

原電 利用率 向上 基本要素 決定을 爲한 考察

Consideration on Establishing the Major
Elements for NPP Availability Improvement



金 忠 錫

(韓國電力技術(株) 運轉事業1部長)

1. 序 言

發電所 利用率 向上이란 廣義의 의미에서 Capacity Factor와 Availability Factor의 두가지 측면에서 發電所의 活用性을 제고하는 개념으로 해석될 수 있다.

Availability Factor(峽義의 利用率)는 電力 Network 운영상에 일개 發電所가 寄與할 수 있는 能力을 표현하는 방법으로 도출되었으며 Capacity Factor는 實 電力生産量에 대한 생산 가능한 電力生産量의 比로서 표시하여 에너지생산의 효율성을 경제적 측면에서 평가하는 방법으로 생산된다. 여기서 提案코자 하는 “發電所 利用率 向上에 대한 考察”은 廣義 즉, 電力 Network 운영측면과 에너지 생산의 경제적 면에서 관찰되는 發電所 利用率 向上에 관한 것이라 하겠다.

2. 利用率 向上과 Engineer의 役割

利用率 向上이란 가능한 높은 출력을 유지하면서 정지함이 없이 오랫동안 發電을 하도록 하는 努力이라 말할 수 있으며, 이는 人間이 높은 精神力 및 勞動力을 갖고 사고나 질병없이 긴 수명동안 일할 수 있는 방법을 모색하는 것에 비유할 수 있다. 精神力과 勞動力은 사람의 成長과 教育過程을 통하여 결정되고 事故나 疾患

은 의사의 診斷과 處方에 의하여 治癒되며 長壽를 위하여는 일생동안의 身體的, 精神的 管理가 중요한 인자로 작용된다. 이것을 原子力發電所의 建設 運營과 비교하여 보면 Engineer의 역할을 기대하지 않을 수 없는 것이다.

原子力發電所의 建設 Engineering에 參與한 Engineer의 정보 및 技術을 原電의 효율적 運轉과 原電의 壽命延長 및 廢止를 위한 Engineering에 活用함으로써 原電 運營의 경제성을 極大化시킬 수 있다는 것이다. 이는 마치 자동차의 設計 製作者로 하여금 整備, 維持, 補修, 廢車業務의 일부에 참여케함으로써 補修維持에 가장 적합한 방법을 모색토록 하면 이와같은 방법이 다음해에는 현재의 短點들이 최대한 개선·보완된 새로운 모델을 생산할 수 있도록 하는 것과 유사한 비유로 생각할 수 있다. 원전의 시기적구분에 따른 Engineer의 역할을 表1에 나타냈다.

原電의 運轉期間에 해당하는 技術性으로 Operation Engineering을 정의하여 볼 때 이는 곧 利用率 向上技術이며, 그 범위는 壽命延長과 관련된 기술과도 밀접하게 연관된다. 發電所 壽命延長은 窮極的으로 利用率 向上의 가장 큰 과제로 등장하고 있으며, 運轉中에 經驗한 내용들이 壽命延長을 위한 입력자료가 된다.

〈표 1〉 原電의 時期的 區分에 依한 Engineer의 役割

原電의 時期的 區分	建 設	運 轉	壽 命 後	
			壽命延長	廢 止
平均 所要年數	5 ~ 10年	30 ~ 40年	10 ~ 20年	6 ~ 7年
Engineering技術의 區分	Construction Engineering	Operation Engineering	Out of Life Engineering	
要求되는 技術性分野	<ul style="list-style-type: none"> • 設計 및 分析技術 • 製 作 技 術 • 建 設 技 術 • 監 理 技 術 	<ul style="list-style-type: none"> • 事故診斷 및 分析技術 • 性能 改善技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 壽命延長 關聯技術 • 廢止 關聯技術 	
人間의 一生과의 比유	(~ 20歲) 受胎 및 分娩과 靑少年期 教育	(20 ~ 60歲) 精神的, 身體的 健康 維持로 勞動力 十分 確保	(60歲 ~) 老年期 診斷 치유로 遊體勞動力 最大 活用	

3. 運轉中인 原電의 性能特性을 決定하는 要素

利用率 向上을 發電所의 性能면에서 보기 위하여 原電의 性能特性을 決定하는 要素를 살펴 보면 다음의 표 2와 같이 크게 建設技術과 運轉與件으로 분류할 수 있다.

