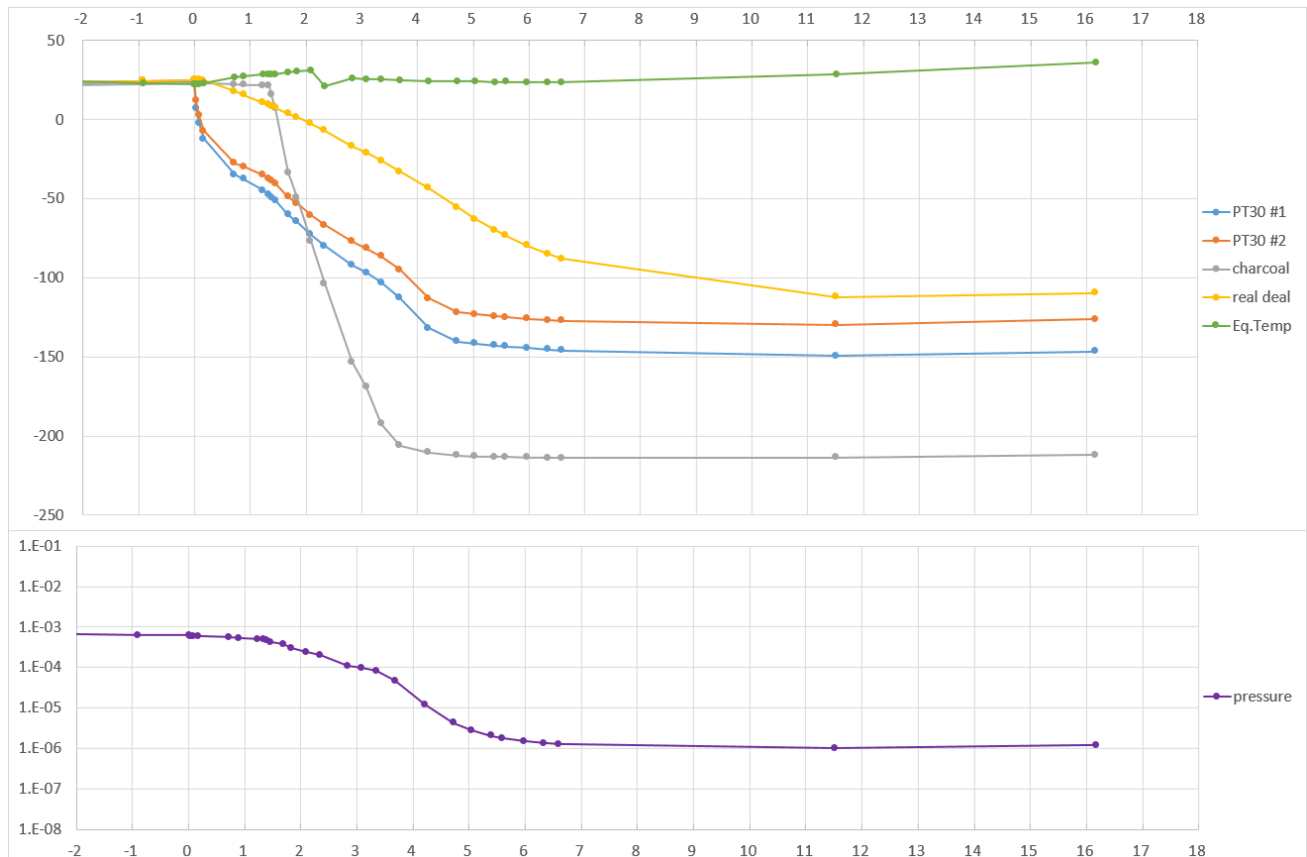


듀어 냉각 방법

2018-01-23 SSO 작업

A, 듀어냉각 진행 개요

다음은 정상적으로 듀어 냉각이 진행되었을 경우의 온도와 압력 변화를 나타낸 그래프이다. X축은 냉각 진행 시간의 hour 단위이고 Y축은 섭씨 온도와 torr 단위 압력이다. 0h에서 PT30 #1과 #2를 동시에 가동하여 이 둘의 온도가 먼저 떨어지고, 뒤이어 CCD 온도 real deal이 떨어지는 모습을 볼 수 있다. PT30 #1과 #2의 냉각이 정상적으로 진행되면 한 시간 가량 경과 후 이 둘의 온도가 -30°C 이하로 떨어진다. 냉각이 시작된 후 real deal 온도가 5°C 에 도달되면 PT-13을 가동시켜야 하는데, 정상적으로 냉각이 진행되면 냉각 시작 후 약 1.5h에서 2h 사이가 된다. 아래 그래프에서는 약간 일찍 1.4h 부근에서 PT13을 가동시켰고 PT13의 냉각이 정상적으로 이루어져 빠른 시간에 charcoal 온도가 -200°C 까지 떨어지고 이에 따라 압력도 같이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 압력은 냉각 전에 $1.0\text{e-}2$ torr 이하가 되는 