

인쇄 및 영상매체를 활용한 사례학습: 아폴로 13 호 사례를 중심으로

정 준 교*

.....

사례연구는 강의실 상황에서의 경영현장에 대한 모의게임(Business Simulation) 형태의 학습이라는 특징을 갖는다. 그러나 실제의 사례학습은 강의식 학습보다 효과적인 방법임에도 불구하고, 다수의 학생들이 좌절하고 배운 것이 없다는 생각이 들게 하는 단점을 갖고 있다. 이러한 점은 기존의 사례학습이 인쇄매체에 지나치게 의존한데서 상당부분 발생하므로 이를 보완할 수 있는 방안으로 영상매체와 인쇄매체를 병행사용한 사례학습법을 제안하였다. 이를 위해, 인쇄매체를 이용한 (아폴로 13 호) 사례를 직접 작성하였고, 이와 함께 사용될 수 있는 영상매체로서 아폴로 13 호라는 비디오를 제시한 후, 이를 실제로 함께 사용하는 예로서, 강의지침(Teaching Note)를 작성 제시하였다.

.....

1. 서 론

최근 들어 국내 각 기업들이 '명예퇴직' 과 같은 주제로 몸살을 많이 앓고 있다. 명예퇴직을 선언하고 중견간부직 까지 대상자로 삼는 기업들이 있는가 하면, 명예퇴직은 결코 사용하지 않을 것이라고 선언하는 회사들도 있다. 이처럼 명예 퇴직제도와 같은 신인사제도의 도입이 국내기업에 많은 물의를 일으키면서도 논의되는 까닭은 환경의 변화 때문이다. 현재의 환경이 변화하여 더 이상 안정적인 환경에서 기업을 경영하던 방식으로는 버티기 어려워 새로운 환경에 적절한 경영관리 패턴을 모색하려는 진통이라고 할 수 있다.

계절이 바뀌면 바뀐 계절에 맞추어 삼라만상이 변화하듯, 기존의 환경이 새롭게 변화하면 그 환경에 맞는 방식으로 기업이 운영되어야 한다. 학교에서의 경영

* 서남대학교 경영학과 부교수

학 교육도 마찬가지이다. 학생들은 졸업 후 전혀 색다른 환경 속에서 일을 하게 된다. 학생들이 졸업 후 일을 하게 될 환경은 학교환경과 다를 뿐 아니라 학생들이 학업에 열중하고 있을 때의 기업환경과도 또 다르다. 이처럼 전혀 낯선 환경에서 졸업생들이 기업에서 원하는 만큼의 성과를 올리려면 사전에 기업의 환경에 익숙해질 필요가 있다.

이러한 목적으로 인턴십(internship) 등이 사용되고 있지만, 경영학을 4년동안 배우는 대학에서 일상적으로 경영환경에 대해 익힐 수 있는 가장 적절한 방법은 사례학습이다. 이러한 사례학습은 점차 그 사용범위가 확대되어 가고 있음에도 사용에 따른 문제점이 많이 노출되고 있다. 특히 사례학습이 이루어지기 위해서는 학생들이 능동적으로 관심을 가지고 참여해야 함에도 불구하고 투자해야 하는 시간에 비해 내용의 흥미가 적고 또 투자한 만큼의 효과도 얻지 못한다고 생각하는 학생들의 수가 많아 실제로는 효율적 사례교육이 이루어지지 못하고 있다.

이러한 까닭에 이를 보완할 수 있는 방법으로 사례교육 관련자료들이 개발되어 사용되고 있는 바, 본 논문에서는 기존의 사례교육에서 보편적으로 사용하고 있는 문자라는 인쇄매체 사례를 보완해 줄 수 있는 교육방법으로 영상매체를 이용한 방법을 제시하고자 한다. 또 이를 교육현장에서 가능하도록 하기 위해 필요한(인쇄매체를 이용한) 사례를 개발하였고 강의노트도 작성하였다.

2. 경영학 교육방법으로서의 사례교육

경영은 기법이나 개념의 집합체가 아닌 관리기술(skill)이다. 이러한 관리기술을 익히려면 모의게임 형태의 과정(simulation-type process)에서 부단히 연습을 해야 한다. 그러나 현실적으로 학생들로 하여금 회사를 연습삼아 경영하게 할 수는 없다(유필화, 1996, p.5). 그러한 이유 때문에 실제에 있어서는 관리기술을 습득하는 경영학 교육이 강의식 교육에 의해 주로 이루어지고 있다.

강의식 교육은 많은 장점이 있는 교육방법이다. 곧 ①한 사람이 여러 명을 동시에 가르칠 수 있고 시간이 절약되는 경제성, ②기초지식과 정보전달 등과 같은 낮은 수준의 목표에 효과적, ③강사와 학습자 모두에게 낮이 익은 친밀성, ④새로운 제재나 단원을 도입하는데 효과적, ⑤전체적인 전망을 주는데 유효한 수단을 제공, ⑥학습의 흥미를 환기시키고, 학습동기를 유발시키는데 효과적, ⑦교재의 오류를 재조직시켜 줄 수 있는 가능성, ⑧사실과 사건에 대한 효과적 표현의 가능성 등이 그것이다(정인성, 1993, p.50; 배웅천, 1996, p.101).

이와 함께 강의식 교육에는 단점들도 적지 않다. ①강사 및 학습자의 개인능력에 따라 질적 수준이 크게 영향을 받음, ②학습자들을 수동적이고 비참여적인

존재로 만들 가능성이 많음, ③학습자의 다양한 능력·지식·경험 등에 대한 고려가 적어, 학습자가 제한된 시간 안에 학습목표를 달성하기가 어려움, ④시간이 지나갈 수록 학습자들의 주의력이 급격히 떨어지며, ⑤교과서 설명에 그치면 시간낭비가 됨, ⑥학습과제에서 유리된 지엽말단적 문제에 빠질 우려가 있음, ⑦학생의 사고에 여유가 없음, ⑧언어이해력이 부족한 학습자에게는 부적합함, ⑨학습자들이 주장된 내용을 요약하기 어려운 때가 많음, ⑩문제해결능력의 배양에 한계, ⑪개인차에 의한 학습지도에 어려움 등이 그것이다 (정인성, 1993, p.50; 허운나, 1994, p.133; 배웅천, 1996, pp.101-102).

현재의 경영학 강의에 대한 한국 대학생들의 만족도에 대한 한 조사에 의하면, 만족도는 7점 만점에 평균 2.76점을 기록하고 있었다(한국경영학회, 1995, p.17). 이것은 장점보다 단점이 더 부각되고 있기 때문인데, 장덕삼은 대학에서 주로 주입식 교수-학습방법에 의존하고 있는 점이 오래 전부터 큰 문제로 인식되어 오고 있었다고 주장하였다(장덕삼, 1989, p.39).

경영학 교육에서는 이러한 강의식 교육의 난점을 극복하기 위하여, 사례분석(사례학습)·현장교육·현장조사 프로젝트·컴퓨터 시뮬레이션 게임·시청각교재 등이 사용되고 있으며, 그중 가장 빈번히 사용되고 있는 것이 사례학습이었다(한국경영학회, 1995, p.18). 이러한 사례학습법은 법학, 의학, 사회복지학 등의 분야에서 널리 사용되어 오고 있다(Pigors, 1976, p.35-3). 이학중은 사례[학습]연구를 “실질적 응용분야인 경영학에서, 교육과정에서, 조직체 경영의 실제현장을 강의실로 가져와서 이론적인 지식교육과 더불어 실질적이고 실천적인 교육을 가능하게 해주는 관점에서 개발된 것(이학중, 1988, p.572)이라고 한다.

일체식 강의에 대한 보완책으로서 사용되고 있는 사례학습은 강의식 방법에 비해 장단점이 있으나, 효과가 더 낫다는 주장이 설득력 있어 보인다. 왜냐하면 다음의 < 표 1 >에서 보는 것처럼 전체적인 효과면에서 사례연구는 회의·토의, 역할연기에 이어 세번째로 높은 효과성을 보이고 있기 때문이다. 특히 사례연구의 경우 문제해결능력의 배양에 있어서는 매우 우수한 방법임을 알 수 있다. 이러한 내용은 한국경영학회에서 행한 사례교육의 효과와 필요성에 대한 조사결과에서도 나타났다 (한국경영학회, 1995, pp.32-35). 조사결과에 의하면, 응답자들은 사례교육이 이론의 이해와 기억·학습동기부여·문제해결능력의 개발·기업현실의 이해·실천적/분석적 사고의 배양·창의력 함양·이론의 실무적 응용력 배양 등에서 7점 만점에 5점 이상의 효과가 있다고 응답하였다. 그중 기업의 현실에 대한 이해(5.79)·문제해결 능력의 향상(5.67)·실천적/분석적 사고의 배양(5.61) 등이 주된 효과로 인식되고 있었다.

〈 표 1 〉 여러 교육훈련방법들의 효과성 비교

교육훈련방법 \ 효과분석	지식교육	태도변화	문제해결능력	종합순위
사례연구	4	4	1	3
회의·토의	3	3	3	1
강의	2	6	5	4
모의교육	8	5	2	5
시청각교육	7	7	8	8
프로그램교육	1	9	6	6
역할연기	5	1	4	2
감수성 훈련	9	2	7	7
텔레비전 강의	6	8	9	9

자료: L.N. Neider, "Training Effectiveness: Changing Attitudes," *Training and Development Journal*, Dec. 1981, p.25; 이학중, 인적자원관리, 429 쪽 재인용.

그러나 사례식 학습법 역시 장점과 단점을 가지고 있다. 먼저 장점을 살펴보면, ①학습자들이 스스로 경영자의 입장에서 사례를 성공적으로 분석하는데 필요한 정보 및 기술이 무엇인지 사고하도록 요구됨, ②분석을 통한 자신의 잠정적인 견해제시를 통해, 자신의 견해를 사례토의 집단내의 다른 사람들과 견주어봄으로써 높은 수준의 토론이 가능하게 됨, ③구체적이고 특정한 문제들에 초점을 둔 실제의 이야기이기 때문에 재미있게 읽을 수 있음, ④이론적인 것보다는 실제 경영적인 것에 중점이 두어짐, ⑤경영활동의 결과 뿐만 아니라 그것의 원인 되는 과정도 보여줌, ⑥교과서나 강의에서와 달리 최선의 해결책과 함께 차선책까지 고려함, ⑦종합적인 결론에 도달할 수 있는 여러가지 요소들을 상호 연결시키는 능력을 연마함, ⑧학생들을 수업시간에 능동적으로 참여시킴, ⑨자신의 공부에 대한 재평가를 할 수 있게 해줌, ⑩정곡을 찌르는 질문능력을 배양할 수 있도록 도와주는 점 등이 그것이다(Gray · Constable, 1984, pp.258-260; 조동성, 1995, p.6).

