

제166회 원자력안전위원회

- 일시 : 2022. 11. 17. (목) 오전 10시 30분
- 장소 : 원자력안전위원회 대회의실

회 순

I.	성원보고	1
II.	개 회	2
III.	안전심의	
	의결안건 제1호 : 「“방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙” 일부개정규칙(안)」	3
	보고안건 제1호 : 「신한울 1호기 운영허가 조건사항에 따른 PAR 수소제거율 실험 결과」	52
	보고안건 제2호 : 「KNT사(社) PAR 수소제거율 실험 결과 검토」	61
	보고안건 제1호, 제2호 논의 :	76
	기 타 보 고 : 「격납건물 내 수소 분포 및 화염가속 분석 결과 검토」	117
	보고안건 제3호 : 「신한울 1호기 운영허가 조건사항 관련 PAR 중대사고 기기생존성 평가 유효성 검토 결과」	176
IV.	폐회선언	199

(오전 10시 30분 개회)

I. 성원보고

(유국희 위원장, 임승철 위원과 사회교대)

(손명선 기획조정관, 손승연 기획재정담당관과 간사교대)

○**위원장대리 (임승철 위원)** 위원장께서 오늘 국회 예결위 소위원회에 참석하게 되어서 회의를 대신 진행하도록 하겠습니다. 아마 오후에는 참석할 수 있지 않을까, 이렇게 생각하고 있습니다.

바쁘신 일정에도 불구하고 회의에 참석해 주신 위원님들께 감사드립니다. 불편하시더라도 코로나19 확산 방지를 위해서 마스크 착용에 유의해서 회의에 임해 주시기 바랍니다. 코로나 큰일입니다.

간사께서는 성원보고를 해 주시기 바랍니다.

○**간사대리 (기획재정담당관 손승연)** 총 여덟 분의 위원님이 참석하셔서 성원이 되었음을 보고 드립니다.

II. 개 회

○위원장대리 (임승철 위원) 그러면 제166회 원자력안전위원회를 개최하겠습니다.

(의사봉 3타)

오늘은 심의·의결안건 1건, 보고안건 3건, 기타보고 1건, 위원 현안보고 1건이 상정 예정되어 있습니다.

III. 안전심의

의결안건 제1호 : “방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙”

일부개정규칙(안)

제1호 안건 「“방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙” 일부개정 규칙(안)」을 보고 드리도록 하겠습니다.

먼저, 1페이지 의결주문입니다.

의결주문은, 「방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙」 일부개정 규칙(안)을 붙임과 같이 의결한다, 입니다.

제안이유는, 2023년 3월 시행되는 대형방사선발생장치 사전검토제 시행에 앞서서 대형방사선발생장치 특성을 반영한 고유 허가기준을 마련하고, 방사선투과검사작업의 규제요건이 불분명한 일부 기술기준을 명확화하기 위해서 관련 규칙을 개정하고자 함입니다.

주요 내용으로,

첫 번째는, 방사선발생장치 사용·보관시설 등에 대한 기준을 개선해서 방사화의 우려가 없는 중·소형 방사선발생장치의 사용·보관시설 위치에 관한 기술기준을 현실화하고,

공조설비, 배관, 전선 등 사용시설의 차폐벽이라든지 차폐물을 관통하는 부위에 대한 차폐 기준을 추가하려는 것입니다.

두 번째로는, 대형방사선발생장치에 대한 고유의 기술기준을 신설해서

제7절 안전관리 기준 신설의 적용범위, 또 시설의 운영관리, 비상안전장치, 방사선감시장치, 그리고 배출시설이라든지 방사성폐기물 보관시설에 대한 기술기준을 추가로 마련하고자 하는 것입니다.

2페이지입니다. 세 번째로는, 방사선투과검사 작업에 대한 기술기준을 명확화하기 위해서, 다양하게 혼용되는 검사장비 용어를 '방사선투과검사 장비'로 통일하고,

또 오해의 소지가 있었던 '사용을 폐지한 선원'이라는 문구를 '사용을 종료한 방사선투과검사 장비'로 개정하고

작업 현장에서 투과검사 장비의 안전장치 임의 해제라든지 훼손 행위가 빈발하고 있기 때문에 관련 기술기준에 구체적으로 이를 금지하는 규정을 명시하고자 하는 것입니다.

마지막으로는, 방사선투과검사 발주자의 일일작업량 보고의 실효성을 제고하기 위해서 발주자의 과도한 작업 지시로부터 종사자의 보호라는 제도 도입 취지에 부합하도록 현행 '일일 평균 작업량'을 '조별 일일 최대작업량'으로 보고 내용을 개정하고, 보고 주기도 개선하고자 하는 것입니다.

동 일부개정규칙은 원안위 심의·의결을 거친 후 규제심사와 법제처 심사를 거쳐서 내년 3월에 시행할 계획으로 있습니다.

구체적인 개정내용에 대해서는 저희가 별지로 배부해 드린 '방사선규칙 일부개정(안) 설명자료' [붙임2]로 되어 있는 자료를 가지고 설명드리도록 하겠습니다.

[붙임2] 설명자료 1페이지, 추진 배경입니다.

먼저, 대형방사선발생장치에 대한 규정 개정내용에 대해서 배경을 설명

드리면, 고출력 방사선을 사용하는 대형 복합시설물인 대형방사선발생장치는 현행 중·소형 장치에 대한 규제체제로는 계속해서 심사에 한계가 있어 왔습니다.

그동안에 대형RG(Radiation Generator, 방사선발생장치) 사용시설이라든지, 배출시설, 방사선 감시 등에 대한 심사기준이 없었기 때문에 여기에 대해서는 개봉선원이라든지 방사선기기의 설계기준 등을 인용해서 심사를 해왔었는데,

예를 들어서 방사화 오염물질은 개봉선원의 사용·저장·배출시설 취급 기준을 인용했고, 연동 장치라든지 보안장치, 비상정지계통, 경고체계 등은 방사선기기 설계승인·검사 기준을 참조하는 등 기준이 명확하지 않은 측면들이 있어 왔습니다.

이제는 대형RG 범주가 범제화됨에 따라서 그 특성을 반영한 허가기준을 명확히 해서 사업자의 허가 준비와 심사에서의 불확실성을 해소하는 게 추진 배경입니다.

참고로 대형RG에 대한 원자력안전법령상 규제체계를 말씀드리면, 기존에는 RG에 대한 규제체계가 대형이라든지 중·소형RG에 대한 고려가 없이 단일 규제체제로 운영이 되어 왔습니다.

그러다가 2020년 6월에 사전 검토제를 규정한 「원자력안전법」 시행 일부개정 법률이 공포되면서 대형RG 같은 경우에는 사용허가 신청자가 공사에 착공하기 전에 허가기준의 적합 여부를 사전검토 신청을 하면 원안위가 그 결과를 서면으로 통보하고, 그 결과를 본 허가 시 고려하도록 법률이 개정되었습니다.

그리고 금년 8월에 하위 법령에 대해서 원안위 심의·의결이 있었는데요, 법률이 위임한 대형방사선발생장치 범주에 대해서 대통령령에서 이를 명확히 했고, 또 사전검토의 대상·절차·방법 등을 시행규칙에서 명확화했습니다.

현재 개정(안)은 입법예고 절차를 거쳐서 국조실 규제심사 중에 있습니다.

두 번째로 저희가 개정하려는 부분이 방사선투과검사와 관련된 부분인데, 방사선투과검사에 대한 규제요건 등을 명확화함으로써 현장 이해를 제고하기 위한 것입니다.

투과검사작업 기술기준 중 일관성 없는 용어들이 사용되고 있는데, 예를 들어서 투과검사장비를 감마선조사기, 방사선조사기, 또 밀봉선원 등으로 계속 혼용해서 사용을 해오고 있습니다. 이런 부분들,

또 작업 종사자의 오해를 일으키는 일부 문구를 명확하게 정비하고,

또 작업 시 투과검사장비의 정상 상태 확인 의무를 구체화하고,

제도의 취지와 맞지 않는 발주자의 일일작업량 보고 기준을 개정하기 위한 것입니다.

2페이지부터 주요 개정안 내용을 구체적으로 설명을 드리겠습니다.

먼저 2페이지 부분은 대형RG에 대한 고유 기준 등 RG 기술기준 정비에 대한 부분입니다.

개정 개요는, 크기는 RG 사용·보관시설의 위치 및 사용시설 기준을 개정하는 것과, 제7절에 대형RG 안전관리 기준을 신설해서 대형RG의 고유 기준을 마련하는 것으로 나누어집니다.

먼저 안 제32조 부분입니다. 안 제32조에서는 중·소형RG 사용·보관시설의 위치 기준을 현실화하였습니다.

중·소형RG 같은 경우에는 핵연료물질이라든지 개봉 또 밀봉선원과는 달리 전원이 공급될 때만 방사선이 방출되기 때문에 이러한 중·소형RG에 대해서 사용·보관시설의 위치 기준에 대해까지 적용하는 것은 과도하다는 의견들이 있어 왔고, 실제로도 저희가 규제를 운영하면서 중·소형RG에 대해서는 건축허가라든지 화재안전기준에 대한 소방시설의 설치가 있으면 안전성이 확인되는 것으로 규제를 해오고 있었습니다.

그렇기 때문에 방사화로 인한 방사성물질의 오염 가능성이 없는 RG의 사용·보관시설의 경우에는 「건축법」 및 소방시설법(「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」)상 요건 확인으로 충분한 것으로 볼 수 있도록, 그렇게 개정안을 마련하고자 하는 것입니다.

이 개정안에 대해서는 저희가 당초에 위원님들께 배부해 드린 내용 하고는 조금 달라진 부분이 있는데요. 저희가 당초에 위원님들께 배부해 드린 내용에서는 제32조 개정안을 '대형방사선발생장치의 사용·보관시설은 화재·침수, 또는 지반붕괴 우려가 적은 장소에 설치해야 한다.' 이렇게, 제32조 적용을 대형방사선발생장치에 한정해서 적용하는 것으로 이렇게 드렸었습니다.

그런데 중간 과정에서 김균태 위원님께서 의견을 주신 부분이 있었고, 김균태 위원님 의견은 이렇게 제32조 적용 자체를 대형RG로 한정하게 되면 중·소형RG 같은 경우에는 어떻게 되는지 언급이 없어서 법령체계상 어떻게 보면 위치 규제에 대한 조금 공백이 있는 것으로 느껴질 우려도 있

다, 이렇게 의견을 주셨고,

저희가 볼 때도 그 의견이 타당한 것으로 생각해서 조금 제32조의 개정 조문을 당초에 배부해 드린 내용하고 수정을 했습니다.

수정된 내용은 '방사선발생장치의 사용·보관시설은 화재·침수 또는 지반붕괴 우려가 적은 장소에 설치해야 한다'는 본문 규정을 그대로 두되, 단서 규정을 두어서 '시설 내에 방사성물질에 대한 오염이라든지, 방사성 물질의 외부 누설의 우려가 없는 시설의 경우에는 「건축법」 제11조 및 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제9조에서 정한 요건을 충족하면 본문의 기준에 부합하는 것으로 본다.'고 해서,

저희가 방사화로 인한 오염 가능성이 없는, 방사화 우려가 없는 중·소형RG에 대해서는 어쨌든 「건축법」이라든지 소방시설법(「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」)상 요건만 확인이 되면 기준에 부합하는 것으로 볼 수 있도록, 이렇게 개정안을 정리했습니다.

두 번째로는 안 제33조, 대형RG에 대한 사용시설 차폐 요건 보완 부분입니다.

대형RG의 경우에는 대형 복합시설이기 때문에 다수 사용시설이 공조설비라든지 배관 등으로 상호 연결이 되어 있고, 이런 부분들이 사실 차폐벽이라든지 차폐물을 관통할 가능성이 있습니다. 그래서 이런 시설 관통 부위에 대한 차폐 설계가 필요해서 별도의 조문을 마련했는데,

현행 조문은, 방사선발생장치의 사용시설의 구조 및 설비에 대한 기술 기준을 규정하면서 차폐벽이나 차폐물을 설치할 것을 제1호에서 규정을 하고 있습니다.

개정안에서는, 여기에 제2호를 추가해서 제1호에 따른 차폐벽이나 차폐물에 공조설비라든지 배관, 전선, 비상구 등 차폐벽 또는 차폐물을 관통하는 시설이 설치되는 경우에는 해당 부위의 차폐 성능이 저하되지 않도록 하는 설계를 적용할 것이라는 추가 규정을 넣었습니다.

이 부분은 현재도 대형RG에 대해서는 저희가 심사규정이라든지 규제를 하는 과정에서 적용하고 있는 부분인데, 이 부분은 대형RG 정의가 명확히 법령에 들어왔기 때문에 방사선규칙(「방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙」)에 넣어서 더 명확히 하려는 부분입니다.

다음으로 3페이지, 세 번째로 제7절 신설과 관련된 부분입니다.

제7절에서, 방사선규칙 제7절을 신설해서 대형RG에 대한 안전관리 기준 적용범위를 별도로 규정했습니다.

제7조에서는 총 6개 조문을 신설했는데, 먼저 제63조의5(적용범위) 부분은 적용범위에 대한 부분으로, 이 부분은 대형RG에 대해서는 종래에 있던 제32조, 제33조, 제34조, 제48조 이외에도 신설된 규정인 제63조의6부터 제63조의10까지를 적용한다는 적용범위에 대한 규정이 되겠습니다.

네 번째로는 신설 조문인 안 제63조의6(시설에 대한 운영관리) 부분입니다. 이 부분은 시설 운영관리 기준에 대한 내용인데요,

대형RG에 대한 시설 운영관리와 관련해서 고방사선량 구역, 여기서는 시간당 1밀리시버트(mSv)를 초과하는 구역을 고방사선량 구역이라고 정의했습니다.

고방사선량 구역의 출입을 통제하고, 방사선을 직접 제어하는 설비에 임의 조작을 제한할 수 있는 수단 마련이 필요하다는 규정을 넣었고,

아울러서 방사화 우려가 있기 때문에 방사화폐기물의 처분이라든지 시설 해제 등에 활용할 방사화 관련 데이터 수집을 위해서 방사화 감시 수단 구비를 별도로 요구했습니다.

제63조의6 신설 조문에서는 관리기준을 3개 호(號)로 구분해서 제1호에서는 '시설 (외부)방사선량률이 시간당 1밀리시버트를 초과할 것으로 예상되는 구역은 가동 중 사람의 출입을 통제하도록 할 것'이라는 조문을 넣었고요.

두 번째로는 제2호에서 '방사선 방출을 직접적으로 제어할 수 있는 설비는 권한 없는 자의 조작을 제한할 수 있는 수단을 갖출 것'이라는 규정을 넣었고,

제3호에서 '방사화의 우려가 높은 지점에서 시편측정 등 방사화 수준을 감시할 수 있는 관리 방법을 적용할 것'이라는 규정을 두었습니다.

다섯 번째로, 안 제63조의7(비상안전장치)을 신설해서 비상안전장치에 대한 기준을 마련했습니다.

대형RG 같은 경우에는 워낙 시설도 크고 계통이 복잡하다 보니까 비상시 정지를 하려고 해도 전원을 차단하는데 정상적으로 전환을 차단할 경우에는 시간이 소요되는 경우가 생길 수가 있습니다. 이점이 중·소형RG하고 차이가 있어서 비상시 바로 전원을 끌 수 있도록 차단기능을 확보할 수 있는 것과 관련된 규정을 신설했구요.

제63조의7에서 비상안전장치에 대한 구체적 기준을 각 호로 정했습니다.

제1호에서는 '모든 제어기능에 우선해서 방사선을 차단할 수 있도록 하는 기능을 확보할 것'이라는 규정을 두었고,

제2호에서는 '비상스위치는 쉽게 식별되도록 하여야 하며 최소 1개의 비상스위치는 수동조작 수단에 의해서 작동되도록 구성할 것'이라는 규정을 두었습니다.

다음 4페이지입니다. 여섯 번째로, 제63조의8(방사선감시장치)을 신설해서 방사선감시장치에 대한 요건을 두었습니다.

대형RG의 경우에는 다수의 사용장소와 다중의 관리구역에 대한 실시간 방사선 감시가 가능해야 하고, 방사선측정장비의 성능은 상시 관리되어야 하기 때문에 이와 관련된 요건들을 규정했구요.

구체적으로는 대형RG 시설의 방사선감시장치에 대한 기준과 관련해서 제1호에서 '실시간 방사선량률을 확인할 수 있는 방사선감시장치를 설치하여 운영할 것'이라고 규정했고

제2호에서는 '제1호에서 정하는 방사선감시장치는 방사선준위 등을 고려하여 적절한 위치에 설치할 것'이라고 규정했습니다.

그리고 제3호에서 '방사선감시에 적용하는 측정장비는 성능이 유지되도록 주기적 점검을 통해 관리할 것'이라고 규정을 했습니다.

일곱 번째로 안 제63조의9(배출시설)를 신설해서 배출시설에 대한 요건을 두었습니다.

대형RG는 방사화 가능성이 있기 때문에 방사화된 액체, 기체 폐기물이 발생할 가능성이 있고, 이러한 배출관리기준 제한값을 초과하는 방사화된 액체, 기체 배출에 대비를 해서 개봉선원 배출시설에 대한 기술기준을 준용하도록 규정했습니다.

제63조의9에서는 대형방사선발생장치 시설 외부로 배출되는 배기 또는

배수의 배출관리기준 제한값을 초과할 것으로 예상되는 경우에는 제23조, 개봉선원에 대한 배출시설에 대한 규정입니다. 제23조에 따른 배출시설을 설치할 것으로 규정했구요.

구체적으로는 오염물질 배출시설 구조라든지 배수·배기설비 시설, 또 운영 관련 기술요건 등이 제23조에 규정이 되어 있습니다.

마지막으로 안 제63조의10(방사성폐기물 보관시설)을 신설해서 방사성폐기물 보관시설에 대한 요건을 규정했습니다.

대형RG에 대한 방사화 폐기물에 대한 보관시설 기준도 마찬가지로 개봉선원과 오염물질 보관시설 기술기준을 참조해서 신설했구요.

제63조의10에서는 방사성폐기물 보관시설에 대한 기술기준을 다음 각 호와 같이 규정했습니다.

제1호에서는 '제19조제1항제3호, 이 부분은 개봉선원에 대한 기술기준 부분이고요. 그 기술기준에 적합한 차폐벽이나 차폐물을 설치할 것'이라고 규정했고,

그리고 그 외에 '외부와 구획된 구조로 할 것'

또 '문·덮개 등 외부로 통하는 부분에는 자물쇠 기타 도난·분실을 방지하기 위한 시설 또는 기구를 설치할 것'이라는 요건을 두었습니다.

여기까지가 대형RG와 관련된 방사선규칙의 개정 내용이었고요.

5페이지부터는 방사선투과검사 작업과 관련된 기술기준 정비와 관련된 내용입니다. 5페이지 부분 설명드리겠습니다.

먼저, 방사선투과검사에 대해서 개요를 간단히 설명드리면, 정의는 방사선원을 이용해서 검사대상물 손상없이 재질, 결함 유무를 검사하는 것으로

로서 통상적으로는 '비파괴검사'라고 부르는 것입니다.

사용장비는 ^{192}Ir , ^{75}Se , ^{60}Co 선원을 사용하는 감마선조사장치가 주로 많이 사용되고 있고요. 그 외에도 일정 용량의 휴대개방형 방사선발생장치로 구분이 되고 있습니다.

작업방법은, 검사대상물이 이동 가능하면 사용시설 내에서 검사를 하지만, 사실상 이동이 불가능한 경우에는 야외에서 차폐체 등 피폭저감조치를 취하고 작업을 하게 되는데,

고강도 선원을 주로 야외 작업장 등에서 이동사용함에 따라서 투과검사 분야에서 특히 피폭사고 발생 가능성이 크기 때문에 이 분야를 별도로 새로 사용하는 분야에 대해서 관리, 규제를 하고 있습니다.

규칙 개정안에서는 먼저, 제58조(방사선투과검사 작업)와 제58조의2(작업장 방사선안전관리자)에서 방사선투과검사 작업의 기술기준을 명확화했습니다.

현재는 규정상 검사장비를 의미하는 용어가 일관성 없이 굉장히 다양하게 혼용이 되고 있는데, 예를 들어서 똑같은 검사장비인데도 어떤 때는 감마선조사장치, 또 방사선조사장치, 방사성동위원소, 선원 등 이렇게 다양하게 사용이 되고 있는데, 이런 부분들을 '방사선투과검사 장비'로 통일해서 사용함으로써 법체계의 일관성을 확보하고자 하는 것입니다.

아울러서 기존에 대부분 감마선조사장치만 사용이 되다 보니까 '방사성동위원소'라는 용어를 많이 사용했는데, 일부 방사선발생장치도 투과검사에 사용이 되고 있기 때문에 이런 부분들도 포함하는 '방사성동위원소 등'이라는 용어로 개정하고자 하는 것입니다.

두 번째로는, 작업의 편의성을 위해서 방사선투과검사 장비의 안전장치를 임의 해제해서 사용하는 사례들이 많이 발생하고 있습니다.

예를 들어가지고 작업을 빨리하기 위해서 작업이 없을 때는 감마선조사기 내 선원이 인출되지 않도록 자동으로 잠기는 락슬라이드바를 수동으로 해제하거나 이물질이 끼워서 계속 사용할 수 있도록 이렇게 임의 해제하는 경우가 있는데, 이에 대해서는 임의 조작이나 훼손 금지를 명시하는 규정을 제58조제13호 가목에 추가를 했습니다.

그리고 사용을 '폐지한 선원'이라는 문구가 있어서 이를 폐기선원으로 오해하는 경우가 발생하고 있는데, 이 부분은 사용을 '종료한 방사선투과검사 장비'로 문맥상 표현을 명확하게 의미를 전달했습니다.

6페이지 보시면 제58조와 제58조의2 개정내용을 정리했는데요. “방사성동위원소”를 ‘방사성동위원소 등’으로 용어를 개정했고,

아울러서 밀봉선원이라든지 방사선조사장치, 감마선조사장치 등 다양하게 혼용되어 있던 문구를 ‘방사선투과검사 장비’로 일원화했습니다.

아울러서 제13호 가(가목)에 ‘방사선투과검사 장비의 정상 상태를 확인하고, 아울러서 안전 관련 품목 등을 임의 조작하거나 훼손해서 사용하지 않도록 할 것’이라는 규정을 명시했고요.

그리고 제14호에서 “일시적 사용장소에 사용을 폐지한 선원을 보관하지 아니할 것”이라는 용어가 불명확하기 때문에 ‘일시적 사용장소에 사용을 종료한 방사선투과검사 장비를 보관하지 아니할 것’이라고 용어를 명확히 했습니다.

다음으로 7페이지 마지막 부분, 투과검사 발주자 일일작업량 보고 실효

성 확보 부분입니다.

먼저 법에 규정된 발주자 안전조치 의무에 대한 제도 내용을 설명드리면, 이 법 규정을 규정하게 된 배경은, 발주기관의 과도한 작업 지시라든지 열악한 작업환경 제공이 원인이 돼서 발생하는 안전규정 위반 사례 등이 많기 때문에, 이런 부분들을 방지하기 위해서 2014년 법제화가 된 부분입니다.

주요내용은, 발주자는 안전한 작업환경을 제공하고, 원안위는 전용작업장이라든지 차폐시설 등을 설치·보완 요구를 할 수 있고 작업중지 명령을 할 수 있도록 규정했구요. 아울러서 발주자가 실제 일일작업량을 위원회에 보고하도록, 이렇게 의무를 부과했었습니다.

여기서 법에 규정한 일일작업량 보고의 취지는, 공기 단축이라든지 촉박한 납품기한 등으로 인한 발주자의 과도한 작업 지시로부터 종사자 보호를 목적으로 도입이 됐는데,

현행 방사선규칙에서는 일일 평균작업량을 보고하도록 돼 있습니다. 다수의 조(組)가 작업을 하는데, 평균작업량을 보고한다는 게 그렇게 큰 의미가 있지는 않기 때문에 이 부분을 '조별 최대 작업량'을 보고하도록 개정하고자 하는 부분이고요.

두 번째로는, 발주자의 총작업량을 보고하도록 돼 있는데, 이것을 용역을 개시한 시점에서 보고하도록 되어 있습니다. 그러다 보니까 나중에 작업량을 보고하는 시점하고 좀 달라서 보고를 누락하려고 지연하는 사례가 빈발하고 있는데,

또 보고를 누락하다 보면 벌금이 300만 원이라 굉장히 과한 처분이 되

다 보니까, 이 부분이 업체에 부담도 되고 해서 이런 부분들은 매월 경과 후 15일 이내로 보고 주기(週期)를 통일함으로써 사업자의 보고 누락 및 지연을 방지하기 위한 부분입니다.

규칙 개정내용은 '일일 평균 작업량'을 말씀드린 대로 '조별 일일 최대 작업량'으로 바꾸고

아울러서 '용역 개시일'부터 보고하도록 돼 있는 부분도 '업무가 개시된 해당 월 경과 후'에 보고하도록, 이렇게 주기를 통일하고자 하는 부분들입니다.

이상으로 보고를 마치겠습니다.

붙임에 있는 법령이라든지 방사선발생장치(RG)에 대한 부분들은 참고를 해 주시기 바랍니다.

이상 보고를 마치겠습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 위원님들 의견 부탁드립니다.

김군태 위원님께서도 지금 화상으로 출석하고 계시죠?

○**김군태 위원** 네, 그렇습니다. 들리시나요?

○**위원장대리 (임승철 위원)** 네, 잘 들립니다.

○**김군태 위원** 좀 번거롭게 해서 죄송합니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 아닙니다. 보고자가 보고 중에 김군태 위원님께서 의견을 주시고 해서 위원님, 다른 위원님들께 보내드렸던 원안과 조금 바뀐 부분이 있다고 보고를 드렸는데,

그 부분에 대해서 의견을 주신 만큼 상세히 설명을 해 주시거나 따로 주실 말씀 없으신지요?

○**김군태 위원** 아까 우리 보고자께서 잘 설명해 주셔서 특별히 더 언급할 내용은 없는데, 제32조(사용·보관시설의 위치)를 개정하면서, 제32조에 방사선 발생장치의 위치에 관한 기준인데, 그것을 개정하면서 ‘대형방사선발생장치’ 이렇게 개정하고 나니까,

그러면 대형방사선발생장치 이외의 방사선발생장치에 대해서는 위치 기준이 없는 것이냐? 기술적으로는 위치기준을 굳이 까다롭게 하지 않아도 될 것 같다는 생각이 드는데, 원래 법에 보면 법에서는 방사선발생장치 전체에 대해서 위치 기준을 정하도록 돼 있습니다.

그래서 ‘중·소형 내지 소형 방사선발생장치의 위치 기준을 정해놓지 않으면 법에서 위임한 사항을 우리가 정하지 않은, 그러니까 위임한 사항을 우리가 규제를 미비한 상태로 되기 때문에 그 부분은 시정이 필요하다. 현실적으로는 「건축법」이나 소방법을 따르면 충분하다 하더라도 형식적으로는 그 부분도 규제요건으로 설정을 해놓을 필요가 있다.’ 그런 의견을 드렸고요, 얘기해 보니까 그게 타당하다고 생각이 돼서 다시 수정한 안건으로 그렇게 상정이 된 것 같습니다.

이상입니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 감사합니다.

다른 위원님들? 박천홍 위원님.

○**박천홍 위원** 설명 잘 들었는데요, 제가 잘 이해를 못 해서 그런 것 같은데, 규칙 중 두 군데에 ‘예상되는’ 경우라는 표현을 썼거든요. ‘예상되는’ 경우라는 표현을 쓴 이유가 뭔지 궁금하거든요.

제63조의6(시설에 대한 운영관리) 보시면, 방사선 규칙, ‘1밀리시버트를

초과할 것으로 예상되는 구역'이라고 표현을 했는데, 특별히 '예상되는'을 집어넣는 이유가 있나요?

○**한상은 (한국원자력안전기술원 운반가속기 PM)** 답변드리겠습니다.

저는 한국원자력안전기술원의 운반가속기 PM을 맡고 있는 한상은입니다.

예상되는, '1밀리시버트라는 기준을 초과할 것으로 예상되는 구역'이라는 것은, 사전 검토나 초기 설계 당시에 선량평가에 대한 사전 평가작업이 진행될 것이고요. 그리고 거기서 나온 결과를 가지고 기준으로 삼으려고 하는 것인데, 시설마다 특성들이 굉장히 다르기 때문에 평가하는 방법이나 아니면 평가하는 내용들이 좀 차이가 있을 수 있습니다.

그래서 물론, 이 부분에 대한 것들은 하위 규제지침이나 이런 쪽에서 좀 더 상세한 내용으로 정량화시킬 내용이고요. 각각의 시설들이 특성들이 워낙 다르다 보니까 법령 기준에서 아예 정하고 들어가 버리면 사용자들이 시설 설계하는 그 과정에서 장애 요인으로 작용할 수 있을 것으로 생각이 들었습니다.

그래서 구체적인 내용들은 하위 규정에 답을 예정입니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 이승숙 위원님.

○**이승숙 위원** 필요한 개정으로 생각을 하고요, 전체적으로 큰 문제는 없다고 생각하는데, 몇 가지 질문이 있습니다.

별지 2번의 7페이지에 보시면 밑에 '개정(안)' <표>에 "일일 평균 작업량"을 '조별 일일 최대작업량'으로 한다는 게 현실적으로 어떤 의미인지는 알겠는데요.

이렇게 됐을 때 그러면 보고하는 작업량이 달라지게 되고, 그럴 경우에 작업량을 초과하는 것에 대한 규제 내지는 그런 부분들이 따라갈 텐데요. 그럴 경우에 그것을 제한하는 다른 법령 또는 관리기준 그런 부분도 같이 움직여줘야 되는 게 아닌가 하는 생각이 드는데요?

이것에 대해서 어떻게 되는지 설명을 부탁드립니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 누가 답변을 드릴 수 있을까요?

○**이경용 (방사선안전과장)** 일단은 「원자력안전법」 제59조(기준준수의무 등) 제2항에서 발주기관에 대한 여러 가지 의무를 두고 있습니다.

발주기관에 대한 의무 중에는 일체 일일 작업량을 위원회에 보고하도록 하는 부분이 있고, 일일 작업량을 이런 의무를 위반했다거나 허위로 보고했다거나 여러 가지 의무 위반이 있을 때는 저희가 또 벌칙 규정에서 이런 발주자에 대해서는 의무를 위반했을 때 300만 원 이하의 벌금을 적용하도록 이렇게 벌칙 규정도 적용하고 있고, 여러 가지 의무 이행을 확보하는 수단을 두고 있거든요.

그래서 이 부분은 어떻게 보면 발주자에 대해서는 굉장히 규제를 하고 있는데, 저희가 사실 '조별 최대작업량'을 '최대작업량'으로 보고하도록 하면서 한편으로는 1개월 경과라는 좀 완화된 규정을 둔 것은, 이 부분은 현실적으로 적용을 하고, 발주자에 대한 의무 이행은 이행대로 확보하면서 또 현실화할 수 있는 부분은 현실화할 수 있도록, 이렇게 규제를 개선하는 차원에서 개정했던 부분들입니다.

○**이승숙 위원** 그러면 이어서, 그렇게 되면 기준 자체는 '평균 작업량'일 때와 똑같은 기준을 적용하는 것입니까?

○**위원장대리 (임승철 위원)** 추가 답변하실 때는 누구신지 소속을……

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 안녕하십니까? 저는 한국원자력안전기술원의 방사선투과검사평가실에서 근무하고 있는 장필규라고 합니다.

답변드리도록 하겠습니다. ‘일일 평균 작업량’이라고 되어 있는 부분이 일단 ‘조별 일일 최대작업량’으로 변경되기는 했는데요.

저희가 이것들을 ‘일일 평균 작업량’을 산정할 때 작업 환경이나 예상 피폭 평가를 통해서 해당 각 작업장별로 어느 정도의 작업량이 적절한지를 심사 시 확인하고 있습니다.

그런데 ‘평균 작업량’이라는 명칭 자체가 아까도 보고 말씀을 해 주셨지만, 여러 조(組)가 투입되는데 그것을 평균값으로 오해를 하는 경우도 있었어요.

그리고 ‘평균값’이라는 것 자체가 어느 정도 중간값의 성격을 갖다 보니까 작업을 했을 때 절반 정도는 다 평균값을 초과하는 게 되면서 대부분이 다 초과사유를 제출해야 되는 문제점이 조금 있었습니다.

그래서 그런 부분들 때문에 법이 신설되고 나서도 저희가 사업자들한테 안내를 할 때는 이게 ‘평균 작업량’ 개념이라고 적혀 있기는 하지만, 각 조가 할 수 있는 ‘최대작업량’ 기준으로 생각을 하고 평가를 해달라고 요청을 했어요.

그래서 ‘그런 것들을 명확하게 하기 위해서 변경을 했다.’라고 생각하시면 좋을 것 같습니다.

○**이승숙 위원** 그러면 기준은 기존의 그 기준을 그대로 적용하는 게 맞는 것이

네요, 그렇죠?

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 네, 그러니까 용어만 변경되고 저희가 심사하는 기준은 동일하다고 보시면 될 것 같습니다.

○**이승숙 위원** 알겠습니다. 감사합니다.

저 한 가지 더 질문드려도 될까요?

○**위원장대리 (임승철 위원)** 네.

○**이승숙 위원** ‘사용을 종료한’이라는 표현으로 개선한다고, 폐기를 그렇게 바꾸신 부분이 있는데, 사실은 그것을 넣어서 읽어보면 여전히 ‘사용을 종료한’이라는 표현도 혼동의 우려가 있는 것 같아요. 그러니까 그 사용을……

6페이지 비교표 중에 14번(제14호)입니다. 제58조(방사선투과검사 작업)의 14번, “일시적 사용장소에 사용을 폐지한 선원을 보관하지 아니할 것”을 ‘사용을 종료한 방사선투과검사 장비를 보관하지 않을 것’ 이것인데요.

저는 이게 오히려 더, 그러니까 앞엿것은 완전히 사용 폐기된 상태를 의미하는 것 같고, 뒤엿것은 사용을 일시 종료한 것인지, 아니면 완전히 클로스 된 것을 의미하는 것인지, 그게 썩 명확하다는 생각이 안 들어서 조금 설명을 부탁드립니다.

○**이경용 (방사선안전과장)** 제14호를 개정하게 된 취지 자체가 완전히 사용을 폐기한 클로스 된 선원이라고, 폐기 선원이라고 오해되는 부분이 있을 수가 있어가지고,

사실상 저희가 제14호에서 명확히 하고자 하는 부분은 일시적으로 사용을 종료한 투과검사 장비를 의미하는 것으로 명확히 하고자 하는 것이었거든요.

‘투과검사장비’라는 게 사실은 일시적으로 사용을 종료한 다음에 어쨌든 간에 이것은 감마선원이 있기 때문에 사용장소에 보관하지 말아야 한다, 이런 부분을 명확하게 하고자 하는 부분인데, 선원이라는, 사실은 방사선투과검사 장비가 아닌 선원이라는 용어로 규정이 되다 보니까 폐기선원으로 이렇게 오해를 많이 받아왔었습니다.

그래서 이 부분을 ‘선원’은 ‘방사선투과검사 장비’로, 그리고 ‘폐지한’은 ‘종료한’으로 이렇게 바꾸려는 그런 내용이 되겠습니다.

○**이승숙 위원** 그러니까 제가 딱 거기에 걸려 들은 것이네요, 그렇죠?

그것을 폐기라고, 첫 번째 ‘현행’을 그렇게 이해를 한 것이니까, 그러면 설명이 됐습니다.

감사합니다.

○**김호철 위원** 설명자료 3쪽 방사선규칙 제63조의6(시설에 대한 운영관리)제1호에 ‘시설 외부방사선량률이 시간당 1밀리시버트를 초과할 것으로 예상되는 구역’ 이렇게 하는데, ‘시설 외부’를 가르는 기준이 뭐가 되는 거예요?

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 설명드리도록 하겠습니다.

여기서 얘기하는 시설이라고 하면, 그러니까 정확한 의미는 차폐벽 후방으로 이해하시면 됩니다.

그래서 1밀리시버트가 초과하는, 1밀리시버트라는 것이 굉장히 높은 출력의 방사선이기 때문에 여기는 어떤 경우가 있어도 사람이 들어가면 안 되는 그런 곳이라서 그 시설 외부방사선량률으로, 몸을 기준으로 외부방사선량률을 의미하는 것이라서 그것을 이해하실 때는 차폐벽 후방에서의 방

사선량률로 이해해 주시면 될 것 같습니다.

○**김호철 위원** 그렇게 조금은 명확하게 규정하는 게 바람직하지 않을까요?

○**이경용 (방사선안전과장)** ‘외부방사선량’이라는 게 저희 방사선규칙상 용어입니다. ‘외부방사선량률’은 방사선관리구역을 정하는 데 기준이 되는 방사선량률로서 저희 제3조(방사선관리구역)에 보시면 외부방사선량률이 1주당 400마이크로시버트를 넘어서면 방사선관리구역을 정하도록, 이렇게 규정되어 있고요.

○**김호철 위원** 어떻게? 제3조?

○**이경용 (방사선안전과장)** 저희 방사선규칙 제3조.

그리고 제2조(정의)제5호에 보면 ‘외부방사선량률’에 대해서 정의가 나와 있습니다. 그래서 ‘외부방사선량률’이라 하면, 인체 외부로부터 피폭되는 시간당방사선량(밀리시버트/시간)을 말한다, 이렇게 제2조제5호에 정의가 있습니다.

○**김호철 위원** 제3조제1항제1호에 보면 ‘외부방사선량률’이 1주당 400마이크로시버트, 이렇게 정하고는 있지 않습니까?

그런데 어디서 측정이 되느냐는 알 수가 있는 거예요, 이렇게 정하면?

아까 말씀드렸듯이 차폐벽 후방, 차폐벽 후방에서 사람이 서 있는 것을 기준으로 그 외부방사선량률이 이렇게 될 경우를 얘기한다고 그렇게 말씀하시는 것 같거든요. 그렇게 명확하게 해 주시는 게 좀 더 나은 것 아닌가?

그러니까 외부방사선량률 자체의 의미는 알겠는데, 이게 어디를 기준으로 측정할 때 외부방사선량률이라는 게, 이게 좀 헷갈릴 것 같아요.

원자력발전소에서도 사실은 방사선이 누출됐을 때, 부지 내 누출됐을 때 이것을 두고 많은 논란이 있어 왔어요. 그러니까 원자력발전소 시설 경계구역을 기준으로 누출되어서는 안 된다는 취지다, 아니면 그 경계구역 안이더라도 시설 외부 환경으로의 누출을 얘기하는 것이다. 기타 또 다른 기준을 가지고 얘기를 해서 불필요한 논란이 발생하고 규제를 회피하려고 하는 것 아니냐, 이런 등등의 뭐가 이렇게 따라서,

외부방사선량률, 시설의 외부방사선량률이라고 할 때 어디를 기준으로 측정할 때 외부방사선량률인지가 현재의 방사선규칙 안에서 명확하게 정의가 될 수 있다 그러면 그것은 찾아가서 이렇게 하면 될 것 같은데, 그렇지 않다 그러면 좀 이런 것들이 헛갈리지 않게, 그래서 논란이 되지 않도록 기준점을 세워두는 것도 필요하지 않을까, 이런 생각이 들어서 질문을 드려보는데요.

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 추가로 설명을 조금 더 드리고 싶은데요.

1밀리시버트를 초과할 것으로 예상되는 구역, 여기서 '구역'이라고 하는 용어가 나오는 것은 실질적으로 방사선관리구역, 일반적으로 봤을 때는 그런 부분을 얘기할 수 있는데, 대형방사선발생장치의 경우는 일반적으로 국내에 구축된 장비 시설들도 보면 선량률에 따라서, 여기서 얘기하는 외부 선량률에 따라서 zone을 여러 개로 나눕니다.

그래서 각 zone마다 들어갈 수 있는 물리적인 경계가 형성이 돼 있고 들어갈 수 있는 권한이 잡혀 있는 것입니다.

그래서 만약에 1밀리시버트를 초과할 것 같은 고방사선구역, 그러니까

더 핵심구역 안쪽으로 들어가면 선량률이 높게 돼 있는데요. 그 부분이 경계가 모호한 것이 아니라 여기서 얘기하는 구역이라는 개념으로 각각이 분리가 돼 있습니다. 그래서 그런 의미로 이해를 해 주시면 좋을 것 같습니다.

○**김호철 위원** 그래서 그 기준이 구역 경계 밖에서의 외부선량률을 얘기하는 것인지, 아니면 구역 안에서 방사선발생장치와 구역 그사이의 어떤 외부방사선량률이 1밀리시버트를 초과할 때 이렇게 한다는 것인지,

하여튼 저 같은 사람은 잘 이해가 안 되거나 헷갈려가지고 그런 어떤 해석의 계속 헷갈림이 좀 있는 것 아니냐, 이런 문제이죠.

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 저희가 지금 운영되고 있는 시설들도 보면 이게 다층의 구역으로 운영이 되고 있는데, 각각의 운영에는 완충지대나 아니면 공백이 있거나 그러지 않습니다.

그러니까 예를 들면 만약에 1밀리시버트, 시간당 1밀리시버트인 구역이 가장 안에 존재를 하면 아까 얘기했던 방사선관리구역 주당 400마이크로시버트가 되는 구역이 바깥을 싸고 있고, 그 부분이 각 구역을 들어갈 때 마다 물리적인 경계가 설정돼 있고 출입권한이 설정돼 있는 구조로 돼 있어서,

실제로 여기서 얘기하는 구역이라고, 이 1밀리시버트를 초과할 구역이라고 하면 그 구역은 명확하게 구분이 되는 것으로 돼 있습니다.

○**김호철 위원** 제가 좀 죄송합니다. 저는 기술자가 아니어서 이해가 안 되기 때문에 조금 지루하게 질문을 드리는 것인지 모르겠는데, 저희 같은 사람이 생각할 때는 방사선발생장치가 있지 않겠습니까, 그리고 그런 것에 대

해서 고방사선량이 예상되면 차폐벽이나 차폐시설을 설치하라고 그러지 않겠습니까?

그러니까 차폐벽이 있을 것이고, 그다음에 차폐벽과 동시거나 아니면 그 외부에 또 구역이 설정될 것이고 그러지 않겠어요? 이런 것을 상상하게 되는데, 그럴 때 어느 지점에서의 예상되는 외부방사선량률이 1밀리시버트를 초과하는 것이냐, 이게 좀 헛갈려요, 설명을 듣더라도 여전히 좀 헛갈리거든요.

그래서 방사선발생장치와 차폐벽 사이가 1밀리시버트를 초과하는 경우라고 그러면 보다 좀 더 강화된 규제기준이 되는 것일 것이고, 차폐벽 바깥을 기준으로 정하는 것이라고 그러면 그것보다는 완화될 것이고,

또 차폐벽보다 좀 떨어진 상태에서 구역이 설정된다 그러면 구역 바깥을 얘기하는 것이라고 그러면 그것보다 조금 더 완화되는 기준이 설정되는 것일 것이고, 이렇게 생각이 들어서 다시 한 번 기준이 명확히 이렇게 상이 잡히도록 했으면 좋겠다, 이런 생각이 들어서 질문을 드리게 됩니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 답변이 가능할까요?

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 같은 페이지 3페이지 중간에 보시면 그 밑에 별표(*)로 표시된 것이 정량적으로 표시된 것이 있는데, 이것은 미국 기준을 저희가 참조를 했고, 거기서 나와 있는 내용은, 이 1밀리시버트라는 게 ‘차폐벽 후방에서 일정 거리에서 측정된 것’이라는 개념으로 이해를 해 주시면 될 것 같습니다.

○**김호철 위원** 그러니까 좀 보충으로 그렇게 ‘차폐벽 후방’이라고 하는 것을 다룰 필요는 없겠어요? 계속 이것 가지고 또, 구체적으로 문제가 발생했을

때는 규제를 좀 약하게 적용받고 싶은 사람은 또 다른 얘기를 할 것 같고, 또 규제를 설정했었던 애초의 취지를 아는 사람은 또 다른 주장을 할 것 같고, 혹시 그럴 위험은 없겠느냐?

