

原子力 3號機 負荷追從運轉試驗

엄 두 영

(韓電 月城原子力發電所 爐心管理課長)

I. 概 要

일일 주야간 부하변동량의 차이가 점점 커지고 原子力發電에 의한 電力供給量이 늘어남에 따라 지금까지 주야간 부하조정을 감당해온 火力와 水力, 揚水發電 등의 부하조정기능이 가까운 장래에 한계점에 도달할 것으로 예상되어 基底負荷만 담당해온 原子力發電所(原電)의 부하추종운전방식이 거론되었고 1985. 11에 “원전 3호기의 부하추종운전시 원자로운전에 미치는 영향”이 분석되었다.

이 분석결과 원전 3호기는 출력 100%와 65% 사이에서 부하추종운전능력이 있는 것으로 판단되었으며, 이를 입증하기 위하여 1986. 4. 28~4. 30 사이에 원전 3호기의 부하추종운전시험을 실시하였다.

시험의 주안점은 原子爐 全體出力과 爐心 中性子束 分布變化에 따른 제어시스템의 대응능력, 국부과출력의 발생여부, 연료집합체 온도분포 변화효과 및 결함연료의 발생유무를 살피었으며 시험중 수집된 자료는 爐心管理電算 프로그램인 PMCR, RFSP, DNDA 및 XENON으로 분석하여 원전 3호기의 부하추종운전능력을 평가

하였으며 앞으로의 전망과 문제점 및 개선책을 제시하였다.

II. 試驗日程 및 試驗組 編成

1986년 원전 3호기의 定期補修를 시작하기 직전인 4월28일부터 4월30일까지 3일간 부하추종운전을 실시하였다. 운전방식으로는 출력 70%에서 100%사이, 운전시간은 6-3-12-3(이후 12-3-6-3이라 함)의 방식을 택하였는데 부하가 적은 야간 6시간(00:00~06:00)은 70% 출력을 유지하고 70%에서 100%까지 출력을 상승시키는데 3시간(06:00~09:00)이 걸렸으며 電力需要가 많은 낮과 초저녁 12시간(09:00~21:00)은 100% 全出力을 유지하였고 負荷量이 줄어드는 21:00부터 자정까지 3시간동안 출력을 다시 70%로 減發하였다.

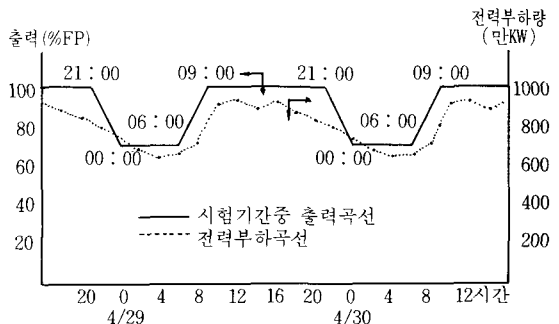
이와 같이 일일 24시간을 12-3-6-3 시간대로 나누어 出力準位를 바꾸어 주는 것이 부하추종운전방식의 가장 대표적인 것인데, 우리나라의 電力負荷曲線과 유사하다(그림 1).

III. 試驗內容 및 影響分析

1. 原子爐 制御系統의 對應能力

부하추종운전의 가능성을 평가하는 가장 큰 요소로는 원자로 제어시스템이 출력변화로 인한 반응도 변화를 감당할 수 있는지에 있다. 반응도의 주된 변화요인은 Xe의 transient에 의한 노심 전반적인 반응도 변화와 Xe의 oscillation

〈그림 1〉 시험일정 및 출력변동사항



에 의한 지역적 반응도 변화가 있으며 이런 반응도 변화에 대처하는 원자로 제어시스템의 기능은 調整棒의 인출과 삽입, 액체영역제어시스템의 수위조절 및 감속재의 독물질 회수 및 첨가 기능이다.

이번의 부하추중운전시험시에 수집된 자료를 토대로 원자로 제어기기의 상태변동을 검토한 결과 충분한 대응능력이 있음이 입증되었다.

가. Xe에 의한 反應度 影響

부하추중운전시의 반응도 제어장치의 변화를 예측하기 위해서 Xe에 의한 반응도 변화를 xenon과 iodine의 生成均衡式을 시간에 대해 유한 차분법으로 풀어서 컴퓨터로 계산하였다.

