양호한지 점검
- 승강타 및 방향타의 장착상태는 양호한지 점검
- 꼬리날개 외피의 손상이나 부식이 없는지 점검
- 착륙장치 스트러트의 장착상태는 양호한지 점검
- 바퀴의 장착은 상태는 양호한지 점검
- 착륙장치와 동체 및/또는 날개의 연결부분의 상태는 양호한지 점검
- 착륙장치에 부식, 균열, 변형 등 이상이 없는지 점검
- 접이식 착륙장치의 작동상태는 양호한지 점검
- 프로펠러의 균열 및 손상된 부분이 없는지 점검
- 스피너와 프로펠러 장착 상태는 양호한지 점검
- 프로펠러 궤도(Track) 및 균형(Balance) 상태는 정상인지 점검
- 연료관의 마찰, 마모, 누설, 고정상태는 이상이 없는지 점검
- 연료탱크 및 필터 상태는 양호한지 점검
- 연료 주입구 뚜껑(Cap)이 안전하게 잠기는지 점검
- 엔진 오일의 상태는 양호한지 점검
- 점화 케이블의 상태는 양호한지 점검
- 엔진(또는 모터) 장착 마운트와 부싱 등은 양호한지 점검
- 기어박스에서 오일누설은 없는지 점검
- 엔진(또는 모터) 카울링의 상태(장착고정)와 균열 등 이상이 없는지 점검
- 소음기의 부착상태는 양호한지 점검
- 송신기 안테나 및 전원 상태는 양호한지 점검
- 수신기 및 안테나 장착상태는 양호한지 점검
- 수신기 전원 및 배터리 장착 상태는 양호한지 점검
- 외부 장착장비의 상태는 양호한지 점검
- 지상조종장비의 조종기는 내부조종사와 외부조종사가 동시 또는 분리하여 사용할 수 있는지 점검
- 내부조종사와 외부조종사의 조종기는 서로 간섭현상은 없는지 점검
- 틸팅(Tilting) 작동상태는 양호한지 점검
- 송신기 안테나를 접은 상태에서 10m 이상의 거리에서 작동상태가 양호한지 점검
- 전파방해 등의 이유로 통신이 불가능할 경우를 대비하여 안전대책이 마련되어 있는지 점검

6.3 무인헬리콥터

6.3.1 무인헬리콥터 및 조종기

일반적으로 무인헬리콥터는 지상에서 운용자가 조종할 수 있는 조종기와 비행물체인 무인헬리콥터 동체로 크게 구분된다.

무인헬리콥터의 세부적인 구조는 각 기종마다 다르지만 중요한 역할을 하는 부분은 메인로터(Main Rotor), 동체(Fuselage), 동력장치(Powerplant), 착륙장치(Landing Gear) 및 테일로터(Tail Rotor)부분으로 나눌 수 있다.

○ 메인로터(Main Rotor)는 무인헬리콥터가 상승과 전진을 하는데 필요한 공기력을 발생시키며 무인헬리콥터의 핵심 부분이다. 메인로터(Main Rotor)는 두 개 이상의 블레이드(Blade)로 되어 있고, 블레이드의 단면은 에어포일(airfoil)로 되어 있으며, 대부분의 무인헬리콥터의 블레이드는 대칭 에어포일을 사용하여 곡예 기동성이 좋다.

○ 동체는 무인헬리콥터의 기본이 되는 중요한 구조물로 동력장치, 테일 붐, 착륙장치 등을 지지하고 있다. 동체 내부는 수신기, 배터리, 서보모터, 연료탱크 등을 포함하고, 동체를 뜨게 하는 양력을 발생하는 메인로터, 추력을 발생하는 동력장치, 조종안전성을 유지하는 테일로터, 이착륙의 충격을 받고 완화시켜주는 착륙장치가 장착되므로 구조적으로 다방면의 힘에 충분히 견딜 수 있는 강도를 유지하여야 한다. 전체적인 형태는 전진비행에서 최소항력을 받도록 설계되어 있다.

○ 동력 장치는 엔진과 동력 전달 기어(gear)로 구성되어 있다. 엔진에서 얻어진 동력은 약 10 : 1 정도의 감속기어와 클러치를 통하여 로터허브와 연결된다. 엔진 동력의 일부는 별도의 감속 기어를 통하여 테일로터를 구동하기 위하여 뒤로 전달된다.

○ 꼬리부분은 메인로터(Main Rotor)의 회전에 의한 토크의 반작용에 의하여 기체에 작용하는 토크를 감쇄하기 위한 테일로터(Tail Rotor)와 전진비행에서 피치 트림을 잡고 안정성을 확보하기 위한 수평 안정판으로 구성되어 있다. 테일로터(Tail Rotor)에서 발생시키는 힘과 무게중심에서 테일로터까지의 거리를 곱하면 메인로터에 의한 토크 값과 같아져야 한다.

○ 헬리콥터를 위에서 보았을 때 메인로터의 회전이 반시계 방향인 경우는 테일로터의 힘이 오른쪽으로 향한다. 테일로터의 힘에 의한 모멘트와 메인로터 토크가 일치하지 않으면 요(yaw) 운동이 일어나며, 이를 이용하여 헬리콥터의 방향을 조종한다. 방향조종은 조종기의 러더(rudder) 스틱을 조종하여 테일로터의 블레이드 각을 변화시켜서 원하는 방향으로 기수를 돌리게 된다.

○ 메인로터(Main Rotor)의 로터 블레이드 각을 변경시키려면, 블레이드가 회전하고

있는 반면에 서보모터는 동체에 고정되어야 하므로 스워시 판(Swash Plate)이라는 기구를 통하여 서보모터의 변화를 회전하는 로터 블레이드에 전달하도록 되어 있다.

○ 스워시 판(Swash Plate)은 두 개의 판과 그 사이에 베어링을 가지고 있는 형태이며, 윗 판은 허브와 연결되어 같이 회전하게 되어 있다. 로터 블레이드의 피치각 조절이 주목적으로 페더링 운동에 있어서의 피치각 조절과 수직비행(상승 및 하강), 전후좌우 비행 시에 회전면을 기울여 주는 역할을 한다.

6.3.2 무인헬리콥터의 비행조종 모드

무인헬리콥터의 비행조종 모드는 일반적으로 4종류 스틱기능에 따라 구분한다.

○ 쓰로틀(Throttle)/컬렉티브 : 조종기의 쓰로틀(Throttle) 스틱을 앞쪽으로 조작하면 헬리콥터의 메인로터와 연결된 스워시 판(Swash Plate)이 위로 올라오는 동작을 하고, 쓰로틀(Throttle) 스틱을 뒤쪽으로 조작하면 헬리콥터의 스워시 판(Swash Plate)이 아래로 내려오는 동작을 한다. 메인로터의 피치변화로 인하여 헬리콥터은 상승 및 하강하게 된다.

○ 에일러론/좌우 이동 : 조종기의 에일러론 스틱을 좌측으로 조작하면 헬리콥터의 스워시 판(Swash Plate)이 좌측로 기울어지는 동작을 하고, 조종기의 에일러론 스틱을 우측으로 조작하면 헬리콥터의 스워시 판(Swash Plate)이 우측으로 기울어지는 동작을 한다. 메인로터가 좌우로 기울어짐으로 인하여 헬리콥터은 좌로 또는 우로 이동하게 된다.

○ 엘리베이터/전후진 이동 : 조종기의 엘리베이터 스틱을 앞쪽으로 조작하면 헬리콥터의 스워시 판(Swash Plate)이 앞쪽으로 기울어지는 동작을 하고, 조종기의 엘리베이터 스틱을 뒤쪽으로 조작하면 헬리콥터의 스워시 판(Swash Plate)이 뒤쪽으로 기울어지는 동작을 한다. 메인로터가 전후로 기울어짐으로 인하여 헬리콥터은 전진 또는 후진으로 이동하게 된다.

○ 러더/제자리 회전 : 조종기의 러더 스틱을 좌로 조작하면 헬리콥터의 테일 슬라이딩 블록이 좌로 움직이는 동작을 하고 조종기의 러더 스틱을 우로 조작하면 헬리콥터의 테일 슬라이딩 블록이 우로 움직이는 동작을 한다.

6.3.3 무인헬리콥터 비행 전 안전성 점검

○ 무인헬리콥터 비행 전 세부점검 내용들은 다음과 같다.

- 내/외부 조종사의 상호 통신은 가능한지 점검
- 날개 고정부분 상태는 양호한지 점검

- 각 서보모터의 장착상태가 양호한지 점검
- 메인로터(Main rotor) 및 테일로터(Tail rotor)의 장착상태는 양호한지 점검
- 힌지, 베어링의 작동상태는 양호한지 점검
- 조종케이블, 로드 등이 제대로 조절되어 장착되어 있는지 점검
- 동체가 들뜨거나(delamination) 변형(deformation)된 부분, 부식은 없는지 점검
- 전기배선 상태는 양호한지 점검
- 꼬리날개 외피의 손상이나 부식이 없는지 점검
- 착륙장치의 장착상태는 양호한지 점검
- 메인로터(Main rotor) 및 테일로터(Tail rotor)의 균열 및 손상된 부분이 없는지 점검
- 연료관의 마찰, 마모, 누설, 고정 상태는 이상이 없는지 점검
- 연료탱크 및 필터 상태는 양호한지 점검
- 연료 주입구 뚜껑(Cap)이 안전하게 잠기는지 점검
- 엔진 오일의 상태는 양호한지 점검
- 점화 케이블의 상태는 양호한지 점검
- 엔진(또는 모터) 장착 마운트와 부싱 등은 양호한지 점검
- 기어박스에서 오일누설은 없는지 점검
- 엔진(또는 모터) 카울링의 상태(장착고정)와 균열 등 이상이 없는지 점검
- 소음기의 부착상태는 양호한지 점검
- 송신기 안테나 및 전원 상태는 양호한지 점검
- 수신기 및 안테나 장착상태는 양호한지 점검
- 수신기 전원 및 배터리 장착 상태는 양호한지 점검
- 외부 장착장비의 상태는 양호한지 점검
- 지상조종장비의 조종기는 내부조종사와 외부조종사가 동시 또는 분리하여 사용할 수 있는지 점검
- 내부조종사와 외부조종사의 조종기는 서로 간섭현상은 없는지 점검
- 송신기 안테나를 접은 상태에서 10m 이상의 거리에서 작동상태가 양호한지 점검
- 전파방해 등의 이유로 통신이 불가능할 경우를 대비하여 안전대책이 마련되어 있는지 점검

