



Title	低温下作業の生体機能に及ぼす影響について
Author(s)	安倍, 三史; ABE, Sanshi; 高桑, 栄松 他
Citation	低温科学. 生物篇, 14, 87-108
Issue Date	1956-11-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17588
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_p87-108.pdf



低温下作業の生体機能に及ぼす影響について*

安倍三史 高桑栄松 村山憲司 小野昌憲 保中良之
長谷部春美 中野俊彦 加藤 斌 勝俣哲男 若狭 等
岡田 晃 庄田昌雄 鈴木敏則

(医学部 公衆衛生学教室 衛生学教室)

根井外喜男 吉本千禎 林 喬義 中川 勇 森 玄治
前川静枝 坂牛栄治 浅沼英一 桜田弘一 浅田 実

(低温科学研究所 医学部門)

(昭和31年8月受理)

昭和31年2月から5月に亘つて、北大低温科学研究所低温風洞実験室に於いて南極探検訓練隊員15名、北大山岳部学生部員6名、北大低温科学研究所員9名、計30名について、低温下作業の生体機能に及ぼす影響についての実験的研究を行ったので、ここに其の成績を報告する。

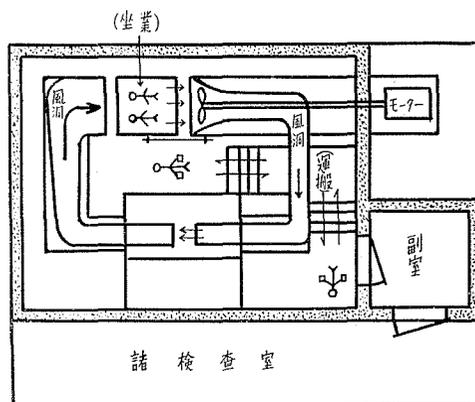
第1節 検査要領

第1項 検査の目的的分類

1. 本実験： 隊員15名に対し、低温下作業による影響を検査した。
2. 予備実験： 学生6名に対し、本実験における実験条件を定めるために低温下作業による影響を検査した。
3. 対照実験： 低温による影響と作業による影響とをそれぞれ分析吟味するために、対照実験として低温科学研究所員9名については低温負荷のみ、学生4名については作業負荷のみの実験を行った。

第2項 負荷条件について

上記3実験群に於ける負荷条件(気象的、作業の量的条件)及び被服の状況については、第1表及び第2表に示した。



第1図 低温風洞室と作業状況

* 北海道大学低温科学研究所業績 第358号

第1表 実験時の負荷条件

	被検群	被検者	負 荷 条 件						室 温		実 施 月 日	
			温度	風速	風向	作業	座	交互回数	時間	皮膚温測定室		諸検査室
低温 及び 作業 生	隊	No. 1~12	-40°C	無	風	運搬作業*	10分	交互に3回	1時間	-20°C	0°C	20~ 22/II
	員	No. 13~15	-33 ~35°C	無	風	運搬作業*	10分	交互に3回	1時間	-14°C	13°C	25/V
	学	No. 16, 17	-40°C	無	風	運搬作業*	5分	交互に6回	1時間	-20°C	0°C	18/II
	生	No. 18, 19	-40°C	無	風	運搬作業*	5分	交互に6回	1時間	-20°C	0°C	18/II
	生	No. 20, 21	-40°C	無	風	運搬作業*	5分	交互に4回	1時間	-20°C	0°C	18/II
作業	学生	No. 16, 18, 20, 21	+15 ~18°C	無	風	運搬作業*	10分	交互に3回	1時間		15~ 18°C	18/V
低温	所員	No. 22~30	-40°C	無	無	無	無	無	1時間	-17°C	10°C	14/III

* 45 kg の箱と 13 kg 煉瓦 (6 個) を持つて 4 段の階段を上下する。

** 風に対し背中を向けて椅子に腰かけ、ハンマーで金具を叩く。

第2表 実験時の服装

負 荷 条 件	服 装				
	下 着	軀 幹	頭	手	足
低温及び作業 (隊員及び学生)	下シャツ, 毛シャツ, ワ イシャツ, パンツ, 毛ズ ボン下, ズボン	アノラック 上・下	毛編サーマータ3枚で, 頭部, 顔面, 頸部を包み アノラックの風防用庇付 帽子を被る	毛手袋 防寒用手袋	毛靴下2枚 スキー靴
作 業 (学 生)	下シャツ, 毛シャツ, ワ イシャツ, パンツ, 毛ズ ボン下, ズボン	—	—	—	—
低 温 (所 員)	下シャツ, 毛シャツ, ワ イシャツ, パンツ, 毛ズ ボン下, ズボン	羊毛皮防寒 服上・下	羊毛皮防寒帽	毛手袋 防寒用手袋	毛靴下2枚 羊毛皮張 防寒用長靴

第3項 検査項目について

1. 性格検査: Rorschach-test
2. 代謝機能検査: 尿蛋白質, 尿 urobilinogen 量, 尿小川膠質反応
3. 循環機能検査: 最大血圧, 最小血圧, 脈圧, 脈搏数, 脈圧脈搏積, 心電図
4. 精神機能検査: flicker 値, tapping 値, aesthesiometry 値, Kraepelin-test 値,

作業後疲労感調査

5. 体力検査: 左・右握力, 背筋力
6. 皮膚温度: 鼻頭, 右耳翼, 右頬部, 右手背, 右第2指腹, 右足踵部, 右第1趾腹

第4項 検査方法について

次の15項目中 Rorschach-test と作業後疲労感調査を除く14項目については、検査前値と検査後値を測定し、後値の前値に対する変動率及び変動値率を求めた。

1. Rorschach-test: 戸川教授案の8枚の図像群を被検者に各3分ずつ呈示して何に見えるかを答えさせ、其の意味づけ、速さ、観念の発展形式、内容により個性の全体活動の傾向を見た。
2. 尿蛋白質: sulfosalicyl 酸法によつた。
3. 尿 urobilinogen: Watson 氏簡易定量法によつた。
4. 尿小川反応: 膠質反応により総還元力値を測定した。
5. 最大血圧, 最小血圧, 脈圧: Riva-Rocci 式血圧計で測定した。
6. 脈圧脈搏積: Mayo 教授の法により $\frac{\text{脈圧} \times \text{脈搏数}}{100}$ として算出した。
7. 心電図: 直記式同時誘導心電計により、肢誘導心電図を求めた。
8. flicker 値: 労研式 flicker 値測定器を使用し較正值を求めた。
9. tapping 値: 計数器を使用して1分間に於ける最大打叩数を求めた。
10. aesthesiometry 値: Eulenberg 氏知覚計を使用し、利腕の前膊屈側中央部の縦軸及び横軸に於いて2点と感ずる各最短距離 (mm) を求め $\frac{\text{縦軸値} + \text{横軸値}}{2}$ を算出した。
11. Kraepelin-test: 内田, Kraepelin 作業素質検査用紙を用いて連続加算作業を行い、毎分の作業量の経過曲線から精神的諸因子による作業性格を判断した。
12. 作業後疲労感調査: 労研考案の調査票により60項目について検査し、その疲労感の性質をK(肉体的), N(神経的), S(感覚的), W(意識的), V(観念的), E(情緒的疲労)に分析した。
13. 握力検査: スメドレー式握力計を使用して測定した。
14. 背筋力検査: KY 式背筋力計により連続記録した。
15. 皮膚温度: thermister 式電気温度計を使用して測定した。但し装置の都合で一部に0°C以下の記録のできないものがあつた。

第2節 南極探險訓練隊員につき低温作業の 生体に及ぼす影響についての検査成績

第1項 隊員の検査項目別成績について

成績を一括して表示すると第3, 4表に示す通りである。

なお心電図だけは表示が困難なので別に記載することにする。

心電図: (機械の都合によつて12名だけを検査) 隊員中1名は心電図的に始めから異常があつたので、これは除外して他の11名につき各2回ずつ行つた負荷前後の心電図をみるに、心搏周期の延長した例数13, ほぼ不変のもの6, 明らかに減少したもの3で全体として平均0.05秒の延長となつている。房室伝達PQは不変, QTc(補正QT時間)は測定時あまり時間

