

## 논 단 II

최적 공급신뢰도 결정을 위한  
수용가 정전비용의 평가

## Conclusion II

한국전기연구원 전력연구단 최 상 봉

## 1. 서론

최근의 전기사업은 전력산업 구조개편과 맞물려 전력계통의 공급신뢰도가 큰 문제로 대두되고 있다. 또한 에너지-산업간의 경쟁 심화로 공급자측에서의 공급신뢰도와 관련된 환경조건 변화가 고려되지 않으면 안된다. 즉, 다른 에너지와의 요금 격차로 인해 수용가가 전력에너지를 타 에너지로 변환할 가능성이 있어 전력공급 신뢰도의 일률적 향상은 반드시 필수적인 전략이라고 말할 수 없기 때문에 이와 같은 문제점에 효율적으로 대처하기 위해서는 수용가의 공급신뢰도와 정전비용에 대한 반응을 감지할 필요가 있다. 그러므로 과거에는 전기사업에 있어서 공급신뢰도 문제는 항상 고신뢰성에 중점을 두고 전력을 공급하였지만 현행 제도하에서는 일률적으로 공급신뢰도를 향상시키는 것이 큰 코스트 상승을 동반하기 때문에 수용가 측을 고려하여 보다 유연한 계획과 운용을 하는 것이 중요하다는 방향으로 변하고 있다. 예를 들면 배전계통의 설비를 보강하는 경우, 수용가는 공급신뢰도가 향상되어 안정적으로 전력을 공급받을 수 있는 장점이 있는 반면, 이에 소요되는 설비 투자비는 고스란히 전기 요금에 부과되어 수용가에 전담되기 때문에 단점이 될 수 있다.

이와 같은 공급신뢰도의 향상은 수용가에 대한 정전 비용의 감소를 촉발하게 되므로 어떤 방법에 의해서라도 정전 비용을 정량화 함으로서 수용가 측에서 바라본 계통설비 계획의 경제적 평가가 가능하다고 판단된다. 그런 이유로 이와 같은 수용가 정전 비용의 문제는 최근 공급예비율과 공급신뢰도 등과 관련하여 전력설비의 최적계획 및 운용을 위한 중요한 요소로 자리잡고 있다.

한편 수용가 정전 비용의 추정과 설비 계획의 도입에 대한 조사는 구미 제국에서 상당히 오래 전부터 보고되고 있으며 이웃 일본에서도 최근 들어 이에 대한 연구가 진행되고 있는데 우리나라에서는 이에 대한 구체적인 평가를 행한 사례는 지금까지는 거의 없었다. 본 연구에서는 국내의 수용가를 대상으로 경제 매크로 평가에 의한 산정 방법을 이용하여 수용가 정전 비용을 추정함으로써 계통 설비 계획 문제에 따르는 경제성과 신뢰성에 관련된 연구 자료로 활용될 것으로 판단된다.

## 2. 본 론

### ■ 정전비용 평가의 필요성

우리 나라를 비롯한 주요 선진국의 최근 전력공급 신뢰도 레벨은 상당히 높은 수준이다. 따라서, 전기사업에서 공급신뢰도를 현재 수준보다도 높게 되면 전력설비 증강을 위한 필요 투자금액은 일반적으로 점점 더 커지는 경향이 있다. 그러나 필요한 투자 금액과 비교하여 공급 신뢰도 수준의 향상으로부터 얻는 수용가의 장점은 반드시 크다고는 볼 수 없다. 그 이유는 설비 증강을 위한 투자의 확대는 전기사업의 총 원가를 증대시켜 결국 수용가가 부담하여야 할 전기요금의 인상을 가져 온다는 관점에서 오히려 좋다고 볼 수 없는 상태이기 때문이다. 그러므로 공급신뢰도를 향상시켰을 때, 수용가 측면에서의 장점과 반면에 이에 따른 수용가가 부담하지 않으면 안되는 공급 비용 증대의 균형 관계를 고려하여 전력설비의 계획과 운용을 행하는 것이 중요한 요인이다. 바꿔 말하면 전력의 공급 비용과 공급지장에 따르는 수용가의 비용의 합, 즉 수용가의 전체적인 비용 부담을 최소화 하기 위한 전력공급설비의 규모, 즉 공급신뢰도 수준을 고려하여 계획을 수립하지 않으면 안된다는 것이다. 이를 위해서는 수용가 측면에서의 정전비용을 검토하여 평가할 필요성이 있다.

