

냉동기

3-2. 공랭식 냉동 실외기 살수장치 도입으로 전력절감

업종	자동차부품	전기, 전자, 반도체	기타
해당			0

3-2. 공랭식 냉동 실외기 살수장치 도입으로 전력절감

가. 현황 및 문제점

당 사업장은 냉장, 냉동시설을 갖추고 공판장을 운영하는 업체로서 지하 기계실은 6대의 암모니아 냉동기(485 RT)를 항시 잘 가동하고 있으며, 건물 옥상에 설치된 공랭식 프레온냉동기 20대는 652(RT), 소비전력은 약 526(kW)이며, 용도별 각 실온관리 형태로 냉장, 냉동, 급냉, 예냉으로 분류되고, 사용냉매는 R-22(15대), R-507(5대)로 암모니아 냉동설비 보다 비교적 큰 용량을 보유하고 있으나 저효율로 소비전력이 크게 발생하고 있다.

[표 3-1] 실온관리별 냉동기 분류 및 성능

구분	냉동기 번호	냉매	실온 관리 (°C)	법적 냉동능력 (RT)	정격 소비전력 (kW)	증발 온도 (°C)	응축 온도 (°C)	성능 COP
냉장실	1~5 (5대)	R-22	-1	100.71	65.5	-11	45	1.92
냉동실	6,9,10,13(4대)	R-22	-25	91.09	62.75	-30	48	0.93
급냉실	7,8,12 (3대)	R-22	-30	201	154	-35	60	0.74
예냉실	16,19,20 (3대)	R-507	-5	86.5	120	-15	50	1.38
반출실	11,14,15 (3대)	R-22	5	101.5	63.5	-5	40	2.97
해체실	17,18 (2대)	R-507	20	71	60.0	5	40	3.46
계	20대			651.8	525.8			

※ 주(1) [표 3-1]을 실온관리별로 분류

※ 냉동기의 성적계수 : COP(Coefficient of Performance)

COP는 냉/난방시 필요한 소비전력의 이용효율을 나타내는 지표로 냉각열량과 압축열량 비율로 다음과 같이 계산된다.

