

## リーン生産方式における従業員の疲労状況調査及び予防対策研究

黄河<sup>1</sup>, 馬晶俊<sup>2</sup> 江南大学商学院, 江蘇無錫, 214122  
吉田慶子 訳

### 要旨:

リーン生産方式は、日本の豊田自動車の生産モデルから由来し、現代製造企業に最も適している生産組織の管理モデルと考えられている。製造業のコアな競争力を高めるため、リーン生産方式を採用する製造企業は後を絶たず増加している。しかし、リーン生産方式は従業員全体の参加を求め、多様な操作スキルを持ち、そして、少人数、柔軟化を実現するためには、従業員により高い能力が求められ、疲労を生じやすい側面もある。

リーン生産方式における従業員の疲労状況を把握するため、本稿はスケーリング法を用いて製造作業員に対して調査を行った。その結果、リーン生産従業員の疲労は一般生産従業員より高く、かつ疲労の分布が広い。筆者は、この研究結果に基づき、作業姿勢の改善、作業難易度、作業負荷、そして心理負荷の軽減という4つの視点からリーン生産方式の労働管理に対して有益な提言をする。

キーワード: リーン生産、作業疲労、マルチスキル

### 1 はじめに

製造業は国民経済の主体である。原材料価格の高騰、人口ボーナスが徐々に消えゆく中、製造業は先進的な生産管理手法を採用し、製造過程の改善、製造コストの削減を通して、全体的な競争力を高めるようにしている。リーン生産方式 (Lean Production) はトヨタシステム (Toyota Production System) を原点とする生産方式である。セル生産、ジャスト・イン・タイム生産、カンバン管理、フル生産管理、5S マネジメントなど一連の手法を取り入れることで、生産プロセスの浪費をなくし、企業の運営効率を向上させ、企業コストを軽減するために効果的である。

リーン生産方式は、すべての従業員の積極参加と継続的な改善を奨励し、従業員はリーン生産の一環として見られている。伝統的な生産方式とは異なり、「小人数」生産を実現するためには、リーン生産方式は従業員にさまざまな操作スキルの習得、熟練した従業員になることを求めている。この生産方式を実施するためには、従業員に高い身体的、心理的負荷を求めている。Backstrand (2013) は、人間工学の要素をリーン生産方式に加えるべきとの考えを示し<sup>[1]</sup>、Theoni Koukoulaki (2014)は、JITの生産方式は従業員の負担を増大させると示唆している<sup>[2]</sup>。さらに、Sarah K. Womack (2009)は、リーン生産方式における従業員の骨格筋疾患のリスクは、通常の実業従業員のそれより格段に高いわけではないことを実証的な研究を通じて示している<sup>[3]</sup>。本稿は、リーン生産方式における従業員の疲労状況と特徴について調査を行う。

疲労は、効率の低下と労働意欲の欠如を意味し、労働過程に生じる疲労を作業疲労と呼ばれている。作業疲労に関する人間工学研究は、最初は運転に適用され、ドライバーの疲労調

査に用いられていた。のちに、疲労問題が各分野に広がり、作業効率の低下、製品不良率、職業病罹患率の上昇などをもたらす原因とみられ、一連の問題は徐々に研究者たちの注目を集めるようになり、疲労に関する研究もさまざまな分野で進められるようになった。作業疲労の測定は、生理学的評価尺度と主観的評価尺度の2種類に分かれている。生理学的測定法は、一般的に筋電図 (Kesar, 2014) <sup>[4]</sup>、心拍数 (Bounous G, 1999) <sup>[5]</sup>、脳波図 (Budi Thomas Jap, 1998) <sup>[6]</sup>、動脈圧 (Clark RA, 2010) <sup>[7]</sup> など一定の生理測定指標を用いて疲労度を測る。一方、主観的測定法は、FSS 疲労評価表、CIS 個人評価項目および FIS 疲労インパクト評価表 (呉春薇, 2009) <sup>[8]</sup>、Maslash3 理論をもとに作成された心理疲労評価質問紙 (浦徐進, 2013) <sup>[9]</sup>、自覚症状調査表 (黄河, 2009) <sup>[10]</sup>、疲労累積度調査評価表 (黄河, 2009) <sup>[11]</sup> などがある。

