

対策事例

# 人間工学思想にかなった配電作業の構築

## — 高齢者を考慮した職場改善活動の指標としての作業負担評価法の開発 —

株式会社トーエネック 吉岡 修\*

### 1. はじめに

当社配電部門は、発電所で作られた電気を変電所から各家庭、工場へ供給する高低圧配電線、引込線等の配電線工事（写真1）を電力会社から請け負っている。全従業員約5,400名のうち配電部門の現場に従事する作業者は約1,900名であり、

現場作業員の年齢構成（図1）を見ると、45歳以上の作業者が全体の半数を占めており、5年後には一層高齢化が進展することが予想されることから、高齢者が安全・健康に働けるための職場環境を整備することが急務と考えている。

当社の主たる作業は高圧活線作業など特殊な技術を必要とするものである。この種の作業は高所作業が主体であり、使用工具や材料は重く、かつ、



写真1 配電工事の様子

\* 吉岡 修（よしおか おさむ）  
配電本部配電統括部技術グループ

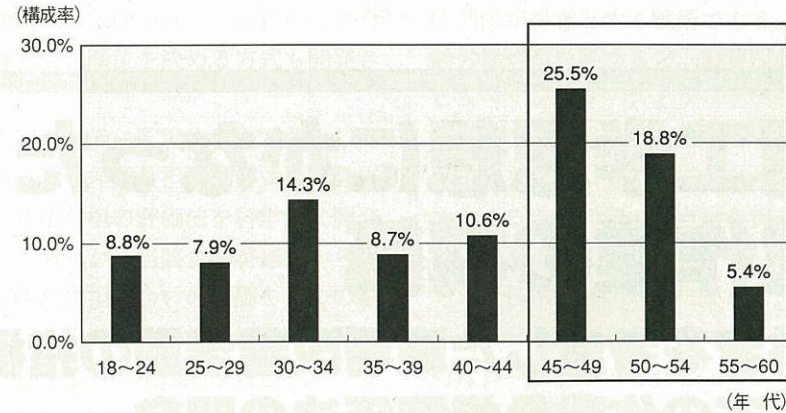


図1 配電部門現場作業者の年齢構成図

不自然な姿勢で作業を行わなければならないため中高年者には負担の大きい作業である。反して、中高年者の知識および経験・判断力が無ければ作業を円滑・安全に進めることは不可能であり、職務経験豊かな中高年技術者は当社にとって重要な存在である。そこで、中高年者の加齢に伴う身体能力の低下を考慮した職場改善を進めるための作業負担評価法を開発することとした。このプロジェクトを遂行するにあたって「独立行政法人高齢・障害者雇用支援機構」が実施している共同研究制度を利用し、社外研究者の協力を得て行った。今回、その研究概要と成果について紹介する。

## 2. 作業負担評価法の開発プロジェクト

プロジェクトの目的を「作業負担の軽減と生産性の向上」とし、研究期間を平成15年度と16年度の2年間と定めた。また、2年間の研究テーマを「配電作業における作業負担評価法の開発とそれに基づく作業支援システム設計に関する調査研究」とした。研究の概要は、配電作業全体の中か

### \*1 経験則評価

作業負担を考えたとき、作業の負荷である作業量に着目し、作業量は「扱う工具や材料の重さ」「運搬や移動距離」「締付けなどの操作力」「作業時間」から推定し、この作業量に「作業の中で起こりうる姿勢」を加味することで作業負担を推定できると考え、「重量」「運搬・移動距離」「操作力」「時間」「姿勢」の五つの要因を作業負担の主要因と捉え、算定式・評価点を当社独自で設定した。

ら選択した要素作業により、筋電図、心電図測定結果と、配電作業に従事する作業者を対象とした負担感に関するアンケート調査結果を基に、昨年度からの経験則評価\*1をベースに当社独自の作業負担評価法(表1)を開発した。その負担評価法を活用し、改善が必要な作業の優先順位付けおよび、支援機器導入前後の負担評価が定量的に把握できるシステムについて検討を行った。

## 3. 研究内容

### (1) 各種調査による作業負担の把握

配電作業全般で出現数が多い12種類(140項目)の要素作業より作業検証を実施し、各種調査より作業負担を把握した(表2)。

#### ① 調査内容

##### a. 筋電図測定

#### \*2 OWAS法

OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) はフィンランドで開発された作業姿勢評価法であり、全身の姿勢評価に利用でき、特別な用具を必要とせず、現場で即座に記録・解析ができる。

