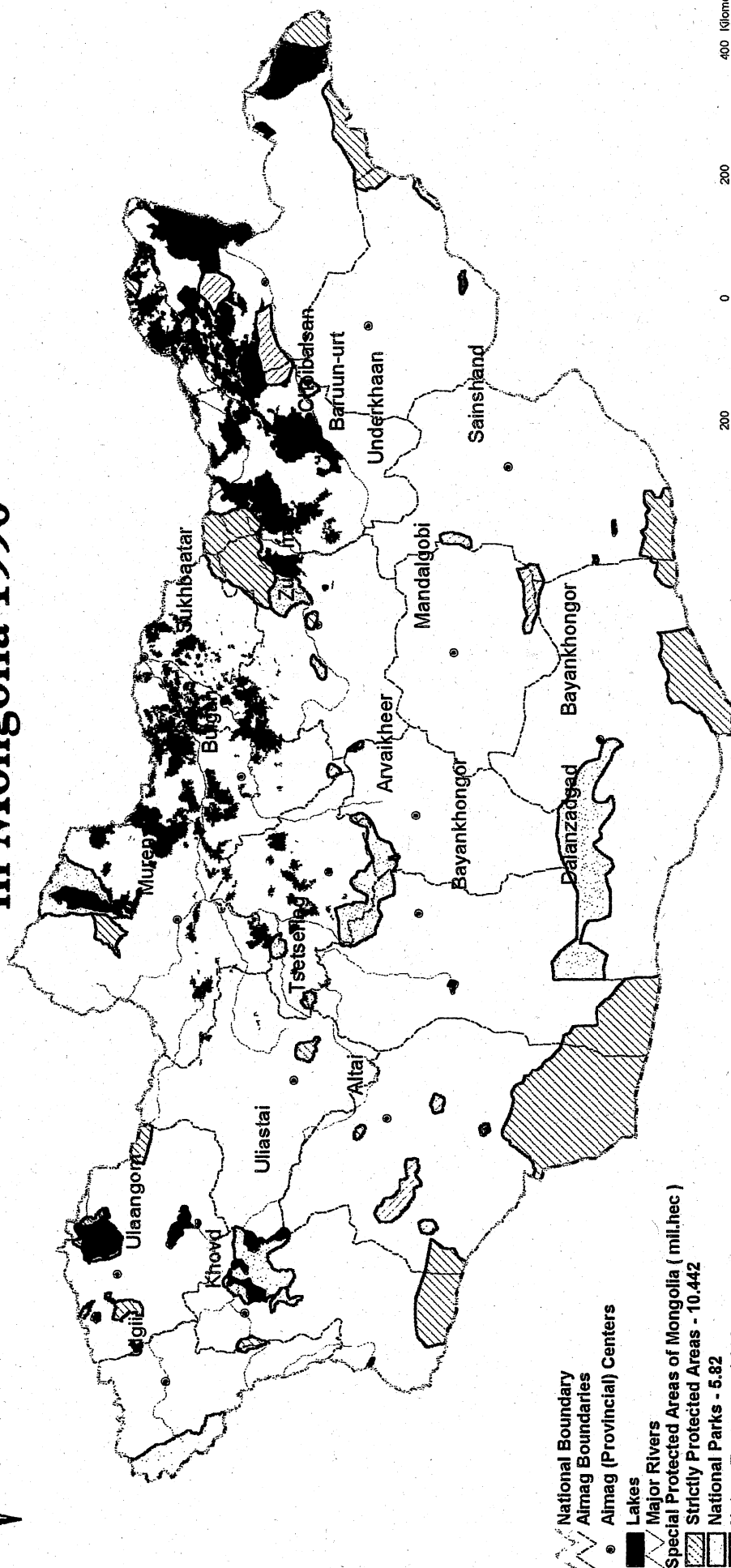


NOAA/AVHRR 1996/4/13 14:12

 NOAA/AVHRR 1996/4/13 14:12(enlarged)

 MOS-1/MESSR 1996/4/16 12:37

Composite Fire Coverage and Protected Areas in Mongolia 1996



- National Boundary
- Aimag Boundaries
- Aimag (Provincial) Centers
- Lakes
- Major Rivers
- Special Protected Areas of Mongolia (mil.hec)
- Strictly Protected Areas - 10.442
- National Parks - 5.82
- Nature Reserves - 1.302
- Historical Monuments - 0.072
- Burned area in 1996
- Strictly Protected Areas - 0.296
- National Parks - 0.097
- Nature Reserves - 0.552
- Historical Monuments - 0.004

200 0 200 400 Kilometers

Scale: 1:10,000,000

Transverse Mercator - Source Data: NOAA 14
(1996 - 1998 Composite AVHRR)

**Total Burned Protected Area over in 1996:
949,000 Hectares**



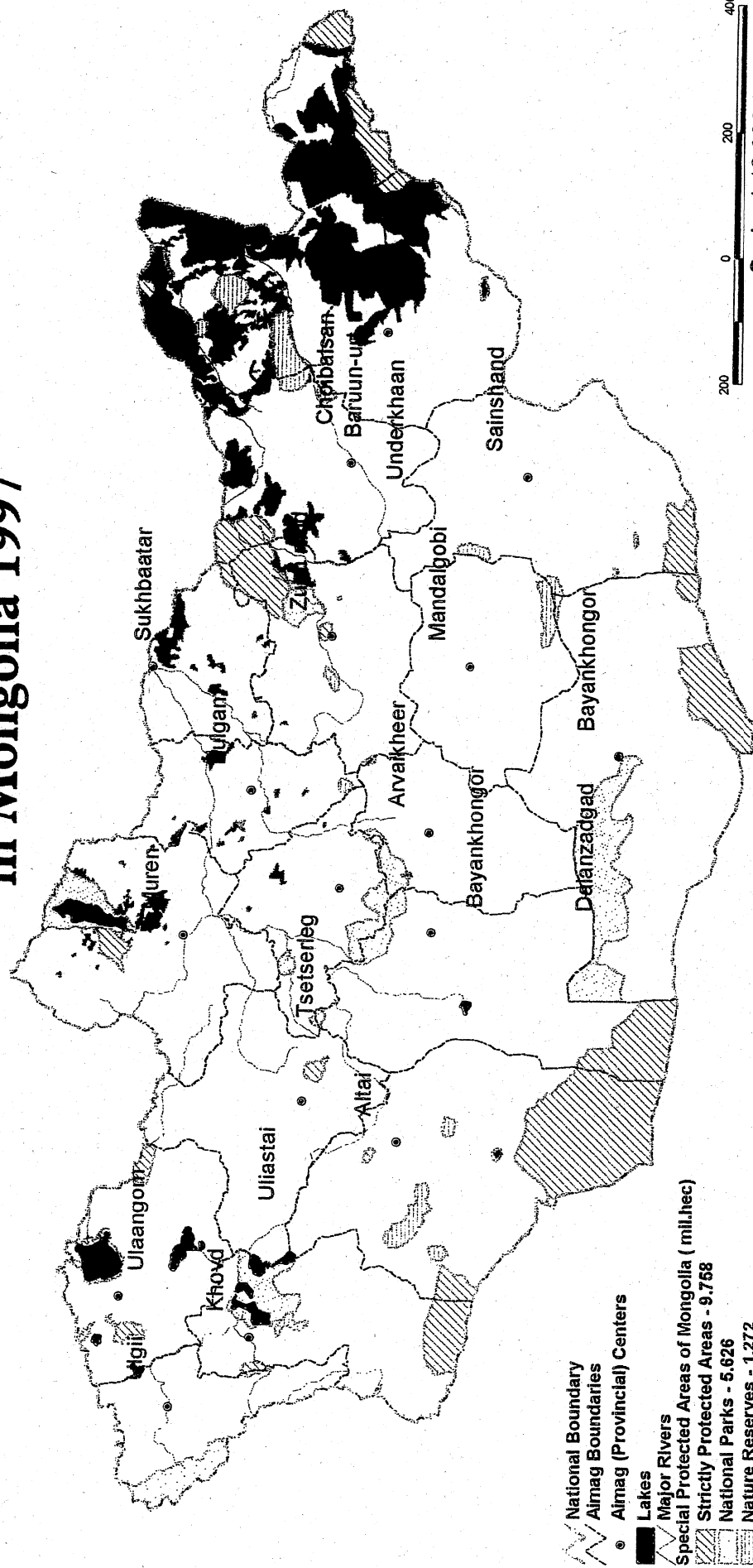
National Level Fire Impact Analysis:
Khan Khentii Protected Area Administration



Data Processing: Information and Computer Center, Ministry of Nature and Environment.



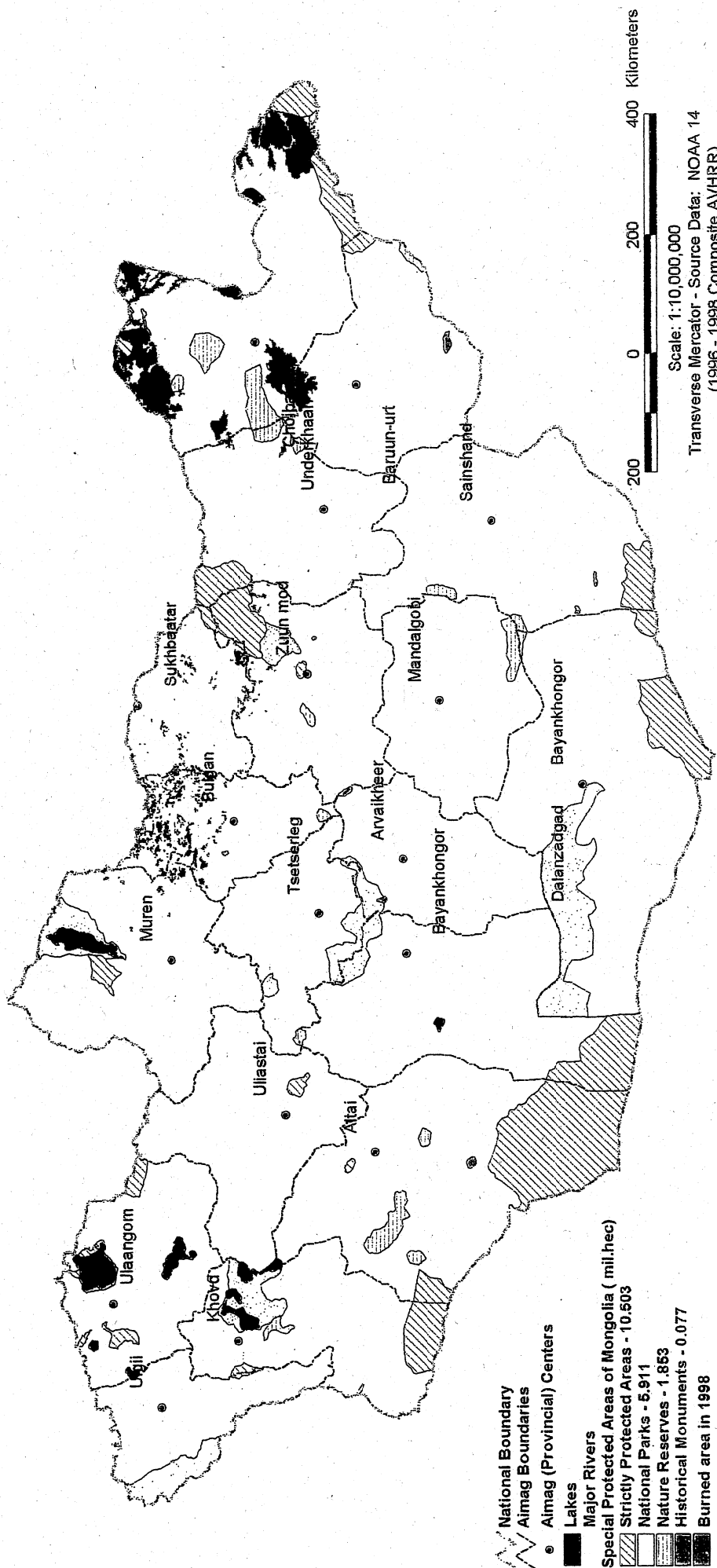
Composite Fire Coverage and Protected Areas in Mongolia 1997



**Total Burned Protected Area over in 1997:
1,852,000 Hectares**



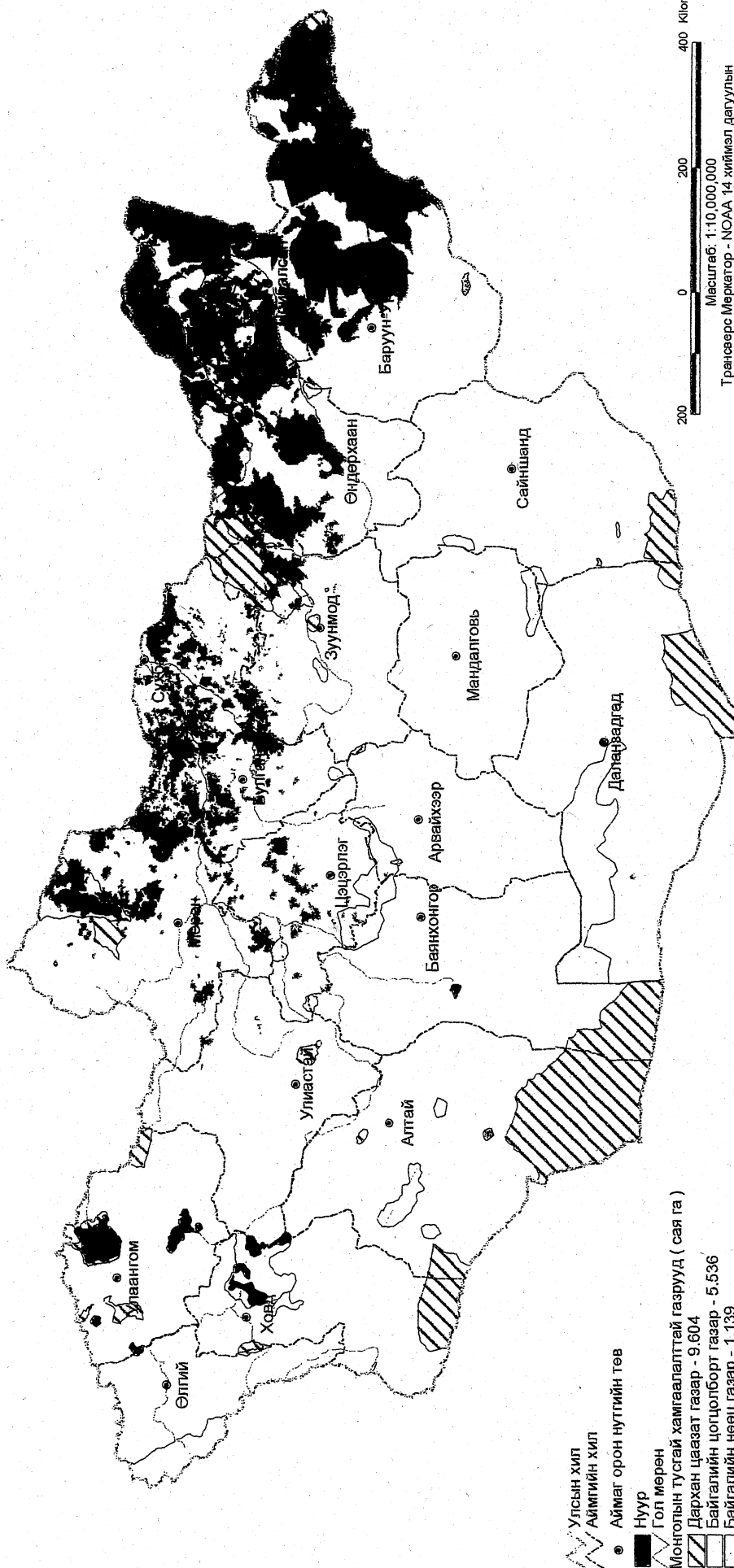
Composite Fire Coverage and Protected Areas in Mongolia 1998



**Total Burned Protected Area over in 1998:
243,000 Hectares**



Монгол улсын Тусгай Хамгаалалттай Газрууд ба 1996 - 1998 онд гарсан гал түймэр



**1996-1998 онд шатсан тусгай хамгаалалттай газрын
нийт талбай: 2,234,000 га**

- Улсын хил
- Аймаг орон нутгийн төв
- Нуур
- Гол мөрөн
- Монголын тусгай хамгаалалттай газрууд (сая га)
- Дархан цаазат газар - 9.604
- Байгалийн цогцолборт газар - 5.536
- Байгалийн нөөц газар - 1.139
- Дурсгалт газар - 0.072
- 1996-1998 онд шатсан газар
- Дархан цаазат газар - 1.134
- Байгалийн цогцолборт газар - 0.381
- Байгалийн нөөц газар - 0.715
- Дурсгалт газар - 0.004



Улсын хэмжээнд гарсан гал түймэрт хийсэн дүн шинжилгээ:
Хан Хэнтийн Дархан Цаазат Газрын Гал Түймрээс Хамгаалах
Нэгдсэн Менежмент Төсөл
1999 оны 1-р сар. Улаанбаатар, Монгол.



Байгаль Орчны Яамны Мэдээлэл Тооцооллын Төвд боловсруулав.
Тодруулах асуулт байвал дараахь хаягаар холбоо барина уу.
Утас: 976-1-326649, email: mti@magisnet.mn
Улаанбаатар, Монгол.

Ⅲ. モンゴルにおける多年凍土の分布

モンゴル科学アカデミー地質研究所

D. Tumurbator

1. モンゴルの概況

土に関する研究は、1950年代から始まりました。1962年にモンゴル科学アカデミーの一部門として地質・永久凍土研究所が設立されました。そして1995年に、国際永久凍土学会の一員として、モンゴル永久凍土協会が設立されました。

モンゴルは、アジア大陸の中央部に位置しており、太平洋より速く離れ、高い山脈に囲まれています。気候は顕著な大陸性気候で、月間平均気温は、1月は -27°C ～ -30°C 、7月は北部で 12°C 、南部で 20°C ～ 24°C です。絶対最高気温は北部で 30°C ～ 35°C 、南部で 35°C ～ 40°C であり、年間降水量は、国の中部では290～300mm、北部と西部で300～400mm、南部で50～100mmです。

2. 永久凍土の形成

様々な研究者が、過去にモンゴルに2、3回の氷期がやってきて、この時多年凍土が形成されたのではないかと述べています。多年凍土が形成されるのに、熱循環と水分が大きな役割を果たしました。Eopleistocenの中頃に国土は冷えていき、多年凍土の形成が始まりました。多年凍土形成の第2段階は、Lower Pleistocenの氷期によるものとされています。第3段階は、Upper Quaternaryの氷期によるものと考えられています。過去の凍土の痕跡は、凍土のpaleoindicatorにより、我が国の各地で観察されています。氷期に、凍土地域が南部まで延びてきました。間氷期にはそれが北部まで入ってきました。

3. 永久凍土の分布

我々の研究結果では、国土の63%が多年凍土帯で占められていることが判りました。1966年より1970年にかけて、ソビエト・モンゴル合同地質調査隊の2つの地質凍土学部隊が国内で調査作業を行いました。その成果として、縮尺1:1,500,000のモンゴル凍土地図が作成されました(執筆者、G. F. Gravis, S. M. Zabolotnik, N. Sharkhuu)。

本国には、以下の7つのモンゴルにおける多年凍土層分布帯が表されています。

(1) 多年凍土の連続分布帯は、国土の9.4%、面積では147,110km²を占めています。この分布帯は、山間の谷や北部南部の山斜面を含むKhangai、Khentei、Mongol Altai山脈の上層で占められています。

この地帯の80%は多年凍土に覆われています。多年凍土層厚は500mに達しています。多年凍土層の温度は -3°C ～ -4°C くらいです(アルタグ地域の凍土の温度)。

(2) 多年凍土の不連続分布帯は、国土の 1.8%、面積では 28,170km² を占めています。凍土層は Khentei, Khangai, Mongol Altai 山脈で発達しています。この地帯は、40~80%が多年凍土で占められています。山脈の南斜面では多年凍土は見られません。

(3) 多年凍土の島状分布帯は、国土の 10.2%、面積では 159,630km² に及びます。多年凍土は、山間盆地、凹地の顆粒状の層や山の北斜面の上層に見られます。この地帯は 40%が多年凍土で占められています。凍土の厚さは 100m まで達しています。多年凍土層の温度は -0.5℃~-2.5℃です (南 Khangai 地域の凍土の温度)。

(4) 疎らな島状凍土帯は、国土の約 12.2%、面積では 190,930km² を占めています。この地帯の 5%は多年凍土で覆われ、その厚さは 50m です。

(5) 多年凍土の点在帯は、国土の約 29.9%で、面積では 460,110km² に及びます。この地帯は、殆どがステップ帯で、Orkhon 川、Selengi 川沿いの低地や湖沼の低地に見られます。多年凍土はローム、砂ロームの土質の近辺で発達しています。多年凍土の厚さは 5~10m で、この地域の 1%は多年凍土で占められています。

(6) 散在帯は、Darigang 高地、Khangai 山に位置しています。この地域でペレレトックが発生するのは、冬期に降雪が少ない時です。

(7) 季節凍結帯はステップ及びゴビ砂漠に位置しています。土壌の季節凍結の深さは 1.7~3.5m です。

4. 永久凍土の特徴

ウインターキリングによるひび割れ、多年および季節的小隆起、アイシング、サーモカルスト、ソリフラクションクリープ等のような凍結現象は、モンゴルで広く見られます。ウインターキリングによるひび割れは、河川の氾濫源、河川と湖沼の段丘において見られます。それは、主としてローム、砂ロームの洪積・沖積層で粘土上に形成されています。ポリゴンの大きさは直径 5~30m、上記の亀裂には土が詰まっていることがあります。15~20 度斜面の石の多い山頂には、斑紋のメダリオン、ポリゴン、多角形の石が見られます。多年隆起は、河川低地、山間盆地のローム、砂ローム質土壌で見られます。多年隆起の高さは 25m におよび、これは、氷質の粘土、ロームで出来ています (スライド「Darhatskaya 盆地における多年隆起」を参照されたい)。

河川水と地下水のアイシングだけでなく、河川、地下水両方が混ざった水源のアイシングが見られます。サーモカルストの凹地と湖は、谷底及び山間盆地の氷の多い微粒質の層に見られます (スライド「Darhatskaya 盆地におけるサーモカルスト湖」を参照されたい)。ソリフラクションクリープは、主に山の北斜面で見られます。ソリフラクションのプロセスには早い物と遅い物があります (スライド「Khubsugule 地方におけるソリフラクション」を参照されたい)。

5. 永久凍土の問題点

凍結の状況を考慮に入れずに、凍結土壌において家屋、産業施設、氷の貯蔵庫等のいかなる施設も建設してはいけません。家やゲルの建設に際しては、凍土上に水が出てくるのを避けるため、通気孔を考慮に入れなければなりません。現在、多年凍土地域の環境問題が切実な問題になってきています。多年凍土の消失がすすむことにより、ソリフラウショングリップ、サーモカルスト凹地、湖沼の発生等が多く見られるようになって来ました。

6. 永久凍土の凍結、融解

土壌の季節凍結及び融解の深さは、S. I. Zabolotnik, D. Tumurbator その他の学者により調査されました。1971 年に、D. Tumurbator は、縮尺 1 : 1, 500, 000 のモンゴルにおける土壌の季節凍結及び融解の区分図を制作しました。本国では季節凍結及び融解の地域が三つに区分されています（モンゴルにおける土壌の季節凍結及び融解の概略区分図）。

(1) 季節凍結の第一地域について

本地域において、土壌の融解は 5 月始めに始まり、9 月末に終了します。季節融解の深さは、ロームでは 1.8m、砂では 3.8m に達する。この地域は、多年凍土の連続帯の分布地域に当たります。

(2) 季節凍結・融解の第二地域について

本地域において、土壌の季節凍結は 10 月 10 日に始まり、4 月末に終了します。この地域の土壌の凍結深さと凍土分布の性格により、2 つの亜地域に分けることが出来ます。第一の立地域では、季節凍結の深さは、ロームでは 2.8m、砂では 4.6m であり、第二の亜地域では、季節凍結の深さは、ロームでは 2.5m、砂では 3.5m であり、この地域は、多年凍土が島状に分布しています。

(3) 季節凍結の第三地域について

本地域において、土壌の季節凍結は 11 月始めに始まり、5 月中頃に終了します。この地域の、第一の亜地域では季節凍結の深さは、ロームでは 2.5m、砂では 3.2m である。第二の亜地域では季節凍結の深さは、ロームでは 1.7m、砂では 2.5m である。この地域においては多年凍土は見られません。

季節凍結及び融解の深さは、緯度、高度、土壌の組成によって変わってきます。季節融解層の厚さは、全体として、南から北へ向かって減少しています。例えば、Galut の 500km 北では、凍結砂の融解は深さ 3.5m まで達します。Tsagan-Nur 地域の Prinubeugule では、同じタイプの土壌における融解深さは 2m を越えていません（「モンゴルの Hangaikii、Khubsugulskii 山岳地域におけるローム、砂の季節融解の深さの変化」）。土壌の季節融解の厚さの違いは、緯度によりさほど異なることはありませんが、アイシングの調査地域において、土壌の季節融解の深さの変化の範囲がかなり大きい場合が、実際見られることがあります。

調査地域における土壌の季節凍結の深さの変化は、図に示しています（「モンゴル中部におけるローム、砂の季節凍結の深さの変化」）。特に、東部ゴビ地域内では、季節凍土の厚さは2.6mを越えません。冬期は、北へ向かって土壌の凍結深さが徐々に増大し、ウランバートル地域においては、それがロームでは3.5m、砂では5mに達しています。北へ向かってウランバートルが位置する緯度までの、これらの土壌の季節凍結の深さの増大は、この方向で年間平均温度が徐々に低下していることから明らかです。東部ゴビ地域では年間平均温度は6~7℃ですが、ウランバートル地域からモンゴルの北国境にかけて、絶対地点のそれは低くなっています。この方向に向かって積雪量が増大し、それに伴い、一般的に土壌の季節凍結の厚さが減少しています。

その結果、季節凍土の厚さはウランバートル周辺より Orkhon-Selenginskii 地域の方が約2m薄くなっています。

7. 今後の研究の方向性

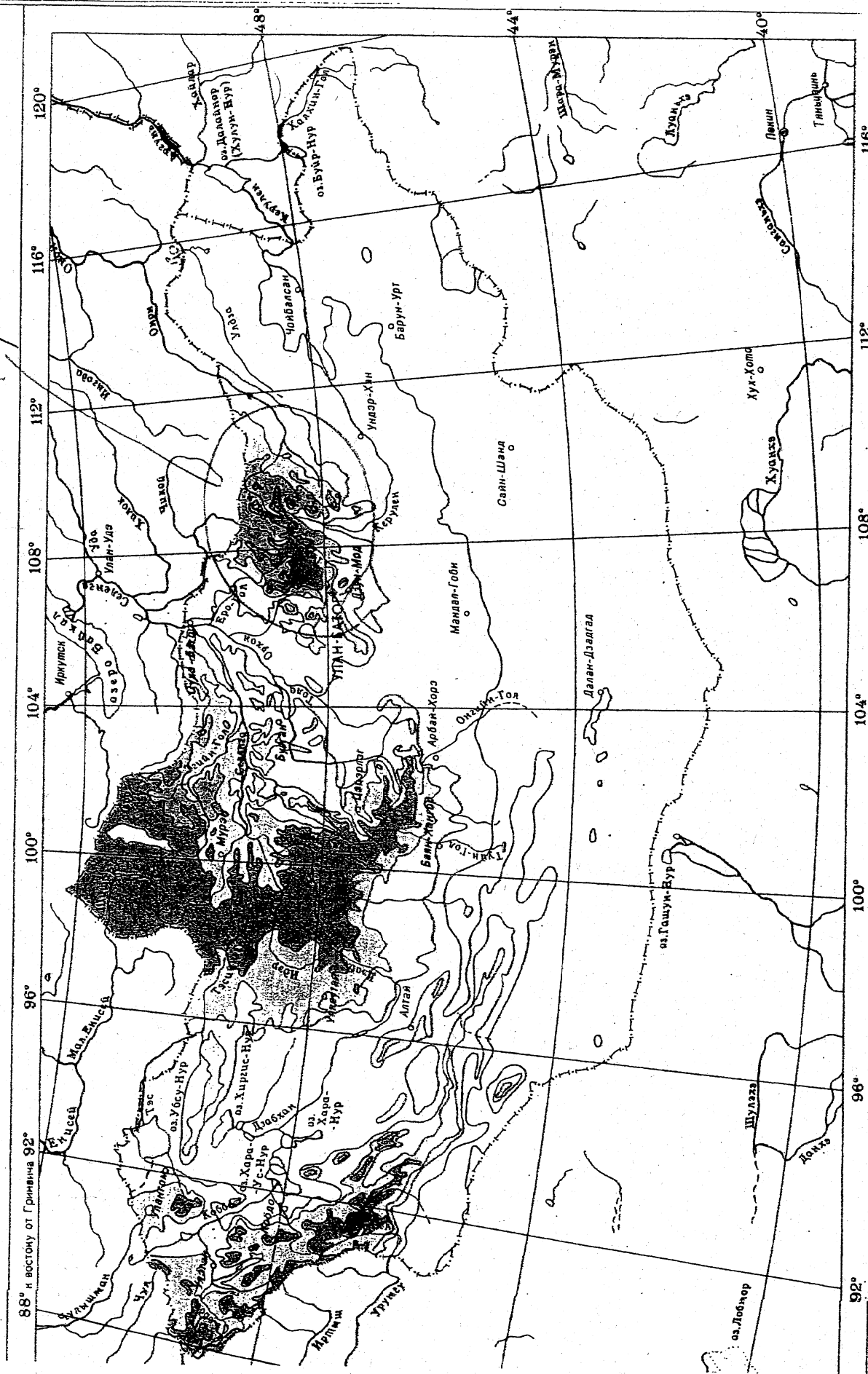
私どもは、モンゴル・日本・ロシアの共同の凍土科学調査を、以下について実施する事を提案致したいと思えます。

- (1) 将来における・ロシア、モンゴルの領土を通る、天然ガスパイプラインルート沿いの地域の共同凍土調査の実施。
- (2) モンゴルにおける凍土の物理・機械的特性の共同ラボ調査の実施。
- (3) 気候の温暖化及び人間活動の多年凍土への影響の共同観察（モニタリング）。
- (4) 学術会議の開催と共同凍土学調査結果に基づく研究業績の発表、出版。

以上

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕЗОННО-И ЛЮЛЕПЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

МАСШТАБ 1:10 000 000



Высотные геокриологические пояса:
распространения многолетнемерзлых горных пород

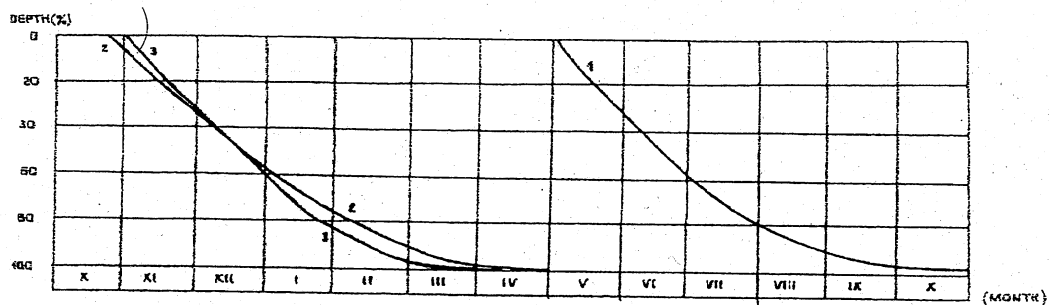


Fig. 1 MOTION OF THE SEASONALLY FROZEN AND THAWED GROUNDS
 1. MOTION OF THE THAWING GROUND OF THE FIRST REGION
 2. MOTION OF THE FREEZING AND THAWING GROUND OF THE SECOND REGION
 3. MOTION OF THE FREEZING GROUND OF THE THIRD REGION

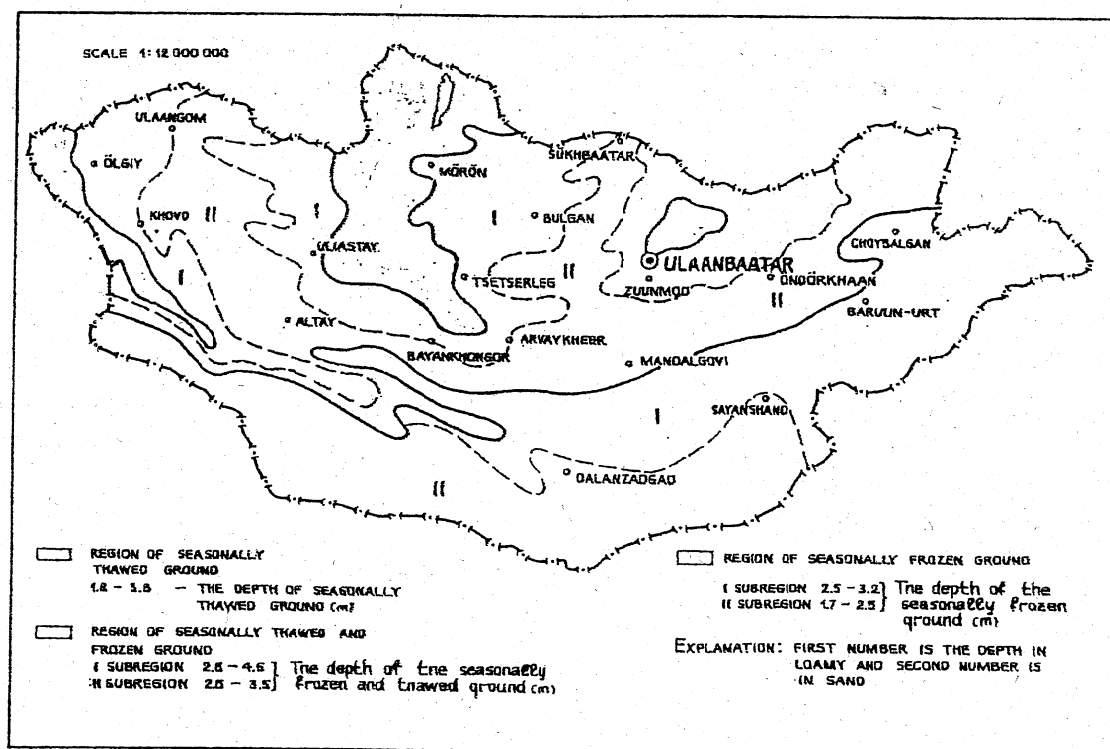


Fig. 3 MAP OF REGION OF SEASONAL FREEZING AND THAWING GROUND OF MONGOLIA

Ⅳ. モンゴルの気温と降水量からみた温暖化

1. モンゴルの気温変動

図 1 に、モンゴルのウランバートル近郊の年平均気温の 1940 年から 1999 年までの約 60 年間の変化を示す。ウランバートル近郊では 3 地点の観測地があるが、最も低い値を示しているのは、Ulaanbaatar として表記した、ボヤント空港付近の平野部の温度である。他の 2 者は、近郊の丘陵部の山頂付近で計測されているものである。ウランバートルは世界で最も低温な首都として知られており、年平均気温はマイナスである。1950 年代は低温で推移してきたが、1963 年から著しい気温の上昇がみられ、1980 年代で一時、平年化するが、1988 年から再び温暖化する傾向が見られる。

図 2 にボヤントのウランバートル年平均気温を取り上げ、5 年間の移動平均で表してみた。図中の直線は移動平均を線形化したものであるが、40 年間で -3.8°C から -1.6°C と、 2.2°C の上昇と推測される。この原因は明確ではないが、世界的な温暖化と合致する。今後に対しては、データの追加が必要であるが、温暖化の懸念は避けられない。

2. モンゴルの降水量の変動

図 3 に、上記の 3 地点の年降水量の変動を示す。乾燥国のモンゴルは比較的雨量が少なく、夏期にそのほとんどが降雨となって降るといわれている。3 地点間でも降雨は著しく異なるとともに、年変動は極めて大きいことが分かる。

図 4 にボヤントのウランバートルの降水量のみの年変動を示す。最大では 400mm があるが、最低では 60mm と極端に少ない年もある。この変動傾向がは全くバラバラで原因は全く不明である。大森林火災は、この少雨年に発生すると、被害は甚大である。

図 5 に 3 月から 5 月までの月降水量の変動を示す。特に、5 月の降水量のバラツキが大きく、1996 年の大森林火災時も同様な少雨傾向が被害を大きくしたと考える。従って、失火の初期状態でいかに最小に食い止めるかが、最大の問題と思われる。

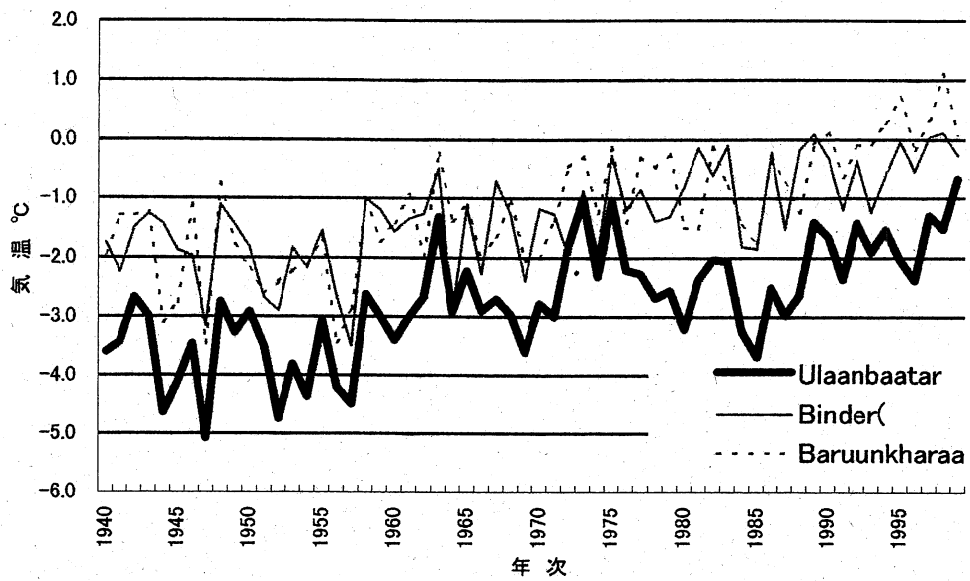


図1 モンゴルの年平均気温

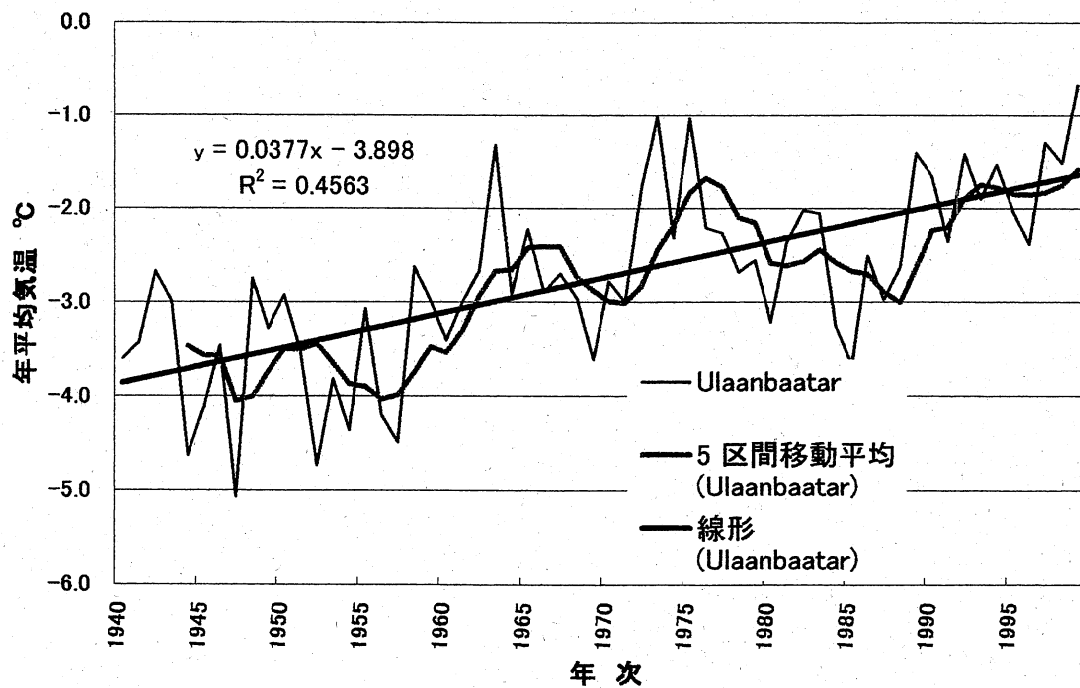


図2 ウランバートルの年平均気温と移動平均

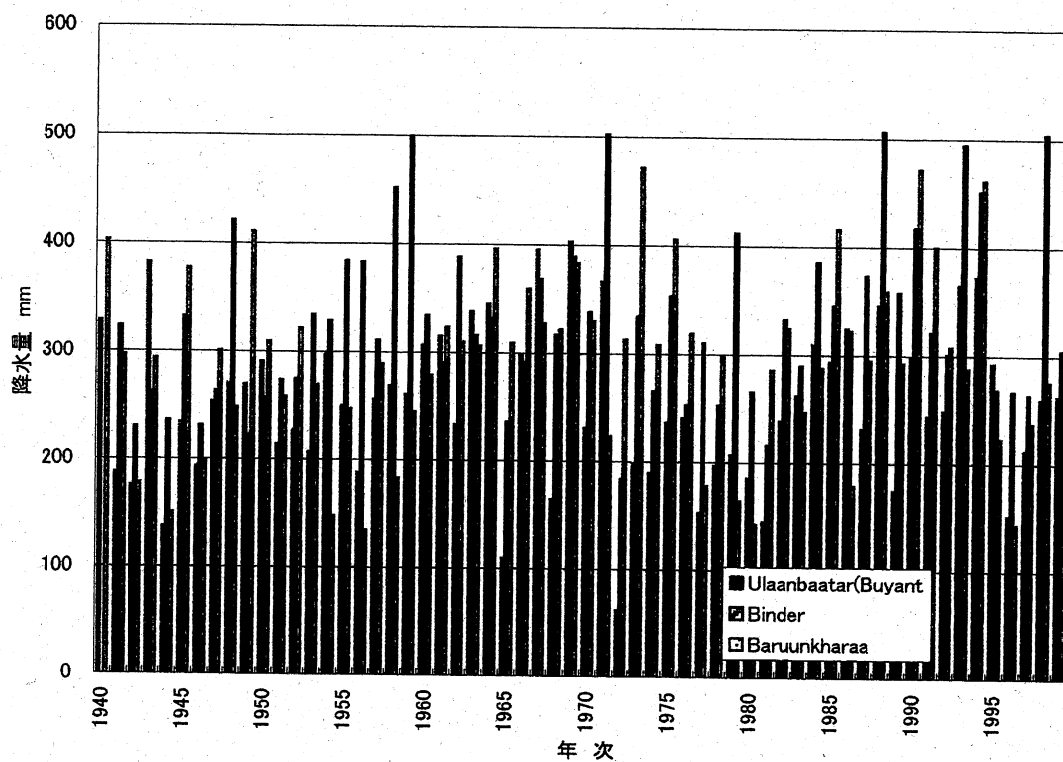


図3 モンゴルの年降水量

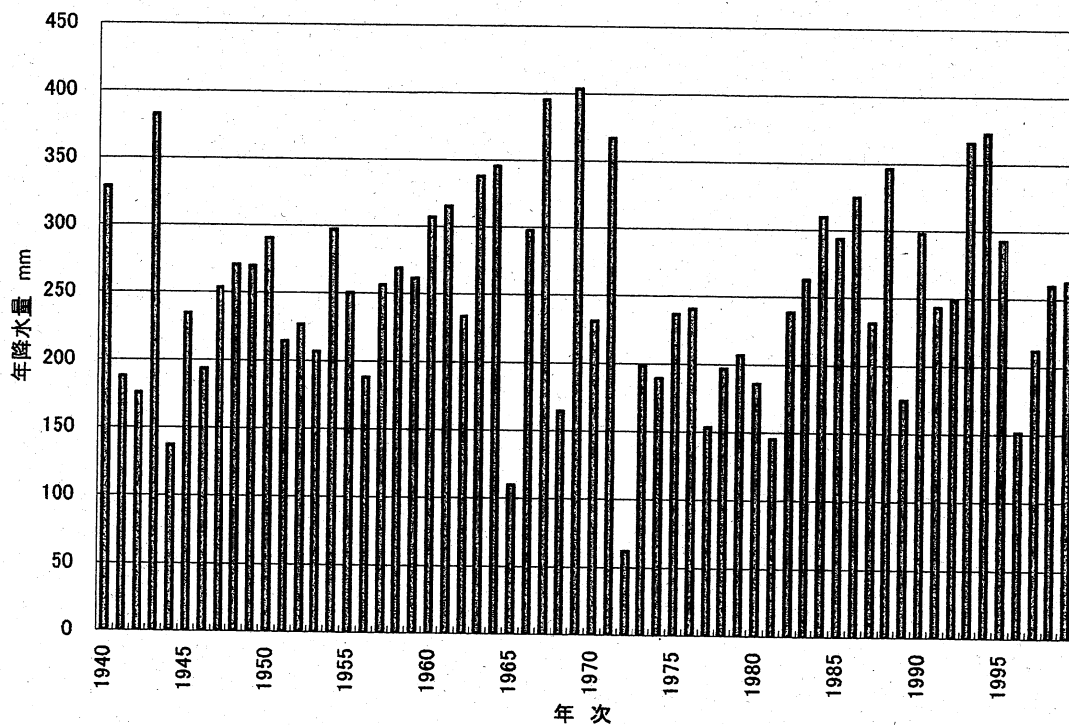


図4 モンゴルの年降水量 Ulaanbaatar(Buyant)

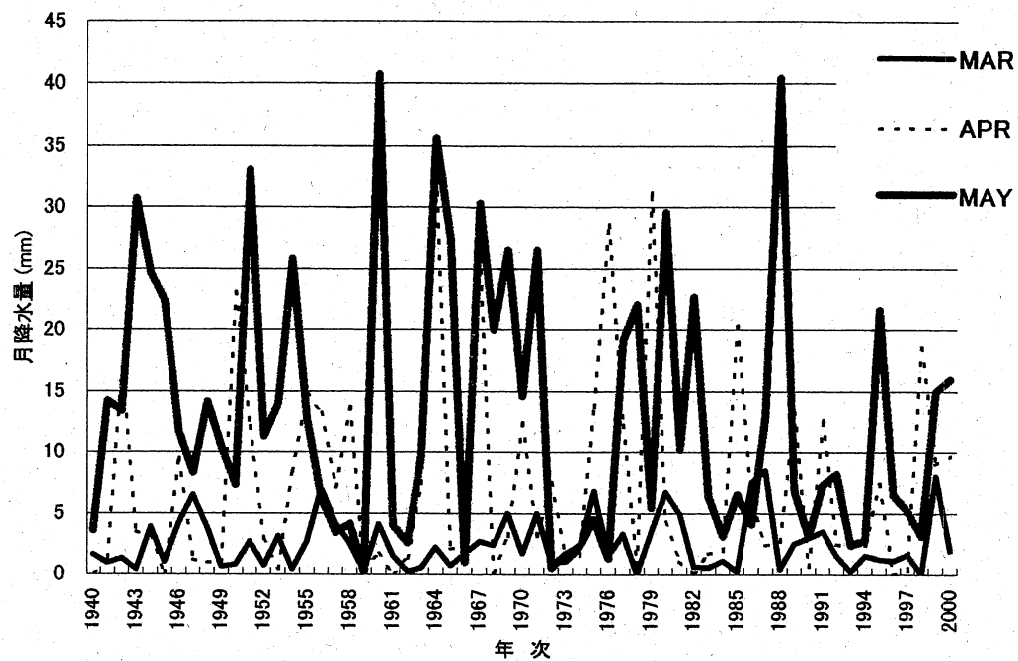


図5 ウランバートルの春季の降雨量

V. モンゴル調査地点の土壌分析

1. 現地土壌断面の温度分布

1999 年の夏、ヘンティ山系の調査地点の森林火災地、永久凍土の各土壌断面の地温の分布を調査した。また、森林以外の参照土壌断面の例として、ナライハ地区の草原土壌断面の温度調査を行った。その結果を図 1 に示す。温度変化は深さを増すにつれて、ほぼ直線的に低下する傾向がみられた。永久凍土地の温度変化をみると、170cm の深さでマイナスを示すことから、森林火災地とナライハ草原と明確な差が見られる。後者の火災地と草原の温度断面に大差はないことから、火災によって樹木が消失すると、草原と同じような温度断面となり、永久凍土化が難しくなることを示している。永久凍土と火災地および草原の温度差は約 5℃と判断された。

2. 調査土壌の強熱減量値と三相分布

図 2 に示す強熱減量試験結果によると、草原土壌と森林土壌とは明らかな相違があり、森林土壌の下層は有機物が極めて少ない未熟土壌であることが分かる。草原では下層土でも 5~8%程度を示すが、森林土壌では 2%以下と極めて少ないことも分かった。また、有機物は森林土壌でも火災地の表層は、永久凍土地より多少なりとも多いこともわかった。これは火災による有機物の蓄積が多少あるためと考えられる。いずれにしても下層に向かって有機物が減少していることがわかる。永久凍土地の土壌有機物量は極めて少ない、劣悪な土壌といえる。

次に、図 3 に示す土壌の固相率は火災地も永久凍土地も大差はなく、下層に向かうほど大きくなっている。深さ 20cm 以下の土層では 50%以上にも達していた。他方、草原の土壌は表層が極めて硬く、採土管での採取は不可能であった。これは、多量の家畜によって踏圧された結果に基づくものと推測される。草原の下層固相率は、森林地帯のそれよりは低く、38~50%程度であった。

他方、図 4 の液相率をみると、森林火災地の表層 10cm を除けば一般に低く 10~12%程度であった。また、永久凍土地の下層 70cm 以下の液相率は小さく、約 8%と驚くべき少なさであり微妙なバランスのなかで森林が生育していることが分かった。森林火災地の表層の液相率が、25%と高かったのは、有機物含量が多いことから水分を保持機能が大きいと思われる。

一方、図 5 の気相率は永久凍土地の表層 10cm で多少大きく、草原の下層 40 から 80cm 大きく、35%以上の値を示した。森林火災地の土壌では、下層に向かうにつれて減少傾向がみられた。