作業疲労は、従業員の労働欲求と生産性を低下させ、さらに事故につながる可能性がある。リーン生産方式の「プル型生産」、「省人数化」、「スキル多様化」などの労働様式は、従来の組み立て生産ラインの作業と異なるため、リーン生産は作業疲労を引き起こすか否か、その作業疲労の特徴、労働効率に影響を与えるかどうかは、解決しなければならない新しい課題となっている。本稿は、主観的疲労評価表という疲労測定法を用いて、無錫市にある5つのリーン生産型の製造業現場の作業員と一般生産ラインの作業員に対して、それぞれの疲労を測定し、リーン生産型と非リーン生産型従業員の疲労状況を比較した上、従業員の疲労状態とその特徴の相違点について分析を行い、疲労管理に提言を呈したい。

## 2 研究方法

「疲労は主観的に感じるものである」という主張が広く認められるようにつれ、主観的な評価尺度は作業疲労を測定する重要な方式の一つになった。主観的評価測定は、シンプル、低コストなどの特徴を有し、かつ統計学の方法を用いるため、被験者の疲労状況を良く反映する利点がある。本調査に用いたアンケートは、主に被験者の基礎情報、「蓄積疲労症候調査評価表」、「自覚症状調査評価表」、「疲労部位調査評価表」が含まれている。そのうち、「自覚症状調査評価表」は、ある時点における従業員の疲労に対する自己認識を反映し、「疲労部位調査評価表」は、被験者ある時点の疲労分布状況を反映するものである。また、「蓄積疲労症候調査評価表」は、一定期間における被験者の疲労蓄積度を反映するものである。

本稿は、現場従業員を調査対象として、400部のアンケート表を配布した。そのうち、リーン生産部門は300部、一般生産部門には100部となっている。「自覚症状調査評価表」および「疲労部位調査評価表」は、作業前、正午休憩、作業後および残業後と4つの時点で測定を行った。「蓄積疲労症候調査評価表」は作業日ごとに1回測定を行った。アンケート表は374部を回収でき、そのうち有効回答は350部、有効回収率は87.50%であった。有効回答の中には、リーン生産部門と一般生産部門、それぞれ270部、80部である。

各評価表の統計結果について信頼性と有効性テストを行い、各評価のKMO値はすべて0.7より大きく、許容範囲内であった。同時に、各評価のBartlett検定の分散性をみると、均一値が比較的高く、いずれも有意水準0.05に達しているため、妥当性を有し、修正する必要はないと考えられる。

### 3 調査結果

#### 3.1 自覚症状の比較と分析

従業員の自覚症状の総合スコアは図1の示している通り、時間の経過とともに、一般生産部門とリーン部門の従業員の疲労は、同様に上昇傾向を示し、特に時間外労働の場合はピークに達している。また、一般生産部門とリーン生産部門従業員における異なる時点の疲労自覚症状は増加する傾向を示し、労働時間の増加に伴い、リーン生産部門の現場従業員の疲労の増加幅は一般生産部門の現場従業員のより大きいことは明らかである。同じ時間帯のリーン生産部門の現場従業員の疲労は、一般生産部門の現場従業員のそれよりも高い(図1)。リーン生産部門における現場従業員の自覚症状の平均スコアは、作業開始前は40、昼休み時は46.51に達し、16%増加しているが、作業終了前は53になり、作業開始前に比べ32.5%増加しているが、作業終了後は60.26に達し、作業開始前に比べ50.65%増加した。一方、一般生産部門における従業員の自覚症状の平均スコアは、作業開始前は39.66、昼休み時は43.68、9.2%増加しているが、作業終了前は50.55に増加し、作業開始前に比べ26.38%増加している。そして、残業後は55.64であり、作業開始前に比べ39.1%増加している。

