

항공장비 외주정비체계 개선방안 연구*

서성철/박승환**

- 개 요
- 항공장비 외주정비체계 개 관
- 현 실 태 분 석
- 개 선 방 안 연 구
- 결 론

* 본 내용은 '04년도 한국국방경영분석학회 추계학술대회 발표내용을 정리한 것임.

** 육군본부

개 요

■ 연구 목적

- 항공장비 외주정비체계가 안고 있는 근원적인 문제점에 대한 개선방안 도출
- 항공기 외주정비 비용을 획기적으로 절감할 수 있는 과학적 기법 및 모형 제시

■ 연구 배경

- '00~'02년, 항공장비 외주정비사업 계약금액 대비 정산금액이 대폭 상승 단위: 억원

구 분		계약금액	정산금액	증 감
'00년	본 사업	194	217	▲ 23
	재투자사업	130	165	▲ 35
'01년		259	320	▲ 61
'02년		257	267	▲ 10

※ '03년 비용분석 결과, '00년 재투자사업의 영향으로 정산가가 증가한 것으로 확인
 - 수리부속 수요예측 대비 실수요 대폭 증가로 사급 사용량 증가가 불가피

- 항공장비 외주정비 비용분석간 현 체계상의 근원적 문제점 식별

* 외주정비용 수리부속 수요예측기법의 한계로 관급 수리부속 지원을 저조

구 분	'98년	'99년	'00년	'01년	'02년	'03년	평 균
관급지원을(%)	35	52	36	37	37	48	41

- 관급 수리부속 지원을 향상시켜, 항공장비 외주정비시 비용을 절감할 수 있는 합리적이고 현실성 있는 대안 요구

■ 연구 중점

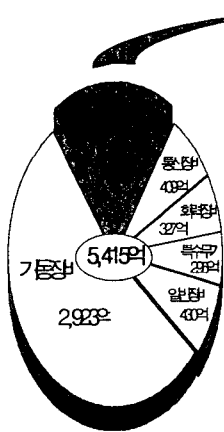
- 항공장비 외주정비 비용을 최소화 할 수 있는 시스템 개선방안 제시
 - 현 적용중인 수리부속 수요예측기법의 한계 및 적절성 검증
 - 관급지원을 향상시킬 수 있는 과학적 수리모형 설정
 - 설정된 모형에 대한 신뢰성 검증으로 연구결과의 타당성 제고
- 관련 기관/업체 현장확인 방문 및 의견수렴으로 연구결과의 공감대 형성
 - 외주정비 업체 현장확인 방문을 통해 정비절차 확인 및 각종 자료수집
 - 연구와 관련된 모든 기관 및 부대 방문을 통해 자료획득 및 의견수렴
 - * 조본, 군참부, 기참부, 육·공군군수사, 3정비창, 미 8군사령부, KAIST, KIDA 등

항공장비 외주정비체계 개관

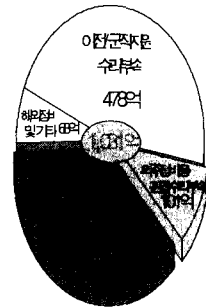
■ 항공장비 외주정비 현황

● 항공장비 유지사업 관련 예산구조('03년)

※ 육군 장비유지사업



항공장비 유지사업



※ 항공장비 외주정비 관련예산 : 485억원
 * 외주정비비 + 외주정비용 관급 수리부속비

● 연도별 항공장비 외주정비 관련예산 현황('04~'08 중기계획) 단위 : 억원

구 분	'03년	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년
외주정비	384	455	471	541	591	616
관급 수리부속	101	128	127	158	183	127
계	485	583	598	699	774	743

