

## 第3章 睡眠脳波への影響解析

吉田政樹<sup>1</sup>

### 1. 目的

南極地域観測隊員を対象に、日本と異なる日照変化や長期間の閉鎖環境等の宇宙と南極との共通点に着目し、宇宙での長期滞在と南極越冬生活における健康管理技術の向上を図ることを目的とする。本研究では、(財)大阪バイオサイエンス研究所(以下、「OBI」という。)、およびスリープウェル株式会社(以下、「SW」という。)で開発された簡易脳波計と解析プログラムにより、50 次・51 次南極越冬隊員の3, 6, 9および12月の睡眠時脳波を測定し、得られた脳波データについては日本(JAXA つくば宇宙センター)へ転送・解析を行う。これにより、以下について検討を行うものである。

1. 睡眠時脳波の遠隔地への転送(南極→日本)と解析のフィジビリティの確認
2. 日照条件の異なる極地と日本における睡眠状態の差異の分析
3. 日照条件の異なる極地に長期滞在した場合の睡眠状態の変化の分析

以上により、極限環境における睡眠について質的分析を行い、睡眠状態の変化について検討するとともに、将来における宇宙環境での脳波分析による睡眠の質的評価等を行うことについての可能性も検討する。

### 2. 方法

- ・ 脳波は、50 次では、電極の付いたヘッドバンド型の簡易脳波計(I 総論 XX 頁掲載)、51 次では下記に記す携帯型脳波計「夢眠計」(SW)を用いて計測し、被験者自身で装着と操作を行った。携帯型脳波計とは、額と耳裏の2点に電極を装着し脳波を計測する機器で、小型かつ軽量で可搬性が高く、装着が簡単なため、従来実験室での計測が主流であった脳波計測を極地で可能としたものである。
- ・ 50 次、51 次、それぞれ6名の終夜脳波を計測し、そのファイルを極地研究所とJAXAを経由して、スリープウェル(株)(以下、SW)の解析センターへデータを送付し、解析を実施した。
- ・ 50 次隊の計測においては、ノイズ等の理由で解析が困難なデータも相当数存在していたが、51 次隊においては、昨年度の反省を踏まえたデータ取得が可能となった。
- ・ 脳波により、睡眠効率、入眠潜時、覚醒指数、デルタパワー等の睡眠の質を判別する変数を算出した。



図1 簡易脳波計「夢眠計」装着図

<sup>1</sup> スリープウェル株式会社

## 3. 結果

## 3.1 50 次

- 3月、6月において、残念ながら、脳波計測が十分に行えなかった。理由としては電極部の断線や接触不良個所の存在、および極度の乾燥状態において、布製の電極の感度が低かったことが理由と思われる。
- 9月には、上記原因を把握して、昭和基地において、電極やコネクタの修理、皮膚接触部への通電ジェルの塗布により、脳波計測が可能となった。また、12月には、51次越冬隊の持参したディスプレイ電極と新ケーブルにより、全隊員において計測を実施することができた。

表1 データ取得状況(50 次)

ID	性別	年齢	ファイル No.	測定月	日付	解析
5009			005K0110_EEG 5009 3 月	3 月	2009/4/3	OK
5011			005K93P6_EEG 5009 3 月	3 月	2009/3/24	OK
5021			00790110_EEG 5021 3 月	3 月	2009/3/23	Bad
5025			00790123_EEG 5021 3 月	3 月	2009/3/21	Bad
5028			00790110_EEG 5025 3 月	3 月	2009/3/20	Bad
5001			EEG 5001 6 月	6 月	2009/6/28	Bad
5009			EEG 5009 6 月	6 月	2009/6/29	OK
5011			EEG 5011 6 月	6 月	2009/6/29	Bad
5021			EEG 5021 6 月	6 月	2009/6/28	Bad
5025			EEG 5025 6 月	6 月	2009/7/5	Bad
5028			EEG 5028 6 月	6 月	2009/7/5	OK
5001			007902GA_EEG 5001 9 月	9 月	2009/9/21	OK
5001			005K02J9_re-EEG 5001 9 月	9 月	2009/9/24	OK
5009			005K02NB_EEG 5009 9 月	9 月	2009/9/28	Bad
5009			005K02OF_re-EEG 5009 9 月	9 月	2009/9/29	Bad
5009			005K035B_re-re-EEG 5009 9 月	9 月	2009/10/9	OK
5011			005K02M8_EEG 5011 9 月	9 月	2009/9/27	OK
5021			005K02A9_EEG 5021 9 月	9 月	2009/9/15	OK
5025			005K02G7_EEG 5025 9 月	9 月	2009/9/21	OK
5028			007902A8_EEG 5028 9 月	9 月	2009/9/15	OK
5001			005K0568	12 月	2009/12/10	OK
5009			005K05A9	12 月	2009/12/14	OK
5011			007905F9	12 月	2009/12/19	OK
5021			00790569	12 月	2009/12/10	OK
5025			00790578	12 月	2009/12/11	OK
5028			005K05D8	12 月	2009/12/17	OK

## 3. 1. 2 睡眠時間

表 1 測定記録時間:TIB(min)

	5001 30M	5009 45M	5011 31M	5021 51F	5025 38M	5028 32M	Ave.
9 月	295.0		343.5	297.5	442.5	418.5	359.4
12 月	373.5	343.0	351.0	310.0	423.0	310.5	351.8

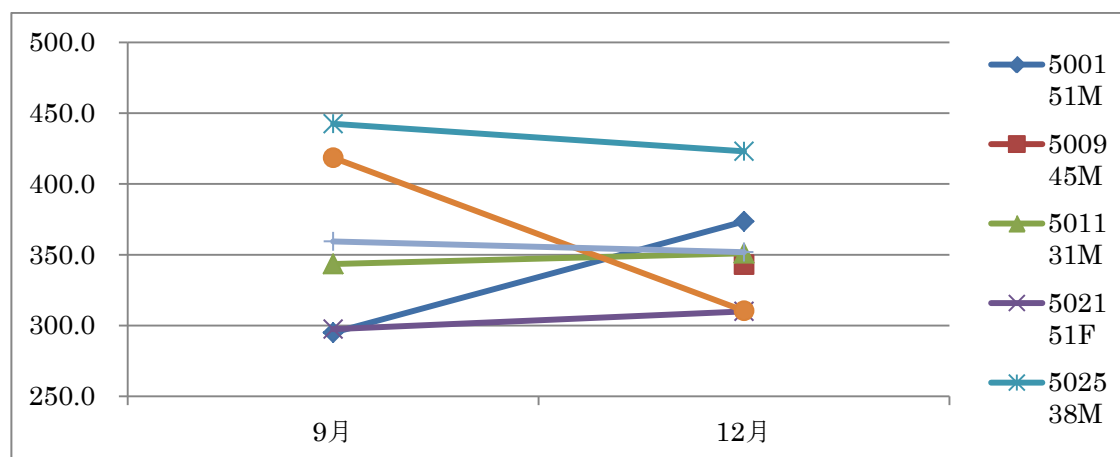


図2 測定記録時間:TIB(min)

## 3. 1. 3 入眠潜時(min)

表3 入眠潜時 (min)

	5001 51M	5009 45M	5011 31M	5021 51F	5025 38M	5028 32M	Ave.
9 月	3.0		55.5	6.5	5.5	3.5	14.8
12 月	6.0	5.5	13.0	43.0	26.5	9.5	17.3

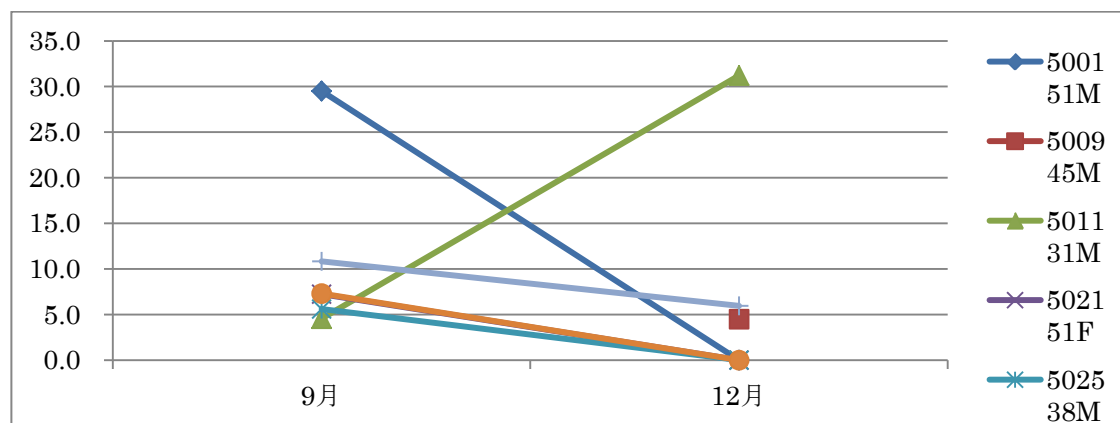


図 2 入眠潜時 (min)

## 3. 1. 4 ノンレム深睡眠

表 2 ノンレム深睡眠(%)

	5001 30M	5009 45M	5011 31M	5021 51F	5025 38M	5028 32M	Ave.
9 月	29.5		4.6	7.2	5.6	7.3	10.8
12 月	0.0	4.5	31.2	0.0	0.0	0.0	6.0

