

# 鉄道従業員の疲労に関する研究

## 第 2 篇

### 短時間急激作業時の疲労に就いて

岡山大学医学部公衆衛生学教室（主任：大田原一祥教授）

専攻生 佐藤 和 人

〔昭和34年7月16日受稿〕

#### 目 次

第1章 緒 言	第2項 水投与時
第2章 検査方法	第3項 小 括
第1節 被 検 者	第2節 作業中のクロール喪失状況及び水投与の影響
第2節 実施時期及び実施場所	第1項 水非投与時
第3節 作業内容及び休憩	第2項 水投与時
第4節 採尿方法	第3項 小 括
第5節 水分摂取の制限及び水投与	第3節 作業の脈搏及び体力（肺活量、背筋力、握力）に及ぼす影響
第6節 検査項目	第1項 脈 搏
第1項 尿量、尿比重、尿 pH、尿蛋白量	第2項 肺 活 量
第2項 尿クロール量	第3項 背筋力
第3項 汗クロール量	第4項 握 力
第4項 脈 搏	第5項 小 括
第5項 肺 活 量	第4章 総括並びに考按
第6項 背筋力	第5章 結 論
第7項 握 力	文 献
第3章 検査成績	欧文抄録
第1節 検尿成績	
第1項 水非投与時	

#### 第1章 緒 言

筋肉疲労時蛋白尿が出現する事は既に古くよりよく知られた事実であるが、常人並びに軽疲労時尿中に微量蛋白が出現する事は従来あまり注意されて居らなかつた。昭和19年緒方教授、大田原教授、岡村<sup>1)</sup>は尿微量蛋白を血清学的に測定する方法を創案し、これを疲労特に筋肉疲労の判定に応用して良好なる成績を挙げた。

著者は第1篇に於て各種鉄道作業中軽作業、中等度作業及び重作業を選び、各作業時の疲労を主として尿微量蛋白測定法により検査し、尿蛋白濃度及び其時間排泄量の経過を逐時的に観察し、更に水投与

の影響をも比較検討した。本篇に於ては短時間急激作業として鉄道作業中最も代表的且特異な作業である機関区に於ける機関助士の模型火室投炭作業を選び、本作業時の疲労を春、夏、冬の各季節に就いて主として尿微量蛋白測定法により検査し、尿蛋白濃度及び其時間排泄量の経過を作業前後逐時的に観察し、更に同一人に同一作業を行わしめて作業直前に比較的大量の水を投与した場合の影響をも比較検討し、以下に述べる如き成績を得たので報告する。

尚夏季の実験に於ては尿クロール量及び作業中の汗クロール量をも測定し、更に冬季の実験に於ては脈搏及び体力（肺活量、背筋力、握力）に及ぼす影響をも検査したので、これらの成績に就いても報告

する。

## 第2章 検査方法

短時間急激作業として機関区に於ける機関助士の模型火室投炭作業を選び、作業前後に定時的に採尿して尿量、尿比重、尿 pH、尿蛋白量、尿クロール量等を測定し、更に作業中の汗クロール量をも測定し、且比較的大量の水を作業前に投与した場合の影響を同一人に同一作業を行わしめて比較検討した。又本作業の脈搏及び体力（肺活量、背筋力、握力）に及ぼす影響に就いても検査した。

### 第1節 被検者

被検者は国鉄某機関区に勤務する副機関助士7名である。7名とも日勤にして勤務時間は8時30分より17時迄で、機関助士技能習熟中の20才代の健康な者である。

### 第2節 実施時期及び実施場所

実施時期は春、夏、冬の各季節に行つた。即ち昭和30年3月下旬2名に就き前後2回、同年7月下旬2名に就き前後2回、昭和31年1月下旬3名に就き前後3回行い、各人に就き水非投与の場合と水投与の場合とに就いて検査した。実施場所は某機関区模型火室投炭室内である。

### 第3節 作業内容及び休憩

作業内容は模型火室投炭作業である。本作業は乗務投炭作業の練習として行われるものであり、機関車火室と同様の模型火室へ一定時間中に一定量の石炭を一定の順序に投入する作業で、激烈なる労働負荷である。又本作業は基本作業量を自由に選択する事が出来、且毎回規正された条件下で同一作業を反覆し得るので、労働負荷の形式としては極めて好適の手段と思われる。

検査当日に於ける本作業の作業配分と休憩の挿入は次の如くである。

即ち春季には片手ショベル（重量700g及び750gの2種）にて300kg（1杯当りの掬量1.0kgなるを以て300杯に当る）を12分間に投炭せしめ、6分休憩後再び同様に300kg投炭を反復せしめ、10分休憩後両手ショベル（重量2150g及び2300gの2種）にて火室より炭倉への600kgの石炭あげを20分間に行わしめた。所要時間は約1時間で、投炭量は1200kgである。尚投炭はすべて右腕にて行い、左手は把手を持ち、毎回前方に出せる左足にて踏子に重力を加え自動的に焚口戸を開閉した。

次に夏季及び冬季には片手ショベル（重量620g及び650gの2種）にて200kg（1杯当りの掬量1.0kgなるを以て200杯に当る）を7～8分間に投炭せしめ、5分休憩後再び同様に200kg投炭を反復せしめた。所要時間は約20分で、投炭量は400kgである。尚投炭はすべて右腕にて行い、毎回左手にて鎖を上下して焚口の蓋を開閉した。

尚何れの場合にも作業前1時間並びに作業後2時間は休憩の状態と比較的安静にせしめた。又被検者はすべて本作業には習熟していた。

### 第4節 採尿方法

尿の採取は作業前、作業直後、1時間後及び2時間後の4回行つた。作業前は1時間尿を採取し、作業直後は春季には1時間尿を夏季並びに冬季には作業前後の5分間を含む30分間尿を採取した。

### 第5節 水分摂取の制限及び水投与

水分摂取は検査時間中これを禁止し、水投与は作業前採尿後500ccを与えた。

### 第6節 検査項目

検査項目は尿量、尿比重、尿 pH、尿蛋白量、尿クロール量、汗クロール量、脈搏及び体力（肺活量、背筋力、握力）等である。

#### 第1項 尿量、尿比重、尿 pH、尿蛋白量。

尿量、尿比重、尿 pH、尿蛋白量等は第1篇に於て述べたと同様にして測定し比較した。

#### 第2項 尿クロール量

尿クロール量は Mohr<sup>2)</sup> の方法により測定した。即ち被検尿 1.0 cc 中の食塩を Mohr の方法により定量し、それより計算により尿クロール濃度(mg%)を求め、これより1時間尿量中のクロール量を求めて尿クロール時間排泄量(mg/hour)として比較した。

