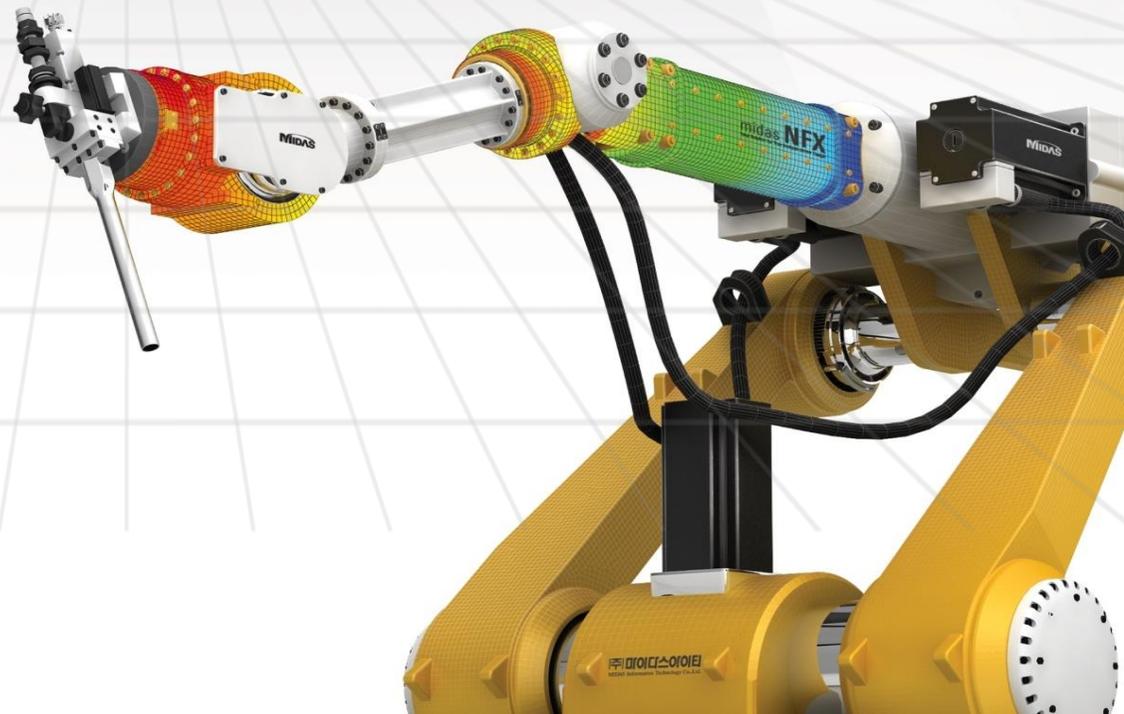


# Thermal Analysis (열전달해석)



## 열전달 해석

### ▶ 열전달 해석

- 자연계의 물체는 온도차가 발생하면 열 흐름이 발생
- 열전달 해석은 이와 같이 물체의 온도 차에 의해 발생하는 열에너지 전달량을 예측하기 위한 해석

### ▶ 열전달 방식

#### 전도 (Conduction)

분자나 전자의 진동이 연쇄반응에 의해 고온에서 저온 구역으로 에너지를 전달하는 것

#### 대류 (Convection)

액체나 기체와 같이 매질의 이동에 의해 에너지가 전달되는 것

#### 복사 (Radiation)

서로 떨어져 있는 물체는 그 사이에 매질이 존재하지 않아도 전자기파 형태의 에너지를 교환하는 것

## 열전달 해석의 특성

### ▶ 재료 특성

- 열전달 해석에서는 응력 해석과는 달리 전도율(Thermal Conductivity), 비열(Specific Heat) 등을 입력해 주어야 합니다.

### ▶ 경계/하중 조건

- 고정온도, 대류조건, 복사 입력
- 내부발열, 열속 입력

### ▶ 정상상태 열전달 해석의 지배방정식은 선형 정적 해석과 유사

$$[K]\{\Delta\} = [F]$$

구 분	성질 (Property)	거동 (Behavior)	작용 (Action)
응력해석	강성	변위	힘
열전도해석	열전도율 (Conductivity)	온도	열원 (발열, 대류, 열속)
유체해석	점성	유속	수두
전자기해석	전도율	전압	전류부하

## 열전달 해석의 종류

### ➤ 선형 열전달 해석(Linear Heat Transfer Analysis)

- 열 흐름을 유발하는 조건들이 온도의존성(Temperature Dependent)이 아닌 경우

### ➤ 비선형 열전달 해석(Nonlinear Heat Transfer Analysis)

- 열 흐름을 유발하는 조건들이 온도의존성(Temperature Dependent)인 경우

### ➤ 정상상태 열전달 해석(Steady State Heat Transfer Analysis)

- 정상상태란 에너지의 균형을 이룬 상태로서 유입된 에너지량과 유출되는 에너지량이 동일한 상태를 의미
- 구조물에 처음 열을 가하게 되면 시간에 따라 구조물의 온도가 올라가며, 이 상태를 과도상태라고 합니다.
- 시간이 지나면 유입되는 에너지와 유출되는 에너지가 같아지면서 구조물의 온도변화가 발생하지 않습니다.
- 이러한 상태를 정상상태라고 하며 이 상태의 열전달 해석을 정상상태 열전달 해석이라고 합니다.

### ➤ 비정상상태 열전달 해석(Transient Heat Transfer Analysis)

- 정상상태를 제외한 모든 경우에는 구조물의 온도가 시간에 따라 변하게 됩니다.
- 이러한 경우는 물체 내부의 온도가 위치와 시간에 따라서 변하게 되므로 위치와 시간에 따른 함수를 고려하여 해석을 수행해야 합니다.

## 주요 용어

### ➤ 초기온도 (Initial Temperature)

- 구조물이 생성될 당시의 온도로서 열전달 해석의 초기조건으로 정의됩니다.
- 해석제어 데이터의 초기온도(Initial Temperature)로 입력하여 구조물 전체에 반영할 수 있습니다.
- 정상상태 열전달 해석에서는 초기온도를 설정할 필요가 없으나, 비정상 열전달 해석 수행 시에는 반드시 초기온도 지정이 필요합니다.

### ➤ 고정온도 (Specified Temperature)

- 고정온도는 열전달 해석의 경계 조건을 구성하게 되며, 고정온도가 지정된 부분은 항상 주어진 온도를 유지하게 됩니다.
- 구조 해석에서의 구속 조건과 유사한 역할을 합니다.

### ➤ 발열 (Heat Generation)

- 발열은 고체 내부에서 발생하는 열량을 모형화하기 위한 것으로서 열전달 해석의 하중벡터로 사용합니다.
- 발열은 단위체적에 대한 단위시간의 에너지로 정의되며, 구조물의 부피가 크면 클수록 전체 발열량은 증가하게 됩니다.
- 구조 해석에서의 자중과 비슷한 역할을 합니다.

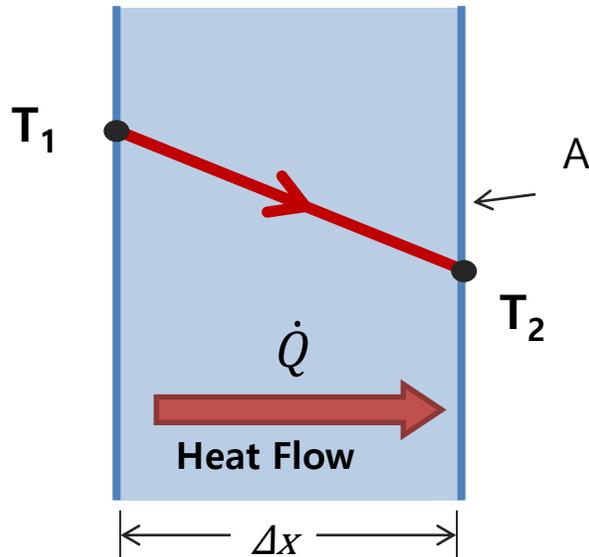
### ➤ 열속 (열유동, Heat Flux)

- 열속(열유동)은 물체의 표면을 통해 열 유입을 모형화하기 위한 것으로서 열전달해석의 하중벡터로 사용합니다.
- 열속(열유동)은 단위면적에 대한 단위시간의 에너지로 정의되며, 구조물의 표면이 크면 클수록 생성되는 에너지 크기도 증가하게 됩니다.
- 구조 해석에서의 압력 하중과 비슷한 역할을 합니다.

## 주요 용어

### ➤ 전도 (Conduction)

- 물체는 분자로 구성되며 물체의 온도가 높아진다는 것은 물체 내부로 열이 들어와서 물체를 구성하는 분자의 운동이 활발해진 상태를 의미하며, 물체의 한쪽을 가열하게 되면 열에너지로 인해 분자가 운동하게 되고 분자들이 충돌하여 진동하게 됩니다.
- 이러한 연쇄반응은 온도 차가 발생하지 않을 때까지 일어나게 되며, 이와 같이 정지된 유체나 고체 상태의 물질에서 이웃한 분자의 운동으로 열이 전달되는 현상을 전도라고 합니다.
- 열전도율(Thermal Conductivity)이란 열에너지를 전도하는 능력을 나타내는 재료의 물성값입니다.
- 전도에 의한 열속(열유동, Heat Flux)은 Fourier's Law에 의해 산정됩니다.



$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} [W]$$

$k$  : 열전도율

$A$  : 면적

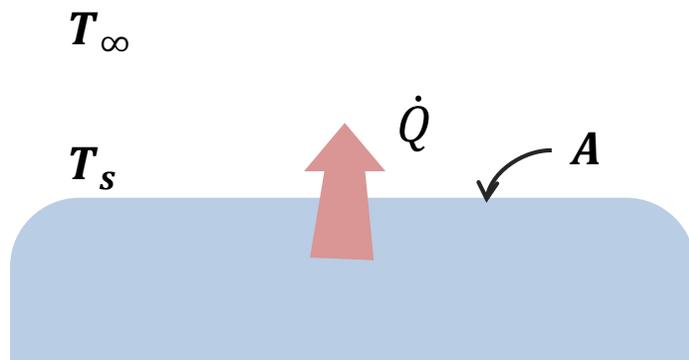
$dT$  :  $(T_1 - T_2)$

$dx$  : 두께

## 주요 용어

### ➤ 대류 (Convection)

- 액체 또는 기체에서 고온부분과 저온부분이 서로 이동하면서 이루어지는 열전달 현상을 대류라고 합니다.
- 펌프와 같은 것으로 유체를 물체 표면 위에 강제로 흐르게 하여 인위적으로 대류를 발생시키는 것을 강제대류 (Forced Convection)라 하고, 유체 내의 온도 차에 따라 발생한 밀도 변화로 부력이 생겨서 발생하는 대류를 자유대류 (Free Convection)이라고 정의합니다.
- 대류에 의한 열전달은 단순히 온도 차에 비례합니다.
- 대류에 의한 열속(Heat Flux)은 Newton's Law에 의해 산정됩니다.



$$\dot{Q}_{convection} = hA(T_s - T_\infty) \quad [W]$$

$h$  : 대류 열전달계수

$A$  : 고체 표면 면적

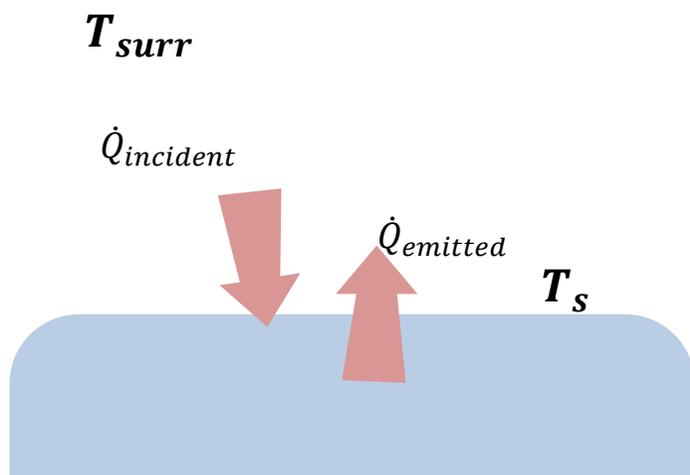
$T_s$  : 고체 표면 온도

$T_\infty$  : 표면의 영향을 받지 않는  
유체의 온도

## 주요 용어

➤ 복사 (Radiation)

- 서로 떨어져 있는 물체 사이에 매질이 존재하지 않아도 전자기파 형태의 에너지를 교환하게 되는데 이를 복사라고 합니다.
- 두 물체 면 사이의 radiation heat flow는 Stefan-Boltzmann Law에 의해 산정됩니다.



$$\dot{Q}_{rad} = \epsilon \sigma A (T_s^4 - T_{surr}^4) [W]$$

$\epsilon$  : 방사율 ( $0 \leq \epsilon \leq 1$ )

$\sigma$  : Stefan-Boltzmann 상수  
( $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{T}^4$ )

$T_s$  : 고체 표면 온도

$T_{surr}$  : 주변 공기 온도

$A$  : 고체 표면 면적

## 개요

➤ 정상상태 열전달 해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Lamp.x\_t
- 재질 : 6061 Alloy  
Glass

➤ 경계조건과 하중조건

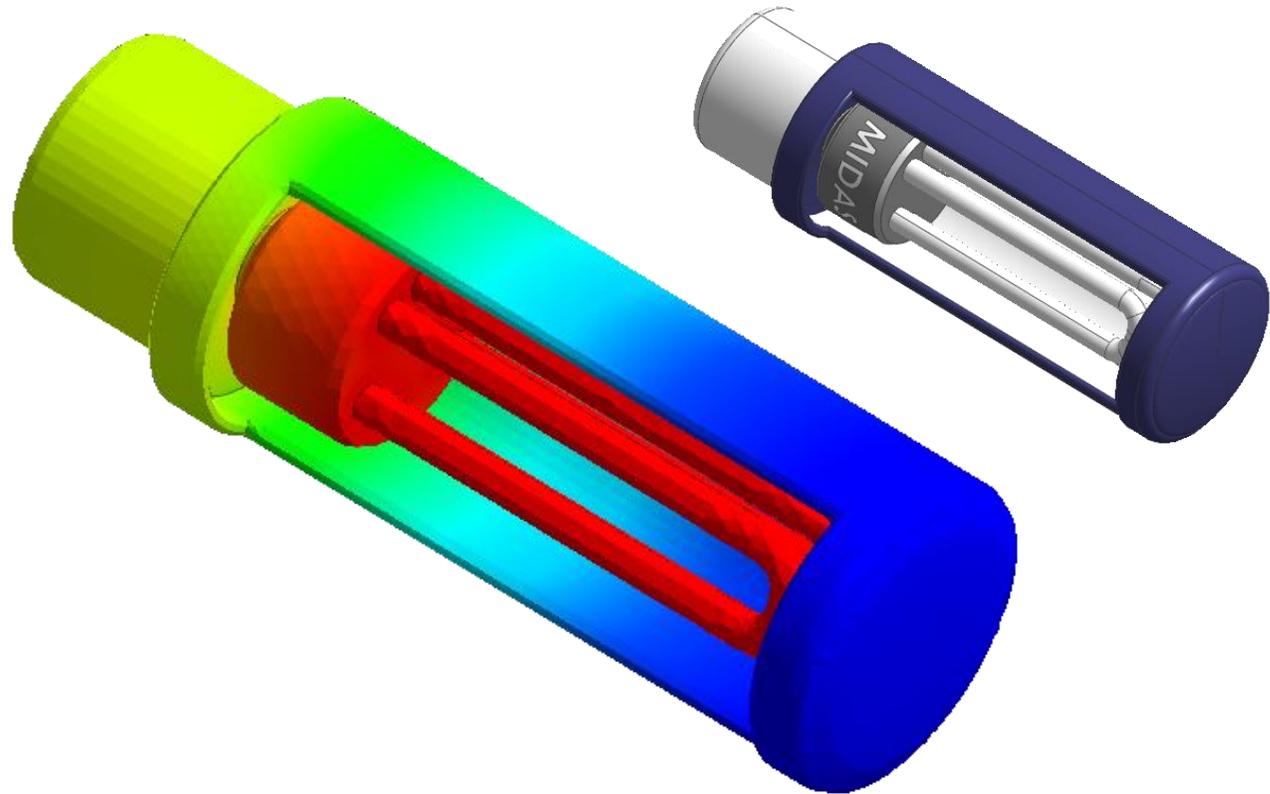
- 온도조건 : 60도
- 대류조건
- 외부온도 : 20도
- 대류계수 : 10 W/m<sup>2</sup>[T]

➤ 결과확인

- 온도

# Lamp

## (정상상태 열전달해석)



## 따라하기 목적

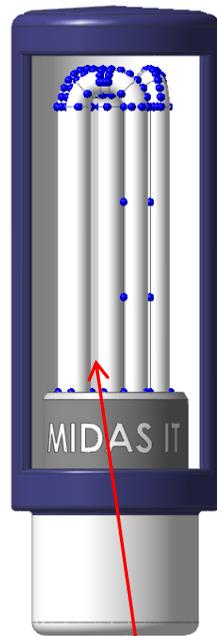
- midas NFX를 이용한 정상상태 열전달해석의 수행 및 기능 이해
  - 열전달해석에서 사용하는 해석조건(온도, 대류)의 설정 방법을 습득합니다.
  - 열전달해석의 주요 결과인 온도를 확인합니다.

## 해석 개요

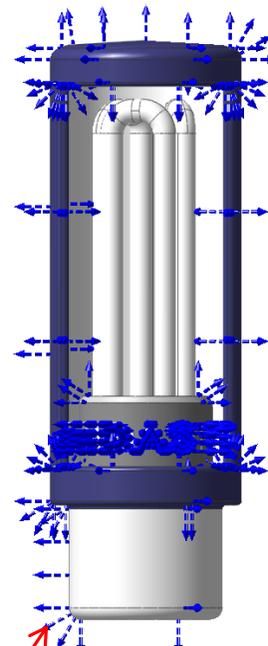
### ➤ 대상 모델



### ➤ 해석조건 (온도조건, 대류조건)

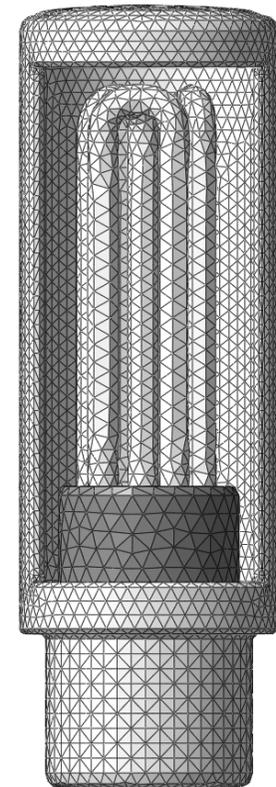


온도조건  
램프 3개 (60도)



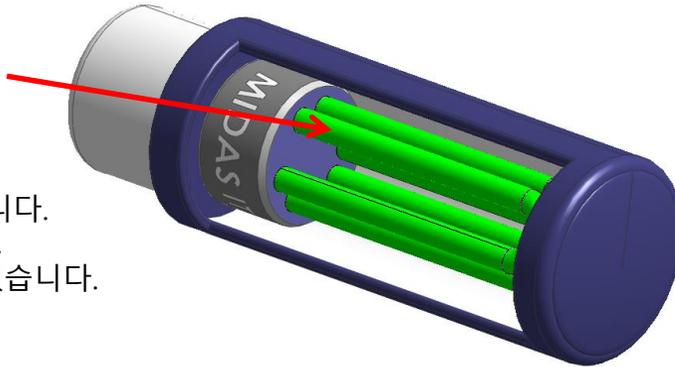
대류조건  
외부온도 : 20도  
대류계수 : 10 W/m<sup>2</sup>[T]

### ➤ 유한요소 모델



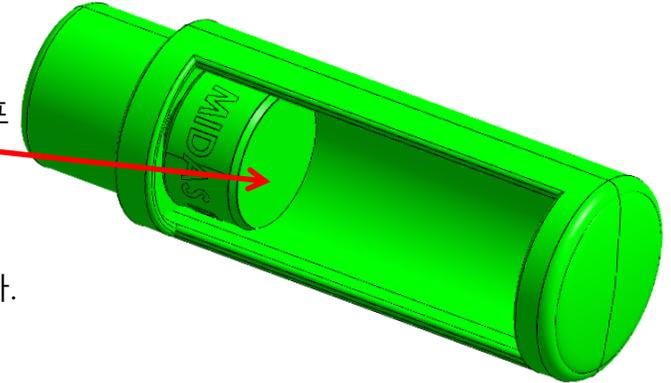
## 열 하중 부가하기

램프의 온도가 항상 60도를 유지한다고 가정했을 경우 해석에서는 램프에 해당하는 파트에 고정온도를 부가합니다. 고정온도는 점, 선, 면, 파트에 입력할 수 있습니다. (기하형상 기준)



## 대류조건 부가하기

온도를 부가한 램프 파트 제외한 전체 파트에 대류조건을 부가합니다. 대류조건은 면에만 입력할 수 있습니다. (기하형상 기준)



## 작업순서

1. [  ] (새로 만들기) 클릭.. 
2. [3차원/일반모델] 선택.
3. 단위계 [N-mm-J-sec] 선택.
4. [확인] 버튼 클릭.
5. 작업원도우에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭 후, [모든 가이드 감추기] 선택.



### 해석조건 설정

프로젝트명  담당자

설명

모델 종류

3차원/일반모델 2

2차원모델

축대칭

단위계 3

N mm J sec

중력가속도(g)  mm/sec<sup>2</sup>

4

모두 보이기  
모두 감추기  
모든 형상 보이기  
모든 형상 감추기  
모든 요소망 보이기  
모든 요소망 감추기

작업 평면 옮기기

가이드 보이기/감추기 ▶

모든 가이드 보이기

5 모든 가이드 감추기

모든 레이블 보이기

모든 레이블 감추기

 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

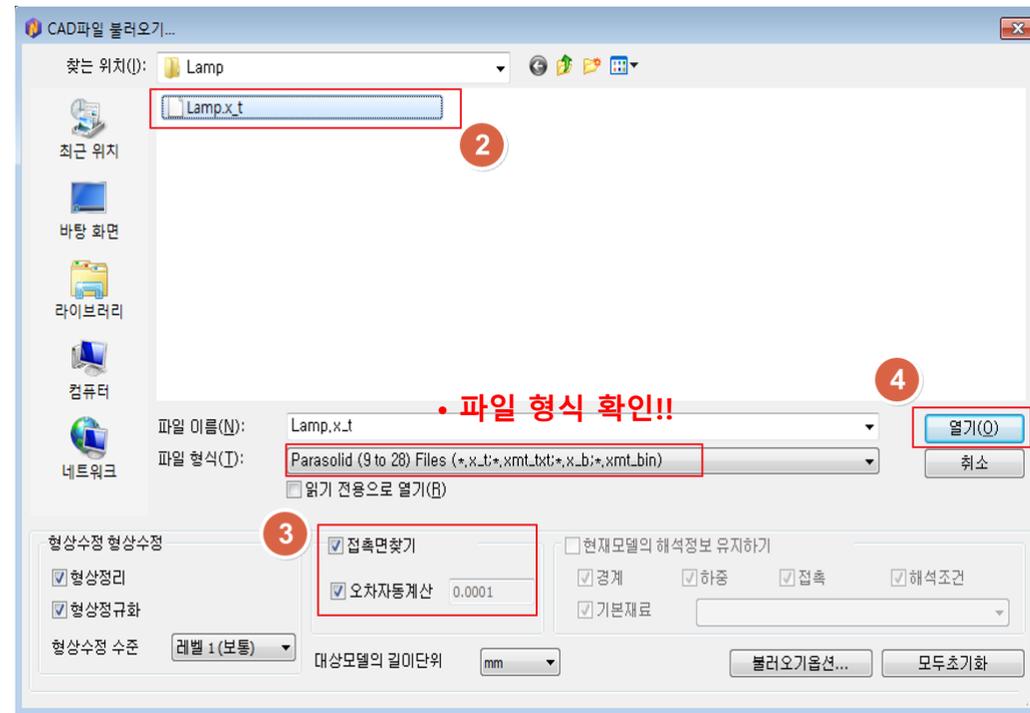
 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

## 작업순서

1. [불러오기] 클릭.
2. 모델 선택: **Lamp.x\_t** 선택
3. [접촉면찾기] 체크.  
[오차자동계산] 체크.
4. [열기(O)] 버튼 클릭.

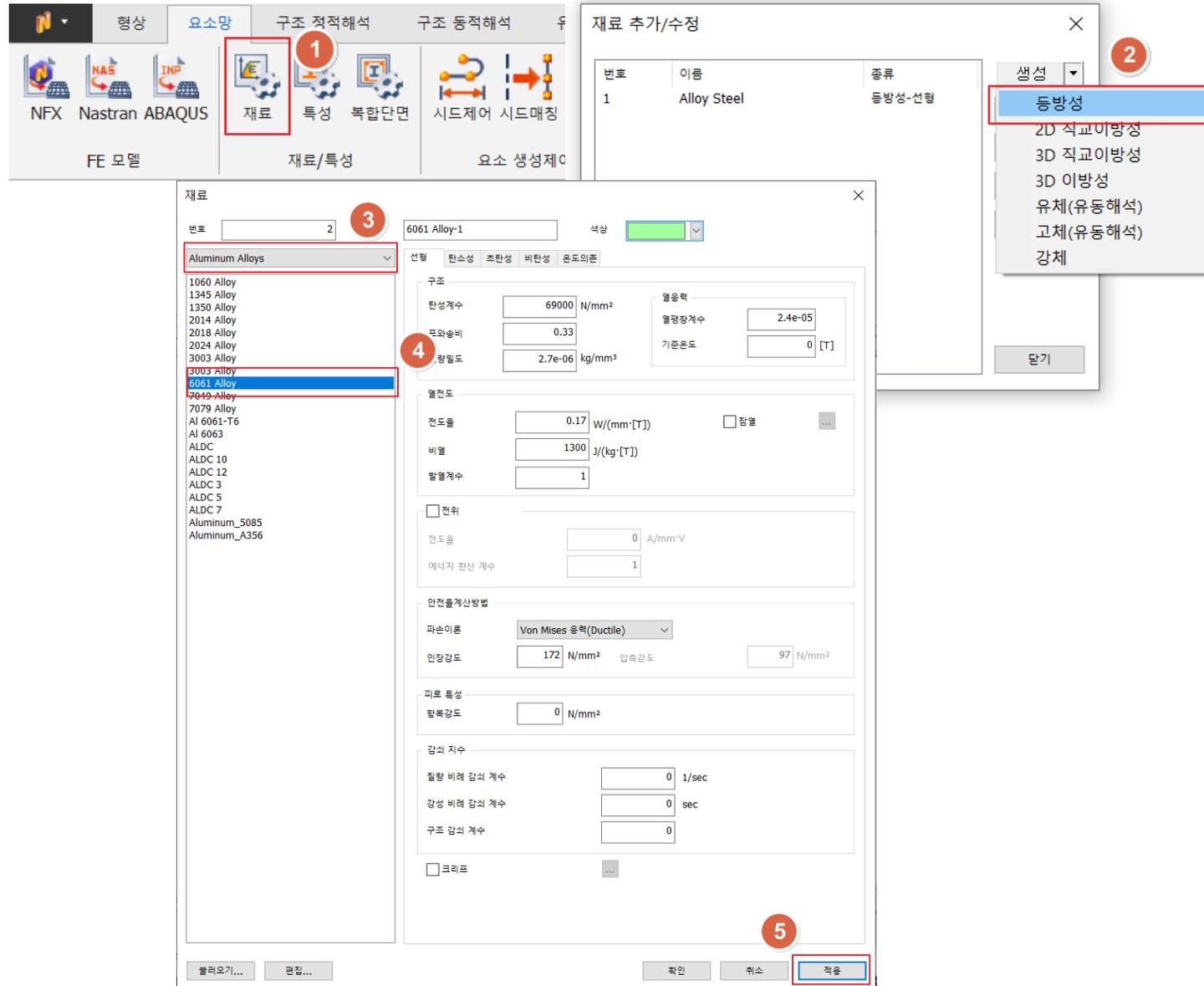
※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의  
ManualsWTutorialsWFiles 폴더 안에  
따라하기의 모델들이 있습니다.

💡 모델을 불러올 때 [접촉면 찾기]를  
체크하면, 파트 별 접촉이  
[일체거동접촉]으로 자동 설정됩니다.



## 작업순서

1. [재료] 클릭.
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재료 DB 리스트에서 **Aluminum** Alloys를 선택.
4. 6061 Alloy 선택.
5. [적용] 버튼 클릭.