단점으로는 ①사용할 마땅한 교재의 부족, ②학습자들의 준비부족, ③강사들의 토론식 수업 관리경험의 부족, ④그저 근사하게 보이는 것으로 때우려는 강사들의 심리, ⑤학습 속도가 느림. 예를 들어 강의식으로 EOQ 공식을 가르치면 20분이면 가능하나 사례학습 방법은 약 60분 정도가 소요됨, ⑥많은 학생들이 사례로부터 배운 것이 없다고 느끼는 등의 좌절감, ⑦실제경영상황을 과도하게 단순화시킬 위험, ⑧결정된 의사결정의 실제 수행책임은 없음, ⑨시간의 제약, ⑩과거의 한 시점에서 발생한 정태적인 사건을 대상으로 하는 것 등이 그것이다(Gray · Constable, 1984, p.261; 조동성, 1995, p.6).

이러한 강의식 교육방법과 사례학습법의 장단점을 비교해 보면, 아래의 < 표 2 > 와 같다.

< 표 2 > 강의 및 사례식 교육방법의 장단점 비교

	강 의	사 례 교 육
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경제성: 대규모 학급에서의 강의도 가능함/시간이 절약됨 ○ 낮은 수준의 목표달성에 효과적 ○ 친밀성: 모두에게 낮은 상황 ○ 새로운 제재나 단원 도입에 효과적 ○ 전체적 진망을 제공하는 유효한 수단 ○ 학습 흥미를 환기시키고, 학습동기 유발 ○ 교재오류의 수정 가능성 ○ 사실·사건의 효과적 표현 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 독자의 역할이 의사결정자로 확장됨. ○ 높은 수준의 (집단) 토론이 가능함 ○ 흥미유발 ○ 경영의 실제 과정을 보여줄 수 있음 ○ 결과와 원인 관련정보를 함께 제공 ○ 최선·차선의 해결책 탐색 추구 ○ 논리적 사고력의 배양이 가능 ○ 능동적 참여가 가능함. ○ 재평가기회 제공 ○ 의미있는 통찰력의 제공
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비표준성: 교사의 개인적 능력에 크게 좌우/학습자의 개인능력에 크게 좌우 ○ 수동적 참여로 제한됨: 독자의 역할이 기업박의 관찰자로 제한 ○ 학습자에 대한 고려가 적음 ○ 시간경과에 따른 급격한 학습효과 감퇴 ○ 자칫하면 시간낭비 ○ 지엽말단적 문제에 빠질 우려 ○ 학습자의 사고에 여유가 없음 ○ 언어능력 부족자에게 부적합 ○ 내용요약의 어려움 ○ 문제해결 능력 배양에 한계 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용할 마땅한 교재의 부족 ○ 학습자들의 준비부족 ○ 비표준성: 교사의 개인적 능력에 크게 좌우/학습자의 개인능력에 크게 좌우 ○ 강사들의 '뻔뻔'심리 ○ 학습 속도가 더딤. ○ 심리적 좌절감 ○ 경영과정에 대한 '지나친 단순화 위험' ○ 결정된 내용에 대해 실행책임이 없음 ○ 시간의 제약 ○ 과거 사건의 사례화

위의 < 표 1 >과 < 표 2 > 를 비교해보면, 강의식 교육방법과 사례교육방법 모두 각각의 장단점이 있다. 그러나 경영학이 실제 경영현장에서 부딪친 문제해결과정을 사전에 학습하는 특성의 학문임을 감안할 때, 강의식 교육방법 보다는 사례교육방법이 더 우수하다고 할 수 있다. 그러나 다수의 학생들이 좌절하고 배운 것이 없다고 느끼는 사례학습은 강의식 학습과 마찬가지로, 배우는 '학습(learning)'은 이루어지고 있을지 모르지만, 성과가 실제로 나타나는 '수행(performance)'은 정상적으로 이루어지고 있다고 볼 수는 없다 그 이유는 사례식 학습은 본질적으로 참여적인 성격을 띄고 있고, 사례교육의 성과는 사용되어지는 매체의 질과 강사의 기술 및 경험에 크게 의존하기 때문이다(Gray · Constable, 1984, p.258).

3. 사례교육의 문제점과 영상매체 학습

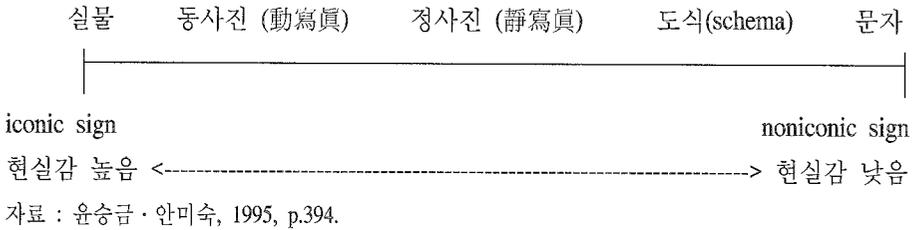
사례교육을 많이 해본 강사들은 사례교육이 갖는 문제점을 많이 경험해 오고 있다. 그 중에서 이학중은 ①강의 위주의 교육방법에 익숙해진 교수들, ②학생들의 수용 자세 미비, ③학습학습 환경의 문제점 곧 과다한 학생수, ④많은 사전연구와 준비의 필요성, ⑤사례분석연구와 관련된 실재자료 구비의 부족, ⑥한국기업들의 사례대상 기피현상 등(이학중, 1988, pp.581-582)을 대표적인 문제점으로 지적하고 있다.

본 저자는 이러한 이유 중의 상당수가 대학에서의 사례학습을 인쇄매체를 이용한 방법에 매달리고 있기 때문이라 주장한다. 실제로, 동일한 메시지라 하더라도 전달하는 매체의 속성에 따라 수용자에게 전혀 다르게 작용할 수 있다. 전통적 학습여건 하에서 약 10%의 학생들만이 도달가능하던 성취수준을 적절한 학습상황의 제시로 90% 이상의 학생들이 달성하게 할 수도 있다(윤승금·안미숙, 1995, pp.390-391). 그리고 이를 위해, 구체적으로 학교교육에 하드웨어적 교육공학과 소프트웨어적 교육공학의 개념을 도입하여, 교수비용을 절감하고, 교수-학습 시간을 단축하여, 교육의 효과성과 효율성을 제고시켜 교육의 질적 고양을 가져오게 하려는 노력들이 있어왔다(박성익, 1992, p.82, p.90).

사례학습의 경우에서, 이러한 점을 고려하여 사례학습의 효과를 높일 수 있도록 개발된 것이 사례연구 관련교육자료의 활용이다. 사례연구 관련교육자료에는 사건(incident), 모의게임(simulation), 경영실기문제(inbasket exercise), 역할연기(role-playing), 경험적 학습자료 등이 있다(이학중, 1994, p.119).

아래의 < 그림 1 > 에서 볼 수 있듯이, “문자”라는 인쇄매체를 이용한 학습은 현실감을 제대로 나타내 주지 못한다. 왜냐하면 사례학습의 목적이 경영현장에 대한 ‘모의실험 형태의 과정학습’이고, 사례연구가 실제 이야기를 다루는 것인데 반해, 현장의 이야기를 문자라는 상징으로 전달하는 데는 한계가 있기 때문이다. 이에 비해, 동영상(動映像) 사진들로 구성되는 비디오 프로그램은 실물과 문자(인쇄매체)와의 현실감 연속선(reality continuum) 상의 중간에서 실물에 가까운 쪽에 위치한다. 영상매체로서의 비디오 프로그램은 전통적 강의나 언어적 상징에만 의존하는 메시지 전달방식에 비해 현실감(reality)이 높고 단시간 동안 제시되는 동적 화상과 해설 및 음향효과로 개념을 구체화시킬 수 있는 기능을 보유하고 있다(윤승금·안미숙, 1995, p.399). 따라서 영상매체는 인쇄매체보다 현실감 있는 사례를 제공할 수 있다.

〈 그림 1 〉 현실감 연속선 (Reality Continuum)



영상매체를 이용한 학습이란, 영화, 슬라이드, TV등의 영상교재와 교구를 활용하여, 교수내용을 전달함으로써 학습활동을 효과적으로 유도하는 교육방법을 일컫는다. 이러한 방법은 20세기초에 와서 교육현장에 영화를 사용하면서 부터 시작되어, 30년대 말경 부터는 음향녹음기, 축음기의 보급과 유성영화의 출현으로 청각적 부분이 가미되어 영상과 음성을 동시에 이용하는 미디어를 교육분야에서 사용하게 되었다(한인규, 1992, p.8).

문자나 말은 일종의 상징이어서 그 의미가 이해되려면, 수신자의 내부에서 그 상징이 대표하는 상태를 환기하지 않으면 안된다. 그러나 영상은 언어 상징과 달리 그 자체가 현실상태의 충실한 재생인 것이다. 때문에 영상이 시각에 자극을 가함으로써 일으키는 지각반응은 그 자체가 의미를 형성하기 때문에 영상은 언어 상징보다 이해하기가 쉬운 것이다. 더욱이 TV와 영화, 비디오 등은 이러한 영상과 동시에 음향이나 말에 의한 자극까지 겹치기 때문에, 신문이나 라디오 보다 훨씬 강력한 현실성과 박진감을 갖는다. 이러한 힘은 또한 학습자로 하여금 그만큼 의식집중을 강요하기 때문에 높은 설득성을 지니는 것으로 알려져 있다(한인규, 1992, pp.10-11).

교육에 있어서의 영상매체는 적절하게만 사용하면 매우 효과적인 교수매체이며, 교사와 학생 모두 이것의 사용을 좋아한다고 한다. 인쇄매체를 이용한 수업보다는 TV 영상매체를 이용한 수업에서 학생들은 상대적으로 정신적 노력이 적게 드는 상태에서 학습을 할 수 있었던 것으로도 조사되었다 (한인규, 1992, p.9).

〈 표 3 〉 매체선택을 위한 작업표

매 체	제 작 비	복 제 비	학습 집단 형 태	적 합 내 용			사 용 감 각
				인 지	정 의	심 체	
인쇄매체	매우 낮음	매우 낮음	개 별	뛰어남	보 통	중 음	시 각
강 의	낮 음	높 음	집 단	보 통	중 음	나 뵈	시 · 청각
오디오 테이프	낮 음	낮 음	집단·개별	나 뵈	보 통	나 뵈	청 각
T V	높 음	높음~ 낮음	집단·개별	보 통	뛰어남	뛰어남	시 · 청각
동사진(動寫眞)	매우 높음	보통~ 낮음	집단·개별	보 통	뛰어남	뛰어남	시 · 청각
시물레이션	매우 높음	매우 높음	개 별	중 음	중 음	뛰어남	시·청·후 ·촉·신체

자료 : 권성호, 『교육공학개론』, 양서원, 1995, p.116.

