



## 보잉 737 MAX 연속 추락사고: 처참히 꺾인 신뢰의 날개

### 원인불명 비행기 추락의 반복

"현지 시각으로 어제 오전 6시 반쯤 자카르타를 출발해 수마트라섬으로 가던 라이온에어 항공기가 이륙한지 10분만에 바다에 추락했습니다. 승무원을 포함해 모두 189명이 타고 있었는데, 현재까지 생존자는 찾지 못했고 사망자의 시신 수습 작업이 시작됐습니다."

-2018년 10월 30일 SBS 뉴스-

#### 00:43:54

라이온에어에 탑승한 정비사가 조종석에 인사를 하러 왔다. 객실 승무원이 기내 승객수를 알린다. 181명. 승무원 8명을 더해 모두 189명이 비행기에 타고 있었고, 조종사들은 이륙 전 점검절차를 진행한 후 무사히 이륙했다. 여느날과 같이 평범한 비행의 시작이었다.

#### 00:11:52

이륙 추력을 올려 활주한다. 갑자기 기장석과 부기장석의 속도가 차이가 나기 시작한다.

기장석 140노트, 부기장석 143 노트.

부기장: "일단 상승."

실속경고를 알리는 스틱셰이커가 작동해 조종간이 정신없이 흔들린다. 비행기의 추락 경고가 울린다. 'TAKEOFF CONFIG!' 기장은 기체에 이상이 있다는 것을 깨닫는다.

#### 00:11:16

이륙 설정에 문제가 있다는 에러메시지가 떴다.

기장: "속도 불일치 경고."

기장석 164노트, 부기장석 173노트. 속도 차이가 점점 크게 벌어진다.

#### 00:10:25

이때 기장석 고도계는 790피트. 부기장석 고도계는 1040피트. 속도계뿐만 아니라 고도계까지 서로 다르기 시작한 것이다. 누구의 계기를 믿어야 할 것인가.

---

<sup>1</sup> 본 사례연구는 2023년도 봄학기 '조직학습: 기회와 함정' 수업의 일환으로 연세대학교 경영학과 이무원 교수의 지도 하에 김효경, 박연, 송수빈, 조예신이 작성하였으며 저작권은 위의 저자에게 있음. 수업의 목적에 맞게 일부 사실을 각색, 재구성하였음.

00:08:35

자동 트림 시스템이 작동된다.

부기장: "잠깐 조종 좀 해주시겠습니까?"

기장: "알겠어."

부기장은 매뉴얼인 긴급참조교범(QRH)를 읽기 위해 기장에게 조종간을 넘긴다. 바쁘게 종이 넘기는 소리가 들린다. 그런데 관련 내용을 찾기가 쉽지 않다. 애석하게도 비행기 머리는 계속 내려간다.

부기장: "조종간 유압이 낮을 때."

기장쪽 고도 41110피트. 부기장쪽 고도 4360피트. 자동 트림이 작동해 비행기가 자꾸 추락하려 한다.

부기장: "..매뉴얼 9.8항목"

기장은 매뉴얼에 따라 핸들을 멈추고 원래대로 돌려 놓는다.

부기장: "유압 차이 발생시.. 어떤 상황인거지?.. 어떻게 해야 하죠?"

서른 번도 넘게 같은 행동이 반복되지만, 문제가 해결될 기미가 조금도 보이지 않는다.

기장: "안돼... 안돼... 속도계 불일치 항목. 속도계 불일치 항목 수행해봐!"

부기장: "죄송합니다. 속도계 불일치 항목 수행하겠습니다. 잠시만요..!"

기장석 고도 4900피트, 부기장석 고도 5200피트. 상승률 1600fpm. 부기장은 속도계 불일치 항목을 쉽게 찾지 못한다. 답답해보이지만, 시끄러운 경고음과 함께 수많은 경고메시지들이 번쩍이고 오작동의 원인을 몰라 극도의 공포심에 압도된 상황임을 감안해야 한다.

부기장: "어디에 있는거야... 속도계 불일치가..."

부기장이 급히 페이지를 넘기는 소리가 조종석에 울린다.

부기장: "속도계 불일치. 속도계 불일치."

평소에는 쉽게 찾을 수 있는 것임에도, 조급해져 잘 보이지 않는다.

**0:00:00 추락**

생사의 갈림길에 선 조종사들은 필사적으로 고군분투했으나 결국 돌아올 수 없는 길을 가게 된다. 비행기 사고에는 수많은 원인들이 얽힐 수 있다. 그렇다면 이 사고는 조종사의 부족일까, 기상이변의 영향일까 혹은 기기의 결함일까?

**"미국인이 조종했다라면 이렇게 모두가 죽지는 않았을거야...!"**

당시 대부분의 여론이었다. 그런데 얼마 지나지 않아 전세계가 슬픔을 회복하기도 전에, 또 다시 비슷한 사고가 발생했다.

"현지 시각으로 어제 오전 8시쯤 승객과 승무원 150여 명을 태우고 에티오피아에서 케냐 나이로비로 향하던 에티오피아항공 소속 여객기가 이륙 직후 추락했습니다. 현지 국영 TV는 비행기에 탑승한 승객과 승무원이 모두 사망했다고 밝혔습니다. 정확한 사고의 원인은 아직 알려지지 않았습니다."

- 2019년 3월 11일 YTN 뉴스

정말 조종사가 미국인이 아니어서 발생한 문제일까? 그러나 두 사고의 비행기는 보잉의 자랑, B737 M AX 라는 점에서 동일했다. [EXHIBIT 1]

## 전세계 최고의 항공기 제조 회사, 보잉

1916년 7월 25일, 윌리엄 보잉이 미국 시애틀에서 창립한 Boeing(이하 '보잉')은 유구한 역사를 자랑하는 세계적인 항공우주 기업이다. 보잉은 미국 최고의 수출업체로서 150개가 넘는 나라들에 상용 비행기와 방위 제품을 제조 및 공급하고, 우주 시스템을 개발하고 있다. 이러한 역사가 이어져올 수 있었던 데에는 보잉의 안전, 품질, 무결성<sup>2</sup>이라는 핵심 가치를 기반으로 한 기업문화가 조성되어 있는 덕분이다.

제1차 세계대전 중 미국 정부는 보잉과 군용기 제작 계약을 체결했고, 이 덕분에 보잉은 빠르게 성장할 수 있었다. 2차 세계대전 이후, 보잉은 상업용 항공기에 집중하여 최초로 상업적으로 성공한 제트 여객기인 707을 개발했다. 이어서 727, 737, 747을 개발하여 상업용 중/장거리 항공 시장에서 그 영향력을 넓혔다. 특히 1969년에는 초대형 민항기 747를 출시했는데, 기존 비행기보다 두 배 강력한 엔진으로 안전하고 혁신적인 비행기를 만드는데 성공하여 비행기 여행시장의 혁명을 일으켰다. 사상 최초로 많은 사람들이 저렴한 가격에 해외여행을 할 수 있게 되었으며 세상이 더욱 좁아지게 되었다. 보잉의 이름이 세계에 떨쳐지고, 사람들은 보잉의 비행기라고 하면 안심하고 탔다. 보잉의 현재까지의 총 누적판매 대수는 21,000여대인데, 그중에서도 737 시리즈는 11,000여대가 생산되었다. 이렇게 강력한 명맥을 이어오던 보잉은 단거리 시장에서 치열한 경쟁에 직면했었지만, 잘 이겨내면서 그의 굳건한 왕좌를 지켜내고 있었다. 737 MAX에서 두 사고가 연속적으로 벌어지기 전까지는 말이다.

## 항공산업문화의 특징: 항공기 제조산업, 항공사, 파일럿 중심으로

항공산업에 참여하는 대표적인 주체에는 보잉과 같은 항공기 제조업체뿐만 아니라 항공사와 항공청이 존재한다. 항공사는 우리나라의 대한항공이나 아시아나항공과 같이 비행기 서비스를 제공하는 회사를 말하며 조종사, 정비사, 승무원 등이 이곳에 속해 있다. 항공청은 항공과 관련된 규제와 감독 업무를 수행하는 정부기관을 의미한다. 이들이 속한 항공산업은 일반적으로 안전성과 신뢰성을 위해 표준화된 절차와 규정을 강조할 수밖에 없기에, 보통 폐쇄적이며 수직적인 관료주의 문화를 유지해오고 있다.

특히 한 조종사와의 인터뷰 결과, 조종사가 항공기 제조업체에게 직접적으로 안전결함에 대해 보고하는 공식적 시스템은 없다고 설명했다. 대한항공의 경우에는 조종사와 경영자 간의 회의가 1년에 1번 정도 있으나 이마저도 형식적인 수준에서 그친다고 전했다. 만약 보잉의 조종사가 비행기의 결함에 대해 보고하고 싶다면, 조종사가 속한 항공사에 이를 보고하고, 그 항공사가 미국 연방 항공청인 FAA에 보고를 한 뒤에, FAA가 이를 검토하여 감항성개선지시(AD)를 발행해야지만 항공기 제조업체가 결함을 수정하는 구조이다. 그러나 조종사들 사이에서는 이미 개발 전 수많은 안전인증을 거쳤던 비행기에 결함이 있는 경우는 거의 드물다는 인식이 팽배하며, 항공기 제조업체뿐만 아니라 항공사 경영층에게도 안전문제 해결은 곧 비용을 의미하기 때문에 조종사들의 피드백이 적극적으로 활용되지 않는다고 한다.

---

<sup>2</sup> 무결성(integrity): 정보가 변형되지 않고 그대로 전달되는 성질. 특히 항공우주 분야에서는 반드시 지켜야 할 성질이다.

## 보잉의 조직문화

### 합병 이전, 보잉의 조직 문화

보잉은 설립 초기, 근로자들 모두가 서로를 하나의 가족으로 여기는 가족주의 문화를 구축했다. 이러한 기반 하에 만들어진 편안한 분위기는, 근로자들로 하여금 자발적인 협동을 이끌어내 근로자들 간의 충돌을 최소화시켰다. 가족주의 문화를 정착시키기 위해 보잉은 근로자들의 공통점인 '시애틀에서 자란 백인 남성'을 강조하는 것부터 시작했다. 같은 성별, 인종, 고향 등의 단순한 요소들이 융합됐을 뿐인데도, 근로자들 간의 거대한 유대감을 형성시켰다. 더불어 보잉의 경영진은 이를 극대화시키기 위해 지역의 연결망까지 이용해 지역 주민들이자 동료들 간의 파티, 클럽까지도 적극적으로 장려했다. 이 덕에 회사 밖에서도 자주 만나 서로에 대한 친밀감이 증폭되었다.

그러나 보잉의 규모가 성장함에 따라 근로자의 수 또한 기하급수적으로 증가했다. 구성원 모두가 서로를 알기는 힘들게 되어 가족이 성립하기 어려운 구조가 된 것이다. 보잉은 이를 보완하기 위해 '보잉 뉴스'를 제작했다. [EXHIBIT 2] 보잉이 이뤄낸 성과를 대문짝만하게 강조하여, 가족이 만들어낸 성과를 모두가 한마음으로 축하하도록 만든 것이다. 근로자들의 사적인 정보도 뉴스에 실어 개인들 간의 사적 친밀감을 높였다. 예를 들어, 축하할 일이 생긴 근로자에게 '할아버지'와 같은 가족끼리 사용하는 명칭을 별명으로 붙여 뉴스를 작성한 것이다. 보잉의 근로자들은 설령 그를 잘 모르더라도, 즐거운 마음으로 가족들과 다함께 축하했다. 이후 2차 세계대전이 발발하며, 전쟁터로 나간 남성들의 빈자리를 채울 여성 근로자들이 등장했다. 중간에 갈등이 있기는 했으나 보잉의 발빠른 대처로 여성 직원들도 한 가족의 일원으로 끌어들이는데 성공했다.

보잉이라는 끈끈한 가족은 구성원들끼리의 친밀감뿐만 아니라 근로자들에게 고용이 안정되어 있다는 확신을 제공했다. 보잉 가족의 구성원들은 해고당할까봐 걱정하며 문제를 숨기고 소극적으로 굴 필요가 없었다. 너무 사랑해서 쓴소리까지 다 하는 가족처럼, 적극적인 태도로 회사의 실질적인 발전을 위해 입을 열 수 있었던 것이다. 항공산업 자체가 비교적 딱딱하고 위계적이었음에도 불구하고, 보잉만큼은 가족이라는 이름 하에 편안한 분위기를 장려했다. 심지어 상사들은 부하직원이 지적하지 않으면 오히려 혼을 내기도 했다. 이에 엔지니어들은 문제점을 마음 편히 지적할 수 있었고, 이는 안전을 최우선 가치로 두는 보잉의 철칙에도 큰 도움이 되었다.

*'비용은 낭비해도 상관없지만, 품질은 낭비하지 않는다.'*

-보잉의 철칙-

보잉은 최고 가치인 안전을 측정하는 척도인 엔지니어가 최대한 실력을 발휘할 수 있도록, 비행기 제작에서 경영진의 개입을 최소화했다. 엔지니어들에게 전적으로 맡겨 엔지니어 본연의 업무인 품질 향상에만 집중할 수 있게 한 것이다. 이러한 구조는 엔지니어들로 하여금 자신들이 만들 수 있는 한에서 최고의 비행기를 만들도록 했고, 이 역시 자신의 능력에 대한 증거와 자부심으로 이어졌으며 이 결과로 나온 비행기와 특허들은 보잉의 수익구조와 직결되었다. 즉, 안전을 중시하다보니 돈이 따라온 것이다.

또 그들의 의견은 항상 존중되었는데, 엔지니어들은 개발과정 중 언제든 비행기가 안전하지 않다고 말하면 보잉은 그들을 믿고 비행기를 출시하지 않고 문제부터 해결하려 했다. 또 보잉은 비행기가 출시된 이후에도 안전 관리를 중시했는데, 문제가 생기는 것을 당연하게 상정하는 보잉의 태도 아래, 엔지니어들 또한 거리낌 없이 발견한 문제점을 상부에 알릴 수 있었다.

게다가 보잉은 엔지니어들이 개발하는 과정에서 조종사로부터 빠른 피드백을 받을 수 있도록 했다. 조종사에게 물어볼 것이 생기면, 바로 옆의 시뮬레이터 기기<sup>3</sup>를 이용하고 있는 조종사에게 직접 의견을 들을 수 있도록 구조화한 것이다. 이러한 방식은 상당한 비용과 노력을 추가로 지불해야 하는 일이었으나 보잉과 엔지니어 모두 기꺼이 하겠다고 나섰다. 심지어 시범 테스트 과정에서 발견된 문제가 기계적 결함이 아닌 파일럿의 실수였다는 것이 밝혀져도, 엔지니어들은 개선의 방향성을 알려준 것이라고 말하며 해당 문제를 기쁘게 고쳤다. 이외에도 보잉은 항공 사고를 방지하기 위해, 보잉의 소중한 지적 재산인 항공기와 관련된 정보들과 그 간의 누적된 데이터를 체계적으로 정리하여 납품하는 항공사 측에 제공하였다.

보잉은 엔지니어들에게 보잉의 로고가 달린 단체복을 제공했다. 근로자들은 초반에 거부하더라도 입고 밖에 나갔을 때는 대단하게 여기는 대중들의 시선을 즐기며, 보잉에 대한 강한 자부심과 소속감을 느꼈다. 다양한 방식으로 직원들을 신경 쓴 보잉은, 그들에게 그만큼 보잉을 위해 더 열심히 일해달라는 부탁을 할 수 있었고 직원들은 이를 기쁘게 받아들였다. 이를 기반으로 안전이라는 가치와 엔지니어들을 최우선으로 여긴 한 가족, 보잉은 결국 세계적인 기업으로 이름을 날렸다. 이 덕분에 보잉의 설립 시절부터 같이 먹고 자란 본고장, '시애틀' 또한 큰 성장을 이루었다. 보잉이라는 대기업 덕분에 많은 일자리가 보장되었을 뿐만 아니라, 다양한 경제적 발전이 이루어진 것이다. 보잉 역시 근로자 대부분이 시애틀 거주자라는 점에서 발생한 연고주의 하에 가족주의를 이루는 등 시애틀의 덕택을 톡톡히 보았다. 당시에는 '보잉이 가는대로, 시애틀이 간다'라는 말까지 돌아다닐 정도로, 대중들에게 시애틀은 곧 보잉이었고 보잉이 곧 시애틀이었다.

### **보잉과 맥도넬 더글라스의 합병**

그렇게 승승장구 해오던 보잉에게도 위협이 닥쳤다. 유럽의 에어버스가 보잉을 성공적으로 벤치마킹해, 신흥 비행기들을 연달아 만들며 라이벌로 등장한 것이다. 또한, 1980년대 중후반 미국에서는 금융 관련 규제들이 대폭 완화되면서 기업들 간의 인수합병 열풍이 일어났다. 이런 시대 상황에 발맞추어, 보잉은 미국의 또 다른 대규모 항공기 제조사이자 과거 라이벌이었던 '맥도넬 더글라스'와 합병하고자 했다. 맥도넬 더글라스의 기술력과 비행기 생산 시설은 보잉의 성장에 긍정적인 영향을 줄 것으로 전망되었다. 한편 맥도넬 더글라스는 야심작이었던 DC-10의 기계적 결함과 그 사고에 대한 불친절한 사후 처리로 인해, 이미지의 쇠신이 필요한 상황이었다. 두 기업의 이득이 맞물리며, 1967년 보잉과 맥도넬 더글라스는 합병하였다.

전 세계 민항기의 약 10%를 보유한 맥도넬 더글라스와 약 50%를 보유한 보잉의 합병은 전 세계적으로 항공기 산업의 독점이라는 큰 위협이었다. 그 어느 라이벌도 더는 보잉을 넘볼 수 없는 상황이 된 것이다. 특히 에어버스는 미국 진출을 위해 맥도넬 더글라스와의 협업을 원하는 상황이었다. 그러나 맥도넬 더글라스와 보잉이 합병함에 따라, 야심찼던 에어버스의 전략은 없어지고 말았다.

---

<sup>3</sup> 시뮬레이터 기기: 조종사들이 실제 비행과 흡사한 상황에서 조종방법을 연습하기 위해 전용 비행 시뮬레이터를 이용해 비행하는 것을 일컫는다. 비행하는 장비의 종류와 성능에 따라 효과가 매우 다르며, 제대로 만들면 웬만한 비행기보다도 비싸다.

