

航空油 節約에 關한 研究

이 재 명*

I. 序 論

1. 研究의 背景 및 目的

세계에너지 전망 (미국 Exxon Background Series)에 의하면 세계의 석유공급은 서기 2000년대까지는 현수준과 거의 변화가 없을 것으로 전망되고 있다. 반면에 선진국을 제외한 개발도상국의 석유수요량은 현재 수준의 2배 이상으로 나타나고 있다. 한국의 경우에도 예외는 될수 없는 것으로 예상된다. 한국의 1980년대의 석유소비량은 1970년대의 소비의 2배로 증가되었으며, 1990년대와 2000년대의 한국의 석유소비는 현재보다 몇배 이상으로 증가될 것이 분명하다. 최근 석유 수출기구(OPEC)국 간의 상호이해가 엇갈림으로 인하여 석유가 잠시 하락된다해서 에너지 절약에 방심하는 것은 절대금물일 것으로 생각된다. 한국은 자연자원의 부족으로 인하여 경제건설과 자주국방력 건설을 병행하는데 있어서는 어려움은 더 말할 나위도 없다.

본지에 소개하려는 연료절약 방안은 미해군의 항공연료 절약방안 연구에 공동참여 함으로서 발상되었다. 우리속담에 "부자가 돈을 더 아낀다"는 말이 너무도 실감이 난다. 미국의 경우에 자연자원이 충분하며 심지어 새로운 에너지 생성방식인 Nuclear Fusion이 20년~30년내로 실용화될 가능성이 농후해지고 있음에도 불구하고 항공연료를 절약하기 위하

여 가능한 방안을 다각적으로 모색하고 있다. 본지에 소개하는 방안의 목적은 군용전투기 및 수송기의 연료절약과 연료고갈에 의한 항공기 사고방지에 기여하는데 있다. 물론 민용 항공기 및 여객기의 연료절약에도 응용될 수 있다.

II. 本 論

1. 航空油 節約 期待 效果

미국의 일부민간 항공사의 통제자료에 의하면 연간전체 항공사 연료 소모량의 10%를 절약할 수 있었던 것으로 보고되고 있다. 미해군에서는 전술항공기의 경우 연간 전체연료 소모량의 1~2%를 절약할 수 있을 것으로 판단하고 있다. 수송기와 같이 대형항공기의 경우에는 약 8~10%를 절약가능한 것으로 판단하고 있다. 연료절약의 수치는 미해군 항공기술 개발본부 기술보고서(U.S. Naval Air Development Center Technical Report) 6호에 나타나있다.

미해군에서는 본지에 소개하는 방법을 적용단계에 있으며 실제적인 연료절감량이 조만간 도출될 것이다. 한국의 대형군용기, 민간항공기 및 군용전투기에 사용되는 연료를 각각 8~10% 및 1~2% 절약가능 할 경우 외화 절약이 얼마나 될 수 있는가는 독자의 상상에 맡길 수 밖에 없다.

* 공군본부 OR/SA실

2. 燃料節減方法

항공회사에서 항공기를 제작하는 단계에서 항공기 설계 목적상의 성능을 실제로 확인하는 시험비행은 많은 자금과 시간이 소요되는 어려운 항공기제작의 한 단계이다.

이론상의 항공기 설계시의 성능과 실제 제작된 항공기의 성능은 거의 일치하나 오차가 있게 마련이다. 따라서, 항공기 비행성능 도표에는 대부분, 시험비행에 의해 채취한 항공기 실제성능이 수록되어 있다. 다시말하면, 항공기 성능 방정식으로 나타나 있지 않고, 시험비행자료를 도표로써 나타내어 주고있다. 도표에 그려져 있는 대부분의 항공기 성능자료는 하나의 종속변수에 다수의 독립변수로 구성되어 있다. 독립변수가 1~2개의 경우는 대수적인 기법을 사용하여 각 변수간의 함수관계를 용이하게 도출할 수 있다. 그러나, 변수가 2개 이상의 경우는 대수적인 기법보다는 통계적인 방법을 사용하는 편이 더욱 편리하다. 수학적인 함수관계가 도출되면 미니 컴퓨터 혹은 소형 켈쳐레이터의 언어로서 연료절약에 필요한 컴퓨터 프로그램을 제작해야 한다.