6.4 무인멀티콥터

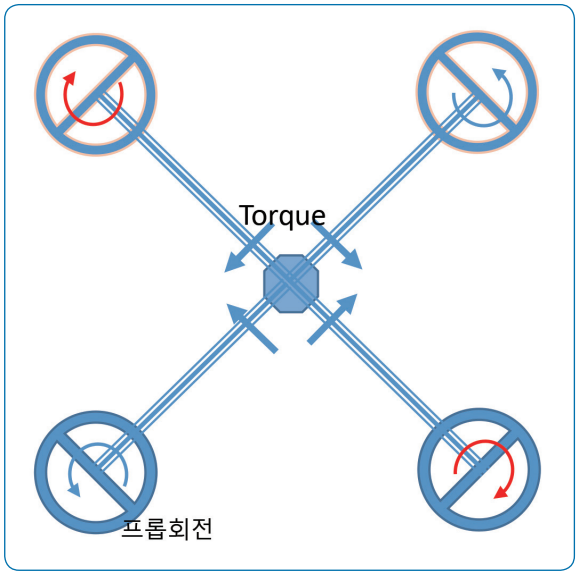
6.4.1 무인멀티콥터 및 조종기

일반적으로 무인멀티콥터는 지상에서 운용자가 조종할 수 있는 조종기와 비행물체인 무인멀티콥터 동체로 크게 구분된다.

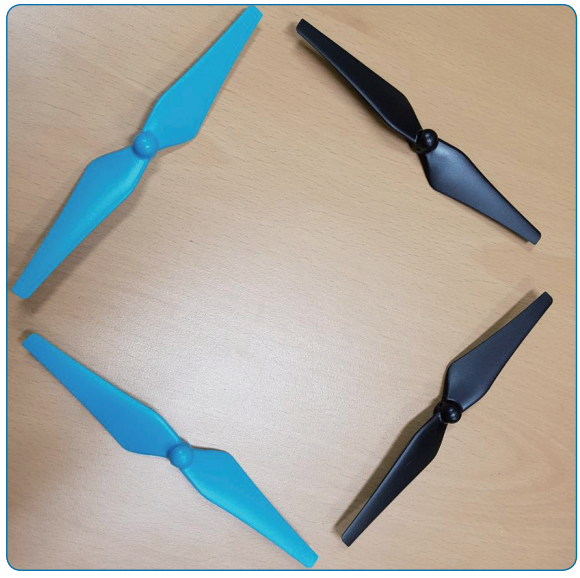
무인멀티콥터는 동체를 중심으로 대칭하여 프로펠러가 있어 균형을 맞춰 아랫방향으로 바람을 일으켜 양력을 발생시킨다. 멀티콥터는 프로펠러의 회전방향에 의해 발생하는 토오크(Torque)를 막아주기 위하여, 반토오크(Anti-torque)가 발생되도록 하여야 비행안정성을 확보한다. 이러한 것들은 서로 쌍을 이루어 시계/반시계 방향으로 돌면서 토오크를 상쇄시키게 된다.

멀티콥터는 마주보는 프로펠러끼리 쌍을 이루어 서로 회전방향을 반대로 하여 토오크(Torque)와 반토오크(Anti-torque)를 발생하도록 하여 안전성을 확보하므로, 프로펠러의 회전이 반대가 되더라도 아랫방향으로 바람을 내품는 추력을 발생하기 위해서는 프로펠러의 피치가 하나는 시계방향(역피치) 프로펠러(CW : Clockwise)이어야 하며, 마주보는 쪽은 반시계방향(정피치) 프로펠러(CCW : Counter-Clockwise)가 장착되어야 한다.

멀티콥터의 피치 및 전진비행을 위해서는 진행방향의 서로 마주보는 프로펠러의 회전수를 서로 증/감함으로 인하여 양력의 합이 한쪽으로 기울어지게 함으로써, 멀티콥터 본체를 기울어지게 하여 비행하고자 하는 방향으로 추력을 발생하게 된다.



[그림 6-3] 멀티콥터의 프롭회전과 토오크



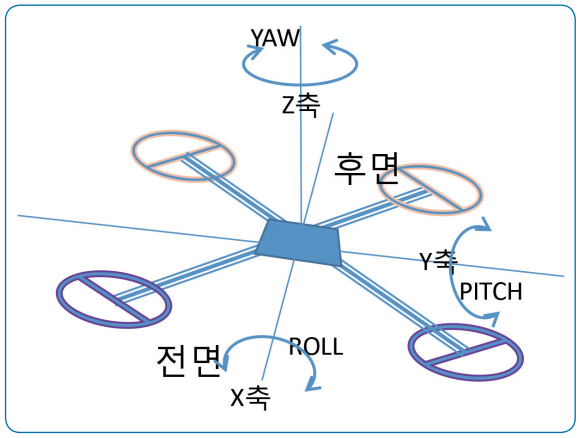
[그림 4-49] 동력패러글라이더의 운동 축

6.4.2 무인멀티콥터의 비행조종 모드

멀티콥터의 비행조종 모드는 일반적으로 다음의 4가지로 분류한다.

○ 쓰로틀(Throttle), 상승/하강 이동 : 조종기의 쓰로틀(Throttle) 스틱

○ 피치(Pitch), 전/후진 이동 : 조종기의 엘리베이터 스틱



[그림 6-5] 멀티콥터의 비행조종 모드

○ 롤(Roll), 좌/우 이동 : 조종기의 에일러론 스틱

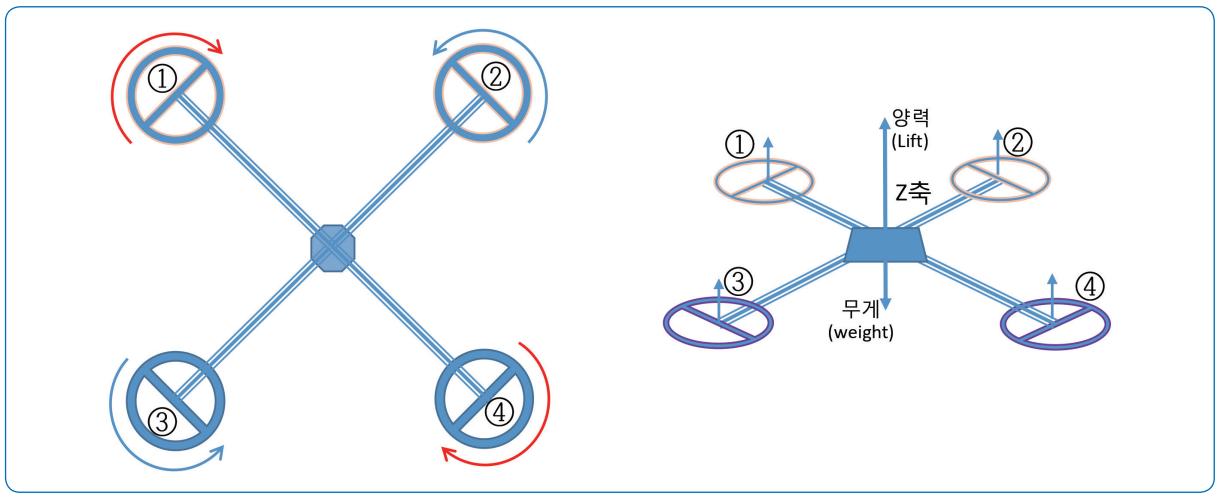
○ 요(Yaw), 제자리 회전 : 조종기의 러더 스틱

6.4.2.1 상승/하강 이동 비행조종 모드, 쓰로틀(Throttle) 모드

멀티콥터의 본체를 Z축을 기준으로 상하로 이동시키는 비행조종 모드이다.

멀티콥터를 들어 올리는 양력은 프로펠러의 회전에 의해 발생하는 바람에 의해 얻어지게 되며, 이러한 프로펠러의 회전 방향과 반대로 작용하는 토오크가 발생한다. 프로펠러의 회전수가 변하게 되면 양력과 토오크가 동시에 변하게 된다. 멀티콥터는 이러한 양력을 발생시키는 프로펠러들의 회전력 조절을 통하여 비행조종을 하게 된다.

프로펠러가 동시에 동일한 속도로 회전하게



[그림 6-6] 상승/하강 이동 비행조종 모드의 회전방향 및 힘의 분포

되면 수직으로 상승하게 되며, 회전속도가 빠를 경우 상승하는 속도도 향상 된다. 이때 ①④ 프로펠러는 시계방향, ②③ 프로펠러는 반시계 방향으로 회전하면서 이로 인해 발생하는 토오크(Torque)와 반토오크(Antitorque)를 발생하도록 하여야 하여 안전성을 확보하게 된다. 네 개의 프로펠러가 동일한 속도로 회전하게 되며, 이러한 회전력 조절은 쓰로틀(Throttle)을 높임에 따라 회전력이 증가하여 상승하게 되고, 쓰로틀(Throttle)을 낮춤에 따라 회전력이 감소하여 하강 하게 된다.

네 개 프로펠러의 동일한 회전수는 회전모멘트를 상쇄시키는 역할을 하여 제자리 비행이 가능하게 된다.