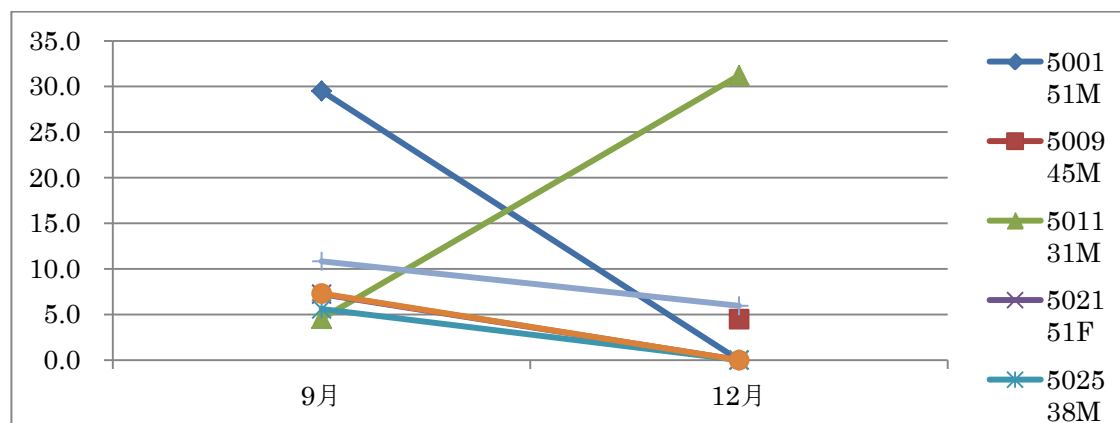


図 3 ノンレム深睡眠(%)

## 3. 1. 5 中途覚醒

表 3 覚醒指数 (回/hr)

	5001 30M	5009 45M	5011 31M	5021 51F	5025 38M	5028 32M	Ave.
9 月	8.1		7.2	7.7	7.3	0.0	6.1
12 月	27.0	8.3	5.0	5.8	0.0	0.8	7.8

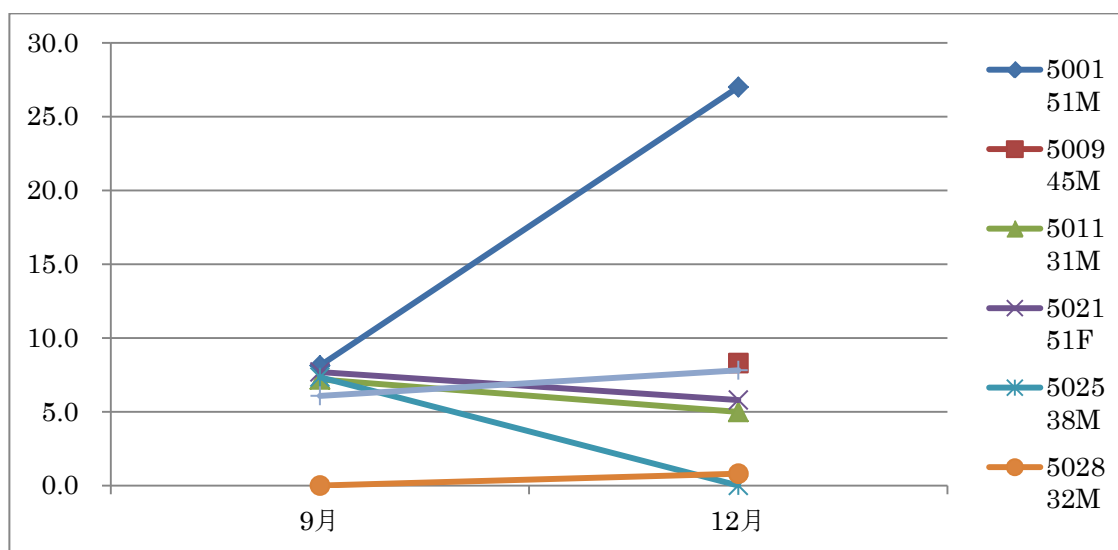


図 4 覚醒指数 (回/hr)

## 3. 1. 6 睡眠効率

表 4 睡眠効率 (%)

	5001 30M	5009 45M	5011 31M	5021 51F	5025 38M	5028 32M	Ave.
9 月	91.0%		75.7%	89.6%	92.4%	94.4%	88.6%
12 月	74.6%	90.4%	95.9%	81.8%	88.5%	95.3%	87.8%

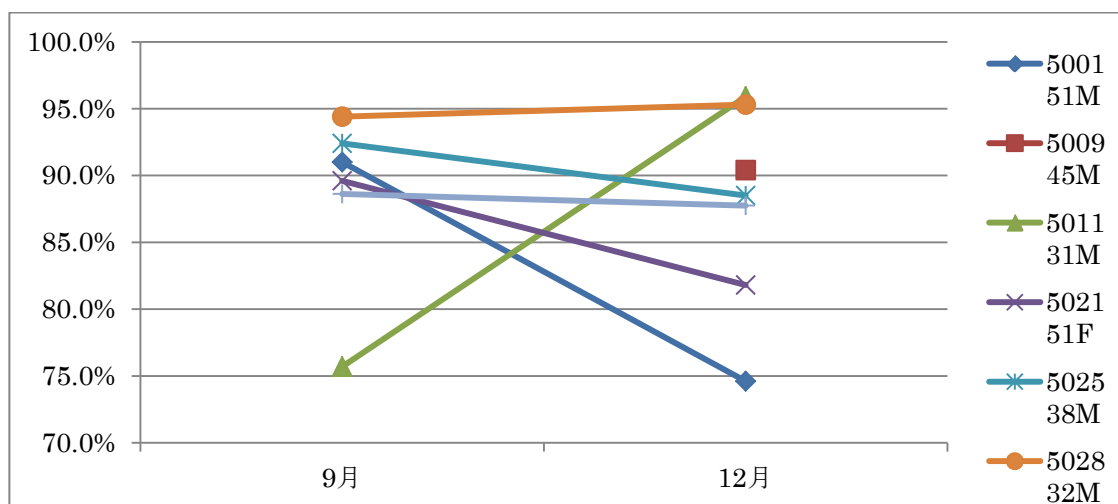


図 5 睡眠効率 (%)

## 3. 1. 7 レム睡眠潜時

表 5 レム睡眠潜時 (min)

	5001 30M	5009 45M	5011 31M	5021 51F	5025 38M	5028 32M	Ave.
9 月	61.5		72.0	41.5	58.0	52.0	57.0
12 月	71.5	63.5	49.0	74.5	104.0	55.5	69.7

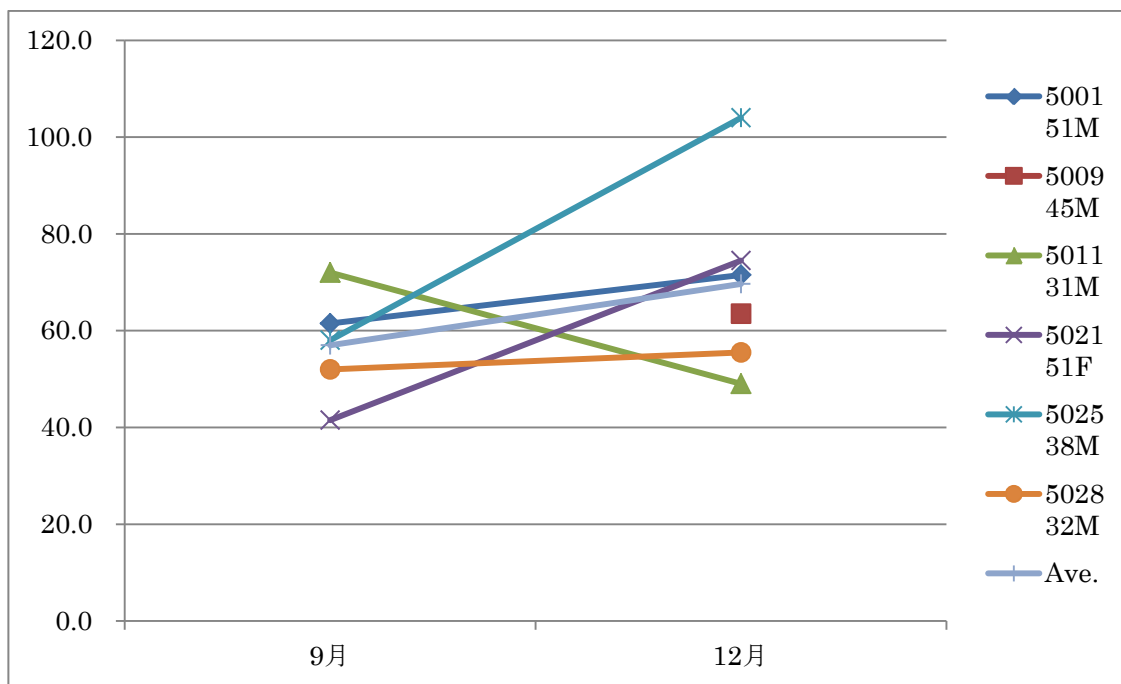


図 6 レム睡眠潜時 (min)

