

항공기준사고 조사보고서

이륙상승 중 엔진 정지로 불시착
한국항공대학교 울진비행훈련원
C-172, HL1171
경북 울진군 기성면 기성리 411-14
2017. 2. 10.



2019. 12. 18.

이 항공기준사고 조사보고서는 대한민국 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 제25조에 따라 작성되었다.

대한민국 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 제30조에는

*“사고조사는 민·형사상 책임과 관련된 사법절차, 행정처분절차, 또는 행정쟁송절차와 분리·수행되어야 한다.”*라고 규정하고 있으며,

국제민간항공조약 부속서 13, 3.1항과 5.4.1항에는

*“사고나 준사고 조사의 궁극적인 목적은 사고나 준사고를 방지하기 위함이며
므로 비난이나 책임을 묻기 위한 목적으로 사용하여서는 아니 된다.
비난이나 책임을 묻기 위한 사법적 또는 행정적 소송절차는 본 부속서의
규정 하에 수행된 어떠한 조사와도 분리되어야 한다.”*라고 규정하고
있다.

그러므로 이 보고서는 항공안전을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용하여서는 아니 된다.

만일 이 사고조사 보고서의 해석에 있어서 한글판과 영문판의 차이가 있을 때는 한글판이 우선한다.

항공기준사고 조사보고서

항공·철도사고조사위원회, 이륙상승 중 엔진 정지로 불시착, 한국항공대학교 울진비행훈련원, C-172, HL1171, 경북 울진군 기성면 기성리 411-14, 2017. 2. 10. 항공기준사고 조사보고서 ARAIB/AIR1701, 대한민국 세종특별자치시

대한민국 항공·철도사고조사위원회는 독립된 항공사고조사를 위한 정부기구이며, 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 및 「국제민간항공조약」 부속서 13의 규정에 따라 사고조사를 수행한다.

항공·철도사고조사위원회의 사고 또는 준사고 조사 목적은 비난이나 책임을 묻고자 하는 것이 아니라 유사 사고 및 준사고의 재발을 방지하고자 하는 것이다.

주 사무실은 세종특별자치시에 위치하고 있다.

주소: 세종특별자치시 가림로 232 세종비즈니스센터 A동 6층 604호
우편번호 30121

전화: 044-201-5447

팩스: 044-201-5698

전자우편: araib@korea.kr

홈페이지: <http://www.araib.go.kr>

차 례

표, 그림 차례	iii
제목	1
개 요	1
1. 사실 정보	2
1.1 비행 경위	2
1.2 인명 피해	3
1.3 항공기 손상	3
1.3.1 엔진 하부 덮개 손상	3
1.3.2 앞바퀴 조향장치 좌측연결 로드	4
1.3.3 프로펠러	5
1.4 기타 손상	5
1.5 인적 정보	5
1.5.1 교관조종사	5
1.5.2 학생조종사	6
1.6 항공기 정보	6
1.6.1 일반정보	6
1.6.2 일반 제원	6
1.6.3 엔진 및 프로펠러	7
1.6.4 항공기 정비 이력	8
1.6.5 중량 및 평행	9
1.7 기상정보	9
1.8 항행안전시설	10
1.9 통신	10
1.10 비행장 정보	11
1.11 비행자료기록장치(FDL)	11
1.11.1 비행자료기록장치의 수치	12
1.11.2 비행자료기록장치의 비행기록	12
1.11.3 조종실 음성기록장치	14
1.12 잔해와 충격정보	14
1.13 의학 및 병리학적 정보	15

1.14 화재	15
1.15 생존분야	15
1.15.1 울진소방서 구조	15
1.15.2 후포해경 구조	16
1.16 시험 및 연구	16
1.16.1 연료계통 막힘 점검	16
1.16.2 엔진오일 및 연료 성분분석	17
1.16.3 엔진 외부 육안점검	18
1.16.4 엔진 정밀검사	18
1.16.4.1 엔진 작동시험	18
1.16.5 연료분배기 정밀검사	19
1.16.6 엔진구동 연료펌프 정밀검사	19
1.16.6.1 외부 육안점검	20
1.16.6.2 엔진구동 연료펌프 분해검사	22
1.16.6.3 압력 테스트	23
1.16.6.4 내부부품 점검 및 평가(evaluation)	23
1.17 조직 및 관리정보	26
1.17.1 비행훈련원의 조직	26
1.18 기타 사항	27
1.18.1 교관조종사와 학생조종사의 비상착륙교육	27
1.18.2 진술에 의한 HL1171의 비행과정	28
1.18.2.1 교관조종사의 진술	28
1.18.2.2 학생조종사의 진술	29
1.18.2.3 목격자의 진술	30
2. 분석	31
2.1 일반	31
2.2 엔진 정밀검사 결과 분석	31
2.3 비행자료 활용	33
3. 결론	34
3.1 조사결과	34
3.2 원인	35

4. 안전 권고	36
4.1 한국항공대학교에 대하여	36
4.2 미국 라이커밍사에 대하여	36

표 차례

[표 1] 항공기 일반 제원	7
[표 2] 엔진과 프로펠러의 제원	8
[표 3] 정시점검 수행현황	8
[표 4] 중량 및 평형 비교	9
[표 5] 정시기상관측 자료	9
[표 6] HL1171의 울진관제탑과의 교신내용	10
[표 7] SD 메모리카드의 비행기록자료	12
[표 8] 압력시험 결과	23

그림 차례

[그림 1] (좌)HL1171의 계획항로, (우)비상착륙 비행경로	3
[그림 2] 엔진 하부 덮개 손상	4
[그림 3] 앞바퀴 조향장치의 좌측연결 로드의 손상	4
[그림 4] 프로펠러의 손상	5
[그림 5] 활주로 배치도	11
[그림 6] 비상착륙과정	14
[그림 7] HL1171의 비상착륙 모습	15
[그림 8] 연료분사기 서보 컨트롤 암 점검	17
[그림 9] 연료분배기 정밀검사 사진	20
[그림 10] 연료펌프의 외형	21
[그림 11] A: 펌프 육안점검 시 빠져나온 금속조각(노랑색 원 안)	21
B: 금속조각 앞·뒷면-풀 로드의 핫 업셋 헤드	21
[그림 12] 엔진구동펌프 내부 구성품	22
[그림 13] 로커 암 분리 후 연료펌프 내의 파단된 풀 로드의 모습	24
[그림 14] 업셋 헤드 파손조각	24

[그림 15] 스틸 와셔의 모습 25

[그림 16] 업셋 헤드 파손조각과 스틸 와셔 접촉면 모습 25

[그림 17] 비행교육원 조직도 26

[그림 18] 연료 흐름 계통도 및 연료 막힘 추정위치 32

이륙상승 중 엔진 정지로 불시착

- 항공기 운영자: 한국항공대학교 울진비행훈련원
- 항공기 제작사: 미국 세스나
- 항공기 형식: C-172S
- 항공기 등록부호: HL1171
- 발생장소: 경북 울진군 기성면 기성리 411-14
(36° 47' 47.9" N, 129° 27' 29.9" E, 해발고도 5m)
- 발생일시 : 2017년 2월 10일 09:52경(한국표준시각)¹⁾

개 요

2017년 2월 10일 09:50경, 한국항공대학교 울진비행훈련원 소속 HL1171 항공기가 학생조종사의 계기비행훈련을 목적으로 교관과 학생 조종사가 탑승하여 울진비행장 활주로 35를 계기비행방식으로 이륙하였으며, 상승 중 고도 989피트²⁾에서 갑자기 엔진이 정지되어 울진비행장 인근 하천에 불시착하였다.

이 준사고로 인명피해는 없었으나, 항공기 전방동체 하부, 프로펠러 등의 일부가 파손되었다.

항공·철도사고조사위원회(이하 "위원회"라 한다)는 이 준사고의 원인을 「엔진구동 연료펌프의 내부부품 결함과 확인 불가능한 연료분배기의 막힘 현상 발생」으로 결정한다.

위원회는 준사고 조사 결과에 따라서 엔진 제작사인 미국 라이커밍사에 1건, 한국항공대학교에 1건의 안전권고를 발행한다.

1) 이 보고서상의 모든 시간은 24시를 기준으로 한 한국표준시간 임.

2) 이 보고서상에는 미터법에 의한 측정단위 즉 국제단위계(SI) 길이 m, 질량 kg, 시간 s 등을 사용하며, 그 외 단위는 각주에 설명함. 피트(feet): 파운드법에 의한 길이의 단위, 1피트는 30.48cm,

1. 사실 정보

1.1 비행 경위

2017년 2월 10일, 한국항공대학교 울진비행훈련원소속 1171편, C-172, HL1171, 훈련용 비행기(이하 “HL1171”이라 한다)는 학생조종사의 계기비행 훈련을 목적으로 울진비행장에서 계기비행방식으로 이륙하여 [그림 1]의 비행경로와 같이 항로 V113)으로 포항, 울산공항을 경유하여 울진비행장으로 돌아오는 여정이었다.

교관조종사와 학생조종사가 탑승한 HL1171은 울진비행장 활주로 35에서 09:50경 계기비행방식으로 이륙하였고, 09:51:16경 이륙상승 중에 기압고도 989피트, 계기속도 83노트⁴⁾에서 연료 흐름과 엔진 회전수가 급감하면서 엔진이 정지되었다.

HL1171은 엔진 정지 후에도 3초간 상승하여 09:51:19경, 고도 1,019피트에 도달한 후 강하하기 시작하였다. 교관조종사는 09:51:42경 조종간을 넘겨받았고, 학생조종사는 공중시동절차⁵⁾를 2~3회 수행하였으나 엔진은 재시동 되지 않았다.