第3表 低温下作業負荷(隊員)の検査項目別成績 (I)

		実 測 値					変 動							
		単 位	負 荷 前		負 荷 後		増 加		減 少		不 変		変 動 値 率	
			平均値	分 布	平均値	分 布	例数	百分率	例数	百分率	例数	百分率	平均値	分 布
代 謝 機 能	尿 蛋 白 質	mg/dl					2	13.3	0	0	13	86.7		
	尿ウロビリノーゲン		0.16	0.05~0.5	0.165	0.05~0.5	7	46.6	4	26.7	4	26.7	129.6	16.6~300.0
	尿小川膠質反応		28.8	14~40	30.2	14~48	8	53.3	5	33.3	2	13.3	108.3	90.0~150.0
循 環 機 能	最 大 血 圧	mmHg	123.4	100~138	135.3	116~140	10	66.7	2	13.3	3	20.0	104.8	98.5~124.0
	最 小 血 圧	mmHg	67.7	45~92	74.1	50~96	13	86.7	2	13.3	0	0	116.0	73.4~177.8
	脈 圧	mmHg	56.3	38~72	54.6	30~80	6	40.0	8	53.3	1	6.7	97.6	65.2~155.6
	脈 搏 数	毎 分	79.9	62~96	91.7	68~120	10	66.7	1	6.7	4	26.7	115.3	90.0~150.0
	脈 圧 脈 搏 積		44.4	27.3~57.6	50.5	21.8~84.0	9	60.0	6	40.0	0	0	114.5	79.9~233.3
精 神 神 経 機 能	フリッカー値	毎 分	34.5	29.5~40.0	33.9	29.5~39.0	6	40.0	5	33.3	4	26.7	101.0	94.1~111.1
	タツピング値		217.2	169~315	206.2	119~257	9	60.0	6	40.0	0	0	104.4	80.3~143.3
	エステヂオメトリー値		mm	32.5	19~61	35.5	19~69	11	73.3	4	26.7	0	0	108.0
体 力	握 力 (右)	kg	52.2	35.5~65.5	51.1	32.5~63.5	12	80.0	2	13.3	1	6.7	101.7	83.1~108.4
	握 力 (左)	kg	49.1	33.5~57.5	47.2	31.5~56.5	10	66.7	4	26.7	1	6.7	102.8	88.6~112.1
	背 筋 力	kg	146.2	95~205	140.5	90~189	10	66.7	4	26.7	1	6.7	104.0	92.6~111.3

フリッカー値, 握力, 背筋力の変動は逆率で表現する。

第4表 低温下作業負荷(隊員)の項目別成績(II)

体表面温度(°C)

	負 荷 前		負 荷 後	
	平均値	分 布	平均値	分 布
鼻 頭	22.2	19.5~25.0	4.6	1.0~14.5
頬 部	25.1	19.0~34.0	13.5	5.5~32.8
耳 翼	24.6	19.0~34.6	14.7	5.0~23.8
手 指(右II)	21.6	17.5~29.6	8.7	1.0~21.5
手 背	22.9	19.5~27.1	13.4	10.0~22.2
踵 部	19.0	13.5~22.6	—	8.2~0以下
趾 部(右I)	19.3	14.5~23.5	—	9.8~0以下
7 部 位 平 均	23.6	19.4~27.7	8.0	3.6~17.5

のゆとりがなく心搏の変動とQT時間の間関係が成立するまで待つことが出来なかつたため正確な値が得られず、測定値の変動が同一人についてもまちまちな例が多いが、平均して変化しないものと見てよいと思う。心室興奮時間QRSは誤差が多く、増加6、不変7、減少9で平均はやや増加を示すが、変化しないものと見るのが至当である。心房興奮時間Pについても同様のことがえる。呼吸性不整率は深呼吸の吸気時に起る心搏周期の最も短いものを100%とし、呼気時に於ける最も長いものの増加分を%で表わした値で表現すると増加13、不変3、減少6で平均して増加の傾向が見られる。心室波のベクトルの主勢力の変化を知るために興奮期をR波で弛緩期をT波で代表させて大略の傾向を追ってみるとR波は第I、II誘導に大、T波は全誘導に増大し、且つ、型係数(Schlomka's form index)で左右室の機能的平衡の変化を示すと平均して負荷前-0.13だつたものが0.04だけ(+)側に移動しているが(+)偏倚と(-)偏倚が一定せず、有意な差とは云い得ない。しかし、R波の傾向は(+)偏倚を裏付けしているからやや左室優位化に傾くものと考えて良いと思う。T波には不平衡が起らないから、勿論、低温負荷により心筋の直接的な部分的冷却は起つていないと考えられる。なお異常を示した1例の隊員は洞性不整脈が極端で負荷により34.3%にも達し、且つSTに異常を認めた。

検査項目別成績の小括

1. 性格検査では、性格傾向は内・外攻型相半し、感情状態は安定7、稍不安定5名であり、知力は良好1、普通11名で全員が合格圏内にある。
2. 代謝機能に関しては尿蛋白が出現或は増量したものの2名あり、尿urobilinogen及び小川膠質反応は全般的に軽い増加の傾向を示している。
3. 循環機能では最大血圧、最小血圧共に上昇の傾向を示すが、最小血圧の上昇度が最大血圧のそれに比してかなり高いため脈圧は減少する傾向を示している。脈搏数は増加の傾向を示し、負荷後値が前値にまで恢復するのに平均9.29分を要している。脈圧脈搏積も一般に増加の傾向を示している。心電図では、心搏の減少、不整率の増加、R波及び型係数の変化により

左室優位化がいずれも軽度に認められる。この心電図においてみられる心搏の減少は、脈搏測定の時と心電図測定の時時間のずれによるものであろう。

4. 精神機能では flicker 値及び Kraepelin-test 値(変動値率平均 0.33, 分布-3~+5)はあまり変動なく, tapping 値は減少し, aesthesiometry 値は増加する傾向にある。作業による疲労感覚(平均 3.0%, 分布 0~10%)は寒冷に圧倒されて極めて低い。

5. 体力に関する項目で左右握力及び背筋力は一般にかなり減少している。

6. 皮膚温度の低下は著明で, 部位的には趾部>踵部>鼻頭>示指>頬部>耳翼>手背の順に低下度が大である。

第2項 隊員の個人別機能検査成績について(第2図参照)

1. 生体の機能変動についての判定図形について

低温作業の生体機能に及ぼす影響を各個人別になるべく定量的に比較しうるように, 試みに次のような作図を試みた。

図を16等分し, 各軸上に E(尿蛋白), U(尿 urobilinogen 値), O(小川反応値), M_a (最大血圧), M_i (最小血圧), B(脈圧), P(脈搏数), PB(脈圧脈搏積), F(flicker 値), T(tapping 値), A(aesthesiometry 値), R(Rorschach-test 値), K(内田・Kraepelin-test 値), S(疲労感率), R_k (背筋力値), H(握力値)をとり, 内円を作業前値(100.0%)とし, 作業後値をその内外(外円を200%, 円の中心を0%とする)のそれぞれの軸上にとり, 各軸上の点を連結して外16角形を造り, 内円の囲む内多角形の面積に対する外多角形の囲む面積の比を変動値率(=拡大率)として量的判定に資した。又軸の長さの伸長或は縮小度を以て其の方位に於ける質的判定に資した。

このような作図法によつて個人差を定性及び定量的に比較することには多くの問題があるかもしれない。例えば尿蛋白や尿 urobilinogen では僅かの差でもすぐ200~300%の変動率を示すことになるが, 精神機能ではたかだか数%乃至は数10%の変化にしかかなり得ない。これらをすべて同じ割合にみなして作図することには疑問の余地はあろうが, ここでは各個人間の比較判定のための1つの試みとして敢てこの作図法を採用してみたのである。