モンゴルの地温断面

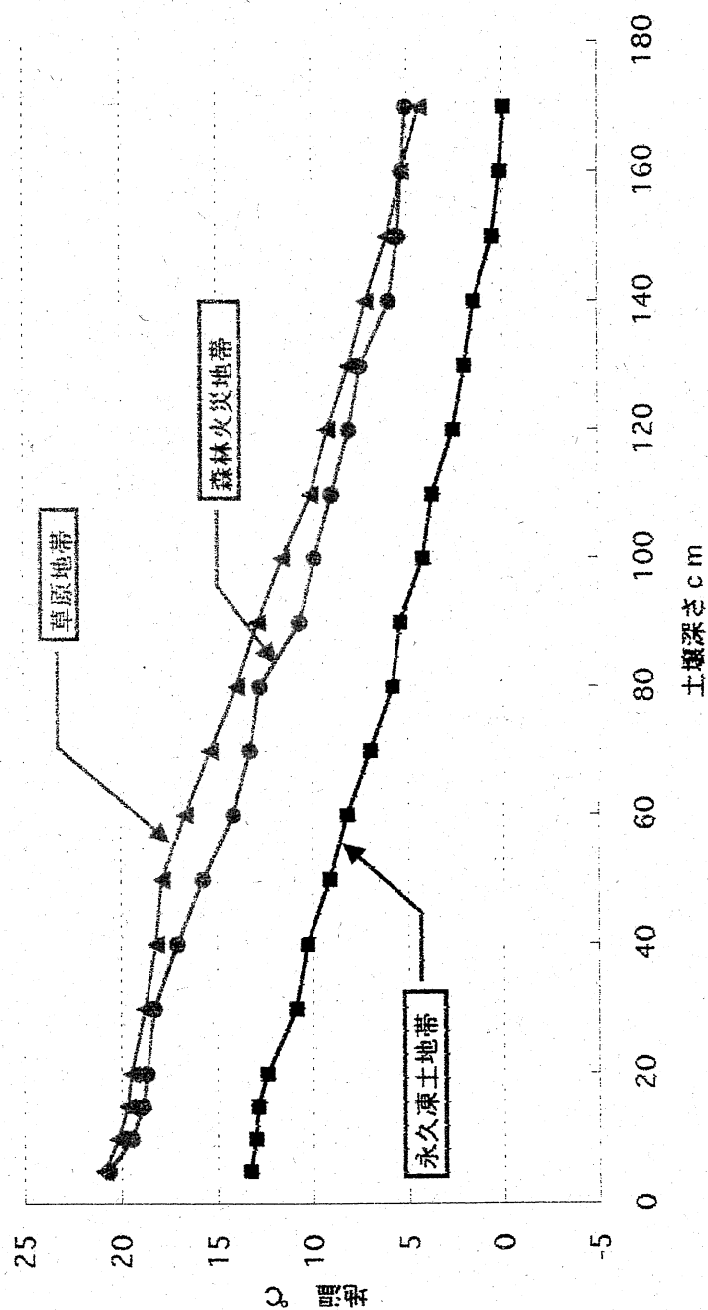


図1 モンゴルの地温断面

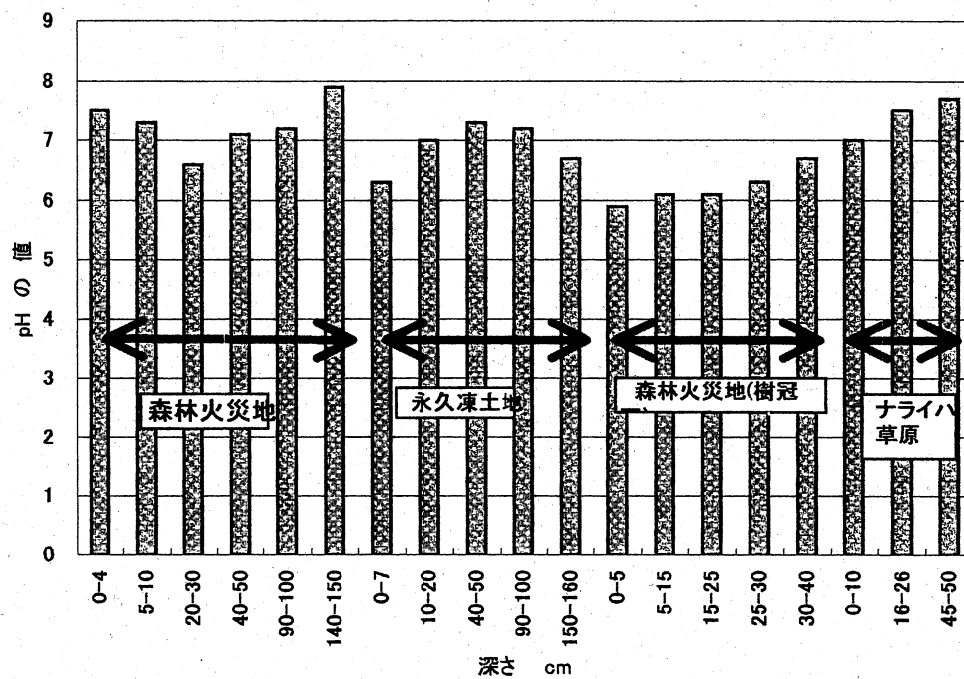


図6 モンゴル森林土壌のpH

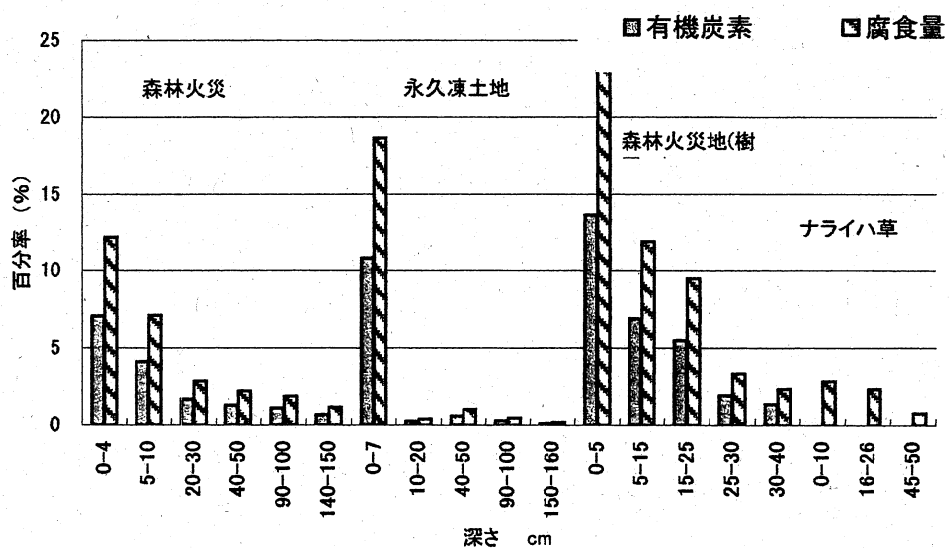


図7 モンゴル森林土の有機物量

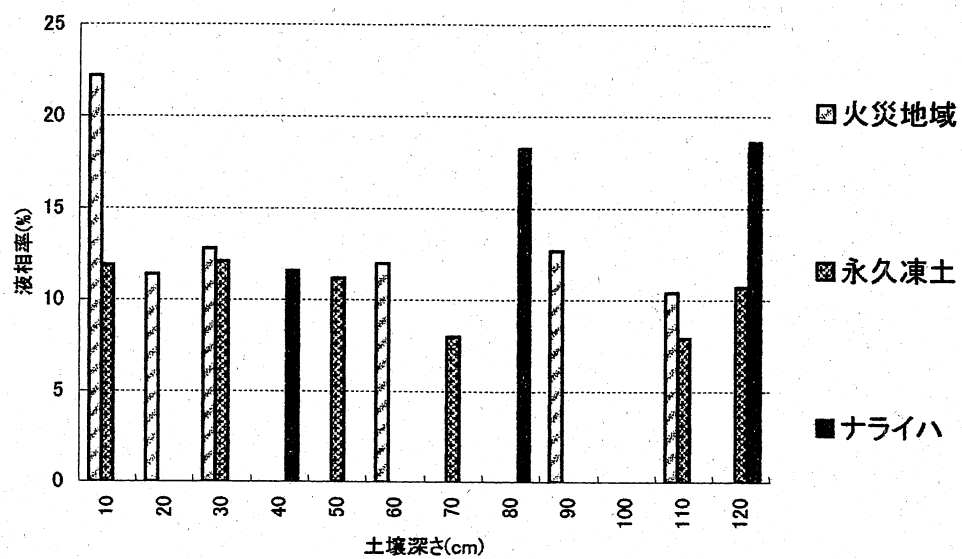


図4 モンゴル土壌の液相

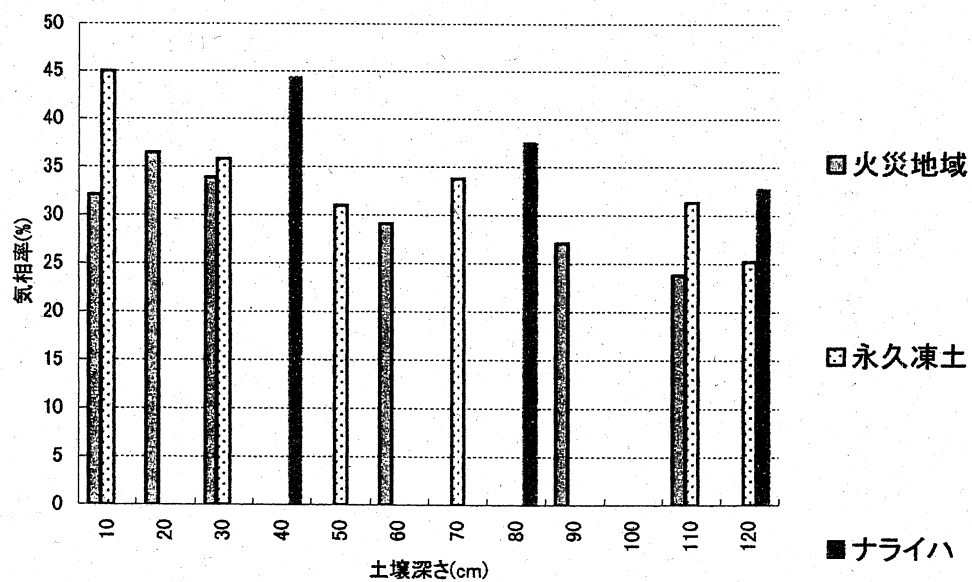


図5 モンゴル土壌の気相

3. 調査土壌の化学的性質

モンゴル科学アカデミーの地生態研究所(2000年に再び地質研究所に改称)による調査地点の土壌化学性の分析結果を表1に示す。これによると、図6に示すpHを考察すると、一般には森林火災地は、酸性度は低く、永久凍土地のほうが酸性度が高いという傾向が得られた。特に、永久凍土地の表層でpHが6程度で最も酸性であった。このことは、森林火災地では、土壌蒸発が活発になるため、下層から塩類の上昇があると考えられる。他方、ナライハの草原では下層に向かってアルカリ性になる傾向がみられた。ここにある森林火災地、樹冠下とあるのは、火災でも樹木の冠部は焼失を免れたため樹木が生存しており、森林活動が普通に行われていることを示す。森林が衰退するとアルカリ側に移行すると思われる。

図7に、有機炭素量と腐食量を示す。先に示す強熱減量結果と表層では傾向は異なるが、森林火災地は、土壌中に腐食を多少多く含む。したがって、永久凍土地帯の下層部は極めて有機物が少ない土壌で構成されていることがわかる。また、樹冠下の火災地は森林の活性化が行われており、上層25cmの深さまでは、有機炭素や腐食を多く含むことがわかる。また、草原化すると表層の腐食は少ないが、永久凍土地よりはるかに多い傾向にあることが分かる。

次に、カルシウムとマグネシウムの含有量(mg-e/100g)を図8に示す。図に示すように、カルシウムは、森林の表層に多く、ついで草原ではかなりの深さまで多いことが示されている。森林火災地の表層は以外とカルシウムが少ない傾向にある。他方、マグネシウムには、火災地や永久凍土地と差は少ないが、多少活性化している森林には多少多い傾向にあった。

図9に、100g中に存在するカリとリン酸の含有量(mg)を示す。カリは表土に多く含まれ、森林火災地が最も多かった。下層に向かって減少する傾向が見られ、特に森林火災地では顕著であった。リン酸は全体的に少ないが、同様に永久凍土地を除いて表土に多く含まれる傾向にあった。

4. 土壌の熱伝導率の変化

表2に、調査地点の土壌の三相比と熱伝導率を示す。森林火災地の表層10cmの深さで、最も大きく、 $0.320 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ の値を示した。永久凍土地の土壌の熱伝導率はほとんど変化がなく、ほぼ一定の値を示した。もちろん、熱伝導率は土壌含水率に大きく影響を受けることから、永久凍土地の土層断面の水分が低水分状態であることから、全体的に低い値を示した。

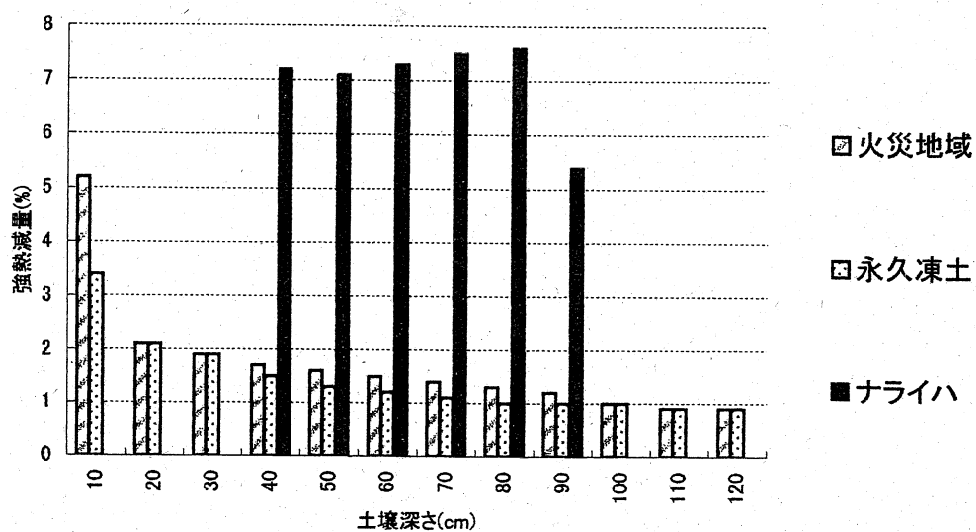


図2 モンゴル土壌の強熱減量

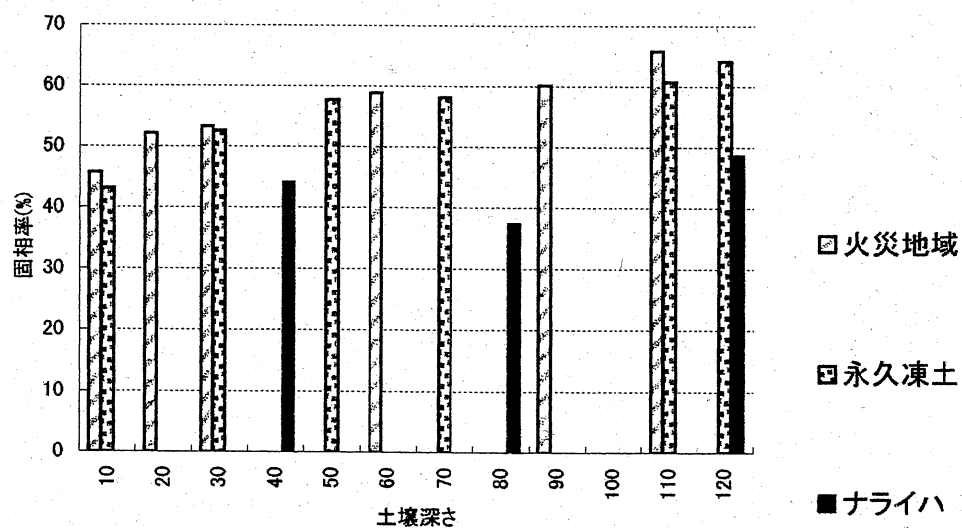


図3 モンゴル土壌の固相率

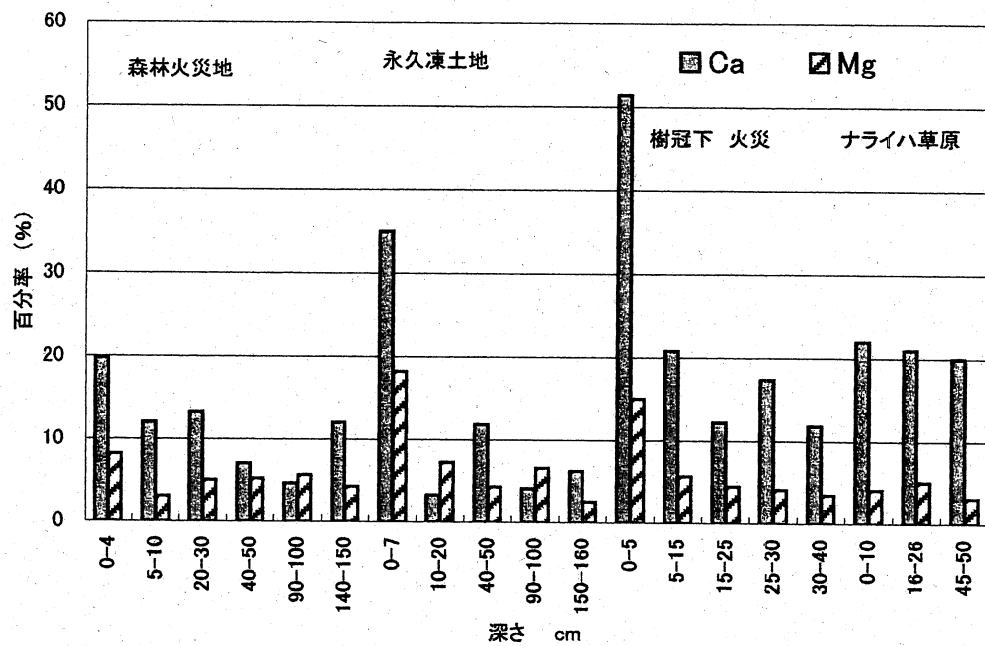


図8 モンゴル森林土壌の交換基

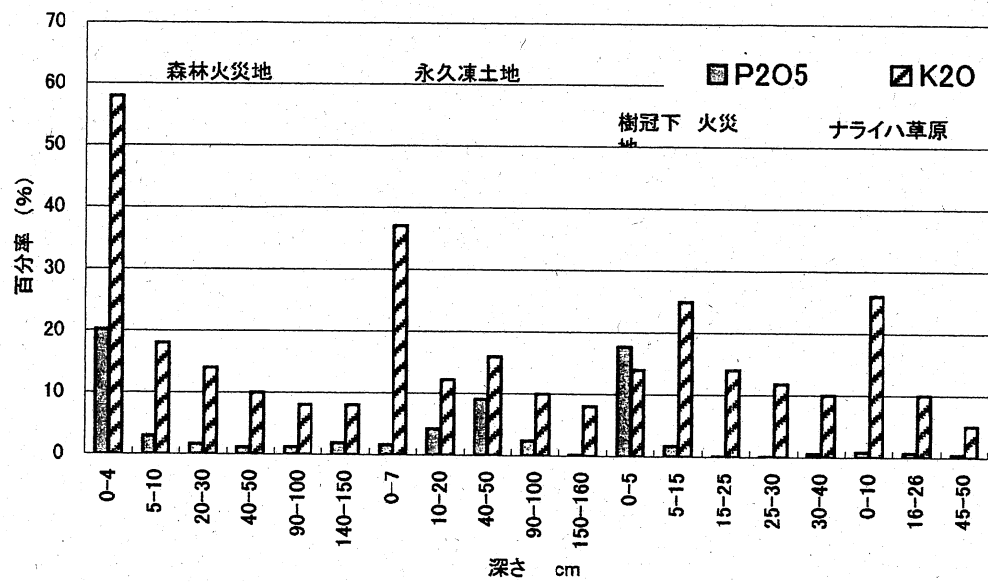


図9 モンゴル森林土壌の有効塩基

表1 モンゴウ科学アカデミーによる調査土の化学分析

No.	Plot No.	depth (cm)	soil reaction pH	organic carbon 有機炭素	humus 腐食量	Exchangable			available	
						Ca	Mg	Ca+Mg	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	No.1	0-4	7.5	7.07	12.18	19.8	8.2	28.0	20.2	58.0
2		5-10	7.3	4.12	7.1	12.0	3.0	22.0	2.9	18.0
3		20-30	6.6	1.67	2.87	13.2	5.0	18.2	1.6	14.0
4		40-50	7.1	1.28	2.2	7.0	5.2	12.2	1.12	10.0
5		90-100	7.2	1.09	1.87	4.6	5.6	10.2	1.2	8.0
6		140-150	7.9	0.66	1.13	12.0	4.2	16.2	1.9	8.0
7	No.2	0-7	6.3	10.8	18.61	35.0	18.2	53.2	1.6	37.0
8		10-20	7.0	0.23	0.39	3.2	7.2	10.4	4.2	12.2
9		40-50	7.3	0.59	1.01	11.8	4.2	16.0	9.0	16.0
10		90-100	7.2	0.26	0.44	4.0	6.6	10.6	2.4	10.0
11		150-160	6.7	0.11	0.18	6.2	2.4	8.6	0.2	8.0
12	No.3	0-5	5.9	13.65	23.53	51.4	15.0	66.4	17.7	13.9
13		5-15	6.1	6.92	11.93	20.8	5.6	26.4	1.7	25.0
14		15-25	6.1	5.52	9.51	12.2	4.4	16.4	0.1	14.0
15		25-30	6.3	1.95	3.36	17.4	4.0	21.4	0.1	11.8
16		30-40	6.7	1.36	2.34	11.8	3.4	15.2	0.6	10.0
17	No.4	0-10	7	0.00	2.87	22.0	4.0	26.0	0.9	26.0
18		16-26	7.5	0.00	2.35	21.0	5.0	26.0	0.7	10.0
19		45-50	7.7	0.00	0.76	20.0	3.0	23.0	0.4	5.0

表2

モニタリング採取土の熱伝導率

No.	地点名・深さ	採土管番号試料+探土管	〔乾燥前〕	熱伝導率測定値 (W/m・K)	勾配 (y/x)	水の熱伝導率 (1.421)	試料の熱伝導率	強熱減量	液相率	固相率	気相率
1	10cm	D 1	243.9	21.0	0.5		0.320	1.7	22.1	45.7	32.1
2	20cm	D 2	252.2	12.0	0.2		0.143	1.6	11.4	52.1	36.5
3	30cm	D 3	257.5	13.0	0.4		0.258	1.4	12.8	53.3	33.9
4	60cm	D 4	270.8	15.0	0.5		0.297	1.3	12.0	58.9	29.1
5	90cm	D 5	273.6	18.5	0.3		0.183	1.0	12.7	60.2	27.1
6	110cm	D 6	287.0	11.5	0.3		0.195	0.9	10.4	65.8	23.8
7	10cm	D 7	211.4	11.5	0.4		0.228				
8	20cm	D 8	238.3	6.0	0.2		0.119				
9	30cm	D 9	247.7	6.0	0.2		0.143				
10	40cm	D 10	258.6	8.0	0.3		0.159				
11	10cm	D 26	228.8	13.5	0.3		0.161	2.1	11.9	43.1	45.0
12	30cm	D 27	256.1	9.0	0.3		0.153	1.5	12.1	52.6	35.8
13	55cm	D 28	267.2	13.0	0.3		0.155	1.2	11.2	57.8	31.0
14	75cm	D 29	264.9	12.5	0.3		0.186	1.0	8.0	58.2	33.8
15	115cm	D 30	271.3	8.0	0.3		0.159	1.0	7.9	60.8	31.3
16	120cm	D 25	282.6	10.0	0.3		0.170	1.0	10.7	64.2	25.2
17	40cm	D 13	233.7	10.0	0.3		0.149	7.1	11.6	44.1	44.3
18	80cm	D 14	241.7	9.5	0.3		0.188	7.3	18.3	37.5	37.5
19	120cm	D 15	253.8	11.5	0.3		0.171	7.5	18.6	48.7	32.7

VI. ヒートパイプによる凍土の融解抑制効果

1. 使用したヒートパイプと温度測定

この調査に使用したヒートパイプは、直径 50mm、長さ 3.30m、重さ 17kg のフジクラ製造のものを使用した。パイプはステンレス鋼 SUS304TP-A で、アルミ製の 220mm 角のフィンが 100 枚取り付けられている。ヒートパイプ内の作動液は、代替フロンの HFC-134a である。ヒートパイプの詳細図面は、次のページに示すとうりである。

このヒートパイプは、モンゴルの 3 地点に埋設された。ヘンティ山系のヘルレン川の支流、ホイト・ホリオット川付近(ウランバートルから北西約 240km)の河岸大地の森林火災地とその東側の森林内の永久凍土地の 2 箇所に埋設した。

埋設したヒートパイプ周辺の温度測定には、米国のオンセット社の HOB0-4Chanel External 記録計を使用した。温度センサーは、いずれもサーミスターである。センサーの取り付け位置は、図に示すように、8 ヶ所にした。

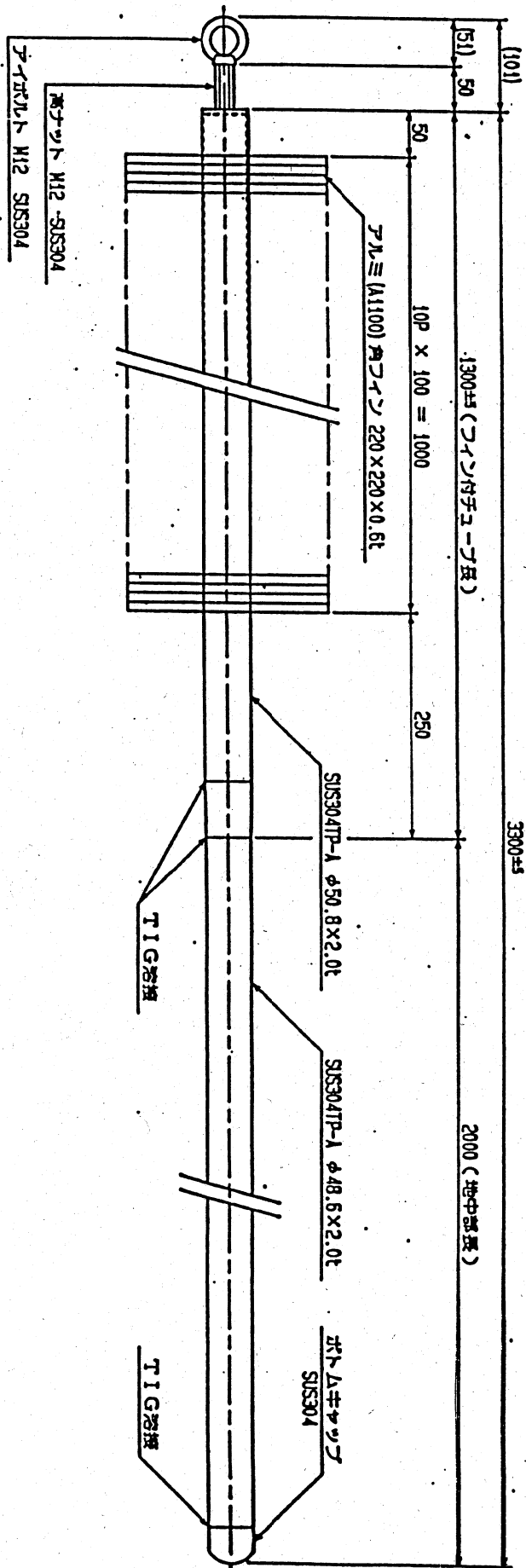
- ① フィン部 地上 120cm
- ② 地表面 ヒートパイプから水平 50cm はなれた地点
- ③ ヒートパイプ直下 50cm
- ④ ヒートパイプ先端 深さ 160cm
- ⑤ 地表面下 50cm ヒートパイプから 30cm 離れ
- ⑥ 地表面下 50cm ヒートパイプから 50cm 離れ
- ⑦ 地表面下 100cm ヒートパイプから 30cm 離れ
- ⑧ 地表面下 100cm ヒートパイプから 50cm 離れ

森林火災地との比較対照地点として、ナライハの草原に、同様のヒートパイプを埋設した。温度の測定箇所も上記と同様の位置にして、センサーを設置した。

ヒートパイプの埋設深さの予定は 2m であったが、いずれも 160cm 程度でベトロックが現れ、これ以上掘削不可能となったため、最深位置は 160 から 170cm 程度となった。モンゴルの土層の厚さは、東北部では、比較的浅いことがこのことから判明した。

2. 平成 12 年度の現地地温調査によるヒートパイプの効果

今年度調査は、平成 12 年 7 月 1 日から 7 月 11 日の間で、モンゴルに滞在しヘンティ山系の永久凍土の森林火災地の調査を行った。前年前に埋設され



注記

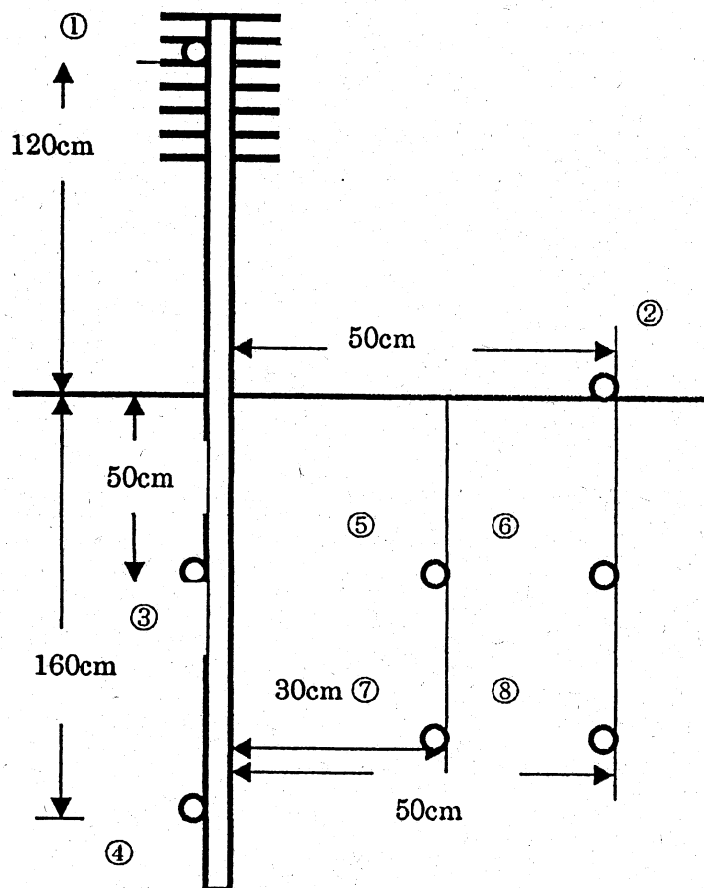
- 1) 作動液: HFC-134a, 液量: 1.3kg
- 2) ツイン付チューブ

数量	3 (本)
重量	17 (kg/本)

REVISIONS	DATE	BY
変更	変更	変更

DESIGNED BY	CHECKED BY
DRAWN BY	

PART NO.	NAME OF PARTS	MATL.	QTY.	REMARKS
PROJECT NAME:				
TITLE				
モリタル冬久達士				
融解防止兼融用ヒートパイプ				
DATE OF ISSUE				
DATE OF DESIGN				
REVISION				



たヒートパイプの3地点を主として、植生の調査、温度データの回収、土壌調査などを行った。各点、森林火災地、永久凍土地、ナライハの草原で3時間ごとに1年間、連続計測したデータは完全に記録されていた。

この結果によると、森林火災地の気温は、10月初旬よりになり、12月末に最低になり、さらに4月中旬に0℃以上になった。フィン温度から推測すると永久凍土地やナライハ草原より低温であった。ヒートパイプ直下を除いて、いずれも6月中旬まで凍土状態を維持させたが、その後融解してしまった。ナライハの草原が最も早く、そして森林火災地、最後は永久凍土地の順に融解した。その原因は土壌水分が極めて少ないためと考えられる。地温の低下は十分に行われることから、土壌中に多量の水がないため氷が形成されても長期持続せず、夏季の水分保持機能が問題であるといえる。

永久凍土地帯の土壌は有機物が極めて少ない微妙な状態にあることから、地表面での雨水の確保が不可欠である。森林火災地のほうが多少、有機物が表層に多いことから、落ち葉などのリターの蓄積が重要であり、多年に渡って水分保持機能を働かせる必要がある。ただ、永久凍土地のヒートパイプ直下の160cmの土壌は0℃以下を維持していた。この結果によると、次年度に凍土域が拡大される期待がもたれた。

ヒートパイプ埋設地の温度変化を詳細に考察すると、図1に、森林火災地の日平均温度の温度変化を、図4に旬平均温度変化を示した。これによると10月中旬からすべての温度はマイナスになり、12月下旬が最低になった。フィンの温度が最も低く-40℃を、次にヒートパイプの地上から50cmの深さが低温になり、-35℃の値を示している。3月中旬の時点からすべての温度は上昇し始め、地表面の融解は、5月初旬から融解し始めた。6月初旬になって深さ50cmの凍土の融解が始まった。6月になって深さ1mの凍土が融解する結果となった。しかし、今年度はヒートパイプ直下の160cmではマイナスであったので凍土は維持されたと考えられる。このことは、凍土を増加するのには、次年度に期待がもてた。

次に図2に、永久凍土地の日平均温度の温度変化を、図5に旬平均温度変化を示した。同様に10月中旬からすべての温度はマイナスになり、1月初旬が最低になった。ほとんど森林火災地の温度変化と変わらず、同様の傾向を示し、ヒートパイプ直下の160cmではマイナスであったのでヒートパイプとの融解抑制効果は多少なり発揮しているものと判断される。

他方、森林火災の対照地点として選択されたナライハの草原のデータをみると、図3に、日平均温度の温度変化を、図6に旬平均温度変化を示した。森林火災地と比較すると大差は見られないが、若干融解による地温の上昇が早い傾向が見られた。

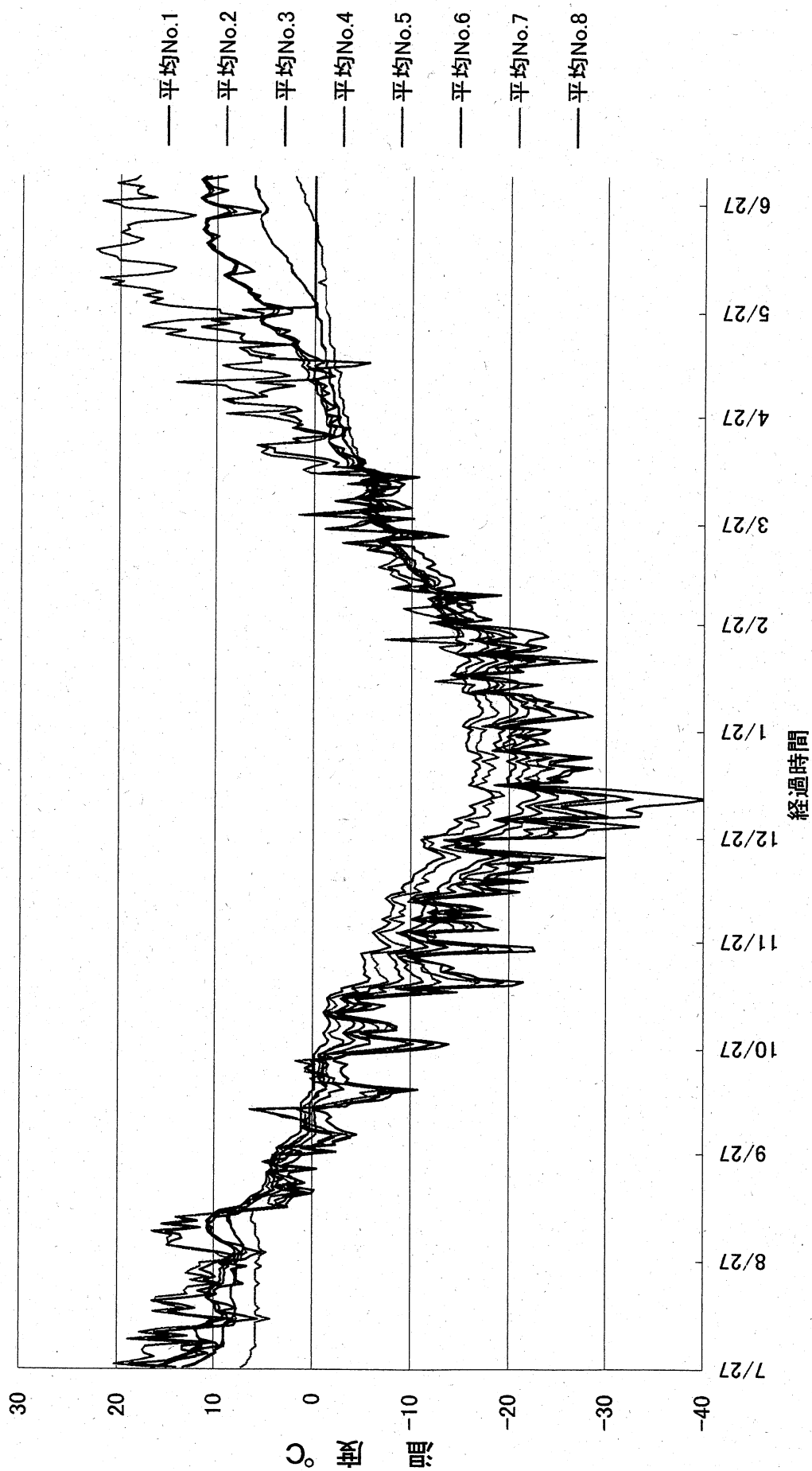


図1 森林火災地の日平均温度

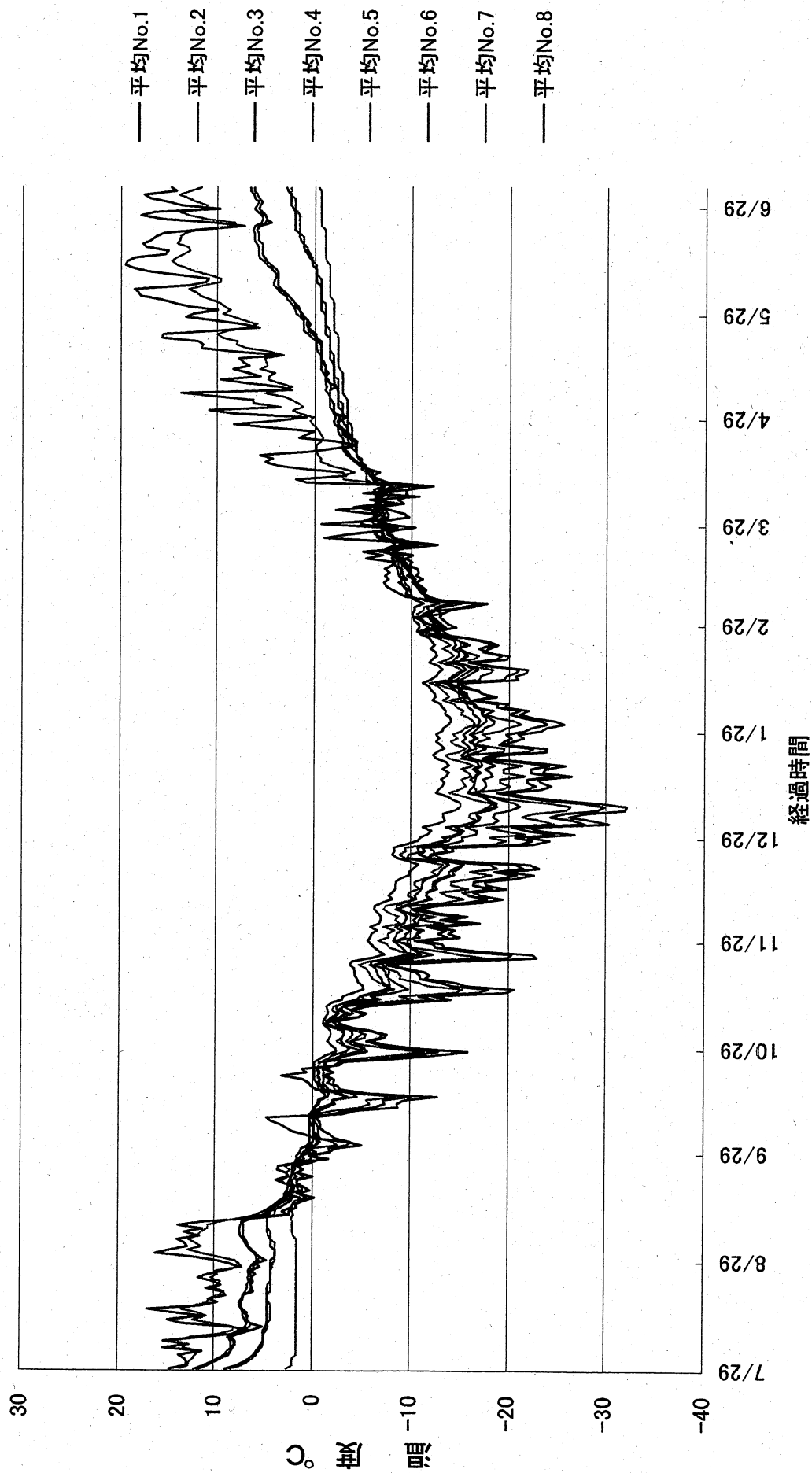


図2 永久凍土の日平均温度

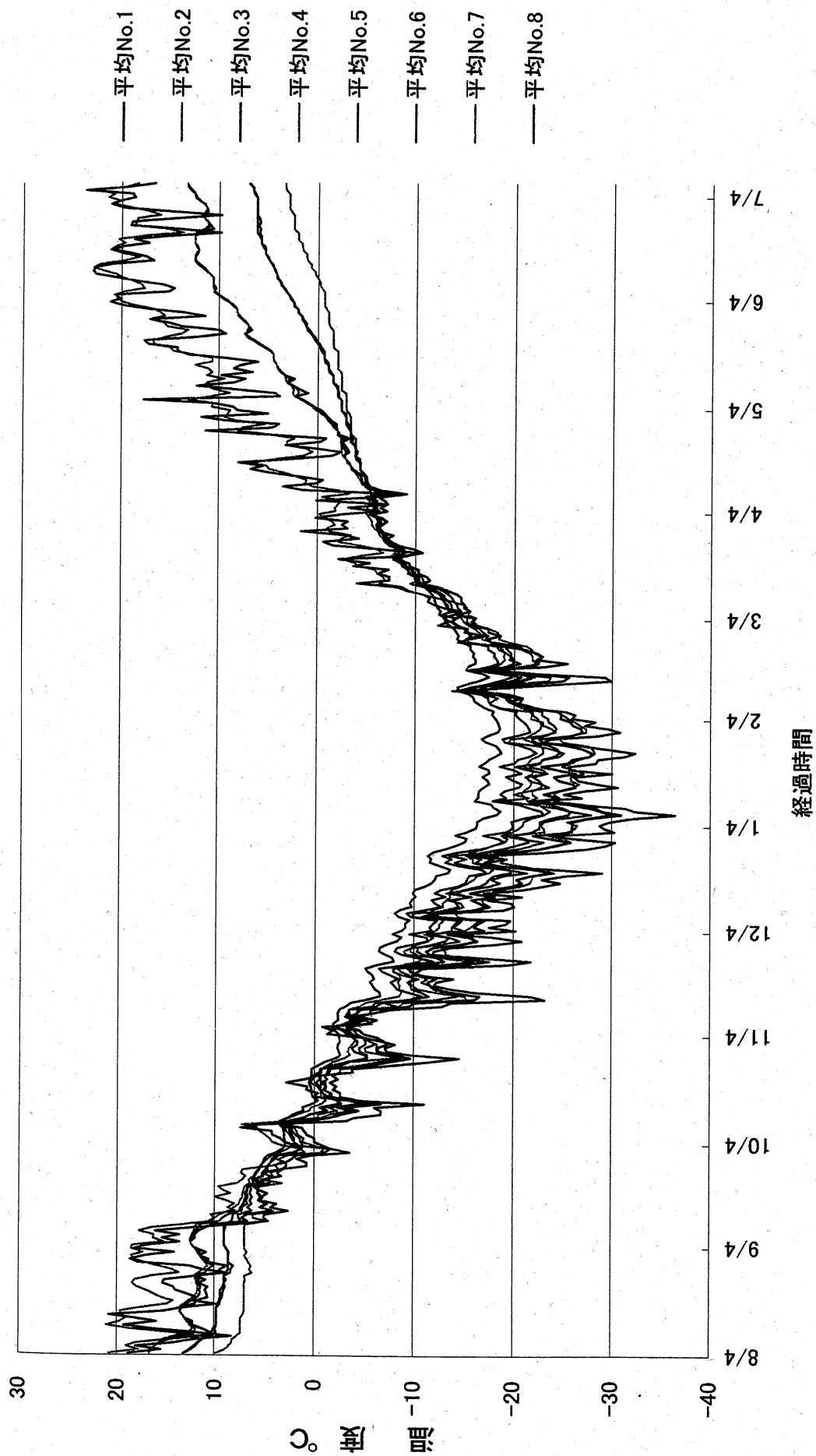


図3 ナライハ草原の日平均温度

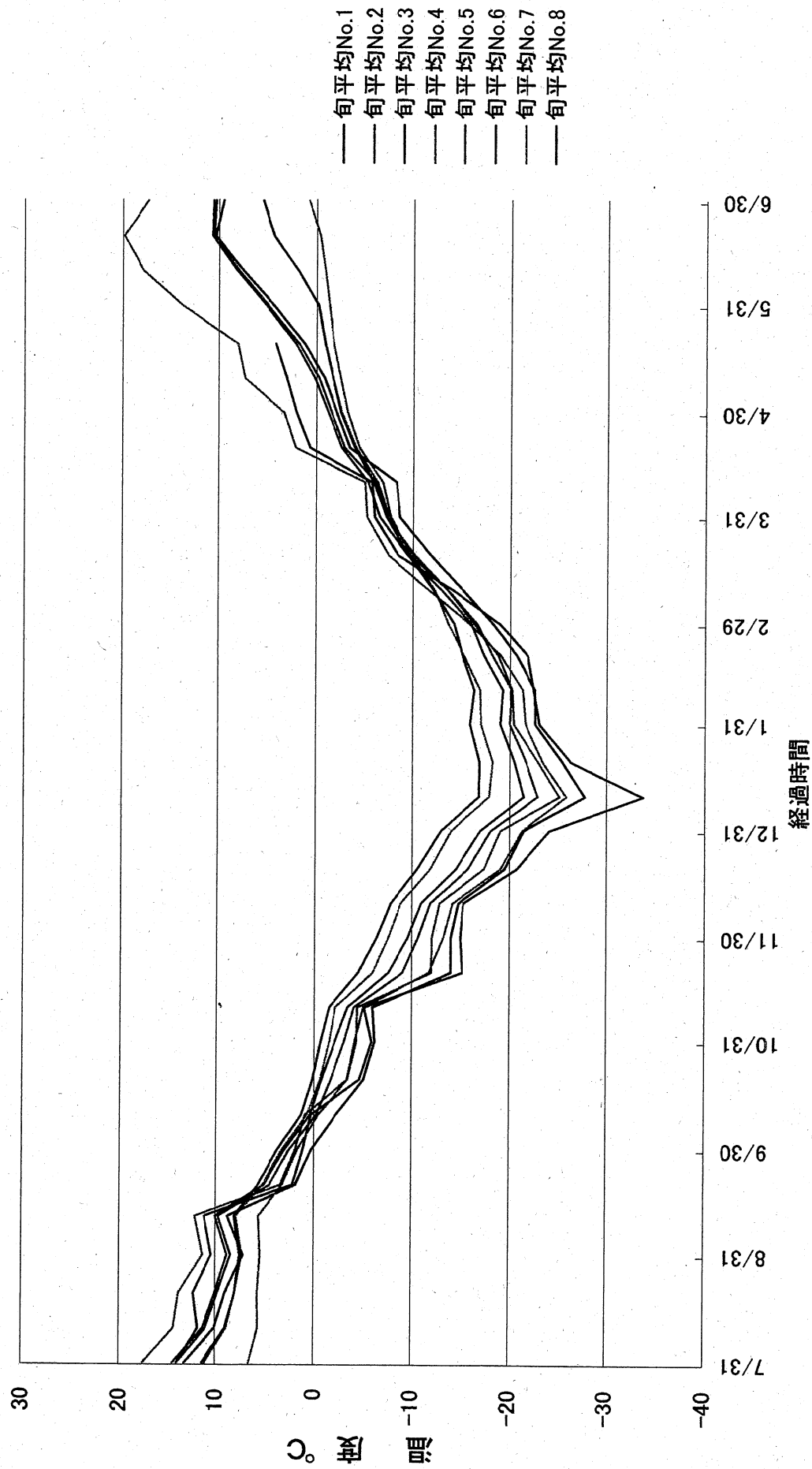


図4 森林火災地の旬平均温度

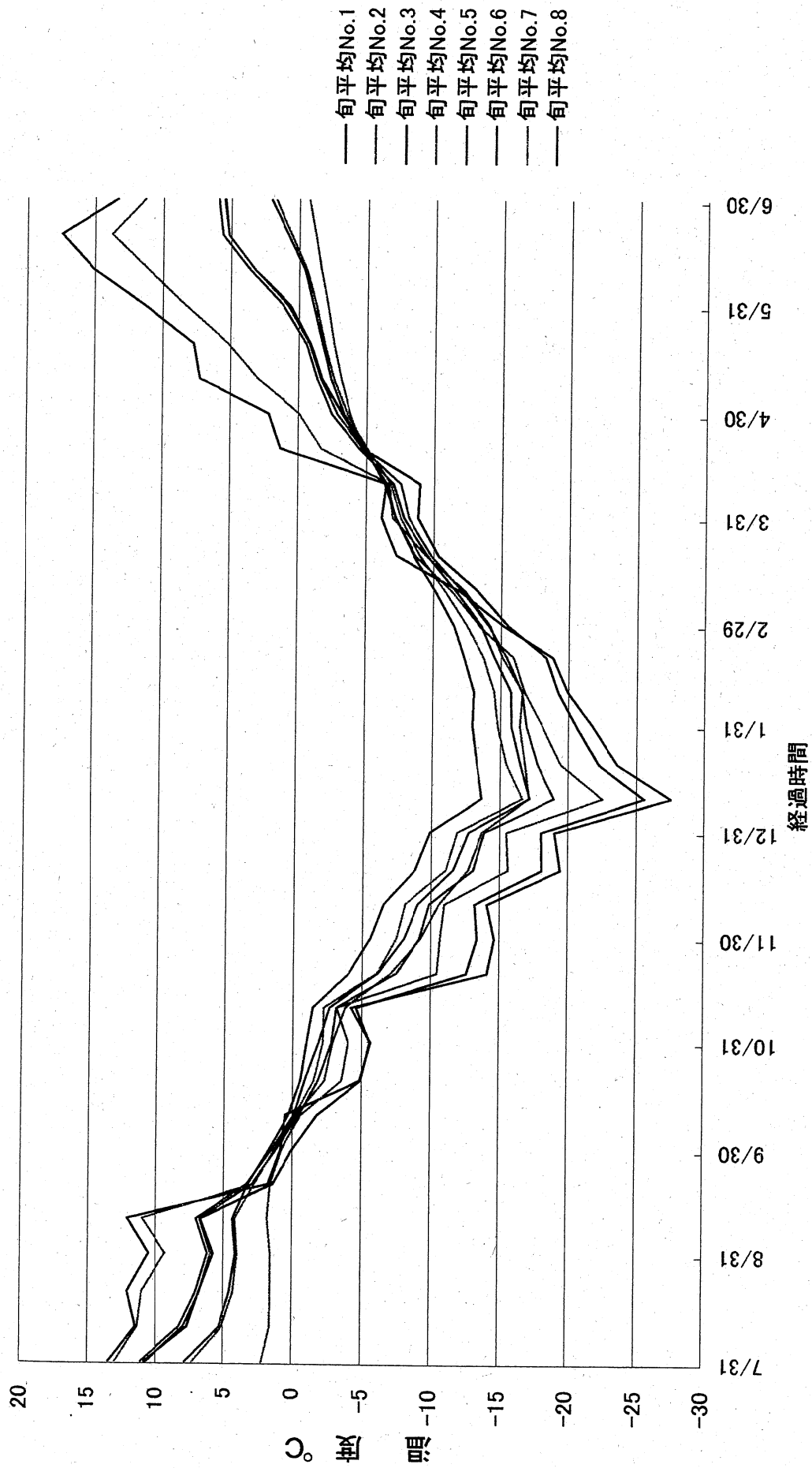


図5 永久凍土地の旬平均温度

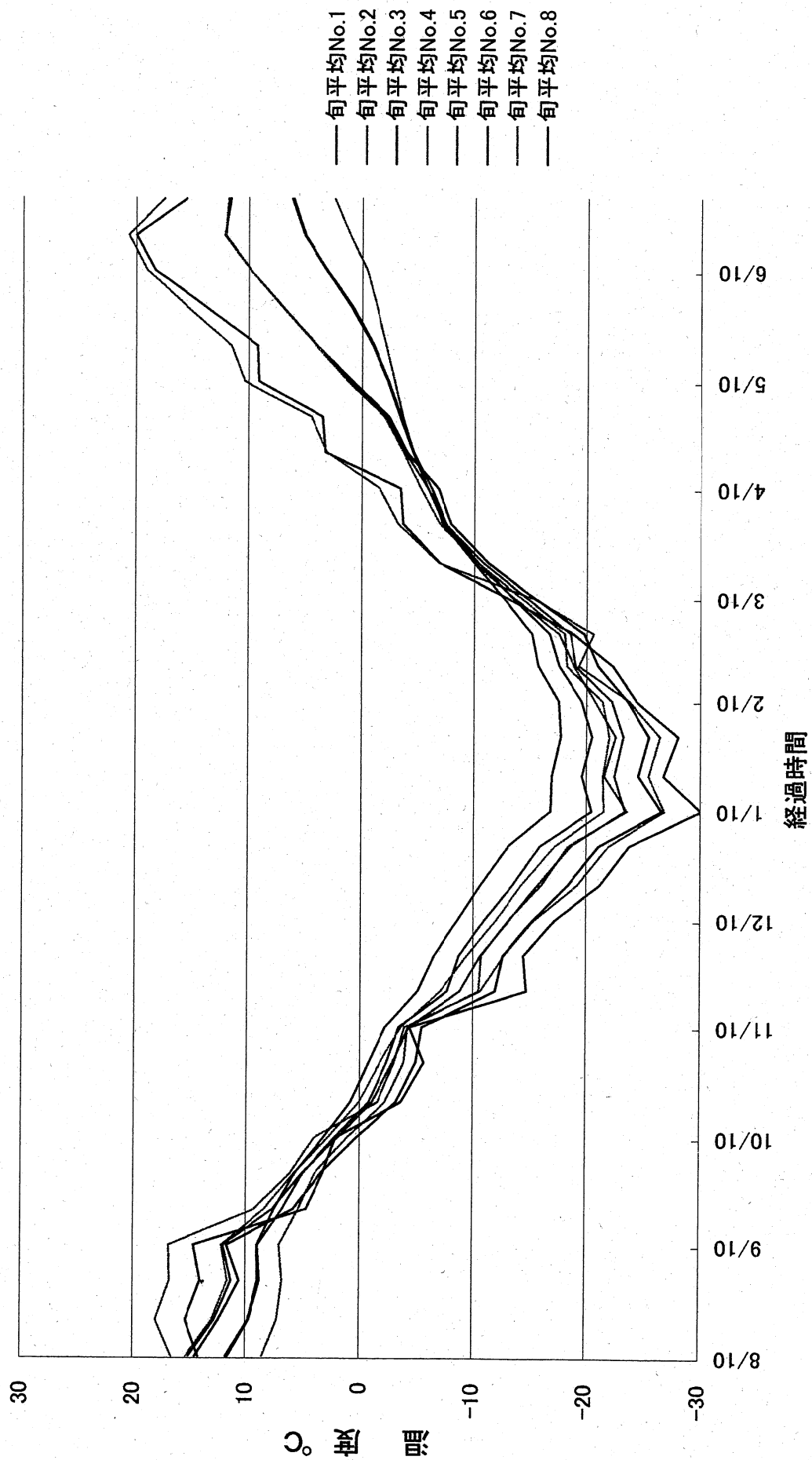


図6 ナライハ草原の旬平均温度

表 1 に、森林火災地の旬平均温度の値を、表 2 に、永久凍土地の旬平均温度の値を、そして表 3 にナライハの旬平均温度を示した。

相対的に、森林火災地のほうが低温であるが、反面永久凍土地のほうが融解が多少遅い傾向がみられた。これは樹木が低温になるのを多少緩和し、直射日光の影響を少なくして融解を遅らせていると思われる。