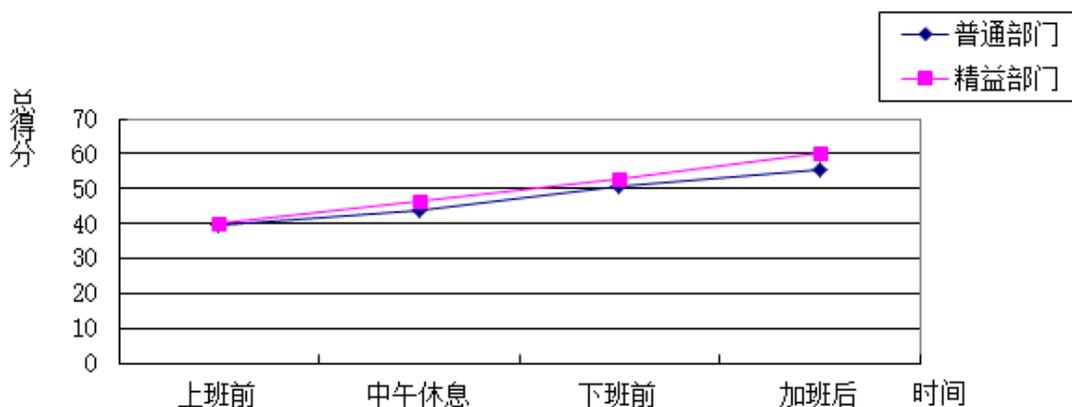


図1 リーン生産部門と一般生産部門の自覚症状の比較

#### 3.2 疲労部位の比較分析

リーン生産部門における現場従業員の具体的な疲労部位とその変化を調べるため、「疲労部位調査評価表」を用いて、リーン生産部門と一般生産部門の現場従業員の疲労部位について調査分析を行った。その結果は図2と図3の通りである。

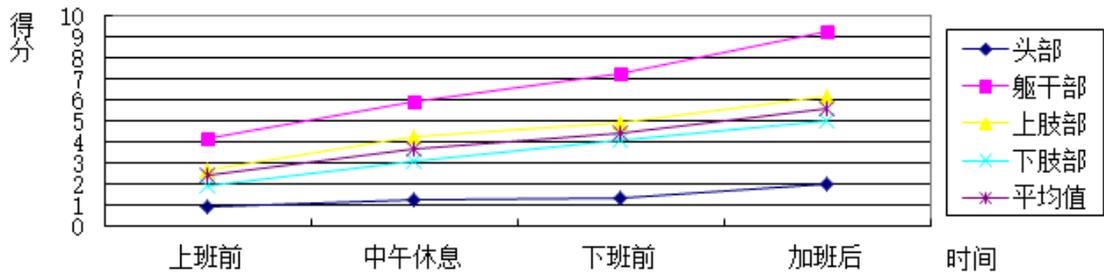


図2 リーン生産部門における現場従業員の疲労部位調査

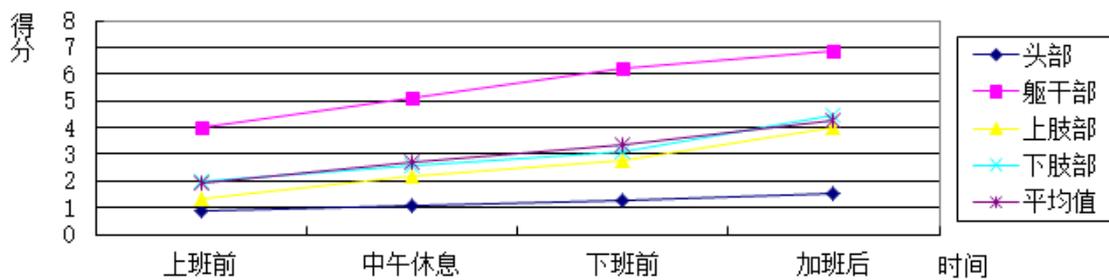


図3 一般生産部門における現場従業員の疲労部位調査

グラフから示しているように、作業前のリーン生産部門従業員の疲労の平均スコアは2.45、作業開始前と残業後はそれぞれ4.45、5.65である。80.41%と130.61%の増幅である。一般生産部門の現場従業員の作業開始前の疲労度の平均スコアは1.94、作業終了前と残業後それぞれ3.33、4.23となり、71.65%と118.04%の増幅である。つまり、労働時間の増加に伴い、リーン生産部門の疲労度は、一般生産部門の現場従業員の疲労より高く、かつリーン生産部門における現場従業員の身体部位の疲労は、一般生産部門の従業員よりも高いことがわかる。

