

초경량비행장치사고 조사보고서

긴급착륙 중 난기류로 인한 경착륙
(주)오름열기구투어
Cameron Z-275, S5001Y
제주 남원읍 영아리 오름 인근
2018. 4. 12

2019. 3. 27

이 초경량비행장치사고 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.”*고 규정하고 있으며,

국제민간항공조약 부속서 13, 3.1항과 5.4.1항에는

*“사고나 준사고 조사의 궁극적인 목적은 사고나 준사고를 방지하기 위함이며, 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.”*고 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.

초경량비행장치 사고조사보고서

항공·철도사고조사위원회, 열기구, 경착륙, 2018.4.12., Cameron Z-275, S5001Y, 제주 남원읍 영아리오름 인근, (주)오름열기구투어, ARAIB/UAR 1803, 초경량비행장치사고 조사보고서, 대한민국 세종특별자치시

대한민국 항공·철도사고조사위원회는 독립된 항공사고조사를 위한 정부 기구이며, 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 및 「국제민간항공조약」 부속서 13의 규정에 의거하여 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 가름로 232, 세종비즈니스센터 A동 604호

우편번호: 30121

전화: 044-201-5447

팩스: 044-868-2406

전자우편: araib@korea.kr

홈페이지: <http://www.araib.go.kr>

차 레

개 요	1
1. 사실 정보	3
1.1 비행 경위	4
1.2 인명 피해	6
1.3 열기구 손상	6
1.4 기타 손상	6
1.5 인적 정보	7
1.5.1 열기구조종자	7
1.5.2 지상요원	7
1.6 초경량비행장치 정보	8
1.6.1 일반	8
1.6.2 급속방출시스템 RDS(Rapid Deflation System)	8
1.6.3 열기구정비 및 점검이력	9
1.6.4 중량 및 평형	9
1.7 기상정보	10
1.8 항행안전시설 및 장비	13
1.9 통신	14
1.10. 이착륙장 정보	14
1.11 비행기록장치	16
1.12 잔해 및 충격정보	16
1.13 의학 및 병리학적 정보	22
1.14 화재	22
1.15 생존분야	22
1.16 시험 및 연구	23
1.17 조직 및 관리정보	23

1.18 추가정보	24
2. 분석	25
2.1 일반	25
2.2 비행의 재구성	25
2.3 열기구안전성	29
2.4 열기구비행의 운영	30
2.5 조종자 및 지상요원 자격	32
2.6 지형	33
2.7 사고당시 기상상태	34
3. 결론	37
3.1 조사결과	37
3.2 원인	38
4. 안전 권고	39
4.1 열기구협회에 대하여	39
4.2 항공정책실에 대하여	39
4.3 지방항공청에 대하여	39

긴급착륙 중 난기류로 인한 경착륙

- 열기구 운영자: (주)오름열기구투어
- 열기구 제작사: 영국 캐머론 열기구(Cameron balloons Ltd, UK)
- 열기구 형식: Cameron Z-275
- 열기구 등록부호: S5001Y
- 발생장소: 제주시 남원읍 신흥리 산164 영아리오름 인근
(좌표: 33°37'55"N, 126°69'84"E , 고도: 359m)
- 발생일시 : 2018년 4월 12일 08:09경(한국표준시각)¹⁾

개 요

2018년 4월 12일 08:09경, 지역경관조망을 위해 승객 12명과 조종자 1명이 탑승한 (주)오름열기구투어 소속 열기구 캐머론 Z-275, S5001Y(이하 “S5001Y”라 한다)가 서귀포시 남원읍 영아리오름 인근에서 난기류를 동반한 기상변화에 대응하여 착륙하는 과정에서 경착륙하였다. S5001Y가 지면에 충격되었을 때 승객 중 11명은 바구니에서 튕겨나갔고, 다시 부상하여 약 190m 떨어진 방풍림에 걸려 정지하였다.

이 사고로 조종자는 사망하였고 모든 탑승객이 중경상을 입었다.

항공·철도사고조사위원회(이하“위원회”라 한다)는 사고의 원인을 「① 갑작스런 돌풍과 풍향의 변화에 대응한 긴급착륙 시도 중 조종자의 급속방출밸브(rip panel)의 조기조작 ② 조종자의 안전벨트 설치 및 착용 규정 미준수」로 결정한다.

기여요인으로는 「사업계획서 안전관리대책(운영시간, 풍속제한 등) 미준수」로 결정한다.

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

위원회는 사고 조사 결과에 따라서 열기구협회에 3건, 항공정책실에 1건, 지방항공청에 1건의 안전권고를 발행한다.

1. 사실 정보

1.1 비행 경위

2018년 4월 12일 05:00경, 제주시 구좌읍에 소재한 (주)오름열기구투어 본사에 지역경관조망을 위해 탑승객 12명이 모였고, 조종자는 탑승객들에게 기본적인 기상상태, 비행계획을 설명하고 안전브리핑을 실시하였다.

05:35경 조종자는 회사 차량을 이용하여 탑승객을 태우고 이륙예정 장소인 한국폴로컨추리클럽으로 이동하면서 헬륨풍선(pilot balloon)을 이용하여 풍향풍속점검을 실시하였다.

06:00경 최초 이륙예정 장소에 도착한 조종자는 기상정보와 헬륨풍선을 이용한 풍향풍속점검 후 이륙장소 변경을 결심하였고, 탑승객에게 이륙예정 장소를 와산리운동장으로 변경되었음을 알리고 변경된 이륙예정 장소로 이동하였다.

06:40경 와산리운동장에 도착하여 조종자는 기상정보와 헬륨풍선을 이용하여 기상상태를 확인하고 이륙을 결정하였고, 2명의 지상요원에게 트레일러에서 S5001Y를 내리고 구피²⁾를 펼치는 등의 작업을 지시하였다. 구피에 송풍기를 이용해 바람을 넣는 등의 일부 작업은 탑승객들이 돕기도 하였다.

S5001Y가 세워지자 직원들은 크라운라인³⁾(Crown line) 붙잡고 있었으며, 조종자는 탑승객의 인원을 확인하고 4곳으로 나뉘어져 있는 바구니의 승객 자리에 앉을 사람을 정하여 각각 3명씩 탑승시켰다. 승객이 모두 탑승한 후 조종자는 착륙 시의 행동요령 등에 대한 주의사항을 설명하였고, S5001Y는 07:33경 이륙하였다.

S5001Y는 이륙 후 안정적인 비행을 하였으며, 날씨가 맑아 조종자는 탑승

2) 열기구의 부력을 확보하는 구체형태의 가벼운 합성섬유재질의 부분

3) 열기구의 의도하지 않은 부양을 방지하기 위해 기구의 정점으로부터 지상까지 내려오는 밧줄

객에게 멀리 전라도지방의 육지가 보인다고 하였다. 비행을 시작한지 약 30분 후 첩망오름 인근에서 S5001Y는 시속 약 43km(12m/sec)의 대지속도로 비행하였으나, 탑승자들은 살짝 바람이 분다고만 느꼈다고 하였다.

08:05경, 444.5m 높이의 분화구인 첩망오름을 지난 S5001Y는 빠른 속도로 하강하였고, 조종자는 부력을 높이기 위해 버너를 사용하여 상승을 시도하였으나 계속 하강하여 영아리오름 주변의 약 15m 높이의 나무숲 위에 바구니가 내려앉아 나뭇가지에 걸렸다. 조종자는 승객을 안심시키고 탈출을 시도하여 약 1분40초만에 나무숲 위에서 빠져나왔다.

탈출 직후 S5001Y는 급속히 상승하였고, 08:08:26에 조종자는 선회용 배출구(turning vent)를 이용하여 바구니를 착륙에 적합한 방향으로 선회하도록 조종하고, 08:08:53에 안전벨트를 착용하였으며 탑승객들에게 착륙준비자세를 취하도록 지시하였다. 이때 GPS 자료에 따르면 바람의 속도가 빨라지고 진행방향도 왼쪽으로 급격히 바뀌고 있었다. S5001Y는 바람의 방향이 바뀌면서 예상된 착륙경로를 좌측으로 30도 이상을 벗어나 방풍림방향으로 진행하였다.

조종자는 08:09:28에 급속방출시스템(RDS) 라인을 잡아당기기 시작하면서 “꽉 잡아요”, “세계 칩니다”라고 크게 소리쳤고, 예상경로를 이탈한 열기구 08:09:39에 바구니의 좌측 전방 모서리가 지면에 충격되었다.

S5001Y가 지면에 충격되면서 11명의 탑승객과 항행장비(Variometer, Locus map, GPS) 등이 바구니에서 튕겨나갔고, 탑승객 1명은 바구니에 남아 있었으며 조종자는 안전벨트에 묶여 바구니 밖에 매달린 상태로 지면에서 약 70m를 끌려갔다.

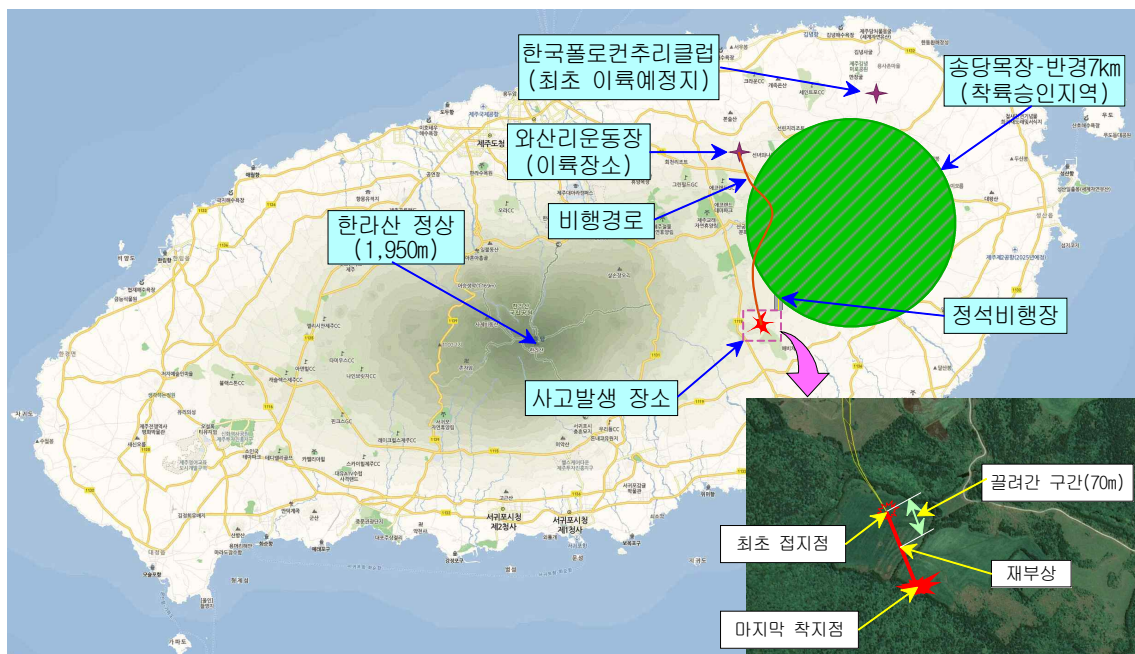
탑승객이 바구니에서 튕겨나가 무게가 줄어든 S5001Y는 다시 부상하여 약 15m 높이의 방풍림을 넘어 처음 지면에 충격된 지점으로부터 약 190m 떨어진 곳에서 08:10:04에 착지하였고, 구피는 인근 나무숲 언저리에 걸친

채로 멈췄다. 안전벨트에 매달려있었던 조종자는 마지막 착지점에서 300kg의 바구니 밑에 깔렸다.

