

保全作業に対するリスクアセスメント

Risk Assessment Method for Maintenance Work

電力中央研究所 社会経済研究所

ヒューマンファクター研究センター 長坂 彰彦 Akihiko NAGASAKA

There are still exist human errors in operation and maintenance tasks in all business fields. Especially human errors in maintenance tasks are significant problems. For example, mixing of extraneous material in some components, faulty wirings, faulty maintenance of screw tightening torque, etc. are still major causes of accidents with maintenance. These human errors are so small incidents that the author think they are not paid sufficient attention. So, the authors recommend risk assessment of maintenance task. Because before the maintenance, if maintenance workers know the risks of their tasks, they will execute tasks in a cautious manner. This paper introduces the author's risk assessment method.

Keywords: Risk Assessment, Human Error, Maintenance Tasks

1. はじめに

工場やプラントのライフサイクルを見たとき、設計、建設、運転、保守のさまざまなステージにおいてヒューマンエラーは発生する。運用に範囲を限り運転と保全を対比させた時、保全に関わるエラーがその大半を占めており、この段階でのエラーを減少させることは重要な課題となっている。そして、保全作業における異物混入、接点の誤接続、ボルト等のトルク管理不良などは、現在でも保全作業にかかわるアクシデントの主要因となっている。これらは、一見ささいなエラーであるために、十分な注意を払って作業がなされていない、また、十分な注意を払って作業結果の確認が実施されていないのではないと思われる。

このようなヒューマンエラーを未然に防止する手段として、筆者らはリスクアセスメントの実施を提案している。作業者が自らが実施する作業に潜むリスクを十分に理解していたら、作業の実施に際して十分な配慮をすると考えるからである。

ここでは発電所、電力所などの保修に係わる業務に存在する「遮断器保修時の試験電圧印加時に、充電部に手に持った導体が接触する」「配電線の支障となる樹木の伐採時に、安全帯のフックがはずれて樹上から墜落する」などのリスクを対象とする。これらのリスクが表面化した場合には労働災害となる。近年の統計に

連絡先:長坂彰彦, 〒201-8511 東京都狛江市岩戸北2-11-1, (財)電力中央研究所社会経済研究所 HFC, 電話: 03-3480-2111

よれば、労働災害は、死亡災害に限ればわが国では年間 2,000 人程度でなかなか減少傾向を示していない。また、リスクそのものも当然消滅したわけでない。

本稿[1]では、対象を発電、配電などの部門における保修等の『作業』に置き、作業者が受ける上記のような労働災害関連リスクに加え、設備、環境、業務に影響を与えるリスクを評価するリスクアセスメント (RA) 手法、ならびに RA の結果を効果的に活用する方法の提案を行う。

2. 労働安全マネジメントシステムにおけるリスクアセスメント

従業員および関連する第三者の安全・衛生・健康面の管理を、従来の受身で局所的な管理ではなく、企業経営の一環としてより大きな体系的枠組みに取り入れ、より積極的・自主的に管理を行うことにより、その組織を健全・円滑に運営することを可能にするための継続的なとりくみが『労働安全衛生マネジメントシステム (OSHMS)』である。

産業革命以降、幾多の災害が発生し、英国ではこれに対してモグラタタキ的に法律が作られたがそれらの実効性は低かったという事実があり、'72年ローベンスは法律による規制では限界があることを指摘し、事業場で自主管理していかなければ災害を撲滅できないとした。これを受けて発展してきたのが OSHMS である。

わが国において OSHMS に関する活動が、活発化してきたのは'96年ごろからだと思われ、この年、中央労

働災害防止協会で OSHMS 評価基準が策定されている。その後、自動車産業、化学工業、鉄鋼連でシステム指針、管理指針等が出され、'99年4月30日に厚生労働省より告示「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針」（労働省告示第53号）[2]、通達「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針について」（基発第293号）[3]が出された。OSHMSの中でRAは危険または有害要因を特定する際、必要に応じて利用するように通達されている。