조종간을 넘겨받은 교관조종사는 무동력으로 선회 강하하면서 기성항 해변가 모래밭에 착륙하려고 접근하였으나, 파도가 심하고 착륙 이후 바닷물에 휩쓸릴 위험이 있어 착륙장소를 내륙으로 변경하였다.

09:52:11경 착륙장소를 변경한 HL1171은 우 선회 강하하면서 울진비행장 활주로 끝에서 북쪽으로 약 1,400m 떨어진 하천에 09:52:26경 불시착하였다.

3) 양양에서 포항을 경유하여 부산까지 이어지는 국내 항로

4) 노트(knot): 속도 단위, 1노트는 1.852km/h

5) Magneto Start, Mixture Rich, Fuel Shut Off Valve On, Fuel Pump On



[그림 1] (좌)HL1171의 계획항로, (우)비상착륙 비행경로

1.2 인명 피해

이 준사고로 인명 피해는 없었다.

1.3 항공기 손상

이 준사고로 항공기의 엔진 하부 덮개, 앞바퀴 조향장치의 좌측연결 로드엔드, 프로펠러 팁 등이 파손되었다.

1.3.1 엔진 하부 덮개 손상

HL1171은 수심 약 1.5m 깊이의 하천에 불시착되면서 수면과 충돌하여 [그림 2]와 같이 엔진 하부 덮개(cowl)가 찢어지고 우그러지는 손상을 입었다. 엔진 하부 덮개를 제외한 기체 표피의 다른 부분은 손상되지 않았는데, 이는 항공기

기수가 먼저 수면에 닿아 충격을 받았기 때문으로 보인다. 또한 엔진 덮개의 손상된 형태로 보아 항공기의 기수 오른쪽이 수면에 먼저 닿은 것으로 보인다.



[그림 2] 엔진 하부 덮개 손상

1.3.2 앞바퀴 조향장치 좌측연결 로드

앞바퀴 조향장치(steering)의 좌측연결 로드 끝부분은 [그림 3]과 같이 절단되어 분리되었다.



[그림 3] 앞바퀴 조향장치의 좌측연결 로드의 손상

1.3.3 프로펠러

[그림 4]와 같이 프로펠러 끝단의 굽힌 흔적은 HL1171이 하천에 불시착한 후에 전진하면서 프로펠러가 물속에 있는 자갈에 닿아 발생한 것으로 보인다.



[그림 4] 프로펠러의 손상

1.4 기타 손상

그 밖의 손상은 없었다.

1.5 인적 정보

1.5.1 교관조종사

교관조종사(31세, 남)는 유효한 사업용조종사 자격증명⁶⁾, 제1종 항공신체 검사증명⁷⁾, 항공무선통신사자격증⁸⁾을 보유하고 있었다.

6) 사업용조종사자격증명 자격번호 : 12-009997(2015.11.05.)

7) 제1종 항공신체검사증명 발급번호 : 135-2508(유효기간: 2016.11.29~2017.11.30)

8) 항공무선통신사자격증 자격번호 : 13-34-1-0158(2013.04.24.)

교관조종사는 C-172기종 870시간, DA-42기종 10시간으로 총 비행시간은 880시간이며, C-172 기종의 교관시간은 660시간이었다. 교관조종사는 2015년 1월17일부터 2016년1월12일까지 울진비행훈련원의 교관표준화과정을 마치고 2016년1월14일에 교관으로 임용되었다.

1.5.2 학생조종사

학생조종사(26세, 남)는 유효한 자가용조종사 자격증명⁹⁾, 제1종 항공신체 검사증명¹⁰⁾, 항공무선통신사 자격증¹¹⁾을 보유하고 있었다.

학생조종사의 총 비행시간은 112시간으로 모두 C-172 기종 비행시간이었다. 학생조종사는 2016년9월8일부터 2016년10월24일까지 '표준화과정'을, 2016년10월25일부터 2016년11월19일까지 '기본계기조종사과정'을 마쳤고, 2016년11월20일부터 '계기조종사과정'에 입과 하여 31단계의 계기조종사과정 중에서 22단계를 진행 중에 있었다.

1.6 항공기 정보

1.6.1 일반정보

HL1171은 미국 세스나사에서 2012년9월26일에 제작¹²⁾되어 2012년11월14일 한국항공대학교에 도입되었으며, 훈련기로서 총 4,005시간을 사용하였다.

1.6.2 일반 제원

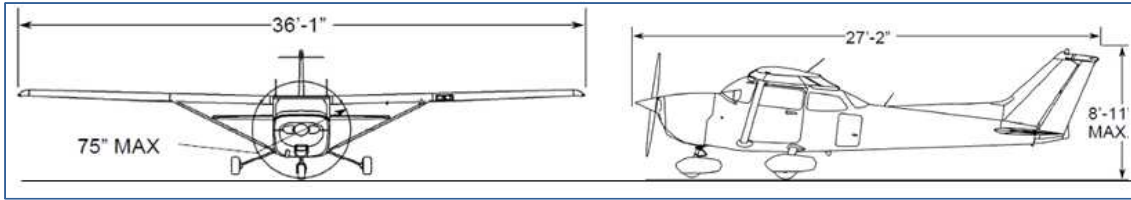
9) 자가용조종사자격증명 자격번호 : 13-005327(2016.10.21.)

10) 제1종 항공신체검사증명 발급번호 : 122-15036(유효기간: 2016.09.03~2017.09.30)

11) 항공무선통신사자격증 자격번호 : 15-34-1-0152(2016.09.07.)

12) Cessna사 제작 일련번호: 172S11237

HL1171의 일반 제원은 [표 1]과 같다.



구 분	제 원
최대이륙중량	1,100 kg
최대순항속도/착륙실속속도	163kts / 47kts
사용연료	AV-GAS ¹³⁾
좌석 수	4

[표 1] 항공기 일반 제원

1.6.3 엔진 및 프로펠러

HL1171에는 미국의 라이코밍 회사(Lycoming Co.)에서 제작된 엔진과 맥컬리 프로펠러(McCauley Propeller) 회사에서 제작된 프로펠러가 장착되어 있었다.

HL1171의 엔진은 2016년12월12일 미국 라이코밍에서 재생¹⁴⁾된 엔진으로 2017년1월25일 항공기에 장착되었다. 당시 장탈한 엔진¹⁵⁾은 사용수명이 도래¹⁶⁾하여 교환되었다. 엔진 교환 후 사용시간은 준사고 당일까지 41.1 시간 이었다.

13) MOGAS: Motor Gasoline(휘발유)

14) 재생(Rebuilt): 인가된 정비방법·기술·절차를 통하여 항공제품을 복원, 장착엔진은 FAA Form 8130-3 Tracking # RL-4423-51E(2016.12.12.), Model IO-360-L2A, P/N RENPL-RT10596, S/N: RL-4423-51E.

15) 페어넨 엔진: 사용시간 1,979.5 Hrs, P/N:IO-360-L2A, S/N: L-36555-51E

16) 항공기(C-172S)검사프로그램 Time Limit Components에 의거 2,000 hours/12 years

엔진(라이코밍사: Lycoming Co.)			
품명	IO-360-L2A	일련번호	RL-4423-51E
재생일자	2016.12.12	재생 후 사용시간	41.1
장착일자	2017.1.25	장착 후 사용시간	41.1
프로펠러(맥컬리 프로펠러: McCauley Propeller Co.)			
품명	JA170E/JHA7660	일련번호	AIJ23039
장착일자	2017.1.25	장착 후 사용시간	41.1

[표 2] 엔진과 프로펠러의 제원

1.6.4 항공기 정비 이력

한국항공대학교가 보유한 세스나 172S 기종은 관할 지방항공청으로부터 승인 받은 항공기 검사프로그램¹⁷⁾에 따라 50시간 주기의 'Phase 1', 100시간 주기의 'Phase 2', 600시간 또는 12개월 주기의 'Phase 3'¹⁸⁾ 정시점검을 수행하고 있었다.

HL1171은 항공기검사프로그램에 따라 [표 6]과 같이 '50시간 점검', '100시간 점검', '600시간 점검'이 울진비행훈련원소속 항공정비사에 의해 울진비행장에서 수행되었다.

2017년1월25일 100시간 정시점검 수행 당시 HL1171에 장착되었던 엔진은 사용수명이 도래하여 장탈 되었고, 미국 라이커밍사에서 재생된 엔진으로 교체 장착되었다.

점검종류	기체시간	엔진시간	수행일자
50 시간 점검(Phase 1)	3,919.9	1,935.1	2016.12.29
100 시간 점검(Phase 2)	3,963.7	1,978.9	2017.01.25
600 시간 점검(Phase 3)	3,571.5	1,586.7	2016.08.17

[표 3] 정시점검 수행현황

17) 항공기(C-172S)검사프로그램 개정 승인(서울지방항공청 항공검사과-3160(2016-11-07))

18) Phase 3 is accomplished each 600 flight hours or each 12 calendar months regardless of flight hours accumulated towards the 600 flight hour limitation.

1.6.5 중량 및 평행

HL1171의 이륙 시 이륙중량과 무게중심은 정상 허용범위 내에 있었으며, 불시착 당시 예상된 중량과 무게중심도 정상 허용범위¹⁹⁾ 내에 있었다. HL1171의 이륙과 불시착 당시의 중량 및 평형자료²⁰⁾는 [표 4]와 같다.