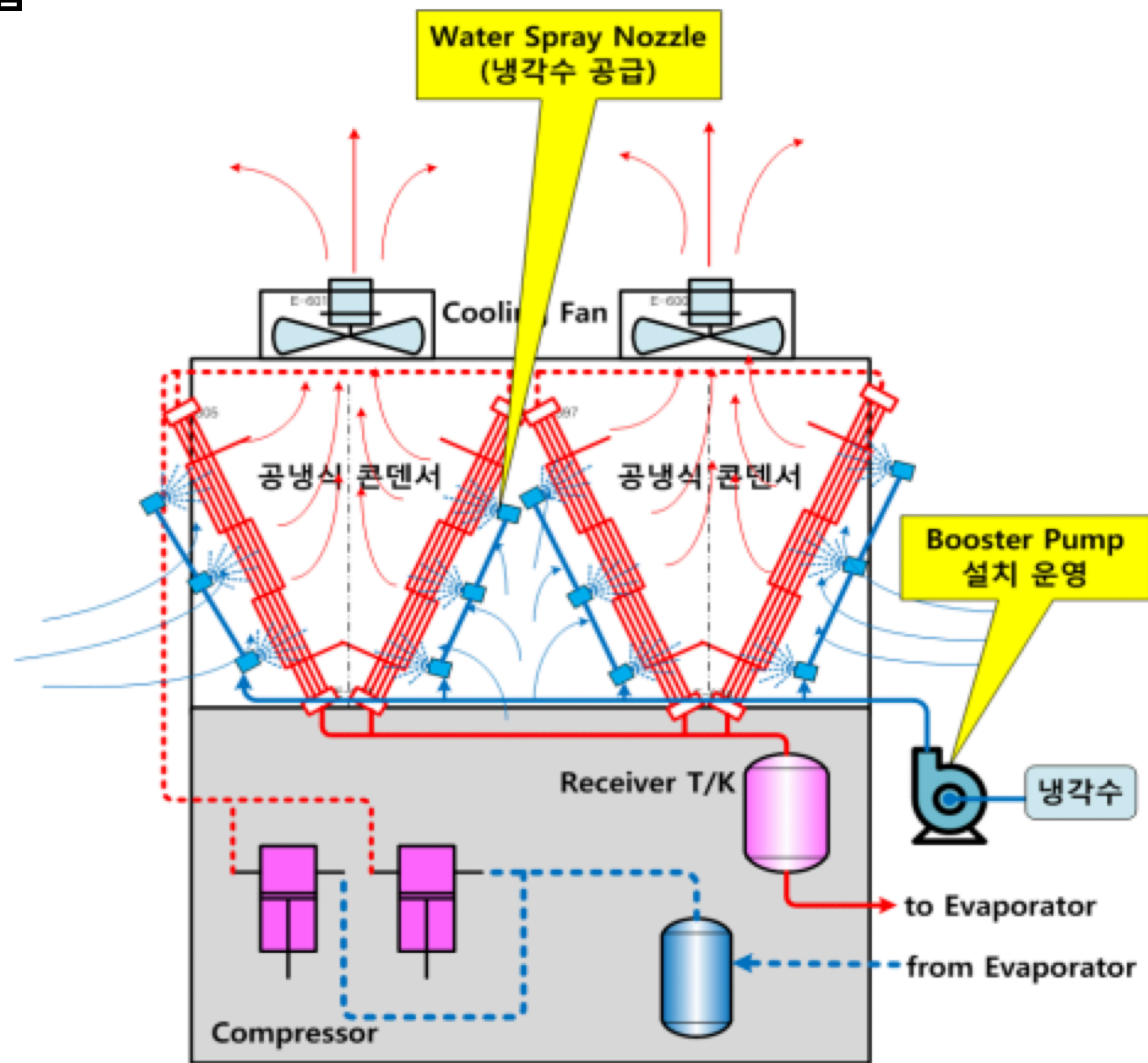
$$\begin{aligned}
 \text{성적계수(COP)} &= \frac{\text{냉각열량(kcal/h)}}{\text{소비전력(kW)} \times 860(\text{kcal/kW})} \\
 &= \frac{\text{증발기출구엔탈피}(h_2) - \text{증발기출구엔탈피}(h_1)}{\text{응축기입구엔탈피}(h_3) - \text{증발기출구엔탈피}(h_2)}
 \end{aligned}$$

3-2. 공랭식 냉동 실외기 살수장치 도입으로 전력절감

나. 개선 방안

공랭식 냉동기에서 성능을 향상시키는 방법은 응축기에 직사광선을 피하기 위하여 차광막 설치와 살수 시스템 도입이 있는데 본 제안에서는 살수시스템을 적극 추천하고자 한다.

(1) 살수시스템 도입



[그림 3-1] 개선 후 공랭식냉동기 살수시스템

상기 그림과 같이 공랭식콘덴서 외측에 Water Spray Nozzle을 설치하여 냉각수를 분사함으로써 물의 기화 냉각열로 고압이 낮아지며 따라서 응축온도가 떨어져 COP개선이 되므로 소비전력이 감소된다.

(2) 펌프용량 계산

(가) 유량(물 소비량)

- 1) 절감 압축기열량 : [표 3-2] 참조
= 절감전력(kWh/년) × 860(kcal/kWh)
= 252,573(kWh/년) × 860(kcal/kWh)
= 217,212,780(kcal/년)

3-2. 공랭식 냉동 실외기 살수장치 도입으로 전력절감

2) 냉각열량

$$\begin{aligned}
 &= \text{절감 압축기열량 (kcal/년)} \times \text{COP} \\
 &= 217,212,780(\text{kcal/년}) \times 2.05 \\
 &= 445,286,264(\text{kcal/년})
 \end{aligned}$$

3) 물 소비량

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{절감응축열량(kcal/year)}}{\text{물의 기화열(kcal/kg)} \times \text{연간가동시간(h/year)}} \times \text{여유율} \\
 &= \frac{(\text{절감 압축기열량} + \text{냉각열량})(\text{kcal/year})}{\text{물의 기화열(kcal/kg)} \times \text{연간가동시간(h/year)}} \times \text{여유율} \\
 &= \frac{217,212,780 + 445,286,264(\text{kcal/year})}{539(\text{kcal/kg}) \times 2000(\text{h/year})} \times 1.5 \\
 &= 921(\text{kg/h}) \rightarrow 0.92(\text{m}^3/\text{h})
 \end{aligned}$$

(나) 펌프 양정 : 50(m)

→ 시행 시 세부 설계사양에 따라 변경될 수 있음.