따라서 운전중인 發電所의 適定性能은 建設技術의 미흡성을 개선하고 運轉與件을 최선화함으로써 향상시킬 수 있으며, 前者는 Construction Engineering技術로써, 後者는 Operation Engineering技術로부터 이루어진다고 말할 수 있다.

4. 原電 利用率 極大化를 爲한 細部目標

Operation Engineering의 目標을 利用率 向上을 爲한 技術제공에 초점을 맞추어 그 細部目標을 구분하여 볼 때 그림 1과 같이 定期 停止期間의 極小化, 不時 停止頻度 및 期間 極小化, 發電出力 極大化, 經濟變數 最善化로 설정할 수 있으며, 각 목표의 달성에 영향을 주는 세부인자들은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

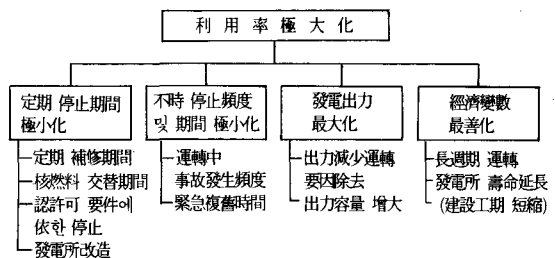
5. Operation Engineering 遂行을 爲한 필수적 要素와 遂行課題

Operation Engineering 遂行을 위한 필수적 요소

〈표 2〉 運轉中인 原電의 性能特性을 決定하는 要素

建設 技術	運 轉 與 件
<ul style="list-style-type: none"> ○ 適用된 設計 및 關聯 分析技術 ○ 設置된 Equipment의 設計技術 및 性能 ○ 建設시 考慮된 工法의 影響 ○ 適用된 QA技術의 信賴度 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 發電所 運營組織 및 運營員의 資質, 適格性, 教育의 誠實度 ○ 發電所 運營 Program의 適合性 ○ 各種 運轉節次 및 非常 運轉節次의 適合性 ○ 補修 및 檢査體制의 合理性 ○ 其他 運轉에 影響을 주는 認許可 條件 및 諸般 環境與件

〈그림 1〉 原電 利用率 極大化를 爲한 基本要素



를 생각하여 보면, 첫째는 運轉中인 原轉의 精確한 履歷을 維持하여야 하며, 둘째는 發電所 性能과 發電所 狀態를 診斷하는 分析技術을 保有

하여야 하며, 셋째는 診斷에 따른 處方に 필요한 신뢰성 있는 處方技術을 갖고 있어야 한다.

分析技術과 處方技術은 科學技術의 應用과 發電所 管理方法의 지속적인 개선을 통하여 이루어진다. 이는 우리의 科學技術 開發과도 직결되며 가능하면 현 기술의 最尖端分野도 이용하여야 한다. 또한 發電所 관리개선은 發電所 업무의 電算化, 人事管理의 最適化, 教育訓練의 適合性 提高 등의 분야에서 이루어져야 한다. 이보다 먼저 선행되어야 하는 原電의 履歷維持란 Data Base의 구축을 의미한다. 이는 곧 진단을 위한 病歷카드라고 볼 수 있으며 성실히 작성된 病歷카드는 正確한 診斷을 위하여는 반드시 提供되어야 하는 필수적인 자료인 것이다.

著名한 의사조차도 誤診率이 40% 이상일 것이라는 어느 新聞의 報道는 의사가 환자를 診斷할 때 정확한 환자의 상태를 진단하기가 얼마나 어려운가를 단적으로 보여주는 실례이다. 표 3·4·5에는 원자력발전소의 診斷技術과 處方技術을 概略적으로 記述하였다.

그림 2에서 보는 바와 같이 많은 技術課題들의 效果가 Maintenance 期間短縮과 不時停止頻度 減少에 寄與하고 있으며 아울러 각 技術課題들을 遂行할 때 Data Base의 利用도를 함께 표시하였는 바 대부분의 과제들이 運轉履歷(Engineering 履歷包含)의 절대적으로 必要性을 보여

주고 있다.

6. Data Base와 利用率 向上

이상의 考察로 볼 때 Data Base의 중요성은 더이상 강조할 필요는 없겠으나 운전이력의 체계적 분석을 거치지 않고 發電所를 개량할 때는 그림 3에서 보는 바와 같이 經驗에 의한 判斷, 他發電所와의 比較, 運轉中 發生한 故障事例를 관찰하는 등 發電所 責任者の 직관적인 판단에 의하여만 이루어지는 바 합리적인 방법에 의존할 수 밖에 없는 것으로 생각된다.