구분	이륙			불시착 당시(예상)			비고
	무게 (lbs)	Arm* (inch)	모멘트 (lbs·inch)	무게 (lbs)	Arm (inch)	모멘트 (lbs·inch)	
기본 자체중량	1,688.1	40.88	69,009.53	1,688.1	40.88	69,009.53	
탑재연료	318.0	48.0	15,264.0	303.6 ²¹⁾	48.0	14,572.8	총 14.4lbs소모
전방좌석	350.0	37.0	12,950.0	350.0	37.0	12,950.0	교관 190lbs 학생 160lbs
후방좌석	0	73.0	0	0	73.0	0	
화물1	5.0	95.0	475.0	5.0	95.0	475.0	
화물2	7.0	123.0	861.0	7.0	123.0	861.0	
총계	2,368.1	41.62	98,559.5	2,353.7	41.58	97,868.33	

* reference datum: fire wall

[표 4] 중량 및 평형 비교

1.7 기상정보

HL1171이 09:49경 울진비행장에서 이륙 시에 울진관제탑이 제공한 바람은 290도 방향에 08노트, 거스트(Gust) 18노트이었다. HL1171이 울진비행장에서 이륙 중 기상은 시계비행상태이었으며, 운항에 미치는 영향은 없었다. 울진비행장의 정시기상관측 자료는 [표 5]와 같다.

09:30 MET 31012 270V340 CAVOK M04/M17 Q1013
10:00 MET 31008 250V350 9999 FEW100 M03/M16 Q1013

[표 5] 정시기상관측 자료

19) 중량 2,368~2,362lbs 일 경우 무게중심 범위는 약 39.2~47.2inch

20) 중량 및 평행 자료에 기록된 단위: 1파운드(lbs)는 0.45kg, 1인치(inch)는 2.54cm

21) 지상에서 8.4 lbs, 비행중 6 lbs 소모, 총 14.4 lbs 소모 추정

1.8 항행안전시설

HL1171이 울진비행장에서 이륙 상승하는 동안 이용한 항행안전시설로는 울진 VOR²²⁾이 있었으며, 이 시설은 정상적으로 운영되고 있었다.

1.9 통신

HL1171이 울진비행장에서 이륙 중에 울진관제탑과 교신한 주요 내용은 [표 6]과 같으며, 교신 중 통신장애는 없었다.

시간	교신자	교신내용	비고
09:49:07	관제탑	UNS71 Runway 35 Line Up and Wait	
09:49:11	UNS1171	Runway 35, Line Up and Wait UNS71	
09:49:57	관제탑	UNS71 Runway 35 Wind 290 at 8 Gust 18 Cleared for Take Off	
09:50:02	UNS1171	Cleared for Take Off Runway 35, UNS71	
09:51:36	관제탑	UNS71 Contact ULJIN Departure	
09:51:41	UNS1171	ULJIN Tower UNS31 지금 Engine Fail되어 어... 기성향으로 착륙하겠습니다.	
09:51:46	관제탑	Roger	
09:51:51	관제탑	Confirm UNS71	
09:51:52	UNS1171	UNS71	
09:51:53	관제탑	UNS71 Report Left Base Correction Report Left Downwind	
09:51:56	UNS1171	아..기성향으로 내려야 될 것 같습니다.	
09:52:55	관제탑	UNS71 Say Position	

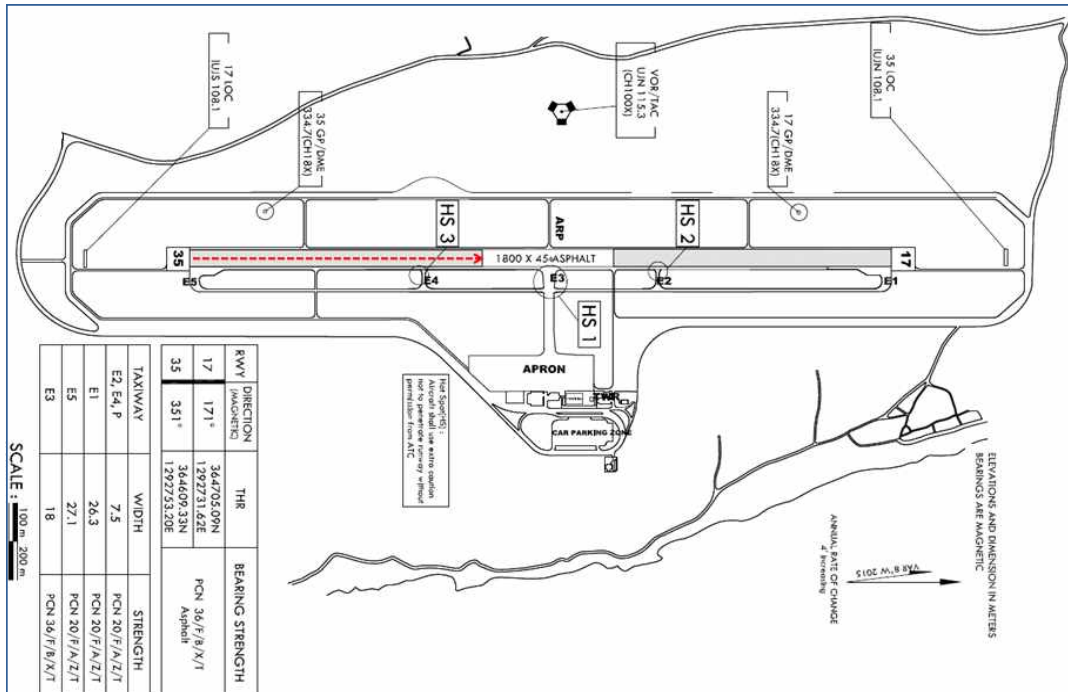
※ UNS71(USN1171): HL1171, 관제탑: 울진관제탑

[표 6] HL1171의 울진관제탑과의 교신내용

22) VOR(VHF Omnidirectional Range) 초단파 전방향무선표지시설

1.10 비행장 정보

울진비행장의 활주로 17/35는 길이 1,800m, 폭 45m의 아스팔트로 되어 있으며 유도로 E2, E3, E4는 Hot Spot이 있다. 울진비행장의 활주로 배치는 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 활주로 배치도

1.11 비행자료기록장치(FDL)²³⁾

HL1171의 비행자료기록장치로는 조종석 상부의 MFD(multi function display) 카드슬롯에 삽입된 SD 메모리카드²⁴⁾가 있으며, 여기에는 항공기의 위치·고도·자세·속도, 외기온도, 엔진의 연료 흐름량·오일온도·회전수·배기가스온도 등 64가지의 비행자료가 저장되어 있었다.

23) 비행자료기록장치(FDL: Flight Data Logging):

24) Secure Digital Memory Card, 플래시 메모리 카드

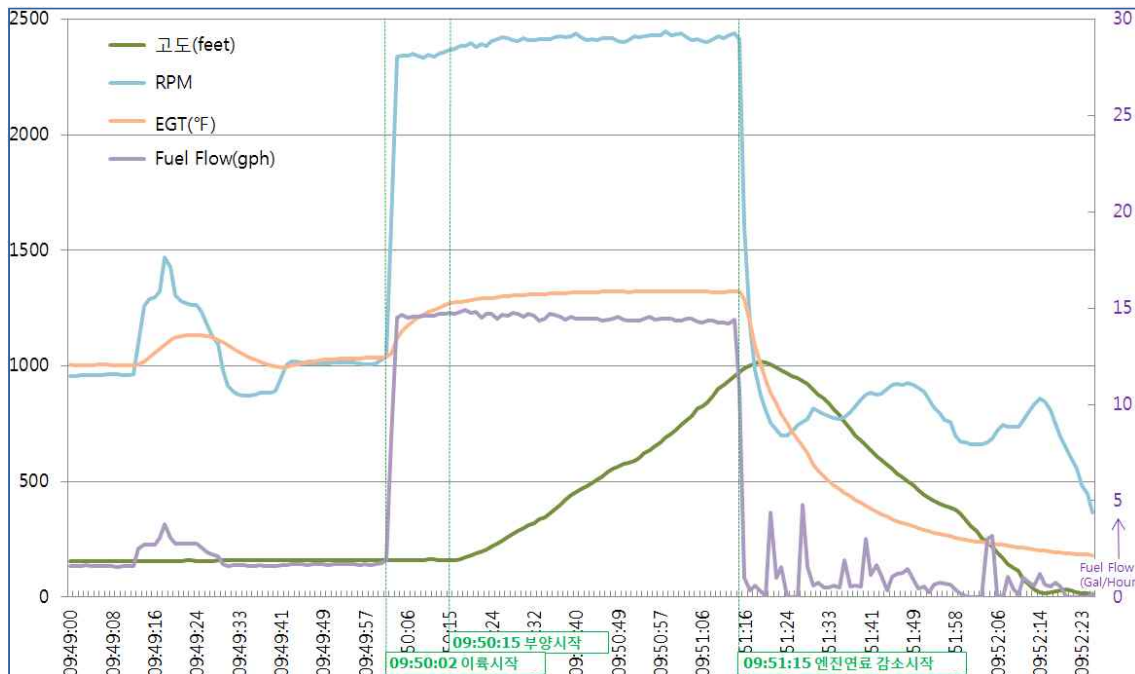
1.11.1 비행자료기록장치의 수치

SD 메모리카드에는 약 4,000 비행시간의 주요 비행자료와 엔진자료가 총 64개의 매개변수(parameter)로 자동저장²⁵⁾ 되어있었다.