3. 平成 13 年度の現地地温調査によるヒートパイプの効果

今年度調査は、昨年とほぼ同様に平成 13 年 6 月 30 日から 7 月 7 日まで、モンゴルに滞在しヘンティ山系の永久凍土の森林火災地の調査を行った。2 年前に埋設されたヒートパイプの 3 地点を主として、植生の調査、温度データの回収、土壌調査などを行った。各点、森林火災地と永久凍土地で 3 時間ごとに 1 年間、連続計測したデータは完全に記録されていた。ナライハの草原の温度測定はトラブルで今回はほとんどデータが得られなかった。今年の冬は極めて低温であったが、分析結果は昨年とほぼ同様に、森林火災地の気温は永久凍土地やナライハ草原より温度は低温あったと推測される。いずれも HP のフィン部の温度センサーが不良で、直接比較はできなかった。ヒートパイプの直下を除いて、いずれも 6 月下旬まで凍土状態を維持させたが、その後融解してしまった。その原因は先に述べたように土壌水分が極めて少ないためと考えられる。地温の低下は十分に行われることから、土壌中に多量の水がないため連続した氷が形成されないと判断される。

永久凍土地帯の土壌は有機物が極めて少ない微妙な状態にあることから、地表面での雨水の確保が不可欠である。森林火災地のほうが多少、有機物が表層に多いことから、落ち葉などのリターの蓄積が重要であり多年に渡って水分保持機能を働かせる必要がある。これを人工的に増加させるためには、森林火災地の表層に吸水性ポリマーを混入して、水分の増強を図ることによりヒートパイプの効果が期待できることが結論付けられる。

今年の調査後、NHK のウィークエンド・スペシャル B S-1 の 2001 年 11 月 3 日に、「モンゴルの森が消えるー永久凍土融解の脅威ー」が放映された。この放映に出演し、研究結果の一部を紹介することができた。

ヒートパイプ埋設地の温度変化を考察するため、図 4 に、森林火災地の日平均温度の温度変化を図 9 に旬平均温度変化を示した。これによると 10 月中旬からすべての温度はマイナスになり、1 月初旬が最低になった。ヒートパイプの地上から 50cm の深さが最も低温になり、 -35°C の値を示している。2 月中旬の時点からすべての温度は上昇し始め、地表面の融解は、4 月初旬から融解し始めた。5 月中旬になって深さ 50cm の凍土の融解が始まった。

6 月になって深さ 1m の凍土が融解する結果となった。しかし、今年度はヒ

ートパイプ直下の 160cm ではマイナスであったので凍土は維持されたと考えられる。このことは、凍土を増加するのには、年数が懸かることを意味している。この点は調査年が少ないので残念ながら証明できなかった。

次に図 5 に、永久凍土地の日平均温度の温度変化を図 10 に旬平均温度変化を示した。同様に 10 月中旬からすべての温度はマイナスになり、1 月初旬が最低になった。ほとんど森林火災地の温度変化と変わらず、同様の傾向を示し、ヒートパイプ直下の 160cm ではマイナスであったので凍土は維持されたと考えられる。

表 4 に、森林火災地の旬平均温度の値を、表 5 に、永久凍土地の旬平均温度の値を示した。相対的に、森林火災地のほうが低温であるが、反面永久凍土地のほうが融解が多少遅い傾向がみられた。これは樹木が低温になるのを多少緩和し、直射日光の影響を少なくして融解を遅らせていると思われる。

表1 森林火災地の旬平均温度

	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.
1999/7/31	14.0	17.5	13.2	6.6	14.0	14.4	11.1	11.4
1999/8/10	11.8	14.4	10.1	5.7	11.0	11.3	8.9	9.0
1999/8/20	12.3	13.8	9.0	5.7	9.8	10.0	8.0	8.0
1999/8/31	10.4	11.3	7.2	5.5	8.4	8.8	7.3	7.5
1999/9/11	11.2	12.2	8.8	5.6	9.7	10.0	7.9	8.1
1999/9/20	2.1	3.3	1.8	3.2	4.5	5.1	5.2	5.7
1999/9/30	1.1	1.9	0.3	1.7	2.5	3.0	3.2	3.7
1999/10/10	0.3	0.9	-2.3	-0.4	-0.2	0.4	0.7	1.3
1999/10/20	-4.6	-3.4	-5.1	-3.4	-1.7	-0.7	-0.6	0.2
1999/10/31	-5.9	-4.2	-6.2	-4.3	-3.1	-2.1	-1.5	-0.7
1999/11/10	-5.1	-5.0	-6.0	-4.4	-4.1	-3.4	-2.2	-1.5
1999/11/20	-15.1	-11.7	-14.0	-12.0	-9.0	-7.6	-6.0	-4.5
1999/11/30	-14.9	-13.2	-14.0	-12.0	-10.6	-9.6	-7.5	-6.4
1999/12/10	-15.2	-14.1	-14.7	-12.8	-11.9	-10.9	-8.8	-7.8
1999/12/20	-20.7	-19.0	-19.5	-17.4	-15.7	-14.5	-11.8	-10.5
1999/12/31	-24.1	-21.3	-21.4	-19.1	-18.0	-17.0	-14.0	-12.9
2000/1/10	-33.7	-25.8	-27.7	-25.1	-22.9	-21.4	-17.9	-16.8
2000/1/20	-26.3	-23.4	-25.4	-22.9	-21.7	-20.5	-18.2	-16.9
2000/1/31	-23.0	-21.6	-22.6	-20.4	-19.9	-19.0	-17.0	-15.9
2000/2/10	-22.4	-21.3	-22.6	-20.2	-20.2	-19.3	-16.9	-16.3
2000/2/20	-21.8	-19.1	-20.7	-18.8	-18.2	-17.3	-15.2	-15.1
2000/2/29	-19.0	-15.8	-18.3	-16.3	-16.6	-16.0	-13.6	-14.2
2000/3/10	-14.0	-11.5	-15.1	-13.5	-13.5	-12.9	-12.2	-12.1
2000/3/20	-8.4	-7.4	-11.8	-9.8	-10.1	-9.4	-9.9	-9.5
2000/3/31	-6.0	-5.2	-8.6	-7.6	-7.3	-6.5	-7.5	-7.2
2000/4/10	-5.8	-5.0	-8.3	-6.8	-6.1	-5.4	-6.3	-5.9
2000/4/20	0.6	2.1	-3.4	-4.4	-2.9	-2.7	-4.1	-4.0
2000/4/30	2.0	3.3	-2.1	-3.2	-1.6	-1.2	-2.7	-2.6
2000/5/10	3.0	7.3	-0.8	-2.5	-0.3	0.2	-1.8	-1.7
2000/5/20	4.1	8.0	1.2	-1.8	1.7	2.1	-0.9	-0.9
2000/5/31		13.8	4.4	-1.3	4.9	5.2	-0.2	-0.2
2000/6/10		17.8	7.5	-0.9	7.9	8.1	1.8	1.8
2000/6/20		19.9	10.3	-0.4	10.5	10.7	4.3	4.3
2000/6/30		17.3	9.5	0.8	10.3	10.6	5.4	5.5

表2 永久凍土地の旬平均温度

	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.
1999/7/31	13.5	13.0	10.8	2.2	10.7	11.1	7.3	7.8
1999/8/10	11.5	11.4	7.7	1.6	7.9	8.3	5.1	5.3
1999/8/20	12.1	11.0	6.8	1.6	6.8	7.1	4.3	4.6
1999/8/31	10.5	9.3	5.8	1.6	6.0	6.2	4.0	4.1
1999/9/10	12.1	11.0	6.7	1.9	6.8	7.1	4.2	4.3
1999/9/20	1.8	2.9	1.4	1.6	2.9	3.3	2.8	3.2
1999/9/30	0.9	1.3	0.0	0.8	1.2	1.5	1.3	1.7
1999/10/10	0.6	-0.3	-1.7	-0.6	-0.5	-0.1	-0.2	0.3
1999/10/20	-4.8	-2.3	-4.9	-3.5	-1.8	-0.8	-1.5	-0.6
1999/10/31	-5.6	-2.9	-5.6	-4.0	-2.8	-1.8	-2.1	-1.0
1999/11/10	-4.2	-3.8	-4.6	-3.1	-3.1	-2.6	-2.2	-1.4
1999/11/20	-14.1	-7.1	-12.6	-10.4	-7.5	-6.1	-6.1	-4.0
1999/11/30	-14.6	-9.2	-13.3	-10.6	-9.1	-8.0	-7.4	-5.6
1999/12/10	-14.1	-10.6	-13.1	-11.0	-9.8	-9.0	-8.1	-6.5
1999/12/20	-19.4	-12.7	-18.0	-15.6	-13.0	-11.6	-11.1	-8.8
1999/12/31	-19.0	-13.7	-18.0	-15.5	-13.8	-12.7	-11.8	-9.9
2000/1/10	-27.5	-17.1	-25.6	-22.5	-18.9	-17.1	-16.6	-13.7
2000/1/20	-23.6	-16.8	-22.2	-19.4	-17.7	-16.5	-15.4	-13.3
2000/1/31	-21.8	-16.4	-20.6	-18.1	-16.9	-15.8	-14.8	-12.9
2000/2/10	-19.9	-16.6	-19.2	-16.7	-16.5	-15.7	-14.5	-13.0
2000/2/20	-18.8	-15.1	-18.3	-15.9	-15.4	-14.5	-13.7	-12.2
2000/2/29	-15.2	-14.2	-15.5	-13.4	-14.1	-13.6	-12.5	-11.5
2000/3/10	-11.9	-12.3	-13.3	-11.3	-12.1	-11.6	-10.8	-10.1
2000/3/20	-7.2	-9.5	-10.3	-8.7	-9.8	-9.6	-9.0	-8.5
2000/3/31	-6.1	-6.9	-8.8	-7.2	-8.1	-7.8	-7.5	-7.2
2000/4/10	-6.5	-6.6	-9.0	-6.5	-7.5	-7.0	-6.8	-6.3
2000/4/20	1.4	-1.7	-4.8	-4.8	-4.7	-4.5	-5.1	-4.9
2000/4/30	2.2	-0.1	-3.2	-3.8	-2.8	-2.4	-3.6	-3.3
2000/5/10	7.3	3.0	-1.7	-3.1	-1.6	-1.4	-2.6	-2.4
2000/5/20	7.7	5.2	-0.8	-2.5	-0.8	-0.6	-1.9	-1.7
2000/5/31	11.4	8.4	0.6	-2.1	0.8	1.2	-1.2	-1.1
2000/6/10	15.1	11.1	3.2	-1.6	3.2	3.6	-0.6	-0.4
2000/6/20	17.5	13.8	5.2	-1.2	5.2	5.6	0.6	0.8
2000/6/30	13.4	11.4	5.4	-0.7	5.5	5.9	1.7	2.1

表3 ナライハ草原の旬平均温度

	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.	旬平均No.
1999/8/10	14.1	16.6	14.4	8.5	15.0	11.5	15.3	11.8
1999/8/20	15.3	18.0	12.4	7.2	12.7	9.7	12.9	9.8
1999/8/31	14.0	16.8	10.5	6.8	11.2	8.7	11.6	8.9
1999/9/10	14.6	16.8	11.7	7.0	12.0	8.9	12.2	8.9
1999/9/20	4.7	9.2	5.8	5.4	7.6	6.8	8.3	7.4
1999/9/30	3.2	6.1	3.4	4.0	5.0	5.0	5.8	5.7
1999/10/10	2.1	4.0	0.3	1.1	1.9	2.2	2.7	3.2
1999/10/20	-3.6	-1.6	-3.2	-2.2	-1.1	-0.8	0.1	0.8
1999/10/31	-5.6	-3.1	-4.9	-3.9	-2.9	-2.4	-1.8	-0.8
1999/11/10	-4.4	-4.0	-5.5	-4.2	-4.3	-3.4	-3.6	-2.2
1999/11/20	-14.7	-10.6	-11.9	-10.5	-8.8	-7.7	-7.1	-5.1
1999/11/30	-14.5	-12.7	-12.6	-10.7	-10.6	-8.7	-9.4	-6.5
1999/12/10	-17.2	-15.4	-15.3	-13.1	-13.2	-11.0	-12.0	-8.6
1999/12/20	-21.2	-19.2	-18.3	-16.0	-15.7	-13.5	-14.2	-10.6
1999/12/31	-23.7	-21.9	-21.1	-18.4	-18.6	-15.9	-17.2	-13.1
2000/1/10	-30.1	-26.8	-26.6	-23.6	-23.4	-20.5	-21.5	-16.8
2000/1/20	-26.8	-25.5	-24.6	-21.6	-22.5	-19.6	-21.4	-16.9
2000/1/31	-28.1	-26.5	-25.5	-22.6	-23.2	-20.5	-22.0	-17.7
2000/2/10	-24.4	-23.8	-23.6	-20.8	-22.2	-19.6	-21.4	-17.5
2000/2/20	-22.3	-19.3	-21.0	-18.9	-19.0	-17.6	-18.2	-15.7
2000/2/29	-18.8	-20.6	-19.8	-17.5	-18.5	-16.7	-18.0	-15.2
2000/3/10	-13.0	-15.2	-15.4	-13.6	-14.8	-13.5	-14.2	-12.6
2000/3/20	-6.9	-6.8	-11.3	-10.0	-10.8	-10.4	-10.3	-10.0
2000/3/31	-3.7	-3.3	-7.9	-7.1	-7.4	-7.5	-6.9	-7.3
2000/4/10	-3.5	-1.6	-6.8	-6.2	-5.9	-6.2	-5.2	-5.9
2000/4/20	3.2	3.1	-4.0	-4.6	-3.9	-4.6	-3.7	-4.5
2000/4/30	3.4	4.5	-2.4	-3.6	-2.2	-3.5	-2.0	-3.4
2000/5/10	9.0	10.3	0.8	-2.9	1.0	-2.4	1.2	-2.3
2000/5/20	9.1	11.5	3.9	-2.2	3.9	-1.1	4.0	-1.0
2000/5/31	13.8	15.5	7.0	-1.3	7.0	0.8	7.0	0.9
2000/6/10	18.3	19.0	9.8	-0.5	9.8	3.0	9.8	3.1
2000/6/20	20.0	20.6	12.1	1.0	12.0	5.0	12.1	5.0
2000/6/30	15.5	17.5	11.6	2.4	11.7	6.0	11.8	6.2
2000/7/7	19.8	20.5	12.6	3.1	12.5	6.5	12.5	6.5

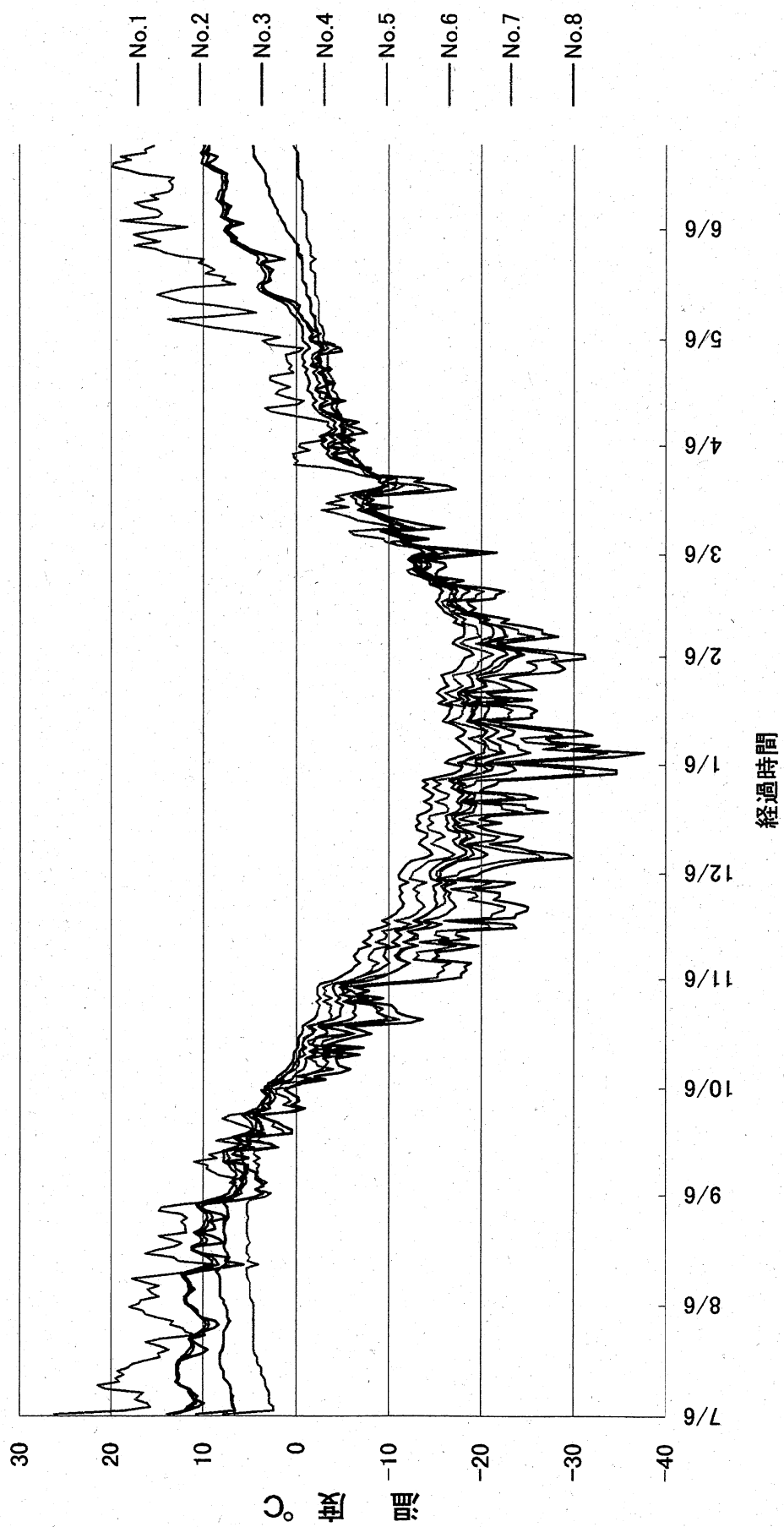


図7 森林火災地の温度変化(2年目)

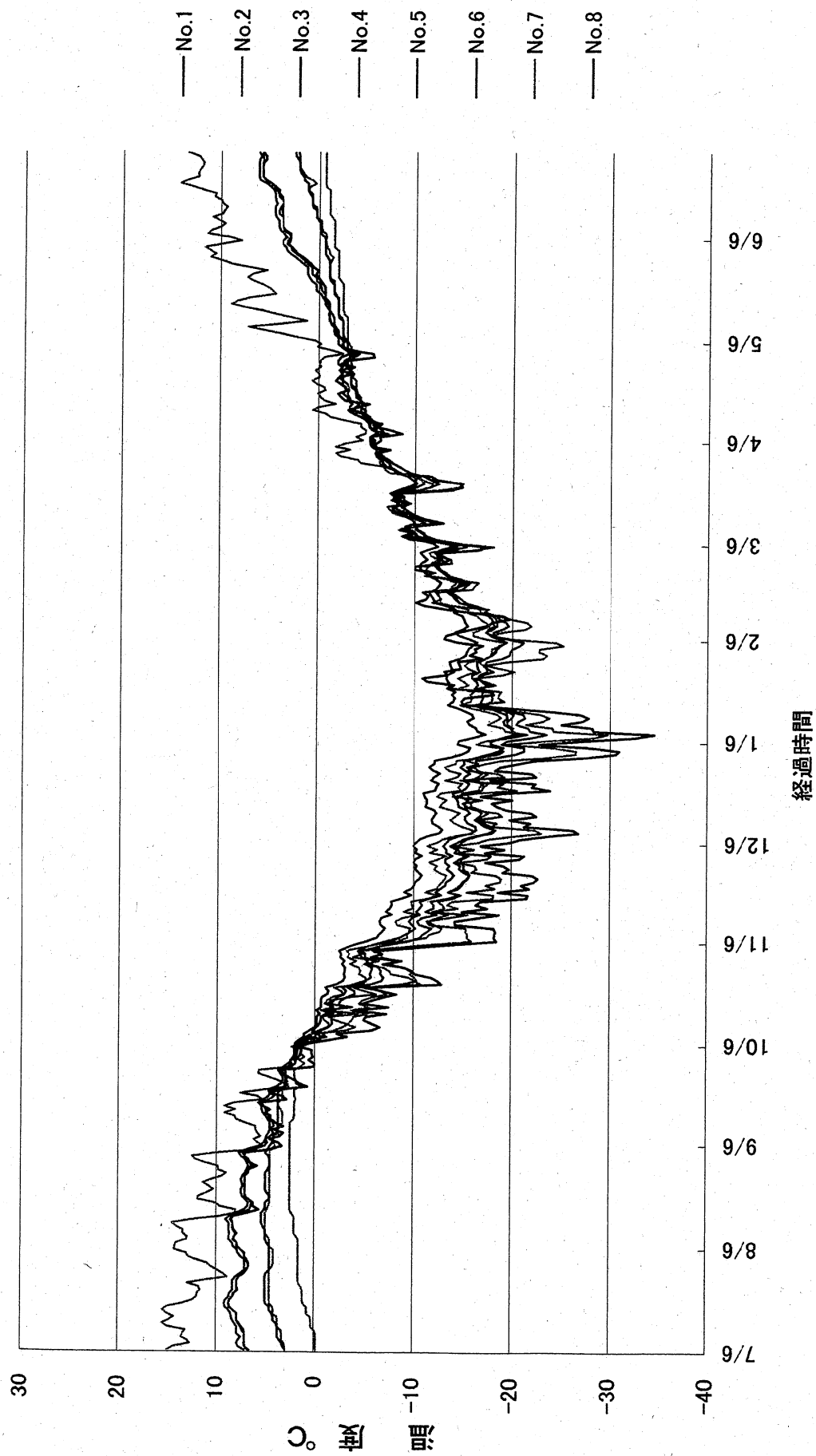


図8 永久凍土の温度変化(2年目)

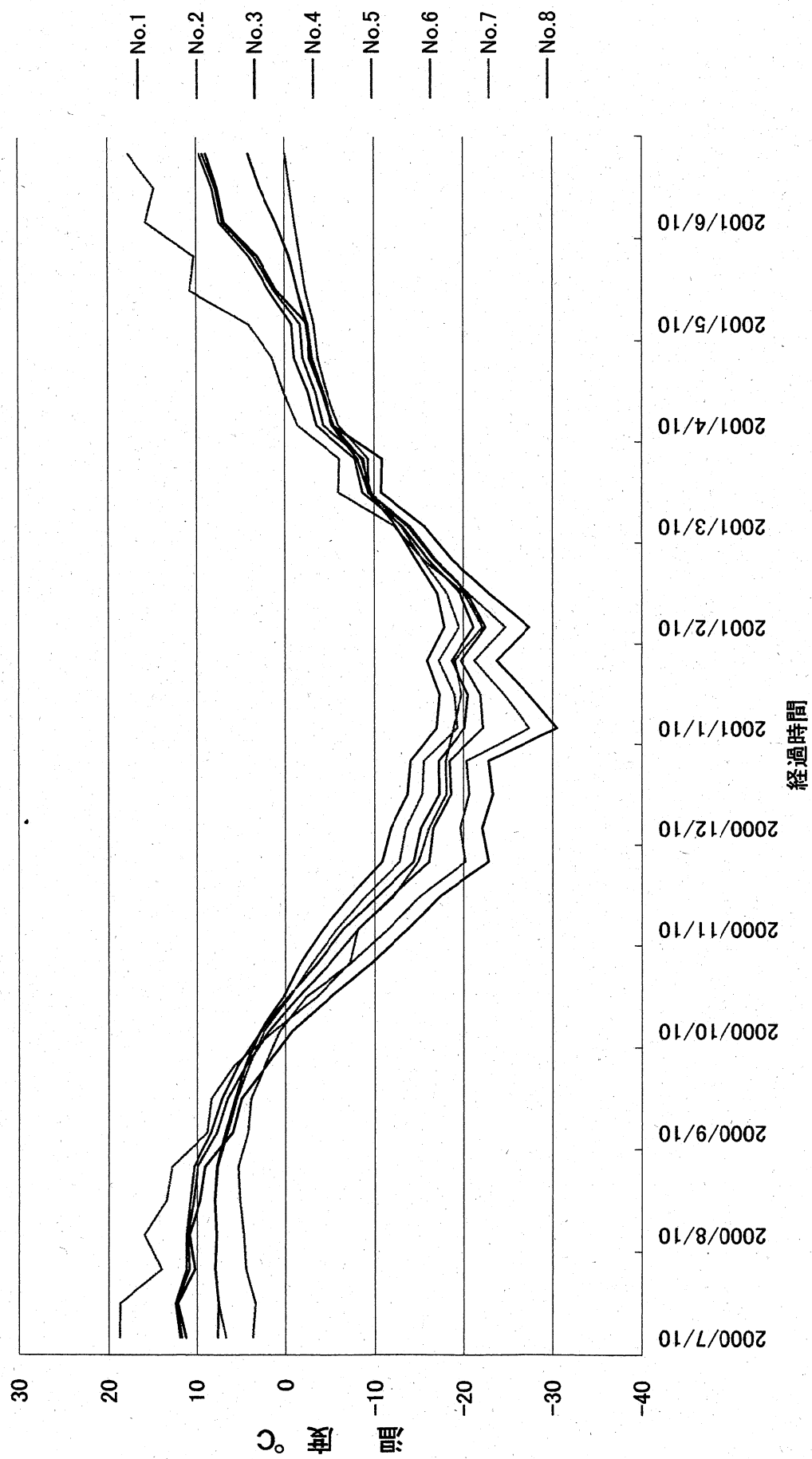


図6 森林火災地旬平均温度

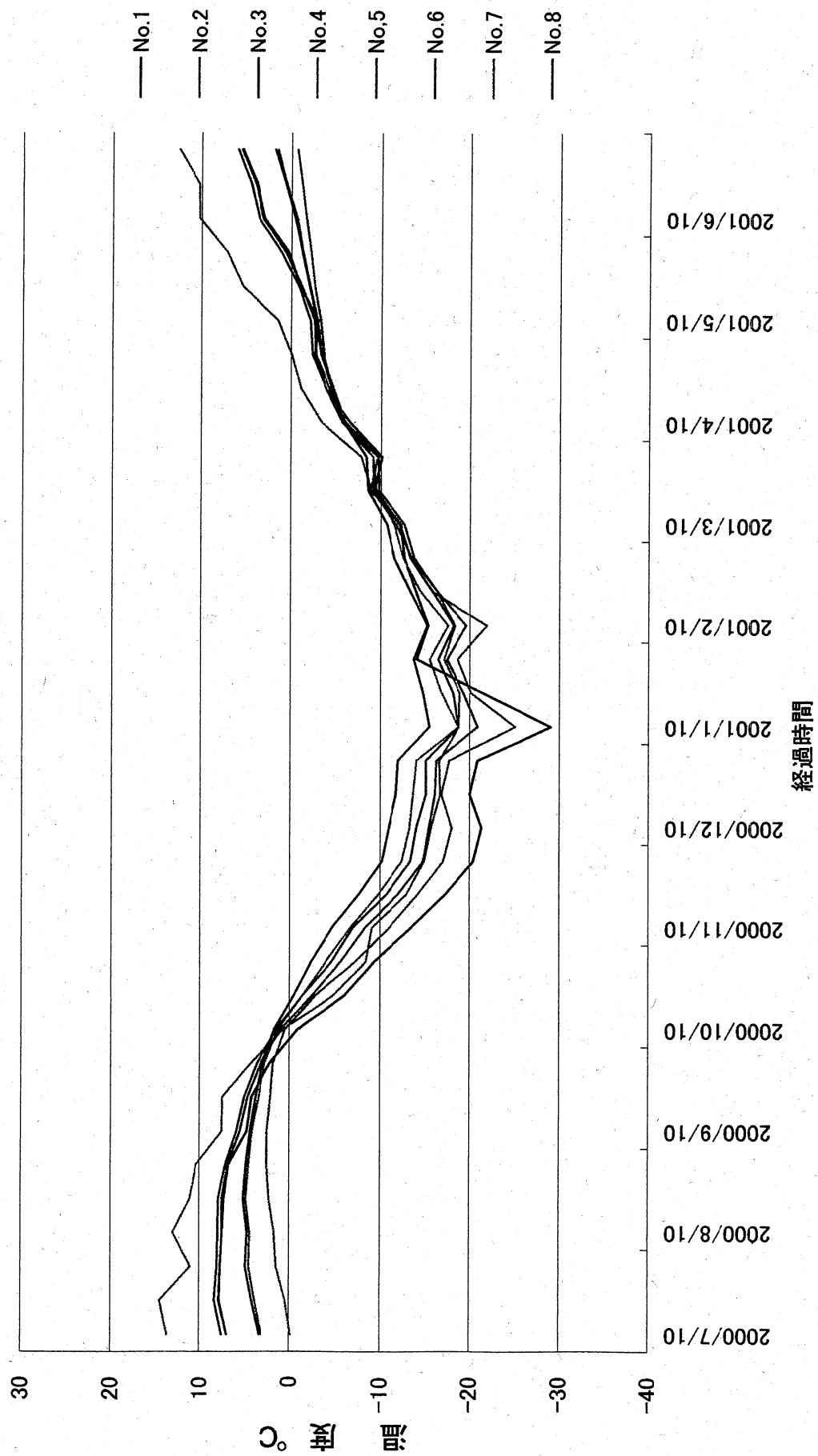


図10 永久凍土地の旬平均温度

表 4 森林火災旬平均温度

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
2000/7/10		18.8	11.2	3.7	11.7	11.9	6.7	7.6
2000/7/20		18.8	12.2	3.4	12.3	12.5	7.5	7.5
2000/7/31		14.0	10.2	4.5	10.9	11.2	7.9	7.9
2000/8/10		15.9	10.9	4.7	11.0	11.2	7.7	7.7
2000/8/20		13.4	9.6	5.1	10.4	10.8	7.9	8.0
2000/8/31		12.8	9.1	5.3	9.9	10.3	7.6	7.7
2000/9/10		8.8	6.0	4.2	7.7	8.4	6.5	6.8
2000/9/20		8.3	5.0	3.9	6.5	7.1	5.5	5.7
2000/9/30		5.8	2.1	2.3	4.4	5.3	4.1	4.5
2000/10/10		1.3	-0.8	0.6	1.8	2.7	2.4	2.9
2000/10/20		-3.5	-5.1	-2.3	-1.5	-0.3	-0.5	0.2
2000/10/31		-7.2	-9.7	-7.3	-5.0	-3.6	-3.0	-1.7
2000/11/10		-8.1	-13.7	-11.5	-8.2	-6.5	-5.8	-4.2
2000/11/20		-12.2	-17.5	-15.2	-12.1	-10.5	-9.1	-7.4
2000/11/30		-14.9	-22.8	-20.2	-16.1	-14.4	-12.8	-10.8
2000/12/10		-16.1	-22.1	-19.6	-16.6	-15.2	-13.5	-11.8
2000/12/20		-18.0	-23.2	-20.6	-18.5	-17.3	-15.3	-13.7
2000/12/31		-18.0	-22.8	-20.3	-18.4	-17.2	-15.5	-14.0
2001/1/10		-18.8	-30.5	-27.3	-22.2	-20.1	-19.2	-17.0
2001/1/20		-19.8	-27.3	-24.5	-21.9	-20.5	-18.9	-17.3
2001/1/31		-18.9	-23.7	-21.2	-19.7	-18.6	-17.2	-15.9
2001/2/10		-22.1	-27.3	-24.6	-22.4	-21.1	-19.4	-17.8
2001/2/20		-20.1	-22.9	-20.6	-20.4	-19.6	-18.1	-17.0
2001/2/29		-15.5	-18.7	-16.9	-16.7	-16.1	-15.4	-14.7
2001/3/10		-12.3	-15.6	-14.0	-13.7	-13.2	-13.1	-12.5
2001/3/20		-6.0	-10.7	-9.4	-9.4	-8.7	-9.7	-9.4
2001/3/31		-6.1	-10.9	-9.3	-8.8	-7.9	-8.6	-8.1
2001/4/10		-1.4	-5.4	-6.0	-4.3	-3.5	-5.5	-5.3
2001/4/20		0.1	-4.1	-4.7	-3.4	-2.6	-4.3	-4.2
2001/4/30		1.4	-2.7	-3.7	-2.0	-1.0	-3.1	-2.9
2001/5/10		4.1	-2.6	-3.2	-1.7	-0.8	-2.6	-2.4
2001/5/20		10.7	0.9	-2.3	1.2	1.8	-1.5	-1.4
2001/5/31		10.3	3.1	-1.7	3.5	4.0	-0.6	-0.5
2001/6/10		15.7	6.8	-1.1	7.0	7.4	1.0	1.0
2001/6/20		14.7	7.6	-0.6	7.8	8.2	2.8	2.8
2001/6/29		17.7	8.9	-0.1	9.2	9.6	4.1	4.1

表5 永久凍土地の旬平均温度

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
2000/7/10		13.7	6.9	-0.2	6.9	7.5	3.1	3.3
2000/7/20		14.5	7.8	0.4	7.8	8.3	3.9	4.2
2000/7/31		11.1	7.7	1.4	7.7	8.0	4.5	4.9
2000/8/10		13.1	7.5	1.7	7.5	7.9	4.4	4.7
2000/8/20		11.1	7.3	2.2	7.5	7.9	4.9	5.1
2000/8/31		10.4	6.8	2.5	6.8	7.2	4.6	4.8
2000/9/10		7.5	4.8	2.5	5.5	5.9	4.2	4.4
2000/9/20		7.5	4.2	2.1	4.7	5.1	3.4	3.7
2000/9/30		4.3	2.2	1.8	3.2	3.6	2.8	3.0
2000/10/10		0.6	-0.9	0.5	0.9	1.4	1.2	1.7
2000/10/20		-4.8	-6.1	-2.9	-2.5	-1.5	-1.4	-0.5
2000/10/31		-8.5	-9.3	-7.2	-5.7	-4.7	-4.0	-2.4
2000/11/10		-9.1	-13.4	-11.0	-8.3	-7.0	-6.7	-4.7
2000/11/20		-12.9	-17.2	-14.2	-12.0	-10.7	-9.8	-7.7
2000/11/30		-14.9	-20.4	-17.0	-14.8	-13.4	-12.4	-10.2
2000/12/10		-15.7	-21.3	-18.0	-15.4	-14.1	-13.3	-10.9
2000/12/20		-16.7	-20.0	-16.8	-16.1	-15.1	-13.7	-11.8
2000/12/31		-16.6	-20.9	-17.7	-16.2	-15.1	-14.0	-12.0
2001/1/10		-18.8	-29.1	-25.0	-20.9	-18.7	-18.7	-15.5
2001/1/20		-18.8	-21.4	-20.1	-19.3	-18.1	-16.8	-14.8
2001/1/31		-17.1	-14.0	-18.6	-17.4	-16.4	-15.5	-13.7
2001/2/10		-18.3	-15.3	-21.9	-19.5	-18.2	-17.5	-15.3
2001/2/20		-16.4	-14.0	-15.7	-16.3	-15.8	-14.5	-13.3
2001/2/29		-13.5	-12.7	-13.3	-13.8	-13.3	-12.5	-11.5
2001/3/10		-11.8	-12.3	-12.2	-12.6	-12.2	-11.5	-10.7
2001/3/20		-8.9	-9.3	-8.8	-9.7	-9.4	-9.1	-8.6
2001/3/31		-7.8	-10.1	-9.6	-9.7	-9.1	-9.1	-8.4
2001/4/10		-3.4	-6.6	-5.7	-6.2	-5.8	-6.1	-5.9
2001/4/20		-1.1	-3.9	-4.6	-4.3	-3.9	-4.8	-4.6
2001/4/30		-0.0	-2.6	-3.6	-2.7	-2.3	-3.4	-3.3
2001/5/10		1.5	-2.9	-3.2	-2.6	-2.1	-2.9	-2.8
2001/5/20		5.4	-0.9	-2.6	-1.1	-0.8	-2.1	-2.0
2001/5/31		7.2	0.3	-2.1	0.6	1.1	-1.3	-1.2
2001/6/10		10.2	3.0	-1.6	3.1	3.6	-0.6	-0.4
2001/6/20		10.3	3.8	-1.1	4.0	4.5	0.5	0.6
2001/6/30		12.6	5.5	-0.6	5.6	6.0	1.5	1.8

VII. モンゴル森林火災による環境変動とその抑制法の開発

1 はじめに

1996年5月に発生したモンゴル北東部の森林火災は、その後1ヶ月以上にわたり延焼を続け、バイカル湖岸の南シベリアのタイガ地域にまで達した。モンゴル国内だけでも焼失面積は230万ヘクタール以上となった。火災の原因は、人為によるものとされている。モンゴル北部には永久凍土が分布して、それを覆って針葉樹林のタイガが生育している。北緯60度から北緯50度にかけては、シベリアの典型的なタイガ地域であり、モンゴル北部はそのタイガの南限に位置している。

タイガと永久凍土とは共生の関係にある。最終氷期(2万年前)には、東シベリアには氷床が覆わず、現在よりも年平均気温で10℃も温度が低下しており厳しい寒さに曝されていた。その結果、永久凍土は現在よりも深くまで形成されていた。3万年前から後氷期の温暖化が始まった。南極や北アメリカ大陸を覆っていた氷床は、短時間で消滅した。一方東シベリアからモンゴルにかけての地域は、短時間のうちに、植生が回復し、永久凍土の表面を覆った。気温の上昇に追従して永久凍土の昇温は遅れて起こる。それは、植生の迅速な回復によって、地表面に一種の断熱層が形成されたこと、また地中に温度上昇が伝播するには時間がかかるからである。その結果、9000年前には、東シベリアは現在の状態かあるいはそれ以上の度合いで、森林植生が永久凍土を覆ってしまった。

外気の温度上昇にもかかわらず、永久凍土は過去の寒冷条件を維持したままにおかれた。一方、永久凍土を覆う針葉樹「タイガ」は、永久凍土が残存しているために、世界でももっとも密な森林として成立した。東シベリアの中心に位置するヤクーツクでは、年平均気温は-10℃で、年降水量は230mmに過ぎない。通常砂漠とステップとの成立限界は年降水量200mmとされている。従って、ヤクーツク地域では、無植生かあるいは極めて乏しい植生帯が成立するはずである。しかし、実際にはシベリアタイガは地球の森林の約30%を占めている。このように少ない降水量にもかかわらず、シベリアタイガが成立するのは、その下に永久凍土が存在しているからである。

シベリア永久凍土でも夏季には表層約1m程度が融解する。この夏季融解層を「活動層」と呼ぶ。下層にある永久凍土層が遮水層の役割を演じ、わずかな降水は下方浸透せず、活動層内に閉じこめられる。この表層の水分を利用して、落葉針葉樹から構成されるタイガが成立している。

一方、永久凍土は本来ならば、後氷期の温暖化で融解が促進されるはずなのが、表層を植生が密に覆ってしまったために、融解が阻止され、熱的な不安定状態を保ったまま、残存することが出来た。このように、双方の存在によって共存している状態を生態学では「共生関係」と呼んでいる。東シベリアのタイガと永久凍

土は相互の存在が依存しあう関係にあり、これを疑似共生関係と呼ぶ。

2 現在の温暖化とモンゴルタイガの消滅

モンゴルの北部には、シベリアから連続するタイガが永久凍土を覆っている。永久凍土の南限に位置するモンゴル永久凍土は、極めて不安定化しており、その融解消滅を防いでいるのは、そこを覆うタイガである。そのタイガが森林火災や伐採で破壊されると、永久凍土は短時間に融解・消滅する。一旦永久凍土が消滅すると、その跡地には再び森林が甦ることは困難となる。すなわち、年降水量がもともと数 100mm と少ないためである。モンゴル北東部のヒンタイ山地では 1996 年の大森林火災によって、森林が失われ、またその結果として急速に永久凍土が消失しつつある。永久凍土の消失は、タイガの森林更新を困難にするのみでなく、モンゴル北部の広域的な草原化を引き起こし、生態系に大きな擾乱を起こしつつある。

こうした変化は、再び回復することのない不可逆的な変化であり、将来のモンゴルの自然環境にとって深刻なダメージを与える。しかし、こうした森林火災に起因する環境異変の実態については、いまだ全く掌握されていない。またこうした環境異変が将来にどのような影響を与えるかについての予測もなされていない。その主な原因は、モンゴル国内の研究体制の立ち遅れによる。そこで、森林火災変動についての日本・モンゴル 2 国間共同研究を確立し、森林攪乱による環境異変を抑制する手法を開発することは急務である。しかし、現状ではまったく研究がなされていない。

3 さらに共同研究提案

3-1 永久凍土の変動観測

モンゴル北東部ヒンタイ山地の森林火災跡地での永久凍土内温度変動の長期モニタリングを行う。深さ 20-30m のボーリングを約 4 カ所で行い、各深さごとに温度センサーを設置する。また、火災の跡地と火災の影響を受けない場所に、観測タワーを設置し、熱・水収支の長期観測を行う。また、永久凍土の下限の空間的分布を掌握するために、電磁気探査 (TDEM) による現地調査を行う。現地観測には少なくとも 4 カ年をかける。

3-2 モンゴル北東部ヒンタイ山地森林変動の観測

火災前後での森林の炭素収支 (Biomass) 観測を行い、間接的に森林火災による温暖化ガス排出量を軽減する。森林火災跡地での植林・育林事業を展開し、特にモンゴルでの森林管理への新たな手法とシステムの導入を促進する。

3-3 リモートセンシング解析

森林火災時にその場所と規模を検知するためのシステムを開発する。森林火災

跡地での森林更新過程を長期モニタリングする。

4 モンゴルへの支援

森林火災発生を抑制するシステムを構築し、その運用法その他をモンゴル側へ提供する。森林火災抑制手法の開発のために、モンゴル側の若手専門家を日本に招聘し、必要な手法等の研修を行う。永久凍土融解抑制のための機器(ヒートパイプ)を相手側に提供し、その合理的な運用法を相手側に供与する。研究実施のためのネットワークと研修センターをウランバートルに設置する。

必要とされる経費は初年度、現地観測タワーの設置経費(機器)、現地調査経費(調査費)、現地拠点オフィス設置、相手側若手研究者研修経費(1名)である。次年度以降は、観測タワーの観測維持費、現地調査経費、リモートセンシング画像データ購入費、相手側若手研究者研修経費、現地拠点オフィス維持費など毎年必要である。

北海道大学低温科学研究所 福田正己

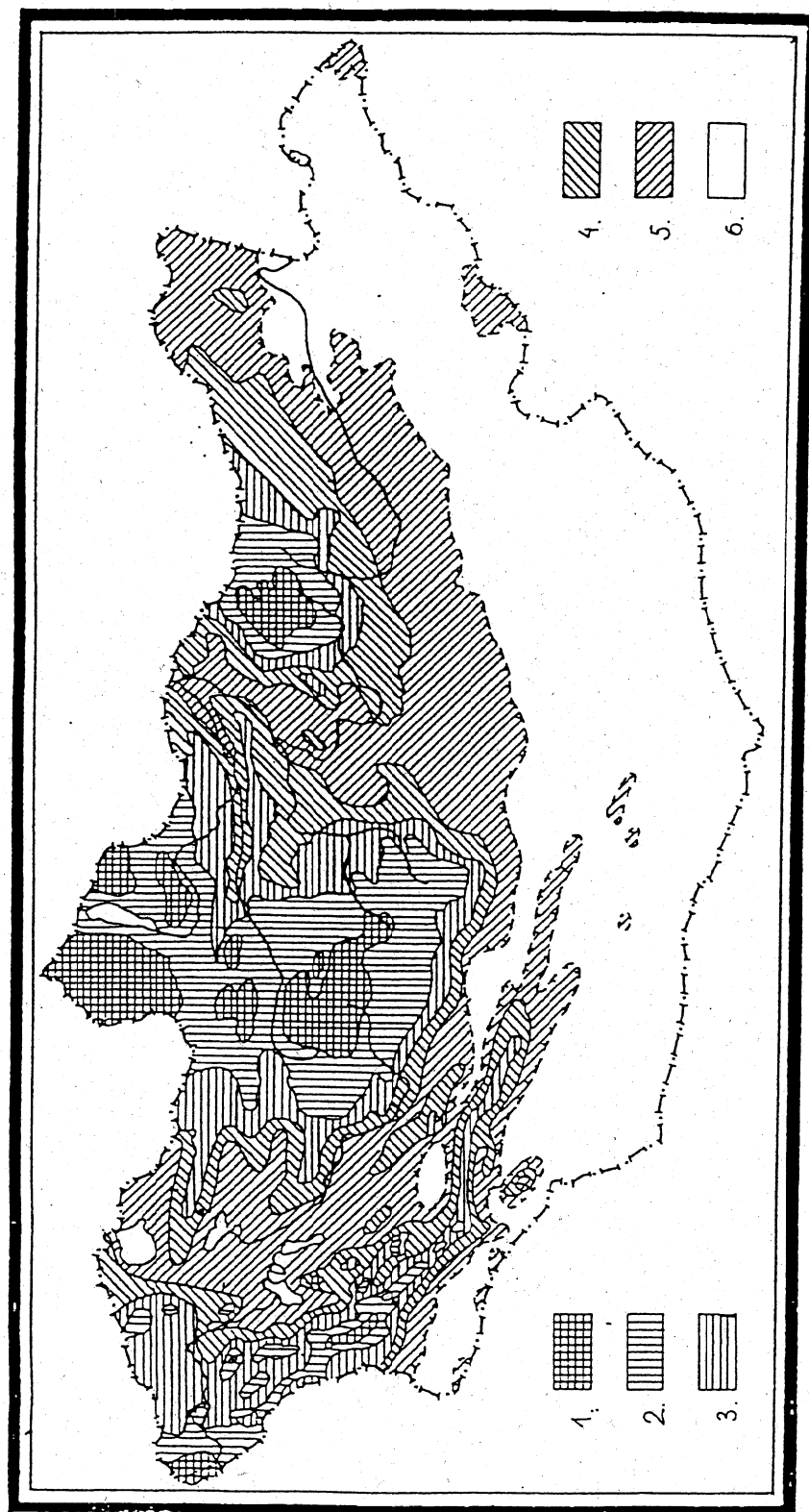
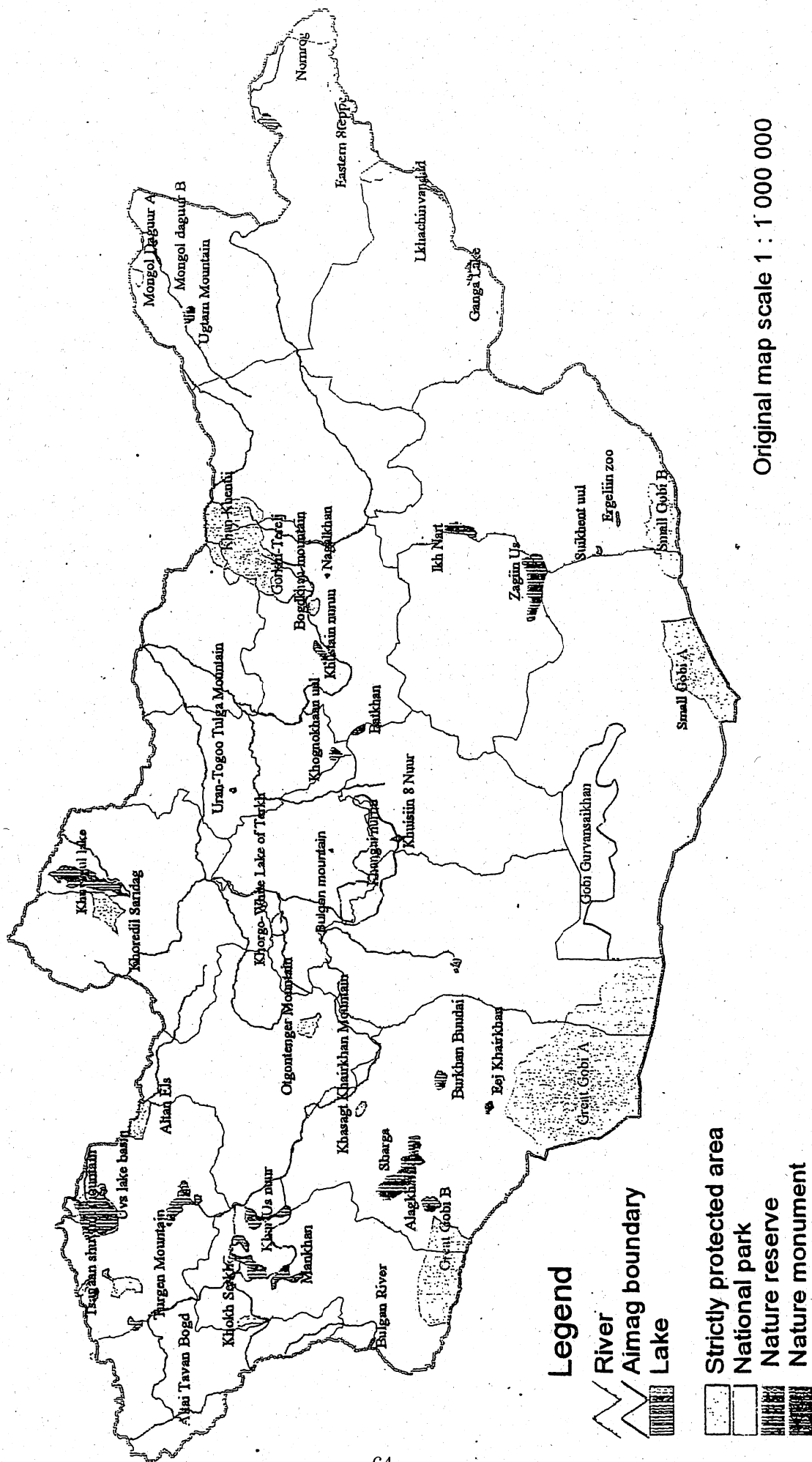


Fig. Map of permafrost regionalization in Mongolia. (N.Sharkhuu, 1989).
 1. Continuous (85-100%), 2. discontinuous (50-85%), 3. widespread island (10-50%), 4. rare island (1-10%) and 5. sporadic (0-1%) permafrost areas, 6. only seasonal frost area.

Protected areas of Mongolia

Figure 2.