한편, 이와 같은 상황은 다음 그림 2.1과 같이 도시할 수 있다. 그림 2.1에서 알 수 있듯이 만약 지금 현재 전력수요와 연료 코스트 등이 결정되어 있는 경우, 전력공급설비(전원 및 전력유통 설비)의 규모를 확대하면 전력 공급 코스트는 증대된다. 한편, 정전에 의한 수용가 비용은 이와 같은 전력설비의 증강 즉, 공급신뢰도 향상에 따라 감소된다. 따라서 이 두가지 코스트의 합이 최소가 되는 점이 사회적인 측면에서 바라본 최적 공급설비 규모이고 그 때의 공급신뢰도가 적절한 신뢰도 수준이 되는 것이다. 바꿔 말하면 이것은 설비 증강에 따르는 한계 공급 비용과 그 때의 한계 정전 비용이 같아지는 점에서 최적 공급 신뢰도 수준을 결정하는 방법이라고 할 수 있다.

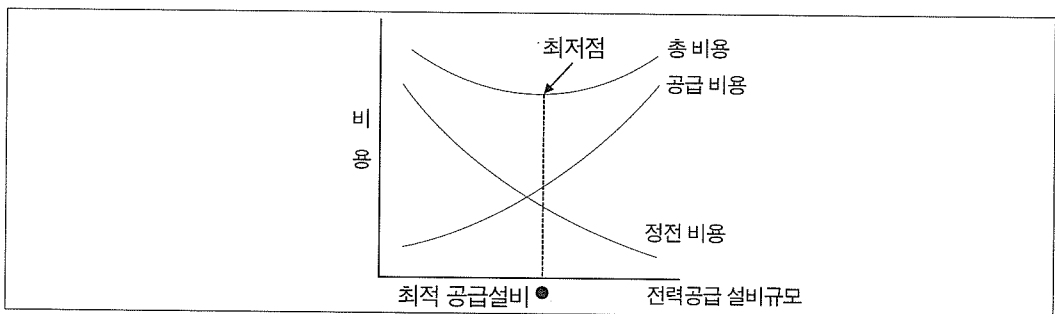


그림 2.1 최적 공급 설비 규모의 결정

물론 장기적인 관점에서 보면 전력수요가 증대되는 경우에 동일 공급신뢰도 수준을 유지하기 위해서는 그에 따르는 공급설비의 확대가 필요하다. 즉, 수요가 증대되면 그림 2.1에 도시한 정전 비용이 우측으로 쉬프트 되는 것을 의미한다. 또한, 만약 공급신뢰도에 대한 한계 정전 비용이 변하지 않더라도 어떤 원인에 의해 다음 그림 2.2에 도시한바와 같이 A에서 B로 쉬프트 되는 경우 최적 신뢰도 수준은 이전의 점 A\*보다도 낮은 B\* 점으로 결정되어 진다.

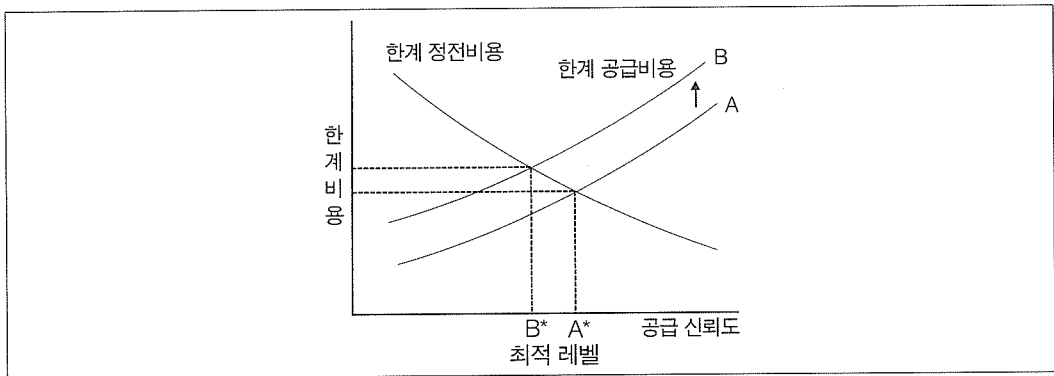


그림 2.2 최적 공급 신뢰도 수준의 결정

이상이 정전비용의 평가를 행하는 주된 이유이지만 이와 같은 전력공급설비 규모의 결정이 잠정적이 아니고 설비 운용면에 대해서도 적절한 운용을 도모해야 한다는 면에서 이와 같은 정전 비용의 평가 특히 개별·구체적인 평가에 대한 정보는 매우 중요한 역할을 하게 될 것이다.

