

北里大学保健衛生専門学院紀要

KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO

第 21 卷

南魚沼地域における彩雪現象の調査

田口 洋介（北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科）他
糖尿病栄養教育における炭水化物摂取比率の変更指導の影響

浅田 祐一（北里大学保健衛生専門学院 管理栄養科）
ハンドピース型の冷温手術装置の基礎検討

－ハンドピースの改良と冷媒の再検討－

相田 武則（北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科）他
冷媒冷却の性能向上を目的とした凍結加温手術装置の改良

高橋 大志（北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科）他
地域医療改革に伴う病院機能分担に対する住民の意識

－新潟県魚沼圏域の事例－

加藤 英一（北里大学保健衛生専門学院 非常勤講師）他
後期高齢者医療制度の公平性

加藤 英一（北里大学保健衛生専門学院 非常勤講師）
臨床検査技師に必要な統計学について（第 3 報）

小林 浩二（北里大学保健衛生専門学院 臨床検査技師養成科）

KITASATO JUNIOR COLLEGE
OF HEALTH AND HYGIENIC SCIENCES

Vol. 21

2016

北里大学保健衛生専門学院紀要
第21巻 平成28年(2016年)
目 次

[原著論文]

南魚沼地域における彩雪現象の調査	1
田口 洋介（北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科）他	
糖尿病栄養教育における炭水化物摂取比率の変更指導の影響	9
浅田 祐一（北里大学保健衛生専門学院 管理栄養科）	
ハンドピース型の冷温手術装置の基礎検討－ハンドピースの改良と冷媒の再検討－	17
相田 武則（北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科）他	
冷媒冷却の性能向上を目的とした凍結加温手術装置の改良	27
高橋 大志（北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科）他	
地域医療改革に伴う病院機能分担に対する住民の意識－新潟県魚沼圏域の事例－	37
加藤 英一（北里大学保健衛生専門学院 非常勤講師）他	
後期高齢者医療制度の公平性	49
加藤 英一（北里大学保健衛生専門学院 非常勤講師）	

[活動報告]

臨床検査技師に必要な統計学について（第3報）	61
小林 浩二（北里大学保健衛生専門学院 臨床検査技師養成科）	

[雑 報]

作成基準・執筆要領	67
-----------	----

[編集後記]

高橋 大志（学術委員会委員長）	73
-----------------	----

KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO

Vol.21

2016

Contents

[Original Article]

Research on red snow phenomenon in Minamiuonuma area

Yousuke TAGUCHI et al. (Course of Clinical Engineering, Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences)

Comparison of the Carbohydrate intake proportions in Nutrition education to diabetic patients

Yuuichi ASADA (Department of Applied Clinical Dietetics, Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences)

A basic study of cryosurgery and hyperthermia treatment with the handpiece cryoprobe - the improvement of the handpiece and further examination of the refrigerant -

Takenori AIDA et al. (Course of Clinical Engineering Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences)

The Improvement of the System Performance to Cool the Coolant of Cryosurgery and Hyperthermia Treatment System

Daishi TAKAHASHI et al. (Course of Clinical Engineering, Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences)

Verification of integration and restructuring of municipal hospitals from the viewpoint of residents

- For the case of integration and restructuring of municipal hospitals centered around Uonuma Kikan hospital -

Eiichi KATO et al. (Part-time lecturer at Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences)

Distributive Equity of the Late-Stage Medical Care System

Eiichi KATO (Part-time lecturer at Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences)

[Activity Report]

Statistics required for a medical laboratory technologist (Part 3)

Koji KOBAYASHI (Department of Medical Technology, Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences)

[Information]

Instruction to Authors

Editor's postscript

Daishi TAKAHASHI (Editor-in-Chief, Chairperson of Scholarly Committee)

南魚沼地域における彩雪現象の調査

田口洋介, 高橋大志, 相田武則

北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科
〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番

要旨 :

世界中の高山地帯や氷河の残雪には春から初夏にかけて彩雪とよばれる雪が色付く現象が見られる。これは過度な紫外線から細胞を保護する為に、細胞中に色素を多く発現させた雪氷藻類の大量繁殖によって起きる現象であり、日本では立山連山や尾瀬などの標高の高い地域でよく目撃される一般的な現象である。通常、雪氷藻は 0°C 付近の低温環境下で日照条件が揃うと繁殖が進むといわれており、その条件が揃うのが春から初夏にかけての高山地帯である。しかし、2015年4月初旬から中旬にかけての1、2週間であるが南魚沼地域において広範囲の彩雪現象が確認された。この地域は豪雪地帯ではあるが標高は120m前後とさして高くなく、天候が比較的よいこの時期は気温の変動が大きい為、雪氷藻の繁殖条件を十分満たしていないと考えられており、2015年以前では顕著な彩雪現象および雪氷藻の発見はできなかった。そこで我々は、この地域の彩雪現象について調査した。

2015年4月初旬から中旬において彩雪現象が起きた新潟県南魚沼市の積雪をサンプリングし、顕微鏡観察を行った。顕微鏡観察の結果、積雪表面からは直径約 $20\ \mu\text{m}$ の紡錘形の微粒子が観察され、積雪中からは直径約 $5\ \mu\text{m}$ の球状の微粒子が観察された。この結果から、この地域における雪が赤く色づく彩雪現象は積雪中に観察された微粒子によって引き起こされている可能性が高いことが分かった。

キーワード :

彩雪現象、雪氷藻類

(投稿日 : 2016年1月22日／受理日 : 2016年3月4日)

1. Introduction

世界の高山地帯や氷河の残雪には春から初夏にかけて彩雪とよばれる雪が赤や緑などに染まる現象が起きる⁽¹⁾。これは古くは紀元前から知られた現象で、なぜこのような現象が起きるのか疑問に思っていたが原因不明のままであった。しかし、19世紀に顕微鏡技術が飛躍的に発展して彩雪サンプルを観察したところ、雪の中で繁殖している藻類が発見された。この藻類は雪上や氷上における0°C近辺の低温環境でも繁殖可能なことから雪氷藻や冰雪藻、雪上藻と呼ばれる⁽²⁾。この発見から雪氷藻類に関する研究が進み、雪氷藻が繁殖することで局所的な太陽光の吸収量が上昇し氷河や積雪が溶け出す原因となっている可能性や、温暖化によって南極の氷河が色付く原因であることが分かっている^(3, 4)。日本では富山県の立山や福島、群馬、新潟の3県にまたがる尾瀬などの高山地域で見ることができる。

新潟県南魚沼市浦佐は新潟県の中越地方に位置し、八海山の麓にある日本有数の豪雪地帯である。12月～2月下旬までが降雪期で、多い時には積雪2mを越えることがある。しかし、標高は120m前後とさして高くなく3月中旬から6月にかけては天候が比較的よいため、日照時間の上昇に伴って気温も徐々に高くなる傾向にある。このことから、高山地帯の様に積雪と日照時間、気温の全ての条件が雪氷藻の繁殖条件を十分満たしていないと考えられ、2013年から2014年まで同地域を調査したが直接彩雪現象を観測することはできなかった。しかし、2015年4月初旬から月中旬までの短期間であるが同地域の数カ所および隣接地域である魚沼市虫野において雪が赤く色づく彩雪現象を観測できた。これは、彩雪現象が高山地帯や氷河上の様な通年気温が低い場所特有の現象ではなく、条件が整えば低地であっても起きる現象であることが分かる。

そこで我々は、この地域で起きた彩雪を調査し、この地域における彩雪現象が雪氷藻によるものなのかそれ以外の物質によって引き起こされる現象なのかを明らかにすることを目的とした。

2. Materials and methods

2-1 Materials

生物顕微鏡 ALPHAPHOT YS Nikon
接眼レンズ ×10 Nikon
対物レンズ Plan100 1.25 Oil 160/0.17 Nikon
対物レンズ Plan40/0.65 160/0.17 Nikon
対物レンズ Plan10/0.25 160/- Nikon
撮影カメラ iPhone 5S 内臓カメラ 800万画素 Apple
IMMERSION OIL Nikon
スライドガラス 76×26 mm IWAKI
カバーガラス 18×18 mm IWAKI
ペスツールピペット 2 ml IWAKI
サンプリングスコップ
試薬瓶 50 ml
積雪サンプル（表面、表面下5cm、表面下30cm）

2-2 Methods

2-2-1 彩雪現象の調査およびサンプリング

2015年4月上旬から中旬にかけて南魚沼市浦佐および魚沼市虫野における彩雪現象の調査を行った。調査期間の間、著者が毎日徒歩と車でこれらの地域を回り積雪の色を肉眼観察した。観察した積雪の中から特に赤く色付いているものを選び、彩雪の状態をiPhone 5sの内蔵カメラで手持ち写真撮影した(図1)。また、図1のB地点における積雪をサンプリングスコップで削り、断面の様子を写真撮影した。その後、色付いていた積雪の表面、表面下5cmの2カ所と色付いていない雪をサンプリングスコップで採取し、試薬瓶に入れて持ち帰った。

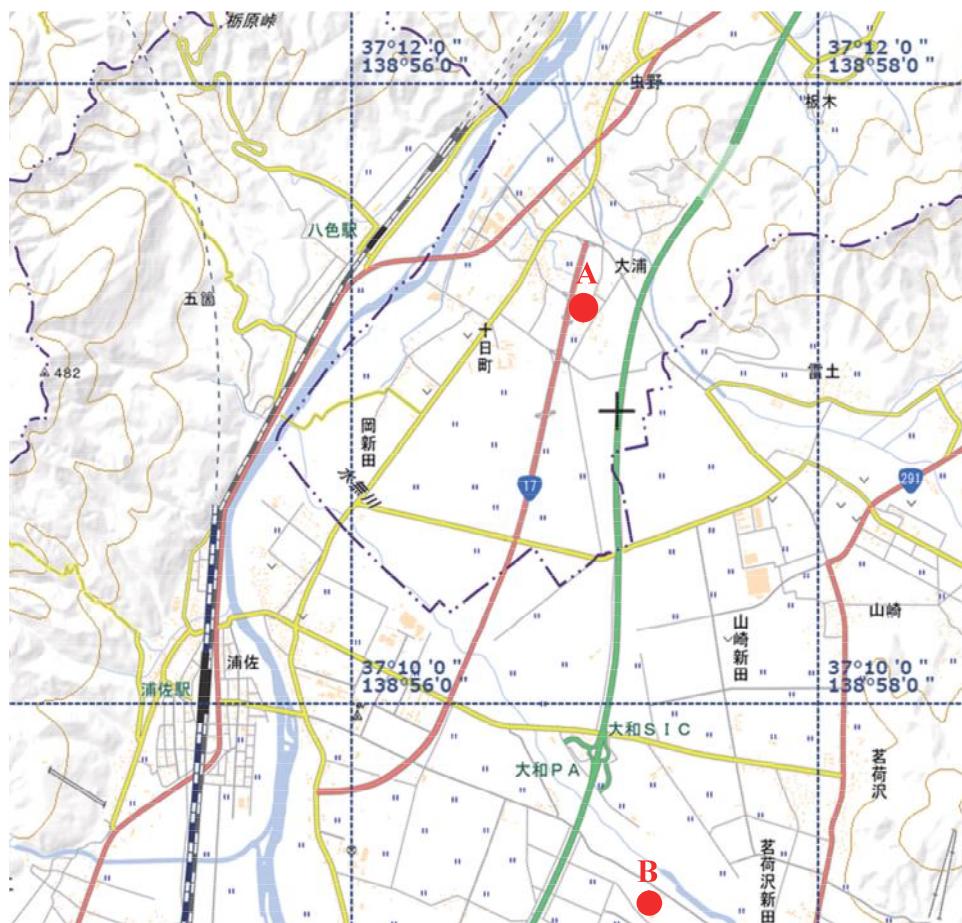


図1 写真撮影およびサンプリングを行った彩雪の場所 A: 北緯 $37^{\circ} 11' 23''$ 東経 $138^{\circ} 56' 58''$ 標高112m、B: 北緯 $37^{\circ} 9' 23''$ 東経 $138^{\circ} 57' 19''$ 標高168m この地図は、国土地理院発行の3万分の1地形図を使用したものである。

2-2-2 積雪サンプルの顕微鏡観察

持ち帰ったその日に積雪サンプルを常温で融解させ、転倒混和を行った。その後すぐにパスツールピペットでサンプルを吸い取ってスライドガラス上に1滴滴下し、カバーガラスを滴下したサンプルにおいてプレパラートを作製した。プレパラート作成後、生物顕微鏡ALPHAPHOT YSを用いてサンプルの観察を行った。観察倍率は接眼

レンズ 10 倍と対物レンズ 10 倍、40 倍、油浸対物レンズ 100 倍を用いた 100 倍、400 倍、1,000 倍を採用し、1,000 倍での観察では十分な開口数を得るためにイマルジョンオイルでガラス面とレンズの間を満たした。100 倍および 400 倍での観察でサンプル中に存在する物質の有無を確認し、1,000 倍での観察で確認できた物質の形態観察を行った。また、400 倍と 1,000 倍での観察では、コリメート法を用いて iPhone 5s の内蔵カメラで顕微鏡画像を取得した。

3. Results

3-1 彩雪現象の調査およびサンプリング

図 1A、B における積雪の様子を写真撮影した結果を図 2 に示す。図 2A の積雪は国道 17 号線浦佐バイパスの側道にあり、図 2B の積雪は北里大学保健衛生専門学院の敷地内にある実習棟の間にあった。観察の結果、図 2A においては積雪の高さ約 30 cm で平面上に広がる積雪表面が斑模様の様に薄く赤色を示していた。また、赤色の部分は色付いていない部分に比べ凹んでいた。図 2B においては、この積雪は近接する建物の屋根からの落雪と自然に積みあがった雪によってできたものであった。そして、積雪の高さ約 2 m の山の様に積みあがった積雪表面が斑状に赤色を示していた。また、それ以外にも黒い縞模様が観察できた。

積雪をそれぞれサンプリングした際に、サンプリングスコップで図 2B の積雪を削り断面を観察した。その結果を図 3 に示す。積雪を削って断面を観察したところ、表面は薄い赤色であったが表面から約 5 cm ほど下には黄緑色の雪が観察できた。これは図 2A、B どちらの積雪でも見ることができた。



図 2 サンプリングを行った積雪の写真 A: 図 1A の積雪、B: 図 1B の積雪

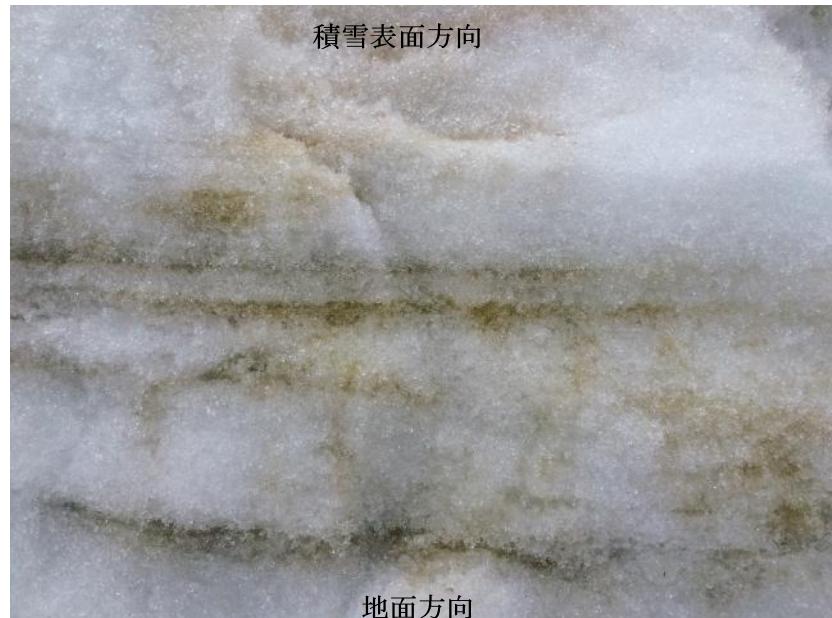


図3 図2Bにおける積雪の断面写真 図の上方向が積雪表面方向、下方向が地面方向となっている。また、この図は積雪の表面から深さ約10cmまでの断面図である。

3-2 積雪サンプルの顕微鏡観察

図1AおよびBの地点で採取した積雪サンプルを顕微鏡観察した結果を図4、図5に示す。観察の結果、色付いていないサンプルでは顕微鏡観察下で見えるものは無かつたが、積雪表面の薄い赤色の雪と積雪表面から約5cm下にあった黄緑色の雪ではそれぞれ異なる種類の微粒子が観察できた。図4の微粒子は紡錘状の形態で短軸方向の径が約20μmであった。また、微粒子の中心が緑色、その周りが橙色をしていた。図5の微粒子は直径約5μmの球状をしており、薄い黄緑色をしていた。これらの微粒子は図1A、Bのどちらのサンプリング場所でも同じ種類が観察できた。

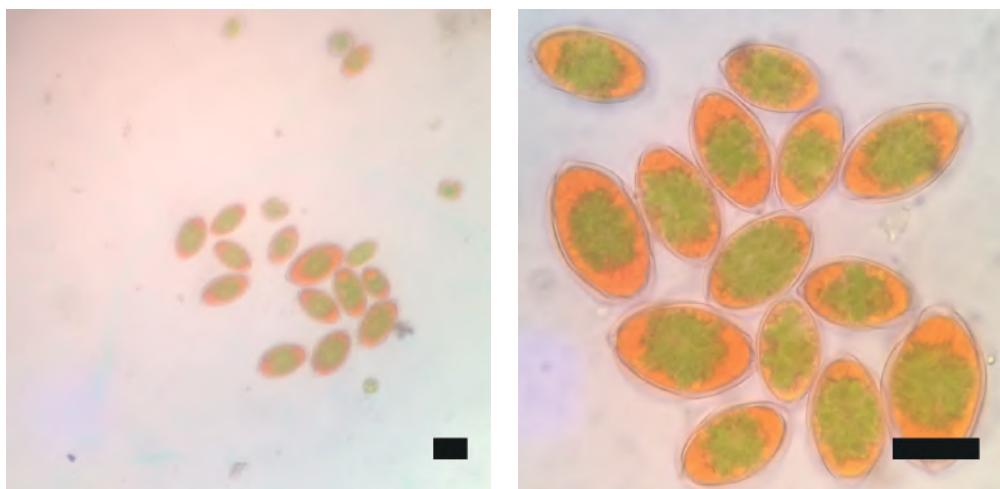


図4 薄い赤色の雪の顕微鏡観察画像 左は400倍、右は1,000倍で観察した画像。図中のバーは20μmを表す。

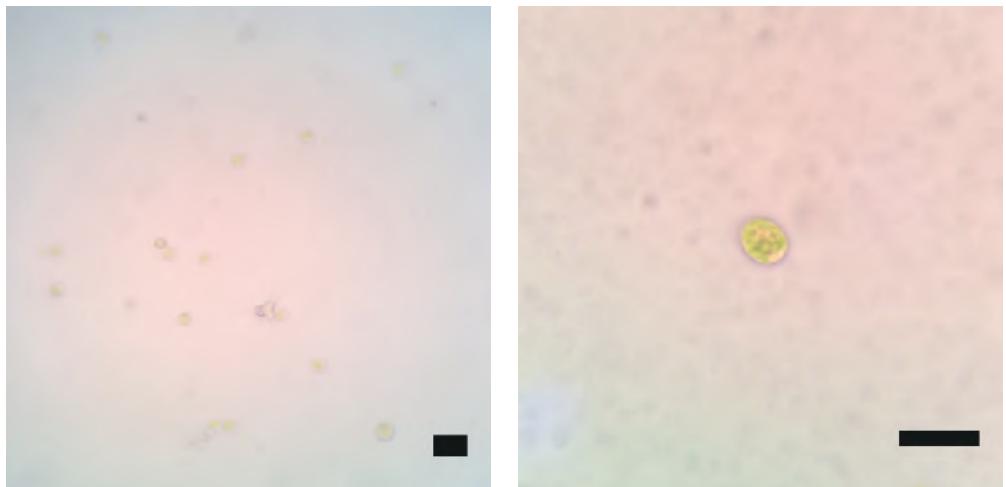


図5 黄緑色の雪の顕微鏡観察画像 左は400倍、右は1,000倍で観察した画像。
図中のバーは20 μm を表す。

4. Discussion

4-1 南魚沼市浦佐および魚沼市虫野における彩雪現象の調査

2015年3月から4月中旬において南魚沼市浦佐および魚沼市虫野における積雪を観察したところ、複数の地点で薄い赤色に色付いた積雪を発見した。これは山本の報告⁵⁾にある雪が色付く彩雪現象の中でも最も普通にみられる赤雪ではないかと考え、この地域で発見した赤雪の調査を行った。対象とした地域を徒歩および車で回り積雪の色と形状を観察し、特に赤く色づいている地点（図1A、B）において詳細な調査を行った。除雪による雪の堆積が無く自然降雪によってのみ積雪ができていた図2Aと建物からの落雪と自然降雪によって積雪ができていた図2Bどちらも積雪表面が薄い赤色で斑状に色付いていた。積雪ができる条件が異なるにもかかわらず同様に積雪表面が色付くことから、この現象は積雪ができる条件やその高さに関係なく生じるものだと考えられる。また、2015年3月上旬では赤雪を発見できなかったが、2015年4月上旬では赤雪を視認できることや調査した地域の中でも赤雪のある場所と無い場所が存在していたこと、色付いていたとしても斑状に色付いていたことから、複数の条件が整うことでき生じる現象であると考えられる。この詳細な条件を明らかにするには継続的な気象条件や積雪の状態などの調査が必要である。

図3の様に積雪の断面を観察したところ、表面は赤く色付いていたが表面から約5cm下の雪は黄緑色に色付いていた。この色の違いが何によるものなのかを明らかにするために、色付いた雪と色付いていない雪を採取して研究室に持ち帰り、溶解させたサンプルを顕微鏡で観察した。すると、赤く色づいた雪では図4の微粒子、黄緑色に色付いた雪では図5の微粒子が観察できた。しかし、色付いていない雪では微粒子は観察できなかつた。このことから、雪が赤色や黄緑色に色付く原因はこれらの微粒子が積雪に含まれたためだと考えられる。これらの微粒子の形状に着目すると、図4の微粒子は紡錘状の形で中心が緑色、その周りが橙色を示し、短軸方向の径が約20 μm であった。また、図5の微粒子は球状で直径約5 μm で、中心が黄緑色を示していた。図4の微粒子の形状と一致する藻類を調べたところ、この形状は、松崎らの報告⁶⁾にある雪氷藻の一種で

ある *Chloromonas nivalis* とよく一致していることがわかった。図 5 の微粒子に関しては、この微粒子の形状と一致するものは見つけることができなかつた。積雪の表面とその中に色の異なる微粒子が含まれているにもかかわらず積雪が赤く色付いて見えるのは、積雪表面に含まれていた *Chloromonas nivalis* とよく一致する微粒子が大きく影響していると考えられる。

5. Conclusion

2015 年に南魚沼地域に発生した赤雪と呼ばれる彩雪現象を調査したところ、積雪ができる条件に関わらず積雪が赤く色づいていた。そして、積雪サンプルを顕微鏡観察したところ、積雪表面と積雪表面から約 5 cm 下の部分にそれぞれ異なる微粒子が確認できた。積雪表面に含まれていた微粒子は *Chloromonas nivalis* の形状と非常によく一致しており、微粒子の中心が緑色でその周囲が橙色を示していた。これらのことより、この地域における赤雪は *Chloromonas nivalis* 状の微粒子が積雪表面に含まれることによって発生する可能性が高いと考えられる。しかし、決定的な原因はまだ分かっていないので、今後この微粒子について詳細に調べることで赤雪の発生原因とその条件が明らかになるとを考えられる。

6. Reference

1. 竹内望, 雪氷藻類 色づく雪と氷の不思議, 雪国環境研究, 16, 21-35 2010
2. Kol E. The snow and ice algae of Alaska. Smithsonian Miscellaneous Collections, 101, 1-36 1942
3. Kohshima, S., Seko, K. and Yoshimura Y. Biotic acceleration of glacier melting in Yala Glacier, Langtang region, Nepal Himalaya. Snow and Glacier Hydrology (Proceeding of the Kathmandu Symposium, November 1992) IAHS Publication, 218, 309-316 1993
4. Priscu, J. C., Fritsen, C. H., Adams, E. E., Giovannoni, S. J., Paerl, H. W., McKay, C. P., Doran, P. T., Lanoil, B. D., and Pinckney, J. L., Perennial Antarctic Lake Ice: An Oasis for life in a polar desert. Science, 280, 2095-2098 1998
5. 山本鎔子, 藻類による彩雪現象, 低温科学, 70, 1-8 2012
6. 松崎令, 設楽智文, 野崎久義, 原慶明, 月山に出現する *Chloromonas nivalis* の接合子壁における翼形状の違いとその系統分類学的意義. 山形大学理学部裏磐梯湖沼実験所報, No.16, 11 -19 2009

Research on red snow phenomenon in Minamiuonuma area

Yousuke TAGUCHI, Daishi TAKAHASHI, Takenori AIDA

Course of Clinical Engineering
Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences
500 Kurotsuchishinden, Minamiuonuma, Niigata 949-7241, Japan

Abstract :

In the high-mountain and the glaciated area in the world, surface of the lingering snow can be stained with some color from spring to early summer. This phenomenon called red snow is caused by breeding of the snow algae storing much amount of pigments to protect them from severe ultraviolet rays. In Japan, this phenomenon could frequently be seen at high altitude such as Tateyama and Oze. The breeding of snow algae is said to be possible under the condition of low temperature, around 0°C, with enough sunlight.