### 합병 이전, 맥도넬 더글라스의 DC-10 사고

보잉과 합병한 맥도넬 더글라스가 원래 어떤 회사였는지를 대표하는 사건이 'DC-10사고'이다. 맥도넬 더글라스는 합병 이전, DC-10이라는 야심작을 1970년 발표했다. 그러나 1972년 6월 12일 미시간에서 DC-10의 화물칸 문이 뜯겨져 나가는 사고가 발생했다. 다행히 인명사고는 없었지만 2년 후, 파리에서 이륙한 DC-10에서도 전과 같이 화물칸 문이 떨어져 나갔는데 이로 인해 비행기에 구멍이 생기게 되었고, 이 큰 구멍으로 인해 발생한 기압차를 객실 바닥이 견디지 못하고 날아가 버렸다. 비행기 조종을 가능케 하는 유압 케이블마저 모두 박살나면서, 조종사들은 속수무책으로 대응도 못한 채 죽음을 기다릴 수밖에 없었다. 결국 해당 사고는 승객 346명 전원의 사망으로 이어지며, 당시 최악의 항공사고로 평가받게 되었다.

이 사고의 원인을 조사하면서 밝혀진 사실은 더욱 충격적이었다. 비행기 화물칸은 보통 문이 내부로 열리는 방식으로 설계되므로 화물칸 내부에 문을 열기 위한 공간이 확보되어야만 한다. 그런데, 맥도넬 더글라스는 이 조그만 공간이라도 더 확보해 기업의 수익을 올리고자 문을 외부로 여는 방식을 채택한 것이다. 당시 엔지니어가 해당 설계는 빠른 속도인 비행기의 외부와 내부의 기압 차이에 취약하다고 지적했음에도 아무런 보완없이 DC-10을 출시했다. 두 사고 사이에서도 실질적인 조치가 없었다. 승객들의 안전보다 회사의 수익 및 비용감소를 중시한 맥도넬 더글라스가 모든 것을 목살한 것이다.

### 합병 이후, 급변한 보잉의 조직문화

합병 이후 얼마 지나지 않아, 맥도넬 더글라스의 CEO였던 해리 스톤사이퍼가 보잉의 CEO 자리에 올랐다. GE출신이었던 그는 맥도넬 더글라스의 운영 방식을 보잉에서 그대로 펼쳐냈다.

*"회사에게 가장 중요한 것은 월 스트리트에서 큰 가치를 갖는 것입니다."*

-해리 스톤사이퍼-

이런 CEO의 생각에 따라 보잉은 기존의 안전을 최우선으로 삼지 않고 수익과 효율 즉, 주가를 가장 중시하는 기업으로 변했다. 이에 따라 보잉의 전반적인 조직문화도 변화했고, 비용 절감을 위한 방안들이 시도되었다. 안전 부문에서는 최고의 신뢰를 받고 있었으니 이제 수익성을 높일 단계가 되었다고 과신한 것이다.

결국 보잉사의 가족문화도 갑작스레 끝나버렸다. 보잉의 경영진은 급변하는 세상을 따라가려면 가족이 아닌 팀이 되어야 하며, 성과를 내지 못하면 팀에 남아있을 수 없다고 근로자들에게 경고했다. 경고했던 대로 보잉은 비용 절감을 위해 팀에 이득이 되지 않는 직원들을 자르기 시작해 결국 약 4만 명의 근로자가 해고되는 대규모의 구조조정이 일어났다. 영원한 한 가족에서 너무나 갑작스레 옆 직원보다 잘해야 하는 경쟁에 처해버린 보잉의 근로자들은 자연스레 위축되었다.

게다가 갑작스레 본사의 위치도 바뀌버렸다. 보잉의 세계화를 추구하는 새로운 경영진들에게 시애틀이라는 한 지역에 고착화된 보잉의 이미지는 좋지 않았다. 따라서 보잉은 2001년, 세계적인 도시로서 다국적 사업의 수행이 가능한 시카고로 본사를 이전했다. 당시 CEO였던 필 콘딧은, 시애틀 본사 시절에는 조그마한 업무까지 신경을 썼으나, 시카고로 이전한 지금은 기업의 새로운 발전 전략에 온 힘을 쏟을 수 있다며 긍정적인 반응을 보였다. 반면 오래 다닌 직원들은 다들 미친 게 아니냐고 울분을 토했다. 직원들에게 양해를 구하지도 않은 채 갑작스레 본사를 이전시킨 것은 경영진과

엔지니어들의 단절을 의미하기도 했기 때문이다. 시애틀 공장에서 새 비행기를 만드는 일은 거의 중단되었으며, 또 비행기를 점검하는 과정에서 문제가 발생하여도 그 사실이 경영진에게 닿기까지 오랜 시간이 걸렸다. 시애틀 공장 근처에 있던 시뮬레이터도 마이애미로 옮겨지면서, 엔지니어들은 조종사의 빠른 피드백을 받을 수도 없게되어, 개발 및 연구에도 차질이 생기게 되었다. 엔지니어들은 의견을 말할 수도, 들을 수도 없는 상황에 갑작스레 처했던 것이다.

마지막으로 보잉이 추구하는 가치가 안전에서 수익 중심으로 바뀐 것이 안전 점검과 비행기 조립 과정에서도 실천되었다. 대규모의 구조 조정이 일어났었기에 한 비행기의 안전을 점검하던 인원이 기존 15명에서 단 1명으로 줄어 각 직원의 피로도가 급속도로 증가했다. 이마저도 새로운 CEO는 관리자들에게 목표량을 채우는 결과가 우선이라며 과정 중 방법은 상관치 않고 빠르게 끝내라고 압박했다.

*"제 임무는 문제를 잡아내는 것인데, 문제 해결보다 빨리 완성하고 다음 단계로 넘어가는 게 우선이었어요. 멈춰서도, 속도를 늦춰서도 안됐어요."*

-신시아 키첸스 (2009-2016 보잉 품질관리사)-

이에 보잉은 생산속도를 올리기 위해 품질 검사원과 품질 관리자를 제외하고, 정비공도 빨리 넘어가자며 작업 속도를 올리는 데 치중했다. 결국 보잉 비행기의 품질과 안전에 금이 가기 시작했다. 실제로 점검을 완료한 비행기에서 미처 치우지 못한 사다리가 발견되었고, 해당 사다리의 위치 상, 부품을 잘못 건드려 큰 사고를 내도 무방한 상황이었다. 또한 빠른 제조와 아웃소싱 과정에서 상처가 난 전선들이 부품으로 쓰였고, 이는 합선 등을 유발해 큰 사고를 일으킬 수도 있는 것이었다.

반면, 이러한 전략들을 통해 2001년 이후 15년간 보잉의 주주들에게 780억 달러가 환원되는 등의 결과를 내며, 에어버스에 주춤했던 보잉의 주가를 올리는데 성공했다. 이러한 현실 속에 보잉의 경영진은 "보잉이 발전하는 길이며, 다른 회사로 변하는 것일 뿐이다.", "우리 계획이 모두 시행될 때까지 시간을 좀 달라"라고 말하며 자신들의 전략이 보잉에 체화되기를 기다렸다.

## **보잉의 B737 MAX란?**

보잉 737 MAX는 세상에서 가장 많이 팔린 비행기로 유명한 737의 최신 업그레이드 버전이다. 항공기의 기계적인 구조는 기본적으로 기존 737 모델을 유지한 채, 더 큰 엔진과 새로운 비행 제어 시스템을 도입하여 MAX 라는 이름에 맞는 형태로 제조했다. 다음 글에서는 해당 비행기를 B737 MAX, 737 MAX 혹은 단순히 MAX로 칭할 예정이다.

## **B737 MAX라는 이름**

왜 보잉은 수많은 단어들 중에서도 'MAX'라는 단어를 덧붙인 것일까? 사업 개발 및 전략 담당 부사장인 Nicole Piasecki는 B737 MAX를 발표하는 기자회견에서 그 이유를 다음과 같이 자랑스럽게 설명했다.

*"우리는 항공기가 고객에게 제공할 수 있는 '최대' 이익, 고객을 위한 '최대' 경쟁 우위, '최대' 가치 및 절대적 '최고'의 측면에서 업계에 혁신을 가져다주겠다는 포부를 나타내고 싶었습니다.*

*결국 우리는 그에 걸맞는 것을 만들어냈고, 이 비행기를 '737 MAX'라고 부르기로 결정했습니다."*

보잉의 737 모델은 1968년 상업 비행을 시작해 최장수, 최다 판매 기록을 가지고 있기에 보잉의 정체성 중심에 위치하는 커다란 자부심이라고 볼 수 있다. 이러한 737에 MAX를 붙여 737 MAX 까지 만들었으니, 그 자신감이 대단했던 것이다.

### 737을 유지한 결과

반대로, 보잉이 737을 유지하면서 737 MAX를 만든 것은 오래 전에 설계된 구식 기기를 버리지 못한 아집이었다고도 볼 수 있다. 이 모델의 유지가 곧 비극적인 사고의 시발점이 되기도 했으며, 당시 직원들도 보잉에게 크게 실망하는 계기가 되었기 때문이다. 경영진들과 달리 직원들은 737기기가 설계만 40년 전 것이라 시대에 뒤떨어지기도 했고, 다양한 버전으로 변형한 시리즈를 출시하며 737을 우려먹을 대로 우려먹었다고 봤다. 그렇기에 아예 새로운 기기를 출시하는 게 옳다고 생각했었다고 한다. 당시의 기술력은 이미 현재 제일 잘나가는 787 수준의 새로운 기종을 만들기에 충분했다고 한다.

사실 보잉이 737을 버리지 않은 이유에는 자부심보다도 비용적 문제가 컸다. 우선, 항공기는 순식간에 수많은 생명을 앗아갈 수도 있기에 안전과 관련된 수많은 검·인증 과정을 통과해야 하므로 개발에 많은 비용과 긴 시간이 소요된다. 이 과정은 짧게는 수개월, 길게는 수년의 시간이 소요되며, 검·인증을 통과한다고 하더라도 조종사들에게 바뀐 부분을 재교육해야 한다. 아무리 비행기가 비싸더라도 항공사로부터 가장 많이 지출되는 비용은 인적비용이며, 조종사를 재교육하는 비용은 그 인적 비용에서도 상당 부분을 차지한다. 즉, 제품이 새로울수록 일련의 과정들에서 금액과 노동, 시간이 기하급수적으로 증가하는 것이다.

MAX를 선택한 보잉은 조금이라도 돈과 시간을 아끼고자 기기 개발도 급하게 대충했다. 아이러니하게 불과 몇십년전 B777을 처음 만들 때만 해도, 보잉의 엔지니어와 경영진들은 기체에 작은 문제라도 생기면 아예 다음 개발과정으로 넘어가지 않거나 항공사에 기체를 인도하지 않는 등 안전을 어느 회사보다 철저히 생각했다. DC-10 결함과 당시 항공사들에게 불친절하게 사업을 하던 맥도넬 더글라스의 기세를 완전 꺾은 게 B777을 만들던 시기의 보잉이었다. 그러나 보잉은 B737 MAX 때 쯤이 되어선 맥도넬 더글라스와 똑같은 짓을 하고 있었다. 이 시점에서는 기존 맥도넬 더글라스의 이사진들이 합병 이후 보잉의 이사회를 완전히 장악한 상태였다.

특히, 경쟁사 에어버스가 신제품을 출시함으로써 무섭게 치고 올라와 보잉이 많이 조급해졌던 것이었다. 보잉은 에어버스의 신제품이 소형기 시장을 다 차지해버리기 전에 하루라도 빨리 737 MAX를 출시했어야 했다. 그렇기에 737의 기본 설계를 유지하고 최소한으로 변경해 '파생품'을 내놓으며 개발 시간을 단축하고 FAA<sup>4</sup>로부터 빠른 승인을 받았다. 만약 MAX가 기존 기기와 많이 달랐더라면 FAA에서 즉각 제재를 가해 보잉이 조종사들에게 비싼 시뮬레이터 훈련을 시키도록 했을 것이다. 그러나 보잉은 별로 바뀐 게 없어 훈련이 필요 없을 것이라 약속하는 전략을 내세웠다. 따라서 최대한 바꾸지 않아야 했고, 어쩔 수 없이 바꿨더라도 훈련은 필요 없을 정도여야 했다. 만약 훈련이 필요한 정도로 바뀌면 철저히 숨겼다. 이 전략 덕에 MAX는 아주 불티나게 팔리기 시작해 정식 발주, 주문량, 계약금 총액 등에서 전세계 신기록을 세웠다.

---

<sup>4</sup> FAA (Federal Aviation Administration) 미국연방항공청: 미국 교통부의 예하 항공 전문 기관으로 항공수송의 안전 유지를 담당해 미국 내에서의 항공기의 개발, 제조, 수리, 운행 허가 등을 승인한다.



## 보잉 vs 에어버스

### 운명의 라이벌: 보잉의 B737 vs 에어버스의 A320

도대체 에어버스의 성장이 얼마나 위협적이었길래 보잉이 그토록 위협을 느꼈던 것일까? 위에 썼듯, 보잉은 명실상부한 세계 최고의 여객기 제작사로서 베스트셀러인 B737과 함께 독보적인 위치를 유지하고 있었다. 그러나 에어버스 A320의 추격 역시 만만치 않았다. 오랫동안 항공우주 산업에서 막강한 패권자였던 미국의 보잉과 경쟁하기 위해 프랑스, 독일, 영국 등 유럽의 주요 항공기 제조사들이 모여 만든 합작 회사가 바로 에어버스이다. 이러한 기업 형태는 재무 리스크는 줄이면서 각 회사의 자본과 인재를 결합하는 혁신적인 조치였다. 여러 제조사들이 손발을 맞추다보니 초기 경영에는 마찰이 있었지만, 에어버스는 보잉을 벤치마킹하면서 기술력을 순식간에 따라잡았고, 항공기 A320을 통해 시장점유율을 넓혀나갔다. A320이 성공하자 비행기 길이에 따라 다양한 파생형 제품군이 나와 A320 시리즈가 만들어졌는데, 이는 보잉의 B737 시리즈와 치열한 경쟁을 벌여왔다.

그러다 2003년, 에어버스가 처음으로 보잉의 시장점유율을 넘어섰고 몇년 간 보잉보다 판매량을 앞서는 성과를 거두었다. 이 때, 보잉은 인수하느라 정신없는 사이 전체 판매량이 1999년 620대에서 2004년 285대로 감소하며 경쟁력이 약화되고 있는 상황에 처해 있었던 것이다. 그리고 2010년, 에어버스가 대망의 A320neo를 출시한다.

### 에어버스와 보잉의 새 엔진 차이: B737 MAX vs A320neo

A320neo는 보잉에게 매우 큰 골칫거리였다. A320neo은 에어버스가 내놓은 A320 제품군의 업데이트된 버전이다. "neo"는 "new engine option"을 의미한다. 이 차세대 엔진은 연료를 절약할 뿐만 아니라 질소 산화물 배출량을 약 10% 감소시킨다. 또한, 전반적인 효율성 향상은 약 15%로 추정된다. 특히, 연료는 항공사의 주요 비용 중 하나인데 그나마 가장 제어할 수 있는 영역에 속한다. 다른 주요 비용인 인건비는 승객당 최소 승무원 비율을 요구하기 때문에 감소시킬 수 있는 비용의 정도에 한계가 있다. 즉, 연비 개선이 항공사 제조업체 간의 결정적인 경쟁력의 차이가 되는 것이다. 당시 1970년대 오일쇼크 이후 기름가격이 사상 최고치를 찍었기 때문에 항공사들은 더더욱 연료 효율성을 높이길 원했다. 에어버스는 보잉보다 빠르게 결단을 내려 항공사들의 이러한 요구를 충족시키는 neo를 출시하는데 성공했고, 역대 최초로 가장 빠르게 많이 팔린 비행기에 등극했다. 즉, neo가 당시 세계 최초라는 타이틀을 거머쥘 수 있었던 이유들 중 가장 핵심적인 것은 보잉보다 '빠르게' 결단을 내렸었다는 것이다. 이는 보잉이 더욱더 조급하게 MAX를 출시하게 되는 계기가 된다.

neo의 새 엔진은 이전 A320 엔진보다 직경이 더 커졌음에도 불구하고, 기본적으로 동일한 기체에 장착할 수 있었다. 물론 새 엔진을 장착하기 위해서 동체의 설계도 고치고, 기존 A320 제품군이 가진 안전장치들도 대대적으로 손봤으며, 운항 매뉴얼 또한 뜯어고쳐야 했다. 그 결과 초기 생산성이 떨어지고 가격이 상승한 것은 물론 조종사들이 운항절차 교육을 다시 받아야 했다. 이 일련의 과정들은 매우 힘들고 비용이 많이 들었음에도 에어버스는 감수했고 성공했다. 즉, 먼 길을 돌아서 갔지만 목적지에 도착할 수 있었던 것이다.

하지만 보잉의 상황은 달랐다. 보잉의 B737은 A320보다 지상고<sup>5</sup>가 낮아서 엔진을 달 수 있는 공간은 부족한데, 새로운 엔진 크기는 에어버스의 엔진보다도 컸다. [EXHIBIT 3] 에어버스가 A320에 새로운 엔진을 다는 것보다 보잉이 B737에 새 엔진을 다는 데 더 많은 작업이 필요했던 것이다. 단순히 지상고 확보를 위해 랜딩기어의 길이를 늘리는 수준이 아니라, 어긋난 중심 균형을 맞추기 위해 기체 전체를 뜯어고쳐야 했다. 또한 1970년에 설립된 에어버스와는 달리 1916년부터 명맥을 이어오던 보잉은 항공기 설계 변화에 매우 보수적이었고, 뜯어고치는 방식은 돈도 시간도 많이 걸릴 것으로 예측됐다. 이러한 상황에서 보잉은 타격을 입고 완전히 새로운 비행기를 설계하는 것보다, 설계는 유지하되 MCAS라는 소프트웨어를 추가하는 것이 더 낫다고 판단했다. MCAS 시스템은 후에 더 자세히 다룰 예정이다. 에어버스가 기체를 뜯어 고치는 하드웨어적인 해결책을 선택한 것과 대조적으로 보잉은 소프트웨어로 문제를 해결하려 한 것이다. 물론 보잉도 할 수 있는 많은 하드웨어적 수정들을 거쳤다. 그러나 애초에 A320보다도 오래된 구식 기체에 A320 neo에 다는 엔진보다도 더 큰 엔진을 달려고 하니 아무리 수많은 기기적 보완을 해도 불가능했던 것이다. 즉, 먼 길을 가든 말든 간에 목적지 자체가 허상이었던 것이다. 그렇기에 이것은 재앙의 단초가 되었다.