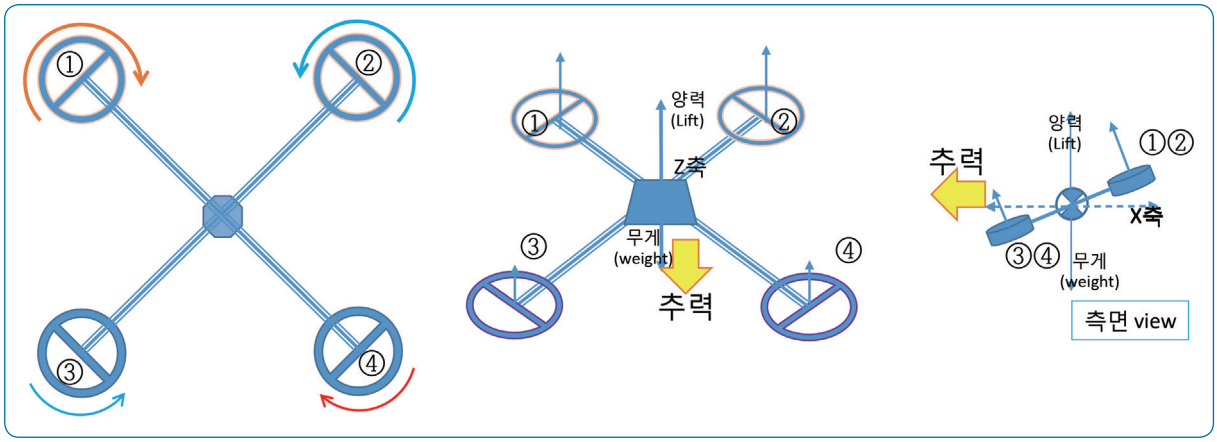
6.4.2.2 전/후진 이동 비행조종 모드, 피치(Pitch) 모드

멀티콥터의 전면부와 후면부의 위치를 상하로 피치(Pitch) 조절하여 멀티콥터의 전진/후진 추력을 발생하게 변화하여, 전/후로 멀티콥터를 이동시키는 비행조종 모드이다.

프로펠러 ①②가 동일하게 빠른 속도로 회전하면서 멀티콥터의 중심보다 높은 위치를 갖게 하여 멀티콥터가 후진(조종자 앞으로 다가오는 방향)으로 이동하게 하는 추력을 발생하게 하며, 반대로 전진 할 경우에는 프로펠러 ③④가 동일하게 빠른 속도로 회전하면서 멀티콥터의 중심보다 높은 위치를 갖게 하여 멀티콥터가 전면(조종자에서 멀어지는 방향)으로 이동하게 하는 추력을 발생하게 한다. ①② 또는 ③④ 프로펠러가 쌍으로 회전속도를 조절하면서 전체적인 토오크(Torque) 균형을 맞춰 안전성을 갖게 한다.

6.4.2.3 좌/우 이동 비행조종 모드, 롤(Roll) 모드

멀티콥터의 좌측부와 우측부의 위치를 상하로 롤(Roll) 조절하여 멀티콥터의 우측 추력 또



[그림 6-7] 피치(Pitch), 전진 이동 모드의 회전방향 및 힘의 분포

는 좌측 추력을 발생하게 변화하여 좌/우로 이동시키는 비행조종 모드이다.

프로펠러 ②④가 동일하게 빠른 속도로 회전하면서 멀티콥터의 중심보다 높은 위치를 갖게 하여 멀티콥터가 좌측(조종자가 보았을 때 좌측 방향)면으로 이동하게 하는 좌측방향 추력을 발생하게 하며, 반대로 우측으로 이동하게 할 경우에는 프로펠러 ①③이 동일하게 빠른 속도로 회전하면서 멀티콥터의 중심보다 높은 위치를 갖게 하여 멀티콥터가 우측(조종자가 보았을 때 우측 방향)으로 이동하게 하는 우측방향 추력을 발생하게 한다. ①③ 또는 ②④ 프로펠러가 쌍으로 회전속도를 조절하면서 전체적인 토오크(Torque) 균형을 맞춰 안전성을 갖게 한다.

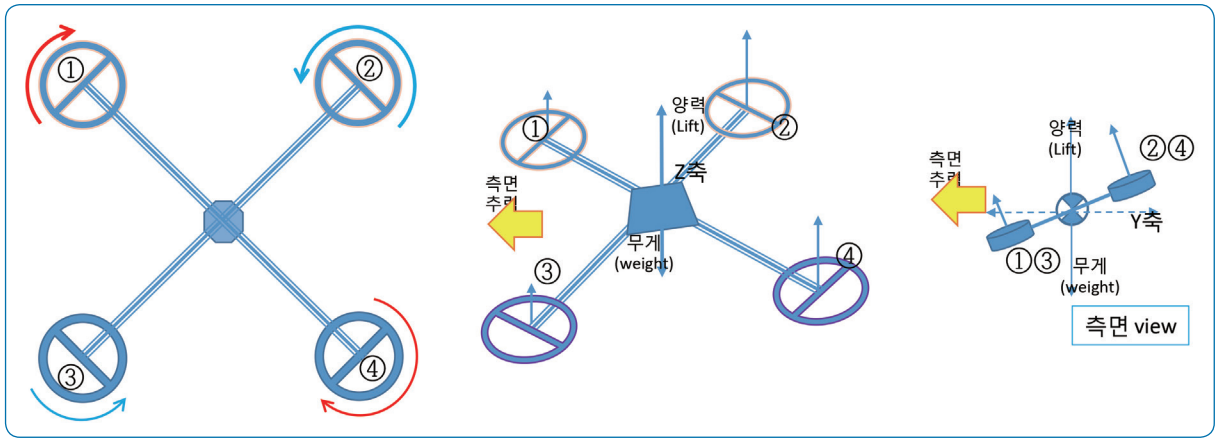
6.4.2.4. 제자리 회전 비행조종 모드, 요(Yaw) 모드

멀티콥터의 제자리 회전 비행은 호버링(Hovering) 상태에서 멀티콥터의 본체를 수직축(Z축)을 기준으로 좌우로 회전시키는 것이다.

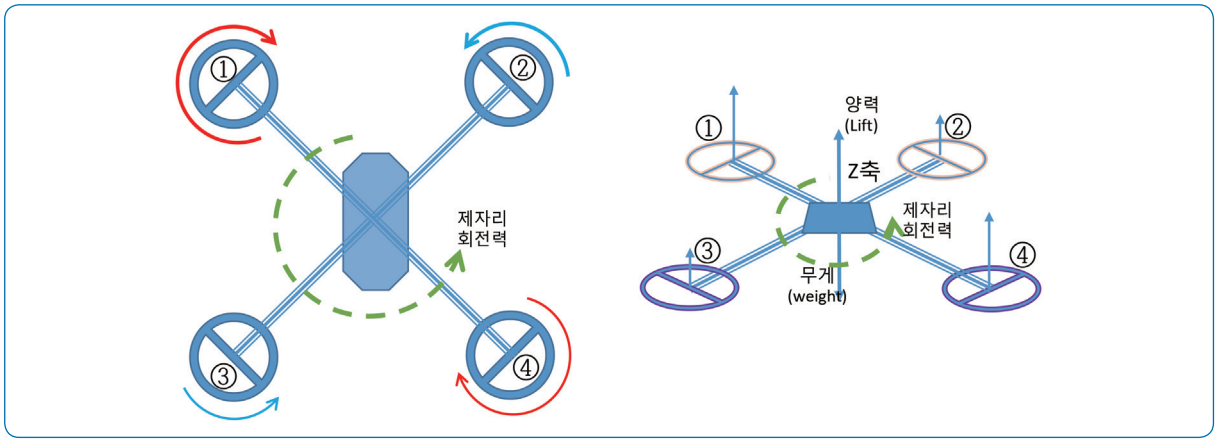
프로펠러 ①④가 동일하게 빠른 속도로 회전하면 멀티콥터의 토오크(Torque)가 좌측으로 커지면서 좌회전(Yaw, Left)하게 되며, 반대로 우회전을 하게 하려면 프로펠러 ②③을 동일하게 빠른 속도로 회전시켜 멀티콥터의 토오크(Torque)가 우측으로 커지게 하면 우회전(Yaw, Right)을 하게 된다.

6.4.3 조종 방법

○ 쓰로틀(Throttle) 스틱을 위아래로 움직이면 멀티콥터 본체의 고도가 위아래로 변경된다. 쓰로틀(Throttle) 스틱을 위로 밀면 상승하고, 아래로 내리면 하강한다. 쓰로틀(Throttle) 스틱을 적절한 위치에 놓게 되면 멀티콥터는 호버링(Hovering) 한다.



[그림 6-8] 롤(Roll), 좌측 이동 비행조종 모드의 회전방향 및 힘의 분포



[그림 6-9] 요(Yaw), 제자리 회전 비행조종 모드의 회전방향 및 힘의 분포

○ 러더 스틱을 왼쪽 혹은 오른쪽으로 움직이면 멀티콥터 본체가 회전한다. 러더 스틱을 왼쪽으로 움직이면 멀티콥터 본체가 반시계 방향으로 회전하고 오른쪽으로 움직이면 시계 방향으로 회전한다. 러더 스틱이 중간에 위치할 경우, 멀티콥터 본체는 현재 방향을 향하여 유지된다. 유지가 되지 않을 경우에는 러더 트림을 조절하여 맞춰야 한다.

○ 엘리베이터 스틱을 위아래로 움직이면 멀티콥터 본체가 전진?후진한다. 엘리베이터 스틱을 중간 위치에 놓으면 멀티콥터 본체는 호버링(Hovering)을 유지하게 된다. 유지가 되지 않을 경우에는 엘리베이터와 쓰로틀 트림을 조절하여 맞춰야 한다.