$$3K_1V^2 - K_2V^{-2} = 0$$

$$\text{즉, } 3K_1V^2 = K_2V^{-2}$$

최저 Power 필요, 충분조건은

$$3(\text{parasite drag}) = \text{induced drag}$$

$$K_1V^2 = \text{parasite drag}$$

$$K_2V^{-2} = \text{induced drag}$$

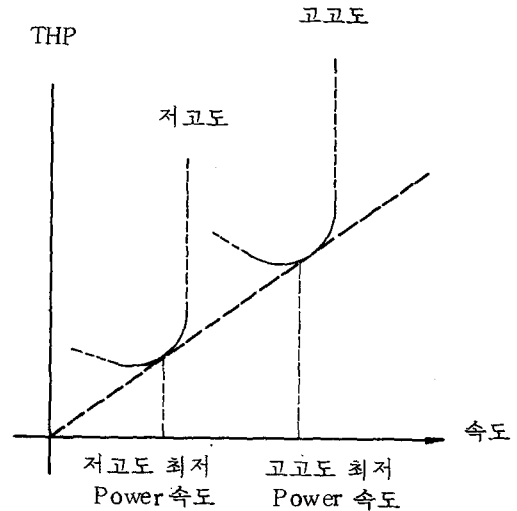


그림 - 1

3. 소프트 웨어 작성의 이론적 배경 및

방법소개

$$\text{엔진추력} = K_1 V^3 + K_2 V^{-1} \dots\dots(1)$$

$$\text{단, } K_1 = \frac{C_{D0}}{2} \cdot \text{PSSL} \cdot S$$

$$K_2 = \frac{2W^2}{\pi e ARS} \cdot \text{PSSL}$$

C_{D0} = drag 계수 (무양력)

PSSL = 해면고도의 공기밀도

W = 무게

e = 양력효과계수

AR = (wing span)²/wing면적

S = wing면적

V = 속도

최저 power의 속도를 구하기 위하여 방정식 (1)을 미분하여 0으로 하면 아래와 같은 조건이 도출된다.

그림(1)과 같은 수학적 함수관계를 Flight Manual에서 도출해 낼수 있다. 각 기종별로 필요한 방정식을 용도에 따라 도출하며, 컴퓨터 속에 기억시킬 수 있으며, 이를 비행전, 혹은 비행중에 사용할 수 있다.

기타, 제반 항공공학적 이론은 본지에서 소개하는 내용의 근본원리이기는 하나 사용하는 방법론과는 상이함으로 더이상의 소개를 생략하기로 한다.

4. 연료 절약방법 소개

가. 최저순항고도 (단거리 임무) 결정방법

그림 - 2에서 ①지점의 Drag Index를 수평으로 임무거리 ②와의 접점에서 수직으로 ③지점도달시 guide line을 따라 이동중 start climb 지점과 접합, 수직으로 내려오면

지점⑤에 도달 최적순항고도에 도달됨.

(1) 상기한 방법으로, 가능한 많은 자료를 도출하여 대형 컴퓨터에 입력하면 최적순항 고도 = F (drag, 거리, start climb) 의 수식이 도출된다.