### 조직문화 및 설계철학의 차이: 보잉 vs 에어버스

보잉과 에어버스를 꿰뚫는 본질적인 차이는 '설계 철학'이다. 보잉과 에어버스는 궁극적으로 항공기의 안전한 작동을 추구하지만, '조종사에게 어디까지 권한을 줄 것이냐'에서 큰 차이가 있다. 보잉은 어떠한 경우에서도 조종사가 비행기를 직접 통제할 수 있도록 해주는 반면, 에어버스는 컴퓨터가 조종사의 통제를 제한하거나 개입하도록 설계한다. 이러한 차이는 조종실의 조종간<sup>6</sup>에서부터 드러난다. 보잉의 B737은 아직도 전통적인 형태의 아날로그 유압<sup>7</sup>제어 방식을 이용한다. 이는 파일럿과 조종간 사이가 유압 시스템의 물리적인 결합으로 직접 연결되어 있는 비행제어 시스템인데, 중간 개입 없이 조종사가 조작하는대로 비행기가 바로 움직인다. 반면에 에어버스의 A320은 첨단 기술 Fly-By-Wire(이하 'FBW')를 도입하면서 컴퓨터와 연결된 사이드 스틱을 사용한다. 이 사이드스틱은 마치 게임기의 조이스틱처럼 컴퓨터와 연결이 되어 있기 때문에 조종사의 조작을 전기신호를 통해 비행기 날개에 전달한다. 에어버스의 비행기에서는 컴퓨터가 조종사의 조작을 중간에서 개입해 필터링하면서 운항되는 것이다.

결국 이 문제는 기계와 그 기계를 다루는 인간을 바라보는 관점의 차이에서 비롯된다. 보잉의 항공기 설계 철학은 "비행기를 통제하는 최종 권한은 언제나 조종사에게 있다"로 요약할 수 있다. 어떤 인공적인 시스템도 완벽하지 않기에 조종사의 판단이 최우선적인 권한을 부여받는 것이다. 반면 에어버스는 "인간은 실수를 할 수 있는 존재"인 것을 인정하는 것으로부터 설계를 출발한다. 따라서 실수를 할 수 있는 인간에게 모든 것을 맡기기 보다는 조종사의 모든 조작을 컴퓨터가 모니터링하고 제어할 수 있도록 항공기를 설계한다. 이렇게 비행 자동화를 둘러싼 두 대립적 관점에 대한 논란은 30년 넘게 이어져 오고 있으나 과학기술이 점점 고도화되면서 점점 추세는 FBW를 중심으로 한 자동화에 쏠리고 있는 상황이다.

<sup>5</sup> 지상고(地上高): 땅 위의 높이

<sup>6</sup> 조종간: 조종사가 항공기의 움직임을 통제할 수 있도록 활용되는 비행기 조종실 내의 조종 장치

<sup>7</sup> 유압: 기름에 가해지는 압력. 힘이 유압을 거치면 훨씬 증폭된다.

## 737 MAX의 디자인

이미 가장 잘나가는 737에 더욱 향상된 737 MAX는 효율성에 환경 성능<sup>8</sup> 및 승객 편의성까지 더욱 발전시켰다. 우선, MAX는 연료 사용 및 배출량을 20% 줄이고, 기존 항공기보다 소음을 50% 줄인다. 또 경쟁 제품보다 8%의 좌석 이점과 함께 최대 14% 낮은 기체 유지 보수 비용을 제공한다. 게다가 탑승객은 현대적으로 조각된 측벽과 창 덮개, 넓은 공간감을 향상시키는 LED 조명, 더 큰 회전식 보관함으로 구성된 보잉의 안온한 스카이 인테리어를 즐길 수 있다. 수많은 기술적 개발이 있었지만, 해당 글에서는 요약해 주목할만한 기기 향상들만을 설명할 것이다. [EXHIBIT 4]

## 737 MAX의 제품군 분류

MAX 분류의 세부사항은 다음과 같다. [EXHIBIT 5] 여기서 737-8이면 총칭 '737 MAX-8' 이라고 부른다. 이처럼 제품군을 다양하게 분화시킨 이유는 기업 자체의 효율 증진과 함께 고객인 항공사들에게 선택권을 넓혀주기 위해서이다. 참고로 MAX의 두 사고는 737 MAX-8 에서만 발생했다.

## MAX의 새로운 엔진: CFM international LEAP-1B 엔진

MAX 구조에서 특히 주목할 변화는 급격히 증가한 엔진의 크기이다. 기존 구식의 동체에 효율이 높다는 이유로 더 거대해진 엔진을 탑재하다 보니 여러 부작용이 발생했는데, 이를 덮기 위한 여러 조치들에서 문제가 생겼었기 때문이다. 737 MAX에 달린 신형 엔진은 이전 모델의 엔진보다 거의 2배 수준인, 1.7배나 거대해진 크기를 자랑한다. 또, 새로운 엔진의 팬은 기존 737의 엔진의 팬 직경이 61인치인 것에 비해 훨씬 큰 직경, 69.4인치로 구성된다. 이는 구형 엔진의 바이패스 비율<sup>9</sup>이 5.1:1인 것에 비해 9:1의 바이패스 비율을 제공한다. 이러한 구조를 가질 시, 연료 연소가 11-12% 감소하고 운영 비용이 7% 감소한다. 또한, CO2 배출량을 10~12% 더 줄여준다. 동체 자체도 거대해진 엔진을 수용할 수 있도록 강화되었는데, 새로워진 엔진을 둘러싼 나셀은 엔진이 이전보다 더 앞으로 튀어나오게 해주어 커다란 엔진을 달 수 있게 만든다. 그리고 비행기의 꼬리 부분의 원뿔 넓이를 확장시키고 비행 제어 표면 위를 두껍게 만들어 공기 흐름의 안전성을 개선하고 꼬리의 와류<sup>10</sup> 발생을 방지했다. 엔진을 제어할 수 있는 제어판의 구성도 기존보다 세분화되어 엔진을 더 섬세하게 제어할 수 있게 되었다.

## MAX의 첨단기술 윙렛 (AT윙렛: Advanced Technology Winglet)

윙렛이란 비행기의 본 날개 끝에 붙어 있는 특이한 모양의 작은 날개를 말한다. 윙렛은 본 날개에 의해 공기가 나뉘져 발생한 와류를 줄여줌으로써 항공기 운항의 연비를 개선시켜준다. 현재 보잉은 737 MAX 제품군을 위한 윙렛을 아웃소싱하지 않고 자체적으로 개발, 제작 및 설치까지 진행하고 있다. 보잉은 기존 윙렛에 비해 첨단 윙렛이 보다 무게를 균일하게 만들어 연료 소모를 1.5% 더 개선할 것이라고 말한다.

<sup>8</sup> 환경성능(environmental quality level): 이산화탄소, 소음, 냄새 등 환경에 미치는 영향을 나타내는 척도.

<sup>9</sup> 바이패스 비율: 엔진입구 쪽에서 흡입한 공기 중 바로 바깥쪽(by-pass)으로 빼내버리는 공기량과 엔진에서 연소시키는 공기량의 비율을 가리킨다. 같은 출력의 엔진이라도 바이패스비율이 높으면 그만큼 소음이 적지만 대신 연비가 낮아진다.

<sup>10</sup> 와류 (渦流): 꼬인 유체 흐름, 유체 흐름의 일부가 교란받아 비행기가 본래 가던 방향 반대되는 방향으로 소용돌이치는 현상이다. 와류가 발생하면 비행기를 들어올리는 힘이 감소해 비행기의 안전성 및 효율성이 낮아진다.

## MAX의 새로운 랜딩기어

랜딩기어는 비행기가 땅에 착륙할 수 있도록 하는 장치로, 쉽게 말해 비행기 밑에 작은 바퀴가 달린 부분이다. 737 MAX에는 접을 수 있는 세발 자전거형 랜딩 기어가 장착되어 있는데, 더 큰 엔진을 수용하면서 필요한 길이의 지상고를 달성하기 위해 20cm로 길어졌다.

## 비대해진 엔진이 일으킨 문제

이와 같이 MAX에는 거대해진 엔진을 보완하기 위해 첨단기술 윙렛, 랜딩기어를 포함한 여러 수정이 동반되었다. 그럼에도 불구하고 737은 비대해진 엔진을 수용하기에 역부족이었다. 기존 구식 동체에 무거운 엔진을 탑재하다 보니 출력을 높였을 때 훨씬 심하게 기수<sup>11</sup>가 들리는 문제가 발생하는데, 위의 수정들만으로는 도저히 해결할 수가 없었던 것이다. 보통 기수가 과하게 들리게 되면 비행기를 날게 만드는 힘인 양력이 감소하는 실속현상이 나타난다. 이를 해결하기 위해 조종사는 수평꼬리날개를 직접 조정하여 수동으로 기수를 낮추는데, 737 MAX는 그 정도의 조정으로는 기수가 낮아지지 않았던 것이다. 그렇다고 조종하는 방법을 변화시킬 수도 없었다. 조종 특성을 변화시키면 조종사 재교육과 출시 일정 지연, 비용 상승 등으로 이어지는데, 주주 가치를 무엇보다 우선하게 된 보잉이 이를 허용할 리 없었다. 따라서 보잉은 이러한 문제점들을 피하기 위해 다른 방식을 고안했다. 기수가 과하게 들리면 자동적으로 내려버리는 비행 제어 시스템인 MCAS를 도입해 737 MAX의 안정성을 보장하고자 한 것이다.

## MCAS: 조정특성향상시스템 (Maneuvering Characteristics Augmentation System)

MCAS는 쉽게 말하자면, 더 무거워진 엔진을 달고 이륙하는 항공기가 추진력으로 인해 머리가 들려 균형을 잃고 추락하려고 할 때 이를 자동으로 낮춰 균형을 유지하게 한다. [EXHIBIT 6] MAX 항공기에 장착된 MCAS는 받음각 센서에 입력된 받음각 정보를 통해 실속 위험이 크다고 판단하면, 엔진 출력을 조절해 자동으로 기수를 낮춘다.

## 양력과 받음각(AoA, Angle of Attack)을 통한 비행기의 나는 원리 부가 설명

기체와 액체를 통칭한 유체가 있는 곳은 어디서든지 4개의 힘이 작용한다. 유체가 나아가는 방향으로 가려는 힘이 추력, 이와 반대 방향으로 가려는 힘이 항력이다. 유체가 나아가려는 방향에 밑으로 내려가는 힘은 중력이고, 이와 반대로 위로 올라가려는 힘이 양력이다. 양력을 더 자세히 설명하자면, 비행기가 움직여 주위에 유체 즉, 공기가 흐를 때 비행기의 표면에서 비행기의 진행방향에 위쪽 수직으로 작용하는 힘이다. 새와 연이 날 수 있는 것도 양력 덕분이다. 이 비행기를 들어 올리는 힘인 양력이 생기려면 받음각이 필요하다. 받음각은 바람을 받아 넘기는 각도이다.[EXHIBIT 7] 즉, 받음각은 비행기의 날개를 절단한 면의 기준선과 기류가 이루는 각도로, 받음각이 클수록 양력이 발생하기 쉽고 작아질수록 양력이 발생하기 어려워진다. 받음각을 가진 날개 위쪽을 흐르는 공기는 아래쪽의 공기 흐름에 비해 빨라진다. 날개 위쪽을 흐르는 공기의 가속에 의한 운동에너지 증가는 곧 날개 위쪽 압력에너지의 감소를 불러오고 이로 인해 날개의 위아래 면에는 압력차가 발생하게 된다. 양력은 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 생기기에, 날개는 공기가 흐르는 방향에 수직인 방향, 즉 아래에서 위로 떠오르게 된다. 따라서 받음각이 클수록 양력이 크게 발생해 비행기가 더욱 높이 날아오른다. 그러나 받음각이 과하게 커지면 오히려 양력을 잃게 되는 실속 현상이 발생한다.

---

<sup>11</sup> [EXHIBIT 4] B737 MAX 구조 설명 중, 기수

## 실속 현상

양력과 반대되는 용어가 실속이다. 비행기의 날개가 받음각을 과도하게 넘으면 날개 뒷면에 흐르고 있던 공기가 소용돌이를 일으켜 와류가 발생하며 양력을 잃는 현상이 실속 현상이다. [EXHIBIT 8] 즉, 비행기가 효율적으로 연비 좋게 높이 날아오르기 위해서는 적절한 수준에서 받음각을 유지해 최대한의 양력을 활용하는 것이 중요하다.

## B737 MAX에서의 MCAS 작동방식

보잉의 욕심을 담은 MAX의 거대한 엔진은 받음각을 과하게 크게 만들었다. 크기가 커진 엔진에 맞춰 새로워진 엔진 나셀은 더 크고, 이전보다 약간 더 높게, 앞 쪽에 장착되었다. [EXHIBIT 9] 이렇게 변경된 엔진은 높은 받음각에서 비행기를 들어올리기 위해 와류 흐름을 유발한다. 이때 나셀이 무게중심보다 앞에 위치하게 되기 때문에 여기서 발생하는 양력은 약간의 피치업(pitch up) 효과가 발생한다. 피치업 효과란 각속도<sup>12</sup>가 어떤 값을 넘어서면 비행기가 더욱 더 머리를 들려는 경향이 생겨, 조종사가 아무리 조종간을 움직여도 회복할 수 없게 되는 현상을 말한다. 그렇기에 조종사가 스틱을 의도한 것보다 실수로 더 당기게 되며, 이는 항공기가 실속 쪽으로 더 가까워지게 만든다. MCAS는 이러한 상태를 인지해 자동적으로 기수를 낮춰 실속을 낮추고 양력을 키우기 위해 도입되었다. 즉, 조종사가 제어할 수 없는 위험을 돕기 위해 만들어진 것이다.

구체적인 작동 원리는 다음과 같다. MCAS는 플랩<sup>13</sup>이 수납된 저속에서의 수동조종 상태일 때 두 센서에서 받음각을 인지한다. 받음각 인지 센서에서 받음각이 기준 각도 14도를 넘어서 비정상적으로 상승해 조종 불능을 유발할 가능성이 있으면 MCAS가 기수 자동 하강을 명령한다. 명령을 받은 비행기는 기체의 무게 중심을 맞추기 위해 사용되는 수평안정판 트림[EXHIBIT 10]을 이용해 기수를 내린다. MCAS는 비행기가 정상 상태로 회복할 때까지 기체 내 컴퓨터가 자동적으로 위 과정을 거쳐 기수를 아래로 내리도록 하는 이 동작을 반복하게 만든다.

## 첫 번째 사고, 라이온에어 610편 추락사건의 발생

2018년 초반은 비행기가 출시된 이래, 민항기 운항이 가장 안전하던 시기였다. 그 중에서도 보잉은 가장 신뢰를 받던 기업이었기 때문에 조종사와 승객들 모두 보잉의 비행기를 타는 것을 선호했다. 그러나 2018년 후반, 안전의 대명사였던 보잉의 이면이 드러나기 시작한다. 첫 번째 사고의 조짐은 사건 발생 2일 전부터 나타났다. 아래의 글은 인도네시아 당국의 라이온에어 610편 사고조사 경위서의 내용을 발췌해 요약한 것이다.

### # 2018년 10월 27일 (사고 2일 전)

라이온에어 610편 추락사고의 비행기(이하 '사고기')는 사건 2일 전부터 기장석의 속도계와 고도계에 이상이 발생하기 시작했으며 총 4차례의 비행에서 문제를 일으킨다. 2018년 10월 27일 밤 12시경, 사고기는 비행하던 도중 처음으로 기장석의 속도계와 고도계가 아예 작동을 멈추는 현상을 겪는다. 이에 정비사는 정비 매뉴얼에 따라 기장석의 실속관리 시스템<sup>14</sup>의 테스트를 진행하였고, 정상 상태라고

<sup>12</sup> 각속도: 각이 변화하는 속도

<sup>13</sup> [EXHIBIT 4] B737 MAX 구조 설명 중, 플랩(flap)

<sup>14</sup> 실속관리 시스템(stall protection system): 비행기의 추락을 방지하는 시스템

나타나 정비를 종료한다. 그러나 정비를 받았음에도 불구하고, 사고기는 복귀비행에서 동일한 고장증상이 또 발생했다. 착륙 후 정비사가 점검한 결과, 기장석의 실속 경고 시스템, 비행자료 참조장치<sup>15</sup>와 받음각 센서 등에 이상이 있다는 오류 메시지가 나타났다. 이를 본 정비사는 마치 컴퓨터가 정상적으로 작동하지 않을 때 전원을 껐다 키는 것과 같이, 비행정보 관성참조장치<sup>16</sup>를 초기화하자 오류는 더 이상 검출되지 않았고, 비행 데이터 관련 기판을 청소하니 정비하라는 메시지도 뜨지 않았다. 즉, 더이상의 문제가 없어보여 사고기는 비행에 다시 투입되고, 당일 남은 비행을 문제없이 운항했다.

#### # 2018년 10월 28일 (사고 전날)

그러나 다음 날인 10월 28일, 사고기는 전날과 완전히 같은 증상이 또 다시 발생한다. 이에 한술 더 떠 이륙 도중 자동 추력 조절장치가 제멋대로 꺼져 버렸다. 사고기가 착륙한 후 정비사가 점검한 결과, 역시 기장석의 실속 경고 시스템과 속도/고도 등의 비행자료와 받음각 센서에 이상이 있다는 오류 메시지가 또 다시 시현되었다. 정비사는 전날처럼 비행정보 관성참조장치를 초기화시키니, 테스트 상에서는 또 오류가 검출되지 않았다. 그러나 비슷한 유형의 문제가 이틀 간 3회나 발생했기 때문에, 정비사는 매뉴얼에 따라 무려 12시간 동안 기장석의 받음각 센서를 교체한다. 이후 사고기는 비행에 다시 투입된다.

그렇지만 센서까지 교체했음에도 불구하고 당일 사고기는 또 다시 이상이 발생한다. 기장석의 속도계/고도계는 이전 비행과는 다르게 작동 자체는 했지만, 부기장석의 속도계/고도계 수치와는 매우 큰 차이를 보이고 있었으며, 받음각도 정상적인 값에 비해 20도나 큰 값을 보였다. 기장석의 속도계/고도계가 완전히 잘못 표시되고 있던 것이었다. 게다가 이륙하기 위해 기수를 들던 도중, 실속 상태를 알리는 장치인 스틱 웨이커가 작동하기 시작했다. 스틱 웨이커는 비행기가 위험한 실속 상태에 빠지려고 할 때, 정신없이 조종간을 흔들며 조종사로 하여금 직감적으로 위험을 느끼게 하는 장치이다. 스틱 웨이커는 착륙할 때까지 정신없이 작동했다.