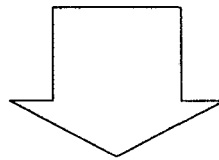
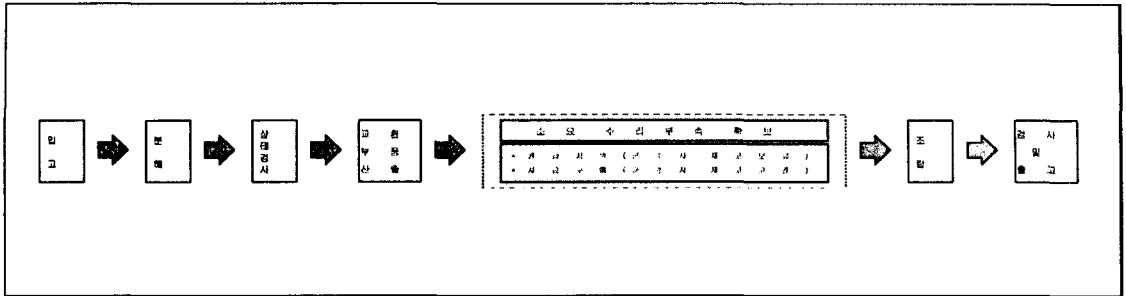
※ 외주정비 관련예산은 정비 대상물량 증가 등으로 인해 지속적으로 증가 추세

● 항공장비 외주정비 실적('03년)

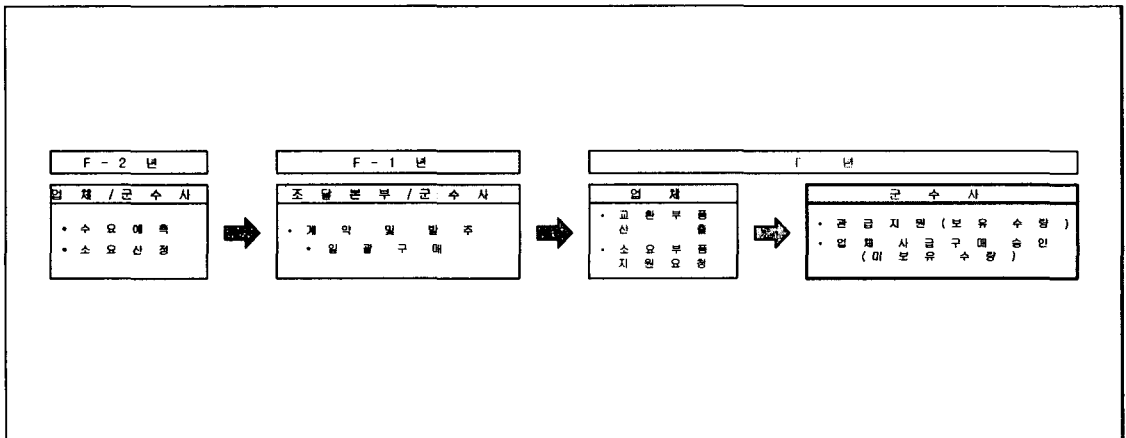
구 분	기 체 (28대)				엔 진 (68대)				
	500MD	CH-47	UH-60	UH-1H	500MD	CH-47	UH-60	UH-1H	AH-1S
수량(대)	12	3	2	11	24	5	6	26	7
단가(억원)	2.3	14.8	6.8	3.0	1.3	2.6	2.4	1.9	1.8
비 고	대한항공			한벨	삼성테크윈				

■ 항공장비 외주정비 수행 체계

● 외주정비 수행 절차(업체)



● 수리부속 지원 절차



● 관·사급 수리부속 구매방법 비교

구분	구매기관	구매방법	발주시기	주문량	조달기간
관급	군수사, 조달본부	FMS 및 상업구매	조달본부 계약 후 (F-1년)	다량 (1년분 물량)	장기간 (6~18개월)
사급	외주정비 업체	중간상을 통해 구매	사급구매 승인 후 (F년)	소량 (1대분 물량)	단기간 (3~6주)

* 관·사급 수리부속은 전량 외자로 구매

수리부속 수요예측/관급지원(“예”)

● **관급 수리부속 수요예측(F-2년)**

○ F-2년에 과거 5년 실적의 평균치로 F년의 수요를 예측하여 F-1년에 발주

F-7	F-6	F-5	F-4	F-3
5년간 교환실적 평균치				

F-2년	F-1년	F년
수요예측	계약/발주	조달/지원

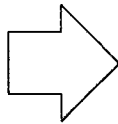
구분	'95	'96	'97	'98	'99	평균
부품“A”	1	5	3	9	7	5

'00년	'01년	'02년
5개(5년간 교환실적 평균)		

※ '00년에 과거 5년간의 교환실적을 근거로 '02년도 수요를 예측
 ⇒ 부품“A”의 '01년도 발주 및 '02년도 조달수량 : 5개

● **실수요 발생 / 관급지원(F년)**

업 체
<ul style="list-style-type: none"> · 교환부품 산출 · 소요부품 지원요청
부품“A”의 실수요 : 9개



군 수사	
관 급 지 원 (제고보유 수량)	사급구매 승인 (제고 미보유 수량)
5 개	4 개

※ 부품“A”의 '02년도 실수요 9개에 대해 5개는 관급지원, 4개는 사급사용

현 실 태 분 석

(무엇이 문제인가?)