#### 第3項 汗クロール量

夏期の2例に就いて各々水を投与しない場合と投与した場合の2回作業中の汗を全身着衣法により採取し、其クロール量を Mohr の方法により測定し、作業中の汗クロール量として比較した。即ち作業前に軽い入浴にて汗を流し、水とアルコールで皮膚面を清浄にし、十分に洗滌し乾燥させた衣服を着せて顔面以外の全身を覆い、顔面の汗は手拭に吸着しつつ作業せしめ、作業後着衣及び手拭で十分汗を吸着しつつ更衣させた。これにより実際に集汗された汗量は作業中の発汗量の何割かであり、又採汗中汗はかなり蒸発し濃縮されるわけである。此全着衣を5000ccの蒸溜水にて24時間浸漬し、其100cc中の食塩を Mohr の方法により定量し、これより計算

により全着衣のクロール量を求め、これを作業中の汗クロール量とした。勿論衣服及び手拭には着衣前にクロールの含まれていない事を確かめた。

**第4項 脈 搏**

脈搏は1分間の脈搏数を正確に測定した。

**第5項 肺 活 量**

肺活量は廻転式肺活量計を用いて測定した。即ち所定量の水を入れ温度調節を行い、被検者に立位にて右手にて口管を持ち全力を以て吸気せしめ、直ちに呼出管を右手にて口に密着せしめ息を続くり呼出せしめ、これを3回反復し其最高値を求めた。

**第6項 背 筋 力**

背筋力はメーター式背筋力計を用いて測定した。即ち踏台上に両足の拇指が30 cmの距離にて並行せる足形を描き、被検者を該足形上に立たしめ約30°の前曲位置にて計器の横柄を全力にて牽引せしめ、これを3回反復し其最高値を求めた。

**第7項 握 力**

握力はスメドレー氏型握力計を用いて測定した。即ち予め内鑑に拇指を除く4指の第2節をあて外鑑に示指と拇指の又をあてる如く調節しておき、被検者を直立せしめ腕を自然にたれ全力にて握らしめ、これを左右3回反復して行い各側の最高値を求めた。

**第3章 検 査 成 績**

**第1節 検尿成績**

水非投与時並びに水投与時に於ける作業前後の尿の検査成績を春、夏、冬の各季節に就いて観察すれば、次の如くである。

**第1項 水非投与時**

尿量(cc/hour)の経過は表1に示す如くであり、何れも作業により減少している。即ち春季の例では作業直後に減少し、1時間後に最も低い値を示し、2時間後にも作業前値に比して著明に減少している。夏季及び冬季の例では作業直後に最も低い値を示し其後増加し、夏季の例では作業2時間後にも作業前値に比して著明に減少しているが、冬季の例では作業1時間後乃至2時間後に略々前値に恢復する傾向が認められる。夏季と冬季の例を比較するに冬季には夏季に比して作業による尿量の減少が少なく、又作業前値への恢復が速い傾向が認められる。

尿蛋白濃度の経過は表2に示す如くであり、何れも作業により著明に増加している。即ち春季の例では作業直後に最も高い値を示し、1時間後にも同じ値を示し、2時間後には減少するも尚作業前値の4

表1 尿量(cc/hour) (水非投与時)

実施時期	作業時間	作業量	被検者	探時尿期	作業前	作業直後	1時間後	2時間後
春	1時間	1200kg	投炭	内 ○ 22才	58	55	23	28
				河 ○ 20才	66	35	25	28
				平 均	62	45	24	28
夏	20分	400kg	投炭	西 ○ 26才	103	20	30	32
				福 ○ 28才	38	12	18	17
				平 均	70.5	16.0	24.0	24.5
冬	20分	400kg	投炭	清 ○ 23才	27	8.6	21	45
				同 上	116	28	60	80
				鈴木 23才	57	30	29	50
				同 上	60	32	44	50
				加 ○ 24才	95	40	100	87
				同 上	70	50	107	85
平 均	70.8	31.4	60.2	66.2				

倍の値を示している。夏季及び冬季の例では作業直後に最も高い値を示し、夏季の例では1時間後に1例は作業直後と同じ値を、1例は作業直後の2分の1の値を示し2時間後には何れも減少するも尚作業前値の8倍及び4倍の値を示しているが、冬季の例では作業1時間後乃至2時間後に作業前値に恢復する傾向が認められる。即ち冬季には夏季に比して作業前値への恢復が速い傾向が認められる。

尿蛋白時間排泄量の経過は表2に示す如くであり、何れも作業により著明に増加している。即ち春季の例では作業直後に最も高い値を示し其後減少するも、2時間後に尚作業前値の略々2倍の値を示している。夏季の例では1例は作業直後に増加し1時間後に最も高い値を示し1例は作業直後に最も高い値を示し、何れも其後減少し2時間後に作業前値の2倍前後の値を示している。冬季の例では作業直後に最も高い値を示し其後減少し、2時間後には略々前値に恢復している。即ち冬季には夏季に比して作業前値への恢復が速い傾向が認められる。

尿クロール量は夏季の2例に就いて測定したが、其経過は表3に示す如くである。即ち尿クロール濃度は1例に於て変化少なく、1例に於て作業直後減少し2時間後迄更に減少している。しかし尿クロール時間排泄量は尿量の減少の為何れも作業直後著明に減少し其後増加の傾向を示しているが、2時間後に於ても尚作業前値に比してかなり減少している。

表2 尿蛋白濃度及び時間排泄量 (水非投与時)

実施時期	作業時間	作業量	尿蛋白		濃度				時間排泄量			
			被検者	採時尿期	作業前	作業直後	1時間後	2時間後	作業前	作業直後	1時間後	2時間後
春	1時間	1200kg 投炭	内○22才		16	128	128	64	928	7040	2944	1792
			河○20才		8	64	64	32	528	2240	1600	896
			平均		12	96	96	48	728	4640	2272	1344
夏	20分	400kg 投炭	西○26才		8	256	256	64	824	5120	7680	2048
			福○28才		16	128	64	64	608	1536	1152	1088
			平均		12	192	160	64	716	3328	4416	1568
冬	20分	400kg 投炭	清○23才		32	1024	256	32	864	8806	5376	1440
			同上		8	512	32	16	928	14336	1920	1280
			鈴○23才		16	512	64	16	912	15360	1856	800
			同上		16	256	32	16	960	8192	1408	800
			加○24才		16	256	16	16	1520	10240	1600	1392
			同上		16	128	16	16	1120	6400	1712	1360
			平均		17.3	448.0	69.3	18.7	1051	10556	2312	1179

表3 尿クロール濃度及び時間排泄量 (水非投与時)

実施時期	作業時間	作業量	尿クロール	採時尿期		作業前	作業直後	1時間後	2時間後
				被検者	採時尿期				
夏	20分	400kg 投炭	mg %	西○26才		741.0	763.8	758.1	1037.4
				福○28才		929.1	746.7	695.4	632.7
				平均		835.1	755.3	726.8	835.1
				西○26才		763.2	152.8	227.4	332.0
				福○28才		353.1	89.6	125.2	107.6
平均		558.2	121.2	176.3	219.8				