○**이경용 (방사선안전과장)** 아마 위원님께서 말씀하시는 것은 ‘시설 외부방사선량’이라고 하는데, 그 부분을 ‘차폐벽 밖에서 측정된 외부방사선량’ 이렇게 조금 더 ‘차폐벽 외부에서 측정된’이라는,

○**김호철 위원** 네, 그렇게라도 하면 추후에 논란의 여지를 좀 없앨 수 있는 것 아니냐. 그게 규제를 너무 경직되게 하는 것이라 그러면 바람직하지 않다 하더라도.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 생각을 정리하시는 동안에,

제가 김호철 위원님 말씀을 들으면서 두 가지 생각이 들었는데

한 가지를 말씀드리면, ‘시설 외부방사선량률’이라고 이렇게 하다 보니까 원전이나 이런 시설하고도 헷갈릴 수도 있다 하는 그런 말씀도 있으셨고 한데,

대형방사선발생장치에서 지금 시설이 나오고, 방사선량률이 나오고, 구역이 나오잖아요. 구역은 시설 내 일부죠. 시설 전체 외곽이 외부방사선량률 1밀리시버트를 넘으면 그것은 난리가 나는 상황일 테니까요.

그러면 ‘시설 내에서 외부방사선량률’이, 이렇게 고치면 문제가 있나요? 시설 내(內)가 여러 구역으로 나누어질 것 아닙니까?

○**이경용 (방사선안전과장)** 사실은 구역이 주된 그게 되기 때문에 그 부분이 오히려 더 명확히 하는 표현은 될 것 같습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 그러면 ‘시설 내에서 외부방사선량률이 시간당 1

밀리시버트를 초과할 것으로 예상되는 구역' 이렇게 하면 좀 더 명확할 것 같고요.

그다음에,

○**김호철 위원** 그런데,

○**위원장대리 (임승철 위원)** 위원님 말씀하시죠.

○**김호철 위원** 위원장님!

○**위원장대리 (임승철 위원)** 네.

○**김호철 위원** 벌써 여기서도 저희들 간에도 이렇게 해석이 헛갈리는 것이 나타나는 것 같아요.

지금 시설이라고 하면 전체, 복합시설 전체를 얘기할 수도 있고, 전체 복합시설 내에서 사용시설도 있고, 배출시설도 있고, 저장시설도 있고, 또 보관시설 있고 그러지 않겠습니까, 분배시설도 있고, 그 시설을 해석하고 바라보는 게 또 다 달라요.

그러니까 '그 시설 안에 구역이 있다.'라고 하시는 우리 위원장님, 우리 사무처장님의 말씀은 전체시설을 얘기하는 것 같고요.

그러나 과연 이 시설 외부방사선량이라고 하는 게 사용시설, 혹은 분배 시설, 저장시설, 보관시설, 배출시설, 전체시설 안에 이렇게 각각 구획화된 그 시설들, 그 시설 내 또 차폐벽을 설치하고 그 차폐벽 후방이 되는 것이냐, 아니면 그 시설경계의 바깥이 되는 것이냐, 전체 복합시설 경계의 또 외부가 경계시설을 기준으로 책정하는 것이냐, 이렇게 좀 헛갈리게 되는 것 같아서 제가 질문을 드리는 것입니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 헛갈리시는 부분을 이해합니다.

저도 말씀드리는 김에 정리하시면서, 생각 정리하시면서 들으시면 두 번째 말씀 주신 것이 '외부방사선량률이 어디서 측정하는 것이냐?' 하는 질문으로 저는 이해를 했거든요.

그러니까 그 외부방사선량률을 측정한다는 것이 아까 KINS 계신 분이 답변하시면서 '차폐벽에서 1 m 떨어졌거나' 이렇게 답변을 하셨던 것 같은데, 그게 우리 규정이나 전문기관의 어떤 심사지침이나 그 부분에 명확하게 규정이 되어 있습니까?

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 이 기준에 대해서는 지금 저희가 참조한 미국 기준이 1 m에서 측정한 방사선량률로 규정이 돼 있고, 이 부분은 저희가 규제심사 검사지침을 추가로 상세한 내용들을 더 담아서 개발해야 되는데, 그쪽에 반영할 것으로 하고 있습니다, 준비하고 있습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 아까도 반영하신 게,

○**김군태 위원** 김군태입니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 네, 김군태 위원님.

○**김군태 위원** 저도 그 내용을 다시 읽어보니까 오해의 소지가 좀 있어 보이는 하는데, 우리 「방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙」 제2조 (정의)제5항에 보면 '외부방사선량률'이라 함은 인체 외부로부터 피폭되는 시간당방사선량(밀리시버트/시간)을 말한다, 이렇게 지금 돼 있거든요.

그러니까 이 문장에서 어느 지점에서든 외부방사선량률, 그러니까 사람이 받을 수 있는 방사선량률이 시간당 1밀리시버트를 초과할 것으로 예상되는 구역은 통제하라, 이런 뜻인 것 같아요. 맞나요?

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 네, 맞습니다.

○**김군태 위원** 그렇다면 맨 앞에 있는 시설이라는 말은 빼도, 빼는 게 오히려 의미를 명확하게 하는 그런 규정인 것 같아요.

그러니까 ‘시설’이라는 말을 빼고 그대로 ‘외부방사선량률이 시간당 1 밀리시버트를 초과하는 구역은 통제할 것’ 이렇게 정리하는 게 어떻겠습니까?

○**김호철 위원** 저희 방사선안전규칙 제19조(사용시설 및 분배시설)를 보게 되면 이런 규정도 있습니다.

‘사용시설 및 분배시설’이라는 제목 하에 제1항에서는 “개봉선원의 사용시설 및 분배 시설의 구조 및 설비에 관한 기술기준은 다음 각 호와 같다.” 이렇게 얘기를 하고요.

제3호에 “다음 각목의 1에 해당하는 방사선량”, 이게 외부방사선량이 되는 것인지 뭘지는 제가 현재까지는 잘 모르겠고, “방사선량이 선량 한도 이하가 되도록 필요한 차폐벽이나 차폐물을 설치할 것”하고 “사용시설안 및 분배시설안의 사람이 상시 출입하는 장소에서의 방사선량”

나목은 “사업소의 경계에 인접하는 구역에서의 방사선량” 이렇게 해서, 하여튼 외부방사선량률이 1밀리시버트를 초과하는 경우라고 할 때는 그 측정위치, 측정기준을 명확하지 않으면 사람마다 이게 다 다르게 생각하고 그럴 것 같아요.

현재 저희의 심사 기준에서는 아직은 ‘이것을 어디를 측정 기준으로 할 것이냐?’에 대한 명확한 원칙이나 이런 것들은 세워져 있지 않고, 아까 말씀을 들어보면 계속 그것들을 강구하시는 것 같기는 하다.

그런데 지금 3쪽에, 설명자료 3쪽에 선량에 따른 구역 구분에서는 AN SI나 이런 데서의 어떤 기준은 명확히 돼 있는 것 같아요, '어디서 측정해라.'라고 하는.

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 네.

○**김호철 위원** 저희도 규칙을 정함에 있어서 이렇게 해석이 너무 혼란스럽고 헛갈리게 정하는 것은 문제가 있지 않겠는가. 우선은 도입한다 하면 외국 기준이 갖고 있는 그 기준을 우선은 기준으로 삼아 줘야 되는 것 아니겠는가, 이런 생각도 들거든요.

어쨌거나 '지금 같은 공백 상황에서는 대단히 많은 논란의 여지를 남기는 규칙이 될 것이다.'라는 우려가 저는 좀 있습니다.

○**이경용 (방사선안전과장)** 위원님들 의견을 정리하면, 사실 이 부분은 '시설'이라는 말 자체가 오해의 소지가 있었던 부분이 분명히 있었고요. 여기서 사실은 구역이, 구역이 중심이 되는 개념입니다.

결국 시간당 외부방사선량이 1밀리시버트를 초과할 것으로 예상되는 구역에서는 출입을 통제하도록 할 것이라는 하나의 규칙에 규제요건을 정한 것이고,

김호철 위원님께서 말씀하신 개봉선원과 관련해서도 구역에 대해, 어떤 구역을 정해놓고 그 구역에서는 1밀리시버트를 넘지 말자, 어떤 선량이 어느 이상 되게 하지 말라, 이렇게 구역을 기준으로 구획을 하고 있는 부분이거든요.

그래서 사실 제63조의6(시설에 대한 운영관리)제1호에 '시설'이라는 말을 빼고 '외부방사선량률이 시간당 1밀리시버트를 초과할 것으로 예상되는

구역은 가동 중 사람의 출입을 통제하도록 할 것' 이렇게 규정을 하는 게 사실은 가장 의미가 정확하다고 저는 생각을 하고,

그러면 1밀리시버트라는 기준을 어떻게 측정할 것이냐. 외국 기준에서는 30 cm에서 1밀리시버트, 1 m에서는 5 Gy 이렇게 구역을 구분한다, 이렇게 기준이 나와 있는데,

사실상 KINS가 지금까지 심사를 해오면서 미국의 ANSI 규정을, 저희가 별도의 다른 지침이 없기 때문에 이 기준을 따라가지고 아마 대형가속기 부분을, 이 ANSI 규정 자체가 미국에서 대형가속기를 위해서 발간한 문서고 기준이 되는 부분이라서, 이 부분을 인용해서 많이 활용을 해 왔는데, 저희가 그동안에 '대형가속기'라는 개념 자체가 없었기 때문에 대형가속기에 대한 별도의 심사지침도 없던 상황이었거든요.

그래서 이런 구체적인 부분들은 미국 기준들을 인용해서 저희가 KINS에서 심사, 대형가속기에 대한 심사지침이라든지 이런 부분들을 새로 만들면서 구체적으로 인용하는 그런 방향으로 가는 게 어떨까, 지금 생각합니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 이승숙 위원님.

○**이승숙 위원** 다르지 않은 내용이기도 한데요, 김호철 위원님께서 말씀하신 부분에 대한 것을 보다 보니까, 규칙에, 이것은 핵연료물질 취급 기준이라는 부분에 제14조(운반)에 대한 것을 보면, 거기서 굉장히 자세하게 기술이 돼 있어요.

운반하는 핵연료물질을 봉입한 용기의 표면에서의 방사선량률이 어찌고 저찌고 이렇게 써 있고, 그게 용기 표면으로부터 1 m 거리에서는 방사선

량률이 매시 0.1밀리시버트를 초과하지 아니하도록 할 것이라고 명확하게 1 m 표면이고 방사선량도 명확히 제시가 돼 있어요.

그래서 지금 이런 논란이 있고, 이런 상황에서는 어차피 규칙에 그 정도의 자세한 기술이 들어간 다른 규칙 문구가 있는 상황에서는 개정하는 이 규칙에서도 뭔가 그것을 더 명확하게 기술할 수 있으면 기술하는 게 더 낫지 않겠나, 그런 생각이 듭니다.

그냥 문구 자체로는 크게 문제가 없어 보이지만, 만약에 어떤 분쟁이 발생하거나 사건이 생겼을 때는 결국 변호사들이 그 상황을 해석하고 적용하고 할 텐데요. 그런 입장에서 전문가들이 봤을 때 '이것은 구역에서 선량률 1밀리시버트 넘어가면 안 된다는 게 왜 그렇게 까다롭게 규정되어야 되냐?'라고 생각할 수 있지만,

실제 이런 규칙이 있고 규정이 있는 이유는, 문제가 발생했을 때 일반인이 적용할 수 있는, 그리고 이해될 수 있는 규정이어야 된다는 점에서 저는 보다 명확한 기술이 들어가는 게 더 나을 것 같다는 생각이 듭니다.

이상입니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 추가적인 답변이나?

○**이경용 (방사선안전과장)** 이 부분은 사실 제63조의6 제1호의 목적은, 결국 이 규정 자체의 목적은 사람이 출입을 통제하지 못하도록 어떤 구역을 설정하는 게 목적이거든요.

그래서 사람이 출입을 통제하도록 하려면 결국은 외부방사선량률을 미리 예상을 해서 이게 넘어갈 것 같으면 사람이 통제를 못하도록, 출입 못하도록, 이게 사실은 측정해서 넘어갔으니까 출입 못하도록 하는 것하고

예상되는 구역을 출입 통제하는 것하고는 전혀 다른 개념이고,

이것은 그렇기 때문에 사실은 저희 운반규정에서 보듯이, 특히 이것은 핵연료물질이다 보니까 조금 더 세밀한 규제가 적용되는 부분이 있고 굉장히 강한 규제가 적용되는 부분인데, 이것을 핵연료물질하고 조금 동일한 취급을 해가지고 굉장히 이것을 1 m 거리에서는 몇십 시버트를 넘어서고 30cm 거리에서는 어떻게 넘어서고, 이렇게 조금 너무 세분화적으로 규제를 하는 것도 사실은 방사성규칙단에서 규제하기에는 조금 쉬운 부분은 아니고, 특히나 이것은 예상되는 구역이다 보니까 사람이 어느 정도 되면 들어가는 것을 출입을 통제하기 위해서 마련된 규정인데, 그런 부분들을 하나하나 거리까지 따져서 하기에는 조금 이게 맞지 않지 않나, 이런 생각이 좀 드는 데요.

○**김호철 위원** 그럼에도 불구하고 외국의 어떤 기준은 명확한 부분이 있어서 논란의 여지를 지우고 있는 것이 있으니까 고시에 위임하거나 고시로 정하는 시설 외부방사선량을 하고 그 고시에서 지금 ANSI 규정을 다른 고시와 마찬가지로 규제 기준으로 설정하거나 이렇게 해서 나중에 출입 통제가 완만해서 어떤 사람이 방사선에 노출돼서 다치는 사고가 났을 때 그 책임 소재를 가를 수 있는 기준은 좀 세워둘 필요가 있겠다, 그런 생각이 듭니다.

○**이경용 (방사선안전과장)** 위원님이 말씀하시는 부분은 아마 여기 대형RG만 꼭 해당되는 부분은 아니고 방사선규칙의 다른 부분에도 아마 선량이라든지 여러 가지 규정들이 있기 때문에 다른 부분들도 아마 적용되는 그런 부분을 고민해야 될 부분들이 있을 것 같습니다.

그래서 하위 규정에서 그러면 그런 부분들까지 포괄을 해서 저희가 검토를 해서 정할 수 있는 부분을 정하도록, 그렇게 검토를 해보겠습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 이 시행규칙을 개정한 뒤에 하위의 우리 고시랄까 이것을 개정할 계획이 있는 건가요?

○**이경용 (방사선안전과장)** 사실은 저희가 시행규칙 단에서 별도로 고시에 위임하고 있는 사항이 없다면 저희는 그냥 심사지침 선에서 심사할 때 지침으로 삼는 이런 기준들을 만들어가지고 적용할 생각이었습니다.

○**김호철 위원** 저희가 인허가 심의할 때 늘 이 자리가 비생산적인 논의 자리가 되는 이유가 그것입니다. 규칙에 기준 정해놓지 않고 KINS가 정한 심사기준에 의존하는데, 그 심사 기준에서 맞지 않는 상황이 발생했어요.

그것을 어떤 위원이 지적하면 '심사기준은 사실은 규제 기준으로서 강제력 있는 기준 아닙니다.' 또 이렇게 얘기를 해가지고 논의가 또 이상한 묘하게 공전되기도 하고 한 경험이 사실 있습니다.

그래서 적어도 이런 경우는 저희가 규제 기준을 명확히, 특히 또 안전을 고려하는 상황에서 명확히 한다는 차원에서 고시로 위임하고 고시에서라도 명확한 기준을 세우는 것이 바람직하지 않은가, 그것이 KINS의 부담도 덜고,

물론, 지금 현재 당시에 이 ANSI 규정을 그대로 우리 규제기준으로 갖고 와서 딱 규제의 어떤 구속력 있는 기준으로 삼는 것이 지금의 상황으로서 어렵지 않다 하면 적어도 우리 규칙에는 고시에 위임하는 규정은 마련해 놓고, 그다음에 좀 더 서둘러서 좀 더 집중해서 고시를 마련하는 것이, 그래서 그 고시와 KINS의 어떤 심사기준 간 정합성과 정렬성이 있

도록 하는 것이 바람직하겠다.

적어도 이 정도에서는 고시로 위임하는 문구라도 정해놓고 빠르게 그런 기준들을 정할 필요가 있겠다는 것이 저는 저의 바람이기도 합니다.

○**이경용 (방사선안전과장)** 그러면 위원님 말씀대로 일단은, 사실은 저희가 미국 기준을 그대로 쓰고 있고 해서 미국 기준을 수정해서 써야 될 것인지, 이 부분에 대해서는 좀 더 고민해봐야 되겠지만, 일단 고시에 위임하는 규정은 저희가 근거를 마련하고요.

그리고 구체적으로 어떻게 측정할 것이냐, 미국 기준을 그대로 인용해서 할 것이냐, 아니면 조금 더 볼 것이냐, 그 부분은 조금 더 고시에서 단계에서 검토하도록 그렇게 하겠습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 그러면 지금,

○**김군태 위원** 저 김군태입니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 네, 김군태 위원님.

○**김군태 위원** 법리적인 측면에서 한 가지 확인하고 넘어갈 게, 지금 이게 개정하고자 하는 것이 시행규칙이 아니고 「방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙」 즉, 행정규칙으로 나온 것인데, 행정규칙에서 또 다른 행정규칙인 고시로 위임하는 게 가능한가요?

지금까지는 제가 알기로는 그게 위임이 잘 서로 안 되는 것으로 알고 있었는데, 그 부분이 가능하다 그러면 지금 김호철 위원님 말씀하신 대로 위임하는 방안도 좋고요, 아니면 그게 아니라 그러면 또 다른 방안을 찾아 봐야 되지 않을까, 그런 생각이 듭니다.

○**김호철 위원** 김 위원님께서 저의 의견을 구하시는 것 같아서 제가 말씀드리

면, 이 규칙은 독립한 중앙행정기관인 저희 원자력안전위원회가 정하는 규칙이어서 법령의 성격을 지니죠. 그래서 그 법령에서 고시로 위임은 할 수는 있지 않겠는가 싶고요.

그다음에 구체적인 예가 눈에 확 띄는데 제10조에서도 보면요, 우리 규칙 제10조가 '처리 및 배출' 거기 제10호가목을 보면 "원자력안전위원회가 정하여 고시하는 바에 따라 소각시설에서 소각할 것" 이렇게 해서 고시를 원용하거나 고시에 위임하거나 이런 규정을 마련하고 있는 예도 그냥 눈에 바로바로 띄는 것 같아서,

저희가 이렇게 '고시에서 구체적인 사항은 정한다.'라고 하는 것을 규칙에서는 마련할 수 있겠다는 게 제 생각인데, 어떻게 과장님, 제 의견이 어떤가요?

○**이경용 (방사선안전과장)** 위원님 말씀대로 사실 방사선규칙 안에서는 위원회가 고시하는 경우에는 어떻게 한다, 고시하는 경우에는 그렇지 아니하다, 이런 문구들이 많습니다. 그래서 고시에 위임하는 것 자체도 크게 문제는 없을 것 같습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 그러면 제63조의6 제1호는 여태까지 논의를 정리해보면, 앞의 '시설' 자(字)는 빼고요, '외부방사선량률이 시간당 1밀리시버트를 초과할 것으로 예상되는 구역은 가동 중 사람의 출입을 통제하도록 할 것' 하되,

그 뒤에 '해당 구역의 설정에 관한 자세한 기준은 원자력안전위원회가 정하여 고시하는 바에 따른다.'라든가, 고시에서 설정한다든가, 이렇게 하면 어떻겠습니까? 그러면 될 것 같은데?

그러면 그 해당 문구를,

○**김호철 위원** 위원장님! 처장님!

○**위원장대리 (임승철 위원)** 네.

○**김호철 위원** 그냥 '시설'은, 아까도 제가 말씀드렸듯이 각종의 시설이 전체 시설 내에 있는 것 같으니까 '시설 외부방사선량률'이 이 문안은 살리고, 말씀하신 대로 단서를 만일 준다고 하면,

다만, 시설 외부방사선량률의 측정 기준은 별도의 고시로 정한다, 이렇게 그냥 단명(單明)하게 가면 어떤가 생각합니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 네, 그러시죠.

그러면 아까 말씀 주신 대로 '시설 외부방사선량률은' 시설 전체 외부방사선량률이라는 또 오해가 있을 수 있으니까,

아까 말씀드렸던 대로 '시설 내에서 외부방사선량률이 blah blah blah 하고 단서조항을 붙인다거나,

그러면 KINS나 사무처에서는 조항을 정리해봐 주시고요, 그 조문을.

다른 의견 있으신 분?

이수재 위원님.

○**이수재 위원** 이수재입니다.

저는 단순한 질문인데, 아마 12쪽에, 여기 심의·의결 제1호 12쪽에 비슷한 얘기 같은데, 제63조의8(방사선감시장치) 하단 제3호에 보면 '방사선감시에 적용하는 측정 장비는 성능이 유지되도록 주기적 점검을 통하여 관리할 것'인데, 「방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙」에 보면 주기(週期)에 대해서 계속 나오는데, 이게 진짜 지금 말한 대로 정해져 있는 것

인지,

다만, 여기 제51조에만 원자력안전위원회에서 정한 고시에 따라서 주기적으로 하라는 게 명시돼 있고, 나머지 '주기'라는 용어 나오는 것 보면 다 그냥 주기, 주기 이렇게만 돼 있는데, 이것도 명확히 해 주시는 게 어떤가 하는 게 좀,

사업자가 검사를 했는데 장주기를 우리는 검사한다든지, 국가표준기술 법인가요, 「국가표준기본법」 인가는 보통 검·교정을 이렇게 주기를 명시해놨잖아요.

그런데 대형방사선이나 이런 것이니까 좀 더 안전관리를 한다면 이것도 한번 검토를 하셔가지고, 규칙에 들어 있는 '주기'라는 용어를 다 검토 하셔가지고 중요한 것은 그 주기를 고시에 확실하게 하시든가, 아니면 주기라는 것은 우리가 임의성이 좀 있다 보니까 이것을 해 주시면 어떨까 하는 게, 첫 번째 질문이고,

그다음에 이 규칙에 보면 '원자력안전위원회'라고 분명히 얘기하는 게 있고, 지금 8쪽에 보시면, 제57조의4(일일작업량 등 보고)에 보시면, 그런 말 없이 그냥 '위원회에 보고하여야 한다.'는 게 섞여 있어요.

그래서 이게 상식적으로는 위원회가 원자력안전위원회 같지만, 같은 규칙에, 법에 정의, 이하 원자력안전위원회를 위원회라 한다는 말이 없이 그냥 이렇게 하는 것보다는 통일을 해 주셨으면 좋을 것 같고,

그다음에 7쪽에 보시면 제32조(사용·보관시설의 위치)가, 제18조(사용시설등의 위치)에는 대상이 다르긴 하지만 '개봉선원의 사용시설은 지반이 견고하고 화재 또는 침수의' 이렇게 돼 있는데,

제32조는 또 비슷한 내용 같은데, 그냥 “화재·침수 또는 지반붕괴의 우려가 적은 장소에 설치하여야 한다.” 해서 이게 기술적으로 무슨 큰 차이가 있는지 모르겠지만, 같은 법에서 만약에 비슷하게 사용할 것이면 용어나 조항을 통일하거나 이렇게 하는 게 좋지 않겠나 하는 생각이 들고요.

그다음에 11쪽에 제63조의5(적용범위)에 보면 방사선 안전관리 규칙의 모든 조항이 다 이렇던데, 개정할 때마다 뭐 뭐 뭐 뭐 하고 ‘뭐 뭐를 적용하는 외’에 이렇게 쓰는데, ‘뭐 뭐를 적용하는 외’를 다 빼고 그냥 써도 상관없이 없을 것 같은데, 특별히 뭐 뭐를 적용하는 왜 이렇게 하는지를,

그냥 상식적으로 ‘제48조’ 그다음에 콤마(,)하고 ‘제63조의6부터’ 이렇게 해도 되는데, 이 규칙에 보면 개정할 때마다 이런 말이 붙어 있더라고요. 그래서 이런 게 좀 약간은 의아한 것이고요.

나머지, 나머지는 단순한 것인데, 13쪽에 맨 마지막 제3호, 문·덜개 등 외부로 통하는 부분에는 ‘자물쇠나’ ‘자물쇠 등’인지 단순한 빠진 것 같은데, 읽을 때 상당히 좀 이게, 약간 이상한 것이어서 혹시 문구 조정이 필요한지 검토해 주시면 감사하겠습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 질문이 많은데, 답변이 가능할까요?

○**이경용 (방사선안전과장)** 네, 위원님이 질문하신 내용이 대부분 사실은 저희 방사선규칙 전체적인 체계라든지 용어에 관련된 지적이신데요. 저희도 이 부분에 대해서는 조금 한 번 전체적으로 봐야겠다고 생각은 하고 있고,

저희가 앞서 말씀드린 방사선투과장치 같은 경우만 해도 여러 가지 용어가 혼재되어 사용되다가 이것을 투과장치로 통일하겠다고 한 것도 그런 일환인데요. 어떻게 보면 그동안에 방사선규칙을 개정하면서 딱 한 조문

만 보고 그 조문만 개정하는 식으로 이렇게 되다 보니까 전반적으로 조금 시스템의 통일이 부족한 측면들이 있었습니다.

용어들도 앞서 말씀드린 대로 어떤 때는 '원자력안전위원회'고, 어떤 때는 '위원회'고 일관성도 없는 부분이 있고, 조문 체계라든지 어떤 문구 같은 것에서도 일관성이 없는 시스템이 있어가지고 이 부분은 저희가 통일적으로 하고, 원자력 방사선규칙을 통일적으로 한 번 손보도록 하겠고요, 그것은 별도로 나중에 개정안을 만들어서 또 위원회에 보고를 드리도록 하겠고,

그리고 그중에, 저희가 지금 개정하려고 하는 것 중에 아까 마지막에 지적하신 제63조의10(방사성폐기물 보관시설)에 '자물쇠 기타 도난·분실을 방지하기 위한 시설'은 '자물쇠 또는 기타 도난·분실을 방지하기 위한 시설'이 아마 취지에 맞는 것 같습니다.

그래서 이것은 '자물쇠 또는'이라는 용어를 넣어서 조금 더 명확하게 하도록 하겠습니다.

그리고 주기적 점검에 대해서는 KINS에서 추가설명을 드리겠습니다.

○**장필규 (한국원자력안전기술원 방사선투과검사평가실)** 이 조항이 들어가게 되는 의미는, 그러니까 일반적인 방사성동위원소 사용기관들은 법적인 요건으로 방사선 측정 장비를 구비하게 돼 있고, 구비한 측정 장비는 주기적으로,

「국가표준기본법」에서 얘기하는 저희 주기, 그러니까 보통 일반적으로 Survey meter는 6개월인데요. 6개월이고, 이온 챔버 같은 경우는 1년 이런 식으로 주기가 설정되어 있고, 그 주기에 따라서 사용자들은 국가표

준 측정기관, KLAS(Korea Laboratory Accreditation Scheme) 기관을 통해 가지고 교정을 받고 있습니다.

그런데 한 가지 대형가속기시설 같은 경우 여기서 얘기하는 방사선감시 장치는 굉장히 여러 개의, 수십 개의 방사선 측정 장비가 네트워크 형식으로 한 시설에 설치가 돼 있거든요. 그래서 이런 경우에는 사용자들이 국가 교정기관들을 이용하기가 어렵습니다.

그래서 여기서 얘기하는 '주기적 점검'은 사용자가 허가 당시에 자체적으로 설정한 교정 절차, 관리 절차, 실질적인 내용은 이 부분을 요구하는 내용입니다.

그래서 현실적으로는 사용기관들이 모두 KLAS 인증기관을 통해서 교정을 받을 수 없기 때문에 지금도 대형시설들, 포항가속기나 운영 중인 시설들은 자체 점검 교정을 할 수 있도록 시스템을 갖춰놓고 있고요. 여기서 얘기하는 '주기적 점검'이라는 것은 그 부분을 얘기하는 것입니다.

○**이수재 위원** 그러면 그 문구를 넣으면 편하잖아요? '허가 당시 설정한' 그렇게 하면 누가 보더라도 명확한데 그럴 때마다, 아까 김호철 위원님처럼 그때마다 이것은 이렇다 저렇다 하면, 이게 명백한 규칙이니까 그럴 경우에는 이 경우에는 확실하게 이것을 적용한다 하면 편할 것 같은데,

지금 설명을 듣고서야 항상 하니까 왔다 갔다 하는 것 같고 하니까, 저 개인 의견이 그렇게 느껴졌습니다.

설명 감사합니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 하정구 위원님.

○**하정구 위원** 제가 한 가지만 질문드리겠습니다.

8페이지의 제58조(방사선투과검사 작업)에서 제가 이해하기로는 방사선 피폭사고가 대부분 방사선투과검사에서 일어납니다. 이게 왜 그러느냐면, 업무 특성상 이 작업이 전부 다 밤중에 이루어진다고, 야간에 이루어진다고,

그래서 지금 주신 이 자료에서도 우측에 설명한 것처럼 보면 여러 가지 어떤 안전조치를 취하고 있는 그런 기술을 하고 있는데,

제가 한 가지 알고 확인하고 싶은 것은, 야간에 이 방사선투과검사 작업자들이 작업을 할 때 감시·감독이 이루어지는지, 그런 조항이 있습니까?

○**이경용 (방사선안전과장)** 투과검사 업체에서는 안전관리규정을 저희가 허가를 받을 때 제출해서 허가를 받도록 돼 있고, 안전관리규정에는 안전관리를 위한 여러 가지 업체 차원의 의무들이 규정이 돼 있습니다.

그리고 투과검사 업체는 안전관리자를 선임해서 안전관리자가 작업을 할 때 같이 감시를 하도록 하고 있는데요, 이런 부분들이 「원자력안전법」에 규정이 돼 있는 사항들이고,

「원자력안전법」 제59조(기준준수의무 등)제3항에서는 안전관리규정을 준수하도록 이렇게 규정을 하고 있고, 투과검사 업체가 이런 안전관리규정을 준수하지 않는다면, 안전관리자를 선임하지 않거나 안전관리자가 입회하지 않는다면, 이런 것은 전부 법 위반사항이 되고 있습니다.

실질적으로 위원님께서 말씀하신 대로 야간작업이 많이 이루어지고 있는 상황이 많고, 또 야간작업에서는 워낙 빨리빨리 작업을 하려고 하다 보니까 법 위반사항들도 많지만,

어쨌든 저희는 법적으로는 이런 부분들, 안전관리규정이라든지 안전관

리자 제도, 또 여러 가지 투과검사 업체에 대한 의무 요건들을 주면서 또 이러한 규정 위반이 있을 때는 영업을 정지한다든지, 또는 과징금·과태료 부과와 같은 여러 가지 조치를 취하도록 하고 있는 부분들이 있고, 그런 부분들은 계속 관리를 하고 있는 상황입니다.

○**하정구 위원** 그러니까 방사선안전관리자가 보통 주간에만 근무하잖아요, 밤에는 방사선안전관리자가 작업장에서, 현장에서 이런 방사선안전관리 업무를 같이 하느냐 이것이지, 제가 묻는 요지가, 질문의 요지가 그것입니다.

○**한상은 (한국원자력안전기술원 운반가속기 PM)** 제가 답변드리도록 하겠습니다.

일단 우선 저희 방사선규칙에서 작업장 방사선안전관리자의 의무가 정해져 있고요. 그래서 작업 전에 작업종사자들에게 작업현장을 확인하고 교육을 하도록 되어 있습니다.

그래서 말씀하신 것처럼 사실 밤에 작업이 이루어지는 부분들 때문에 업체들도 그런 애로사항이 조금 있는 것으로 알고 있지만, 보통 그래서 밤에 작업에 투입하기 전까지는 안전관리자가 현장을 확인하고 교육을 할 수 있도록 하고 있고요.

그리고 또 업체들에서도 관리를 더 잘하기 위해서 주간과 야간을 또 나누어서 안전관리자를 선임해놓는 경우도 있습니다. 그래서 그렇게 관리를 하고 있는 업체들도 있습니다.

○**하정구 위원** 그런데 여기 제58조에 그런 규정은 되어 있지 않습니까?

○**한상은 (한국원자력안전기술원 운반가속기 PM)** 저희가 그 제58조의2(작업장 방사선안전관리자) 쪽을 보시면, 거기에서 작업현장 확인과 교육을 해

야 된다는 내용이 들어가 있습니다.

○**하정구 위원** 선언적인 문구만 들어가 있는 것이잖아요, 그렇죠? 구체적으로 어떻게 그것을 시행한다, 지금 설명하신 대로 구체적으로 어떻게 시행한다 하는 구체적인 요건 이런 것들은 지금 정의 안 되어 있잖아요?

○**한상은 (한국원자력안전기술원 운반가속기 PM)** 교육과 작업현장 확인에 대한 말씀이신가요?

○**하정구 위원** 네.

○**한상은 (한국원자력안전기술원 운반가속기 PM)** 그러니까 ‘법에 사실 모든 것들을 구체적으로 담을 수는 없다.’라고 생각합니다. 그래서 과장님께서 말씀해 주셨지만 그런 교육 관련된 내용들은 또 안전관리규정에서 어떤 것들을 교육할지, 또 그런 것들을 각자 각 기관에서 맡는 작업 형태에 따라서 별도로 그것을 교육하고 훈련을 하고 있다고 보시면 될 것 같습니다.

○**하정구 위원** 됐습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 제무성 위원님.

○**제무성 위원** 확인하고 싶은 질문인데요. 일단 크게 봐서 이런 방사선안전관리, 그러니까 발생장치에 대한 규칙을 개정하는 것은 전반적으로 좋은 것 같은데요.

제32조(사용·보관시설의 위치)하고 제16조(적용범위) 관련 질문입니다.

제32조에 보면 방사선발생장치가 ‘화재·침수, 지반붕괴 우려가 적은 장소에 설치해야 한다.’ 이렇게 돼 있고요.

그다음에 제16조(적용범위)는 개봉선원인데, 개봉선원도 마찬가지로 제17조(개봉선원의 생산시설)에서 “화재 또는 침수의 우려가 적은 장소에 설

치하여야 한다.” 이렇게 돼 있습니다.

제가 확인하고 싶은 질문은, 방사선발생장치도 위험요인이 방사선입니다, 원전과 같이. 그래서 방사선 누출에 대한 위험요인인데요, 아까 구역 내 작업자의 안전 문제도 있고요, 그다음에 구역 밖에 주민의 안전 이슈도 있다고 생각합니다.

그런데 제가 제 기억에 한 10년 전에 일본에서, 도카이에서 양성자가속기 시설에서 사고가 난 적이 있는 것으로 압니다. 후쿠시마 사고 나고 한 2년 정도 지났기 때문에 큰 뉴스였습니다.

그래서 작업자들이, 30명이 넘는 작업자들이 방사선에 노출이 돼가지고 큰 뉴스가 됐던 것을 아마 발표자는 기억할 것입니다.

제가 드리고 싶은 질문은, 그 당시에 도 타지에서 화재가 나가지고 작업자들이 모르고 작업하다가 일어났던 사고인데요. 원전 시설과 마찬가지로 방사선이 위험 요인이기 때문에 지금 운영과 관련되는 규칙들이 많이 논의가 되고 있는데, 그 전에 건설하고 관련해서 원전 같이 사고 시 위험이, 원전 같으면 0.1 % qh 해가지고 안전목표가 있지 않습니까?

그런 것처럼 방사선발생장치도 지금 포항가속기나 대전의 IBS 중입자가속기 시설이 들어섬으로 인해가지고 어떤 안전목표를 충족해야 된다 하는 것이 아마 이런 규칙이 있을 것 같은데요. 제가 잘 못 찾아가지고 외부적인 부분을 하나 질문드리고요.

그다음에 아까 도카이 J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex) 방사선누출 사고 관련해서 기준, 그러니까 아마 그때도 사고 난 뒤에 이런 규칙의 보완이 있었을 것 같습니다, 사고 이후에. 그래서 그런

부분들이 어떻게 반영이 돼 있는지, 어디서 확인할 수 있는지, 그게 좀 궁금합니다. 그래서 짧게 답을 부탁드립니다.

○**이경용 (방사선안전과장)** 위원님께서 말씀하시는 대로 사실은 저희가 제32조 같은 경우에도 대형RG하고 중·소형RG를 구분해가지고 대형RG에 대해서 위치에 대해서 이렇게 중·소형RG보다 화재라든지 침수, 지반붕괴를 더 강하게 보도록 이렇게 하고 있는 부분도 대형RG가 에너지 출력이 굉장히 강하고, 그러다 보니까 고방사선이 나오고 방사화가 우려되는 특성이 있어서 그런 부분들을 감안한 것이라고 보시면 되는데, 대형RG와 관련해서는 저희가 「원자력안전법」을 작년에 개정하면서 사전검토제를 도입했습니다.

그동안에는 사실 저희가 대전에 있는 IBS 같은 대형가속기를 건설할 때 일반RG하고 같은 절차를 적용해 왔거든요. 그런데 대형RG 같은 경우에는 워낙 장기간의 검토 기간이 소요되고 건설도 3년, 4년 이렇게 굉장히 오랜 시간이 걸리기 때문에 사전에 그런 부분들을 명확히 할 필요가 있어가지고,

대형가속기 같은 경우에는 사전에, 허가를 신청하기 이전에 검토를 미리 받는 그런 제도를 만들었고요. 대형가속기 업체에서 사업자가 사전 검토를 신청할 때는 시설 개요뿐만 아니라 시설 주변의 환경, 또 개략적인 가속기에 대한 운영계획, 그다음에 방사선원이 어디에 있는지, 방사선원의 특징이 뭔지, 방사선원의 제원이 뭔지 이런 부분들을 전부 미리 검토를 받도록 그렇게 돼 있고,

그 단계에서 저희가 안전성에 대한 우려라든지 이런 부분들을 규제기관에서 미리 점검을 하고, 허가 이전에 이런 부분들을 정리하는 그런 절차

를 마련했구요. 이 부분은 지금 시행규칙이 개정돼가지고 개정 절차를 받고 있습니다. 그래서 지금 법제처 심사를 받고 내년 중에 시행이 될 예정으로 있습니다.

○**제무성 위원** 그래서 침수가, 여름에 비가 많이 와가지고 예를 들면 대전이나 포항가속기 시설에서 방사선원항이 바깥으로 빠져나올 수 있는 가능성이 있다는 말이죠, 그 가능성은 매우 낮지만.

그래서 제가 아까 제32조하고 제17조 예를 든 것이 화재·침수 우려에 대한 우려가 적은 장소, 이게 좀 애매한 것 같아요, 기준이. 그러니까 원전 같이 명확한 그런 기준이 있느냐 하는 질문이었구요.

그다음에 두 번째 J-PARC 도카이 지역에서 일어났던 양성자가속기 사고는 유명한 사고지 않습니까, 그 사고가 일어나지 않도록, 않도록 하는 어떤 규칙이나 그런 규정이 어떻게 반영이 돼, 우리에게 어떻게 반영이 돼 있는지 그 부분이 궁금해서 드린 질문인데, 아직 답변을 들 다 못 들은 것 같습니다.

○**한상은 (한국원자력안전기술원 운반가속기 PM)** 답변드리겠습니다.

동위원소 사용장소에 대한 위치에 대한 기준은 크게 화재·침수·지반 붕괴 이렇게 세 가지 부분을 검토하도록 돼 있는데, 사실은 이게 1958년도 「원자력안전법」이 원자력법, 당시 원자력법이 제정되는 당시부터 이 정도로만 구성이 돼 있고 그 밑에 구체적인 내용들이 없었습니다.

그래서 실제로 만약에 포항가속기나 아니면 대전의 IBS 같은 경우 심사를 할 때 별도로 이 부분을 평가하기 위해서 기술적인 부분들을 많이 요청을 했습니다.

그러니까 규정은, 당시에든 규정은 명확하게 돼 있지 않았었고요. 예를 들면 침수 같은 경우는 200년 동안 강수량을, 최대강수량을 분석해서 그중에서 가장 최대수위 수준에서 침수가 일어날 수 있는지, 그러니까 공학적인 해석 각각을 화재 같은 경우는 내화구조나 방화구조나 이런 부분, 소방법에서 얘기하는 내용들이나 이런 것들을 제출했고, 지반붕괴 같은 경우는 지진에 대한 안전성, 그리고 건물의 내구력, 그리고 지반에 대한 기초 지질조사 이런 내용들이 다 포함이 돼 있었는데,

사실 그 당시에든 규정상으로는 '그 부분을 구체적으로 해라.'라는 부분이 없어서 사업자가 어떤 기준이 뭐냐, 왜 최대강수량 분석을 요구하고, 그리고 지진 해석이나 이런 것들을 요구하느냐, 이런 부분이 약간 논쟁거리기는 했었습니다. 그렇지만 그 이후에 심사되는 우리 대형가속기들은 그런 공학적인 검토들은 모두 거친 상태입니다.

그리고 여기서 지금 생각하고 있는 이 기준은 그 근거를 만들어주기 위한 것입니다. 그래서 일반적인 방사선발생장치는 위치에 대한 구조가 특별하게 요건들이 필요 없는데, 대형가속기인 경우에는 그런 부분을 이전에 심사했던 사례들을 참조해서 공학적인 부분들을 다 검토를 해야 된다는 근거가 될 것입니다.

○**제무성 위원** 그래서 첫 번째 드렸던 질문에 대한 답은, 제가 '그런 기술기준이 있고 확인했다.' 이렇게 이해가 되고요.

○**한상은 (한국원자력안전기술원 운반가속기 PM)** 네.

○**제무성 위원** 두 번째로 운영 중에 일어나는 사고, 아까 J-PARC 도카이 방사선누출 사고에 대한 확인사항, 그런 사고가 예방되도록, 일어나지 않도록

확인하는 규칙이 어딘가에 있어야 될 것 같은데요, 거기에 대한 답변을 부탁드립니다.

○**한상은 (한국원자력안전기술원 운반가속기 PM)** 저희가 방사선안전 보고서의 내용들을 쪽 보다 보면 후반부에 사고의 예측과 역량에 대해서 평가하는 부분이 있습니다. 그래서 그것은 일반적인 동위원소 사용시설도 동일하게 적용이 되는데, 예를 들면 운영기간이 30년으로 설정이 돼 있다 그러면 그 30년 동안 일어날 수 있는 최대사고,

그러니까 이 시설에서 일어날 수 있는 가장 큰 형태의 사고를, 시나리오를 예측하고 그게 운영 기간 동안에 몇 회, 1회 이렇게 일어난다 하면 그것에 대한 역량도 같이 평가해서 그 부분은 공학적으로 검토를 했습니다.

그래서 요건 자체는 방사선안전보고서 작성내용 안에 포함이 돼 있고, 대형시설들 같은 경우는 별도로, 그 부분을 별도로 평가해서 제출하도록 했고, 그 부분을 검토해서 허가가 나간 상태입니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 답변이 충분하신지요? 충분하지 않은 표정이신 것 같기는 한데?

다른 의견이 또 있으신가요?

아까 위원님들 말씀 주신 것에 따라서 수정을 보면, 제63조의10(방사성 폐기물 보관시설)의 제3호. 안전의 13페이지 '자물쇠 기타' 돼 있는데, 아까 '자물쇠 또는 기타'로 이렇게 '또는'을 추가한다고 하셨고,

그다음에 아까 김호철 위원님 말씀 주셔가지고 제63조의6 제1호 '시설 내에서 외부방사선량률이 시간당 1밀리시버트 blah blah blah 다음에 통제하도록 할 것'까지 다음에 단서 조항을 달기로 했는데 어떻게 지금, 아까

문안 정리를 부탁드립니다 문안 보고가 될까요?

○**이경용 (방사선안전과장)** 단서 기준은 아까 김호철 위원님이 말씀하신 대로 시설 외부방사선량을, 다만, 외부방사선량률의 측정 기준은 별도의 고시로 정한다, 이렇게 단서 조항을 넣는 것으로 했습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 그렇게 하면 될까요?

위원님들 어떻게, 그럼 다른 의견이 없으시면 동 안전은 방금 논의된 대로 안전 일부 내용을 수정 및 단서 조항을 추가하는 그런 수정으로, 안전 일부 내용을 수정하여 의결하고자 합니다.