## 3.2 51次

- ・ 下表のとおり、3月、6月、9月、12月、各6例、合計24例の脳波計測を実施
- ・ 解析可能なデータ: 23例(うち一例は: 計測時間最後の1時間程度、電極が外れた)
- ・ 解析不能なデータ: 1例(0060M234: 3月)

表6 データ取得状況(51次)

ID	性別	年齢	ファイル No.	測定月	日付	解析	身長	体重
5122			004CA3V6	3月	2010/3/31	OK		
5120			0056A435	3月	2010/4/3	OK		
5123			0048M239	3月	2010/4/2	OK		
5107			002XA3V7	3月	2010/3/31	OK		
5111			0082A425	3月	2010/4/2	OK		
5121			0060M234	3月	2010/4/4	Bad		
5122			004CM238	6月	2010/6/30	OK		
5120			0056A726	6月	2010/7/1	OK		
5123			0048M55B	6月	2010/7/3	OK		
5107			002XA726	6月	2010/7/2	OK		
5111			0082A737	6月	2010/7/3	OK		
5121			00600115	6月	2010/6/30	OK		
5122			004CM238	9月	2010/9/3	OK		
5120			0056A954	9月	2010/9/4	OK		
5123			0048M787	9月	2010/9/4	OK		
5107			002XM23C	9月	2010/9/3	OK		
5111			0082A943	9月	2010/9/3	OK		
5121			00600366	9月	2010/9/3	OK		
5122			0082ABU5	12月	2010/11/29	OK		
5120			0056AC15	12月	2010/11/30	OK		
5123			00480110	12月	2010/12/2	OK (04:43~ 07:15不備) (電極の外 れ)		
5107			002X0110	12月	2010/11/30	OK		
5111			004CM528	12月	2010/11/30	OK		
5121			00600110	12月	2010/12/2	OK		

## 3. 2. 1 睡眠時間

表 7 測定記録時間:TIB(min)

	5107 30M	5123 43M	5122 44M	5120 33M	5121 60M	5111 30F	Ave.
3 月	360.5	284.0	381.5	332.5	-	455.0	362.7
6 月	426.5	417.5	466.5	330.5	285.0	485.5	401.9
9 月	444.0	394.5	337.0	527.5	518.0	536.5	459.6
12 月	371.0	577.0	382.5	368.5	399.5	361.0	409.9

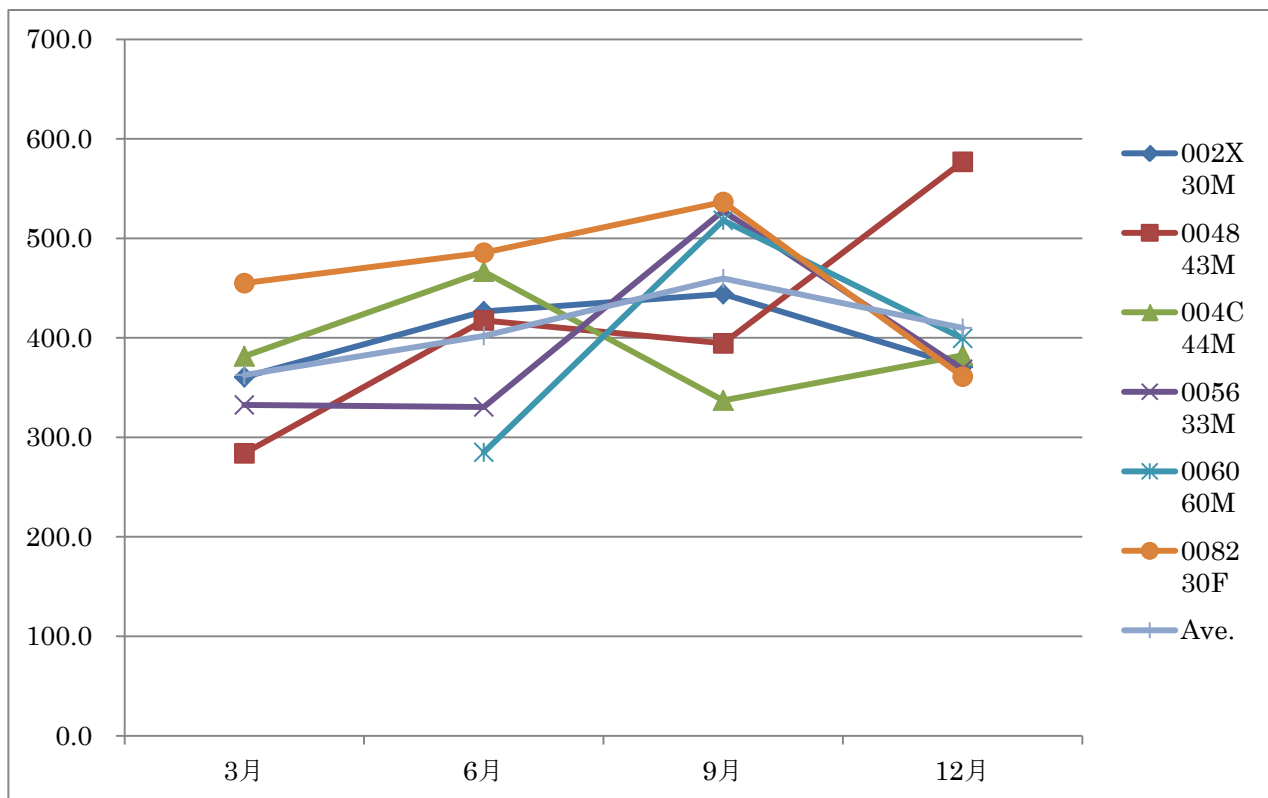


図 7 測定記録時間:TIB(min)



## 3. 2. 2 入眠潜時(min)

表 8 入眠潜時(min)

	5107 30M	5123 43M	5122 44M	5120 33M	5121 60M	5111 30F	Ave.
3 月	10.0	4.5	9.5	24.0	-	12.5	12.1
6 月	10.5	4.5	3.5	5.5	11.5	36.0	11.9
9 月	101.0	70.0	52.5	77.0	62.5	42.0	67.5
12 月	9.0	8.5	30.0	56.0	5.0	23.0	21.9

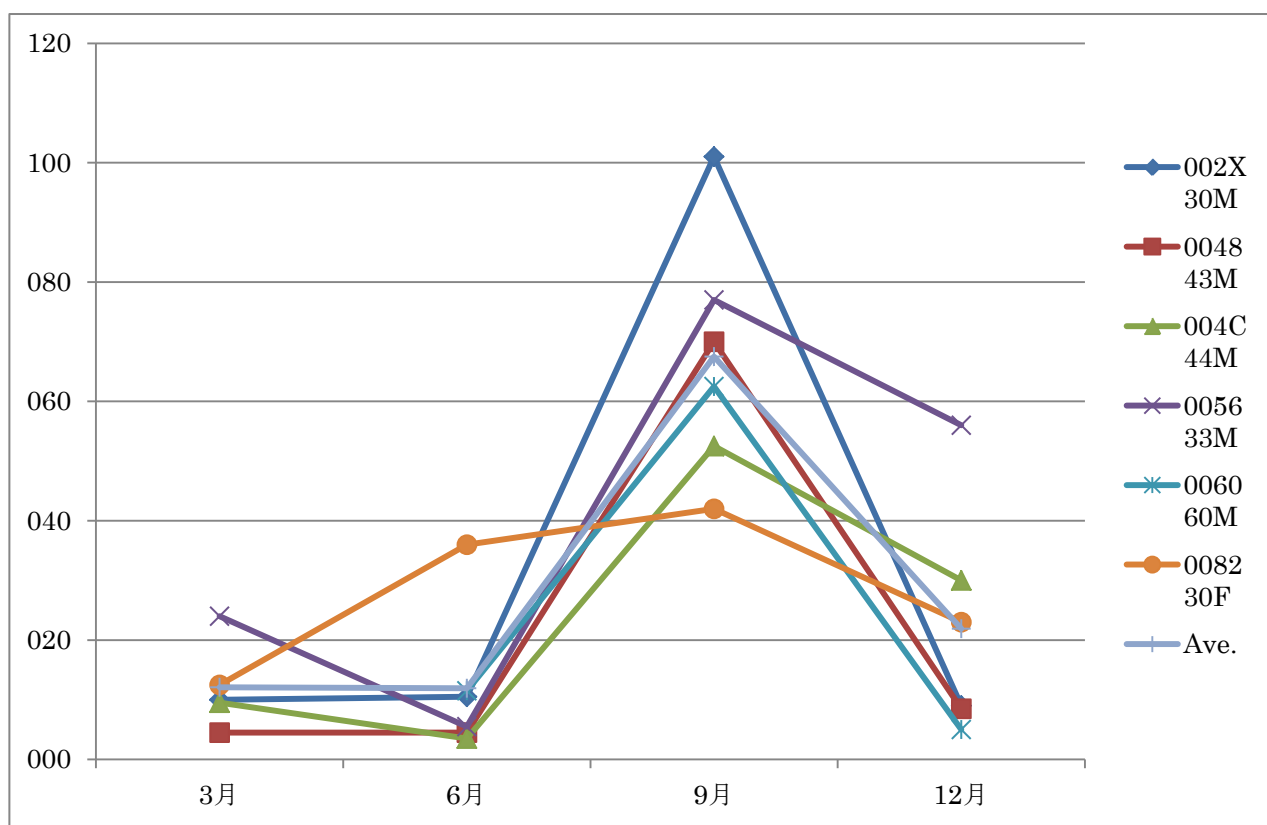


図 8 入眠潜時(min)