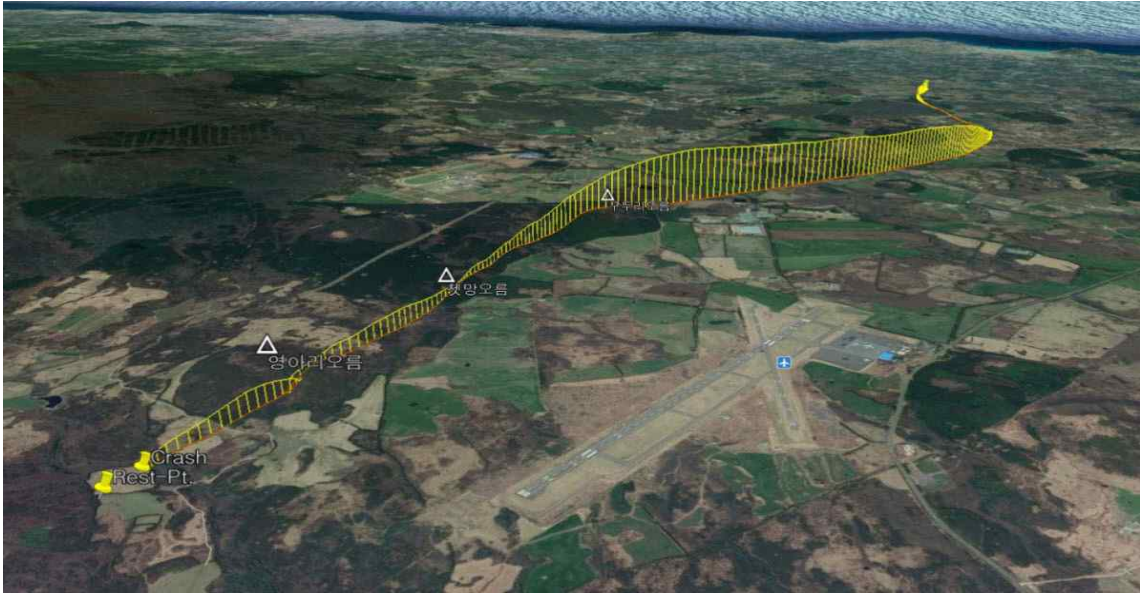
인근에서 나물을 채취하던 주민 2명이 사고현장을 목격하고 119구조대로 신고하였으며, 최초 착지점 인근에서 충격으로 바구니에서 이탈되었던 탑승객들은 서로 사태 파악을 하며 멈춰선 S5001Y 근처로 모였고 바구니 밑에 깔려있던 조종자를 발견하고 바구니를 들어 구출하였으며 119구조대에 재차 신고하였다.

119구조대는 정확한 사고위치를 파악하기가 어려웠고, 사고현장은 울타리로 차단된 사유지이었기 때문에 접근이 어려워 사고발생 약 1시간 후인 9시 5분경에 현장에 도착, 구호조치를 실시하였다. 탑승객은 부상 정도에 따라 병원으로 분산 이송되었으며, 조종자는 현장에서 응급구조사의 심폐소생술 등의 처치를 받고 병원으로 이송되었으나 병원에 도착하여 사망판정(DOA)을 받았다.

다음 [그림 1]은 S5001Y의 이착륙지점과 비행경로를 표시하였고, [그림 2]는 Locus Map의 자료를 이용하여 전체비행경로를 3차원으로 구현한 것이다.



[그림 1] S5001Y의 비행경로 및 이착륙지점



[그림 2] 전체 비행경로

1.2 인명 피해

피해정도	조종자	탑승자
사망	1	0
중상	0	5
경상	0	7
계	1	12

[표 1] 인명피해 현황

1.3 열기구 손상

S5001Y의 구피는 바람이 빠진 상태로 방풍림에 걸려 있었다. 승객이 탑승 하였던 바구니는 충격으로 약간 휘어진 부분이 있으나 전체적으로는 정상적인 형태를 유지하고 있었다. (주)오름열기구투어는 사고 후 나무에 걸린 구피를 손상 없이 회수하려고 하였으나 현장여건으로 시기적으로 늦어지는 바람에 우천으로 인해 재사용이 불가능할 정도로 손상되었다.

1.4 기타 손상

기타 손상 없음

1.5 인적 정보

1.5.1 열기구조종자

S5001Y 조종자(54세, 남)는 유효한 열기구 조종자자격증명⁴⁾, 열기구지도조종자 자격증명⁵⁾을 보유하고 있었다. 조종자는 캐나다, 케냐, 탄자니아의 열기구조종자면허를 가지고 있었다. 캐나다 열기구조종자면허는 유효한 상태였다.

조종자의 비행시간은 총 2,200시간이 넘는 것으로 알려졌으나 비행기록을 확인할 수 없어 정확한 비행시간은 확인이 불가하였다. 조종자의 지인들은 조종자가 케냐와 캐나다에서 6년 이상 상업비행에 종사하였다고 하였고, 케냐 업체의 홈페이지에서 조종자가 비행하는 영상을 확인할 수 있었다.

조종자의 최근 비행은 2017년 10월 10일로 확인되었다. 10월26일자에 3명의 열기구 탑승동의서가 있었지만 비행여부는 확인할 수 없었다.

조종자의 사고발생 전 72시간 행적은 당사자의 사망으로 확인이 불가능하였다. 사고 당일인 4월12일은 05시경 탑승자들과 집합장소인 회사사무실에서 비행준비 및 비행브리핑을 하였고, 08:09경 사고가 발생하였다.

1.5.2 지상요원

사고당일 지상요원은 2명이 있었고, 이들에게 맡겨진 주 임무는 구피를 펼치고 구피 내에 공기를 불어넣는 작업과 이륙 전 고정 및 착륙 후 회수하는 작업이었다. 지상요원들은 열기구 또는 비행에 관한 충분한 지식을 가진 사람이 아닌 단순작업을 수행하는 일용직 노동자이었다.

4) 열기구조종자자격증명 자격번호 : 91-001728 (2012.05.07발급)

5) 열기구지도조종자자격증명(2013.11.21등록)

1.6 초경량비행장치 정보

1.6.1 일반

구분	내용	비고
등록부호	S5001Y	
형식	카메론 Z-275	자유식 열기구
제작번호	CN11627	
제작사	Cameron Balloons Limited, Bristol, UK	버너, 바구니 포함
제작연도	2016년	
구피 일반 제원	지름: 26m, 체적: 7,788m ³ ,	
	최대이륙중량: 2,192kg	평균해면고도 0 조건(0 AMSL condition)
	이륙허용중량: 2,145kg	해면고도 245m일 때(와산리 이륙 장소)
	이륙총중량: 1,840kg	무연료중량 + 최대연료중량 + 탑승자 (승객12, 조종자1) x 80kg
특별장비	RDS(Rapid Deflation System)	구피의 공기를 급속도로 제거하는 장치
	Turning Vent	구피가 회전할 수 있도록 하는 장치
버너	품명: Safire double burner	- 프로판가스 사용
	형식/제작번호: CB4002/11627	- 압력 7 bar일 때 115,000KW - 적용범위: 180,000 ~ 315,000ft ³ (5,098 ~ 8,920m ³)
바구니	품명: 250TT	수용능력: 12 탑승자, 1 조종자
	형식/제작번호: CB3004/BC141	

[표 2] S5001Y 제원 현황

1.6.2 급속방출시스템 RDS(Rapid Deflation System)

S5001Y는 공기를 제거하는 밸브가 있다. 붉은색과 흰색의 밧줄(rope)로 된 공기배출 조종줄(Vent line)과 붉은색의 밧줄로 된 급속배출 조종줄(Rip line)으로 조종된다.

공기배출 조종줄을 비행 중에 당기면 파라슈트 밸브가 열리면서 구피내의 뜨거운 공기가 빠져나가고, 놓으면 구피내의 공기의 압력으로 밸브가 닫힌다. 이러한 작동으로 비행 중 기구의 고도를 조종하는 용도로 사용한다.

급속방출시스템(RDS: Rapid Deflation System)은 착륙 후에 열기구내의 공기를 빨리 방출시켜 열기구의 부피 및 부력을 줄여 착륙 후에 바람에 의한 의도치 않은 기구의 움직임이 일어나지 않도록 하는 장치이다. 급속배출 조종줄을 당기면 파라슈트 밸브가 세로로 접혀 구피 상부의 가운데 구멍이 튜립모양을 이루면서 공기가 급속히 방출된다. 또한, 공기배출 조종줄을 당겨서 RDS의 작동을 중단시키고 원상태로 회복할 수 있다.

1.6.3 열기구 정비 및 점검이력

조종자는 비행전후의 정비점검을 위하여 ‘열기구안전성점검표’를 이용하고 있었다. 열기구안전성점검표는 항공안전기술원이 초경량비행장치점검에 사용하는 점검표와 동일한 양식이었다.

조종자는 2016월 11월 23일에 제작사인 영국의 캐머론 열기구회사⁶⁾에서 진행된 정기검사과정 정비교육을 이수⁷⁾하였다.

S5001Y의 최근 연간검사(100시간 또는 1년 중 먼저 도래하는 시점에 실시)는 2017년 7월 09일에 제작사 정비교범⁸⁾ 6.5에 따라 조종자에 의해 수행되었다. 점검기록에 의하면 구피의 운영시간은 12시간 미만이었으며 전반적 상태는 완전한 것으로 기록되어 있었다.

항공안전법에 따라 항공레저스포츠사업용으로 사용되는 열기구는 국토교통부로부터 위탁받은 항공안전기술원에서 매년 안전성인증을 받도록 되어 있으며, S5001Y는 2017년 7월에 안전성인증⁹⁾을 받았다.

1.6.4 중량 및 평형

비행전반에 걸쳐 열기구는 총중량의 허용범위 내에 있었으며, 바구니내의

6) Cameron Balloons Ltd., Bristol, UK

7) 이수증 : CBLMK2223112016-00132

8) Hot air balloon maintenance manual, Dec 2011, Cameron Balloons Ltd.