예측된 xenon반응도와 실제 운전기록을 비교해 본 결과 매우 잘 일치함을 확인하였는데(그림 2) 정상운전시 28mk인 Xe의 負反應도가 최고 35mk에서 최저 23mk까지 원자로 출력과 反比例하여 변하고 있다. 爐心 全般에 걸친 Xe의 반응도 변화는 액체영역제어시스템과 조정봉에 의하여 자동적으로 보상되어 갔다.

나. 平均 液體領域水位 및 調整棒의 狀態變化

출력변동시의 Xenon변화를 상쇄할 수 있는 주된 반응도 조절장치는 액체영역제어장치(Liquid Zone Controller), 조정봉(Adjuster Rod) 및 감속재 독물질 첨가시스템을 들 수 있다.

액체영역제어장치는 미세한 노심 반응도 변화와 Xe Oscillation에 의한 지역적 반응도 불균형에 대처할 수 있지만, 반응도변화가 커서 액체영역제어장치의 수위가 최저수위(20%) 보다 낮아지면 자동적으로 7개의 모임(Bank)으로 구성된 조정봉이 차례로 인출되고 최고수위인 70%에 접근하면 수위를 낮추기 위해 감속재에 독물질(B, Gd)을 첨가한다.

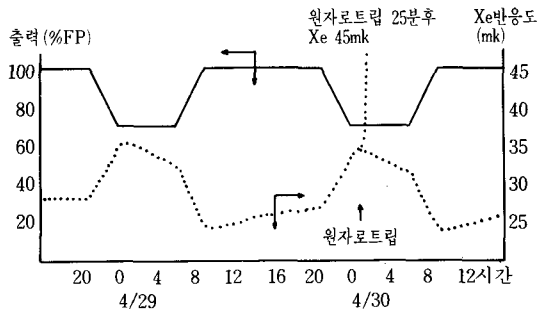
그림 3은 試驗期間中の 平均 액체영역수위의 변화이다. 이 그림을 보면 액체영역수위와 조정봉간의 상호작용을 볼 수 있는데 조정봉이 인출되면 액체영역에 수위는 상승하고 조정봉이 삽입되면 수위는 감소한다. 그림 3은 4월 28일

20시부터 29일 11시까지의 운전실적인데 29일 20시부터 30일 11시까지의 두번째 출력변동시험운전실적도 거의 비슷한 양상을 나타내었다.

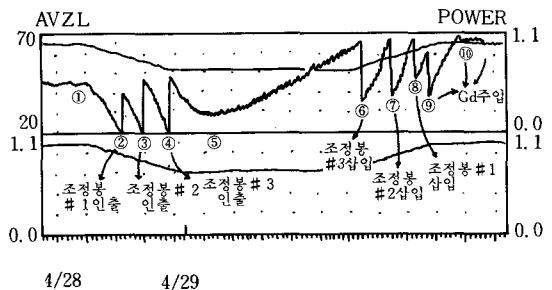
반응도 제어장치 상태변화의 가장 주된 목표는 평균 Zone Level을 항상 운전범위인 20%~70%에 들 수 있도록 하여 MCA의 동작으로 인한 SETBACK 및 STEP BACK이 발생하지 않도록 하는 것이다.

①의 위치에서 出力減發이 시작되면 Xe이 증가하게 되는데 이에 의한 負反應도를 상쇄하기 위해 평균 Zone Level이 감소하기 시작한다. ②의 위치에서 Zone Level이 최저선인 20%에 도달하면 조정봉 #1이 인출되어 正反應도를 가해주므로 Zone Level이 상승하게 된다. Xe이 계속 생성되는 중이므로 ③, ④에서 각 2 조정봉 #2와 #3가 인출되어 Zone Level이 운전범위내에 들도록 한다. ⑤에서 Zone Level이 극소점에 도달한 후 다시 증가하게 되는데 이는 출력이 70%로 유지되면서 증가되었

〈그림 2〉 Xe반응도 변화



〈그림 3〉 출력 및 액체영역수위변화 (4/29~29~4/30)



던 Xe이 평형치에 도달하기 위해 감소되는 과정에서 정반응도가 가해지기 때문이다. ⑤의 상태에서 Zone Level 28%로 운전범위에 들었음을 볼때 100%에서 출력을 감발하기 직전(①의 상태)에 Zone Level이 45%이상이면 Xe의 증가를 감당할 수 있음이 판명되었다.

