

KAERI/TR-3178/2006

**2004년도 대형연구시설(하나로) 공동이용활성화를 위한
대학연구지원용 계장캡슐 (04M-17U) 설계 · 제작 · 시험
보고서**

**Design, Fabrication and Test Report on HANARO
Instrumented Capsule (04M-17U) for the Researches of
Universities in 2004**

KAERI

한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 “2004년도 대형연구시설(하나로) 공동이용 활성화를 위한 대학연구지원
월용 계장캡슐 (04M-17U) 설계·제작·시험 보고서”로 제출합니다.

2006년 3월

과제명 : 조사시험용 캡슐개발 및 활용분야

주저자 : 주기남

공저자 : 김봉구

강영환

조만순

손재민

최명환

신윤택

박승재

요 약 문

2004년도 원자력 연구 기반 확충 사업중의 한 분야인 대형연구시설(하나로) 공동 이용 활성화 사업의 일환으로 대학 이용자들의 다양한 조사시험 요구조건들을 만족하는 재료 조사시험용 계장캡슐(04M-17U)을 설계·제작·조사시험하였다. 본 캡슐은 2000, 2001, 2002, 2003년도에 수행되었던 00M-01U, 01M-05U, 02M-05U 및 03M-06U 캡슐을 기반으로 하여 설계·제작되었다. 그러나 참여한 4개 대학 이용자들의 제한된 시편 및 예산으로 인하여 연구소 중장기과제인 '고온강도 평가 및 신재료 기술개발', '파괴특성 평가 및 향상 기술개발', '조사손상 평가 기반기술 개발' 과제와 공동으로 캡슐이 설계·제작되었다. 04M-17U 캡슐에는 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627 개 시편들이 장입되었다. 캡슐은 독립제어 전기히터가 장착된 5단의 구조로 되어 있으며, 조사시험 중 조사시편의 온도 및 조사량을 측정하기 위하여 14개의 열전 대 및 5개의 Ni-Ti-Fe 중성자 모니터가 설치되었다. 캡슐은 30MW 출력의 하나로 CT 조사시험공에서 260~350°C의 조사온도로, 2차에 걸쳐(23일씩 2주기 운전) 총 46일동안 최대 $6.0 \times 10^{20}(\text{n/cm}^2)$ ($E > 1.0\text{MeV}$) 중성자 조사량까지 조사되었다. 향후 시편의 조사후 시험을 통해 얻어질 결과들은 이용자들의 관련 연구에 귀중한 자료가 될 것이다.

SUMMARY

As a part of 2004 project for active utilization of HANARO, an instrumented capsule (04M-17U) was designed, fabricated and irradiated for the irradiation test of various nuclear materials under irradiation conditions requested by external researchers from universities. The basic structure of 04M-17U capsule was based on the 00M-01U, 01M-05U, 02M-05U and 03M-06U capsules successfully irradiated in HANARO as 2000, 2001, 2002 and 2003 projects. However, because of the limited number of specimens and budget of 4 universities, the remained space of the capsule was charged with various KAERI specimens for the researches of nuclear core material, fracture toughness and irradiation damage. Various types of specimens such as tensile, Charpy, TEM, SP(small punch) specimens made of Fe, Zr, Ti, Ni, Al and Cu were inserted in the capsule. The capsule is composed of 5 stages having many kinds of specimens and independent electric heater in each stage. During the irradiation test, the temperature of the specimens and the thermal/fast neutron fluences were measured by 14 thermocouples and 5 sets of Ni-Ti-Fe neutron fluence monitors installed in the capsule. The capsule was irradiated in the CT test hole of HANARO of 30MW thermal output at 260~350°C up to a fast neutron fluence of $6.0 \times 10^{20}(\text{n/cm}^2)$ ($E > 1.0\text{MeV}$). The obtained results will be very valuable for the related researches of the users.

목 차

요약문 (국문)	ii
(영문)	iii
목차 (국문)	iv
(영문)	vi
표목차	vii
그림목차	viii
1. 서론	1
2. 본론	3
2.1. 캡슐 설계	3
가. 캡슐 기본설계	3
나. 조사 시편 및 배치	4
다. 캡슐 상세설계	5
(1) 설계 변경사항	5
(2) 핵적 특성 계산	5
(3) 열설계	6
(4) 캡슐 계장 설계	11
라. 캡슐의 건전성 및 안전성 해석	12
(1) 캡슐 재질의 중성자 조사안전성	12
(2) 캡슐의 강도 건전성 평가	12
(3) 온도 상승에 의한 열팽창 용력 재평가	13
2.2. 04M-17U 캡슐의 제작	15
가. 04M-17U 캡슐 기술시방서	15
나. 캡슐 구매시방서	16
다. 캡슐 제작 공정	16
(1) 캡슐 설계/제작 공정 일정 협의	16
(2) 부품 구매/제작/조립/검사	16
(3) 작업 진행 상세 내역	17
라. 04M-17U 캡슐 제작후 검사	19
마. EMR 보고서	19

바. 캡슐 인수 및 검사	19
(1) 캡슐 노외 시험 · 검사	20
2.3. 캡슐 하단부 설계/변경	22
가. Bolt 연결식 일체형 하단부 설계/제작/시험	22
나. Dowel Pin 형 하단부 설계/제작/시험	22
2.4. 하나로 조사시험	28
2.5. 후속 업무	31
3. 결론	33
4. 참고문헌	34

별첨 1. 04M-17U 캡슐 설계 · 구매 관련 서류

별첨 2. 04M-17U 캡슐 설계/제작 과제수행 제안서

별첨 3. 04M-17U 캡슐 설계/제작 관련 서류

별첨 4. 04M-17U 캡슐 제작후 검사결과

별첨 5. 04M-17U 캡슐 조사시험 관련 문서

별첨 6. 04M-17U 캡슐 설계/제작/시험 수행 관련 메일

CONTENTS

SUMMARY (Korean)	ii
(English)	iii
Contents (Korean)	iv
(English)	vi
List of Tables	vii
List of Figures	viii
1. Introduction	1
2. Results	3
2.1. Capsule Design	3
1. Basic Design	3
2. Specimen Configuration Design	4
3. Detail Design	5
4. Integrity and Safety Analysis	12
2.2. Fabrication of 04M-17U Capsule	15
1. Technical Specification of 04M-17U Capsule	15
2. Purchase Specification of 04M-17U Capsule	16
3. Fabrication Procedure of Capsule	16
4. Inspection after Fabrication	19
5. End of Manufacturing Report(EMR)	19
6. Acceptance Tests at KAERI	19
2.3. Design Change of Bottom Guide Arm	22
1. Design/Fabrication/Test of Bolt-type Bottom Guide	22
2. Design/Fabrication/Test of Dowel Pin-type Bottom Guide	22
2.4. Irradiation of 04M-17U Capsule	28
2.5. Future Works	31
3. Conclusions	33
4. References	34

APPENDIX 1. Documents of Design/Purchase of 04M-17U Capsule

APPENDIX 2. Proposal for Design/Fabrication of 04M-17U Capsule

APPENDIX 3. Documents of Design/Fabrication of 04M-17U Capsule

APPENDIX 4. Inspection Results after Fabrication of 04M-17U Capsule

APPENDIX 5. Documents of Irradiation of 04M-17U Capsule

APPENDIX 6. Mails during Design/Fabrication/Irradiation

List of Tables

Table 1 Specimens loaded in 04M-17U capsule	36
Table 2 Specimens of I-NERI project	37
Table 3 파괴특성 분야 조사시편	37
Table 4 Cr-Mo 강 및 STS430 강의 화학조성 및 물성 비교	38
Table 5 이용자별 시편 희망 조사온도 및 시험온도	39
Table 6 The specification for the out-pile test of the creep and material capsules	40
Table 7 Comparison of the flow rate at the pressure drop of 209kPa	40
Table 8 Displacement of the capsule with previous and new bottom structure	41
Table 9 캡슐 하단부에 따른 단면적 계산	41
Table 10 Displacement of the capsule using a single channel test loop	42
Table 11 Displacement of the capsule using a half core test loop	42
Table 12 캡슐 하단부 진동에 따른 유동관 변위에의 영향	42
Table 13 04M-17U 캡슐 조사시험 근무편성표 (1차)	43
Table 14 04M-17U 캡슐 조사시험 근무편성표 (2차)	44
Table 15 03M-06U 캡슐의 조사시험 기간에 따른 시험 조건 변화	45
Table 16 03M-06U, 04M-17U 캡슐의 초기 조사시험 기간의 조건 변화	45
Table 17 04M-17U 캡슐 시편들의 조사시험 예상 결과	47

List of Figures

Fig. 1 04M-17U 캡슐의 설계도	47
Fig. 2 04M-17U 캡슐 내 시편배치도 (길이방향 단면도)	48
Fig. 3 04M-17U 캡슐 내 시편배치 검토 (단면도)	48
Fig. 4 04M-17U 캡슐 설계를 위한 하나로 캡슐 내 조사시험에서의 감마발열량 자료	49
Fig. 5 Gap determination at Stage 1 of 04M-17U capsule(10x10)	50
Fig. 6 Gap determination at Stage 2 of 04M-17U capsule(10x10)	50
Fig. 7 Gap determination at Stage 3 of 04M-17U capsule(10x15)	51
Fig. 8 Gap determination at Stage 4 of 04M-17U capsule(10x15)	51
Fig. 9 Gap determination at Stage 5 of 04M-17U capsule(10x10)	52
Fig. 10 04M-17U 캡슐내 열매체-외통 간의 설계 간격	53
Fig. 11 제작완성된 조사시험용 04M-17U 캡슐 모습	54
Fig. 12 Design of 04M-17U capsule(HAN-IC-DW-04M-17U-ASSY)	55
Fig. 13 04M-17U 캡슐 노외 시험 결과	54
Fig. 14 설계 변경된 하나로 조사시험용 캡슐 하단부	56
Fig. 15 다양한 캡슐 하단부가 설치된 조사시험용 캡슐	56
Fig. 16 Single channel test loop과 half core test loop	57
Fig. 17 Single channel test loop을 (수정전) 이용한 하단부에 따른 ΔP 특성	57
Fig. 18 Dowel pin 형 캡슐 하단부 수정전(a), 수정후(b) 모습	58
Fig. 19 Dowel pin 형 캡슐 하단부를 하나로 CT 유동관에 설치한 도면	58
Fig. 20 수정 처리된 Dowel pin 하단부($\phi 70mm$) 사진	59
Fig. 21 설계변경된 $\phi 71mm$ Dowel pin 캡슐하단부가 조립된 04M-17U 캡슐	59
Fig. 22 수정제작된 single channel test loop을 이용한 하단부에 따른 ΔP 특성	60
Fig. 23 최종 제작된 04M-17U 캡슐 하단부의($\phi 71mm$, dowel pin) 진동 변위(S-N)	60
Fig. 24 Dowel Pin형 ($\phi 71mm$) 신형하단부 설계도	61
Fig. 25 하나로 노심(CT 시험공) 및 계장 캡슐 조사시험	62
Fig. 26 1차 조사시험중 04M-17U 캡슐내 각단 시편의 온도 변화	62
Fig. 27 2차 조사시험중 04M-17U 캡슐내 각단 시편의 온도 변화	63

Fig. 28 04M-17U 캡슐 시편의 위치별 고속중성자 조사량($E > 0.1, 1.0$) 계산 .. 63

1. 서론

국내 유일한 전문 조사시험로인 한국원자력연구소 소재 하나로의 산·학·연 공동이용 활성화 사업이 과학기술부 주관으로 1999년부터 수행되어 왔다. 캡슐을 이용한 재료조사시험은 활성화 사업의 한 분야로서 시행 첫해연도인 2000에는 5개 대학이 선정되어 00M-01U 캡슐을 이용한 하나로 조사시험이 성공리에 수행되었으며[1], 2001년도에는 3개 대학이 연구 기관으로 선정되어 연구소의 신형핵 연료개발 분야와 공동으로 01M-05U 캡슐을 이용한 조사시험을 공동으로 수행하였다[2]. 2002년도에는 4개 대학이 연구 기관으로 선정되어 연구소 유사 연구분야인 고온 강도 및 신재료 기술개발 분야와 공동으로 02M-05U 캡슐을 이용한 조사시험을 수행하였다[3]. 2003년도에도 사업명이 ‘대형연구시설 공동이용 활성화 사업’으로 변경되어, 4개 대학이 연구 기관으로 선정되어 연구소의 ‘조사시험용 캡슐 개발 및 활용’ 과제의 조사시편 온도 정밀제어 기술 개발 분야와 공동으로 03M-06U 캡슐 조사시험을 수행하였다[4]. 당해연도인 2004년도에는 4개 대학이 연구 기관으로 선정되어 캡슐을 이용한 조사시험을 공동으로 수행하게 되었다.

한국원자력연구소에서는 주요 원자력 재료의 중성자 조사효과 평가를 위한 표준형 계장캡슐 국산화 개발연구를 수행하여 왔다[5-11]. 연구로를 활용한 캡슐 조사시험은 다양한 운전조건을 구현할 수 있으며 조사 시험 변수를 조절할 수 있고 중성자속이 높아 시험 기간을 크게 단축 할 수 있는 장점이 있다.

현재 관련 기술이 우선적으로 국산화 개발된 하나로 조사시험용 표준형 계장 캡슐은 원자력 재료들에 대한 산·학·연의 하나로 중성자 조사시험 연구에 활발히 활용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 표준형 계장캡슐 기술을 활용하여 2004년도 하나로 공동이용활성화 사업에 선정된 각 대학에서 연구수행중인 원자력 재료의 조사특성 연구를 지원하기 위한 하나로 계장캡슐을 (04M-17U) 설계·제작하였다. 2004년도의 경우 선정된 4개 대학만으로는 예산상 독자적으로 조사시험을 수행할 수 없었으므로, 소내 조사시험 희망분야를 모집하여 ‘고온강도 평가 및 신재료 기술개발’, ‘파괴특성 평가 및 향상 기술개발’, ‘조사손상 평가 기반 기술 개발’ 과제 등 3개 과제와 공동으로 조사시험을 수행하였다. 04M-17U 캡슐에는 4개 대학 및 연구소 3개 과제에서 신청된 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다. 시편들은 각기 다른 290, 300, 320, 350°C의 온도로 조사시험하기 위하여 설계되었다.

캡슐의 주요설계는 그동안 하나로 조사시험에 주로 적용되고 있는 시편의 4공 분산배치 구조가 적용되었으며, 그동안의 캡슐 조사시험을 통해 도출된 최적의 설계 조건이 적용되었다[2,4,11]. 캡슐은 조사시편을 중심으로 다단독립제어 전기히터가 장착된 5단의 구조로 되어 있으며, 조사시험 중 조사시편의 온도 및 조사량을 측정하기 위하여 14개의 열전대 및 5개의 Ni-Ti-Fe 중성자 모니터가 설치되었다.

캡슐은 30MW 열출력의 하나로 CT 조사시험공에 설치되어 시편에 따라 260~350°C의 조사온도로 약 46일 동안 조사됨으로써 시편의 중성자 조사량이 최대 $6.0 \times 10^{20}(\text{n}/\text{cm}^2)$ ($E > 1.0\text{MeV}$)에 도달하였다.

본 조사시험을 통해 얻어진 결과들은 각 대학에서 연구중인 원자력 및 첨단 재료의 조사성능 연구에 기본자료로 활용될 것이며, 함께 참여한 소내 관련 분야 연구에도 크게 기여할 것이다. 또한 본 연구를 통해 얻어진 경험과 축적된 기술을 활용하여 향후 산·학·연에서 수행중인 여러 원자력 재료들에 대한 다양한 조사성능 연구가 활발히 추진될 것이다.

2. 본론

2.1. 캡슐 설계

2004년도 대형연구시설(하나로) 공동이용 활성화사업에서는 4개 대학이 캡슐조사시험을 수행하도록 선정되었다. 그러나 이들 대학들의 시편 및 예산상으로는 캡슐 1개를 제작하여 조사시험을 수행할 수 없었으므로 연구소내 공동 조사시험 희망분야를 긴급히 모집하였다. 연구소에서는 중장기과제인 '고온강도 평가 및 신재료 기술개발', '파괴특성 평가 및 향상 기술개발', '조사손상 평가 기반기술 개발' 과제가 신청하였다. 이에 따라 이를 이용자 재료들의 조사특성 평가를 위한 하나로 계장캡슐(이하 04M-17U 캡슐로 표기함, M: Material, U: University의 약자)을 이용자들의 조사시험 요구시편 및 조건들을 최대한 만족하도록 1차 설계되었다. 캡슐내 조사시편의 온도를 균일하게 유지하기 위하여 캡슐 내 빈공간은 STS 304로 spacer를 제작하여 설치하였다. 표 1은 캡슐의 상세설계를 통해 최종 결정된 시편들의 이용자, 시편 규격 및 재질 등에 관한 내용이다. 04M-17U 캡슐 내에는 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다.

계장캡슐은 먼저 캡슐 이용자들과의 협의를 통하여 캡슐의 주요구조, 장입시편 치수 및 임시배치 위치, 조사조건 등을 결정하는 기본설계를 수행하고, 이를 토대로 조사시험이 수행될 하나로 시험공에서의 감마발열량(gamma heating rate) 분포 및 중성자 조사량 등 핵적 특성을 계산한 후, 계산된 값을 사용하여 열매체와 캡슐외통간의 간격(gap) 설계, 시편의 최종배치 및 열전대(T/C)와 중성자모니터(F/M)의 배치위치 결정 등의 절차를 거쳐 그림 1과 같이 최종 설계되었다.

가. 캡슐 기본설계

캡슐의 기본구조는 다공구조의 재료조사시험용 표준형 계장 캡슐에 근거하여 설계하였다. 시편을 제외한 캡슐 부위의 구조는 2003년도 하나로이용활성화 캡슐인 03M-06U 캡슐 설계를 기본으로 하였다. 캡슐은 크게 본체부, 보호관부, 안내관부로 나뉘어지며, 기본 구조 및 히터, T/C 및 F/M 등 계장 설계는 기존의 캡슐들과 동일하다. 조사시편의 온도는 하나로 출력조건에서 캡슐 내 He 진공도를 제어하여 1차 조절되며, 각 단별로 독립적으로 작동하는 전기히터로 최종 조절되어진다. 04M-17U 캡슐은 대학 및 연구소에서 요청

된 Fe, Zr, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격 시편의 조사시험을 수행하여야 한다. 캡슐 시편부는 그동안 조사시험에 주로 적용되었던 표준형 4공 분산배치 구조로(02M-05U 및 03M-06U) 설계하였다. 기본적으로 동일 재질의 시편을 동일 단위에 배치하는 것을 원칙으로 하고 일부 위치에서 두 재료를 혼합하여 배치하기도 하였다. 한편 04M-17U 캡슐 내에는 일부 소형 시편들이 STS 304로 제작된 시편 case에 넣어져 있으며, 이들 부위는 설계 편의상 STS 304 단일 시편으로 간주하여 설계하였다.

04M-17U 캡슐내의 시편들은 다양한 범위의 중성자량 조사가 요청되었다. 현재 하나로가 30MW 출력으로 대략 23일 운전 - 10일 점검 운영 체제로 운영되고 있으므로 캡슐은 CT 시험공에서 2주기, 46일간 조사시험하여(1,380MWD) 고속중성자 조사량이 최대 $6.0 \times 10^{20} \text{n/cm}^2$ ($E > 1.0 \text{ MeV}$)에 도달하는 것을 목표로 하였다.

나. 조사 시편 및 배치

04M-17U 캡슐은 4개 대학(한양대, 선문대, 단국대, 한국과학기술원)의 요청 시료와 소내 중장기과제인 '고온강도 평가 및 신재료 기술개발(류우석)', '파괴특성 평가 및 향상 기술개발(이봉상)', '조사손상 평가 기반기술 개발 과제(권상철)' 과제에서 요구된 다양한 재질 및 규격의 시편들에 대한 여러 조건의 조사시험이 표 1과 같이 요청되었다. 즉, 캡슐에는 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입 요청되었다. 이들 중 Charpy 시편과 판상의 인장 시편 등은 캡슐 열매체 시편 구멍 내에 단순 적층되었으며, TEM 시편들은 각각의 STS 430 재질로 제작된 훌더 내에 집어넣은 상태로 열매체의 시편구멍 내에 장입하기로 하였으며, 일부 빈공간에는 시편과 동일한 규격으로 STS 304 spacer를 제작하여 장입하는 것으로 결정하였다.

04M-17U 캡슐내 시편배치는 그동안 조사시험용 캡슐에 주로 적용되어 왔던 중심의 빈 공간 구멍을 중심으로 그림 2,3과 같이 한 4공 분산배치 구조로 설계하였다. 각 단에는 유사한 재질 및 규격의 시편을 배치하는 것을 원칙으로 하였으나, 2,3,4단에서는 상이한 규격 및 재질의 시편을 혼합하여 배치하였다.

다. 캡슐 상세설계

(1) 설계 변경사항

04M-17U 캡슐은 시편 배치를 제외한 부분은 최근에 조사 완료된 03M-06U 캡슐을 기본으로 하여 설계하였으며, 시편부를 제외한 부분은 03M-06U 캡슐과 동일하게 설계하였다. 캡슐 본체부의 경우, 1차적으로 03M-06U 캡슐과 동일하게 하였고, 시편 배치 구조는 모든 단에 동일하게 4공 분산배치 구조를 적용하였다. 즉, 시편 배치는 1,2,3,5단은 4개의 10x10mm 크기의 시편들을 4공 분산 구조로 설계하였으며, 4단은 판상 인장시편들을 적층하여 10x15mm 크기로 4공 분산 배치하는 구조로 설계하였다. 일부 규격에 맞지 않는 시편부나 빈공간에는 STS 304 재질로 된 spacer를 제작하여 채워 넣었다.

04M-17U 캡슐에서의 그 외 세부적인 사항들은 03M-06U 캡슐과 동일하게 적용하였으며, 열전대도 표준 개수에 추가로 2개를 더 설치하여 총 14개를 설치하기로 하였다.

(2) 핵적 특성 계산

2004년도 대형연구시설(하나로)이용활성화 사업과 관련하여 대학지원용 캡슐(04M-17U)을 설계/제작하는데 필수적인 캡슐의 핵적특성을 기준의 관련 자료로부터 다음과 같이 추정하였다.

04M-17U 캡슐의 시편배치 구조는 이미 30MW CT 시험공에서 조사시험 이 완료된 03M-06U 캡슐과 기본적으로 유사하며, 동일한 조사조건인 30MW 원자로 출력의 CT 시험공에서 조사시험될 예정이다. 04M-17U 캡슐 설계에 필요한 핵적 특성은 제어봉 450cm로 이론 계산된 값을[12] 적용하였다.

조사 시편이 받는 고속중성자 조사량은 24MW CT 시험공에서 28일 동안 조사시험한 02M-05U 캡슐의 값으로부터[3] 원자로가 30MW로 46일 동안 운전하는 경우에 대해 단순 계산하였다. 이 경우 0.1MeV 이상 및 1.0MeV 이상의 고속중성자 조사량 계산 결과는, 최대값은 노심 중심 약간 아래 높이에서 약 1.2×10^{21} n/cm² (0.1MeV 이상) 및 5.9×10^{20} n/cm² (1.0MeV 이상)로 예상되었다. 04M-17U 캡슐의 발열량은 캡슐의 조사 시편, 시편 holder 및 캡슐 외통에 대해 계산된 발열량을 사용하였으며, 시편에서의 최대값은 최대 6.3 watt/gm이다.

그림 4는 04M-17U 캡슐의 설계를 위해 적용한 캡슐내 시편의 gamma heating rate 변화값을 나타낸 그림으로 04M-17U 캡슐 시편의 재질 및 형태의 차이로 인한 영향은 핵특성 계산 및 캡슐 제작 등에서 포함되는 오차 범위내에 포함될 것으로 추정하였다. 또한 유사 조건의 03M-06U에 대한 계산

치에 비해 약간 작은 값으로 계산되었다.

(3) 열설계

04M-17U 캡슐의 경우 이용자 및 이용자 조사시험 요구조건이(시편 재질 및 형상, 조사 온도 등) 매우 다양하다. 따라서, 기본적인 핵적 및 열적 예비 검토를 거쳐서 다양한 캡슐내 시편배치 형태 및 구조를 본 캡슐에 반영하였다. 그러나 기본적으로는 조사시험중 시편이 원자로 출력 상승으로 일정 온도로 상승하면 캡슐 내 He 압력 및 전기히터 출력 등을 조절하여 순차적으로 최종 시험 목표온도에 도달하게 하는 설계기본에는 변함이 없다. 따라서, 원자로 출력만으로 도달하게 되는 1차 목표 조사온도를 기준으로 캡슐 각 부품간의 간격(gap)을 조절하여 각 시편의 길이에 따른 온도편차를 줄여 동일한 조사온도에 도달하게 하였다.

본 캡슐에서도 캡슐 부품간에 존재할 수 있는 간격들 중 시편과 열매체간의 간격은 기본적으로 모두 0.1mm로 고정하였다. 하나로 캡슐의 경우 열매체와 캡슐 외통간의 간격이 작아 1차 목표 조사온도에 도달한 후 전기히터에 의하여 조절할 수 있는 온도범위가 매우 작으므로 일반적인 조사시험 상태인 $0.4K_{He=1atm}$ 조건에서 열매체와 캡슐 외통의 간격(gap) 설계를 수행하여 각 단시편의 온도가 원하는 조사온도에 도달하도록 설계하였다.

캡슐 내 시편의 조사온도를 계산하기 위하여 기존의 계장캡슐 설계에 사용되어왔던 GENGTC code를 이용하여 시편의 조사온도를 계산하였다. GENGTC code는 시편의 배치 위치에 따른 감마발열량과 부품간의 간격을 이용하여 캡슐 각 부분의 온도를 계산하는데, 이에 의거하여 시편의 설계 목표온도를 만족하도록 열매체와 외통간의 간격을 결정하였다. 04M-17U 캡슐의 열설계 세부절차에서 03M-06U 캡슐 설계시 적용하였던 절차를[4] 기본으로 하여 수행하였다.

한편 04M-17U 캡슐의 경우 여러 성분의 시편들이 혼재되어 있으므로 열설계 전에 다음과 같은 기술적인 사항들에 대하여 다음과 같이 결정하였다.

- 1) 1단의 경우, 동일 규격의 STS 490 재질 시편이 있으나, 물성이 비교적 SA508과 유사하므로 SA508 재질 시편을 기준으로 하여(10x10mm SA508 시편 4개 배치로 가정) gap 조절을 한다.
- 2) 2단의 경우, Al, Cu, SA508, STS 304/430 재질의 TEM 시편이 STS 430 재질의 케이스에 들어 있으며, 일부 Ti, Ni, BN, SKH-51 시편들이 있으나, 전

체를 SA508 재질시편을 기준으로 하여(10x10mm SA508 시편 4개 배치로 가정) gap 조절을 한다.

- 3) 3단의 경우, T92, Incoloy 800, Fe-Cu, ODS steel, Zr, Cr-Mo 등 매우 다양한 재질의 시편들이 포함되어 있다. 이에 시편부를 모두 SA508 재질 시편을 기준으로(10x10mm SA508 시편 4개 배치로 가정) gap 조절을 한다.
- 4) 4단의 경우, 10x15mm 규격의 Cr-Mo, STS 316 시편과 5x5mm 규격의 Cr-Mo 시편 2종류가 있으나, gap 조절은 편의상 STS 304 시편을 (10x15mm 시편 4개 배치로 가정) 기준으로 한다.
- 5) 5단의 경우, RPV 및 모델합금 재질의 시편이 있으나, 10x10mm 규격의 SA508 시편을 기준으로 (10x10mm SA508 시편 4개 배치로 가정) gap 조절을 한다.

(가) 시편 배치 설계

04M-17U 캡슐은 4개 대학(한양대, 선문대, 단국대, 한국과학기술원)의 요청 시료와 소내 중장기과제인 ‘고온강도 평가 및 신재료 기술개발(류우석)’, ‘파괴 특성 평가 및 향상 기술개발(이봉상)’, ‘조사손상 평가 기반기술 개발 과제(권상철)’ 과제에서 요구된 다양한 재질 및 규격의 시편들에 대한 여러 조건의 조사시험이 표 1과 같이 요청되었다. 즉, 캡슐에는 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다.

표 2는 04M-17U 캡슐에 장입될 I-NERI project와 연관된 시편의 세부 내역을 나타낸 것으로 ‘파괴특성 평가 및 향상 기술개발’ 과제와 연계되어 예비시험 성격으로 본 캡슐의 3단 #3 hole의 LJ 위치에 장입되었다. 이를 TEM 및 미세인장 시편들의 case 및 spacer는 모두 SA508 재질로 제작되었다.

표 3은 캡슐 5단에 배치된 연구소의 파괴특성 분야의 시편내역을 보다 상세히 나타낸 것이다. 그리고 표 4는 3,4단에 배치된 연구소 고온재료 분야의 본 캡슐에 새로이 장입되는 Cr-Mo 및 STS430 강의 화학성분 및 기존 재료와의 물성을 비교한 표이다. 10% Cr 합금을 기준으로 하여 기존의 STS 재질들과 물성을 비교하여 보면 밀도는 유사한 반면 열팽창계수는 상대적으로 작고, 열전도도는 크다. 상기한 두 물성은 각각 조사시험시 고온 및 저온 경향을 유도하는 상반되는 특성으로 Cr-Mo 합금은 결과적으로 STS 시편들과 유사한 온도 거동을 보일 것으로 추정된다. 한편 STS430 재질의 경우 Fe-10Cr 합금과 매우 유사한 특

성을 가질 것으로 판단된다. 또한 표 5는 이용자별 시험재료의 조사시험 조건 및 설계 자료들을 종합한 표이다. 그림 2,3은 조사시편에 대한 이용자들의 상세 시험 요구조건인 표 2-5에 포함된 시편의 재질 및 핵적특성을 감안하여 최종 결정된 시편배치도로 04M-17U 캡슐 각단에서의 시료 재질 등을 포함한 시편배치 횅단면 및 종단면을 보여주고 있다.

모든 단에는 중심부에 빈 공간을 두고 이를 중심으로 4각 형태의 시편을 4공 구조로 분산 배치하였다. 시편 규격이 가장 큰 인장시편은 판상 시편들을 적층하여 단면적이 15x10mm가 되게 배치하였다. 따라서, 1,2,3,5단은 10x10mm 단면의 시편 4개가 배치되었으며, 4단은 15x10mm 단면의 시편 4개로 배치되었다. 시편 재질의 경우 주로 Fe 계열의 시편으로 되어 있으며, 일부 Al, Cu 계열의 나노 재료 TEM 시편이 STS 430 case에 넣어져 있다. 또한 Ti, Ni, Cr-Mo 등의 시편들도 배치되어 있으며, 4단에 배치된 판상 인장시편들의 경우, 치밀하게 적층 시켜 전체 시편을 하나의 단위 시편으로 간주할 수 있게 하였다. 한편 모든 빈 공간에는 STS 304 재질의 spacer를 제작해 채워 넣었다.

(나) 설계온도 설정

04M-17U 캡슐내 시편의 조사온도는 표 5에서와 같이 시편에 따라 290~400°C 범위로 요청되었으며, 비교적 유사한 온도를 목표로 설계할 수 있었다. 한편 재질 및 크기가 서로 상이한 시편들이 혼합되어 배치되어 있으므로 시편의 목표온도 도달은 기술적으로 어려움이 많다. 시편의 조사온도는 원자로 출력으로 일정 온도까지 올라가면 캡슐내 He 압력 및 heater 출력 등을 순차적으로 조절하여 최종 목표온도에 도달하게 해야 한다. 04M-17U 캡슐에서는 기존의 캡슐에서와 같이 고진공 상태인 $0.4K_{He=1atm}$ 조건에서(50-100 torr의 진공으로 가동 예상) gap 설계를 수행하여 실제 조사시험시 각단 내의 시편 상하간의 온도 편차를 줄이고자 하였다.

04M-17U 캡슐의 경우 그림 2,3의 시편배치 및 이용자 요구 시험온도에 따라 다음과 같이 최적의 기준을 정하여 GENGTC 설계온도를 설정하였다. 설계온도는 그동안의 database를 통하여 시편이 목표온도에 도달하기 위한 이론적인 온도로 시편 배치구조 등에 따라 목표온도와 차이가 난다. 1단의 경우 전체길이를 단면 10x10mm SA508 시편을 기준으로 하여 300°C를 목표로 상하부로 2등분하여 상부는 285°C로, 하부는 280°C로 설계하였다. 이는 STS 304 재질 기준 310°C로 설계된 03M-06U 캡슐 1단에 비해 gamma

heating은 약 10% 증가하고, SA508 재질로 인한 온도 증가분(약 10°C)을 고려한 것이다. 2단에서는 전체길이를 10x10mm SA 508 합금 시편을 기준으로 하여 시편온도 330°C를 목표로 하여 330°C로 설계하였다. 3단에서는 전체길이를 10x10mm SA508 시편을 기준으로 하여 SA508/Cr-Mo 재질의 상하부로 구분하여 각각 300/320°C를 시편 목표온도로 하여 315/330°C로 설계하였다. 4단은 전체길이를 10x15mm STS 304 시편을 기준으로 하여 320°C를 시편 목표온도 하여 370°C로 설계하였다. 5단은 전체길이를 10x10mm SA508 시편을 기준으로 하여 290°C를 시편 목표온도 하여 280°C로 설계하였다. 따라서 조사시험시 비교적 안정적인 50-100torr의 진공에서 조사시편이 각각의 목표 조사온도에(1단:300°C, 2단:350°C, 3단:300/320°C, 4단:320°C, 5단:290°C) 도달할 수 있도록 설계하였다.

(다) 열설계 시편부 밀도 보정

캡슐내 시편의 조사온도를 계산하는데 이용한 GENGTG code의 경우, 캡슐 내부 구조를 모두 symmetric geometry로 변경해야 한다. 04M-17U 캡슐의 경우, 모든 단은 그림 2,3에서와 같이 가운데 hole을 중심으로 10x10 및 10x15mm 4각바 형태의 시편부가 90°간격으로 4개씩 존재하는 분산 배치형 non-symmetric geometry를 가지므로 GENGTG 적용을 위해서 symmetric 형태로 변경해야하고 이에 따른 각 부분의 밀도 보정작업을 수행하여야 한다. 본 설계에서는 기존의 캡슐설계에서와 동일하게 반경방향으로의 열전도를 감안하여 시편이 동일 두께의 ring 형태로 존재하는 것으로 모델링한 후 밀도를 보정하였다.

04M-17U 캡슐의 경우 모든 단들은 4각 bar 형태의 시편을 4공으로 배치하는 구조를 기본으로 하였다. 그러나 1,2,3,5단의 경우 10x10mm 4각 bar가 4개 배치되었으며, 4단은 10x15mm 4각 bar가 4개 배치되었다. 모델링은 반경방향으로의 열전도도가 시편의 온도에 직접적인 역할을 할 것으로 감안하여 중심원을 기준으로 하여 동일한 규격의 symmetric ring 형태로 모델링하였으며, 각 부품간의 gap을 0.1mm라고 가정하여 03M-06U 캡슐과 유사하게 [4] 각 단의 밀도 보정을 수행하였다.

(라) 캡슐 부품간 간격 설계

캡슐내 시편의 조사온도를 결정하는데 있어 가장 중요한 단계는 캡슐

내 부품간의 간격을 설계하는 것이다. 이는 gamma heating 값과 밀도 보정 값을 사용하여 부품간의 간격을 조절해가면서 시편의 조사 온도를 각 단별로 목표온도로 일정하게 조정하는 과정이다. 시편 온도 계산에는 GENGTC, ANSYS code 등의 전산 프로그램들이 이용될 수 있는데, 본 캡슐의 열매체 설계에서는 GENGTC code 만을 이용하여 계산하였다.

04M-17U 캡슐에서는 조사시편이 원자로 출력과 $0.4K_{He,1atm}$ 의 캡슐내 진공으로 표 5의 목표온도에 도달하도록 설계하여 실제 조사 시험시는 약 50-100torr의 진공에서 heater 조절만으로 모든 시편이 조사 시험온도에 도달 할 수 있도록 부품간의 간격을 03M-06U에 적용한 절차에[4] 따라 조정하였다. 그럼 5-9는 SA 508 steel 및 STS 304 단일 시편으로 단순화시킨 04M-17U 캡슐의 1-5단에 대한 간격 조정작업 과정을 나타낸다. 최종적으로 그림 10에서와 같이 04M-17U 캡슐 전체에 대한 열매체와 외통간의 간격을 0.065~0.20mm 범위에서 결정할 수 있었다. 전반적으로 열매체와 외통간 간격은 양 단에서 큰 값을 보인 후 중심쪽으로 갈수록 감소하였다.

(마) 하나로 조사 방향성 및 혼합 시편에 대한 간격 조정

04M-17U 캡슐은 핵적특성이 대칭적인 하나로 노심의 CT 조사시험공에 장입되어 조사시험될 예정이므로 캡슐 본체내에 분산배치된 시편들은 방향에 관계없이 symmetric한 gamma heating 및 조사량 특성을 지니게 된다. 그러므로 캡슐 설계시 시편의 방향에 따른 조사 온도는 동일하다고 간주하였다. 한편 04M-17U 캡슐의 일부 다른 재질이 시편들이 혼재되어 있으며, TEM 시편들은 STS 430 case에 포함되어 배치되어 있으나, 이들 영향은 설계시 무시하였다.

(바) 시편 조사온도 계산

앞의 여러 단계를 거쳐 설계·제작된 캡슐내의 시편의 조사온도는 하나로 출력 30MW 가동시를 기준으로 하여 GENGTC code를 이용하여 다음과 같이 계산하였다. 온도계산은 5단 각각에 대하여 수행하였으며, 계산에 필요한 냉각수 온도는 연구로 출력 증가에 따라 32~34°C의 값을 사용하였으며, 캡슐 외통 표면에서의 냉각수에 의한 열전달계수는 $3.03 \text{ W/cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 를 사용하였다[5]. 캡슐이 CT 시험공에 존재할 때의 캡슐 각단에서의 χ 값을 앞의 MCNP 코드를 이용하여 계산한 값인 그림 4의 값을 사용하였다[12]. 캡슐 dimension은 설계도에 준하여 사용하였으며, 캡슐내 분위기는 helium gas를

사용하여 0.4기압과 1기압으로 조절하였다. Micro-heater 출력의 경우, hot part의 저항은 specification 상 10.28Ω 이고 제한 전류는 20A이므로 최대 전압은 205V, 최대 출력은 4,112W이다. 그러나, 히터의 안전상 3,000W로 사용범위를 제한함으로써 최대 선출력은 263 W/cm로 계산된다. 이들 실험변수들에 따라 04M-17U 캡슐에 대해 GENGTC code를 이용해 조사시료 온도를 계산할 수 있었다.

하나로 조사시험공에 He 1기압으로 유지된 캡슐이 장입되는 경우, 캡슐내 각단에서의 조사시료 온도는 기본적으로 약 200°C 근처로 상승한다(00M-03K 캡슐의 경우 $193\sim 254^{\circ}\text{C}$ 로 상승). 이에 캡슐 내부 He gas 압력을 1기압에서 $0.4\text{K}_{\text{He},1\text{atm}}$ 기압으로 낮출 경우 조사시료는 각각 희망하는 목표온도에 근접하도록 설계하였다. 최종적으로 각단별 설치된 micro-heater를 이용하여 각 단별 온도의 미세조절을 하게 되는데, 이러한 조절에 따라 캡슐에 장입된 시편의 조사온도는 최종 조사시험 온도로 조절되게 된다.

(4) 캡슐 계장 설계

04M-17U 캡슐에 대한 계장설계는 03M-06U 캡슐을 기본으로 하여 설계하였다. 캡슐내에 장입된 다양한 재질 및 형태의 시편들을 감안하여 캡슐내에는 현재의 junction box 연결 시스템에서 최대 허용치인 14개의 K-형 열전대(thermocouple)를 배치하였으며, 각단에는 기존의 캡슐들과 동일하게 최대 263W/cm 용량의 micro-heater를 설치하였다. 표준 캡슐보다 추가로 장입된 2개의 열전대는 junction box의 히터 연결 line을 통하여 인출되어, 온도를 측정할 수 있게 하였다. 04M-17U 캡슐내의 열전대 위치는 각각 그림 1, 2에 나타낸 바와 같다.

04M-17U 캡슐의 모든 단에는 조사시편의 고속중성자 및 열중성자 조사량 평가를 위한 Fe/Ni/Ti fluence monitor(F/M A)가 장입되어 있다. Fe/Ni/Ti F/M는 $\Phi 2.5 \times 15.0 \text{L} \times 0.2t(\text{mm})$ 규격의 Al tube 속에 $\Phi 0.75 \times 0.1t(\text{mm})$ 크기의 Al tube를 넣고 그속에 99.99% 순도의 Fe/Ni/Ti F/M wire 재료를($\Phi 0.25 \times 0.5\text{mm}$) 각기 한조각씩 장입한 후 cap 형식으로 밀봉하여 제작하였다. F/M 재료의 구입 및 제작은 소내 계측제어 분야에서 지원 수행하였다. 캡슐내 F/M A의 설치위치는 열매체 부품도에서 알 수 있듯이 각단의 중심부 220° 위치에 각각 위치시키며, 항상 cap 부분이 캡슐 위쪽으로 향하도록 하고, 조사후 해체과정에서의 섞임을 방지하기 위하여 Al 외통 뚜껑 윗면과 아랫면

에 구분표시를 각인하였다.

라. 캡슐의 건전성 및 안전성해석

캡슐 및 관련시설을 하나로에서 안전하게 사용하기 위해서는 이들에 대한 구조건전성 및 안전성이 객관적으로 입증되어야 한다. 04M-17U 캡슐은 외형 및 규격이 기존의 캡슐과 거의 동일하므로 별도의 안전성 분석은 수행하지 않았으며, 이전의 캡슐들과 마찬가지로 초기의 97M-01K 캡슐에 대한 안전성보고서로 대체하였다[13].

04M-17U 캡슐에 대한 하나로 CT 조사시험공에서의 핵적특성은 MCNP 코드를 이용하여 계산된 값을[12] 사용하였다. 하나로 조사시험시의 시편 및 캡슐 각 부위의 온도분포는 χ 계산값을 사용하여 GENGTC 코드[14]로 평가하였다. 또한 열계산에 따른 캡슐 압력경계부에 대한 열응력해석 또한 기존의 해석결과를 이용하여 조사시험 동안의 캡슐 안전성 및 건전성을 확인하였다.

(1) 캡슐 재질의 중성자 조사안정성

04M-17U 캡슐은 하나로 in-core 중심의 CT 시험공에 장입될 예정이므로 $2.1 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ 의 고속중성자속($E > 0.82 \text{ MeV}$)에 놓이게 된다[15]. 04M-17U 캡슐은 하나로에서 23일간 2회(총 46일간) 조사시험을 수행하는 것을 목표로 하고 있다. 일반적으로 냉각수와 접촉하는 캡슐 부위의 재질은 중성자 조사 환경에서 사용하는 동안 금속학적 건전성을 유지해야 하고, 이러한 점에서 캡슐 피복관인 STS 316 steel의 경우, 약 $1.0 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ 의 ($E > 1.0 \text{ MeV}$) 사용 제한치를 가지고 있는 것으로 알려져 있으므로[16], 최대 $5.9 \times 10^{20} \text{ n/cm}^2$ 의 ($E > 1.0 \text{ MeV}$) 부근까지 조사시험될 04M-17U 캡슐 재질은 조사시험 기간동안 중성자 조사에 대하여 건전성을 충분히 유지할 것으로 판단된다.

(2) 캡슐의 강도 건전성 평가

하나로 조사시험공에 장입된 캡슐은 원자로 가동동안 발생 가능한 모든 응력으로부터 안전해야 하므로, 캡슐 외통과 같은 압력 경계부는 조사조건에서의 강도 안전성 관점에서 분석되어야 한다.

원자로 가동중 캡슐 외통에 발생하는 응력으로는 외통 두께에 따른 온도 구배에 기인한 열응력(thermal stress), 내부 gas 압력, 그리고 외부 냉각수 압력 등이 있다. 그러므로 캡슐 외통 및 end plug 등은 이들 응력들에 대한

안전성이 증명되어야 한다.

04M-17U 캡슐의 경우, 기본적인 구조설계는 안전성이 입증된 기존의 캡슐을 그대로 적용하였고 시편 배치 등에 있어서도 그동안의 캡슐 설계 범위 내에 있으므로 기본적으로 안전할 것으로 보인다. 따라서, 재료조사용 계장 캡슐의 경우 시편온도 500°C의 가정에서 안전성 평가를 수행하였으므로[13], 정해진 캡슐 조사시험절차에 따를 경우[17], 본 캡슐의 시편들은 최대 360°C 이하로 조사될 것이고, 예기치 않은 온도 상승시에도 시편온도가 375°C를 초과하면 경고가 발생되어 대응처리가 수행되고, 400°C에서의 비상처리 단계를 거쳐 500°C에 이를 경우, 원자로를 정지하게 되므로 캡슐 각부의 온도는 최대 500°C를 넘지 않도록 유지될 것이다.

또한 04M-17U 캡슐은 기존의 캡슐과 마찬가지로 모든 강도 건전성 요구조건들을 만족할 것으로 판단되므로, 하나로내 조사시험동안 충분한 강도를 유지하여 조사시험동안 안전한 것으로 평가된다.

(3) 온도 상승에 의한 열팽창 응력 재평가

원자로 출력이 30MW로 상승함에 따라 캡슐 외통과 내부 Al 열매체 간의 간격은 좀더 감소하였다. 이에 따라 조사시험중 온도 상승에 따른 열매체의 캡슐 외통에 비해 상대적인 팽창에 캡이 감소할 뿐만아니라 접촉되는 경우 외통에 응력 및 변형을 유발시켜 인접하는 유동관을 밀어 변형한도인 0.5mm 초과할 수도 있다는 우려가 제기되었다. 이에 따라 지난 03M-06U 캡슐의 설계제작시 이에 대한 검토를 수행한 바 있으나 해석상의 일부 오류가 있어 재계산하였다. 먼저 두 재질의 온도에 따른 열팽창계수는 다음과 같다.

$$\text{STS316 열팽창 계수} = 15.564 \times 10^{-6} + 0.27 \times 10^{-8} \times T (\text{°C})$$

$$\text{Al1050 열팽창 계수} = 22.818 \times 10^{-6} + 0.978 \times 10^{-8} \times T (\text{°C})$$

이에 따른 온도에 따른 선형 열팽창은 다음 식에 따라 계산된다.

$$\text{단위 길이 변화} (\Delta L) = L_0 \times \text{열팽창 계수} \times \Delta T (\text{온도 변화})$$

따라서 온도에 따른 캡슐의 외통 및 열매체부를 선형 열팽창 개념으로(28mm 두께 판재로 고려) 온도 변화에 따른 열팽창 계산치는(외통의 경우 2mm 두께로 가정) 다음 표와 같다. 즉, 온도 증가에 따라 외통인 STS316 재질의 외형은 거의 변화가 없는 반면 Al 재질의 열매체는 크게 팽창하여 설계된 gap 간격을 초과하고 만다. 따라서 두 재료는 강제 접촉하게 되며, 500°C 도달시

최대 약 0.29mm의 열팽창이 발생할 수도 있다. 그러나 이 값은 유동관 내경(74.4mm)과 캡슐 외경(60mm)를 감안할 때 유동관에의 영향은 전혀 없을 것이다. 또한 STS316 재질인 외통의 높은 강도와 두 부분 접촉시 열매체의 온도가 급격히 하락할 것을 고려할 때 실제 열팽창에 의한 변위는 이보다 훨씬 작거나 없을 것으로 보인다.

온도(°C)	열팽창계수		열팽창 (mm)		차이(mm)/2
	STS316	Al	△외통(Ø58)	△열매체(Ø56)	
27	1.56E-05	2.28E-05	0.00000	0.00000	0.00000
50	1.57E-05	2.28E-05	0.00144	0.02939	0.01397
100	1.58E-05	2.28E-05	0.00462	0.09328	0.04433
150	1.6E-05	2.28E-05	0.00786	0.15717	0.07466
200	1.61E-05	2.28E-05	0.01114	0.22106	0.10496
250	1.62E-05	2.28E-05	0.01449	0.28495	0.13523
300	1.64E-05	2.28E-05	0.01788	0.34884	0.16548
350	1.65E-05	2.28E-05	0.02133	0.41273	0.19570
400	1.66E-05	2.28E-05	0.02483	0.47662	0.22589
450	1.68E-05	2.28E-05	0.02839	0.54051	0.25606
500	1.69E-05	2.28E-05	0.03200	0.60440	0.28620

2.2. 04M-17U 캡슐의 제작

2004년도 대형연구시설(하나로) 공동이용활성화 사업의 일환으로 4개 대학의 원자력 재료 시편과 연구소의 '고온강도 평가 및 신재료 기술개발', '파괴특성 평가 및 향상 기술개발', '조사손상 평가 기반기술 개발' 분야 중장기 과제를 지원하기 위한 다양한 규격 및 재질의 시편을 동시에 조사시험 하기 위한 04M-17U 캡슐은 앞서 수행된 캡슐 기본설계 / 주요부 설계 / 건전성 및 안전성 해석 단계를 거쳐 최종 캡슐 상세설계 도면이 (HAN-IC(CA)-DW-04M-17U(assy)~(044))[18], 04M-17U 캡슐 EMR 보고서 참조) 완성된 후 이에 준하여 제작이 시작되었다. 04M-17U 캡슐의 최종 완성된 모습은 그림 11과 같으며, 전체 세부 설계도는 그림 12와 같고, 상세 부품들은 캡슐 EMR 보고서[19]에 포함되어 있다. 04M-17U 캡슐은 제작일정상 중성자 조절용 캡슐(04M-22K)과 동시에 구매/설계 /제작되었다. 제작 절차로는 먼저 하나로 품질보증 체계에 따라 제작설계전에 기술시방서[20]가 작성되었으며(별첨 1-1 참조), 이에 의거하여 캡슐 구매시방서[21]가 작성되어 구매처리되었다(별첨 1-2 참조). 본 캡슐의 경우 2003년도에 캡슐제작사인 대우정밀(주)와 '조사시험용 캡슐개발 및 활용기술' 전반에 걸친(특히 포함) 기술이전 계약을 맺은 바 있으므로 수의 계약 방식으로 구매가 진행되었다. 대우정밀(주)은 그동안 97M-01K 캡슐부터 03M-06U 캡슐 및 캡슐관련 장치 등의 제작을 통해 충분한 기술과 경험을 보유한 제작업체이다. 캡슐 제작비용은 대학 이용자들의 예산과 조사시험에 공동참여한 중장기 과제 예산으로는 부족하여 관련 과제들인 '하나로이용활성화사업' 과제와 '조사시험용 캡슐 개발 및 활용' 과제의 지원 하에 마련되었다(별첨 1-3 참조).

04M-17U 캡슐 제작에 사용되는 모든 재료들은 03M-06U 캡슐과 동일한 ASTM 규격 및 이에 상당하는 품질의 재질을 사용하도록 규정하였다. 캡슐 제작과정 및 제작후 건전성 평가절차에는 03M-06U 캡슐에 적용되었던 항목으로 수행하였다. 제작과정 및 제작후 검사과정은(별첨 2,3,4 참조) 하나로 품질보증 체계에 따라 연구소 품질보증실 감독하에 수행하였다. 캡슐 제작후 최종제작보고서(EMR, End of Manufacturing Report)를(별첨 5 참조) 제작사로부터 인수하였다.

가. 04M-17U 캡슐 기술시방서

04M-17U 캡슐에 대한 기술시방서(HAN-IC-DD-SP-04-002)는 유사 시험목적의 하나로 재료조사시험용 계장캡슐인 03M-06U 캡슐의 기술시방서를 기본으로

하여 작성되었으며, 계장캡슐의 설계 · 제작 · 검사 · 납품에 관한 사항이 규정되어 있다. 04M-17U 계장캡슐은 모두 다단독립 히터와 진공제어장치에 의해 온도제어되는 캡슐로서 대학의 Fe, Zr, Al, Cu, Ti, Ni 계열의 기초 연구용 시편과 연구소 참여 과제들의 SA508, STS, Cr-Mo, Fe-Cu, Incoloy 등 시편의 조사성능 평가에 활용되는 캡슐이다. 본 시방서에는 목적, 적용범위, 품질표준, 제출서류, Service 및 설계 요구사항, 설계 해석, 사용재료 및 제조, 시험 및 검사, 품질 요구사항, 선적/취급 및 저장 등의 내용이 기술되어 있다. 그밖에 Seismic Qualification Requirements, General Requirements for Documentation and Surveillance, QA Program Requirements for Sellers of T-class Items, Welding Requirements for Nuclear Service Items 등의 내용이 첨부되어 있다[20].

나. 캡슐구매시방서

캡슐 구매시방서(HAN-IC-DD-SP-04-003)는 04M-17U 캡슐의 제작, 검사 및 납입에 관한 사항을 규정한 문서로서, 하나로 CT 시험공을 이용한 4개 대학의 대형연구시설(하나로) 이용활성화 연구 재료와 연구소 참여 과제들 관련 재료의 조사특성 연구용으로 제작되는 04M-17U 캡슐이, 시방서에서 규정한 요구 조건을 만족하도록 제작도면 작성, 제작, 시험, 납품까지의 세부 수행절차를 정하고 있다. 구매시방서에는 구매품명, 구매목적, 구매범위, 구매 수행방법, 구매 내역, 제작자 제출문서, 입찰 방법 및 계약이행, 납품기간 및 장소, 납품 등에 관한 세부 내역을 포함하고 있다[21].

다. 캡슐 제작 공정

(1) 캡슐 설계/제작 공정 일정 협의

본 캡슐 제작에 공동 참여한 연구소 중장기 과제들의 일환으로 수행되는 캡슐제작 및 조사시험 업무는 2005년 2월 29일로 종료되는 과제의 특성상 상당히 지연되어 있는 상황이다. 이에 따라 기간 내 캡슐제작을 완료하고 업무 효율화를 위하여 조사량 조절용 캡슐 목캡(04M-22K) 및 크립 시편 조사시험용 캡슐(04S-23K)과 동시에 제작하는 일정으로 추진되어 실무상황 및 일정을 검토하였으며, 관련 분야 및 대학 이용자들의 합의아래 캡슐제작을 수행하였다.

(2) 부품 구매/제작/조립/검사

캡슐제작에 필요한 재료 및 부품들중 일부 재료와 히터, 열전대, F/M 등의

핵심부품은 연구소에서 직접구매하여 품질을 확인한 후 사급하였으며, 이를 제외한 품목 및 부품들은 캡슐 제작사로 선정된 대우정밀(주)에서 구매 및 기계가공되었다. 이들 부품들의 구매/제작/조립/검사 과정은 계장캡슐 기술시방서에 의거하여 수행되었다. Micro-heater, 열전대는 연구소에서 직접 구매하여 제공하였고, F/M은 모두 연구소에서 제작하여 제공되었으며, 외부 이용자들의 장입시편은 모두 캡슐 이용자들이 제작하여 제공하였고, 그 외의 캡슐 부품들은 대우정밀(주)에서 제작하였다. 이와 같이 핵심 계장부품 및 시편들은 사전에 준비되어 연구소에서 1차 검사한 후 제작사에 인도하였으며, 대우정밀(주)에서 준비한 부품 및 재질 중 외통, 안내관, gas pipe, 캡슐내부 spring, 하단부 spring, 안내관 연결부위, heater 인출선 등에 대해서는 구매 후 연구소의 품질관리를 받은 후 사용하도록 제작사에 요구하였다.

캡슐제작 과정 중 중간점검 및 기술 애로점을 해결하기 위하여 하나로 품질관리 요원을 포함한 연구소 측과 대우정밀 측은 캡슐제작 과정에서 발생한 여러 제반문제들에 대하여 긴밀한 기술협의를 유지하였다. 연구소와 대우정밀 측은 별첨 2의 과제수행제안서 내의 제작계획서에 의거하여 04M-17U 및 04M-22K(조사량 조절용 캡슐 목캡), 04S-23K(크립시편 조사시험용 캡슐) 계장캡슐을 동시에 제작할 수 있었다.

- 캡슐 제작 Kick Off Meeting (2004년 11월 29일, 대우정밀(주) 회의실)

대형연구시설(하나로) 공동이용활성화 과제 및 연구소 중장기 과제들의 공동으로 수행되는 조사시험용 계장캡슐인 04M-17U 및 04M-22K(조사량 조절용 캡슐), 04S-23K(크립 시편 조사시험용 캡슐) 캡슐의 제작에 앞서 연구소측 캡슐제작 팀과 대우정밀(주) 팀 간에 업무협의가 있었으며, 수행계획, 검사 및 시험 계획, 기록보관 및 유지 등에 대하여 협의하였다. 회의에서는 대우정밀 측에서 먼저 작업Project 개요, 진행 일정, 제작 수행 및 시험 검사 계획, 설계도면 등에 대하여 설명하였고, 이에 대해 연구소 캡슐측에서는 이를 검토 협의하였다.

(3) 작업 진행 상세 내역

04M-17U 캡슐의 본격 제작에 있어 2005년 1월 31일부터 연구소 납품일에 걸쳐 수행된 대우정밀(주) 현장에서 연구소측의 관리, 감독하에 수행된 상세 작업 및 검사 내역에 대한 일일 제작검사보고서 및 품질보증검사보고서는 별첨 3,4 와 같다.

04M-17U 캡슐 제작시 발생한 특이 사항으로는 캡슐 하단부 설계/제작 수

정, 열매체 일련번호 변경, 열전대 위치 수정 제작 작업 등이 있다.

먼저, 캡슐 하단부의 경우 기존 부품에 비해 무게 증가가 우려됨에 따라 테이핑 형태로 가공처리한 내부 공간의 냉각수 배수를 위한 관통구가 외부로 설치되어 있어 재용접하고 관통구를 안쪽 rod tip 부위로 수정 배치하였다.

열매체 일련번호와 관련하여 지금까지는 상부로부터 #1,2,3,4,5 순서로 표시해 왔으나, 본 캡슐부터 일반 생활 관습에 따라 하부로부터 표시하기로 하였다. 그러나 이는 조사시험시 기존의 제어시스템 내 제어 프로그램과 달라 오히려 혼란을 야기하는 결과를 초래하였다. 따라서, 제어장치의 프로그램을 변경하기 어려움을 감안할 때 향후 캡슐에는 다시 기존의 상부로부터의 순서로 표기하는 것이 바람직해 보인다.

캡슐 내 시편 부위에 설치되는 열전대 설치는 다음 과정을 거친다. 1) 먼저 해당 시편 및 열매체에 설계도에 따라 전용 흠을 가공한 후에 주요부분을 조립한 후 히터선을 단별로 설치 코킹한 후 캡슐 상부 관련 부품들을 관통하여 유도해 놓는다. 2) 임시로 열전대와 유사 굽기의 철사를 열전대 위치에 설치한 후 열매체 5단을 순서대로 배치한 후 차례로 각각의 히터 인출선을 관련 상부 열매체에 코킹한다. 3) 하부 5단부터 열전대를 위에서부터 유도하여 해당 열전대 위치에 철사를 제거한 후 흠 깊이를 대략적으로 확인하여 열전대를 최대한 밀어 넣은 후 구부린다. 4) 열전대를 다시 인출하여 열전대 길이를 측정/확인한 다음 최대한 열매체에 밀착시킨 후 코킹한다. 그러나 04M-17U 캡슐 제작 중간 검사 과정에서 3)의 단계 및 부품별로 보다 정밀한 검토를 수행한 결과 다음과 같은 점에서 설계와 달리 제작되어 있음을 지적하여 일부 수정하고 도면을 수정하였다.

- 5단 : - TC11 dp 5.5mm→7.5mm로 수정제작 요구→8.3mm로 제작확인
 - TC12 dp 9.5mm로 제작
 - J24~J28 시편과 S04~S07 시편 위치 오류→수정
- 4단 : - TB, TC9의 dp가 각각 2.4, 3.4mm→관통(5.65)
- 3단 : - TC7 dp 3.3mm→5mm로 수정제작
 - TC6 dp 5.7mm로 제작
- 2단 : - TC3 dp 4mm→5mm로 수정제작
 - TC6 dp 5.7mm로 제작

위와 같은 열전대 위치에 대한 불확실한 제작은 캡슐내 온도 측정에 있어 특히 판상시편의 경우 상당히 심각한 오류를 유발했을 가능성이 있었다. 따라서, 앞

서 제작/조사시험된 그동안의 캡슐 시편들(특히 판상 인장시편)에서의 설계치와 큰 차이를 보였던 온도와 연관있었을 것으로 추정된다. 이러한 사항은 03M-06U 캡슐 제작시에도 일부 지적되었던 사항으로[4] 향후 캡슐 제작시 열전대 위치 확인 작업은 특별히 관리감독할 필요가 있어 보인다.

라. 04M-17U 캡슐 제작후 검사

04M-17U 캡슐은 대우정밀(주)에서 제작 완료된 후 KAERI 관련자 입회하에 내부품질 검사절차에 따라 치수검사, 내압검사, heater의 저항/절연검사 등은 연구소 캡슐팀에서 수행하였고, 캡슐의 압력경계부의 용접부위의 견전성 및 기밀성 평가를 위한 액체침투탐상 검사, Leak 검사 및 X-선 회절검사 등은 연구소 QA 팀에서 수행하였다. 이들 캡슐에 대한 관련 검사 방법 및 검사결과는 EMR 보고서에 첨부되어 있다. 관련 검사들은 03M-06U 캡슐에 적용하였던 절차에 준하여 수행되었으며 04M-17U 캡슐은 별다른 제조 결함없이 설계대로 제작되었음이 확인되었다.

