

**北海道大学低温科学研究所  
技術部技術報告**

**第 16 号**

**2010年 12月**



**北海道大学低温科学研究所  
技術部技術報告**

**第 16 号**

**2010年 12月**



## 平成22年度技術部発表会開催に寄せて

今年も技術部発表会を開催する運びとなりました。本報告書はその講演内容の要旨をまとめたものです。今回も教育研究支援本部の共催をいただき、我々低温科学研究所技術部の活動内容を広く学内外の方々に知っていただくよい機会になると期待しています。

今日、最先端の研究を行うには最先端の技術が必要であることは言うまでもありません。実験、観測、数値計算、情報など研究のあらゆる場面で、高度な技術支援が求められています。世界に先駆けた独創的な研究を行うには、高いレベルの技術と創造性を持つ優秀な技術者が必要とされています。低温科学研究所技術部では、日常の研究支援業務の中で、教員・研究員・学生の皆様の期待に応えるべく、日々研鑽を積んでいます。当技術部に所属する技術職員が活躍する場は、研究所内に限らず、国内外の多くの研究現場に広がっています。この技術部発表会を一つの機会として、技術部員と研究者が互いに理解を深めることによって、より一層のレベルアップを図っていきたいと考えています。

大学の法人化、教育研究支援本部の発足と、技術部をとりまく状況も大きく変化しつつあります。しかしながら、研究者と技術部員が、膝をつき合わせ、面と向かって話し、アイデアを出し合いながら、研究の様々な局面で生じる技術的な問題を克服していく、という技術支援の本来の姿が変わることはないと思います。このような技術支援の体制を維持し、さらに発展させていくことが、研究所にとって非常に重要であると考えています。

今後とも、低温科学研究所技術部に対する皆様のご理解とご支援をお願いいたします。

平成22年12月10日

技術部長 江淵直人



# 目次

1. パタゴニア・ペリートモレノ氷河での熱水掘削と GPS 連続測定 杉山 慎・刀根 賢太・新堀 邦夫・高塚 徹 .....	1
2. 氷河底面堆積物貫入深度計による堆積物分布調査 西村 大輔・津滝 俊・吉澤 猛・杉山 慎・新堀 邦夫 .....	6
3. 大型ライシメーターによる積雪底面流出量の観測 石井 吉之・兒玉 裕二・新堀 邦夫・中坪 俊一・藤田 和之・池田 正幸・森 章一 ...	10
4. 大型ライシメーターの製作 藤田 和之・新堀 邦夫・森 章一・池田 正幸 .....	16
5. PIV 法を用いた接地境界層における乱流構造の把握 — 観測システム開発と予備実験結果 — 森 文洋・下山 宏・森 章一・新堀 邦夫・渡辺 力 .....	19
6. 2010 年西部オホーツク海航海 (Kh10 航海) の概要 西岡 純・小野 数也・的場 澄人・村山 愛子 .....	23
7. 自動開閉式チャンバーを用いた海氷 大気間の CO <sub>2</sub> フラックス測定 — 南極海定着氷上での現場観測 — 野村 大樹・兒玉 裕二・中坪 俊一・福士 博樹・千貝 健・藤田 和之・ 清水 大輔・福地 光男 .....	26
8. 自動開閉式チャンバーの製作 ~ 海氷上 CO <sub>2</sub> チャンバー ~ 中坪 俊一・藤田 和之・池田 正幸 .....	28
9. 監視カメラを用いた局地現象の長期モニタリング 藤吉 康志 .....	32
10. ドームふじ掘削孔検層機の改良 新堀 邦夫・本山 秀明・的場 澄人 .....	36
11. 流星バースト通信によるオホーツク海域環境情報収集システムの開発 2 高塚 徹・白澤 邦男・椋本 介士・長澤 正氏・若林 良二・亀井 利久 .....	38

12. クラスターイオン生成装置の開発2	
中井 陽一・小島 隆夫・日高 宏・渡部 直樹・藤田 和之・中坪 俊一・	
中鉢 健太・森 章一・新堀 邦夫・千貝 健・福士 博樹 .....	44
13. 疑似液体層 氷界面での単位ステップの直接観察	
佐崎 元・Salvador Zepeda・中坪 俊一・横山 悦郎・古川 義純 .....	50
14. 流氷・気象観測用ドップラーレーダー・システムの	
リアルタイム・データー伝送ネットワークの構築案	
大井 正行・千貝 健・福士 博樹・藤吉 康志 .....	53
15. 2010 年クロモフ号航海 ~ 2007 年航海からの更新点 ~	
小野 数也・藤田 和之 .....	55
16. 自動開閉式チャンバー予備制御システムの製作	
千貝 健・福士 博樹・中坪 俊一 .....	59
17. 低温研ウェブサーバアクセス解析 2009/10–2010/09	
千貝 健 .....	63

# パタゴニア・ペリートモレノ氷河での熱水掘削と GPS 連続測定

杉山 慎<sup>1</sup>、刀根 賢太<sup>1</sup>、新堀 邦夫<sup>2</sup>、高塚 徹<sup>3</sup>

1. 氷河・氷床グループ
2. 技術部装置開発室
3. 技術部先端技術支援室

## 1. はじめに

末端が湖や海に流れ込むカービング氷河は、通常の氷河と比較して急激な氷河変動を示す。たとえばグリーンランドや南極沿岸では、カービング氷河が近年急速に後退し、氷床の質量収支に大きな影響を与えている。急激な氷河変動の原因は、末端部が水に漬かっているがゆえの流動特性にあると考えられるが、カービング氷河の流動については理解が進んでいない。具体的には、氷河底面に高い水圧が発生して底面流動を促進していると予想されるが、カービング氷河の底面水圧を測定した例は非常に少ない。

これまでに我々は、スイスアルプスの氷河において熱水掘削を駆使した氷河観測を行ってきた (Sugiyama and others, 2008)。掘削孔を用いて氷河内部と底面の状態を観測することで、氷河流動機構の解明に成果を挙げている。本研究では、アルプスでの研究成果を南米パタゴニア氷原のカービング氷河に発展させ、熱水掘削による底面流動測定と GPS による流動測定を実施した。氷河の底面水圧と流動速度の関係を明らかにすることが研究の目的である。本報では、パタゴニアの氷河では初めての試みとなった、熱水掘削について報告する。

## 2. 観測地

南米チリとアルゼンチンの国境に位置するパタゴニア氷原は  $1.7 \times 10^4 \text{ km}^2$  の面積を占め、南半球では南極氷床に次いで巨大な氷塊である (図 1a)。その変動が海水準に与える影響、世界でも有数の多涵養多消耗な氷河特性などの重要性が認識されているが、厳しい気候と複雑な地形に阻まれて研究は進んでいない。ペリート・モレノ氷河は南パタゴニア氷原を代表する溢流氷河であり、パタゴニアの溢流氷河がほとんどそうであるように、末端が湖に流入するカービング氷河である (図 1b)。末端から 10 km 上流までは中央部の流動速度が年間 400 m 以上であり、極めて流動速度が速い。本研究では、氷河末端から 4.7 km 上流を観測地とし、熱水掘削と GPS による流動測定を行った。この地点における氷厚は約 500 m、氷の 60-70% は末端湖の水位以下に位置する (図 2)。

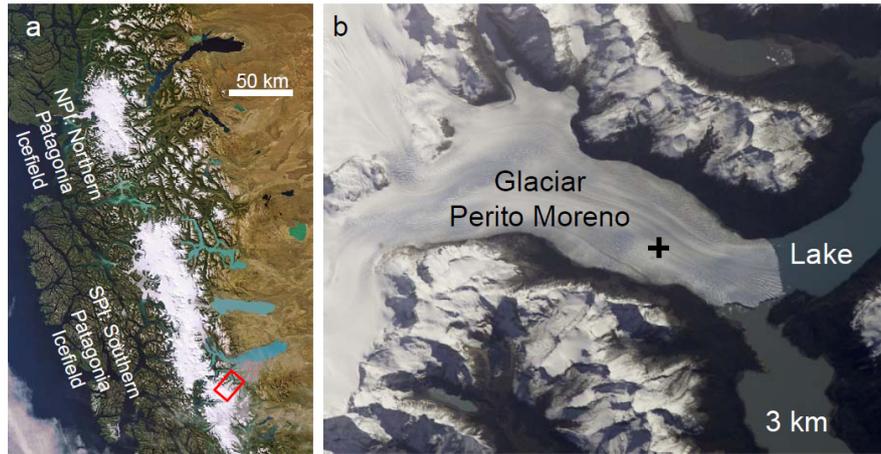


図1 (a) 南米チリとアルゼンチン国境に位置する南北パタゴニア氷原。(b) 掘削と観測を行ったペリート・モレノ氷河。掘削および観測点を (+) で示す。

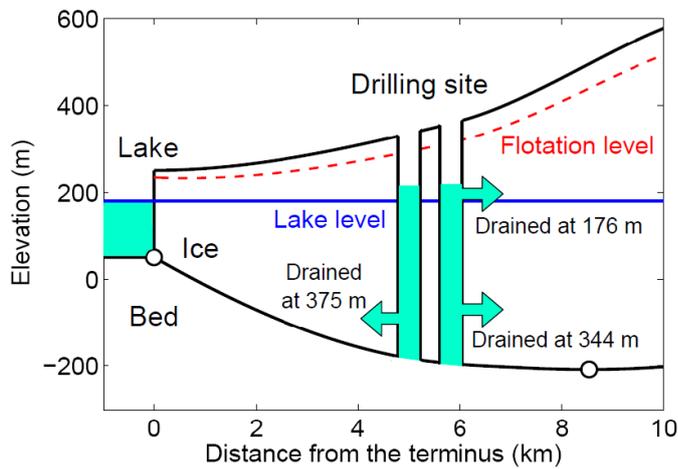


図2 ペリート・モレノ氷河の縦断面図。氷河底面は測定値 (○) の内挿によってもとめた。点線は Flotation level と呼ばれ、水位がこの高度に至ったところで氷の荷重が水圧と等しくなる。2本の掘削孔から排水が起こった深さ(底面を基準)を示す。

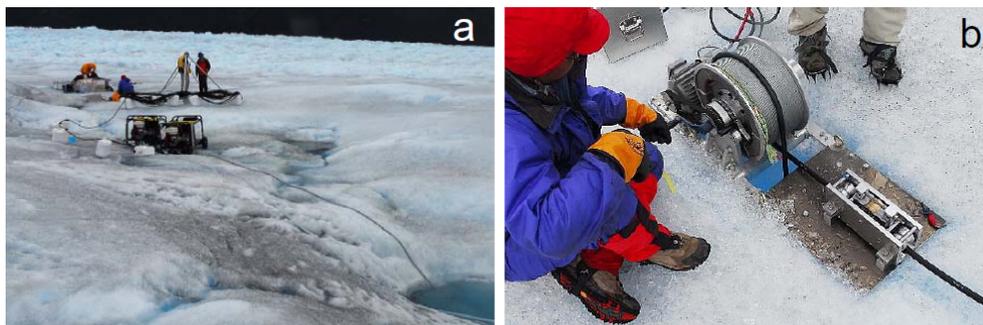


図3 (a) ペリート・モレノ氷河における熱水掘削のようす。右下の池から揚水し、左中ほどに見える2台の熱水装置で高圧熱水を生成する。左上が掘削地点。(b) 掘削に用いたウィンチ。ホースはドラムを一周して掘削孔に降ろされる。右下がホースを制動するために新規に製作したブレーキ。

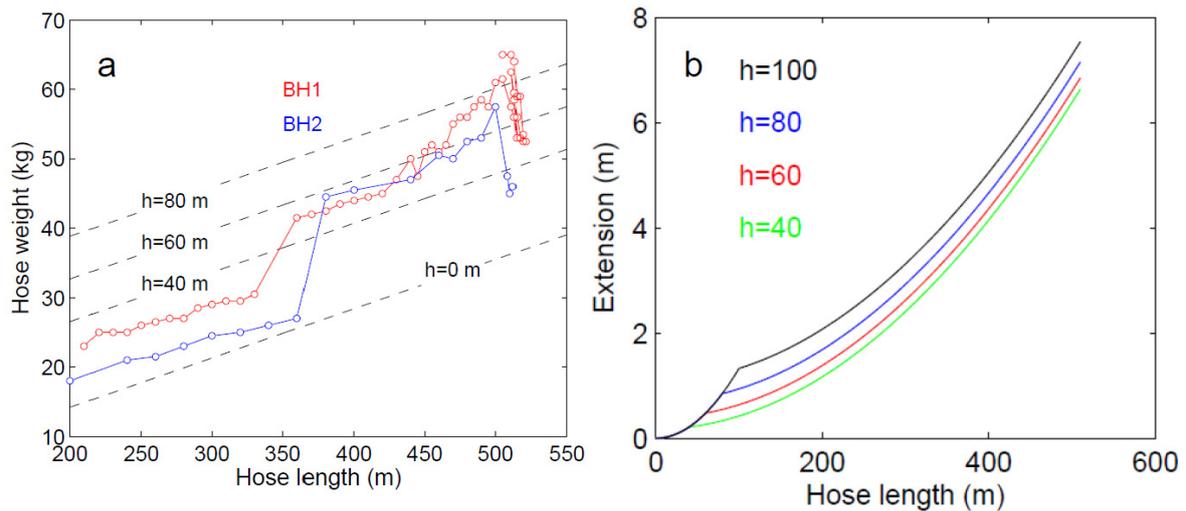


図 4 (a) 掘削中に測定したホースの重量。点線は、表面から掘削孔内の水位までの距離 (h) を各値に仮定して見積もられるホース重量計算値。(b) 掘削孔内の水位を仮定して計算した、掘削孔内に垂れ下がったホースの長さに対するそのホースの伸び量。

### 3. 熱水掘削システム

熱水掘削には、低温科学研究所が保有するシステムを増強して使用した (Tsutaki and Sugiyama, 2009)。これまでのシステムは 200 m 深程度の掘削を目的としており、ペリート・モレノ氷河の掘削には熱量とホース長が不足するほか、重くなったホースを操作するウィンチが必要になる。熱水を発生する高圧熱水装置 (Kärcher HDS1000BE) を新規に追加して 2 台構成とし、高圧ホースも 550 m まで延長した (図 3a)。氷コア掘削に用いられるウィンチを熱水掘削用に転用することとし、ホースを滑らかに操るためのブレーキシステムを技術部装置開発室にて新たに製作した (図 3b)。

### 4. ペリート・モレノ氷河での熱水掘削と底面水圧測定

2010 年 2 月 25 日にヘリコプターを使って約 1 t の機材を現場に輸送し、翌 26 日から掘削を開始した。機器のトラブルに見舞われて掘削は難航したが、3 月 2 日に底面までの掘削に成功した。掘削が底面に達したと確認するために、掘削中はホースの重量をばねばかりで計測している (図 4a)。ホース長 344 m で掘削孔内の水が排水された際に急激な増加を示した以外は、ホース重量は掘削が進むにつれて連続的に増加している。その後ホース長 508–514 m で顕著に重量が減少し、先端が氷河底面で着底したと判断した。

さらに正確な掘削孔深さ、すなわち氷厚を求めるために、ホースの自重による伸びを以下の通り見積もった。ホースの製造メーカー、(株)ブリジストンによる試験の結果、使用したホース (WAR08) の加圧下 (10 MPa) における伸び率は 100 kg 重の荷重に対

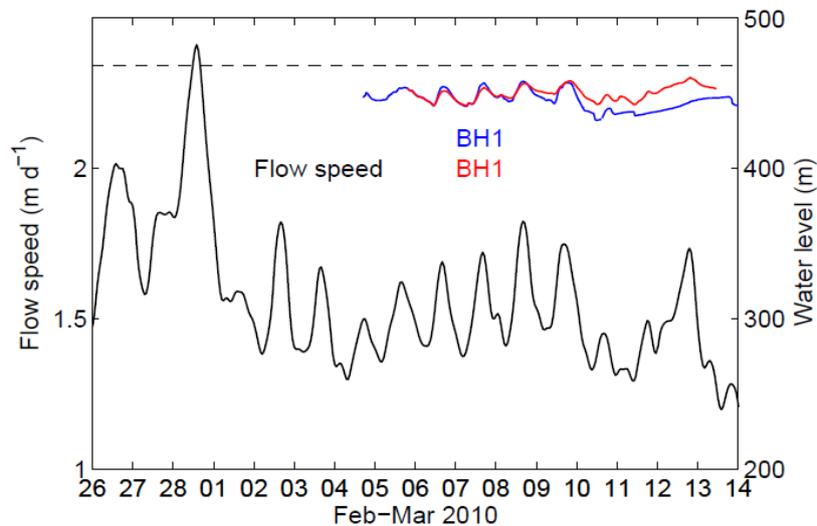


図 5 氷河表面流動速度と掘削孔水位の変化。水位は氷河底面からを基準とした値。点線は氷の Flotation level。

して7%であった。この数値に加えて、ホースの形状（内径 12.7 mm、外径 19.8 mm）と質量（1 m あたり 0.25 kg）を用いて掘削中のホース伸び量を見積もった（図 4b）。掘削孔内の水位がホースを支える浮力に影響するため、伸び量の計算では氷河表面からの水位を 40–100 m と仮定している。一方掘削終了時に測定されたホース重量は、水位が氷河表面から 60–80 m 下にあると仮定して見積もった重量とほぼ等しい（図 4a）。そこで、図 4b においてこの水位を適用することにより、掘削終了時のホース伸び量を  $7 \pm 0.5$  m と推定した。その後 3 月 5 日に終了した 2 本目の掘削孔もほぼ同じような氷厚を示し、掘削地点での氷厚を  $515 \pm 5$  m と結論づけた。

掘削終了後は 2 本の掘削孔内に水圧センサ (Geokon 4500S および HOBO U20) を設置し、掘削孔内の水位変化を 10–30 分間隔で測定した。

## 5. GPS による流動速度の測定

2010 年 2 月 25 日から 4 月 2 日にわたって、掘削地点から 100 m 程度北において流動速度の測定を行った。氷河上に埋設した長さ 2 m のアルミポールに GPS アンテナを固定し、1 時間間隔で 30 分間 GPS 衛星のデータを記録した。氷河外の岩の上でも同じタイミングでデータを取得し、両者を処理することで 3–5 mm 程度の誤差でポールの位置を測定することができる。得られた位置座標をガウシアンフィルターで平滑化した後に毎時の流動速度を求めた。

GPS を長期間氷河上で自動運転するために、ソーラーパネル (20 W) と蓄電池 (12 V、7.2 Ah) を組み合わせた電源ユニットを使用した。直流電源を GPS 受信機に導くために必要なアダプターを技術部先端技術支援室にて製作している。

## 6. 観測結果

氷河表面の流動速度と、掘削孔内の水位の変化を図 5 に示す。掘削孔内の平均水位は底面から約 450 m であり、氷河の底面水圧が氷の上載荷重の 90%以上に達することが明らかになった。水位は 10–20 m 程度の小さな振幅で日周期変動を示し、表面融解水の影響を受けて底面水圧が変動していると理解できる。

一方、流動速度は顕著な日周期変動を示し、その変動のタイミングは掘削孔内の水位変動とほぼ同じであった。底面水圧のわずか数%の変動によって、40%程度の流動変化が駆動されている。底面水圧が上載荷重に近づくと流動速度が急激に増加することが知られているが (e.g. Bindschadler, 1983)、常に水圧が高く保たれているため、流動速度が水圧の微少な変動に敏感に反応するものと考えられる。このようなカービング氷河特有の流動現象は、これまでに予想されてはいたものの、底面観測を伴った観測データは存在しなかった。氷河底面での観測例が無いパタゴニアにおいて、カービング氷河の流動特性の理解を推し進めるデータを得たものと考えている。

## 謝辞

ペリート・モレノ氷河での観測は、筑波大学・安仁屋政武氏、広島工大・内藤望氏、北見工大・榎本浩之氏、アルゼンチン南極研究所・Pedro Skvarca 氏の協力を受け、科研費 18251002 基盤 (A) 代表・安仁屋政武の支援を受けて行われた。観測機材の準備と発送にあたっては、的場澄人氏、津滝俊氏、白岩孝行氏の協力を得た。現地での観測手続きに関しては、菅原通夫氏、在日アルゼンチン大使館に尽力を頂いた。また、アルゼンチンでの活動をサポートした Hielo y Aventura および Tohin のメンバー、ホースの伸び試験を行った (株)ブリジストン、熱水掘削システムに技術提供頂いたケルヒャージャパン (株) と (株) ナカムラサービスに感謝する。

## 参考文献

- Bindschadler, R. 1983. The importance of pressurized subglacial water in separation and sliding at the glacier bed. *Journal of Glaciology*, **21**(101), 3–19.
- Sugiyama, S., S. Tsutaki, D. Nishimura, H. Blatter, A. Bauder and M. Funk. 2008. Hot water drilling and glaciological observations at the terminal part of Rhonegletscher, Switzerland in 2007. *Bulletin of Glaciological Research*, **26**, 41–47.
- Tsutaki, S. and S. Sugiyama. 2009. Development of a hot water drilling system for subglacial and englacial measurements. *Bulletin of Glaciological Research*, **27**, 7–14.

# 氷河底面堆積物貫入深度計による堆積物分布調査

西村 大輔<sup>1</sup>、津滝 俊<sup>1</sup>、吉澤 猛<sup>1</sup>、杉山 慎<sup>1,2</sup>、新堀 邦夫<sup>3</sup>

1. 氷河・氷床グループ
2. 共同利用推進部
3. 技術部装置開発室

## はじめに

氷河流動は氷の粘性変形と氷河底面流動からなる。氷が岩盤の上に乗っている場合は氷と岩との界面における滑りが底面流動を引き起こす。また、氷と岩との界面に脆弱な堆積物が存在する場合には、堆積物の変形が底面流動に寄与する。したがって、氷河底面流動メカニズムを理解するためには氷河底面状態を明らかにする必要がある。しかし、厚い氷の下にある氷河底面を観測することは難しく、そのため氷河底面流動は氷河学における大きな課題となっている。

氷河底面を観測する手法のひとつに、熱水ドリルで掘削した縦孔の利用があげられる。氷河底面まで貫通した掘削孔に測定装置を挿入することで、底面水圧、掘削孔変形等、様々な観測が可能となる。我々は 2007 年に熱水掘削システムを開発し (Tsutaki and Sugiyama, 2009)、スイス・ローヌ氷河の流動機構解明に取り組んできた (Sugiyama and others, 2008)。2008 年にローヌ氷河の底面堆積物分布を明らかにする目的で堆積物サンプラーを開発し、氷河前縁湖周縁部 4ヶ所で堆積物を採取した (西村 他, 2008)。これまでの観測によって、ローヌ氷河の氷河底には、場所によって底面堆積物が存在することが明らかとなった。しかし、直接堆積物を確認できたのは氷河湖周縁部のみであった。

そこで、より詳細な底面堆積物分布を調査する目的で 2009 年に堆積物貫入深度計による、底面堆積物深度測定を行った。本報では低温研技術部との協力で開発した堆積物貫入深度計を紹介し、上記の観測によって明らかとなったローヌ氷河底面堆積物分布を報告する。

## 堆積物貫入深度計

堆積物貫入深度計は堆積物サンプラーのサンプラー (図 1) を測深棒に置き換えたものであり、ステンレススチール製のワイヤー、芯棒、ハンマー、測深棒からなる (図 2)。芯棒の両端にそれぞれハンマーと測深棒を取り付ける。ハンマーは上部で直径 3 mm のワイヤーと接続され、ワイヤーで操作する事によって芯棒を上下に移動し、測深棒を叩いて堆積物に打ち込む。深度計及びサンプラーの貫入力を高めるため、ハンマー上部に鉛を入れたステンレススチールの錘を取り付け、ハンマー重量を 2008 年に使用した際の 3.5 kg から 6.0 kg に増した。測深棒は直径 10 mm で堆積物に貫入しやすいよう先端を尖らせた。測深棒と芯棒に大きな打撃力が加わる事が予想されるため、焼入れ加工



図 1 堆積物サンプラーの写真。

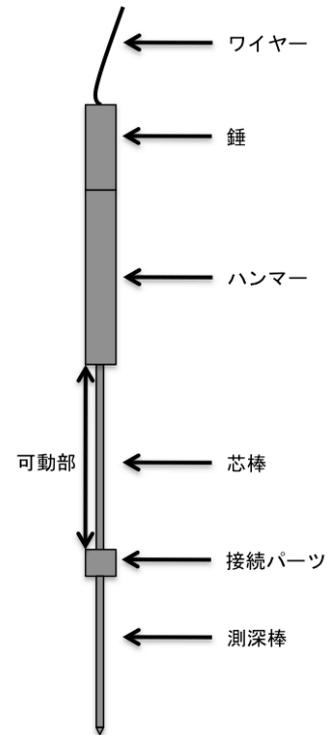


図 2 堆積物貫入深度計の模式図。

を施し強度を高めた。特にネジ部は強度が弱くなるため接続パーツはネジより 2 cm 上まで覆うようにした。測深棒の長さは強度を優先した 300 mm と測定深度を優先した 600 mm を作成した。

## ローヌ氷河における観測

スイス・ローヌ氷河は全長約 8 km の山岳氷河である。近年その末端に氷河湖が形成され、湖の拡大による氷流動の変化、さらには氷河後退の加速が予想されている。我々は湖水による底面状態の変化、およびそれに伴った流動変化の解明を目的として、2009 年 6-9 月に各種の観測を実施した。氷河末端から約 1 km 上流に至る地域で熱水掘削を行い、底面堆積物層厚測定を実施した。堆積物層厚測定以外には、堆積物サンプリング、GPS による流動速度、底面水圧、掘削孔の傾斜、融解量、アルベド、表面高度、気象などの測定を行っている。