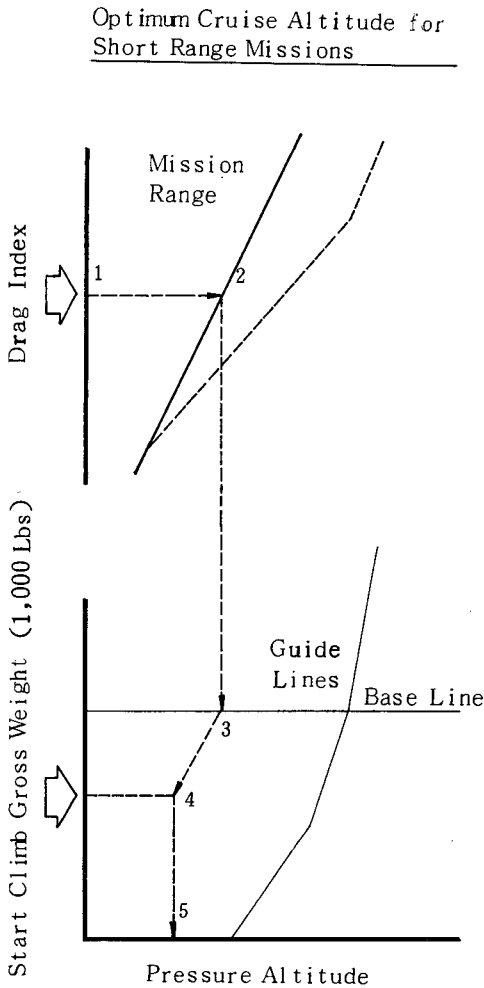


그림 - 2

(2) 도출된 수식을 소형 휴대용 컴퓨터에 프로그래밍하여 비행전, 비행중에 사용가능 하게 된다.

나. 최대체공시간, 연료, Mach No., 최적 고도는 그림 - 3 에서 도출가능하다.

(1) 경사각지점 ①에서 출발하여 고도지점 ②와 만나면 좌측지점 ③에서 개정 중량을 읽는다.

(2) 지점 ③의 중량으로 지점④에서 출발하여 지점⑤와 교차하면 지점⑥에서 drag 와 교차시 base line 을 따라 우측으로 이동하여 지점⑦에서 fuel flow를 읽고난 다음 지점 ⑧에서 필요체공시간을 선택, 수직으로 강하

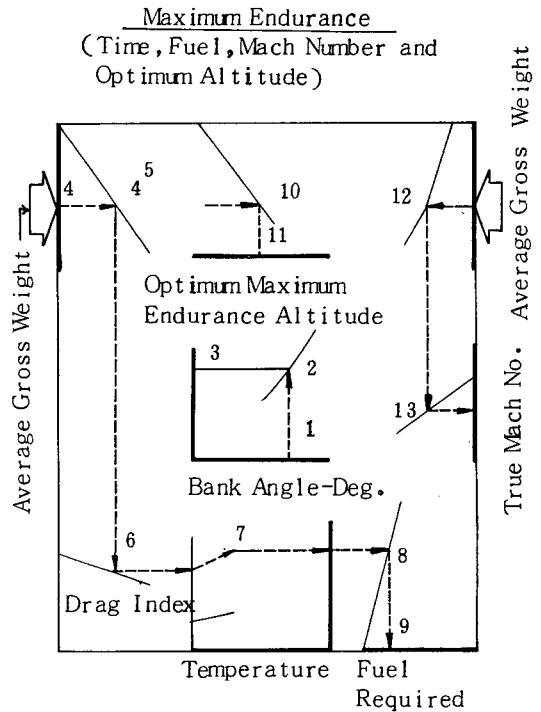


그림 - 3

하여 지점⑨에서 연료 요구량을 산출할 수 있다.

(3) 또한 지점④, 항공기 중량에서 출발하여 지점⑩에 도착하여 drag 선과 만나며 다시 수직으로 강하하여 ⑪번 지점에서 최대체공시간에 가장 적절한 고도를 산출한다.

(4) 또한 ⑫지점에서 출발하여 ⑬, ⑭, ⑮로 이동하여 True Mach No.를 산출한다.

(5) 그림 - 3 에서 도출한 자료는 대형 컴퓨터에 입력되어 각기 아래와 같은 수식으로 도출된다.

- 연료소모량 = f (자중, 고도, drag)
 - 최대체공가능고도 = f (자중, drag)
 - 최대체공가능속도 = f (자중, 고도, drag)
- (6) 도출된 수식은 휴대용 소형 컴퓨터에

기억되며 조종사는 비행중, 비행전 신속하고도 정확한 자료를 도출하여 비행에 그대로 적용할 수 있다.

다. 최대거리속도 및 연료계산법

(1) 그림 - 4의 지점 ① 평균 중량에서 고도②에 도달 한 다음 다시 drag index 지점인 ③에 도착하여 속도지점④를 읽고, 비행에 필요한 시간지점⑤를 읽은 다음 지점⑥에서 연료 요구량을 읽을 수 있다.

(2) 상기한 방법으로 많은 자료를 도출하여 대형 컴퓨터에 입력하면 최대거리 유지 연료소모량 = f (평균중량, 고도, drag속도, 시간)의 수식으로 도출된다.

