



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

서랍식 김치냉장고 유동특성 및
열전달에 관한 연구

2010 년 8 월

부 경 대 학 교 대 학 원

기계공학부 메카트로닉스 공학 전공

Han Hao Run

공 학 석 사 학 위 논 문

서랍식 김치냉장고 유동특성 및 열전달에 관한 연구

지도교수 이 연 원

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2010 년 8 월

부 경 대 학 교 대 학 원

기계공학부 메카트로닉스 공학 전공

Han Hao Run

HANHAORUN의 공학석사

학위논문을 인준함

2010 년 8 월 25 일

주 심 공학박사 이 일 영 (인)

위 원 공학박사 최 윤 환 (인)

위 원 공학박사 이 연 원 (인)



목 차

Abstract

제 1 장 서론	1
1.1 연구 배경 및 동향	1
1.2 연구 목적	3
제 2 장 실험장치 및 방법	5
2.1 이론적 배경	5
2.2 실험방법	7
2.3 실험장치 및 구성	10
제 3 장 실험 결과 및 고찰	11
3.1 Stand type 김치냉장고 내부 온도측정 포인트	11
3.2 Stand type 김치냉장고 온도측정 결과	14
3.2.1 내부벽면 및 김치상자 온도측정 결과	14
3.2.2 증발기 온도측정 결과	15
3.3 고찰	22
제 4 장 전산수치모사	23
4.1 해석모델 및 지배방정식	23
4.1.1 지배방정식	23
4.1.2 해석 모델 및 격자생성	26
4.1.3 경계조건	30
4.2 유동장 해석 및 결과	31
제 5 장 결론	42
참 고 문 헌	

Study on fluid flow and heat transfer in a
Kimchi Refrigerator of Stand type

Han Hao Run

Department of Mechatronics Engineering, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Kimchi is one of the traditional fermented foods in Korea. There are a variety of organic acid for good health in Kimchi. But the quantity of organic acid is sensitive to temperature. Because organic acid affects the acidity and pH level, ultimately it results in the taste of Kimchi directly. Now, life style has changed in Korea. Most people live in apartments instead of detached houses, And is impossible to preserve Kimchi underground for a long time in winter. But Kimchi refrigerator is different from normal fridge, it ripens Kimchi perfectly, and it keeps the taste for a long time. It is a new household product, and created by Korea's own technology. The normal cooling system of refrigerator is applied to indirect cooling method. But Kimchi refrigerator is applied to direct cooling method. Recently the model when applied to both direct and indirect cooling methods, the technology improvement was considerable. With the improvement of the standard of living in Korea, there has been much sensitive dissatisfaction about the taste and the smell of kimchi. In order to solve these kinds of problems, technicians are trying to approach it in a systematical and scientific method. In this research, we concentrate on the temperature change and heat transfer characteristic of interior parts in Kimchi refrigerator due to control cycle of temperature and flow phenomenon of cooling air. Based on these, the purpose of this study is to design optimization for improve the storage period of Kimchi refrigerator.

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 동향

한국의 전통발효식품인 김치는 무, 배추, 오이 등을 절인 후 양념을 버무려 젖산 생성에 의해 저온에서 발효된 식품¹⁾이며 한국인의 밥상에 빠져서는 안 되는 음식이다. 김치에는 각종 천연물질과 젖산균 등의 유기산이 존재하여 주위온도와 염도로 김치의 산도와 pH의 변화에 영향을 주어 김치의 맛에 큰 영향을 주게 된다. 주거양식의 추세가 단독주택보다는 아파트 등의 다세대 형태로 변함에 따라 동절기 땅 속에 독을 묻어 김치를 장기간 보관하는 재래의 방식은 적용할 수 없게 되었다. 따라서 현대도시인에게 적합한 김치보관용 냉장고를 개발하게 되었으며 이런 김치냉장고는 냉장보관기능만을 가진 기존 냉장고와는 달리 김치를 맛있게 숙성시키고 그 맛을 장기간 유지시킬 수 있는 제품으로 개발된 새로운 가전기기이다.

현재에는 가정의 필수품으로 인식 할 정도로 보급된 김치냉장고는 1995년에 첫 선을 보인 이후 시장에서의 수요가 꾸준히 증가하고 있으며 최근에는 직접 냉각방식과 간접 냉각방식을 동시에 적용한 모델들도 선보이고 있고, 소비자의 요구에 따라서 점차 김치만 보관할 수 있을 뿐만 아니라 야채, 과일 등을 보관할 수 있도록 다기능화 및 대용량으로 개발해 왔다.²⁾ 하지만 소비자 생활수준의 상승과 동

시에 소비자들이 김치의 보관시간 및 맛 등에 대한 감성적인 불만이
나오고 있는 실정에 맞추어 김치의 맛과 향 그리고 익힘 정도 등의
감성적인 부분에 대해 체계적이고 과학적인 접근을 시도하려고 노
력하고 있다.



1.2 연구 목적

일반적으로 김치의 pH가 4.2~4.4범위일 때 가장 맛이 좋다고 하며 pH가 4이하로 떨어질 경우에는 신맛이 강하여 상품성 및 가식성이 없다고 할 수 있다. 실험을 통해 김치의 맛이 가장 좋은 pH가 4.2~4.4 범위에서 김치를 보관온도가 8℃, 4℃, 0℃인 상황에서 실험해본결과 온도가 낮을수록 pH가 4.2~4.4범위를 유지하는 일수가 길어졌다.³⁾

현재 김치 제조업에서의 가장 큰 애로 사항은 저장 중 색상과 조직감의 변화였다. 김치냉장고에 적용하였던 숙성 및 장기보관기술은 어느 정도 성공하였으나 최근 들어 보관용량 증대 및 보관기간 연장에 대한 요구가 점점 커지고 있다. 일반적으로 보관용량, 즉 보관고의 체적이 증가하면 보관고의 온도편차가 커져 내용물의 보관기간이 감소될 수밖에 없는데 소비자는 보관용량의 증대와 함께 보관기간의 추가연장을 요구하고 있는 것이 현황이다.^{4~5)}

본 연구에서는 김치냉장고의 냉기유로형상에 따른 김치냉장고내부의 냉기 유동 형상 및 김치냉장고 내부온도변화에 대하여 연구함으로써 이를 기반으로 김치냉장고의 보관기간연장을 위한 최적화 개선방안을 찾고자 한다. Fig 1.1은 김치냉장고 성능개선을 위한 운전 알고리즘 이다.

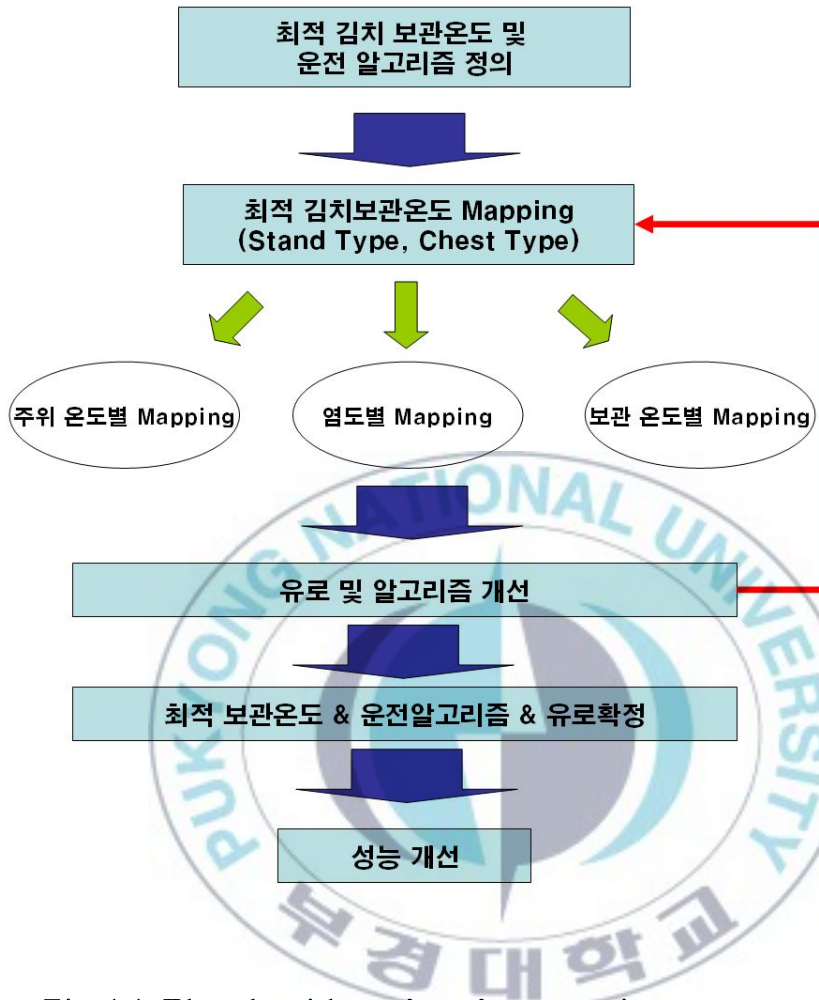


Fig 1.1 The algorithm of performance improvement

제 2 장 실험장치 및 방법

2.1 이론적 배경

현대의 주거형태의 도심지의 주택이나 아파트 단지의 형태로 변화됨에 따라 재래의 방식으로 땅속에 김치를 묻어 저장하는 것이 어렵게 되므로 인하여 김치냉장고가 개발하게 되었다. 김치냉장고는 김치의 최적보존온도인 $-2^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ⁶⁾ 사이에 맞추어 설계를 하여 김치의 맛을 최대로 늘이게 하는 것을 목적으로 설계를 해왔다.

본 연구에서 사용하게 되는 Stand type 김치냉장고의 냉각방식은 강제대류형식이라 내부에 시로코 팬^{7~8)}이 장착하여 있어 내부의 냉기를 순환시킨다. Fig. 2.1은 본 연구대상인 Stand type 김치냉장고의 형상이며 이는 상, 중, 하 세 칸으로 나눌 수가 있다. Fig. 2.2는 본연구의 해석 공간인 Stand type 김치냉장고 상칸을 나타낸 그림이다. 그림에서 보면 상칸은 좌우 대칭인 내부구조를 가지고 있으며, Inlet은 좌우 각각 세 개, 위, 아래에 각각 두개의 토출구가 있어 총 10개로 구성되었고 Inlet에서 나온 냉기가 Fig. 2.2에 나타낸 Outlet를 통하여 증발기 쪽으로 유입하게 된다. 그리고 Fig. 2.2를 보면 상칸과 중칸 앞면에 패널이 장착되어 있어 문을 On/Off시 냉기가 바로 빠져나오지 못하게 하는 구조로 설계되어 있고 김치상자는 총 6개로 이루어져 있고 상, 중, 하 칸마다 두 개의 김치상자가 들어 있다.