○ 에일러론 스틱을 좌/우로 움직이면 멀티콥터 본체가 좌/우로 이동한다. 에일러론 스틱을 중간위치에 놓으면 멀티콥터 본체는 호버링(Hovering)을 유지하게 된다. 유지가 되지 않을 경우에는 에일러론과 쓰로틀 트림을 조절하여 맞춰야 한다.

6.4.4 제자리 비행 특성

멀티콥터의 제자리(Hovering) 비행을 통한 조종간 트림을 맞출 때에는 멀티콥터 본체를 지면효과가 없는 위치까지 상승시킨 후 트림을 세팅을 하여야 한다.

멀티콥터는 지면이 평평할 경우 낮은 고도에서도 안정된 상태로 비행을 하게 되지만, 지면에 요철이 심한경우에는 낮은 고도에서 지면효과로 인하여 제자리 비행을 유지하기 어렵게 된다.

바람이 부는 경우에는 바람이 부는 방향으로 멀티콥터 본체를 바람속도에 적절하게 기울여 주어야 제자리 비행이 가능해진다.

6.4.5 무인멀티콥터 비행 전 안전성 점검

○ 무인멀티콥터 비행 전 세부점검 내용들은 다음과 같다.

- 내/외부 조종사의 상호 통신은 가능한지 점검
- 각 모터의 장착상태가 양호한지 점검
- 프로펠러의 장착상태는 양호한지 점검
- 전기배선 상태는 양호한지 점검
- 착륙장치 스트러트의 장착상태는 양호한지 점검
- 착륙장치에 부식, 균열, 변형 등 이상이 없는지 점검
- 프로펠러의 균열 및 손상 된 부분이 없는지 점검
- 프로펠러 장착판의 상태는 양호한지 점검
- 프로펠러 궤도(Track) 및 균형(Balance) 상태는 정상인지 점검
- 송신기 안테나 및 전원 상태는 양호한지 점검
- 수신기 및 안테나 장착상태는 양호한지 점검
- 수신기 전원 및 배터리 장착 상태는 양호한지 점검
- 외부 장착장비의 상태는 양호한지 점검
- 지상조종장비의 조종기는 내부조종사와 외부조종사가 동시 또는 분리하여 사용할 수 있는지 점검
- 내부조종사와 외부조종사의 조종기는 서로 간섭현상은 없는지 점검
- 틸팅(Tilting) 작동상태는 양호한지 점검
- 송신기 안테나를 접은 상태에서 10m 이상의 거리에서 작동상태가 양호한지 점검
- 전파방해 등의 이유로 통신이 불가능할 경우를 대비하여 안전대책이 마련되어 있는지 점검

6.5 무인비행선

무인비행선은 가벼운 가스를 이용하여 자체적으로 양력을 갖고 추진부와 꼬리날개를 제어하여 원하는 곳으로 이동할 수 있다. 무인비행선의 기낭은 유선형으로 되어 있고 부피가 크기 때문에 무인비행선의 앞부분은 지상 계류시에는 항상 바람이 불어오는 방향으로 무인비행선을 유지하여야 한다.

일반적으로 기낭의 가스는 주위의 온도가 상승하거나 압력이 낮아지면 팽창하고 온도가 낮아지거나 압력이 높으면 수축하므로 기낭의 형상이 주변의 기후환경에 따라 변화한다. 주변환경 등으로 무인비행선 내부 기낭의 압력이 줄어들어 형상유지를 못할 상태가 되면 조종은 거의 불능한 상태에 이르게 되므로, 이것을 막기 위해 대형비행선에는 보조기낭(공기낭)을 설치하여 내부압력을 조절하여 형상을 유지한다.

6.5.1 무인비행선 및 조종기

일반적으로 무인비행선은 지상에서 운용자가 조종할 수 있는 조종기와 비행물체인 무인비행선 동체로 크게 구분된다.

무인비행선의 구조는 주 동체 부분에 해당되는 기낭 그리고 조종면에 해당되는 수평 및 수직꼬리날개가 있으며, 추진력을 갖게 하는 엔진 또는 모터가 장착된 곤돌라로 구성된다.

○ 기낭은 헬륨을 사용하여 양력을 발생시키며 또한 비행선의 형상을 유지하게 하며, 기낭의 후단부에는 꼬리날개들이 장착되고, 기낭의 하단부에는 곤돌라가 부착된다.

○ 곤돌라는 일반적으로 기낭의 아랫부분에 매달려 있는 형상으로 장착되어 있으며, 곤돌라 내부에는 조종기의 신호를 받아 처리하는 수신기와 서보모터, 추진모터 또는 엔진, 배터리 및 연료 등의 있으며, 운용용도에 따라 카메라 및 각종 장비들을 실을 수 있는 공간이 곤돌라이다. 또한 비행선의 부력이 한정되어 있는 만큼 곤돌라는 최대한 가볍게 제작되나, 구조적으로는 상당한 강도가 요구되어 복합재료를 사용하여 제작하고, 저항을 줄이기 위해 유선형으로 제작된다.

○ 일반적으로 곤돌라에 장착된 추력장치는 비행선의 움직임을 용이하게 하며, 곤돌라 좌우에 한 개씩 2개의 엔진 또는 모터로 구성된다.

○ 엔진마운트는 곤돌라를 가로지르는 스틸 파이프를 사용하며, 이 파이프는 회전이 가능하게 되어 있어 동력장치의 틸팅이 가능하게 되어있어, 추력을 상/하/전/후로 조정하여 비행선의 위치를 조종하게 된다.

○ 무인비행선의 수직꼬리날개인 러더는 일반적으로 기낭 뒷부분에 위치하며 상/하 날개로 구성되어 있어 비행선을 좌우로 조

종하는데 사용되며, 기낭과의 탈착이 용이하도록 되어있다. 수평꼬리날개인 엘리베이터는 좌/우 날개로 구성되며 비행선의 상승강하 자세를 조종하는데 사용하며 러더와 함께 안정판과 조종면의 중요한 역할을 한다.

○ 무인비행선의 조종기는 기본적으로 러더, 엘리베이터, 동력장치 추력, 동력장치 틸팅 조절을 위한 4개의 채널이 필요하며, 조종기의 구성 및 조종자에 따라 조종스틱의 기능을 정하여 사용하고 있다.

6.5.2 무인비행선의 비행조종 모드

무인비행선의 비행조종 모드는 일반적으로 조종스틱 종류에 따라 분류한다.

○ 쓰로틀(Throttle) : 조종기의 쓰로틀(Throttle) 스틱을 앞쪽으로 조작하면 비행선 동력장치(엔진 또는 모터)의 출력이 증가되며, 쓰로틀(Throttle) 스틱을 뒤쪽으로 조작하면 비행선 동력장치의 출력이 감소하게 된다.

○ 에일러론 스틱/틸팅 조작 : 조종기의 에일러론 스틱을 조작하면 비행선의 동력장치 마운트가 틸팅(Tilting)하여 동력장치의 추력방향이 틸팅된다. 조종기의 에일러론 스틱을 조작하면 비행선이 상하로 급격히 상승/강하할 수 있는 동력의 방향을 조정한다.

○ 엘리베이터 : 조종기의 엘리베이터 스틱을 앞쪽으로 조작하면 비행선의 엘리베이터가 윗쪽으로 올라가면 비행선이 상승 동작을 하고, 조종기의 엘리베이터 스틱을 뒤쪽으로 조작하면 비행선의 엘리베이터가 아랫쪽으로 내려가면 비행선이 강하 동작을 한다.

○ 러더 : 조종기의 러더 스틱을 좌로 조작하면 비행선의 러더가 좌로 움직여 비행선 기수가 좌로 움직이는 동작을 하고, 조종기의 러더 스틱을 우로 조작하면 비행선의 러더가 우로 움직여 비행선 기수가 우로 움직이는 동작을 한다.

6.5.3 지상 핸들링

무인비행선의 경우 지상에서 특별히 무어링 장비까지 갖출 필요는 없으며, 사람이 직접 노즈콘에 이어진 견인줄을 잡고 이동시키는 것이 보편적이다.

[그림 6-10] Mast에 고정된 무인비행선

무인비행선의 지상이동시에는 노즈콘과 꼬리 부분의 견인줄을 이용하여 항상 비행선의 선두 방향이 바람이 불어오는 방향으로 오게끔 한다. 지상에서 비행준비를 할 경우 바람방향이 항상 일정하지 아니하므로 계류 시에는 노즈콘의 견인줄만을 사용하여 풍향에 따라 비행선이 움직일 수 있도록 한다.

비행선을 계류시키는 Mast는 강한 바람에도 견딜 수 있게 Mast 하부를 고정하여야 한다.

6.5.4 이륙 및 착륙

○ 이륙 : 무인비행선 기수의 견인줄을 당겨 바람방향으로 맞추고 조종자는 조종스틱을 이용, 엔진(또는 모터)의 틸팅 각을 상승으로 하고, 추진장치 추력을 올리면서 가볍게 무인비행선을 상공으로 밀어준다.

○ 무인비행선이 상승하면서 적정한 고도가 되었다고 판단되면, 전진비행으로 엔진(또는 모터)의 틸팅(Tilting) 각도를 바꾸고 추진장치 추력을 조절하고, 엘리베이터를 상승모드로 하여 목표고도로 올린다.

○ 무인비행선 착륙 시에 주의하지 않으면 무인비행선이 손상되는 경우가 많은데, 대부분의 무인비행선 손상은 착륙 시에 일어날 수 있어 주의가 요구된다.

○ 무인비행선을 착륙 목표지점에 접근시키면서 고도를 최대한 낮추고 10여 미터 높이에서 엔진(또는 모터)의 틸팅 각도를 하강 모드로 하여 무인비행선을 끌어내린다.

○ 무인비행선의 하강속도가 빠르면 속도를 감소시키고, 무인비행선의 기수 앞부분의 견인줄을 손으로 잡는 동시에 조종자는 엔진(또는 모터)을 끄고 아래쪽 러더가 지면에 부딪히지 않도록 잡아준다.

