原子力プラント運転員の精神的作業負荷の諸問題

河野龍太郎 (東京電力・原子力研究所)

Difficulties in Mental Work Load Study on Nuclear Power Plant Operators

Ryutaro KAWANO (Nuclear Power R & D Center, TEPCO)

1. はじめに

原子力発電プラントは巨大システムであり、取り扱うエネルギーが大きいので、その安全性確保には、まず工学的対策が用いられ、ほとんどの考えられる事故・トラブルに対しては対応可能となっている。さらに、この工学的対策に加えて、人間の側からも、訓練を受けた運転員が対応することになっている。

本稿ではプラント運転員のメンタルワークロードについて、今までに行なってきた訓練用シミュレータを利用した実験研究の経験から考えてみたい。

2. 運転員のタスク

運転員のタスクは起動・停止や定期的に行なう機器の機能試験を除くと、通常運転時は定格出力運転のため、ほとんどは監視作業である。従って、メンタルワークロードはこの監視業務のなかにあると考えられるが、実際の作業は、計器をじっと見つめておかなければならないといったものではない。運転員に期待されているのは、むしろトラブル時での対応である。原子力発電プラントは、設計の段階で、考えられる事故や故障に対しては工学的な対策が取

られている。特に、緊急時の人間の能力は、何らかの事象が生じてすぐの状態においては信頼性が低いことを考慮し、最初の10分間は人間の介在を考えなくても工学的に処理できるような設計となっている。しかし、それを越えるものを想定すると、その対応行動は大変複雑なものとなる。訓練は、ほとんど刺激のない監視作業から、一度に警報が出、それに対応しなければならないといった状況をも想定して行なわれている。

3. メンタルワークロード研究の困難さ

筆者らは、より一層の安全性の確保のために、教育訓練、マンマシンインタフェース、手順書の改良を目的に、訓練用シミュレータを利用した研究を行なっている。その経験から考えると、原子力プラントの運転員のメンタルワークロードを捉えることは大変難しいと言える。

図1は、藤垣・飯田(1992)のメンタルワークロードのモデルを示している。これを参考にして、運転員のメンタルワークロードの研究の困難さについて考えてみたい。この困難さは図1のそれぞれのブロックに存在する。困難さの主なものとして、

- (1) 負荷の定量化が困難
- (2) 精神負荷容量に大きな個人差がある
- (3) 負担の定量化が困難
- (4) 問題解決がチームにより行なわれる
- (5) 長期的な影響を負荷との関係で捉えることが難しい

といったことが考えられる。

図1 メンタルワークロードモデル(藤垣・飯田,1992)

まず、(1)の「負荷」であるが、原子力プラントでは、前述のごとく、考えられる事故・トラブルに対しては確率論的安全評価などを行ない、ほとんど工学的対策で処理できるようになっている。しかし、万が一、その設計の間をぬけてトラブルが生じた時、最終的には人間が対応することになる。

従って、我々の研究としての関心は、通常運転時の問題ではなく、緊急時の人間の行動にある。しかも、運転員に求められるのは、図2で示される情報処理モデルの上位の処理と考えられるため、与える刺激としてのシナリオも多重故障のシナリオを想定している。多重故障になると事象は極めて複雑で、ワンパターンの操作では対応できなくなり、タスクとしても記述が困難となる。

さらに、航空機や航空管制と比較して、時間的制約条件が弱く、現象の進み方が比較的緩やかである。この点も「負荷」側からの単純な定量化が困難な理由としてあげられる。

実際、筆者らの実験では、緊急時に何を援助すべきかの観点からの情報の提示方法、あるいは教育訓練の方法の開発の方に重きを置いてきたため、メンタルワークロードの視点はほとんど考慮してこなかったと言える。

(2)の「精神負荷容量」の個人差は極めて大きい。

(4)と関連するが、問題解決はチームで行なわれ、そのチームを構成している当直員は、最も経験の豊富な当直長から、最も経験の浅い補機操作員で構成されている。航空管制官やパイロットのように、ある標準的な能力を前提とした職種の場合は、個人差の違いを少なく仮定できるであろうが、当直長と補機操作員では経験や知識の差が大きい。

(3)「負担」で見た場合、測定方法そのものにも確立されたものがなく、さらにその測定されたものと事象の大きさに線形性を仮定することができるか疑問である。また、「負担」は「負荷」と関連しているが、個人により考えている内容が大きく違っている。例えば、ある操作を決心してもそれを実行するまでに、運転員により考えていることが違う。ある運転員は、スクラムを早い時点で決心したが、実行に至るまでに、その後の再起動のことを考えていたり、故障機器の回復手段をあらゆる角度から検討していたということが観察されている。

(4)原子力プラントで生じたトラブルは、当直クルーによって対応するため、一人のメンタルワークロードの捉え方が難しい。さらに、我々の実験によ

図2 Rasmussenの情報処理モデル(1986)

るとクルーにより対応操作のパターンがかなり異なるのが観察されている。日本の運転クルーは、情報のやり取りをかなり頻繁に行ないながらチームとして問題解決を行なっているため、ある決められた作業に各運転員が専念するのではなく、手の空いた運転員が補助をする様子が多く観察された。

(5)の長期的影響であるが、運転員の通常のタスクが主に監視であり、しかも注意の集中を強いられるというタスクではないので特定の疲労や疾病との関係を論ずるまでに至っていない。

4. メンタルワークロード研究への期待

以上、実際にメンタルワークロードの考え方を導入する場合の困難さを挙げたが、もし、メンタルワークロードが容易に測定可能であるなら、実用的価値はあると考えられる。例えば、緊急時の運転員がエラーを起こさないように適切な作業量を考えたり、クルーの人員構成を検討する場合などに有効であろう。しかし、筆者らの目前にある問題から考えると、それより以前におこなわなければならないことが多く立ちだかっているというのが現状である。従って、筆者らはマンパワーの限界もあり、現在はメンタルワークロードの視点を取り入れていないが、もし、よいものが開発されれば積極的に利用していきたいと考える。

文献

- 藤垣祐子, 飯田祐康 1992 メンタルワークロードの諸相 労働科学, Vol.68, No.11, pp.549-559.
 Rasmussen, J. 1986 Information Processing and Human-Machine Interaction, North-Holland.