마. EMR(End of Manufacturing Report) 보고서

04M-17U 캡슐 제작이 대우정밀에서 완료되어 연구소에 납품시 EMR 보고서도 함께 제출되었다(별첨 5 참조[19]). EMR 보고서에는 캡슐제작과 관련된 모든 사항들이 포함되어 있으며, 하나로 품질관리실 및 캡슐분야의 승인을 얻은 후 최종 제작되었다. EMR 주요형식은 03M-06U 캡슐의 EMR 보고서와 거의 동일하며 그 주요 부분은 앞선 보고서에 요약된 바와 같다.

주요 포함 내역으로는 제작사의 Certificate of Compliance, Document List, As-built Drawing, Manufacturing Procedure 이다. 포함된 document로는 Inspection plan, 원자재 성적서, Welding record, 액체침투 탐상보고서, 방사선 투과검사보고서, 검사성적서, 기밀 시험 보고서, 절연/저항 보고서 등이다. 원자재 성적서에는 반드시 대우정밀(주) QA 팀의 원본확인이 요청되었다. 캡슐 각부품의 치수 및 중량 검사는 첨부된 04M-17U 캡슐의 As-built Drawing을 기본으로 하여 모든 부품들에 대해 수행되었으며, 검사할 주요 치수에 대해서는 연구소와 대우정밀 간에 협의 · 결정하여 검사를 수행하였다.

바. 캡슐 인수 및 검사

04M-17U 캡슐은 제작후검사 과정에서 별다른 이상이 보고되지 않았으므로, 제조처인 대우정밀(주)에서 포장되어 KAERI에 인도되었다. 한편, 캡슐은 하나로 노심에서 조사시험되는 특수성으로 인하여 제작사로부터 인수후 조사시험전에 노외 건전성을 확인하는 단계가 반드시 필요하다. 인수 후 검사에는 먼저 캡슐제작에 대한 EMR 자료검사(QA 검사 포함) 및 캡슐 육안검사 등을 수행한 후 이상이 없을시 캡슐 내부 구성 기자재, 특히 캡슐전체 system에 대한 He leak 시험, micro-heater 및 열전대의 건전성 및 성능평가, 그리고 하단고정부의 성능검사 등을 수행한다. 04M-17U 캡슐은 위의 EMR 자료검사 및 캡슐 육안검사에서는 건전한 것으로 판단되었다.

한편 캡슐에 대하여 가압 및 He leak 시험, 공기중 승온성능 평가 및 캡슐내 온도분포 해석, 캡슐 하단부 설계변경에 따른 고정시험 등이 수행되어야 한다. 이러한 시험 결과들은 향후 원자로 압력용기재 조사시험용 계장캡슐 및 여러 종류의 신형 캡슐들의 설계/제작에도 비교자료로 활용될 것이다.

(1) 캡슐 노외 시험 · 검사

재료의 조사시험용 계장캡슐은 하나로 시험공에 장입되어 조사되는 동안 시험공의 flow tube 내에는 빠른 속도의 냉각수가 흐르게 된다. 따라서 핵연료와 마찬가지로 캡슐 하단부 locking system의 하나로 운전중 기계적 건전성 상실은 원자로 사고로 직결될 가능성이 매우 높다. 한편 02M-05U 캡슐 하단부의 손상으로 인해 설계 제작된 bolt 연결식 일체형 하단부에 대한 추가적인 우려 제기 등으로 인하여 새로이 설계변경/제작된 dowel pin 형식의 캡슐 하단부가 본 캡슐에 처음으로 적용되므로 이에 따른 철저한 제반 검사를 수행할 필요가 있었다.

1) 하단부 건전성 검사

04M-17U 캡슐의 경우, 하단부는 dowel pin 형식의 신형 하단부를 적용하였다. 신형하단부는 외형은 변경되었으나, 장탈/착을 위한 기본 기능은 기존의 하단부와 동일하다. 그러므로, 신형 캡슐하단부의 노외 성능검사를 위한 수조에서 2인이 각자 3회의 장탈착 검사를 수행하여 고정부 체결상태와 캡슐 장/탈착 및 스프링 복원상태가 양호함을 확인하였다. 신형 하단부는 오히려 구적적인 특성에 의해 오히려 유동관내에서의 guide 기능으로 기존 하단부에 비해 장탈착시 보다 안전한 것을 확인하였다. 한편 추후 하단부에 대한 진

동 및 유량특성 시험에서 하단부 제작 오류 및 노외시험장치의 결함 등이 밝혀져 수정되었으나, 하단부 기본 장탈착 특성에는 별다른 차이가 없으므로 장탈착 건전성은 그대로 유지되는 것으로 간주하였다.

2) 04M-17U 캡슐 전기특성 검사

캡슐내에 장착된 heater 및 열전대의 전기적 특성을 평가하였으나, 04M-17U 캡슐의 경우 별다른 이상은 없었다. 제작시 보고되었던 04M-17U 캡슐의 모든 열전대 및 히터의 절연저항 및 도통시험 결과가 양호하게 유지되고 있는 것으로 확인되었다.

3) 캡슐 중량 검사

04M-17U 캡슐의 경우 기존의 캡슐들과 비교해서 부품들의 별다른 무게변화가 없었으며 하단부의 설계 변경으로 인한 무게 변화는 무시할만 하므로 03M-06U 캡슐에서 측정되었던 공기중에서의 약 38.2kg, 3.6m 수중에서는 약 28.2kg의 값을 캡슐 무게로 간주하였다.

4) He 가압 및 누설검사

04M-17U 캡슐에 대하여 진공도 및 누설검사는 캡슐 인수전에 대우정밀에서 연구소 QA 입회하에 수행하였다. 먼저 진공도 점검을 수행하고 He 가스 가압 및 누설검사를 수행하여 이상이 없음을 확인하였으며, 안내관에도 가압후 압력변화를 확인하여 캡슐의 건전함을 확인하였다[19]. 따라서, 캡슐 인수후 연구소에서의 검사는 생략하였다.

5) 진동 및 성능시험

04M-17U 캡슐을 상온의 시험용 수조에 장착한 후 ΔP 220kpa로 운전하여 진동상태가 기존의 캡슐들과 비교하여 양호함을 확인하였다. 그러나 이 과정에서 하단부 제작에 오류가 있음을 확인하였고, 또한 이를 시험하는 단일채널 노외시험장치 또한 하나로와 달리 제작되어 있음을 확인하고 이를 수정하였다. 이에 대한 보다 상세한 내용은 본 보고서 후반부에 정리하였다. 한편 캡슐내의 He 가스 압력과 히터 출력을 상승시켜 노외 승온성능을 평가하였다. He 압력은 760~10 torr 조건으로, 히터 출력은 5단 모두에 대해 50% 출력(1.8kW) 및 100% 출력(3.2kW) 조건으로 시험하였다 (그림 13 참조).

2.3. 캡슐 하단부 설계/변경

조사시험용 캡슐은 원자로내 상부 방향으로의 고압/고속의 냉각수 흐름 속에 놓여지므로 고유 안전성과 내진특성을 만족시키기 위하여 매우 엄격한 고정이 필요하다. 캡슐의 원자로내 1차 고정위치인 하단부의 경우 초기엔 36-pin 핵연료봉을 기준으로 하여 설계되어 사용되었으나, 캡슐 조사시험 중의 부분적인 손상으로 일부 설계개선되어 왔다[22,23]. 03M-06U 캡슐부터는 기존의 손상원인을 제거한 새로운 개념의 하단부인 6-bolt 연결식 일체형 하단부를 사용하여 성공적으로 조사시험을 수행하였다[4]. 그러나 관련 전문가 회의에서 bolt 연결식 하단부에 대해 몇가지 기술적인 문제발생 가능성성이 제기되어[24] dowel pin 형식의 하단부를 설계제작하여 04M-17U 캡슐에 적용 조사시험하였다. 표 6은 dowel pin 형 캡슐 하단부 설계변경과 관련하여 수행한 노외시험 전체 일정표이고, 그림 14,15는 그동안의 설계변경된 캡슐 하단부와 이를 장착한 캡슐들을 나타내고 있다.

가. Bolt 연결식 일체형 하단부 설계/제작/시험

02M-05U 캡슐 조사시험시 발생한 손상으로 인한[25-27] 원자로안전심의위원회 심의에서의 계장캡슐 하단부 설계 개선 요구에[24] 따라 6-bolt 연결식 일체형 신형 하단부가 설계제작되었다. 먼저 신형 하단부 목캡을 제작하여 단일채널 노외성능시험장치를 이용하여 최적의 설계조건이 도출되었으며, 최종 제작된 신형 하단부는[28] 장탈착시험 및 냉각수 유동 및 진동 특성을 평가하여 노외 견전성을 충분히 확인하였다. 이에 따라, 신형 하단부는 03M-06U 캡슐의 조사시험에 적용되어 2차에 걸쳐 총 46일간 성공적으로 조사시험되었으며[4], 02S-08K, 03S-07K 크립 캡슐의 조사시험에도 사용되었다. 그러나 관련 전문가 회의에서 bolt 연결식의 경우 구조적으로 냉각수 흐름에 대해 turbulence가 크며, 또한 이에 따른 bolt 풀림현상이 발생할 가능성이 있다고 지적되었으며, dowel pin 형식으로의 설계변경이 추천되었다[24].

나. Dowel Pin 형 하단부 설계/제작/시험

새로운 dowel pin 형식의 캡슐 하단부는 캡슐 제작사와 협의하여 앞에서의 bolt 형 캡슐 하단부 설계를 바탕으로 하여, 설계변경 안을[28] 만들어 관련 전문가들로부터 검토를 받아 시제품을 제작하였다. 하단부 Rod Tip 부위와 Bottom End Cap 부위는 일반적인 TIG 용접을 하였으며, 이 과정에서 비틀림 현상이 발

생활 수 있으므로 용접 지그(zig)를 제작하여 용접작업을 수행하였고, 용접 부위에 대한 비파괴 검사를 수행하였다. 일반적으로 새로운 하단부 설계시에는 엔지니어링 동에 있는 캡슐 노외 시험장치를 사용하여 장탈착, 압력강하 등 노외 성능 시험을 수행하여 냉각수 흐름의 유동(turbulence) 및 이에 따른 진동특성을 dummy 핵연료 및 기존 캡슐과 비교 검토하고, 노외 열적 특성 등을 확인하여 조사시험시의 안전성을 평가한 후 최종 원자로 사용여부를 결정해야 한다.

이에 따라 새로이 설계제작된 dowel pin 방식의 하단부를 04M-17U 계장캡슐에 적용하여 조사시험 전 엔지니어링동의 노외시험시설에서 조사전 성능평가 시험을 수행하였다. 장탈착, 압력강하, 승온 시험은 단일채널 노외시험시설에서 수행하였고, 진동 변위 측정 시험은 그림 16과 같이 단일채널 및 half core 노외 시험장치와 laser vibrometer를 활용하여 수행하였다. 먼저 장탈착 성능을 확인하였으며, 상온에서 진공 및 히터 가동에 따른 승온 성능 평가작업이 원활하게 수행되었다. 한편 dowel pin 형식의 하단부는 처음으로 하나로에 적용되어 조사시험되므로 원자로 안전심의를 받아야 하는데, 앞서 조사시험 예정이었던 크립캡슐의 제작 자연문제로 조사시험일정이 1주기 앞당겨졌으며, 기본적으로 기존 bolt 형식에 비해 보다 안전성이 향상되는 설계로 평가되므로 원자로 안전심의를 서면상으로 긴급히 반기로 하였다. 그러나 대우정밀(주)에서 제작완료된 신형 하단부를 이용한 노외 성능평가시설에서의 성능 시험에서 냉각수 유체특성에 문제가 있음이 발견되었다. 이에 따라 원인파악을 위하여 조사시험은 다음 주기로 연기되었다.

일반적으로 캡슐하단부 설계변경시 만족해야 할 조건으로 핵연료보다 냉각수 량흐름이 적어야 한다는 조건(압력강하, $\Delta P > 209 \text{ kPa}$)과, 원자로 노심 유동관 간의 접촉을 피하기 위하여 진동폭이 0.5mm 이내이어야 한다는 조건이 있다. 설계제작된 dowel pin형 하단부를 장착한 04M-17U 캡슐은 그림 17에서와 같이 압력강하 조건을 만족하고는 있으나 기존의 하단부 형식들에 비해 매우 높은 ΔP 를 나타내었다. 이론적으로 ΔP 특성은 유동관 내의 캡슐 최대 단면적에 비례하는 것으로 알려져 있으므로 동일 외경을 갖는 bolt 형에 비해 dowel pin 형식의 높은 값은 이해되지 않았다. 이에 따라 기존 bolt 형 하단부 및 dowel pin 하단부에 대한 재시험이 수행하여 시험장치 자체는 매우 신뢰성을 가짐을 확인하였다. 다만 두 시험간에는 냉각수 온도의 차이가 약 20°C 있었으나 별다른 영향이 없었을 것으로 추정된다. 이에 따라 하단부에 대한 치수검사를 재실시한 결과 하단부 최대폭이 $\phi 72\text{mm}$ 로 초기 도면의 $\phi 70\text{mm}$ 에 비해 2mm 증가되었음을 확

인하였다. 이는 제작 과정에서 해당부분이 잘못된 치수의 도면이 사용되었고, 이에 따라 하단부가 더 크게 제작된 상태였다. 따라서 ΔP 에 주요 역할을 하는 단면적 차이에 큰 차이가 있었음을 추정할 수 있었다.

이에 따라 원자로에 반입되었던 04M-17U 캡슐은 다시 실험실로 반출되어 하단부가 분리되었다. 하단부 분리는 캡슐 제작사인 대우정밀(주)에 의해 수행되었는데, 코킹된 부분을 핸드 드릴로 갈아내고 dowel pin 전용 기구로 pin을 제거함으로써 비교적 원활하게 수행되었다. 분리된 하단부는 제작사로 이송되어 그림 18(a)과 같이 측면만을 단순 가공하여 최대직경을 $\phi 70\text{mm}$ 로 재제작하였다. 한편 수정 제작된 $\phi 70\text{mm}$ 하단부를 사용한 단일채널 시험장치에서의 재시험 결과 그림 17과 같이 ΔP 값이 약간 감소하였으나, 여전히 기존 하단부들에 비해 큰 값을 보였다. 따라서 표 7 및 그림 17에서와 같이 ΔP 를 좌우할 것으로 보이는 유동관 내에서의 최대 단면적이 동일한 (최대 직경 $\phi 70\text{mm}$) bolt 및 dowel pin 형 하단부에서도 결과가 큰 차이를 보임에 따라 관련 전문가들과의 협의를 통해 우선 최대 면적 부위의 폭이 어느 정도 영향을 미치는가를 파악하는 시험을 수행하기로 하였다. 이에 따라 하단부는 재해체되어 제작사에 보내져 그림 18(b)과 같이 재가공되었다. 즉 $\phi 70\text{mm}$ 최대 직경 부위의 폭을 18.39mm 에서 8mm 로 줄여 제작하기 위하여 그림 18(a)와 같이 측면 가공하려고 하였으나, 하단부 무게를 줄이기 위하여 가공해놓았던 내부 공간에 따른 해당부위의 관통 혹은 작은 살두께에 의한 강도 건전성 저하를 막기 위하여 중간부위의 살두께를 늘리는 2단 구조로 가공하였다 ($t=1.87\text{mm}$ 확보). 이렇게 재제작된 하단부를 사용하여 다시 ΔP 시험이 수행되었으나, 그 효과는 그림 17에서와 같이 약간의 유량 증가를 보였을 뿐 여전히 기존 하단부들에 비해 낮은 값을 보였다. 그림 17과 표 8은 최대 직경이 $70, 72\text{mm}$ 인 경우의 압력강하 및 진동변위를 측정한 결과와 70mm 링의 폭이 $8, 18\text{mm}$ 인 경우의 압력강하 시험결과를 비교하여 나타낸 것이다. 시험 결과를 기존 데이터와 비교할 때, dowel pin 형 하단부의 최대 직경이나 폭은 캡슐의 압력강하에 큰 영향을 미치지 못하며, 상대적인 진동변위는 증가함을 보였다. 이는 단일채널시험루프에서의 유동관 하단부 유로면적 변화에 의한 것으로 추정되었다. 표 8에서 알 수 있듯이 dowel pin 방식으로 체결한 캡슐은 이전의 3-pin이나 볼트 형태로 하단부를 체결한 캡슐에 비해 상대적으로 진동변위가 많이 증가하였다. 직경 70mm 링을 갖는 경우, 방향별 최대값으로 표 현된 대각성분의 변위가 기존 3-pin 형태에 비해 약 2.5배, 볼트 체결방식에 비해 약 4.4배 증가하는 결과를 보였다. 하단부가 바뀌면서 진동변위는 증가하였으나

이상신호가 dowel pin 형의 하단부를 장착한 캡슐에서는 발생하지 않았다. 이 상의 결과로 볼 때 진동변위는 캡슐 하단부 유량의 변화와 관계가 있을 것으로 판단되었다[29].

한편 그림 19에서와 표 9에서와 같이 유동관 하부 스파이더 부분의 상대적 단면적 계산을 수행한 결과 냉각수가 통과할 수 있는 하나로 유동관내 유효 공간은 945mm^2 로 유동관 하부에서의 유효공간 $2,068\text{mm}^2$ 에 비해 비해 상대적으로 작은 값으로서 유량 흐름을 주도적으로 제어할 것으로 추정되는바 하단부 형식에 따른 실험결과 차이를 설명할 수 없었다.

이에 따라 시험장치 전반에 대한 설계도 확인 결과 시험장치 자체가 하나로 유동관과는 일부 다르게 제작되어 있음을 확인할 수 있었다. 즉 캡슐 하단부를 고정하는 스파이더 부분이 하나로에서는 용접되어 있는 반면 단일채널 시험 장치에서는 ring을 이용한 볼트형식으로 고정한 관계로 스파이더 바로 윗부분이 직경 67mm 의 하나로 설계에서 50mm 로 줄여져 있었다. 결과적으로 그림 19와 표 9에서와 같이 불필요한 ring의 추가로 인해 하부 해당부위 유효면적이 598mm^2 로 되어 냉각수 흐름을 제한하는 최소 면적 부위가 되어 ΔP 및 진동변위 특성에 주된 역할을 했음을 추정할 수 있었다. 한편 초기 하단부나 bolt 형 하단부의 경우 해당 부위가 없거나 부분적으로 기계가공되어 있어 상대적으로 많은 냉각수 흐름을 가능케 하여 효과가 적었을 것으로 추정된다. 따라서 위의 추정을 보다 확증하기 위하여 그림 20과 같이 기존 bolt 형 하단부($\phi 70\text{mm}$)의 가공부위를 Al tape 등으로 임시로 메우고 ΔP 시험을 수행한 결과 그림 17에서와 같이 유량이 급격히 감소함을 확인할 수 있었다.

따라서 시험장치 해당 부분의 도면을 하나로와 동일하게 수정하였으며(별첨 1 참조) 이에 따라 해당부위를 해체하여 하나로 설계에 맞게 수정가공하여 설치하였다. 이 과정에서 아크릴로 제작된 유동관 한모서리가 (10시 방향) 떨어져 있음을 확인하고 재접착하여 사용하였다. 이러한 불량은 기존 캡슐 진동시험 결과에 일부 영향을 주었을 우려도 일부 있었다. 우선 수정제작되어 재설치된 단일 채널 시험장치를(별첨 1 참조) 이용하여 dummy fuel의 압력강하 시험을 수행하여 개선된 단일채널시험루프가 하나로와 유량이 동일함을 확인하였다. 한편 이전의 시험장치에서는 dummy fuel에 대해 하나로 기준 ΔP 값을 얻을 수 없어 각 시험치에 대해 일정한 factor를 추가하여 처리하여 온 것으로 알려졌다. 또한 캡슐 무게에 따른 영향을 보기 위하여 무게가 어느 정도 차이가 나는 96M-01K 캡슐 및 크립캡슐 03S-07K 캡슐을 이용하여 동일형인 bolt 형 하단부를 각기 장

착하여 시험을 수행하였으며, 별다른 영향이 없음을 확인하였다. 이에 따라 dummy fuel, dowel pin 방식의 하단부 및 기존 하단부 장착 캡슐들에 대한 ΔP 및 진동변위 측정시험이 재수행되었다[29]. 이 과정에서 준비되어 있던 직경 70mm dowel pin 하단부는 ΔP 조건을 만족하지 못하여 그림 21과 같이 긴급히 직경 71mm dowel pin 하단부를 재제작하여 시험하였다. 그림 22는 수정제작된 single channel 유동 시험장치를 이용하여 측정한 모든 종류의 캡슐 하단부에 따른 압력강하 특성을 비교한 것으로 직경 70mm dowel pin 형 하단부의 경우 dummy fuel의 19.6 kg/s에 비해 냉각수 유속이 큼으로써 제한 조건을 만족하지 못하는 반면, 직경 71mm dowel pin 형 하단부의 경우 제한조건을 만족할 뿐만 아니라 크립캡슐(03S-07K)의 bolt 형과 유사한 유속을 보여 바람직해 보였다[30].

한편 캡슐의 진동변위 측정 시험을 수행하여 표 10 및 그림 23과 같은 결과를 얻었으며, dowel pin 방식을 적용함으로써 캡슐의 구조적 내진특성이 일부 향상되었음을 확인할 수 있었다[30]. 또한 표 11은 half core 시험장치를 이용하여 캡슐 절단부 위치에서 측정한 진동특성으로서 단일채널시험루프에서의 결과와 비교할 때, 약 1.25m 더 높은 곳에서 측정되었음에도 불구하고 변위는 거의 비슷하거나 작은 값을 보였다. 이것은 침니 내부지지대가 캡슐 중간부분을 한번 더 잡아주기 때문에 변위가 많이 줄어든 것으로 보인다. 표 12는 half core 시험장치를 이용하여 캡슐 절단부 위치에서 측정한 진동특성을 기준 하나로 원자로에서 측정하였던 변위값과 비교한 것이다. 비록 변위 측정 위치 등에 있어 일부 차이는 있으나, 03S-07K에 적용된 6-bolt 형 하단부나 04M-17U에 적용된 외경 71mm의 dowel pin 형 하단부 모두 원자로에서 기존의 초기 하단부로 얻어진 값들에 비해 상대적으로 작은 값을 가지는 것으로 측정됨으로써 유동관 변위 제한값인 0.5mm 한도에 훨씬 못미치는 것으로 평가되었다. 또한 하나로 적용시 침니내부지지대의 추가 고정으로 캡슐의 내진특성은 더욱 향상될 것으로 추정된다. 한편 단일채널과 1/2노심시험루프에서 측정한 동서 혹은 남북 방향의 최대 진동변위는 모든 경우에 1.0mm 보다 작은 값을 보였는데, 캡슐이 하나로 조사공에 장착되었을 때 조사공과 캡슐 사이의 간격이 7.2mm임을 고려한다면 이들 캡슐은 충분히 작은 범위의 변위로 거동하고 있음을 알 수 있다.

따라서 하단부 구조물을 6개의 볼트로 체결한 크립캡슐과 dowel pin 방식으로 체결한 재료캡슐은 조사시험중 하나로 정상가동 상태에서 캡슐과 조사공 사이의 간섭은 발생하지 않고, 구조건전성을 충분히 확보할 것으로 평가되었다[30]. 그 외에 본 노외시험을 통해 cocking 처리된 dowel pin 형식의 하단부의 경우

구조적으로 마모나 풀림현상이 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

위의 노외시험들을 통해 그림 24와 같이 직경 71mm의 최종 dowel pin형 캡슐 하단부 설계안을 확정, 04M-17U 캡슐의 조사시험에 적용하기로 하였다 (04M-17U 캡슐에서의 실제 제작은 그림 18(b)와 같이 되었으나, 별다른 차이가 없을 것으로 추정되며, 향후 제작시에는 표준 설계에 준하여 제작될 예정임). 이에 따라 기존 승인된 외경 70mm 캡슐하단부 설계변경요청서에[31] 대해 하나로 적용 규정에 따라 부적합사항보고서(NCR, 별첨 5 참조)를 작성하여 처리하였다. 한편 유량 측정시 사용한 유량계의 검교정 문제는 하나의 유량계를 사용하여 캡슐과 dummy fuel을 비교 시험하였고, dummy fuel에 대한 값이 기존 표준값과 동일한 수준의 값을 보이므로 문제되지 않는다는 품질보증 분야의 의견을 수용하였다.

이러한 노외 성능시험 및 안전성 평가를 거쳐 최종 설계확정되어 제작된 하단부를 하나로 조사시험용 캡슐에 적용하기 위해서는 원자로안전심의를 거쳐야 한다. 즉 04M-17U 캡슐은 최근 CT 시험공에 설치하여 30MW에서 42일간 조사시험을 수행한 03M-06U 캡슐과 동일한 기본구조 및 시험조건으로 시편 일부 및 캡슐 하단부를 제외하고는 03M-06U 캡슐과 외형적으로 동일하고 T-class 규격에 준하여 30MW 하나로 출력 조건에서 사용하도록 설계/제작되었으며, 다만 안전성 향상을 위하여 캡슐 하단부 설계를 변경한 캡슐이나 조사 시험 조건이 일부 달라졌으므로 이용 실험 절차에 대한 기술행정절차서인 TA-20의 6.1.2.2와 6.1.2.3에 따라 안전 심의 위원회의 심의를 필요로 한다. 그러나 다음과 같은 사유로 안전심의를 서면 결의 요청하여 처리하였다.

1) 본 캡슐과 유사한 재료 캡슐 조사 시험 수행 경험은 아래와 같음.

- 유사 캡슐에 대한 13번의 조사시험 수행
- 최근 30MW에서 42일간 조사시험 수행
- 15, 20, 22, 24, 30 MW 출력 상승에 따른 설계변경 수행
- 온도 평가의 신뢰성 확보 (실험치와 계산치의 차이는 $\pm 10\%$ 이내)

2) 재료 캡슐 조사 시험의 안전성에 대하여는 이미 3차례의 안전 심의가 있었으며, 신형 하단부는 기존 캡슐 하단부에 비해서 구조적으로 향상된 것으로 판단되므로 원자로 안전 심의 위원회 운영에 대한 기술 행정 절차서인 TA-01의 7.6에 따라, 본 건을 서면 결의로 처리하고자 함.

이와 동시에 안전심의회에 신형 하단부 장착 04M-17U 캡슐 조사 시험 안전성 및 조사 중 검사 방안을 다음과 같이 제시하였다.

- 30 MW에서 유사 캡슐인 03M-06U 캡슐을 CT공에 장착하고 42일간 (2004.04.10~2005.01.20 동안 4차례에 걸쳐 수행) 조사시험을 수행하여 캡

술 설계에 대한 충분한 신뢰도 및 data base를 확보하였음.

- 신형 하단부는 기존의 하단부에 비해 기본 기능상의 차이는 거의 없으며, 하단부 외형변화는 캡슐 본체에 비해 무시할만한 오차범위 이내이므로 노 외 시험 결과의 비교는 natural frequency 등의 측면에서 유효함(부력 및 내진 특성이 외형이 같으므로 거의 유사함).
- 신형 하단부 최대 직경이 기존 캡슐 하단부에 비해 1mm 증가하였으므로 (70→71mm) 유동관내 캡슐 장탈착시 가이드 기능이 더욱 향상되며 진동 변위가 약 9% 감소함.
- 한편 본 캡슐을 장착하는 경우 CT를 통한 유량이 18.4 kg/s가 될 것으로 예상되어 기존 03M-06U 캡슐을 장착한 경우보다 약 8%가 증가하나 캡슐 장착시 핵연료 채널로 가는 유량의 감소를 방지하기 위하여 설정된 제한 유량인 19.6 kg/s보다 7%가 작아 5%의 유량 측정 불확실도를 고려하더라도 핵연료 채널로 가는 유량이 감소하지 않음.
- 이용자 요구 조사량을 만족시키기 위해서는 2주기에 걸친 조사가 필요함. 38주기 23일 조사 종료후 인출하여 육안검사하고 그 결과에 따라 계속 조사 여부를 결정할 것임.

2.4. 하나로 조사시험

앞에 기술된 설계 / 제작 / 검사 과정을 거쳐 완성된 04M-17U 캡슐은 하나로로 운반되어, 03S-07K 캡슐의 37주기(2005년 3월 17일 ~ 4월 9일 (23일간)) 시험에 이어 하나로 중심의 CT 조사시험공에 장입되어 30MW 원자로 출력으로 2주기간 조사시험될 예정이었다. 그러나 크립 캡슐의 제작상의 문제로 조사시험이 1주기 앞당겨져 37 주기에 먼저 조사시험이 시작되는 것으로 결정되었다. 그러나 노외 평가시험에서 유체특성상의 문제점이 발견되어 조사시험은 다음주기로 연기되었다.

이에 따라 변경된 04M-17U 캡슐의 조사시험은 dowel pin 형식의 하단부의 첫 조사시험인 관계로 원자로안전심의위원회의 서면결의를 거쳐 04M-17U 캡슐은 38주기(2005년 4월 21일 ~ 5월 14일 (23일간)) 및 39주기(2005년 5월 26일 ~ 6월 18일 (23일간)) 동안 총 46일간 조사시험을 수행하는 것으로 계획되었다.

2005년 4월 21일에 시작된 04M-17U 캡슐의 조사시험은 다음 조건에 준하여 조사시험을 수행하였다.

- 1) 4단 T9를 356°C 이하,
- 2) 5단 평균온도(T11/T12)를 280°C 이상,
- 3) T5를 285°C 이상이 되도록 하는 순서로 He 진공도를 조절한다.

그러나 가동초기부터 다른 시험에 비해 유별나게 높은 온도를 나타낸 4단의 경우 점차 온도 상승을 나타내었으며, 이에 이용자측과 4단의 목표온도를 320°C에서 340°C로 상승시키는 것으로 협의하였으며, 이에 따라 다른 단의 온도를 목표 온도로 유지할 수 있었다. 이러한 4단의 높은 온도는 캡슐 제작과정에서 지적되었듯이 기존 캡슐 조립 과정에서 (특히 판상 인장시편 부위) 열전대 위치의 부정 확성에 기인한 기존 캡슐 시편의 낮은 조사온도로 인하여 04M-17U 캡슐 설계시 비교적 높은 목표온도로 설계되었기 때문으로 추정된다.

그러나 조사시험 6일 만인 4월 27일 최상단과 최하단인 1단과 5단의 히터가 거의 동시에 작동하지 않는 현상이 발생하였다. 이에 제어반의 해당 히터를 점검한 결과 모두 손상되었음을 확인하였으며, 잔여 히터들에 대한 점검결과 최대 3.0kW로 출력제한이 되어 있음을 확인하였다. 즉, 당시 100% 출력가동중이던 2&3번 히터에 대한 전류 및 전압을 측정결과 15.4/15.6 A, 195.8V로 측정되어 각기 최대 3.0kW로 작동하고 있음을 확인하였다. 또한 온도 기록 확인상 일반적으로 히터의 short 발생시 나타나는 국부적인 초기 온도 상승 현상도 없이[4] 바로 온도가 하강한 거동을 보였다. 손상발생 당시 1,5단의 히터는 100% 출력으로 작동하고 있었을 것으로 보이므로 과부하에 따른 손상으로 보인다. 이러한 현상의 원인분석을 위해 캡슐 본체 상부 히터 인출부를 확인한 결과 각 히터는 별개의 인출부를 통해 인출되어 있음으로 해당 부위에서의 상관관계는 없어 보이나 두 히터가 동시에 손상된 것으로 미루어 연관관계가 있을 것으로 추정된다. 이에 1,5단의 온도를 그대로 낮은 온도로 유지하기로 하고 조사시험을 계속하기로 하였다. 또한 2,3단의 히터를 보호하기 위하여 진공도를 높여 히터 출력이 90% 이하로 작동하도록 하였다.

한편 제어반의 경우 1,2단의 온도 제어는 각기 T/C 3, 5에 의해 제어되도록 설계되어 있으나, 실제 04M-17U 캡슐내에는 T/C 3, 5이 각각 2, 3단에 배치되어 있었다. 따라서 1,2단의 경우 목표온도 설정에 따른 PID 제어가 되지 않아 온도 변화가 크게 발생하였다. 이에 제어반 뒤의 T/C 2,3과 T/C 4,5를 서로 변경하여 연결하여 조사시험을 진행하였다.

또한 약 19일만인 5월 10일 오후 3시경에 하나로 포함 연구소 정전으로(보호 계전기 오동작) 조사시험이 중단되었다. 정전과 동시에 캡슐 전원도(히터 포함) 동시에 zero로 떨어져 더 이상의 문제는 없었다. 이에 히터 및 He 정상 작동을 확인한 후 캡슐내 He 압력을 760 torr로 올리고 대기하였다. 원자로 운전팀에서는 당일 원자로 재가동을 시도하였으나 기동이 안되어 (제어봉을 650cm 까지 인

출하였으나 재가동 않됨) 12일 새벽경 재출력 하였다. 재가동된 조사시험은 5월 16일까지 4일간 수행됨으로써 총 23일간의 1주기 조사시험을 완료하였다. 이러한 과정에서 캡슐내 Heater 등의 안전을 위하여 원자로 출력 변화시 제어실에서 캡슐분야로 긴급 통보되는 안전시스템이 반드시 필요해 보인다.

한편 39 주기 시험의 경우 03S-07K 크립 캡슐의 조사시험과 측박한 RI 생산 일정 등의 이유로 인해 04M-17U 캡슐의 2차 조사시험은 40주기 시험으로 연기되었다. 그러나 KINS의 하나로 정기 안전검사 과정에서 원자로 기동이 4주간 연기되었다. 이에 따라 임시로 작업수조에 보관중이던 캡슐은 2006년 1월 4일부터 시작된 40주기 조사시험을 23일간 수행함으로써 총 46일간의 조사시험을 완료하였다. 2차 조사시험은 다음 조건에 준하여 조사시험을 수행하였다.

- 1) 4단 T9를 350°C 이하,
- 2) 5단 평균온도(T11/T12)를 250°C 이상,
- 3) T5를 290°C 이상이 되도록 하는 순서로 He 진공도를 조절한다.

조사시험 동안 캡슐은 표 13,14와 같이 24시간 감시업무를 수행하였으며, 그림 25는 하나로 CT 시험공을 포함한 노심부 및 실제 조사시험시의 모습을 보여준다. 캡슐내 시편들은 요구조건에 따라 $290 / 300 / 320 / 350^{\circ}\text{C}$ 의 조사온도를 목표로 조절하였으나, 1,2차 조사시험시 캡슐 각단의 평균 시편온도는 그림 26,27과 같이 변화하였다. 표 15,16은 각각 03M-06U 및 04M-17U 캡슐의 조사시험 기간에 따른 시험 조건 변화를 나타내고 있는데, 상당한 변화를 보이고 있다. 04M-17U 캡슐내 시편들의 조사기간중 원자로 제어봉의 변화 및 이에 따른 캡슐내 He 진공도 등은 표 16과 같이 조절되었으며, 결과적으로 시편의 온도는 표 5와 같이 조절되었다. 04M-17U 캡슐의 경우 여러 재질 및 이용자의 시편이 혼재되어 있는 상황이므로 유사한 재질의 시편이라도 캡슐내 단 위치에 따라 상당폭의 온도 변화를 보이고 있다. 1,5단 시편의 경우 히터 손상으로 인해 이용자 요구온도에 비해 낮은 온도범위에서 시험되었으나, 그 외의 시편들은 대부분 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 의 이용자 요구범위내에서 조절되었다.

1차 조사시험시의 원자로 control rod 위치는 $321\sim 577\text{cm}$, 2차 조사시험시의 원자로 control rod 위치는 $349\sim 655\text{cm}$ 로 비교적 유사한 위치를 가짐으로써 핵적 특성이 유사할 것으로 추정되나, 1,2차 시험간의 조사시편의 온도도 일정 폭의 차이를 보였다. 특히 1차 시험에 비해 2차 시험시의 제어봉 위치가 높음에 기인한 것으로 보이는 추정되는 1단시편의 경우 고온현상 및 5단 시편의 저온현상이 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 시편 조사온도는 제한된 열전대에 의해 측

정된 대표적인 온도를 근거로 하여 추정된 값이므로 추가적인 상세해석의 필요가 있는 경우 하나로 이용설비 담당부서(캡슐)와 함께 보다 정확한 조사온도를 분석할 필요가 있어 보인다.

30MW CT 시험공에서 46일간의 조사시험시 조사 시편이 받는 고속중성자 조사량은 24MW CT 시험공에서 29일 동안 조사시험한 02M-05U 캡슐의 값[32]으로부터 비례 계산하였다. 따라서 시편들은 위치에 따라 그림 28과 같은 조사량 분포를 가지는 것으로 계산되었으며, 각 시편에서의 대표적인 중성자 값은 표 17과 같이 계산되었다. 캡슐내 시편의 중성자 조사량은 $9.1 \times 10^{13} \sim 1.4 \times 10^{14}$ n/cm²/sec의 고속중성자($E > 1.0\text{MeV}$) flux 조사조건에서 46일 조사시험 후에는 $2.4 \times 10^{20} \sim 6.0 \times 10^{20}$ n/cm²/sec의 고속중성자 조사량을 가지는 것으로 계산되었다. 또한 0.1MeV 이상 및 1.0MeV 이상의 고속중성자 조사량 최대값은 노심 중심 약간 아래 높이에서 약 1.3×10^{21} n/cm² (0.1MeV 이상) 및 6.0×10^{20} n/cm² (1.0MeV 이상)로 예상되었다. 이러한 핵적 특성은 향후 제어봉 위치 및 핵연료 배치 등 실제 자료를 바탕으로 하여 재계산될 예정이며, 또한 캡슐 해체 후 F/M 분석이 완료되는 경우, 보다 정확한 중성자 조사량 결과를 얻을 수 있을 것이다.

2.5. 후속 업무

앞에서 기술된 설계 / 제작 / 검사 과정을 거쳐 완성된 04M-17U 캡슐은 하나로로 운반되어, 원자로 중심의 CT 조사시험공에 장입되어 30MW 원자로 출력으로 약 46일간(1380MWD) 조사시험되었다. 캡슐내 시편은 He 압력, 내장된 micro-heater의 출력 등의 조절을 통해 이용자가 요구한 조사온도 범위를 목표로 조사되었다.

본 캡슐은 현재 작업자의 방사능 피폭 안전성 측면에서 일단 하나로 작업수조에 약 1개월 가량 보관되어 방사능 냉각처리되고 있다. 향후 관련부서의 업무 일정 및 캡슐의 작업방사능 평가시 안전성이 확인되는 경우 원자로 작업수조에서 절단되어 이송용캐스크에 넣어진 다음 조사후시험시설인 IMEF로 이송/해체 될 예정이다. IMEF 시설로 이송된 캡슐은 정해진 절차에 따라 해체되어 조사시편 및 F/M을 인출하고 나머지 부분들은 폐기처분할 예정이다. IMEF 시설에서 해체 분리된 04M-17U 캡슐의 조사시편은 관련분야에 인도되어 조사후 시험이 수행될 예정이며, 분리된 F/M을 이용하여 국내외 중성자 조사량 평가 작업이 수행될 예정이다.

원자로 30MW 출력 조건에서 조사시험된 본 캡슐의 설계·제작·조사·조사후시험 등 일련의 과정을 통해 얻어진 설계 및 시험자료는 조사시험 database에 추가될 것이다. 또한 본 시험을 통하여 dowel pin 신형 캡슐하단부에 대한 성공적인 노내 검증이 이루어져 향후 모든 재료 및 특수캡슐에 적용되어 캡슐 조사시험의 안전성을 크게 향상시키게 되었다. 조사후 시험을 통한 재료시편의 물성시험은 향후 산·학·연 이용자들의 원자력 재료에 대한 중성자 효과 연구에 크게 기여할 것이다.

3. 결론

2004년도 대형연구시설(하나로) 공동 이용 활성화 사업의 일환으로 선정된 4개 대학 이용자들과 연구소 중장기과제인 '고온강도 평가 및 신재료 기술개발', '파괴특성 평가 및 향상 기술개발', '조사손상 평가 기반기술 개발' 과제의 재료 조사시험을 위한 04M-17U 캡슐이 성공리에 설계·제작되어 조사시험되었다. 캡슐 내에는 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다. 캡슐은 30MW 출력의 하나로 CT 조사시험공에서 1,2차에 걸쳐 260~350°C의 조사온도로 총 46일동안(최장기간) 조사시험됨으로써, 중성자 조사량이 최대 $6.0 \times 10^{20}(\text{n}/\text{cm}^2)$ ($E > 1.0\text{MeV}$)에 도달하였다. 현재 방사성 냉각처리중인 캡슐은 절단되어 IMEF 시설로 이송/해체될 예정이며, 시편의 조사 특성 평가를 통하여 해당 재료들의 조사 건전성 자료가 확보되고, 이들 자료는 관련재료 및 이를 사용한 기기의 기술력 확보에 큰 도움을 줄 것이다. 또한 본 연구를 통하여 얻어진 계장캡슐 설계 및 제작 경험과 축적된 기술은 향후 이용자들이 요구하는 여러 가지 원자력 재료들에 대한 다양한 조사조건을 보다 더 정확하게 만족시킬 수 있도록 하는데 크게 기여할 것이다.

4. 참고문헌

1. 주기남 외, 하나로공동이용활성화를 위한 대학연구지원용 계장캡슐 (00M-01U) 설계·제작 보고서, KAERI 기술보고서, KAERI/TR-1857/ 2001 (2001).
2. 주기남 외, 2001년도 하나로공동이용활성화를 위한 대학연구지원용 계장캡슐 (01M-05U) 설계·제작 보고서, KAERI 기술보고서, KAERI/TR-2342/2002 (2002).
3. 주기남 외, 2002년도 하나로공동이용활성화를 위한 대학연구지원용 계장캡슐 (02M-05U) 설계·제작 보고서, KAERI 기술보고서, KAERI/TR-2342/2002 (2003).
4. 주기남 외, 2003년도 하나로공동이용활성화를 위한 대학연구지원용 계장캡슐 (03M-06U) 설계·제작·조사시험 보고서, KAERI 기술보고서, KAERI/TR-2942/2005 (2005).
5. 강영환 외, KAERI Report, KAERI/RR-1510/94 (1995).
6. 강영환 외, KAERI Report, KAERI/RR-1760/96 (1997).
7. K.N. Choo et. al., Design of a new capsule controlling neutron flux and fluence and temperature of test specimens, J. Kor. Nucl. 29(2), 148 (1997).
8. Y.H. Kang et. al., Structural analysis for the HANARO irradiation capsule through vibration test, Pro. of 6th ASRR symposium, Mito, Japan, march 1999.
9. 강영환 외, KAERI Report, KAERI/RR-2038/99 (2000).
10. 주기남 외, 하나로 공동이용 활성화를 위한 대학 연구지원용 하나로 계장캡슐 (00M-01U)의 조사시험, '01춘계원자력학회, Cheju, Korea, May 2001.
11. 주기남 외, Capsule irradiation tests of non-fissile materials in HANARO, '03춘계원자력학회, 경주, Korea, May 2003.
12. 서철교, 04M-17U의 gamma heating, unpublished data(2004.11).
13. Y.H. Kang et als, Safety analysis report(SAR) for the HANARO capsule and related systems, KAERI Technical Report, KAERI/TR-985 /98 (1998).
14. H. Someya, T. Kobayashi, M Niimi, T. Hoshiya and Y. Harayama, GENGTC-JB: A computer program, JAERI-M 87-148 (1987).

15. 강희동 외, MOST Report, 하나로 이용연구 활성화 및 운영관리 효율화 방안 (1998).
16. 사쿠라이, JMTR, private communication.
17. 계장캡슐 분야, 계장캡슐 조사시험 절차서, HAN-IC-TP-02-002(Rev.0) (2002).
18. 대우정밀(주), 04M-17U 캡슐 및 부품도, HAN-IC(CA)-DW-04M-17U-(ASSY)~(044), 2004. 12.
19. EMR Report (End of Manufacturing Report : 하나로 계장캡슐 (04M-17U) 설계/제작, FA-KA-050203, 대우정밀(주), (2005년 2월 3일).
20. 박승재, Technical Specification for Instrumented Capsule (04M-17U), HAN-IC-DD-SP-04-002, 2004. 10. 7.
21. 박승재, 04M-17U 캡슐 구매시방서, HAN-IC-DD-SP-04-003, 2004. 10. 7.
22. 주기남, 설계변경요청서(캡슐 하단부), HAN-IC-DCR-04-002, 2004. 3. 27.
23. 주기남, 하나로 조사시험용 계장캡슐 하단부 설계변경(안), HAN-IC-CR-03-011, 2003.6.27.
24. 하나로 이용 연구단, 제 20차 원자로 안전 심의 위원회 회의록, 2003.5.27.
25. 주기남, 임인철, 02M-05U 캡슐 하단부 Bottom Guide Arm-Ring 부 손상, 하나로 memorandum, HAN-IC-CR-03-007, 2003.5.14.
26. 주기남, 임인철, 02M-05U 캡슐 하단부 손상 원인분석 및 대책, 하나로 회의록, HAN-IC-MM-03-001, 2003.5.15.
27. 김형우 외, 계장캡슐(02M-05U) Guide Arm 조각 회수, 내부통신문, HAN-RO-CR-397-03-013, 2003.7.02.
28. 주기남, 캡슐 하단부 설계변경 안 (Dowel Pin 형식), HAN-IC-CR-04-037, 2004.12.20.
29. 최명환, Dowel Pin을 적용한 캡슐의 압력강하 및 진동변위 측정, 하나로 내부통신문, HAN-IC-CR-05-009, 2005. 3. 23.
30. 최명환, 크립/재료캡슐의 압력강하 및 진동변위 측정, 하나로 내부통신문, HAN-IC-CR-05-014, 2005. 4. 21.
31. 주기남, 설계변경요청서 (재료조사시험용 계장캡슐 하단부), HAN-IC-DCR-04-003 (2004. 12. 20).
32. 서철교, 계장캡슐 02M-05U의 조사량 평가, 하나로내부통신문, HAN-RR-CR-920-03-036, 2003년 7월.

Table 1. Specimens loaded in 04M-17U capsule

단	명칭	기관	시편 규격	개수	재료	비고 (시편부, Mark)	
1	A5 ~ A12	선문대 (한기대)	Charpy (5x5x55)	1x8=8	SM 490 steel	Square Bar 4개 (10x10x114) Mark: 밑면 44, 55	
2	A1~4	선문대	TEM ($\Phi 3 \times 0.1$)	$29+23+16+39=107$	Al, Cu, SA508	Square Bar 4개 (10x10x114)	
	D1~4	단국대	Plate (4xTxL)	1x4=4	Ti, Ni, BN, SKH-51	Case는 STS 430	
	D2,3		TEM ($\Phi 3 \times 0.1$)	18+10=28	STS430, STS304	Mark: A1~4: 3,7,4,6 D1~6: 1,9,5,10,2,8 5,10은 바닥 표시 T:1,2,4=1.5, 3=.94 L:1=8, 2,3,4=10	
3	S1~4	Spacer	Square Bar (10x10x14)	1x4=4	STS 304		
	LJ	KAERI	Hardness (1.23x10x16.5) 소형인장 (5x10x26.5) TEM ($\Phi 3 \times 0.1$) (5x10x10)	1x4=4 1x12=12 3x3=9	T92, Incoloy 800H	Square Bar 4개 (10x15x114)	
	C1~4	KAERI	SANS, PA (10x10x1)	9x4=36	Fe-Cu (0.05/0.45/0.1/1)	C,L,J case는 SA508 H case는 STS304	
	C5		Hardness, BN (10x2.5x1)	6x4=24			
	C6		TEM ($\Phi 3 \times 0.1$)	5x4=20			
	K1~4	KAIST	SP ($\Phi 3 \times 0.25$)	24x4=96	ODS steel ((14,16,19)Cr+4Al)	Mark: C1~4:S1,S4,P1,P2 S1:한모서리 절단 S4:두모서리 절단 P1:11, P2:12 C5: B1 C6: 측면 5,6,7,8 K1~4:K1~4 K5:KT H1: 측면 1,2,3,4 H2: 측면 4,6,7,8,9 R5~8:N01~16 R9: 측면/상부 1,2,3,4	
	K5		소형인장 (16x4x0.25)	23			
	H1,2	한양대	TEM ($\Phi 3 \times 0.1$)	1x9=9	Pure Zr, Zry-4, Zr-2.5Nb 1,2,3: (intact) 4,5,6: (2μm, 450°C) 7,8,9: (2μm, 700°C)		
	R5~8	KAERI	1/2Charpy (5x5x27.5)	4x4=16	10Cr-1Mo		
	R9		TEM ($\Phi 3 \times 0.1$)	5x4=20			
	S5~8	Spacer	Square Bar (10x10xL)	1x4=4	STS 304		
4	R1~4	KAERI	인장 (1x15x76)	10x4=40	10Cr-1Mo, STS316L	Square Bar 4개 (10x15x114)	
	R9~12		1/2Charpy (5x5x27.5)	4x4=16	10Cr-1Mo	Mark: R1,3:4U,6P(측면S) R2:FT91-5 R4:FN01 (양편) R9~12:T01-16	
	S9~12	Spacer	Square Bar (10x10xL)	1x4=4	STS304		
5	L1, L10	KAERI	1/2 PCVN (5x5x27.5)	4x14=56	RPV, 모델합금	Square Bar 2개 (10x15x114)	
	L9, L11		소형인장 (0.5x5x27.5) SP (0.5x10x10) Hardness (0.5/1x10x10) TEM ($\Phi 3 \times 0.1$)	4x3=12 4x =47 4x1=4 4x5=20	RPV, 모델합금	Square Bar 2개 (10x10x114)	
	합 계		627개 시편 (선문/단국/한양/KAIST/K(R/L/C/LJ)/S = 115/32/9/119/340(96/25/80/139)/12)				

1 : all dimension in mm

Table 2. Specimens of I-NERI project

04 대학캡슐 장입시편 종류 및 수량(I-NERI파제, 장진성)				
위치	시편 종류	시편 번호	수량	종류
3단 270도	소형인장	각 6개씩 2종(case 재질은 저합금강)	12	T92, Incoloy 800H
	경도	각 2개씩 2종	4	
	TEM case	TEM 시편(case 재질은 저합금강)	1	

Table 3. 파괴특성 분야 조사시편

04 대학캡슐 위치별 장입시편 종류 및 수량(파괴분야)					
위치		시편 종류	시편 번호	수량	종류
5단 0도	상	1/2 PCVN	A16, A19, A21, A22	8	모델합금 A
	하		A02, A04, A07, A09		
5단 90도	상	1/2 PCVN	J20, J21, J22, J23	8	JRQ
	하		J03, J09, J10, J11		
5단 180도	상	1/2 PCVN	N02, N03, A29, A31	8	모델합금 A, N
	하		A23, A25, A26, A28		
5단 270도	상	1/2 PCVN	S02, S03, J29, J30	8	JRQ, 모델합금 S
	하		J24, J26, J27, J28		
5단 180도	상	1/2 PCVN	N09, N10, N11, N12	8	모델합금 N
	하		N04, N05, N07, N08		
5단 270도	상	1/2 PCVN	S08, S09, S10, S13	8	모델합금 S
	하		S04, S05, S06, S07		
5단 270도	상	1/2 PCVN	N13, N14, N15, N16	8	모델합금 N
		소형인장	모델합금 3종(A, N, S), JRQ 각 3 개씩	12	
		SP	S01-S10	10	모델합금 S
		경도	J01	1	JRQ
		TEM case	모델합금 3종(A, N, S), JRQ TEM 시편	2	
	하	경도	모델합금 3종	3	
			J01-18	18	JRQ
		SP	A01-09	9	모델합금 A
			N01-10	10	모델합금 N
		1/2 PCVN	S14, S15, S16, S17	2	모델합금 S

Table 4. Cr-Mo 강 및 STS430 강의 화학조성 및 물성 비교

구분	명칭	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	W	Nb	N
Cr-Mo 강	HT9M	0.15	0.1	0.45	0.46	9.79	1.23	0.20	-	0.18	<0.01
	N08	0.149	0.061	0.473	0.45	10.01	1.29	0.20	-	0.21	0.079
	HTMW	0.18	0.09	0.47	0.42	9.87	0.49	0.20	2.01	0.20	0.02
	T91	0.085	0.336	0.379	0.097	9.376	0.991	0.189	-	0.08	0.042
STS430		≤ 0.12	≤ 0.75	≤ 1.0	≤ 0.06	16-18			$P \leq 0.04, S \leq 0.03$		

HT9M : M, N08 : N, HT9MW : W, T91 : T

Cr-Mo 물성 / 온도	25	100	200	400	600	700
열팽창계수 ($10^{-6}/K$)	11.15	11.3	11.6	12.1	12.65	12.85
열전도도 (W/mK)	26.0	26.4	26.8	27.6	26.8	26.8

물성/재질		Fe-10Cr	STS 304	STS316	SA533	STS430
Density		7.86	7.8	7.8	7.77	7.8
열팽창계수 ($10^{-6}/K$)	RT	11.15	15.63	17.10	11.1	10-11
	200°C	11.6	16.10	17.58	13.3	
열전도도 (W/mK)	RT	26.0	15.21	14.4	52	26.2
	200°C	26.8	17.5	16.8	52	

Table 5. 이용자별 시편 희망 조사온도 및 시험온도

	설계치		시험재료		요구온도	열전대	측정온도 (1/2차기준)	비고
	온도	재료	이용자	재질				
1단	300	SA508	A(선문1)	SM490	300~400	T1	256~298	
							259~338	
	350	SA508	D(단국)	STS430	350	T2	262~299	
							262~325	
2단	350	SA508	A(선문2)	Al, Cu	300~400	T3	322~340	
							312~347	
	300	SA508	H(한양)	Zr 계열	350	T4	329~335	
							315~327	
3단	300	SA508	C(권상철)	Fe-Cu	300~350	T6	316~321	case-SA508
							313~322	
			K(KAIST)	ODS	300	T5	292~298	초기 엔 360°C 요구
							290~295	
	320		LZ(이봉상2)	Incoloy.	300~400	T7	311~316	case STS 304
							307~314	
4단	320	STS304	R(류우석1)	Cr-Mo	320	T8	309~310	case SA508
							307~306	
	320		R(류우석2)	STS316L	320	T9	343~355	
							354~350	
5단	290	SA508	L(이봉상1)	SA508	290	T11	243~246	
							275~240	
	290					T12	255~258	
							271~247	

(모든 온도는 °C)

Table 6. The specification for the out-pile test of the creep and material capsules

시험일	캡슐	하단부	시험항목	사용시설	비고
2. 24	재료 ¹⁾	Φ 72mm, Dowel pin	차압	단일채널	유량 소
3. 15	재료	Φ 70mm, Dowel pin	차압	"	유량 소
3. 22	재료	Φ 70mm, Dowel pin	차압	수정단일채널	유량 다
3. 23	Dummy fuel	3-pin	"	"	기준(19.6kg/s)
	크립 ²⁾	Φ 70mm, 6-bolts	"	"	유량 적당
3. 29	재료	Φ 70mm, Dowel pin	진동변위	"	
	크립	Φ 70mm, 6-bolts	"	"	
3. 31	재료	Φ 72mm, Dowel pin	차압	"	유량 소
4. 7-8	재료	Φ 71mm, Dowel pin	진동, 차압	"	유량 적당
	크립	Φ 70mm, 6-bolts	진동변위	1/2 노심	
	재료	Φ 71mm, Dowel pin	"	"	

1) 재료 : 04M-17U 재료캡슐

2) 크립 : 03S-07K 크립캡슐

Table 7. Comparison of the flow rate at the pressure drop of 209kPa

Capsule	Bottom guide	Ring diameter (mm)	Flow rate (kg/s)	비고
Dummy fuel	3-pin type	-	19.60	기준유량
Creep (03S-07K)	6-bolts	Φ 70	16.77	만족(적합)
Material (04M-17U)	Dowel pin	Φ 70	21.10	불만족(많음)
		Φ 71	18.44	만족(적합)
		Φ 72	15.85	만족(적음)

Table 8. Displacement of the capsule with previous and new bottom structure

Bottom Structure	Measuring Directions	Displacement (μm)					Remark
		Max. Peak	Min. Peak	Peak-Peak	Diagonal*	RMS	
Previous (3-Pin)	North (x)	89.6	-98.7	188.3	137.7	25.6	'04.10
	West (y)	96.0	-96.0	192.0		26.0	
6 Bolts (02S-08K)	$\phi 70\text{mm}$	North	48.1	-50.1	98.2	77.7	12.9
		West	57.3	-59.4	116.7		14.2
	$\phi 72\text{mm}$	North	47.0	-47.0	94.0	90.2	14.0
		West	77.0	-65.0	142.0		17.0
		North	906	-736	1642	1260	82.0
		West	876	-625	1501		53.0
Dowel Pin (04M-17U)	$\phi 70\text{mm}$	North	248.7	-241.4	490.1	343.7	69.6
		West	226.5	-237.3	463.8		60.2
	$\phi 72\text{mm}$	North	309	-341	650	399.4	78.9
		West	195	-208	403		55.8

* Diagonal = $\sqrt{x_{peak}^2 + y_{peak}^2}$ (최대 x, y 절대값 선택)

Table 9. 캡슐 하단부에 따른 단면적 계산

하나로 유동관내 면적	=	4794	mm^2
캡슐면적	=	3848	
차이 1	=	945	
유동관하부 최대 면적	=	3632	
하단부 사면	=	1564	
차이 2	=	2068	
1-채널 하부 면적	=	1963	
하단부 사면	=	1366	
차이 3	=	598	

Table 10. Displacement of the capsule using a single channel test loop

Capsule	Ring dia. (mm)	Measuring Direction	Displacement (mm)			Remark
			Min. Peak	Max. Peak	RMS ³⁾	
Creep Cap. (03S-07K)	70	S-N ¹⁾	-0.967	0.818	0.133	
		E-W ²⁾	-0.660	0.910	0.113	
Mat'l Cap. (04M-17U)	70	S-N	-0.882	0.595	0.076	
		E-W	-0.693	0.843	0.099	
	71	S-N	-0.701	0.794	0.090	
		E-W	-0.682	0.656	0.065	

1) S-N : south-north (남북방향)

2) E-W : east-west (동서방향)

3) RMS : root mean square

Table 11. Displacement of the capsule using a half core test loop

Capsule	Measuring point	Measuring Direction	Displacement (mm)			Remark
			Min. Peak	Max. Peak	RMS	
Creep Cap. (03S-07K)	y=2.25m	E-W	-0.374	0.620	0.042	Middle view glass
		S-N	-0.692	0.424	0.048	
Mat'l Cap. (04M-17U)	y=2.25m	E-W	-0.862	0.742	0.079	Middle view glass
		S-N	-0.189	0.143	0.026	
	y=1.4m	E-W	-0.117	0.105	0.023	Bottom view glass

Table 12. 캡슐 하단부 진동에 따른 유동관 변위에의 영향

Displacement	97M 01K In HANARO (Arm / Ring 캡슐)		6-Bolt 97 03S 07K	Dowel Pin (0371) 04M 17U
	w/o chimney bracket	w chimney bracket		
Max. (mm)	2.46	1.77	0.97	0.79
유동관 변위 Max. (mm)	0.37	0.22	0.15	0.12

Table 13. 04M-17U 캡슐 조사시험 근무 편성표 (1차)

04M-17U 캡슐 조사시험 근무 편성표 1차																	
1. 조사시험 팀명 : 04M-17U (38주기, 1차 조사시험)										작성일 2005년 4월 18일 작성자 주기남							
2. 조사기간 : 2005.4.21 - 5.14 (23일간 운전)																	
3. 조사조건 : 1나로 CT 흡 (30MW)																	
4. 근무조편성																	
근무조	근무시간	월21일(목)	22일(금)	23일(토)	24일(일)	25일(월)	26일(화)	27일(수)	28일(목)	29일(금)	30일(토)	월1일(일)	2일(월)	3일(화)	4일(수)	5일(목)	
주간	08:00 - 20:00	기금/신문	조민순	최명호	조민순	주기남	박승재	손재민	신윤학	주기남	이동수	손재민	박승재	이동수	손재민	주기남	최명호
야간	20:00 - 08:00	수기남	조민순	최명호	조민순	수기남	박승재	손재민	신윤학	수기남	이동수	손재민	박승재	이동수	손재민	수기남	최명호
	동시근무자																
5. 비상전화번호																	
조사시험 원격제어근무 전화번호 : 2345 (제3연구동 137호)																	
시이실 : 이상(Alarm) 발생시 주기남/김봉구/근무사 순서로 1인에 인락																	
근무조	근무시간	10일(화)	11일(수)	12일(목)	13일(금)	14일(토)	15일(일)	16일(월)	17일(화)	18일(수)	19일(목)	20일(금)	21일(토)	22일(일)	23일(월)	24일(화)	
주간	08:00 - 20:00	신윤학	박승재	조민순	최명호	신윤학				수기남	2381	010-323-2301	369-3626	의리기준: 한양대 KAIST, 단국대 신문대 출:			
										김봉구	2387	010-429-0176	428-6730				
야간	20:00 - 08:00	신윤학	박승재	조민순	최명호	신윤학				조민순	8491	010-9611-6401	362-1606				
	동시근무자									손재민	2387	010-428-9426	472-3426	시민은드	23801 - 32010		
									박승재	2385	010-411-1631	427-1636					
									신윤학	2382	010-8211-7303	861-3234	근무현장				
									김봉구	2381	010-423-9532	934-9532	주 간 : 3연구동 201호 원격통제 관제체계(기록/3시간)				
									이동수	2386	010-953-6730	645-교과149am	같은 시 (1kg/g/cm ² Ulz)				
									강정한	2386	010-402-8032	861-0037	총을 보경(노출 감시 회면)				
									정중식	2312	010-678-9046		마 카 : 경보의 미침(Alarm) 경지 및 비상연락				
									재미삼	0491	0491-0491-0491	0491-0491-0491					
조사시험용캡슐개발 및 활용과제책임자 강봉구																	

Table 14. 04M-17U 캡슐 조사시험 근무 편성표 (2차)

04M-17U 캡슐 조사시험 근무 편성표 2차																				
1. 조사시험 팀명 : 04M-17U (40주기, 3차 조사시험)										작성일: 2006년 1월 2일										
2. 조사기간 : 2006.1.4 ~ 1.27 (23일간 운전)										작성자: 주기남										
3. 조사조건: 하나로 CT 흔 (30MW)																				
4. 근무조준성																				
근무조	근무시간	월(금)	5일(목)	6일(금)	7일(토)	8일(일)	9일(월)	10일(화)	11일(수)	12(목)	13(금)	14(토)	15(일)	16(월)	17(화)	18(수)	19(목)	20(금)	21(토)	22(일)
주간	00:00 ~ 20:00	이능/신윤	조만순	최명환	손재민	최명환	박승재	손재민	주기남	손재민	이동수	박승재	이동수	신윤학	주기남	조만순	최명환	박승재	주기남	신윤학
08:	20:00 ~ 08:00	주기남	조만순	최명환	손재민	최명환	박승재	손재민	주기남	손재민	이동수	박승재	이동수	신윤학	주기남	조만순	최명환	박승재	주기남	신윤학
동시근무자																				
5. 비상연락망																				
☎ : 2345 (제3연구동 237호)																				
조사시험 원격제어근무 전화번호																				
제어실 : 이상(Alarm) 발생시 주기남/김봉구/근무자 순서로 1인에 연락																				
근무조	근무시간	23일(금)	24일(화)	25일(수)	26일(목)	27일(금)				미 투	사무원	미동진화								
주간	00:00 ~ 20:00	신윤학	조만순	김봉구	미동수	신윤학				주기남	2381	010-3222-2381	006-3989	응급기관: 한양대, KIST, 민국대, 선문대 ☎ :						
08:	20:00 ~ 08:00	신윤학	조만순	김봉구	미동수	신윤학				김봉구	2387	010-422-0179	006-6732							
동시근무자										조만순	2401	010-9011-0401	006-1500							
										손재민	2388	010-426-3426	007-3426	시민홀드 2300 ~ 2400						
										박승재	2345	010-411-1591	007-1591							
										신윤학	2323	010-9516-7336	001-3234	근무설정						
										최명환	2301	010-400-0002	004-5832	주 간 : 3연구동 237호 원격장치 감시제어(기초/3시간)						
										광운환	2365	010-402-0002	001-0062	GAS 교란(Alarm 발생 시 15kg/cm ² D호)						
										경찰식	2212	010-678-3643		접근 경계(노선 감시 회선)						
										제어실	2491	로활(일반회)	340508430	아 건 : 제어실 이상(Alarm) 감시 및 비상연락						
조사시험용캡슐개발 및 활용과제책임자 김봉구																				

Table 15. 03M-06U 캡슐의 조사시험 기간에 따른 시험 조건 변화

	시험 기간 (일)	초기 시험 조건(760torr)					
		제어봉	1단 T1,2	2단 T3,A,4	3단 T5,6,7	4단 T8,9,10	5단 T12,B
1차	10.11-12 (1)	305	238/241	205/224/200	248/248/245	207/215/196	270/260
2차	10.27-11.14 (18)	295	237/240	206/225/203	249/245/246	215/218/201	273/263
3차	12.23-12.30 (7)	356	250/250	218/235/212	259/257/262	221/228/211	275/261
4차	05.1.4-1.21 (16)	385	259/260	224/244/220	266/264/266	227/232/215	276/263
차이	(41)	+90	+22/20	+18/19/17	+17/19/20	+12/14/14	+3/0

* 차이는 2차 - 4차 시험간 변화

Table 16. 03M-06U, 04M-17U 캡슐의 초기 조사시험 기간의 조건 변화

	시험 기간(일)	평형 도달후 시간 (h)							day						1일 온도변화
		시간	기준	1	2	4		13	2	3	7	13	18	23	
03M - 06U	1차 10.11-12 (1)	He	30	18	20	40	+0	40							$\Delta T=10 \sim 4$
		제어봉	309	317	324	349	+28	377							
	2차 10.27-11.14(18)	He	30	26	26	26	+29	55	60	50	47	40	36		$\Delta T=50 \sim 22$ T3,4,5 소변화
		제어봉	297	306	311	339	+34	373	392	393	439	466	503		
	3차 12.23-12.30 (7)	He	30	40		45	+0	55	52	55	43				$\Delta T=24 \sim 4$
		제어봉	359	369		382	+46	428	449	453	497				
	4차 05.1.4-1.21 (16)	He	47		43	45	-6	39	36	36	33	31			$\Delta T=7 \sim -15$
		제어봉	389		407	428	+53	481	503	507	542	603			
04M - 17U	1차 05.4.21-5.14(23)	He	300	300	300	300	-30	270	230	220	105	90	90	90	
		제어봉	321	330	338	355	+35	390	413	418	450	508	542	577	
	2차 06.1.4-1.27(23)	He	210	140	150	160	+10	170	170	170	120	105	100		
		제어봉	349	356	364	382	+63	445	452	457	493	547	591	655	

* 04M-17U 캡슐 1차시험시 6일후 히터 1,5단 손상

Table 17. 04M-17U 캡슐 시편들의 조사시험 예상 결과

단	이용자	예상 조사온도 ⁽¹⁾ (°C)	예상 조사량, $\times 10^{20}$ (n/cm ²) ⁽²⁾	
			E > 0.1 MeV	E > 1.0 MeV
1	선문대	300	6.0~11	2.7~5.8
2	단국대, 선문대	290	10.4~12.5	5.0~6.0
3	한양대, KAIST, KAERI(1,2,3)	300	11.4~12.5	5.7~6.0
4	KAERI(4)	320	9.1~11.9	4.4~5.6
5	KAERI(5)	300	5.3~9.3	2.4~4.3

(1) 실제 조사시험에서는 시편 규격 및 재질에 따라 조사온도는 다를 수 있음.