## 3. 2. 3 ノンレム深睡眠

表 9 ノンレム深睡眠(%)

	5107 30M	5123 43M	5122 44M	5120 33M	5121 60M	5111 30F	Ave.
3 月	43.6	0.5	7.8	26.9	-	19.5	19.7
6 月	55.7	0.0	3.3	25.0	0.0	18.0	17.0
9 月	43.4	0.0	4.8	4.1	0.0	17.4	11.6
12 月	49.4	0.0	20.7	15.3	0.0	17.7	17.2

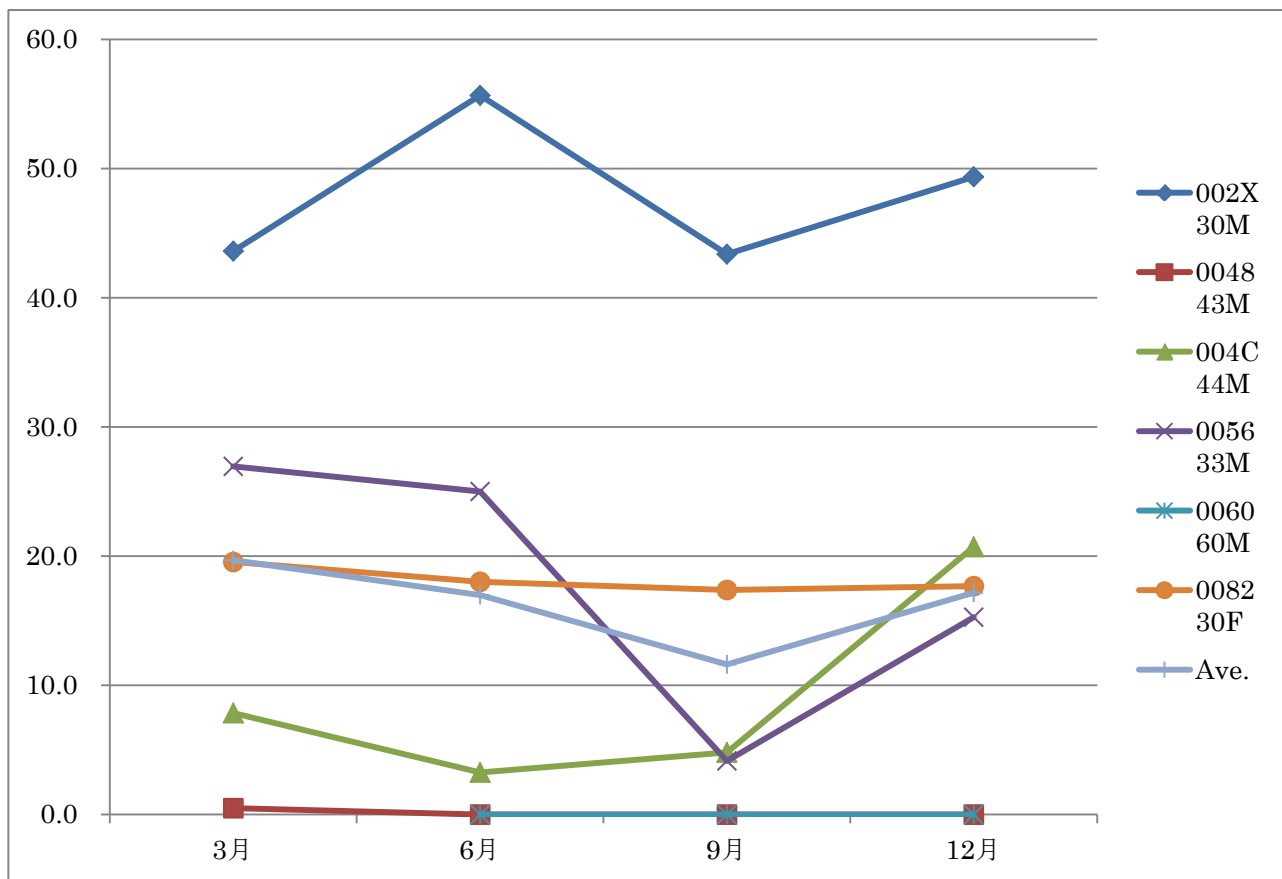


図 9 ノンレム深睡眠(%)

## 3. 2. 4 中途覚醒

表 10 覚醒指数(回/hr)

	5107 30M	5123 43M	5122 44M	5120 33M	5121 60M	5111 30F	Ave.
3 月	2.0	2.9	1.5	8.0	-	0.5	3.0
6 月	3.3	0.0	0.7	0.0	4.2	0.7	1.5
9 月	17.5	20.6	9.6	5.2	13.2	3.9	11.7
12 月	6.9	4.4	1.4	0.0	6.9	14.3	5.6

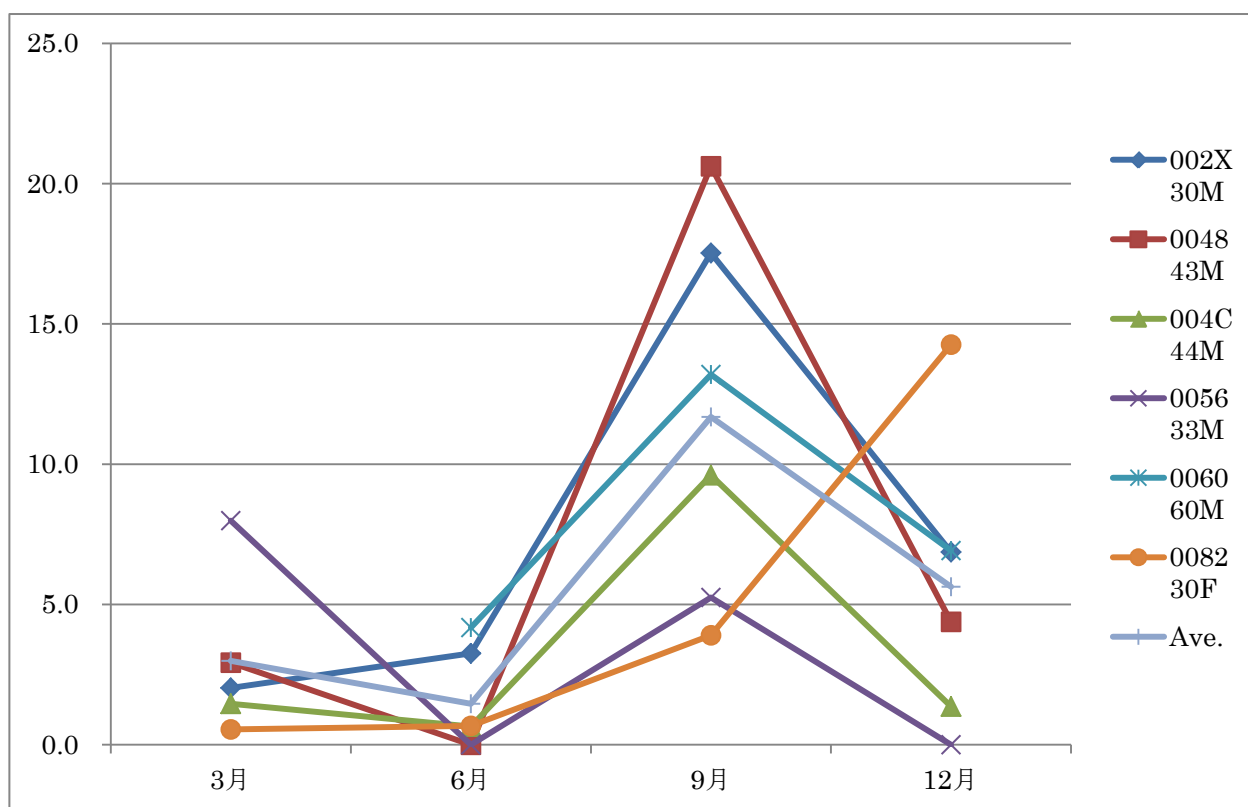


図 10 覚醒指数(回/hr)

## 3. 2. 5 睡眠効率

表 11 睡眠効率 (%)

	5107 30M	5123 43M	5122 44M	5120 33M	5121 60M	5111 30F	Ave.
3 月	95.7	95.8	95.7	86.5		96.3	94.0
6 月	92.9	97.5	98.4	98.0	93.7	91.6	95.3
9 月	51.2	93.0	76.7	80.9	75.0	88.7	77.6
12 月	91.4	72.3	91.1	84.4	91.8	82.1	85.5