(3) 상수도 비용계산 : 연가동시간 - [표 3-2]계 참조

$$\begin{aligned}
 &= \text{물소비량}(\text{m}^3/\text{h}) \times \text{연가동시간} \times \text{상수도 단가}(\text{원}/\text{m}^3) \\
 &= 0.92(\text{m}^3/\text{h}) \times 2,000(\text{h/년}) \times 1,800(\text{원}/\text{m}^3) \\
 &= 3,312[\text{천원/년}]
 \end{aligned}$$

[표 3-2] 공랭식 프레온냉동기 소비전력 절감량

NO.	냉동설비명	냉매	실온	법적 냉동능력 usRT	정격 소비 전력 kW	증발 온도 °C	응축 온도(°C)		COP (at "coolpack")		절감율 %	절감 전력 kW	연가동시간 hr/y	연간 절감량 kWh	설치 년도
			°C				개선전	개선후	개선전	개선후					
1	우가공실 냉동기	R-22	-1	28.54	19	-11	45	40	1.92	2.16	12.5%	2.38	1,920	4,560	2006
2	우가공 포장실 냉동기	R-22	-1	19.55	11	-11	45	40	1.92	2.16	12.5%	1.38	1,920	2,640	2006
3	우가공 냉장실 1	R-22	-1	24.19	15	-11	45	40	1.92	2.16	12.5%	1.88	1,920	3,600	2006
4	우가공 냉장실 2	R-22	-1	8.88	5.5	-11	45	40	1.92	2.16	12.5%	0.69	1,920	1,320	2006
5	우가공 냉장실 3	R-22	-1	19.55	15	-11	45	40	1.92	2.16	12.5%	1.88	1,920	3,600	2006
6	우가공 냉동실	R-22	-25	19.55	15	-30	55	48	0.93	1.07	15.1%	2.26	2,560	5,781	2006
7	우가공 급냉실 1	R-22	-30	28.54	22	-35	60	50	0.74	0.89	20.3%	4.46	2,560	11,416	2006
8	우가공 급냉실 2	R-22	-30	28.54	22	-35	60	50	0.74	0.89	20.3%	4.46	2,560	11,416	2006
9	내장 냉동실 1	R-22	-25	28.40	22	-30	55	48	0.93	1.07	15.1%	3.31	2,560	8,478	2012
10	내장 냉동실 2	R-22	-25	35.52	22	-30	55	48	0.93	1.07	15.1%	3.31	2,560	8,478	2017
11	안심한우 수축기	R-22	5	14.80	11	-5	40	35	2.59	2.97	14.7%	1.61	960	1,549	2012
12	돈냉각실 급냉터널	R-22	-30	143.92	110	-35	60	50	0.74	0.89	20.3%	22.30	2,560	57,081	2015
13	안심한우 부산물 냉동	R-22	-25	7.62	3.75	-30	55	48	0.93	1.07	15.1%	0.56	2,560	1,445	2016
14	반출대기실	R-22	5	46.71	30	-5	40	35	2.59	2.97	14.7%	4.40	960	4,225	2007
15	신반출대기실	R-22	5	40.00	22.5	-5	40	35	2.59	2.97	14.7%	3.30	960	3,169	2006
16	우예냉실 5번	R-507a	-5	35.50	30	-15	50	40	1.38	1.98	43.5%	13.04	1,920	25,043	2017
17	우해체실 냉동기	R-507a	20	35.50	30	5	40	35	3.46	4.17	20.5%	6.16	1,920	11,820	2018
18	돈해체실 냉동기	R-507a	20	35.50	30	5	40	35	3.46	4.17	20.5%	6.16	1,920	11,820	2018
19	우예냉실 6번	R-507a	-5	25.50	45	-15	50	40	1.38	1.98	43.5%	19.57	1,920	37,565	2021
20	우예냉실 7번	R-507a	-5	25.50	45	-15	50	40	1.38	1.98	43.5%	19.57	1,920	37,565	2021
Total				651.81	525.75	-17	49	42	1.72	2.05	23.3%	122.7	2,000	252,573	

