

나눔과 사랑을 담은 정치

# 양이원영 보도자료



서울시 영등포구 의사당대로 1 국회의원회관 502호 | E: yangyi.assembly@gmail.com | T: 02-784-8834 | F: 02-6788-6740

수신 : 각 언론사 산업부, 원자력안전위원회, 국회 출입기자 (원전/에너지 기자 포함)	날짜 : 2023.3.24.(금)
문의 : 서영준 비서관 010-6427-9787	분량 : 9P (본문 3P)

## [보도자료]

### 한국수력원자력(주), 안전설비 부적합사항 보고의무 위반 형사처벌될 수 있어

- 전국 18개 원전에 설치된 수소제거기(PAR), 수소제거율 구매규격 충족 못시켜
- KNT社 수소제거기에 이어 세라컴社 수소제거기 실험에서도 불꽃 연소 발생
- 구매규격에 미달하는데 규제요건은 만족한다는 한국원자력안전기술원의 결론은 궤변
- 원자력안전위원들에게 사전보고 없이 실험 진행되고 최초 공익신고자도 사실상 배제

한국원자력연구원(KAERI)이 3월 23일(목) 원자력안전위원회에 제출한 ‘공익신고에 따른 PAR(Passive Autocatalytic Recombiner, 피동촉매형수소재결합기) 수소제거율 실험 중간결과’에 따르면 세라컴사의 수소제거기 성능이 한국수력원자력의 구매규격을 충족하지 못한 것으로 확인했다. 그뿐만 아니라 수소제거 과정에서 KNT 수소제거기와 마찬가지로 불꽃이 발생하고 화재가 발생했다. 하지만 실험 중간결과를 검토한 한국원자력안전기술원(KINS)은 규제요건은 만족한다는 납득하기 어려운 결과를 내놓았다.

중간결과에 따르면 한국원자력연구원 실험장비를 활용해 수소농도 4%에서 세라컴사 수소제거기에 대한 성능검증을 진행한 결과 수소 제거율은 초당 0.131~0.137g으로 나타났다. 한수원이 제시하는 수소제거기의 구매요건 0.2g/sec(수소농도 4%)에 한참 못 미치는 성능이다.

수소제거기는 원자로 건물 내에서 핵연료가 녹아내리는 등 중대사고로 수소가 발생했을 때 필요한 중대사고 완화장치로 후쿠시마 원전사고 후속대책으로 전 원전에 설치되었다. 수소폭발을 막기 위해 전원공급이나 운전원 조작 없이 촉매를 매개로 수소와 산소의 화학반응을 통해 자동

으로 수소를 제거하는 장치이다. 현재 세라컴사 수소제거기는 월성 2·3·4호기 등 국내 원자력발전소 18기에 설치되어 있다.

## 1. 고온에서 기능하지 못하는 세라믹소재 수소제거기

세라컴사의 수소제거기는 지난 2018년 독일에서 실험할 당시부터 불꽃 발생문제로 논란이 되었다. 작년 2022년 2월 진행된 KNT사의 수소제거기 수소제거실험에서도 불꽃이 일어 화염이 발생하는 등 세라믹소재 수소제거기에서 연소반응이 일어나는 것이 확인되었다.

세라컴이건 KNT이건 세라믹소재 수소제거기에서 공통적으로 발생하는 문제라는 지적이 이어지고 있다. 양이원영 의원실이 확보한 한국세라믹기술원(KICET) 자료에 따르면 세라믹에 코팅된 촉매입자는 700도씨 이상에서 결정구조가 변하면서 촉매 성능이 떨어진다. 800°C 이상에서 촉매 입자들이 떨어져 나가 촉매 기능을 발휘할 수 없게 된다. 한국세라믹기술원은 세라믹 소재 수소제거기는 600도씨 이하에서 사용하는 것을 권장하고 있다. 하지만 원전에서 중대사고가 발생하면 녹아내린 핵연료가 있는 격납건물 하부온도는 2,000도씨 이상까지도 올라가는 것으로 알려져 있다.

실제 이번 실험에서 세라컴사의 세라믹소재 수소제거기는 수소제거실험 당시 입구 수소농도 3.46%에서 촉매제 최고온도가 412도씨로 올라가며 불꽃입자가 발생했고 수소농도 6.35%에서는 수소제거기 촉매제 표면 온도가 최대 643도씨까지 올라가며 연소가 발생했다.