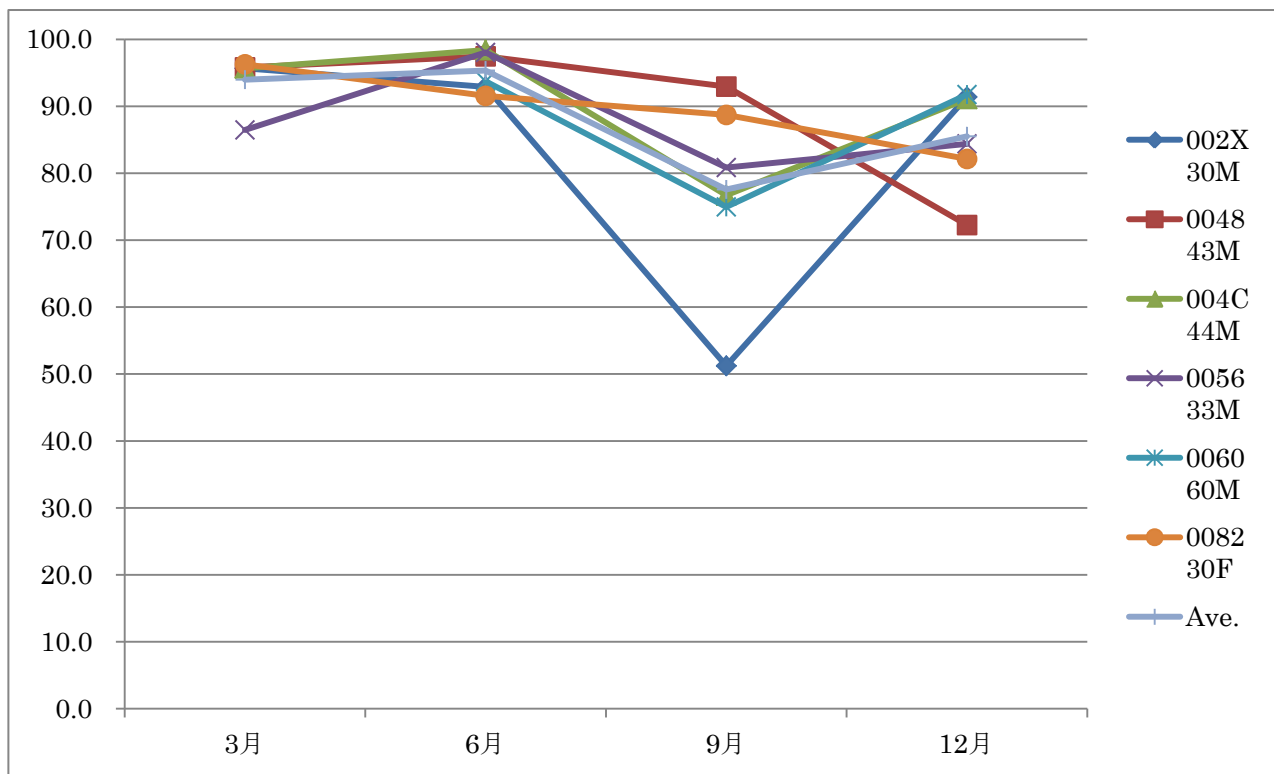


図 11 睡眠効率 (%)

## 3. 2. 6 レム睡眠潜時

表 12 レム睡眠潜時(min)

	5107 30M	5123 43M	5122 44M	5120 33M	5121 60M	5111 30F	Ave.
3 月	55.0	91.5	63.5	75.0	-	64.0	69.8
6 月	64.5	66.5	58.5	63.0	78.0	87.5	69.7
9 月	101.0	52.5	96.0	76.0	73.5	126.5	87.6
12 月	76.5	128.0	84.0	89.5	35.0	84.5	82.9

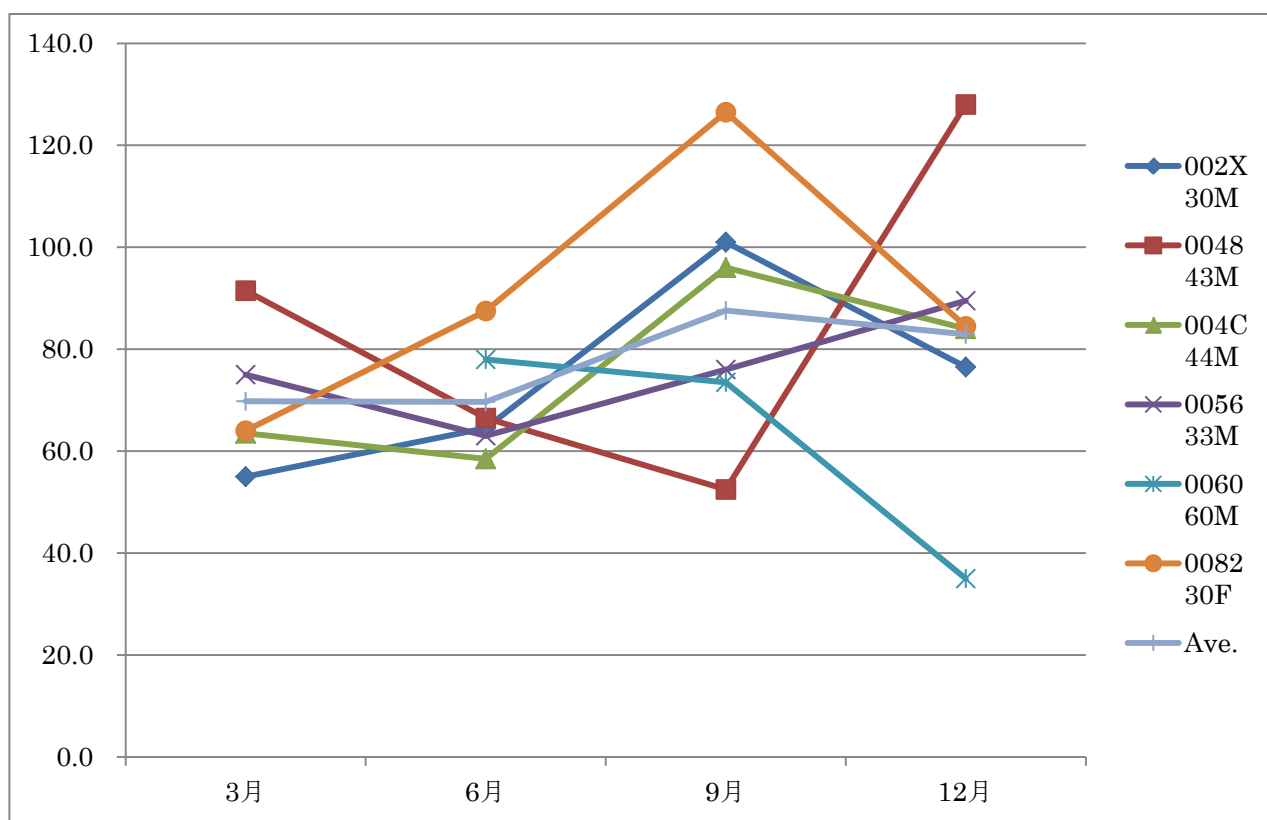


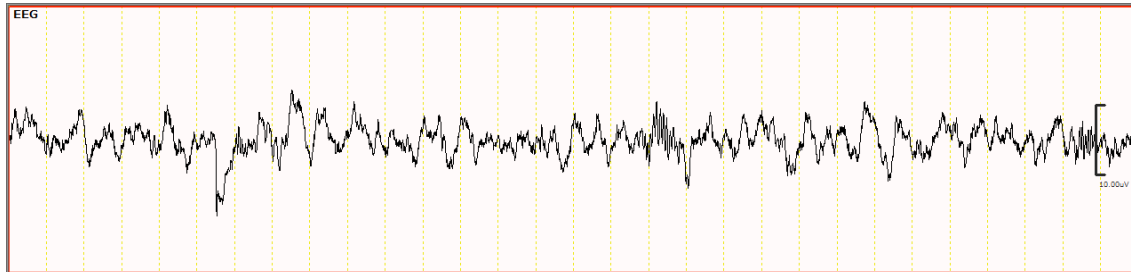
図 12 レム睡眠潜時(min)

### 3.3 解析不能(ノイズ波形)の判断基準

下図の上段に示すような波形の際は、正常な脳波として、解析を実施した。

下図の下段に示すような波形の際は、ノイズが混入した脳波として、解析は実施しなかった。

正常な脳波



ノイズが混入した脳波

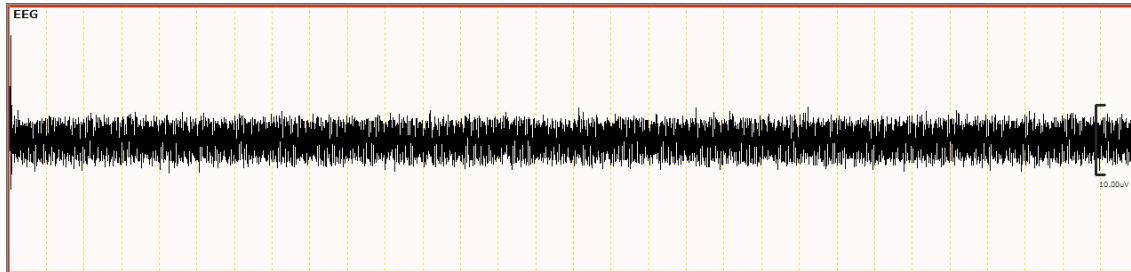


図 13 正常な脳波とノイズが混入した脳波

## 3. 4 個人別データ

## 3. 4. 1 50 次

5001

表 13 5001 の睡眠変数

		9 月	12 月
全就床時間	分	295.0	373.5
睡眠時間(SPT)	分	288.0	360.0
全睡眠時間	分	268.5	279.0
入眠潜時	分	3.0	6.0
ノンレム深睡眠潜時	分	29.5	-
レム睡眠潜時	分	61.5	71.5
睡眠時間(SPT)			
ノンレム浅睡眠(in SPT)	分	166.0	254.5
ノンレム深睡眠(in SPT)	分	58.0	0.0
レム睡眠(in SPT)	分	44.5	24.5
覚醒(in SPT)	分	19.5	81.0
ノンレム浅睡眠(in SPT)	%	57.6	70.7
ノンレム深睡眠(in SPT)	%	20.1	0.0
レム睡眠(in SPT)	%	15.5	6.8
覚醒(in SPT)	%	6.8	22.5
中途覚醒			
覚醒指数	エポック／時間	8.1	27.0
総覚醒回数	エポック	39	162
睡眠効率			
睡眠効率	%	91.0	74.7
第 1 周期			
ノンレム深睡眠	分	24.5	0.0
レム睡眠	分	16.0	14.5
第 2 周期			
ノンレム深睡眠	分	33.5	0.0
レム睡眠	分	11.5	7.5