다른 의견 없으시면, 의결되었음을 선포합니다.

(의사봉 3타)

시간이 거의 12시가 되었습니다.

식사를 하시고 2시에 다시 개최하는 것으로 그렇게 하도록 하겠습니다.

(오전 11시 58분 회의중지)

(오후 2시 계속개의)

보고안건 제1호 : 신한울 1호기 운영허가 조건사항에 따른 PAR 수소

제거율 실험 결과

○위원장대리 (임승철 위원) 2시가 되었습니다.

위원님들 식사 잘들 하셨는지요?

김군태 위원님, 연결되어 계신가요?

○김군태 위원 네, 연결되어 있습니다.

○위원장대리 (임승철 위원) 오전에 심의·의결안건 제1호 수정의결을 한 바 있습니다.

보고안건 3건과 기타보고, 위원 현안보고가 준비되어 있습니다.

PAR에 관한 사항이고, 9월 30일 날 제164회 원자력안전위원회, 저희가 쪽 논의 뒤에 최종적으로 결론된 것이,

수소농도 8 % 관련된 부분에 대한 해석,

그다음에 발광입자 발생 이후 촉매체에 대한 성능유지 여부,

그다음에 기기생존성 확인 문제, 이 세 가지에 대한 논의가 아직 남아 있는 상황이고요.

보고안건 제1호는 원자력연구원에서 「신한울 PAR 수소제거율 실험 결과」

그다음에 제2호가 원자력안전기술원에서 「KNT사(社) PAR 수소제거율 실험 결과 검토」 이렇게 되어 있습니다.

제1호 안전과 제2호 안전이 남아 있는 세 가지 중의 8 %에서의 수소제거율에 관한 KAERI의 결과와 KINS의 검토이고 하니까 위원님들 괜찮으시다면 제1, 제2호 안전은 연속해서 보고를 받으시고 토의를 하시는 게 어떨까 싶습니다.

다른 의견 없으시면 제1, 제2호 안전, 보고안전 연속해서 보고를 하도록 하겠습니다.

그러면 제1호 안전 보고를 해 주시죠.

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 안녕하십니까? 한국원자력연구원 지능형사고대응연구부 부장 하광순입니다.

제166회 원자력안전위원회 의안번호 제1호 보고안전에 대해서 말씀드리겠습니다.

제목은 「신한울 1호기 운영허가 조건사항에 따른 PAR 수소제거율 실험 결과」가 되겠습니다.

1페이지 보시겠습니다. 본 보고는 신한울 1호기 운영허가 조건사항에 따라 제작사 실험장비를 활용하여 신한울 1호기에 설치된 PAR를 대상으로 수행한 수소제거율 실험 결과에 관한 내용이 되겠습니다.

경과를 간단히 말씀드리면, 수소제거설비(PAR) 성능 결함 등에 관한 의혹이 국민권익위원회에 공익신고로 접수되었고, 이에 따라서 한국원자력안전기술원이 PAR 공익 조사계획을 보고하고, PAR 실험계획 등에 대해서 보고를 드린 바 있습니다.

공익신고의 주요내용은, <표>에서 보시듯이 세라컴 PAR 수소제거율이 구매규격에 현저히 미달된다는 것과 세라컴 촉매가 불티가 되어 날아간다

는 그런 독일 Becker사(社) 실험결과를 기반으로 한 것입니다.

이에 따라서 신한울 1호기 운영허가 승인과 동시에 「원자력안전법」에 따라 조건을 부과하게 되었고, 이에 따라서 신한울 1호기에 설치되어 있는 KNT PAR에 대해서 세라컴사(社) PAR에 대해 실시한 독일 THAI 시설에서의 수소제거율과 촉매이탈 등 실험과 동등·유사한 실험을 한국원자력연구원에서 수행하도록 부과되었습니다.

2페이지 보시겠습니다. 이에 따라 한국원자력연구원은 신한울 1호기 운영허가 조건사항에 따른 실험을 KAERI SPARC 실험장치를 이용해서 수행하였고, 그 결과를 지난 제163회 원안위에서 보고 드렸습니다.

KAERI SPARC 실험은 크게 세 번의 실험을 수행하였는데요. 첫 번째, 두 번째 실험은 수소제거율, 그러니까 수소농도 4 %에서 수소제거율을 보는 실험이었고, 세 번째 실험은 8 % 고농도 수소조건에서 수소제거율을 측정하고자 하였습니다.

그렇지만 세 번째 실험에서는 조기에 연소현상이 발생해서 수소제거율을 정확하게 측정할 수 없었습니다.

이에 따라서 KINS는 「신한울 1호기 운영허가 조건사항에 따른 PAR 추가실험 계획안」을 보고 드렸고, 이에 따라서 KAERI는 제작사 실험장치를 이용한 수소농도 8 %에서의 수소제거율에 관한 실험을 수행하고, 그 결과를 11월 9일에 보고서로 제출드릴 바 있습니다.

오늘은 그 보고서 내용에 대해서 설명드리도록 하겠습니다.

3페이지 보시겠습니다. KAERI SPARC 장치가 아니고 KNT 제작사 실험장치를 이용한 실험이기 때문에 실험장치에 대해서 간단히 말씀드리도

록 하겠습니다.

실험장치는 기본적으로 압력용기와 계측기, PAR 및 촉매체로 구성되어 있고, 압력용기는 부피가 9.5 m³, 참고로 SPARC 실험장치는 80 m³ 정도 되겠습니다.

계측기는 수소농도 7개, 산소농도 1개, 습도계 2개, 온도, 압력, 수소주입량, 공기주입량 등을 계측할 수 있습니다.

사용된 PAR는 KNT사(社)에서 제작한 소형 PAR로서, 이 안에 들어가는 촉매체는 신한울 1호기에서 직접 반출한 촉매체를 사용하게 되고, 소형 PAR이기 때문에 촉매체 4개가 장입되게 되겠습니다.

아래 그림에서 보듯이 압력용기 실험장치는 기본적으로 다섯 곳에 수소농도를 공간분포를 측정하기 위해서 재계 되고 입구와 출구에서의 수소농도를 추가로 두 곳 더 재계 되어 있습니다.

그림에 명확히 나와 있지는 않지만, 아래쪽에 gate라는 것이 설치되어 있어서 초기에 수소 주입단계에서는 PAR가 작동하지 않도록 강제로 막는 그런 설비가 구성되어 있는 실험장치가 되겠습니다.

4페이지 보시겠습니다. 전(全) 실험과정은 'PAR 실험점검 소위원회'에서 검토·승인한 실험계획 및 실험절차서 등에 따라 실험이 수행되었습니다.

기본적인 실험절차는 비교적 단순한데요. 센서와 PAR의 위치를 확인하고, 용기내부의 온도 60 ℃, 압력 1.5 기압을 조성하게 됩니다.

그리고 PAR하구의 gate를 폐쇄한 상태에서 PAR 작동을 중지하는 조건을 형성하고 수소를 주입해서 일정농도의 수소조건을 형성하게 되겠습니다.

니다.

이후 PAR를 개방하면 PAR가 작동이 시작되고 그에 따라서 온도, 압력, 수소농도, 습도 등을 측정하여 최종적으로 수소제거율을 환산하게 되는 그런 구조로 되어 있습니다.

참고로 고농도 수소조건을 형성하기 위해서 산소농도를 임의로 13 % 정도로 조정하였습니다. 산소농도가 높아질 경우에는 고농도 수소조건에서 gate 작동 시 동시에 연소현상이 발생할 수도 있기 때문입니다.

5페이지 보시겠습니다. 8 %에서의 수소제거율 확인을 위해서 총 다섯 차례 실험이 수행되었고, 이는 8월 2일부터 8월 4일까지 수행되었습니다.

수행된 실험결과를 토대로 수소제거율을 환산하기 위해서 여러 가지 프로세스를 거치게 되는데, 그것에 관한 사항에 대해서는 뒤에 나와 있는 9페이지의 [붙임 2]에 나와 있습니다.

간단히 설명드리면, 측정된 수소농도를 바탕으로 해서 용기 내부의 습식 수소농도를 환산하게 되고, 최종적으로 내부에 들어 있는 수소량의 변화량을 환산한 다음에 이것을 미분하여 수소제거율을 구하게 됩니다.

다시 5페이지를 보시면 이 계산과정에서 몇 가지 인자들에 대한 불확실성이 영향이 있는 것으로 판단되었고, 각각의 인자들을 설정함에 있어서 수소제거율의 변화를 평가하게 되었습니다.

크게 저희가 판단한 것은 수소계측에 있는 지연시간과 근사함수, 그다음에 기준 수소농도, 기준 압력·온도 등이 되겠습니다.

우선 첫 번째, 지연시간이 발생하는 이유는, 용기 내부의 수소량을 측정하기 위해서 내부에 있는 기체를 임의로 일정량을 흡입하여 용기 외부

로 빨아들이게, 토출하게 되는데, 이 과정에서 내부에 있는 온도·압력과 수소농도 계측기 간 시간지연이 발생하게 됩니다.

통상적으로는 내부에 있는 수소계측 라인의 부피와 흡입량을 토대로 해서 이론적으로 구하게 되고, 그렇지만 저희들이 계측결과를 판단해 보았을 때 실제 계측값은 이것보다 조금 작은 값이 되는 것으로 판단해서 실제 계측값을 사용하게 되었습니다.

각각에 대한 인자들에 대한 설명들은 별첨자료, 참고자료로 추가로 드린 그 자료를 보시면 되겠습니다.

우선 간단히 결과만 말씀드리도록 하겠습니다.

두 번째로는 '근사함수'인데요. 아까 말씀드린 내부의 수소량을 시간에 따라서 환산을 하고, 그것에 대한 미분값을 구할 때 그 미분을 어떤 방법으로 구하느냐에 따라서 수소제거율의 결과값이 영향을 크게 받게 되는 것을 발견하였습니다.

크게는 근사함수를 다항함수로 보느냐, 지수함수로 보느냐의 문제였고, 크게 두 가지로 적용하였을 때 지수함수가 좀 더 물리적 경향성을 반영한다는 것을 확인하였습니다.

'참고자료'의 참고로 5페이지를 보시면, 미분과정에서 도입한 함수에 따라서 적용범위, 노이즈 증폭, 근사 오차, 데이터 수, 물리적 근거 등을 평가하였고, 각각에 따라서 제작사 실험인 경우에는 근사함수로 지수함수를 사용하였을 경우에 좀 더 타당한 결과를 얻을 수 있음을 확인하였습니다.

또 한 가지 평가항목으로는 '기준 수소농도'인데요. 저희들이 목표로 하는 8 %를 '어디 기준으로 8 %를 볼 것인가?' 하는 부분에 대해서 또 논

란이 있었습니다.

통상적인 경우에는 입구수소농도를 기준으로 평가를 하게 되는데, 이 경우에도 KAERI SPARC 장치나 THAI 실험과 같이 상당히 긴 시간 동안 충분한 데이터를 확보하는 경우에는 입구수소농도로 평가하는 경우에 어느 정도 타당한 결과를 얻을 수 있지만, 제작사 실험 같이 수분(數分) 내 짧게 끝나는 경우에는 불확실성이 상당히 커짐을 확인할 수 있었고,

결과적으로는 용기 내 평균수소농도로 평가를 하는 것이 데이터의 일관적인 평가를 위해서 타당하다는 결론을 도출하였습니다.

또 한 가지 문제는, '기준 압력과 온도'의 문제인데요. 구매사양에 보면 1.5기압 60 °C에서 수소제거율을 평가하게 되어 있는데, 실제 PAR 작동과정에서 온도와 압력이 변하게 됩니다.

따라서 현재 SPARC 실험에서는 소위원회의 의견을 받아들여 PAR가 작동할 때 즉, '기준 수소농도'에 도달할 시점에서의 온도·압력으로 환산하는 방법을 취하였지만, 제작사 실험과 같이 급격한 변화를 겪는 과정에서는 이러한 방법에 대한 기술적 타당성이 다소 부족한 것으로 판단하였습니다.

6페이지 말씀드리겠습니다. 결론적으로 다양한 방법을 적용해서 평가를 수행하였고, 최종적으로 선정한 방법에 대해서 <표>로 제시해드렸습니다.

여기 보시면 말씀드린 입구수소농도 기준과 평균수소농도, 그다음에 함수를 적용할 경우에 다항함수와 지수함수 각각에 대한 수소제거율 <표>를 보여드리고, 일부의 경우에, 특히 다항함수를 적용하였을 경우에는 결과값

의 편차가 매우 심하고 심지어 어떤 경우는 음수가 발생하는 경우도 관측되었습니다.

따라서 일관적인 결과를 얻을 수 있는 지수함수 적용방법과 평균수소농도 기준을 하였을 때 값이 일관적인 결과를 얻을 수 있음을 판단하였고, 7페이지 결론 사항과 같은 결론을 도출하였습니다.

7페이지 보시면 수소농도 8 %의 수소제거율 환산방법에 대한 불확실성과 영향을 미치는 인자들에 대해 검토한 결과,

제작사 실험방법 특성상 지수함수 곡선, 평균수소농도 및 초기 온도·압력 등을 적용하여 평가하는 경우가 실험결과의 일관성이 유지됨을 확인하였습니다.

이를 바탕으로 KAERI가 독립적으로 계산한 수소농도 8 %에서의 수소제거율은 0.51 g/s, 초당 0.1 g 이상으로 평가됨을 확인하였습니다.

자연시간, 근사함수, 기준 수소농도, 기준 압력·온도 등을 수소주입 후 최초 수소계측기 반응시간과 지수함수, 용기 내 평균수소농도, 초기 압력·온도 등으로 선정할 경우에는 수소농도 8 %에서의 수소제거율은 초당 0.68 g 수준으로 평가되었습니다.

참고로 8페이지의 [붙임 1]에서는 더불어 저희가 8 % 실험과 추가해서 수소농도 4 %일 때도 별도로 네 차례 실험을 수행하였습니다. 그 결과를 보여드리고 있습니다.

수소농도 4 %인 경우에는 아래 <표>에서 보시듯이 다항함수와 지수함수가 큰 차이가 없는 결과를 보실 수 있겠습니다. 그리고 수소제거율은 0.23 g/s ~ 0.28 g/s 수준으로 범위에 존재하는 것을 확인할 수 있었습니

다. 이는 기존에 KAERI SPARC 결과와 동등 및 유사한 결과라고 확인하였습니다.

이상으로 보고를 마치겠습니다.

○위원장대리 (임승철 위원) 감사합니다.

보고안건 제2호 : KNT사(社) PAR 수소제거율 실험 결과 검토

○**위원장대리 (임승철 위원)** 그럼 아까 말씀드린 대로 제2호 안건 KINS에서 「PAR 수소제거율 실험 결과 검토」 한 내용을 보고해 주시기 바랍니다.

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 안녕하십니까? 한국원자력안전기술원 안전평가단장 김민철입니다.

제2호 보고안건은 제가 보고 드리겠고요. 저희가 조금 전에 KAERI에서 보고했던 바와 같이 11월 9일 날 결과가 제출되어졌고, 그 이후에 저희가 검토를 쪽 했고요, 사실 어제까지도 검토를 했습니다.

그래서 현재 보고안건과 저희가 보고하는 데 있어서 참고자료로 나눠 드린 게 있습니다. '참고자료'를 보시면 참고자료의 100페이지부터는 저희가 추가로 분석한 그런 내용이 포함되어져 있습니다.

그래서 보고안건과 추가로 분석한 내용을 함께 보고 드리도록 하겠습니다.

1페이지 말씀드리겠습니다. 개요에 대해서는 조금 전에 KAERI에서 보고 드린 바와 같은 내용이어서 일단 설명 없이 넘어가도록 하겠습니다.

2페이지 말씀드리겠습니다. 저희가 실험조건을 검토하고 KAERI의 실험결과 및 해석방법을 검토했는데요.

우선 실험조건을 검토해본 바, KNT 실험장비는 KAERI SPARC 실험장비와 다른 특성을 갖고 있고, 실험조건도 달랐습니다. 그런 부분들을 확인했습니다.

또한 아시다시피 SPARC 장비 특성상 수소농도 8 %의 실험이 어려워

서 KNT 장비로 변경해서 실험을 추진했던 것이었고요.

또한 KAERI에서 실험을 수행한 실험보고서에 나와 있는 계산 방식대로 독립계산을 해본 바, KAERI의 평가과정에 오류는 없는 것으로 확인했습니다.

그다음에는 KAERI의 실험 결과, 그리고 해석한 방법에 대해서 저희가 별도로 검토를 했습니다. 그 결과를 말씀드리겠습니다.

우선 수소제거율 분포를 먼저 살펴봤는데요. 조금 전에 KAERI에서 말씀하신 것처럼 근사함수로 다항함수를 적용했을 때는 실험별로 수소제거율이 음수가 나올 때도 있었고, 수소제거율 값의 편차가 최소 0.13 g/s에서 최대 0.28 g/s 정도 차이가 발생했습니다.

하지만 4 % 실험값은 최대 0.04 g/s의 차이 발생으로 상대적으로 안정적인 실험 결과값이 도출된 것을 확인했습니다.

아래 <표>는 다항함수, 지수함수 8 %, 4 % 수소제거율, 입구농도 기준의 수소제거율과 평균농도 기준의 수소제거율의 최대, 최소, 평균, 그리고 최대, 최소의 편차를 표현했구요.

여기에 몇 차(次) 실험이라는 것은 4 %는 네 차례 실험을 했고, 8 % 실험은 다섯 차례 실험을 했는데 해당 차수, '몇 차에 실험한 데서 이런 값이 나왔다.'라는 것을 간략하게 표현했습니다.

저희가 4 % 실험에서는 다항함수로 표현하더라도 0.04 g/s 정도의 차이가 보였고, 그런데 8 % 실험에서는 상대적으로 큰 편차를 보였습니다. 이것이 갖고 있는 물리적 의미가 있을 것이라고 판단을 했구요. 왜 이러한 일이 발생했는가를 검토했습니다.

우선 '다항함수'의 특징부터 살펴봐야 되는데요. 다항함수는 다들 아시다시피 2차 함수는 아래로 볼록하고 한 번 꺾이고요. 3차 함수는 세 번 꺾이는, 그러니까 끝단은 상(上)이든 하(下)든 올라가고 내려가는 그런 특성을 갖고 있습니다.

그래서 그러한 어떤 끝단에서 편차를 보일 수 있는 가능성, 함수 특성 그 자체를 일단 봤고요.

두 번째는, 3페이지에 보시면 다항함수 기준 수소제거율 분포 8 %의 그래프를 보시면 상당히 오르고 내려가는 그런 변곡들이 많이 생기고요. 실험 간 편차도 엄청나게 많이 생기고 있습니다.

그래서 이러한 부분들은 다시 한 번 말씀드리면, 8 % 실험에서 음수를 보인 적도 있었는데, 음수를 보였다는 얘기는 '수소의 양이 제거되지 않고 늘었다.'라는 의미가 되겠습니다. 늘었기 때문에 수소제거의 관점은 마이너스가 되는 것이죠. 그런데 실제로는 수소는 제거되고 있었습니다.

그 얘기는 무슨 뜻이냐, '챔버 안에, 용기 안에 기체유동이 상당히 복잡하게 얽히고 있다.' 그렇게 저희가 판단을 했고요.

그리고 또한 나중에 다시 한 번 말씀드리겠지만, '격실을 구분하고 이런 유동이 심한 그런 경우에는 격실 부분과 대표수소농도를 제대로 선정을 해야만 정확하게 농도를 잴 수 있기 때문에 그런 부분의 영향이 발생한 게 아니냐?'라고 판단했습니다.

3페이지 말씀드리겠습니다. 다시 한 번 말씀드리면, 수소농도 8 % 실험 간 편차가 큰 이유는, 용기 내 수소유동의 발달 정도가 실험 간 차이가 있었던 것이라고 생각하고요.

또한 결론적으로 말씀드리면, 수소제거율 평가결과를 검토한 결과를 말씀드리면, 일단 아까 말씀드렸던 것처럼 '실험열, 용기 내 기체유동 발달 정도가 다르고, 또한 실험 중에도 개별실험 내에서도 용기내부 유동은 상당히 불안정한 상태다.'라고 판단했습니다.

두 번째, 실험결과 데이터 해석 근사함수 적용에 대한 검토를 말씀드리겠습니다.

수소의 질량변화를 근사하기 위해서는 다항함수 또는 지수함수, 이외에 다른 함수도 사용할 수는 있습니다. 로그함수 여러 가지 쓸 수 있습니다.

KAERI SPARC에서는 근사식으로 다항함수를 적용해서 분석하였고요. KNT 장치를 이용한 실험에서는 근사식으로 다항함수와 지수함수를 적용했습니다. 그 차이에 대해서는 조금 전에 KAERI에서 설명을 드렸고요.

그러면 다항함수와 지수함수에 어떤 특성이 있는가를 잠시 말씀을 드리면, 아까 말씀드렸던 참고자료 104쪽을 봐주셨으면 합니다.

맞습니다, 이 자료. (자료를 들어 보이며)

104쪽을 보시면 다항함수와 지수함수에 대한 특징점을 저희가 기술했는데요. 다항함수는 실험값을 서로 연결시키는 특성이 있습니다. 그렇기 때문에 용기 내 수소잔존량을 상대적으로 정확하게 모사할 수 있는 장점이 당연히 있습니다.

그런데 조금 전에 말씀드렸던 것처럼 기체유동이 불안정한 상태에서 수소잔존량을 모사했기 때문에 수소제거율은 그 잔존량의 변화입니다. 그래서 그런 잔존량의 변화, 불안정한 수소잔존량을 모사한 상태였기 때문에 그 변화율은 그림 (a)의 '다항함수 기준 수소제거율 분포'처럼 출렁거리거

나 급격하게 변화하는 것으로 평가될 수 있는 단점이 있다라고 판단했습니다.

그다음(105) 페이지에 보시면, 지수함수는 일반적으로 물리량의 크기에 비례해서 변화율이 증가하거나 감소하는, 이러한 현상의 예측에 적합한 것으로 알려져 있습니다.

그래서 저희가 볼 때 실험결과 데이터 해석방법에 대한 검토는, 수소제거율은 수소농도가 감소할수록 감소하는 추세변동의 특성, 그리고 용기 내 기체 유동상태를 고려했을 때 다항함수가 아니라 지수함수를 적용해서 평가하는 것이 적절하다라고 판단하였습니다.

다시 본 파일로 돌아오겠습니다. 4페이지 말씀드리겠습니다.

수소제거율 평가를 위한 위치기준에 관한 검토인데요. 지금 이것은 평균 기준의 수소제거율이 맞느냐, 입구 기준의 수소제거율이 맞느냐에 대한 얘기입니다.

KAERI는 PAR 입구수소농도 기준의 수소제거율과 실험장치 내 평균수소 기준의 수소제거율 값을 모두 제시하셨고요. 물론, 결론적으로는 '평균 수소농도의 기준이 적합하다.'라고 말씀하셨는데, 이에 대해 저희가 검토를 했습니다.

참고자료 105페이지, 105쪽을 잠시 봐주시면 평균수소농도 기준의 수소제거율과 입구수소농도 기준의 수소제거율은 어떤 의미를 갖는 것인가를 먼저 설명을 드려야 이해가 되실 것 같아서 <그림 2>를 잠시 봐주시요.

그림에서 오렌지색으로 표현되어져 있는 것이 평균수소농도에 해당되는 그래프입니다. 맨 위쪽에 다소 unstable 하게 그려져 있는 그 부분이

PAR 입구수소농도에 해당되는 그림입니다.

중간에 회색으로 그려져 있는 부분이 현재 챔버 내 수소잔존량을 토대로 만들어진 실험값, 수소제거율에 해당됩니다. 평균수소농도 8 %에서의 수소제거율은 어떤 의미냐. 좌측이 수소농도인데요 8 %에서 우측으로 그려보면 평균수소농도와 맞닿는 부분이 생깁니다. 그 부분이 평균수소농도 기준으로 8 %에 도달했을 시간입니다.

그 시간에서 위로 올라가보면 실험값에 만나는 부분이 있는데, 그 값이 평균수소농도 기준 8 %에서의 수소제거율이 되고요. 똑같이 PAR 입구수소농도 기준의 경우에는 좀 더 가보시면 PAR 입구수소농도와 만나는 지점이 있습니다. 그 부분이 그 밑으로 내려와서 실험값과 만나는 그 부분에서 우측으로 갔을 때 그 값이 입구수소농도 기준 8 %의 수소제거율을 얘기하고 있습니다.

다시 한 번 말씀드리면, 이 수소제거율은 아까 말씀드렸던 지수함수가 됐든, 다항함수가 됐든 시간의 함수로 표현이 되어지고요, 수소제거율은. 그 시간이 무엇이냐를 정의를 내려야 되는데 그 시간을 입구수소농도가 해당되는 시간으로 할 것이냐, 평균수소농도가 도달하는 시간으로 할 것이냐, 이 개념으로 적용해서 수소제거율을 판단한다는 얘기입니다.

그러면 입구수소농도가 맞는지, 평균수소농도가 맞는지에 대한 검토를 했습니다. 105페이지 밑에 보시면 입구수소농도 8 % 시점의 실험장치 내부 위치별 수소농도 측정값의 차이가 상당히 큼니다.

그다음(106) 페이지의 <그림 3>을 보시면, <그림 3>의 좌측을 보시면 입구수소농도 8 %에 도달하는 시점을 빨간 점선으로 표현했구요. 빨간

점선의 맨 상부가 약 9.5 %가 되는데, 그게 용기 하부에 해당되고요.

맨 밑에 있는 것은 최상부에 해당되는데, 거기에는 약 2 %가 되고 있습니다. 입구수소농도 8 %에 도달할 시점에 챔버, 용기 안의 수소분포는 상당한 큰 차이를 보여주고 있다는 얘기입니다. 이러한 큰 차이를 보여주고 있는 상황이기 때문에,

그리고 또한 현재 실험값인 수소제거율은 용기 안에 있는 수소의 잔존량을 기반으로 평가를 하고 있는 상황이기 때문에 PAR의 입구수소농도가 아니라 평균수소농도를 제거율의 평가기준 수소농도로 사용하는 것이 적절하다, 합리적이다라고 판단하였습니다.

다만, 보시면 용기 내부에 기체유동이 불안정하다고 분명히 제가 말씀을 드렸고요. 또한 이런 불안정한 상태에서는 격실 구분이 상당히 중요하고, 대표수소농도 선정이 상당히 중요합니다.

그래서 이와 관련된 부분에 불확실성이 있다고 생각을 했고, 이에 대해서는 추가 민감도 분석 결과를 말씀드리도록 하겠습니다.

그래서 다시 앞으로 돌아와서 말씀드리겠습니다. 4페이지로 다시 오면 독일 BT(Becker Technologies)사(社)에서 수행한 실험의 경우에는 4페이지 하단에 나와 있는 그림과 같이 상당히 잘 혼합된 실험인 것으로 나타나 있습니다.

물론 Becker사(社)의 실험은 상당히 오랜 기간 동안 수행되어져 왔고 나름대로의 노하우를 갖고 이러한 잘 혼합된 실험을 수행한 것 같습니다. 이런 경우에는 저희가 제135회 원안위 회의 때 보고 드렸던 바와 같이 입구수소농도로 PAR의 성능을 평가하는 것이 적절하다고 판단했습니다.

5페이지 말씀드리겠습니다. 5페이지의 그 부분은 아까 설명드렸던 것과 동일한 부분이어서 밑에 '실험데이터 보정에 관련된 검토'를 말씀드리겠습니다.

실험 초기조건은 한수원 구매규격에 적시되어져 있는 것인데, 한수원 구매규격을 살펴보면 1.5 bar, 60 °C는 실험의 초기값으로 제시되어져 있습니다.

다시 말씀드리면, 4 %에 도달할 시점, 8 %에 도달한 때 시점이 아니라 실험을 착수하는 초기조건으로서 1.5 bar, 60 °C로 제시되어져 있는 것을 확인했습니다.

KAERI도 조금 전에 설명드렸던 것처럼 '실험값을 특정조건으로 보정해야 한다는 것에 대해서는 기술적 타당성이 부족'하다고 평가를 했습니다.

그다음 페이지, 6페이지 말씀드리겠습니다. 저희가 살펴볼 때 KAERI의 데이터 보정방법을 보면 KAERI에서는 'KNT의 상관식이 맞다.'라는 가정 하에 실험결과 데이터를 보정하였습니다.

KNT 상관식은, 하부에 나와 있는 식이 상관식인데요. 농도와, 농도는 2차 함수로 되어져 있고요. 압력에는 비례하고 온도에는 반비례하는 그런 관계에 있습니다.

지금 실험은 KNT 상관식의 정확성을 확인하는 실험인데, KNT 상관식의 온도·압력의 어떤 상관관계를 이용해서 변환해가지고 비교한다는 것은 좀 합리적이지 않지 않느냐라고 생각을 했습니다.

다시 말씀을 드리면, 이러한 이유와 앞서 말씀드렸던 한수원 구매규격에 적시되어져 있는 사항, 1.5 bar, 60 °C는 4 %의 조건이 아니라 실험의

초기조건이라고 적시되어져 있는 사항, 그 두 가지를 근거로 보정하지 않고 실험값 자체를 가지고 평가하는 것이 맞다라고 판단하였습니다.

이상 KAERI의 실험결과와 평가방법을 말씀드렸고요.

이러한 내용을 종합검토하면, 근사함수로서는 지수함수를 사용하는 것이 적절하다고 판단했고요.

기존 수소위치는 평균수소농도 기준으로 평가하는 것이 보다 합리적이 다라고 저희는 판단했고요.

실험데이터의 보정은 보정하지 않고 실험데이터를 직접 그대로 사용하는 것이 타당하다고 판단하였습니다.

또한 실험결과 수소제거율 검토, 구매규격과 관련해서 다섯 차례 실험 데이터를 지수함수 근사해서 평가해보면 평균 0.5 g/s로 평가되고요. 입구수소는 평균은 0.68 g/s로 평가되었습니다. 물론 최대, 최소의 편차는 갖고 있지만 평균으로 봤을 때 구매규격 0.5 g/s 이상은 만족하는 것으로 평가하였습니다.

다만, 물론 입구수소농도 기준의 불확실성을 충분히 갖고 있는 상황이기 는 하지만, 입구수소농도 기준 수소제거율 최소값이 0.48 g/s가 되어져 있어서 이에 대해서는 '한 번 더 검토할 필요는 있을 것 같다.'라고 보고 있습니다.

그다음에 저희들이 평가에서 보다 중요했던 것은, 실험결과를 활용해서 기존의 규제요건 만족 여부 검토였는데, 이에 대해서 말씀드리겠습니다.

원자력발전소에 적용되고 있는 수소 관련 규제요건을 말씀드리면, 중대 사고시 격납건물 내 평균수소농도를 10 %, 죄송합니다. '이하'가 아니고

‘미만’입니다. 10 % 미만을 유지하도록 규정하고 있고, PAR 성능을 반영해서 격납건물 내 수소분석을 통해서 수소농도가 10 % 미만을 입증할 필요가 있습니다.

여기에서 평균수소농도 10 %의 의미는, 평균수소농도 10 %를 초과했을 때는 광역수소 연소에 의해서 원자로건물에 상당한 큰 압력을 가할 수 있기 때문에 평균수소농도 10 % 미만으로 규정을 하고 있고요. 국부적으로는 10 % 초과를 허용하고 있습니다. 10 %를 초과한다 하더라도 나중에 다시 말씀드릴 화염가속, 연소폭발천이가 발생하지 않음을 보이려고 되어져 있습니다. 그 부분은 조금 설명이 복잡해서 일단 평균수소농도 10 %만을 제가 제시했습니다.

PAR의 성능은 한수원에서는 KNT PAR 성능을 KNT 상관식으로 제시했고요. 인허가시 PAR 성능을 KNT 상관식보다 보수적인 NUKEM 상관식을 적용하였습니다. 그리고 일괄적으로 25 % 성능저하를 추가 가정하였고요.

실제 수소분석을 할 때는 보수적인 PAR 성능을 가정해서 중대사고시 격납건물 내 수소농도가 약 7.29 %로 분석되어졌는데요. 최대가 7.29 %이기 때문에 평균은 당연히 10 % 미만이고요. 그래서 허용기준을 만족한다고 판단했습니다.

여기에서 ‘보수적 가정’이라는 것이 NUKEM 상관식의 25 % 성능저하를 가정한 것뿐만 아니라 작동지연을 가정했는데요. 수소농도 2 %에 도달하고, 그리고 원자로건물의 벽체가 60 °C에 도달한 이후 15분이 경과한 시점부터 PAR가 작동한다고 추가적으로 보수적으로 세팅해서 평가하였습

니다.

8페이지 말씀드리겠습니다. 기존 안전해석에 사용한 수소제거율 상관식 만족 여부입니다.

중대사고에 사용되어진 상관식은 KNT 상관식이 아니라 NUKEM 상관식이 적용되어져 있기 때문에 NUKEM 상관식과 비교검토가 필요합니다.

조금 전에 제가 말씀드렸던 것처럼 기본은 평균수소농도 기준으로 평가를 하는 게 맞다고 판단하였고요. 지금 8페이지 그림을 보시면 검정색으로 표현되어져 있는 것이 실험값입니다. 이번 실험결과로 도출된, 평가된 수소제거율, 수소농도에 따른 수소제거율값이 나타나 있고요. 빨간색이 KNT 상관식 값입니다. 그다음에 파란색이 NUKEM 상관식에 해당되는 값이고요.

결과적으로 놓고 보면, NUKEM 상관식이 금번 수행된 실험값보다 낮게 평가하고 있기 때문에 실제보다 보수적인 값이 중대사고 분석에 사용되어졌다고, 여전히 유효하다고 보고 있고요.

다만, 수소농도가 높은 영역에서 KNT 상관식이 수소제거율, 이번의 실험값을 상회하고 있어서 보수적이지 않은 그런 부분이 존재하고 있습니다. 8 % 실험결과를 근거로 이런 비보수적인 부분이 존재하는 것으로 보여져서 이에 대해서는 좀 더 평가할 필요가 있지 않느냐, 한수원에서 분명히 평가해야 되겠지만, 그렇게 판단하고 있습니다.

그다음에 참고자료 108쪽을 봐주시기 바랍니다. 저희가 격실의 구분과 대표수소농도의 선정에 따른 민감도 분석을 말씀드렸는데, 그 사항을 말씀드리도록 하겠습니다.

현재 격실은 다섯 군데로 나뉘져 있고요. 109페이지 <그림 5>입니다. 다섯 군데로 나뉘져 있습니다. 조금 전에 말씀드렸던 기준값이, 기준 분석이 CASE 1에 해당이 되고요. 그다음에 CASE 2는 5개의 격실로 나누지 않고 3개의 격실로 나뉘었습니다.

당시에 공익신고자께서 공익신고하실 때 이러한 방식으로 나눠서 세라컴 PAR에 대해서, 세라컴사(社)에서 실험한 결과를 토대로 공익신고를 하셨던 바가 있었는데, 그렇게 그와 유사하게 세 군데로 나눈 케이스를 CASE 2로 했고요.

그다음에 CASE 3은 현재 H4구역, H구역에는 H6, 그러니까 PAR의 입구수소를 측정하고 있는 게 있습니다. 그래서 H4와 H6,

다시 말씀드리면, 아까 보시면 H4는 상대적으로 농도가 상당히 높게 지시가 되고요. H6은 농도가 낮게, 상대적으로 낮게 지시가 됩니다.

다시 말씀드리면, H4가 놓여져 있는 이 격실에 원주방향에 수소농도의 기울기가 존재한다는 얘기가 되는 것이고요. H4 하나만 가지고 대표로 했을 때 이 전체격실의 수소농도를 과대평가할 수 있는 가능성이 있다라고 보여지고요.

그래서 이 부분을 H4와 H6의 산술평균값을 대표수소농도로 선정해서 수소제거율을 계산하는 것이 CASE 3이고요.

CASE 4는 THAI에서 격실 구분과 대표수소농도 산정하는 방법을 저희가 가지고 와서 한 것인데요. H1과 H2 부분은 축 방향으로 편차가 생기고 있습니다. 그래서 이 부분은 합쳐서 H1과 H2를 산술평균을 하고요. 맨 밑에 있는 부분은 H4, H5, H6을 산술평균하는 이러한 방식이 CASE 4

인데요. 이 방식이 현재 THAI에서 사용하고 있는 방식과 유사합니다, 완전 동일하지는 않고요.

상부는 클린가스가 뽑어지고 있으면서 축 방향 편차가 생기게 되고, 하단부는 축 방향과 원주 방향의 편차가 생기고 있어서 THAI에서도 이와 같은 방식의 수소잔존량을 평가하고 있습니다.

그래서 CASE 1, 2, 3, 4에 대해서 민감도 분석을 한 결과는, 111페이지에 제가 표시를 했습니다. CASE 1은 기본이고요. CASE 2는 격실을 3개로 나눴을 때고요. CASE 3은 H6을 사용한 경우고요. CASE 4는 복잡하게 표현한 것인데, 이 표현한 것을 보면 할 때마다 값들에 변화가 있음을 알 수 있습니다.

다시 말씀을 드리면, 격실 구분과 해당 격실의 대표수소농도를 어떻게 산정해서 평가하느냐에 따라서, 이는 저희가 제135회 원자력안전위원회 보고 때 말씀드렸던 바였는데요, 이런 결과의 차이는 보여줄 수 있다.

그래서 좀 더 정확한 수소제거율 평가를 하기 위해서는 면밀한 격실 구분과 그리고 대표수소농도를 산정해내는 그런 방법을 적용해야 된다고 봤고요.

CASE 2와 CASE 1은 단순하게 격실을 3개나, 5개로 나누느냐에 대한 부분인데요, 3개로 나눴을 때보다 5개로 나눴을 때 차이가 명확하게 보여지고 있습니다. 만약 7개로 나뉜다면 그런다면 또 다른 차이를 보일 수 있다고 추정은 할 수 있습니다. 하지만 이는 추정이고요.

어쨌든 지금 결과적으로 놓고 보게 되면 CASE 2는 가상의 상황인 것이고요. CASE 1, 3, 4의 경우는 현재 측정할 수 있는 저희 모든 데이터를

가지고 다 활용해서 평가한 경우에 해당되는데, 이 모든 경우가 실험값은 NUKEM 상관식을 상회하고 있기 때문에 조금 전에 평균수소농도 기반의 수소제거율을 유효하다라고 말씀드렸던 그 결과에 영향을 주지 않는다고 결론을 내렸습니다.

마지막으로 112페이지를 말씀드리면, 검토결과로서 기존 중대사고 수소 해석결과의 유효성 확인 결과와 구역 구분 및 대표수소농도 선정에 대한 민감도분석 결과,

실험값이 NUKEM 상관식을 상회하는 것으로 평가되어 기존 수소분석은 유효하며, 규제요건을 만족하는 것으로 판단하였습니다.

다만, 일부 수소농도에서 실험값 대비 KNT 상관식이 보수적이지 않은 결과가 확인되어 한수원의 별도 조치가 필요할 것으로 판단하고 있습니다.

그다음 113페이지에 나와 있는 부분은, 입구수소농도 기준 평가와 구매 규격 평가에 대한 부분인데, 이 부분은 보시면 입구수소농도 기준으로 평가하는 방법도 다양한 방법이 있었는데, 설명이 복잡하기는 하지만 설명드리도록 하겠습니다.

<그림 3>의 경우는 기억하실지 모르시겠지만 입구수소농도 8 %에 도달할 시점은, 105페이지를 보시면 입구수소농도 8 %에 도달한 시점에 평균수소농도는 약 6 % 정도가 됩니다.

그래서 지금 <그림 8>의 경우 X축에 있는 부분은 '입구농도'고요. 입구농도 8 %인데, 여기에 실험값은 평균 개념의 실험값이 들어가 있습니다. 평균 개념의 실험값이 들어가져서 어떻게 보면 평균수소농도는 그 당시에 6 %이니까 좀 어렵기는 하지만 어쨌든 그런 개념의 값이 들어가게 되고

요. 그다음에 NUKEM 상관식과 KNT 상관식에 해당 값을 넣었을 때 전부 다 하회하는 그런 결과가 나왔습니다.

그다음(114) 페이지를 말씀드리겠습니다. 그다음 페이지는 입구수소농도 하나만 가지고 전체 체적을 대표한다라고 가정해서 평가를 한 결과입니다.

그래서 이렇게 평가한 결과는 NUKEM 상관식의 경우는 파란색 계열인데요, 실험값과 고농도에서는 비슷하게 나오고 저농도에서는 포괄하는 것으로 나왔고요.

KNT 상관식의 경우는 저농도는 포괄하지만 고농도에서는 포괄하지 않는, 이런 결과가 나왔습니다.

이상 보고를 마치도록 하겠습니다.

< 보고안건 제1호, 제2호 논의 >

○**위원장대리 (임승철 위원)** KAERI의 실험결과 보고와 KINS의 실험결과 검토 보고를 받으셨습니다.

의견 있으신 위원님들 말씀 주시기 바랍니다.

○**하정구 위원** 제가 말씀드리겠습니다.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 하정구 위원님.

○**하정구 위원** 먼저 KAERI 보고서 말씀을 드리겠습니다.

일단 KAERI가 보고한 오늘 실험결과 내용은 KNT 수소제거율 8 % 실험결과에 대한 보고인데, 보고서 내용이 현재 draft 상태입니다. Draft 상태에서 draft에 대한 보고서를 저희 원안위 PAR 소위에 제출했고, 지금 PAR 소위와 질의응답 과정을 대략 세 차례 걸쳐서 진행이 되고 있습니다.

따라서 오늘 실험결과 검토는 최종 결과가 아닙니다. 이것을 위원님들이 확실히 이해를 하고 계셔야 됩니다.

그다음에 두 번째로, 제가 KNT 8 % 수소제거율 실험이 진행되면서 KAERI가 수소제거율 표준화를 해야 될 그런 필요성이 있다라고 저희 원안위 PAR 소위에 제안을 했습니다.

그래서 제가 거기에 대해서 전적으로 동의를 했고, 표준화된 수소제거율 계산방식을 가지고 수소제거율 계산하기를 제가 기대를 했습니다. 했는데, 현재 KAERI가 제출한 보고서, draft 보고서에는 표준화된 방법이 제시되어 있지 않습니다.

지금 보고서에서 KAERI에서 보고한 것처럼 예를 들어서 7페이지를 보

시면, 가만있어 봐, 이게 7페이지인가요, 7페이지가 아니네, 5페이지네요.

5페이지에서 보시면 '수소농도 8 vol%에서 수소제거율 확인 실험' 해서 지연시간이라든지, 근사함수라든지, 기준 수소농도라든지, 기준 압력·온도 이런 데이터를, 이것들이 전부 다 수소제거율에 영향을 미치는 큰 변수들입니다. 이런 변수들에 대한 어떤 표준화가 이루어지지 않았습니다. 저는 이런 표준화된 어떤 (안)을, 계산(안)을 기대했던 것이거든요. 이런 것들이 지금 전혀 이루어지지 않은 상태에서 오늘 보고가 된 것입니다. 이것을 알고 계셔야 되고.

그래서 제가 KAERI와 질의응답 과정에서 몇 가지 지적사항을 하면서 이 보고서의 보완을 요구하는 메일을 보냈는데,

첫째로, 수소제거율 표준화된 식(式)을, 공식을 오늘 보고된, 오늘 KINS에서도 보고한 여러 가지 인자들에 대한 영향평가를 보고했는데, 그런 주요 영향인자를 포함해서 KAERI가 별도의 별첨으로 수소제거율 표준화를 어떻게 이뤘다라는 것을 붙임자료나 첨부자료나 해서 작성하셔서 보고서를 보완해 주시길 원합니다.

그다음에 여기 수소제거율값이 8 %에서 KAERI 값하고, KINS도 계산을 해서 제안을, 오늘 발표를 언급했는데, 우리 원자력안전 소위에서도 이 계산을 했습니다. 해서 엑셀파일로 KAERI에 제출을 했고, KAERI가 검토해 주길 요청을 해놓은 상태인데, 거기에 대한 지금 답변을 못 받고 있습니다.