이를 확인한 기장은 부기장에게 플랩을 접고 계속해서 상승하라고 지시했다. 그런데, 플랩을 접은 이 시점에서부터 MCAS 가 작동하기 시작한다. 당시 MCAS는 비정상적으로 작동하는 기장석의 받음각 센서에서 과도하게 높은 받음각이라고 인식해 기수를 내려버린 것이다. 이에 부기장이 수평안정판 트림 스위치를 기수를 올리는 방향으로 계속 조작해보았지만, 스위치에서 잠깐만 손을 떼도 MCAS가 기수를 내려버린다는 것을 알아냈다. 부기장은 MCAS로 인한 기수하강 동작이 3회 반복되자 조종간을 조작하기가 너무 힘들다 즉, 조종간이 너무 무거워져 움직일 수 없다고 호소하였고, 이에 기장은 이륙 5분 후인 10시 25분 46초에 도착지 접근센터에 'PAN PAN'<sup>17</sup>사태를 선언한다.

이에 뒷좌석에 앉아 있던 비번 기장<sup>18</sup>이 수평안정판이 제멋대로 작동하는 것을 확인하자, 기지를 발휘해 스위치를 아예 꺼버리자고 제안한다. 이에 기장이 10시 28분 28초에 CUTOOUT 위치로 조작해

<sup>15</sup> 비행자료 참조장치 ADR(Data Reference Unit): 속도/고도 등의 비행데이터를 계산함

<sup>16</sup> 비행정보 관성참조장치 ADIRU(Air Data Inertial Reference Unit): 고도/속도/받음각 자료 등을 처리하는 장치

<sup>17</sup> PAN PAN 사태: 기체에 긴급상황이 발생했으나 즉각적인 지원은 요구되지 않는 상태를 의미하며, MAYDAY의 바로 아래 단계이다.

<sup>18</sup> 비번 기장: 장기비행을 할 때, 교대로 비행기를 운항하기 위한 또다른 기장.

수평안정판 스위치를 꺼버리자 더 이상 기수가 내려가지 않아, 아예 키지 않고 수평안정판을 수동으로 조작하며 비행했다. 사고기는 이후 문제없이 비행하여, 약 1시간 후인 오후 10시 56분에 인도네시아 자카르타 국제공항에 착륙했다. 착륙 이후, 기장은 정비사에게 속도계/고도계가 비정상적으로 작동했다고 말하고, 항공사에도 문제를 보고했다.

#### # 2018년 10월 29일 (사고 당일)

사고 당시 라이온에어 610편의 기장은 Bhavye Suneja이다. 그는 미국의 벨에어인터내셔널 항공대학을 졸업했고, 총 비행시간은 약 6000시간이 넘는다. 이어서 라이온에어 610편의 부기장은 Harvino이고 총 비행시간은 약 5000시간이다. 민항기 조종사 치고는 비행 경험이 아주 많은 정도는 아니지만, 조종특성이 크게 달라진 것이 아니기에 충분히 능숙했을 것으로 판단된다.

사고기는 10월 29일 아침 첫 비행으로 자카르타를 출발해 팡칼 피낭으로 향하는 JT610편 비행을 배정받는다. 사고기(이하 '610편')는 189명을 태운 채 아침 6시 20분에 자카르타 수카르노 하타 국제공항의 활주로를 정상적으로 이륙했다. 그런데 사고기는 전날의 비행처럼 이륙 직후부터 스틱 셰이커가 작동하기 시작했다. 이륙 직후 기장석 받음각 표시기에 오류가 생겨 MCAS가 또 잘못된 받음각을 받아 실속위험이라 판단하기 시작한 것이다. 이에 부기장은 6시 21분 22초에 관제<sup>19</sup>를 담당하게 된 자카르타 터미널을 호출한다. 이에 답하여 터미널 관제소는 610편에게 27000피트로 상승하라고 지시했다.

그리고 6시 21분 28초, 부기장은 터미널 관제소에게 "레이더에 나타나고 있는 고도를 알려 달라"고 부탁한다. 이미 이 시점에서 조종사들은 고도계의 이상을 확인한 것으로 추정된다. 이에 관제소는 아직 900피트라고 대답하고, 부기장은 알겠다고 말한다. 6시 21분 53초, 부기장이 다시 터미널을 호출해 "조종 관련 문제가 발생했다"고 말하며 다른 구역으로 이동해 그 지점에서 빙글빙글 도는 상태인 홀딩을 하겠다고 통보한다. 당시 조종사는 MCAS가 존재한다는 것도 모른 채, 정확하게 어떤 것이 원인지도 모르고 혼란에 빠졌던 것이다. 그리고 610편이 일정한 고도를 유지하기 힘들자 조종사는 지시받은 고도인 27000피트보다 더 낮은 5000피트로 비행하겠다고 말한다.

6시 22분 5초, 블랙박스에 따르면 조종사들은 지시받은 고도로 상승하기 위해 플랩을 완전히 접는다. 플랩이 0도로 완전히 접히자, 전날의 비행과 마찬가지로 MCAS가 오작동해 기수가 내려가기 시작했다. 이에 비행기는 급강하를 하기 시작했고, 약 10초 뒤 조종사는 수평안정판 트림 스위치를 기수를 올리는 방향으로 조작해 MCAS의 작동을 겨우 잠깐이라도 멈췄다. 6시 22분 48초, 조종사들이 플랩을 5도로 내리자 다행히도 MCAS의 움직임이 멈춘다. 이에 6시 25분 18초, 조종사들이 5000피트로 고도를 올리라는 지시에 따르기 위해 다시 플랩을 0도로 접었다. 그러자 9초 후인 6시 25분 27초, MCAS가 다시 작동하고 수평꼬리날개는 다시 제멋대로 기수를 내려버렸다. 이 반복된 움직임은 추락할 때까지 지속되었다.

6시 26분 59초, 터미널 관제사는 610편에게 다른 비행기가 있기 때문에 부딪힐 수 있으니 우선회하라고 지시한다. 이 지시에 계속 대답해오던 부기장은 대답하지 못했다. 이미 비행기 안은 재앙이었다. 관제사는 610편을 2번 더 호출했으며, 그제서야 6시 27분 13초에 대답한다. MCAS 오작동으로 인해

---

<sup>19</sup> 관제: 비행중인 항공기와 교신을 하고 공항으로 유도, 통제하여 교통정리를 하고 사고를 막는 일.

조종사들이 사투를 벌이던 도중 기체가 계속 하강하자, 관제사는 의도적으로 하강하는 것이냐고 물어본다. 이에 부기장은 자동 조종 계통에 문제가 있어 수동으로 조종 중이라고 대답한다. 6시 30분 58초, 라이온에어 610편의 부기장은 기상상태 때문에 도착센터로 비행하겠다고 통보하고, 도착센터는 이를 승인한다. 이 녹음본에서 당시 조종사들은 비행기의 오작동의 원인을 모르니 순간적으로 기상상태 때문이라고 추측한 것으로 볼 수 있다.

6시 31분 23초, 기장은 도착센터에게 다른 항공기와의 간격 분리를 위해 3000피트 상하로 범위의 고도를 배정해 달라고 부탁한다. 관제사는 610편에게 어느 고도로 배정받고 싶냐고 물어보고, 이에 기장은 "5000피트"라고 대답한다. 이것이 라이온 에어 610편으로부터 들려온 마지막 유언이었다. 라이온에어 610편은 마지막 교신 전후로 급강하하기 시작해 6시 31분 56초경에 자바 해상에 추락한다. 이에 탑승자 189명 전원 사망한다. 추락 이후, 도착센터는 라이온에어 610편을 총 6회 호출했지만 응답은 없었다. 추락 25초 후인 6시 32분 19초, 610편의 항적은 레이더에서 사라졌다.

## **라이온에어 사고: 보잉의 대처와 사람들의 반응**

### **라이온에어 추락 사고 직후**

사고 직후, 비행기가 바닷속에 추락해 블랙박스를 바로 찾지 못했으며 결론을 내기에는 정보가 부족했기에 정황은 추측으로만 이루어졌다. 이 때, 아무도 보잉의 기체 결함때문에 사고가 발생했을 것이라고는 생각하지 못했다. 그런데, 인도네시아 수색당국이 사고 이후 3일만에 블랙박스를 발견해 비행기 이륙 직후 좌측 받음각 표시기에 오류가 발생했었다는 게 밝혀졌다. 즉, 사고의 원인으로 보잉 737 MAX 기종의 시스템 오류와, 실속방지 안전장치의 오작동이 문제로 제기된 것이다. 그럼에도 당시 보잉 CEO였던 뮐러버그는 조사 관련 사항을 공개할 수 없다며 숨기고, 공식답변에서도 "조사 및 협조 중이며, 우리 측에서도 아는 바가 없습니다. 유족에게 진심으로 사과드립니다." 라는 당연한 말만 했다. 게다가 카메라에만 사과할 뿐, 피해자 유족들과는 절대 직접적으로 접촉하지 않았다. 이에 유족들은 상원 및 의원만 50명 넘게 만나 가족의 죽음을 똑같이 55번 말하며 고통을 되새겨야 했다. 심지어 보잉은 뒤에서 조종사가 미국인이 아니라 인도네시아 사람이어서 제대로 대처하지 못해 사고가 난 것이라고 하며 사람들로 하여금 조종사 탓을 하도록 유도했다.

### **라이온에어 추락 2주 후: 받음각 센서 오류로 MCAS가 오작동했다는 것이 밝혀졌다.**

사람들은 2주가 지나서야 기체의 설계를 의심하기 시작했다. 블랙박스의 자료를 더 분석해보니 사고기에서는 센서가 오작동을 일으켰고, 때문에 MCAS가 기수가 올라간 것으로 인식해 기수를 강제로 내렸다는 것이 확실히 밝혀진 것이다. 사고기의 FDR<sup>20</sup> 기록에 따르면 센서가 오작동을 일으키자 조종간은 무거워지며 조종을 제한했고, 심지어 시스템은 기수를 강제로 내리기 시작했다. 이에 조종사들은 수십차례 기수를 들기 위해서 사투를 벌였고, 끝내 기체가 뒤집어지면서 바다에 곤두박칠치게 되었던 것이 밝혀졌다.

### **사고 당시 조종사가 느낀 어려움 부연설명**

사고 당시의 MCAS는 최대 9.26초동안 기수를 2.5도 아래로 내리게 한 다음 5초 동안 일시중지하는 것을 반복했다. 이 과정에서 기장석의 받음각을 인식하는 센서가 오작동해 잘못된 받음각이 입력된

---

<sup>20</sup> FDR(Flight Data Recorder): 항공기사고의 원인을 규명하기 위하여 항공기 조작 및 상태 등의 Parameter들을 기록하는 장치



것이다. [EXHIBIT 11] 당시 센서에 이륙직후부터 비행기의 받음각이 기준 각도인 14도 이상인 211도라고 입력되어, MCAS는 즉각 자동적으로 기수를 내렸다. 조종사가 아무리 기수를 들어 올리려 해도, MCAS는 현재 받음각이 너무 크다고 인식해 조종사의 의지를 무시하고 기수를 일방적으로 내렸던 것이다. 받음각 센서가 기장석, 부기장석에 두 개 밖에 없는 것도 문제인데, 더 문제인 것은 그 둘 중 하나의 센서만 받아들여 더 오류에 취약한 구조를 지녔던 것이다. [EXHIBIT 12]

사고를 막았으려면 조종사는 다음과 같이 행동했어야 한다. MCAS의 오작동으로 기수가 땅을 향하게 되면, 조종사는 지체 없이 10초 안에 비행기의 수평 안정판을 조정하기 위한 스위치 자체를 끄고 수평타 휠을 직접 손으로 돌려 기수를 올려야 한다. 그러나 보잉은 조종사들에게 MCAS 기능을 충분히 설명하지 않았고, 당시 조종사들은 MCAS가 자신이 비행하는 비행기에 달려있다는 사실조차 몰랐다. 그렇기에 MCAS에 오류가 발생했을 때, 대처 방법을 모르던 조종사들은 끝내 참사를 막지 못했다. 즉, 당시 MAX가 도입한 MCAS는 조종사가 제어할 수 없는 영역을 부담하기 위해 도입되었다고 표방되지만, 실질적으로 조종사들과 승객들을 죽음으로 모는 주역이 되었다. 이에 보잉에서도 성명을 발표해 라이온에어 비행기에 기기 작동 결함이 있었다고 인정했다. 그럼에도 기기에 문제가 있는 것 같았으면 조종사들이 강제로라도 꺾어야 한다며 지속적으로 사고 조종사의 탓을 해왔다. 즉, CEO는 언론에는 결함이 있었던 기기가 뭔지도 말하지 않으면서 다음과 같이 말한 것이다.

*“전 세계 운항 관련자와 조종사에게 추가 사항을 진작 전달했으며, 문제의 상황이 발생했을 경우 기존 운항 지시를 따르라는 내용이 포함되어 있습니다. 결론은 737 MAX 기종은 안전하다는 겁니다.”*

-CEO, 물런버그-

#### **사실 MCAS의 도입은 조종사를 배려하지 않은 디자인이었다.**

그러나 조종사를 돕기 위해 도입되었다는 MCAS는 정작 조종사가 제어하기 어려운 방식이었다. 그럼에도 보잉사는 MCAS가 고장났을 때, 조종사가 3초 이내에 해당 장치를 끌 수 있을 것으로 예측하고 항공기 시스템을 설계했다. 그런데, 이 '3초'라는 시간은 받음각 센서에 오류가 발생했을 때, MCAS를 끄라고 지시하는 경고 시스템이 존재한다는 전제 하에 설정된 것이다. 더불어 MCAS의 중요도 자체를 전반적으로 낮게 평가했다.

또, MCAS가 기수를 강제로 내리면 조종사는 그 이유를 명확히 알아야 했지만, 보잉은 충분한 정보를 제공하지 않았다. 실제로 신제품 MAX를 판매하던 당시 보잉사는 조종사에게 시뮬레이터 교육을 진행하지도 않았으며, 단지 ppt 영상으로 대체했었고 그 내용에는 MCAS가 언급되지도 않았다. 게다가 비상시 행동지침에 MCAS와 관련된 내용을 적어놓지도 않았다. MCAS에 대한 내용은 매우 두꺼운 MAX 매뉴얼 책의 맨 뒤 약어집에 간단하게 적혀있을 뿐이었다. 아무리 인생 전체를 바쳐 훈련받는 조종사들이라지만 막상 하늘에서 문제가 발생하면 패닉상태에 빠지게 된다. 그렇기에 이런 인적한계를 고려해 위기 상황에서는 반드시 매뉴얼만을 따르도록 되어있다. 심지어 조종사가 기지를 발휘해 위기 발생시 매뉴얼을 따랐을 때보다 더 안전한 결과를 낳는 선택을 한다고 하더라도 매뉴얼을 위배했기에 불이익을 받는 구조이다.

게다가 기기에 결함이 생기면 사실 조종사보다도 정비사 탓인 경우가 대부분이다. 사고가 발생하면 일단 사고기의 정비기록부터 분석해 정비사가 매뉴얼대로 처치했는지 추적한다. 물론, 매뉴얼과 달리

예상보다 빠르게 부품이 마모되어 고장나는 등의 예외 상황이 발생하기도 하므로 제조 회사는 매우 보수적인 잣대로 매뉴얼을 작성해야 한다. 그러나 보잉은 그러지 않았다. 때문에 항공사도, 사고 당사자인 조종사도 대처할 수 없었던 것이다.

*“조종사들에게 MCAS 존재를 알린 적 없습니다. 설명한 적이 없죠. 훈련을 한 적도 없어요. 정보를 너무 많이 주면 복잡하게 느낄까 봐 해서요.”*

-보잉 최고위직 간부-

즉, 실수로 정보를 빠뜨린 것이 아니라 의도적으로 숨긴 것이다. 이에 보잉을 믿어왔던 조종사들은 격노했다. 그럼에도 대중들에게 명확한 사정이 밝혀지지 않았기에 MAX의 운항은 중지되지 않았다.

### 라이온에어 추락 4주 후

보잉이 MCAS에 대해 설명해주겠다고 파일럿 노조를 직접 찾아왔다. 그러나 보잉 임원이 직접 오기는 커녕 로비스트<sup>21</sup>를 내세웠으며, PPT 등으로 객관적 자료를 제시하지도 않고 그저 말로만 설명했다. 즉, 보잉은 어쩔 수 없이 형식적인 설명만 하며 노조에 비협조적인 태도로 군 것이다. 게다가 보잉 측은 여전히 자신만만한 태도로 6주만에 금방 수정할 수 있다고 말했다. 하지만 조종사들이 보기에는 6주만에 해결될 수 있는 일이 아니어서 수정 전까지 해당 기종을 왜 운항 중지하지 않는지에 대해 물었다. 이에 보잉의 로비스트는 “우리 기체 결함이 단독 원인이라고 결론 내린 사람은 없으니까요.” 라고 답했다.

게다가 FAA는 라이온에어 사건에 대해 철저하게 기술 분석을 한 항공 수송기 위험 평가서인 TARAM에서 ‘제대로 조치하지 않을 경우, MAX가 완전히 은퇴하기 전까지 추락이 15번 더 발생할 것이다. 즉, MAX가 운항되면 2년에 한 번씩 대형 사고가 날 것이다.’라고 판단했다. 이 말은 여태 출시된 제트기 중 MAX가 ‘가장’ 위험하다는 뜻이기도 하다. MAX가 또 이름값을 한 것이다. 그런데, FAA는 이 보고서를 공개하지 않고 보잉에게만 공유했다. 이에 따르면 보잉은 당장에라도 운항을 중지했어야 하지만, 다음 번 사고 발생 시기를 맞히는 것은 불가능하다고 주장하며 최대한 빨리 소프트웨어를 수정하겠다고 했다. 즉, 보잉은 얼마든지 운항을 중지시킬 수 있었지만 굳건한 입지를 내세워 금방 문제를 해결할 수 있다며 억지를 부렸고, FAA는 이를 받아준 것이다.

### 라이온에어 추락 6주 후

보잉 내부에서도 보잉의 대응에 대해 경고한 사람들이 소수로 있었으나 이는 전부 무시당했다. 임원진들은 그저 주가를 지켜보며 자신들에게 떨어질 보너스를 계산하느라 바빴다. 또한, 보잉 이사회는 사람들의 눈을 돌리기 위해 주식 환매와 배당금을 인상하겠다고 발표하며 본질적인 문제 해결을 회피했다.