In early April in 2015, the red snow phenomenon occurred on the snow cover surface at Minamiuonuma area. This area was not thought so far to occur this phenomenon because not to fulfill the breeding condition of the snow algae. In fact, we could not find this phenomenon around this area in 2014. Therefore, we researched the red snow found by us in 2015.

We sampled snow covers colored by red snow phenomenon at Minamiuonuma area in early April in 2015. Then, samples were observed by a microscope. As a result of microscopic observation, two types of microsphere were observed. One had taken on an orange, and had a spindle-shaped form with a 20 µm-diameter at small end. Another had shown a greenish yellow, and it was spherical with a diameter of 5 µm. Therefore, it was suggested that red snow phenomenon caused by their microspheres in this area.

Keyword :

Red snow phenomenon, snow algae

(Received : January 22, 2016 / Accepted : March 4, 2016)

糖尿病栄養教育における炭水化物摂取比率の変更指導の影響

浅田 祐一

北里大学保健衛生専門学院 管理栄養科
〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番

要旨：

糖尿病有病者数は、世界や日本でも増加しており発症予防、重症化予防の重要性が増している。「糖尿病食事療法のための食品交換表」が第7版に改訂され、炭水化物摂取比率を60%、55%、50%から選択できるようになったが、近年、炭水化物摂取比率を低下させることについての可否について議論が分かれている。そこで本研究では、炭水化物摂取比率を低下させることの血糖コントロールに及ぼす影響について検討した。

研究デザインは、前後比較デザインであり、既存診療情報を用いた臨床研究における観察研究である。A県A病院の糖尿病患者で管理栄養士による糖尿病栄養教育を受けた39～70歳の男女10名（男性6名、女性4名）を対象に、既存情報からHbA1c、随時血糖値、LDL-コレステロール値、HDL-コレステロール値を収集し、来院時、炭水化物摂取比率60%から55%への切り替え時、55%指導後に至る検査値等の推移を検討した。統計解析は、時系列の比較には、反復測定の分散分析を用い、時系列間の比較にBonferroniの方法を使用した。対象者特性の男女比較には、対応のないt検定を用いた。炭水化物摂取比率指導内容の比較には、マクネマー検定を用いた。有意水準はp<0.05とした。

HbA1cにおいて、来院時と比較して、炭水化物摂取比率55%指導後に、7.7%から6.7%へと、 $-1.0 \pm 1.0\%$ （平均値±標準偏差）の有意な低下がみられた。さらにBMIは期間中ほとんど変化がなかった。

BMIが変動せずHbA1cが低下したことは、エネルギー摂取量の変動ではなく、炭水化物摂取比率の変動がHbA1cに影響を及ぼしたことを見唆している。

本研究の結果は、炭水化物摂取比率を60%から55%へと栄養指導を変更することが、HbA1cの低下や血糖コントロールにつながることを示唆するものである。

キーワード：

糖尿病、栄養教育、栄養指導、炭水化物摂取比率、HbA1c

（投稿日：2016年1月22日／受理日：2016年3月4日）

1. 序文

国際糖尿病連合（IDF : International Diabetes Federation）は、216の国・地域における20～79歳の糖尿病患者の成人の有病数として、2011年の3億6,600万人から2030年には5億5,200万人に増加すると予測し、耐糖能異常（IGT : impaired glucose tolerance）は、2011年の2億8,000万人から2030年には3億9,800万人へ増加すると予測した⁽¹⁾。

また、日本の5年ごとに行われる糖尿病実態調査〔平成9年（1997年）から始まり、平成19年（2007年）より国民健康・栄養調査に統合〕では、糖尿病が強く疑われる人〔HbA1c（NGSP値6.5%以上、もしくは糖尿病治療を受けている人）〕が1997年で690万人、2007年で890万人、2013年で950万人と推定され増加している。このように糖尿病有病者数が増加している現在、糖尿病の発症予防、重症化予防の重要性は増している。特に糖尿病の治療において、食事療法は必要不可欠なものであり、「科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン2013」においては、推奨の強さとして食事療法はグレードA、個別対応の食事療法はグレードA（コンセンサス）、管理栄養士による食事指導はグレードBとなっている⁽²⁾。

2013年に、「糖尿病食事療法のための食品交換表」が第7版に改訂され⁽³⁾、炭水化物摂取比率が60%、55%、50%から選択できるようになった。炭水化物の摂取比率については、RCTのメタアナリシスにより、55～65%が提案されている⁽⁴⁾。低炭水化物食については議論が分かれているが、低炭水化物食で低脂肪食に比較して1年後のHbA1cが有意に低下した研究がある⁽⁵⁾。この研究は対象者が少なく、脱落率が高いため、エビデンスとしては低いが炭水化物摂取比率を少なくすることで、血糖コントロールが改善することを示唆している。

血糖コントロールを正常に近づけ、細小血管症の合併を防ぐことは糖尿病治療の重要な目標であり、HbA1c 7.0%未満という目標値が設定されている⁽²⁾。このことからも検査前1～2ヶ月間の平均血糖値を反映するHbA1cは血糖コントロールの指標として重要である。

以上から、本研究では、炭水化物摂取比率を低下させることのHbA1cを指標とした血糖コントロールに及ぼす影響を、糖尿病栄養教育において炭水化物摂取比率を60%から55%に変更指導した前後の検査値等の推移をみることで検討することとした。

2. 方法

2-1. 研究デザイン

研究デザインは、前後比較デザインとし、糖尿病栄養教育における炭水化物摂取比率指導を60%から55%に2014年度に切り替えた前後の経時的な推移について検討した。糖尿病栄養教育を行った患者に関する既存情報を用いた臨床研究における観察研究である。

2-2. 対象者

本研究の対象者は、A県A病院の39～70歳の糖尿病通院患者で管理栄養士による糖尿病栄養教育を受け、本研究に同意した男女11名（男性6名、女性5名）のうち、データに不備のあった女性1名を除外し、39～70歳の男女10名（男性6名、女性4名）を対象とした。本研究は、連結不可能匿名化した既存情報を用いているため、倫理審査委員会の審査を必要としない研究である。

2-3. 調査方法

A 県 A 病院における糖尿病栄養教育において、「糖尿病食事療法のための食品交換表」が第7版⁽³⁾に改訂されたことにともない、2014年度から炭水化物摂取比率の指導が60%から55%へ変更された。この変更された炭水化物摂取比率により指導を受けた患者の既存診療情報のうち、来院時から栄養指導終了時までの年齢、身長、体重、HbA1c、随時血糖値、LDL-コレステロール値（以下、LDL-Cと略）、HDL-コレステロール値（以下、HDL-Cと略）、栄養指導内容の情報を、患者の同意を得て収集した。栄養指導は、医師の指示エネルギー量の60%もしくは55%が炭水化物となるように、「糖尿病食事療法のための食品交換表」を用いて外来患者に行った。

血液検査は、空腹時ではない患者もいるため、空腹時血糖ではなく、随時血糖とした。また、食事の影響を受けるTG（トリグリセリド）の値は取得せず、食事の影響を受けないものだけとした。

2-4. 統計解析

統計解析はEZR ver.1.3.1（R ver.3.2.3およびR commanderの機能を拡張した統計ソフトウェア）を使用した⁽⁶⁾。時系列の比較には、反復測定の分散分析を用い、ad-hoc testとして、時系列間の比較にBonferroniの方法を使用した。対象者特性の男女比較には、対応のないt検定を用いた。炭水化物摂取比率指導内容の比較には、マクネマー検定を用いた。有意水準はp<0.05とした。

3. 結果

3-1. 対象者特性

表1の対象者特性では、男女間に指示エネルギー、身長、体重に有意差があり、他の項目に有意差はなかった。

表1. 対象者特性 * 平均値（標準偏差）、P値は男女比較のもの。

変数	グループ	女	男	P値
n		4	6	
インスリン療法 ありorなし (%)	あり	2 (50.0)	1 (16.7)	0.500
	なし	2 (50.0)	5 (83.3)	
経口血糖降下薬服用 ありorなし (%)	あり	3 (75.0)	3 (50.0)	0.571
	なし	1 (25.0)	3 (50.0)	
年齢		64.5 (4.4)	53.5 (11.5)	0.111
HbA1c (%)		7.5 (1.3)	7.9 (1.5)	0.716
HDL-C (mg/dl)		57.0 (21.7)	42.3 (5.0)	0.141
LDL-C (mg/dl)		121.8 (34.7)	112.2 (30.5)	0.656
指示エネルギー (kcal)		1440 (0.0)	1773.3 (198.7)	0.011
随時血糖 (mg/dl)		195.0 (50.7)	175.8 (105.0)	0.746
体重 (kg)		52.5 (9.6)	81.6 (8.7)	0.001
身長 (m)		153.5 (4.8)	174.0 (7.7)	0.002

3-2. 糖尿病栄養教育における炭水化物摂取比率変更指導前後の推移

糖尿病患者に対して炭水化物摂取比率を55%に変更指導した後のHbA1cは、炭水化物摂取比率60%指導前の来院時と比較して、-1.0±1.0%有意に低下した（P=0.02）。しかし炭水化物摂取比率60%指導前と炭水化物摂取比率55%変更時、炭水化物摂取比率55%

変更時と 55%変更指導後の比較では、有意差はなかった（図 1）。

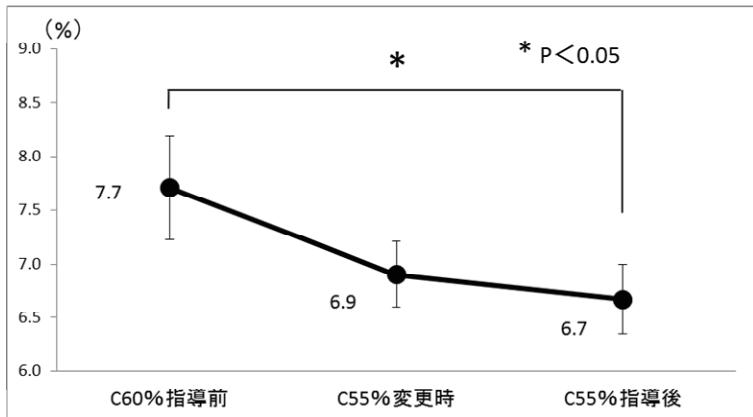


図 1 炭水化物摂取比率変更指導前後の HbA1c (NGSP 値) の推移 (平均値±標準誤差)

随時血糖値は、炭水化物摂取比率 60% 指導前の来院時と比較して、炭水化物摂取比率 55% 指導後で -27.0mg/dL 低下したもののが有意ではなかった（図 2）。

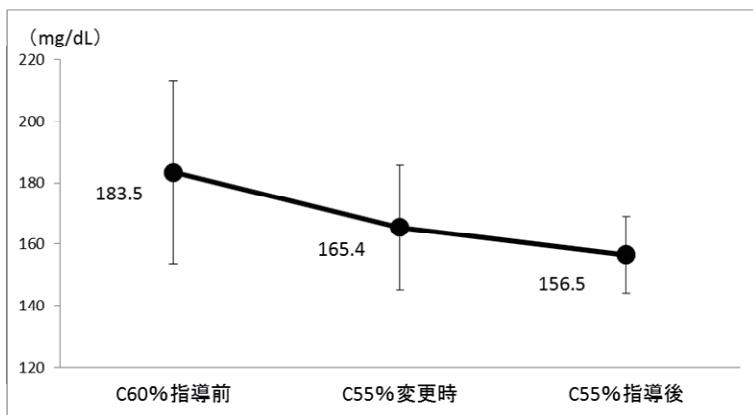


図 2 炭水化物摂取比率変更指導前後の隨時血糖値の推移 (平均値±標準誤差)

BMI は、炭水化物摂取比率 60% から 55% 指導変更前後で有意差はみられなかった（図 3）。

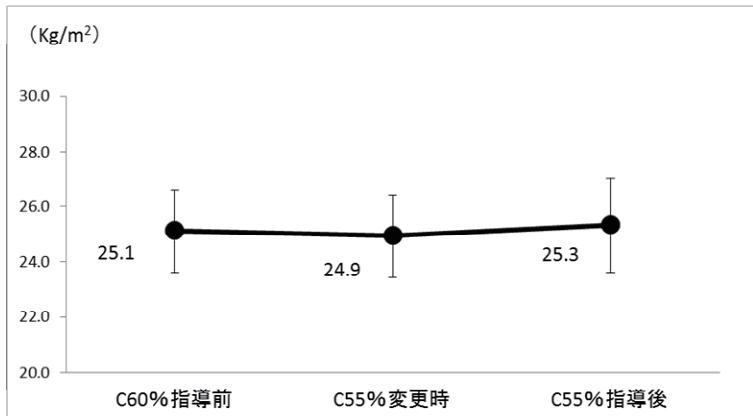


図 3 炭水化物摂取比率変更指導前後の BMI の推移 (平均値±標準誤差)

LDL-C は、炭水化物摂取比率 60%から 55%指導変更前後で有意差はみられなかった(図 4)。

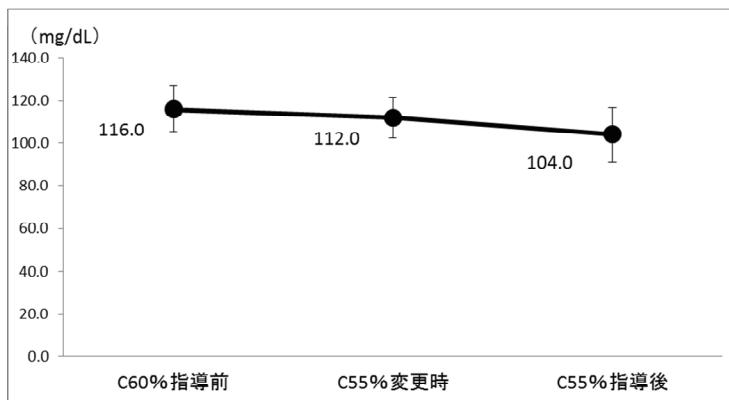


図 4 炭水化物摂取比率変更指導前後の LDL-C の推移 (平均値±標準誤差)

HDL-C は、炭水化物摂取比率 60%から 55%指導変更前後で有意差はみられなかった(図 5)。

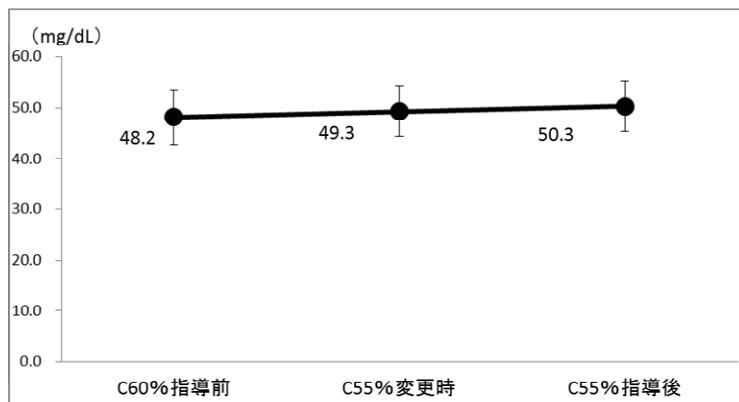


図 5 炭水化物摂取比率変更指導前後の HDL-C の推移 (平均値±標準誤差)

3-3. 炭水化物摂取比率指導の違いが血糖コントロールに及ぼす影響

炭水化物摂取比率の 60%指導終了時と 55%指導終了時の HbA1c が 7.0%未満になったかを 2×2 分割表を用いて比較したところ、HbA1c 7.0%未満に血糖コントロールできた割合は、60%指導終了時の 50%から、55%指導終了時では 60%へと 1 名増加していた。しかし、マクネマー検定では有意差はなかった(表 2)。

表 2 炭水化物摂取指導比率と血糖コントロール (HbA1c7.0%未満) の関連

		血糖コントロール (HbA1c:%)			P値
		HbA1c.7.0以上	HbA1c.7.0未満	HbA1c.7.0未満の割合	
炭水化物	55%指導終了時	4	6	60%	1.000
摂取比率	60%指導終了時	5	5	50%	

4. 考察

A 県 A 病院の糖尿病外来栄養指導では、食品交換表で炭水化物摂取比率が 60%、55%、50%と選択できるようになったことにともなって、2014 年度から 55%の指導に切り替えた。来院時、炭水化物摂取比率 60%から 55%への指導変更、55%指導後と、患者の検査値等の推移をみたところ、HbA1c において、来院時の 60%指導前と比較して、55%指導後に、7.7%から 6.7%へと、 $-1.0 \pm 1.0\%$ （平均値±標準偏差）の有意な低下がみられ、来院時と 55%変更時、55%変更時と 55%指導後の比較では、どちらも有意ではなかったことから、炭水化物摂取比率 60%指導時にはあまり効果がなかったものが、55%へ変更することで血糖コントロールへの効果がみられるようになったことを示唆するものである。さらに BMI は期間中ほとんど変化がないことから、エネルギー摂取量が大きく変動していないことを示している。すべての対象者で医師からのエネルギー指示量は変更がなかったため、この HbA1c の低下は、エネルギー摂取量の変動ではなく、炭水化物摂取比率の変動が影響を及ぼしたことを示唆している。また、HbA1c 7.0%未満を血糖コントロールの基準として、60%指導終了時と 55%指導終了時で比較したところ、HbA1c 7.0%未満の患者の割合が 60%指導時の 50%から 60%に増加した。対象者数が 10 名と少なかったため、有意差はなかったが、炭水化物摂取比率の指導変更が有効であった可能性を示唆するものであると考える。

日本糖尿病学会において、HbA1c 7.0%未満を血糖コントロールの目標とされたのは、Kumamoto Study により、腎症や末梢神経障害、網膜症という糖尿病の最小血管障害の合併症が HbA1c 7.0%未満で出現が少ないとによるもので⁽⁷⁾、HbA1c 7.0%未満を糖尿病患者の血糖コントロールの基準とするとの妥当性は高い。

また、炭水化物と脂質の摂取の割合については、前述の研究の他に、2 型糖尿病患者の検査値等への影響をみたメタアナリシスで、低炭水化物食と低脂肪食で HbA1c、総コレステロール値、LDL コレステロール値の減少に差はみられなかった⁽⁸⁾。以上により、炭水化物摂取比率と脂質摂取比率の血糖コントロール等に及ぼす影響についてはまだエビデンスが少ない状態にあり、臨床研究の観察研究であっても研究成果を発表していくことに意義があると思われる。

本研究の制限としては、既存診療情報を用いた観察研究であるためバイアスの制御が行われていないこと、経口血糖降下薬の服用の有無、インスリン療法の有無にばらつきがあること、対照群がないことから炭水化物摂取比率の指導変更が要因であるとは言い切れないと、血液検査値が空腹時採血ではないため食事の影響を受けていること等があり、結果の妥当性を弱めていることは否めない。しかし、日々の臨床において、治療法や指導法の変更前後を比較することには意義があるため、今後の糖尿病における炭水化物摂取比率指導における議論の一助になると考えるものである。

5. 結論

本研究の結果は、炭水化物摂取比率を 60%から 55%へと指導を変更することは、HbA1c の低下や血糖コントロールにつながることを示唆するものである。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただきました A 県 A 病院の管理栄養士の先生、患者様

に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) Whiting D R, Guariguata L, Weil C, et al. IDF diabetes atlas: global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030. *Diabetes Res Clin Pract*, 2011 ; 94, 311-321.
- (2) 日本糖尿病学会・科学的根拠に基づく糖尿病ガイドライン 2013. 東京：南江堂、2013
- (3) 日本糖尿病学会・糖尿病食事療法のための食品交換表 第7版 東京：文光堂 2013
- (4) Anderson J W, Randles K M, Kendall C W, et al. Carbohydrate and fiber recommendations for individuals with diabetes: a quantitative assessment and meta-analysis of the evidence. *Journal of the American College of Nutrition*, 2004 ; 23 : 5-17.
- (5) Stern L, Iqbal N, Seshadri P, et al. The effects of low-carbohydrate versus conventional weight loss diets in severely obese adults: one-year follow-up of a randomized trial. *Annals of internal medicine*, 2004 ; 140 : 778-785.
- (6) Kanda Y, Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone marrow transplantation*, 2013 ; 48 : 452-458.
- (7) Ohkubo Y, Kishikawa H, Araki E, et al. Intensive insulin therapy prevents the progression of diabetic microvascular complications in Japanese patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus: a randomized prospective 6-year study. *Diabetes Res Clin Pract*, 1995 ; 28 : 103-117.
- (8) Kodama S, Saito K, Tanaka S, et al. Influence of fat and carbohydrate proportions on the metabolic profile in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetes care*, 2009 ; 32 : 959-965.

ハンドピース型の冷温手術装置の基礎検討

—ハンドピースの改良と冷媒の再検討—

相田 武則, 高橋 大志, 田口 洋介

北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科
〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番

要旨：

2011 年小径腎悪性腫瘍に対する凍結治療の保険適応が決定してから、5 年が経過した。凍結治療は非侵襲的治療法の一つであり、患者にとって悪性腫瘍に対する治療法の選択肢が広がったと言える。我々は電子冷却素子（ペルチェ素子）を用いて新たな冷温手術装置に関する報告を行ってきた^(1,2)。2014 年度の研究⁽³⁾では、ペルチェ素子を用いた手術用プローブから発生する熱を吸収するために冷媒の検討を行った。本研究では改良した冷温手術装置を用いて、凍結手術に必要な到達最低温度 (-20°C 以下) を実現するべく冷媒の再検討を行った。この目的に先立って、手術用プローブの手持部を耐薬品性向上のためにアクリル製からポリカーボネート製に変更し、冷媒に関する予備実験を追加した。冷媒実験は硝酸アンモニウム(硝安)と尿素の吸熱量を計測した。その結果を基に本装置に適する混合量を算出し、改良した手術用プローブの性能評価試験を実施した結果、手術用プローブの手術面温度は -23°C 以下まで到達し、冷媒による手持ち部のヒビ破損も無く、装置の耐薬品性向上を確認することができた。また、ペルチェ素子への電流反転により、凍結と加温を繰り返す組織破壊性の向上を目的とした温度繰返し特性試験を行い、各冷媒による手術用プローブに与える温度変化に関する知見を得ることができた。本研究を通じて改良した冷温手術装置としての機能性を確認することができた。

キーワード：

冷温手術、温熱療法、冷媒、ペルチェ素子、耐薬性

(投稿日：2016 年 1 月 22 日／受理日：2016 年 3 月 4 日)

1. 序文

現在、日本において主要死因別死者数（平成 26 年）は第 1 位悪性新生物、第 2 位心疾患、第 3 位肺炎となっている⁽⁴⁾。特に悪性新生物は昭和 56 年以降、増加の一途を辿っており、36 万人を超えている。一方、医療技術の革新もめざましく、特に癌治療は多岐にわたっている。悪性腫瘍に対する治療法は 2 つに大別される。一つは開腹手術を代表とした侵襲的治療法である。もう一つは抗癌剤を始めとした薬物療法、放射性物質を用いた放射線治療法、そして腹腔内に内視鏡を挿入し手術を行う内視鏡手術などの非侵襲的治療法である。凍結治療法は Hippocrates が止血や腫脹の改善に氷や雪の使用を推奨し⁽⁵⁾、現在では液体窒素やアルゴンガスを使用することで超低温状態を作り出し、専用針などを用いて組織を破壊する治療法であり、2011 年小径腎癌に対する凍結治療が保険適応となった。これは低侵襲療法の適応拡大であり、治療の選択肢が増えた経緯である。しかし、非侵襲治療法である凍結療法はいくつかの問題点を抱えている。一つ目は疣（イボ）治療や腎癌に対する治療など限定的である事、二つ目は凍結融解による細胞障害において、効果を発揮する至適温度域のコントロールが困難であること⁽⁶⁾、三つ目は保険適応においては 20 例以上の経験のある専門医師が必要といった熟練の経験や技術を要する事などである⁽⁷⁾。こうした現状を背景に、我々は、非侵襲治療法において感覚や経験則によらない、画一的な治療法を提案し、我々は電子冷却半導体素子（ペルチェ素子）を用いた冷温手術装置を開発し研究を行ってきた^(1,2)。ペルチェ素子とは電流制御により緻密な温度コントロールが可能となる素子であり、素子自体から熱が出るために放熱の吸収が冷凍性能を決める一因となる。我々はこれまで、ペルチェ素子からの熱を吸収する冷媒について検討し一定の知見を得た⁽³⁾。本論文では冷温手術装置の改良とその冷媒を再検討したので、その結果について報告する。