따라서 제가 이것 엑셀파일을, 우리 원자력 원안위 소위 PAR에서 엑셀파일을 공개적으로 KAERI한테 제출한 이유는, KAERI 것하고 우리 원안

위 소위하고 비교평가를 통해서 최종 수소제거율값을 도출하길 원하는, 기대하는 관점에서 제가 원안위 소위 엑셀파일을 제출, KAERI에 송부를 한 것입니다.

그 부분에 대해서 KAERI가 조속하게 액션을 취하시고, 필요하다면 저희 들하고 회의를 통해서, 협의를 통해서 해결하길 원합니다.

그다음에 보고서를 작성한 포맷 관점에서 제가 이메일로 뭐를 요구했냐면, 우리가 안전성분석 보고서를 작성할 때는 반드시 가정사항이 들어갑니다.

Assumptions이 들어가고, 두 번째로 제안사항, 제약사항이 꼭 들어가야 됩니다. 그다음에 세 번째로 불확실성, 민감도 분석 이런 것들이 전부 다 들어가야 되거든요.

왜 이런 것들이, 우리가 안전분석을 하면서 왜 이런 것들이 들어가느냐면, 최신의 과학기술을 가지고도 우리가 분석·평가를 하지 못하는 많은 사항들이 존재합니다. 안전해석 코드를 예를 들면 전부 다 현재까지 1차원 내지는 2차원 분석코드입니다. 3차원이 이미 베타버전해서 나오는 것들이 있는데, 제가 알기로는 아직 정식으로 3차원 분석코드, 아마 제한적으로는 사용되고 있는 부분들이 있는 것으로는 알고 있지만, 광범위하게 전체적으로 사용되고 있지는 않습니다.

그러니까 2차원까지 해석은 가능한데, 3차원 해석은 상당히 현재 과학 기술 가지고 불가능합니다, 불가능한 상태입니다. 그렇기 때문에 이런 제안사항, 제약사항이 반드시 들어가 줘야 됩니다.

예를 들어서 성층화 분석을 할 때 성층화 분석은 3차원, 격납용기 안에

서 3차원으로 분포한단 말입니다. 그런데 예를 들어서 MAAP 코드 같은 경우는 버전 5까지 나왔는데, 제가 알기로는 2차 분석만 가능한 것으로 알고 있고,

예를 들어서 MAAP 코드를 가지고 성층화 분석은 IAEA에서, IAEA의 Safety Guide를 보면 very very limited 해가지고, 매우 매우 제한적이다라고 해서 반드시 성층화 분석을 하려면 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 반드시 수행해야 된다는 이런 지침이 Safety Guide가 있다고요.

이런 부분들을 전부 다 포괄해서 보고서를 보완해 주시고, 이것이 1차 KNT 8 % 보고서에서 포함하지 못하는 부분은 나중에 종합보고서가 나오니까 그때, 지금 제가 말씀드린 보완이 안 되는 부분은 그때 보완을 해서 최종 종합보고서를 제출해 주시길 바랍니다.

그다음에 제가 기술적으로 지금 KAERI가 보고한 내용을 여기에서 협의하는 것은 부적절한 것 같아요. 여기 위원님들이 전부 다 이 분야의 전문가가 아니고 저 역시도 전문가가 아닙니다.

상당 부분 우리 원안위 PAR 소위(小委) 기술자문위원의 도움을 받아서 이제까지 진행이 되어 왔거든요. 오늘 우리 원안위 PAR 소위 기술자문에서 가장 큰 역할을 하신 우리 김군홍 박사님이 여기 참석을 하고 계시거든요. 나중에 그분의 의견을 제가 저희들에게 경청하기를 원합니다.

그 정도까지 KAERI 보고서에 대해서 말씀드리고,

두 번째로 KINS 보고내용에 대해서 제가 말씀을 드리겠습니다.

KINS가 지금 상당히 자세하게, 상세하게 분석을 해서 오늘 보고를 하셨는데, 저는 이런 분석보고서 내용이 KAERI를 통해서 보고되길 원했습니다.

다. KINS는 규제 전문기관이지 실험기관은 아니잖아요. 따라서 KAERI가 이런 상세한 분석보고서를 제출하는 것이 합리적이고 올바릅니다. 저는 그렇게 판단을 합니다.

그래서 제가 그동안 KINS에 대해서도 열린 마음으로 항상 실험에도 참가를 하게 허용을 했고, 그다음에 회의도 참석을 해서 몇 차례 저희하고 회의도 했고 등등 그렇게 열린 마음으로 해왔거든요. 그런 관점에서 봐주시면 되고,

여기 지금 KINS 안전에서 중요한 문제가, 위원님들이 여기에서 이해하셔야 될 부분이 중요한 게 있는데, 7페이지에 실험결과를 활용한 규제요건 만족 여부 검토가 있습니다.

여기에 지금 규제요건에 '중대사고시 격납건물 내 평균수소농도를 10% 이하로 유지해야 된다.'라는 요건을 딱 하나만 여기에다 제시를 했거든요. 그런데 사실은 PAR의 성능 및 수소제거 관점에서 핵심적인 규제요건은 미국 NRC 10CFR 50.44 Combustible Gas Control for Nuclear Power Plants입니다.

그런데 50.44의 핵심적인 요건은 뭐냐면, 수소연소로 인해서 수소화염 가속 및 폭발 등 이런 영향에 의해서 격납용기 건전성이 유지된다는 것을 입증하라는 것입니다, 반드시.

그래서 여기 규제요건에는 수소농도 10%라고 말씀하고 있는데, 이것은 10CFR 50.34(f) TMI Additional Requirement에서 별도로 요구하는 것입니다. 왜 10CFR 50.44에서 이 요건을 요구하느냐면, 이것이 TMI 사고 이후에 수소가 대량 방출됐습니다.

제가 기억하기로는 220 kg 정도 방출된 것으로 이해를 하고 있거든요. TMI 분석을 NRC가 광범위하게 수행을 했어요. 이 관련된 수소, 연소, detonation, deflagration 등등 많은 NUREG Report가 나와 있는데, 시간이 없어서 거기까지는 제가 체크를 못했어요. 못했는데, KINS와 같이 이렇게 큰 방대한 조직을 갖고 있는 데서 그런 부분까지도 상세하게 심층적으로 검토해 주길 저는 원한다고, 제가 못하니까.

따라서 여기에서 이 규제요건은 그 부분을 분명히 포함해서 규제요건이 재정의되고 이 부분을 더 상세하게 포괄적으로, 구체적으로 기준을, 규제기준을 정의하셔야 돼. 그것을 분명히 하셔야 되고,

그다음에 수소제거율, 제가 앞에서 수소제거율도 말씀을 드렸지만, 지금 한수원 구매요건에 수소제거율을 아시다시피 4 %에서 0.2g, 8 %에서 0.5 g/s로 규정을 하고 있는데, 이것은 규제요건이 아니다라는 것을 저하고 원안위 위원장님하고 지난 수요일인가, 화요일인가 협의를 통해서 서로 상호 확인이 됐습니다.

그래서 저도 수소제거율, 공익신고자가 수소제거율이 제대로 안 나온다는 것 같고 공익제보를 했지만, 이 부분은 공익제보 한 내용을 우리가 어떻게 만족하느냐, 불만족하느냐라는 관점에서 우리가 접근해야 된다, 이렇게 저는 판단을 합니다. 그것이 우리 원안위 위원장이나 사무처에서도 그렇게 이해하고 있는 것으로 제가 알고 있습니다.

이 정도를 말씀드리고요.

KINS에서도 이왕 수소제거율 평균값을 여기에서 기술, 언급을, 보고를 하셨으니까 KINS가 어떻게 수소제거율을 계산했는지 그것을 공개하시고,

KAERI가 계산한 방법, KINS가 한 방법, 우리 원안위 소위에서 계산한 방법을 가지고 비교평가를 해서 어느 것이 가장 적합한지에 대한 그런 협의가 이루어지고 최종결과가 도출되어야 된다고 판단하고,

또 그전에, 사전에, 그전에, 모르겠어요. 먼저 수소제거율 표준화 방법이 나와 줘야 됩니다. 저는 그것을 강력하게 요구합니다. KAERI가 그것은 제안한 거예요. 제안했는데 KAERI가 제대로 하지를 않았어.

그다음에 NUKEM 상관식을 자꾸 KINS가 언급을 하고 있는데, NUKEM 상관식을 저희들이 갖고 있지 않아요. 그러니까 KINS는 NUKEM 상관식을 우리 원안위한테 제출을 하시라고, 관련되는 정보를.

여기까지만 제 의견을 하고 마치겠습니다.

다른 위원님들 질문하십시오.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 답변하시기 전에 하정구 위원님께서 KAERI에 질문하실 때 성층화 얘기도 나왔고, 그다음에 KINS에 질문하실 때 주로 연소로 인한 격납용기 건전성 입증 문제, 이런 얘기가 나왔는데,

보고안전 제3호나 기타보고에 위원님들 다 아시는 바대로 PAR 관련해서는 세 가지 사항을 저희가 논의하도록 되어 있고,

지금 첫 번째 사항 수소제거율, 특히 8 %에서의 수소제거율에 대해서 논의를 하고 있으니 화염이나 성층화 문제는 여타 안전 보고된 뒤에 논의를 하시는 게 좋을 것 같다는 제 생각이구요.

지금은 수소제거율 8 %에 집중을 해서 KAERI 먼저 답변을 주실까요?

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 네, KAERI에서 답변드리도록 하겠습니다.

지난 11월 9일에 제출된 보고서는 그전까지 소위의 의견을 받아서,

○**위원장대리 (임승철 위원)** 잠시만요.

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 네.

○**위원장대리 (임승철 위원)** 위원님들, 위원장이 도착하셨습니다.

15분 정도만 정회를 하고, 위원장이 자리를 대체한 뒤에 하시는 게 어떨까 싶습니다, 위원장 도착하셨으니까요.

그러면 3시 15분에 답변을 듣는 것으로 해서, 3시 15분에 시작하는 것으로 잠깐 정회하겠습니다.

괜찮으시겠죠?

그럼 3시 15분에 다시 시작하겠습니다.

(의사봉 3타)

(오후 3시 04분 회의중지)

(오후 3시 16분 계속개의)

(임승철 위원, 유국희 위원장과 사회교대)

(손승연 기획재정담당관, 손명선 기획조정관과 간사교대)

○**위원장 (유국희)** 제가 별도 일정 때문에 이제 참석을 하게 됐습니다. 양해를 부탁드립니다.

회의를 속개하도록 하겠습니다.

(의사봉 3타)

제가 들은 것으로는 보고안건 중에 제1호 안건과 제2호 안건의 설명을 들으셨고, 하정구 위원님께서 말씀을 주신 것에 대해서 답을 할 차례라고 들었습니다. 맞죠?

○하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장) (고개 끄덕임)

○위원장 (유국희) KAERI, 답을 부탁드립니다?

○하광순 (한국원자력연구원 지능형 사고대응연구부장) 네, 한국원자력연구원
에서 답변드리도록 하겠습니다.

하정구 위원님께서 질의하신 내용을 개략적으로 4개 정도로 정리해보
았는데요.

우선 첫 번째 사항에 대해서는, 보고서 완성을 위해서 질의응답 과정에
대해서 말씀드리도록 하겠습니다.

지난번 11월 9일 날 제출된 보고서는 두 번, 두 차례의 질의응답이 완
성된 상태에서, 답변된 상태에서 보내드린 것이고,

어제 오후 4시경, 저희가 생각했던 세 번째, 그러니까 4차 질의 때 추
가 질의사항이 있으셔서 그것에 대해서도 저희가 어제 오후에 답변을 드
렸습니다. 총 37개 항목에 대한 답변을 드렸고, 그 각각의 답변과정에서
추가적인 계산과 수행한 결과들이 추가로 드린 보고안건의 참고자료 형태
로 정리되어 있다고 보시면 되겠습니다.

계속적인 검토와 의견에 대해서 존중을 하고, 그 의견에 대해서 따르는
것이 저희 도리이기는 하지만,

예를 들면 몇 가지 질의사항에 대해서는 좀 이해하기 힘든 부분도 있
고, 물론 어제 질의를 하셔서 그 부분에 대해서는 좀 더 적극적인 토론이
있어야겠지만,

연결해서 말씀드리면, 표준화에 대한 것의 정의는 첫 번째, 지난번 회
의 때도 말씀드렸듯이 실험방법의 표준화입니다. '실험방법의 표준화'는

KNT 실험을 수행하면서 절차서를 승인해 주셨기 때문에 기본적인 절차에 대해서는 이미 동의를 하신 것으로 이해를 하고, 남아 있는 부분에 대해서는 수소제거율을 환산하는 방법에 대한 표준화라고 말씀드릴 수 있겠습니다.

수소제거율의 환산방법 자체는 저희 보고자료에 나와 있는 9페이지의 [붙임 2]에 대한 과정이고, 이 과정에 대해서도 큰 이견은 없으신 것 같습니다. 이 방법은 크게는 THAI 실험결과를 분석하는 방법이 되겠습니다.

다시 한 번 말씀드리면, 수소계측을 수행하고, 그 계측된 결과를 바탕으로 해서 시간지연을 계산하고, 내부의 수소량을 계산해서 그것을 미분해서 수소제거율을 환산하는, 그런 방법이 되겠습니다.

엄밀히 따지면 PAR의 입구, 출구의 수소농도를 계측해서 수소농도를 계측하는, 소위 말하는 THAI 실험에서 동원했던 [방법 1]에 대한 방법은 아니고, [방법 2]에 대한 것이 표준화 방법으로 채택되었다고 생각합니다.

문제는 이 계산, 기본적인 방법론은 나와 있지만, 구체적인 계산을 할 때 각각의 조건을 어떻게 사용해야 되는가에 대한 논란이 아직까지도 계속되고 있는 것이고, 그 부분에 대해서 정리해드린 것이 7페이지에 나와 있는 주요 인자가 되겠습니다.

저희들이 볼 때 네 가지 인자에 대해서 뽑았고, 그 각각에 대해서 7페이지 <표>를 보시면 '선정한 방법'과 '비교한 방법'이라는 것이 있는데요. 이것들이 각각의 인자에 대해서 여러 의견이 있는 그런 조건이 되겠습니다.

결론부터 말씀드리면, '선정한 방법'이라고 하는 것이 저희가 생각하는 표준화의 방법이고, 그것을 결정하는 과정에서 다양한 계산들이 수행되어

왔고, 그것이 여기 보여드린 참고자료에 나와 있습니다.

다시 한 번 참고자료를 좀 더 구체적으로 설명드리면, 우선 참고자료의 2페이지를 보시겠습니다. 수소계측의 시간지연 관련된 문제인데요, 2페이지 그림을 보시면 KNT vessel이든, SPARC 용기든, THAI 실험장치든 간에 일단 내부에 있는 수소를 뽑아내면 냉각장치, 습분분리기, 흡습제, 진공 펌프 등등을 거치게 되어 있는 구조로 되어 있습니다.

제작사 실험장치에서도 이와 같은 표준화를 적용하기 위해서 THAI 방법과 저희 방법과 유사한 이런 틀을 갖추도록 권고하였고, 제작사는 이 틀에 따라서 이런 시스템을 도입해서 수소를 계측하고 있습니다.

문제는 이 과정에서 수십 초의 시간지연이 발생하기 때문에 온도·압력이 급격하게 변하는 열수력과 맞추기 위해서 지연값을 어떤 것을 사용하는가의 문제가 되겠습니다.

그래서 3페이지를 보시면 SPARC 장치와 제작사 실험장치에서의 시간지연을 비교해서 보여드리고 있는데, 우선은 THAI 방법으로 보시면 계측라인에 대한 볼륨을 계산하고, 그 안에 뽑아내는 유동량을 계산해서 기체가 내부용기로부터 수소분석기까지 도달하는 시간을 환산하게 됩니다.

대부분 이 방법을 통해서 확인을 하고, 그것을 실제 실험을 통해서도 확인을 합니다. SPARC 실험에서 보시면 '유량계산방법'이라고 표현된 게 그 방법인데요. 그 방법으로 계산한 것이 36초 정도 되고, 계측기의 반응, 계측기의 반응이라고 하는 것은 수소를 처음에 집어넣었을 때 그 위쪽을 보시면 수소공급을 위해서 밸브를 개방하고, 수소공급 배관 통과 후 실험용기 내부에 수소공급 노즐을 통해서 분사가 되고, 실험용기 내 수소가 확

산이 되고, 그다음에 수소계측기 샘플링 배관에 흡입이 되고, 수소계측기 까지 도달하는, 해서 결과적으로 수소를 계측하는 이런 일련의 과정을 거 치는데,

저희가 '시간지연'이라고 표시하는 부분은 ④~⑥번 과정이 되겠습니다. 결국은 계측기를 통해서 나타나는, 최초 수소 주입 후 첫 번째 계측기가 반응할 때까지 시간은 용기 내부에 수소가 확산하는 시간 등등을 포함하 는 그런 개념으로 보시면 되겠습니다.

두 개가 있을 경우에 SPARC와 같이 만약에 계측기 반응시간이 더 크 다면 유량계산방법을 통해서 결정할 수 있고, 제작사 실험인 경우에 이 부 분을 제작사가 제시한 유량계산방법이 30초였는데, 저희가 계측기 반응시 간을 고려해보니 19초 정도로 매우 짧았습니다.

그래서 저희들은 19초를 선정했고, 그에 따라서 다음(4) 페이지를 보시 면 시간지연에 대한 민감도를 보았습니다. 시간지연에 따라서 계측기, 제 작사 실험에 해당되는 경우입니다.

시간지연이 없다고 가정한 경우, 그다음에 19초를 선정해서 시간지연을 계산한 경우, 그다음에 지연시간을 제작사를 받아들여서 30초로 한 경우를 보면, <표>를 보시면 입구수소농도나 평균수소농도를 모두 했을 경우에 시 간지연이 늘어날수록 이 경우에는, 이 제작사 시험의 경우에는 수소제거율 이 더 커지는 것을 알 수가 있습니다.

저희는 보수적인 관점에서 시간지연을 계측기의 반응시간과 그다음에 이론적으로 계산한 시간 둘 중에서 그것을 비교해서 작은 값을 써야 한다 는 것을 표준화 방법으로 제시해 드린 것이고, 그 방법에 대해서 지금 논

의가 진행 중이라고 보시면 되겠습니다.

두 번째는, 근사함수 부분인데요. 5페이지를 보시면 결국은 내부에 있는 시간에 따른 수소량을 환산한 후 그것들을 미분하게 되는데, 세 가지 방법이 있을 수 있겠습니다.

첫 번째는, 데이터를, 나온 데이터를 인접 데이터를 기준으로 그냥 미분하는 것입니다. 이 경우에는 수소를 주입한 경우나 주입하지 않는 경우나 모두 적용할 수 있는 데 비해서 이 미분값이 시간에 따라서 측정된 값이 매우 출렁이는 경우에는 이 미분값이 매우 증폭되어서 수소제거율 평가하는데 어려움이 있습니다.

이런 방법을 근사하게 이용하는 경우가 THAI 실험장치인데, THAI 실험장치에서는 20초 간격으로 데이터를 측정하고 있습니다. 그러면 20초 간격으로 인접데이터를 빼서 시간을 나눠서 구하는 게 아니고 20초 전후에 12개의 데이터를, 즉 240초를 평균해서 데이터를 다시 환산하고 그것을 20초 간격으로 빼게 됩니다.

결국은 이렇게 하는 목적은, 실험데이터를 미분할 경우에 필연적으로 발생할 수밖에 없는 노이즈의 증폭을 완화하는 방법이 되겠습니다. 그래서 저희는 이 방법을 적용하지 않고 함수를 이용해서 전체적으로, 다항함수를 이용해서 전체적으로 fitting을 한 다음에, 그다음에 그 식을 미분하였습니다.

이 경우에는 수소를 주입하는 단계나 수소를 주입하지 않는 단계 모두에 적용할 수 있고, 노이즈 증폭을 최소화할 수 있는 장점이 있습니다. 그렇지만 이 데이터를 적용했을 때 단점은 데이터 개수가 기본적으로 상

당히 많아야 된다는 것입니다.

참고로 6페이지를 먼저 보시면, '실험별 데이터 수'를 비교해보도록 하겠습니다.

KAERI SPARC인 경우에는 수소를 주입하고 그다음에 수소주입을 끈 후에 수소가 제거되는 경우를 보는데, 그 구간 전체를 잡아서 9차 방식으로 모의를 하였습니다. 이때 데이터 개수는 6,000개~7,400개에 달하는데 비해서 제작사 실험인 경우에는 200개 내외가 되겠습니다. 200개~240개 안쪽이 되겠습니다. 이렇게 작은데이터를 9차 방식으로 fitting 하였을 경우에는 앞서 KINS에서도 말씀드린 바와 같이 상당히 많은 편차가 생기게 되고 불확실성이 존재하게 됩니다.

세 번째 방법은, 5페이지로 다시 돌아오겠습니다. 지수함수를 적용하는 경우가 되겠습니다.

이 경우에는 수소를 주입하는 단계에서는 적용이 불가능한 식이 되겠습니다. 왜냐면 그 밑에 물리적 근거에서 보듯이 수소의 제거량은 남아 있는, 그 단계에 남아 있는 수소량에 비례한다는 그런 가정에 따라서 도출된 식이기 때문입니다.

이러한 가정은 전 세계적으로 통용되고 있는 상황이고, 이것을 기반으로 지수, 이것을 적분하면 지수함수가 되니까 지수함수로 수소의 잔존량을 평가할 수 있다는 것이 되겠고, 물리적인 근거가 들어 있음으로 인해서 데이터 수가 작은 경우에도 적용이 가능하지만, 근사의 오차는 다소 큰 것으로 보입니다.

제작사 실험장치의 경우에는 다항함수와 지수함수를 적용했을 경우에

데이터의 오차 즉, 결정계수라는 것을 통해서 볼 수 있는데요. 물론 9차 방식으로 fitting 했을 경우에는 근사오차, 결정계수가 99.9 % 정도 되는, 90 % 정도 되는 큰 값을 보이지만 지수함수인 경우에는 99.7 정도의 값을 나타내고 있습니다.

그렇지만 다소 큰 오차를 보이고 있기는 하지만, 우리가 결정할 수 있는 범위 내에서는 충분히 근사한 오차범위 내(內) 있다고 판단이 되었고, 이에 따라서 지수함수를 적용하는 것이 제작사 실험인 경우에는 더 타당하다는 그런 결론에 도달한 것입니다.

다시 5페이지를 보시면, 질의사항에 보시면 지수함수인 경우에는 예를 들면 수소제거율을 과다하게 예측할 수 있는 오류가 발생할 수 있다는 점에 대해서도 6페이지 상부 쪽을 보시면 저희 KAERI SPARC 실험장치에서 수소를 주입하다가 수소를 끈 이후에 그 경우에 대해서 지수함수로 가정을 해서 fitting을 하고 그 경우에 대해서, 4 %에 대해서 수소제거율을 환산해본 결과, 기존 9차 방식에 비해서 대동소이한 결과를 얻을 수 있었습니다. 값으로 보면 오히려 약간 더 작게 평가되는 경향도 있는 것 같습니다.

이러한 여러 가지 다양한 결과들을 바탕으로 해서 제작사 실험인 경우에는 지수함수로 하는 게 타당하다는 방법을 제시해드렸는데, 어제 온 질의에 따르면 제작사 실험인 경우에 gate를 열기 전과 후의 모든 데이터 구간에 대해서 예를 들면 함수를 적용해야 된다는 의견이었고,

그리고 또 그간의 질의와 응답과정에서 예를 들면 검토항목이 크게 네 가지로 구성되어 있는데요. 두 번째 항목 카테고리 내에서는 저는 다항함

수가 적절하지 않다는 표현으로 계속 의견이 제시되어 있고, 3번 항목에 있어서는 지수함수가 적합하지 않다는 의견이 또 있어서 공식적으로 생각하면 저희들도 어떤 의견에 따라야 되는지, 어떤 의견이, ‘여러 가지 의견이 존재하는구나, 소위원회 내에서도.’ 그런 것을 생각할 수 있겠습니다.

어찌 됐든 저희가 제시하는 방법은 이 방법이고요. 나머지 평균수소농도, 그다음에 초기 압력·온도 부분은 이미 KINS에서도 얘기를 하셨기 때문에 뒤에 있는 참고자료로 같음하도록 하겠습니다.

현재와 같은 이런 일련의 과정을 통해서 일단 저희들이 제작사 실험인 경우에 선정한 방법들이 있고, 이 방법에 대해서 평가가 이루어져 최종적인 결정이 이루어지길 바랍니다.

그리고 이러한 결과를 바탕으로 해서 결과적으로 19일 날 보고서를 제출한 것이므로 이 결과에 대한 타당성이 뒤집히지 않는다면 결과보고서를 크게 수정할 계획은 없다, 그렇게 말씀드리겠습니다.

또 하나, 두 번째 질문까지 말씀드렸고요.

엑셀파일 관련해서는, 소위원회에서 저희한테 엑셀파일을 제공하였습니다, 수소제거율 계산을 위한. 그 검토를 지속적으로 요구를 하고 계신데요, 저희들의 수소제거율 환산은, 계산과정은 보고서에 자세한 수식으로 모든 과정이 다 들어있고, 아마도 이 모든 수식을 이용해서 KINS가 재현할 수 있었던 것으로 판단됩니다.

그리고 어제 보내드린 질의사항에 대해서도 그대로 읽겠습니다. ‘수소제거율 계산 결과 제공된 엑셀파일은 제거된 수소량까지 계산되어 있고 독립 검토보고서에 제시된 수식을 그대로 사용하였다.’ 이렇게 표시되어

있는데, 그대로 계산된 수식을 이용해서, 그러니까 또 다른 방법이 아닌 같은 방법으로 제거된 수소량까지 계산된 엑셀파일을 저희가 별도로 검토해서 맞는지를 확인하는 작업이 필요하다고 말씀하시는 것인데, 저희는 그 부분에 대해서 왜 그게 필요한지 이해하기가 어려운 상황입니다.

저희는 기본적으로 수소제거량 이 일련의 과정에 대해서 C++ 코드를 이용해서 프로그래밍이 되어 있고, 선택에 따라서 간단한 입력파일을 작성해서 여기 나와 있는 인자를 포함한 다양한 인자를 변화시킬 수 있는 체계가 구축되어 있습니다.

그리고 이 프로그램은 현재까지는 KAERI SPARC 실험과 그다음에 KNT 제작사 실험에 대해서 계산할 수 있고, 향후에 세라컴 실험이 진행된다면 이것도 포함해서 계산할 수 있도록 확장할 예정입니다.

저희가 이 코드를 제공해드릴 수도 있고, 나중에는 거기에 표준화된 방법으로 코드를 사용하게 되겠지만 이를 위해서는 코드의 검증과정과 매뉴얼 작성 등등 품질보증체계가 새로 또 필요하게 되겠습니다. 그러한 단계이기 때문에 저희들이 기본적으로 코드를 제공해드리지는 않고 있는데, 필요하다면 프로그래밍을 제공해드릴 수 있겠습니다.

이 정도로 엑셀파일에 대해서는 저희가 말씀드리고요.

그리고 마지막 부분의 보고서에 관한 부분은, 수소 3차원 분석 등등에 대한 내용들이라서, 본 보고서는 어디까지나 제작사 실험에서의 8 % 수소 제거율에 국한된 보고서임을 명확히 이해해 주셨으면 좋겠습니다.

관련된 전체적인 내용에 대해서는 말씀하신 대로 KAERI 실험과 제작사 실험을 포함해서 모든 것이 망라된 간단한 종합보고서 형태로 제출될

수 있을 것으로 생각합니다.

이상으로 답변을 마치겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 하정구 위원님, 혹시 말씀하신 것에 대해서 답을 지금 KAERI가 했는데요, 추가적으로 말씀하실 게 있으신가요?

○**하정구 위원** 일단 답변 내용에서 제가 언급했듯이 수소제거율 계산방법 표준화, 이것에 대해서는 지금 원안위, KAERI, KINS 값이 다 다릅니다. 값이 다릅니다. 그래서 제가 계속 강력하게 표준화 요구를 하는 것입니다. 여기에서 예를 들어서,

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 죄송합니다만 참고로 말씀드리면, 값이 다른 게 아니고요. 저 보고자료, 참고로 말씀드리면 약간의 오해 있으신 것 같아서 바로 잡습니다. 죄송합니다.

참고자료를 보시면 지난번 7월 2일 날, 11월 2일이었나요? 그때 회의에서 저희가 계산한 수소제거율과 소위(小委)에서 계산한 수소제거율이 다르다는 의견에 대해서 별도자료 10페이지를 보시면, 그때 파워포인트로 그림을 몇 장 주셨는데, 그것을 보니 수소제거율의 계산구간 선정이 다른 것을 보았습니다.

그러니까 계산과정이 다른 게 아니라 계산조건이 다른 것이고, 여기서 보시면 8~1.5 % 구간을 잡았을 경우와 8~1.2 % 구간을 잡았을 경우를 비교해 보았습니다. 물론, 소위에서 계산한 구간이 정확히 8~1.2 % 구간인지는 그때 당시에 있는 자료가 부족해서 정확히 판단할 수는 없습니다.

왜냐면 그때는 파워포인트의 그림만 주셨기 때문에 뒤쪽의 파워포인트 내용을 유추해서 뒤쪽 구간 즉, 1.5 % 구간이 아니라 1.2 % 구간까지 확대

했을 경우에 다항함수로 계산한 결과를 보여주신 것으로 이해했습니다.

두 번째 섹션을, 두 번째 가로축 가로 부분을 보시면, 그러니까 다항함수 적용구간 내에서 8~1.5 % 구간이 저희 보고서에 실린 내용이고, 8~1.2 % 구간을 보시면 수소제거율이 다소 낮게 예측되는 것을 알 수가 있습니다.

그에 비해서 지수함수를 적용하였을 경우에는 구간을 8~1.5 %로 하나 1.2 %까지 늘리나 중간에 '보정결과'라고 나와 있는 두 번째 조건 입구농도 기준에 보정으로는 0.51, 0.50 이것만, 이 값만 다르고 나머지는 동일함을 알 수 있습니다.

이를 통해서도 다항함수로 계산했을 때 구간 선정에 따라서 상당히 민감하게 반응할 수 있고, 이에 따라서 지수함수의 적용이 타당하다는 것을 말씀드렸습니다. 그에 대해서는 이미 답변을 드린 상태고, 계산결과가 KINS, KAERI 저희가 전혀 다르다는데 대해서는 다소 오해가 있으신 것 같습니다. 죄송합니다.

○**위원장 (유국희)** 말씀하십시오.

○**하정구 위원** 수소제거율 그러니까 계산하는 기준이 예를 들어서 입구수소농도, 예를 들어서 평균수소농도로 할 것이냐, 입구수소농도로 할 것이냐, 이것이 초기에서부터, 우리가 실험시작 때부터 전체적인 commonsense가 입구수소농도로 하는 게 맞다 해서 전부 다 입구농도로 계산을 했거든요.

그런데 오늘 보고하는 내용 보면 '입구수소농도가 안 맞고 평균수소농도가 더 적절하다.' 이런 얘기가 나오고, 또 지수함수 계산이, 그러니까 '다항함수 계산보다는 지수함수 계산이 더 적절하다.' 이런 얘기가 나오고,

그다음에 수소 지수함수, 몇 페이지야, 3페이지의 '수소계측 지연시간 값' 계산하는 것도 이것은 요번 오늘 처음으로 '유량 계산방법, 계측기 반응방법, 최종 선정값' 이렇게 설명을 해놓으셨는데, 우리가 이슈화하니깐 오늘 KAERI가 추가로 설명자료를 내놓은 것 같아.

그런데 지금 KAERI SPARC 실험에서는 수소계측 지연시간이, KAERI가 그 당시 계속 우리 원안위 소위에 설명한 것은 '50초~60초 사이다.' 그렇게 설명을 했고, 그 입력값을 이용해서 계산한 것으로 제가 이해를 한다고.

그다음에 KNT 8 % 실험에서도 지금 4 %를 보면 이미 29초, 28초로 계산이 되어 있거든요. 되어 있는데, 지금 여기 '최종 선정값' 보면 SPARC는 36초로 해놨고 제작사 실험은 19초로 해놨어. 이 값이 지금 수소지연시간이 커지면 커질수록 수소농도제거율에 영향을 많이 미칩니다, 지금 계산 안 해봐서 제가 모르겠는데. 그런 설명이 되어야 된다고. 정당성의 근거가 설명이 되잖아. 왜 29초에서, 4 %는 29초로, 28초로 해놓고 8 % 했을 때, 8 % 실험에서는 19초로 했는지, 그런 설명이 지금 하나도 안 되어 있잖아요.

그다음에 입구농도, 평균농도 이것도 설명이 제대로 지금 안 되어 있고. 그냥 정량적으로만, 정성적으로만 지금 보니까 평균 그래프만 하나 보여주고 지금 평균농도로 계산하는 게 더 맞다, 그다음에 지수함수로 하는 게 더 맞다, 이런 식으로만 설명을, 거의 정성적으로만 지금 설명을 하고 있잖아요.

이것을 지금 공학자들이 그렇게 설명을 합니까? 계산방법을 그렇게 입

증합니까? 정량적인 데이터를 넣고 Raw data에서 실측치가 이렇다, 이론적인 값은 이렇다, 측정값은 이렇다라는 이런 여러 가지 사항들을 전부 다 대비해가지고 값이 나와 줘야 되잖아요. 그런 것들이 충분히 지금 설명이 안 되고 있잖아요. 그래서 제가 자꾸 표준화 얘기를 하는 거예요.

그 외에도 Curve fitting, 수소제거율 계산하는 방법에 있어서 Curve fitting 구간을 어떻게 정하느냐. 여기 Curve fitting 구간 정하는 것도 지금 10페이지에 1.5 %~8 %, 다항함수인 경우 1.5~8 %, 그다음에 지수함수는 1.5~8 % 이런 식으로 정했는데,

저희들 원안위 소위 기술자문위의 의견에 의하면 전 구간에 걸쳐서, 수소를 fitting하는 시점부터 전 구간에 걸쳐서 Curve fitting이 되고 계산이 되어야 된다는 것이 원안위 소위 기술자문단의 입장입니다. 그런 부분도 지금 설명이 여기에 안 되어 있잖아요.

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 그것은 어제 질의내용에 대해서 방금 전에 말씀드린 내용이고요.

그럼 전 구간에서 fitting을 할 경우에 어떤 것이 장점인지에 대한 물리적인 근거에 대해서 설명이 필요한데, 그 부분에 대해서 저희가 받은 바가 없고요.

그리고 말씀하신 부분에 대해서는 공학적인 설명이라고 하는 것이 보고서에서도 보면 우선 시간지연에 대해서 말씀드리면, 그것을 선정한 근거에 대해서는 보고서에 <표>로 설명해드렸고요.

그리고 앞에 과정들에 대해서는 설명해드렸고, 4페이지에 나와 있는 숫자로, 실제 수소제거율 계산 숫자를 통해서 경향성에 대해서 말씀드렸

습니다.

그리고 추가로 질의하신 뒷부분의 기준 수소농도 값의 경우에는, 입장을 정량적으로, 저희가 생각하는 부분 11페이지를 보시겠습니다. 'PAR 입구로 충분한 수소가 공급되는 조건'에서, 그러니까 즉 source가 있는 경우를 얘기합니다, 제가 생각할 때는요.

그러니까 SPARC나 THAI 실험 같이 하부에서 수소를 계속 주입하고 있으면서 PAR가 계속 작동되는 경우에 해당되는 경우에는 충분한 수소가 유입되면 하부에서 수소를 공급하는 이런 경우의 조건에서는 용기 내 순환유동이 충분히 지속적으로 발생이 가능하고,

즉, 이 말은 뭐냐면, 입구수소농도가 어느 시점일 때 충분한 수소, 그러니까 PAR가 제거할 수 있는 양의 충분한 수소가 공급되고 있다는 뜻이 되겠습니다. 이런 경우에는 입구수소 기준을 농도로 평가하는 것이 타당하다는 것이 기본적인 의견이지만, 제작사 실험 같이 gate가 있는 경우에는, gate가 있는 경우에 gate를 개방한 순간에 이미 입구수소농도는 거의 8.5 %, 9 % 정도에 도달해 있습니다. 그런데 이때는 수소가 제거되고 있지 않습니다. 내부의 유동이 발달되지 않기 때문이에요.

그런데 이러한 경우에 그러면 8.5 %에서 수소제거율이 0이라고 표현해야 되는 것 아니겠습니까, 그것도 전 구간 fitting을 했을 경우에는.

그래서 저희들은 기본적으로 내부적인 순환유동이 충분히 개방, 발달되는 그런 조건에 해당되는 경우에 입구수소농도의 기준을 정하는 게 맞다고 판단했고, 이런 경우에는 전체 평균수소농도 기준으로 보아야 하고 더불어서, 이것과 더불어 제거율을 선정하는 구간도 충분히 발달된 유동이

형성되는 순간을 잡아야 함으로 최소한의 시간을 기다려줘야 하니까 8 % 정도로 잡아야 된다는 것을 제안드린 것입니다.

그 이유는, 왜 4 %에서는 입구수소농도와 평균수소농도가 큰 차이가 없는지에 대해서 설명을 하면 이해하기 쉬울 것으로 생각이 드는데요. 8 % 개방하였을 경우 내부에 충분한 유동이 생기고 결국은 수소가 점점 줄어들다가 중간쯤에 4 % 영역을 지나가게 됩니다. 이 경우에는 밑에 <표>에서 보시듯이 입구수소농도 기준으로 한 경우와 평균수소농도 한 경우가 0.25, 0.28 이 정도로 크게 차이가 없습니다. 충분한 양의 수소가 공급되고 있고 내부의 유동이 잘 발달되어 있는 상황이라고 판단하기 때문입니다.

그렇지만 입구수소농도와 평균수소농도가 8 %인 경우에는 0.56, 0.68로 큰 차이를 보이고 있는데, 이것은 내부의 순환유동이 아직까지는 미처 발달되지 못한 그런 상황일 수도 있다는 생각이고, 그런 면에서 평균수소농도를 기준으로 평가하는 것이 좀 더 타당하다는 생각이고요. 이것에 대한 의견은 조금 전에 KINS에서도 다른 시각으로 평가한 것으로 이해하고 있습니다.

저희가 KAERI SPARC 실험과 KNT 실험에서 각각의 기준을 달리 적용하는 것에 대해서 말씀하고 계신데요. 실험장치의 특성을 반영해서 불확실한 현상을 좀 더 정확하게 예측하고자 하는 방법이고, 이것이 소위 말하는 표준화에 대한 방법이라고 생각을 합니다.

왜냐면 누가 봐도 명명백백하다면 그 방법이라는 것 자체가 있을 수가 없는 것이고, 제안된 장치와 제안된 실험결과를 통해서 최선의 선택을 할

수 있는 방안을 제시하고자 하는 상황입니다.

저희가 생각하는 이런 논리가 부정확하고 이것 때문에 구간을 소위(小委)에서 전(全) 구간에 fitting을 해야 되고 입구수소농도로 봐야 한다면 그에 합리적인 공학적인 토론이 필요하다고 생각합니다.

○**하정구 위원** 제가 한마디만 더 말씀드리겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 네.

○**하정구 위원** 지금 이것은 상당히 기술적인 얘기라 여기에서, 우리 원안위 회의에서 이렇게 논의하는 게 적절치 않다고 저는 봅니다.

그래서 제가 원안위 소위 보고서 발표할 때 간단하게 할 것이거든요. 그것 한 다음에 우리 김군홍 PAR 소위 기술자문위원님이 KNT 8 % 실험에 대한 나름대로 분석 평가한 내용이 있습니다. 그 부분 그때 설명을 들으면서 정리를 일단 하는 것으로 그렇게 했으면 좋겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 일단 제가 궁금한 게, 아까 말씀하신 엑셀파일이라는 게 무슨 파일이에요?

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 실험 데이터로부터 내부에 여기 일련의 과정들, 그러니까 건식 데이터로, 건식수소농도에서 습식수소농도 환산, 내부의 수소량 계산까지 과정을 담은 엑셀파일로 알고 있습니다. 소위에서 제공하신 것이기 때문에 저희가 작성한 엑셀파일은 아닙니다. 그러니까 엑셀을 이용해서 계산한 것이죠.

○**위원장 (유국희)** 아, 엑셀을 이용해서 계산을 했다.

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 네, 수식을 이용해서 계산한 것인데, 그 수식이 같은 수식을 사용했다고 하시는데, 그것을 저희

가 값이 맞는지를 확인해드려야 되는지 그 부분에 대해서 좀 의아하게 생각하는 부분이에요. 최종적으로 수소제거율 계산은 안 들어 있는 것으로 알고 있습니다.

○**하정구 위원** 그 엑셀파일은 미분을 해야지, 오늘 설명하신 대로 미분해야지 수소제거율,

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 아마도 차이가 나는 이유는 그 미분 방법의 차이 때문에 발생하는 것으로 생각합니다.

○**위원장 (유국희)** 일단 다른 위원님들도 의견이 있으실 테니까 다른 위원님들 의견을 들으면서 정리를 하도록 하겠습니다.

김호철 위원님.

○**김호철 위원** 저는 좀 헛갈리는데요. 우선 제가 헛갈리는 이유를 잠깐 말씀드리면, 사실 이 공익제보가 있게 된 배경을 잠깐 기억을 더듬으면, 한수원이 격납건물 건전성을 자신 있게 보여주기 위해서, 그것은 왜 그러느냐, 중대사고 하에서도 격납건물은 건전하다. 왜 그러느냐, 중대사고 대처설비들이 잘 갖추어져 있기 때문이다.

이것을 보여주기 위해서 독일까지 가서 연구를 합니다. 독일 Becker사(社)인가요, THAI 실험장치에서 해보니 어, 불티가 막 날려갔고 도중에 실험이 끝나고 그중에는 또 수소제거율이 2분의 1 내외를 기록하는 이런 상황도 벌어지고 하니까, 그 실험의 결과를 두고 한수원 내에서 '이것 문제 있는 것 아니냐?'라고 하는 문제의식 속에서 공익제보가 있게 되었고, 저희가 그 부분을 살펴보게 되었습니다.

그때 살펴볼 때 KINS는 그 THAI 실험결과를 두고 또 한수원에 납품

했었던 세라컴 PAR, 그게 세라컴 자체의 실험장치에 의해서 구매규격을 만족한다라고 하는 이런 것들에 대해서 다 살피면서 KINS는 어떤 입장을 취하셨냐면, 저기에 지금 오늘도 앉아 계신 김민철 실장님께서 제135회 원자력안전위원회에서 이렇게 말씀하십니다.

KINS는 대표성 있는 수소제거율 그래프를 그려야 된다는 것이 제일 중요합니다. 대표성 있는 수소제거율 그래프는 전체적인 챔버 내에서 수소가 제거되는 능력이 표현되어지는 것인데, PAR의 성능에 관해서는 지금 몇 퍼센트 농도의 수소가 PAR에게 오느냐가 중요하기 때문에 입구농도 4%를 가지고 보는 것이 맞다고 저희는 판단하고 있습니다.

그래서 대표성 있는 수소제거율 그래프를 제대로 그려야 되고 입구수소농도 4%를 표준적으로, 기준적으로 하면서 그것을 대표농도 기준으로 삼아야 된다고 원칙을 정했고, 그런데 이것은 세라컴 PAR, 세라컴이 직접 실시했었던 실험장치들은 너무 조약하기도 하고 부족하니까 적어도 우리가 이것을 검증하기 위해서는 Becker사(社) THAI 실험장치와 동등하거나 그보다 나은 한국원자력연구원의 SPARC 실험장치에서 해야 된다, 이 조건을 설정하고 저희가 갔습니다. 갔는데,

제가 알기로는 8% 수소농도에서의 실험에서는 역시 문제가 발생을 해서 이런, 저런 사유로 SPARC 실험장치를 못하니까 이제 궁여지책으로, 아니면 또 대안으로 KNT 실험장치를 이용해서 실험을 하게 됩니다.

그러면서 오늘 제가 듣는 설명은, 입구수소농도는 너무 급격하게 수소농도가 변화하고 막 이러니까 그것은 아닌데요, 평균수소농도를 기준농도로 잡아서 해야 되겠습니다.