9) 안전성인증번호 : KQ17-0669, 유효기간은 2018.7.21까지

인원 및 연료통은 균형을 맞추어 위치하였다.

S5001Y의 중량 현황은 다음과 같다.

- 최대이륙중량: 2,192kg (0 AMSL¹⁰⁾ , ISA¹¹⁾ condition)
- 이륙 시 허용 최대이륙중량: 2,145kg (245m AMSL , 와산리 ISA condition)
- 이륙총중량: 1,840kg (ZFW¹²⁾ + Fuel weight + (12pax+1crew x 80kg)

1.7 기상정보

조종자는 기상청의 현재기상 및 기상예보, windy.com의 기상자료를 비행에 참고하여 비행여부를 판단한 것으로 조사되었다.

열기구 조종자들은 기상청이 발표하는 기상자료 중 분단위 기상측정치인 AWS, 매시 발표하는 3시간 범위의 초단기예보, 3시간 단위로 약 72시간의 범위를 예보하는 단기예보 형태의 기상예보를 참조하였다

windy.com의 자료는 유럽중기기상예측센터의 모델인 ECMWF¹³⁾, 미국국립 기상청(US National Weather Service)의 모델인 GFS¹⁴⁾를 이용한 예측치를 그래픽으로 보여주었다. 모델별로 예측치는 일부 상이하고 각각의 모델별 기상예보가 확인이 가능하였다. 풍속과 풍향이 비행에 큰 영향을 미치는 초경량 비행장치의 운용자들은 이 사이트의 자료를 적극 사용하고 있었다.

조종자는 비행 중 고도계, 수직속도계, 속도계와 온도계가 결합된 장비인 Variometer(Flytec 4005)를 이용하여 풍향, 풍속, 속도 등을 판단하였다.

제작사의 비행교범(flight manual)에 따르면 열기구 이륙시점의 지상풍속이 15kts (7.7m/s)이면 자유비행을 실행하지 않아야 한다고 되어 있었다. 또한

10) AMSL: Above Mean Sea Level

11) ISA: International Standard Atmosphere(1013.25 hPa, 15°C)

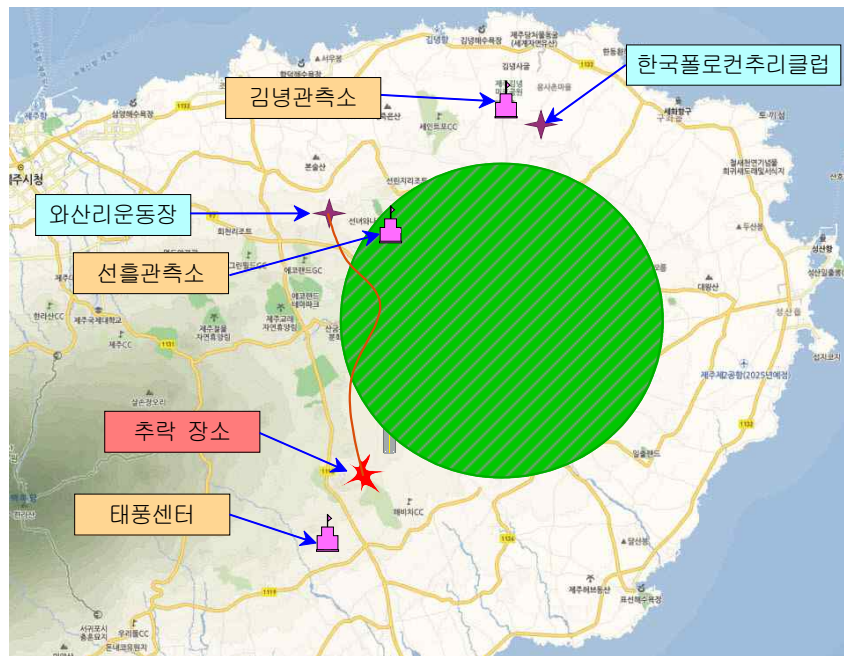
12) ZFW: Zero Fuel Weight(무연료중량)

13) European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

14) Global Forecast System: National Centers for Environmental Prediction

예정된 착륙시점의 착륙지점 지상풍속이 15kts (7.7m/s)를 넘을 확률이 높을 때에도 자유비행을 실행하지 않아야 한다고 되어 있었다.¹⁵⁾

열기구조종자는 사업계획서에서 풍속이 6kts(3m/s) 이상이면 비행계획을 취소하고 비행 중 풍속이 10kts(5.5m/s) 이상이 예견될 경우 즉시 착륙 후 비행을 종료하겠다고 하였다. 이착륙지점과 인근 기상관측지점의 위치는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 이착륙지점과 인근 기상관측점

이륙을 포기한 한국폴로컨트리클럽에서 1.2km 떨어진 김녕관측소의 관측 기상정보는 다음 [표3]과 같다. 바람의 방향이 280~310도 사이의 서풍으로 열기구 운영에 부적합하여 조종자가 이륙장소를 변경한 것으로 보인다.

15) 2.2 Hot Air Balloon Flight Manual, Cameron Balloons Ltd.

일시	기온(°C)	풍향(deg)	풍속(m/s)
5:30	6.9	280.8	0.3
5:35	6.9	304.8	0.6
5:40	7	349.3	0.3
5:45	6.8	301.8	0.8
5:50	6.6	310.5	0.8
5:55	6.4	292.3	1
6:00	6.1	281.1	1.2
6:05	6.2	284.8	1.5
6:10	6.3	273.4	1.4

[표 3] 김녕관측소 관측 기상정보

실제 이륙한 장소인 와산리운동장에서 2.7km 떨어진 선흘관측소의 관측 기상정보는 [표4]와 같다.

일시	기온(°C)	풍향(deg)	풍속(m/s)
6:40	10.9	316.9	1.1
6:45	11.3	317.8	0
6:50	11.3	294.8	0
6:55	10.7	320.6	0
7:00	10.7	41.8	0
7:05	10.3	58.8	0
7:10	10.7	10.3	1
7:15	10.9	349.8	1.6
7:20	10.5	275.6	0
7:25	10.1	53.9	0
7:30	10.7	232.7	0
7:35	10.9	189.5	0
7:40	10.9	201.6	0.5

[표 4] 선흘관측소 관측 기상정보

실제 착륙장소인 남원읍 영아리오름에서 약 5km 떨어진 국가태풍센터의 관측 기상정보는 [표5]와 같다.

일시	기온(°C)	풍향(deg)	풍속(m/s)
7:55	15.7	12.1	2.2
8:00	15.7	37.3	1.8
8:01	15.7	27.6	1.8
8:02	15.7	22	2.7
8:03	15.8	23.8	1.8
8:04	15.8	29.6	1.7
8:05	15.8	34.8	2.1
8:06	15.8	40.5	1.8
8:07	15.8	16.7	1.9
8:08	15.8	36.7	1.8
8:09	15.8	1.9	1.6
8:10	15.9	31	2
8:11	15.9	23.3	2
8:12	16	16.4	2.5
8:13	16	11.5	2.7
8:14	16	30.4	1.8
8:15	16	47.7	1.6

[표 5] 국가태풍센터 관측 기상정보

기상청이 발표한 사고 당시 기상관측치는 조종자가 사업계획서에서 제시한 풍속 제한치 미만이었다.

1.8 항행안전시설 및 장비

현행법상 요구되는 항행시설 및 장비는 없으며 조종자는 비행의 안전을 위해 다음의 장비를 비행 중 운용하고 있었다.

가. Flytec 4005 Variometer

고도계, 수직속도계, 속도계와 온도계가 결합된 장비로 패러글라이더와 같은 초경량비행장치 운영자가 사용하는 개인용 항행장비이다. 조종자는 이 장비를 이용 비행 중 비행조건을 확인하였다 이 모델은 비행경로 등의 자료가 기록되지 않는다.

나. GarminGPS MAP60S

미국 Garmin사의 제품으로 GPS인공위성 신호를 이용하여 현재 자신의 위치를 알 수 있는 장비이다. 이 모델 역시 비행자료는 기록되지 않는다.

다. Locus Map Program

스마트폰이나 PC에서 운용할 수 있는 내비게이션 프로그램으로 체코 공화국 Asamm Software사 제품이다. GPS 위성에서 받은 위치정보를 기초로 사용자 자신의 현재 위치를 지도상에서 확인할 수 있으며, 또한 이들 위치정보를 묶어서 이동경로 자료로 기록된다. 이 프로그램은 일정 이동거리의 변화가 감지되거나 실제 이동이 이루어지는 동안 설정된 시간 간격에 따라 기록되며 이는 사용자가 설정할 수 있다. 이 건의 경우에는 조종자의 태블릿에 프로그램이 설치되어 있었으며, 5초 간격으로 비행자료가 기록되어 있었다.

라. Keyco GPS Tracker

GPS 위치정보를 수신하여 주기적으로 통신사 서버시스템을 통해서 고객 스마트폰에 위치정보를 보내주는 위치추적기이다. 지상요원은 Keyco GPS tracker를 이용하여 열기구의 진행방향을 확인하고 도착지점으로 이동하였다. 통신사를 통하여 확보된 자료는 1분 20초 간격으로 기록되어 있었다. 이번 상황에서 지상요원이 열기구의 위치를 파악하는데 이용되었다.

1.9 통신

조종자는 비행 중 휴대형 무전기(Alinco DJ-CRX)를 이용하여 지상요원과 통신을 하였다. 이 무전기의 주파수 범위는 VHF: 136~174MHz, UHF: 400~480MHz 이다.

1.10 이착륙장 정보

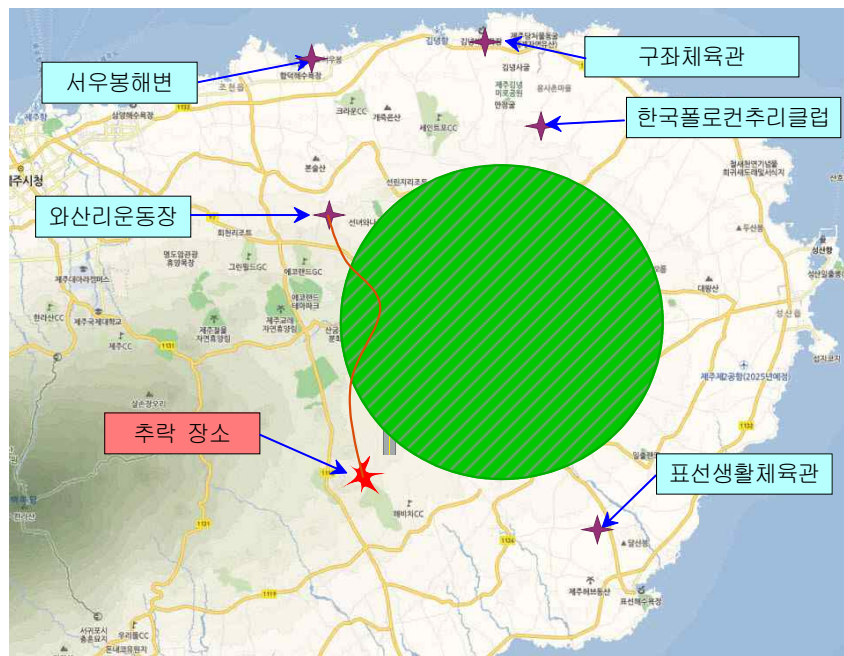
항공안전법, 항공사업법에는 열기구의 이륙과 착륙을 위하여 특별한 시설이 요구하고 있지는 않으나, 열기구의 크기 때문에 넓은 평지가 운용에 용이하다.