위의 < 표 3 > 을 보면, 문자 곧 인쇄매체를 이용한 교육방법보다 TV나 동사진과 같은 영상매체를 이용한 교육방법이 태도(態度)를 구성하는 정의(affective)적 요소와 심체(behavioral intention)적 요소 부분에서 인쇄매체를 이용한 방법보다 더 우월한 것으로 나타나고 있다. 이러한 이유 때문에 하바드와 같은 곳에서는 일찍부터 영상매체를 사례교육에 이용할 것을 권장해 왔다(Gray · Constable, 1984, p.261)

일반적으로 경영사례는 실제의 기업상황을 기술한 것이므로 어느 특정 경영문제에 대한 은유(metaphor)로 볼 수 있다. 사례의 내용이 경영자가 현실에서 부딪히는 실제 문제와는 조금 다를 수 있지만, 대체로 기업 현실의 좋은 은유가 될 수 있다(유필화, 1996, p.4). 은유를 이용한 모의게임(metaphor simulation) 따라서 같은 내용을 훨씬 우월한 내용의 구성으로 제시할 수 있도록 전문가에 의해 계획되고 스크립트가 쓰여지고 제작된 훌륭한 영화나 비디오의 상영과 같은(허운나 · 유영만, 1995, p.140) 영상매체의 사례교육에의 활용은 인쇄매체에 의한 사례교육보다 더 높은 교육효과를 가져올 수 있다.

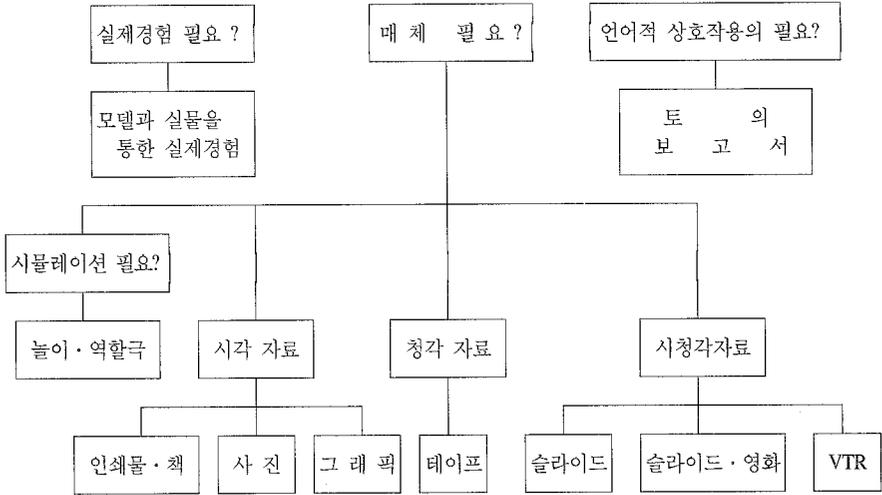
4. 인쇄 및 영상매체를 이용한 학습

사례교육에 있어서 영상매체가 인쇄매체보다 우월할 방법이라면, 인쇄매체 대신 영상매체만을 사용할 것인가? 아니면, 두가지를 모두 다 사용할 것인가? 결론부터 말하면, 두가지를 모두 다 같이 사용하여야 한다. 왜냐하면, 교육방법에서는 보조적 교수방법이 함께 사용되어야 효과적이기 때문이다(허운나, 1994, p.133).

각각의 교육방법은 다른 교육방법과 비교할 때, < 표 2 > 에서 살펴본 것처럼 나름대로의 이점을 가지고 있다. 이들 각 방법들은 목표로 하는 기술의 개발에 있어서 공헌하는 바가 서로 다르지만 특정한 목표에서는 최고의 효과를 내도록 되어 있다. 그러므로 어떠한 기술을 개발하여야 하는지에 대한 동의가 이루어지기만 한다면 특정한 방법에 대한 합리적 선택은 가능하다(Gray · Constable, 1984, p.252). 이점을 생각할 때 사례교육의 목적이 '은유를 이용한 모의게임'임을 생각한다면 영상매체는 결코 간과되어질 수 없다.

사례교육방법의 핵심적인 특징 2가지를 들면, ①논의되어야 할 교재(사례)와 ②집단토의가 그것이다. 또한 이를 위해 사례분석과 함께 사례보고서가 쓰여져야 한다(Pigors, 1976, p.35-1). 교육훈련 전문가들의 견해에 따르면, 강의실상황에서의 교재(사례)는 목적달성을 위한 하나의 수단에 불과하다. 따라서 교재는 그것이 얼마나 많이 존재하는가에 의해서 선정되어야 하는 것이 아니라, 의도하는 바의 목적에의 공헌도에 따라 선정되어야 한다(Pigors, 1976, p.33-3).

< 그림 2 > 매체 선정과정



위의 < 그림 2 >에서 볼 수 있듯이, 목적달성에 어떤 매체가 필요한가가 먼저 고려되어야 한다. 만약 실제경험만이 필요하다면 <모델과 실물을 통한 실제경험>을 택해야 할 것이고, 언어적 상호작용이 필요하다면 <토의나 보고서>가 요구되어야 한다. 그러나 구체적인 매체가 필요하다면 <시각·청각·시청각자료> 중 어떤 것이 더 필요한가를 고려해 보아야 한다. 이때 앞의 < 표 3 > 매체선택을 위한 작업표가 사용되어질 수 있다. 인쇄매체는 인지부분에서 뛰어나고 심체 부분에서는 좋으나 정의부분에서는 보통의 효과만이 기대되어진다. 그러나 영상매체(TV·동사진)에서는 정의·심체 부분에서 뛰어나고, 인지 부분에서 보통 정도를 나타낸다. 따라서 만약 두가지를 같이 사용한다면, 인지·정의·심체 모든 부분에서 뛰어난 효과를 기대할 수 있을 것이다.

인쇄매체에는 ①학습용 보조자료 : 학습동기를 위한 인쇄매체, ②훈련용 자료: 프로그램의 순서나 안내도 등, ③안내자료: 소책자·뉴스레터·연말보고서·사진·도표의 3 가지가 있다(이칭찬, 1992, pp.138-139). 이들 인쇄매체의 종류는 사례목적에 따라 다른 내용을 담게 되는 사례학습인 경우에도 마찬가지로 적용된다. 이러한 인쇄매체의 장점은 ①경제성: 복사 및 준비비용이 비교적 적음, ②통일된 정보의 부여: 학습자들에게 통일된 내용과 형태로 정보를 제공, ③보류의 효과: 오랫동안 두고 볼 수 있음 등이다(이승익, 1993, pp.165-166; 이용환·김민환, 1994, pp.349-351; 김정규·김영수, 1995, p.209). 단점으로는 ①평면적, ②움직임이 없음 ③일반적으로 크기가 작음, ④내용이 제한되어 있음, ⑤내용의 획일성, ⑥내용의 낙후성 등이다 (이용환·김민환, 1994, pp.349-351; 김정규·김영수, 1995, p.209).

현재의 사례교육에 대해, 많은 학생들이 배운 것이 없다고 느끼는 심리적 좌절감을 느끼고 학습속도도 더디 나타나는 것은 현재 제시되고 있는 대부분의 사례들이 인쇄매체에 의한 것들이기 때문이다. 곧 인쇄매체가 갖는 단점이 두드러지게 반영되어 그러한 현상이 벌어지고 있는 것이다.

한편 영상매체의 장점은 ①학습자의 흥미유발, ②이해와 기억에 도움, ③경제성: 녹화 및 재생의 저렴성과 편리성, ④반복시청가능: 녹화된 자료는 즉시·반복시청이 가능, ⑤보관의 간편함, ⑥동시상영 가능: 복수 수상기의 설치로 가능, ⑦비교적 부족한 질 높은 강사의 대체공급, ⑧사태를 극화(dramatize)시킴, ⑨익숙치 않은 문제에의 안전하고 익숙한 적응 등이 그것이다(한인규, 1992, p.27; 이용남, 1994, pp.297-300; Roed, 1984, p.292; O'sullivan, 1976, p.43-18). 영상매체의 단점은 ①기계장치에 의존: 통일된 방식이 아닌 경우 사용이 불능(VHS· β 방식), ②기계 및 태입가격의 경제적 부담: 비교적 고가격의 기기, ③수동적인 학습: 참여학습이 어려움, ④직접 제작의 어려움, ⑤보조교재의 수가 적음, ⑥스크립트에의 의존 등이다(이용남, 1994, pp.297-300; Gray·Constable, 1984, p.261; Pigors, 1976, p.35-3).

그런데 영상매체가 갖는 우수한 많은 장점에도 불구하고, 앞의 < 표 1 >에서 살펴본 것처럼 텔레비전 강의 그 자체는 매우 비효과적이다. 그 이유는 텔레비전 강의가 일방적으로 이루어지기 때문일 것이다. 그러나 비디오의 관련내용을 개요(synopsis)로 사전에 제시하면, 비디오가 전달하는 메시지에 개요로 현실감(reality)을 더해주는 작용을 하여(윤승금·안미숙, 1995, p.394), 사례에 대한 사전적인 이해를 도울 수 있음은 물론이고, 비디오를 통해 제시되는 영상물을 통해 빠른 내용의 파악과 문제への 이해를 빨리할 수 있다. 또한 영상매체를 이용한 사례학습은 인쇄매체에 대한 사례학습이 갖는 과도하게 단순화된 경영상황을 좀더 다양하게 보완할 수 있다. 곧 영상매체가 갖는 특징인 다양한 카메라워크(camera-work)에 의해 구사되는 다양한 관점들과 다양한 장면들은 인쇄매체에 의해서는 전달될 수 없는 현실감(現實感) 나는 다양한 경영상황의 제시를 가능하게 해준다는 장점을 가진다.

결국 사례학습의 본질적 특징이 참여를 통한 학습에 있다고 할 때, 인쇄매체나 영상매체 하나만에 의존할 경우, 다 같이 일정한 한계에 봉착하면서 의도하였던 사례학습의 장점을 제대로 살리지 못할 수 있다. 그 반면에, 인쇄매체와 영상매체를 사례학습에 함께 사용할 경우, 큰 이점을 얻을 수 있다.

인쇄 및 영상매체의 동시 사용은 ①효과성: 교재(사례)의 내용이 말·글·영상으로 생생하게 그리고 빨리 전달되는 효과가 있으며, ②제시되는 상황을 빨리 파악할 수 있도록 하는 지각과 통찰력에 있어서의 내적인 도움 제공, ③학습자들에게 경제적인 도움 제공, ④흥미를 유발시킴 (Pigors, 1976, p.35-3), ⑤상보성(相補性): 스크립트에 의존할 수 밖에 없고 또한 실제와는 다소 동떨어진 상황연출의 한

계가 있는 영상매체가 인쇄매체를 통해 제시되어지는 추가적인 정보에 의해 그러한 점을 상당부분 완화시킬 수 있음, ⑥반복성 (反復性): 동일하거나 관계되는 내용이 두가지 매체를 통해 반복 제시됨으로서 나타나는 효과 등의 장점을 가진다. 그러나 여전히 ①영상매체와 관련하여 기계장치에 의존하고, ②준비가 더욱 번거로와지며, ③직접 제작의 어려움, ④보조교재의 수가 적은 점 등의 단점을 가진다.