## 第2項 水投与時

尿量 (cc/hour) の経過は表4に示す如くである。即ち春季の例では作業による変化が少なく、作業2時間後に作業前値に比してやや減少している。夏季及び冬季の例では作業直後に最も少なく其後増加し、作業2時間後には作業前値に比して増加している。夏季と冬季の例を比較すると冬季には夏季に比して作業による尿量の減少が少ない傾向が認められる。

尿蛋白濃度の経過は表5に示す如くであり、何れも作業により著明に増加している。すべて作業直後に最も高い値を示し、春季の例では作業1時間後に前値に回復する傾向が認められ、夏季の例では作業

表4 尿量 (cc/hour) (水投与時)

実施時期	作業時間	作業量	採時尿期		作業前	作業直後	1時間後	2時間後
			被検者	採時尿期				
春	1時間	1200kg 投炭	内○22才		40	50	35	32
			河○20才		64	55	65	50
			平均		52.0	52.5	50.0	41.0
夏	20分	400kg 投炭	西○26才		53	36	42	58
			福○28才		45	16	25	52
			平均		49.0	26.0	38.5	55.0
冬	20分	400kg 投炭	清○23才		105	32	55	90
			鈴○23才		90	68	70	102
			加○24才		38	30	52	131
			平均		77.7	43.3	59.0	107.7

2時間後に前値に回復する傾向が認められ、冬季の例では作業1時間後に前値に回復する傾向が認められ2時間後には前値よりも低い傾向が認められる。即ち冬季には夏季に比して作業前値への回復が速い傾向が認められる。

尿蛋白時間排泄量の経過は表5に示す如くであり、何れも作業により著明に増加している。すべて作業直後に最も高い値を示し、春季の例では作業1時間後に前値に回復する傾向が認められ、夏季の例では

表 5 尿蛋白濃度及び時間排泄量 (水投与時)

実施時期	作業時間	作業量	尿蛋白		濃 度				時 間 排 泄 量			
			被検者	採時尿期	作業前	作業直後	1 時 後	2 時 後	作業前	作業直後	1 時 後	2 時 後
春	1 時間	1200 kg 投炭	内 〇 22才		8	32	16	16	320	1600	560	512
			河 〇 20才		8	32	8	8	512	1760	520	400
			平 均		8	32	12	12	416	1680	540	456
夏	20 分	400 kg 投炭	西 〇 26才		8	128	32	8	424	4608	1344	464
			福 〇 28才		16	128	64	32	720	2048	1600	1664
			平 均		12	128	48	20	572	3328	1472	1064
冬	20 分	400 kg 投炭	清 〇 23才		16	256	32	4	1680	8192	1760	360
			鈴 〇 23才		8	128	16	8	720	8704	1120	816
			加 〇 24才		32	128	32	8	1216	3840	1664	1048
			平 均		18.7	171.0	26.7	6.7	1205	6912	1515	741

作業 2 時間後に前値に恢復する傾向が認められ、冬季の例では作業 1 時間後に前値に恢復する傾向が認められ 2 時間後には前値よりも低くなる傾向が認められる。即ち冬季には夏季に比して作業前値への恢復が速い傾向が認められる。

尿クロール量は夏季の 2 例に就いて測定したが、其経過は表 6 に示す如くである。即ち尿クロール濃度は何れも作業直後減少し、1 例に於ては 1 時間後に前値に恢復し、1 例に於ては 2 時間後迄更に減少している。尿クロール時間排泄量は作業直後に最も低い値を示し其後増加の傾向を示し、2 時間後には略々前値に恢復している。

表 6 尿クロール濃度及び時間排泄量 (水投与時)

実施時期	作業時間	作業量	尿クロール被検者	採時尿期	作業前	作業直後	1 時間後	2 時間後
夏	20 分	400 kg 投炭	西 〇 26才		1117.2	957.6	1122.9	1179.9
			福 〇 28才		946.2	798.0	780.9	604.2
			平 均		1031.7	877.8	951.9	892.1
			西 〇 26才		592.1	344.7	471.6	684.3
			福 〇 28才		425.8	127.7	195.2	314.2
		平 均		509.0	236.2	333.4	499.3	

第 3 項 小 括

以上を小括すれば次の如くである。

尿量 (cc/hour) は水非投与時には勿論水投与時

にも概ね作業直後に減少した。即ち春季の水非投与時には作業直後に減少し 1 時間後に最も低い値を示し 2 時間後にも作業前値に比して著明に減少したが、水投与時には作業直後の変化が少なく 2 時間後には作業前値に比してやや減少した。次に夏季には水非投与時にも水投与時にも作業直後に最も低い値を示し、水非投与時には 2 時間後にも作業前値に比して著明に減少したが、水投与時には 2 時間後に作業前値に比して増加した。次に冬季にも作業直後に最も低い値を示し、水非投与時には 1 時間後乃至 2 時間後に略々前値に恢復する傾向を示したが、水投与時には 2 時間後に於ても尚前値に比して増加の傾向を示した。

尿量は水非投与時にも水投与時にも概ね作業により減少したが、何れの場合にも冬季には夏季に比して作業による尿量の減少が少なかった。これは気温の差により発汗量に変化がある為と考えられる。500 cc の水投与に対して尿量の増加が著しくないのは作業の為汗及び呼吸よりの水分喪失が増加するからである。しかし水非投与時と水投与時を比較するに水投与時には水非投与時に比して作業による尿量の減少が少なく、又作業前値への恢復も速い傾向を示した。

尿蛋白濃度は水非投与時にも水投与時にも作業により著明に増加し概ね作業直後に最も高い値を示した。即ち水非投与時には 64~1024 の値を示し作業前値の 8~64 倍であり、水投与時には 32~256 の値を示し作業前値の 4~16 倍であつた。春季の水非投与

時には作業直後及び1時間後に最も高い値を示し2時間後にも作業前値の4倍の値を示したが、水投与時には1時間後に前値に恢復する傾向が認められた。次に夏季の水非投与時には1例は作業直後及び1時間後に、1例は作業直後に最も高い値を示し2時間後にも作業前値の8倍及び4倍の値を示したが、水投与時には2時間後に前値に恢復する傾向が認められた。次に冬季には水非投与時にも水投与時にも作業直後に最も高い値を示し、水非投与時には2時間後には略々前値に恢復し、水投与時には1時間後に前値に恢復する傾向が認められ2時間後には前値よりも低い値を示す傾向が認められた。

尿蛋白濃度は水非投与時にも水投与時にも作業により著明に増加したが、何れの場合にも冬季には夏季に比して作業前値への恢復が速い傾向が認められた。水非投与時と水投与時を比較するに水投与時には水非投与時に比して作業による尿蛋白濃度の増加が少なく、又作業前値への恢復も速い傾向が認められた。

尿蛋白時間排泄量は水非投与時にも水投与時にも作業により著明に増加し、概ね作業直後に最も高い値を示した。即ち春季には水非投与時にも水投与時にも作業直後に最も高い値を示し、水非投与時には2時間後にも作業前値の略々2倍の値を示しているが、水投与時には1時間後に前値に恢復する傾向が認められた。次に夏季の水非投与時には1例は作業1時間後に1例は作業直後に最も高い値を示し何れも2時間後に作業前値の2倍前後の値を示したが、水投与時には何れも作業直後に最も高い値を示し2時間後には前値に恢復する傾向を示した。次に冬季

