

midas NFX CFD 기본유동해석 교육

Part 0. CFD 입문자를 위한 이론의 이해

Part 1. CFD 기본개념의 이해

Part 2. CFD를 위한 올바른 모델링과 해석 수행방법

Part 3. 일반유동 모듈의 이해

Part 4. 예제로 살펴보는 일반유동 모듈

Part 5. 열유동 모듈의 이해

Part 6. 예제로 살펴보는 열유동 모듈

Contents

강의 시간 안내

시간	학습내용	목표
10:00 ~ 10:30	열유동 모듈의 이해	열유동 모듈 기본 이론 이해
쉬는시간(10분)	-	-
10:40 ~ 11:20	열유동 경계의 이해	열유동 접촉, 절점 병합의 이해
11:30 ~ 12:10	간단한 실습	Reducer pipe 열 유동 해석
12:10 ~ 13:10	점심시간	-
13:10 ~ 14:00	예제 실습(교재 271p)	강제 수랭 해석 기본 예제 학습(접촉), (절점 병합)
쉬는시간(10분)	-	-
14:10 ~ 15:00	예제 실습(교재 307p)	강제 수랭 해석 기본 예제 학습(접촉), (절점 병합)
쉬는시간(10분)	-	-
15:10 ~ 16:00	실습(manifold 열 유동)	실 사례 학습

세부 학습 목표

● 초급(기본)

CFD의 열유동 해석을 이해하고 전도,대류,복사에 대하여 이해한다.

● 중급(실무 적용)

적절한 경계조건과 메시 전략을 선택하고, 수렴·잔차를 판정하며 메시 민감도(독립성) 검토를 수행한다.
열 경계조건의 기본 사용법과 접촉, 절점병합 기능에 대하여 이해한다.

● 심화(검증·보고)

검증(verification)과 타당화(validation)의 기본 절차를 알고, 결과를 확인 할 수 있다.

열은 무엇인가?

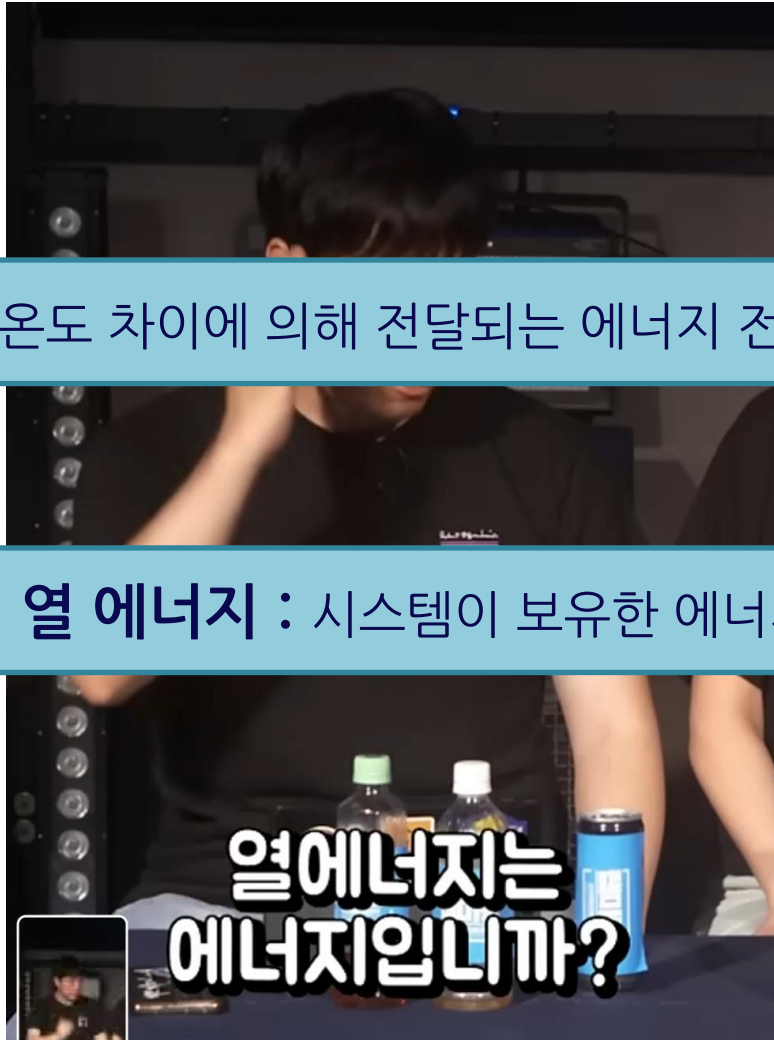


출처 : youtube 방구석 지구촌

열, 에너지를 전달 하는 방법

✓ **열** : 온도 차이에 의해 전달되는 에너지 전달 방식

✓ **열 에너지** : 시스템이 보유한 에너지



열의 이동이란?

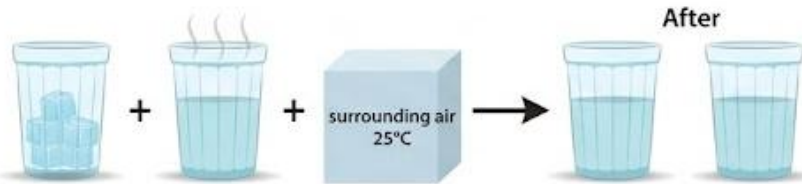
뜨거운 것은 열을 방출하고, 차가운 것은 열을 흡수해요.

열은 뜨거운 곳에서 차가운 곳으로 이동해요!



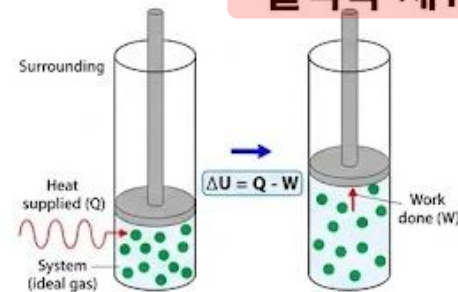
열역학 법칙

열역학 제0법칙



온도가 다르면 열이 이동하며, 모든 물체가 같은 온도가 되면 열평형 상태에 도달한다.

열역학 제1법칙

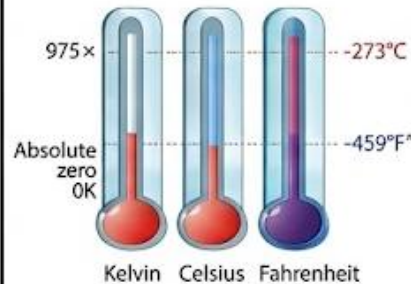


에너지는 생성되거나 소멸되지 않으며, 다른 형태로 전환될 뿐 그 총량은 보존된다.

열역학 제2법칙

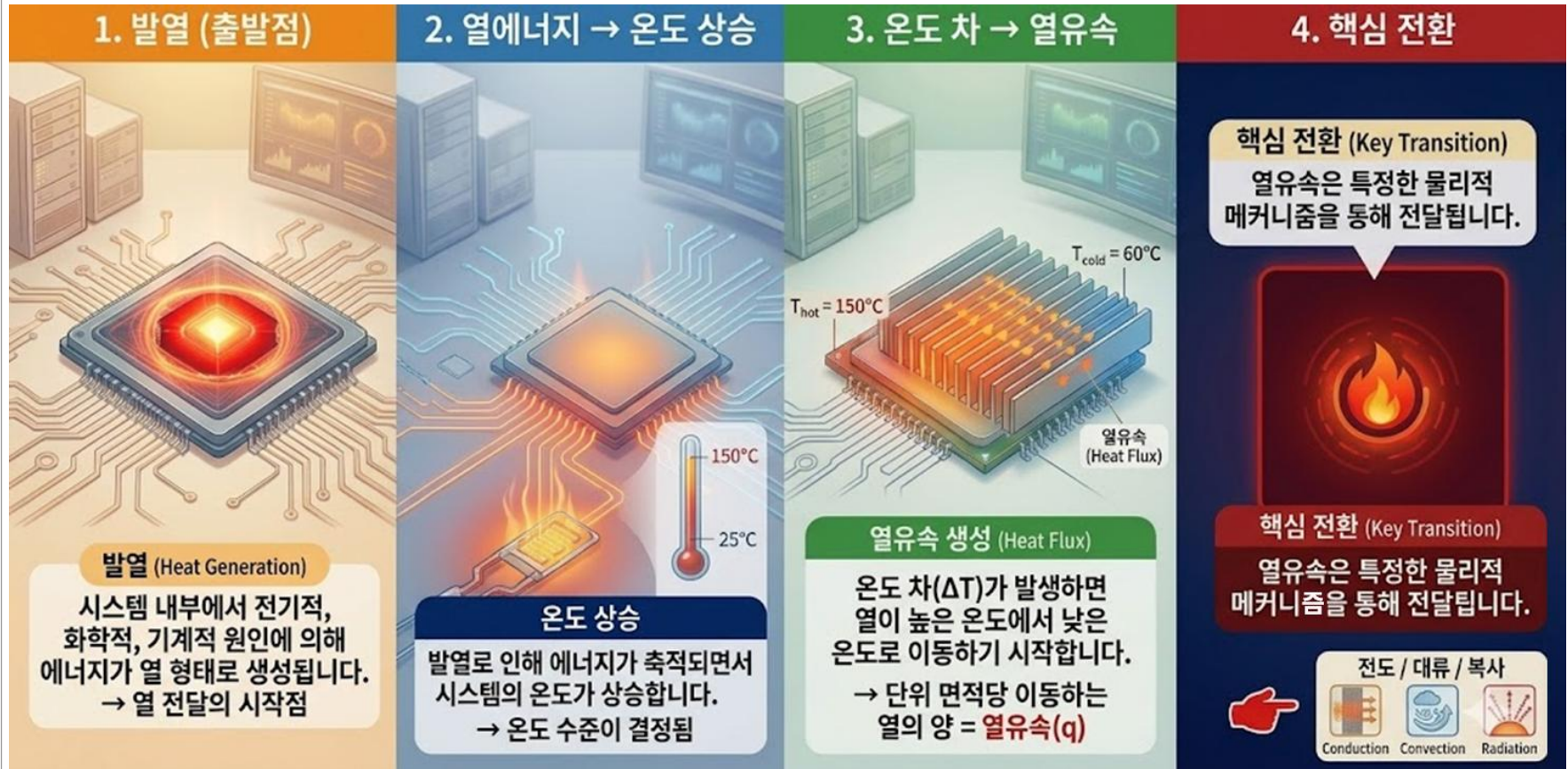


열역학 제3법칙

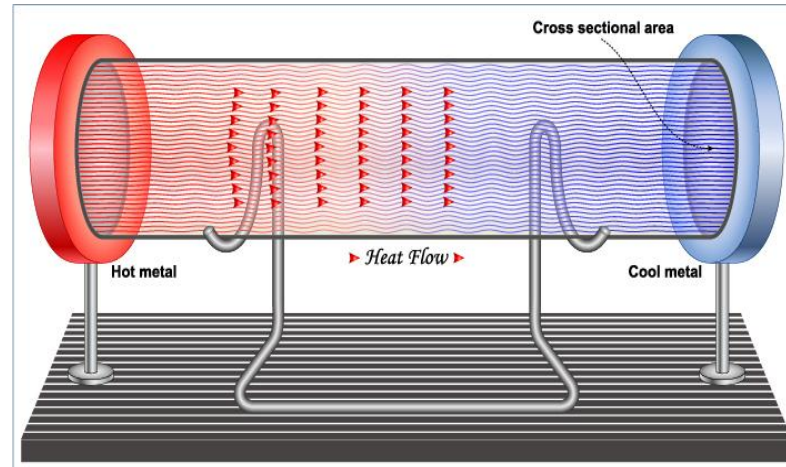


절대온도 0K에 가까워질수록 완전결정 물질의 엔트로피는 0에 수렴한다. (분자 운동의 최소 상태)