것이 좋으며 냉각 후에는 보통 $1.0\text{e-}5$ torr 이하까지 떨어진다. PT30 #1과 #2는 온도차이가 있을 수 있는데 크게는 30 도 이상의 차이를 보이기도 한다. Real deal은 여름철에는 -90°C , 겨울철에는 -100°C 이하를 유지하는 것이 정상 범위이다. 이러한 정상적인 냉각진행 상황을 이해한 후 다음 그래프 이후에 정리된 냉각 진행 순서 및 방법을 참고하여 듀어 냉각을 진행한다.



<정상적인 듀어 냉각 시 온도/압력 곡선>

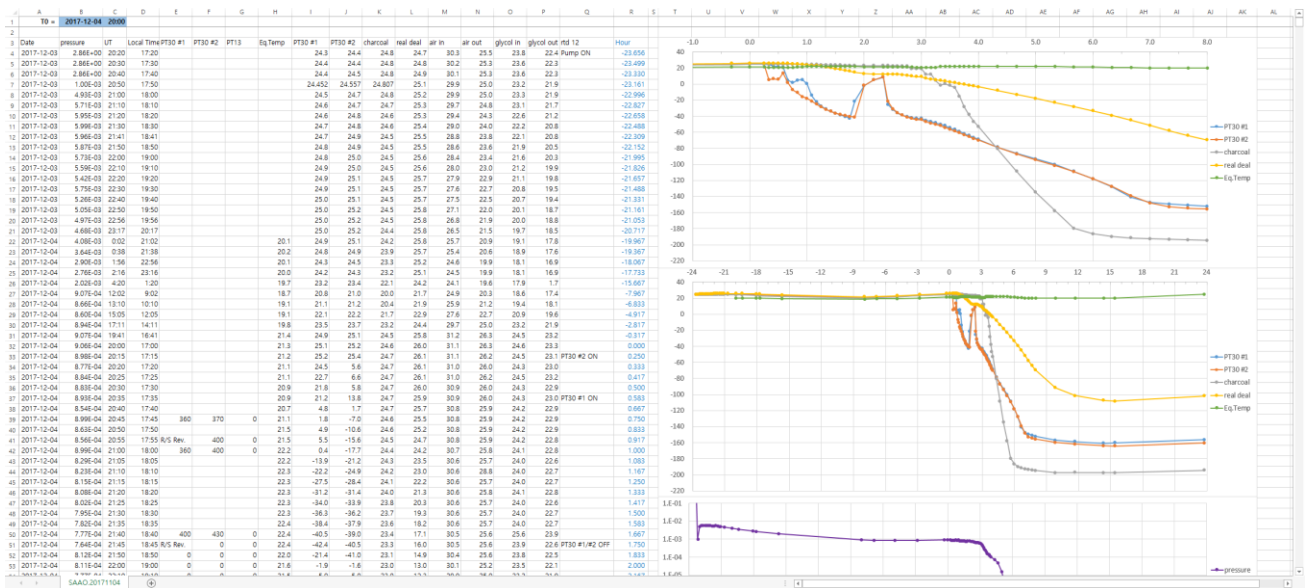
B. 듀어냉각 진행 절차

0) 듀어 온도/압력 기록

듀어 냉각을 진행하면서 유지보수를 위한 기록과 실시간 진행상황 파악을 위해 엑셀파일 tpcurve에 시간, 온도, 압력 값 등을 기록한다. 각 행에 대한 설명은 다음 그림에 표시되어 있으며 값을 기록하면 아래 그림과 같이 온도/압력 그래프가 실시간으로 갱신된다. 기록할 때 마다 파일을 저장해주어 정전 등으로 인한 자료 손실을 방지한다. 자료 작성을 위해 관측컴퓨터에 저장되어 있는 AutoScreenCap 유틸리티를 이용하면 보다 손쉽게 주기적으로 자료를 확보할 수 있다. 이 프로그램은 설치 없이 바로 실행할 수 있다.