■ 관·사급 수리부속의 현저한 단가 차이로 비용 상승

- 관급과 사급의 구매단가 차이가 심대함으로써 동일 부품이라도 사급으로 구매하게 되면 관급으로 구매할 때보다 훨씬 높은 비용 발생

구 분	관급 구매금액	사급 구매금액	증가금액(비율)
363개 품목	14.4억원	50.5억원	36.1억원(3.5배)

(근거 : '02년 실적, 100만원 이상 고가품목 기준)

※ 베어링 부품 관·사급 구매단가 비교("예")

단위 : 만원

부 품 명	관급 구매단가	사급 구매단가	관·사급 비율
UH-1H용 니들형 롤러 베어링	162	905	5.6 배
AH-1S용 볼 베어링	156	1,113	7.2 배
CH-47용 실린더형 롤러 베어링	21	505	24 배

- 관·사급 수리부속의 현저한 단가 차이를 고려 관급지원을 원칙으로 하고 있으나, 관급지원을 저조로 인한 사급구매 증가로 외주정비 비용 상승

구 분	관 급 지 원	사 급 구 매
'98~'03년 실적 합계	448억원(41%)	650억원(59%)

- 예외적인 경우로, 관급 구매단가가 사급 구매단가보다 고가인 부품에 대해 관급구매를 제한할 수 있는 통제대책이 미흡하여 불필요한 비용 발생

* 부적절한 관급구매로 인한 비용증가 금액(업체제시 자료 분석결과)

년 도	해당 품목수	관급 구매금액	사급구매시 금액	비용증가 금액
'01년	55개	1.0억원	0.6억원	0.4억원
'02년	42개	2.4억원	1.1억원	1.3억원
'03년	78개	5.0억원	2.2억원	2.8억원

관급구매 단가가 사급보다 고가인 사례

단위 : 만원

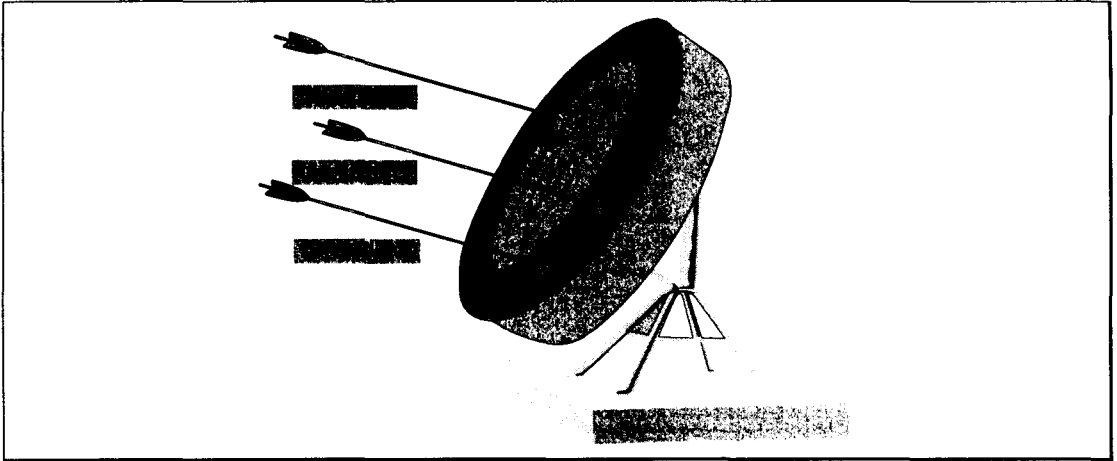
부품명	년도	관급사용		사급구매		비용증가 금액
		수량	단 가	수량	단 가	
UH-1H용 CARRIER	'01년	2	1,054.8	16	415.3	1,279
	'02년	9	1,077.4	16	338.1	6,654
	'03년	31	1,057.4	3	260.0	24,719
	계(평균)	42	(1,061.6)	35	(366.7)	32,652
CH-47용 SPACER	'01년	4	1,334.8	1	823.2	2,046
	'02년	4	1,263.3	1	784.5	1,915
	'03년	1	1,263.3	3	763.5	500
	계(평균)	9	(1,295.1)	5	(779.7)	4,461
AH-1S용 B O L T	'01년	14	9.4	-	0.2*	129
	'02년	40	9.4	-	0.2*	368
	'03년	57	9.4	6	0.2	524
	계(평균)	111	(9.4)	6	(0.2)	1,021

