

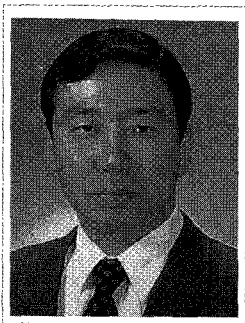


2002년도 방사선 안전 관리 실적

-방사선 피폭 · 방사성 폐기물 · 환경 방사능 관리-

심 홍 기

한국수력원자력(주) 안전기술처장



방사선 피폭 관리

1. 새로운 기술 기준을 적용한 방사선 피폭 관리

우리 나라는 2003년부터 국제방사선방호위원회의 신권고(ICRP-60) 내용을 반영한 새로운 선량 관리 체계가 전면 시행된다. 그 주요 내용은 일반인 및 직업상 피폭에 대한 선량 한도의 하향 조정과, 선량 한도에 내부 피폭 선량을 합산(이전까지는 선량 한도에 외부 피폭 선량만을 적용하였음)하여 적용하는 것

으로 1998년도에 법제화되었으나 산업계의 이행 준비 기간을 고려하여 2002년까지 그 시행이 일부 유예되어 왔다.<그림 1>

한수원(주)는 ICRP-60의 법제화에 대비하여 작업자 개인별 선량 한도를 연간 20mSv로 하향 조정하여 관리해 오고 있다.

그리고 2002년도에는 내부 피폭 선량을 ICRP-60의 기술 기준에 따라 평가하기 위하여 「내부 피폭 선량 평가 및 측정 신뢰도 향상 기술 개발」 연구를 통해 새로운 기술 기준에 부합하는 내부 피폭 선량 평가 프로그램을 개발함으로써 ICRP-60 신권고의 전면 시행에 대한 대비를 완료하였다.

2. 종사자 방사선량 관리 실적

2002년 한 해 동안 17기의 원전을 운영하면서 방사선 작업으로 인한 종사자의 총피폭 방사선량은 9.32 man·Sv로 지난해의 10.75 man·Sv보다 낮아졌는데, 이는

지속적인 방사선량 저감화 노력과 더불어 계획 예방 정비 기간이 단축되었기 때문이다.

한편 개인 선량에 있어서는 1999년 이후 연간 20mSv를 초과한 작업자가 한 명도 발생하지 않아 2003년부터 적용되는 방사선 방호 신권고의 전면 시행에도 어려움이 없을 것으로 예상된다.

이러한 방사선 관리 실적은 선진 원전 운영 국가와 비교할 때 우리나라의 방사선 안전 관리 능력이 국제적으로 경쟁력을 확보하고 있음을 알 수 있다.

이러한 결과를 얻기까지 한수원은 2001년도에 중장기 피폭 저감화 프로그램인 「원전 방사선량 저감화 종합 개선 추진 계획」을 수립하여 원전 운전 방법 및 설비 개선·신형 자동 보수 장비 확보·운영 및 제도 개선 등의 분야에서 ALARA 활동을 지속적으로 전개하여 왔다.