6.5.5 무인비행선 비행 전 안전성 점검

○ 무인비행선 비행 전 세부점검 내용들은 다음과 같다.

- 내/외부 조종사의 상호 통신은 가능한지 점검
- 구피 및 보조구피(Ballonet)에 구멍, 파열된 곳은 없고, 보수 부분이 있는 경우 적절한 방법으로 보수가 되어 있는지 점검
- 구피 천의 장력은 적당한지 점검
- 구피 및 곤돌라 접속부에 손상, 변형, 부식 등이 없는지 점검
- 곤돌라, 조종면 등을 장착하기 위한 구조물의 상태는 양호한지 점검
- 각 서보모터의 장착상태가 양호한지 점검
- 토오크판의 장착상태는 양호한지 점검
- 수직꼬리날개 안정판, 수평꼬리날개 안정판의 장착상태는 양호한지 점검
- 승강타 및 방향타의 장착상태는 양호한지 점검
- 꼬리날개 조종면의 힌지, 베어링의 작동상태 및 장착볼트, 핀 등의 상태가 양호

한지 점검
- 꼬리날개 작동 케이블과 힌지, 풀리 등의 장착 및 작동상태는 양호한지 점검
- 꼬리날개 외피의 손상이나 부식이 없는지 점검
- 착륙장치와 동체/곤돌라의 연결부분 상태는 양호한지 점검
- 착륙장치에 부식, 균열, 변형 등 이상이 없는지 점검
- 바퀴 및 타이어 혹은 스키드의 상태가 양호한지 점검
- 전기배선 상태는 양호한지 점검
- 프로펠러의 균열 및 손상 된 부분이 없는지 점검
- 스피너와 프로펠러 장착판의 상태는 양호한지 점검
- 프로펠러 궤도(Track) 및 균형(Balance) 상태는 정상인지 점검
- 연료관의 마찰, 마모, 누설, 고정상태는 이상이 없는지 점검
- 연료탱크 및 필터 상태는 양호한지 점검
- 연료 주입구 뚜껑(Cap)이 안전하게 잠기는지 점검
- 엔진 오일의 상태는 양호한지 점검
- 점화 케이블의 상태는 양호한지 점검
- 엔진(또는 모터) 장착 마운트와 부싱 등은 양호한지 점검
- 기어박스에서 오일누설은 없는지 점검
- 엔진(또는 모터) 카울링의 상태(장착고정)와 균열 등 이상이 없는지 점검
- 소음기의 부착상태는 양호한지 점검
- 송신기 안테나 및 전원 상태는 양호한지 점검
- 수신기 및 안테나 장착상태는 양호한지 점검
- 수신기 전원 및 배터리 장착 상태는 양호한지 점검
- 외부 장착장비의 상태는 양호한지 점검
- 지상조종장비의 조종기는 내부조종사와 외부조종사가 동시 또는 분리하여 사용할 수 있는지 점검
- 내부조종사와 외부조종사의 조종기는 서로 간섭현상은 없는지 점검
- 틸팅(Tilting) 작동상태는 양호한지 점검
- 송신기 안테나를 접은 상태에서 10m 이상의 거리에서 작동상태가 양호한지 점검
- 전파방해 등의 이유로 통신이 불가능할 경우를 대비하여 안전대책이 마련되어 있는지 점검

제3부 항공기상 (Aviation Weather)

제1장 대기권의 구조 – 해당 : 모든 초경량비행장치

제2장 대류권의 기상현상 – 해당 : 모든 초경량비행장치

제3장 비행안전에 관련된 기상현상 – 해당 : 모든 초경량비행장치

제4장 일기도와 비행계획

– 해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기/자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

제5장 항공기상업무

– 해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기/자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

제6장 항공기상 예보

– 해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기/자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

제7장 비행 중 기상조언 및 정보

– 해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기/자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

참고자료

– 비행안전 참고 매뉴얼, 서울지방항공청, 2014.1.

– 항공정보간행물(AIP : Aeronautical Information Publication), 2018. 9. 27.

– 항공정보업무 지침, 국토교통부예규 제191호, 2017.12. 7

– 항공기상업무 기본지침, 항공기상대, 2017. 8. 4.

– 항공기상업무 용어지침, 항공기상대, 2016.11.10.

– 공항경보 및 윈드시어경보 지침, 항공기상대, 2016.11.10.

– 공역예보 지침, 항공기상대, 2016.11.10.

– SIGMET 및 AIRMET 정보 지침, 항공기상대, 2016.11.10.

– Annex 3(Meteorological Service for International Air Navigation), ICAO, 2008.11.

– AC 00–6B Aviation Weather, FAA, 2016. 8 23

– AC 00–45H Aviation Weather Services, FAA, 2016. 11. 14.

– H–8083–25B Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge, FAA, 2016.

– H–8083–21 Rotorcraft Flying Handbook, FAA, 2000.

– H–8083–29 Powered Parachute Flying Handbook, FAA, 2007.

– H–8083–3B Airplane Flying Handbook, FAA, 2016.

– AIM(항공정보매뉴얼), 한국교통안전공단, 2017.

– 경량항공정보매뉴얼, 한국교통안전공단, 2016.

– 초경량비행장치 항법실무 참고서, 한국교통안전공단, 2010.

– 초경량비행장치 가이드, 한국교통안전공단, 2009.

– 무인비행기 및 무인비행선 조종자격 전환교육 교재, 한국교통안전공단, 2013.

– 경량항공기 비행경로, 한국교통안전공단, 2015.

– 경량항공기 비행안전가이드, 한국교통안전공단, 2016.

– 항공기상, 조종사표준교재, 국토교통부, 2018.

목 차

제1장 대기권의 구조

해당 : 모든 초경량비행장치

1.1 지구 대기권 구분

1.2 대기의 성분

1.3 국제표준대기

제2장 대류권의 기상현상

해당 : 모든 초경량비행장치

2.1 대기의 기온과 습도

2.2 기압

2.3 고기압과 저기압

2.4 바람

2.5 기단

2.6 전선

2.7 구름

2.8 안개

제3장 비행안전에 관련된 기상현상

해당 : 모든 초경량비행장치

3.1 난류

3.2 산악파

3.3 뇌우

3.4 다운버스트

3.5 우박

3.6 번개와 천둥

3.7 바람시어

3.8 마이크로버스트

3.9 착빙

3.10 해무

3.11 황사

제4장 일기도와 비행계획

해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기 / 자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

4.1 일기도

4.2 국제 일기 기호

4.3 시계비행계획을 위한 기상분석

제5장 항공기상업무

해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기 / 자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

5.1 항공기상 개요

5.2 항공기상 용어 정의

5.3 항공기상특보 및 정보

5.4. SIGMET

5.5 AIRMET

5.6 공항경보

5.7 바람시어 경보

5.8 공항기상정보

제6장 항공기상 예보

해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기 / 자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

6.1 항공예보개요

6.2 공항예보

6.3 이륙예보

6.4 착륙예보

6.5 저고도 중요기상예보

제7장 비행 중 기상조언 및 정보

해당 : 동력비행장치(타면/체중), 회전익비행장치(헬기 / 자이로), 동력패러글라이더, 유인자유기구

7.1 비행 중 기상조언

7.2 비행 중 이용 가능한 기상정보

7.3 조종사 기상보고(PIREP)

제1장 대기권의 구조

1.1 지구 대기권 구분

지표면을 벗어난 비행체들의 활동영역인 공간은 여러 가지 특성을 가지고 있으며 일반적으로 물리적 특성에 따라 구분하고 있다. 지구를 둘러싸고 있는 공간(Space)은 지구표면으로부터 우주공간으로 펼쳐지며, 이를 지구 대기권(atmosphere)과 외계(outer space)로 분리한다.

지구를 둘러쌓고 있는 지구 대기권은 일반적으로 물리적 특성에 따라 지표면에서부터 대류권(troposphere), 성층권(stratosphere), 중간권(mesosphere), 열권(thermosphere), 외기권(exosphere)으로 나누고 있다.

국제민간항공기구(ICAO)의 대기권 구분에서는 지표면으로부터 성층권까지 다루고 있으며, ICAO Annex 3(Meteorological Service for International Air Navigation)에서 특이기상 관련하여 지표면으로부터 FL(Flight Level)250, FL250과 FL450 사이의 층, FL450과 FL600 사이의 층으로 구분한다.

1.1.1 대류권

대류권(Troposphere)은 지구 대기권의 가장 낮은 부분으로 지표면과 접하고 있으며 대부분의 기상 현상이 일어나는 곳이다. 바다에는 항상 파도가 존재고, 해면과 접하고 있는 대류권은 명칭 그대로 끊임없이 공기의 대류가 활발히 이루어지고 있으며, 온도, 물리적 특성, 기압, 형상, 흐름 등으로 상승 및 하강기류가 발생하여 구름, 비, 눈, 태풍 등과 같은 기상현상을 일으킨다.

대류권의 범위는 지표면에서 시작하여 성층권 하단까지로 등온층이 존재하는 대류권계면 있으며, 시간 및 지리적 위치 등에 따라 대류권의 범위는 다소 차이가 있다. 일반적으로 대류권의 범위는 지표면으로부터 평균고도 11km 정도로, 계절과 위도 그리고 대기요란에 따라 변하여, 극지방에는 6~10km 적도부근에는 15~18km정도이며, 같은 장소에서도 여름철에는 높고 겨울철에는 낮게 나타나며, 중력과 원심력의 영향보다는 온도의 영향을 많이 받는다.

대류권의 대기 온도는 고도가 상승하면 온도가 감소하며, 공기밀도는 고도가 상승함에 따라 감소한다. 대기권의 전체 대기 질량의 75% 이상을 대류권에서 가지고 있고, 특히 수증기를 포함하고 있어 기상현상이 발생한다.