< 표 4 > 사용매체별 장단점 비교

	인쇄매체법	영상매체법	인쇄 및 영상매체법	기타 다른 방법 (시뮬레이션)
장점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경제성: 복사 및 준비 비용이 비교적 적음 ○ 통일된 정보부여: 학습자에게 통일된 내용과 형태로 정보제공 ○ 보류의 효과: 오랫동안 안 두고 볼 수 있음. ○ 사고의 조직화에 기여 ○ 집단학습이 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 흥미유발 ○ 이해와 기억에 도움 ○ 경제성: 녹화·재생의 저렴성과 편리성 ○ 반복시청 가능: 녹화된 자료는 즉시·반복시청이 가능함 ○ 보관이 간편함 ○ 동시상영 가능: 복수수상기를 이용한 동시 상영 가능 ○ 질높은 강사의 대체 공급 ○ 사태를 극화시킴 ○ 익숙치않은 문제에의 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 효과성: 시각 (인쇄매체) 와 시청각 (영상매체)를 동시에 사용함으로써, 빠른 내용 파악이 가능함 ○ 지각과 통찰력 향상 ○ 경제성: ○ 흥미유발 ○ 상보성 (相補性): 각 매체의 부족부분을 서로 메워줌 ○ 반복의 효과: 동일하거나 관계되는 내용이 두가지 매체를 통해 제시되므로 반복되는 효과가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현실성: 현실과 비슷한 상황에서 빠르고 안전하게 현실 경험에 도움 ○ 효과성: 인지·정의·심체수업을 동시에 효과적으로 수행 ○ 능동성: 학습자의 참여와 피드백을 즉시 제공함
단점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 평면적 ○ 움직임이 없음 ○ 일반적으로 크기 작음 ○ 내용이 제한되어 있음 ○ 내용의 획일성 ○ 내용의 낙후성 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계장치에의 의존: 기계적 통일성 요구 ○ 기계 및 테일가격의 경제적 부담 ○ 수동적인 학습 ○ 직접 제작의 어려움 ○ 교재의 수 적음 ○ 스크립트에의 의존 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기계장치에의 의존: 기계적 통일성 요구 ○ 준비에 번거로움: 학습자와 강사 모두에게 번거로움 ○ 직접 제작의 어려움 ○ 교재의 수 적음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 능력의 차이: 개인 능력의 차이에 의해 학습효과 차이발생 ○ 비경제성: 비싼 개발비와 진행에 시간과 비용발생 비경제적 ○ 흥미로 전락: 준비가 미흡한 경우, 흥미거리로 끝날 가능성

위에서 다른 각 매체별 특징을 장단점을 중심으로 비교 정리해 보면, 위의 < 표 4 > 와 같다¹⁾.

사례교육법은 원래 앞의 < 표 2 >에서 살펴본 것처럼, 강의식 교육방법에 비하여, 학습자들에게 흥미를 유발시킬 수 있는 방법이고, 또 그렇게 운영되어야 한다. 그러나 실제 운영상에 있어서, 그 반대현상이 자주 발생하는 것은 강사의 부적절한 운영방식 등에도 문제가 있지만, 인쇄매체 자체가 갖는 매체 속성적 한

1) 기타 다른 방법으로 제시된 모의게임 (시뮬레이션) 의 경우는 (1) 현실성, (2) 효과성, (3) 능동성의 제고라는 장점 등을 가지고, (1) 능력에 따른 학습효과 차이, (2) 비경제성, (3) 흥미로 전락될 위험 등의 단점 등을 가진다(정인성, 1993, p.91).

계에서도 상당부분 비롯된다고 할 수 있다. 그리고 이러한 점은 영상매체의 사용을 통해 극복되어질 수 있으나, 영상매체 하나만을 사용할 경우의 한계와 영상매체를 이용한 교육의 효과는 교과내용에 있어서 영상매체를 적절하게 이용할 경우에 매우 효과적임(한인규, 1992, p.13)을 고려하여, 인쇄매체와 영상매체를 동시에 사용하는 것이 가장 바람직하다고 할 수 있다.

이와 같이 인쇄매체와 영상매체를 한꺼번에 같이 사용하는 사례 교육방법은 복수의 매체를 동시에 사용하는 것과 관련된 매체배합(Media Mix)의 문제이다(O'Sullivan, 1976, p.43-1). 영상매체와 같이 새롭게 등장한 매체가 인쇄매체와 같은 기존의 매체와 유사한 기능을 발휘하되 보다 편리하고 보다 유익하다고 판단되어지면 새로운 매체에 의해서 점차 다른 기존의 매체행위가 대체되어지는 까닭은 각 매체들이 가지고 있는 기능대안적(機能代案的) 특징 때문이다(한인규, 1992, p.22). 그리고 학습자들은 기존의 매체보다 접촉 이용이 용이하여 기술적으로 편리하면서도 경제적인 매체가 제공하는 보다 다양하고 재미있는 메시지 내용을 능동적으로 식별해서 접촉하는 특성을 가지고 있다(한인규, 1992, p.23). 요사이 학습자들이 과거의 학습자들보다 영상매체에 과다 노출되어 있는 점을 고려할 때, 인쇄매체보다 더 나은 교수효과를 나타내는 영상매체의 적절한 활용은 대단히 중요하다고 할 수 있다.

실제로, 사례연구법은 1880년대에 하버드 법과대학원의 Christopher Langdell의 첫 개발 이후, 위에서 언급한 그러한 문제점들 때문에 이를 극복하기 위하여 와튼(Wharton)법이라든지 영국의 헨리(Henley)법 등이 고안되어 왔었다(Pigors, 1976, pp.35-3-35-5). 와튼법은 특정한 조직의 경영자들이 자신들이 다루고 있는 문제들을 사례로서 '직접' 제시하고 이를 다루는 생동감 넘치는(live) 사례학습법이며, 헨리법은 이와 비슷하면서도 하버드(Harvard)의 비지시적인 방법과 달리 지시적으로 운영되어지는 방법이다.

이러한 사례교육에 있어서의 발달과정을 고려할 때, 한국의 실정에 맞는 사례연구법의 개발이 필요하겠으나, 현재의 시점에서는 위에서 언급한 것처럼 인쇄매체의 한계를 극복할 수 있도록 영상매체를 함께 사용하여 사례교육의 현실적 한계를 극복하려는 시도가 필요하다고 생각되어 진다.

5. 결론 및 제언

위에서 살펴본 것처럼, 사례교육은 강의식 교육보다 효과적이고, 특히 문제해결능력의 개발에 있어서 효과적이다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 많은 학생들의 관심을 끌지 못하고 이들을 좌절시키는 단점과 경영상황에 대한 획일적

내용 제시라는 단점 등을 가지고 있다. 이러한 점을 보완하기 위하여 저자는 영상매체를 기존의 인쇄매체와 함께 이용하는 사례교육법을 제시하였다. 이는 곧, 인쇄매체와 영상매체 사용의 장점으로 인한 상승효과(synergy effect)를 기대한 때문이었다.

일반적으로 사례학습은 ①학생 개개인의 사전 분석과 준비, ②비공식 소집단에서의 사전적 토의, ③교실상황에서의 토론, ④수업 말미에 학습내용에 대한 일반화제시 등의 순서로 진행되어진다(유필화, 1996, p.6). 인쇄매체와 영상매체를 함께 사용하는 경우도 마찬가지이므로, 교육효과를 극대화할 수 있도록 다음과 같은 점이 고려되어야 한다.

첫째, 인쇄매체에 앞서 영상매체를 제시한다. 학생들 개개인이 관심을 가지고 사전 분석과 준비를 하는 단계에 영상매체의 편성이 적절하다. 왜냐하면, 영상매체는 잘 짜여진 플롯으로 학생들의 관심을 끌면서 사례의 내용을 제시하기 때문에 학생들의 사전 준비에 큰 도움을 줄 수 있기 때문이다. 이를 위해, 인쇄매체로 된 본 사례의 제시에 앞서 영상매체를 이용한 사례학습을 시도하는 것이 바람직하다.

둘째, 영상매체에 앞서 의사결정(소)사례를 먼저 제시한다. 영상매체에서는 등장인물들의 의사결정을 포함한 실제적인 경영관리 행동을 직접 관찰할 수 있고, 사례교육의 목적이 경영현장에 대한 ‘모의게임’의 성격을 많이 띠을 고려하여 영상매체 사용 이전에 “유사한 의사결정 상황에서 어떻게 행동할 것인가?”를 토의 주제로 삼는 상황의 설정이 더 효과를 가져올 수 있다. 이때부터 학생들이 비공식집단을 조직하여 사례학습에 대한 사전적 토의를 시작한다면 더 큰 사례학습의 효과가 가능하다. 따라서 인쇄매체·영상매체의 동시 사용을 위한 매체의 배합(Media Mix)을 “의사결정사례 -> 영상매체 학습 -> 본사례”로 이어지는 방식으로 진행할 때 사례학습의 효과를 극대화할 수 있을 것이다.

셋째, 교실상황에서의 토론은 교수들이 질문하고 학생들의 말을 번역해 주며 순간적으로 강의하는 등 다양한 역할을 수행하는 방식으로 진행되게 된다(조동성, 1995, p.10). 이때 교수들은 미리 마련된 강의노트(Teaching Note)를 활용하여, 자신이 강조하고 싶은 부분을 더 강조할 수 있다.

넷째, 아마도 가장 중요한 것이 마지막 단계에 있는 일반화 학습일 것이다. 그런데 인쇄매체와 영상매체를 같이 사용하는 사례학습의 경우, 사례학습의 한계인 보편성 결여라는 점이 보다 뚜렷이 부각될 수 있기 때문에 사례내용의 마무리와 함께 다른 사례의 학습을 위한 단초로 삼을 수 있다.

이상의 논의를 구체적으로 가능하게 하기 위해서는 실제적인 용례(用例)가 필요하므로, 이를 위해 저자가 직접 사례를 개발하고 이를 영상매체와 함께 이용하는 경우를 시도하여 보았다.

참 고 문 헌

- 권성호, 『교육공학개론』, 양서원, 1995.
- 김정규·김영수, 『교육방법 및 교육공학』, 형설출판사, 1995.
- 김학수, “현대 교수-학습의 교육공학적 접근”, 『교육연구』, 제9호, 1989, pp.34-38.
- 박성익, “교육의 질적 고양을 위한 교육공학적 방법”, 『교육학연구』, 제30호, 1992, p.79-94.
- 배웅천·이준옥·최원현, 『교수방법의 탐구』, 한남대 출판부, 1996.
- 유필화, “사례교수법·사례개발”, 제 1 회 KIMCR Workshop 자료집, 한국경영사례연구원, 1996.
- 윤승금·안미숙, “학습영역의 Taxonomy에 기초한 비디오자료의 효과분석”, 서울산업대 논문집 41집, 1995, pp.389-403.
- 이성호, 『교수방법의 탐구』, 양서원, 1996.
- 이승익, 『교수·학습지도법』, 교육연구사, 1993.
- 이용남, 『교육방법과 교육공학』, 교육과학사, 1994.
- 이용환·김민환, 『교육방법과 교육공학』, 재동문화사, 1994.
- 이칭찬, 『교육방법 및 교육공학』, 문음사, 1992.
- 이학중, “사례연구현황과 앞으로의 방향”, 『한국경영학 30년-회고와 전망』, 서울대출판부, 1988, pp.571-588.
- 이학중, “한국경영학과 사례연구”, 『경영학연구』, 제23권 제 2호 1994, pp.117-128.
- 장덕삼, “교수-학습과정의 시스템화 방식”, 『교육연구』, 1989, pp.39-42.
- 정인성, 『실천적 교수방법』, 교육과학사, 1993.
- 조동성, “사례 및 강의노트 작성법”, 『경영사례연구』, 제29호, 1995, pp.1-20.
- 조창원, “비디오기재 설치 활용을 위한 기본상식”, 『과학충남』, 22호, 1984, pp.251-255.
- 한국경영학회, 『경영사례연구원 설립에 대한 타당성 연구』, 한국경영학회, 1995.
- 한인규, 『비디오 매체의 기능대안적 학습효과에 관한 연구』, 중앙대학교 대학원 신문학과 박사학위 청구논문, 1992.
- 허운나, 『교육방법과 교육공학』, 한양대학교 출판원, 1994.
- 허운나·유영만, 『교육공학개론』, 한양대학교 출판원, 1995.
- 홍승정, “TV강의 프로그램 제작의 ARCS 모형 적용”, 『방송통신교육논총』, 제8호, 1994, pp.61-93.