(3) 도출된 수식은 휴대용 컴퓨터에 입력되어져서 조종사는 언제나 신속히 필요한 자료를 제공받을 수 있으며, 비행중에도 사용할 수 있다.

Long Range Speed
Specific Range, Fuel Flow and Fuel Required

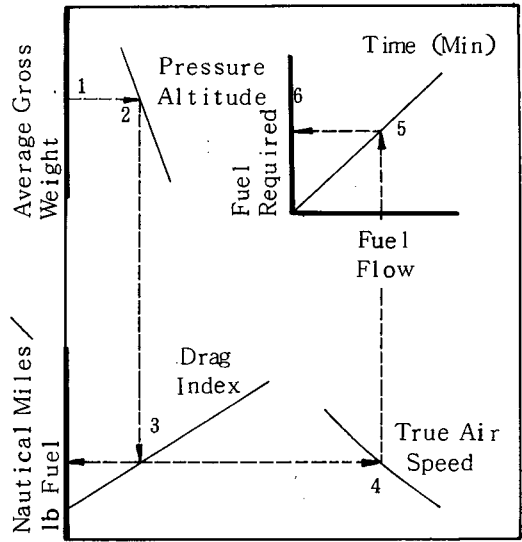


그림 - 4

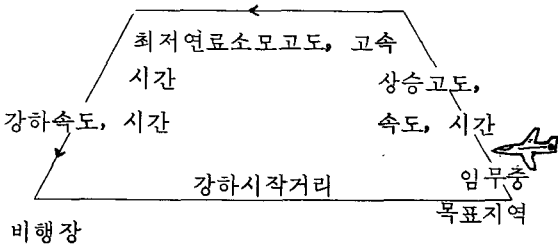
5. 기존방법과의 비교

*비행안전에 위배되지 않는 범위에서 사용

구분 내용	기존 방법	개선 방법
비행계획	• 복잡다단함	• 단추만 누르면 필요한 자료 산출
최저 연료소모 최저 시간 제공 정보사용	• 비행중 T.O. 지참 불가 • 지참해도 복잡함으로 사용불가	• 하시라도 사용가능 • 복좌기는 완전사용 가능 • 단좌기는 일부제한
비행중 항공기 성능 자료표지침	• 필요 • 근사치 암기	• 불필요
노력소모	• 도표사용법 복잡 • 계산시간 장시간	• 수초내
비행중 정확도	• 비행중 성능자료표 참조어려움	• 출력이 디지털로 전사됨으로 간단
폭격 및 기총사격자료 (정, 배풍, 측풍)	• 키·보드에 적거나 암기	• 조건에 따라 항상 신속, 정확한 자료 산출 및 전시
최소연료 및 비상연료	• 경험에 의존	• 경험과 정확한 최적방법과 병합