태양에 의해 지표면에 입사되는 태양 복사열

과 지표면에서 방출되는 지구복사열로 인하여 고도 11km까지는 고도가 높아질수록 기온은 약 6.5℃/km의 비율로 감소하며, 풍속은 고도가 높아질수록 증가한다.

고도 상승에 따라 기온이 낮아지고, 대륙과 바다의 비열 차이, 지형의 영향, 아래쪽에 있는 온도가 높은 공기의 열역학적 불안정한 상태 등으로 인한 바람의 불규칙한 변화, 상승 및 하강기류와 같은 수직적인 공기의 흐름 등에 의한 난류현상(turbulence)이 발생하며, 또한 지표면에서의 대류작용에 의한 수직운동으로 비, 눈, 구름과 같은 기상현상을 비롯해서 저기압, 고기압, 전선, 태풍 등 거의 모든 대기운동이 일어난다.

대류권의 상한인 대류권계면 부근에서는 대기가 안정되어 구름이 없고, 기온이 낮으며, 공기가 희박하여 공기압축기를 사용하고 있는 제트기의 운항에 적합한 조건을 갖추고 있다. 반면 대기활동이 왕성하게 일어나는 대류권의 하부는 경량항공기 및 초경량비행장치가 비행 활동을 하는 공간으로 기상에 의한 영향을 많이 받게 된다.

1.1.2 성층권

성층권(Stratosphere)은 아래로는 대류권을 접하며, 위쪽으로는 중간권을 접하고 있다. 성층권은 대류권의 위층으로 지표면으로부터 11~50km 범위이며, 고속의 바람이 불어도 와류가 생기지 않는 층으로 지구 대기권의 한 부분이고, 위쪽으로 올라갈수록 따뜻해지고, 성층권 하부에 가까워질수록 온도가 내려가는 특성을 지니고 있다. 이 현상은 지표면에 가까울수록 온도가 상승하는 대류권과는 정반대이다.

지표면으로부터 20~30km지점은 오존층이 두텁게 존재하지만, 오존이 검출되는 범위는 성층권 전체에서 검출되며, 성층권 상부에서는 고도가 높아질수록 오존의 농도가 희박해진다.

성층권의 하부는 대기가 안정되어 구름이 적고, 기온이 낮으며, 공기가 희박하여 공기 압축기를 보유한 제트여객기들이 순항하기 좋은 여건을 갖추고 있어 9~15km 고도 범위에서 비행을 한다.

1.1.3 중간권

중간권(Mesosphere)은 지구 대기권의 하나로 성층권과 열권 사이의 지표면으로부터 50~80km 부근에 존재하고, 고도가 높아짐에 따라 온도가 감소하여, 중간권 최상부에는 대기권에서 온도가 가장 낮은 중간권계면이 있다.

중간권에 포함된 공기 분자는 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지를 흡수할 공기 분자가 적어 지구 복사 에너지와 태양 복사 에너지의 영향이 가장 적다. 중간권은 고도가 상승함에 따라 온도가 감소하므로 대기가 불안전 하여 대류현상이 일어나지만 기상현상은 일어나지 않는다.

1.1.4 열권

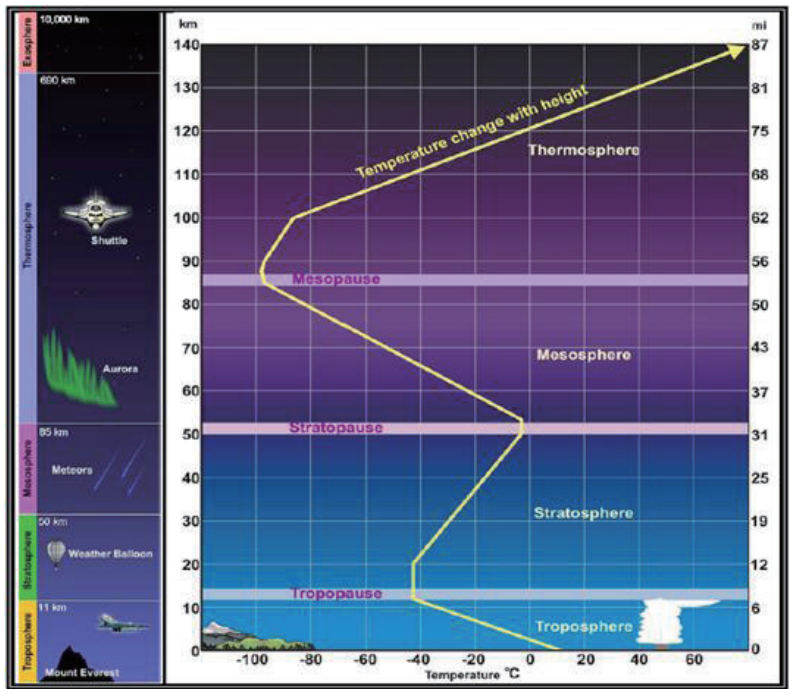
열권(Thermosphere)은 지구 대기권의 하나로 중간권과 외기권 사이 존재하며, 지표면으로부터 대략 80km 정도에서 시작하여 일반적으로 500km까지이다. 이 권역은 고도가 높아 대기 가스의 분자 질량에 따라 층을 이루어 배열하게 되며, 또한 태양 에너지에 의해 공기 분자가 이온화되어 자유전자가 밀집되어 전리층이라고 불린다.

전리층은 아래에서부터 D, E, F, G층으로 구분하며, F층은 고도 180km에서 300km까지로, 55~95m 파장의 전파를 반사한다. 이러한 특징으로 인하여 항공분야에서 HF(High Frequency)주파수를 사용하여 장거리 통신을 한다. HF(High Frequency)는 10~100m파장 범위를 갖고 있는 주파수 2.8~22MHz인 단파이다.

1.1.5 외기권

외기권(Exosphere)은 지구 대기권의 마지막 대기층이다. 아래로는 열권이 있으며, 태양의 활동에 따라 많은 차이가 있어, 지표면으로부터 500~1,000km 정도에서 시작하며, 대략 10,000km 정도까지이다.

외기권의 주된 기체는 산소나 질소와 같은 무거운 원소는 거의 존재하지 않고 수소와 헬륨과 같은 가벼운 원소가 존재한다.



[그림 1-1] 대기의 연직 온도 분포에 의한 구분

1.2 대기의 성분

지구 대기권의 대기 구성 물질은 부피로 보아 99%가 질소(N_2) 78% 및 산소(O_2) 21%로 구성되어 있으며, 기타 1%는 아르곤(Ar), 이산화탄소 (CO_2), 헬륨(He), 메탄(CH_4), 수소(H_2), 수증기(H_2O), 일산화질소(NO), 오존(O_3), 일산화탄소(CO) 등이 차지하고 있다. 이들은 일반적으로 고도 80km까지 균일한 구성분포를 유지하고 있어 균질권(homosphere)이라고 하며, 고도가 높아짐에 따라 공기 밀도는 감소한다.

고도 80km 이상에서는 대기의 성분비는 고도가 높아짐에 따라 중력의 영향이 작아지므로 가벼운 기체의 성분비율이 증가하여 성분비가 일정하지 않아 비균질권이라 한다.

1.3 국제표준대기

우리주변의 대기는 계속적으로 특성을 변화시키고 있다. 특히 대기의 기압은 같은 장소라 하더라도 시간에 따라 수시로 변한다. 비행체는 지구 대기권을 비행하기 때문에 이를 구성하고 있는 대기의 영향에 매우 민감할 수밖에 없다.

항공기들이 공간을 비행하면서 항공관제를 받아 항공기간의 거리 및 고도에 따른 안전거리 확보, 그리고 항공기의 비행성능 및 엔진의 출력 등에 대한 비교, 항공기를 설계하고 운용하기 위해서는 어떠한 기준이 되는 표준 대기의 상태를 설정할 필요가 있다. 표준대기는 국제적으로 통일시킬 필요가 있으므로 ICAO에서는 1964년 국제표준대기(ISA: International Standard Atmosphere)를 국제 협약(International Agreements)으로 규정하였다.

ICAO에서 정한 국제표준대기 조건으로, 공기는 건조공기(지표면으로부터 80km까지의 균질권 : 질소 78%, 산소 21%, 기타 1%인 부피비 균일)로서 이상기체 상태방정식을 고도, 온도, 시간에 관계없이 만족하여야 한다. 또한 표준대기(Standard Atmosphere)는 기압이나 기온 등의 고도분포를 실제대기의 평균상태에 근사하도록 단순한 형태로 표시한 기준대기를 말하며, 다음과 같은 물리적 상수를 사용한다.

- ○ 해면상 표준기압 : 1,013.25mb, 29.921in-Hg
- ○ 해면상 공기밀도 : 1.225kg/m^3
- ○ 중력가속도 : 9.80665㎨
- ○ 음속 340.43m/s
- ○ 해면상 기온 : 15℃, 288.15K
- ○ 결빙 온도 : 273.15K
- ○ 고도별 온도 변화율 : 11.0km까지 -6.5℃/km
- ○ 고도별 온도 변화율 : 11.0~20.0km는 0.0℃/km(등온층)

[표 1-1] 표준대기표(Standard Atmosphere Table)

기하학적 고도 (ft)	온도 (℃) [-6.5℃/km]	기압	
		(in-Hg)	(mb) (hPa)
0	15.0	29.920	1013.2
1000	13.0	28.854	977.1
2000	11.0	27.820	942.1
3000	9.1	26.816	908.1
4000	7.1	24.841	875.1
5000	5.1	24.895	843.0
6000	3.1	23.977	812.0
7000	1.1	23.087	781.8
8000	-0.8	22.224	752.6(≒3/4 기압)
9000	-2.8	21.387	724.2
10000	-4.8	20.576	696.8
11000	-6.8	19.790	670.2
12000	-8.8	19.029	644.4
13000	-10.8	18.291	619.4
14000	-12.7	17.577	595.2
15000	-14.7	16.885	571.8
16000	-16.7	16.216	549.1
17000	-18.7	15.568	527.2
18000	-20.7	14.941	506.0(≒1/2 기압)
19000	-22.6	14.335	485.5
20000	-24.6	13.750	465.6
25000	-34.5	11.103	376.0
30000	-44.4	8.885	300.9
34000	-52.4	7.382	250.0(≒1/4 기압)
35000	-54.3	7.040	238.4
40000	-56.5	5.538	187.5

주) 제트여객기가 고공비행시 여압된 객실의 기압은 해면상 표준대기압의 3/4에 해당하는 고도 8,000ft 아래로 설정된다. 반면 왕복엔진을 장착한 항공기들의 최대 운용고도 상한은 일반적으로 18,000ft 정도로 해면상 표준대기압의 1/2에 해당된다.