(2) 02M-05U 캡슐 조사시험 결과를 (24MW CT, 29일) 기준으로 계산한 것임.

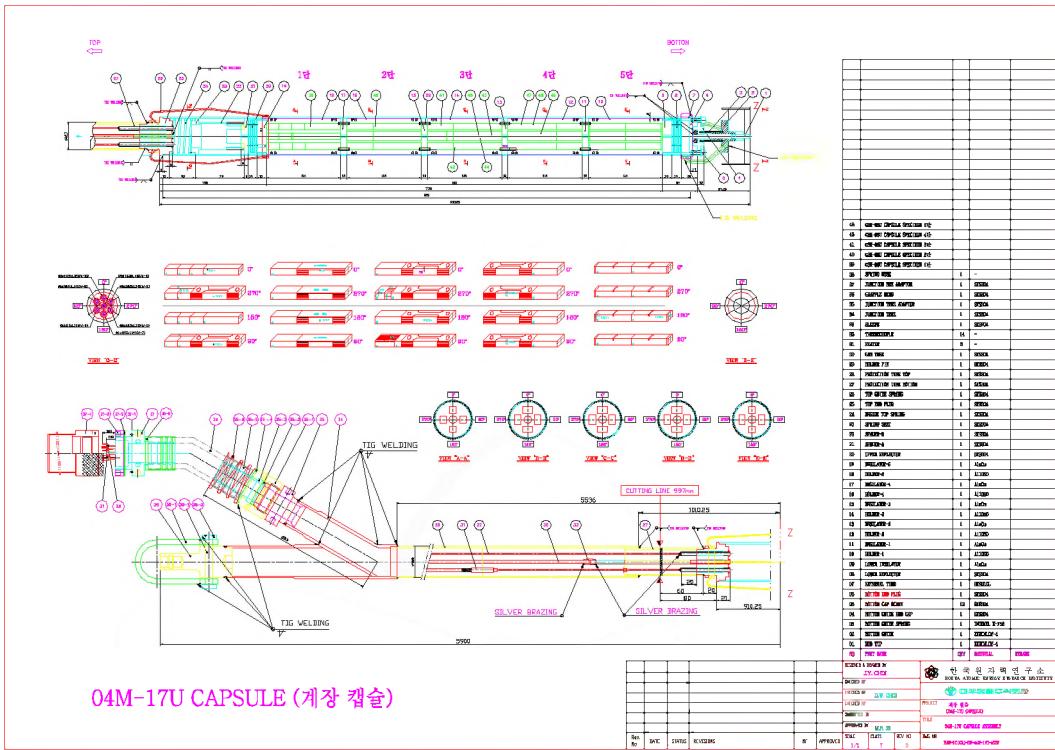


Fig. 1 04M-17U 캡슐의 설계도

04M-17U 캡슐 시편조립 (Capsule 횡단면)

2005. 1. 12.

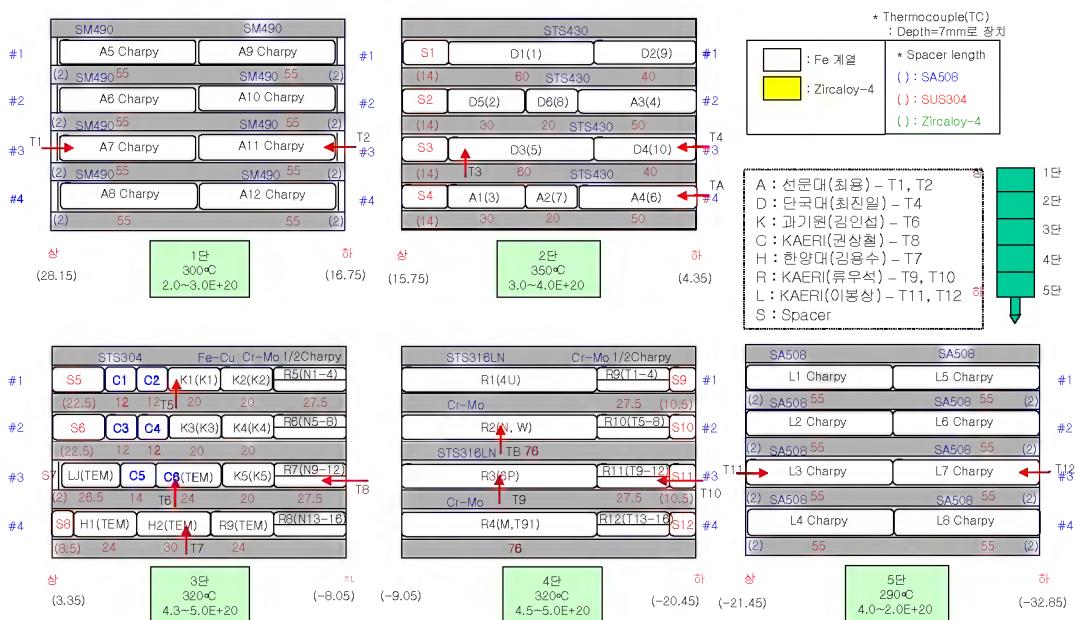


Fig. 2 04M-17U 캡슐 내 시편배치도 (길이방향 단면도)

04M-17U 시편조립 (Capsule 종단면:상단에서 본 그림)

2004. 12. 10.

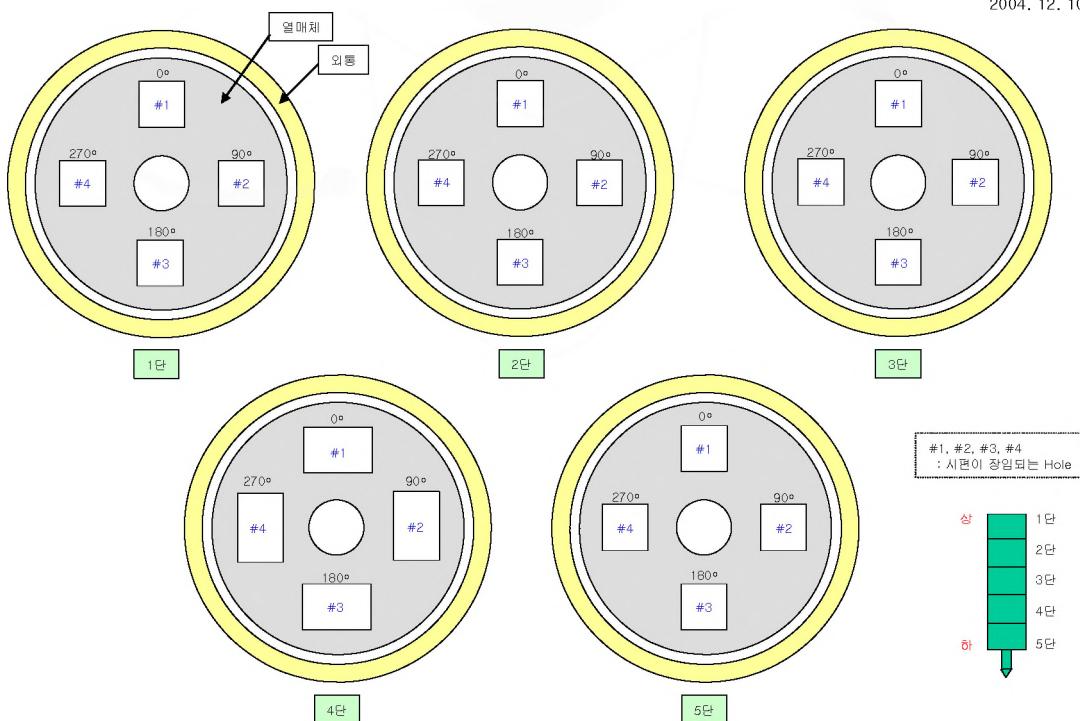


Fig. 3 04M-17U 캡슐 내 시편배치도 (단면도)

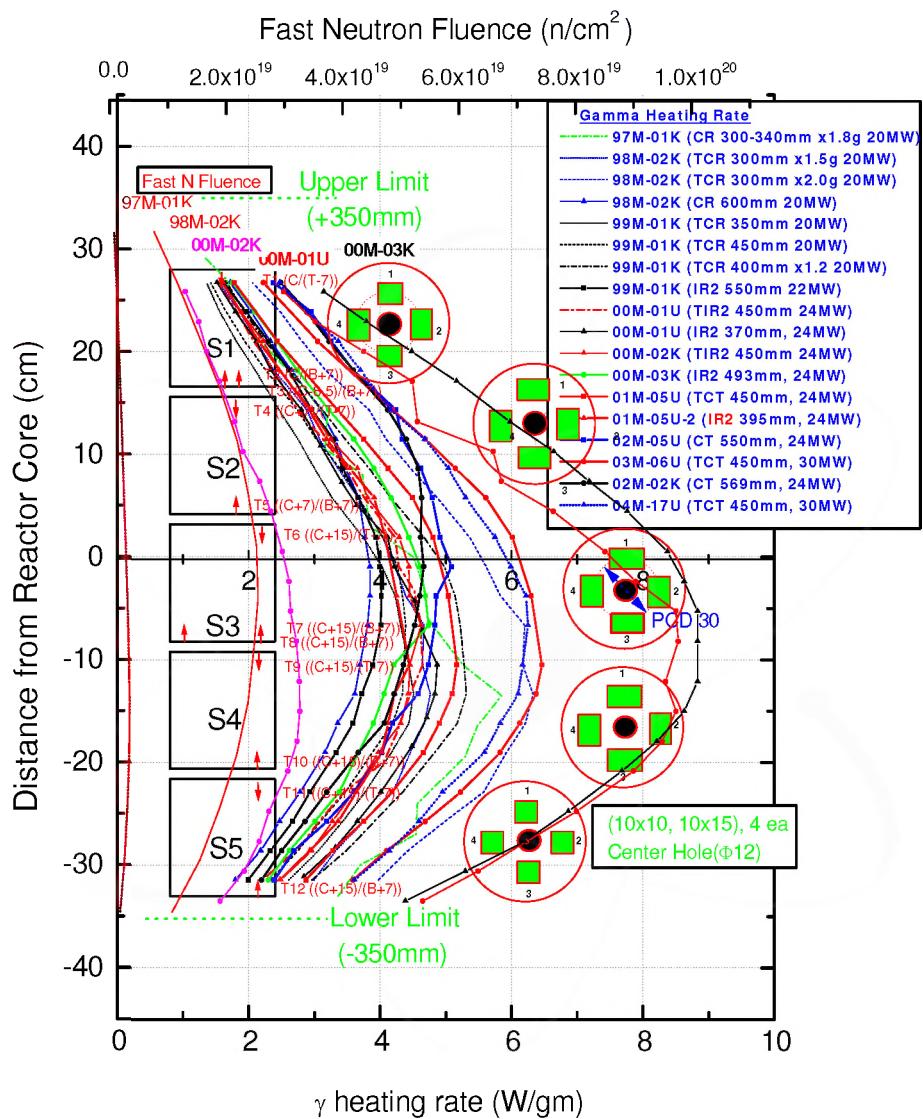


Fig. 4 04M-17U 캡슐 설계를 위한 하나로 캡슐 내 조사시편에서의 감마발열량 자료

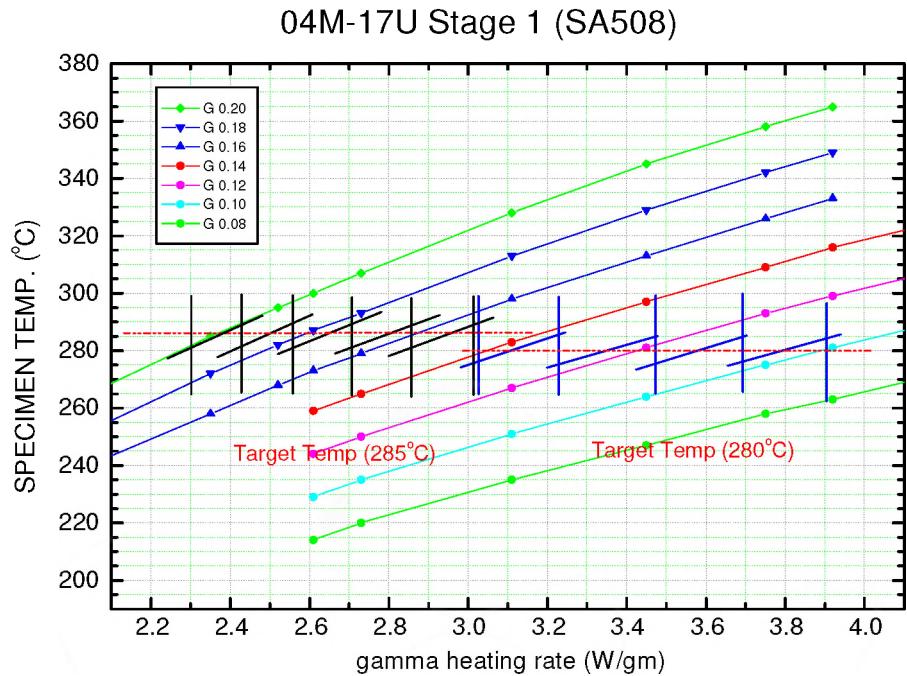


Fig. 5 Gap determination at Stage 1 of 04M-17U capsule(10x10, SA508)

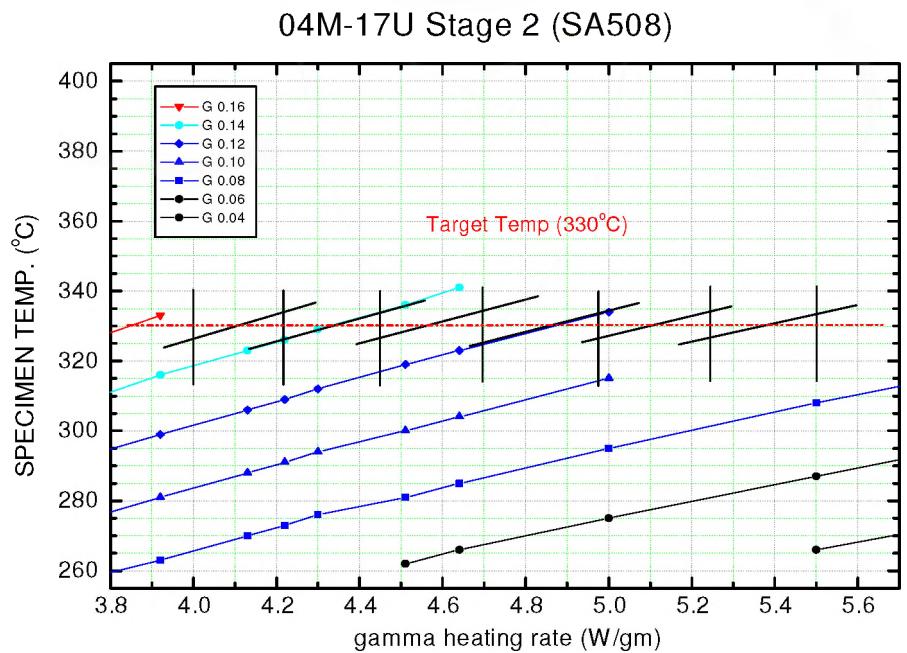


Fig. 6 Gap determination at Stage 2 of 04M-17U capsule(10x10, SA508)

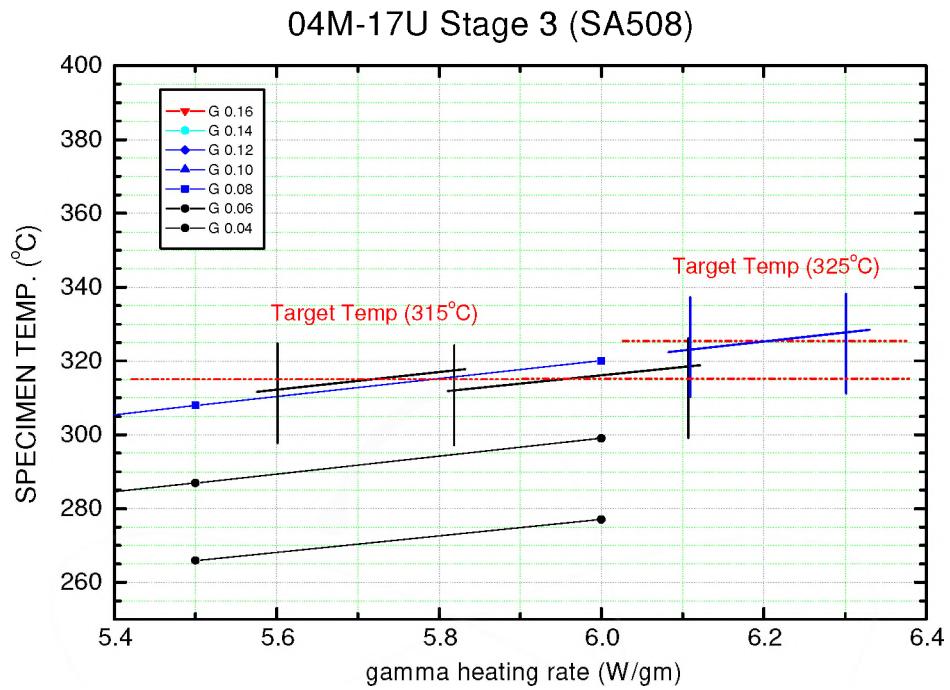


Fig. 7 Gap determination at Stage 3 of 04M-17U capsule (10x10)

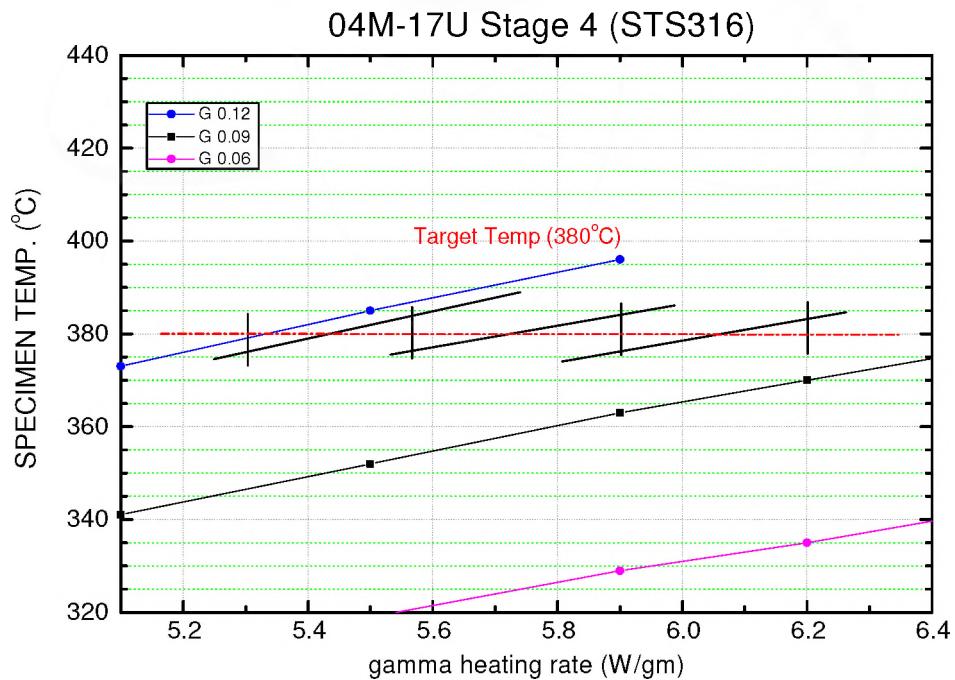


Fig. 8 Gap determination at Stage 4 of 04M-17U capsule (10x15)

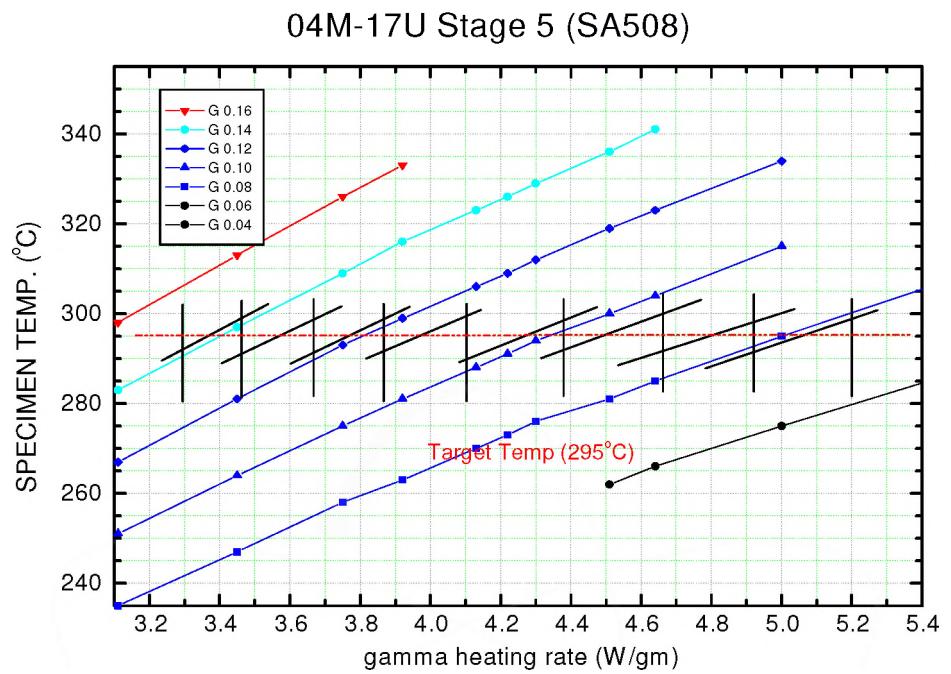


Fig. 9 Gap determination at Stage 5 of 04M-17U capsule (10x10)

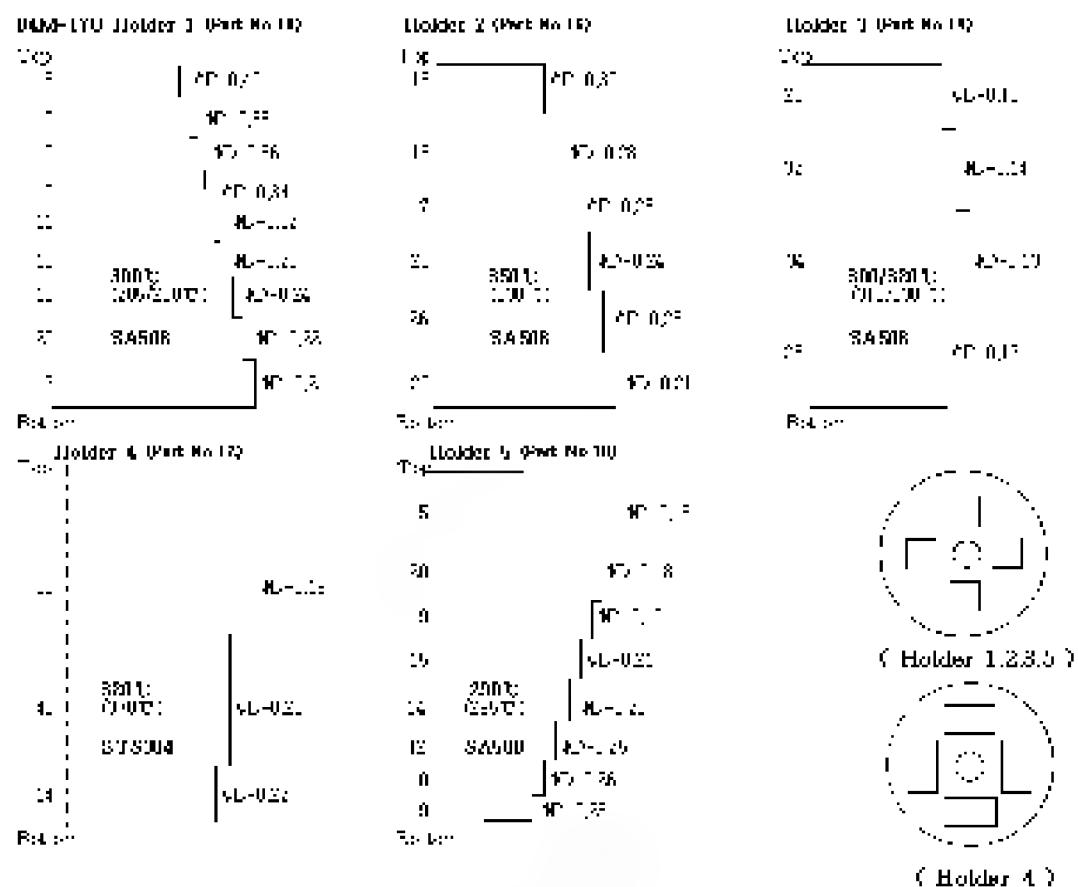


Fig. 11 04M-17U 캡슐내 열매체-외통간의 설계 간격



Fig. 11 제작완성된 조사시험용 04M-17U 캡슐 모습

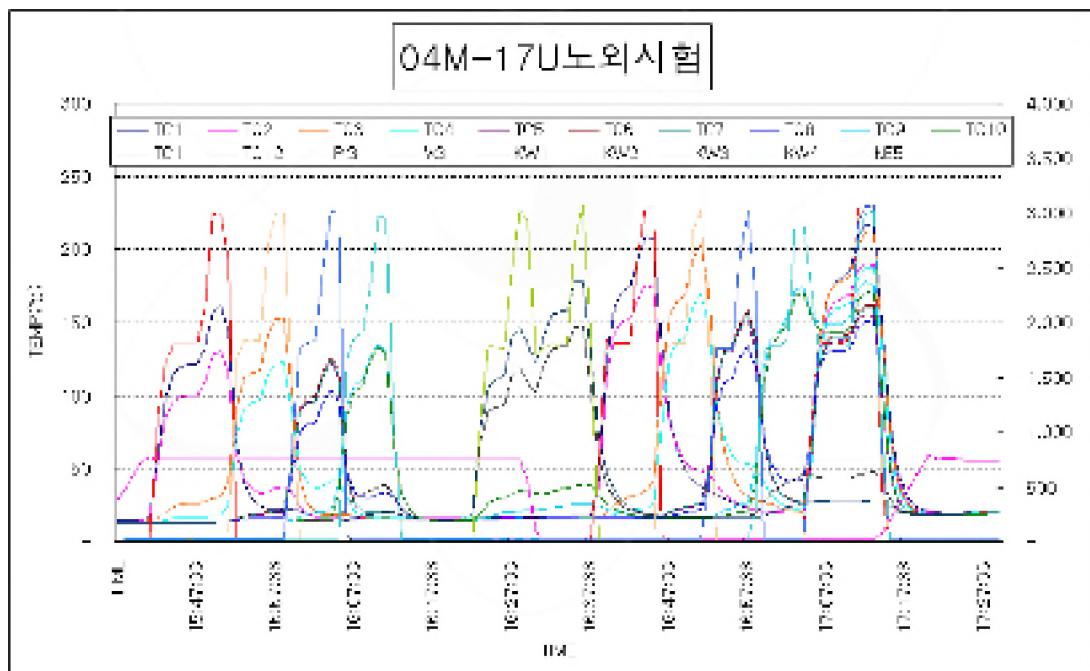


Fig. 13 04M-17U 캡슐 노외 시험 결과

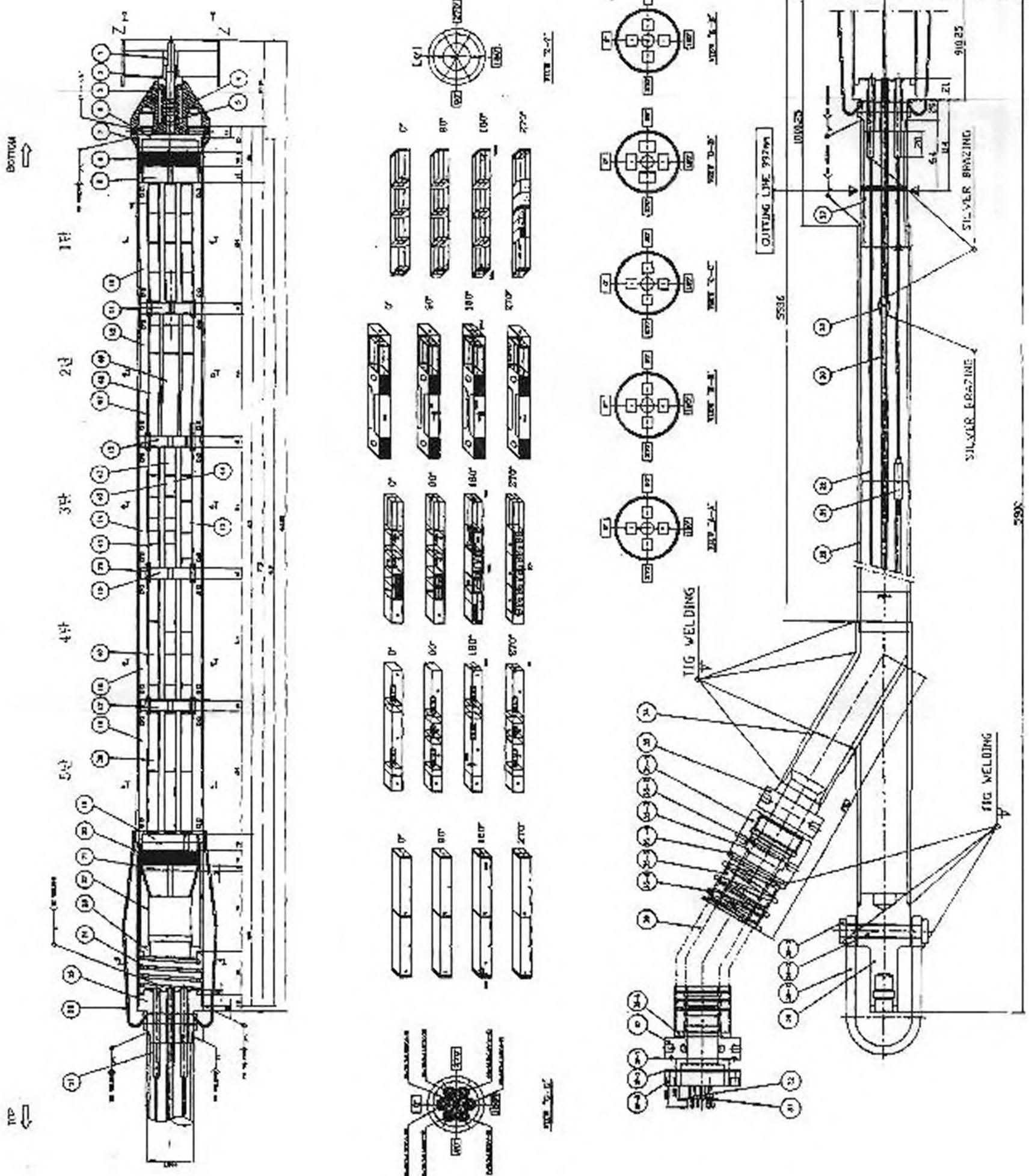




Fig. 14 설계 변경된 하나로 조사시험용 캡슐 하단부



Fig. 15 다양한 캡슐 하단부가 설치된 조사시험용 캡슐

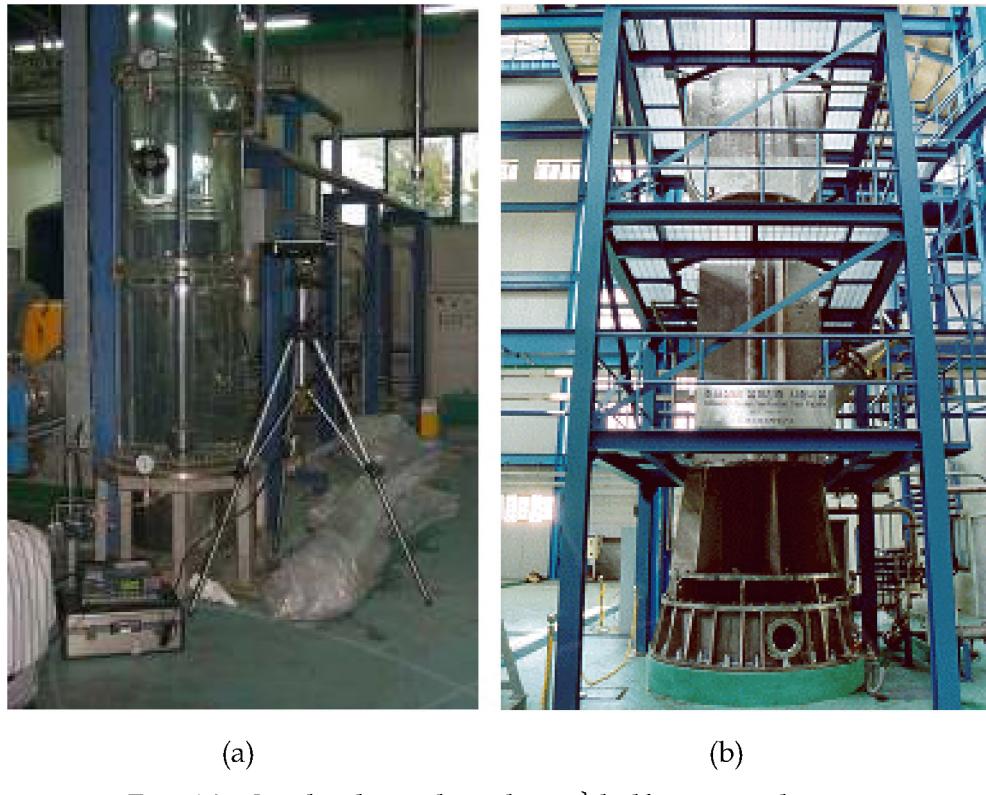


Fig. 16 Single channel test loop과 half core test loop

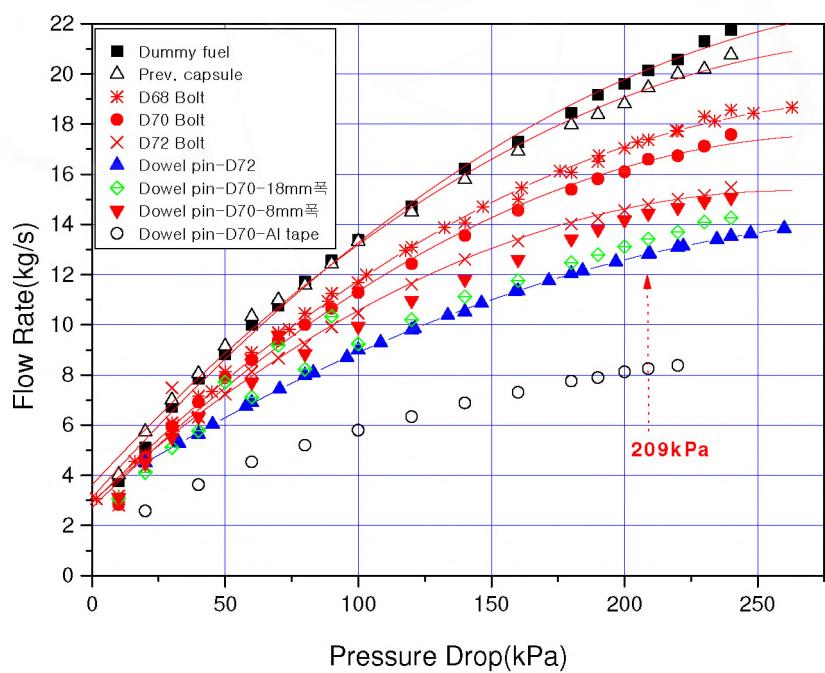


Fig. 17 Single channel test loop을 (수정전) 이용한 하단부에 따른 ΔP 특성

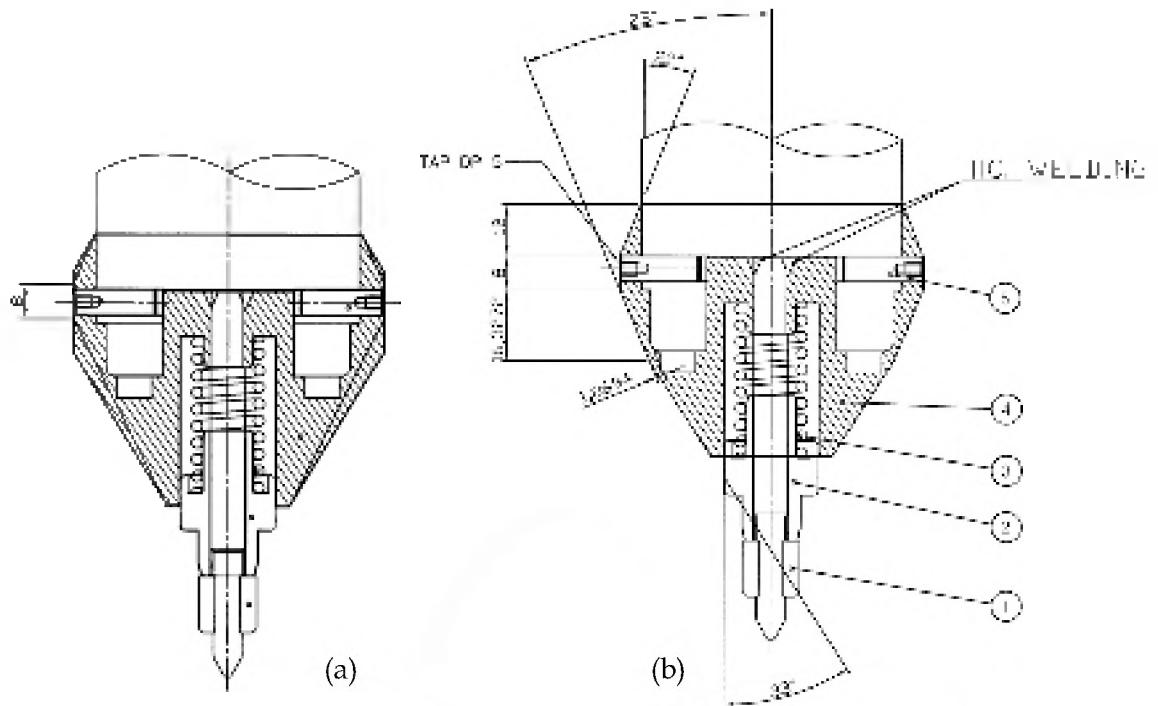


Fig. 18 Dowel pin 형 캡슐 하단부 수정전(a), 수정후(b) 모습

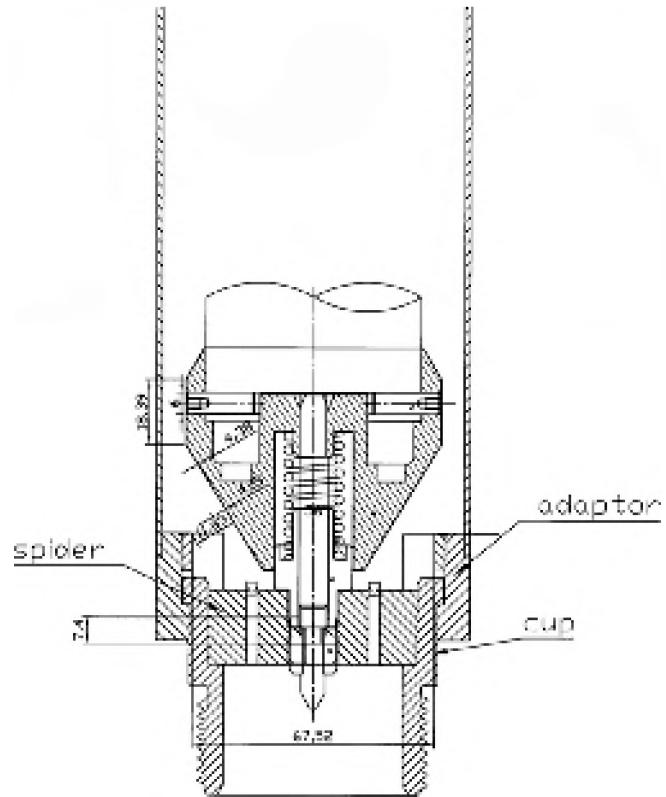


Fig. 19 Dowel pin 형 캡슐 하단부를 하나로 CT 유동관에 설치한 도면



Fig. 20 수정 처리된 Dowel pin 하단부(ϕ 70mm) 사진



Fig. 21 설계변경된 ϕ 71mm Dowel pin 형 캡슐하단부가 조립된 04M-17U 캡슐

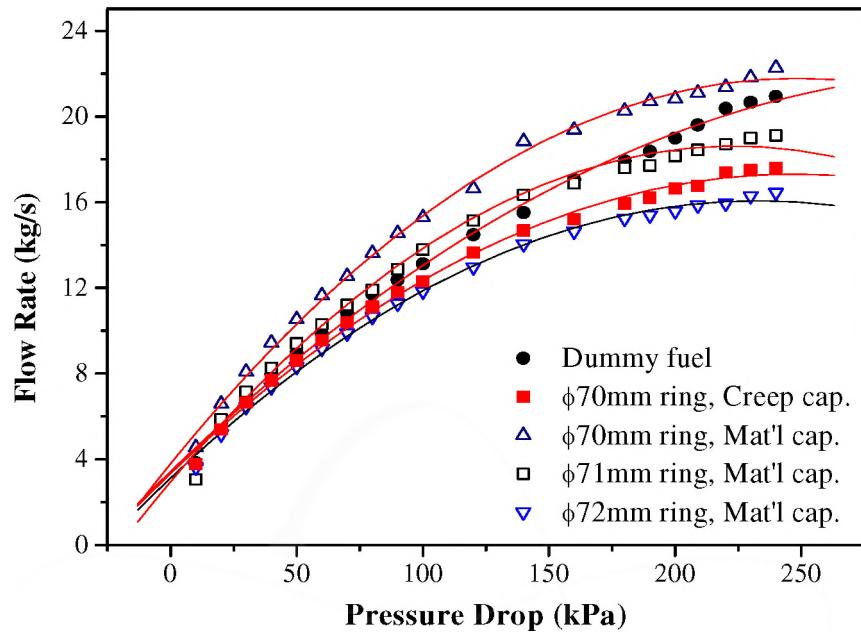


Fig. 22 수정제작된 single channel test loop을 이용한 하단부에 따른 ΔP 특성

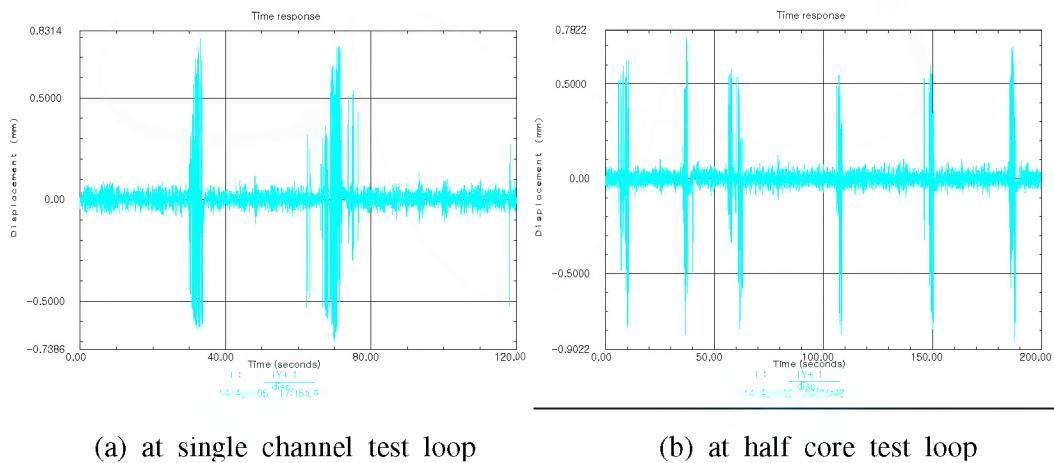


Fig. 23 최종 제작된 04M-17U 캡슐 하단부의 ($\phi 71\text{mm}$, dowel pin) 진동 변위(S-N)

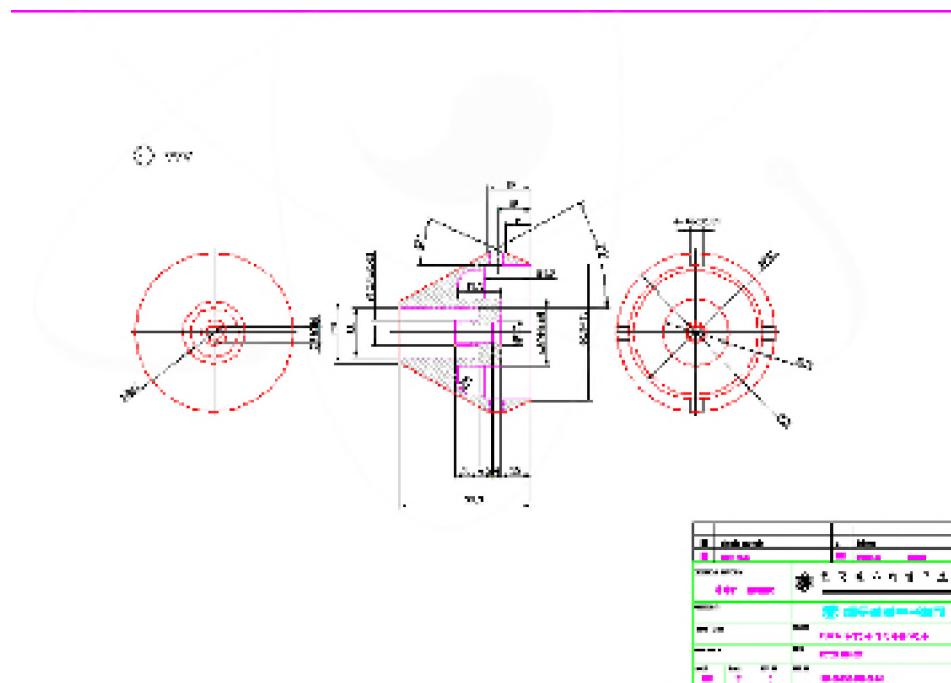
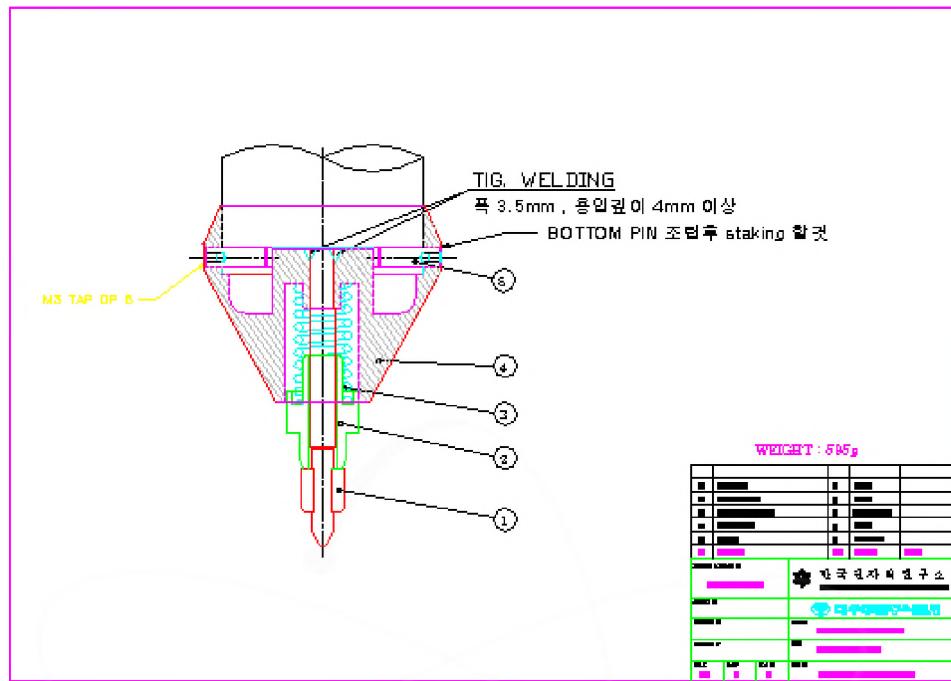


Fig. 24 Dowel Pin형 ($\phi 71\text{mm}$) 신형하단부 설계도

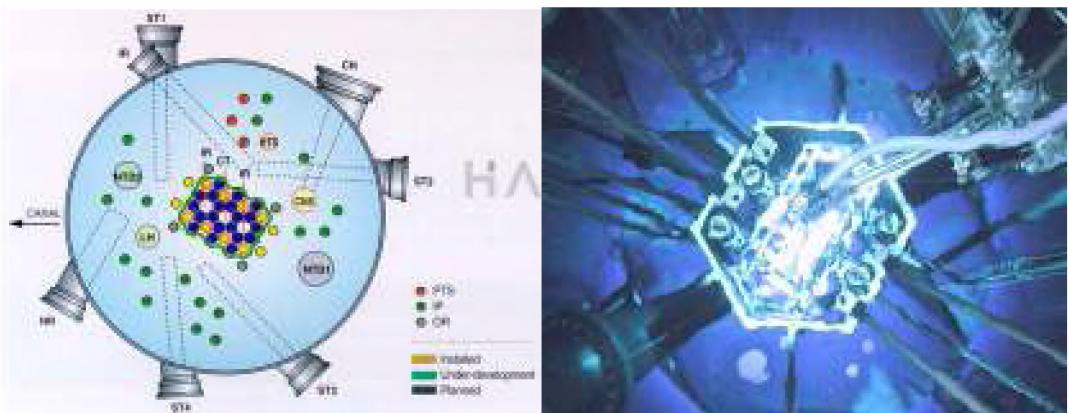


Fig. 25 하나로 노심(CT 시험공) 및 이전의 계장캡슐 조사시험 사진

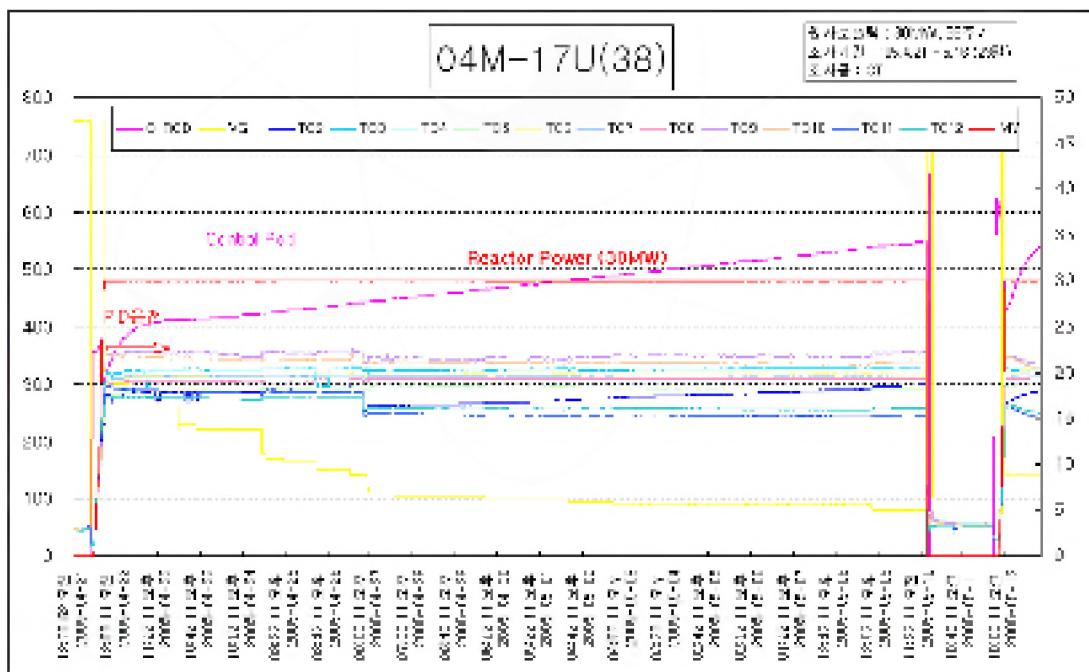


Fig. 26 1차 조사시험중 04M-17U 캡슐내 시편의 온도 변화

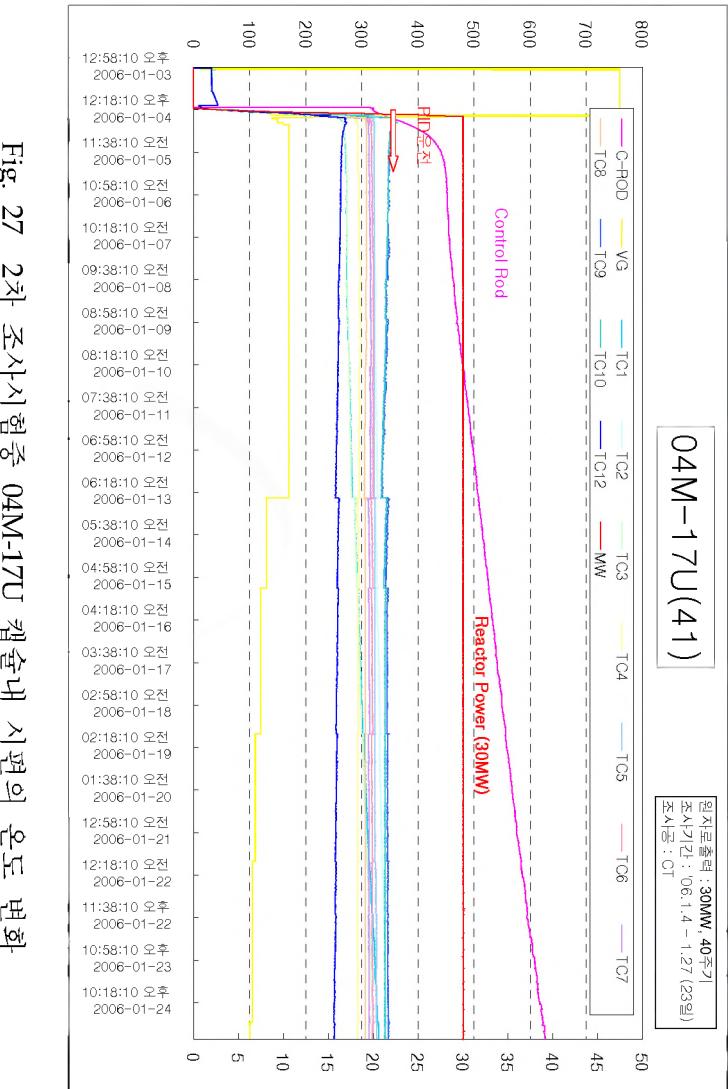


Fig. 27 2차 조사시험중 04M-17U 캡슐내 시편의 온도 변화

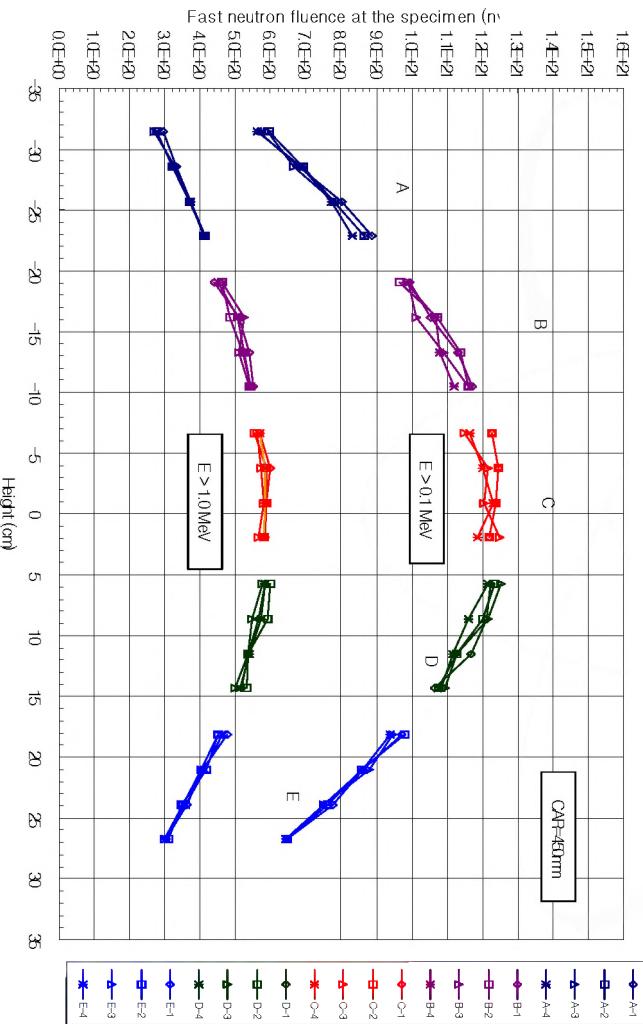


Fig. 28 04M-17U 캡슐 시편의 위치별 고속중성자 조사량($E>0.1, 1.0$) 예상결과

별 첨

(04M-17U 캡슐 설계 · 제작 · 시험 관련 문서)

1. 04-17U 캡슐 설계 · 구매 관련 서류

- 1) 04M-17U 캡슐 기술시방서
- 2) 04M-17U 캡슐 구매시방서
- 3) 04M-17U 캡슐 구매요구서

2. 04M-17U 캡슐 설계/제작 과제수행 제안서

3. 04M-17U 캡슐 설계/제작 관련 서류

4. 04M-17U 캡슐 제작후 검사결과

(EMR (End of Manufacturing Report))

5. 04M-17U 캡슐 조사시험 관련 문서

- 1) 조사시험 작업일지
- 2) 시편 노내외 시험온도 이력
- 3) 계장품 및 He Gas 점검일지
- 4) 시험결과 및 하나로 중성자 이용료 확인서

6. 04M-17U 캡슐 설계/제작/시험 수행 관련 메일

관리용 사본	O

관 리 번 호	

Technical Specification for Instrumented Capsule (04M-17U)

1. 문서 번호 : HAN - IC - DD - SP - 04 - 002 2. 개정번호 : 0

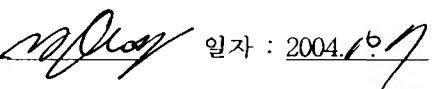
3. 화일 번호 :

4. 작성 부서 : 조사시험용 캡슐개발 및 활용 과제

5. 작성자 : 박승재

6. 검토자 : 주기남

7. 승인 : 조사시험용 캡슐개발 및 활용분야 과제책임자

김봉구 서명 :  일자 : 2004.10.17

8. 개정이력

개정번호	작성자	발행 또는 개정 이유	승인	승인일자
0	박승재		김봉구	2004.10.17

관리용 사본	○

관 리 번 호	

04M-17U 캡슐 구매시방서1. 문서 번호 : HAN - IC - DD - SP - 04 - 0032. 개정번호 : 0

3. 화 일 번 호 : _____

4. 작성 부서 : 조사시험용 캡슐개발 및 활용 과제5. 작성자 : 박승재6. 검토자 : 주기남

7. 승인 : 조사시험용 캡슐 개발 및 활용분야 과제책임자

김봉구 서명 : 2004.10.9 일자 : 2004.10.9

8. 개정이력

개정번호	작성자	발행 또는 개정 이유	승인	승인일자
0	박승재		김봉구	2004.10.9

구매요구서

승인	담당	과책			소장
	주기남	전경			
요구부서	하나로이용기술개발부		요구번호	2004 - 12269	
요구일자	2004/10/23		내외자구분	긴급여부	지정여부
납품요구일자			내자	N	Y
[참고 사항] 담당자연락처 2381			예산검토	접수	접수일자
					접수자

[계정정보]

순번	계정번호	과제명	당해년도 과제기간	총 과제기간	계정금액
1	73470-04 (241)	조사시험 기술지원사업	2004/01/01 ~ 2004/12/31	2004/01/01 ~ 2004/12/31	21,313,401
2	73240-04 (241)	하나로이용활성화사업	2004/01/01 ~ 2004/12/31	2004/01/01 ~ 2004/12/31	15,000,000

[요구내역]

순번	물품명세	단위	수량	단가	금액
1	계장캡슐(04M-17U) 설계/제작	SE	1	36,313,401	36,313,401
	하나로 T-class			합계 :	36,313,401

[감독원]

지정구매사유서

품명: 계장캡슐(04M-17U) 설계/제작 1SE

금액: (KRW) 36,313,401

사유: 본 재료 계장캡슐은 하나로에 설치하여 조사시험하는 장비로서 원자로 자체 안전과도 관련있으므로 하나로 "T" 등급으로 정밀시공되어야 하는 물품으로서 엄격한 해당 품질자격을 가진 업체만이 제작할 수 있는 물품입니다.