## 2. 한국수력원자력(주)의 구매요건 불만족, 안전설비 부적합사항 보고 위반으로 처벌 가능성

이번 실험을 통해 원자력안전위원회는 세라컴 수소제거기 성능이 구매요건에 미치지 못하는 것을 확인했다고 밝혔다. 이에 따라 한국수력원자력이 원자력안전법에 따라 부적합사항을 제대로 보고했는지에 대해서도 조사가 필요하다.

「원자력안전법」 제15조의3에 따르면 한국수력원자력은 부적합사항을 발견하면 원자력안전위원회에 보고해야 한다. 특히 「원자력안전법」 제15조의3에 따른 부적합사항 보고를 이행하는데 필요한 절차 및 방법을 규정한 「부적합사항의 보고에 관한 규정」에 따르면 “불일치(nonconformance)란, 안전관련설비 또는 필수사고관리설비가 설계문서 및 구매문서에 기술된 요건으로부터 벗어나 있거나 그 요건을 준수하지 못하는 상태”를 말한다. 이를 확인했을 경우, 사업자는 48시간 이내에 원자력안전위원회에 보고하여야 한다. 해당 법규를 위반할 경우 원자력안전법 제117조에 따라 1년 이하의 징역 또는 1천만 원 이하의 벌금에 처해진다.

### 3. 원자력안전위원회들에게 사전보고 없이 실험 이루어져 위법 논란

「원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률」 제12조 제8호에 따르면 원자력안전관리에 따른 조사·시험·연구·개발에 관한 사항은 원자력안전위원회의 심의의결사항으로 되어있다. 그러나 이번 수소제거기 수소제거율 실험은 작년 12월 13일부터 5차례 진행되었지만, 원자력안전위원회들에게 실험일정 등이 사전에 보고되지 않은 채 진행된 것으로 확인되었다.

12월 실험 직전에 열린 167회 원자력안전위원회 회의록을 보면, 한국원자력연구원은 “구체적인 실험계획과 실험일정들을 결정해야 되는데, 아직까지는 구체적인 실험 매트릭스에 대해서는 정해지지 않았기 때문에, 이에 대한 논의와 협의가 필요한 단계라고 할 수 있겠습니다.”라고 기록되어 있다. 실험 계획과 일정 등이 정해지지 않았지만 한국원자력연구원은 회의 후 얼마 지나지 않아 원자력안전위원회에 보고하지도 않은 채 세라컴사 수소제거기 실험을 강행한 것이다.

### 4. 공익신고자 배제한 실험 진행

해당 수소제거기의 수소제거실험은 2018년 9월 독일에서 있었던 실험에서 문제점을 목격한 공익신고자 제보로 시작된 것이다. 당시 수소제거 실험에서 촉매 입자가 불꽃으로 날아다니는 현상이 목격된 것이다. 하지만 공익신고자의 참관은 세라컴사 수소제거기 실험이 4차례나 진행된 이후야 한 번 허용되었다. 실험 데이터나 절차에 대한 공익신고자 접근은 배제된 상황이다.

양이원영 의원은 “이번 수소제거기 수소제거실험은 최초 공익신고자도 배제되고, 원자력안전위원회에게 사전공지도 되지 않은, 절차도 결과도 엉터리인 실험”이라고 강조했다. 또한 “구매규격에는 미달하지만, 규제요건은 만족한다는 결론은 궤변에 불과”하며, “앞으로 한국수력원자력의 성능값 조작 의혹에 대해 추가 조사가 필요하다”고 밝혔다.

- 첨부1. 수소제거기 실험 중간보고자료(보고1호 공익신고에 따른 PAR 수소제거율 실험 중간결과)
- 첨부2. 국내 원전별 수소제거기 설치현황
- 첨부3. 원자력안전위원회 답변자료
- 첨부4. 한국세라믹기술원 수소제거기 관련 자료
- 첨부5. 원자력안전위원회 회의록 (제167회 회의)

첨부1. 수소제거기 실험 중간보고자료(보고1호 공익신고에 따른 PAR 수소제거울 실험 중간결과)

○ 발광입자(glowing particle) 관찰(PAR-SPARC-CER-04)