Fig 2.1 Stand type kimchi refrigerator

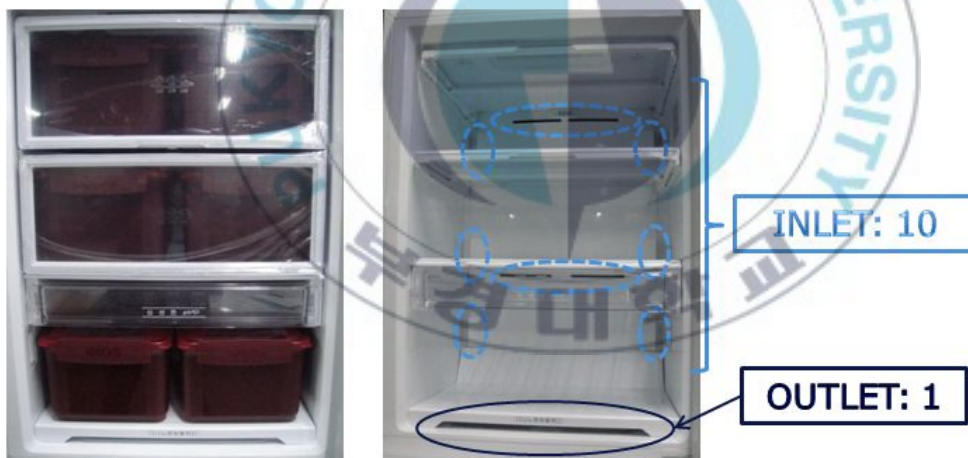


Fig 2.2 The upper parts of Stand type kimchi refrigerator

2.2 실험방법

수치해석 시 김치냉장고의 초기 조건을 알기위하여 다음과 같이 실험을 하였다. 온도 측정실험은 김치냉장고 내부에 부하물이 있을 때 와 없을 때의 김치냉장고 내부 벽면온도와 김치상자 벽면 온도, 그리고 증발기의 온도를 각각 측정하였다. 여기서 부하 물은 김치의 열용량과 비슷한 쌀로 하였다.

온도측정방법은 다음과 같다.

1. Fig. 2.3처럼 김치냉장고 내부벽면에 12개의 측정 포인트를 선택하여 측정하고 냉기 토출구와 냉기 흡입구의 중심부에 측정 포인트를 한개 선택하여 측정한다.
2. Fig. 2.4처럼 김치상자의 앞, 뒤, 좌, 우 네 벽면의 중심부에서 각각 한 개의 포인트와 김치상자 중심부에는 열전대를 동구에 부착하여 온도를 측정한다.
3. Fig. 2.5처럼 증발기 온도를 측정 시 증발기 라인에 따라 등 간격으로 18개의 포인트를 선택하여 온도를 측정한다. Fig 2.5b에서 나타난 빨간색 포인트는 실제 측정하는 포인트이고 하얀색의 포인트는 측정한 앞뒤 포인트 값의 평균을 취하여 사용한다.



Fig 2.3 The measurement points for the inner wall of
Stand type kimchi refrigerator

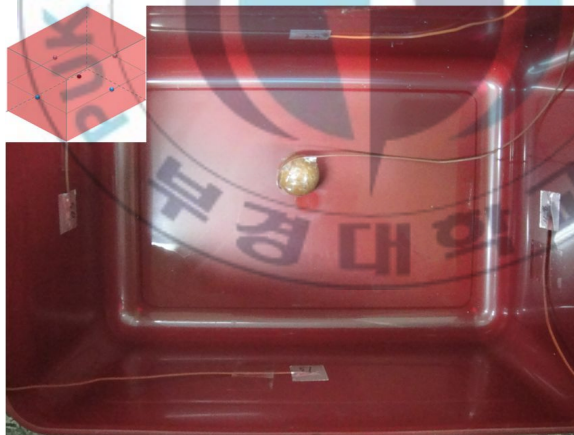
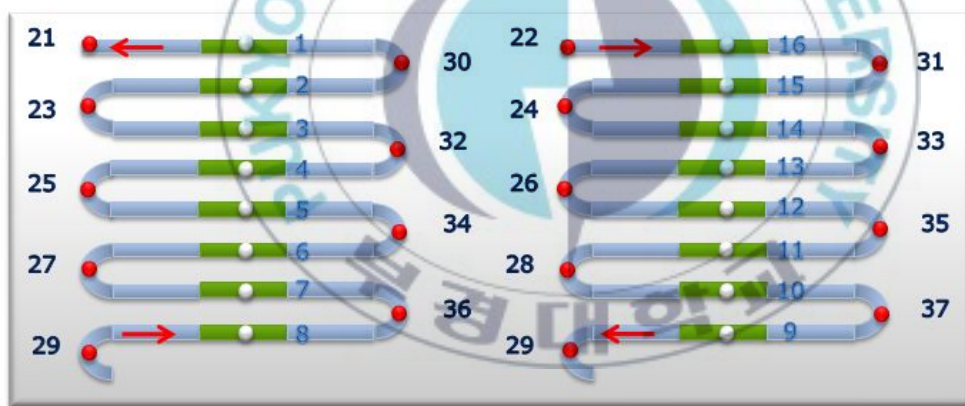


Fig 2.4 The measurement points for the inner wall
of kimchi box



(a) The measurement positions of temperature on evaporator



(b) The measurement point

Fig 2.5 The measurement points on the line of evaporator

2.3 실험장치 및 구성

본 연구에 사용된 실험 장치로서는 Fig 2.6과 같이 구성하였다. 실험대상인 Stand type 김치냉장고의 내부온도를 측정하기 위해서는

T type 열전대를 사용하여 측정하고자하는 위치에 부착하여 열전도성이 상대적으로 좋은 은박지테이프를 사용하여 고정시켰고 김치상자 중심부 온도를 측정하기 위해서는 지름이 4cm인 동구에 열전대를 부착하여 김치상자 중심부에 설치하여 온도를 측정하였다. 실험시 사용한 데이터 로거는 YOKOGAWA의 DA600 데이터 수집 장치를 사용하였고 DU100-31 30CH 전압, 온도 모듈을 설치한 후 열전대를 연결하여 온도를 측정하였다.

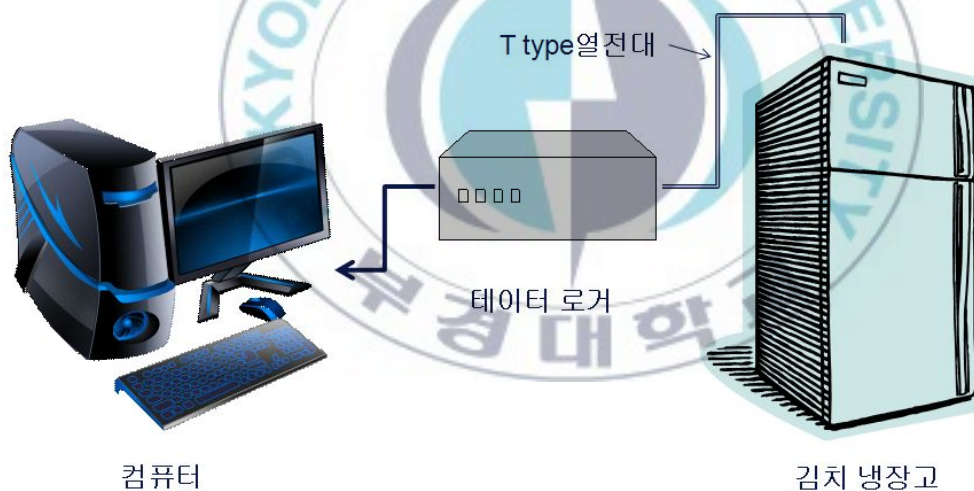


Fig 2.6 The construct drawing of equipment for experiment

제 3 장 실험 결과 및 고찰

3.1 Stand type 김치냉장고 내부 온도측정 포인트

본 연구에서 김치냉장고 벽면온도를 얻기 위하여 Fig 3.1처럼 21개의 포인트에 T type 열전대를 부착시켜 온도를 측정하였고 김치상자는 Fig 3.2처럼 30개의 측정 포인트에 T type 열전대를 부착시켜 온도를 측정하였으며 증발기는 증발기 라인에 등 간격으로 18개 포인트에 열전대를 부착하여 온도를 측정하였다. 그리고 Fig 3.3에서 나타낸 화살표는 증발기 관내부에서 냉매의 흐름 방향을 나타낸 것이다.