2. 個人別の機能判定について

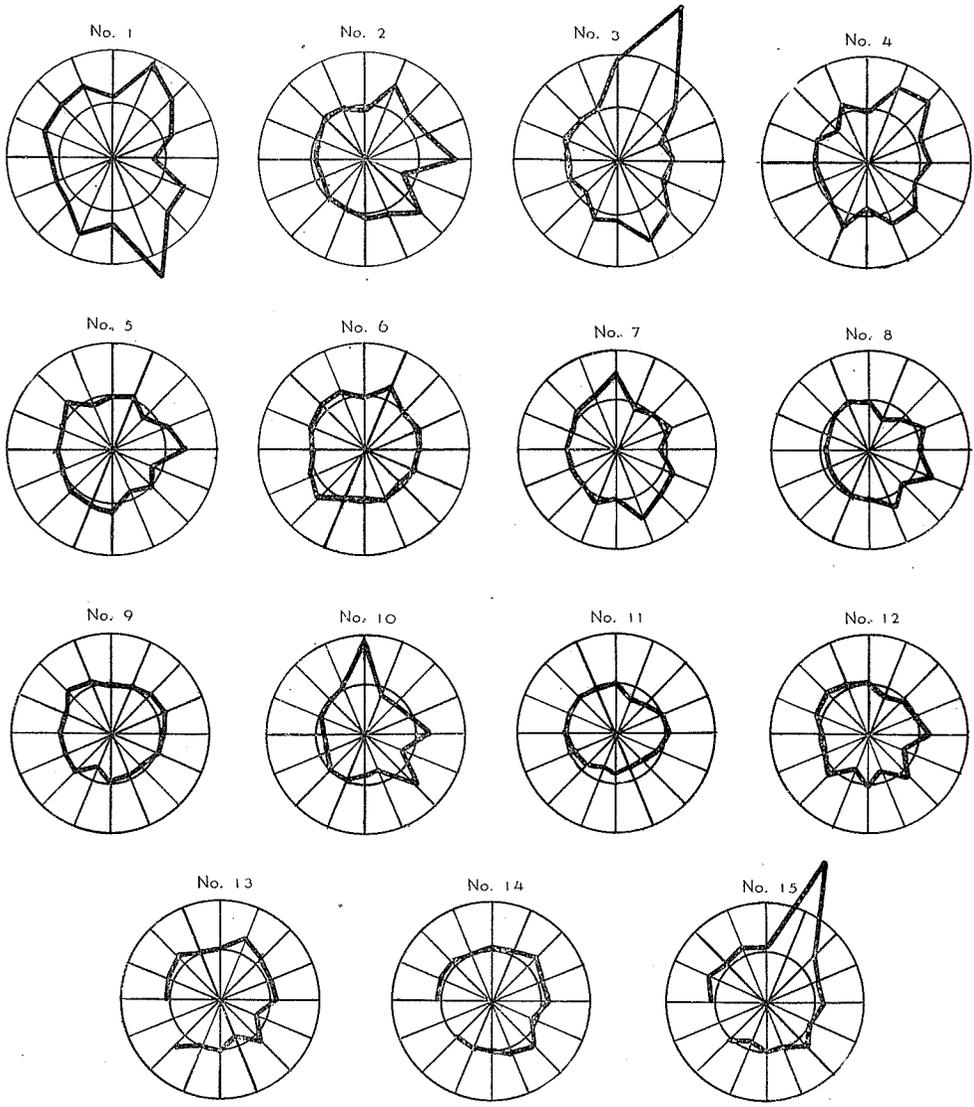
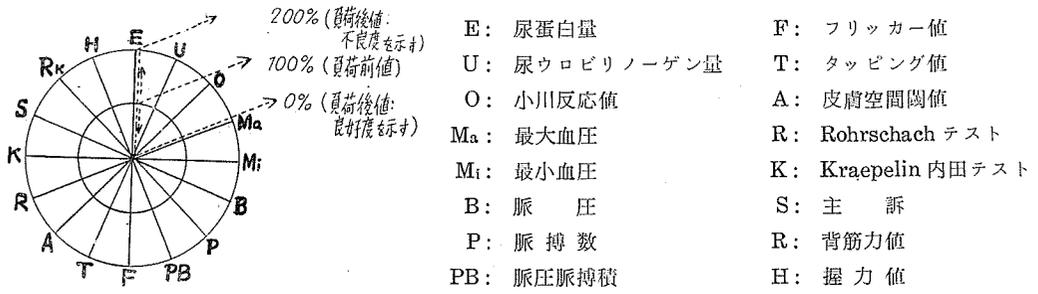
隊員15名の平均拡大率は141.4%であるが, これを個人別にみると次の如くである。(第2図参照)

No. 1: 拡大率は192.6%で稍大きい。U, O, B, P, PBの方位に伸長することから, 代謝機能と循環機能の面に於て変動率が高く, 寒威負荷に対して考慮を必要とする。

No. 2: 拡大率は137.5%で稍小さいが, U, O, M_a , M_i の方位に稍大きな伸長がある。適度の訓練によつて矯正しうるものと思う。

No. 3: 拡大率は184.2%で稍大きく, 特にE, U, Oの方位に大きな伸長がある。腎臓及び肝臓の精密検査を必要と考える。

No. 4: 拡大率は131.8%で小さく, U, Oの方位に小さな伸長があるのみで良好であ



第2図 隊員の低温作業下に於ける個人別機能変動図

る。

No. 5: 拡大率は 118.4% でかなり小さく、特別伸長の方位もなく良好である。

No. 6: 拡大率は 135.8% で稍小さく、特別伸長の方位はなく比較的良好に属する。

No. 7: 拡大率は 132.1% で稍小さい。B, P, PB の方位に小さな伸長があるが訓練によつて矯正しうるものと思う。

No. 8: 拡大率は 114.4% でかなり小さく、特別伸長の方位もなく良好である。

No. 9: 拡大率は 100.7% で殆ど変動がなく、優秀である。

No. 10: 拡大率は 113.6% でかなり小さいが、E 方位に大きな伸長があり、腎臓機能の再検査を必要と考える。

No. 11: 拡大率は 110.8% でかなり小さく、U, O, P, PB, T の方位は却つて縮少し、極めて良好である。

No. 12: 拡大率は 116.5% でかなり小さく、特別伸長の方位はなく良好である。

No. 13: 拡大率は 98.3% で逆に縮少し、極めて優秀である。

No. 14: 拡大率は 102.2% で極めて小さく優秀である。

No. 15: 拡大率は 131.9% で稍大きく、特に U, O の方位に伸長し、腎臓機能の再検査を必要と考える。

第3項 隊員の個人別皮膚温度の変動成績について (第3図参照)

1. 皮膚温度の変動についての判定図形について

円を8等分し、各軸上に N(鼻頭), W(頬部), O(耳翼), F(右示指), H(右手背), S(踵部), Z(第2趾), A(7部位平均)をとり、内円を変動 0°C (作業前皮膚温度)、中円を低下 10°C 線、外円を低下 20°C 線とし、作業後の各部位における皮膚温度の低下を各軸上にとり、各軸上の各点を連結して8角形を造り、内円の囲む内多角形の面積に対する外多角形の囲む面積の比を変動値率(=拡大率)として量的判定に資すると共に、大きく変動する軸の方位によつて低温に対する過敏な部位を知ることの質的判定に資した。

2. 個人別の皮膚温度変動の判定について

隊員 15 名の平均拡大率(変動値率)は 556.3% であるが、これを個人別にみると次の如くである。

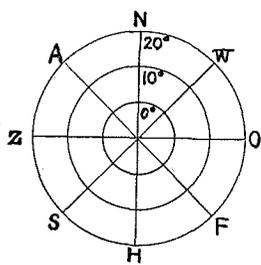
No. 1: 拡大率は 464.6% で稍小さい。S, H 方位が伸長している。