---

<sup>21</sup> 로비스트: 말 그대로 로비를 하는 사람으로, 특정한 단체의 이익을 위하여 입법에 영향을 끼칠 목적으로 의원들을 상대로 공작을 하는 사람

### **받음각 오류상태를 확인하려면 유료 옵션을 구매했어야 했다.**

보잉은 B737 MAX에 FBW를 적용하는것이 더 용이한 상황임에도 불구하고, B737 조종 특성의 유지를 위해 조종사가 직접 운항하는 기존 아날로그 유압제어방식을 유지했다. 이와 비교되는FBW 방식은 조종사가 조종하면 컴퓨터를 중간에 거친 후 비행기를 조작하게 만들어 상대적으로 조종사가 간접적인 운항을 하는 것이다. 즉, FBW는 받음각이 정확하게 인식될수록 비행기 운항에서의 정확도와 효율성, 안전성이 훨씬 크게 향상해 전통적인 유압제어 방식에 비해 받음각에 훨씬 큰 영향을 받는다. MCAS는 FBW방식에 더 가깝다. 그 결과, B737 MAX는 조종면은 기존 아날로그 유압제어방식을 사용하면서 FBW에서 차용한 안전장치인 MCAS를 가진 괴상한 여객기가 되었다. 이런 괴상한 비행기가 만들어진 것은 보잉이 모든 개선점의 초점을 비용의 효율성에 맞췄기 때문이다.

게다가 MAX에서는 MCAS인 FBW의 도입으로 인해 받음각의 중요성이 훨씬 더 커졌음에도, 보잉은 이를 확인할 수 있는 옵션을 유료로 판매했다는 것이 밝혀졌다. 자세히 말하자면 기장의 센서와 부기장의 센서 받음각 차이가 10도 이상 생기면 MCAS를 끄라는 경고를 줘야하는데, 이게 유료 옵션이었던 것이다. 당시에 이 옵션을 구매한 항공사는 전 세계에서 딱 두 곳이었다. 따라서 라이온에어의 조종사들은 비행기의 비정상적인 받음각 상태를 즉각적으로 확인할 수 없었다. 즉, 받음각 인식 오류가 발생하면 큰 사고로 이어질 수 있었음을 숨기고, 조종사들이 문제를 인식해 해결할 권리조차 주지 않은 것이다.

보잉은 결국 MCAS의 존재를 알리고, 시스템의 취약점을 수정하며 위험 대처 방안까지 조종사에게 교육시키겠다고 했다. 그러나 얼마 지나지 않아 두 번째 추락사고가 발생했다.

### **두 번째 사고, 에티오피아 302편 추락사건의 발생**

라이온에어 사고가 터진지 약 4개월 후, 비극은 다시 반복되었다. 첫 번째 사고기는 2일 전부터 여러 오류가 발견됐던 것과 달리, 이번 사고기는 이륙 직전까지 5건의 점검을 거쳤을 때까지 전혀 징조가 보이지 않았다. 사고 당시 에티오피아 302편의 기장은 Yared Getache이다. 기장은 사고 9년 전인 2010년 에티오피아 항공학원을 졸업했고, 총 비행시간은 8122시간이다. 이어서 에티오피아 302편의 부기장은 Ahmed Nur Mohammod Nur이다. 부기장은 사고 발생 3개월 전인 2018년 12월 12일에 보잉 737-700, 737-800, 보잉 737 MAX를 조종하기 위한 부기장 운항자격을 취득하였고, 총 비행시간은 361시간이다.

아래의 글은 에티오피아 당국의 에티오피아 302편 추락사고 중간조사 경위서의 내용을 바탕으로, 사고 현장에서 수습된 2대의 블랙박스의 내용을 요약한 것이다. 블랙박스에 따르면 사고 당시의 조종실 내부 상황은 다음과 같다.

#### **#2019년 3월 10일, 사건 당일**

8시 37분 34초, 에티오피아 항공 302편(이하 '302편')은 정상적으로 이륙했다. 이륙 활주 당시 기장석과 부기장석의 받음각 센서는 모두 정상이었다. 허나 이륙 5초 후, 기장석의 받음각 센서가 갑자기 오작동하기 시작한다. 부기장석의 받음각 센서는 약 15도를 가리키고 있었지만, 기장석의 받음각 센서는 갑자기 74.5도를 가리키고 있었다. 라이온에서 사고기처럼 기장석의 받음각 센서에 오류가 나고, 기장과 부기장 간의 받음각 센서가 서로 다른 각도를 보여준 것이다. 사고기의 시스템은 또

기장석의 받음각 센서값만을 받아들여 기체가 실속했다고 판단해 스틱 웨이커를 작동시키기 시작했다. 또한 기장석의 센서가 오작동하기 시작한 시점부터 기장석의 고도계/속도계도 오작동하기 시작했다.

이륙 7초 후, 200피트 상공에서 마스터 주의 경고<sup>22</sup>가 울린다. 중대한 상황을 알리는 경고등이 켜지자 기장은 자동조종장치<sup>23</sup>를 켜려고 시도했지만 제멋대로 꺼져버렸다. 이후에 자동조종장치를 켜는 데에 잠시 성공하지만, 55초 후 자동조종장치는 다시 꺼졌다. 자동조종장치가 꺼져 버린 지 약 5초 후인 8시 40분 0초, 기장석의 잘못된 받음각 정보인 75도를 입력받아온 MCAS 시스템이 작동하기 시작한다. MCAS는 기체가 실속했다고 판단해 수평안정판 트림을 제멋대로 기수를 내리는 방향으로 조작하기 시작했다. 수평안정판의 각도는 MCAS에 의해 약 9초간 4.6도에서 2.1도까지 내려갔으며, 이에 사고기는 상승을 멈추고 하강하기 시작했다.

MCAS가 제멋대로 기수를 내리자, 기장은 손으로 직접 조종간을 최대한 당겨 하강을 억제하는 데에 성공하였고 기체는 다시 상승하기 시작했다. 이에 기장은 8시 40분, 12-15초에 조종간의 트림 스위치를 조작해 수평안정판 각도를 2.1도에서 2.4도까지 올렸다. 8시 40분 20초, 멈춘 것 같았던 MCAS가 또다시 트림을 조작하기 시작한다. 이번에는 2.4도에서 0.4도까지 내려가 비행기는 완전히 추락하기 시작했다. 기장은 부기장에게 “같이 기수를 올리자” 라고 말한다. 조종사들은 8시 40분 28초부터 조종간을 손으로 직접 최대한 끌어올렸으며, 수평안정판 각도를 0.4도에서 2.3도까지 올린다.

8시 40분 35초, 부기장은 수평꼬리날개 트림 스위치를 꺼버리자고 말한다. 기장도 이에 동의하였고, 부기장은 스위치를 CUTOUT 위치로 조작해 꺼진 것을 확인하였다. 꺼진 순간, MCAS시스템은 더 이상 작동하지 않았다. 이러한 조종사들의 행동에서 조종사들이 보잉에게서 MCAS작동에 대해서 이미 설명을 들은 상태였기에, 대처법도 알고 있었고 보잉의 지시를 충실히 따랐음을 알 수 있다. 약 6초 후에, MCAS시스템은 또다시 기수를 내리려고 했지만, 트림 스위치가 꺼졌기 때문에 이번에는 MCAS 시스템에 의해서 급강하하지는 않았다.

8시 41분 20초, 다른 위기가 발생한다. 302편은 이미 보잉 737 MAX의 한계비행속도인 340노트(시속 630km)에 도달했던 것이다. 이에 조종실에서는 과속 경고음이 울리기 시작했고 이 경고음은 추락 때까지 시끄럽게 비행기 안을 가득 채웠다. 당시 조종사들은 이륙 시에 엔진을 최대출력 상태로 설정한 후, 트림과 관련된 각종 문제를 해결하느라 엔진 출력을 줄이는 것을 잊었기 때문에 속도가 과도하게 빨라진 것이다. 사고기는 추락할 때까지 엔진 출력은 최대 출력 상태인 이륙 출력 상태에 놓여 있었다.

8시 42분 51초, 또다시 마스터 주의 경고까지 발생해 비행기 내에서 시끄럽게 울린다. 비정상적인 비행속도에 도달한 사고기는 통제를 잃기 시작했다. 기장은 부기장에게 함께 기수를 올리자고 말하고, 수평을 유지하기에는 기수각이 너무 낮다고 서로 얘기한다. 추락 30초 전인 8시 43분 11초, 13400

---

<sup>22</sup> 마스터 주의 경고: 마스터 주의등(master caution light)으로 비행 중 중대한 상황을 알리는 경고를 말한다. 비행 중 항공기계통 결함이 발생하면 결함의 긴급도에 따라 1단계(충고급), 2단계(주의급), 3단계(경고급)으로 나뉘는데, 마스터 주의 경고는 2단계 주의급에 해당한다.

<sup>23</sup> 자동조종장치(Autopilot): 항공기의 고도와 방향 같은 정보 등을 센서가 감지해 컴퓨터에 전달하면, 컴퓨터가 원하는 방향을 유지할 수 있도록 날개와 꼬리를 조종하는 신호를 보내는 기능을 가진 장치이다.

피트 상공에서 조종사들은 트림을 조작해 기수를 2.1도에서 2.3도로 올리는 데 성공한다. 허나 다시 기수는 2.3도에서 무려 1.0도까지 내려갔으며, 이에 에티오피아 항공 302편은 급강하를 시작한다. 조종사들은 기수를 올리기 위해 조종간을 더욱 더 세게 당겼지만 과하게 빨라진 비행속도에 너무 무거워진 기수는 전혀 움직이지 않았으며, 기수는 무려 -40도까지 내려갔다.

8시 43분 43초, 에티오피아 항공 302편은 아디스아바바 공항 남동쪽 51km에 위치한 밭에 추락해 탑승자 157명 전원 사망한다. 부기장석의 속도계에 따르면, 추락 당시 사고기의 속도는 무려 500노트(시속 926km)였다. 아무도 살아남을 수 없었던 것이다.

## 에티오피아 사고: 보잉의 대처와 사람들의 반응

### 보잉에 대한 대중들의 의심 증폭

기술적으로 거의 완벽한 현대 항공기 업계에서, 최신 기종이 5개월 간격으로 비슷한 상황에서 두 번이나 추락한 사건은 절대 일어날 수 없는 일이다. 두 사건 모두 이륙 직후 공항 근처에서 발생하였고, 낮은 고도에 날씨 역시 좋았다. 두 번의 사고 후 대중들은 보잉을 의심하기 시작했다. 당시 737 MAX는 미대형 항공사들이 운용하는 최신 기종이었기에, 수백 대가 운용 중이고 수천 대가 주문된 상황이었다. 이에 대중들은 해당 기종의 운항은 전부 중지하라는 요청을 쇄도했다. 대중들의 반발이 거세지자 보잉은 다음과 같은 입장을 내놓는다.

*“다시 말씀드리지만 저희의 안전 철칙은 굳건하며 이번 사고에 대해서는 저희도 유감스럽습니다.. 안전이야말로 저희 보잉의 그 무엇보다도 중시하는 핵심 가치이므로 맥스 기종의 안전을 100% 확신합니다. 현재 FAA에서도 추가 조치를 내리지 않는 점에 주목하실 필요가 있습니다.”*

### FAA의 반응과 737 MAX 비행 중지 사태 발발

이 상황에서 FAA는 미국 항공 안전을 책임지는 곳으로, 해당 기종의 운항 중지를 내릴 권한이 있었다. 허나 FAA는 사고 후에도 737 MAX 운항 중지 계획이 없다고 말했고, 데이터를 기다리고 있으며 데이터가 나오기 전까지는 그 어떤 결정도 선불리 내릴 수 없다는 입장을 고수하였다. 허나 태평했던 FAA와는 달리 중국을 비롯한 국가들 사이에서 737 MAX 운항 금지를 발표하기 시작했다. 에티오피아 302편 추락사고 다음날, 중국은 자체적으로 해당 기종을 전면 운항 금지하도록 발표하여 모두를 놀라게 했고, 이것이 시발점이 되어 호주, 뉴질랜드, 말레이시아, 영국 등 끝도 없는 국가들이 비슷한 조치를 내렸다. 이러한 중단 압박에 미국 교통부 장관은 직접 737 MAX 기종을 탑승하는 모습을 보여주었다.

*“만약 안전에 문제가 있다고 보고되면, 교통부와 FAA는 망설이지 않고, 즉각 조치할 예정입니다.”*

-일레인 차오(2017-2021 미 교통부 장관)-

에티오피아항공 302편 사건의 원인이 제대로 규명되지 않은 상황에서, 프랑스에서 블랙박스를 분석하여 새로운 사항들을 밝혀냈다. 비행 항로에 관한 새로운 정보가 입수되었고, 라이온에어 610편 추락 사건과 매우 흡사했던 것이 밝혀졌다. 또한 에티오피아에서 수평안정판 트림에 쓰이는 나사 잭이 발견되었는데, 해당 나사 잭을 보면 기수가 완전히 아래로 되어있었음을 알 수 있었다. 즉, MCAS 시스템 문제, 보잉의 문제가 확실하다는 것이 밝혀진 것이다.

이러한 사실이 밝혀진지 30분 만에 트럼프 대통령은 TV에 나와 긴급 명령을 발동하여 737 MAX 8

기종과 737 MAX 9 기종의 운항을 전면 금지하였다. 대통령이 긴급 명령을 발동한 것은 최초였다. 마지막까지 항공기 안전성에 문제가 없다고 주장했던 미국마저도 비행 중지 결정을 내리면서 2019년 3월 14일부터 전세계 하늘에서 비행하는 모습을 볼 수 없게 되었다. 이와 더불어 조종사들은 MAX 기종에 있어서 저장고까지 비행하고 싶지도 않다고 말하며, 보잉 비행기에 대한 거부감이 증가하고 신뢰도 또한 감소했다는 것을 직접적으로 표현했다.

### 결국 진실이 밝혀지다.

두번째 추락 이틀 후, 사고 유족들은 의회가 무책임한 보잉을 압박하게 하기 위해 워싱턴 DC에서 피해자들의 사진을 들고 시위하며 구체적인 해명 및 진실을 요구하였다. 이에 오리건주 민주당 하원의원인 피터 디파지오가 사태를 파악하기 위해 미국 교통 인프라 위원회에서 역사상 최대 수사를 진행했고, 지속적으로 유족들과 연락을 취하기도 했다. 이후에 미국 교통 인프라 위원회에서 열린 청문회가 열렸고, 의회는 '과연 보잉이 위험한 비행기를 운용하게 됐는지'를 핵심 문제로 삼았다. 당시 청문회에서 보잉은 MCAS가 오작동한 것은 인정하지만, 에티오피아 조종사들이 비상 절차를 따르지 않았다고 지속적으로 주장했다. 이는 라이온에어 사건 때도 유사했던 주장으로, 보잉은 외국인 조종사들에게 이목을 집중시키고자 한 것이다.

청문회 시작 후 얼마 지나지 않아, 에티오피아 비행기 조종석에 대한 구체적인 정보가 입수되었다. 조종사들이 사실 MCAS 작동 사실을 알고 있었고, 조종사들은 보잉의 지시를 따랐다는 것이다. 사고 당시 MCAS가 작동하여 비행기의 기수가 내려가고 모든 계기판이 엉망이 되었을 때 부기장은 다음과 같이 외쳤다. "스태빌라이저 트림을 끄세요" 에티오피아 항공 조종사들은 보잉에게서 MCAS 작동에 대해서 이미 설명을 들은 상태였기에 MCAS 시스템 오작동에 대한 대처법을 알고 있었고 보잉 말대로 시스템을 껐다. 허나 이때부터의 문제는 비행속도가 너무 빠른 것이었고, 꼬리에 걸린 힘 때문에 수동 조정으로는 비행기 자세를 회복하는 것이 더 이상 불가능해져져 추락까지 이어졌다. 이 사실이 밝혀진 후, 해당 사건은 보잉의 심각한 문제로 대두되었고 보잉의 명성에 엄청난 흠집이 되었다.

에티오피아 사고 이후의 또다른 청문회에서 보잉 공장의 전 수석매니저였던 에드피어슨은 다음과 같이 증언했다.

*"전 렌턴 공장에서 있었던 제작 시 결함이 두 추락 사건에 일조했다고 생각합니다. 저는 보잉 임원진에게 서면으로 수차례 경고했습니다. 한 번은 라이온에어 추락 이전이었으며, 다른 한 번은 에티오피아 항공 추락 이전이었습니다. 그러나 제 경고는 무시당했습니다."*

또 이제서야 보잉은 라이온에어 사건 직후 사고의 원인을 정확히 알고 있었음에도, 묵과한 것임을 부인할 수 없는 증거들이 나오기 시작했다. MAX 개발 초기에 열렸던 2013년 6월 회의 기록에 따르면 보잉은 FAA가 MCAS를 넣었을 때 최신 시스템이라 추가 훈련 및 재교육을 강제할까봐 걱정했던 것이다. 이에 해결책으로서 보잉은 다음과 같은 결정을 했었다는 것이 밝혀졌다.

*'대외적으로는 이미 조종사들이 교육받은 스피드 트림에 추가된 기능이라고 하고, 내부적으로는 MCAS 라는 약자를 계속 쓴다.'*

다음으로 2017년 6월 6일 라이온에어는 아무리 737의 조종특성이 유지됐다고 하더라도 추가 교육을 받는 것이 낫지 않겠냐고 보잉에게 물었다. 이에 보잉은 시뮬레이터 훈련을 받을 필요가 전혀 없다고

답하며, 뒤에서는 멍청하다고 조롱했다는 것이 대중에게까지 밝혀졌다.

2019년 10월 30일, 청문회에서 피터 드파지오 의원은 다음과 같이 보잉의 CEO인 물런버그에게 말했다.

*“물런버그씨, 월스트리트 압박 하에 훌륭한 회사가 잘못된 길로 들어서는 걸 자주 봤습니다. 그러면 대중이 위험에 처하고, 공장에서 일하는 여러 근면한 직원들의 노동도 위태로워지곤 하죠. 이 사건도 그런 사례 중 하나로 남지 않길 바랍니다. 오랫동안 사랑받은 보잉이잖습니까?”*

2개월 후, 보잉 이사회 요청에 따라 CEO 데니스 물런버그 사임되었고, 마지막까지 물런버그는 6200만 달러치 주식과 퇴직금을 수령했다.

## 보잉과 FAA

### FAA의 실책

FAA는 구체적으로 무슨 일을 하는 주체이며, 보잉과 어떤 관계를 갖고 있을까? 미국 연방항공청(FAA)는 미국 교통부 산하의 항공조직으로, 안전, 운항, 교육훈련, 감항검사 등의 업무를 수행한다. FAA는 매우 엄격하기로 유명해 지금까지 가장 공신력 있는 항공안전감독기관으로 평가받았고, 전 세계의 항공 규제 당국은 대체로 FAA의 결정을 따랐다. 하지만 보잉737 MAX-8이 일으킨 두 사건으로, FAA도 신뢰에 큰 타격을 받았다. 수사과정에서 FAA가 운항 승인에 제대로 된 검증을 거치지 않았다는 사실들이 밝혀졌기 때문이다.