- 살수조건시 입구 수소농도 3.46 vol%, 촉매체 최고온도 412 °C에서 발광입자 다량 발생 시작



< PAR 출구 영상(살수시) >



< PAR 입구 영상(살수시) >

< 세라컴 PAR SPARC 실험결과(입자 관찰) >

실험번호		PAR-SPARC-CER-04
기체 농도	PAR 입구 수소농도	3.46 vol%
	PAR 입구 수증기농도	10.69 vol%
	PAR 입구 산소 농도	16.30 vol%
PAR 촉매체 최대 표면온도		412 °C
발생 단계		Phase 2(살수)

○ 연소 관찰(PAR-SPARC-CER-04)

- 수소주입이 계속되면서 PAR를 우회한 잉여수소가 SPARC 용기내 축적되면서 연소가능 영역에 도달한 순간 연소(폭연)가 발생하고, 이후 수소농도 급격히 감소

<연소발생 시 실험결과>

실험번호		PAR-SPARC-CER-04
기체 농도 <sup>1)</sup>	평균 수소농도	6.35 vol%
	평균 수증기농도	3.64 vol%
	평균 산소 농도	15.37 vol%
PAR 촉매체 표면 최대온도 <sup>1)</sup>		643 °C
연소 시 최대 압력 <sup>2)</sup>		3.08 bar
발생 단계		Phase 2(살수)
Shapiro Diagram 내 영역		Deflagration

1) 연소발생 직전 계속결과, 2) 연소 진행 후 최대 압력

첨부2. 국내 원전별 수소제거기 설치현황

구분	제조사	설치 대수(대)			비용 (억원)	설치시기
		설계기준 사고용	중대 사고용	총수량		
신고리1	AREVA, KNT	6	15	21	14.04	2011
신고리2	AREVA, KNT	6	15	21	14.04	2011
신월성1	AREVA, KNT	6	15	21	11.55	2011
신월성2	AREVA, KNT	6	15	21	11.55	2011
<b>고리3</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>10.38</b>	<b>2012</b>
<b>한빛3</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>7.67</b>	<b>2012</b>
<b>한빛6</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>7.67</b>	<b>2012</b>
<b>한울3</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>10.05</b>	<b>2012</b>
<b>한울6</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>8.38</b>	<b>2012</b>
<b>고리4</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>8.15</b>	<b>2013</b>
신고리3	KNT	12	18	30	15.1	2013
신고리4	KNT	12	18	30	15.1	2013
<b>한빛1</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>7.44</b>	<b>2013</b>
<b>한빛2</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>8.21</b>	<b>2013</b>
<b>한빛5</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>7.18</b>	<b>2013</b>
<b>월성4</b>	<b>세라컴</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>6.77</b>	<b>2013</b>
<b>한울1</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>11.66</b>	<b>2013</b>
<b>한울2</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>12.16</b>	<b>2013</b>
<b>한울4</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>7.67</b>	<b>2013</b>
<b>한울5</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>7.18</b>	<b>2013</b>
<b>한빛4</b>	<b>세라컴</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>13.6</b>	<b>2014</b>
<b>월성2</b>	<b>세라컴</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>7.09</b>	<b>2014</b>
<b>월성3</b>	<b>세라컴</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>6.77</b>	<b>2014</b>
<b>고리2</b>	<b>세라컴</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>7.49</b>	<b>2015</b>
신한울1	KNT	12	18	30	15.5	2018
신한울2	KNT	12	18	30	15.5	2018
신고리5	KNT	12	18	30	8.5	2021
신고리6	KNT	12	18	30	8.5	2021

<양이원영 의원>

【문 1】 세라컴 PAR 성능시험 진행여부, 시험개요 및 경과

【문 2】 원안위 위원 보고 유무, 보고했다면 보고일시 및 보고 자료 제출

□ 답변

○ 원안위는 PAR\*의 성능에 결함이 있다는 공익신고를 접수('21.1) 하여 조사를 진행 중에 있습니다.

\* 별도의 전원이나 조작 없이 자동으로 수소를 제거하는 장치

- 제164회 원안위(22.9.30)에 보고된 '공익신고에 따른 세라컴 PAR 시험 추진계획(안)'과 제167회 원안위(22.11.30)에서 세라컴社 PAR 시험 관련 결정된 내용대로 시험을 진행 중에 있습니다.