* : 평균 사급 구매단가

(근거 : '01~'03년 업체 실적자료 분석결과)

■ 수리부속 수요예측 적중률 저조로 관급지원 제한

- F-2년에 판단한 F년의 수요예측량과 F년에 발생된 실수요량 간의 적중률이 50% 미만으로 저조



(근거 : 50만원 이상 고가품목 기준 분석결과, '00~'02년 평균치)

- 수요예측의 적중률 저조로 관급지원이 제한됨으로써 사급구매가 불가피

적 중	실 수요량=수요예측량 ⇒ 전량 관급지원, 이상적인 경우
미적중	실 수요량<수요예측량 ⇒ 전량 관급지원, 잔여재고 발생
	실 수요량>수요예측량 ⇒ 일부 관급지원, 일부 사급구매

■ 수리부속 수요예측 적중률 향상의 구조적 한계

- 현재까지 알려진 어떠한 통계학적 기법을 사용하여 수리부속 수요예측을 실시해도, 현 수준 이상의 적중률 향상은 불가능한 것으로 확인
- 수요예측기법별 적중률 산정 결과 단위 : %

구 분		현 사용기법		기타 수요예측기법		
		단순이동평균법	가중이동평균법	산술평균법	최소자승법	지수평활법
기체	UH-1H	38	-	38	32	38
엔진	UH-1H	-	35	31	38	34
	500MD	-	49	45	37	48

(근거 : 50만원 이상 고가품목 기준 분석결과, '00~'02년 평균치)

※ 현재 업체/군수사에서 사용중인 수요예측기법은 타당한 것으로 판단되나, 적중률 수준은 35~49%로서 전반적으로 저조한 것으로 확인

- 항공장비 수리부속의 정형화된 수요특성 부재로 적중률 향상 제한
 - 기종별 외주정비 물량은 소량인데 반하여, 운용되는 수리부속은 3만여 품목으로서 대부분의 품목이 불규칙한 수요특성을 보유
 - ⇒ 과거 실적자료의 통계적 분석을 통한 미래 수요추세의 예측 곤란
 - 현 시점에서 1~5년전 과거자료를 이용, 2년 후의 수요를 예측함으로써 항공기 운용개념 변화 등 시차에 따른 수요특성 반영 제한
- 관급지원 확대를 위한 군수사 및 업체의 다각적인 노력에도 불구하고 근원적 문제해결 미흡으로 적중률 향상은 제한
 - 군수사 : 사전 수리부속 확보예산 반영, 동류전용 활성화 등 관급지원 절차 개선
 - 업체 : 연도별 정비대수, 최근실적 등을 고려 가중치에 의한 수요예측 실시

■ 소 결 론

- 현 항공장비 외주정비체계는 수리부속 수요예측의 적중률 저조로 관급지원율이 50% 미만으로 제한되는 근원적인 문제점을 안고 있음
 - 이로 인해 항공장비 외주정비시 관급 수리부속보다 고가인 사급 수리부속의 병행 사용이 불가피한 실정임
 - 또한, 현재까지 알려진 통계학적 기법으로는 수요예측 적중률을 향상시키는데 구조적인 한계가 있음을 확인
- ※ 따라서, 항공 외주정비체계가 안고 있는 문제점은 대증요법이 아닌 원인요법에 의해서만 근본적인 해결이 가능할 것으로 판단

현 체계의 근원적인 문제점을 해소하기 위해, 관급지원율을 향상시킬 수 있는 창의적이고 효율적인 개선방안이 절실히 요구됨

개선방안 연구

(어떻게 해결할 것인가?)