29일 6시를 기해서 출력이 다시 100%로 올라가기 시작하면 Xe은 급격히 감소하기 시작한다. 이 때문에 급격히 증가되는 정반응도를 상쇄하여 Zone Level을 70%이하로 유지해 주기 위해 인출되었던 조정봉 모임 3개가 ⑥, ⑦, ⑧에서 각각 역순으로 다시 삽입되었고 ⑨, ⑩, ⑪은 Gd을 주입하여 Zone Level을 감소시켰다.

다. Gd의 添加效果

出力增加로 인해서 Xe이 감소되어 생긴 여분의 正反應度를 조정봉 모두를 삽입해도 상쇄할 수 없는 경우 독물질인 Gadolinium(Gd)을 減速材에 첨가한다. 그런데 Gd을 첨가하면 Gd의 제거를 위해 Resin의 소모가 증가되어 高放射能의 폐기물이 증가되므로 Gd 주입량을 최소한으로 하는 것이 좋다.

이번 시험의 경우 그림 3의 ⑨에서 Gd가 다량으로 첨가되었고 ⑩, ⑪에서 소량 주입된 후 ⑪이후에서 Zone Level이 평형을 되찾았다. ⑩, ⑪에서 Gd를 소량 주입하여 Zone Level을 조정해준 이유는 Zone Level을 가능한 최대로 유지하여 다음날 出力減發時에 운전여유를 더 주기 위해서였으나 둘째날은 첫날보다 Gd을 좀더 주입하여 시험후 Zone Level 평형값을 55%로 유지하였다.

실제로 化學分析에 의한 Gd 주입량은 시험 첫날 0.121PPM, 둘째날 0.136PPM으로서 둘째날이 첫날보다 약 0.015PM 정도가 많았다.

라. 領域出力分布와 液體領域水位

시험기간중 原子爐가 가장 불안정한 상태에서의 Zone Level분포와 Flux분포를 보면 출력

을 70%로 내렸을때 중앙 Zone(Zone4 & Zone 11)의 Flux는 기준출력보다 7%가 높고 Zone 수위는 IR(Irrational)을 기록하여 제어한계를 벗어났다.

그러나 출력이 100% 회복된 뒤에는 다시 정상분포로 회복되었다.

이것은 조정봉의 인출에 의한 효과로서 조정봉은 모두 노심의 중앙근처에 위치해 있기 때문에 조정봉이 인출된 경우 그 위치에서 Flux Peak가 발생하게 된다. 이때 중앙 Zone이 감당할 수 있는 출력제어능력이 한계에 도달해서 액체영역수위는 최고치에 도달하게 되고 영역 출력편차는 커지게 된다.

이렇게 액체영역의 수위조절로서 조정봉이 인출된 후의 지역반응도변화에 의한 출력변화를 정상운전시처럼 평탄하게 유지할 수 없다 해도 최대영역출력편차가 -3%에서 +7%로 측정 당시의 평균 Flux출력이 71%이기 때문에 영역별 출력은 68%~78%가 되어 셋백(SET BACK : 自動出力減發)이 되는 조건인 110% 보다 최저 32%의 여유가 있으며 4개이상의 영역출력이 108%이상일 경우 스텝백(STEP BACK : 段階減發) 조건보다는 37%의 여유가 있다. 또 중앙영역인 영역 4와 11을 제외한 영역중 영역 출력편차가 20%이상일때 일어나는 셋백의 우려도 전혀 없다. 이와 같은 영역출력분포의 차이는 원자로 출력이 낮은 부분에서 일어나 영역출력제어기능상으로 볼때 이상이 없으며 원자로 출력을 상승시켜야 하는 시점(그림3의 ⑥)에서는 영역수위의 상승으로 인출되었던 조정봉 모임 3번을 삽입할 수 있고 출력상승으로 Xe이 급격히 줄어들게 되므로 조정봉 모임 2번과 1번도 각각 원자로 출력이 제한치인 91%와 95%가 되기 전에 삽입이 되었었다 (表 1 참조).

영역 11번의 수위가 Irration을 가리켰는데, 시험기간중 영역 11번뿐 아니라 4번에서도 같은 현상을 보였다. 이는 부하추종운전 등 조정

봉이 인출될 경우 영역 4, 11번의 수위조절방식에 문제점으로 나타났다.