2. 方法

2-1. 手持型凍結加温手術装置の改良

ペルチェ素子の放熱能を担う銅製治具底面の薄さを $\phi 1.45\text{mm}$ に機械切削し、ペルチェ素子発熱面の放熱性能を上げることを目的に装置を作製した。ハンドピース部にはポリカーボネート製を用いて作製した (Fig.1, Fig.2)。

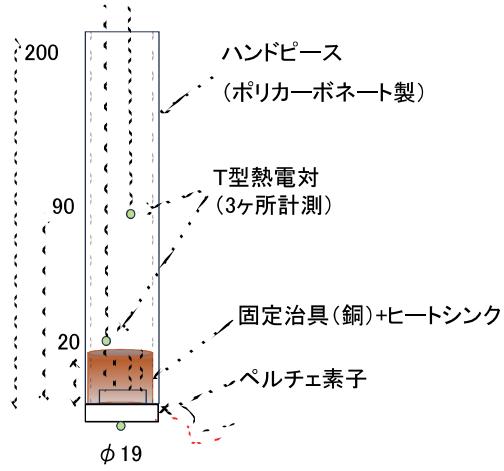


Fig.1 設計概略図

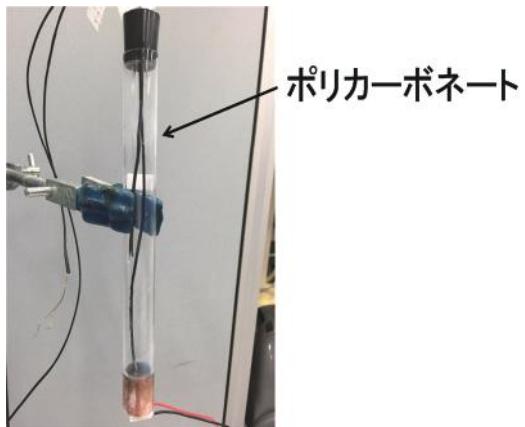


Fig.2 手持型凍結加温手術装置

2-2. 冷媒実験

市販の瞬間冷却剤の内容 (Fig.3) を基に、短時間あたりの冷却効率の良い冷媒を比較検討した。文献⁽⁸⁾を参考に候補となる冷媒は、尿素(和光特級)、硝酸アンモニウム(和光特級、以下硝安)、予冷エタノール(95.1~96.9vol%、和光)、氷水を使用した。実験方法はマグネチックスターラーを用いて計測した。まず、各冷媒(尿素、硝安)の吸熱量(kJ/mol)を把握する為、溶解実験を行った。試料投入から 10 分間の温度を計測した。尿素は 8.3, 10.4, 12.5, 14.6 mol/L、硝安は 12.5, 14.1, 15.6 mol/L における温度変化を測定した。次に両方を混ぜた混合物としての温度変化を計測した。また熱量計算は $Q(\text{kJ/mol}) = (40+a) \times 4.2 \times \Delta T(K) \times M/1000a - 34 \times 0.67 \times \Delta T / 1000$ [a:試料質量(g)、 ΔT :温度差(K)、M:試料分子量(g/mol)、試料比熱 4.2(J/g・K)、ビーカー(ガラス)比熱 0.67(J/g・K)]を基に算出した。

内容物
硝酸アンモニウム
尿素
水袋

Fig.3 瞬間冷却材の内容

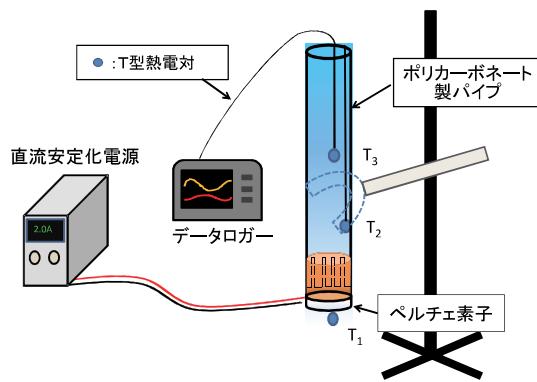


Fig.4 実験概略図

2-3. 無負荷条件における手持型冷温手術装置の性能試験と温度繰返し特性試験

2-1 で改良したハンドピース型凍結加温手術装置の無負荷条件における性能試験を行った。装置の温度計測は T 型熱電対を用いて、ペルチェ素子の手術面、ヒートシンク上、ハンドピース底面から 90mm の 3ヶ所とし、ペルチェ素子に電力を供給した際の温度変化をデータロガーで 5 分間、計測記録した(Fig.4)。また、ペルチェ素子への供給電流を 1.0、1.5、2.0、2.5A と変化させて施行し、同様に最低到達温度を計測した。冷媒には純水を用いて温度計測を行い、その後、冷媒を氷水、予冷エタノール、尿素硝安混合物に各々変更し同様に計測した。臨床治療では組織破壊性を向上させるため冷凍-融解を 3 回程度繰り返す反復法(サイクル法)が実施されている。本研究においても、装置の評価試験の位置づけである為、昨年度と同様に実験を行った。サイクル法とはペルチェ素子への電流を冷凍過程では 2.3A を 1 分間の供給とし、融解過程では電流を反転させて -0.8A を 30 秒間の供給とするサイクルを 3 回繰り返す実験である。その際、上記実験と同様に、計測箇所は 3ヶ所 (ペルチェ素子の手術面、ヒートシンク上、ハンドピース底面から 90mm) とし、T 型熱電対とデータロガーを用いて計測した。なお、冷媒は氷水、予冷エタノール、硝安尿素混合物を用いた。

3. 実験結果

3-1. 冷媒実験結果

冷媒実験における結果を Fig.5~8 に示す。

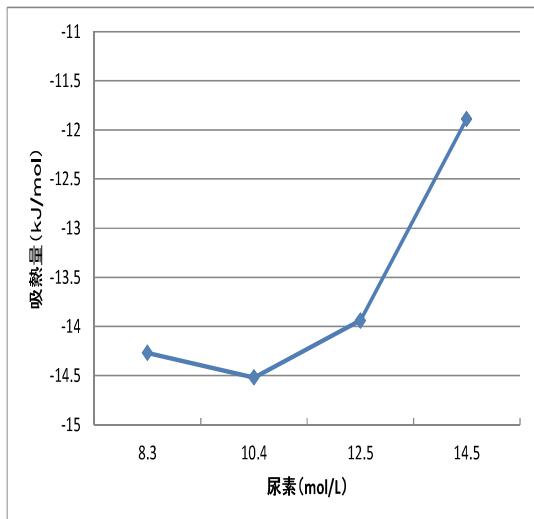


Fig.5 尿素の吸熱量

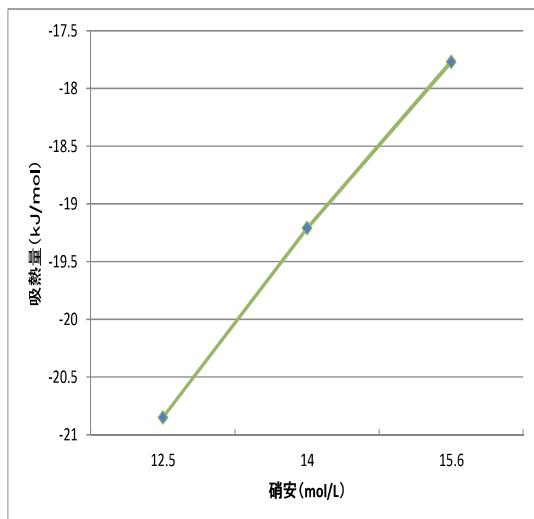


Fig.6 硝安の吸熱量

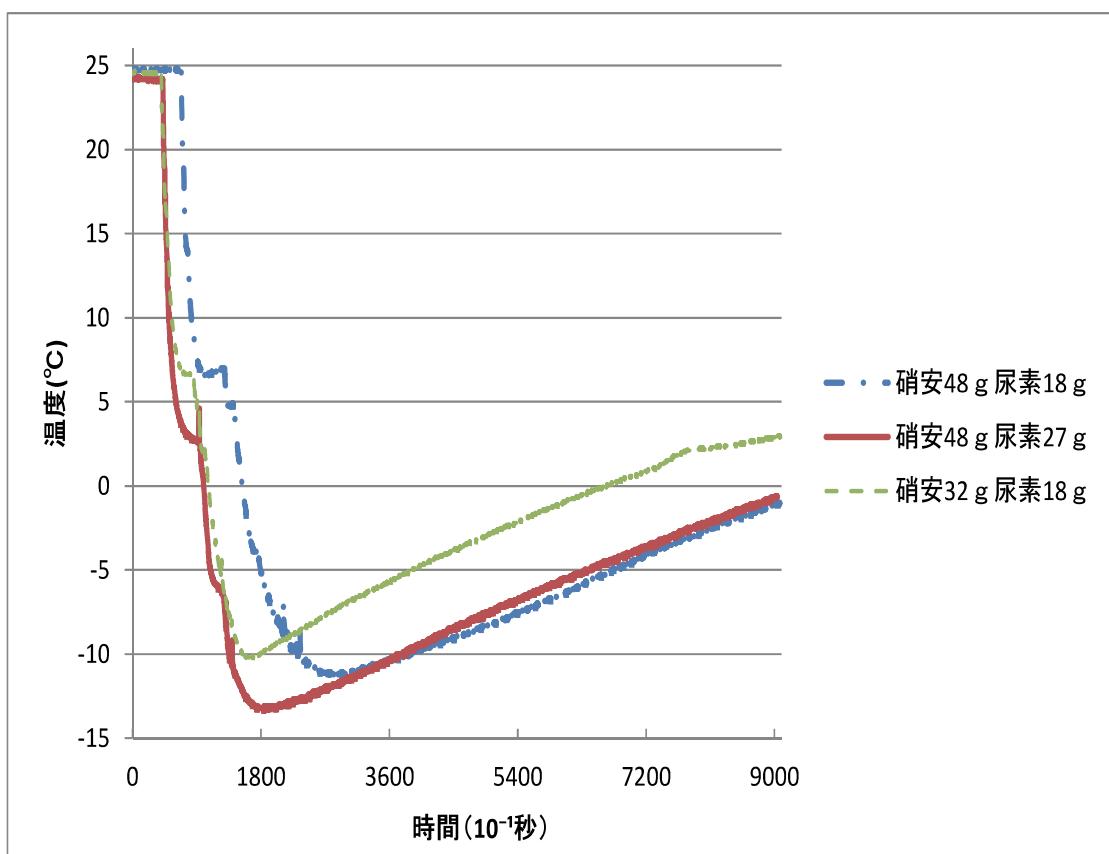


Fig.7 尿素硝安混合物の温度変化

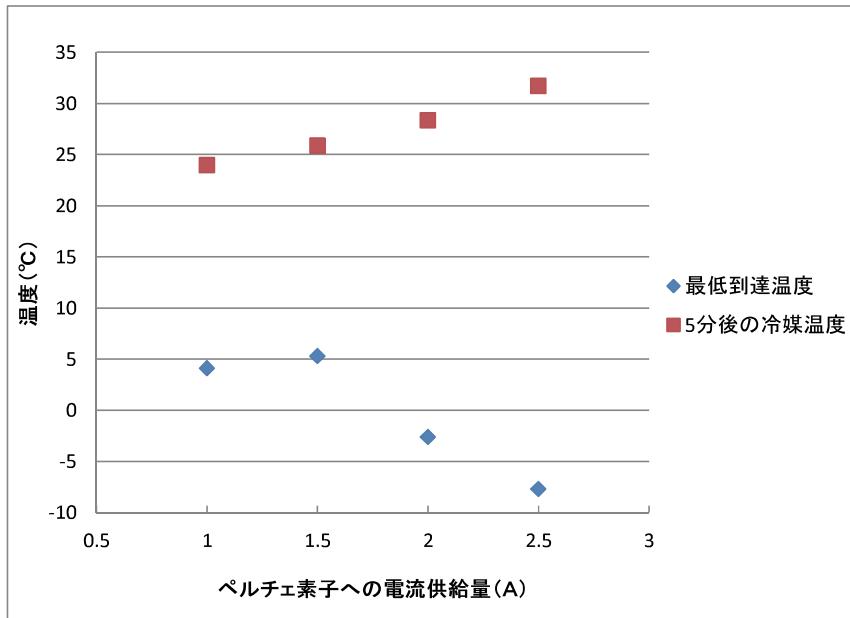


Fig.8 電流値による最低到達温度

Fig.5 より尿素の吸熱量は 8.3mol/L : -14.27(kJ/mol)、10.4mol/L : -14.52(kJ/mol)、12.5mol/L : -13.94(kJ/mol)、14.5mol/L : -11.89(kJ/mol)となり、尿素 10.4mol/L で吸熱量が最大となった。Fig.6 より硝安の吸熱量は 12.5mol/L : -20.85(kJ/mol)、14.0mol/L : -19.21(kJ/mol)、15.6mol/L : -17.77(kJ/mol)となり、硝安 12.5mol/L で吸熱量が最大となった。Fig.7 より両方混合時の最低温度が硝安 48 g 尿素 27 g で -13.2°C、硝安 48 g 尿素 18 g : -11.2°C、硝安 32 g 尿素 18 g : -10.2°C となり、硝安 48 g 尿素 27 g で最低温度となった。

3-2. 無負荷条件における手持型冷温手術装置の性能試験結果

Fig.8 より最低到達温度（平均）は、1.0A 条件で +4.1°C、1.5A 条件で +5.3°C、2.0A 条件では -2.6°C、2.5A 条件では -7.7°C となり、2.5A 条件が最も低い温度であったことが確認された。さらに、計測開始から 5 分後のペルチェ素子発熱面（平均）は、1.0A で +8.95°C、1.5A で +8.6°C、2.0A で +6.35°C、2.5A で +5.63°C であり、2.5A の条件が最も低い温度を維持できた結果が得られた。一方、5 分後の冷媒平均温度（ハンドピース底面から 90mm）は 1.0A で +23.95°C、1.5A 条件で +25.85°C、2.0A 条件では +28.35°C、2.5A 条件では +31.7°C となり、供給電流と共に冷媒温度も上昇する結果となった。純水と他冷媒（予冷エタノール、氷水、硝安尿素混合物）について、電流値 2.5A にて測定した結果を Fig.9 に示す。予冷エタノールと氷水は純水と同様に 40ml と統一して実験を行った。予冷エタノールを冷媒とする時、ペルチェ素子の手術温度は、電力供給後からおよそ 48 秒で最低温度 -19.1°C となり、硝安 11 g 尿素 6 g の場合は開始後から 34 秒で最低温度 -23.4°C となり、硝安 16 g 尿素 9 g の場合は、開始後から 56 秒で最低温度 -23.3°C、氷水は開始後から 33 秒で最低温度 -28.3°C、純水は開始後から 56 秒で最低温度 -3.4°C となった。5 分後のペルチェ素子手術面の温度は氷水: -22.8°C、予冷エタノール(5°C): -7.5°C、硝安 11 g 尿素 6 g : -16°C、硝安 16 g 尿素 9 g : -13.8°C、純水 : +7.2°C であった。

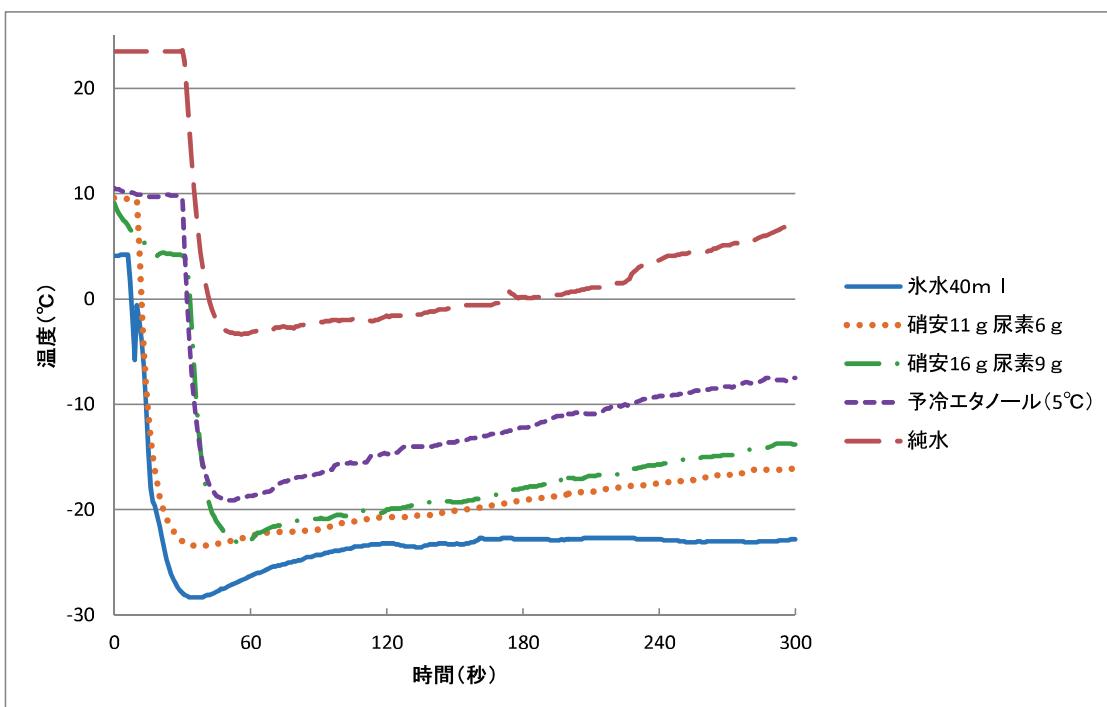


Fig.9 ペルチエ素子（手術面）への影響

3-3. 温度繰返し特性の評価結果

温度繰返し特性の結果を Fig.10 に示す。

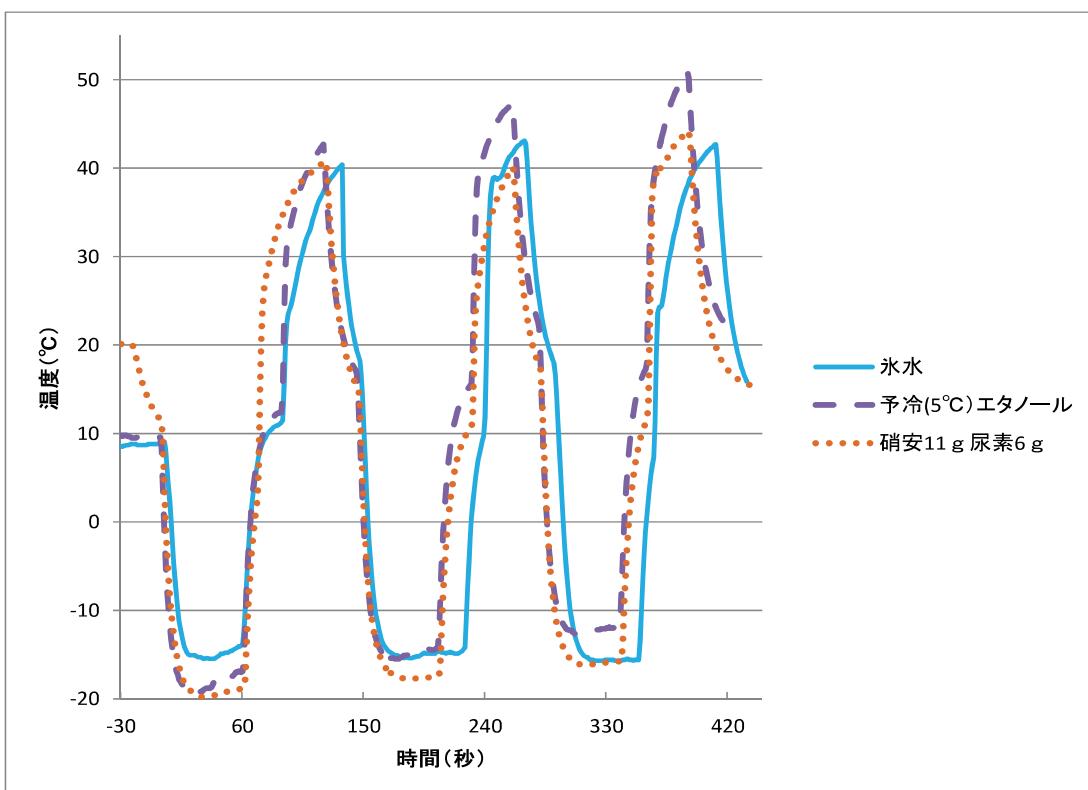


Fig.10 ペルチエ素子(手術面)の温度推移

使用した冷媒は、氷水(水 21ml, 氷 19 g)、予冷(5°C)エタノール 40ml、硝安 11 g 尿素 6 g をそれぞれ用いて実験を行った。氷水で行った場合、開始 31 秒後に最低温度-15.5°C、電流を反転させたところ、最高温度+40.2°Cとなり、さらに電流を反転させたところ、-15.4°Cまで低下し、その後の加温過程では+43.1°C、3 サイクル目では最低温度が、-15.7°Cとなり、最高温度は+42.7°Cとなった。予冷エタノールを用いた場合、1 サイクル目開始 22 秒で最低温度が-19.4°C、電流反転後の最高温度が+42.7°C、2 サイクル目最低温度は-15.4°C、最高温度は+47.3°C、3 サイクル目最低温度は-12.7°C、最高温度は+50.9°Cとなった。同様に、硝安 11 g 尿素 6 g を用いた場合は 1 サイクル目開始後 29 秒で最低温度-19.8°C、電流反転後の最高温度+40.8°C、2 サイクル目最低温度-17.8°C、最高温度+40.1°C、3 サイクル目最低温度-16.2°C、最高温度+44.2°Cとなった。

4. 考察

4-1. 冷媒実験の評価

冷媒実験において最大吸熱量は尿素 10.4mol/L で-14.52(kJ/mol)、硝安は 12.5mol/L で-20.85(kJ/mol)であったが、相沢らの報告によると⁽⁹⁾ 尿素-15.4(kJ/mol)、硝安-25.7(kJ/mol)としている。実験値と理論値が乖離している原因は、装置と試薬にあると考えられる。つまり、溶質を溶かす際のマグネチックスターラーの発熱量(5.698J/min)を考慮する必要がある事、試薬の計量の精度や外気温の影響により誤差が生じてしまったと考えられる。また試料を溶解するにつれて溶媒自体の温度が低下し続ける為、溶解度が相対的に下がってしまうことで理論値には至らなかったと考えられる。以上の結果を基に効果的な混合比を求めた所、硝安 48 g 尿素 27 g の時が最も温度低下が見られた。これは物質量比(モル比)で換算した時、硝安:尿素=4:3 で、最も効果的な混合比となることがわかった。さらにこの実験を基にハンドピース内の冷媒量を把握することが可能となった。

4-2. 無負荷条件における凍結加温手術装置の評価

昨年度研究の教訓を基に耐薬性向上の為、ハンドピース部をアクリル製からポリカーボネート製に変更し、放熱能向上の為、ハンドピース部とペルチェ素子を固定する銅固定治具底面の最薄化を試みた。その結果、純水を使用した無負荷条件においてペルチェ素子手術面の最低温度は-7.7°C(昨年度-6.3°C)となった。これは、筆者の機械的切削技術が昨年度と比べて向上した事や熱伝導性接着剤を適度に塗布した事によって放熱性能が向上したと考えられる。具体的には放熱を促すヒートシンクと一緒になるタフピッチ銅をザグリ加工する際に、底面厚を 1.45mm (昨年度 2.6mm) と薄くしたため、ペルチェ素子発熱面からの熱を吸収しやすくなつたと考えられる。

次に、各冷媒において上記と同様に無負荷条件で施行した。電流値 2.5A にて実験を行った結果、氷水、尿素硝安混合物、予冷エタノール、純水の順に最低温度が低い結果となつた。なお尿素硝安混合比は 4-1 の結果を踏まえて、硝安:尿素=4:3 を基に冷媒が封入できる量を調整し、硝安 11g 尿素 6g、硝安 16g 尿素 9g とした。氷水は開始 33 秒で最低温度に到達し、次いで硝安 11g 尿素 6g で開始 34 秒、硝安 16g 尿素 9g で開始 56 秒の順にそれぞれほぼ同じ最低温度 (-23.4°C,-23.3°C) に達した。この時点で凍結手術に必要な最低温度 (-20°C以下) を達成する事ができた。また上記結果から硝安尿素混合比は同じであるが、

最低温度到達時間に影響があることがわかった。これは溶解する冷媒全体量が多いほど溶解度が低下し、最低温度到達に時間を要する結果になったと考えられる。開始時間から最低温度到達時間を基に各冷媒によるペルチェ素子冷凍速度を計算すると、氷水:-58.9°C/min、予冷エタノール:-37°C/min、硝安 11g 尿素 6g: -58.2°C/min、硝安 16g 尿素 9g:-34.7°C/min となり、硝安 11g 尿素 6g が氷水とほぼ同じ冷凍速度であることがわかった。両者の最低到達温度に差はあるものの、硝安尿素混合物は氷水に準じる冷媒であると示唆する結果である。しかし、腫瘍組織で細胞破壊に必要な冷凍速度は毎分-100°C程度⁽⁶⁾ 必要であるとされているため、今後の検討課題としていく所である。