사업계획서에 따르면 약 20군데의 예비후보지가 있었으나 소유주의 허락을 받은 5곳만을 이륙지로 신청하였고 그 현황과 위치는 [표 6] 및 [그림 4]와 같다.

장소	주소	좌표
서우봉해변	조천읍 함덕리 산 13	33.32.37.09N 126.40.16.52E
와산리체육공원	조천읍 와산리 1176	33.29.05.29N 126.40.45.89E
구좌체육공원	구좌읍 김녕리 497-1	33.33.22.71N 126.45.45.19E
표선체육공원	표선면 하천리 1832-1	33.21.13.62N 126.48.57.80E
송당마을목장	구좌읍 송당리 164-4	33.26.33.62N 126.46.25.80E

[표 6] 이착륙지 주소 및 좌표

착륙지는 송당목장을 중심으로 반경 7km 이내로 지정되어 있었으며, 불가피하게 지정된 반경 외부에 착륙할 경우 민원이 발생하지 않는 나대지나 휴경지 등의 안전한 장소를 선택하여 착륙하는 것으로 되어 있었다.



[그림 4] 이륙 및 착륙 장소 정보

1.11 비행기록장치

S5001Y는 초경량비행장치로 분류되어 비행기록장치의 장착 의무가 없어 장착되어 있지 않았다. 조종자는 비디오카메라(Gopro)를 구피의 마우스 부분에 설치하여 비행 전반에 걸쳐 촬영될 수 있도록 하였다. 위원회는 조종자가 설치한 비디오의 영상과 탑승자가 촬영한 동영상 그리고 locus map 자료를 이용하여 항적과 조종자의 조종동작을 확인할 수 있었다.

1.12 잔해 및 충격정보

회수한 구피와 바구니 등의 잔해에 대한 정밀한 확인 작업 결과, 착지시에 바구니가 충격을 흡수하며 휘어진 부분을 제외하고 비행에 영향을 줄 수 있는 비정상적인 부분은 발견되지 않았다.

1.12.1 구피 (Envelop)

열기구의 구피부분은 사고 후 공기가 빠진 상태로 방풍림에 걸려있었으나 소유권자인 (주)오름열기구투어에서 구피의 손상 없는 회수를 요구하며 직접 회수하겠다고 하였다. 회수작업은 연약지반, 사유지로 인한 장비반입 등의 문제로 10일 정도 늦어졌고, 그 동안 우천 등 환경적인 변화 및 회수작업의 안전 문제 등으로 결국 구피를 절단하여 회수하였다.

회수작업 과정에서 구피의 손상여부를 확인하였으나 구피에 이상 부분은 발견하지 못하였다.

1.12.1.1 고어(gore: 열기구의 구피부분을 구성하는 얇은 나일론 판)

상부, 중단부 및 하부의 3개의 구역이 있고 각 구역은 특성이 다른 천의 재질을 가지며 각각의 부위는 원래의 재질특성을 잃지 않은 상태이었다.

1.12.1.2 박음질테이프(Load tape: 구피부분을 구성하는 고어를 연결하는 보조재)

구피형태를 유지할 수 있게 하고 고어를 연결하는 기능을 하는 강한 섬유로 고어와 함께 박음질하여 연결하는 부분으로 박음질상태와 고어부분의 폴립상태 등은 없었다.

1.12.1.3 크라운 링(crown ring)

구피의 정점에서 박음질테이프가 적정 간격과 중심을 잡아주는 금속의 링으로 연결된 박음질테이프와 링의 상태는 양호하였다.

1.12.1.4 도르래(pulley)

조종을 위한 라인의 엉킴을 방지하고 vent line(parachute valve를 작동시키는 밧줄) 조종을 용이하게 하는 도구인 도르래의 장착 및 작동상태를 점검하였으며 이상이 없었다.

1.12.1.5 열감지 테이프형 표식(Heat sensitive tag)

구피내부의 온도를 감지하여 감지된 온도를 나타내는 표식으로 과열이 진행되었는지를 판단할 수 있게 하는 장치로 확인결과 93도를 가리키고 있었고, 이는 운용 중 과열된 적이 없음을 나타낸다. 매뉴얼에 의하면 구피의 온도는 120도를 넘지 않아야 한다고 규정하고 있다.

1.12.1.6 멜팅링크(streamer and bimetal melting link)

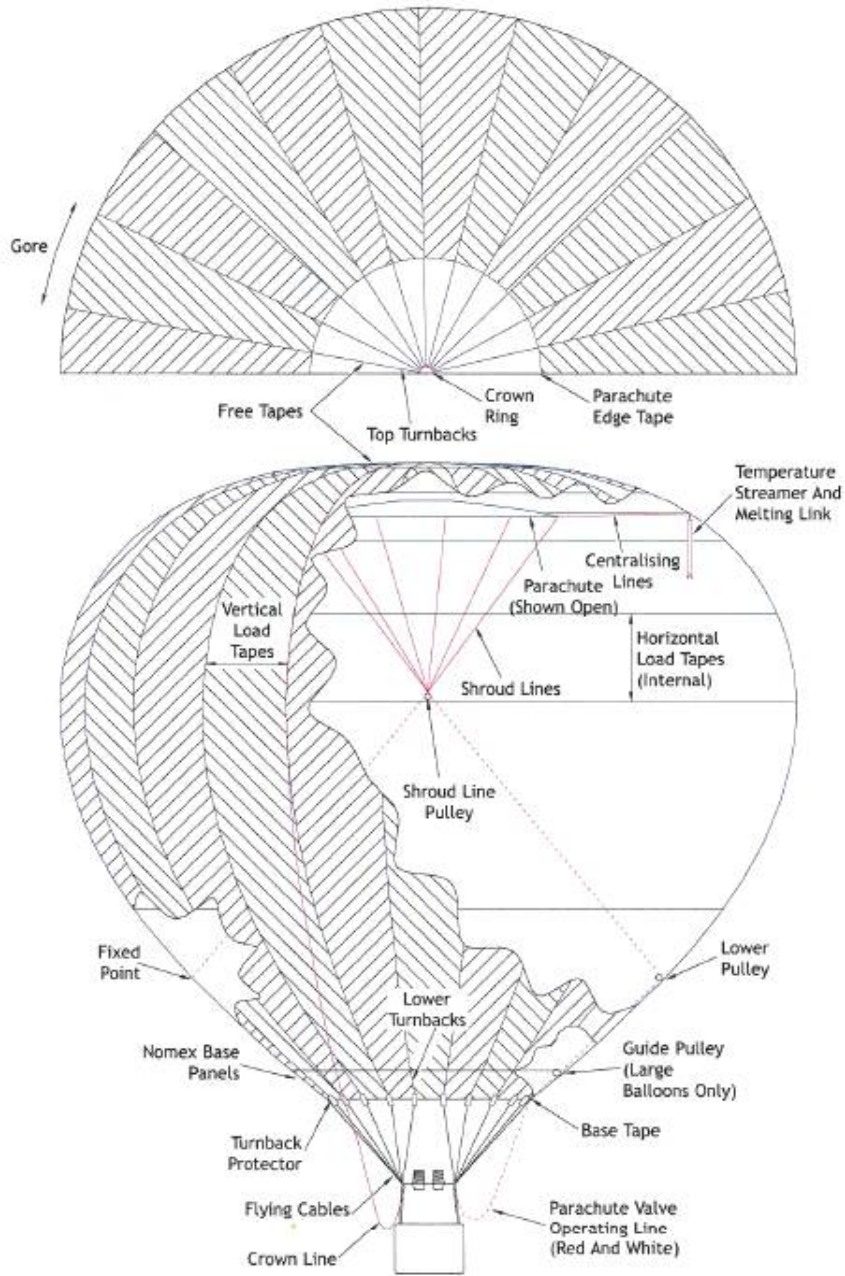
구피의 상단에 위치하면 상단부의 온도가 위험한 온도(127℃)에 도달하면 금속이 녹아 분리되면서 연결된 표지(streamer)가 떨어져 조종자가 과열위험을 인지할 수 있도록 하는 장치로 양호한 상태로 제 위치에 있었다.



[그림 5] 열기구 내부 열감지인식표 및 과열경고 리본

1.12.1.7 케이블(flying cable)

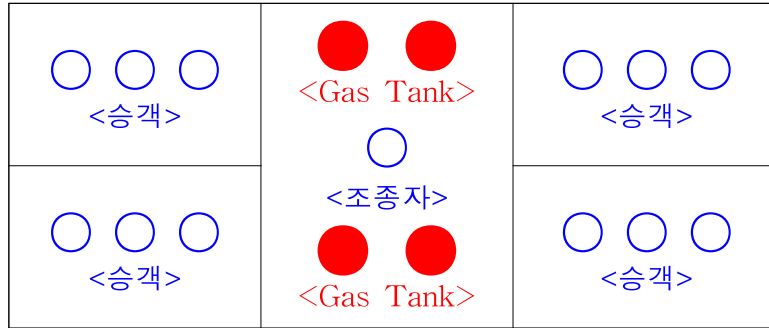
구피와 바구니를 연결하는 금속케이블은 카라비너를 이용하여 바구니의 4군데 모서리에 연결된다. 금속케이블은 부식이나 풀림이 없이 양호한 상태였다.



[그림 6] 열기구의 부위별 명칭

1.12.2 바구니

바구니는 열기구에 승객들이 탑승하는 장비이며 충격으로부터 탑승자를 보호할 수 있도록 강철프레임과 나무를 엮어서 만들어져 있다. 사고 당시 바구니는 충격으로 일부 휘어짐이 있었으나 바구니 자체가 탑승객의 안전을 위협할만한 결함은 없었다. 탑승객, 조종자 등의 위치는 [그림 7]과 같다.