또한 본 재료 계장캡슐은 해당 연구과제에서 관련기술을 국산화개발하여 국내.외 특허출원된 기술이며(미국 6697446, 국내 423739) 지난 2003년 3월 19일 한국원자력연구소가 대우정밀(주)와 특허사용권을 포함한 관련기술, 일체를 기술이전 계약을 체결한 바(첨부 계약서 참조) 본 캡슐 구매/제작을 대우정밀(주)로 지정구매하고자 합니다.

더욱이 최초의 계장캡슐도 한국원자력연구소가 설계하고 1997년 6월에 (주)대우정밀이 제작하여 1998년 5월부터 하나로에서 조사시험을 성공리에 수행하였고 현재까지 10개를 제작하여 한국원자력연구소의 설계기술과 (주)대우정밀의 제작기술 협력이 다년간 수행되어 왔습니다.

- 첨부 : 기술이전협약서 사본 1부

지정구분: 업체지정

작성자: 주기났
(TEL: 2381-
확인자: 김봉수
(TEL: 2387-




제작비추산총괄표

품 명 : 계장캡슐(04M-17U) 설계/제작

수 량 : 1 식

2004. 10. .

비 목	구 分	금 액	구 성 비 (%)	비 고
가.	재 료 비	직 접 재 료 비 간 접 재 료 비 소 급 재 료 비	2,733,472 569,866 (12,228,000)	8.28% 1.73% -
		소 계	3,303,338	10.01%
	노 무 비	직 접 노 무 비 간 접 노 무 비	18,995,544 2,849,331	57.54% 8.63%
		소 계	21,844,875	66.17%
순 제 작 비 추 산 원 가	경 비	전 력 비 수 도 광 열 비 운 반 비 감 가 삼 각 비 수 리 수 선 비 특 허 권 사 용 료 기 술 료 연 구 개 발 비 시 험 검 사 비 지 급 임 차 료 보 협 료 복 리 후 생 비 보 관 비 외 주 가 공 비 안 전 관 리 비 소 모 품 비 예비, 교통비, 통신비 세 금 과 공 과 폐 기 물 처 리 비 도 서 인 쇄 비 지 급 수 수 료 기 타 법 정 경 비	151,240	0.46%
		소 계	151,240	0.46%
		합 계	25,299,453	76.64% (재료비+노무비+경비): 순제조원가
		나. 일 반 관 리 비 (7%)	1,770,961	5.36% (재료비+노무비+경비)x 0.07
		다. 이 윤 (25%)	5,941,769	18.00% (노무비+경비-외주비+일.관)x 0.25
		라. 총 제 작 원 가	33,012,183	100.00% (재료비+노무비+경비+일.관+이윤)
		마. 부 가 가 치 세 (10%)	3,301,218	10.00% (총 제작원가) x 0.1
		바. 총 제 작 비 합 계 액	₩36,313,401	

작성자 : 조사시험용캡슐개발및활용과제

박승재 (인)

검토자 : 장치개발지원실

윤기병 (인)

확인자 : 조사시험용캡슐개발및활용과제책임자

김봉구 (인)

확인자 : 장치개발지원실장

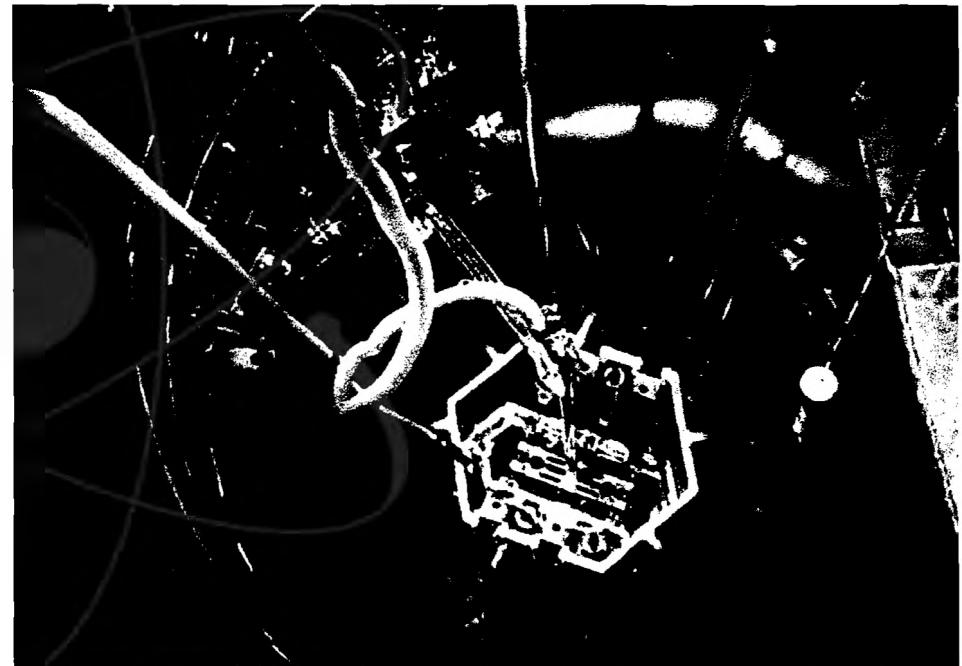
- 69 -

김종균 (인)

과제수행 제안서

1. 계장캡슐 (04M-17U) 설계, 제작
2. 조사량 조절용 모의 계장캡슐
(04M-22K) 설계, 제작
3. 크립캡슐 (04S-23K) 설계, 제작

2004.11.29



2. Project 진행 일정

제작기간 : 2004년 11월 12일 ~ 2005년 2월 11일

2.1. 계장캡슐(04M-17U)

범례 : ○ 공정시점, ★ 입회시점

월/일 FROM	TO	수행내용	12/29	12/2	12/6	12/10	12/14	12/18	12/22	12/27	12/31	1/4	1/8	1/12	1/17	1/21	1/25	1/29	2/2	2/4	2/7	2/11	2/13
1 11/29	11/29	○ ← KICK OFF MEETING																					
2	12/6	○ ← 과업계획서 제출																					
3 11/19	12/18	○ ← 도면 협의 / 설계 → ○																					
4	12/22	도면 승인 → ○																					
5 12/1	12/27	○ ← 원자재 구매 ----- → ○																					
6	12/6	○ ← 품질보증 계획서 제출																					
7	12/6	○ ← 제작 / 조립 절차서 제출																					
8 12/6	1/4	○ ← 부품 가공 ----- → ○																					
9 12/7	12/27	○ ← 외주 가공 ----- → ○																					
10 1/3	1/4	DPI 부품 검사 → ○																					
11 1/4	1/5	★ KAERI 입회 검사 --- → ○																					
12 1/6	1/11	○ ← 조립 ----- → ○																					
13 1/11	1/12	H/T 권선 → ○																					
14 1/12	1/13	시편 보완 → ○																					
15 1/13	1/17	★ 시편 삽입 → ○																					
16 1/17	1/21	★ T/C 삽입 → ○																					
17 1/24	1/26	보호관 / 안내 관연결 → ○																					
18 1/26	1/28	ASS'Y → ○																					
19 1/29	1/30	★ NDE TEST → ○																					
20 1/30	1/31	DPI 종합 검사 --- → ○																					
21 2/1	2/3	★ KAERI QA 입회 검사 --- → ○ (NDE TEST, LEAK TEST)																					
22 2/1	2/4	EMR 작성 / 제출 → ○																					
23 2/3	2/3	포장 → ○																					
24	2/4	납품 → ○																					



대우정밀주식회사

3. 제작수행 계획

품질등급 : T 급

3-1 제작수행계획서
1. 제작일정 (04월-17일)

FROM TO 날짜 내용 CHECK DP KAERI

제작일정 및 제출문서

11/29	11/29	KICK OFF MEETING
12/6	12/6	파업 수령 계획서 체결
12/13	12/13	자재 소급
12/15	12/15	설비 출고 및 배송
12/16	12/16	제조 공정 차시 체결
12/17	12/17	제작 일정 / 품보
12/18	12/18	제작 일정 / 품보
12/22	12/22	제작 일정 / 품보

도면회의/설계/승인 : SPEC 미 확정의 단계별 승인 후 투입

12/10	12/12	SPEC 청탁 / 품보
12/13	12/13	1차 도면 체결
12/15	12/15	SPEC 청탁 / 품보
12/16	12/16	2차 도면 체결
12/17	12/17	SPEC 청탁 / 품보
12/18	12/18	3차 도면 체결
12/22	12/22	제작도록 신청

부품기준

12/1	12/27	원자재 구매
12/7	12/27	외주 기관
12/8	12/4	부품 2단

부품검사

1/3	1/4	DP1 부품검사
1/4	1/5	KAERI 일회용 헤드
1/4	1/4	제작 일회용 헤드

조립

1/11	1/12	H/T 진단
1/13	1/17	시판 T/C 설계
1/22	1/23	외주 기관
1/24	1/25	H/T 케이블 연결
1/24	1/29	보호관련 / 내부 연결
1/26	1/28	보호관련
1/28	1/30	洩漏(GFGE)
1/29	1/30	LEAK TEST

최종검사

1/30	1/31	총합검사
2/1	2/3	KAERI QA 실무검사

납품

2/1	2/4	ENR 치수 / 품질
2/4	2/4	AS BUILD DRAWING
2/3	2/3	포장
2/4	2/4	납품

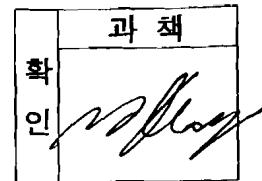
주기 : DP1 → KAERI (제작), KAERI → DP1 (총조)

DP1 PM DP1 QA KAERI PM KAERI QA

대우정밀주식회사



재료캡슐 제작관련업무 회의록



- 목 적 : 2004년도 과제 진도점검 회의
- 일 시 : 2004. 9. 20(월) 10:00 ~ 11:30
- 장 소 : 3연구동 120호실
- 참석자 : 주기남, 신윤택, 박승재, 최명환, 김봉구
- 참고자료 : 캡슐 설계제작 일정표(안) 참조
- 회의 내용

1. 캡슐 구매제작 업무 설명

- 2004년도 제작예정 캡슐

- 1) 04M-17U (하나로공동이용활성화 캡슐)

- 2) 04M-22K (중성자 조절 캡슐)

- 업무 협의 사항

- 1) 구매 제작 총괄 및 예산확보 관련 업무는 주기남이 한다.
- 2) 04M-17U 캡슐은 박승재, 04M-22K 캡슐은 신윤택이 구매제작을 담당한다.
- 3) 두 캡슐의 시방서는 주기남이 작성한다.
- 4) 두 캡슐의 최종구매 처리는 주기남이 하며 지정구매 형식으로 추진한다.
- 5) 구매제작 담당자가 주기남의 주관아래 두 캡슐의 노외 성능시험, 조사시험 등 관련업무를 담당한다.
- 6) 매주 금요일 관련업무 진도사항을 주기남이 보고한다.

- 업무 참고 사항

- 1) 구매제작, 노외시험, 조사시험에 하며 필요시 협조를 받는다.
- 2) QA는 임남진 실장과 협의 처리한다.
- 3) 04M-17U 캡슐 시편은 11월 말까지 인수받도록 한다.

2. 캡슐 관련 업무 협의

• 노외 성능시험 관련

- 1) 03M-06U 캡슐은 10월 11일(월)~10월 15일(금) 시행하며, 이를 통해 재료 캡슐의 제어시스템의 인수 인계 업무를 수행한다(박승재→신운택). 이때 주기남, 최명환도 업무에 참여한다.
- 2) 02S-08K, 03S-07K 관련 성능시험은 박승재가 수행한다.

한국원자력연구소

조사시험용 캡슐개발 및 활용

Tel 868-2387 / Fax 863-6522

문서번호 : 하이조 제 04 - 56 호

시행일자 : 2004. 9. 23.

경 유 :

수 신 : 고온강도 평가 및 신소재
개발과제 책임자(류우석
박사)

참 조 :

선 결			지 시	
접 수	일자 시간		결 재	
	번호		·	
	처리부서 · 과제팀		공 람	
	담당자			

제 목 : 2004년도 공동 제작 캡슐(04M-17U)의 설계/제작 분담금 청구

- 조사시험용 캡슐개발 및 활용과제의 2004년도 '원자력연구기반확충사업' 중 '대형연구시설공동이용활성화분야' 사업 관련입니다.
- 귀 부서에서 시험 의뢰한 2004년도 공동 제작 캡슐(04M-17U)의 설계/제작 분담금을 다음과 같이 청구하오니 처리하여 주시기 바랍니다.

- 다 음 -

- 설계/제작 분담금 : 1,500만원 (전체 비용의 약 20%)
- 대체 계정 및 계정번호 : 조사시험기술지원사업, 73470-04. 끝.

조사시험기술지원사업과제책임자

회 의 록

◆ 일시 : 2004년 11월 29일

◆ 장소 : 대우정밀 회의실

회의명	계장캡슐(04M-17U)외 2종 시작회의				결 재	구분 직책	확인자 (1단계)	확인자 (2단계)	확인자 (3단계)	
주관부서	대우정밀 생산기술팀	주관자	김희중	(인)						
회의시간	계획					서명 날인				
	결과									
참석자	소속	직위	성명	서명	소속	직위	성명	서명		
	KAERI	책연	조만순		대우정밀	과장	최동원			
		책연	주기남		대우정밀	과장	김희중			
					대우정밀	대리	김창식			
의제	계장캡슐(04M-17U)외 2종 시작회의									

1. Project 진행 협의

1) 계장캡슐 (04M-17U)

- 가) 과업수행계획서, 품질보증계획서 12월 6일 한 제출한다.
- 나) 최종제작도면승인을 12월 22일 이전에 한다.
- 다) 납품을 2005년 2월 4일에 납품한다.
- 라) T/C, 위치도면을 12월 10일까지 대우정밀에 제공한다.
- 마) 시편을 2005년 1월 10전에 대우정밀에 제공한다.
- 바) 시험검사 계획에 품질등급을 명시 한다.

2) 조사항 조절용 모의 계장캡슐 (04M-22K)

- 가) 과업수행계획서, 품질보증계획서 12월 6일 한 제출한다.
- 나) 최종제작도면승인을 12월 22일 이전에 한다.
- 다) 납품을 2005년 2월 4일에 납품한다.
- 라) 설계개념도를 12월 6일에 제출한다. (재료, 인출장치, 인출 Wire, Top End Plug)
- 마) 시험검사 계획에 품질등급을 명시 한다.

3) 크립캡슐 (04M-23K)

- 가) 과업수행계획서, 품질보증계획서 12월 6일 한 제출한다.
- 나) 최종제작도면승인을 12월 31일 이전에 한다. (도면설계협의 필요시 최종승인 이전에 별도 협의한다.)
- 다) 납품을 2005년 2월 17일에 납품한다.
- 라) 시험검사 계획에 품질등급을 명시 한다.
- 마) 벨로우즈 규격을 참조하여 시편사양을 12월 10일 전에 대우정밀에 제공한다.
- 바) LVDT 사양은 별도 협의 한다.

4) Bottom Guide

- 가) 최종제작도면(pin고정 type) 승인을 12월 6일에 제출한다
- 나) 제작수량은 4 set로 한다.

---- 끝 ----

사본 배포부서	
------------	--

내부통신문

수신 : 김봉구

발신 : 주기남

참조 : 임인철, 조영갑, 류정수, 캡슐과제원

Date : 2004. 12. 20

HAN-IC-CR-04-037

제목 : 캡슐 하단부 설계변경 안 (Dowel Pin 형식)

1. 개요

지난 02M-05U 계장캡슐 조사시험시 캡슐 하단부 손상이 발생함에[1,2,3] 따른 원자로안 전심의위원회 심의에서 계장캡슐 하단부 설계 개선이 요구되어[4], 1차 설계변경이 시행되었다[5]. 신형 하단부는 03M-06U 캡슐에 적용되어 2차례 (총 30MW CT 시험공에서 19일간) 하나로에서 사용되었으며, 02S-08K 크립캡슐에도 적용되어 현재 24MW IR2 시험공에서 18일간 정상적으로 조사시험되었다. 한편 관련 전문가 회의에서[6] 현재의 'Bolt' 이용 연결방법보다는 'Dowel Pin' 형식으로의 변경이 장기 조사시험시의 안전성 향상에 유리하다는 제안에 따라 새로운 캡슐 하단부를 설계/제작하여 노외 시험장치를 이용하여 평가한 후 향후 재료 및 크립 캡슐 노내 조사시험에 이를 적용하고자 한다.

2. 캡슐 하단부

현 캡슐 하단부는 지난 2003년 5월 발생한 02M-05U 캡슐의 하단부 손상에 따라 그림 1,2와 같이 일체형으로 설계/제작되어 노외 시험평가 및 제 25차 원자로안전심의위원회 심의를(2004.4.20) 거쳐 사용 승인되었다. 이에 하단부는 03M-06U 캡슐에 적용되어 30MW CT 시험공에서 2차례 걸쳐 총 19일간(2004.10.11~11.14) 정상적으로 조사시험을 마쳤으며, 현재 02S-08K 크립 캡슐에도 적용되어 24MW IR2 시험공에서 18일간 조사시험되었다.

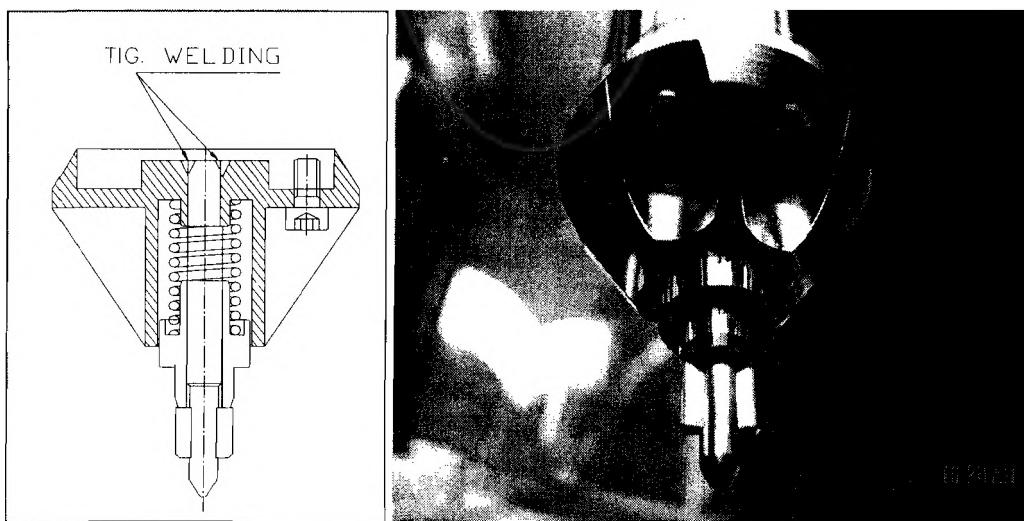


그림 1. 캡슐 하단부 설계 및 제작 모습

시편조립 지시사항 (04M-17U/04M-22K)

2005.1.12 주기남

A. 공통 사항

- 1) 각 시편 세부도면을 작성하고 및 Case의 mark를 도면에 표시할 것.
- 2) 전체 T/C 및 Heater의 인출선 길이를 기존 캡슐보다(03M-06U) 5cm 증가시킬 것.
- 3) F/M (3 sets)
 - 3-1) 보관하여 필요시 사용
 - 3-2) 첨부된 파일 및 스케치를(추후 전달 예정) 참조하여 도면 완성

B. 04M-17U 캡슐

1. 1 단

- 1) '44' 와 '55' mark 시편 각각 4개씩을 배치하고 2개는 반납.
- 2) A5,6,9,10엔 '44' mark 시편 배치.
- 3) A7,8,11,12엔 '55' mark 시편 배치.
- 4) A7, A11 시편 밑면 중심에 T/C hole 가공.
- 5) 10x10x2mm spacer를 8개 제작하여 설치.

2. 2 단

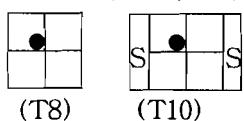
- 1) D3를 제외한 모든 case 뚜껑이 위로 향하도록 배치.
- 2) D3(#5) 뚜껑을 좀 헐겁게 할 것.
- 3) D3는 측면 중심에(상부로부터 약 5mm 지점) T/C hole 가공
- 4) D4, A4 시편 밑면 중심에 7mm 깊이로 T/C hole 가공
- 5) S1-S4 spacer를 제작하여 설치.

3. 3 단

- 1) C6의 #7 뚜껑 헐거움 수정.
- 2) C1~4의 시편 형태를(모서리 가공 여부) 도면에 기재할 것.
- 3) T8을 가능한 중심부 쪽으로 7mm 깊이로 설치 (아래 그림 참조).
- 4) S5-S8 spacer를 제작하여 설치.

4. 4 단

- 1) 4U53-21~30 시편을 R1에 배치, 6P16-11~20 시편을 R3에 설치
- 2) S9-S12 spacer를 제작하여 설치.
- 3) R9-R12 양쪽에도 2.5x10x27.5mm spacer를 2개씩 총 8개를 설치할 것.
- 4) T10을 T8과 같이 그림과 같이 설치.



- 5) TB, T9은 열전대 끝이 시편 gage 부에 닿도록 spacer를 관통시킬 것.
(가능한 밀어주는 느낌이 들도록 설치)

설계변경요청서 (Design Change Request)

DCR No. : HAN-IC-DCR-04-003(2004. 12. 20)

변경완료일 : 2005. 1. 30

설계 변경 사유 : 조사시험용 캡슐 하단부의 안전성 향상을 위한 관련부위 설계개선 (참고:내부통신문, HAN-IC-CR-04-036(2004.12.20) 외 1건)

설계 변경 내용 : 재료조사시험용 계장캡슐 하단부 : rod tip(1), bottom guide(2), bottom guide spring(3), bottom end cap(4)

변경하여야 할 설계서류 :

- 설계서류번호 : 개정번호 : 쪽번호 또는 목차 :
- 설계서류제목 : 재료 조사시험용 계장캡슐(계장캡슐용 BOTTOM GUIDE ASSEMBLY)
- 설계변경에 따라 영향을 받는 설계서류 또는 도면 목록 :

설계/도면번호	개정번호	서류제목	쪽 번호	비 고
HAN-IC(CA)-DWG-BG-Assy	0	Bottom guide assembly		
HAN-IC(CA)-DWG-BG-04	0	Bottom end cap		
HAN-IC(CA)-DWG-BG-05	0	Bottom end cap		

작성자 : 주기남 서명일 : 2005. 1. 11
조사시험용 캡슐개발 및 활용 과제

검토자 : 김봉구 서명일 : 2005. 1. 11
조사시험용 캡슐개발 및 활용 과제

승인자 : 김영진 서명일 : 2005. 1. 11
연구로이용기술개발 과제책임자

설계부서 검토	Yes	No	No일 경우, 원인
1. 변경되어야 할 설계서류는 적절한가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. 설계변경이 기술적으로 타당한가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. 설계변경 완료일까지 변경이 가능한가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

검토자 조영갑 서명일 2005. 1. 11
하나로운영부

검토자 류정수 서명일 2005. 1. 11
하나로운영부

검토자 임인철 서명일 2005. 1. 11
연구로운전관리 과제책임자

검토자 김봉구 서명일 2005. 1. 11
조사시험용 캡슐개발 및 활용 과제책임자

검토자 임남진 서명일 2005. 1. 11
품질보증실장

승인자 김영진 서명일 2005. 1. 11
연구로이용기술개발 과제책임자

내부통신문

수신	김봉구	Date	2005. 3. 23
발신	최명환/조만순 18	No.	HAN-IC-CR-05-009
참조	강영환, 주기남, 손재민, 신윤택, 박승재		
제목	Dowel Pin을 적용한 캡슐의 압력강하 및 진동변위 측정		

04M-17U 재료캡슐의 하단부 형상 및 체결방식의 변경에 따른 압력강하 및 진동변위를 측정하였다. 캡슐의 하단부는 기존 6개의 볼트 체결방식에서 측면 dowel 핀 체결방식으로 바뀌면서 solid cone 형상으로 변경되었다. 본 문서에서는 유량조절용 링의 직경이 70, 72mm인 경우의 압력강하 및 진동변위를 측정한 결과와 70mm 링의 폭이 8, 17mm인 경우의 압력강하 시험결과를 나타내었다. 시험을 결과를 기존 데이터와 비교할 때, dowel 핀 체결 캡슐의 유량조절용 링의 직경이나 폭은 캡슐의 압력강하에 큰 영향을 미치지 못하며, 상대적인 진동변위는 증가함을 보였다. 이는 단일채널시험루프에서의 유동판 하단부 유로면적 변화에 의한 것으로 판명되었으며, 현재 이에 대한 수정이 이루어져 추가적인 시험 및 분석이 수행되고 있다.

부적합사항 보고서		번호: NCR- 040 IC-05-001
품목/계통: 하나로조사시험용 계장캡슐(04M-17U)		품질등급: T
관련절차서(적용규정): HAN-IC(CA)-DWG-BG-04 HAN-IC-DCR-04-003		발견장소: Engineering Lab.
<p>· 부적합사항(첨부 □유 ☑무):</p> <p>도면(HAN-IC(CA)-DWG-BG-04) 및 내부문서(HAN-IC-DCR-04-003)의 요건은 최대 외경이 70mm로 요구되었으나 하나로 압력강하 제한조건을 만족시키지 못하여 71mm로 최종적으로 제작되었음.</p>		
발견자	부서: 조사시험용 캡슐개발/활용 성명: 주기남	서명: 일자: 2005. 4. 4
확인자	부서/직위: 조사캡슐개발/활용과책 성명: 김봉구	서명: 일자: 2005. 4. 5
검토 / 승인	부서/직위: 품질보증실장 성명: 임남진	서명: 일자: 2005. 4. 5
<p>· 처리방안: <input checked="" type="checkbox"/>현상태사용 <input type="checkbox"/>수리 <input type="checkbox"/>재작업 <input type="checkbox"/>폐기</p>		
<p>· 처리내용(첨부 □유 ☑무):</p> <p>직경 71mm 신형하단부의 경우 단일채널시험루프를 이용한 시험결과 209kPa에서 유량이 18.44kg/s로 하나로 압력강하 제한조건을 (Dummy Fuel (209kPa, 19.60kg/s) 보다 유량이 적을 것) 만족함 (첨부 : 유량 측정 성적서).</p>		
처리결정담당자	부서: 조사시험용 캡슐개발/활용 성명/서명: 주기남	일자: 05.4.13
검토자(품질보증실장)	작업시 품질입회 <input type="checkbox"/> 입회 <input checked="" type="checkbox"/> 불입회	성명/서명: 임남진 일자: 2005. 4. 14
승인자	부서/직위: 조사캡슐개발/활용과책	성명/서명: 김봉구 일자: 2005. 4. 14
하나로운영팀 동의	부서/직위: 연구로운전관리과책	성명/서명: 임인철 일자: 2005. 4. 14
<p>· 조치내용(첨부 □유 ☑무): N/A</p>		
운전조장 확인 (하나로)	조치전: 성명/서명: 일자:	조치후: 성명/서명: 일자:
조치담당자	부서: 성명/서명: 일자:	
확인자	부서: 성명/서명: 일자:	
<p>· 조치결과 확인: <input type="checkbox"/>만족 <input type="checkbox"/>불만족</p>		
검사자:	 품질담당	확인자: 품질보증실장
<p>· 배부처: 하나로운영팀, 조사캡슐과책, 품질보증실</p>		

유량 측정 Sheet

① 시험일시 : 2005년 4월 8일, 단일채널시험루프

② 측정유량

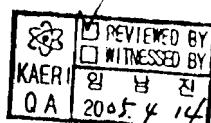
차압 (kPa)	유량 (kg/s)	
	Dummy fuel	04M-17U
20	5.44	5.86
40	7.96	8.26
60	9.85	10.30
80	11.70	12.12
100	13.12	13.79
120	14.48	15.14
140	15.51	16.34
160	17.05	16.88
180	17.93	19.60
190	18.37	19.11
200	19.48	18.15
209	19.60	18.44
220	20.38	18.71
240	20.94	19.11

③ 유량계(YOKOGAWA capacitance magnetic flow meter)

- Model : CA208SG-CK1-NSJ-A1DH/BR/BSF
- Size : 80 mm (3 inch)
- Conn. : JIS 10K Wafer

※ 비고 : 같은 유량계를 사용하여 검교정이 요구되지 않음.

시험자 : 주 기남 *h최명환*



확인자 : 조 만순 *조만순*

승인자 : 김 봉구 *김봉구*

원자로 안전 심의 위원회 서면 결의 심의록

문서번호 : HAN-RO-MN-1001-05-002

다음 안건을 원자로 안전 심의 위원회 위원 제위의 동의를 얻어 결의코자 서면으로 회
람하오니 찬반 표시와 의견을 주시기 바랍니다.

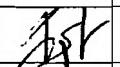
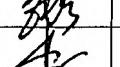
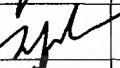
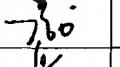
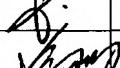
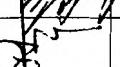
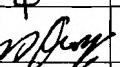
일 자 : 2005년 4월 14일

간 사 : 임 인 철 서명 :

위원장 : 박 경 배 서명 :



안건명 : 설계 개선된 신형하단부를 적용한
재료 계장캡슐(04M-17U)의 CT공에서의 조사시험

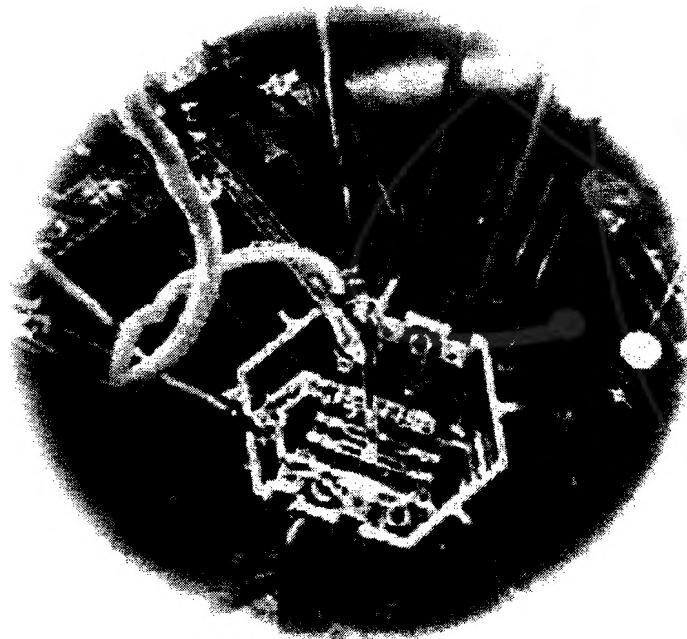
위 원	서 명		의 견
	찬 성	반 대	
위 원 장: 박경배			
위 원 : 김영진			
위 원 : 홍준화			
위 원 : 한현수			
위 원 : 이종태			
위 원 : 최창웅			
위 원 : 전병진			
위 원 : 김현일			
위 원 : 임남진			
위 원 : 우종섭			
위 원 : 장시영			
위 원 : 김봉구			
위 원 : 황승렬			
위 원 : 임인철			간 사

첨 부 : 안건 설명 1부

원자로안전심의위원회

**설계개선된 신형하단부 (Dowel Pin) 적용
재료캡슐 [04M-17U] 조사 시험**

- 84 -



2005. 4. 14.

하나로 이용기술 개발부
조사시험용 캡슐개발 및 활용

내부통신문

수신	김봉구	Date	2005. 4. 21
발신	최명환 	No.	HAN-IC-CR-05-014
참조	강영환, 조만순, 주기남, 손재민, 신윤택, 박승재, 이동수		
제목	크립/재료캡슐의 압력강하 및 진동변위 측정		

2005년 3월 21일 단일채널시험루프의 하단부 유로면적이 커지는 방향으로 수정됨에 따라 캡슐의 압력강하 및 진동변위를 평가하기 위한 노외시험을 수행하였다. 시험에 사용된 캡슐은 6개의 볼트로 캡슐 하단부와 본체를 연결하는 방식으로 제작된 크립캡슐(03S-07K)과 구조적인 안전성을 좀더 높이고자 볼트체결 방식에서 측면 dowel pin 체결방식으로 설계 변경하여 제작된 재료캡슐(04M-17U)이다. 또한 단일채널시험루프 뿐만 아니라 지지조건 및 유동조건이 하나로와 거의 동일한 1/2노심시험루프에서의 진동변위도 측정하였다.

Dummy fuel의 압력강하 시험을 수행하여 개선된 단일채널시험루프가 하나로와 유량이 동일함을 확인하였고, 두 캡슐 모두 유량조절용 링의 직경이 70 혹은 71mm 일때 기준유량 19.6 kg/s 보다 적어 하나로 조건을 만족함을 확인하였다. 두 캡슐에 대한 단일채널 및 1/2노심시험루프에서의 측정된 최대변위는 모든 경우에 1.0mm 이하의 값을 보였다. 캡슐이 하나로 조사공에 장착되었을 때 조사공과 캡슐 사이의 간격이 7.2mm임을 고려한다면 이들 캡슐은 조사시험중 하나로 정상가동 상태에서 캡슐과 조사공 사이의 간섭은 발생하지 않고, 구조건전성을 충분히 확보할 것으로 평가되었다.

내부통신문

수신 : 김봉구
발신 : 주기남
참조 : 캡슐과제원

Date : 2005. 6. 13
HAN-IC-CR-05-019

제목 : Dowel Pin 형 캡슐 하단부 설계변경

1. 개요

현재 조사시험용 계장캡슐의 하단부는 1차 설계개선된 Bolt 일체형 하단부로[5], 최근 03M-06U 캡슐 (30MW CT, 4차례에 걸쳐 총 42일간), 02S-08K 크립캡슐 (24MW IR2, 18일) 등에 적용되어 조사시험용 캡슐은 원자로내 상부 방향으로의 고압/고속의 냉각수 흐름 속에 놓여지므로 고유 안전성과 내진특성을 만족시키기 위하여 매우 엄격한 고정이 필요하다. 캡슐의 원자로내 1차 고정위치인 하단부의 경우 초기엔 36-pin 핵연료봉을 기준으로 하여 설계되어 사용되었으나, 캡슐 조사시험 중의 부분적인 손상으로 일부 설계개선되어 왔다 [1,2]. 03M-06U 캡슐부터는 기존의 손상원인을 제거한 새로운 개념의 하단부인 6-bolt 연결식 일체형 하단부를 사용하여 성공적으로 조사시험을 수행하였다[3]. 그러나 관련 전문가 회의에서 bolt 연결식 하단부에 대해 몇가지 기술적인 문제발생 가능성이 제기되어[4] dowel pin 형식의 하단부를 설계제작하여 04M-17U 캡슐에 적용 조사시험하였다. 표 1은 dowel pin 형 캡슐 하단부 설계변경과 관련하여 수행한 노외시험 전체 일정표이고, 그림 1,2은 그동안의 설계변경된 캡슐 하단부와 이를 장착한 캡슐들을 나타내고 있다.

2. Bolt 연결식 일체형 하단부 설계/제작/시험

02M-05U 캡슐 조사시험시 발생한 손상으로 인한[5-7] 원자로안전심의위원회 심의에서의 계장캡슐 하단부 설계 개선 요구에[4] 따라 6-bolt 연결식 일체형 신형 하단부가 설계제작되었다. 먼저 신형 하단부 목캡을 제작하여 단일채널시험루프를 이용하여 최적의 설계조건이 도출되었으며, 최종 제작된 신형하단부는[8] 장탈착시험 및 냉각수 유동 및 진동 특성을 평가하여 노외 전전성을 충분히 확인하였다. 이에 따라, 신형 하단부는 03M-06U 캡슐의 조사시험에 적용되어 2차에 걸쳐 총 46일간 성공적으로 조사시험되었으며[3], 02S-08K, 03S-07K 크립 캡슐의 조사시험에도 사용되었다. 그러나 관련 전문가 회의에서 bolt 연결식의 경우 구조적으로 냉각수 흐름에 대해 turbulence가 크며, 또한 이에 따른 bolt 풀림현상이 발생할 가능성이 있다고 지적되었으며, dowel pin 형식으로의 설계변경이 추천되었다[4].

3. Dowel Pin 형 하단부 1차 설계/제작/시험

새로운 dowel pin 형식의 캡슐 하단부는 캡슐 제작사와 협의하여 앞에서의 bolt 형 캡슐 하단부 설계를 바탕으로 하여, 설계변경 안을[8] 만들어 관련 전문가들로부터 검토를 받아 시제품을 제작하였다. 하단부 Rod Tip 부위와 Bottom End Cap 부위는 일반적인 TIG 용접을 하였으며, 이 과정에서 비틀림 현상이 발생할 수 있으므로 용접 지그(Jig)를 제작하여

04M-17U/04M-22K Capsule 제작검사일지

근무날자		2005년 1월 31일 (월) 맑음
근무자	한국원자력 연구소	주기남, 박승재
	(주)대우정밀	최동원, 김희중, 이기종외 3인
근무내용		<p>1. 작업 진도 및 일정 협의</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주요 도면 완성 및 부품/시편 완료 (사진 촬영) - 구정 관계로 2월 4,7,11일중 납품 - 크립 캡슐은 벨로우즈가 2월 18일 도착 예정이고, 부품 재가공 중이므로 부품 사진 촬영 대기중 - 시편부 세부도면은 내부확인 완료, 1주일내 도면화 완성 - EMR은 캡슐 납품후 1주일내 완성 예정 - 작업 일정 협의 <ul style="list-style-type: none"> · 1/31(월) : 도면확인 및 일부 조립 · 2/1(화) : 외통 용접 및 brazing · 2/2(수) : 안내관 삽입 및 마무리 <p>2. 부품 사진 검사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 하단부 설계 및 제작 오류 수정 요구 (통수용 hole 4개 메울 것) → 1개부 수정작업후 확인, 동일방식 지시 - 내부 공간 배수용 pin-hole 가공 (<u>추후 도면 수정 확인 필요</u>) <p>3. 04M-22K 캡슐 시편/부품 전체 재배치 및 사진 촬영</p> <p>4. 04M-22K/03M-06U 캡슐 시편부/열전대 도면 및 배치 확인 (하부부터 1→5단 순으로 도면) 후 사진 재촬영</p> <p>5. 하단부 무게가 약 기존에 비해 약 200g 증가</p> <p>6. 04M-17U, 04M-22K 부품 (특히 HOLDER 1, 2, 3, 4, 5 부위) 치수검사.</p> <p>7. 04M-17U 시편 및 열전대 위치 검사 (추후 도면 참조)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1단 시편배치 오류 → 도면 수정 - 1단 K1 시편 제작 오류 확인 (측면 7.7mm hole 존재) - 2단 도면 수정 및 실측치 측정 - 2단 TB, T9 위치 수정 (관통) - 3단 T5 구멍 수정 (관통) → 조립시 주의 요망 (3mm 깊이로)

04M-17U/04M-22K Capsule 제작검사일지

근무날자		2005년 2월 1일 (화) 맑음
근무자	한국원자력 연구소	주기남, 박승재
	(주)대우정밀	최동원, 김희중, 이기종 외 3인
근무내용	<p>1. 작업 일정 협의</p> <p>1) 오전 작업</p> <ul style="list-style-type: none"> - 04M-17U T/C, Heater 특성 측정 및 조립 - 04M-22K T/C, Heater 특성 측정 <p>2) 오후 작업</p> <ul style="list-style-type: none"> - 04M-17U 외통 용접 및 계장선 검사 - 04M-22K 조립 및 성능 시험 - 작업 진행 정도에 따른 Brazing 수행 여부 판단 <p>3) 납품일정 협의</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2월 4일은 일정상 불가 - QA 검사 2월 3일 - 04M-17U는 2월 11일 납품 - 04M-22K는 검수후 재반송, 인양기 포함 성능시험후 재납품 <p>2. 04M-22K 작업 내역 협의</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기본 목적은 상온에서 인출시험후 원위치시킨후 300°C 인출 시험 - Brazing/용접은 노외에서 충분히 성능 확인후 수행, 그전에는 Al tape로 연결해서 사용 - 조립전(4단 Cocking) 손으로 시편 인양확인(약 240mm 이동) 필요, 4단 cocking은 하지 않음 - 시편위 알루미나 시편 내릴때 감안해서 하부도 round 처리, 사각 시편위 알루미나도 원형 제작 - 인양기 도르래 부분 흡파서 인양선과 연결 - Case는 무게감소를 위해 Al 재질 사용, 인출부 2 piece는 leak 가능 부위이므로 추후 생략 검토 (재질이 Al이라 STS로 대체한 것임) 	

- 인양선은 16m로 결정 (계장선 14m)

3. 인양기 부품제작 검사 (박승재)

- 현재 부품 가공중 (조립 및 관련부 성능시험 불가)
- 피아노선(인양선)이 너무 강해서 펴질때 문제 발생 가능
- 도르래 같은 부분을 wire형으로 수정 논의
- 오후에 실제 길이로 이동 시험 수행후 결정
- 인양기 자체 sealing test 할수 있게 조치 지시

4. 04M-17U 계장선 조립

- 1단 : T/C 깊이 않맞아 수정/확인후 as-built 도면 표시
- 2단 : T/C 깊이 수정/확인후 as-built 도면 표시, 도면(CAD) 길이 신뢰성 문제됨

- 3단 : T/C 깊이를 직접 T/C로 확인/검토후 as-built 도면 표시, bending 작업 수행. 관련도면 수정 지시
- 4,5단 : T/C 깊이를 직접 T/C로 확인/검토후 as-built 도면 표시, bending 작업 수행.

5. 인출선 Guide 관(16m) 이동 시험 : 복도

- 매우 원활하게 상/하 이동
- 직경 1m 정도로 전체를 감았을 때 어느정도 마찰력 발생
- 실제 캡슐 적용시 원활할 것으로 판단됨

6. 04M-17U 장입

- 장입시 align 않맞아 수차례 장입 시도
- 먼저 단열재 놓고 레이저 빛으로 확인하고, 열매체부 밀어 넣음.
- 향후 조립방법 개선 필요
- 단열재 접속부 tapering 주고 열매체와 순간접촉재로 접착(3 point)
(A)의 경우 잘 떨어짐) → 향후 도면 수정 확인 필요

7. 계장 연결선 준비

8. 04M-17U 용접작업 및 계장선 검사
- 상세 작업 절차 기록 필요

9. 04M-22K 조립 개시

- 1단 열전대 깊이 확인후 기록, 조립/cocking
- 2단 열전대 깊이 확인후 기록, 조립/cocking
- 시편 인출용 wire를 역으로 관통시킨 후 시편과 조립

	<ul style="list-style-type: none"> - 시편을 4,3단 순으로 관통시키후 3단 열전대 설치하고 3,4단을 연결 (pin 연결이 잘안됨→2차에 걸쳐 pin 직경 줄임)→시편이 관통안됨(alignment) · Pin을 제거하니 오히려 시편 관통 원활, 조금 비틀었더니, 시편 이동 안됨 - T6 설치후(제공부터 U형 모양 만들어 놓은후) 시편 삽/하 이동시켜 열전대가 원활하게 설치됨을 확인 - 3단 열전대 깊이 확인후 기록, 조립 (3단부터는 cocking 약하게 함 → 노외 충분히 성능시험후 마무리 예정) - 일부 cocking 후 시편 이동 확인 - 외동 삽입 및 시편 이동 확인 (이동하는 거리 감안 성능 확인) - <u>추후 캡슐 설계시 3단 바닥부의 T/C는 그 아래 단열재를 통해 올라오게 하면 centering 역할을 기대할 수 있을 것으로 전망됨</u> - 3단을 하부 열전대 hole을 1.7mm 직경으로 키우고, C2으로 모따기(<u>도면 수정 확인</u>)
특기사항	<ol style="list-style-type: none"> 1. Depth : T1=9.4, T2=9.5, T3=12.4, T4=7.4, TA=7.2, T5=12.7, T6=15.32 (그림 수정), T7=12.7, T8=7.0, T9=22.7(번호 수정), T10=15.6, T11=7.5, T12=9.5mm 2. 향후 캡슐 제작시 경수 필수 사항 <ol style="list-style-type: none"> 1) 열전대 조립전 시편 내의 열전대용 hole 깊이 실측 및 도면 기록 2) 각 단별로 열전대 조립전 열전대를 삽입하여 깊이를 실측하여 도면에 기록 및 도면과 비교후 Bending 작업 3. 향후 개선 사항 <ol style="list-style-type: none"> 1) 3,4단을 한몸체로 특수 제작(브로치) 가능 (3,4백만원 tool 준비해야함) <ul style="list-style-type: none"> - 캡슐 전체 열매체 제작 가능성도 있음 2) 4각 시편 guide 관은 제작이 곤란함
요구 및 지시사항	<ol style="list-style-type: none"> 1. 도면 수정 <ul style="list-style-type: none"> - 부품(37-4)의 불필요→Assembly, #34 도면에서 '37-4' part 삭제 - 계장선 길이 표시 : 도면 #30,31,32에 그림 및 참고사항 추가(수정도면 참조)

04M-17U/04M-22K Capsule 제작검사일지

근무날자		2005년 2월 2일 (수) 맑음
근무자	한국원자력 연구소	박승재
	(주)대우정밀	최동원, 김희중, 이기종 외 3인
근무내용	<p>1. 작업 일정 협의</p> <p>1) 오전 작업</p> <ul style="list-style-type: none"> - 04M-17U 외통 신호선 인출부 브레이징 완료. - 헬륨가스 5kg/cm² 가압 후 버블테스트 하여 리크 없음 확인 함. - 브레이징 후 heater / TC 절연저항 및 도통저항 측정결과 처음과 동일하므로 이상없음 확인 함. - 브레이징 부위 크리닝작업 및 외통 용접부위 사상작업. - 04M-22K 외통삽입 및 시편 인양상태 양호확인. - 현재 상태로 납품예정. 	
특기사항	<ul style="list-style-type: none"> - 대우정밀측에서 절연저항계와 디지털 멀티테스터를 구입하였음. - Heater / TC / 진공튜브 신호선 단말처리용 커넥타 인계함. - Broach 작업가능 길이는 1500mm까지 가능함. - Broach tool 제작(대우정밀 자체제작)가격은 1set에 300만원정도 예상되며 가공비(외주가공)는 1m당 약 2만원정도로 예상됩니다. 	
요구 및 지시사항	<ul style="list-style-type: none"> - 브레이징 온도를 가능한 범위 내에서 낮은 온도로 유지하도록 요구함. - 이후 공정(진공튜브연결, TC/Heater 등 신호선연결, 보호관 및 안내관 삽입 등)에 대해서는 2월 3일 QA입회시까지 완료하는 것으로 대우정밀 단독으로 진행하기로 함. 	

04M-17U/04M-22K Capsule 제작검사일지

근무내용	<ul style="list-style-type: none"> - 3단 C6 #7, H2 #5 할거움 수정 - 3단 도면 수정 (S4 → S8) - 3단 T6, T7 구멍 깊이 수정제작 (5mm 실측 확인), 제작후 cleaning - 4단 T3 구멍 수정 (5mm 실측 확인) - 5단 시편 V-spacer 수정 조립 <p>8. 일부 시편 조립 개시</p>
특기사항	<ol style="list-style-type: none"> 1. 열매체를 아래부터 1단으로 수정 (향후 제어기 연결시 참고) 2. 04M-22K 캡슐 상/하 cap 부위의 원나사 방식을 향후 오른나사 방식으로 검토 필요함. 3. 04M-22K 캡슐 조립시 기술적 어려움 예상 (줄꼬임 현상 등)
요구 및 지시사항	<ol style="list-style-type: none"> 1. 작업진도 관련 지시사항 <ul style="list-style-type: none"> - QA 부분은 오늘내 연락하여 일정 협의 요청 - 납품일인 2월 7일, 11일에 대해 연구소 담당직원 업무가능 여부 확인 2. 조립후 외통 삽입 전에 사진촬영 3. 하단부 부품 및 설계도 수정 4. 현재까지 사진 촬영분 CD화 인도 요청

04M-22K Capsule 제작검사일지

근무 날자		2005년 5월 19일 (목) 맑음
근무자	한국원자력 연구소	주기남, 신윤택
	(주)대우정밀	최동원, 김희중, 이기종
<p>1. 작업 내용/일정 협의</p> <p>1) 04M-22K 납품 일자 : 5월 30일(월) 예정</p> <p>2) 노외 시험 내역 및 대우정밀 지원 방안 협의</p> <ul style="list-style-type: none"> - 노외 시험 중 캡슐해체 필요시 기술사항 검토 : 대우정밀 관련자 지원 필요 <p>3) 04S-23K (크립캡슐) 진행사항</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도면 진척사항 : 조립도 완성, 부품도 holding 상태 - KAERI와의 협의 필요 (부품도 완성, 납품 일정 등 협의) <p>4) 캡슐 하단부 사용 상황 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> - 03년 12월 1일 6 set 구매요구 - 03M-06U, 03S-07K, 04M-17U, 04M-22K, 04S-23K 외 목캡 하단부 2 set - 추가 제작 필요 확인 <p>5) 04M-22K 캡슐/인양기 연결 및 노외 성능 평가 방안 협의</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공기중 시험 (상온 및 300°C(KAERI 납품후 수행)) - 캡슐 / 인양기 연결 전후 인양/하강 시험 수행 		
<p>근무내용</p> <p>2. 세부 작업 내역</p> <p>1) 04M-17U 캡슐 관련</p> <ul style="list-style-type: none"> - EMR 도면 수정 요청 (Assy, BT Assy, 004) - 열전대 TC 11 제작사항 확인/불가 → 향후 1년간 제작관련 자료 보관 지시 <p>2) 04M-22K 캡슐 도면 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전체 및 세부 도면 검토 - 인양기 관련도면 검토 (수정 제작사항 확인) <p>3) 04M-22K 계장선 처리</p> <ul style="list-style-type: none"> - Heater / TC 선 : 기준선부터 1,116mm로 절단/연결 Port 마무리 지시 - Gas 관 : 기준선부터 1,365mm로 절단/연결 Port 마무리 <p>4) 04M-22K 시편 부분 인양 성능시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인출 한도 (200mm) 확인 및 인출선 표시 - 5개 시편부 인출 / 하강 원활 (하강시 인양선 bending 주의) - STS Tube 설치 시편부 작동이 보다 원활함 <p>5) 04M-22K 시편 인출선 / 인양기 최종 조립 지시</p> <ul style="list-style-type: none"> - 나사로 인출선/인양기 도르레 고정 		

04M-22K Capsule 제작검사일지

근무날자		2005년 5월 20일 (금) 맑음
근무자	한국원자력 연구소	주기남, 신운택
	(주)대우정밀	최동원, 김희중, 이기종
근무내용		<p>1. 작업 내용/일정 협의</p> <p>1) 04M-22K 납품 사항 협의</p> <ul style="list-style-type: none"> - 캡슐 / 인양기 분리 납품 - 인양선 / 인양기 도르레 연결부 분리 - 납품시 안내관부 bending 특별 주의 요청 <p>2. 세부 작업 내역</p> <p>1) 04M-22K 캡슐 도면 수정 확인</p> <p>2) 계장선 Port 연결후 특성 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> - 계장선 연결 상태 육안 확인 - Heater/ TC 선 정상 확인 (저항 및 절연 측정) <p>3) 인출선/인양기 연결후 성능시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시편부 인양선 / 인양기 연결 육안 확인 - 5개 시편부 인출 / 하강 원활 (3인 / 6회 수행) - 하강시는 인양선 bending 특별주의 필요 <p>4) 인양기 가압시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 7 bar 조건에서 30분 기밀 유지
특기사항	<ul style="list-style-type: none"> - Dowel Pin 교체 도구 1 set 연구소측 제공 요청 - 04M-17U 캡슐 노외시험에 필요한 받침대 1 set 동시납품 요청 - 인양기 사전 기밀시험에서 결함확인 : 특수 전문용접 시행 (용접부위를 가열하여 온도를 높인 상태에서 용접) 	
요구 및 지시사항	<ul style="list-style-type: none"> - 관련 제작 도면 5/20일 오전까지 수정 요청 - 노외 시험중 캡슐해체 필요시 대우정밀 관련자 지원 요청 - 인양기내 인출선에 인출 한도(200mm) 기계적 표시 요청 	

END OF MANUFACTURING REPORT

PROJECT : 하나로 계장캡슐(04M-17U) 설계/제작

2005.02.03

대우정밀주식회사

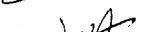
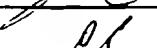
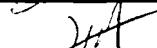
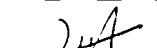
2. DOCUMENT LIST

DOCUMENT LIST

The following documents are required by this specification and shall be supplied by the seller to indicate compellance. These documents shall be placed in a water-proof wrapping and included inslde the container with the equipment or parts. If more then one container is required for the shipment, the container holding the documents shall be plainly marked document list inside

SELLER : 대우정밀㈜

SPEC. / P.O NO : HAN-IC-DD-SP-03-003 REV.0

Required Document	Spec. paragraph Reference	Equipment Name	Tag No.	This requirement by the following (Seller List His Enclosures)	Acknowledgments			
					Seller		Buyer	
					Signature	Date	Signature	Date
Inspection & Test plan		하나로 계장캡슐 (04M-17U)				2004.11.22		
원자재 성적서		하나로 계장캡슐 (04M-17U)				2004.11.22		
Welding Record		하나로 계장캡슐 (04M-17U)				2005.1.27		
비파괴검사 보고서		하나로 계장캡슐 (04M-17U)				2005.2.3		
검사 성적서(첫수)		하나로 계장캡슐 (04M-17U)				2005.1.28		
기밀시험보고서		하나로 계장캡슐 (04M-17U)				2005.2.3		
절연..저항보고서		하나로 계장캡슐 (04M-17U)				2005.2.2		
		이	하	여	백			

2-1. 시험검사계획(계장캡슐(04M-17U) 설계,제작 품질등급: T 급)

대우정밀	INSPECTION & TEST PLAN	I.P No.: DPI-생기-04-11-10					
		Sheet 1 of 2					
Contract No.		Tech. Spec. No.					
Equipments. Parts or Components 계장캡슐(04M-17U) 설계,제작							
No.	List of Operations	Applicable Document	Witness/Hold Point			Report No./Date	Remark
			DPI QA	KAERI PM	KAERI QA		
1	자재확인	검사 절차서	H <i>JH</i>	W <i>JH</i>	W <i>JH</i>	원자재성적서	
2	Cutting	관련도면					
3	단품 기계가공 (Milling, Turning, 연삭)	관련도면					
4	정삭가공	관련도면					
5	치수검사	검사절차서 관련도면	H <i>JH</i>	H <i>JH</i>	W <i>JH</i>	검사성적서	
6	가조립	관련도면	H <i>JH</i>	W <i>JH</i>	W <i>N/A</i>		
7	용접	Welding 절차서	H <i>JH</i>	W <i>JH</i>	W <i>N/A</i>	Welding Record	
8	검사 (외관검사, 칫수검사)	검사 절차서	H <i>JH</i>	H <i>JH</i>	W <i>JH</i>	검사성적서	

대우정밀	INSPECTION & TEST PLAN	I.P No.: DPI-생기-04-11-10
		Sheet 2 of 2

Contract No.	Tech. Spec. No.
--------------	-----------------

Equipments, Parts or Components
계장캡슐(04M-17U) 설계, 제작

No.	List of Operations	Applicable Document	Witness/Hold Point			Report No./Date	Remark
			DPI	KAERI PM	KAERI QA		
9	완성품 가조립	관련도면	H <i>JH</i>	H <i>JH</i>	W <i>JH</i>		
10	최종검사 (치수 및 성능검사)	검사 절차서	H <i>JH</i>	H <i>JH</i>	H <i>JH</i>		* 검사성적서
11	포장	포장절차서					
12	제작종료 보고서 검토 (EMR)	제작종료 보고서	H <i>JH</i>	H <i>JH</i>		2004.11.22 KAERI QA 2004.11.22 <i>JH</i>	
13							
14							
15							

작성자(DPI QA)			승인자(DPI QA)			승인(KAERI)		
날짜	성명	서명	날짜	성명	서명	날짜	성명	서명
2004.11.20	박인호	<i>朴仁호</i>	2004.11.22	김민진	<i>김민진</i>	2004.11.24	임남진	<i>임남진</i>

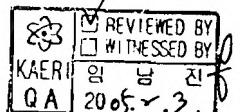
INSPECTION REPORT

PROJECT : 원자로 재료조사 시험용 계장캡슐

2005.2.07

첨부: G05-01-0001 ~ G05-02-0036

KAERI PM	CHECK	APPROVED
SIGNATURE		
DATE	2005. 3. 2	2005. 3. 24

KAERI QA

05. 2. 3

대우정밀주식회사

INSPECTION REPORT

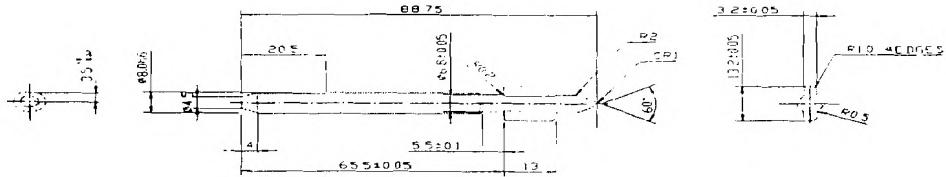
RECEIPT NO : G05-01-0001

INSPECTOR BY	REVIEWED BY	APPROVED BY
	/	JH

CLIENT	KAERI	MODEL	원자로 재료조사 시험용 계장캡슐	INSPE.	TEMPERAT: 20 °C
RECEIPT DATE	2005.01.28	ITEM NO	HAN-IC-DW-04M-17U-001	CONDITION	HUMIDITY: 50 %
INSPECTED DATE	2005.01.28	ITEM	ROD TIP		
INSPECTOR BY	J. H. JUNG	QUANTITY	1 EA	PAGE	1 OF 1

INSPECTION DATA

NO	DWG. or SPEC.	ACTUAL DIMENSIONS						REMARK
		1	2	3	4	5	6	
1	Φ 8.00 h6	7.98						7.98
2	Φ 6.8 $^{+0.05}_{-0.02}$	6.79						6.79
3	88.75	88.67						88.67
4	65.5	65.47						65.47
5	13.2 ± 0.05	13.18						13.18
6	3.2 ± 0.05	3.19						3.19
7	3.5 -0.02	3.49						3.49
	END REPORT							



REMARK

APPROVED BY	DATE	KAERI QA	DATE
KAERI			

조사시험 작업일지(II)

2004년 4월 19일 (화요일) 9:00시부터 시까지

결 재	과 채
	

작업명 : O4M-17U 캡슐 장전/인출.