4-3. 温度繰り返し特性の評価

Fig.10 より、1回目の凍結最低温度は硝安 11g 尿素 6g:-19.8°C、予冷エタノール:-19.4°C、氷水:-15.4°C となった。この結果に留意する事は、氷水を冷媒とした時、4-2 の結果と同じような最低温度に到達しなかった。この原因は本実験を 3-2 とは別日に行った事で測定の初期条件(室温や湿度等)が変わってしまったことが原因であると考えられる。一方、加温過程については、1回目最高到達温度は予冷エタノール、硝安 11g 尿素 6g、氷水の順に高い結果となった。融解速度は予冷エタノール:+54.8°C/min、硝安 11g 尿素 6g:+10.6°C/min、氷水:+20.6°C/min となり、毎分 1~10°C が最も細胞破壊に効果的である⁽⁶⁾ とされている為、その範疇以上の結果となった。ただ電流切替えは全て手動で行っており、作業に伴い時間差が生じる為、測定上の誤差が生じていると考えられる。今後の実験では電流制御できる温調変換器や P C を用いて測定する事が必要であると思われる。また同実験にて 2 回目、3 回目と硝安尿素混合物がいずれも最低温度を計測したが、これは溶媒である純水を含む為、潜熱による温度上昇が抑制された結果だと考えられる。以上より、本実験を総じて、尿素硝安混合物は冷温手術冷媒としては有効であること、予冷エタノールもそれにほぼ準じる結果となった。なお、本装置においてハンドピース内部の銅と硝酸イオンが化学変化を起こす結果である為、ハンドピース内部の耐薬性が今後の検討課題となるであろう。

5. 結論

本研究では、手持ち式手術装置の改良を行い、冷媒実験の上、各冷媒によるペルチェ素子手術面温度への影響を研究した。結論を以下にまとめる。

- (1) 冷媒実験により最大吸熱量となる硝安と尿素の混合比がわかった。
- (2) 冷温手術装置に適する冷媒量を算出し、凍結手術装置に必要な温度-20°C以下を達成した。
- (3) 無負荷条件において、尿素硝安混合物は氷水に準ずる冷媒である事がわかった。
- (4) 筆者の機械切削技術が昨年度と比べ向上し、ハンドピース部を耐薬性にした為、ハンドピース装置の改良が施された。
- (5) 温度繰返し特性において尿素硝安混合物と予冷エタノールは冷媒として有効であることがわかった。

今後の課題は、実験方法の設定や P C で電力制御できる環境の構築など実験環境を考慮した研究を行っていく必要があると考えられ、その教訓を今後の研究に活かしていきたい。

6. 謝辞

本研究にあたり、ご協力いただいた北里大学保健衛生専門学院臨床工学専攻科の皆様に感謝致します。

参考文献

- (1) Daishi TAKAHASHI,Yousuke TAGUCHI,Upgrading of cryosurgery and hyperthermia treatment system for the enhancement of refrigeration performance, KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO,2014;19:17-24
- (2) Daishi TAKAHASHI,Yousuke TAGUCHI and Takenori AIDA,A Fabrication and an Evaluation of a handheld Treatment System Combining Cryosurgery with Hyperthermia Treatment,生体医工学,2014;O-66-67
- (3) Takenori AIDA,Daishi TAKAHASHI and Yousuke TAGUCHI, ,A Basic Study of Cryosurgery and Hyperthermia Treatment with the hand piece cryoprobe –The examination of herefrigerant-,KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO,2014;19:17-24
- (4) 厚生労働省、平成 26 年人口動態統計月報年計統計表、2014
- (5) 和久井 章人、児玉直樹、日吉功、福本一郎、ペルチェ素子を用いた新しい冷凍手術装置の基礎研究、長岡技術科学大学、2001 ; 23 : 39-43
- (6) Daishi TAKAHASHI,Yousuke TAGUCHI and Takeya TOYAMA,A Basic Study of Handheld Combination Treatment System with Cryosurgery and Hyperthermia Treatment using Peliter Device for Destroying Skin Tumor,KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO,2013;18:39-45
- (7) 厚生労働省保険局医療課、特掲診療料の施設基準等及びその届出に関する手続きについて、保医発第 305003 号、2008
- (8) 難波真大、伊藤健ら、手作り瞬間冷却材の製作、神戸高専研究紀要、2012 ; 50 : 177-180
- (9) 相沢益男・佐々木正ら・尿素・大木道則編・化学大辞典.東京：東京化学同人、1989 ; 1705

A basic study of cryosurgery and hyperthermia treatment with the handpiece cryoprobe

—The improvement of the handpiece and further examination of the refrigerant—

Takenori AIDA, Daishi TAKAHASHI, Yousuke TAGUCHI

Course of Clinical Engineering
Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences
500 Kurotsuchishinden, Minamiuonuma, Niigata 949-7241, Japan

Abstract :

Five years passed since a decision of the health insurance had been made to adapt the cryosurgery for kidney cell cancer. The cryosurgery is a noninvasive cure extending the choice of operation method for the cancer patients. Last year, we developed the cryoprobe with Peltier device as well as evaluated the refrigerant to draw heat from (or to provide heat removal from) the cryoprobe. In this study, by using the more improved cryoprobe, we sought the refrigerant that can achieve the probe temperature to lower than -20°C.

At first, the handpiece (or handle/hilt) of cryoprobe made from acrylic product was changed to a polycarbonate one to improve the chemical resistance. Using this improved model, we estimated the endothermic energy amount of the mixed product of ammonium nitrate and urea. Our performance evaluation tests for the cryoprobe showed that the cooling side of Peltier device achieved the temperature at lower than -23°C. The temperature cycling test confirmed the continual temperature change ranging from cryosurgery to hyperthermia treatment by the current inversion of the Peltier device. Through the present study, we could improve the combination treatment system of cryosurgery and hyperthermia.

Keyword :

Cryosurgery, Hyperthermia Treatment, Refrigeration, Peltier Device,
Chemical Resistance of Equipment

(Received : January 22, 2016 / Accepted : March 4, 2016)

冷媒冷却の性能向上を目的とした凍結加温手術装置の改良

高橋 大志, 田口 洋介, 相田 武則

北里大学保健衛生専門学院 臨床工学専攻科
〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番

要旨 :

我々は凍結手術や温熱療法に比べて高い細胞・組織破壊性が期待できる新たな治療法としての凍結加温手術装置を開発し実験を行ってきた。凍結加温手術装置は、手術用プローブと電源、2台のスターリングクーラ (SC)、冷媒循環用のペリスタティックポンプ (P-Pump) から構成される。これまでの実験で、手術装置の稼働中に冷媒エタノール温度の上昇が観察されると共に、手術用プローブ温度も上昇することが確認されていた。

そこで、本研究では装置稼働中の冷媒をさらに冷却する目的で、既存の手術装置に SC をもう 1 台設置した。評価実験では、エタノール 800ml を予冷した後に無負荷条件で手術装置を稼働させ、手術用プローブ、SC の冷却部、循環エタノールの各温度を計測した。また、P-Pump によるロータと送液チューブ間の摩擦熱の影響を考慮してギヤポンプ (G-Pump) へと変更し、冷媒エタノールの温度推移を観察した。

無負荷条件における評価実験の結果、手術用プローブの最低到達温度は G-Pump を用いた方が P-Pump よりも低下したことから、ペルチェ素子の発熱面を冷却する能力は向上したものと考えられる。また、循環エタノールの温度は経時的に上昇したものの、その温度上昇速度は SC を追加する前の手術装置と比較して 10%程度となり、大幅に低下した結果が得られた。以上より、SC の追加によって冷媒冷却の能力が向上し、長時間の手術に対しても低温冷媒を安定的に循環できる可能性が示唆された。

キーワード :

凍結手術、温熱療法、凍結加温手術、手術装置、腫瘍組織

(投稿日 : 2016 年 1 月 22 日／受理日 : 2016 年 3 月 4 日)

1. 緒言

近年、悪性新生物は本邦のみならず世界的にみても主要な死因となっている（世界の統計 2012、総務省統計局）。この悪性新生物に対する治療法として、現在臨床では外科的切除や放射線療法、化学療法などが実施されている。しかし、これら確立されている治療法であっても侵襲性が高いことや被曝、副効果による影響や個人差といった課題が残されている。このような状況の中で、悪性腫瘍に対する低侵襲療法として凍結手術や温熱療法が注目を集め、臨床の場においても実施され始めてきている。凍結手術は生体組織を冷凍することによって生じる 4 種の生体反応を利用した治療法であり、悪性腫瘍の破壊に対しては凍結壊死現象が利用されている。凍結壊死の発生機序は、組織冷凍による氷晶の発生・発育に伴う細胞構造への直接的な機械的破壊や氷結晶生成に伴う細胞内外の脱水、電解質の異常濃縮による pH の変化、微小循環系障害などによって生じる^(1~3)。凍結手術の利点としては、外科的切除が不能とされた症例に対しても適用が可能な場合もあるなど、低侵襲療法である他にも、腫瘍破壊の機序が生理的であることから回復過程においても機能障害が少ないと、さらに免疫誘導によって残存した腫瘍細胞や遠隔転移した腫瘍組織の縮小・退縮が期待できるといった点があげられる。他方で、温熱療法は凍結手術とは逆に腫瘍組織を 42.5°C 以上まで加温することで破壊する治療法であり、広義では RFA (Radio Frequency Ablation) も含まれる（日本ハイパーサーミア学会ホームページより）。温熱障害の発生機序は、加温によるタンパク質の変性や血栓生成に伴う循環系障害に起因する栄養や酸素の供給停止などで腫瘍組織を破壊する^(4, 5)。生体組織に対する温熱の影響に関して、正常組織では外部からの温熱刺激に対して血流量を増加させることによって組織温度の上昇を防ぐといった防御機能を発揮するが、一般的な腫瘍組織では正常組織の血管構造とは異なることから組織放熱機能が脆弱となっている^(4, 5)。したがって、外部から熱刺激を与えた場合には正常組織よりも腫瘍組織の方が温熱影響を受けやすく、温熱によって腫瘍組織のみを選択的に破壊できると言われている。

しかし、凍結手術では不十分凍結による免疫寛容状態に伴う腫瘍増悪の危険性が、温熱療法ではヒートショックプロテイン発現による温熱耐性の獲得やアポトーシスの抑制等が問題としてあげられる^(1~5)。さらに両治療法の問題点としては、熱源としての手術用プローブや通電電極から遠方になるに従って生体熱伝導の問題から熱影響が小さくなり、腫瘍辺縁領域での腫瘍細胞の破壊効果は低下してしまうといった問題が予想される。

そこで、本研究では組織冷凍と加温を組み合わせることによって細胞破壊効果の向上が期待できる凍結加温手術を提案してきた。凍結加温手術は、細胞内小器官を組織冷凍で破壊した後に加温することでヒートショックプロテイン発現を抑制すると共に、血管冷凍に伴う循環系障害によるうつ血や鬱滞で熱拡散能が低下した状態で組織加温することで温熱影響が向上し組織破壊効果が増強すると考えられる。この凍結加温手術は世界的にも研究されていない治療法であることから、これまでに我々が凍結加温手術装置を構築し装置性能を評価した結果として我々は本邦で本手術装置並びに手術方法を特許化した。しかしながら、これまでの実験において手術装置を稼働させた際に冷媒としてのエタノール温度が経時的に上昇し、それに伴って手術用プローブ温度も経時に上昇する問題が観察されていた^(6, 7)。そこで、本研究では手術装置稼働中の冷媒温度の上昇を抑制するための改良を実施し、改良後の手術装置の性能を評価することを目的とし実験を行った。

2. 実験方法

2-1. ペリスタティックポンプを用いた凍結加温手術装置の作製

凍結加温手術装置の構成を Fig.1 に示す。凍結手術装置は、ペルチェ素子を取り付けた手術用プローブ、ペルチェ素子に電力を供給するためのプログラム温度制御機能を有する正負両極性電源 (TDU-5000A(R/G)、フェローテック社製)、冷媒を冷却しながら貯留するためのチャンバを取り付けたフリーピストン型のスターリングクーラ (SC-UD08、ツインバード工業株式会社製)、冷媒の1次冷却用の SC 及びペリスタティックポンプ (7554-80、ヤマト科学株式会社製) から構成される。ペルチェ素子は電力供給によって発熱面と吸熱面が生じる電子素子であり、電流の向きを変えることで発熱面と吸熱面を反転させられる特長を持っている。したがって、手術用プローブを生体組織に圧抵したままの状態で、組織冷却と加温を連続的に実施することが可能になる。さらに、ペルチェ素子の発熱面を冷却することで、冷却面温度を 0°C 以下にすることもできるため、血流による加温効果がある生体組織を冷凍できる可能性も考えられる。

手術用プローブの作製では、塩化ビニルのパイプ（外径 φ28 mm、内径 φ18 mm）を長さ 25 mm に切断し、冷媒の流入/流出パイプを取り付けた真鍮製の上蓋をネジにて固定し、その反対側に銅製の手術用プローブチップを取り付けたペルチェ素子 (FPH1-3104NC、G-max 社製) を熱伝導性接着剤にて固定することで、手術用プローブを作製した。冷媒チャンバ付の SC の作製では、アルミニウムボックスを SC の先端冷却部にネジで固定できるように機械加工し、治具と共に SC の先端冷却部に取り付けることで冷媒チャンバ付の SC を作製した。最後に、手術用プローブと冷媒チャンバを P-Pump 用のチューブで接続し、ペルチェ素子の発熱面を冷却した後の温度上昇したエタノールを冷却するための SC を冷媒循環回路内に設置し冷媒チャンバまで P-Pump で還流する構造とすることで凍結加温手術装置を作製した。

2-2. ギアポンプを用いた凍結加温手術装置の作製

冷媒を循環させるための P-Pump のロータ部とチューブ間に生じる摩擦熱の影響を考慮し、摩擦熱が P-Pump よりも発生しにくいと考えられる G-Pump に変更して実験を行った。また、冷媒循環回路に外気からの熱流入を抑制するためにチューブ類に断熱材を取り付け、その後に同様の性能評価実験を行った。

2-3. 凍結加温手術装置の性能評価実験

凍結加温手術装置の性能評価実験系の概略図を Fig.1 に示すように、2-1、2-2 で作製した凍結加温手術装置の性能を評価した。実験では、低温でも流動性が確保できるエタノールを冷媒として選択し、実験開始時に -60°C 以下になっているように、-80°C に設定した SC にて予め冷却してから実験を開始した。実験条件は、手術用プローブに圧抵物がない無負荷の状態とし、冷媒エタノールを 800mL、冷媒流量をおよそ 150mL/min として計測を行った。実験中は、低温における直線性が高い T 型熱電対 (ET-3、CHINO 社製) とデータロガー (GL-220、GRAPHTEC 社製) を用いて、手術用プローブ温度、冷媒チャンバ付の SC 及び 1 次冷却用 SC の先端冷却部の温度、循環エタノール温度、室温を計測した。実験では、計測開始から 3 分後にポンプにて冷媒を循環させ、その 1 分後にペルチェ素子への電流を最大で 3.3A (ペルチェ素子の最大定格電流 3.9A) としてコントローラによって PID 制御による自動電流制御で開始した。

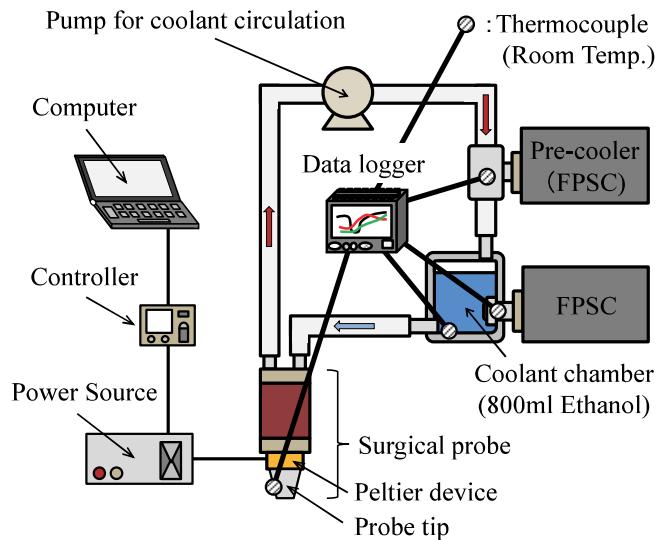


Fig.1 The composition of the treatment system and the experimental setup

3. 実験結果

3-1. 凍結加温手術装置の作製

Fig.2 に作製した凍結加温手術装置の写真を示す。Fig.2 に示す凍結加温手術装置及び温度計測実験系を用いて本手術装置の冷却性能を評価した。

3-2. 凍結加温手術装置の性能評価試験の結果

Fig.3 は、P-Pump を用いた凍結加温手術装置における各点の温度推移を、ポンプによる冷媒循環開始を 0 秒として示したグラフである。手術用プローブ温度はコントローラによる電流制御が開始されたと同時に急激に低下し、およそ 4 分 45 秒後に最低温度となる -60.1°C まで到達した。その後は徐々に温度が上昇し、ポンプによる冷媒循環開始から 60 分後には -51.4°C まで温度が上昇した。温度上昇速度が一定の割合になったと考えられる 40~60 分の間における平均温度上昇速度を 1 次線形近似直線から算出したところ約 $0.08^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であった。また、冷媒としてのエタノール温度は、ポンプによる循環が開始したと同時に急激に上昇し、その後はほぼ一定の割合で上昇し続け、60 分の時点でのエタノール温度は -34.8°C となった。40~60 分の間における平均温度上昇速度は約 $0.11^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であった。冷媒チャンバ付の SC 及び 1 次冷却用 SC の先端冷却部温度は、ポンプによる冷媒循環開始と共に上昇し、1 次冷却 SC の温度上昇速度に比べると冷媒チャンバ付の SC の温度上昇速度の方が大きかったことが観察された。

Fig.4 に、P-Pump を G-Pump に変更した手術装置の各点の温度推移を示す。手術用プローブ温度は、ペリスタティックポンプを用いた時と同様に急激に低下し、およそ 4 分で -69.4°C に到達し、その後は徐々に温度が上昇し続け、60 分の時点では -53.3°C まで上昇した。40~60 分の間の平均温度上昇速度は $0.07^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であった。また、循環エタノール温度もポンプによる送液直後から急激に上昇し、およそ 10 分後からはほぼ一定の温度上昇速度となったことが観測された。40~60 分の間の平均温度上昇速度は $0.11^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であった。チャンバ SC と 1 次冷却 SC の先端温度はポンプによる循環開始時から急激に上昇し、温度

上昇速度はチャンバ SC の方が大きかった。

G-Pump を用いた手術装置のチューブ類に断熱材を取り付けた後の各点の温度推移を Fig.5 に示す。手術用プローブ温度はペルチェ素子に電力を供給した時点から急激に低下し、およそ 4 分の時点で最低温度となる -68.6°C を記録した。その後は、これまでの装置と同様に温度が上昇し、60 分の時点で -51.4°C まで上昇した。40~60 分の間の平均温度上昇速度は $0.10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であった。循環エタノール温度はポンプによる冷媒循環開始とともに上昇をはじめ、およそ 10 分以降ではほぼ一定の割合で温度上昇が観察され、40~60 分の間における平均温度上昇速度は $0.12^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であった。2 台の FPSC の先端冷却部温度の推移はこれまでの装置と同様であった。



Fig.2 The appearance of the combination treatment system

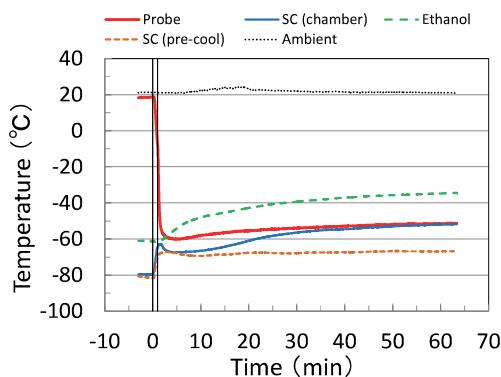


Fig.3 Temperatures change (P-Pump)

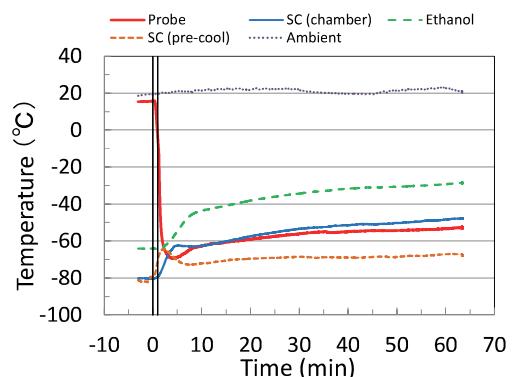


Fig.4 Temperatures change (G-Pump)

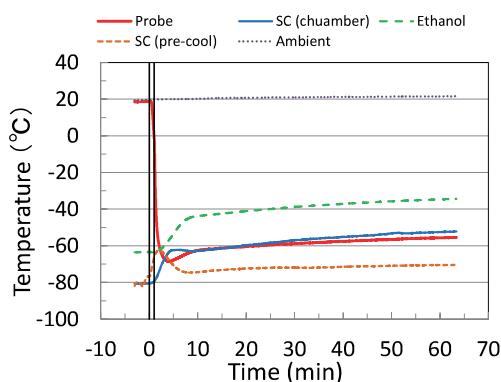


Fig.5 Temp. change (G-Pump + insulation)

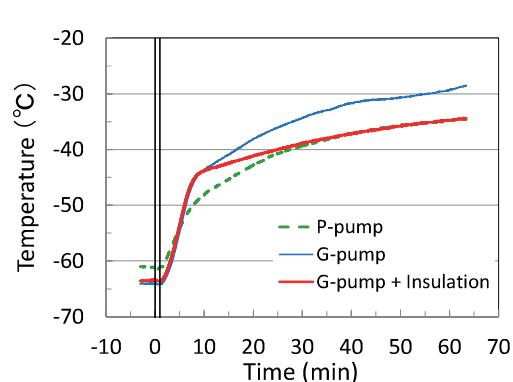


Fig.6 Temp. changes of coolants

Table 1. The minimum temperatures and temperature rates of each system

System type	Surgical probe		Ethanol temperature as coolant	
	Mini. Temp. (°C)	Temp. rise rate (°C/min)	Temp. at 60min (°C)	Temp. rise rate (°C/min)
P-Pump	-60.1	0.08	-34.8	0.11
G-Pump	-69.4	0.07	-29.3	0.11
G-Pump + insulation	-68.6	0.10	-34.7	0.12

4. 考察

これまでに作製した凍結加温手術装置において、手術装置が稼働状態では冷媒としてのエタノール温度が上昇し、それに伴って手術用プローブの温度上昇も観察されていたため、本研究では循環エタノール温度の上昇を抑制するための改良を行った。実際の改良としては新たに SC を冷媒循環回路中に追加設置することで、冷媒エタノールを 2 段階で冷却する構造とした。改良前の凍結加温手術装置における手術用プローブの最低到達温度は -45.3°C であり、循環エタノール温度の上昇速度は 1.1°C/min であったことを、これまでに報告してきた⁽⁶⁾。改良前の手術装置と本研究で改良した手術装置の比較において、手術用プローブ温度は、P-Pump を用いた装置で約 15°C、G-Pump を用いた装置では約 24°C も低下したことが確認された。また、循環エタノール温度の上昇速度においても改良前と比較して 1/10 程度となり、大幅に抑制された結果が得られた。これは追加した FPSC によって冷媒エタノールの温度上昇が抑制され、その抑制によって手術用プローブの最低到達温度も低下したと考えられる。この考えを裏付ける結果として、これまでの報告では手術用プローブ温度はおよそ 3 分で最低となっていたが⁽⁶⁾、本研究では 4~5 分の間で最低温度に到達しており、手術用プローブ温度が低下している時間が長くなつたことからも、循環エタノール温度の上昇が緩やかになった結果であると考えられる。以上の結果より、本研究の目的であった冷媒エタノールの温度上昇抑制が達成されたと考えられる。

本研究の実験結果においては、Table 1 にまとめたように手術用プローブの温度は G-Pump を用いた方が低下していたが、一方で循環エタノールの温度上昇速度には、ポンプの種類や断熱構造の有無による影響は出現しなかつた。エタノールの温度上昇速度に影響が出現しなかつた要因として、Fig.6 に示されるように、P-Pump と G-Pump で冷媒を吐出させた直後の温度上昇が G-Pump の方が急激な立ち上がりであったことから、吐出流量に差が生じていた可能性が考えられる。冷媒流量の調整に関して、P-Pump は蠕動運動によって吐出を行う脈動ポンプであるため、一般的なフロートを利用した流量計では精密な流量制御が困難であったため、実験前に実測によって流量を把握し、平均値としておよそ 150ml/min に調整していた。G-Pump はハウジングと歯車の間隙を利用して送液を行うポンプであることから、P-Pump よりも大幅に脈動が少なく、比較的精密に流量を制御できていた可能性が高いと考えられる。そこで、G-Pump の方が流量は大きかったと仮定すると、手術用プローブの放熱作用は向上するものの、その分だけエタノールの温度上昇速度も上

昇することになると考えられる。しかし、G-Pump は P-Pump とは異なり摩擦熱によるエタノールの加温が無いことや断熱材による大気中からの熱流入が低減した結果、総合的にそれらの影響が打ち消され、手術用プローブの最低温度は低下したもの、温度上昇速度に差異が観察されなかつた可能性が考えられる。したがって、今後の装置改良においては冷媒循環回路内に流量計を設置し、実際の流量を可視化する必要があるだろう。

最後に、システム全体の熱流入量を循環エタノール温度から計算すると、 $0.11\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ でエタノール全量 (800ml) の温度が上昇したと考え、エタノールの密度 ρ を $0.789\text{g}/\text{cm}^3$ 、体積 V を 800ml 、比熱 C を $2.14\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ として分時熱流入量を計算すると、熱量 $Q = \rho V C T$ より 2.48 W ($35.4\text{ cal}/\text{min}$) となった。この流入量は、昨年に報告した手術装置の熱流入量⁽⁶⁾ の $1/10$ 程度であり、総合的な熱流入の抑制が熱収支の計算上でも示され、本研究で実施した SC の追加による凍結加温手術装置の改良は冷媒エタノールの温度上昇抑制策として効果があったと考えられる。

5. 結論

本研究では、凍結加温手術装置による凍結加温手術を安定的に実施するため、冷媒としてのエタノール温度の上昇を抑制するための装置改良を行った。エタノール温度の上昇抑制法として、凍結加温手術装置の冷媒循環回路内に新たに SC を設置し、2 台の SC でエタノールを冷却し手術装置を稼働させた。稼働中における温度計測の結果、循環エタノールの温度上昇速度はこれまでの手術装置の 10% 程度にまで抑制され、さらに手術用プローブの温度が最大で 24°C 程度の低下が観察されたことから、追加設置した SC が冷媒エタノールの冷却に効果的であったことが確認された。しかしながら、装置稼働中の循環エタノール温度は僅かに上昇し続けていることから、今後は装置全体における断熱構造を考慮する必要があるだろう。

6. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 26820065 の助成を受けた。

参考文献

- (1) Daishi TAKAHASHI, Yousuke TAGUCHI, Upgrading of cryosurgery and hyperthermia treatment system for the enhancement of refrigeration performance, KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO, 2014; 19: 17-24.
- (2) TAKAHASHI D, TAKAHASHI T, SONE K, et al., A Study for Cryosurgery - Hyperthermia Treatment System – The effects of Hyperthermia Treatment Following Cryosurgery-. Journal of Power and Energy System, 2008; 2: 1294-1303.
- (3) Omar Kujan, Saleh N. Azzeghaiby, Bassel Tarakji, et al., Cryosurgery of the oral and peri-oral region: a literature review of the mechanism, tissue response, and clinical applications. Journal of Investigative and Clinical Dentistry, 2013; 4: 71-77.
- (4) 高橋大志、曾根和哉、中村春樹、吉井孝博、福本一朗、凍結手術後温熱療法の基礎研究、生体医工学、2007 ; 45 : 11-16.