には水非投与時にも水投与時にも作業直後に最も高い値を示し、水非投与時には2時間後に前値に恢復する傾向を示したが、水投与時には1時間後に前値に恢復する傾向を示し2時間後には前値に比して減少傾向を示した。

尿蛋白時間排泄量は水非投与時にも水投与時にも作業により著明に増加したが、何れの場合にも冬季には夏季に比して作業前値への恢復が速い傾向が認められた。水非投与時と水投与時を比較するに水投与時には水非投与時に比して作業による尿蛋白時間排泄量の増加が少なく、又作業前値への恢復も速い傾向が認められた。

水非投与時と水投与時の作業後尿に就いて尿量及び尿蛋白濃度を比較するに、表7に示す如く水投与時作業後尿は水非投与時作業後尿に比して尿量の増加、尿蛋白濃度の減少傾向が認められる。即ち尿量は作業直後及び1時間後に大部分の例にて増加し、2時間後にはすべての例にて増加している。尿蛋白濃度は作業直後及び1時間後に大部分の例にて減少し、2時間後にはすべての例にて減少している。此場合尿蛋白時間排泄量にも水投与時作業後尿では水非投与時作業後尿に比して減少傾向が認められる。これは作業による発汗及び呼吸よりの水分喪失の増加に基づく血液濃縮が作業直前の水投与により抑制され、此為作業による尿蛋白の増加が抑制されるものかと考えられる。

尿クロール量は夏季の2例に就いて測定した。尿クロール濃度は水非投与時には1例に於て変化少なく1例に於て作業直後より2時間後迄漸次減少したが、水投与時には何れも作業直後減少し1例に於て

表 7 水非投与時及び水投与時作業後尿の尿量及び尿蛋白濃度の比較

実施時期	作業時間	作業量 被検者	採尿時期 検査項目 水投与別		作業直後				1時間後				2時間後			
					尿量 (cc/hour)		尿蛋白濃度		尿量 (cc/hour)		尿蛋白濃度		尿量 (cc/hour)		尿蛋白濃度	
					増減量	増減率	増減量	増減率	増減量	増減率	増減量	増減率				
春	1時間	1200kg 投炭	内○22才	非投	55	-5	128	1/4	23	+12	128	1/8	28	+4	64	1/4
				投	50		32		35		16		32		16	
	河○20才	非投	35	+20	64	1/2	25	+40	64	1/8	28	+22	32	1/4		
		投	55		32		65		8		50		8			
夏	20分	400kg 投炭	西○26才	非投	20	+16	256	1/2	30	+12	256	1/8	32	+26	64	1/8
				投	36		128		42		32		58		8	
	福○28才	非投	12	+4	128	1	18	+7	64	1	17	+35	64	1/2		
		投	16		128		25		64		52		32			

冬	20分	400kg 投炭	清 ○ 23才	非投	8.6 32	+23.4	1024 256	1/4	21 55	+34	256 32	1/8	45 90	+45	32 4	1/8
				投	28 32	+4	512 256	1/2	60 55	-5	32 32	1	80 90	+10	16 4	1/4
			鈴 ○ 23才	非投	30 68	+38	512 128	1/4	29 70	+41	64 16	1/4	50 102	+52	16 8	1/2
				投	32 68	+36	256 128	1/2	44 70	+26	32 16	1/2	50 102	+52	16 8	1/2
			加 ○ 24才	非投	40 30	-10	256 128	1/2	100 52	-48	16 32	2	87 131	+44	16 8	1/2
				投	50 30	-20	128 128	1	107 52	-55	16 32	2	85 131	+46	16 8	1/2

1時間後に作業前値に回復し1例に於て2時間後迄更に漸減した。尿クロール時間排泄量は尿量の減少の為水非投与時にも水投与時にも作業直後著明に減少し其後増加の傾向を示し、水非投与時には2時間後に作業前値に比してかなり減少したが、水投与時には2時間後には略々前値に回復した。

尿クロール量は水非投与時にも水投与時にも作業により濃度の減少傾向を示し、尿量の減少により時間排泄量の著明な減少を示した。水非投与時と水投与時を比較するに水投与時には水非投与時に比して尿量の作業前値への回復が速いので尿クロール時間排泄量の作業前値への回復も速い傾向が認められた。

**第2節 作業中のクロール喪失状況及び水投与の影響**

人体内の塩化物は主として尿中へ排泄されている

が、汗の中にも排泄されている。其排泄量は主として食物と共に摂取された塩化物の量に左右されるが、健康人に於ては食後及び運動によつて尿中塩化物の排泄は減少すると云われている。著者は前述せる如く夏季の2例に就いて水非投与時並びに水投与時の2回にわたり短時間急激作業前後の尿クロール量の経過を観察し、其濃度が作業直後減少傾向を示し、其時間排泄量が作業直後著しく減少する事を認めた。此際作業中の汗クロール量を測定し、作業中の尿及び汗よりのクロール喪失状況及び水投与の影響を比較検討し、次の如き結果を得た。

**第1項 水非投与時**

表8に示す如く水非投与時に於ける作業中のクロール喪失量は1例に於て444mg、1例に於て215mgで、汗中への排泄量と尿中への排泄量との比率は83:17及び77:23で汗中への排泄が主である。

表8 作業中のクロール喪失状況

水投与	被検者	検査項目		尿中クロール量		汗中クロール量		計		備考
		実数	百分率	実数	百分率	実数	百分率			
		mg	%	mg	%	mg	%			
水非投与時	西 ○ 26才	76.4	17.2	367.7	82.8	444.1	100.0	実施時期夏期 作業時間20分 作業量400kg 投炭		
	福 ○ 28才	49.8	23.2	165.3	76.8	215.1	100.0			
水投与時	西 ○ 26才	172.4	26.7	473.1	73.3	645.5	100.0			
	福 ○ 28才	63.8	18.9	273.6	81.1	337.4	100.0			

**第2項 水投与時**

表8に示す如く水投与時に於ける作業中のクロール喪失量は1例に於て646mg、1例に於て337mgで、汗中への排泄量と尿中への排泄量との比率は73:27及び81:19で汗中への排泄が主である。

**第3項 小括**

以上を小括すれば次の如くである。  
夏季、短時間急激作業に於ける作業中のクロール喪失量には個人差がかなり認められたが、水非投与時にも水投与時にもクロール喪失は尿中への排泄よ