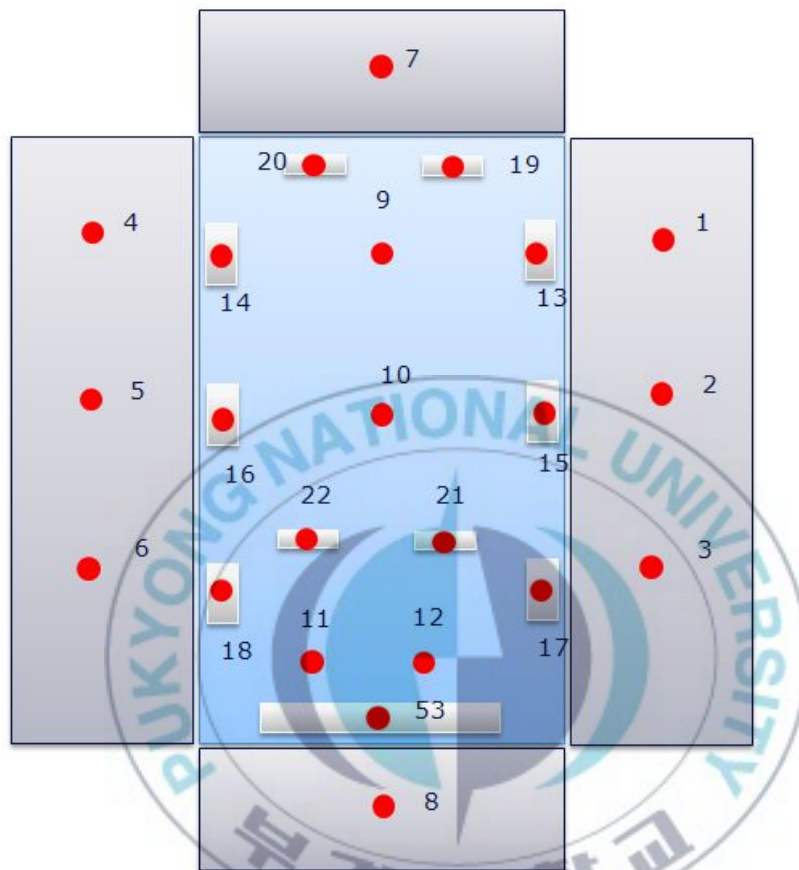


Fig 3.1 The point numbers for measure of the wall temperature
in Stand type kimchi refrigerator

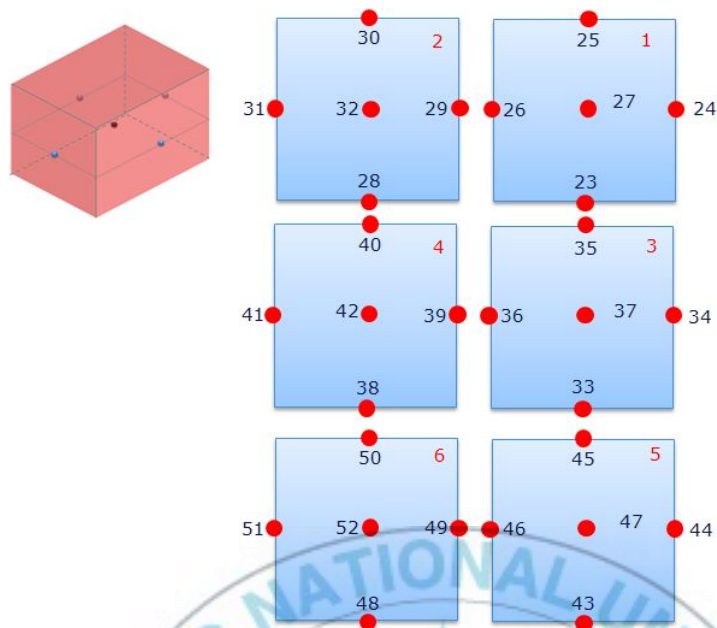


Fig 3.2 The point for the temperature measure of the wall in kimchi box

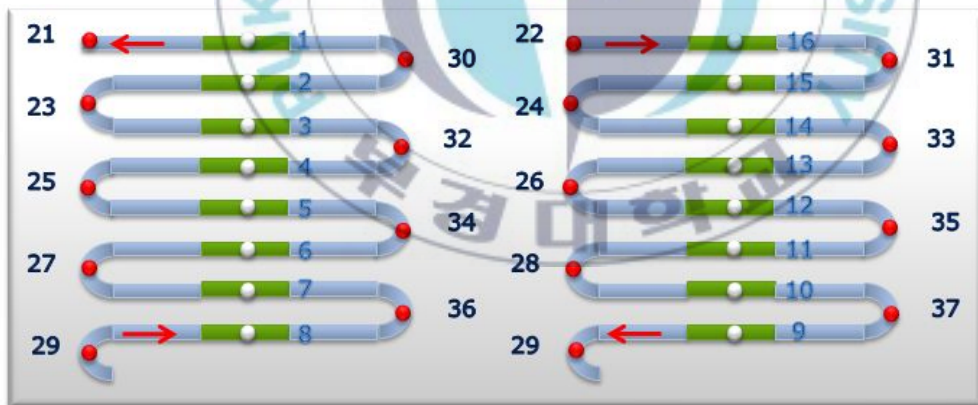


Fig 3.3 The measurement on each points of evaporator

3.2 Stand type 김치냉장고 온도측정 결과

3.2.1 내부벽면 및 김치상자 온도측정 결과

김치냉장고 내부 벽면 및 Inlet 온도 측정결과는 Fig 3.4, Fig 3.5 와 같다.

Fig 3.4는 Stand type 김치냉장고 내부좌우벽면 온도를 비교하여 나타낸 그래프이다. 이 그래프를 보면 Stand type 김치냉장고의 내부 온도는 좌측벽면 온도가 상대적으로 우측 벽면온도보다 낮은 것을 알 수 있다.

그리고 Fig 3.5 Stand type 김치냉장고 내부의 좌우 대칭인 냉기 토출구중심부에서의 온도를 비교하는 그래프이다. 이 그래프에서도 좌측온도가 상대적으로 우측온도보다 낮은 온도를 갖게 된 것을 쉽게 알 수 있다.

Fig 3.6에서는 각 김치상자 내부 벽면 온도를 나타냈다.

3.2.2 증발기 온도측정 결과

수치해석 시 필요한 초기조건을 얻기 위하여 증발기의 온도를 측정하였고 그 결과는 Fig 3.7에 나타낸 것과 같다. Fig 3.7a에 나타낸 그래프는 김치냉장고 내부에 설치된 제상장치가 두 번작동한 동안의 온도를 나타낸 그래프이다. Fig 3.7a에서 보면 처음 시작점과 끝점에서 그래프가 갑자기 올라갔다가 내려가는 것을 확인할 수가 있는데 이 영역은 바로 증발기에 부착한 결빙을 제거하기위해 제상장치가 작동하여 기록한 온도그래프 구간이다. 제상장치가 작동 시 온도센스의 부착위치에 따라 제상장치와의 거리가 다르므로 기록된 온도 값도 차이가 나게 되었다. 그러므로 제상장치와의 거리가 가까운 곳에서는 높은 온도 값을 기록하게 되었고 반면 멀리 떨어진 곳에서는 상대적으로 낮은 온도를 기록하게 되었다.

Fig 3.7b에서는 증발기의 작동주기에서 두 번 작동시의 온도를 나타낸 그래프이다. 이 그래프를 보면 증발기의 작동주기가 약 13분인 것을 알 수 있고 증발기안의 냉매흐름의 방향의 차이에 따라 온도 값도 차이가 나므로 냉매입구에서는 온도가 냉매출구 보다 낮게 나타났다 그 온도차는 약 15℃이다.

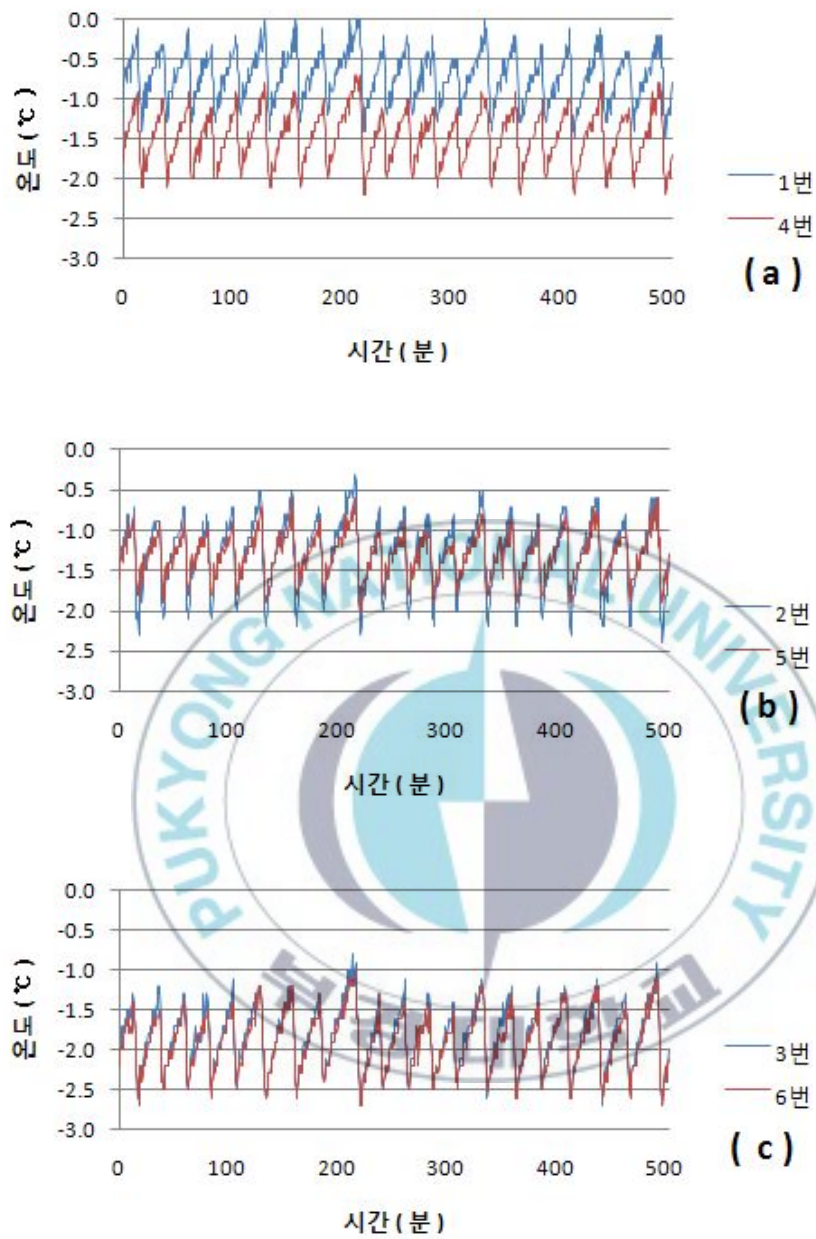
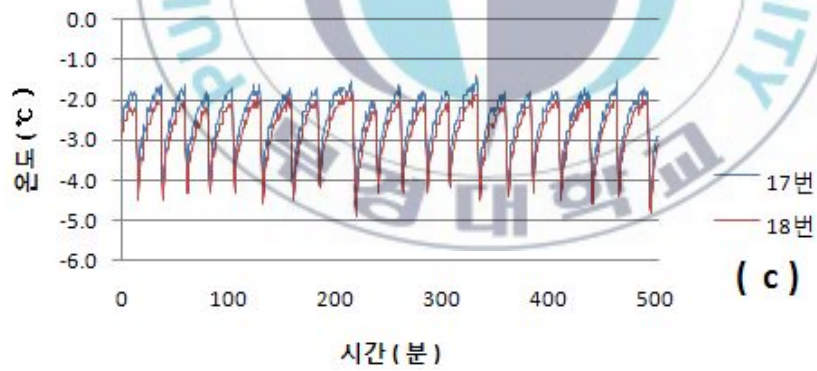
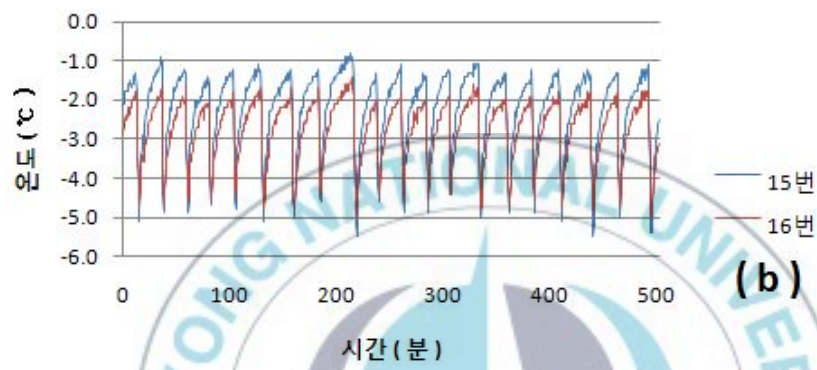
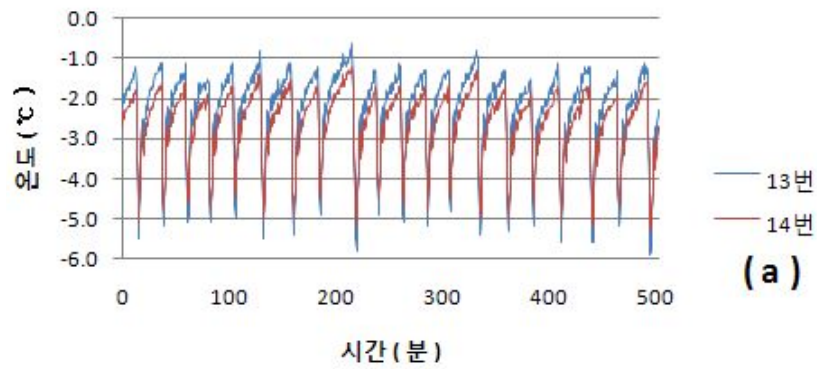