No. 2: 拡大率は 660.7% でかなり大きい。O 方位の伸長が特に著しく、この部位の鍛練と注意が必要と思う。

No. 3: 拡大率は 726.6% で極めて大きい。特に Z, N, O の方位の伸長が著明であることに注意を要する。

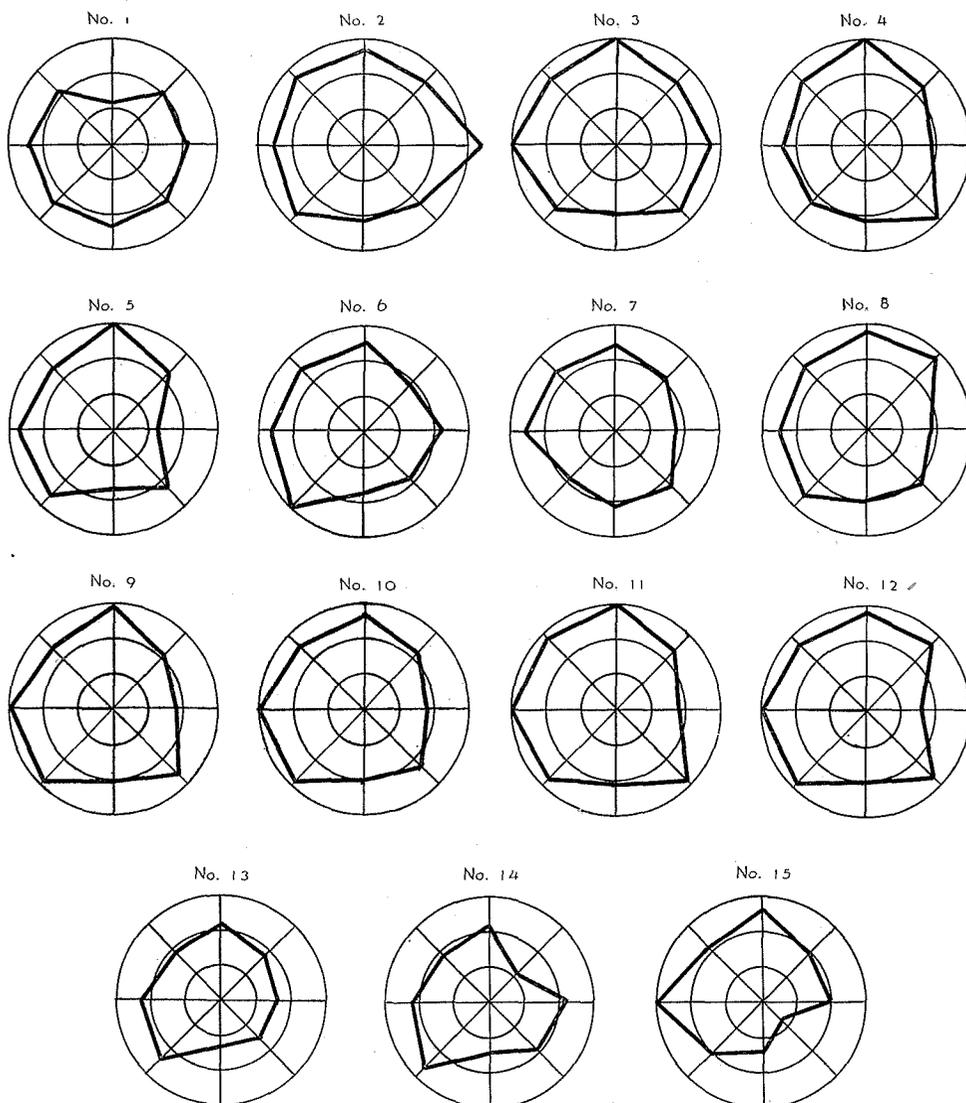
No. 4: 拡大率は 611.4% で稍大きい。注意を要するのは N, F 方位の伸長である。

No. 5: 拡大率は 549.5% で稍小さい。N 方位の伸長のみ注意を要する。



- N: 鼻頭
- W: 頬部
- O: 耳翼
- F: 手指(右I)
- H: 手背
- S: 踵
- Z: 足指(右II)
- A: 平均

負荷前値を0°Cとし、負荷後の低下温度を示す



第3図 隊員の低温下作業による個人別皮膚温度変動図

- No. 6: 拡大率は 559.6% で平均値に近い。S 方位の伸長のみ注意を要する。
- No. 7: 拡大率は 489.6% でかなり小さい。S 方位の軽い伸長がある。
- No. 8: 拡大率は 608.0% で稍大きい。W, O の方位の伸長に注意を要する。
- No. 9: 拡大率は 637.3% でかなり大きい。Z, N, S 方位の伸長が注意を要する。
- No. 10: 拡大率は 620.2% でかなり大きい。Z, S 方位の伸長が注意を要する。
- No. 11: 拡大率は 708.2% で極めて大きい。Z, N, S, F 特に Z, N 方位の伸長に注意を要する。
- No. 12: 拡大率は 594.5% で稍大きい。Z, N, S 方位の伸長が注意を要する。
- No. 13: 拡大率は 350.4% で極めて小さい。各方位に対して特別な伸長はみられない。
- No. 14: 拡大率は 363.8% で極めて小さい。S 方位の軽い伸長がある。
- No. 15: 拡大率は 400.9% でかなり小さい。Z 方位の伸長に注意を要する。

第3節 北大学生(山岳部員)につき低温下作業の 生体に及ぼす影響についての検査成績

第1項 学生についての検査項目別成績

検査成績は一括して表示することとした。第5表及び第6表はその成績である。なお握力と背筋力は都合によつて検査しなかつた。また心電図も機械の都合で検査出来なかつた。

これらの結果を小括すれば

1. 代謝機能では尿蛋白陽転者が2名あり、尿 urobilinogen 量は増加し、小川反応値は増加の傾向を示している。
2. 循環機能では最大血圧、最小血圧、脈圧、脈搏数、脈圧脈搏積共に増加している。
3. 精神機能では aesthesiometry 値は増加し、tapping 値(減少逆率)は増加しているが、flicker 値はあまり変動を示さない。疲労感の訴えは低率である。
4. 皮膚温度の低下は著しく、部位的には踵>趾>指>手背>鼻頭>頰部>耳翼の順である。

第5表 低温下作業負荷(学生)の項目別成績(I)

		実 測 値					変 動							
		単 位	負 荷 前		負 荷 後		増 加		減 少		不 変		変 動 値 率	
			平均値	分 布	平均値	分 布	例数	百分率	例数	百分率	例数	百分率	平均値	分 布
代 謝 機 能	尿 蛋 白 質	mg/dℓ					2	33.3	0	0	4	66.7		
	尿ウロビリノーゲン		0.075	0.05~0.1	0.12	0.05~0.15	5	83.3	0	0	1	16.7	225.0	100.0~300.0
	尿小川膠質反応		29.3	24~40	32.6	24~40	3	50.0	1	16.7	2	33.3	114.0	80.0~150.0
循 環 機 能	最 大 血 圧	mmHg	121.6	110~134	126.0	118~136	5	83.3	0	0	1	16.7	103.8	100.0~109.9
	最 小 血 圧	mmHg	70.3	60~80	73.0	64~82	4	66.7	0	0	2	33.3	104.0	100.0~108.1
	脈 圧	mmHg	51.0	42~60	53.0	46~62	5	83.3	1	16.7	0	0	104.4	93.1~106.7
	脈 搏 数	毎 分	76.0	60~84	103.0	84~128	6	100.0	0	0	0	0	136.0	110.0~160.0
	脈 圧 脈 搏 積		38.9	26.4~48.0	55.1	38.6~79.4	6	100.0	0	0	0	0	142.5	102.4~165.4
精 神 神 經 機 能	フリツカー値	毎 分	34.0	31~37	33.9	31~38	2	33.3	3	50.0	1	16.7	100.2	94.5~106.1
	タツピング値		200.8	160~225	185.1	107~259	4	66.7	2	33.3	0	0	114.5	86.9~172.9
	エステヂオメトリー値		mm	22.0	11~33	25.0	9~35	5	83.3	1	16.7	0	0	118.7
体 力	握 力 (右) 握 力 (左) 背 筋 力	検査施行せず												