■ 연구 개요

● 목표

항공장비 외주정비 비용을 최소화 할 수 있는 관급 수리부속 소요량 결정 모형 개발

● 중점

- 관·사급 수리부속 단가 차이 발생개념과 유사성이 있는 경제학 이론 고찰
- 수요예측의 적중률을 향상시킬 수 있는 「관급 수리부속 소요량 결정 모형」 설정
* 설정 모형의 타당성 검증(전문가 자문, 실증적 분석 등)
- 모형적용의 효과를 추정하여 기존방법(실적치)과 비교

● 접근방법 및 절차

관련이론
고찰

- 관리경제학적 재고관리 이론 고찰 및 적용 가능성 검토
- 관·사급 단가와 재고유지·고갈 비용간의 유사성 분석

모형의
설정

- 관·사급 단가 차이 극복 및 외주정비 비용 최소화 목표 구현
※ 부품별 관급 수리부속 소요량 결정 모형 설정

타당성
검증

- 전문기관(KAIST, 국방대 등)의 자문을 통한 설정모형 검증
- 실적자료를 이용, 실증적 분석을 통한 설정모형 검증

모형의
효과추정

- 최근실적('00~'02년)기준, 기존방법 대비 모형의 효과 추정
- 비용절감액, 관급 재고자산 증가량 등 실질적인 효과 산정

■ 관련 이론 고찰

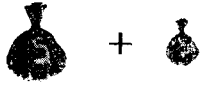
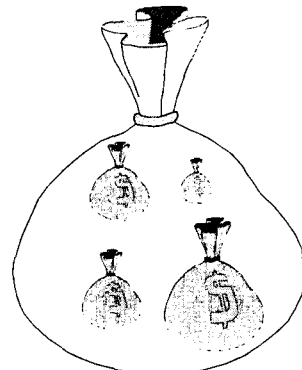
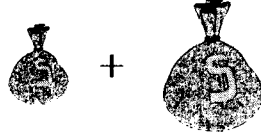
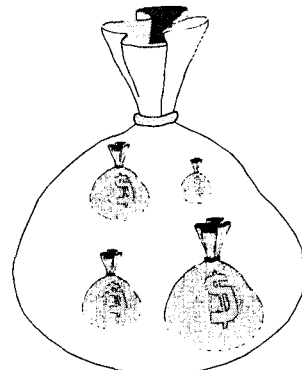
● 관리경제학적 재고관리 이론

재고관련 총비용을 최소화 할 수 있도록 적정 재고량을 결정하는 이론

- 재고 관련 총비용 = 재고유지비용 + 재고고갈비용
 - 재고유지비용 : 부품비, 유지비 등 재고보유에 따라 발생하는 제비용
 - 재고고갈비용 : 부품비, 급행료, 벌과금 등 재고부족으로 발생하는 제비용
- ※ 재고고갈로 인한 손실방지를 위해 재고유지비용을 부담하는 것
 ⇒ 유사시를 대비하여 평시에 군대를 유지하는 개념(千日養兵 一日用兵)

● 관련 이론의 적용 개념

- 항공장비 외주정비의 부품별 관급 및 사급 수리부속 구매비용을 총비용으로 적용

구 분	재고유지비용	재고고갈비용	총 비용
재고보유 (관급사용)	 (부품비) (유지비)	-	
재고부족 (사급사용)	-	 (부품비) (급행료·벌과금)	
적용개념	관급 구매비용	사급 구매비용	관급+사급 구매비용

- 관급구매를 증가시켜 고가의 사급 구매비용을 감소시킴으로써 총비용 최소화

구 분	현 재	개 선	결 과
관급구매	\$ \$	\$ (증가)	⇒ \$ \$ \$
사급구매	\$ \$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ (감소)	⇒ \$ \$
총 비용	\$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	➔ \$ \$ \$ \$ \$	