TP curve 작성 샘플

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	T0 = 2017-12-04 20:00			← T0: 냉각시작(PT30 #1/#2 ON) 날짜/시간 입력														
2																		
3	Date	pressure	UT	Local Time	PT30 #1	PT30 #2	PT13	Eq.Temp	PT30 #1	PT30 #2	charcoal	real deal	air in	air out	glycol in	glycol out	rtd 12	Hour
4	2017-12-03	2.86E+00	20:20	17:20					24.3	24.4	24.8	24.7	30.3	25.5	23.8	22.4	Pump ON	-23.656
5	2017-12-03	2.86E+00	20:30	17:30					24.4	24.4	24.8	24.8	30.2	25.3	23.6	22.3		-23.499
6	2017-12-03	2.86E+00	20:40	17:40					24.4	24.5	24.8	24.9	30.1	25.3	23.6	22.3		-23.330
7	2017-12-03	1.00E-03	20:50	17:50					24.452	24.557	24.807	25.1	29.9	25.0	23.2	21.9		-23.161
8	2017-12-03	4.93E-03	21:00	18:00					24.5	24.7	24.8	25.2	29.9	25.0	23.3	21.9		-22.996
9	2017-12-03	5.71E-03	21:10	18:10					24.6	24.7	24.7	25.3	29.7	24.8	23.1	21.7		-22.827
10	2017-12-03	5.95E-03	21:20	18:20					24.6	24.8	24.6	25.3	29.4	24.3	22.6	21.2		-22.658
11	2017-12-03	5.99E-03	21:30	18:30					24.7	24.8	24.6	25.4	29.0	24.0	22.2	20.8		-22.488
12	2017-12-03	5.96E-03	21:41	18:41					24.7	24.9	24.5	25.5	28.8	23.8	22.1	20.8		-22.309
13	2017-12-03	5.87E-03	21:50	18:50					24.8	24.9	24.5	25.5	28.6	23.6	21.9	20.5		-22.152
14	2017-12-03	5.73E-03	22:00	19:00					24.8	25.0	24.5	25.6	28.4	23.4	21.6	20.3		-21.995
15	2017-12-03	5.59E-03	22:10	19:10					24.9	25.0	24.5	25.6	28.0	23.0	21.2	19.9		-21.826
16	2017-12-03	5.42E-03	22:20	19:20					24.9	25.1	24.5	25.7	27.9	22.9	21.1	19.8		-21.657
17	2017-12-03	5.75E-03	22:30	19:30					24.9	25.1	24.5	25.7	27.6	22.7	20.8	19.5		-21.488
18	2017-12-03	5.26E-03	22:40	19:40					25.0	25.1	24.5	25.7	27.5	22.5	20.7	19.4		-21.331
19	2017-12-03	5.05E-03	22:50	19:50					25.0	25.2	24.5	25.8	27.1	22.0	20.1	18.7		-21.161
20	2017-12-03	4.97E-03	22:56	19:56					25.0	25.2	24.5	25.8	26.8	21.9	20.0	18.8		-21.053
21	2017-12-03	4.68E-03	23:17	20:17					25.0	25.2	24.4	25.8	26.5	21.5	19.7	18.5		-20.717
22	2017-12-04	4.08E-03	0:02	21:02				20.1	24.9	25.1	24.2	25.8	25.7	20.9	19.1	17.8		-19.967
23	2017-12-04	3.64E-03	0:38	21:38				20.2	24.8	24.9	23.9	25.7	25.4	20.6	18.9	17.6		-19.367
24	2017-12-04	2.90E-03	1:56	22:56				20.1	24.3	24.5	23.3	25.2	24.6	19.9	18.1	16.9		-18.067
25	2017-12-04	2.76E-03	2:16	23:16				20.0	24.2	24.3	23.2	25.1	24.5	19.9	18.1	16.9		-17.733