Fig 3.4 Comparison between left wall and right wall



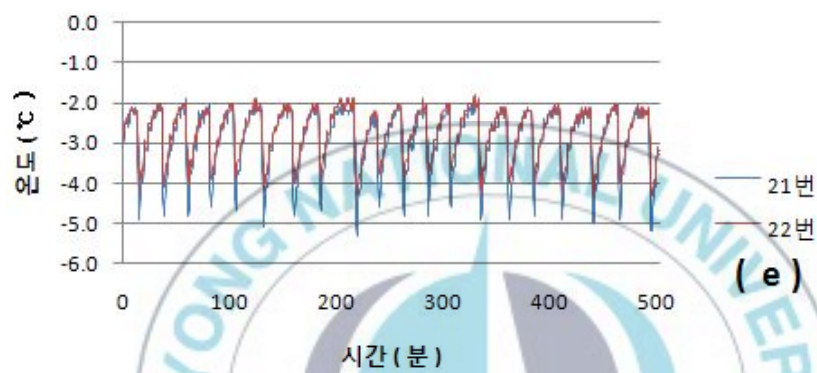
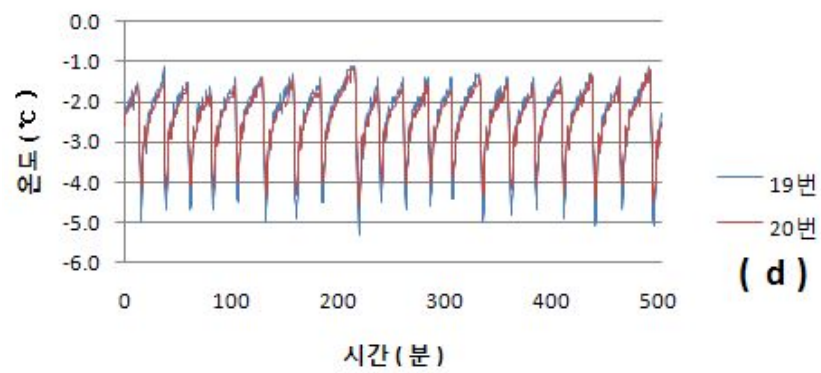
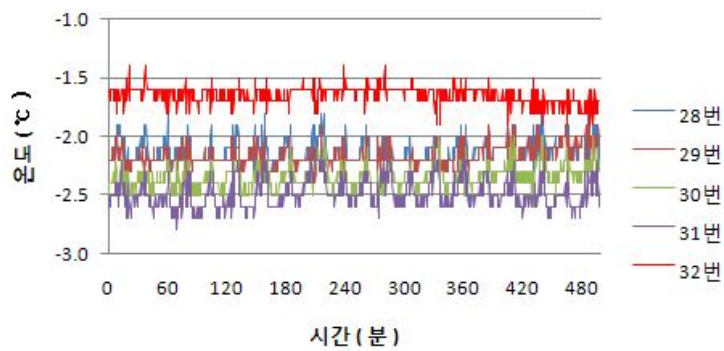
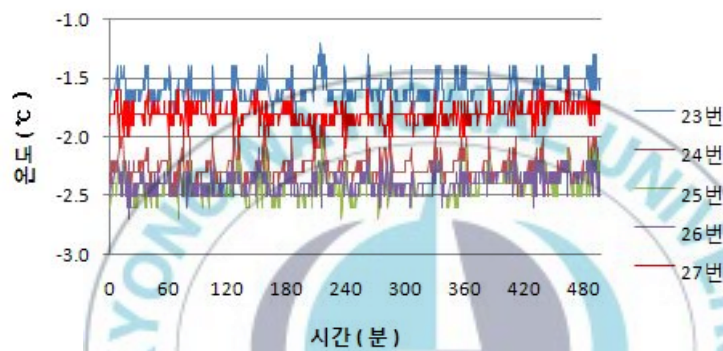


Fig 3.5 The measurement result of the inlet temperature in Stand type kimchi refrigerator