2. 爐心出力分布

부하추종운전시에 원자로의 안전과 관련되어 가장 중요한 문제가 爐心出力分布의 변화로 인한 국부과출력의 발생인데, 이는 전체 원자로 출력이 안전한 범위내에 있다해도 국부적으로 과출력이 발생하여 원자로 트립을 유발하거나 핵연료 결함을 발생시키기 때문이다. 원자로 출력이 변할 경우 Xe의 변화량이 각 위치에 따라 다르게 나타나고 調整棒이 인출 또는 삽입되어 조정봉 근처에서 반응도 변화가 심해 국부과출력

이 발생할 수 있다

조정봉은 모두 21개로서 7개의 모임(Bank)으로 구성되어 있고 노심의 出力分布는 조정봉이 많이 인출될수록 더 심하게 불균형을 이루게 되는데 이번 시험의 경우 원자로 출력 70%에서 3개의 조정봉 모임이 인출되었으며, 조정봉 모임 3개가 인출되면 원자로의 허용최고출력은 87%로서 이번 경우 원자로 전체출력에는 17%의 여유가 있었다. 燃料集合體出力과 燃料다발出力은 측정된 운전자료를 각 출력준위마다 PMCR과 RFSP Code로 분석하였으며 設計出力分布와도 비교하였다. 원전 3호기의 연료집합체 출력제한치 및 연료다발출력제한치는 각각 7,300KW와 935KW인데, 시험기간중 연료집합체 출력최고치는 100% 출력에서 RFSP 분석결과가 가장 높아 7,072KW로 제한치로부터의 여유는 3.1%이고(表 2), 연료다발 출력최고치는 PMCR rev.2의 분석결과에서 나타난 862KW로 출력여유도는 7.8%였다(表 3).

〈表 1〉 조정봉 인출 및 삽입시의 원자로 출력

조정봉 모임	시험 1 (4. 28~29)		시험 2 (4. 29~4. 30)		제한 출력 (%)
	인출 시력 (%)	삽입 시력 (%)	인출 시력 (%)	삽입 시력 (%)	
모임 1	87	92	85	92	95
모임 2	79	85	78	83	91
모임 3	71	74	70	71	87
모임 4	-	-	-	-	76

〈表 2〉 연료집합체 최소출력여유(제한치 7,300KW와 비교)

출력준위	PMCR			PMCR REV.2			F S P		
	최고출력 (KW)	여유출력 (KW)	여유도 (%)	최고출력 (KW)	여유출력 (KW)	여유도 (%)	최고출력 (KW)	여유출력 (KW)	여유도 (%)
100%FP	6,771	529	7.2	6,997	303	4.2	7,072	228	3.1
90%FP	6,154	1,146	15.7	6,429	871	11.9	-	-	-
80%FP	5,675	1,625	22.3	-	-	-	-	-	-
70%FP	5,150	2,150	29.5	5,073	2,227	30.5	5,321	1,979	27.1

*여유도(%)는 제한치에 대한 퍼센트 값임.

〈表 3〉 연료다발 최소출력여유(제한치 935KW와 비교)

출력준위	PMCR REV. 2			R F S P		
	최고출력 (KW)	여유출력 (KW)	여유도 (%)	최고출력 (KW)	여유출력 (KW)	여유도 (%)
100% FP	862	73	7.8	861	74	7.9
90% FP	785	150	16.0	-	-	-
70% FP	615	320	34.2	654	281	30.1

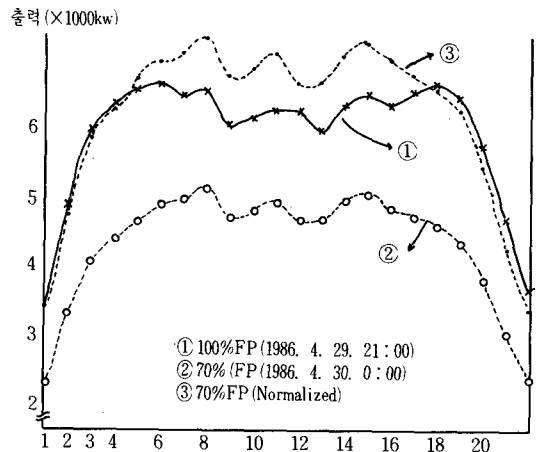
*여유도(%)는 제한치에 대한 퍼센트 값임.

가. 燃料集合體出力

(1) PMCR Simulation

4월 29일 21시부터 4월 30일 8시 사이에 대표적인 5개 시점에 대하여 Simulation하였는데 그림 4는 원자로 출력이 100%와 70%인 경우에

〈그림 4〉 PMCR에 의한 연료집합체 출력분포 (L-1~L-22)



원자로내의 M1 Channel에서 M22 Channel까지의 가로방향 연료집합체출력분포를 나타낸 것이다.