※ 주(1) 응축온도(개선 후): 살수 시 개선 전 온도 보다 5~10(°C)하강기준

3-2. 공랭식 냉동 실외기 살수장치 도입으로 전력절감

주(2) COP 개선전, 개선후: "coolpack" 프로그램 참조

주(3) 절감율: $\frac{\text{개선후 COP} - \text{개선전 COP}}{\text{개선전 COP}} \times 100$

주(4) 절감전력: 정격소비전력 x 절감율

주(5) 연 가동시간: 하절기 기준(4월~11월), 주말(토,일 휴무)

냉장실(1~5): 일 12시간(월~금)

냉동실(6,9,10,13): 일 16시간(월~금)

급냉실(7,8,12): 일 16시간(월~금)

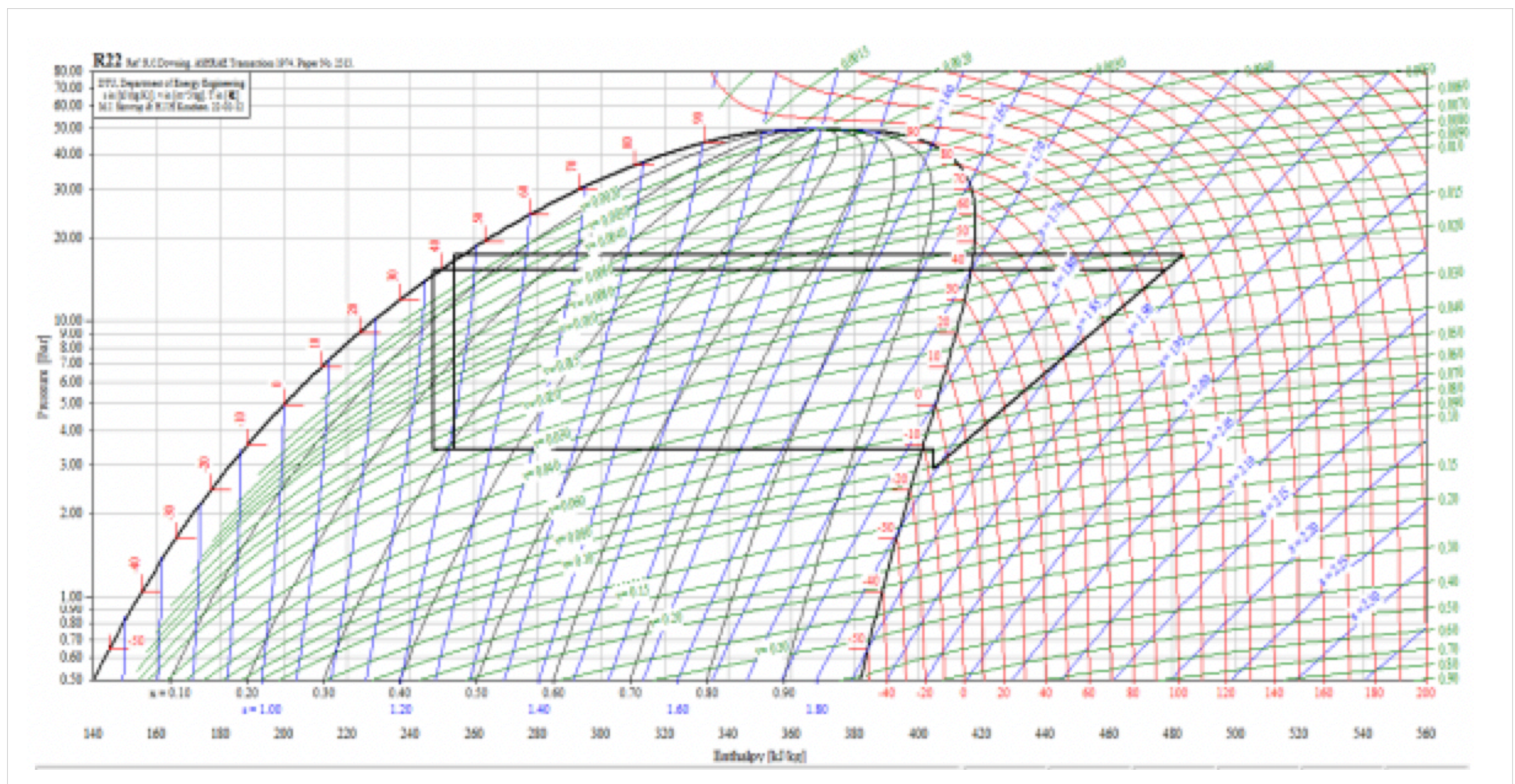
예냉실(16,19,20): 일 12시간(월~금)