りも汗中への排泄の方が主であつた。

次に水非投与時と水投与時を比較するに、表9に示す如く水投与により作業中のクロール喪失量が水非投与時に比して50%前後増加している。此場合2例とも尿クロール、汗クロールの何れも増加しているが、其増加率は水投与時汗クロール量及び尿クロール量の多い例に於て尿クロールの増加が著しく、水非投与時汗クロール量及び尿クロール量の少ない例に於て汗クロールの増加が著しかった。これは水投与により尿量、汗量の何れも増加したが、其増加率は水非投与時汗量及び尿量の多い例には尿量の増加が著しく、水非投与時汗量及び尿量の少ない例には汗量の増加が著しかった事を示すものと考えられる。即ち水投与により汗量の増加し難い場合に尿量が増加し易く、汗量の増加し易い場合には尿量が増加し難いものと考えられる。作業直前の500ccの水投与に対し作業後尿量の増加が著しくなかつたのは作業及び気温による尿以外よりの水分喪失が水投与により増加したからであるが、作業中の尿量及び汗量が水投与により水非投与時に比して増加している点は作業による血液濃縮を水投与が水非投与時よりも抑制した事を示すものと考えられる。

表9 水投与によるクロール喪失量増加

被検者	検査項目	尿クロール量		汗クロール量		計	
		増加量 mg	増加率 %	増加量 mg	増加率 %	増加量 mg	増加率 %
西○26才		96.0	125.7	105.4	28.7	201.4	47.6
福○28才		14.0	28.1	108.3	65.5	122.3	56.9

第3節 作業の脈搏及び体力(肺活量、背筋力、握力)に及ぼす影響

冬季の実験に於て作業の脈搏及び体力(肺活量、背筋力、握力)に及ぼす影響を検査し、次の如き結果を得た。

第1項 脈 搏

表10に示す如く脈搏はすべて作業直後に著しく増加し、其後急激に減少し、1時間後に略々前値に恢復し、2時間後には前値よりも低い値を示している。

第2項 肺 活 量

表11に示す如く肺活量は作業直後に8例中5例減少し3例増加し、減少の傾向を示している。

第3項 背 筋 力

表12に示す如く背筋力は作業直後に8例中7例増加し1例減少し、此程度の負荷ではむしろ増加の傾

表10 脈 搏

被検者	検査時期	作業前	作直業後	1分後	2分後	15分後	1間時後	2間時後
同 上	71	134	115	101	90	73	68	
同 上	73	142	114	105	82	65	65	
鈴○23才	61	143	/	/	87	65	48	
同 上	59	138	116	108	88	65	59	
同 上	58	138	118	106	77	59	53	
加○24才	74	142	120	108	95	78	74	
同 上	79	135	114	106	92	78	72	
同 上	71	130	115	109	87	70	71	
平 均		68.7	138.8	116.0	106.1	87.3	69.1	63.8

表11 肺 活 量 (cc)

被検者	検査時期	作業前	作直業後	増 減	15分後	1間時後	2間時後
同 上	3620	3600	-20	3600	3660	3820	
同 上	3820	3420	-400	3800	3660	3760	
鈴○23才	3800	3600	-200	/	3740	3800	
同 上	3440	3620	+180	3700	3420	3520	
同 上	3600	3740	+140	3700	3580	3580	
加○24才	3520	3360	-160	/	3580	3480	
同 上	3560	3660	+100	3660	3640	3600	
同 上	3520	3420	-100	3540	3560	3520	
平 均		3610	3553	-57	3667	3605	3635

表12 背 筋 力 (kg)

被検者	検査時期	作業前	作直業後	増 減	15分後	1間時後	2間時後
同 上	98.0	100.0	+2.0	105.0	113.0	105.0	
同 上	120.5	104.0	-16.5	110.0	107.5	109.0	
鈴○23才	111.0	121.0	+10.0	/	108.0	116.0	
同 上	111.0	125.0	+14.0	107.0	117.0	102.5	
同 上	106.0	119.0	+13.0	106.0	110.0	115.0	
加○24才	117.0	124.0	+7.0	/	119.0	112.0	
同 上	121.5	134.0	+12.5	123.0	132.0	124.5	
同 上	122.5	130.0	+7.5	131.0	139.0	132.0	
平 均		113.4	119.6	+6.2	113.7	118.2	114.5

向を示している。

第4項 握力

表13, 表14に示す如く握力は作業直後に右手では8例中7例減少し1例増加して居り, 左手では8例中減少4例, 増加3例, 不変1例であり, 右手では減少し左手では殆んど差を認めない。模型火室投炭作業の投炭は利腕の如何を問わず右腕で行わなくてはならないが, 被検者はすべて右利であった。

表13 右手の握力 (kg)

検査時期 被検者	作業前	作業直後	増減	15分後	1時間後	2時間後
清○23才	/	/	/	/	/	/
同上	50.5	43.0	-7.5	44.0	44.0	47.5
同上	50.5	40.5	-10.0	50.0	47.0	49.0
鈴○23才	43.0	36.5	-6.5	/	41.0	41.5
同上	42.0	40.0	-2.0	40.0	39.5	39.0
同上	41.0	40.0	-1.0	40.5	42.0	43.5
加○24才	51.0	47.0	-4.0	/	50.5	51.5
同上	49.5	48.5	-1.0	49.0	52.5	53.0
同上	50.5	51.5	+1.0	53.0	54.0	56.0
平均	47.3	43.4	-3.9	46.1	46.3	47.6

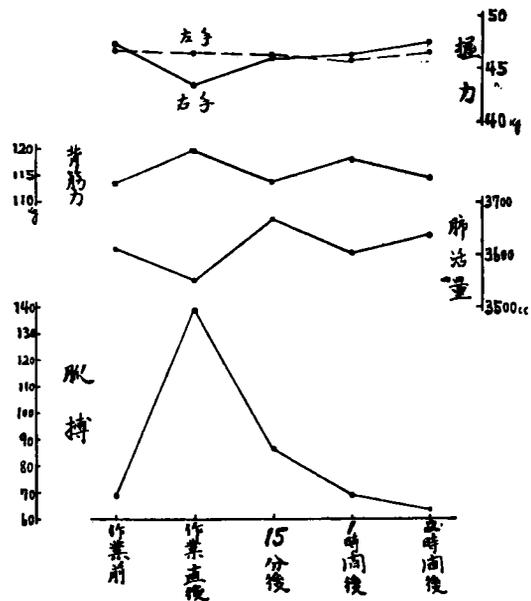
表14 左手の握力 (kg)

検査時期 被検者	作業前	作業直後	増減	15分後	1時間後	2時間後
清○23才	/	/	/	/	/	/
同上	52.0	46.0	-6.0	46.0	46.5	48.5
同上	45.0	49.5	+4.5	47.5	45.0	46.5
鈴○23才	42.5	39.5	-3.0	/	38.0	40.0
同上	39.0	41.0	+2.0	39.5	37.5	36.5
同上	38.0	37.0	-1.0	38.0	37.5	36.0
加○24才	50.0	49.5	-0.5	/	52.0	52.5
同上	53.0	53.0	±0	52.5	54.5	58.0
同上	54.0	57.0	+3.0	54.5	55.0	54.5
平均	46.7	46.6	-0.1	46.3	45.8	46.6