[그림 7] 열기구 바구니 구조 및 탑승객 등 위치

1.12.3 조종자 안전벨트

조종자 안전벨트는 충격이 가해졌을 때 보호장치인 바구니 밖으로 조종자가 튀어나가지 않도록 하는 용도이다. 비행교범에 따르면 조종자의 안전벨트는 바구니의 바닥에 가까운 설치장소(Anchor point)에 장착하도록 규정하고 있다. 사고 열기구의 조종자 안전벨트는 규정과 다르게 [그림 8]과 같이 연료탱크 부근, 바구니의 상단 부분에 연결되어 있었다. 잘못된 안전벨트 설치로 인해 조종자는 1차 경착륙 충격으로 튕겨나가 바구니 외부에 매달리게 된 원인이 되었다.



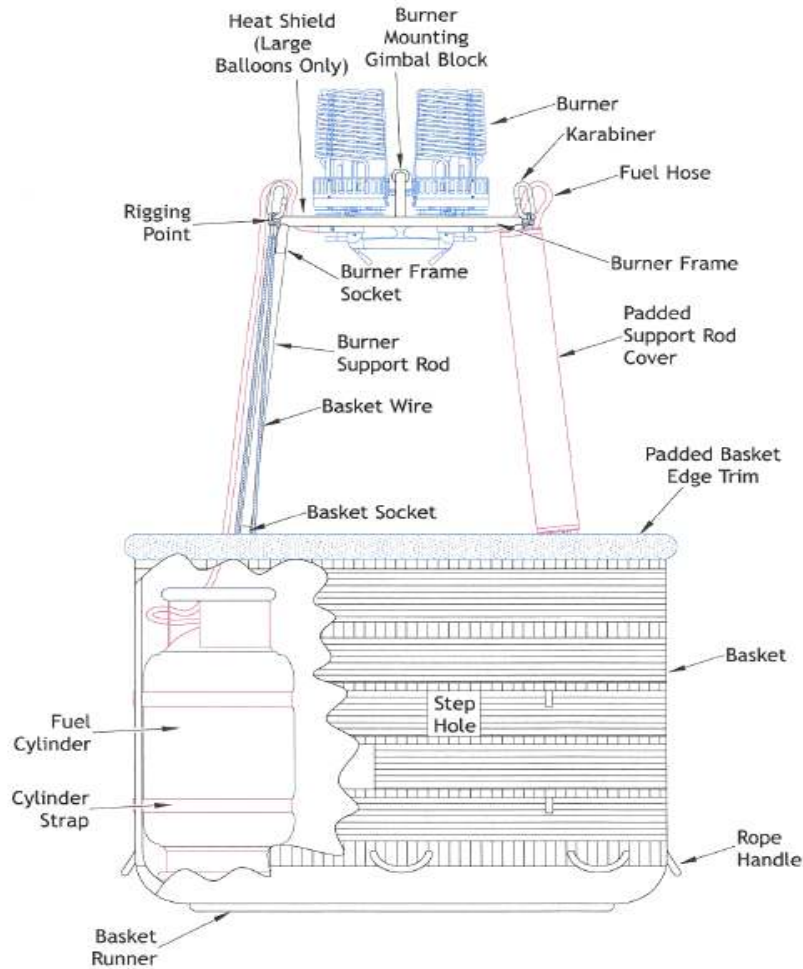
[그림 8] 안전벨트 장착부위

1.12.4 버너

외관상의 형태는 정상적이었으며 사고 후 시험결과도 양호하였다.

1.12.5 연료탱크 및 연결호스

바구니에 탑재된 4개의 연료탱크의 상태와 연결부위 그리고 버너로 연결되는 호스에 대한 점검결과 이상이 없었다. 연료량도 모두 35%이상으로 충분하게 남아 있었으며, 특이한 사항은 없었다.



[그림 9] 열기구 바구니의 부위별명칭

1.13 의학 및 병리학적 정보

조종자의 혈액 분석 결과, 알콜은 0.0010% 이내로 음주는 없었던 것으로 확인되었으며, 기타 허가되지 않은 약물에 대한 검사는 혈액량의 부족으로 검사가 불가하였다.

1.14 화재

이 사고로 인한 화재는 발생하지 않았다.

1.15 생존분야

사고당일 08시 09분 40초경 최초 충격으로 탑승객 중 11명은 바구니에서 이탈하였고, 무게가 가벼워진 열기구는 바구니 안 1명의 탑승객과 안전벨트에 묶인 조종자와 함께 재부상하여 최초 충격지점에서 약 190m 떨어진 곳에 착지하였다. 마지막 착지 시에 조종자는 바구니에 깔려 치명적인 부상을 입었다.

사고 직후에 인근 주민과 열기구에서 떨어진 탑승객이 119구조대에 신고하였고, 제주 동부소방서 119구조대는 08:11경 출동하였으나, 출동 소방서의 위치가 사고 장소와 멀고 사고 위치의 정확한 장소 파악이 어렵고, 또한 사고 장소가 울타리로 둘러싸인 사유지 내에 있어서 접근이 어려워 09:05경 현장에 도착하였다.

구조대는 현장에 도착하여 조종자에 대한 심폐소생술을 실시하였고, 서귀포의료원으로 후송하였으나 사망하였다. 조종자의 사인은 외상성 혈기흉, 외상성 심장 손상으로 착륙 시에 외상을 입은 것으로 판단된다.

탑승자들은 부상 정도와 지역 병원의 수용가능여부 등의 파악 후 09:30경

부터 분산 이송되었다. 탑승객 중 5명의 중상 승객은 척추 혹은 쇄골골절상으로 치료를 받았으며 나머지 탑승객은 가벼운 찰과상 및 타박상 치료를 받았다.

사고현장에는 소방대원 21명을 포함하여 경찰, 구급대 인원 등 동원된 총 41명이 출동하였고, 소방차량 9대를 포함하여 총 15대의 차량 및 장비가 현장 지원에 참여하였다.

1.16 시험 및 연구

이 사고와 관련하여 시험 연구할 사항은 없었다.

1.17 조직 및 관리정보

(주)오름열기구투어는 2015년4월16일 항공레저스포츠사업으로 사업자등록을 하였다. 회사는 법인의 형태를 가지고 있고 조종자와 대주주 2인 그리고 송당리 주민회가 이사회를 구성하고 있었다.

지상요원 2명과 사무실관리원 1명은 아르바이트형태로 고용되어 있었고, 정비와 운항부분은 사고 조종자가 전담하고 있었다.

비행시설로는 사무실, 기숙시설, 장비격납고, 차량 3대와 열기구운반용 트레일러가 있었다. 카메론 Z-275 모델의 열기구 1대를 보유하고 경관조망 체험비행에 사용하였다.

(주)오름열기구투어는 20여 곳의 이륙장후보지 중 4곳의 이륙장을 이해 당사자와 개별적으로 사용권계약을 맺어 확정하고 있었으며, 제주시 구좌읍 송당리 산 164-4 송당리 마을공동목장 인근 7km범위를 주 착륙장으로 사용하였다.

1.18 추가정보

1.18.1 비행 승인

(주)오름열기구투어는 항공안전법 제127조에 따라 제주지방항공청으로부터 3개월 단위로 비행승인을 받았다. 비행승인은 시계비행방식(Visual Flight Rule), 지표, 수면, 지상 장애물 상단으로부터 500ft미만의 고도를 비행하는 조건으로 승인되었다.

이번 비행은 2018.04.01.부로 승인된 제주지방항공청의 비행승인 후 최초 비행이었다. 비행예정경로 상에 정석비행장의 관제구역이 존재하여 정석비행장으로부터 비행허가도 취득하였다.

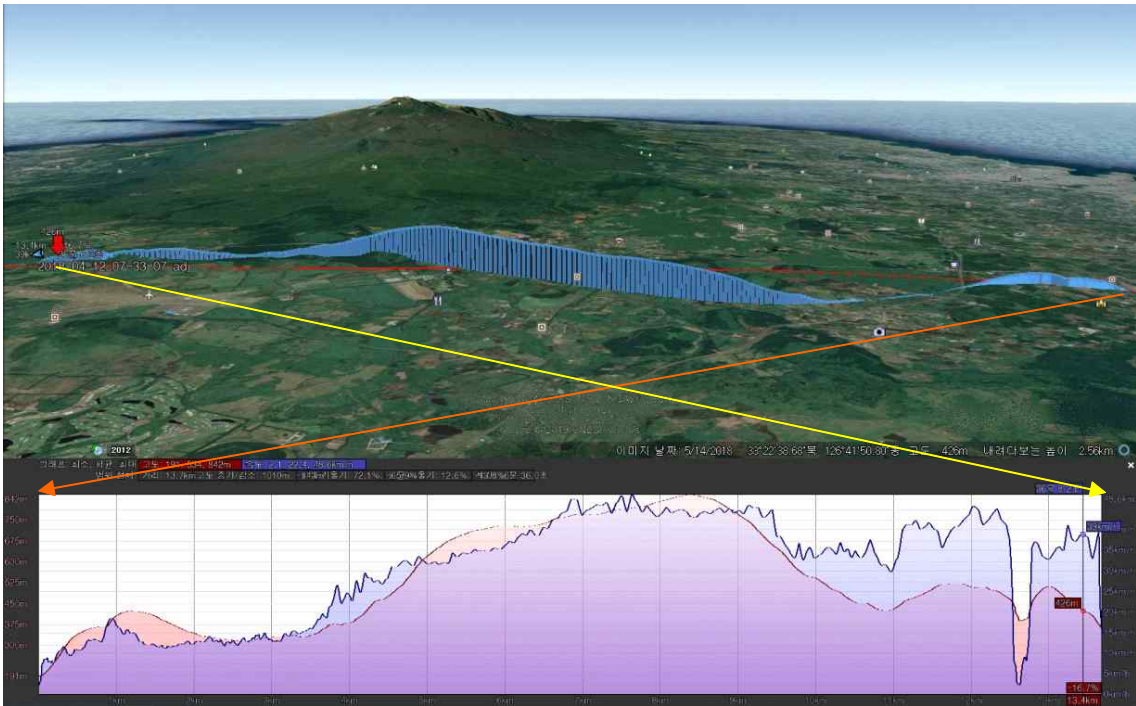
2. 분석

2.1 일반

위원회는 이 사고 원인과 관련하여 열기구의 구조, 기구의 결함, 운영, 기상, 조종 등 전 부분에 걸쳐 분석하였다.

2.2 비행의 재구성

비행경로와 비행조작은 Locus Map의 자료와 열기구에 설치된 카메라의 비디오의 영상을 주로 이용하여 재구성하였다.



[그림 10] 전체 비행경로 및 고도 속도

07:33:08에 와산리 운동장에서 이륙하였다. 탑승객의 증언에 의하면 안정적인 비행을 시작하였다고 하였다.

07:50경부터 조종자는 고도를 높이기 시작하였다. 열기구의 고도를 높이면서 상

층부의 바람의 속도가 빨라진 것으로 보인다. 이때부터 조종자는 풍속을 인지하고 안전한 착륙을 위한 지점을 찾기 위한 새로운 비행계획을 설정하려 노력을 하였을 것으로 보인다.