또 실험초기 조건은 한수원 구매규격에 적시되어 있는 대로 초기조건
의 1.5 bar, 60 °C가 제시되어 있으니 초기조건 기준으로 해야 되겠습니
다. 그런데 사실은 초기조건을 이렇게 설정했다 하더라도 PAR가 작동하
는 그 시기, 그 시간 내에는 분명히 KNT PAR 실험장치에서는 압력이 높
아질 것이거든요. 그것은 상식적으로도 이해가 되지 않습니까. 압력이
높아지면 수소제거율은 또 상당히 과대평가 될 수가 있게 되는 것이고요.

결국은 이게 돌고 돌아 제자리에 와갖고 논의하는 결과인 것 같아서
저는 참 당혹스럽습니다.

결국은 8 % 수소농도, 중대사고에서 가장 중요한 격납건물 건전성을
우리가 확인하거나 믿을 수 있는 중요한 8 % 수소농도에서 PAR의 수소제
거율, 그로 인한 격납건물의 건전성을 판단하는 데 있어서는 최초의 세라
컴 PAR 내지는 KNT PAR 실험장치에서의 그것을 갖고 해석의 문제로 지
금 이렇게 논의가 되는 것 같아서, '그러려면 이 긴 시간까지 더군다나 한
국원자력연구원을 믿어가면서, SPARC 실험장치를 믿어가면서 왜 실험을
했는가?'라고 하는, 저는 과학도 내지는 기술전문가가 아닌 사람 입장에서
이런 당혹감을 갖게 됩니다.

그래서 이게 과연, 이런 KNT 실험장치를 전제로 8 % 수소농도 실험방
법을 가지고 서로 해석이 엇갈리는 가운데 내놓는 결과, 아까 우리 한수원
의 하광순 박사님께서도 우리의 보고는 KNT 실험장치라고 하는, 그것을
전제로 하는 보고입니다. 저에게는, 저는 그렇게 들리거든요.

KNT 실험장치는 상당히 많은 한계와 부정확성을 갖게 되는 부족한 실
험장치인데, 이 실험장치에서 나온 결과를 토대로 저희가 보고를 내는 것

입니다. 그런데 저희가 애당초 이것을 검증해 나설 때는 적어도 Becker사(社)와 동등하거나 그보다 나은 SPARC 실험장치 내지는, 그런 어떤 신뢰할 만하고 충분한 데이터를 확보할 수 있는 실험장치에서의 실험결과를 두고 PAR의 성능, 나아가서 격납건물의 건전성을 보자고 한 것인데,

그 조건은 여전히 충족되지 않는 상황에서 우리가 계속 논의만 하는 것 같아서 이것 참 당혹스럽다. 이 결과를 가지고 또 어떻게 관심 있는 여러 이해관계 당사자나 또 국민들에게 신뢰를 얻을 수 있을까, 이런 우선 걱정이 생깁니다. 그 말씀을 잠깐 저의 우려를 드리고요.

하광순 박사님께 한번 질문을 드리고 싶은 것은, 하광순 박사님께서 참고자료 설명을 이렇게 쪽 해 주시면서 수소제거율 계산 표준원칙을 정하더라도, 나름은 정했다고 말씀하시고요. 그것을 정하더라도 계산조건을 어떻게 설정하느냐에 따라서 제거율 값은 다르게 도출된다, 이런 설명도 해 주시면서 값들을, 비교한 값을 참고자료 10쪽에 이렇게 제시해 주고 계시는데요.

우선 저는 이 <표>를 보면서 조금 추가적으로 설명을 듣고 싶은 게, 참고자료 10쪽입니다. <표> 제시해 주신 것이요. 다항함수 적용하는 경우와 지수함수 적용하는 경우 조건을 설정할 때 어떤 경우는 수소농도 8~1.5%, 어떤 경우는 8~1.2% 조건을 설정하는 경우, 이렇게 이렇게 나누어서 설명해 주시는데,

다섯 번의 실험결과에서 원자력연구원이 설정했다는, 선택했다는 조건 8~1.5%p, 거기에서도 다섯 번의 실험에서는 입구수소농도 기준으로 하게 되면 당연히 여러 불확실성이 있는 가운데서 보정을 하셨고, 그 보정결과

를 두고 수소재결합률을 보게 되면 어떤 경우는 0.47 ± 0.052 , 어떤 경우는 0.68, 또 0.53, 0.44, 0.45 이렇게 나와서 평균이 0.51 g/s가 나온다 이렇게 말씀하시는데,

또 수소농도 8~1.2 % 조건을 부여했을 때는 그것하고는 또 다른, 그것 보다는 조금 좋지 않은 값들이 나오고 있는데, 두 가지 질문을 한번 드려 보고 싶습니다.

이 조건설정을 8~1.2 %로 할 수도 있는 상황일 수도 있는 것 같은데, 한국원자력연구원은 왜 8~1.5 % 그 구간의 조건을 설정했는지, 그렇게 조건을 설정하는 것이 8~1.2 % 구간을 조건으로 설정하는 것보다 타당하다는 이유는 무엇인지, 하나 설명을 듣고 싶고.

그다음에 1~5회 실험의 평균값으로 제거율을 판단하는 것이 과연 타당한가, 이 불확실하고 이 부족한 KNT 실험장치를 가지고 결국은 해석해내는 이 상황에서, 이래서 다섯 번째 실험 가운데서도 상당히 제거율이 낮게 나오는 이런 것들은 과연 고려할 가치가 없고, 그냥 평균으로 해서 수소제거율이 만족한다, 만족하지 않는다, 이런 평가를 내리는 게 과연 타당한 것이냐, 그 두 가지에 대해서 조금 한번 설명을 듣고 싶습니다.

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 우선 실험의 순서로 보면 초기에 수소농도를 일정하게 채우고 gate를 열어서 내부에 있는 수소가 제거될 때까지의 시간을 쭉 보는데요. 그때 기준값이 예를 들면 1.5,

그러니까 그것을 왜 선정, 어떻게 선정했느냐로 말씀하시면 조금 복잡한 설명이 필요할 수도 있는데요. 1.5기압에 도달하면 실험의 종료조건이 되고, 그 안에서 저희들이 1.5 %를 실험의 종료조건으로 봤고 그다음에,

왜냐면 이 경우가 뭐냐면, 하부 쪽에 수소가 쌓여 있는 경우에 해당될 수 있거든요. 그래서 그렇게 봤고, 그다음에 그 이하가 되면 저희가 내부에 fan을 작동해서 전체를 균일하게 한번 만들어서 혹시라도 나중에 수소 계측기에 전체적인 양이 남아 있는 양과 같은지 보려고,

예를 들면 그러니까 결론적으로 말씀드리면, 1.5 % 이하가 되면 내부의 유동상태를 강제로 흐트러트리게 되는 조건이거든요. 그래서 1.5 %로 끊은 것이고요.

여기 있는 평균값을 구하는 부분은, 사실은 말씀드린 바와 같이 이 실험인 경우에는 상당히, 200초 정도에 모든 상황이 끝나버리는 경우라서 반복이나 재현성이 그다지 그렇게 높지 않은 경우도 있습니다. 여러 가지 불확실성이 있기 때문에 5개의 경우에 대해서 평균을 구한 것이고요. 낮게 나온 것과 높게 나온 것의 큰 차이들, 그것을 통계학적으로 어떻게 분석을 해야 되는가에 대해서는 지속적으로 고민을 하고 있지만, 우선은 가장 보기 쉬운 방법으로 평균을 취한 것이라고 보면 되겠습니다.

말씀하신 대로 이 편차들에 대해서 되게 크게 반응하는 경우가 같은 실험결과를 놓고 어떤 구간을 잡느냐, 그리고 그것들을 어떻게 함수를 적용하느냐에 따라서 편차가 존재하는 경우를 보여드린 것이고, 그에 비해서 상대적으로 좀 더 편차가 적은 경우, 일관성 있는 결과를 얻을 수 있는 경우에 대해서 표준화라면 표준화 방법을 제시했다고 말씀드릴 수 있겠습니다. 참고,

○**김호철 위원** 계속 말씀하실 게 있습니까?

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 네, 참고로 맨 처음에

말씀하신 인허가 조건에 관련해서는 저희들이 임무를 부여받은 것은 KAERI SPARC 장치를 이용해서 THAI와 동등한 실험을 수행하는 것이라고 이해를 했고, 그 부분에 대해서는 이미 수행을 했다고 생각합니다.

THAI 실험장치에서도 8 %에서 수소제거율을 보는 실험은 없었고요. 아마도 제 기억에는 전 세계에서 8 %에서 수소제거율을 보기 위한 실험을 저는 보지는 못했습니다. 8 %에서 수소제거율에 대한 요구가 있기 때문에 새로운 방법으로 실험을 하게 되는 것이고요.

말씀하신 대로 좀 부족하지만 KNT 실험장치를 이용해서 실험을 해서 8 %에서 수소제거율이 그 많은 불확실성에도 불구하고 그 판단을 내리는 그런 자료를 오늘 보고 드린 것이고요. 앞서서 저희 실험에 관해서는 지난 제163회 원자력안전위원회 보고사항으로 정리해서 말씀드린 것으로 이해하시면 되겠습니다.

○**김호철 위원** 그러면 제가 한국원자력연구원의 계약의 어떤 내용에 대한 충분한 이해가 없어서 이런 질문을 드리는지 모르겠는데요. 혹시 그렇다 그러면 'Becker사(社) THAI 실험장치에서 한 것과 동등·유사한 실험은 끝냈다.' 이렇게 말씀하시는데,

그러면 혹시 Becker(社)에서 실험했을 때 HR 몇 번 조건인가에서 수소제거율이 상당히 낮게 나온 것, 그것은 데이터를 다 보셨고, 또 보고서도 다 보셨을 줄로 알아서 왜 그랬는지, 그것은 어떤 조건과 어떤 문제점 하에서 그랬는지를 조금 혹시 원자력연구원에서는 보고서에 비교해서 답아 줄 수는 있는 건가요?

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 지금 단계에서는 일단

은 차이점에 대해서만 설명드릴 수 있는 부분이고요. 예를 들면 일단 PAR가 다르고요, 세라컴과 KNT사(社)가 다른 종류의 PAR이기 때문에 성급하게 KNT와 세라컴 PAR가 비슷한 모양이기 때문에 같은 성능을 낼 것이라는 전제를 까는 것은 위험하다고 생각합니다.

또 하나의 조건은, 소형 PAR가 아니고 2분의 1 소형 PAR이기 때문에 이것도 역시 2분의 1 소형 PAR에 대한 자료가 전혀 없습니다.

통상적으로 보면, 일반적으로 말씀드리면, 독일의 AREVA 장치나 다른 AECL PAR나 이런 경우도 보면 소형 PAR를 THAI 실험장치에 넣기 위해서는 2분의 1 소형이나 8분의 1로 줄이는 경우가 많이 있습니다. 그리고 그렇게 실험을 합니다. 그런 경우에 수소제거 환산식을 단순히 2분의 1이나 8분의 1로 줄이지 않고 약간은 modify 하는 경우를 보았습니다.

예를 보면, 그러니까 스케일링 효과가 절반이 된다고 반드시 절반이 되지 않는 경우도 상당히 발견하고, 그 경우에 왜 그런 지에 대해서는 명확한 설명이 없습니다.

○**김호철 위원** 아무튼 추후에 세라컴 PAR도 아마 실험을 하는 것으로 알고 있는데, 그때 실험을 하게 되죠?

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 네, 맞습니다.

○**김호철 위원** 그때는 저의 궁금함이 풀려지기를 바라겠고요.

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 네, 그렇습니다.

○**김호철 위원** 설명을 들으면 여전히 조건설정의 타당성을 두고, 또 1회에서부터 5회까지 실험값을 평균값으로 잡아야 되는 것을 두고 여전히 고민을 하시고, 어떤 구간 조건을 설정하는 것이 타당한가에 대해서는 일응(一應)

한국원자력연구원은 선택을 한 것이지만, 또 소위(小委) 전문가분들의 견해는 다른 것 같아서 여전히 긴밀한 협의와 이런 것에 대한 결과를 내는 것에 대한 타당성에 대한 보다 보완된 설명이나 타당한 근거의 제시나 이런 것들은 여전히 필요하다.

그래서 저는 하정구 위원님께서 제기하시는 소위와의 보다 긴밀한 협의 하에서 좀 더 보완된 보고가 나와야 된다고 하는 것이 지켜졌으면 좋겠다, 그런 의견을 마지막으로 드리고 말씀 마치겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 다른 위원님 말씀하실 게 있으면 의견 표시를 해 주시기 바랍니다.

임승철 위원님.

○**임승철 위원** 저희 위원님들이 김호철 위원님 제외하고는 다 이공계 전문가분들이시고, 김호철 위원님은 법조계 전문가이시고. 공무원 생활을 하고 있는 제가 이런 말씀을 드리는 게 맞는지 모르겠습니다만, 저도 제 의견을 말씀드리고 싶습니다.

김호철 위원님 계십니다만, 우리가 법정에서 사실을 다룰 때 증거를, 이미 벌어진 일을 가지고 보통 법정에서 다루지 않습니까. 그러니까 원고 측이나 피고 측이나 증거랄까, 이미 벌어진 일에 대한 증거를 찾고 그것을 토대로 재판부에서 또 판결을 내리죠.

그러니까 과거에 벌어진 일에 대한 사실 여부와 어떤 양형을 한다든가 이런 일이 벌어집니다.

그런데 법조계하고는 좀 다르게 이공계는 미지의 영역으로 가는 경우가 많습니다. 기억하는 분 있으실는지 몰라도, 제가 두 번째 회의 전에

아마 그 질문을 드렸던 것 같습니다.

PAR 실험에 대해서 국제적으로 인증된 공인된 설비가 있느냐, 그다음에 PAR 실험에 대해서 국제적으로 인증된 실험절차가 있느냐, 그런 질문을 드렸었어요. 그때 답변이 '공인된 설비가 아직은 없다.'라는 것으로 저는 이해를 했어요.

그러면 PAR 실험을 한다는 것 자체가 약간은 미지의 영역으로 나아가는 것이죠. 미지의 영역으로 나아가는 것이고, 미지의 영역으로 나아갈 때, 저는 공무원 하고 있습니다만, 이공계에서는 법정에서 증거를 찾듯이 굉장히 파워풀한 tool을 가지고 있는 것으로 알고 있습니다, 저도 많이 접했고. 동료평가, Peer review라고 하죠.

이공계가 전문성을 인정받는 것은 미지의 영역으로 나가면서 어떤 현상을 발견하고 뭐를 해석을 할 때 연구자는 자신의 소신에 따라서 '이것이 내가 생각하는 판단이다.'라고 결과를 내리고, 그것을 투명하게 공개하고, 동료들한테 평가를 받습니다. 그래서 이론이 정립이 됐다가 다시 새로운 이론이 발견이 되면 뒤집혀서 새로운 이론이 기존 이론을 또 대체하기도 하고요.

제가 보기에 지금 PAR의 실험과 해석과 이런 부분에 대해서 일종의 미지의 영역으로 나아가고 있고,

아까 보고자께서도 말씀하셨듯이 THAI 실험장치에서도 8 %는 실험이 된 적이 없고, 8 % 실험 뒤에 대해서는 예를 지금 본적이 없다라는 그런 말씀이 있으셨어요.

공익신고 이후 신한울 1호기에 대한 조건사항 때문에 실험이 진행된다면

서, 어떻게 보면 그런 식으로 따진다면 대한민국 PAR 설비의 8 % 실험에 대해서는 세계에서 제일 처음으로, 그게 영광스러운지 아닌지 그런 것 관계없이 하여간 처음으로 가는 영역이고,

그 실험결과 자료에 대해서는 부족하지만 가능한 설비를 가지고 실험을 했고, KAERI에서 연구자분들께서 소신 있게 어떤 판단을 내렸고,

또 그 부분에 대해서 규제요건 검토를 해 봐야 되니까 8 % 제거율에 대해서 KINS가 또 독립적인 검토를 했고, 그렇게 저는 생각을 합니다.

지금 하정구 위원께서 소위원회를 하고 계시는데, 자문위원분들하고요. 소위원회를 관리하고 계시는 것이죠. 그런데 소위원회 위원이시고 자문위원이라고 해서 그것은 그분들이, 제 말에 오해가 없으시길 바랍니다. 학술적으로 연구소에 계시거나 KINS에 있는 분들보다 전문성이 더 뛰어나서 그분들의 결과가 더 우월한 결론성을 가진다 그럴까, 그렇게는 생각하지 않습니다.

소위(小委) 위원과 자문위원이 실험결과를 가지고 해석을 놓고 다투는 영역으로 내려간다면 자문위원이라는 타이틀 내려놓고 동료의 영역으로 내려가야 됩니다. 동료 영역으로 내려가서 대등하게 싸우셔야 됩니다. 학술적으로 토론을 하고, '자문위원이나 이렇게 하는 분들이 얘기하는 의견을 왜 안 듣느냐?'라는 식으로 연구소에 계신 분들을 항상 회의 때마다 보면 으박지른다거나 이런 식의 언성이 높아지거나 하는 이런 태도는 저는 좋다고 생각하지 않습니다.

저희 안전위원회는 행정기구입니다, 행정기구. 국민에게 봉사해야 되는 행정기구죠, 전문성을 가지고. 그 전문성도 어떤 한 사람의 전문성이

아니라 국내의 모든 전문성을 모아서 가장 합리적인 판단을 내려야 되는 전문성이라고 저는 생각합니다.

제가 보고 받기로 그간에 KAERI나 KINS에서 결과를 계산하고 또 해석을 하는 과정, 소위와 커뮤니케이션 과정에서 소위 쪽에서 대립적인 개념은 아니지만 꽤 시간이 늦어지고 굉장히, 저쪽은, KAERI나 KINS는 오히려 공개를 다 하는데, 소위 자문위원이라고 하는 분들의 어떤 주장이나 이런 것에 대해서 근거나 이런 게 꽤 공개되지 않는 것으로 저는 보고를 들었습니다.

그러면 아까 말씀드렸다시피 제가 아는 이공계의, 어떻게 보면 tool로서 보면 저는 가장 큰 가치라고 생각합니다, 동료평가나 이런 것들이. 우리 국내의 R&D나 이런 것에 대해서도 전부 다 지금 동료평가가 이루어지고 있죠. 그게 이공계가 가진 전문성을 계속 유지하고, 또 국민들로 하여금 그 전문성에 존중받게끔 하는 tool이라고 생각합니다.

그래서 소위원회나 자문위원이라는 이름에 얽매이지 마시고 대등하게, 본인이 계산을 하셨다면 본인의 계산과정도 투명하게 연구소 쪽에 보내시든지 해가지고 그쪽에서 오히려 또 검증을 받고.

연구소에서는 계산과정을 다 공개하셨잖아요, 그렇죠?

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 네, 저희는 보고서 내 계산과정이 충분히 들어 있다고 생각합니다.

○**임승철 위원** 그 계산과정을 전부 100페이지, 수백 페이지 내가지고 지금 안전위원회 위원님들이 수백 페이지 계산과정을 다 검증, 그것은 말도 안 됩니다, 안전위원님들 시간이 얼마나 중요한데.

국내 전문가들의 계산과정이 신뢰성이 있다는 것을 저희가 믿고 하는 것이죠. 단순히 그냥 믿는다는 개념이 아니라, 그것도 KINS에서 독립적으로 검증을 했고요.

해서 소위원회에서 내신 의견도 있고, 그다음에 낮은 부분, 수치가 낮은 부분에 대해서는 아까 KINS에서도 품질관리 차원의 어떤 조치가 필요할 것이다 하는 이런 보고가 있고 해서 다른 위원님들께서도 말씀을 주셔야 하지만, 저는 KAERI와 KINS가 전문성을 가지고,

또 연구자들로서 소신을 가지고 제한된 자원과 제한된 여건 하에서 실험이었지만, 그런 전문가들로서 소신을 가지고 제출한 보고서를 우리가 접수하는 것이 맞다라고 생각합니다.

다음 위원님들 말씀하신 뒤에 그렇게 하면 어떨까 합니다.

○**위원장 (유국희)** 이승숙 위원님.

○**이승숙 위원** 자세한 설명들 잘 들었고, 의견, 저는 사실은 이 PAR 문제가 이렇게까지 결론이 안 나는 복잡한 문제가 될 것이라고 생각하지 않았는데,

오늘 KAERI, KINS에서 정리한 내용을 보니까 flow가 타당성이 있어 보입니다. 그래서 PAR 소위가 처음 탄생할 때 제가 있었던 것은 아니지만, 비교적 1년 가까이 상황을 쭉 보면서 볼 때 'PAR 소위'라는 게 생겨난 것 자체가 처음에 공익제보에 의해서 이루어진 사건이기 때문에, 일이기 때문에 보다 객관성, 공정성을 높이고 담보하기 위해서 KAERI에 이 실험을 의뢰하는 과정이 생겨난 것이고,

KAERI에서 그 작업을 잘 수행할 수 있게끔 어떤 방법론적으로든 아니면 flow상으로든 오류가 발생하지 않는 방향으로, 말하자면 가이드라 그럴

까요, 그런 역할을 하기 위해서 PAR 소위가 탄생된 것이라고 생각합니다.

그래서 이 실험결과는, 결론은 PAR 소위에서 내는 것보다는 PAR 소위는 지도를 펴주고, 등대 역할을 하는 그런 역할을 하는 것이고, 실제 배를 운전해서 어딘가에 정박할 것이냐의 문제는 실험을 하는 KAERI의 결과를 신뢰하고 존중해야지 가능한 영역이라고 저는 판단하면서 왔는데,

오늘 결과를 봤을 때 KAERI에서 수행한 작업들에 있어서 오류가 있어 보이지, 저는 전문가는 아닙니다만, flow상으로 설명에 있어서 그게 오류가 있다고 보이지 않아서 비교적 수용할 수 있는 상태이고,

그렇다면 지금 왜 PAR 소위의 의견과 KAERI, KINS의 의견이 이렇게 대립 내지는 상충되는 상황인지, 그게 그렇게 상충되어야 할 상황인지 자체에 의문과 회의가 있는데요.

결국은 의뢰를 한 것은 KAERI의 객관성을 믿고 KAERI에 의뢰를 했으면 KAERI의 결과가 도출하는 과정에 있어서, 또는 실험과정에 있어서 오류가 있나, 없나를 확인하고 그런 가이드 역할을 하는 게 소위의 역할이라고 저는 생각을 하기 때문에 오랜 기간 그렇게 많은 고생을 해서 소위,

특히 우리 하 위원님께서 엄청 고생 많이 하시면서 쪽 이제까지 끌고 온 이 과정이 지그재그가 아니라 그 과정별로, 물론 100점은 아니더라도 하더라도 80점, 90점 그 상태에서 최선의 선택으로 스텝을 밟아서 오늘의 KNT 8 % 실험까지 도출이 된 것이고, 그렇다 그러면 이것을 accept, 그러니까 오류가 있나 없나만 검토하고, 그렇지 않다면 accept 하는 것이 당연하지 않을까 하는 생각이 저는 들었습니다.

더군다나 KAERI가 객관적이고 공정한 시각에서 했다고 믿지 못한다

면 이것은 처음부터 의뢰를 잘못된 게 되기 때문에 원안위의 책임이 된다고 생각이 됩니다.

그래서 KAERI의 결과도 그렇고, KAERI 결과를 다른 시각에서 KINS가 검증을 했는데 거기에서 나온 이야기도 크게 차이가 없는 그런 것이라고 하면, 그렇다면 이게 왜 적절한지를 확인해야 되는 게 아니라 그 과정에 뭐가 오류가, 치명적인 오류가 있으며 다른 더 나은 방법이 있었음에도 불구하고 굳이 그것을 채택하지 않고 이런 이상한 방법의 실험을 해서 이런 결론을 도출했는가를 사실은 정확하게 짚어야지 이 논란이 의미가 있는 게 아닐까, 그런 생각이 듭니다.

그래서 두서없이 말씀드려서 죄송한데, 일단 제 개인적인 판단으로는 오늘 보고한 보고안건 제1, 제2 안건에 대해서 저는 특별한 오류를 발견할 수가 없다는 의견입니다.

이상입니다.

○**위원장 (유국희)** 논의의 진전을 위해서 조금 정리를 하고 넘어가야 될 것 같습니다.

아까 잠깐 김호철 위원님도 그동안에 이렇게 PAR에 대한 실험을 하게 된 배경이나 경위들을 짚 설명을 해 주셨는데요. 세라컴에 대한 해외에서의 PAR 실험에서 시작이 돼서, 지금 KNT가 제작한 PAR의 실험을 지금 하고 있는 것이죠.

간략하게 말씀드리면 이런 것 같아요. 4 %의 실험에 대해서는 지난번에 저희들 원안위 회의에서 보고를 받았고, 8 % 실험에 대해서는 SPARC 실험에서 실험하기가 어려워지다 보니까 소위의 판단 하에 KNT 실험장치

로 실험을 하는 것으로 갔고요.

오늘 8 %와 관련된 부분에 대한 논의를 보자면, 일단 KAERI는 수소제거율을 산출하는 데 있어서의 여러 가지 환산방법에 따른 숫자를 다 보여 주셨고, 그중에서 각각의 환산방법에 대한 합리적인 방법을 찾아서 제시를 해서 숫자를 내놓으신 것으로 이해가 돼요.

그중에 또 일부 위원님들께서는 4 %에서 적용한 환산방법이, 8 % 실험에서 적용하는 방법이 다 바뀌고 이런 측면에 대한 설명 문제라든가 이런 부분들은 문제 제기를 하고 계시단 말이에요.

그런데 8 % 실험과 관련된 부분, 아까 말씀드린 대로 KAERI가 다 여러 가지 환산방법에 대해서 모두 제시한 숫자들을 보면 대략 0.47 이 정도에서 0.69 이 정도 가는 것 같습니다.

저희가 8 % 실험을 하게 된 배경을 저는 이렇게 이해하고 있어요. 한수원이 구매규격을, 납품업자로부터 구매규격을 처음에 내놓을 때 8 %에 대한 기준이 있었던 것이고, 그 기준의 만족 여부도 확인하자고 해서 실험이 된 것으로 제가 이해를 하고 있습니다. 물론, SPARC에서는 8 % 실험이 없었죠. 그래서 8 % 실험을 지금 추가로 했는데, 말씀드린 것처럼 숫자는 그 정도의 숫자로 밴드를 가지고 있고 그 부분에 대한 환산방법에 이견이 있는 상황이에요.

그런데 이게 PAR와 관련된 성능, 제거율 이런 부분에 대한 문제 제기가 되면서 사실은 한 가지 더 중요한 문제점이 제기가 됐죠. 그것은 불티와 화염입니다.

그래서 불티와 화염이 수소를 제거한다고 하는 기능을 갖는 PAR가 수

소를 제거하는 기능도 떨어지고, 오히려 수소폭발을 유발한다라고 하는 우려를 만들어낸 것이죠.

그래서 지금 말씀드리는 이 제거율과 관련한 부분의 한 축과 건전성, 격납건물의 건전성과 관련된 부분이 한 축이에요. 그래서 제가 논의의 진전을 말씀드리는 이유는, 일단 앞에서 8 % 제거율과 관련된 부분은 환산 방법에 대한 이견이 제시가 됐습니다, 이번 회의에서 제시가 됐고요.

그렇지만 중요한 부분, 'PAR가 그러면 규제요건에는 만족하느냐.' 이 부분이 제일 중요한 부분이었겠죠. 그래서 이 부분은 아마 제가 오기 전에 KINS에서 발표를 하신 것 같아요.

그래서 그동안에 PAR와 관련해서, PAR의 기능과 역할과 관련해서 분석했던 안전성평가에 이번에 PAR와 관련된 문제 제기에서 나타난 부분이 영향을 줬느냐 하는 부분을 일단 제기를 해놓으셨고요. 그것에 대한 결론은 아마 보고를 받으셨겠습니다만, '규제요건에는 만족을 한다.' 이렇게 정리가 된 것 같습니다.

그러니까 PAR에 대한 역할과 기능에 있어서 규제요건에는 만족을 하고, 그러나 한수원이 내놓은 구매규격에는 환산방법의 적용에 따라서 일정 부분 불확실성을 갖는다. 0.47~0.68 정도의 밴드를 갖는다. 이게 지금까지 보고 받으시고 의견을 나눈 것이라고 제가 정리를 할 수 있을 것 같습니다.

기 타 보 고 : 격납건물 내 수소 분포 및 화염가속 분석 결과 검토

○**위원장 (유국희)** 그래서 논의를 진전시키기 위해서 이 정도의 정리를 한 상황에서 제가 지금 말씀드린 화염과 관련된 부분, 불티와 관련된 부분, 이 부분을 오늘 기타안전으로 준비를 해왔다고 하니까 이 부분을 같이 한번 위원님들 설명을 들으시고, 그리고 나서 논의를 이어갔으면 하는 생각이 들거든요.

위원님들 괜찮으실까요?

그러시면 화염가속 관련된 부분, 이 부분을 한번 보고를 부탁드립니다.

○**임승철 위원** 위원장님! 보고안전 제3호 안전 안 하시고 기타보고,

○**위원장 (유국희)** 제3호 안전은 제가 조금 뒤로 미루자고 말씀을 드리는 거예요. 우선 화염가속부터 먼저 얘기를 해서 논의를 집중하게, 집중해서 논의를 할 수 있도록 하고서 하는 게 어떨까 싶습니다.

그래서 그 부분부터 먼저 보고를 받는 것으로 하겠습니다.

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 위원장님, 보고는 저희 한국원자력안전기술원 장동주 실장께서 보고를 할 것이고요.

조금 전에 하정구 위원님과 김호철 위원님께서 하셨던 말씀 중에 오해가 있을 수 있는 부분이 있어서 제가 조금 보충을 하겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 네, 말씀하세요.

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 하정구 위원님께서 말씀하시기를 수소농도 10 %, 평균수소도 10 % 미만으로 해야 된다는 요건은

10CFR 50.44에 나오지 않고 34(f)에 나온다고 말씀하셨는데, 양쪽에 다 나옵니다.

그리고 'NUKEM 상관식을 제시하지 않았다.'라고 했는데, 저희 보고자료 16페이지에 NUKEM 상관식이 제시되어져 있습니다.

그리고 김호철 위원님께서 제가 제135회 회의 때 '입구수소농도로 해야 된다.'라고 하셨던 그 말씀에 제가 입구수소농도로 하는 것이 타당하다고 말씀을 분명히 드렸고요.

다만, 평균수소농도를 정확하게 측정을 해야 되고, 그렇게 측정을 하면 평균수소농도 기준으로 할 경우와 입구수소농도 기준으로 할 때 차이가 없을 것이다. 그런데 '평균수소농도 기준의 수소제거율을 계산하기는 너무 어렵다.'라고 말씀드렸던 것으로 제가 기억을 하고 있습니다. 보다 자세한 것은 다시 한 번 녹취록을 봐야 되겠지만, 제 기억은 그렇습니다.

일단 마치고, FA-DDT 관련된 부분에 대해서 장동주 실장이 보고, 넘기겠습니다.

○**장동주 (한국원자력안전기술원 심사총괄실장)** KINS 안전평가단 심사총괄실장 장동주입니다.

제가 보고 드릴 자료는 기타보고 안건으로 준비되어 있습니다.

격납건물 내 수소 분포 및 화염가속 분석 결과에 대한 검토 내용입니다.

개요입니다. 본 기타보고 안건을 저희가 준비하게 된 것은 PAR 실험 점검 소위원회 및 또 제164회 원안위 회의 논의과정에서 아래와 같은 우려가 제기되고, 또 질문도 주셔서 거기에 대한 하나의 답변으로서 준비되었다고 생각해 주시면 감사하겠습니다.

중대사고 발생 시 격납건물 상부에 높은 농도의 수소가 축적되는 현상, '성층화 현상'이라고 논의과정에서 지칭이 되었지요. 수소농도가 이렇게 높은 지역에서 PAR에 의한 발광입자 및 유발점화 현상이 우리가 확인이 됐는데, 그런 현상이 이곳에 영향을 주면 화염가속/연소폭발천이라는 현상이 발생할 수 있다.

최근 발간된 KAERI 연구논문에 따르면 'APR1400 원전을 대상으로 평가한 결과, 격납건물 상부에 고농도의 수소영역이 형성되고 화염가속이 발생하는 것으로 분석된 내용도 있다.'와 같은 걱정이 있으셨습니다.

이에 대해서 저희가 검토한 내용은, 밑에 ①번부터 ③번까지 표시되어 있습니다.

중대사고시 수소가 축적되는 현상을 저희가 '성층화'라고 보고, 그런 현상이 발생할 수 있는가, 그 부분을 제대로 평가하고 있는가, 또 알게 된 현상, PAR로 인한 유발점화 현상이 새로운 수소위협을 발생시키는가에 대해 검토했습니다.

우선, 현재 신한울 1호기 등 중대사고 해석에 사용되는 코드에 수소분포를 해석할 수 있는 능력을 다시 확인했습니다. 또한 3차원 해석코드인 CFD Code 분석결과와의 비교를 통해서, 이 해석에 사용된 코드가 MAAP 인데요, MAAP 코드의 분석능력을 다시 확인했습니다.

그 코드를 사용해서, MAAP 코드를 사용해서 PAR 유발점화 발생까지 고려한 수소분포 및 화염가속 분석을 다시 하도록 하고 그 결과를 검토했습니다.

다음(2) 페이지입니다. 내용이 많기 때문에 아주 상세한 부분은 제가

임의로 조금 스킵을 하도록 하겠습니다. 언제든 질의를 주시면 그 부분을 상세히 설명드리겠습니다.

기존 중대사고 코드로 사용되는 MAAP은 미국 EPRI사(社)가, 미국의 전력연구원입니다. 중대사고 분석코드로 사용하고 있으며, 우리나라에서 사용되고 있습니다.

장점으로는, 중대사고 현상 노심의 용융, 재배치, 노심용융물과 바닥 콘크리트의 반응 등 복잡하고 극단적인 상황에 대한 해석능력을 가지고 있습니다.

단점으로는, 다양한 현상을 모사하기 위해서 상대적으로 단순화된 모델을 사용하고 있고, 그에 따라 국부적인 현상 확인은 어려운 단점이 있습니다.

아래 보시면 그러한 MAAP 코드가 수소에 대해서는 어떻게 해석하는지 Flow chart가 있습니다.

우선, 핵연료 피복재 온도가 많이 올라가면 우리가 노심이 손상될 수 있다고 보는데, 그 기준온도는 1,200 °C입니다. 그 상태에서는 핵연료 피복재 즉, 핵연료를 싸고 있는 얇은 금속관이 물과 반응해서 산화될 수 있습니다.

급격히 산화될 수 있고, 그때는 물속의 산소가 금속과 결합하기 때문에 물속에 수소가 남아서 수소가 나오는 것입니다. 그러한 수소가 격납건물로 방출될 때까지는 원자로냉각재계통 내 거동분석에 해당되고, 그 이후에는 격납건물 내 거동분석에 해당됩니다.

격납건물 내 거동분석 단계로 넘어가면 이러한 수소가 어떻게 확산되

는지 측면, 그 결과 격납건물 내 어느 위치에 어떤 분포로 존재하게 되는지 측면을 평가해야 됩니다. 이러한 MAAP 코드는 미국에서 원자력품질 보증프로그램에 따라 관리되는 코드이고, 미국 내 원전설계 인증 등에 사용되었습니다.

또한 우리나라 규제기관에서도, 저희 원안위와 KINS에서도 사업자가 제출한 MAAP 코드 분석결과를 심사해온 바 있습니다.

다음(3) 페이지입니다. MAAP 코드 개발사는 다양한 비교분석, '벤치마크'라고 하는데요, 지속적으로 수행해 왔고, 이에 대해서는 KINS도 여러 차례 심사질의 등을 통해서 사실 확인을 해왔던 부분입니다.

예를 들어 발전소에 실제로 있었던 사건·사고, TMI-2 사고 등입니다. 또 가상의 중대사고 현상과 관련된 실험, 예를 들어 중대사고 현상 중에 '격납건물 수소 거동'과 관련해서는 독일에서, 실제 독일의 격납건물에 수소를 넣어서 실험한 사례가 있는데요. 그 실험결과를 가지고 여러 나라가 다양한 코드로 분석을 하고 서로 비교하는 그런 벤치마크를 수행했습니다. 그 결과는 저희가 붙임으로 별도로 준비를 했고요.

다음 페이지입니다. 4페이지 설명드리겠습니다. 신한울 1·2호기에 대한 중대사고시 수소분포 분석내용을 말씀드리겠습니다.

신한울 1·2호기에 대해서는 총 열일곱 가지 중대사고 시나리오를 대상으로 분석을 수행하였고, 원자로 격납건물은 37개 체적으로 구분해서 분석된 결과가 제출 및 심사되었습니다.

주요과정은 100 % MWR, 전에도 설명드렸습시다만 Metal-Water Reaction입니다. 노내에 존재하는 피복재 금속이 모두 물과 반응한다는

보수적 가정입니다.

또한 MCCI, Molten Core Concrete Interaction인데요. 수소는 뜨거운 핵연료 용융물이 만약에 원자로건물 바닥으로 떨어진다면 콘크리트 쪽에서도 발생할 수 있습니다. 그러한 수소량까지 고려를 하고, PAR 외에도 설치되어 있는 수소제어설비인 수소점화기, 점화기는 발전소정전사고의 경우에는 작동 불능을 가정합니다.

그리고 PAR는 NUKEM 상관식을 분석의 기준으로 삼았다고 몇 차례 설명 올렸습니다. 그 상관식의 성능저하를 가정한다고도 말씀드렸습니다. 거기에 작동지연도 가정하고 평가하고 있습니다.

분석결과는 최대 수소농도가 열일곱 가지 시나리오 중에서 발전소정전 사고, 발전소정전사고는 어떤 안전계통도 가용하지 않습니다. 증기발생기의 증기를 이용한 터빈-드리븐 옥스피드워터 펌프(Turbine-driven auxfeed water pump) 외에는 가용하지 않습니다. 그런 시나리오에서 약 7.3 %로 나타났고 이때 격실은 증기발생기 격실이었습니다.

수소분포 분석과 관련해서는 저희가 영상도 준비를 했는데요. 코드로 분석한 결과가 이렇게 동영상으로 만들어지지 않습니다. 저희가 위원님들께 참고로 보여드리기 위해서 별도로 준비했습니다. 준비가 되는 동안 조금 설명을 드리겠습니다, 위원님들 시간을 세이브해드리기 위해서.

그 밑에, 자료 4페이지 중간에 있는 그림은 아까 말씀드린 37개 격실의 구분이 실제로 도식화되어 있는 그림입니다. MAAP 코드는 이런 식으로 가상의 체적을 나누어서 격납건물을 해석합니다.

이 그림에서 보이는 파란색 부분은 수소농도가 낮은 부분이고, 빨간색

으로 갈수록 높은 수소농도를 나타내고, 가장 진한 곳에서 8 % 수소농도입니다. 이 사고시나리오에는 발전소정전사고 시나리오인데요, 발전소정전 사고 시나리오에서는 노심이 냉각되지 않기 때문에 노심이 가열되고 핵연료 손상이 일어나면 그 수소가 PSRV 원자로냉각재계통의 압력이 방출되는 밸브 쪽으로 나오고 그 후단에 Three way 밸브라고 하는데요. Three way 밸브에서 격납건물 격실로 방출되는데, 그 위치가 증기발생기 격실입니다.

그러다 보니까 수소분포 분석에서 증기발생기 격실로부터 인접 격실로 확산되면서 수소와 관련된 분석이 시작됩니다. 그림 중에 가장 좌측 그림을 보시면 7번이라고, 작은 글씨입니다만 빨간색으로 보이는 부분이 증기발생기 격실에 해당됩니다.

빨간 부분 위에 있는 ㄷ자를 얹어놓은 것 같은 부분이 원자로 격납건물의 상부가 시작되는 부분이고요. 17과 27번이 더 높은 부분을 의미하게 됩니다.

성층화에 대해서 사실 우려하실 때 수소농도는 보시다시피 방출되는 지점, 그리고 수소의 분포과정에서 일시적으로 높을 수도 있고, 또 거기서 확산되기도 합니다.

우려하시는 '수소의 축적'이란 사실은, 또 '성층화'란 그러한 수소가 상부 격납건물에, 왜냐면 수소는 가볍기 때문에 '고이듯이 모여서 높은 농도가 될 수 있지 않은가?'라는 우려라고 볼 수 있겠습니다.

MAAP이 상황에 따라서 높은 농도인 곳은 높게 해석하고, 낮은 농도인 곳은 낮게 해석할 수 있는 능력이 있다고 하면, 그러면 MAAP이 계산해

준 농도의 구배에서 격납건물 상부의 높은 농도가 없다고 하면 그 부분에 대해서 저희가 안전성이 확인됐다, 이렇게 볼 수가 있는 것입니다.

우선 계속해서 보고를 올리겠습니다. 다음(5) 페이지입니다. 저희는 다시 검토한 결과로도 수소분포 분석을 포함해서 신한울 1·2호기 중대사고 분석에 사용된 이 코드의 능력은 여러 가지 다양한 벤치마크 분석을 통해서 지속적으로 입증되어 왔고,

또 신한울 1·2호기의 중대사고 수소분포 분석결과를 확인한 결과, 격납건물 내 혼합기체 유동에 따른 격실별 수소농도 차이를 적절히 보여주고 있다고 판단합니다.

다음(6) 페이지입니다. MAAP 스스로가, 또 MAAP의 개발사가 많은 벤치마크 problem 등을 통해서 입증하고 있다 하더라도 이번에 저희가 설계사의 도움을 받아서 격납건물 내 수소분포를 동일 시나리오에 대해서 CFD와 MAAP 코드로 분석한 결과를 비교했습니다.

MAAP 코드 분석에 37개 체적을 격납건물 단면도에 대응시켜 표현한 것이고, CFD 분석결과와 서로 동일한 수소농도 색상을 사용했습니다. 이 분석 자체는, CFD 분석 자체는 지난번 원안위에서도 참고자료로 설명을 드렸습시다만, 신고리 5·6호기 중대사고 실무검토위원회 권고에 따라서 설계사가 수행하고 현재 아직 완성은 되지 않은 상태입니다.

대상 원전은 신고리 5·6호기이고, 소형냉각재상실사고가 비교대상 케이스가 되겠습니다.

하단의 그림을 보시면 소형냉각재상실사고가 발생하고 수소가 방출되는 부분은 역시 증기발생기 격실이고요. 그랬을 때 방출되는 수소가 초록

색과 노란색으로 상부로 올라가는 부분이 표시되어 있습니다. CFD 코드
의 해석결과이고,

오른쪽에는 MAAP 코드가 앞에 그림에서 보셨던 37개 격실을 실제 격
납건물 그림에 대응시켜서 색상으로 표현하면 보시는 바와 같습니다.
CFD 코드가 분석한 것처럼 상세하게 어디에서 어디로 올라가는 그림은
볼 수가 없지만, 전체적으로 수소농도 구배는 표현하고 있는 것을 아실 수
있고요. 이렇게 증기발생기 격실에 고온관에서 발생한 과단 부위로 쏘아
방출되고,

다음(7) 페이지입니다. 방출된 수소는 결국 격납건물 상부로 확산되게
됩니다. 그림에서 아실 수 있듯이 격납건물 상부에서 수소축적이 나타나
지는 않습니다. 이는 MAAP 코드나 CFD 분석결과나 유사합니다.

검토결과입니다. 기존 중대사고 분석코드로 분석한 분포는 CFD를 이
용한 분포와 유사했습니다. 코드의 특성, 한계로 인해 국부적인 차이는
있었으나 거시적인 수소분포는 유사하게 MAAP이 분석하고 있었습니다.
MAAP 코드 분석뿐만 아니라 CFD를 통한 분석에서도 격납건물 건전성을
위협할 수 있는 축적은 발생하지 않는 것으로 분석되었습니다.

(동영상 상영)

영상을 보시면 오른쪽 상단에 초 단위로 2만 초, 2만 3,000초 지나고
있는데요. 3,600초가 한 시간이니까 지금 10시간이 다 지나가고 있는 상
황입니다. 이미 확산된 수소가 PAR에 의해서 제거되는 모습을 보실 수
있습니다.