すなわち、RAはOSHMSにおいて従業員および関連する第三者の安全・衛生・健康面を阻害する可能性のある潜在的な危険・有害要因の特定に利用され、企業経営の一環として積極的、自主的にとりくむべき事項の1つであると考えられる。

3. リスクアセスメント手法の整備

上述したように、OSHMSにおけるRAでは、主に労働者に対するリスク（結果として労働災害に結びつくリスク）を問題とすることが多いが、本稿で提案するRA手法では設備の故障、環境への悪影響、業務の停滞などへのリスクも対象とすることにした。以下、手法の要点を項を分けて記す。

3.1 リスクアセスメント実施要件の検討

ここでは、電気事業における保守業務の進め方とそれを加味したRA実施の要件について述べる。

【要件1：計画から実施にいたる作業の全段階を対象とすること】

現在では一部の電力会社のみが保守作業を直営（電力会社の社員が実際に保守作業を実施）している状況となっている。これ以外の大多数の保守業務は、電力会社やメーカーが請負会社を通じて下請け、孫請けの協力会社に工事を発注する重層構造となっていることが多い。すなわち、基本的には電力会社が作業の計画

を行い、実際の作業は請負会社が作業監督、協力会社が作業を実施し、電力会社は作業の立会いに専念するという作業形態である。なお、この形態は発電、配電等の部門においてもほぼ同じである。

このような形態の場合、実際の作業実施におけるリスクはもちろんのこと、計画のあいまいさが作業の実施にかかわるリスクを増大させたり、各組織間の打合せの齟齬が新たなリスクを生んだりすることが考えられる。従って、計画から実施にいたる作業の全段階を対象とすることをRAの要件とした。

【要件2：作業を手順レベルまで分解して個々にリスクを評価すること】

一口に保守作業といってもその規模はさまざまである。例えば、「計器用空気脱湿器分解点検」と作業の名称だけを提示し、同作業に関するリスクを思いつくままに列挙する方法も考えられる。しかし、このような方法ではとりあえず目につくリスクに捉われてしまい、リスクを漏れなく抽出することは困難だと考える。そこで、作業の計画、準備から始まって、作業を工程レベル、手順レベルと細かく分解し、「一つの要素的な手順」のレベルに対してリスクを抽出することを要件とした。このように着実に歩を進めてゆくことで、リスクの抽出を漏れなく実施することができるであろう。

【要件3：トラブル、ヒヤリハットから類推されるリスクを盛り込むこと】

トラブル、ヒヤリハットの事例は、リスクにかかわる貴重な情報である。これらは、作業になんらかのリスクが存在し、作業者との関連からそのリスクによる影響が顕在化したものである。従って、これらの事例を詳細に吟味することでリスクを抽出することが可能であると考えられる。

Table 1. Ranks and marks to work frequency

Marks	Frequency of the work
5	About more than 10 times/day
4	About more than 1 time/day
3	About more than 1 time/week
2	About more than 1 time/month
1	About more than 1 time/year
0	About less than 1 time/year

Table 2. Factor which has bad influence on act (D: demerit)

Influence factor	Score
(a) Perform the act exceeding ten items continuously (in memory)	10
(b) Must perform an act quickly	10
(c) Operate without checking visibly	10
(d) Choose one from many subjects with the almost same appearance	5
(e) Mental calculations	5
(f) Choose the object without a label and nor clear discernment	5
(g) Bad work environment (The outdoors (rainy weather and strong wind), dark, narrow space, high temperature, etc.)	3
(h) High work load	3
(i) Others (the examples are shown below)	
[Work outside of a plan]	10
[The situation, environment, etc. where it is easy to set lack of attention]	5
[Depending for each other, false belief, bad practice, carelessness, mind tend to misunderstand, environment]	5
[Aging equipment, the defect of a tool]	5
[lack of knowledge, lack of training, a shortage of experience]	3

Table 3. Factor which has influence good for act (M: merit)