5009

表 14 5009 の睡眠変数

		3 月	6 月	12 月
全就床時間	分			343.0
睡眠時間(SPT)	分			333.0
全睡眠時間	分			310.0
入眠潜時	分	4.0	2.0	5.5
ノンレム深睡眠潜時	分			18.0
レム睡眠潜時	分	88.8	57.6	63.5
睡眠時間(SPT)				
ノンレム浅睡眠(in SPT)	分			221.0
ノンレム深睡眠(in SPT)	分			15.0
レム睡眠(in SPT)	分			74.0
覚醒(in SPT)	分			23.0
ノンレム浅睡眠(in SPT)	%			66.4
ノンレム深睡眠(in SPT)	%			4.5
レム睡眠(in SPT)	%			22.2
覚醒(in SPT)	%			6.9
中途覚醒				
覚醒指数	エポック／時間			8.3
総覚醒回数	エポック			46.0
睡眠効率				
睡眠効率	%			90.4
第 1 周期				
ノンレム深睡眠	分	52.8	21.6	15.0
レム睡眠	分	76.8	19.2	17.0
第 2 周期				
ノンレム深睡眠	分	24	19.2	0.0
レム睡眠	分	33.6	※	42.5



5011

表 15 5011 の睡眠変数

		3 月	9 月	12 月
全就床時間	分		343.5	351.0
睡眠時間(SPT)	分		285.5	336.5
全睡眠時間	分		260.0	336.5
入眠潜時	分	7.2	55.5	13.0
ノンレム深睡眠潜時	分		101.0	11.5
レム睡眠潜時	分	60.0	72.0	49.0
睡眠時間(SPT)				
ノンレム浅睡眠(in SPT)	分		198.5	117.5
ノンレム深睡眠(in SPT)	分		13.0	105.0
レム睡眠(in SPT)	分		48.5	114.0
覚醒(in SPT)	分		25.5	0.0
ノンレム浅睡眠(in SPT)	%		69.5	34.9
ノンレム深睡眠(in SPT)	%		4.6	31.2
レム睡眠(in SPT)	%		17.0	33.9
覚醒(in SPT)	%		8.9	0.0
中途覚醒				
覚醒指数	エポック／時間		10.7	0.0
総覚醒回数	エポック		51	0.0
睡眠効率				
睡眠効率	%		75.7	95.9
第 1 周期				
ノンレム深睡眠	分	24.0	0.0	35.0
レム睡眠	分	9.6	2.5	66.0
第 2 周期				
ノンレム深睡眠	分	19.2	13.0	53.0
レム睡眠	分	※	44.0	12.5

5021

表 16 5021 の睡眠変数

		9 月	12 月
全就床時間	分	297.5	310.0
睡眠時間(SPT)	分	283.5	264.5
全睡眠時間	分	266.5	253.5
入眠潜時	分	6.5	43.0
ノンレム深睡眠潜時	分	20.0	-
レム睡眠潜時	分	41.5	74.5
睡眠時間(SPT)			
ノンレム浅睡眠(in SPT)	分	149.5	138.0
ノンレム深睡眠(in SPT)	分	20.5	0.0
レム睡眠(in SPT)	分	96.5	115.5
覚醒(in SPT)	分	17.0	11.0
ノンレム浅睡眠(in SPT)	%	52.7	52.2
ノンレム深睡眠(in SPT)	%	7.2	0.0
レム睡眠(in SPT)	%	34.0	43.7
覚醒(in SPT)	%	6.0	4.2
中途覚醒			
覚醒指数	エポック／時間	7.2	5.0
総覚醒回数	エポック	34	22
睡眠効率			
睡眠効率	%	89.6	81.8
第 1 周期			
ノンレム深睡眠	分	20.5	0.0
レム睡眠	分	36.5	58.5
第 2 周期			
ノンレム深睡眠	分	0	0.0
レム睡眠	分	60	57.0

5025

表 17 5025 の睡眠変数

		9 月	12 月
全就床時間	分	442.5	423.0
睡眠時間(SPT)	分	437.0	393.5
全睡眠時間	分	409.0	374.5
入眠潜時	分	5.5	26.5
ノンレム深睡眠潜時	分	19.0	-
レム睡眠潜時	分	58.0	104.0
睡眠時間(SPT)			
ノンレム浅睡眠(in SPT)	分	280.5	297.0
ノンレム深睡眠(in SPT)	分	24.5	0.0
レム睡眠(in SPT)	分	104.0	77.5
覚醒(in SPT)	分	28.0	19.0
ノンレム浅睡眠(in SPT)	%	64.2	75.5
ノンレム深睡眠(in SPT)	%	5.6	0.0
レム睡眠(in SPT)	%	23.8	19.7
覚醒(in SPT)	%	6.4	4.8
中途覚醒			
覚醒指数	エポック／時間	7.7	5.8
総覚醒回数	エポック	56	38
睡眠効率			
睡眠効率	%	92.4	88.5
第 1 周期			
ノンレム深睡眠	分	29.0	0.0
レム睡眠	分	10.5	11.0
第 2 周期			
ノンレム深睡眠	分	0	0.0
レム睡眠	分	21.5	24.0

5028

表 18 5028 の睡眠変数

		6 月	9 月	12 月
全就床時間	分		418.5	310.5
睡眠時間(SPT)	分		395.0	298.0
全睡眠時間	分		395.0	296.0
入眠潜時	分	※	3.5	9.5
ノンレム深睡眠潜時	分		25.0	-
レム睡眠潜時	分	※	52.0	55.5
睡眠時間(SPT)				
ノンレム浅睡眠(in SPT)	分		198.0	218.5
ノンレム深睡眠(in SPT)	分		29.0	0.0
レム睡眠(in SPT)	分		168.0	77.5
覚醒(in SPT)	分		0.0	2.0
ノンレム浅睡眠(in SPT)	%		50.1	73.3
ノンレム深睡眠(in SPT)	%		7.3	0.0
レム睡眠(in SPT)	%		42.5	26.0
覚醒(in SPT)	%		0.0	0.7
中途覚醒				
覚醒指数	エポック／時間		0.0	0.8
総覚醒回数	エポック		0	4
睡眠効率				
睡眠効率	%		94.4	95.3
第 1 周期				
ノンレム深睡眠	分	※	24.0	0.0
レム睡眠	分	7.2	23.0	23.5
第 2 周期				
ノンレム深睡眠	分	0	20.5	0.0
レム睡眠	分	33.6	57.0	19.5

## 3. 4. 2 51次

5107

表 19 5107 の睡眠変数

日付		2010/3/31	2010/7/2	2010/9/3	2010/11/30	平均値
ファイル名		5107A3V7	002XA726	002XM23C	002X0110	
全就床時間(TIB)	分	426.5	444.0	371.0	360.5	400.5
入眠潜時	分	10.0	10.5	101.0	9.0	32.6
ノンレム深睡眠潜時	分	7.0	0.0	5.5	7.0	4.9
レム睡眠潜時	分	64.5	101.0	76.5	55.0	74.3
睡眠時間(SPT)	分	415.0	424.0	222.5	349.5	352.8
全睡眠時間(TST)	分	408.0	412.5	190.0	329.5	335.0
睡眠時間(SPT)						
ノンレム浅睡眠(L)	分	121.0	110.0	51.5	83.0	91.4
ノンレム深睡眠(D)	分	181.0	236.0	96.5	172.5	171.5
レム睡眠(R)	分	106.0	66.5	42.0	74.0	72.1
中途覚醒(W)	分	7.0	11.5	32.5	20.0	17.8
ノンレム浅睡眠(L)	%	29.2	25.9	23.1	23.7	25.5
ノンレム深睡眠(D)	%	43.6	55.7	43.4	49.4	48.0
レム睡眠(R)	%	25.5	15.7	18.9	21.2	20.3
中途覚醒(W)	%	1.7	2.7	14.6	5.7	6.2
中途覚醒						
覚醒指数	回/時間	2.0	3.3	17.5	6.9	7.4
総覚醒回数	回	14.0	23.0	65.0	40.0	35.5
睡眠効率						
睡眠効率	%	95.7	92.9	51.2	91.4	82.8
ノンレム睡眠時の $\delta$ パワー量						
第 1 周期	$\mu V^2$	2882.7	3995.9	1330.7	2673.8	2720.8
	分	64.5	101.0	76.5	55.0	74.3
	$\mu V^2/分$	44.7	39.6	17.4	48.6	37.6
睡眠時間 (SPT)	$\mu V^2$	8177.9	8912.7	3521.1	8435.6	7261.8
第 1 周期/ 睡眠時間	%	35.2	44.8	37.8	31.7	37.4