Original map scale 1 : 1' 000 000

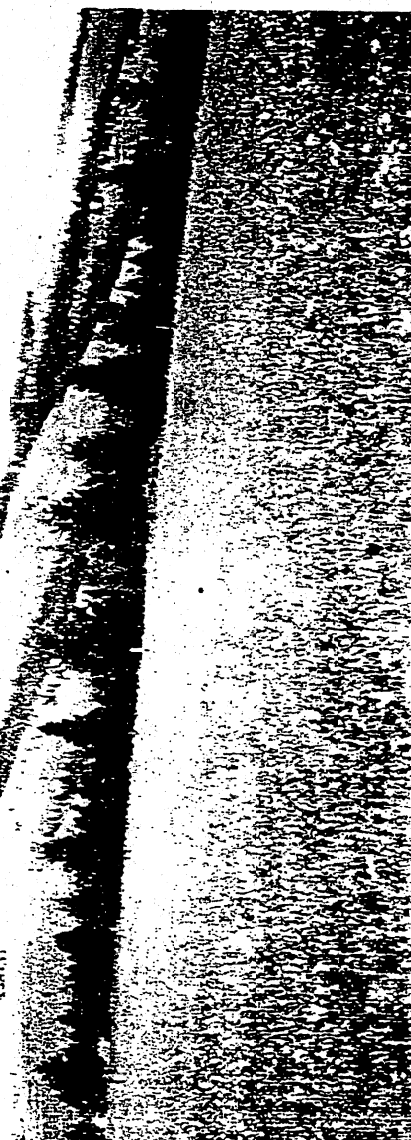
モンゴル北部 ヒンタイ山地の植生

推定年平均気温 $-5 \sim -6^{\circ}\text{C}$

年降水量 400mm

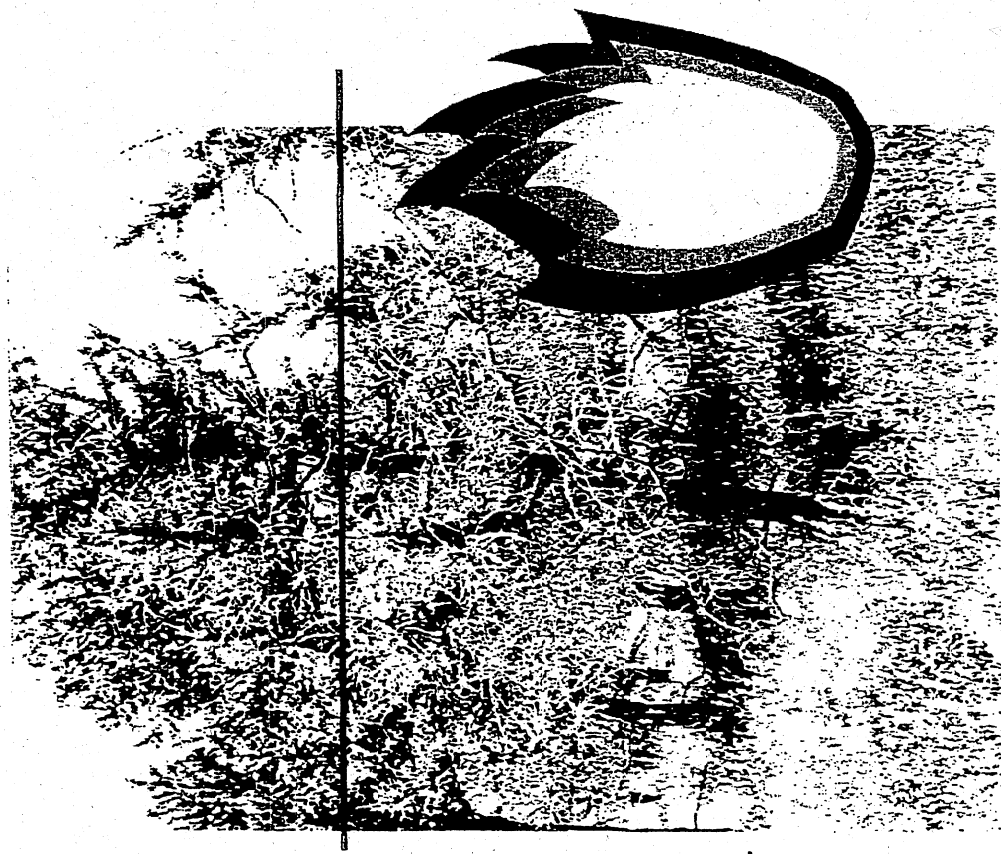
北向き斜面にタイガが成立
永久凍土の存在

南向き斜面は草原化
永久凍土融解



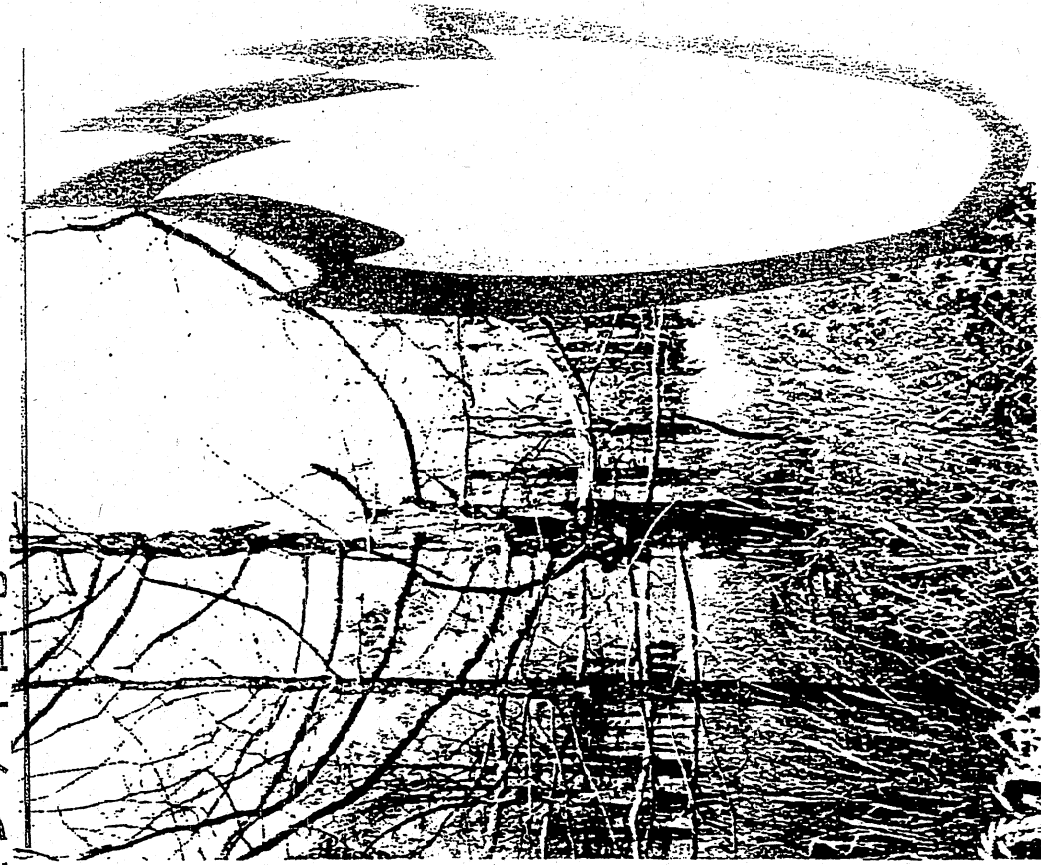
この地域の推定永久凍土
深さ 40-50m

森林火災の度合いの相違



地表火による枯死
 全体はまだ死んでいない
 更新可能 永久凍土残存

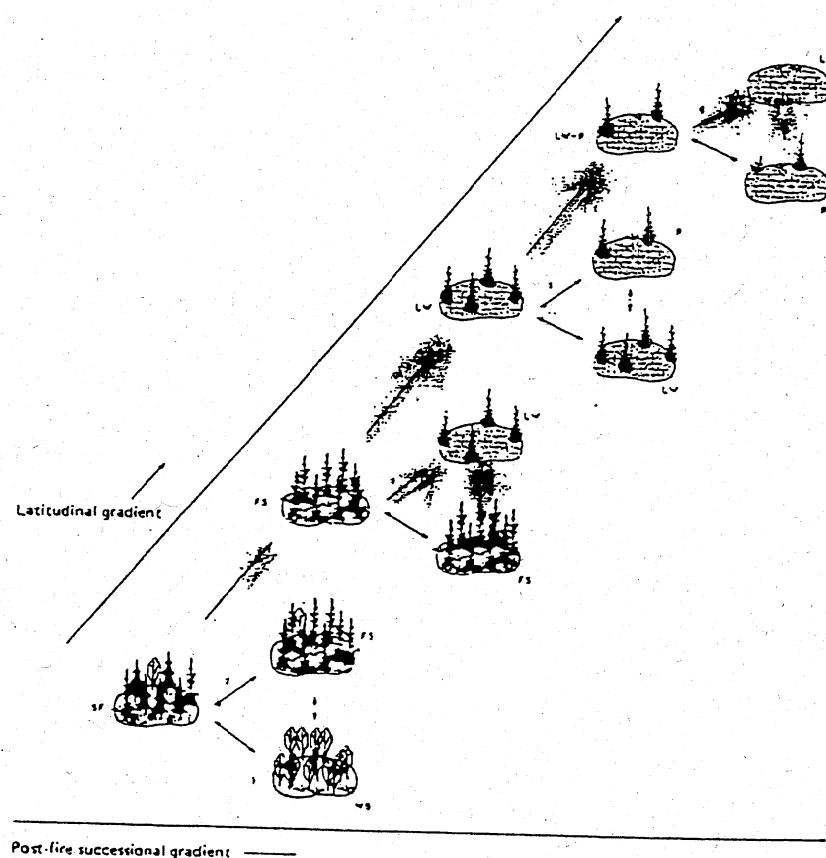
ヒンデイ山地



樹冠火による枯死 再生出来ない
 地表熱収支が変動 永久凍土融解

北方森林の不可逆的減少

攪乱された森林の再生



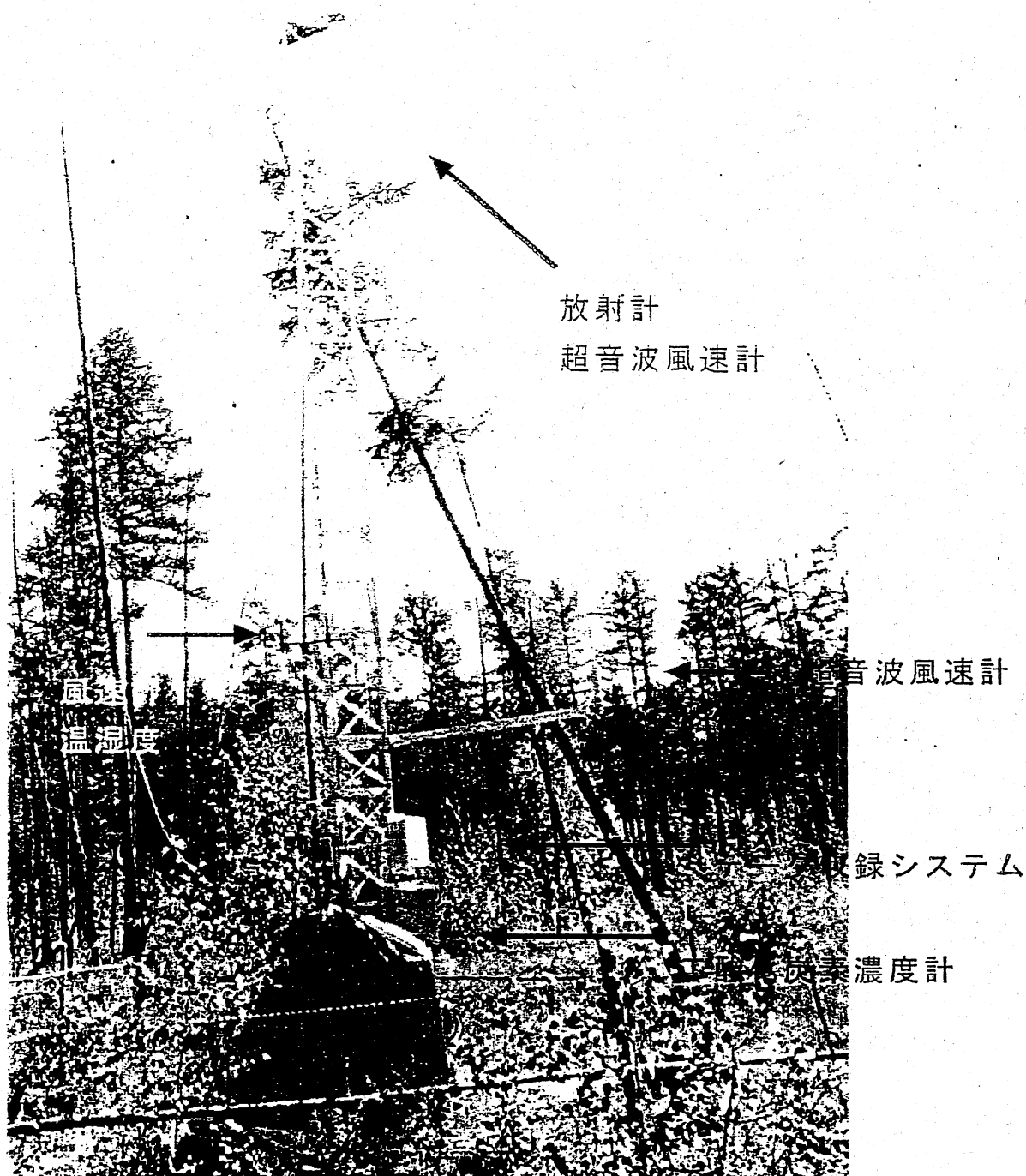
→
不可逆的

↔
可逆的

from Payette, S., Fire as a controlling process in the North American boreal forest

in *A system analysis of the global boreal forest*, ed. Shugart, H.H. et al.,

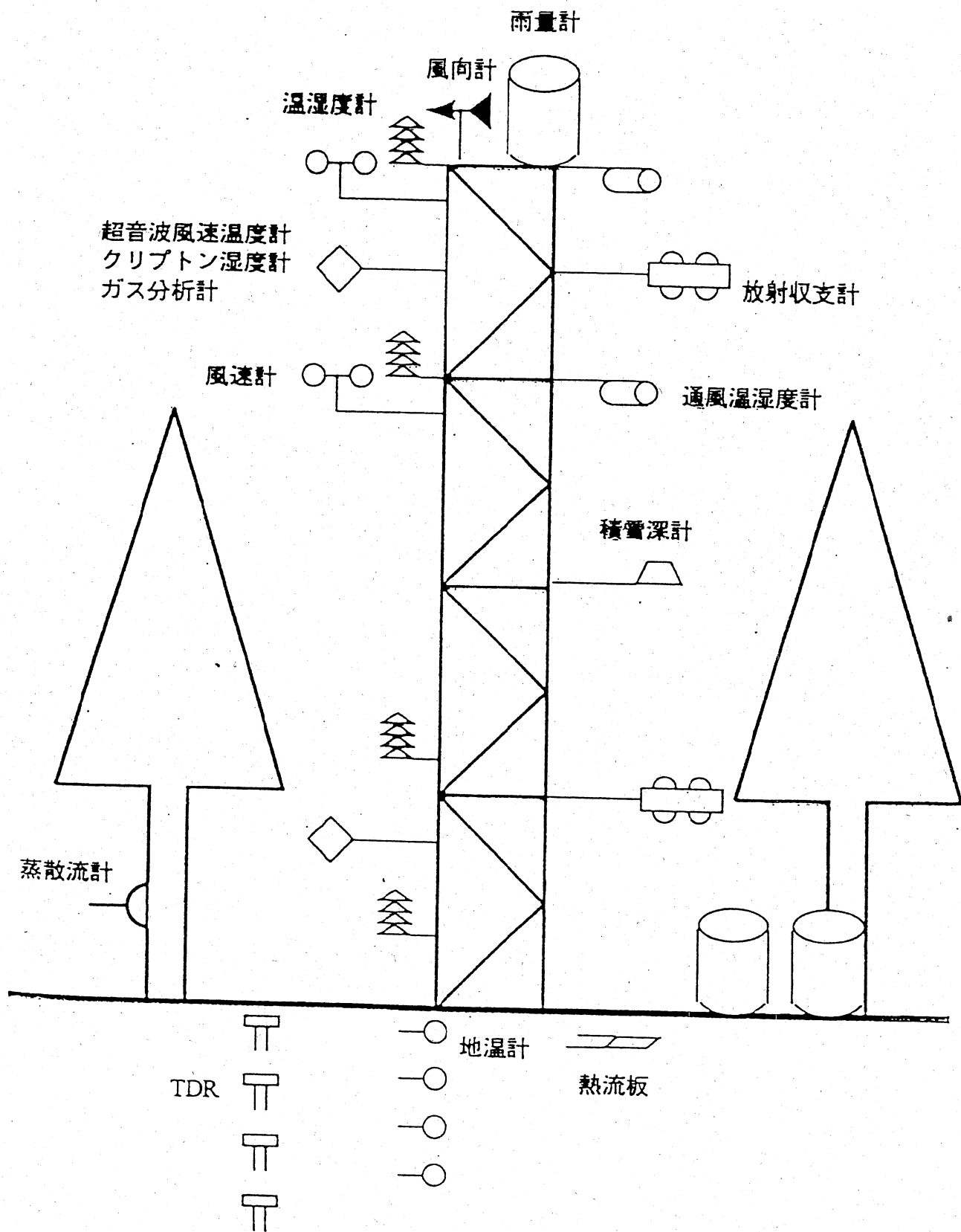
Cambridge Univ. Press, 1992



森林攪乱による熱－水－炭素収支変動の観測

1999年 東シベリア ヤクーツク周辺

森林火災の前後での変動モニタリング



森林火災予測・検知・抑制技術開発

予測・検知・抑制システム

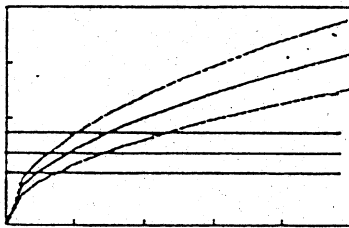
開発技術

発生予測

森林火災危険度予測

着火性、燃え広がり速度に及ぼす
各種パラメータの影響評価

発生早期検知



燃え広がりシミュレーション

樹種、気候、森林密度 etc.

検知限界

- ・宇宙リモートセンシング
- ・地上検知センサー

時間

拡大抑制

事前対策

防火帯設置

- ・拡大防止に有効な幅の検討
- ・コストと効果を考えた設置
地域の最適化

事後対策

消火剤散布

- ・防火帯との役割分担の最適化

森林火災警報

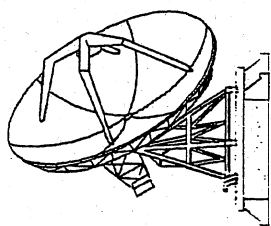
人為的失火防止の
社会的規制発令

検知システム
による警戒

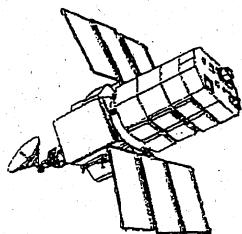
火災検知

防火帯による
延焼抑制

消火剤散布
による消火



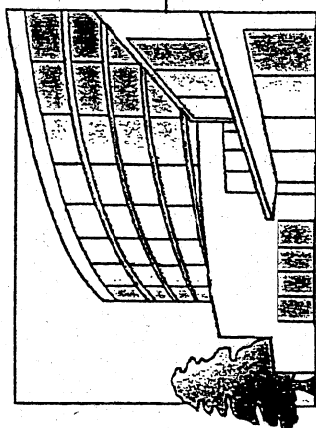
Institute of Hydrology
Mongolia



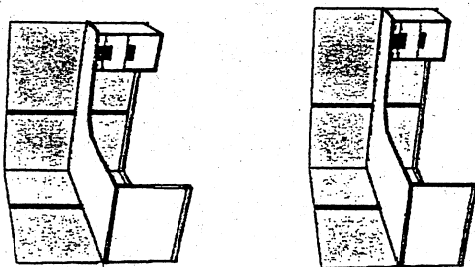
探查衛星



FIRE SCAN SYSTEM

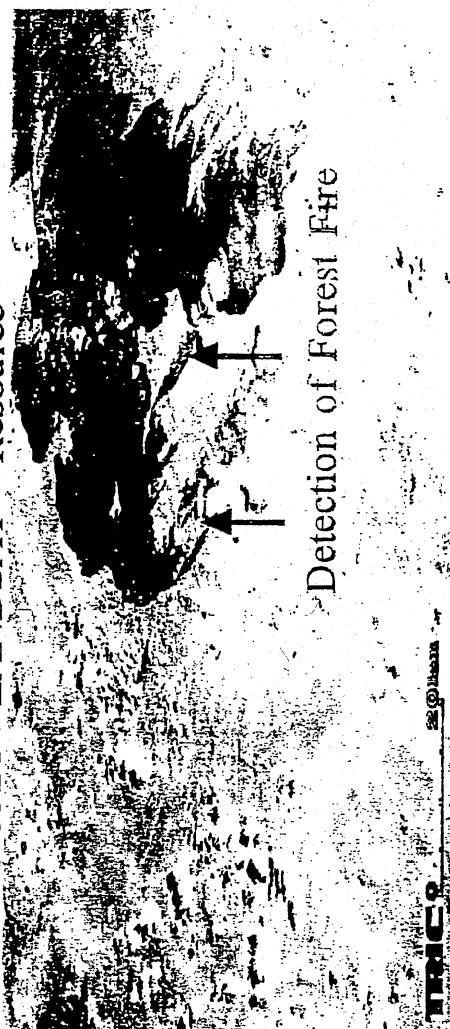


Institute of Geocology
Mongolia

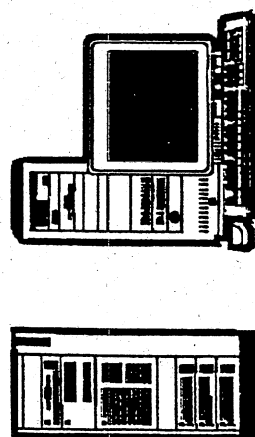


Laboratory

NOAA LANDSAT Resource



Detection of Forest Fire



ERDAS SYSTEM



Global Vegetation Fire Inventory (November 1998)

Average Area Burned in 1000 ha

no data	0-1	1-5	5-10	100-500	500-1000	> 1000
no data	0-1	1-5	5-10	100-500	500-1000	> 1000

map produced by
FIRESCOPE
and
GIS

北方森林火災が地球温暖化に与える影響

Boreal Forest Fire Impact to Future Global Warming

福田正己・串田圭司（北海道大学低温科学研究所）

M. Fukuda and K. Kushida

(Institute of Low Temp. Sci. Hokkaido Univ.)

1. はじめに

FAOSTAT1997によれば、過去30年間に地球上の森林面積は約1億8,953万ヘクタール減少したと言われている。これは、日本の国土面積の約5倍である。減少著しい地域の減少量を図1に示す。ロシア(シベリア)が全世界の森林消失の約50%に達する。中国を中心とする東アジアやインドシナ半島部、あるいはインドネシア等の島嶼東南アジアで、減少が目立つ。しかし、アマゾン地域を含む熱帯南米はシベリアの10%にすぎず、北方森林での減少が顕著である。カナダやアラスカで森林面積はほぼ一定であり、その面積はシベリアの90%である。したがって、ロシアと北米の北部を加えた森林面積は、世界の森林面積の38%を占める。COP3でのネット方式として提案された森林による二酸化炭素の吸収量の合算は、こうした北方森林面積の広さに根拠を置いている。またIPCC(1995)では、二酸化炭素の年間収支で、どこかに大きな吸収源を仮定しないと、収支のバランスが成立しないと、その吸収源を北方森林に求めた。

しかし、こうした議論では、森林火災による焼失の影響が考慮されていない。特に最近では、人為起源の森林火災が多発しており、1996年のモンゴルでの森林火災では4月末から5月末の1ヶ月で236万ヘクタールが焼失した。Goldammerら(1996)によれば、シベリアを中心とする北方森林での年間焼失面積は多い年で1000万ヘクタールに達すると報告している。

図1 主な地域での森林消失面積(1964年から1994年の30年間)

二酸化炭素収支に与える森林火災の影響についても、従来の推定では、過小見積もりされる傾向にある。その原因の1つは、森林火災についての観測データや発生分布面積把握に大きな幅があり、定量的な評価ができなかったことにある。

しかし、最近は各種の人工衛星画像を用いた、北方森林火災の観測事例が増えつつあり、広域的な森林火災の実態把握が可能になりつつある。さらに周到に準備されたモデル森林で、人工森林燃焼実験も行われ、現地観測による二酸化炭素やメタンガスの放出量の測定もなされつつある。その一例が1993年エニセイ川流域で500ヘクタールの燃焼実験の実施された。また、1999年7月にはアラスカ州フェアバンクス郊外で900ヘクタールを燃焼させた実験「FROSTFIRE」が実験された。著者らは、FROSTFIREに参加し、森林火災の影響調査を行う機会を得た。

2 タイガと永久凍土の共存関係

シベリア北方森林は「タイガ」とも呼ばれるが、その分布域は永久凍土の分布とほぼ一致する。NOAA 衛星データによって、ユーラシアの東経 90 度–110 度のトランゼクトでの植生指数 (NDVI) を算出した結果を図 2 に示す。ここで南から北に向かったの気候要素 (年平均気温・年降水量) の変動をあわせて示す。当然気候要素は南ほど大きな値で北に向かう傾斜を持つ。ところが NDVI (植生指数) は赤道近くの東南アジア半島部から北に向かうにつれて減少し・途中揚子江源流域 (北緯 32 度付近) で一旦上昇する。その後北緯 40 度付近で NDVI は最小値に達するが、この地点はゴビ砂漠の東端に一致し、年降水量は約 50mm に過ぎない。ところが北緯 48 度付近から、NDVI 値は再び大きくなり、北緯 52 度で最大値に達する。

その地域はバシキル西部で、年降水量は 300mm 以下である。寡少降水量にもかかわらず、植生の度合いはもつとも大きい。年降水量からのみで判断するなら、砂漠かステップしか成立しないはずである。そこは永久凍土地域であり、わずかな降水は、下層の永久凍土層に遮られ、より下部への浸透が妨げられる。永久凍土の上層部は、夏に 1m 程度融解する。この夏季融解層を活動層と呼ぶ。少ない降水は活動層に停滞し、これを有効利用して、針葉樹林のタイガが成立した。成立の時期は最終氷期が終わった 1.3 万年前と予想されている。

シベリア永久凍土は、最終氷期に現在よりも厚く形成された。本来ならば後氷期の温暖化の影響を受けて、その厚さを減じていなければならぬ。しかし、後氷期の早い時期に植生が覆うことで、熱的不安定のまま残存してきた。両者は共生関係のように、相互依存して存在している。

3. 火災による影響

森林火災によって、直接的に二酸化炭素が放出され、さらに焼け跡では森林による吸収機能が失われる。高橋 (1997) によれば、シベリアタイガの蓄積体積は約 600 万立方 m で、これを二酸化炭素量に換算すると約 360 億トンである。森林の純生産量は約 5 億立方 m とすると、年間森林に蓄積される二酸化炭素量は約 3 億トンとなる。一方森林火災によって放出される二酸化炭素量は最小で約 2 億トン/年で最大では 4 億トン/年となり、放出が吸収を上回ることがある。従って、森林火災の直接的な影響としては、二酸化炭素の供給源となっている可能性がある。

シベリア永久凍土の上層部には過去に生成され・凍土中に貯留された高濃度のメタンガスが存在する。森林火災により、地表面熱収支バランスが崩れると、永久凍土は表面から融解が急速に進行する。その過程で、貯留されていたメタンガスが大気中に放出されてくる。図 3 は東シベリア・ヤクツク付近のタイガ内の凍土に貯留されているメタンガスの濃度分布を示す。いずれの場所でも現在の大气中の濃度 (1.8ppm) よりも数 10 倍から数 100 倍の高い値となっている。

図-3 永久凍土中の堆積物および氷に貯留されているメタンガス濃度分布

東シベリアでは、こうした森林火災による凍土の融解に伴い、メタンガスが新たに大気に放出される現象が発生している。また融解した跡地が湿原化しそこに堆積していた泥炭が嫌気的環境のもとでメタンガスが発生する。したがって、二重の発生源化することとなる。これらをまとめて図4に示す。温暖化の正のフィードバックが発生する。

図4 森林火災による温暖化の正のフィードバック

4. 温暖化ガス発生にかかわる森林攪乱の抑制技術

シベリアを中心とする北方森林が、火災や伐採のために消失しつつあり、それが温暖化効果ガスの発生を促進し、さらなる温暖化をもたらす可能性がある。将来の発生源を削減のためには、減少の究明、予測、そして発生源の抑制という一貫した流れでの調査・研究および技術開発が必要とされる。そこで、一旦発生した温暖化ガスを人為的に固定化するには、問題がある。固定化のためにより多くのエネルギーを必要とするからである。また広域的に発生した森林火災を鎮火するにも多くのエネルギーを消費する。

効果的な方法とは、事前に発生を抑制することである。シベリアでの森林火災の発生件数は、年々変動が大きい。変動のもとになるのは、主に夏季の降雨条件である。また、樹木の有効湿度や土壌表層の水分量も、火災の発生のしやすさに影響を与える。そこで、こうした気象要素の迅速な解析から、火災発生危険度を事前予報する。そこで、こうした気象要素の迅速な解析から、火災発生危険度を事前予報する。万一火災が発生した場合、衛星データの実時間解析による検知と、火災拡大予想シミュレーションのよる予想を行う。また、火災跡地の水文環境変動や土壌養分へのインパクトの調査解析し、最適な条件での造林や育林による森林更新促進をはかる。

こうした新たな研究開発を行う上で、人工森林燃焼実験は不可欠となっている。人工森林燃焼実験の内容を図5に示す。1999年7月のアラスカ「FROSTFIRE」に続いて、2001年にシベリアで「ICEFIRE」の計画が策定中である。

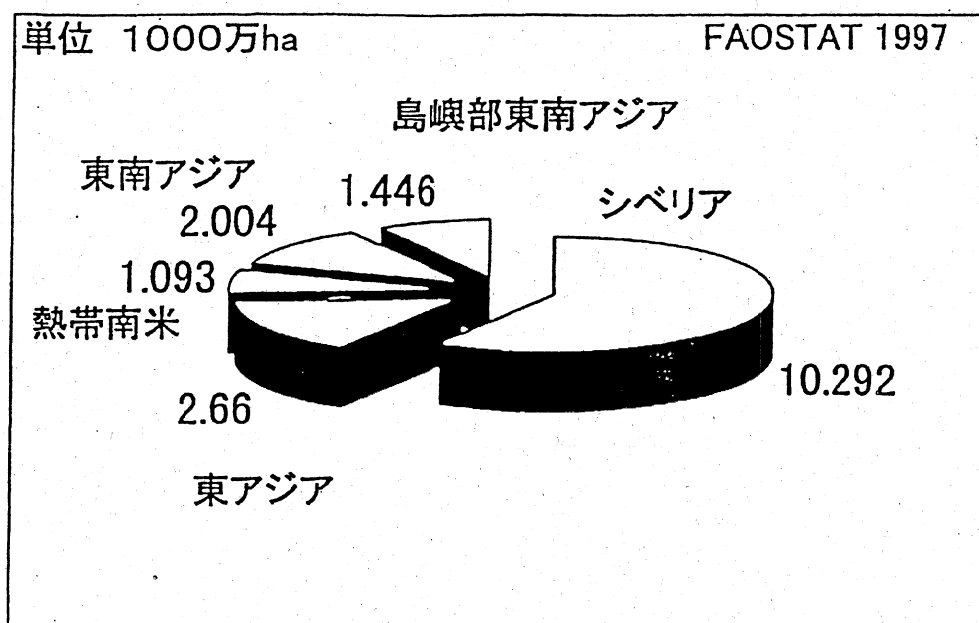


図1 主な地域での森林消失面積(1964年から1994年の30年間)

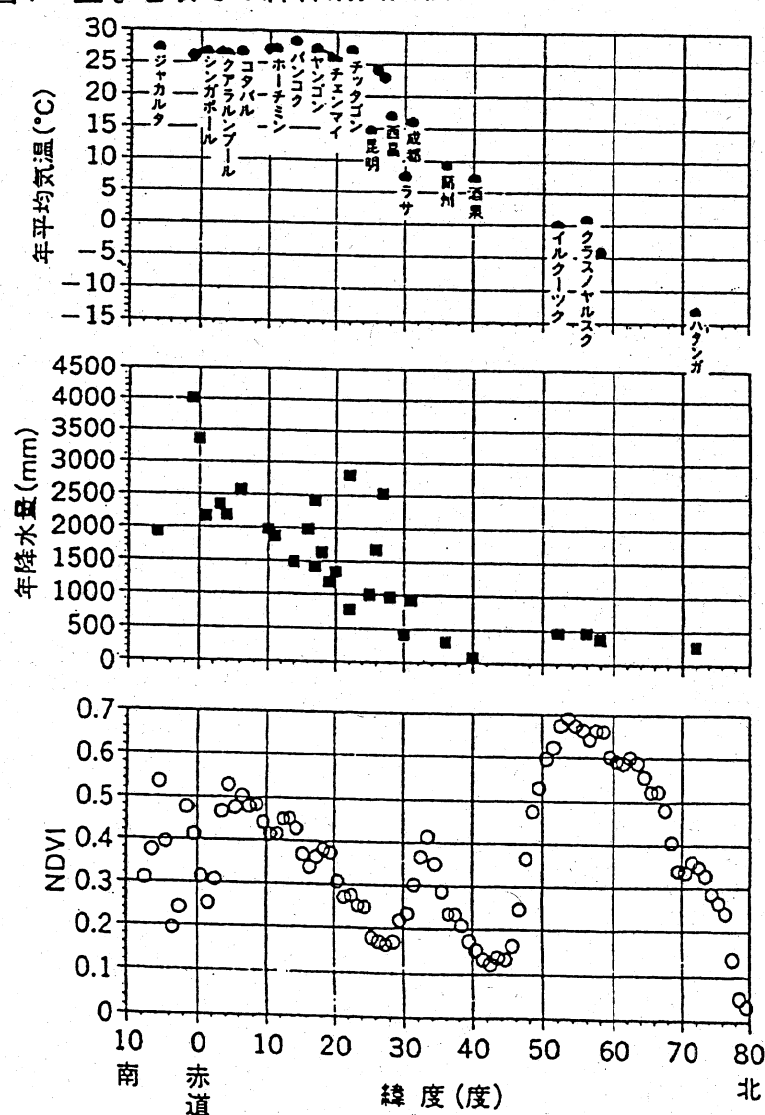


図2 NDVI 値と気候要素値(1995年7月)

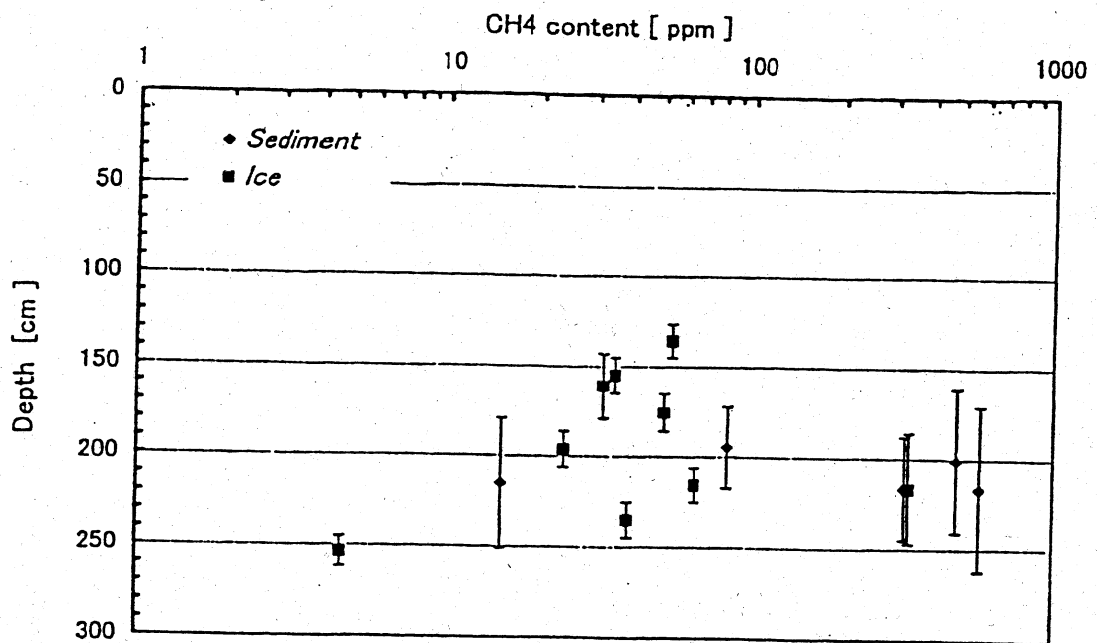


図3 永久凍土中の堆積物および氷に貯留されているメタンガス濃度分布

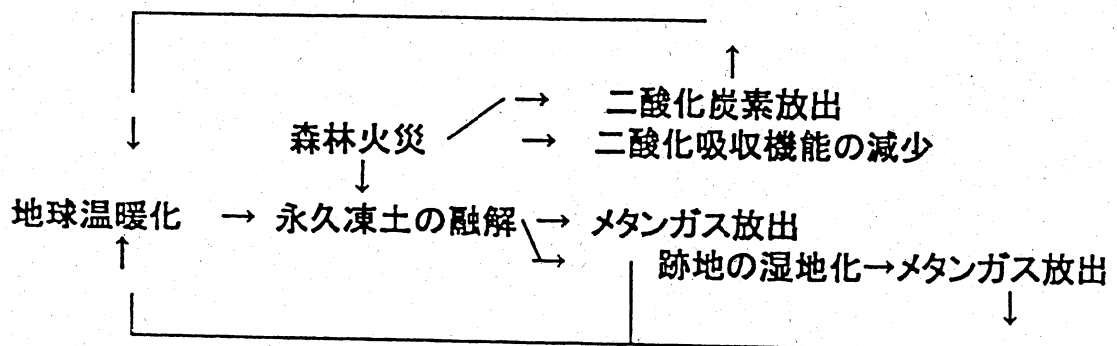


図4 森林火災による温暖化の正のフィードバック

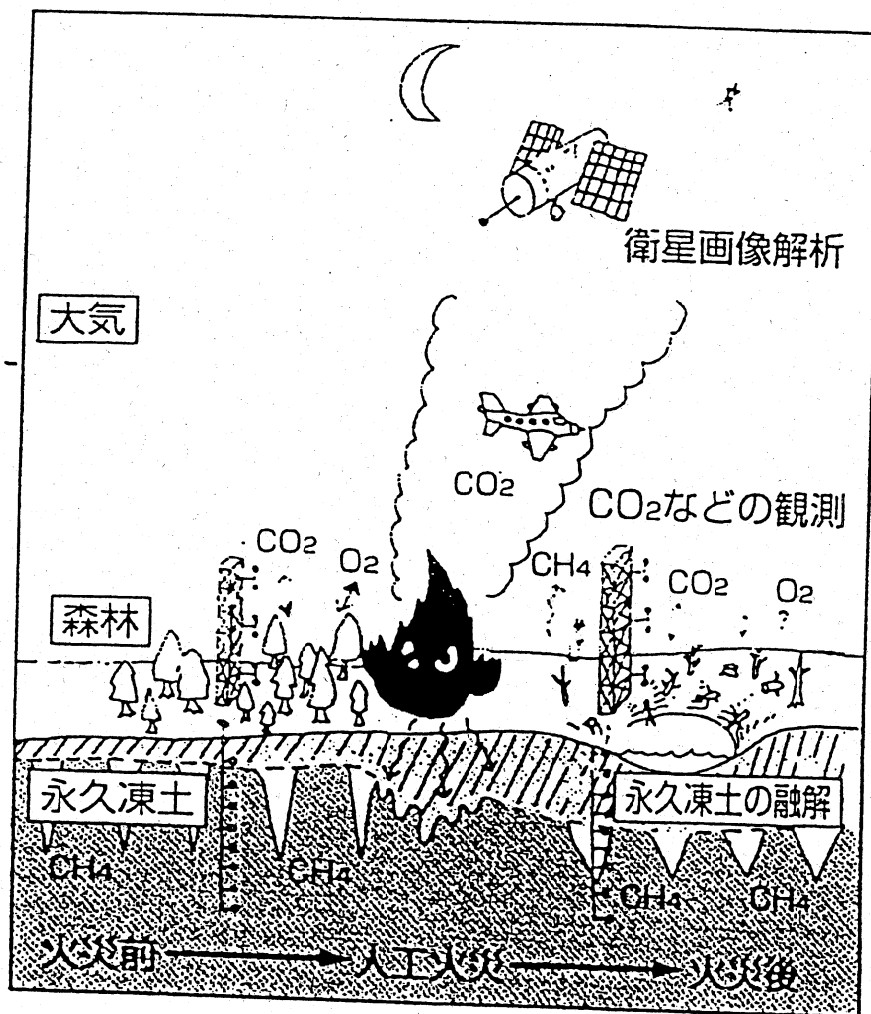


図5 人工森林燃焼実験計画について

丸山 純孝

1. 低 部

森林火災地（主要樹木、ダフリアカラムツ *Larix dahurica*）は、周辺にはシャジクソウなどのマメ科草本とミシマサイコ、カワラマツバ、カワラサイコ、ワレモコウ、ツリガネニンジン、アサツキの各近似種の他に草丈の高低両型のイネ科草が混ざり色彩豊かな美しい草原が形成されている。火災が発生した林地に近づくにつれて、このような植生から高茎のイネ科層が増してきて最近にはスギ類やヤナギランが急増している。林内は樹木火災で裸地状態内部にこれらの実生が散在するが、裸地外はイネ科草、スゲ類、ヨモギ類、ワレモコウ、ツリガネニンジンなどが優先する。林床の植被率は90%で樹下の裸地が残り10%程度である。林地内10m×10mで平均4.5mから10.5mで平均7.23m胸高直径は13.9mであった。

2. 高 部

落葉針葉樹であるダフリアカラムツ (*Larix dahurica*) が圧倒的に優先し、純林を形成しているが、過去の火災跡地と考えられる部分に、風散布型のシラカンバ (*Betula papyrifera*) が小規模に純林を形成していたり、個体数が混入する状態が散見できる。また、ヤマナラシ (*Populus*) が若干混入するところもある。林床にはツツジ類、タカネバラなどの低木とスギナ、ナンテンハギ、フウロソウ、イワギク、ハタザサ、カノコソウなどの近似種とイワノカリヤスなどの高茎イネ科草が混入し、やや湿地にはミズゴケ類、コケモモ、ネコノメソウ、マイヅルソウ、イチャクソウなどの寒地型の植物が豊富となる。ツツジ類は火災後萌芽していることが明らかである。林地を遠望すると部分的な火災のように見えるが、内部に立ち入ると、ほとんど樹木が被災していることが明らかで、連続的な火災が発生していることが窺える。この植生はシベリアのタイガが連続するものと考えられ共通種も多い。ダフリアカラムツ純林で、樹高8.56m、胸高直径10.86cm、10m×10mで16本の立木である。シラカンバの純林では樹高12~14m、胸高直径12.81cm、10m×10mで15本の立木であった。

参 考 文 献

- Shigeru Uemura, Fusayuki Kanda, Alexander P. Isaev and Tatsuichi Tsujii:
Forest structure and succession in southeastern Siberia, *Vegetation Science*, 14,
119-127, 1997

調査地概観

調査地はモンゴル共和国の首都ウランバートルから北西に 200km (図-1) ほどに位置するヘンティ山地を流れるヘルレン川周辺に広がる標高 1,400m~1,500m にあたる湿潤な草原とそれに続く低い山に発達したダフリアカラムツ (*Larix gmelinii*) の森林からなっている。(図-2)

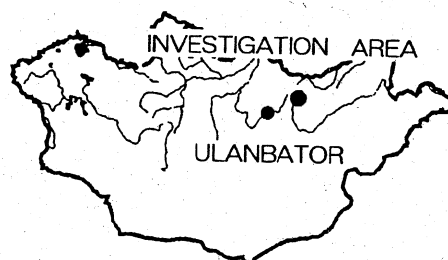


図-1 調査位置

この森林は山の北斜面に発達しており、南斜面には樹木はほとんど見られない。一部ダフリアカラムツに変わって森林上部にシラカンバ (*Betula platipylla*) の優占する林が見られる。Khelren River 周辺の低地には湿原が広がり、夏期の一時期にはワタスゲの白い穂が群生するのが見られるというが7月上旬にはまだ早かったようである。湿原は一部大きな沼をつくり、ワタスゲをはじめとするカヤツリグサ科の植物が一面繁茂している。沼から少し離れた低地は湿潤な草原を形成し、低山のやまずそに向かって徐々に砂地の乾いた草原へと続いている。草原はやがて樹高 10m を超える樹木を交えるようになる。樹木は大半がダフリアカラムツが占め、一部シラカンバの優占する林もみられる。距離にして 1~2km の狭い範囲に池頭、湿原、草原、森林と多様な植生がみられる興味ある場所である。

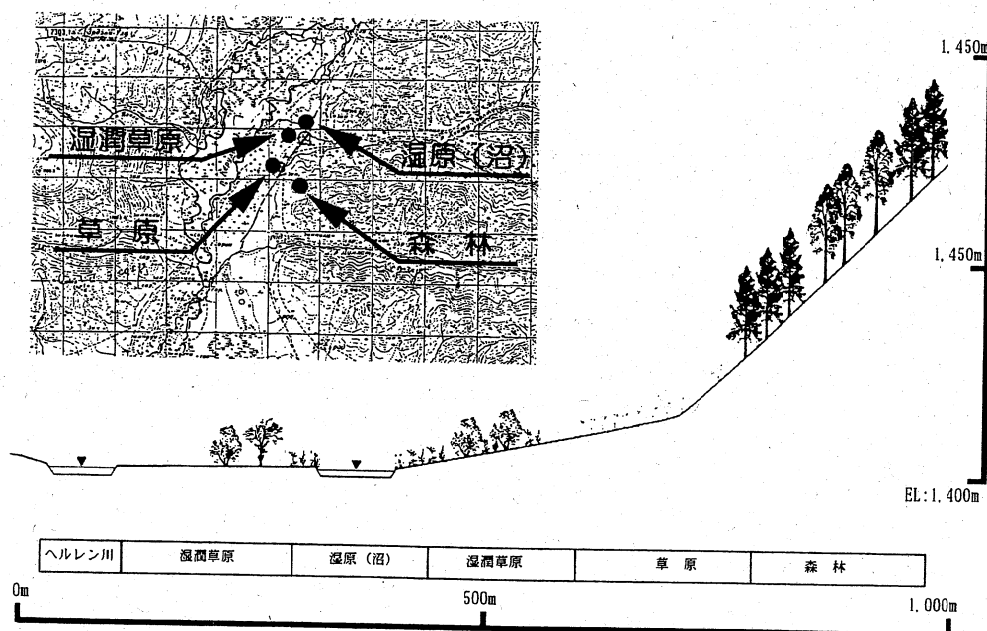


図-2 調査地概観

調査方法

調査は 2000 年 7 月 4,5 の両日、それぞれ環境の異なった湿原と湿潤な草原、乾燥した草原、森林の 4 ヶ所で確認された植物種の同定を行った。

調査を行った時期は雨が少なかった模様で、湿原は比較的乾いた状況であった。

調査結果

沼周辺は泥炭がドロ状にぬかる場所も広くみられる湿潤な場所で、スゲ属が優占する単純な植生の湿原であった。

また、これに連続して発達する湿潤な草原にはモイワシャジン (*Adenophora Stenathina*)、ツリガネニンジン (*Companula turczaninori*)、シオガマ属 (*Pedicylalis* L.)、イチゲ属 (*Anemone* L.)、ソラマメ属 (*Visia* L.)、タデ類 (*Rhumex* L.)、キンロバイの仲間 (*Pentaphylloides fruticosa*) やキジムシロの仲間 (*Potentilla* spp.) イチゲの仲間 (*Anemone* spp.) などが多く、多様な植生をみせていた。特徴的なことはヤチカンバの仲間 (*Betula humilis*) が樹高では 2~3m のヤナギの仲間 (*Salix* spp.) とともに灌木となって多く生育していることである。ヤチカンバの仲間は極地のツンドラ地方に多くみられ、日本では道東地方の更別村と根室地方の別海地区に一部生育が知られている。

それより少し山池に近づく乾燥した草原には一部ダフリアカラムツ (*Larix gmelinii*) が混じる乾燥した草原が発達している。特徴的にはイネ科草本が優占することである。

山地の植生は大半がダフリアカラムツが占め一部シラカンバ (*Betula platipylla*) が発達している。林床にはヤマナラシ (*Populus davidiana*)、サカイツツジ (*Rhododendron parvifolium*)、コケモモ (*Vaccinium vitis-idaea*) がみられる。

特徴的なことに森林の山火事跡にはイネ科草本とヤナギランが優占する植生が多くみられたことである。

出現種は湿原(沼)でカヤツリグサ科を主に 10 種、湿潤草原ではもっとも出現種が多く 49 種、乾燥した草原ではそれに続いて多く 38 種、山地の斜面勾配がきつくなる森林地では出現種数を減じて 23 種、調査地全体で 100 種を確認した。

表-1 確認植物目録

No	FAMILY 植物名(和名)	学 名	生育地*			
			A	B	C	D
1	トクサ Equisetaceae タチスキナ	Equisetum arvense L.				+
2	マツ Pinaceae ダマツ	Larix gmelinii Ledebour.				++
3	ヤナギ Salicaceae ヤマナシ	Populus davidiana Dode.				+
4	マンシュウコリヤナギ	Salix kochiana Trautvetter.		+		
5	キヌケ コリヤナギ	Salix microstachya Turczaninow.		+		
6	タイリクキヌヤナギ	Salix viminalis L.		+		
7	ヤナギ 属	Salix spp.		+		
8	カハノキ Betulaceae ヤチカンバ	Betula humilis Schramk.		++		
9	シラカンバ	Betula platipylla Sukatschev.				+
10	タデ Polygonaceae スイバ	Rumex acetosa L.		++		
11	カタバ イウ	Rumex undulatum L.		+	+	
12	ムカゴ トラノオ	Bistorta vivipara S.F.Grey.		+		
13	ナデシコ Caryophyllaceae ナデシコ属	Dianthus versicolor Fish. et Link.			+	
14	ノミツヅリ属	Arenaria capillaris Poir.		+		
15	ワチガ イウ属	Pseudostellaria sp.		+		
16	キンホ ウケ Ranunculaceae コケキンホ ウケ	Halerpestes sarmentosa (Adams) Kom.	+			
17	カラマツウ	Thalictrum petaloideum L.		++		
18	キンロバ イ	Pentaphylloides fruticosa Schwarz.		++		
19	ミヤマハシヨウヅル	Clematis sibirica Miller.				+
20	オハナ イチゲ	Anemone sylvestris L.		++		
21	ヒエンソウ属	Delphinium grandifolium var.chinense Fischer.		+		
22	ウマノアシガ タ	Ranunculus japonicus Thunberg.	+	+		
23	トリカブト属	Aconitum barbatum Pers.			++	
24	ベンケイソウ Crassulaceae ムラサキベンケイソウ	Rhodiola rosea L.			+	
25	ユキノシタ Saxifragaceae ウマバ チソウ	Pamassia palustris L.		+		
26	ハナラ Rosaceae クロハナラウケ	Potentilla sericea L.			++	
27	キンムシロ属	Potentilla bifurca L.			+	
28	ウラシロキンハ イ	Potentilla nivea L.			++	
29	キンムシロ属	Potentilla conferta Bge.			+	
30	マンシュウクサイチゴ	Fragaria orientalis Losina-Losinskaja.				+
31	ワレモコウ	Sanguisorba officinalis L.			++	
32	イハラ	Rosa acicularis L.				+
33	ルリタマアザミ	Echinops latifolius Tausch.			+	
34	マメ Leguminosae シャジクソウ	Trifolium lupinaster L.			++	
35	オヤマノエンドウ属	Oxytropis uralensis DE Candolle.		+		
36	モウコゲンゲ	Oxytropis filiformis DE Candolle.		+		
37	クサフジ	Visia tenuifolia Roth.			+	
38	モウコモハンヅル	Astragalus mongholicus Bunge.		+		
39	ワロソウ Geraniaceae イチゲ ワロ	Geranium sibiricum L.		+		
40	ワロソウ属	Geranium transbaicalicum Seringe.			++	
41	マツバ ニンジン Linaceae	Linum stelleroides Planch.			+	
42	スミレ Violaceae スミレ属	Viola sp.				+
43	アカハナ Onagraceae ヤナギラン	Chamaenerion angustifolium L.			++	+

表-2 確認植物目録

No	FAMILY 植物名(和名)	学 名	生育地*			
			A	B	C	D
	セリ Umbelliferae					
44	シマサイコ	Bupleurum scorzonerifolium Willd.		++		
45	材カサチ属	Pleurospermum uralense Hoffm.		+		
	イチヤクソウ Pyrolaceae					
46	シロバナイチヤクソウ	Pylora incarnata Fisch.				+
	ツツジ Ericaceae					
47	コケモ	Vaccinium vitis-idaea L.				+
48	サカイツツジ	Rhododendron parvifolium Adam.				+
	サクラソウ Primulaceae					
49	サクラソウ属	Primula algida Adms.		+		
50	サカサガク	Androsace filiformis Retzius.		+		
	リンドウ Gentianaceae					
51	オハリンドウ	Gentiana macrophylla Pall.				+
	アカネ Rubiaceae					
52	キハナカラマツハ	Galium verum L.		++		
53	チョウセンカラマツハ	Galium verum var. trachycarpum forma album Nakai.		+		
	ムラサキ Boraginaceae					
54	ワスレナグサ属	Myosotis spp.				+
	シソ Labiatae					
55	オトコソウ	Lamium album L.				+
	ゴマノハグサ Scrophulariaceae					
56	ルリトラノオ	Veronica linariifolia Pall.				++
57	クシバシカマ	Pedicularis striata Pall.		+		
58	シカマキク	Pedicularis resupinata L.		++		
	オハコ Plantaginaceae					
59	オハコ	Plantago depressa Wild.		+	+	
	オミナシ Valerianaceae					
60	タチオミナシ	Patrinia sibirica(L) Jussiea.		++		
61	カノコソウ	Valeriana alternifolia Bunge.			++	
	マツムシソウ Dipsacaceae					
62	マツムシソウ	Scabiosa comosa L.			++	
	キキョウ Campanulaceae					
63	モイワシャジン	Adenophora stenanthina Kitag.			+	+
64	ツリガネンジン	Campanula turczaninori Fed.		+		
	キク Compositae					
65	セイヨウコギリソウ	Achillea asiatica		++	++	
66	アザミ キク 属	Leuzea uniflora (L) Holub.		+		
67	アザミ キク 属	Erigeron eriocalyx(Ldb.)		++	++	
68	タンポポ 属	Taraxacum leucanthum(Ldb.) Ldb.		+	+	
69	ヒメコタイ	Saussurea pulchella(Fisch.)		+		
70	和名無し	Tragopogon trachycarpus S.Nikit.		+		
71	チョウセンホバノギク	Chrysanthemum zawadzki Herbich.			++	++
72	ダクタンオタカラコ	Ligularia sibirica Cassini.		+		
73	ニオイミキ	Artemisia austriaca L.			++	
74	マンシュウアザミ リソウ	Artemisia frigida willdenow.		+	++	
75	ヨモギ 属	Artemisia spp.		+		
	ユリ Liliaceae					
76	マイヅルソウ	Maianthemum dilatatum (Wood)Nels.				+
77	ササ 属	Allium senescens L.		+	+	
78	ササ 属	Allium prostratum Trev.		++		
	イネ Gramineae					
79	ハルガヤ	Elymus secalinus (Georgi.)Bobr.			++	
80	カスノグサ	Beckmannia syzigachne (Steud.)Fern.	+	+		
81	コヌカグサ	Agrostis mongolica Rosaer.			+++	+++
82	ハルガヤ 属	Stipa spp.			++	++
83	コムギ ダマシ	Agropyron cristatum Gaertner.			++	
84	スズメノチャヒキ 属	Bromus korotkyi Dorb.		++	++	
85	スズメノチャヒキ	Bromus japonicus Thunb.		++	++	

表-3 確認植物目録

No	FAMILY 植物名(和名)	学 名	生育地*			
			A	B	C	D
	イネ Gramineae					
86	イソムキ	Elymus sibiricus L.			++	
87	スズメノテッポウ属	Alopecurus brachystachynus Marsh.		+	+	
88	ノリヤス属	Calamagrostis macilenta (Griseb.) litv.		++	++	
89	ウシノケサ	Festuca ovina L.		++	+++	
90	イヌワカエリ	Phleum phleoides Karstein.			+	
91	オオナハクサ	Poa pratensis var. latifolia Reichenbach.			++	++
	カヤツリクサ Cyperaceae					
92	ワタスゲ	Eriophorum brachyantherum Trautv et Mey.	+++			
93	ヒカゲスゲ	Carex lanceolata Boott.				+
94	オオカサスゲ	Carex rhynchophysa C.A.Meyer.	++			
95	ヌマハライ	Heleocharis intersita Zinserling.	++			
96	チャシバスゲ	Carex caryophyllea Latourr.		++		
97	シュミツスゲ	Carex schmidtii Meinsh.	+			
98	クロカサスゲ	Carex hancockiana	++			
99	スゲ属	Carex sp.	++			
	イクサ Juncaceae					
100	イクサ属	Juncus sp.	++			
確認種数			10	49	38	23
出現頻度			+++	:	50%<	
			++	:	50-20%	
			+	:	1-20%	
* A: 湿原(沼) B: 湿潤草原						
C: 草原 D: 森林						

参考文献

- 1)中国科学院北京植物研究所主編(1976) 中国高等植物図鑑 科学出版社 北京
- 2)野田光蔵(1970) 中国東北区(満州)の植物誌 風間書房 東京
- 3)佐竹義輔 大井次三郎 北村四郎その他(1982) 日本の野生植物(草本編Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ) 平凡社 東京
- 4)近田文弘 清水健美(1996) 中国天山の植物 トンボ出版 大阪
- 5)滝田謙讓 (1987) 東北海道の植物 カトウ書館 釧路
- 6)秋山茂雄 (1955) 極東亜産スゲ属植物 北海道大学 札幌
- 7)中田効 前田満(1979) ソビエト連邦の樹木 学術図書刊行会 札幌
- 8)JICA MONGOLIA(1996) THE FEASIBILITY STUDY ON THE REHABILITATION PROJECT OF THE MONGOLIAN RAILWAY MONMAP ENGINEERING SERVICE CO.,LTD p.117-122
- 9)THE MONGOLIAN REDBOOK

森 林(Larix gmelinii & Betula platipylla)



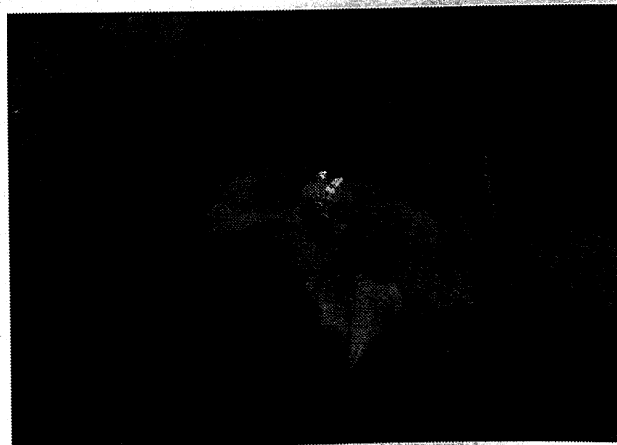
Clematis sibirica



Rhododendron parvifolium

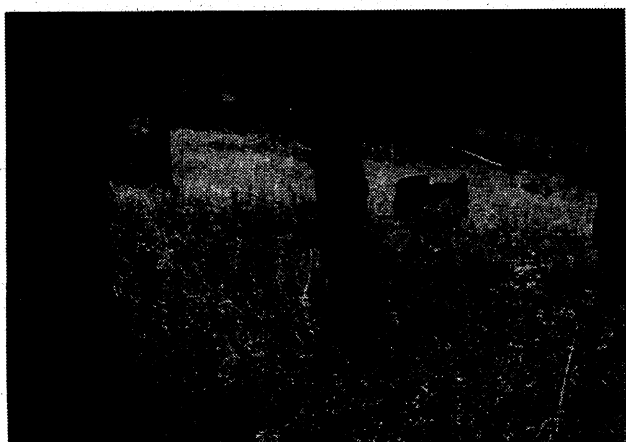


Vaccinium vitis-idaea

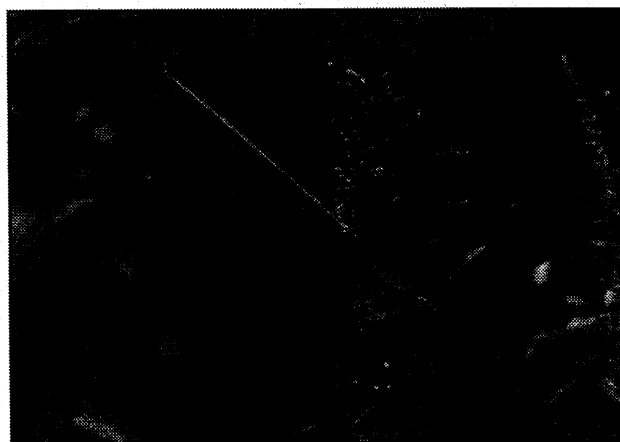


Maianthemum dilatatum

草原 (*Larix gmelinii*)



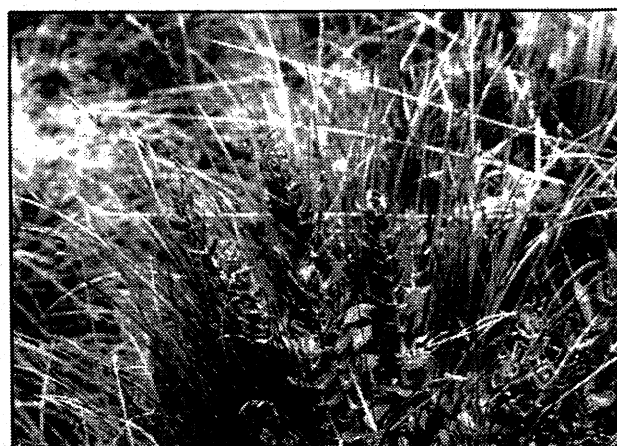
Chamaenerion angustifolium



Veronica linariifolia



Geranium transbaicalicum.