■ 모형의 설정

● 기본 개념

- 관·사급 단가 차이로 인한 비용증가를 방지할 수 있는 관급구매량 결정

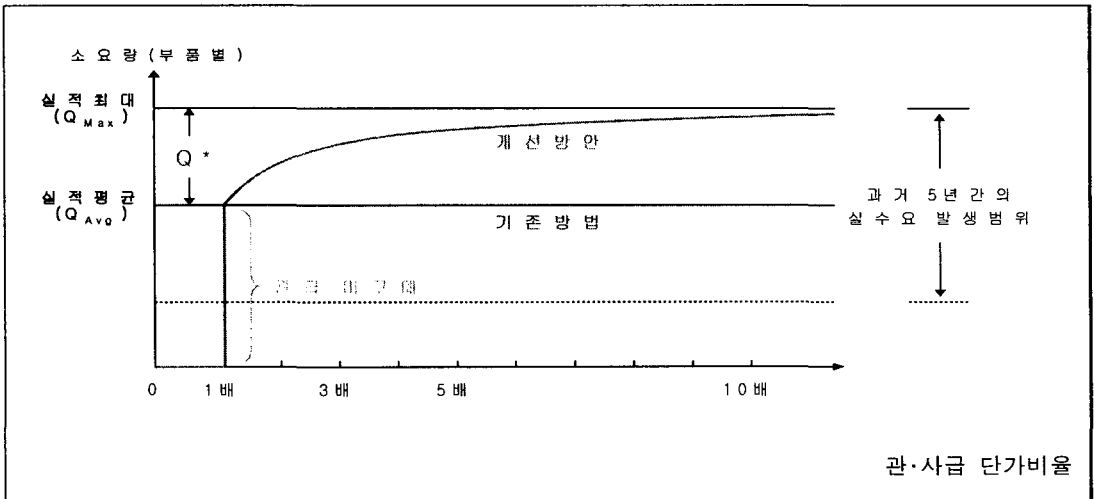
구 분	개 선 방 안	기 존 방 법
관급단가 < 사급단가	관·사급 단가차이에 비례하여 관급구매량이 증가되도록 결정	관·사급 단가에 상관없이 과거 5년간 교환실적의 평균값으로 구매량 결정
관급단가 ≥ 사급단가	관급 미구매(사급구매)	

- 부품별 수요특성을 반영할 수 있는 관급구매량 결정

구 분	개 선 방 안	기 존 방 법
수요의 특성	수요 편차가 큰 부품의 관급구매량이 증가되도록 결정	수요특성에 상관없이 과거 5년간 교환실적의 평균값으로 구매량 결정

- 관급 재고자산의 지속적인 증가를 방지하기 위해 관급구매량의 상한 설정
· 부품별 과거 5년간 실적의 평균과 최대값 범위 내에서 소요량을 결정

* 관·사급 단가 차이에 따른 소요량 결정 개념



● 관급 수리부속 소요량 결정 모형

$$[Q^*] = Q_{Avg} + (Q_{Max} - Q_{Avg}) \times (C - G) / C \quad (\text{단, } C > G)$$

- * Q^* : 관급구매량, Q_{Avg} : 실적평균, Q_{Max} : 실적최대값, C : 사급단가, G : 관급단가
- ※ 모형은 수요실적(폐기율 : M/R)에 의해 산정되나 이해를 돕기 위해 Q로 표현

모형의 적용 (“예”)

● 부품“A”의 특성

- 최근 5년간의 해당 교환 실적('01년 기준)

구분	'96	'97	'98	'99	'00	평균
부품“A”	1	5	3	9 (Q_{Max})	7	5 (Q_{Avg})

* 과거 5년간 발생된 실수요 중 최대값 : 9개

- 부품“A”의 관·사급 구매단가

관급 구매단가	사급 구매단가	관·사급 단가비
100만원 (G)	500만원 (C)	5 배

● 관급 수리부속 소요량(Q^*) 산정

- $[Q^*] = Q_{Avg} + (Q_{Max} - Q_{Avg}) \times (C - G) / C = [8.2] = 9$
 \Rightarrow 모형을 적용한 부품“A”의 관급 수리부속 소요량 : 9개
- ※ 기존방법에 의한 관급 수리부속 소요량(5년 실적평균) : 5개