5111

表 20 5111 の睡眠変数

日付		2010/4/2	2010/7/3	2010/9/3	2010/11/30	平均値
ファイル名		0082A425	0082A737	0082A943	004CM528	
全就床時間(TIB)	分	455.0	485.5	536.5	382.5	464.9
入眠潜時	分	12.5	36.0	42.0	30.0	30.1
ノンレム深睡眠潜時	分	13.5	23.0	14.0	17.5	17.0
レム睡眠潜時	分	64.0	87.5	126.5	84.0	90.5
睡眠時間(SPT)	分	440.0	447.0	492.0	352.5	432.9
全睡眠時間(TST)	分	438.0	444.5	476.0	348.5	426.8
睡眠時間(SPT)						
ノンレム浅睡眠(L)	分	204.0	267.0	304.0	192.0	241.8
ノンレム深睡眠(D)	分	86.0	80.5	85.5	73.0	81.3
レム睡眠(R)	分	148.0	97.0	86.5	83.5	103.8
中途覚醒(W)	分	2.0	2.5	16.0	4.0	6.1
ノンレム浅睡眠(L)	%	46.4	59.7	61.8	54.5	55.6
ノンレム深睡眠(D)	%	19.5	18.0	17.4	20.7	18.9
レム睡眠(R)	%	33.6	21.7	17.6	23.7	24.2
中途覚醒(W)	%	0.5	0.6	3.3	1.1	1.4
中途覚醒						
覚醒指数	回/時	0.5	0.7	3.9	1.4	1.6
総覚醒回数	回	4.0	5.0	32.0	8.0	12.3
睡眠効率						
睡眠効率	%	96.3	91.6	88.7	91.1	91.9
ノンレム睡眠時の $\delta$ パワー量						
第1周期	$\mu V^2$	1832.4	1347.5	1794.0	2349.5	1830.8
	分	64.0	87.5	126.5	84.0	90.5
	$\mu V^2/\text{分}$	28.6	15.4	14.2	28.0	21.5
睡眠時間(SPT)	$\mu V^2$	3735.0	3565.1	3849.3	3503.9	3663.3
第1周期/睡眠時間	%	49.1	37.8	46.6	67.1	50.1

5120

表 21 5120 の睡眠変数

日付		2010/4/3	2010/7/1	2010/9/4	2010/11/30	平均値
ファイル名		0056A435	0056A726	0056A954	0056AC15	
全就床時間(TIB)	分	332.5	330.5	527.5	368.5	389.8
入眠潜時	分	24.0	5.5	77.0	56.0	40.6
ノンレム深睡眠潜時	分	15.0	10.0	136.0	4.5	41.4
レム睡眠潜時	分	75.0	63.0	76.0	89.5	75.9
睡眠時間(SPT)	分	308.0	324.0	446.0	311.0	347.3
全睡眠時間(TST)	分	287.5	324.0	426.5	311.0	337.3
睡眠時間(SPT)						
ノンレム浅睡眠(L)	分	162.0	161.0	308.0	210.5	210.4
ノンレム深睡眠(D)	分	83.0	81.0	18.5	47.5	57.5
レム睡眠(R)	分	42.5	82.0	100.0	53.0	69.4
中途覚醒(W)	分	20.5	0.0	19.5	0.0	10.0
ノンレム浅睡眠(L)	%	52.6	49.7	69.1	67.7	59.8
ノンレム深睡眠(D)	%	26.9	25.0	4.1	15.3	17.8
レム睡眠(R)	%	13.8	25.3	22.4	17.0	19.6
中途覚醒(W)	%	6.7	0.0	4.4	0.0	2.8
中途覚醒						
覚醒指数	回/時間	8.0	0.0	5.2	0.0	3.3
総覚醒回数	回	41.0	0.0	39.0	0.0	20.0
睡眠効率						
睡眠効率	%	86.5	98.0	80.9	84.4	87.4
ノンレム睡眠時の $\delta$ パワー量						
第1周期	$\mu V^2$	1290.0	1400.2	693.3	1391.2	1193.7
	分	75.0	63.0	76.0	89.5	75.9
	$\mu V^2/\text{分}$	17.2	22.2	9.1	15.5	16.0
睡眠時間(SPT)	$\mu V^2$	3405.5	3081.4	2888.2	2429.6	2951.2
第1周期/睡眠時間	%	37.9	45.4	24.0	57.3	41.1

5121

表 22 5121 の睡眠変数

日付		2010/4/4	2010/6/30	2010/9/3	2010/12/2	平均値
ファイル名		0060M234	00600115	00600366	00600110	
全就床時間(TIB)	分	-	518.0	399.5	285.0	400.8
入眠潜時	分	-	11.5	62.5	5.0	26.3
ノンレム深睡眠潜時	分	-	-	-	-	-
レム睡眠潜時	分	-	73.5	35.0	78.0	62.2
睡眠時間(SPT)	分	-	503.0	336.5	277.5	372.3
全睡眠時間(TST)	分	-	485.5	299.5	261.5	348.8
睡眠時間(SPT)						
ノンレム浅睡眠(L)	分	-	351.0	239.0	183.0	257.7
ノンレム深睡眠(D)	分	-	0.0	0.0	0.0	0.0
レム睡眠(R)	分	-	134.5	60.5	78.5	91.2
中途覚醒(W)	分	-	17.5	37.0	16.0	23.5
ノンレム浅睡眠(L)	%	-	69.8	71.0	65.9	68.9
ノンレム深睡眠(D)	%	-	0.0	0.0	0.0	0.0
レム睡眠(R)	%	-	26.7	18.0	28.3	24.3
中途覚醒(W)	%	-	3.5	11.0	5.8	6.7
中途覚醒						
覚醒指数	回/時間	-	4.2	13.2	6.9	8.1
総覚醒回数	回	-	35.0	74.0	32.0	47.0
睡眠効率						
睡眠効率	%	-	93.7	75.0	91.8	86.8
ノンレム睡眠時の $\delta$ パワー量						
第 1 周期	$\mu V^2$	-	362.5	185.9	609.6	386.0
	分	-	73.5	35.0	78.0	62.2
	$\mu V^2/\text{分}$	-	4.9	5.3	7.8	6.0
睡眠時間(SPT)	$\mu V^2$	-	951.6	889.7	941.6	927.7
第 1 周期/睡眠時間	%	-	38.1	20.9	64.7	41.2



5122

表 23 5122 の睡眠変数

日付		2010/3/31	2010/6/30	2010/9/3	2010/11/29	平均値
ファイル名		004CA3V6	004CM238	004CM238	0082ABU5	
全就床時間(TIB)	分	381.5	466.5	337.0	361.0	386.5
入眠潜時	分	9.5	3.5	52.5	23.0	22.1
ノンレム深睡眠潜	分	18.0	25.5	49.5	11.5	26.1
レム睡眠潜時	分	63.5	58.5	96.0	84.5	75.6
睡眠時間(SPT)	分	369.5	461.5	281.0	336.5	362.1
全睡眠時間(TST)	分	365.0	459.0	258.5	296.5	344.8
睡眠時間(SPT)						
ノンレム浅睡眠(L)	分	201.0	262.0	176.0	160.0	199.8
ノンレム深睡眠(D)	分	29.0	15.0	13.5	59.5	29.3
レム睡眠(R)	分	135.0	182.0	69.0	77.0	115.8
中途覚醒(W)	分	4.5	2.5	22.5	40.0	17.4
ノンレム浅睡眠(L)	%	54.4	56.8	62.6	47.5	55.3
ノンレム深睡眠(D)	%	7.8	3.3	4.8	17.7	8.4
レム睡眠(R)	%	36.5	39.4	24.6	22.9	30.9
中途覚醒(W)	%	1.2	0.5	8.0	11.9	5.4
中途覚醒						
覚醒指数	回/時間	1.5	0.7	9.6	14.3	6.5
総覚醒回数	回	9.0	5.0	45.0	80.0	34.8
睡眠効率						
睡眠効率	%	95.7	98.4	76.7	82.1	88.2
ノンレム睡眠時の $\delta$ パワー量						
第1周期	$\mu V^2$	704.7	446.3	909.5	1183.8	811.1
	分	63.5	58.5	96.0	84.5	75.6
	$\mu V^2/分$	11.1	7.6	9.5	14.0	10.6
睡眠時間(SPT)	$\mu V^2$	2011.2	2352.1	1837.8	2613.2	2203.6
第1周期/睡眠時間	%	35.0	19.0	49.5	45.3	37.2