방사선 분야 실무자들의 발전소 간 교차 점검 실시 및 ALARA

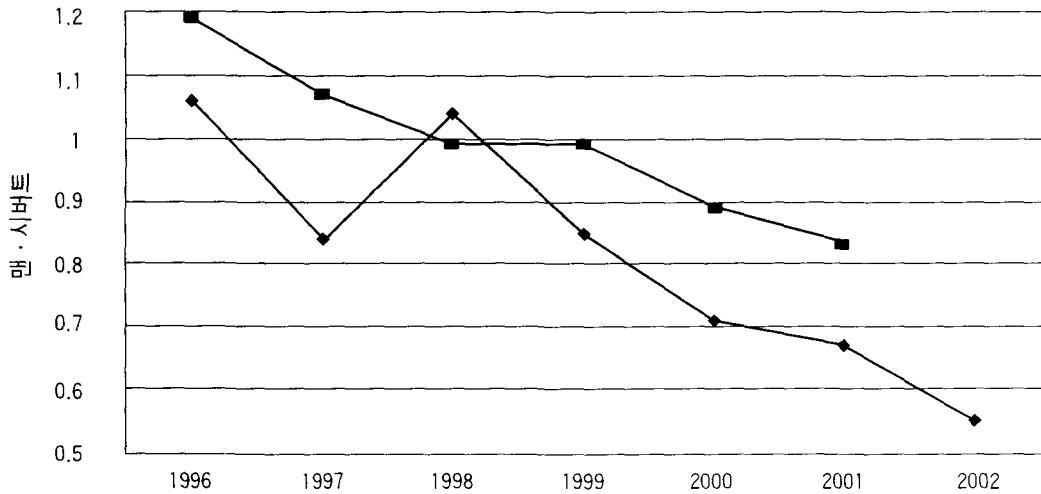


〈표 1〉 방사선량 및 계획 예방 정비 기간 비교

구분	기동 원전 (기)	방사선량(man·Sv)		계획 예방 정비	
		총선량	호기당 선량	호기수(기)	기간(일)
2001년도	16	10.75	0.67	13	510
2002년도	17	9.32	0.55	11	438

시행 연도	1998년 이전	1998년~2002년	2003년 이후
종사자 선량 한도	연간 50mSv	연간 50mSv 범위 내에서 5년간 200mSv	연간 50mSv 범위 내에서 5년간 100mSv
일반인 선량 한도	연간 5mSv	연간 1mSv	연간 1mSv
선량 한도의 의미	외부 피폭 선량만 고려한 값임		외부 피폭+내부 피폭

〈그림 1〉 원자력법의 선량 관리 체계 변화



〈그림 2〉 연도별 호기당 평균 선량 비교

Workshop 개최 등을 통해 문제점을 도출하고 개선 방안을 제시하며 타발전소의 우수 사례를 공유하여 전 원전의 방사선 관리 능력을 향상시켜 왔고, 또한 IAEA·WANO 등 원자력 관련 국제 기구와의 협력 사업을 통해 해외 원전의 방사선 관리 동향을 파악하는 등 방사선량 저감을 위한 ALARA 활동 활성화에 많은 노력을 기울여온 결과로 판단된다.

3. 방사선 영향으로부터 종사자 보호

원전 종사자에게 암 등의 질병 발생시 일차적으로 방사선 영향을 의

〈표 2〉 2002년도 기체·액체 폐기물 방출량

구 분	기 체(TBq)	액 체(TBq)
고리	9.87	0.01 미만
영광	9.53	"
울진	40.2	"
월성	151.8	"

심하게 되는 바 한수원(주)는 사내에 전문 의료 기관을 설립하여 종사자 건강 관리 및 방사선이 인체에 미치는 영향에 관한 연구 업무를 수행케 하는 등 종사자 건강 관리에 각별한 관심과 노력을 기울이고 있다.

2002년도에는 전 직원을 대상으로 각 개인의 건강 검진 및 질병 이력을 데이터 베이스화한 「통합 건강 관리 시스템」을 구축하여 전 직원의 건강 상태를 추적 관리함으로써 질병의 조기 진단 및 치료를 가능하게 하였으며, 질병 발생 초기 단계에서 인체의 생화학적 변화를 감지하여 암을 조기 진단하는 최첨단 의료 장비인 양전자 방출/컴퓨터 단층 촬영기(PET/CT)를 국내 최초로 도입하여 2003년부터 운영할 예정이다.

그리고 저방사선량에 의한 인체 영향에 관한 연구를 실시하고 원전 종사자와 주변 주민에 대한 방사선 영향 역학 조사를 지속적으로 실시하여 원전 안전성을 확보하고자 한다.

〈표 3〉 2002년도 기체 및 액체 방출 방사능이 주변 주민에 미친 방사선 영향 평가

원전	고리	월성	영광	울진
선량(mSv)	0.0027	0.0065	0.0068	0.0167

방사성 폐기물 관리

1. 기체 방사성 폐기물

기체 방사성 폐기물 방출은 다음 두 가지 방법으로 규제한다.

첫째, 발전소 부지 경계에서 과학기술부 고시 제2002-1호에 정하는 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 방출을 제한한다.

기체 폐기물은 정밀한 여과 장치 및 감쇠 장치로 깨끗이 처리한 후 외부로 방출하기 전에 방사성 물질의 종류 및 농도를 측정하여 인근 주민이 거주하는 지역에서 법이 정한 배출 관리 기준을 초과하지 않도록 확인한다.