● 부품“A”의 실수요량에 따른 발생비용 비교

실수요	기존방법 (관급 5개 조달)			모형적용 (관급 9개 조달)			잔여재고
	관급사용	사급사용	비용(만원)	관급사용	사급사용	비용(만원)	
5	5	0	500	5	0	500	4
6	5	1	1,000	6	0	600	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9	5	4	2,500	9	0	900	0
10	5	5	3,000	9	1	1,400	0

* 잔여재고는 다음 년도 조달요구량 산정시 반영되므로 자산으로 간주

수요특성을 반영한 관급구매량 결정(“예”)

● **개 요**

수요의 평균과 관·사급 단가 차이는 동일하나 수요 특성이 다른 경우, 모형 적용시 관급구매량이 상이하게 결정되는 과정을 비교한 내용임

● **부품“A”, “B”의 특성**

○ 최근 5년간의 해당 교환 실적('01년 기준)

구 분	'96	'97	'98	'99	'00	평균
부품“A”	4	6	4	5	6 (Q_{Max})	5 (Q_{Avg})
부품“B”	1	5	3	9 (Q_{Max})	7	5 (Q_{Avg})

○ 부품“A”, “B”의 관·사급 구매단가비 : 5배

● **기존방법의 관급 수리부속 구매량 결정**

○ 부품“A” 5개, 부품“B” 5개 구매(5년간 평균 적용)

* 관·사급 단가차이, 과거 실적들의 편차에 상관없이 수량 결정

● **모형에 의한 관급 수리부속 구매량 결정**

구 분	기존방법	모형적용
부 품 “A”	5	6
부 품 “B”	5	9

* 부품“A” : $[Q^*_A] = Q_{Avg} + (Q_{Max} - Q_{Avg}) \times (C - G) / C = [5.8] = 6$

부품“B” : $[Q^*_B] = Q_{Avg} + (Q_{Max} - Q_{Avg}) \times (C - G) / C = [8.2] = 9$

※ 수요 편차가 작은 부품은 관급구매량이 기존방법 대비 큰 차이가 없으나, 수요 편차가 큰 부품은 관급구매량이 증가됨으로써 재고고갈비용 최소화 가능

■ 모형의 타당성 검증

● 전문기관의 자문을 통한 설정모형의 이론적 타당성 검증

- 자문기관 : KAIST(산업공학과), 국방대(OR과), KIDA(군수관리연구실)
- 자문결과

육군에서 고려하고 있는 수리부속 소요산정 모형은 항공장비 외주정비 수리부속의 특성을 가장 잘 반영한 모형으로 평가

● 최근 실적자료('00~'02년)를 이용, 실증적 분석을 통한 모형의 효과 검증

- 검증 방법 : 실험계획법(통계적 표본선정 및 모의분석기법)
 - 표본 선정 : 50만원 이상 고가품목중 100개를 임의 추출
 - 표본을 모형에 적용하여 최근 3년간의 관급 수리부속 소요량 산정
 - 모형을 적용한 관·사급 수리부속 비용을 산출하여 기존방법과 비교 분석
- 검증 결과(100개 표본에 대한 모형적용 결과, 기존방법 대비) 단위 : 억원

구 분	관급 구매비용	사급 구매비용	총비용	재고자산	관급지원율
'00년	↑ 2.9	↓ 3.6	↓ 0.7	2.1	38 → 54%
'01년	↑ 1.4	↓ 2.4	↓ 1.0	3.0	39 → 49%
'02년	↑ 0.9	↓ 4.8	↓ 3.9	3.0	35 → 51%
계	↑ 5.1	↓ 10.7	↓ 5.6	3.0	37 → 52%

- 모형 적용시 총비용은 기존방법 대비 현저히 감소
- 모형을 적용하는 초년도('00년)부터 기존방법보다 총비용 감소
 - * 외주정비용 관급 구매비용 증가액 << 해당년도 사급 구매비용 감소액
- 관·사급 단가 차이가 크고, 수요 편차가 큰 부품의 재고자산 증가 단위:억원

구 분	'00년말 재고자산	'01년말 재고자산	'02년말 재고자산
기존방법	1.7	2.3	2.0
모형적용	3.8	5.3	5.0
증 감	2.1↑ ▲2.1	0.9↑ ▲3.0	→ ▲3.0