低温下作業の生体機能に及ぼす影響について

第6表 低温下作業負荷(学生)の項目別成績(II)

体表面温度(°C)

	負 荷 前		負 荷 後	
	平均値	分 布	平均値	分 布
鼻 頭	20.3	17.2~22.5	6.1	4.0~8.0
頬 部	24.4	21.8~27.2	11.7	8.0~15.0
耳 翼	23.7	19.0~28.8	13.3	12.0~17.0
手 指(右II)	21.0	17.3~23.9	3.6	1.0~6.0
手 背	24.1	22.7~25.4	8.7	6.0~11.0
踵 部	17.9	16.5~18.8	—	0以下~2.5
趾 部(右I)	17.8	15.5~20.0	—	0以下~3.0
7 部 位 平 均	21.3	19.3~23.3	5.9	4.4~7.2

第2項 学生の低温下作業による個人別機能検査成績について(第4図参照)

1. 個人別機能変動の判定について

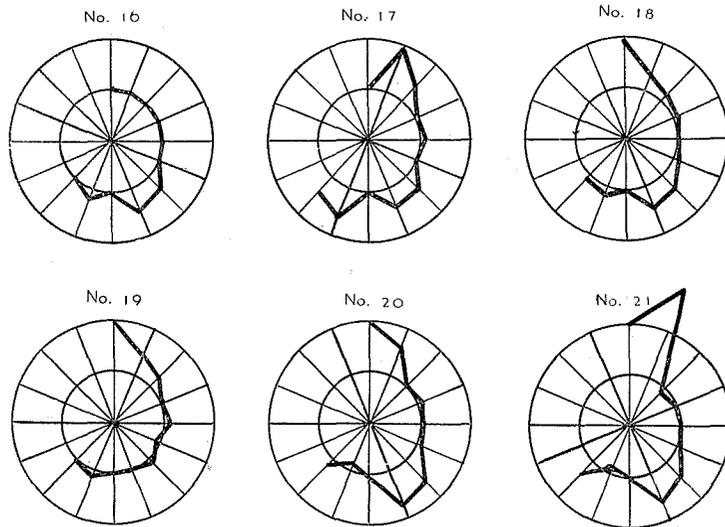
学生6名の平均拡大率は146.7%で、これは隊員のそれよりも5.3%多い。これを個人別にみると次の如くである。

No. 16: 拡大率は111.7%でかなり小さく、僅かにP, PB方位に小さい伸長があるのみで良好である。

No. 17: 拡大率は162.8%でかなり大きく、U, O方位に稍大きな伸長がある。

No. 18: 拡大率は144.3%で稍大きい。E方位に大きな伸長を示し腎臓機能の再検査を必要とする。

No. 19: 拡大率は144.3%でNo. 18と同じ傾向を示している。



第4図 学生の低温下作業による個人別機能変動図

No. 20: 拡大率は143.0%で稍大きい。E, U, P, PB方位にかなり大きな伸長がある。

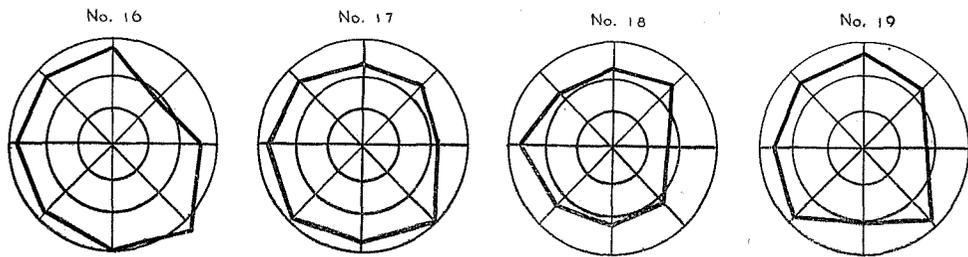
No. 21: 拡大率は174.3%で大きい。E, U方位の大きな伸長とP, PB方位の稍大きな伸長があることに対しては考慮と検査を必要とする。

2. 個人別の皮膚温度変動の判定について (第5図参照)

学生4名の皮膚温度の変動を図形によつて判定すると平均拡大率は656.6%で隊員の値(556.3%)に比しかなり大きい。これを個人別にみると次の如くである。

No. 16: 拡大率は737.1%で極めて大きく、特にF, H方位の伸長が著しい。

No. 17: 拡大率は697.1%でかなり大きく、特にF, S方位に大きな伸長がある。



第5図 学生の低温下作業による個人別皮膚温変動図

No. 18: 拡大率は539.3%でかなり小さい。Z方位に少し伸長があるが概ね良好である。

No. 19: 拡大率は653%で稍小さい。S, F方位に稍伸長があるが比較的良好に属する。

第4節 北大低温科学研究所員につき低温の生体に及ぼす影響についての検査成績

第1項 所員についての検査項目別成績

心電図では、心搏周期は著明に延長し、不整率は増加4, 不変1, 減少7で平均ではあまり変化しないが、むしろ減少の傾向を示すものが多いと云い得よう。心室興奮時間はやや明らかに延長する。心室波ではR_{III}減少, R_{II}増大, T波は全体に増大, 型係数は(+)移動7, (-)移動4, はほ不変1でやや(+)移動が多く、平均して0.08(+)側に偏倚し、心室ではR波の傾向と合せて左室優位化に僅かに傾くと考えられる。

その他の検査成績は第7, 8表に一括表示したが、それらを総括すれば

1. 代謝機能では尿蛋白 urobilinogen 量, 小川反応値共に著しい変動を示さない。
2. 循環機能では一般に最大血圧に比して最小血圧の上昇が強く、脈圧は減少する。
3. 精神機能では tapping 値が減少する傾向を示している。
4. 左右握力, 背筋力共に減少している。
5. 皮膚温度の部位別低下順位は鼻頭>示指腹>頬部>足踵部>趾腹部>手背部>耳翼の順である。

第7表 低温負荷(所員)の項目別成績

		実 測 値				変 動								
		単 位	負 荷 前		負 荷 後		増 加		減 少		不 変		変 動 値 率	
			平均値	分 布	平均値	分 布	例数	百分率	例数	百分率	例数	百分率	平均値	分 布
代 謝 機 能	尿 蛋 白 質	mg/dl					0	0	0	0	9	100.0		
	尿ウロビリノーゲン		0.139	0.025~0.25	0.125	0.025~0.30	3	33.3	4	44.4	2	22.2	105.9	40.0~200.0
	尿小川膠質反応		24.0	12~40	18.6	14~28	4	44.4	5	55.6	0	0	90.3	40.0~150.0
循 環 機 能	最 小 血 圧	mmHg	116.2	104~128	129.7	122~136	8	88.9	1	11.1	0	0	110.6	98.4~118.2
	最 小 血 圧	mmHg	48.3	30~60	70.0	58~80	9	100.0	0	0	0	0	140.8	107.1~193.3
	脈 圧	mmHg	68.0	58~74	59.7	42~78	2	22.2	7	77.8	0	0	89.2	65.7~106.9
	脈 搏 数	毎 分	77.7	68~92	67.4	58~70	3	33.3	6	66.7	0	0	96.4	76.1~130.8
	脈 圧 脈 搏 積		52.4	43.5~67.2	39.8	27.0~51.5	2	22.2	7	77.8	0	0	85.3	61.5~127.7
精 神 神 經 機 能	フ リ ッ カ ー 値		34.7	33~40	34.7	33~40	2	28.6	0	0	5	71.4	100.8	100.0~103.0
	タ ッ ピ ン グ 値	毎 分	209.5	136~272	185.1	148~260	5	71.4	2	28.6	0	0	115.2	95.0~141.2
	エ ス テ デ オ メ ト リ ー 値	mm	29.0	17~45	30.0	19~50	4	57.1	3	42.9	0	0	103.0	83.9~125.1
体 力	握 力 (右)	kg	51.3	45.6~65.4	46.6	41.0~55.5	9	100.0	0	0	0	0	108.7	102.2~117.8
	握 力 (左)	kg	46.3	40.5~55.5	41.9	31.0~49.0	8	88.9	1	11.1	1	11.1	106.9	87.2~124.6
	背 筋 力	kg	145.5	135~164	139.8	114~164	7	77.8	2	22.2	0	0	106.9	87.2~124.6