열 흐름의 이해



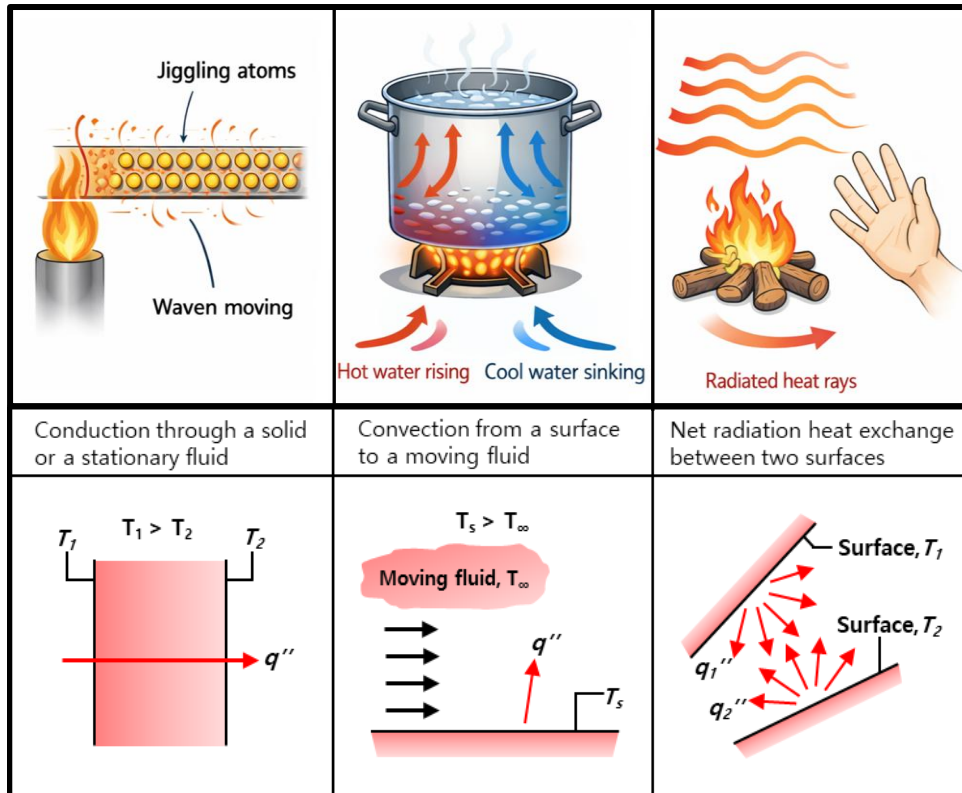
열, 온도에 대한 이해



열역학 제 2법칙, 엔트로피

- 에너지 흐름의 방향성에 대한 법칙 (총량에 대한 것은 1법칙)
- 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐른다
- 인위적인 일이 없으면 비가역적이다
- 우주의 무질서도는 증가한다(엔트로피가 증가하는 방향으로 현상이 발생한다)

CFD 열전달 메커니즘의 정리



전도 : 고체 원자의 열전달

대류 : 유체 원자의 열전달

복사 : 매질(열전달 물질) 없이 발생하는 열전달

Conduction : Molecular interaction

Convection : Fluid motion

Radiation : Electromagnetic wave

발열? 열유속?

Surface Heat Flux



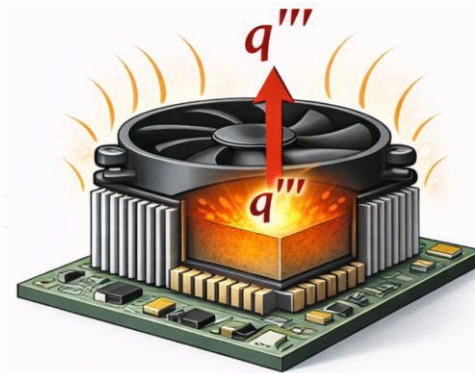
Heat Flux

Ironing Clothes

q'' : Heat flux (W/m²)
 q : Heat generation (W)
 A : Surface area (m²)

열유속 : 특정 면을 통해 열이 전달되는 경우

Internal Heat Generation



Heat Generation

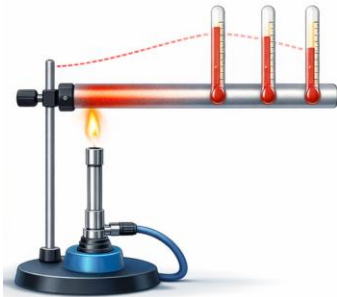
CPU Performance

k : Thermal conductivity (W/m-K)
 dT/dn : Temperature gradient

발열 : 부피가 있는 물체에서 열이 발생하여 전달 되는 경우

CFD 열 전달 메커니즘 수식화

전도 conduction



분자가 열에너지로 인해 진동하여 이웃한 분자에 충돌하여 열에너지를 전달

$$\vec{q} = -k\nabla T$$

$\vec{q}$: 열유속

k : 전도율

∇T : 온도차

대류 Convection



열에너지를 지닌 유체가 직접 이동하여 열에너지 전달

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t))$$

Q : 열 에너지

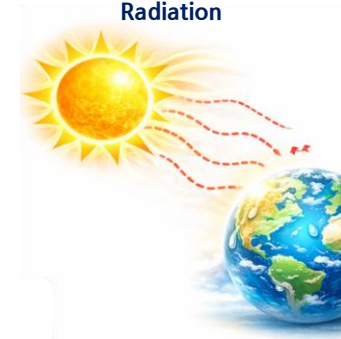
h : 대류계수

A : 열전달 대상의 면적

T_{env} : 주변 온도

T : 열전달 대상의 표면 온도

복사 Radiation



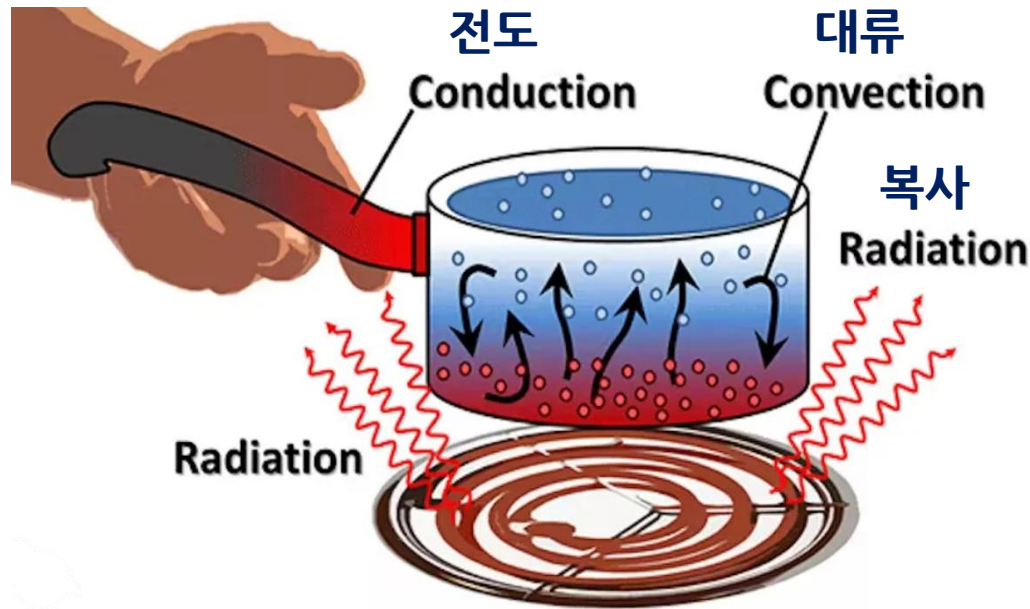
열에너지가 매질 없이 전자기파 형태로 전달

$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = \sigma A_1 F_{1 \rightarrow 2} (T_1^4 - T_2^4)$$

σ : 스테판-볼츠만 상수

$F_{1 \rightarrow 2}$: 형상 계수

열유동 모듈과 열전달 개념



열전달의 물리현상은 **전도 + 대류 + 복사**가 복합적으로 작용

전도의 경우 고체에서의 열전달로 비교적 단순한 전도 방정식으로 쉽게 계산가능

하지만, **대류 + 복사**의 경우 복잡한 방정식으로 인해 계산이 어려움

열유동 모듈과 열전달 개념

자연대류 VS 강제대류

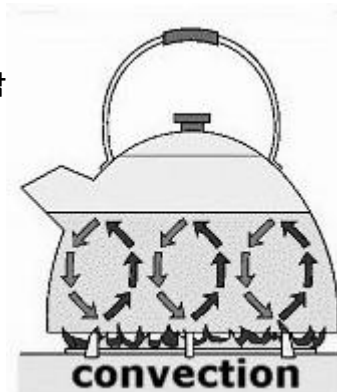
자연대류



동력원 無

대류

바닥



열에너지를 지닌 유체가 직접
이동하여 열에너지 전달

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t))$$

Q : 열 에너지

h : 대류계수

A : 열전달 대상의 면적

T_{env} : 주변 온도

T : 열전달 대상의 표면 온도

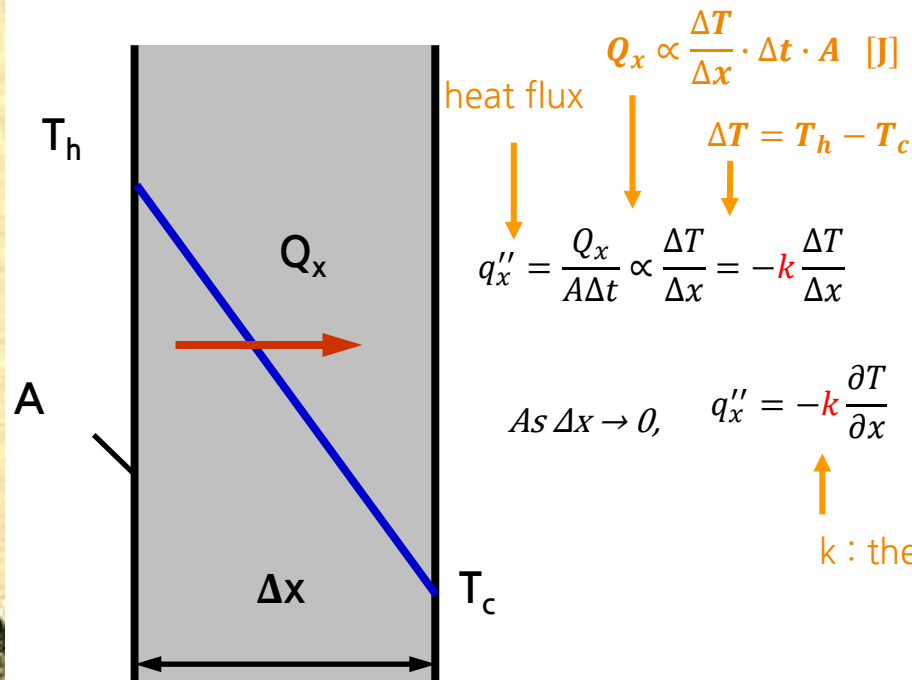
강제대류



동력원 有



전도 열전달 - 푸리에의 법칙(Fourie's Law)