재료

번호 2 6061 Alloy-1 색상

Aluminum Alloys

1060 Alloy  
1345 Alloy  
1350 Alloy  
2014 Alloy  
2018 Alloy  
2024 Alloy  
3003 Alloy  
3003 Alloy  
3003 Alloy  
6061 Alloy  
7049 Alloy  
7079 Alloy  
Al 6061-T6  
Al 6063  
ALDC  
ALDC 10  
ALDC 12  
ALDC 3  
ALDC 5  
ALDC 7  
Aluminum\_5085  
Aluminum\_A356

선택 한소성 초탄성 비탄성 온도 의존

구조

탄성계수 69000 N/mm<sup>2</sup> 열팽창 계수 2.4e-05  
포아송비 0.33 열팽창 계수 2.4e-05  
밀도 2.7e-06 kg/mm<sup>3</sup> 기준 온도 0 [T]

열전도도

전도율 0.17 W/(mm·[T])  장벽  
비열 1300 J/(kg·[T])  
발열 계수 1

전위

전도율 0 A/mm·V  
에너지 확산 계수 1

안전율 계산 방법

파손 이론 Von Mises 응력(Ductile)  
인장 강도 172 N/mm<sup>2</sup> 압축 강도 97 N/mm<sup>2</sup>

피로 특성

항복 강도 0 N/mm<sup>2</sup>

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수 0 1/sec  
강성 비례 감쇠 계수 0 sec  
구조 감쇠 계수 0

크리프 ...

확인 취소 적용

💡 선택한 재료의 물성치가 자동으로 입력됩니다.  
열전달해석에서는 전도율과 비열 등의 물성치를 입력해야 합니다.

## 작업순서

1. 재료 DB 리스트에서 **Other Non-metals**를 선택.
2. **Glass** 선택.
3. **[확인]** 버튼 클릭.

재료
×

번호

- Air
- Ceramic Porcelain GE214
- Glass
- Glass ceramic-0930
- Glass ceramic-9606
- Glass ceramic-9658
- Glass ceramic-MCR
- Rubber
- Water

Glass-1 색상

구조

탄성계수  N/mm<sup>2</sup>

열팽창 계수

프와솔비

기준온도  [T]

질량밀도  kg/mm<sup>3</sup>

열전도

전도율  W/(mm·[T])

잠열

비열  J/(kg·[T])

발열계수

전위

전도율  A/mm·V

에너지 환산 계수

안전율계산방법

파손이론

인장강도  N/mm<sup>2</sup>

압축강도  N/mm<sup>2</sup>

피로 특성

항복강도  N/mm<sup>2</sup>

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수  1/sec

강성 비례 감쇠 계수  sec

구조 감쇠 계수

크리프

## 작업순서

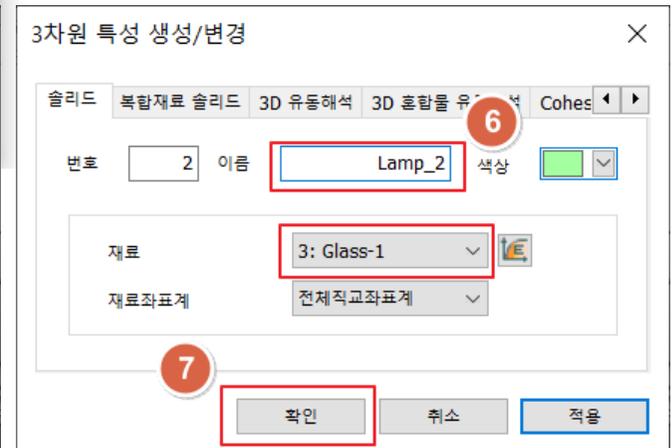
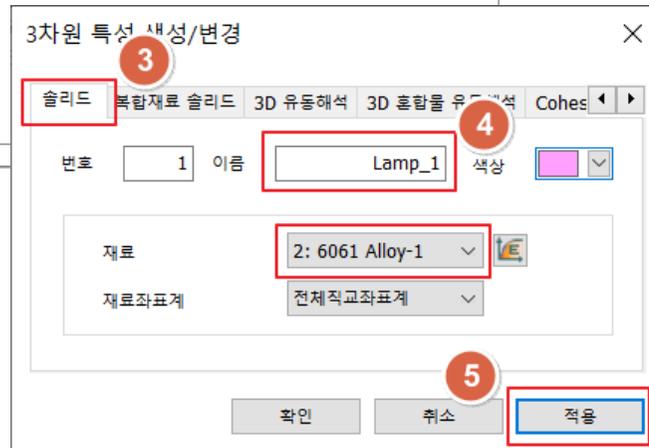
1. [특성] 클릭.
2. 생성 >> 3D 클릭
3. [슬리드] 탭 선택..
4. 특성 입력

번호	1
이름	Lamp_1
재질	2: 6061 Alloy

5. [적용] 버튼 클릭.
6. 특성 입력

번호	2
이름	Lamp_2
재질	3: Glass

7. [확인] 버튼 클릭

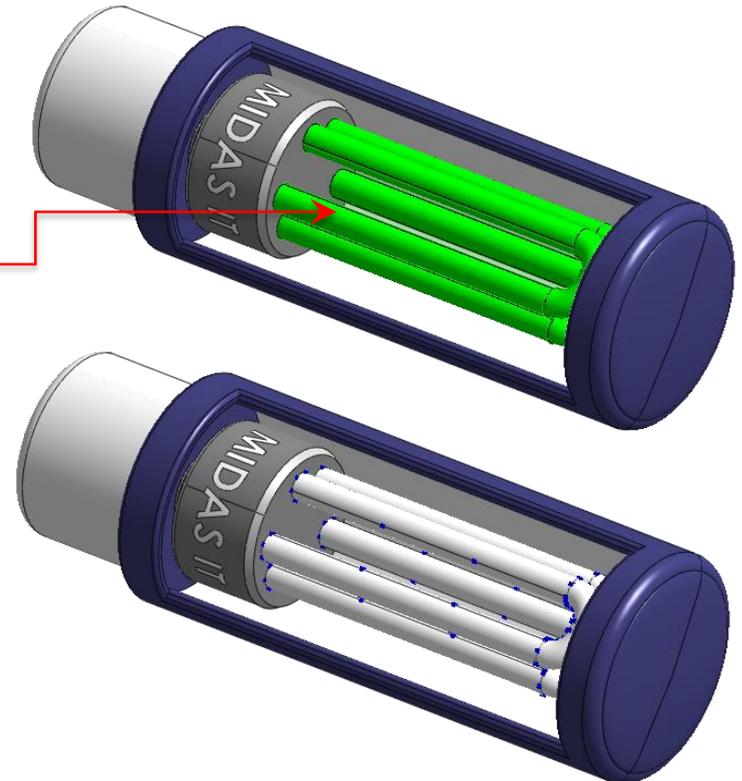
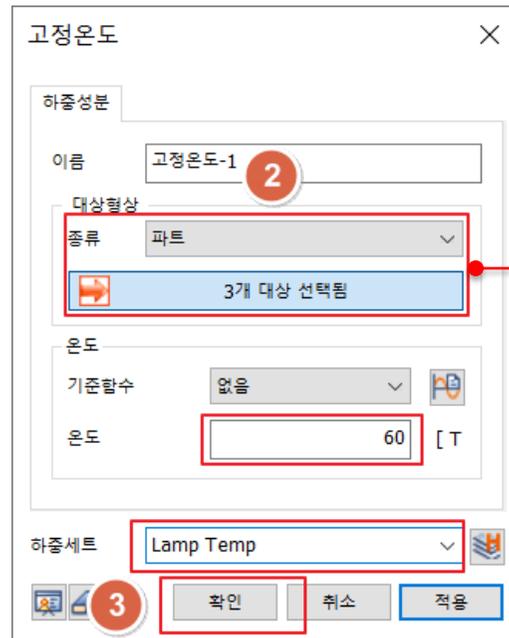


## 작업순서

1. [고정온도] 클릭.
2. 고정온도 입력

하중세트	Lamp Temp
대상종류	파트
대상선택	3개 선택
온도	60 (T) 

3. [확인] 버튼 클릭.



 선택한 3개의 파트에 포함된 절점들은 해석 중 항상 60도의 온도를 유지하게 됩니다.

## 작업순서

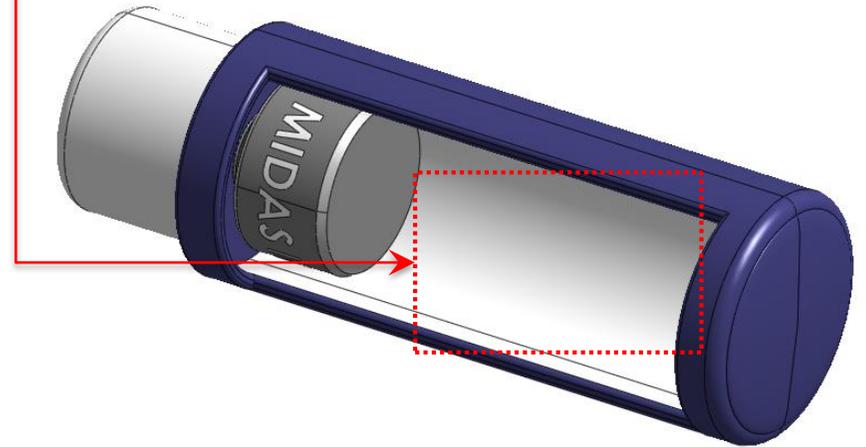
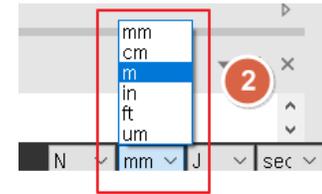
### 1. 모델 작업트리 >> 기하형상

램프에 해당하는 파트 숨기기.

(해당파트 체크해제, 그림 참조)

### 2. GUI 우측 하단에 보이는 단위계를

[N-m-kg-sec-J]로 선택.



- 💡 램프를 제외한 나머지파트에 대류조건을 입력하기 위한 작업입니다. 대류계수를 N, m 단위계에서 입력할 수 있도록 단위계를 작업 도중 변경할 수 있습니다.

## 작업순서

1. [대류] 클릭.
2. 대류조건 입력

하중세트	Convection
대상종류	면
대상선택	전체 선택
외기온도	20 (T)
대류계수	10 (W/m <sup>2</sup> ·[T])

3. [확인] 버튼 클릭.



대류 ×

결정  면 면

이름  2

대상항상

종류  101개 대상 선택됨

외기온도

값  [ T ]

기준할수

열점

대상선택

대류

대류계수  W/(m<sup>2</sup>·[T])

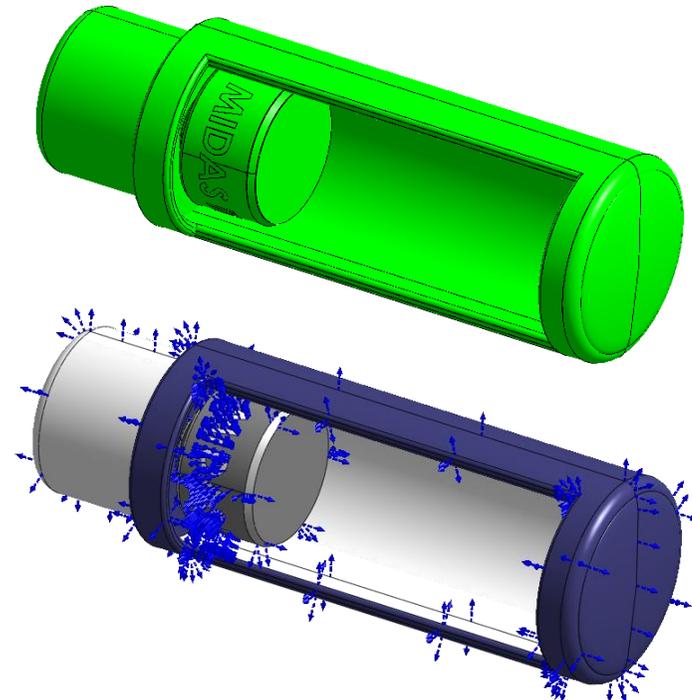
온도의존적 대류계수

온도할수

면적  외기

하중세트

3



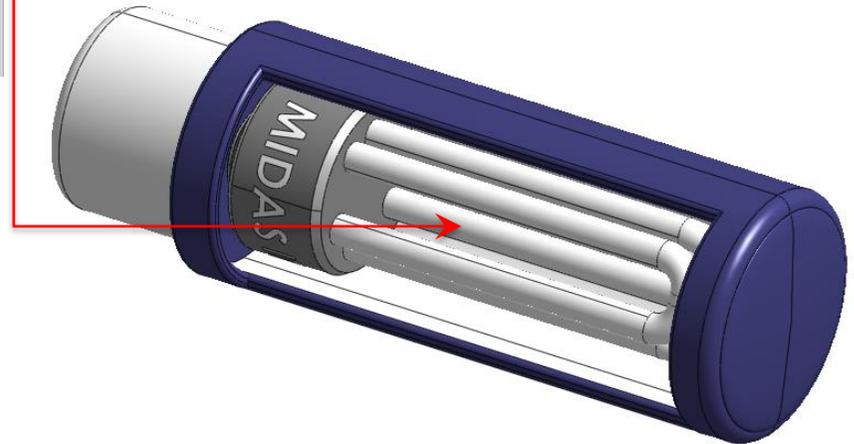
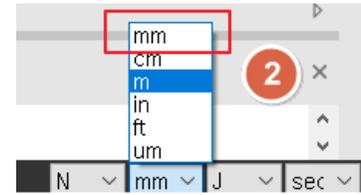
## 작업순서

### 1. 모델 작업트리 >> 기하형상

램프에 해당하는 파트 보이기.

(해당파트 체크, 그림 참조)

### 2. 단위계를 [N-mm-kg-sec-J]로 선택.



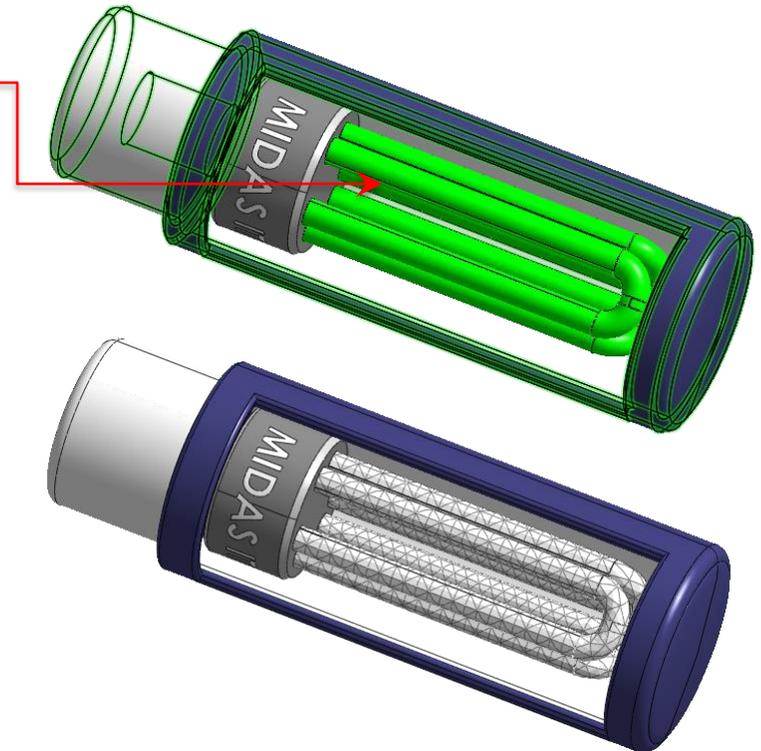
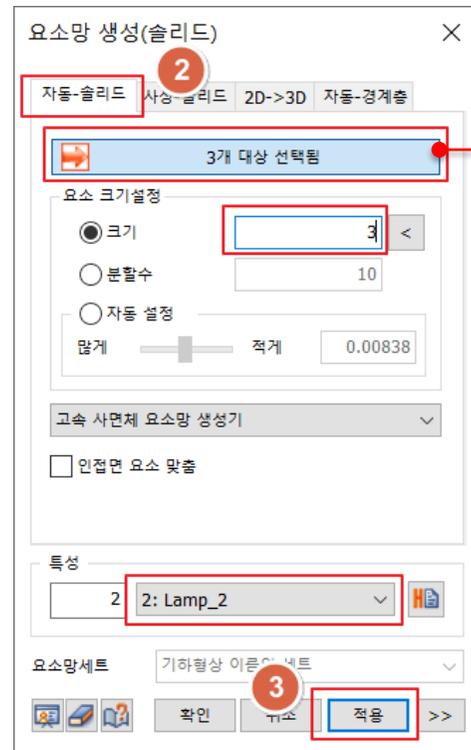
💡 대류 조건의 입력이 종료된 후에는 다시 단위계를 원래대로 설정해서 작업을 계속합니다.

## 작업순서

1. [3D] 클릭.
2. 자동-솔리드 탭에서 요소망 생성 입력

대상선택	솔리드 3개 선택
요소크기	3
특성번호	2: Lamp_2

3. [적용] 버튼 클릭.



💡 선택한 파트에 해당되는 특성을 지정합니다.

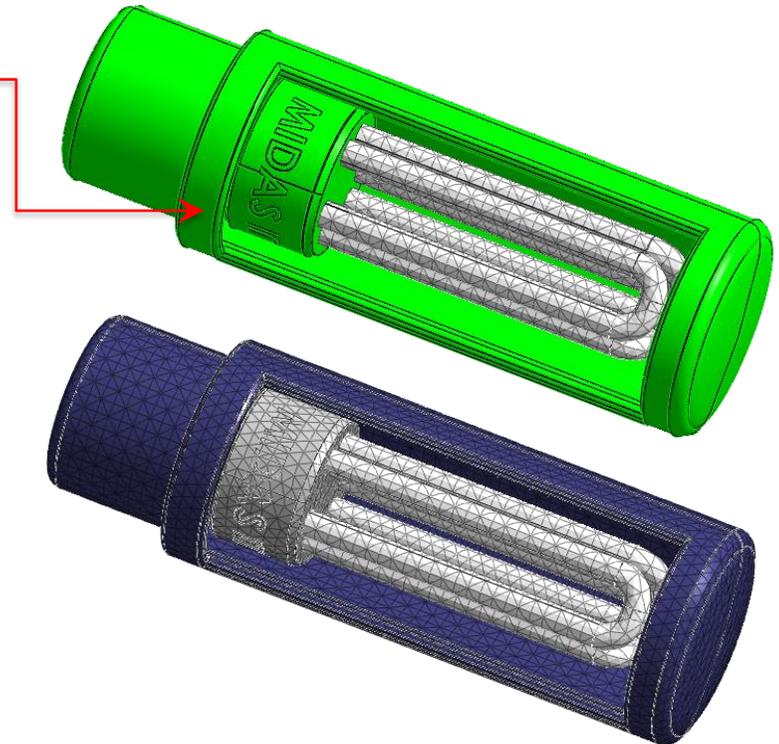
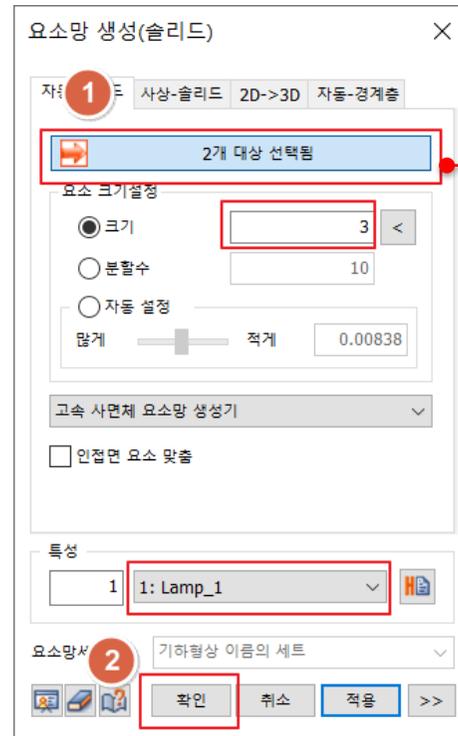
## 작업순서

### 1. 요소망 생성 입력

대상선택	슬리드 2개 선택
요소크기	3
특성번호	1: Lamp_1

### 2. [확인] 버튼 클릭.

💡 선택한 파트에 해당되는 특성을 지정합니다.

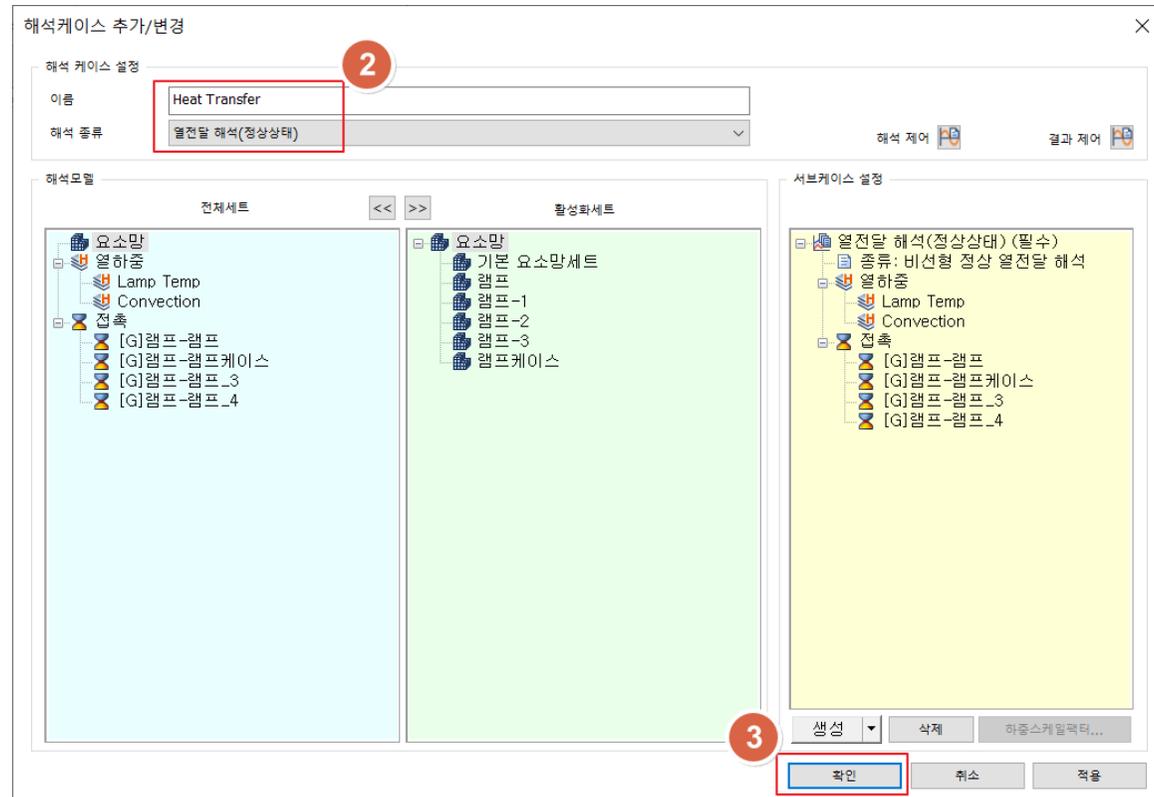


## 작업순서

1. [단일해석] 클릭.
2. 해석케이스 설정

이름	Heat Transfer
해석 종류	열전달 해석(정상상태)

3. [확인] 버튼 클릭.



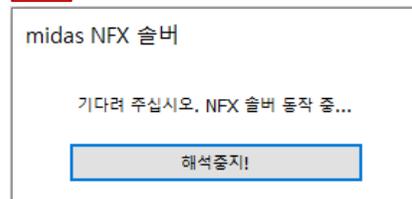
💡 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화됩니다.

## 작업순서

1. [실행] 클릭.
2. [확인] 버튼 클릭.

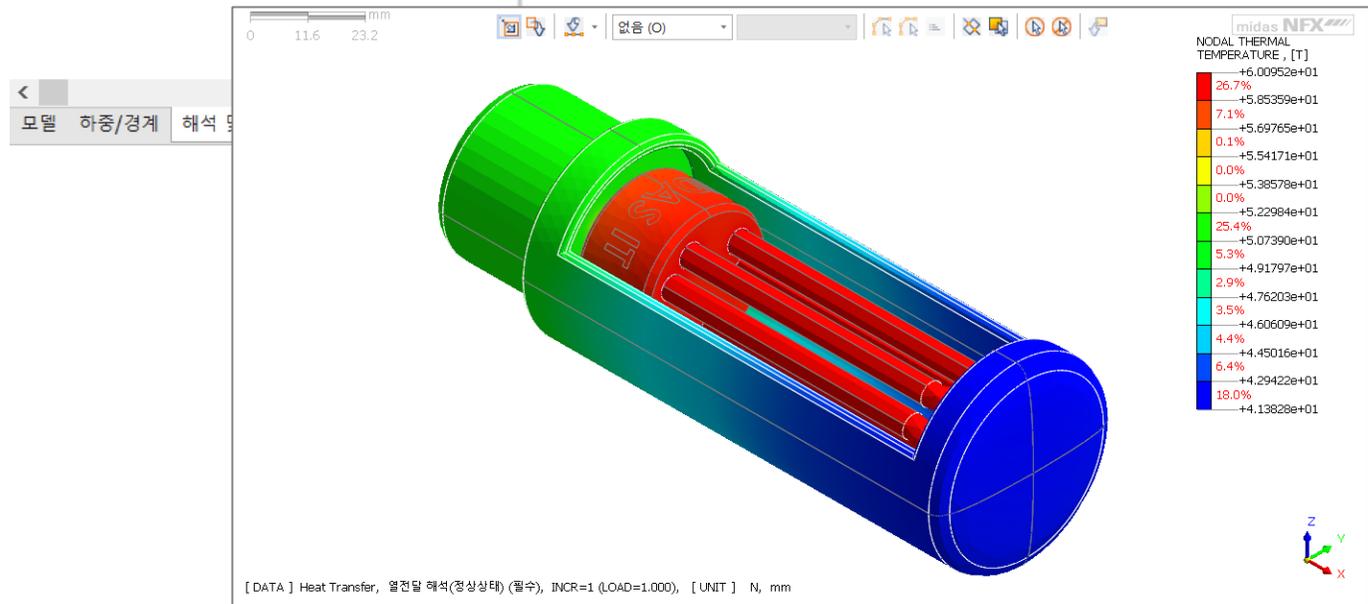
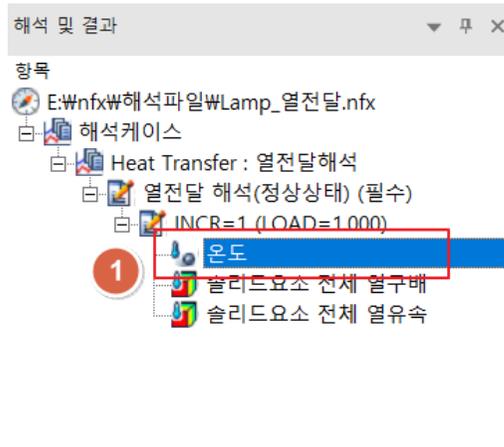


💡 해석을 실행하면 midas NFX 슬버가 작동됩니다. [해석중지!] 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.



## 작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서 온도 더블 클릭.



- 💡 비선형 조건인 복사조건이 없는 경우에는 선형해석과 같이 증분개수가 1로 자동 조절됩니다.