第5項 小括

以上を小括すれば次の如くである。即ち図1に示す如く模型火室投炭作業に於て作業後脈搏は著しく増加し, 肺活量は減少の傾向を示し, 握力は右手では減少し左手では殆んど差を認めなかつた。背筋力は此程度の負荷ではむしろ増加した。

図1 脈搏及び体力に及ぼす影響



第4章 総括並びに考按

鉄道作業中最も代表的且特異な作業である機関士<sup>1)</sup>の投炭作業に就いては, 模型火室投炭作業並びに乗務投炭作業に就いて既に各種の研究が行われている<sup>3)~8)</sup>。模型火室投炭作業が実験的疲労の研究に好適なる労働負荷の形式である事は前述の通りである。著者は短時間急激作業として模型火室投炭作業を選び, 本作業時の疲労を春, 夏, 冬の各季節に就いて主として尿微量蛋白測定法により検査し, 尿蛋白濃度及び其時間排泄量の経過を作業前後逐時的に観察し, 且同一人に同一作業を行わしめて作業直前に比較的大量の水を投与した場合の影響をも比較検討した。又夏季の実験に於ては尿クロール量及び作業中の汗クロール量をも測定し, 更に冬季の実験に於ては脈搏及び体力(肺活量, 背筋力, 握力)に及ぼす影響に就いても検査した。

過激な運動又は作業による疲労乃至過労時に一時的に蛋白尿の出現を見る事は既に古くよりよく知られた事実である<sup>4)9)~13)</sup>。昭和19年緒方教授等<sup>1)</sup>は尿蛋白を血清学的に測定する方法を創案し, これを疲労殊に筋肉疲労の判定に応用して良好なる成績を挙げた。其後本法により尿蛋白の量的経過並びに疲労の観察が種々行われて来た<sup>14)~26)</sup>。殊に急激な運動後の尿に就いて古谷<sup>15)</sup>は拳闘, 柔道, 相撲等の練習後に, 柚木<sup>16)</sup>は各種の運動後に, 西崎<sup>26)</sup>は陸上競技, バレーボール, 野球等の試合後に著明な尿蛋白の増加を報告している。一般に尿蛋白は筋肉労働

の大小により増減し、同一作業量にても熟練によりある程度減少し、夏季には冬季よりも尿蛋白の増加が著しいと云われている。又尿による疲労判定法実施に当つて単位時間排泄尿量を考慮する必要がある事は既によく指摘されている所である<sup>27)28)29)</sup>。従つて著者は被検者として本作業に習熟している者を選び、春、夏、冬の各季節に就いて検査した。即ち作業前後に比較的安静を保たしめ、検査時間中水分摂取を禁止し、作業前後に定時的に採尿して尿蛋白濃度のみならず時間排泄量の経過も逐時的に観察し、更に同一人に同一作業を行わしめ作業直前に比較的大量の水を投与した場合の影響をも比較検討した。

本作業に於て春、夏、冬の各季節並びに水非投与時及び水投与時の何れの場合にも尿蛋白濃度は勿論其時間排泄量も作業後著しく増加した。此場合概ね作業直後尿に最も高い値を示した。尿蛋白の増加が著しいのは本作業が激烈な筋肉労働であるからである。

夏季と冬季の例を比較すると、同一人ではないが同一作業量を行わしめたのに、冬季には夏季に比して尿蛋白濃度のみならず時間排泄量も作業前値への恢復が速い傾向を示した。又各季節の例に就いて水非投与時と水投与時を比較すると、同一人に同一作業量を行わしめたのに対し、水投与時作業後尿は水非投与時作業後尿に比して尿量の増加、尿蛋白濃度の減少傾向が認められた。又水投与時には水非投与時に比し、尿蛋白濃度も其時間排泄量も作業前値への恢復が速い傾向を示した。夏季と冬季及び水非投与時と水投与時の比較では同じ様な傾向が認められるが、此場合作業による尿量の減少と其作業前値への恢復が尿蛋白の増加と其作業前値への恢復に密接な関係を示している様に思われる。即ち作業による尿量の減少を抑制する因子は尿蛋白の増加をも抑制するものと考えられる。

尿中に排泄される物質の量を直接変化させるのは、血液組成の変化並びに腎糸球体濾過量及び腎尿管再吸収量の変化であり、特殊なものとして糸球体濾過膜の透過性の変化である。一般に糸球体濾過量は運動中減少し<sup>30)</sup>、尿管再吸収量は運動により尿量、クロール量等は増加傾向を示し無機磷量は減少傾向を示すと云われる<sup>31)</sup>。而して村上<sup>29)</sup>は一過性運動性蛋白尿は運動時蒙る糸球体濾過膜の酸素欠乏による其透過性の変化及び血清蛋白濃度の増大により発現するものと考えられ、糸球体濾過量の小である運動中より増加せる運動後に於て著明となり恢復すると

述べている。Rowe<sup>32)</sup> 始め多くの学者は筋肉労働により血漿蛋白質の増加する事を明らかにし、其原因として血液内水分の移動を挙げている。黒田<sup>33)</sup> は高温高湿坑内労働に際して血液水分の減少する事を認め、其血液水分減少度は水負積量と密接な関係にある事を明らかにした。李<sup>34)</sup> は発汗がなく体水分の喪失の少い運動に於て血液水分の減少が極めて少く、発汗を伴い体水分の喪失の多い運動に於て血液水分の減少度が大きであると述べている。齊藤等<sup>35)</sup> は炎天下20分間程度の走行により血液水分の減少、血清蛋白濃度の増加を示し血液は濃縮され、炎天下1時間の走行による血液濃縮は途中水分飲用、食塩服用を自由に行わせた場合にも完全に防止する事は出来ないが、これらはある程度発汗による血液の高度濃縮を抑制し得る様に思われると述べ、発汗終止後全く水分を飲用しないでも血液の濃縮は恢復を見ると述べている。佐藤<sup>36)</sup> は温熱発汗時に水分を摂取しないと血液濃縮が著明であり、十分に水分を摂取すれば血液濃縮が起らないと述べ、発汗量が腸を通じての水分補給量にかつている場合には飲水によつて血液濃縮を防ぎ得ずと云っている。著者の場合血液濃縮に就いての検査は行つていないが、作業直前の比較的大量の水投与が水非投与時に比して作業による発汗並びに呼吸よりの水分喪失による血液濃縮をある程度抑制し水投与による尿量の増加と共に作業による尿蛋白濃度及び時間排泄量の増加を抑制し作業前値への恢復を速からしめたのではないかと考えられる。又尿微量蛋白測定法による疲労判定に際し、同一作業量に対し夏季には冬季よりも尿蛋白の増加が著しいと云われているが<sup>15)17)19)</sup>、著者の場合にも夏季には冬季よりも尿蛋白濃度は勿論其時間排泄量も作業前値への恢復が遅い傾向が認められた。これには夏季には冬季に比して作業による発汗量が多く血液濃縮の度も大である事が作業による尿量の減少が著しい点と共に関係している様に思われる。