$$Q_x \propto \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta t \cdot A \quad [\text{J}]$$

heat flux

$$\Delta T = T_h - T_c$$

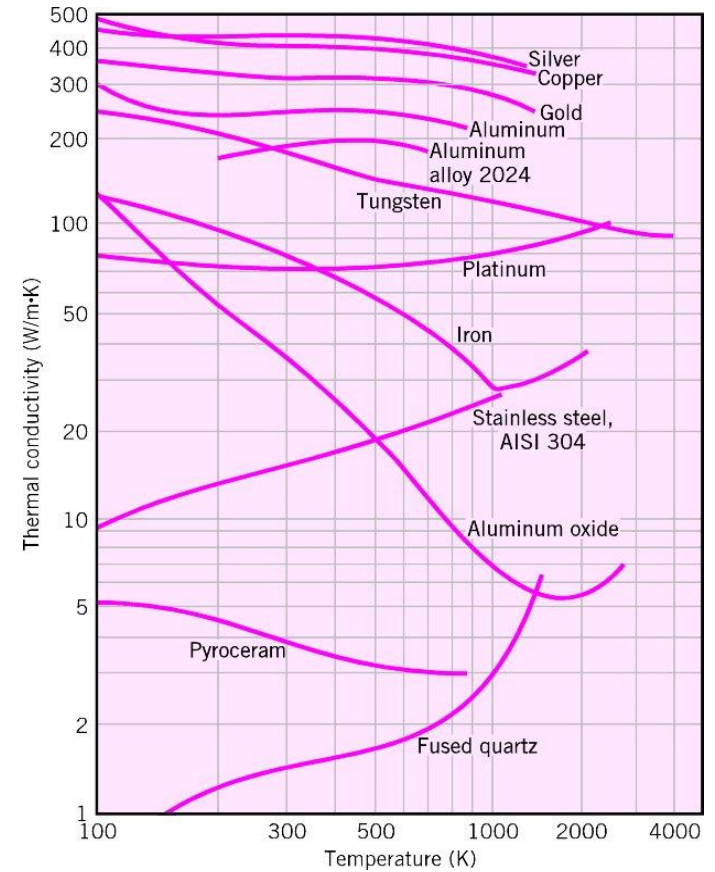
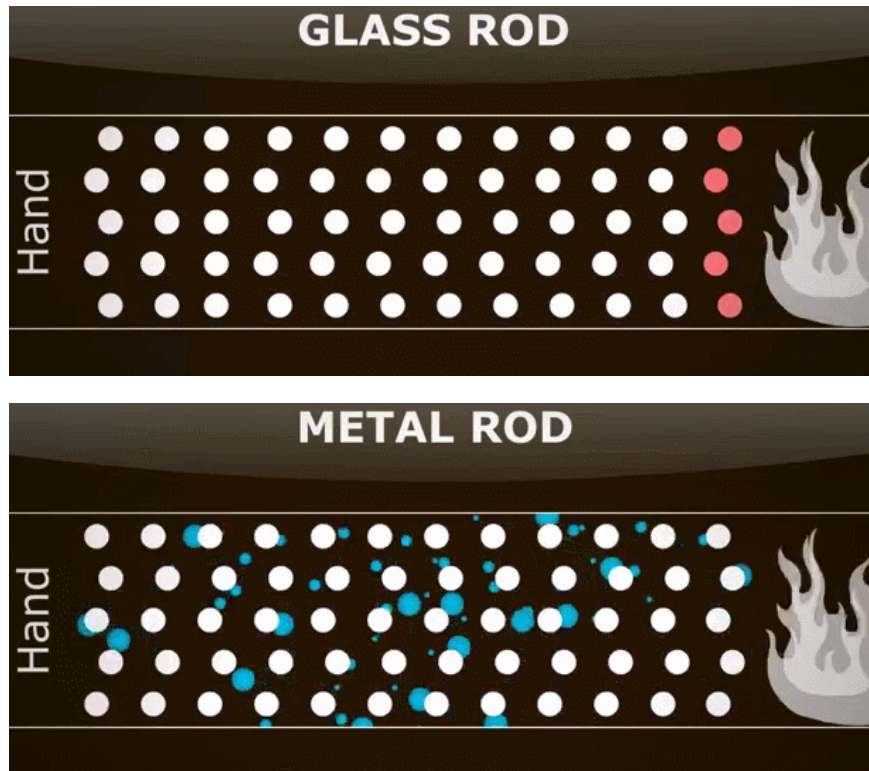
$$q_x'' = \frac{Q_x}{A \Delta t} \propto \frac{\Delta T}{\Delta x} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$[\text{J}/(\text{m}^2\text{s}) = \text{W}/\text{m}^2]$$

$$\text{As } \Delta x \rightarrow 0, \quad q_x'' = -k \frac{\partial T}{\partial x}$$

k : thermal conductivity $[\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}]$

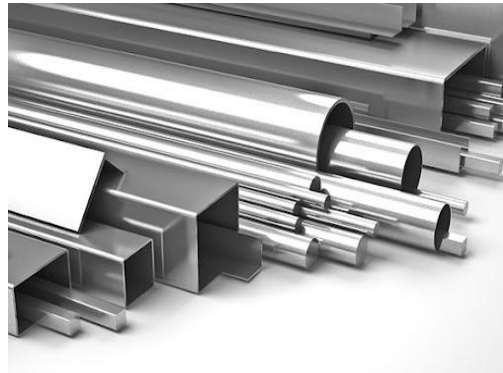
전도 열전달계수 이해



전도 열전달 원리



전도 열전달계수 이해



열 전도율 이해

순서	재료	재료 이미지	k (W/m·K)
1	우레탄 폼		0.02 ~ 0.03
2	물		~0.6
3	유리병		~1.0
4	SUS304		~15
5	후라이팬 (스테인리스)		~15 ~ 20
6	후라이팬 (알루미늄)		~150 ~ 220
7	구리 선		~400

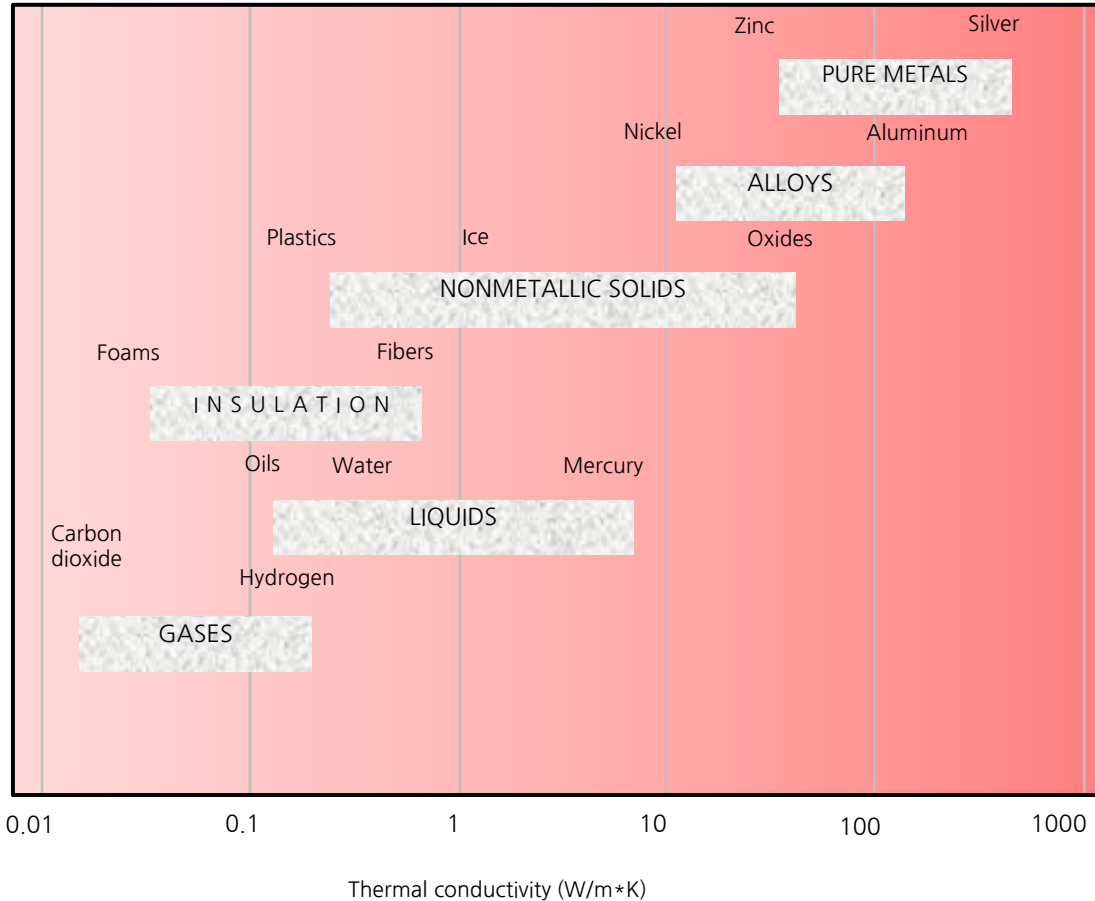
* k (W/m·K): 열전달 계수 (conductivity)

열 전도의 병목현상: 공기 단열층

- 표면적의 90%를 차지하는 '공기 단열층'
- 공기의 열전도율($k \approx 0.026$)은 금속보다 수만 배 낮아 심각한 온도 단절(Temperature Drop)을 유발합니다.