이와 같은 방출 기준을 적용하여 관리한 결과 2002년도 가동중인 원전으로부터 방출된 기체 폐기물의 전 베타-감마선은 모두 211 테라베크렐이며 발전소별 방출 내역은 〈표 2〉와 같다.

둘째, 발전소 인근에 거주하는 주민에 대한 기준치를 넘지 않도록 방출을 제한한다.

발전소 인근 주민에게 얼마나 영향을 주었는지 여부는 방출되는 방사성 물질의 종류별 방사능의 양, 기상 상태, 사람의 생체 신진 대사,

반경 80km 이내 지역 사회의 산업 활동 등 사회 생활 자료를 활용하여 국내 사회 환경에 적합하게 국제적인 기준으로 개발된 발전소 인근 주민 방사선 영향 평가 컴퓨터 프로그램(ODCM)을 사용한다.

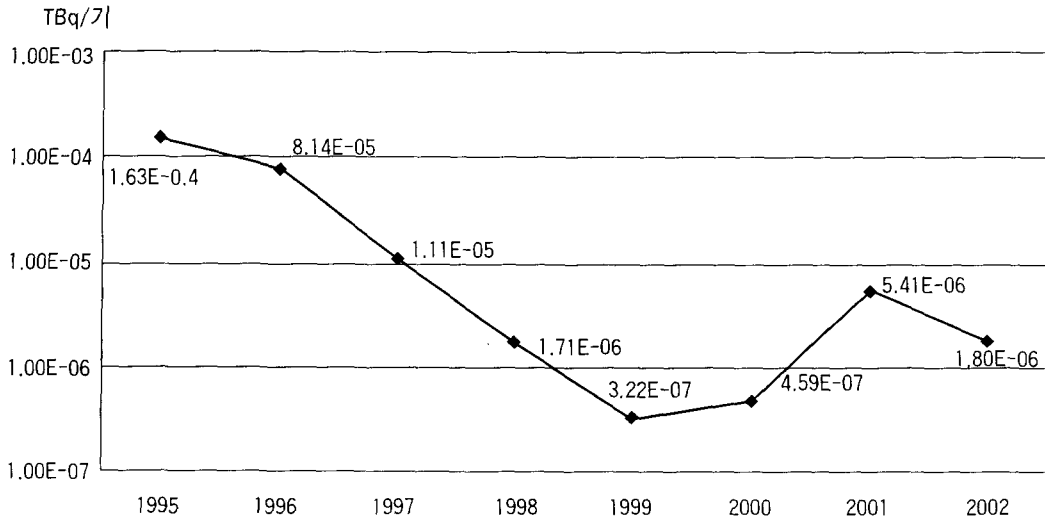
2002년도에 발전소 인근 주민에 대한 기체 및 액체 방사선 영향을 평가한 결과는 〈표 3〉과 같으며 방사선 영향이 가장 큰 울진 본부의 경우 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 지난해에 받은 최대 전신 선량은 1년에 0.0167 밀리시버트로 계산되었다.

이 값은 원자력법에 정한 일반인의 연간 선량한도인 1밀리시버트나 우리 인간이 자연적으로 받는 개인 선량이 1년에 약 2.4밀리시버트인 점을 생각해 본다면 원자력발전소에서 나오는 기체 때문에 주민이 받는 방사선 영향은 무시할 정도다.

2. 액체 방사성 폐기물

액체 방사성 폐기물 방출 역시 기체와 같이 다음 두 가지 방법으로 규제한다.

첫째, 발전소 제한 구역 경계의 수중 방사성 물질의 농도가 과학기술부 고시 제2002-1호에 정하는



〈그림 3〉 연도별 호기당 액체 폐기물 방출량

배출 관리 기준을 초과하지 않도록 한다.

액체 폐기물은 증발, 여과 및 이온 교환으로 깨끗이 처리한 후 방출하기 전에 시료를 채취하여 방사성 물질의 종류 및 방사능 농도를 측정하여 방출 여부를 결정한다. 또한 배수구에서는 허용 기준치 이상이 되면 방사능 연속 감시기가 자동적으로 방출을 중단시킨다.

원전의 액체 폐기물은 법정 허용치 이내로 방출하고 있으나, 기존 처리 설비의 성능 향상, 절차서 보완, 종사자 교육 훈련 등을 통해 방사능 방출을 최소화하는 개념을 도입하여 액체 폐기물을 관리하고 있다.