- Broadwell, M.M., Classroom Instruction, in Craig, R.L. (ed.), *Training and Development Handbook: A Guide of Human Resource Development, 2nd ed.*, McGraw-Hill, 1976, pp.33-1-33-13.
- Craig, R.L., *Training and Development Handbook: A Guide of Human Resource Development, 2nd ed.*, McGraw-Hill, 1976.
- Gray, J. and J. Constable, Case Method in Management Training, in Taylor, B. and G. Lippitt (eds.), *Management Development and Training Handbook*, London: McGraw-Hill, 1984, pp.257-265.
- O'sullivan, K., Audio visuals and the Training Process, in Craig, R.L. (ed.), *Training and Development Handbook: A Guide of Human Resource Development, 2nd ed.*, McGraw-Hill, 1976, pp.43-1-43-23.
- Pigors, P., Case Method, in Craig, R.L. (ed.), *Training and Development Handbook: A Guide of Human Resource Development, 2nd ed.*, McGraw-Hill, 1976, pp.35-1-35-12.
- Taylor, B. and G. Lippitt (eds.), *Management Development and Training Handbook*, McGraw-Hill, 1984.

[개발사례]

성공한 실패인가 예정된 실패인가?: 이폴로 13 호

미항공우주국(NASA)의 탄생

1957년 8월 4일 소련은 인공위성을 지구 근접궤도로 쏘아올리는데 성공했다고 발표하였다. 또한 소련은 1961년 4월 12일 최초의 우주인 가가린(Yuri Gagarin)을 태운 우주선의 지구궤도 비행 성공을 발표하였다. 이 두 사건은 미국의 조야(朝野)를 뒤흔들어, 결과적으로 항공 우주계획의 발전과 인간 달탐사의 계기를 마련하게 되었다.

사실 미국은 소련의 우주선 발사 훨씬 이전부터 우주개발에 대한 준비를 해 오고 있었다. 이미 각군(各軍)에서 인공위성 발사체(發射體)들로 사용할 수 있는 미사일들을 설계 및 개발하고 있었으며, 1915년에 설립된 NACA(전미항공자문위원회: National Advisory Committee for Aeronautics)의 실험실에는 실험용 기기들이 준비되어 있었다. NACA는 비행과 관련된 문제들에 실용적인 해결책을 찾기 위한 과학적 연구를 지도 및 감독하고, 실험적으로 다루어야 할 과제들을 선정하며, 해결책과 실용적 응용을 함께 다루는 것을 목적으로 설립된, 연구·검사 및 자문기구였다. NACA는 군(軍) 및 산업계 쪽과 경쟁관계 보다는 보완관계 유지에 치중하였는데, 연구과제의 선정과 진행이 비교적 자율적으로 이루어지는 조직으로 1958년 현재 8,000명의 구성원들이 1억 1,700만불의 예산을 사용하고 있었다.

NACA는 항공기의 생산에 직접 적용될 수 있는 정도까지의 응용연구에 초점을 두어, 공냉식(空冷式) 엔진의 효율성 실험, 무스탕(P-51 Mustang) 비행기 날개 개발, 초음속 및 극초음속 비행기의 개발 등에 노력하였다. 1950년대 중반 부터는 우주에 대한 연구의 비중을 점차 늘려 우주왕복선의 개발 등에 힘을 써, 소련의 스푸트니크호 발사 이전에 상당부분 우주개발 전문기구로 되어가고 있었다. 이와 별도로 육군은 대륙간탄도미사일(ICBM: Intercontinental Ballistic Missile), 공군은 중거리탄도미사일(IRBM: Intermediate Range Ballistic Missile), 해군은 잠수함에서 발사하는 폴라리스급 중거리탄도미사일 개발에 힘을 쏟고 있었는데, 육군의 경우 폰뉴만(von Neumann)의 도움으로 쥬피터(Jupiter) 로켓을, 해군은 국방성의 지원으로 소형인공위성 뱅가드(Vanguard) 발사용 로켓을 개발하고 있었다. 다만 이러한 작업을 추진함에 있어서 시급함의 결여와 여러 경쟁개발부서들 사이의 조정(調整) 결여 때문에 결실을 맺고 있지 못할 뿐이었다.

이러한 우주개발에 대한 경쟁 및 보완 관계는 소련의 인공위성 발사소식과

함께 일변(一變) 하고 말았다. 소련이 쏘아올린 인공위성 스푸트니크의 무게가 83.5 킬로그램인데 비해, 미국이 준비중인 뱅가드 위성의 무게는 불과 1.47 킬로그램에 불과하였던데다, 소련이 대륙간탄도미사일 능력을 갖게 된 것이 틀림없게 되었기 때문에, 미국 행정부와 의회는 이 문제의 대처방안을 놓고 경쟁을 벌이게 되었다. 그것은 민주당에서 장악하고 있던 의회가 소련의 우주개발 성과에 대해 염려하고 당황해 하면서, 공화당 행정부의 정책 실패를 공격하고 나섰기 때문이었다.

소련의 스푸트니크 1호 성공에 이은 2호 성공과, 미국의 뱅가드 인공위성의 발사 실패는 미국에 국가적 수치를 안겨주어, 국가적 우주 프로그램의 중요성과, 이의 관리부서의 필요성을 크게 대두시켰다. 그러나 1958년 1월 31일 쥬피터 로켓을 이용한 익스플로러 인공위성의 발사 성공에 고무되어, 정부에서는 공군의 반대를 무릅쓰고 우주개발을 위한 연구개발의 중복투자와 낭비를 막고, 우주개발의 평화적 이용을 보장하며 미국방성 내에 또 다른 과도한 프로그램의 신설을 방지하기 위하여, 민간부문에 우주개발 프로그램을 맡기는 결정을 하게 된다. 이에 따라 새로운 우주항공 분야를 총괄하게 될 부서로 NACA를 선정하고, 1958년 9월 30일 이를 발전적으로 해체하여 NASA(미항공우주국: National Aeronautics and Space Administration)를 창립하였다.

NASA는 NACA와 달리, 대형발사체 개발을 포함하여 주요한 개발 프로그램을 수행할 수 있도록 권한이 부여되어, 당시까지 해군과 공군 등 여러 기관에서 연구되던 프로그램의 일부를 인수하였다. 하드웨어나 지원설비에 대한 계약과 대학출연연구에 대한 계약을 체결하면서 산업계와 대학을 크게 활용하여 대학에서 연구하고 업계에서 이를 설계 및 생산하되 NASA에서는 이들의 변경에 대한 승인과 거부, 일정·비용 대비 성과의 측정에 주력하였다. 또한 내부적으로는 극도로 정확하고 측정가능하며 절대적인 목표에 매달림으로서 스스로 실패하지 않을 동기부여의 조성에 힘썼다.

아폴로(APOLLO) 계획

1960년 12월 대통령 과학자문위원회는 대통령에게 인간을 달에 보내는 것이 기술적으로 가능하며, 비용은 260억 내지 380억불 정도 들 것이라는 보고서를 올렸다. 1961년 2월 NASA의 핵심부서에서 인간의 달탐사가 10년내에 가능하며, 비용도 1969년 기준으로 70억불이면 가능하다고 주장하였다. 그러나 NASA가 추진하는 수성(Mercury) 계획이 지나치게 성과가 과장되어 있다는 비판의 소리가 적지 않은 가운데, 대통령에 의해 거부되었다. 그러나 1961년 4월 12일 소련의 유리 가가린이 최초의 유인 우주인이 되고, 일주일 후 미국의 피그만 침공 사건이

실패로 돌아가자, 미국이 달에 인간을 보낼 능력이 있다는 주장들이 정치적으로 힘을 얻기 시작하였다. 마침내는 부통령 존슨(L.B. Johnson)의 뒷받침으로 미국이 소련을 우주에서 압도하기 위해 유인 달탐사를 추진해야 한다는 주장이 대통령의 재가를 받게 되었다.

1961년 5월 25일 케네디 대통령은 의회에 5억 4,900만불의 NASA 예산을 청구하면서, 10년 내의 주요사업으로 인간의 달탐사 실현, 과학적 연구조사 사업, 전세계적인 인공위성 커뮤니케이션체제 구축, 기상예보시스템 개발, 고체 및 액체 로켓추진장치의 개발 등을 천명하였다. 이에 수성 계획을 추진하던 NASA는 케네디 대통령의 10년 안의 유인 달탐사 성공이라는 구체적인 목표를 뒷받침하기 위해 아폴로(Apollo) 계획의 추진과 함께, NASA 조직의 개편을 단행하였다 < 그림 1 >, < 그림 2 >. 그리고 의회는 달착륙이라는 과제가 갖는 성공·실패 중의 하나일 수 밖에 없는 성격 때문에 NASA에게 자유 재량권의 폭을 크게 부여하였다.

아폴로 우주선은 크게 3개의 부분으로 구성되었는데, 우주인들이 달과 지구를 오가며 식사와 잠을 자는 사령선(Command Module: CM), 우주인들에게 필요한 전기와 동력 및 물 등을 제공하여 지구 귀환에의 심리적 안전판 구실을 하는 기계선(Service Module: SM), 자체 로켓을 가지고 달의 표면에 내릴 수도 이륙할 수도 있는 자족적(自足的) 기능의 부분과 지구로 귀환하여 바다로 착수(着水) 할 때 사용할 수 있는 기능의 부분을 함께 가지고 있는 착륙선(Lunar Module: LM)이 바로 그것이다. 아폴로 우주선이 사용하는 로켓은 지구의 궤도까지 올려주는 새턴 IB 로켓과 달로의 왕복을 책임져주는 더 강력한 새턴 V 로켓이었다.

우주선은 2개의 산소탱크에 의해 지원되도록 설계되어 있었는데, 각각은 산소를 145 킬로그램씩 담도록 되어 있었다. 곧 이들 산소탱크들은 사령선의 우주인들이 숨쉬 산소와 우주선의 동력인 3개의 연료전지(fuel cell)에 필요한 산소를 공급하는 것은 물론, 수소탱크 속의 수소와 화학적 반응을 일으켜 우주인들이 마실 물과 외부의 뜨거운 열로부터 전기장치들을 차단하는데 필요한 냉열판에 물을 공급하도록 되어 있었다. 그런데 이들 산소 탱크들은 6,000~6,450 킬로파스칼(kilopascal)의 압력범위와, 영하 207~영상 27℃의 온도 내에서 기능을 다하도록 설계되어 있었다.