上記図から示しているように、労働時間の増加に伴い、リーン生産部門と一般生産部門における現場従業員の身体部位の疲労が通増する傾向を示している。疲労部位の具体的な項目を見ると、リーン生産部門従業員の疲労部位の分布は広く、疲労度合の高い部位は右肩、右肘前腕、腰、背中、左肘前方手首、首、右手首、右臀もも、左肩、左膝脛、右膝脛などである。一方、一般生産部門における現場従業員の疲労部位の分布は比較的集中している。疲労度合の高い部位は右肩、右臀もも、左肩、背中、腰、左膝脛、右膝脛、右手首などである。

### 3.3 蓄積性疲労症状の比較分析

本研究は、自覚症状の疲労測定に加え、CFSI スケールを用いて、リーン生産部門と一般生産部門の現場従業員の疲労蓄積度について調査、分析を行った<sup>[12]</sup>。CFSIの基本値、CFSI

の回答は図 4 に示している。図 4 の示している通り、リーン生産部門における従業員の各グループ、項目別の平均報告率は、一般生産部門の従業員より高い結果を示し、P3 身体的不快感、P4 焦燥状態および P8 慢性疲労症状の 3 つ分布点からその格差は明らかである。

そのうち、リーン生産部門の平均報告率の高いグループは、「一般的疲労」、「身体的不快感」、「不安感」と「慢性的疲労症状」があり、具体的な項目では、「忍耐力がない」(45.2%)、「動きたくない」(39.8%)、「寝つきが悪い」(55.4%)、「腰の痛み」(43.6%)、「やっていることについて自信がない」(46.3%)、「労働中の疲労を取り除くことができず」(37.7%)、「日常業務で力を使い果たしている」(40.5%)、一般生産部門の平均報告率の高いグループは、「一般的な疲労」、「不安感」、「慢性の疲労症状」、具体的な項目では、報告率の高い項目は主に「気分が悪い」(45.7%)、「胃腸の状態は良くない」(35.5%)、「最近全身的な倦怠感」(38.3%)、「目元に影」(42.7%)、「憂鬱な気分」(38.5%) がある。

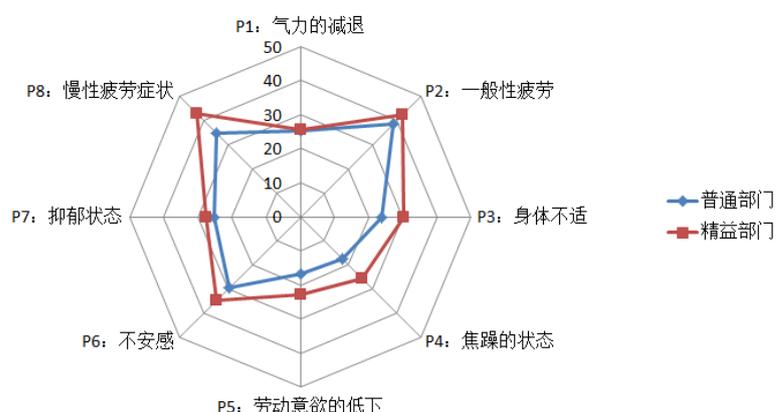


図 4 CFSI グループ別項目の平均報告率

#### 4 分析改善のための提案

企業にとって、人的要素は非常に重要な役割を担っているため、技術、経営と並び、競争力に影響を及ぼす主な三要素と呼ばれている。人間-マシン-環境という複雑な枠組みの中、人間の行動は生産管理と密接につながり、いかなる技術と管理手法の実施も従業員の協力と支援は不可欠であり、人的作業効率の高さは生産プロセスの運転効率に直接影響を与えている。リーン生産方式は、従業員の作業パターンを変革し、従業員に対してより高いレベルのものを求めている。「自覚症状評価表」と「蓄積疲労症候調査評価表」を主観的測定 の角度から分析すると、リーン生産部門における従業員の平均疲労は一般生産従業員よりも高く、また「疲労部位調査評価表」の結果からわかるように、リーン生産部門従業員の疲労部位の広さと疲労の度合、どちらも一般生産部門の生産従業員より高い結果を示している。