그 결과 액체 방사능 방출량을

1995년에 연간 호기당 1.63 10E-04 테라베크렐 수준에서 연차적으로 낮추어 2002년도에 가동중인 원전으로부터 방출된 액체 폐기물의 전 베타-감마선(β - γ)은 연간 호기당 1.80E-06 테라베크렐로 거의 Zero라고 볼 수 있다. 발전소별 방출 실적은 〈표 2〉와 같다(삼중수소 제외).

둘째, 발전소 인근 주민에 대한 기준치를 넘지 않도록 한다.

발전소 인근 주민이 기준치를 초과하는 영향을 받았는지 여부는 기체 폐기물과 같이 발전소 인근 주민 방사선 영향 평가 컴퓨터 프로그램(ODCM)에 해당 자료를 입력하여 평가한다.

2002년도의 발전소 인근 주민에

대한 기체 및 액체 방사선 영향을 평가한 결과는 〈표 3〉과 같으며, 방사선영향이 가장 큰 울진 본부의 경우 발전소 울타리 바로 바깥에 거주하는 주민이 전신에 받은 방사선의 양은 1년에 최대 0.0167 밀리시버트 이하로 나타났다.

3. 중 저준위 고체 방사성 폐기물

고체 폐기물은 기체 및 액체 폐기물 처리에 사용했던 여과재, 이온 교환 수지, 폐액 증발기의 농축 찌꺼기, 그리고 방사선 작업자들이 사용했던 작업복·공구·휴지 등 잡고체로 구분할 수 있다.

이들은 폐기물 종류별로 적절한 처리 방법을 사용하고 있어 원전 부지 내 저장 시설의 이용 효율을 극

〈표 4〉 2002년도 중·저준위 고체 폐기물 발생량

단위: 드럼

구분	고리	영광	울진	월성	계	
						2002년분
	폐수지	90	141	125	121	477
	폐 필터	19	0	24	8	51
	잡고체	810	615	877	427	2,729
	계	977	833	1,126	556	3,492
	감소*	-	-252	-	-1,210	-1,462
	누계	32,721	10,602	12,468	4,596	60,387

* 고압 압축에 의한 감소

〈표 5〉 2002년도 사용후 연료 저장 관리 현황

구분	저장 능력*1		연간 예상 발생량*2		저장량		예상 포화연도
	톤	다발	톤	다발	톤	다발	
고리(4기)	1,737	4,225	45	108	1,288	3,199	2008
영광(6기)	1,696	4,038	76	184	895	2,148	2008
울진(6기)	1,563	3,723	51	187	710	1,663	2007
월성(4기)	4,807	254,352	398	21,028	3,089	163,144	2006
계	9,803	-	597	-	5,982	-	-

*1. 추진중인 저장 용량 확장 사업 포함(고리)

*2. 가동중 원전 대상

대화하고 영구 처분 비용을 절감함과 동시에 방사성 폐기물 처리 작업의 품질 고도화를 도모하여 작업종사자의 방사선 피폭을 줄이고 있다.

2002년도에 가동중인 원전에서 발생한 고체 폐기물 드럼은 총 3,492드럼이나, 초고압 압축으로 1,462드럼이 감소되어 전년 대비 고체 폐기물 드럼 순증가량은 2,030 드럼이며, 2002년 말까지 발생된 고체 폐기물 누계량은 모두 60,387 드럼이다.

이 중에서 상당 부분이 고압 압축 설비로 압축이 가능한 잡고체 폐기물이므로 이들도 초고압 압축 설비를 이용하여 연차적으로 처리할 예정이다.

농축 폐액 건조 설비, 가열 압축 장비 등 최신 폐기물 처리 설비를 운영한 결과 폐기물 발생량이 1990년대 초 호기당 연간 500드럼에서 2002년도에는 141드럼 수준으로 대폭 감소 달성하였으며, 이후에도 지속적인 설비 투자와 철저한

관리로 더욱 낮출 계획이다. 2002년도 발생량은 〈표 4〉와 같다.

또한 한수원(주)는 2007년 실용화를 목표로 방사성 폐기물을 유리로 만드는 기술을 개발중에 있고 이 기술이 실용화된다면 발생량은 현재의 약 1/5 수준으로 감소될 전망이다.