07:59경 구두리오름 인근에서 조종자는 풍속의 증가와 고도의 상승 및 풍향풍속의 변화를 인지하고 하강을 시도한 것으로 보인다.

08:00경 오름을 지나고 하강을 하면서 속도가 조금 낮아지고 (10m/s이하) 지형과 유사한 궤적의 비행을 하였다.

08:04경 첩망오름 인근에서 바람의 속도가 증가하면서 급격히 하강하였다. 이는 FAA의 열기구 비행지침서(Balloon Flying Handbook)에 정의된 rotor wind 현상¹⁶⁾이 나타난 것으로 보인다. 기구의 체적이 크고 이미 손실된 공기의 양이 많아서 조종자의 버너사용에도 불구하고 고도에 맞는 적정수준의 부력을 확보하기에는 많은 시간이 소요되는 것으로 보인다.

08:05:23에 영아리오름 인근의 나무에 걸리고 또한 금속배출장치의 밧줄(rip line)이 나뭇가지에 걸리며 다양한 조작에도 불구하고 비행복구가 지연되었다.

08:08:08에 나무로부터의 탈출이 이루어지고, 축적된 부력으로 기구가 급속도로 상승하였고 조종자는 상승하면서 조종줄을 이용해 구피내의 과도한 공기를 제거하며 고도에 따른 바람의 세기, 방향 등의 변화를 인지하며 착륙을 결심한 듯 하다.

08:08:34에 탈출후 고도안정이 이루어지자 조종자는 회전용배출장치(turning vent)¹⁷⁾를 이용하여 열기구의 바구니를 착륙자세로 조종하였다. 열기구는 착륙시에 바구니의 자세를 조종하는데 S5001Y와 같은 대형 열기구에서는 승객이 진

16) FAA Balloon Flying Handbook, FAA-H-8083-11A, pp4-24 바람이 지상과의 마찰등으로 속도가 낮아지면서 나타나는 바람의 회전현상

17) 회전용배출장치(Turning Vent): 구피의 옆면에 설치된 장치의 입구를 열어 바구니를 회전시키는 장치

행방향의 반대편을 바라보는 방식으로 조종한다.

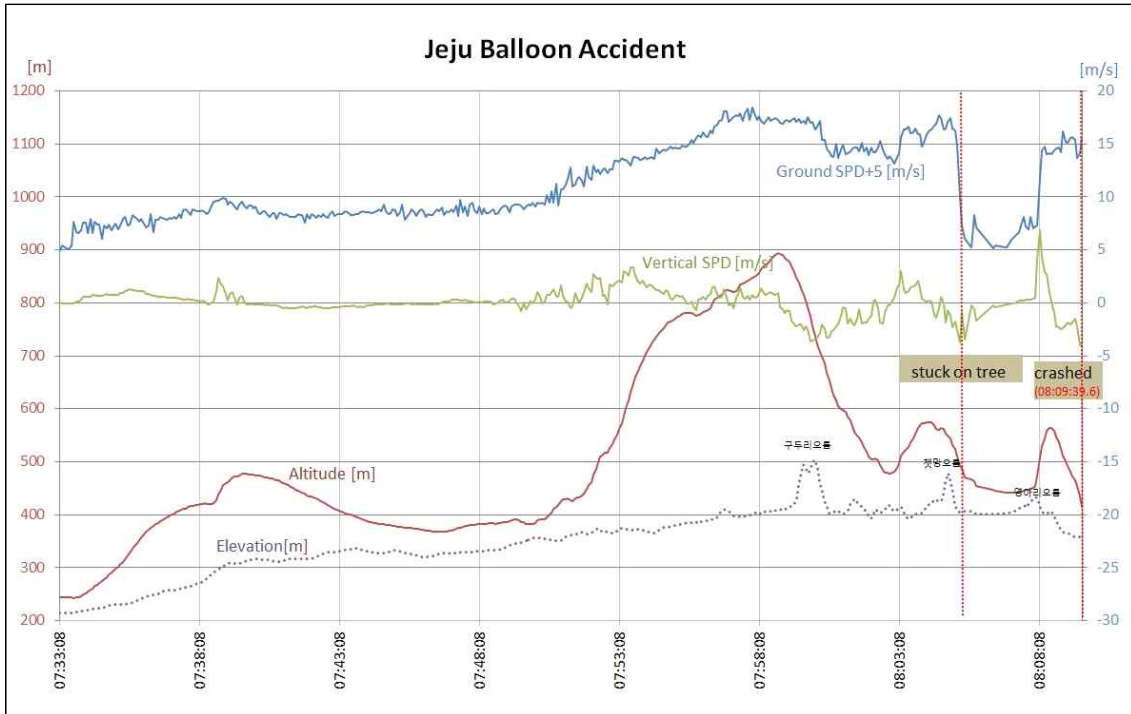
08:08:53에 조종자는 안전벨트를 착용하였다. 또한 승객에게 착륙이 임박했음을 알리고 착륙자세를 지시하였다. (Gopro 영상의 음성)

08:09:30에 조종자는 갑작스런 풍향의 변화에 대응하여 RDS를 작동하였다. 조종자는 탑승객에게 착륙이 임박함을 알리고 이어서 34초에 '췌게 칩니다. 꼭잡아 요'라며 착륙이 경착륙임을 알렸다.

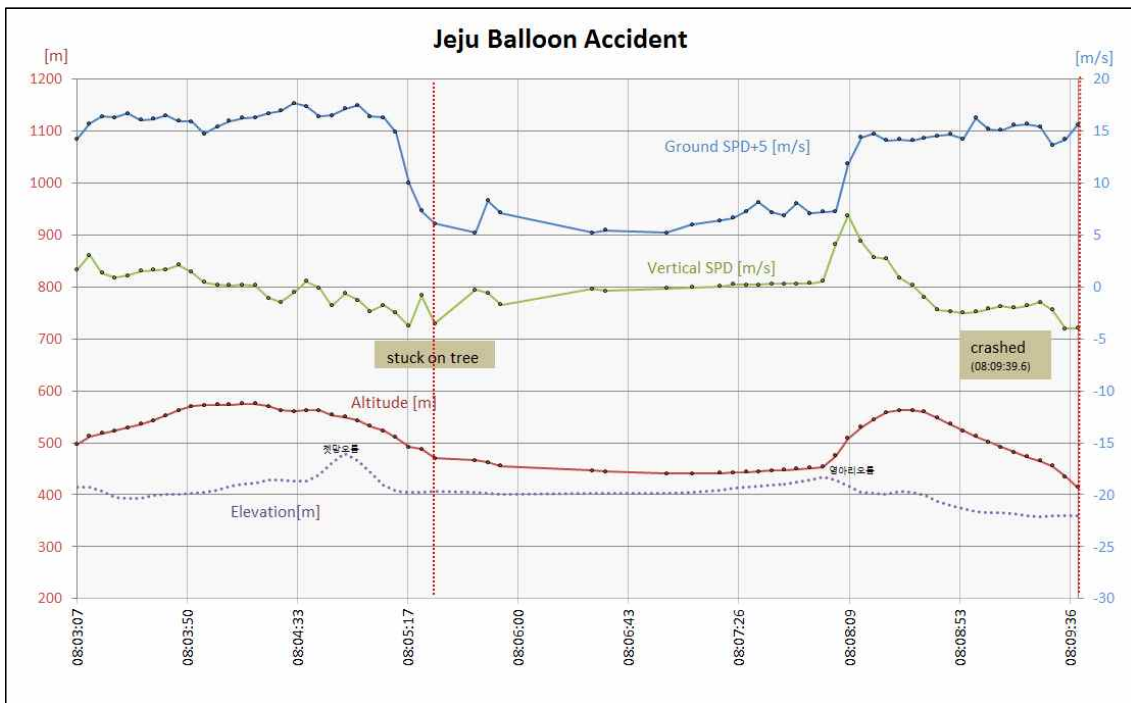
08:09:39에 최초 지상접촉이 일어나고 바구니가 수평이 아닌 모서리로 지상에 충돌하면서 일부 탑승객이 바구니로부터 이탈하고 이후에 70m 정도 끌려가면서 항행장비(Locus map, GPS, Variometer)와 조종자 및 추가적인 인원의 이탈이 발생하였다.

08:09:49 무게감소가 발생한 열기구에는 바구니 안에 탑승객 1명과 조종자를 매단 채 잔류 부력과 지상의 기상 요동(turbulence)으로 다시 부상하였다.

08:10:04 열기구는 방풍림을 넘어 마지막 착지지점에 내렸다. 마지막 착지지점에 착지하며 바구니 외부에 안전벨트에 묶여 매달려있던 조종자는 바구니에 깔리며 치명적 외상을 입은듯하다.



[그림 11] 전체 비행 분석



[그림 12] 착륙전 비행분석



[그림 13] 착지후 재부상

2.3 열기구의 안전성

기구의 부분별 점검의 결과 특이한 사항을 발견하지 못하였으며 열감지 멜팅링크나 열감지 테이프형 표시의 점검에서 과열현상은 발견되지 않았다.

열기구의 바구니는 탑승객을 충격과 외부의 위험으로부터 보호하도록 설계되어 있다. 매뉴얼에 따르면 조종자의 안전벨트는 바구니 하단의 바닥에 가까운 설치장소(Anchor point)에 장착하도록 규정하고 있다¹⁸⁾. 또한 안전벨트의 길이는 조종자가 바구니의 외부로 튀어나가지 않도록 짧게 조절하여야 한다고 명시되어 있다¹⁹⁾.

S5001Y의 조종자 안전벨트의 위치는 규정과는 달리 바구니의 바닥부분이 아닌 바구니의 중단 연료탱크사이에 위치하여 접지 시에 조종자가 외부로 튀어나와 바구니의 보호를 받지 못하였다.

18) 6.5.4 Hot Air Balloon Flight Manual, Cameron Balloons Ltd.

19) 4.7 Hot Air Balloon Flight Manual, Cameron Balloons Ltd.

2.4 열기구 비행의 운영

조종자의 사업계획서에 의하면 일출 후 약 한 시간을 운영시간으로 하고 있다. 조종자의 이륙장소 변경은 최초 예정장소에서의 기상점검 결과 바람이 서풍(비행시 착륙승인지역을 벗어남)이었기 때문으로 보이며, 결과적으로 1시간 이상 이륙시간이 지연되었다. 당일의 일출시간은 06:06으로 이륙장소의 변경은 결과적으로 더욱 불리한 기상환경을 직면하게 된 것으로 보인다. 또한 2018년도 최초의 비행이었고 홍보를 위한 홍보기자단의 탑승으로 인해 비행취소의 부담이 비행의사결정에 영향을 미친 것으로 보인다.