伝統的な生産モデルの場合、従業員は 1 つの生産プロセスに責任を負うのみ、操作は比較的簡単で、従業員は多大な労力を多くの作業に注ぎこむ必要はないが、リーン生産モデルでは、従業員は複数のマシンを同時に操作し、複数のプロセスを担当する必要があるため、間違いなく労働負荷が増大している。また、作業過程における不必要な動作は、従業員に余

分なエネルギーと体力を消耗させ、作業効率に影響を与えるため、従業員は疲労を感じやすい。これは、中国の製造企業は軽視しやすい問題である。リーン生産は、従業員の動作による負の要素は通常の生産よりも顕著である。

リーン生産方式は、従業員に考え方を変え、チームワークにより注意を払い、品質に直接責任を負うことを求めている。単一作業を行うのみ、製品の品質について考慮しない一般生産部門の生産従業員に比べ、明らかに異なる。従業員の心理的負担も増やすことになる。また、リーン生産方式を導入する段階は、従業員は新しい技術に適應する学習時間が生じるため、従業員の学習労働も増える。

本稿は、リーン生産部門における従業員の疲労を緩和するため、人間工学的観点から以下のように提案する。

### 1、従業員の作業姿勢の改善

正確な姿勢で作業を行う訓練を強化し、不必要な操作を減らすように努める。不必要な動作は、従業員の余分な体力とエネルギーを消耗し、作業効率に影響を与え、疲労が生じやすい。労働現場では、従業員は「行動」を「作業」に変えていかなければならない。リーン生産方式の従業員は、しばしば複数のプロセスに対して責任を負う必要があるため、不必要な動作は、さらに疲労に大きな影響を与える。従業員は、日常業務においてどのような行動が不合理であり、どのように改善すべきかを反省する必要がある。また、従業員の作業姿勢について専門的な訓練を行い、作業における不必要な行動を減らし、よい作業習慣を身に付ける必要がある。

### 2、作業の難易度を下げる

リーン生産方式は、「複数の工程が一人で担当」を通じて「小人数化」の目標を達成することに力を入れている。「一人が複数の工程を担当」を実現するためには、作業工程において従業員がより熟練作業できるように、特定の作業フローのマニュアルを持って現場作業を指導する必要がある。さらに、詳しい理論と実践的なトレーニングを加え、従業員の労力負荷を軽減するように努める必要がある。

### 3、負荷の軽減

作業姿勢の改善は、ある程度従業員の労働負荷を軽減することができ、機械設備の合理的な設計も従業員の負荷を大幅に軽減することができる。一部の中国の製造企業は、伝統的な生産様式のもとで欧米の先進的な機械設備を盲目に導入し、改善せずに生産に投入している。異なる地域、体形も異なるため、多くの中国現場従業員は、機械に合わせて常に調整する必要が生じ、従業員の作業難易度と労力負荷を大幅に増加させている。それに比べ、リーン生産方式は、「人間」的要素をより重視し、機械が人間に適應させる理念を提唱している。機械装置を効果的に改良し、合理的なヒューマンとマシンの相互作用のインターフェースをつくり、従業員の労力負荷を軽減し、作業疲労を大幅に改善することができる。

### 4、心理的負荷の軽減

健全な評価メカニズムと効果的なインセンティブシステムを確立する。リーン生産方式

を実施している多くの企業は、現場従業員の労働と報酬の不均衡問題を抱えている。リーン生産方式における従業員は、過去の一人対一台の機械管理から複数台の機械管理に変化し、場合によっては一連の作業工程で複数の異なる作業を行う必要がある。旋盤の仕事だけでなく、フライス盤、ボール盤など同時に操作する必要が生じ、人手不足のときは、「代わり番」まで配置させられ、職務外の業務も担当する必要がある。したがって、健全な評価メカニズムの確立は、従業員の労働意欲を向上させ、心理的負担を軽減する上で重要な影響を与えるために必要である。また、従業員の評価メカニズムとバランスの取れたインセンティブ報酬システムは、職務業績の顕著な従業員に高い報酬を与えることで、物質的な奨励と同時に、多様な精神的なインセンティブ方法を取り入れることによって、従業員の労働意欲と積極性を刺激し、従業員のスキル向上、キャリア開発を密接にリンクさせ、現場従業員に職務昇進以外のキャリアの道を切り開く必要がある。