## 개요

➤ 정상상태 열전달해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Heat Case.x\_t
  - 재질 : Brass
  - Al60635 (직접 입력)

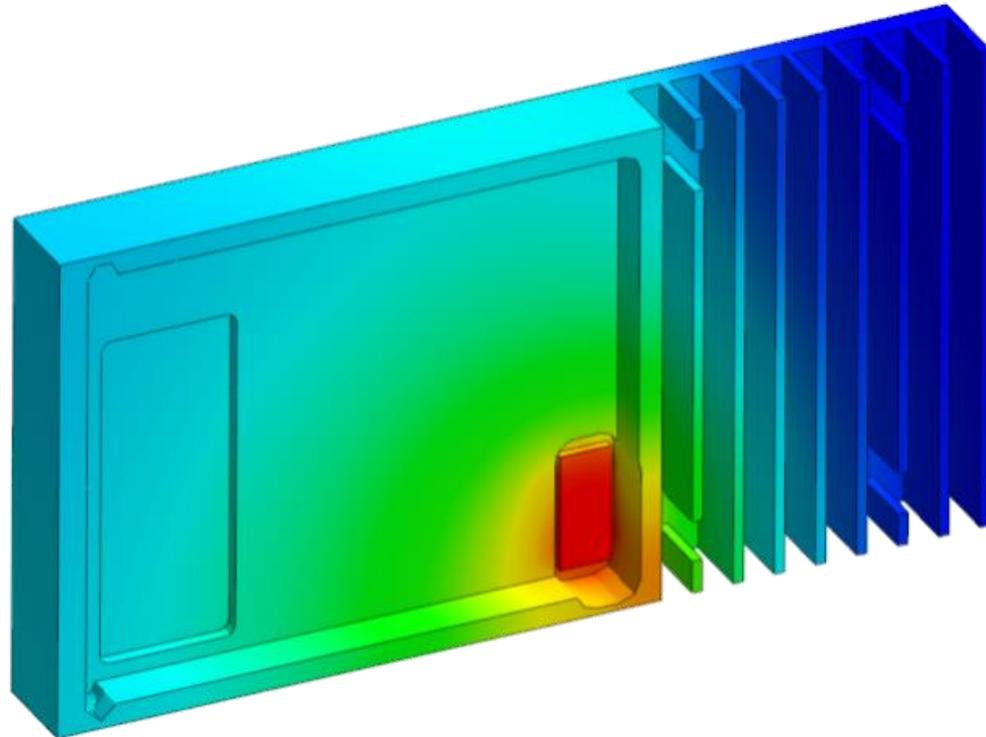
➤ 경계조건과 하중조건

- 발열조건 :  $0.22\text{W/mm}^3$ 
  - 대류조건
  - 외부온도 : 55도
- 대류계수 :  $3e-5\text{ W/mm}^2[\text{T}]$

➤ 결과확인

- 온도

# Heat Case (정상상태 열전달해석)

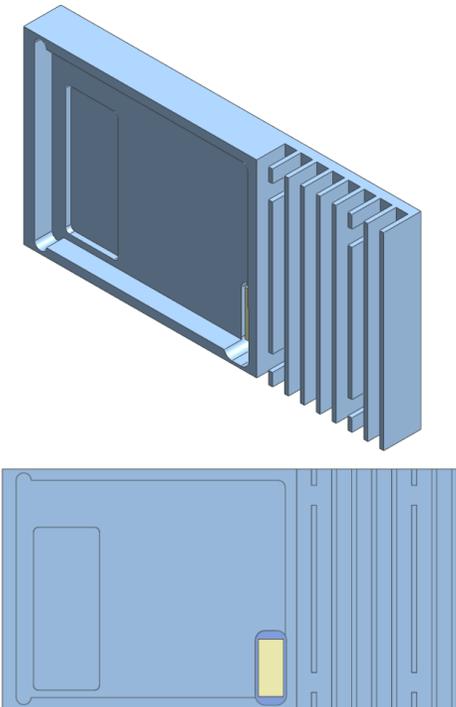


## 따라하기 목적

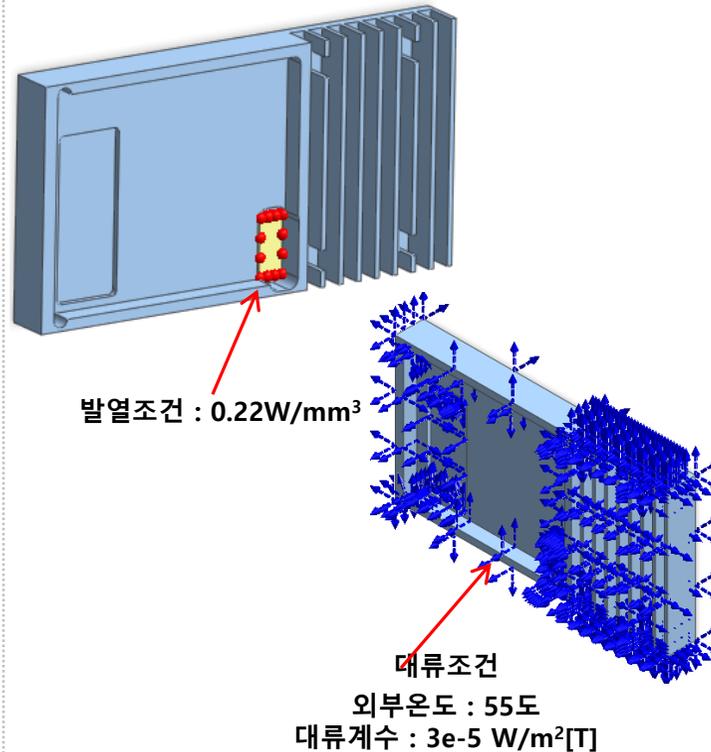
- midas NFX를 이용한 정상상태 열전달해석의 수행 및 기능 이해
- 열전달해석에서 사용하는 해석조건(발열, 대류)의 설정 방법을 습득합니다.
- 열전달해석의 주요 결과인 온도를 확인합니다.

## 해석 개요

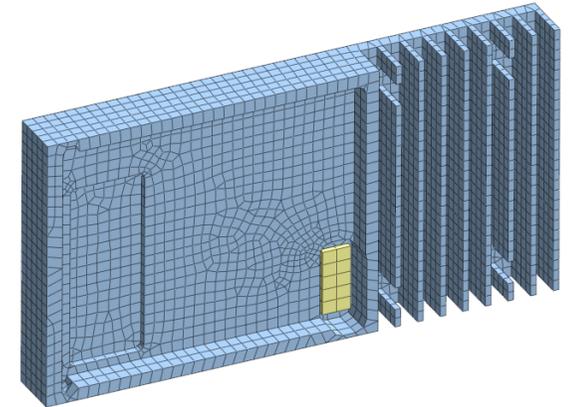
### ➢ 대상 모델



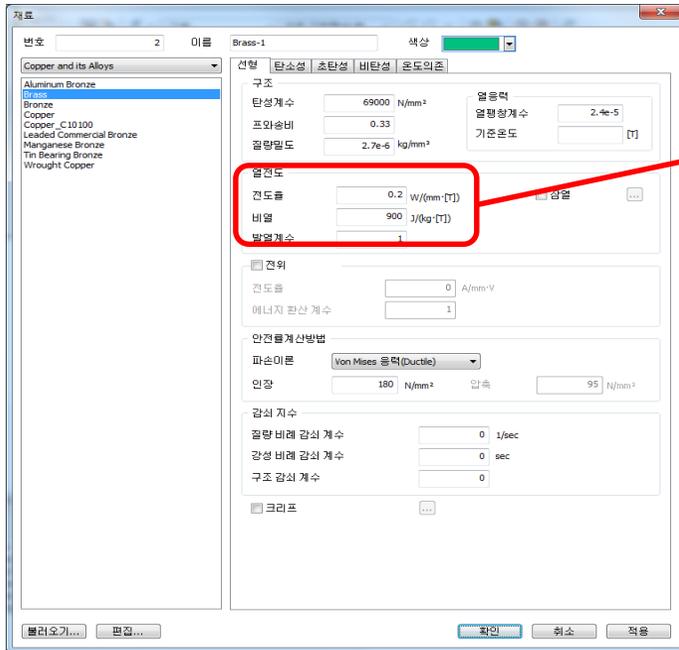
### ➢ 해석조건 (발열조건, 대류조건)



### ➢ 유한요소 모델



## 사용자 재질 추가하기

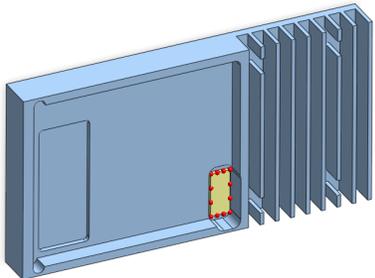


열전도  W/(mm·[T])  
비열  J/(kg·[T])

### ▶ 재료 특성

- 열 전달 해석에서는 응력해석과는 달리 전도율(Thermal Conductivity), 비열(Specific Heat) 등을 입력합니다.

## 열 하중 추가하기



### ▶ 열 하중 조건 입력

- 열 하중의 경우 온도조건 뿐만 아니라 일정한 발열 조건도 줄 수 있습니다. 이번 따라하기에서는 열원 부분에 0.22W/mm<sup>3</sup>의 발열조건을 부여합니다.

## 작업순서

1. [  ] (새로 만들기) 클릭.. 
2. [3차원/일반모델] 선택.
3. 단위계 [N-mm-J-sec] 선택.
4. [확인] 버튼 클릭.
5. 작업원도우에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭 후, [모든 가이드더 감추기] 선택.



### 해석조건 설정

프로젝트명  담당자

설명

모델 종류

3차원/일반모델 2

2차원모델

축대칭

단위계 3

N    mm    J    sec

중력가속도(g)  mm/sec<sup>2</sup>

4

모두 보이기  
모두 감추기  
모든 형상 보이기  
모든 형상 감추기  
모든 요소망 보이기  
모든 요소망 감추기

작업 평면 옮기기

가이드더 보이기/감추기 ▶

모든 가이드더 보이기

모든 가이드더 감추기 5

모든 레이블 보이기

모든 레이블 감추기

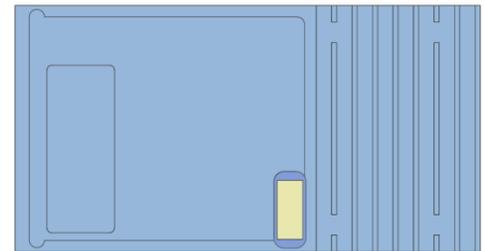
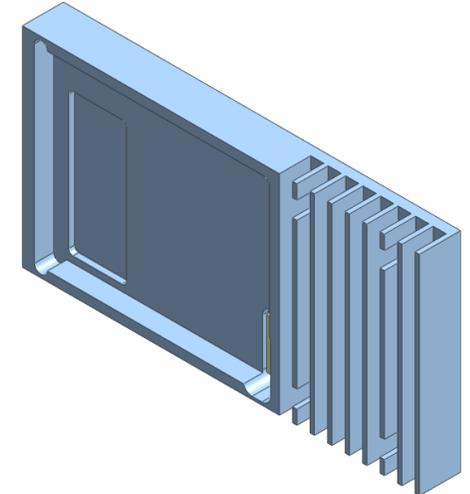
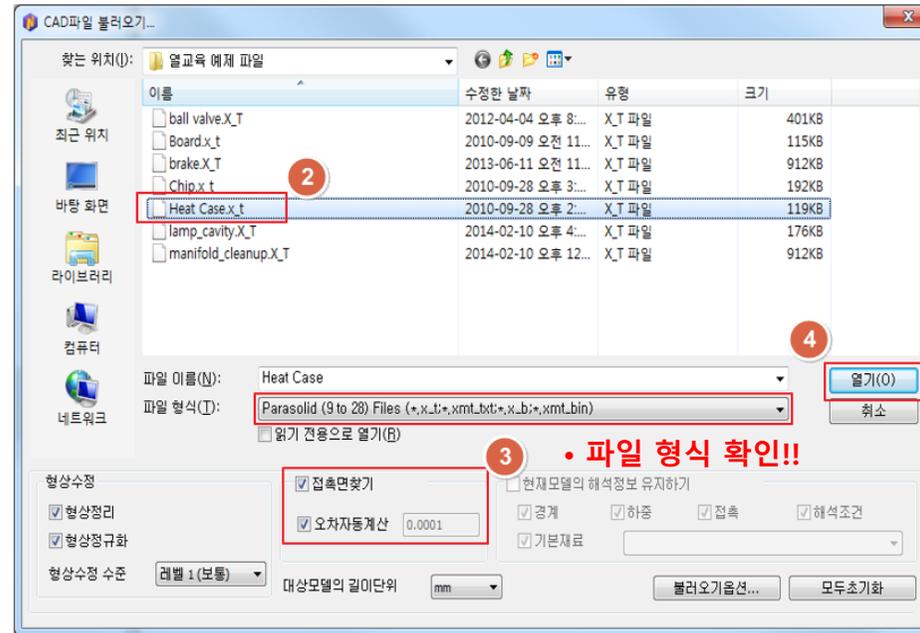
 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

## 작업순서

1. [불러오기] 클릭
2. 모델 선택: Heat Case.x\_t 선택
3. [접촉면찾기] 체크.
4. [열기(O)] 버튼 클릭.

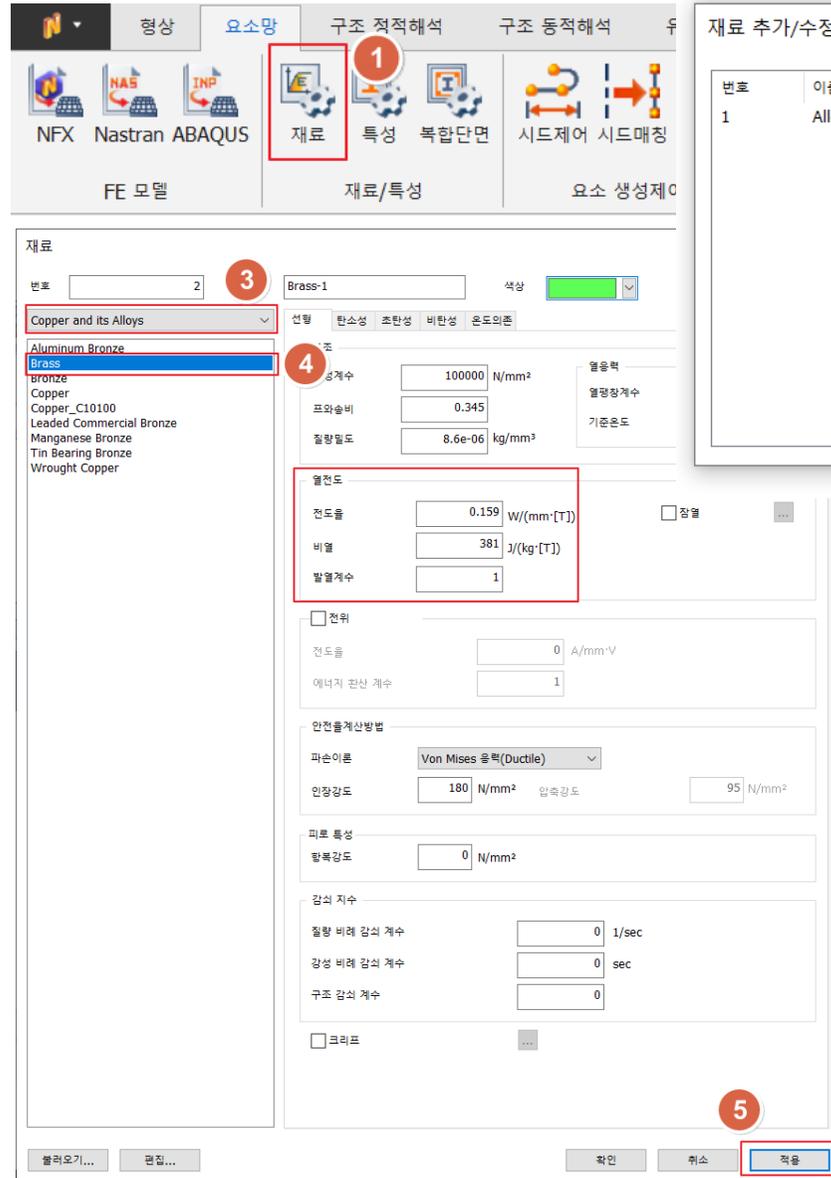
※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의  
ManualsWTutorialsWFiles 폴더 안에  
따라하기의 모델들이 있습니다.



💡 모델을 불러올 때 [접촉면 찾기]를  
체크하면, 파트 별 접촉이 [일체거동  
접촉]으로 자동 설정됩니다.

## 작업순서

1. [재료] 클릭
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재료 DB 리스트에서 **Copper and its Alloy** 선택. 
4. Brass 선택.
5. [적용] 버튼 클릭.



재료

번호 2 Brass-1 색상

선택형 탄소성 초탄성 비탄성 온도 의존

Aluminum Bronze  
Brass  
Bronze  
Copper  
Copper\_C10100  
Lead Commercial Bronze  
Manganese Bronze  
Tin Bearing Bronze  
Wrought Copper

100000 N/mm<sup>2</sup>  
0.345  
8.6e-06 kg/mm<sup>3</sup>

열전도  
전도율 0.159 W/(mm·T)  
비열 381 J/(kg·T)  
발열계수 1

전위  
전도율 0 A/mm·V  
에너지 편산 계수 1

안전율계산방법  
파손이론 Von Mises 율력(Ductile)  
인장강도 180 N/mm<sup>2</sup> 인축강도 95 N/mm<sup>2</sup>

피로 특성  
항복강도 0 N/mm<sup>2</sup>

감쇠 지수  
질량 비례 감쇠 계수 0 1/sec  
강성 비례 감쇠 계수 0 sec  
구조 감쇠 계수 0

크리프

번호 이름 종류 생성  
1 Alloy Steel 등방성-선형  
등방성  
2D 직교이방성  
3D 직교이방성  
3D 이방성  
유체(유동해석)  
고체(유동해석)  
강체

적용

 선택한 재료의 물성치가 자동으로 입력됩니다.

열전달해석에서는 전도율과 비열 등의 물성치를 입력해야 합니다.

## 작업순서

1. 재료 DB 리스트에서 **Aluminum Alloys** 선택.
2. **Al 6063** 선택.
3. **[확인]** 버튼 클릭.

💡 선택한 재료의 물성치가 자동으로 입력됩니다.  
열전달해석에서는 전도율과 비열 등의 물성치를 입력해야 합니다.

번호  이름  색상 
×

재료

Aluminum Alloys

- 1060 Alloy
- 1345 Alloy
- 1350 Alloy
- 2014 Alloy
- 2018 Alloy
- 2024 Alloy
- 3003 Alloy
- 3003 Alloy
- 6061 Alloy
- 7049 Alloy
- 7079 Alloy
- Al 6061-T6
- Al 6063
- ALDC
- ALDC 10
- ALDC 12
- ALDC 3
- ALDC 5
- ALDC 7
- Aluminum\_5085
- Aluminum\_A356

선택  색상

선택할 특성: 탄소성, 초탄성, 비탄성, 온도의존

구조

탄성계수  N/mm<sup>2</sup>

프와솔비

질량밀도  kg/mm<sup>3</sup>

열응력

열팽창계수

기준온도  [T]

열전도

전도율  W/(mm·[T])

비열  J/(kg·[T])

발열계수

잠열

전위

전도율  A/mm·V

에너지 전산 계수

안전율계산방법

파손이론

인장강도  N/mm<sup>2</sup> 압축강도  N/mm<sup>2</sup>

피로 특성

항복강도  N/mm<sup>2</sup>

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수  1/sec

강성 비례 감쇠 계수  sec

구조 감쇠 계수

크리프

불러오기...
편집...
확인
취소
적용

## 작업순서

1. [특성] 클릭
2. 생성 >> 3D 클릭
3. [슬리드] 탭 선택..
4. 특성 입력

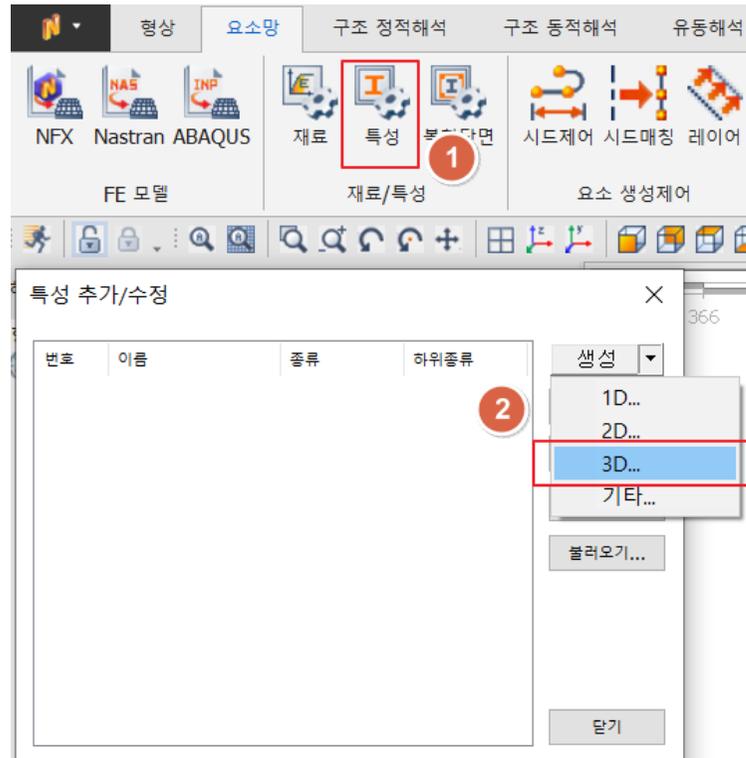
번호	1
이름	Heat Source
재질	2: Brass

5. [적용] 버튼 클릭.

6. 특성 입력

번호	2
이름	Heat Case
재질	3: Al 60635

7. [확인] 버튼 클릭.

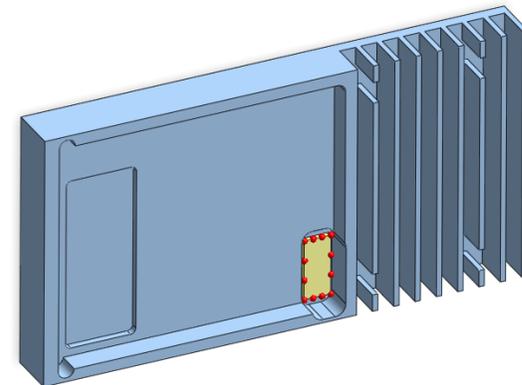
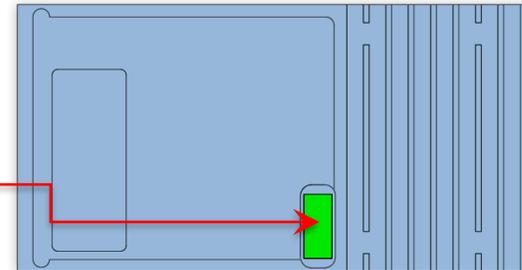


## 작업순서

1. [발열] 클릭.
2. 발열조건 입력

하중세트	Heat Source
대상종류	파트
대상선택	1개 선택
발열	0.22 (W/mm <sup>3</sup> )

3. [확인] 버튼 클릭.



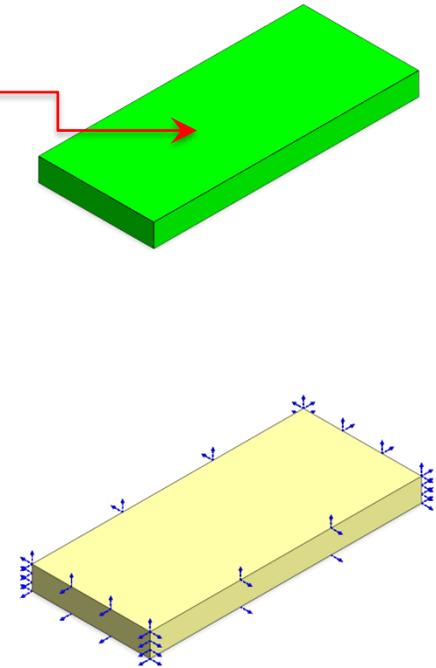
## 작업순서

1. [대류] 클릭
2. 모델트리 : 지정한 파트만 보이도록 [혼자 보이기] 선택. (그림 참조)
3. 대류조건 입력

하중세트	대류
대상종류	면
대상선택	5개 선택
외기온도	55 (T)
대류계수	3e-5 (W/(mm <sup>2</sup> ·[T]))

4. [적용] 버튼 클릭.

💡 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 나머지 면을 선택합니다. 해당 모델에서는 접촉이 있는 아랫면을 제외한 나머지 면을 선택합니다.



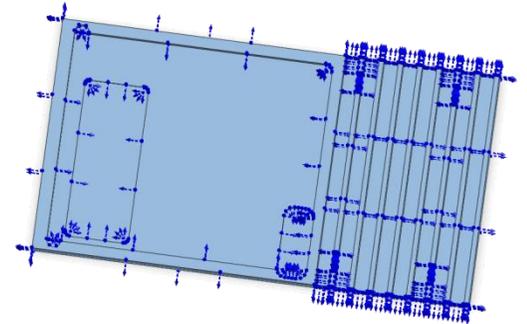
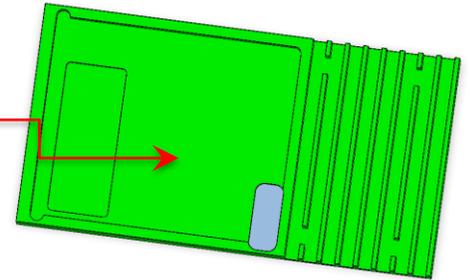
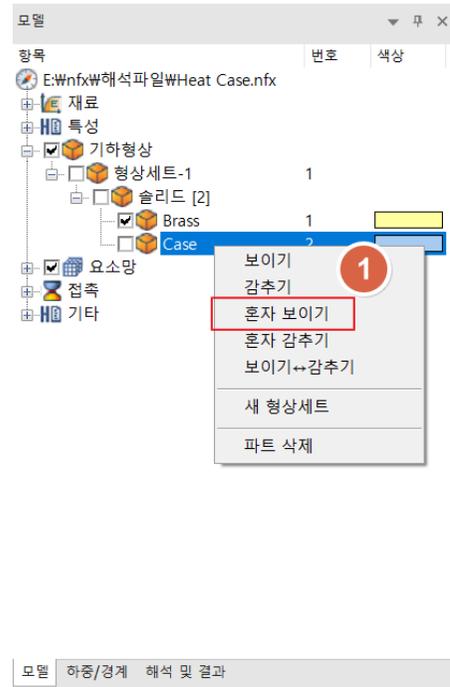
## 작업순서

1. 모델트리 : 지정한 파트만 보이도록  
[혼자 보이기] 선택. (그림 참조)

2. 대류조건 입력

하중세트	대류
대상종류	면
대상선택	83개 선택
외기온도	55 (T)
대류계수	3e-5 (W/(mm <sup>2</sup> ·[T]))

3. [확인] 버튼 클릭.

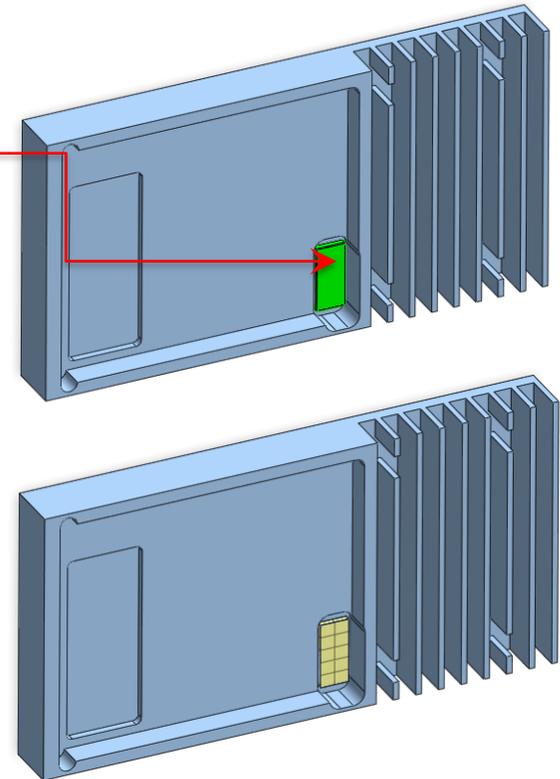


💡 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 나머지 면을 선택합니다.