그림에서 ③번은 ②번의 70% 출력분포를 100%FP로 Normalize한 것인데, 爐心中央部分이 조정봉 인출영향으로 인해 100% 출력분포보다 최대 13%정도의 증가를 보이고 있어 70%로 운전 당시의 원자로 운전조건으로는 최대원자로출력을 87%까지 낼 수 있으므로 부하추종운전중 첨두출력상승으로 인한 원자로 출력제한 우려는 없다.

(2) RFSP Simulation

100% 출력에서 조정봉이 모두 삽입되어 있는 경우와 70%출력에서 1, 2, 3번 조정봉 모음이 인출되어 있는 경우를 Simulation하여 출력분포를 비교하였는데(그림 5) 100%일 때의 출력분포 ①과 70% 출력을 100%의 Normalized한 ③을 비교하면 조정봉에 의해서 노심중앙부분의 출력이 최대 10%정도 증가되는 현상이 나타나고 있으나 PMCR보다 낮은 尖頭出力을 보이고 있다.

나. 燃料다발出力

(1) PMCR rev. 2 Simulation

그림6은 노심의 중앙의 연료집합체 M1에서 M22까지 8번째 위치한 연료다발에 대하여 출력분포를 나타내고 있는데 70%에서 서로 대칭한 M19쪽이 M4 쪽보다 현저히 낮은 이유는 노심의 Xe-oscillation 영향으로 추측된다.

(2) RFSP Simulation

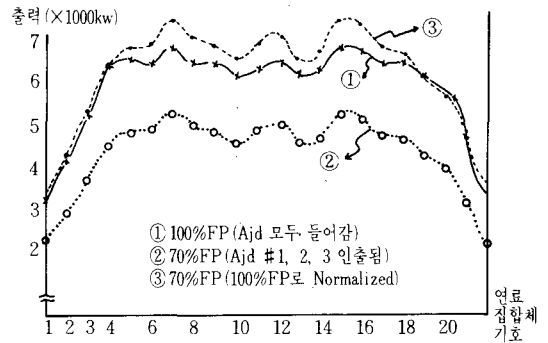
100% 출력에서 조정봉이 모두 정상위치로 들어가 있는 경우와 70% 출력에서 조정봉 3개 모임(1, 2, 3번)이 인출된 경우에 대해서 Simulation한 결과를 보면 조정봉의 인출효과를 뚜렷하게 볼 수 있다.

그림 7은 Z방향의 8번째 Plane에 대한 가로방향(X방향)의 출력분포 대표값인데 70% 출력분포를 100%FP로 Normalize한 그림(점선그림)을 보면 중앙부분 3군데의 출력 Peaking 현

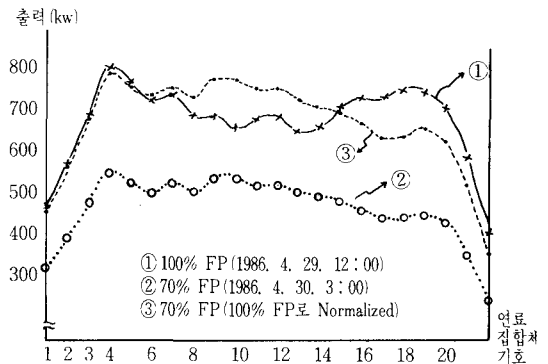
상을 볼 수 있다. 이것은 15, 16, 18, 20, 21번 조정봉의 영향을 나타낸다.

그리고 가장 중앙에 Peak가 더욱 두드러짐을 볼 수 있는데, 이것은 6번째 Plane에 가장 근

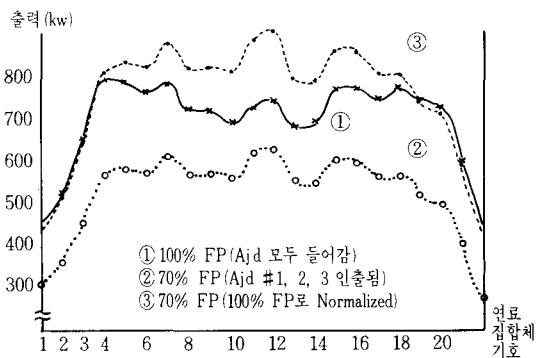
<그림 5> RESP에 의한 연료집합체 출력분포 (M-1~M-22)