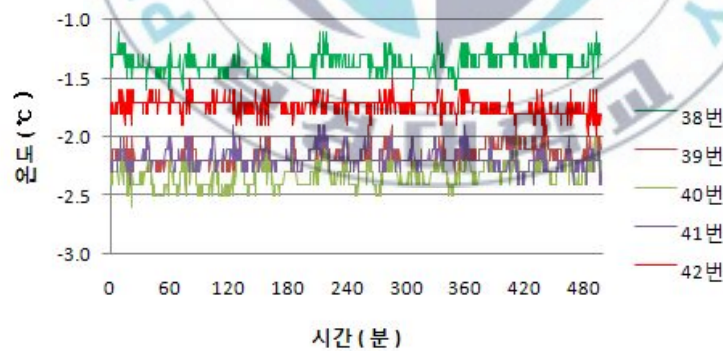
좌측,상칸 김치상자



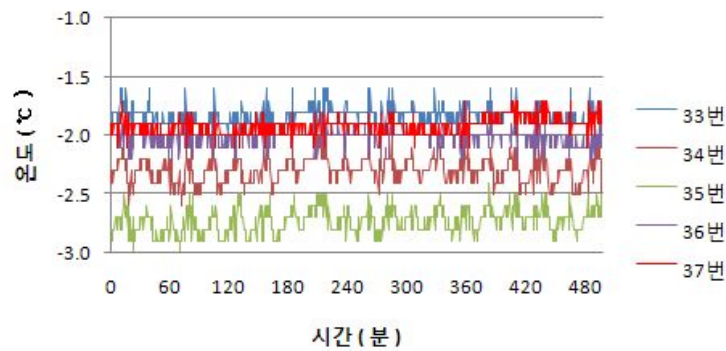
우측,상칸 김치상자



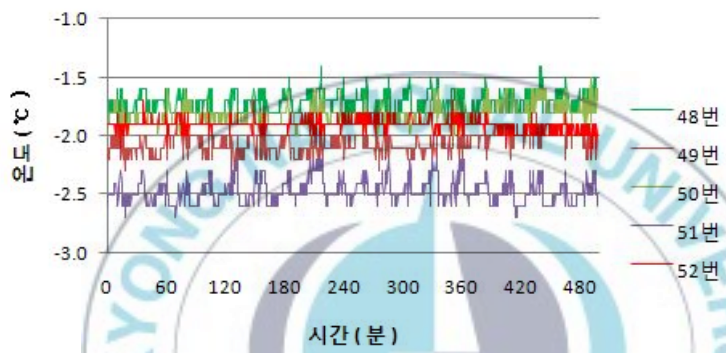
좌측,중칸 김치상자



우측,중칸 김치상자



좌측,하칸 김치상자



우측,하칸 김치상자

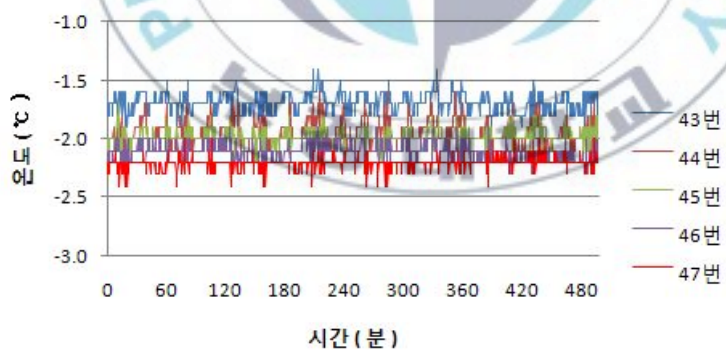
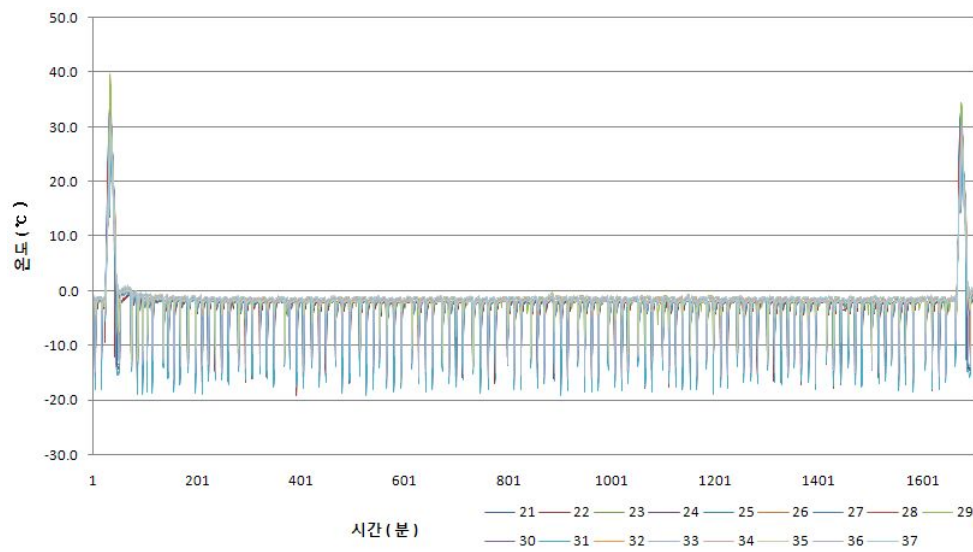
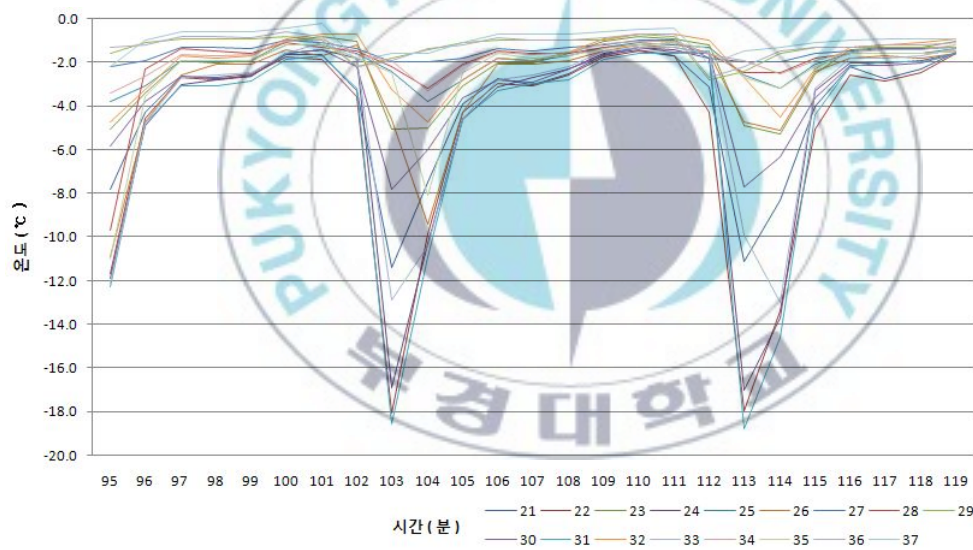


Fig 3.6 Temperature comparison between Wall
and center in kimchi box



(a)



(b)

Fig 3.7 The temperature of each line in evaporator

3.3 고찰

Stand type 김치냉장고 내부 벽면 및 김치상자 벽면, 증발기라인의 온도를 측정해 보았다. 그 결과 Stand type 김치냉장고 내부 최대 온도편차가 약 1.5°C 가 생긴 것을 확인하게 되었으며 좌측온도가 우측보다 낮게 나타났다. 김치상자 표면 및 중심부의 온도는 약 $-2^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 사이에 분포 하였고 또한 좌측에 위치한 김치상자가 우측에 위치한 김치상자보다 온도가 낮게 나타나게 되었다. 이런 온도 차이가 생기므로 인하여 같은 조건하에서 저장한 김치더라도 각 김치상자에 들어 있는 김치의 산도와 pH 값이 다르게 된다.

문헌⁶⁾에 따르면 김치의 최적 보존온도는 $-2^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 사이 이며 이는 현재의 Stand type 김치냉장고의 작동온도와 거의 차이가 없었다. 그러므로 현재의 Stand type 김치냉장고의 작동조건과 유로를 변경하여 김치냉장고 내부의 온도 편차를 줄여야 한다.

제 4 장 전산수치모사

4.1 해석모델 및 지배방정식

4.1.1 지배방정식

1. 표준 $k-\epsilon$ 모델의 지배방정식

난류점성계수는 물성치가 아니라 난류운동의 양상이나 이력에 따라 변하는 값이다. 이 난류점성계수는 실험이나 고찰로부터 난류운동의 특성길이와 특성속도에 의해 결정되는 값으로 알려져 있다. 특히 표준 $k-\epsilon$ 모델에서는 난류운동에너지 k 에서 특성속도를, 난류운동에너지 소산율 ϵ 에서 특성길이를 구하여 난류점성계수 μ_t 를 계산하는 모델이며, 이를 표현하면 다음과 같다.

$$\mu_t = \rho \frac{C_\mu k^2}{\epsilon}$$

그리고 유체가 비압축성인 경우에는 난류운동에너지 k 와 ϵ 은 다음의 수송방정식에 의해서 결정된다.

$$\frac{\partial \rho u_j k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k - \rho \varepsilon$$

$$\frac{\partial \rho u_j k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right\} + \frac{C_{1\varepsilon} \varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

여기서 생성항 P_k 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$P_k = \mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

그리고 계수들은 각각 다음과 같이 정의하였다.

$$C_\mu = 0.09, \sigma_k = 1.0, \sigma_\varepsilon = 1.3, C_{\varepsilon 1} = 1.44, C_{\varepsilon 2} = 1.92$$

2. 기초방정식

연속방정식

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

운동량방정식

$$\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + u\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) + S_u$$

$$\frac{\partial(\rho vu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + v\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) + S_v$$

$$\frac{\partial(\rho wu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho wv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho ww)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + w\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right) + S_w$$

에너지 방정식

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\rho u T)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v T)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w T)}{\partial z} \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial T}{\partial z} \right) + S_T \end{aligned}$$

여기서 ρ 는 밀도, u, v, w 는 x, y, z 방향의 속도 성분이고 T 는 온도, S 는 확산항, C 는 비열, k 는 열전도계수를 나타낸다.

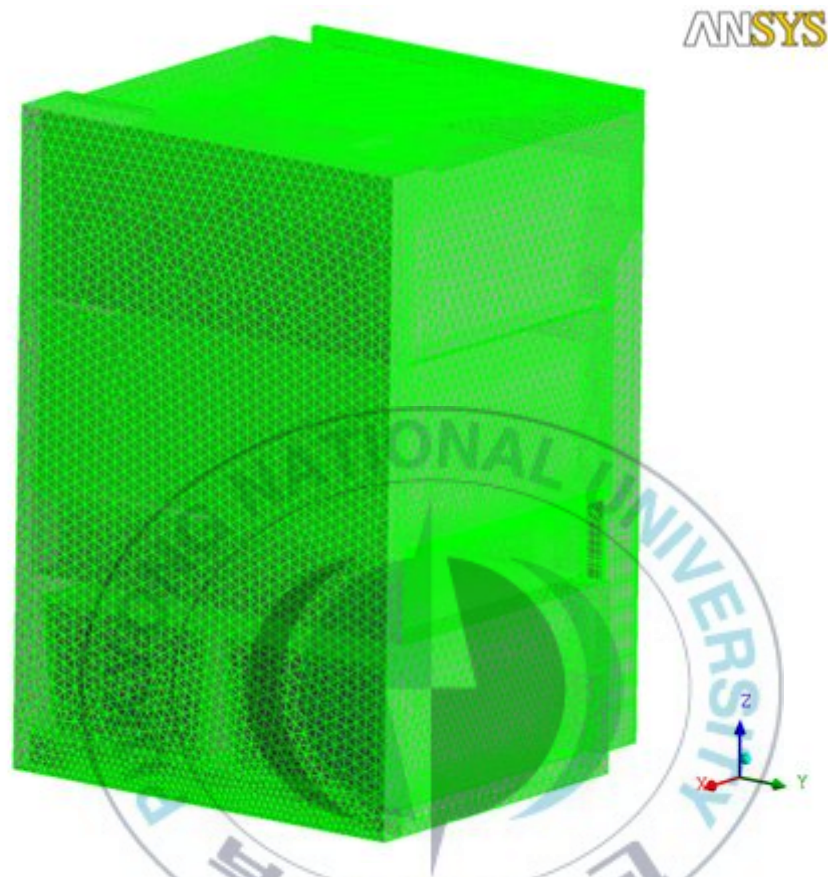
4.1.2 해석 모델 및 격자생성

본 연구에서는 계산영역을 Stand type 김치냉장고 상단부를 해석 영역으로 정하였다. 해석영역은 Fig 4.1과 같은 형상이며 김치냉장고 상부는 좌우 대칭인 내부구조를 가지고 있으며, 위쪽과 아래쪽 각각 두 개, 좌우 각각 세 개의 토출구가 있어 총 10개의 냉기가 유입되는 토출구로 구성되었다. 그리고 상자의 크기나 구조에 따라 다소 다르게 구성될 수 있으나 본 연구에서는 김치상자가 총 6개로 이루어져 있는 경우에 대한 해석을 수행하였다. 김치 상자의 구성은 상, 중, 하칸으로 나눌 수 있다. 하칸 아래 부분에 서랍이 장착하여 있고 냉기흡입구는 서랍 뒤쪽부위에 설치되어있으며 이는 증발기와 연결이 되어 있어 흡입구로 통해 들어오는 공기를 증발기를 거쳐 냉각시킨 후에 증발기 위쪽부분에 장착한 시로코 팬으로 인해 각 토출구로 차가운 공기를 각 토출구로 보내는 형태이다. 또 상칸과 중칸 앞면에 패널이 장착되어 있어 문을 개폐 시 냉기가 바로 빠져나오지 못하게 하는 구조로 설계되어 있다

해석에 사용되어진 격자는 ANSYS ICEM CFD를 사용하여 생성을 하였으며 Fig 4.2는 생성된 격자를 나타내었다.