尿クロール量は運動乃至発汗により減少し、休息乃至発汗終止と共に恢復すると云われている<sup>29)37)38)</sup>。著者の場合尿クロール濃度は作業後変化少なき場合と減少せる場合があつたが、時間排泄量は何れの場合にも尿量の減少の為作業により著明に減少し休息により恢復する傾向を示した。水非投与時と水投与時を比較するに、水投与時には水非投与時に比して尿量の前値への恢復が速いので尿クロール時間排泄量の前値への恢復が速い傾向を示した。

人体の塩化物排泄の門戸は腎臓と汗腺とである。

汗クロール濃度は個人的に差異が見られ<sup>39)</sup>、又同一個人にても発汗の頗る高度になる時には激増し<sup>40)</sup>。又発汗速度に比例して増減すると云われている<sup>41)42)</sup>。Marschak, Klaus<sup>43)</sup>及び Hancock, Whitehouse, Haldane<sup>44)</sup>は水又は食塩水の飲用により汗のクロール濃度に殆んど変化を及ぼさない事を認めている。高橋<sup>45)</sup>は高温環境にての発汗中汗と尿とに排出されたクロール量を観るに汗による排出量は全量の約47~93%を占めたと述べている。次に汗量にも少なからざる個人差のある事が認められて居り<sup>46)</sup>、気温の昇降により又運動の程度に応じて変動する。又水の摂取は血液の水分を増しこれが発汗を容易ならしめ、血中塩分の増加は発汗を制止する傾向がある事が認められている<sup>47)~51)</sup>。著者の場合夏季、本作業に於て作業中に汗と尿とに排出されたクロール量を観るに、汗による排出量は全量の約73~83%であつた。これは夏季である事と筋肉労働の程度が強い為発汗量の著しい事を示している。又水投与時と水非投与時を比較するに、水投与により汗及び尿の何れにてもクロール排出量が増加し、汗に於ける増加量は2例とも略々等しかつたが増加率は1例に於て少なく1例に於て大であつた。而して汗に於ける増加率の小なる例に於ては尿に於ける増加著しく、汗に於ける増加率大なる例に於ては尿に於ける増加が少なかつた。汗量乃至汗クロール濃度の測定は行つていないが水投与による汗クロール量の増加は汗量の増加を示しているものと考えられる。汗と尿へのクロール排泄に就いて認められる全く反対の関係は発汗による身体の食塩喪失の多少に応じて腎臓が体内食塩の調節を正常に営んでいる事を示すものである。

筋労作の疲労回復過程は種々なる方面から追跡することが出来るが、冬季、本作業前後に就いて、循環器系の活動状態として脈搏数を、呼吸器機能として肺活量を、筋力として背筋力及び握力を測定した。一般に筋労作により脈搏数は増加し、其程度は筋労作の質量に比例するが、環境温度条件、情緒、血液性状等によつても影響され<sup>52)</sup>、其最大値は多くの場合160前後<sup>53)~55)</sup>、稀には200に達すると云われている<sup>56)</sup>。膳所<sup>4)</sup>は模型火室投炭競技に於て直前の平均値76.7が直後に120.0に達し、其増加数43.3、最大脈搏数144を示したと報告している。著者の場合には作業直前の平均値68.7が作業直後138.8に達し、其後急激に減少し1時間後には略々前値に恢復し、2時間後には前値よりも低い値を示した。上岡<sup>57)</sup>は疲労による呼吸器系統の変化として肺活量の減少を

見ると述べ、一の瀬<sup>58)</sup>は50 km 行軍に於ては却つて増加し100 km 行軍に於ては急激に減少したと報告している。著者の場合肺活量は作業直後に増加せる例よりも減少せる例が多く減少の傾向を示した。筋力に就いては、背筋力は殆んど増加し、握力は右手では殆んど減少し、左手では増加せる例と減少せる例が相半ばした。肺活量や筋力は活動能率乃至体力を判定する指標であり、筋労作により漸次能率低下を来すのではなく、むしろ一定時迄は能率上昇を示し其後能率低下を来すものと考えられる。従つて本作業終了時に肺活量、右手の握力等負担の大なる場所の機能は低下し、負担の小なる左手の握力は減少した者や増加した者が相半ばし、又背筋力の増加は背筋に対する負荷はむしろ其機能を一時的に向上せしめたものと考えられる。

## 第5章 結 論

短時間急激作業として模型火室投炭作業を選び、本作業時の疲労を春、夏、冬の各季節に就いて主として尿微量蛋白測定法により検査し、尿蛋白濃度及び其時間排泄量の経過を作業前後逐時的に観察し、更に作業直前に比較的大量の水を投与した場合の影響をも比較検討した。尚夏季の実験に於ては尿クロール量及び作業中の汗クロール量をも測定し、冬季の実験に於ては脈搏及び体力(肺活量、背筋力、握力)に及ぼす影響をも検査した。そして次の如き結果を得た。

- 1) 本作業に於て尿蛋白濃度も其時間排泄量も著しく増加した。
- 2) 本作業に於て尿蛋白濃度も其時間排泄量も作業直後の尿に最も高い値を示した。
- 3) 本作業に就いて夏季の例と冬季の例を比較すると、冬季には夏季に比して尿蛋白濃度も其時間排泄量も作業前値への恢復が速い傾向を示した。
- 4) 本作業に於て水投与時作業後尿は水非投与時作業後尿に比して尿量の増加、尿蛋白濃度の減少傾向を認めたが、水投与時作業後尿の尿蛋白濃度も其時間排泄量も作業前値に比して増加した。
- 5) 本作業に於て水投与時には水非投与時に比して尿蛋白濃度も其時間排泄量も作業前値への恢復が速い傾向を示した。
- 6) 夏季、本作業に於て尿クロール時間排泄量は減少した。水投与時には水非投与時に比して尿クロール時間排泄量の作業前値への恢復が速い傾向を示した。

7) 夏季, 本作業に於ける作業中のクロール喪失は尿による排出よりも汗による排出の方が主であった。

8) 夏季, 本作業に於て水投与時には水非投与時に比して作業中の汗クロール量が著しく増加した。

9) 本作業に於て作業後脈搏は増加し, 肺活量は減少し, 握力は右手では減少し左手では殆んど差を認めなかつた。背筋力は此程度の負荷ではむしろ増加した。

稿を終るに当り, 終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜つた恩師大田原教授に深甚なる謝意を表すると共に, 種々有益なる御助言を戴いた緒方助教授に深謝する。

(本論文の要旨は昭和33年8月27日徳島に於ける第2回中国四国合同産業医学会に於て発表した)