제2장 대류권의 기상현상

2.1 대기의 기온과 습도

2.1.1 대기의 열전달

열은 복사(Radiation), 전도(Conduction) 그리고 대류(Convection)라는 세 가지 방법으로 전달되며, 실제로는 둘 또는 세 가지 현상이 동시에 일어난다.

○ 복사(Radiation) : 물체로부터 방출되는 전자파를 총칭하여 복사라고 한다. 전자기파에 의한 에너지 전달 방법으로써, 에너지가 이동하는데 매체를 필요로 하지 않는다. 때문에 우주 공간을 지나오는 태양에너지의 이동은 주로 복사 형태로 이루어진다.

○ 전도(Conduction) :분자운동을 통한 에너지 전달 방법으로서, 물질의 이동 없이 열이 물체의 고온부에서 저온부로 이동하는 현상을 말한다. 열전도는 온도차이가 있을 때에만 일어난다.

○ 대류(Convection) : 유체(기체나 액체)의 일부분이 가열 또는 냉각으로 인하여 분자운동이 발생하며, 이로 인하여 유체 내부의 밀도 차이가 생기면서, 밀도가 작은 부분은 상승하고 밀도가 큰 부분은 하강하게 되는데, 이러한 이동현상을 말한다.

○ 이류(Advection) : 연직방향으로의 유체(기체나 액체) 운동에 의한 수송이 우세한 경우를 대류라 하고, 수평방향으로의 유체 운동에 의한 수송이 우세한 경우를 이류라고 한다. 공간적으로 널리 퍼져 있는 대기는 가지고 있는 온도, 성분 등의 물리량 분포가 일정하지 않다. 어떤 지점에서의 특정 물리량의 시간적 변화에는 다른 장소로부터 유체가 이동되어 오는데 따른 변화가 포함되어 있다. 이와 같은 수평적 이동 현상을 이류라고 한다.

㈜ 유체(fluid)는 일정한 상태를 유지하는 고체와는 달리 자신의 상태를 유지하지 않고 흐를 수 있는 액체나 기체를 유체라고 한다.

2.1.2 기온

온도는 물체의 차갑고 뜨거운 정도를 수량적으로 표시한 것이며, 공기의 차고 더운 정도를 수량으로 나타낸 것이 기온이다. 온도 단위는 섭씨온도, 화씨온도 그리고 절대온도가 있다.

○ 섭씨온도(Celsius, ℃)

• 1기압에서 물의 어는점을 0℃, 끓는점을 100℃로 하여, 그 사이를 100등분한 온도이며, 단위 기호는 ℃로 표기한다.

○ 화씨온도(Fahrenheit, ℉)

• 소금, 암모니아 등을 만들 수 있는 가장 낮은 온도를 0℉(≒−18℃)로 정의하고, 물의 어는점을 32℉, 끓는점을 212℉로 하여, 그 사이를 180등분한 온도이며, 단위 기호는 ℉를 사용한다.

○ 절대온도(Kelvin, K)

• 열역학 제2법칙에 따라 이론적으로 정해진 온도로서, 이론상 생각할 수 있는 최저 온도를 기준으로 하는 온도 단위이다. 즉, 그 기준점인 0K는 이상기체의 부피가 0이 되는 극한온도 −273.15℃와 일치한다. 절대온도를 기준으로 한 온도눈금을 절대온도(absolute temperature) 또는 캘빈 온도(Kelvin temperature) 눈금이라 부른다. 이 눈금의 기호로 °(도) 표시가 없는 K를 쓰고, 켈빈(Kelvin)이라 읽는다.

○ 온도 환산법

• 섭씨와 화씨온도의 관계

: $℃=(℉-32)\times\frac{5}{9}$

• 섭씨와 절대온도의 관계 : ℃=K−273.15

• 화씨와 섭씨온도의 관계 : ℉=1.8℃+32

• 화씨와 절대온도의 관계

: $℉=(K\times\frac{5}{9})-459.67$

• 절대온도와 섭씨온도의 관계

: K=℃ + 273.15

• 절대온도와 화씨온도의 관계

: $K=(℉+459.67)\times\frac{5}{9}$

2.1.3 기온의 일변화

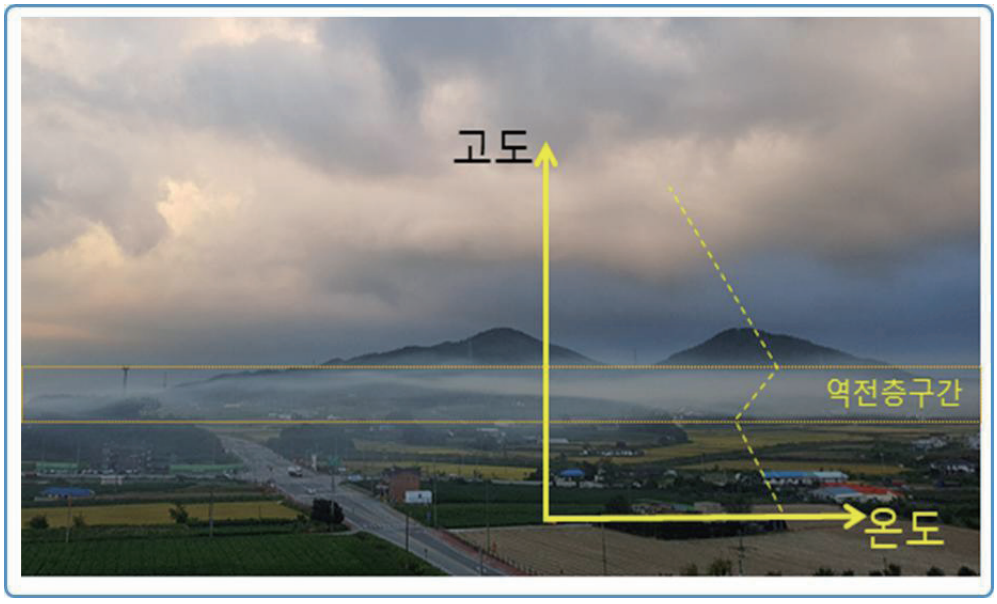
○ 일사량 변화 : 태양으로부터 받는 지면에서의 일사량은 일출과 더불어 차츰 증가되다가 일몰이 되면 없어진다. 일출과 더불어 지면의 온도가 상승함에 따라 복사열에 의하여 대기가 데워져 기온이 상승한다. 일사량은 정오에 최대가 되지만 지표에 흡수된 에너지가 축적되어 일 최고 기온은 다소 지연되어 오후 1~3시 사이에 나타난다. 일몰 후 일사량은 없어지지만 이후에도 지면 복사의 방출은 계속되기 때문에 최저 기온은 일출 직후에 나타난다.

○ 역전층 : 비열이 작은 육지는 바다보다 쉽게 뜨거워지고, 쉽게 식는다. 이러한 특징 때문에 고도에 따라 온도가 상승하는 역전층이 지표 가까이에 생성되게 된다. 일 최고 기온에 도달한 후, 일사량이 감소하기 시작하면서 지면의 기온도 감소하는데, 비열이 작은 지표는 대기보다 더 빠르게 온도가 떨어지게 된다. 따라서 지표 가까이에 있는 곳의 기온이 지표에서 어느 정도 떨어져 있는 상층보다 더 낮아지게 된다. 결과적으로 지면에서 상층으로 올라갈수록 기온이 높아지는 지면 역전층이 발생하고 복사냉각에 의해 발생하므로 복사역전

층으로 불리기도하며, 이런 날은 안개가 발생할 확률이 높다.

대류권에서 대기의 온도는 고도가 상승하면서 약 6.5℃/km의 비율로 감소한다. 그러나 어떤 상층구역에서는 고도가 상승함에도 기온이 감소되지 않는 기온 역전이 나타나며 상층역전으로 불리고, 이러한 현상은 지상에서 발생한 연기가 위로 올라가지 않고 역전층 구간에서 얇고 평탄한 구름형태로 정체되어 잔류한다.

2.1.4 습도



[그림 2-1] 기온역전층 구역에 정체된 연기

습도는 공기 중에 수증기가 포함되어 있는 정도 또는 그 양을 나타내는 것이다.

○ 수증기압 : 수증기압은 혼합기체 중의 하나로 기체에 관련된 압력을 부분압력이라 하며, 이 중 수증기의 부분압력을 수증기압이라 한다. 단위는 hPa 또는 mb로 표시한다. 어떠한 상태의 온도와 기압 조건에서 공기덩어리가 보유할 수 있는 최대 수증기양이 같을 때를 포화라고 하며, 이때의 수증기압을 포화 수증기압이라 한다. 포화 수증기압(saturated vapor pressure)은 온도가 증가할수록 커진다.

○ 절대 습도 : 절대 습도는 1㎥ 공기 중에 포함되어 있는 수증기의 g수. 공기덩어리에 수증기량의 변화가 없어도 기온이 변하면 공기가 팽창 또는 수축하여 절대습도가 변하며, 단위는 kg/㎥를 사용한다.