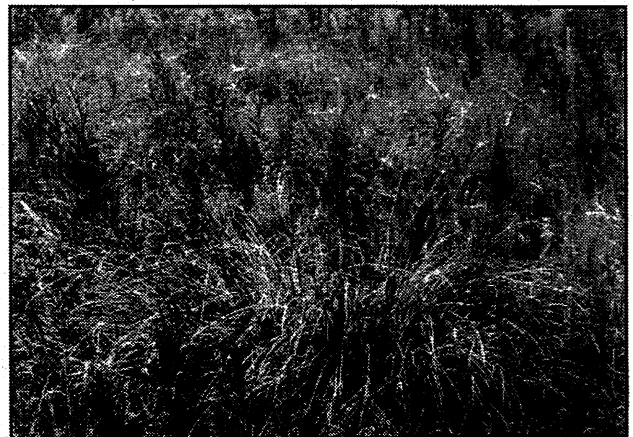


Rhodiola rosea

湿 原



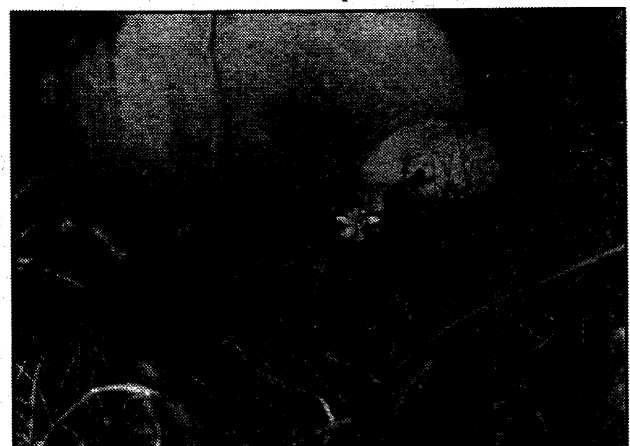
Carex hancockiana



Juncus sp.

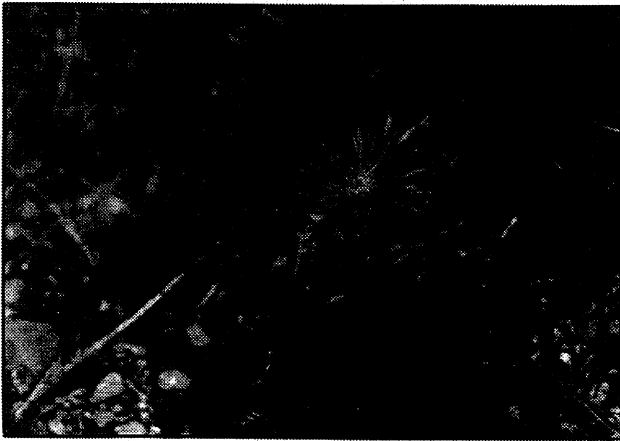


Carex lanceolata



Halerpestes sarmentosa

湿润草原 (*Betula fumilis* & *Salix* spp.)



Erigeron eriocalyx



Betula fumilis



Bupleurum scorzonerifolium



Patrinia sibirica

参考文献

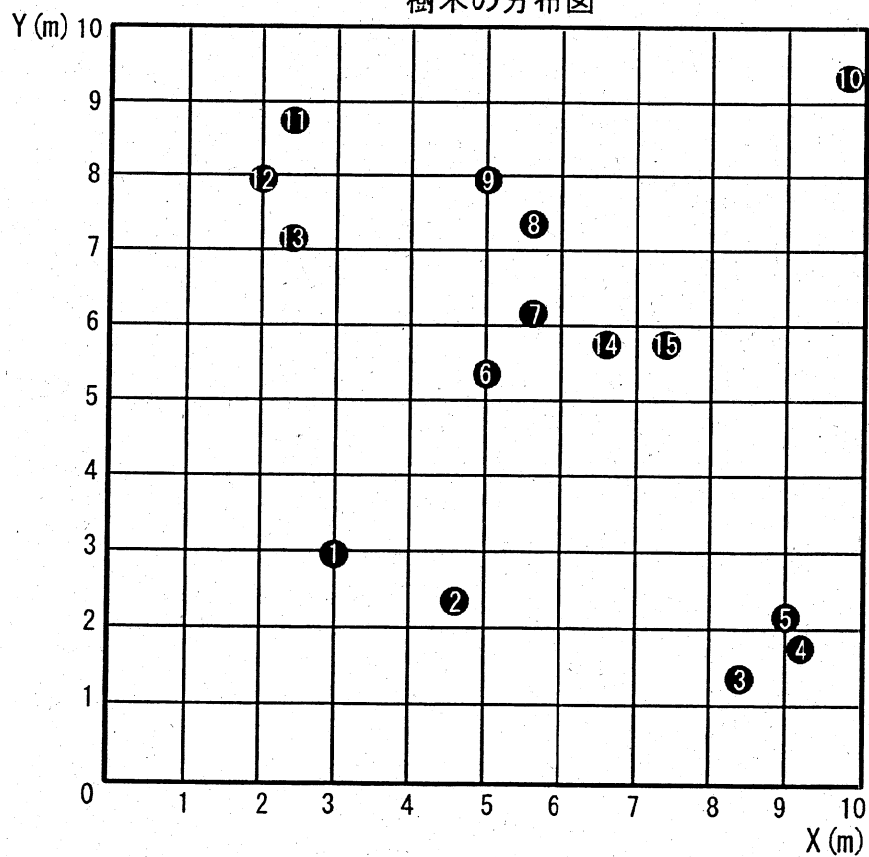
- 1)中国科学院北京植物研究所主編(1976) 中国高等植物図鑑 科学出版社 北京
- 2)野田光蔵(1970) 中国東北区(満州)の植物誌 風間書房 東京
- 3)佐竹義輔 大井次三郎 北村四郎その他(1982) 日本の野生植物(草本編Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ) 平凡社 東京
- 4)近田文弘 清水健美(1996) 中国天山の植物 トンボ出版 大阪
- 5)滝田謙讓 (1987) 東北海道の植物 カトウ書館 釧路
- 6)秋山茂雄(1955) 極東亜産スゲ属植物 北海道大学 札幌
- 7)中田効 前田満(1979) ソビエト連邦の樹木 学術図書刊行会 札幌
- 8)JICA MONGOLIA(1996) THE FEASIBILITY STUDY ON THE REHABILITATION PROJECT OF THE MONGOLIAN RAILWAY MONMAP ENGINEERING SERVICE CO.,LTD p.117-122
- 9)THE MONGOLIAN REDBOOK

調査地点 1

調査地点 1

NO	樹 名	樹 高(m)	胸 径(cm)	X(m)	Y(m)
1	ダフリアカラマツ	10	19	3	3
2	ダフリアカラマツ	10	19	4.5	2.5
3	ダフリアカラマツ	8	13	8.5	1.4
4	ダフリアカラマツ	9.5	20	9.2	1.8
5	ダフリアカラマツ	5	8	9	2.2
6	ダフリアカラマツ	8	15	5	5.5
7	ダフリアカラマツ	9	16	5.5	6.2
8	ダフリアカラマツ	9	17	5.4	7.5
9	ダフリアカラマツ	8	12	5	8
10	ダフリアカラマツ	8	8	9.8	9.2
11	ダフリアカラマツ	8	10	2.5	8.9
12	ダフリアカラマツ	9.5	16	2	8.2
13	ダフリアカラマツ	9.5	16	2.4	7.2
14	ダフリアカラマツ	4.5	6	6.5	5.8
15	ダフリアカラマツ	7.5	4	7.2	5.8

樹木の分布図

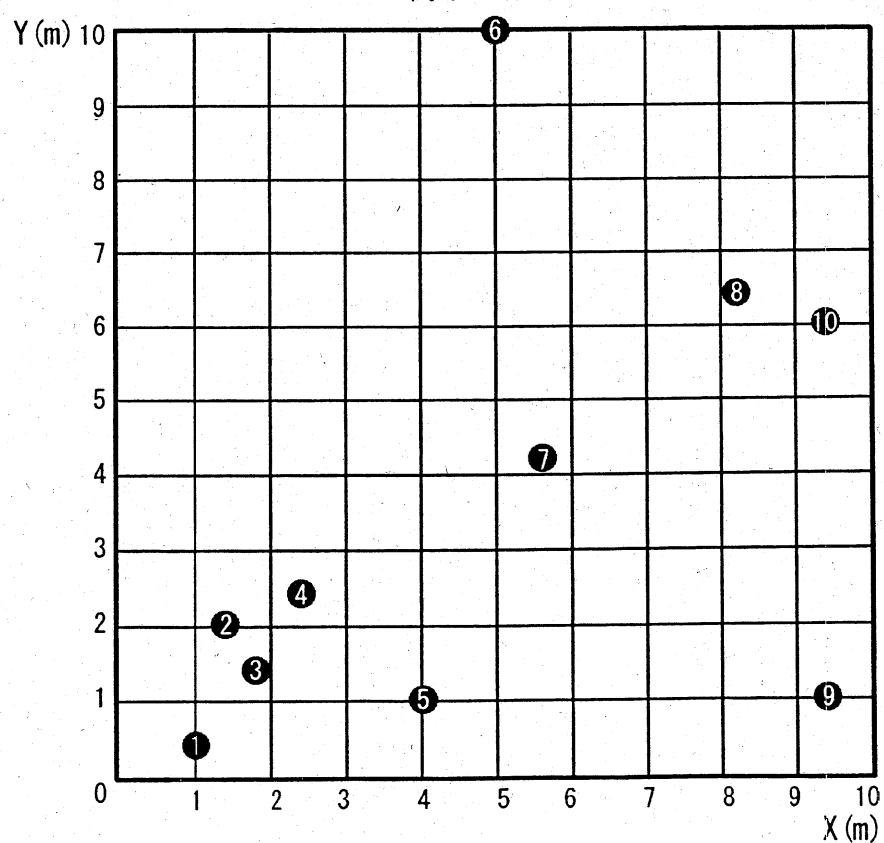


調査地点 2

調査地点 2

NO	樹 名	樹 高(m)	胸 径(c)	X(m)	Y(m)
1	ダフリアカラマツ	6.5	12	1	0.5
2	ダフリアカラマツ	5	5	1.4	2
3	ダフリアカラマツ	6.5	6	1.7	1.5
4	ダフリアカラマツ	6.5	15	2.3	2.5
5	ダフリアカラマツ	8	18	4	1
6	ダフリアカラマツ	5.5	9	5.4	4.2
7	ダフリアカラマツ	10.5	25	5	10
8	ダフリアカラマツ	6	12	8.2	6.4
9	ダフリアカラマツ	10.5	22	9.5	1
10	ダフリアカラマツ	6.5	6	9.4	6

樹木の分布図

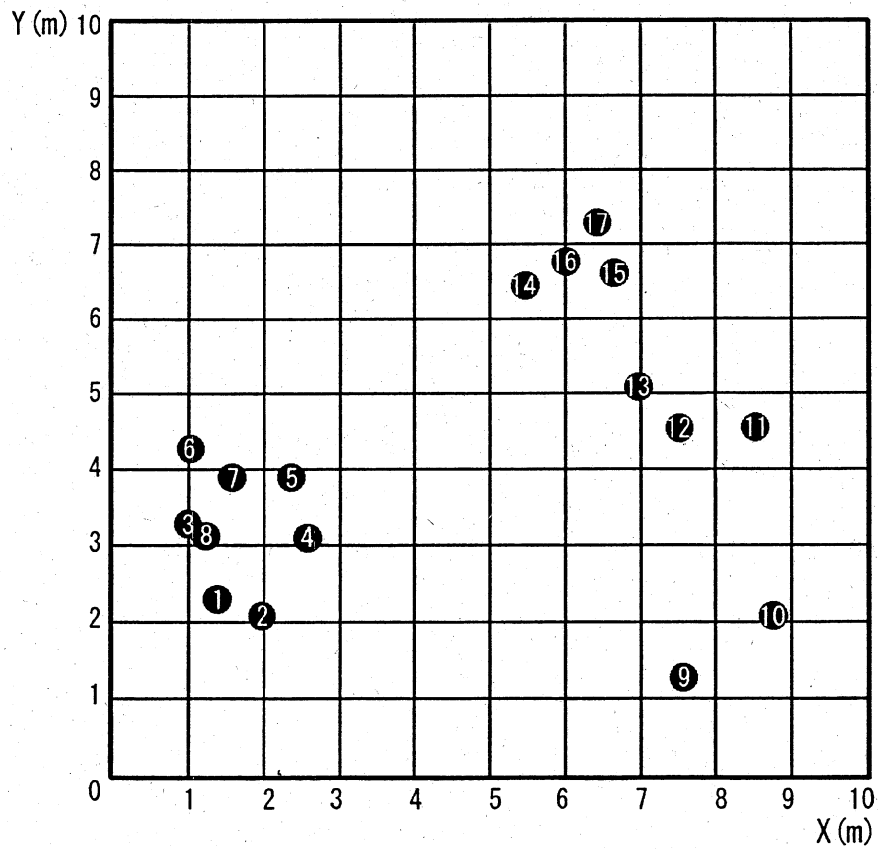


調査地点 3

調査地点 3

NO	樹 名	樹 高(m)	胸 径(c)	X(m)	Y(m)
1	ダフリアカラマツ	7	7	1.3	2.2
2	ダフリアカラマツ	7	16	2	2
3	ダフリアカラマツ	7.5	14	1.7	3.1
4	ダフリアカラマツ	6.5	11	2.5	3.1
5	ダフリアカラマツ	5	12	2.4	3.8
6	ダフリアカラマツ	7.5	11	1	3.2
7	ダフリアカラマツ	7.5	16	1.5	3.8
8	ダフリアカラマツ	7.5	18	1.2	4.2
9	ダフリアカラマツ	8.5	17	7.5	1.2
10	ダフリアカラマツ	8.5	18	8.9	2
11	ダフリアカラマツ	8	6	8.5	4.5
12	ダフリアカラマツ	6	16	7.5	4.5
13	ダフリアカラマツ	5	10	7	5
14	ダフリアカラマツ	6	18	5.5	6.4
15	ダフリアカラマツ	5.5	12	6.7	6.6
16	ダフリアカラマツ	5	5	6	6.8
17	ダフリアカラマツ	5	6	6.4	7.2

樹木の分布図

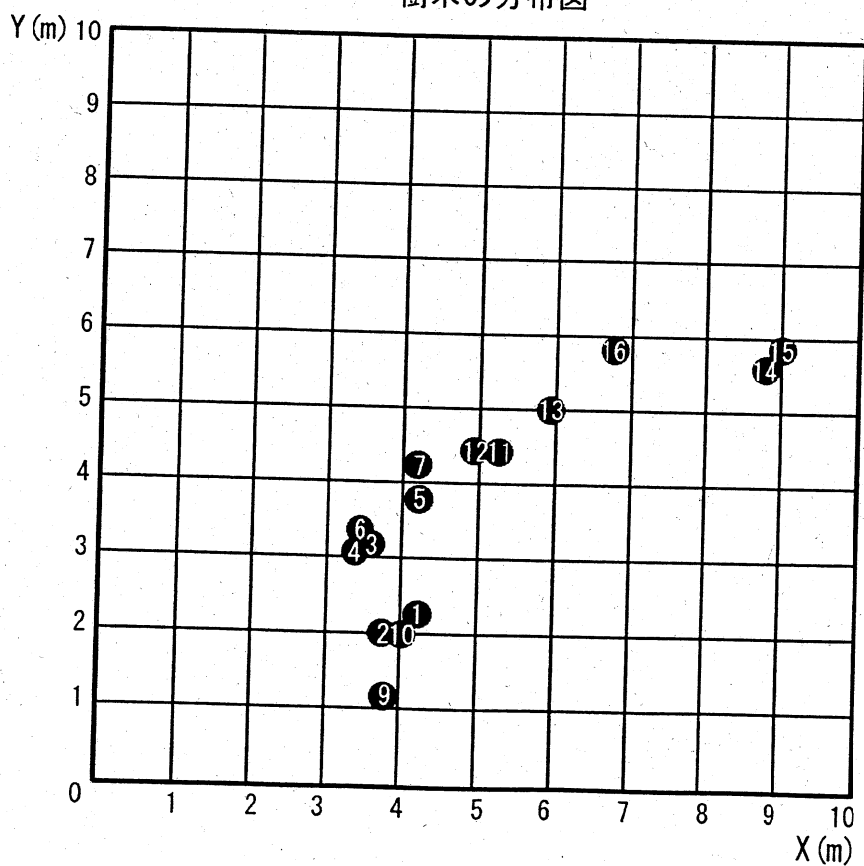


調査地点 4

調査地点 4

NO	樹 名	樹 高(m)	胸 径(c)	X(m)	Y(m)
1	ダフリアカラマツ	10	20	4.2	2.2
2	ダフリアカラマツ	7.5	15	3.8	2
3	ダフリアカラマツ	3	3	3.6	3.1
4	ダフリアカラマツ	5	8	3.5	3.1
5	ダフリアカラマツ	6.5	10	4.2	3.8
6	ダフリアカラマツ	7.5	6	3.5	3.2
7	ダフリアカラマツ	8	9	3.5	3.8
8	ダフリアカラマツ	9.5	12	4.2	4.2
9	ダフリアカラマツ	9.5	10	3.9	1.2
10	ダフリアカラマツ	7.5	10	3.9	2
11	ダフリアカラマツ	14	11	5.1	4.5
12	ダフリアカラマツ	8	12	5	4.5
13	ダフリアカラマツ	12	13	6	5
14	ダフリアカラマツ	14	14	8.8	6.4
15	ダフリアカラマツ	8	15	8.9	6.6
16	枯木	7	16	6.7	6.8

樹木の分布図

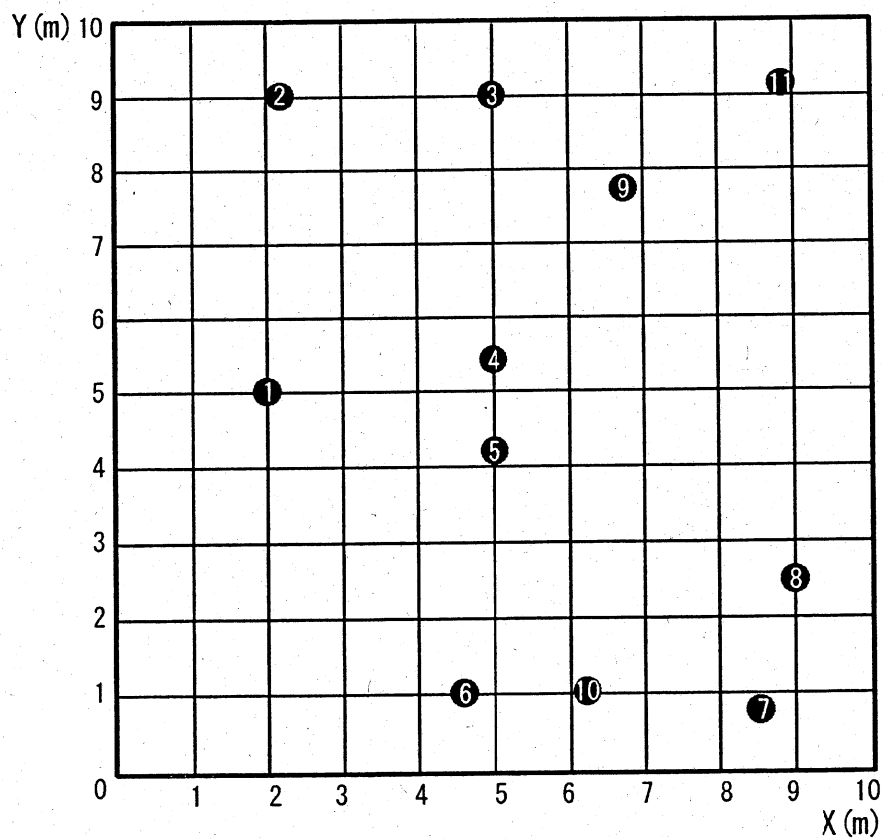


調査地点 5

調査地点 5

NO	樹 名	樹 高(m)	胸 径(c)	X(m)	Y(m)
1	ダフリアカラマツ	14	14	2	5
2	ダフリアカラマツ	8	11	2.3	9
3	ダフリアカラマツ	14	29	5	9.2
4	ダフリアカラマツ	13	17	5	5.4
5	ダフリアカラマツ	14	29	5	4.2
6	ダフリアカラマツ	10	11	4.5	1
7	ダフリアカラマツ	14	25	8.5	0.8
8	ダフリアカラマツ	12	17	9	2.5
9	ダフリアカラマツ	12	17	6.8	7.8
10	ダフリアカラマツ	7	10	6.2	1
11	ダフリアカラマツ	15	35	8.8	9.2

樹木の分布図

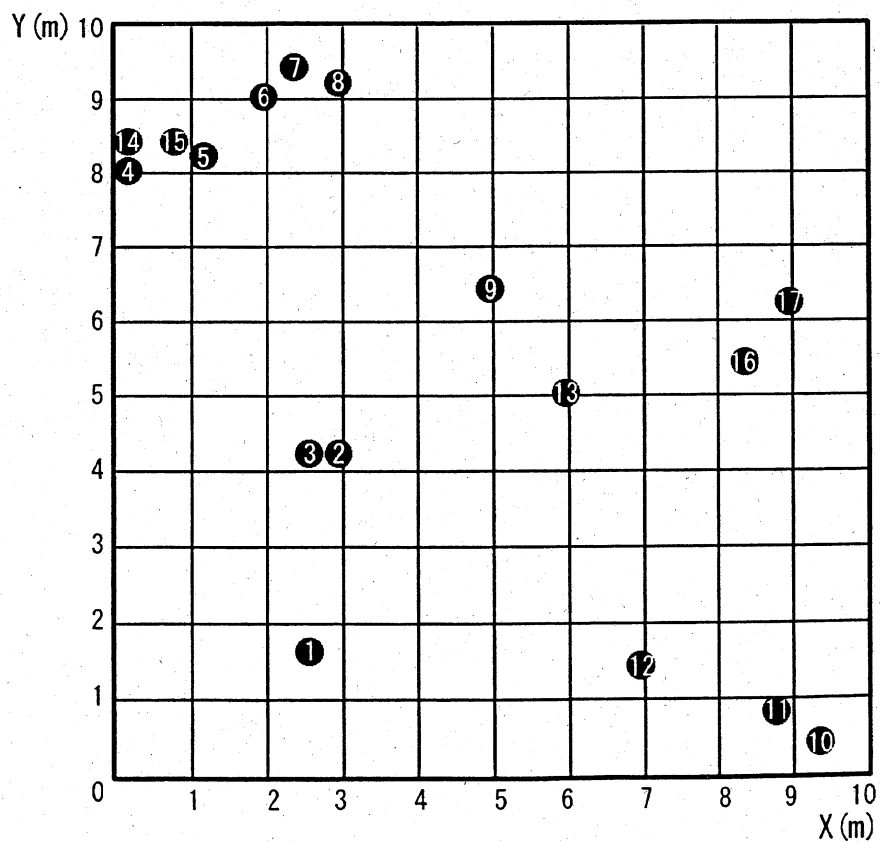


調査地点 6

調査地点 6

NO	樹 名	樹 高(m)	胸 径(cm)	X(m)	Y(m)
1	シラカンバ	12	13	2.5	1.8
2	シラカンバ	12	13	3	4.2
3	ダフリアカラマツ	0.5	4	2.5	4.2
4	シラカンバ	8	8	0.4	8
5	シラカンバ	9	10.5	1.2	8.2
6	シラカンバ	11	13	2	9
7	シラカンバ	12	13.5	2.4	9.4
8	シラカンバ	9	11.5	3	9.2
9	シラカンバ	14	20.5	5	6.5
10	シラカンバ	12	14.5	9.3	0.5
11	ダフリアカラマツ	0.5	4	8.9	0.9
12	シラカンバ	11	13	7	1.5
13	シラカンバ	10	11.5	6	5
14	シラカンバ	8	10	0.2	8.5
15	シラカンバ	13	13.5	0.8	8.5
16	シラカンバ	14	15	8.6	5.5
17	シラカンバ	13	14	9	6.1

樹木の分布図



IX. モンゴル国の実情と自然環境

1. モンゴル国とは

1) 国名、国章、国旗および民主化と新国家形成

社会主義国として旧ソ連の兄弟国の一つであったモンゴルでも、ペレストロイカの流れを受けて、1989年末から民主化運動が起こった。1990年7月に初めての複数政党による自由選挙が行なわれ、1992年には新憲法が制定され、正式な国名が「モンゴル人民共和国」から、「モンゴル国」となった。

新憲法制定に従い、国権の最高機関として76議席からなる国家大会議が設置され、立法・行政・司法の三権分立が成立した。そして政治活動、宗教活動、職業選択、表現、移動の自由などの基本的人権が保障がされた。外交面では外国軍隊の駐留・通過を禁止し、国際社会での多面的で自由な平和外交を進めることを決定した。国民生活においては、個人所有が認められたが、土地に関しては都市部以外の土地、すなわち牧草地は個人所有に含まず、遊牧社会の原則に従っている。

経済では1991年から劇的な変化が始まる。まずソ連の援助により成り立っていた産業がソ連経済の崩壊とともに破綻し、市場経済が導入された。またコメコン経済によって賄われてきた日用品などの生活必需品が不足し始めた。しかし1992年は政治改革に終始したため、国民生活の混乱は1993年末まで続き、一時は主食のパンや肉の配給制にまで追い込まれた。インフレ率も激しく、公務員や年金生活者の生活を圧迫している。1994年頃からは、主に西側諸国からの借款や外国企業からの投資が活発に行なわれ、国民経済は徐々に回復してきている。しかし国民所得の増加にともなってインフレも進んでおり、市場経済で利益を得た者と利益を得られなかった者との所得格差が広がっている。

与党モンゴル人民革命党は一貫として改革路線を押し進めてきた。しかし1996年6月に行われた人民大会議選挙では、人民革命党は過半数を割り、民族民主党のエンフサイハン氏を首相とする連立内閣が成立した。また1997年5月の大統領選挙では、1990年以降2期8年の任期にあった初代大統領オチルバト氏にかわり、バガバンディ氏が当選した。

2) モンゴルの産業

モンゴルの産業は自国の鉱物資源(銅・モリブデン・螢石・鉄・金・石炭等)と家畜であるが、これらを利用する各工場は、資金・技術ともソ連・東欧の援助で出来たものがほとんどである。モンゴルの鉱業の中で有名な工場はエルデネト市にある銅・モリブデン選鉱所である。これはソ連との合弁で建てられたもので、露天掘りで鉱石を切り出し、次に鉱石の純度を上げる選鉱を行なっている。

高地点はボクド県に属するアルタイ山脈中のタボン・ボクド山ナイラムダ峰で、海拔 4,374m。最低地点はドルノド・アイマクにあるフフ・ノールで海拔 560m である。全国平均海拔は 1,580m で、ウランバートル市は海拔 1,351m の高地にある。

山脈は西部に 4000m 級の 3 山を含むモンゴル・アルタイ山脈、中央部にはハンガイ山脈があり、最高峰のオトゴンテンケル山は、3,905m に達する。北部にはサヤン山脈、東部には 2500m 級の山が連なるヘンティ山脈がある。

わが国より長い河川があり、太平洋系(オホーツク海)のアムール川上流のオノン川、その支流のヘルレン川とハルハ川がある。また、北極海水系に流れるオルホン川、セレンゲ川、トーラ川がある。さらに中央アジア内陸水系のホブド川、テス川、ザブハン川、バイドラク川がある。湖沼も多く、フブスグル湖は面積 2,760 km² の淡水湖で透明度は高く深さは 245m とモンゴルである。オブス湖は 3350 km²、水深わずか 12m 程度の塩水湖である。モンゴルといえばゴビ砂漠であるが、中央南部のウムヌゴビ砂漠を始めに、ドルノゴビ県の砂漠は砂丘を伴う大砂漠である。ドルノゴビ県の東隣のスフバートル県内、ハンガイ山脈の西方、オブス湖の東方、ザブハン県に多数の砂漠が存在する。

2) モンゴルの大陸性気候

気候は年間最高気温は 40℃以上になり、最低気温は-40℃を下回り、年平均湿度は 50%以上 70%未満の大陸性気候である。国土が地球の北辺に位置して、国境の内外は山脈に囲まれ、潮風などが吹き入る余地のない高原の内陸国で、全国平均海拔が 1580m にもなり、完全な亜寒帯の下にあるためである。ウランバートルは年平均気温が零下 0.6℃になる世界最低の温度の首都である。

降水量は最多地方の北方では年間 350mm を超えず、ゴビ地方では年間 100mm 台のところが多い。参考までに、ウランバートルの月別平均気温、平均湿度、および降水量を表-1 に示す。

表-1 モンゴルの月平均気温と月雨量および平均湿度 (気象研究所 1991 年 7 月発表)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
気温℃	-20.9	-17.1	-8.0	5	9.8	14.3	7	1	8.8	1	-11.6	-17.3	-0.6
(下:東京)	4.7	5.4	8.4	13.9	18.4	21.5	25.2	26.7	22.9	17.3	12.3	7.4	15.3
降水量mm	4	4	6	8	14.6	6	0	92.7	26.9	12.0	4	8	239.2
(下:東京)	54	63	102	128	148	181	125	137	196	181	93	56	1460
湿度 %	81	77	66	52	52	58	65	70	65	64	72	81	67
(下:東京)	53	55	58	65	68	75	77	75	75	70	64	57	66

3) モンゴルの地質的特徴

シベリア楯状地の南部にあり、その地層は北方から南方に、原生代の後期に始まり、古生代・石炭紀ないし二畳紀にわたる造山運動によって形成された。モンゴル国は三大鉱床があり、北東部のモンゴル・トランスアルタイ鉱床区、西部のアルタイ・サヤン鉱床および南部の南モンゴル鉱床がある。国運を担ってきた鉱物は、ソ連で不足がちであった銅などに重点が置かれ、モリブデンおよび蛍石をあわせて輸出額の約 58.3% を占めたことがある。全国土の中で、草原地帯の高原帯と乾燥草原帯が約 8 割、森林地帯の高山帯と森林帯が約 1 割、そして不毛の砂漠地帯の砂漠高原帯と砂丘帯が約 1 割を占めている。

4) モンゴルの動植物

モンゴルは自然に満ちた国である。それは 1 ㎤に 1.49 人の人口密度という恵まれた環境からも察しがつく。広大な大草原は草場とも呼ばれ、その草場にはさまざまな動植物が生息していて一つの生態系を掛立させている。ゴビのような南部の砂漠性草原地帯で、雨量も少なく、植物の成長はとても難しく、根の深い砂漠特有の植物が多く見られる。特にザクという硬い植物はラクダの好物である。このような砂漠性の土壌には乾燥に強いトカゲや昆虫類が生息している。さらに奥地のアルタイやゴビにはゼール(モウコガゼル及びコウジョウセンガゼル)やブホン(サイガ)そしてホラン(アジアノロバ)などが生息している。唯一の野生ウマとして有名なタビ(モウコノウマまたはブルジェバルスキーウマ)は保護区に 37 頭(1996 年現在)生息し、除々に野生の感覚をとりもどし、今後の繁殖に期待されている。

さらに奥地の山岳地帯ではアルガリ(野生の羊)、アイベックス(野生の山羊)、オオツノヒッジなどが生息しており、険しい場所を利用して身を守って暮らしている。また万年雪を残すような山岳地帯にはユキヒョウも生息している。北方には針葉樹の森林地帯があり、そのほとんどはマツやモミの木で覆われている。森林にはブルーベリーやコケモモなどがあり、遊牧民たちはクリームなどに混ぜて食べる人もいる。地衣類も豊富で、特に木の枝に付く樹状性の地衣類が目立つ。こうした森にはチョノ(オオカミ)が生息しており、まれにその声や姿を見ることができる。他にアカシカ、ヘラジカ、トナカイ、イノシシ、リス、さらにモンゴルでは絶滅寸前にあるマザーライ(ヒグマ)も生息している。

広大な草原はモンゴルの特徴でもあり、豊かな草を求めて昆虫から家畜、さらに人間までもが草のエネルギーに頼っている。草原に生える草の一つ一つに目をやると、様々な種類から成り立っていることに気付く。花の奇麗なものではイワギキョウの仲間、エーデルワイスのウスユキソウの仲間、ヒゴタイの仲間、ワレモコウの仲間、チングルマやキンロバイの仲間などが分布する。日本では高山で見られる植物が平地で見られるのがモンゴルの特徴でもある。そのため、ヒョウモンチョウの仲間などを草

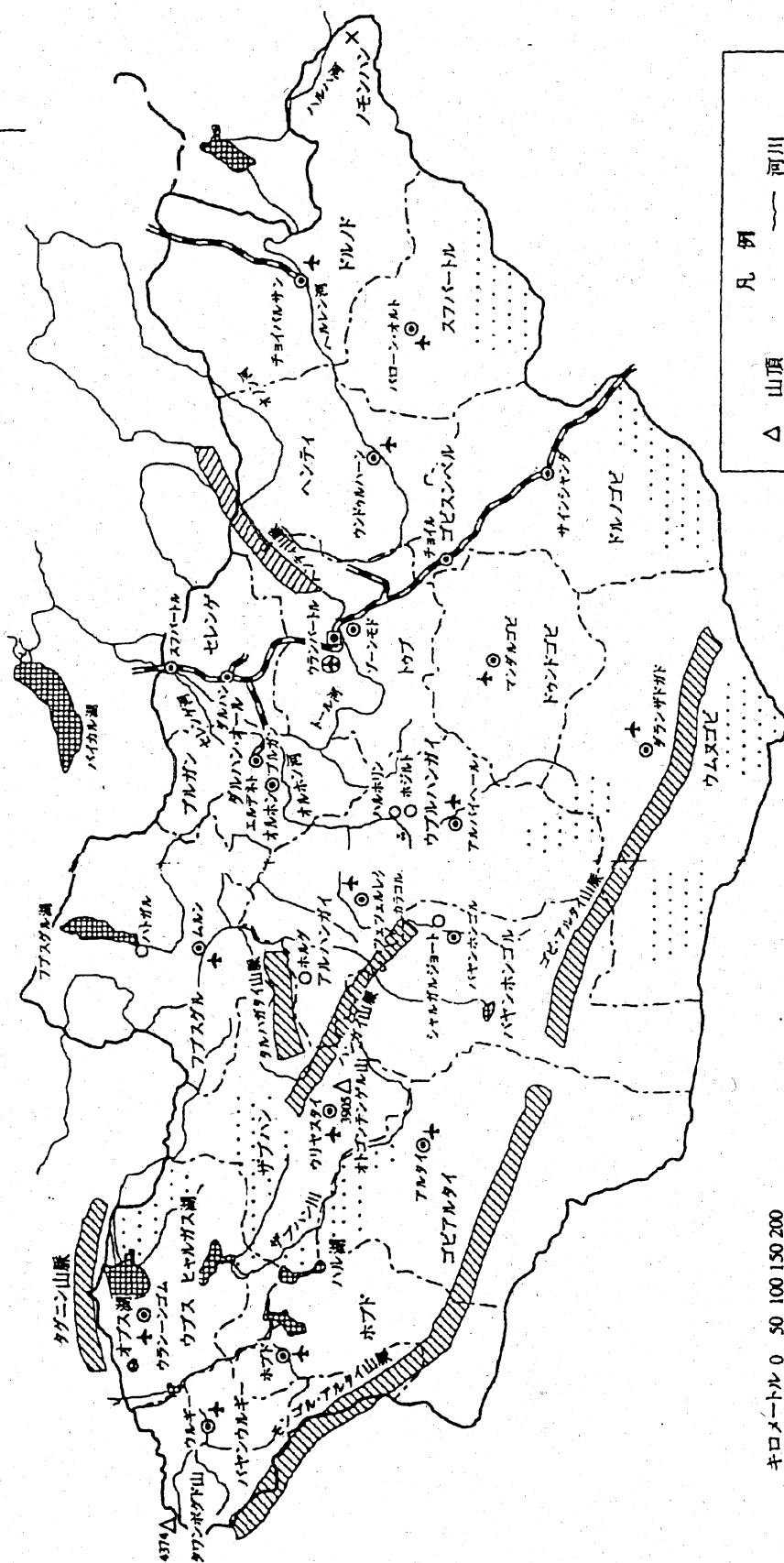
原で見つけたりする。

草原ではヨモギに似たハルガイ(ホソバイラクサ)、マメ科のハルガナ(コバノムレスズメ)、草原の香りを印象付けるアギ(マンシュウアサギリソウ)、根を食用にするフムール(セッカヤマネギ)、ターナ(カブラッキョウ)などは滋養があるので家畜に食べさせるよう、遊牧民たちは家畜を連れてやって来る。草原に点在する石や岩の上には固着性の地衣類・チャシブゴケ、ロウソクゴケ、ダイダイゴケなどがよく生えている。あまり踏みつけられていないモンゴルの草原は、菌類の宝庫でもある。時々草原に円を描くように出るキノコは、直径が数10メートルにも達する菌輪を作ることがあるほどで、馬に乗って草原を行くとオオシロカラカサタケなどの真白いキノコがまっさきに目に入る。また馬の多いモンゴルでは馬糞から出るバフンタケも多く見ることができる。

草原の地面をよく見ると穴が開いているのに気付く。これはネズミなどのげっ歯類の巣穴である。特によく目にする穴は直径20cmくらいのタルバガンの巣で、警戒心から巣の上で立ち上がる習性がある。タルバガンは同じげっ歯類のリスキ科の草食動物で、発達した鉤爪で穴を掘って、住居としている。北米に生息するプレーリードッグはこれの近縁である。

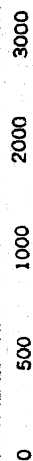
夜間には小さなカンガルーのようなトビネズミに出会うこともある。空にはこうした小動物を狙う猛禽類のタカなどが飛んでいたり、草原で休んでいたりする。またフクロウの仲間やキツネも小型動物を狙っている。ツルの仲間は日本から渡るものもあるらしい。アネハツルは草原でよく見かけるツルで5月～6月にはヒナがかえり、連れていたりする。湖の周辺ではカモの仲間やカモメの仲間を豊富に見る。川や湖には魚も豊富で、グレイリングの仲間のハッダランはよく目にする。大物ではサケ科のトル(イトウの仲間)やゼベク(コウチマス)、そしてチョウザメやカワカマスなどで、湖にはコイ科の魚が目立つ。日本とまったく同種のカワヤツメがいることも珍しい。

4



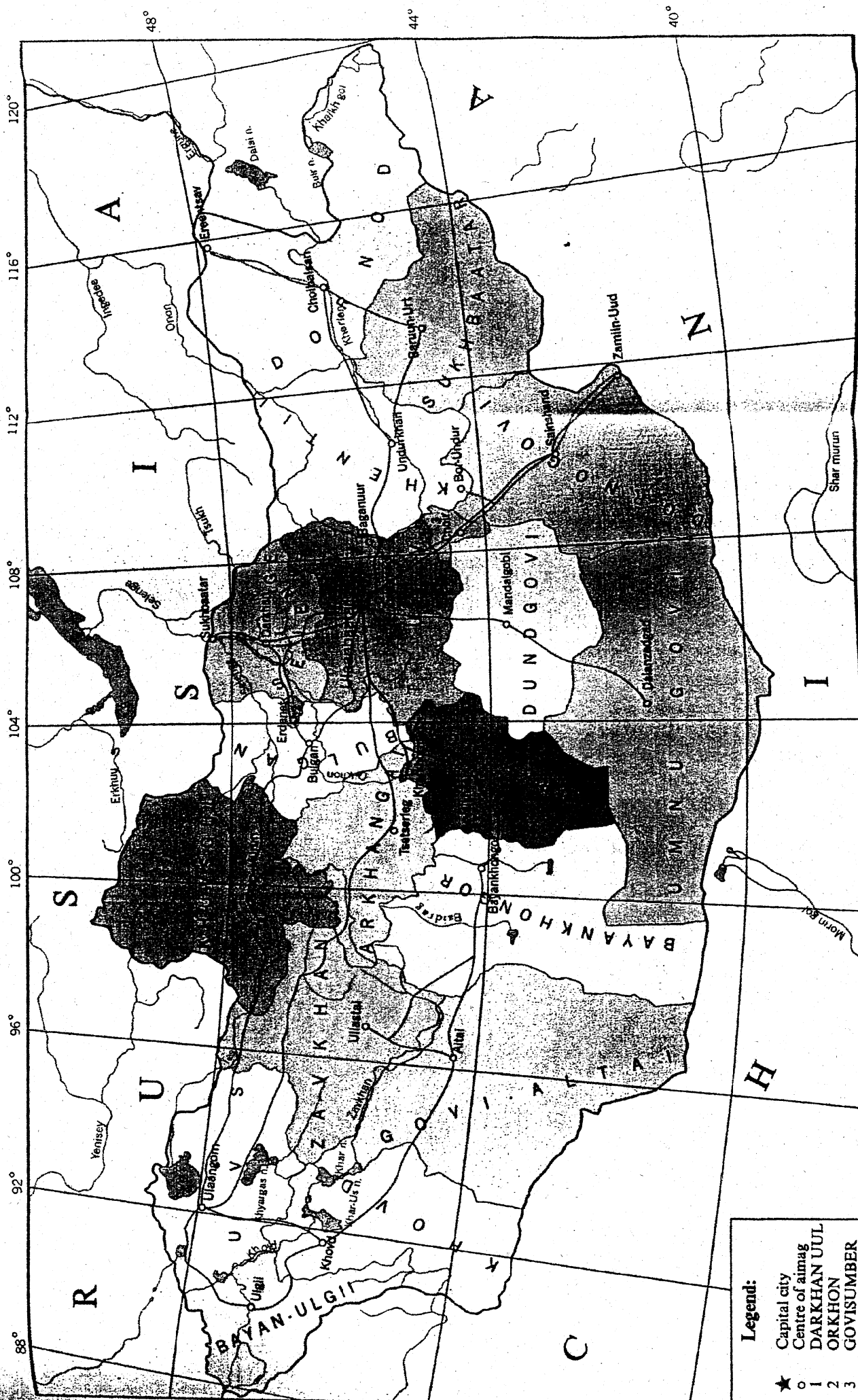
凡 例	
△	山頂
・	名所
×	古戦場
■	首都
◎	県庁所在地
○	その他の町・集落
—	国境
---	県境
—	河川
...	砂漠
○	湖
▨	山脈
—	鉄道
⊕	国際線空港
+	国内線空港

キロメートル 0 50 100 150 200

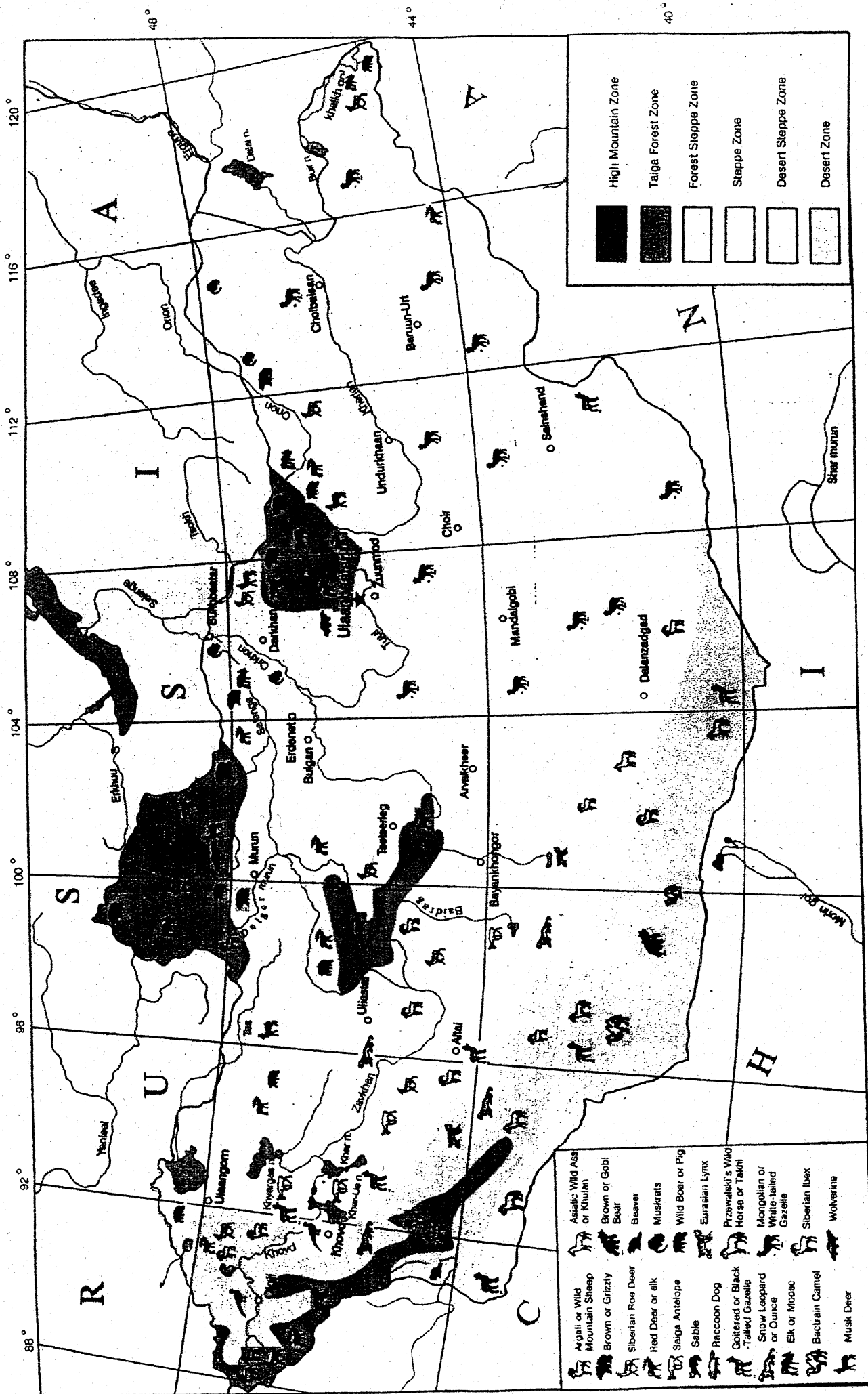


© CARTOGRAPHIC ENTERPRISE
OF THE STATE ADMINISTRATION
OF GEODESY AND CARTOGRAPHY

POLITICAL ADMINISTRATIVE MAP OF MONGOLIA



ZOOLOGICAL AND NATURAL ZONES OF MONGOLIA



Scale 1:10 000 000

© CARTOGRAPHIC ENTERPRISE
OF THE STATE ADMINISTRATION
OF GEODESY AND CARTOGRAPHY

X. モンゴル国の歴史

1. モンゴル高原に人類の誕生

1) モンゴロイドとは

モンゴロイドがシベリア盾状地にいつ存在したか。地球上で初めて猿人がアフリカに発祥した説が有力であるから、原人の段階であろうと考えられる。ジャワ原人、北京原人が北上してモンゴル高原に現れた説はない。旧人(古代型新人)は原人が進化した説が多く、その後に絶滅した説も多い。しかし、ユーラシア大陸に移動した原人の子孫は、旧人となり新人(新生人類)まで進化したという説が考えられる。新人のうち東南アジアに生息するようになったものを南方モンゴロイド(原モンゴロイド)と呼ぶ。他方、北上して北東アジアにまで定住し、環境の変化によって身体形質の新たな特徴を示すようになった北方モンゴロイド(新モンゴロイド)が存在する。モンゴロイドはシベリア台地の南半にかかるバイカル湖を中心にその西部で発見されている。その西方のマルタ、その北部のアフォントブアに身体化石と石器、住居跡が発見されているからである。