このほか、企業は、労働、休息時間を合理的に定め、残業の恒常化を回避し、良好な労働環境を提供すべきである。

## 5 まとめと展望

リーン生産方式は、中国の多くの企業で実施され、また人間工学理論の発展につれ、「ヒューマン」というファクターはリーン生産方式の導入過程においてますます注目されるようになってきている。しかし、一部の企業は実施過程において、「ヒューマン」要素に十分な注意を払ってこなかったため、リーン生産方式の導入により、現場従業員の疲労の大幅な改善に繋がらなかった。本稿は、主観的評価測定法を用いて、5つのリーン生産企業と非リーン生産作業員それぞれ 300 人と 100 人を対象に疲労調査を行った。その結果、リーン生産方式における従業員の疲労は一般の生産従業員より高く、疲労の分布が広い結果を得た。ただし、今回の疲労測定は、生理学的測定法を用いておらず、かつアンケート調査の範囲が小さい。今後の研究は、客観的測定法を増やし、サンプルの拡充、研究範囲の拡大を図り、新たな製造方式における従業員の過労予防研究の参考に供したい。

## 参考文献

- [1] Backstrand, G., Bergman, C., Hogberg, D., & Moestam, L. (2013). Lean and its impact on workplace design. Proceedings of NES 2013 45th Nordic Ergonomics & Human Factors Society Conference, August 11–14, 2013, Reykjavik, Iceland
- [2] Theoni Koukoulaki, T. (2014). The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: An examination of sociotechnical trends over 20 years [J]. Applied ergonomics, 45(2), 198-212
- [3] Sarah K. Womack, Lean Job Design and Musculoskeletal Disorder Risk: A Two Plant Comparison [J], Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, Vol. 19 (4) 279–293 (2009)
- [4] Trisha Kesar. Effect of stimulation frequency and intensity on skeletal muscle fatigue during repetitive electrical stimulation [J]. ProQuest Information and Learning Company Ann Arbor, 2006, 14(8):106-116
- [5] Bounous G, Molson J. Competition for glutathione precursors between the immune system and the skeletal muscle: pathogenesis of chronic fatigue syndrome [J]. Med Hypothesis, 1999, 53(4):347-353
- [6] Budi Thomas Jap, Sara Lal, Peter Fischer. Comparing combinations of EEG activity in train drivers during monotonous driving [J]. Expert Systems With Applications, 2010, 38 (1): 996-1003

- [7] Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the NintendoWii Balance Board for assessment of standing balance[J]. *Gait Posture* 2010; 31:307
- [8] 吳春薇, 劉占東, 張擁波, 李繼梅, 王得新. 「三種類の疲労評価表による脳梗塞死患者の疲労に対する総合評価」 [J]. *中国リハビリの理論と実践*, 2009, (05):458-460.
- [9] 浦徐進, 呂偉, 黄河. 「外資企業の知識型授業員の心理的疲労への影響要因研究—博世無錫ディーゼルシステム会社を事例に」 [J]. *人間工学*, 2013, (03):12-17. 2009, 15(03):26-28+60
- [10] 黄河, 耿東. 日本『自覚症状調査表』(2002版)「中国製造業労働者の応用性研究」 [J]. *人間工学*, 2009, 15(03):26-28+60
- [11] 黄河, 耿東, 丑紀岳. 「疲労蓄積度の自己測定と過労予防」 [J]. *中国人の資源開発*, 2009(08):35-37.
- [12] 黄河. 「日本最新蓄積性疲労調査評価表」: CFSI 研究 [J]. *中国人の資源開発*, 2014(3): 23-28