<그림 6> PMCR rev. 2에 의한 연료집합체 출력분포 (M-1~M-22의 8번 연료다발)



<그림 7> RESP에 의한 연료집합체 출력분포 (M-1~M-22의 6번 연료다발)



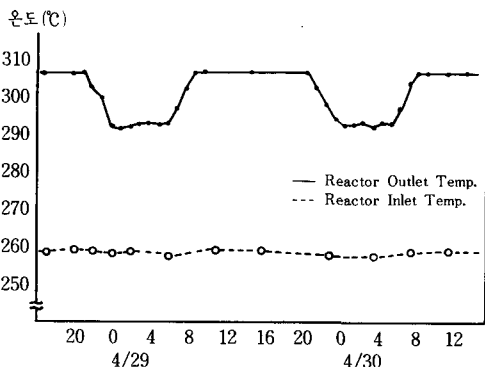
접해 있는 11번 조정봉의 영향이다.

3. 溫度變化影響 및 運轉數值變化

부하추중운전중에 출력의 변화에 비례해서 원자로의 溫度分布가 시간에 따라 변하게 된다.

원자로의 온도가 일정한 주기로 장기간 변할 경우 爐心構造物들의 熱的인 내구성에 영향을 미칠 수 있고, 특히 연료집합체 온도사이클링(Cycling)은 결함연료의 발생가능성과 관련되므로 원자로의 온도가 어느 정도 변하는지를 점검할 필요가 있다. 그림 8은 시험기간 중의 원자로 입구 및 출구의 온도변화를 나타낸 것인데 원자로 입구온도는 출력에 관계없이 거의 일정하게 259℃~260℃의 값을 갖지만 원자로 출구온도는 100% 출력일때 307℃, 70% 출력일때 292℃로서 약15℃의 차이가 있으며 매출력 %당 0.5℃씩 변화하였다. 爐冷却水 出口 Feeder Pipe에서 計測된 연료집합체의 온도분포는 전체 연료집합체에서 출력변동기간 동안 초기 출력변동전 100%에서의 온도보다 높게 올라간 곳은 없지만 70%FP를 100%FP와 비교하면 노냉각수 출구온도가 15℃ 떨어진데 비하여 연료집합체온도는 최저 6℃(M-12)에서 최고 18℃(V-8)까지 떨어져 개별연료집합체의 온도의 변화는 위치에 따라 큰 차이를 보였고 가운데 영역(영역 4, 11)의 평균온도 감소치는 8.7℃로 평균온도감소치 15℃보다 6.3℃가 덜 떨어져 爐中央部는 상대적으로 높은 熱出力을 유지하

〈그림 8〉 원자로 입구 및 출구 온도변화



고 있는 것으로 판명되었다.

두번의 부하추중운전으로 인한 열출력변화(온도변화)로 핵연료의 결함 등 1次側에 나타난 비정상적 징후는 조금도 없었으나 이러한 온도의 차이는 1次側과 2次側의 운전수치에 다소의 영향을 미친다(表 4).

기존 화력발전소들이 이미 부하추중운전을 실시하고 있고 2차측의 主要機器들이 화력발전소와 크게 다를바 없어 부하추중운전으로 인한 2차측의 악영향은 없을 것 같으나 원자로 제어시스템의 제어방식이 장기적인 부하추중운전을 하도록 설계되지 않았음을 고려하면 부하추중운전실시전 1차측의 압력관, 2차측의 터빈 등 중요기기의 熱的振動과 BFP 등 機器負荷變動에 대한 영향분석으로 健全性의 확인이 필요할 것이다.

4. 缺陷燃料 發生與否

부하추중운전시 출력변동의 영향으로 인한 핵연료의 결함발생 유무를 확인하기 위하여 부하추중운전시험전인 86-04-26과 시험후인 86-05-01에 DN Scan을 실시하였으며, 측정된 자료는 DNDA프로그램으로 분석하였다. 분석 결과 평균 계수율은 86-04-26대비 Loop#1이 73.5count/sec에서 75.2count/sec로, Loop#2가 109.3count/sec에서 111.4count/sec로 약간씩 증가하

〈表 4〉 출력 100%와 70%에서 중요운전수치비교

		100%	70%	차 이 (100-70)
노 냉 각 수 입구모임관	온도(℃)	259.5	258.6	<1.0
	압 력 [Bar(g)]	112.5	112.3	0.2
노 냉 각 수 출구모임관	온도(℃)	304.9	291.5	13.4
	압 력 [Bar(g)]	98.6	98.7	0.1
주 증 기	압 력 [Bar(g)]	46.2	46.2	~0
	유 량 [kg/sec]	256.4	174.5	81.9
급 수	온도(℃)	187.2	171.6	15.6
	유 량 [kg/sec]	243.3	163.8	79.5

였다(表5).