- (5) Pablo Guardia, Riccardo Di Corato, Lenaic Lartigue, et al., Water-Soluble Iron Oxide Nanocubes with High Values of Specific Absorption Rate for Cancer Cell Hyperthermia Treatment. ACS Nano, 2012; 6: 3080–3091.
- (6) Daishi TAKAHASHI, Yousuke TAGUCHI and Takenori AIDA, Proposal of the combination treatment system of cryosurgery and hyperthermia treatment using ethanol as a coolant, KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO, 2015; 20: 19-25.
- (7) Daishi TAKAHASHI, Yousuke TAGUCHI and Takenori AIDA, Fabrication of the combination treatment system of cryosurgery and hyperthermia treatment using Peltier device with ethanol circulation as a coolant, Proceedings of Eighth Asian-Pacific Conference on Biomechanics (AP Biomech 2015), Sapporo, Sep. 2015, p295.

The Improvement of the System Performance to Cool the Coolant of Cryosurgery and Hyperthermia Treatment System

Daishi TAKAHASHI, Yousuke TAGUCHI and Takenori AIDA

Course of Clinical Engineering
Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences
500 Kurotsuchishinden, Minamiuonuma, Niigata 949-7241, Japan

Abstract :

We have established and improved a combination system for cryosurgery and hyperthermia treatment maintained by ethanol as a coolant. The combination treatment system consists of a surgical probe, two Stirling coolers (SC), a peristaltic pump for circulating the refrigerant and a power supply unit supporting the temperature control function. In our previous study, temperature elevation was observed in the coolant as well as in the probe during the operation.

In the present study, the system was improved by attaching an additional SC to the circulation circuit. Also, the peristaltic pump was exchanged for a gear pump for reducing the effect of friction heat occurring between the roller and tube. In addition, the tube for coolant circulation was wrapped around with heat insulator. By these treatments, the cooling performance of the system was evaluated in no-load running condition with 800ml of liquid ethanol as a coolant. During the evaluation test of the system, temperatures of the surgical probe, circulating ethanol, SC with a coolant chamber, SC for pre-cool as well as an ambient temperature were measured by T-type thermocouples and a data logger.

The temperature of the surgical probe reached to -60°C or less, under the no-load running condition of the newly improved system. The temperature of the surgical probe with a gear pump was lower than that of the system driven by peristaltic pump. The elevation of the circulating ethanol temperature during operation remained within 30 degrees, from -60°C to about -30°C. Moreover, the rate of the temperature elevation decreased to 10% of the previous system. These results suggest that the newly-incorporated SC is effective in preventing the temperature rise of a coolant.

Keyword :

Cryosurgery, Hyperthermia treatment, Combination treatment, Treatment system, Tumor tissue

(Received : January 22, 2016 / Accepted : March 4, 2016)

地域医療改革に伴う病院機能分担に対する住民の意識

—新潟県魚沼圏域の事例—

加藤 英一⁽¹⁾, 渡辺 しき子⁽²⁾, 佐藤 幸子⁽²⁾

⁽¹⁾北里大学保健衛生専門学院 非常勤講師

⁽²⁾北里大学保健衛生専門学院 保健看護科

〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番

要旨：

地域医療の改革が、全国的に急速に進められている。その中でも採算性に問題を抱えている、地方の公立病院の再編成が急務とされている。本稿はその一例としての新潟県魚沼圏域における地域医療改革を取り上げている。この地域は①3次救急および高度医療は他圏域に依存、②県内7圏域中で最低の医師不足地域、③施設間で機能分担と連携ができていない、④周辺病院の老朽化がその特徴として挙げられている。そこで2015年魚沼基幹病院の開院と共に地域の公立病院間の機能分担と連携、即ち基幹病院を中心としたネットワーク化を主眼とした地域医療の改革が進められている。

但し地域医療の改革は、地域の住民の利益に資するものでなければならない。そこで本稿では、住民に対するアンケート調査を通じて、地域の人々が改革による病院間のネットワーク化をどのように捉えているのかを調べた。

その結果、病院間のネットワーク化に対しては、反対が23.1%、どちらとも言えないが30.8%、そして賛成が46.0%で賛成が反対を大きく上回っていた。しかし一方で、高齢者層の受療行動をみると居住地と既存の各病院との繋がりが強く、改革によって通院する病院が変更となることもありその負担も懸念されている。

キーワード：

地域医療改革、機能分担と再構築、魚沼基幹病院

(投稿日：2016年1月22日／受理日：2016年3月4日)

1. 研究の背景

都市・地方の区別を問わず、地域医療の崩壊が叫ばれている⁽¹⁾。このような状況の下、2007年に総務省から「公立病院改革ガイドライン」⁽²⁾が発表された。この中で全国の公立病院に対して、①経営効率化、②再編・ネットワーク化、③経営形態の見直しが求められている。公立病院は1950～1960年代に建設ラッシュがあり、その多くが建て替え時期を迎えている。しかし各地方自治体は財政難から、その調達資金もままならない状態に置かれている⁽¹⁾。このままでは地域医療は間違いなく崩壊に向かう。

私立病院とは異なり、公立病院はへき地医療拠点病院としての役割を担っていることからも、そこでの採算性が度外視されてきた経緯がある。また私立病院と比較すると、平均して建設費が2割程度割高な上に、職員の給与が地方公務員に準じていることから高く設定されている。このようなことから公立病院の多くは赤字体质にあり、その赤字は一般会計から補てんされる仕組みとなっている。

国が高度経済成長期にあるならば、このような状況においても、これまで通りに公立病院の存続の道は残されていたかもしれない。しかし国内は既に低成長経済期にあり、その上少子高齢化社会にあることからも、今後も高い成長率は望めない。そこでたとえへき地医療拠点病院といえども、無制限に一般会計からの赤字補てんは許されることは言を俟たない。「公立病院改革ガイドライン」が厚生労働省からではなく、地方交付税を担当する総務省から出されたのも頷ける。

他方、厚生労働省からも各自治体に対して、日常生活圏としての2次医療圏を制定したうえで基準病床数を整備目標とするとともにその抑制、そして平均在院日数の短縮等が求められている。その上2次医療圏は、高度医療や救急医療から在宅医療、そして福祉をも含めた地域医療としての完結性も求められている。具体的には、2006年の「平成18年度診療報酬改定における主要改定項目について」⁽³⁾において、質の高い医療を効果的に提供するために医療機能の分化・連携を推進する視点ということで、医療機関間の機能分業の必要性が指摘されている。特にここでは医療機関の分業と地域在宅医療との関連がその課題とされている。

このように総務省や厚生労働省から具体的な目標設定とその実施を求められた各自治体は、公立病院を中心とした地域医療の改革に着手することになった^{注1}。そこで本稿では、その一例である新潟県魚沼圏域における地域医療の再編成を取り上げた。

2. 問題意識

新潟県は魚沼圏域の2次医療圏の構築および改革に着手している。新潟県は人口10万人当たりの医師数で全国47都道府県中41位であり、医療資源に恵まれているとはいえない⁽⁴⁾。新潟県には7つの2次医療圏があるが、魚沼市、南魚沼市、十日町市、津南町、湯沢町によって構成されているのが魚沼圏域である。「地理的には新潟県の南部山間部にあり、関東には至近距離にありながら三国山脈に大きく隔離され、とくに冬期間はその交通はとぎされた」⁽⁵⁾地と表現され、川端康成の『雪国』でも有名な日本有数の豪雪地として知られている。

この魚沼の地は既に 1970 年代から保健・医療・福祉の連携に着手しており、大和方式という地域医療のモデルケースとして、全国的にも注目されてきた^{注2}。しかし 2 次医療圏域としてみた魚沼圏域の医療資源は、県内でも下位にある。

その特徴として①3 次救急および高度医療は他圏域に依存、②県内 7 圏域中で最低の医師不足地域、③施設間で機能分担と連携ができていない、④周辺病院の老朽化が挙げられている^{注4}。そしてこの魚沼圏域の中心に位置しているのが南魚沼市である。

南魚沼市は、人口が 60,316 人(2014 年 3 月末)、世帯数が 19,097 世帯、面積が 584.82km²。年齢構成でみると 65 歳以上が 26.1%、15 歳～64 歳が 60.3%、15 歳未満が 13.5% である。この地域でも少子高齢化が進んでいる。また産業人口構成では 1 次産業が 12.1%、2 次産業が 29.6%、3 次産業が 58.3%、他 0.2% である。医療資源に関しては、病院数 4、病床数 736、診療所数 31、医師数 72 人となっている^{注5}。

2015 年 6 月、地域医療改革の一環として救命救急および高度医療を担う魚沼基幹病院がこの地に設立されるとともに、基幹病院を中心として既存の病院（五日町病院、県立十日町病院、斎藤記念病院、湯沢保健医療センター）及び新規開院の魚沼市立小出病院、南魚沼市民病院と規模を縮小した魚沼市立堀之内病院、南魚沼市立ゆきぐに大和病院がそのサテライト病院としてネットワーク化されるという地域医療の再編成、即ち各病院の機能分担と相互協力が進められている。

ここでも当然のことながら「公立病院改革ガイドライン」による①経営効率化、②再編・ネットワーク化、③経営形態の見直しがその基盤となっている。①の経営効率化に対しては、基幹病院が高度・救急医療を担い、サテライト病院が軽度・慢性医療を担うといった機能分業による効率化が対応している。②再編・ネットワークに対しては、基幹病院を中心として既存病院をそのサテライトとしたネットワーク化による協業が対応している。そして③経営形態の見直しに対しては、基幹病院を公設民営とすることでこれに対応している。またそれに加えて医師の獲得に関しては、新潟大学医学部により基幹病院を研究活動まで可能とすることでマグネットホスピタルとしてこれに対応している。

このように行政による地域医療改革は着実に進行している。但し医療サービスの受益は、行政や医療従事者のためにあるのではなく、あくまで地域住民のためにある。そこで本稿の問題意識は、魚沼圏域におけるこの医療再編成を地域の住民がその利用者として如何に捉えているのかという点にある。

3. 研究目的

2 次医療圏域としての魚沼圏域の構築および改革は、単に大規模病院が新たに 1 病院付け加わったというものではない。むしろ魚沼基幹病院を地域中核病院とした、この圏域における地域医療の再編成がその主眼にある。具体的には既存の県立小出病院、県立六日町病院（県立から市立への組織改編）、魚沼市立堀之内病院、南魚沼市ゆきぐに大和病院の各病床数の削減や魚沼基幹病院と各医療機関とネットワーク化による機能的な分担と協力がこの計画に盛り込まれている^{注3}。

このような地域の医療構造の変動は、国民皆保険制度を基盤とした医療機関へのフリー・アクセスの下で、地域住民の受診行動に如何なる変化をもたらすことになるのか。これは地域住民の受診行動を規定する諸要因がどこにあるのか、とも換言できる。地域に医

療構造の変化によって医療機関の機能分担が促進されるか否か、即ち地域医療改革の成否は、地域住民の受診行動を規定する諸要因のあり方に依存する。

本稿の研究目的は、魚沼圏域の地域医療構造の変化に対して、地域住民の受診行動を規定する諸要因に触れながら、医療機関間の機能分業に対する地域住民の意識を明らかにすることにある。

4. 先行研究

相澤は、地域医療は地域の自治体の論点が求められることから、その研究には社会学としての地域研究の視点が必要であるとして、社会学の中に地域医療研究を位置づけている⁽⁷⁾。その際に、三井が主張している病院の論理と生活の場の論理⁽⁸⁾にも言及している。それによると、急性疾患を対象とした医療から慢性疾患を対象としたそれとでは、疾病的意味そして医療機関の意味が異なってくる。まず急性疾患では完治がその目的となるのに対して、慢性疾患では目的そのものが不明確であり、達成そのものが不可能であることもある。すると病気は克服するものではなく、生活の一部となっていくものと捉えられる。

また医療機関は老人病院化が拡大する一方、自宅での高齢者の寝たきり状態となってきたことから、長期に生活するのに適した場所ではないことが認識されるようになってきた⁽⁹⁾。病院は重篤な患者や救急を要する患者の状態が安定するまでの間一時的に入院治療を受ける場所であり、高度に問題解決のためにシステム化された場所である。慢性疾患のように疾患と共に日常生活をおくる生活の場としては適切とはいえない⁽⁸⁾。

するとここでは健康という概念そのものも変化することになる。岡本によれば健康とは、臨床的な視点からの病気ではないまたは症状がないということではなく、本人が暮らし方や生き方を自己選択、自己決定してそれに責任を持っていることを重視し、心身に何らかの障害があっても自分らしく生きている状態であると表現される⁽¹⁰⁾。岩永は疾病構造の中心が急性疾患である場合は、その対策が記述疫学や分析疫学による改修型の解決方法であるのに対してその中心が慢性疾患の場合は、設計型の解決方法であるとしてこの2つを質的に異なったものと捉えている⁽¹¹⁾。

地域医療では、慢性疾患による在宅医療が重要な課題となってくる。即ち、ここでは上記の生活の場の論理が求められ、疾病や健康の概念そのものが病院医療のそれとは異なるのである。園田は地域と医療との関わりは、疾病構造と医療技術水準や専門化の程度に依存するとしている⁽¹²⁾。そしてこれらの諸変化は、医療行政のあり方の変動をもたらすと述べている。それが医療行政の中央集権化から地方自治体を主体とした分権化である^{注4}。

また高齢者に対する在宅医療は、1980年代後半から1990年代初めにかけてしてきたが、これには1985年の医療法改正、1989年の高齢者保健福祉推進10カ年計画、そして1990年の福祉8法の改正、等によるものであった⁽¹²⁾。これらは地方自治体における地域医療の構築と推進を意味することでもあった^{注5}。

また岩永や佐久間は、地域医療とは特定個人の健康を対象としているわけではなく、地域という集団の健康を対象としているという点を指摘している^{(11),(14)}。地域は単体としての個人ではなく、空間としての広がりを持った集団を対象としており、その上地域の歴史という時間軸を併せ持っていることから、地域医療を時間的および空間的に捉える必要があるというのがそれである。

上記の諸研究は、地域医療そのものを社会学的視点から、如何に捉えるかという研究である。それに対して、具体的に特定の地域での医療圏に関する調査研究も存在する。相沢は宮城県登米市⁽¹⁵⁾、小林は長野県武石村⁽¹⁶⁾、小松田は岩手県藤沢町⁽¹⁷⁾、永井は長野県小県郡武石村と長野県下伊那郡泰阜村および長野県上水内郡小川村⁽¹⁸⁾、関と大山は北海道檜山郡江差町と北海道標津郡中標津町⁽¹⁹⁾を各々調査研究対象としている。そして本調査研究と同じ新潟県南魚沼市を対象とした小林と小縣などがある⁽²⁰⁾。

但しこれらの諸研究では、地域医療における医療機関の機能分担に関する視点が欠けている。確かに疾病構造の中心は急性疾患から慢性疾患へと変化した。しかし急性疾患が全く無くなつた訳ではない。また地域医療としては在宅医療の需要が高まっていることも確かであるが、高度医療や救命救急も不可欠である。2次医療圏では、地域内での完結性が求められている。そのためにはフリー・アクセスを前提としながらも、医療機関間における機能分担が行われなければ、効率的な医療サービスを提供することが困難となる。この点に関して伊藤は、2次医療圏における病院の機能分担とネットワーク化についての住民意見について研究調査を行つてゐる。ここでは2次医療圏としての山形県置賜地域の変革を取り上げている⁽¹⁾。そしてその結果から、病院へのアクセスを多少犠牲にしながらも、住民はこの改革を肯定的に捉えていることが明らかにされている。

これら諸研究を踏まえた上で本稿では、伊藤による山形県置賜とは文化や歴史、地形や交通手段が異なつた新潟県魚沼圏域における医療改革を取り上げた。地域医療における医療機関の機能分担、即ち高度医療や救命救急医療を担う医療機関と軽度な医療や慢性疾患、在宅医療を担う医療機関との機能分担に対する医療機関へのアクセスの選択権を持つと共にそのサービス受益者でもある地域住民の意識に関して調査研究を行つた。

5. 方法

5.1 調査方法

本研究では世帯を対象とした質問票を用いた計量調査を行つた。被調査者は南魚沼市在住者(20歳以上、特別養護老人ホーム入所者は除く)1,500人とし、住所及び氏名は南魚沼市役所の職員が住民台帳から無作為に抽出した^{注6}。

プリ・テストは20人に対して行い、回収後回答者に調査票の分量、表現、選択肢の妥当性、等々に関して意見を出してもらい、それを参考として調査票を修正した。その後、研究計画書と共に修正後の調査票を北里大学保健衛生専門学院内部倫理審査会に提出し、研究調査の承認を得た（倫理審査番号 26-002）。

調査票は各被調査者宛に2015年1月中旬に郵送した（留め置き郵送法）。その際、封筒には依頼文、調査票、返信用封筒を同封し、宛名シールは市の職員が貼付し発送した。返信の宛先は、南魚沼市役所とした。

調査票はフェイスシートにおいて性別、年齢、職業、家族構成、居住地等を聞いている。質問の大項目は問1から問19の19問で構成されており、その内問1から問18までは選択肢からの選択とし、問19は「魚沼基幹病院および基幹病院を中心とした地域活性化について、ご自由にご意見をお聞かせください」と自由記述的回答とした。

5.2 調査回収結果

返送された調査票は799票であり、回収率は53.3%であった。性別の回収率では、男性が51.3%、女性が54.9%と性別による回答率に大きな差は見られなかった。また地区別の回収率では、旧大和地区が53.4%、旧六日町地区が53.6%、旧塩沢地区が52.7%とここでも回答率に大きな差は見られなかった。しかし年代別の回収率では、20代が31.6%、30代が35.1%、40代が39.7%、50代が57.5%、60代が67.2%、70代が71.0%、80代が68.6%であり、年代が高くなるほど回収率が高くなる傾向が見られた。

5.3 調査内容

魚沼圏域の地域医療構造の変化を通じた、医療機関の機能分業に対する地域住民の意識を明らかにすることが本稿での目的である。そこでまずは下記の2つの設問を行った。

問 a. 病院機能分担に対する認知度

魚沼基幹病院は主に救命救急と高度医療を担い、既存の病院（ゆきぐに大和病院、小出病院、六日町病院、等）とではその提供する医療サービスの役割が異なるようになりますが、この点をご存知ですか？（1.知らない～5.知っている）

問 b. 病院機能分担の賛否

このような医療機関の間の役割の分担に関して、あなたは賛成ですか？（1.反対～5.賛成）

また受療行動に影響を与える要因として、医療サービスに対する満足度と地理的要件が考えられる^{注7}。そこで前者に関しては、下記の設問を行った。また後者に関しては、回答者の住居地と通院病院との関係からその推測を行った。

問 c. 医療機関に対する満足度

あなたが利用している医療機関での医療サービスに満足していますか？（1.不満～5.満足）

6. 結果

問 a（病院機能分担に対する認知度）に対する結果は表1に示した。

知らない（「1.知らない」と「2.あまり知らない」）、聞いたことはある、そして知っている（「4.少し知っている」と「5.知っている」）が各々約3割である。ほぼ等しく3つの層に分かれている。しかしこれを年齢階層別（青年層：20歳代と30歳代、中年層：40歳代と50歳代、高齢層：60歳代、70歳代と80歳代）に分けてみると統計的に有意差を見て取れる（表2）。

表1. 病院機能分担に対する認知度

選択肢	度数	パーセント	有効パーセント	累積パーセント
1	95	11.8	12.8	12.8
2	124	15.5	16.7	29.6
3	249	31	33.6	63.2
4	131	16.3	17.7	80.8
5	142	17.7	19.2	100
合計	741	92.4	100	

（1.知らない～5.知っている） n=741

次に問 b (病院機能分担の賛否) に対する結果であるが、ここでは問 aにおいて「3. 聞いたことはある」、「4. 少し知っている」、「5. 知っている」と回答した方を対象とした。その結果を示したのが表 3 である。

これによれば反対（「1. 反対」と「2. やや反対」）が23.1%、「どちらとも言えない」が30.8%、そして賛成が46.0%（「4. やや賛成」と「5. 賛成」）となっており、賛成派が反対派を大きく上回っていることが分かる。但し、ここでは年齢階層別による統計的な有意差は見いだされない（表4）。

また問bにおいて「反対」（「1. 反対」と「2. やや反対」）と回答した方にその理由を尋ねてみた。表5がその結果である。

「5. どの病院でも患者の状態に関係なく同じように受け入れてほしいから」（37.0%）と「2. 魚沼基幹病院へは紹介状が必要と言われているから」（32.8%）

との回答が高く、両者を合わせると7割を超えることになる。

次に問 c (医療サービスの満足度) に対する結果であるが、ここでは現在医療機関にかかっている方をその対象とした。表 6 がその結果である。「4. やや満足」と「5. 満足」を合わせると5割を超える。それとは対

表2. 年齢階層と認知度

年齢階層	認知度					合計
	1.知らない	2.あまり知らない	3.聞いたことはある	4.少し知っている	5.知っている	
青年層 度数 調整済み残差	28	33	38	16	16	131
	3.2	2.9	-1.2	-1.8	-2.3	
中年層 度数 調整済み残差	22	36	60	45	53	216
	-1.4	0	-2.1	1.5	2.3	
高齢層 度数 調整済み残差	45	53	149	69	73	389
	-1.1	-2.3	2.9	0.1	-0.4	
合計 度数	95	122	247	130	142	736

n=736, df=8, $\chi^2=32.51$, p<.00

表3. 病院機能分担の賛否

選択肢	度数	パーセント	有効パーセント	累積パーセント
1	23	4.5	4.5	4.5
2	97	18.8	18.8	23.3
3	159	30.8	30.8	54.1
4	122	23.6	23.6	77.7
5	115	22.3	22.3	100
合計	516	100	100	