〈표 3〉 Operation Engineering의 診斷技術과 處方技術

綜合 및 精密 診斷 技術	診斷에 따른 處方技術
○Data分析 및 Availability 評價 Modeling	○運營體制 改善
○Operability/Maintainability 面에서 分析	○Procedure改善
○發電所 特殊個性 分析	○設計改善(變更)
○System/Component 單位의 信賴度 分析	○Equipment改良 (Spec. 提供)
○System/Component 單位의 脆弱要素 決定	○運轉員 教育 및 訓練
○發電所 Availability 影響要素 決定 및 評價	
○費用 利得 分析	

課 題	內 容
Availability Engineering	○原電 利用率 影響要素를 System/Component 單位로 分析 ○原電 運營管理(教育/訓練) 측면에서 檢討 ○脆弱要因과 影響도를 導出함
Maintenance Task Force 運營	○Corrective/Preventive Maintenance 運營의 基本指針을 樹立 ○Maintenance Engineering Team 運營 - 發電所 主要 Equipment 狀態追跡 - 彈力的 Scheduling (Trip期間의 緊急補修 考慮) - Maintenance 對象 및 時期分析
Outage Management	○Outage 運營의 基本 Policy를 設定하고 改善함 ○특히 非常停止時 緊急復舊 能力確保에 主力 ○定期 Maintenance 및 Refueling 期間短縮을 爲한 持續的 支援

〈표 4〉 利用率 向上을 爲한 基本課題

課 題	內 容
Trip Reduction	○運轉中에 發生한 Trip 事故를 綜合·分析하고 豫防策을 樹立 ○補修中에 發見된 故障과 非 Trip事故를 分析하여 反影 ○他 發電所(특히 海外)의 類似內容 分析 適用함. ○모든 發電所의 Good Practice의 活用
Efficiency Task Force 運營	○熱效率 關聯 主要 Equipment의 性能 및 狀態를 持續的으로 追跡 ○出力容量 最大化 維持를 爲한 分析 業務遂行
Shut-down & Start-up Task Force 運營	○S/D 및 St-up 所要期間 短縮에 主力 ○問題點을 持續的으로 追跡하고 必要時 Procedure/Spec. 再조정 ○Maintenance Task Force에 協助事項 協議
Tech. Spec. Relaxation	○運轉制限條件 및 定期點檢週期 等を 再分析함. ○條件緩化에 따른 信賴度 分析 ○施行을 爲한 認許可 事項
Margin Allocation	○發電所 設計에 考慮된 Margin을 運轉側面에서 檢討 ○實際의 Margin을 決定하고 運轉 Mode別로 確認 ○Uprating과 Load Follow 運轉 等に 應用 ○(認許可 問題)
Spare Part Availability	○定期補修/緊急補修에 必要한 Part 豫想 - 運轉, 補修 經驗을 分析, 反影 - Maintenance Ekgineering 概念應用 ○適定 在庫量 分析 ○在庫管理體制 最適化(電算化 概念利用)

〈註 5〉 利用率 向上을 爲한 特殊技術課題

〈그림 2〉 利用率 向上을 爲한 應用技術 및 Task의 向上要素와의 相關性

(*** 直接效果, ** 直接波及效果, * 間接波及效果)

Elements for Availability		Outage Management	Maintenance Task Force	Availability Engineering	Trip Reduction	Efficiency Task Force	Tech Spec. Relaxation	S/D, St-up Task Force	Margin Allocation	Spare Part Availability
Planned Outage	Maintenance	***	***	***	**		***	**		***
	Refueling	**	**	*			*	*		
	Others	**	***	**	**	**	**			
Unplanned Outage	Event Frequency	***	***	***	***	*	**	*	**	
	Rapid Restoration	***	***	*	**			**	*	***
Power Generation	Power Reduction	**		***	**		***	***	***	*
	Loss of Capacity	*		*		***			*	
Plant Operation Time	Fuel Cycle Length	***					**	*	**	
	Life Ext.	*	*	**	**	**			*	
Data Base Dependency		**	***	***	**	*	*	*	**	**

(基本課題)