フリッカー値, 握力, 背筋力の変動は逆率で表現する。

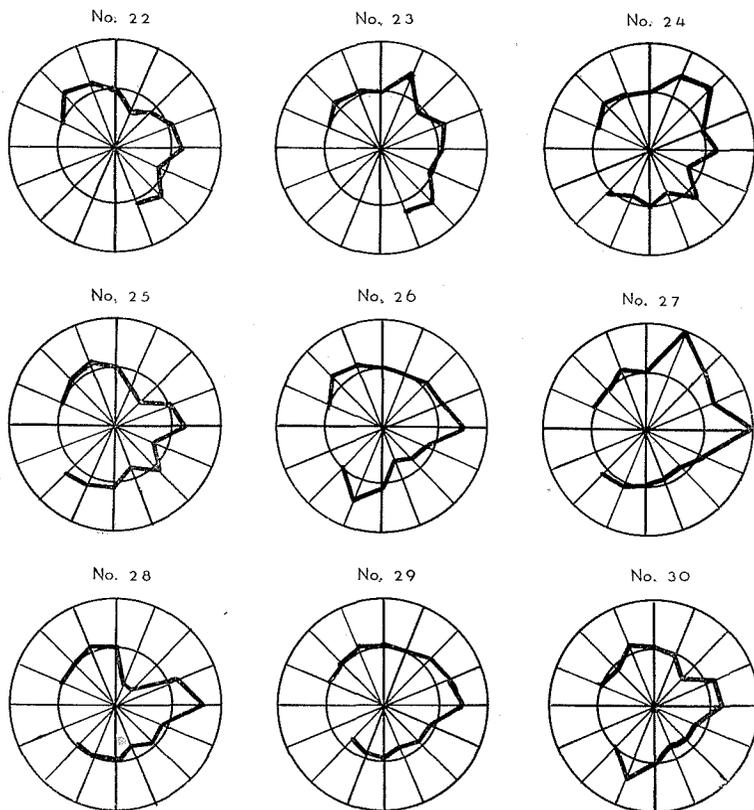
第8表 低温負荷(所員)の項目別成績(II)
体表面温度(°C)

	負 荷 前		負 荷 後	
	平均値	分 布	平均値	分 布
鼻 頭	20.9	16.0~23.0	5.2	1.5~11.0
頬 部	24.2	20.5~25.8	9.5	3.5~15.5
耳 翼	22.6	18.4~25.2	18.6	8.5~23.2
手 指(右II)	20.3	16.0~25.5	7.0	3.5~12.5
手 背	22.3	20.0~24.0	10.3	8.5~14.0
踵 部	19.5	14.5~24.2	5.4	1.0~11.0
趾 部(右I)	19.7	12.5~24.6	5.8	3.0~9.5
7 部 位 平 均	21.3	17.8~23.9	8.9	5.6~11.4

第2項 所員の個人別検査成績(第6図参照)

1. 個人別機能変動の判定について

所員9名の拡大率は平均 $107.8 \pm 17.78\%$ で学生(平均 $146.7 \pm 19.50\%$)及び隊員(平均 $141.4 \pm 72.87\%$)に比して小さく一般に良好である。個人別に見ると次の如くである。



第6図 所員の低温による個人別機能変動図

No. 22: 拡大率は 104.6% で小さく、各方位への伸長もなく良好である。

No. 23: 拡大率は 110.8% でかなり小さく、U 方位に小さな伸長があるのみで良好に属す。

No. 24: 拡大率は 109.8% で稍小さい。U、O 方位に小さな伸長があるのみで良好に属す。

No. 25: 拡大率は 99.3% で殆ど変化なく優秀である。

No. 26: 拡大率は 120.0% で稍小さく、T、M_i 方位に稍伸長している。

No. 27: 拡大率は 149.6% で稍大きい。U、M_i 方位に伸長していることは注意を要する。

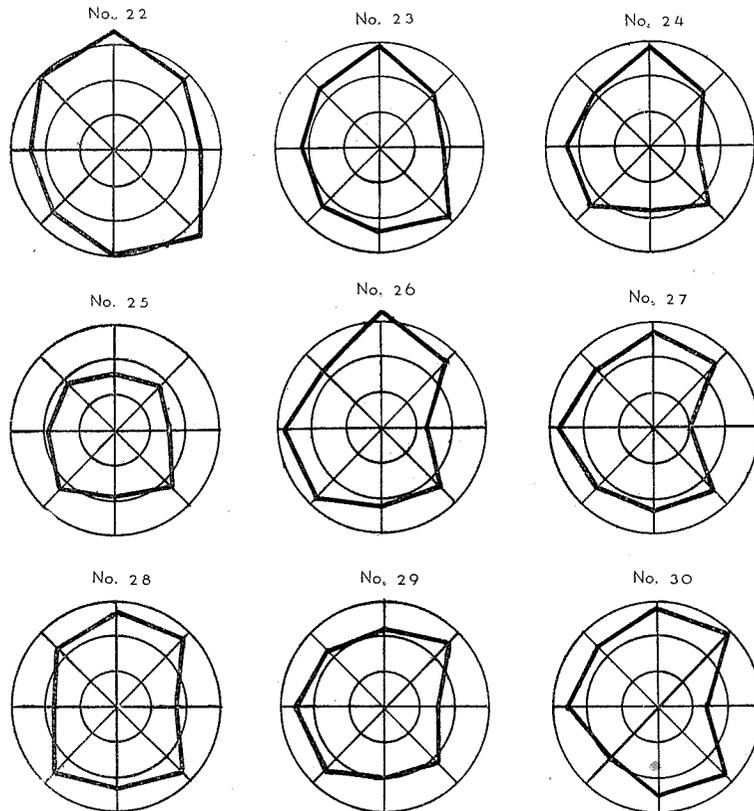
No. 28: 拡大率は 83.9% で極めて小さく、M_a、M_i 方位を除いては各方位に於いてむしろ縮小して良好である。

No. 29: 拡大率は 100.7% で殆ど変化なく優秀である。

No. 30: 拡大率は 92.1% でかなり小さく良好である。

2. 個人別の皮膚温度変動の判定について (第 7 図参照)

所員 9 名の平均拡大率は $550.6 \pm 121.80\%$ で隊員 (平均 $556.3 \pm 114.82\%$) 及び学生 (平均



第 7 図 所員の低温による個人別皮膚温度変動図

656.6±73.95%) に比較して小さい。個人別に見ると次の如くである。

No. 22: 拡大率は 835.8% でかなり大きく、H 方位に於いてかなり、N, F 方位に於いて著しく大きな伸長を示している。

No. 23: 拡大率は 581.8% で比較的小さく、各方位に於ける伸長もなく良好である。

No. 24: 拡大率は 520.4% でかなり小さい。N 方位のみに伸長がある。

No. 25: 拡大率は 365.4% で極めて小さい。S 方位に稍伸長がある。

No. 26: 拡大率は 620.9% で稍大きい。N, Z, S 方位の伸長が大きい。

No. 27: 拡大率は 501.5% でかなり小さい。Z 方位のみ伸長している。

No. 28: 拡大率は 524.1% で稍小さい。N, W, F 方位にかなりの伸長がある。

No. 29: 拡大率は 462.0% で極めて小さい。Z 方位に稍伸長を見る。

No. 30: 拡大率は 543.4% で中等度である。N, W, F 方位にかなりの伸長がある。

第5節 学生につき常温下負荷作業の生体に及ぼす影響についての実験成績

第2.3節に述べたところの隊員及び学生についての検査は、いずれも低温条件と作業条件とを同時に負荷した場合の検査であつた。之を低温による場合と作業による場合の両者に分析して解釈するために、先に所員に対しては低温条件だけを負荷したが、今回は学生に対して同一の作業条件だけを負荷してみた。