#### <作業姿勢の記録方法>

ある時点の作業姿勢を「背部」「上肢」「下肢」「重さ」の4項目で捉え、これをコード化した4桁の数字(姿勢コード)で記録する(図3)。

#### <作業姿勢の評価法>

4桁の姿勢コードを基にアクションカテゴリー判定表により、交わった点からAC(ACはAction categoryの略)を求める。ACは姿勢の負担度と改善要求度であり、4段階で評価する。(表4)

表1 作業負担評価法

作業負担評価法の算定式			
要素作業	算定式		
運搬・移動作業	作業量(重量×距離)+姿勢負担(姿勢×時間)		
取付・撤去作業	作業量{(重量×距離)+(操作力×時間)}+姿勢負担(姿勢×時間)		
機械・工具操作	作業量(操作力×時間)+姿勢負担(姿勢×時間)		
・算定式は経験則評価手法と同じ ・10秒経過毎に0.5点を加算して評価			
評価点			
負担要因	点数	項目	
重量	—	3 kg 毎に1点を加算	
操作力	—	5 kgf 毎に1点を加算	
移動距離	水平	10m 毎に1点を加算	
	垂直	4 m 毎に1点を加算	
時間	—	10秒毎に1点を加算	
姿勢	腕 係数 1.3	1	両腕を下に垂らす
		2	片手で持つ、肩より下で挟み込む
		3	押す
		4	両手で持つ、肩より下で締める・回す
		5	担ぐ
		6	肩より上で締める・回す・挟み込む
		7	引く
		8	引上げる
	腰背部 係数 1.3	1	まっすぐ
		2	ひねる
		3	前に曲げる
		4	前に曲げてひねる
		5	反らす
		6	反らしてひねる
	足 係数 1.0	1	まっすぐ立つ
		2	膝(片方、両方)を地面につける
		3	両足を曲げる
		4	片足に重心をかける
5		歩く	
6		昇る	

皮膚の表面に貼り付けた電極により導出された電位を記録・分析して筋肉の負担を評価。

- b. 心電図測定  
心拍数から精神緊張や肉体的負担を評価。
- c. 作業姿勢分析(OWAS法)\*2  
作業姿勢から作業者にかかる負担を評価。
- d. 経験則評価

現場の経験則や実験値を基に、作業負担の五つの要因に評価点と負担を導く算定式を設定し、作業負担を定量的に評価。

- e. アンケート調査  
現場作業者の主観的な負担感を反映するため、配電作業に従事する約2,600名(協力会社従業員含む)の作業者からアンケート調査を実施。

表2 作業検証項目

1. 吊上げ									
作業位置	方法	姿勢コード			13			距離(m)	
		背部	上肢	下肢	0	5	10	20	重量(kg)
柱上	通いロープを使用	4	1	3	①	②	③		
		3	1	2	④	⑤	⑥		
SH	通いロープを使用	2	1	2	①	②	③		
		2	1	8	④	⑤	⑥		

2. 運搬									
作業位置	方法	姿勢コード			40			距離(m)	
		背部	上肢	下肢	0	5	10	20	重量(kg)
地上	片手	1	1	7	①	②	③		
	両手	1	1	7	④	⑤	⑥		
	担ぎ	1	2	7	⑦	⑧	⑨		
	台車	2	1	7	⑩	⑪	⑫		
	肩で延線	2	1	7	⑬	⑭	⑮		

3. 位置決め									
作業位置	方法	姿勢コード			40			距離(m)	
		背部	上肢	下肢	0	5	10	20	重量(kg)
柱上	両手	3	1	2	①	②	③		
SH	両手	2	1	2	①	②	③		
		3	1	2	①	②	③		
地上	両手	3	1	4	④	⑤	⑥		
		3	1	6	⑦	⑧	⑨		

4. 挟み込む工具の操作									
作業位置	方法	姿勢コード			—			時間(秒)	
		背部	上肢	下肢	0	10	35	力(kgf)	
柱上	両手(停電)	1	1	2	①	②	③		
		1	2	2	④	⑤	⑥		
		3	2	2	⑦	⑧	⑨		
SH	両手(停電)	1	1	2	①	②	③		
		1	2	2	④	⑤	⑥		
		1	2	2	⑦	⑧	⑨		
地上	両手(停電)	2	1	2	①	②	③		
		2	1	4	④	⑤	⑥		

5. 締め付ける工具の操作									
作業位置	方法	姿勢コード			—			時間(秒)	
		背部	上肢	下肢	0	10	35	力(kgf)	
柱上	片手	1	1	2	①	②	③		
	両手	1	3	2	④	⑤	⑥		
	片手	1	1	3	⑦	⑧	⑨		
	片手	3	1	2	⑩	⑪	⑫		
SH	片手	3	3	3	⑬	⑭	⑮		
	片手	1	1	2	①	②	③		
地上	片手	2	1	2	④	⑤	⑥		
	片手	2	1	4	④	⑤	⑥		