Fig 4.1 The domain of the inner space
in Stand type kimchi refrigerator



Stand type kimchi refrigerator
(a)

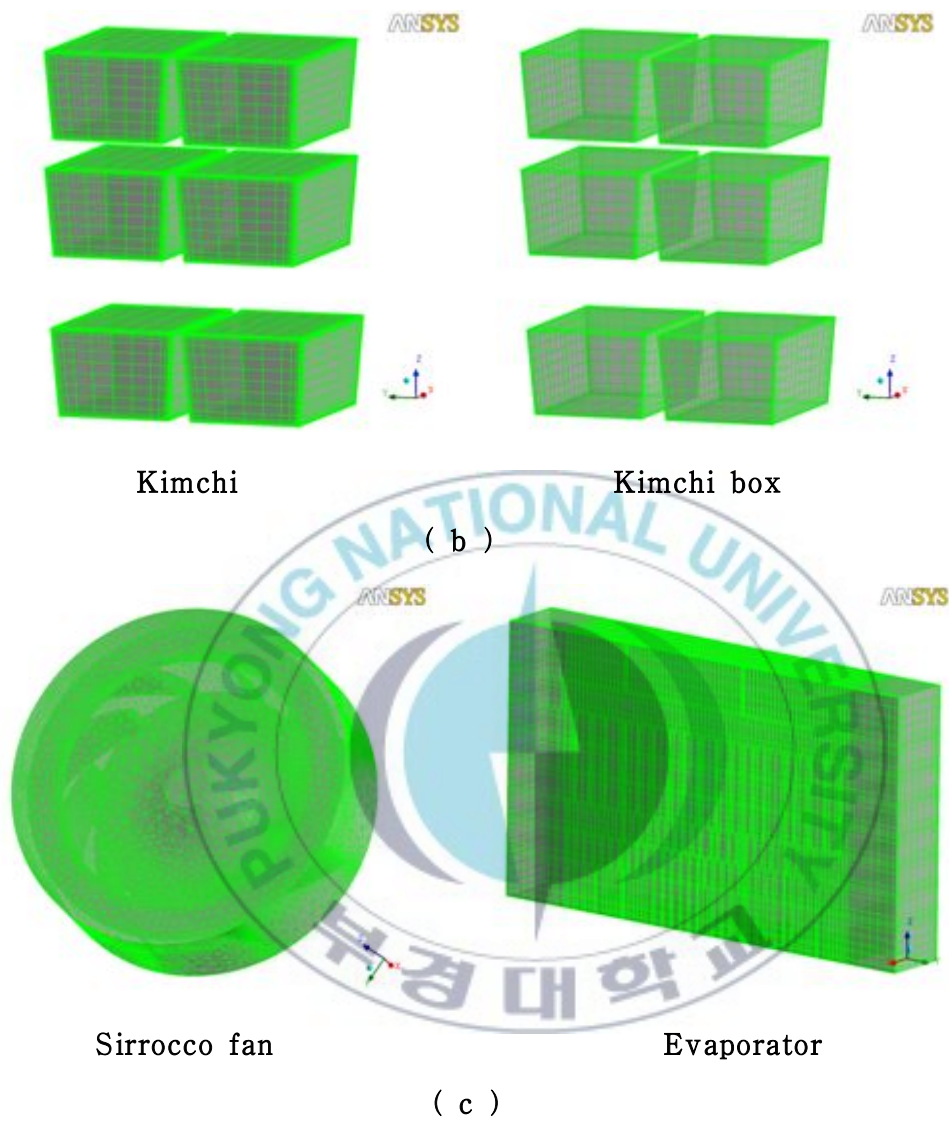


Fig 4.2 The mesh system in Stand type kimchi refrigerator

4.1.3 경계조건

Stand type 김치냉장고의 유동을 해석하기 위하여 사용된 경계조건은 Table 4.1에 적은 것과 같다.

수치해석을 위해 냉장실 내부의 유체를 비압축성이라고 가정하고 김치상자의 경우 Polystyrene정하고 김치상자내부의 김치를 물과 같은 물성치를 가지지만 고체형태인 물질로 가정을 하여 계산을 하였다. 수치해석은 정상상태로 하였고 계산 시 팬의 회전을 고려하기 위해서는 MRF 기법을 사용하여 핀의 회전하는 효과를 주었다. 경계조건을 입력 시 사용하는 온도 값은 실험을 통해 얻은 값을 입력하였고 계산에 사용된 난류모델을 k- ϵ 모델을 사용하였다.

Part	Value
Turbulence Model	k- ϵ
Working Fluid	Air Ideal Gas
Box	Polystyrene
Kimch	Solid Water
Fan Speed	1200 RPM

Table 4.1 Boundary condition

4.2 유동장 해석 및 결과

실험에 의해 얻어진 증발기의 온도 값을 수치해석의 초기조건으로 하여 Stand type 김치냉장고 상칸에 대해 수치해석을 하였다. 그 결과 다음과 같다.

Fig 4.3은 위쪽 좌측에 나타낸 것처럼 Stand type 김치냉장고 정중앙에서 잘은 단면의 속도 벡터를 나타낸 그림이다. 이 그림에서 볼 때 상칸과 중칸의 김치상자사이에 냉기의 순환영역이 나타낸 것을 보이게 되는데 이는 김치냉장고 좌우 양측에 있는 Inlet에서 나온 냉기가 김치상자 상칸과 중칸 앞쪽에 장착한 Panel에 부딪쳐서 김치상자 사이의 틈새로 흘러 들어가게 된 것이다. 그리고 서랍내부냉기 유동에도 다량의 재순환영역이 발생한 것을 할 수가 있는데 이는 Inlet 에서 나온 냉기가 서랍 앞쪽 벽면에 부딪쳐서 다시 뒤쪽으로 흘러가게 되므로서 생기게 되는 재순환영역이다. Fig 4.1우측 확대한 그림을 보면 증발기 아래 부분과 그림에서 볼 때 증발기의 좌측에 냉기의 순환영역이 생긴 것도 확인할 수가 있었다. 이는 유체가 Outlet로 흘러 나가게 되서 Outlet상하 양쪽의 유체를 Outlet쪽으로 쏠리게 하는 하므로써 이런 냉기의 재순환영역이 발생하게 된다.

Fig 4.4는 Stand type 김치냉장고 상칸에서 냉기의 유동경로를 나타내는 Streamline이다. Fig 4.4의 좌측 Streamline을 보면 냉기가 Outlet쪽으로 유입하는 곳에서 냉기의 재순환영역이 발생하는 것을 확인하게 되었고 우측 Streamline을 보면 상칸과 중칸 사이, 시로코

팬 위쪽 영역에서 유체가 거의 흐르지 않는 것을 확인할구사가 있었고 김치상자 중간 아래 부분에 위치한 서랍안쪽에서는 냉기의 유동이 유창하지 못하는 것을 알 수가 있게 되었다.

Fig 4.5는 Stand type 김치냉장고 상칸 6개의 김치상자 내부단면을 잘라 온도분포를 나타냈다. 이 그림에서 보면 6개 김치상자에서의 온도분포는 좌측에 있는 3개의 김치상자의 온도가 우측에 있는 김치상자보다 상대적으로 낮게 나타난 것을 알 수가 있으며 이는 실험값과 비교 했을 때도 같은 결과를 얻게 되었다. 그리고 좌우 김치상자의 최대 온도차는 약 0.5°C 차이가 있었고 김치냉장고 내부 최대 온도편차는 약 1.5°C 이다. 이를 확인해본결과 김치냉장고내부에서 온도차가 생기게 된 원인은 좌우 Inlet에서 나오는 냉기의 유량차이로 인하여 생기게 된 것을 알게 되었다.