구형으로 생긴 각 탱크 속에는 양을 측정해주는 계기판과, 자동온도 조절장치에 의해 통제되는 가열기(heating element) 및 전기 모터에 의해 움직이는 두개의 팬(fan)들이 있었다. 각 팬들은 탱크 내의 흐름을 균질화시켜 기체들이 여러 층을 이루어 양을 잘못 측정하게 되는 일을 피할 수 있도록 가끔씩 작동하도록 되어 있었고, 탱크내에 있는 모든 전선들은 불연성 소재인 탄화 플루오르

(flourocarbon) 플라스틱인 테프론(Teflon)으로 절연되어 있었다. 또한 각각의 탱크는 압력이 6,900 킬로파스칼을 넘어서는 경우 열리도록 되어 있는 안전판(relief valve)이 부착되어 있었는데, 15,169 킬로파스칼이 넘어서는 압력 하에서는 파열될 수 있었다. 여기서 두개의 탱크들은 기계선의 수소 탱크들과 연료전지 사이에 있는 선반 위에 장착되어 있었다.

인간의 달탐사를 위한 준비과정으로 익스플로러·파이오니어·레인저·서베이어 등의 무인 우주선이 발사되었다. 특히 아폴로 계획의 달탐사를 구체화시키기 위한 레인저 계획은 초기에 아틀라스-아제나 로켓의 추진력 부족과 우주선 소독과정에서의 기계파손 등으로 실패하였지만, 1964년의 레인저 7호부터 달촬영에 성공하기 시작하였다. 그리고 1966년부터 발사되어 달에의 연착륙(軟着陸)을 시도하던 서베이어 호는 7번의 시도 중 5번을 성공함으로써, 인간 달탐사의 성공가능성을 높여주었다.

1967년 11월에는 발사체의 추진력을 향상시킨 새턴 V 호 로켓의 발사에 성공하여 인간 달탐사 노력은 더욱 박차를 가하게 되었다. 1968년 10월에 새턴 1B 로켓을 이용하여 세 사람의 우주인을 태운 아폴로 7호 우주선이 지구궤도에 올라 163 회에 걸친 성공적 비행이 있었고, 12월에는 새턴 V호 로켓을 이용한 아폴로 8호 우주인들이 처음으로 지구의 중력을 벗어나 달의 궤도를 돌고 오는데 성공하였다. 이어서 1969년 3월에는 아폴로 9호가 발사되어 지구 궤도를 151회 돌면서 달착륙선의 실험을 성공적으로 마쳤고, 5월에는 아폴로 10호가 발사되어 달 궤도의 9마일 상공까지 강하(降下)하는 등 착륙을 제외한 착륙과 관련된 모든 과정을 실험하는데 성공하였다. 마침내 1969년 6월 20일 닐 암스트롱(Neil Armstrong)과 애드윈 엘드린(Edwin Buzz Aldrin)이 달에 착륙하는데 성공하였고, 1969년 11월에는 아폴로 12호 우주인들이 달착륙에 또 다시 성공하였다. 이러한 성공은 케네디가 공언하였던 기간 안에 목표를 달성한 것인 동시에 책정된 예산 범위 내에서 이룬 쾌거였다.

그러나 NASA는 인간을 달에 착륙시키는데 성공한 후, 방향을 어떻게 잡아야 할지에 대해 의견이 분분하였다. 인간 달탐사 계획을 연장하여 화성과 같은 가까운 별에도 인간을 보내는 프로그램을 추진해야 할 것인가? 아니면 지구궤도를 순회하는 우주정거장을 지어 재사용이 가능한 저비용 운송체계의 개발에 매달려야 할 것인가? 1968년 10월 새롭게 NASA를 책임맡은 페인(T. O. Paine)은 화성의 인간탐사에 대한 보이저(Voyager) 호 계획, 자동화된 우주선의 새로운 개발, 새로운 연구개발 프로젝트 추진과 같은 야심만만한 장기계획을 추진하고 싶어했다. 그러나 의회의 NASA에 대한 대규모 예산 삭감으로 말미암아 인원감축과 보이저 계획의 포기, 일부 연구의 중단 및 일부 연구소의 폐쇄조치 등이 취해져 방향전환이 불가피해졌다. 이제 NASA는 아폴로 계획에서 정부와 의회 및 일반국민들이

슬깃해 할 프로그램으로의 전환이 시급한 상황에 놓이게 되었다.

아폴로 13호의 발사

인류의 세번째 달탐사 계획으로 마련된 아폴로 13호는 1969년 7월에 다음해인 3월에 발사하는 것으로 잠정적으로 계획되었다. 이어서 8월에는 탑승예정 우주인에게 건강상의 문제가 발생하여 러벨(James A. Lovell), 프레드(Fred Haise) 및 켈(Eugene A. Cernan)이 탑승 우주인으로 재배정되었다. 그러나 해가 바뀌면서 발사가 4월로 연기되었고, 출발을 불과 며칠 앞두고 켈의 건강(홍역 감염가능성)을 의사들이 문제삼는 바람에 다시 우주인의 구성이 바뀌게 된다. 이때 켈은 자신의 건강에 아무런 문제가 없다고 강변하나 NASA는 켈과 스위거트(John Swigert)의 교체를 지휘관인 러벨에게 요구하며, 러벨이 이를 수락하여 최종적으로 러벨·프레드·스위거트의 세 사람이 아폴로 13호에 탑승하게 되었다.

아폴로 13호의 우주인들에게 주어진 사명은 달표면의 프라마우로 분화구의 북쪽에 위치한 프라마우로 지층(Fra Mauro Formation)탐사였는데, 이곳은 과학자들에게 매우 큰 과학적 관심을 끌던 곳이었다. 그러나 이곳은 지형상 착륙선의 착륙에 부적합한 곳이었기 때문에, 우주인들(러벨과 프레드)은 달의 착륙 가능지점에 도착한 후, 경사진 산을 1 킬로미터 가량을 걸어 목적지까지 가도록 되어 있었다. 따라서 아폴로 13호의 경우는 이전의 아폴로 11 및 12호에서 채집한 월석(月石)을 보완할 수 있는 월석채집의 과학적 유용성과 함께, 우주인들의 활동성을 시험해 볼 수 있는 자리로 기획되었다.

1970년 3월 24일 아폴로 13호의 발사를 위한 초읽기 연습실험(Countdown demonstration test)이 진행되는 동안 케네디 우주센터(Kennedy Space Center)의 검사담당 엔지니어가 기계선의 산소탱크에 문제가 있는 것을 발견하였다. 탱크들을 가득채워 검사한 후, 다시 이를 비우는 실험 결과, 1번 탱크는 정상작동되었으나, 2호탱크는 목표의 50%에도 못미치는 내용물의 8%만을 방출하였다. 검사담당 엔지니어는 나머지 검사를 마친 후 문제점은 사후에 알아보기로 하였다. 다음날 케네디 우주센터의 엔지니어들은 유인 우주선센터(Manned Spacecraft Center: 1973년 이후는 존슨 우주센터로 개명)와 기계선 제작사인 북미락웰(North American Rockwell) 회사 및 산소탱크의 제작사인 비치 항공(Beech Aircraft)회사의 엔지니어들과 이문제를 논의한 후 탱크를 비우는 실험을 반복하였으나 결과는 마찬가지로 실패였다(< 그림 3 > 참조).

거듭된 실험이 모두 실패로 끝나자 엔지니어들은 내부 히터를 사용하여 내용물을 끓여서 제거하기로 하고 히터에 직류 65 볼트의 전기압력을 가했다. 이러한 작업은 반응이 매우 더뎠으나 8시간이나 소요되었지만 성공적이었다. 따라서 탱크가

정상적으로 채워진다면 비행에는 문제가 발생하지 않을 것이라는 결론이 내려졌다. 3차 실험에서도 2차 실험과 똑같은 결과가 나타났기 때문에 탱크를 비우는 작업을 가열을 통해서 하기로 결정하였다. 그리고 산소탱크가 놓여있는 선반을 교체하는 작업에 최소한 45시간이 소요되고, 또 교체과정에서 우주선의 다른 기계부품들이 손상될지도 모르는 가능성과 그 경우 발사가 1달 이상 지체될 수 밖에 없다는 점 때문에, NASA와 관련 계약사의 책임자들은 탱크를 교체하지 않기로 결정하였다.

우주선은 예정대로 1970년 4월 11일 발사되었으며, 첫날의 비행은 비교적 순조롭게 이루어졌다. 발사 30시간 40분후, 우주인들이 달의 목표지점까지의 연료를 절약할 수 있는 항로인 하이브리드(hybrid) 궤도에 들어서기 위해 우주선의 주엔진을 점화하였다. 발사 46시간 40분후, 우주선 비행사들이 산소탱크 속의 팬들을 간단하게 조작한 몇 초 후, 2번 산소 탱크의 계기판은 끝까지 내려가 움직이지 않았다. 다음 몇 시간동안 탱크들은 두번 더 혼합되었다.

사고발생 및 대처

지구로의 일상적인 우주비행(mid-flight) TV 방송을 마친 직후에, 수소 탱크의 낮은 압력을 경고하는 주경고판이 작동하기 시작하였다(발사 55시간 52분 13초 후). 그러나 유인우주선센터의 관제관들은 우주선의 사령선 및 기계선 조종사인 스위거트에게 탱크의 모든 혼합기와 가열기의 작동 및 베넷(Bennett) 혜성의 관찰을 지시하였다. 이때 우주선의 리더인 러벨과 프레드는 자신들이 타고 달에 착륙할 착륙선 어케어리어스(Aquarius) 호의 점검을 끝내가고 있었다. 스위거트가 1번 탱크의 팬을 작동시키고, 약 55 킬로파스칼 까지 눈금이 떨어진 2번 탱크의 팬을 작동시켰다. 이후, 눈깜작할 사이에, 우주인들은 커다란 폭발음을 듣고 우주선이 크게 요동치는 이상 현상을 경험하였다. 관제관들은 단 1.8 초 사이에 우주선을 원격관제하는 모든 계기판들의 숫자가 크게 떨어지는 것을 목격하게 되었다. 한편 우주선의 사령선에서는 주의 및 경고장치들이 우주인들에게 우주선의 동력전달체계 2개 중 하나인 main bus B의 볼트가 너무 낮음을 알리고 있었다. 이때 사령선의 우주인 스위거트가 휴스턴에 “여기에 문제가 발생했다(Hey, we've had a problem here.)”고 말했다 (발사후 55시간 55분 20초 후).