## 정전 비용 평가의 방법론

### 가. 방법론의 개요

정전비용의 평가에 대해서는 스웨덴에서의 조사를 시작으로 영국, 프랑스, 이탈리아, 캐나다, 미국, 일본 등에서 지금 현재까지도 연구를 계속하고 있다. 이와 같은 정전 비용을 평가하는 방법은 다양하지만 크게 나누어 다음과 같이 2가지로 분류할 수 있다. 그 첫번째는 정전 비용을 국민 경제 전체와 관련시켜 평가하는 매크로적인 방법론이 있고 두 번째 방법은 개별 수용가를 대상으로 앙케이트 조사를 근거로 수용가 증별 형태로 정전 비용을 산출하는 마이크로적인 방법론이 있다. 한편 전자인 매크로적인 방법은 정전 발생으로 인해 경제 활동이 그 만큼 정지되어 발생하는 손해, 즉 정전으로 인해 당연히 생산해야 할 경제 가치를 잃어버린다는 점에 착안하였다.

# Conclusion

이와 같은 의미에서 가장 단순한 방법론은 GNP를 총 전력사용량으로 나누어 매크로적으로 정전 비용을 산출하는 이론이 있고 이 방법보다도 보다 세분화한 형태로는 경제활동 관련 표를 이용하여 각 경제활동 부분마다의 부가가치를 그 투입 전력량으로 나누어 각 부분의 정전 비용을 산출하는 방법도 고려되고 있다. 이 방법은 약간 조잡하기는 하지만 여하튼 객관적인 데이터를 갖고 평균적인 의미에서 그 나라의 정전 비용을 전체 혹은 부분별로 구할 수 있다는 면에서 장점이 있다고 볼 수 있다.

그러나 개별 수용가의 정전 비용을 여기서 얻은 값으로 직접 평가하는 것은 약간의 문제가 있다.

한편, 후자인 마이크로적인 방법은 일반적으로 개별 수용가가 아닌 수용가 그룹에 대하여 정전 비용의 산출이 가능하지만 조사로부터 얻어지는 결과의 객관성 측면에서 다소 문제가 있다. 따라서 조사 결과의 객관성을 입증하기 위해 상당히 대규모의 앙케이트 조사의 시행이 필수 불가결한데 실제로, 스웨덴, 영국, 프랑스, 미국, 캐나다, 일본 등에서는 대규모 실태 조사를 근거로 정전 비용의 산출을 행하고 있다.

## 나. 정전 비용의 결정 요소

여하튼 정전으로 인해 수용가가 손해를 입는 비용을 산출하는 것은 실제로 상당히 복잡하다. 즉, 다음과 같은 요소들에 의해 수용가 정전 비용이 크게 달라질 수 있다.

- (1) 수용가 종류
- (2) 정전 지속 시간
- (3) 정전의 빈도
- (4) 정전 발생 시간대(혹은 요일)
- (5) 정전 발생 계절
- (6) 지역 차
- (7) 예고의 유무
- (8) 예비전원의 유무

### (1) 수용가 종류

수용가 종류와 정전 비용의 관계에 대해서는 산업용 수용가는 생산활동에 대한 정전의 영향이 문제가 되고 상업용 수용가는 판매·서비스 활동에 대한 영향이 문제가 된다. 또한 주택용

수용가는 가정에서의 여가 활동에 대한 영향이 문제가 된다.