6. 回す工具の操作(ドライバー)									
作業位置	方法	姿勢コード			—		時間(秒)		
		背部	上肢	下肢	0	8	力(kgf)		
柱上	片手	3	3	3	①	②			
SH	片手	1	3	2	①	②			
地上	片手	2	1	6	①	②			

7. 回す工具の操作(皮剥ぎ)									
作業位置	方法	姿勢コード			—		時間(秒)		
		背部	上肢	下肢	0	2	力(kgf)		
柱上	両手	3	1	2	①	②			
SH	両手	1	1	2	①	②			
地上	両手	2	1	4	①	②			

8. 自動工具の保持									
作業位置	方法	姿勢コード			—			時間(秒)	
		背部	上肢	下肢	0	3	5	重量(kg)	
柱上	片手	1	1	2	①	②	③		
	片手	3	1	2	④	⑤	⑥		
SH	片手	1	1	2	①	②	③		
地上	片手	2	1	6	①	②	③		

9. 昇降柱		
条 件	移動距離	
	13m	
胴網の打ち替え	有(3箇所)	①
	無	②

10. 防具の取り付け(引留装柱×2)									
作業位置	方法	姿勢コード			—		時間(秒)		
		背部	上肢	下肢	0	15	力(kgf)		
柱上	活線	3	3	3	①				
SH	活線	1	3	2	②				

11. テーピング									
作業位置	方法	姿勢コード			—		時間(秒)		
		背部	上肢	下肢	0	2	力(kgf)		
柱上	両手	3	1	2	①	②			
SH	両手	1	1	2	①	②			
地上	両手	2	1	6	①	②			

12. ケーブルの巻取り									
作業位置	方法	姿勢コード			—		時間(秒)		
		背部	上肢	下肢	0	15	力(kgf)		
柱上	両手	2	1	4	①	②			

・①～⑮は作業検証の整理番号を示すもので、作業の負担評価ではない。

生理学的評価との比較分析

相関分析結果

	筋電図評価	心電図評価
経験則評価	◎	△
作業負担評価法	◎	◎

- ◎ 強い相関
- 比較的強い相関
- △ 弱い相関
- × 相関なし

重回帰分析結果

	影響度(自由度調整済寄与度)
経験則評価	58%
作業負担評価法	85%

生理学的評価, アンケート結果との比較

相関分析結果

	筋電図評価	心電図評価	アンケート
経験則評価	◎	△	◎
作業負担評価法	◎	◎	○

重回帰分析結果

	影響度(自由度調整済寄与度)
経験則評価	76%
作業負担評価法	91%

図2 比較分析結果

(2) 作業負担評価法の開発

① 各種調査の比較・分析(図2)

各種調査結果を比較・分析するため相関分析を実施した。

相関分析の結果, 経験則評価と筋電図評価の間には強い相関性が確認できたが, 心電図評価の間では相関性が弱い結果であり, 経験則評価の評価点を見直すこととした。

筋電図評価, 心電図評価をもとに評価点の変更を行ない, さらに分析を進めた結果, 筋電図評価, 心電図評価の間においても強い相関性が確認できた。また, 重回帰分析の結果から, 筋電図評価と心電図評価との影響度(自由度調整済寄与度)は見直し前の58%から見直し後は85%と高くなった。さらに, アンケート結果を加えた重回帰分析を行った結果, 91%とより高い影響度が確認することができた。

② 負担評価法の決定

各種調査の比較・分析結果より, 経験則評価で設定した算定式に見直した評価点を採用することで配電作業全体の分析が進められると判断し, これをもって当社独自の作業負担評価法とした。

(3) 支援機器の開発

アンケート調査および作業の分析結果から負担が大きく, 現場作業からの強い要望があった, 優先度合いの高い下記の2項目について支援機器を開発した。さらに, 開発した支援機器の導入前後の効果について, 作業負担評価法を用いた定量的評価の確認を行った。

① ケーブル巻取り台車

お客さまの電気を止めずに工事を行うため, 仮ルート用のケーブルを敷設し工事を行っている。しかし, 敷設したケーブルの巻取り作業は姿勢も悪く, 作業者の負担も大きい。このため, ケーブル巻取り作業における作業負担の軽減を