Influence factor	Score
(a) Do work, checking by a check list.	5
(b) Do work, checked by another person	5
(c) Choose what was clearly distinguished by the label or the demarcation line	5
(d) Work with a time margin	5
(e) Work that experienced repeatedly	3
(f) Good work environment (Moderate lighting, sufficient work space, etc.)	2
(g) It is advanced step by step.	2
(h) Others (the examples are shown below)	
[The proper tool which suited work are chosen]	5
[A proper instruction, education and training]	4

Table 4. Rank and marks of possibility of hazard occurrence

Marks	Judging criteria
5	In the case $2 < T^*$
4	In the case $1 < T \leq 2$
3	In the case $T=1$ (The usual act (about one to three mistakes to 1000 times)) Example (operation task) (a) It is forgotten to do the act in procedures. (b) Read the value of one meter in two or more meters. (c) Operate one switch from two or more switches. (d) Choose apparatus and operate it manually. (e) A numerical value and a situation are checked. Example (maintenance task) (a) Attach a bolt and remove it in order. (b) Connection or disconnection of electric circuit. (c) Size measurement and reading (d) Removal or attachment of a apparatus
2	In the case $1 > T \geq 0.5$
1	In the case $0.5 > T > 0$
0	No possibility of hazard occurrence (from the past experience)

* $T(\text{Total}) = D(\text{Demerit}) / M(\text{Merit})$

Table 5. Ranks and marks to the hazard severity

Marks	Occupational Accident	Equipment hazard	Environmental hazard	Trouble in business
5	great many fatalities	actual damage to many important system (cost > 1 million euro)	large social contamination	social punishment (cost > 1 million euro)
4	a fatality	actual damage to some important system (cost ≒ 100 thousand euro)	social contamination	small social punishment (cost ≒ 100 thousand euro)
3	severe injury	actual damage to a system	small social contamination	actual trouble in business
2	tiny injury	malfunction of a system	contamination in yard	small trouble in business
1	injury with no rest	loss of time no actual damage	small contamination in yard	loss of time no actual damage

3.2 リスクの大小の捉えかた

リスクは、基本的には連続量である。これを例えば、0～100の間の点数として直接的に評価することは非常に難しいと思われる。一般的には、定義に従って、危害の発生確率と危害の影響のそれぞれにランクと評点を設けて評価する。

さらに、危害の発生確率も「作業の実施頻度」「1作業実施あたりの危害発生の可能性」の2つの側面から評価することとした。すなわち、リスクを次のように定義した。

$$\text{リスク} = \text{「作業頻度」} \times \text{「危害発生の可能性」} \\ \times \text{「危害の影響」}$$

なお、評点の大きさについては、文献[4][5][6]を参考に「作業頻度」×「危害発生の可能性」と「危害の影響」の大きさの幅が同じになるようにした。

まず、作業頻度は Tab.1 を作成し、これにより評価することとした。

次に、危害発生の可能性の評価法について述べる。一般にヒューマンエラーの発生確率は、作業状況の良否や、作業者の集中力の高低など、種々の行動形成要因 (PSF: Performance Shaping Factors) によって左右される。ヒューマンエラーから派生する危害発生の可能性についても、例えば「作業環境が悪い」「肉体的な作業負荷が大きい」などの要因によって高められたり、「2人でダブルチェックしながら作業する」といった要因によって低まったりすると考えた。この考えのもと、人的信頼性解析のハンドブック[7]を参考に、危害発生の可能性についてのランクを Tab.2～4 にもとづい

て評価する方法を考えた。すなわち、作業条件において行為に悪い影響を与える因子をすべて Tab.2 から選び出し、それぞれの得点を掛け算して、その値を D (デメリット) とする。同様に良い影響を与える因子も Tab.3 をもとにして値を求めて M (メリット) とする。そして、T (トータル) = D ÷ M の値をもとに、Tab.4 からランクと評点を求めるというものである。これにより、T の評点は、普通の PSF の状況で 3、悪い場合に 4～5、良い場合に 1～2 の値となる。

危害の影響は、労働災害、設備災害に加え、環境災害と業務災害 (例えば、業務の遂行に通常より多くの時間がかかってしまうなど) も考慮できるように、Tab.5 のランクと評点で評価することとした。