모든 자료 값은 1초 간격으로 저장되어 있으며 별도의 수치 값 변환작업은 필요하지 않았다. 따라서 본 보고서에 사용된 수치는 HL1171에서 인출한 수치 값과 동일하다.

1.11.2 비행자료기록장치의 비행기록

HL1171의 비행자료기록장치의 기록된 자료 중에 이번 준사고와 관련하여 주요 비행 매개변수²⁶⁾인 항공기의 고도, 엔진회전수, 엔진배기가스온도 및 연료흐름의 기록 자료는 [표 7]과 같다.



[표 7] SD 메모리카드의 비행기록자료

25) 자동저장 되는 File 확장자명은 .csv 이다

26) FDL Parameter의 rpm: E1 RPM, 고도: AltMSL(ft msl), EGT: E1 EGT1(deg F), Fuel Flow: E1 FFlow(gph), 속도: IAS(kt), 기수방향: HDG(deg) data 적용

SD 메모리카드에서 추출된 주요 자료는 다음과 같다.

- 09:49:41 활주로 35 진입
- 09:50:02 이륙활주 시작
- 09:50:15 이륙부양(속도 55노트)
- 09:50:40 플랩 올림(고도 454피트)
- 09:51:15 엔진연료 흐름 급감(14.39→10.79gph²⁷)(고도 972피트, 계기속도 83노트)
- 09:51:16 엔진정지, 엔진연료 흐름 1gph, 엔진분당회전수²⁸ 급감
(2,414.3→1,608.1rpm)(기수 344도, 고도 989피트, 계기속도 83노트)
- 09:51:19 최대고도 1,019피트 도달(기수 344도, 계기속도 71노트)
- 09:51:32 우선회 시작(고도 858피트, 계기속도 74노트)
- 09:51:42 해안을 향해 정대완료(기수 50도, 고도 611피트, 계기속도 76노트)
- 09:52:10 해안 모래사장에 비상착륙포기(고도 112피트, 계기속도 75노트)
- 09:52:11 척산천에 비상착륙하기 위해 우선회 시작(고도 76피트, 계기속도 81노트)
- 09:52:19 척산천에 정대(기수 251도, 고도 31피트, 계기속도 53노트)
- 09:52:26 척산천에 착수(기수 234도, 고도 5피트, 계기속도 42노트)
- 09:52:28 항공기 정지, FDL 최종 기록(기수 255도, 고도 3피트)

SD 메모리카드에서 추출된 자료로 구성된 엔진정지 상태에서 비상착륙 시까지 과정은 [그림 6]과 같다.

27) gph: gallons per hour, 시간당 연료 흐름량(갤런)

28) 엔진회전은 불시착까지 변동(fluctuation)이 심하고 Wind Milling 되었음



[그림 6] 비상착륙과정

1.11.3 조종실 음성기록장치

HL1171은 조종실 음성기록장치가 장착되어 있지 않아 해당사항이 없었다.

1.12 잔해와 충격정보

HL1171이 엔진 정지 후에 무동력으로 선회 강하하여 울진비행장 활주로 끝에서 북쪽으로 약 1,400m 떨어진 하천에 [그림 7]과 같이 비상착륙하였고 항공기에서 분리된 잔해는 없었다.



[그림 7] HL1171의 비상착륙 모습

1.13 의학 및 병리학적 정보

해당사항 없음

1.14 화재

이 준사고로 화재는 없었다.

1.15 생존분야

1.15.1 울진소방서 구조

10:35경 항공사고를 접수받은 울진기성119안전센터는 10:41경에 현장에 도착하였다. 울진기성119안전센터 구조요원이 현장에 도착하였을 때에는 항공기가 심각한 손상 없이 하천에 불시착한 상태였으며, 조종사 2명은 기체 밖으로 나와 기성향 어촌 체험마을에서 안정을 취하고 있었다. 구조요원은 이 상황을 확인하고 별다른 조치 없이 12:03경 복귀하였다.

1.15.2 후포해경 구조

10:14경 해양경찰 본부 상황실로부터 울진공항 1.6km 해상에 경비행기가(탑승자 2명) 추락했다는 상황을 통보받은 포항상황실은 후포안전센터, 후포지역구조대, P-80정에게 출동을 지시하였다. 10:21경 포항상황실은 울진항공대학교 행정실로 전화하여 경비행기가 불시착하였으나 조종사 2명은 연락이 되었고 안전한 상태임을 확인하였다.

또한 10:26경 해경본부에서도 울진관제탑에 연락하여 경비행기 조종사 2명이 안전하게 육상으로 탈출하였다는 사실을 확인하였다. 10:40경 후포해경구조대, 후포안전센터에서 현장에 도착한 구조대원은 상황을 확인하고 종료하였다.

1.16 시험 및 연구

1.16.1 연료계통 막힘 점검

연료흐름 및 엔진회전수 급감한 원인을 확인하기 위하여 엔진 연료공급계통에 대한 일반적인 점검²⁹⁾과 연료분사기 서보 컨트롤 암에 대해 수행한 주요 점검 내용 및 결과는 다음과 같다.

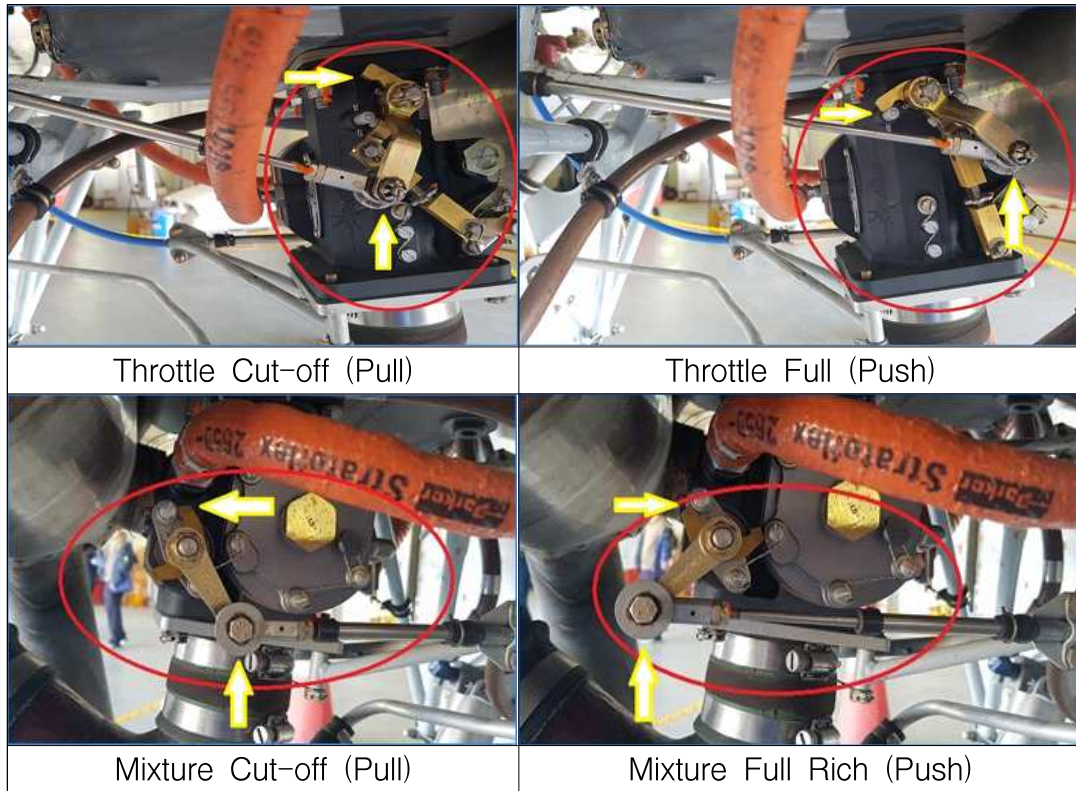
- 엔진오일 필터 및 흡입스크린에 금속조각을 포함한 이물질 존재여부를 육안으로 점검하였으나 발견하지 못하였다.
- 연료분사기 서보³⁰⁾에 연결된 스톱조절과 혼합조절 연결이 정상상태인지 확인하였으며, 수동으로 조절하면서 컨트롤 암이 특정 정지위치에 위치하는지 확인하였다.
- 당시 침수로 인해 연료 부스터 펌프를 작동할 수 없어 연료펌프에 의한 연료분사노즐로의 연료흐름을 점검하지 못하였으나, 연료탱크 및 연료 스트레이너(fuel strainer)에서 중력에 의한 연료흐름 점검을 수행한 결과

29) NTSB와 Lycoming(엔진제작사)에서 제안한 점검항목을 참고하여 수행

30) Fuel Injector Servo, P/N: AV2576536-2

막힘 현상은 발견되지 않았다.

- 흡기계통 및 배기계통의 육안점검 결과, 공기흐름을 방해하는 이물질은 발견되지 않았다. 또한, 엔진 연료계통 호스와 전기배선에 대한 손상여부 및 장착상태에 대한 육안점검 결과에서도 이상 현상은 발견되지 않았다.



[그림 8] 연료분사기 서보 컨트롤 암 점검

1.16.2 엔진오일 및 연료 성분분석

HL1171에서 엔진오일³¹⁾과 연료³²⁾를 채취하여 분석한 결과, 특이사항은 발견되지 않았으며 분석결과는 다음과 같다.

- ICP-OES³³⁾를 이용한 원소함량 정량분석 : 특이사항 없음
- FT-IR³⁴⁾을 이용한 성분분석 : 특이사항 없음

31) 엔진오일은 Oil Sump, Oil Filter(Pressure Line), Oil Suction Screen 에서 채취하였음.