전도 열전달계수 이해



Material	W(m·K)
Diamond	2300
Copper	401
Gold	317
Aluminum	237
Iron	80.2
Glass	0.78
Water	0.613
Hunman Skin	0.37
Wood	0.17
Air(g)	0.026

전도 열전달계수 재료물성치 정의

재료

번호 2 이름 AIR_25°C-1 색상

유체 (유동해석)

유체

모델 비압축성

질량밀도 1.1845 kg/m³ 없음

일반화된 뉴턴 유체

☒ 점성 1.8444e-05 kg/(m·sec) 없음

☐ 비뉴턴 점성 상세정의

몰질량 0.02897 kg/mol 없음

표면장력 0 N/m 없음

압축률 0 sec²/m² 없음

가속도장

Tx 0 m/sec² 없음

Ty 0 m/sec² 없음

Tz 0 m/sec² 없음

열

비열 1006 J/(kg·[T]) 없음

전도율 0.0242 W/(m·[T]) 없음

부유도 0 없음

열원 0 W/m³ 없음

물질이송

확산계수 2.82e-05 m²/sec 없음

소스 0 1/sec 없음

복사

흡수계수 0 1/m 없음

산란계수 0 1/m 없음

산란 회상할수 동방성

굴절률 0

불러오기... 편집... 확인 취소 적용

열

비열 1006 J/(kg·[T]) 없음

전도율 0.0242 W/(m·[T]) 없음

부유도 0 없음

열원 0 W/m³ 없음

MTS MECHANICAL
TOTAL
SOLUTION

대류

대류 열전달

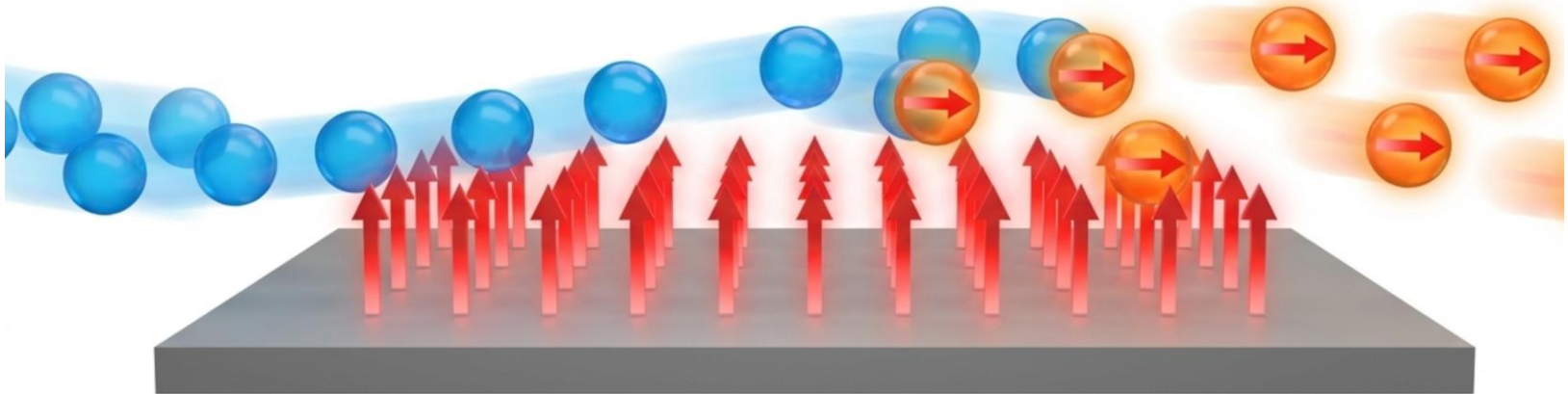
대류(Convection): 에너지를 직접 수송하는 유체의 역동성

$$q = h(T_{wall} - T_{\infty})$$

(대류 열전달계수 h 의 지배)

표면까지 힘겹게 도달한 열에너지.

이제 유체 입자가 열을 직접 가로채어 물리적인 공간을 이동하며 수송합니다.

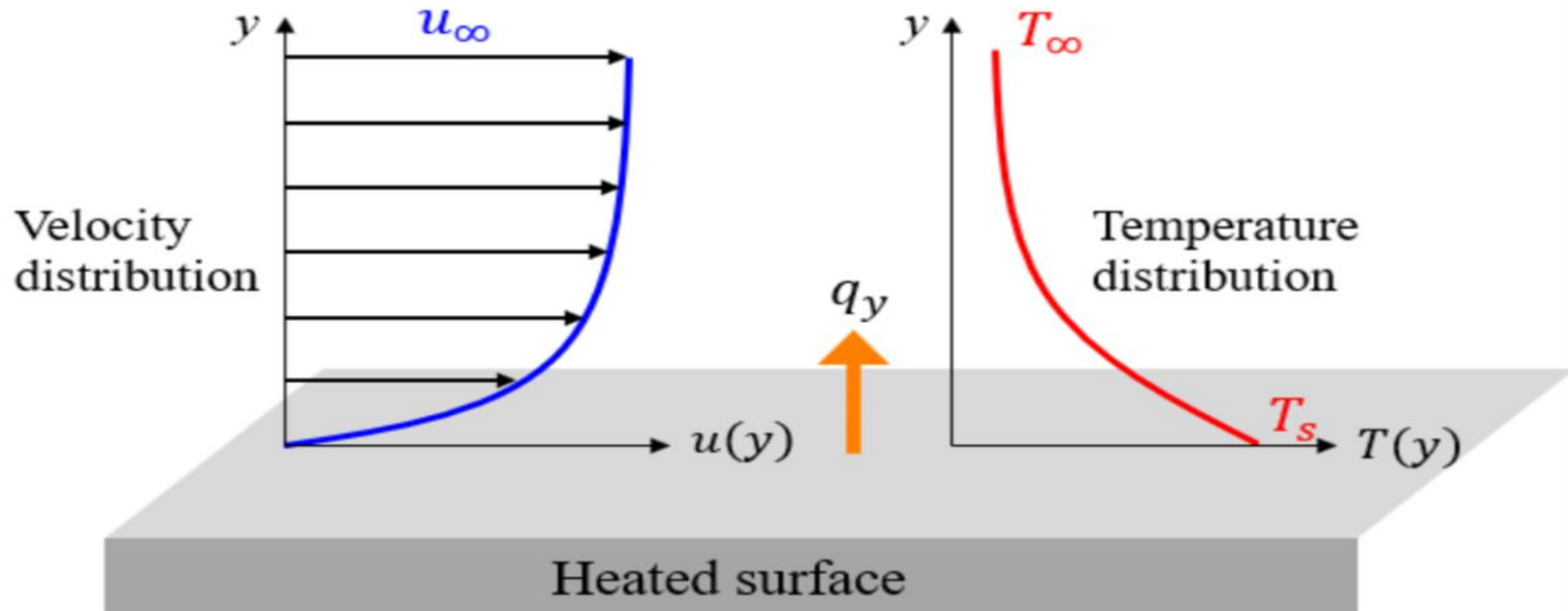


대류 열전달 현상과 대류 열전달 계수

- Bulk motion of fluid (유체의 운동)
유체가 실제로 움직이면서 열을 운반하는 효과

Bulk motion of fluid

- Temperature distribution (유체의 열전달)
분자 전도 효과



대류 열전달계수 이해

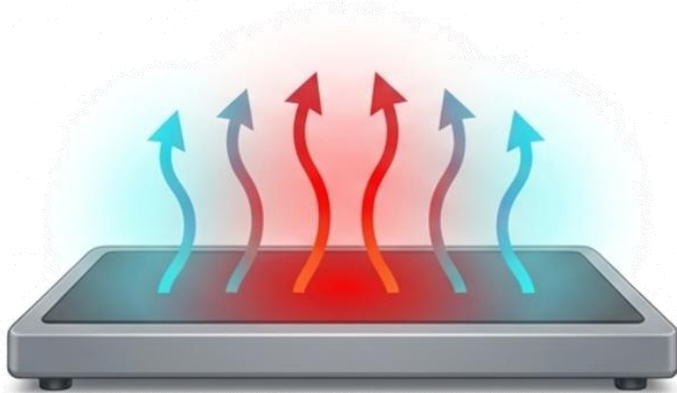


자연 대류와 강제 대류

부력에 의한 느린 흐름 vs 동력에 의한 강제 탈취

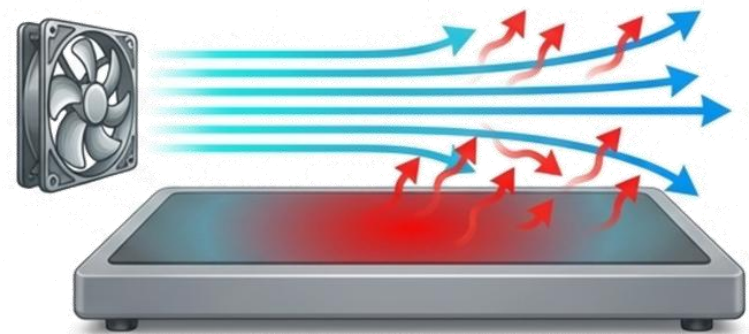
자연 대류 (Natural)

- 부력(Buoyancy)에 의한 밀도 차이 이동
- 두꺼운 경계층 정체
- 느린 열적 평형 도달



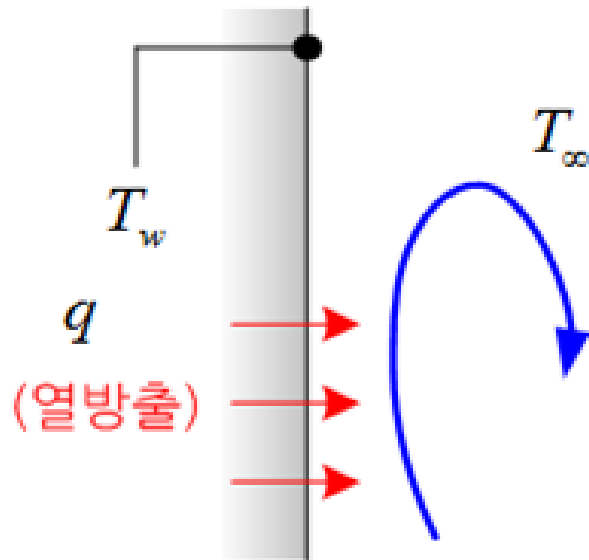
강제 대류 (Forced)