절차서 : HAN-IC-TP-97-004

작업인원 (캡슐측) : 주기났 외 5인

(하나로측) : 안교준, 최문조 외 인

작업일정

시각	내용	비고
4/19 9:20	온자로 입실	
9:20	천장 내부 자자대 설치 개시	wire를 양쪽(동/서) 잇고 고정
11:30	캡슐 장착 완료	캡슐 장전후 처리.
13:30	Heater, T/C 연결 / 연결 (이상무)	* 고정팔 tool 2개 : 충동
14:00	He cycling. Controller 연결	
14:30	1차 펌프 주동 확인	
5/6 9:10	온자로 입실, 캡슐 인출	이번번, 밤8일 + 1(1)
9:10	- 14.11 17) 단계별부 MSS. → 18)~22) 단계 조심스럽게 진해	이동수 차여.
11:45	크림캡슐, 재이반, 인출선 연결. 하단부 육안검사 수행	
8/6 15:00	캡슐 그차 장전 (크림캡슐 025-08K 더킹주)	* 조만수 박사 주관

비정상 사항 및 조치사항

시각	내용	조치내용	비고
:			
:			
:			
:			

특기사항

2006년 / 월 일 (수요일) 시부터 시까지

과 책

작업명 : 04M-174 칩솔 2차 시험 절차서 : HAN-IC-TP-97-004

작업인원 (캡슐측): 외인 (하나로측): 외인

작업일정

결재	과책
<i>M. J. Roy</i>	

04M-17U 조사시험(노외성능)

No. 1 (측정일 2005. 2. 23. 상온 °C)

Heater No.		측정온도 (°C)																										
조건	측정시간(시:분)	15:38	15:47	15:51	15:55	15:58	16:02	16:05	16:09	16:11	16:27	16:29	16:34	16:39	16:42	16:45	16:49	16:52	16:55	16:58	17:02	17:04	17:10	17:13	:	:		
	제어봉위치(mm)	12.8	13.1	13.5	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	14.7	15.6	15.6	15.8	16.0	16.2	16.3	16.6	16.9	17.1	17.2	17.3	17.6	17.8					
	Reactor Power (MW)																											
	He He 압력 (torr)	760																										
열전대	Heater 출력 ¹ (kW)	0	51	51	52	52	53	54	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	A.S.	A.S.		
	1단 (최상부)	T/C 1	14.3	121	162	26	22	17	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	19	19	182	219		
		T/C 2	14	100	131	34	38	17	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	19	19	167	191		
		T/C 3	14	26	31	126	153	20	18	16	16	16	17	17	17	17	31	36	166	203	45	30	22	20	119	212		
	2단	T/C 4	14	17	18	96	123	36	42	17	16	16	19	17	17	21	24	138	170	59	53	24	21	161	188			
		TA(13)																										
		T/C 5	14	14	14	19	20	96	123	20	20	16	17	17	17	17	17	17	17	23	25	130	151	30	27	137	155	
		T/C 6	14	14	14	19	21	99	127	20	20	16	17	17	17	17	17	17	17	23	26	133	158	31	27	144	162	
		T/C 7	14	14	14	19	21	96	124	20	20	16	17	17	17	17	17	17	17	23	26	131	156	30	27	139	160	
		T/C 8	13	14	14	16	17	81	103	30	34	16	17	17	17	17	17	17	17	20	22	112	134	42	43	130	152	
		TB(14)																										
	4단	T/C 9	13	14	14	14	14	19	22	109	135	19	21	24	25	18	17	16	16	23	27	145	174	149	179			
		T/C 10	13	13	14	14	14	15	16	107	133	30	35	36	40	18	17	16	16	19	21	142	171	143	172			
	5단 (최하부)	T/C 11	13	14	14	14	14	14	14	14	32	39	93	119	132	149	21	18	17	17	17	18	38	45	43	48		
		T/C 12	13	13	14	14	14	13	14	18	20	112	147	159	177	24	18	17	17	17	17	23	26	27	28			
비고		*노외시험은 He 760/36 torr, Heater 1.8/3.0 kW 조건에서 수행 ↑ 총력상승 양도 (Fuse 고체)																										

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

불임 2.6 캡슐 온도 기록양식

결 재	과 책 <i>JKay</i>
--------	--------------------

04M-17U 조사시험

No. /

(측정일 2005. 4. 2. 상온 °C)

Heater No.		측정온도 (°C)																									
조건	측정시간(시:분)	9:57	10:40	11:00	11:22	11:40	11:57	12:14	12:32	12:45	12:53	13:56	14:02	14:09	14:15	14:25	14:36	14:40	14:47	14:56	15:06	15:15	15:25	15:36	15:40	15:47	15:56
	제어봉위치(mm)	0	276	277	279	280																					
	Reactor Power (MW)	0	1	2	3	5	8	10	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	24	25	26	27	28	29	30	
	He He 압력 (torr)	160	-	-	-	-	-	760	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	304	760	-	-	-	-	-	-	
	Heater 출력 ¹ (kW)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
열전대	1단 (최상부)	T/C 1	248	349	45	57	78	112	143	150	157	164	169	176	187	193	199	204	210	228	245	249	224	229	233	239	
		T/C 2	249	359	47	59	78	109	140	142	146	160	165	172	184	190	196	202	207	225	212	216	221	225	228	233	
	2단	T/C 3	25.0	38.1	52	65	87	120	158	166	177	179	186	194	206	214	220	227	234	252	242	246	251	256	260	265	
		T/C 4	24.9	39.1	53	66	88	122	159	170	177	184	191	198	210	217	224	231	238	256	248	252	258	263	267	272	
	3단	TA(13)	22.3	35.9	44	66	92	125	169	182	18	198	206	215	229	238	245	252	259	279	268	292	278	284	289	293	
		T/C 5	24.6	36	48	60	85	112	151	161	16	172	178	184	195	200	205	209	214	228	220	223	229	231	235	239	
	4단	T/C 6	24.7	38.1	53	65	90	120	161	172	179	182	189	195	207	212	219	224	231	249	239	242	245	250	253	257	
		T/C 7	24.4	39.6	53	64	89	119	159	171	175	182	188	195	207	214	220	225	232	248	241	244	245	254	259	262	
	5단 (최하부)	T/C 8	25.0	39.4	56	68	94	123	162	174	177	184	191	198	210	217	223	229	235	252	244	248	253	258	262	266	
		TB(14)	22.2	41.9	78	111	146	195	21	223	230	238	253	261	268	275	282	304	293	297	303	309	312	318			
	T/C 9	25.3	44.3	82	112	149	196	21	226	235	244	259	267	275	280	287	313	299	305	312	319	323	329				
		T/C 10	25.1	43.5	80	113	150	200	22	228	235	244	258	266	274	280	287	313	300	305	311	319	320	326			
	T/C 11	24.7	39.1	65	88	123	163	17	184	190	197	207	215	220	226	232	251	241	244	248	253	255	259				
	T/C 12	24.6	39.1	↑	66	91	118	17	156	17	177	183	188	199	206	210	215	221	239	229	232	236	240	242	245) 24.6 ~ 5.29.0
비 고		↑ VHC data logging E. 재 booting (ntaX) ↑ 20tow during (↑ data curve 사용) : 습재/산유액 해결. ↑ 가족상승 (↑ System Setting : nvt)																									

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

불입 2.6 캡슐 온도 기록양식

04M-17U 조사시험

No. 2

(측정일 2005. 4. 21. 상온 ℃)

결재	과 채
----	-----

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

결재	파체 2005. May
----	-----------------

04M-17U 조사시험

No. 3

(측정일 2005. 4.24. 상온 °C)

Heater No.		측정온도 (°C)																			
조건	측정시간(시:분)	4:44 4/25	4:26 4/27	4:28	4:29																
	제어봉위치(mm)	418 423 444 425 425 426	431 432 433 433 436 440 440 442 443 444 446 448 449 449 450 450 451 457 457																		
	Reactor Power (MW)	3.0	3.0																		
	He 압력 (torr)	220 . 180 170 . . 165 165 . . 150 150 . . 140 144 141 120 110 105 105 105 .																			
	Heater 출력 ¹ (kW)	Auto																			
열전대	1단 (최상부)	T/C 1 314 315 317 318 318 318	318 318 319 320 319 320 319 320 319 320 319 320 319 320 319 320 319 320 319 320 319																		
		T/C 2 286 287 290 291 291 291	291 291 292 293 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294																		
	2단	T/C 3 324 324 326 327 327 327	327 327 328 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329																		
		T/C 4 324 324 326 328 328 328	328 328 328 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329 329																		
		TA(13) 346 345 348 350 351 350	349 349 351 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352 352																		
	3단	T/C 5 288 288 290 291 291 291	291 291 292 293 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294																		
		T/C 6 312 313 315 316 316 316	315 315 316 317 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319																		
		T/C 7 313 313 314 316 316 315	314 314 315 316 317 317 317 317 317 317 317 317 317 317 317 317 317 317 317 317																		
		T/C 8 305 304 306 307 307 307	306 306 307 308 308 308 308 308 308 308 308 308 308 308 308 308 308 308 308 308																		
	4단	TB(14) 334 331 334 336 336 335	333 333 334 335 336 336 336 336 336 336 336 336 336 336 336 336 336 336 336 336																		
		T/C 9 352 345 354 356 356 355	352 352 352 352 355 355 355 355 355 355 355 355 355 355 355 355 355 355 355 355																		
		T/C 10 342 340 343 345 345 344	342 342 343 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344																		
5단 (최하부)	T/C 11 285 284 286 287 287 286	285 285 286 287 287 286 286 287 287 287 287 287 287 287 287 287 287 287 287 287																			
	T/C 12 273 272 274 275 276 275	275 275 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276 276																			
비고		↑ S1:330 (1단 온도하강)																			
		↑ H185 off ↑ S2:329, S3:309 S2:-44 ↑ 243, 48&5교환 → 수동으로 Power off → 전면 P.ON ↓ H4 → Auto로 변경. Setting 330 → Power 100% → S 300 → Power 8% ↑ H264 3 층각을 95% 예로 예상 S1:294 S2:329 S3:312 S4:300 S5:290																			

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

결재	과 책 2005. 5. 11. 09:45:00
----	------------------------------

04M-17U 조사시험

No. 5

(측정일 2005. . . 상온 ℃)

Heater No.		5/5 측정온도 (°C)												5/6		5/7											
조건	측정시간(시:분)	18:12	19:40	8:6	11:00	3:15	16:14	4:50	8:10	10:30	12:30	3:00	5:30	7:50	8:20	10:50	13:10	16:35	20:8	08:22	11:28	15:20	08:40	09:53	08:20	11:09	14:10
	제어봉위치(mm)	492	492	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	514	515	515	515	521	522	523	524	530	531	
	Reactor Power (MW)	30	.	.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
	He 압력 (torr)	90	.	.	-	90	118	119	114	
	Heater 출력 ¹ (kW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
열전대	1단 (최상부)	T/C 1	269	269	270	271	272	272	273	273	274	274	275	275	276	276	278	279	280	280	280	282	283	283			
		T/C 2	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271		
	2단	T/C 3	324	324	325	325	325	325	325	326	326	326	326	326	326	326	327	327	327	327	327	327	328	328	328		
		T/C 4	329	329	330	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329		
		TA(13)	360	360	359	359	360	361	361	361	360	360	361	361	361	361	361	361	361	361	360	360	360	361			
	3단	T/C 5	293	293	292	292	293	293	293	293	293	293	293	293	293	294	294	294	293	293	293	293	293	293			
		T/C 6	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311			
		T/C 7	311	311	311	311	311	311	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312			
		T/C 8	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309	309			
	4단	TB(14)	343	343	342	343	343	344	344	343	343	343	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344			
		T/C 9	344	344	349	349	349	349	349	350	350	350	349	349	350	349	349	349	349	349	349	348	348	348	348		
		T/C 10	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331		
	5단 (최하부)	T/C 11	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246			
		T/C 12	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258		
비 고		↑ H2,3 : 1% ~ 1%																									

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

불임 2.6 캡슐 온도 기록양식

결 재	과 채
	<i>1/1/2005</i>

04M-17U 조사시험

No. 6

(측정일 2005. . . 상온 °C)

Heater No.		5/8		5/9		측정온도 (°C)												
조건	측정시간(시:분)	19:03	19:00	09:53	08:05	9:10	11:41	14:11	15:43	17:12	4	18:40	13:00	16:00	15:19	09:14	55:08/17	32:46
	제어봉위치(mm)	533	533	538	538	539	541	542	541	541	541	548	548	549	0	571	556	540
	Reactor Power (MW)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	6.5	7.5	10
	He 압력 (torr)	90	85	80	80	80	80	80	80	80	80	760	760	760	760	760	760	760
	Heater 출력 ¹ (kW)																	
열전대	1단 (최상부)	T/C 1	283	283	285	284	289	289	288	288	290	292	293	293	99	98	107	126
		T/C 2	290	290	291	293	295	295	295	295	296	298	299	299	105	103	113	134
		T/C 3	323	328	328	329	328	329	329	329	329	329	330	331	114	120	131	155
	2단	T/C 4	329	329	329	330	330	329	329	329	329	331	331	332	331	130	132	156
		TA(13)	361	361	360	361	361	361	362	362	363	364	364	365	365	133	159	185
		T/C 5	293	293	293	294	292	293	293	292	292	292	292	292	292	97	106	126
	3단	T/C 6	318	318	318	319	317	318	318	317	317	317	317	316	316	107	117	140
		T/C 7	312	312	312	312	311	312	312	312	312	311	311	311	311	104	113	134
		T/C 8	304	309	309	309	310	310	310	310	310	310	310	310	310	106	117	140
	4단	TB(14)	341	341	342	342	344	344	345	345	346	346	346	346	347	113	126	152
		T/C 9	343	343	341	341	345	345	354	353	354	354	354	355	355	114	126	153
		T/C 10	335	334	336	336	339	339	338	338	338	338	339	339	339	106	118	143
(최하부)	5단	T/C 11	243	243	244	244	245	245	245	245	245	245	245	245	245	98	86	103
		T/C 12	255	255	256	256	257	257	256	257	257	257	257	257	257	82	91	108
비 고																		

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

↑
 42:0
 M3:50
 ↑ 재가동 (power zero)
 연구소 정전으로
 Heater down
 원자로 충격 정지 및 P/c down Purging

붙임 2.6 캡슐 온도 기록양식

결재	파쇄
12/12/2005	

04M-17U 조사시험

No. 7

(측정일 2005. . . 상온 °C)

Heater No.		측정온도 (°C)												5/13		7/14	
조건	측정시간(시:분)	9:24 09:28 9:30 9:33 10:40 10:44 10:47 10:50 10:52 11:15 11:31 11:43 11:47 11:50 11:53 11:57 11:59 11:59 11:59 11:59 11:59 11:59 11:59															
	제어봉위치(mm)	470. 469 464 463 458 455 453 451 445 46 439 435 433 433 441 456 483 499 546 551 555 558 559 561 566 567															
	Reactor Power (MW)	23 24 24 25. 26 27 28 29 30															
	He 압력 (torr)	760 260 150 - 140 - 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 110 100															
	Heater 출력 ¹ (kW)	M2,3 A - -															
열전대	1단 (최상부)	T/C 1 200 204 209 209 217 221 226 231 235 211 260 260 262 262 265 269 272 275 287 294 295 295 296 296 299															
		T/C 2 206 210 211 214 219 224 228 232 236 24 266 266 262 268 271 272 271 280 289 298 298 299 298 299 303															
	2단	T/C 3 223 228 239 242 247 252 256 261 266 271 292 327 328 329 325 323 322 323 329 329 329 328 328 329 329															
		T/C 4 232 236 239 241 246 251 255 261 266 271 304 328 329 329 329 329 329 329 329 352 332 332 331 331 333															
		TA(13) 249 254 255 260 267 272 278 285 290 319 334 358 360 359 357 356 356 351 355 389 360 360 360 359 359 362															
	3단	T/C 5 210 215 215 219 225 229 234 239 244 249 276 295 297 296 294 293 294 296 298 298 296 297 298 298 333															
		T/C 6 226 231 232 236 242 247 252 257 262 295 319 319 319 319 319 319 319 319 322 322 323 322 323 324 324															
		T/C 7 221 226 229 231 237 242 247 252 257 292 312 313 311 312 312 315 316 316 316 316 316 317 319 319 316															
		T/C 8 225 230 231 235 242 246 251 256 262 298 309 310 310 310 309 309 309 309 310 310 310 310 310 310 311															
	4단	TB(14) 254 260 261 267 274 280 287 293 301 31 346 345 348 348 349 345 341 338 330 340 340 340 340 340 342															
		T/C 9 258 265 266 271 279 285 291 298 304 31 344 344 347 349 349 347 341 343 341 335 344 343 342 342 342 340 345															
		T/C 10 250 256 259 265 273 279 285 292 294 31 343 343 346 349 349 346 340 338 326 335 334 334 334 332 332 335															
5단 (최하부)	T/C 11 190 191 198 203 207 212 217 223 229 211 258 257 259 261 260 258 252 249 240 246 245 244 243 242 245																
	T/C 12 192 191 198 202 209 213 218 223 228 24 262 261 264 264 262 258 256 248 256 255 254 254 253 253 256																
비고		$\uparrow \text{H(A)} (81/88\%)$ $\uparrow \text{H2,3 90/94(M)}$ $\uparrow 61/82\%$ $\uparrow 40/100$ $\uparrow <5\% \text{정화}>$															

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

붙임 2.6 캡슐 온도 기록양식

결재	과 채
	<i>[Signature]</i>

04M-17U 조사시험

No. 8

(측정일 2005. . . 상온 ℃)

Heater_No.		5/17 측정 온도 (℃)											
조건	측정시간(시:분)	15:00	17:30	19:50	00:00	12:30	12:50	16:30	19:00	01:00	03:00	05:00	07:00
	제어봉위치(mm)	567	568	569	573	575	575	576	577	578	579	580	581
	Reactor Power (MW)	30	30	30	-	-	-	30	30	30	30	30	30
	He 압력 (torr)	100	95	95	95	90	90	90	90	74	71	71	71
	Heater 출력 ¹ (kW)												
열전대	1단 (최상부)	T/C 1	299	299	301	302	302	304	304	305	305	305	305
		T/C 2	304	303	306	306	306	308	309	309	309	309	309
	2단	T/C 3	331	331	332	332	333	333	333	334	334	335	335
		T/C 4	333	333	334	334	334	335	336	336	336	336	336
		TA(13)	363	363	363	364	364	366	367	367	367	367	367
	3단	T/C 5	296	296	296	294	296	297	295	295	295	295	295
		T/C 6	322	322	321	321	322	323	321	321	321	321	321
		T/C 7	315	315	314	314	315	315	314	314	314	314	314
		T/C 8	310	310	310	310	310	311	310	310	310	310	310
	4단	TB(14)	343	342	344	343	342	346	346	346	346	346	346
		T/C 9	346	344	347	346	346	350	348	348	348	348	348
		T/C 10	336	335	337	336	336	338	338	338	338	338	338
	5단 (최하부)	T/C 11	245	244	245	244	244	245	245	245	245	245	245
		T/C 12	256	256	257	256	256	257	257	257	257	257	257
비 고													

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

↑ H₂ 83 = 0.68
 ↓ He 95-19-torr
 ↑ 10:16
 H:Marvin
 CR = 57:1

붙임 2.6 캡슐 온도 기록양식

결재	과책
	✓ 2009.01.04.

04M-17U 조사시험

No. 1

(측정일 2009.01.04. 상온 °C)

Heater No.		측정시간(시:분)		측정온도 (°C)	
조건	측정시간(시:분)	10:10 11:57 13:20 14:00 14:10 14:21 14:31 15:00 15:09 15:12 15:48 15:49 16:02 16:09 16:29 16:39 16:49 17:03 17:20 17:40 17:50 18:03 18:20 18:40 18:50 18:59 19:03	30	319 324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
	제어봉위치(mm)	0 10 16 18 20 22 25 26 27 29 30	30	1.5 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.5 2.6 2.7 2.9 3.0	30
	Reactor Power (MW)	0 1.5 10 16 18 20 22 25 26 27 29 30	30	· · · · · · · · · ·	30
	He 압력 (torr)	760 " " " " 150 760	30	304 280 190 140	150 160 170 170
	Heater 출력 ¹ (kW)	0 0 " " " " "	30	A	· · · ·
열전대	1단 (최상부)	T/C 1 12.7 27 99 141 154 161 179 197 225 199 207 215 220 235 242 244 248 256 259 263 265 265 270 270 269 271	30	319 324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		T/C 2 12.7 28 106 151 163 175 186 200 229 201 209 217 221 236 244 247 249 257 262 265 265 266 270 269 269 271	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
	2단	T/C 3 12.9 33 126 172 184 196 207 223 252 225 234 243 248 262 269 271 274 282 312 324 322 323 323 324 325 326	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		T/C 4 12.7 35 132 177 188 198 208 222 259 226 234 242 247 265 273 274 278 291 315 321 320 321 321 322 322	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		TA(13) 11.1 34 134 184 198 210 222 239 281 247 256 266 272 291 302 304 308 324 346 355 354 354 355 355 355 353	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
	3단	T/C 5 12.8 33 114 156 170 181 192 206 240 213 221 229 233 247 256 256 259 269 290 291 289 292 289 293 292 294	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		T/C 6 12.4 34 126 172 184 196 208 224 258 228 239 246 251 267 275 276 280 289 313 315 313 317 313 317 317 318	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		T/C 7 12.2 34 123 167 178 190 201 217 254 223 232 241 246 262 270 271 274 284 307 315 308 312 309 312 312 313	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		T/C 8 12.6 34 132 179 190 202 213 232 266 233 243 252 257 272 282 282 286 297 307 309 306 308 307 308 308 308	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
	4단	TB(14) 10.7 35 154 207 221 235 248 267 312 274 284 295 301 320 331 332 333 348 350 352 351 350 355 353 355 345	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		T/C 9 12.1 36 158 213 229 247 254 270 309 277 289 298 302 320 331 332 333 349 352 354 356 356 357 354 348	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		T/C 10 12.7 37 151 206 219 235 240 274 318 280 290 300 305 323 335 336 340 363 358 358 359 359 363 360 363 348	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
	5단 (최하부)	T/C 11 12.8 30 112 158 171 181 191 213 245 221 229 237 242 254 261 262 265 274 285 297 299 291 281 278 275 268	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
		T/C 12 12.8 31 115 160 172 183 193 209 243 245 222 230 234 248 256 257 259 269 271 271 271 270 273 271 269 264	30	324 328 330 331 333 337 338 339 342 344 344 346 347 349 350 351 353 356 364 369 376 382 393 436	30
비고		↑ T/C 224.3 교체기록. 4x5	150 torr mol	↑ 324/307 32/108 522/509 A. H24.3 94.93% (28/100) (83/79) (67/77) 5215/310 32/307 184/178 m/99% 320/366 (28/100) (84/79) 321/307 320/366 (28/100) (84/79)	↑ 324/307 32/108 522/509 A. H24.3 94.93% (28/100) (83/79) (67/77) 5215/310 32/307 184/178 m/99% 320/366 (28/100) (84/79)

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

붙임 2.6 캡슐 온도 기록양식

결재	과	책
----	---	---

[Handwritten signature]

04M-17U 조사시험

No. 2

(측정일 2006.1.5. 상온 °C)

Heater No.		2006.1.5	1/6	측정 온도 (°C)	4/8	1/9	1/10
조건	측정시간(시:분)	11:10 15:00 18:20 20:00 8:13 11:26 14:40 16:50 10:15 8:20 11:50 2:20 19:50 19:50 9:5 12:32 16:25 20:10 08:14 10:48 13:07 16:20 18:50 20:06 09:30 11:10					
	제어봉위치(mm)	441 445 447 448 452 452 452 452 452 453 455 457 457 457 459 462 465 465 466 469 471 471 474 474 474 474 482					
	Reactor Power (MW)					30	
	He He 압력 (torr)	170 170					170
열전대	Heater 출력 ¹ (kW)						
	1단 (최상부)	T/C 1 271 272 272 272 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 273 278					
		T/C 2 272 273 273 273 273 273 274 273 273 273 274 274 273 274 274 274 274 274 274 274 274 274 274 278					
	2단	T/C 3 318 319 320 320 322 321 322 322 322 323 323 323 324 324 323 324 325 325 325 324 323 324 324 325					
		T/C 4 322 322 322 321 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322 322					
		TA(13) 357 353 354 354 355 354 355 355 356 355 355 355 356 356 356 356 356 356 356 356 356 357					
	3단	T/C 5 327 323 324 293 293 295 295 294 294 295 295 296 296 296 297 297 297 297 296 296 296 297 297					
		T/C 6 323 319 317 316 317 319 319 318 318 319 319 320 320 320 321 321 321 321 321 321 321 319					
		T/C 7 308 313 313 312 313 314 314 313 313 314 315 315 315 315 315 316 316 315 316 316 316 316 314					
		T/C 8 308					
	4단	TB(14) 344 345 346 346 344 347 345 345 344 343 347 342 343 342 340 339 339 340 340 340 340 341 341 339					
		T/C 9 347 348 349 348 348 347 349 349 348 347 347 347 347 347 347 347 346 346 345 344 344 346 346 344 345 345 342 343					
		T/C 10 347 347 348 347 347 347 347 348 347 347 347 347 347 347 347 347 346 346 345 344 344 343 343 342 342 340 341					
5단 (최하부)	T/C 11 261 261 261 266 265 265 266 266 265 264 264 263 263 263 263 262 262 261 261 261 261 260 260 258 259						
	T/C 12 263 264 263 262 262 263 262 262 262 261 261 260 260 260 260 259 258 259 260 259 259 259 259 259 259 258						
비고		<i>(H₂O₃) (6/14)</i>		(6/18)		<i>H₃=300 (100%)</i>	

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐 개발 및 활용 분야

결재	과책
	2006. 1. 11. 상온 °C

04M-17U 조사시험

No. 3

(측정일 2006. 1. 11. 상온 °C)

Heater No.		1/11												1/12 측정 온도 (°C) 1/13												1/14													
조건	측정시간(시:분)	13:55	17:10	20:05	8:20	11:30	15:00	18:00	20:00	08:40	12:15	14:30	17:11	10:20	10:10	12:05	12:50	17:02	11:35	19:45	08:40	10:53	14:00	15:51	18:00	20:10	08:30												
	제어봉위치(mm)	483	485	484	490	492	493	493	493	499	500	501	502	503	509	528	509	511	511	512	517	518	519	519	520	521	526												
	Reactor Power (MW)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30										
	He 압력 (torr)	176	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170						
	Heater 출력 ¹ (kW)																																						
열전대	1단 (최상부)	T/C 1	278	278	279	280	280	280	280	282	282	282	282	282	283	288	288	288	289	289	289	289	290	290	290	291													
	T/C 2	278	278	278	279	279	279	279	279	281	281	281	281	281	282	288	288	288	289	289	289	289	290	290	290	291													
	T/C 3	325	326	325	326	326	326	326	327	327	327	327	327	327	328	328	328	328	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	
	2단	T/C 4	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
	TA(13)	357	357	357	357	357	357	357	358	358	358	358	358	358	358	358	358	358	359	359	359	359	359	359	359	359	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	
	T/C 5	295	295	294	296	296	296	296	296	295	295	295	295	295	296	296	296	296	296	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297
	T/C 6	320	320	319	321	321	321	321	319	320	320	320	320	320	321	321	321	321	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	
	T/C 7	315	315	314	316	316	316	316	316	315	315	316	316	316	316	316	316	316	316	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312
	T/C 8	306	306	306	306	306	306	306	305	305	306	306	306	306	305	305	305	305	305	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306	
	TB(14)	339	338	339	337	337	336	336	337	335	334	334	334	334	335	335	334	334	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	
	T/C 9	342	341	343	341	341	339	339	340	339	336	337	336	336	336	336	336	336	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341
	T/C 10	341	340	341	339	339	338	338	338	337	337	336	336	335	335	335	335	335	344	344	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343
	5단 (최하부)	T/C 11	259	257	258	257	257	256	256	256	255	255	254	254	254	254	254	254	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258
	T/C 12	258	257	257	257	257	256	256	256	256	255	255	254	254	254	254	254	254	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259
비고		↑ H2.3 61/33												↑ H2.3 62/99 → 63/81 ↓ H3 = 305												↑ H3 > 100% ↓ SH2 = 323 He 조절 33/61%												↑ 130 → 120으로 284	

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

붙임 2.6 캡슐 온도 기록 양식

결재	과책
----	----

2006. 1. 16. 상온 °C

04M-17U 조사시험

No. 4

(측정일 2006. 1. 16. 상온 °C)

Heater No.		1/15	1/16	측정온도 (°C) 1/17	1/18	1/19	1/20
조건	측정시간(시:분)	11:05 14:05 17:10 19:30 09:00 11:50 14:30 17:50 19:50 09:00 14:00 18:00 20:20 08:45 12:50 18:00 08:40 11:45 14:30 19:40 08:15 10:28 13:20 15:00 18:08 20:00					
	제어봉위치(mm)	526 527 528 531 534 536 536 538 543 544 547 548 552 554 556 562 563 564 565 570 571 573 573 574 575					
	Reactor Power (MW)	30 30					
	He 압력 (torr)	120 120					
	Heater 출력 ¹ (kW)						
열전대	1단 (최상부)	T/C 1 294 293 294 294 294 295 296 296 295 295 295 295 295 295 295 295 295 295 295 295 295 295 295 295 295					
	T/C 2 294 293 294 293 294 295						
	2단	T/C 3 328 327 327 327 328 329 329 329 329 330 331 331 331 331 331 332 332 332 332 332 332 332 332 332					
	T/C 4 323						
	TA(13) 360 360 360 360 360 360 359 359 360 360 360 360 360 360 360 360 360 360 360 360 360 360 360 360 360						
	T/C 5 293 293 293 293 293 293 293 293 293 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294 294						
	T/C 6 311						
	T/C 7 312						
	T/C 8 306 306 306 306 306 306 305 305 306 306 306 306 306 306 306 306 306 306 306 306 306 306 306 306 306						
	TB(14) 343 342 342 342 340 340 340 340 340 341 341 341 341 341 341 341 341 341 341 341 341 341 341 341 341						
	T/C 9 348 349 346 345						
	T/C 10 343 343 342 342 341						
5단 (최하부)	T/C 11 257 256						
	T/C 12 258						
비고				↑ 514→341 M→Auto로 전환. 23/4=22/63/0.2	↑ 24/65/24	↑ 7) 85 → 7110 120 → 110	↑ ④ 1.2/59/32

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

붙임 2.6 캡슐 온도 기록양식

결재	과책
	✓ 2006.1.21. 상온 °C

04M-17U 조사시험

No. 65

(측정일 2006. 1. 21. 상온 °C)

Heater No.		1/21	1/22	측정온도 °C	1/24	1/25	1/26
조건	측정시간(시:분)	0:00 08:40 12:50 15:00 16:40 18:00 19:20 09:20 12:40 16:00 20:00 08:15 12:00 16:24 21:16 09:45 11:15 17:30 20:00 09:05 11:31 14:30 17:30 19:35 09:06 18:00					
	제어봉위치(mm)	519 580 582 583 584 583 584 591 592 594 595 599 603 604 608 612 612 614 616 623 625 626 627 631 635 637					
	Reactor Power (MW)	30 30 30 20 30					
	He 압력 (torr)	110 110 110 110 110 105 105 105 105 105 105 105 105 105 105 105 105 105 105 105 100 100 100 100 100 100					
	Heater 출력 ¹ (kW)
열전대	1단 (최상부)	T/C 1 312 311 310 312 312 314 314 316 316 316 317 317 321 322 323 323 323 323 324 325 326 328 320 330 330 330 332 334	T/C 2 308 308 308 308 310 310 312 312 312 312 315 315 315 316 316 316 316 316 316 318 318 318 320 320 320 320 322 323				
	2단	T/C 3 336 335 335 335 336 337 337 338 338 338 338 340 341 341 341 341 341 341 342 342 343 344 344 345 344 345 346	T/C 4 324 323 323 323 323 324 324 325 325 325 325 326 326 326 326 326 326 326 326 326 326 326 326 327 327 327 327 327				
	3단	TA(13) 362 362 362 362 362 364	T/C 5 293 293 293 293 293 292 292 292 292 292 292 292 292 292 292 292 292 292 292 292 293 293 293 293 293 293 293 294				
		T/C 6 319 319 319 319 319 318 318 318 318 318 318 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 319 320	T/C 7 313 313 313 313 313 312 312 312 312 312 312 312 312 312 312 312 312 312 312 313 313 313 313 313 313 313 313 314				
		T/C 8 306	TB(14) 344 344 344 344 345 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 344 345 345 345 345 345 345 345 345 345 349				
	4단	T/C 9 345 345 345 346 348	T/C 10 341				
	5단 (최하부)	T/C 11 250 249 248 248 248 249	T/C 12 254 253 253 253 252 254 254 253	↑ He 110 → 105 torr	↑ 105 → 100 torr		
비고							

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

진 재	과 책
--------	--------

M. O. S.

04M-17U 조사시험

No.

(측정일 2006.1.26. 상온 °C)

Heater No.		측정온도 (°C)											
조건	측정시간(시:분)	11:57	08:40	12:50	17:20	20:00	10:21	14:00	20:00	:	:	:	:
	제어봉위치(mm)	648	646	651	655	653	41	13					
	Reactor Power (MW)	#	30	.	.	.	0	0					
	He 압력 (torr)	153	100	.	.	.	160	160					
	Heater 출력 ¹ (kW)												
열전대	1단 (최상부)	T/C 1	375	337	338	338	338	49	43				
		T/C 2	321	324	325	325	325	50	44				
	2단	T/C 3	341	344	348	347	347	55	49				
		T/C 4	321	321	321	321	326	57	44				
		TA(13)	310	310	310	369	369	54	49				
	3단	T/C 5	294	294	294	295	295	50	44				
		T/C 6	321	321	321	323	322	52	45				
		T/C 7	314	314	314	314	314	52	45				
		T/C 8	306	306	306	306	306	50	44				
	4단	TB(14)	349	350	350	350	350	49	42				
		T/C 9	348	350	350	350	350	51	44				
		T/C 10	341	340	341	341	341	50	44				
	5단 (최하부)	T/C 11	244	242	241	244	240	43	31				
		T/C 12	250	249	248	247	247	43	38				
비고		<i>↑ 0/07/62</i>											

1: #=Heater #단, A=all heater

한국원자력연구소

캡슐개발 및 활용분야

품 명	04M-17U Capsule	시험일자	2005년 4월 19일
부 품 명	04M-17U Capsule	시험자	신 윤 택
관련도면번호		제조번호	02M-02K Capsule

<철연자항시험 · 도통검사>

125V

1. 열전대 (철연자항 : 100V DC, 10MΩ이상일 것)

(도통 : 단선이 없을것)

TAG. NO.	철연자항 (MΩ)	도 통 (Ω)	판 정
TC - 1	∞	112.4	
TC - 2	∞	112.7	
TC - 3	∞	112.3	
TC - 4	∞	112.2	
TC - 5	∞	112.2	
TC - 6	∞	112.9	
TC - 7	∞	113.5	
TC - 8	∞	113.7	
TC - 9	∞	113.5	
TC - 10	∞	113.0	
TC - 11	∞	113.2	
TC - 12	∞	115.0	
TA	∞	113.5	
TB	∞	114.0	

시험실시일 : 2003 . . .

실온 : ℃, 습도 : %

비고 :	작 성	심 사	승 인

한국원자력연구소 캡슐개발 및 활용과제

불일 2.3 절연 저항시험 · 도통검사 (Heater) 양식

품명	04M-17U Capsule	시험일	2005년 4월 19일
부품명	04M-17U Capsule	시험자	신운택
도면번호		제조번호	04M-17U Capsulee

<절연저항시험 · 도통검사>

1. Heater (절연저항 : 500V DC, $10\text{M}\Omega$ 이상일것)
 (도통 : 단선이 없을것)

TAG. NO.	절연저항 ($\text{M}\Omega$)	도통 (Ω)	판정
HTR - 1	1,600	11.4	
HTR - 2	890	11.5	
HTR - 3	1050	11.5	
HTR - 4	900	11.5	
HTR - 5	1000	11.5	

시험실시일 : 2005 . 4 . 19

실온 : 22 °C 습도 : %

비고	작성	심사	승인

한국원자력연구소 캡슐개발 및 활용과제

부임 2.2 절연저항시험 · 도통검사 (열전대) 양식

품 명	04M-17U Capsule	시험일자	2005년 8월 05일
부 품 명	04M-17U Capsule	시험자	신 윤 택

<절연저항시험 · 도통검사>

1. 열전대 (절연저항 : 125V DC, 10MΩ이상일 것)
(도통 : 단선이 없을것)

TAG. NO.	절연저항 (MΩ)	도 통 (Ω)	판 정
TC - 1	1000 이상	112.5	합격
TC - 2	"	113.0	"
TC - 3	"	112.6	"
TC - 4	"	112.4	"
TC - 5	"	112.6	"
TC - 6	"	113.0	"
TC - 7	"	113.7	"
TC - 8	"	114.0	"
TC - 9	"	113.9	"
TC - 10	"	113.4	"
TC - 11	"	113.8	"
TC - 12	"	115.6	"
TA	"	113.9	"
TB	"	114.6	"

시험실시일 : 2005 . 8 . 05 실온 : 28 °C, 습도 : %

비고 :	작 성	심 사	승 인

한국원자력연구소 캡슐개발 및 활용과제

붙임 2.5 절연저항시험 · 도통검사 (Heater) 양식

품 종	04M-17U Capsule	시 험 일	2005년 8월 05일
부 품 명	04M-17U Capsule	시 험 자	신 윤 택

<절연저항시험 · 도통검사>

1. Heater (절연저항 : 500V DC, 10MΩ 이상일것)
(도통 : 단선이 없을것)

TAG. NO.	절연저항 (MΩ)	도통 (Ω)	판정
HTR - 1	1000 이상	∞	
HTR - 2	1000 이상	12.5	합격
HTR - 3	1000 이상	11.9	"
HTR - 4	1000 이상	12.1	"
HTR - 5	+ 0 - 1000 이상	∞	

시험실시일 : 2005 . 8 . 05

실온 : 28°C 습도 : %

비고	작 성	심 사	승 인

한국원자력연구소 캡슐개발 및 활용과제

He Gas 점검일지

< 04M-17U >

결 재	과	체	
	<i>M. Chy</i>		

점검일 (년,월,일)	점검시간	점 검 자	진공용 (kg/cm ²)	가압용 (kg/cm ²)	비고
05, 4, 21	09:30	신운택	67		
,	14:30	"	67		
,	19:00	"	55	1420	
,	23:30	주기남	62		
, 4, 22	7:10	"	54		
,	9:00	조만수	53		
,	12:00	"	50		
,	15:00	"	48		
,	18:00	"	46		
, 4, 23	8:10	최명환	34		
,	10:30	"	32		
,	13:15	"	30		
,	16:00	"	28		
,	18:10	"	26		
,	20:30	"	128		20:15 Helium gas 22m
, 4, 24	08:50	조만수	117		
,	11:30	"	116		
,	15:00	"	113		
,	18:00	"	109		
,	19:50	"	108		
, 4, 25	08:00	주기남	98		
,	10:50	"	96		
,	14:40	"	93		
,	18:00	"	90		
,	20:00	"	88		
, 4, 26	08:35	김정재	78		
,	12:10	"	75		
,	14:25	"	74		

조사시험용 캡슐개발 및 활용

하나로 중성자 이용 예비 결과통보서

(핵연료 및 재료 조사시험 분야)

● 이용의뢰내용

접수번호	04M-17U	접수일	2005년 4월 15일
의뢰기관(부서)	2004년 대형연구시설공동 이용활성화 / 조사시험용 캡슐 개발 및 활용	이용연구책임자	김용수/최용/김인섭/최진일 강영환
연구명(실험명)	하나로 이용활성화/조사시험용 캡슐개발 및 활용 계장캡슐(04-17U) 조사시험		

● 하나로중성자 이용결과

- 2004년도 대형연구시설공동이용활성화사업 및 조사시험용캡슐개발및활용 과제를 위한 조사시험용 계장캡슐(04M-17U)이 하나로 'T-class' 품질보증 체계에 따라 설계 제작되었다. 캡슐에는 ODS steel 및 SM 409 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다.
- 캡슐은 2005년 4월부터 30MW의 CT 시험공 조건에서 약 46일간 조사시험하여 (1,380MWD) 고속중성자 조사량이 최대 $5.9 \times 10^{20} n/cm^2$ ($E > 1.0$ MeV)에 도달하는 것을 목표로 하고 있다.
- 이에 따라 관련 조사시험과 관련하여 캡슐 설계/제작, 대학별 시편배치, 조사시편의 예상 핵적 특성(gamma heating rate, neutron fluence 등) 등에 관한 실험결과를 통보하니 참고하시기 바랍니다. 향후 하나로 조사시험시 핵적특성은 재계산할 예정입니다.

특기사항 : 없음	하나로 이용설비 담당부서
	담당자 : 주기남 

위와같이 통보함.

2005년 4월 15일

조사시험용 캡슐개발 및 활용 과제 책임자

내부통신문

To : 김용수, 최용, 김인섭, 최진일

Date : 2005.4.15

From : 주기남 *Shu*

HAN-IC-CR-05-012

참조 : 강영환, 김봉구

(캡슐\캡슐4\04M-17U\조사결과예비통보서)

제목: 04M-17U 캡슐 조사시험 예상결과 통보

1. 캡슐 개요

2004년도 하나로 공동이용 활성화사업에서는 4개 대학이 캡슐조사시험을 수행하도록 선정되었다. 그러나 예산상의 문제로 연구소 중장기 과제들과 공동으로 캡슐 조사시험을 수행하기로 하였다. 이용자 재료의 조사특성 평가를 위한 하나로 계장캡슐(이하 04M-17U 캡슐로 표기함, M: Material, U: University의 약자)은 이용자들의 조사시험 요구시편 및 조건들을 만족하도록 설계되었다. 첨부 1은 캡슐의 상세설계를 통해 최종 결정된 캡슐내 시편들의 시편 규격 및 재질 등에 관한 내용이다. 04M-17U 캡슐 내에는 ODS steel 및 SM 409 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다. 첨부 2는 캡슐 각 단에 배치된 이용자별 시편의 획단면이며, 첨부 3은 종단면이다.

2. 캡슐 설계

계장캡슐은 먼저 캡슐 이용자들과의 협의를 통하여 캡슐의 주요구조, 장입시편 치수 및 임시배치 위치, 조사조건 등을 결정하는 기본설계를 수행한다. 이를 토대로 조사시험이 수행될 하나로 시험공에서의 감마발열량(gamma heating rate) 분포 및 중성자 조사량 등 핵적 특성을 계산한 후 (첨부 4 참조), 계산된 값을 사용하여 열매체와 캡슐외통간의 간격(gap) 설계, 시편의 최종배치 및 열전대(T/C)와 중성자모니터(F/M)의 배치위치 결정 등의 절차를 거쳐 첨부 5와 같이 최종 설계되었다. 첨부 4는 04M-17U 캡슐의 설계를 위해 적용한 캡슐내 시편의 gamma heating rate 변화값을 나타낸 그림으로 04M-17U 캡슐 시편은 2.4~6.3 W/gm 범위의 gamma heating 값을 가짐을 보여준다. Gamma heating값은 제어봉 450cm로 이론 계산된 값이다. 한편 시편의 재질 및 형태의 차이로 인한 영향은 핵특성 계산 및 캡슐 제작 등에서 포함되는 오차 범위 내에 포함될 것으로 추정되었다.

캡슐의 기본구조는 다공구조의 재료조사시험용 표준형 계장 캡슐에 근거하여 설계하였다. 시편을 제외한 캡슐 부위의 구조는 2003년도 하나로이용활성화 캡슐인 03M-06U 캡슐 설계를 기본으로 하였다. 캡슐은 크게 본체부, 보호관부, 안내관부로 나뉘어지며, 캡슐 본체는 Ø60mm STS 316 재질의 튜브 내부에 5단의 Al 열매체로 구성되고, 각 열매체 내에는 조사시편을 포함하여 계장품들(Heater, T/C, F/M)이 설치된다. 조사시편의 온도는 하나로 출력조건에서 캡슐 내 He 진공도를 제어하여 1차 조절되며, 각 단별로 독립적으로 작동하는 전기히터로 최종 조절되어진다. 04M-17U 캡슐은 원자로 노심 고온재료인 STS 계열 및 Cr-Mo 합금, 압력용기 재료인 ODS steel 및 SA 508, 핵연료 피복관 등의 재료인 Zr 합금, 나노재료 연구목적의 Al, Cu 재료, 일반강재인 SM 490 steel 및 SKH-51 등으로 제작된 인장, Charpy, TEM, SANS, PA, SP 시편 등 다양한 규격의 시편의 조사시험을 수행하여야 한다. 따라서 캡슐의 시편부는 그동안 유사 노심재료의 하나로 조사시험을 수행한바 있으며 압력용기재의 조사시험에 주로 적용되었던 표준형 4공 분산배치 구조로 설계하였다. 캡슐은 조사시험시 비교적 안정적인 50~100torr의 진공에서 조사시편이 각각의 목표 조사온도에(1

하나로중성자이용 예비 결과통보서

(핵연료 및 재료 조사시험 분야)

● 이용의뢰내용

접수번호	04M-17U	접수일	2005년 12월 20일
의뢰기관(부서)	2004년 하나로이용활성화 /조사시험용 캡슐 개발 및 활용	이용연구책임자	김용수/최용/최진일/김인섭/강영환
연구명(실험명)	하나로이용활성화/조사시험용캡슐개발및활용 계장캡슐(04-17U) 조사시험		

● 하나로중성자 이용결과

- 2004년도 대형연구시설 공동이용 활성화 사업 및 소내 조사시험 희망분야를 모집하여 '고온강도 평가 및 신재료 기술개발', '파괴특성 평가 및 향상 기술개발', '조사손상 평가 기반기술 개발' 과제를 위한 조사시험용 계장캡슐(04M-17U)이 하나로 'T-class' 품질보증 체계에 따라 설계 제작되었다. 캡슐에는 4개 대학 및 연구소 3개 과제에서 신청된 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다.
- 캡슐은 2005년 4월부터 30MW의 CT 시험공 조건에서 약 24일간 조사시험된 (720MWD) 후 원자로의 정기 안전점검과 관련된 장기간의 가동 정지로 인해 임시 보관되고 있으며, 향후 24일간의 2차 조사시험을 통해 고속중성자 조사량이 최대 $5.9 \times 10^{20} n/cm^2$ ($E > 1.0$ MeV)에 도달하는 것을 목표로 하고 있다. 중성자 이용료는 다음과 같이 예상된다.
 (타 이용자에 영향을 않주는 장시간 이용 : 1000시간 이용료 수렴식 적용)
 - 표준 조사시간 = $1000 \times (1 - e^{-1104/1000}) = 668$ 시간
 - 중성자 이용료 = $340,900\text{원}/\text{시간} \times (668)\text{시간} \times 11\%(\text{대학 요율}) \times 1.0(30\text{MW 최대출력}) \times 0.9(\text{부피 분율 정산}) \approx 22,000,000\text{원}$
- 이에 따라 관련 조사시험과 관련하여 캡슐 설계/제작, 대학 및 이용자별 시편배치, 조사시험의 예상 핵적 특성(gamma heating rate, neutron fluence) 등에 관한 실험결과를 통보하니 참고하시기 바랍니다. 향후 조사시험 완료 후 핵적특성은 재계산할 예정입니다.

특기사항 : 없음	하나로 이용설비 담당부서
	담당자 : 주기남

위와같이 통보함.

2005년 12월 20일

조사시험용캡슐개발및활용과제책임자

내부통신문

To : 김용수, 최용, 최진일, 김인섭, 류우석, 이봉상, 권상철

Date : 2005.12.20

From : 주기남 *서명*

HAN-IC-CR-05-039

참조 : 강영환, 김봉구

(캡슐\캡슐4\04M-17U\조사결과통보서)

제목: 04M-17U 캡슐 조사시험 예상 결과

1. 캡슐 개요

2004년도 대형연구시설(하나로) 공동이용 활성화사업에서는 4개 대학이 캡슐조사시험을 수행하도록 선정되었다. 그러나 예산상의 문제로 연구소 중장기 과제인 '고온강도 평가 및 신재료 기술개발', '파괴특성 평가 및 향상 기술개발', '조사손상 평가 기반기술 개발' 3개 과제와 공동으로 캡슐 조사시험을 수행하기로 하였다. 이용자 재료의 조사특성 평가를 위한 하나로 계장캡슐(이하 04M-17U 캡슐로 표기함, M: Material, U: University의 약자)은 이용자들의 조사시험 요구시편 및 조건들을 만족하도록 설계되었다. 첨부 1은 캡슐의 상세설계를 통해 최종 결정된 캡슐내 시편들의 시편 규격 및 재질 등에 관한 내용이다. 04M-17U 캡슐 내에는 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다. 첨부 2는 캡슐 각 단에 배치된 이용자별 시편의 횡단면이며, 첨부 3은 종단면이다.

2. 캡슐 설계

계장캡슐은 먼저 캡슐 이용자들과의 협의를 통하여 캡슐의 주요구조, 장입시편 치수 및 임시배치 위치, 조사조건 등을 결정하는 기본설계를 수행한다. 이를 토대로 조사시험이 수행될 하나로 시험공에서의 감마발열량(gamma heating rate) 분포 및 중성자 조사량 등 핵적 특성을 계산한 후 (첨부 4 참조), 계산된 값을 사용하여 열매체와 캡슐외통간의 간격(gap) 설계, 시편의 최종배치 및 열전대(T/C)와 중성자모니터(F/M)의 배치위치 결정 등의 절차를 거쳐 첨부 5와 같이 최종 설계되었다. 첨부 4는 04M-17U 캡슐의 설계를 위해 적용한 캡슐내 시편의 gamma heating rate 변화값을 나타낸 그림으로 04M-17U 캡슐 시편은 2.5~6.3 W/gm 범위의 gamma heating 값을 가짐을 보여준다. Gamma heating값은 제어봉 450cm로 이론 계산된 값[1]을 사용하였다. 한편 시편의 재질 및 형태의 차이로 인한 영향은 핵특성 계산 및 캡슐 제작 등에서 포함되는 오차 범위 내에 포함될 것으로 추정되었다.

캡슐의 기본구조는 다공구조의 재료조사시험용 표준형 계장 캡슐에 근거하여 설계하였다. 시편을 제외한 캡슐 부위의 구조는 2003년도 하나로이용활성화 캡슐인 03M-06U 캡슐 설계를 기본으로 하였다. 또한 캡슐 하단부의 경우, 원자로 조사시험시의 캡슐 안전성을 향상시키기 위하여 첨부 5와 같이 dowel pin 형 캡슐 하단부를 적용하였다. 캡슐은 크게 본체부, 보호관부, 안내관부로 나뉘어지며, 캡슐 본체는 Ø60mm STS 316 재질의 튜브 내부에 5단의 Al 열매체로 구성되고, 각 열매체 내에는 조사시편을 포함하여 계장품들(Heater, T/C, F/M)이 설치된다. 조사시편의 온도는 하나로 출력조건에서 캡슐 내 He 진공도를 제어하여 1차 조절되며, 각 단별로 독립적으로 작동하는 전기히터로 최종 조절되어진다. 04M-17U 캡슐은 원자로 노심 고온재료인 STS 및 Cr-Mo 계열 재료, 압력용기 재료인 ODS steel 및 모델합금, 핵연료 피복관 등의 재료인 Zr 합금, 기타 기초 연구목적의 Incoloy-800H, SKH-51, Ti, Ni, Al, BN, Fe-Cu 재료 등으로 제작된 인장, Charpy, TEM,

사업구분 기관고유사업

지출대체 결의서

결의일자

당좌구분

결의번호

-

발의부서 하나로이용기술개발부		발의자 주기남(T.2381)		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td rowspan="2">발 의 부 서</td><td>과</td><td>정</td><td></td><td></td><td>소 장</td></tr> <tr><td>전</td><td>경</td><td></td><td></td><td><i>21</i></td></tr> <tr><td rowspan="2">관 리 부 서</td><td>실</td><td>과</td><td>장</td><td>소 장</td></tr> <tr><td>전</td><td>경</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td rowspan="2">사 용 목 적</td><td>지</td><td>률</td><td>수</td><td>취</td><td>예</td><td>산</td><td>계</td><td>정</td><td>원</td><td>장</td><td>자</td><td>산</td><td>회</td><td>계</td><td>감</td><td>사</td></tr> <tr><td>기</td><td>장</td><td>기</td><td>장</td><td>기</td><td>장</td><td>기</td><td>장</td><td>기</td><td>장</td><td>기</td><td>장</td><td>기</td><td>장</td><td>검</td><td>사</td></tr> <tr><td rowspan="2">공 제 액</td><td>검</td><td>인</td><td>검</td><td>인</td><td>검</td><td>인</td><td>검</td><td>인</td><td>검</td><td>인</td><td>검</td><td>인</td><td>검</td><td>인</td><td>검</td><td>사</td></tr> <tr><td colspan="15" style="text-align: center;">수표번호</td></tr> </table>	발 의 부 서	과	정			소 장	전	경			<i>21</i>	관 리 부 서	실	과	장	소 장	전	경				사 용 목 적	지	률	수	취	예	산	계	정	원	장	자	산	회	계	감	사	기	장	기	장	기	장	기	장	기	장	기	장	기	장	검	사	공 제 액	검	인	검	인	검	인	검	인	검	인	검	인	검	인	검	사	수표번호														
발 의 부 서	과	정					소 장																																																																																			
	전	경				<i>21</i>																																																																																				
관 리 부 서	실	과	장		소 장																																																																																					
	전	경																																																																																								
사 용 목 적	지	률	수	취	예	산	계	정	원	장	자	산	회	계	감	사																																																																										
	기	장	기	장	기	장	기	장	기	장	기	장	기	장	검	사																																																																										
공 제 액	검	인	검	인	검	인	검	인	검	인	검	인	검	인	검	사																																																																										
	수표번호																																																																																									
발의일자 2005/12/22		발의No. 2005 - 62427																																																																																								
一金 이천일백사십구만구천삼백칠십원정																																																																																										
₩ 21,499,370																																																																																										
카드사용일자																																																																																										
연구비카드번호																																																																																										
04M-17U 중성자 이용료																																																																																										
분 개																																																																																										
차 변				대 변																																																																																						
계정번호	원가	금액	적요	계정번호	원가	금액	적요																																																																																			
73470-05	241	21,499,370	중성자 이용료	42036	241	21,499,370	중성자 이용료																																																																																			
계 21,499,370				계 21,499,370																																																																																						

하나로중성자이용료 확인서

(소 내 용)

No. IT - 2005 - 002

● 하나로중성자 이용계획

이용연구책임자	(성명) 강영환 (e-mail) yhkang2@kaeri.re.kr	(Tel) 042-868-2366 (Fax)	
사업 구분	<input checked="" type="checkbox"/> 하나로 공동이용활성화사업 <input type="checkbox"/> 원자력연구개발사업(소내) <input type="checkbox"/> 일반 외부이용자(소외) <input type="checkbox"/> 기타()		
이용기관 구분	이용주체	부담율	
	<input checked="" type="checkbox"/> 해당공운영과제 / 학교	11%	
	<input type="checkbox"/> 정부출연 / 국공립 연구기관	31%	
	<input type="checkbox"/> 국내기관 (상기 기관 제외)	57%	
<input type="checkbox"/> 국외기관	100%		
이용 실험공명	하나로 이용설비 담당부서 확인 		
이용 계획			<input type="checkbox"/> 이용시간 (585 시간 분)
			<input type="checkbox"/> 시료수 (627 개 시료)
	<input type="checkbox"/> 조사건수(NAA해당) (건)		

● 이용부서

소속 부서	조사시험용 캡슐개발 및 활용		
과제 명	조사시험기술지원사업		
과제 책임자	강영환	계정 번호	73470-05

2005년 12월 21일

* 점선 웃 부분만 작성하시어 해당 이용설비 담당부서의 확인을 받아 하나로이용신청서와 함께 하나로이용활성화사업 수행부서(하나로 RI동 304호, 042-868-8546)로 제출하여 주시기 바랍니다.

● 하나로중성자이용료(하나로이용활성화사업 수행부서에서 기재함)

내역	340,900원/시간(CT공) × 585시간 × 0.11(부담율)
금액	= 21,499,370원

수신 : 조사시험기술지원사업

일자 : 2005년 12월 21일

위의 금액을 42036 계정으로 지출대체 하여주시기 바랍니다.

하나로 이용활성화 과제책임자 

별첨 6 : 04-17U 캡슐 설계/제작/시험 관련 메일

From: 김도식 **To:** 주기남 **Cc:** 주 용선 실장님

Sent: Monday, February 27, 2006 6:47 PM

Subject: Re: 2006년도 과제 착수회의 일정(안) 송부

주기남 박사님께 안녕하십니까?

먼저 지난해 업무가 자연되어 대단히 죄송합니다.

1. 03M-06U 캡슐 : 시편 분류 작업은 3월 중으로 완료할 예정입니다. 해체는 완료되어 있는 상태입니다.

2. 04M-17U 캡슐 : 저희 시험일정은 3월 말 IMEF 반입으로 예정되어 있습니다. 해체 및 시편분류 등은 일정대로 가능합니다.

3. 05M-07U 캡슐 : 저희 시험일정은 8월 중순 IMEF 반입으로 예정되어 있습니다. 해체 및 시편분류 등은 일정대로 가능합니다.

이상입니다. 고객을 무지하게 만족시켜 드려야 하는데.....

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 주 용선 **Cc:** 김 도식

Sent: Monday, February 27, 2006 6:07 PM

Subject: Fw: 2006년도 과제 착수회의 일정(안) 송부

안녕하세요. 저희 캡슐 과제 착수회의를 첨부와 같이 3월 3일(금) 시행하니 참고하시기 바랍니다.

관련하여 2005년도 지연업무중 지난 3월 10일 IMEF로 이송되어 해체 의뢰된 03M-06U 캡슐의 해체/분석에 대한 계획을 발표해야 하니 업무일정을 검토하여 주시기 바랍니다.

또한 2006년도 신규 업무계획에서 지난 주기 조사시험 완료되어 현재 하나로에서 냉각중인 04M-17U 캡슐과, 지난번 KNFC 등과 협의하여 제작중인 05M-07U 캡슐 일정에 (조사시험 4~6월, IMEF 8월 이송 예정) 대해서도 의견주시기 바랍니다.

From: 신윤택 **To:** 주기남

Sent: Thursday, February 23, 2006 10:29 AM

Subject: 04M-17U2차 자료데이터

첨부 : 04M-17U(2차최종).xls

From: 주기남 **To:** 최명환 ; 조만순 ; 신 윤택 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 이 동수
Cc: 안 국훈 ; 임 경환

Sent: Wednesday, January 25, 2006 10:56 AM

Subject: 04M-17U 캡슐 조사시험후 인출작업

안녕하세요. 그동안 오래--- 끝었던 **04M-17U 캡슐의** 조사시험이 오는 27일(금) 21시경에 종료하게 되었습니다. 그동안 협조해 주신에 감사드립니다.

관련하여 구정연휴를 마치고, **1월 31일(화) 9:10분부터** 캡슐 **인출작업**을 수행하기로 하였습니다.