5123

表 24 5123 の睡眠変数

日付		2010/4/2	2010/7/3	2010/9/4	2010/12/2	平均値
ファイル名		0048M239	0048M55B	0048M787	0048O110	
全就床時間(TIB)	分	417.5	394.5	577.0	284.0	381.5
入眠潜時	分	4.5	4.5	70.0	8.5	466.5
ノンレム深睡眠潜時	分	36.5	-	-	-	337.0
レム睡眠潜時	分	66.5	52.5	128.0	91.5	361.0
睡眠時間(SPT)	分	410.0	384.5	503.5	274.0	386.5
全睡眠時間(TST)	分	400.0	384.5	417.0	264.0	366.4
睡眠時間(SPT)						
ノンレム浅睡眠(L)	分	272.5	273.0	311.0	196.0	263.1
ノンレム深睡眠(D)	分	2.0	0.0	0.0	0.0	0.5
レム睡眠(R)	分	125.5	111.5	106.0	68.0	102.8
中途覚醒(W)	分	10.0	0.0	86.5	10.0	26.6
ノンレム浅睡眠(L)	%	66.5	71.0	61.8	71.5	67.7
ノンレム深睡眠(D)	%	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1
レム睡眠(R)	%	30.6	29.0	21.1	24.8	26.4
中途覚醒(W)	%	2.4	0.0	17.2	3.6	5.8
中途覚醒						
覚醒指数	回/時間	2.9	0.0	20.6	4.4	7.0
総覚醒回数	回	20.0	0.0	173.0	20.0	53.3
睡眠効率						
睡眠効率	%	95.8	97.5	72.3	93.0	89.6
ノンレム睡眠時の $\delta$ パワー量						
第 1 周期	$\mu V^2$	485.2	297.2	199.5	454.8	359.2
	分	66.5	52.5	128.0	91.5	84.6
	$\mu V^2/\text{分}$	7.3	5.7	1.6	5.0	4.9
睡眠時間(SPT)	$\mu V^2$	1361.1	946.4	793.6	802.1	975.8
第 1 周期/睡眠時間	%	35.7	31.4	25.1	56.7	37.2

## 51 次被験者間比較

表 25 51 次隊員全員の睡眠変数

ID		5107	5111	5120	5121	5122	5123	平均値
全就床時間(TIB)	分	400.5	464.9	389.8	400.8	432.7	381.5	411.7
入眠潜時	分	32.6	30.1	40.6	26.3	31.4	466.5	104.6
ノンレム深睡眠潜時	分	4.9	17.0	41.4	-	10.9	337.0	82.2
レム睡眠潜時	分	74.3	90.5	75.9	62.2	82.4	361.0	124.4
睡眠時間(SPT)	分	352.8	432.9	347.3	372.3	392.8	386.5	380.8
全睡眠時間(TST)	分	335.0	426.8	337.3	348.8	380.9	366.4	365.8
睡眠時間(SPT)								
ノンレム浅睡眠(L)	分	91.4	241.8	210.4	257.7	166.6	263.1	205.1
ノンレム深睡眠(D)	分	171.5	81.3	57.5	0.0	126.4	0.5	72.9
レム睡眠(R)	分	72.1	103.8	69.4	91.2	87.9	102.8	87.9
中途覚醒(W)	分	17.8	6.1	10.0	23.5	11.9	26.6	16.0
ノンレム浅睡眠(L)	%	25.5	55.6	59.8	68.9	40.5	67.7	53.0
ノンレム深睡眠(D)	%	48.0	18.9	17.8	0.0	33.5	0.1	19.7
レム睡眠(R)	%	20.3	24.2	19.6	24.3	22.2	26.4	22.8
中途覚醒(W)	%	6.2	1.4	2.8	6.7	3.8	5.8	4.4
中途覚醒								
覚醒指数	回/時間	7.4	1.6	3.3	8.1	4.5	7.0	5.3
総覚醒回数	回	35.5	12.3	20.0	47.0	23.9	53.3	32.0
睡眠効率								
睡眠効率	%	82.8	91.9	87.4	86.8	87.4	89.6	87.7
ノンレム睡眠時の $\delta$ パワー量								
第1周期	$\mu V^2$	2720.8	1830.8	1193.7	386.0	2275.8	359.2	1461.0
	分	74.3	90.5	75.9	62.2	82.4	84.6	78.3
	$\mu V^2$ /分	37.6	21.5	16.0	6.0	29.6	4.9	19.3
睡眠時間(SPT)	$\mu V^2$	7261.8	3663.3	2951.2	927.7	5462.6	975.8	3540.4
第1周期/睡眠時間	%	37.4	50.1	41.1	41.2	43.8	37.2	41.8

#### 4. 考察

##### 4. 1 50 次データの総括

###### 1) 睡眠時間の短縮

- 50 次隊の南極での平均睡眠時間は 5 時間であり、日本人の平均睡眠時間である 6.5 時間（スリープウェル保有データ）であることを考慮すると、短い睡眠時間といえる。

###### 2) レム睡眠に移行するまでの時間（レム睡眠潜時）の短縮

- 被験者全体でレム潜時が早まっている傾向が見られる。ベースラインの測定とともに経時的にその変化を見ることが望まれる。精神疲労や慢性疲労の際、レム潜時が早まるという報告もあるので、今後は帰国後の計測との比較も有用であると推察される。
- SW で保有するデータ (n=298) との比較によると、REM 睡眠に至るサイクルの平均時間は約 78 分である。サイクルが短めであることは、前出の睡眠時間が短いことも影響にあるかもしれない。当初、REM 睡眠の潜時が短いのではないかと仮説もたったが、実際、REM 睡眠に至る時間は 60～120 分であり、平均とそれほどかい離していないようだ。

###### 3) 睡眠時間に対するレム睡眠の割合が高い（一部の被験者）

- 睡眠時間の短縮により、相対的にレム睡眠の割合が増加した被験者が観察されている。
- また、睡眠時間に対するレム睡眠出現数や睡眠時間に対するレム睡眠の割合については、平均的な日本人の睡眠としての範囲内（SW 調査結果）であった。

##### 4. 2 51 次データの総括

- 当初、睡眠状態の変化については、夏季と冬季の日照時間や外気温度の変化など、外的環境との相関があると考えていた。睡眠変数全体を考察すると、3 月、6 月、9 月にかけて、睡眠の質が徐々に悪化し、12 月に良質化している。
- かつて、越冬隊員のアンケートによる定性評価では、隊員のモチベーションは、3 月（任務開始時）をピークに徐々に悪化し、帰国直前に再度上昇するとの結果がある。今回の睡眠脳波解析結果も、その結果と同様の結果を導出している。
- すなわち、今回の研究結果からの考察では、外的環境よりも、多くのミッションや、家族に会えないなどの制約条件などからによるストレスなどの心的要因が、睡眠に影響を及ぼす可能性が高いと推察した。
- ただし、9 月のデータ、特に入眠潜時については、全員が平均よりも大きく延長していることから、通常の計測状態ではない状態、例えば電極をつけたまま覚醒状態で活動するなどの行動が想定される。帰国後の隊員へのヒアリングを実施し、データの補正の必要性も想定される。

###### 1) 測定記録時間（TIB）

- 日本人の平均睡眠時間が 7.5 時間（臨床睡眠検査マニュアル：日本睡眠学会）であるが、SW 社で保有する約 298 人の平均データを考慮すると、隊員は平均的な睡眠時間といえる。
- 50 次隊員が 5 時間程度（約 360 分）と短かったが、51 次の隊員は 7 時間程度（約 410 分）と一般の健常者と比較しても遜色はない。

###### 2) 入眠潜時

- 経時変化に伴って、延長傾向（寝つきの悪さ）にあり、9 月をピークとして、12 月には再び前進する（寝つきが良くなる）。

###### 3) 覚醒指数

- 3 月から 6 月にかけて減少しているが、9 月に増加し、再度 12 月に減少している。

4) 第一周期  $\delta$  パワー

- ・ 3月から9月にかけて減少し、12月に増加している。

## 5) レム睡眠潜時

- ・ 経時変化に伴った変化は認められなかった。
- ・ レム潜時の短縮は、ストレス時やそのストレスから発症する精神疾患の際にも見られ、精神疾患の兆候をつかむ指標としても有用である。昨年度の隊員において、レム潜時の短縮が認められたことから、今年度も計測を行ったが、一般的な健常者の値と大きな相違は認められなかった。

## 【参考文献】

1. Bechtel, Robert B. and Amy Berning. 1991. "The Third-Quarter Phenomenon: Do People Experience Discomfort After Stress Has Passed?" Pp. 261-266 in *From Antarctica to Outer Space: Life in Isolation and Confinement*, edited by A.A. Harrison, Y.A. Clearwater, and C.P. McKay. New York:
2. Steel, G. Daniel (2001), "Polar Moods: Third-Quarter Phenomena in the Antarctic", *Environment and Behavior*, 33, 1: 126-133.
3. 第34回日本睡眠学会学術集会・シンポジウム「宇宙と睡眠」(2009年10月25日、大阪)
4. *Sleep and Biological Rhythms*, 2011; 9:254-416 P2-160 (P.393)
5. *Sleep and Biological Rhythms*, 2011; 9:254-416 P2-228 (P.415)