## (2) 정전 지속 시간

정전 지속 시간과 정전 비용의 관계에 대해서는 수용가의 형태 혹은 업종에 따라 다르지만 일반적으로 정전 비용은 단시간의 정전에 의해서도 발생하는 고정적 비용과 정전의 지속시간에 거의 비례하는 변동 비용이 있다. 그러나 업종에 따라서는 정전 지속시간이 어떤 허용한계에 도달하면 그 손해액이 급증하고 한계 변동비용이 급격하게 상승하는 경우도 있다. 또한, 일렉트로닉스로 대표되는 고도 정보화 사회로의 이행에 따라 단시간의 정전도 큰 손해를 끼칠 수 있는 경우가 증대되는 것을 생각할 수 있다.

## (3) 정전의 빈도

정전의 빈도와 정전 비용의 관계에 대해서는 예를 들면 주택용 수용가와 상업용 수용가는 정전의 빈도가 다소 발생하여도 1회의 정전시간이 적은 쪽이 유리해 보이며 상업용 수용가는 업종에 따라서 정전 초기에 발생하는 비용이 크기 때문에 1회 정전시간이 다소 길더라도 정전 빈도가 적은 정전이 유리해 보인다.

## (4) 정전 발생 시간대(혹은 요일)

정전 발생 시간대(혹은 요일)와 정전 비용과의 관계에 대해서는 수용가 형태별로 차이가 있다. 예를 들면, 상업용 수용가는 평일 주간에 정전 비용이 높고 주택용 수용가는 아침·저녁 시간대에 상대적으로 정전 비용이 높다. 한편, 상업용 수용가는 당연히 영업시간 내에서 정전 비용이 높다.

## (5) 정전 발생 계절

정전 발생 계절과 정전 비용의 관계에 대해서는 일반적으로 하계와 동계의 정전 비용이 다른 계절의 정전보다도 상대적으로 높으며 특히 최근 지구 온난화로 인한 냉방기의 급증으로 하계에 발생하는 정전 비용이 높다.

## (6) 지역 차

지역 차에 의한 정전 비용에 대해 살펴보면, 예를 들면 도시의 주택용 수용가는 농촌의 주택용 수용가보다도 동일 규모의 정전에 대해서 일반적으로 정전 비용이 높다.

## (7) 예고의 유무

# Conclusion

정전 예고의 유무에 대해서는 예를 들면 정전을 수 시간 전에 예고한 경우에는 정전에 대한 수용가 측의 준비가 가능하여 정전에 의한 피해를 그 만큼 방지할 수 있기 때문에 정전이 장시간 지속되지 않을 때에는 그 만큼 정전 비용이 적다. 따라서 예고된 작업 정전과 예고되지 않은 사고 정전은 동일 규모의 정전에 대해서 해당 정전 비용이 상당히 다르다.

## (8) 예비 전원의 유무

예비 전원의 유무에 대해서는 예비 전원을 갖지 않는 수용가는 정전의 발생에 의해 통상 직접 피해를 입지만 예비 전원을 보유한 경우에는 단시간의 정전에 대한 피해를 최소한으로 하는 것이 가능하다. 이때 발생하는 피해의 정도는 예비 전원의 용량과 운전 가능 시간대에 따라 다르게 되는데 이 경우 예비 전원 자체 운전 비용이 문제가 된다. 따라서 예비 전원을 보유하지 않는 경우의 정전 비용과 보유한 경우의 건설·보수·운전 비용을 비교하여 예비 전원의 보유 적합 여부와 보유할 경우의 용량 등을 결정하여야 한다.

## 정전 비용의 평가

지금까지는 제 외국에서 행한 수용가 정전 비용에 관한 대표적인 사례를 열거하였지만 본 연구에서는 이와 같은 외국의 조사 연구를 기본으로 국내의 정전 비용을 추정하였다.

우선, 매크로적인 방법으로서 국내 총생산(GDP)을 판매 전력량으로 나눈 형태의 정전 비용을 산출하였는데 1999년 기준으로 2,196원/kWh이다. 이를 동년도의 전기요금 단가(71.59원/kWh)의 비율로 평가하면 약 30.7배가 된다. 단, 5년간의 평균으로 보면 이 비율은 약 32.9배 정도가 된다. 다음 표 2.1에서는 1995년부터 1999년까지 약 5년간에 매크로적인 방법으로 산출한 수용가 정전비용과 전기요금 단가(revenues per kWh sold)에 대한 비율을 도시하였다.