## 堆積物貫入深度計による氷河底面堆積物層厚観測

掘削孔に堆積物貫入深度計を挿入し、氷河底面の堆積物層厚を測定した。ハンマー上部についてワイヤーで掘削孔底面まで堆積物貫入深度計を降ろす。測深棒が氷河底に降りたことを確認した後に、ワイヤーでハンマーを上下させて、測深棒を打撃した。掘削孔の横に巻尺を貼りつけたアルミ棒を立て、一回の打撃毎にワイヤーについて目印を巻尺に沿わせ目印の移動量を測定した (図 3)。測定値が 4 回以上一定の値を示すまでの

移動量を層厚とした。最初に 300 mm の測深棒で測定し、層厚が 300 mm 以上の場合は 600 mm の測深棒で再測定した。

## 結果

図 4 にローヌ氷河末端部の堆積物層厚分布を示す。図中の白丸は掘削孔ビデオカメラで撮影した画像（杉山 他, 2009）から、氷河底が岩盤もしくは礫からなると判断した地点を示す。貫入深度計で測定した堆積物層厚は 0.04 m～0.68 m の範囲であった。全ての地点で 7 月に測定を行い、2 箇所 9 月に再測定を行った。再測定を行った 2 地点ではどちらも層厚が減少していた。この結果は堆積物層厚が一定ではなく季節的に変化している可能性を示す。芯棒には焼入れ加工を施してあったが、変形の大きな掘削孔で使用した際に破損し、測深棒が回収できなくなった。観測時には十分なスペアパーツを用意することが必要である。

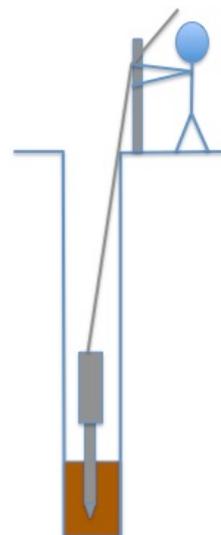


図 3 堆積物層厚測定の様式図。

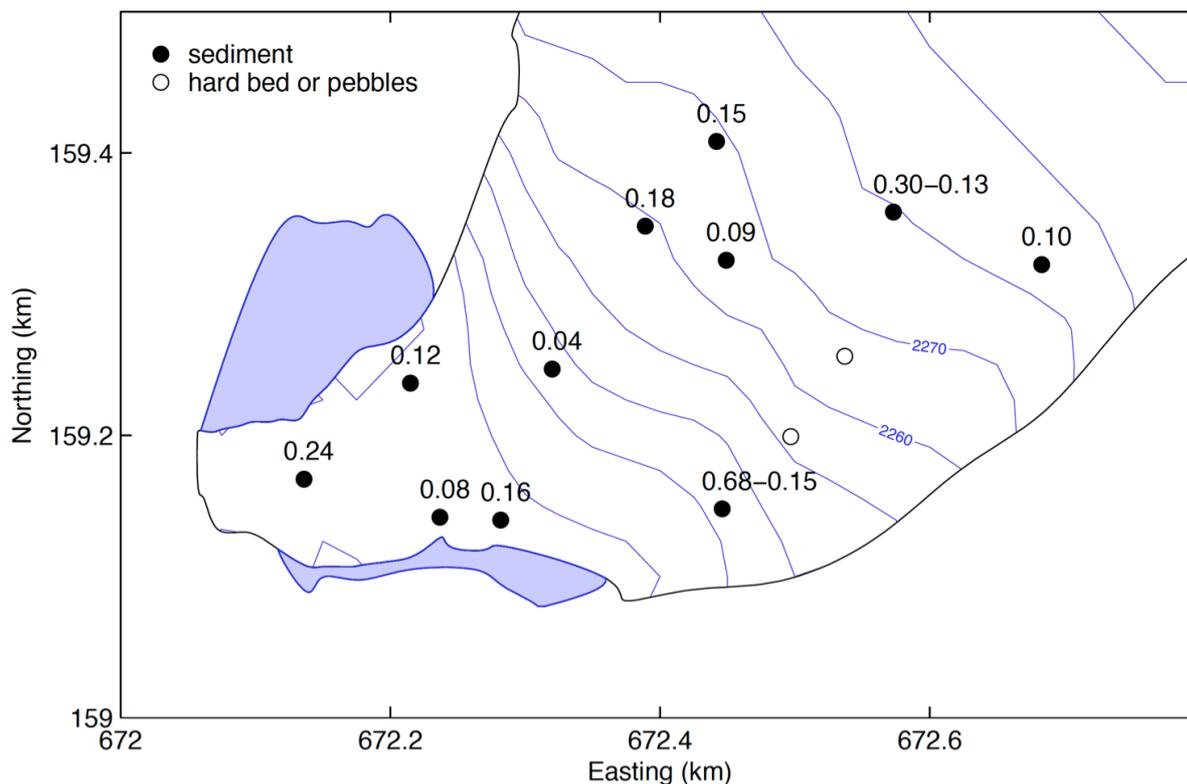


図 4 ローヌ氷河末端の堆積物層厚 (m)。数字は 2009 年の堆積物層厚を示す。白丸はカメラ画像で岩盤もしくは礫からなると判断した場所を示す。等高線は 10 m 間隔の氷河表面高度。

## まとめ

掘削孔から氷河底におろした測深棒を打撃し貫入量で堆積物層厚を測定するシステムを構築した。このシステムを用いてスイス・ローヌ氷河で測定を行い、以下の結果を得た。

- ・ ローヌ氷河末端から 1 km にかけて最大で 0.68 m の堆積物が存在すること、また堆積物の場所ごとの層厚を明らかにした。
- ・ 測定を 2 度行った 2 地点で堆積物層厚の減少がみられた。この結果は堆積物層厚が一定ではなく季節的に変化している可能性を示す。

これらの結果は、ローヌ氷河の底面状態、底面流動機構が空間的に一様でないことを示す。この知見は氷河湖の成長が氷河底面流動に与える影響を理解する上で非常に有用である。

本研究は、文部科学省科学研究費（基盤研究 C）、および北海道大学環境科学院 GCOE プログラムの支援を受けて実施した。

## 参考文献

- 杉山 慎, 西村 大輔, 福士 博樹, 千貝 健. 2009. 掘削孔ビデオカメラによる氷河底面の観測. 北海道大学低温科学研究所技術部技術報告, **15**, 23–26.
- 西村 大輔, 津滝 俊, 吉澤 猛, 杉山 慎, 新堀 邦夫. 2009. 氷河底面堆積物コアサンプラーの開発. 北海道大学低温科学研究所技術部技術報告, **14**, 15–18.
- Sugiyama, S., S. Tsutaki, D. Nishimura, H. Blatter, A. Bauder and M. Funk. 2008. Hot water drilling and glaciological observations at the terminal part of Rhonegletscher, Switzerland in 2007. *Bulletin of Glaciological Research*, **26**, 41–47.
- Tsutaki, S and S. Sugiyama. 2009. Development of a hot water drilling system for subglacial and englacial measurements. *Bulletin of Glaciological Research*, **27**, 7–14.

# 大型ライシメーターによる積雪底面流出量の観測

石井 吉之<sup>1</sup>、兒玉 裕二<sup>1</sup>、新堀 邦夫<sup>2</sup>、中坪 俊一<sup>2</sup>、藤田 和之<sup>2</sup>、  
池田 正幸<sup>3,4</sup>、森 章一<sup>3</sup>

1. 水・物質循環部門水文気象分野
2. 技術部装置開発室
3. 技術部共通機器管理室
4. 共和暖房工業株式会社

## 1. はじめに

ライシメーター (lysimeter) とは、地表面を任意の大きさに切り出し、その中での水や物質の輸送状態を知ることによって、より広域での水・物質循環を解明しようとするための実験装置である。特に、測定が難しい蒸発散量を「直接」測定する手段として、これまでも多くの研究がなされてきた。これを積雪に適用したものが積雪ライシメーターであり、積雪の中層や底面に集水容器を置き、積雪内部の浸透量や底面流出量、さらにはそれらの化学成分変化を調べるために用いられる (図 1)。しかし、積雪内における融雪水の流れが不均一なため、 $1\text{ m}^2$  程度の限られた集水面積では表面融雪量 (流入量) と底面流出量とが 1:1 に対応しないことが多い。水文気象研究室では 20 年程前より  $3.6\text{ m} \times 3.6\text{ m}$  の大型ライシメーターを用いることによって、この問題を解決してきた。また、大型のみならず、100 個の柵に分割されたマルチ・コンパートメント型や  $1.8\text{ m} \times 1.8\text{ m}$  の中型、ロードセルを用いた大型秤量型など様々な形の積雪ライシメーターを用いている。この報告では、こうした大型をはじめとする各種ライシメーターを用いた積雪底面流出量の観測結果を紹介し、得られたデータの重要性や興味深い点について述べる。

## 2. 大型ライシメーターによる観測例

母子里の融雪観測室前の露場での積雪ライシメーターを用いた観測は 1979~1984 年にかけての小島 (1980) の観測に始まる。 $0.9\text{ m} \times 0.9\text{ m}$  のライシメーターを 2 台併設したが、それぞれの流出量変化が異なっていたり、流入量と流出量が 1:1 に対応しないなど、積雪内浸透水の非一様流下が原因と考えられる問題が

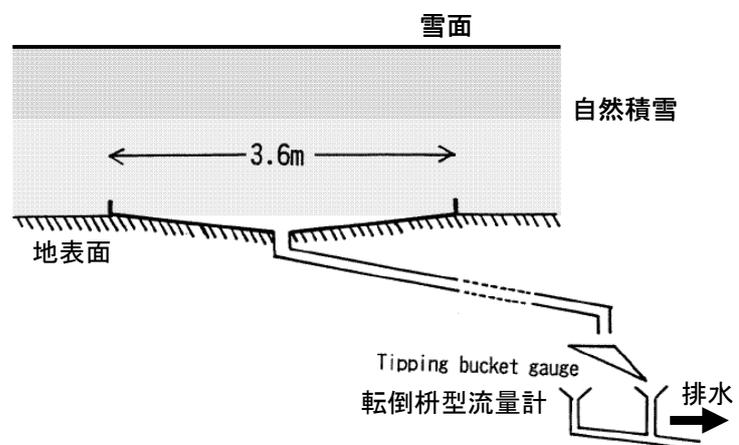


図 1. 積雪ライシメーターの概要



図 2. 積雪内での融雪水の浸透状況 (Nomura, 1994)

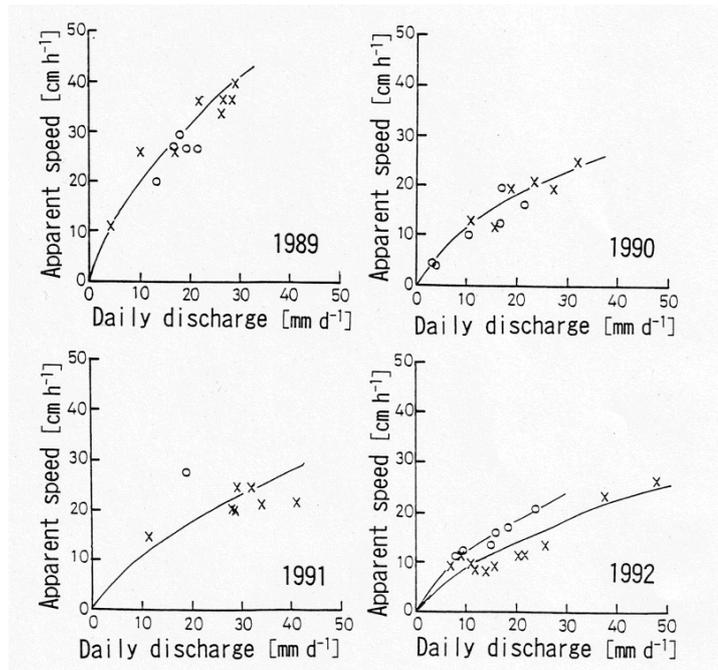


図 3. 4ヶ年分の浸透量と浸透速度の関係 (Nomura, 1994)

生じた。融雪水は積雪内を上から下へ必ずしも一様には流下せず、氷板や層境界などで水平方向に位置をずらしながら流下する(図 2)。このため  $1 \text{ m}^2$  程度の小型のライシメーターでは、融雪量(積雪表面からの流入量)に比べて著しく少量あるいは多量の流出量が観測されることが多い。そこで、1987 年からは非一様流下の影響が小さくなるように  $3.6 \text{ m} \times 3.6 \text{ m}$  の大型ライシメーターを用いることにした。その結果、融雪期間全体でも、また、晴天日の 1 日単位でも、流入量と流出量とがほぼ 1 : 1 に対応するようになった。

1 : 1 対応が取れるようになった原因としては、大型化させたことに加え、ライシメーターの縁を地面から 20~30 cm 立ち上げるようにした影響も考えられる。詳細は明らかではないが、縁部での堆雪・融雪状況が周囲とはわずかに異なり、そのわずかな違いが雪の中に壁のような構造を作り、この壁が融雪浸透水の水平方向の移動を小さく抑えていることが考えられる。実際に、積雪深が 1 m 以上ある時のラジコンヘリによる空撮では、縁部に相当する雪面上に細くて白い線状模様が観察されている(石川信敬氏、私信)。また、北海道富良野の東京大学演習林内の試験地で用いた  $1.8 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$  の中型ライシメーターにも同じような縁をつけたが、面積を従来の大型の  $1/4$  にしたにもかかわらず融雪期間全体での流入量と流出量は 1 : 1 に対応し、縁の効果が確認された。

母子里での大型ライシメーターを用いた研究は数々あるが、Nomura (1994) は 4 年にわたる融雪期の観測から融雪水の積雪内での浸透速度が流量の  $2/3$  乗に比例することを見だし、自らの集中モデルの中に組み込んで博士論文へと発展させた(図 3)。

カナダ東部のしもざらめ雪地帯でも、ほぼ同じサイズの大型ライシメーターを用いて積雪内浸透の観測を行ない、母子里のようなしまり雪地帯に比べ、浸透速度が著しく小

さいという結果が得られた（石井ほか，1992）。この事実を確かめるために、しもざらめ雪地帯の富良野としまり雪地帯の母子里において積雪内浸透の比較観測を行なったところ、富良野ではやはりカナダ東部と同程度の遅い浸透速度が観測された（表 1）。融雪水が積雪内を浸透する速度は雪質によって異なり、母子里では積雪内での流れの集中化によって浸透速度が速くなる。また、母子里では融雪の前期・最盛期にかかわらず毎日の融雪量と積雪底面流出量が 1:1 に対応するのに対し、富良野では前期に流出過少、最盛期に流出過多となり、積雪内での水貯留のようすが明らかになった（図 4：石井，2002）。

最近では、降雨と融雪が重なって生じる融雪洪水の研究に大型ライシメーターを用いている。積雪内部で雨水や融雪水がどのように貯留され流出するかについては、相反する観測結果や意見が出され、今なお議論が続いている。母子里では 3 月下旬の積雪深 1.8 m の時に 18 mm の降雨があり、その時に図 5 のような積雪底面流出量が観測された。降雨ハイトグラフが 3~4 時間の遅れでほとんど変形されずに流出ハイドログラフとなって現れている（石井，2007）。大型ライシメーターを用いた観測によってこうした興味深いデータが得られるので、今後もさらなるデータの積み重ねが望まれる。

### 3. 大型以外のライシメーターによる観測例

母子里では積雪内浸透の非一様性を調べるために、マルチ・コンパートメント型のライシメーターも製作した（図 6）。底面全体が 1.4 m × 1.4 m（面積約 2 m<sup>2</sup>）の大きさを持ち、その内部を 14 cm × 14 cm の大きさに 100 個の柵に仕切り、各柵の中に流下してきた水を容器に集めて流出量とその時間変化を観測した。このライシメーターを設置す

表 1. カナダ東部、富良野、母子里における浸透速度の違い

場所	浸透速度(cm/h)	
	ピーク	重心
富良野	21.6	16.1
母子里	42.2	23.6
カナダ	17.9	15.6

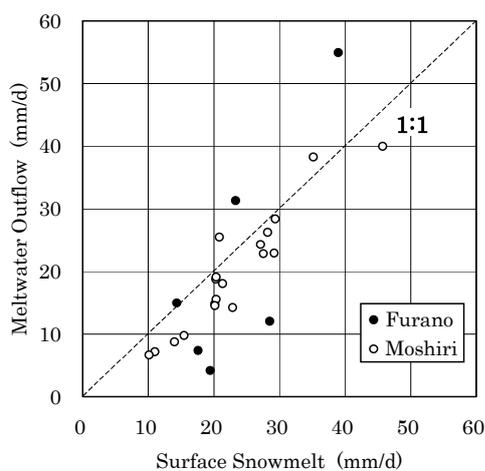


図 4. 富良野と母子里における融雪量と流出量の対応（石井，2002）

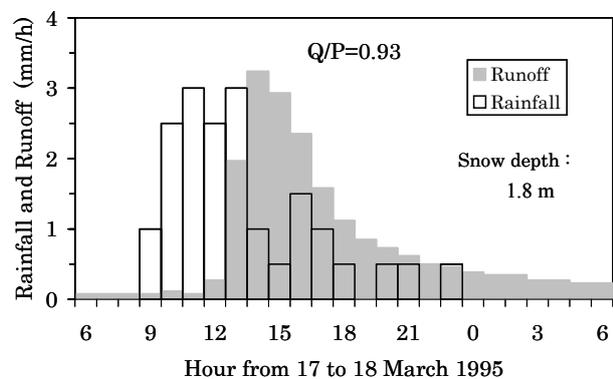


図 5. 融雪初期に 18 mm の降雨があった時の積雪底面流出（石井，2007）

るためには、積雪期前の露場に地下壕を設け、冬期はこの地下壕に天井をつけて周囲と同じように雪が堆積するようにした。融雪期直前に天井を取り除きライシメーターを地下から積雪底面に押し付けることによって、ライシメーター設置に伴う積雪構造の乱れを最小限に抑えるようにした（図 7, 8）。図 9 に観測結果の一例を示す。融雪水は積雪底面の特定の場所に集中して流出し、その場所は融雪期間を通じてほとんど変化しない。つまり、積雪内部には時期が進んでも変化しない集中流下経路が存在する。Nomura（1994）は集中流下の強度の頻度分布から「大きい集中」「小さい集中」「集中なし」にパターン分類し、それぞれの存在比率と集中強度をモデル化して実際の集中流下のようすを説明した。

ライシメーターを用いての観測は融雪期だけとは限らない。兒玉らはロードセルを用いた大型の秤量型ライシメーターを積雪面上に設置し、ひと冬の雪の堆積・消耗過程の連続観測を行なっている（図 10：Suzuki et al., 2010）。



図 6. マルチ・コンパートメント型ライシメーター



図 7. 地下壕の中から積雪底面を薄く削っているようす



図 8. 地下壕での観測のようす

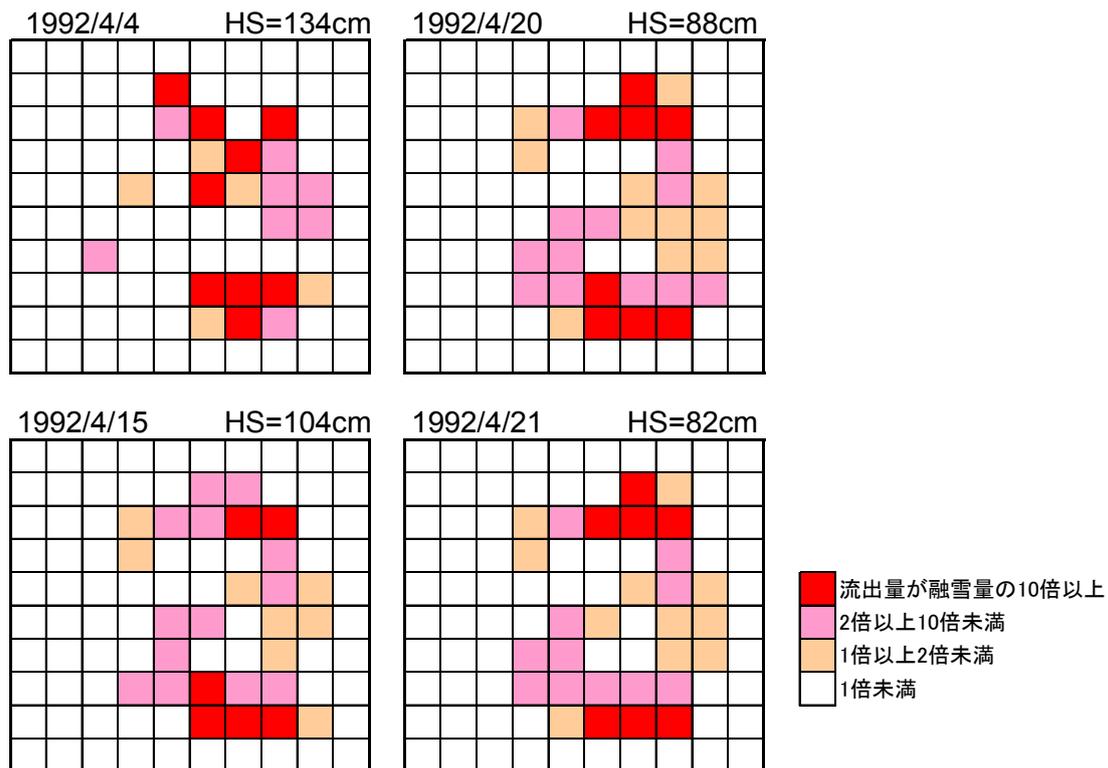


図 9. 積雪底面における融雪水の流出の分布 (HS は積雪深)  
(Nomura, 1994 を一部改変)

なお、大型ライシメーターは夏期には分解能 0.04 mm の雨量計となる。気象観測用には一般に分解能 0.5 mm (または 1 mm) の雨量計が用いられるが、地表に落ちてからの雨水の流動を議論する水文学の立場から見て、気象観測用の分解能が妥当か否かは十分に議論されていない。こうした面でも大型ライシメーターで得られたデータの活用が期待される。

#### 4. 大型ライシメーターを設置する際の留意点

母子里では例年の最深積雪が 2 m あり、密度を 500 kg/m<sup>3</sup> とすると大型ライシメーターには約 13 t の積載荷重がかかる。設計上はこの点を考慮しなければならない。また、屋外に放置されるので -20~+30℃ の温度環境にさらされる。動植物



図 10. 大型の秤量型ライシメーター

の遺骸による目詰まりも頻繁に生じる。容積も大きいので材料単価の違いが製作費に大きく効いてくる。こうした点を考慮して、現在は木製の骨組み上にコンパネを敷き、その上にテント用防水シートを被せた構造にしている。他所では、ステンレス製市販品やモルタル製特注品なども用いられているが、価格と設置費は 100 万円以上となる。しかも縁がないので、1:1 対応が取れないなどの問題がある。低温研技術部製作の大型ライシメーターは価格面でも得られるデータの質の面でも十分な成果を出していると言えるだろう。

ライシメーターで集めた水は流量を計測した後には低所に排水させる必要がある。近くに開削された水路や川などがあると、排水は比較的容易であるが、平坦地では穴を掘ってポンプ揚水によって排水しなければならない。設置の際には重要な留意事項である。

## 5. おわりに

水文気象研究室での大型ライシメーターを用いた研究歴は 20 年以上に及ぶ。この間、技術部のスタッフからは精力的な協力と提案をいただいた。すでに退職されたが、長い間この仕事に携わった松本慎一技官と石井弘道技官には、この場を借りて深く感謝する。

### 参考文献

- 小島賢治, 1980. 冬期間の積雪下面における融雪量の連続観測(序報). 低温科学, **39**, 101-108.
- 石井吉之, 鈴木啓助, 兒玉裕二, 小林大二, 1992. カナダ東部, 北方針葉樹林地における融雪水の流出 I -融雪特性と流出応答-. 低温科学, **51**, 77-92.
- 石井吉之, 2002. 融雪水の積雪内浸透に及ぼす雪質の効果. 北海道大学地球物理学研究報告, **65**, 53-68.
- 石井吉之, 2007. 水資源としての雪. 水環境学会誌, **30**, 58-61.
- Nomura, M, 1994. Studies on the delay mechanism of runoff to snowmelt. *Contributions from the Institute of Low Temperature Science*, **A39**, 1-49.
- Suzuki, K., Y. Kodama, T. Nakai, G. E. Liston, K. Yamamoto, T. Ohata, Y. Ishii, A. Sumida, T. Hara, T. Ohta, 2010. Potential impact of land-use change on snow and water balance in heavy snowfall forested region of northern Hokkaido, Japan. *Water Resources Research*, Revised.