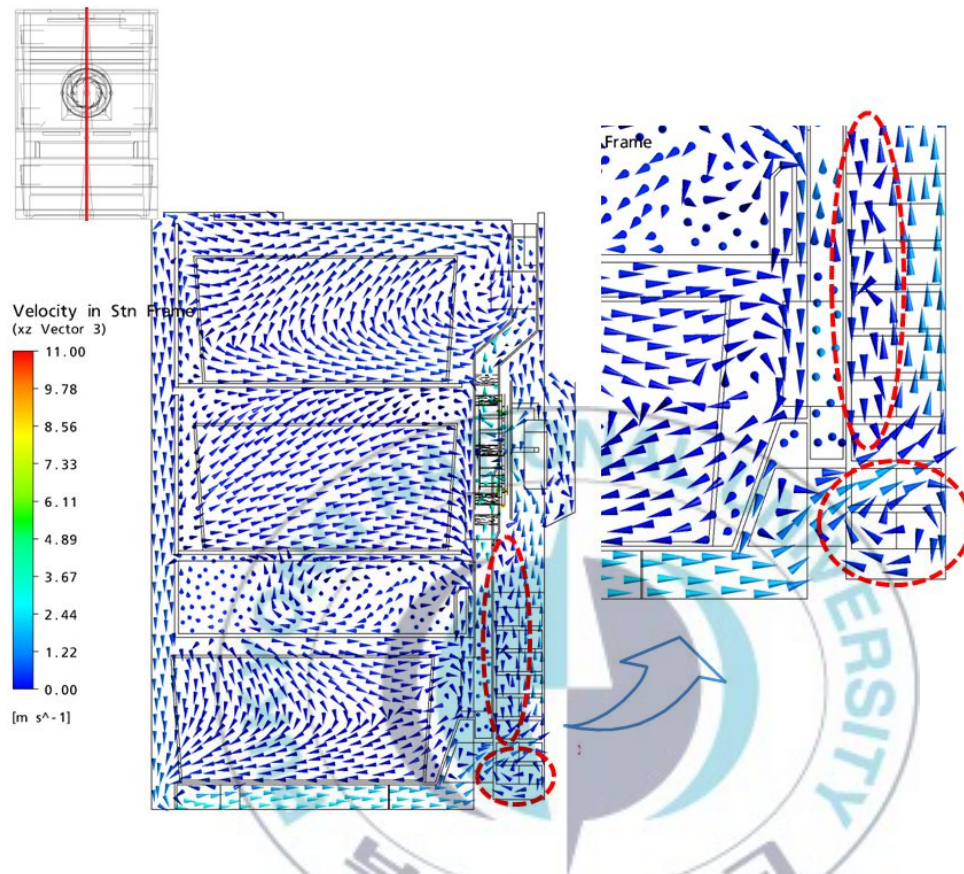


Fig 4.3 The profile of the center in kimchi refrigerator

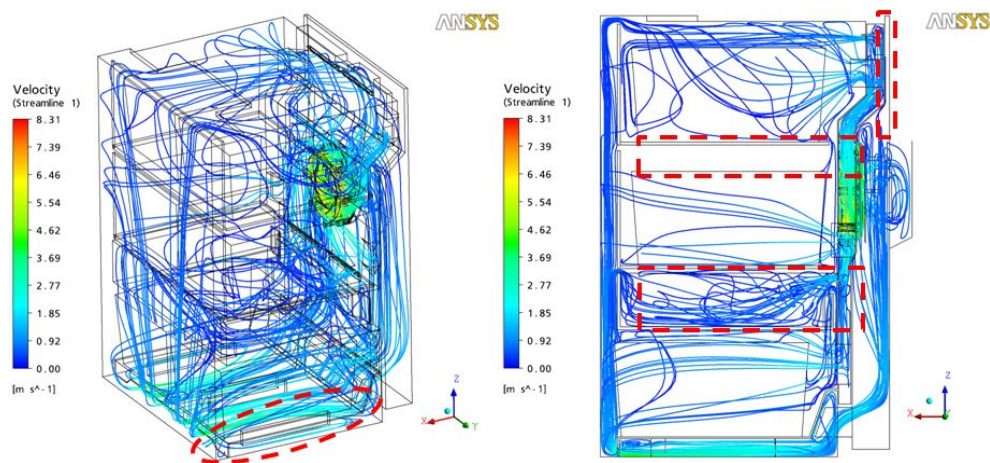


Fig 4.4 The streamline in kimchi refrigerator



Fig 4.5 Temperature distribution of the center in kimchi box

Fig 4.6은 Stand type 김치냉장고 상칸에서의 좌우 대칭인 Inlet에서의 유량비교를 나타낸 그림이다. 여기서 총 질량유량을 100%로 하여 각 Inlet 마다 차지한 유량을 퍼센트(%)로 나타나게 한 것이다. 그리고 우측 화살표상향은 우측에 있는 Inlet의 체적유량과 좌측에 있는 Inlet의 체적유량을 비교했을 때 우측이 많은가 적은가를 나타내며 화살표 옆의 수치는 그 차를 타나 낸다. Table 4.1은 각 Inlet의 체적유량을 나타나게 된다. 이런 유량차가 생기게 된 원인으로는 본 연구에 모델인 Stand type 김치냉장고에는 강제대류를 이용하여 증발기에서 냉각한 공기를 각 Inlet으로 보내는 시스템이다. 시로코 팬의 특성⁹⁾은 유체가 시로코 팬의 축 방향으로 들어가서 시로코 팬의 반경방향이며 원의 접선인 방향으로 빠져나가기 때문에 시로코 팬으로 의해 부러 나오는 유체가 김치냉장고 각 Inlet와의 각도가 달으므로 인하여 각 Inlet에서 유량이 차이가 생기게 되었다.

Inlet의 유량 차이를 줄이기 위해 유로 개선 방안으로 모색해 보았다. 그 결과 시로코 팬 주변에 설치된 8개의 원기둥 파이프가 각 토출구의 유량에 큰 영향을 미치게 된 것을 알게 되었으며 개선방안으로서 원기둥 파이프의 개수를 4개, 6개, 12개, 8개로 정하였고 또 각 원기둥 파이프의 각도를 변경하여 8개의 케이스로 계산해 보았다. 그 결과는 아래 그림으로 나타냈다. Fig 4.7는 좌우 Inlet의 유량 차이를 퍼센트(%)로 표시 하였고 Table 4.2는 각 토출구의 유량을 체적유량으로 나타냈다. 수치해석 시 메시의 의존성을 검토하기 위

해서는 기존 120만개의 Node를 170만개 Node로 늘려서 메시의 의존성을 검토해 보았다. Fig 4.8은 Node가 120만개와 170만개 일대의 각 Inlet의 냉기 유량을 비교하는 그림이다.



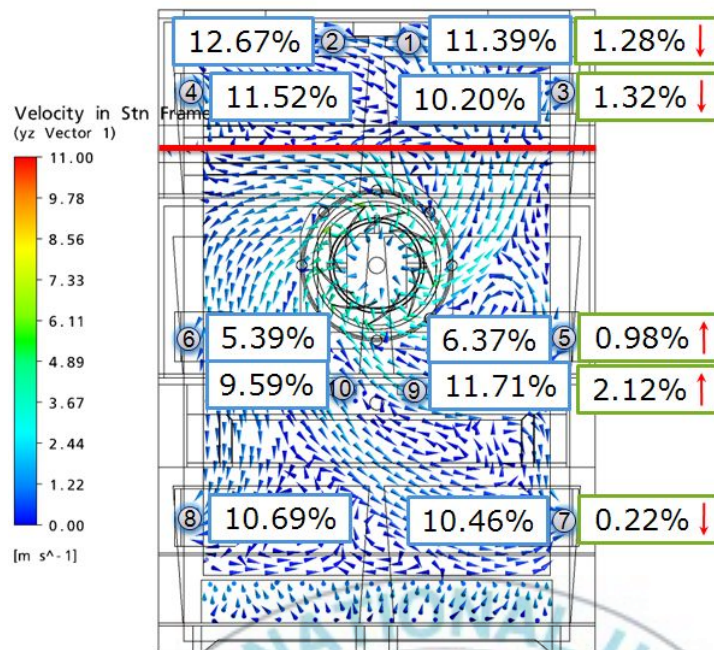
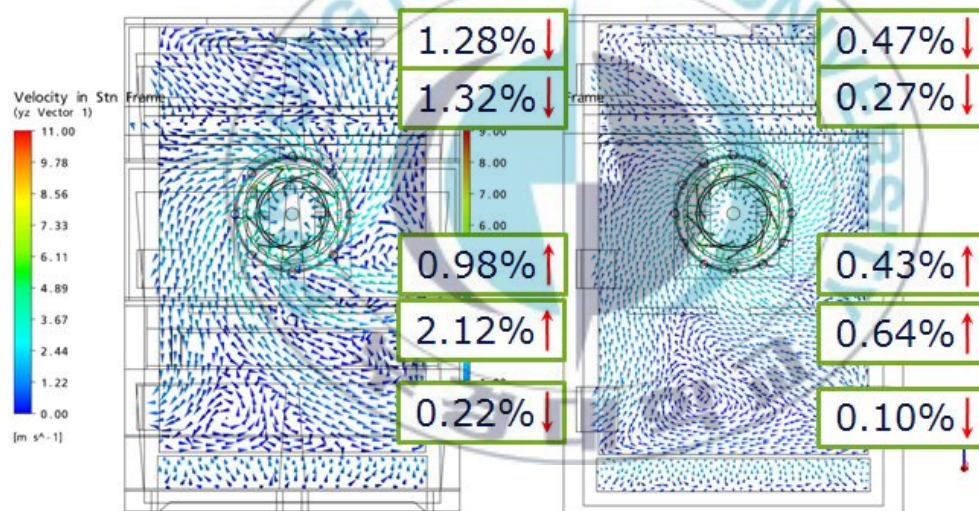
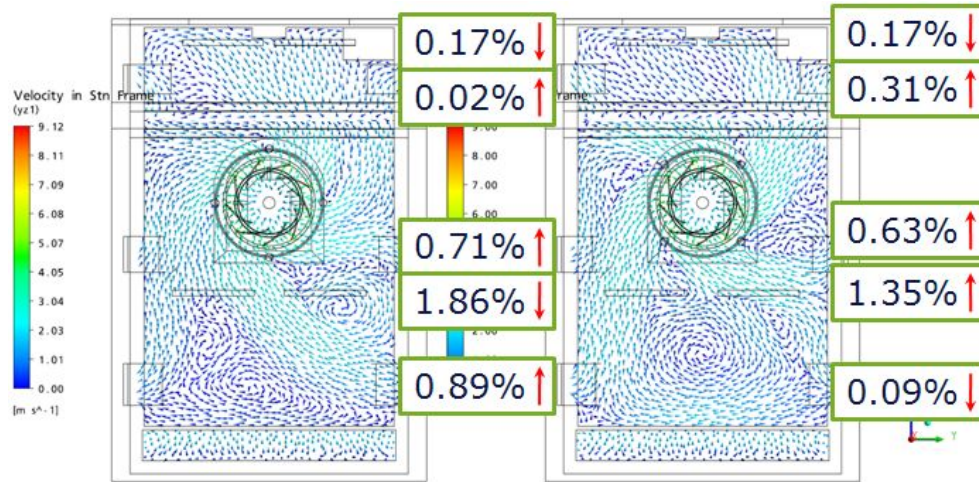


Fig 4.6 Compare the volume flow of inlet in kimchi refrigerator

	L/s	cm ³ /s		L/s	cm ³ /s
1번 출구	1.77	1766.89	6번 출구	0.84	836.32
2번 출구	1.97	1966.22	7번 출구	1.62	1623.31
3번 출구	1.58	1581.93	8번 출구	1.66	1657.94
4번 출구	1.79	1787.16	9번 출구	1.82	1816.72
5번 출구	0.99	988.18	10번 출구	1.49	1488.18