그러나 380개의 각 연료집합체별 자료분석치에 따르면 어떤 연료집합체에서도 결함이 발생했거나 발생할 가능성이 전혀 없는 것으로 판단된다.

IV. 問題點 및 對策

지금까지의 분석결과 부하추중운전을 시행하기 위하여 선행되어야 할 사항으로서는

- 액체영역의 수위조절기능 개량
- 중요기기의 열적진동 및 기기부하변동에 의한 영향
- Gd 주입으로 인한 Resin소모율 증가 및 감속재 순도 감소

등으로 나타났는데 부하추중운전중 Xe의 負反應도가 가장 큰 시점에서 원자로가 트립되어도 재기동 시간여유는 26분(그림 2)으로 설계치 30분보다는 짧으나 현재까지의 운전경험상 Xe poisoning out은 면할 수 있다.

시험실시전 우려되었던 것은 조정봉 모임 4번의 인출인데 운전경험에 의하면 이 경우 영역출력불균형이 심하게 일어나서 제어시스템의 자동운전이 어려웠으나 이번 경우 출력을 3시간에 걸쳐 70%까지만 낮추었고 出力減發前 영역 평균수위를 45%로 유지한 결과 조정봉 모임은 3번까지만 인출되었으며 최저영역수위가 28%

로서 4번이 인출되기까지는 8%의 여유가 더 있어 조정봉의 운전순서에 관한 문제는 해결되었다.

(1) 액체영역의 수위조절기능 개량

自動運轉時 영역출력분포가 기준치보다 높으면 출력을 낮추기 위해 개별액체영역의 수위는 높아져 95%에 도달하게 되고 이 수위에 의해 개도가 결정되는 물공급 밸브는 완전히 잠겨져 이론상 액체영역의 수위는 95%이상 도달할 수 없다.

그러나 수위지시신호에 의한 밸브의 잠김이 순간에 이루어지지 않기 때문에 수위가 100%를 넘게 되고 수위 Irration신호가 발생하게 된 결과 수위지시치 및 영역출력에 심한 변동이 장기간 지속된다. 이런 현상은 조정봉 인출 운전시마다 영역 4, 11번에서 일어나는데 이를 보완하기 위하여 액체영역의 수위조절을 위한 制御프로그램內容에서 각 영역별 밸브의 개도량을 결정하는 요소중 현재 수위와 관련된 요소의 크기를 적절히 변경함으로써 해결이 가능할 것으로 판단된다.