# 大型ライシメーターの製作

藤田 和之<sup>1</sup>、新堀 邦夫<sup>1</sup>、森 章一<sup>2</sup>、池田 正幸<sup>2,3</sup>

1. 技術部装置開発室
2. 技術部共通機器管理室
3. 共和暖房工業株式会社

## はじめに

低温科学研究所水・物質循環部門石井吉之助教の依頼により我々は大型ライシメーターを製作した。このライシメーターは、積雪底面から流出する融雪水を集める容器であり、流量計に接続して水量の時間変化を調べるものである。「現存する雨竜研究林（母子里）のライシメーターは約 10 年前に作られたもので建て直したい」ということで、古いライシメーターを撤去し、新しくライシメーターを製作・設置した。

## 設計

新しいライシメーターは、撤去時に採寸したものを参考にして、作り易さや丈夫さ・耐年数・コストを考えて設計した。設計図を図 1 に、設計の仕様等を以下に示す。

- ・完成のイメージをつかむために 1/10 の模型（図 2）を作り、どこに骨を入れれば丈夫になるか、コーススレッド<sup>1</sup>の打ち込む位置はどこが適当か、骨組みに乗せる板の加工は必要か、等を考えた。
- ・前に作られていたものよりも骨組みを細かく入れることで強度を増した。
- ・積雪底面に到達した水が速やかに排水されるように、中央が排水口になるようにした。
- ・3600 mm 四方で、壁は底面から 200 mm 高くなるようにし、外側から中心への勾配を 3.2 度とした。
- ・骨組みとなる木材は安価で品揃えが良く、加工がしやすい 2×4 材<sup>2</sup>、2×6 材、2×8 材、2×12 材を使用した。骨組みの上に乗せる板はパネコート<sup>3</sup>と呼ばれるものを使用した。
- ・骨組みの木材の接続には、現場での作業効率を考え、位置決めが難しい L 字金具の使用ではなく、簡単に位置を合わせることができる溝加工とした。溝加工は金具を使わないため安価であるが、事前に行う木材への加工に手間がかかる。
- ・骨組みとその上に乗せる板に、極力隙間ができないようにした。
- ・シートは日焼けや紫外線に強いシムカという材質を選定した。

<sup>1</sup> コーススレッド：高いねじ山と長めのピッチによって釘の約 5 倍の保持力がある。

<sup>2</sup> 2×4 材：木口の厚さが 2 インチ（38 mm）、幅が 4 インチ（89 mm）の木材。ツーバイフォー。

<sup>3</sup> パネコート：片面にウレタン塗料が塗られている化粧板。

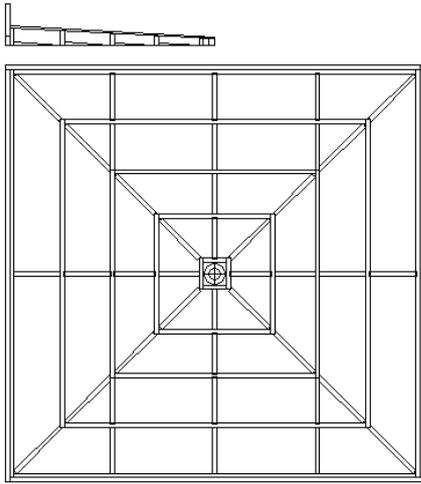


図 1：設計図

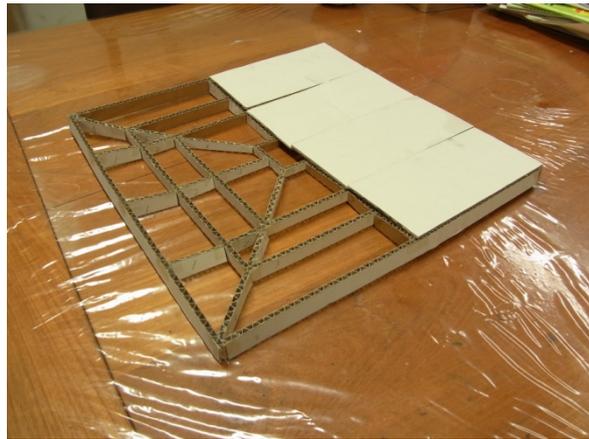


図 2：1/10 模型

## 製作

以下の順でライシメーターのパーツを製作した。

- ・丸のこやバンドソーで木材を寸法に仕上げ、トリマーを使用して溝部分の加工を施した。
- ・組み立てがスムーズになるようにコーススレッド用の下穴（ $\phi 4.0$ ）をあけた。
- ・湿気が多く木材が腐食しやすいため、少しでも腐食しにくくなるように、木材には防腐剤を三度塗りした。
- ・シートは今回のライシメーター用に外注した。

パネコートの加工も必要かと思ったが仮組み立てで確認したところ加工の必要はなかったので、そのまま使用した。仮組み立てで問題がないことを確認し、母子里での設置に臨んだ。

## 設置

設置した日は雨が強めに降っていたため即席で屋根を作り（図 3）その中で作業をした。ライシメーターを設置する場所の水平が出ていなかったため、まず 2×4 材で 3800 mm 四方の枠を作り、その枠を水平を出して土の中に埋めた。枠は水平が出ているため、枠の中の土を掘ったり盛ったりして、枠の上面と同じくらいの高さになったら砂を入れて均し、基準となる水平面を作った（図 4）。砂の上に合板を敷いて、その上にライシメーター骨組みを内側から組み立てた。骨組みが完成したらその上にパネコートを固定し、さらにシートを固定した。図 5 は骨組みの上にパネコートを固定していく様子である。シートには、ずれ防止用の「べろ」が付いているため、内側は「べろ」の部分を塩ビ板で挟みこみ、外側は木の板で挟みこんで固定した。図 6 が完成したライシメーターである。



図 3：屋根の設置



図 4：基準面出し



図 5：骨組みにパネコートを固定する様子



図 6：完成したライシメーター

## おわりに

今までこのような観測装置の設計をしたことがなかったため始めの段階から非常に難しかった。古いライシメーターとは骨組みの形状等変更した点が多々あったが組み立て時や木材の切断などを考えるとより良い設計ができたのではないかと思う。

設置では基準面となる土台を水平にするのが最も大変だったが、野外での基準面の出し方を学ぶことができて勉強になった。土台で正確な水平が取れなければそこでいくら組み立ててもきちんとしたものできないと思う。始めが肝心ということに改めて感じた。

仮組み立てをしたことにより作業工程がわかっていたため現場での作業をスムーズに進めることができ、問題なく完成させることができた。

# PIV 法を用いた接地境界層における乱流構造の把握 —観測システム開発と予備実験結果—

森 文洋<sup>1,2</sup>、下山 宏<sup>2</sup>、森 章一<sup>3</sup>、新堀 邦夫<sup>3</sup>、渡辺 力<sup>2</sup>

1. 北海道大学 環境科学院 地球圏科学専攻
2. 北海道大学 低温科学研究所 大気陸面相互作用グループ
3. 北海道大学 低温科学研究所 技術部

## 1. はじめに

地面から高さ数 10 メートルに存在する接地境界層では、地表面と大気間の熱・水蒸気・運動量などの輸送が活発に行われている。そしてこれらは乱流によって支配されていることから、接地境界層における乱流構造の把握は非常に重要である。近年、LES (Large Eddy Simulation)、ドップラーライダーなどの結果から、組織的 (3 次元) な乱流構造の存在が示唆されており、このような組織的な構造が、各輸送量に対して大きな影響を持つことが指摘されている (Drobinski et al., 2006; 藤吉ら, 2005)。接地境界層の乱流スケールは数メートル~数 10 メートル程であるため、従来行われてきた超音波風速計等を用いた点ベースの観測手法から、その組織的な乱流の空間構造を把握するには、点を線として表現するような大量の測器が必要であり、現実的には困難である。

そこで、本研究では野外での乱流観測の新たな手法として、従来風洞実験で主に使用されてきた PIV 法 (Particle Image Velocimetry: 粒子画像処理流速測定法) を野外観測に適用し、接地境界層における乱流の空間構造を把握することを目的とする。PIV 法とは、流れ場にトレーサーと呼ばれるマーカーを混入させ、シート状のレーザ光を照射し流れを可視化、その様子を CCD 素子などの映像記録媒体によって記録し、粒子の移動量を解析することで流れ場の瞬時・多点の速度情報を抽出する手法である。本研究を実施するためにまず、野外における PIV 法観測システムの開発を行った。

## 2. 観測システムの開発

PIV 法はこれまで風洞実験など小スケール・安定風向の条件で行われてきた。例えば、建物周辺に生成される流れの解析に対し、風洞内に実スケールの建物を小さな模型として再現し、人工的に生成された風を流すことによって生じる模型周辺の流れ場を相似則に基づいて解析する、などがある。このような実験室で行われてきた PIV 法を野外に適用する際に、問題点として、1) トレーサーを実スケールである数 10 メートル規模に均一に散布しなければならない、2) レーザ光を実スケール規模に照射し、且つ映像記録素子が探知できる光量でなければならない、3) 風向変動への対応や様々な地表面条件下での観測が実施できるよう、観測システムを固定式ではなく可動式にする、といったものが挙げられる。

そこで、本研究ではまず野外実験に適したシーディング装置を開発した。図1はシーディング装置の概観を示したものである。舞台演出などで用いられる Fog マシン (V1 fogger; ANTARI) で生成したシーディング粒子は塩ビパイプを通して、幅約 2.5 m の平板状の排出口から排出される。その際、塩ビパイプ途中に設置したファンで外気を取り込む仕組みになっている。

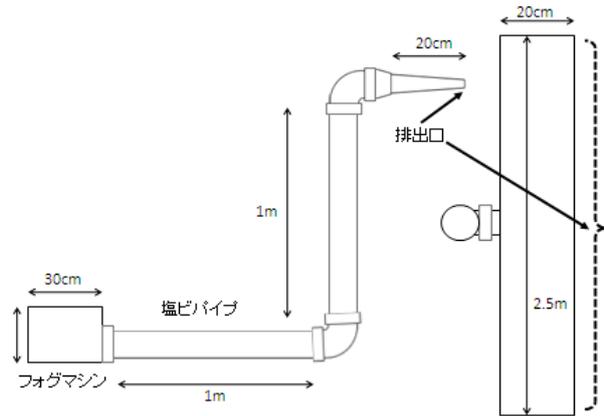


図1. シーディング装置概観図。左は側面、右は先端部分のみを上から描いたもの。

開発にあたっての焦点は、上述のように、シーディング装置が広範囲・連続的にトレーサー粒子を均等に散布出来ること、また、粒子の温度と外気温に差がある場合には、浮力などの影響が生じるため、これらの温度差を出来るだけ小さくすること、の2点である。このシーディング装置による排出の均一性、浮力の抑制に効果に関する実験結果を図2および図3に示す。図2は排出口からの掃き出しの風速を示したものであり、室内において熱線風速計を用いて排出口の風速を 0.3 m 間隔で計測した。排出口の中心付近である 1.2 m、1.5 m で風速が若干大きく、風速の変動が大きい傾向が見られたが、これらは標準偏差の範囲内であり、掃き出し風速は均一であると考えられる。図3はトレーサー粒子と外気との温度差を示したものである。温度計測には熱電対温度計を使用し、排出口に等間隔で5個、ファン2台に1つずつ取り付け、それぞれの平均値をトレーサー粒子と外気の温度とした。温度差は 0.7~1.6 °C の範囲で変動しているが、概ね全体の温度差の平均値 1.1 °C を中心としたランダムな変動であった。図3ではデータの開始から終わりにかけて徐々に上昇しているように見られるが、別なケースの実験から、この結果が徐々に温度差が上昇するものではなく、ランダムな変動の一環であることが確認されている。このことから、外気とトレーサー粒子の温度差は約 1 °C であり、浮力の発生を抑制出来ていると考えられる。

このシーディング装置は、塩ビパイプの長さで設定高度が自由に設定可能であり、さらに縦・横自在に台数を増やして設置できるため、様々な観測条件に対応することが可能である。

### 3. 観測結果・展望

開発したシーディング装置を用いて、平坦で一様な雪面上・牧草地において PIV 観測を実施した。トレーサー粒子には滞留時間が長い Fog 専用液 ノーマル (Dantec Dynamics) を使用した。野外では広範囲・高出力の照射が必要と考えられるため、出力 5 W の連続波レーザーシート (G5000 カトウ光研; Nd:Yag レーザ) を使用した。画像の記

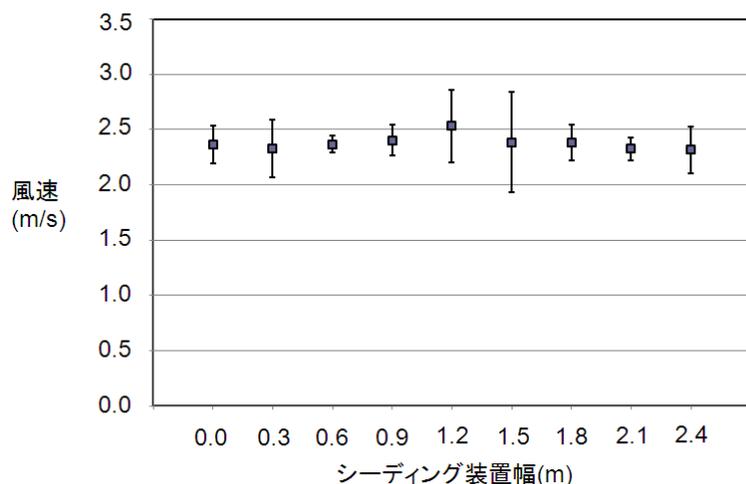


図 2. シーディング装置掃き出し口における風速分布。プロットはサンプリング周波数 1 Hz で 60 秒間計測の平均値、縦棒は標準偏差を示す。

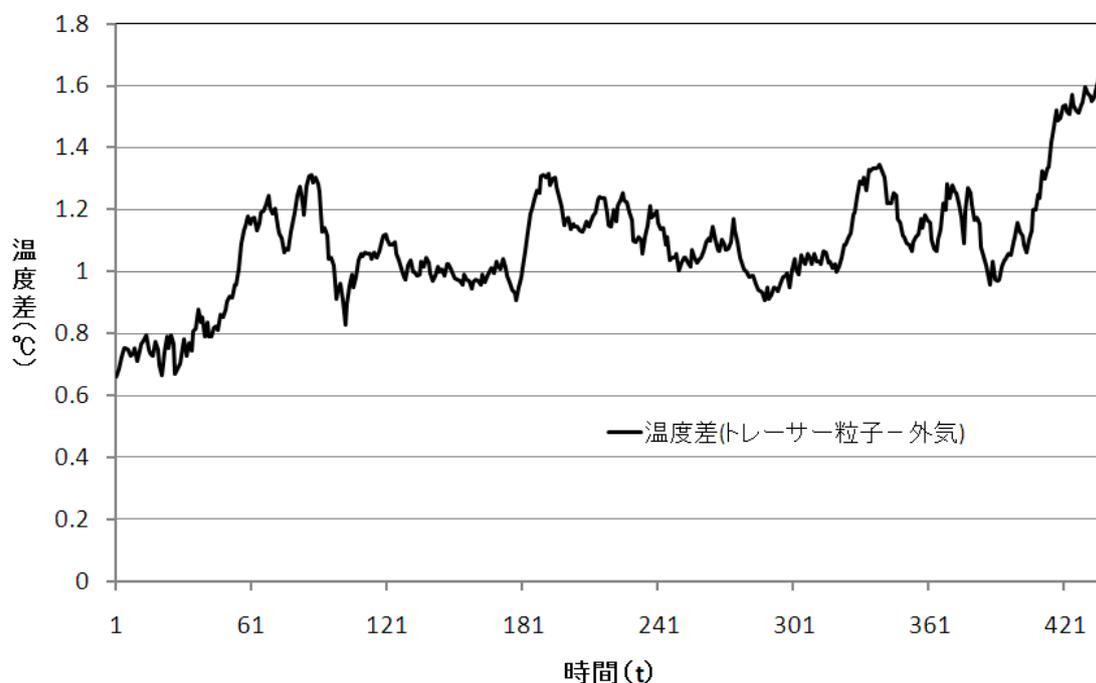


図 3. トレーサー粒子と外気の温度差。トレーサー粒子の温度から外気の温度を引いた値。

録媒体には画像の記録には高解像度であり、可搬性がある民生用フルハイビジョンカメラ (HDR-CV520V; Sony) を使用した。画像解析には直接相互相関法を用いる 2 次元流体解析ソフト (Dipp-Flow; ディテクト) を使用した。

本観測ではシーディング装置下流約 30 m において鉛直断面主流方向約 4.5 m × 鉛直方向 3.0 m の撮影範囲を設けた。得られた動画から速度ベクトルを算出したものを図 4 に示す。画像中央部 (青丸) とその風上側 (画像右手; 赤丸) に、水平風速の速い下降流と水平風速の遅い上昇流のまとまった構造が見られた。これらは運動量輸送に寄与する sweep (水平風速の速い下降流) と ejection (水平風速の遅い上昇流) であると思われる。



図 4. 撮影された画像と PIV 解析によるベクトル算出図。主風向は右から左、画像範囲は  $4.5 \text{ m} \times 3.1 \text{ m}$ 。青丸は水平風速の速い下降流、赤丸は水平風速の遅い上昇流を示している。

動画では約 10 秒の短い間にこれらが繰り返し発生しているような現象が確認できた。また、地表面付近を流れてきたトレーサー粒子が、先端部を渦巻かせ、風下側に進みながら上昇していく（画面左斜め上方向に進んでいく）構造も見られた。これは Adrian らが示唆したヘアピン渦構造だと思われる。

本研究で開発した PIV システムを用いて野外観測を行うことによって、実際の地表面上で、上述のような構造の面的・多点での速度情報を得ることが可能となった。しかしながら、鉛直方向へのトレーサー散布不足、地表面上でのレーザ光の乱反射などにより解析画面全体での乱流統計量算出には至らなかった。今後はこれらの問題点を解決し、連続したデータ取得を目指していく。

#### 参考文献

- Drobinski P, Carlotti P, Newsom RK, Banta RM, Foster RC, Redelsperger J-L.: The structure of the near-neutral atmospheric surface layer, *J. Atmos. Sci.*, **61**, 699–714, 2004.
- 藤吉 康志, 山下 和也, 藤原 忠誠: 3 次元走査型コヒーレントドップラーライダーによる大気境界層の流れの可視化, *天気*, **52**, 665–666, 2005.
- Adrian, R.J., Meinhart, C.D., Tomkins, C.D.: Vortex organization in the outer region of the turbulent boundary layer, *J. Fluid Mech.*, **422**, 1–54, 2000.

# 2010年西部オホーツク海航海（Kh10航海）の概要

西岡 純<sup>1</sup>、小野 数也<sup>2</sup>、的場 澄人<sup>1</sup>、村山 愛子<sup>1</sup>

1. 環オホーツク観測研究センター
2. 技術部先端技術支援室



## 1. 研究の概要

オホーツク海および西部北太平洋亜寒帯域の物質循環を研究するために、2006、2007年夏に引き続いて2010年5-6月に調査船クロモフ号による研究航海を実施した。これまでの航海同様に、本航海においても技術部から多大なサポートを得て観測を完了することができた。本レポートでは、2010年度航海の全体の概要と技術部のサポート体制を主に報告する（技術部サポート内容の細部については、別に小野・藤田らの報告に記す）。

これまでの我々の実施してきたオホーツク海域における研究航海によって、縁辺海であるオホーツク海と北太平洋亜寒帯域との間は、海氷の駆動する中層循環によって繋がっており、この中層循環によって運ばれる様々な物質が、北太平洋の物質循環と生物生産に大きな影響を与えている事が分かってきた。これまでの航海は夏季から秋季に実施されてきたが、本航海は海氷が北西部陸棚域にまだ残る5月から6月にかけて実施した。

## 2. 2010年クロモフ号航海の概要

2010年5月18日から6月16日にかけて、ロシア極東水文気象研究所の調査船クロモフ号（図1）を用いて、西部オホーツク海域の研究調査航海を実施した（図2）。本航海を実施した主な目的を下記に記す。

- ① 中層循環を介した物質循環の季節的な変動についての知見を収集
- ② 千島海峡の混合過程の直接観測と、混合が鉄：栄養塩比など物質循環に及ぼす影響の解明
- ③ 北西部陸棚域の直接観測によるDSW（高密度陸棚水）へ物質が取り込まれる過程の把握
- ④ 海氷の融解期の直接観測から海氷融解水の植物プランクトン生産への影響の解明



図1 調査船クロモフ号

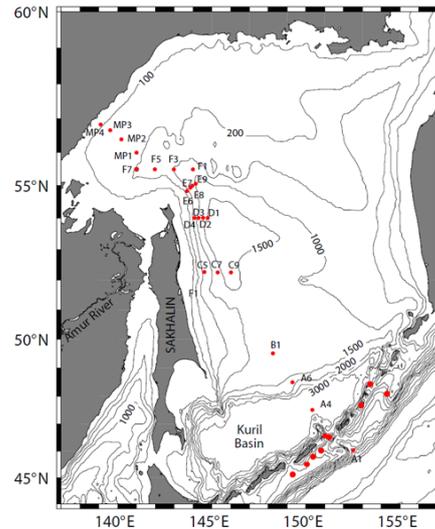


図2 観測点図

これまでの航海と同様に、共同利用の一環として、外部の研究者も本航海に参加し、千島列島付近の潮汐過程の乱流観測を行った。クリアランスの都合上、本航海で得られたすべてのサンプルは洋上において分析を行い、得られたデータのみを持ち帰った。

### 3. 技術部のサポート

これまでの航海に引き続き、2010年度の航海も技術部のサポートを得て実施した。技術部にサポートを依頼した範囲は、前回同様、CTDオペレートや海洋内の塩分・溶存酸素等基礎パラメータの測定など各種センサー・分析機器の操作に加えて、化学データ用の採水作業も実施して頂いた。また、船上の実験設備・観測設備の設置、バージョンアップや改良・作成に関しても、技術部に数多くのサポートを依頼した。表1に、2010年度航海において実施された技術部のサポート体制の一覧を示す。

表1 船上の設備の作成・改良・設置

設備	内容	備考
船甲板上CTDテント	改良	ウェブカメラの設置、船上での組み上げ、解体作業
CTDフレーム	改良	急きょCTDとフレームを止めるためのステイを作成してもらおう (図3参照)
船内クリーンルーム	作成	クリーンエア装置の設置、ブース骨組み作成、ブース設置

観測体制（表－1 つづき）

観測体制	内容	備考
CTD他センサー	船内作業	オペレーション
化学系観測	甲板上作業	採水，前処理
溶存酸素測定	船内作業	機械および試薬の調整，機器の保守管理，オペレーションおよび乗船研究者への教育、機器のバージョンアップ、試薬分注器ケースの作成（図4参照）
塩分測定	船内作業	機械および試薬の調整，機器の保守管理，オペレーションおよび乗船研究者への教育
現場ろ過器	観測機器改造	ナイロンブロックによるフィルターホルダーの作成（図5参照）



図 3 急きょ作成した CTD とフレームを固定するためのステイ

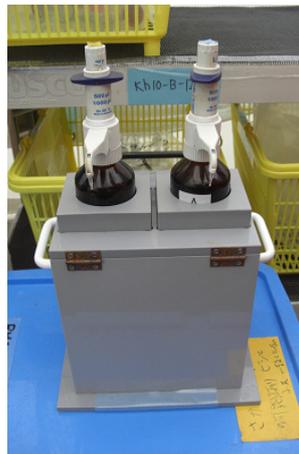


図 4 低温研技術部作成 DO 試薬分注器ケース



図 5 現場ろ過フィルターホルダーの作成

#### 4. まとめ

2010 年度西部オホーツク海航海は、ロシアのクリアランスの問題で、船上においてすべてのサンプルの採取から分析までを実施してこなければならず、これまでの航海に比べて大変困難な状況にあった。本航海を成功させるためには、技術部のサポートが不可欠であった。今後も 2013 年度に研究航海が予定されており、それらの成功のためにも継続的なサポートをお願いする次第である。今後も調査船クロモフ号で海洋化学系の観測を行うためには、船内・甲板上の整備が不可欠であり、持ち込む機材や実験室などの改良・改造を行うに当たって、技術部と相談しながら最善の体制を目指して行きたいと考えている。

# 自動開閉式チャンバーを用いた 海氷-大気間の CO<sub>2</sub> フラックス測定 - 南極海定着氷上での現場観測 -

野村 大樹<sup>1</sup>、兒玉 裕二<sup>2</sup>、中坪 俊一<sup>3</sup>、福士 博樹<sup>4</sup>、千貝 健<sup>4</sup>、藤田 和之<sup>3</sup>、  
清水 大輔<sup>2</sup>、福地 光男<sup>1</sup>

1. 国立極地研究所生物圏研究グループ
2. 北海道大学低温科学研究所水・物質循環部門
3. 北海道大学低温科学研究所技術部装置開発室
4. 北海道大学低温科学研究所技術部先端技術支援室

## 1. はじめに

海氷の存在が、大気-海洋間の CO<sub>2</sub> 交換に及ぼす影響を定量評価し、海氷域が炭素循環に果たす役割を明らかにするため、海氷-大気間の CO<sub>2</sub> フラックス（交換量）を直接測定するための自動開閉式チャンバーを開発した。また、第 51 次日本南極地域観測に参加し、南極海沿岸定着氷上で現場観測を実施した。

## 2. 装置の設計・作製

図 1 に自動開閉式 CO<sub>2</sub> チャンバーの写真を示す。設計は、技術部-使用者（野村）間での十分な議論をもとに実施した。以下に工夫した点を示す。

- 大気-海氷間での微量な CO<sub>2</sub> フラックスを検出するため、チャンバー内の体積に対する底面積の割合が大きくなるよう設計した。
- チャンバー本体と海氷表面を密着させるため、金属製の刃を搭載したカラーを作製した。
- 海氷上積雪を通しての CO<sub>2</sub> フラックスを把握するため、チャンバー本体とカラー間に挿入可能なエクステンションを作製した。
- 低温室内での動作確認のテストを実施した。

作製、予備実験は、技術部の強力なサポートにより全て実施された。

## 3. 結果と今後期待される成果

2009 年 11 月から 2010 年 3 月に第 51 次日本南極地域観測に参加（野村、清水）し、開発した自動開閉式チャンバーを用いて海氷-大気間の CO<sub>2</sub> フラックスを測定した（図 2）。自動開閉式チャンバーは、全ての観測日において順調に作動し、良好なデータが得られ

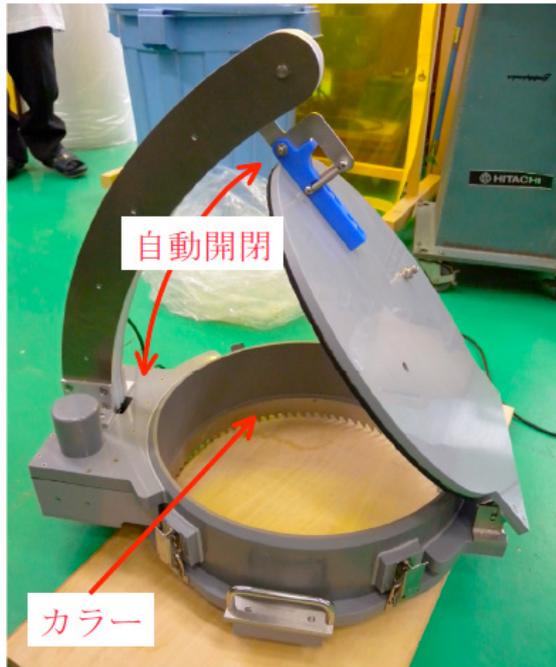


図 1. 自動開閉式 CO<sub>2</sub> チャンバー本体の写真。CO<sub>2</sub> 測定システムと接続し、チャンバー内の CO<sub>2</sub> 濃度変化を連続的に測定する。