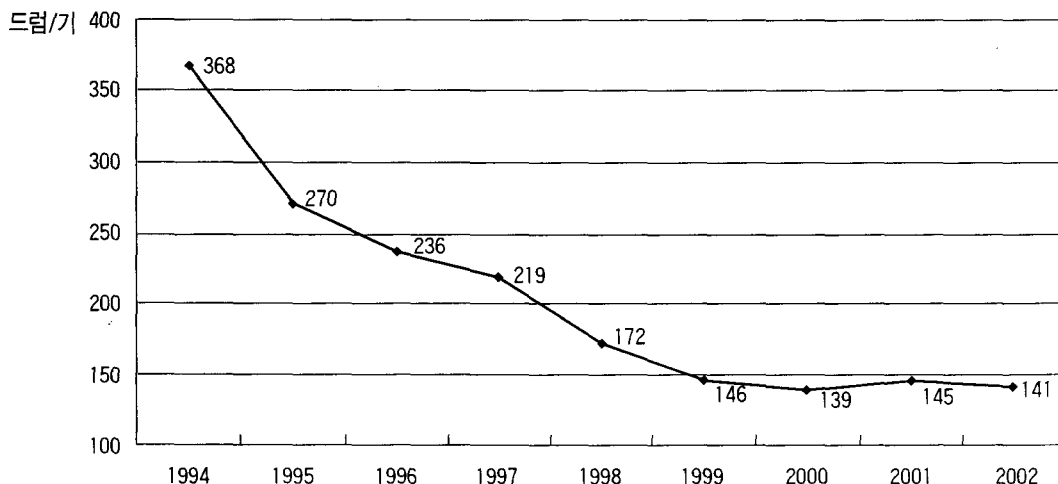
4. 사용후 연료

사용후 연료는 그 속에 포함된 핵분열 생성물 때문에 원자로에서 꺼낸 이후에도 일정 기간 동안 방사선과 열을 낸다. 사용후 연료는 발전소의 연료 건물 내의 물 속에 (이를 사용후 연료 저장조라고 부른다) 저장한다.

사용후 연료 저장량이 증가됨에 따라 저장 효율을 높이기 위해 기존 저장조 내에 조밀 저장대를 교체 및 추가 설치하고 있으며, 고리 3호기 조밀 저장대 설치가 2002년 2월에 완료하였으며, 2003년 1월부터 고리 4호기 조밀 저장대 설치 작업을 수행중에 있다.

근래에는 수중에 저장하는 기술 외에도 콘크리트로 방사선을 막고 공기로 열을 제거하는 기술을 이용한 건식 저장 방법이 발달하여 해외의 여러 원전에서 사용되고 있다.

우리 나라에서도 월성 원자력발전소에 이러한 공기 냉각식 콘크리트 구조물 형태의 건식 저장 시설을 1992년, 1998년 및 2002년 3회에



〈그림 5〉 호기당 중·저준위 폐기물 발생량 추이

걸쳐 건설하였으며, 2003년부터 추가로 건식 저장 시설을 건설할 예정이다.

현재 원전 부지별로 2006~2008년까지의 저장 능력을 확보하고 있으며, 이후 사용후 연료 중간 저장 시설이 건설되는 2016년까지 원전 부지 내에 저장할 수 있도록 조밀 저장대 설치 및 건식 저장소 건설 등 저장 능력 확장을 위한 계획을 수립, 저장 능력 확장 사업을 추진해 나갈 것이다. 2002년 말 현재 사용후 연료의 저장 관리 현황이 <표 5>에 정리되어 있다.

환경 방사능 관리 분야

1. 환경 방사능 조사

원전 운영으로 인하여 주변 지역

및 주민에게 방사선(능)의 영향이 있는지 조사하기 위하여 공기중의 방사선량률을 측정하고, 주변 지역의 토양이나 채소류, 곡류 등의 방사능을 분석하고, 인근 해역에서의 해저토와 해수, 그리고 어패류를 채취하여 방사능을 분석함으로써 원전에 의한 영향이 있는지 여부를 자체적으로 조사하고 있다.

또한 원전 주변 환경 방사능 조사 결과의 객관성과 신뢰성 확보를 위해 각 원전이 소재한 지역의 대학교에 위탁하여 환경 방사능 조사를 수행하고 있으며, 이 조사에는 부산대학교·경북대학교·광주과학기술원·조선대학교가 참여하고 있다.