원격관제시스템의 이상으로 휴스턴의 (유인우주선센터) 관제관들은 다음 몇 분 동안, 자기들이 읽고 있는 계기판의 숫자가 정말로 우주선의 상태를 나타내주고 있는 것인지 판단하기 어려웠다. 그러나 오래지 않아, 지상의 관제관들과 우주인들 모두 2번 산소탱크가 모든 내용물을 상실하였고, 1번 탱크도 점차 숫자가 낮아져, 잠시 후 사령선의 산소와 동력이 상실될 것임을 알아차렸다. 이제 사령

선 내의 산소가 바닥나기 전에 그곳을 떠나야 했으며, 남은 연료전지의 양이 지구로의 귀환에 필요한 120 암페어/ 시간에 불과하였기 때문에 이를 남겨두어야 했다.

이때 내려진 첫번째 조치가 동력의 소비를 최소화하기 위해서, 연료전지 1개의 작동을 중지시키고 사령선 내의 불요 불급한 모든 장치의 작동을 중단시키는 것이었다. 잠시 후, 두번째 연료전지의 작동이 중단되었다. 폭발 1시간 반후, 지상관제실에서는 우주인들에게 달착륙선을 이용한 생환방법과 나머지 임무를 위해 남은 분량이나마 유지할 수 있는 방법에 대해 모색해 보기 시작했음을 알렸다. 이때 강구되기 시작한 계획들은 아폴로 13호가 닦친 최악의 상황을 미리 예견한 것은 아니었지만, 만약을 대비하여 계속 강구해 오던 것이었다. 그리고 그동안 고안된 많은 연구 결과들이 실제 상황에 적용되어 있었다.

사건 발생 직후, 우주선 지휘자인 러벨은 우주선 주위에 작은 파편(particles) 부속품 조각들이 무수히 떠도는 것이 보인다고 보고하였다. 부속품 조각들은 성운(星雲) 들과 혼동될 가능성이 있어서 특정한 별을 대상으로 이를 우주선에 탑재된 육분의에 맞추어 우주선의 방향을 잡을 수 밖에 없었다. 착륙선에서 보이는 우주의 광경들은 사령선에 그것이 연결되어 있었기 때문에 어떤 경우에도 식별하기 곤란하고 판단을 내리기 어려운 것이었다. 관제관들은 사령선에 동력이 아직 남아 있을 때 사령선의 계기 시스템을 착륙선의 계기 시스템과 연계시키기로 결정하였다. 이 일이 수행된 후, 남아있던 마지막 연료전지와 사령선의 모든 시스템이 폐쇄되었으며 우주인들은 착륙선으로 이동하였다.

이제 우주인들의 생존은 우주선에 남아 있는 산소와 물, 계기 시스템 그리고 하강추진엔진(descent propulsion engine)에 달려 있게 되었다. 정상적이었다면 모든 것이 기계선에 있는 지원추진시스템(service propulsion system)에 따라 조정되어야 했지만 지상 관제관들은 이의 사용을 포기하였다. 왜냐하면 그렇게 하려면 추가 동력이 필요하였고 기계선이 폭발로 어떤 손상을 입었는지 알 수 없었기 때문이었다. 만약 기계선의 어떤 부분이 파손을 입었다면 지원추진시스템의 작동은 곤재앙을 의미했다. 이제 모든 것은 하강추진엔진에 맡길 수 밖에 없었다.

아폴로 13호의 위급상황이 알려지자, 비번(非番)이었던 모든 관제관들과 우주선 관련 전문가들이 휴스턴에 집결하여 만일의 사태에 대비하였다. 또 다른 사람들은 전화로 휴스턴과 연락이 가능한 상황 속에서 NASA 본부나 기계 제작회사에서 대기하였다. 또한 우주선 비행 책임자들인 Eugene Kranz, Glynn Lunney 및 Gerald Griffin이 직면한 문제의 해결을 위하여 모여, 당장 구할 수 없는 정보들을 제공하면서 임무 수행과정에서 예견되어 질 수 있는 문제의 해결책 모색에 도움을 주었다. 대기중 우주인들은 휴스턴에 있는 사령선 및 착륙선 훈련 시뮬레이션(simulation) 장치를 조작하여 해법을 찾기 시작하였으며, 케네디 우주센터에서는 그

들이 고안해내는 새로운 절차들을 실험해보고 필요한 경우 수정하는 작업을 추진하였다. 유인우주선타 책임자 Robert R. Gilruth, 유인우주비행 책임자 Dale D. Myers 및 NASA의 책임자 페인(Paine)이 관제실에 대기하면서 만일의 사태에 대비하였다.

폭발 직후, 생명유지시스템의 점검결과 산소가 필요한 만큼 있다손 치더라도 착륙선에는 이산화탄소를 제거해 줄 수 있는 충분한 장치가 부족하다는 것이 발견되었다. 사령선과 착륙선에는 이산화탄소를 제거할 수 있는 수산화 리튬으로 채워진 공기정화장치가 있었다. 그러나 착륙선의 공기정화장치는 달에 착륙할 두 사람이 30시간동안 사용할 수 있는 용량이 전부였고, 사령선 정화장치의 여과통이 사각형으로 되어 있는 반면 착륙선 정화장치의 여과통은 원형으로 서로 규격과 달라 사령선의 것을 사용할 수 없었다. 따라서 우주인들은 착륙선 안에서 늘어만 가는 이산화탄소에 노출 되었지만 아무런 손도 쓸 수 없는 상태에 놓여 있었다.

이에 휴스틴의 한 팀이 우주선 안에서 구할 수 있는 물건들로, 착륙선에서 사용할 수 있는 공기정화장치를 사령선의 것을 개량하여 만드는 작업에 착수하였다. 곧 사령선 정화장치의 수산화리튬 카트리지의 한쪽 끝 주위에 플라스틱 백을 씌우고, 이를 이동식 생명유지장치에 부착한 후, 이를 통해 우주선 선실 안의 공기가 순환될 수 있도록 하는 임시변통의 공기정화기를 고안하였다. 이렇게 만든 응급장비(應急裝備)가 기능을 발휘는 것을 확인한 후, 그들은 이를 우주선 안에 있는 물건들로 만들어 낼 수 있는 자세한 지시서를 만들어 우주인들에게 알려주었다. 우주비행을 마칠 때까지, 고안된 그 응급시스템은 우주선 내의 이산화탄소 수치를 위험수준 내에서 억제하는데 성공하였다.

지상 관제관들은 또다른 운영문제들을 해결하기 위해 노력하였다. 그들은 먼저 우주선이 달의 뒷면을 돌아 나와 근월점(近月點: 인공위성과 달 사이의 거리가 가장 가까운 점)을 지난 2시간후에 PC+2 에 도달할 수 있도록, 발사 61시간 30분후에 착륙선의 하강추진엔진을 추진시켜 우주선을 자유귀환궤도로 진입시키고자 하였다.

또 다른 팀은 PC+2 에 도달할 때까지의 시간 안에, 우주선의 지구상의 귀환점을 어디로 정할 것인지에 문제 해결에 매달렸다. 이에 따라 PC+2 지점에서의 방향조정을 위한 대안들이 강구되었고 지구로의 착수(着水)까지의 총시간 산출이 주요한 관심사가 되었다. 원래는 자유귀환 항로를 떠나 사령선이 약 155시간 동안의 비행 후 인도양 상에 도착할 예정이었다. 그러나 새롭게 약 118시간의 비행 끝에 중태평양(中太平洋: midPacific) 에 착수(着水)하는 대안과, 총 133시간의 비행 끝에 남대서양(南大西洋)에 착수하는 대안이 고려되었다. 먼저 코스의 수정없이 자유-귀환 항로를 택하는 것은, 착륙선이 하강추진엔진을 사용하는데 알지 못

하는 이유가 작용할 수 있기 때문에, 포기되었다. 그리고 대서양이나 인도양으로 귀환하는 것도 적절하지 않으며, 귀환하기 까지의 시간이 충분하지 않다는 판단으로, 결국 귀환시간이 가장 짧은 중태평양(中太平洋)으로 귀환하도록 하였다.

그런데 이렇게 하는데는 문제가 따랐다. 즉 가용한 모든 추진력을 수직으로 사용해야 할 필요가 있었고, 추가적인 코스 수정이 신중히 고려될 수 밖에 없었기 때문이었다. 또한 기계선을 떼내어 버려야 했는데 이렇게 되면 사령선의 방열판이 40시간 동안이나 차가운 우주의 냉기에 그대로 노출되어 재진입을 시도할 때 문제가 발생할 소지가 있었다. NASA에 모인 비행책임자들과 우주선 제작사들이 5시간 30분간에 걸친 여러가지 선택안들과 그에 따르는 결과들을 비교한 후 내린 결론은, 예정된 엔진점화를 약 10시간 앞당겨, 143시간만에 중 태평양상에 착수시킨다는 것이었다. 이에 맞추어 우주선은 귀환 안테나를 전개(展開)시켰다.

일단 태평양으로 귀환시킨다는 결정이 내려지자, 비행의 잔여(殘餘)시간이 결정되었으며, 지구로의 재진입에 필요한 엄격한 조건들을 고려하기 시작하였다. 마지막 코스 수정은 착륙선의 엔진으로 이루어져야 했는데, 사령선의 시스템들이 다시 작동하여 계기 시스템을 연계시키는 동시에, 기계선은 포기하여야 했다. 모든 준비가 끝났을 때, 착륙선은 버려졌다.

PC+2지점에서부터 재진입 35시간 전까지, 산소와 물 및 동력의 소비를 최소화하면서 생명유지 장치를 지속시킬 수 있는 새로운 비행계획의 마련이 시급하였다. 이를 위해 사령선 시스템의 비행운전 일정이 지상의 시뮬레이터에서 고안되고 점검되고 수정되어졌다. 특히 착륙선의 동력 잔여분을 사령선에서 사용할 수 있음을 알게 됨으로써, 처분가능했던 자원들 중 특히 전력을 절약해서 썼던 것이 귀환성공의 가능성을 밝게 해주었다. 마침내 재진입 15시간 전에 수정된 비행 운전일정이 우주인들에게 전해져, 우주인들은 이를 점검하고 실행할 수 있는 시간적 여유를 갖고 필요한 몇몇 조치들은 취할 수 있게 되었다.

아폴로 13호의 사령선은 남아있는 동력의 20%정도를 사용하면서, 회수선(回收船)의 1 마일 범위 안의 태평양 바다에 무사히 착수되었다. 마침내 4월 17일 항공모함 이와지마 함상에 나타난 세사람은 '피곤하고 굶주리고 옷이 물에 젖었고, 추위에 떨고, 그리고 탈수현상이 나타난 모습'이었다. 그동안 러벨은 몸무게가 14 파운드가 줄어들었고, 프레드와 스위거트도 몸무게가 19 파운드씩 줄어들어 있었다. 그들은 가족들과의 감동적인 만남을 위해 하와이로 공수되었는데, 특히 탈수현상이 심했던 프레드는 집에서 2~3 주 동안을 크게 앓아야만 했다.

임무통제팀(Mission Control teams)과 수백명에 이르는 지원자들은 완전히 탈진했다. 그들은 우주선의 성공적 귀환 후 비로서 담배들을 피워 물었고, 그날 저녁 일찍 귀가하여 차분히 잠자리에 들었다. 그들의 노력은 다음날 하와이에 들린 미

국 대통령 닉슨 Richard M. Nixon이 아폴로 13호와 관련된 모든 팀에게 미국의 국가 훈장중 가장 큰 영예인 자유의 메달을 수여하는 것으로 보상되었다.