32) 연료는 LH·RH Wing Fuel Tank의 Drain Valve, Fuel Reservoir Tank Drain, Fuel Strainer(Filter), Fuel Injector Out, Fuel Injector Strainer에서 채취하였음.

33) Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, Model: 715-OES, 제조회사: AGILENT /USA

- GS-MS³⁵⁾을 이용한 분석 : 이물질 유입 없음
- 수분함량측정장비³⁶⁾를 이용한 수분함유량 측정값 : 0.00%

1.16.3 엔진 외부 육안점검

HL1171의 흡기계통 및 배기계통을 육안으로 점검한 결과, 계통 내의 공기 흐름을 방해하는 요소는 발견되지 않았다. 또한 엔진 연료계통, 오일계통 호스와 전기배선에 대한 손상여부 및 장착상태를 육안으로 점검한 결과 이상 현상은 발견되지 않았다.

1.16.4 엔진 정밀검사

위원회는 HL1171의 이륙상승 중 갑작스런 엔진 정지에 대한 원인을 밝히 고자 장탈한 엔진을 엔진제작사인 미국 라이커밍엔진 회사³⁷⁾(이하 “엔진제작사”라 한다)로 보내 정밀검사를 수행³⁸⁾하였다.

1.16.4.1 엔진 작동시험

엔진의 작동여부를 확인하기 위해 시험대(test stand)에 엔진을 거치하고 시동을 걸었으나 걸리지 않았다. 고장탐구를 위해 연료분배기 입구에 10psig³⁹⁾ 연료압력을 가하였으나 연료분사노즐로 연료가 배출되지 않았다. 연료분배기를 신품으로 교환⁴⁰⁾ 장착하니 연료분사노즐로 연료가 정상으로 배출되었다.

34) Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Model: IR660, 제조회사: AGILENT/USA

35) Gas Chromatography-Mass Spectrometry, Model: TQ8040, 제조사: SHIMADZU/JAPAN

36) 수분함유측정기, Model: 758 KFD Titrino, 제조사: Metrohm/USA

37) Lycoming Engines 社 : 미국 펜실베이니아 주 Williamsport에 위치

38) 2017.7.25.~7.26. Lycoming에서 수행한 엔진작동 점검결과를 Lycoming Air Safety Manager로부터 e-Mail 접수(2017.8.16.): HL1171-Testlog-2017-08-14-233950

39) 게이지 압력의 단위(Pound Per Square Inch Gage): 1제곱인치 넓이에 작용하는 1파운드의 힘의 약어

40) 장탈 된 Flow Divider P/N AV2576564-1(Lycoming P/N 63B26449), S/N AV227481247

이어진 엔진의 작동시험에서 시동 중에 엔진구동 연료펌프의 배출압력이 4.2ps i⁴¹⁾로 낮았으며 시험대 장비인 연료펌프를 꺾을 때 엔진이 정지되었다. 엔진구동 연료펌프에 문제가 있음이 확인되어 새로운 엔진구동 연료펌프로 교환⁴²⁾ 장착하고 엔진 시동을 걸자 정상적으로 작동되었다.

장탈한 연료분배기는 정밀조사를 위해 미국 NTSB⁴³⁾ 선임대표를 통해 부품 제작사인 Avstar Fuel Systems 사⁴⁴⁾로 보내졌고, 엔진구동 연료펌프의 정밀검사는 엔진제작사에서 수행되었다.

1.16.5 연료분배기 정밀검사⁴⁵⁾

사고비행기의 엔진에서 장탈한 연료분배기는 2016년 10월14일 제작되어 엔진제작사에 공급되었고, 이후 수리를 위해 이 부품의 제작사로 입고된 기록은 없었다.

연료분배기의 외관점검에서 충격 손상 흔적은 없었고, 연료유입구 연결부위는 깨끗한 것처럼 보였다. 그리고 실린더가 4개인 엔진에 적합하도록 총 6개의 연료배출구⁴⁶⁾ 중에서 2개의 연료배출구는 마개로 막혀있었다.

연료분배기는 제작사 표준공정서⁴⁷⁾에 따라 작동시험을 [그림 9]과 같이 실시하였으며 그 결과 연료 흐름은 정상적으로 막힘 현상은 발견되지 않았다.

연료분배기 에서 막혀있던 2개의 배출구멍의 마개를 분리해 내고 제작사 표준공정서 에 따라 “최소 연료 흐름 요건⁴⁸⁾” 점검을 수행하였다. 분리된 마

41) Low Limit: 18 psi

42) 장탈 된 Fuel Pump P/N 62B26931, S/N RC11161396 (2016년 11주(3월 중순)에 루츠(Roots)사에서 제작)

43) NTSB: 미국 연방 교통 안전위원회 National Transportation Safety Board

44) AVStar Fuel System, Inc. Jupiter, Florida

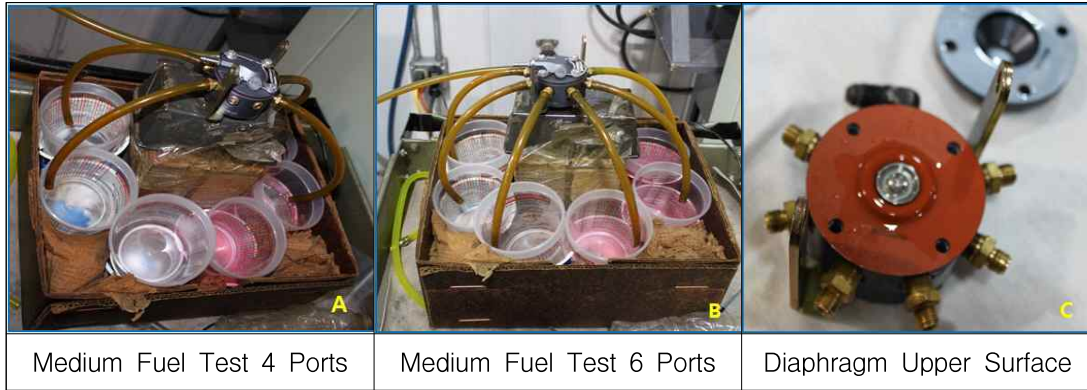
45) NTSB Component Field Notes_ANC17RA055 v02 (February 2, 2018)

46) 배출구멍(Outlet Ports): 총 6개의 배출구멍이 있으며, 4개 실린더 엔진은 2개의 구멍을 마개(plug)로 막고 사용

47) AVStar Standard AFS 824-F10(revision 2, September 30, 2013)

48) minimum fuel flow requirement

개의 나사산에서 실런트(sealant)는 발견되지 않았으며 내부에 오염도 없었다. 6개의 구멍을 열고 “low pressure leakage” 작동점검을 수행하였지만 누설현상은 없었고, 초기개방 압력⁴⁹⁾은 3.8psig로 정상범위내로 측정되었다.



[그림 9] 연료분배기 정밀검사 사진

HL1171의 엔진 연료분배기를 정밀 검사한 결과, 엔진작동을 갑자기 정지시킬 수 있는 연료흐름의 차단 결합요소는 발견되지 않았다. 또한 준사고 당시 경험한 엔진회전수와 연료흐름의 급감과 엔진제작사에서 시동점검 시 발생한 연료분배기 막힘 현상은, 연료분배기에 대한 작동점검 결과 정상적으로 연료가 배출됨에 따라 연료흐름을 방해했던 요인을 밝혀낼 수 없었다.

1.16.6 엔진구동 연료펌프 정밀검사

엔진 작동점검 중 펌핑(pumping) 능력이 떨어져 장탈한 엔진구동 연료펌프에 대한 정밀검사는 엔진제작사에서 수행되었다.

1.16.6.1 외부 육안점검

연료펌프의 외부 육안검사 결과 손상이나 비정상 마모는 보이지 않았다. 연

⁴⁹⁾ 초기개방 압력(initial opening pressure), AFS824-F10 specifies that the opening pressure with a 4psi spring, P/N AV 2577011, with all six ports open shall be 3.6 to 4.0 psig.

료펌프의 외형은 [그림 10]와 같다.



[그림 10] 연료펌프의 외형

엔진구동 연료펌프의 보호 캡 커버를 분리하자 [그림 11]과 같이 금속조각이 연료펌프 몸체(body)에 로커 암이 연결된 내부로부터 떨어져 나왔다. 이 금속조각은 풀 로드(pull rod)의 상부 끝단에 해당하는 '업셋 헤드'(upset head)로 보였다.

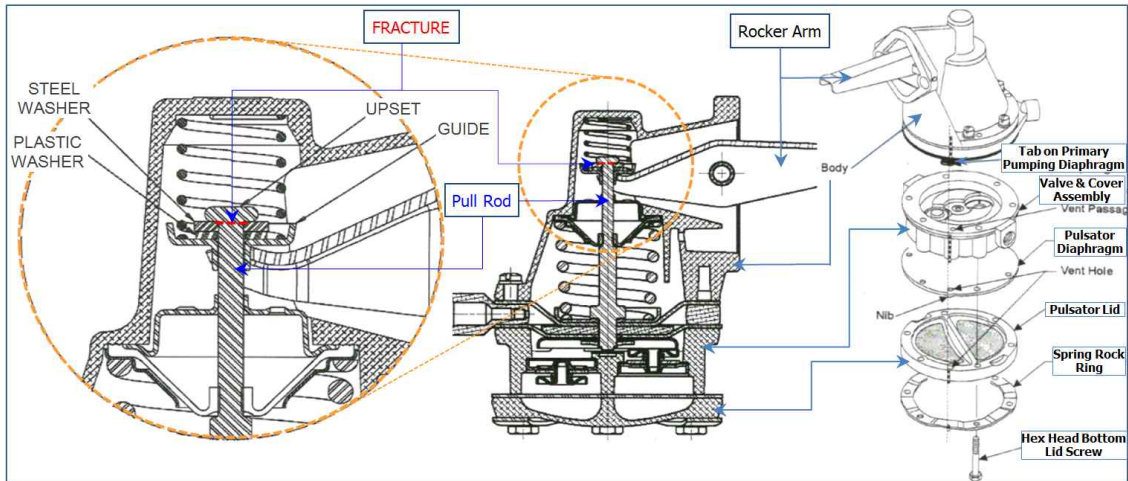
연료펌프의 로커 암은 내부 스프링장치로 인해 쉽게 압축되지 않아야 하지만, 가볍게 누르는 손힘으로도 쉽게 압축되었다. 이는 풀 로드(rod)가 내부 스프링 장치와 맞물려있지 않을 경우 나타나는 일반적인 현상이다.