図 2. 南極海定着氷上での自動開閉式 CO<sub>2</sub> チャンバー使用風景  
2010年2月10日 野村（左）、清水（右）、新しらせ（後方）。

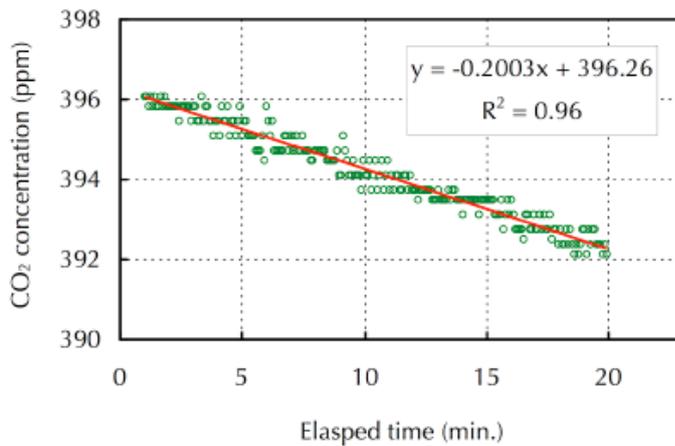


図 3. チャンバー内 CO<sub>2</sub> 濃度変化の一例。チャンバー内 CO<sub>2</sub> 濃度が減少していることから、大気から海水への CO<sub>2</sub> の吸収が確認できる。傾き（時間変化量：赤線）をもとに CO<sub>2</sub> フラックスを計算する。

た。図 3 に自動開閉式チャンバー内 CO<sub>2</sub> 濃度変化の一例を示す。現在データ解析中であるが、本研究により、南極海に存在する海氷が、大気-海洋間の CO<sub>2</sub> フラックスに及ぼす影響を定量評価し、南極海の高氷域が炭素循環に果たす役割を明らかにすることが出来ると考える。

本研究は、北海道大学低温科学研究所—国立極地研究所の共同研究（代表者：兒玉裕二、福地光男）によって実施された。

# 自動開閉式チャンバーの製作 ～海氷上 CO<sub>2</sub> チャンバー～

中坪 俊一<sup>1</sup>、藤田 和之<sup>1</sup>、池田 正幸<sup>2,3</sup>

1. 技術部装置開発室
2. 技術部共通機器管理室
3. 共和暖房工業株式会社

## はじめに

装置開発室では今までに森林・土壌用チャンバーとして大小 300 個余りの自動開閉チャンバーを製作してきた。国内はもとよりアラスカ、シベリア、インドネシアなどに設置され、数年に一度、消耗品（パッキン、モーターなど）を取りかえることはあるが、それ以外は順調に動作してきている（中坪と佐藤、2007）。

今回開発した海氷上用自動開閉式チャンバー（以下、海氷チャンバー）は、国立極地研究所生物圏研究グループの野村大樹研究員の依頼により、第 51 次南極地域観測隊で使用された。野村研究員は、今まで数々の自動開閉式チャンバーを製作してきた装置開発室に本研究所の教員を介し、開発依頼を行った。

今回開発した海氷チャンバーは、設置する地表面の状態が氷のため、今までの土壌用チャンバーとは大きく異なる。またチャンバーのサイズも違うことから、今までの土壌用チャンバーの機構をそのまま応用することはできず、設計を最初から見直した。

## チャンバーの形状

これまでに製作をしてきた土壌用チャンバーと今回開発をした海氷チャンバーの違いは、両方を比較するとわかりやすい。土壌用チャンバーは、直径 250 mm の塩ビ製でモーターと直結したアームが 180 度回転をし、蓋を押し上げる機構となっている（図 1）。一方、今回開発した海氷チャンバーは、直径 400 mm の塩ビ製パイプで、突起した円弧状のアーム内にチェーンが内蔵され、モーターによってチェーンを引っ張ることにより、蓋が開く機構となっている（図 2）。蓋の開閉リミットは、アーム内にマイクロスイッチを設けることにより位置決めをしている。

土壌チャンバーとは違い、設置場所・予想されるガス放出量などの違いからチャンバーを高くできないためにこのような機構となった。また、この海氷チャンバーは固い氷の上に設置するため、今までの土壌用チャンバーのようにチャンバーを直接設置することはできない。そのため、鋸の歯の形をした円筒状のリングを取り付けたカラーと海氷上に降り積もっている雪の高さに海氷チャンバーを合わせるためのエクステンション（積雪の高さに合わせて3種類、組み合わせを変えれば6通りの高さに行える）も併せて製作をした。

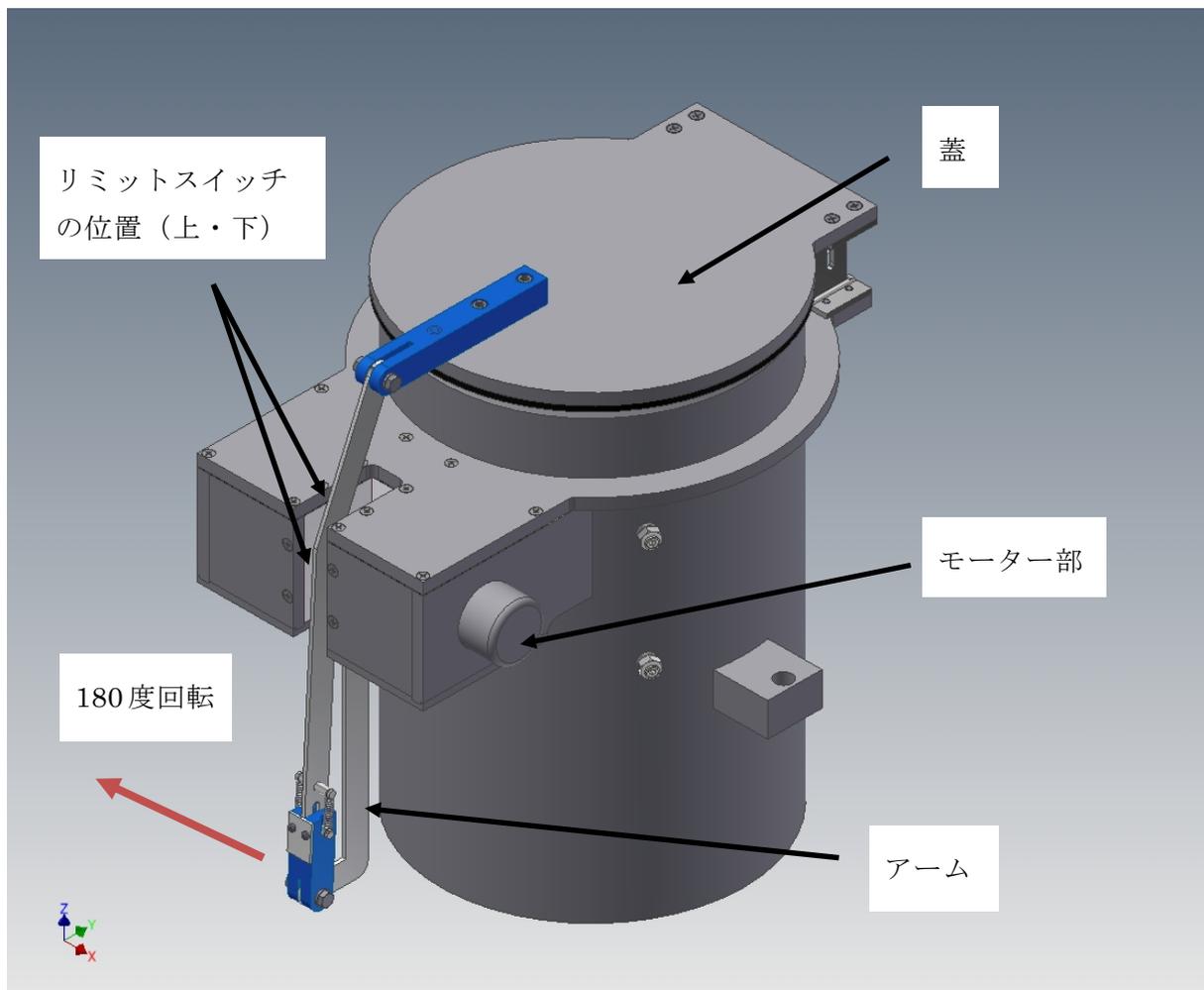


図1 土壌で用いられるチャンバーの構成図

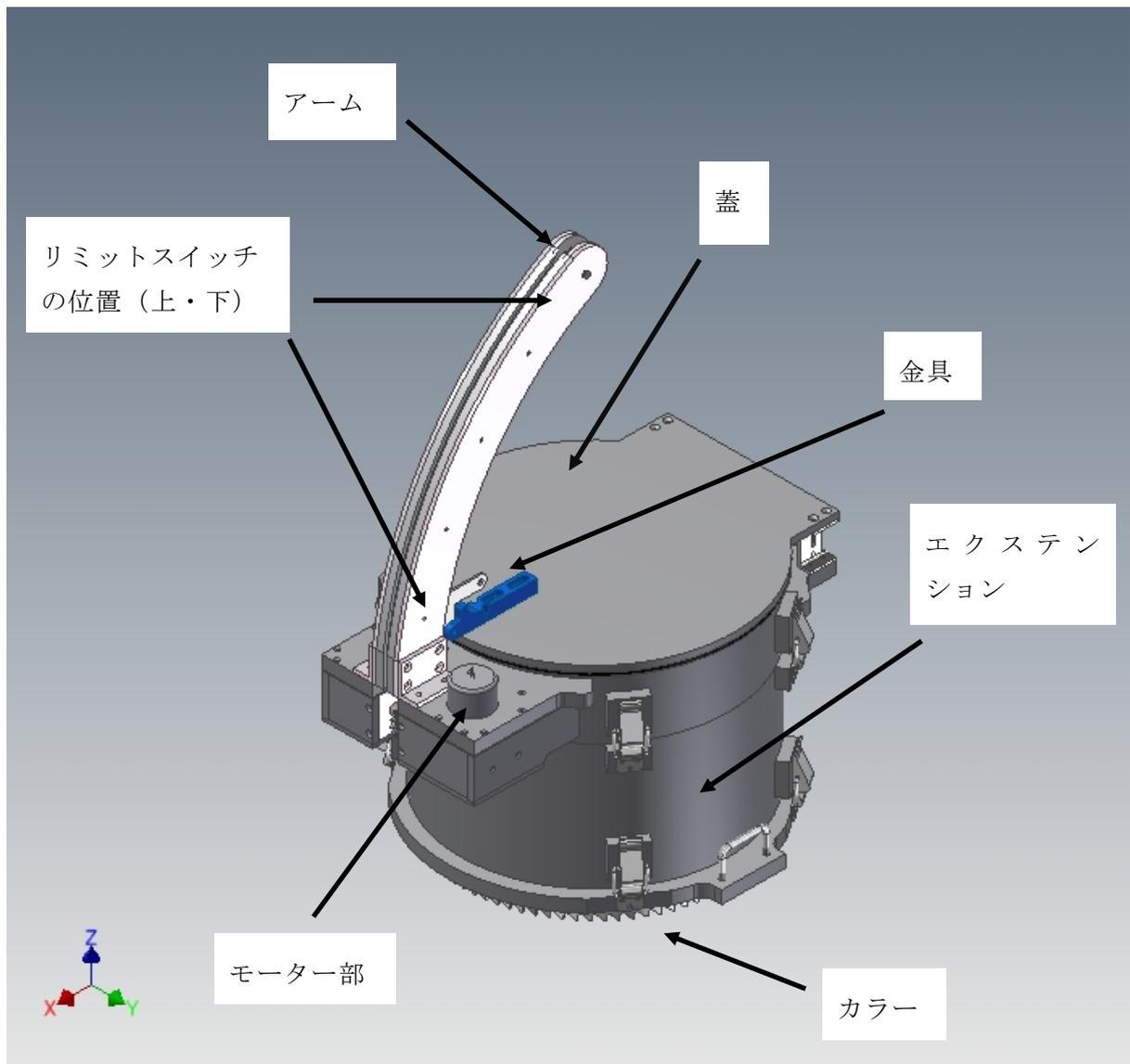


図2 海氷チャンバーの構成図

## 動作確認と改良

海氷チャンバーは南極での動作を検証するために、同じ環境を想定した-10度の低温室で動作確認を行った(図3)。

低温下でも問題なく蓋の開閉動作が確認できた。そこで「蓋が開いた状態で強風が吹いたら蓋がどうなるか?」ということ想定し、蓋が開いた状態で蓋を数回開く方向に強制的に動かした。すると、リミットスイッチで止まっていたモーターが動きだしてしまっ。原因を調べたところ、蓋を強制的に押し上げたことでリミットスイッチを踏んでいる金具が外れ、再動作したことが分かった。制御系を見直す時間の余裕が無く、今回はリミットスイッチを押している金具がリミットの位置以上に上がらないように金属のバーを取り付けた。



図3 低温室の動作確認の様子

## おわりに

今回開発をした海氷チャンバーは南極において不具合なく動作したと聞いている。また得られたデータの解析を待って、改良の余地があれば今後も開発を続けていき、より完成度の高い海氷チャンバーにしていきたい。

今回の海氷チャンバー開発費は低温科学研究所－国立極地研究所の共同研究費と平成21年度科学研究費補助金奨励研究（代表：中坪俊一）の研究費の一部で開発をした。

## 参考文献

中坪 俊一、佐藤 卓「ガスオープントップチャンバーの開発変遷」北海道大学低温科学研究所技術部技術報告、**13**、2007年4月、21－24

# 監視カメラを用いた局地現象の長期モニタリング

藤吉 康志<sup>1</sup>

## 1. 雲科学分野

### 1. はじめに

ドップラーライダーや数多くの機能を有したレーダのように、「新しい目」で自然を観ることも面白いが、気象の本質は、肉眼で見ることがやはり基本と考えている。しかし、1年中空を見ているわけにはいかない。また、雲、霧、海氷などは、インターバルで撮影した画像を再生することで、ようやくその変化を認識することができる。そこで、自分の目の代わりにしてくれる監視カメラを日本各地に設置して(図1)、通年のインターバル撮影を開始した。

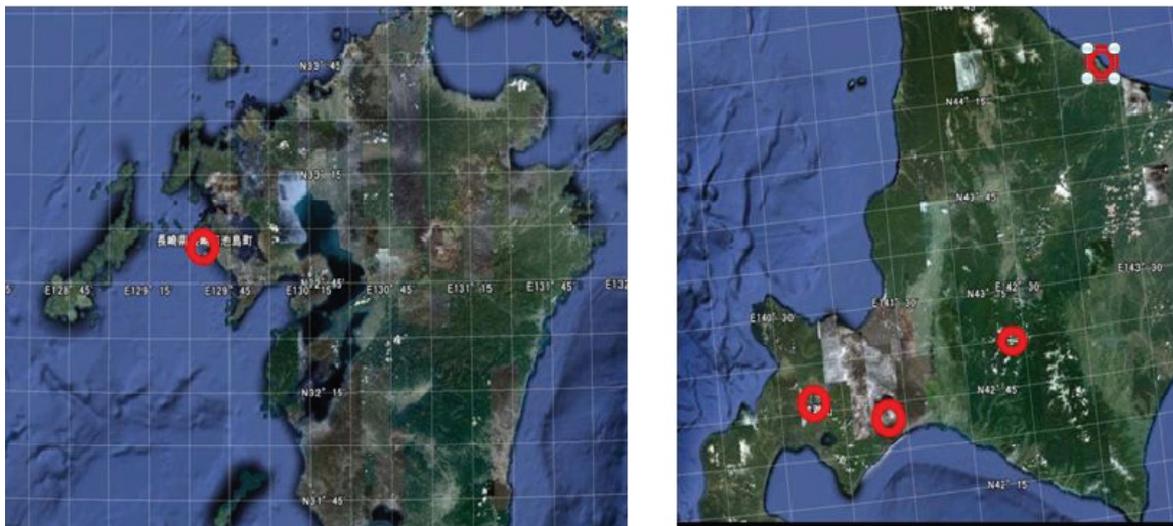


図1 監視カメラの設置場所(北海道4か所、九州1か所)

## 2. 観測装置とデータ

用いた監視カメラは、画像データ記録装置【KADEC21-EYEII】(ノースワン(株))である。画素数は、1.3Mピクセル(1024×1280)で、ファイルサイズは1枚約130KBである。画像は、日の出から日没まで、自動的に1分毎に1枚撮影する。画像のデータ形式はJPGで、16GBのコンパクトフラッシュに記録するので、約200日分保存できる。電源は、電池も使用可能であるが、我々は長期に無人で観測を行いたいため、商用電源が使用できる場所(紋別市のオホーツクタワー、苫小牧市の苫小牧高専、北海道虻田郡真狩村役場、北海道勇払郡占冠村字中トマム、長崎市池島)で撮影を行っている。撮影対象は、以下の通りである。

紋別市のオホーツクタワー：流氷の動き、雪雲、湾内の結氷風景、霧  
苫小牧高専：樽前山周辺および上空に発生する雲、噴煙、積雪変化、霧  
真狩村役場：羊蹄山周辺および上空に発生する雲、積雪変化、植生変化、霧  
トマム：雲海と周辺に発生する雲  
長崎市池島：海面の波、雲、黄砂、煙、霧

### 3. 撮影画像の例

#### 3.1 紋別市のオホーツクタワー

我々は、雄武と紋別の2か所に低温研の技術部の援助でドップラーレーダを設置して、海氷、雪雲、雨雲の通年観測を行っている。本監視カメラは、現場の天気状況をとらえることと、紋別港内での結氷状況をモニターすることにより、海氷の生成と流動を調べることが可能である。特に、指状筏氷は、カメラを設置して3冬目で、ようやくその生成過程の撮影に成功した（図2）。



図2 紋別港内で形成された指状筏氷



図3 樽前山上空に形成された地形性の上層雲

#### 3.2 樽前山

樽前山は目の前に千歳空港があり、山によって生ずる複雑な気流や地形性雲が飛行機の離発着に影響する。また、樽前山の積雪は、地形性の雪雲によってもたらされ、山岳積雪と雪崩との関係、千歳空港のドップラーレーダデータとの比較も重要な課題である。さらに、山頂からの噴煙と地形性の雲との相互作用、霧の発生なども興味深い。図3は、樽前山上空に発生した、一種の吊るし雲であるが、次の羊蹄山や富士山のような孤立した円錐形の山とは異なり、上層の広い範囲に雲を発生させているのが特徴的である。また、冬季で顕著であるが、北から雪雲が侵入したときに風下で強い吹きおろしが頻繁に見られた。そこで、現在は、苫小牧高専に微気圧計をセットしている。

#### 3.3 羊蹄山

富士山と形がうり二つの羊蹄山には、富士山と同じような地形性の雲が発生する。特に、笠雲はほとんど連日出現する（図4左）。それ以外にも、吊るし雲（図4右）、旗雲など多様な雲の変化は、見ていて飽きない。ただ意外であったのは、朝方に放射霧が多いことである。



図4 羊蹄山にかかる笠雲（左）と  
吊るし雲（右）

### 3.4 トナム

トナムにはテラスから雲海を眺める施設がある（雲海テラス）。ただ、雲海とは言っても様々な形態があり、それが出現する気象条件もまだ明らかではない。摩周湖の霧のように、北海道の観光資源のひとつとして定着させるためにも、通年を通じた観測が必要である。図5は、典型的な雲海（朝に出現）であるが、霧が晴れると、樽前山や羊蹄山と同様に、吊るし雲が形成されることも多い。



図5 トナムの雲海テラスから眺めた雲海

### 3.5 長崎市池島

昨年度の技術部発表会で紹介したように、我々は、長崎半島沖合の池島にドップラーライダーを移設し、2009年度から洋上の風の観測を開始した。本観測WINPOD-L（WIND Power Observation by Doppler-Lidar）は、海上の風力資源の見積もりと同時に、洋上浮体の強度、バードストライクの危険性の把握のために、波と鳥の観測も同時に行っている。ところが、意外にも、海面に鯨と思われる影をとらえることができた。良く見ると、吹き上げられた潮も映っていた。これらの画像は、2010年4月末から5月にかけて撮影されたものであるが、7月末に佐世保の元島でマッコウ鯨が浅瀬に入っていたという新聞報道があり、この鯨の可能性が高い。カメラ向いの島は、松島で、1695年（江戸元禄）以降、松島水道を往来する鯨の捕基地として栄えたとのことである。さらに、撮影された画像を見て驚いたのは、霧が多いことである。北海道の霧は、風が弱い時に発生し、放射霧と移流霧が主であるが、池島の霧は風雨時に発生し、乱層雲の雲底下降・降雨霧である。また、湿度が高い時には、松島火力発電所の煙突から図6のような雲が発達する。さらに前線が通過した時には、不連続線にもなって、まるでモーニンググローリーのような形状のロール状霧が海面すれすれを通過していった（図7）。



図6 松島火力発電所の煙突から発生



図7 モーニンググローリーのように観測を通過して行った背の低いロール状雲

上記に加えて、監視カメラではないが、鳥監視レーダに図8のような不思議エコーを2010年8月27日にとらえることができた。そのエコーは10時半頃、池島の数地点から沸きあがるように現れ、地上約 250 m、高いときは約 700 m まで達した後水平に広がり、上空の風に乗って海上へと流れていった。上空を飛んでいた鳥がこの不思議エコーに向かって突っ込んでいたことから、飛行能力の弱い虫がサーマルによって運ばれているのがエコーとして映ったものである可能性が高い。昨年11月からおよそ1年間連続して観測しているが、今回のような特異なエコーが観測されたのはこの日のみであり、なぜこの日に限って虫が大量発生したかが問題である。今のところ、その日がアリの結婚飛行にあっていた可能性が高いと考えている。

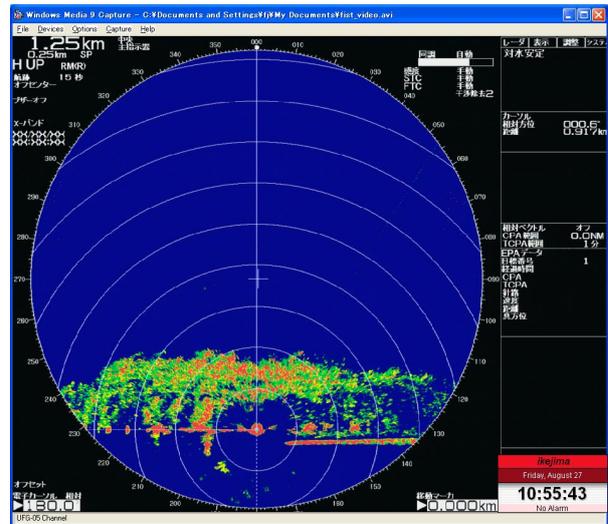


図8 2010年8月27日の昼間に、池島に出現した不思議エコー

#### 4. まとめ

現在、「富士山の雲」と同様に、羊蹄山の雲画像、樽前山の雲画像、トマムの雲海画像、紋別の流氷画像などをホームページにアップしていく予定である。また、監視カメラの数も増やし、新たな「観天望気」の可能性を探っていく予定である。

技術部の方々には、既存のレーダ観測ネットワークに加えて、監視カメラの設置、データ通信、データ公開について、益々のご支援を期待しています。

謝辞：監視カメラの設置にあたっては、トマムアルファリゾート、真狩村役場、苫小牧高専、紋別ガリンコタワー、長崎市役所の皆様には大変お世話になりました。厚く御礼申し上げます。

# ドームふじ掘削孔検層機の改良

新堀 邦夫<sup>1</sup>、本山 秀明<sup>2</sup>、的場 澄人<sup>3</sup>

1. 技術部装置開発室
2. 国立極地研究所
3. 環オホーツク観測研究センター

## はじめに

氷期-間氷期サイクルのような 10 万年規模の気温や環境の変動を復元するため、南極やグリーンランドの氷床からアイスコアが採取され解析が行われている。また、アイスコアをくりぬいた後、掘削孔を利用して氷床の様々な要素を測定すれば、さらにアイスコア解析から得られない環境情報を得ることができる。この掘削孔を用いた観測を検層といい、その観測に使用する装置を検層機と呼んでいる（図 1）。掘削孔の氷壁の温度から氷床内の温度の鉛直分布が得られる。この鉛直分布は過去の気温変化の遍歴を反映しており、鉛直分布から過去の気温を推定することができる。グリーンランド氷床頂上で行われた検層観測から氷期の気温は現在より 24 度低かったと見積もられた。この結果は、現在の気温と降水中の酸素同位体比の関係を用いてアイスコア中の酸素同位体比の変化から推定された値（-12 度）と大きく異なり、従来の酸素同位体比による気温推定方法だけでは不十分であることが示唆された。

南極ドームふじ計画では、第一期観測時（1995～1998 年）に検層機が作成され、第一期観測と第二期観測（2003～2007 年）時に検層観測が行われたが、検層機に様々な不良が生じ、十分なデータを取ることができなかった。

本研究では、現有検層機の問題点を整理し、第 52 次南極地域観測隊にて予定されている検層観測に向けた改良方法を検討した。

## 検層機の問題点と改良点

現有検層機の問題点は、主に（1）低温下での作動不良、（2）雪上車での長距離輸送によって生じる作動不良や断線、（3）検層機と地上の中継コンピュータ間の通信の不良、の 3 つの原因に分けられる。今回改良した点を以下に挙げる。