4. リスクアセスメント情報活用システムの構想

上述のように、本稿で提案している作業に対する RA の手法は、詳細であり、得られるデータも有用なものと考えられる。そこで、RA の結果を作業の PDCA サイクルの中で有効に活用するしくみを Fig.1 のように構想し、これを RA 情報活用システムと名づけた。このしくみでは、まずは現場における作業実施状況の観察、危険予知 (KY) より得られる情報、エキスパートの知見などをもとに RA を実施する。その結果 (リスク情報) をデータベース (DB) に保存し、DB から出力されるリスク情報を記した様式を次回の作業実施の種々の場面において作業安全のために活用する。

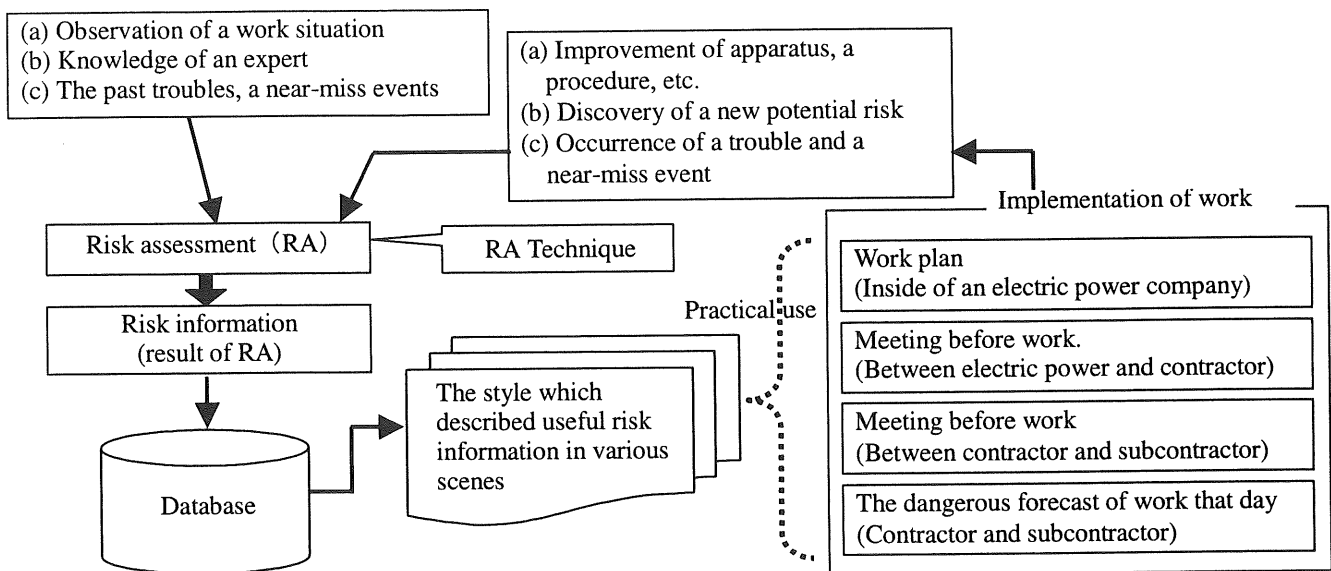


Figure 1. Image of risk assessment information practical use system

Branch ○○ branch Cooperation Company
 Work Name 6kV power line VCB check (indoor)
 Work Stage Work performance