- 팬(Fan) 물리적 동력
- 열 경계층의 무자비한 파괴
- 압도적인 국부 냉각 효율



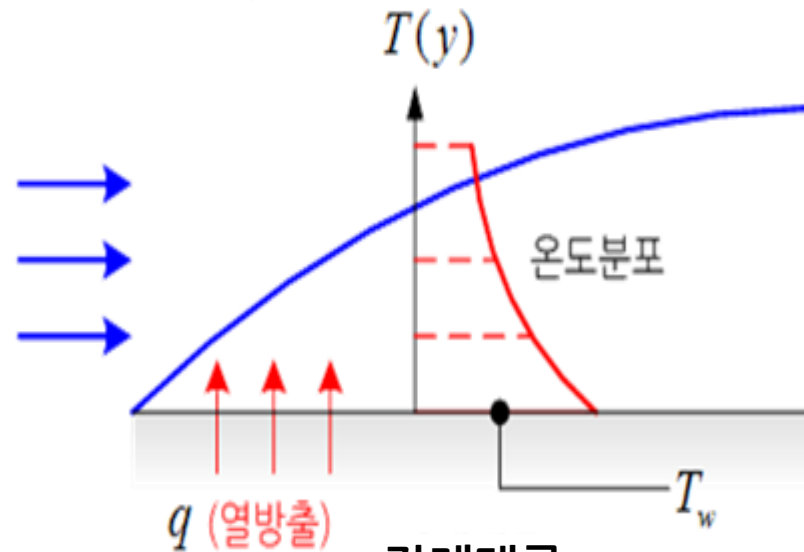
대류 열전달계수 구분

<Natural Convection>



자연대류

<Forced Convection>



강제대류

대류 열전달계수 구분

〈Natural Convection〉

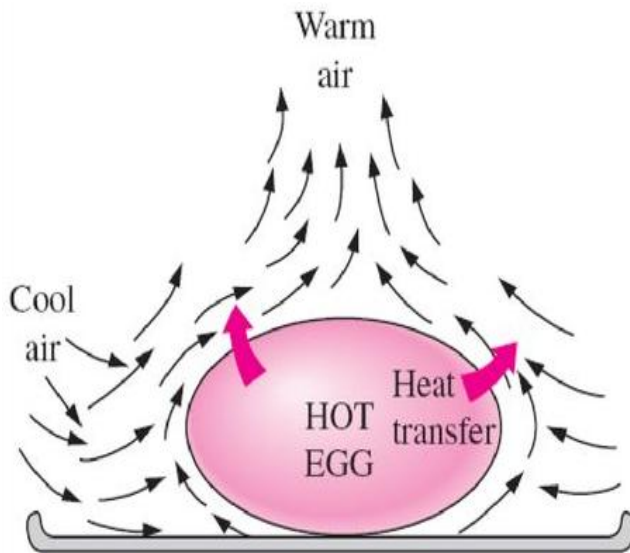


〈Forced Convection〉



대류 열전달계수 구분

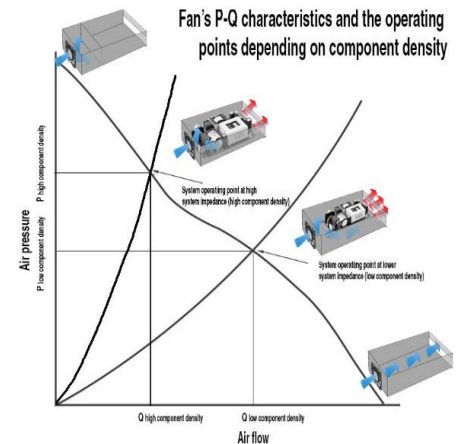
<Natural Convection>



자연대류

<https://slideplayer.com/slide/16931023/>

<Forced Convection>

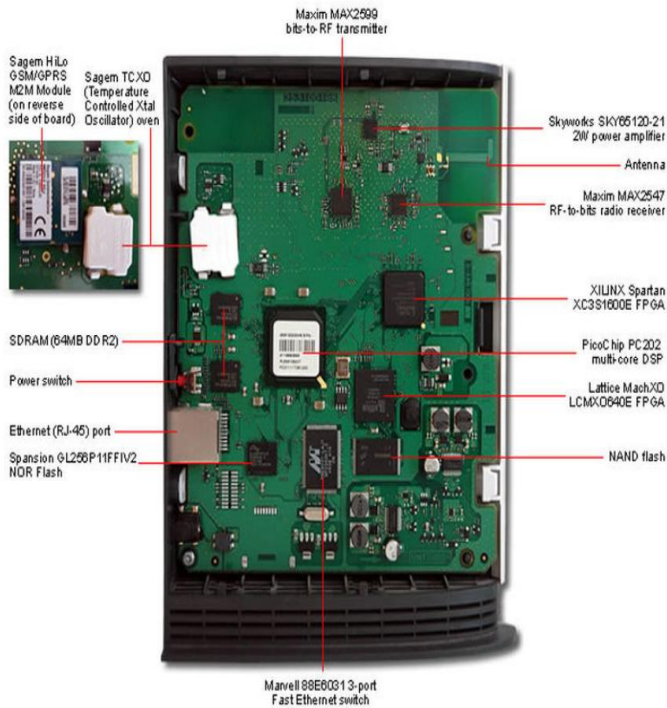


강제대류

<https://www.engineerlive.com/content/design-system-cooling-using-dc-axial-fans>

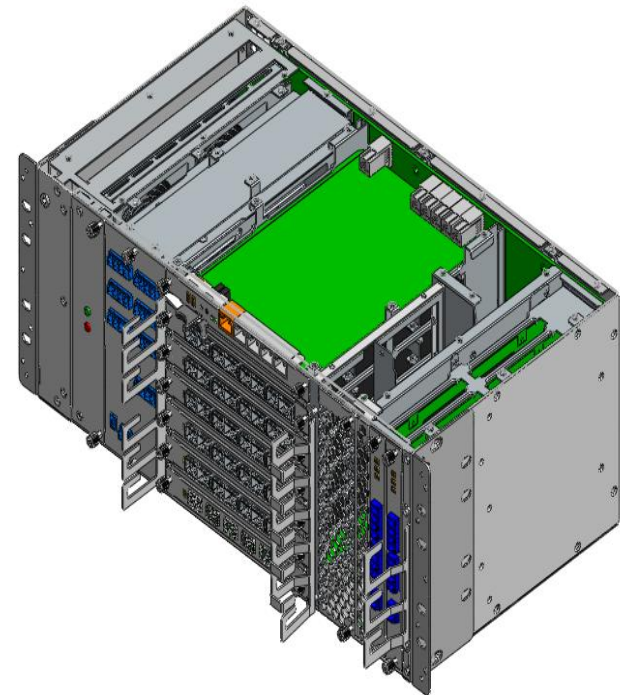
대류 열전달계수 구분

<Natural Convection>



자연대류

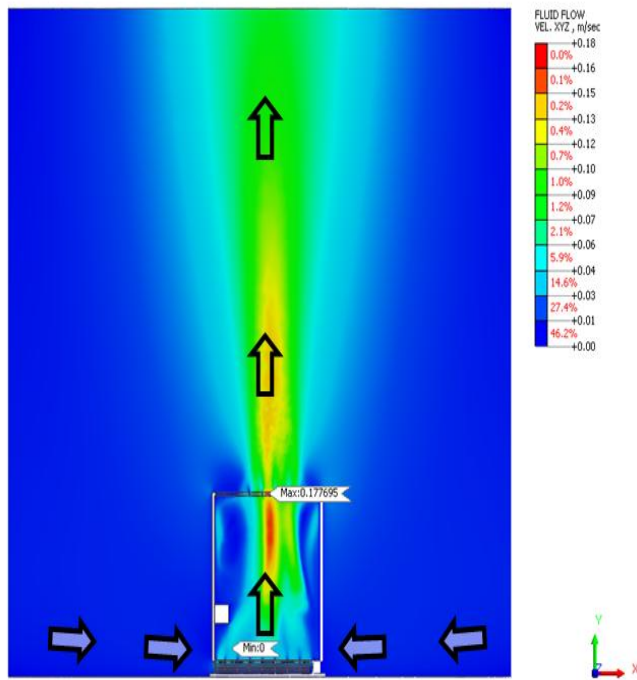
<Forced Convection>



강제대류

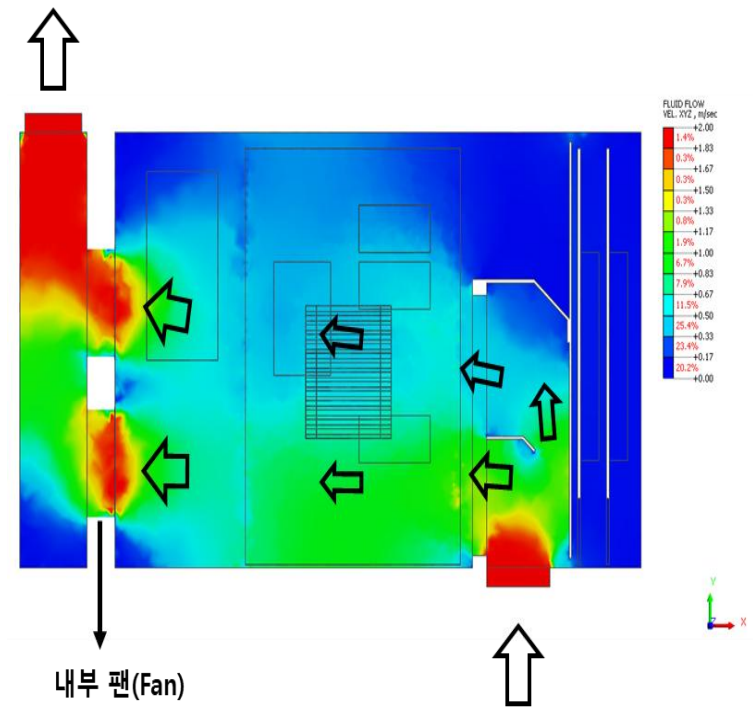
대류 열전달계수 구분

<Natural Convection>



자연대류

<Forced Convection>



강제대류

대류 열전달계수 해석조건 적용

<Natural Convection>

대류조건 h 값 상수 적용 (상승기류 영향없을시)

대류

종류 면

이름 대류-1

대상형상 종류 면

대상선택

외기온도

☒ 값 25 [T]

기준환수 없음

☐ 절점

대류

☒ 대류계수 5 W/(m²·[T])

☐ 온도의존적 대류계수

온도환수 없음

☒ 면적 ☒ 외기

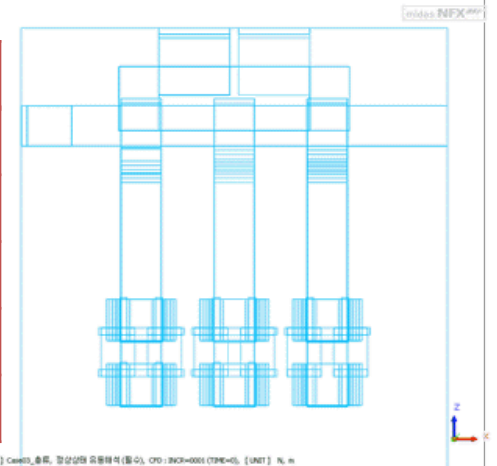
하중세트 열하중 세트-1

확인 취소 적용

자연대류 (W/m ² ·K)		강제대류 (W/m ² ·K)	
0.3m 수직평판, 공기	4.5	0.2m 수직평판, 2m/s 공기	12
수평원통, 지름 5cm	6.5	0.75m 수직평판, 35m/s 공기	75
		지름 2.5cm, 관 10m/s 공기	65
		지름 5cm, 관 50m/s 공기	180
		지름 2.5cm, 관 0.5kg/s 물	3500

<Forced Convection>

유동해석을 통한 위치별 h 값 계산



열유동 모듈과 대류

대류 현상 : 뉴턴의 냉각 법칙

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t)) = -h \cdot A\Delta T(t)$$

Q : 열 에너지

h : 대류계수

A : 열전달 대상의 면적

T_{env} : 주변 온도

T : 열전달 대상의 표면 온도

정의 : 물체의 가열/냉각 속도는 물체와 주변의 온도차에 비례

✓열전달 계수를 정의하여 대류 열전달을 기술

✓실험을 통해 열전달 계수를 산출

ex) 뜨거운 물체를 10°C 에 두는 것 보다 0°C 에 두는 것이 훨씬 빨리 식는다.