6. 연료절약에 필요한 프로그램 작성 예

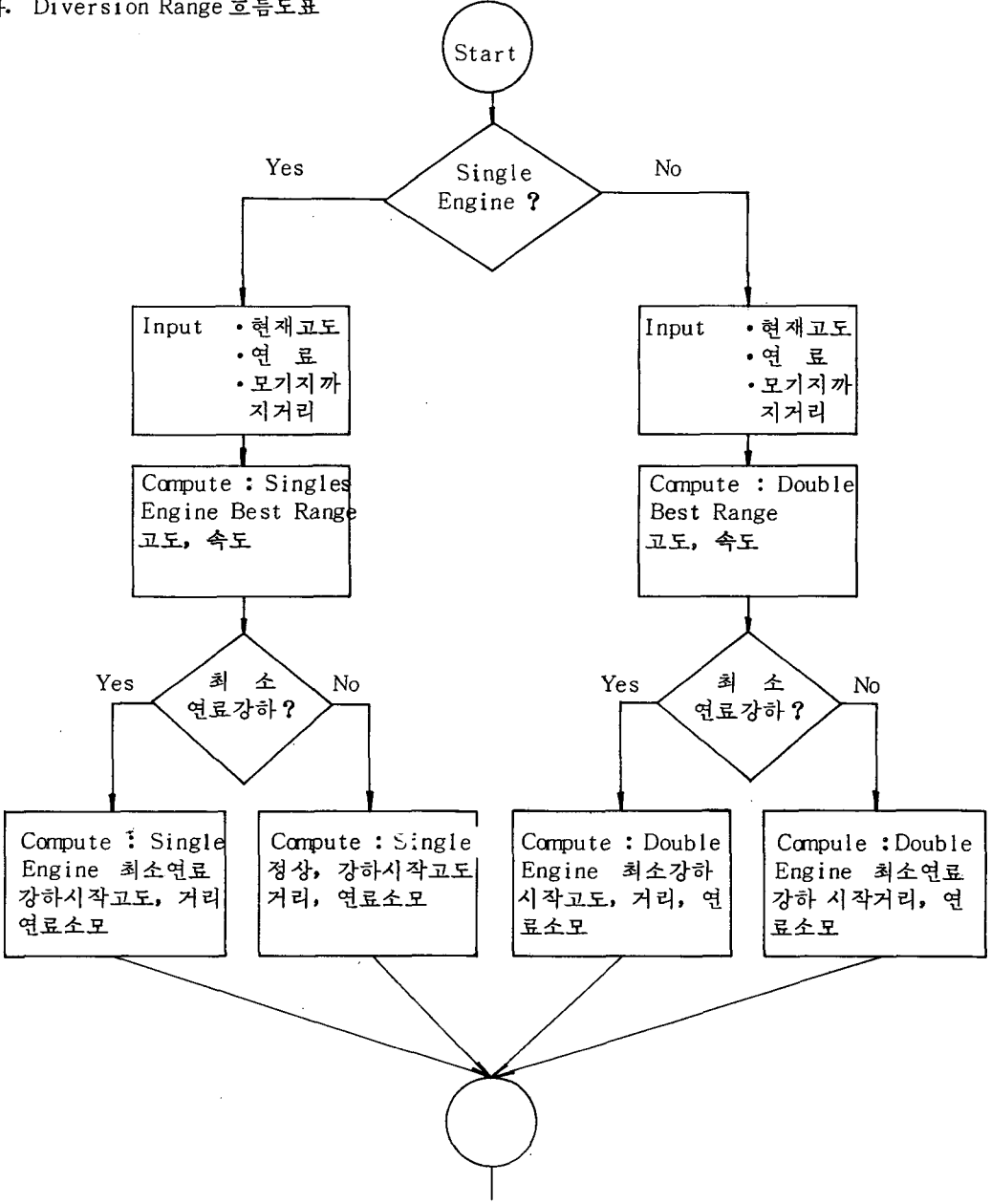
가. Diversion Range (싱글 및 더블엔징)