約2万年前にモンゴル高原に現れた新モンゴロイドは、南方の原モンゴロイドが北上したものか、あるいはアフリカから発端した原人の進化か。あるいはネアンデルタール人が進化して、ユーラシア大陸の南回路と北回路をわたってきたコーカソイドである白色人種一派かもしれない。約5000年前、北方モンゴロイドが寒冷化か狩猟の獲物の減少により南下した。あるいは西方からのコーカソイド(白色人種)の侵入によって南下したとされている。その一部が渡来して日本列島に現れ、日本を支配するようになったのが弥生人だとの説がある。

2) モンゴル高原に現れた現生人類の祖

約3万年前、モンゴル高原に出現したのは北方への移動してきた黄色人種の新モンゴロイドと推測される。次にモンゴル高原に登場したのは、約2万年頃、日本海沿岸から大興安嶺、エニセイ河畔および中央アジアまで蟠踞したモンゴロイドのなかの新アジアートである。この勢力は西から侵入してきた白色人種のコーカソイドに東方へ押しやった。そして、肅慎(しゅくしん)と称される国家を形成した。

紀元前2000年頃、獯鬻(くんにく)とよばれる人間集団が現れ、中国の周時代には、犬戎(けんじゅう)と呼ばれる人間集団が登場する。これらを飲み込んで匈奴(きょうど)が登場し、紀元後100年頃までそこに君臨する。前209年、匈奴の冒頓単于(ぼくとつぜんかん)がモンゴル高原を統率した。

他方、南ロシアに台頭したイラン系民族、スキタイは草原に天幕生活をしながら遊牧生活民を支配しながら、都市にあっては通商をオアシスでは農耕に従事するものも

現れた。前 1000 年代、モンゴル高原を匈奴が支配していた頃、大興安嶺の東側に新アジアートに属する烏桓(うかん)、その北東に同類の鮮卑(せんび)、その南東に同類の高句麗(こうくり)があった。

156 年白色人種支配の匈奴帝国を倒し、黄色人種新アジアートの一派が鮮卑(せんび)帝国を樹立する。386 年に南下した白色人種のトルコ語を話す高車丁零(こうしゃていれい)国家が建てられる。402 年鮮卑の一族の柔然(じゅうぜん)が君臨し、モンゴル語を話す最初の国家国民ではないかと推測されている。552 年、高車丁零の巻き返しがあり国名は突厥(とつけつ)となる。しかし、744 年になるとトルコ語を話す回紇(ウイグル)に滅ぼされてしまう。回紇も 840 年、堅昆(けんこん)とよばれるキリギス族により崩壊し、916 年には新アジアート一派の契丹(きつたん)帝国、遼あるいはキタイとも呼ばれ新国家が樹立した。支配面積はモンゴル高原を軸に東は日本海、西はカザフ高原までの広大な帝国であった。946 年に、晋(しん)を滅ぼすと大遼帝国となる。

2. モンゴル帝国の興亡

1) モンゴルの興隆

1125 年大遼帝国は、中国の宋と手を組んだ東方のツングース語を話す金帝国に滅ぼされる。しかし、金も宋も直接モンゴル高原に君臨しなかつた。高原一帯には、タタール、ヘレイトおよびナイマンなどの部族をみた群雄割拠の時代となった。とはいえ、金と宋帝国だけでなく、ヘレイトの南方にチベット民族系の西夏、その南方にチベット帝国が控えていた。ナイマンの南にはウイグル、西に大遼の一部が建てたに西遼(カラ・キタイ)があり、その西にホラムズ帝国が控えていた。ヘレイトと有良好関係を保ちながらその存在を維持してきたのがモンゴル部族と思われる。

1000 年代の初頭、モンゴル高原はヘンティ山脈に発したばかりのオノン河流域周辺に、黄色人種・東アジアートでモンゴル語らしき言葉を話す集団が出現した。多数の氏族集団の中で、キャト氏族集団のキャト・ボルジギン氏族のイエスゲイ・バートルの長男がテムジン、すなわち後のデングス帝と称する人物である。

父親がタタール民族の一派に謀殺されるが、ケレイト部族の長を自家薬籠中とものとし、まずキャト氏族集団をまとめた上、ボルジギン大集団を吸収した。

1206 年、オノン河の河上に大集会を開くとともに、皇帝位に就きデングス帝と称するに至った。1223 年までに、ユーラシア大陸では東は日本海沿岸から北はシベリア南半、西はカスピ海東岸、そして南はタクラマカン砂漠から黄土高原にいたるまでその支配下に置いた。デングス帝は、隣国金に脅威を与え南宋に憂慮させ、西夏攻略して滅亡させ、1227 年陰山山脈の山麓で死去した。

2) モンゴル帝国の繁栄と滅亡

ジンギス帝の死後、その広大な所領は既に4人の息子と近親者に配分済みであった。帝位を継いだのは3男のオゴタイであった。オゴタイ帝は1234年に南宋との連合軍をもって、宿敵の金を崩壊させた。ハナホリンに主都カラコルムを建設した。1241年に没すると、その長子グユクが第3代皇帝に決定したが、わずか2年後に急死する。1251年にジンギス帝の末子トルイの長男モンケが第4代皇帝となる。そして、南宋に対する総攻撃中に頓死し、次男のフビライが第5代皇帝を継いだ。常に継承者争いが起こってきたが、ジンギス帝の長男シュチは、今のロシアのボルガ河畔一帯のキプチャク・ハーン国を統治した。次男ツァガタイにはサマルカンドを含む中央アジア一帯のツァガタイ・ハーン国を、そして末の四男、トルイは西アジアのイル・ハーン国を統治した。フビライが大元と称して建てた国と独立した帝国となった。これらの大帝国をあわせると、ユーラシア大陸の大半に及んだ。

オゴタイ帝の孫ハイドは、北辺一帯を構える一門を再建したが、その死後、帝国は史上から姿を消すことになる。1328年に大元帝国の国内に内乱(白蓮教徒を中心とした紅巾の乱)が起き、1368年に新たに台頭してきた漢民族の一派、朱元璋の明(みん)によって攻撃されその主都、大都を守りきれずにモンゴル高原の故地に引き上げた。1386年にバト・モンケが帝位につくとモンゴル高原に北元を樹立したが、これも1388年に滅亡した。

3) モンゴル帝国の崩壊後

その後、オイラート族が勢力を増しモンゴル高原の西に連なるアルタイ山脈一帯を支配した。1439年にオイラート族長ドゴンの子エセンは、モンゴル高原東隣のウリヤンハや東方のマンチュリアを占領し全モンゴルを統一するような勢いであった。その後、タタール族のダヤンが統治し、その後アルタンが明朝の主都北京まで包囲し、チベットや中央アジアにも遠征した。彼はモンゴル右翼を支配し、バイシン(現フフホト市)を建設し、仏教を普及させた。この時代はオイラート族とタタール族の同士討ちの場と化した。

1609年頃、オイラート族は、ハルハ族の西進に圧迫されていたが、カラクラなる人物がジュンガル帝国を立てた。さらに、その子バートル・ホンタイジ帝はオイラート族長となるとジュンガル帝国は急速に発展させ、東は大興安嶺から西はパミール高原にまでの漠北の要地を服従させ、その子および弟のときに最盛期を迎えた。他方、モンゴル民族主流派のハルハ族は、救いを清朝に求め、1688年に現在の内モンゴルに亡命した。

1758年、清の乾隆帝(けんりゅうてい)はハルハ族と共に内紛に乗じてジュンガル帝国を壊滅させた。かろうじて残存した亡命の民は、以来、清朝、中華民国、中華人民協和国政府の統治下において、現在真の自由が認められていない。また、旧ジュンガル帝国の地は、

現在、新疆(しんきょう)と呼ばれている。

4) 清朝支配下のモンゴル

17世紀初め、分裂割拠状態を解消しようとして強硬な統一政策を取ったモンゴル最後のハーン・リグダンは、かえって各部の反発を招いていたが、当時、東から勃興しつつあった満洲族は、動揺するモンゴル諸部を次々に支配下に収め、ついに1634年にリグダンを滅ぼし内モンゴル地域を征服した。当時外モンゴル・ハルハでは3ハーンが割拠していたが、そのうち右翼のザサクト・ハーンと左翼のトシェート・ハーンの対立は、やがてオイラト・ジュンガル部のガルダンの介入を招き、ついには武力衝突に発展した。

1688年、侵入してきたジュンガル軍に破れたハルハは大挙して清朝に帰属した。清朝の康熙帝は自ら軍を率いてガルダンを破り、ジュンガル部をハルハから追い出した。こうして外モンゴルも清の支配下に入るようになったのである。やがて1755年、清軍はジュンガルの内乱に乗じて天山山脈北方にあったその根拠地に出兵し、これを滅ぼした。こうして、全モンゴルが清に支配されるのである。清朝は、モンゴルを旗(ホシヨ)と呼ばれる行政単位に編成して統治した。旗民は命令があれば満洲人皇帝のために兵として軍務や駅姑・国境での任務についた。王公たちは旗民の管理を委ねられ、爵位を与えられ俸禄などで様々な優遇を受けた。仏教が積極的に奨励され、イヘ・フレー(現在のウランバートル)にいた活仏ジェブツンダムパ・ホトクトは、ハルハのみならず全モンゴルの仏教徒の尊崇を集めた。各地に寺院が建立された。この時代かつてのような戦乱は後を絶ったが、ラマ(僧)の急増で生産人口が減少した上、清朝の賦役や漢人高利貸しの搾取などによって経済は貧窮化した。19世紀には、北方からロシアが政治的・経済的影響力を強めていく。当時清朝は、次第にモンゴルに対する漢人農民の移住を黙認するようになり、内モンゴル南部では、牧地が農地に侵食されて不足する事態も生じた。また清末には、王公優遇政策も形骸化し、王公の間に不満が募っていった。

3. モンゴルの近代

1) 19世紀のモンゴル

内モンゴルでは19世紀半ばにすでに反漢蜂起が発生していたが、ハルハでは、19世紀末になってジェブツンダムパ・ホトクトを中心にしたハルハ王公の一部に内モンゴル出身の官吏が加わって、ロシアの援助による清朝からの分離が画策された。1911年に清朝が倒れたのに乗じて独立を宣言、ジェブツンダムパ・ホトクトをボグド・ハーン(皇帝)に推戴した。この政権は、一時全モンゴルの統一を目指して各地に兵を派遣したが、ロシア・中国などの圧力で失敗し、結局外モンゴルに限って中国の宗主権

の下での自治が認められた。とはいえ、実質的にはロシアの優勢な権益が確保されたのである。1917年にロシア革命が勃発すると、その影響は直ちにモンゴルにも及んだ。まずロシアの混乱に乗じて中国軍閥軍がイヘ・フレーに乗り込んで自治撤回を強要し、ついでロシアでの内戦に破れたウンゲルン・フォン・シュテルンペルグ男爵の白衛軍がこの中国軍を追い出してイヘ・フレーを占領し、恐怖政治を敷いた。ウンゲルンは再びホトクトをハーンに据えたが、傀儡にせんとしたものにはすぎなかった。これに対してダンザン、ボドー、スフバートルなどのモンゴル人民党（現在の人民革命党の前身）はボグド・ハーンの承認の下でソ連赤軍に援助を求め、1921年にモンゴル人民義勇軍と赤軍は、中国軍に占領されていたモ・ソ国境の町キャフタを解放、ついでイヘ・フレーのウンゲルン軍を破った。こうして成立した人民政府はボグド・ハーンをいただく立憲君主政体をとったが、1924年にハーンが死ぬと、共和制に移行した。

2) 社会主義モンゴル

その後モンゴルは、ソ連の指導のもとで社会主義国として発展することになるが、その道は平坦ではなかった。20年代にはダムバドルジ政権が反ソ的な民族主義政策を行ったとして右翼偏向と批判され、ついで左翼化した政府のもとで強硬な集団化政策をとって牧民の大規模な反乱を招いた。チョイバルサン時代にはソ連同様粛清によって多くの指導者が抹殺された。1939年には東部国境で日本軍の大規模な侵入（いわゆるノモンハン事件）を受け、ソ連軍とともにこれを撃退することに成功した。第2次大戦期には戦時体制でソ連を援助し、1945年にはソ連とともに対日宣戦に加わった。

この間、1940年には人民革命の第二段階として社会主義建設の開始が宣言され、チョイバルサンを継いだツェデンバルの下で1959年には集団化の完成に伴って社会主義化の達成が喧伝された。1961年には国連に加盟、翌62年には戦後成立した社会主義圏の一部としてコメコンに加入した。これに伴い多くの留学生をソ連・東欧に送り出し、国の近代化が進められた。

ソ連でペレストロイカが始まると、モンゴルでも1986年からバトムフ書記長の下で、「イル・トド(=グラスノスチ)」「オオルチロン・バイゴラルト(=ペレストロイカ)」が始まったが、まもなく代わったG.オチルバト書記長の下で、人民革命党は独裁を放棄し、複数政党制を導入、さらに大統領制が導入されてP.オチバルトがこれに就任、議会主義への転換を行った。経済面では、国有資産の分配や、国营企業の民営化が行われ、外交ではソ連一辺倒を改めて中国と関係を正常化し、アメリカとも国交を結んだ。経済的にも日本・韓国などとの結びつきを強めている。（岡 洋樹・「地球の歩き方モンゴル」より）

4. モンゴル・日本の歴史

作家、司馬遼太郎が書いているように「13 世紀と 20 世紀のある期間を除いては、長い日蒙の歴史の上での交渉はまったくなかった」（朝日文庫「街道を行く」5）。13 世紀とは、有名な「元寇（げんこう）」である。当時、帝国を拡大し、高麗を完全に征服した元（モンゴル）は、日本をも服属させようとした。世祖フビライ・ハーンは数次にわたって使を派遣し、入貢を迫ったが、時の執権北条時宗に拒否された。そこで、1274 年（文永の役）、1281 年（弘安の役）の 2 度にわたって九州に襲来し、日本を武力支配しようとした。しかし、いずれの場合も九州、四国の武士の激しい防戦とたまたま発生した暴風雨にあい、大敗した。

20 世紀に入ると、日清、日露戦争をへて大陸への野望をいだいた日本が、逆にモンゴルを侵略しようとした。当時、モンゴルでは、200 年以上にわたる中国清朝支配からの独立運動が起こり、1911 年 12 月に自治宣言がなされた。しかし、独立を志すモンゴル政府の訴えに、当時ロシアの首都だったペテルブルグの日本大使館は耳を貸そうとしなかった。ロシアとの間に、モンゴル分割に関する密約があったからである。1917 年のロシア革命に刺激され、モンゴルでも革命運動が高まり、1921 年 7 月に人民政府が樹立される前後には、ロシア白軍支援を名目に、シベリアに出兵していた日本は汎モンゴル帝国の樹立をモンゴル人に呼びかけるなどの干渉を行った。その後、1920～30 年代にかけても、関東軍ハルビン特務機関は対モ工作を続けた。そしてついに、1939 年には国境紛争を口実にし、ノモンハン事件（モンゴル側はハルハ河戦争という）が起こるのである。関東軍はモンゴルを侵略したが、ソ連の機甲化部隊を中心としたソ・モ軍に大敗してしまう。第 2 次大戦後は、シベリア抑留者の一部 1 万 4 千名がモンゴルに移送され、1,597 名が死亡している（全国抑留者補償協議会調べ）。両国関係は、戦後長らく民間レベルで細々と続けられていた。1972 年に外交関係が樹立されたが、大きな変化はなかった。

5. チンギス・ハーン伝説

1) チンギス・ハーンの生い立ち

彼は、モンゴル部の中の名門ボルジギン氏族のイエスゲイ・バートルを父とし、オングラト部のオルクヌウト氏族のホエルン・エケを母とし、1162 年（異説あり）にモンゴル北部のオノン河上流にあるデリウン岳の麓（現ダダル近く）で生まれた。そのときタダル部との戦いに勝ち、敵将テムジンを連行して帰還した父は、敵将の名にちなんで赤子をテムジン「鉄をつくる人の意（中世モンゴル語でテミェルチ）」と命名した。彼の生い立ちで特筆すべきことは 3 つある。いずれも彼が生涯「力」の哲学を信奉することになる契機となった事柄である。

その第一は、母が父に略奪された人妻だったことである。彼女の新郎、メルキト部のイエケ・チレドゥが新婦ホエルンを連れ、彼女の家からわが家へ帰る途中、彼女は

イエスガイによって強奪され彼の妻にされたのである。この事件は当時のモンゴル高原の無法状態を端的に物語っていると同時に、彼の父親が一体どっちなのかという、血筋につながる重大な疑惑を惹き起こすこととなる。思春期を迎えたテムジンはこの結論した。「頼むべきは由緒正しい血筋ではなく、自らの力だけだ!」と信じた

第二は、彼が少年だったとき、父親がタタル部によって毒殺されたことである。これがかつて、前記タタル部のテムジン將軍を捕えたことへの復讐であることは明らかである。この結果テムジン一家は無力な母子家族にと転落する。無力なものが見捨てられるのは当時のモンゴル高原の厳しい掟だった。

第三は、少年テムジンが釣った魚を異母弟のペクテルが盗んだことから、その制裁として行った殺人である。盗みという不正に、殺人という暴力行為で報復したのだ。しかしこれは決して単なる復讐ではない。そこには正義ないしは法の芽生えがある。後年、全モンゴルのハーンとなったとき(1206年)、彼がヤサ法なる憲法を發布することになる大本がこのあたりにあったと言えよう。

2) 群雄割拠の東アジア

12世紀のモンゴル高原は非情の時代だった。各地に群雄が割拠し、血で血を洗う死闘が繰り返されていた。モンゴル部も全体の中の一部族にすぎなかった。各部族とも、己を守り切れないものは敵を倒すなど到底できず、力のない者は次々に消されていく運命にあった。しかし戦いはモンゴル高原に限定されていた訳ではない。南には異民族国家が目白押しに幡居していた。中国北部には「金」、その西に「西夏」、さらに「ウイグル」、「西遼」、そして中央アジアの「雄ホラズム王国」があった。このような情勢下で、群雄割拠の全モンゴルを統一そこに平和をもたらすべき者が現われたのは、歴史的必然であったのかもしれない。

3) ハーン位推戴

これは一つの部族に属する各氏族の長たちによる長老会議(クリルタイ)によってその部族の長に選ばれることを意味する。テムジンがモンゴル部のハーンに推戴されたのは1189年のことである。チンギスとはモンゴル人たちの信奉していた「光の精霊」の意と解される。しかしそのときのハーンは、諸氏族の単なる代表格ほどの意味しかなく、実権は各氏族の長たちが依然保持していた。しかし、タタル、ケレイトなど他の部族をすべて征服した彼が、部族長たちのクリルタイで推戴された「ハーン」位(1206年)は、絶対的な全モンゴルの支配者としてであった。

4) 支配への衝動

力の信奉は支配への衝動を誘発せずにはおかない。金への侵攻がその好例である。全モンゴルのハーンとなったとき、彼はすでに南方の金に眼を向けていた。一過性の

略奪作戦の形で開始された金への侵攻は、やがて占領した各地にモンゴル軍を常駐させ、恒久支配を狙う侵略戦争へと変質していった。支配への衝動が世界制覇という恐るべき極限に達したのは大西征(1211-1225)においてである。金との戦いに数年を費しながら決着をつけられなかった彼が、ホラズム王国に侵攻し、わずか数ヶ月でその心臓部マワラアンナフルを制圧したときに、その心中に世界制覇という窮極の野望が生まれたのは当然の結果であろう。1220年、ホラズム南部で発せられた布告文「司令官、大官、平民よ。神が東から西に及ぶ地上の帝国を朕に与え給うたことを知れ」がそれを証明している。

ホラズム王国に続いて、コーカサス、キップチャック、さらにはロシアの草原にまでモンゴル軍を派遣した大西征は、たとえ様々の口実や事情が絡んでいたにせよ、彼の窮極的野望の実現化と見るほかはない。

5) チンギス・ハーンの死

1225年、大西征から帰投した彼は、休む暇もなく再び西夏侵攻作戦を開始した。最終目標はいまだ決着のついていない金であった。だがこの作戦中、落馬か熱病か(諸説紛々である)、とにかく彼は急死を遂げるに至る。時は1227年8月18日、所は中国甘粛省清水県西江、六盤山(これも諸説あり)、享年は数え年で66歳(これも不確定)だった。モンゴルでは野辺送りの際に、遺体を載せた馬車やラクダが立ち止まったところを最終の地とする葬送儀礼の習慣があった。チンギスの場合は例外である。遺体は、彼が生前愛していたブルカン岳の山裾、「元史」によれば「起賛谷(ケルレン)」つまりケルレン河の河岸のいずこかに葬られた。殉死者や副葬品と共に遺体が土中深く埋められると、その上に土がかけられ、馬がそれを踏みならして平らにした。兵役を免除されていたウリヤンハイ族の者たちが警備に当たった。やがて草木が生え、それが密林となり、埋葬地がどこなのか分からなくなってしまった。埋葬地の位置は今もって確定されていない。

チンギス・ハーンの祭典をオルドスとよぶ。これからオルドスと呼ばれる祭殿名が集団名に発展し、現在、「河南の地」あるいは「河套」という名称は衰え、オルドスが地域名となった。オルドス高原には、約13万人のモンゴル族と150万人の漢族が居住している。チンギス・ハーンが病気で静養していた洞窟があり、オルドスのアルプス山中の大規模な石窟寺院「アルジャ石窟」とされ、チンギス・ハーンの祭典八白宮と並んで、聖地のひとつとなっている。

6) モンゴル帝国の残照—継承国家のこと

第2代のハーンとなったのは、三男のオゴテイである。彼は父の巨大な遺産、つまり強力な軍事組織と経済機構を基礎として、金の完全制圧をなし遂げ(1236年)、さらに父の大西征の上をいく欧州大遠征(1236-1241)を断行した。また元のフビライも南

宋・安南などを攻め、朝鮮を制圧し、日本にも襲いかかってきた。しかしチンギス・ハーンの意によって分裂した継承国家群、すなわちキップチャック、チャガタイ、オゴテイ、イルの諸汗国と膝元の元(ゲン)は、宗祖が築いたかつての栄光あるモンゴル帝国のような世界史的次元から、次第に地方史的な次元にと転落し、やがてモンゴル民族は故郷のモンゴル高原の域内に帰り、東洋史の中でも一地方史の舞台に姿を現すだけとなっていった。

7) 日本人とチンギス・ハーン

末松謙澄の『大征服者成吉思汗は日本の英雄源義経と同一人物である』(明治12年)や、小谷部全一郎の『成吉思汗は源義経也』(大正13年)など、いわゆる義経説はもはや顧みられなくなったが、それでも大草原の英雄たる彼の存在は、同じモーコ斑をもつ日本人にとって、永遠のロマンであり続けるであろう。戦後書かれた井上靖の『蒼き狼』、高木彬光の『成吉思汗の秘密』、中津文彦の『ジンギスカン殺人事件』などを見ても分かるように、つねに日本人の想像力を揺さぶってやまないのが、チンギス・ハーンその人ではなかろうか。

(聖徳大学教授 川崎淳之助)

引用 地球の歩き方42「モンゴル」ダイヤモンド・ビックス社発行、1997 より

引 用 文 献

1. 青木真治:モンゴル国の実像、東洋経済新報社、1998
2. 木村 毅:モンゴルの歴史、中西出版、2001
3. 楊 海英:草原と馬とモンゴル人、NHK ブックス、2001
4. 岡田英弘:モンゴル帝国の興亡、ちくま新書、2001
5. 地球の歩き方編集室:モンゴル、ダイヤモンド・ビック社、1997
6. 金岡秀朗:モンゴルを知るための60章、明石書店、2001
7. Da. Ganbold: Facts about Mongolia 2000, Admon Company-,2000

D. Tumurbaatar.

Institute of Geography, Mongolian Academy of Sciences.

Permafrost of Mongolia

Introduction

Mongolia's high altitude and cold climate are excellent conditions for permafrost conditions. Its first permafrost was formed 1.2 million years ago, the second 600-700 thousand years ago, and the third during the upper Quaternary (Gravis, 1975).

Research on Mongolian permafrost has started in the end of 1960's. A Mongol-Russian geological expedition in 1968-70 resulted in a map of the Mongolian permafrost with a scale of 1:1 500 000.

Permafrost zone in Mongolia and its distribution.

The permafrost area covers about 63 per cent of Mongolia's total territory. The Mongolian permafrost is classified into seven categories: *continuous*, *discontinuous*, *widespread*, *rarespread*, *sporadic*, *pereletka*, and *seasonal* (Figure 1).

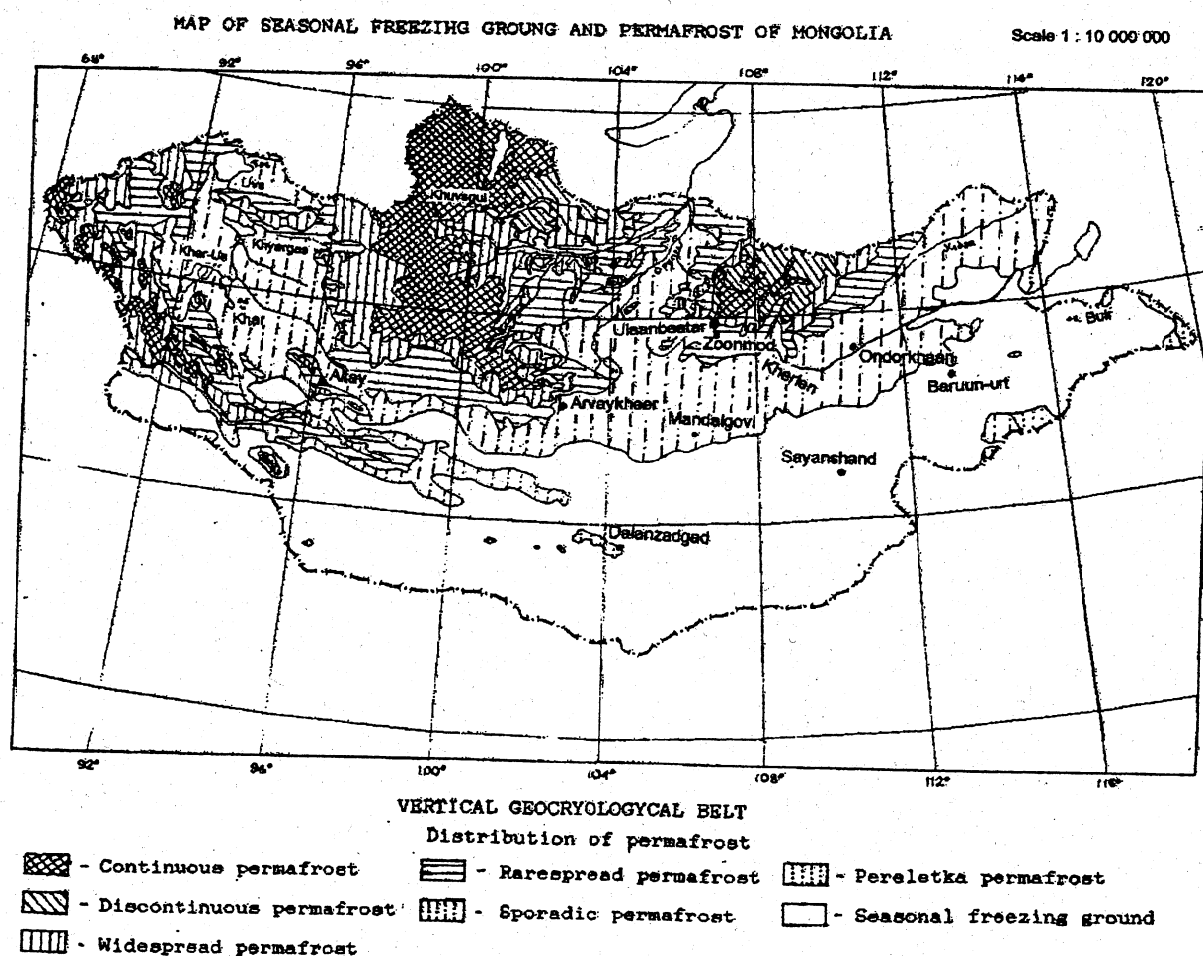


Figure 1 Map of seasonal freezing ground and permafrost of Mongolia

The *continuous* permafrost occupies 141000 square km or 9.4 percent of Mongolia's territory and distributed in Hangai, Hentein, Huvsgul and the Mongol-Altain mountain region. The thickness of permafrost is 100-200 m in lake and river flood-planes and 300-500 m at the 3000-4000 m absolute altitude. The temperature varies from -1.5°C to -3.5°C .

The *discontinuous* permafrost occupies 27000 square km or 1.8 per cent of the countries territory. This category of permafrost is distributed in the Mongol-Altain and in the western slope of the Huvsgul mountains. The area of *widespread* permafrost is 152630 square km (10.2 per cent) and the lowest boundary starts at 1460-1800 m altitude; the thickness is 50-100 m and temperature is from -1.0°C to 1.5°C .

The area of *rarespread* permafrost occupies 190930 square km or 12.2 percent of the countries territory.

The thickest 10-50 m and temperature is from -0.5 to -1.0 .

The *sporadic* permafrost is distributed in the steppe of the central Mongolia, Orhon-Selenge river valley, Lakes basin and in the forest steppe of western Mongolia. The depth is 5 m and temperature ranges between -0.1°C and 0.5°C and this type of permafrost occurs in areas with wet loam or loamy soil.

The *pereletka* is distributed in the Dariganga plane and Hyangany mountain. The *seasonal* freezing ground is distributed in the southern steppe and the Gobi and has a depth of 1.7-3.5 m.

Permafrost phenomena

Phenomena such as frost crack, frost heaving, thermokarst, stone polygons, solifluction, icing, kurum can be observed as a result of permafrost melting and freezing.

Frost crack: Soil crack is caused by temperature differences during freezing periods. This phenomena very often occurs in the Darhad depression and crack depth can reach 10 m (Figure 2). Frost crack usually forms in loam and loamy sand soil and has different kind of shapes, such as rectangles, pentagons and hexagons. Small cracks sometimes occur in loam and loamy sand soil of lake and river valleys.



Frost heaving: Soil volume expands and piles are formed as a result of freezing. This phenomena is called frost heaving and classified in seasonal and permanent

mounds. Permanent mounds form as a result of continuous freezing and have ice pits. They occur in the loamy soil of the Halai, Hangain depression, Mongol-Altai, Lakes basin, lake valley of the Bayanhongor. Their height is 2-5m and diameter 50-100 m. Seasonal mounds occur in permafrost and non-permafrost areas. They are formed during the winter on locations with moisture saturated clay and loam soil in winter. Seasonal mounds melt during the summer and are much smaller than permanent mounds: their height is 1-2m and their diameter is 50-100 centimeter.

Stone polygons and kurum: Soil expands as a result of freezing and contracts when it melts. As a result of this action stones can come out and form stone polygons or stone spots. In addition, big rocks break into small pieces and form kurum under soil freezing.

Thermokats: During the slow process of permafrost melting, at first concave cups are formed, which get filled by water. This phenomena is called thermokarst and occurs in the valleys of the Hangai, Altai and Hentein mountains. As an example the newly formed thermokarst in the Darhad depression is shown in Figure 3.

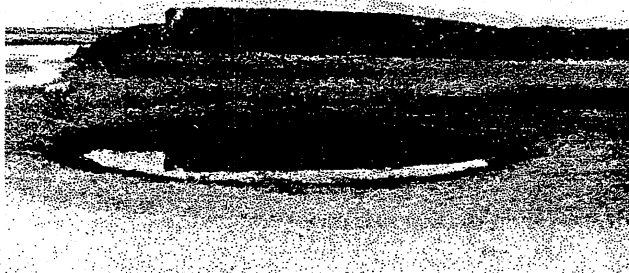


Figure 3. Newly formed thermokarst in the Darhad depression

Solifluction: Solifluction occurs when permafrost melts and soil moves or shifts along the mountain slopes.

Icing: Two types of icing are distinguished: soil water icing and river water icing. In soil water icing the water is squeezed out of the soil that subsequently freezes. It is usually formed near streams

and springs. In urban areas, soil water icing can cause severe damage.

Clear changes in permafrost phenomena have been observed as a result of climate change. In the last 10-24 years in the regions of Byrenhaan, the Husgul mountain, the Theterhyin hollow and Bagahuur, the permafrost annual mean temperature has increased by 0.01°C per year and the melting depth has increased by 0.4-0.6 centimeter

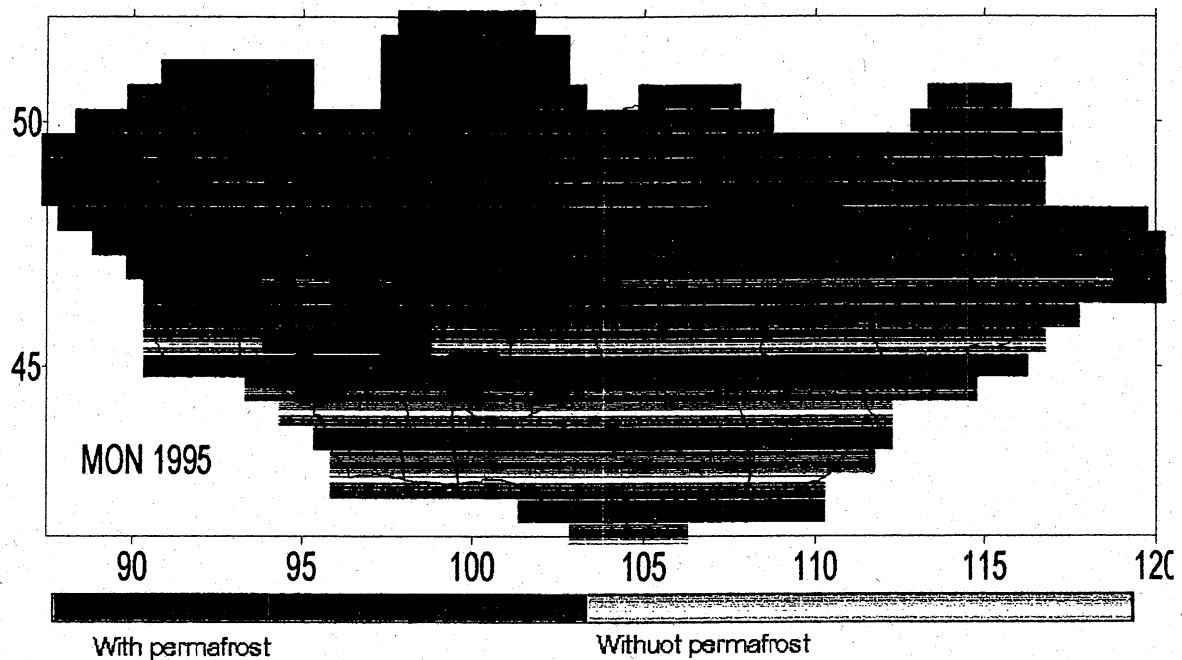


Figure 4. Current permafrost distribution

(N.Sharkhuu). The depth of ground freezing in the Ulaanbaatar has decreased by 20-30 centimeter in last 28 years. This permafrost study shows that formation of marsh has increased as a result of enhanced permafrost melting. Some pastures are already converted into marsh. Permafrost phenomena such as melting mounds, thermocrast, icing occur more frequently.

The Mongolian permafrost is thinner, less cold and distributed wider compared to permafrost in northern Russia, Canada, and Alaska. Therefore it is relatively sensitive to air temperature and human activity. Permafrost melting depends on vegetation and snow cover, soil type, rock structure and may other factors. For example snow and vegetation cover reduce the air temperature by 2-3°C.

Impact on Permafrost zone distribution

As stated above the climate change has a noticeable effect on the condition of the country's permafrost. In order to predict the permafrost change under climate change we used a permafrost index which can be expressed by the following equation:

$$F_{air} = \frac{\sqrt{T_{air}^-}}{\sqrt{T_{air}^-} + \sqrt{T_{air}^+}}$$

Here F_{air} is the permafrost index, T_{air}^- and T_{air}^+ are the sums of negative and positive average temperatures in a year. If the index F_{air} is >0.5 , the area has permafrost.

In order to calculate the F_{air} we used maps with average temperatures in the period 1961-1990. Using these data we calculated the monthly temperature at 904 grid points. The model output showed that the permafrost area currently occupies approximately 38 percent of Mongolia's territory. Based on these calculations we made a map showing the modeled current permafrost distribution (Figure 4). This map is very similar to the actual permafrost distribution (see Figure 1), and therefore we concluded that the F_{air} is a suitable input for estimating permafrost distributions in Mongolia.

Hence, we used the F_{air} index to predict the permafrost distribution change in the period 2040 - 2070 with the CCCM, CSERO, HADLEY, ECHAM and GDLF scenarios.

According these scenarios the area of permafrost will be reduced to 24-28 percent of Mongolia's territory by 2040 and reduced even further to 16-25% in 2070. The changes in permafrost area the percentage of permafrost melted are given in Table 1 and Figure 5.

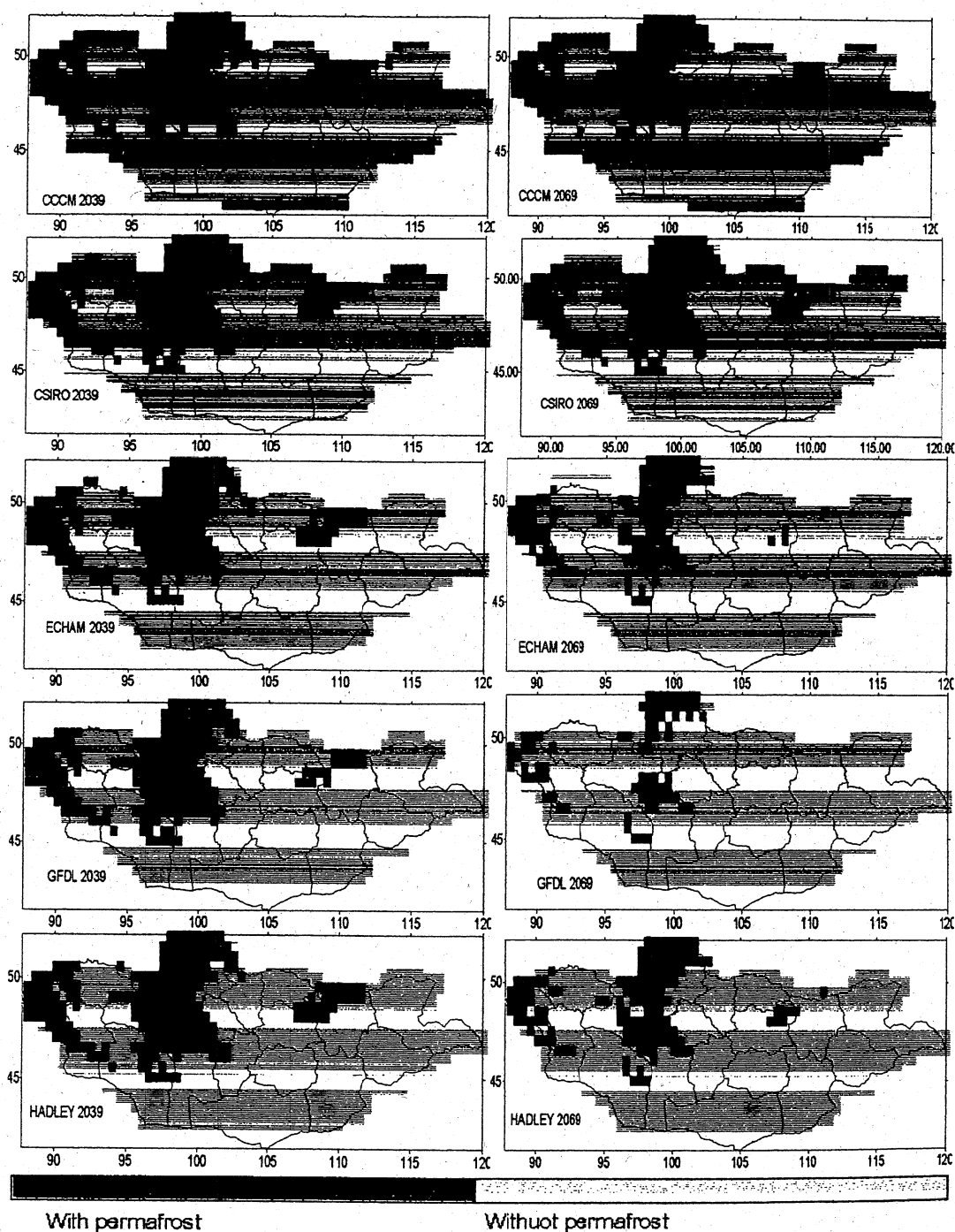


Figure 3.2.5. Future change of permafrost distribution by different GCM outputs (left: 2039, right: 2069)

Adaptation measures

Analysing the result of impact assessment of climate change on permafrost and snow cover some adaptation measures have been considered. These measure are summarized in Table 2.

Table 2. Adaptation measures to over came some adverse impact on permafrost and snow cover

No	Impacts	Adaptation measures
1	Melting permafrost and glaciers will increase surface water at the beginning then after certain period it will be the major factor for drying surface water. This effect more pronounced in Mongol-Altain and Lake basin in the end of firs hundred years of the next century.	River or lake protection works should be introduced. Establishment of new settlement should be controlled
2	Soil can move or shift with its forest due to permafrost melting	Studies should be carried out in areas where can be observed this phenomena and take suitable measure.
3	Area with marsh and brushwood can be extended in river and lake flood plane which can lead to decrease arable as well as pasture and hay land	Should introduce hydrotechnical work to make flow marsh water and claim for new pasture
4	Permafrost boundary would shift to the north when it can result to dry soils and intensify desertification process.	Take measures to combat with desertification
5	In the beginning and middle period of permafrost melting groundwater table can increase and would lead damages to buildings, houses etc.	Improve drainage system, and build protection structure under buildings houses and gers
6	Decrease of soil moisture	introduce artificial raining; improve agro-technological management to improve soil quality and combat desertification; establish artificial water storage

D.Tumurbaatar. Seasonal freezing and thawing grounds of Mongolia in proceedings of international on permafrost. Beijing, China. 1993. Vol. 2, pp. 1242-1246.

D.Tumurbaatar. Permafrost in Mongolia. Frozen ground. 1996. Number. 20. p.6.

D.Tumurbaatar. Permafrost in Khatgal, 1976. and Darkhan depression. Problems geography of Mongolia. Number. 19. pp. 97-99.

As can be seen from this Table the sporadic permafrost will disappear during the period 2000-2040. The other permafrost areas decrease considerably, which continues during the period 2040-2070.

Table 1. Total area of the Mongolian permafrost in current, 2039 and 2069.

№	Permafrost	2000		Melting, %	2000-2039		Melting, %	2039-2069	
		Area, km ²	Percentage in total territory		Area, km ²	Percentage in total territory		Area, km ²	Percentage in total territory
1	Continuous	141000	9.4	1	139590	9.3	2	136798	9.1
2	Discontinuous	27000	1.8	3	26190	1.7	5	24881	1.7
3	Widespread	159630	10.2	15	1356855	9.1	30	94980	6.3
4	Rarespread	190930	12.2	30	133651	8.9	60	53460	3.7
5	Sporadic	46110	29.4	100	0	0	-	-	-
	Total	978670	63.0		435117	28.0		310119	20.8

Based on these data, it can be concluded that serious changes will be observed regarding humidity, the surface water balance and the temperature regimes. This indicates that further studies must be conducted to investigate the effects on water resources and the vegetation cover, and to investigate the social and economic consequences.

According to the all this results the vulnerability of permafrost to climate change is defined as very vulnerable, vulnerable and less vulnerable (Figure 6).

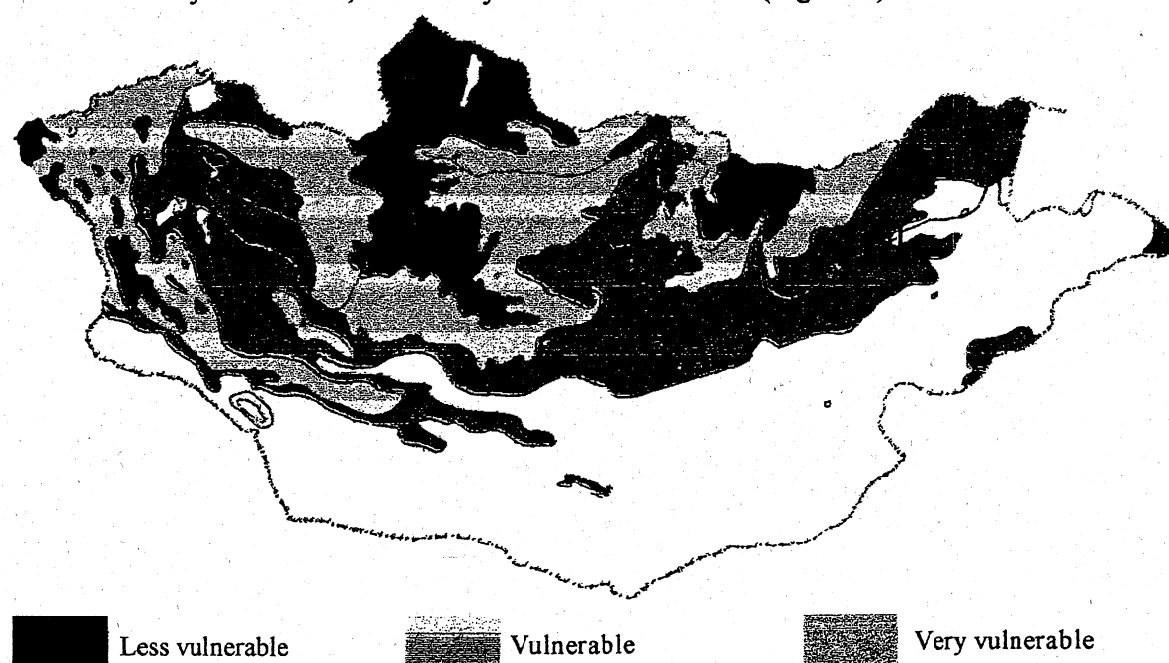


Figure 6. Vulnerability of permafrost to climate change

Dynamics of Permafrost in Mongolia

NATSAGDORJ SHARKHUU

Institute of Geography Mongolian Academy of Sciences Ulaanbaatar-210620,
Mongolia E-mail: Geo-dgv@magicnet.mn

(Received October 30, 2000 ; accepted January 9, 2001)

Abstract : Recent dynamics of permafrost in Mongolia is studied by the author on the basis of analyzing trends or changes in mean annual ground temperature and active layer thickness which have been obtained during long term geotemperature measurements in more than 10 boreholes located in the Khentei, Khubsugul and Khangai mountain regions.

Permafrost under influence of recent climate warming in Mongolia is degrading by regional character. However, aggradation of permafrost has only been observed locally in the Khentei taiga area. Locally, degradation of permafrost is caused by human activities, especially near cities and mines, because of frequent forest fires.

1. Introduction

Estimating and foreseeing possible effects of climate changes and human activities on permafrost conditions, as well as developing appropriate strategies for monitoring critical parameters over long periods, are now vital part of long term environmental and ecological studies in permafrost zone of Mongolia. One of the topics of these studies is quantitative and qualitative assessments of permafrost development or dynamics, which are provided on the basis of conducting long term permafrost monitoring. Dynamics of permafrost can be changed in trends of degradation, aggradation and stability of permafrost development. To examine the trends or dynamics of permafrost development, since 1996 the author conducts permafrost thermal monitoring in more than 10 boreholes to depths of 25-100 m, where ground temperature measurements have been made 10-25 years ago. Now he is conducting permafrost monitoring in eight areas (or sites) of Mongolia. In particular, there are Baganuur, Nalaikh and Argalant (3) sites in the Khentei mountain region, Burenkhan and Ardag (2) sites in the Khubsugul mountain region, Terkh, Chuluut and Erdenet (3) sites in the Khangai mountain region.

Thus, based on analysis of the permafrost thermal monitoring data, the objectives of the paper are to determine dynamics of recent permafrost under influence of climate change and human activities in Mongolia.

2. Permafrost conditions

Mongolia is the country of predominated high and middle height mountains with continental climate, which promote occurrence and development of permafrost. Permafrost underlies almost two thirds of the country and comprises Khubsugul, Khangai, Khentei and Altai mountains and surrounding areas. Therefore, there is predominated

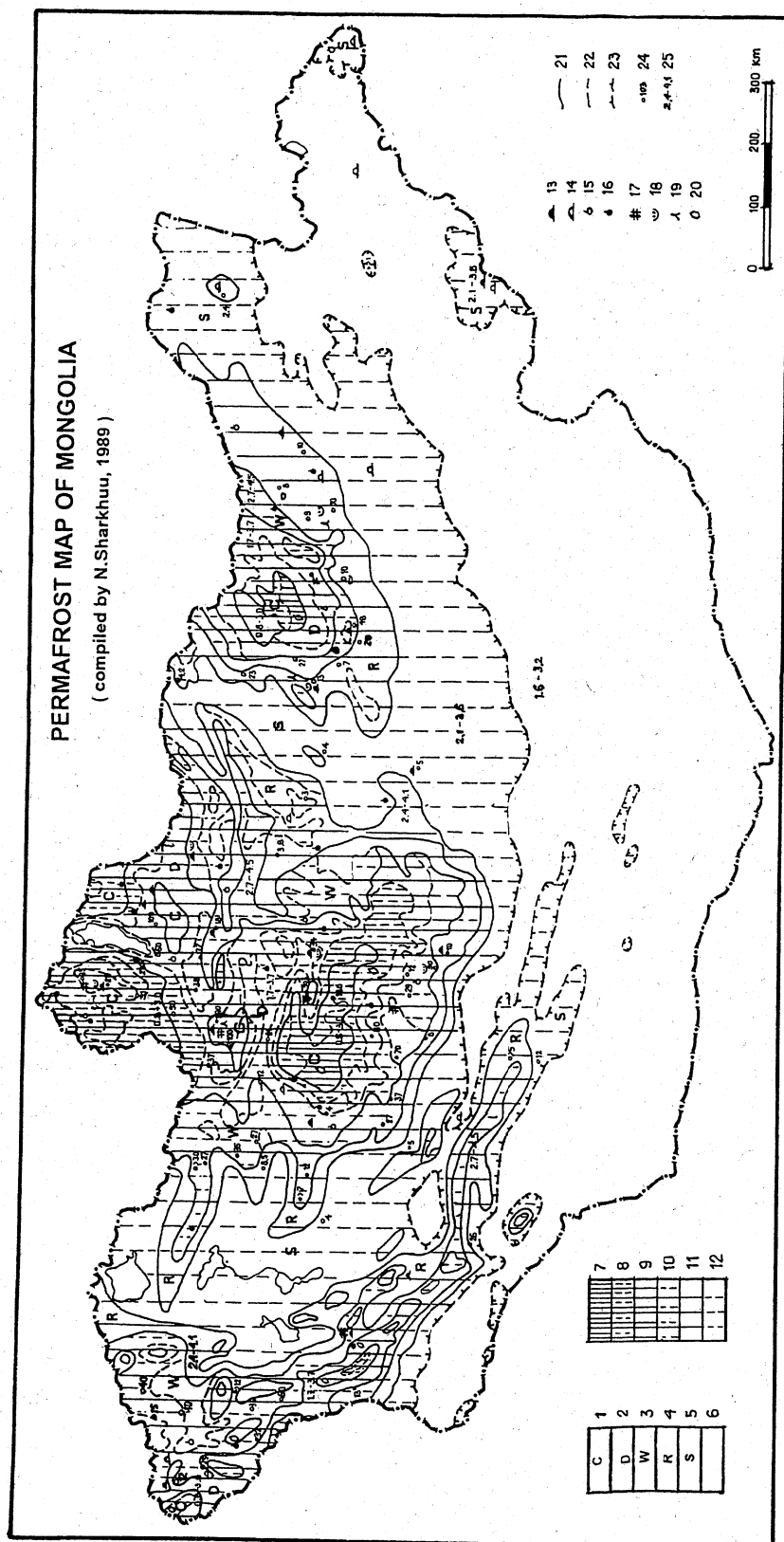


Fig. 1. Permafrost map of Mongolia (N. Sharkhuu, 2000)

Permafrost areas: 1) continuous, 2) widespread island, 4) rear island, 5) sporadic, and 6) without permafrost. Thickness and temperature of permafrost: 7) 250-500 m, -4°C , 8) 120-250 m, -2°C , 9) 50-120 m, -1°C , 10) 15-50 m, -2°C , 11) 5-15 m, -0.1°C , 12) 0-5 m, 0.3°C . Cryogenic processes and phenomena: 13) Perennial frost mounds, 14) Seasonal frost mounds, 15) River icings, 16) Ground icings, 17) Frost cracks, 18) Thermokarst; 19) Solifluction, 20) Stone polygon. Other signs: 21) Boundary of permafrost distribution, 22) Thickness of permafrost thickness and temperature, 23) Southern limit of permafrost occurrence, 24) Thickness of permafrost determined in boreholes, m, 25) Average depths of seasonal freezing and thawing of ground in the given permafrost areas, m.