<제167회 원안위(22.11.30) 결정사항>

△ 세라컴社 PAR 시험의 경우 KNT社 PAR 시험을 통해 세팅된 시험절차에 따라 규제전문기관이 총괄 수행하되, KAERI가 계속해서 시험을 주관하기로 함

○ 현재까지 '공익신고에 따른 세라컴 PAR 시험 추진계획(안)'에 따라 두 차례('23.1.5, '23.1.17) KAERI SPARC 장비를 이용하여 1/2소형(독일 THAI 시험과 같은 크기) 세라컴 PAR 수소제거율 관찰 시험을 수행하였고,

- 소형(발전소에 설치된 크기) 세라컴 PAR에 대해 성능시험, 발광입자 발생 후 PAR 성능 유지여부 확인 시험 등이 완료되는 대로 원안위에 보고할 예정입니다.

<한국세라믹기술원>

**산업통상자원중소벤처기업위원회  
양이원영 의원실 요구자료**

- 2022년 10월 14일 -

1. 세라믹 허니컴에 부착된 백금 촉매가 고온에 노출될 경우 박리될 가능성과 폭연 가능성

☞ 세라믹 허니컴은 이산화티탄 물질로 구성되어 있으며, 여기에 백금이 3~5 무게 퍼센트로 담지된 이산화티탄 촉매가 부착되어 있습니다. 고온에 기준이 불명확하지만 600도까지는 가능한 것으로 보입니다. 600도 이상에서는 백금의 응집 및 이산화티탄 구조의 상전으로 인해 600도 이하에서 사용하는 것을 권장합니다. 폭연 가능성은 현재 조건에서는 조언을 드리기가 어렵습니다. 수소장치의 폭연가능성은 반응기의 내압 제어 설비 등 안전 설비는 갖추어야 됨을 기본입니다.

2. 첨부한 연구결과에 따라 세라믹 허니컴이 고온에 유효한 기능을 발휘할 수 있는지?

☞ 발표된 연구결과에 대해서는 600도 이하에서 GHSV(시간당 가스유속)가 35000/h에서는 100% 수소생성되는 것으로 발표하고 있으며, 단, 가스유속을 십만/h로 높일 경우 80%~94%로 수소생성이 낮아지는 것으로 보고하고 있습니다.

3. KNT, 세라컴 PAR(PAR)의 성능에 대해 알고 있는지? 알고 있다면 해당 PAR가 고온 적용이 가능한 지 여부

☞ 성능에 대해서는 지금 확인하였습니다. 해당 PAR 고온적용은 600도 이하로 사용 가능합니다.

산업통상자원중소벤처기업위원회  
양이원영 의원실 요구자료

- 2023년 1월 27일 -

3. 임계온도를 넘었을 경우 세라믹허니컴의 성능저하 및 기능상실 여부(분진 발생, 촉매역할 불가 등)
- ☞ PAR(PAR) 촉매의 경우, 세라믹 허니컴에 코팅된 Pt/TiO<sub>2</sub> 촉매입자는 700°C 이상에서 TiO<sub>2</sub> 상전이(결정구조 변화)가 발생하면서 촉매 성능저하가 발생 및 Pt 비표면적 감소하게 되며, 또한 800°C 이상에서 부착성이 약화되어(제조사에서 직접 확인 필요함) 촉매 입자들이 탈착되면 촉매 기능을 발휘할 수 없게 됩니다. 코팅된 촉매 분말의 탈착은 분진 발생의 요인이 될 수 있습니다.



○하광순 (한국원자력연구원 지능형사고대응연구부장) 일단 저희는 '세라컴'사(社) PAR에 대해서 실험을 위해서 준비를 하고 있고요. 지난 촉매체 성능 검증실험을 통해서 실험장치는 셋업이 되어 있고, 현재 독일 THAI에서 실험한 2분의 1 소형 PAR에 대해서는 독일에서 한국으로 들어와 있는 상태고, 그것을 저희 연구원에서 인수를 해서 가지고 있습니다.

독일에 보낼 당시에 2분의 1 소형 PAR를 두 개 제작해서 보냈는데, 하나는 독일실험에서 사용하고, 하나는 새 것으로 남아 있는 상태이기 때문에 그 새 외함을 이용하는 것이고, 안에 들어 있는 촉매체는 'KNT'사(社)에서 납품한 발전소에서 직접 떼어다가 저희들이 가지고 있습니다. 그것을 이용해서 실험할 계획입니다.

문제는 구체적인 실험계획과 실험일정들을 결정해야 되는데, 아직까지는 구체적인 실험 매트릭스에 대해서는 정해지지 않았기 때문에, 이에 대한 논의와 협의가 필요한 단계라고 할 수 있겠습니다.