26	2017-12-04	2.02E-03	4:20	1:20				19.7	23.2	23.4	22.1	24.2	24.1	19.6	17.9	1.7		-15.667
27	2017-12-04	9.07E-04	12:02	9:02				18.7									17.4	-7.967
28	2017-12-04	8.66E-04	13:10	10:10				19.1									18.1	-6.833
29	2017-12-04	8.60E-04	15:05	12:05				19.1	22.1	22.2	21.7	22.9	27.6	22.7	20.9	19.6		-4.917
30	2017-12-04	8.94E-04	17:11	14:11										29.7	25.0	23.2	21.9	-2.817
31	2017-12-04	9.07E-04	19:41	16:41										31.2	26.3	24.5	23.2	-0.317
32	2017-12-04	9.06E-04	20:00	17:00				21.3	25.1	25.2	24.6	26.0	31.1	26.3	24.6	23.3		0.000
33	2017-12-04	8.98E-04	20:15						2	25.4	24.7	26.1	31.1	26.2	24.5	23.1	PT30 #2 ON	0.250
34	2017-12-04	8.77E-04	20:20						5	5.6	24.7	26.1	31.0	26.0	24.3	23.0		0.333
35	2017-12-04	8.84E-04	20:25	17:25				21.1	22.7	6.6	24.7	26.1	31.0	26.2	24.5	23.2		0.417
36	2017-12-04	8.83E-04							24.7	26.0	30.9	26.0	30.9	26.0	24.3	22.9		0.500
37	2017-12-04	8.93E-04							24.7	25.9	30.9	26.0	30.9	26.0	24.3	23.0	PT30 #1 ON	0.583
38	2017-12-04	8.54E-04	20:40	17:40				20.7	4.8	1.7	24.7	25.7	30.8	25.9	24.2	22.9		0.667
39	2017-12-04							21.1	1.8	-7.0	24.6	25.5	30.8					0.750
40	2017-12-04							21.5	4.9	-10.6	24.6	25.2	30.8					0.833
41	2017-12-04	8.56E-04	20:55	17:55	R/S Rev.	400	0	21.5	5.5	-15.6	24.5	24.7	30.8		25.9	24.2	22.8	0.917
42	201																	
43	201																	
44	2017-12-04	8.23E-04	21:10	18:10				22.3	-22.2	-24.9	24.2	23.0	30.6	28.8	24.0	22.7		1.167
45	2017-12-04	8.15E-04	21:15	18:15				22.3	-27.5	-28.4	24.1	22.2	30.6	25.7	24.0	22.7		1.250
46	2017-12-04	8.08E-04	21:20	18:20				22.3	-31.2	-31.4	24.0	21.3	30.6	25.8	24.1	22.8		1.333
47	2017-12-04	8.02E-04	21:25	18:25														1.417
48	2017-12-04	7.95E-04	21:30	18:30														1.500
49	2017-12-04	7.82E-04	21:35	18:35				22.4	-38.4	-37.9	23.6	18.2	30.6	25.7	24.0	22.7		1.583
50	2017-12-04	7.77E-04	21:40	18:40				22.4	-40.5	-39.0	23.4	17.1	30.5	25.6	25.6	23.9		1.667
51	2017-12-04	7.64E-04	21:45	18:45	R/S Rev.	0	0	22.4	-42.4	-40.5	23.3	16.0	30.5	25.6	23.9	22.6	PT30 #1/#2 OFF	1.750
52	2017-12-04	8.12E-04	21:50	18:50				22.0	-21.4	-41.0	23.1	14.9	30.4	25.6	23.8	22.5		1.833
53	2017-12-04	8.11E-04	22:00	19:00				21.6	-1.9	-1.6	23.0	13.0	30.1	25.2	23.5	22.1		2.000
54	2017-12-04	7.77E-04	22:10	19:10				21.5	5.0	5.0	23.0	13.3	30.0	25.0	23.3	21.0		2.167