- ・孔径測定部をポテンシオメーターから作動トランスに変更した。
- ・温度センサーを応答時間の短いものに変更し、パンタグラフの温度測定部の形状を改良した。
- ・耐圧容器内の基盤固定方法を変更し、基盤修理の時の作業スペースを改善と断線のリスクを低減した。
- ・信号送信に使われていないケーブル線を送信に利用し、信号を伝送した時の信号強度の減衰を減らした。

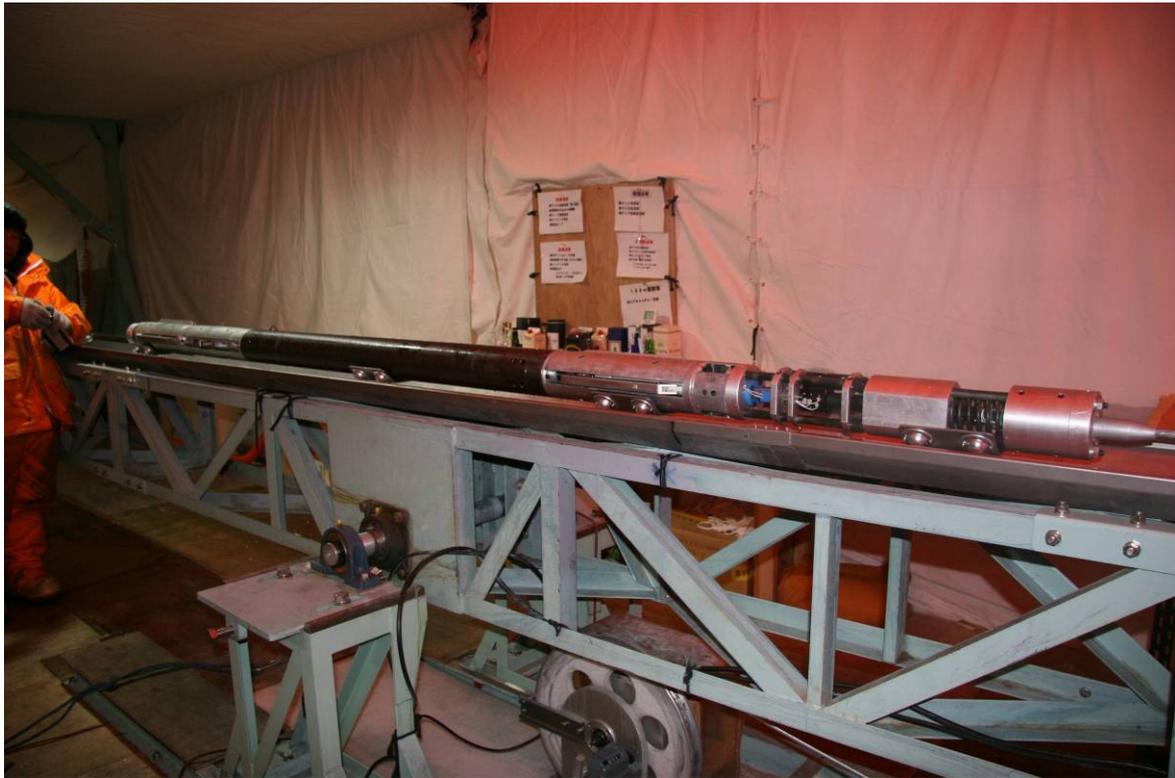


図1 第52次南極地域観測隊において使用する予定の検層機

- ・ 信号検出時の閾値の検出方法を変更した。
- ・ 検層機内部に新たにデータ記録装置を加え、データの記録を地上の中継コンピュータによる記録方式と併用することにした。
- ・ 地上にて通信信号の監視を容易にできるようにした。

## 今後の予定

2010年11月に日本を出発した第52次南極地域観測隊のドームふじ旅行隊によって検層を実施する予定である。さらに54次隊でも引き続き検層を行う計画であり、52次隊での検層の結果とドームふじ基地とその設備の状況に合わせ、さらに検層機を改良する予定である。

## 謝辞

検層機通信部分の問題点と改良方法の検討について、技術部先端技術支援室に大変ご尽力いただき、貴重なご意見と提案をいただきました。ありがとうございました。また、検層機の改良のための検討には、低温科学研究所共同研究（課題「氷床掘削孔の検層及び氷床探査ゾンデに関する研究」）を利用しました。

# 流星バースト通信による オホーツク海域環境情報収集システムの開発 2

高塚 徹<sup>1</sup>、白澤 邦男<sup>2</sup>、椋本 介士<sup>3</sup>、長澤 正氏<sup>4</sup>、若林 良二<sup>5</sup>、亀井 利久<sup>6</sup>

1. 技術部先端技術支援室
2. 低温科学研究所 環オホーツク観測研究センター
3. 静岡大学工学部
4. 沼津高等専門学校電子制御工学科
5. 東京都立産業技術高等専門学校ものづくり工学科
6. 防衛大学校電気情報学群通信工学科アンテナ工学講座

## はじめに

大気圏に突入する流星の経路に沿って、電離気体が発生する。この気体の発生は数秒という短い時間だが、電波の反射体となりうる。この反射体を利用した通信を流星バースト通信 (Meteor Burst Communication; MBC) と言い、通信距離が約 1,600 km 離れた 2 点間の無線通信を行うことが可能である。

2008 年 12 月に流星バースト通信システム試験実験を行うために、札幌の低温科学研究所にマスター局、北海道オホーツク海沿岸サロマ湖のキムアネップ岬にリモート局を設置 (直線距離 235 km) した。同時にキムアネップ岬にある気象観測ステーションで収集した観測データを、流星バースト通信にて札幌の低温科学研究所に伝送する試験実験を始めた。図 1、図 2、図 3 に概要を示す。

第一報 (高塚ら 2009) では、問題点として、伝送されてくるデータパッケージが少ないことを報告した。第二報では、通信モデムの MON コマンドを用いてデータパッケージの受信数について報告する。

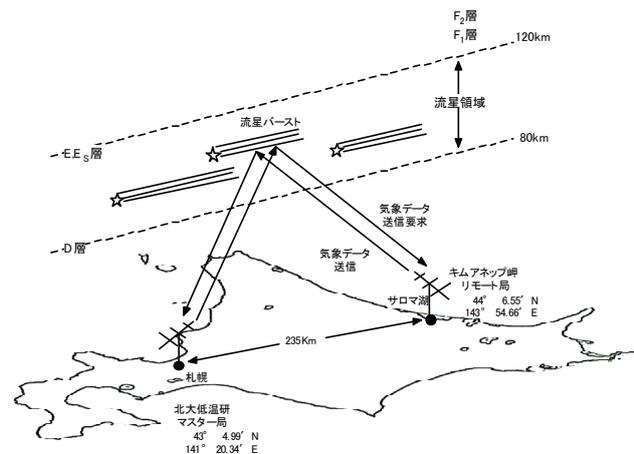


図 1 流星バースト通信システムの概要



図 2 北大低温研マスター局

図 3 サロマ湖キムアネップ岬リモート

## 流星バースト通信によるデータパケットの受信数

2009年10月から通信ソフト xtermw 上で通信モデムの MON コマンドを用いて流星バースト通信の情報をモニターし、同時に通信ログファイルを保存した。2009年10月2日～2010年9月20日（期間内30日のモニター欠測あり）までの通信ログファイルに書かれている MON コマンドの情報の時系列データを作成した。通信ログ表示の一例を以下に示す。

```
07:02:16 Receiving 00401:011 DLG from 00401 routed to: 00014
10/04/09 07:02:17 DATA from 00401 G160 S10 10/03/09 0805
07D9 0114 3F40 66D6 2DC4 46E0 234F 2A37 03E4 459E
07:02:16 RX:01 ID:00401 DTRF:-097/-097 DR:00315 RXC:00042 NAK:000
WT:000:13.1
```

1行目はマスター局（札幌）がリモート局（キムアネツ岬）から電波を受信した時刻(hh:mm:ss)、2行目前半はデータパケットを受信した日時(MM/DD/YY hh:mm:ss)、後半は観測された気象データのデータロガーから通信モデムにアップロードされた日時(MM/DD/YY hhmm)、3行目は観測された気象データと日時（16進表示）を表している。4行目は MON コマンドの統計表示であり、この表示1行が1回の流星バーストによるデータパケットの受信を示している。個々のメッセージは以下の通りである。

```
07:02:16 マスター局がリモート局から電波を受信した時刻 (hh:mm:ss)
RX:01 マスター局のレシーバ No.
ID:00401 リモート局番号
DTRF:-097/-097 受信電波強度 (最大 dB/平均 dB)
DR:00315 流星バースト通信による受信継続時間(文字カウント表示のシステムの
ロック時間 2ms/文字、継続時間=DR×2ms、この場合
315×2ms=630ms)
RXC:00042 受信文字数(観測データ+α)、受信文字がない場合は RXC:00000 と
表記
NAK:000 不良メッセージ応答数、NAK 数
WT:000:13.1 直前の受信から現時点の受信までの待ち時間 (min:sec)
```

なお、流星バーストによる受信日は付加されていないが、例に挙げた通信ログ表示 2行目前半でデータパケット受信日の判断が出来る。WT は 109:13.5 (min:sec) が最大表示である。

流星バーストによりマスター局で電波を受信した時刻と受信の継続時間 (DR)、受信文字数 (RXC) との関係調べた。図 4 に 2009年10月2日～2010年9月20日までの月別(上段)、時刻別(下段)の流星バーストによる受信データ数を示す。この期間中に作成された時系列データの総数は 7759 個であった。MON コマンド 1 回の情報(上記の通信ログ表示 4 行目)は、1 回の流星バーストによる電波の受信を示しており、この

期間中の受信総数が 7759 回であったことを示している。月別受信数は 2009 年 11 月と 2010 年 8 月が 800 回程度、2010 年 1 月と 5 月 1000 回程度の受信数で他の月より多く、季節変動があるように見えるが、さらに長期間の継続観測が必要である。

同じ期間の 1 日 24 時間での時刻別受信数を見ると、4 時が最大で、その後減少し、また 17 時から増加しており、夜間が多く日中は少ないという傾向が見られた。

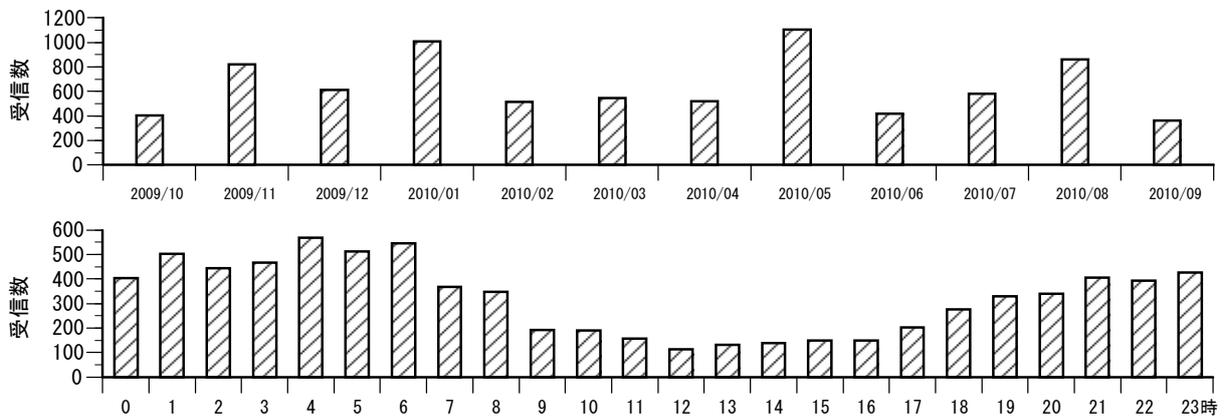


図 4 2009 年 10 月 2 日～2010 年 9 月 20 日までの月別（上段）、時刻別（下段）受信数

### 受信文字（データパケット）数

受信文字（データパケット）数は MON コマンドの受信文字数を示す RXC の値で、受信文字はヘッダ部と観測データ部を合わせて 42 キャラクター（文字数 42）で 1 構成されている。1 回の流星バースト通信で伝送される受信文字は、流星バーストの状態により電波の送受信の状態が異なり、文字数が増減されて伝送されてくる。

表 1 に 2009 年 10 月 2 日～2010 年 9 月 20 日（期間内 30 日のモニター欠測あり）までの流星バーストによる受信回数を、図 5 に受信文字数を示す。受信回数が最も多かったのは 2010 年 5 月の 1105 回、最も少なかったのは 2009 年 10 月の 403 回（2010 年 9 月は 1 カ月に満たないので省いた）で、800 回を超す月もあるが平均的受信回数は 500～600 回と思われる。各月の受信文字数「あり」(RXC:00000 以外)と「なし」(RXC:00000)の割合が受信回数に関係なく約 4:6 の比率になっている。

表 1 2009 年 10 月 2 日～2010 年 9 月 20 日までの流星バーストによる受信数

年 月	受信数	受信文字 データパケット				年 月	受信数	受信文字 データパケット			
		あり		なし				あり		なし	
		受信数	%	受信数	%			受信数	%	受信数	%
2009/10	403	149	37.0	254	63.0	2010/05	1105	448	40.5	657	59.5
2009/11	821	275	33.5	546	66.5	2010/06	419	125	29.8	294	70.2
2009/12	614	229	37.3	385	62.7	2010/07	582	221	38.0	361	62.0
2010/01	1009	395	39.1	614	60.9	2010/08	860	300	34.9	560	65.1
2010/02	516	201	39.0	315	61.0	2010/09	364	150	41.2	214	58.8
2010/03	545	207	38.0	338	62.0						
2010/04	521	214	41.1	307	58.9	総受信数	7759	2914	37.6	4845	62.4

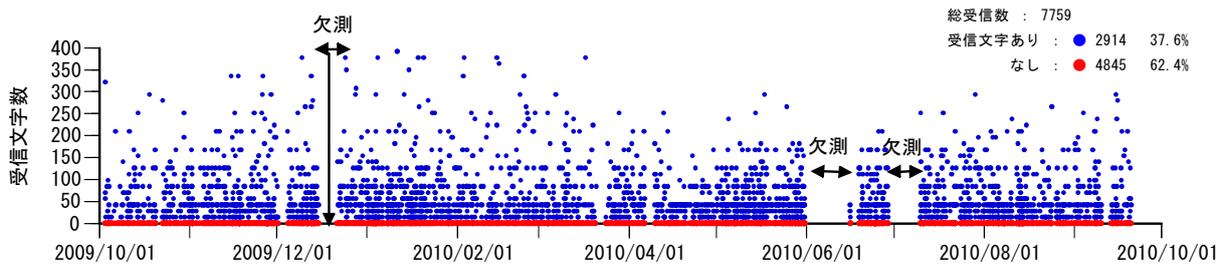


図5 2009年10月2日～2010年9月20日までの流星バーストによる受信文字数

### 流星バーストによるデータ受信の継続時間

図6に2009年10月2日～2010年9月20日までの流星バーストによるデータ受信継続時間を示す。青丸は受信文字「あり」(RXC:00000以外)を、赤丸は「なし」(RXC:00000)を示す。継続時間0.5秒前後に受信文字の有無の境界らしいものが見受けられるが、これは、通信モデムの設定、電波の送受信の状態、バースト通信局周囲の環境などに関係していると思われ、今後の課題である。

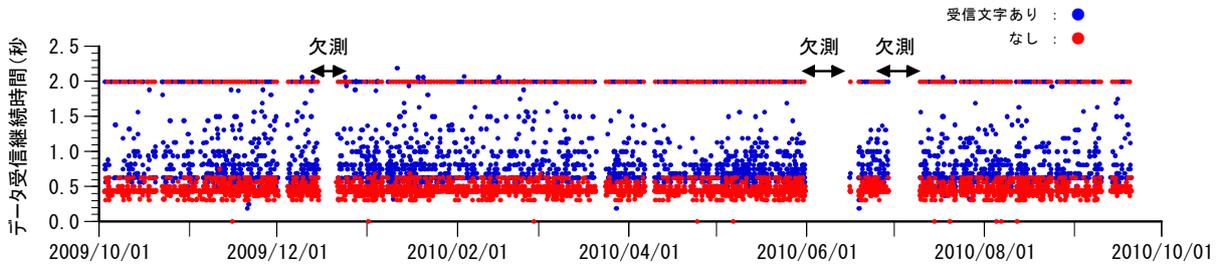


図6 2009年10月2日～2010年9月20日までの流星バーストによるデータ受信の継続時間

図7に流星バーストによるデータ受信の継続時間に対する受信回数(上段)と受信文字数(下段)の関係を示す。継続時間0.3～1.2秒間に受信数が多く、継続時間1.2秒を超えると受信数が減少する傾向にある。継続時間0.5秒を超えると受信文字「あり」のデータ通信が始まる。継続時間2秒付近も受信が多く、その時間帯は0～6時(図8)である。受信の継続時間が長くなると1度に伝送されてくるパケットの受信文字数が増える傾向がある。

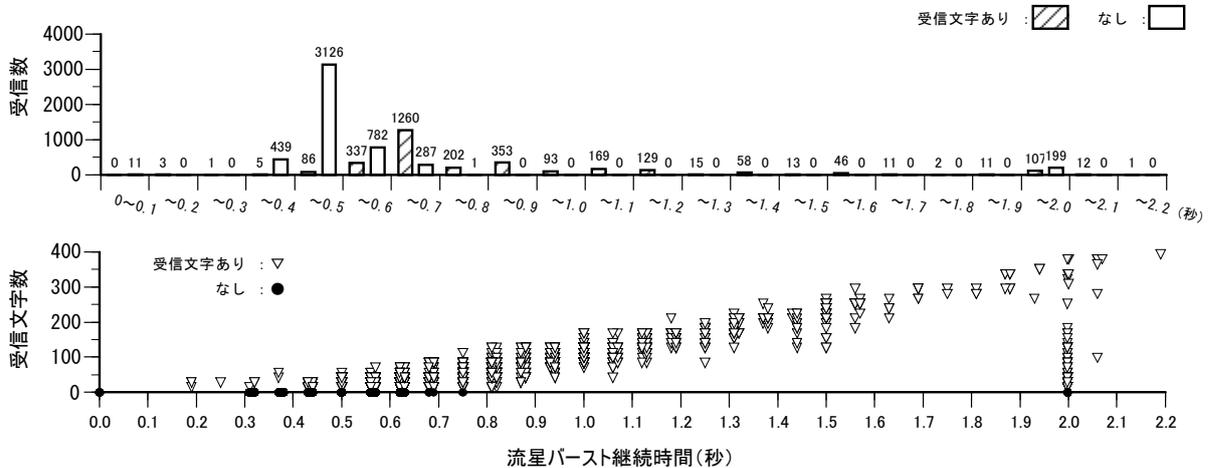


図7 流星バースト継続時間に対する受信数(上)と受信文字数(下)

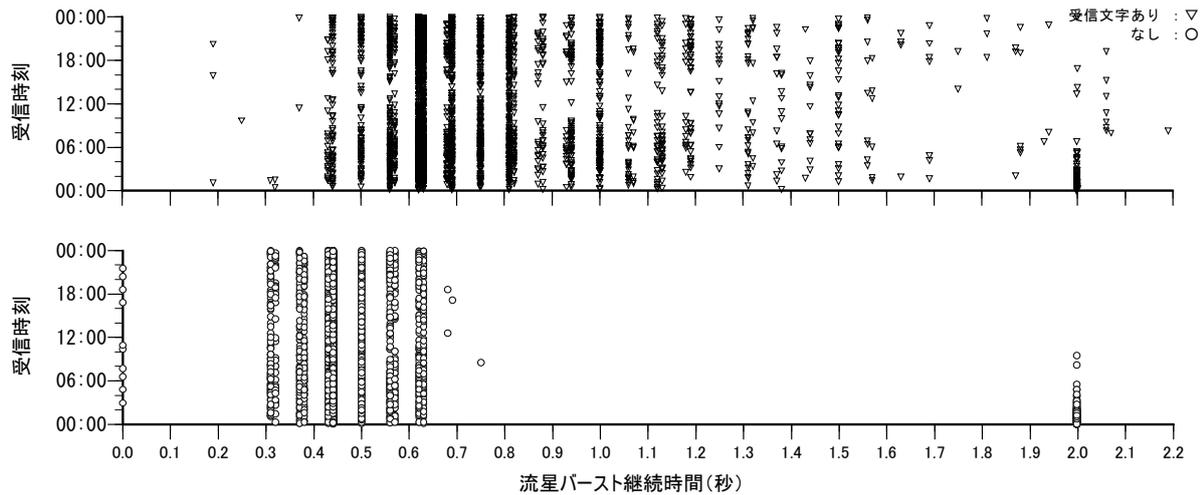


図8 流星バースト継続時間に対する受信時刻

### 2009年と2010年の受信データ数の比較

図9に受信文字「あり」の受信データ数を月別累計数(左)、時刻別累計数(右)を示す。2009年は1月1日から12月31日までの累計、2010年は1月1日から9月20日までである。最も受信データ数が多かったのは、2009年では5月が約700、2010年では1月、5月、6月がともに約600であった。一日の時間別では、2009年、2010年ともに4時頃がピークの山形で、夜間にデータ受信数が多く、日中は少ない傾向がみられる。この傾向は図2(2009年10月2日から2010年9月20日)からも見られたが、年ごとに比較した場合にも同様の傾向が見られた。

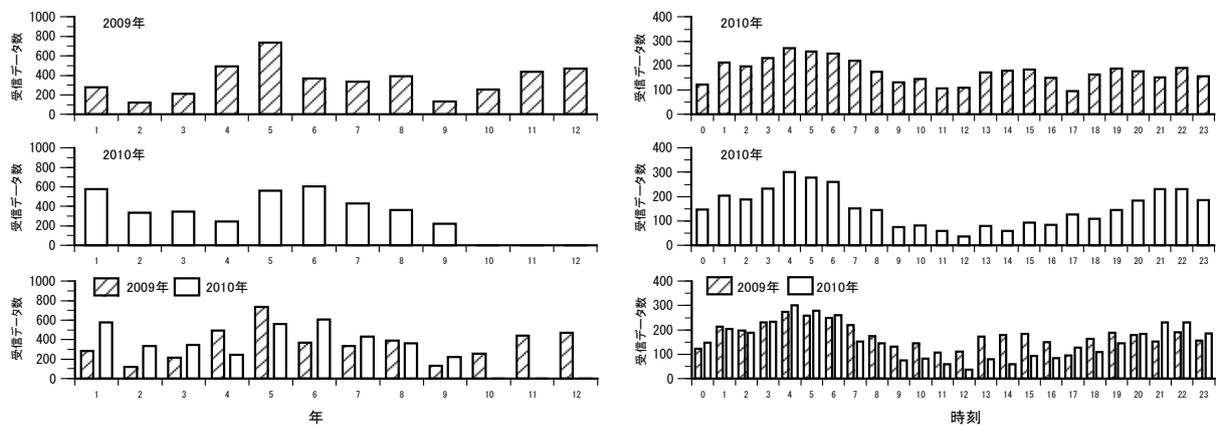


図9 月別(左)と時刻別(右)の累計受信データ数。2009年1月1日から12月31日(上段)、2010年1月1日から9月20日(中段)、2009年と2010年の比較(下段)。

### おわりに

2008年12月から流星バースト通信システムを使用し、札幌(マスター局)ーサロマ湖キムアネツ岬(リモート局)において観測データの伝送試験実験を行っているが、データ受信状態は不規則で受信数は少ない。この問題点を改善するために2009年10月

から流星バーストによるデータの受信数のモニターを行った。今回得られた情報からは受信数の少ない原因は特定出来なかったが、データが伝送できる受信の文字数と継続時間が明確になった。

2010年8月23日～25日に札幌（マスター局）－サロマ湖キムアネップ岬（リモート局）間の電波の通信路を調査するトーン実験を行った。現在解析中であるが、トーン信号の受信が他の流星バースト通信実験に比べて少なければ、設備（アンテナや送受信機）、位置や地形などの影響と考えられる。他の通信実験と変わらなければ、他の原因（以下のような）が考えられる。

1. サロマ湖でのパケット受信数はトーン実験の結果に対して妥当か。
2. 札幌の受信数はサロマ湖からの送信数に対して妥当か。
3. 札幌の周囲ノイズが大き過ぎてサロマ湖の返信が受信できないのか。
4. プローブ長やデータパケット長、送受信切り替え時間などから考えて、通信モデムの性能は妥当か。

以上の問題点を想定して今後は受信数を増やす改善策を探る実験を行う必要がある。

## 参考文献

高塚 徹、石川 正雄、白澤 邦男、椋本 介士、長澤 正氏、若林 良二  
流星バースト通信によるオホーツク海域環境情報収集システムの開発  
北海道大学低温科学研究所技術部技術報告第15号、pp.52-57、2009。

## クラスターイオン生成装置の開発2

中井 陽一<sup>1</sup>、小島 隆夫<sup>1</sup>、日高 宏<sup>2</sup>、渡部 直樹<sup>3,4</sup>、藤田 和之<sup>5</sup>、中坪 俊一<sup>5</sup>、  
中鉢 健太<sup>5,6</sup>、森 章一<sup>5</sup>、新堀 邦夫<sup>5</sup>、千貝 健<sup>5</sup>、福士 博樹<sup>5</sup>

1. 独立行政法人理化学研究所
2. 低温科学研究所宇宙雪氷学分野
3. 低温科学研究所共同研究推進部
4. 低温科学研究所宇宙物質科学分野
5. 低温科学研究所技術部
6. 工学院工学系技術センター