당일 바쁜 원자로 일정 속에서도 **캡슐 하단부(신형 다투핀형 하단부)** 비데오 검사까지 수행하고자 하오니

다시 한번 협조해 주시기 바라며, 혹 일정상 무리가 있으신 분은 연락주시면 감사하겠습니다.

참고 : 1. 신윤택씨 필요한 사항 준비해주세요.

2. 캡슐은 약 1개월간의 수조냉각후 절단/IMEF 운송이 수행될 예정입니다.

From: 주기남 **To:** 장 진성 ; 이 봉상 ; 류 우석 ; 권 상철 **Cc:** 김 우곤 ; 김 성호

Sent: Thursday, January 12, 2006 10:48 AM

Subject: Fw: 04M-17U 캡슐 조사시험 협조 요청

안녕하세요. 드디어 **그동안 원자로 장기간 정지로 1차 조사시험후 정지되었던 04M-17U 캡슐 2차 조사시험이 1월 4일(수)부터 시작되어 (23일 통안 예정) 총 46일간 조사시험을 완료하고자 하고 있습니다.**

관련하여 예상되는 결과를 예비적으로 정리하였으니 참고하시기 바랍니다.

참고로 추후 일정은 2월 냉각 / 3월 절단 및 IMEF 이송/해체 / 4월 이용자 조사후 시험으로 예상하고 있습니다. 늦어서 죄송하며 세부 조사 내역은 조사시험 완료후 정리하여 다시 보내겠습니다.

From: 주기남 [mailto:knchoo@kaeri.re.kr] **Sent:** Wednesday, January 04, 2006 8:29 PM
To: 최명환; 조만순; 신 윤택; 손 재민; 박 승재; 김 봉구; 강 영환; 이 동수
Cc: 장 진성; 권 상철; 이 봉상; 류 우석
Subject: Re: 캡슐 감시업무 관련

그동안 장기간의 하나로 정지 사태로 연기되었던 **04M-17U 캡슐 2차 조사시험이(30MW-23일)**

오늘부터 진행되고 있습니다. 2차 시험은 1차 시험시와 유사한 조건에서 시험될 것으로 추정되고 있습니다.

현재 수행하고 있는 04M-17U 캡슐 감시업무 관리 지침을 전달합니다.

1. 근무자는(첨부 참조) 아침 8시부터 저녁 8시까지 근무하며 다음 사항을 준수한다.

- a. 1) 4단 T9를 350C 이하,
- 2) 5단 평균온도(T11/T12)를 250C 이상,
- 3) 3단 T5를 290C 이상이 되도록 하는 순서로 He 진공도를 조절한다.

이를 만족하지 못할시는 주기남과 협의한다.

(이 과정에서 Heater 출력이 95%를 넘지 않도록 주의한다)

- b. 3시간마다 전체 온도와 He 압력을 기록한다.
- c. 근무 종료시는 다음 근무자에게 반드시 전화하여 상황을 인수인계한다.
- d. He 가스가 15kg/ 이하가 되면 하나로내 가스통을 교환한다(신윤택 협의).
- e. 감시근무 종료시는 야간 부재동안의(12시간) 온도 변화 정도를 예상해보고 이상이 예상될 시는 협의하여 근무형태를 조정한다.
- f. 근무중 특이 사항은 반드시 기록하고 시험 책임자(김봉구, 주기남) 및 다음 근무자에 통보한다.

2. 토요일, 일요일, 공휴일 담당자는 원칙적으로 1-a, c, d, e 의 사항들에 문제가 없다는 본인 판단하에 1-b 사항을 조절할 수 있다.

3. 변동사항이나, 기술적 문제 발생시 캡슐 책임자(김봉구, 주기남)에 보고/협의한다.

From: 주기남 To: 임 인철 Cc: 김 봉구

Sent: Tuesday, January 03, 2006 6:50 PM

Subject: 04M-17U 캡슐(신형 Dowel Pin 하단부) 2차 조사시험 관련

40주기에 조사시행되는 04M-17U 캡슐의 경우 Dowel pin 형 신형 하단부가 장착된 바,

설계변경요청서 승인(HAN-IC-DCR-04-003(05.1.30) 절차를 거쳐

원자로 안전심의 위원회 서면결의 심의록(HAN-RO-MN-1001-05-005, 2005.4.14)에서

1차 조사시험후 하단부를 육안검사한 후 2차 시험여부를 결정한다고 의결한 바

캡슐은 2004.4.21부터 30MW 원자로 CT 시험공에 장착되어 23일간 조사시험후

인출하여 신형하단부 건전성을 육안으로 확인함으로써(2005.5.16),

2005년 8월 15일에 2차 조사시험을 위해 CT 시험공에 재장전되어 조사시험 대기중에 있습니다.

From: 임인철 To: Bong_Goo KIM ; '김익수' Cc: 주기남

Sent: Tuesday, January 03, 2006 5:06 PM

Subject: Re: 하나로 일일 운전현황 (01/03, 화)

김 박사님: 안심은 필요없는 건인가요?

----- Original Message -----

From: Bong_Goo KIM To: '김익수' Cc: '임인철' ; 주기남

Sent: Tuesday, January 03, 2006 4:37 PM

Subject: RE: 하나로 일일 운전현황 (01/03, 화)

1월 4일 하나로 가동과 함께 재료 조사시험용 캡슐(04M-17U)의 2차 조사시험이 CT 조사공에서 1월 27일까지 진행됩니다. 일일 운전 현황 보고에 참조하시기 바랍니다.

From: 김익수 [mailto:niskim@kaeri.re.kr]

Sent: Tuesday, January 03, 2006 1:15 PM

To: 신대수PM Cc: 김영진; 전병진; 김학노; 최선주; 김봉구; 박상준; 방충식; 안국훈; 이재권; 이정수; 이정영; 임인철; 정용삼; 제어실; 주용선

Subject: 하나로 일일 운전현황 (01/03, 화)

하나로 및 부대시설 일일 운전현황(01/03, 화)을 첨부와 같이 송부합니다.

즐거운 하루가 되시기 바랍니다. 김익수 드림

하나로안전관리랩 Tel : 82-42-868-8229

From: 주기남 To: 최명환 ; 조만순 ; 신 윤택 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 이 동수

Sent: Monday, January 02, 2006 3:20 PM

Subject: 04M-17U 캡슐 조사시험 협조 요청

안녕하세요. 드디어 04M-17U 캡슐 3차 조사시험이 1월 4일(수)부터 23일간 시작되니 감시업무에 협조하여 주시기 바랍니다.

관련하여 1차 시험표를 기준하여 첨부와 같이 3차 근무표(안)을 작성하였으니, 참고하시기 바랍니다.

세부 관리 내역은 첫운전일 이후에 정리하여 다시 보내겠습니다.

From: 주기남 To: 김 봉구 ; 강 영환

Sent: Tuesday, December 20, 2005 7:43 PM

Subject: 조사시험 지원사업 결과 예상 보고서

오는 12월말로 마감되는 2005년도 '조사시험 기술지원 사업(강영환)'의 예산 정산을 위하여
첨부와 같이 현재 1차 조사시험후 2차 시험을 대기중인 04M-17U 캡슐에 대한
'조사시험 예상 결과' 보고서를 작성하였으니, 조속히 검토하여 주시기 바랍니다.
해당 보고서는 관련 이용자들이 해당 진도보고서 등을 위해 필요시 제공할 예정입니다.

내통05-39(04M-17U 캡슐 조사시험 예상 결과).hwp

From: Bong Goo KIM **To:** 강 영환 ; 고 의관 ; 고진현 ; 권 상철 ; 김 규태 ; 김 도진 ; 김 인설 ; 김 정태 ;
김 종구 ; 김봉구 ; 김용수 ; 류 균걸 ; 류우석 ; 민덕기 ; 박 윤원 ; 박 준상 ; 박 현규 ; 박광현 ; 박일우 ; 백
주현 ; 손동성 ; 손재민 ; 송 근우 ; 송 기찬 ; 안 덕환 ; 양 명승 ; 위 명옹 ; 유 성조 ; 이 봉상 ; 이 상희 ;
이 영신 ; 이 영우 ; 이 정배 ; 이 정영 ; 이 찬복 ; 이정원 ; 임 영언 ; '장창희' ; 전 용범 ; 정 연호 ; 정 용환
; 정 일석 ; 정 진곤 ; 조만순 ; 주 용선 ; 주기남 ; 최 진일 ; 최용 ; 한 선호 ; 흐 광일 ; 흥 권표 ; 흥
준화 부장 ; 황 선근

Sent: Friday, November 04, 2005 10:11 AM

Subject: 원자로 가동 지연

하나로 가동 지연으로 인해 하나로를 이용한 연구수행에 지장을 초래하게 되어 죄송스러운 마음을 전합니다.
연장된 정기검사 일정과 함께 계획된 원자로실 보안문 작업이 지연됨에 따라 11월 초순 하나로 재가동 일정이
불가피하게 못하게 되었음을 다시 알려드립니다.

과기부에 기제출(10/10)한 "보안문 관련 경미한 변경사항"에 대한 사항에 대하여 과기부의 인허가 승인이 되는
시점부터 보안문 설치 작업을着手해야 하기 때문입니다.

조만간 승인될 것을 고려하여 작업 일정(기존 문 제거 및 설치 작업, 성능시험, 사용전 검사 등)에 따라 원자
로 가동은 **12월 중순경**으로 예상하고 있습니다.

하나로가 재가동되면 하나로 이용지원을 위해 최선을 다 하겠습니다.

핵연료 조사시험 전문연구회 간사 김봉구 드림

From: Bong Goo KIM **To:** 강 영환 ; 고 의관 ; 고진현 ; 권 상철 ; 김 규태 ; 김 도진 ; 김 인설 ; 김 정태 ;
김 종구 ; 김봉구 ; 김용수 ; 류 균걸 ; 류우석 ; 민덕기 ; 박 윤원 ; 박 준상 ; 박 현규 ; 박광현 ; 박일우 ; 백
주현 ; 손동성 ; 손재민 ; 송 근우 ; 송 기찬 ; 안 덕환 ; 양 명승 ; 위 명옹 ; 유 성조 ; 이 봉상 ; 이 상희 ;
이 영신 ; 이 영우 ; 이 정배 ; 이 정영 ; 이 찬복 ; 이정원 ; 임 영언 ; '장창희' ; 전 용범 ; 정 연호 ; 정 용환
; 정 일석 ; 정 진곤 ; 조만순 ; 주 용선 ; 주기남 ; 최 진일 ; 최용 ; 한 선호 ; 흐 광일 ; 흥 권표 ; 흥
준화 부장 ; 황 선근

Sent: Monday, October 24, 2005 1:01 PM

Subject: 하나로가동 지연에 대한 양해의 말씀

안녕하십니까? 하나로 가동지연과 관련하여 하나로이용연구단에서 첨부와 같은 양해의 말씀을 보내드립니다.
하나로 이용과 관련하여 연구에 차질이 없도록 최선을 다하겠습니다.

핵연료조사시험 전문연구회 간사 김봉구 드림.

첨부 : 하나로 재가동 지연 사유-0510192005-10-19 하나로가동 지연에 대한 양해의 말씀.hwp

From: Bong Goo KIM

To: 강 영환 ; 고 의관 ; 고진현 ; 권 상철 ; 김 규태 ; 김 도진 ; 김 인설 ; 김 정태 ; 김 종구 ; 김봉구 ; 김
용수 ; 류 균걸 ; 류우석 ; 민덕기 ; 박 윤원 ; 박 준상 ; 박 현규 ; 박광현 ; 박일우 ; 백 주현 ; 손동성 ; 손재
민 ; 송 근우 ; 송 기찬 ; 안 덕환 ; 양 명승 ; 위 명옹 ; 유 성조 ; 이 봉상 ; 이 상희 ; 이 영신 ; 이 영우 ;
이 정배 ; 이 정영 ; 이 찬복 ; 이정원 ; 임 영언 ; '장창희' ; 전 용범 ; 정 연호 ; 정 용환 ; 정 일석 ; 정 진
곤 ; 조만순 ; 주 용선 ; 주기남 ; 최 진일 ; 최용 ; 한 선호 ; 흐 광일 ; 흥 권표 ; 흥 준화 부장 ; 황 선근

Sent: Friday, October 07, 2005 3:03 PM

Subject: 하나로 재가동 지연 사유

안녕하십니까? 하나로 재가동 지연에 따라 이용자 여러분들의 연구수행에 불편을 드리게 되었습니다.

이와 관련한 사유서를 첨부와 같이 보내드립니다.

첨부 : 하나로 재가동 지연 사유.hwp

From: Bong Goo KIM **To:** 김 도진 ; 김 인설 ; 김용수 ; 최용 ; 최 진일 ; 박광현 **Cc:** 손재민 ; 주기남

Sent: Monday, October 03, 2005 10:59 AM

Subject: 하나로 재가동

하나로의 운영 일정이 계획된 일정을 따르지 못함으로 인하여 이용자분들께 불편을 끼쳐 드려 대단히 죄송합
니다. 그간의 경과를 간단히 알려드리면 다음과 같습니다.

지난 6월 동위원소 생산시설의 I-131 누출로 규제기관의 특별점검이 있었고, 이에 대한 후속조치가 있었습니다.
또한 하나로 및 부대시설(IMEF; 조사재시험시설, RIPF; 동위원소 생산시설)에 대한 정기검사를 실시한
결과, 추가로 점검할 사항이 발생하여 이에 대한 점검 및 조치로 검사시간을 추가로 연장하게 되었습니다. 그리
고, 원자력시설의 물리적 방호와 관련한 원자로 출입문 보완으로 인해 하나로 가동이 지연되었습니다.

하나로 및 부대시설에 대한 지적사항 중 대부분은 시정조치가 완료되고, 원자로 출입문 보완 일정을 감안하여
11월 7일부터 하나로 및 부대시설을 재가동할 예정입니다.

하나로 이용연구단 및 관련자 전원은 하나로 및 부대시설의 조속한 재가동을 위하여 최선을 다하고 있습니다.

다시한번 이용자분들께 이용일정에 불편을 끼쳐 드려 대단히 죄송하다는 말씀을 드립니다.
또한, 이용자 여러분들의 양해를 부탁드립니다.

From: 안국훈 [mailto:ghahn@kaeri.re.kr]
Sent: Thursday, September 29, 2005 5:22 PM
To: Yong Nam Choi; 황승렬; 흥순복; 한현수 부장님; 한영수; 천기정; 주기남; 정인하; 정영주; 장천익; 임경환; 임인철; 이형섭; 이충성; 이창희; 이찬복; 이병우; 우종섭; 심철무; 신병철; 송기찬; 손재민; 손동성; 성백석; 방홍식; 김선하; 김봉구; 김현일; 김영기; 김민진; 강병위; 제어실
Subject: 원자로가동 예정일(11/7) 통보

각 부서의 부단한 노력으로 정기검사 종결이 조만간 해결될 것 같지만 보안문 설치 작업이 복병으로 나타났습니다. 이에 보안문 설치 및 시험이 완료(11/6, 일)된 후 11/7(월)부터 원자로 가동을 할 예정입니다.

추후 자세한 일정이 수립되는 대로 다시 연락드리겠습니다. 여러분으로 심려를 끼쳐드려 죄송합니다.

하나로운영부 안국훈 드림(4628)

From: Bong Goo KIM **To:** 길학노 부장 **Cc:** 주기남 ; 손재민 ; 조만순

Sent: Thursday, September 29, 2005 5:56 PM

Subject: 하나로 가동지연에 따른 영향

하나로 및 부속시설의 운전 지역에 따라 영향이 있는 업무는 다음과 같습니다.

1. 이용자 지원관련 조사시험 및 조사후시험

- 2003년도 대형연구시설공동이용활성화 사업 지원과 관련한 캡슐(03M-06U) 해체 및 조사후시험 지연
- 2004년도 대형연구시설공동이용활성화 사업 지원과 관련한 캡슐(04M-17U) 조사시험 및 조사후시험 지연
- 2005년도 대형연구시설공동이용활성화 사업 지원과 관련한 반도체 재료 조사시험 지연
- 이와 관련한 사항은 캡슐 이용자들에게 공지할 예정임.

2. 과제진행 관련 업무

- 조사된 핵연료의 조사후시험 지연으로 특성측정 자료의 분석/평가 지연
- 핵연료 조사시험용 계장캡슐(05F-01K)의 조사시험 및 조사후 시험 지연
- 크립시험용 캡슐(04S-23K)의 조사시험이 04M-17U 지연에 따라 순연될 가능성성이 있음.
(노심내 조사공, CT, IR에서 동시에 2set를 동시에 조사한 경험이 없음. 그러나, 현재 변형 측정을 위해 외자구매한 LVDT 입고에 따라 조사시기가 2006년으로 변동될 가능성이 있음.)
- 하나로가 정상가동 및 2006년도 6월~10월 하나로의 정지기간을 고려하여 2006년도 과제 수행계획을 수립하면 2006년도 과제 수행에는 차질이 없을 것으로 예상

From: 임인철 [mailto:iclim@kaeri.re.kr]
Sent: Wednesday, August 17, 2005 5:55 PM

To: 이정수 박사님; Dr. B.G. Kim; 성백석 실장님; 한현수 부장님; 정용삼 박사님; 이창희 실장님; 원종열 선생님 **Cc:** 이봉재 박사님; Mr. Ahn
Subject: 8/20 원자로 기동 연기

임인철입니다: 정기검사 종료후 회의를 8/19에 마치고 원자로를 8/20부터 운전할 예정이었으나 정기검사 종료 회의가 연기되어 8/20 원자로 기동이 어렵게 되었고 언제 종료회의를 할 지 아직 정해지지 않았습니다.

일정이 정해지는대로 바로 연락을 드리도록 하겠습니다.

From: 주기남 **To:** 주기남 ; 최명환 ; 조만순 ; 신윤택 ; 손재민 ; 박승재 ; 김봉구 ; 강영환 ; 이동수

Sent: Sunday, August 14, 2005 5:38 PM

Subject: 04M-17U 캡슐 조사시험 협조 요청

04M-17U 캡슐 2차 조사시험이 8월 20일(토)부터 시작되니 협조하여 주시기 바랍니다.

관련하여 1차 시험을 기준하여 첨부와 같이 2차 근무표(안)을 작성하였으니, 참고하시고 의견주시기 바랍니다.

첨부 : 04M-17U조사시험근무편성표-1.xls

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 주기남 ; 최명환 ; 조만순 ; 신윤택 ; 손재민 ; 박승재 ; 김봉구 ; 강영환 ; 이동수

Sent: Tuesday, August 02, 2005 9:38 AM

Subject: 금요일 3시 캡슐 장전 협조 요청

예고되었던 **04M-17U 캡슐 2차 장전이 8월 5일(금) 3시부터** 시행될 예정으로 있습니다.

협조하여 주시기 바라며, 이상있을시 연락주시기 바랍니다.

조사시험이 8월 20일(로)부터 시작될 예정으로 있습니다.

From: 조만순 **To:** 김봉구 ; 이동수 ; 주기남 ; 신윤택 ; 박승재 ; 강영환 ; 손재민 ; 조만순 ; 최명환

Sent: Thursday, August 04, 2005 10:00 AM

Subject: 재료캡슐 장전

재료캡슐 장전 시간이 아래와 같이 바뀌었습니다.

8월 5일(금) 13시 30분

재료캡슐 장전 전에 현재 시험 중인 크립캡슐을 작업수조로 옮기는 작업도 수행합니다.
13시 10분에 3연구동에서 출발하는 것으로 하겠습니다.

From: 주기남 **To:** 김 용수 ; 김 인설 ; 최 진일 ; 권 상철 ; 류 우석 ; 이 봉상 ; 최 용
Cc: 김 민철 ; 이 주석 ; 김 우곤 ; 고진현 ; 김 성호 ; 장 진성 ; 김 봉구

Sent: Friday, July 29, 2005 12:33 PM

Subject: 04M-17U 캡슐 조사시험 현황 및 2005년 캡슐제작

2004년도 및 2005년도 '대형시설공동이용활성화' 과제와 관련된

04M-17U 캡슐 조사시험 현황 및 2005년 캡슐제작과 관련하여 다음과 같이 현황을
알려드리니 연구업무에 참고하시기 바랍니다.

04M-17U 캡슐 조사시험 현황

2004년도 '대형시설공동이용활성화' 과제 및 연구소 이용자들의 조사시험을 위한

04M-17U 캡슐의 조사시험 현황은 다음과 같으니 연구업무에 참고하시기 바랍니다.

- 2004년도 과제 기간인 5월31일까지 2주기 46일간의 조사시험을 완료할 계획이었음
- 4월 21일부터 시작된 1주기 조사시험은 연구소 정전/원자로 중단/재가동 등의 사유로
5월 16일 종료됨 (30MW CT 시험공 23일 조사)
- 참여 2주기 시험은 조사공 사용 계획 변경 및 원자로 방사선 동위원소 유출사고에 따른
KINS(원자력안전기술원) 원자로 점검점검 연장으로 인한 장기간 연구로 정지 등의 사유로
8월 22일부터 2주기 조사시험(23일간)이 재개 예정

조사시험 지연 등 이용자 요구에 부응하지 못해 유감스러움을 전합니다.

2005년 캡슐제작

- 2005년도 대학들의 하나로 공동이용활성화 사업의 일환으로
조사시험용 계장캡슐을(가칭 05M-07U 캡슐) 제작/조사시험하고자 합니다.
- 대학의 예산 부족상 캡슐의 일정부분을(약 50% 이상) 공동으로 활용하고자 하는
이용자를 문의중입니다.
- 캡슐은 기본적으로 300~400°C에서 최대 $0.6 \times E(21) \text{ n/cm}^2$ 까지 조사될 예정입니다.
- 소요 예산은 캡슐제작비, 조사비, 해체비 등을 포함하여 약 7,500만원이(04년초 기준)
소요되므로 참여 비율에 따라 조정될 것입니다. (조사후 시험비용은 추후 이용자별 별도 부담)
- 캡슐 제작 일정은 대략 다음과 같이 추진할 예정입니다.

8월말 개념설계
11월말 시편 인도
12월말 캡슐 제작
06년 2월~4월 조사 시험

- 당해년도 조사시험 참여자는 시편에 대한 다음 내역을 조속히 통보하여 주시기 바랍니다.

1) 시편 내역

- 시편 규격 : mm
- 개수 :
- 재질 :

2) 조사조건

- 온도
- 희망 조사량

From: <yujinicl@unitel.co.kr> To: <knchoo@kaeri.re.kr>

Sent: Saturday, June 11, 2005 10:18 AM

Subject: Re: Re: 본사의 질문내용

> 주기남귀하 다음과 같음 전문이 도착하였으니 보시고 연락주시기 바랍니다.

> Dear Sirs

> Thanks for the information on this very interesting application.

> My only comment would be to underline the very high flux of the heater. If we consider the surface
of the heating length of the heater we have by calculation a very stringent wattage per cm²?32 W/cm²?/DIV>

> If you refer to our catalogue 'How to choose your heating element' we are used to say that for
wattage >6W/cm²?u need to braze the heater into grooves (see shape of the groove enclosed).

> If there is some area along the heater without contact allowing thermal flux by conduction, it creates
a hot spot, insulation resistance drops and you can have dielectric arcing.

> We have some experience of high watt density heater like fuel pin simulator and we can achieve

higher flux but we need to have others constructions (cost has nothing to compare too.)
> If you want to saty with our old end heater which is the most cost effective solution, you have to decrease the wattage along the heater by enlarging the hot length + better thermal contact on the hot length. This is a way to avoid similar problems.
> 첨부file도 참조 하시기 바랍니다. 김 광명 (주) 유진 아이씨엘

첨부 : E103-0 STC Fuel pin simulator.pdf, dimgorges.dwg

From: "주기남" <knchoo@kaeri.re.kr> To: "김 광명" <yujinicl@unitel.co.kr>
Cc: "손 재민" <jmsohn@kaeri.re.kr>; "김 봉구" <bgkim1@kaeri.re.kr>

Sent: Monday, May 30, 2005 3:31 PM

Subject: Re: 본사의 질문내용

> 아래와 같이 3번 내용에 대한 답변을 보내드리니 'Thermocoax' 본사와 협의하여 주시기 바랍니다.
> We are installing(winding) a heater(TUT AC20/300-150-250) into the "A" groove
> (circular) of pure Al holder mechanically, and cocking it at each ends (see the attached file).
> - 5 heaters (5 Al holders) are installed in our capsule.
> - All of the hot zone(U part) of a heater are located into the groove.
> - The maximum (using) Wattage of each heater is 3KW(=15.4A x 195.8V).
> - We are heating in He gas (20 – 150 torr vacumm condition).
> - The expecting temperature of the center region of Al hoder
> (containing stainless steel specimens) is about 300C.
> (250C by neutron gamma heating, 40-60C are increased by heater heating)

첨부 : Al holder-1.ppt

> ----- Original Message -----

> From: "Jae Min Sohn (손재민)" <jmsohn@kaeri.re.kr>
> To: "주기남" <knchoo@kaeri.re.kr>; "신윤택" <ytshin@kaeri.re.kr>

> Sent: Wednesday, May 25, 2005 11:27 AM

> Subject: Fw: 본사의 질문내용

>> 유진아이씨엘에서 온 메일입니다. 이중에서 3번 내용을 참고하시라고 보내드립니다.

>> ----- Original Message -----

>> From: <yujinicl@unitel.co.kr> To: <jmsohn@kaeri.re.kr>

>> Sent: Friday, May 20, 2005 5:10 PM

>> Subject: 본사의 질문내용

>> >손재민 귀하

>> >본사로 부터 다음과 같은 전문을 받았으니 이내용에 대하여 회답을 주시기 바랍니다.

>> >직접읽어 보시는 것이 좋을듯하여 원문을 발췌하여 보내드립니다.

>> >인용'

>> >1 Please find enclosed a leaflet presenting the application Kaeri is targetting.

>> > We are familiar and we do supply different reactors in the wold (China, Japan, Norway, France...) I will come back to you with a solution but in the demand we see two difficulties:short length between bushing and tip of the TC.compatibility for welding between sheath material of type C and inconel bushingI will come back with an answer.

>> >2 Could you let me know the length reduction of the TC. Basically there is no problem to do it but we need minimum distance.

>> >3 To avoid similar problems they are facing it would be good to take part in the heater definition with the capsule team. Could they send us technical parameters: Wattage per heater, dimensions, voltage of the power supply, temp they are expecting...
>> > (**3 번 사항은 주기남/신윤택씨의 team의 대한 이야기입니다.)

>> >Thanks

>> >참고로 내용중에 나오는 presentation용 catalog file를 첨부하오니 보시기 바랍니다.

>> >그럼 회신을 부탁합니다. 김 광명

From: 주기남 To: 김 희종 Cc: 김 봉구 ; 최동원

Sent: Friday, June 03, 2005 6:51 PM

Subject: 문의드립니다.

안녕하세요. 04M-22K 캡슐 납품을 잘 마무리하여 주시어 감사드립니다. 관련하여 다음 사항을 부탁드립니다.

1. 04M-22K 캡슐의 EMR 완료 및 인도를 조속히 마무리하여 주시기 바랍니다.
2. 또한 캡슐을 이용한 저희 실험실에서의 고온 성능시험을 위해서는 인출선 / 인출기 연결작업이 필요하오니 연구소 방문일정을 알려주시면 이에 맞춰 도움을 받아 수행하고자 합니다.
3. 추가로 장기적으로 저희 업무에 필요하여 다음사항을 부탁드립니다. 대우정밀에서 자동차 부품용으로 사용하고 있는 AI 할금 재질들의 제품명, 용점, 성분, 열팽창계수, 열전도도, 강도 등의 물성자료를 구할 수 있으면 부탁드립니다. 필요에 의하여 현재 사용하고 있는 열매체(A1050)의 대체재료를 구하려고 합니다.

From: 주기남 To: 조만순 ; Bong Goo KIM ; 강 영환 ; 박 승재 ; 손재민 ; 신 윤택 ; 최 명환

Sent: Saturday, May 14, 2005 3:56 PM

Subject: Re: 정지후 작업 일정 협조(5/16~25)

재료캡슐 인출 및 크립캡슐 반입은 기존 일정대로 추진되니 아래와 같이 월요일 9시 10분까지 조박사님 방으로 모여 같이 원자로로 들어갑니다.

From: 김희종 To: knchoo@kaeri.re.kr Cc: bgkim1@kaeri.re.kr

Sent: Thursday, May 12, 2005 11:26 AM

Subject: 조사량조절용 (04M-22K) 조립일정 송부

안녕하세요 캡슐 과제의 무궁한 발전을 기원 드립니다.

조사량조절용 (04M-22K)계장캡슐 조립일정을 아래와 같이 수행하고자 하오니, 많은 지도 부탁드립니다.
--- 아래 ---

조사량 조절용 계장캡슐 조립일정

1. 5/11일 : 인출선 Guide 조립 (5 ea)
2. 5/12일 : GAS TUBE 용접 H/T 계장선 연결 (4 ea)
3. 5/13일~5/17일 : 안내관 및 보호관 조립 시편 인양장치 조립
4. 5/18일 : 대우정밀 종합 검수
5. 5/19일 : KAERI 입회 검수
 - T/C, H/T 절연 저항 측정
 - 시편 인양 시험
 - 04M-22K 종합 검수

6. 납품일 : KAERI 입회 검수후 결정

----- 끝 -----

From: 주기남 **To:** 주기남 ; 최명환 ; 조만순 ; 신 윤택 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 이 동수

Sent: Thursday, May 12, 2005 9:19 AM

Subject: Re: 조사시험 중단 및 재개 관련

오늘 06시부터 원자로 출력이 상승하기 시작하여 현재 17MW 까지 도달하였습니다.

이에 기준의 감시근무 일정을 전례에 따라 순연하여 다음과 같이 조정하였사오니 협조하여 주시기 바랍니다.

1) 5월 12일(목) 13:00까지 : 주기남

13:00이후 : 신윤택

2) 5월 13일(금) 8:00~20:00 : 박승재

3) 5월 14일(토) 8:00~15:00 : 최명환

15:00~18:00 : 주기남

4) 5월 15일(일) 8:00~20:00 : 조만순

5) 5월 16일(월) 7:00~12:00 : 신윤택

본의아니게 최박사님, 조박사님 수고하시게 되었습니다.

그리고 마지막 날인 16일(월)(신윤택)은 아침 8시에 출력을 내릴 예정이라 하니

그전에 대기하여 출력저감시 바로 캡슐제어기를 조치하여 원자로 출력저감으로 인한

히터과열(100% 작동)/손상이 발생하지 않도록 주의하여 주시기 바랍니다.

(해당 캡슐은 다다음 주기에 한번더 조사시험해야 합니다)

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 최명환 ; 조만순 ; 신 윤택 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 이 동수

Sent: Tuesday, May 10, 2005 6:08 PM

Subject: 조사시험 중단 및 재개 관련

오늘 오후 3시경에(그동안 약 19일 조사) **하나로 포함 연구소 일부 정전으로 조사시험이 중단되었습니다.** (원인은 핵융합 시험 관련.... 이라는 정보...) 이에 따라 캡슐 전원도(히터 포함) 동시에 zero로 떨어져 더 이상의 문제는 없었습니다. (히터 및 He 정상 작동 확인)

원자로 정전을 인지하고 긴급히 관련조치들을 취해주신 박승재, 신윤택, 이동수 님에 감사드립니다.

관련하여 오늘 원자로 재가동을 시도하였으나 기동이 안되어 (제어봉을 650cm 까지 인출하였으나 재가동 않됨) **12일 새벽경 재출력 계획으로** 있다고 하니 감시업무도 그때까지 연기합니다.

추후 다시 연락드리도록 하겠습니다.

From: 조만순 **To:** 주기남 ; Bong Goo KIM ; 강 영환 ; 박 승재 ; 손재민 ; 신 윤택 ; 최 명환

Sent: Tuesday, May 10, 2005 1:49 PM

Subject: Re: 정지후 작업 일정 협조(5/16~25)

1. 안국훈씨가 보낸 일정 중 5월 24일에 계획된 크립캡슐 일정은 잘못된 내용으로 해당사항 없습니다.

이 메일은 통보용으로 보낸 것으로 안국훈씨가 다시 메일을 수정하여 보내지 않는다고 합니다.

2. 재료캡슐 장전 및 크립캡슐 반입 일정으로 5월 16일(월) 오전 시간이 할당되었습니다.

이 시간 중에 재료캡슐의 인출작업과 함께 크립캡슐 및 제어장치의 반입도 함께 할 예정입니다.

이 작업을 위해 월요일 9시 10분에 하나로에 들어가기로 하였으니 협조하여 주시기 바랍니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** Bong Goo KIM ; 강 영환 ; 박 승재 ; 손재민 ; 신 윤택 ; 조만순 ; 최 명환

Sent: Tuesday, May 10, 2005 1:14 PM

Subject: Re: 정지후 작업 일정 협조(5/16~25)

다들 협조해주신 덕에 04M-17U 캡슐의 1주기(23일) 조사시험을 종료하여(5월 14일) 가고 있습니다.

관련하여 아래와 같이 **5월 16일(월) 9시부터 재료캡슐 인출 작업이** 있으니 참고하여 주시기 바랍니다.

(크립 캡슐 관련 업무도 있습니다) (해당 캡슐은 1주기(크립캡슐 시험) 후 1주기 추가 조사시험 예정)

가능하면 참여하여 주시고, 이상시 사전연락 부탁드립니다. 다시한번 감사드리며...

----- Original Message -----

From: Bong_Goo KIM **To:** 강영환 ; 박승재 ; 손재민 ; 신윤택 ; 조만순 ; 주기남 ; 최명환
Sent: Tuesday, May 10, 2005 11:12 AM
Subject: FW: 정지후 작업 일정 협조(5/16~25)
아래 일정에서 5/19과 5/24 크립캡슐 장전 일정이 충복되어 있습니다. 조만순 박사님 확인 부탁합니다.

From: 안국훈 [mailto:ghahn@kaeri.re.kr] **Sent:** Tuesday, May 10, 2005 11:03 AM
To: 황승렬; 훙준복; 한현수; 제어실; 일인철; 이형섭; 이충성; 이창희; 우종섭; 신병철; 손재민; 성백석; 박종만; 김선하; 김봉구; 김관현; 김현일; 김민진
Cc: 조만순
Subject: 정지후 작업 일정 협조(5/16~25)
안녕하십니까. 정지후 작업 일정 협의가 늦어지고 있습니다.
아직 협의가 안된 작업일정은 5/11(수)한 멜로 꼭 연락바랍니다
<주요 확정된 작업 일정>
- 5/16 09:00~12:00 재료캡슐 작업 및 크립캡슐 반입, 13:00~18:00 IAEA 사찰, 18:00~21:00 RI 인출 및 장전
- 5/16-17 반사체 펌프 작업(5/17 외부인 출입 제한 예정)
- 5/17-19 핵연료 검사
- 5/19 15:00~18:00 크립캡슐 장전(IR-2)
- 5/19-20 재장전기중기/크레인 작업
(와이어 및 전선 교체로 사용 불가함, 단 핵연료 작업후 재장전기 보수 예정)
- 5/20 정지봉/제어봉 토오크 점검
- 5/24 13:00~16:00 크립캡슐 장전(IR-2)
- 5/25 13:00~18:00 제어봉, 정지봉 점검

From: 주기남 **To:** 장진성

Sent: Wednesday, May 11, 2005 10:36 AM

Subject: 조사시험 dpa 관련

현재 캡슐 조사시는 시편의 고속중성자 조사량 ($E > 1.0 \text{ MeV}$) 단위로 계산하고 있습니다.
현재 원자로가 30MW 23일 주기로 가동되고 있으며 현재까지 캡슐은 2주기까지 조사시험을 하고 있습니다.
이경우 조사량은 최대 약 $5.9E20 \text{ n/cm}^2 (E > 1.0 \text{ MeV})$ 에 도달합니다.
시편의 dpa 계산은 조금 다른 계산이 필요하나 대략 문헌상의 값으로
이를 환산할 경우, 0.86dpa 정도가 되는군요.
3주기까지의 조사시험은 아직 시도해보지 않았으나, 문헌상이나 기술적으로
별다른 문제는 없을 것으로 보입니다.

From: Bong_Goo KIM **To:** 'BONG-SANG LEE' ; '[[홍준화 부장](#)]' ; '주기남' ; '김민철'

Cc: [김학노 부장](#) ; [김영진 단장](#)

Sent: Friday, April 29, 2005 7:51 PM

Subject: RE: 조사시험 이상현상 발생 보고

수신 : 파괴특성평가 및 향상기술개발 분야책임자

이 박사님 과제에서 요구한 해당 재료에 대해서는 기존 여러 차례의 조사시험중 처음으로 발생한 사안이지만,
특별히 시간과 비용 및 매우 중요한 재료의 시편이었다니 더욱 유감스럽습니다.

향후 상기와 같은 특별 사항들이 있는 경우 저희에게 사전에 충분히 인지시켜 주시기를 부탁드립니다.
또한 히터 손상과 같은 현상은 앞으로도 발생할 가능성이 있으니, 이번과 같은 경우를 줄이는 차원에서라도
조사시편을 캡슐 내에 분산하여 배치하는 것이 한가지 해결 방안이 될 수 있겠습니다.

만약, 특별한 요구조건이 있는 시편에 대해서는 예산상 등의 어려움이 있겠지만,
다른 이용자들의 시편들과는 구별하여 독자적으로 조사시험을 하시는 것이 좋겠습니다.
한편 해당 시편에 대한 재료를 보유하고 있으면, 이에 대한 조사시험은 2005년 하반기에 제작예정인
대학공동이용 캡슐의 여유공간을 이용하여 다시 조사시험할 수 있는 기회가 있으니 참고하시기 바랍니다.
그리고, 히터 용량과 CT 또는 IR 조사공 외의 조사공을 사용하기 위한 방안에 대한 고견을 주신 것에 감사드립니다.

재료조사시험용 캡슐에서 현재 사용하고 있는 히터 용량은 캡슐 구조상 가장 용량이 큰 히터를 확보하여 사용하고 있습니다. 또한, CT/IR 조사공 외의 조사공에서 재료 조사시험을 수행하기 위해서는 하나로의 각 조사공 (OR, IP 등)의 조건에 적합한 조사용 캡슐이 개발되어야 합니다. 이에 대해서는 우리 과제에서도 충분히 인식하고 있습니다.

잘 아시겠지만 각 조사공에 적합한 조사시험용 캡슐을 개발하기 위해서는 많은 노력은 물론 인력 및 예산이

뒷받침되어야 하는 것은 잘 알고 있으리라 생각합니다.

현재 원자력핵심기술개발사업으로 수행하고 있는 과제 등의 여건상 제안하신 조사공에 적합한 캡슐개발에는 상당히 어려움이 있음을 양해해주시기 바랍니다. 하지만, 향후 추진되는 원자력종합진흥계획과 2007년부터 착수되는 과제를 준비할 때에 제안하신 타 조사공에 적합한 캡슐을 개발할 수 있도록 추진할 예정입니다.

이에 대한 준비를 위해 다음과 같이 부탁드립니다.

향후 이박사님 과제에서의 중장기적인 조사시험 계획을 알려주시면 위의 캡슐개발 계획을 수립하는데 도움이 될 것으로 확신합니다. 그리고, 그 동안 조사된 시편에 대한 조사후시험 결과 중, 향후 캡슐 설계 및 제작, 조사시험기술 개발에 도움이 될 수 있다고 판단되는 자료를 제공해주시면 더욱 감사하겠습니다.

다시 한번 이번 조사시험중 발생한 이상에 대해서는 매우 유감스럽게 생각하며, 추후에라도 재료 조사시험과 관련한 고견을 주시기 바랍니다.

그리고, 앞으로는 요구하신 조건에 적합한 조사시험을 수행하도록 최대한 노력하겠습니다.

From: BONG-SANG LEE [mailto:bongs1@kaeri.re.kr] **Sent:** Friday, April 29, 2005 3:22 PM
To: [홍준화 부장]; 김 봉구; 주기남 **Cc:** 김 민철
Subject: Re: 조사시험 이상현상 발생 보고

수신: 계장캡슐분야책임자 김봉구박사님, (주기남박사님)

금번 계장캡슐 온도 failure 건에 대해서 매우 유감입니다.

우리실로서는 시편준비에 많은 시간과 비용이 들었고,

또한 일부 시편은 재료 자체가 한정적이어서 매우 공을 들였었는데...

이런 문제를 방지하기위해 히터 용량을 늘인다던가,

CT 훌 말고 low flux 훌을 이용할 수 있는 방안을 강구해 주시기 바랍니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 김 봉구 : 이 봉상 **Cc:** 김 민철

Sent: Wednesday, April 27, 2005 7:56 PM

Subject: 조사시험 이상현상 발생 보고

안녕하십니까. 현재 04M-17U 캡슐의 조사시험을 4월 21일부터 23일간 목표로 수행하고 있었습니다.

해당 분야의 시편은 모두 5단에 설치되어 290C 목표로 조사시험되고 있었는 바,

오늘 오후 4시경 5단의 히터가 끊어지는 사고가 발생하였음을 확인하여 관련 조치를 하였습니다.

아직 손상 원인은 알려지지 않고 있으나, 그동안 해당 5단의 히터가 거의 100%

출력이었음을 감안할 때 과부하로 인한 것으로만 추정하고 있습니다.

(추후 캡슐 해체시 등에 추가로 손상부위 등에 대한 분석작업을 수행할 것입니다.)

현재 5단 시편들은 히터 출력없이 약 253C 조건으로 He 진공도만으로 제어하고 있습니다.

참고로 04M-17U 캡슐은

1) 총 8개 이용자들의 서로 다른 재질 및 시편에 대해

각기 다른 시험 온도를 요구하는 시험 환경인 만큼 모든 이용자들의 요구조건을

만족시키기에는 **기본적으로 매우 어려워** 최적의 조건으로 시험하고 있는 중이었습니다.

2) 본 캡슐은 **30MW**에서 2번째 조사시험이고, 해당 재질의 경우 해당조건에서 첫 시험이므로

기본 database가 확보되어 있지 않았고, 다른 단의 시편온도 조건 등을 감안하여

조사조건에서 설계치/설계치 간에 온도 차이가 좀 있어 히터로 이를 커버하고 있었습니다

From: 주기남 **To:** 이 봉수 : 신 윤택 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 조만순 ; 최명환 ; 주기남

Sent: Wednesday, April 27, 2005 11:02 AM

Subject: Re: 캡슐 감시업무 관련

오늘 아침 04M-17U 캡슐의 상부 1,2단 히터 제어의 논리적 에러를 해결하고, 히터 부하를 다소간이라도 줄이기 위하여 열전대 2&3, 4&5를 서로 교체하여 연결하였습니다.

따라서 온도 기록시 서로 교환하여 기록해 주시기 바랍니다.

또한 온도 기록시 기존 온도와 반드시 비교하시고, 기준치에 비해

5도 이상 차이가 날 때에는 저에게 반드시 통보해 주시기 바랍니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 최명환 ; 조만순 ; 강 영환 ; 김 봉구 ; 박 승재 ; 손 재민 ; 신 윤택

Sent: Friday, April 22, 2005 8:04 AM

Subject: Fw: 캡슐 감시업무 관련

안녕하세요. 좋은 아침입니다. 바쁘신 가운데도 다들 협조해주신 덕분에 04M-17U 캡슐 조사시험이 진행되고 있습니다.

현재 수행하고 있는 04M-17U 캡슐 감시업무 관리 지침을 전달합니다.

1. 근무자는(첨부 참조) 아침 8시부터 저녁 8시까지 근무하며 다음 사항을 준수한다.

- a. 1) 4단 T9를 356C 이하,
 2) 평균온도(T11/T12)를 280C 이상,
 3) T5를 285C 이상이 되도록 하는 순서로 He 진공도를 조절한다.
- 이를 만족하지 못하시는 주기남과 협의한다.
- b. 3시간마다 전체 온도와 He 압력(뒷장)을 기록한다.
- c. 근무 종료시는 다음 근무자에게 반드시 전화하여 상황을 인수인계한다.
- d. He 가스가 15kg/ 이하가 되면 하나로내 가스통을 교환한다.
- e. 감시근무 종료시는 부재동안의(12시간) 온도 변화 정도를 예상해보고
 이상이 예상될 시는 협의하여 근무형태를 조정한다.
- f. 근무중 특이 사항은 반드시 기록하고 시험 책임자(김봉구, 주기남) 및 다음 근무자에 통보한다.
2. 토요일, 일요일, 공휴일 담당자는 원칙적으로 1-a, c, d, e 의 사항들에 문제가 없다는 본인 판단하에 1-b 사항을 조절할 수 있다.
3. 변동사항이나, 기술적 문제 발생시 캡슐 책임자(김봉구, 주기남)에 보고/협의한다.
- 참고로 현재 시편 온도 상황은 다음과 같습니다.
- 1) 본 캡슐은 총 8개 이용자들의 서로 다른 재질 및 시편에 대해 각기 다른 요구 온도를
 요구하는 시험 환경인 만큼 모든 이용자들의 요구조건을 만족시키기에는 기본적으로
 매우 어려운 캡슐이었습니다.
 - 2) 전체적으로는 4단 온도가 계산치보다 높아 다른 단들의 온도가 상대적으로 낮게 유지되고 있습니다.

	이용자	목표온도	현재온도	T/C
1단	선문대A	300~400	299	1,2
2단	D 단국대	300~350	322	3,4
	A 선문대B	300~400	341	A
3단	C 권상철	300~350	311	6
	K KAIST	300	286	5
	H 한양대	330~350	314	7
	R 류유석	320	305	8
4단	류우석	320~340	347	9,10,B
5단	이봉상	290	285	11,12

From: 주기남 **To:** 일 남진 **Cc:** 김 회중 ; 일 인철 ; 김 봉구

Sent: Friday, April 22, 2005 9:53 AM

Subject: Fw: 04M-17U EMR 검토 의견

안녕하세요. 임실장님. 제가 학생편으로 EMR 한부를 보내겠습니다.

아래 임인철 박사님의 '조립절차서'에 관한 검토사항에 대하여 자문을 구합니다.

'1' 항의 'HAN-IC(CA)-DW-CAP-98-02K' 도면은 해당 절차서 작성시 제작되었던 캡슐의 도면으로
 새로 캡슐 제작시마다 어떻게 처리해야 할지요 (해당 도면 한장을 뒤에 추가하면 될까요).

'2' 항의 'bottom end plug'는 Part No. 06으로 Part No. 2,3,4의 'bottom guide'-'와는
 다른 부분이므로 서로 별개입니다.

'3' 항 부분에 대해서는 추가사항을 조립절차에 보완 작성도록 하겠습니다.

여러분들이 도와주신 덕에 어제부터 04M-17U 캡슐의 조사시험을 순조로이 진행하고 있습니다.

From: 일인철 **To:** 주기남 박사님 **Cc:** 일남진 실장님 ; Dr. B.G. Kim

Sent: Thursday, April 21, 2005 5:38 PM

Subject: 04M-17U EMR 검토 의견

검토 결과 조립 절차서에 대하여 몇가지 의견이 있습니다.

1. 5-1-2-4에 언급된 HAN-IC(CA)-DW-CAP-98-02K라는 도면이 아직도 유효한 도면입니까? 또 유효하지
 만 본 EMR에 없다면 어디에 있어야 하지 않을까요?
2. Bottom guide가 본 문서에서는 bottom end plug라고 기술되어 있는데 추후에는 어느 하나로 용어를 통일
 해야 하지 않을까요?
3. Bottom guide를 몸체에 결합하는 절차가 조립 절차에 기술되어 있어야 하지 않을까요?

From: 최명환 **To:** 강 영환 ; 김 봉구 ; 박 승재 ; 손 재민 ; 신 윤택 ; 조 만순 ; 주 기남 **Cc:** 이 동수

Sent: Thursday, April 21, 2005 9:35 AM

Subject: 내부통신문 검토요청

단일채널시험루프의 개선후 이루어진 재료/크립캡슐의 노외시험 결과를 정리하였습니다.

검토, 의견주시기 바랍니다. 또한 3단계 중간보고서 초안 작성 요청일이 어제였습니다.

강 박사님께서 1차 취합해 주셨으며, 다른 분야의 내용도 곧 정리되리라 생각합니다.

정리하시면 공용PC의 "기술보고서/1차취합/담당자 풀더"에 넣어주세요.

첨부 : 내부통신문(HAN-IC-CR-05-014)-변위측정.hwp

From: 주기남 **To:** 최명환 ; 조만순 ; 강영환 ; 김봉구 ; 박승재 ; 손재민 ; 신윤택

Cc: 안국훈 ; 제어실

Sent: Monday, April 18, 2005 6:51 PM

Subject: 근무편성표 송부

오는 21일(목)부터 시작되는 04M-17U 캡슐 조사시험 근무표를 송부합니다.

감시 업무에 협조해 주시기 부탁드립니다.

제어실 근무자께서는 제어실 캡슐 감시용 PC에서 이상 알람 발생시 캡슐 근무자에 연락 주시기 바랍니다.

첨부 : 04M-17U조사시험근무편성표-1.xls

From: 주기남 **To:** 최명환 ; 조만순 ; 강영환 ; 김봉구 ; 박승재 ; 손재민 ; 신윤택

Sent: Monday, April 18, 2005 10:39 AM

Subject: 04M-17U 캡슐 장전

04M-17U 캡슐 조사시험 일정이 다음과 같이 최종 결정되었습니다. 협조해 주시기 바랍니다.

1) 반입 : 오늘 오후 13:30분경 원자로내에 반입하려고 합니다. (신윤택,최명환,이동수,주기남)

2) 장착 : 내일(화) 9:20 ~ 11:20 (전원 참석)

3) 제어기/가스 등 사전 점검 : 신윤택

4) 출력 상승 : 4월 21일(목) 출력 상승 (신윤택/주기남)

- 16:00 30MW 출력 예상

참석이 안되시는 분은 연락주시면 참고하겠습니다.

From: 주기남 **To:** 김봉구

Sent: Friday, April 15, 2005 3:55 PM

Subject: 04M-17U 캡슐 예상 결과 통보

대학 과제 관련하여 2004년도 제작 캡슐인 04M-17U 캡슐에 대해서도 결과를 통보해야 할 것 같아 정리하였습니다. 일정상 오늘내로 보내는 것이 필요해 보입니다.

첨부 : 내통05-12(조사결과예비통보서(04M-17U)).hwp

From: 주기남 **To:** 임인철 **Cc:** 김봉구

Sent: Thursday, April 14, 2005 2:33 PM

Subject: Re: 04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류 원자로 안전 심의 위원회 서면 결의 심의록-재료캡슐(04-17U) 조사시험-050411.hwp [1/4]

임남진 실장님과 협의하여 첨부와 같은 형식으로 자료를 만들었습니다. 검토하시기 바랍니다.

첨부 : 유량측정시트.hwp NCR-하단부(05-4-14).hwp

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 임남진 ; 임인철 ; 채희택 **Cc:** 김봉구

Sent: Thursday, April 14, 2005 1:18 PM

Subject: Re: 04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류 원자로 안전 심의 위원회 서면 결의 심의록-재료캡슐(04-17U) 조사시험-050411.hwp [1/4]

아래 내용들에 대하여 임인철, 임남진 실장님과 협의한 결과 다음과 같이 정리하였습니다.

1. 동일 유량계(장치)를 사용하여 핵연료dummy fuel 및 신형하단부를 같은날 시험한 것이므로

검교정이 반드시 필요하지 않다.(dummy fuel 시험값이 이론값과 일치)

2. Data 신뢰성 차원에서 실험기록 Datasheet 자체를 QA 승인받는다.

3. 신형하단부 직경 변경건은 NCR(부적합보고서)를 작성한다.

임박사님이 B/S 마치시는대로 관련 준비자료들을 재검토 완료하겠습니다.

From: 주기남 **To:** 김희중

Sent: Thursday, April 14, 2005 10:28 AM

Subject: EMR 관련

오늘 QA 임남진 실장님과 협의하던중 EMR에는 하단부 도면 및 성적서 등에 전부 수정된 것으로(71mm) 교체해야 한다고 하시니 반영 바랍니다.

From: 최명환 **To:** 주기남

Sent: Thursday, April 14, 2005 11:35 AM

Subject: 유량측정시트.hwp

유량측정시트.hwp 입니다.

From: 임인철 **To:** 주기남 **Cc:** 임남진 실장님 ; 채희택 ; Dr. B.G. Kim

Sent: Wednesday, April 13, 2005 8:46 PM

Subject: Re: 04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류 원자로 안전 심의 위원회 서면 결의 심의록-재료캡슐(04-17U) 조사시험-050411.hwp [1/4]

제가 수정한 부분을 파란색으로 표시하였습니다.

- 그리고, 유량이 제한 유량보다 7%가 작아 5%의 측정 오차를 고려하더라도 노심으로 들어가는 유량은 줄지 않을 것으로 생각되나 측정 오차까지 고려하는 경우 제한 유량에 매우 근접한 값입니다.
- 따라서, 서면 결의 요청서를 제가 첨부와 같이 작성하여 회람하려면 유량 측정계의 불확실도에 대한 확신이 필요합니다. 유량계에 대한 최근의 교정 성적서 등이 있습니까?
- 저는 내일 아침에 10:00에 우리 실 BS를 갑니다. 오전에 통화하여 해결되지 않으면 채희택 박사님, 임남진 실장님 등과 협의하시고 저와는 hand phone(011-407-5292)으로 계속 이야기를 주고 받도록 하지요.

첨부 : 04M-17U안심자료(신형 하단부 사용)-050413.ppt 원자로 안전 심의 위원회 서면 결의 심의록-재료캡슐(04-17U) 조사시험-050411.hwp

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 임인철 **Cc:** Dr. B.G. Kim

Sent: Wednesday, April 13, 2005 5:17 PM

Subject: Re: 04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류

임박사님께 : 첨부 서류를 수정(붉은색 부분) 하였습니다.

1. 아래 2번에서 신형 하단부는(직경 71mm, 18.4kg/s) 기존 하단부에(17.0kg/s) 비해 유량이 8% 정도 증가합니다. 그리고 단일 채널에서의 측정오차는 5% 이내로 매우 적습니다(Dummy fuel 및 캡슐로 확인).

이러한 유량 증가에 대해 조영갑씨와 협의한 바 제한치(Dummy fuel = 19.6kg/s) 이하이므로 문제될 것이 없지 않냐는 의견입니다.

그리고 단일 채널 하단부는 현재 원자로와 동일하게 제작되어 있으며, 위 자료들은 이를 이용하여 시험한 것입니다.

2. 아래 3번에 따라 진동변위 감소를 기술하였습니다.

3. 설계 변경 서류는 처리종에 있습니다.

----- Original Message -----

From: 임인철 **To:** 주기남 **Cc:** Dr. B.G. Kim

Sent: Wednesday, April 13, 2005 2:41 PM

Subject: Re: 04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류

1. 문서 번호 수정, 종복 내용의 삭제 등 몇가지 수정을 하였습니다.

2. 붉은 색 부분에

- 209 kPa 압력 강하에서 기존 캡슐보다 유량이 감소하였는데 유량 흡은 압력 강하 측정의 오차, 시험 리그의 하부 형상이 원자로와 다른 점 등을 고려하면 어떻게 되는지 등을 기술하여 주시기 바라며, (기술이 어려우면 도면, 기기 사양 등을 놓고 같아 이야기하여 봅시다. 다른 사람(채희택 박사, 조영갑 씨)의 도움이 필요할지도 모르겠습니다.

- 진동 변위가 기존 캡슐에 비하여 감소하였음을 기술하여 주시기 바라며

3. 설계 변경 신청해서 종료시키고 조사하도록 합시다. 설계 변경 절차를 거치지 않은 것을 원자로에서 조사할 수는 없습니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 임인철

Sent: Monday, April 11, 2005 9:25 PM

Subject: Fw: 04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류

이런저런 연유로 안심자료가 많이 늦었습니다. 겸로해주시기 바랍니다.

내일도 발표 및 저녁 회식 등으로 시간을 대기 쉽지 않을 것 같아 오늘 보냅니다.

----- Original Message -----

From: Bong Goo KIM **To:** '주기남'

Sent: Sunday, April 10, 2005 10:28 AM

Subject: RE: 04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류

수고했습니다. 11쪽과 12쪽의 내용을 일부 보완하였으며(확인하시기 바람), 각 쪽의 제목의 크기, 모양 등을 보완하였습니다. 임인철 박사님과 협의하여 가능하다면 요약자료 표지의 날짜를 4월 13일로 변경하여 13일에

임박사님에게 전달하는 것이 좋겠습니다.

From: 주기남 [mailto:knchoo@kaeri.re.kr] **Sent:** Saturday, April 09, 2005 2:45 PM **To:** 김 봉구
Subject: 04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류
04M-17U 캡슐 원자로안전심의회 서면결의 요청 서류입니다. 검토해 주세요.

From: 주기남 **To:** 신 윤택
Sent: Wednesday, April 13, 2005 5:00 PM
Subject: Fw: botom guide 도면 송부
캡슐 하단부 수정과 관련하여 서류 작성에 필요합니다.
첨부 도면중 전체 도면과, 4번(부품도) 도면의 인쇄를 부탁드립니다.
그리고 두 도면을 아래한글 파일로도 만들어 주시기 바랍니다.

From: 김희중 **To:** knchoo@kaeri.re.kr
Sent: Wednesday, April 13, 2005 4:09 PM
Subject: botom guide 도면 송부
요청하신 botom guide 도면을 송부 드립니다. 업무에 참조 하여 주십시오
첨부 : bottom guide 수정(2005.4.5).dwg

From: 주기남 **To:** 김희중
Sent: Friday, April 01, 2005 2:33 PM
Subject: Re: 방문자 출입신청 건
안녕하십니까? 귀사의 발전을 기원드립니다.
또한 그동안 저희 캡슐 관련업무에 협조해 주심에 진심으로 감사드립니다.
다름아니라 지난번 수정 교체된 캡슐 하단부를 이용한 시험결과
충분히 만족할만한 결과를 얻지 못하여 다시한번 협조를 부탁드립니다.
현재까지의 실험결과 현재 장착되어있는 직경 72mm Dowel Pin 형 하단부를
직경 71mm로 수정하고, 관련부위 상하 길이도 캐드 도면 분석을 통해 최대한 줄여주시면
비교적 만족할만한 결과를 얻을수 있을것 같습니다.
저희 업무의 긴급성상 다시한번 도와주시기를 부탁드립니다.

----- Original Message -----

From: 김희중 **To:** knchoo@kaeri.re.kr
Sent: Wednesday, March 30, 2005 11:15 AM
Subject: 방문자 출입신청 건
안녕하십니까? 캡슐과제 발전을 기원 드립니다.
bottom guide 교체작업을 인원을 아래 와 같이 송부 드립니다.
--- 아래 ---
1.회사명 : 대우정밀(주)
2.성명 : 김희중(600115-1471118)
 위대성(651012-1891915)
3.주소 :부산시 기장군 철마면 송정리 5번지

From: 임인철 [mailto:iclim@kaeri.re.kr]
Sent: Wednesday, March 30, 2005 11:15 AM
To: 천기정 박사님; 정용삼 박사님; Dr. B.G. Kim; 이창희 실장님; 성백석 실장님; 이정수 박사님; Mr. C.I. Jang; Dr. H. Kim; Mr. J.K. Lee; Mr. J.S. Wu; Mr. S.Y. Hwang
Cc: 임성필 박사님; 손종식 박사님; 전 부장님; 한현수 부장님; 김영진 부장님; Mr. Ahn
Subject: 원자로실에서 발생하는 방사성 폐기물을 저감 노력 부탁드립니다.

임인철입니다: 어제 폐기물을 이송과 관련하여 폐기물 관리부서의 책임자인 손종식 박사와 이야기를 나눌 기회가 있었습니다. 들은 이야기의 요지를 적어보면 아래와 같습니다.

- 폐기물 처분장이 생기면 그곳으로 폐기물을 인도할 때에 고체 폐기물 200리터 당 500만원 정도를 내야 할 것 같다.
- 연구소의 경우 이 비용을 국가가 내야할 것인데 이를 확보하는 과정이 그리 쉬울 것 같지는 않다.
- 이를 감안할 때에 폐기물 발생량을 줄이는 노력이 매우 중요하다.

저희 운전실에서는 매해 발생하는 폐기물 통계를 내고 있는데 작년의 경우 고체폐기물이 약 8000 리터 생겼습니다. 돈으로 따지면 아래와 같습니다.

- 폐기물 관리 부서에 관리비로 내야하는 비용 = 8000 (리터)*2000 (원/리터) = 1600 만원
 - . 운전실 예산으로 감당하고 있습니다.
- 연구소에서 처분 시설로 인도시 내야 하는 비용 = 8000(리터) /200(리터/통) *500 (만원/통) = 2억 원
 - . 향후 확보해야 함.

또, 작년에 발생한 폐기물의 65% 정도가 조금만 노력하면 많이 줄일 수 있는 가연성 폐기물이었습니다.

저희 운전실에서는 매월 전에 폐기물 담당자인 이성호 씨가 매일로 전달한 사항을 포함하여 폐기물 양을 줄이고, 이의 일시 보관을 용이하게 하고 폐기물 관련하여 협심하여 일하는데 필요한 가이드라인을 작성하여 각 부서에 배포도록 하겠습니다.

이 편지를 받으신 각 과제책임자께서는 부서원들께도 이 편지를 전하여 주기를 부탁드립니다.