1) 압력확인: 냉각 전에 듀어 압력을 확인하고 기록한다. 온도/압력 모니터링 프로그램(DOS 부팅 -- bruce -- PCITOTPS.BAS 선택 -- Shirt+F1 -- Run)을 실행하여 5분 간격으로 3차례 기록한다. 압력이 일정하게 유지되는 상태에서 적어도 10e-2 torr보다 낮아야 다음의 냉각 단계를 진행할 수 있다. 압력이 변하거나 높을 때에는 운영진과 상의한다.

2) 냉각 시작: PT30 #1와 PT30 #2 냉각기 컴프레서를 가동하여 냉각을 시작하고 대략 5분 간격으로 온도/압력을 기록한다. 모든 냉각기의 ON/OFF 제어는 매뉴얼 스위치를 제어하고 APC PDU로 제어하지 않는다. 따라서 PT-13 냉각기 컴프레서의 매뉴얼 스위치는 OFF 상태로 둔다.

3) PT30 #1, PT30 #2 냉각 진행상황 검토: 계속해서 약 5분 간격으로 온도/압력을 기록하며 냉각 진행상황을 지켜본다. PT30 #1, PT30 #2의 냉각이 정상적으로 이루어져서 이 둘의 온도가 -40°C 이하로 떨어지면 다음 단계로 넘어가고 온도가 잘 떨어지지 않으면 이 상태로 대기하며 운영진과 상의하고, 상황에 따라 PT30 #1이나 #2 컴프레서의 RETURN/SUPPLY 가스라인 리버싱 작업을 진행한다.

4) Real deal 온도 검토 및 PT13 가동: 계속해서 약 5분 간격으로 온도/압력을 기록하며 냉각 진행상황을 지켜보면서 PT30 #1, PT30 #2, Real deal 온도가 계속 떨어지는지 확인한다. 이들의 온도가 모두 떨어져서 Real deal 온도가 5°C가 되면 PT13을 가동하고 다음 단계로 넘어간다. 이들의 냉각 진행이 원활하지 않으면 운영진과 상의하며 PT30 #1이나 #2 컴프레서의 RETURN/SUPPLY 가스라인 리버싱 작업을 진행한다.

5) Charcoal 냉각 진행상황 확인: 계속해서 약 5분 간격으로 온도/압력을 기록하며 냉각 진행상황을 지켜본다. Charcoal 냉각이 잘 진행되고 압력도 이에 따라 잘 떨어지는지 확인해야 한다. PT13 냉각이 원활히 진행되어 Charcoal 온도가 -100°C까지 떨어지면 이후부터는 약 10분 간격으로 온도/압력을 기록하며 상태를 살피고 다음 단계로 넘어간다. Charcoal 냉각이 원활하지 않으면 운영진과 상의하며 PT13 컴프레서

의 RETURN/SUPPLY 가스라인 리버싱 작업을 진행한다.

6) 냉각 진행상황 모니터링: 약 10분 간격으로 온도/압력을 기록하며 냉각 진행 상태를 살핀다. Charcoal 온도가 -100°C 이하로 내려간 뒤, 두 시간 가량 더 살펴보며 Charcoal 냉각이 원활하게 진행되는지 확인한다. Charcoal 온도가 -200°C 가까이 떨어지면 이후부터는 20분 간격으로 온도/압력을 기록하며 다음단계로 넘어간다. Charcoal 온도가 -200°C 도달 전에 냉각이 멈추거나 다시 상승하면 운영진과 상의하며 PT13 컴프레서의 RETURN/SUPPLY 가스라인 리버싱 작업을 진행한다.

7) 냉각 진행상황 장기 모니터링: 약 20분 간격으로 온도/압력을 기록하며 냉각 진행 상태를 살핀다. Real deal 온도가 -100°C에 가까이 도달하고 온도변화가 완만해지면 이후 1시간 간격으로 5시간 가량 더 온도/압력을 기록한 후에 듀어 냉각 진행자료 작성을 마치고 엑셀파일을 공유한다.

