

『疲労の測定と評価』

1. 疲労の測定と評価

疲労は作業者の側に起こる変化を代表するものといえる。作業のヒューマンファクターズの中に多面的に含まれる「働きにくさ」が疲労となって表れるからである。

疲労を測定・評価することができれば、それを「働きにくさ」の生物学的指標として、設計改善に役立てることができる。

疲労の測定・評価には予測される過労状態としてどうなるかがわかっていることが前提となる。

一般に疲労性変化としては、

- ・ 作業量や行動様式など第三者に観測できる作業パフォーマンス変化
- ・ 自覚的な心理反応
- ・ 客観的に計測できる生理反応

の3種類があげられるが、その内容は取り上げる疲労のタイプによって当然異なるといえる。

2. 急性・亜急性疲労

静的筋作業の場合、一定の段階を経て進行するから、それを追って測定することができる。

- ・ 筋出力の記録（ひすみ計の利用が便利）
- ・ 筋疲労感・筋痛の自覚時点の記録（筋疲労感を段階評定できる）
- ・ 表面筋電図[主動筋の表層皮膚面に電極を二つ置き、電極間の電位変化（通常数 $10\mu\text{V}\sim 2\text{mV}$ ）を記録し、その筋電図（E. M. G）の積算値もしくは周波数スペクトル変化を調べる]
- ・ 心拍数記録、できれば呼吸量記録と酸素消費量測定との併用
- ・ 行動変化の記録（筋出力記録上の乱れや震え、足の踏ん張り力、呼吸記録上の停止カーブとして認められる怒責など）

これらのうち、筋疲労感の段階、筋電図徐波成分比率（全積分値に占める60HZ以下の成分の比率など）がもっとも頼りになるが、心拍数や収縮終了時の最大筋力の変化なども相対比較に使える。

動的筋作業では、同内容の作業であれば呼吸循環系などの定常状態の乱れ、複合した作業であれば回復の遅れに焦点を合わせて測定することができる。

- ・ 単位時間当たり作業量または動作速度の記録
 - ・ 筋疲労感または全身疲労感の記録
 - ・ 心拍数記録[胸部皮膚につけた二つの電位変化（数百 $\mu\text{V}\sim 1\text{mV}$ 程度）を心電図（E. C. G）として記録するか、その計数記録]、できれば、呼吸量記録と酸素消費量測定
 - ・ 筋電図又は筋力記録
 - ・ 行動変化の記録（主動作の変化、息切れなどの出現、副次的動作など）
- これらのうち定常状態の乱れと回復遅れを見るには、心拍数記録の応用範囲が最も広い。

疲労感は静的筋作業の時ほど鮮明ではないので、心拍数記録を中心にして他の項目で補強して疲労性変化の出現を調べるのが現実的である。

機器操作・技能作業の疲労を見るには、筋作業だけの場合とは違って操作や作業サイクルの乱れ、或いはミスなどの他覚的变化に焦点を合わせて観測することが重要になる。

- ・ 単位時間当たりの作業量又は作業周期の記録
- ・ 操作手順とその時間配分の記録（なるべく自動記録する方が正確なデータが得られる）
- ・ 動作軌跡または姿勢変位の記録[重心計を応用した姿勢変位の連続記録、操作部位や肩、腰などの動く軌跡の光点応用、位置計測などによる記録（クロノサイクルグラフ）など]
- ・ 疲労感・疲労部位の記録
- ・ 筋電図記録（細かい動作周期や疲労性筋電図変化）
- ・ 眼球運動記録（現場的には眼の左右又は上下の皮膚に貼付した電極間電位の直流増幅による眼球運動図（E. O. G.）が使いやすい。）
- ・ 心拍数記録、できれば呼吸、皮膚電気抵抗値（皮膚電流反射がつかまえられる）、血圧測定などとの同時記録（心拍数としては、毎分心拍数のほかに、1拍ごとの間隔から換算した拍動ごとの心拍数レベル記録が



疲労の測定と評価

版数：00

役立つ)

- ・ 作業ミスの記録
- ・ 認知・判断能力の変化測定（フリッカー値検査、連続反応時間など）
- ・ 副次的行為の記録

これらは、急性の疲労をとらえることを目標にした場合であるが、心拍数のような生理的反応には意味付けできる疲労性変化はつかまえない。

監視作業・検査作業の場合には、作業量や作業サイクルを手がかりにしにくいので、緊張持続のための注意状態とその乱れ、したがってミスが観測できるならミスをとらえることが主眼となる。