## 작업순서

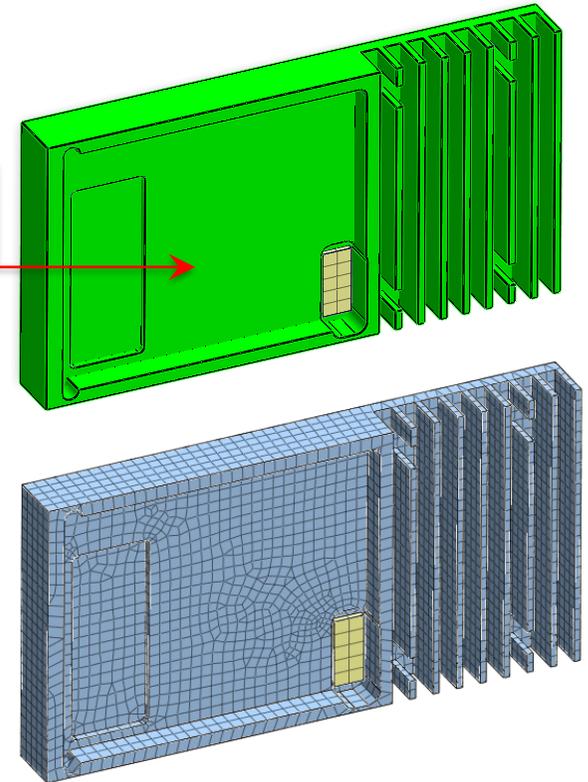
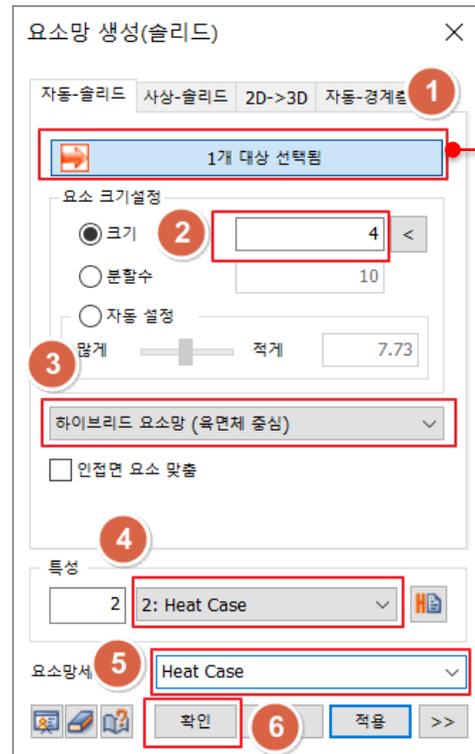
1. [3D] 클릭
2. [자동-솔리드] 클릭
3. 솔리드 1개 선택. (그림 참조)
4. 요소 크기설정: "5" 입력
5. 하이브리드 요소망(육면체 중심) 선택.
6. 특성 : [1: Heat Source] 선택.
7. 요소망세트 : Heat Source 입력.
8. [적용] 버튼 클릭.

💡 선택한 파트에 해당되는 특성을 지정합니다.



## 작업순서

1. 솔리드 1개 선택. (그림 참조)
2. 요소 크기설정: "4" 입력
3. 하이브리드 요소망(육면체 중심) 선택.
4. 특성 : [2: Heat Case] 선택.
5. 요소망세트 : Heat Case 입력.
6. [확인] 버튼 클릭.

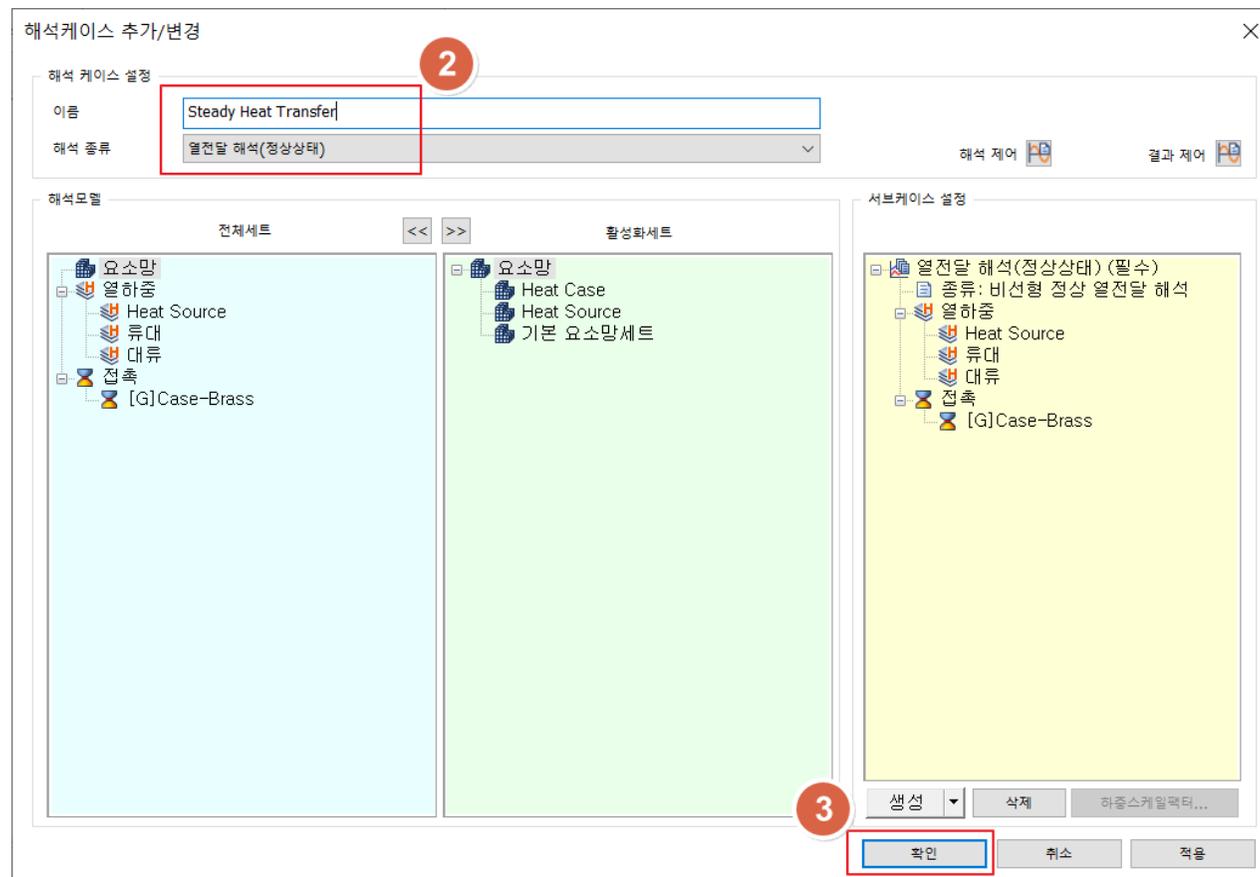


## 작업순서

1. [단일해석] 클릭
2. 해석케이스 설정

이름	Steady Heat Transfer
해석 종류	열전달 해석(정상상태)

3. [확인] 버튼 클릭.



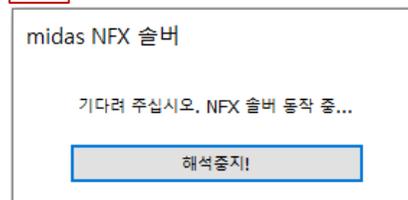
💡 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화 됩니다.

## 작업순서

1. [실행] 클릭
2. 해석케이스 체크 확인
3. [확인] 버튼 클릭.



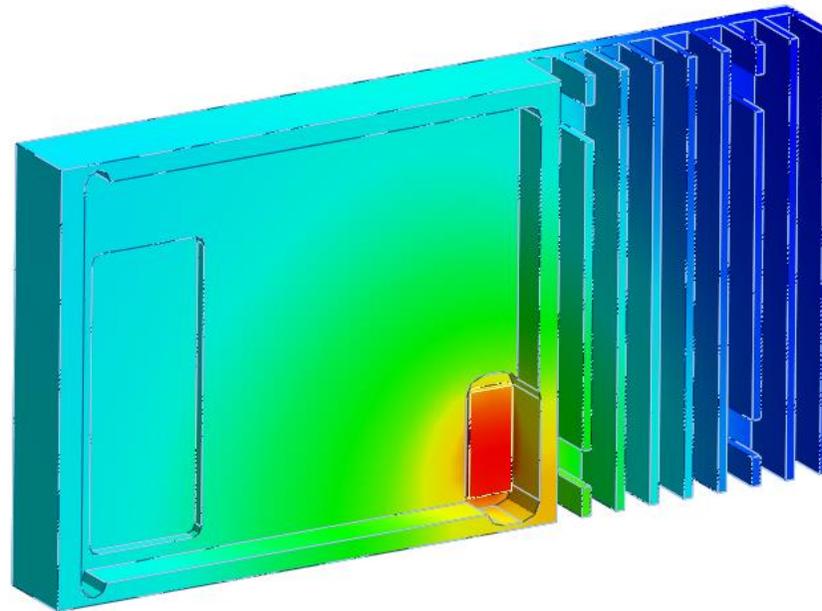
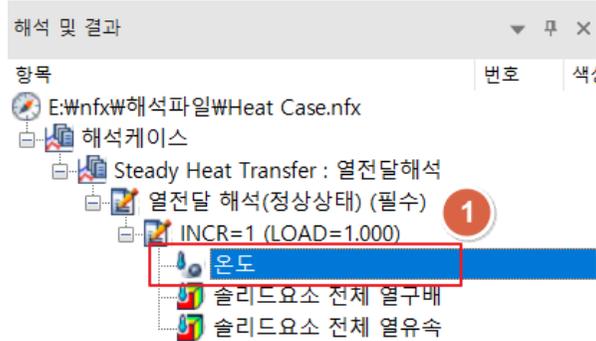
- 💡 해석을 실행하면 midas NFX 슬버가 작동됩니다. **[해석중지!]** 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.



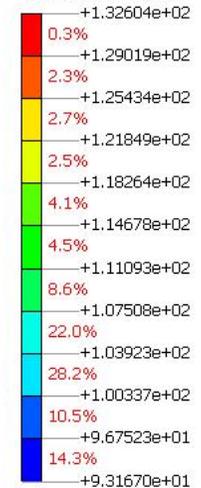
## 작업순서

### 1. 해석 및 결과 작업트리에서 온도

더블 클릭.



NODAL THERMAL TEMPERATURE, [T]



## 개요

### ➤ 과도상태 열응력 해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Ball Value.x\_t

### ➤ 재질

- SUS 304
- SUS 316

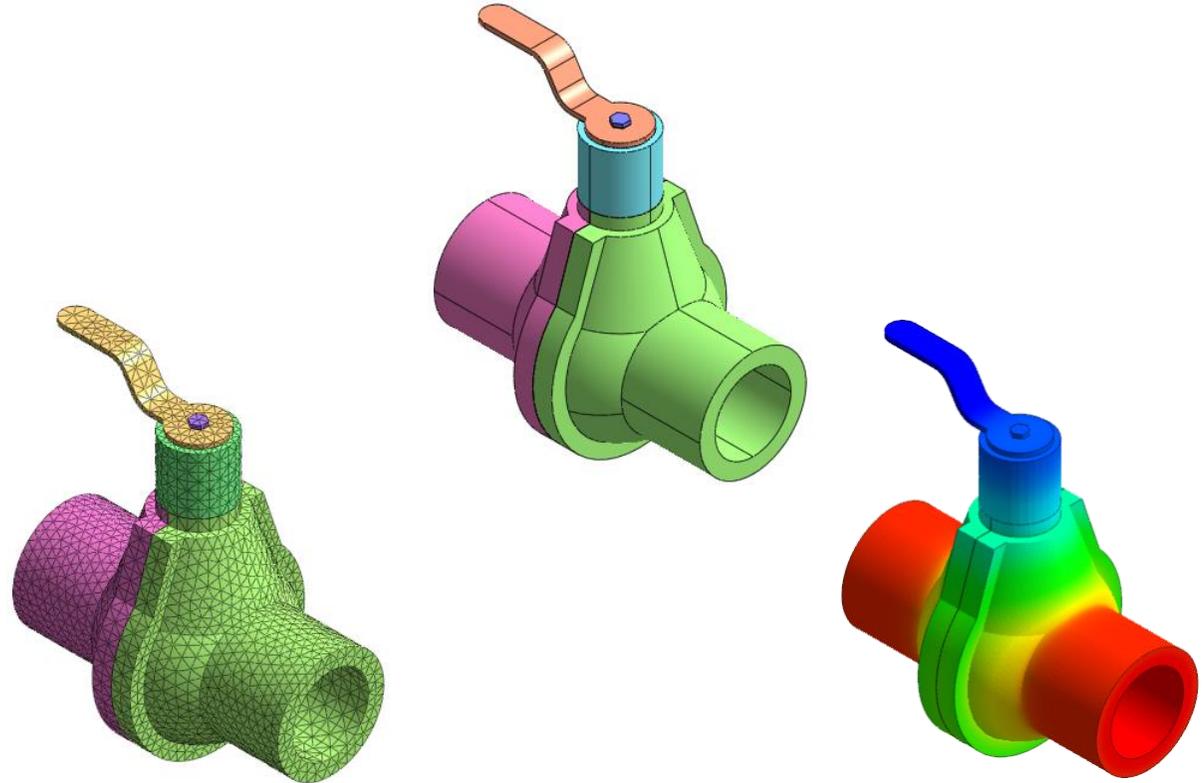
### ➤ 경계조건과 하중조건

- 온도, 대류 조건

### ➤ 결과확인

- 온도 분포
- 결과 추출 (그래프 보기)

# Ball Valve (과도상태 열전달해석)

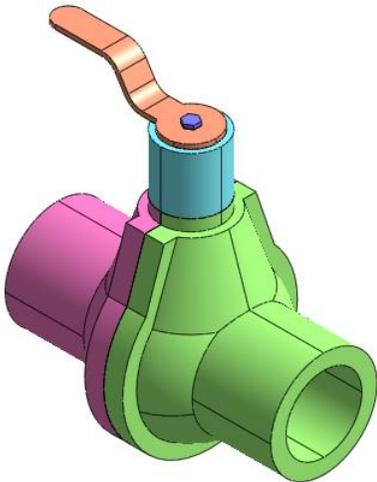


## 따라하기 목적

- midas NFX를 이용한 과도상태 열전달해석의 수행 및 기능 이해
  - 시간에 따라 변하는 과도열하중(온도, 대류)을 정의하는 방법에 대해 습득합니다.
  - 내부면과 외곽면을 효과적으로 선택하는 기능에 대해 알아봅니다.
  - 과도상태 열전달해석의 주요 결과인 온도를 시간에 따른 그래프로 확인합니다.

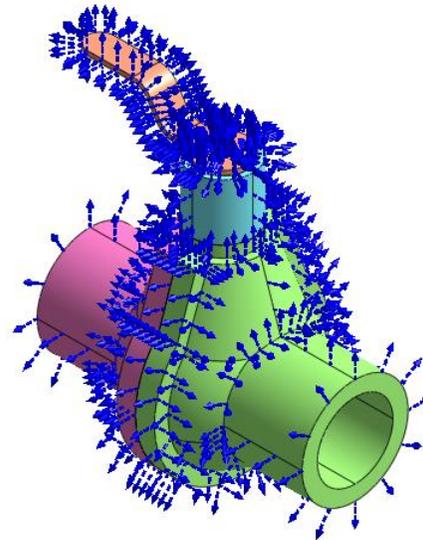
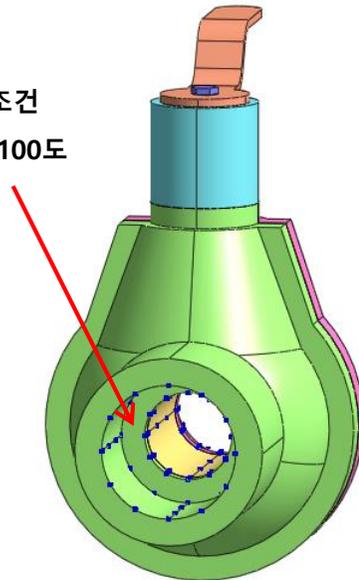
## 해석 개요

### ➢ 대상 모델



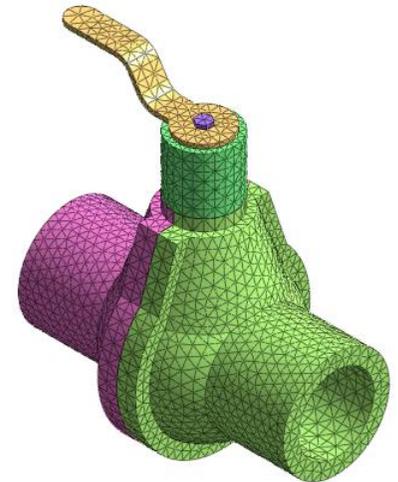
### ➢ 해석조건 (과도상태)

온도조건  
: 50 → 100도



대류조건  
외부온도 : 50 → 70도  
대류계수 :  $3e-005 \text{ W/mm}^2[\text{T}]$

### ➢ 유한요소 모델



## 작업순서

1. [  ] (새로 만들기) 클릭.. 
2. [3차원/일반모델] 선택.
3. 단위계 [N-mm-J-sec] 선택.
4. [확인] 버튼 클릭.
5. 작업윈도우에서 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후, [모든 가이드러 감추기] 선택.



### 해석조건 설정

프로젝트명  담당자

설명

모델 종류

3차원/일반모델 2

2차원모델

축대칭

단위계 3

N mm J sec

중력가속도(g)  mm/sec<sup>2</sup>

4

모두 보이기  
모두 감추기  
모든 형상 보이기  
모든 형상 감추기  
모든 요소망 보이기  
모든 요소망 감추기

작업 평면 옮기기

가이드러 보이기/감추기 5

모든 가이드러 보이기

모든 가이드러 감추기

모든 레이블 보이기  
모든 레이블 감추기

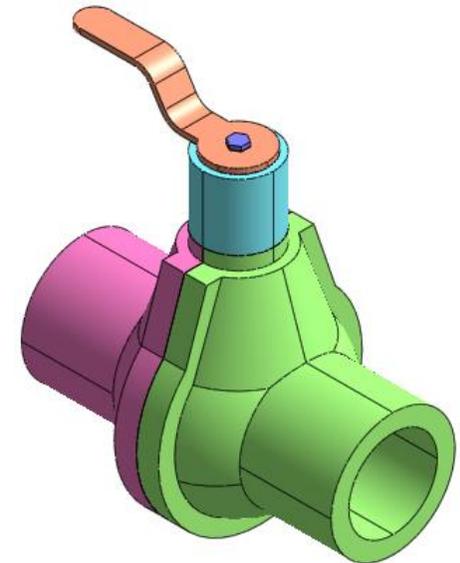
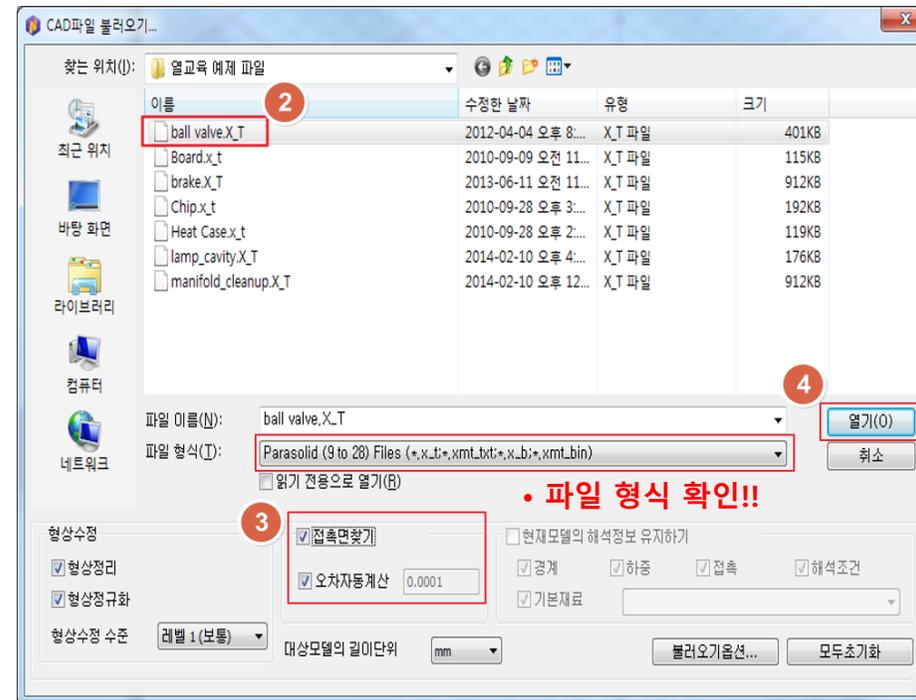
 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

## 작업순서

1. [불러오기] 클릭
2. 모델 선택: **Ball value.x\_t** 선택
3. [접촉면찾기] 체크.
4. [열기(O)] 버튼 클릭.

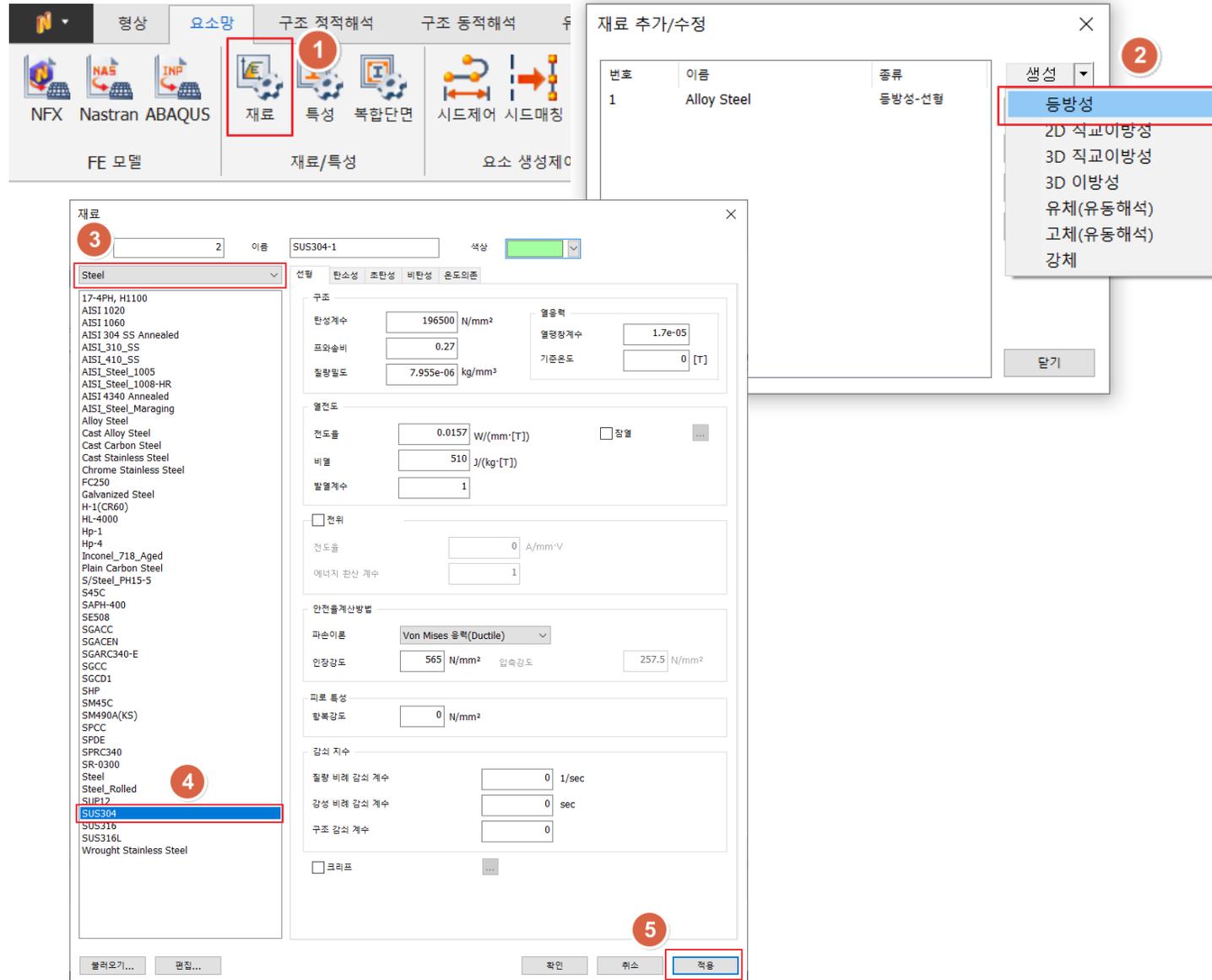
※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의  
ManualsWTutorialsWFiles 폴더 안에  
따라하기의 모델들이 있습니다.



💡 모델을 불러올 때 [접촉면 찾기]를  
체크하면, 파트 별 접촉이 [일체거동  
접촉]으로 자동 설정됩니다.

## 작업순서

1. 재료 클릭
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재료 DB 리스트에서 **Steel**를 선택.
4. **SUS304** 선택.
5. [적용] 버튼 클릭.



재료 추가/수정

번호	이름	종류	생성
1	Alloy Steel	등방성-선택	<ul style="list-style-type: none"> <li>등방성</li> <li>2D 직교이방성</li> <li>3D 직교이방성</li> <li>3D 이방성</li> <li>유체(유동해석)</li> <li>고체(유동해석)</li> <li>강체</li> </ul>

재료

이름: SUS304-1

Steel

SUS304

적용

💡 과도상태 열전달해석을 위해서는 반드시 비열과 밀도가 입력되어 있어야 합니다.

## 작업순서

1. SUS316 선택.
2. [확인] 버튼 클릭.
3. [닫기] 버튼 클릭.

재료

번호:  이름:  색상:

Steel

- 17-4PH, H1100
- AISI 1020
- AISI 1060
- AISI 304 SS Annealed
- AISI\_310\_SS
- AISI\_410\_SS
- AISI\_Steel\_1005
- AISI\_Steel\_1008-HR
- AISI 4340 Annealed
- AISI\_Steel\_Maraging
- Alloy Steel
- Cast Alloy Steel
- Cast Carbon Steel
- Cast Stainless Steel
- Chrome Stainless Steel
- FC250
- Galvanized Steel
- H-1(CR60)
- HL-4000
- Hp-1
- Hp-4
- InconeL\_718\_Aged
- Plain Carbon Steel
- S/Steel\_PH15-5
- S45C
- SAPH-400
- SE508
- SGACC
- SGACEN
- SGARC340-E
- SGCC
- SGCD1
- SHP
- SM45C
- SM490A(KS)
- SPCC
- SPDE
- SPRC340
- SR-0300
- Steel
- Steel\_Rolled
- SUP12
- SUS304
- SUS316**
- SUS316L
- Wrought Stainless Steel

구조

탄성계수:  N/mm<sup>2</sup>    열팽창계수:

프와솔비:     기준온도:  [T]

질량밀도:  kg/mm<sup>3</sup>

열전도

전도율:  W/(mm·[T])     정열

비열:  J/(kg·[T])

발열계수:

전위

전도율:  A/mm·V

에너지 전산 계수:

안전율계산방법

파손이론:

안전강도:  N/mm<sup>2</sup>    입력강도:

피로 특성

항복강도:  N/mm<sup>2</sup>

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수:  1/sec

강성 비례 감쇠 계수:  sec

구조 감쇠 계수:

크리프

[...]    [확인]    취소    적용

재료 추가/수정

번호	이름	종류	재질
1	Alloy Steel	등방성-선형	
2	SUS304-1	등방성-선형	
3	SUS316-1	등방성-선형	

[재질 변경]    수정...    복사    삭제    불러오기...

[닫기]

💡 과도상태 열전달해석을 위해서는 반드시 비열과 밀도가 입력되어 있어야 합니다.

## 작업순서

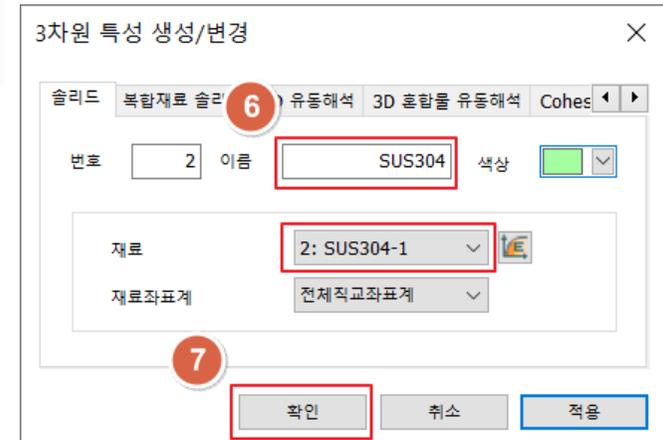
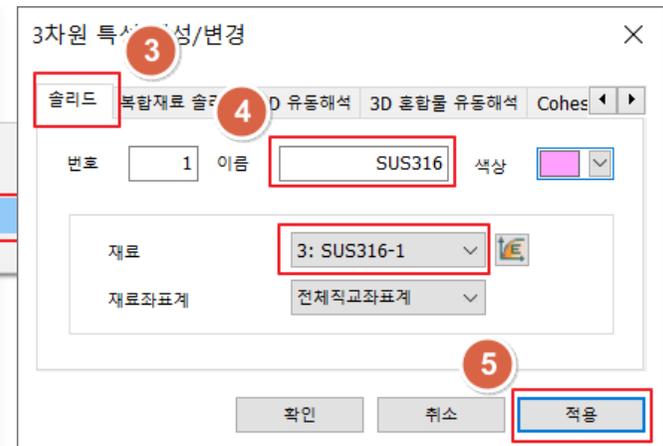
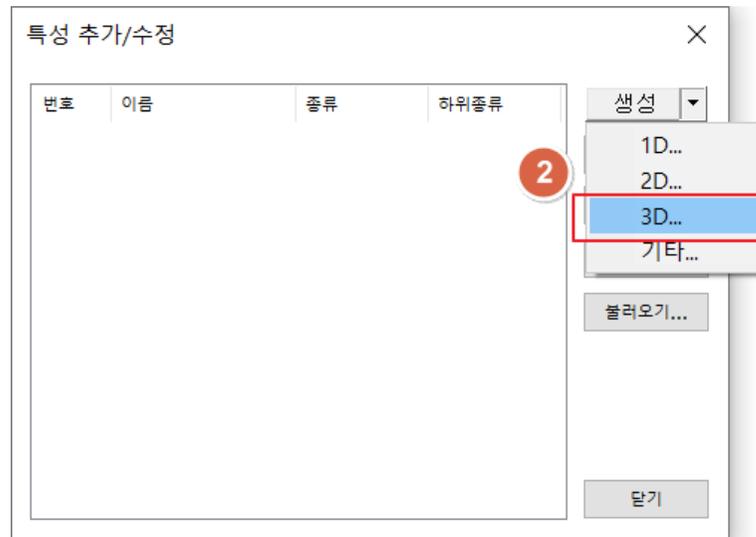
1. [특성] 클릭
2. 생성 >> 3D 클릭
3. [솔리드] 탭 선택..
4. 특성 입력

번호	1
이름	SUS316
재질	3: SUS316-1

5. [적용] 버튼 클릭.
6. 특성 입력

번호	2
이름	SUS304
재질	2: SUS304-1

7. [확인] 버튼 클릭.