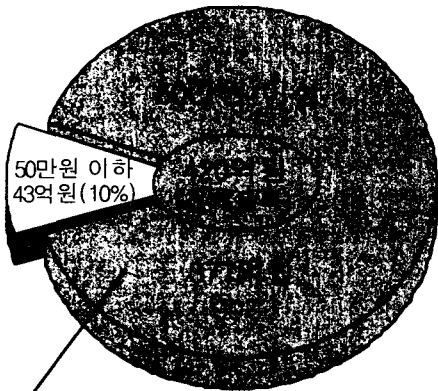
* 재고자산 규모는 1~2년차까지 증가한 후 3년차부터 일정수준 유지

모형 적용 결과, 이론적으로 타당하며, 비용절감 효과가 기존방법보다 월등히 유리

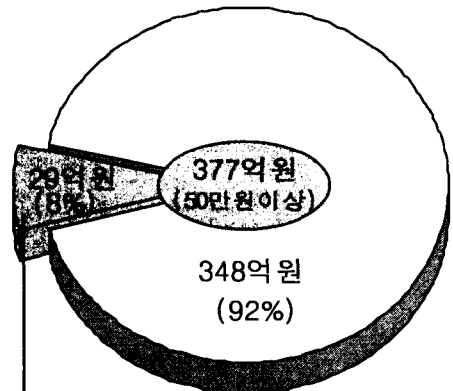
표본 선정 기준



표본 추출
(100개)



→ 50만원 이상 품목의 비중은 전체금액 대비 약 90%
※ '00~'02년 사급 구매실적 기준



→ 표본의 비중은 50만원 이상 품목 금액의 약 8%
※ 전체금액 대비 약 7%

■ 모형 적용의 효과 추정

● 본 연구를 통해 개발된 모형의 특성

- 관·사급 단가 차이의 문제점을 극복함으로써 비용절감 가능
- 부품별 수요특성을 반영하여, 수요 편차가 큰 부품의 관급구매량을 증가
- 관급 수리부속 소요량의 상한을 설정함으로써 재고자산 규모의 통제 가능

● 총비용면('00~'02년 실적 기준)

단위 : 억원

구 분	관급 구매비용	사급 구매비용	총 비 용	재고자산
기존방법	278	420	698	35
모형적용	357	269	626	85
증 감	▲ 79	▼ 151	▼ 72	▲ 50

- 모형은 '00~'02년간에 기존방법 대비 총비용이 약 72억원 감소
- ※ 업체이윤 14억원, 재고자산 50억원 포함시 3년간 136억원 절감

● 초기 투입비용면('00년)

단위 : 억원

구 분	관급 구매비용	사급 구매비용	초기 투입비용
기존방법	124	171	295
모형적용	173	102	275
증 감	▲ 49	▼ 69	▼ 20

- 모형을 적용하는 초년도부터 기존방법 대비 약 20억원의 비용이 절감
- * '00년도 관급 구매비용 : 49억원 증가, 사급 구매비용 : 69억원 감소

● 재고자산 확보면

단위 : 억원

구 분	'00년말 재고자산	'01년말 재고자산	'02년말 재고자산
기존방법	29	38	35
모형적용	65	88	85
증 감	36↑ ▲ 36	14↑ ▲ 50	→ ▲ 50

- 모형은 기존방법 대비 연평균 약 2.3배 수준의 재고자산을 보유

● 사급보다 고가인 관급 수리부속 미구매로 연간 약 1.5억원의 비용절감

초기 투입비용면에서 초년도부터 약 20억원이 절감되며, 2년간부터는 사급 대비 약 40억원 수준의 비용절감이 가능

결 론

● 개선방안 연구(모형개발)의 의의

- 항공기 외주정비 20년 역사의 획기적인 전기 제공
 - 외주정비체계의 근원적인 문제 해결
 - 전력증강 투자비의 효율성 증대(저비용-고효율 구조로 전환)
- 실질적인 개혁의 성과
『진정한 개혁은 불합리하고 비효율적인 제도, 정책 및 시스템을 지속적으로 개선하는 것』
- 콜럼버스의 달걀

● 모형 적용시 매년 약 40억원 이상 지속적 비용절감 가능

※ 육군(군수사) '06년 외주정비 수리부속 소요산정시 개선방안 적용