### 背景と目的

微粒子が生成する際の凝結核となるナノスケールの原子や分子の集団（クラスター）は、地球大気におけるエアロゾルや雲粒子の生成過程に深く関与しており、大気科学において重要な研究対象である。微粒子の凝結核の生成過程としては複数のシナリオが考えられているが、近年、注目を集めているシナリオの一つとして、イオン誘発核生成過程がある。これは、大気中に生成されたイオンが電荷を持っているために、大気中の分子を引き寄せ凝集することにより、帯電したクラスター（クラスターイオン）を生成するという過程である。大気中では、宇宙線などの自然現象や人為的要因による分子の電離によってイオンが生成されており、イオン誘発核生成が微粒子生成に果たす役割は無視できないと考えられている。しかしながら、核生成過程は、熱力学的アプローチによる古典核生成の理論[1]をもとに研究されることが多く、結合分子数が比較的少ないクラスターイオンに関する成長過程は定量的に十分な理解がなされていない。現在のイオン誘発核生成の実験的研究は、放射線源や高エネルギーイオンによって、実際の大気または疑似大気（試料大気）の中で電離現象を引き起こし、生成された微粒子の数密度やサイズの試料大気の化学組成に対する依存性などを調べるものがほとんどである[2, 3]。この種の実験では、様々なイオンや反応性の高い中性の原子団（ラジカル）が同時に生成されるため、反応経路の絞り込みが困難であり、クラスターイオンの生成過程をクラスターイオン種ごとに詳細に研究することが難しくなる。

このような背景をふまえて、比較的結合分子数の少ないクラスターイオンの生成過程を詳細に研究するために、イオン誘発核生成の引き金になるイオン（種イオン）の生成領域とクラスターイオンが成長生成する領域を分離し、種イオンを選別してクラスターイオン生成を行うための装置の開発を行っている。

### 実験装置の概略と装置開発の現状

現在、テスト実験を行っている実験装置の概略図を図1に示す。実験装置は、昨年度の技術報告[4]に記載されている通り、真空容器内部で、イオン源部、移動管部、分析管部に分かれている。イオン源部は、種イオンを生成・選別し、移動管部に入射する役割を

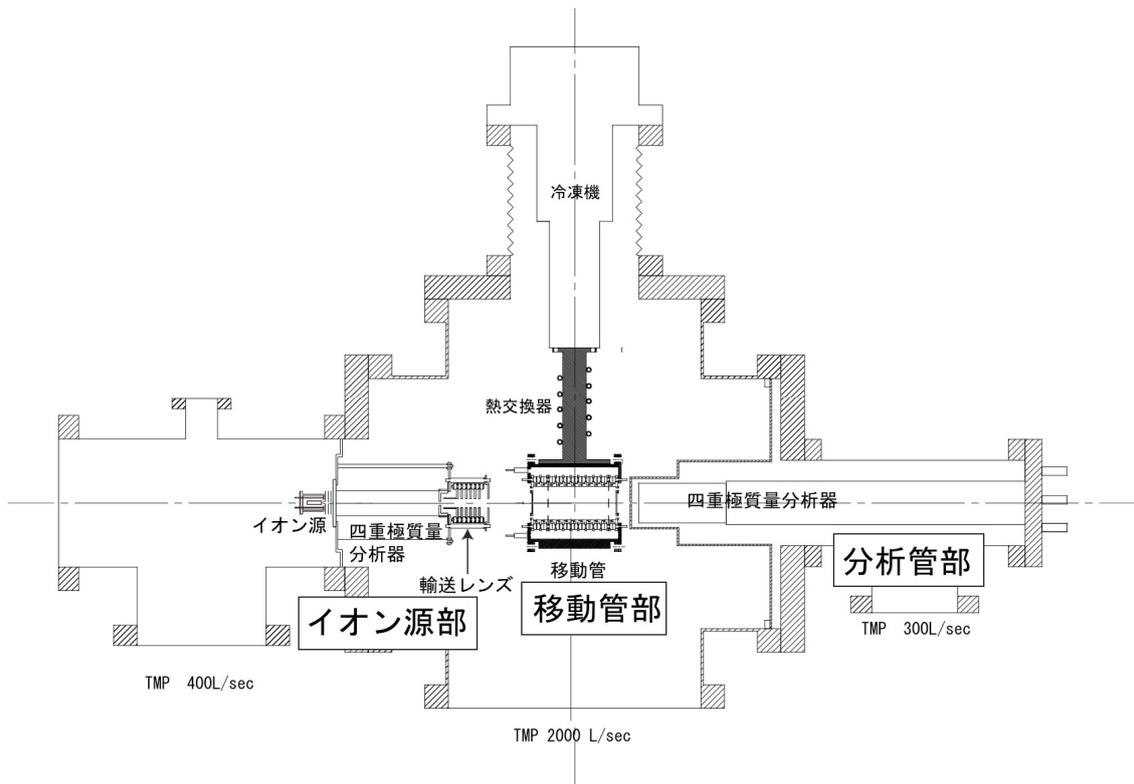


図1 現在の実験装置の概略図。イオン源部のイオン源と四重極質量分析器の間に差動排気用の隔壁を移動した。

持ち、イオン源と四重極質量分析器、イオン輸送レンズで構成されている。移動管部は、ガスで満たされた容器の軸に沿った方向へ一様な電場が加えられている移動管と、移動管の温度を調節する冷凍機とヒーター、および熱電対からなる。移動管内部では、イオンはガス分子と衝突し、ある確率で結合反応を起こし、クラスターイオンを形成していく。クラスターイオンは移動管内部の電場によって移動管内を通過し、移動管から出ると分析管部へ入射される。分析管部では、移動管部から入射して来たクラスターイオンなどの各種イオンの質量分析を四重極質量分析器を用いて行う。

イオン源部は昨年度の技術報告[4]の段階からいくつかの変更を行った。一つ目は、イオン輸送レンズの下流にあったイオン源部と移動管部の真空差動排気の隔壁を、イオン源と四重極質量分析器の間に移したことである。以前の隔壁の位置では、差動排気のための小さな孔にイオンを効率よく通過させるためには、どうしてもイオン輸送レンズと隔壁との間で非常に大きな加速を要した。この場合、質量分析後にイオン源に導入された気体との衝突によるイオンの解離を誘発する恐れがあった。そのため、隔壁を移動させることにより、イオン輸送中での大きな加速部分を取り除いた。また、その際に、隔壁をイオン源が格納される真空クロス管側に取り付けることにより、イオン源部を簡単に装置から切り離すことができ、メンテナンスが容易となった。

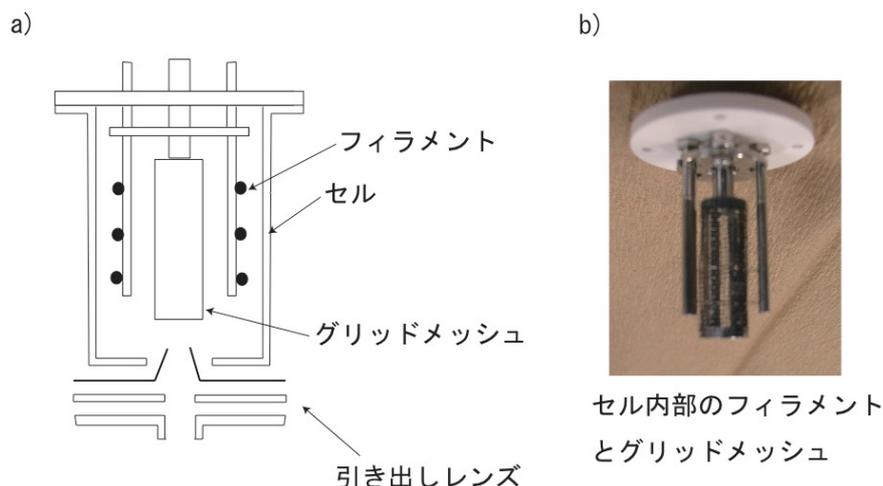


図 2 新しく製作・導入したイオン源。a) イオン源の概略図。フィラメントから放出された熱電子がグリッドメッシュに向かって加速され、グリッドメッシュ内部および周辺を飛び回り分子を電離することにより、イオンを生成する。b) セル内部のフィラメントとグリッドメッシュの写真。

二つ目は、イオン源を、電子線交差型イオン源から、図 2 に示すような形式のイオン源を製作し、それに変更したことである。フィラメントから放出された熱電子はフィラメントとグリッドメッシュ間の電圧によって加速され、イオン源の構造物のいずれかに衝突するまでグリッドメッシュ内部および周辺を飛び回り、イオン源内部の気体分子を電離する。このイオン源の変更により、希ガスのイオンの場合、質量分析後のイオン量は数倍から 10 倍程度かそれ以上の向上が見られ、移動管部および分析管部のテストが容易になった。

移動管部の構造については、昨年度の技術報告[4]に詳しく述べられているので、ここでは、クラスターイオンの質量分布測定時の移動管内部各電極への電圧供給と、イオンの移動管内部での移動速度測定のための方法を紹介する。クラスターイオンの質量分布測定時の移動管への電圧供給は、図 3 に示すような抵抗分割回路を製作し行っている。この抵抗分割回路による電圧供給と高精度で製作された移動管によって移動管中心軸上に一様電場が形成される。

ガスで満たされた移動管内部での各種イオンの移動速度を測定することが可能なように、図 3 に示した 2 ヶ所のシャッターメッシュ対の片側メッシュに電圧パルスを加えることが可能になるようにしている(図 4)。パルスが加えられていない時は、シャッターメッシュの所に電圧のくぼみが生じるようになっている。イオンはガス中での多数回の衝突により十分エネルギーが低くなっているため、このくぼみに捕まえられてシャッターメッシュなどの電極に衝突し、ほとんどのイオンはなくなる。そこに電圧パルスを加えることで、シャッターメッシュの電圧が上昇している間だけ移動管内に一様電場が

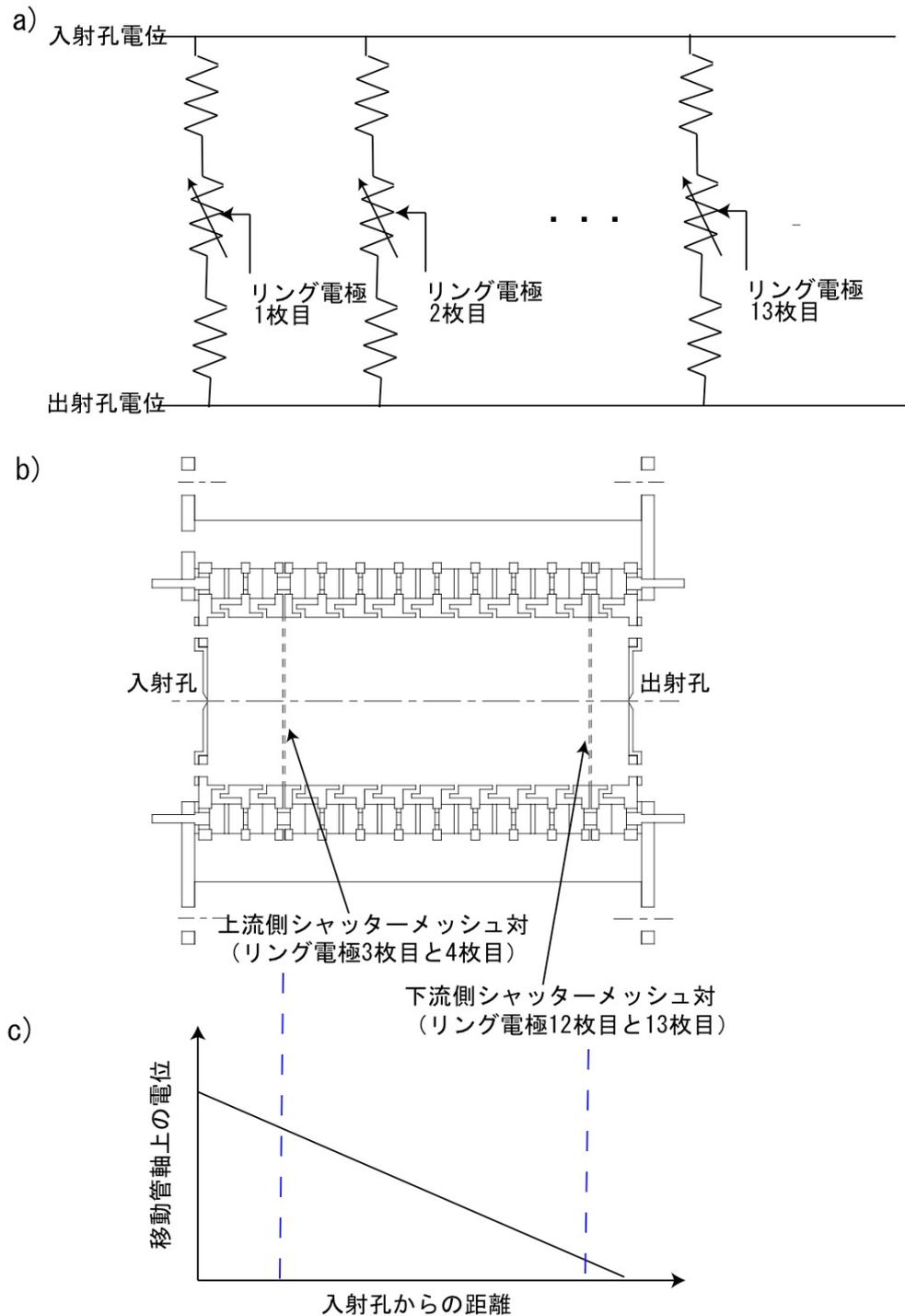


図 3 a) クラスターイオンの質量分布測定時の移動管内部の各電極への電圧供給回路の概念図。移動管軸上付近で一様電場が形成されるように抵抗値を決めている。 b) 移動管内部の断面図。14 枚のリング電極と上流側、下流側にそれぞれ 1 対のシャッターメッシュを備えている。 c) クラスターイオンの質量分布測定時の移動管軸上の電位の概念図。青破線はシャッターメッシュ位置を表す。

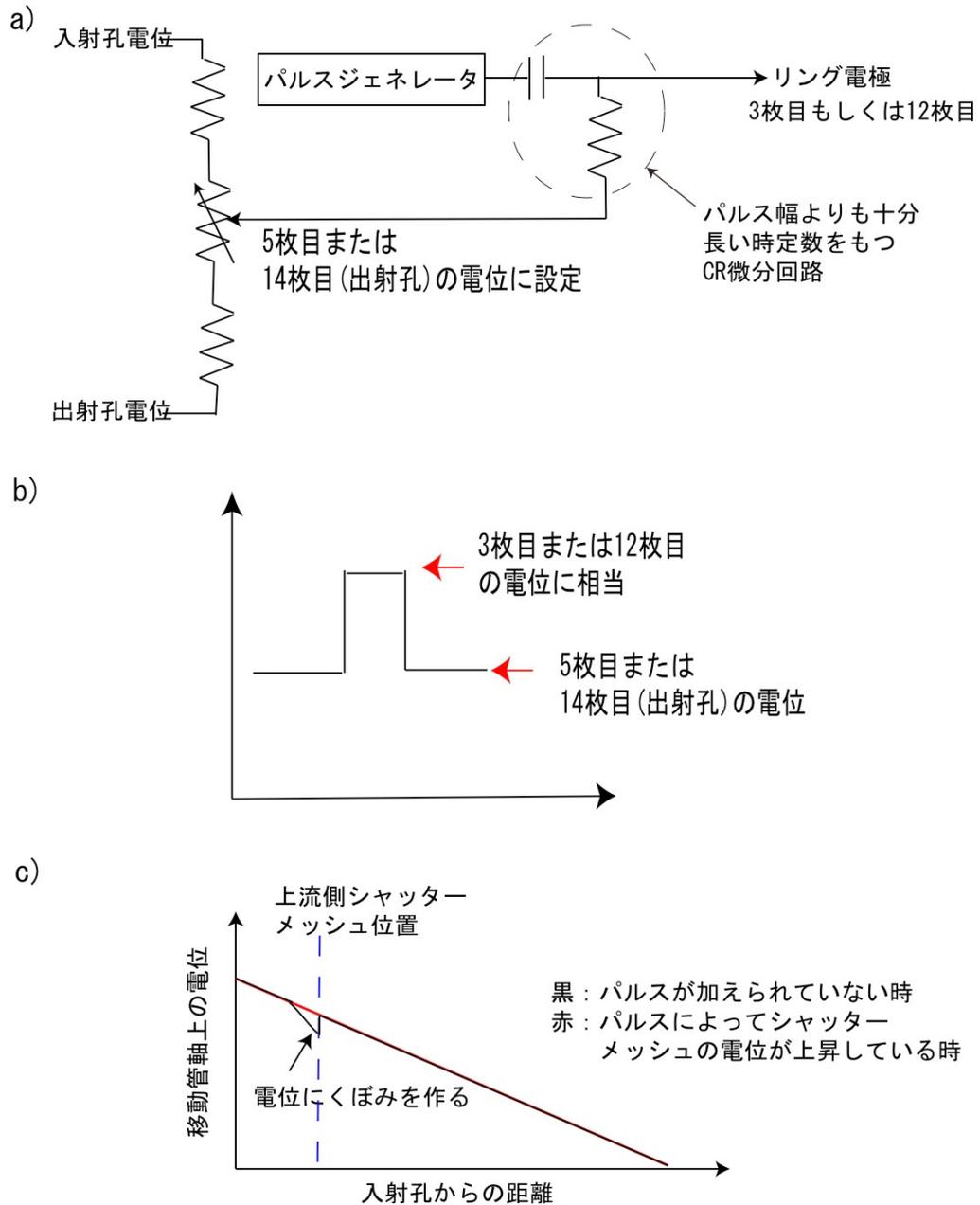


図 4 a) イオンの移動速度測定時のシャッターメッシュへのパルス電圧供給回路の概念図。3枚目もしくは12枚目のリング電極に取り付けられたメッシュへ電圧を供給する。電位にくぼみを作るため、パルスを重畳するDC電位は、5枚目もしくは14枚目の電極電位とする。パルス幅より十分長い時定数のCR微分回路を通して重畳するとパルス形状をほぼ損なわず重畳できる。b) シャッターメッシュへ供給されるパルス電圧波形の概念図。c) イオンの移動速度測定時の移動管軸上の電位の概念図。上流側シャッターメッシュにパルス電圧が供給される場合を示す。黒線はパルスが加えられていないときで、シャッターメッシュの付近に電位のかぼみが生じ、イオンは通過できない。赤線は、パルスによりシャッターメッシュの電圧が上昇しているときで、この時だけ一様電場になり、イオンは通過できる。

形成されるようにすると、イオンがメッシュ対を通過することができ、パルスを加えたタイミングと通過したイオンが分析管部のイオン検出器に検出したタイミングとの時間差を測定することができる。上流側のシャッターメッシュにパルスを加えた際の時間差 ( $t_1$ ) と下流側のシャッターメッシュにパルスを加えた際の時間差 ( $t_2$ ) の差 ( $t_1 - t_2$ ) を取ることによって、移動管内部でのイオンの移動速度が測定できる。パルスを加えたタイミングは絶縁カプラを通してパルスジェネレータから取得する。現在は、装置全体の信頼性を確かめる目的で、移動管内部に数十 Pa のヘリウムガスを満たし、イオン源部からアルゴンイオンを導入して、ヘリウムガス中のアルゴンイオンの移動速度測定を行っている。

また、移動管の冷却試験を行い、マイナス 200°C 程度までは問題なく冷却でき、この実験の目的には十分な冷却能力をもつことを確かめた。ヒーターによる温度調節を準備しているところである。

## まとめ

イオン誘発核生成過程を詳細に研究するために、クラスターイオン生成装置の開発を継続している。現在は、各種テスト実験を行い、装置各部分について問題点の洗い出しと修正を行っている。今年度中もしくは来年度の早期に装置を完成し、来年度には本格的な実験へ移行したいと考えている。

## 参考文献

1. Thomson, J. J., 1909. *Conduction of Electricity through Gases*, Cambridge University Press, London.
2. Nagato, K., Kim, C. S., Adachi, M. and Okuyama, K, 2005. An experimental study of ion-induced nucleation using a drift tube ion mobility spectrometer/mass spectrometer and a cluster-differential mobility analyzer/Faraday cup electrometer, *Journal of Aerosol Science* **36**, 1036-1049.
3. Imanaka, M., Tomita, S., Kanda, S., Fujieda, M., Sasa, K., Olaf Pepke Pederson, Kudo, H., 2010. Nanoparticle formation in H<sub>2</sub>O/N<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O/Ar mixtures under irradiation by 20 MeV protons and positive corona discharge, *Journal of Aerosol Science* **41**, 468-474.
4. 日高 宏, 小島 隆夫, 中井 陽一, 渡部 直樹, 中鉢 健太, 藤田 和之, 2009. クラスターイオン生成装置の開発, 北海道大学低温科学研究所技術部技術報告 **15**, 2009, 5-8.

# 疑似液体層-氷界面での単位ステップの直接観察

佐崎 元<sup>1, 2, 3</sup>, Salvador Zepeda<sup>1</sup>, 中坪 俊一<sup>4</sup>, 横山 悦郎<sup>5</sup>, 古川 義純<sup>1</sup>

1. 相転移ダイナミクス研究グループ
2. 共同利用推進部
3. 科学技術振興機構さきがけ
4. 技術部・装置開発室
5. 学習院大学計算機センター

## 1. はじめに

気象や環境をはじめとした地球上の幅広い現象を左右する氷結晶の成長・融解機構を分子レベルで明らかにするには、まず、成長・融解現象の要となる氷結晶表面上の「単位ステップ」\*1を直接観察する必要がある。これまでに我々は、オリンパスと共同で開発したレーザー共焦点微分干渉顕微鏡 (LCM-DIM) [1]をさらに改良することで、氷結晶表面上の単位ステップを直接観察することに成功した[2]。また、優れた縦方向の分解能を有する本顕微法を用いて、氷結晶の表面融解過程をその場観察したところ、2種類の疑似液体層が空気-氷界面で生成することを見出した[3]。本日は、新たに見出された新種の疑似液体層が、どのようにして固相ではなく「疑似液体層」であると結論し得たか、その過程について紹介する。

## 2. 氷結晶の表面融解に伴う疑似液体層の生成について

様々な結晶材料の表面は、融点近傍では融点以下の温度であっても表面融解し、疑似液体層で覆われることが良く知られている。表面融解は、復氷現象や氷の滑りやすさの説明のため、1859年にマイケル・ファラデーによって初めて提唱された。それ以降、氷結晶のみならず、鉛などの金属やシリコンなどの半導体をはじめとした様々な結晶材料の表面が、融点近傍の高温化では表面融解し、疑似液体層で覆われることが明らかにされて来た[4]。

氷結晶上での疑似液体層の発生については、プロトンチャネリング法、偏光解析法、原子間力顕微鏡法 (カンチレバーを高さ (z) 方向に走査) などの手段を用いて、疑似液体層の厚みの温度依存性について多くの測定が行われて来た。しかし、得られた結果は、研究者および測定手段によって極めてばらついている。これは、用いられた測定手法が空間分解能に乏しいことによるものと考えられる。またこのような状況のため、静的・平衡論的な理解しかこれまでには得られていない。

このような状況を打破するべく、オリンパスと共同で開発したレーザー共焦点微分干渉顕微鏡の性能を極限まで向上させるため、様々な改良に取り組んで来た。そして、本

---

\*1 結晶は、平衡に近い条件では、結晶構造から決まる最小高さの「単位ステップ」と呼ばれる層が一層ずつ横方向に成長することで、厚み方向にも成長してゆく。

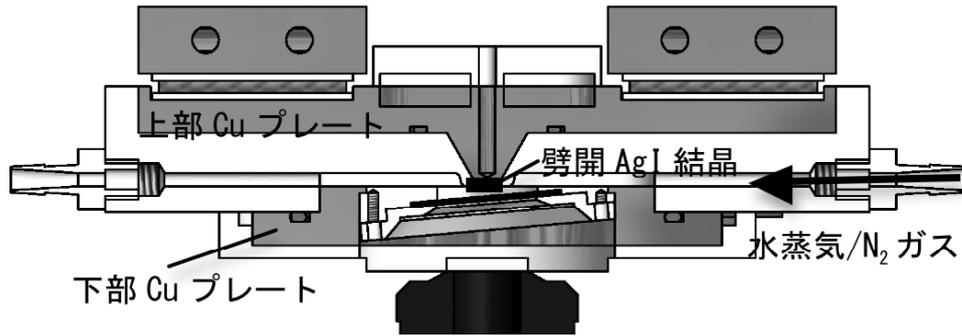


図1 氷結晶の気相成長過程をその場観察するためのチャンバーの模式図.

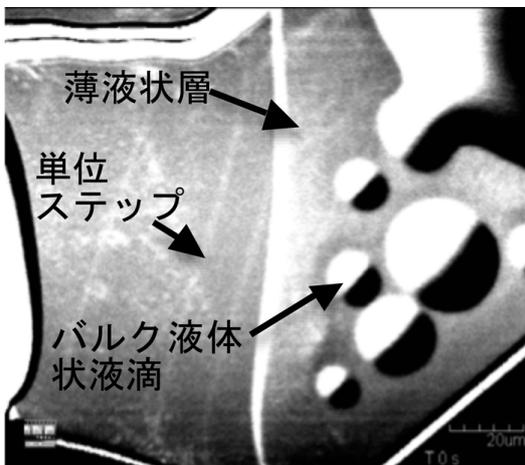


図2 ベーサル面が表面融解する様子. 図左側では単位ステップが「成長」するのに対して, 図右側では表面の「融解」が進行する.