- ・ 注意の集中時期、連絡、会話期などの主要作業時間配分状況の記録
- ・ 注意状態を知るための眼球運動記録（E. O. G.）
- ・ 姿勢変位の記録
- ・ 2重課題法によるスペア能力の変化測定[本来の作業課題に対して二次的な弁別作業（聴覚信号又は視覚信号に対する）を課して、その応答の正確さ（スペア能力）から、本来の作業に対する注意集中度もしくは全体としての注意状態を調べる]
- ・ 疲労感の記録
- ・ 心拍数記録、できれば呼吸、皮膚電気抵抗値、注意状態に關係する筋の筋電図などとの同時記録（心拍数としては、毎分心拍数の他に1拍ごとの間隔から拍動ごとの心拍数レベルを換算記録できるようにし、その心拍数レベルの動揺度を見る。緊張すると動揺度が減少する）
- ・ 作業ミス又は反応遅れの記録
- ・ 認知・判断能力の変化測定[フリッカー値（点滅する光点が融合して連続項として感じる限界周波数、意識水準低下に応じて低下する）検査、連続反応時間（4択程度の選択反応時間が良い）の測定、加算作業検査など]
- ・ 副次的行為の記録（よそ見、ぼんやり、雑談、まどろみ、上下肢動作、姿勢転換などの観察による記録）

これらの変化はお互いに関連深く、作業状況が一様で単調化し易い時ほど、生理反応が沈静化して、心拍数もむしろ低下した状態で注意状態が散漫になり易い。

特に参考になるのが疲労感と認知能力の低下、それに注意配分状態が長続きしなくなることを示す変化である。

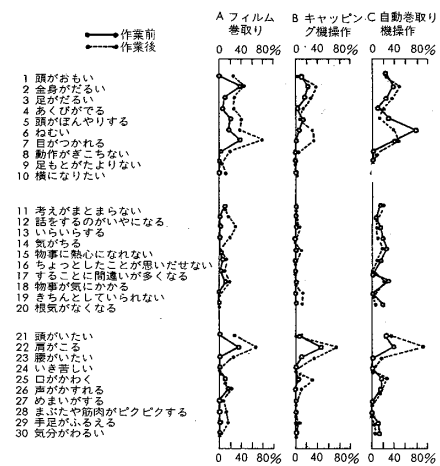
3. 疲労感・疲労自覚症状の観測

疲労自覚症状の調査には下表のような**自覚症状調査表**が役立つ。この調査表は産業疲労研究会（日本産業衛生学会）によるもので、前述の疲労感3因子構造に基づき、各因子10項目づつ30項目からなっている。1～数時間の間隔で時点を追って疲労自覚症状の訴えの変化を調べるのに適している。

この3因子は、I群が“眠気とだるさ”の因子、II群が“注意集中の困難”の因子、III群が“身体違和感”の因子と考えられている。

通常はI群の群平均訴え率が3群中最も高く、また、最も増え易く、III群がこれに続く。

II群は注意集中ができにくい状態で、おそらく“へばり”の状態に近づくほど増えると見られ、II群の訴えが相対的に増えるのは疲労として進んだ状態と見ることが出来る。



フィルム巻取り業者（女子）の疲労自覚症状
30項目の訴え率プロフィール^[24]



No. _____ **自覚症状調べ**
 (日本産業衛生学会産業疲労研究会撰)

なまえ _____
 _____年____月____日 午前 _____時____分ごろ記入 今日の勤務 _____

いま、あなたの状況についてお聞きます。

次のようなことが { 有ったら○ / 無い場合には× } のいずれかを口の中に必ずつけて下さい。

I		II		III	
1	頭がおもい	11	考えがまとまらない	21	頭が痛い
2	全身がだるい	12	話をするのが嫌になる	22	肩が凝る
3	足がだるい	13	いらいらする	23	腰が痛い
4	あくびが出る	14	気が散る	24	息苦しい
5	頭がぼんやりする	15	物事に熱心になれない	25	口が乾く
6	眠い	16	ちょっとしたことが思い出せない	26	声がかすれる
7	目が疲れる	17	することに間違いが多くなる	27	めまいがする
8	動作がぎこちない	18	物事が気にかかる	28	まぶたや筋肉がピクピクする
9	足元が頼りない	19	きちんとしていられない	29	手足が震える
10	横になりたい	20	根気が無くなる	30	気分が悪い