○ 이슬점 온도(dew point) : 이슬점 온도는

공기 중에 수증기가 포화되기 위하여 냉각되어야 하는 온도인데, 이온도에 도달하면 공기가 포화되고 이슬이 맺히기 시작한다.

○ 상대습도(RH, Relative Humidity) : 상대습도는 현재 공기 중에 포함되어 있는 수증기의 양과 그 온도에서의 포화 수증기량을 백분율로 표현한 것. 또는 포화 수증기압에 대한 현재 수증기압의 비를 나타내기도 한다. 상대습도는 수증기량 외에도 온도의 영향을 받는다. 상대습도의 일변화는 기온의 일변화에 따라 달라지며 일반적으로 기온이 높을 때 습도가 낮고, 기온이 낮으면 습도가 높다. 일반적으로 습도라고 하면 상대습도를 말한다.

• 상대습도(RH)$=\frac{(\text{현재 수증기압})}{(\text{포화 수증기압})}\times 100(\%)$

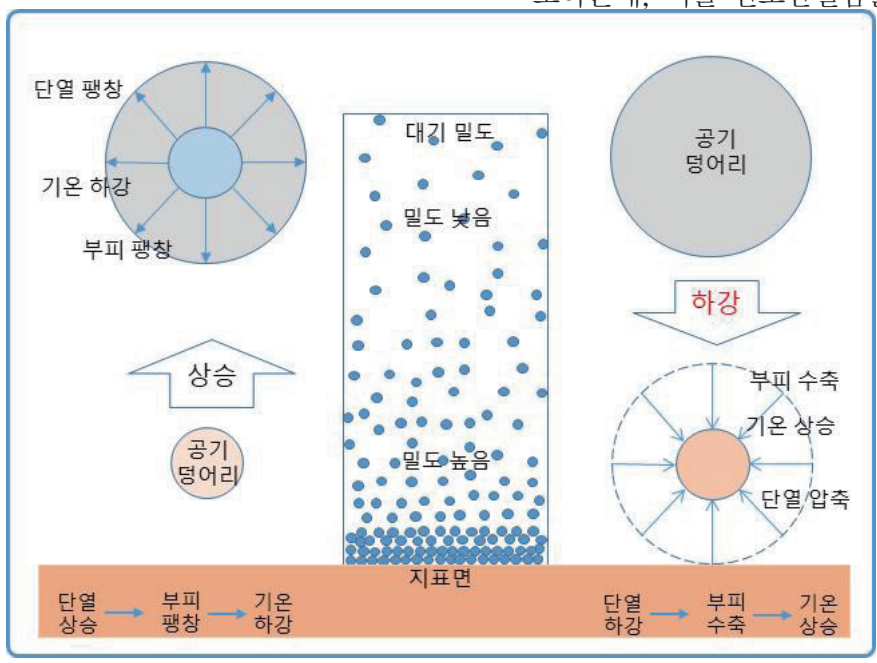
2.1.5 단열과정

기체가 외부로부터 열을 얻거나 빼앗기지 않고 온도가 변하는 현상을 단열변화라고 한다.

○ 단열팽창 : 공기가 상승하면 주위의 기압이 낮아지면서 공기 덩어리가 팽창하게 되는데, 이러한 현상을 단열팽창이라 한다.

○ 단열압축 : 공기의 하강으로 인해 주위의 기압이 높아지면 공기 덩어리가 압축하게 되는데, 이것을 단열압축이라 한다.

○ 건조단열변화 : 포화되지 않은 건조한 공기가 상승 또는 하강하면서 주위의 기압 변화에 따라 온도가 단열적으로 변화하는 것을 말하며, 건조한 공기 덩어리가 1km 상승할 때마다 약 10℃ 정도의 온도가 감소하는데, 이를 건조단열감률(−10℃/km)



[그림 2-2] 공기덩어리의 단열 변화

이라 한다.

○ 습윤단열변화 : 수증기로 포화된 습윤한 공기가 상승 또는 하강하면서 주위의 기압 변화에 따라 온도가 단열적으로 변화하는 것을 말하며, 습윤한 공기 덩어리가 1km 상승할 때마다 약 4~6℃정도의 온도가 감소하게 된다. 이를 습윤단열감률(-4~-6℃/km)이라 한다.

2.2 기압

대기의 압력을 기압이라 한다. 유체 내의 어떤 점의 압력은 모든 방향으로 균일하게 작용하지만, 어떤 점의 기압이란 그 점을 중심으로 한 단위면적 위에서 연직으로 취한 공기 기둥 안의 공기 무게를 말한다.

2.2.1 기압의 측정단위

○ 공식적인 기압의 단위는 hPa이며, 소수 첫째자리까지 측정한다.

○ 수은주 760mm의 높이에 해당하는 기압을 표준기압이라 하고, 이것을 1기압(atm)이라고 하며, 큰 압력을 측정하는 단위로 사용한다.

○ 국제단위계(SI)의 압력단위 1파스칼(Pa)은 1㎡당 1N의 힘으로 정의된다.

㈜ 1mb=1hPa=0.750062mmHg

=0.0295300inHg

○ 해면기압 : 평균해수면 높이에서의 기압이다. 높이가 다른 여러 관측소의 기압을 해면에서 측정한 값으로 환산한 값이며, 일기도에는 해면기압을 기록한다.

㈜ 1표준기압(atm)=760mmHg=1,013.25hPa

=29.92inHg

2.2.2 기압고도계 설정방식

항공기의 기압고도계는 국제표준대기를 근거로 하여 고도를 정의하고 있으며, 관제에 사용되는 전이고도(Transition Altitude, Transition Level)는 나라마다 다르게 설정(우리나라 및 일본 14,000ft, 미국 18,000ft)되어 있고, 항공기 운영에 따라 기압고도계 설정방식도 다르게 다음과 같이 운영하고 있다.

2.2.2.1 QNH

관제탑에서 제공하는 고도 압력으로 조종사가 항공기의 기압고도계를 맞추는 방식으로 해당 활주로로 부터의 해면고도가 고도계에 표시된다.

우리나라에서 QNH는 전이고도 14,000ft 이하에서 운항할 때 사용되며, 장거리 비행을 하는 경우 가까운 비행장에서 제공하는 고도 압력을 세팅하면서 비행을 하여야 한다.

2.2.2.2 QNE

조종사가 항공기의 고도계를 표준대기압 29.92 in-Hg 또는 1013.25mb에 맞추는 방식으로, 우리나라는 전이고도 14,000ft 이상에서 사용한다. 일반적으로 이것을 기압고도라고도 한다.

2.2.2.3 QFE

항공기가 활주로의 표고 또는 착지지점으로부터의 고도를 표시하도록 기압고도계를 현지기압으로 맞추는 방식으로, 활주로 출발 시에 기압고도계가 0ft를 나타내도록 한다. 이러한 방식을 Zero Setting이라고 한다.

관제탑이 없는 비행장 또는 이착륙장에서, 주로 장주비행 또는 Local(한정된 지역) 비행을 할 경우 주로 사용한다.

2.3 고기압과 저기압

2.3.1 고기압 : 고기압은 중심 기압이 주변보다 높은 곳을 말한다.

2.3.1.1 고기압의 특성

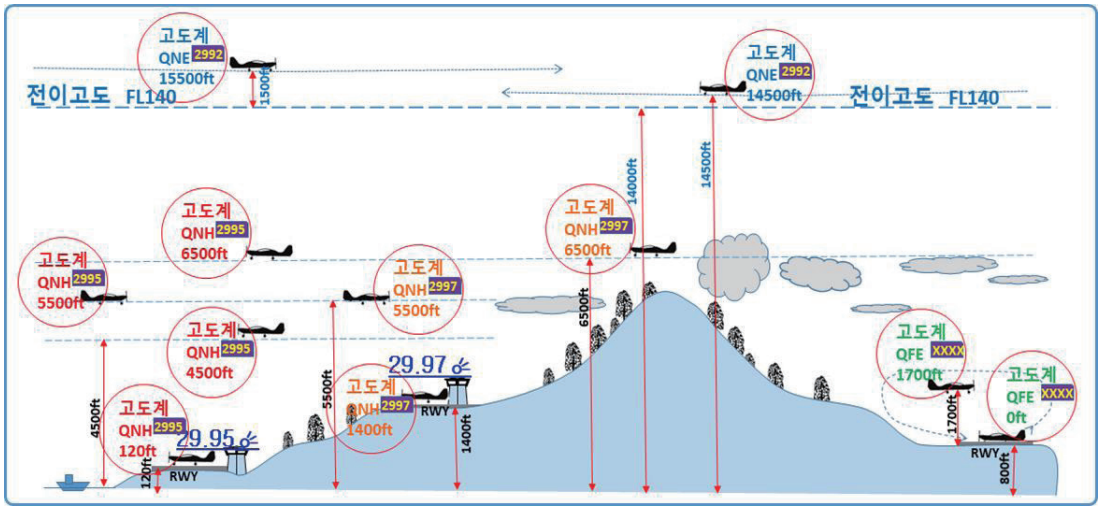
고기압권 내의 바람은 북반구에서는 고기압 중심 주위를 시계방향으로 회전하고, 남반구에서는 반시계방향으로 회전하면서 바람이 불어나간다.

등압선과 풍향이 이루는 각은 해상에서는 약 15° 정도이고, 육상에서는 지형이나 풍속에 의해 약 25~35°로 해상보다 크게 나타난다.

2.3.1.2 고기압의 분류

○ 온난고기압

• 온난고기압은 대기대순환에 의해 역학적으로 생기는 고기압으로 키가 크며 중심이 주위보다 온난하여 상공으로 갈수록



[그림 2-3] 시계비행방식에서 기압고도계 설정방식 예