(1. 反対～5. 賛成) n=516

表4. 年齢階層と病院機能分担の賛否

年齢階層	病院機能分担の賛否					合計
	1.反対	2.やや反対	3.どちらとも言えない	4.やや賛成	5.賛成	
青年層 度数 調整済み残差	7	12	19	14	17	69
	2.4	-0.3	-0.6	-0.7	0.5	
中年層 度数 調整済み残差	5	33	37	43	40	158
	-1	0.8	-2.4	1.3	1.1	
高齢層 度数 調整済み残差	11	51	102	64	58	286
	-0.8	-0.6	2.7	-0.7	-1.3	
合計 度数	23	96	158	121	115	513

n=513, df=8, $\chi^2=14.32$, p>.07

表5. 病院機能分担の反対理由

選択肢	度数	パーセント	有効パーセント	累積パーセント
1	14	11.8	11.8	11.8
2	39	32.8	32.8	44.5
3	5	4.2	4.2	48.7
4	14	11.8	11.8	60.5
5	44	37	37	97.5
6	3	2.5	2.5	100
合計	119	100	100	

n=119

1. 魚沼基幹病院は主に急性期の患者の受け入れを中心とするから
2. 魚沼基幹病院へは紹介状が必要と言われているから
3. 既存の病院の方が通院するのに慣れているから
4. 魚沼基幹病院へは交通手段が不便であり通院に時間がかかるから
5. どの病院でも患者の状態に関係なく同じように受け入れてほしいから
6. その他

照的に「1. 不満」と「2. やや不満」は合わせてても1割程度しかない。また医療機関に対する満足度は、病院間および年齢階層別において統計的な有意差は見られなかった。

最後に地理的要因であるが、全体としては統計的な有意差を見出すことはできなかった。

表6. 医療機関に対する満足度

選択肢	度数	パーセント	有効パーセント	累積パーセント
1	17	3.7	3.7	3.7
2	31	6.7	6.7	10.4
3	174	37.7	37.7	48.1
4	124	26.8	26.8	74.9
5	116	25.1	25.1	100
合計	462	100	100	

(1. 不満～5. 満足)

n=462

しかし通院をしている高齢層に対象を絞ると、そこでは統計的な有意差を見ることがある。表7はそれを示している。

表7. 居住地と通院病院（60歳代～80歳代）

居住地		通院・入院している病院									合計	
		市立ゆきぐに大和病院	県立小出病院	県立六日町病院	五日町病院	市立堀之内病院	齊藤記念病院	湯沢保健医療センター	診療所	その他		
居住地	東地区	度数 1.4	9 <u>2.6</u>	1 -1.6	1 -0.4	0 -0.3	0 0	2 -0.3	0 0.1	6 -0.8	1 20	
	浦佐地区	度数 4.7	17 <u>2.4</u>	1 -2.3	0 -0.4	0 -0.3	1 -1	0 -0.3	2 -2.2	2 -0.2	23	
	大崎地区	度数 5.4	18 -0.4	0 -2.3	0 -0.4	0 -0.3	1 -0.9	0 -0.3	2 -2.1	1 -0.9	22	
	蔽神地区	度数 3.4	11 -0.3	0 -1.3	1 -0.3	0 -0.2	1 -0.5	0 -0.2	3 -0.9	0 -1.4	16	
	城内地区	度数 -0.1	8 -0.4	0 -1	3 -0.4	0 -0.4	1 <u>3.4</u>	3 0.1	0 -0.3	6 -0.8	6 <u>2.2</u>	27
	大巻地区	度数 1.6	9 -0.4	0 -0.9	2 -0.4	0 -0.2	0 0.8	3 -0.2	0 -0.8	4 -0.7	1 19	
	五十沢地区	度数 -1.2	3 -0.3	0 -0.7	2 -0.3	0 -0.2	2 0.2	0 -0.2	7 1.1	3 1.1	17	
	六日町地区	度数 -3.1	13 -0.8	0 <u>2.3</u>	21 <u>2.5</u>	2 -0.6	0 0.4	9 -0.6	0 1.2	27 -0.8	6 78	
	上田地区	度数 -1.7	2 -0.3	0 0.6	4 -0.3	0 -0.2	0 0.2	2 -0.2	0 1.1	7 0.2	2 17	
	塩沢地区	度数 -3.5	2 -0.5	0 0.6	8 -0.5	0 -0.4	0 1.3	6 <u>2.8</u>	1 1.2	14 1.3	6 37	
中之島地区	度数 -0.9	7 -0.4	0 <u>2.3</u>	10 -0.4	0 -0.3	0 -1.3	1 -0.3	0 0.1	9 0.1	3 0	30	
	石打地区	度数 -2.5	2 -0.4	0 2	8 -0.4	0 -0.3	3 0.4	0 -0.3	9 0.9	2 -0.3	24	
合計		度数	101	2	60	2	1	34	1	96	33	330

n=330、df=88、 $\chi^2=153.69$ 、p<.00

7. 考察

地域医療改革の中でも、病院機能の分担と協力といったネットワーク化に対して、住民が如何に捉えているのかをアンケート調査を通じて調べた。まず病院の機能分担の認知度に関しては「知らない」、「聞いたことはある」、「知っている」が各々約3割を占めており、住民の関心は3つの層に分かれていた。但しこれを年齢層に分けると、青年層では「知らない」、中年層では「知っている」、そして高齢者層では「聞いたことがある」との回答が統計的な有意差を示した。

病院機能の分担の賛否に関しては、「反対」が23.1%、「どちらかとも言えない」が30.8%、そして「賛成」が46.0%であった。ここでは賛成が反対を大きく上回った。また年齢層別での統計的有意差は示されなかった。

そこで「反対」と回答した方に対して、その理由を尋ねると「5. どの病院でも患者の状態に関係なく同じように受け入れてほしいから」(37.0%)と「2. 魚沼基幹病院へは紹介状が必要と言われているから」(32.8%)との回答が高く、両者を合わせると7割を超える。これは基幹病院が高度・救急医療を担っていることから、患者が特別な容態でない限り受け入れを拒否されるのではないか、との不安を抱いていると理解することができる。

受療行動に与える影響のひとつとして医療サービスに対する満足度を取り上げたが、「不満」と回答した方は約1割であるのに対して、「満足」と回答した方は5割を超えている。この結果から、地域の医療に対しては住民の不満が少ないといえる。

また受療行動に与える他の影響として地理的要因を取り上げた。ここではそれを居住地と通院病院との関係から推測をした。全体としては、統計的な有意差は示されなかった。しかし通院をしている高齢者層に関しては、統計的な有意差を見出すことができた。

魚沼圏域における地域医療改革、その中でも基幹病院を中心とした公立病院のネットワーク化に関しては、全体として住民からは肯定的な回答を得た。しかし高齢者層の受療行動から居住地と既存の各病院との繋がりが強く、改革によって通院する病院が変わることから負担が増えることが懸念されている。

引用文献

- (1)伊藤嘉高 他、「自治体病院再編に対する住民サイドからの事後検証—置賜総合病院を核とした自治体病院再編を対象にして—」『日本医療・病院管理学会誌』, 2012,49(4):27-36.
- (2)総務省 HP(www.soumu.go.jp/)
- (3)厚生労働省 HP(www.mhlw.go.jp/)
- (4)新潟県 HP(www.pref.niigata.lg.jp/)
- (5)南魚沼市 HP(www.city.minamiuonuma.niigata.jp/)
- (6)南魚沼医療史編集委員会, 『南魚沼医療史』新潟日報事業社出版・印刷部, 1997.
- (7)相澤出, 「地域医療と社会学—地域研究の視点から考える—」『月刊地域医学』, 2013b, 27(10): 875-879.
- (8)三井さよ, 「地域医療と社会学—生活の場の論理と医療者」『月刊地域医学』, 2013,27(10): 871-874.
- (9)永井彰, 「地域ケア・システムの形成と展開」『社会学研究』, 2003,73 : 89-110.
- (10)岡本玲子, 「地域の保健力を育む地域看護の役割」『保健医療社会学論集』, 2002,13(2) : 39-43.
- (11)岩永俊博, 「地域保健力を育てる—地域保健のパートナーシップ」『保健医療社会学論集』, 2002,13(2) : 32-37.
- (12)園田恭一, 「地域における医療・保健・福祉の課題と連携—保健社会学の立場から—」『Nurse eye』, 2006,19(1) : 13-25.
- (13)台豊, 「地方分権下における地域保健サービスの課題」『保健医療社会学論集』, 2001,12 : 69-75.
- (14)佐久間淳, 「地域保健の組織化をめぐる基本的問題—医療社会学的アプローチを中心に—」『公衆衛生』, 1975,39(5) : 313-319.
- (15)相澤出, 「医療過疎地域における在宅緩和ケアの展開—宮城県登米市における在宅療養支援診療所の試みから—」『社会学研究』, 2013a,92 : 91-113.
- (16)小林月子, 「地域ケアシステムの形成における医師の役割—長野県武石村の事例研究—」『岐阜大学教育学部研究報告 人文科学』, 2006,55(1) : 69-78.

- (17)小松田儀貞, 「岩手県藤沢町における地域包括ケアシステムの形成と展開－藤沢町再訪－」『社会学研究』, 2013,92 : 15-38.
- (18)永井彰, 「地域自治体の変容と地域ケア・システム－長野県上水内郡小川村の事例－」『社会学研究』, 2013,92 : 141-161.
- (19)関清秀・大山信義, 「医療生活圈構造の地域社会額的研究」『社会学評論』, 1972,23(3) : 25-50.
- (20)小林月子・小縣真希子, 「地域医療の展開－新潟県南魚沼市の事例－」『岐阜大学教育学部研究報告人文科学』, 2007,55(2) : 25-35.
- (21)中野秀一郎・小野能文, 「現代医療に対する『信頼』についての実証的研究」『現代社会学』, 2005,6 : 27-46.

脚注

注 1 「公立病院改革の概要」⁽²⁾によれば、病院事業を設置する地方公共団体は、平成 20 年度内に公立病院改革プランを策定し、病院事業経営の改革に総合的に取り組むものとするとされている。そこでは経営効率化（各公立病院が自らの役割に基づき、住民に対し良質の医療を継続的に提供していくためには、病院経営の健全性が確保されることが不可欠である。この観点から、主要な経営指標について数値目標を掲げ、経営の効率化を図ること）、再編・ネットワーク化（近年の公立病院の厳しい経営状況や道路整備の進展、さらには医師確保対策の必要性等を踏まえると、地域全体で必要な医療サービスが提供されるよう、地域における公立病院を、①中核的医療を行い医師派遣の拠点機能を有する基幹病院と②基幹病院から医師派遣等様々な支援を受けつつ日常的な医療確保を行う病院・診療所へと再編成するとともに、これらのネットワーク化を進めていくこと）、経営形態の見直し（民間的経営手法の導入を図る観点から、例えば地方独立行政法人化や指定管理者制度の導入などにより、経営形態を改めるほか、民間への事業譲渡や診療所化を含め、事業の在り方を抜本的に見直すこと）が求められている。また改革プランは、前掲の改革に係る 3 つの視点のうち、経営効率化に係る部分については 3 年程度、再編・ネットワーク化及び経営形態の見直しに係る実施計画に係る部分については 5 年程度の期間を対象として策定することを標準とするとされている。

注 2 大和医療福祉センター：町立大和病院、町立農村センター、特別養護老人ホーム八色園

注 3 魚沼圏域における地域医療再編	医療機関名（魚沼圏域）	再編前病床数	再編後病床数
	魚沼基幹病院（救命救急、高度医療）	454	
成では、医療の効率化のために右記のように病床数の変更が行われた。	魚沼市立堀之内病院	80	50
	小出病院（新潟県立 ⇒ 魚沼市立）	383	134
注 4 台は中央集権から地方分権になることによって、各自治体間での医療行政サービスに格差が生じることを指摘している ⁽¹³⁾ 。	南魚沼市立ゆきぐに大和病院	199	40
	五日町病院	220	220
	新潟県立十日町病院	275	275
	斎藤記念病院	118	118
	六日町病院（新潟県立 ⇒ 南魚沼市立）	199	140
	湯沢保健医療センター	90	90
	計	1,564	1,521

注 5 佐久間は地域保健などへの取り組みには 5 つのタイプが存在することを指摘している⁽¹³⁾。①行政主導型、②医師会主導型、③保健所主導型、④学識者主導型、⑤住民主導型がそれである。また永井はこの中でも行政主導型の脆弱性を指摘している⁽¹⁷⁾。

注 6 標本は無作為抽出法による。また母集団 (N) は 60,316 人、要求精度 (e) は 0.05、母集団の比率 (P) は 0.5、信頼率は 0.95 としていることから、標本数 (n) は 384.16 人以上となる。

注 7 因みにかかりつけ医に診てもらっている理由としては、1 位「近くだから、交通が便利だから」、2 位「医療知識や技術が優れているから」、3 位「人柄が信頼できるから」が挙げられている⁽²¹⁾。

Verification of integration and restructuring of municipal hospitals from the viewpoint of residents

- For the case of integration and restructuring of municipal hospitals
centered around Uonuma kikan hospital -

Eiichi KATO⁽¹⁾, Shikiko WATANABE⁽²⁾, Sachiko SATO⁽²⁾

⁽¹⁾Part-time lecturer at Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences

⁽²⁾Department of Nursing Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences
500 Kurotsuchishinden, Minamiuonuma, Niigata 940-7241, Japan

Abstract :

Regional healthcare reforms have rapidly progressed nationwide. Wherein even have problems in profitability, there is a pressing need to re-organization of the local public hospital. We took up the regional healthcare reform in Niigata prefecture, Uonuma sphere of that as an example. In this paper, through a questionnaire for the residents, it was examined how they see the networking among the hospitals by the reform.

As a result, for the network of inter-hospital, opposite was 23.1%, neutral 30.8%, and approve 46.0%. The residents with approve overcome the opposite.

Keywords :

Reformation of Regional Medical System, Integration and Restructuring,
Uonuma Kikan Hospital

(Received : January 22, 2016／Accepted : March 4, 2016)

後期高齢者医療制度の公平性

加藤 英一

北里大学保健衛生専門学院 非常勤講師
〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番

要旨：

後期高齢者医療制度が 2008 年から始まった。このような一定年齢以上の高齢者のみを対象とした独立の医療保険制度は世界に類を見ない。またその特徴は保険財源にもみられる。被保険者の保険料が約 1 割、他の保険者からの支援金が約 4 割、そして公費が約 5 割である。ここで問題となるのが各保険者からの支援金の配分、即ち負担の分配の公平性である。具体的には健康保険組合、全国健康保険協会、国民健康保険の 3 つの保険者間の負担の公平性が問われる。本稿ではこの問題に対して、支援金の負担額の配分を問うのではなく、保険の加入による効用としての利得から分配の公平性を問題としている。ここでは保険加入による利得計算を下にゲーム理論を参考にし、その特性関数から公平性を問うた。それによれば後期高齢者医療制度は、不公平なシステムとまではいえないと結論される。

キーワード：

社会システム、後期高齢者医療制度、保険者、支援金、公平性

(投稿日：2016 年 1 月 22 日／受理日：2016 年 3 月 4 日)

1. 序文

1-1. はじめに

日本の高齢化率は 24.1%、75 歳以上の全人口に占める割合は 11.9%（平成 24 年現在）に達しており⁽¹⁾、WHO の基準から言えば既に超高齢社会に位置づけられる。また加齢は身体的および精神的衰退を伴い、それによって医療機関へのアクセスの機会も増加する。一人当たりの医療費をみると、65 歳未満では年間平均 177.1（千円）であるのに対して 65 歳以上では 717.2（千円）である⁽²⁾。これが更に 75 歳以上では、年間医療費の平均が 918.4（千円）にも達する⁽³⁾。国内人口の高齢者比率の上昇が国民医療費の増大に結びつくことも想像に難くない。

社会保障制度はこのような状況下で、国や地方自治体によって営まれているが、それは全体社会システムの中のひとつのサブ・システムとして捉えることができる。それはまた相互に連携した更に下部のシステムとしての公的扶助制度、年金や医療保険を含めた社会保険制度、社会福祉制度、公衆衛生、等々のシステムによって構成されている。このような戦後の福祉国家のシステムの下、日本に限らず先進諸国は高齢化に伴う公的年金や公的保険医療費の対 GDP 比が上昇の一途をたどり、財政的および行政的課題の中心ともなっている。例えば日本の場合、対 GDP 比の年金給付は 15.1%、医療給付は 10.0% であり、両者を合わせると 25.1% に達している⁽⁴⁾。

このような状況において社会システムは急速に変動を遂げている。サブ・システムとしての社会保障システムの変化もこの変動を表すひとつの指標ともいえる。そしてこの社会保障システムの変化を代表するものとして介護保険制度と並んで後期高齢者医療制度の創出を挙げることもできる。

1-2. 問題意識

社会保障制度は先述のように複数のサブ・システムによって構成されているが、紙幅の都合上全てに関して述べることは困難である。そこで本稿では公的医療保険制度に絞って述べるが、その中でも特に後期高齢者医療制度に関して論じる。

後期高齢者医療制度は、「高齢者の医療の確保に関する法律」によって 2008 年から始めた医療保険制度である^{注1}。これは後期高齢者医療広域連合を保険者とした、原則 75 歳以上の高齢者を被保険者とする独立の保険システムである。このように一定年齢以上の高齢者のみを対象とした独立の社会保険制度は、世界でも類を見ないものである⁽⁵⁾。この保険制度の最大の特徴は、被保険者の対象範囲を高齢者のみとしている点にあるといえるが、その他にも財源の特徴を挙げることができる。まず被保険者からの保険料が約 10%、他保険者からの支援金が約 40%、そして国庫などからの公費が約 50% というのがそれである^{注2}。

この点に関しては、前述の「高齢者の医療の確保に関する法律」の中にその理念が記されている。それによると「国民は、自助と連帶の精神に基づき、一中略一、高齢者の医療に要する費用を公平に負担するものとする」（第二条 基本理念）とされている。国民の共同連帶の理念の下、高齢者に対しその医療費を公平に分担するためのシステムが後期高齢者医療制度である。

そこで問題となるのが後期高齢者に対する医療費負担の公正なる分配である。この点に

関しては、池上⁽⁶⁾や伊藤⁽⁵⁾、小山⁽⁷⁾、松田⁽⁸⁾が既に指摘している点でもある。池上や伊藤は高齢者の保険料の増加に言及しこの制度を批判している^(5,6)。例えば、それまで老人保健制度において保険料が発生しない、被用者保険の被扶養者が新たな制度によって1割の保険料の支払が発生している点を挙げている。

小山は新たな医療保険制度では、保険者間の財政調整の機能が非常に強いため費用負担が偏るばかりでなく、この制度が長期的に持続可能ではないと主張する。特に被用者保険の負担が重く、国保の負担が著しく軽くなっている、その結果被用者保険財政の破綻を導き、制度そのものの維持を困難にすると主張している⁽⁷⁾。

松田は医療保険財政の負担に対する公平性の問題は、90年代半ばからの医療改革における中心的議題であったことを指摘した上で税、保険料、そして利用者負担とのバランスからその公平性に関して論じている。特に所得に応じて支払う応能原理と利用に応じ支払う応益原理から負担の問題を取り組んでいる⁽⁸⁾。

しかしこれら後期高齢者医療制度の医療費負担の分配公正をめぐる先行研究では、負担額そのものの分配が問題とされている。分配の公正を問うにはその負担額ではなく、むしろ利得の公平性を問うべきである。即ち、医療保険における報酬からその負担を差し引いた効用としての利得によってその公平性を問題とすべきである^{注3}。この点が本稿における問題意識である。

1-3. 目的と意義

前述のごとく後期高齢者医療制度では、その負担の分配が問題のひとつとして認識されている。しかしそもそもこのような公的医療保険制度において、その負担に対する分配の公平性が何故に問われるのか。その理由は、公的医療保険制度では保険料が各被保険者の医療リスクに基づいて算定されているわけではないという点にある。保険とは、偶然に発生する事故によって生じる損失に対処するため、あらかじめ多数の者が保険料を支払ってそこから事故に遭遇した者に金銭を支払う制度である。これは加入によって個人のリスクを分散させる仕組みである。但し多数の加入者の存在とその加入者のリスクに極端な偏りがないことが保険制度成立の前提である。そしてその際、加入者のリスクに準じた保険料の算定が必要となる。このように本来、医療保険では被保険者の医療リスクに基づいて各加入者の保険料が設定されなければならないのである。

しかし公的医療保険はこのような原理に基づいて運営されているわけではない。例えば、日本では保険者は複数存在しており、被保険者が何れの保険に加入するかは職業、地域、そして年齢によって強制的に決められている。また保険料は応能原理、応益原理、そして均等割りが混在する上に税による補助もある^{注4}。公的医療保険とは、純粋な意味での保険とは言い難い。むしろ公的医療保険制度とは、国民の共同連帯の理念を下にした医療費の公平な分配システムと言える。

医療保険を含めた保険制度の研究は経済学において進められてきた⁽⁹⁻¹⁴⁾。但しそこでは主に純粋な意味での保険制度が研究の対象とされている。これに対して本稿では、それとは異なった社会学の視点から改めて保険制度における公平性を問うこととする。これは一社会科学としての社会学が担った役割とも関わることである。誤解を恐れずに敢えて大胆な言い方をすれば、経済学では合理的に自己の利益を追求する個人を前提として、如何に

効率よく最大の利得を得るかが探究される。これがマクロレベルにおいて「最大多数の最大幸福」という結論に達する。これに対して社会学はミクロレベルの個人の相互行為によって得た利得の集計をマクロレベルにおいて如何に分配するのかが最たる課題とされる^{注5}。

後期高齢者医療制度における費用負担の公正分配の問題を、敢えて社会学の視点から捉える意義はこの点にある。そして本稿の目的も社会学から捉えた後期高齢者医療制度における負担の分配公正を問うことにある。

2. 方法

社会保障制度をひとつの社会システムとみなし、公的医療保険制度をそのサブ・システムと捉える。その上で高齢化や経済状況の変化によって、システムとしての公的医療保険制度が変化を遂げている。本稿はこのように社会システム論の視点による社会変動という理論的枠組みをもって後期高齢者医療制度の創設を捉える。

社会システムの変動とは、環境の変化による新たな均衡点を求めたシステムの動きである。システムの均衡点とは、新たなシステムが分配公正に対して機能的であることを意味する⁽¹⁵⁾。これを本稿の脈絡に則して表現すると、高齢化、経済変動、そして家族構成の変化等といった環境の変化は医療保険を含めた社会保障システムに変化をもたらせた。その中で後期高齢者医療制度が成立したのであり、これによってシステムの新たな均衡点が生み出されると考えられる。そこで後期高齢者医療制度というシステムがその負担を公正に分配しているように機能しているのかが問われることになる。

年齢階級は所得、保険料、医療機関に掛かる確率、そして医療費等の差を示していることから、まずは年齢階級間における公的保険に対する利得の差を明らかにする。これに統いて保険者間の公平性をみる。保険者としては後期高齢者を除いた被保険者数の91.7%を占めている健康保険組合、全国健康保険協会、そして国民健康保険の3保険者間を取り上げる^{注6}。

公平性を問うにあたり、ここでは保険の加入未加入の差から生じる利得を下にしてこれを考察する。各保険者の保険の加入未加入の差から生じる利得、即ち保険加入利得は、保険加入によって得る利得から保険未加入によって得る利得を引いた差として表すことが可能である^{注7}。まず保険加入の場合の利得の計算式は下記で表すことができる。

$$\text{患者率} \times \log_e (\text{所得} + \text{保険給付額} - \text{医療費} - \text{保険料}) + (1 - \text{患者率}) \log_e (\text{所得} - \text{保険料}) \cdots \text{式 } 1$$

一方、保険未加入の場合の利得の計算式は下記で表すことができる。

$$\text{患者率} \times \log_e (\text{所得} - \text{医療費}) + (1 - \text{患者率}) \log_e \text{所得} \cdots \text{式 } 2$$

保険加入利得は「式1-式2」の結果として表される。この結果がプラスの場合は保険加入による利得が生じており、マイナスの場合はそれによる損失が生じたことを意味する。

そこでまず各保険者内の各年齢階級にこの利得計算を適用して、年齢差による保険加入

利得の格差を確認する。その上で各保険者が支援金を支払って後期高齢者医療制度に参加する場合、または支援金を支払わずに参加せず単独で高齢者の医療保険を貯う場合の利得の計算をn人協力ゲームの理論を参考にして行う⁸。

参加者は健康保険組合、全国健康保険協会、そして国民健康保険の3保険者である。すると①3保険者の全てが支援金を支払って後期高齢者医療制度に参加する、②健康保険組合は支援金を支払わずに後期高齢者医療制度に参加せず、全国健康保険協会と国民健康保険の2保険者が支援金を支払い後期高齢者医療制度に参加する、③全国健康保険協会は支援金を支払わずに後期高齢者医療制度に参加せず、健康保険組合と国民健康保険の2保険者が支援金を支払い後期高齢者医療制度に参加する、④国民健康保険は支援金を支払わずに後期高齢者医療制度に参加せず、健康保険組合と全国健康保険協会の2保険者が支援金を支払い後期高齢者医療制度に参加する、⑤3保険者の全てが支援金を支払わずに後期高齢者医療制度に参加しない、の5通りが考えられる。但し、本稿は後期高齢者医療制度の存在を前提とし、その負担の分配公正を問うていてることから⑤のケースは除かれることになる。