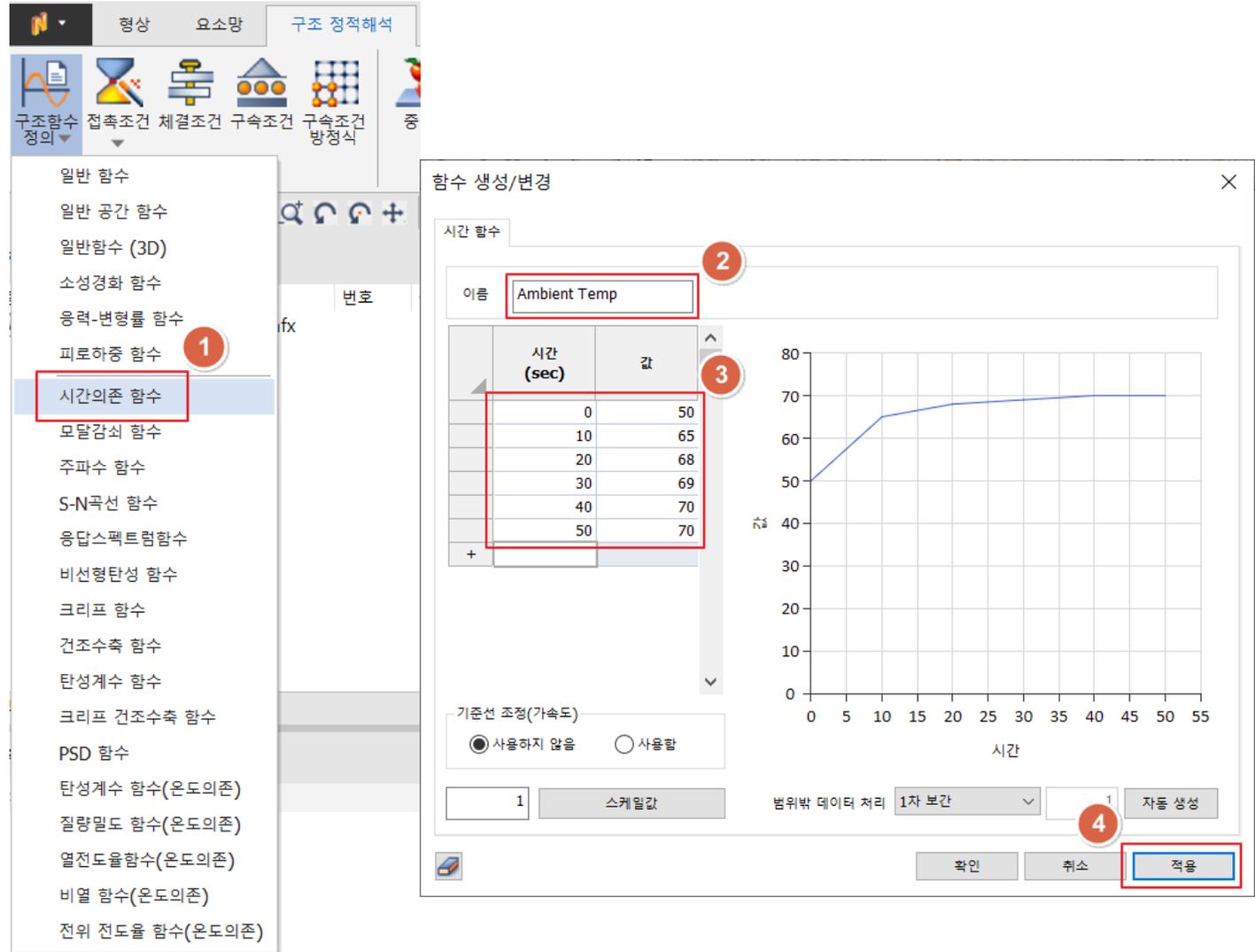
## 작업순서

1. [시간의존 함수] 클릭.
2. 이름: "Ambient Temp" 입력.
3. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	50
10	65
20	68
30	69
40	70
50	70

4. [적용] 버튼 클릭.

💡 시간에 따라 변화하는 외기온도를 함수로 정의합니다.



구조 정적해석

구조함수 정의

- 일반 함수
- 일반 공간 함수
- 일반함수 (3D)
- 소성경화 함수
- 응력-변형률 함수
- 피로하중 함수
- 시간의존 함수**
- 모달감쇠 함수
- 주파수 함수
- S-N곡선 함수
- 응답스펙트럼함수
- 비선형탄성 함수
- 크리프 함수
- 건조수축 함수
- 탄성계수 함수
- 크리프 건조수축 함수
- PSD 함수
- 탄성계수 함수(온도의존)
- 질량밀도 함수(온도의존)
- 열전도율함수(온도의존)
- 비열 함수(온도의존)
- 전위 전도율 함수(온도의존)

함수 생성/변경

시간 함수

이름: Ambient Temp

시간 (sec)	값
0	50
10	65
20	68
30	69
40	70
50	70

기준선 조정(가속도)  
 사용하지 않음  사용할

범위밖 데이터 처리 1차 보간

적용

## 작업순서

1. 이름: "Temp\_100" 입력.

2. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	50
10	90
20	100
40	100
50	100

3. [확인] 버튼 클릭.

💡 시간에 따라 변화하는 고정온도를 함수로 정의합니다.

함수 생성/변경

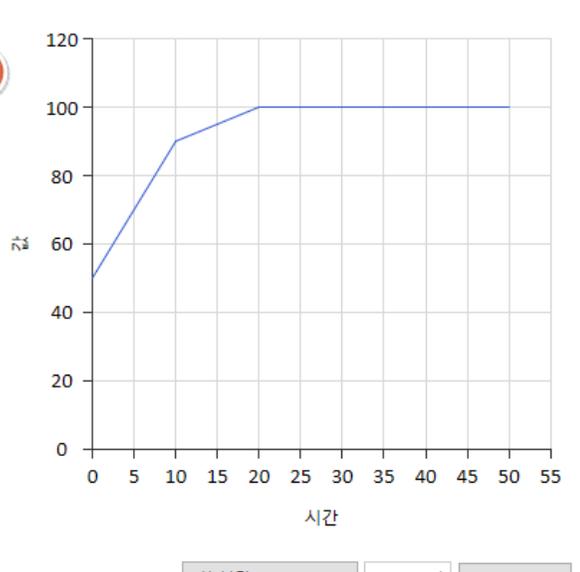
시간 함수

이름

시간 (sec)	값
0	50
10	90
20	100
40	100
50	100

기준선 조정(가속도)  
 사용하지 않음  사용함

범위밖 데이터 처리 1차 보간 1 자동 생성



## 작업순서

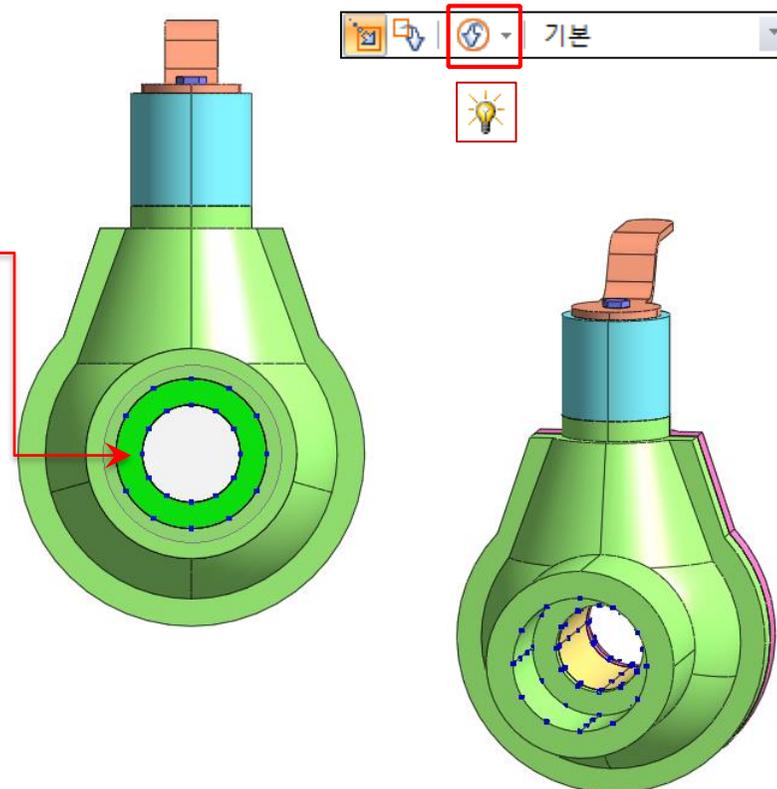
1. [고정온도] 클릭
2. 과도 온도 입력

하중세트	고정온도 
대상종류	면
대상선택	22개 선택
온도 계수	1 (T)
시간 함수	Temp_100 선택

3. [확인] 버튼 클릭.

 우측면 보기 상태에서 선택방법을 원형으로 하여 밸브 내부의 면들을 선택합니다.

 시간 함수에 온도 입력값을 곱하여 과도 온도로 적용됩니다.



## 작업순서

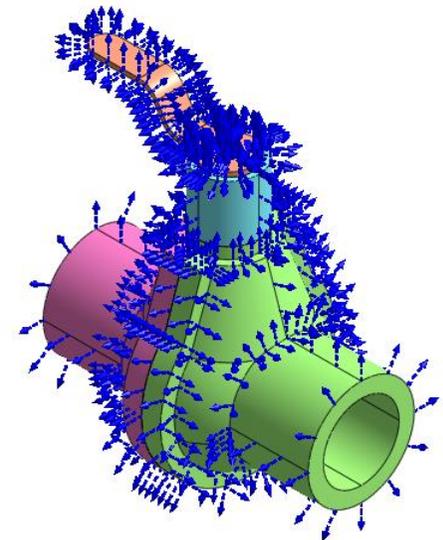
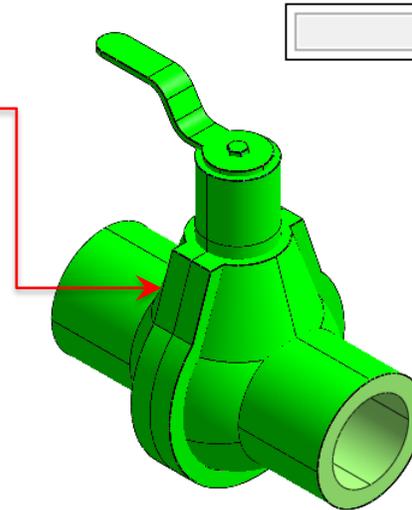
1. [대류] 클릭.
2. 과도 대류 입력

하중세트	대류
대상종류	면
대상선택	70개 선택
외기온도	1 (T)
시간 함수	Ambient Temp 선택
대류계수	3e-5 (W/(mm <sup>2</sup> ·[T]))

3. [확인] 버튼 클릭.

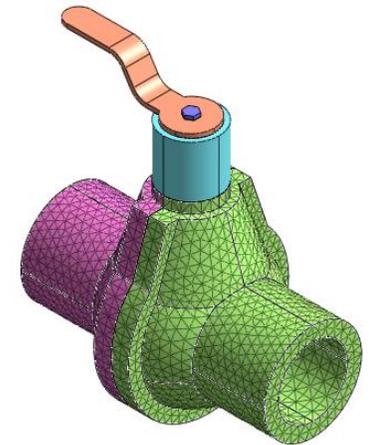
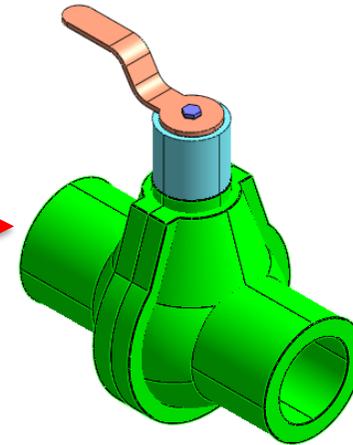
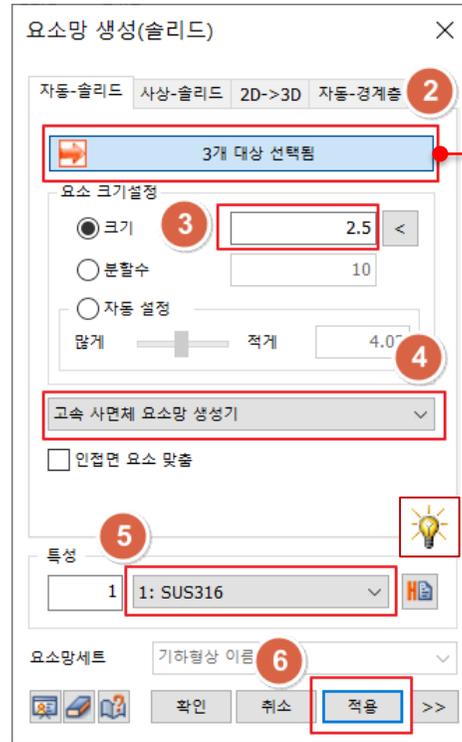
💡 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 밸브 외곽면들을 선택합니다. 임의의 면을 선택한 후에 “**피쳐각도 내의 인접한 선 또는 면 선택**” 을 클릭하면 주변의 면들을 편리하게 선택할 수 있습니다.

💡 시간 함수에 외기온도를 곱하여 과도 대류의 외기온도로 적용됩니다.



## 작업순서

1. [3D] 클릭
2. 솔리드 3개 선택. (그림 참조)
3. 요소 크기설정: "2.5" 입력
4. 고속 사면체 요소망 생성기 선택.
5. 특성 : [1: SUS316] 선택.
6. [적용] 버튼 클릭.

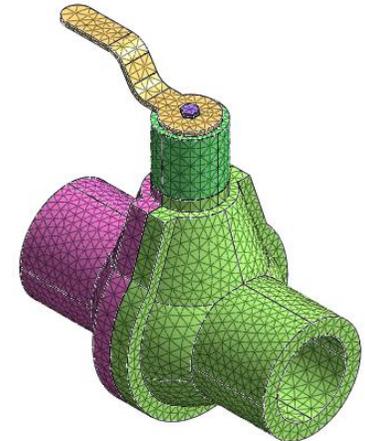
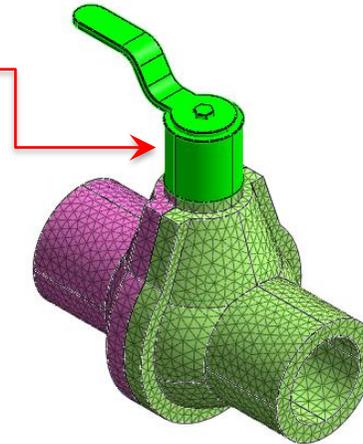
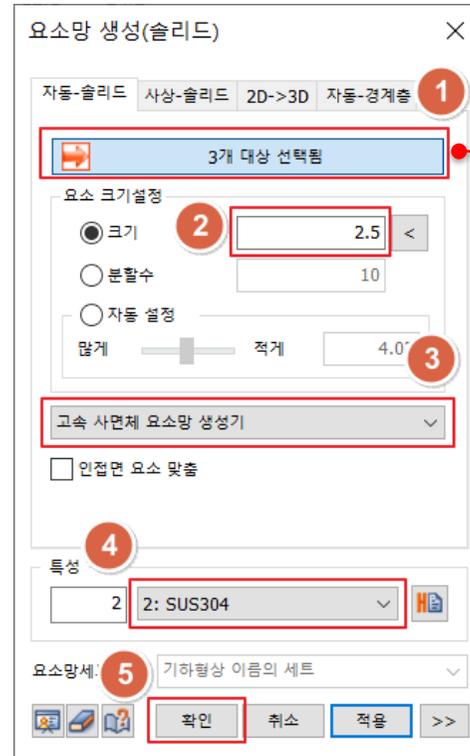


💡 "교차선택" 기능을 사용하여 내부의 파트까지 총 3개를 선택합니다.

💡 선택한 파트에 해당되는 특성을 지정합니다.

## 작업순서

1. 솔리드 3개 선택. (그림 참조)
2. 요소 크기설정: "2.5" 입력
3. 고속 사면체 요소망 생성기 선택.
4. 특성 : [2: SUS304] 선택.
5. [확인] 버튼 클릭.



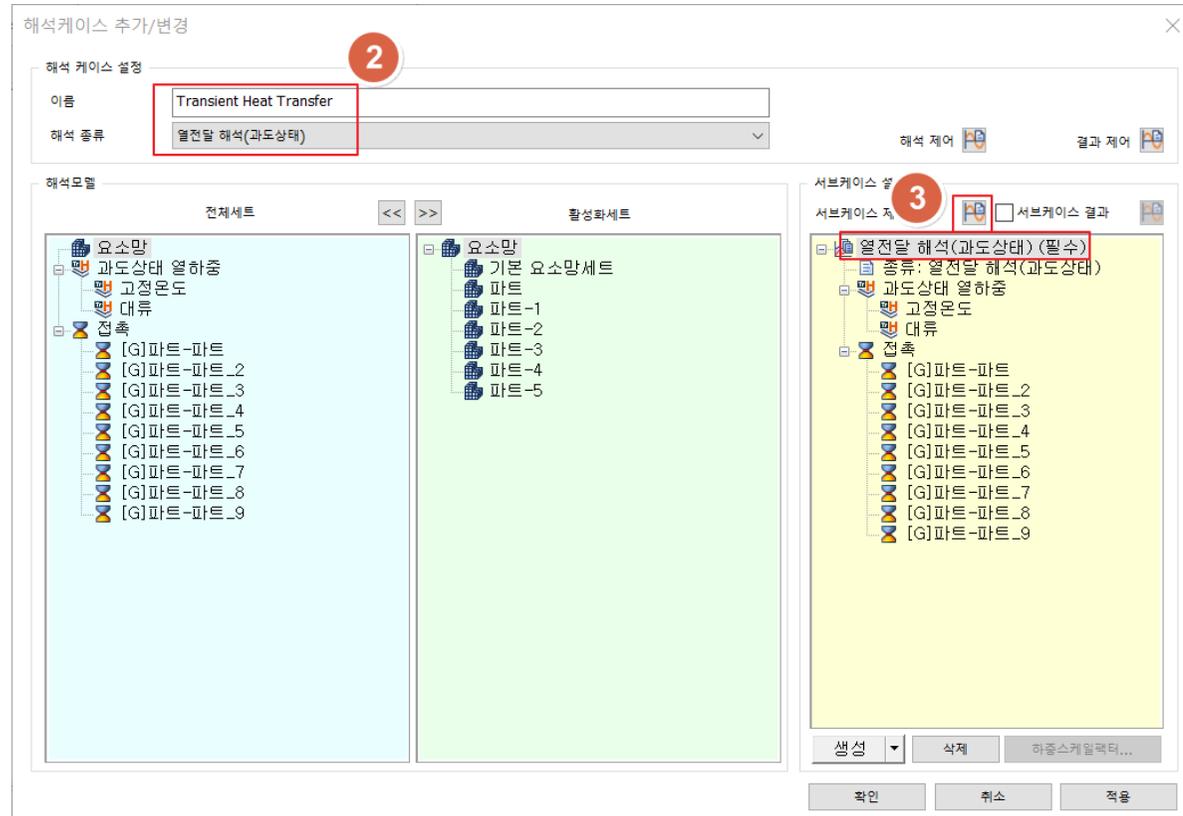
## 작업순서

1. [단일해석] 클릭.

2. 해석케이스 설정

이름	Transient Heat Transfer
해석 종류	열전달 해석(과도상태)

3. [  ] (서브케이스 제어) 버튼 클릭.  
 (“열전달 해석(과도상태) (필수)” 서브케이스를 클릭해야 활성화됩니다.)



 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화됩니다.

## 작업순서

1. [과도상태 비선형] 탭 선택.

2. 목표시간스텝 설정

전체 시간	300
시간 스텝 개수	60
중간 결과 출력	1

3. [일반] 탭 선택.

4. [초기온도] 체크 후, 50 입력..

5. [확인] 버튼 클릭.

6. [확인] 버튼 클릭.

### 서브케이스 제어

과도상태 비선형 일반

목표시간스텝 설정

등간격

전체 시간: 300 sec

시간 스텝 개수: 60

중간 결과 출력: 1

자동 시간 스텝

중분당 최대 온도 변화: 5

초기시간 증분대비 최대시간 증분: 5

사용자 정의

시간스텝정의...

수렴기준 / 오류오차

변위 (U): 0.001

하중 (P): 0.001

일항 (W): 1e-06

종료 조건

센서: 없음 <= 값: 0

온도변화가 다음 값보다 작은 경우: 0 1/sec

고급 비선형 파라미터터...

확인 취소

### 서브케이스 제어

과도상태 비선형 일반

초기온도(온도차=온도하중-초기온도)

초기 온도: 50 [T]

하중세트에 의한 초기온도: 없음

열전달 결과 저장하기

시작스텝: 0 스텝간격: 0

열전달 결과 불러오기

결과 제어

키스 결과

수) 상태)

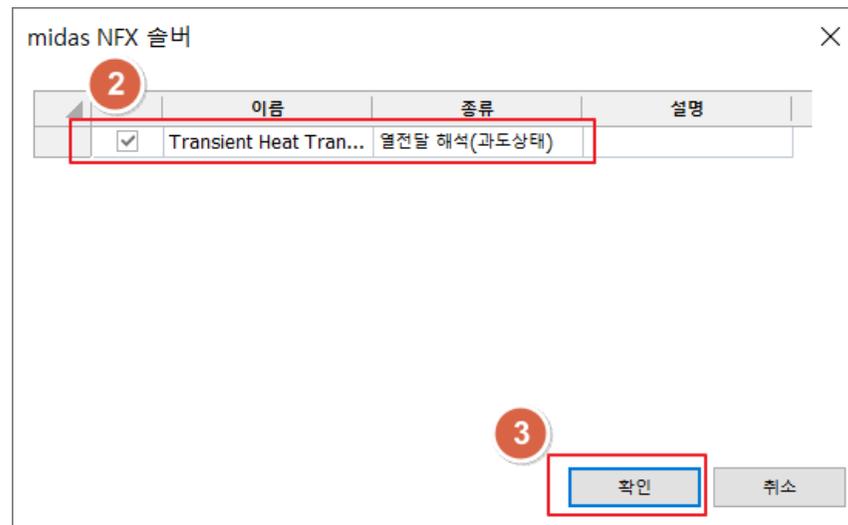
확인 취소

생성 삭제 하중스케일링...

확인 취소 적용

## 작업순서

1. [실행] 클릭.
2. 해석케이스 체크 확인
3. [확인] 버튼 클릭.



- 💡 해석을 실행하면 midas NFX 슬버가 작동됩니다. [해석중지!] 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.



midas NFX 슬버

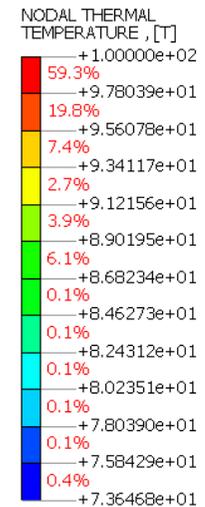
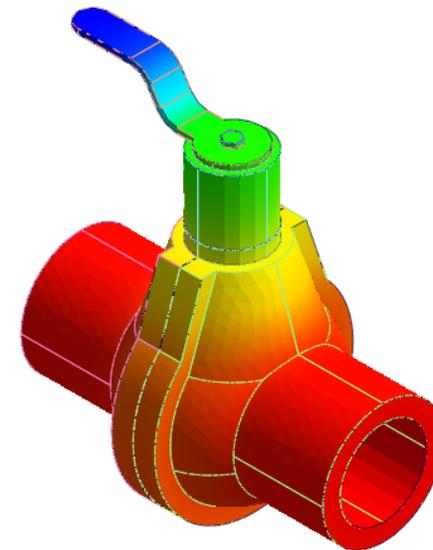
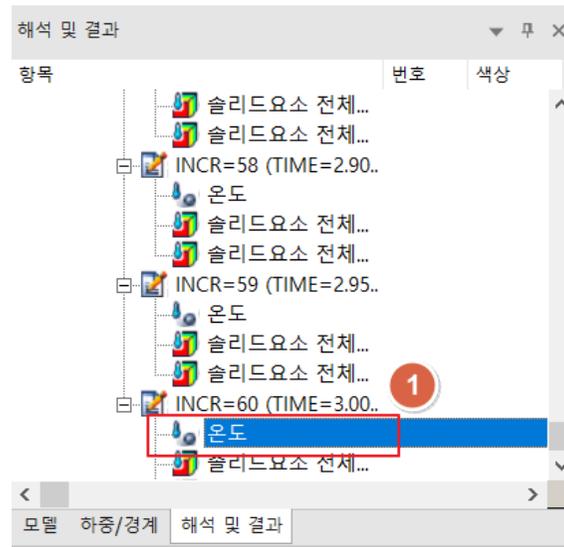
기다려 주십시오. NFX 슬버 동작 중...

해석중지!

## 작업순서

### 1. 해석 및 결과 작업트리에서 온도

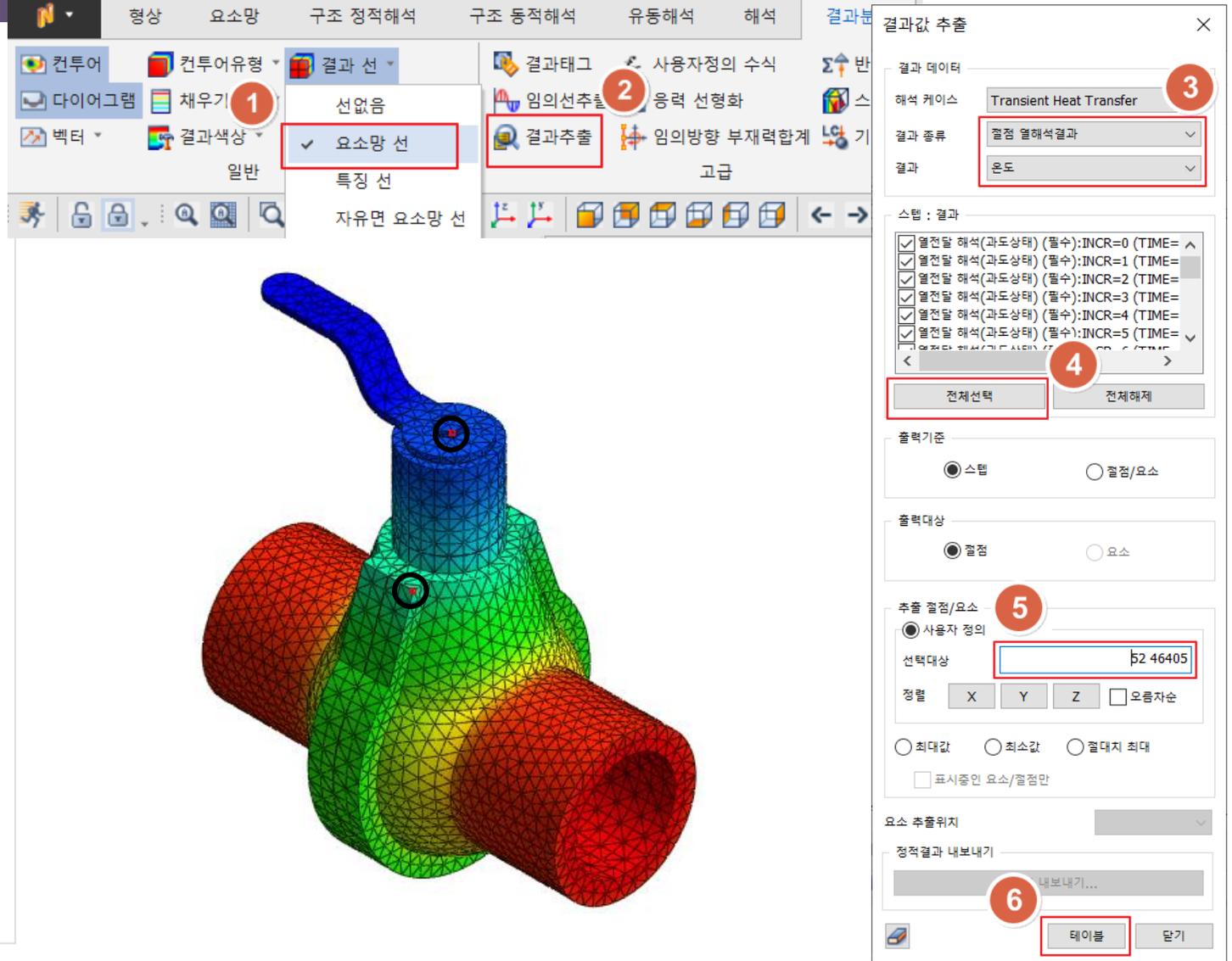
더블 클릭.