*“FAA는 여행하는 대중들의 안전에 주사위를 굴렸다.”*

- 미국 교통 인프라 위원회 위원장, Peter A. DeFazio 하원 의원-

보잉이 FAA 측에 안전을 검증받기 위해 제출하는 737 MAX-8의 안전분석보고서에는 몇 가지 중요한 결함이 존재했다. 우선 MCAS의 수평꼬리날개 움직임 각도가 한번에 0.6°만 움직일 것으로 명시되어 있었으나 보잉 측 조종사의 수차례 시험비행에서는 움직임 각도가 2.5°로 4배 이상이나 차이를 보였다. 또한 MCAS 시스템의 안전등급을 일반적인 경우 'Major(승객이 불편한 수준의 위험)' 레벨, 고장 시에는 'Hazardous(부상이나 사망이 생길 수 있으나 추락의 위험까지는 없는 위험)'로 평가하여 위험성이 간과되었다. 그리고 MCAS와 같이 비행 제어에 중요한 시스템의 경우, 오류가 발생하더라도 안정성을 유지할 수 있게끔 이중으로 시스템을 구성하는 이중화 기능이 반드시 내장되어 있어야 한다. 즉, 두 개의 동일한 시스템 중 하나의 시스템이 문제가 생기면 나머지 시스템이 대신 가동해줌으로써 오류가 비행기 운항에 아무 영향을 미치지 않도록 하는 것이다. 하지만 MCAS는 센서를 하나만 설치해 백업 장치를 가지고 있지 않다는 근본적인 문제를 가지고 있었다. 그러나 FAA는 이러한 문제들을 포착하지 못했다. 게다가 업계 관계자에 따르면 FAA는 737 MAX-8을 신형 모델이 아니라 1967년 허가받은 초기 디자인의 업그레이드형이기에 심사 절차를 간소화했다고 한다.

결국 첫 번째 추락사고가 일어난 후, MCAS시스템의 취약성에 관해 재조사가 이루어 지면서 기존 안전분석보고서에도 문제가 있었다는 사실이 두번째 사고 11일 전에 파악되었다. 하지만 당시의 기술 분석과 승인 과정을 잘 알고 있는 직원들은 FAA와 보잉사 모두 이러한 사실을 알고도 함구했다고 익명으로 폭로했다. 심지어 한 조종사는 애초에 그렇게 엄격하고 전문적인 규정 절차를 거치는 FAA가

문제를 파악하지 못했다는 것은 말이 되지 않으며, 분명히 알고 있었음에도 눈감아 주었을 것이라 주장했다. 결국 4개월 이내에 737 MAX가 두번째로 에티오피아에서 추락하게 된다.

### **FAA의 ODA 시스템이 가진 문제: 셀프 인증**

FAA가 항공기에 존재하는 큰 결함을 포착하지 못했다는 것은 단순히 실수가 아니라 시스템의 본질적인 문제가 있음을 시사한다. FAA는 'ODA 인증제도'를 가지고 있다. 이는 FAA가 일상적인 안전 인증 작업은 항공기 제작 업체에게 위임할 수 있도록 허용하는 제도이다. 2005년부터 정부 예산을 절감하고, 인증 절차를 신속하게 하기 위해 시행되었다. ODA인증 제도는 효율적이었을지는 몰라도, FAA가 항공기 설계의 안전에 대해 보잉의 보고에 크게 의존하고, 또 안전에 중요한 많은 인증 작업들을 보잉에게 위임하도록 했다. 2019년 3월 27일, 연방 상원 상무위원회 산하 항공소위원회가 청문회를 열었는데, 많은 의원들이 ODA 인증제도는 일종의 '셀프 인증'으로 항공업계의 엄청난 로비의 결과물이라고 비난했다. 항공사가 스스로 인증을 담당하기 때문에 시스템 오류를 감독하는 것이 불가능하다는 것이다. 특히 리처드 블루멘탈 민주당 상원의원은 이 제도가 여우에게 닭장을 맡기는 격이라고 꼬집었다.

실제로, 보잉의 ODA 공인 대리인이 준비한 보잉 자체의 내부 테스트에서는 이미 MCAS 활성화에 대해 조종사의 느린 반응이 일으키는 위험성에 대한 보고가 존재했다. 교통 인프라 위원회의 최종 조사 보고서에서 언급된 바와 같이, "MCAS에서 조종사의 응답 시간이 10초 이상일 경우, 재앙적인 결과를 초래한다."고 보고되었다. 이렇게 노골적이고 심각한 위험에도 보잉은 이러한 데이터를 FAA나 고객, 조종사와 공유하지 않았다. 보고하지 않아도 되는 시스템을 만들어놓은 FAA의 책임도 있는 것이다.

### **FAA의 인력과 경험 부족**

일각에서는 FAA가 항공기가 필요로 하는 매우 광범위하고 기술적으로 복잡한 인증 과정에 대한 인력과 경험이 부족했을 것이라고 말한다. FAA를 포함하여 전세계의 감항당국들은 한정된 인적 자원으로 법적으로 부여받은 항공기 인증 업무를 해야한다. 직원들은 인증 업무에 대한 지식과 경험을 계속 습득해야하기 때문에, 인증업무가 많을 때는 고용했다가 적을 때는 해고하는 것이 불가능하다. 보고서에 따르면, 항공기 개발 기간 동안 45명의 직원만이 약 1500명의 보잉 직원을 감독했다고 한다. 45명의 직원 중에는 오직 24명 만이 엔지니어였으며, 그중 18명이 초급이나 실무 수준의 엔지니어였다고 한다. 실제로 청문회에서 대니얼 엘웰 FAA 청장 대행은 만약에 ODA를 없애고 항공기 안전성 인증심사를 FAA 내부에서 실시할 경우, 비용과 인력문제가 심각하다고 항변했다. ODA가 없다면 현행 시스템내에서는 항공기 수에 맞춰 1만 명의 직원을 더 고용해야 하고, 18억 달러(2조 466 억원)의 예산이 추가로 필요하다고 말했다.

### **FAA 외부의 정치적 경제적 압력**

또한, FAA와 제조업체 모두가 정치적 또는 경제적 압력에 영향을 받았을 가능성이 높다. 의회와 FAA 지도자들은 보잉에게 '무간섭'하는 감독 방법을 지지했고, FAA는 보잉의 비용을 최소화하고, 생산 지연을 막기 위해 기관 엔지니어들이 만든 안전 권장 사항을 무시했다. 실제로 FAA 내부의 설문 조사에 따르면 응답자 중 56%는 FAA가 "외부에서 너무 많은 영향을 받으며, 이것이 안전에 영향을 미치고 있다"고 느꼈고, 54%는 FAA가 "인증 권한을 적절하게 위임하지 않는다"고 말했다. 보잉은 에어버스가 야심작 A320neo를 출시하기 전에 737 MAX-8의 인증 과정이 순조롭게 진행되기를 원했다. 이는 FAA



가 보잉의 안전 문제에 대한 충분한 질문을 하거나 면밀히 조사하지 못하게끔 하는 데 결정적인 역할을 했을 것이다. 또 일부 FAA 기술 전문가들이 737 MAX 인증이 진행되면서 보잉 측에 인증 절차를 신속히 처리하라고 독촉한 의혹도 있다.

## 보잉과 정부

### 보잉과 미국 정부의 역사적 관계

보잉의 역사는 제1차 세계대전 당시인 102년 전으로 거슬러 올라간다. 보잉은 그때부터 미국 정부와 긴밀한 협력관계를 유지했다. 보잉은 정부로부터 전투기 등의 계약을 성사시키고 민간용 비행기를 전 세계로 수출했으며, 역사적으로 수많은 일자리를 창출시켜줬다.

보잉과 사고 시기에 대통령이었던 트럼프 행정부의 관계 역시 매우 밀접하다. 트럼프 대통령은 보잉의 고위직 임원 상당수를 정부 관료로 발탁했다. 이 중 하나가 패트릭 새너한 국방부 장관 대행이다. 또, 보잉의 CEO인 뮐러버그는 트럼프 대통령과 만남을 자주 가졌다. 그는 트럼프의 마라라고 별장이나 베드민스터 골프장을 방문했으며, 트럼프도 보잉 공장을 두 차례나 직접 방문했다. 그는 2017년 2월 사우스캐롤라이나주에 있는 보잉의 생산시설을 방문해 “보잉에 축복이 있기를(God bless boeing)” 이라고 말했다. 트럼프 대통령은 일본과 베트남, 말레이시아 등의 국가 지도자와 만나면 보잉 비행기에 대한 자랑을 했다. 그는 보잉 비행기를 두 번째로 많이 보유한 일본의 재계 관계자와 만나서 “보잉은 전 세계에서 가장 훌륭한 상업용 비행기를 만든다”고 말했다.

### 추락 사고 이후 트럼프의 대응

2019년 3월 10일 일요일, 두 번째 사고기인 에티오피아 항공기의 추락 원인이 신속하게 밝혀지지 않았고, FAA는 항공기 운항 중지를 명령할 근거가 없다고 주장했다. 이처럼 명확한 원인이 규명되지 않은 상황 속에서 트럼프 대통령은 원인 규명이 느려지는 것에 불만을 표하며, 3월 12일 트위터에 “비행기들이 비행하기에 너무 복잡해졌다... 난 내가 탄 비행기를 아인슈타인이 조종하는 걸 원치 않는다”고 썼다. 그러던 트럼프 대통령은 이날 트위터를 작성한 이후, 보잉의 CEO 데니스 뮐러버그로부터 한 통의 전화를 받는다. 이날 뮐러버그는 트럼프에게 운항 중단 명령을 내리지 말아달라 요청한 것으로 전해졌다.

그러나 트럼프 대통령은 다음 날인 3월 13일, 보잉 737 MAX 기종의 운항을 일시적으로 중단하겠다고 밝혔다. 이 발표는 B737 MAX-8에 대한 공포감이 전 세계를 뒤덮은 가운데 미국만 안이한 판단을 내리고 있다는 비판론과 중단 선언 직전 공개된 보잉의 부인할 수 없는 유책 자료 때문인 것으로 보인다. 또한 앞서 사고를 당한 에티오피아를 비롯해 한국, 중국, 싱가포르 등 40여개국이 737 MAX 기종 운항을 중단하거나 자국 내 비행을 금지했고, CNN방송은 “에티오피아항공의 추락 사고 이후 미국 보잉사의 'B737 MAX-8' 기종을 운항하는 국가는 미국과 캐나다 두 곳뿐”이라고 보도했었다. 그러나 캐나다 정부까지 자국 상공 운항 금지 명령을 내리자, 미국도 더는 버티지 못하고 두 손을 든 것으로 보인다.

트럼프 대통령은 중단 계획을 발표하면서도 보잉을 옹호하는 발언을 했다. 그는 “보잉은 엄청난 회사”라며 “보잉은 매우 열심히 노력하고 있고 그들이 빠른 시일 내에 해답을 찾기 바란다.”이라고 말했다. 3월 12일까지만 해도 MAX 기종의 운항이 중단될 이유가 없었던 보잉도 트럼프의 발표 이후 태세를

바꿨다. 물런버그 CEO는 3월 13일 성명을 통해 "(트럼프 대통령의) 예방적 차원의 조치를 지지한다"며 "보잉은 조사관들 협력하에 사고원인을 파악하기 위한 모든 조치를 취하고 있고 이런 일이 다시 발생하지 않도록 노력하고 있다"고 했다.

### 트럼프 정부와 보잉의 유착

두 번째 에티오피아 항공 여객기 추락사고 이후 미국 언론들은 보잉이 미국 정부, 특히 트럼프와의 유착 관계로 인해 제대로 된 운항 승인 검증이나 사후 조치가 이뤄지지 않았다는 의혹을 제기했다. 실제로 FAA는 사고 직후 "안전하게 비행할 수 있는 기종" 이라고 주장했었는데, 이는 트럼프 대통령이 보잉사의 데니스 물런버그 CEO와 통화한 뒤 갑작스레 이뤄졌다고 로이터통신은 썼다. 이 통신은 특히 트럼프 대통령이 지난해 3월 자신의 법인세 감세 조치에 대한 연설을 미주리주 세인트루이스에 위치한 보잉사 항공기 제조단지에서 진행한 점, 지난 달 27일 하노이에서 열린 보잉사의 계약식에 참석한 점, 지난해 8월 뉴저지주에서 열린 주요 기업인과의 만찬 행사에서 자신의 옆에 물런버그 CEO를 앉힌 점 등을 열거하면서 '유착론'을 보도했다. 실제로 트럼프 대통령은 항공기 운항 중단을 명령하기 전에 물런버그 CEO와 전화협의를 했다고 밝혔다. 트럼프 대통령은 "그들(물런버그 CEO와 대니얼 엘웰 xf 청장 대행) 모두 이번 조치에 동의했다"고 언급했다.

또한, 추락 사고 당시 보잉 이사회에 안전 및 엔지니어링 전문가는 소수였고, 전직 정부 관료들이 다수를 차지하고 있었다. 소송에서 지명된 보잉 이사회 구성원 중 4명은 전직 UN 대사와 전직 미국 대통령 비서실장을 포함한 전직 정부 관료들이었다. 이러한 관계는 사건에 대한 객관적인 의견을 듣기 어렵게 하고 파벌을 조장한다. 보잉의 로비 역시 매우 상당한 수준이었다. 월스트리트 저널은 보잉이 에티오피아 추락 사고 이후 정부와 접선하는 로비 라인을 가동했다고 보도했다. 보잉은 임원들을 투입해 이번 사태의 정부 대책에 가장 큰 입김을 넣을 수 있는 관료들에게 접촉하여 정보를 제공한 것으로 전해졌다. 보잉은 연방 정부를 움직여 자사 이익을 보호하기 위해 30여명의 사내 로비스트, 16개의 사외 로비업체를 가동하고 있다. 로비단체와 선거자금 분석 기관인 '책임정치센터(CRP)'에 따르면 보잉의 2018년도 연간 로비자금은 1510만 달러(약 172억원)이었다. 이는 미국 내 기업들 중 네 번째로 큰 규모다.

### 현재의 보잉

#### 여전히 항공사의 사랑을 받는 보잉

사고 이후 약 4년이 지난 지금, 보잉은 여전히 전세계 5대 항공기 제조사 중 하나로 선두를 달리고 있다. 737 MAX 사고와 코로나로 인해 하락했던 영업이익과 매출액은 현재 빠른 속도로 회복 중이다. 2022년을 기준으로 보잉의 제트기 판매량은 전년 대비 62%나 증가하였고, 주가 역시 상승 중이다. 전문가들은 2024년 보잉이 팬데믹 이전 수준으로 복귀할 것이라고 예상한다. 이런 예상을 뒷받침하는 증거로, 보잉 항공기의 주문량과 보잉의 납품량 모두 증가하는 추세이다.

항공기 제조 산업 자체 특성 상 보잉은 금방 올라올 수밖에 없었다. 애초에 전세계에 민항기를 제조하는 회사 자체가 얼마 없기도 하며, 항공사들에게 부품을 납품하는 공급자들도 공통적이기에 기기적으로 큰 차이가 나기는 어렵다. 더불어 새로운 항공기를 제조하는데는 오랜 시간이 걸리며, 뛰어난 기술력과 자본이 받쳐주는 것이 중요한데, 역사가 오래된 보잉은 그만큼 지식과 기술이 많이 축적되어 있어 항공사에게 여전히 매력적인 회사인 것이다. 그리고 어느 비행기든 사고가 발생할 가능성은 존재한다

. 그러나 MAX의 사고가 특히나 화제가 되었던 이유는 737 자체의 기계구조적 결함이라기 보다는 MCAS라는 작은 기능, 사고 직후에 인종차별을 유도하는 태도, 연속적으로 두 번이나 발생한 것이었다. 즉, 이 요소들만 고치면 737 MAX 자체는 훌륭한 비행기인 것이다. 더불어 보잉은 다시 수익성보다 안전을 중시하겠다고 선언하며 곧바로 787에 실천해 항공사와 조종사들의 신뢰를 회복했다. 더불어 정비사들까지 조잡한 에어버스의 비행기에 비해 보잉의 비행기는 조종과 기기적 특성에 있어 여전히 최고라고 평가하기도 한다.

### **개선된 기술로 다시 날아다니는 MAX**

전국가적으로 불매운동까지 일어났었던 MAX는 현재 다시 잘 운행되고 있다. 물론, 과거의 기술적 결함은 모두 보완된 상태라고 보잉은 말한다. 보잉은 MCAS 기능에 대한 소프트웨어 업데이트를 했다. 우선 받음각 상호 불일치 경고등을 유료옵션으로 항공사가 선택하게 하는 것이 아니라 모든 MAX 기종에 기본으로 장착했다. 다음으로, MCAS의 기능을 덜 공격적인 방향으로 수정했다. 즉, 비행조종시스템은 받음각 센서의 측정값 두 개를 비교하여 두 값이 5.5도 이상의 차이를 보이면 MCAS를 동작하지 않게 했고, 잘못된 받음각 정보로 MCAS가 기수를 내리더라도 조종사가 조종간을 당겨 기수를 올리려 하면 조종사의 지시를 우선적으로 따르도록 수정했다. 더불어 이전 모델인 737과 MAX의 차이점에 관해서 설명하는 훈련 자료와 매뉴얼에 MCAS에 대한 설명을 추가했다. 또한, 모든 경우의 수를 시뮬레이터에 마련해 조종사로 하여금 모든 오작동의 상황들을 훈련할 수 있도록 한다. 이러한 기술 보완들 덕에 현재 MAX에서의 MCAS는 실질적으로 유효성이 있을 것으로 판단된다.

### **보잉의 해결해야 할 과제**

그러나 항공사들은 보잉을 사랑하는 것과는 달리, 대중은 아직 보잉에게 거리감을 느끼고 있다. 플로리다 공과대학의 항공학 조교수인 리안 메타는 에티오피아 항공 302편 추락 사고 이후, 사고기 737 MAX에 대한 미국인 소비자의 탑승 의지를 조사했다. 응답자의 61.5%는 해당 항공기를 타고 싶어하지 않았으며, 737 MAX에 대해 만족하지 않고 있었다. 737 MAX로 인해 벌어진 두 사고는 아직까지도 전세계 사람들의 기억 속에 각인되어 있는 것이다. 다시 말해, 보잉의 새로운 과제는 승객들의 인식을 긍정적으로 변화시키는 것에 있는 것이다.