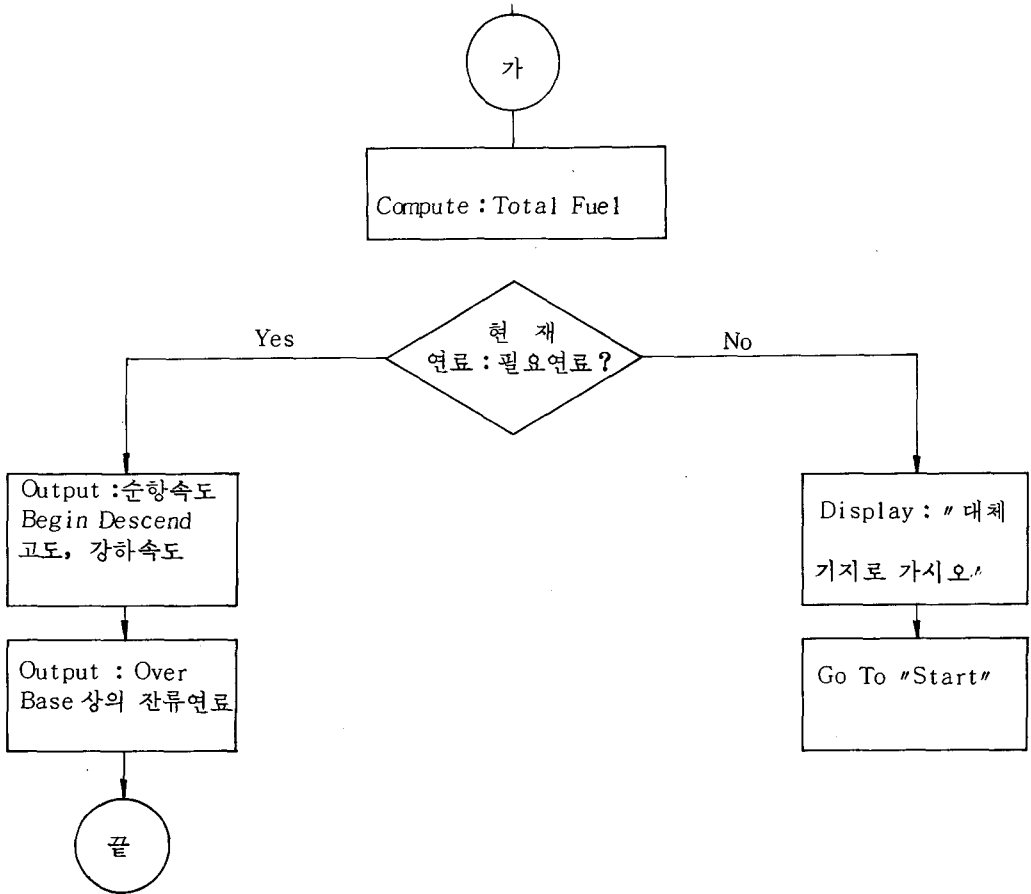


- 요구사항 : (1) 상승고도, 상승속도
- (2) 최저연료소모고도, 속도
- (3) 강하시작거리, 강하속도
- (4) 모기지까지의 총연료소모
- (5) 대체기지 선정여부

- 요구사항의 신속한 계산 및 전시
- T.O.의 Performance Chart에서 수식은 도출하여 필요한 프로그램을 제작, 컴퓨터에 기억시킴으로서 비행중에도 사용가능하며 정확도는 99% 이상으로 보장될 수 있다.

나. Diversion Range 흐름도표





7. 수식 도출 방법 소개

실험에 의해 제작된 성능 자료 그래프로 부터 수식을 도출하는 방법에는 여러 가지의 방법이 있다. 예를들면 대수적 방법, 기하적인 방법 및 통계적인 방법이다. 성능 자료표로 나타난 그래프들은 대부분 많은 독립 변수들을 가지고 있는 경우가 많으므로 컴퓨터를 이용한 통계적 방법이 가장 효율적인 수식 도출의 방법이라고 봐도 무방할 것 같다. 통계적인 방법은 성능 자료표에 나타난 여러가지의 자료를 실제로 읽어서 컴퓨터에 입력하여 다 변수 회귀분석을 함으로서 수식을 도출하는 방법을 예로 들수 있다. 경우에 따라서는 지수 회귀 혹은 선형회귀등의 방법을 사용할 수 있다. 만약, 회귀분석을 위한 컴퓨터 패키지가 없는 경우에는 프로그램을 작성해야 하나 대

부분의 대형 컴퓨터는 그러한 패키지를 가지고 있을 것으로 생각된다. 본지에서는 회귀분석에 대한 수학적 이론은 소개하지 않기로 한다.

III. 結 論

항공기의 경우 비행시간을 단축시키지 않는 한 연료를 절약한다는데는 많은 비행 안전상의 문제점이 해결되지 못하고 있는 실정이다. 본지에서 소개한 내용은 항공공학적인 측면에서 볼때 과학적인 방법임에 틀림이 없으므로 항공기를 운영하는 단체나 기구는 누구나 본지에 소개된 내용을 그대로 활용할 수

있다. 활용하는 방안은 첫째로 휴대용 계산기나 미니 컴퓨터를 구입하는 일이며, 둘째로는 컴퓨터의 프로그램을 해당 기종에 알맞게 작성하는 일이다. 컴퓨터에 상식이 있는 사람은 누구나 컴퓨터 프로그램을 작성할 수 있다. 연료소모가 가장 많은 대형 수송기 및 민간여객기에는 가장 좋은 연료 절약 방안이 될 수 있

는 것으로 확신한다.

F - 4 E와 F - 5 E에 대한 소정의 프로그램은 이미 작성된 것을 필자가 보유하고 있음을 밝혀두며 본지에 실린 내용이 항공계에 널리 보급되어 항공유를 조금이나마 절약할 수 있게 되기를 기대해 마지 않는다.