[ DATA ] Transient Heat Transfer, 열전달 해석(과도상태) (필수), INCR=60 (TIME=3.000e+02), [ UNIT ] N, mm

## 작업순서

1. 결과 선 : [요소망 선] 선택
2. [결과추출] 클릭.
3. 결과 종류 : [절점 열해석결과] 선택.  
결과 : [온도] 선택.
4. [전부선택] 버튼 클릭.
5. 추출 절점/요소 : [O] 표시된 2개의 절점 선택. (그림참조)
6. [테이블] 버튼 클릭 후 결과값 확인.



결과값 추출

결과 데이터

해석 케이스 Transient Heat Transfer

결과 종류 절점 열해석결과

결과 온도

스텝 : 결과

열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=0 (TIME=...)  
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=1 (TIME=...)  
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=2 (TIME=...)  
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=3 (TIME=...)  
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=4 (TIME=...)  
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=5 (TIME=...)  
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=... (TIME=...)

전체선택 전체해제

출력기준

스텝  절점/요소

출력대상

절점  요소

추출 절점/요소

사용자 정의

선택대상 52 46405

정렬 X Y Z  오름차순

최대값  최소값  절대지 최대

표시중인 요소/결정만

요소 추출위치

정적결과 내보내기

내보내기...

테이블 닫기

## 작업순서

### 1. 마우스 오른쪽 클릭하여 [그래프 보기] 선택.

선택.

### 2. 그래프 옵션 설정

X축	스텝 값
Y축	절점 2개 체크

### 3. [미리보기] 버튼 클릭.

스텝 값	절점:52 온도 (T)	절점:46405 온도 (T)
0.000000e+00	5.000000e+01	5.000000e+01
5.000000e+00	5.025740e+01	5.014185e+01
1.000000e+01	5.089362e+01	5.039882e+01
1.500000e+01	5.191502e+01	5.066502e+01
2.000000e+01	5.340649e+01	5
2.500000e+01	5.527399e+01	5
3.000000e+01	5.739473e+01	5

3.500000e+01	뷰탭에 도킹
4.000000e+01	
4.500000e+01	열 순서 초기화
5.000000e+01	
5.500000e+01	복사
6.000000e+01	붙여넣기
6.500000e+01	
7.000000e+01	찾기...
7.500000e+01	정렬...
8.000000e+01	형식...
8.500000e+01	
9.000000e+01	그래프 보기...
9.500000e+01	
1.000000e+02	
1.050000e+02	엑셀로 내보내기...
1.100000e+02	

정의

차트 이름: 새로운 차트

X축 이름: 번호

Y축 이름: Y

X축 소수점 자릿수: 4  지수

Y축 소수점 자릿수: 4  지수

요약보기  세로를 X축으로 ...

로그 스케일

포맷  X축  Y축

Base: 10 10

X축

스텝 값

Y축

번호

스텝 값

절점:52 온도

절점:46405 온도

미리보기

옵션

최소/최대값 고려  꼭차계

최소값: 0 0 1

Y축: 0 0 1

시리즈 스타일

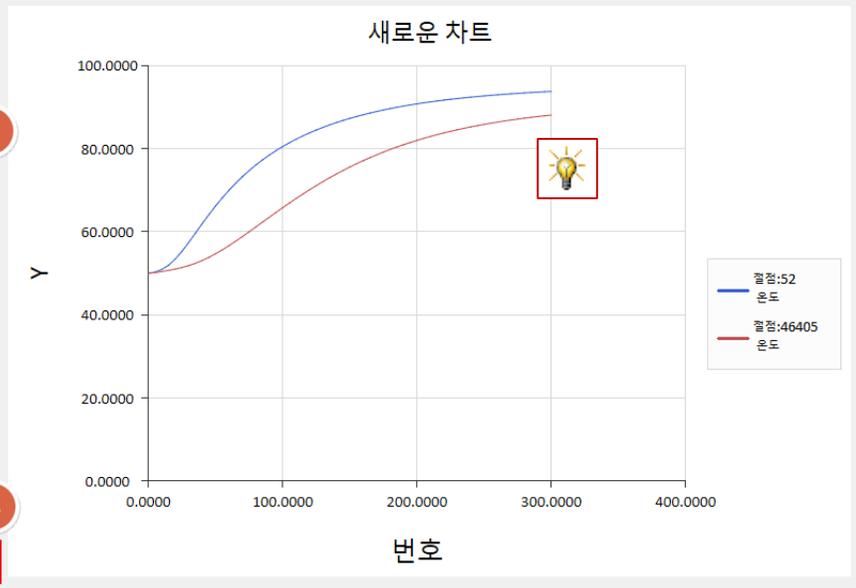
절점:46405 온도  마크

선색:

선 너비: 1.00

선 종류: Solid

이미지로 내보내기



💡 온도가 점차 증가하다가 더 이상 변화가 없는 정상상태에 접어들었음을 확인할 수 있습니다.

## 개요

➤ 과도상태 열전달 해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Board.x\_t

➤ 재질

- 사용자 정의 재질
- PCB

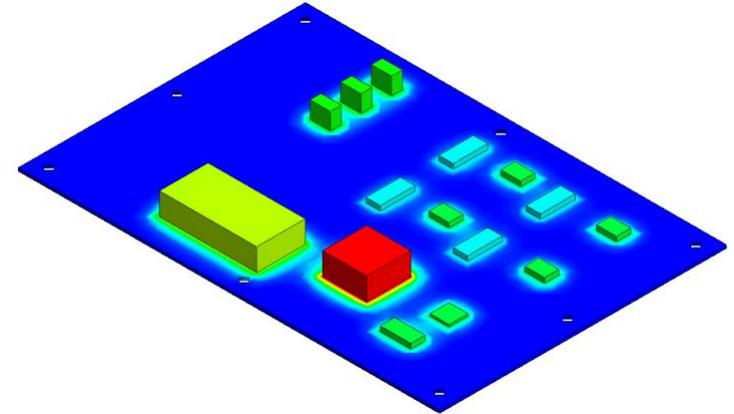
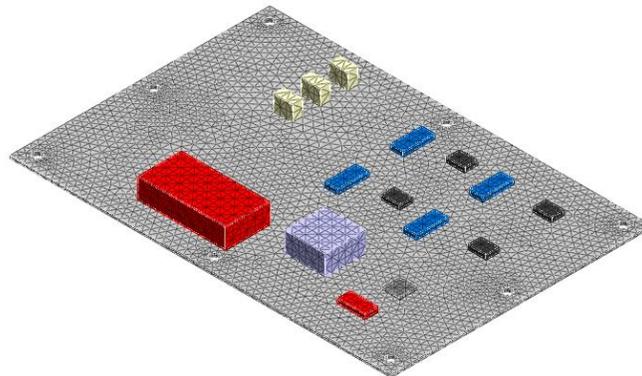
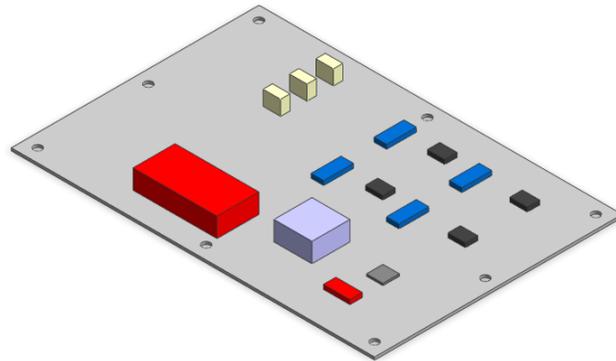
➤ 경계조건과 하중조건

- 열속, 대류, 발열 조건
- 해석 종료 조건 (센서)

➤ 결과확인

- 온도 분포
- 결과 추출 (그래프 보기)

# Board Transient (과도상태 열전달해석)



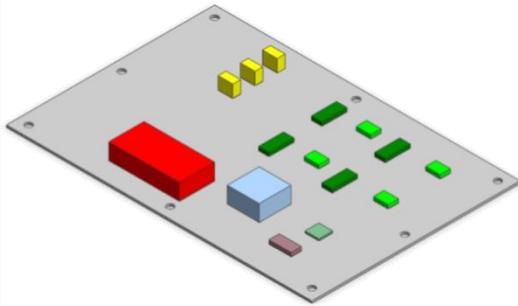
## 따라하기 목적

### ➤ midas NFX를 이용한 과도상태 열전달해석의 수행 및 기능 이해

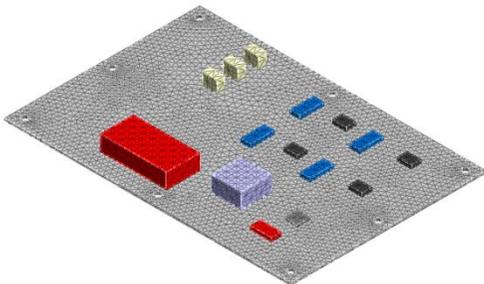
- 시간에 따라 변하는 과도열하중(발열, 열속, 온도, 대류)을 정의하는 방법에 대해 습득합니다.
- 올바른 대류조건을 정의하기 위한 기하형상 교차연산 기능으로 사용합니다.
- 과도상태 열전달해석의 주요 결과인 온도를 시간에 따른 그래프로 확인합니다.

## 해석 개요

### ➤ 대상 모델

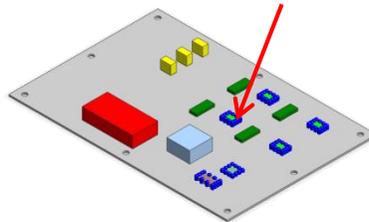


### ➤ 유한요소 모델

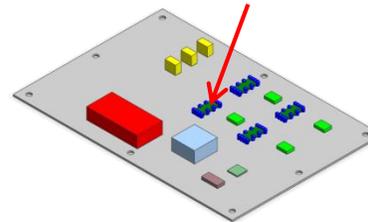


### ➤ 해석조건 (과도상태)

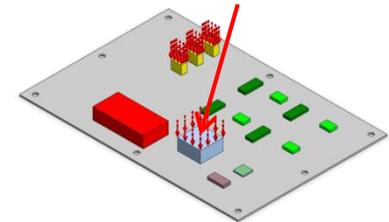
온도조건 : 20 → 50도



온도조건 : 20 → 60도



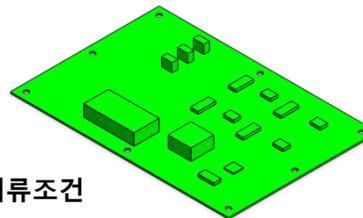
열속 : 0 → 0.01W/mm<sup>2</sup>



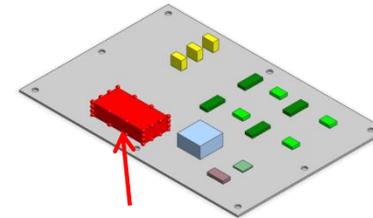
대류조건

외부온도 : 20 → 30도

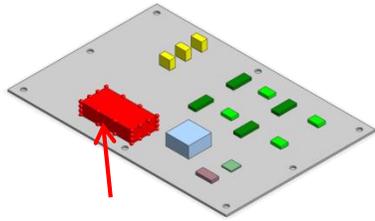
대류계수 : 2e-005 W/mm<sup>2</sup>[T]



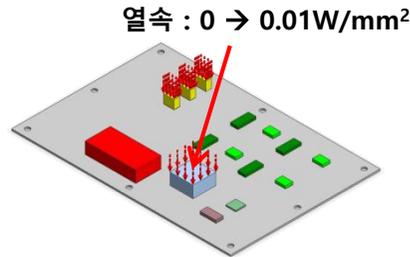
발열 : 0 → 0.0005W/mm<sup>3</sup>



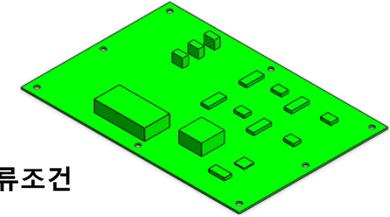
## 열전달 해석에 필요한 조건



발열 :  $0 \rightarrow 0.0005\text{W/mm}^3$



열속 :  $0 \rightarrow 0.01\text{W/mm}^2$



대류조건

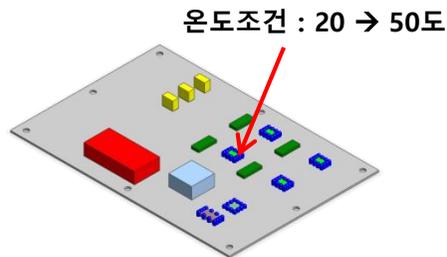
외부온도 :  $20 \rightarrow 30\text{도}$

대류계수 :  $2e-5 \text{ W/mm}^2[\text{T}]$

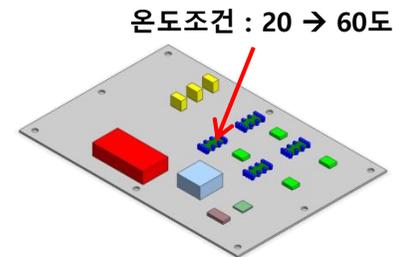
물체의 표면을 통한 열 유입을 모형화 하기 위한 것으로서 단위 면적에 대한 단위 시간의 에너지입니다.  
구조해석의 압력하중과 비슷한 역할을 합니다.

단위 체적에 대한 단위 시간의 에너지로 정의합니다.  
구조해석의 자중과 비슷한 역할을 합니다.

펌프와 같은 것으로 유체를 물체 표면 위에 강제로 흐르게 하여 인위적으로 대류를 발생시키는 것을 강제대류라고 하고, 유체내의 온도 차에 따라 발생한 밀도 변화로 부력이 생겨서 발생하는 대류를 자연대류라고 합니다.



온도조건 :  $20 \rightarrow 50\text{도}$



온도조건 :  $20 \rightarrow 60\text{도}$

시간에 따라 변화되는 온도를 정의합니다. 과도상태 온도가 지정된 부분은 외부조건에 영향없이 항상 주어진 온도를 가집니다.  
구조해석의 구속조건과 유사한 역할을 합니다.

## 작업순서

1. [  ] (새로 만들기) 클릭.. 
2. [3차원/일반모델] 선택.
3. 단위계 [N-mm-J-sec] 선택.
4. [확인] 버튼 클릭.
5. 작업윈도우에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭 후, [모든 가이드더 감추기] 선택.



### 해석조건 설정

프로젝트명  담당자

설명

모델 종류

3차원/일반모델 2

2차원모델

축대칭

단위계

N mm J sec 3

중력가속도(g)  mm/sec<sup>2</sup>

4 확인 취소

모두 보이기  
모두 감추기  
모든 형상 보이기  
모든 형상 감추기  
모든 요소망 보이기  
모든 요소망 감추기

작업 평면 옮기기

가이드더 보이기/감추기 ▶

모든 가이드더 보이기

모든 가이드더 감추기 5

모든 레이블 보이기

모든 레이블 감추기

 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

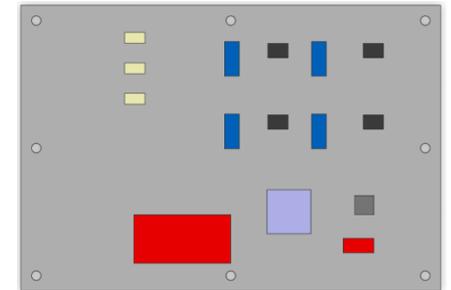
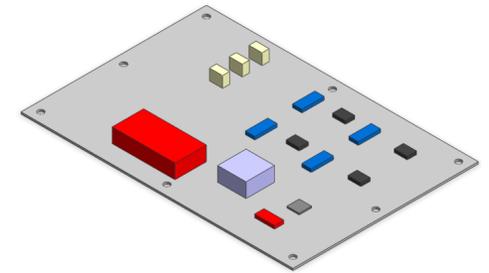
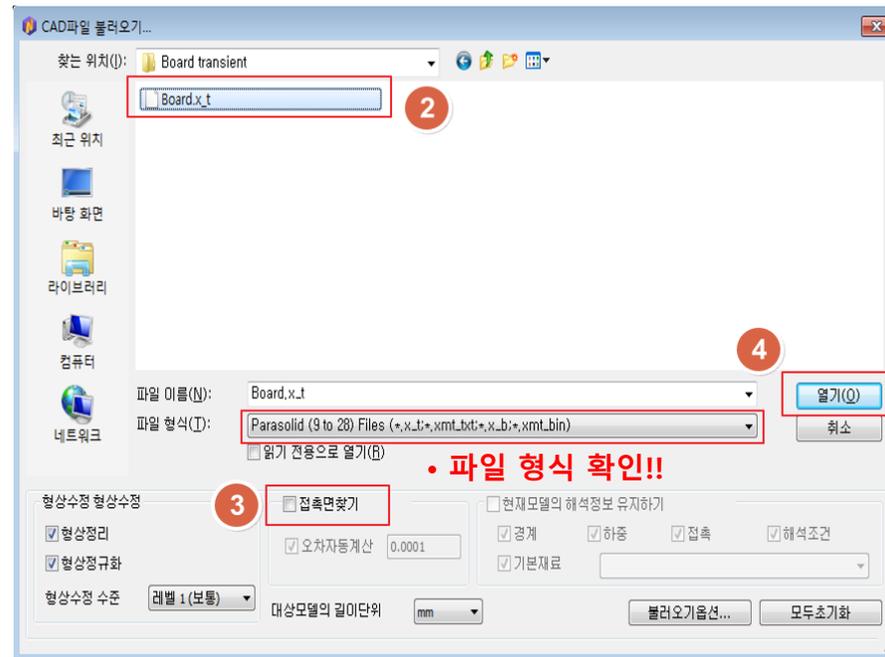
 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

## 작업순서

1. [불러오기] 클릭.
2. 모델 선택: **Board.x\_t** 선택.
3. [접촉면 찾기] 체크 해제.
4. [열기(O)] 버튼 클릭.

※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의  
ManualsWTutorialsWFiles 폴더 안에  
따라하기의 모델들이 있습니다.

💡 모델을 불러올 때 [접촉면 찾기]를  
체크하면, 파트 별 접촉이 [일체거동  
접촉]으로 자동 설정됩니다.  
본 따라하기에서는 대류조건을 위한  
슬리드 교차연산 작업을 위하여 별도  
로 접촉조건을 정의하도록 합니다.



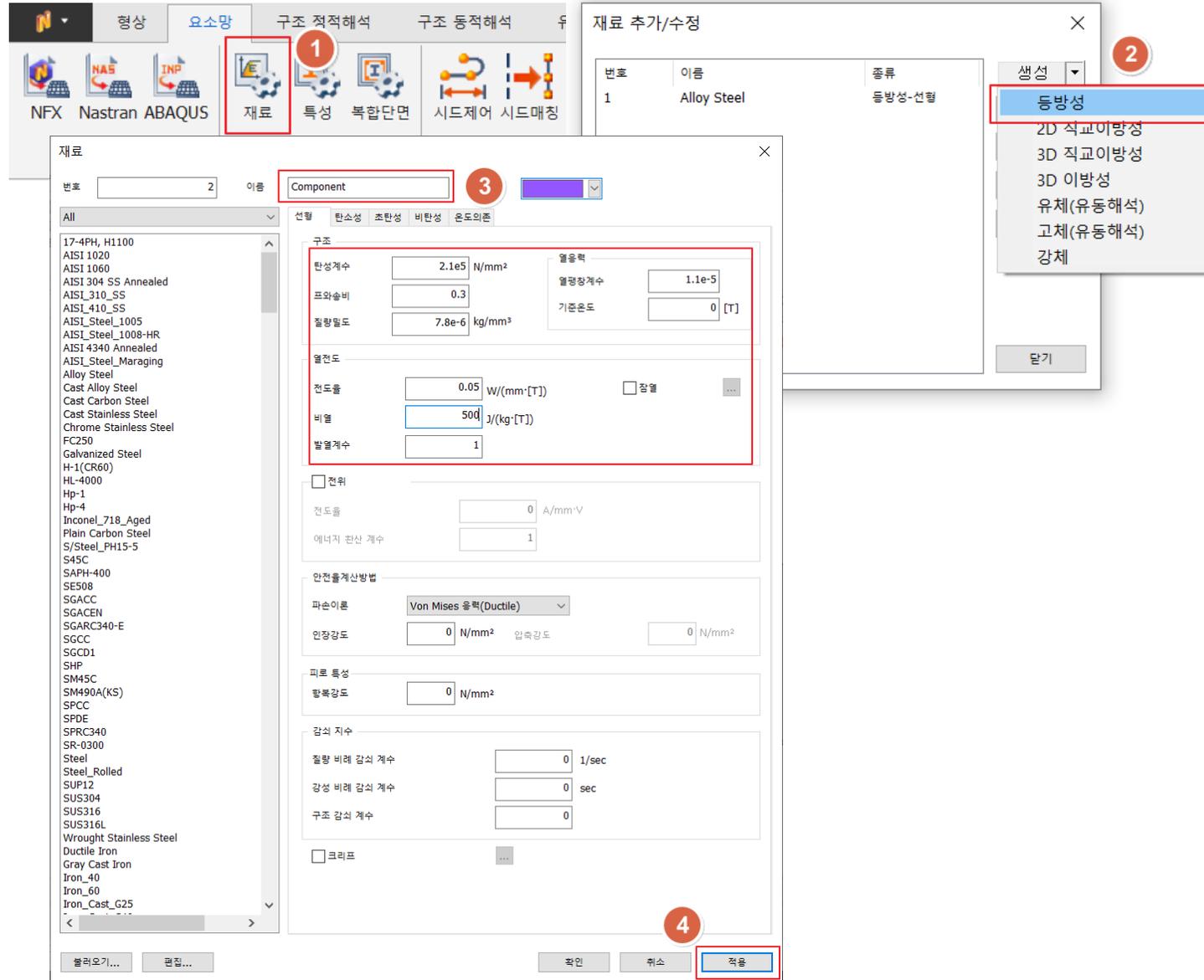
## 작업순서

1. [재료] 클릭.
2. 생성 >> 등방성 클릭.
3. 재료 입력.

번호	2
이름	Component
탄성계수	2.1e5 (N/mm <sup>2</sup> )
프와송비	0.3
질량밀도	7.8e-6 (kg/mm <sup>3</sup> )
열팽창계수	1.1e-5
전도율	0.05 (W/(mm <sup>2</sup> ·[T]))
비열	500 (J/(kg·[T]))

4. [적용] 버튼 클릭

💡 과도상태 열전달해석을 위해서는 반드시 비열과 밀도가 입력되어 있어야 합니다.



The screenshot shows the midas NFX software interface. The top menu bar includes '형상', '요소망', '구조 적적해석', '구조 동적해석', and '유체'. The '요소망' (Mesh) menu is open, and the '재료' (Material) option is selected, indicated by a red box and a '1' callout. The '재료 추가/수정' (Material Add/Edit) dialog box is open, showing the 'Component' material with a '3' callout. The '생성' (Generate) dropdown menu is open, showing '등방성' (Isotropic) selected, indicated by a red box and a '2' callout. The '적용' (Apply) button is highlighted with a red box and a '4' callout.

The '재료 추가/수정' dialog box contains the following information:

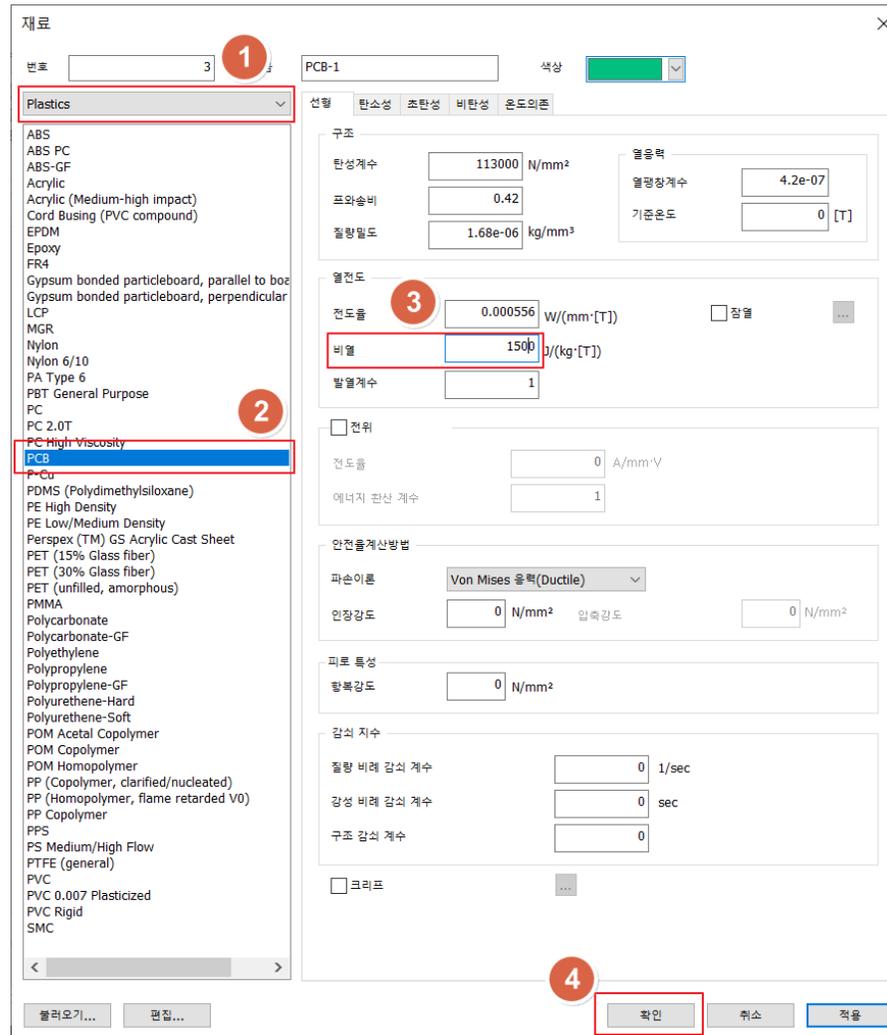
- 번호: 1
- 이름: Alloy Steel
- 종류: 등방성-선택형
- 생성: 등방성
- 2D 직교이방성
- 3D 직교이방성
- 3D 이방성
- 유체(유동해석)
- 고체(유동해석)
- 강체

The '재료' dialog box contains the following information:

- 번호: 2
- 이름: Component
- 구조: 탄성계수 (2.1e5 N/mm<sup>2</sup>), 프와송비 (0.3), 질량밀도 (7.8e-6 kg/mm<sup>3</sup>), 열팽창계수 (1.1e-5), 전도율 (0.05 W/(mm<sup>2</sup>·[T])), 비열 (500 J/(kg·[T])), 발열계수 (1)
- 안전율계산방법: Von Mises 율력(Ductile)
- 파손이론: Von Mises 율력(Ductile)
- 인장강도: 0 N/mm<sup>2</sup>, 압축강도: 0 N/mm<sup>2</sup>
- 피로 특성: 항복강도: 0 N/mm<sup>2</sup>
- 감쇠 지수: 질량 비례 감쇠 계수 (0 1/sec), 강성 비례 감쇠 계수 (0 sec), 구조 감쇠 계수 (0)
- 크리프:

## 작업순서

1. 재료 DB 리스트에서 **Plastics**를 선택.
2. **PCB** 선택.
3. 비열: "1500" 입력. 💡
4. [확인] 버튼 클릭.