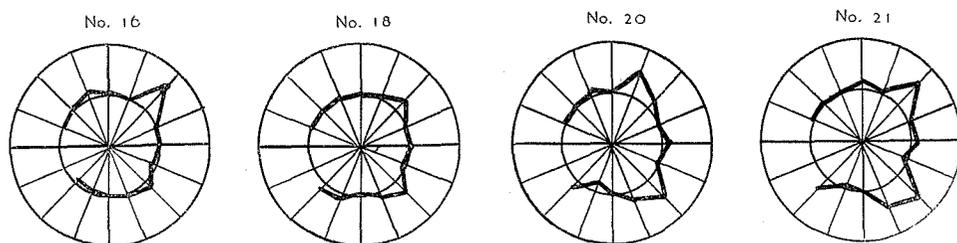
第1項 学生についての検査項目別成績

15°C の室温で作業だけを負荷した場合の成績を総括すれば第9, 10表に示す通りである。

また心電図の所見では、心搏周期は短縮し、不整率は増加し、心室波では R_{III} の増大が著明、T_{II}, T_{III} は増大するが T_I は不変で、型係数は僅かに負に傾き、R 波の傾向と同様、右室の軽度の優位化を示す。心電図については残念ながら学生の例では寒冷下労働負荷の際の実験がないので、正しい比較ができない。

第2項 学生についての個人別検査成績 (第7図参照)

学生4名についての常温下作業時の機能変動値率の拡大率を図形によつて判定すると、その平均拡大率は 113.7% で低温下作業時のそれ (143.3%) に比較して 29.6% 低い。これを個人別



第8図 学生の低温下作業による個人別変動図

第9表 常温下作業負荷(学生)の項目別成績(I)

		単 位	実 測 値				変 動							
			負 荷 前		負 荷 後		加 増		減 少		不 変		変 動 値 率	
			平均値	分 布	平均値	分 布	例数	百分率	例数	百分率	例数	百分率	平均値	分 布
代 謝 機 能	尿 蛋 白 質	mg/dl					0	0	0	0	4	100.0		
	尿ウロビリノーゲン		0.125	0.10~0.15	0.137	0.10~0.15	1	25.0	0	0	3	75.0	112.5	100.0~150.0
	尿小川膠質反応		22.5	18~28	31.0	20~36	4	100.0	0	0	0	0	137.0	111.0~160.0
循 環 機 能	最 大 血 圧	mmHg	121.0	116~128	116.5	110~122	0	0	4	100.0	0	0	94.6	93.4~95.3
	最 小 血 圧	mmHg	70.0	68~72	69.5	68~70	0	0	1	25.0	3	75.0	99.3	97.2~100.0
	脈 圧	mmHg	50.8	46~56	45.0	40~52	0	0	4	100.0	0	0	88.2	85.2~92.9
	脈 搏 数	毎 分	66.0	64~68	87.2	70~105	4	100.0	0	0	0	0	130.8	109.4~164.1
	脈 圧 脈 搏 積		33.6	31.3~35.8	39.0	33.6~48.3	4	100.0	0	0	0	0	116.1	101.7~139.6
精 神 神 經 機 能	フ リ ッ カ ー 値		34.1	33.8~34.4	34.1	33.4~34.8	2	50.0	1	25.0	1	25.0	100.0	97.7~101.2
	タ ツ ビ ン グ 値	毎 分	208.5	178~250	223.0	178~260	1	25.0	3	75.0	0	0	94.3	78.1~109.7
	エ ス テ デ ィ オ メ ト リ ー 値	mm	20.5	12~24	21.1	15~26	3	75.0	1	25.0	0	0	112.4	93.8~129.7
体 力	握 力(右)	kg	51.6	48.8~56.0	52.0	45.5~61.0	2	50.0	1	25.0	1	25.0	100.5	91.7~108.9
	握 力(左)	kg	43.6	40.3~49.0	43.6	34.4~58.0	2	50.0	2	50.0	0	0	99.3	81.9~118.4
	背 筋 力	kg	145.0	115~175	141.5	125~176	2	50.0	2	50.0	0	0	97.9	86.7~108.7

第10表 常温下作業負荷(学生)の項目別成績(Ⅱ)
体表面温度(°C)

	負 荷 前		負 荷 後	
	平均値	分 布	平均値	分 布
鼻 頭	32.7	31.9~34.2	32.8	31.9~33.5
手 指(右Ⅱ)	23.6	19.6~31.1	30.4	23.7~34.3
趾 部(右Ⅰ)	22.5	20.6~23.8	23.7	18.5~31.7
3 部 位 平 均	26.3	24.4~29.6	28.9	25.2~31.6

にみても殆ど全員に於て常温下作業値が低温下作業値よりも低い。

No. 16: 常温下作業時の機能変動値率(112.6%)は低温下作業時のそれ(111.7%)に比して大差ない。

No. 17: 常温下作業時の変動値率(104.5%)は低温下作業時のそれ(144.3%)に比して39.8%低い。

No. 18: 常温下作業時の変動値率(123.5%)は低温下作業時のそれ(174.3%)に比して50.8%低い。

No. 21: 常温下作業時の変動値率(114.0%)は低温下作業時のそれ(143.0%)に比して29.0%低い。

総 括 と 考 察

前述の実験成績から低温下作業, 低温, 常温下作業等の各種負荷条件が生体の機能に如何なる影響を及ぼすかについて考察すると, 機能の総合変動値率が最大なのは学生A群(低温下作業)で, 次は隊員群(低温下作業), 学生B群(常温下作業), 所員群(低温)の順である。

各群間の変動値率の差につき *t*-test によつて検定すると, 隊員群と学生A群とでは $t=0.17$, 隊員群と所員群とでは $t=1.30$, 学生B群と所員群とでは $t=0.57$ で, いずれも有意の差は認めない。しかし, 学生A群(低温+作業)と学生B群(作業)とでは $t=2.84$ で5%以下の危険率を以て有意の差を認め, 学生A群(低温+作業)と所員群(低温)とでは $t=3.70$ で0.3%以下の危険率を以て有意の差がある。

1. 各種負荷条件による機能の総合変動値率の比較

実験群別	総合変動値率 (%)			
	N	M	σ	<i>m</i>
隊員(低温+作業)	15	141.4	72.87	18.86
学生(低温+作業)	6	146.7	19.50	8.12
所員(低 温)	9	107.8	17.78	5.93
学生(常温作業)	4	113.7	6.74	3.37

2. 実験群間の総合変動値率の差の有意性の検定 (*t*-testによる)

- (1) 隊員(低温+作業)と学生(低温+作業)との間の差の検定

$$t=0.17 \quad \text{有意の差なし}$$

- (2) 隊員(低温+作業)と所員(低温)との間の差の検定

$$t=1.30 \quad \text{有意の差なし}$$

- (3) 学生(低温+作業)と学生(作業)との間の差の検定

$$t=2.84 \quad \text{5\%以下の危険率を以て有意の差あり}$$

- (4) 学生(低温+作業)と所員(低温)との間の差の検定

$$t=3.70 \quad \text{0.3\%以下の危険率を以て有意の差あり}$$

- (5) 学生(作業)と所員(低温)との間の差の検定

$$t=0.57 \quad \text{有意の差なし}$$

次に低温負荷が生体各部位の皮膚温度に如何なる影響を及ぼすかについて考察すると、皮膚温度の総合変動値率が最大なのは学生A群(低温下作業)で、次は隊員群(低温下作業)、所員群(低温)の順である。