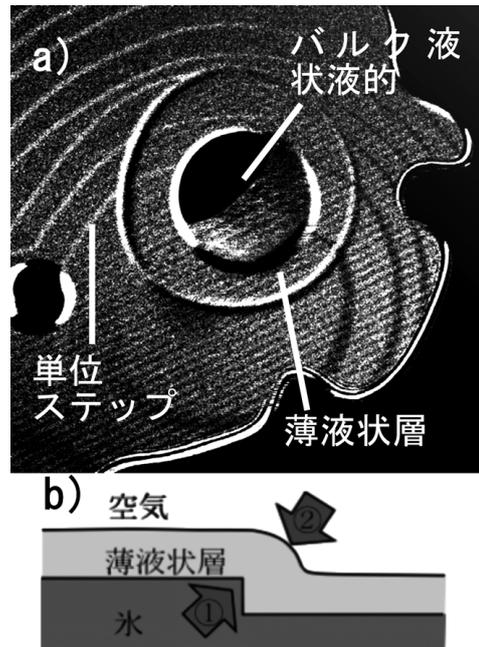


図3 薄液状層の下を通過してゆく単位ステップの可視化. a) 顕微鏡像. b) 断面の模式図.

顕微鏡と技術部に作製していただいた氷結晶気相成長観察装置 (図 1) を用いて, 融点直下の空気-氷結晶界面をその場観察した. その結果の一例を図 2 に示す. 氷結晶の左半分では単位ステップが成長する様子が観察されるが, 結晶の右半分では表面融解が進行していることが分かる. また, Elbaum[5]らが報告している液的 (以下, バルク液体状液的と命名) 以外に, 薄い層状の相 (図 2 中の薄液状層) の生成が新たに観察された.

この薄い層状の相をさらに詳細に観察した結果, 図 3a に示す様に, 薄い層と氷結晶の間で単位ステップが成長する様子を観察することに成功した. 現在のところ, 模式図 (図 3b) に示した様に, ①単位ステップ自身が可視化できている可能性と, ②ステップの前進に伴う薄い層状の相の「変形」が観察できている可能性が考えられる. ①の場合は, 薄い層の屈折率は氷結晶とは異なる, すなわち薄い層は固体ではなく液体であるこ

とを意味する。②の場合にもやはり、ステップの移動に伴い容易に変形しうる相は、固体ではなく液体であるという同じ結論を得る。そのため、薄い層は束化したステップ等の固相ではなく液体層であると結論できる。図 2 に示した様に、我々はこの薄い層を薄液状層と命名した。

また、裸の結晶表面上および薄液状層の下のステップの形状を、図 4 に模式的に示した。この結果は、ステップの前進は薄液状層の下では裸の氷結晶表面上に比べて遅いことを示す。薄液状層の内部では気相中に比べて水分子の密度ははるかに高い。それにも関わらず、薄液状層の下でのステップの前進が遅いことより、ステップが薄液状層から水分子を極めてゆっくりとしか取り込めないことがわかる。このことより、薄液状層はバルク液体の水とは異なり、水分子同士が特定の強固な構造を有する疑似液体層であると考えられる。

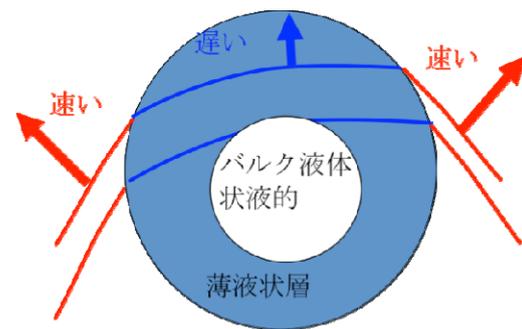


図 4 単位ステップの形状と成長速度.

### 3. まとめ

本研究により氷結晶表面上の単位ステップや疑似液体層の直接観察が可能になったため、これまでブラックボックスとして取り扱われてきた氷結晶表面において、様々な現象を分子レベルで明らかにする研究が可能となった。現在、反射率が 0.007% しかない水-氷結晶界面での単位ステップの観察に挑戦している。今後、ステップの成長カイネティクスや融点近くでの相転移現象を明らかにする研究に取り組んでゆきたい。

#### 参考文献

- 1) G. Sazaki, et al., *J. Crystal Growth*, **262**, 536–542 (2004).
- 2) G. Sazaki, et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **107**, 19702–19707 (2010).
- 3) G. Sazaki, et al., 投稿準備中.
- 4) van der Veen, J.F., Pluis, B. and Denier van der Gon, A.W., “Surface melting”, *Chemistry and physics of solid surfaces VII*, eds. Vanselow R. and Howe R.F. (Springer-Verlag, Berlin), pp. 455–490.
- 5) M. Elbaum, S.G. Lipson, J.G. Dash, *J. Crystal Growth*, **129**, 491–505 (1993).

# 流氷・気象観測用ドップラーレーダー・システムのリアルタイム・データ伝送ネットワークの構築案

大井 正行<sup>1,2</sup>, 千貝 健<sup>3</sup>, 福土 博樹<sup>3</sup>, 藤吉 康志<sup>2</sup>

1. (株)ジェイ・ツー
2. 雲科学分野
3. 技術部先端技術支援室

低温科学研究所雲科学分野では2台のドップラーレーダーを使って北海道オホーツク海沿岸の海氷と雲エコーの観測を行っている。研究室で2台のドップラーレーダーによる観測データをリアルタイムで得ることは、観測結果の一般への公開とデータ解析の上で迅速性が向上することになり、重要である。紋別レーダーによる観測データのリアルタイム伝送については、2009年の技術部技術報告 [1] で既に述べた。この度、我々は雄武レーダーの観測データも紋別レーダーと同様に札幌低温研へリアルタイム伝送を可能とする案の実現を目指している。参考のため現行ネットワーク図を図1に示す。

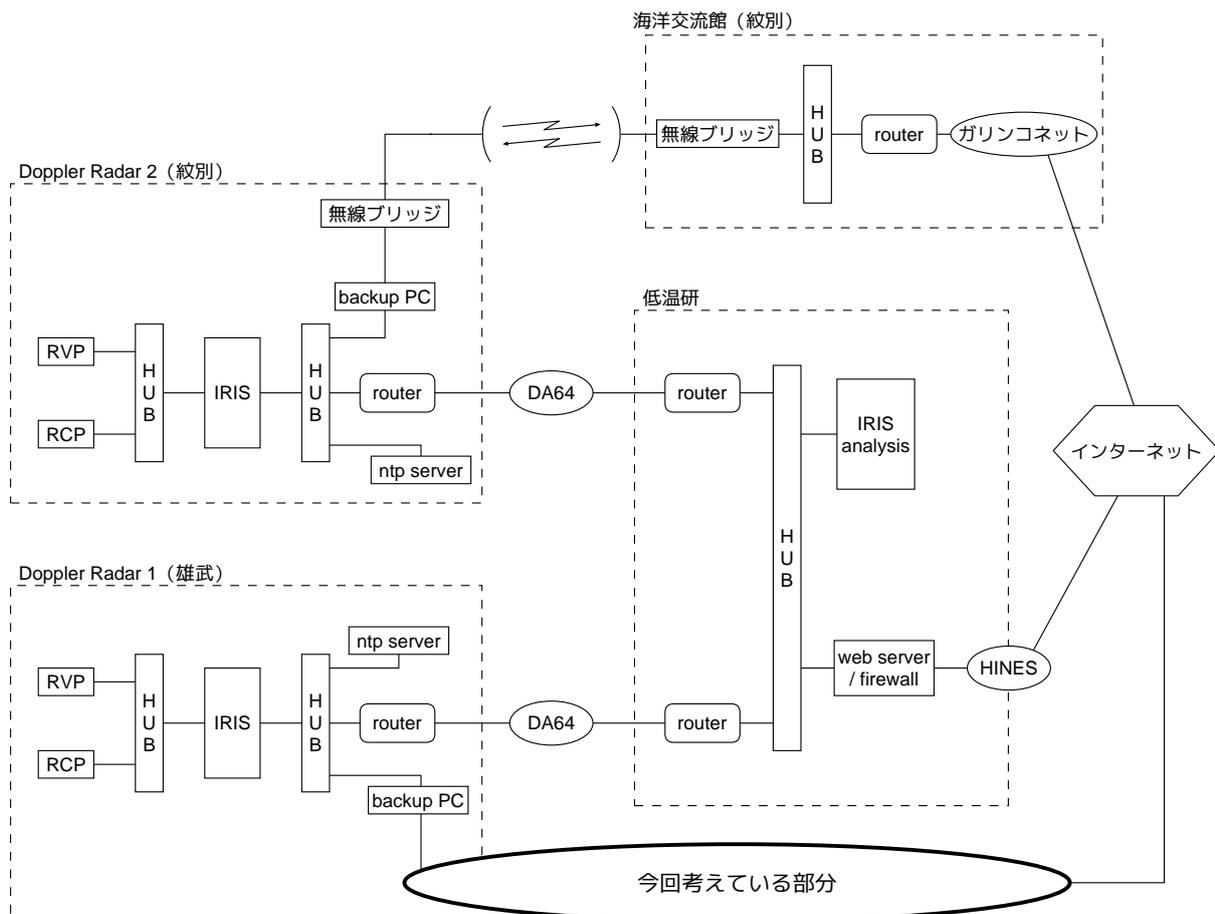


図1 ネットワーク図

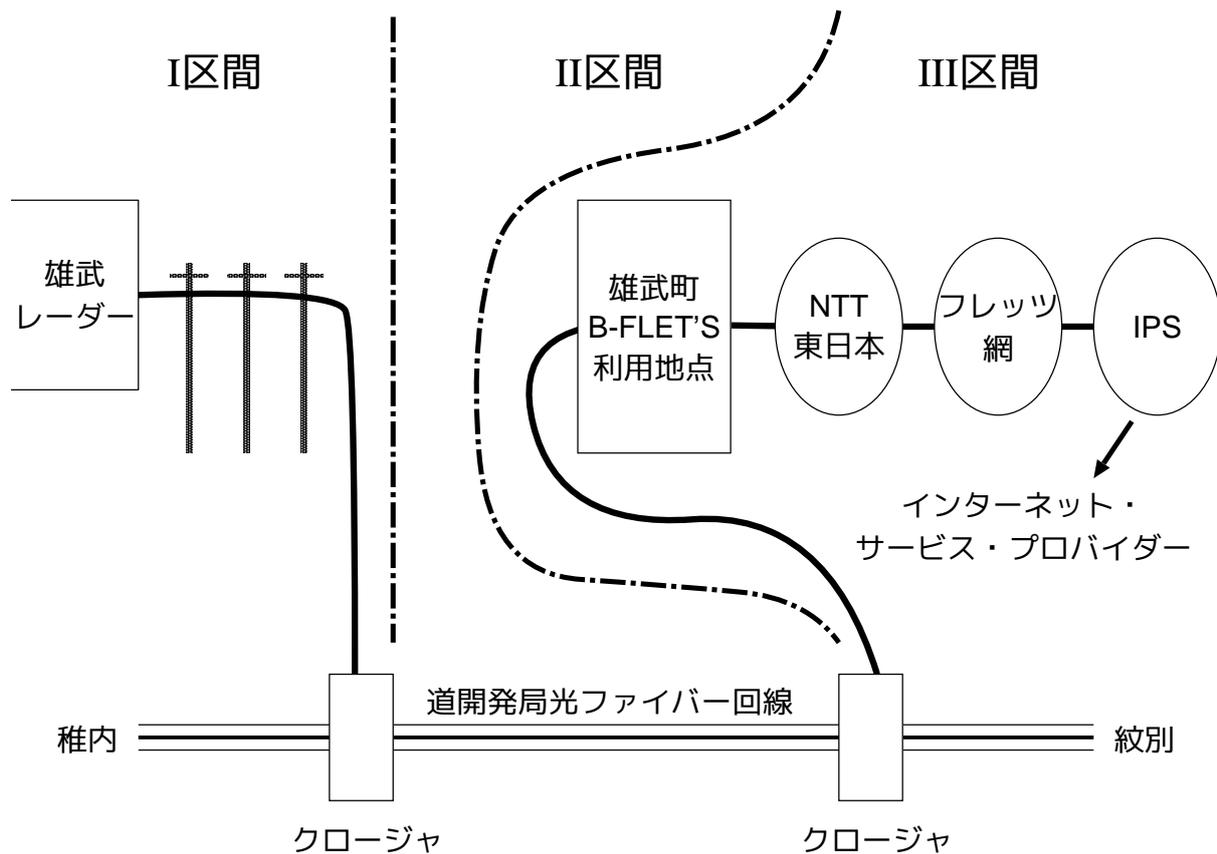


図2 3つの回線を連結して利用する案

具体的な方法として、次の3つの回線を連結して利用する案（図2）である。

- I 区間：雄武レーダーサイトからここに最も近い道開発局光ファイバー回線のクロージャまで自前の光F回線を新たに敷設する
- II 区間：北海道開発局が既に道内主要幹線道路に張りめぐらしている光ファイバー回線網の一部の区間（雄武レーダーサイトに最寄のクロージャ ↔ 雄武町のクロージャ）
- III 区間：雄武町から NTT の B-FLET'S 光回線へ

現時点では未だ雄武町での B-FLET'S 光回線の利用はできないが、翌 2011 年春以降 IRU 方式<sup>\*1</sup>による B-FLET'S 光回線の利用が可能となりそうである。

## 参考文献

- [1] 千貝 健, 福土 博樹, 大井 正行, 藤吉 康志, 紋別沖等高度雲画像のリアルタイム公開, 北海道大学低温科学研究所技術部技術報告, 15, 37-40, 2009

<sup>\*1</sup> IRU とは “Indefeasible Right of Use” の略で、事業性の乏しい地域のブローバンド化を進めるには、民間事業者と自治体が契約を結ぶ際に、「契約者双方の合意がない限り一方的に契約破棄や契約終了をすることができない」というルールを定めているやり方である。

# 2010年クロモフ号航海 ～2007年航海からの更新点～

小野 数也<sup>1</sup>、藤田 和之<sup>2</sup>

1. 技術部先端技術支援室
2. 技術部装置開発室

## はじめに

我々技術部はクロモフ号航海のサポートを2006年から行っている（西岡ら2007、西岡ら2008、小野と藤田2008）。2010年に行ったクロモフ号航海で、今までの課題点（小野と藤田2008）の更新点を中心に示す。

## CTD と LADCP の時計合わせ

今までの航海では観測機器の時刻合わせは時計を見ながら手動で行っていたが、GPSを利用した（アンテナ写真を図1に示す）NTPサーバ（小野ら2009）を導入する事により、それをより簡単に正確に行う事ができた。それに伴い、ネットワークを構築した（図2）。今回のネットワークはルータ内で全て閉じたので、構成もシンプルだった。

本航海でのサーバの精度は、過去の航海と比べて（おしよろ丸、白鳳）10倍以上だった。これは、GPSアンテナの設置場所が良かったせいか、多くの衛星を捉えていたためだと考える。精度については、この観測で使う時刻合わせには十分すぎるため議論しない。

NTPサーバが全ての観測を終了した直後にハングアップした。原因は不明だが、HDDに不良セクタが発生した。下船後復旧させたが、船上ではすぐに解決できない可能性がある。今後、船上でサーバの故障が想定されるため、我々はバックアップ機を用意した。



図1 GPSアンテナ（寒冷地でも問題なく動作した）。

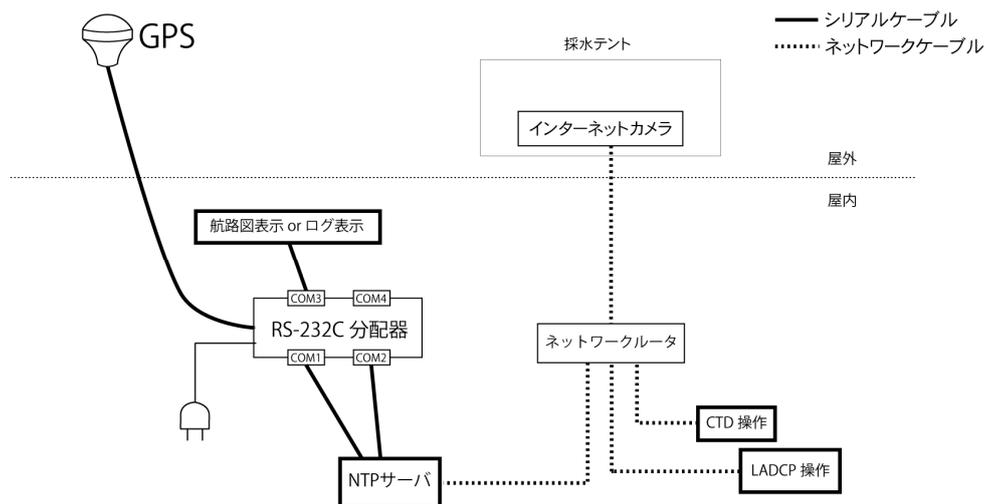


図 2 2010 年クロモフ号でのネットワーク構成図

### 採水テントの風対策

2007 年航海の終盤、風によりテント生地が内側に押され、作業スペースを圧迫してしまっ  
た。その時にはロープを貼って緩和させたが、十分ではなかった。そこで今回の航海ではテ  
ントに木の棒を二本横に並べるようにした(図 2)。これにより、強風の時でもテント内スペー  
スを圧迫する事無く、作業を可能にした。

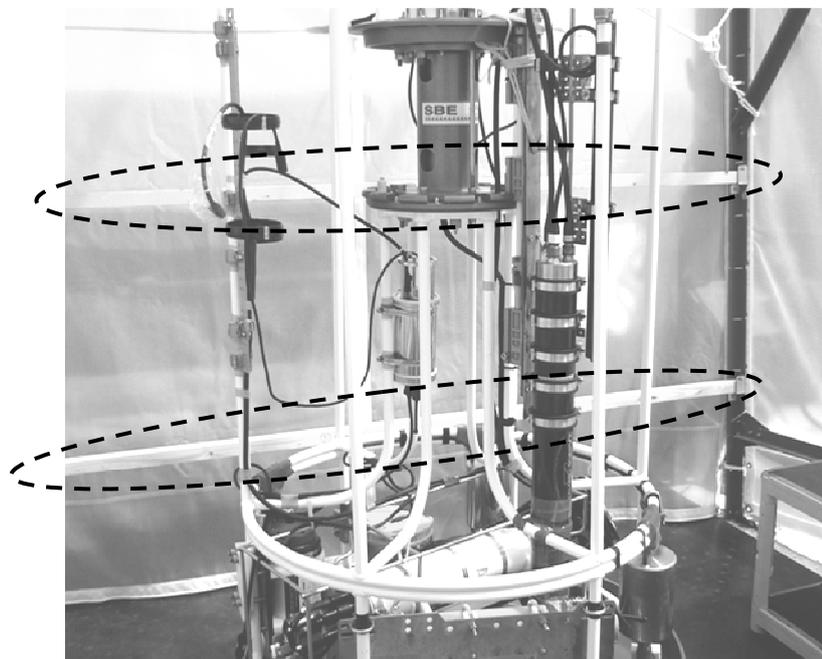


図 2 テント内写真。右舷側からの風を緩和するために木の棒（点線部分）を二本設置で  
きるフックを取り付けた。

## ネットワークカメラ

今まで甲板とのやりとりはトランシーバのみで行っていたが、新たにネットワークカメラを導入した。オペレーションルームから作業映像が見る事ができるようになった。なお、ルータからカメラまでは40mの屋外用LANケーブルを使用した。ネットワークカメラは1台のみだったため、観測項目に応じて移動させた。前半の観測では甲板、後半の観測ではテント内を映した(図3)。

甲板などの作業状況が見られる事により、伝達不足などを解消できたが、あと2台(屋外にもう1台、分析室に1台)あると、不自由無く観測が行えると感じた。



図3 ネットワークカメラを利用した映像の様子(上図:甲板、下図:夜のテント内)。ブラウザからカメラを操作でき、夜の作業でもクリアな映像で見られた。

## おわりに

船上で利用する NTP サーバの構築は、2 年ほど前から、本航海のために行ってきた。このサーバは非常に安定しており、バックアップ機も設定したことから、次のクロモフ航海や他の海洋観測でも適応できるシステムであると思われる。ネットワークカメラについても、監視カメラが設置されていない船では非常に有用なツールであることがわかった。

本来別の用途で使われているツールが、インフラ整備のなされていない船では有効活用されることが多々ある。NTP サーバやネットワークカメラの他にも、何か利用できるツールを発見できれば良いと考えている。

来年度以降も、オホーツク海での観測がいくつか予定されている。来年は今までとは異なる観測船での航海が予定されている。乗船したことのない船のため、インフラの充実などは難しいが、柔軟に対応し、より良い観測環境を提供したい。

## 参考文献

西岡 純、中塚 武、小野 数也 2006 年西部オホーツク海航海 (Kh06 航海) の概要：低温科学研究所技術部技術報告、**12**、2007 年 2 月、1-4

小野 数也 2007 年クロモフ航海～技術部がサポートした点～：低温科学研究所技術部報告、**13**、2008 年 3 月、37-40

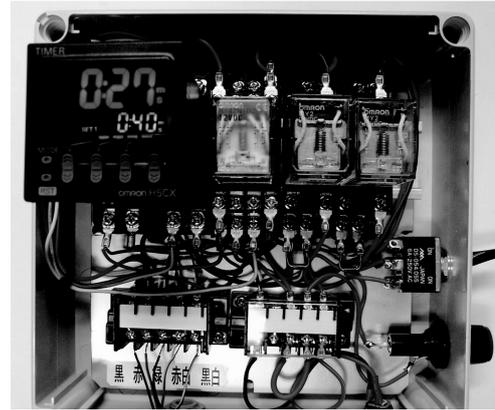
西岡 純、中塚 武、小野 数也、藤田 和之 2007 年西部オホーツク海航海 (Kh07 航海) の概要：低温科学研究所技術部報告、**13**、2008 年 3 月、41-43

小野 数也、千貝 健、富士 博樹 船上観測で使用する NTP サーバの構築：低温科学研究所技術部報告、**15**、2009 年 12 月、31-36

# 自動開閉式チャンバー 予備制御システムの製作

千貝 健<sup>1</sup>, 福土 博樹<sup>1</sup>, 中坪 俊一<sup>2</sup>

1. 技術部先端技術支援室
2. 技術部装置開発室



マルチ自動開閉式チャンバーシステムは、複数台のチャンバーを次々制御して海氷 大気間の CO<sub>2</sub> フラックスを測定する。南極という保守部品等が入手しづらい環境で使用するため、万が一動作しなくなった場合のライフラインとしてチャンバー 1 台を制御する装置を製作した。動作条件は以下である：• モータと開閉各マイクロスイッチへの配線はマルチ自動開閉式チャンバーシステムの配線から変更を要しないこと。• 停電等から復帰した後も測定を続けられるようにするため、電源をいれたら自動的に閉まる（開く）こと（電源をいれたあとにスタートボタンで動き始める、ではない）。• チャンバーは、完全に閉じた後  $t_1$  時間後に開きはじめる、完全に開いた後  $t_2$  時間後に閉じはじめること。• 単純な部品から構成され、部品の交換・修理が楽なこと。• 長期無人観測ではない。

まずはじめに、動作チャート（図 1）を作成した。蓋が完全に閉じた状態、完全に開いた状態、中途半端に開いている状態どれからでも同様な動作をするように設計した。電源を入れると蓋が閉じはじめ、完全に蓋が閉じるとマイクロスイッチが働きタイマーがスタートする。 $t_1$  時間経過すると蓋が開き、完全に蓋が開いてマイクロスイッチが働きタイマーがスタートする。 $t_2$  時間経過すると蓋が閉じる。これを繰り返す。次に動作チャートを回路図におこし、チャンバー制御装置を試作した。また、現場で修理がしやすいように実体配線図も作成した。タイマ 2 台、1 接点、2 接点、3 接点、4 接点のリレーがそれぞれ 1 台必要である。様々な動作モードを持つ多機能タイマである omron デジタルタイマ H5CX-L8D と omron ミニパワーリレー MY2N-D2（2 接点）、MY4N-D2（4 接点）を用いた。タイマ、リレーともに交換しやすいソケットタイプを採用した。

「閉じた後  $t_1$  時間後に開き、開いた後  $t_2$  時間後に閉じる」という動作から「閉じはじめてから  $t_1$  時間後に開き、開きはじめてから  $t_2$  時間後に閉じる」という動作に変更すると、2 台のタイマではなく、ツインタイマ 1 台があればよい。H5CX はツインタイマとしても動作する。ツインタイマを使用した装置も製作し、結局これが予備機に採用された。動作チャート、回路図、配線図を図 2 から図 4 に示した。ツインタイマ 1 台、1 接点のリレー 2 台と 2 接点のリレー 1 台が必要である。

今回、モータの過負荷保護回路をつけていない（ヒューズのみ）。過負荷保護回路（例えば、モータの負荷が大きくなった場合にモータへの電流を遮断し、負荷の原因が取り除かれた場合に自動的に復帰する）をつけることにより、長期無人観測をする場合の信頼性が上がるだろう。