[그림 11] A: 펌프 육안점검 시 빠져나온 금속조각(노랑색 원 안)
 B: 금속조각 앞·뒷면 - 풀 로드의 핫 업셋 헤드

1.16.6.2 엔진구동 연료펌프 분해검사

엔진구동 연료펌프의 분해검사 결과⁵⁰⁾, 풀 로드의 상단 끝 부분에 해당하는 핫 업셋 헤드⁵¹⁾(hot upset head)의 바로 아래 부분⁵²⁾이 종축을 가로지르는 방향으로 [그림 12]과 같이 부러져 있는 것을 확인하였다.



[그림 12] 엔진구동펌프 내부 구성품

핫 업셋 헤드는 풀 로드로부터 완전히 분리되어 있었으며, 로커 암은 더 이상 풀 로드 어셈블리를 작동시킬 수 없었다. 즉, 로커 암이 풀 로드를 상하로 움직여야 연료가 펌핑 되지만 업셋 헤드가 떨어져 나가 풀 로드를 작동시킬 수 없었다.

풀 로드의 파단면에는 다수의 피로파괴 형태(fatigue fracture mode)가 발견되었으나 풀 로드 재질의 부적합은 발견되지 않았다. 연료펌프의 격막(diaphragm)은 대체로 정상상태였으며, 압력시험에도 적합하였다.

풀 로드의 균열(crack) 시작과 균열의 전파는 핫 업셋 헤드가 풀 로드와 스틸 와셔 중심과 일치하지 않아 발생한 편향된 부하의 결과로 보이며, 이는

50) Lycoming Report NO. LN-17774, Fuel Pump 62B26931, S/N RC11161396

51) 연료펌프 Pull Rod 끝의 Head 부분을 'Upset Head'로 지칭, 제작공정에서는 hot upset head, hot upset operating, hot upset cycle 표현을 사용

52) 그림11의 '스틸 와셔(steel washer)' 위 표면과 '핫 업셋 헤드' 접촉면 부근

스틸 와셔와 핫 업셋 헤드 접촉면의 국부적인 영역에 응력 집중이 발생했던 것으로 판단된다.

결론적으로 엔진구동 연료펌프는 풀 로드 어셈블리에서 핫 업셋 헤드가 분리된 결함으로 인해 로커 암이 풀 로드 어셈블리를 상하 방향으로 작동시키지 못하였고, 그 결과로 정상적인 펌핑이 되지 않았던 것으로 확인되었다.

1.16.6.3 압력 테스트

연료펌프에 대한 엔진제작사의 압력시험 결과는 [표 8]과 같다. 압력시험의 결과는 연료펌프의 기술요건에 일치되는 것으로 확인되었으며, 격막과 관련 실링(sealing) 표면에 문제가 있거나 손상되지 않았음을 보여준다.

Pressure Test	Specification	Actual
Fuel Section subjected to 45 PSI	Not More than 2 SCCM of air	0.83 SCCM ⁵³⁾ air
Separator Ring subjected to 8 PSI		0.3 SCCM air

[표 8] 압력시험 결과

1.16.6.4 내부부품 점검 및 평가(evaluation)

- 로커 암, 로커 암 핀, 부싱⁵⁴⁾

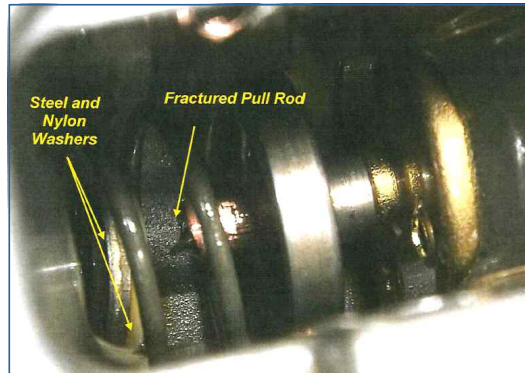
연료펌프의 각 부품의 평가를 위해 로커 암 핀을 제거하여 로커 암을 분리하였다. 로커 암과 로커 암 핀은 심각한 손상이나 마모 없이 양호한 상태로 발견되었다. 부싱의 규격, 정도, 금속 재질·조직은 적합하였다.

53) SCCM(Standard Square Centimeter per Minute)은 분당 1cc 흐르는 유량단위임

54) Rocker Arm P/N: 6471169, Rocker Arm Pin P/N: 5592501, Bushing P/N: 6470436

▪ 풀 로드, 스프링 및 오일 실 어셈블리⁵⁵⁾

핫 업셋 헤드가 풀 로드에서 완전히 분리되어, 업셋 헤드의 기저부(base)에서 풀 로드가 파단 된 채로 [그림 13]과 같이 발견되었다.



[그림 13] 로커 암 분리 후 연료펌프 내의 파단 된 풀 로드의 모습

업셋 헤드의 부서진 조각의 조사에서 핫 업셋 작동으로 상부 표면에 서로 떨어져 있는 흔적이 2개 이상 발견되었다. 또한 업셋 헤드 조각은 [그림14]과 같이 약간 길게 늘어져 있었는데, 이는 제작 시의 핫 업셋 작동 중에 조정 불량(misalignment)의 가능성을 시사한다.



[그림14] 업셋 헤드 파손조각

스틸 와셔 상부면에⁵⁶⁾ 열 자국(heat-tint) 흔적이 [그림15]과 같이 보이는데

⁵⁵⁾ 풀 로드, 스프링 및 오일 실 어셈블리(Full Rod, Spring, and Oil Seal Assembly) P/N: 6471902

이는 핫 업셋 헤드가 최소한 한 번의 핫 업셋 사이클 중에 스틸 와셔의 중심에서 벗어났음(offset)을 보여준다.



[그림15] 스틸 와셔의 모습

스틸 와셔의 열 자국 흔적이 서로 일치(align)하는 것은 핫 업셋 헤드가 중심에서 벗어난 것임을 [그림16]에서 보여주고 있다. 열 자국의 흔적이 중심 으로부터 벗어나 일치하는 것은, 연료펌프 작동 중에 응력이 업셋 헤드와 스틸 와셔 접촉면의 원주 둘레에 고르게 분포 되었다기보다는 업셋 헤드의 한 면에 비정상적인 응력의 집중으로 야기되었을 가능성이 있다.



업셋 헤드 파손조각을 와셔 업셋 위치에 놓으면 중심에서 벗어난 현상과 일치

스틸 와셔 밑면

[그림16] 업셋 헤드 파손조각과 스틸 와셔 접촉면 모습

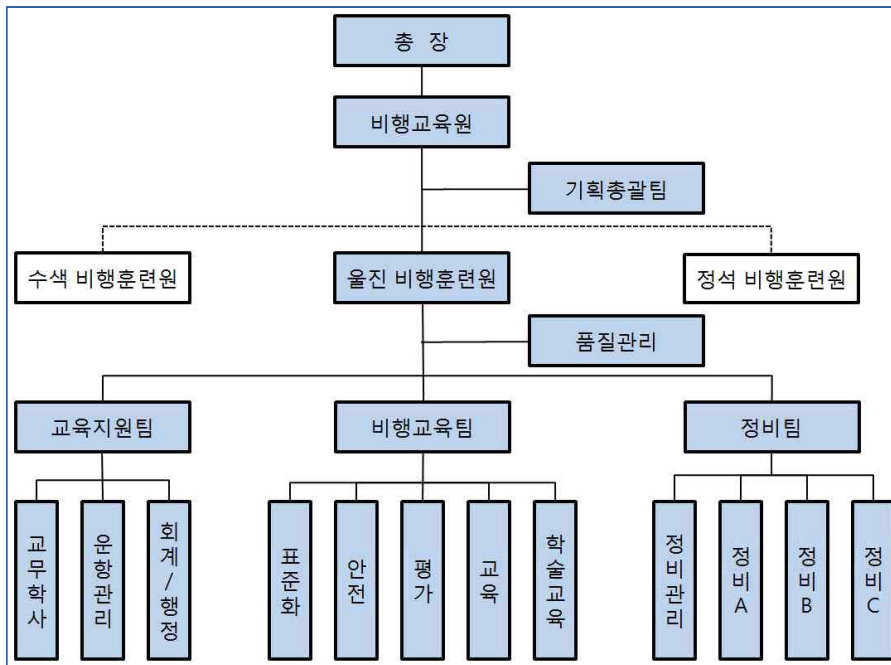
56) hot upset head를 향한 면(side toward hot upset head)

스틸 와셔의 재료는 적합성 평가에서 저탄소강과 일치하였으며 규격도 적합한 것으로 확인되었다. 풀 로드 또한 규격, 경도, 재료에 대한 평가 결과 기술요건에 적합한 것으로 나타났다.