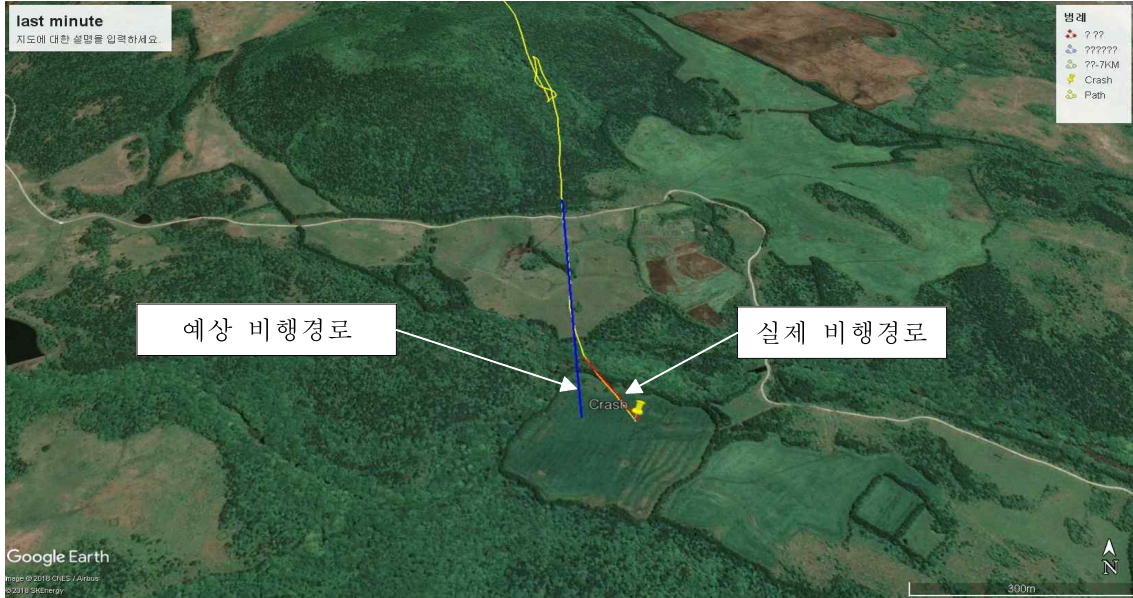
나무에 걸리는 상태에서 조종자가 비행을 중단하지 않고 비행복귀를 결정하고 조작을 실행에 옮기는 작업은 성공적인 탈출로 연결되었으며, 이후 조종자는 가능한 빠른 시간 안에 안전한 장소를 물색하여 착륙을 결심하였던 것으로 보인다.

착륙 약 30초 전부터 시작된 갑작스런 풍향의 변화(약 30도 이상)로 조종자는 당시 착륙 접근상태의 비행고도와 방풍림과 같은 주변 장애물로 인한 위험으로부터 회피를 위해 착지 10초전에 RDS작동을 실행한 것으로 보인다.

매뉴얼에 의하면 비상착륙의 경우는 15m(50ft.) 이하의 고도에서 패러슈트벨브나 RIP Panel (RDS)를 이용한 비상착륙을 시도할 수 있다고 되어있다²⁰⁾. 조종자는 당시 상황을 급박한 비상사태로 판단하고 조작한 것으로 보이며 조작성점의 고도는 약 40m로 매뉴얼 기준을 초과하지만 착지시의 수직강하속도는 약 4m/s으로 기체제한 범위인 5m/s 이내이었다.

RDS의 조기 작동이 경착륙의 원인으로 보이며 비행 중 한차례의 나무 위 착륙으로 인한 조종자의 불안한 심리상태가 조기 작동에 관한 의사결정에 영향을 미쳤을 것으로 보인다.

20) Flight Manual 3.2.2, Cameron balloons, Apr 2010



[그림 14] 착지시 비행경로

UTC	KST	Latitude	Longitude	VS(m/s)	elv(meter)	alt(meter)
23:08:29	08:08:29	33.38162	126.6972	0.918	406.3	508.87
23:08:34	08:08:34	33.38121	126.6972	0.138	405.1	509.56
23:08:39	08:08:39	33.38079	126.6972	-0.974	398.1	504.69
23:08:44	08:08:44	33.38036	126.6972	-2.208	387.4	493.65
23:08:49	08:08:49	33.37993	126.6973	-2.312	379	482.09
23:08:54	08:08:54	33.37951	126.6973	-2.486	372.8	469.66
23:08:59	08:08:59	33.37901	126.6973	-2.382	367.9	457.75
23:09:04	08:09:04	33.37855	126.6974	-2.102	366.1	447.24
23:09:09	08:09:09	33.3781	126.6974	-1.86	366.3	437.94
23:09:14	08:09:14	33.37762	126.6974	-1.992	363.9	427.98
23:09:19	08:09:19	33.37715	126.6975	-1.814	360.5	418.91
23:09:24	08:09:24	33.37669	126.6976	-1.46	358	411.61
23:09:29	08:09:29	33.37634	126.6978	-2.198	359.1	400.62
23:09:34	08:09:34	33.37599	126.6981	-4.036	358.9	380.44
23:09:39	08:09:39	33.37557	126.6984	-3.96	359	360.64
23:09:44	08:09:44	33.37553	126.6984	-0.486	359	358.21

[표 7] 착지전 GPS정보

항공안전법 시행규칙 제309조²¹⁾는 초경량비행장치의 구조지원장비에 관해 규정하고 있는데 국토교통부는 ‘위치추적이 가능한 표시기 또는 단말기’에 휴대용전화기를 포함한다고 유권해석을 내렸다.

조종자와 지상요원과는 무전기를 이용한 통신을 하고 있었고 열기구에는 keyco장비가 설치되어 지상직원의 핸드폰에 위치가 표시되었으나 일용직으로 고용된 지상직원의 운용능력으로 볼 때 조종자의 유고시에 비상사태의 인식 및 관제기관통보 등과 같은 비상대응이 어려웠을 것으로 보인다.

열기구가 불시착한 위치는 울타리가 쳐진 사유지이자 방풍림으로 가려진 지역으로 시각적으로 확인이 곤란하였고, 출동한 구급대는 정확한 사고위치 파악과 통행로 확보에 많은 시간을 소모하였으며 신고 후 약 한 시간이 지난 시점에 현장에 도착하여 구조작업을 수행하였다.

2.5 조종자 및 지상요원 자격

조종자는 최근 6개월 동안 비행실적이 없었으며 올해 최초의 비행 중에 사고를 당하였다. 현행 항공안전법에는 국내 환경적인 요인으로 인해 열기구를 초경량비행장치로 분류하고 있으며, 열기구 조종자의 유지비행에 관한 기준은 없다. 일부 국가는 3개월 단위 또는 24개월 기간 내의 일정횟수의 유지비행 의무를 부과하고 있으며, 유지비행의 기준을 충족하지 못하는 경우는 재자격의 개념으로 지도조종자와의 점검비행을 의무화하고 있다. 비행의 여부는 비행일지(flight log)의 작성을 통해 확인이 가능하여야 하나 현행법상 비행일지의 기록유지 의무에 관한 기준도 없었다.

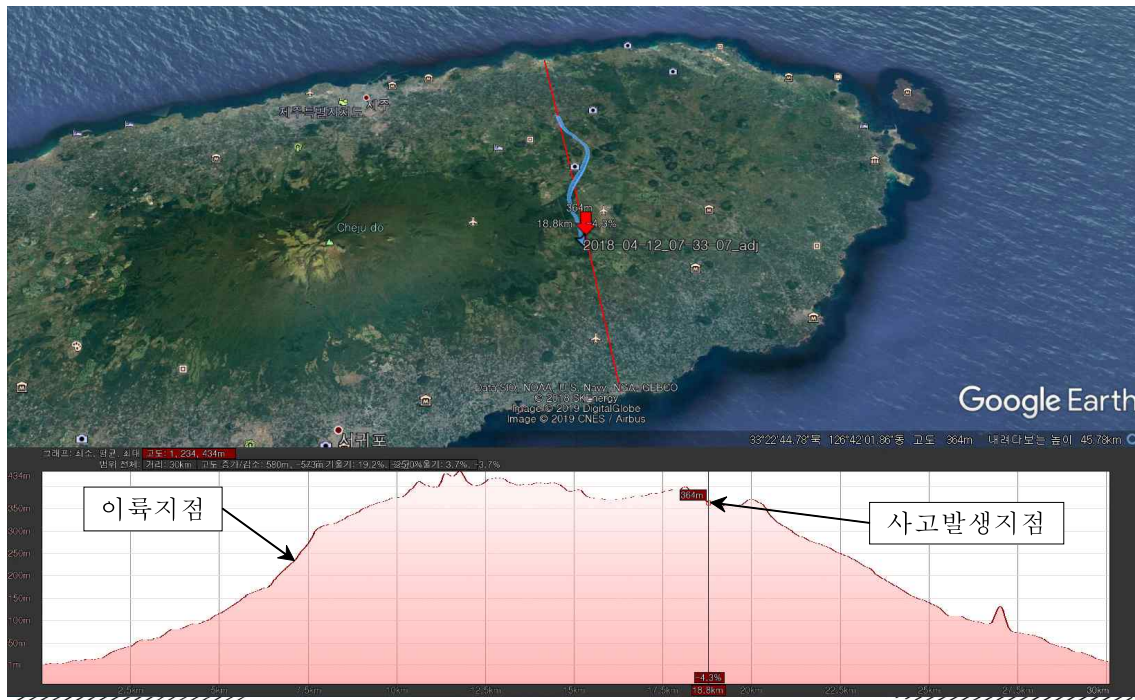
지상요원은 안전요원이자 운영조력자로서의 역할을 가지고 있으나, 당일 참여한 지상요원은 열기구에 대한 기본지식 없이 일용직으로서 고용되어 있었다.

21) (초경량비행장치의 구조지원 장비 등) ① 법 제128조 본문에서 "국토교통부령으로 정하는 장비"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다. 1. 위치추적이 가능한 표시기 또는 단말기

참고로, 유럽연방항공청(EASA)의 열기구운용기준에는 지상운영요원은 운영자의 지상운영의 기본적인 방식을 인지하여야 한다고 규정하고 있다²²⁾.

2.6 지형

열기구의 비행궤적에 따른 해발고도는 [그림 13]과 같다. 열기구의 비행경로를 보면 불가피하게 비행시작점보다 높은 곳에서 착륙을 할 수밖에 없는 지형이다. 기상학적으로 점진적으로 지표고도가 상승하는 지형에서는 높은 지점의 바람속도는 더 빨라진다는 지표상승효과(Effect of rising ground)²³⁾가 나타날 수 있는 환경으로 착륙예정지의 바람속도가 일반적으로 높아질 것으로 판단된다. 또한 경착륙지점 인근에 소형 기생화산인 오름이 10여개가 산재하고 있어 다양한 형태의 국지적 기상현상이 발생할 가능성이 높은 지역이다. 따라서 제주지형 특성상 비행결심 시, 비행경로에 대한 지형특성 및 풍속기준을 좀 더 보수적으로 적용할 필요가 있다고 생각된다.