반출실(11,14,15): 일 6시간(월~금)

해체실(17,18): 일 12시간(월~금)

주(6) 연간 절감량: 절감전력 x 연 가동시간

개선 시 평균 COP는 1.72에서 2.05로 증가되어 하절기 소비전력이 122.7(kW) 절감 될 것으로 판단된다.



[그림 3-2] 냉장실 개선 전,후

다. 기대효과

설비전력 절감량 [MWh/년]	설비전력 절감율 [%]	절감량 [toe/년]	절감액 [백만원/년]	투자비 [백만원]	투자회수기간 [년]	온실가스 저감량 [tCO2eq/년]
252.57	19.18	57.84	19.67	14.40	0.73	115.76

3-2. 공랭식 냉동 실외기 살수장치 도입으로 전력절감

(1) 계산 기준

- (가) 절감전력: 252,573(kWh/년)- (표 3-2)참조
- (나) 전력 단가: 91.0(원/kWh)
- (다) 용수단가: 1,800(원/m³)
- (라) 용수소비량: 0.92(m³/h) x 2,000(h/y) = 1,840(m³/년)

(2) 전력 절감량

$$\begin{aligned}
 &= 252,573[\text{kWh/년}] \\
 &= 252.57(\text{MWh/년}) \times 0.229(\text{toe/MWh}) \\
 &= 57.84[\text{toe/년}]
 \end{aligned}$$

(3) 연간 절감액

$$\begin{aligned}
 &= \text{연간 전력절감량}(\text{kWh/년}) \times \text{전력단가}(\text{원/kWh}) \\
 &\quad - \text{용수소비량}(\text{m}^3/\text{년}) \times \text{용수단가}(\text{원/m}^3) \\
 &= 252,573(\text{kWh/년}) \times 91.0(\text{원/kWh}) - 1,840(\text{m}^3/\text{년}) \times 1,800(\text{원/m}^3) \\
 &= 19.67[\text{백만원/년}]
 \end{aligned}$$

(4) 투자비: 14.40[백만원]

항목	내역	금액[천원]
배관설비 및 가압펌프	배관 25A, 15A SUS Pump & Motor : 920 L/H, 50m 2대	10,000
Spray Nozzle 등.		2,000
기타 제경비	20%	2,400
계		14,400

(5) 투자비 회수기간

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{예상 투자비}(\text{백만원})}{\text{절감금액}(\text{백만원/년})} \times 100 \\
 &= \frac{14.40}{19.67} = 0.73[\text{년}]
 \end{aligned}$$

(6) 온실가스 저감량

$$\begin{aligned}
 &= \text{탄소저감량}(\text{tc/년}) \times (\text{이산화탄소 분자량/탄소분자량}) \\
 &= 31.57(\text{tC/년}) \times (44/12)(\text{CO}_2\text{eq/C}) \\
 &= 115.76[\text{tCO}_2\text{eq/년}]
 \end{aligned}$$