1.17 조직 및 관리정보

1.17.1 비행훈련원의 조직

한국항공대학교 비행교육원의 울진비행훈련원은 훈련원을 총괄하는 부원장과 교육지원팀, 비행교육팀, 정비팀이 있고 각 팀별로 팀장과 팀원으로 구성되어있으며 조직도는 [그림 17]와 같다.



[그림 17] 비행교육원 조직도

교육지원팀은 3명으로 교육계획 수립 및 운영, 비행훈련원 교육시설 운영 총괄, 조종훈련생 관리 및 지원, 비행훈련원 대외 업무 총괄, 회의체 및 위원회 운영 관리, 기타 교육 운영관련 업무 등을 담당한다.

비행교육팀은 팀장 외 비행교관 30명과 학술교관 4명으로 지상학술, 비행실기 및 모의비행장치 교육, 담당 조종훈련생 면담 및 생활 지도, 시험비행 및 행정 비행 지원, 안전 및 표준화회의 주관, 학술, 비행훈련장치 교육 등을 실시한다.

또한 비행교육 교재개발 및 최신내용 유지, 기타 학술, 비행훈련장치, 비행교육과 관련한 업무, 교관 선발평가, 표준화 교육, 보수교육 업무, 조종훈련생 비행 실기 및 지상학술 평가, 조종훈련생 비행교육진도 관리, 지상학술 등을 담당한다.

정비팀은 팀장 외 12명으로 항공기 등록 및 감항검사, 항공기 부품 확보 및 관리, 항공기 정비 및 관리, 항공기 정비 스케줄 관리, 각종 정비기록 문서의 보관 및 관리, 격납고 및 부대시설 관리유지, 기타 항공기 정비관련 업무 등을 담당한다.

1.18 기타 사항

1.18.1 교관조종사와 학생조종사의 비상착륙교육

울진비행훈련원에 비행교육을 받는 모든 조종사는 입과 후 초기 안전표준화 지상학술과정을 통해 비상절차, 비상착수와 관련한 이론교육을 받는다.

가상 엔진정지 비상착륙훈련은 모의비행장치 및 실제비행으로 이루어지며, 스로틀을 최소로 줄여 엔진정지를 가정한 상태로 고래불 해수욕장⁵⁷⁾ 인근 상공에서 활공하여 접근하는 비행훈련을 한다.

교관조종사는 2016년 1월 교관 임용 표준화 과정에서 비상착수와 비상절차에 관한 지상교육을 받았고, 2016년 12월 비상강하, 접근 및 착륙에 대한 교관 연간 비행평가비행을 실시하였다.

57) 울진비행장에서 남쪽으로 22km 정도 떨어진 경북 영덕군 병곡면에 위치한 해수욕장

학생조종사는 2016년 9월 초기 안전표준화 지상학술과정에서 비상정차, 비상착수관련 이론교육을 받았고, 숙달훈련과정에서 2016년 9월과 10월에 가상엔진정지 비행훈련을 받았다.

1.18.2 진술에 의한 HL1171의 비행과정

1.18.2.1 교관조종사의 진술

당일 HL1171은 08:00 출발이 첫 비행으로, 07:50경 기온은 영하 6℃에서 점화스위치를 시동위치에 놓았으나 시동이 걸리지 않았다. 일차 실패하고 20초 후에 다시 시동을 시도하였으나 실패, 다시 20초 후에 시도하였으나 실패하였다. 몇 차례 시동을 실패하고 10분 정도 쉰 후에 정비사가 보조배터리를 연결하고 다시 시동을 시도하였으나 실패하였다.

울진관제탑에 출발시간을 09:30으로 변경하고, 09:20경 다시 시동을 걸 때 정상적으로 시동이 걸렸다. 연료는 비행에 충분한 양이었고, 지상에서 엔진 작동 점검 시에 정상 작동되었다.

09:50경 학생조종사가 비행임무조종사(PF)로 활주로35에서 이륙부양속도 55노트, 이륙상승속도 75노트로 이륙하였다. 이륙상승 중에 기압고도 약 500피트에서 플랩 업(flap up)을 하였다.

플랩 업을 하고 10~15초 후에 약 600피트 기압고도에서 갑자기 엔진회전수 2,600~2,400에서 엔진회전수가 급감하면서 엔진이 정지되었다. 엔진이 정지된 HL1171은 프로펠러가 윈드 밀링(wind milling) 상태가 되었다.

교관조종사는 학생조종사로부터 조종을 넘겨받아 비행을 담당하였으며, 학생조종사에게 공중시동을 지시하였다.

교관조종사는 울진관제탑에 '엔진이 꺼진 상태라서 기성항에 내려야 한다'

고 교신하고 비상 착륙지를 찾았다. 비행경로 전방에는 적절한 착륙 장소가 없어서 우선회하여 기성항 해변에 착륙하려고 하였으나 파도가 심하여 내리기에 부적절하다고 판단하였다.

기성항 해변에 착륙이 어렵게 된 HL1171은 기성항 해변 접근 중에 우선회하여 하천에 비상 착수하였다. 비상착수하기까지 활공속도는 플랩 업 상태에서 70노트 정도이었다.

1.18.2.2 학생조종사의 진술

07:50경 주기장에서 항공기 시동을 총 6회 시도하였으나 시동에 실패하였다. 비행계획의 출발시간을 09:30으로 변경하고, 08:30경 다시 운항브리핑을 실시하고 기상을 확인하였다. 09:00경 비행 전 점검을 실시하고, 09:20경 교관조종사와 동승하여 시동을 걸었고 한 번에 성공하였다.

엔진작동 지역에서 엔진을 점검 시에 엔진 오일, 엔진회전수 등 모두 정상이었다. 농후 혼합⁵⁸⁾, 연료선택(fuel selector) 'both' 상태를 확인하였고 엔진회전수1,800rpm에서 마그네토 점검 시에 엔진회전수 떨어짐⁵⁹⁾이 좌측 70, 우측 80으로 정상이었다. 플랩은 10도를 선정하였다.

09:50경 활주로에 진입하여 정지 상태에서 이륙하였고 이륙출력 정상⁶⁰⁾, 경고등 점등 없음⁶¹⁾을 확인하였다. 이륙활주 중에 40노트 증속까지 평소보다 약간 늦는다고 생각하였으나 계속 가속되어 55노트에서 부양하여 75노트~80노트의 상승속도⁶²⁾를 유지하였다.

이륙 후 해발고도 약 500피트에서 플랩 업을 하였고, 약 10초 후 이륙상승 중에

58) Mixture Rich

59) rpm drop은 150rpm 이내, 좌·우측 차이가 50rpm 이하 임

60) Take off Power All in Green

61) No warning light

62) 이륙상승속도(VY)는 75노트

엔진이 ‘푸르륵’ 하며 꺼졌다. 항공기 엔진이 정지된 후 교관조종사에게 조종을 이양하였고, 교관조종사의 지시에 따라 공중시동⁶³⁾을 시도하였으나 실패하였다.

엔진 정지부터 하천에 불시착하기까지 1분도 안되었다. 활공속도는 70노트이었고, 착수 후 물에서 5미터 정도 전진 후에 정지되었다. 항공기가 하천에서 정지된 후에 master switch off, ignition switch off, avionic switch off, beacon off, 엔진 시동키를 빼고, STBY BATT switch off 후 항공기에서 이탈하였다.

1.18.2.3 목격자의 진술⁶⁴⁾

울진기숙사에서 울진비행장으로 가던 중에 09:55경 기성마을 앞을 지나는데 우측전방에 비행기가 낮게 날아 의아하게 생각하였고 친구들도 함께 보게 되었다.

비행기는 울진비행장 방향으로 비행하다가 낮아지며 사라졌다. 비행기가 낮아지며 사라진 것을 보고 사고라고 생각하고 비행기가 사라진 곳으로 갔다.

09:58경 비행기가 사라진 곳(사고 현장)에 우리가 제일 먼저 도착하였는데 당시 조종사들은 비행기로부터 5m정도 떨어진 곳에서 걸어오는 중이었고, 약 10분후 학교관계자들이 현장에 도착하였다.

63) Magneto Start, Mixture Rich, Fuel Shut Off Valve On, Fuel Pump On

64) 목격자는 한국항공대 울진비행훈련원 학생 6명

2. 분석

2.1 일반

위원회는 HL1171이 이륙상승 중에 갑작스런 엔진 정지로 불시착하게 된 원인 및 관련 요소들을 중점적으로 분석하였다.

2.2 엔진 정밀검사 결과 분석

항공기의 불시착 당시 연료 흐름의 급감에 의한 엔진정지 그리고 엔진제작사에서 작동점검 시 엔진시동이 걸리지 않는 결함과 관련한 정밀검사 결과를 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 엔진제작사에서 작동점검 시 연료분사노즐로 연료배출이 되지 않아 연료분배기를 교환 후에 연료가 배출이 확인되었다는 것은 연료분배기 내부에 연료 흐름을 방해하는 저해 요소가 있었을 것이지만 정밀검사 시에 그 저해요소와 저해요소의 발원지점은 발견되지 않았다.

이것은 연료 스트레이너(strainer)⁶⁵⁾를 통과한 이물질 또는 발견되지 않은 연료펌프 내부부품 파편이나 연료분배기 내부 문제점으로 추정이 가능하나, 이러한 저해 요소는 연료분배기의 장탈 또는 AVStar로 이송 중 사라졌을 가능성이 높다.