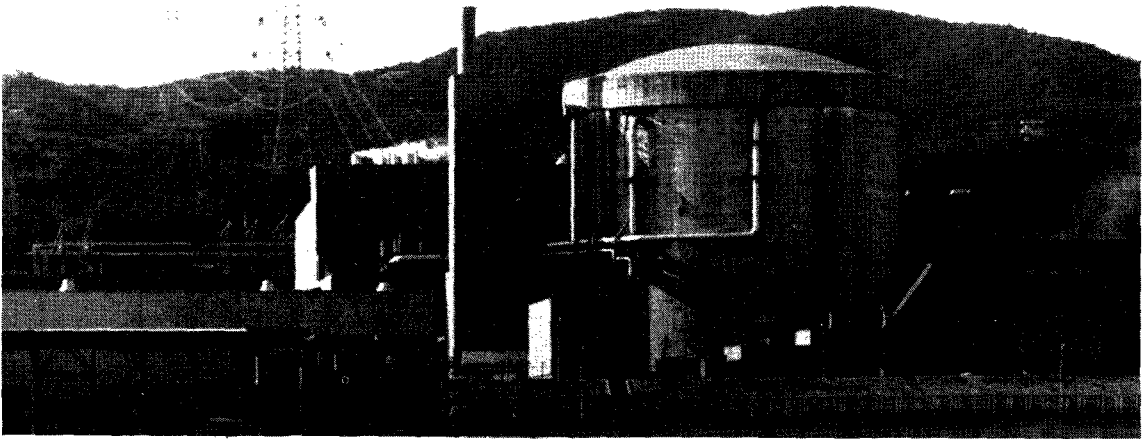
(2) 熱的振動 및 機器負荷變動影響

열적진동영향이란 온도 및 압력의 주기적 변화가 중요기기의 기계적 특성에 미치는 영향이고, 기기부하변동은 BFP와 같이 발전소 출력에 따라 기기의 부하량이 변하여 시스템의 안정성에 미치는 영향인데 2회의 부하추중운전시험으로는 그 영향을 측정하거나 상태변화를 정확히 예측할 수는 없었다. 그러나 원전 3호기가 基底負荷用 發電所로 설계되었기 때문에 부하추중운전방식을 선택할때는 원자로의 壓力管을 비롯한 1, 2차측 중요기기의 열적진동과 B-FP 등 기기의 부하변동에 따른 健全성이 평가되어야 할 것이다.

이번 시험중에 이러한 건전성 평가를 위한 분석에 사용될 각종 운전자료를 수집하였다. 또 지금까지 부하추중운전시 예상되는 문제점중의 대부분은 발전소 자체에서 분석하거나 개선하

〈表 5〉 Loop별 DN(지발중성자)계측계수율

계 측 날 짜	Loop 1 (count/sec)	Loop 2 (count/sec)
86. 05. 10	75. 2	111. 4
86. 04. 25	73. 5	109. 3
86. 04. 16	74. 1	109. 1
86. 03. 12	77. 2	115. 5
86. 02. 20	81. 3	116. 9
86. 01. 17	82. 5	116. 2
86. 12. 26	78. 8	114. 5
85. 12. 11	81. 9	114. 4
85. 11. 28	80. 7	116. 1
85. 11. 04	82. 1	118. 4



〈月城의 原子力 3號機 全景〉

여 결론에 도달할 수 있었으나, 이것은 자체 분석이 어려우며 전문연구기관의 협조를 받아야 할 것으로 판단된다.

(3) Gd의 주기적 첨가로 인한 Resin소모량의 증가 및 감속재순도 감소

Gd의 주기적 주입으로 인한 Resin의 추가 소모량은 250FPD당 약200ℓ로서 利用率이 80% 일 경우 年間 230ℓ씩 소모되어 수명기간인 30년동안 계속될 경우 약6.9m³의 기사용 Resin이 추가로 생성된다. 이 기사용 Resin은 高放射能 廢棄物이므로 특별처리가 요망되는데 원전 3호기의 기사용 Resin저장용량은 400m³로서 6.9m³의 추가소모량은 총저장량의 1.7%에 해당되므로 Gd의 첨가로 인한 Resin의 사용량 증가는 운전측면에서 전혀 우려할 사항이 아니다. Gd는 爐內에 Gd(No.33)·6H₂O의 형태로 주입되는데 이때 감속재내에 함께 주입된 H₂O의 축적량은 감속재의 重水 순도를 年間 0.003W/O씩 떨어지게 한다.

만약 重水의 Upgrading이 없을 경우 初期年度에 0.2%의 핵연료 연소도 손실이 있어 핵연료 비용의 추가부담액은 약2,000만원이며, 10년간 重水의 순도감소가 계속될 경우 0.03W/O의 순도가 감소되어서 年間 1.9억원의 핵연료

비용부담이 추가된다.

(4) 運轉方式

출력의 변동폭을 100%와 70% 사이로 하고 출력유지시간을 12-3-6-3방식으로 한 이번 시험운전은 일단 적합한 것으로 판단된다. 출력변동폭을 더 크게 하거나 출력유지시간중 70%로 유지하는 시간인 "6"을 "5"로, 즉 13-3-5-3방식으로 저출력 운전시간을 단축할 경우 Xe의 부반응도 변화에 대한 조정봉 운전순서에 문제점이 있을 것으로 예상된다.

그러나 토요일 "영"시에 내린 출력을 월요일 아침에 올리는 등 저출력 운전시간이 길어질때는 Xe의 반응도 변화영향은 줄어든다.

V. 結 論

원전 3호기의 부하추종운전시험결과 원자로 및 제어계통의 부하추종운전능력은 제한적으로 있음이 판명되었으며, 국부과출력 및 결합연료 발생도 없음이 입증되었다.

重要機器의 熱的振動과 기기부하변동에 따른 문제를 제외하면 시험중 지적된 문제점들은 발전소 자체에서 수정 보완할 수 있을 것으로 판단된다.