From: 이성호 **To:** 이은석 ; 흥순규 ; 박철규 ; 박경수 ; 백승도 ; 임철홍 ; 강기두 ; 강인혁 ; 강태진 ; 강한희 ; 고현일 ; 권인찬 ; 김동현 ; 김명선 ; 김민진 ; 김상진 ; 김선하 ; 김양곤 ; 김영기 ; 김영철 ; 김태환 ; 김형규 ; 김형숙 ; 김희곤 ; 류정수 ; 박상준 ; 박선자 ; 박세일 ; 박승일 ; 박용철 ; 박주훈 ; 박찬영 ; 박철 ; 서철교 ; 종병선 ; 신호철 ; 신윤택 ; 안국훈 ; 오수열 ; 유권모 ; 윤동원 ; 윤우병 ; 윤화경 ; 이의규 ; 이문 ; 이번현 ; 이병철 ; 이상현 ; 이용섭 ; 이재권 ; 이중희 ; 이충성 ; 임경환 ; 한재삼 ; 정환성 ; 제어실 ; 조영갑 ; 채희백 ; 최문조 ; 최명산 ; 최호영 ; 한기양 ; 허준복 ; 이정수 ; 주기남 ; 손재민 ; 조만순 ; 흥준복 ; 박승재 ; 우상익 ; 신현영 ; 장경덕

Cc: 김현일 ; 임인철 ; 황승렬 ; 방충식 ; 우종섭 ; 전병진 ; 한현수 ; 김봉구 ; 정용삼 ; 장천익 ; 김영진

Sent: Monday, March 28, 2005 1:50 PM

Subject: 원자로실 방사성폐기물처리 관련 협조

원자로실을 이용하는 직원여러분 안녕하십니까? 하나로 운영부 폐기물담당자 이성호입니다.

원자로실에서 수행하고 있는 각종 연구업무로 수고가 많으십니다.

원자로실에서 발생하는 폐기물과 관련하여 협조를 요청코자 메일을 보냅니다.

작업 및 실험을 하다보면 방사성 폐기물이 발생하는 경우가 많습니다.

발생하는 폐기물은 크게 **가연성, 비가연성 두 가지**이며, 이중 가연성은 마른 폐기물, 젖은 폐기물 두 종류로 분류됩니다. 폐기물처리와 관련하여 아래와 같은 부탁말씀을 드리오니 깨끗하고 청결한 원자로실을 유지 관리하는데 협조 하여주시기 바랍니다.

1) **폐기물은 발생자가 처리하는 것을 원칙으로 합니다.**

2) 발생폐기물이 소량일 경우 마른폐기물과 젖은폐기물로 분리하여 원자로 3층(신연료저장고앞)에 비치된 해당 폐기물통에 넣어 주시기 바랍니다.

3) 폐기물 대량 발생시에는 발생자가 큰 비닐봉지에 수거하여 **원자로실 지하1층 부품창고 앞에 위치하고 있는 폐기물 임시보관창고로 운반하여 보관하여 주시기 바랍니다.**

비닐봉지 비치장소는 **3층 제어실 Buffer zone**에 사무용품장 안에 비치 하였습니다.

임시보관창고 문은 전동장치로 개폐하는데 **문전반은 문 옆 벽면에** 설치되어 있습니다.

4) 콘크리트 Hatch를 여 닫을 때 발생하는 콘크리트침은 Hatch를 닫기 전 후에 Hatch 작업자들이 청소하셔야 합니다. 원자로실 3층 엘리베이터옆 창고 앞에 진공청소기 2대를 항상 비치하겠습니다. 사용 후 원위치도 잊지 마시기 바랍니다.

5) 외부업자의 원자로실 작업시 감독자는 외부업자의 작업 후 작업장 청소 및 주변의 주변 정리정돈을 철저하게 관리 해 주시기 바랍니다.

아울러 경의실의 임시 작업복 처리 상황도 감독해 주시기 바랍니다.

* 원자로실의 주인은 원자로을 이용하는 우리 자신입니다. 우리 스스로 우리의 일터를 가꾸어 나갑시다.

중성자 조사기술실 이성호 을림.

From: 최명환 **To:** 김봉구 **Cc:** 강영환 ; 박승재 ; 손재민 ; 신윤택 ; 조만순 ; 주기남

Sent: Wednesday, March 23, 2005 10:27 AM

Subject: Dowel pin체결 캡슐 차압/진동변위 측정

Dowel pin체결 캡슐 차압/진동변위 측정한 결과를 정리하였습니다. 검토해 주시고, 의견 주시기 바랍니다.

첨부 : 내부통신문(HAN-IC-CR-05-009)-다울핀하단부.hwp

From: 조만순 **To:** 임인철 **Cc:** 박승재 ; 김봉구 ; 주기남 ; 최명환 ; khlim@kaeri.re.kr

Sent: Tuesday, March 22, 2005 6:02 PM

Subject: Dummy fuel

재료캡슐 하단부 교체와 관련하여 1-채널시험루프에서 유량을 측정하고 있습니다.

기준 유량을 측정하기 위해 하나로의 Dummy fuel을 장전해 놓고

여러가지 차압 상태에서 유량을 측정하여 비교 자료로 삼고자 합니다.

이와 관련, dummy fuel을 반나절 정도만 빌려 주시기 바랍니다.

From: 오종명 [mailto:jmoh@kaeri.re.kr] **Sent:** Friday, March 18, 2005 3:08 PM

To: 김봉구 **Cc:** 신윤택

Subject: 아크릴 Loop 도면

아크릴 수력 시험장치 도면을 첨부와 같이 보내 드리니 참고하시기길.....
첨부 : loop2.dwg

From: 김희종 **To:** knchoo@kaeri.re.kr
Sent: Wednesday, March 16, 2005 11:30 AM
Subject: bottom guide 도면송부
첨부와 같이 04M-17U bottom guide 최종수정도면을 송부 드립니다.
첨부 : bottom guide.dwg

From: 임인철 **To:** 주기남
Sent: Monday, March 14, 2005 5:29 PM
Subject: Re: Fw: bottom guide 도면
좋습니다. 그런데, 다음 주기 조사를 위한 전체 일정을 한 번 만들어 놓고 가면 어떨까 합니다.
서류 안심도 여유가 있어야 좋고 그래야 위원들에게 좋은 인상을 줄 수 있습니다.
----- Original Message -----
From: 주기남 **To:** 김봉구 ; 임인철 ; ygcho@kaeri.re.kr
Sent: Monday, March 14, 2005 3:14 PM
Subject: Re: Fw: bottom guide 도면
다들 자리에 안계셔서 메일로 전합니다. 대우측과 협의결과,
현재 여유분으로 제작해놓은 하단부를 실측해본 결과 제시안(직경 6mm Pin에다 상.하 1mm 여유를 주어 총 8mm 폭으로 줄임)으로 가공할시 측면(빗면) 두께가 너무 얇아져 강도상 우려가 있다 합니다.
따라서 Pin을 중심으로 상부는 여유를 안주고, 하부를 2mm 여유를 주어 내일 연구소 오는 편에 보내겠다고 합니다. 이를 이용하여 먼저 압력차 측정부터 해보려고 합니다.
(지금까지의 특징상 압력차와 진동은 비례하는 것으로 보임) 의견있으시면 주시기 바랍니다.
----- Original Message -----
From: Yeong-Garp Cho **To:** knchoo@kaeri.re.kr ; iclim@kaeri.re.kr
Sent: Monday, March 14, 2005 10:35 AM
Subject: Fwd: Fw: bottom guide 도면
수정도면입니다.
----- Original Message -----
From: 주기남 **To:** 임인철
Sent: Friday, March 11, 2005 1:43 PM
Subject: Fw: bottom guide 도면
최종 제작된 상태의 도면입니다. 참고하시길 바랍니다.
----- Original Message -----
From: 김희종 **To:** knchoo@kaeri.re.kr
Sent: Friday, March 11, 2005 11:35 AM
Subject: bottom guide 도면
안녕하세요. 첨부와 같이 bottom guide 도면을 송부 드립니다.

From: 박승재 **To:** 주기남
Sent: Thursday, February 24, 2005 3:52 PM
Subject: 04M-17U노외시험데이터입니다.
별첨 : 04M-17U노외시험.xls

From: 주기남 **To:** 임인철
Sent: Friday, February 18, 2005 4:01 PM
Subject: Re: 캡슐 관련 작업일정 검토 요청
예. 충분히 검토치 못하였습니다.
캡슐이 주초에 막 제작완료되어 실내부적으로는 크립캡슐 뒤에(3월 19일 예정) 하려고 하였었는데,
크립 캡슐 제작일정이 지연되는 바람에 대체되게 되었습니다.
안선생님과 협의하여 3월 17일로 장전일정을 조정하기로 1차 협의하였습니다.
----- Original Message -----
From: 임인철 **To:** 주기남 **Cc:** Mr. Ahn
Sent: Friday, February 18, 2005 3:22 PM
Subject: Re: 캡슐 관련 작업일정 검토 요청
주 박사님: 안심 서면 결의를 거쳐야 하니 장전일 결정에는
1. 진동 실험 결과를 첨부한 서면 결의 서류의 마련

2. 서면 결의에 소요되는 시간(1 주일)

등을 고려해야 할 것입니다. 따라서, 3/9는 너무 촉박하지 않나 생각됩니다.

안심 서류 마련, 안심 통과 due date를 정하고 장전 일자는 원자로 작업 일정 등을 고려하여 37주기 운전 전으로만 잡으면 될 것으로 생각합니다. 의견 주세요.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 안 국훈 ; 김도식 **Cc:** 임 인철 ; 주 용선 ; 신 윤택 ; 박승재 ; 김 봉구

Sent: Friday, February 18, 2005 3:15 PM

Subject: 캡슐 관련 작업일정 검토 요청

안녕하세요. 3월 19일부터 시작되는 37주기 원자로 운전과 관련하여

다음과 같은 업무를 수행하고자 하오니 일정을 검토해 주시기 바랍니다.

1) 3월 9일(수) 오후 : 04M-17U 캡슐 장전 (37, 38주기 CT 조사시험)

- 대학 하나로 이용 활성화 캡슐
- 신형 하단부 (Dowel Pin) 사용 관련 서류 안전심사 필요

2) 3월 10일 : 03M-06U 캡슐 절단 및 IMEF 이송

- 05년 1월 18일 IMEF 시험 의뢰 신청

From: 주기남 **To:** 김 희종 **Cc:** 조 만순

Sent: Friday, February 18, 2005 2:42 PM

Subject: 협조 요청

안녕하세요. 긴급히 협조 부탁드릴 일이 있어 연락드립니다.

3월 19일로 조사시험 계획되었던 크립캡슐 제작이 여의치 않는 관계로

재료캡슐을 먼저 조사시험하게 되었습니다.

따라서 이번 처음으로 하단부(다울 핀)가 사용되는 관계로 '하나로안전심의위원회'의 심사를 받아야 되어 관련서류 준비가 시급하게 되었습니다.

(서류상 완료된 것으로 되어 있으므로 더욱 시급...) 필요한 자료는 다음과 같습니다.

1. 04M-22K 캡슐 EMR

2. 04M-22K 캡슐 도면 파일, 실물 사진

3. 하단부 실물 (기준 및 신형 하단부)

EMR은 최대한 서둘러 주시고, 도면파일 및 실물 및 사진은(촬영하여)

조박사님 출장편에 보내 주시기 바랍니다.

지난번 하단부 무게도 비교한 것 같은데, 그 자료도 보내주시기 바랍니다.

From: 주기남 **To:** 임 남진

Sent: Friday, February 04, 2005 10:32 AM

Subject: 재료시험용 캡슐 제작 관련

안녕하세요. 임실장님. 대우정밀 캡슐 제작과 관련하여 수고해 주신에 감사드립니다.

연휴전에 제작사에서 캡슐 납품일정을 좀 서두르는 바람에 몇몇 가지 좀 원활하게 준비되지 못했습니다.

저희측은 하나로용 캡슐(04M-17U)과 동시에 실험실용 새로운 목캡슐을 하나 더 만들고 관련부분을 부분적으로 시험하는 관계로 제가 전체 일정을 확인하지 못했습니다.

임실장님께도 먼저 협조확인을 드렸어야 했었는데....

양해해 주시길 바라며, 명절 기간동안 좋은 시간 가지시기를 바랍니다.

From: 주기남 **To:** 박 승재 **Cc:** 김 봉구

Sent: Thursday, February 03, 2005 3:44 PM

Subject: 내일 오후 캡슐 반입합니다.

안녕하세요. 조금전에 대우에서 연락이 왔습니다.

조금전 QA 양실장님 검사가 완활하게 종료되어 일정을 조금더 단축할 수 있었으며,

연휴기간중의 운송 등 여러 업무의 어려움을 고려하여 내일(4일) 오후 3~4시경 납품하기로 했습니다.

참고하시길 바랍니다.

From: 김희종 **To:** bgkim1@kaeri.re.kr **Cc:** knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Wednesday, February 02, 2005 12:14 PM

금일2월 2일 오전까지 입회검사를 마치고 돌아갈까 합니다.

지금까지 진행된 작업일지를 송부하오니 업무에 참고하시기 바랍니다. 내일출근해서 뵙겠습니다.

첨부 : 04m-17u캡슐제작일지(2월2일).hwp

From:주기남 **To:**서 철교 **Cc:**김 헌일
Sent: Friday, January 28, 2005 9:20 AM
Subject: Fw: 03M-06U 및 04M-17U 캡슐 핵적 특성 계산 요청
첨부: SUS430-불성.hwp 시편배치 - 조립도(03-06).ppt 시편배치 - 조립도(04-17).ppt
안녕하세요. 지난 21일로 03M-06U 캡슐의 조사시험이 완료되었습니다.
본 캡슐은 하나로 최초로 30MW에서 조사시험된 캡슐로서
여러 사건들로 인해 04년 10월 11일부터 4차에 걸쳐 약 42일간 조사되었습니다.
일전에 의뢰한 바와 같이 03M-06U 캡슐에 대한 핵적특성 계산을 의뢰합니다.
1) 03M-06U (30MW CT) : 4차 시험
- 1차 04/10/11~10/12(약 1일간) 조사시험 완료
- 2차 04/10/27~11/14(약 18일간) 조사시험 완료
- 3차 35-1주기(04/12/23 ~ 04/12/30) (약 7일간)
- 4차 35-2주기 (05/1/4 ~ 05/1/21) (약 17일간)

From: Min-Chul Kim **To:** 주기남

Sent: Friday, January 21, 2005 5:49 PM

Subject: Re: I-NERI과제 캡슐시편 배치안

최종 도면과 시편종류에는 TEM case로만 기록을 하였습니다.

(물론 TEM 시편은 널기로 했던 강종들의 시편들입니다.)

case는 일반 저합금강(압력용기소재)이고, 그안에 있는 재료는 파괴특성분야의 경우에는 JRQ, 모델합금 A, S, N (총 4종), 장박사님 시편은 T92와 incoloy 800H 두종류가 각각이 14~18개 정도씩 들었습니다.

TEM case 하나당 2개의 구멍이 있고, 각각 다른 종류의 시편이 들어 있기 때문에 썩이면 안되게 되어 있습니다. case에 새겨진 문자에 맞추어 널었기 때문에, 해체시 조심해서 취급해야 합니다.

혹시 두경이 헐거워 해체시 열릴수도 있다면, 두경에 다른 것을 끼워서 안열리도록 해야 할 것 같습니다.

헐겁게 되어 있던가요? 김민철 드림

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** Min-Chul Kim

Sent: Friday, January 21, 2005 5:20 PM

Subject: Re: I-NERI과제 캡슐시편 배치안

시편 조립하다가 문의드립니다. 장박사님 시편군과 김박사님 시편군에 각각 TEM 시편 case가 있는데요, 하나를 '조금 열어보니 구멍이 2개씩' 있는 것 같네요.

저희쪽에 통보가 않된것 같고, 최종 도면에 표시가 되어 있지 않은 경우,

나중에 IMEF 해체시 두 구멍 시편들이 섞일 가능성이 크군요.. 관련해서, 구멍이 2개씩일 때

1. 각 구멍당 TEM 시편 재질 및 갯수
2. 시편을 각각 구분할 필요가 있는지요?

From: 주기남 **To:** 김희종

Sent: Friday, January 21, 2005 2:22 PM

Subject: Re: 재료 캡슐 제작 사항 통보(2)

첨부 도면을 참조하세요.

1. ---INEI.dwg : 3단 #3의 'LJ' 시편부

2. ---파괴분야.dwg : 5단 전체 시편부

From:주기남 **To:**신 윤택 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 조만순 ; 최명환

Sent: Wednesday, January 19, 2005 12:58 PM

Subject: Fw: 제 35주기 운전후 정지시 작업계획

안녕하세요.. 그동안 협조해주신 덕분에 03M-06U 캡슐의 조사시험이 무사히 완료되어 갑니다. 관련하여 내일 모래(1/21일 금요일) 9시 30분부터 캡슐인출 작업을 수행할 예정입니다. (제방에서 9시 20분경 출발 예정임)
마무리겸해서 금요일 저녁에 (7시) 만년동 '계룡마루동돼지'에서(전에 갔던 곳입니다) 회식을 하고자 합니다.
관련하여 특이사항 있어 연락주시면 참고하겠습니다.

From: 주기남 **To:** 신 윤택 ; 박 승재 **Cc:** 김 봉구

Sent: Friday, January 14, 2005 2:49 PM

Subject: Fw: 캡슐 하단부 출부분 두께 송부

아래와 같은 일정으로 04M-17U 및 04M-22K 캡슐 업무가 진행되고 있으니

관련업무에 참고하시기 바랍니다.

첨부 : bottom guide113.dwg

From: 김희종 **To:** knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Thursday, January 13, 2005 7:04 PM

Subject: 캡슐 하단부 훠부분 두께 송부
안녕하십니까? 박사님의 건강과 행복이 가득 하길 기원드립니다.
요청하신 자료를 아래와 같이 송부 드립니다.

-- 아래 --

1. 캡슐 하단부 훠부분 두께 송부 : 4.3mm #첨부 도면 참조

2. 캡슐 제작일정

- | | |
|------------------|---------------|
| 1) 부품 제작완료 | : 1/22일 |
| 2) 부품 입회검수 KAERI | : 1/24~1/25 일 |
| 3) 시편수정 | : 1/26 일 |
| 4) H/T 권선 | : 1/27 일 |
| 5) 조립 | : 1/28~2/2일 |
| 6) 최종 입회검수 | : 2/3~2/4일 |
| 7) 납품 | : 2/7일 |

From: 주기남 **To:** 김희중 **Cc:** 최명환 ; 김 봉구

Sent: Wednesday, January 12, 2005 11:23 AM

Subject: 재료 캡슐 제작 사항 통보(2)

새해 복많이 받으십시오. 출장다녀온 최박사로부터 관련사항 전달받았습니다.

캡슐 제작과 관련하여 다음 사항을 전합니다.

1. 재료계장캡슐 (04M-17U)

1) 시편 관련

- 1-1) 전부 확보되어 있으니 필요시 인수바람.
- 1-2) 시편 배치가 일부 변경되었으니, 첨부 파일('시편- 조립도-' 의 #2 page)을 참조 바람.
- 1-3) 시편 수정/조립 세부내역은 첨부파일('제작지시사항')을 참조바람.
(시편 세부내역표 중 **청색 부분은** 아직 관련 자료를 확인하지 못했음)
- 1-4) 1-2) 및 1-3)에 의거하여 STS304 재질로 spacer(S)를 제작바람.
- 1-5) 시편 세부 사항을 확인하여 관련 도면을 철저히 작성할 것.
(추후 5단(최하단)은 현재 오종명씨가 작성중이고, 그외 단은 전달 예정인 일부 스케치 도면 참고할 것)

2) F/M 관련 (3 sets)

- 2-1) 첨부파일('FM-')을 참조하여 도면 완성바람.
- 2-2) 1 set을 사용하고 나머지는 크립/핵연료 캡슐에 사용 예정.

3) 열매체부 외부 간격 설계

- 3-1) 첨부파일(gap-)의 '04M-17U' 부분 참조할 것.

2. 조사량 조절용캡슐(04M-22K)에서 다음 사항에 대해 검토바랍니다.

1) Part #6 &7 &25

- 1-1) 장탈착시 풀릴 가능성은 없습니까? (있으면 대비책 필요).
- 2) Part #10, 12, 14 열매체 외경은 04M-17U와 동일하게 제작.
- 3) Part #14 열매체에서 T/C 4, 8 위치 확인 요망.
- 4) Part #16 열매체 외경은 04M-17U와 유사하게 하고, 알루미나 위치는 직상부 gap으로 제작.
- 5) Part #39, 40, 44(번호가 2개나 있음, 번호 체계 확인)... 의 전체도 표시 요망.
- 6) 인출장치 도면 작성 요망.

3. 캡슐 하단부

1) 설계 변경에 대해 인증이 났으니 도면대로 제작하기 바랍니다.

2) Assembly 도면

- 2-1) pin 박음후 staking 해야 합니다. 도면에 표시요함.

3) Part #4

- 2-1) 훠 부분에 물이 차니, 안쪽으로 관통 훠 하나를 추가바람.
- 2-2) 부품 제작하여 무게를 사전 인증바람.
- 2-3) 도면상으로 훠 부분의 바깥쪽 살두께 통보바람.

수고하시기 바랍니다.

첨부 : 제작지시사항.hwp gap-04-17.hwp FM제작사양-050110.hwp 시편배치 - 조립도(04-17-2).ppt

----- Original Message -----

From: 김희중 **To:** knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Sunday, January 09, 2005 11:35 AM
Subject: 조사량 조절용 계장캡슐 도면송부
안녕하세요. 새해 복많이 받으세요
조사량조절용 계장캡슐 도면이 늦어진점 사과 드리며, 첨부와 같이 캡슐 본체부분을 송부 드립니다.
인출부는 긴급하게 설계후 승인 보내도록하겠습니다. 현재 제작중인 캡슐 공정진행은 아래와 같습니다.
----- 아래 -----
1.재료계장캡슐 (04M-17U)
 1)열매체 단차가공대기
2.조사량조절용캡슐(04M-22K)
 1)열매체 시편 HOLE 가공대기 -끝-
첨부 : 04m-22k.dwg

From: Min-Chul Kim **To:** 주 기남 **Cc:** 장 진성
Sent: Thursday, January 13, 2005 5:05 PM
Subject: I-NERI과제 캡슐시편 배치안
원자력재료기술개발부 김민철입니다. 대학캡슐 배치도와 장입시편 종류와 수량에 대한 자료를 보내드립니다.
참고하십시오.
첨부 : I-NERI과제 시편 종류.doc 04캡슐시편배치도_INERI.pdf 04캡슐시편배치도050113_INEI.dwg

From: Min-Chul Kim **To:** knchoo@kaeri.re.kr **Cc:** 이 봉상
Sent: Thursday, January 13, 2005 5:03 PM
Subject: 파괴분야 시편종류 및 배치도
원자력재료기술개발부 김민철입니다. 말씀하신 자료를 첨부합니다.
1. 시편 배치도면(CAD파일)
2. 시편 배치도면(PDF파일)
3. 포장단위별 배치도(word파일)- 지난번 시편과 함께 드린 배치도의 수정본과 장입 시편종류와 수량 기록.
참고하시기 바랍니다. 너무 늦게 드려 죄송합니다.
별첨 : 파괴특성평가 분야 캡슐 배치도.doc 04캡슐시편배치도_파괴분야.pdf 04캡슐시편배치도050113_파괴분야.dwg

From: "Yong-Kyun Kim" <ykkim4@kaeri.re.kr>To: "주기남" <knchoo@kaeri.re.kr>
Sent: Tuesday, January 11, 2005 6:31 PM
Subject: 전자 메일 보내기: FM제작사양-050110.hwp
FM 자료입니다.
첨부 : FM제작사양-050110.hwp

From: 주기남 **To:** 임 인철
Sent: Monday, January 10, 2005 3:51 PM
Subject: Fw: Fw: 조사시험용 캡슐 하단부 설계변경(안) 검토 요청
새해 복많이 받으십시오. 임박사님...
지난 12월 20일 보내드린 캡슐 하단부 설계변경 요청 관련하여
조영갑---류정수 경유하여 임박사님에 전달되는 서류를 검토후 싸인부탁드립니다.
연락주시면 찾으러 가겠습니다.

----- Original Message ----- 한글 2005.lnk

From: 주기남 **To:** ygcho@kaeri.re.kr
Sent: Monday, January 10, 2005 3:47 PM
Subject: Re: Fw: 조사시험용 캡슐 하단부 설계변경(안) 검토 요청
예 편은 빨릴 없으며, 도면에 'pin 박음후 staking' 표시도록 하겠습니다.
----- Original Message -----
From: Yeong-Garp Cho **To:** 주기남 **Cc:** jsryu@kaeri.re.kr
Sent: Monday, January 10, 2005 12:36 PM
Subject: Fwd: Fw: 조사시험용 캡슐 하단부 설계변경(안) 검토 요청

늦어 죄송합니다. 의견입니다.

1. pin은 박으면 뺄수 없는 타입니네요. 뺄일 없으면 OK
2. pin 박음후 staking 해야 합니다. 도면에 표시요함(내부 통신문에는 언급하고 있네요)

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 류정수 ; 조영갑 ; 김봉구 ; 일남진 ; 임인철 **Cc:** 최명환 ; 조만순

Sent: Monday, December 20, 2004 5:52 PM

Subject: 조사시험용 캡슐 하단부 설계변경(안) 검토 요청

조사시험용 캡슐 하단부의 안전성 향상을 위하여 (첨부 회의록 참조)

첨부와 같이 (설계변경 요청서, 내부통신문 참조, 캐드 도면)

'Bolt' 방식에서 'Dowel Pin' 방식으로 설계변경하고자 하오니 검토 부탁드립니다.

1. 해당 신형 하단부는 현재 제작중인 캡슐부터 적용 예정입니다.
2. 설계요청서는 검토의견 수렴후 싸인을 받도록 하겠습니다.

From:주기남 **To:**김희종

Sent: Tuesday, December 14, 2004 9:47 AM

Subject: Re: 설계 개념도 송부 건

수고 많습니다. 두 캡슐 시편 및 열전대 배치도(설명 포함)를 송부하니 반영하시기 바라며, 캡슐 도면 작성에 차질없도록 당부드립니다. (도면 승인전에 검토할 시간을 부탁드립니다)

첨부 : 시편배치 - 조립도(04-17-2).ppt

----- Original Message -----

From:김희종 **To:**knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Friday, December 10, 2004 4:01 PM

Subject: 설계 개념도 송부 건

안녕하세요? 캡슐 과제의 무궁한 발전을 기원 드립니다.

조사량조절용 모의 계장캡슐 설계개념도가 늦어진 점 죄송합니다.

아래와 같이 검토한 안을 보내드리오니 검토하여 연락 부탁드립니다.

----- 아래 -----

1. 재질

- 1) 외통 : 표준품(STS316L)
- 2) 열매체 : AL 1050 표준 및 신규
- 3) 유도관 : STS 304(Φ12*t0.5*372)
- 4) 인출 Wire : STS 304(Φ1*1700)
- 5) 인출용 guide tube : STS 304(Φ3.175*t0.57*1700) 변경

2. 설계개념

- 1) 시편부와 Wire 연결방법 : bolt 연결
- 2) 인출 Wire : STS 304(Φ1*1700) 사용
- 3) top end plug : H/T, T/C, 인출용 GUIDE TUBE 배치도 첨부 도면 참조

4) 시편인양부 : 현재 설계중

- 5) 시편인양부 진공방법

- GUIDE TUBE와 WIRE 사이의 진공처리 어려움으로 시편인양부 전체를 진공가능하도록 설계

----- 끝 ----- 즐거운 주말 보내십시오

첨부 : 조사량조절용.dwg

From:주기남 [mailto:knchoo@kaeri.re.kr]

Sent: Tuesday, November 30, 2004 5:35 PM

To:일남진 **Cc:**조만순; 김봉구 **Subject:** Fw: 계장캡슐시작회의관련건

안녕하세요. 어제(11월 29일(월)) 대우정밀(주)에서 저희실에서 제작구매중인 캡슐 3개에 대한 Kick-Off meeting이 있었습니다.(회의록 참조)

관련하여 첨부한 것과 같은 계획에 따라 캡슐 3개를 제작하고자 하오니

(중성자조절용 캡슐(04M-22K)는 노외 시험용 이므로 QA 품질보증 필요없음)

품질보증 계획과 관련하여 검토하시고 의견 있으시면 주시기 바랍니다.

첨언: 과제수행 계획서는 별도로 보냅니다.

첨부 : 조사량조절용 모의 계장캡슐.doc, 크립캡슬품질보증계획.doc, 계장캡슬품질보증계획.doc, 캡슐 kickoff3.xls, 계장,크립캡슬회의록(11.29).xls, 2004캡슐.ppt

From:김희종 **To:**knchoo@kaeri.re.kr **Cc:**mscho2@kaeri.re.kr

Sent: Tuesday, November 30, 2004 1:13 PM

Subject: 계장캡슐 시작회의 관련건

안녕하십니까? 박사님의 도움에 항상 감사드립니다.

어제 시작회의 한 결과를 아래와 같이 첨부하여 송부 드립니다.

----- 아래 -----

1. 과제수행제안서 1부(파일이 커서 따로송부)

2. 회의록

3. 진행일정

4. 제작수행 계획

5. 시험 검사계획

From: 서철교 **To:** 주기남 **Cc:** 김봉구 님 ; 김현일 님

Sent: Friday, November 26, 2004 7:55 PM

Subject: Re: 03M-06U 및 04M-17U 캡슐 핵적 특성 계산 요청

04M-17U에 대한 발열량을 계산하여 첨부로 보내드립니다. 급한대로 감마 특성 계산만 했습니다.

이전 계산보다 상세 계산을 위하여 제어봉 높이 350, 450, 550 mm에 대해서 계산하였습니다.

중성자속 및 반응도 효과에 대한 추가 계산은 필요한 시점에 전화주시면 수행할 예정입니다.

2004.11.26서철교 드림

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 서 철교 **Cc:** 김 현일 ; 김 봉구 ; 김 용균
Sent: Wednesday, November 24, 2004 8:21 PM
Subject: 03M-06U 및 04M-17U 캡슐 핵적 특성 계산 요청
현재 조사시험중인 03M-06U 캡슐 및 설계제작중인 04M-17U 캡슐에 대한 핵적특성 계산을 의뢰합니다.
1) 03M-06U (30MW CT) : 조사시험중 캡슐
- 1차 04/10/11~10/12(약 1일간) 조사시험 완료
- 2차 04/10/27~11/14(약 18일간) 조사시험 완료
- 3차 35~1,2주기(04/12/27 ~ 05/1/20) 조사시험 예정
2) 04M-17U (30MW CT) : 설계/제작중 캡슐
- 2005년 상반기 36일 조사 예정

요청 세부 사항

1. 04M-17U 캡슐

현재 해당캡슐에 대한 설계/제작 작업이 진행되고 있으니 우선 현 취합상태에서 gamma 특성 계산이 긴급히 필요한 상황입니다.

- 04M-17U 캡슐 시편의 배치는 (첨부 조립도(04-17) 참조)
1) 1,2,3,5단은 10x10x114mm의 사각 bar 4개 형태로 배치
2) 4단은 10x15x114mm의 사각 bar 4개 형태로 배치
3) 시편 재질은 1단:SA508, 2단:STS430, 5단:SM490 단일 시편,
3,4단은 여러 재료가 섞여 있으나, 편의상 각각 STS304, STS316 으로 간주 가능

2. 03M-06U 캡슐

본 캡슐은 아직 3차 조사시험이 진행될 예정이므로 3차 시험 완료후 핵적특성 계산을 수행해 주시기 바랍니다. 03M-06U 캡슐 시편의 배치는 (첨부 조립도(03-06) 참조)

- 1) 1,2단은 10x10x114mm의 사각 bar 4개 형태로 배치
2) 3,5단은 10x15x114mm의 사각 bar 2개(#1,3) + 10x10x114mm의 사각 bar 2개 형태로 배치
3) 4단은 10x15x114mm의 사각 bar 1개(#1) + 10x10x114mm의 사각 bar 3개 형태로 배치
4) 시편 재질은 1단:STS304/316, 2단:SA508/STS304, 3단: STS304/STS430,
4단:Zircaloy-4/STS304/STS430, 5단: STS304/316 으로 되어 있음

3. 기타 사항

1. 03M-06U 캡슐에 대한 주요부 도면은 별도로 송부하겠습니다.
2. 캡슐은 CT 조사공에 0도 시편이(도면 참조) 2시방향 (북: 12시 기준)으로 설치되었습니다.
3. 신규 재료인 STS430(SUS430)에 대한 물성 자료를 첨부하였습니다.
한편 SS490은 Fe 계열의 일반 carbon steel입니다.
4. 최종 계산자료에는 아래의 자료들이 포함되기를 희망합니다.
 - 시험기간중의 원자로 출력/제어봉위치 변화
 - 시편의 중성자 조사량 (0.1MeV 이상 및 1.0MeV 이상 단위)
 - 중성자 스펙트럼
 - 시편의 Gamma heating rate
5. 참고로 유사 캡슐(02M-02K)에 대하여 조사전 계산된 자료는 '계장캡슐 02M-05U의 조사량 평가' 서철교(HAN-RR-CR-920-03-036(2003.7.30)) 이고, 가장 최근에 계산된 재료캡슐 자료는 '계장캡슐 02M-02K의 온도측정 조건에서의 발열량' 서철교(HAN-RR-CR-920-04-033(2004.8.13))입니다.

첨부 : 04m17u(발열량)_ToJOO.xls

From: 김우곤 **To:** '주기남' **Cc:** wsryu@kaeri.re.kr

Sent: Monday, November 22, 2004 7:20 PM

Subject: 조사 인장 시편 (04M-17U 캡슐)

주 박사님 수고 많으십니다.

1. 조사할 스테인리스강의 시편 수량 및 번호는 아래와 같습니다.

- 316NG (시편번호 : 6P16-11-20) : 10ea
- 304UC (시편번호 : 4U53-21-30) : 10ea

총 20개

2. 조사조건

- 조사온도 : 320도

- 요구 조사량 : $14 \times 10^{20} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ (가능한 높게)

3. 재료 물성은 이전의 자료 참고 할 것

시편의 전달은 현재 시편 삭별 번호가 시원 치 않아서 다시 마킹 후 곧 전달하겠습니다.

From: 김봉구 **To:** '임인철' **Cc:** 주기남

Sent: Monday, November 22, 2004 6:05 PM

Subject: RE: 원자로 일정 문제

보내주신 수용방안에 대해 주박사께서 검토할 것입니다. 제가 내일 어머님 기일이라 휴가입니다.

혹 연락하실 일있으시면 주박사에게 연락 바랍니다. 그리고, 내일 크립캡슐 장전이 계획되어 있지요.

From: 임인철 [mailto:iclim@kaeri.re.kr] **Sent:** Monday, November 22, 2004 5:14 PM

To: Dr. H. Kim; Mr. S.Y. Hwang; Mr. J.S. Wu; 한현수 부장님; Dr. B.G. Kim; 성백석 실장님

Cc: Mr. Ahn; Mr. B.J. Jun

Subject: 원자로 일정 문제

한현수 부장님으로부터 내년 2/21에 대만으로 Ir을 신규 수출하는 건이 있어 가능하다면 원자로 운전 일정 혹은 조사공 사용 일정을 조절하여 주었으면 좋겠다는 요청이 있었습니다.

1. 현재 동의된 조사공 사용 계획과 운전 일정

- 35-1 주기: 12/23-12/31, CT 사용: 재료 캡슐
- 35-2 주기: 1/4-1/20, CT 사용: 재료 캡슐
- 1/21-2/7 UPS repair
- 36 주기: 2/11-3/6, CT 사용: 동위원소

2. 수용 방안

- 1안: 35-1, 35-2에서, RI가 CT를 사용하고 재료 캡슐은 IR을 사용한다.
- 2안: CT는 재료 캡슐에서 사용하고 35-2 주기의 운전 일수를 3일 정도 연장한다(1/23까지)
RI는 IR 사용
- 3안: 35-1, 35-2의 조사공 사용, 운전 일정은 그대로 하고 36 주기 운전 중 2/16에 원자로를 정지하였다가, 2/18에 원자로를 다시 기동한다.

3. 부탁 사항

3.1 동위 원소실

- 각 방안에 대하여 계산과 지금까지의 Ir 생산 data base를 이용하여 target activity 달성을 여부를 평가하여 주십시오.
(구축된 data base(출력, 조사일수, 방사능량 관계) 한 번 보면 좋겠습니다.)
- 원자로 운전 일정과 조사공 사용 계획은 미리 지난 10월에 정해져 있었던바 이번 대만과의 계약을 맺은 후진과의 communication을 강화하여 주십시오.

3.2 타 이용 과제: 각 안에 대하여 의견을 주십시오.

3.3 개발실: 35-2 주기 3일 연장 운전시 reactivity에 문제가 없을런지 검토하여 주십시오.

From: 주기남 **To:** 류 우석 **Cc:** 김 우곤 ; 김 성호

Sent: Monday, November 22, 2004 5:47 PM

Subject: Re: 04M-17U 캡슐

류박사님. 김성호, 김우곤 박사님으로부터 의뢰된 시편은

인장시편 40개, 1/2샤피시편 32개로 3200로 최대 조사량 조건으로 정리됩니다.

이에 따라 첨부된 그림(#2)와 같이 최대조사량 부분인 3/4단에 시편들을 배치하려고 합니다.

3단 : R5-8 (1/2 샤피 4x4=16개)

4단 : R1-4 (인장 4x10=40개)

R9-12 (1/2 샤피 4x4=16개)

검토하시고 의견있으시면 주시기 바랍니다.

(다른 부분은 그전 캡슐 시편 배치 자료로 무시하시기 바랍니다.)

본 캡슐은 총 8개 이용자들 시편이 장입되는 복잡한 캡슐로 현재까지 시편 배치가 진행되고 있어 정확치는 않으나, 아직 공간 여유가 있는 듯하니 참고하시기 바랍니다.

첨부 : 시편배치 - 조립도(04-17).ppt

From: 김성호 **To:** knchoo@kaeri.re.kr **Cc:** 류 우석

Sent: Friday, November 19, 2004 4:47 PM

Subject: 04M-17U 캡슐

수고가 많으십니다. 시편을 미리 준비했어야 하는데 많이 늦었습니다.

Cr-Mo강의 현재 상황은 다음과 같습니다.

1. 04M-17U 캡슐에 장입할 시편

- 인장시편 : 02M-05U에 장입했던 것과 동일한 4가지 Cr-Mo강 (FM, FN, FW, FT1)에 대해 5개씩 모두 20 개. (현재 가공된 상태)

- 1/2 충격시편 : FN과 FT1 2개 Cr-Mo강에 대해 각각 16개씩 모두 32개의 1/2크기 충격시편은 가공된 상태이나, pre-crack을 만들어야 하는데 장비 문제 (이봉상 박사 쪽에 부탁하려 했는데 이박사도 pre-crack 만들 것이 많아 도움을 받지 못하고, 우리 MTS를 이용해서 가공할 예정)로 12월에나 시편이 모두 준비될 것 같음.

2. 희망 조사량과 조사온도

- 조사온도는 이전 02M-05U와 동일한 320°C 정도로 하고, 조사량은 이전 보다 많아야 할 것임.

From: jslee **To:** 주기남

Sent: Tuesday, November 16, 2004 1:43 PM

Subject: 2004 하나로 조사시편 수량 및 시험 조건

안녕하십니까 박사님. KAIST 이주석입니다.

첨부파일은 금번 하나로 조사예정 시편 내력 및 케이스이며, 아래의 표는 4 종의 ODS 강화학조성입니다.

Materials	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Al	Ti	N	Y	Y ₂ O ₃
19Cr (K1)	0.05	0.041	0.06	<0.005	0.002	18.37	0.29	<0.01	0.28	0.014	0.29	0.368
14Cr-4Al (K2)	0.04	0.033	0.06	<0.005	0.002	13.64	1.65	4.12	0.28	0.009	0.30	0.381
16Cr-4Al (K3)	0.08	0.033	0.06	<0.005	0.002	16.00	1.82	4.59	0.28	0.006	0.29	0.368
19Cr-4Al (K4)	0.09	0.039	0.06	<0.005	0.002	18.85	1.83	4.61	0.28	0.005	0.29	0.368

첨부 : 2004 하나로 조사시편 종류 및 수량-KAIST.pdf

From: 주기남 **To:** jslee

Sent: Thursday, November 11, 2004 9:26 AM

Subject: Re: 하나로 조사시편 - KAIST

안녕하세요. 캡슐 조사온도를 맞추기 위해 저희가 시편에 대한 핵설계 및 온도설계를 해야 합니다.

이에 ODS 강에 대한 조성, 밀도, 열전도도, 열팽창계수가 필요하니 가능한 자료를 보내주시기 바랍니다.

(360°C에서의 자료가 필요하며, 없으면 상온 및 추정자료라도 주시기 바랍니다)

그리고 소형시편에서 gage가 5mm라면... 길이는요?

case 내부 규격도 필요합니다(지난 것이면 reference라도 주시길) 시편가져 오실때 준비하여 주시기 바랍니다.

From: jslee **To:** 주기남

Sent: Tuesday, November 09, 2004 10:15 AM

Subject: Re: 하나로 조사시편 - KAIST

첨부파일에 조사시편 수량과 종류 그리고 시편 케이스 크기 및 수량을 명기 하였습니다.

그리고 조사량은 가능한한 많이 조사가 되었으면 좋겠습니다. 협조에 감사드립니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** jslee

Sent: Monday, November 08, 2004 5:51 PM

Subject: Re: 하나로 조사시편 - KAIST

예 그렇게 하도록 하세요. 가능하면 이번에 조사시험하실 시편(케이스 포함) 목록을 먼저 보내주시면 업무 진행에 도움이 될 듯합니다.

----- Original Message -----

From: jslee **To:** 주기남

Sent: Monday, November 08, 2004 4:12 PM

Subject: 하나로 조사시편 - KAIST

안녕하십니까 KAIST 이주석입니다.

하나로를 이용한 시편 조사와 관련해서 시편 인도가 늦어진점 대단히 죄송스럽습니다. 현재 시편 훌더들은 가공이 완료된 상태이며 시편도 거의 완성이 되었습니다. 하여 금주 주말정도면 시편 인도가 가능하리라 판단되오나, 이번주 수요일부터 주말까지 제가 출장인 관계로 부들이 다음주 초에 (11월 15일) 연구소로 직접 배달해 드리도록 하겠습니다. 시편인도가 늦어진점 다시한번 사과 드립니다.

첨부 : 2004 하나로 조사시편 종류 및 수량-KAIST.doc

From: 주기남 **To:** 고진현 ; 최용

Sent: Thursday, November 11, 2004 11:41 AM

Subject: TEM 시편 케이스 재질 문의

안녕하세요. 최교수님, 고교수님

최종 시편배치를 하고 있는데요. 다음 사항을 확인하여 주시기 바랍니다.

1. TEM 시편 case 재질(조성) 및 물성(밀도, 열전도도, 열팽창계수)
2. 고진현 교수님의 TEM 시편(용접시편) 재질(조성)
3. CT 시편의 재질(조성) 및 물성(밀도, 열전도도, 열팽창계수)
4. 예산 부족관계로 연구소 시편들을 모집하다보니
 공간이 여유없을지도 모르니, 고교수님의 CT 시편중(10개) 시험 우선순위 등을 알려주시기 바랍니다.

From: 주기남 **To:** 김 용균

Sent: Wednesday, November 10, 2004 10:44 AM

Subject: 신규 F/M 제작 요청

바쁘시죠. 이번 연말에 캡슐 3sets 제작 구매를 하고 있습니다. 관련하여 F/M 3sets 제작을 부탁드립니다.
12월 중순까지 해주셨으면 합니다.

From: 박승재 **To:** 주 기남

Sent: Thursday, October 14, 2004 5:21 PM

Subject: 소급재료 송부요망

04M-17U 캡슐 제작관련입니다. 공작실 윤기병씨로부터 소급재료에 대한 자료를 요청 받았습니다.

아래와 같이 정리하여 내일 아침까지 송부하여주시면 감사하겠습니다.

품명, 사양, 단가, 수량

히터, 열전대, F/M 등....

첨부 : 04M-17K소급자재목록.hwp

From: 권상철 **To:** Bong Goo KIM(김봉구) ; 이봉상 : knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Sunday, October 31, 2004 6:53 PM

Subject: 조사캡슐 이용

권상철입니다. 자료를 늦게 제출하여 죄송합니다.

1주일 정도 시간을 주시면 첨부 내용에 더 추가할 것이 있읍니다만, 안되면 첨부한 시료만이라도 장입하였으면 합니다.

첨부 : 조사시험 캡슐 이용 계획.hwp

From: 주기남 **To:** 박승재

Sent: Thursday, October 07, 2004 1:51 PM

Subject: Re: 04M-17U시방서입니다. 수정 후 최종본 송부 바랍니다.

절차서 수정본을 보냅니다. 임남진 실장의 동의용서류배포전은 제가 사인을 얻어 놓았습니다.

다음 기회에 전달하도록 하겠습니다.

첨부 : 04M-17U 캡슐구매시방서.hwp

From: 박승재 **To:** 주 기남

Sent: Tuesday, October 05, 2004 4:27 PM

Subject: 04M-17U시방서입니다. 수정 후 최종본 송부 바랍니다.

첨부 : 04M-17U 캡슐구매시방서.hwp

From: 주기남 **To:** 박 승재

Sent: Wednesday, September 22, 2004 11:29 AM

Subject: 구매시방서 및 기술시방서 송부

안녕하세요. 1차 작성된 04M-22K 캡슐의 구매시방서/기술시방서를 보냅니다.

관련하여 다음 사항을 참고하시기 바랍니다.

1. 공용 PC에 '동의용서류배포전, 시방서' list에 등록하시기 바랍니다. (어제부로 하나 안한듯....)

2. p.12의 '6.10 하단부 스포팅---' 부분변경

3. p.14의 '8 - (6) ---' 부분변경 (Zircaloy 안씀)

첨부 : 04M-22K 캡슐구매시방서.hwp

To: 김 인섭 ; 최 용 ; 최 진일 ; 김 용수 ; 주기남 **Cc:** 김 봉구 ; 전 상환 ; 전 상환2 ; 이 주석 ; 박 승재

Sent: Wednesday, September 22, 2004 10:21 AM

Subject: Re: 회의록 검토

안녕하세요. 아래의 지난번 이용자 회의 결과를 기반으로 해서 2004년도 캡슐(22M-17U)을 현재 구매제작하고 있습니다.

이에 각 대학에서는 캡슐 설계를 위해 필요한 **조사시험할 시편의 최종 명세(규격, 수량, 재질, 조사조건(온도,**

조사량), 기타사항)를 조속히 보내주시기 바랍니다.

또한, 회의에서 협의된 대로 10월말까지 시편을 저희에 인도하는데 차질없으시기를 바랍니다.

추신: 단국대 및 한양대에서는 'http://hanaro4u.kaeri.re.kr/'을 방문하셔서

'재료 조사시험용 계장캡슐' 분야의 '이용신청서'를 작성하여주시기 바랍니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 김 용수 ; 최 진일 ; 최 용 ; 김 인섭 **Cc:** 이 주석 ; 전 상환2 ; 전 상환 ; 주 용선 ; 김 도식
Sent: Wednesday, July 07, 2004 1:04 PM

Subject: Fw: 회의록 검토

안녕하세요... 지난 7월 2일 연구소에서 개최된 '캡슐 이용자 회의' 회의록입니다.

검토하시고 의견주시기 바랍니다. 이번 주말까지 부탁드립니다.

----- Original Message -----

From: 김봉구 **To:** 주기남 **Cc:** 손재민

Sent: Wednesday, July 07, 2004 12:58 PM

Subject: 회의록 검토

지난 7월2일 회의록을 손재민씨 검토의견을 추가하여 보냅니다.

참석자들에게 검토의견을 요청하고, 가능한 빠른시일 내에 최종처리되도록 부탁합니다.

최종회의록으로 김영진 부장에게 보고할 예정입니다.

From: 주기남 **To:** 박승재

Sent: Tuesday, September 21, 2004 1:03 PM

Subject: Fw: 도면송부

대우에서 받은 도면입니다. 이걸루 신운택씨가 했다고 했거든요...??

아마 저장시 도면하나가 '*.bak'으로 저장되었지 않나 쉽네요...

두 파일 모두 확인좀 해주세요...

그리고 시방서는 첨부된 변경 양식 형식을 활용하세요...

최근에 QA 임남진 실장의 지적에 따라 변경된 형식이라고 합니다. 감사드리며....

첨부 : 조사시험 절차서-변경 양식.hwp 05U-000.dwg

From: 주기남 **To:** 박승재

Sent: Tuesday, September 21, 2004 10:15 AM

Subject: Re: 자료요청

안녕하십니까. 현재 대학시편들의 시료 상황이 완료되지 않았습니다.

따라서, 아직 세부 설계를 들어가지 못하고 있습니다.

우선 구매에 필요한 전체도면(1장)이 필요합니다.

관련하여 대략적인 시편 배치는 첨부표(-시편부.hwp)와 같은 를내에서 움직입니다.

또한 첨부한 캐드 도면은 신규 하단부를 포함한 최근 캡슐(03M-06U) 도면입니다.

우선 도면에서 5,4,3, 1단(위에서부터, 올해부터 사람들이 그동안 너무

헷갈린다 하여 기존 아래부터 1,2,3...단 개념을 바꾸려고 함))은 그대로 두고

2단은 0도 시편을 복사해서 90.180/270도 위치에 넣으면 될듯 합니다.

다른 자료는 정해지는 대로 계속 추가해 드리도록 하겠습니다.

첨부 : 05U-000.dwg 04M-17U 시편부.hwp

----- Original Message -----

From: 박승재 **To:** 주기남

Sent: Monday, September 20, 2004 6:13 PM

Subject: 자료요청

04M-17K 캡슐관련입니다. 도면작성을 위하여 아래의 내용이 필요합니다.

바쁘시겠지만 신속한 업무추진을 위하여 자료를 주시면 감사하겠습니다.

1. 시편종류 및 배치도

2. 열매체 gap 설계도

3. 열전대 설치위치

4. F/M 설치위치

5. 기타 지시사항 등 캡슐 설계에 필요한 사항

From: Woo-Seog Ryu **To:** '주기남'

Sent: Monday, September 20, 2004 7:03 PM

Subject: RE: 캡슐조사시험관련

주 박사, 감사합니다.

시편 내역은 곧 알려드리겠습니다. 현재로서, 예전과 같은 인장시험편 4 세트와 한 단의 길이방향으로 빈 공간에 충격시편 약간량을 장입하고자 합니다.

경비는 곧 계정이체 하겠습니다.

-----Original Message-----

From: 주기남 [mailto:knchoo@kaeri.re.kr] **Sent:** Monday, September 20, 2004 6:41 PM

To: 류 우석

Subject: 캡슐조사시험관련

Importance: High

안녕하십니까... 류박사님

일전에 아래와 같이 협의한바(1단 사용, 1,500만원 비용) 캡슐을 설계/제작/구매 업무를 시작하려고 합니다.

관련하여

1. 장입할 시편 내역 및 조사조건을 알려 주시기 바랍니다. (약 1단 부피)

2. 해당 금액을 저희실 과제인 74240-04(하나로이용활성화: 강영환) 과제로

계정이체 하여 주시기 바랍니다.

감사드리며...

From: 주기남 **To:** 주기남 ; 이 봉상

Sent: Monday, September 20, 2004 6:37 PM

Subject: Re: 조사시험 캡슐 이용자 문의

안녕하십니까... 일전에 아래와 같이 협의한바 캡슐을 설계/제작/구매 업무를 시작하려고 합니다.

관련하여

1. 장입할 시편 내역 및 조사조건을 알려 주시기 바랍니다. (약 0.5단 부피)

2. 해당 금액을 저희실 과제인 74240-04(하나로이용활성화:강영환) 과제로 계정이체 하여 주시기 바랍니다.

감사드리며...

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 이 봉상

Sent: Wednesday, July 28, 2004 5:04 PM

Subject: Fw: 조사시험 캡슐 이용자 문의

이박사님께... 안계셔서 메일보냅니다.

아래 메일과 관련하여 구두로 협의하였던바

'파괴특성-' 과제에서 10% 참여하는 것으로 내부적으로 확정하였습니다.

이에 관련예산을(750만원) 확보하여 주시기 바라며,

추후 저희쪽 계정으로의 계정이체를 요구할 것임을 알려드립니다.

다 휴가갔습니까... 도통 안뵈는게...

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 김 영석 ; 정 용환 ; 류 우석 ; 이 봉상 **Cc:** 김 봉구

Sent: Monday, July 05, 2004 10:36 AM

Subject: 조사시험 캡슐 이용자 문의

안녕하십니까? 다른아니라, 2004년도 대학들의 하나로공동이용활성화 사업의 일환으로 조사시험용 계장캡슐을 제작/조사시험하고자 하고 있습니다.

대학의 예산 부족상 캡슐의 일정부분을(약 50%) 공동으로 활용하고자 하는 이용자를 문의중입니다.

캡슐은 300~400C에서 최대 0.6xE(21) n/cm^2 까지 조사될 예정입니다.

소요 예산은 캡슐제작비, 조사비, 해체비 등을 포함하여 약7,500만원이 소요되므로

참여 비율에 따라 조정될 것입니다.(조사후 시험비용은 추후 이용자별 별도 부담)

(대학 주체 캡슐의 경우 조사비, 해체비 등에서 최저요율로 적용됩니다)

관심있으시면 7월 15일까지 연락주시면 세부내용을 협의하겠습니다.

캡슐 제작 일정은

7월말 개별설계

10월말 시편 인도

12월말 캡슐 제작

05년 2월 조사시험 (예정)으로 추진할 계획입니다.

From: 박승재 **To:** 주 기남

Sent: Monday, September 20, 2004 6:13 PM

Subject: 자료요청

04M-17K 캡슐관련입니다. 도면작성을 위하여 아래의 내용이 필요합니다.

바쁘시겠지만 신속한 업무추진을 위하여 자료를 주시면 감사하겠습니다.

1. 시편종류 및 배치도
2. 열매체 gap 설계도
3. 열전대 설치위치
4. F/M 설치위치
5. 기타 지시사항 등 캡슐 설계에 필요한 사항

From:주기남 **To:**신 윤택

Sent: Monday, September 20, 2004 2:17 PM

Subject: Fw: 견적서 송부 건

대우 김희중 과장으로부터 일전에 받은 견적서입니다. 참고하시기 바랍니다.

첨부 : 중성자 조사량조절용캡슐(04M-01U)설계제작.xls

----- Original Message -----

From:김희중 **To:**knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Monday, September 13, 2004 10:40 AM

Subject: 견적서 송부 건

안녕하십니까? 항상 박사님의 도움에 항상 감사드리며, 중성자 조절용 캡슐(Mock-up) 견적을 작성하여 송부드립니다. 아래와 같이 원가상승 요인으로 견적가격이 높은 점 양해하여 주시면 감사하겠습니다.

----- 아래 -----

1. 외통과 양단의 end plug 나사조립방식
2. 나사결합부위 수조 10M 방수기능
3. 4단 5단 열매체를 하나로 제작 (238mm)
4. Junction Box 수리
5. 시편인양부 설계제작(진공 유지)

From: 주기남 **To:** 신 윤택 ; 최명환 ; 김 봉구 ; 박 승재

Sent: Monday, September 20, 2004 2:13 PM

Subject: 오늘 오전 회의록 관련

안녕하세요. 오늘 오전 회의록입니다. 검토하시기 바랍니다.

추신: 첨부 파일은 회의시 배포했던 캡슐 제작 일정표입니다.

첨부 : 캡슐 회의록 04-9-20.hwp

From:주기남 **To:**박승재 ; 신 윤택 ; 최명환

Sent: Monday, September 20, 2004 9:02 AM

Subject: Fw: 캡슐 구매 관련

올해 캡슐 구매와 관련하여 10시경 김박사님 방에서 회의 좀 할 수 있는지요?

----- Original Message -----

From:김봉구 **To:**주기남

Sent: Sunday, September 19, 2004 9:25 AM

Subject: Re: 캡슐 구매 관련

지난 번 이용자들과 회의시, 시편 및 조사요구조건 등을 7월 말까지 제출되도록 하였고, 시편도면/규격 및 시편 인도는 10월말까지로 기억하고 있습니다. 그리고, 소내 이용자들과 협의를 진행하였고... 캡슐제작비/중성자 이용료 등등은 자체사업인 "조사시험 기술지원사업"(책임자 : 강영환, 계정번호 : 73470-04)으로 입금되게 협의된 바 있습니다. 현황이 어떤지요?

월요일(20일) 오전 10시경부터 관련자(최명환, 신윤택, 박승재)들이 모여 회의를 하면 좋겠습니다.

(오후 회의때 하면 시간이 길어질 것 같으니까요)

----- Original Message -----

From:주기남 **To:**김 봉구

Sent: Friday, September 17, 2004 11:24 AM

Subject: 캡슐 구매 관련

안녕하세요. 캡슐 제작일정을 잡아보았습니다. 검토해 보시기를....

머리속에 있던 걸보다 실제 기간상 상당히 빠르하군요... (특히 10월 중순까지는...)

표에서 제작관련 담당할(녹색 부분) 사람을 선정해 주시면 협의하여 추진해 나가겠습니다....

첨부 : 중성자조절캡슐-설계 제작 구매 시험 일정.hwp

From:김봉구 **To:**주기남

Sent: Sunday, September 19, 2004 9:25 AM

Subject: Re: 캡슐 구매 관련

지난 번 이용자들과 회의시, 시편 및 조사요구조건 등을 7월 말까지 제출되도록 하였고, 시편도면/규격 및 시편 인도는 10월말까지로 기억하고 있습니다. 그리고, 소내 이용자들과 협의를 진행하였고...

캡슐제작비/중성자 이용료 등등은 자체사업인 "조사시험 기술지원사업"(책임자 : 강영환, 계정번호 : 73470-04)으로 입금되게 협의된 바 있습니다. 현황이 어떤지요?

월요일(20일) 오전 10시경부터 관련자(최명환, 신윤택, 박승재)들이 모여 회의를 하면 좋겠습니다. (오후 회의 때 하면 시간이 길어질 것 같으니까요)

----- Original Message -----

From:주기남 **To:**김 봉구

Sent: Friday, September 17, 2004 11:24 AM

Subject: 캡슐 구매 관련

안녕하세요. 캡슐 제작일정을 잡아보았습니다. 검토해 보시기를...
머리속에 있던 겉보다 실제 기간상 상당히 빽빽하군요... (특히 10월 중순까지는...)
표에서 제작관련 담당할(녹색 부분) 사람을 선정해 주시면 협의하여 추진해 나가겠습니다....

From: 주기남 **To:** 김봉구

Sent: Thursday, September 16, 2004 7:46 PM

Subject: 과제 진도 관련

안녕하세요. 과제 진도 관련하여 겸로 및 도움을 청합니다.

퇴근후 좀 조용하면 협의드리려 했었는데...

영어검토 보다보니 좀 늦었습니다.(내일 드릴 예정)

현재 재료분야 가장 현안으로 되는 것이

캡슐 2개를(중성자조절/대학활성화) 설계/제작하는 업무의 지연인듯 합니다.

중성자 캡슐은 계획서상 8월말에 제작완료되는 것으로 되어 많이 늦은 상태이고,

대학 캡슐은 10월에 구매하는 것으로 계획되어 있습니다.

관련하여 아무래도 취합 및 기술 설계 등등은 제가 해야겠지만

'구매/검사/제작' 업무는 지원을 받아야 할 것 같습니다.

(물론 부장님이 연구원 구매를 권고하셨지만, 제가 감독자로

지정되고, 구매싸인을 제가 받으면 되지 않나 싶네요)

생각보다 구매시에 필요한 서류들이 많고 또한 제대로 낙찰되도록

신경써야 하는 점 등이 있어 통례로 캡슐구매는 돌아가며 지원을 받았습니다.

연구계획서 작성시에는 중성자 캡슐은 순번상 박승재씨가,

대학캡슐은 신윤택씨 담당으로 작성하였으나, 본인들의 확답은 듣는

기회는 없었습니다. (연재 상황에선 중성자는 신윤택씨가(그동안 몇번

기술 관련 얘기한 적 있음), 대학 캡슐은 박승재씨가 하면 어떨까 합니다)

현재 중성자 캡슐 구매용 도면수정을 신윤택씨에 부탁해놓았으나,

이런저런 사유로 진척이 되지 않는 상태입니다.

이제 또 추석이 다가오고, 시간이 더 빠르게 지나갈 것 같아

다들 바쁜 와중에서, 제가 얘기해도 될것 같지 않고 해서....

정리도 할겸해서 적어 보았습니다.

요즘 말로 하다보니 자꾸 실수하는 것이 생겨서....

오히려 글로 정리하는 것이 좋은듯 싶습니다.

겸로하여 보시고 다음주 회의시 언급할 수 있었으면 합니다.

From: 김봉구 **To:** 주기남

Sent: Monday, September 13, 2004 8:24 PM

Subject: Re: '대형연구시설공동이용활성화분야' 관련 형황 정리

주 박사, 여러모로 고민하여 작성하느라 고생했습니다.

아마도 내가 작성요지를 제대로 전달하지 못한 모양이군요.

과기부와 KISTEP에 가서 협의하기 위한 요지로 부탁한 것인데.

첨부 문서를 가지고, 위 기관에 가서 협의하기는 어렵다고 생각됩니다.