재료

번호  색상

Plastics

ABS  
ABS PC  
ABS-GF  
Acrylic  
Acrylic (Medium-high impact)  
Cord Busing (PVC compound)  
EPDM  
Epoxy  
FR4  
Gypsum bonded particleboard, parallel to board  
Gypsum bonded particleboard, perpendicular to board  
LCP  
MGR  
Nylon  
Nylon 6/10  
PA Type 6  
PBT General Purpose  
PC  
PC 2.0T  
PC High Viscosity  
**PCB**  
P-Cu  
PDMS (Polydimethylsiloxane)  
PE High Density  
PE Low/Medium Density  
Perspex (TM) GS Acrylic Cast Sheet  
PET (15% Glass fiber)  
PET (30% Glass fiber)  
PET (unfilled, amorphous)  
PMMA  
Polycarbonate  
Polycarbonate-GF  
Polyethylene  
Polypropylene  
Polypropylene-GF  
Polyurethane-Hard  
Polyurethane-Soft  
POM Acetal Copolymer  
POM Copolymer  
POM Homopolymer  
PP (Copolymer, clarified/nucleated)  
PP (Homopolymer, flame retarded V0)  
PP Copolymer  
PPS  
PS Medium/High Flow  
PTFE (general)  
PVC  
PVC 0.007 Plasticized  
PVC Rigid  
SMC

구조

탄성계수  N/mm<sup>2</sup> 열팽창계수

프와솔비  기준온도  [T]

질량밀도  kg/mm<sup>3</sup>

열전도도

전도율  W/(mm·[T])  잠열 ...

비열  J/(kg·[T])

발열계수

전위

전도율  A/mm·V

에너지 확산 계수

안전율계산방법

파손이론

인장강도  N/mm<sup>2</sup> 압축강도  N/mm<sup>2</sup>

피로 특성

항복강도  N/mm<sup>2</sup>

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수  1/sec

강성 비례 감쇠 계수  sec

구조 감쇠 계수

크리프 ...

확인 취소 적용

💡 과도상태 열전달해석을 위해서는 반드시 비열과 밀도가 입력되어 있어야 합니다. 재료 DB의 PCB 물성에는 비열값이 없기 때문에 직접 입력해야 합니다.

## 작업순서

1. [특성] 클릭.
2. 생성 >> 3D 클릭
3. [슬리드] 탭 선택.

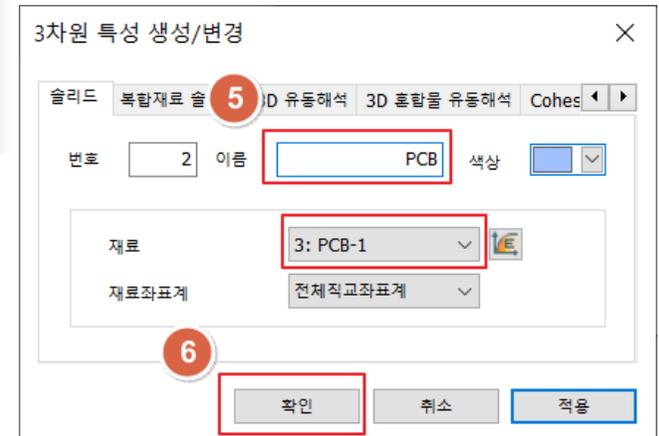
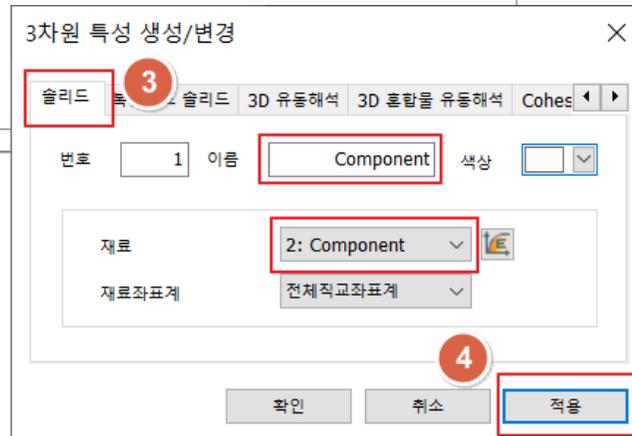
### 특성 입력

번호	1
이름	Component
재질	2: Component

4. [적용] 버튼 클릭.
5. 특성 입력

번호	2
이름	PCB
재질	3: PCB

6. [확인] 버튼 클릭



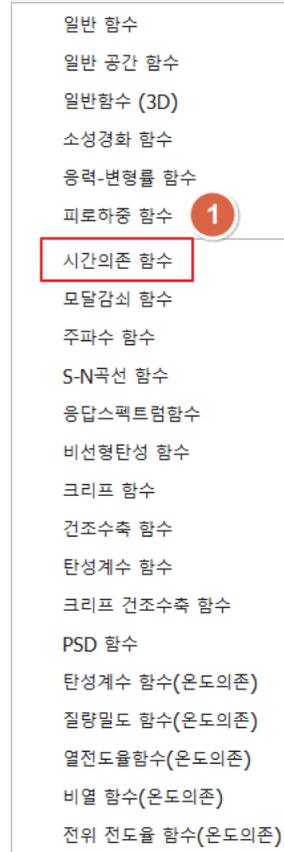
## 작업순서

1. [시간의존 함수] 클릭.
2. 이름: "Ambient Temp" 입력.
3. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	20
15	30
50	30

4. [적용] 버튼 클릭.

💡 이전의 값들은 선택하여 키보드 Delete 키를 누르면 삭제된다.  
Tap 키를 이용하면 입력이 좀더 쉬워진다.



## 작업순서

1. 이름: "Heat Flux" 입력.

2. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	0
5	0.008
10	0.008
15	0.01
50	0.01

3. [적용] 버튼 클릭.

4. 이름: "Heat Gen" 입력.

5. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	0
2	0.0003
10	0.0003
15	0.0005
50	0.0005

6. [적용] 버튼 클릭.



## 작업순서

1. 이름: "Temp\_50" 입력.

2. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	20
10	50
50	50

3. [적용] 버튼 클릭.

4. 이름: "Temp\_60" 입력.

5. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	20
10	60
50	60

6. [확인] 버튼 클릭.

함수 생성/변경

시간 함수

이름 Temp\_50

시간 (sec)	값
0	20
10	50
50	50

기준선 조정(가속도)  
 사용하지 않음  사용함

범위 밖 데이터 처리 1차 보간 자동 생성

확인 취소 **적용**

함수 생성/변경

시간 함수

이름 Temp\_60

시간 (sec)	값
0	20
10	60
50	60

기준선 조정(가속도)  
 사용하지 않음  사용함

범위 밖 데이터 처리 1차 보간 자동 생성

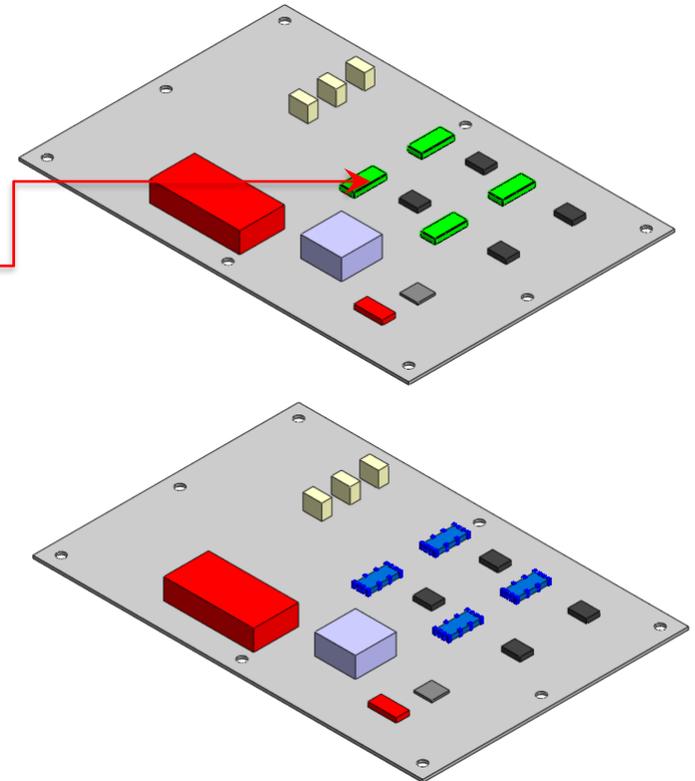
확인 **적용**

## 작업순서

1. [고정온도] 클릭.
2. 과도 온도 입력

하중세트	Temp_50
대상종류	파트
대상선택	4개 선택
온도	1 (T)
시간 함수	Temp_50 선택

3. [적용] 버튼 클릭.



 시간 함수에 온도 입력값을 곱하여 과도 온도로 적용됩니다.

## 작업순서

### 1. 과도 온도 입력

하중세트	Temp_60
대상종류	파트
대상선택	6개 선택
온도	1 (T)
시간 함수	Temp_60 선택

### 2. [확인] 버튼 클릭.

과도 온도

하중성분

이름: 과도상태 고정온도-2 1

대상형상

종류: 파트

6개 대상 선택됨

온도

기준함수: 없음

온도: 1 [T]

시간 의존성

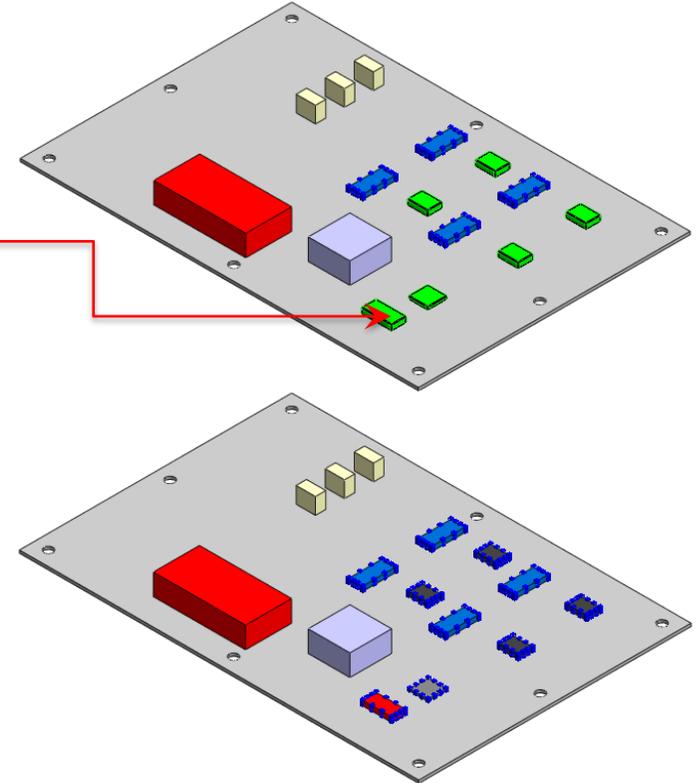
시간 함수: Temp\_60

전체시간  서버케이스시간

하중세트: Temp\_60

확인

취소 적용



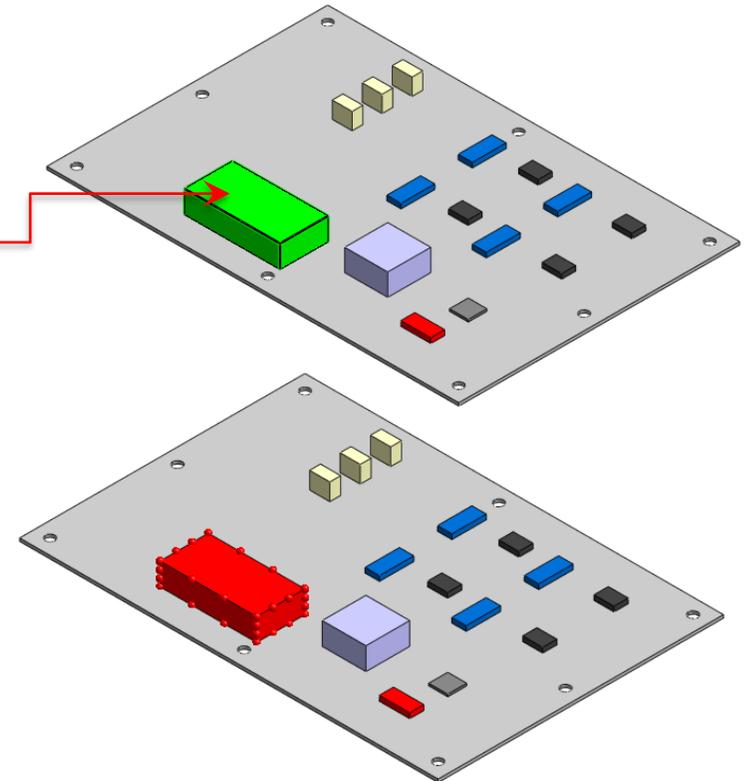
💡 시간 함수에 온도를 곱하여 과도 온도로 적용됩니다.

## 작업순서

1. [발열] 클릭.
2. 과도 발열 입력

하중세트	Heat Gen
대상종류	파트
대상선택	1개 선택
체적당 힘	1 (W/mm <sup>3</sup> )
시간 함수	Heat Gen 선택

3. [확인] 버튼 클릭.



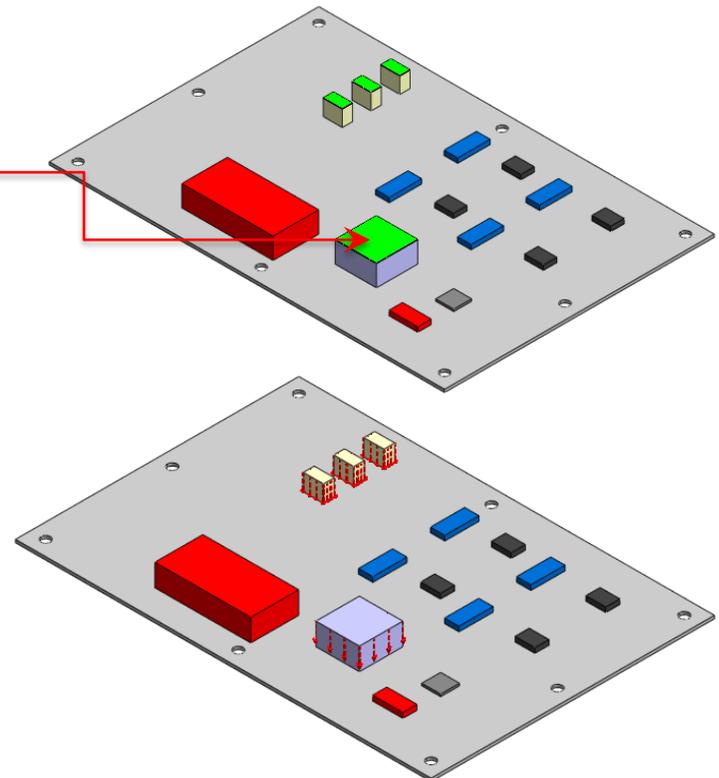
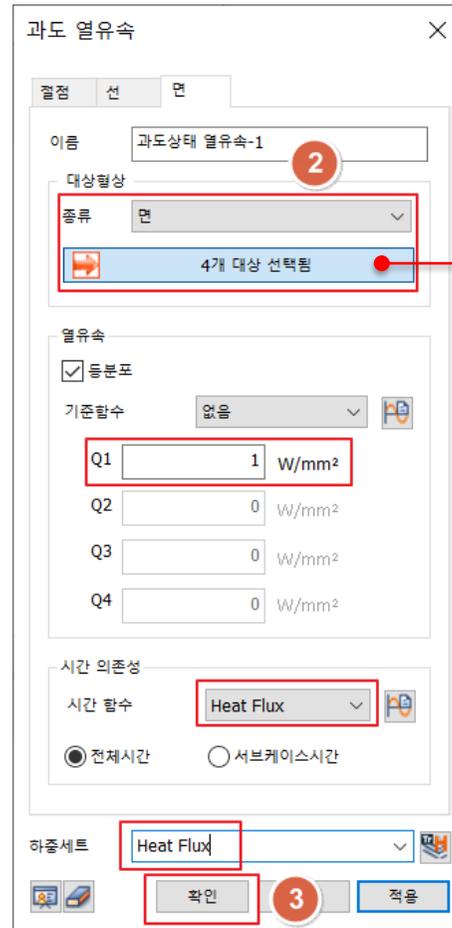
💡 시간 함수에 발열량(체적당 힘)을  
곱하여 과도 발열로 적용됩니다.

## 작업순서

1. [열유속] 클릭.
2. 과도 열유속 입력

하중세트	Heat Flux
대상종류	면
대상선택	4개 선택
열유속	1 (W/mm <sup>3</sup> )
시간 함수	Heat Flux 선택

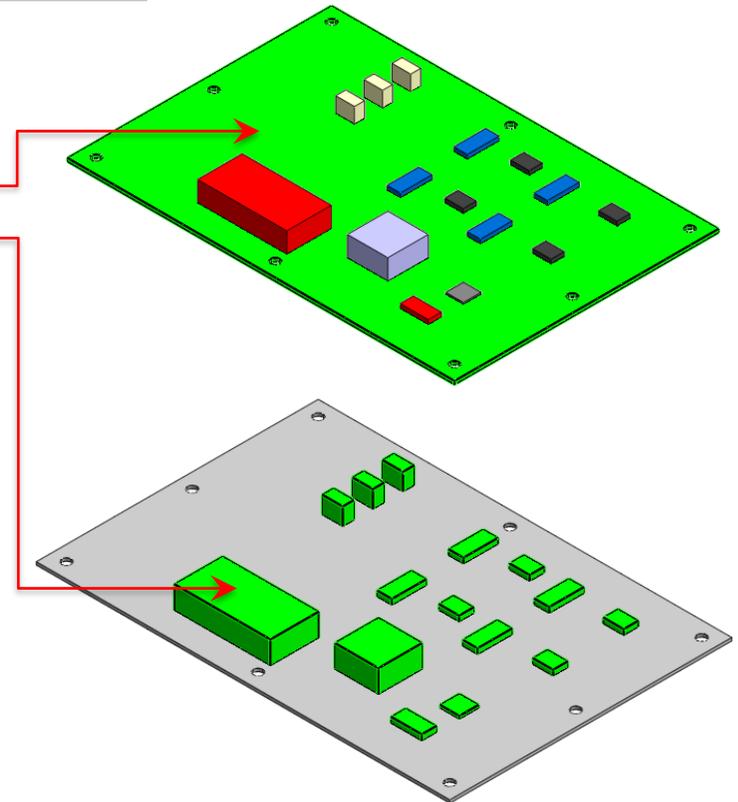
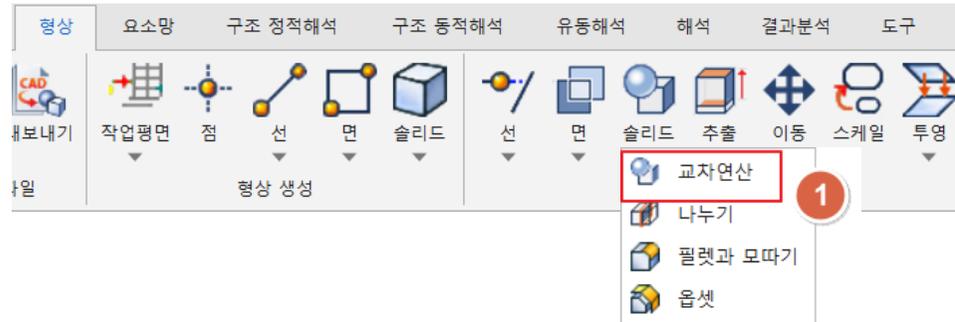
3. [확인] 버튼 클릭.



💡 시간 함수에 열유속을 곱하여 과도 열유속으로 적용됩니다.

## 작업순서

1. [교차연산] 클릭.
2. [차집합] 탭 선택.
3. 솔리드 1개 선택. (PCB, 그림 참조)
4. 솔리드 15개 선택. (Component, 그림 참조)
5. 도구 형상 삭제 체크 해제.
6. [확인] 버튼 클릭.



💡 파트 상호 간의 접촉이 있는 면은 대류조건에서 제외되어야 합니다. 교차연산을 통해 접해 있는 면을 분할하여 대류조건 정의 시에 해당 면을 제외할 수 있도록 합니다.

## 작업순서

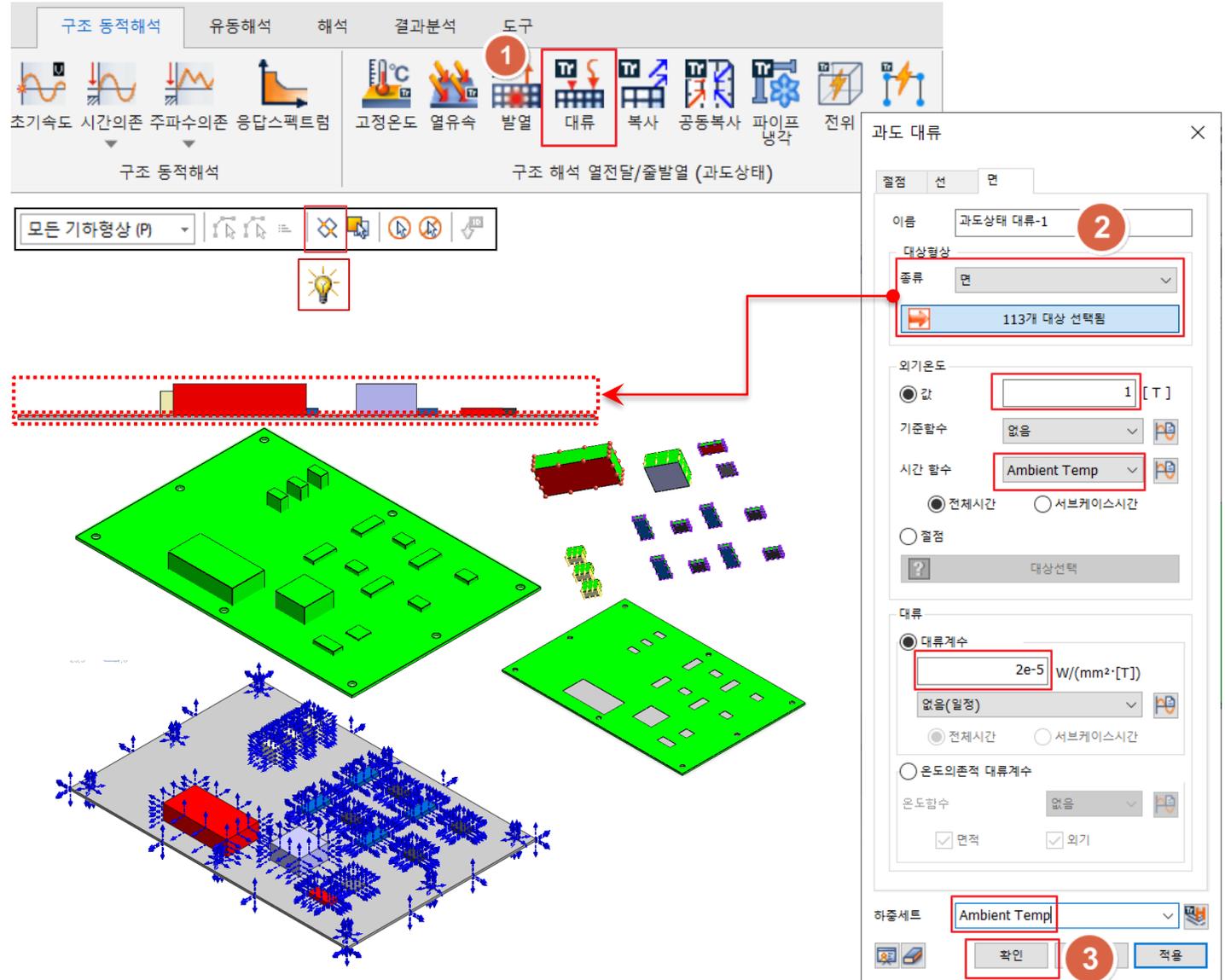
1. [대류] 클릭.
2. 과도 대류 입력

하중세트	Ambient Temp
대상종류	면
대상선택	113개 선택
외기온도	1 (T)
시간 함수	Ambient Temp 선택
대류계수	$2e-5$ (W/(mm <sup>2</sup> ·[T]))

3. [확인] 버튼 클릭.

💡 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 나머지 면을 선택합니다. 정면보기 상태에서 교차선택 옵션을 이용하여 마우스 드래그로 선택하시면 보다 수월하게 선택할 수 있습니다.

💡 시간 함수에 외기온도를 곱하여 과도 대류의 외기온도로 적용됩니다.



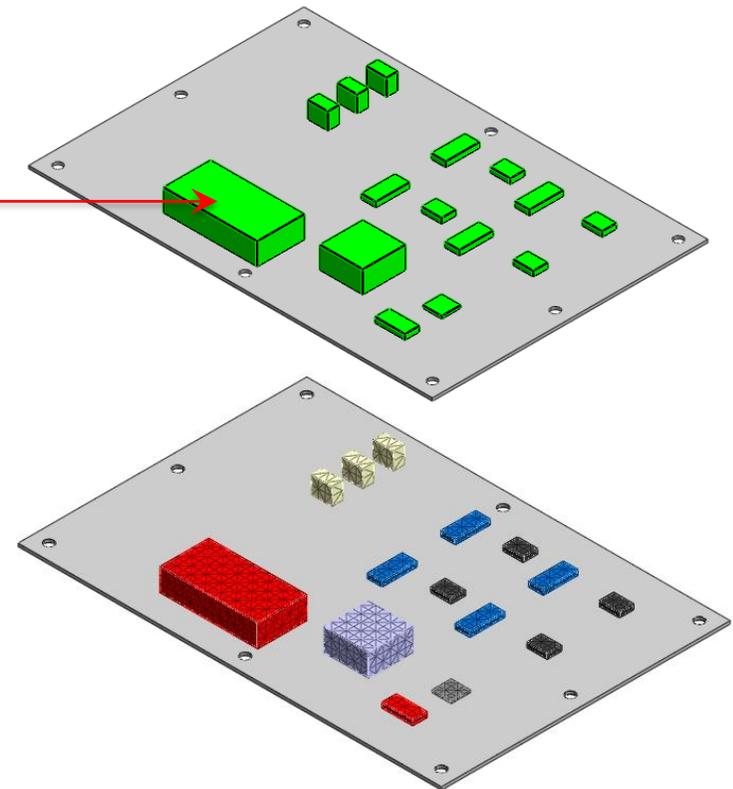
The screenshot shows the software interface for setting up convection. The 'Convection' (대류) tool is selected in the 'Tools' (도구) menu. The 'Advanced Convection' (과도 대류) dialog box is open, showing the following settings:

- 이름 (Name):** 과도상태 대류-1
- 대상종류 (Target Type):** 면 (Surface)
- 대상선택 (Target Selection):** 113개 대상 선택됨 (113 targets selected)
- 외기온도 (Ambient Temperature):** 1 [T]
- 기준값수 (Reference Value):** 없음 (None)
- 시간 함수 (Time Function):** Ambient Temp
- 전체시간 (Full Time):**  전체시간
- 대류 (Convection):**
  - 대류계수 (Convection Coefficient):**  $2e-5$  W/(mm<sup>2</sup>·[T])
  - 온도의존적 대류계수 (Temperature-dependent Convection Coefficient):**  온도의존적 대류계수
  - 온도함수 (Temperature Function):** 없음 (None)
  - 면적 (Area):**  면적
  - 외기 (Ambient):**  외기
- 하중세트 (Load Set):** Ambient Temp

The '확인' (OK) button is highlighted with a red circle and the number 3.