조사위원회의 활동

NASA는 아폴로 13호의 귀환 후, 사고의 원인규명을 위해 조사위원회를 구성하고, 아폴로 14호의 발사를 사고원인이 규명될 때까지 연기하였다. 우주선 자체에 결함이 있는 것은, 기계선을 버리기 전에 우주인들이 찍은 몇장의 사진이 증언하고 있었지만, 조사위원회는 처음에 우주선에 대한 원격제어 자료들만을 가지고 일을 시작하였다. 조사결과 2번 산소탱크에 문제가 있었음이 밝혀지고, 우주선을 구성하고 있는 모든 부품들에 대한 우주선의 조립부터 발사까지의 전체 과정을 보고서를 통해 조심스럽게 살펴보았다. 조사위원회의 지시로, 휴스턴과 NASA의 다른 부서들은 조사위원들이 발견한 내용에 대해 시뮬레이션 환경 속에서 실험을 거듭하였다.

몇주일 지나지 않아, 조사결과 사람들의 있을 수 없는 실수와 못보고 그냥 지나친 일들(oversight)때문에 누구도 부정할 수 없는 우주비행의 실패가 초래되었음이 드러났다. 조사위원회의 의장 Edgar M. Cartright가 1971년 6월 미의회에 보고한 바에 따르면, 사고는 어쩌다 생긴 그런 일이 아니라, 우주선 일부의 명백히 잘못된 설계상의 결함과 사람들의 실수가 특이하게 조합되어서 발생한 것이었다. 위원회의 보고서에 따라 사고의 과정을 재구성해 보면 다음과 같다.

문제의 산소탱크는 1964년 6월 4일 아폴로 10호의 기계선을 위해 조립된 것이었다. 산소탱크는 가열기들을 보호할 수 있도록 고안된 구식의 자동온도 조절기가 달린 스위치와 조화를 이루도록 되어 있었고, 스위치의 설계사양(設計仕様: specification)은 직류 28 볼트에 작동하도록 되어 있었다. 조립기간 동안 실시된 북미 락웰(North American Rockwell)사의 검사에서는 아무런 문제도 발견되지 않았다. 그러나 1965년 디자인 엔지니어들이 케네디우주센터에서 요구하는 검사 및 설비 점검에 통과하기 위하여 우주선의 동력공급을 28 볼트에서 65 볼트로 조정하기로 결정하여, 탱크는 이에 따른 변경작업을 위해 아폴로 10호에서 선반과 함께 떼어내졌다. 선반제거 작업은 선반을 들어올릴 수 있도록 특별히 고안된 설비를 사용하여 이루어졌는데, 작업자가 선반을 뒤쪽에서 지지하고 있던 볼트 하나를 보지 못해, 선반 제거용 설비가 파손되어 선반이 약 5 센티 정도 처지게 되었다. 이 사고로 약간 느슨하게 조여진 필 튜브(fill tube)가 진동하게 만들었을지도 모른다는 것이 위원회의 결론이었다. 그러나 이후의 검사에서 어떠한 잘못도 나타나지 않자, 수정된 선반은 아폴로 13호용 선체인 SM 109호에 장착되도록 케네디 우주센터로 보내졌다.

그런데 탱크 스위치의 설계변경은 정상적이라면 다른 부품들의 설계변경과

조화를 이루어야 함에도 불구하고, 기계선의 산소탱크를 제작하는 사람들은 어느 누구도 이러한 스위치의 설계변경에 주목하지 않았고, 이후의 모든 검사에서도 발견되지 못하였다. 정상적인 탱크를 정상적으로 검사하면, 이러한 것은 큰 문제가 되지 않는다. 왜냐하면 스위치들이 28℃ 이하의 정상적인 조건들 하에서는 열리지 않기 때문이다. 그러나 조사위원회의 검사 결과 65 볼트라는 높은 전력에서는 스위치가 열렸다가, 격리된 접촉점들 사이에 발생한 전호(電弧: arc)때문에 순간적으로 다시 닫혀 열리지 않게 된다. 이 경우, 가열기들은 온도조절장치의 보호를 받지 못하게 된다.

검사 결과 발사, 이전의 점검과정에서 가열기의 관이 어떤 점에서 538℃에 이르러, 이것과 이웃하고 있는 팬모터의 전선을 절연시켜주는 테프론에 손상을 입혀, 전선의 피복이 벗겨져 노출되는 일이 발생하였다. 따라서 이미 발사 이전부터 산소로 가득 채워지고 전력이 가해진 탱크는 사고의 위험성을 안고 있었음을 알 수 있었다. 왜냐하면 테프론은 순수 산소가 있는 곳에서는 충분히 높은 온도가 주어졌을 때 점화될 수 있는데, 탱크 안에는 다른 가연성 물질들도 소량 들어 있었기 때문이다. 그러나 케네디센터에서의 탱크 비우는 검사에서는 이것이 발견되지 않았다. 만약 누군가가 가열기의 전류(電流)를 측정하였다면, 이것은 발견되었을 것이었다. 왜냐하면 가열기들이 원래 작동하지 않아야 할 때 작동하고 있었기 때문이었다. 그러나 모두가 이상현상(異常現狀)에만 주의를 집중하고 있었기 때문에, 어느 누구하나 가열기들이 서로 별개인 상황 속에서, 8시간동안 계속 작동하고 있음을 알아차리지 못했다.

아폴로 13호는 발사 후 56시간 동안 탱크가 정상작동하여, 가열기들과 팬들에 높은 전압이 가해졌다. 그러나 사고가능성이 늘 있었지만 사고가 나지 않았던 앞선 6번의 아폴로 우주선과는 달리, 대단히 불행스럽게도 그 어떤 순간 어떤 단락(短絡: short circuit)으로 부터 발생한 전호(電弧)가 테프론을 점화시키고, 이것이 갑자기 압력을 높여 탱크가 파열되거나 탱크로 전선을 연결하는 컨딧(conduit)에 손상을 가져와 고압산소가 분출하는 사고가 벌어진 것이다. 조사위원회는 구체적으로 탱크가 폭발하였는지 혹은 탱크 밖에서 또다른 연소가 있었는지는 확인할 수 없었으나, 갑작스런 압력의 증가가 탱크의 얇은 외벽을 파손시키고 기계선의 한쪽면을 날려버린 후 지향성 안테나에 손상을 가져와, 휴스턴에서 원격제어에 방해가 되는 상황이 벌어졌다는 점은 확인하였다. 또한 산소 배급시스템과 다른 산소탱크에도 손상을 입혀, 모든 산소공급의 손실을 초래해 결국 임무를 중단하게 만든 것으로 확인하였다.

조사위원회는 탱크의 파손이라는 상황이 매우 특이한 것이었지만, 아폴로 13호의 사고는 가능한 완벽하게 회피될 수 있는 성질의 사고였다고 주장하였다. 또한 산소탱크가 모든 연소 물질들을 산소와의 접촉으로 부터 격리시킬 수 있도록

개량되어야 할 것과, 모든 검사과정은 적절한 절차를 통해 철저히 검토되어야만 함을 역설하였다. 아폴로 13호의 사고는 몹서리칠 정도로 실수에 가까운 사고였으나, 그 사고의 원인이 국부적이고 비교적 발견하기 쉬운 것이었기 때문에, 아폴로 프로그램 자체에는 부정적인 영향을 별로 미치지 않았다. 다만 때때로 우주 비행의 성공으로 칭찬을 듣는 유인 항공비행팀(manned space flight team)과 관련된 수백명의 기술과 헌신 속에 이 사건이 기억되고, 편안한 관찰자 눈에 이제는 일상적인 것처럼 보이게 된 우주비행이 NASA와 일반인들에게 결코 일상적 과정이 아님을 일깨워준 것이 이 사건의 교훈이라면 교훈인 것이다.

추가적 정보들: 다른 사고와 아폴로 우주선들

많은 사람들은 아폴로 계획이 인류의 기술적 진보를 의미한다고 생각했다. 아폴로 계획은 총 9회 진행되었는데, 6대에 우주선에 탑승한 12명의 우주인들이 달 착륙에 성공했고 3번은 달의 궤도를 선회하는데 그쳤다. 그중 한번이 사고로 중단된 아폴로 13호의 경우였다. 아폴로 13호 사고는 통상 “성공적 실패” 라는 말로 표현된다. 그것은 아폴로 13호가 원래의 임무였던 달탐사에는 실패하였지만, 기계선의 산소탱크 폭발사고로 인한 슬한 어려움을 이겨내고 생환(生還)하는 데는 성공하였기 때문이다.

그러나 1970년 아폴로 13호의 사고 이전에도 사고가 있었다. 더 참혹한 1967년 1월 27일에는 세 사람의 우주인들(Virgil Grissom, Edward White, Roger Chaffer)이 케네디 우주센터에서 발사전 비행훈련 도중 발생한 화재로 모두 사망하는 사고가 발생하였다. 사고가 발생하자 NASA의 자체조사가 있었으나 화재사고 때 우주선 안에 가연성 물질이 다수 들어있었다는 점을 제외하고는 정확한 화재원인이 밝혀지지 않았다. 다만 미의회 조사위원회의 조사결과, 두가지가 밝혀졌다. 하나는 사령선 및 기계선제작을 맡은 북미(North American)회사가 NASA의 기술위원회 심사에서는 기술적 수월성 면에서 마틴회사(Martin Company)보다 점수가 낮았음에도 불구하고 제작사로 선정되어 있었고, 두번째는 실제로 이들에 대한 작업이 이루어지는 북미항공(North American Aviation)의 공장에서 모회사의 지시가 적절히 지켜지고 있지 않음과 형편없는 작업기율 및 생산계획상의 뚜렷한 지체현상 등이 발견된 점이었다.

1967년의 사고에도 불구하고, 3년 후 다시 사고가 발생하였고, 이 사고는 다시 1986년 유인왕복선 챌린저(Challenger)호의 사고로 이어졌다. 이처럼 인간을 달에 보내려는 NASA의 계획은 성공을 거두었지만, 언제나 성공을 거둔 것만은 아니었다. 이들 사고는 순수히 기술적 측면에서만 고찰한다면, 그만한 규모와 기술적 복잡성이 따르는 프로젝트의 수행에 예측할 수 없는 문제들이 발생할 수도 있다고 볼 수 있다. 그렇다면, 이러한 사고는 언젠가 또 다시 발생할 수 밖에 없는 것인가?

참 고 문 헌

Compton, W. D., *Where No Man Has Gone Before: A History of Apollo Lunar Exploration Missions*, NASA SP-4214, 1989, pp.386-393.

Jones, E. M., "The Frustration of Fra Mauro: Part I", *Apollo Lunar Surface Journal*, 1995.

Levine, A. S., *Managing NASA in the Apollo Era*, NASA SP-4102, 1982.

McCurdy, H. E., *Inside NASA: High Technology and Organizational Change in the U.S. Space Program*, The Johns Hopkins Univ. Press, 1993.