표 2.1 Macro적인 방법에 의한 수용가 정전 비용과 전기요금 단가 비율(5년간)

년 도	부가 가치 (백만원)	판매전력량 (MWh)	정전 비용 (원/kWh)	전기요금 단가에 대한 비율
1995	357,722,460	163,270,294	2,191	35.75
1996	398,639,013	182,470,373	2,185	34.68
1997	432,194,988	200,783,627	2,153	32.98
1998	424,708,981	193,470,338	2,195	30.46
1999	470,482,728	214,214,891	2,196	30.68



표 2.1에서 제시한 데이터를 연도별로 분석해 보면, 우선 수용가 정전 비용은 큰 차이가 없으나 전기 요금에 대한 단가 비율은 IMF시기였던 1998년을 제외하고는 꾸준히 감소함을 알 수 있다. 1998년에 GDP(부가가치)나 판매전력량이 전년도에 비해 감소함을 알 수 있는데 이 연도는 다른 연도에 비해 정전 비용은 큰 차이가 없었으나 전기 요금에 대한 단가 비율은 가장 낮음을 알 수 있었다. 그 이유는 전기 판매에 대한 부가가치의 효용이 변하지 않는 반면 판매전력 단가는 계속해서 증가하고 있기 때문이다.

한편, 수용가 정전 비용을 세분화하여 경제활동별로 정전 비용을 평가하기 위해서 표 2.1에서 제시한 GDP(부가가치)의 집계를 경제활동 표를 이용하여 경제활동별로 구분하여 전개하면 다음 식 (1)과 같은 형태를 얻을 수 있다.

$$\frac{\text{경제활동별 부가가치}}{\text{경제활동별 투입 전력량}} = \text{경제활동별 정전비용} \dots\dots\dots (1)$$

따라서 본 연구에서는 식 (1)을 이용하여 경제활동별로 수용가 종별을 공공용, 서비스업, 농림·어업, 광업, 제조업, 주택용으로 구분하여 주택용을 제외한 수용가 정전 비용의 산출은 국내 생산 활동에서 발생한 재화·서비스로부터 원자재의 중간 투입을 제외한 부가가치를 정의하여 각 업종별 산업관련 표에 의거하여 공공용과 상업용 각 부분의 지역내 총생산(부가가치)을 이용하여 산출하였다. 한편, 주택용 수용가에 대한 정전비용은 일반 가정의 1일 전체 생활활동에 의한 「생활필수 행동」의 가사 노동에 대한 가치로 정의하였다. 즉, 이를 구체적으로 설명하면 주택용 수용가의 정전 비용은 정전으로 인해 가사 노동을 하지 못해 발생하는 생산활동의 지장으로 가정하여 일반 전업주부의 한달 월정 급여로 산출하였다. 산출 근거는 최근 한국여성개발원이 조사한 자료에 의거하여 가사 노동 인구는 5백만명 정도이며 이들의 가사노동에 대한 가치를 월 102만원으로 산출하여 총 연간 61조원으로 평가하였다. 또한 공공용, 서비스업 수용가의 업종은 앞서 설명한 업종 분류를 고려하여 서비스업의 경우는 「도소매업」, 「음식숙박업」, 「운수창고」, 「통신업」, 「금융보험업」, 「부동산사업서비스」, 「사회 및 개인서비스」로 그리고 공공용의 경우는 「일반 공공행정」으로 구성하여 각각 산출하였다. 다음 표 2.2는 수용가 종별로 1999년을 기준으로 판매전력량과 지역내 총생산(부가가치)으로 산출한 정전비용 단가 추정치를 도시하였다.

# Conclusion

표 2.2 업종별 수용가 정전 비용(1999년 기준)

수용가 증별형태	부가 가치 (백만원)	판매전력량 (MWh)	정전 비용 (원/kWh)	전기요금 단가에 대한 비율
공 공 업	15,041,138	7,866,389	1,912	28.9
서 비 스 업	208,118,200	50,908,846	4,088	61.8
농림·어업	24,908,755	4,571,842	5,448	82.3
광 업	896,487	951,721	942	14.2
제 조 업	158,174,855	115,335,412	1,371	20.7
주 택 용	61,200,000	34,580,681	1,770	18.4