Table 4.1 Compare the volume flow of inlet in kimchi refrigerator



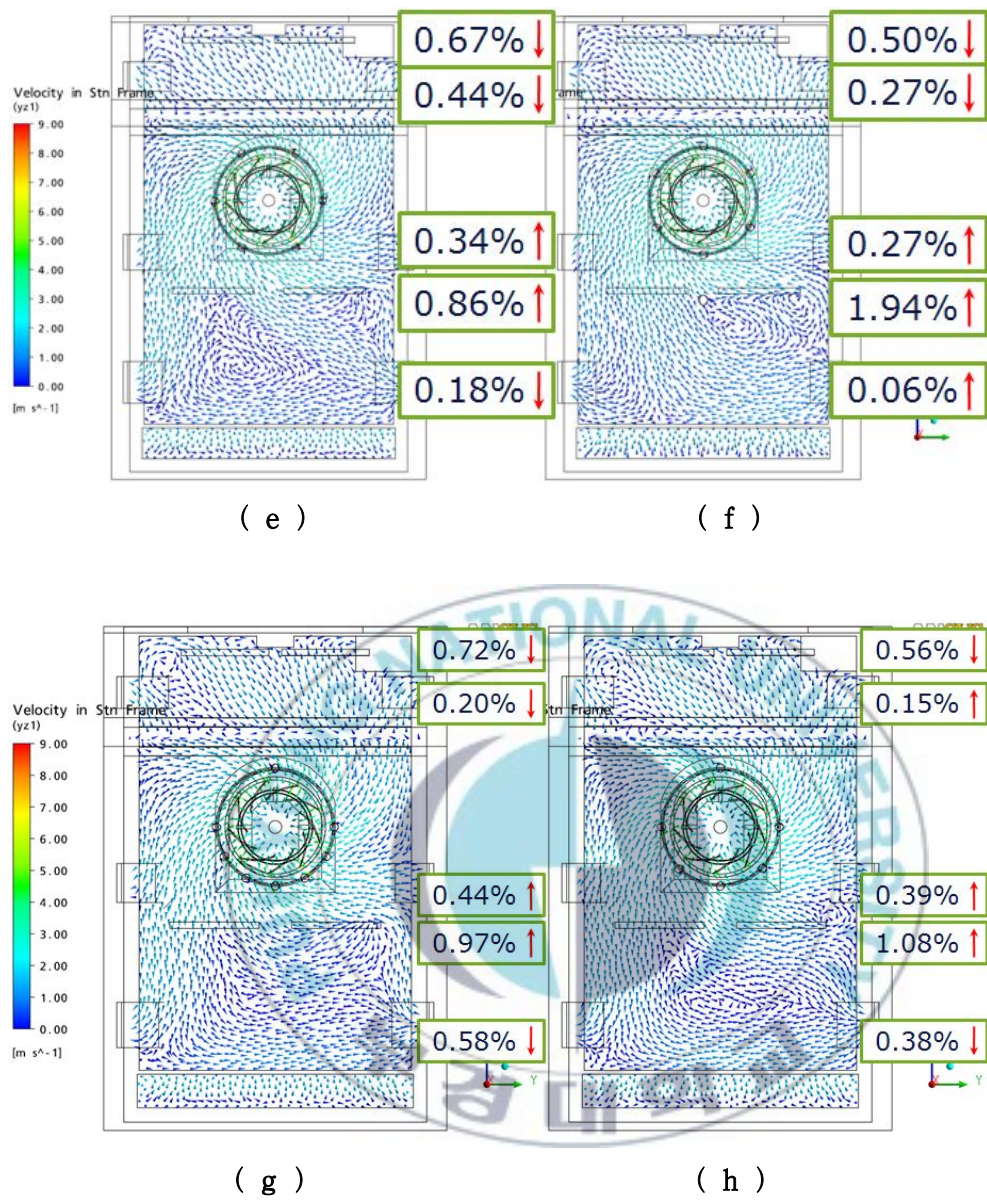


Fig 4.7 Compare the volume flow of inlet with the difference of the pipe position and quantities

Inlet number	a	b	c	d
1	2461.15	2279.56	1766.89	2279.56
2	2492.4	2312.5	1966.22	2366.55
3	1978.89	2059.97	1581.93	1975.51
4	1974.66	2000	1787.16	2025.34
5	1300.68	1251.69	988.18	1215.37
6	1163.01	1130.91	836.32	1136.82
7	2069.26	1985.64	1623.31	1781.25
8	1845.44	2002.53	1657.94	1799.83
9	1810.81	2222.13	1816.72	2053.21
10	2169.76	1962.84	1488.18	1934.12

Inlet number	e	f	g	h
1	2226.35	2309.97	2213.68	2249.16
2	2350.51	2402.87	2348.82	2353.04
3	1908.78	1956.93	1946.79	1987.33
4	1991.55	2007.6	1983.95	1958.61
5	1175.68	1179.9	1231.42	1206.93
6	1111.49	1128.38	1149.49	1133.45
7	1780.41	1868.24	1754.22	1782.09
8	1815.03	1857.26	1862.33	1853.04
9	2184.97	2194.26	2183.28	2172.3
10	2026.18	1830.24	2002.53	1971.28

Table 4.2 Compare the volume flow of inlet with the difference of the pipe position and quantities. Unit (cm^3/s)

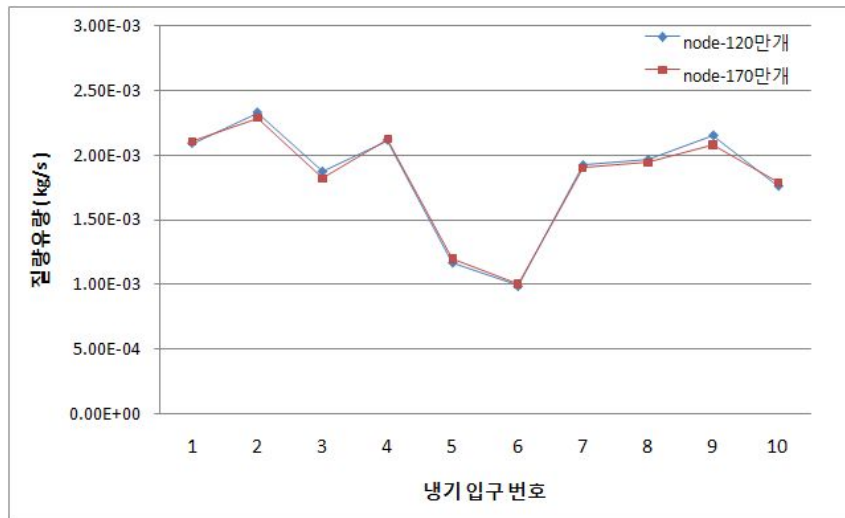
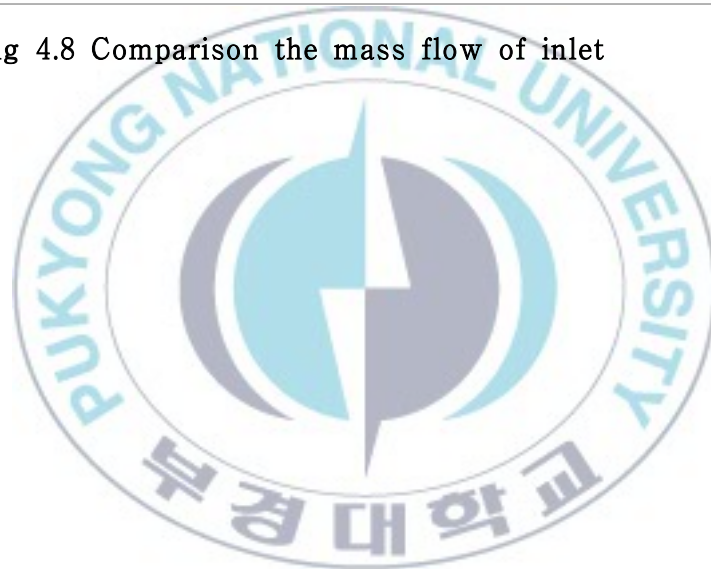


Fig 4.8 Comparison the mass flow of inlet



제 5 장 결론

본 연구에서 김치냉장고내용 시로코 팬에 의한 유체의 유동특성으로 인한 김치냉장고내부의 냉기 출구의 유량차이, 냉기유동특성, 온도분포를 파악하게 되었고 그 결과를 요약한다면 다음과 같이 정리했다.

1. 수치해석 및 실험 부하 온도실험 측정결과 김치냉장고 내부에서 좌측의 온도가 우측보다 상대적으로 낮은 온도를 나타냈고 좌우 벽면에서의 온도편차는 약 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$, 상하 벽면에서의 온도편차는 약 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 인 것을 확인하였다.
2. 증발기 하단부 공간에서의 정체영역이 발생한 것을 확인하였고 증발기 상단부(팬 위쪽)공간의 필요성을 검토하였다.
3. 시로코 팬의 특성으로 인하여 냉기는 팬의 축 방향으로 들어가서 팬의 접선방향으로 나오게 되어 김치냉장고의 작은 공간에서 유체가 좌우 비대칭 인 형상으로 시로코 팬에서 불어 나오게 되었다. 이로 인하여 좌우 대칭면에 위치한 토출구의 유량차이가 생기게 되었으며 좌측 Inlet의 유량이 우측 Inlet 유량보다 많이 나오게 된 것을 확인하였다.

4. 개선방안으로 시로코 팬 주변의 8개의 원기둥파이프의 개수와 각도를 조절하여 계산해본 결과 파이프의 개수나 각도를 조절하여 Inlet을 통해 나온 냉기의 유량을 제어 할 수 있음을 확인하였다.



참 고 문 헌

1. 김향오, 서상룡, 김영태, 최영수, 유수남, 이재덕, 2007, “김치 제조용 배추 절입의 표준화”, 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 12(1): PP.87~92
2. 이무연, 최석재, 김상욱, 이원근, 2003 “김치냉장고를 중심으로한 소형 멀티 냉동시스템의 성능특성 변화에 관한 연구” 대한기계학회 춘계학술대회 pp.769~774
3. 최기찬, 김미연, 정신교, 1995, “저장온도 및 포장재에 따른 절단 배추 김치의 품질변화 및 Shelf-life”, KOREAN J. POST-HARVEST SCI. TECHNOL. AGRI. PRODUCTS Vol. 2. No. 2, pp. 277~284
4. 윤준원, 2003, “김치냉장고 내의 유동 및 열전달 특성에 관한 수치해석”, 설비공학논문집 제15권 제12호/pp. 1078~1087
5. 방병호, 서정숙, 정은자, 2008, “김치의 저장중 품질 유지를 위한 방안 개발”, korean J. Food & Nutr Vol.21. No. 1, pp.51~55
6. 노정숙, 서현주, 오정환, 이명주, 김명희, 최홍식, 송영옥, 2007 “배추김치의 최적발효 및 저장을 위한 김치냉장고의 자동숙성 시스템 개발”, korean J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol.39, No. 4, pp.432~437
7. 하재홍, 문영준, 2000 “시로코팬의 3차원 유동 특성 및 성능에 대한 전산해석” 설비공학 논문집 제12권 제7호 pp.674~679

8. 이대웅, 유성연, 2002 “자동차용 시로코팬의 성능 및 유동특성에 관한 실험적 연구” 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집 pp723~728
9. 유성연, 이대웅, 2002 “자동차용 시로코팬의 성능 및 유동특성에 관한 실험적 연구” 설비공학논문집 제14권 제 11호 pp.954~936