保険加入利得の計算結果を下にして、これらの組み合わせによる特性関数を導き出すことができる。そしてこれを下にして、3保険者間の後期高齢者医療制に対する支援金の分配の公平性を問うことにする。

表1 年齢階級別人口・推計患者数・国民医療費

年齢階級 (歳)	人口 (千人)	推計患者数 (千人)	患者率	国民医療費 (億円)
15~19	6,075	127.7	2.10%	4,180
20~24	6,370	153.4	2.40%	4,794
25~29	7,219	210.4	2.90%	6,876
30~34	8,094	265.2	3.30%	9,004
35~39	9,712	334.8	3.40%	11,806
40~44	9,815	343.6	3.70%	12,947
45~49	7,966	337.7	4.20%	13,764
50~54	7,640	389.5	5.10%	16,538
55~59	8,320	511.3	6.10%	23,071
60~64	10,633	826.7	7.80%	38,356
65~69	7,860	792.2	10.10%	36,522
70~74	7,183	961.1	13.40%	43,747
75~79	6,142	980.2	16.00%	46,004
80~84	4,494	780.5	17.40%	39,103
85~	4,071	730.6	17.90%	40,225

3. 結果と考察

表1は15歳以上の人口を5歳間隔で示したものである⁹。ここには年齢階級別的人口、推計患者数、国民医療費、そして人口に占める推計患者数より算出した患者率が表されている。これによると年齢階級が上がるごとに患者率、即ち医療機関に掛かる率および医療費が高くなっていくことがわかる。

次に医療保険者ごとの年齢階級別データを示す(表2~表5)。ここでは保険加入と未加入との利得を算出するために必要なデータとして被保険者数、所得、保険料、医療費、保険給付額が含まれている¹⁰。

表2 健康保険組合年齢階級別の被保険者、所得、保険料、組合員医療費、保険給付額および保険加入利得

年齢階級 (歳)	被保険者数 (千人)	年間所得 (千円/1人)	年齢階級所得(億円) (億円)	年間保険料 (千円/1人)	年齢階級保険料 (億円)	組合員医療費 (億円)	保険給付額 (億円)	保険加入利得
15~19	222	2,288.90	5,081.40	96.2	213.6	152.8	107	-0.043
20~24	2,404	3,033.90	72,935.00	135.3	3,252.60	1,809.20	1,266.40	-0.046
25~29	3,979	3,800.70	151,229.90	158.8	6,318.70	3,789.90	2,652.90	-0.043
30~34	3,808	4,538.20	172,814.70	198.7	7,566.50	4,236.10	2,965.30	-0.044
35~39	4,413	5,321.00	234,815.70	228.8	10,096.90	5,364.50	3,755.20	-0.043
40~44	4,309	6,384.90	275,125.30	279.6	12,048.00	5,989.10	4,192.40	-0.045
45~49	3,787	7,230.30	273,811.50	305.1	11,554.10	6,543.30	4,580.30	-0.042
50~54	3,086	7,395.50	228,225.10	322.7	9,958.50	6,680.10	4,676.10	-0.044
55~59	2,587	6,806.10	176,073.80	299.1	7,737.70	7,173.60	5,021.50	-0.043
60~64	1,202	4,447.80	53,462.60	193.8	2,329.50	4,335.90	3,035.10	-0.041
65~69	127	4,775.50	6,064.90	201.7	256.2	590.1	413.1	-0.036
70~74	26	4,517.10	1,174.40	193.6	50.3	158.3	110.8	-0.03
合計	29,950		1,650,814.30		71,382.60	46,822.90	32,776.00	-0.042

表3 全国健康保険協会年齢階級別の被保険者、所得、保険料、組合員医療費、保険給付額および保険加入利得

年齢階級 (歳)	被保険者数 (千人)	年間所得 (千円/1人)	年齢階級所得 (億円)	年間保険料 (千円/1人)	年齢階級保険料 (億円)	組合員医療費 (億円)	保険給付額 (億円)	保険加入利得 (億円)
15~19	1,407	1416	19,923.10	179.6	2,527.00	968.1	677.7	-0.135
20~24	1,554	1416	22,004.60	179.6	2,791.00	1,169.50	818.7	-0.135
25~29	1,744	1416	24,695.00	179.6	3,132.20	1,661.10	1,162.80	-0.134
30~34	1,926	1416	27,272.20	179.6	3,459.10	2,142.50	1,499.80	-0.134
35~39	2,314	1416	32,766.20	179.6	4,155.90	2,812.90	1,969.00	-0.133
40~44	2,307	1416	32,667.10	179.6	4,143.40	3,206.50	2,244.60	-0.134
45~49	1,966	1416	27,838.60	179.6	3,530.90	3,396.90	2,377.80	-0.132
50~54	2,041	1416	28,900.60	179.6	3,665.60	4,418.10	3,092.70	-0.13
55~59	2,806	1416	39,733.00	179.6	5,039.60	7,780.90	5,446.60	-0.127
60~64	5,714	1416	80,910.20	179.6	10,262.30	20,611.90	14,428.30	-0.12
65~69	5,829	1416	82,538.60	179.6	10,468.90	27,084.80	18,959.40	-0.107
70~74	5,617	1416	79,536.70	179.6	10,088.10	34,209.50	23,946.70	-0.083
合計	35,225		498,785.90		63,264.00	109,462.70	76,623.90	-0.125

表4 国民健康保険年齢階級別データの被保険者、所得、保険料、組合員医療費、保険給付額および保険加入利得

年齢階級 (歳)	被保険者数 (千人)	年間所得 (千円/1人)	年齢階級所得 (億円)	年間保険料 (千円/1人)	年齢階級保険料 (億円)	組合員医療費 (億円)	保険給付額 (億円)	保険加入利得 (億円)
15~19	244	1,990.70	4,857.30	189.1	461.4	167.9	117.5	-0.1
20~24	2,302	2,389.90	55,015.50	227	5,225.50	1,732.50	1,212.80	-0.099
25~29	3,767	2,883.80	108,632.70	274	10,321.60	3,588.00	2,511.60	-0.098
30~34	4,115	3,334.00	137,194.10	316.7	13,032.20	4,577.60	3,204.30	-0.099
35~39	4,604	3,699.30	170,315.80	351.4	16,178.50	5,596.70	3,917.70	-0.099
40~44	4,150	3,881.00	161,061.50	368.7	15,301.10	5,768.10	4,037.70	-0.099
45~49	3,592	4,029.80	144,750.40	382.8	13,750.20	6,206.40	4,344.50	-0.099
50~54	3,488	4,041.20	140,957.10	383.9	13,390.40	7,550.30	5,285.20	-0.098
55~59	3,488	3,981.90	138,888.70	378.3	13,195.10	9,672.10	6,770.50	-0.097
60~64	3,523	3,251.00	114,532.70	308.8	10,879.00	12,708.40	8,895.90	-0.093
65~69	1,186	2,958.50	35,087.80	281.1	3,333.80	5,510.80	3,857.60	-0.088
70~74	488	3,154.90	15,395.90	299.7	1,462.50	2,972.10	2,080.50	-0.08
合計	34,947		1,226,689.50		116,531.30	66,050.90	46,235.60	-0.096

表5 後期高齢者医療広域連合年齢階級別の被保険者、所得、保険料、組合員医療費、保険給付額および保険加入利得

年齢階級 (歳)	被保険者数 (千人)	年間所得 (千円/1人)	年齢階級所得 (億円)	年間保険料 (千円/1人)	年齢階級保険料 (億円)	組合員医療費 (億円)	保険給付額 (億円)	保険加入利得 (億円)
75~79	5,751	1,494.30	85,937.20	99	5,693.50	43,075.40	38,767.90	0.033
80~84	4,193	1,474.10	61,809.00	97.8	4,100.80	36,484.00	32,835.60	0.076
85~	3,680	1,249.00	45,963.20	83.7	3,080.20	36,361.60	32,725.40	0.195
合計	13,624		193,709.40		12,874.50	115,921.00	104,328.90	0.074

表2から表5までの各表に記されているデータを下に前述の計算式を適用して、年齢階級ごとの保険加入に対する利得計算を行った。その結果が表右端の保険加入利得である。

これによると後期高齢者医療広域連合を除く各保険者内では、全ての年齢階級においてマイナスとなっている。また65歳以降にマイナスが減少しているものの各保険者内の年齢階級間での保険加入利得の差は殆ど存在していない。

しかし各保険者内の保険加入利得の年齢階級間格差は小さいものの、一方で保険者間における格差は大きい(図1)。すると後期高齢者医療制度での負担の公平性を問うに際しては、年齢ではなく保険者をその単位とする

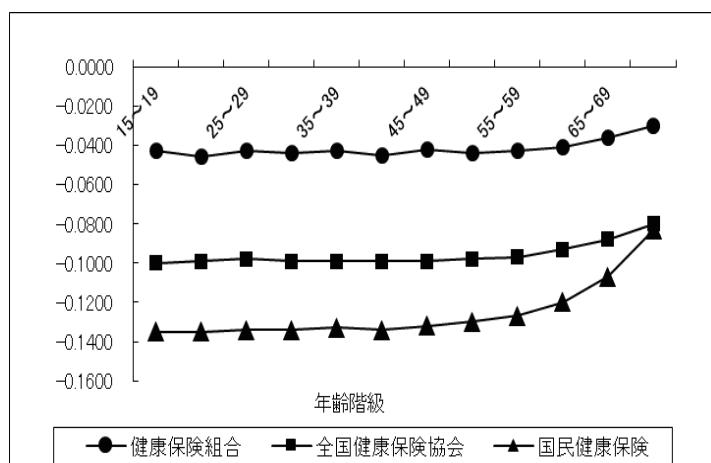


図1 保険者間の年齢階級別保険加入利得の比較

ことが望ましいといえる。

前述のごとく後期高齢者医療保険制度は、健康保険組合、全国健康保険協会、そして国民健康保険といった主たる3つの保険者の支援金によって支えられている側面が大きい社会システムである。そこで課題となるのが3者間での分配の公平性である。ここではn人協力ゲームの理論を参考としてこの課題に処したい。

まずは3者間の特性関数を導くことにする。初めに3保険者が全て後期高齢者医療制度を受け入れた場合、後期高齢者医療広域連合の被保険者は0.074の利得を得ることになる。これは現状での後期高齢者医療広域連合全体としての利得である。健康保険組合と全国健康保険協会および国民健康保険の被保険者は、自らが75歳以上となった場合にこの利得を得ることになる。また制度上3保険者は平等にこの利得を得ることになるから、健康保険組合が0.074/3、全国健康保険協会が0.074/3、そして国民健康保険が0.074/3の利得となる(2-①)。

続いて仮に3保険者全てが参加するのではなく、単独や2保険者が提携して後期高齢者医療制度と同等な保険制度を構築した場合、そこでの各保険者の利得を計算する^{注11}。

まず健康保険組合がこの制度に参加せず単独で自らの後期高齢者の医療を組合内で支える一方で、全国健康保険協会と国民健康保険とが提携して後期高齢者の医療を支える場合、健康保険組合はこの制度に非参加であることから、後期高齢者医療制度に対する支援金がなくなる。すると保険加入による利益は支援金を支払った際の-0.042から-0.034になる。また全国健康保険協会と国民健康保険とが提携して後期高齢者医療制度を支えた場合には、保険加入による利益は-0.040となり、これを平等に分配すると各々-0.020となる(2-②)。

続いて同様に全国健康保険協会が単独で健康保険組合と国民健康保険とが提携して後期高齢者の医療を支える場合、全国健康保険協会は、後期高齢者医療制度に対する支援金がなくなることから、保険加入による利益は支援金を支払った際の-0.096から-0.084になる。一方健康保険組合と国民健康保険とが提携して後期高齢者医療制度を支えた場合には、保険加入による利益は-0.059となり、これを平等に分配すると各々-0.030となる(2-③)。

最後に国民健康保険が単独で健康保険組合と全国健康保険協会とが提携して後期高齢者の医療を支える場合、国民健康保険は、後期高齢者医療制度に対する支援金がなくなることから、保険加入による利益は支援金を支払った際の-0.125から-0.086になる。また健康保険組合と全国健康保険協会とが提携して後期高齢者医療制度を支えた場合には、保険加入による利益は-0.085となり、これを平等に分配すると各々-0.043となる(2-④)。

ここで3保険者が全て後期高齢者医療制度を受け入れた場合の各々の保険者の利得を x_a 、 x_b 、 x_c と示し、健康保険組合が単独で高齢者の医療を支える場合の利得を $v(a)$ 、全国健康保険協会単独での利得を $v(b)$ 、国民健康保険単独での利得を $v(c)$ 、全国健康保険協会と国民健康保険との提携による利得を $v(bc)$ 、健康保険組合と国民健康保険との提携による利得を $v(ac)$ 、健康保険組合と全国健康保険協会との提携による利得を $v(ab)$ 、そして3保険者が参加した場合の利得を $v(abc)$ で表して作成したのが下記の特性関数である。

$v(a) = -0.034$	$v(b) = -0.084$	$v(c) = -0.086$
$v(bc) = -0.040$	$v(ac) = -0.059$	$v(ab) = -0.085$
$v(abc) = 0.074$	$x_a = x_b = x_c = 0.074/3$	

更にこの特性関数から下記の式が成り立つことが分かる。

$$\begin{array}{lll} v(a) < x_a & v(b) < x_b & v(c) < x_c \\ v(bc) < x_b + x_c & v(ac) < x_a + x_c & v(ab) < x_a + x_b \\ x_a + x_b + x_c = v(abc) \end{array}$$

分配システムとしてみた場合、 $v(a) < x_a$ と $v(b) < x_b$ 、そして $v(c) < x_c$ の 3 つの式からここでは個人合理性が成り立っている。また $x_a + x_b + x_c = v(abc)$ から全体合理性も成り立っていることが分かる。その上で、ここで計算結果をみる限り、全ての条件において各保険者は後期高齢者医療制度に参加した方がより利得が高いことが理解できる。

また $v(bc) > x_b + x_c$ 、 $v(ac) > x_a + x_c$ または $v(ab) > x_a + x_b$ のいずれかひとつが成り立っている場合には、そのシステムの公平性に疑問が抱かれる。しかしここでは不等号が全てその逆になっている。この結果をみる限り、3 保険者間の後期高齢者医療制度に対する負担は不公平であるとはいえない^{注12}。

4. 結論

後期高齢者医療広域連合を除く他の保険者にとって、現在のシステムにおいて医療保険に加入した場合、その利得は全ての年齢階級においてマイナスとなる。但し、年齢階級別におけるここでの利得格差は小さい。この格差が開くのは健康保険組合、全国健康保険協会、そして国民健康保険といった保険者間においてである。また全ての条件において各保険者は後期高齢者医療制度に参加する方がより利得が高く、負担に関しても不公平とはいえない。

以上のことから後期高齢者医療制度は、分配の公正性という観点からして著しく不合理な社会システムとはいえない。

引用文献

- (1)内閣府、「平成 26 年版高齢社会白書」内閣府 HP, 2014.
- (2)厚生労働省、「平成 24 年度国民医療費の概況」厚生労働省 HP, 2013b.
- (3)厚生労働省、「医療保険に関する基礎資料—平成 24 年度の医療費等の状況—」厚生労働省 HP, 2013a.
- (4)厚生労働省、「社会保障改革の全体像（2014 年度）」厚生労働省 HP, 2015.
- (5)伊藤周平,『後期高齢者医療制度』平凡社新書, 2008.
- (6)池上直己,『医療問題＜第 4 版＞』日本経済新聞出版社, 2010.
- (7)小山光一,「新たな医療制度における費用負担構造の分析」『経済学研究』5, 2006,6(1) : 39-56.
- (8)松田亮三,「2006 年医療改革における医療の責任と財源調達の変化」『保健医療社会学論集』, 2010,21(1) : 1-8.
- (9)松本邦愛,「医療保険は必要か? (「保険」の経済理論)」長谷川敏彦・松本邦愛編『医療を経済する』, 2006, 医学書院, 186-196.
- (10)中泉真樹,「医療における情報の非対称性と保険理論」鶴田忠彦編『日本の医療経済』, 1995, 東洋経済新報社, 189-210.
- (11)中泉真樹,「医療保険」漆博雄編『医療経済学』, 1998, 東京大学出版会, 61-87.
- (12)中西悟志,「健康と医療需要の決定要因」鶴田忠彦編『日本の医療経済』東洋経済新報社, 1995, 25-39.

- (13)大内講一,『やさしい医療経済学』勁草書房, 2005.
- (14)山田武,「医療サービスの需要」漆博雄編『医療経済学』, 1998,東京大学出版会, 17-38.
- (15)富永健一,『社会変動の理論』岩波書店, 1965.
- (16)Homans,G.C, Social Behavior: Its Elementary Forms, Harcourt Brace Jovanovich Inc, 1974. (=1977,橋本茂訳『社会行動』誠信書房.)
- (17)福田素生,「医療保障」福田素生編『系統看護学講座専門基礎分野健康支援と社会保障制度(3)社会福祉』, 2012,医学書院, 51-84.
- (18)赤坂真人,『社会システム理論生成史』関西学院大学出版会, 2009.
- (19)松嶋敦茂,『経済から社会へ—パレートの生涯と思想—』みすず書房, 1985.
- (20)Bacharach,M., *Economics and the theory of games*, Curtis Brown Ltd, 1976. (=1981, 鈴木光男・是枝正啓訳『経済学のためのゲーム理論』東洋経済新報社.)
- (21)Davis,M.D., *Game Theory*, Charles, E. Tuttle Inc. Ltd, 1970. (=1973, 桐谷維・森克美訳『ゲームの理論入門』講談社.)
- (22)舟木由喜彦,「破産問題をゲーム理論で解く」中山幹夫・武藤滋夫・舟木由喜彦編『ゲーム理論で説く』有, 2000,斐閣ブックス, 65-78.
- (23)岡田章,『ゲーム理論』有斐閣, 1996.
- (24)鈴木光男,『計画の倫理』東洋経済新報社, 1975.
- (25)鈴木光男,『新ゲーム理論』勁草書房, 1994.
- (26)鈴木光男,『ゲーム理論の世界』勁草書房, 1999.
- (27)鈴木光男,『新装版ゲーム理論入門』共立出版株式会社, 2003.
- (28)大和毅彦・西條辰義,「公共財供給をゲーム理論で説く」中山幹夫・武藤滋夫・舟木由喜彦編『ゲーム理論で説く』, 2000,有斐閣ブックス, 29-45.
- (29)総務省統計局,「人口推計—全国：年齢（各歳）、男女別人口・都道府県：年齢（5歳階級）、男女別人口」総務省統計局 HP, 2012b.
- (30)厚生労働省,「平成23年（2011）患者調査の概況（1. 推計患者数）」厚生労働省 HP, 2012e.
- (31)厚生労働省,「平成23年度国民医療費の概況」厚生労働省 HP, 2012a.
- (32)総務省統計局,「健康保険・船員保険被保険者実態調査（平成23年）」総務省統計局 HP, 2012a.
- (33)厚生労働省,「賃金構造基本統計調査（平成23年）」厚生労働省 HP, 2012c.
- (34)全国健康保険協会,「全国健康保険協会管掌健康保険事業年報（平成23年度）」全国健康保険協会 HP, 2012.
- (35)厚生労働省,「医療保険に関する基礎資料—平成23年度の医療費等の状況—」厚生労働省 HP, 2012b.
- (36)厚生労働省,「年金制度基礎調査（老齢年金受給者実態調査平成23年）」厚生労働省 HP, 2012d.

脚注

注1 後期高齢者医療制度の成立過程に関しては伊藤⁽⁵⁾を参照。

注2 老人保健制度では、公費が50%と老人保健拠出金が50%である。

注3 社会学での分配公正の原理に関しては Homans⁽¹⁶⁾を参照。

注4 国庫負担は全国健康保険協会に対しては、給付費の16.4%、市町村の国民健康保険には43%、国民健康保険の国保組合には32~55%となっており、組合健康保険には原則補助はない⁽¹⁷⁾。

注5 赤坂⁽¹⁸⁾と松嶋⁽¹⁹⁾はパレート（V. Pareto）を通してこの点を指摘している。

注 6 他にも船員保険や各種共済保険が存在するが、被保険者数の 9 割以上を 3 保険者で占めており⁽³⁾、それ以外の保険者を含めると複雑になるだけで有益とはいえないことから今回のシミュレーションからは除いてある。

注 7 効用の計算ではコブ・ダグラス関数が使用されることが多いが、投資に対する効用計算では有効であるものの各参加者の初期所得が考慮されていない点から公平性を問題とするには適当ではないと考える。ここで用いた計算式は中西⁽¹²⁾を基にし、効用の関数を自然対数 (\log_e) としている。

注 8 ゲーム理論に関しては、Bacharach⁽²⁰⁾、Davis⁽²¹⁾、舟木⁽²²⁾、岡田⁽²³⁾、鈴木⁽²⁴⁻²⁷⁾、大和・西條⁽²⁸⁾を参照。

注 9 統計資料は原則平成 23 年（2011 年）を用いている。表 1 の人口は総務省統計局⁽²⁹⁾、推計患者数は厚生労働省⁽³⁰⁾、国民医療費は厚生労働省⁽³¹⁾から引用。

注 10 表 2 の年齢階級別組合員数は総務省統計局⁽³²⁾、年齢階級別年間所得は厚生労働省⁽³³⁾を下に各事業所の構成員が 1,000 人以上のデータから所定内給与額と年間賞与及び特別給与額を推計、年齢階級別年間保険料は年齢階級別の所定内給与から標準報酬月額を算出、それを健保等級（1 級～47 級）に当てはめ年齢階級別保険料を算出した。年齢階級別の患者率は表 1 を適用している。尚、15 歳未満の被保険者は除いている。保険給付額は組合員医療費の 70%とした。表 3 の年齢階級別組合員数は全国健康保険協会⁽³⁴⁾、年齢階級別年間所得は厚生労働省⁽³³⁾を下に各事業所の構成員が 10～99 人のデータから所定内給与額と年間賞与及び特別給与額を推計。尚、構成員数が 99 人までで全国健康保険協会組合員の 98.4% をカバーしている全国健康保険協会⁽³⁴⁾。年齢階級別年間保険料は全国平均の 9.50% を用いた福田素生⁽¹⁷⁾。保険給付額は組合員医療費の 70%とした。表 4 の齢階級別組合員数、年齢階級別年間所得、および齢階級別年間保険料は厚生労働省⁽³⁵⁾から引用。保険給付額は組合員医療費の 70%とした。表 5 の年齢階級別被保険者数および年齢階級別年間保険料は厚生労働省⁽³¹⁾からの引用であるが、平成 23 年度の調査がないため平成 22 年度のデータを利用した。年齢階級別年間所得は厚生労働省⁽³⁶⁾のデータを下に年齢階級別受給額の平均値を推定（85 歳以上の老齢年金は 85～89 歳の 1,347.3（千円）と 90 歳以上の 1,070.5（千円）との加重平均 1,249.0（千円）とした）。保険給付額は組合員医療費の 90%とした。

注 11 3 保険者の患者率は、表 1 より 15～74 歳の加重平均を計算し 5.5% としている。単独の場合、支援金を保険料から引いた上で保険加入利得の計算を行い、2 保険者による提携の場合、支援金は 3 保険者の場合と同一額としている。但し、2 保険者の提携による後期高齢者医療制度の被保険者数は、独立した 1 保険者の被保険者数を差し引いてある。各保険者の支援金に関しては、健康保険組合が 14,276.5（億円）、全国健康保険協会が 15,149.1（億円）、17,713.9（億円）の合計 47,139.5（億円）で後期高齢者医療費の約 40% となっている（平成 23 年度）。

注 12 仮定された計算の結果からは不公平とはいえないものの、これをもって唯一の均衡点であるわけではない。ほかに無数の均衡点が存在し、どの解に決まるかは本稿では明らかにされてはいない。また既存の構造よりも更に望ましい社会構造が存在する可能性も否定できない。

Distributive Equity of the Late-Stage Medical Care System

Eiichi KATO

Part-time lecturer at Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences
500 Kurotsuchishinden, Minamiuonuma, Niigata 940-7241, Japan

Abstract :

The Late-Stage Medical Care System whose members are over 75 years old began at 2008. This system is financially supported by the main other 3 insurers. The problem is the distributive equity among the insurers. I try to see it with referring to game theory based on the profit from insurance system in this paper. The result indicates that the Late-Stage Medical Care System is not in distributive inequity.