半端な位置からスタート

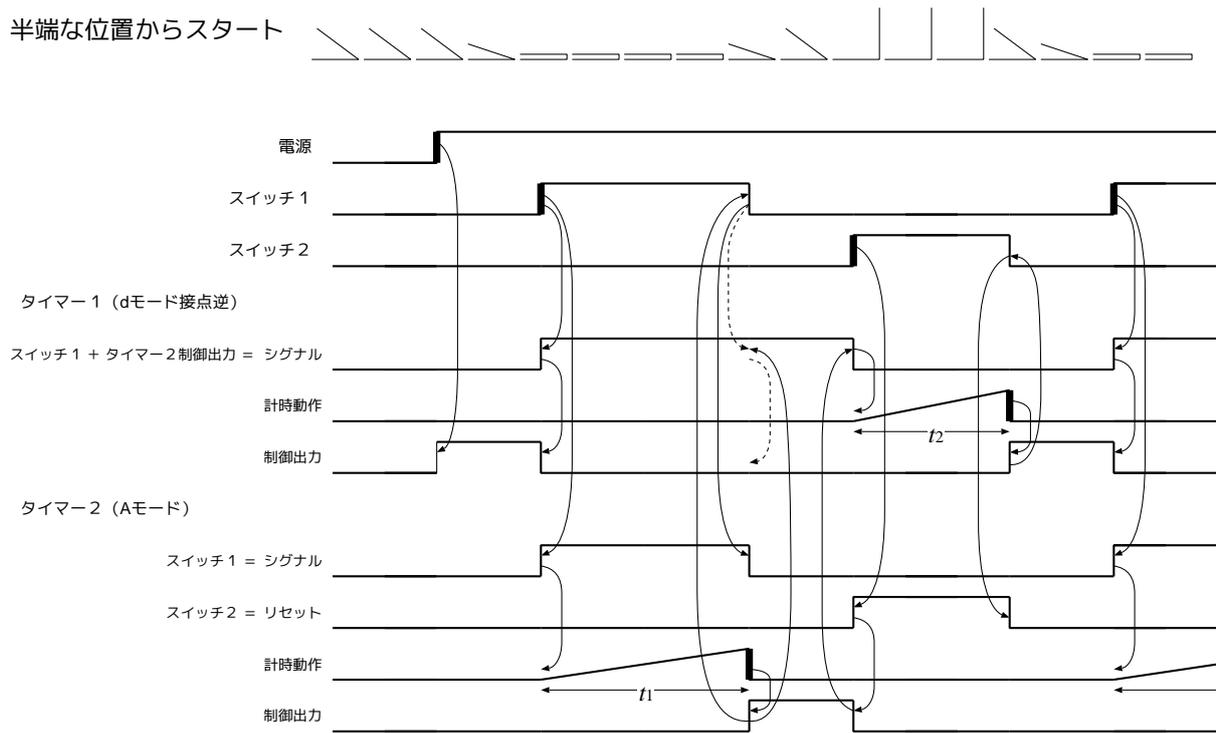


図 1 動作チャート

半端な位置からスタート

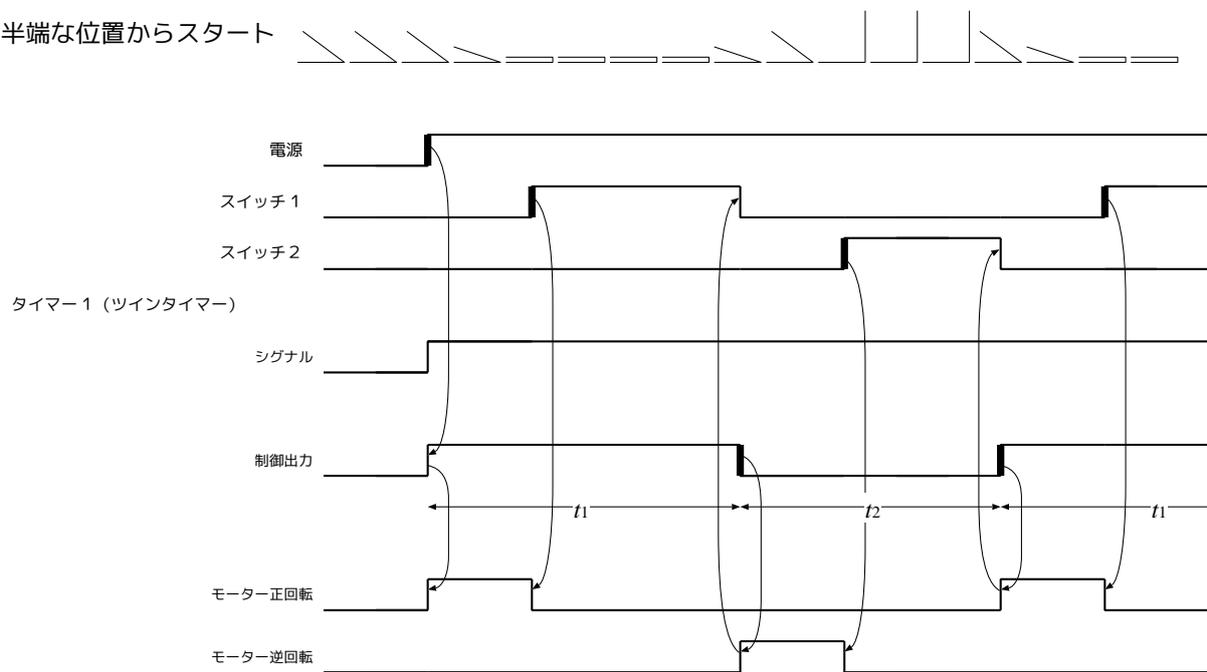
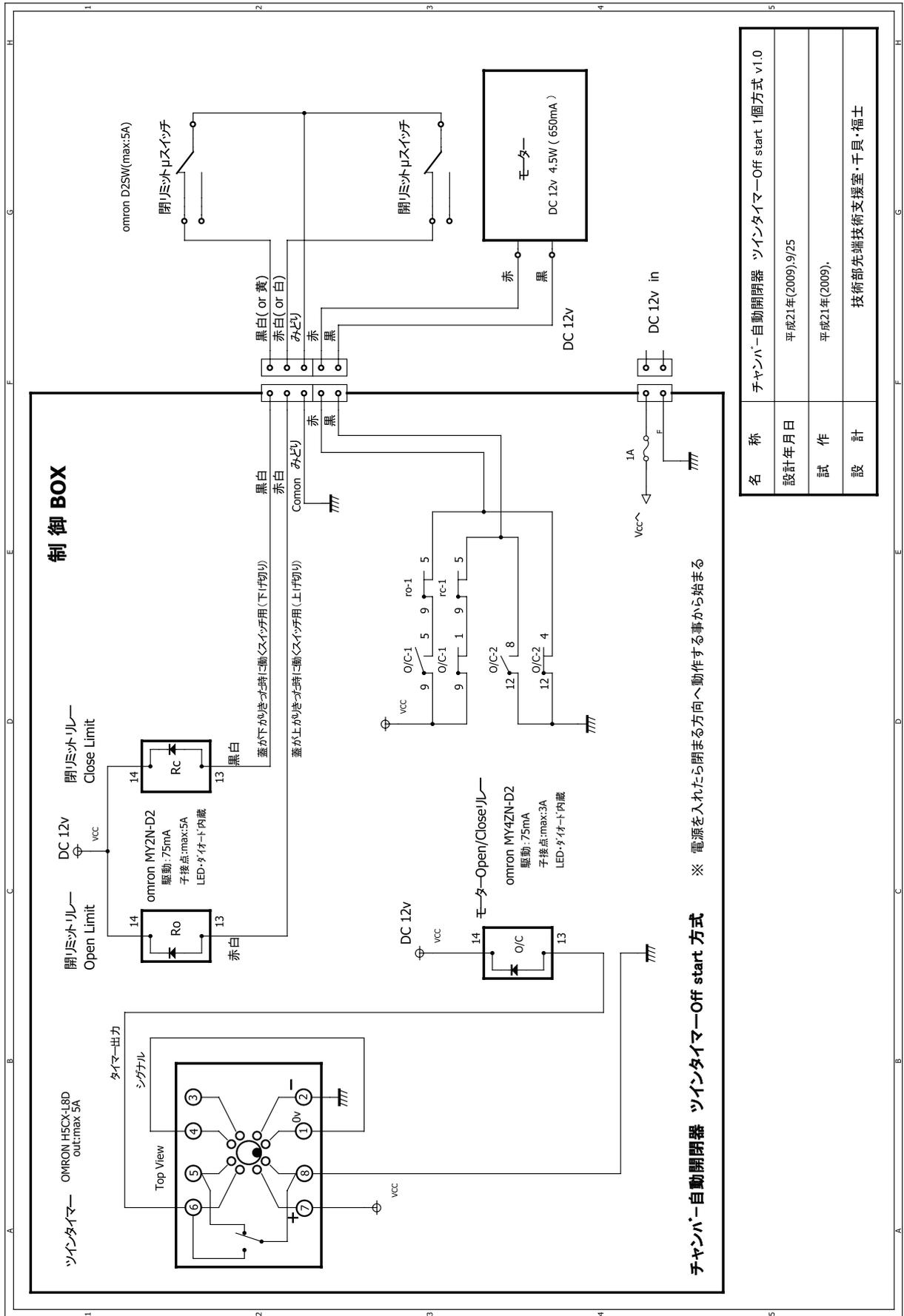


図 2 動作チャート 2



名称	チャンパー自動開閉器 ツインタイマー-Off start 1個方式 v1.0
設計年月日	平成21年(2009)9/25
試作	平成21年(2009)
設計	技術部先端技術支援室・千貝・福士

図 3 回路図

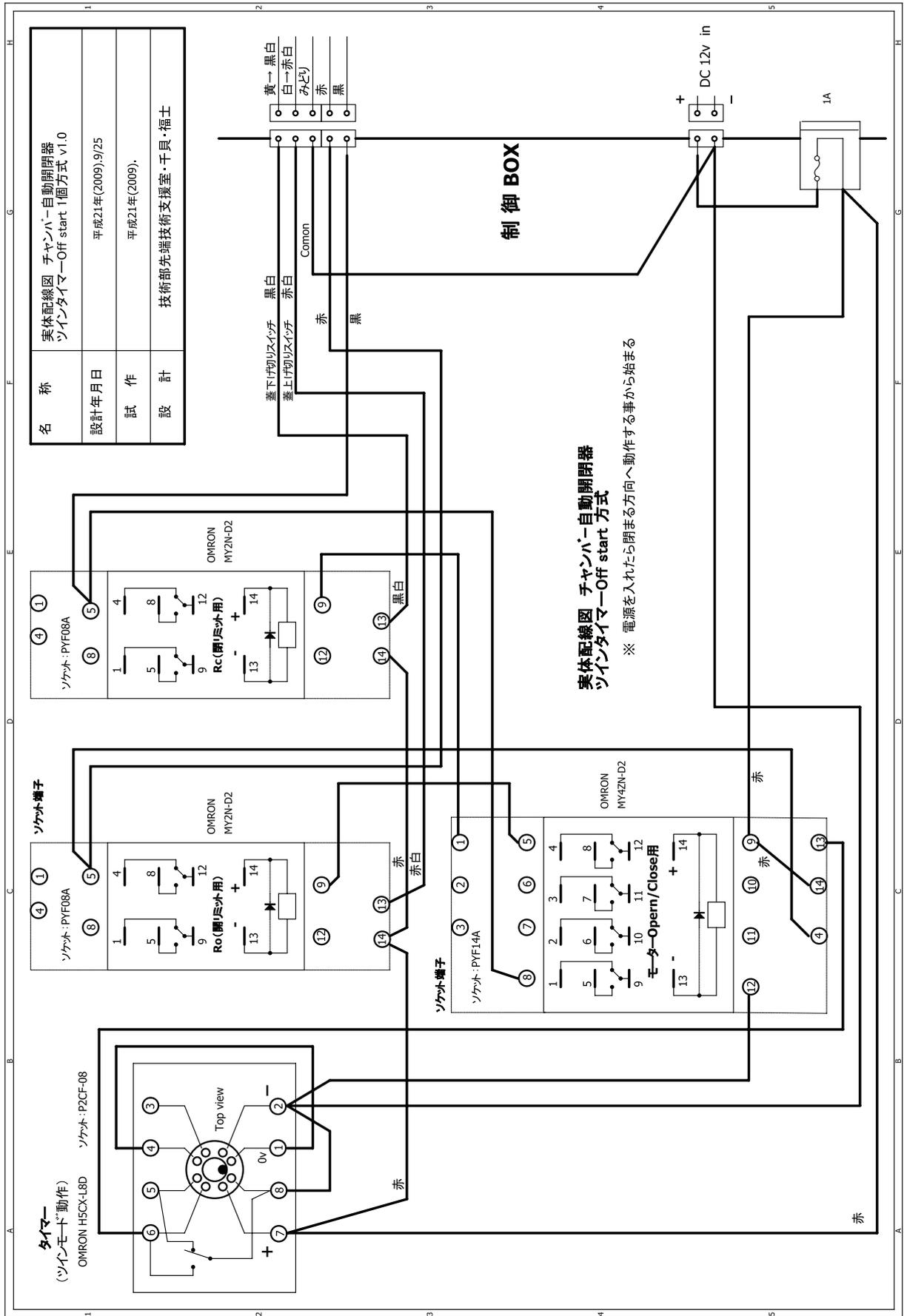


図 4 配線図

# 低温研ウェブサーバアクセス解析 2009/10–2010/09

千貝 健<sup>1,2</sup>

1. 技術部先端技術支援室
2. 所内広報委員会ホームページ担当

前回まで [1] と同様に、2009 年 10 月 1 日から 2010 年 9 月 30 日まで 12 ヶ月間のアクセス統計 (表 1–10) とこれまでのアクセス推移 (図 1) を示した。12 ヶ月間の全リクエスト件数 (以下、リクエストと略す) は 1,600,740 件、全ページリクエスト件数 (以下、ページ数と略す) は 473,534 件であった。月あたりのリクエスト数は前回の 117,400 件から 133,395 件に、ページ数は 31,668 件から 39,461 件になっており、微増している。本年は、IGS-Sapporo、PCI-2010 という国際学会のウェブサイト低温研ウェブサーバ上に作成した (その影響が、検索語句レポート (表 7) やリクエストレポート (表 8) から見て取れる) が、これがアクセス数増加の原因の一つだろう。

## 参考文献

- [1] 千貝 健, 低温研ウェブサーバアクセス解析 2008/10–2009/09, 北海道大学低温科学研究所 技術部技術報告, 15, 41–44, 2009

表 1 月別レポート

年	月	リクエスト	ページ数
2009	10	121505	40671
	11	132541	36123
	12	124721	31729
2010	1	140168	43087
	2	118537	36772
	3	127866	40058
	4	139079	40169
	5	137313	43556
	6	160283	41308
	7	131407	38061
	8	128000	39129
	9	139320	42871

表 2 曜日別集計

曜日	リクエスト	ページ数
日	11778	4623
月	21141	5679
火	22835	5986
水	21590	5971
木	21799	5927
金	21375	6301
土	12875	4970

リクエスト件数、ページ数は  
1 ヶ月あたりの値で示した。

表 3 時間別集計

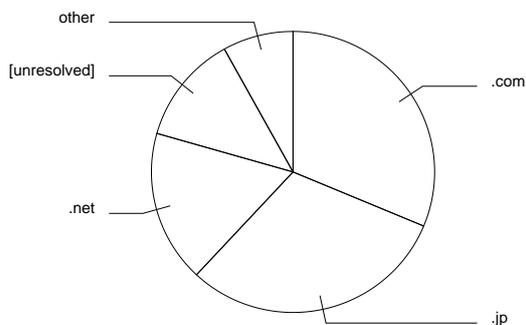
時間	リクエスト	ページ数	時間	リクエスト	ページ数
0時	4171	1399	12時	6906	1868
1時	3434	1400	13時	7981	1937
2時	2727	1278	14時	8741	2136
3時	2437	1203	15時	8918	2198
4時	2334	1191	16時	8907	2015
5時	2240	1177	17時	7898	1987
6時	2510	1298	18時	6491	1722
7時	2702	1271	19時	5774	1743
8時	3972	1365	20時	5580	1719
9時	6557	1801	21時	5837	1671
10時	8000	1921	22時	5759	1665
11時	8300	1951	23時	5206	1532

リクエスト件数、ページ数は1ヶ月あたりの値で示した。

表 4 ドメインレポート

リクエスト	ページ数	ドメイン
15498	12346	.com (商業組織)
70621	12093	.jp (日本)
15300	6902	.net (ネットワーク)
21763	4939	【未解決 IP アドレス】
1230	819	.ru (ロシア連邦)
345	254	.org (非営利組織)
758	210	.de (ドイツ)
870	208	.fr (フランス)
907	186	.edu (米国高等教育機関)
1104	170	.ca (カナダ)
419	149	.uk (イギリス)
245	127	.se (スウェーデン)
426	120	.kr (大韓民国)
530	116	.ch (スイス)
320	87	.gov (米国政府機関)
3053	728	【その他: 103 ドメイン】

リクエスト件数、ページ数は1ヶ月あたりの値で示した。

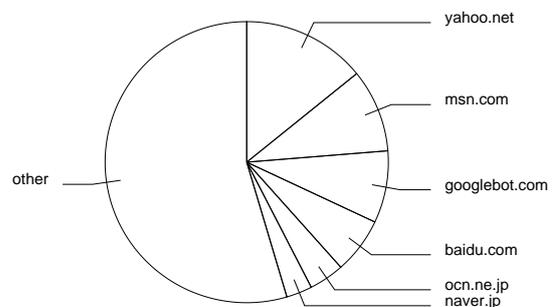


扇型の角度：ページ数

表 5 組織別レポート

リクエスト	ページ数	組織
8903	5584	yahoo.net
4546	3772	msn.com
4356	3270	googlebot.com
2593	2540	baidu.com
8404	1591	ocn.ne.jp
2014	1165	naver.jp
1063	947	crawl.baidu.jp
1028	894	59
860	698	yandex.ru
702	655	super-goo.com
5478	595	hokudai.ac.jp
505	496	kclab.jgn2.jp
435	430	scoutjet.com
3348	406	bbtec.net
3172	360	dion.ne.jp
85980	16051	【その他: 6,603 組織】

リクエスト件数、ページ数は1ヶ月あたりの値で示した。



扇型の角度：ページ数

表6 参照元サイトレポート

リクエスト	ページ数	サイト
79266	7840	http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/
1944	1291	http://www.google.co.jp/
1596	1185	http://search.yahoo.co.jp/
331	330	http://www.hokudai.ac.jp/
645	274	http://www.google.com/
669	143	http://daiichi.lowtem.hokudai.ac.jp/
133	129	http://www.igsoc.org/
88	60	http://www.bing.com/
52	52	http://wwwoc.lowtem.hokudai.ac.jp/
28	28	http://www.seppyoo.org/
27	27	http://www.sci.hokudai.ac.jp/
27	27	http://www.h5.dion.ne.jp/
25	25	http://www.cris.hokudai.ac.jp/
34	23	http://images.google.com/
21	21	http://ezsch.ezweb.ne.jp/
1691	871	【その他: 1,260 サイト】

リクエスト件数、ページ数は  
1ヶ月あたりの値で示した。

表7 検索語句レポート

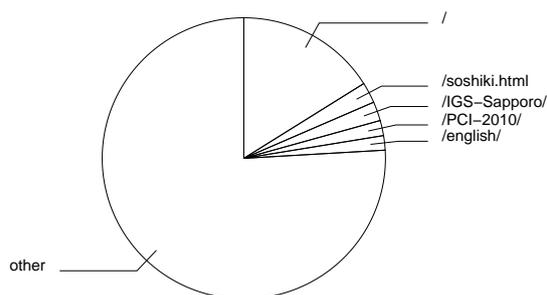
リクエスト	検索語句
276	(論文名)
81	低温研
76	低温科学研究所
73	北海道大学低温科学研究所
71	北海道大学 低温科学研究所
55	シンポジウム
49	pci 2010
41	レイリー
40	igs sapporo
38	低温科学
37	北大 低温研
31	北大低温研
28	pci2010
22	共同研究
19	オホーツク海
3773	【その他: 26,946 検索項目】

リクエスト件数は  
1ヶ月あたりの値で示した。

表8 リクエストレポート

リクエスト	html ファイル
6342	/
943	/soshiki.html
868	/IGS-Sapporo/
689	/PCI-2010/
655	/english/
645	/PCI-2010/Top.html
593	/topics/
566	/PCI-2010/Menu_frame.htm
555	/kyujin/
552	/PCI-2010/Title_frame.htm
523	/symposium/
439	/kyoudou/
413	/IGS-Sapporo/dates.html
406	/access.html
314	/LTS/
24950	【その他: 1,310 ファイル】

リクエスト件数は  
1ヶ月あたりの値で示した。



扇型の角度：リクエスト件数

表9 ブラウザ集計

リクエスト	ページ数	ブラウザ
16145	11009	Netscape ( compatible )
61916	8537	MSIE
4125	3728	Baiduspider+
4179	3582	msnbot
21013	2993	Firefox
12731	1798	Safari
1219	1219	Hatena Antenna
1942	1092	Yeti
1056	896	DoCoMo
772	625	Yandex
7938	3777	【その他: 412 ブラウザ】

リクエスト件数、ページ数は  
1ヶ月あたりの値で示した。

表10 OS レポート

リクエスト	ページ数	OS
23814	17405	ロボット
81715	11426	Windows
12327	8271	未知 OS
12823	1850	Macintosh
2353	305	Unix
5	1	【その他: 2 OS】

リクエスト件数、ページ数は  
1ヶ月あたりの値で示した。

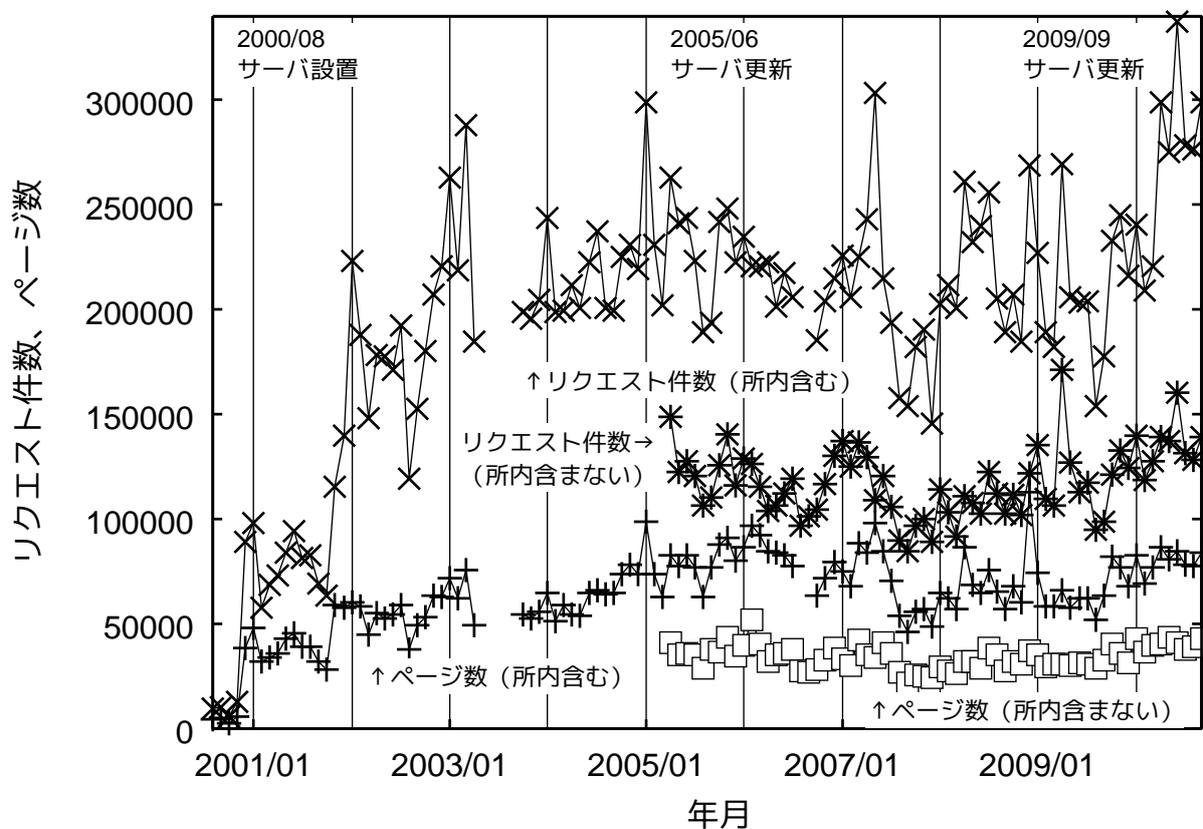


図1 これまでのリクエスト件数、ページ数

## あとがき

今年も皆様の協力で16回目の技術発表会を迎える事が出来ました。このような報告・研修と言われる発表会は、平成3年頃から我々国立大学で働く技術職員に適応されていた俸給表(行政職(一))を、専門行政職俸給表(航空管制官、防疫・免疫官など)への移行を視野に入れ、技術職員の質の向上を目指し、研修等への参加記録は人事記録(4日間以上の研修期間)にも載せ、ゆくゆくは技術職員の待遇改善へと結びつける、との思惑で全学的に始められました。しかし、数年後には専門行政職俸給表への移行が難しいと分かったと、それまで各学部で行われていた技術部研修会・報告会が1つ消え2つ消え、現在は私の知っている範囲では低温科学研究所(以下低温研)と北方生物圏フィールド科学センターだけが続けています。

低温研の技術部発表会の特徴は、技術職員が行った仕事の発表だけではなく、技術職員のサポートを受けた研究者と一緒に発表している点にあります。この事が他部局にない技術部内の技術向上への励みになることはもとより、異なった分野の研究発表を聞くことにより、研究者間の風通しを良くする事にも貢献していると思います。このように長年にわたる教員・大学院生・研究者との緊密な関係、そして技術部発表会等で自分たちの技術を発表し、技術職員同士が切磋琢磨することにより、今では低温研技術部は学内で一番組織が機能していると言えるまでに成ったと自負しております。

最近、全学の教室系技術職員の組織化の一步として技術職員を教育研究支援本部付に一本化し、そこから学部への派遣という方式が提案されております。しかし教育研究支援本部は派遣方式で統一された組織化だけを考えず、低温研技術部のように、現在組織が機能しているところは学部に残し、待遇面でも大きな組織に属さなくても上位給へ昇格ができる、または現在特殊な事務業務を行う専門職員に用いられている特定職給与表を、学内の技術職員へ適応し、柔軟で活動的な全学的組織を作ることが望ましいと思います。

低温研技術部は全学技術職員ネットワークの活用が重要性あることを認めつつ、これからも特徴のある研究支援活動に心掛けていきたいと思っております。

平成22年12月10日

新堀 邦夫

平成22年12月10日発行  
編集者：中坪 俊一、新堀 邦夫  
北海道大学 低温科学研究所 技術部  
〒060-0819 札幌市北区北19条西8丁目