### 文 献

- 1) 緒方, 大田原, 岡村: 疲労判定法, **61**, 創元社 (昭22年)
- 2) Mohr: 生化学実験法, 定量篇, **58**, 南山堂 (昭18年)
- 3) 膳所: 鉄道医協会雑誌, **16** (4), (昭5年)
- 4) 膳所: 鉄道医協会雑誌, **17** (3), (昭6年)
- 5) 山川: 交通医学, **3** (2~3), **6** (昭25年)
- 6) 遠藤: 交通医学, **5** (4), **21** (昭27年)
- 7) 遠藤: 交通医学, **7** (4), **5** (昭29年)
- 8) 橋本, 鈴木: 交通医学, **7** (4), **10** (昭29年)
- 9) W. Leube. Virchow's Archiv. f. Path. Anat. **72**, **145** (1878)
- 10) 竹内: 軍医団雑誌, **55** (大4年)
- 11) 金子, 福島: 日本内科学会雑誌, **7**, **83** (大8年)
- 12) 島園 臨床医学, **9**, **607** (大10年)
- 13) 吉栖: 海軍医学会雑誌, **40**, **114** (大12年)
- 14) 緒方, 大田原, 岡村, 高木: 岡山医学会雑誌, **59** (1), **10** (昭22年)
- 15) 古谷: 岡山医学会雑誌, **60** (1~2), **89** (昭23年)
- 16) 柚木: 岡山医学会雑誌, **61** (3), **78** (昭24年)
- 17) 緒方, 岡村, 柚木, 飛岡, 小川: 日本衛生学雑誌, **4** (2), **23** (昭24年)
- 18) 大川: 日本衛生学雑誌, **4** (2), **24** (昭24年)
- 19) 緒方, 大田原, 妻井, 西崎, 飛岡, 長岡: 岡山医学会雑誌, **63** (別巻1), **129** (昭26年)
- 20) 南: 広島医学, **5** (10), **363** (昭27年)
- 21) 藤原: 広島医学, **5** (11), **473** (昭27年)
- 22) 藤原: 広島医学, **6** (11), **570** (昭28年)
- 23) 井上: 岡山医学会雑誌, **66** (5), **879** (昭29年)
- 24) 西崎: 岡山医学会雑誌, **66** (6), **1237** (昭29年)
- 25) 西崎: 岡山医学会雑誌, **68** (8), **1247** (昭31年)
- 26) 西崎: 岡山医学会雑誌, **68** (8), **1277** (昭31年)
- 27) 吉川, 佐藤: 疲労研究の共同実験, **124**, 創元社 (昭25年)
- 28) 竹内, 山川: 神戸医科大学紀要, **3**(3), **24**(昭27年)
- 29) 村上: 体力科学, **6**, (4), **123** (昭31年)
- 30) Barclay, J. A., W. T. Cooke, R. A. Kenny, M. E. Nutt: Am. J. Physiol., **148**, **327** (1947)
- 31) 村上: 体育学研究, **4**, **275** (昭27年)
- 32) Rowe, A. H.: Arch. Int. Med. **19**, **499** (1917)
- 33) 黒田: 医学と生物学, **4**, **294** (昭18年)
- 34) 李: 医学と生物学, **13**, **3**, **196** (昭23年)
- 35) 齊藤, 鈴木: 労働科学, **23**, **1**, **15** (昭22年)
- 36) 佐藤: 労働科学, **29**, **1**, **19** (昭28年)
- 37) 佐藤, 福山, 佐藤, 笹井, 内藤, 鈴木, 後藤: 疲労研究の共同実験, **95**, 創元社 (昭25年)
- 38) 佐藤: 労働科学, **29**, **2**, **76** (昭28年)
- 39) 久野: The Physiol. of Human Persp. (1934)
- 40) 久徳: 日本生理学雑誌, **5**, **394** (昭15年)
- 41) 松本: 日本生理学雑誌, **6**, **127** (昭16年)
- 42) 伊藤, 増井: 日本生理学雑誌, **6**, **129** (昭16年)
- 43) Marschak, M., Klans, I.: Arch. Hyg. Berl., **101**, **297** (1929)
- 44) Hancock, White house, Haldane: Proc. Roy. Soc., **105**, **43** (1929)
- 45) 高橋: 日本生理学雑誌, **8**, **549** (昭18年)
- 46) 小菅, 川畑: 日本生理学雑誌, **4**, **217** (昭14年)
- 47) 齊藤: 満洲医学雑誌, **13**, **405** (昭5年)
- 48) 西堀: 満洲医学雑誌, **21**, **403** (昭9年)
- 49) Lee and Mulder J: Physiol. **84**, **410** (1935)
- 50) 伊藤, 小菅: 満洲医学雑誌, **23**, **71** (昭10年)
- 51) 柏原: 満洲医学雑誌, **25**, **1491** (昭11年)
- 52) 速水: 体力科学, **6** (5), **206** (昭32年)
- 53) 佐多: 臨床医学, **5**, **979** (大6年)
- 54) 酒井: 学校衛生, **1** (1), (大11年)
- 55) 砂田 労働科学研究, **4**, **683** (昭2年)
- 56) Kulbs: Archiv f. exp. Path. u. Pharm., **51**, **288** (1929)
- 57) 上岡: 日本生理学評論, **1** (5), **356** (昭16年)
- 58) 一の瀬: 体育研究, **10** (5~6), **355** (昭19年)

## Studies on the Fatigue of the Railway Worker.

Part II. Studies on the Fatigue in Heavy Labor  
over a Short Period.

By

Kazuto Sato

Department of Public Health, Okayama University, Medical School,  
(Director : Prof. K. Ohtahara, M. D.)

As an example of the heavy labor for a short while, I chose a model stocking and measured the fatigue of the stocker in spring, summer and winter mainly by the Ogata's urinary protein measuring method and observed the development of the density of urine-protein and the quantity of it excreted per hour before and after the work and also studied the influences affected on the urine-protein by giving much water to the stocker just before the work.

In addition, in summer I measured the quantities of Cl in the urine and the perspiration excreted while at work. In winter I measured how the work affected the pulse frequency and the physical strength (the breathing capacity, the strength of the back and the grasping power).

The results were as follows:

- 1) The density of urine-protein and the quantity of it excreted per hour markedly increased with work.
  - 2) The density of urine-protein and the quantity of it excreted per hour showed the highest figures just after the work.
  - 3) As compared with the cases in summer, in winter the density of urine-protein and the quantity of it excreted per hour showed a tendency to rapidly recover.
  - 4) Comparing the cases where water was not given, to the cases where water was given just before the work, the urine quantity increased and the density of urine-protein decreased after the work, but the density of urine-protein and the quantity of it excreted per hour increased with work.
  - 5) As water was given, the density of urine-protein and the quantity of it excreted per hour showed a tendency to recover more rapidly than the cases where it was not given.
  - 6) In summer the quantity of urine-Cl excreted per hour decreased after the work and when water was given it showed a tendency to recover more rapidly than the cases where water was not given.
  - 7) In summer loss of Cl was more remarkable in the perspiration than in the urine.
  - 8) In summer the Cl quantity of the perspiration while at work conspicuously increased when water was given.
  - 9) After the work, the pulse frequency increased, while the breathing capacity decreased and the grasping power declined in the right hand and in the left hand it did not decline. In the back, however, strength was increased.
-