Keywords :

Late-Stage Medical Care System, Insurer, Distributive Equity

(Received : January 22, 2016／Accepted : March 4, 2016)

臨床検査技師に必要な統計学について（第3報）

小林 浩二

北里大学保健衛生専門学院 臨床検査技師養成科
〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番

要旨：

臨床検査技師は様々な検査値を生み出しているが、データとしての検査値は単なる数値ではなく様々な背景情報を含んでいる。それを最も的確に解釈できるのは、精度管理の行き届いた検査値を生み出している臨床検査技師である。検体採取から結果報告まで臨床検査技師が行う現在において、積み重ねられた検査値は次世代医療を切り開く極めて有用な情報を秘めており、その情報を導き出そうという試みが散見されるようになった。しかし、養成施設を卒業した後、臨床検査技師として統計学を学ぶ場所は皆無である。実際にその知識が必要になった際には、学生時代に受けた講義の記憶はほとんど残っていないため、知識の獲得はほぼゼロからのスタートとなる。このような背景の中、統計解析ソフトと自己学習ツールについての問い合わせを受ける機会が多くなってきた。統計解析ソフトについては、統計のゴールドスタンダードである SAS をはじめ、JMP、SPSS、S-PLUS、フリーソフトの R や R-commander、現在汎用されている Excel をベースにしたものまで多種多様な解析ソフトがある。また、自己学習ツールとしては、gacco「無料で学べる大学講座」の動画サイトにて、統計学や社会人のためのデータサイエンスが開講され、YouTube では諸大学の講義が配信されている。これに付随して、一般社団法人日本統計学会が認定している統計検定について説明を加えた。これらツールを使って実力をつけた臨床検査技師が、新たな知見を発掘し、次世代医療に貢献する一助になればと考えている。

キーワード：

臨床検査技師、統計ソフト、学習ツール

(投稿日：2016年1月22日／受理日：2016年3月4日)

1. はじめに

近年、ビッグデータやデータサイエンティストというキーワードを見聞きすることが非常に多くなってきた。実際に、ビッグデータというワードを Google で検索すると 1700 万件がヒットする（Google trends によれば、このワード検索は 2011 年を境に爆発的に増加している）。ビッグデータとは、データ量（volume）が多いことを意味するだけではなく、様々（variety）なデータを含み、ある速度（velocity）で変化しているデータのことである⁽¹⁾。そこから有用な情報を抽出し、現実社会へ適応可能にしているのがデータサイエンティストである。医療機関においては、医療情報を管理するセクションがその一端を担っている。臨床検査技師はバイオサイエンティストであり、検体採取から検査結果報告まで全てを担っている。当然、取り扱うデータは、数値のみならず、波形や画像なども含まれる。これらを解析するためには、統計学の知識と統計解析ソフトが必要不可欠である。本学院紀要第 19 号では、臨床検査技師が求めている統計学について⁽²⁾、第 20 号では日本臨床衛生検査技師会が定期的に発刊している学術誌「医学検査」に投稿された文献から現実的に用いられている統計解析の手法について⁽³⁾説明した。本報では、統計解析ソフトについて筆者に問い合わせがあった質問に答える形で説明をする。

なお、本報告の一部を第 10 回日本臨床検査教育協議会学術大会⁽⁴⁾及び第 23 回魚沼シンポジア⁽⁵⁾にて発表した。

2. 統計解析ツール

市販の統計解析ソフトは、エクセルのアドインソフトを含めると 20 本を超えている。その中でも、臨床検査のデータ解析に適応可能な解析ソフトについて解説をする。

1) SAS (SAS INSTITUTE)

全世界において、統計解析のゴールドスタンダードである。臨床試験のデータ解析には必ず SAS が使用されている。その理由は、計算ミスがなく、最先端のアルゴリズムを導入し、進化し続ける解析手法の理論を直ちに取り入れている点にあると思われる。統計学の知識とコマンド入力が必要となる点や維持費が高価（年間ライセンス）であることから、臨床検査の分野では、大学病院等の一部の医療機関で使用されている。現在のバージョンは 9.4 であるが、Enterprise Guide は GUI 形式で実行できるため利用しやすい。近年、SAS の全ての解析機能を無償で利用できる University Edition がダウンロードできるようになった。使用する際は、解析を行うデータを所定のサーバーに預ける必要がある。

詳細は http://www.sas.com/ja_jp/software/university-edition.html から参照できる。

2) JMP (SAS INSTITUTE)

SAS に近い解析機能を持ち、GUI 形式で実行することができる点が優れている。グラフビルダーの充実により、データマイニングにも威力を発揮する。医学系の学会発表や学術論文では、統計解析にこのソフトの利用頻度が高い。SAS に比べれば安価である。

詳細は http://www.jmp.com/ja_jp/home.html から参照できる。

3) SPSS (IBM)

シミュレーションを含め、全ての統計解析を GUI 形式で網羅しているため、様々なパッケージが存在している。共分散構造分析の専用ソフト Amos があり、臨床検査の分野でも、山西ら⁽⁶⁾により新たな知見の発掘に利用されている。医学系の学会発表や学術論文のみならず、経済学や社会学系においても、統計解析にこのソフトが良く利用されている。パッケージごとに料金が発生するため、自分が必要とすべき解析手法を明らかにしておく必要がある。また、トレーニング用としての SPSS Student Version は一般書店で購入可能である。

詳細は <http://www-01.ibm.com/software/jp/analytics/spss/> から参照できる。

4) StatFlex (Artech Co.Ltd)

臨床検査に特化した解析ソフトである。基準範囲をパラメトリック法で行うために必要な変数変換、個体間変動や個体内変動を抽出するための分散分析法、検査法の比較に用いられる ROC 解析、カットオフ値作成のための特異度・感度曲線などのグラフ機能も充実している。臨床検査学科を持つ大学での利用実績がある。

詳細は、<http://www.statflex.net/index.html> から参照できる。

5) R,R-commander (The R Foundation for Statistical Computing)

統計解析のための R 言語により開発されたオープンソースのフリーソフトである。様々な統計解析パッケージを全てフリーで使用することができる。統計数理研究所をはじめとする統計解析を行う機関では積極的に利用されている。全世界の利用者が 200 万人を超える、世界的に認知されている。R はコマンド入力を必要とするため、プログラム作成に不慣れな場合は時間を要する。

そこで開発されたのが R-commander であり、特定の機能を GUI 形式で行うことができる。R により自分が必要とする解析法を R-commander に実装することも可能である。筆者は平成 27 年度の講義において R-commander の機能をより臨床医学の解析に特化させた EZR を使用した。学生でも十分に使いこなすことができる。

R と R-commander は <https://www.r-project.org/> から、

EZR は <http://www.jichi.ac.jp/saitama-sct/SaitamaHP.files/statmed.html> からダウンロードできる。

6) Statcel (オーエムエス出版)

4 Steps エクセル統計⁽⁷⁾に付属されている Excel のアドインソフトである。通常の解析の他、分布型の検定、多重比較法、ノンパラメトリック法、生存時間分析（ログランク検定）を行うことができる。Excel に慣れている場合は非常に利用しやすいため、筆者はまずこのソフトを薦めている。その他にもアドインソフトは多数市販されているため、判別分析や対応分析などをする際は、目的に応じて利用すればよい。

7) S-PLUS (株式会社 NTT データ数理システム)

R との互換性がある S 言語による統計解析ソフトである。GUI 形式で解析を行うことができる。関連ソフトに、ベイズ解析を行うための Bayonet、シミュレーションを行うための S⁴ Simulation System がある。

詳細は <http://www.msi.co.jp/splus/> から参照できる。

8) JUSE-StatWorks (株式会社日本科学技術研修所)

様々な統計解析手法を備えており、管理図、信頼性データ解析、パラメータ設計などの品質管理、アンケート分析、構造方程式モデリングにも対応している。

詳細は <http://www.i-juse.co.jp/statistics/product/> から参照できる。

9) 臨床統計解析（株式会社東広社）

一般社団法人千葉県臨床検査技師会の HP からダウンロードできる解析ソフト STSS の製作者が、様々な臨床データに対応できるように内容を大幅に拡張したソフト⁽⁸⁾である。日常実施されている内部精度管理から疾患と検査データの関連を調べる多重ロジスティック回帰モデルまでを網羅しているため、臨床検査に特化した解析ソフトであると考えられる。筆者は、次年度の講義ではこのソフトを使用する予定である。

以上、統計解析ソフトについて説明をしたが、重要であることは自分自身が何を明確にすべきなのか、そのためにはどのような解析手法が必要であるのかを明確にすることである。第 2 報⁽³⁾で報告したような解析手法ならば、上記のソフトのどれを使用しても実行可能である。限られた時間で、有用な情報を効率よく抽出するために、これらの機能がついている統計解析ソフトの利用は必要不可欠である。

3. 学習ツール

検体採取から結果報告まで臨床検査技師が行う現在において、積み重ねられた検査値は次世代医療を切り開く極めて有用な情報を秘めており、その情報を導き出そうという試みが散見されるようになった。しかし、養成施設を卒業した後、臨床検査技師として統計学を学ぶ場所は皆無である。現実的に統計学が必要になった際には、学生時代に受けた講義の記憶はほとんど残っていないため、ゼロからのスタートとなる。

様々な統計解析関連の書籍が出版されているが、これら書籍は「帶に短し襷に長し」といわれるよう、自分に合った内容の書籍を見つけ出すことが困難である。そのため、まずは統計学全体を眺めてから次の一步を踏み出すことが肝要であると考えている。書籍を眺める前段階として、次に紹介する gacco の配信動画が参考になる。これは NTT ドコモとドコモ gacco が共同で推進している、大学の本格的な講義を誰でも無料で受けられるウェブサービスである。今までに統計学 I、II が開講され、III が開講予定である。講義に関しては日本計量生物学会の佐藤俊哉教授（京都大学大学院医学研究科）が積極的に推進している。また、社会人のためのデータサイエンス入門も配信されインターネットにつながる環境であれば、時間と場所を選ばない学習ツールとして充実している。詳細は <http://gacco.org/about.html> から参照できる。

また、習得した統計学の知識を確認するための一環として統計検定がある。一般社団法人日本統計学会が認定している統計に関する知識や活用力を評価する試験である。データを客観的に評価し、科学的に問題を解決するためのスキルとして統計学がある。様々な学習者を対象に各レベルに応じて統計活用能力を統計検定として資格認定している。この検定は、1 級から 4 級まであるため、自分の実力に合わせて受験し、知識と技術の確認をすることができる。

詳細は <http://www.toukei-kentei.jp/index.html> から参照できる。

4. おわりに

現場で活躍する臨床検査技師には、臨床検査技師の業務拡大⁽⁹⁾、検査説明のできる臨床検査技師の育成⁽¹⁰⁾、内視鏡技師などの様々な認定資格⁽¹¹⁾の取得、チーム医療への参画⁽¹²⁾など、検査以外にもやるべきこと山積である。その一方で、一般社団法人新潟県臨床検査技師会での活動を通して臨床検査技師の統計学に関するリカレント教育の必要性が感じられた。医療において臨床検査技師が活躍するフィールドがさらに拡大することに伴い、検査値以外にも医療に有用な様々なデータを取得する機会が増加することが予想される。本報が統計リテラシーを身につけ、「経験」と「根拠」を持って活躍する臨床検査技師の一助になればと考えている。日本の統計教育がどの方向に進んで行くかに関しては、統計教育大学関連系ネットワークのカリキュラム策定委員会報告書⁽¹³⁾が参考になる。

参考文献

- (1) 日本統計学会・数学セミナー編集部, 統計学ガイドンス, 日本評論社,2014
- (2) 小林浩二, 臨床検査技師に必要な統計学について,北里大学保健衛生専門学院紀要第 19 卷,2014
- (3) 小林浩二, 臨床検査技師に必要な統計学について (第 2 報) ,北里大学保健衛生専門学院紀要第 20 卷,2015
- (4) 小林浩二, 臨床検査に必要な医療統計学に関して,第 10 回日本臨床検査教育協議会学術大会(長野),2015
- (5) 小林浩二, 本学院の臨床検査技師養成科における統計学教育について, 第 24 回魚沼シンポジア (新潟) ,2015
- (6) 山西八郎, 高フェリチン血症をモデルとした構造方程式モデリングによる潜在的病態因子の抽出と因果解析, 臨床病理,2009
- (7) 柳井久江,4Steps エクセル統計第 4 版,オーエムエス出版 (2009)
- (8) 佐藤正一, 病院で使える「臨床統計解析」Excel とフリーソフトで臨床データをどんどん解析する,株式会社東広社 (2009)
- (9) 下田勝二, 「臨床検査技師等に関する法律」の改正 - その背景と概要, Medical Technology 43(2015)
- (10) 内田美寿子, 検査説明・結果説明のできる技師育成について, 臨床病理 61(2013)
- (11) 馬場朱美, 内視鏡業務における臨床検査技師の現状, 日本消化器病学会雑誌 112(2015)
- (12) 建部順子, チーム医療と臨床検査, 日本臨床検査自動化学会会誌 40(2015).
- (13) 統計教育大学関連系ネットワークのカリキュラム策定委員会, 報告書第 1 部, 第 2 部, 第 3 部 (2013)

北里大学保健衛生専門学院紀要作成基準

平成24年12月18日 制定

北里大学保健衛生専門学院紀要（以下「紀要」という。）は、以下の基準に定めるところにより、作成するものとする。

1 紀要の発行等

- (1) 紀要是、毎年1回以上を発行するものとし、学術委員会が作成を担当する。
- (2) 紀要の編集に当たって、学術委員会の下に編集委員会を置くことができる。

2 投稿資格

紀要に投稿できる者は、本学院同窓生、在校生、教職員、その他学内外から推薦された者とする。

3 紀要に掲載する学術領域

紀要に掲載する学術領域は、健康科学及び医学、看護、医用生体工学など医療系の研究・教育に関するものとし、論文の区分は原著 Original Article、総説 Review Article、症例報告 Clinical Report、論説 Letter などとする。

4 掲載原稿の選考及び決定等

- (1) 学術委員会は、投稿された原稿の査読を行い、掲載予定原稿を選考し、学院長に推薦する。
なお、学術委員会が必要と認めた場合は、原稿の査読を学術委員会委員以外の者に依頼することができる。
- (2) 学院長は、学術委員会から推薦のあった掲載予定原稿を確認し、最終決定する。
- (3) 営利性が認められると判断された論文は、原則として掲載しない。

5 著作権等の取扱い

- (1) 投稿された論文の著作権及び版権は、全て本学院に帰属するものとする。
- (2) 掲載された内容について、第三者の著作権を侵害するなどの指摘があった場合は、原稿執筆者がその責任を負うものとする。

6 インターネット上での公開

紀要是、本学院ホームページに掲載する。

7 執筆要領等

投稿原稿の執筆等に当たっての詳細は、別に定める「北里大学保健衛生専門学院紀要執筆等要領」のとおりとする。

8 事務局

紀要の作成に関する事務局は、学術委員会とする。

9 基準の改廃

この基準の改廃は、学術委員会の議を経て、学院長が承認する。

10 附則

- (1) この基準は、平成24年12月18日から施行する。
- (2) この基準の施行に伴い、「北里大学保健衛生専門学院紀要投稿規程」は廃止する。

北里大学保健衛生専門学院紀要執筆等要領

1 論文の言語

- (1) 論文の原稿は、邦文又は英文で記し、邦文と英文の要旨を付けてください。

2 投稿原稿の原則

- (1) 投稿原稿は、国内外を問わず他紙に未発表のものとします。
- (2) 論文の内容が倫理的考慮を必要とする場合は、必ず「方法」の項に倫理的配慮を記載してください。
- (3) ヒトを対象にした論文は、1964 年のヘルシンキ宣言（以降の改変）に沿い、必要な手続きを行ってください。特に臨床試料を扱う場合には、原則として所属機関の倫理委員会などで認められた研究内容で、同意書等を取得した上で得たデータとします。
- (4) 動物による論文は、動物愛護の立場から所属機関の実験動物に関する管理に従って行ったことを明記してください。
- (5) 論文の形式は、執筆要領に従ってください。これに反する場合は原則として受け付けません。
- (6) 修正などのために原稿を返却された場合は、返却日から 1 か月以内に返送してください。期間内に返送されなかったものは不採用とします。また、修正を求められ再投稿する場合は、指摘された事項に対する回答を付記してください。

3 執筆要領

- (1) 論文の書き方等

- ① 表紙には表題、著者名、所属機関名、所属機関連絡先住所、キーワード（5語以内）、要旨（600 字以内）を邦文で記載してください。
- ② 英文による表記を併記したい場合は最終頁に表題、著者名、所属機関名、所属機関連絡先住所、キーワード（5語以内、原則として英語の小文字・単数形で記載）、要旨（500 語以内・シングルスペース）を記載してください。上項ともにポイント数、配置等についてはひな形を参照のこと。
- ③ 異なる機関に属する者の共著である場合は、所属ごとに番号を付してその番号を著者氏名の右肩に示した上で、氏名欄の下に一括して番号ごとの所属先を記してください。
- ④ 表紙頁を 1 頁として、通し番号を付してください。
- ⑤ 2 頁目から、序文、方法、結果、考察、結論、謝辞、文献、脚注の順に記載し、原稿の構成も同様としてください。なお、それぞれの見出しの言葉は変更しても構いません。
- ⑥ 論文は A4 普通用紙を使用し、邦文論文は横書きで、英文論文はシングルスペースで記述してください。また、数字及び英字は原則として半角としてください。

- ⑦ 英文論文は、英語に関して十分な知識を持つ専門家の事前チェックをなるべく受けてください。なお、学術委員会の判断で、受理後の印刷前に英文チェックを行う場合があります。その際の費用は、著者の負担となります。
- ⑧ 原著原稿は、邦文・英文共に刷り上がり A4 普通紙 6~10 頁程度、これ以外の原稿は 6 頁までとします。
- ⑨ 文字使い等は、次のとおりとしてください。
- ・学名はイタリック体を用いるかアンダーラインで明示してください。
 - ・化学物質名・菌名・病名等は省略せずに記述し、略号を用いる場合には文中にその旨を記してください。
 - ・外来語は、片仮名で書いてください。
 - ・外国人名や適當な日本語訳のない術語などは、原綴を用いてください。
 - ・単位は、特別の理由がない限り SI 単位を用いてください。
 - ・数字は、アラビア数字を用いてください。
 - ・表題には商品名を用いないでください。文中に登録商標名を使用する際は、最初を大文字とし、登録商標名のあとに社名を括弧書きして表記してください。
 - ・図・表及び写真は本文に挿入してください。図表は可能な限り白黒とし、組織標本などカラーが必要な場合のみカラーとしてください。カラーの図や写真を使用する場合は、その製版と印刷の費用を著者の負担とする場合があります。
- ⑩ 引用文献の記載様式は、次のとおりとしてください。
- ・引用文献は、本文中の引用箇所右肩に、⁽¹⁾、^(1~3)、^(1,3~5) などの上付き両括弧数字で示し、本文の最後に一括して引用番号順に記載してください。
 - ・引用できる文献は、既に発行された書籍、論文とします。
 - ・引用文献の記載は、以下の形式としてください。雑誌名の略記は「医学中央雑誌」及び「Index Medicus」に従ってください。
- i 学術雑誌の例
- [著者名、表題、雑誌名、発行年(西暦)；卷：頁一頁.]
- (1) 北里柴三郎、志賀潔、細菌の遺伝子調節予防法、北里研究所雑誌、1868；58 : 267-274.
- (2) Kitasato S, Shiga K, Hata S, Effect of the Toxin on stress and temperature. Arch Kitasato Inst, 1887 ; 55 : 121-125.
- ii 単行本の例
- [著者名・表題・編者名・書名、発行所所在地：発行所、発行年(西暦)；頁一頁.]
- (1) 志賀潔・赤痢菌・北里柴三郎編・細菌検出方法、東京：北里研究所出版、1830 ; 246-258.

- (2) Hata S, Kitasato S・Antibiotic and resistant bacteria・Kitasato S ed. . In Method for extracted antibiotic. Tokyo : Kitasato Inst press, 1839 ; 101-128.
- iii 特殊な報告書、投稿中原稿、私信などのほか、インターネットのホームページは、原則として引用文献としては認められません。
- ⑪ 研究実施や原稿作成などの過程で、研究助成、特定の企業、その他の団体の経済的支援を受けた場合は、論文内にその旨を記載してください。
- ⑫ 最後に、頁数、文字フォント、ポイント等が執筆要領及び原稿ひな形に沿って作成されているか確認してください。

4 原稿等の送付方法

- (1) 原稿等は、原則として電子投稿とします。
- (2) 原稿等は、電子メールの添付ファイルとして送付してください。なお、メールの送信については自己責任において行ってください。
- (3) 電子ファイルの保存形式は、Word 若しくは pdf 形式としてください。
- (4) 電子投稿ができない場合は、電子メディア（CD-ROM 等）に保存したものを郵送することも可とします。その際は、記憶媒体にラベルを貼り、筆頭著者氏名、保存形式を併記してください。
- (5) 投稿する際は、必ず原稿審査依頼書（指定様式 様式 1）を添付してください。
- (6) 電子投稿の送付先アドレス及び郵送先は、次のとおりです。

E-mail アドレス : symposia@kitasato-u.ac.jp

郵送先 : 〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番

北里大学保健衛生専門学院 学術委員会事務局 宛

電話 025-779-4511

なお、郵送する場合は、必ず簡易書留便又は宅配便（メール便は除く）とし、封筒の表に「北里学院紀要原稿」と朱書きしてください。

- (7) 受領した原稿（記憶媒体を含む。）は、返却しません。

5 原稿の校正等

- (1) 掲載原稿の校正は、学術委員会において行います。
- (2) 原稿の掲載は、論文の区分ごとに受理順とします。

6 掲載料等

- (1) 査読料及び掲載料は、無料です。
- (2) カラー1頁、アート紙写真等、著者の希望により特別に注文する場合は、別に実費を徴収します。
- (3) 発行した紀要是、著者数 + 1 冊を第一著者に贈呈します。

7 掲載内容の使用手続き

- (1) 紀要に掲載された図表など原著性の高い内容を、他の雑誌や書籍刊行物で使用する場合は、指定様式（様式2）により本学院に必ず書面で許諾申請を行ってください。電子メールでの申請は受け付けません。
- (2) 使用が許可された図表等に関しては、脚注あるいは参考文献として引用文献の明示、謝辞などに記載してください。

8 その他

紀要の執筆等に当たって不明な点は、「学術委員会事務局」までお問い合わせください。

以 上

編 集 後 記

北里大学保健衛生専門学院紀要第21巻が完成致しました。まずは、御投稿を頂きました多くの先生方に感謝を申し上げます。

本紀要には、臨床検査技師養成科教員より1報、管理栄養科教員より1報、臨床工学専攻科教員より3報、および非常勤講師より2報の論文を掲載させて頂きました。原著論文と致しまして、本学院の所在する魚沼地域に着目したものから栄養教育、統計学など、それぞれの専門分野から多岐に渡る内容が本紀要には掲載されております。

また、昨年（平成27年）12月に開催された第24回魚沼シンポジアでは、2014年イグ・ノーベル賞を受賞された北里大学医療衛生学部馬渕清資教授の「科学技術と文化-バナナの皮が拓いた世界」と題した特別講演を始め、臨床検査技師養成科小林浩二先生の椿精一賞受賞講演のほか、教員、学生、卒業生を含む10件もの口演発表がございました。どの講演でも活発な討論が行われ、大盛況のうちに本会を終了することができました。この場をお借りして、ご協力頂きました教職員の方々並びに学生諸君に謝辞を申し上げます。

本紀要是、北里大学保健衛生専門学院の教員、在校生、卒業生の研究を中心とした論文を掲載しており、著者の先生方だけではなく読者の方々にもよい刺激となることを期待しております。

末筆ではございますが、北里大学保健衛生専門学院紀要並びに魚沼シンポジアを通じまして、各先生方の今後益々のご活躍を祈念致しまして編集後記とさせて頂きます。

平成28年3月1日

学術委員会委員長
高橋 大志

北里大学保健衛生専門学院紀要

学術委員会（編集委員会）

委員長 高橋大志（臨床工学専攻科）
委員 小丸圭一（臨床検査技師養成科）
委員 小林健司（管理栄養科）
委員 藤田勇（保健看護科）
委員 坂西三代子（事務室）

北里大学保健衛生専門学院紀要（非売品）

第21巻 2016

平成28年3月31日発行

発行人 石原和彥

発行機関 北里大学保健衛生専門学院

〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田500番

発行所 梶井んばん

〒949-7302 新潟県南魚沼市浦佐1140番地2

KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO

Scholarly Committee (Editorial Board)

Editor-in-Chief	Daishi TAKAHASHI	(Course of Clinical Engineering)
Editors	Keiichi KOMARU	(Department of Medical Technology)
	Kenji KOBAYASHI	(Department of Applied Clinical Dietetics)
	Isamu FUJITA	(Department of Nursing)
	Miyoko BANZAI	(Office Worker)

KITASATO DAIGAKU HOKEN-EISEI-SENMONGAKUIN KIYO

Vol 21 2016

Published by

Kitasato Junior College of Health and Hygienic Sciences

Printed by

Inpan Corp. Niigata, Japan

北里大学保健衛生専門学院
〒949-7241 新潟県南魚沼市黒土新田 500 番
電話(025)779-4511(代)