실제로 영상을 보시면 초기에 빨리 확산되고, 급격히 확산되고 서서히

제거되는 모습을 보실 수가 있는데, 이는 100 % MWR을 가정해서 노내에 의해서 생성된 수소가 급격하게 격납건물로 이동되도록 가정하는 보수적 가정 때문에 그렇습니다.

계속 보고 드리겠습니다. 8페이지입니다.

앞에서 개요를 말씀드릴 때 PAR 유발점화까지 고려한 분석을 통해서 확인한다고 말씀을 드렸는데, 그 부분을 보고 드리겠습니다.

‘화염가속 및 연소폭발천이’란 격납건물 내 수소가 있는데, 그 수소에 연소가 발생할 때, 연소는 여러 가지 형태가 있을 수 있습니다. 그중에서도 저희가 우려하는 수소농도가 굉장히 높아서 폭발하는 상황이 아니라 할지라도, 설사 수소농도가 10 % 이하라 할지라도 아주 국부적으로 동압, 충격을 발생할 수 있는 메커니즘이 있는데, 그것이 바로 화염가속 및 연소폭발천이 현상입니다.

이는 화염이 특정한 조건에서 가속되어 폭굉, 폭발을 ‘폭굉’이라고 부르는데, 폭굉으로 천이되면 동압을 만들어서 구조적 건전성을 일부라도 위협할 수 있습니다.

중대사고 분석에서는 격납건물 내 수소분석 결과를 기초로 또 OECD NEA가 제시한 방법론을 적용해서 사업자는 화염가속 및 연소폭발천이 분석을 수행해서 제출하고 이를 검토한 바 있습니다.

다음(9) 페이지입니다. 분석 방법론을 설명드리면, 다음과 같습니다.

작은 글씨로 표현되어 있는데, 사실 화염가속의 발생 메커니즘은 이렇습니다. 수소가 연소되면 열이 나고 그로 인해서 그 기체 자체는 팽창할 것입니다. 팽창으로 인해서 불붙은 화염면은 더 이동을 할 것이고요.

이동을 하면서 또 연료가 있는 수소를 만나니까 연소반응이 증가합니다. 그래서 더 팽창할 것이고요. 이런 식으로 하면 화염면이 가속되는 효과가 발생합니다. 이것이 계속해서 지속되면 점점 속도가 빨라질 수가 있는 것입니다. 그리고 그 속도가 음속에 도달하면 충격파가 생기는 것입니다.

이때 중요한 것은 '팽창이 충분히 생기느냐'와 '가속을 할 만큼 활주로가 기냐!' 두 가지 문제가 됩니다. '팽창이 충분히 생기느냐!' 하는 부분이 화염가속 지수평가고요. 그 지수가 만족이 된다고 할지라도 활주로가 길게 있어서 가속할 만한 거리가 되느냐 보는 것이 연소폭발천이 분석입니다. 두 단계로 수행을 하는데요, 자세한 부분은 넘어가도록 하겠습니다.

다음(10) 페이지입니다. 결국 화염가속이라는 분석을 하면 화염가속 지수라는 것이 나오고, 화염가속 지수가 분석방법론상에서 1이라는 숫자 미만으로 나오면 아예 점화가 생기지 않거나 화염속도가 크지 않은 영역이 되겠습니다.

역산을 해보면 1 m/s~127 m/s가 되겠습니다. 이때는 동압이라고 할 만한 부분이 미미합니다. 화염가속 지수가 1 이상이다라고 별도의 연소폭발천이 지수가 1 이상인 경우에만 폭굉, 폭발이 발생할 수 있는데요. 연소폭발천이 발생가능성 평가는 이렇습니다.

7λ-criterion 평가라고 하는데 어떤 농도, 압력에서, 또 온도에서 기체가 연소하는 특성길이라는 것이 있습니다. 그 길이보다 충분히 긴 활주로가 있으면 그것을 '폭발 셀 크기의 7배 이상이면'이라고 표현한 것입니다. 있으면 연소폭발천이가 발생이 가능하다, 그렇게 평가를 합니다.

다음(11) 페이지입니다. 이러한 분석은 이미 신한울 1·2호기에 대해서

수행되었고, 그 결과는 기(既) 보고 드린 바 있습니다. 지금 보고 드리려는 부분은 재분석한 내용이고요. PAR 유발점화 현상이 이러한 화염가속 위협을 증가시켰는지 확인하기 위해서, 시키는지 확인하기 위해서 기존의 화염가속 분석에 유발점화 현상까지 반영해서 화염가속 지수 그래프 비교를 수행했습니다.

우리가 새로 알게 된 현상은 사실 불티, 발광입자와 유발점화 현상인데요. 발광입자는 유발점화를 일으키거나 아니면 그 입자 자체로 혹시 기기에 부착돼서 손상 가능성이 있거나, 저희는 그 두 가지 위협이 있다고 봤고요. 발광입자의 기기에 부착한 위협은 별도 안전으로 보고를 드릴 것이고, 지금 여기에서 말씀드리는 부분은 발광입자든 또 유발점화든 그러한 수소의 연소가 화염가속현상에 대해서 영향을 주는가 하는 부분입니다.

재분석 절차입니다. 기존 가정사항을 우선 확인을 했고요. 화염가속 평가 시 점화원이 있으면 사실 수소가 제거되는 방향입니다. 그러다 보니까 기존의 가정사항에서 보수적으로 평가하기 위해서 의도된 설비인 수소 점화기가 점화시키는 것 외에는 점화원이 없다고 가정하고 분석하고 심사해왔습니다. 그 방향이 보수적이라고 봤기 때문입니다.

사실은 중대사고 시 격납건물 내에는 안전 관련 설비가 작동할 때 일으킬 수 있는 작은 스파크, 또 어디나 있는 정전기, 또 극단적인 노심손상 이후, 원자로 파손 이후에 나올 수 있는 노심용융물 등 여러 가지 불티, 점화를 일으킬 수 있는 열원은 많이 있을 것입니다. 그러나 이렇게 가정해서 평가했다는 말씀드리는 것이고요.

이러한 기존분석을 확인하고 수소점화기에 의한 연소가 포함된 중대사

고 환경조건을 분석코드에 입력해서 계산해왔는데, 계산결과는 항상 FA 지수가 모든 격실에 대해서 1 미만으로서 화염가속 현상은 미발생되는 것으로 평가되어 왔었습니다.

그런데 기존 가정사항을 변경해서 PAR 유발점화를 반영하기 위해서 PAR도 연소를 일으키는 점화원으로 추가를 해서 분석을 수행한 것입니다. 분석은 격실 단위로, 산식(算式)이 격실 단위로 수행이 되고요. 어떤 격실에 PAR가 있다고 하면 그 설계사항을 반영해서 PAR가 재결합으로 수소를 제거하는 것만 반영했었는데, 그 격실에서 점화를 통해서도 제거하는 것을 모사하도록 해서 모사한 것입니다.

재분석에 대해서 예를 해본다면, 수소점화기와 함께 PAR에 의한 연소도 추가되면서 기존의 수소농도 및 온도 등 환경조건이 격실 단위로 변화할 것이고요. 연소가 생기기 때문에 전보다 온도나 압력은 올라갈 수 있겠지만, 수소농도는 감소하고 수소재결합의 연소에 사용된 산소도 감소할 것입니다.

이러한 분석에서는 매시간별 각 격실에 이러한 변화들이 결과로 도출됩니다. 그 결과로 도출된 각 격실의 상태를 별도의 분석코드에 입력해서 FA 지수를 산출하는 과정을 거칩니다. 계산결과 재분석 결과에서도 FA 지수는 1 미만으로 모두 분석되었습니다. 그 과정을 설명드리겠습니다.

다음(12) 페이지입니다. 앞서 말씀드렸습지만, FA 지수는 해당 격실의 조건, 수소의 농도, 수증기 농도, 산소 농도, 그리고 격실의 온도 등 그 상태에 의해서 결정됩니다.

PAR가 수소를 촉매를 통한, 서서히 수소를 없애는 재결합 외에도 연소

를 통해서도 제거한다고 보는 것이기 때문에 격실의 온도는 증가하는 방향이 됩니다. 이 경우에 FA 지수는 올라가는 방향이고요. 수소농도는 그 결과 줄어들게 되는데, 이는 FA 지수를 줄이는 효과를 가져 올 것입니다, 산식상. 이러한 복합적인 영향이 결국 MAAP 코드의 분석결과로 나타나게 됩니다.

재분석 대상 사고경위는 대형냉각재상실사고, 발전소정전사고, 주급수상실사고 등 대표적인 중대사고 초기조건을 선정했습니다. 재분석 결과는 앞서 말씀드린 바와 같습니다.

다음(13) 페이지입니다. 그래프를 보시면 첫 번째 그래프는 대형냉각재상실사고 시 분석결과입니다. 왼쪽이 기존 분석이고, 오른쪽이 이번에 재분석된 결과입니다. 글씨가 작아서 잘 안 보이실 텐데, 핑크색 점선 이음 영역입니다. 그리고 밑에 실선이 원자로 하부에 해당됩니다. 이런 식으로 대표적인 4개 격실에 대한 결과를 도시(圖示)한 것이고요. 도시된 값은 화염가속 지수입니다. 이 지수가 1이 되면 DDT 분석을 해야 되는 것입니다.

기존 분석에서도 0.6 정도, 최대지점에서 0.6 정도로 화염가속 분석을 만족했는데, 오른쪽에 새로운 분석결과를 보시면 큰 차이가 나지 않습니다. 앞서 말씀드린 그런 효과로 인해서 완전히 낮아지지도 않고 높아지지도 않았습시다만, 유지되는 결과를 확인하실 수가 있습니다.

기존 분석에서는 수소점화기가 점화를 일으키고 PAR가 촉매를 없애는 것이었다면 추가 분석에서는 수소점화기도 없애고 유발점화 현상도 있고 그리고 PAR에는 재결합도 있는 그런 상황이라고 보시면 되겠습니다.

중단의 그래프는 발전소정전사고의 결과이고, 하단의 그래프는 주급수 상실사고 케이스가 되겠습니다.

다음(14) 페이지입니다. 검토 결과 신한울 1·2호기 분석상 PAR의 유발점화를 고려하더라도 중대사고 전(全) 기간 동안 모든 격실에서 화염가속 지수가 1 미만으로 평가되었습니다.

대표적인 3개 시나리오에 대한 평가결과입니다. PAR 유발점화 고려 여부가 FA-DDT 분석결과에 미치는 영향은 미미하다고 저희는 판단했습니다.

종합 결론으로서 크게 세 가지를 말씀드렸는데요.

기존 중대사고 분석에 사용하는 코드는 수소분포를 분석할 능력이 있다고 저희는 판단합니다.

또한 격납건물 설계에 대한 인허가상 심사결과에서도 그렇고, 또 코드 분석 결과도 고려할 때 격납건물 건전성을 위협할 수 있는 축적은 발생하지 않는다는 기존 평가는 유효하다고 판단합니다.

PAR 유발점화를 고려해서 재평가한 결과도 모든 격실에서 화염가속 지수가 1 미만으로 평가되었고 유발점화를 고려하더라도 FA-DDT 결과가 기존의 결과와 크게 다르지 않다는 것을 확인했습니다.

다음(15) 페이지입니다. 앞서 본 내용을 보고 드리게 된 취지를 KAERI가 연구해서 발표한 내용에서 시작되었다고 말씀을 드렸는데요. 해당 연구 논문에 대해서 간략히 소개를 드리겠습니다. 저희가 파악한 내용이고 KAERI에서도 검토에 도움을 주셨습니다.

이 논문은 다차원 수소분석 체계, 그러니까 MAAP4 코드에, GAS FLOW 코드, 그리고 COM3D 코드 등 3개의 코드를 이용해서 다단계로 분

석하기 어려운 수소의 분포와 확산, 그리고 연소까지 분석하고자 하는 그런 체계를 구축한 내용을 소개한 논문이었습니다.

MAAP4 코드로서 수소생성량을 모사하고 GASFLOW 코드로, 3D코드입니다. 분포를 확산시키고, 분포를 분석하고, 마지막에 확산된 상태를 COM3D라는 연소코드로 넘겨서 연소코드가 연소를 분석하도록 하는 방식이었습니다.

논문에도 밝히고 있듯이 높은 수소연소 압력 유도를 위해서 의도적으로 몇 가지 가정을 적용하셨고, 분석된 최대 수소농도는 격납건물 상부에서 10 % 이상이었습니다.

‘의도적인 가정’이라고 논문에서 표현하신 부분은, 저희가 검토한 결과 100 % MWR은 가정하셨는데, 방출률이 더 높았고요. 또 COM3D 코드로 넘기는 수소의 농도와 배치가 화염가속에 가장 유리한 형태, 그리고 점화 위치도 가장 가속이 용이한 지점, 먼 지점이죠. 거기를 선정하셨고, 수소 점화기는 없다고 가정된 분석이었습니다.

수소점화 시 최대압력은 논문에는 555 kPa, 저희가 인허가 문서에서 사용하는 단위인 psia로 환산하면 80 psia인데요. 80 psia 정도로 계산되었고, 논문에는 파손압력인 1,223 kPa보다 낮다, 이렇게 표시를 하셨습니다.

사실 저희가 인허가 심사에서 적용하는 기준이 되는, 넘지 않도록 확인하는 압력은 852.9 kPa입니다. 123.7 psia입니다.

수소방출점인 증기발생기 격실 안에 있는 RCS 저온관, 거기에서 시작된 화염은 협소한 증기발생기 격실 내 점화원 상부 5 m 지점까지 120 m/s의 속도로 가속되는 결과를 KAERI에서 얻고, 논문에 기재하셨습니다.

다음(16) 페이지입니다. 본 논문에서는 앞서 방출률 말씀을 드렸는데 요, 수소가 100 % MWR에 해당하는 양으로 가정은 하셨는데, 빨리 나오는 것으로 이렇게 되어 있습니다.

하단의 그래프를 보시면 KAERI 논문에 제시된 수소방출률은 보시는 바와 같이 빨간색 그래프와 같이 쪽 방출되고 내려오는 그런 그림인데요. 실제 중대사고 분석에서 MAAP이 계산하는 수소의 생성, 그리고 방출은 같은 사고경위인 SBLOCA, 소형냉각재상실사고의 경우에 좀 더 긴 시간 완만하게 방출되는 것으로 계산이 됩니다.

그런데 이 MAAP의 결과를 조금 비례상수를 곱하셔서 한꺼번에 나오는 것으로 해서 실제로 코드가 계산할 수 있는 상태를, 화염가속이 발생하는 모습을 보여줄 수 있는 격납건물 상태를 형성하신 것으로 보입니다.

다음(17) 페이지입니다. 그러한 과정에서 분석된 화염속도는 앞서 언급 드린 바와 같이 120 m/s로 저희가 절대 넘어서는 안 되는 화염속도로 보고 있는 음속, 이 조건에서 음속은 700 m/s가 되겠습니다. 또 폭발이라고 볼 수 있는 1,000 m/s보다는 현저히 낮았습니다.

압력은 초기 압력 PAR에 의한 압력증가가 있고, 그 이후 정압의 형태로 서서히 증가하게 되는데, 결국 555 kPa에 이르렀습니다. 앞서 말씀드린 대로 이는 저희가 기준으로 삼는 중대사고 압력 이하의 값이었습니다.

다음(18) 페이지입니다. 검토결과, 동 논문은 KAERI에서 종합적인 분석체계의 적용성을 확인하기 위해 방출률을 높게 가정해서 평가한 결과입니다. 그럼에도 불구하고 국부적으로 수소농도가 높은 영역이 발생했음에도 분석된 화염속도는 화염가속지수 1에 해당하는 127 m/s 이내였습니다.

또한 그림에도 불구하고 평가된 압력은 신한울 1·2호기에서 분석될 때 기준으로 삼는 중대사고 압력 123.7 psia 이내로 보였습니다.

따라서 본 논문을 통해서 격납건물 건전성에 대한 기존 분석의 유효성을 한 번 더 확인할 수 있었습니다.

붙임은 별도로 보고 드리지 않겠습니다.

이상입니다.

○**위원장 (유국희)** 수고하셨습니다.

앞서 말씀드린 대로 PAR와 관련된 부분에 대한 성능, 그리고 위험성 정도에 대한 실험과 분석을 통해서 지금 안전성을 저희들이 확인하고 있는 과정에 있고요.

그 가운데 지금 말씀드린 대로 PAR에 의한, PAR에서 발생하는 화염과 불티에 의한 영향이 격납건물의 하중에 영향을 주는지에 대한 부분을 검토한 결과를 보고 받으셨습니다.

질문이나 의견 있으신 위원님들께서는 의사표시를 해 주시기 바랍니다.

하정구 위원님.

○**하정구 위원** ‘격납건물 내 수소 분포 및 화염가속 분포 결과 검토’ 이렇게 해서 보고를 해 주셨는데, 이것은 PAR 소위원회에서도 나름대로 검토를 했고요. 그 검토를 제가 조금 이따가 할 것입니다. 할 것인데,

제가 MAAP 코드에 대한 깊이 있는 지식은 없지만, PAR 소위에서 파악한 바로는 일단 MAAP 코드는 여기 노드 수가 37개로 지금 되어 있는 것처럼 상당히 제한되어 있습니다. 실질적으로 성층화 분석을 제대로 하려면 nodalization 숫자가 1,000개 이상이 된다고 하더라고.

그래서 이 성층화 분석에 대한 분석능력이 매우매우 떨어진다, 이렇게 말씀 일단 드릴 수 있습니다.

그래서 제가 앞서서도 말씀드렸지만, CFD 분석을 반드시 해야 된다. 그것을 통해서 성층화 분석이 완전하게 이루어져야 된다, 이런 말씀을 드리고 싶고요.

여기에 화염가속 분석에 대한 중대사고 하에서 화염가속 분석결과를 하셨는데, 지금 방법론이 APR NUREG 0800 19장에서 제시하는 방법론을 따르고 있지 않습니다.

제가 무슨 얘기를 드리느냐면, 제가 이것을 별도로 copy를 각 원안위원님한테 드렸는데, 일단 중대사고 났을 때 격납용기의 건전성 관점에서는 크게 두 가지를, Early Containment Failure하고 Late Containment Failure 두 가지로 나눠집니다.

이 각각에 대해서 내가 깊이 설명은 안 드리겠는데, 이 중에서 APR 1400 DC 19장 제가 검토를 다 마쳤어요. 마쳤는데, 여기에서 지금 수소방출에 의한 수소연소가 일어나서 격납용기가 깨지는 케이스에 대한 이벤트 시나리오를 몇 가지 케이스로 확인을 해서 실제로 분석을 했어요.

그러니까 단순히 그냥 화염가속, 예를 들어서 SBLOCA, LOCA 하나의 어떤 이벤트 시나리오를 선정해서 그다음에 SBO, 그다음에 한국말로 뭐지, 발전소정전사고, 몇 가지 케이스를 들어서 설명을 하셨는데, 이런 단순한 사고로 예를 들어서 하면 안 되고 19장에서 NUREG 0800 19장에서 제시하는 방법론을 통해서 분석을 해야 돼. 분석을 해야 되고,

그 방법론에 따라서 신한울 1·2호기에서 어떻게 격납용기 건전성이 유

지되는지 그것을 보여줘야 돼. 그것은 제가 이번 이 보고가 끝나면 설명을 드릴 거예요.

일단 그 두 가지만 말씀을 드리겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 답 가능하신 게 있으시면 답을 해 주시죠.

○**장동주 (한국원자력안전기술원 심사총괄실장)** 위원님 말씀하신 0800이 미국의 심사지침, US NRC의 심사지침서로 이해가 됩니다. 심사지침서 19장에는 제가 알기로는 중대사고 수소분석에 대한 내용은 없고요. 말씀하시는 Early Containment Failure 등의 언급은 아마 레벨 2 PSA에서 격납건물의 파손 모드를 구별할 때 구별하는 방법으로 이해가 됩니다.

저희는 심사할 때는 US NRC 관련, 아까 언급하신 10CFR 50.44의 내용을 모두 참고해서 심사하고 있다는 말씀드립니다.

이상입니다.

○**위원장 (유국희)** CFD 말씀을 하셨던 말이에요. CFD에 대해서도 여기 지금 분석한 것하고 하정구 위원님 말씀하시는 것하고 좀 다른 건가요?

○**장동주 (한국원자력안전기술원 심사총괄실장)** 네, 하정구 위원님께서서는 아무래도 MAAP 코드만이 아니라 중대사고뿐만 아니라 설계기준사고 등 안전성 분석에는 전 세계 어느 설계자, 어느 규제기관의 심사에서도 다 MAAP과 같은 Loop parameter 코드를 사용하고 있습니다. 또 적절한 부분이 있기 때문인데,

다만, 말씀하신 대로 좀 더 상세한 체적을 구분해서 계산하는 CFD 코드에도 유용성이 있고 언급하신 Tech. Doc 1661에도 관련해서 각자의 장단점을 얘기하고 있습니다. 반드시 수소분석에 CFD 코드를 사용해야 된

다는 내용은 저희가 파악하기로는 없고요. 다만, 국부적인 현상, 상세분석을 위해서는 유용하다라는 언급은 있는 것으로 알고 있습니다.

이상입니다.

○**위원장 (유국희)** 다른 위원님 질문 있으시면 의사표시를 해 주시기 바랍니다.

하정구 위원님 말씀하세요.

○**하정구 위원** 우리 PAR 소위의 김군홍 자문위원님이 손을 들어서 말씀을, 발언을 하고 싶다고 해서,

○**위원장 (유국희)** 말씀하십시오.

○**김군홍 (PAR 실험 관련 한국원자력연구원 기술자문위원)** 자문위원 김군홍이라고 합니다.

사실은 저도 중대사고 해석 분야에 한 10년 했거든요. 사실은 원자력연구원 중대사고부하고 10년 화염가속, 그러니까 화염폭발, 수소폭발부터 시작해가지고 2010년 가을부터 했고, '11년 초에 최종보고 발표한 다음 날 후쿠시마 사고 났거든요.

그러면 질문을 하겠습니다. 후쿠시마 사고는 총 4기 원전이 데미지를 입었는데, 24시간 하죠, 첫째 날, 셋째 날, 넷째 날 2기, 이게 수소폭발을 했는데 데미지를 입은 위치도 달라요, 발생한 경로나. 똑같은 수가 없잖아요. 4개인데 다 상황이 다를 겁니다. RPV가 깨졌느냐, 안 깨졌느냐도 중요하고.

그러면 4일 동안 이게 순차적으로, 그러니까 5일이죠, 순환이 됐으니까. 이게 성층화에 의해 수소폭발이 일어났다는 증거를 어떻게 확인할 수 있어요. 수소는 참고로 확산이 굉장히 빠릅니다. 그냥 수소 자체만 있으면

그냥 다 날라가 버려요.

이상입니다.

후쿠시마 사고에 대한 성층화 외 어떤 이론이 있을 수 있는지?

○**위원장 (유국희)** 질문을 해 주시는 거예요, 자문위원님?

질문을 하시는 거예요?

○**김군홍 (PAR 실험 관련 한국원자력연구원 기술자문위원)** 네, 질문입니다.

왜냐면 성층화 관점에서,

○**위원장 (유국희)** 의견을 말씀해 주시겠어요, 자문위원님? 왜냐면 여기에서

질문을 하시면 자문위원하고 보고자가 서로 문답을 해야 되잖아요. 그게

아니고, 지금 이 안전과 관련해서 자문위원님께서 의견을 주시면,

○**김군홍 (PAR 실험 관련 한국원자력연구원 기술자문위원)** 네, 알겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 그것에 대한, 예를 들어서 보고자가 답을 한다든가 이런 방

식으로 가는 게 맞는 것 같아요.

○**김군홍 (PAR 실험 관련 한국원자력연구원 기술자문위원)** 죄송합니다, 제

가 익숙하지 않아서.

그러니까 ‘후쿠시마 사고에서는 확실히 성층화 외에는 설명할 길이 없다.’ 저는 그렇게 생각하고요. 수소가 발생, 순차적으로 발생해서 수증기에 갇혀서 수증기에 숨어 있어서 여전히 고농도 수소가 살아 있어서 결국 성층화 과정을 통해서 PAR로 동시에 사고가 났는데, 물론 Melting down 시나리오는 조금 다를 수 있겠지만, 다 다르니까 더 그렇죠. 하루, 3일, 5일에 2개 이렇게 됐거든요. 이 부분에 대해서는 저는 성층화 연구가 없이 수소안전을 얘기할 수는 없다, 그렇게 생각합니다.

○위원장 (유국희) 답을 주실 수 있나요?

○김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장) 제가 답을 하겠습니다. 당시 제가 후쿠시마 PM을 담당하고 있었고요. 관련된 부분들에 Follow-up이 되어 있었기 때문에 제가 답을 하도록 하겠습니다.

후쿠시마 원전은 저희와 다른 노형인 BWR 원전이고요. BWR 원전은 수소생성량이 저희의 세 배 정도 많습니다. 예를 들어서 APR1400 기준으로 약 1t 정도가 저희는 수소가 형성이 되는데, BWR 경우는 약 3톤 정도의 수소가 생성되는 것으로 알려져 있습니다.

그다음에 저희와 수소를 제어하는 방식도 다릅니다. 저희는 수소를 태워 없애는 방식을 사용하고 있고요. BWR은 질소를 원자로건물 안에 집어넣어서 볼륨 퍼센트를(vol%) 줄이는 방식을 사용하면서,

그러면 생성된 수소의 양을 제거시키지 못하니까 일단 원자로건물 안에서는 수소폭발이 발생하지 않도록 만들어놓고, 절대적인 수소의 제거는 vent를 통해서 제거를 하고 있습니다.

그러면 그 당시에 어떤 일이 생겼었느냐? 그 당시에 수소폭발 발생하기 직전에 그 당시 운전원들이 수행한 조치는, 원자로건물의 압력이 설계 압력 이상으로 올라갔기 때문에 원자로건물을 보호하기 위해서 venting이라는 것을 했습니다.

Venting을 하는 과정 속에서 여러 가지 일들이 많이 발생을 했고요. 현재까지 분석된 결과에 따르면 venting 과정, 그리고 원자로건물 스테어드 볼트에서의 부위에서 수소, RCS에 있는 혼합기체가 빠져나왔고, 그 빠져나온 수소가, 특히 venting 하면서 빠져나온 수소가 복잡한 원자로건물 안에

배치가 되면서 김군홍 자문위원님께서 말씀하신 것처럼, 지금 말씀드린 이 수소는 제거가 한 번도 되지 않은, 전혀 제거되지 않은 생성된 수소 그 자체가 venting 되는 과정 속에서 누설이 돼서 원자로건물을 덮었고요.

그러면 당연히 수소가 상층부로 올라갈 것이지 않습니까. 올라가면서 이 복잡한 구조물을 거치게 되면 FA-DDT는 발생가능성은 더 높아지는 것으로 알려져 있습니다. 그래서 그런 과정에서 수소폭발이 발생한 것이고요. 그것은 1호기와 3호기입니다.

4호기는 3호기에 있는, 아까 말씀드렸던 venting이라는 그것을 하는 데 있어서 방출구가 1호기가 2호기가 common 방출구를 사용하고요, 3호기와 4호기 같은 방출구를 사용하고 있습니다.

3호기에서 방출하면서 수소를 방출하는 그 수소가 방출구로 나가면 되는데, 그게 연결되어져 있다 보니까 4호기로 넘어갔습니다. 그래서 4호기에서 폭발이 발생한 겁니다.

지금 저희가 고려하고 있는 성층화, 수소축적, 그리고 수소폭발 FA-DDT 분석의 기본적인 메커니즘과 후쿠시마 원전에서 발생한 수소, 후쿠시마 원전에서 수소 제어하는 방식 자체가 완전히 다릅니다.

성층화가 당연히 수소폭발 야기 시킨 것은 맞습니다.

○**위원장 (유국희)** 다른 위원님 질문이나 의견 있으시면 말씀 부탁드립니다.

임승철 위원님.

○**임승철 위원** KINS 보고 잘 들었고요. 제안을 하나 드리고 싶습니다.

‘KINS의 보고에 대해서 제가 틀렸다, 맞다.’ 이렇게 말할 위치, 만한 그런 저것도 없고, 이승숙 위원님 말씀 주신 대로 flow에 전혀 문제가 없는

것으로 보입니다.

그런데 KAERI에서도 아까 말씀 주신 그런 논문연구를 했고요. 격납건물 거동분석을 위해서 오히려 그게 더 격납건물 건전성 해석을, 격납건물 건전성 해석을 다시 한 번 거꾸로 입증한 셈이 됐다, 이렇게 말씀을 주셨는데, 이렇게 추세를 보면, 추세라기보다도 성층화에 대한 논의가 필요한 것 같아요.

그러면 원자력계에 저널들이 많지 않습니까. 거기에 해마다 수백 편 이런 데는 연구논문들이 나올 것이고 그런 쪽에 성층화에 대한, 수소 성층화에 대한, 중대사고 측면이나 이런 쪽에 연구가 없는지, 현재 해석에 대해서는 이게 기타보고니까 저희가 접수나 이런 것을 어떻게 해야 되는지는 위원장님께서 하시고, 저는 원안대로 접수를 하되, 한 3년 정도 텀을 두고 정책연구를 소액이라도 하면 어떨까 싶습니다.

아까 말씀드린 대로 원자력계에서, 전 세계 원자력계에서 성층화에 대한 연구가 필요성이 있다면 어떤 분들이 연구를 하셔가지고 그 논문을 저널에 발표하실 것 아니에요. 그러니까 원자력계에 있는 유사한 저널들을 1년간 이렇게 발표된 논문들을 조사해서 성층화에 대한 연구가 있는지, 진전이 있는지, 그런 것을 1년 단위로 해서 3년 정도 저널 조사하는 것이니까 아마 금액도 크지는 않을 것이고요.

그래서 3년 정도 그런 조사를 해보고, 성층화에 대해서 조금 더 연구를 해볼 필요가 있겠다. 그러면 그때 위원회에서 논의를 해서 예를 들면 10분의 1 스케일로라도 건물을 지어서 실제로 수소를 틀어놓고 실험을 한다든지 그런 방안을 또 생각해볼 수도 있지 않겠습니까.

그래서 현재 아까 말씀 주신 대로 전 세계 유수의 규제기관들이 MAAP 코드를 다 사용하고 있고 그런 상황이고, 그러니까 현재 화염가속 분석결과 검토는 유효하다고 저도 생각을 하고요.

다만, 성층화에 대해서 자꾸 논의가 있으니까 이것은 원안대로 접수하 되, 위원회 차원에서 저희도 사무처를 시켜서 정책연구 형식으로 성층화에 대한 어떤 연구동향이 있는지, 그런 것을 3년 정도 이렇게 주시를 해보는 게 어떨까 싶습니다.

이상입니다.

○**위원장 (유국희)** 다른 위원님 의견 없으신가요?

○**김군태 위원** 김군태입니다.

○**위원장 (유국희)** 김군태 위원님, 말씀하십시오.

○**김군태 위원** 조금 전에는 여기가 위치가 좋지 않아가지고 일단 화면은 끄겠습니다, 제 얼굴이 너무 이상하게 나오네.

○**위원장 (유국희)** 네, 말씀으로만 하시죠.

○**김군태 위원** 말씀으로만 드리겠습니다.

KINS가 발표한 자료에서 MAAP 분석과 3D 코드를 이용한 분석이 잘 비교가 됐어요. 3D 코드와 MAAP 코드가 서로 장단점이 있다는 얘기도 설명을 했고요.

그런데 성층화 문제는 이게 단순히, 정책연구를 하는 것은 좋은데, 스케일링 효과가 굉장히 큰 것이기 때문에 실제규모의 격납건물에서 실험을 하지 않으면 실제로 적용하기가 매우 어렵습니다.

그렇기 때문에 작은 규모에서 실험을 하고 그것을 Loop parameter 코

드를 통해가지고 충분히 보수적인 방법으로 모델링을 하고, 그리고 그게 3D 코드에서도 실제 그렇게 나오는지를 검증하는 방법으로 지금 이용을 하고 있습니다. 그러니까 우리가 그 검증을 하고 있습니다.

그렇기 때문에 성층화 문제와 3D 코드가 연결돼서 또다시 성층화 문제를 가지고 논의를 하는 것은 제가 보기에 크게 좋은 방안은 아닌 것이라고 생각이 들고요.

신고리 5·6호기, 지금 새울 3·4호기 건설허가 때 3D 코드를 거론했던 것은 성층화 문제라기보다는 국부적으로 10 % 이상 농축될 가능성이 있느냐, 이것을 보자는 측면에서 3D 코드를 얘기한 것이지 성층화 문제를 다시 얘기한 것은 아니고요.

그리고 그냥 엔지니어링 관점에서, 공학적인 판단의 관점에서 보면 중대사고 이후에 격납건물 내에는 엄청나게 많은 열역학적인 현상이 벌어지고 공기를 유동시킬 수 있는 에너지가 엄청나게 많습니다. 그것을 없애고 성층화가 되려면 밑에 노심용융이라든지 이런 부분에서 열도 안 나와 되고, PAR를 통해서 수소제거도 안 되어야 되고, 이런 조건이 되어야 겨우 성층화가 되는 것인데, 현실적으로는 그게 가능하지도 않고 실험적으로 한다 그래도 실제규모가 아니면 우리가 성층화를 된다, 안 된다는 판단하기에 쉽지도 않고,

그다음에 본래의 목적에서 우리가 하고자 했던 국부적으로 이게 노심, 그러니까 격납건물 내 어떤 일부 영역에서 축적이 되느냐, 안 되느냐 이것은 충분히 보수적으로 MAAP 코드를 통해서 평가를 해볼 수 있다라는 것을 설명을 해 주었습니다. 그렇기 때문에 3D 코드를 더 연구하고, 더 정밀

하게 하는 것을, 그런 노력은 중요하지만 지금 위원회에서 그런 부분까지 앞으로 해야, 장기적으로 연구해야 될 부분까지 결정하는 것은 바람직하지 않은 것 같아요.

지금 위원회에서 결정해야 될 것은 과연 지금까지 했던 결과, 의문을 제기했던 결과가 그동안 KINS가 냈던 결론에 영향을 줄 수 있느냐 이 부분을 따지는 것이지, 그래서 결론을 뒤집을 수 있느냐 이것을 따지는 것이지, 새로운 연구를 해야 된다 이런 것을 위원회에서 결론을 낼 필요는 없다고 생각이 됩니다.

이상입니다.

○**위원장 (유국희)** 김호철 위원님.

○**김호철 위원** 위원장님, 의사진행 발언이 될 수도 있는데요. 우선 오늘 위원 현안보고로 PAR 재실험 평가보고를 받기로 했었던 것 같습니다.

어쨌거나 Peer review 말씀도 하시는데, 소위원회에서 실험을 쪽 따라 왔고 또 거기에는 이 해당 분야 전문가들께서 자문도 해 주셨다고 하고 하니까 그 부분 참여하셨던, 우리 하정구 위원님과 자문위원님들 중심의 PAR 재실험 평가보고를 받고 저희가 논의를 해야 되지 않을까, 이런 생각이구요.

그런데 지금 5시 25분이어서 어느 정도까지 보고가 진행될 수 있을지 그 부분은 위원장님께서 판단을, 오늘 연이어서 하고 논의를 계속해야 될 것인지 아니면,

그리고 또 한 가지, 저로서는 공익제보 신고에 대한 조사결과를 도출하는 것임과 동시에 신한울 1호기 인허가 사항 조건을 붙인 것에 관한 추가

적인 필요한 조치가 필요한지, 만지를 정하기 위한 논의인데요.

그래서 저희가 최초에 공익제보에 의해서 이 문제가 제기를 해서 공익 제보자가 또 이 분야와 관련되어서 문제를 제기하고, 또 전문성도 있는 것이어서 최초에 저희 공식회의에서 다만, 공익제보자 보호를 위한 비공개 형식의 문제 제기의 내용을 파악하고 거기에서 문제의 핵심 포인트를 잡아서 이 실험에까지 나아왔습니다.

따라서 이 결론을 내는 과정에서는 저는 처음과 같은 방식으로 공식적인 저희 위원회 회의에서 비공개 방식으로 공익제보자의 의견을 한 번, 이 실험방법과 절차와 또한 조건설정에 관한 이런 것들에 대한 의견을 한 번 청취하고 저희가 결론을 내야 되지 않을까, 그것이 신뢰도를 높이는 논의 방법이 아닐까 생각을 합니다.

그래서 두 가지 위원장님께서 정리를 해 주시면 좋을 것 같습니다.

○**위원장 (유국희)** 일단은 하정구 위원님, 오늘 현안보고로 말씀하실 사항이 있으신 것은 간략하게 말씀해 주실 수 있나요, 결론 위주로? 결론 위주로 말씀을 해 주시고요.

그리고 제가 나중에 위원님들 간의 의견을 들어보겠습니다만, 지금 김호철 위원님 제안하신 '공익제보자에 대한 의견을 듣자.'라고 하는 제안이 있으셨어요. 그 부분에 대해서는 위원님들 의견을 한 번 청하도록 하겠습니다.

하정구 위원님 결론적인 부분만 요약해서 간략하게 부탁드립니다.

○**김균태 위원** 김균태 발언 좀 하겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 네, 김균태 위원님.

○**김군태 위원** 김호철 위원님께서 의사진행 발언해 주셨으니까 저도 의사진행 발언을 한다 그러면 하정구 위원님께서 소위원회 자료라고 보내주신 자료를 저도 Quick review를 했습니다. 했는데, 지금까지 원안위에서 보고받은 자료와는 달리 누가 작성했는지도 잘 모르겠고, 그 내용이 과연 정제된 의견인지도 잘 모르겠습니다.

그래서 일단 그 부분은 소위원회 또는 자문위원회가 누구인지 모르겠지만, 그런 분들의 실명을 제시해 주시고 그분들이 그 보고서의 내용에 동의한다는 그런 절차를 거치고 나서, 그리고 발표하는 게 어떨까 싶습니다.

제가 보기에 문장이나 결론 앞, 뒤 내용이나 이런 것들이 상당히 보고서 내용 자체에서도 모순적인 내용들이 많아서 그것을 지금 듣는 것은 별로 적절하지 않다는 생각이 듭니다.

이상입니다.

○**위원장 (유국희)** 자, 이렇게 하시죠. 그동안에 하정구 위원님께서 소위원회를 계속 진행을 해오셨어요. 해오셨고, 지금 이 부분에 대해서 아마 각 위원님들께 미리 자료가 가서 'PAR 소위원회'라는 이름으로 작성이 된 것으로 되어 있는데, 사실 형식에 대한 부분을 떠나서 위원님이 위원님 입장에서 의견 표명을 하실 수는 있습니다.

그래서 만약에 문제 제기가 있었기 때문에 하정구 위원님 관찮으시다면 소위원회 이름이라기보다는 원안위원회 위원이시니까, 그리고 그동안에 소위원회를 끌어오셨으니까 위원의. 한 분으로서 아까 8 % 말씀도 주셨고, 화염가속 말씀도 주셨잖아요. 그런 차원에서 의견을 제시하는 차원으로 말씀을 해 주시는 게 어떨까 싶은데요.

관찰으신가요?

○**하정구 위원** 관찮고요. 제가 저번에 위원장님하고도 협의하신 대로 일단 우리가 PAR 실험을 진행하면서 관찰된 불티현상에 대한 영상자료를 저희들이 재편집한 게 있거든요. 그게 5분~7분 정도 되니까 여기 위원님들이 영상내용을 모르고 계시거든요.

그러니까 그것을 한 5분~7분 틀어서 보시고, 보시고 난 다음에 우리 PAR 소위원회에서 작성한, 김균태 위원님 말씀하신 대로 그런 부분까지도 제가 보완설명을 드리겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 일단 문제 제기를 하셨기 때문에, 오늘 말씀하시는 것은 하정구 위원님이 위원으로서 의견을 내시는 것으로, 그렇게 이해를 해 주시면 될 것 같습니다.

영상 준비됐나요?

(동영상 상영)

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 참고로 이 실험을 수행한 KAERI인데 조건을 말씀드리면, 이 조건은 상단에서 spray가 작동해서 살수가 진행되고 있는 과정이고요. 하부에서는 수소가 주입돼서 계속적으로 수소농도가 올라가고 있는 상황입니다, 같은 조건이 아니고요. 계속 수소농도가 전체 수소용기 내에서 증가하고 있는 상황이라고 생각하시면 되겠습니다.

○**김호철 위원** 이게 4 % 수소농도 실험에서 나타난 현상인가요?

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 네, 그렇습니다. 4 %를 일정하게 유지하고 있는 조건은 아니고요. 수소농도를 서서히, 전체

용기 내 수소농도를 서서히 높이는 과정이라고 이해하시면 되겠습니다.

내부에 수소농도가 증감함에 따라서 PAR 촉매체 온도가 지속적으로 증가하고 있는 상황이고요. 그래서 중간에 보시면 촉매체 부분, PAR 부분에 있는 하부 쪽에 별경계 달궈져 있는 촉매체를 확인하실 수 있고요. 지금 오른쪽 그림에, 그러니까 하부 쪽인데요. 지금 바로 위에, 위쪽 그림에 보시면 바로 위에 그 촉매체가 있습니다. 거기에 지금 상당히 높은 온도로 올라간 촉매체가 반사돼서 보이는 현상을 보실 수 있겠습니다.

○**이승숙 위원** 이 상황이 실제사고가 나는 상황에서는 어떤 시나리오에 해당이 될 수 있나요? 이렇게 살수가 되면서 수소농도가 계속 올라가는 이러한 상황이요.

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 한수원에서 설명해 주시면 더 좋기는 하겠는데요. 일반적으로 격납건물 내 온도나 압력이 올라가면 살수가 작동을 하게 되어 있는 시나리오가 발생하고요.

그 당시에 수소가 주입이 되어야 되는데, 정확하지는 않지만 저의 경험으로 보면 일단 아까 보신 SBLOCA 같은 경우를 보면 초기에 수소가 상당히 많이 발생, 격납건물로 올라가는 시기가 있는데 그때는 상대적으로 격납건물 압력이 그렇게 높지 않은 상태이고, 연소나 이런 게 일어나서 높아지면 그때 살수가 작동이 되는 조건이 되거든요.

그래서 정확히 이런 조건이 중대사고 시점에 어느 정도 조건에서 생기는지에 대해서는, 어느 정도 시간 동안 생기는지는 사고해석 조건에 따라서 상당히 달라지는 상황입니다.

한수원에서 혹시 설명, 아니면 KINS에서 설명해 드릴 수 있으면 해 주

시면 더 좋을 것 같은데요.

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 안전평가단장 김민철입니다.

중대사고가 들어가지 않을 때 보통 원래 살수계통은 원자로건물 압력이 일정 수준 이상이 올라가게 되면 자동으로 뿌려지게 되어 있습니다. 그런데 중대사고로 들어가게 되면 제일 먼저 운전원들이 하는 일이 뭐냐면 모든 안전계통을 다 정지시킵니다. 뿌려지고 있는 살수도 끕니다.

왜 그러느냐면, 중대사고가 발생하고 난 다음부터의 거동은 다 다르기 때문에 일단 살수의 자동작동 조건을 해제시켜버립니다. 그래서 운전원의 판단 하에 살수를 하게 되어져 있고요.

그 해당 절차서에는 어떻게 나와 있느냐면, 수소의 농도가 올라가기 시작하면 살수를 아예 하지 말라고 되어 있습니다. 살수를 하게 되면 어떤 일이 생기느냐면, 수증기를 응축시켜버려서 순간적으로 수소농도를 더 올릴 수 있거든요. 그렇기 때문에 현재 운전원들은 그렇게 교육을 받고 있고 절차도 그렇게 되어 있습니다.

일단 자동으로 살수가 되는 것은 차단되어 있습니다.

○**김호철 위원** 아니, 지금 중대사고를 말씀하실 것은 아니고, 4 % 수소농도에서의 살수상황이 지금 되는 것이니까 그것은 설계기준사고이겠죠. 설계기준 사고를 할 때 어떤 상황을 예측 내지는 상상할 수 있느냐, 이런 질문이니까 중대사고를 말씀하시는 것은 조금 무관한 얘기 아닌가,

○**김석철 (한국원자력안전기술원장)** 제가 답변을 드려도 될까요?