그래서, 바쁘겠지만, 협의하기 위한 자료 3~4쪽으로 정리 부탁합니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 강영환 ; 김봉구

Sent: Monday, September 13, 2004 6:16 PM

Subject: '대형연구시설공동이용활성화분야' 관련 형황 정리

안녕하세요. '대형시설---' 관련 현황을 정리하였으니 검토하여 주시기 바랍니다.

첨부 : 내부통신문-2004년하나로이용연구 캡슐 예산-KISTEP.hwp

From: 주기남 **To:** 주기남 ; 신윤택 ; 손재민 ; 박승재 ; 김봉구 ; 강영환 ; 조만순 ; 최명환

Sent: Monday, September 13, 2004 4:12 PM

Subject: Re: 절단기 절단날 손상 분석/대책

아래와 같이 1차 송부하였던 내용에 대해 추가로 수행한 절단날의 경도 결과를 추가에 따른 일부 내용변경이 있으니 참고하시기 바랍니다.

주요 추가 내용은

1. 예상대로 2차로 제작된 절단날의 경도가 731Hv로

기존의 668Hv에 비해 증가되었음을 알 수 있었습니다.

2. 이에 따라 신규 제작은 경도값 640 / 680Hv 2종류로 제작하기로
제작업체와 협의하였습니다.

첨부 : 내통04-28(절단날 손상).hwp

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 신 윤택 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 조만순 ; 최명환

Sent: Thursday, September 09, 2004 10:59 AM

Subject: 절단기 절단날 손상 분석/대책

안녕하세요. 지난달 보호관 절단 작업시 손상된 절단날에 대한 손상원인과 대책을 작성해 보았습니다.
검토하시고 의견 있으시면 주시기 바랍니다.

공용 PC가 수리중이라 문서번호는 따지 못했습니다.

현재 절단날 제작건은 대전의 전문업체와 협의하고 있습니다. (100여만원 예정)

From: 주기남 **To:** 신 윤택

Sent: Tuesday, September 07, 2004 7:30 PM

Subject: Fw: 도면송부

신윤택씨... 대우도면을 전달합니다. 도면수정 시간 좀 내주세요...

그리고 가능한 구매를 서두르고 싶으니 구매서류도 준비해야 하는데요...

김과장이 이번주까지 세부명세서 보내준다고 했던 했습니다. 시간 잘 아껴서 도와주세요....

From: 김희중 **To:** knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Tuesday, September 07, 2004 6:00 PM

Subject: 도면송부

안녕하세요. 박사님의 관심과 배려에 감사드립니다. 당사 사정으로 설계부분지원이 미흡한점 사과드리며 요청하신 도면을 송부 드립니다.

첨부 : 05U-000.dwg

From: 주기남 **To:** 김 희중

Sent: Tuesday, September 07, 2004 5:44 PM

Subject: Re: 2004년 캡슐 설계/제작 관련

안녕하세요. 저희 일정이 지연되고 있어, 일단 구매처리부터 하려고 합니다. 견적서를 속히 보내주시기 바랍니다. 그리고 03M-06U 캡슐 캐드파일을 우리가 확보하고 있지 못하니 급한대로 전체도면 1장만 보내주시기 바랍니다. (일단 구매용으로 전체도면 수정을 우리가 하려고 합니다)

첨부서류(전에 보낸 서류) 끝 부분에 제작 지시사항을 추가하였습니다.

첨부 : 내통04-23(중성자조절캡슐-설계개념).hwp

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 김 희중

Sent: Tuesday, August 31, 2004 4:55 PM

Subject: 2004년 캡슐 설계/제작 관련

안녕하세요. 첨부한 캡슐의 설계/제작을 시작하려고 합니다. 아시다시피 올해부터는 저희실 방침상 구매/제작 전에 사전 서류준비가 보다 철저히 진행되어야 할 것 같습니다. 본 캡슐은 제가 일전에 개념도를 드리고 언급했던 것으로 올해는 목록설계/제작에 1차 목표를 두고 있습니다. (하나로 품질 QA 등은 생략) 관련하여 첨부서류를 1차 검토하시고 서로 의견교환 및 기술/일정 등에 관한 협의를 시행하고자 하니 연락주시기 바랍니다.

참고로 본 캡슐과 동시에 일반 조사시험용 캡슐 1개를 구매/제작할 예정입니다.

첨부 : 중성자조절캡슐-설계개념.hwp

From: 주기남 **To:** 신 윤택 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 조만순 ; 최명환

Sent: Tuesday, August 03, 2004 2:37 PM

Subject: 중성자용 조절용 캡슐 개념설계 검토 요청

안녕하세요. 재료캡슐 분야의 04년 업무중의 하나인 '중성자 조사량 조절용 캡슐'에 대한 설계개념을 정리하였습니다. 제작쪽의 자료가 없어 여기저기 조금씩 편집하여 작성하였습니다.

일부 파일화가 않되어 조만간 Hardcopy 본으로 배포하려 합니다.

검토하여 의견주시기 바라며, 관련하여 제 휴가후(8/5~8/11) 협의할 수 있도록 하겠습니다.

의견 수렴/반영후 제작회사와 부품/재료 구입 및 제작기술 협의 등 실무적인 업무를 수행하려고 합니다.

첨부 : 중성자조절캡슐-설계개념.hwp

From: 김봉구 **To:** 주기남

Sent: Thursday, July 29, 2004 4:31 PM

Subject: 내부통신문-2004년하나로이용연구 캡슐 예산안-김봉구 검토-2-040729

첨부 : 내부통신문-2004년하나로이용연구 캡슐 예산안-김봉구 검토-2-040729.hwp

From: 강영환 **To:** 김봉구 ; 주기남

Sent: Wednesday, July 28, 2004 3:23 PM

Subject: Re: 2004년도 원자력연구기반확충사업 캡슐 예산안

의견 보냅니다.

- 내 의견으로는 기본 추진방향은 과학이나 대과제책임자 의견을 들어야 할것으로 알고, 이용자들의 자금사정을 토대로 KISTEP 담당자와 협실안에 대한 접근을 초기부터 하여야 할것으로 보임.

- 다시말하여 이용자별 예산중 조사시험에 할애하는 예산이 24% (*)이며 조사후시험에 16% 이어 당초의 취

지에 계속 어긋납니다.

(* 조사시험 투입예산백분율: 김인섭 800/2000= 40%, 김용수 400/2300=17.4%, 최진일 400/2200 =18.2%, 최용 700/3000=23.3%)

- 매년마다 이용자들이 둘일인이지만 연구소 의존도가 더욱 커가고 있습니다. 그러므로 앞날을 생각하여야 싯점이어 과제원이 함께 의견 수렴도 해볼아야 할것임.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 강영환 ; 김봉구

Sent: Wednesday, July 28, 2004 1:59 PM

Subject: 2004년도 원자력연구기반확충사업 캡슐 예산안

안녕하세요. 지난 7월 2일 대학 이용자회의시 캡슐(04M-17U) 예산 부족과 관련하여 7월말까지 예산(안) 및 과제수행 여부를 통보하기로 한바 첨부와 같이 캡슐 예산안을 정리하였으니, 검토하여주시기 바랍니다.

첨부 : 내부통신문-2004년하나로이용연구 캡슐 예산안.hwp

From: 김도식 **To:** 주기남 **Cc:** 주용선 실장님 ; 송웅섭 ; 오완호

Sent: Wednesday, July 21, 2004 4:17 PM

Subject: 조사캡슐 반입 작업일정 조정 요청

주기남 박사님께 안녕하십니까?

7월 26일(월) 예정되었던 캡슐(02M-02K) (핵연료이송용캐스크 이용) 및 잔류보호관(트리가 캐스크 이용) 이전 및 관련 작업이 하나로 쪽의 사정으로 연기됨에 따라 저희 IMEF에서의 일정도 변경되어야 겠지요.

작업을 담당하실 분들의 하기 휴가일정에 따라 8월 5일 ~ 8월 20일까지는 IMEF에서의 작업이 이루어지지 못함을 알려드립니다. 위의 날짜를 제외하고 일정을 잡아 주시기 바랍니다.

From: 주기남 **To:** 정용환(Yong Hwan JeongW) **Cc:** 김봉구

Sent: Tuesday, July 20, 2004 11:17 AM

Subject: Re: 조사시험 캡슐 이용자 문의

안녕하세요. 정박사님.. 바쁘신 가운데도 여러가지 검토/배려해 주심에 감사드립니다.

아래 하나로 조사비용에 대해서는 저 개인적으로도 관련비용을 경감하여야 한다고 생각하고 있습니다.

관련하여 저희 부서에서도 관련부서 및 정책결정 line에 해당 문제를 몇차례 건의한 바 있습니다...

아직 미흡한 정도 많지만 저희 관련기술도 국제경쟁력을 갖추기 위하여 아직 필요한 수순이라 생각됩니다.

따라서, 수행하시는 국제연구와 관련하여 HRPL나 아래 언급된

Studsvik과 관련된 소요예산 자료를 주시면 저희 정책개발에 많은 도움이 될것 같으니 도와주시기 바랍니다.

From: 주기남 **To:** 김봉구

Sent: Tuesday, July 20, 2004 9:59 AM

Subject: Fw: 조사시험 캡슐 이용자 문의

아래 메일내용은 우리 캡슐의 국제 경쟁력 관련문제로 참고하실 필요가 있으신 것 같아 보내드립니다.

추가로 아래 백종혁박사 추정비용에는 중성자 조사비가 계산되지 않았으며,

또한 연구소 독자캡슐로 만들 경우, 중성자 요율이 11%에서 30%로,

캡슐해체비도 1000만원에서 2500만원으로 증액되어 소요금액이 더 커질 것입니다.

From: 주기남 **To:** 권상철

Sent: Tuesday, July 20, 2004 9:50 AM

Subject: Fw: 조사시험 캡슐 이용자 문의

아래와 같이 문의한 바 남아있는 캡슐공간 50%중 류우석 박사와 이봉상 박사가 각각 20%, 10% 정도 사용의사를 나타낸바 아직 남는 20% 이용자를 찾고 있습니다.

혹시 권박사님 과제에서는 올해 조사시험을 수행하실 의향이 있으신지 문의드립니다...

From: 정용환(Yong Hwan JeongW) **To:** 주기남

Cc: 최병권 ; 김준환 ; 김현길 ; 박상윤 ; 박정용 ; 방제건 ; 백종혁 ; 이명호

Sent: Monday, July 19, 2004 9:20 AM

Subject: Fw: 조사시험 캡슐 이용자 문의

주박사 호의에 감사드립니다. 내부적으로 검토를 해보았는데

중성자조사량이 낮고, 총비용이 너무 많이 들어서 이번에는 참여하기 어려울것 같습니다.

내년에 다시한번 고려해 보겠습니다.

----- Original Message -----

From: 백종혁 **To:** '정용환(Yong Hwan Jeong)'

Sent: Monday, July 19, 2004 9:02 AM

Subject: RE: 조사시험 캡슐 이용자 문의

정 박사님, $6 \times 10^{\wedge}20$ n/cm \wedge 20 조사량은 지난번 시험의 약 2배 정도로 K-피블관의 인장 및 경도 변화에는 영향을 다소 미칠 것입니다. 그러나 여기서 얻은 결과는 향후 상용로 인허가 자료로 활용은 전혀 불가능합니다.

또한 캡슐 제작비(약 3,800 만원) 및 해체비/IMEF 시험비(약 5,000천 만원), 시편제작비(약 1,000 만원)등을 고려하면 효율성이 많이 떨어지는 것 같습니다. 그 비용이면 Studsvik에서 준비 중인 시험도 가능한 금액입니다. 시간적으로도 금년(2004년)에 시작한다고 해도 최종 data는 얻는데 까지 최소 2년이상이 소요되어 2006년이 될 것으로 예상됩니다. 결론적으로, 상기 외의 특별한 이유가 없으면 참여할 가치가 없다고 판단합니다.

From: 정용환(Yong Hwan Jeong) [mailto:yhjeong@kaeri.re.kr]

Sent: Saturday, July 17, 2004 5:03 PM

To: 최병권; 김준환; 김현길; 박상윤; 박정용; 방제건; 백종혁; 이명호

Subject: Fw: 조사시험 캡슐 이용자 문의

백박사, 김현길 박사 0.6xE21까지 시험하는 것이 가치가 있는지 지금으로 의견 주세요

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 주기남 ; 정 용환

Sent: Friday, July 16, 2004 4:48 PM

Subject: Re: 조사시험 캡슐 이용자 문의

정박사님 오늘 회의중이시라 전화통화를 할수없군요..

아래 메일 관련하여 조사시험 여부를 확인중입니다.

From: 김봉구 **To:** 주기남 **Cc:** 조만순 ; 손재민

Sent: Friday, July 16, 2004 2:16 PM

Subject: Re: 캡슐 보호관 처리방안(수정안)

조금 전에 보낸 임인철 박사의 메일을 확인하여 재검토 및 협의 바랍니다. 그리고,

1) 현재 OR5에 장전되어 있는 핵연료용 계장캡슐의 인출이 필요하면 인출/재장전 일정

2) 가능하면, 크립캡슐 조사와 관련한 안심후 장전 일정

등을 함께 협의 부탁합니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 안 국훈 **Cc:** 김 봉구 ; 김 도식

Sent: Friday, July 16, 2004 1:53 PM

Subject: Re: 캡슐 보호관 처리방안(수정안)

아래와 같이 저희 하나로 업무가 잡혀 있었습니다.

어제 임인철 박사로부터 원자로 임시 가동으로 인해 19/20일 업무는 연기된다고 들었습니다.

캡슐 업무는 저희와 운전실 두실뿐만 아니라 IMEF와도 협조(26일 업무)가 필요하므로

조속한 작업일정 재조정이 필요합니다. 감사합니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 주 용선 ; 임 인철 ; 임 경환 ; 김 도식 ; 이 형섭 ; 김 관현

Cc: 신 윤백 ; 손 재민 ; 박 승재 ; 김 봉구 ; 강 영환 ; 조만순 ; 최명환

Sent: Thursday, July 08, 2004 4:02 PM

Subject: 캡슐 보호관 처리방안(수정안)

안녕하세요. 다들 바쁘신 가운데도 저희 캡슐업무에 배려해 주심에 감사드립니다.

지난 6월 22일 보내드렸던 작업 방안(작업 일정 및 내역)을 관련부서의 작업 일정 조정에 따라 첨부와 같이 일부 수정하였사오니 업무 수행에 협조하여 주시기 바랍니다. 수정된 주요일정은 아래와 같습니다.

7월 15일(목) 오후 : 절단기 사전점검 : 캡슐

7월 19일(월)-20일 : 잔류 보호관 방사능 측정/절단/캐스크 장입 : 캡슐/원자로

7월 26일(월) : 02M-02K 절단/캐스크 2개(트리가/핵연료) 이송 : 캡슐/원자로/IMEF

From: 임인철 **To:** 주기남 **Cc:** Dr. B.G. Kim ; Mr. Ahn

Sent: Wednesday, July 14, 2004 7:45 PM

Subject: Re: 잔여보호관 및 02M-02K 캡슐 반출입 작업 관련

주 박사님: 우리 원자로 일정이 하도 변하여 어려움이 많으실 것으로 이해합니다. 지난 7/5에 발생하였던 ST3에서의 누수 문제가 원자로 즉 빙튜브의 건전성과는 관련이 없다는 것을 입증하기 위하여 다음 주부터 한 5일간 24 MW에서 운전을 하려합니다.

물론 이 사항은 KINS 및 과기부와 협의를 하는 과정이 남아 있습니다.

정해지는대로 바로 알려드리겠습니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 임 경환 ; 임 인철 **Cc:** 신윤택 ; 김 도식 ; 김 봉구

Sent: Wednesday, July 14, 2004 6:41 PM

Subject: Re: 잔여보호관 및 02M-02K 캡슐 반출입 작업 관련

아래 메일과 관련하여 오늘 오후에 IMEF 시설을 방문하여 새로운バス켓을 점검/확인하였습니다.

점검후 IMEF의 김도식 박사와 함께 원자로실을 방문하여 사용할 트리가 캐스크 점검을 하였습니다.

(오늘 천장 크레인을 타 부서에서 사용중이라 트리가 캐스크 장입 확인은 못하였으나, 지난번 기준バス켓을 사용하여 확인하였으므로 생략하였음)

(신형バス켓은 트리가 캐스크 옆에 놓아 두었으나, 원자로실 입실시 점검하시기 바랍니다)

관련하여 첨부와 같이 캐스크 규격을 측정하고 무게를(3.84ton 이하) 추정하였으니

향후 업무에 참고하시기 바랍니다.

또한 지금은 캐스크 운반에 필요한 다이 및 고정 줄 등이 전혀 준비되어

있지 않은것 같은데(?) 운반 전략을 검토하여 주시기 바랍니다.

(19/20일 작업 조장 등도 선임해 주시면 감사하겠습니다)

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 임 인철 ; 임 경환 **Cc:** 김 봉구 ; 김 도식 ; 신윤택

Sent: Tuesday, July 13, 2004 10:46 AM

Subject: Re: 잔여보호관 및 02M-02K 캡슐 반출입 작업 관련

아래 메일과 관련하여 내일 오후 2시에 IMEF에서バス켓(잔류 보호관 운반/폐기용) 점검을 합니다.

점검후에 원자로를 방문하여 트리가 캐스크에도 장입확인을 하려 합니다.

입회하여 점검하실 필요가 있으시면 연락주시기 바랍니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 김도식

Sent: Monday, July 12, 2004 5:17 PM

Subject: Re: 잔여보호관 및 02M-02K 캡슐 반출입 작업 관련

안녕하세요.. 오늘 운반/폐기용バス켓이 납품되었습니다.

'아래 요청하신 소형バス켓이 monolith bin에 잘 들어가는지 확인 작업'을

수행하고자 하니 적당한 시간을 잡아주시기 바랍니다.

IMEF 확인작업후 하나로로 동행하여 6월 26일 사용할 트리가 캐스크 제반사항도 확인하였으면 합니다.

From: 김도식 **To:** 주기남

Sent: Friday, July 09, 2004 9:18 AM

Subject: 트리가 캡슐 관련 문의입니다.

주기남 박사님께 안녕하십니까?

트리가 캡슐이 저희 시설에 들어오면 뚜껑도 열고 작업을 해야할 것 같은데, 뚜껑을 여는 등 작업에 필요한 공구가 전에 들어 왔던 캐스크의 경우와 동일한지요? 아니면, 공구를 준비해야 할 것 같습니다.

아직 시간이 좀 있으니까 알려주시면 준비해 놓겠습니다.

----- Original Message -----

From: 김도식 **To:** 주기남 **Sent:** Thursday, July 08, 2004 1:17 PM

Subject: Re: 잔여보호관 및 02M-02K 캡슐 반출입 작업 관련

주기남 박사님께 시간표 중에서 저희 시설에서의 작업 시간 상

(2) 트리가 캐스크 IMEF 반출 시간 : 오후 3시 -> 3시 30분

(4) 핵연료 캐스크 IMEF 반출 시간 : 오후 5시 -> 5시 30분

으로 변경하여도 문제가 없는지요?

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 김도식

Sent: Thursday, July 08, 2004 12:55 PM

Subject: Re: 잔여보호관 및 02M-02K 캡슐 반출입 작업 관련

아래 사항에 대해

1. 시간표 맞습니다.

2. 아직 제작중이므로, 다음주 초에 시행하도록 하겠습니다.

3. 지시대로 하겠습니다.

감사드리며. 이상...

----- Original Message -----

From: 김도식 **To:** 주기남 **Cc:** 주용선 실장님

Sent: Thursday, July 08, 2004 10:40 AM

Subject: 잔여보호관 및 02M-02K 캡슐 반출입 작업 관련

주기남 박사님께 안녕하십니까? 다음에 대하여 문의드립니다.

1. 7월 26일 반출입시간 확인

(1) 트리가 캐스크 IMEF 반입 시간 : 오전 10시

(2) 트리가 캐스크 IMEF 반출 시간 : 오후 3시

(3) 핵연료 캐스크 IMEF 반입 시간 : 오후 2시 30분

(4) 핵연료 캐스크 IMEF 반출 시간 : 오후 5시

2. 좀 전에 말씀드린 것과 같이 7월 26일 이전 소형 밸스켓이 monolith bin에 잘 들어가는지 확인 작업이 필요합니다.

3. IMEF 시험의뢰서 제출

: 저희 홈페이지(<http://nfct.kaeri.re.kr/imef/>)의 "시험의뢰 / 시험의뢰서 작성"에서 작성하여 주세요.

: "02M-02K 캡슐 절단 및 해체" 와 "잔여 보호관 폐기"의 2개 작업을 따로 작성하여 주십시오.

이상입니다. 또 궁금한 사항이 있으면, 연락드릴께요.

From: 주용선 **To:** 주기남 **Cc:** 오완호 님 ; 송웅섭 님 ; 김도식 박사님

Sent: Wednesday, July 07, 2004 1:47 PM

Subject: RE: 캡슐 보호관 처리방안

가능할 것으로 판단합니다. 김도식 박사께서 재확인 후 연락드리도록 하겠습니다.

=====

Yong-Sun, Choo
Irradiated Materials Examination Facility
Korea Atomic Energy Research Institute
TEL : 042-868-8460
FAX : 042-868-8420
H.P : 011-434-6287

-----Original Message-----

From: 주기남 [mailto:knchoo@kaeri.re.kr] **Sent:** Wednesday, July 07, 2004 11:41 AM **To:** 주용선

Subject: Fw: 캡슐 보호관 처리방안

Importance: High

안녕하세요. 아래 메일에서 통보하여 드렸던 작업일정에서 예정되었던

26일 핵연료 캐스크(02M-02K 캡슐 포함) 이송 작업 이후

27일 트리가 캐스크(잔류 보호관 포함) 이송 작업이 원자로 정기점검과 관련된 다른 부서들과의 업무 충복으로 작업이 불가하다고 하니

26일날 2개의 캐스크(핵연료/트리가)를 동시에 할수 있는지 문의드립니다.

(트리가 캐스크를 아침 일찍 보내고, 다른 캐스크는 예정대로 오후에 보내드릴 수 있습니다).

안되면 27일 이후로 날짜를 변경해야 할 상황입니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 주용선 ; 임인철 **Cc:** 이형섭 ; 임경환

Sent: Tuesday, June 22, 2004 10:12 AM

Subject: 캡슐 보호관 처리방안

안녕하세요. 첨부와 캡슐 잔여 보호관 처리 일정을 작성하였으니, 참고하시기 바랍니다.

(지난 6월 송부해드린 내용에서 작업일정을 좀더 상세히 변경하였습니다)

(본 절단/ 이송 작업은 7월 26일(월)부터 27일(화)에 걸쳐 캐스크 2회(핵연료용, 트리가 캐스크 각 1회) 운송됩니다)

관련하여 현재 이송용 밸스켓을 제작중으로,

제작되는대로 트리가 캐스크, IMEF 시설에서 이상 여부를 확인하려고 합니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 임경환 **Cc:** 주용선 ; 임인철 ; 김봉구 ; 신윤택 ; 박승재

Sent: Tuesday, June 08, 2004 10:57 AM

Subject: Re: 잘 알고 있겠지만!

안녕하십니까? 아래와 관련하여 저희 캡슐 보호관 처리 작업 일정(안)을 보내드리니
검토를 부탁드리고, 작업일정도 검토하여 주시기를 바랍니다.

작업은 각 보호관별로 방사능을 측정한뒤 고체폐기 기준치를 초과하는 부분은

보호관을 절단기로 눌러 판재형태로 만든 다음 20cm 길이로 절단하여 밸스켓에 담아

IMEF로 보내 폐기처리하려 합니다.(바스켓 약 3회 운반 추정)

대략 작업일정은

1. 캡슐 1개 절단/이송(방사능 측정) - 캐스크 1회
2. 잔류 보호관(총 11개 절단/이송(방사능 측정) - 캐스크 약 3회 (처음 작업이라 변동 가능성 있음)
3. 공동 작업일 : 총 4일 (1일 사전준비(캡슐) + 2일 작업 + 2일 캐스크 추가 반출)

추신 : 첨부 파일중 관련 table은 생략합니다.

----- Original Message -----

From: [길봉구](#) **To:** [주기남](#)

Sent: Wednesday, May 26, 2004 9:57 AM

Subject: Fw: 잘 알고 있겠지만!

아래 내용을 보고 확인바랍니다.

그리고, 캡슐 보호관 처리가 하나로 정지기간 중에 처리될 수 있도록 검토 바랍니다.

----- Original Message -----

From: [임인철](#) **To:** [Mr. K.H. Lim](#) **Cc:** [Dr. B.G. Kim](#)

Sent: Tuesday, May 25, 2004 8:44 PM

Subject: 잘 알고 있겠지만!

임경환 씨: 7월 원자로 정지 기간에 일이 많을 것이야.

조영갑 씨 노심 측정

박용철 박사 열교환기 세정 등

운전실 일이 어떤 것이 있는지 미리 정리를 좀 해야 하지 않을까?

- 핵연료 검사
- 핵연료 넘기기
- 캡슐 막대기 자르기
- 작업 수조 청소
- ...
- 사찰

어떤 것은 이용자와 미리 협의도 해야 하고..

길봉구 박사님:

캡슐 가져갈 것 하나 있지 않던가요? 빈 막대기도 다 식은 것은 잘라서 버리고 했으면 하는데요?

From: [Woo-Seog Ryu](#) **To:** '주기남'

Sent: Monday, July 05, 2004 11:32 AM

Subject: RE: 조사시험 캡슐 이용자 문의

항상 조사시험을 도와주셔서 감사합니다.

우리 고온강도 및 신재료 과제에서는 2004년도 조사시험으로 2003년도 조사시험에서 사용한 시편과 동일한 형상으로 스테인리스강 20개와 고크롬 마르텐사이트강 20개 등, 약 40개의 인장 시편 (10개X4)을 조사시험하고자 합니다. 캡슐의 사정과 예산에 따라서 조사시편의 수는 조정이 가능합니다.

성공적인 조사시험이 수행되기를 기원합니다.

From: [길봉구](#) **To:** [주기남](#)

Sent: Wednesday, June 30, 2004 11:26 AM

Subject: Re: 7월 2일 이용자 회의 안건 검토 요청

참석시 협의용 과제계획서를 1부 준비하도록 요청바랍니다.

----- Original Message -----

From: [주기남](#) **To:** [길봉구](#) **Cc:** [강영환](#)

Sent: Tuesday, June 29, 2004 4:39 PM

Subject: 7월 2일 이용자 회의 안건 검토 요청

안녕하세요. 7월 2일(금) 오후 4시로 예정되어 있는 2004년도 이용활성화 과제 참여자 회의시 사용할 안건입니다. 의견주시기 바랍니다.

From: [강영환](#) **To:** [길봉구](#) ; [조만순](#) ; [손재민](#) **Cc:** [주기남](#)

Sent: Tuesday, June 29, 2004 11:45 AM

Subject: 2003년도 하나로이용활성화 사업관련 종성자이용료납부처리 협조 수고가 많습니다.

- 2003년도 하나로 이용활성화 사업관련 중성자이용료 납부관련입니다.
 - 2003년도 과제가 완료된지 벌써 1개월이 지나고 있어 이에 추후 감사 등을 대비한 정산을 필수적으로 해야 하므로, 각 과제 담당하셨던 분들이 직접 서류를 작성준비해 주시기 바랍니다.(잘 모르는 문은 연락바라면 도와드립니다.)
 - 현재까지의 상황으로는 다음과 같으며 조속한 시일내에 처리될 수 있도록 협조바랍니다.
- 재료 계장캡슐 조사시험: 주기남박사가 이미 02M-05U 캡슐 조사시험관련 중성자 비용은 처리함.
- 충남대 임영언 교수: 실제 조사시험은 112.4 시간 조사하였으며 중성자비용 처리안되어 손재민씨 처리바람.
- 김도진교수: 124시간 조사된것으로 되어있으며 2시간 40분만 중성자비용을 지불한 상태임.
- 세종대 김영덕교수: 8시간 조사되었으며 조만순박사는 처리바람.
- 경희대 박광현교수: 120분 조사시험이 된것으로 [하나로중성자이용 통보서]에는 되어있으나 실제 중성자비용은 4시간에 대한 내역으로 처리된 상태임.

From: 정지현 **To:** 김봉구

Sent: Tuesday, June 22, 2004 1:28 PM

Subject: 2004 하나로공동이용활성화사업 선정 목록

김봉구 박사님, 안녕하세요. 첨부 문서로 '2004 하나로공동이용활성화사업 선정 목록'을 보내드리니, 이중 '재료/핵연료 조사시험 분야'에 관련된 사업을 알려주시면 감사하겠습니다.

첨부 : 2004년 하나로공동이용활성화사업 선정 목록-신규+최종-재료핵연료분야-040622.xls

From: Yeong-Garp Cho **To:** 주기남 **Cc:** iclim@kaeri.re.kr

Sent: Monday, June 21, 2004 8:04 PM

Subject: Re: Fw: 도면송부 건

계장캡슐 bottom guide 조립방법에 대한 불확실성을 없애는 방법으로서
제가 제안하는 안은 첨부 도면의 빨간색과 같으니 업무에 참고하시기 바랍니다.
부품 5를 7로부터 분리할 필요가 없다면 현재상태에서도 DOWEL PIN을 박으면 될 것 같습니다.
단 부품 5를 다시 제작해야 하고 부품 7과 같이 직경 6mm pin hoe 을 함께 가공해야겠지요.
관련부 도면입니다.

참고하시고 좋은 의견 부탁드립니다.

첨부 : 05U-000-proposed by YGCHO.dwg

From: 김봉구 **To:** 주기남

Sent: Friday, June 18, 2004 6:59 PM

Subject: Fw: 2004년도 대형연구시설공동이용활성화분야 관련

아래 메일을 보낼 때 주박사에게는 보내지 않은 것 같아 지금에야 보냅니다.

아직 어느분 도 회신을 하지 않고 있습니다. 다음 주에 확인부탁합니다.

가능하면 회의 날짜를 7월 1일 또는 2일 중 정하도록 하면 좋겠네요.

----- Original Message -----

From: 김봉구 **To:** 김 인섭 ; 김용수 ; 최 진일 ; 최용 **Cc:** 강 영환 ; 손재민 ; 조만순 ; 주 용선

Sent: Thursday, June 10, 2004 11:16 PM

Subject: 2004년도 대형연구시설공동이용활성화분야 관련

안녕하세요.

2004년도 원자력연구기반확충사업의 대형연구시설공동이용활성화분야에 참여하게 되심을 축하드립니다.

이번 연도는 재료핵연료 조사시험분야에 6개 과제가 선정되었습니다.

재료 조사시험용계장캡슐을 이용하는 과제가 4개이고, 소형 무게장캡슐을 이용하는 과제가 2개입니다.

이에 재료 조사시험용 계장캡슐을 이용하는 과제의 원활한 업무수행 및 지원을 실무협의를 갖고자 합니다.

다음 <협의사항>을 참조하시고 다음주 6월 17일(수)까지 연락하여 주시기 바랍니다.

<협의사항>

1. 회의 예정일자 : 7월 1일(목) 또는 2일(금) (오후 4시) (불가능한 날자 통보 요망)
 2. 조사시험 시편종류 및 수량, 조사시험 조건 및 조사후시험 등 협의
 3. 캡슐 제작비 및 중성자이용료/IMEF 조사후시험비 협의
- <캡슐 조사시험 및 조사후시험 예상 소요비용>
- 캡슐 제작금액 : 3,200만원 (03년 11월 03M-06U 계약 기준)
 - 중성자 조사비용 : 1,000만원 (총 1,500만원중 대학측 분담비용, 02M-05U 캡슐(24MW CT 29일) 조사 기준)
 - 조사후 시험비용 : 캡슐 해체비용 2000만원 + 과제별 조사후 IMEF 관련 비용
4. 이용신청서 인터넷 작성(인터넷, <http://hanaro4u.kaeri.re.kr/> 접속후 신청) 협의

- 김인섭 교수님께서는 ID를 만드셔서 이용자 등록을 먼저 해주시기 바랍니다.
 - 최진일교수님, 김용수 교수님, 최용 교수님께서는 각자의 e-mail ID로 접속하셔서 실명확인후 이용자 내역을 먼저 수정하여주시기 바랍니다.
- (혹시 의문사항이 있으시면, 앞의 address에 접속하셔서 당당자에게 연락하시기 바랍니다.)

5. 기타 협의 사항

From: 주기남 **To:** uschung@kaeri.re.kr
Sent: Wednesday, June 16, 2004 10:23 AM
Subject: 트리가 캐스크 관련 문의

안녕하세요. 조사시험 캡슐분야 주기남입니다. 저희가 캡슐 폐기물을 하나로 작업수조에서 IMEF로 이송하려고 하는데요. 용량문제로 트리가캐스크를 사용하려 합니다.
이에 전용巴斯켓(바구니)를 만들려 하는데요.
임인철 박사님이 포함한 관련분들이 캐스크 내부공간 관련 도면이 없습니다.
정실장님께서 혹시 가지고 계시면 찾아뵐까 합니다.

From: 임인철 **To:** 주기남 박사님 **Cc:** Dr. B.G. Kim ; Mr. K.H. Lim ; 주용선 실장님
Sent: Tuesday, June 15, 2004 11:25 AM
Subject: 캡슐 잔여물 이송 관련입니다.

주 박사님: 주용선 실장님과 대화를 나누었는데 핫셀 내부에서의 이송 관련하여
1. 폐기물의 양이 얼마나되며
2. 폐기물이 담긴 바구니가 핫셀에 있는 바구니(내경 380, 높이 400)에 들어가는 지 물어보네요.
우리가 현재 가지고 있는 바구니가 직경은 380 이하이나 높이는 400 이상인 것으로 생각됩니다.
핫셀 내 바구니에 맞추어 새로 바구니를 캡슐 쪽에서 만들고 절단 작업 및 이송 작업에 사용하는 것으로 하면 어떨까 합니다.

From: 임인철 **To:** 주기남 **Cc:** 유병욱 씨 ; 주용선 실장님
Sent: Tuesday, June 15, 2004 9:32 AM
Subject: Re: 잘 알고 있겠지만!

주 박사님: 지붕에 붙여서 작업한 것은 NR cask였고 트리가 캐스크도 IMEF에서 2000년에 2회 사용한 적이 있습니다. 납작한 AI 조사 용기를 트리가 캐스크를 사용하여 IMEF로 이송한 적이 있습니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 임 경환 **Cc:** 김 봉구 ; 임 인철
Sent: Tuesday, June 15, 2004 9:09 AM
Subject: Fw: 잘 알고 있겠지만!

아래와 같이 트리가 캐스크는 쓰지 못할 것 같습니다.

----- Original Message -----

From: 주용선 **To:** 주기남
Sent: Monday, June 14, 2004 5:48 PM
Subject: RE: 잘 알고 있겠지만!

주기남 박사, 여러가지로 문제가 복잡해지는 것 같군요.
물론 조사재시험시설에서 트리가캐스크를 사용해 본적이 있었지요.
그 때는 풀 속에서 작업을 한 것이 아니라, 핫셀 지붕에 접속해서 작업을 했었지요.
따라서 금번 작업은 예전의 작업과 상황이 달라 작업에 활용하는 것은 곤란합니다.
참고하시기 바랍니다.

-----Original Message-----
From: 주기남 [mailto:knchoo@kaeri.re.kr] **Sent:** Monday, June 14, 2004 4:29 PM
To: 주 용선 **Cc:** 김 봉구
Subject: Fw: 잘 알고 있겠지만!
Importance: High
안녕하세요. 아래 원자로실 임경환씨의 의견에 따라 조금전에 원자로에서 만나
작업 협의를 하고 왔습니다.
작업 일자는 7월 26일(월)로 1차 협의했구요.
원자로실 작업일정이 만만치 않아 캡슐 작업을 가능한 줄여달라는 취지인데,
관련하여 '트리가 캐스크'를 사용하는 것을 우선 검토해달라고 합니다.
예전에(?) 임인철박사가 한번 사용했었다고 하네요.
(이경우 전용巴斯켓을 수정 제작하면 한두번에 이송작업은 할수 있을 듯 합니다.)

트리가용巴斯켓은 직경 228mm x 길이 1,200mm 규격의 큰 바구니 형태입니다)
이걸 사용해도 되겠는지요? 의견 기다리겠습니다.

----- Original Message -----

From: 임경환 **To:** 주기남 **Cc:** 임인철

Sent: Friday, June 11, 2004 6:23 PM

Subject: Re: 잘 알고 있겠지만!

주기남 박사님! 안녕하십니까? 캡슐 잔여 작업을 3일 이내에 끝낼수 있도록 작업일정을 수정 부탁드리고요.
캡슐 부품 이동시 캐스크는 트리가 캐스크로 사용하여 주세요.
날짜는 7월 26일 부터 하였으면 하는데요.(확정은 않음)

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 임 경환 **Cc:** 주 용선 ; 일 인철 ; 김 봉구 ; 신 윤택 ; 박 승재

Sent: Tuesday, June 08, 2004 10:57 AM

Subject: Re: 잘 알고 있겠지만!

안녕하십니까? 아래와 관련하여 저희 캡슐 보호관 처리 작업 일정(안)을 보내드리니
검토를 부탁드리고, 작업일도 검토하여 주시기를 바랍니다.

작업은 각 보호관별로 방사능을 측정한뒤 고체폐기 기준치를 초과하는 부분은
보호관을 절단기로 눌러 판재형태로 만든 다음 20cm 길이로 절단하여巴斯켓에 담아
IMEF로 보내 폐기처리하려 합니다.(巴斯켓 약 3회 운반 추정)

대략 작업일정은

1. 캡슐 1개 절단/이송(방사능 측정) - 캐스크 1회
2. 잔류 보호관(총 11개 절단/이송(방사능 측정) - 캐스크 약 3회 (처음 작업이라 변동 가능성 있음)
3. 공동 작업일 : 총 4일 (1일 사전준비(캡슐) + 2일 작업 + 2일 캐스크 추가 반출)

추신 : 첨부 파일중 관련 table은 생략합니다.

From: 임경환 **To:** 주기남 **Cc:** 임인철

Sent: Friday, June 11, 2004 6:23 PM

Subject: Re: 잘 알고 있겠지만!

주기남 박사님! 안녕하십니까? 캡슐 잔여 작업을 3일 이내에 끝낼수 있도록 작업일정을 수정 부탁드리고요.
캡슐 부품 이동시 캐스크는 트리가 캐스크로 사용하여 주세요.
날짜는 7월 26일 부터 하였으면 하는데요.(확정은 않음)

From: 주기남 **To:** 신윤택 **Cc:** 김 봉구

Sent: Friday, June 04, 2004 7:08 PM

Subject: Fw: 문의드립니다.

안녕하세요... 보호관 절단용巴斯켓 제작에 대해 급한대로 사안을 정리해봅니다.

일단 관련부서들과 기술협의를 마치고 현재 자료를 정리중이나 제작실무는 추진하도록 합시다.

먼저 기존巴斯켓에서(길이 830mm) 길이만 950mm로 늘려 제작하려 합니다.

개수는 4개로 하고 견적을 받아 주세요. 제작준비도 하라 하구요...

일정상 6월 말까지는 우리가巴斯켓을 받아 작동검사를 해봐야 하니 무리가 좀 따를 것 같군요...

----- Original Message -----

From: 주용선 **To:** 주기남

Sent: Friday, June 04, 2004 5:50 PM

Subject: RE: 문의드립니다.

미안합니다. 하루에도 시설과 관련하여 발생하는 사안이 무척 많습니다. 이점 양해해 주시고,

앞으로는 가능하면 휴대전화(011-434-6287)로 연락바랍니다. 문의하신 내용에 대한 답변은 다음과 같습니다.

1.巴斯켓 길이 변경 건 => 문제 없음.

2. 횟수는 바로 경제적인 문제와 직결되는 문제이므로, 가능하면 횟수를 줄일 수 있는 방안 모색 요망.

-----Original Message-----

From: 주기남 [mailto:knchoo@kaeri.re.kr] **Sent:** Friday, June 04, 2004 4:44 PM

To: 주 용선 **Subject:** Fw: 문의드립니다.

Importance: High

전화연결이 않되어 다시 메일보내드립니다.

저희측巴斯켓 제작 일정상

아래 문의사항에 대한 의견이 급히 필요한 상황입니다. 감사합니다..

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 주 용선
Sent: Wednesday, June 02, 2004 2:27 PM

Subject: 문의드립니다.

안녕하세요. 저희 캡슐 보호관 처리준비와 관련하여 문의드립니다.
현재 그동안 모아두었던 11개의 보호관이 작업수조에 있으며,
직경 48.6mm를 감안할 때(절단하면 거의 76mm로 늘려짐)
여러번 캐스크를 보내야 하므로(최악의 경우 11번), 이를 줄이기 위하여
방사능이 있는 보호관 하부를 가능한 짧은 길이로 절단하여(폐기 부위 최소화)
바스켓에 넣어 IMEF로 보내려 합니다.
관련하여 현재 830mm 길이의 바스켓을 최대한 늘리는 것을(950mm 정도로)
검토하고 있는데, IMEF 측의 의견을 문의드립니다.

From: 김봉구 **To:** 주기남 ; 조만순 ; 손재민 ; 강 영환

Sent: Friday, June 04, 2004 2:40 PM

Subject: 원자력연구기반확충사업-대형연구시설공동이용활성화분야 선정평가

위와 관련하여 6월 1일자로 KISTEP 홈페이지에 공고도니 파일입니다.

재료 계장캡슐 이용은 4과제(최용 교수, 김용수 교수, 최진일 교수, 김인섭교수)
소형 캡슐이용은 2과제(박일우 박사, 임영언 교수)가 선정되었습니다. 참조하세요.
첨부 : 원자력연구기반확충사업 평가결과.xls

From: 임인철 **To:** 주기남 **Cc:** Mr. K.H. Lim

Sent: Thursday, June 03, 2004 11:37 PM

Subject: Re: 문의드립니다.

예, 가능합니다.

From: 주기남 **To:** 임 인철

Sent: Wednesday, June 02, 2004 2:09 PM

Subject: 문의드립니다.

안녕하세요. 저희 캡슐 보호관 처리준비와 관련하여 문의드립니다.
현재 그동안 모아두었던 11개의 보호관이 작업수조에 있으며, 직경 48.6mm를 감안할 때(절단하면 거의 76mm로 늘려짐) 여러번 캐스크를 보내야 하므로, 이를 줄이기 위하여 방사능이 있는 보호관 하부를 가능한 짧은 길이로 절단하여(폐기 부위 최소화) 바스켓에 넣어 IMEF로 보내려 합니다.
혹시 절단시 바스켓 바깥, 즉 수조 바닥에 보호관 부위가 떨어지는 경우,
집어서 바스켓에 넣을수 있는지 문의드립니다.

From: jslee **To:** 주 기남

Sent: Thursday, May 20, 2004 12:08 PM

Subject: 2004 하나로 과제협의서 – KAIST 김인섭

안녕하십니까 주기남 박사님. KAIST 이주석 입니다.

일전에 말씀하셨던 2004 하나로 과제 협의서 사본을 첨부파일로 보내드립니다.
팩스로 송부 하려고 하였으나 연결이 안돼서 메일로 보내드립니다. 감사합니다.
첨부 : 협의서 copy.gif

From: "이병수" **To:** "주기남"

Sent: Thursday, May 13, 2004 1:49 PM

Subject: 인하대 이병수입니다.

안녕하세요? 인하대학교 김명호 교수님 연구실의 이병수입니다.

저번 실무협의서를 파일로 보내려고 합니다. 너무 늦은건 아닌지 모르겠습니다.

실무협의서는 아래의 첨부파일란에 있으니 참고 하시기 바랍니다. 그럼 수고 하십시오.

첨부 : 실무협의서(하나로).jpg

From: 주기남 **To:** 김 용수

Sent: Friday, May 07, 2004 3:15 PM

Subject: Fw: 실무협의서 발송

안녕하세요... 김교수님. 오전에 제가 자리에 없어서 급하게 연락드렸습니다.
올해부터 첨부한 형식으로 실무협의서가 바뀌었습니다. (과제계획서는 어떨런지요... 확인하시기 바랍니다)
협의서는 싸인하신 후 한부 팩스로 1부 송부해 주시기를 바랍니다.

첨부 : 실무협의서-1.hwp

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 김용수

Sent: Friday, May 07, 2004 11:01 AM

Subject: Re: 실무협의서 발송

형식이 바뀌어 사인이 받았고, 형식이 바뀌어서 김선기 박사에게 연락하여 전달하기로 하였습니다.

----- Original Message -----

From: 김용수 **To:** knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Friday, May 07, 2004 12:19 AM

Subject: 실무협의서 발송

주 박사님: 말씀 드린 실무 협의서를 보내 드립니다. 혹 수정하실 내용이 있으면 수정하신 후 서명해 보내 주십시오. 보내 주시는 것은 이번 토요일 서울에 올라 오는 김선기 박사 편에 보내 주셨으면 합니다만 준비가 되면 연락 주십시오. 제가 김 박사에게 주 박사님 뵙고 꽉업하라고 이야기 하겠습니다.

늘 도와 주셔서 감사합니다. 혹 제 핸들W폰 번호를 알려 드립니다. (019-234-0467)

From: 주기남 **To:** 김용수

Sent: Thursday, May 06, 2004 6:55 PM

Subject: 실무협의서 관련

안녕하십니까. 내일 저와 연락이 잘 않되실 것 같아 먼저 연락드립니다.

(오전에 연구소 체육행사가 있는데, 제가 진행요원이라...)

김봉구박사(올해부터 과학이 변경되었어요) 싸인은 출장관계로 내일 받아야 하는데,

여튼 짬짬이 시도해보겠습니다.

인하대에서 처리한 실무협의서 사본을 하나 보냅니다. 참고하시길...

(e-mail이나 팩스(863-6521)로 보내주세요)

첨부 : 하나로이용 실무협의서-최종.hwp

From: 주기남 **To:** 이병수

Sent: Tuesday, May 04, 2004 2:56 PM

Subject: Re: 인하대 이병수 입니다.

먼저 계획서에 첨부될 연구 내용으로는

1. 재료 울성 시험 (실험실에서 일반적으로 하시는 연구내용)

2. 조사시험용 시편 제작

3. 조사시험용 캡슐 제작

4. 하나로 조사시험

2차년도예(2005년)

1. 2004년도 조사 시편 울성시험

2. 2005년도 내용(1차년도 1,2,3,4와 유사)

등의 내용으로 구성되어야 합니다.

하나로 조사용 캡슐				5,000,000
제작비				2,000,000
조사용 부품비				5,000,000
IMEF비				3,000,000

참고로 2004년 제출된 타교 과제계획서를 하나 보내드리니 참고하시기 바랍니다.

실무협의서도 조금 내용이 변경되었습니다.

----- Original Message -----

From: 이병수 **To:** knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Tuesday, May 04, 2004 2:36 PM

Subject: 인하대 이병수 입니다.

안녕하십니까? 인하대학교의 이병수입니다.

아까 말씀드린 각각의 항목별 비용을 알려 주시면 고맙겠습니다.

그리고 전화상으로 실험 과정을 설명해 주셨는데 이 부분을 다시 한번 알려 주십시오.

제가 아직 미흡한 부분이 있어서 그럴습니다. 그럼 수고하십시오.

첨부 : 하나로이용 실무협의서 1.hwp 원자력연구개발과제계획서.hwp

From: 주기남 **To:** 이 주석

Sent: Tuesday, May 04, 2004 1:16 PM

Subject: Fw: 하나로 실무협의서

보내신 메일은 잘 받았고, 내가 보낸 메일을 받았는지 몰라 다시 보냅니다.
(연구내용중 IMEF 관련사항이 있으시면 '협의서 1'를(주용선 실장 싸인 필요)
참조하시고 (이경우 그쪽으로도 협의서를 보내 검토해야함)
그렇지 않을 경우 '협의서-최용'-**2 page** 참조하세요)

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 이 주석

Sent: Tuesday, May 04, 2004 10:12 AM

Subject: 하나로 실무협의서

안녕하십니까. 참고하시기 바랍니다.
(연구내용중 IMEF 관련사항이 있으시면 '협의서 1'를(주용선 실장 싸인 필요)
참조하시고 (이경우 그쪽으로도 협의서를 보내 검토해야함)
그렇지 않을 경우 '협의서-최용' 참조하세요) 수고하세요...

첨부 : 하나로이용 실무협의서 1.hwp 하나로이용 실무협의서-최용.hwp

From: 주기남 **To:** 최 영진

Sent: Tuesday, May 04, 2004 11:46 AM

Subject: Fw: 하나로 실무협의서

신규 과제이니 page 2를 참고하세요.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 최 진일

Sent: Tuesday, May 04, 2004 11:06 AM

Subject: Fw: 하나로 실무협의서

참고하시기 바랍니다.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** 유 승호

Sent: Tuesday, May 04, 2004 10:39 AM

Subject: Fw: 하나로 실무협의서

안녕하십니까. 심무협의서 참고하시기 바랍니다. 수고하세요...

오늘 중으로 보내주시기 바랍니다.

From: 주기남 **To:** 고진현

Sent: Tuesday, May 04, 2004 9:05 AM

Subject: 실무협의서 재송부 요청

교수님. 말씀하신 2번째 협의서가 도착되지 않은 것 같습니다. 다시한번 보내주시기 바랍니다.
그리고 아래의 분야별 책임자는 김봉구 박사로 교환하는 것이 좋겠습니다. 안녕하십니까.

From: 주기남 **To:** g2032123@inhavision.inha.ac.kr **Cc:** 김 봉구

Sent: Monday, May 03, 2004 11:47 AM

Subject: Re: 종성자 조사시험 관련

몇 가지 정리해봅니다.

1. 김영석 박사님이 쓰신 논문 내용에서 X-ray 부분은
조사재가 아닌 비조사재로 시험한 자료이고, 아직 국내에서는
조사재를 이용한 X-ray 회절 분석은 시조된 적 없답니다(캐나다에서는 수행)
2. TEM 관련: 연구소 정양홍씨 통화 참조
3. 일반적인 시편은 '시편일람-1'/'시편-1'등의 종류가 있습니다. 그러나 지금까지의 경험상
1) 인장시편은 첨부 '인장시편-표준' 규격의 시험결과가 가장 바람직하며(두께는 자유)
2) 10x10x55mm의 샤피 시편

- 3) 경도시편(표준 10x10x두께 자유) : 경도시편은 규격 제한 거의 없음
4) TEM (직경 3mm)
등의 조사시험이 원활한 것으로 판단됩니다.
4. 광학조직 분석 시편(시편 규격 제한 없음)
수고하세요.

----- Original Message -----

From: 주기남 **To:** g2032123@inhavision.inha.ac.kr **Cc:** 김 봉구

Sent: Friday, April 30, 2004 10:58 AM

Subject: 중성자 조사시험 관련

안녕하십니까. 저희팀 재료 조사시험 담당자입니다. 먼저 관심을 가져주셔서 감사합니다.
문의하신 부분에 대하여 좀더 전문적으로 검토할 필요는 있으나,
현재 '하나로 이용지원' 사업과 관련, 시간적 제한 등을 감안하여 부족하나마 부분별로 답변드리겠습니다.
하지만 당시의 중성자 조사 조건 (300C/10 days)은 최근의 원자력 발전소 사용환경과 비교하면 다소 실질적
이지 못했던 것으로 사료됩니다. 개인적인 견해로는 보다 높은 온도에서의 시험을 통해 원자로심 재료로서의
안정성과 건정성 여부를 결정하는 것이 바람직하지 않을까 싶습니다.
중성자 조사 분야에 관해서는 무지한지라 중성자 조사를 통해 과연 어떠한 결과를 얻을 수 있으며, 또한 그로
부터 어떻게 원자로심 재료로서의 응용 가능성 및 안정성을 평가할 수 있는지 궁금합니다.
Zr 합금이 원자로에서 주로 사용되는 부분은 크게 핵연료피복관, 종수로 압력관으로 나눌 수 있습니다.
이들 재질은 주로 300C 부근에서 사용되고 있으므로 조사온도는 실제 사용환경과 큰 차이가 없을 것으로 보
입니다.
그러나 이용자가 원하시는 경우 400C 까지도 온도를 올릴 수 있습니다(기술적인 문제가 있으나 추후 협의).
한편 인하대 TEM 시편은 00M01U에서 11일, 01M-05U에서 20일 조사되었으나 발전소 환경과 미치지 못했음
이 사실입니다.
그러나 최근 29일까지 조사시험을 수행한 실적이 있으며, 시험로 출력 또한 기존 24MW에서 30MW로 증가되
었으므로 조사량 증가가 어느 정도 시현될 가능성은 있습니다. (조사기간 결정은 다른 과제 신청자들간 협의가
필요함)

또한 최근 일련의 하나로를 이용한 재료 조사시험 결과, 비록 조사순상과 관련하여 중성자 조사랑이 만족할
수준이 아님에도 거의 모든 재질에서 재료물성이(경도, 강도, 연신율) 크게 (30% 이상씩) 증가하는 현상이 보
되고 있습니다. 이에 대한 TEM 등을 이용한 미세구조적 관찰 및 규명이 매우 중요한 단서를 제공할 것 같습
니다. 일반적으로 원자로 노심재질이 사용환경에서 발생하는 주요한 세반현상으로는 앞의 물성변화로 인한 건
전성 악화, 부식저항성 저하, 조사성장(irradiation growth) 등이 있습니다. 하나로에서는 현실적으로 재료물성
시험은 활발히 진행되고 있으나, 조사성장 시험은 시도된 적이 있었으나(한양대) 만족할만한 결과를 얻지 못하
였고, 부식시험은 추후 하나로에 FTL 시설이 완공된 후 가능할 것으로 보입니다(2006년 완공 예정).

현재 재질의 조사후 기계적 물성 평가는 판상 인장시편, Hardness 시편, Small Punch 시편 등을 이용하여 수
행하고 있으며, 관련분야 대학 연구자들은 과기원 김인섭(학생 이주석:869-3855), 한양대 김용수(학생 전상
환), 선문대 최용(011-451-5387), 충북대 위명용 등이 있으니 참고하시기 바랍니다. 연구소에는 정용환
(868-2322) 등이 있습니다.

본 연구팀에서는 열적 노출 시 재료의 미세조직과 집합조직 및 입계특성분포에 관한 연구를 수행하고 있는데,
중성자 조사된 재료의 TEM을 통한 결함 분석 이외에 집합조직 및 입계특성분포에 관한 분석도 가능한지 궁금
합니다.

해당 연구의 가능여부는 연구소 IMEF 부서와 협의해봐야 하는데, 현재 담당자들과 전혀 연락이 않되니 협의
되는대로 추후 연락드리겠습니다. 기다리실 것 같아 먼저 메일 보냅니다.

그 밖에도 여러 부분에 있어 연구원님과 충분한 사전 협의가 있어야 될 것으로 사료됩니다. 저희 쪽에서 다소
늦게 기술 문의를 드리게 되어 유감스럽습니다.

첨부한 서류는 1) 지난 91년도에 인하대에서 제출했던 이용신청서와 2) 최근 선문대의 이용신청서,

3) 최근부터 KISTEP에서 요구하는 실무협의서 양식이니 참고하여 작성하여 보내주시기 바랍니다.

첨부 : 인장시편-표준.hwp 시편-1.hwp 시편일람-1.hwp

From: 주기남 **To:** 주 용선

Sent: Monday, May 03, 2004 10:11 AM

Subject: 하나로 이용 연구 관련 기술문의

안녕하십니까? 주실장님, 2004년 이용활성화과제 신청과 관련

인하대학교 합금설계연구실 소속인 박사과정생 유승호(황성근 교수 소속)라는 학생이

중성자 조사된 재료의 TEM을 통한 결함 분석 이외에 집합조직 및 입계특성분포에

관한 분석도 가능한지 문의해 왔는데, 가능한지요? 전화가 잘 안되서요....

From: 김희종 **To:** knchoo@kaeri.re.kr

Sent: Wednesday, March 24, 2004 9:16 AM

Subject: bottom guide 일정표송부 건

안녕하십니까? 귀 실의 무궁한 발전을 기원 드립니다.

아래와 같이 bottom guide 제작 및 검수 일정표를 송부드립니다.

--- 아래 ---

1.bottom guide

- 제작완료 : 3월 27일
- 부품검수 : 3월30일(kaeri 입회 검사)
- 용접 : 3월31일
- 용접검사 : 4월2일
- 납품 : 4월6일 --- 끝 ---

서 지 정 보 양 식					
수행기관보고서번호 KAERI/TR-3178/2006	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드		
제목 / 부제 2004년도 대형연구시설(하나로) 공동이용활성화를 위한 대학연구지원용 계장캡슐 (04M-17U) 설계·제작·조사시험 보고서					
연구책임자 및 부서명 (AR,TR일경우 주저자) 연 구 자 및 부 서 명	주기남, 조사시험용 캡슐개발 및 활용 김봉구, 강영환, 조만순, 손재민, 최명환, 신윤택, 박승재 (조사시험용 캡슐개발 및 활용)				
출판지 폐이지 참고사항	대전 170 p.	발행기관 도 표	한국원자력연구소 있음(○), 없음()	발행년 크기	2006. 3 26 Cm.
비밀여부 연구위탁기관	공개(○), 대외비(), 급비밀 계약 번호				
초록 (15-20줄내외)					
<p>2004년도 원자력 연구 기반 확충 사업중의 한 분야인 대형시설(하나로) 공동 이용 활성화 사업의 일환으로 대학 이용자들의 다양한 조사시험 요구조건들을 만족하는 재료 조사시험용 계장캡슐(04M-17U)을 설계·제작·조사시험하였다. 본 캡슐은 2000, 2001, 2002, 2003년도에 수행되었던 00M-01U, 01M-05U, 02M-05U 및 03M-06U 캡슐을 기반으로 하여 설계·제작되었다. 그러나 참여한 4개 대학 이용자들의 제한된 시편 및 예산으로 인하여 연구소 중장기과제인 '고온강도 평가 및 신재료 기술개발', '파괴 특성 평가 및 향상 기술개발', '조사손상 평가 기반기술 개발' 과제와 공동으로 캡슐이 설계·제작되었다. 04M-17U 캡슐에는 ODS steel 및 SM 490 steel, STS 304, 430, Zr, Zircaloy-4, SKH-51, Ti, Ni, Al, Cu 재질로 이루어진 인장, Charpy, TEM, SP 등 다양한 규격의 총 627개 시편들이 장입되었다. 캡슐은 독립제어 전기히터가 장착된 5 단의 구조로 되어 있으며, 조사시험 중 조사시편의 온도 및 조사량을 측정하기 위하여 14개의 열전대 및 5개의 Ni-Ti-Fe 중성자 모니터가 설치되었다. 캡슐은 30MW 출력의 하나로 CT 조사시험공에서 260~350°C의 조사온도로, 2차에 걸쳐(23일씩 2주기 운전) 총 46일동안 최대 $6.0 \times 10^{20} (\text{n/cm}^2)$ ($E > 1.0 \text{ MeV}$) 중성자 조사량까지 조사되었다. 향후 시편의 조사후 시험을 통해 얻어질 결과들은 이용자들의 관련 연구에 귀중한 자료가 될 것이다.</p>					
주제명키워드 (10단어내외)	원자력, 하나로, 이용활성화, 대학, 조사시험, 계장캡슐, 04M-17U, 조사온도, 중성자 조사량				

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Subject Code		
KAERI/TR-3178/2006					
Title / Subtitle	Design, Fabrication and Irradiation Test Report on HANARO Instrumented Capsule (04M-17U) for Researches of Universities in 2004				
Project Manager and Department (or Main Author)	K. N. Choo, Capsule Development and Utilization				
Researcher and Department	B. G. KIM, Y. H. Kang, M. S. Cho, J. M. Son, M. H. Choi, Y. T. Shin, S. J. Park (Irradiation Capsule Development and Utilization)				
Publication Place	TaeJeon	Publisher	KAERI	Publication Date	2006. 3.
Page	170 p.	Ill. & Tab.	Yes(<input type="radio"/>), No (<input type="checkbox"/>)	Size	26Cm.
Note					
Classified	Open(<input type="radio"/>), Restricted(<input type="checkbox"/>), <u>Class Document</u>	Report Type	Technical Report		
Sponsoring Org.			Contract No.		
Abstract(15-20 Lines)					
<p>As a part of 2004 project for active utilization of HANARO, an instrumented capsule (04M-17U) was designed, fabricated and irradiated for the irradiation test of various nuclear materials under irradiation conditions requested by external researchers from universities. The basic structure of 04M-17U capsule was based on the 00M-01U, 01M-05U, 02M-05U and 03M-06U capsules successfully irradiated in HANARO as 2000, 2001, 2002 and 2003 projects. However, because of the limited number of specimens and budget of 4 universities, the remained space of the capsule was charged with various KAERI specimens for the researches of nuclear core material, fracture toughness and irradiation damage. Various types of specimens such as tensile, Charpy, TEM, SP(small punch) specimens made of Fe, Zr, Ti, Ni, Al and Cu were inserted in the capsule. The capsule is composed of 5 stages having many kinds of specimens and independent electric heater in each stage. During the irradiation test, the temperature of the specimens and the thermal/fast neutron fluences were measured by 14 thermocouples and 5 sets of Ni-Ti-Fe neutron fluence monitors installed in the capsule. The capsule was irradiated in the CT test hole of HANARO of 30MW thermal output at 260~350°C up to a fast neutron fluence of $6.0 \times 10^{20}(\text{n/cm}^2)$ ($E > 1.0\text{MeV}$). The obtained results will be very valuable for the related researches of the users.</p>					
Subject Keywords (About 10 words)	Nuclear power, active utilization, HANARO, universities, irradiation test, instrumented capsule, 04M-17U, irradiation temperature, neutron fluence				