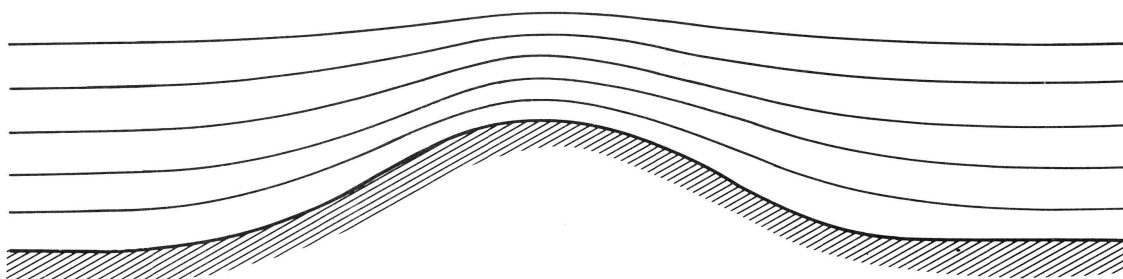
[그림 15] 비행경로의 제주지형단면

22) Balloon Rule Book, P68, GM1 BOP. ADD.040(c), EASA Mar2018

23) Ballooning handbook, 1991, Don Cameron

EFFECT OF RISING GROUND

When air flows over smoothly rising ground the streamlines are compressed. As the air has less room to flow, it can only get past by flowing faster, and this is what happens. A landing on higher ground can mean a faster windspeed to contend with, although, by an agricultural curiosity, fields are often larger and less obstructed on higher ground.



[그림 16] 지표상승효과

2.7 사고 당시의 기상 상태

제작사의 열기구 비행교범(flight manual)에 따르면 열기구 이륙시점의 지상 풍속이 15kts (7.7m/s)이면 자유비행을 실행하지 않아야 한다고 되어 있었다. 또한 예정된 착륙시점의 착륙지점 지상풍속이 15kts (7.7m/s)를 넘을 확률이 높을 때에도 자유비행을 실행하지 않아야 한다고 되어 있었다.²⁴⁾

열기구 조종자는 사업계획서에서 풍속이 6kts(3m/s) 이상이면 비행계획을 취소하고 비행 중 풍속이 10kts(5.5m/s) 이상이 예견될 경우 즉시 착륙 후 비행을 종료하겠다고 하였다.

조종자는 이륙장의 변경을 결정하고 변경된 이륙장에서 비행계획을 수정하기 위해 기상청의 초단기예보를 참조하였을 것으로 보이며 바람의 방향으로 보아 제주 표선일대를 착륙예정지로 설정하였을 것으로 보인다. 05:30, 06:30에 발표된 예보치를 참조하였을 것으로 생각된다. 기상청이 발표한 표선면의 기상예보는 조종자가 사업계획서에서 제시한 풍속 제한치(3m/s) 미만이었다.

24) 2.2 Hot Air Balloon Flight Manual, Cameron Balloons Ltd.

발표시각	예보시각	풍속	풍향
0430	0500	2.6	0
	0600	2.6	7
	0700	2.5	9
	0800	2.5	12
0530	0600	2.1	37
	0700	2.2	23
	0800	2.5	12
0630	0700	2.5	26
	0800	2.5	12
0730	0800	2.5	12
	0900	2.1	18

[표 8] 표선면 기상청 기상예보(초단기)

착륙지 인근 열기구 비행 시의 기상과 유사할 것으로 생각되는 기상청 관측 점인 국가태풍센터의 관측자료는 사업계획서의 풍속 제한치 이하였다.

시각	기온(°C)	풍향(deg)	풍속(m/s)
7:55	15.7	12.1	2.2
8:00	15.7	37.3	1.8
8:01	15.7	27.6	1.8
8:02	15.7	22	2.7
8:03	15.8	23.8	1.8
8:04	15.8	29.6	1.7
8:05	15.8	34.8	2.1
8:06	15.8	40.5	1.8
8:07	15.8	16.7	1.9
8:08	15.8	36.7	1.8
8:09	15.8	1.9	1.6
8:10	15.9	31	2
8:11	15.9	23.3	2
8:12	16	16.4	2.5
8:13	16	11.5	2.7
8:14	16	30.4	1.8
8:15	16	47.7	1.6

[표 9] 기상청의 국가태풍센터 관측 기상정보 (AWS)

열기구의 경착륙 지점으로부터 1.5km정도 떨어진 정석비행장의 AMOS²⁵⁾의 기록에 의하면 [표 10]와 같이 국지적인 풍속, 풍향의 변화가 심했던 것으로 보인다.

시간	풍향		풍속 (knots)		온도 (℃)	
	Runway01	Runway19	Runway01	Runway19	Runway01	Runway19
08:10	343	344	16.3	12.0	14.1	13.5
08:05	341	340	15.6	12.1	14.2	13.4
08:00	339	337	14.9	11.8	14.4	13.4
07:55	336	335	14.8	12.1	14.3	13.3
07:50	333	333	15.1	12.3	14.2	13.1
07:45	334	334	15.4	12.0	14.0	12.8

[표 10] 정석비행장 AMOS 데이터

또한 위원회는 [https:// earth.nullschool.net](https://earth.nullschool.net)에서 비행의사결정시점에 사용하였을 것으로 보이는 windy.com의 예보자료 중 GFS모델의 기상예보치의 확인이 가능하였으며 착륙점인근의 기상예보는 4m/sec로 확인되었다²⁶⁾.

25) AMOS: aerodrome meteorological observation system 공항기상관측장비

26) 33.41N126.71E, 1000hPa, 09:00KST,

3. 결론

3.1 조사결과

1. 열기구조종자는 유효한 초경량비행장치 조종 자격증명과 지도조종자자격을 보유하고 있었으며, 비행에 영향을 미칠 수 있는 비행 전 특이사항이나 장애 요소는 없었다.
2. 지상요원은 안전요원이자 운영조력자로서의 역할을 하고 있으나 현행 「항공사업법」 제50조에는 항공레저스포츠사업의 등록요건으로 비행 및 안전통제요원 1명 이상이 있어야 한다고 규정하고 있으나 이들에 대한 자격, 교육 등에 관한 기준은 없으며, 당일 지상요원은 열기구 비행에 관한 지식이 없는 일용직 노동자 형태로 고용되어 비행지원을 하고 있었다.
3. 항공안전법 시행규칙 제310조 ‘초경량비행장치 조종자의 준수사항’에는 비행기록유지에 관한 요건이 없어 조종자는 비행에 관한 기록을 유지하지 않았다. 따라서 사고 열기구의 비행시간, 비행장소, 열기구운영시간 등에 대한 확인은 불가하였다.
4. 비행교범에 따르면 조종자의 안전벨트는 바구니의 바닥에 가까운 설치장소 (Anchor point)에 장착하도록 규정하고 있었다. 그러나 규정과 달리 안전벨트는 바구니의 상단 부분에 연결되었고, 지면 충격 시 조종자가 바구니 외부로 튕겨 나와 매달리게 된 원인이 되었다.
5. 기상청의 기상예보에 따른 풍속은 착륙 시까지 3m/s 이하였다. 그러나 비행자료 분석결과에 따르면, 실제 비행속도는 비행시작 30분 정도부터 10m/s 이상 계속되었고, 고도, 지점 등에 따라 기상의 변동 폭이 매우 컸던 것으로 보인다.

6. 조종자의 사업계획서에 의하면 일출 후 약 한 시간을 운영시간으로 하고 있다. 사고당일 일출시간은 06:06이며 열기구의 이륙은 07:33으로 이륙이 사업계획서상의 운영시간을 넘긴 시점이었다.
7. 비행고범에 따르면 RDS(Rapid Deflation System)는 비상시를 제외하고 2m 이상의 높이에서 작동시키지 않아야 하며 비상착륙의 경우 15m(50ft.) 이하의 고도에서 패러슈트밸브나 RIP Panel (RDS)를 이용한 비상착륙을 시도할 수 있다고 규정하고 있으나, 사고당시 조종자는 갑작스런 풍향 변화와 방풍림을 회피하기 위해 RDS를 조작하여 비상착륙을 시도한 것으로 보이나 제한치의 범위를 벗어난 고도에서 조작하여 경착륙하게 된 원인이 되었다.
8. 사고 발생장소는 울타리로 둘러싸인 사유지 내에 있었고 방풍림으로 가려져 있어서 출동한 구급대가 정확한 위치 파악과 통행로 확보에 많은 시간이 소모되어 신고접수 후 약 1시간이 지난 후에야 구조작업이 이루어질 수 있었다.

3.2 원인

위원회는 이 사고의 원인을 「① 갑작스런 돌풍과 풍향의 변화에 대응한 긴급착륙 시도 중 조종자의 급속방출밸브(rip panel)의 조기조작 ② 조종자의 안전벨트 설치 및 착용 규정 미준수」로 결정한다.

기여요인으로는 「사업계획서 안전관리대책(운영시간, 풍속제한 등) 미준수」로 결정한다.

4. 안전 권고

위원회는 2018년 4월 12일 08:09경 S5001Y 열기구가 제주도 남원읍 물영아리 인근에 경착륙으로 발생한 사고 조사 결과에 따라 다음과 같이 안전권고를 발행한다.

열기구협회에 대하여

1. 열기구협회회원에게 바구니 내 조종자 안전벨트 고정위치 및 설치된 열기구의 경우 비행 중 착용 의무를 준수토록 사례 전파 [UAR1803-1]
2. 열기구협회회원에게 급속방출시스템(RDS)에 대한 이해와 운용제한치에 대한 주의사항 전파 [UAR1803-2]
3. 열기구협회회원에게 사업계획서의 안전관리대책 준수 의무를 강조하고 사례전파[UAR1803-3]

항공정책실에 대하여

1. 항공레저스포츠사업 등록요건에 있는 사업계획서 중 안전관리대책에 포함할 사항을 개선하고, 제출 후 이행여부 확인, 변경신고, 안전개선명령 등을 관리하는 방안 마련 [UAR1803-4]

* 안전관리대책에 추가할 사항 : 비행일지(비행시간, 횟수, 기상상태, 탑승자 수 등) 및 정비기록 방안(서식), 소속 종사자 교육계획(초기, 정기) 등

* 참고자료 : 캐나다항공국 발행 Hot Air Balloons Passenger's Guide

지방항공청에 대하여

1. 관할지역내 열기구 지도감독강화 방안 마련 [UAR1803-5]