열유동 모듈과 대류

자연대류

대류계수 $h \propto \Delta T^x$
($\frac{1}{4} < x < \frac{1}{3}$)

$4 < h < 4,000$



강제대류

대류계수 $h = \text{상수}$

$80 < h < 75,000$



끓임대류

대류계수 $h \propto \Delta T^2$

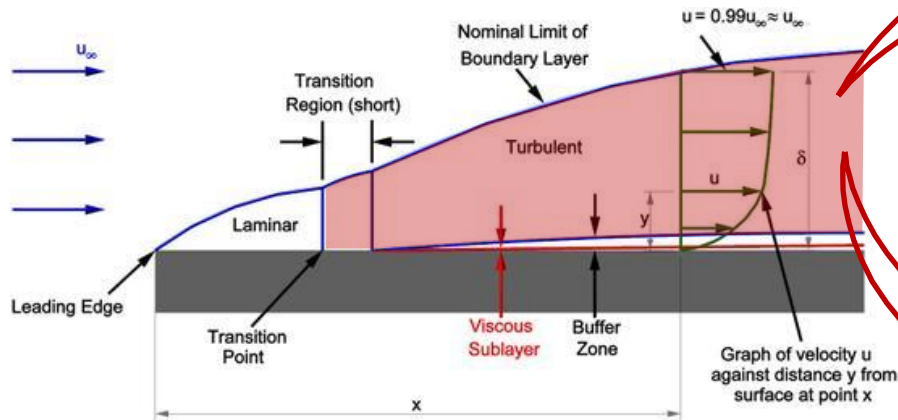
$300 < h < 900,000$



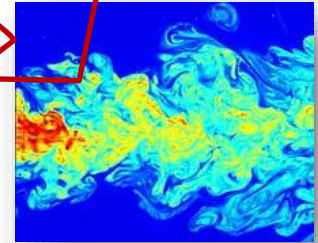
실험적/경험적 평가 없이 정확한 대류계수 산출 근거 부족

열유동 모듈과 대류

경계층의 난류 현상



균일한 속도의 유동이 벽면을 만나 난류를 발생하는 경우



복잡한 난류로 인해 열전달 성질이 변함

대류 계수 예측 불가

열유동 모듈과 대류

강제대류 환경에서의 대류 계수 범위

$$80 < h < 75,000$$



강제대류 환경의 대류 계수는 속도와 환경에 따라 천차만별

대류 계수 예측 불가

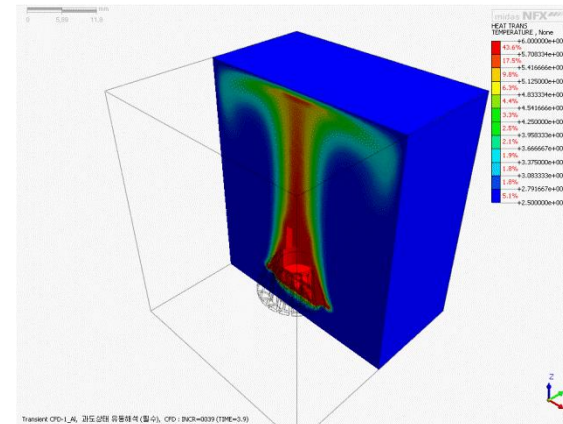
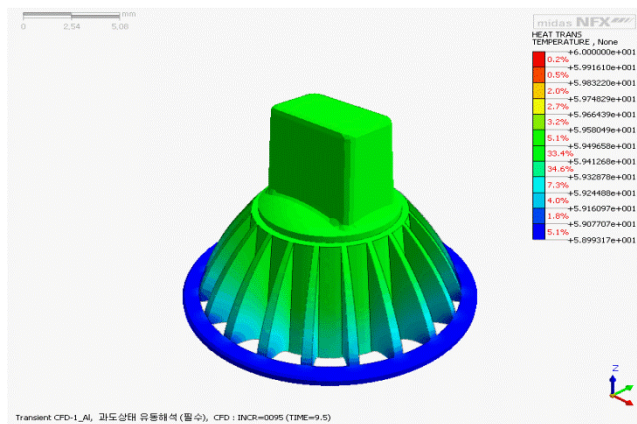
열유동 모듈과 대류

구조 열전달 해석과 CFD 열유동 해석

구조 열전달 해석

열유동 해석

계산
결과



비교

대류계수를 통해 공기를 가정

공기를 직접 모델링 하여 열전달 분석

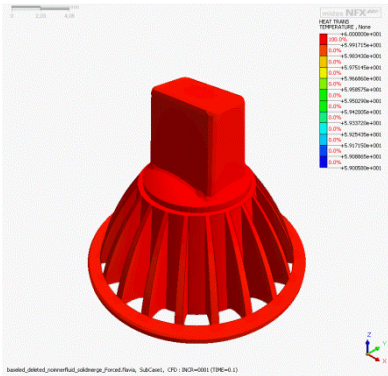
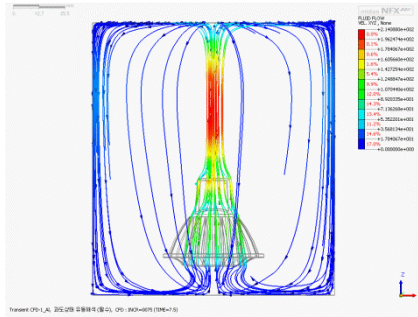
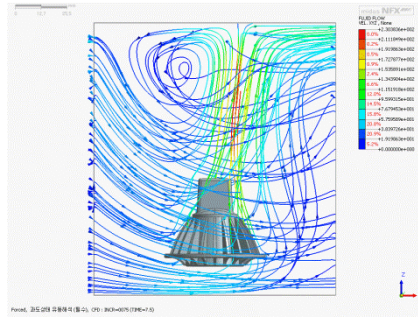
특징

예측된 대류계수 입력을 통해
해석 가능

공기 유동 추가 계산 - 대류계수 입력 불필요

구조 열전달 해석은 대류 계수 가정으로 인한 오차가 있음

열유동 모듈과 대류

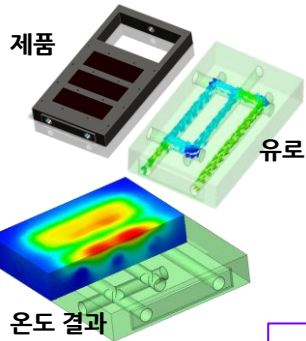
	자연대류	강제대류	
	구조 열전달 해석	열유동 해석	
계산 결과			
	비교	대류계수 입력	공기층을 직접 모델링 하여 열전달 분석
특징	대류계수의 정확한 입력 필요	대류계수 입력 필요 없음	대류계수 입력 필요 없음
구조해석은 정확도가 낮지만 대류 계수 입력을 통해 쉬운 해석이 가능함 강제대류일 경우에는 대류계수 산출이 어려워 반드시 유동해석 수행 필요			

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

실무 열유동 해석 분류

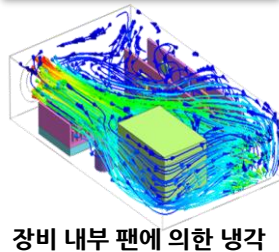
강제 대류

① 수랭

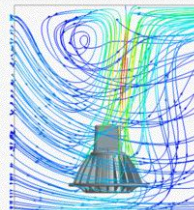


공랭

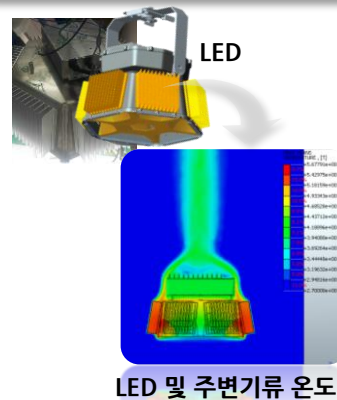
② 내부 유동



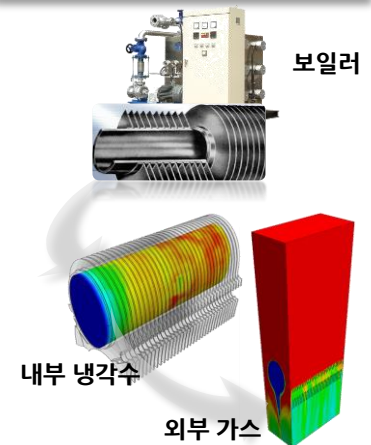
③ 외부 유동



④ 자연대류

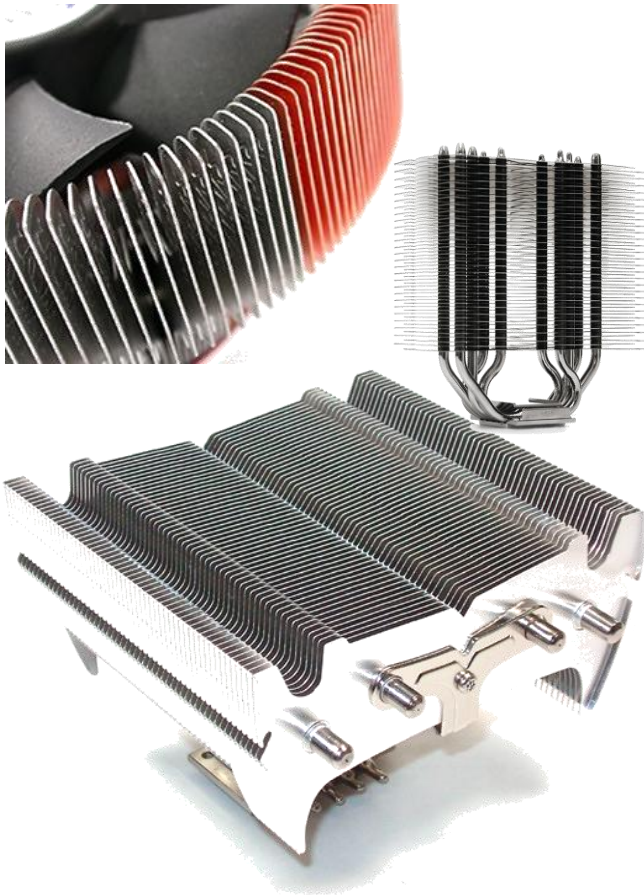


⑤ 열교환기



열유동 모듈과 열간섭 현상

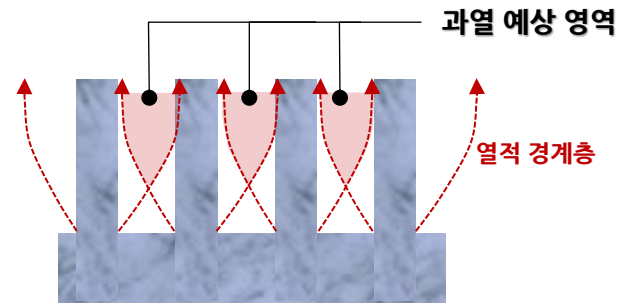
히트싱크 Fin 의 열유동 특성 일반



- ① 이론 : Fin 사이 간격이 촘촘해질 경우
면적이 증가하여 열전달 효율 증가

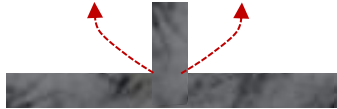
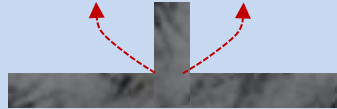
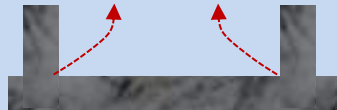
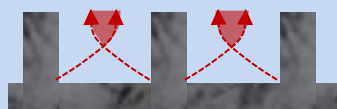
$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t))$$

- ② 실제 : Fin 사이 간격이 촘촘해질 경우
Fin 사이 벽면효과로 인해 공기흐름 감소 : 과열



※ 실제 용접으로 인치(inch) 당 22개의 Fin 을 붙일 수 있음

열유동 모듈과 열간섭 현상

핀의 개수	핀의 형태	구조 열전달 해석	실제 : 열간섭 현상	비고
N		면적 $A \approx 1$ $h \cdot A(T_{env} - T(t)) = \frac{dQ}{dt}$		일치
2N		면적 $A \approx 2$ $h \cdot A(T_{env} - T(t)) = \frac{dQ}{dt}$		일치
3N		면적 $A \approx 3$ $h \cdot A(T_{env} - T(t)) = \frac{dQ}{dt}$	열간섭 발생 	오차 발생
4N		면적 $A \approx 4$ $h \cdot A(T_{env} - T(t)) = \frac{dQ}{dt}$	열간섭 발생 	오차 발생

열유동 모듈과 열간섭 현상

히트싱크 대류계수 산출이론

대류계수 산출

$$h_c = 0.72 C_p G \left(\frac{GD}{\mu} \right)^{-0.7} \left(\frac{C_p \mu}{K} \right)^{-\frac{2}{3}}$$