*‘이 세계와 그 너머를 보호, 연결, 탐험하겠다.’*

*-보잉의 새로운 미션(mission)-*





새로운 미션을 지정한 보잉은, 이 모든 과정에서 안전을 최우선하겠다는 약속을 변하지 않을 것이라고 공언했다. 737 MAX 사고로 목숨을 잃은 사람들을 결코 잊지 않으며, 보잉의 제품 및 서비스의 안전을 믿는 모든 사람들을 책임지겠다는 것이다. 앞으로 보잉이 어떻게 움직일지 우리 두 눈으로 직접 지켜볼 때이다.

## <토론 질문>

1. 보잉 737 max의 두 사고가 벌어지게 된 일련의 과정 속에서, 시기 별로 4가지의 Feedback Problem을 각각 찾아 연결하고 분석하라.
  - a. 첫 번째 사건(라이온에어 사고) 이전
  - b. 첫 번째 사건과 두 번째 사건 사이
  - c. 두 번째 사건(에티오피아 사고) 이후
  
2. 위와 같이 4가지 Feedback Problem들이 생기게 된 원인에 대해 조직의 내·외부 측면에서 논하라.
  - a. 조직 내부적 측면 (조직구조, 문화, 철학, 제도, 구성원 등)
  - b. 조직 외부적 측면 (사회, 경제, 시장, 국가 등)
  
3. 보잉이 앞으로 어떻게 해야 이러한 사고를 막을 수 있을지 조직학습적 측면에서 구체적으로 논하라.

# APPENDIX

## [EXHIBIT 1] 라이온에어 610편 추락사고와 에티오피아 302편 추락사고 비교

편명	 라이언 에어 JT610편(국내선)	 에티오피아 항공 ET302편(국제선)
발생일시 (현지시간)	2018년 10월 29일 오전 6시 31분	2019년 3월 10일 오전 8시 38분
사망자수	탑승객 189명 전원	탑승객 157명 전원
출발지	인도네시아 자카르타의 수카르노 하타 (Soekarno-Hatta) 국제공항	에티오피아 아디스아바바의 볼레(Bole) 국제공항
도착 예정지	팡칼 피낭(Pangkal Pinang)의 데파티 아이르(Depati Amir) 공항	케냐 나이로비의 조모 케냐타(Jomo Kenyatta) 국제공항
추락위치	 5°48'48.0"S 107°07'37.0"E	 8°52'37.0"N 39°15'04.0"E

## [EXHIBIT 2] 1958년 보잉뉴스의 일부

**BOEING Plane Talk**  
Vol. 14 No. 21  
Seattle, Tuesday, July 10, 1958

**You've Got to BUY RIGHT**  
The material must meet the needs of the buyer who has the responsibility to purchase a reliable product.

**RELIABILITY**  
There's a product that is superior in service - that product has RELIABILITY.

**Buying Right Is Fifth Reliability Message**  
Look-alikes aren't always as reliable as they appear to be. This is the message of the fifth reliability message in the series. It is the message of the fifth reliability message in the series. It is the message of the fifth reliability message in the series.

**Number 1 Proves Important To Suggestion Award Winner**  
The Boeing No. 1 has become more important than ever for the buyer who has the responsibility to purchase a reliable product.

**Logan Appointed To Advisory Group**  
Appointment of A. F. Logan, Boeing vice president - labor relations, as the Management Advisory Committee on Labor Relations of the U.S. Department of Labor, will continue today.

**Special BEA Night For Tourney Operator**  
The Boeing No. 1 will be on display at the Boeing Special BEA Night for Tourney Operator.

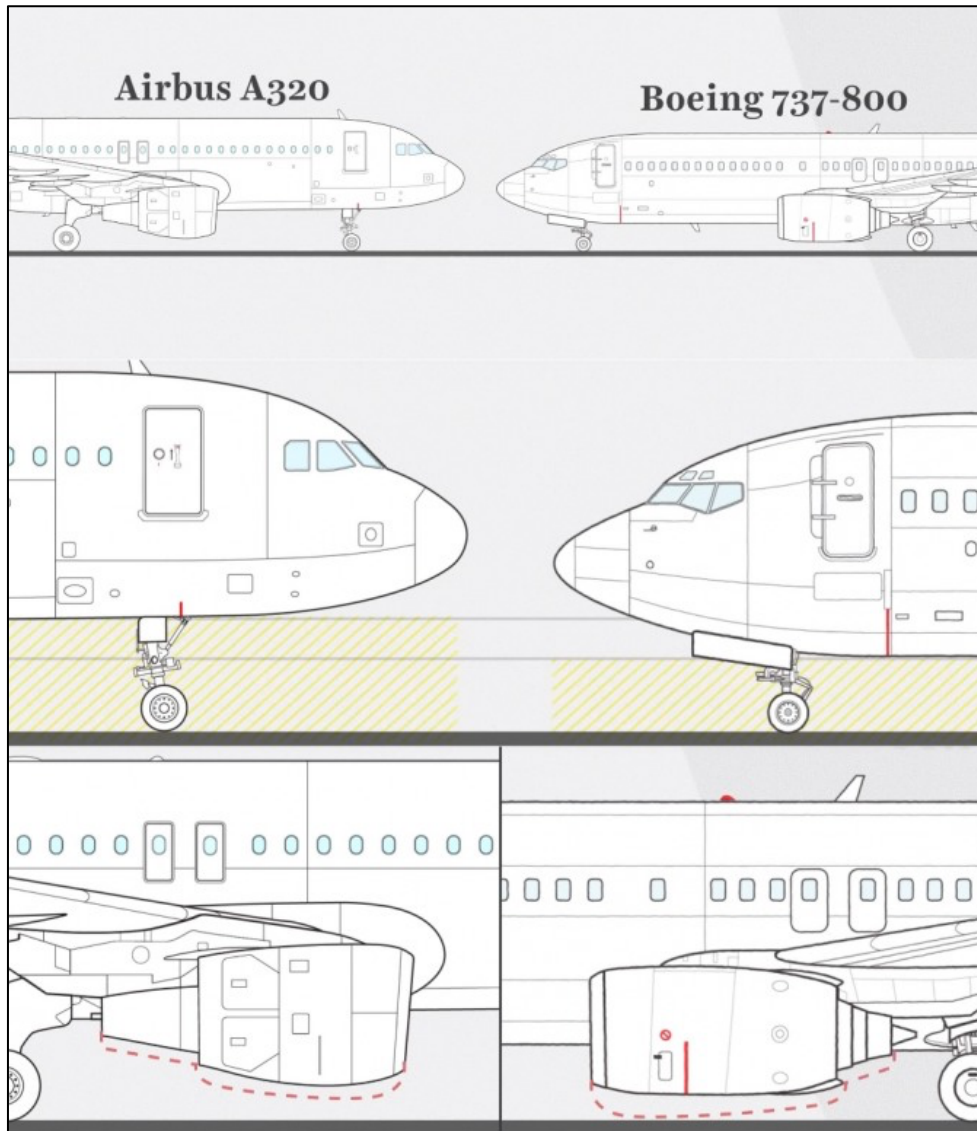
**First Bomarc Production Missile Ready for Delivery From PAD**  
Delivery of the Boeing Bomarc production missile to the Boeing Production Aircraft Division (PAD) is under way.

**College Students, Faculty Members Here for Summer**  
The Boeing No. 1 has attracted college students and faculty members here for the summer.

**Special BEA**  
A Boeing No. 1 will be on display at the Boeing Special BEA Night for Tourney Operator.

**YM-59A Bomarc missile with a mission in heaven**  
One of the production Bomarc missiles will be delivered to Santa Ana Island, Fla., about 20 miles west of Pensacola.

[EXHIBIT 3] 보잉과 에어버스의 지상고 차이



### [EXHIBIT 4] B737 MAX 구조 설명

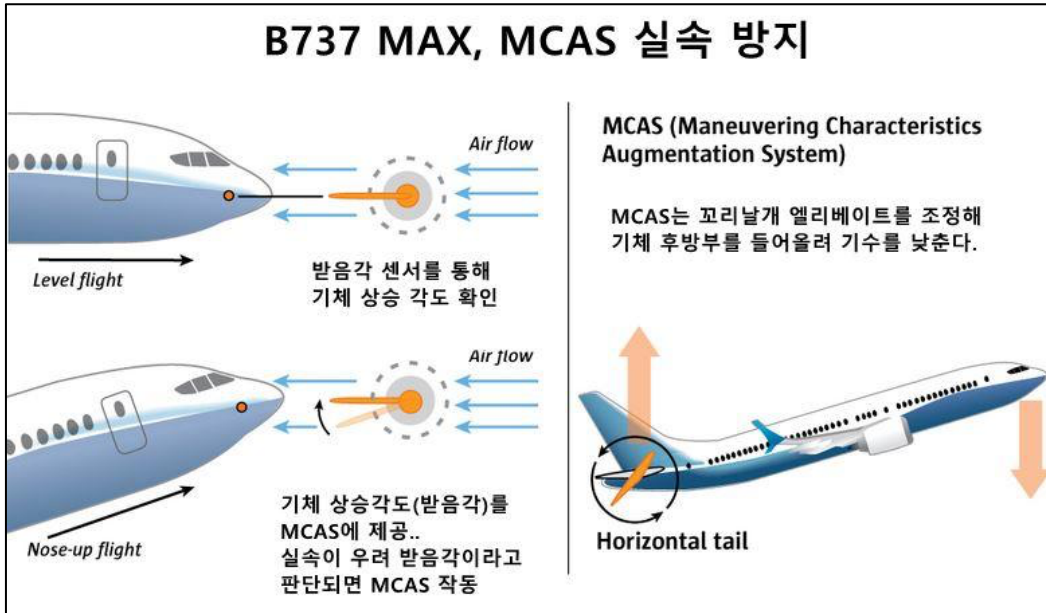


- ① 기수(機首): 비행기의 가장 앞부분 (머리)
- ② 꼬리날개: 항공기의 안정을 유지하고 방향을 바꾸는 구실을 하는 항공기의 꼬리 부분. 수평 안전판, 수직 안전판, 방향 키, 승강 키 따위로 이루어져 있다.
- ③ 엔진: 항공기가 비행을 하기 위해 필요한 추진력 또는 양력을 얻기 위한 장치
- ④ 윙렛: 비행기 주날개 끝에 수직 또는 거의 수직으로 부착하는 작은 날개
- ⑤ 플랩(flap): 항공기의 주날개 뒷전에 장착되어 상황에 맞게 적절하게 사용되면 주날개의 형상을 바꿈으로써 높은 양력을 발생시키는 장치. 그러나 플랩이 접히면 실속이 증가하므로 주의해야 한다.

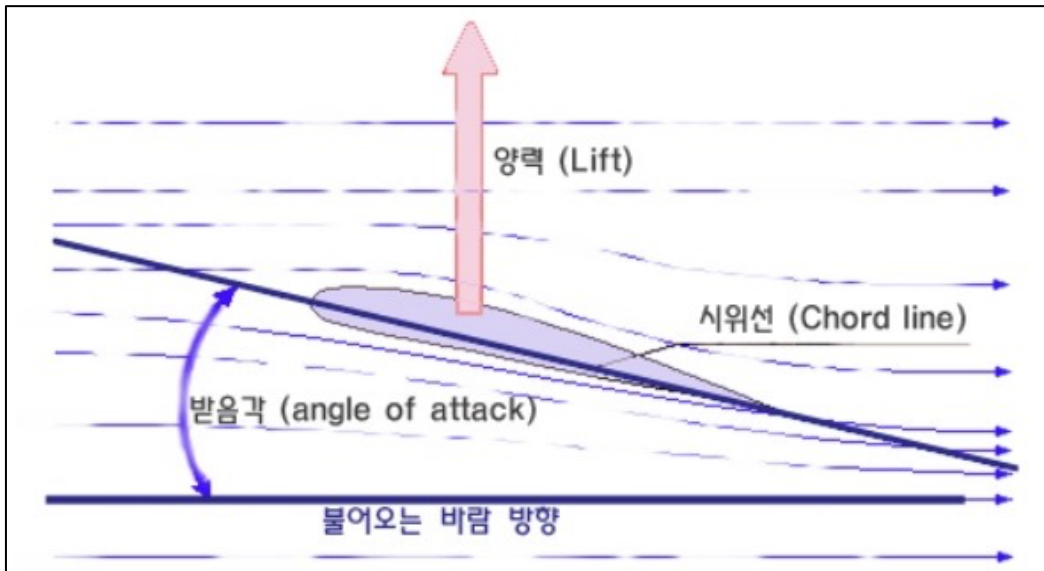
### [EXHIBIT 5] MAX 분류 세부사항, 기술사양

	737-7	737-8	737-9	737-10
좌석(2등석)	138 – 153	162 – 178	178 – 193	188 – 204
최대 좌석	172	210	220	230
범위 nm (km)	3,850 (7,130)	3,550 (6,570)	3,550 (6,570)*	3,300 (6,110)*
길이	35.56m(116피트 8인치)	39.52m(129피트 8인치)	42.16m(138피트 4인치)	43.8m(143피트 8인치)
날개 길이	35.9m(117피트 10인치)	35.9m(117피트 10인치)	35.9m(117피트 10인치)	35.9m(117피트 10인치)
엔진	CFM International의 LEAP-1B	CFM International의 LEAP-1B	CFM International의 LEAP-1B	CFM International의 LEAP-1B