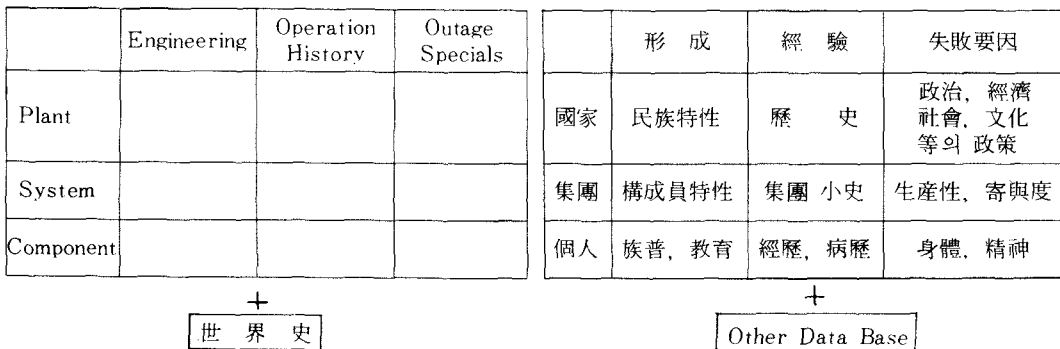
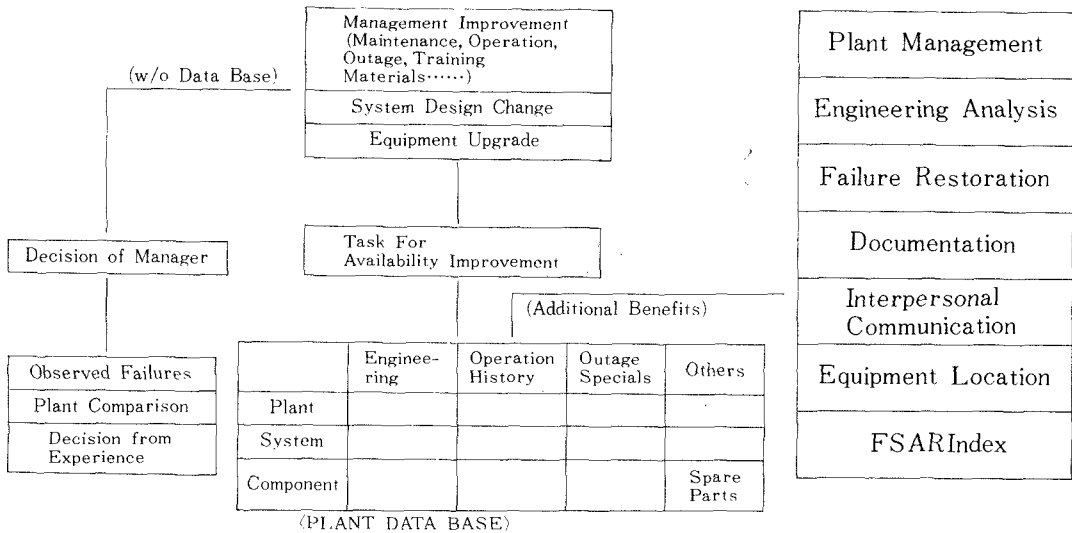
(特殊技術課題)

그림 3에서와 같이 Data Base의 構築은 利用率 向上을 위한 基本分析資料 이외에도 發電所 內的 業務遂行에 直接·間接으로 많은 도움을 준다. Data Base의 構成은 Component別, System別, Plant別의 차원에서 구분되어야 하며 그 內容으로는 Engineering, Operation History, Outage Special에 該當하는 각각의 9개의 단위로 構成되어야 하는데 이를 個人, 組織, 國家의 차원으로 비유하면 그림 4와 같다.

즉, Component의 Engineering 內容을 記述한 Data Base는 發電所의 전 Component에 識別番號를 論理的으로 附與하고 부품별 設計特性 및 製作特性을 수록하며, 設計時 고려한 모든 變數

와 使用된 재료, 그리고 製作者, 製作日字, 製作 Model 등의 세부 Information들이 포함되며 이는 곧 個人的 족보 및 성장과정을 표시하는 서류와 같으며 Component의 Outage Special內容을 記述한 Data Base는 한 個人이 身體的, 精神的으로 겪는 질환 또는 치료내용 등을 기록한 서류로 비유할 수 있을 것이다. 또한 본 그림은 한 國家의 構成을 個人과 社會組織別로 形成根源과 그 동안의 經驗 및 失敗要人을 인식하고 世界史의 흐름을 파악했을 때 진정한 나의 過去와 現在를 理解하게 되는 것이며, 이를 바탕으로 더 좋은 未來를 設計할 수 있다는 論理를 보여주고 있다.

〈그림 3〉 Data Base와 利用率 向上 方案과의 相關圖



〈그림 4〉 Data Base의 構成과 그 비유