C_p : 공기비열 μ : 공기점성

G : 질량유량 D : 특성길이

대류계수 산출을 위한
정보 수집이 어려움

히트싱크 대류 계수 실험

실험장비 (TD 1005)



강제대류, 자연대류 실험
열교환 표면 효율 실험
열교환 계수 측정가능

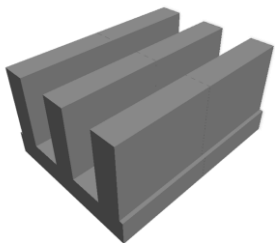
고가의 장비, 사용 전문성 필요
실험 구축 시간 소요

열유동 모듈과 열간섭 현상

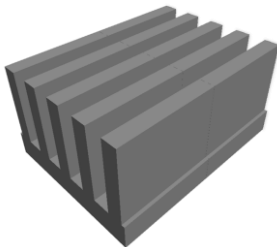
사례로 보는 열간섭 현상

해석목적 :
히트싱크 방열 핀 개수 증가에 따른 온도 변화 관찰

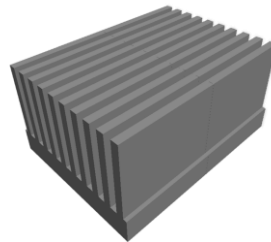
열간섭 현상 해석



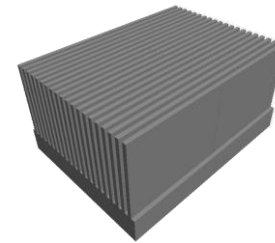
3



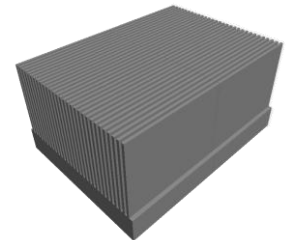
5



10



20



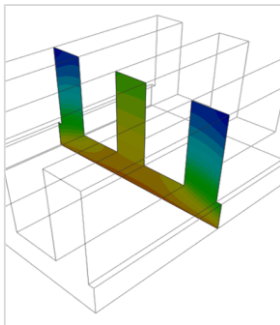
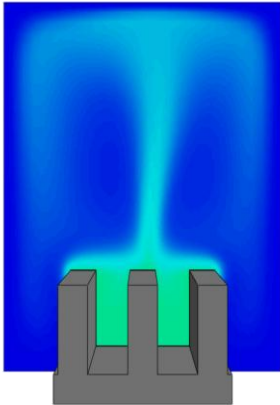
30

총 5 개의 CASE: 핀 형상에 따른 최대 온도 예측

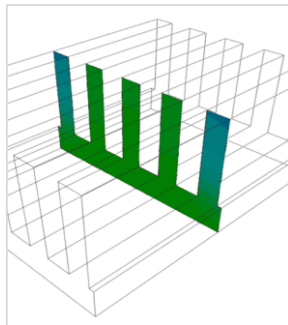
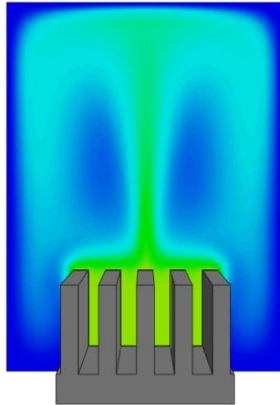
열유동 모듈과 열간섭 현상

■ 해석 결과

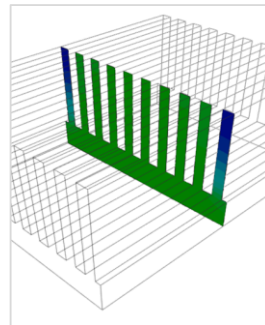
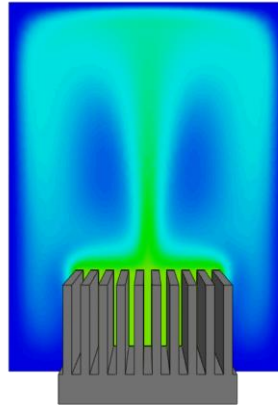
Fin = 3



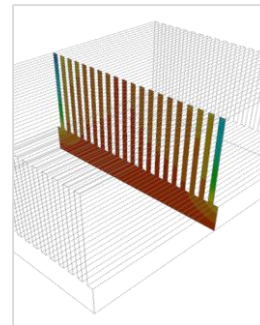
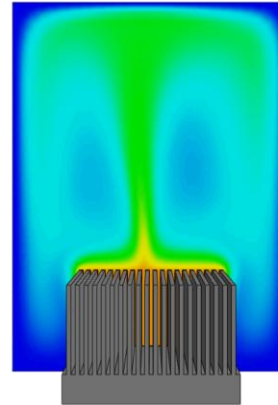
Fin = 5



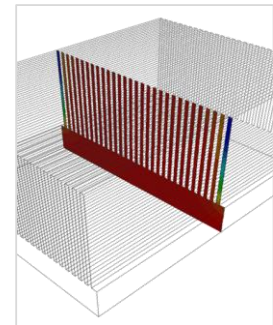
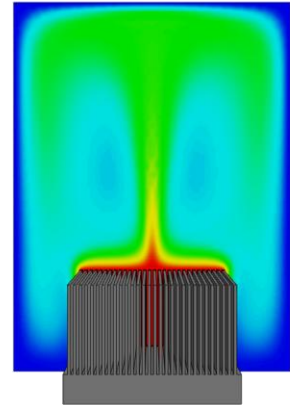
Fin = 10



Fin = 20

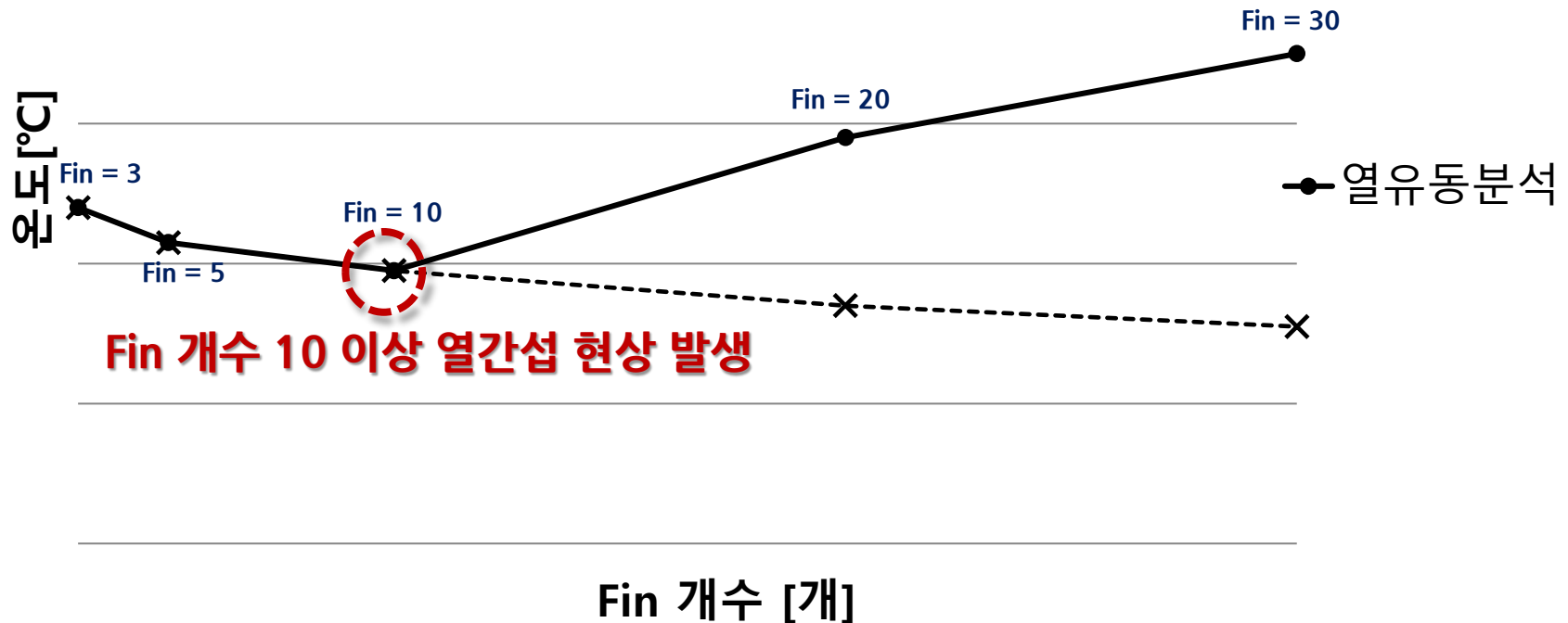


Fin = 30



열유동 모듈과 열간섭 현상

히트싱크 발열부 온도

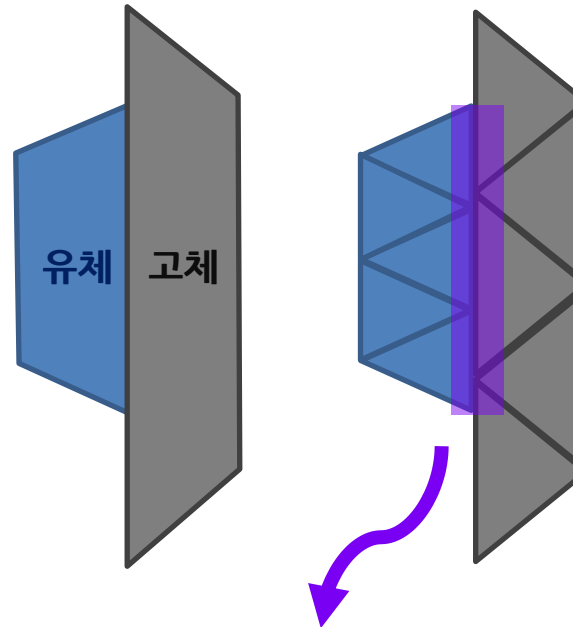
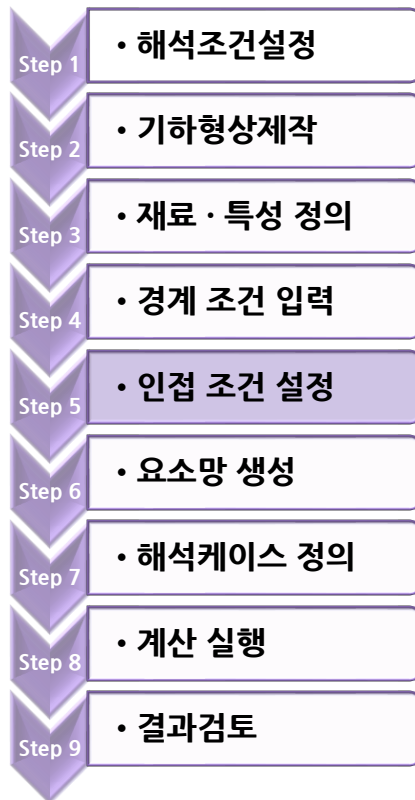