[EXHIBIT 6] MCAS 작동



[EXHIBIT 7] 받음각

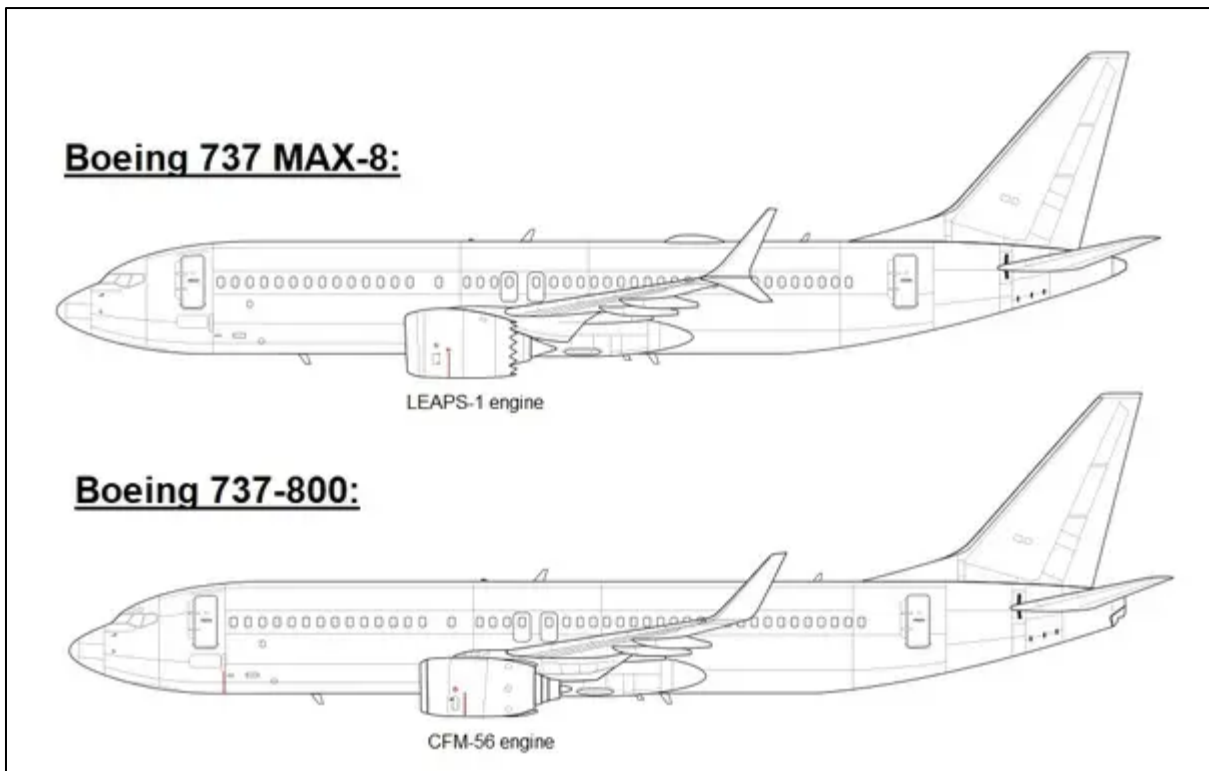




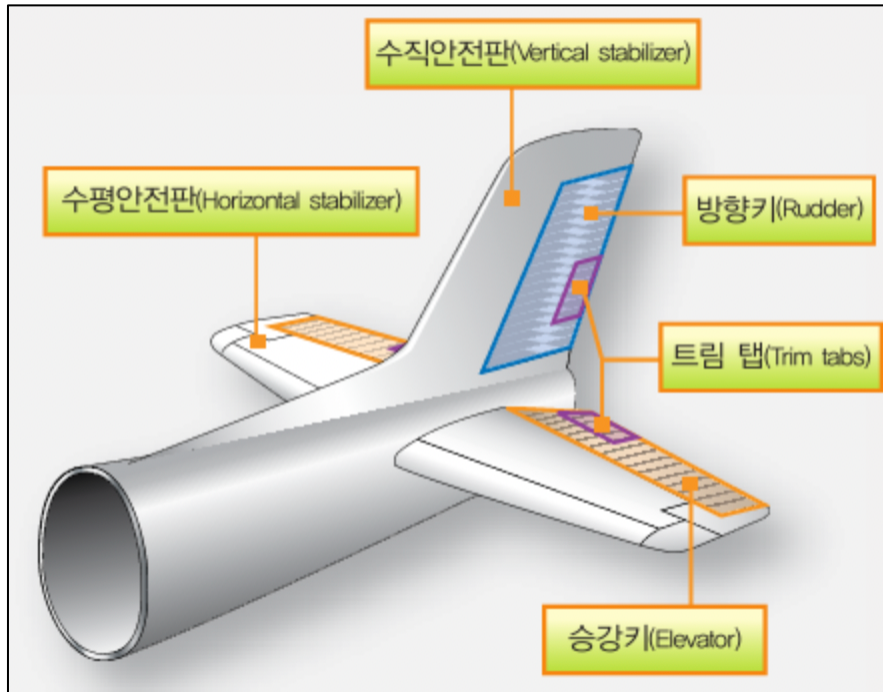
[EXHIBIT 8] 실속현상



[EXHIBIT 9] 엔진위치변화



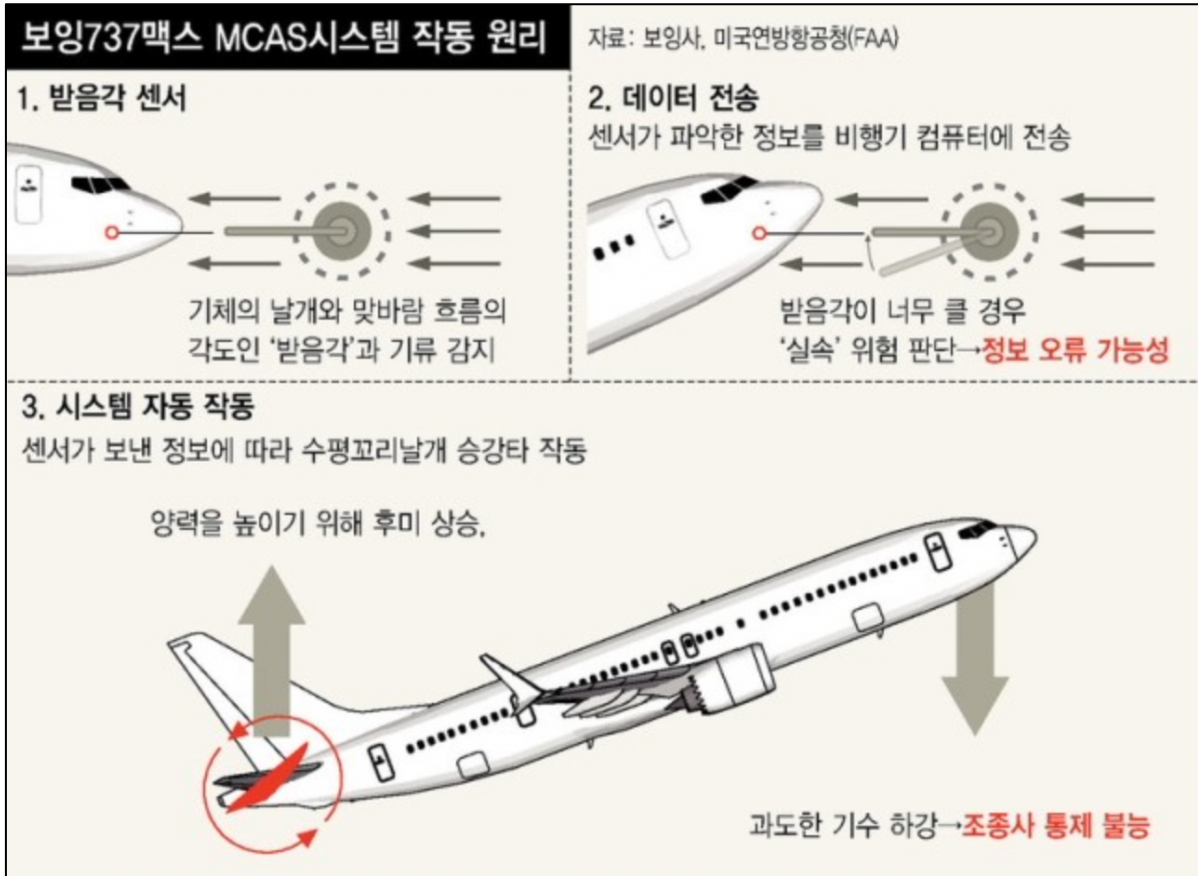
[EXHIBIT 10] 비행기 꼬리 부연설명



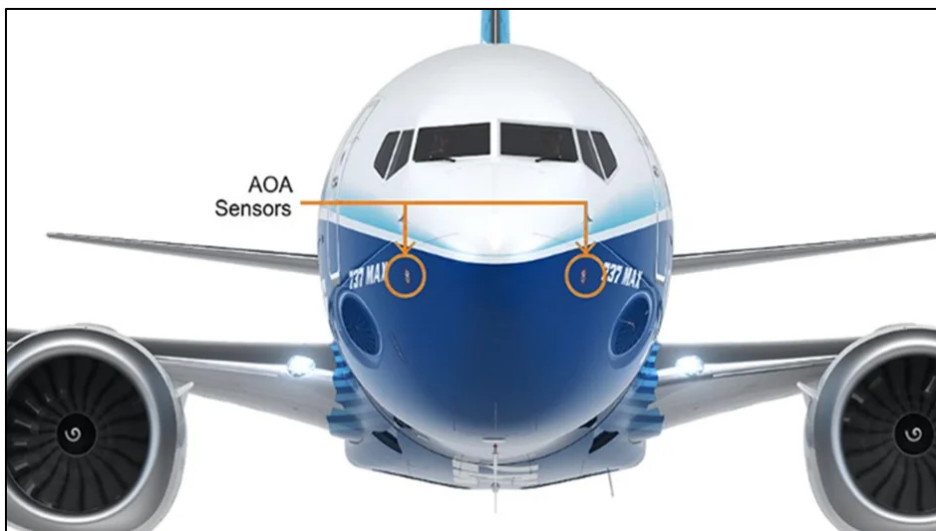
MCAS와 관련되어 알아야 할 비행기의 꼬리 구성요소는 다음과 같다.

- ① 수평꼬리날개: 비행기 동체의 꼬리 부분에 수평으로 달아 놓은 날개. 수평안정판과 승강기의 두 부분으로 이루어지며 기수의 평형 및 상하 방향을 유지하는 역할을 수행한다.
- ② 수평안정판(horizontal stabilizer): 비행기의 수평 꼬리 날개의 한 부분.
- ③ 수평안정판 트림(horizontal stabilizer trim): 수평꼬리 날개를 아래로 눌러주거나 위로 올려줌으로써 비행기의 앞, 뒤 수평을 맞추는 기능.
- ④ 승강기(Elevator): 비행기가 뜨고 내릴 때, 수평적으로 안정되게 하는 기능.

[EXHIBIT 11] 보잉 사고 MCAS 작동 원리



[EXHIBIT 12] 받음각 센서(AoA Sensors) 위치



## 참고문헌

- 조행만. (2014.06.16). 자동조종장치, 오차를 없애라. The Science Times, Retrieved from <https://www.sciencetimes.co.kr/news/%EC%9E%90%EB%8F%99%EC%A1%B0%EC%A2%85%EC%9E%A5%EC%B9%98-%EC%98%A4%EC%B0%A8%EB%A5%BC-%EC%97%86%EC%95%A0%EB%9D%BC/>
- Express Web Desk. (2018.08.29). Indian pilot behave suneja was flying the Lion air flight that crashed into Indonesian seas. The Indian Express. Retrieved from <https://indianexpress.com/article/india/indias-bhavye-suneja-flew-the-lion-air-flight-that-crashed-into-indonesian-seas-5423185/>
- 보잉737 맥스: '에티오피아 항공기 추락, 지난해 라이언에어 추락과 명확히 유사', (2019.03.18), BBC News 코리아. Retrieved from <https://www.bbc.com/korean/international-47607546>
- 신기섭, (2020.09.18), 346명 숨진 보잉 737 맥스 추락, '설계 결함 은폐' 탓, 한겨레, Retrieved from [https://www.hani.co.kr/arti/international/international\\_general/962551.html](https://www.hani.co.kr/arti/international/international_general/962551.html)
- Dominic Gates, (2019.03.17), Flawed analysis, failed oversight: How Boeing, FAA certified the suspect 737 MAX flight control system, The Seattle Times, Retrieved from <https://www.seattletimes.com/business/boeing-aerospace/failed-certification-faa-missed-safety-issues-in-the-737-max-system-implicated-in-the-lion-air-crash/>
- 안지용, 김민주, 이윤진, (2022.03.23), 또 추락한 보잉 항공기, 과거의 추문 새롭게 부각, Retrieved from <http://www.ilemonde.com/news/articleView.html?idxno=15543>
- 김길수, (2019.04.23), [글로벌-Biz 24] 보잉 추락 사고 진실은?...과도한 기체 개조가 원인, 글로벌 이코노믹, Retrieved from [https://news.g-enews.com/article/Global-Biz/2019/04/201904230002243818d6eb469fd3\\_1?md=20190423101027\\_U](https://news.g-enews.com/article/Global-Biz/2019/04/201904230002243818d6eb469fd3_1?md=20190423101027_U)
- Sandra Sucher, Shalene Gupta, (2021.07.02), 보잉 주주들이 이사회를 고소한 이유, 하버드비즈니스리뷰, Retrieved from [https://www.hbrkorea.com/article/view/category\\_id/11\\_1/atype/di/article\\_no/432/page/1](https://www.hbrkorea.com/article/view/category_id/11_1/atype/di/article_no/432/page/1)
- 한경환, (2006.10.09), 보잉과 에어버스의 차이, The JoongAng, retrieved from <https://www.joongang.co.kr/article/2469837#home>
- Shellie Karabell, (2016.02.27), Why Airbus is a model for European Unity, Forbes, Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/shelliekarabell/2016/02/27/why-airbus-is-a-model-for-european-unity/?sh=158da9c65838>
- Chauncey Crail, Caroline Lupini, (2021. 07.05), Boeing 737 MAX: What Is Safety, Anyway?, Forbes, Retrieved from <https://www.forbes.com/advisor/credit-cards/travel-rewards/737-max-what-is-safety-anyway/>
- 김은별, (2019.03.28), 美연방항공청·보잉 청문회에서 못매... '셀프 인증제' 개편하기로, 아시아경제, retrieved from <https://www.asiae.co.kr/article/2019032814255124824>
- 백지현, (2019.12.29), FT "보잉, 737 맥스 생산 중단: 경영 문화 규제당국과 유착관계 원인", 뉴스핌, Retrieved from <https://www.newspim.com/news/view/20191227000940>
- 이준기, (2019.03.14), 트럼프·보잉사 유착 의혹 때문?...버티던 美도 '737맥스' 운항금지(종합), 이데일리, Retrieved from <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01279206622423320&mediaCodeNo=E>
- 김치연, (2019.03.25), 美의회, 보잉 '셀프 안전인증' 조사...로비로 무마될라 우려, 연합뉴스, retrieved from <https://www.yna.co.kr/view/AKR20190325035300009>
- 이원주, 변종국, (2022.03.24), [단독]에어버스 신기종도 잇따른 결함... 새 비행기, 현 비행기보다 못하다? [이원주의 날], 동아일보, retrieved from <https://www.donga.com/news/article/all/20220324/112504975/1>

김정우, (2019.03.29), FAA, 항공기 안전 허가 과정 옹호...법원, '메디케이드 수혜 대상 축소' 제동, 아메리카 나우, retrieved from <https://www.voakorea.com/a/4851966.html>

Boeing 737 Max: What went wrong?, (2019.04.05), BBC News, Retrieved from <https://www.bbc.com/news/world-africa-47553174>

장재은, (2019.03.25), 美의회, 보잉 '셀프 안전인증' 조사...'로비와의 전쟁' 예고(종합), 연합뉴스, retrieved from <https://www.yna.co.kr/view/AKR20190325035351009>

Sean Gallagher, (2019.03.21), They didn't buy the DLC: feature that could've prevented 737 crashes was sold as an option, ars Technica, retrieved from <https://arstechnica.com/information-technology/2019/03/boeing-sold-safety-feature-that-could-have-prevented-737-max-crashes-as-an-option/?amp=1>

송지훈, (2016.07.16), SW 안전과 휴먼팩터의 중요성 - 보잉 737 MAX 사례, 소프트웨어정책연구소, retrieved from [https://sprikr/posts/view/22726?code=data\\_all&study\\_type=column](https://sprikr/posts/view/22726?code=data_all&study_type=column)

차미래, (2021.10.15), 보잉 맥스기종 사고기 항법장치부실 속인 조종사 기소, Newsis, retrieved from [https://mobile.newsis.com/view.html?ar\\_id=NISX20211015\\_0001614731](https://mobile.newsis.com/view.html?ar_id=NISX20211015_0001614731)

김지호, (2019.10.19). 보잉, 추락사고 '737맥스' 결함 은폐 의혹. "통제불능" 문자공개, 아시아타임즈, retrieved from [https://www.asiatime.co.kr/article/20191019347281#\\_mobwcvr](https://www.asiatime.co.kr/article/20191019347281#_mobwcvr)

신종민, (2014.07.15), 양력과 받음각, 과학관과 문화, retrieved from <http://www.sciencecc.com/320>

송은영, 장용석 (2007) 실패를 통한 학습 : 항공 사고를 통해 본 조직 학습의 다양성. 한국사회학 제 41집 5호, 163-196

한정수, 하철수, 오수현, 강승은, 고상호 (2014). 한국항공운항학회지 제 22권 1호. 7-14  
한국항공진흥협회 기술실,(2011), 항공우주 봄호

Aircraft Accident Investigation Reprot (2018.08.29), Republic of Indonesia, retrieved from <https://www.flightradar24.com/blog/wp-content/uploads/2019/10/JT610-PK-LQP-Final-Report.pdf>

THE FEDERAL DEMOCRATIC REPUBLIC OF ETHIOPIA MINISTRY OF TRANSPORT AND LOGISTICS AIRCRAFT ACCIDENT INVESTIGATION BUREAU INVESTIGATION REPORT ON ACCIDENT TO THE B737-MAX8. (2019.03.10) . ETHIOPIAN AIRLINES . Retrieved from [https://bea.aero/fileadmin/user\\_upload/ET\\_302\\_B737-8MAX\\_ACCIDENT\\_FINAL\\_REPORT.pdf](https://bea.aero/fileadmin/user_upload/ET_302_B737-8MAX_ACCIDENT_FINAL_REPORT.pdf)

다큐9분, (2022.09.10) 훈련받지 않은 문제를 해결하라, 라이온에어 610편, Youtube, retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=hUH-VBogXI0>

뺏다뺏다변비행, (2023.03.14), 항공기 조종사가 위태롭다?“내가 알아서해”에어버스 B737 특집 2화 [뺏다뺏다변비행 186화], Youtube, retrieved from [https://www.youtube.com/watch?v=4eD4\\_8jOiu8](https://www.youtube.com/watch?v=4eD4_8jOiu8)

뺏다뺏다변비행, (2019.12.03), 솔직담백 연봉 공개부터 파일럿만이 누릴 수 있는 특별한 순간들까지! 파일럿에 대한 모든 것 털어드립니다 [뺏다뺏다변비행 14화], Youtube, retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=dZnWWdLnCPU>

Myers,Polly M, (2008), Shop traditions : Constructing and maintaining the Boeing family at the Boeing Company (University of Minnesota), retrieved from [http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p\\_mat\\_type=be54d9b8bc7cdb09&control\\_no=9ba084aafd9f5ebdffe0bdc3ef48d419](http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=9ba084aafd9f5ebdffe0bdc3ef48d419)

김지은, (2020.01.13). [Who is] GE 출신 데이비드 캄훈 신임 사장, '추락하는' 보잉 구해낼까, 오피니언뉴스, retrieved from <https://www.opinionnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=28055>

"세계로 통하지 않으면 쓸모없는 기업 된다", (2004.08.10), The JoongAng, retrieved from <https://www.joongang.co.kr/article/373553#home>

Bretton Putter, (2019.12.18), What Boeing has taught us about not neglecting company culture, Forbes, retrieved from <https://www.forbes.com/sites/brettonputter/2019/12/18/what-boeing-has-taught-us-about-not-neglecting-company-culture-culturegene/?sh=577696b6496a>

William Lindstrom, why company culture is easy to measure but hard to change. Retrieved from <https://www.theculturethinktank.com/roundup/why-company-culture-is-easy-to-measure-but-hard-to-change/>

Jennifer Haupt, (2022.05.01), Lessons of Boeing's culture decline and how it can recover, FromDayOne, retrieved from <https://www.fromdayone.co/2022/05/01/lessons-of-boeings-cultural-decline-and-how-it-can-recover/>

Dave Davies, (2021.11.29). 'Flying Blind' author says Boeing put profit ahead of safety with the 737 MAX, npr, retrieved from <https://www.npr.org/2021/11/29/1059784424/flying-blind-author-says-boeing-put-profit-ahead-of-safety-with-the-737-max>

Natasha Frost, (2020.01.03), The 1997 merger that paved the way for the Boeing 737 Max crisis, Quartz, retrieved from <https://qz.com/1776080/how-the-mcdonnell-douglas-boeing-merger-led-to-the-737-max-crisis>

김동섭, (2003.01.07), [세계의 CEO] 미국 보잉 필 콘딧 회장, The JoongAng, retrieved from <https://www.joongang.co.kr/article/98378#home>

김완현, (2018), 이 직종 간 지식공유 활성화 방안에 관한 연구 : 항공운항 분야를 중심으로(韓國航空大學校 大學院 航空經營學科), retrieved from [http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p\\_mat\\_type=be54d9b8bc7cdb09&control\\_no=17f7ecfbc0825707ffe0bdc3ef48d419&keyword=%EB%B3%B4%EC%9E%89%EC%9D%98%20%EC%A1%B0%EC%A7%81%EB%AC%B8%ED%99%94](http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=17f7ecfbc0825707ffe0bdc3ef48d419&keyword=%EB%B3%B4%EC%9E%89%EC%9D%98%20%EC%A1%B0%EC%A7%81%EB%AC%B8%ED%99%94)

AVIATION MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS & FORECASTS (2023 - 2028), MORDORINTELLIGENCE, RETRIVED FROM [HTTPS://WWW.MORDORINTELLIGENCE.COM/INDUSTRY-REPORTS/AVIATION-MARKET?GCLID=CJ0KQCJW7AQKBHDPARISAKGA0OKIJK\\_JDLRMLIZVSLGSG-NAW4ADESZ7A-HR01SH\\_WDRRCPPWVFPWXH0AAHNOEALW\\_WCB](HTTPS://WWW.MORDORINTELLIGENCE.COM/INDUSTRY-REPORTS/AVIATION-MARKET?GCLID=CJ0KQCJW7AQKBHDPARISAKGA0OKIJK_JDLRMLIZVSLGSG-NAW4ADESZ7A-HR01SH_WDRRCPPWVFPWXH0AAHNOEALW_WCB)

Was The Shift in Boeing's Company Culture to Blame For The 737 MAX Tragedies?, CULTURETHINKTANK, RETRIVED FROM <HTTPS://WWW.THECULTURETHINKTANK.COM/UNCATEGORIZED/WAS-THE-SHIFT-IN-BOEINGS-COMPANY-CULTURE-TO-BLAME-FOR-THE-737-MAX-TRAGEDIES/>

문혜아,(1988) THE CASE STUDY ON MCDONNELL DOUGLAS-BOEING MERGER : THE DIVERGING COMPETITION POLICIES(EWHA WOMENS UNIVERSITY)

나카무라 간지(2010), IN전종훈(ED.), 비행기 구조 교과서(PP.232), 서울, 보누스