표 2.2에서 알 수 있듯이 kWh 당 수용가 정전 비용이 높은 업종은 농림·어업, 서비스업 등이며 역으로 정전 비용이 상대적으로 낮은 업종은 광업, 제조업 등이다. 전자의 경우에는 원자재와 같은 자본 설비의 손실에 의해 잃는 부분은 크지 않으나 부가가치의 손실에 의해 발생하는 비용이 커서 종합적으로 정전 비용이 높다. 또한 후자의 경우에는 부가가치에 의한 손실분이 비교적 적으나 원자재 및 자본 설비의 손실분이 비교적 커서 발생하는 비용이 크다. 그러나 이와 같은 업종별 정전 비용에 대해 보다 상세한 실태를 파악하기 위해서는 개별 기업과 오피스 빌딩 등에 대해 많은 실태 조사가 요망된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 수용가 정전 비용에 대하여 매크로적인 접근 방법을 적용하였다. 그 이유는 지역내 총생산 지표 계산으로부터 수용가 정전 비용을 평가하는 방법이 제한된 정보로부터 가능한 한 유효성이 높은 결과를 도출하기 때문이다. 물론, 개별 수용가에 대하여 대규모적인 실태조사를 실시하는 것이 용이하다면 그로부터 상당히 객관성이 높은 결과를 얻을 가능성이 있었다. 그러나 본 연구에서는 여러 가지 사정으로 인해 대규모적인 실태 조사를 시행하지 못했다. 이상과 같이 작업상의 제약이 있음에도 불구하고 본 연구를 통해 얻은 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 우리 나라의 수용가 정전 비용은 경제 전체로서 요금 단가에 대한 비율로 살펴보면, 약 30~35배 정도가 된다.
- (2) 서비스업, 농림·어업 수용가와 광업, 제조업 수용가를 비교하여 보면, 전자가 후자보다 수용가 정전 비용에 대한 요금 단가 비율이 높는데 전자가 약 60~80배, 후자가 10~20배



이다. 한편, 제조업 및 공공용 수용가는 20~30배로 그 중간에 위치하는 것으로 산출되었다.

(3) 서비스업, 농림·어업 수용가가 광업, 제조업 수용가보다도 전체적으로 높는데 전자는 약 60~80배, 후자는 15~20배 정도이다. 전자의 정전 비용이 높은 것은 상대적으로 부가가치에 의한 손실 비용이 크기 때문이다.

또한 본 연구에서 다루어진 수용가 정전 비용에 대한 구체적인 추정은 아마도 국내에서는 최초로 시도된 것으로 판단되며 따라서 결과적으로 약간의 불충분한 점이 있지만 제 외국에서 시행한 정전 비용의 산출 근거와 비교하여 크게 벗어났다고 판단되지 않는다. 또한 수용가에 대한 보다 대규모적인 실태 조사를 시행하여 그것을 근거로 추정 작업을 시행하였다면 보다 훌륭한 결과를 얻을 수 있다는 면에서 향후 중요한 과제가 될 것이다. ㉠

## 참 고 문 헌

- [1] N. Balu, M. Lauby, "Cost-Benefit Analysis of Power System Reliability : Determination of Interruption Costs", EPRI EL-6791s Vol. 1-3 1990.
- [2] R. Billinton, J. Oteng-Adjei, R. Ghaja, "Comparison of Two Alternative Method to Establish on Interrupted Energy Assessment Rate", IEEE, Trans. on Power Systems, Vol. PWRS-2, No. 3, August 1987.
- [3] M. J. Sullivan, "Interruption Costs, Customer Satisfaction and Expectations for Service Reliability ", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 11, No. 2, May 1996.
- [4] Arun P. Sanghvi, "Measurement and Application of Customer Interruption Cost/Value of Service for Cost-Benefit Reliability Evaluation : Some Commonly Based Issues", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 5, No. 4, Nov 1990.
- [5] K. Nakamura, S. Yamashiro, "A Survey Study on Estimation of Customer Interruption Costs", T. IEE Japan, Vol. 119-B, No. 2.
- [6] S. Yamashiro, K. Nakamura, O. Terada, Y. Tomaki, "Residential Cost of Power Service Interruption-Recent Survey Application to Transmission Planning-", ICEE, Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering, Vol1. 1 August, 1996.
- [7] 電力中央研究報告書：“わか”國における停電コストの評価”, 昭和 57年 12月