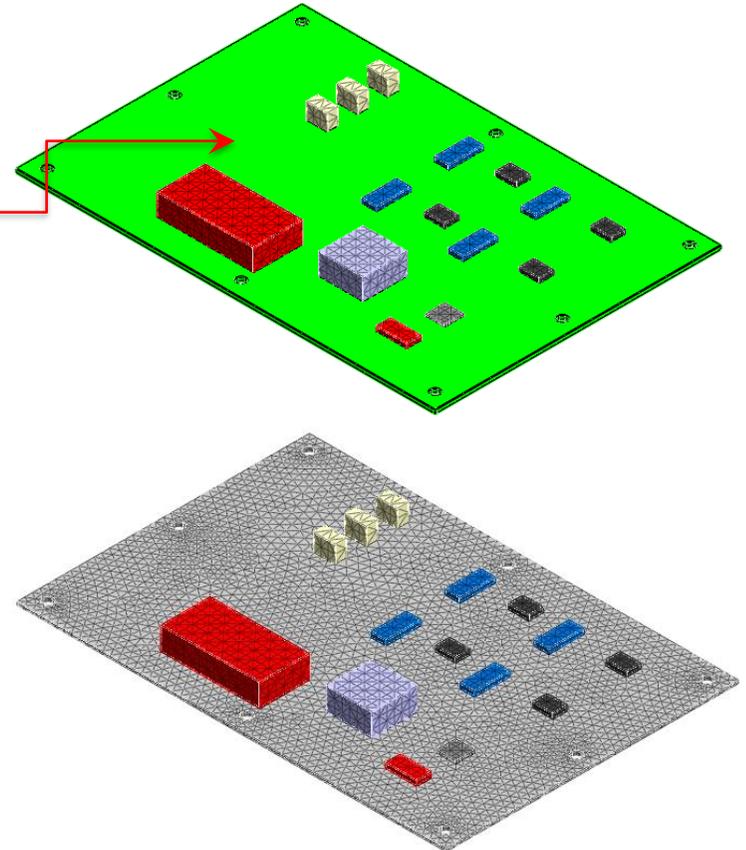
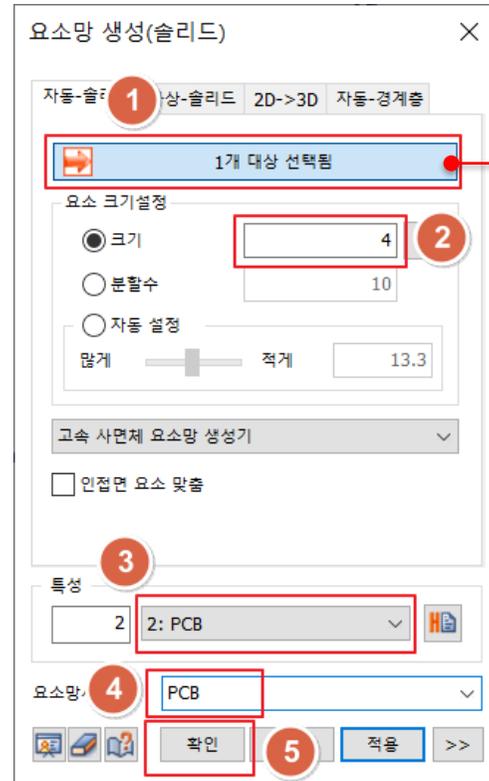
## 작업순서

1. [3D] 클릭.
2. 자동-솔리드 탭 클릭.
3. 솔리드 15개 선택. (그림 참조)
4. 요소 크기설정 : 4mm
5. 특성 : [1: Component] 선택.
6. [적용] 버튼 클릭.



## 작업순서

1. 솔리드 1개 선택. (그림 참조)
2. 요소 크기설정 : 4mm
3. 특성 : [2: PCB] 선택.
4. 이름 : PCB 입력.
5. [확인] 버튼 클릭.



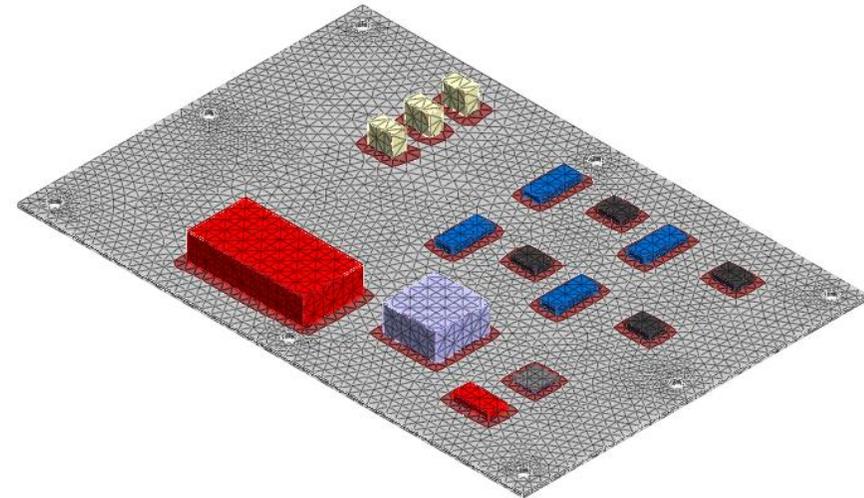
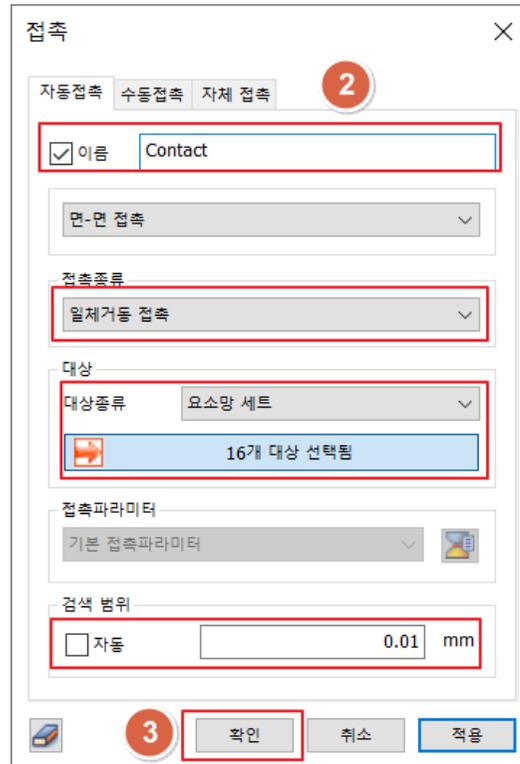
## 작업순서

1. [자동접촉] 클릭.
2. 자동접촉조건 입력

이름	Contact
접촉종류	일체거동
대상 종류	요소망 세트
대상 선택	전체선택
검색 범위	0.01

3. [확인] 버튼 클릭

💡 검색범위 내에 있는 요소 간의 접촉을 자동으로 정의합니다.

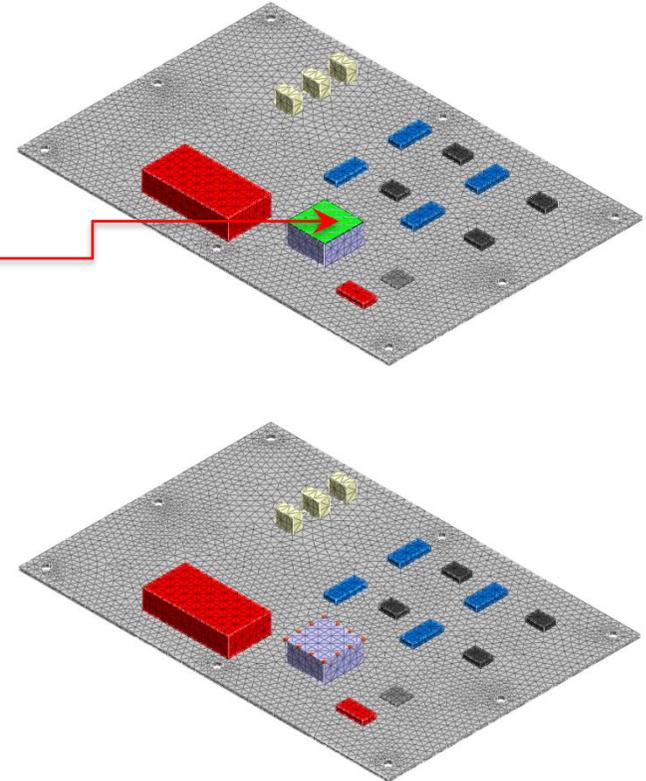


## 작업순서

1. [센서정의] 클릭.
2. 센서 조건 입력

이름	Sensor
대상종류	면
대상선택	1개 선택
센서 종류	온도
방법	MAX

3. [확인] 버튼 클릭.



💡 선택한 면에 포함된 절점들의 최대 온도를 센서로 정의합니다.  
해석 옵션에서 센서를 이용하여 해석 종료 조건을 설정할 수 있습니다.

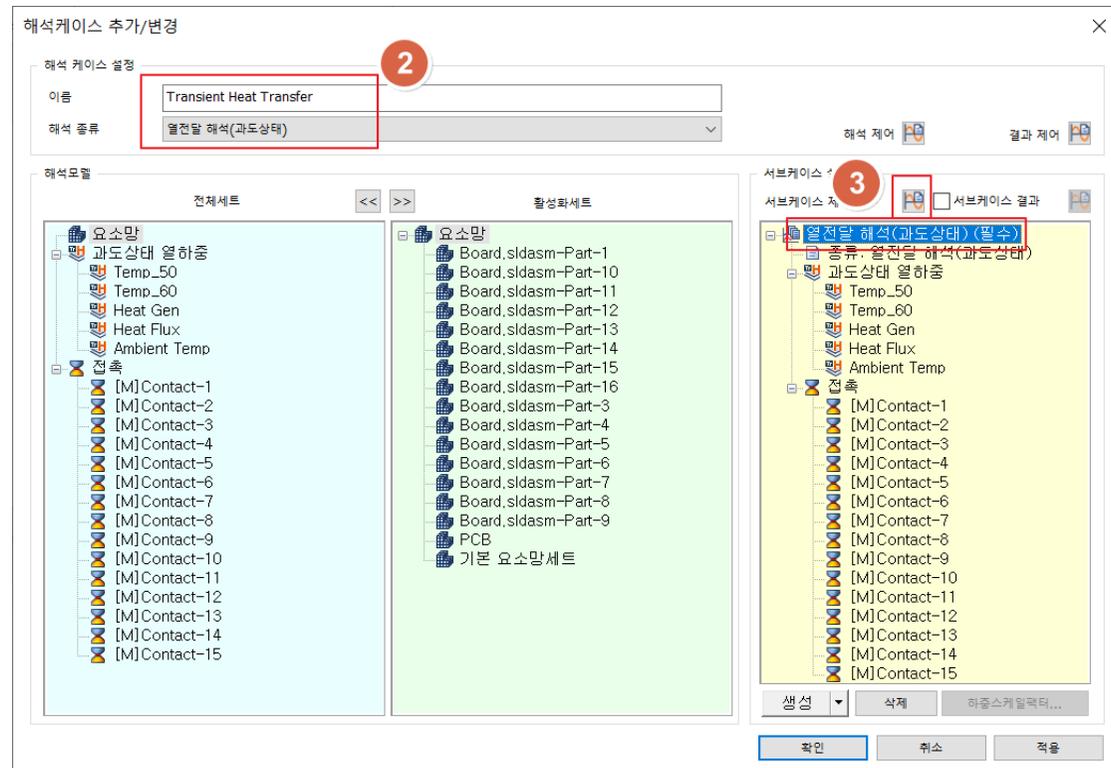
## 작업순서

1. [단일해석] 클릭.

2. 해석케이스 설정

이름	Transient Heat Transfer
해석 종류	열전달 해석(과도상태)

3. [  ] (서브케이스 제어) 버튼 클릭.  
 (“열전달 해석(과도상태) (필수)” 서브케이스를 클릭해야 활성화됩니다.)



 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화됩니다.

## 작업순서

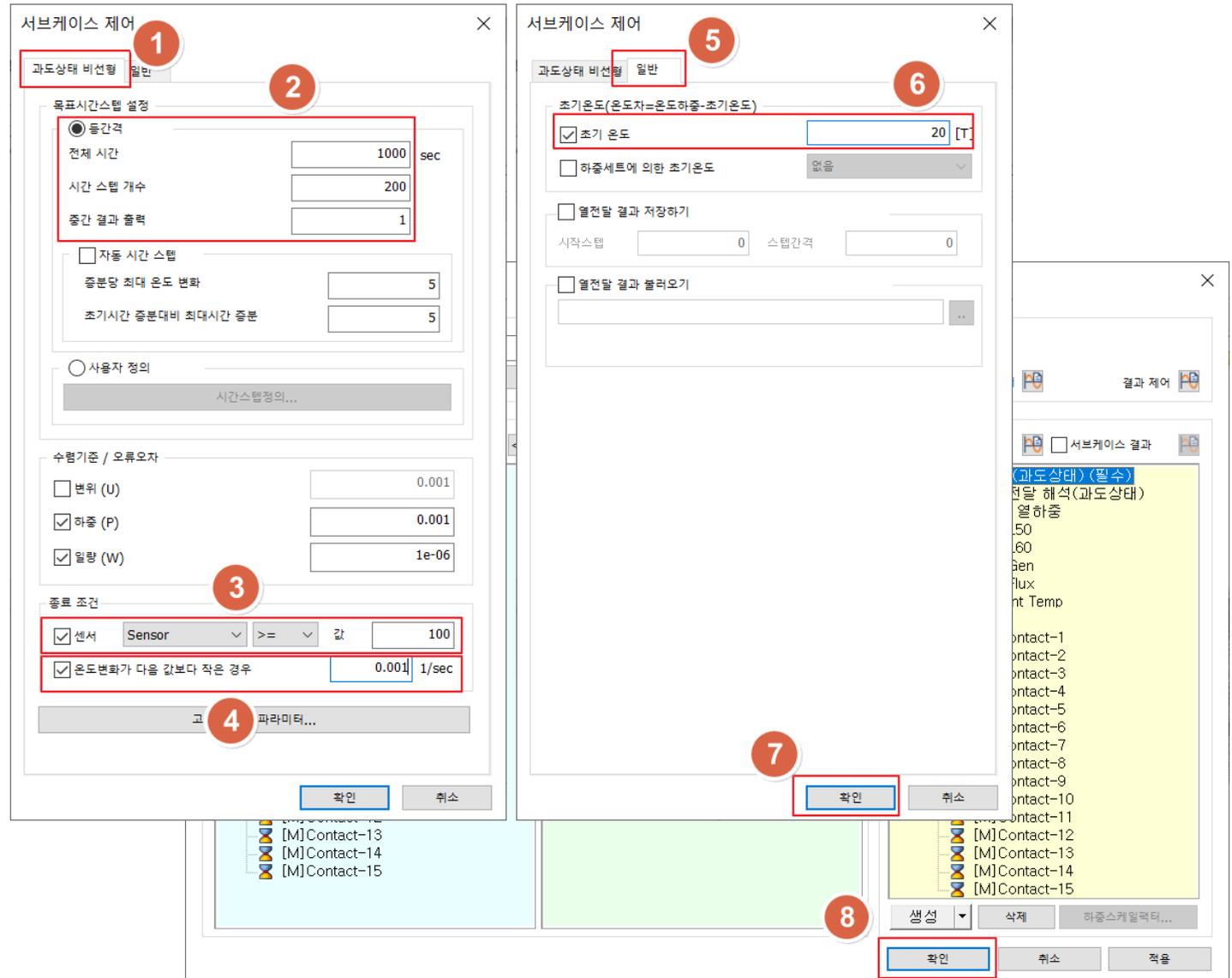
1. [과도상태 비선택] 탭 선택.
2. 목표시간스텝 설정

전체 시간	1000
시간 스텝 개수	200
중간 결과 출력	1

3. [센서] 체크 후 [Sensor] 선택,  
[>=] 선택, 값 : 100 입력. 💡
4. [온도변화가 다음 값보다 작은 경우]  
체크 후, 0.001 입력. 💡
5. [일반] 탭 선택.
6. [초기온도] 체크 후, 20 입력..
7. [확인] 버튼 클릭.
8. [확인] 버튼 클릭.

💡 앞서 설정한 센서의 값이 100보다 크거나 같은 경우 또는 스텝 간의 온도변화 0.001보다 작은 경우에는 그 시점에서 해석을 종료합니다.

💡 과도상태 열전달해석에서는 반드시 초기 온도를 설정해 주어야 합니다.



서버케이스 제어

1 과도상태 비선택 일반

2 목표시간스텝 설정

3 센서 Sensor >= 값 100

4 온도변화가 다음 값보다 작은 경우 0.001 1/sec

5 일반

6 초기온도(온도차=온도하중-초기온도)

7 확인

8 확인

결과 제어

서버케이스 결과

(과도상태) (필수)  
열전달 해석(과도상태)  
열하중  
50  
60  
Ben  
flux  
nt Temp

contact-1  
contact-2  
contact-3  
contact-4  
contact-5  
contact-6  
contact-7  
contact-8  
contact-9  
contact-10  
contact-11

[M] Contact-12  
[M] Contact-13  
[M] Contact-14  
[M] Contact-15

생성 삭제 하중스케일력터...

확인 취소 적용

## 작업순서

1. [실행] 클릭.
2. [확인] 버튼 클릭.



💡 해석을 실행하면 midas NFX 솔버가 작동됩니다. [해석중지!] 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.



midas NFX 솔버

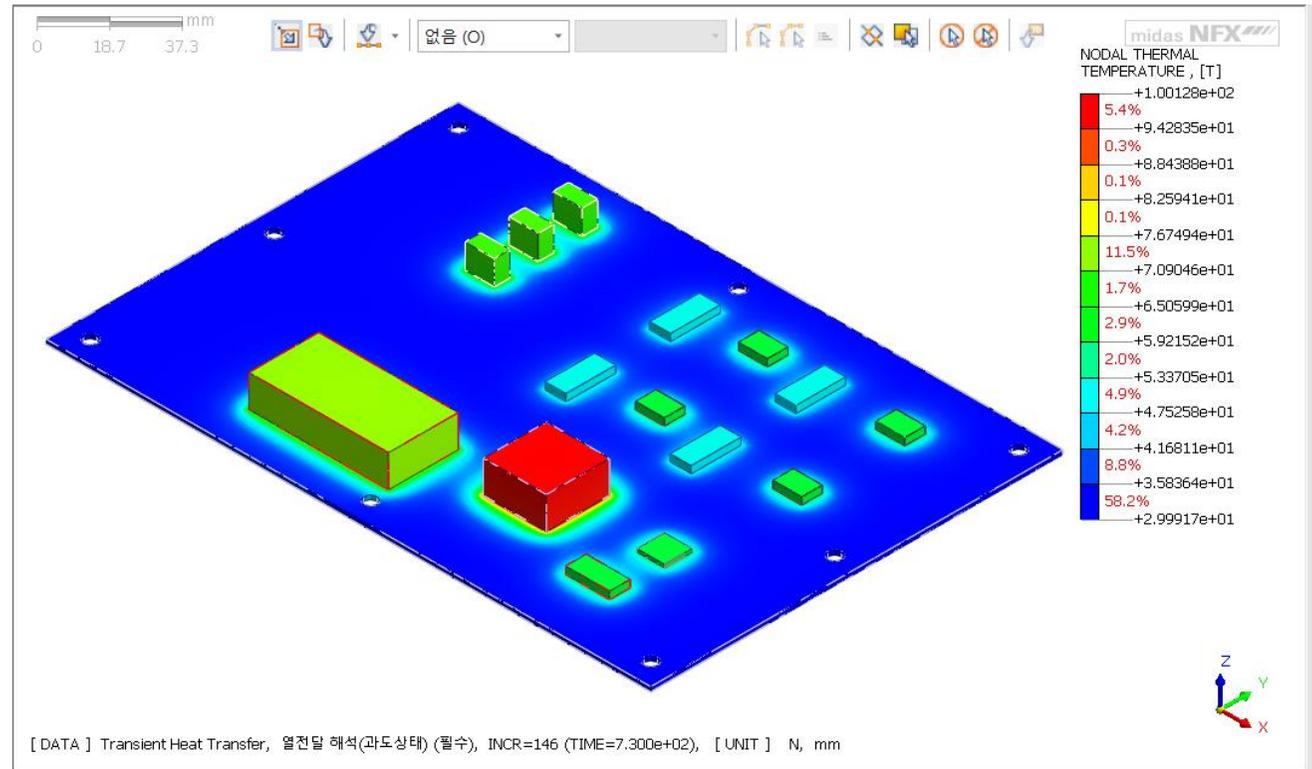
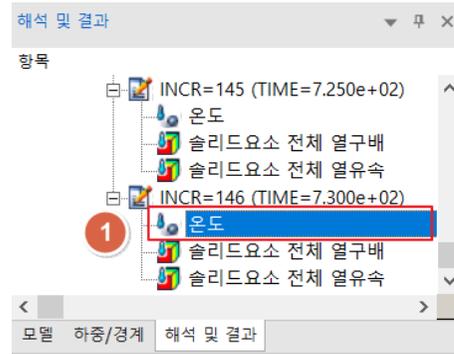
기다려 주십시오. NFX 솔버 동작 중...

해석중지!

## 작업순서

### 1. 해석 및 결과 작업트리에서

온도 더블 클릭.



💡 설정한 해석 시간(1000sec) 전에  
센서부의 온도가 100도를 넘어서게  
되면서 해석이 종료된 것을 확인할 수  
있습니다.

## 작업순서

1. [결과추출] 클릭.

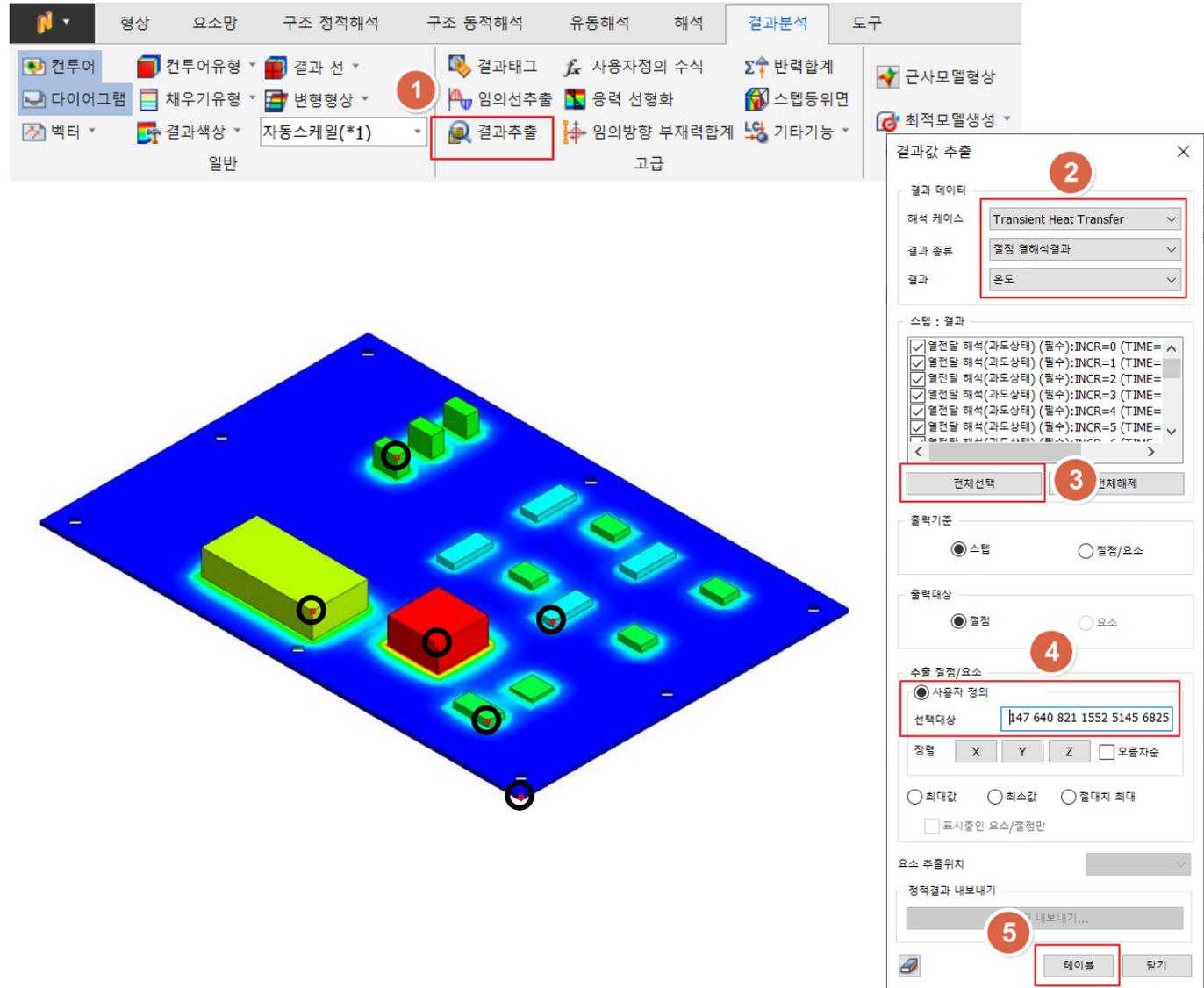
2. 결과 데이터 선택

해석 케이스	Transient Heat Tra..
결과 종류	절점 열해석결과
결과	온도

3. [전체선택] 버튼 클릭.

4. 추출 절점/요소 : [O] 표시된 6개의 절점 선택. (그림참조)

5. [Table] 버튼 클릭 후 결과값 확인.





### 작업순서

#### 1. 마우스 오른쪽 클릭하여 [그래프 보기] 선택.

선택.

#### 2. 그래프 옵션 설정

X축	스텝 값
	선택한 절점 1
	선택한 절점 2
Y축	선택한 절점 3
	선택한 절점 4
	선택한 절점 5
	선택한 절점 6

#### 3. [미리보기] 버튼 클릭.

💡 MS EXCEL을 이용하여 추가작업이 필요한 경우에는 [엑셀 내보내기]를 선택하면 테이블 결과가 엑셀로 출력됩니다.

번호	스텝	스텝 값	절점:147 온도 (TT)	절점:640 온도 (TT)	절점:821 온도 (TT)	절점:1552 온도 (TT)	절점:5145 온도 (TT)	절점:6825 온도 (TT)
1	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=0 (TIME=0.000e+00)	0.000000e+00	2.000000e+01	2.000000e+01	2.000000e+01	2.000000e+01	2.000000e+01	2.000000
2	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=1 (TIME=5.000e+00)	5.000000	2.155487e+01	2.040188e+01	2.142247e+01	2.142247e+01	2.142247e+01	2.038489
3	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=2 (TIME=1.000e+01)	1.000000	2.268728e+01	2.081549e+01	2.235449e+01	2.235449e+01	2.235449e+01	2.101887
4	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=3 (TIME=1.500e+01)	1.500000	2.416889e+01	2.148857e+01	2.358379e+01	2.358379e+01	2.358379e+01	2.185209
5	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=4 (TIME=2.000e+01)	2.000000	2.548108e+01	2.213533e+01	2.464874e+01	2.464874e+01	2.464874e+01	2.247210
6	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=5 (TIME=2.500e+01)	2.500000	2.673812e+01	2.277190e+01	2.568119e+01	2.568119e+01	2.568119e+01	2.299605
7	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=6 (TIME=3.000e+01)	3.000000	2.795328e+01	2.340150e+01	2.669744e+01	2.669744e+01	2.669744e+01	2.345962
8	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=7 (TIME=3.500e+01)	3.500000	2.913086e+01	2.402523e+01	2.770111e+01	2.770111e+01	2.770111e+01	2.387888
9	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=8 (TIME=4.000e+01)	4.000000	3.027337e+01	2.464359e+01	2.869340e+01	2.869340e+01	2.869340e+01	2.426270
10	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=9 (TIME=4.500e+01)	4.500000	3.138262e+01	2.525679e+01	2.967481e+01	2.967481e+01	2.967481e+01	2.461670
11	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=10 (TIME=5.000e+01)	5.000000	3.246011e+01	2.586498e+01	3.064565e+01	3.064565e+01	3.064565e+01	2.494480
12	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=11 (TIME=5.500e+01)	5.500000	3.350710e+01	2.646821e+01	3.160614e+01	3.160614e+01	3.160614e+01	2.524991
13	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=12 (TIME=6.000e+01)	6.000000	3.452473e+01	2.706656e+01	3.255643e+01	3.255643e+01	3.255643e+01	2.553433
14	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=13 (TIME=6.500e+01)	6.500000	3.551404e+01	2.766005e+01	3.349665e+01	3.349665e+01	3.349665e+01	2.579995
15	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=14 (TIME=7.000e+01)	7.000000	3.647597e+01	2.824872e+01	3.442695e+01	3.442695e+01	3.442695e+01	2.604835
16	열전달 해석(과도상태) (물수):INCR=15 (TIME=7.500e+01)	7.500000	3.741142e+01	2.883260e+01	3.534742e+01	3.534742e+01	3.534742e+01	2.628090

정의

차트 이름: 새로운 차트

X축 이름: 번호

Y축 이름: Y

X축 소수점 자릿수: 4  지수

Y축 소수점 자릿수: 4  지수

요약보기  새로운 X축으로 ...

로그 스케일

포맷:  X축  Y축

Base: 10 10

X축: 스텝 값

Y축: 번호, 스텝, 스텝 값, 절점:147 온도, 절점:640 온도, 절점:821 온도, 절점:1552 온도, 절점:5145 온도, 절점:6825 온도

옵션

최소/최대값 고려  콤팩트

X축: 0 0 1

Y축: 0 0 1

시리즈 스타일

마크

이미지로 내보내기

### 새로운 차트

번호