우리가 살수계통이라는 것은 가장 큰 목적이 압력을 강화시키고 거기 나오는 fission product를 끌어서 내리는 기능이 제일 큼니다. 대부분 설

계기준사고에서는 대형냉각재상실사고나 소형냉각재상실사고, 압력을 급격히 올리는 쪽으로 했을 때 압력을 강화시키기 위한 기본적인 방법이 살수고요.

중대사고 때는 아까 김민철 단장이 얘기한 것처럼 살수는 오퍼레이터에 의해서 수동조작으로 하게 되어 있습니다. 예를 들면 APR1400 같은 경우에는 보조살수계통이 있기 때문에 밑에 코를 냉각시키기 위해서 보조살수계통을 작동하는 경우가 있고요.

그다음에 기본적으로 '살수'라는 것이 CANDU나 PWR은 형식이 틀립니다. PWR 같은 경우에는 다시 설계기준사고일 때는 살수 용수를 다시 재순환하는 경우도 있고요.

그래서 설계기준사고 때는 가장 기본적으로 수소를 제거하는 것보다는 압력강하하고 fission product 감소시키는 역할이라고 보시면 되고, 수소하고는 크게 영향이 없습니다.

○**하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장)** 실험과정에서 저쪽에만 마지막까지 가는 경우는 6 %까지 도달했기 때문에 DB, 그러니까 설계기준사고를 초과하는 영역에서의 실험이라고 보시면 되겠습니다.

○**하정구 위원** 영상은 꺼도 될 것 같습니다. 중요한 것은 다 진행이 됐습니다.

○**위원장 (유국희)** 그러면 영상을 꺼주시고요.

이 영상은 이미 일부 방송사에도 방송이 됐고, 국회에서도 방송이 된 내용입니다. 아마 위원님들 보신 분들도 계실 것이고, 안 보신 분도 계실 것인데, 일단 영상을 상영했고요.

하정구 위원님, 아까 잠깐 말씀드렸던 것처럼 요약해서 결론 부분만 말

씀을 부탁드립니다.

○**하정구 위원** 간단하게 말씀을 드리겠는데요. PAR 재실험 평가보고서는 제가 작성배경을 잠깐 설명드리고 넘어가겠습니다.

제147회 PAR 성능 재검증 실험 한수원 참여과제 조치방안에서 원안위 PAR 소위에서 역할은 전체적인 실험에 대한 관리와 감독에 대한 업무를 수행하도록 되어 있어요. 되어 있는데,

제가 안전해석에 대한 경험이 많이 있기 때문에 PAR 성능에 대한 분석보고서도 우리가 체크를 해야 된다. 그런 관점에서 KAERI에서 수행한 실험내용과 결과 플러스(+) 한수원에서 작성한 한수원 성능분석보고서를 제가 직접 검토를 했고요, 제가 주도해서.

두 가지 내용이 PAR 재실험 평가보고서에 수록이 된 것입니다. 됐고, 이 작성자는 제가 직접 다 작성했고요. 그다음에 실험 관련해서는 우리 김군홍 박사님의 입력내용이 상당히 들어갔고요.

그다음에 화재 관련에는 우리 여기 오늘 참석 안 하셨지만 김원국 교수님, 자문위원님이 input 데이터를 제공했습니다. 김원국 자문위원님은 국내에서 알아주는, 인정받는 화재 최고전문가 중의 한 분입니다.

우리 김군홍 박사도 아까 말씀드렸듯이 KAERI에서 이미 10여 년간 같이, ETRI와 같이 PAR 연소공학을 전공하셨고, 그다음에 수소폭발 및 PAR 관련되는 실험, 실무적인 경험을 10여 년 갖고 계신 전문가이십니다. 내용이 여러 데이터들이 같이 이렇게 약간 혼재가 돼서 어떤 일관성 차원에서는 부족할지는 모르겠는데 내용상으로는 제가 입력하고 싶은, 말하고 싶은 내용을 다 여기에 넣었습니다.

그래서 제가 여기에서 뭐만 오늘 말씀드리고 싶으냐면, 권고사항 가서 권고사항이 지금 몇 페이지냐면, 25페이지 넘어가서 33페이지입니다.

그다음에 아까 원안위 소위에서 '자료공개를 안 했다.' 그런 말씀을 하시는데, PAR 소위원회에서 작성한 데이터는 딱 두 가지야. 분석보고서 이것 하나하고, 아까 말씀드린 수소제거율 엑셀파일 두 가지야.

이 두 가지를 제가, 분석보고서도 KAERI에 이미 두 검토를 거쳤어요. KAERI 검토의견을 제가 거의 반영할 것은 다 반영해서 작성한 완성된 보고서예요.

그다음에 엑셀파일도 이미 KAERI한테 아까, 아시다시피 논의된 대로 이미 KAERI한테 다 제출됐고, KAERI 검토의견을 제가 기다리고 있다고 말씀을 드렸고 그 정도로 마치고요.

제가 권고사항으로 가서 말씀드리겠습니다.

첫 번째, 권고사항에서는 국내 PAR는 전부 다 세라믹으로 제작이 되어 있습니다. 그런데 국제적으로 세라믹으로 제작된 PAR는 미국의 NIS PAR 딱 하나입니다. 이 두 가지만, 세라믹으로 제작된 PAR만 저와 같은 불꽃현상이 나타나는데, NIS PAR는 약간의 불꽃현상만 나타났다고 보고가 되고 있습니다. 그러니까 우리 세라믹 PAR하고는 차원이 다릅니다.

따라서 그다음에 나머지는 전부 다 스테인리스 스틸로 제작된 PAR인데, 그 PAR는 불티현상이 보고됐다는 내용이, 보고가 거의 없습니다.

따라서 첫 번째 권고사항은 세라믹 PAR, 우리가 실험을 했으니까 스테인리스 스틸 PAR도 한 번 우리가 제작을 해봐서 비교평가를 통해서 어떤 것이 더 좋은지, 품질이 어떤 것이 더 좋은지, 수소성능제거 성능관점에서

어떤 것이 더 나은 히 지 비교평가를 중장기 관점에서 수행을 하자라는 것이 첫 번째 권고사항입니다.

두 번째는, 성층화 현상에 대해서 많이 이미 논의가 됐기 때문에 지금 현재 한수원이 분석한, MAAP 코드로 분석한 성층화 분석 내용은 여러 가지 면에서 부족하다. 그래서 추가적으로 CFD를 보완해서 더 심층적으로 분석·평가해서 결과를 도출해야 된다, 이런 얘기고.

세 번째로, 지금 KINS에서 폭염·폭발·천이에 대한, 아까 기타보고에서 하셨는데, 이 부분도 Regulatory Guide(RG) 1.216을 보시면 Level 2 PSA를 통해서 수소연소가 일어났을 때 격납용기 건전성이 어떻게 되어 있느냐라는 것을 분석·평가하도록 되어 있습니다.

APR1400 DC가 정확하게 NRC의 방법론을 따라서 수행을 했습니다. 그런데 저는 신한울 1·2호기에 대해서 이것을 확인을 못했습니다. 제가 여러 번 한수원과 회의를 했지만, 한수원이 제대로 답변도 못하고 자료 제출도 제대로 못하고 했기 때문에 제가 이 부분에 있어서 추가로 우리가 분석·평가 내용을 확인을 해야 된다는 것이 세 번째 권고 사항입니다.

다음에 네 번째, 기기생존성은 KINS에서 이미 제안을 했기 때문에 이것은 그냥 넘어가겠습니다.

그다음에 한수원 내부 자체적인 PAR 성능평가 기준이라든지 수소제거율 실험방법, 수소제거율 계산방식, 연소발생 실험평가 방법 등을 한수원 사업자 차원에서 이런 것들을 수립해서 앞으로 안전 관련되는 대책 세우는데 준비를 했으면 좋겠다, 이런 말씀을 드리고.

그다음에 CANDU6의 설계기준, PWR은 설계기준사고가 LOCA입니다.

LOCA 딱 하나입니다. Loss Of Coolant Accident고, CANDU6는 설계기준사고가 LOCA + LOECI라고, LOECI 시나리오를 적용하게 되어 있습니다. 여기에서 LOECI는 Loss Of Emergency Core Injection 시스템입니다. ECI는 고압단계, 중압단계, 저압단계 세 단계로 나뉘지는데, 이것이 지금 설계기준사고입니다.

며칠 전에 제가 한수원의 PAR 성능분석보고, CANDU 월성 2·3·4호기에 관련된 PAR 성능분석보고서를 제가 체크를 했는데, 기본적인 문서로서의, 안전분석보고서로서의 기본적인 요건을, 품질보증요건을 갖추고 있지 않습니다.

그러니까 KINS가 지금 이 보고서를 검토를 했든지 안 했든지 그것은 제가 확인을 못했는데, KINS가 제대로 이 부분에 대해서 일을 제대로 못한 것이라고. 이 부분에 대해서 KINS도 책임이 있다고. 그러니까 KINS 차원에서 다시 확인을 해보시라고. 이 보고서 내용이 상당히, 상당히 부실하다고.

그다음에 현재까지 마지막 것은 KNT 8 %, 오늘 진행된 게 8 % 실험 결과인데, 이것은 지금 결과가 안 나왔기 때문에 제가 결과가 나오면 이 부분에 대해서 별도로 문서를 업데이트하겠다 그런 얘기인데,

여기에서 중요한 것은 제가 구두상으로 듣기로는 한수원 납품 당시에 4 % 실험만 하고 8 % 실험은 안 했다. 그래서 8 % 실험은 이론적으로 interpolation 방법을 써서 합격기준인 5.(점)얼마로, 하여튼 5.8인가 얼마로 해서 납품한 것으로 제가 이해를 하고 있습니다. 거기에 대한 재조사 내지는 추가조사가 필요하다라는 것이 제 권고사항의 전부이고요.

뒤에 첨부는 제가 설명을 안 드리겠습니다. 이것은 그동안 실험과정을 통해서, KAERI하고 한수원과 같이 회의를 통해서 저희들이 질의하고 답변한 그런 내용들이 되겠습니다.

여기까지 마치고요.

○**위원장 (유국희)** 하정구 위원님 말씀, 의견 주셨고요.

이것 관련해서 KINS에서 답변을 하실 게 있으신가요?

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 말씀드리겠습니다.

스테인리스 스틸 PAR 포함해서 제거율 성능 비교평가, 그다음에 CFD 분석 수행 필요하다는 부분에 대해서는 논의가 필요한 사항이라고 저는 판단을 하고요.

CFD는 신고리 5·6호기를 대상으로 평가는 되어져 있는 상태입니다.

그다음에 Reg. Guide 1.216의 수소연소 시 CV 평가, 신한울 1호기는 평가하지 않았음. Reg. Guide 1.216에 따라서 최초 국내에 평가한 원전이 신한울 1호기입니다.

다시 말씀드리어서 신한울 1호기는 Reg. Guide 1.216에 따라서 평가가 수행되어졌고요. Reg. Guide 1.216에 따른 평가는 PSA하고는 상관이 없고요. 원자로건물에 극한 압력, 한계를 평가하는 Reg. Guide고요. 그것 관련해서 제가 참관을 했는데, 한수원에서 수차례 그 내용을 보고하는 것을 제가 옆에서 들었습니다.

그리고 사업자 차원에서 대책수립에 대한 부분은 사업자 쪽에서 하는 게 좋을 것 같다 생각하고요.

CANDU6 설계기준사고에 LOCA + LOECI 평가가 부실하다, 품질요건

이 미확보 되었다라는 부분은 구체적으로 어떤 것을 말씀하시는지를 제가 별도로 듣고 다시 확인해야 될 것 같은데요. 이 얘기는 제가 오늘 처음 듣는 얘기인 것으로 알고요,

○**하정구 위원** 제가 조금 말씀드리면,

○**위원장 (유국희)** 잠깐만요, 하정구 위원님, 지금 시간이 굉장히 지나가서.

제가 이것 KINS 쪽에서 답을 어느 정도는 하셨다고 생각이 들고요.

논의를 집중하고 싶습니다. 지금 시간도 굉장히 많이 오래됐고요.

지금 하정구 위원님 굉장히 많은 말씀을 주셨는데, 저희들이 이번에 갖고 있어야 할 숙제는 이런 것이죠. 그러니까 KNT사(社)가 만든 PAR에 대해서 제거율 문제, 또는 화염에 대한 문제점이 제기됐기 때문에 이 부분이 지금 발전소에 장착이 되어 있잖아요.

그래서 ‘장착이 되어 있는 PAR에 대해서 이것을 어떻게 할 것이냐?’라고 하는 것을 우리가 결정을 해야 되는 상황이거든요. 그게 우리 숙제입니다. 그렇기 때문에 PAR가 성능이 제대로 나오는지 즉, 수소를 제대로 제거하는지를 저희가 본 것이고요.

그다음에 또 하나 아까 말씀드린 대로 영상에서 보셨습시다만, 저런 불티와 화염이 과연 격납건물의 건전성에 영향을 주느냐, 이 부분을 봐야 되는 것이죠. 그래서 제거율과 관련해서는 실험을 했고요. 실험을 해서 지금 아까 말씀드린 대로 현재 4 %에 대해서는 제거율이 나온다고 정리를 하셨고, 8 %에 대해서는 일종의 불확실성의 밴드가 있는데 적용방법에 따라서 한수원의 구매규격을 만족하기도 하고 만족하지 않는 데이터도 나오고 있다고 하는 말씀이 정리된 말씀이고요.

그러나 PAR와 관련해서 PAR의 성능이 그러면 우리가 안전성평가를 할 때 중대사고에 대한 영향을 PAR가 제대로 기능을 발휘해서 수소폭발로 가는 것을 막을 수 있냐라고 하는 차원에서 규제요건을 검토한 결과 규제요건에는 만족한다라는 결과를 낸 것이죠.

그다음에 화염가속과 관련해서는, 이미 기존에 PAR를 고려하지 않은 상태에서 격납건물 내에서 화염가속이나 연소폭발천이가 일어나는지를 평가한 절차가 있죠. 절차에 따라서 평가를 했는데, 새롭게 제기된 PAR에 의한 화염과 불티가 그러면 영향을 주느냐 하는 차원에서 KINS가 방법론을 따라서 그대로 평가를 한 것이고, 그 평가결과에도 화염가속을 일으키는 기준에는 만족하지 않는다, 2를 넘지 않는다라고 결정을 내린 것이죠, 의사결정을.

그래서 제가 아까 말씀드린 대로 이러한 부분을 저희들이 보고를 받았기 때문에 이 PAR에 대한, '지금 발전소에 달려 있는 PAR에 대한 부분을 어떻게 할 것인가?' 하는 것에 집중을 해 주시고,

하정구 위원님께서 말씀해 주신 사항들은 어떤 것은 좀, 아까 성층화 얘기도 나왔습니다만 고민을 해봐야 될 문제들이 있고, 직접적으로 우리가 지금 당장 해결해야 되는 PAR와는 직접적인 관련이 없는 부분들이 대부분이에요. 그래서 이 부분은 하정구 위원님께서 그동안에 실험이나 여러 가지 소위를 운영하면서 낸 의견이기 때문에 이 부분은 기술적으로 KINS에서도 지금 각각에 대한 답을 주시기는 했지만 검토를 한 번 해 주십시오, 기술적으로.

우리가 추가적으로 또는 논의를 거쳐서 뭔가 검토를 해야 될 사항은

있는지, 검토를 한다면 어떻게 해야 될지, 이런 부분을 상의해서 고민을 해 주시고, 제가 말씀드린 대로 오늘의 논의는 거기에 집중을 했으면 하는 생각이 듭니다.

혹시 위원님들 중에 의견 있으시거나 말씀 있으시면 해 주시죠.

김호철 위원님.

○**김호철 위원** 제가 질문을 드려볼게요.

KINS가 작성해 주신 '격납건물 내 수소 분포 및 화염가속 분석 결과 검토' 보고서에 4쪽 MAAP에 의한 그런 성층화 분석표를 보면서 한 가지 제가 그냥 일반인으로서 우려가 생겨서 한 번 질문을 드려보고 싶습니다.

<그림 2>에서 '신한울 1·2호기 중대사고 수소분포 결과 예시'라고 했는데, 이게 지금 최초에 13,000초 당시에는 원자로가 있는 격실에서는 수소농도가 한 7%, 8% 그 수준으로 되는 것 같습니다.

그것은 아닌가요?

○**장동주 (한국원자력안전기술원 심사총괄실장)** 7%에 있는 것은 증기발생기 격실이라고.

○**김호철 위원** 그게 증기발생기 격실인가요?

○**장동주 (한국원자력안전기술원 심사총괄실장)** 네, 파단부위가 그쪽으로 가 정, 그러니까 나오는 부위가 사고시나리오상 그쪽으로 파악되어서 그렇게 분석된 것입니다.

○**김호철 위원** 증기발생기. 아까 동영상에 보면 설계기준사고를 전제로 하면서 설계기준사고에 이르고 그 이후 과정에서 살수환경에서 세라믹 코팅된 PAR의 코팅재들이 막 날리면서 불티가 나고 그게 수소의 어떤 점화원으로

로 작용할 수도 있다, 이런 우려가 있는 상황인데,

제가 신한울 1호기 인허가 과정에서 한 번 현장 갔을 때 증기발생기실이나 또 원자로 격실에서도 소형, 설계기준사고 대비 소형 PAR가 설치되어 있었던 것으로 이렇게 기억이 나거든요. 그렇습니까? 증기발생기 격실에도 소형 PAR가 설계기준사고 대비용 PAR는 설치되어 있습니까? 저는 그것 있는 것으로 지금 기억이 나서 다시 한 번 확인 해보고 싶어요.

○**위원장 (유국희)** 바로 확인되세요?

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 네.

○**장동주 (한국원자력안전기술원 심사총괄실장)** 증기발생기 격실에는 대형 PAR가 2대 설치되어 있는 것으로 저희 자료에는 나와 있습니다. PAR는 설치되어 있습니다.

○**김호철 위원** 대형이군요. 그래서 아까 동영상을 보니까 살수환경에서 점화, 세라믹 코팅재가 막 날리면서 불티가 너무 많이 날려서 혹시 지금 그림2에서 13,000초 상황에서 증기발생기 격실에서의 수소농도는 7 내외 정도 되는 이 농도를 표시하고 계시는데, 이때 살수환경이 조성되기도 하고, 세라믹 코팅재가 날리면서 불티가 나서 혹시 여기에서 폭발이 일어날 우려는 없는지, 갑자기 우려가 들어서 한번 질문을 드려보고 싶어요. 그런 상황을 우린 가정할 수 없는가.

지금 저희 PAR의 문제는 사실은 세라믹 코팅에서 세라믹이 자꾸 날리면서 불티가 나는 것 같기는 해서.

○**장동주 (한국원자력안전기술원 심사총괄실장)** 위원님, 사실 제가 지난번 원안위부터 말씀을 올렸었는데, 불티는 두 가지 측면을 가지는 것 같습니다.

앞에서 말씀드렸습시다만 불티가 날려서 촉매체 표면이, 촉매체 자체가 깎일 수도 있을 것이고요. 그 불티가 점화원이 될 수도 있을 것이고요. 그런 측면들에 대해서 이미 크게 보고를 올릴 것이라고, 기기생존성평가 측면과 그리고 불티가 날린 이후의 성능확인 측면에서 보고를 드렸고 진행이 되고 있습니다, 그런 프레임 하에서요.

불티가 날리게 되면 말씀하신 대로 점화원이 될 수 있고, 만약 이렇게 농도가 높은 격실에 불티가 날려서 점화가 일어난다고 하면 이 농도에서는 사실 그렇게 위험하지 않고 수소가 제거되는 효과가 발생합니다.

무슨 말씀이냐면, 이 그림에 나타나지 않습시다만, PAR도 설치되어 있고, 수소점화기도 발전소에는 설치되어 있고요. 수소점화기라는 중대사고 시 대처설비가 하는 일이 바로 우려하시는 대로 수소를 태우는 일입니다.

농도가 이 정도 수준일 때 점화기 역할을 하는 불티가 있다면 수소가 제거돼서 그 이후에, 10,800초 이후에 이런 거동 자체가 발생하지 않을 것이다, 이렇게 말씀을 드릴 수 있고요. 농도 측면에서는 그렇고요.

그러면 FA-DDT 측면은 어떠냐, 그 부분에 대해서는 앞서 보고 드린 대로 별도의 분석으로 확인하고 있다 이렇게 말씀드리겠습니다.

○**김호철 위원** 제가 한 번 더 저의 일반인으로서 우려를 말씀드릴게요.

그러니까 세라믹, 불티가 날리지 아니한 상태에서 PAR가 PAR 자체에서 연소가 되고 화염이 돼서 수소를 태운다 그러면 뭔가 마음은 놓일 것 같은데, 이런 고농도 수소가 이렇게 축적되는 상황에서 불티가 그냥 막 밑으로 축축 떨어지면서 이렇게 나는 상황에서는 고농도 수소에 그냥 탁 접합이 되면서 야, 이것 혹시 폭발이 여기서부터 일어나겠고 그냥 가버리는

것 아니냐. 이런 우려가 생겨서, 그런 우려는 전혀 없다는 건가요, 우리 KINS 입장에서는?

○**하정구 위원** 위원님, 제가 잠깐요. 그 부분에 대해서 김군홍 박사님의 의견이 있거든요. 자료가 지금 준비되어 있는데, 그분 의견을 제가 한번 권하고 싶습니다.

○**김호철 위원** 이것은 그냥 누구라도 이 그림을 자세히 보다 보면 그런 우려가 생길 수 있는 것이니까 한번 의견을 들어보고 싶습니다. 전문가분,

○**하정구 위원** 지금 마지막 hand out이 KNT PAR,

○**위원장 (유국희)** 잠시만요, 제가 지금 하정구 위원님, 아까 KINS 답을 듣고 그리고 얘기를 하시죠.

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 말씀드리겠습니다.

일시적으로 증기발생기 지역에 수소농도가 높아질 수 있습니다. 왜 그러느냐면, 현재는 DBA는 아니고 중대사고 상황입니다. 중대사고에 100 % MWR이라는 가정을 해서 수소가 원자로건물로 나오는 상황인 것이고요.

이것은 조금 전에 장동주 실장이 보고 드렸던 KAERI 논문과 유사한 상황입니다. KAERI 논문과 유사한 상황이고, KAERI 논문은 이것보다 더, 더 과도하게 더 많은 양이 나온다고 가정해서 평가했음에도 불구하고 연소폭발천이는 발생하지 않는다고 분석되어졌기 때문에 지금 이런 상황, 그러니까 다시 말씀드리면 그 결과를 보면 수소농도가 높은 이 지역, 그 지역에서 연소를 시켰습니다, KAERI 논문에 따르면, 지금 말씀하신 것처럼.

높은 거기에 연소를 시켜서 농도가 높다 보니까 빠져 나오는 영역에서는 속도가 120 m/s 정도 나왔고요. 다시 원자로건물 돔 상부로 나갈 때, 이때는 10 m/s 정도로 갑자기 축소가 됐습니다, KAERI 연구결과에 따르면. 그렇습니다.

○**김호철 위원** 위원장님, 제가 전문성이 부족하니 그럴 것 같고, 그렇다면 마음은 놓이는데, 이 분야에 대한 지식이 있으신 자문위원님께서도 이 부분에 대한 언급을 했다고 하니 그것까지 제가 듣고 싶습니다.

기회를 주십시오.

○**하정구 위원** 김군홍 자문위원님이 여기 'KNT-PAR 장치 수소제거율 실험과 불꽃비산 및 연소 현상에 대한 보고서 분석 자문 보고' 이렇게 해서 해놓으신 게 있는데 폭연, 폭굉, 폭발 이쪽에 대해서 나름대로 정리해 놓으신 게 있거든요. 한 번 말씀을 들었으면 좋겠습니다.

○**김호철 위원** 글썄요, 자문위원님, 제 질문의 취지는 정확히 들으셨고 이해하셨습니다?

○**김군홍 (PAR 실험 관련 한국원자력연구원 기술자문위원)** 네, 이해했습니다.

○**김호철 위원** 그러면 답을 주시면 좋을 것 같습니다.

○**김군홍 (PAR 실험 관련 한국원자력연구원 기술자문위원)** 아까 동영상 봤듯이 KNT PAR는 (다공성)구조체로 촉매체, 세라믹 촉매체를 적용한 NIS PAR 결과랑 같이, 그다음에 KAERI가 수행한 실험보고서 3건에 대해서 제가 분석 보고한, 분석을 해서 데이터 기반으로 실제로 비교평가를 통해서 결론을 내렸습니다.

어떤 결론이냐면, 촉매 입자는 KNT PAR 같은 경우는 두 가지 종류가 나옵니다. 참고로 KAERI에서 재료시험분석도 했는데 거기 보면 PAR 출구 쪽 벽면에 붙어 있는 촉매를 떼어내서 저는 사이즈에 관심이 있었어요. 15 μm 정도부터 150 μm 까지 있었어요. 15 μm 로는 미세한 것이고 150 μm 면 0.1 정도 되거든요. 생각보다 큰 양입니다. 그러니까 점화 가능성이 굉장히 높죠. 사이즈가 중요하니까.

그런데 아까 얘기했듯이 살수상황에서 대량의, 반복적이고 불규칙적이고 대량의 촉매가 중요한 특성이 대량으로 나오는데 불규칙적이고 반복적입니다.

그다음에 또 하나가 상부로만 나오는 게 아니라 하부로도 나와요. 그래서 이것에 착안해서 제가 분석한 결과는, 다공성 구조이지 않습니까, 세라믹이. 그러다 보니까 실제로 데이터상으로 확인이 됩니다. 살수상황에서는 촉매체 후단에서 수소농도를 측정해요.

그런데 앞에서 실험했던, 실험이 두 번 진행되는데, 1차, 2차 실험은. 앞의 실험에서는 촉매체 후단에서 수소농도가 거의 없습니다. 그런데 살수가 진행되는 경우에는 촉매체 후단의 수소농도가 불규칙으로 계속 측정이 돼요.

그 얘기는 미반응 수소가 지나가고 채워져 있다는 것이거든요, 그 촉매체 안에. 그런데 여기서 촉매체 온도가 중요한데, 촉매체 온도가 400 $^{\circ}\text{C}$ 에서 600~700 $^{\circ}\text{C}$ 됩니다. 순간적으로 어떻게 보면 약한 폭발을 일으킬 수 있어요, 수소농도가 찻기 때문에.

그래서 순간적으로 불규칙적으로 살수에 의한 유동효과 때문에, 그러니

까 주변의 유동이 조금 불안해지면 특정조건이 되면 애는 간헐적으로 그렇게 되는데, 그렇게 해서 안에서 갑자기 불륨 팽창이 일어나서 사이즈가 굵은, 큰 촉매입자까지 토출해 내는 것입니다. 상당히 대량으로 나오는 것이 거든요. 그게 있고,

그러면 1차, 2차 때는 왜 이게 동영상 찍을 만큼 장기간 이게 가능했느냐. 왜냐면 입자가 토출돼도 가연 범위에 있다 해도 또 촉매가 들어가는 데 실제로 엄청나게 많은 살수량이 있잖아요. 그것으로 바로 점화가 일어나도록 계속 온도를 낮추고 있는 것입니다. 계속 죽여 버리고, 그런데 어떤 특정 조건이 됐을 때 아마 일어난 것 같아요. 그럴 때는 입구수소농도가 중요하죠.

아까 하 박사님이 얘기했듯이 수소를 계속 공급하고 있기 때문에, 결국은 언젠가는 연소가 일어난 것이고 3번 실험 같은 경우는 살수 없는 조건에서 연소가 일어났습니다. 대신 수소입구농도가 6.5, 그런데 그 3번 실험이 저는 굉장히 의미 있다고 생각하는 게, 3번은 특별한 주변에 유동이 없거든요. 오로지 교란유동이라면 자기 스스로 만들어낸 유동밖에 없는 것이거든요.

그런데 3번 실험과 NIS PAR와 연소범위를 봤더니 상당히 떨어져 있습니다. 그러니까 KNT PAR가 조금 빨리 일어나요. 입구수소농도 기준으로 보면 0.5 %, 굉장히 작은 양일 수는 있습니다. 그렇지만 확연하게 차이 나거든요. 지금 말씀하시는 게 이 상황입니다. 살수가 없는 격실 내 PAR가 장착되어 있고 수소농도가 6.5%가 입구수소농도가 됐을 때, 그때 격실에서 연소가 일어나는 것은 상당히 위험합니다. 격실에서 터지면 거

기 불륨 팽창이 돼가지고 출입구나 뭐가 있는지 모르겠어요. 어떤 연결 구조나 파이프나 이런 것 있을 때 거기에서 엄청나게 토출이 되거든요. 화염전파의 가속화에 가장 중요한 것은 화염이 면적이 순간적으로 늘어나는 것입니다, 순간적으로, 그게 제일 위험합니다. 제 입장은 그런데,

하나 참고할 점은, 애가 연소되는 시점에 수소 촉매가 큰 촉매가 수소 농도가 생각보다 낮습니다. NIS PAR는 7.1 이렇게 되는데, 애는 6 %가 조금 안 돼요. 그러니까 굉장히 lean 한 상태에서 연소가 일어난 것은 사실입니다. 그렇지만 lean에도 격실에서 일어난다면 개가 토출될 때 주변에 큰 화염을 순간적으로 만들어낸다는 것은 사실입니다.

이상입니다.

○**위원장 (유국희)** KINS 쪽 얘기하실 수 있나요?

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 제가 정확하게 파악했는지는 잘 모르겠습니다만, 일단 팩트를 확인한 부분에 대해서는 어느 정도 맞는 것 같습니다.

일단 촉매 후단에 수소가 불규칙하게 증가할 때 수소연소가 발생한다, 이 부분 저희들도 동일하게 분석했고요.

그다음에 NIS PAR 연소범위를 보면 KNT PAR보다 조금 일찍 발생한다. ‘조금 일찍 발생한다.’ 이 부분에 대해서는 제가 확인 안 했지만 비슷하다고만 저희는 파악하고 있었지, 그리고 말씀하신 것도 비슷한 수준인 것 같고요.

격실 연소가 생기면 위험하다. 이 부분에 대해서는 조금 어려운 게 수소연소가 생긴다는 것은 맞는데, 수소연소가 생겼을 때 그게 주변의 기기,

저희가 기기생존성 평가 부분에서 설명드릴 그 부분, 그리고 원자로건물에 영향을 줄 수 있는가가 저희의 concern이지 수소연소가 발생했는가가 저희의 concern은 아닙니다.

왜냐면 이미 igniter가 수소연소를 발생시키게 하고 있고요. 그게 아니더라도 수소연소를 시킬 수 있는 점화원은 원자로건물 안에는 엄청나게 많습니다. 그래서 수소연소 자체가 저희 concern은 아닙니다.

저희가 저희 분석해본 바에 따르면 6.5 %, 7 %에서 수소연소가 생긴다 하더라도 원자로건물 또는 기기건전성에는 문제가 없다라고 이미 밝혀져 있고, TMI 2호기 수소폭발 사례에서도 그 당시에는 기기생존성 관련된 뚜렷한 규제가 없는 상황이었음에도 불구하고 당시 기기의 주요기기들은 다 생존했었습니다. 그 당시에 수소연소가 발생했죠. 대략 한 300~400 kg 정도의 수소가 한꺼번에 연소된 것으로 알려져 있는데, 그 당시에 TMI 이후에도 다 살았거든요.

그래서 '연소가 생기면 위험하다.'라는 부분은 '연소 자체가 위험한 게 아니라 격납건물과 기기가 손상되느냐, 그 차원에서 봐야 된다.'라고 생각합니다.

○**위원장 (유국희)** 제가 궁금한 것 하나 좀 여쭙보겠는데요.

아까 발표하시면서 격납건물 안에 수소분포 분석을 위해서 격실들을 다 만들었고, 그 격실들에 대해서 각각의 화염가속 연소폭발천이, 그러니까 '폭굉'이죠. 폭굉으로 가는지를 PAR에 불티가 날리고 연소가 되고 하는 것을 감안해서, 그렇게 해서 평가하셨다는 얘기 아닌가요?

그러면 아까 돌아가서 김호철 위원님 걱정하시는 게 아까도 말씀하시

면서 그러잖아요. 일반인들이 봤을 때 걱정되는 거잖아요. 제일 수소농도가 높게 분포된다고 나오는 증기발생기 격실에서 아까 화면에서 나온 것과 같은 불티나 화염이 있을 때 폭굉으로 이루어지냐, 이게 질문이세요. 이게 김호철 위원님의 질문이시잖아요. 그것에 대한 답을 주시면 돼요.

○**김호철 위원** 김군홍 자문위원님께서 폭굉으로 이어질 수 있고 폭굉이 되었을 때 농도가 낮은 수소로도 확 같이 번지는 게 정말 위험한 것인데, 그럴 가능성이 있을 것 같다고 하는 게 지금 자문위원님의 의견이셔서,

○**김군홍 (PAR 실험 관련 한국원자력연구원 기술자문위원)** 아닙니다, 제 의견을 조금 더 정확하게 얘기하겠는데요,

○**김호철 위원** 아, 그런가요? 제가 잘못 이해,

○**김군홍 (PAR 실험 관련 한국원자력연구원 기술자문위원)** 폭굉으로 가려면 제 생각에는 최소한 수소농도 8 % 이상은 돼야 됩니다. 이상입니다.

○**위원장 (유국희)** KINS 답 좀 주시죠.

○**김민철 (한국원자력안전기술원 안전평가단장)** 이렇게 말씀을 드리겠습니다.

그러니까 1 m, 그러니까 단면적이 1 m²의 box, 튜브터널이 있으면 그 터널이 10 %의 수소농도로 꽉 차 있다, 수증기는 없습니다. 산소와 수소로만 이루어진 혼합기체가 1 m × 1 m 큐빅에 놓여져 있을 때 이게 연소 폭발천이가 발생하려면 활주로, 장동우 실장이 얘기했던 그 활주로는 50 m가 필요합니다.

그러니까 지금 여기 증기발생기 영역에서 수소농도 8 % 정도 수준, 그리고 길이는 대략 한 5 m, 7 m 정도 될 것 같은데요, 길이가. 그 정도

수준에서는 절대로 현재 알려진 공학의 범위 내에서는 폭굉으로 발생하지 않습니다.

○**김석철 (한국원자력안전기술원장)** 제가 잠깐,

○**위원장 (유국희)** 네.

○**김석철 (한국원자력안전기술원장)** 먼저 Steam Generator 지금 격실구조를 잠깐 이해를 하셔야 되는데, 이게 지금 폐쇄 구조가 아니라 격납건물에 뚫려 있습니다. 뚫려 있고, 이게 또 길이가 한 10 m 정도 되기 때문에 밑에는 또 stakeholder나 이런 것들이 다 오픈 구조가, 반 정도는 오픈 구조이기 때문에 압력이 압력천이가 굉장히 어려운 구조로 돼 있기 때문에,

우리 김호철 위원님께서 말씀하시는 그런, 만약에 연소가 일어난다 하더라도 압력천이가 다 되기 때문에 크게 위험하지는, '말씀하시는 그런 위험에 대한 것은 크게 없다.'라고 저희들은 이해를 하고 있습니다.

○**위원장 (유국희)** 알겠습니다.

○**김석철 (한국원자력안전기술원장)** 그러니까 '격납건물 구조에 대한 이해가 있으시면 그게 좀 어렵다.'라는 것은 아마 다들 이해를 하실 것 같습니다.

○**위원장 (유국희)** 아까 제무성 교수님 손을 들으셨는데 제가 그 논의를 하다 보니까 좀 놓쳤어요.

제무성 교수님 말씀하십시오.

○**제무성 위원** 질문이나 코멘트가 많은데, 시간이 많이 지나가가지고 생각나는 것만 몇 개 질문드리겠습니다.

하정구 위원님, 보고서 쓴다고 고생 많으셨는데요. 여기 보고서를 제가 읽다 보니까, 오늘 처음 봤는데 38페이지에 보편은 UPC가 나옵니다.

UPC 신고리 3·4는 216이고, 신한울 1·2호기는 118이다. Reg. Guide 관련 해가지고 하여튼 값이 굉장히 차이가 납니다.

지금 중대사고 진행이 굉장히 불확실합니다. 불확실성이 큰데요, 지금 우리는 수소 폭발만 이야기하고 있습니다. 그런데 사실 격납건물을 위협하는 현상들은 격납건물 직접 가열이라든지, 코륨(corium)이 퍼지는 것이죠, 에어로졸 형태로. 그다음에 증기폭발이라든지 여러 가지가 있습니다.

그런데 현재로서는 중대사고 현상을 모의할 수 있는 코드가 아까 KINS가 소개한 MAAP이라든지, 또 NRC가 MELCOR라든지 그런 코드들이 있는데, 현재로서는 State of the Art가 그런 코드를 쓸 수밖에 없습니다. 왜냐면 너무 불확실하기 때문에.

그다음에 또 하나는, spray 관련된 이야기가 많이 나왔는데요. 후쿠시마 사고 이전에 체르노빌 사고가 있었습니다, '86년도에. 그때 나온 두 가지 이슈가 '원자력 안전문화'라는 이슈하고요, 그다음에 '사고관리계획'이 필요하다는 것이었습니다. 그래서 중대사고 연구가 그때부터 다시 또 많이 시작이 됐는데요.

사고관리계획을 이행하면 노심손상 빈도나 안전성이 10^{-1} , 10배 좋아진다는 것이죠. 그래서 돈이 많이 들어도 지금 일본도 하고 우리나라도 법제화해가지고 하고 있는데요.

사고관리계획의 핵심이 '사고관리전략'입니다. 사고관리전략은 노심 예방, 또 사고 나더라도 사고의 피해를 완화시키는 사고완화전략, 그중의 하나가 PAR입니다. PAR도 있고 굉장히 많죠. 그런데 spray가 굉장히 중요합니다. 우리 신한울 1·2호기는 다른 원전하고 달리 장점이 backup

spray 시스템이 있다는 것입니다.

그래서 수소가 아무리, burn이라고 그러죠, burn이나 detonation 지금 이야기인데, 하더라도 containment spray가 작동이 되면 containment 내 압력을, 온도가 낮아지기 때문에 containment 압력을 떨어뜨리고 지금 쓰신 UPC를 비교해서 레벨 2의 loop나 또는 containment 파손 확률을 계산하게 됩니다.

그런데 사고관리전략이 체르노빌 이후에 나왔을 때 부작용이 있습니다, 전략이 항상 효과가 있는 게 아니고요. 그래서 물 같은 것도 집어넣으면 좋은데 증기폭발이라는 또 부작용이 있을 수 있고요. 또 아까 장동주 실장이 말한 이런 burn으로 인해가지고, 그러니까 수소 burn을 일으키는, detonation 아니죠. 지금 활주로 이야기도 나오고, 그래서 detonation은 확률적으로 일어나지 않는 현상이다, 이렇게 저는 보고 있는데요.

어쨌든 아까 말씀드린 격납건물 직접 가열, 코륨(corium)이 뿜어져 나와가지고 격납건물을 가열하는 직접 가열이나 또는 증기 폭발이나, 또 수소 burn이나 이런 것들이 같이 일어날 때 위협이 되거든요.

제가 시간 때문에 요약을 해보면, UPC가 신고리 1·2호기나 신고리 3·4호기나 신한울 1·2호기가 같은 것으로 알고 있습니다. 그래서 UPC 값이 아마 이렇게 크게 차이 나지 않을 것이다, 보고서에 대한 좀 의구심이라고 그럴까요,

○**하정구 위원** 이것은 RG 1.216이 개정되면서 이 변형률 값이 많이 바뀌었습니다.

○**제무성 위원** 어쨌든, 그래도 containment 설계는 크게 다르지 않는 것으로 알

고 있고요. 그게 부위가 한 8개 정도 이렇게 나오는데, 그중에서 제일 취약한 부분, 돔하고 실린더 접합 부분이 그중에 약한데요, 그 부분에 대한 Ultimate Pressure Criteria를 지금 현재 loop 계산하는데 이렇게 쓰고 있습니다.

그래서 이렇게 차이가 나는 것은 이게 저는 '보고서에 착오가 있는 문제.'라는 생각을 하면서요.

○**하정구 위원** 이것은 한수원한테 제가 확인한 보고서입니다.

○**제무성 위원** 아니, 그래서 제가 제안드리는 것은, State of the Art가 지금 MAAP이나 MELCOR 코드인데, 제가 알기로는 UPC에 비하면 아무리 중대사고가 일어나더라도 격납건물 내 압력이 500~100 수준으로 알고 있거든요, 아무리 중대한 사고가 일어나더라도. 그런데 UPC가 한 200 정도 되는 Safety Margin이 크게 있습니다.

그래서 부작용이 있더라도 spray를 사고관리계획서에는 조건이 있지만 투입하는 게 좋습니다. 그래서 burn이 있더라도 격납건물 압력을 떨어트려가지고 containment를 보존하는 게 중요하다고 아마 동의하실 것입니다.

그래서 제가 말씀드리고자 하는 제안은 두 가지인데요.

하나는, State of the Art 코드 가지고 UPC에 미치는 사고, 중대사고가 진행될 수 있는가? 정전 사고나 Small LOCA나 하여튼 여러 가지 시나리오들이 15개, 20개 이렇게 있잖아요. 거기서 얼마 정도에 containment 압력이 올라가는가, 그게 참 궁금하네요, 공식적인 KINS 발표가?

아까 결과 중에 세 번째가, PAR 유발 관련해서 화염가속·연소폭발천이 발생 가능성이 없다는 것은, 이것은 우리가 연구, 지금 PAR 실험을 많이

해서 돈이 들어가고 있는데요. 저는 만약에 이게 정말 KINS의 결론이라면 우리가 계속운전이나 또 신규원전 하는 데 PSA를 하고 있는데, PSA 시나리오 구성하는 데도 영향을 많이 줍니다. 그러니까 detonation 같은 게 없어지면 그런 시나리오가 없어지는 것이죠.

그래서 굉장히 중요한 결론인데요. 이번 PAR 기능, 성능 관련해서 테스트하는 것이 저는 중대사고 연구에 기여하는 부분이 있을 것이라는 생각이 들고요.

그래서 첫 번째가, UPC 관련해서 중대사고 시나리오들에 대해서 얼마까지 압력이 올라가는지 State of the Art, 저는 MELCOR Code를 할 수 있으면 recommend 합니다, MAAP보다. 그래서 그게 한 번 보고 싶고요.

그다음에 두 번째는, 계속 아까 엑셀파일도 나오고 계속 위원님들이 소위원회 이야기를 하는데요. '위원회'라고 하면 그래도 두 사람 이상이 위원회 아닙니까?

그래서 위원회 이름으로 이렇게 보고서가 나갈 때 소위원회라는 말보다는, 저는 소위원회가 필요하다면 지금 원자력안전전문위원회가 있습니다. 전문위원회에 중대사고 하는 분도 있고, 기계 전공해서 열유체나 폭발, 또 화재 전공한 분도 계시고요, 또 PSA 한 분도 계십니다.

그래서 전문위원회의 의견을 받아가지고 우리가 Decision making 하는데 활용했으면 좋겠다. 소위원회라는 말은 좀 적절하지 않은 것 같다, 하는 말씀을 드립니다.

이상입니다.

○위원장 (유국희) 첫 번째 제안은, 제가 아까 말씀드린 대로 PAR에 저희들이

결정해야 될 사항하고는 직접적인 관련은 없는 것 같아요.

아까 말씀드린 대로 KINS에서 우리 제무성 위원님 말씀하신 부분에 대한 것을 검토해 주시고,

소위(小委) 부분은, 물론 여기 위원님들 의견들이 있으시겠지만 이 PAR 실험을 하는 과정에서 어쨌든 원안위 회의를 거쳐서 정리가 된 부분이에요. 그리고 지난번에도 제가 여러 번 말씀드렸습시다만, 이 KNT PAR와 관련된 부분은, 세라컴 PAR도 지금 들어가 있지 못한 상태라서 빨리 정리를 할 필요가 있습니다.

그래서 지금 시점에서 소위를 논하기에는, 지금 거의 오늘 보고내용도 들어서 아시겠지만, 저희들이 판단해야 되는 부분들은 대부분이 많이 정리가 되고 있는 상황이거든요.