(労働科学研究所)



疲労の測定と評価

版数：00

4. 日周性疲労

1 勤務日について、疲労を調べる場合や、いくつかの勤務や週間、交代周期について調べていく場合には、急性・亜急性疲労を見る場合よりさらに総合的な調べ方をする必要があります。

日周性疲労は、概日リズムの影響と睡眠を中心とした性格時間上の休養条件を見ていくことが必要になる。

- ・ 作業量・作業速度などの“作業曲線”とこれらの分散の経過
- ・ 作業内小休憩の頻度・長さの作業期別比較
- ・ 作業ミスの頻度・種類の作業期別比較
- ・ 疲労感・疲労自覚症状の1日当たり少なくとも数時点についての調査
- ・ 疲労部位の同じく1日当たり少なくとも数時点についての調査
- ・ 作業中の生理現象と行動についての連続的な“ポリグラフ”記録[特に心拍数、筋電図などと主操作行動(例えば自動車運転のアクセル・ブレーキ操作など)の自動記録を磁気テープに記録して分析する方法は汎用性が高い。このほか、呼吸・眼球運動・脳波・血圧・皮膚電気抵抗などが生理現象として連続記録でき、操作に伴う加速度や姿勢変化などもポリグラフにのせ易い]
- ・ 体温、尿症状などの概日リズム総合指標の少なくとも数日にわたる測定
- ・ 副次行動の記録
- ・ 機能検査(フリッカー値検査などの認知能力の検査、連続反応時間測定や加算などのパフォーマンス検査、制御能力の測定、筋力測定など)
- ・ 2重課題法によるスペア能力の変化測定
- ・ 生活時間構造の自計法による記録(少なくとも数日にわたる各24時間の生活時間の使い方の調査を行い、とりわけ勤務時間を含めた勤務による拘束、睡眠時間の長さや配分、社会的文化的生活時間の長さについて分析する)
- ・ 休養効果についての観測(休養効果の自己評定もしくは観測値の回復効果の観測)
- ・ アンケート法による生活上の訴え、働きにくさについての調査

こうした“疲労調査”は実際は実施上の制約があって詳しい調査ほど良い調査とは言えないものである。調査項目が多いことはそれだけ余分の負担になるから、疲労を調べる目的とそぐわなくなるためである。

産業疲労調査のやり方に、疲労の蓄積効果を調べる諸方法が以上のほかにあり、やり方によってはその時々の疲労調査実施より価値が高いことが少なくない。

慢性疲労の症状ないし訴え自身を調べる方法と、ミスや事故・疫病・欠勤などの記録調査を行う場合とがある。

慢性疲労症状としては全身疲労感のほかに気力の低下や不安感・睡眠障害など多くの関連症状があるので、それをまとめた調査表が考案されている。肩凝りや筋圧痛、上肢の異常感、腰痛のように慢性疲労に基づく運動器の諸症状や夜勤者の胃腸症状、呼吸器症状を調べて作業形態の問題点を指摘できることもある。

就労状態やミス・事故などの調査は、この慢性疲労症状調査の考え方をさらに広げたものといえることができる。ただし、慢性疲労症状がいろいろの職業生活の複合要因がある中でやはり働きにくさや休養不足に関係深いとすぐ言えるのに比べると、欠勤やミス・事故では要因が更に複雑で疲労の関与の仕方がはっきりしにくいことが少なくない。その場合は、細かく仕事の条件別に調べるか、疲労要因として最重要とも言える経過時間別比較、日数別・時刻別比較を行うと良い。

右表にこれらの疲労調査のうち比較的汎用されるものを総括する。

汎用されている疲労調査項目

区分	項目別
作業指標	単位時間当たり作業量/作業サイクル 作業強度/作業ミス
自覚疲労	疲労感/疲労自覚症状 疲労部位/局所疲労感・筋痛
機能指標	連続記録法 ---- 心拍数/心拍間隔動揺 呼吸量/エネルギー代謝量/体温 筋電図/筋出力 眼球運動/脳波/皮膚電流反射 2重課題に対する応答 姿勢変位等の副次行動 機能検査法 ---- 認知域値(フリッカー値ほか) 連続反応時間/制御能力検査 加算その他の作業検査 尿症状検査/自立機能検査
記録調査	事故・欠勤・疫病
行動記録など	生活時間構造調査(特に睡眠とその効果) 各種自覚症状調査 休養効果評定 一般アンケート