그리고 각 원전 지역별로 지역주민이 독자적인 환경 감시를 수행하기 위하여 고리 원전 및 영광 원전

민간환경감시기구가 발족되어 원전 주변의 환경 조사·분석 등 감시 활동을 수행하고 있으며, 월성 원전 및 울진 원전도 관할 지방 자치 단체가 중심이 되어 발족을 추진중에 있다.

2002년도에 여러 기관에서 환경 방사선(능)을 조사 평가한 결과 원전 주변 공간 감마선량률은 38.0~282.0 nGy/hr로서 예년과 유사한 값을 보이고 있으며, 원전 주변 각종 육상 및 해상 시료들의 방사능을 분석한 결과 공기중의 전베타 방사능은 0.09~2.85mBq/m³로, 2001년도 0.04~1.79 mBq/m³와 비슷하였다.

또한 토양·물·농축산물·해수·해저토 등 20여종의 환경 시료를 채취하여 방사능을 분석한 결과

인공 방사성 핵종은 육상 토양 시료에서 Cs-137이 최고 25.33 Bq/kg-dry, 솔잎에서 Sr-90이 최고 10.86 Bq/kg-Fresh로 우리나라 전국토에서 나타나는 일반적인 수준으로 이는 과거 외국에서의 핵실험에 의한 방사성 낙진 등의 영향에 기인한 것으로 판단된다.

따라서 원전 운영에 의하여 주변 지역과 주민에게 방사선(능) 영향이 미치고 있지 않은 것으로 나타났다.

2. 기형 가축 발생 원인 규명 조사

기형은 질병·환경·선천적인 결합 등에 의해 세계 어디서나 모든 동식물에 걸쳐 나타나지만 원전 주변에서 나타나는 기형 가축에 대해 일부 사람들은 원전의 방사선 영향이 아닌가 의심한다.

1980년대 중반부터 여러 차례의 원전 주변 기형 가축 출산에 대한 지역 주민이나 언론에서 방사선 영향이라는 주장이 제기되었으나 그

때마다 전문 기관의 조사 결과는 기형을 유발하는 바이러스성 질병 감염 등에 의한 것으로 밝혀진 바 있다.

한수원(주)는 원전 주변의 기형 가축 발생으로 인한 환경 안전성 논란을 불식하고, 방사선에 관련된 지역 민원을 원천적으로 차단하기 위해 2000년 1월부터 2003년 1월까지 3년에 걸쳐 월성·울진 원전 주변 가축을 대상으로 경북대학교 수의과대학에 의뢰하여 체계적이고 과학적인 원전 주변의 기형 가축 발생 원인조사를 실시하였다.

조사 결과 <표 7>와 같이 원전 주변 지역에서의 기형 가축의 발생률이 대조 지역보다 높지 않은 것으로 나타났으며 기형 가축의 발생 원인은 대부분 바이러스에 의한 아까바네병으로 밝혀졌다. ☞

<표 6> 환경 방사능 조사 내용

대상 및 시료	조사 항목	주 기	지점수(원전별)
지상 1m 공간	방사선량률	연속	10~11 개소
	방사선 집적 선량	분기 1회	40 개소 이상
공기	전베타, 감마 핵종, I-131	주 1회~분기 1회	10 개소
토양·솔잎	전베타, 감마 핵종	년 2회	5~15 개소
물 시료	감마 핵종, 삼중수소	월 1회~분기 1회	2~3 개소 이상
해양 시료	전베타, 감마 핵종	년 2회	2 개소 이상
우유	감마 핵종, I-131	월 1회	2 개소 이상
농수산물	감마 핵종	년 1~2회	2~3 개소 이상

<표 7> 기형 가축 발생 현황(2000. 1~2003. 1)

구분	질 병 명									합계
	아까바네	곰팡이감염증	네오스포라	유산증	탈수증	선천성 기형	감상선종	외상선 유종	원인 불명	
고리 지역	7									7
영광 지역	1		1							2
월성 지역	14									14
울진 지역	6	1								7
기타 지역 (대구 근교 및 경북 북부)	31			2	1	4	2	1	2	43
계	59	1	1	2	1	4	2	1	2	73