그래서 그 부분은 필요하다면 나중에 논의를 하더라도, 지금 그 부분을 다시 바꾸기는 좀 시기적으로 적합하지는 않다라는 생각이 들고요.

시간이 좀 됐지만, PAR하고 또 관련이 되는 부분이니까 보고안건으로 제3호 안건이 지금 준비가 돼 있으니까 PAR와 관련된 부분, 오늘 얘기를 다 올려놓는 게 맞는 것 같아요.

그래서 제3호 안건에 대해서도 간략하게 보고를 해 주시기 바랍니다.

○**임승철 위원** 위원장님!

○**위원장 (유국희)** 네.

○**임승철 위원** 의사진행 발언 있습니다.

○**위원장 (유국희)** 네.

○**임승철 위원** 보고에 앞서서 잠깐 간략하게, 상임위원이 사무처장을 겸하고 있

기 때문에, 이것은 위원님들은 평소에 신경 안 쓰실 것 같아서.

원안위는 회의가 끝난 뒤에 회의결과와 회의록을 올리기에 앞서서 회의안건도 다 올립니다. 그래서 거기에 안전이 올라가면 이것은 외부 사람들은, 일반 국민들께서는 '원안위에서 논의가 됐고 원안위의 공식 입장인가 보다.' 이렇게 생각들을 하시는 경향이 있습니다, 현실적으로.

위원 현안보고로 지금 하정구 위원님께서 '원안위 PAR 소위원회'라는 이름으로 이 보고서를 지금 보고하셨습니다. 아까 위원장님이 "하정구 위원님의 의견을 듣는 것으로 하겠습니다."라고 말씀은 했습니다만, 하정구 위원님께서서는 당연히 이 보고서가 소위원회 이름으로 홈페이지에 게재되기를 바라시지요?

○**하정구 위원** 당연하죠.

○**임승철 위원** 그것 명확히 해 주시기 바랍니다.

○**하정구 위원** 네, 그럼요.

○**임승철 위원** 그러시죠?

○**하정구 위원** 네.

○**임승철 위원** 아까 김균태 위원님께서 Quick review를 하셨는데, 오류사항도 좀 있다고 말씀을 하셨고, 그 논의되는 과정 중에서 위원님이 말씀하실 때 KINS나 이런 쪽에서 상당히 반박도 있고 했습니다.

저도 디테일한 사항을 line by line으로 제가 뭐 할 사항은 아니지만, 똑같은 위원님이신 김균태 위원님께서도 Quick review를 했더니 오류사항도 좀 있고 한 그런 보고서를 원안위의 소위원회라는 이름으로 이 안전을 홈페이지에 게재하는 것이 맞는지, 저는 명백히 반대 뜻을 표명합니다.

그러니까 다른 안건 듣기 전에 이게 홈페이지에 올라갈 수 있는 것인지, 오류가 있는 보고서가 올라간다면 원안위에 참여하시는 다른 전문가 비상임위원님들께도 상당히 폐를 끼치는, 이렇게 비전문적인 오류가 있는 보고서가 올라오는 곳이 원안위인가, 이게 원안위의 전문성인가 하는 부분이 다른 비상임위원님들께도 폐가 될 수 있기 때문에 그 부분을 명확히 해 주시면 좋겠고, 필요하다면 표결이라도 해야 된다고 저는 생각합니다.

저는 이 보고서는 하정구 위원님께서 의견을 제시하신 것으로 하고, 홈페이지에는 게재하지 않는 것으로 제안을 합니다.

○**위원장 (유국희)** 표결할 일은 아니고요, 제가 아까 하정구 위원님께 말씀을 드렸어요. 다른 위원님들께서도 문제 제기가 있으시니 당연히, 그 부분은 그동안에 소위를 운영해 오신 하정구 위원님께서 위원으로서 당연히 얘기하고 의견을 내실 수 있습니다.

그런 의견을 내는 것으로 이해를 하신다고 하정구 위원님이 말씀을 하셨고요, 그래서 권고사항으로 다 설명을 해 주셨잖아요. 그것에 대한 답을 또 주신 것이고. 그것은 그냥 그렇게 정리를 하겠습니다.

의견을, 위원님으로서 의견을 내신 것으로 그렇게 정리를 할 것이고요.

보고안건 제3호 : 신한울 1호기 운영허가 조건사항 관련 PAR

중대사고 기기생존성 평가 유효성 검토 결과

○위원장 (유국희) 말씀해 주신 대로 보고안건 제3호 안전 보고해 주시기 바랍니다.

○장동주 (한국원자력안전기술원 심사총괄실장) 보고 제3호 안전 보고 드리겠습니다.

신한울 1호기 운영허가 조건사항과 관련하여 PAR로 인한 중대사고 기기생존성 평가 유효성을 다시 검토한 결과입니다.

개요입니다.

지난 제164회 원안위 보고를 드릴 때 몇 가지 확인이 필요한 사항, 크게 세 가지를 말씀드렸고요. 8 %에서의 제거율, 그리고 지금 보고 드리는 기기생존성, 그리고 불티가 날리고도 성능이 유지되는가, 세 가지였는데 마지막은 아직 준비가, 실험이 진행 중이고, 두 번째인 기기생존성 내용이 되겠습니다.

KAERI의 KNT사(社) PAR 실험 과정에서 발생된 발광입자 및 유발점화로 인한 환경조건이 기존 신한울 1호기 중대사고 대처설비에 대한 기기생존성 평가가 이루어져 있는데, 거기 조건에 포괄되는지 검토한 내용입니다.

여기서 ‘기기생존성 평가’란, IAEA 정의에 따르면 중대사고 대처를 위한 설비가 중대사고의 환경조건에서 요구되는 기간 동안 그 설비가 해야 될 기능을 수행할 수 있음을 합리적 수준으로 보증하는지 확인하는 절차

이고,

KINS는 중대사고 분야 심사에 있어서 안전 심사지침에 중대사고 대처를 위해 사용되는 설비들은 작동되어야 할 중대사고 환경에서 필요한 기간 동안 운전될 수 있어야 한다고 정하고 있습니다. 이에 따라 심사하고 있습니다.

여기서 '환경조건'이라 함은, 이 중대사고가 일어났을 때 대처설비들이 겪어야 하는 온도, 압력 등 환경을 말합니다.

이러한 보고를 드리게 된 것은, KAERI SPARC 3회 실험에서 수소농도 및 살수 여부에 따라서 발광입자도 발생하고, 수소 연소도 발생하고, 수소 연소 직후에 2차 연소라고 볼 수 있는 불꽃도 확인되고 했기 때문입니다.

앞서 영상에서 보셨듯이 발광입자는 상당히 많이 발생했습니다, 살수 조건에서는.

연소는 영상에서 보실 때 불티가 많이 날리는 때의 연소와 그다음 영상에서 살수조건이 아닌 상태에서의 연소, 그때는 2차 연소가 있었는데, 좀 거동이 달랐습니다.

상세히 말씀을 드리면, 밑의 <표>에 1번, 2번, 3번 실험이 있습니다. KAERI가 수행했던 세 번의 실험입니다.

1번과 2번 실험은 4 %를 확인하기 위한 실험이었습니다. 4 % 농도에서의 제거율을 확인하기 위한 실험이었습니다. 수소농도를 가하면서 PAR가 수소를 제거하고 수소를 끄고, 공급을 끄고 또 PAR만으로 농도가 떨어지는 과정을 겪으면서 4 %에서의 제거율을 확인한 다음,

다시 수소를 주입하면서 KAERI는 살수를 켜서 유발점화나 발광입자

현상이 있는지 확인했고, 그게 확인이 된 것입니다. 그것이 앞에 두 번의 실험이고요,

세 번째는 좀 더 높은 농도에서 해보고자 했으나, KAERI가 예상했던 것과 같이 살수까지 가지도 않고 처음에 농도를 계속 높이는 과정에서 유발점화가 일어났습니다. 그렇게 다른 거동을 보입니다. 앞에 두 번과 마지막 세 번째는요.

그렇기 때문에 세 번째 실험에서는 살수가 된 적이 없는 것이고요. 그럼에도 불구하고 발광입자 발생 시 상태를 보시면 세 번 모두 발광입자는 확인되었습니다.

그러나 첫 번째와 두 번째는 상당히 많이, 살수조건에서 상당히 많이 확인이 되었고요, 영상에서 보신 것처럼. 세 번째 실험에서는 높은 농도에서 연소가 일어나기 직전에 몇 개 정도의 발광입자가 이동하는 것을 영상으로 저희도 확인할 수 있었습니다.

수소연소 발생 시 상태를 보시면 2차 연소 즉, 실험 목적을 위해서 실험장치 내부에 설치시킨 계측기, 또 그 계측기의 번호를 표기하기 위한 이름표, 저희 '태그(tag)'라고 부르는데요. 그런 tag 등에서 수소연소 이후의 열에 의해서 불이 붙고 그것이 잠시 뒤에 자연스럽게 꺼지는 모습을 볼 수 있었는데, 앞에 두 번 살수를 하는 실험에서는 아마 살수의 영향으로 보입니다만, 연소 이후에 그런 것은 관찰되지 않았습니다.

다음(2) 페이지입니다. 이처럼 SPARC 실험에서 관찰된 현상 중 격납 건물 내부 중대사고 대처를 위한 설비의 기존 평가된 기기생존성에 영향을 미칠 가능성이 있는 부분은 크게 세 가지로 보았습니다.

PAR 유발점화에 의한 수소연소 현상, 그리고 촉매체에서 발생한 발광 입자, 수소연소 직후에 tag 등에 불이 옮겨붙는 2차 연소였습니다.

기존 기기생존성 평가의 유효성을 어떻게 검토했는지 설명드리겠습니다.

평가 대상 설비는, 당연히 격납건물 내부에 위치한 중대사고 대처설비입니다. 중대사고 대처설비는 논의되고 있는 PAR, 수소점화기 외에도 중대사고 대처를 위해 고려되는 밸브, 온도/압력/방사선감지기 등이 있습니다.

PAR 유발점화로 인한 환경조건에 대한 영향을 검토했습니다.

여기서 '환경조건 영향 검토'란 기존의 중대사고 분석, 앞서 37개 격실에 대한 중대사고 수소분석을 설명드렸었는데요. 그 과정에서 각 격실의 온도나 압력이 중대사고 진행 과정에서 얼마나 올라가는지 그런 부분들도 알 수가 있습니다.

그런 부분들을 환경조건이라고 하고, 그렇게 시뮬레이션 된 환경조건을 봐서 각 격실에 있는 기기들이 그 환경조건을 견뎌야 하는 것입니다.

이 내용으로 넘어가기에 앞서 참고자료로서 참고자료 127페이지를 봐 주십시오, 제일 뒤쪽입니다. 참고자료 23번입니다.

참고자료 23번은 기기생존성 평가 중에서도 온도 환경조건 평가방법론에 대한 것입니다. 간단히 설명드리겠습니다.

그래프에 보시면 왼쪽 그래프에 많은 선들이 있는데요, 선 하나하나가 중대사고 수소분석을 하는 그 시나리오를 의미합니다. 그리고 이 그래프 하나는 하나의 격실에 대한 것입니다. 하나의 격실에 대해서 온도가 잠깐 올라갔다가, 또 진행되다가 올라갔다가 내려오는 이런 여러 가지 온도의

선들이 사고마다 있습니다. 이 부분을 가지고 유용한 평가를 위해서, 효율적인 평가를 위해서 사업자는 ES(Equipment Survivability)곡선이라고 하는 빨간색 선을 설정합니다. 격실에서 나타날 수 있는 온도를 높은 온도가 나타난 기간을 기준으로 해서 왼쪽으로 재배치하고, 그러면 왼쪽이 가장 높은 온도가 모이게 됩니다, 그 기간 동안에요. 왼쪽으로 몰고, 그것을 포괄하는 그 위의 곡선을 설정합니다. 온도에 대한 곡선이고, 이를 ES 곡선이라고 합니다.

실제로 기기에 대한 기기생존성 평가를 할 때는 이 ES곡선을 넘는 능력을 가지고 있는지 보는 식으로 생존성 평가를 하고 있습니다.

다음(128) 페이지에 보시면 그림에 EQ(Equipment Qualification) 최대온도, ES 테스트 곡선, 이렇게 있는데요. 이것은 어떤 설비에 대한 기기생존성 평가를 할 때 이미 평가된 내환경검증이라는 절차가 있는데, 그게 된 설비면 중대사고 환경조건이 여기에 포괄되는지 확인하는 것으로 1차적인 확인을 하고, 만약에 거기에 해당하지 않는 경우에는 별도의 시험을 해서, 또 보강을 해서 기기생존성을 확보하는 식으로 기기생존성 평가를 마무리합니다.

다시 보고자료로 돌아오겠습니다. 기존 기기생존성 평가의 온도 및 압력 환경조건은 다음과 같이 평가되었습니다.

100 % 금속-물 반응에 의한 수소생성량, 수소점화기에 의한 수소가 제거될 때 수소연소에 의한 격실 온도 상승이 고려되었습니다.

PAR가 설치된 격실에 대해서는 PAR가 수소를 제거할 때 촉매에서 나는 열을 반(半) 고려하였습니다.

그러나 기존 평가에서는 유발점화 현상은 고려하지 않았기 때문에 PAR가 있는 격실에서 유발점화로 인한 격실온도 상승은 고려되지 않았었습니다. 이 부분을 재분석을 통해서,

다음(3) 페이지입니다. 재분석을 통해서 설계사의 협조를 얻어서 환경조건을 재분석하였습니다. PAR가 설치된 격실의 수소농도, 산소농도, 증기농도 등이 수소연소 조건에 도달할 경우 유발점화가 발생하는 것으로 설정하고 재분석하였습니다.

유발점화를 반영한 환경조건 재분석 결과입니다.

모든 격실에서 최대온도 측면에서 큰 차이가 나타나지 않고, 기(既) 설정되어 있던 기기생존성 온도 곡선, ES곡선입니다. 곡선에 포괄됨을 확인하였습니다.

PAR 유발점화로 인한 연소열이 추가로 발생했습니다만, 수소가 연소를 통해서도 제거되는 부분이 추가된 것이기 때문에 수소가 축적되기 어렵고, 그래서 높은 수소농도에서 연소되는 경우가 감소하게 됩니다. 이로 인해서 전체적으로 큰 차이가 발생하지 않은 것으로 파악되었습니다.

다음(4) 페이지입니다. 압력 측면에서는 모든 격실에서 최대압력 측면에서 큰 차이가 나타나지 않고 0.4 psia 정도의 차이가 가장 큰 차이였습니다. 기(既) 설정된 기기생존성 압력값에 포괄됨을 확인하였습니다. 참고로 기 설정된 기기생존성 압력값은 123.7 psia입니다.

발광입자가 수소연소를 발생시키는 것 외에 수소연소를 발생시킨 것은 앞에 설명드린 내용에 이미 포괄됩니다. 그런 메커니즘이 아니고 영향을 줄 수 있는 가능성은 저희는 '직접 중대사고 대처설비에 부착돼서 손상을

야기할 수 있는지'라고 생각을 했습니다.

이 발광입자는 KAERI가 수행한 실험에서 모두 발생했고요. 앞에 두 번에서는 살수와 함께, 마지막 8 % 실험에서는 살수 없이 약간 양(量) 발생했습니다.

저희는 SPARC 내부에 직접 들어가서 내부 실험설비나 계측케이블들이 이 세 번의 실험을 견딘 이후에 어떤 상태인지를 확인했습니다.

세 번째 실험이었던 8 % 실험과정에서 발생한 수소연소로 인해서 화재 손상이 있었어요. 그 손상흔, 그리고 tag가 붙어 붙어서 tag 위치에 손상된 흔적도 저희가 확인할 수 있었습니다.

저희는 이 발광입자가 직접 이런 케이블이나 그 외에 내부의 실험 기자재에 어떤 손상을 준 흔적이 있는지를 최대한 확인하였고, 저희가 보기에는 그런 점상의 흔적 등은 확인되지 않았습니다.

이러한 실험장치 내부의 설비가 별도로 어떤 내화가 되는 그런 설비가 아님을 고려할 때 격납건물 내부에서 이런 발광입자가 격납건물 내부의 대처설비에 영향을 줄 가능성은 현재로서는 적다고 판단했습니다.

다음(6) 페이지입니다. 2차 연소 측면의 검토입니다.

중대사고 시 격납건물 내부에서 SPARC 8 % 실험 시에만 발생했던 2차 연소와 같은 현상이 발생할 수 있는지 검토하였습니다.

[붙임#3]으로 가겠습니다. [붙임#3]에 보시면 SPARC 내부에, 격납건물 내부가 아니라 SPARC 실험장치 내부에 사용됐던 물질들을 저희가 KAERI 협조를 받아서 확인하였습니다.

보시다시피 어떤 내화나 이런 손상은 돼 있지 않은 가연성 물질들이

좀 있었어요. 이런 가연성 물질들에 불이 옮겨붙은 것으로 확인되었습니다.

다시 보고자료로 오겠습니다. 격납건물 내부에는 격납건물 내부 관련 화재요건에 따라서 가능한 불연성물질 내열재료를 사용하도록 돼 있습니다. 그리고 가연성물질로 분류되는 각종 케이블에 대해서는 화염시험을 통해서 난연 성능을 확인하고 있습니다.

[붙임#4] 보겠습니다. 가연성물질로 분류되는 케이블에 대해서 수행하는 화염시험에 대해서 설명드리겠습니다.

케이블 화염시험 요건은 IEEE 1202를 따르며, 해당 요건에 따르면 케이블 시편길이 2,400 mm에 세워놓고요, 밑에 사진처럼. 버너로 화염을 20분 동안 인가해서 화염을 20분 후에 켜고 봤을 때 불이 저절로 꺼지고 남아 있는 손상길이가 1,500 mm 이하여야 합니다.

여기서 이 화염원의 버너가 7만 Btu/hr인데요, 일반적으로 음식 조리에서 쓰는 버너가 8,000 Btu/hr 정도 되니까 그런 버너가 9개 정도 모여서 20분 동안 케이블을 화염을 인가했다, 이렇게 보시면 되겠습니다.

신한울 1·2호기에는 3개 제조사의 케이블이 사용되고 있는데, 각 제조사는 자사 케이블에 대해서 설명드린 바와 같은 IEEE 1202에 따른 화염시험을 수행하고 납품하였음을 확인하였습니다.

당시 손상길이는 500 mm~1,040 mm 정도였습니다.

다시 보고 자료로 돌아오겠습니다. 그리고 격납건물 내부에는 SPARC 실험에 사용된 것과 같은 가연성물질을 사용하지 않도록 관리하고 있기 때문에 격납건물 내부에는 실험에서 관찰된 것과 같은 2차 연소 가능성이

없다고 저희들은 확인했습니다.

결론입니다.

SPARC 실험에서 관찰된 현상이, 유발점화 현상 등이 기존 기기생존성 평가의 환경조건에 미치는 영향이 없고, 2차 연소 가능성도 없음을 확인하였습니다.

이상 보고를 마치겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 수고하셨습니다.

시간이 상당히 돼서 위원님들 의견을 여쭙보고 싶어요.

식사를 하시고 논의를 좀 더 하는 게 좋을지,

(「아니오」 하는 위원 있음)

아니면 오늘 굉장히 많은 시간 동안 논의를 하셨는데,

그러시면 이렇게 하겠습니다. 아까 김호철 위원님께서 ‘공익제보자에 대한 의견을 비공개로 듣자.’라는 제안을 하셨어요.

그래서 그 부분에 대한 의견을, 위원님들 의견을 듣고, 그 부분 정리하고 오늘은 논의를 마무리하는 것으로 그렇게 하도록 하겠습니다.

김호철 위원님 제안과 관련해서 의견 있으시면 말씀을 부탁드립니다.

그래도 가능하면 위원님들 각자 다 말씀을 해 주셨으면 좋겠어요, 그 의견에 대해서는.

○**하정구 위원** 제가 먼저,

○**위원장 (유국희)** 하정구 위원님.

○**하정구 위원** 공익제보 신고자한테 사실 지난 그저께도 회의를 하려고 하다가

자기가 그 회의에 참석을 하고 싶다고 했는데, 협조가 잘 안 돼서 못했습니다. 못했고,

그래서 지금 거의 PAR 관련된 모든 어떤 기술적인 안전성 관점에서 상당히 많이 진전이 이루어졌기 때문에 최종적으로 신고자한테 비공개로 자기 의견을 피력할 수 있는 기회를 주는 게 맞다고 생각합니다.

○**위원장 (유국희)** 다른 위원님?

○**김군태 위원** 김군태입니다.

○**위원장 (유국희)** 김군태 위원님 말씀 주십시오.

○**김군태 위원** 이 문제는 제가 처음에 involve 하지는 않았지만, 공익제보에 따라서 문제 제기가 됐고, 그동안에 논의된 결과가 공정성을 담보하기 위해서 가능하면 KINS도 개입하지 않고, 이렇게 진행돼 온 것으로 알고 있는데,

이제 마무리가 되는 시점에서 다시 공익제보자가 나타나서 지금까지 했던 논의에 대해서 평가를 하거나 의견을 주는 것은 바람직하지 않다고 생각합니다.

객관적인 관점에서 공익제보자와 독립적으로 위원회가 판단을 하고, 그 결과를 공익제보를 한 기관에 결과를 넘겨주면 거기서 판단을 하는 것이고, 거기에서 뭔가 또 불만이 있다 그러면 또 다른 조치를 취할 수 있겠지만, 위원회에서 공익제보자의 의견을 들어가면서까지 결론을 반영해야 된다거나 그럴 필요는 없다고 저는 판단이 됩니다.

그리고 이것이야말로 선수가 마지막 판에 본인이 심판이 되겠다고 하는 것과 똑같은 주장이라고 생각합니다.

저는 반대합니다.

○**위원장 (유국희)** 다른 위원님 의견 부탁드립니다.

이승숙 위원님.

○**이승숙 위원** 저도 김균태 위원님하고 의견이 비슷한데요. 공익제보를 한 내용에 따라서 절차가 적합하게 최대한으로 그것을 확인하기 위한 작업을 해왔고, 이런 상황에서 너무, 공익제보자의 역할과 그다음에 그 배턴을 받은 위원회에서의 역할이 분리되어야지 그게 너무 밀착되는 것은 오히려 공정성을 해치거나 그럴 것 같고요.

이미 공익제보자가 본인의 의견을 충분히 피력할 수 있는 상황이 이전에 있었기 때문에 굳이 이 시점에서 모임을 가질 필요는 없다고 생각합니다.

○**위원장 (유국희)** 다른 위원님?

그래도 위원님들 말씀들을 다 해 주셨으면 좋겠어요, 김호철 위원님이 제안하신 부분이니까.

제무성 위원님.

○**제무성 위원** 공익 신고내용 보니까 구매규격에 미달한다, 불티가 날린다, 뭐 이런 내용들이거든요. 그래서 아마 '직접 들어도 이런 내용이 아닐까?' 그런 생각이 들고요.

저는 '굳이 그렇게 직접 들을 필요가 있나?' 그런 생각이 듭니다.

○**위원장 (유국희)** 이수재 위원님.

○**이수재 위원** 저는 아마 공익신고 내용을 봤을 때 이 결과를 한 사람이 이 내용을 보고 다시 의견이 어떤지만 서면으로 받으면 직접 물어보는 것이나

똑같은 것 같아서, '여기 나온 결과가 이런데 당신은 어떻게 생각하십니까?'라고 해서 서면으로 받아보면 아마 그분이 의견이 의문이 해소됐다는지 그런 게 나올 것 같아가지고, 서면으로 받아 봐도 충분할 것 같습니다.

○**위원장 (유국희)** 임승철 위원님

○**임승철 위원** 저도 김균태 위원님이나 이승숙 위원님 의견에 다 똑같이 동의를 하고요. 지금 시점에서 공익제보자를 불러서 저희가 듣고자 하는 것이 무엇인가, 그게 먼저 명확해야 된다고 저는 생각을 합니다.

지금 제보로부터 시작해서 평가가 저것 됐지만, KAERI와 KINS 여러 전문가들이 쭉 절차에 걸쳐서 진행돼 온 그런 과정들, 결과 이런 것을 제보자라는 이유로 그 사람을 위원회에 불러서 그것에 대한 그 사람의 평가를 듣는다 하는 것은 저는 '언어도단'이라고 생각합니다.

평가가 아니고서는, 그런 것에 대한 평가가 아니라면 제보자가 와서 현재 위원회에서 특별히 발언할 사항이 무엇이 있는가, 그 부분이 먼저 명확히 얘기가 돼야 되지 않을까 생각합니다.

○**김호철 위원** 제가 좀,

○**위원장 (유국희)** 김호철 위원님.

○**김호철 위원** 제 말씀의 취지를 어떻게 받아들이는지는 다 자유로운데, 저의 취지는 그분에게 판단을 맡기자는 게 아니었다. 판단은 저희가 합니다.

그렇지만 판단을 하기 전에 이 문제에 대해서 기술적인 문제의식을 갖고 제기한 사람의 의견을 한 번 청취할 필요는 있겠다는 취지로 제가 말씀을 드렸고요.

'왜 의견을 청취할 필요가 있겠느냐?'라고 하는 것은, 지금 우리 하정구

위원님, 또 소위원회를 말씀드리는데, 소위원회는 본래 복수(複數)로 구성되었다가 중간과정에서 하정구 위원님이 홀로 남았습니다. 남았지만 소위원회의 틀은 유지가 되는 것이고, 그래서 기술 자문을 얻어가면서 소위원회 활동을 하시는데, 소위원회에서 지수함수를 적용하든 다항함수를 적용하든 그 수소제거율을 계산하기 위한 조건 설정에 관해서 좀 이견을 보이고 있어요.

그리고 아까 하광순 박사님께서도 다섯 차례에 걸친 실험에서 지금은 평균값을 내고 평균값으로 의견을 드리긴 하지만, 여러 차례, 몇 차례 실험에서 적게 나오는 것에 대해서는 어떻게 할 것인가 고민되는 부분이다, 이런 말씀도 들었기 때문에,

그렇게 지금 견해가 조금은 갈리는 상황, 그것을 Peer review의 결과라고 할지, 아니면 자문위원이나 우리 소위원회 하정구 위원님의 우려라고 할지 그것은 제가 드릴 수 있는 평가의 말씀은 아닌 것 같지만, 하여튼 이런 부분에 있어서 저는 위원으로서 한 번 이런 조건 설정에 관해서, 그리고 조건 설정을 이렇게 할 때 다르고, 저렇게 할 때 다른 것에 대한 어떤 결과값에 대해서 공익제보자의 의견은 한 번 청취할 필요가 있겠다라는 생각을 했습니다.

그리고 공익제보는 '국민권익위원회'에 제보에서 국민권익위원회가 이 문제 인허가 기관인 저희 원자력안전위원회에 '조사를 하라, 조사 후 결과를 보고하라.'라고 보냈기 때문에 저희가 조사를 하게 되는 것이고, 조사의 대상과 범위와 목적을 설정할 때 공익제보자의 의견을 들으면서 그것을 참고해서 정했습니다. 공익제보자에게 맡겼다는 것 아닙니다.

그렇게 해서 들었는데, 이제 국민권익위원회로 저희가 이 결과를 보내
겠죠. 보내면 국민권익위원회법에 따르면 공익제보자는 이의 신청을 할
수 있는 권한은 있습니다.

그 이의 신청을 해서 하게 되면 그것은 국민권익위원회의 결정이 되긴
하겠지만, 다시 저희 위원회에 와서 또다시 ‘이것을 어떻게 할 것인가?’ 하
는 상황이 반복이 될 수도 있다.

그런 것보다는 ‘좀 더 적극적인 소통과 의견 청취를 통해서 이의제기가
있지 아니하는 우리 위원회의 조사결과에 대한 결론이 나면 좋겠다.’라고
하는 바람도 있기 때문에 제가 그런 제안을 했던 것입니다.

○**위원장 (유국희)** 제가 정리를 하겠습니다, 의견이 좀 다르신데.

지금 현재 하고 있는 이 KNT PAR에 대한 규제 만족 여부, 안전성에
영향이 있는지 없는지의 여부는 사실은 공익제보하고는 전혀 관계가 없어
요. 공익제보는 제가 알기로는 ‘세라컴’에 의해서 시작이 된 것입니다.

그리고 일반적으로 제보를 하시는 분들이 있어요. 저희도 움부즈만을
운영합니다. 움부즈만을 운영하는데, 제보가 들어온 내용에 대해서 사실
여부를 확인하는 조사과정에서 제보자 보호도 당연히 있지만, 그리고 제보
자에 대한 구체적인 사항을 파악하기도 해요, 조사내용에서, 필요하다면.

그러기도 하지만, 실질적으로 뭔가 의사결정을 해야 되는 회의, 원안위
회의에서 그 의견을 듣는 것은 조금 안 맞는 것 같습니다.

제가 말씀드리고 싶은 것은, 하정구 위원님께서 지금 소위(小委)를 계속
하고 계시는데, 거의 막바지이기도 하고, 아까 잠깐 회의, 전문가회의 말씀
도 하셨는데 사실 지금 앞에서 논의가 있었습시다만, 이것을 지수함수가

맞냐, 다항함수가 맞냐, 입구농도냐, 수소농도냐를 위원님들께서 의견을 들어서 '이게 맞다.'라고 판단하실 수 있는지도 저는 사실은 확신이 없어요. 전문가분들 사이에서 논의가 이루어지는 게 맞다고 생각하고요.

그런 차원에서 저는 모든 이해관계자가 다, 전문가 그룹들이 회의를 한번 하는 것으로 하시죠?

그래서 하정구 위원님부터, 실험을 했던 KAERI, 그리고 KINS, 그리고 말씀해 주시는 공익제보자분, 어떤 의견이 있으실 수 있으니까요, 공익제보자분, 그다음에 그것 검토를 실질적으로 현장에서 했던 한수원까지 해서 전문가 그룹에서 검토를 해 주시고, 그 검토한 과정을 정리해서 여기서 한번 보고를 해 주시죠. 그렇게 정리를 하려고 하는데, 괜찮으신가요?

(「네」 하는 위원 다수)

그렇게 정리를 하겠습니다.

그래서 전문가분들이 논의를 하셔서 그 논의과정을 얘기해 주세요.

간사님.

○**간 사 (기획조정관 손명선)** 저는 간사로서 다음에 이 전문가그룹 회의결과를 안전으로 조정·배부해야 하는데요. 그러면 전문가그룹 회의는 누가 주도해서 누가 보고를 하게 됩니까, 회의결과는?

○**위원장 (유국희)** 소위(小委)에서 해야죠. 소위하고 원안위 사무처에서 논의해서 같이 하세요. 논의해서 같이 정리를 해 주시고, 제가 보기에는 안전화할 사안은 아닙니다. 안전화할 사안이 아니고, 진행되는 논의과정이 어땠는지만 알려주세요.

○**제무성 위원** 전문가 그룹에 안전전문위원회도 참여할 수 있는 방법이 없습

니까?

○**위원장 (유국희)** 지금 다른 분들까지 참여를 하기 시작하면 또 다른 시스템이 되잖아요.

제가 사실 말씀드리는 배경은, 앞에서 하정구 위원님도 그런 논의를 하려고 했다고 하시기 때문에, 그런데 못하셨다고 하니까, 그 논의 차원에서 얘기를 해달라는 말씀이에요.

정책국장님.

○**조정아 (안전정책국장)** 위원장님, 소위하고 사무처가 같이 주도해서 논의를 해보고 보고를 해달라고 하셨는데요.

기본적으로 전체적인 스케줄 정도는 어느 정도로 저희가 이 논의를 진행하고, 사실 논의를 하다 보면 다시 원점부터 제기가 될 수 있어서 논의가 장기화 될 수도 있고요. 그런 측면이 있는데,

위원장님께서 안전화할 사항은 아니고 논의과정만 보고를 해달라 하셔서 그 부분을 조금 명확하게 해 주셨으면 감사하겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 어떤 부분을 명확하게 할까요?

○**조정아 (안전정책국장)** 논의를 해서 보고를 해달라고 하셨는데, 그러니까 다시 이 부분이,

○**위원장 (유국희)** 아, 범위를 명확하게 해달라는 말씀?

○**조정아 (안전정책국장)** 범위도 명확하게 할 필요도 있을 것 같고요. 그리고 그 기한도 사실은…… 실질적으로 많이 합의가 되어져 있다라고 보여지기도 하지만, 아까 말씀하셨던 대로 제기하시는 부분이 작은 부분이지만 전문가들끼리 논의를 하면 굉장히 깊은 부분까지 논의가 돼서, 사실 모이

는 데도 제한, 시간 모일 때도 제한이 있고요, 날짜를 잡는 데도 제한이 있어서, 이게 굉장히 장기화되는 오히려 그런 결과를 초래할 수도 있을 것 같아서 그 부분도 조금,

○**하정구 위원** 제가 잠깐 말씀드릴게요.

○**위원장 (유국희)** 하정구 위원님, 제가 그냥 정리할게요?

○**하정구 위원** 네, 말씀하세요.

○**위원장 (유국희)** 제가 그냥 정리할게요.

제가 드리는 말씀은, 지금 논란이 처음부터 끝까지 근원적으로 가자는 얘기가 아니에요.

아까 제가 말씀드렸던 부분처럼 8 %에 대한 적용 문제를, 지금 김호철 위원님 말씀도 그 부분에 있어서 공익제보자의 의견이 있을 수 있다는 것이거든요.

그래서 8 %에 대해서 어떤 방법으로, 어떤 방법으로 어떤 환산 방법을 거쳐서 해야 되는지, 아까 하정구 위원님도 엑셀파일 말씀도 주셨잖아요.

그러면 아마 공익제보자가 됐든, 소위에서 뭔가 평가를 한 부분도 있을 것이고, 그것을 다 내놓고 어떤 방법으로 환산을 해서 적용하는 것이 맞는지를 서로 전문가분들끼리 논의를 해달라는 얘기에요, 그 범위에 대해서, 그러니까 그 환산 방법에 대해서.

그 환산 방법에 대해서 논의를 해달라는 얘기고, 그 논의에 대한 경과를 알려주시는데 그것을 뭐 며칠을 하겠어요? 당장에 며칠 내로 해서 다음 회의 때 얘기를 해 주세요.

○**이승숙 위원** 그러면,

○위원장 (유국희) 오래 끌 일은 아닙니다.

○이승숙 위원 그러면 오늘 보고된 보고사항 제1, 제2, 제3은 결정? 그것은 어떤 관계인가요?

○위원장 (유국희) 그것은 제가 정리를 할 텐데요, 지금 이 부분은 아까도 제가 말씀을 드렸어요. 8 %와 관련해서 이것이 한수원의 구매규격에 맞느냐, 틀리냐는 아까 이견이 있었습니다. 그 이견은 사실 정리를 못했어요. 필요하다면 한 번 더 논의를 해야 될 부분이고요. 그 부분에 대해서 어떤 방법론이 좋을지, 그 부분은 남아 있는 문제고요.

그러나 8 %의 수소제거율과 관련해서는 규제요건은 아닙니다, 이것은 한수원의 구매규격이었죠. 그래서 '규제요건에 맞느냐?'라고 하는 것은 지금 보고를 받으셨고요, KINS로부터. 그래서 '규제요건에는 문제가 없다.'라고 정리가 됐습니다.

그리고 또 하나 말씀드린 게, 화염과 관련된 부분, 불티와 관련된 부분이 사실은 많은 분들이 우려를 했던 부분이에요. '수소를 제거하라고 달아놓은 PAR가 폭발을 일으키는 점화원으로서 작용을 한다.'라면 그것은 PAR를 발전소에서 떼야죠.

그런 관점에서 이 PAR가 화염과 불티가 날리는 부분이 애초에 안전성 평가를 통해서, 수소 분석을 통해서 격납건물에 영향이 있는지에 대한 부분을 평가를 했는데, 새로운 PAR와 관련된 점화원으로서 기능, 역할이 그 안전성평가에 영향을 주는지를 KINS가 검토한 것이고요.

검토한 결과로서 '화염 폭발, 화염가속과 연소폭발천이는 일어나지 않는다.'라고 결론을 내린 것이잖아요.

여러 번 말씀을 드리지만, 아까 영상에서 보듯이 연소가 화염이 나고 불티가 난다고 해서 불만족이 아니잖아요? ‘그 발생하는 불티와 화염이 안전성에 영향을 주느냐?’라고 하는 것의 평가를 KINS가 한 것이고요, 그것에 따른 결론을 오늘 보고를 받으신 것입니다.

그래서 지금 남아 있는 게, 오늘 기기생존성과 관련해서는 시간도 굉장히 오래돼서 논의를 사실 못하셨습니다. 그래서 논의, 의견이 있으신지를 사실 확인을 못했는데 그 부분도 있고, 말씀드린 대로 8 %와 관련해서는 아까 노출됐던 이견에 대해서 추가적으로 논의할 부분이 있을 수도 있습니다.

그래서 그 부분은 아까 말씀드린 대로 전문가분들끼리 모든 자료를 다 내놓고 의견을 나눠 주십사 하는 말씀을 드리는 거예요.

그래서 전문가분들끼리 의견을 하나로 모아주시면 제일 좋고, 그게 아니면 그게 아닌 것대로 그대로 알려달라는 말씀이죠.

결국은 원안위가 원안위에서 결정해야 될 일은, ‘현재 달려 있는, 원자력발전소에 달려 있는 KNT PAR를 어떻게 할 것인가?’라는 부분이잖아요.

그래서 그 부분에 의견을 집중해달라는 말씀을 제가 계속 드리고 있는 것입니다.

이승숙 위원님.

○**이승숙 위원** 좀 늦었지만 자료를 보내주실 때 사실 어디부……

아까 처장님 말씀하시길 ‘자료를 어디까지 오픈하는지’ 그런 말씀 비슷한 말씀하셨는데, 받아들이는 입장에서도 사실 심의안건, 보고안건 이렇게 오고, 추가로 자료가 오는데 하루 전(前) 정도에 오는 것, 24시간 전에는

받아야 그래도 이메일이 왔는지 확인하고 볼 수가 있는데, 가끔 그런 경우도 있죠. 늦게, 저녁 늦게 하면 메일이 온 지를 모르고, 그렇지만 그 자료는 거의 똑같은 무게를 지니고 이 테이블에 있고요.

이럴 때 그 추가된 자료들에 대해서 어느 정도까지 받아들여야 될지를 사실 잘 모르겠습니다.

예를 들어서 PAR 실험평가보고서, 하정구 위원님이 쓰신 것은 지금 이 PAR에 대한 얘기를 하는 이 상황에서 그동안 해오신 내용을 참고하라는 의미로 급하게 주신 것으로 이해를 했고, 그래서 그냥 참고자료 정도로 저는 생각을 했는데, 이것을 오픈하는지 이런 문제에 대한 얘기도 나오고,

그래서 성격상 이 뒤에 실제 자문위원 간 대화한 내용이라든지, 파일이라든지 이런 부분들이 있어서,

그러니까 이런 수많은 자료들을 어떤 차원으로 받아들여야 되며, 어디까지가 공식적인 부분인지를 조금 명확히 하면 부담이 적을 것 같습니다. 이것을 다 못 봤다는 것에 대한 불안감을 떨칠 수가 있을 것 같아요.

○**위원장 (유국희)** 무슨 말씀인지 이해를 하겠습니다.

이 부분은 정리를 좀 할 필요가 있어 보이고요, 간사님.

○**간 사 (기획조정관 손명선)** 그 부분 관련해서 제가 간사로서 말씀을 드리고 싶었는데요.

저희 원안위 회의운영 규칙에 보면 ‘안전의 구분’에 심의·의결안전과 보고안전이 있습니다. 그래서 심의·의결안전과 보고안전은 공식 안전이고, 그 안전 이외의 것은 사실 공식 안전은 아닙니다.

그럼에도 불구하고 위원님들께서 궁금해하시거나 위원님들의 정보를

위해서 필요한 사안들을 저희가 기타보고 안건으로 보고 드린 바는 있습니다.

그러한 사안들에 있어서 그 안건으로서 제출되었느냐, 안 되었느냐 여부 판단에 지금 문제가 생길 수 있는데요. 그 안건으로서의 상정 여부 판단은 위원장님이 하도록 되어 있습니다.

그래서 안건을 위원님들께서는 의안을 제의하실 수는 있고, 위원장님은 의안의 안건 상정 여부를 판단하고 나서 위원장이 직접 제출하거나 해당 기관의 장에게 제출하도록 요구할 수 있게 되어 있고요.

그리고 보고안건의 경우에도 지금 이러한 부분들이 위원님들이 각각 개인의 어떤 보고서나 의견서 내지는 여러 가지가 있을 수 있기 때문에 이러한 부분에 대해서 저희 회의운영 규칙상 설명하기는 좀 어려운 부분이 있습니다.

그래서 오늘 또 이러한 일이 발생하게 되면서 위원님들 간 결정을 해주시면 저희가 회의록 등을 게시할 때 참고하도록 하겠습니다. 명확히 해주십사 부탁드립니다.

○**김군태 위원** 김군태입니다.

○**위원장 (유국희)** 김군태 위원님.

○**김군태 위원** 아까 그 부분에 관해서 제가 의견을 말씀드렸었고요. 제 말씀을 듣고 나서 위원장님께서 판단하신 것이 보고안건으로 하기보다는 하정구 위원님께서 위원으로서 의견을 제시하는 것으로 같음하겠다. 저는 그렇게 이해를 해서 참고자료로 제시한 것은 정식 보고안건은 아니다, 그렇게 이해를 했습니다.

○위원장 (유국희) 네, 맞습니다.

○김군태 위원 감사합니다.

○위원장 (유국희) 이 부분은 위원님들 기억을 떠올리시면 하정구 위원님께서 오늘 말씀하시려고 했던 게 아니고요, 지난번 회의 때 준비를 해오셨어요.

물론, 그 이후에 조금 업데이트가 돼 있는지는 모르겠지만, 그때 하정구 위원님의 취지가 소위원회 위원장으로서 그동안 실험과정에서 참관도 하시고 쪽 해오셨기 때문에 위원님들과 공유하고 싶다는 말씀을 주셨었습니다. 그래서 공유 차원에서 말씀을 해 주신 것이고, 그렇게 정리를 하면 될 것 같고요.

사실은 진행되는 과정에서 여러 가지 규정상에 있는 부분하고 명확하게 안 맞을 수는 있어요. 가능하면 규정에 따라서, 절차에 따라서 진행하도록 하고, 혹시라도 불가피하게 오늘 같은 상황이 있으면 그때는 위원님들 의견 받아서 정리를 하도록 하겠습니다.

지금 여러 가지 PAR와 관련된 부분에 대한 보고를 들으셨는데, 사실은 이 PAR가 화염과 불티가 난 이후에 성능시험하고 있는 부분이 있어요. 이 부분은 빨리 진행을 해 주셨으면 좋겠습니다.

그래서 최소한 다음번 원안위 회의에는 이 부분도 보고를 해 주실 수 있도록 정리를 해 주십시오.

가능한가요? 어느 분이 답을 주실 수 있나요?

○하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장) 한국원자력연구원 하광순입니다.

제1차, 제2차, 제3차 KAERI에서 수행한 촉매체를 대상으로 해서 건전성

실험을 KAERI SPARC 장치에서 계획해서 수행할 예정으로 있고요, 현재는 계획이 다소 빨리 진행돼서 현재 계획으로는 내일 실험을 수행할 예정에 있습니다.

그래서 지금 하정구 위원님께 부탁드리는 것은, 내일 참관하실 분들에 대한 명단을 부탁드리는데요, 이따 끝나고 나서 그 부분도 협의하도록 하겠습니다.

○**위원장 (유국희)** 진행이 되고 있다고 하니까 다행이네요. 빨리 진행을 해서 다음 회의 때는 보고가 될 수 있도록, 그렇게 준비를 해 주시기 바랍니다.

IV. 폐회선언

- 위원장 (유국희) 오늘 굉장히 장시간 동안 논의를 많이 했는데, 간사께서는 다음 회의일정 안내를 부탁드립니다.
- 간 사 (기획조정관 손명선) 차기 제167회 원안위는 11월 30일, 오전 10시 반에 개최될 예정입니다.
- 위원장 (유국희) 이로써 제166회 원자력안전위원회를 마치도록 하겠습니다. 수고하셨습니다.

(의사봉 3타)

(오후 7시 15분 폐회)