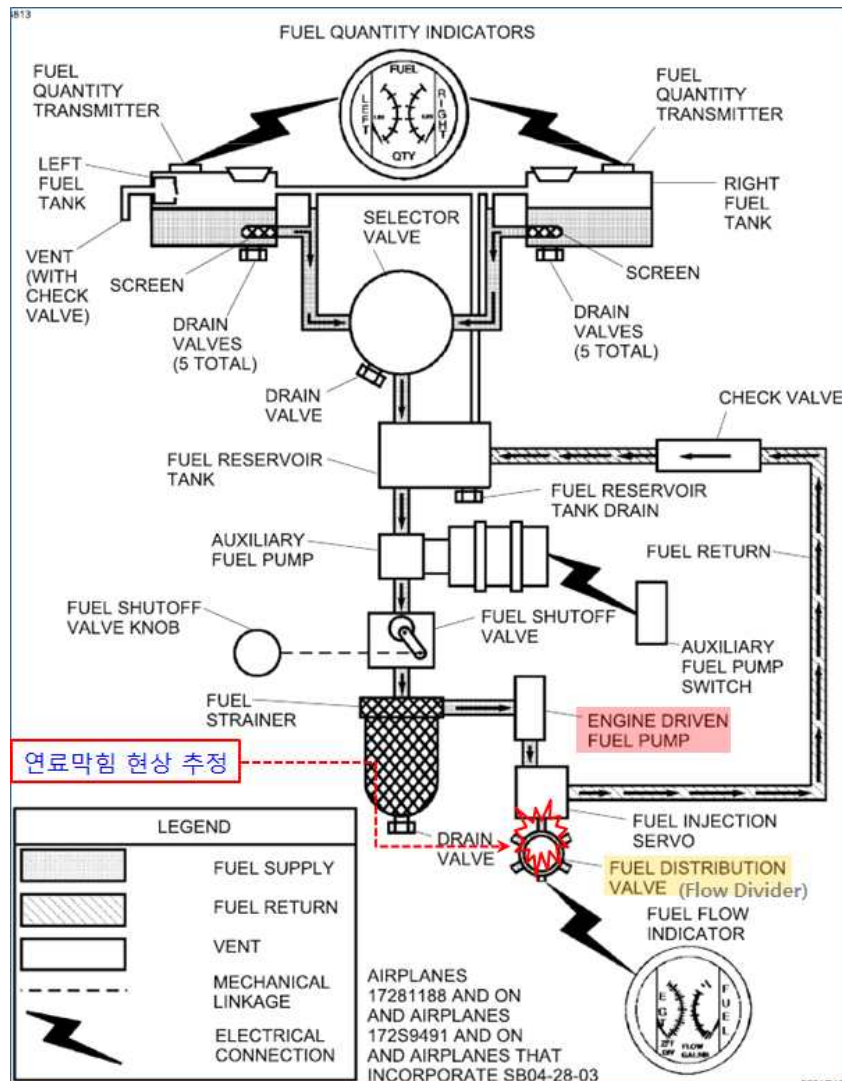
둘째, 연료분배기를 교환하고 재시동 시에 연료 배출압력이 정상보다 낮은 결함현상이 나타남에 따라 엔진구동 연료펌프를 교환하고 엔진이 정상작동 하였다는 것은 펌프 자체의 문제로 판단된다.

장탈한 엔진구동 연료펌프를 엔진제작사에서 정밀검사 결과, 폴 로드 어

65) 엔진 연료시스템 내 Fuel strainer는 engine driven fuel pump up-stream에 있는 fuel strainer 와 연료분사서보(fuel injection servo)내 fuel strainer가 있음.

샘플리로부터 업셋 헤드가 파손되어 분리된 것이 발견된 것은 결과적으로 로커 암이 풀 로드 어셈블리를 작동시키지 못하여 정상 압력의 연료가 배출되지 않았음이 확인되었다.

또한 업셋 헤드가 파손되어 분리된 원인은 업셋 헤드가 풀 로드와 스틸 와셔 중심이 일치하지 않아 발생한 비표준 부하에 의한 결과로 보이며, 접촉면의 국부적 영역에서 응력집중이 발생한 것으로 여겨진다. 정밀검사 시 발견된 업셋 헤드 파손조각이 약간 늘어서 있었는데, 이는 제작 당시 핫 업셋 작동 중 조정 불량을 시사하고 있다.



[그림 18] 연료 흐름 계통도 및 연료 막힘 추정위치

2.3 비행자료 활용

비행자료기록장치에는 항공기의 속도·자세·운동, 엔진오일 온도·압력, 엔진 회전수, 엔진실린더별 온도, 연료 흐름량 등의 유용한 자료가 장시간 축적되어 있다.

HL1171의 비행자료기록장치에 기록된 엔진자료에는 불시착 발생 이전에 결함으로 여겨질 만한 사전 징후는 발견되지 않았다.

울진비행훈련원의 정비팀은 결함발생시 고장탐구를 위해 비행자료기록장치의 데이터를 다운로드하여 특이사항을 분석하고 있지만, 정기적으로 변화 추이 등을 분석하거나 보고하지는 않고 있다.

비행자료기록장치 자료에 대한 적절한 분석 프로그램을 개발하여 운용한다면 항공기 상태를 예측할 수 있고, 조종사의 비행특성을 파악하여 비행훈련 자료로도 활용할 수 있다. 또한 비행훈련원은 사고예방을 위해 비행자료기록장치의 자료를 사전에 분석하여 항공기를 관리할 수 있는 체계화된 시스템이 필요하다고 판단된다.

따라서 체계적이고 정형화된 비행자료기록장치의 데이터 활용에 필요한 전문 인력의 양성과 품질관리지침 마련이 요구된다. 그리고 조종·정비·품질관리 등의 관련 책임자가 참여하는 정기적인 종합분석 회의체와 회의결과에 따른 조치가 제대로 이루어지는지 평가하는 시스템 구축이 필요하다.

3. 결론

3.1 조사결과

1. HL1171의 교관조종사와 학생조종사는 유효한 항공종사자 자격증명과 신체검사증명을 소지하고 있었으며, 비행에 영향을 미칠 수 있는 의학적, 병리학적 요인은 발견되지 않았다.
2. HL1171는 항공안전법에서 정한 절차에 따라 적법하게 항공기등록증명서, 감항증명서, 운용한계지정서 및 무선국허가증을 받았다.
3. HL1171는 운항에 필요한 기체보험, 승무원 및 대인대물피해보험에 가입되어 있었고 준사고 당시 유효기간 내에 있었다.
4. 한국항공대학교 울진비행훈련원은 비행기를 이용하여 조종사 양성을 하는 교육기관으로서 전문교육기관 지정을 받았다.
5. 불시착 당시 바람은 8노트의 서풍에서 북풍, 18노트의 돌풍이 예상되었으나 맑은 날씨로서 시계비행이 가능한 기상상태이었다.
6. 교관조종사의 비행교관 임용관련 학술 및 비행훈련, 교관 임용 후 정기평가와 학생조종사의 학술 및 비행교육 실적 자료 등을 검토하였으나 문제점은 없었다.
7. 항공기 정비 및 점검은 규정에 따라 적절하게 수행되었으며, 준사고 발생 전에 기체·엔진·시스템에 결함이 있었다는 증거는 발견되지 않았다.
8. HL1171는 이륙상승 중 갑자기 엔진연료 공급이 중단되어 엔진이 정지되었고, 재시동을 걸었으나 걸리지 않아 울진비행장 인근 하천에 비상착륙하였다.

9. 미국 사고조사당국(NTSB) 주관 하에 엔진제작사인 라이커밍사에서 엔진 작동점검 중에 연료분배기의 막힘이 확인되었지만, 연료분배기 제작사에서의 정밀조사에서는 어떠한 문제점도 발견할 수 없었다.
10. 연료분배기 교환 후에 재시동시 엔진구동 연료펌프의 연료배출 압력이 낮은 것이 확인되어 연료펌프를 교환하였고, 엔진펌프 교환 후에는 엔진이 정상으로 작동되었다.
11. 엔진구동 연료펌프를 엔진제작사에서 정밀검사 결과, 내부부품의 파손이 발견되었으며, 이는 펌프 제작 중 발생한 문제로 판단된다.
12. 엔진제작사는 엔진구동 연료펌프 내부부품의 파손 및 연료 분배기의 연료흐름 막힘 현상은 엔진정지를 유발할 수 있으므로 이에 대한 개선책이 필요하다.
13. 비행훈련원은 비행자료기록장치의 자료 분석 프로그램을 개발하여 항공기 관리와 비행훈련 자료로 활용할 수 있는 체계화된 시스템이 필요하다고 판단된다.

3.2 원인

항공·철도사고조사위원회는 HL1171 준사고의 원인을 「엔진구동 연료펌프의 내부부품 결함과 확인 불가능한 연료분배기의 연료흐름 막힘 현상 발생」이라고 결정한다.

4. 안전 권고

위원회는 2017년 2월 10일 HL1171가 울진비행장에서 이륙상승 중 엔진정지로 울진비행장 인근 하천에 불시착한 준사고 조사 결과에 따라 다음과 같이 안전권고를 발행한다.

4.1 한국항공대학교에 대하여

1. 항공기 비행자료기록장치(FDL) 데이터를 체계적으로 분석·활용할 수 있는 시스템 구축 방안 검토(AIR-1701-1)

4.2 미국 라이커밍사에 대하여

1. 엔진구동 연료펌프와 연료분배기의 부품신뢰성 향상 방안 검토 (AIR1701-2)