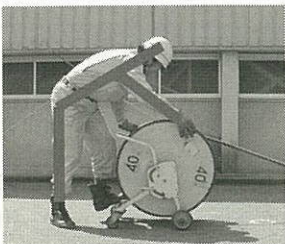

	支援機器導入前	支援機器導入後
姿勢		
姿勢コード	背部：2 前または後ろに曲げる 上肢：1 両腕とも肩より下 下肢：5 重心をかけている片脚を曲げて立つか中腰 重さまたは力：2 10kg~20kg	背部：1 まっすぐ 上肢：1 両腕とも肩より下 下肢：2 両脚をまっすぐに立つ 重さまたは力：1 10kg以下
	2152	1121
改善要求度	3	1
	できるだけ早期に改善すべきである	改善は不要である

図3 支援機器導入前後の作業姿勢の比較例

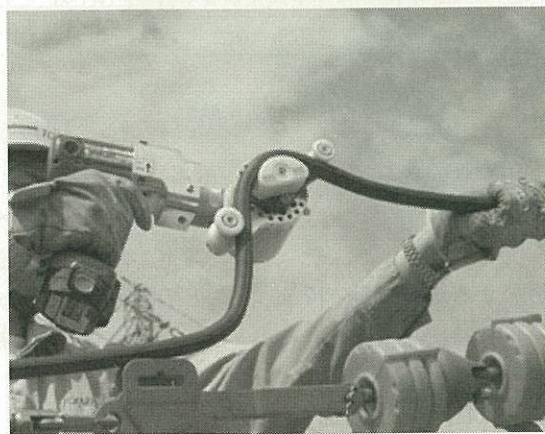


写真2 電線くせ付け器

表3 TOENEC作業負担評価法による負担比較例

項目	負担要因						負担評価点
	操作力	時間	姿勢				
			腕	腰・背部	足	評価点	
支援機器導入前負担値	2	7.5	7	3	4	17	143
支援機器導入後負担値	1	6	4	1	1	8	54
負担削減効果値	-1	-1.5	-3	-2	-3	-9	-89

表4 アクションカテゴリー (AC)

AC	姿勢負担と改善要求度
1	この姿勢は筋骨格系に問題ない改善は不要である
2	この姿勢は筋骨格系に負担がかかる近いうちに改善すべきである
3	この姿勢は筋骨格系に負担がかかる出来るだけ早期に改善すべきである
4	この姿勢は筋骨格系に非常に負担がかかるただちに改善すべきである

目的にケーブル巻取り台車を開発した。これは、電動モーターを動力源とし、台車に巻取り機能を付加した「ケーブル巻取り台車」である(図3)。

② 電線くせ付け器\*3

電線工事の中で、太物電線のくせ付け作業は、高齢化に伴い筋力の低下による作業負担が大きく、肘痛の要因となっている。このため、作業員への負担軽減と熟練度を問わず、安全に同レベルの品質が確保でき、かつ、効率的に施工できる工具を開発した。これは、配備済み充電式回転工具に嵌めさせ、使用する「電線くせ付け器」である。(写真2)

(4) 研究成果

産業保健人間工学者をジェネラルデザインメーカーとして、他に労働衛生学者、生産管理学者、産業心理学者、ロボット工学者といった学際的な領域からの大学研究者を加えたプロジェクト研究を組織したことによって、当社が従来から採用していた経験則評価手法に生理学的側面と主観的な側面を新たに加味した当社独自の作業負担評価法を開発することができた。また、作業負担評価法

の確認として開発した支援機器の開発において、評価点数(表3)および現場からの評価からも作業負担の軽減効果が確認でき、安全・品質、効率化に寄与していることがわかった。

4. 今後について

作業負担評価法を活用し配電作業全体の分析を進め、負担の大きい作業を特定するとともにリスク評価をプラスした総合的な評価を基に、支援機器の開発・改良を進め、作業環境の改善につなげる。

また、改善方法として人間工学的開発手法を用い、作業員負担の軽減に加え、安全・品質の向上を目指した工法・工具類の開発・改良を進め、継続して作業負担評価法の精度向上をはかるとともに、作業支援システムを確立する。

5. おわりに

今回、アンケート調査結果の中で、自覚症状調査(肘痛、腰痛、手・手首痛、頸部痛)において各年齢層の作業員が腰痛での通院経験があり、作業員の疾病予防や高齢者の職域拡大に対応した作業環境への改善が必要不可欠であることが再確認できた。

今後も「人間工学思想にかなった配電作業の構築」のため、作業員にかかる負担の軽減はもとより、安全・品質を土台とした効率化・省力化作業の実現および、魅力ある作業環境の実現をはかり、加齢による身体機能の低下を補完する支援機器の開発を進め、高齢者の職域拡大を目指す。

\*3 電線くせ付け器

電線の固定および接続を行うため、電線を曲げ一定の形に整える作業に使用する目的で、充電式工具の回転力と梃子の原理を組み合わせ開発した工具である。(写真2)