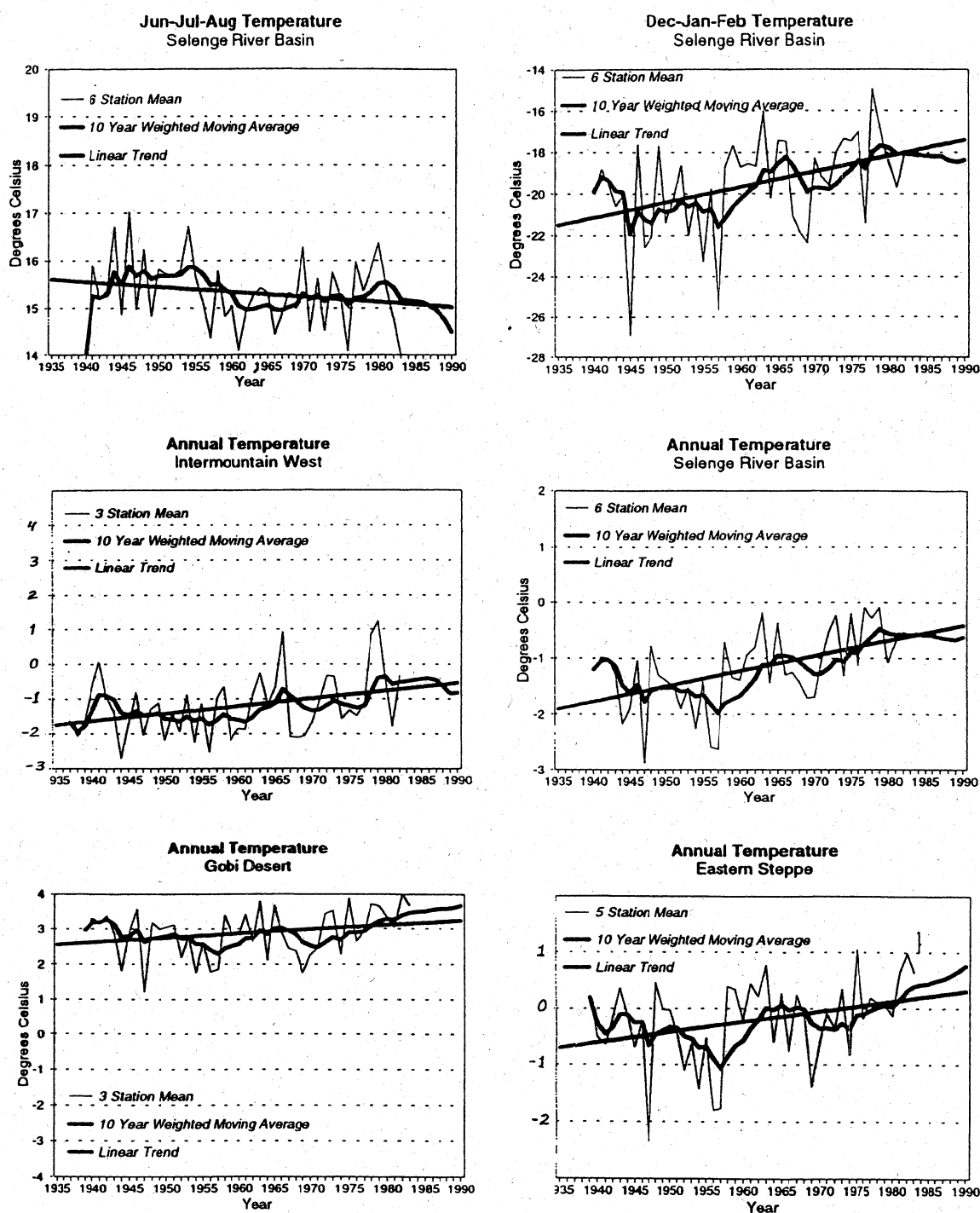


Fig. 2. Change of air temperature in various parts of Mongolia.

mountain and arid land permafrost from sporadic to continuous distribution which is spread along the southern fringe of the Siberian permafrost occurrence.

Figure 1 shows the distribution of permafrost thickness and temperature. It is divided into five categories: continuous permafrost (>85%), discontinuous (50-85%), widespread isolated (10-50%), sparsely-spread isolated (1-10%), and sporadic (<1%).

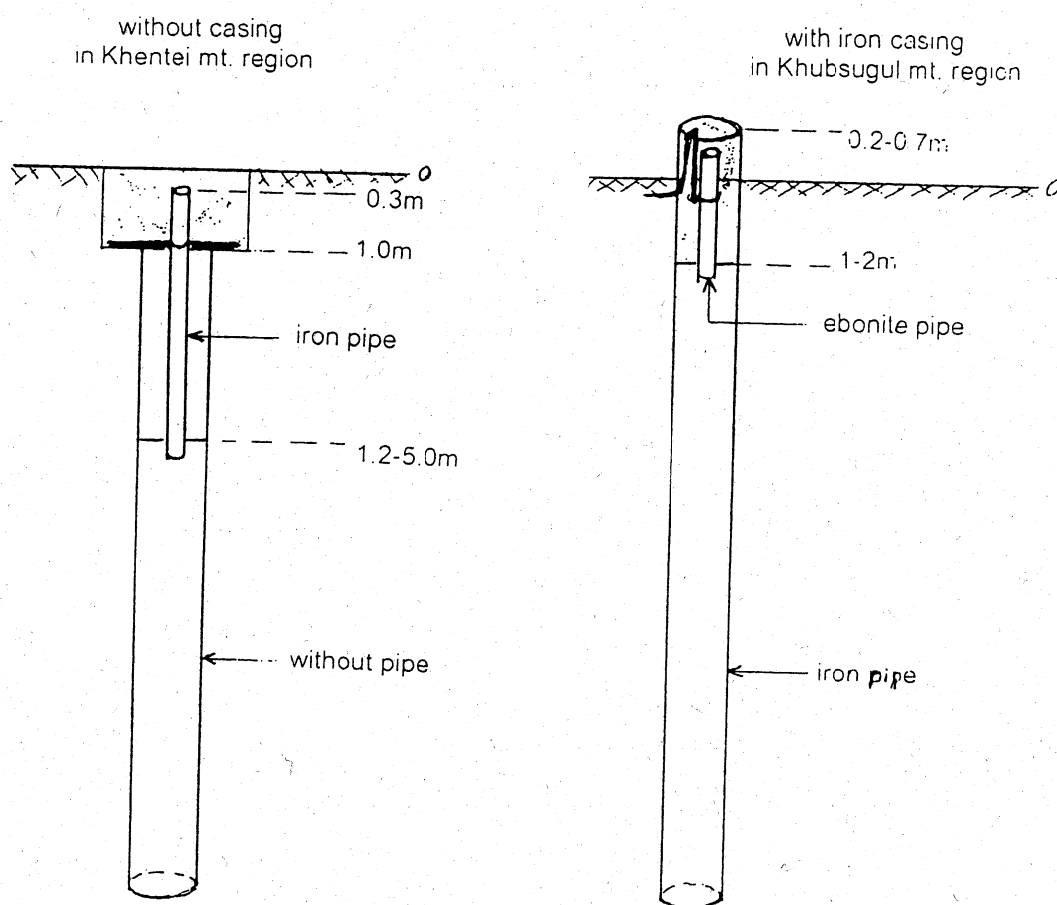


Fig. 3. Instrumentation and technique of measuring permafrost temperatures in boreholes.

In the continuous and discontinuous permafrost areas, taliks are found only on steep, south-facing slopes, under large rivers and deep lakes, and along tectonic fractures with hydrothermal activity. Outside the continuous and discontinuous areas, permafrost is found only on north-facing slopes and in fine-grained and moist deposits. Average thickness and temperature of continuous permafrost is 50-100 m and minus 1-2°C in valleys and depressions, 100-250 m and minus 1-3°C in mountains respectively. Permafrost in Mongolia is characterized mainly by low and middle ice content loose sediments. Ice rich permafrost is characteristic of lacustrine and alluvial sediments in valleys and depressions. Seasonal thaw to depths of 2-3 m in silty soils and 4-5 m in coarse materials, occurs between May and September. In non-permafrost areas, ground freezing occurs between mid-October and the end of April. There are wide spread various cryogenic processes and phenomena in permafrost zone (Sharkhuu and Luvsandagva, 1975; Sharkhuu, 2000).

3. Climate change

Since permafrost is a thermal condition, it is potentially sensitive to climate change

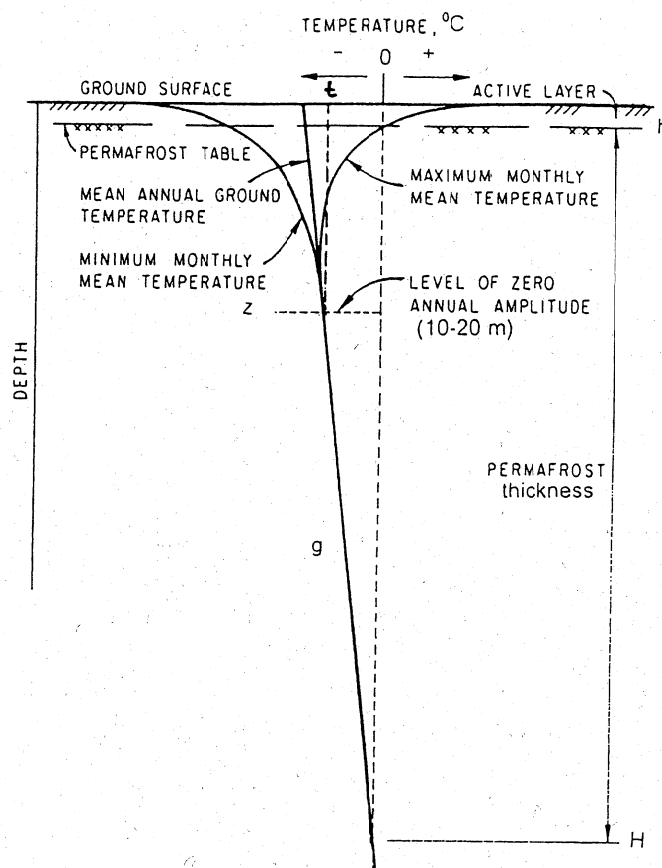


Fig. 4. Main criteria of permafrost monitoring.

and human activities. Impact of climate on dynamics of permafrost is characterized, mainly, by changes in air temperature and precipitation for many years. Recent climate in Mongolia is under influence of global climate warming. However, values of recent climate warming in various territory of Mongolia are very different. Figure 2 shows changes and trends of air temperatures in period of 1940 to 1990 in various parts of Mongolian territory. According to the meteorological data, mean summer temperatures in the Selenge river Basin, embracing Central Mongolia have increased by only 0.5°C whereas winter temperatures have increased by 4.0°C in the past 50 years. During the past 50 years, mean annual air temperatures have increased by 1.8°C in the western Mongolia, 1.4°C in Central Mongolia and 0.3°C in southern and eastern Mongolia. During the past 50 years, trends of mean summer, winter and annual precipitation have not been changed practically (Mizhiddorj, 1990).

4. Method

The method of studying dynamics of permafrost is based on long term permafrost thermal monitoring or repeated measurements of ground temperatures in boreholes. Permafrost profiles of every borehole must be determined in a detail. Besides, every

boreholes for monitoring must be installed by certain instrumentation in order to defend boreholes from human activities or damages and to decrease air convection in the boreholes. According to the figure 3, the author has used two techniques of borehole instrumentation. The first technique is used in conditions, when the borehole has no casing pipe. In this case, the borehole is not noted from Earth surface, where it is located. The second technique is used in conditions, when the borehole has casing pipe. Ground temperatures in boreholes have been measured by using thermistors and digital multimeter. Temperature measurements in certain boreholes are made by the same or permanent thermistors at the corresponding depths, and by the same dates of an year.

Figure 4 shows main criteria of determining dynamics of permafrost based on permafrost monitoring. They include: 1) mean annual ground temperature (t) at a level of zero annual amplitude (z), 2) depth of active layer or seasonal thawing (h), 3) thickness or depth of permafrost (H) and 4) gradient of permafrost temperatures (g). Among them, mean annual ground temperature is the main criterion of assessing dynamics of permafrost. Qualitative and quantitative assessments of permafrost development or dynamics can be made on the basis of comparative analysis of each of the mentioned criteria. In addition, based on the data obtained, one should make approximate calculations for predicting permafrost evaluation near future (Kudrayavtsev *et al.*, 1974).

5. Results and discussions

The main results of studying permafrost degradation under influence of recent climate warming in Mongolia are as follows:

- 1) during last 10 to 30 years, mean annual ground temperatures have been risen at a rate of 0.05 to 0.20°C per 10 years. This value in the western part of Mongolia is more than in its eastern part.
- 2) the rate of temperature change is relatively high on south-facing slopes, than on north-facing slopes of mountain.
- 3) the temperature increase in ice-rich permafrost is less, than in ice-poor permafrost.
- 4) thickness of active layers has increased at a rate of 0.5 to 3.0 cm per year.
- 5) the average geothermal gradient is about 2°C per 100 m deep. However, it decreases in the near surface due to the recent warming.

For examples, the author takes only three borehole monitoring results, which are shown in Figure 5.

First borehole for Khentei mountain is located in Baganuur depression, at altitude of 1,340 m. Profile consists of ice-rich clay. The temperature profile shows that mean annual ground temperature here increases by 0.06°C per 10 years, depth of active layer and thickness of permafrost decrease by 0.5 cm and 0.9 cm per year respectively.

Second borehole for Khubsugul mountain is located on Burenkhan north facing slope, at altitude of 1,700 m. Profile consists of bedrock or mainly of limestone. This

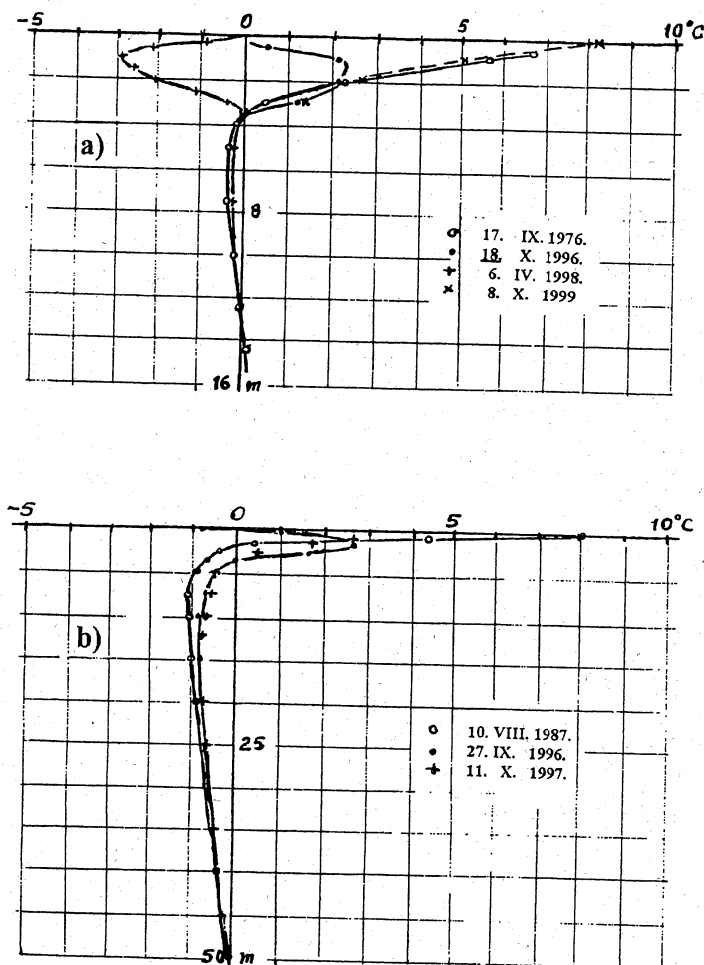


Fig. 5. Dynamics of permafrost in Baganuur (a) and Burenkhan (b) boerholes.

temperature profile shows that mean annual ground temperature here increases by 0.15°C per 10 years, depth of active layer decreases by 3 cm per year.

Third borehole for Khangai mountain is located in Terkh valley bottom, at altitude of 2,050 m. Profile consists of middle ice content alluvial gravely sand and lacustrine clay down to a depth of 90 m. This profile shows that mean annual ground temperature here increases by 0.12°C per 10 years.

In the Khangai and Khubsugul mountain regions, thermokarst and thermal erosion processes are active. They are direct indicator of recent permafrost degradation. However, it is necessary to note, that aggradation of permafrost has only been observed locally in the Khentei taiga area. It is believed that the aggradation results from increased precipitation there.

Local degradation of permafrost is caused by human activities. For example: During the past 50 years, in the territory of Ulaanbaatar city, mean annual ground temperatures have been increased by 1 to 3°C and islands of permafrost with thickness of 5 to 30 m have been completely melted. There were considerable impacts of frequent forest fires to dynamics of permafrost in certain areas of the Khentei and Khubsugul

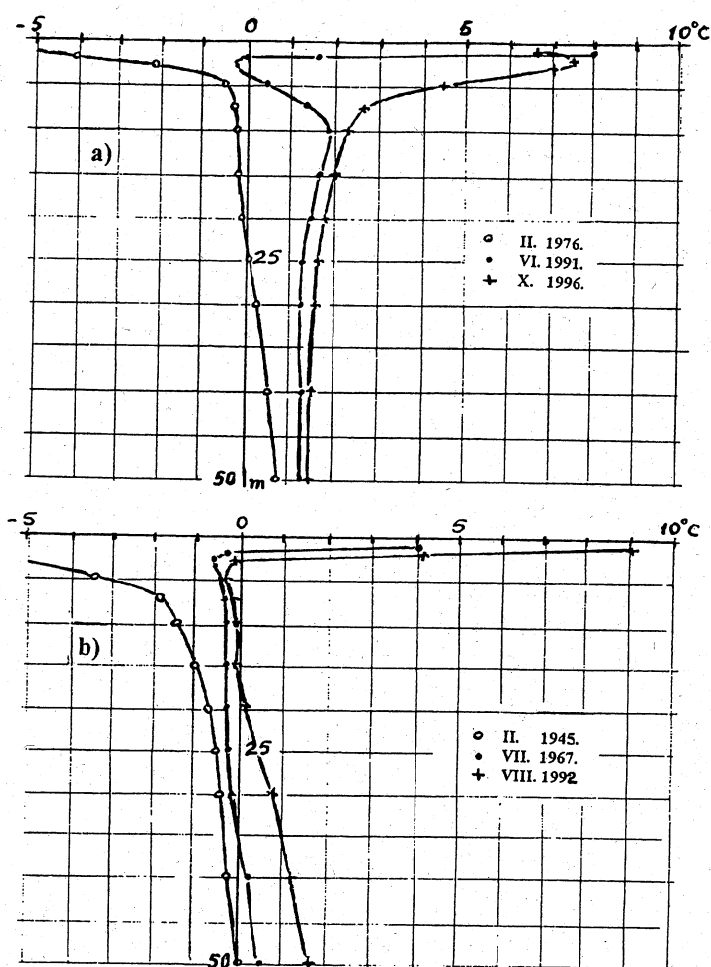


Fig. 6. Permafrost degradation under influence of Baganuur open-pit (a) and Nalaikh close-pit (b) coal mining exploitation.

taiga zone, Mongolia. Fire impacts to permafrost degradation in the Khentei taiga zone are studying by Japanese scientists since 1999. Figure 6 shows considerable degradation of permafrost under influence of Baganuur and Nalaikh coal mining exploitation.

Baganuur open-pit coal mining operation, especially pumping underground waters here, caused 25 m thick permafrost to be completely thawed in 8 to 10 years and correspondingly the spring to dry up and the swamp to drain. Besides, under influence of Nalaikh close-pit coal mining operation during the last 50 years, permafrost with a thickness of 50 m has been thawing from below at a rate of 70 cm per year. Its temperature has increased by 0.04°C per year at a depth of 50 m and 0.02°C per year at a depth of 15 m (Sharkhuu, 1998).

6. Conclusions

Permafrost, especially sporadic and discontinuous permafrost in Mongolia are very sensitive or dynamically to climate change and human activities. Factors aggravating

permafrost degradation are deforestation in the taiga and desertification in the steppe zone of Mongolia. Therefore, study of the trends or dynamics of permafrost is of both practical and scientific importance.

Acknowledgments : The author gratefully thanks Professors Masami Fukuda and Fujio Tsuchiya for providing good opportunity to visit Japan and present his paper at the Sendai workshop, as well as to Dr. Isao Murata for editing and publishing the paper.

References

- Kudrayavtsev, V.A., L.S. Garagulya, K.A. Kondrateva and V.G. Melamed, 1974 : Fundamentals of permafrost prediction under engineering geological investigations, *Moscow State University*, 203-211, (in Russian).
- Mizhiddorj, R. 1990 : Variations of air temperature and atmospheric precipitation in Mongolian territory during the last 50 years, *Transactions of the Scientific and Research Institute of Hydrology and Meteorology, Ulaanbaatar*, 15, 9-19, (in Russian).
- Sharkhuu, N. and Luvsandagva, D. 1975 : Basic features of permafrost in Mongolia, *Ulaanbaatar*, 45-58, 96-103, (in Mongolian).
- Sharkhuu, N. 1998 : Trends of permafrost development in the Selenge River Basin, Mongolia, *In Proceedings of the Seventh International Conference on Permafrost. June 23-27, 1998, Yellowknife, Canada*. 979-985.
- Sharkhuu, N. 2000 : Regularities of permafrost distribution in Mongolia, *In Transactions of the Institute of Geocology, MAS, Ulaanbaatar*, 217-232, (in Mongolian).

THE PROPERTIES OF LONG SEASONALLY FREEZING ALLUVIAL SOILS OF THE ORKHON RIVER FLOOD-PLAIN ECOSYSTEM

R.Baatar

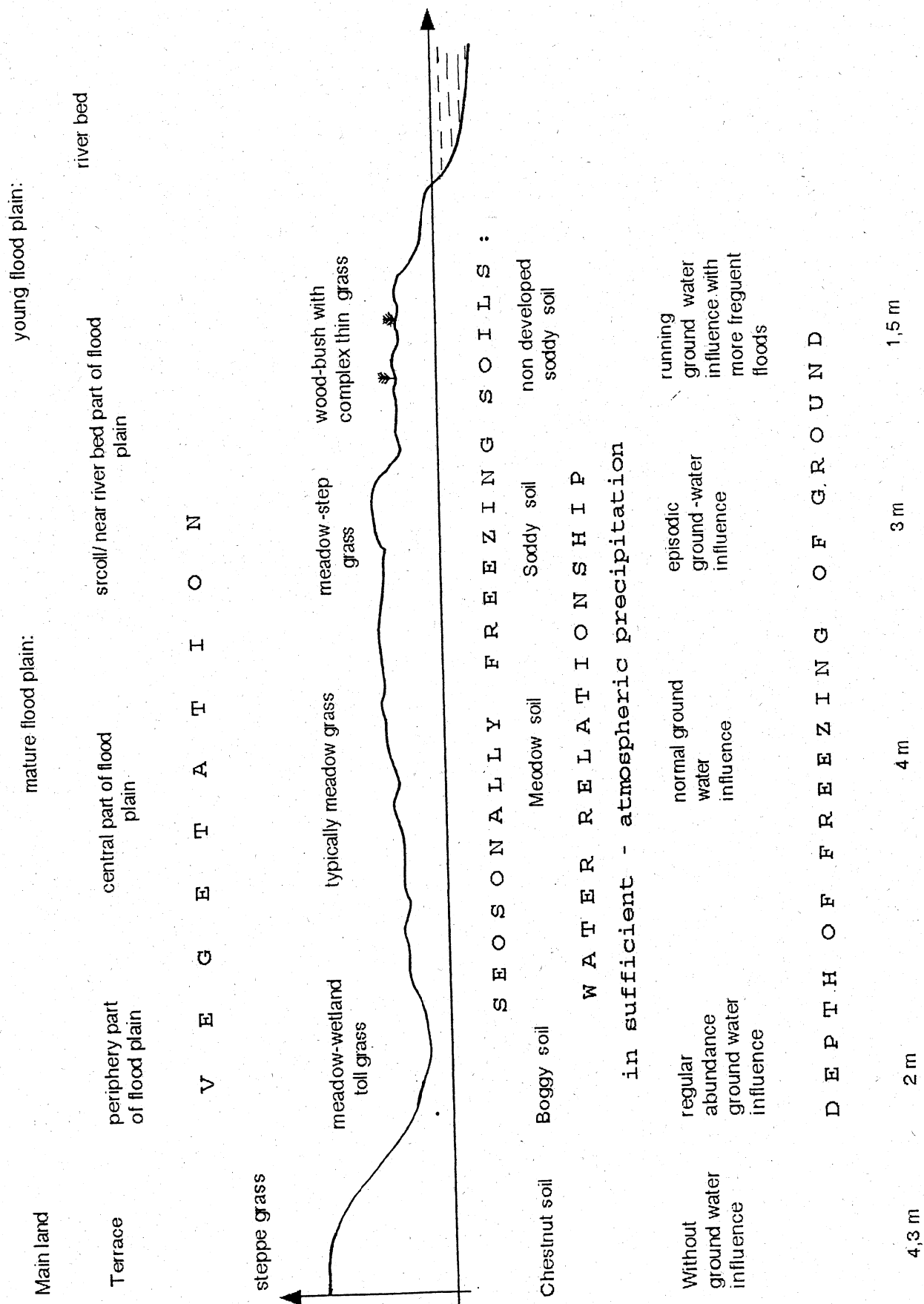
Institute of Geocology, Mongolian Academy of Sciences.

The soils of the river-plain ecosystems not only support a variety of plants and animals but are also essential in sustaining the well-being of some human populations. The Mongolian river-plain ecosystems are typically characterized by alluvial boggy soils, alluvial meadow soils and alluvial soddy soils. The geographical distribution of these soils directly influence the distribution of specific plant communities in these river-plain ecosystems. The results of our investigations show that chemical, agrochemical and water-physical properties as well as the hydrotermical regime of these soils very different and these qualities depend upon soil formation factors, including ground water influence. As results of establishment of optimal moisture and nutrient elements regime in these soils the plant productivity increased 2-4 times.

1. Chemical and agrochemical properties of soils and it's fertility.

a. The alluvial boggy soils and alluvial meadowish-boggy soils occure in the near terrace depressions of flood-plains (Fig.1), where has regular ground water influence. There dominated forb-grass-sedge plant communities. Plant cover is 100% and 60% of them is grass, 30% is sedge, 10% is forbs, 1% is leguminous. There are about 71 plant species. Grass yield ranges from 43 hkg/ha to 56 hkg/ha. Investigated soils characterized by present of 10 cm peat layer at topsoils, lot of moder-coarse organic

LAND CHARACTER



increase (nitrate content achieve to 1-2 mg/100 g), cation exchange capacity is 12-15 mg-e/100 g of soil. Soil reaction is 6,5 in dermo horizon and weakly alkaline (pH=7,2-7,4) in lower part of profile. Carbonate accumulation layer is lack within soil profile. Potential fertility of soddy soil is not high, because the low content of available plant nutrient element and deficiency of soil moisture strongly limits plant growth.

2. Water-physical properties and hydrothermal regime of alluvial soils

Boggy and meadow soils characterized by relative heavy texture: content of clay fraction is 15-23%, silt is 70-80%, fine and very fine sand content is 5-10%. There is absent coarse sand and very coarse sand. But soddy soils characterized by light texture: content of sand is 50-60%, silt is 30-40% and clay is 2-8% (Fig.2A). Water physical properties of boggy and meadow soils maximize water uptake, water holding capacity. Bulk density of this materials is 0,6 g/cm³ in peat layer, and 1,1-1,2 g/cm³ in humus horizon. Particle density is 2,1-2,4 g/cm³, and gyroscopic water ranges from 5% to 8%. The wilting point water ranges from 9% to 12%, field moisture capacity ranges from 18% to 32% in humus horizon of these soils (Fig.2B). but soddy soils has low water uptake and water holding capacity, especially, in under humus (A) horizon part of profile.

The studied soils have following distribution of partical sizes of soil aggregate expressed as percentages: Aggregate, with diameter more than 1 mm make up is 50-68% of soils, 30-40% of them is aggregate with diameter 1-3 mm, and 60-70% of them is aggregare with diameter more than 3 mm. Also aggregate of meadow soil characterized by better water stability than boggy soils aggregate. According to the data of stationary observation

matter in humus horizons, and strongly clear clay layer at low part of soil profile. Also observed many ohric spot and iron, manganese concretions in profile. Content of organic matter in topsoil is highest (19-28%), and humus content ranges from 8% to 10% in humus horizon. The cation exchange capacity is highest (39-61 mg-e/100 g) and 70-80% of them is calcium cation, 20-30% is magnesium cation. Content of total nitrogen is 0,34-0,78%, and easily hydrolyzable nitrogen content is 7,8-9,6 mg/100 g. Ammonium nitrogen content is 2,6-6,4 mg/100 g. The investigated soil contains low amount of nitrate nitrogen (0,6-1,2 mg/100 g). Soils reaction is neutral (pH=6,8-7,3). Boggy soil is non calcareous. Available phosphorus content is 4,0 mg/100 g and potassium content is 12-20 mg/100 g. as a results of the biogenic accumulation of chemical elements the total content of such elements as phosphorus (0,24%), manganese (0,11%), sulfur (0,23%), sodium (3,5%), titanium (0,7%) are highest in boggy soils and meadowish-boggy soil.

b. Ordinary alluvial meadow soil distributed in central plane part of flood-plain in moderate soil moisture condition (Fig.1) under forbs-grass plant community. Plant cover is 100% and 40% of them is grass, 40% is forbs, 5% is leguminous, 15% is sedge. There are 70 plant species and grass yield is 41 hkg/ha. These soils have well developed (thickness of soil profile ranges from 1,5 m to 2 m) soil profile, which consist from (A) humus accumulative horizon, (B) transitional horizon and (C) soil formation parent materials horizons. Thickness of humus horizon is 50-60 cm.

Organic matter content is 19%, and humus content in this horizon is 6,3-8%. Resource of organic matter in 0-20 cm topsoil is 350-380 ton/ha and sometimes achieve to 400-450 t/ha. Ratio of humic and fulvic acid is more than 1,0; total nitrogen content is 0,3-0,4%; available phosphorus content 4-5 mg/100 g, potassium is 13-22 mg/100 g; easily hydrolyzed nitrogen is 3-8

mg/100 g; nitrate nitrogen is 0,3-0,8 mg; ammonium nitrogen is 2-4 mg per 100 g soil in humus horizon of this soil. Reaction is neutral (pH=6,8-7,2) in soil surface (in derno horizon); weakly alkaline (pH=7,9) in humus horizon, and alkaline (pH=8,6) in carbonate accumulative horizon. Cation exchange capacity of investigated soils is 26-30 mg-e/100 g and well saturated by base (Ca, Mg). Content of carbonate ranged from 2% to 5%. The water soluble salt content in this soil is lower (0,7%) and chemical composition of them characterized by calcium-magnesium-bicarbonate type of mineralization. As a results of hydrogenic accumulation the total content of calcium (3,5-8%), magnesium (3,0%), and iron (6-7%) are highest in studied soils. The data presented herein indicate that alluvial ordinary meadow soils has high potential fertility.

c. Alluvial soddy (dermo) soils arranged on the scroll part or in near-ancient and present (current) bed of a river areas, where is well drainage condition and lack ground water influence (Fig.1). In this area also occure the heathed (drained) meadowish-soddy soils. Investigated soils developed under *Carex duriuscula*; forbs-*Elymus chinensis* plant communities. Plant cover is 70% and 50% of them is grass, 10% is forbs, 10% is sedge. There are 40 plant species and grass yield ranges from 8 hkg/ha to 28 hkg/ha depending on climatic conditions. Morphological properties of studied soils characterized by shallow humus horizon (A+AB=15-20 cm), under which formed different textural alluvium (sandy-coarse) deposits. The investigated soil contains 1,8-2,4% humus, total nitrogen content is 0,12-0,14% total content of phosphorus is 0,11-0,16% and potassium is 2,7-3,2%. Available nutrient element content is lowest against total their contents is highest. Nitrate nitrogen content is unstable and depending on character of precipitation. For example in arid condition it's content is low (0,2-0,3 mg/100 g) and under condition of a damp year the nitrate forming capacity

conducted on the flood plain soils of the Orkhon River, the period of it's freezing last from the middle of October to the beginning of March, (ranging from about 150 to 200 days). The depth of soil freezing in these areas ranges from 1,5 m to 4,5 m, depending on it's location in the surrounding landscape. The thawing of alluvial soils can vary considerably. These variations are dependent upon soil type, soil texture, soil moisture levels, as well as soil formation conditions; e.g., the depth of thawing for boggy soil is 10 cm in May, 60 cm in June, and 80 cm in July. In contrast, alluvial meadow soils thaw at higher rates than boggy soils. The maximum temperature totals, ($>10^{\circ}\text{C}$, at a depth of 0,2 m), are: 100°C to 320°C for boggy soils, 400°C to 500°C for meadow soils, and 1150°C to 1250°C for soddy soils (Fig.3).

Soil moisture is highest in boggy soils, distributed in the periphery and lower part of the flood plain. Soil moisture is optimal in meadow soils, located primarily in the central part of the flood plains. Soil moisture is fairly is deficit in soddy soils distributed in the scroll part of the flood plains. As result of long term field experiments for the establishment of optimal moisture and nutrient elements regime in these soils the plant productivity increased 2-4 times (Fig.4).

Reference

R.Baatar Properties, Regimes of River Plain Soils of Northern Mongolia and Methods of their effective use-Moscow, 1993, 136 p.

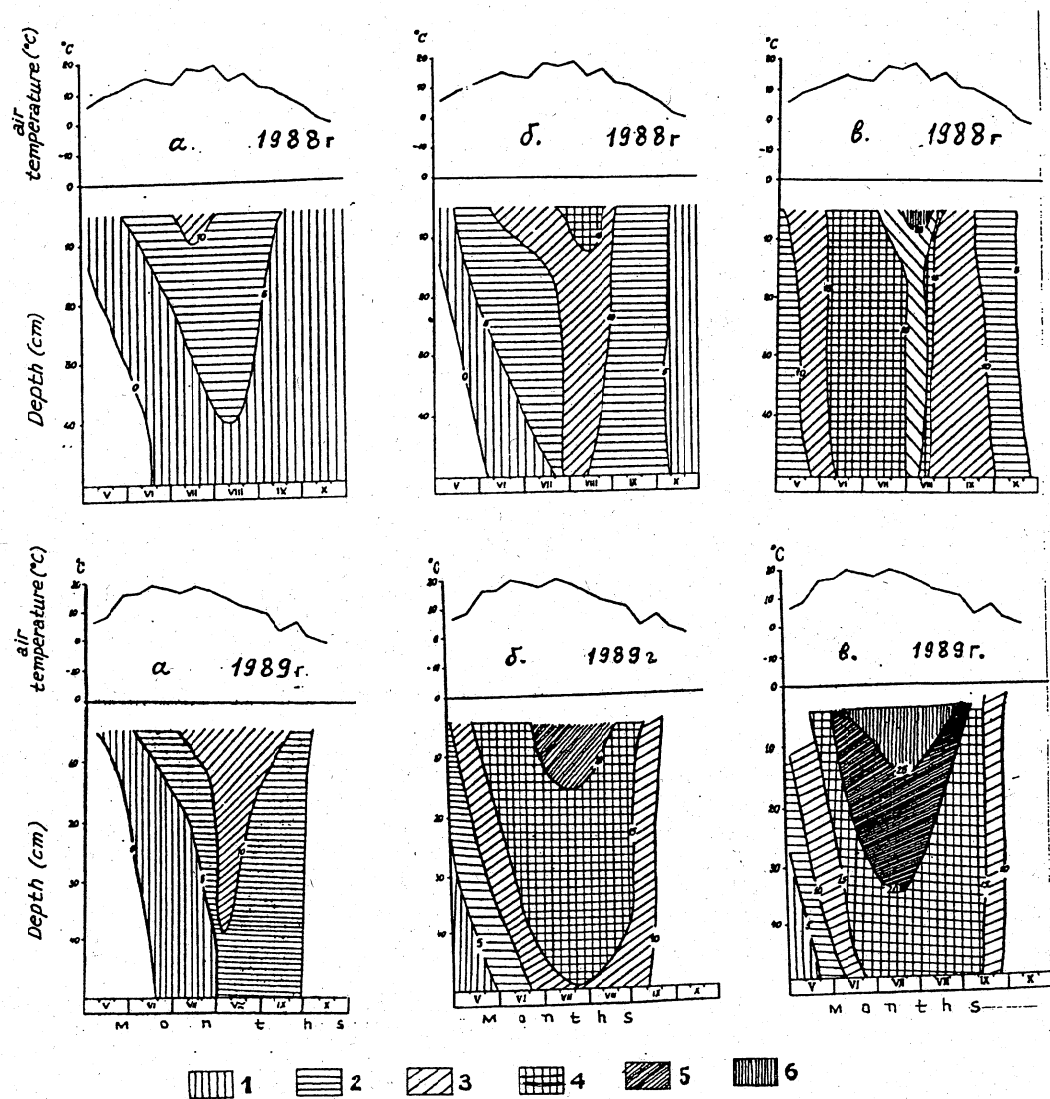


Fig.3. Seasonal dynamics of temperature(°C) in alluvial boggy(a),meadow(δ),and soddy(б) soils of Orkhon River Flood-Plain.

1. 0°C-5°C, 2. 5°C-10°C, 3. 10°C-15°C, 4. 15°C-20°C,
 4. 5. 20°C-25°C, 6. 25°C-30°C.

PROPERTIES OF DARK CHESTNUT SOILS (USTIC MOLLISOLS) OF THE MONGOLIAN REGION

R.Baatar, S.E.Williams and J.Amgalan

ABSTRACT

The results reported herein are a result of years of work by the senior author who has conducted investigations of chemical, agrochemical, soil-water relations and fertility of some soils of the Mongolian Steppe.

The potential fertility of loamy dark chestnut soils is high because of their high humus content, capacity of the absorbing soil complex, total content of macro- and microelements, nitrification potential, water holding capacity of the soil, favorable pH and favorable composition of water soluble salts. However, the actual fertility of these soils is variable because of the mobility of certain constituents particularly potassium, phosphorus, nitrogen as nitrate and soil moisture.

Dark chestnut soils with diffuse carbonates have, among the chestnut soils of this region, the highest accumulation of carbonate. The conditions for this accumulation are very specific and knowledge of conditions and mechanisms for accumulation is necessary for resolution of theoretical and practical problems related to these soils.

The establishment of optimal water in these soils is essential to increasing soil fertility and plant yield. Where water content of soils has been optimized experimentally, biological activity of soils is increased, available forms of phosphorus, potassium and nitrate nitrogen are increased, and wind erosion is decreased. Such additions of water are also effective in leaching carbonates.

INTRODUCTION

The Mongolian grasslands occupy a significant proportion of the Asian Steppe. They occupy the region bounded essentially by the Da Xing An Ling (Mountains) to the east, the Huang He (River) on the south, the Gobi on the southwest, and the mountains of central Mongolia on the West (Hangai and Hentii Mountains). On the north, the grasslands grade into forest at approximately 50° north, which also corresponds approximately with the northeastern border of the Country of Mongolia. This area is identified further because it is undergirded by Chestnut soils (Mollisols) which are typical grassland soils characterized by relatively high content of organic matter and high nutrient content in surface horizons. In Mongolia these grasslands cover much of the Eastern third of the nation including the Aimags of Eastern, Sukhbaatar, the southern parts of Hentii and Central, and the Northern parts of both Middle and East Gobi. In China, the grasslands occupy much of the province of Inner Mongolia (Nei Mongol), particularly that portion of the province which lies north of the Huang He, east of the Gobi (desert) and west of the Da Xing An Ling (mountains).

Temperate grasslands, specifically those on Chestnut soils (Mollisols) throughout the world have been typically converted to intensively managed farmed areas focused on principally grain production. The grasslands of North America have certainly been converted to intensive agriculture, the Patagonia of South America is being converted and much of the Asian Steppe, particularly in the western sectors, has been converted. The Mongolian grassland is unusual in that only a small percentage has been converted to intensive agriculture, most of this being in China. In Mongolia, the grasslands are principally used for grazing. Only very small areas have been converted to small grains.

The eastern Mongolian Steppe is one of the principle areas, which support animal husbandry in the Country of Mongolia. The vast majority of domestic animals in this region are tended by seminomadic herdsman who cycle herds of cattle, sheep, goats, camels and horses from one pasture to another, often utilizing the same locations year after year. This land usage has the potential to give way, at least in part, to intensive agriculture. The use these grasslands in Mongolia are of major economic concern to the country and the region.

The Mongolian Steppe is dominated Chestnut soils (Mollisols)². In Mongolia, these soils are divided into three subtypes: (1) dark chestnut, (2) chestnut, and (3) light chestnut soils. In Mongolia, these occur from north to south, respectively, and each makes up three soil subzones in the large relatively flat part of eastern Mongolia. These three zones are strongly correlated with annual precipitation. The dark chestnut soils are further divided into four groups: (1) common or meal-carbonated dark chestnut soil, (2) dark chestnut soil with diffuse carbonates, and (3) non-calcareous (low carbonate) dark chestnut soils.

The objective of this paper is to describe the general morphological, chemical, agrochemical, physical properties that control water availability and microbiological properties of the common dark chestnut soils.

MATERIALS AND METHODS

The Chestnut soils of Eastern Mongolia occupy that area between 46° and 48° North and 110° and 118° East. The soil described herein is from Eastern Mongolia plateau.

The soil characterized in this paper has been characterized using Mongolian field and soil testing methods. These methods are similar to those

used elsewhere in the world. Field investigations have been conducted throughout almost the entire territory of the Eastern Mongolian Steppe (in the Aimags of Eastern, Hentii, and Sukhbaatar). During the field investigations, soil formation factors and morphological properties were studied. Samples were taken for laboratory analysis from numerous genetic horizons of the soils as well as from parent materials and bedrock (Baatar, Dorjgotov and Hishigjargal).

Station investigations were conducted at the state farm at Halhiin-gol in the eastern part of the region of eastern Mongolia and in the central portion of the region at Tumentsogt. Station investigations included study of availability and bio cycling of the nutrient nitrogen, phosphorus and potassium, as well as the impact of mineral fertilizers on plant yield (1,6). In this region, maps showing nutrient element distribution have been generated. These maps have been used as the basis for studies using mineral fertilizer to increase plant yields at Tumentsogt, Chandgana, Halh-gol, Undur-Haan, Herlen and others (4).

Soil testing was conducted according to Mongolian standard Soil testing Procedures (UST). Determination of total content of macroelements was done using procedure UST-N^o 3307 (5).

Determination of total and available content of microelements was done using procedure UST-N^o 3308, chemical composition of water soluble salts was done using procedure UST-N^o 3309, and agrochemical properties of soils (soil organic matter, carbonate, total nitrogen, ammonium nitrogen, available potassium and phosphorus, exchangeable cations and others) was done using procedure UST-N^o 3310 (5). The methodology of Kachinskii was used for determining soil texture. The chemical compounds of phosphorus and potassium desorption coefficients were determined using methodologies of Ginzburg-Jacson Antieva-Karataeva, respectively.

RESULTS AND DISCUSSION

The investigated soil consists of three major horizons: A, B, and C. In the Mongolian Steppe, well-developed soils usually have A, AB, B, BC, and C horizons. The A horizon typically has a dark, chestnut colored humus enriched horizon 20 to 30 cm in depth. This horizon typically has a medium loamy texture, granular structure, a clear lower boundary, many plant roots, but lacks carbonates. The B horizon has a light brown color, medium loamy texture, granular structure, meal carbonate which is free of gypsum and other salt accumulation layers. The C horizon is composed mostly of coarse material and sand.

The chemical analysis data (tables 1, 2 and 3) show that the studied soil has relative more (3 to 4%) humus than other chestnut soil subtypes. The soil has a ratio of humic and fulvic acid which varies from 0,7 to 1,0; cation exchange capacity of 18 26 mg/100 g soil, which is well saturated with bases; the humus fraction is composed primarily of humic and fulvic fractions. Much calcium is bound to these fractions (Baatar, 1984).

The studied soil contains 2 to 16% carbonate. Of this 70 to 80% is calcium carbonate, and 20 to 30% magnesium carbonate. Usually chestnut soils are formed on parent material containing carbonate, and consequently have a well developed B_k horizon. However, in the study region the dark chestnut soils form on non-carbonate parent materials, but still is characterized as having a well-developed B_k horizon. This phenomenon may be the result of interaction between exchangeable calcium, magnesium, formed during weathering of high calcium and magnesium crystalline parent materials and biological generated carbon dioxide and consequently carbonic acid could provide carbonate anions which would result in calcium and magnesium carbonates formation (1).

Calcium and magnesium carbonates of the B_k horizon play an important role in formation of hydrological and agrochemical properties of humus. These base generating carbonates buffer the soil system against generation of acid with the resulting solubilization of organic matter, leaching of exchangeable cations, and nutrients from the humus layer as well as the soil as a whole.

However, presence of large amounts of carbonate in humus horizons or if the B_k horizon is too near the soil surface is not desirable for the growth of plants. The result of these circumstances is that plant root distribution and depth as well as below ground biomass are restricted. This may also result in formation of a humus horizon, which is shallow. Irrigation does have the possibility of increasing both soil moisture and biological activities of the soil. The resulting increase in carbonic acid in the soil pores will transform calcium carbonate in water soluble calcium bicarbonate ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$).

Reserves of ash elements in 0-20 cm surface horizon are high: Si-820, Al-188, Fe-70; Ti-7,5; Ca-46; Mg-4,7; K-69; Na-49; Mn-1,0; P-3,0; N-3,9; carbon of humus (organic carbon)-49,6 tons/ha (Table 1). The total content of principle nutrients elements are equivalent to meadow soils and chernozems: nitrogen content-0,25%, phosphorus (P_2O_5)-0,18%, potassium (K_2O)-3%. The nitrogen content is variable, but under optimal conditions it reaches 2 mg/100 g soil. Total contents of microelement are Mn-320; Cu-20; Zn-25; Co-13; Mo-2,5 ppm (1). Reaction of soils (pH) is mildly alkaline in humus horizon (pH=7,3 to 7,5) and moderate alkaline (pH=7,5 to 8,2) in calcareous horizons (Table 2).

The content of water soluble salts of the investigated soil is very low (0,8 to 0,16%) and has calcium-magnesium bicarbonate type of mineralization (Table 3). Since sodium carbonate (Na_2CO_3) and potassium

carbonate (K_2CO_3) are nearly absent from this soil, it considered to provide excellent habitat for plant growth.

The species and numbers of microorganisms in studied soil appear to be concentrated in the lower part of the humus horizon, where is more soil moisture, than in the dry surface (2).

Physical properties of the humus horizon of loamy dark chestnut soils maximize water uptake, water holding and availability to plants. Bulk density of this material ranges from 1,1 to 1,3 g/cm³, and particle density from 2,3 to 2,5 g/cm³. Hydroscopic water (31 atm) varies from 2 to 3%, wilting point water (15 atm) from 3 to 5%, and field moisture capacity (0,33 atm) from 18 to 22%. The studied soils have following distribution of particle sizes expressed as percentages: 1 to 0,25 mm diameter particles make up is 6 to 10% of the soil; 0,25 to 0,05 mm particles is 32 to 42%; 0,05 to 0,01 mm is 11 to 19%; 0,01 to 0,005 mm is 6 to 12%; 0,005 to 0,001 mm is 9 to 13% and less than 0,001 mm is 12 to 18%.

The data presented herein indicate that dark chestnut loamy soils of this region has high potential fertility. This potential cannot be fully utilized because the low content of available plant nutrient elements and deficiency of soil moisture strongly limits plant growth.

The investigated soil has the following content of available nutrient elements: Mn is 45; Cu is 5; Zn is 0,2; Co is 2; and Mo is 0,1 ppm. Nitrate Nitrogen is 0,3 to 0,8; ammonium nitrogen is 2 to 4; and K is 15 to 25 mg/100 g. in addition, we think postulate that under conditions of low soil moisture, fertilizer phosphorus or phosphorus from the available indigenous pool becomes less soluble and thus unavailable to plants because they will precipitate as insoluble forms such as $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_3(PO_4)_2$ and $FePO_4$. This is caused by the somewhat alkaline reaction of the soils (pH=7,3 to 8,2

in the soil profile), and by the presence of bicarbonates of calcium and magnesium in the soil solution (3).

Also results of studies of potassium desorption coefficients and mineralogical analysis of clay fraction show that the investigated soil has high (850 to 900 kg/ha, in the 0 to 20 cm surface horizon) reserves relatively unavailable forms of potassium. It is possible for this to become available to plants in optimal soil water conditions.

Because this soil has high content of such minerals as mica, hydro mica, and biotite, it contains much potassium (3).

The availability of nutrient elements (mainly N, P and K) in the studied soil is directly proportional to the level of soil moisture. This situation further underscores the necessity of optimal soil water for mobilization of nutrients into the soil solution.

Soil moisture is highly variable in this environment because it is dependent on precipitation. In this region, spring and early summer often moisture deficient. Dry-land (non-irrigated) managed crop yields in this region are highly variable and relate strongly to annual precipitation. Wheat yields range from 7 to 15 centner (700 to 1500 kg) per hectare and grass yield from 10 to 18 centner per hectare. Field experiments conducted in this region show that wheat yield increased 3 to 7 centner (300 to 700 kg) per hectare as result of application mineral fertilizers (4). The effect of fertilizer depends on soil moisture sufficiency in spring and early summer seasons.

High wind speeds and dry conditions in the spring and early summer enhance the possibility of wind erosion. In this process the fine individual silt and clay particles, soil organic matter are taken up by the wind and blown out of the field. In cultivated fields this soil loss due to wind erosion is particularly injurious because using traditional technology, results in no plant matter on the soil surface to retard wind erosion.

The problem of very dry spring and early summer, thus, creates numerous problems for cultivated agriculture in the Mongolian Grasslands. We propose early winter irrigation as a suitable method of establishing optimal soil moisture regime in the Mongolian Steppe environment. This irrigation should be immediately before freezing of the soil surface. Water applied during this time will become available in the spring and early summer of the next year, and will play important role in increasing soil fertility and plant productivity, biological activity of soils and decrease wind erosion.

Literature Cited

1. Baatar R., Potential fertility and chemical, agrochemical properties of main soil type of Eastern Mongolia. Ulaan-baatar, 1984, 126 p.
2. Baatar R., Purewdorj B., et.al. Some results of soil fertility investigation in Eastern Mongolia. Scientific work of Institute of Geography. № 19, 1979, p.53.
3. Baatar R., Form of chemical compounds of some nutrient elements in chestnut soil and moisture influence on their mobility. //Scientific work of institute of chemistry. 1988, № 24.
4. Baatar R., Erdenetuya T., Garmash G.G., Dorjgotov S., Results of application of agrochemical map in Eastern Mongolia.
5. Baatar R., Undral G., Maasuren D., Dorjgotov S., Ochirbal Ch., Erdenetuya T., Javzandulam D., Hishigjargal J., Bathishig O., Solongo G., Mandah-bayar J., Nerguy J., 1993. Soil Testing Methods. Ulaanbaatar, 127 p.