B. 냉각기 컴프레서 RETURN/SUPPLY 연결법 및 가스라인 리버싱 작업방법

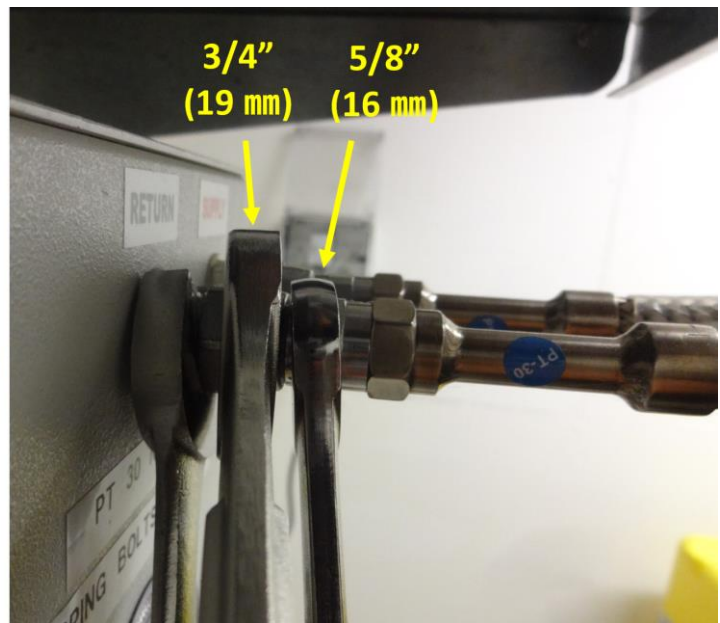
냉각기 컴프레서 RETURN/SUPPLY 가스라인을 분리하거나 연결 할 때에는 5/8" 와 3/4"짜리 두 개의 렌치(스패너)를 사용한다(16 mm와 19 mm짜리 렌치도 사용 가능). 아래 그림을 참고하여 5/8" (16 mm) 렌치로는 가스라인이 뒤틀리지 않도록 가스라인 쪽의 작은 너트를 고정시키고 3/4" (19 mm) 렌치로는 가스 연결부의 너트를 풀거나 조여준다. 컴프레서 쪽의 너트는 렌치로 고정해줄 필요가 없다.

가스라인을 분리할 때에는 렌치로 너트를 한 바퀴 정도 반시계 방향으로 돌려서 어느 정도 풀어준 후, 한 손으로 호스를 잡아 호스가 컴프레서 전면과 수직상태가 되도록 하고 다른 손으로 너트를 풀어준다. 가스라인 연결 시에는 우선 한쪽 손으로 호스를 잡고 호스가 컴프레서 전면부와 수직을 이루도록 각도를 맞추고 다른 손으로 너트를 시계방향으로 돌려 조여준다. 이 때 너트가 컴프레서의 수나사 부와 어긋나지 않도록 각도를 잘 맞추어야 한다. 각도가 잘 안 맞으면 너트가 잘 돌아가지 않는다. 너트를 한 바퀴 반 정도 손으로 돌리면 뻑뻑해지면서 손 힘으로 더 이상 조이기가 힘들어 지는데 그 다음에 렌치를 이용하여 조여준다. 너트를 손으로 한 바퀴 반 가량 돌리기에 너무 뻑뻑하면 너트와 수나사가 잘 안 맞은 상태일 수 있으니 너트를 완전히 풀어준 후에 다시 각도를 잘 맞추어 너트를 조여준다. 렌치로 연결부의 너트를 조일 때에는 너무 강하게 조이지 않고 손으로 조이는 것보다 조금 더 세게 조인다는 느낌으로 조여준다. 약한 힘으로 렌치를 돌렸을 때 너트가 더 돌아가지 않는 정도까지만 조여주면 된다.

가스라인을 분리한 상태에서 컴프레서의 연결부위에 고무판이 있는데 이 고무판이 판판한 형태를 잘 유지하고 있는지 살핀다. 이 고무판에 오일이 있을 수 있는데 만지지 않도록 한다. 세척 시에는 청정용 면봉과 IPA 용액을 이용한다.



<두 개의 렌치로 가스라인을 연결하는 모습>



<렌치 위치>

냉각이 원활하지 않을 때 RETURN/SUPPLY 가스라인 리버싱 작업이 필요하다.

가스라인 리버싱 순서는 다음과 같다.

- a. 매뉴얼 스위치를 이용하여 컴프레서를 끈 후 10분간 기다린다.
- b. Return 라인과 Supply 라인을 분리한다. 분리 시 옆 라인의 연결부위에 렌치가 닿지 않도록 주의한다.
- c. Supply 라인을 컴프레서의 Return 연결부에, Return 라인을 컴프레서의 Supply 연결부에 연결한다. 연결 방법은 앞 절의 주의사항을 참고한다.
- d. 매뉴얼 스위치를 켜서 컴프레서를 30분간 가동한다.
- e. 매뉴얼 스위치를 이용하여 컴프레서를 끈 후 10분간 기다린다.
- f. Return 라인과 Supply 라인을 분리하고, 원래대로 Supply 라인을 컴프레서의 Supply 연결부에, Return 라인을 컴프레서의 Return 연결부에 연결한다. 연결 방법은 앞 절의 주의사항을 참고한다.
- g. 매뉴얼 스위치를 켜서 컴프레서를 가동한다.
- h. 이후 온도변화 상태를 5분 간격으로 기록하며 진행상태를 살핀다.



<컴프레서의 Return/Supply 리버싱 모습>