各群間の変動値率の差につき*t*-testによつて検定すると、隊員群(低温+作業)と学生A群(低温+作業)、隊員群(低温+作業)と所員群(低温)、学生A群(低温+作業)と所員群(低温)との間の*t*値はそれぞれ1.61, 1.11, 0.89でいずれも有意の差を認めない。

3. 低温負荷による皮膚温度の総合変動値率の比較

実験群別	総合変動値率 (%)			
	N	M	σ	<i>m</i>
隊員(低温+作業)	15	556.3	114.82	29.66
学生(低温+作業)	4	656.6	73.95	36.97
所員(低温)	9	550.6	121.80	40.60

4. 実験群間の総合変動値率の差の有意性の検定 (*t*-testによる)

- (1) 隊員(低温+作業)と学生(低温+作業)との間の差の検定

$$t=1.61 \quad \text{有意の差なし}$$

- (2) 隊員(低温+作業)と所員(低温)との間の差の検定

$$t=1.11 \quad \text{有意の差なし}$$

- (3) 学生(低温+作業)と所員(低温)との間の差の検定

$$t=0.89 \quad \text{有意の差なし}$$

<註> Small sampling であるから

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{\sum d_1^2 + \sum d_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)}}$$

式によつて*t*を算出した上、Studentの*t*分布表によつてNに対応する危険率を求めた。

第11表 心電図の主要な差異

実験群別	心搏周期	不整率	心室群
隊員(低温+作業)	延長	増加	左優位化
所員(低温)	延長	減少	左優位化
学生(作業)	短縮	増加	右優位化

なお別に心電図の所見の主な差異を総括してみると第11表の如くで、低温負荷のみの所員では、体温の低下に基づくと思われる心搏周期の延長、自律神経支配の平衡に対する影響によると思われる不整率の減少、及び左室の優位化が認められるが、之に、学生にみられる様な作業、即ち、右室優位化を来す様な筋力を主とした作業を重畳すると、隊員に見られる様に、心搏周期は作業の重畳によつても、やはり延長し、心室群も左優位化を示す。しかし、不整率は低温負荷のみでは減少したものが作業の重畳で増加している。即ち、低温下作業では簡単に低温負荷の影響と、作業負荷のそれを加算すると云う様なことは考えられないが、本実験の条件では低温度の影響の方が強かつたように思われる。

とにかく本実験のような種々の負荷にによる影響の機序を考える場合、当然同一対象群に対してそれぞれの負荷条件を与え、その負荷の種類による影響を選択的に分析観察することが必要であるが、今回の実験では遺憾ながら主たる対象である訓練隊員の潜在が短期間に限定されていたため充分な検討を行うことができず、異なる対象群についての僅かの比較対照を試みたにすぎないので、すべて甚だ断片的且つ皮相的な検索に終つたことは否めない。従つて今回は得られた個々の事実だけを記載するにとどめた。

然し、今後のこの方面に関するより全体的しかも本質的な研究の基礎資料となりうれば幸いと思う。

本実験を実施するに当つて被検者となられた朝日新聞社員、北大学生(山岳部員)及び低温科学研究所員に深く感謝する。

文 献

- 1) Laporte et Peycelon: Physiologie du Sporte, Que Sais-Je? N° 133 (杉浦訳, 1953年).
- 2) 小田 1955 運動の生理と臨床.
- 3) 学術研究会議疲労研究班 1950 疲労研究の共同実験.
- 4) 勝沼・朝比奈 1948 疲労.
- 5) 白石・吉川・熊沢 1950 体育医学.
- 6) 古沢 1955 スポーツと体力.
- 7) 労研 1953 労働安全衛生ハンドブック.
- 8) 労研 1952 産業疲労検査の方法.
- 9) 労研 1950 精神疲労と疲労の判定.
- 10) H. Bartley 1946 Fatigue and Impairment in Man.
- 11) 労研 1956 労働の生理的負担.

Résumé

Twenty-one persons were exposed to the wind having the velocity of 10 m/s in an artificial cold room at -40°C in order to examine the individual ability for endurance against cold. The subjects were made to take seats and do manual works before the wind produced by the wind tunnel and then to transport the loads about 45 kg or 13 kg in weight within the windless space of the cold room.

These exercises were repeated for one hour, and after that, the following physiological tests were applied.

Albumin and urobilinogen in urine, Ogawa's colloid reaction metabolic function
 Pulse, blood pressure, electrocardiogram circulatory function
 Flicker fusion frequency, tapping test, aesthesiometry, Kraepelin's test, subjective feeling of fatigue after working psycho-nervous function
 Grasping power, contracting power of dorsal muscles physical strength
 Skin temperature (Nose, cheek, ear, finger, hand, heel and toe)
 Rorschach's test

As control experiments, thirteen other persons were also examined. Nine of them were exposed to windless cold without working and four were engaged in working at room temperature of about 15°C .

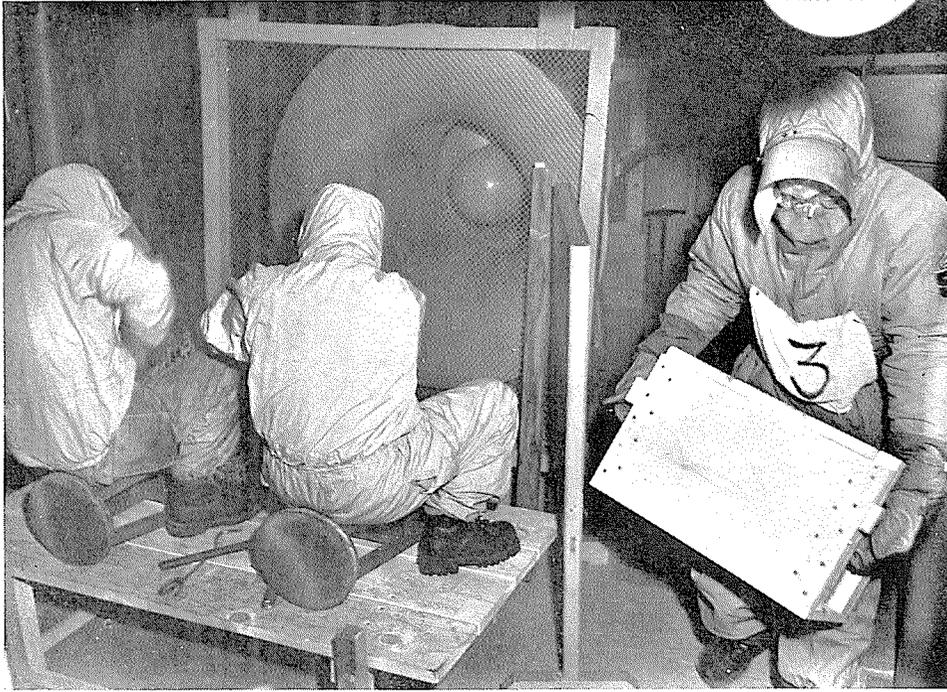


写真 1. 低温室内作業（左は風洞前坐業，右は無風下運搬作業）

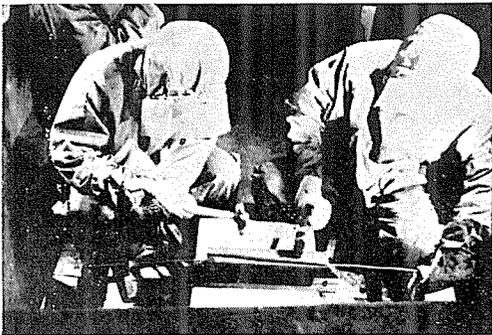


写真 2. 風洞前坐業



写真 3. 低温曝露1時間後の顔面の結霜状況