Table 1. Total content of chemical elements of dark chestnut soils (%).

Horizon	Depth, cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅
%											
A	0-10	69,24	13,45	3,05	0,49	1,93	0,03	3,49	2,40	0,06	0,184
AB	20-30	69,76	13,45	3,25	0,72	3,03	0,59	3,00	2,39	0,07	0,180
Bk	50-60	67,66	13,88	2,24	0,28	4,14	0,99	3,63	2,38	0,06	0,070
BC	90-100	59,72	14,41	4,89	0,58	8,55	0,04	2,72	2,49	0,05	0,060
C	150-160	59,86	14,80	5,29	0,58	8,58	1,58	3,36	2,60	0,05	0,050

Table 2. Agrochemical properties of dark chestnut soil

Horizon	Depth	Humus	Carbonate	pH	Nitrogen				Available		Exchangeable Cations		
					mg/100 g soil				P ₂ O ₅ K ₂ O		Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Sum		
	cm	%				Total NO ₃ -N NH ₄ -N						me/100 g	
A	0-10	3,5	0	7,3	240	0,6	4,0	4,0	20,0	19,5	2,0	21,5	
AB	20-30	2,2	1,0	7,5	190	0,2	3,0	2,0	19,0	20,0	1,9	21,9	
B _k	50-60	0,5	6,7	8,2	0	0	2,0	1,5	10,0	10,0	4,0	14,0	
BC	90-100	0	1,7	7,8	0	0	0	0	3,0	5,0	0,2	5,7	

Table 3. Chemical composition of water soluble salts of dark chestnut soil

Horizon	Depth	Content of Salt	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
	cm	%	me/100 g soil							
A	0-10	0,06	0,25	0,150	0,05	0,003	0	0,350	0,023	0,08
AB	20-30	0,09	1,00	0,200	0,07	0,010	0	0,890	0,060	0,33
B _k	50-60	0,13	0,86	0,690	0,04	0,048	0	1,180	0,280	0,18
BC	90-100	0,17	0,44	0,407	0,01	0,089	0	0,300	0,440	0,20

滞在記

モンゴル国の永久凍土森林火災地を訪ねて

帯広畜産大学 土谷 富士夫

日本の国土面積の約4.2倍の広大なモンゴルで海外学術調査を行うこととなり、平成11年の7月21日に関西空港を出発することとなった。広大なモンゴルといえば、遊牧とジンギスカンとのイメージが強い。いささか農業と畜産に関する情報が知りたく、一度は訪ねてみたいと思っていた遊牧民の国である。モンゴルに関する情報が少ないことに気付いたが、本学にモンゴル出身の大学院留学生が来ており、我々の滞在期間に一時帰国をしていることも幸いした。また、本学はJICAのモンゴル家畜診断方法および感染症改善計画等の集団研修を行っているので縁が深く、今後も長いつきあいになりそうな国である。

滞在の目的と森林火災

この滞在の主な目的は、1996年に発生したモンゴル北部の3.5ヶ月にわたる森林火災の問題調査であり、その消失面積は約800万haに達し、ほぼ北海道の面積に相当するものであった。火災は2月27日から発生し、完全に消化したのは6月17日であった。この地帯は永久凍土地帯が多く、凍土の融解は地球温暖化に影響を与えるおそれがある。これらの環境状況を調査するとともに、ヒートパイプによる融解抑制効果を検証することであった。日本側のメンバーは、私をはじめに丸山教授、宗岡助手の帯広畜産大学3名と北大低温研の福田教授の計4名である。モンゴル側の共同研究者は、モンゴル科学アカデミー地生態研究所のツムルバタ、シャラクーおよびバートルの永久凍土や土壌学の研究者3名である。

ウランバートルでの準備

関空からのモンゴル航空機は、4時間20分で首都ウランバートルのボヤント・オハー空港に到

着した。空は快晴で空気が乾燥していたが、摂氏38度の思いもよらぬ高温であった。実は北海道もこの日から猛暑になっていたのが帰国して分かった。ウランバートル市は人口約65万人で、総人口の約4分の1が住む首都であり、標高が1351mと意外に高い所に位置している。草原の真ん中にあるようであるが、中心街には高層建築がみられ、郊外にはゲル(テントの簡易住宅)群が見られた。我々の到着1週間前に、日本の小淵首相が訪問しており、NHKでも初めて実況放送が行われ、ウランバートルの市街地の様子や近郊のゲルの生活が紹介されていた。

地生態研究所に近いマルコポーロホテルに滞在することとなった。翌日は永久凍土地帯を目指すため、共同研究者からの目的地のヘンテイ山系の説明を受け、9日間のテント生活のための、7人分の食料調達活動が始まった。「サッポロ」と呼ばれる日本のスーパーを訪ねたが意外に日本製品は少なく、留学生の案内に助けられ、市内の中央市場と韓国店から主に食料を購入することとなった。2サイクルエンジンのオイル、灯油、12V小型バッテリーがなかなか手に入らず苦労をした。事前に日本から輸送しておいた野営道具、発電機、ボーリングマシン、ヒートパイプなどは、無事着いていた。

ヘンテイ山系永久凍土地帯へ

翌23日、いよいよ永久凍土地帯を目指して、チャータしたトヨタジープとロシアン・トラックの2台編成で出発した。近郊のナライハという旧炭坑町を離れると舗装道路は切れ、悪路の草原の道に入った。道端には羊の群が見られるが、道路標識など全く見られず、ひたすら運転手に任せるのみで、結局道がなくなるまで約240kmで立ち



写真1 ヘルレン川を渡るスタッフ全員

往生をしてしまった。モンゴル側の事前調査はなく、最後は馬で行くしか方法がないとおどかされた。遠くの山々に森林火災の跡地がくっきりと見えるものの、日没を前に湿原近くの泥炭地の軟弱地盤のため進行を妨げられ野営することとなった。翌日は道探しに翻弄されるが、ヘルレン川の対岸に出る橋を見つけ、対岸に渡り森林火災地帯を通して北進したが、再びワタスゲ咲く湿原に阻まれてしまった。支流ホイト・ホリオット水辺近くにキャンプ地を設定し、途中の森林火災地を調査することとなった。この地点の標高は1500 m程度で、近くが一番高い山でも標高は2303 m程度であった。樹冠まで消失したダフリヤ・カラマツ林を調査するとともに、試掘をしながら温度断面から永久凍土の可能性を探った。

森林火災地にヒートパイプの埋設

北東に70 mほど登った比較的密度の濃い山林に向かい、火災の影響を受けない地点を掘削した結果、160 cmの深さで温度計は0℃を記録し、その下から凍土が発見された。紛れもなく永久凍土地帯である。この地点にヒートパイプを設置し、温度測定センサーや記録計を埋設し、1年間の温度変化を調べようとするものである。当然、永久凍土が完全に融けてしまった森林火災地にも同様にヒートパイプの設置をして、凍結促進効果を調査しようとするものである。作業は蚊の大群と日中の暑さとの戦いでもあったが、支線の川の水は多少褐色がかっているが、飲料できるので自炊生活は意外と快適でもあった。



写真2 森林火災地に埋設したヒートパイプ

この地帯は、火災後ファイア・ウィード（日本名 ヤナギラン）がいたるところ見られ森林火災が何度も発生したことが推測される。この辺の植生を調査すると、エーデルワイス、ワレモコウ、ウメバチソウ、デルヒリウム、ナデシコなどが見られ、ヘルレン川近くにはワタスゲが沢山みられ泥炭地を形成していた。ヘルレン川はアムール川の源流としても有名であり、また近郊はジンギスハーンの死後埋設された地域ともいわれており、その埋葬地は今もって確定されていない。

ヒグマの出現地と盗賊

この地帯の草原にはまだ羊の放牧は行われておらず、ここから40 km離れたモンゴモルトの住民が、これから家畜を放牧するため今年の草の出来具合を調査に来た。我々のベースキャンプを通り過ぎ、1日後に再び戻ってきて、1頭のヒグマの皮を見せられた。熊肉は食べないらしく、近くで彼らが狩りをした獲物で、北海道に生息するヒグマと同じものである。この地域はヒグマの生息地帯であることが初めて分った。いまさらながら、独り歩きは危険であり、大動物のけもの道が森林内で所々見られたことから、予定より1日早く村人をお願いして脱出することとなった。

予想外の出来事が発生したのは、我々の現地調査を見に来た二人組の馬に乗った若者に、ボーリングのロッドを盗まれてしまった事である。翌朝から盗まれたロッドの捜索が行われ、一日かかりであったが、近くのヒートパイプ埋設地点に放りなげてあったのが発見できたのは幸運であった。



写真3 モンゴモルト村民が捕獲したヒグマ

しかし、こんな状況であるので1年後に記録計があるかどうか疑問である。

モンゴモルト村に滞在

1日早く現地から40 km離れたモンゴモルト村に滞在したが、この村は50世帯程度の木造建築の集落を形成しており、いたるところに牛が放牧されている状況であった。家の周りに牧柵があり、牛などの家畜の侵入を防ぐ仕組みである。放牧とはまさに小学校のグラウンドも含めて、すべての土地であり、近くの河川は汚染されているので水は飲むことはできない。庭の一部で野菜栽培が行われていたが、家畜の侵入防止柵が不可欠であった。翌8月1日のウランバートルからの迎えの車を待ちながら、「塩ゆでの羊肉」とボウスと呼ばれる「ギョウザ」の食事を楽しんだ。ただし、メニューはこれだけであるから、毎日これだけを食べざるをえず、カナダ人の森林火災調査隊の嘆きを思いだした。

ナライハ近郊のピンゴ

ウランバートルに戻ってから、東に34 km離れた旧炭坑のナライハ町ピンゴ地形の調査をすることとなった。前年11月に福田教授等が調査した地点であるが、今回はピンゴの山頂から9 m近くまでボーリングを行った。氷の固まりが深さ5 m以下から出現したことは大きな成果であった。ピ

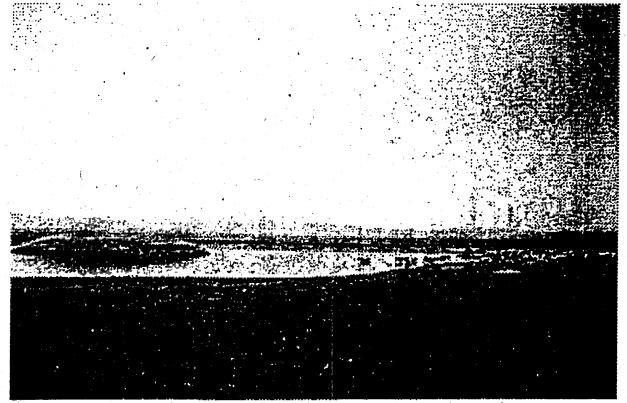


写真4 ナライハ近郊のピンゴ

ンゴの周辺が融解沈下して湖を形成していることから、家畜の大切な水浴場所ともなっていた。水は汚れており泳ぐわけにもいかず、ゴムボートで行き来しながら作業を行った。森林地帯との比較を目的にナライハ近郊の草原にもヒートパイプを埋設した。近くの住民に何とか記録計が盗まれない管理をお願いしてきた。

かくして、17日間のモンゴル調査は修了して8月7日に帰国をしたが、ウランバートル市内に滞在するのはほとんど問題はないが、ガソリンの急騰など地方に出るとことごとく大変である。モンゴルは1992年にソ連の崩壊に影響を受け、社会主義国家体制が崩壊し市場経済へ移行した。そのため、経済危機はたびたび起こり、新しい体制にまだまだ馴染んでいない。今後もいろいろな問題を抱えながら、少しずつ都会から変化しているようである。1年後の訪問はその変化を見るひとつの楽しみでもある。

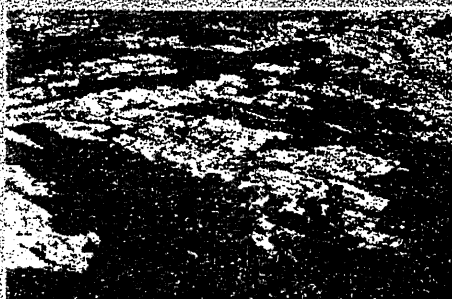
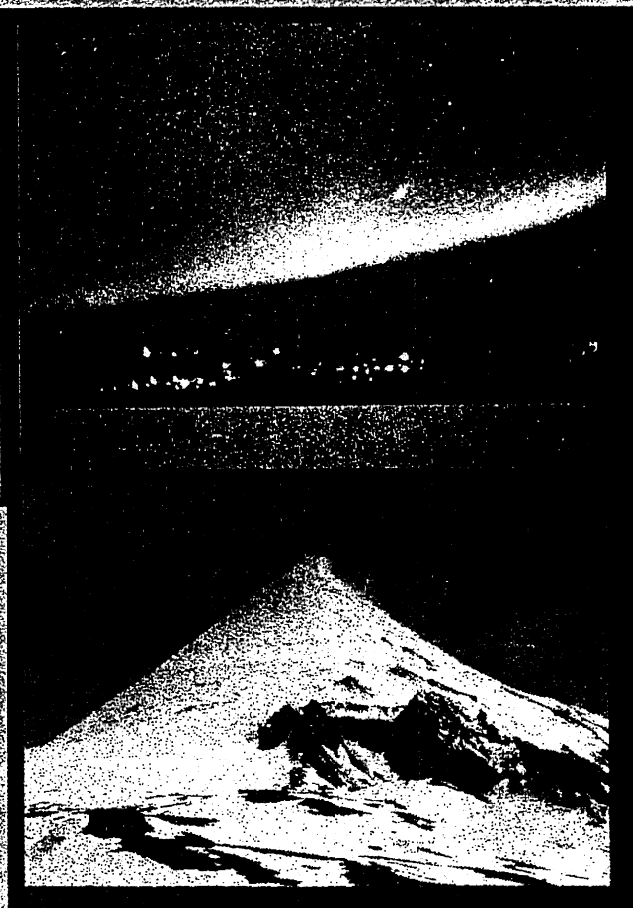
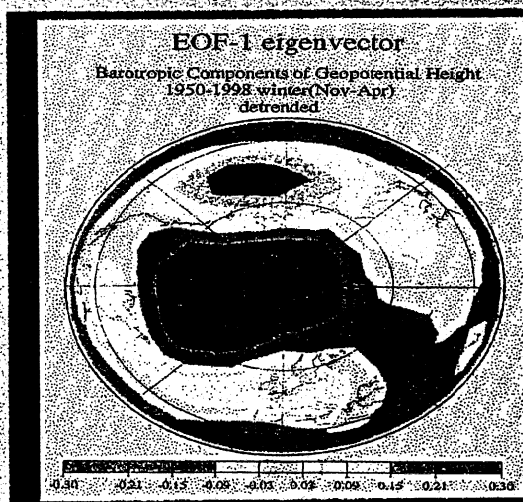
【モンゴル国：Mongolian】外蒙古の大部分からなる共和国。中国より1921年分離し活仏を元首とする君主国を樹立し、その後の1924年に共和制なり、18の部（アイマク）で構成される。1992年に「モンゴル人民共和国」から「モンゴル国」へと変更される。面積157万平方キロメートル。人口236万人（1994現在）。首都はウランバートル。

(H.I付記)

Connection to the Arctic

Abstracts

23-25 August, 2000, Sendai International Center



Aobayama Campus of Tohoku University

ISRE 2000



ISRE2000

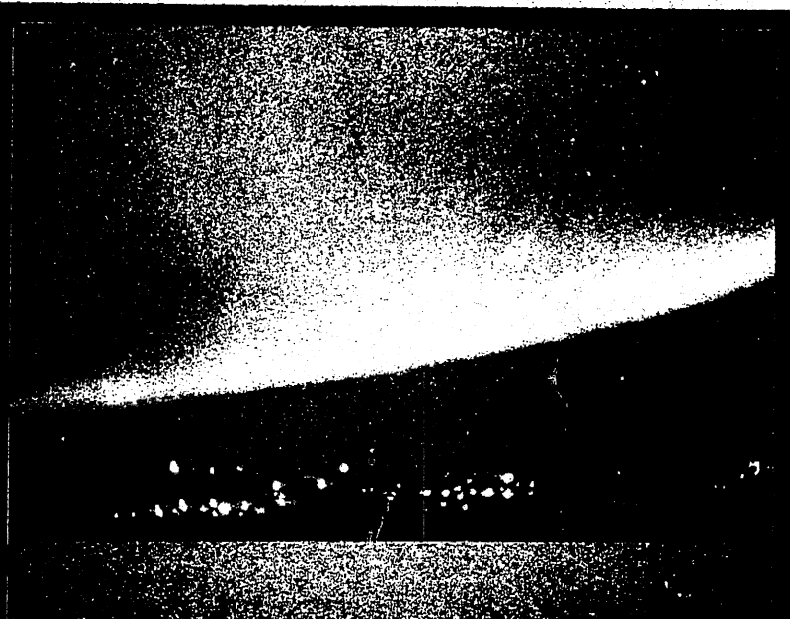
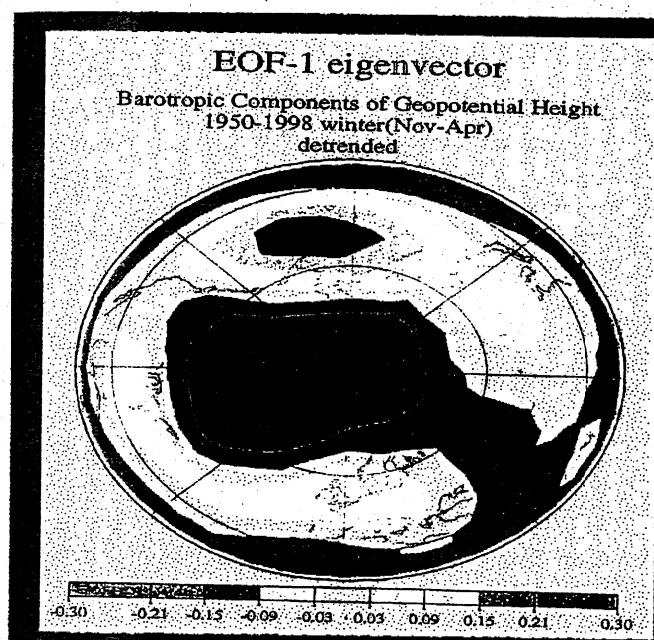
*International Symposium on Research and Education in the 21st century:
the Role of Inter-university academic and Student Exchanges*

August 18-25, 2000, Sendai International Center and
Tohoku University, Sendai, Japan

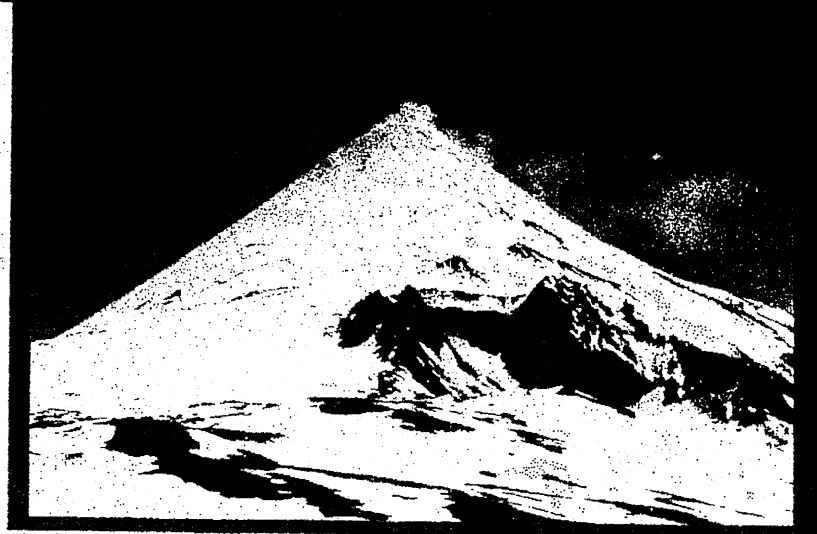
Connection to the Arctic

23-25 August, 2000, Sendai International Center (Meeting Room 1)

2nd Circular



Aobayama Campus of Tohoku University



ISRE 2000



ISRE2000

International Symposium on Research and Education in the 21st century:

the Role of Inter-university academic and Student Exchanges

August 18-25, 2000, Sendai International Center and
Tohoku University, Sendai, Japan

9:55-10:15 FOREST FIRE IMPACTS TO MONGOLIAN PERMAFROST

F.TSUCHIYA¹, M.Fukuda², D.Tumbaatar³, N.Sharakuu³ and R.Baatar³

1. Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine
2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido Univ.
3. Institute of Geography, Mongolian Academy of Sciences

In northern Mongolian regions, boreal forest termed as Taiga develops widely and underlying permafrost is also distributed. Taiga and Permafrost is in the co-existence relationship as well as Siberian Taiga, where annual precipitation is as low as 200 – 300 mm/year. The low amount of annual precipitation may not permit to develop the Taiga in general. However underlying permafrost impedes the downward water percolation and maintains some degree of water content in upper soil layers. Once Taiga severely is disturbed by forest fire, then the surface heat budget may lose its balance and permafrost tends to thaw. Thawing of permafrost leads the drying of surface layers associated with salt concentration process. Low water content in surface soil and salinization of soil may result in the interference of re-generation of forest. In 1996, north-eastern Mongolian regions were affected by severe forest fire. Aiming the integration of forest re-generation process, on-the-spot investigation was conducted in Khinty Mountain region. The soil

characteristics of burned and non-burned area were investigated. Thermal conductivity of soil was obtained. Temperature profiles of soils layers were monitored by means of data loggers. Fire impact to permafrost degradation due to changing thermal regime was indicated by the temperature profiles at various locations. In fired areas, permafrost becomes non-permafrost condition at the south facing slope, but permafrost maintains at the north facing slope.

TÔHOKU GEOPHYSICAL JOURNAL

THE SCIENCE REPORTS OF THE TÔHOKU
UNIVERSITY, FIFTH SERIES

VOLUME 36 NUMBER 2

September 2001

International Workshop on Global Change: Connection to the Arctic

PUBLISHED BY
THE GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE, TÔHOKU UNIVERSITY
SENDAI, JAPAN

Forest Fire Impacts to Mongolian Permafrost (Extended Abstract)

FUJIO TSUCHIYA¹, M. FUKUDA², D. TUMBAATAR³, N. SHARAKUU³,
R. BAATAR³ and T. MUNEOKA¹

¹ Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Inada-cho, W-2, 11-banchi,
Obihiro, Hokkaido, 080-8555

² Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, North-19, West-8, Kita-ku,
Sapporo, Hokkaido, 060-0819

³ Institute of Geography, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaataar 210620, Mongolia

(Received October 22, 2000)

Abstract : In northern Mongolian regions, boreal forest termed as Taiga develops widely and underlying permafrost is also distributed. Taiga and Permafrost is in the co-existence relationship as well as Siberian Taiga, where annual precipitation is as low as 200-300 mm per year. The low amount of annual precipitation may not permit to develop the Taiga in general. However underlying permafrost impedes the downward water percolation and maintains some degree of water content in upper soil layers. Once Taiga severely is disturbed by forest fire, then the surface heat budget may lose its balance and permafrost tends to thaw. Thawing of permafrost leads the drying of surface layers associated with salt concentration process. Low water content in surface soil and salinization of soil may result in the interference of regeneration of forest. In 1996, north-eastern Mongolian regions were affected by severe forest fire. Aiming the integration of forest regeneration process, on-the-spot investigation was conducted in Khentey Mountain region. The soil characteristics of burned and unburned area were investigated. Thermal conductivity of soil was obtained. Temperature profiles of soil layers were monitored by means of data loggers. Fire impact to permafrost degradation due to changing thermal regime was indicated by the temperature profiles at various locations. In fired areas, permafrost becomes non-permafrost condition at the south facing slope, but permafrost maintains at the north facing slope.

Relief of Mongolia and Climate

Mongolia is located in east central Asia. On the west, south, and east it borders China and on the north the Russia. The Mongolian territory lies between 42 and 52 north latitude. It covers 1,566 square kilometers, with extreme distances north to south of 1,259 km, and east to west of 2,392 km. While its elevation is 1,580 m above the sea level, the nation has general conformation of a saucer, tipped higher in the northwest and lower in the southeast. Northern part of Mongolia includes considerable forest and mountainous terrain, as well as fertile steppe; therefore both livestock and human population to a large extent, concentrate in the northern third of the country.

Annual precipitation, mainly in the form of summer rain, ranges in different parts of the country from 10 to 400 millimeters. Light snow, combined with extreme cold, results in a considerable belt of permafrost. The temperature range is wide; at Ulaanbaatar, about midway between mountains and desert, average temperature for January is -28°C ., and for July 18°C ; extremes of temperature are much greater. Fig.1 shows the air temperature change on an annual average basis from 1940 to 1999 near Boyant Airport at Ulaambaatar. It found warming tendency for air temperature over 60 years, but the effect of global warming could not be considered from these data. Apparently low annual average temperature below freezing point

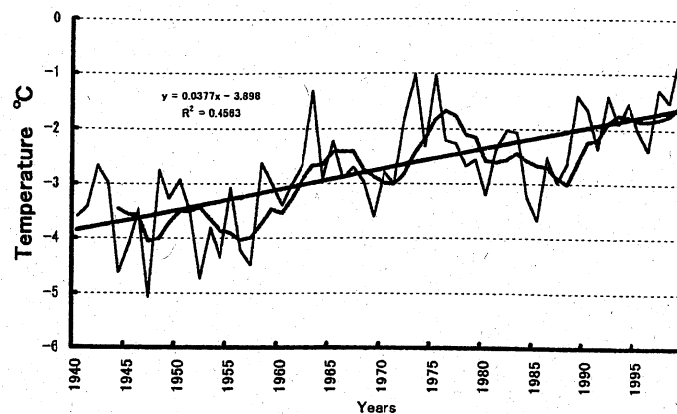


Fig. 1 Air temperature change on an annual basis with 1940 through 1999 in Ulaanbaatar

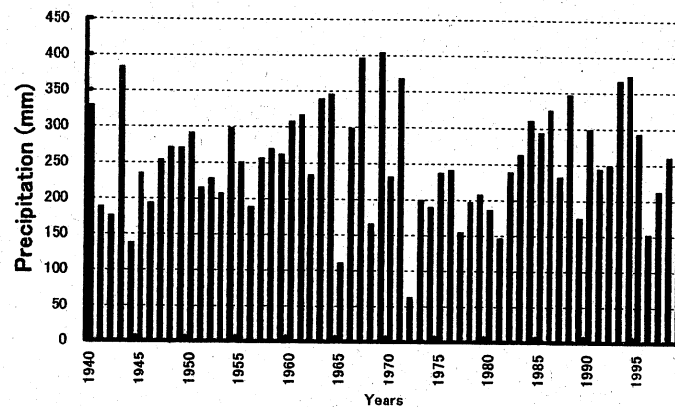


Fig. 2 Total precipitation change on an annual basis with 1940 through 1999 in Ulaanbaatar

proves the possibility of permafrost area. As well as the temperatures, annual precipitation at Ulaanbaatar was shown in Fig. 2. The fluctuation of annual total precipitation was found to be very remarkably wide, hence it is supposed to have strong relation with forest fires and fire fighting work. In Canada, there is a interest report about climate change according to the decreasing of solar energy for January through April (Cutforth 2000). The detail analysis will be waiting for later.

Mongolian permafrost and forest

The high altitude and cold climate are excellent conditions for permafrost conditions. Permafrost area covers about 63 % of the total territory. The continuous permafrost distributes in Hangai, Hentei, Huvsgul, and the Mongol-Altain mountain range. The Mongolian forest covers these area, Hangai and Khenei mountains connecting with Siberia Taiga belts. Coniferous trees, such as the pine and birch are commonest there and the pine forest includes almost larch (*Larix dahurica*). There is a close relationship for distribution map between permafrost and forest cover owing to low temperature, less rainfall and water capillary rise from active layer in permafrost zone such as Siberia taiga (Uemura 1997).

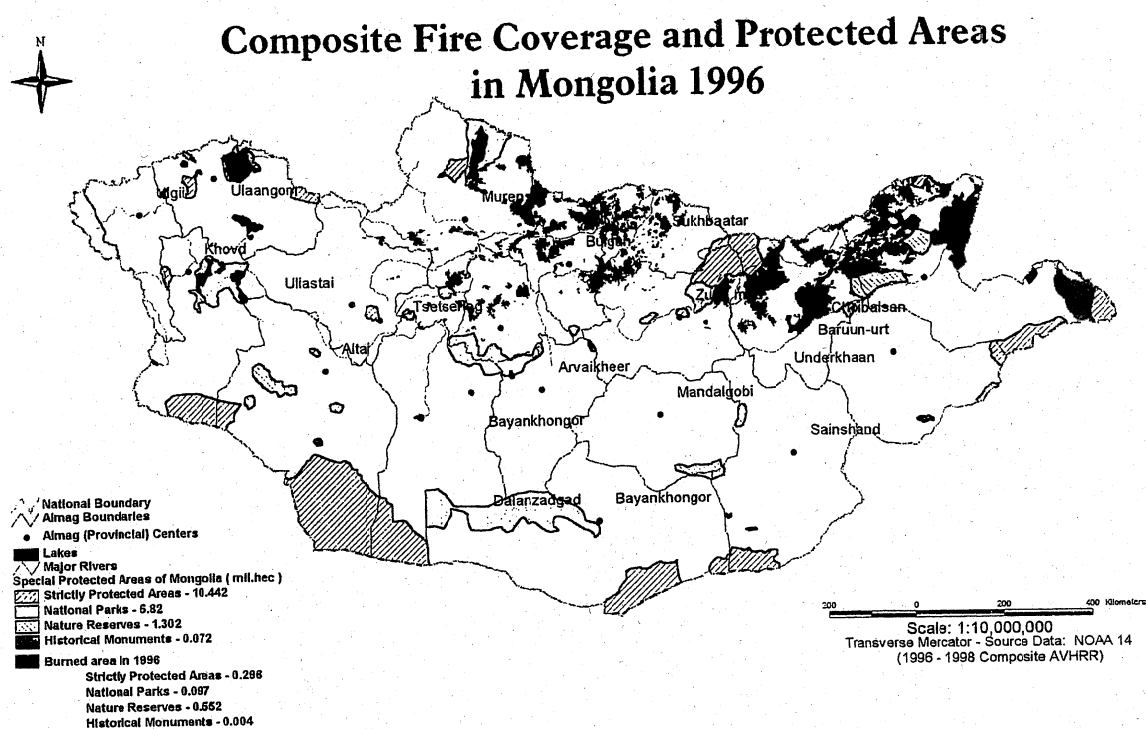


Fig. 3 Composite fire coverage and protected areas in 1996

Forest fires in Mongolia

Among the chief causes of forest fires are careless smoking neglected campfire and lightning (Chandrasekhar 2000). In the case of Mongolia, it is said that the chief causes were due to human activities such as neglected campfire by hunters in the forests. In 1996, the large-scaled forest fires occurred from March to June during four months. The first fires started under the dry condition in the Dornod province on February 23. The strong warm wind in April spread the fires in the forest and prairie toward many provinces. Finally the summer rainfall stopped the forest fires in June and government spokesman pronounced the finishing of the fire fighting on June 17. Then the burned area was estimated about twenty three million hectares approximately. Government of Forestry showed the forest area damaged by fires in Mongolia from 1980 to 1996. This year forest fires was seemed to be serious disaster whatever it experienced in Mongolia. In addition, Fig.1 shows the distribution of forest areas damaged by fires in 1996. The serious damage due to forest fires could be seen clearly in both Hentein and Huvsgul Mountain ranges and also it occurred remarkably in north territory with permafrost zone.

On-the-spot investigation in Kheny area

We selected the Kheny area far about 240 km from Ulaanbaatar for the field survey spot. Because the spot was classified in the continuous and discontinuous permafrost zone in the Kheny Mountain range. Our investigation was started from July 25 of 1999 and was continued during two weeks. The burned forest was found in the terrace near the Kherlen river, and on the east hillside covered with dense larch trees, soils included with ice, permafrost in ground was found soon. In the forest there were the various typed trees mixed with the perfect burned larch

Table 1. Thermal conductivity and physical properties in the Mongolian fired soils

Plot area	soil depth	Thermal conductivity (W/m · K)	Ignition loss (%)	Moisture (%)	Solid (%)	Aeration (%)
Burned forest (Khentey)	10 cm	0.320	5.2	22.2	45.7	32.1
	20 cm	0.143	2.1	11.4	52.1	36.5
	30 cm	0.258	1.9	12.8	53.3	33.9
	60 cm	0.297	1.5	12.0	58.9	29.1
	90 cm	0.183	1.2	12.7	60.2	27.1
	110 cm	0.195	0.9	10.4	65.8	23.8
Permafrost (Khentey)	10 cm	0.161	3.4	11.9	43.1	45.0
	30 cm	0.153	1.9	12.1	52.6	35.3
	55 cm	0.155	1.3	11.2	57.8	31.0
	75 cm	0.186	1.1	8.0	58.2	33.8
	115 cm	0.159	0.9	7.9	60.8	31.3
	120 cm	0.170	0.9	10.7	64.1	25.2
Prairie (Nalaykh)	40cm	0.149	7.5	11.6	44.1	44.3
	80cm	0.188	7.6	18.3	44.2	37.5
	120cm	0.171	5.4	18.6	48.7	32.7

trees, the burned stem of larch with alive canopy, and only burned foot of larch stem. Because we could not found permafrost in the burned forest, it was supposed that the fire decreased the cover trees, and heat balance was changed. As a result, permafrost had already disappeared in the burned forest. Then on both burned forest with larch and unburned forest with permafrost, soil samples were collected to compare the difference of the thermal conductivity and physical properties of soils. Additionally, the site of prairie was selected for the contrast near Nalaykh city far about 36 km from Ulaanbaatar. On three spots, burned forest, the forest with permafrost and the prairie without trees, soil temperature was measured through the soil profiles by the portable thermometer and several thermistor sensors were installed in the ground and connected with data loggers in order to monitor the temperatures in the soil profile during one year. Table 1 shows the results obtained from three spots to compare the different condition of heat balance and the influence. Consequently, it found that the burned forest had high thermal conductivity on the surface layer. The forest with permafrost showed the considerable lower value in thermal conductivity, so it was guessed that the low thermal conductivity might produce the permafrost condition. As regards with moisture content, the permafrost soil profiles showed lower moisture condition than the burned forest. There were little difference for the ignition loss between the burned and permafrost forest, but the prairie soil was clearly found to have highest values than the forest soil. The analysis on soil temperatures is now continued and soon the results will be shown on the difference of the three spots.

Conclusion

The soil characteristics of burned and unburned area were investigated in Mongolia. Thermal conductivity of surface soil was found to be different between burned and unburned site. Fire impact to permafrost degradation due to changing thermal regime was indicated by the

FOREST FIRE IMPACTS TO MONGOLIAN PERMAFROST

direct temperature profiles at three locations. In fired areas, permafrost becomes non-permafrost condition with few tree-covers, but permafrost would be maintained if the surface covers and density of trees are kept there.

Reference

- Chandrasekhar, C., 2000 : Co-oriented action towards forest fires and associated haze in southeast Asia, *Private publication*, 1-44, Jakarta, Indonesia.
- Culforth, H.E., 2000 : Climate change in the semiarid prairie of southwestern Saskatchewan : Temperature, precipitation, wind, and incoming solar energy, *Canadian J. of Soil Science*, **80-2**, 375-385.
- Uemura, S., Kanda, F., Alexander, I. and Tsujii, T., 1997 : Forest structure and succession in southeastern Siberia, *Vegetation Science*, **14**, 119-127.

1999.10.5

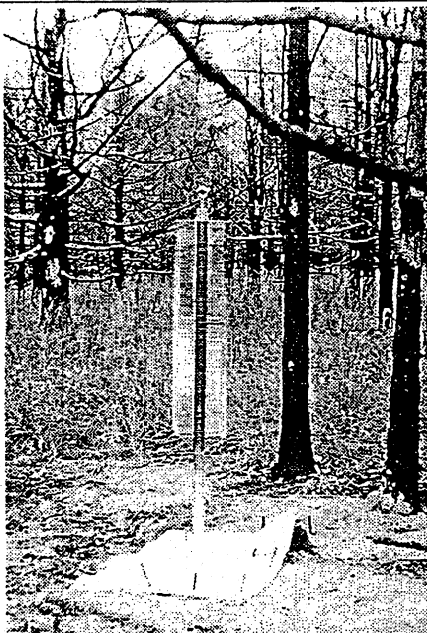
(第3種郵便物認可)

帯畜大土谷教授ら研究グループ

モンゴルの永久凍土の融解抑制へ

ヒートパイプ埋設完了

【社会部＝平野明】モンゴルの森林火災による永久凍土の融解をヒートパイプで抑制する研究調査に着手した帯畜大の土谷富士夫教授（水雪工學）の研究グループが、このほどモンゴルから帰郷した。現地では森林火災のあった永久凍土にヒートパイプを埋設、来年夏に再訪しデータを収集する。



ヘルレン川近くに設置されたヒートパイプ

調査に入ったのは、土谷教授のほか、帯畜大の丸山純孝教授（草生生態学）、北大低温科学研究所の福田正三教授（水雪凍土学）ら四人。ヒートパイプの設置場所は、首都のウランバートルから北東へ約二百六十キロ入ったアムール川の源流に当たるヘルレン川の川沿いの凍土帯で、地下一・七メートル掘り、長さ四メートルのヒートパイプを三時間おきに気温を記憶する温度センサーを埋設した。

地下には岩のような塊となつた永久凍土が確認された。ヒートパイプは、地上と地中の温度差で熱移動を起こし、冷熱を地中に蓄えて凍土の融解を防ぐ。現地は一月の最低気温が氷点下四〇度近くまで下がるため高い効果が予想され、温度センサーのデータを回収し、その効果を検証する。土谷教授によると、現地は火災による森林の焼け跡がいたる所に見られたという。一九九六年には消失規模が本道の面積に匹敵する森林の大火災が発生。永久凍土には地球温暖化を促すメタンガスが詰まってお

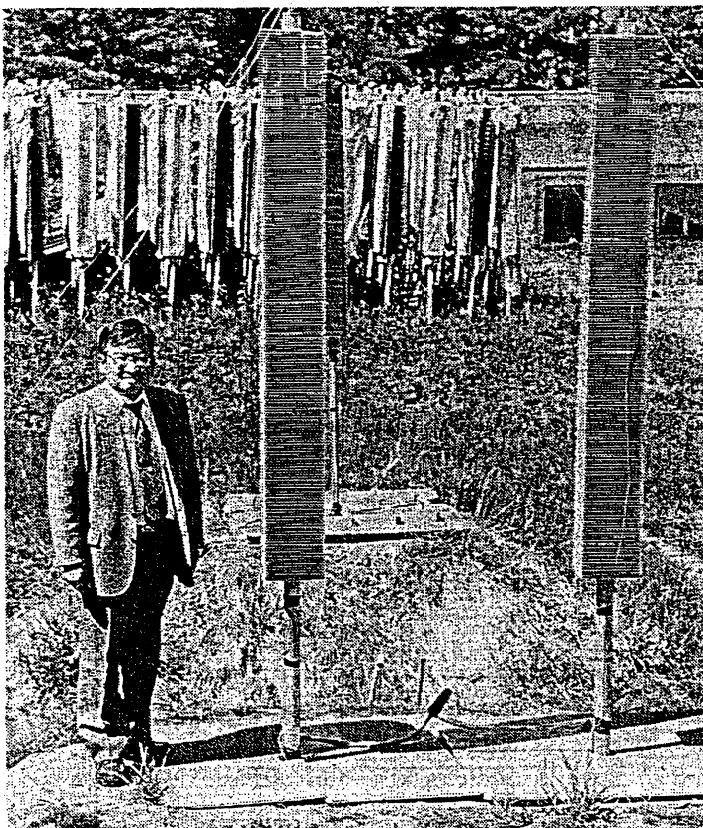
来夏に再訪、データを収集

り、火災によるガス放出が危惧されている。調査結果は二〇〇一年度末にまとめられる。

帯畜大土谷教授ら研究チーム

モンゴルで調査へ

【社会部一平野明】帯畜産大学の土谷富士夫教授（農業土木学）を代表とする研究チームが、モンゴルで起きた森林火災による永久凍土への影響を調べるため文部省の科学研究費補助を受け、7月から3年間にわたって現地調査を実施する。モンゴルを含むシベリア東部では、森林火災で溶けた凍土からメタンガスが放出され、地球温暖化への影響が懸念されている。土谷教授は、人工永久凍土をつくるヒートパイプの開発に長年取り組んでおり、ヒートパイプが凍土融解を防ぐ上でどの程度の効果をもたらすかも調べる。モンゴルでの永久凍土の融解に関する資料などではなく、初の本格的な調査となる。



土谷教授と帯畜大構内に設けた低温貯蔵庫のヒートパイプ。土谷教授のわきのヒートパイプと同型のものがモンゴルで使われる

森林火災による永久凍土への影響は？

ヒートパイプの効果確認も

研究チームは、帯畜大の丸山純孝教授（草地生態学）、北大低温科学研究所の福田正己教授（雪氷凍土学）らに共同研究の提携を交わしたモンゴル科学アカデミーの研究者を加えた七人で構成し、七月二十日に

土谷教授らがモンゴルへ出る。発し二週間ほど滞在する。モンゴルの首都ウランバートルの東方にあり、火災被害の深刻なヘンテイ山系に入り、凍土の厚さの計測や植物の植生調査、土壌のボーリング、温度センサーの設置などを行い、各種データを収集する。

モンゴルでは、一九九六年に起きた森林火災の被害が大きく、このときは三カ月半にわたり森林や草原を焼き、消失規模は本道の面積に匹敵する八万平方メートルに及び、この年の冷害をもたらした日照不足の一因とみられる。

永久凍土は三万年前にくらわれ、融解は凍土を覆う森林の消失で進み、最近では森林開発による人為的な火災も増えてきている。凍土表層部に高濃度で詰まっているメタンガスの地球温暖化に与える影響は二酸化炭素の二十倍以上といわれ

土谷教授は十二年前から動力を必要とするヒートパイプを使い人工永久凍土農作物貯蔵の研究を始め、モンゴルには、帯畜大構内に設けた凍土貯蔵庫と同じタイプの長さ四メートル、ヒートパイプ三本を空にし、凍土に二メートル埋め込み融解をくい止める効果を確認する。

温度差による熱移動を管理とするヒートパイプは、地中と外気の温度差があるほど効果は大きい。モンゴルでは冬の外気温が氷点下五〇度と冷え込み、融解土を凍土に戻すには相当の効果はあるとみられる。

土谷教授は「凍土が溶け出して対策が急がれている場所など局地的にヒートパイプを導入できる。現地での凍土貯蔵庫の可能性も探りたい」と意欲的に話している。

「モンゴルでは厚さが最高300—500メートルに」

永久凍土で研究報告

畜大で学術研究セミナー

からく
モンゴル研究者
モ研究

【社会部＝平野明】モンゴルの永久凍土の凍結効果を共同研究している帯広畜産大学の土谷富士夫教授（農業土木学）を中心とする研究グループは、十六日午後三時から同大でモンゴル側の研究者を招いた「モン

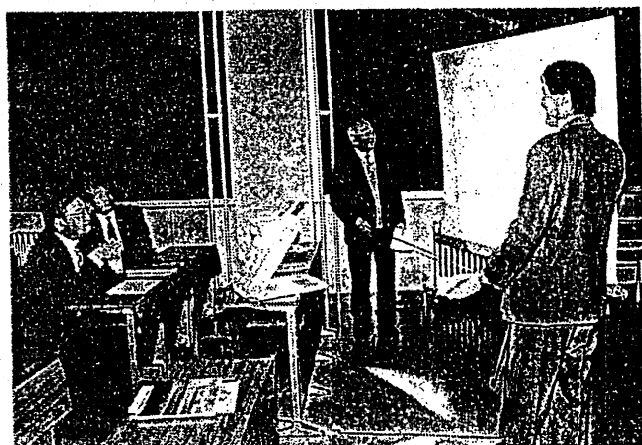
ゴル学術研究セミナー」を開いた。招かれたのは、モンゴルのツムラバートル永久凍土研究室長と、同土壌研究室のバートル主任研究員。

この研究は、永久凍土に土谷教授が開発したヒートパイプを埋め込み、森林火災で融解した永久凍土の凍結効果を調べるのが狙い。一九九九年から三年間を研究期間とし、これまでに土谷教授らが二度、モンゴルを訪れている。

セミナーでは、土谷教授と丸山純孝教授（草地生態学）が、これまでに分析したヒートパイプの効果や現地の植生などを報告。続いてツムラバートル室長が永久凍土について説明し、緯度で凍土の厚みが異なり、最

高で三百—五百センチに達すること、凍土への放熱でゲル（モンゴルの住居）が沈下しないように高床式になっていることなどを話した。

また、モンゴルの土壌学の第一人者バートル主任研究員は、土壌分析の結果などを説明。最後にツムラバートル室長が「森林火災と永久凍土融解の関係を調べるのは初の研究。研究論文はぜひモンゴルの学会誌に掲載したい」と帯畜大関係者に感謝していた。



モンゴルの永久凍土について説明するツムラバートル室長

北海道の面積に相当する大火災

北アジアのモンゴルからシベリアにかけての「タイガ」と呼ばれる森林地帯は、主として、生育に時間がかかる針葉樹からなる。

タイガの永久凍土が、雨量の少ない森林の水分供給に有効な役割を果たすことは、永年凍土分布と森林の分布とがよく一致することから明白である。



土谷 豊士夫

すこしばかり、永久凍土分布と森林の分布とがよく一致することから明白である。山腹の乾燥しやすい南向き斜面は樹木のない草地、北向き斜面は森林という、日本では見られない光景がたゞと見られる。

この地域の森林火災は毎年、雨量が少なく風が強い春先に発生しやすいが、1996年のそれは3カ月半に及ぶ大火災で、北海道に相当する森林面積が被害にあった。これをきっかけに、森林火災の実態を調査するとともに永久凍土の復元の可能性を調査するため、1999年から3年にわたってモンゴル国を訪

人工永久凍土で地球環境を守る

文化



4倍の国土面積を持ち、寒暖の差の激しい高原の内陸国である。「草原の国」と思われがちであるが、実際には国土の約25%がタイガであり、3分の1以上はゴビ砂漠を含む乾燥地帯である。モンゴル地質研究所の3人の研究員の協力を得て、中央東・ヘルレン川上流のホイト・ホリオツト支流近郊で現地共同調査を行った。



モンゴルの森林火災跡地に埋設されたヒートパイプ。失われた永久凍土を再生し、森林を蘇らせる

の、根元だけが伸びている。アラスカでは、熱いものと、状態は半端方別であった。

ヒートパイプで凍土を再生

帯広畜産大学では、1987年から「ヒートパイプ」を利用した人工永久凍土による実験プラン「ヒートパイプ」をつくり、自然の寒さを維持されている。モンゴルでは、日本がなっていた。

脚光浴びる「ヒートパイプ」技術 蘇れ！北方地域の大森林

よみがえ

しかし、低温で作られた地盤も7月には融解してしまっただけで、その原因は土壌中の水分が失われたことによる。連続した凍土構造が完成しなかつたためと推定される。したがって、夏季の降雨を土壌中に保水する機能を促進する必要がある。枯葉や植生が「リター」と呼ばれる地表保水層の形成が必要である。これには多くの時間がかかるため、「吸水性ポリマー」など人工物

つちや・ふじお 1946年生まれ。農学博士。専攻は地域環境工学、特に人工永久凍土による環境保全の研究。北海道大学農学部卒業後、帯広畜産大学へ。著書に『土の凍結——理論と応用』(共著、農工学会刊行)など。帯広市都市計画審議会副会長。帯広市核兵器廃絶平和宣言実行委員会委員長。

火災でなく、高価なシカの角などの採集や野生動物の狩猟のために入山する人間の火の不始末によるものと政府が発表している。また、消火体制の不備や消火器具の不足も森林火災を拡大させる原因となっている。衛星利用による火災発生地点の早期発見、気象観測による山火事注意報発令などの体制・組織の整備が急務である。

日本の場合、国土の70%は森林ではあるが、消費される木材は80%が輸入材である。地球温暖化への影響が懸念されることである。北方諸国からの木材をできるだけ抑制し、森林の再生と活用を図る方策を考える必要がある。人件費を削ったり、より安価な方向にだけ走る方策では、地球温暖化は止められない。

(帯広畜産大学教授)

毎週月曜日掲載

モンゴルを知ろう

日本ではモンゴルと聞いて思い浮かべるのは、シンギスカンとか遊牧生活をしている国だと考える程度で、交わり行くモンゴルの実像はほとんど知られていない。モンゴルの地質研究所と共同研究を行うことになり、数回モンゴルを訪れる機会を得たのでその実像を多少述べることにした。

かちまい論壇



帯広畜産大学教授

土谷 富士夫

ある。人口は現在約235万人と少ないが、中国内モンゴル自治区にはその倍のモンゴル人が住んでいる。森林火災は毎年モンゴル各地で起こるが、1996年は3カ月半に及ぶ火災で延焼失面積が北海道の広さに達した。

タイガと呼ばれる森林地帯がある。北方森林は生育に時間がかかる。永久凍土が雨量の少ない森林の水分供給に役立っている。地球温暖化や火災で永久凍土が融解消失すると森林再生が難しくなる。地球の森林の約3割がシベリアタイガであり、二酸化炭素の削減に重要な働きをしている。森林火災の原因は、落雷など

による自然発火ではなく、高価なシカの角などの採集のために入山する住民の火の始末に由来するものである。モンゴルで飼養されている家畜は、馬、羊、ヤギ、ラクダ、牛、ヤクなど80%は羊とヤギである。ゲルと呼ばれる移動式の住居で生活し、夏は涼しく、冬は中央部のストーブで暖を取っている。モンゴル人は遊牧生活が好きだなんて平然と口にしたり書いたりできない。都市生活の方が好まれ、首都ウランバートルの人口は約77万人に達して

いる。

2時間で組み立てられるゲルという移動式住居が、都会の周辺に集まり始めている。ソビエトの勢力下に置かれたために、自国の工業振興がなされてなかった。そして私有財産制を導入したため、貧富の差が拡大して、スリや強盗事件が非常に増えている。インフラ整備は遅れており、停電と大雨が降るとすぐ洪水になり車が走れなくなる。

2001年には2年続きのゾド(雪害冷害)が発生し、240万頭の家畜が死亡する被害が発生した。外貨を稼ぐカシミヤ生産のためヤギを急増したため牧草のバランスが崩れ始めたことも被害を増やした。同年の春には、口蹄疫が多発し3県と首都の一部に

まで及び、3万人の市民が隔離された。GNPが低い割には市内に旧ソ連時代に建設された高層アパート群やビジネス高層ビルも多数あり都会であるが、上下水道、電気や道路の未整備な地域に移住するため、将来スラム化の恐れがある。

91年以来、日本はモンゴルに対する最大の支援国となったが、今後あらゆる面で協力しなければならないだろう。最近、日本の外務省の対応や外交のまずさが報道される中、私たちは近隣の諸国を良く知ることから始めなければならぬ。特に、北方諸国の人々の暮らしを良く理解し、大いに協力し合うべきであろう。

あとがき

この調査を行うにあたり、多くの人々の協力を得たことを感謝します。特に、ヒートパイプの制作にあたり、㈱フジクラ・エネルギーシステム研究所、エネルギー開発部ヒートパイプグループ、益子耕一課長、元㈱北海道フジクラ・熱システムグループの山田忠雄氏には大変お世話になりました。

モンゴルにおいて、車両や装備等の手配をしてくださった ENCO 社の Dr.Namkhai 氏には、モンゴルに滞在する度に常にお世話になりましたことを感謝申しあげます。また、モンゴル事情の情報をお聞かせ下さった JICA モンゴル事務所の山田暁氏にも感謝申し上げます。

3 回のモンゴル調査でありましたが、北海道地質調査所・地域地質部防災地質科の高見雅三科長、㈱ズコーシャ・環境調査部の佐藤敏郎課長に、報告書等の作成に多大の協力を得たことを御礼申し上げます。

ウィークエンドスペシャル NHK BS-1 の「モンゴルの森は消える-永久凍土融解の脅威」を制作した㈱テムジンの制作担当の中川あゆみディレクターと平野愛さんにはお世話になり、再びモンゴルの調査地点を訪問する機会をつくって頂き感謝いたします。

調査結果を要約すると、モンゴルの冬は極めて寒冷なため、ヒートパイプによる冷却能力は極めて大きいことが判明した。しかし、一度凍土が融解すると、土壌中の水分は下方に浸透し、非常に低い水分状態となるため、凍土内の氷量が少なく、連続的な凍土形成し難いことが分かった。そのためには、表層の落ち葉や植物残滓を蓄積して、雨水の集積を図る必要がある。そのためには、人工的な吸水性ポリマーなどの混入を行い、土壌中の水分保持が重要である。

対策は、第 1 に火災を発生させないこと、第 2 は、発生しても初期で完全消火に徹し、延焼を防ぐことである。第 3 は幼苗を育て植林に徹することである。

ヒートパイプの埋設部の先端はマイナスであったから、全く動力を必要としないので、年々凍土部が拡大する可能性も考えられる。

土谷 富士夫 記