Nb	Work Sequence	Risk Factor	Supposed Disaster	Risk2	New Countermeasure	What do you correspond?	Check
111	It measures in the state of CB end	A testing circuit is touched (resisting pressure test voltage is touched).	Worker test equipment is approached and an electric shock is received.	20	A display "during a resisting pressure examination" is attached.		
110	It measures in the state of CB end	A testing circuit is touched (resisting pressure test voltage is touched).	A live part is touched and an electric shock is received.	20	A display "during a resisting pressure examination" is attached.		
81	Power failure range check	It is made to carry out head charge part approach and connect too hastily and earth	Supply trouble generating	20	It checks before operation using the handling cautions board of an electroscope.		
94	Cleaning	Soil bushing and an insulator pipe and he does not notice them.	earth fault and a short circuit occur during CB use.	15	Use and an intact rag container are prepared and managed.		
92	The existence check of a crack and a burst	A crack, an oversight of a burst part	It is CB burst during operation.	15	The check in palpation and a mirror The check in palpation and a mirror		
89	The drawer of CB	CB falls from lifter and asks people.	CB falls and gets injured on hand and foot (serious injury).	9			
90	The drawer of CB	CB falls from lifter	CB breaks	9			
1. Select the risk	① ② ③						
2. Result of the risk	① ② ③						
3. What do you correspond							
4. Review							

Figure 2. Example of a documentary form (KY sheet)

そして、機器・手順等の改良、新たな潜在リスクを発見したならば、これを RA に反映させる。このサイクルを継続して安全レベルを底上げする。

RA の結果を活用する場面としては、電力会社における作業計画時、電力と請負会社との作業前打ち合わせ時、請負と協力会社との打ち合わせ時、作業当日の4場面を考えた。各場面において RA の結果として得られるリスク情報は、次のように利用できるであろう。

- ・電力会社内での作業計画時
必要費用等の情報とともに、効率的な安全対策の実施計画に参考となる
- ・電力会社と請負会社との作業前打ち合わせ時
工法変更や注意喚起策立案といった事故予防計画に反映できる
- ・請負会社と協力会社との作業前打ち合わせ時
現場責任者と作業員間でのリスクの共通認識を促す
- ・作業当日の危険予知
自らリスクを考えることで、リスク感知能力の向上が期待できる

一例として示す Fig.2 のシートは、作業当日の危険予知で利用できるリスク情報の様式である。空白の欄には、作業前日などに作業員が考えを記入する。「あなたならどう対応するか」は、災害想定に対する自分の考えた対応を記す欄である。下段は、想定されていない潜在リスクに気付いた場合などに、作業員が RA を行って記入する欄である。リスクアセスメント情報活用システムでは、これらの記入された情報は DB に反映される。

5. おわりに

本稿では、発電、配電部門などにおける保守業務を対象とした RA を実施する上での要件と RA 手法の内容、そして、RA を実施した結果をデータベース化し、日々の業務にリスク情報を有効活用するリスクアセス

メント情報活用システムについて報告した。

さて、保全におけるヒューマンエラーを減少させるためには、保全作業における人間の介在を極力避けることであり、その方策としては、メンテナンスフリーの設備としたり、機器をモジュール化して故障時の交換等を容易にしたりすることが考えられる。しかしながら、故障率がばらばらな機器が含まれる設備が大半である現状からすると、人が介在する保全作業が今すぐになくなるわけではない。

しかも、機器故障で新たに導入する機器の信頼性がいくら高くても、人は機器故障率とは桁違いに高い 10^{-3} 程度の確率でエラーを犯すものである。以上から、人が介在せざるを得ない保全ではヒューマンエラーの低減は必須の検討事項であると考ええる。

そして、エラー低減対策の一つの方策が作業員個人のリスク、エラーに対する感受性を高めることであると考え、種々の作業現場に対して RA の取り組みを働きかけていきたい。

参考文献

- [1]長坂ら、リスクアセスメント情報活用システムの開発、電力中央研究所報告 S03005, '04
- [2]告示「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針」(労働省告示第 53 号), '99
- [3]通達「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針について」(基発第 293 号), '99
- [4]中央労働災害防止協会、職場の[リスクアセスメントの実際]、中央労働災害防止協会, '99
- [5]特集 事例に学ぶ職場のリスクアセスメント、働く人の安全と健康, Vol.3, No.7, '02
- [6]木村ら、水力発電所の保守に係わるリスクアセスメント手法を用いた安全管理、電力土木, No.309, '04
- [7]A.D.Swain et. al., Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power applications, NRC, NUREG/CR-1278, '83