Fin 개수가 일정수 이상 증가할 경우 열간섭 현상 발생 :
열 간섭 현상이 반영된 히트싱크 설계를 위한 열유동 해석 필요

Remind - CFD 해석 과정

유체-고체의 열전달을 계산 하는 방법

1. 유체 요소망 - 고체 요소망 인접면의 “접촉” 조건



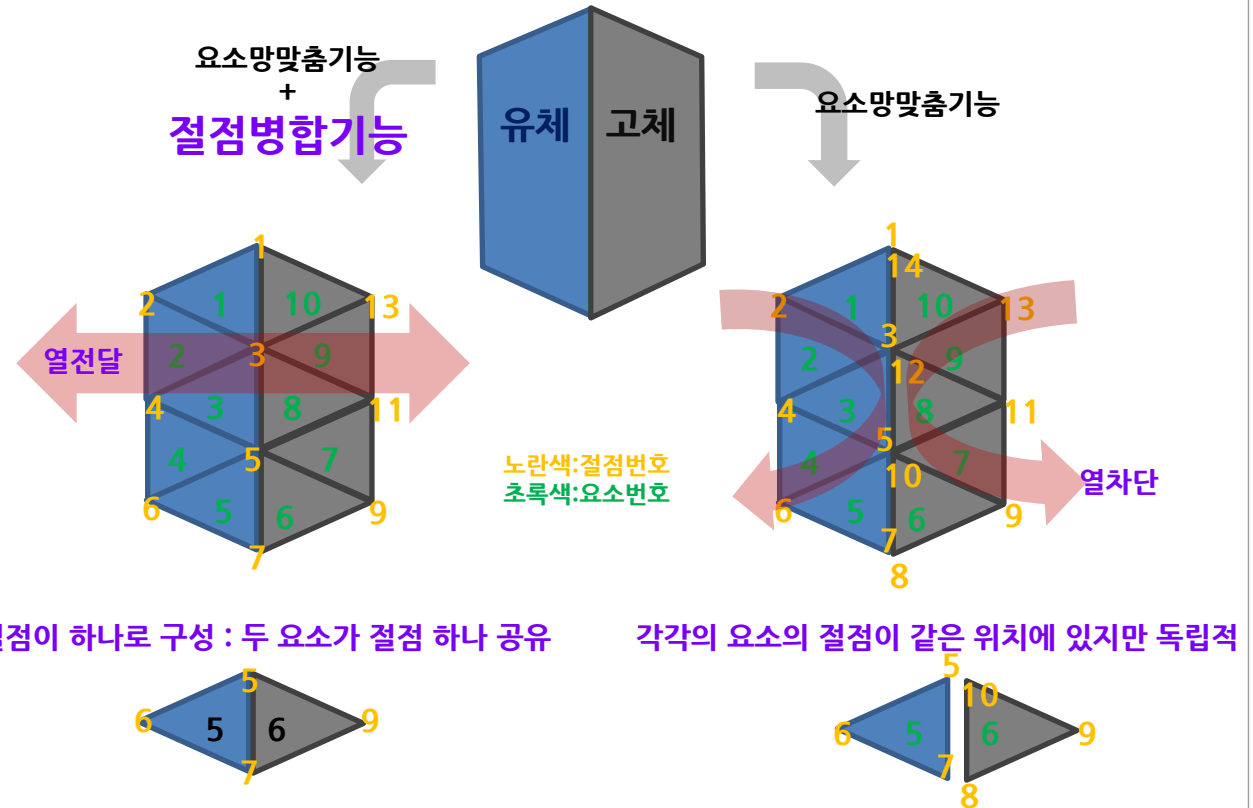
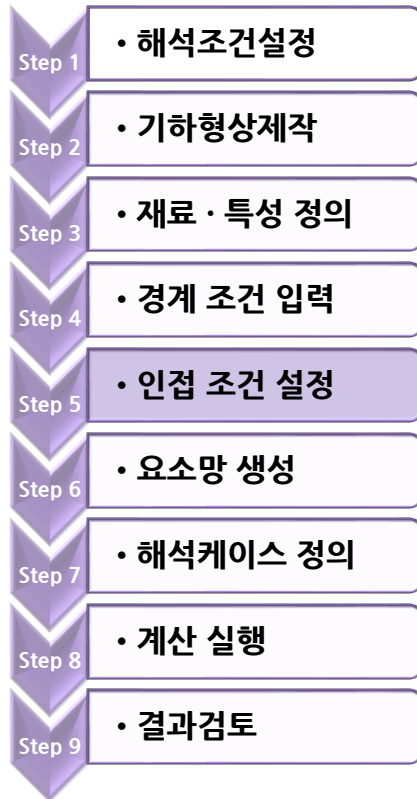
접촉면 지정을 통한 열전달

실제 위 그림과 같이 대류를 고려하지 않는 고체는 요소망이 생성도 됨

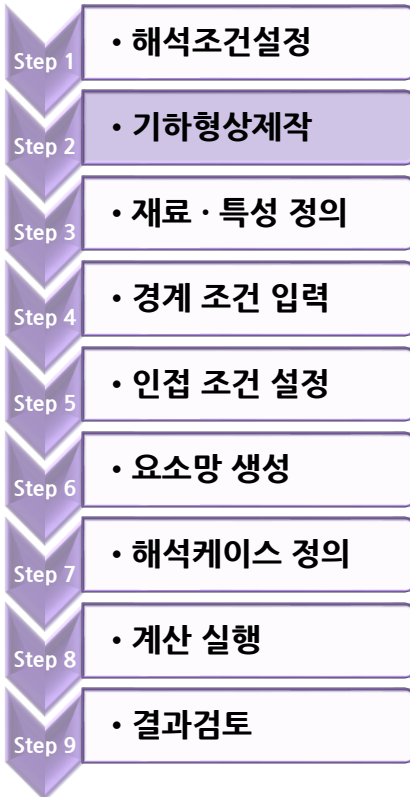
Remind - CFD 해석 과정

유체-고체의 열전달을 계산 하는 방법

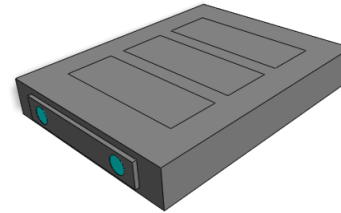
2. 유체 요소망 - 고체 요소망 인접면의 절점 공유



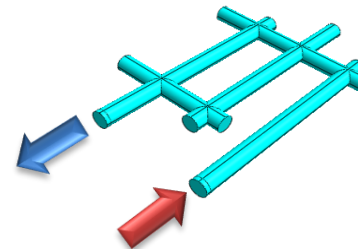
① 강제대류 - 수랭 해석 방법



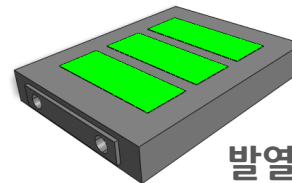
수랭 해석의 기하형상 정의



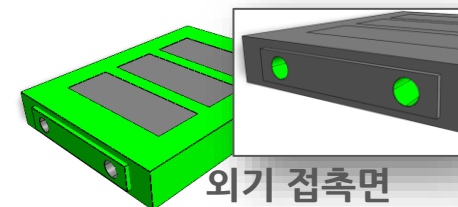
1) 유체 부분 : 냉매 유입



2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부



발열부



외기 접촉면

내부
냉매유로

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

수랭 해석의 재료 정의

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

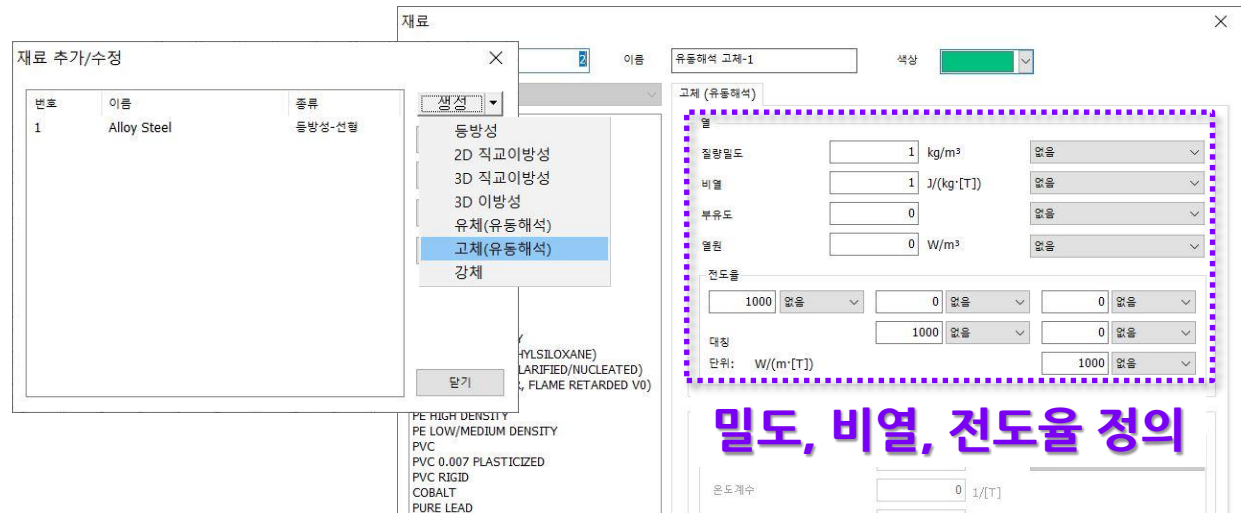
The screenshot shows the NFX software interface with the '재료' (Material) tab selected. The '유체 (유동해석)' (Fluid (Flow Analysis)) section is highlighted, showing the '밀도 및 점성 정의' (Define Density and Viscosity) and '비열 및 전도율 정의' (Define Specific Heat and Thermal Conductivity) sections. The '재료 추가/수정' (Add/Edit Material) dialog box is open, showing a list of materials with 'Alloy Steel' selected. The '생성' (Generate) button is highlighted. The '재료' (Material) list includes various materials like WATER_0°C, WATER_25°C, WATER_50°C, WATER_TER, and various hydrocarbons and alcohols.

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

수랭 해석의 재료 정의

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부



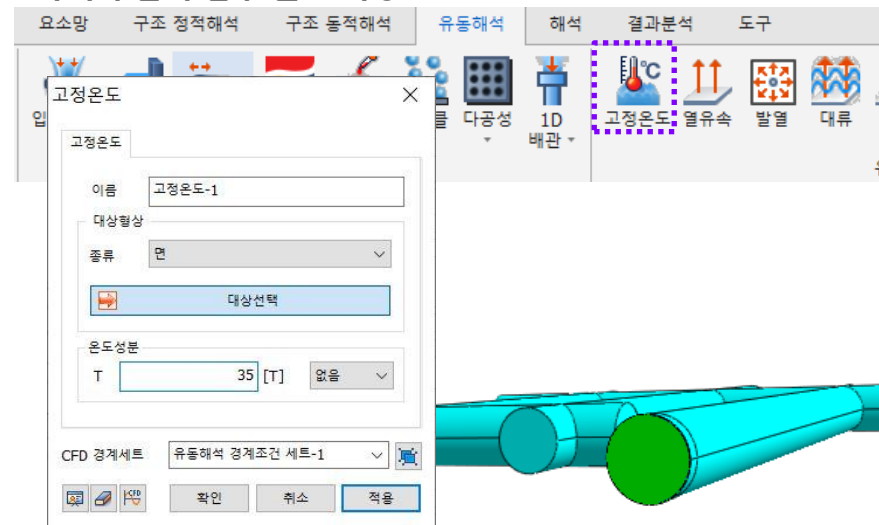
① 강제대류 - 수랭 해석 방법

수랭 해석의 경계조건

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

내부유동과 동일하게 입력 + 입구 온도 조건 지정

✓ 아래와 같이 입구 온도 지정



- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

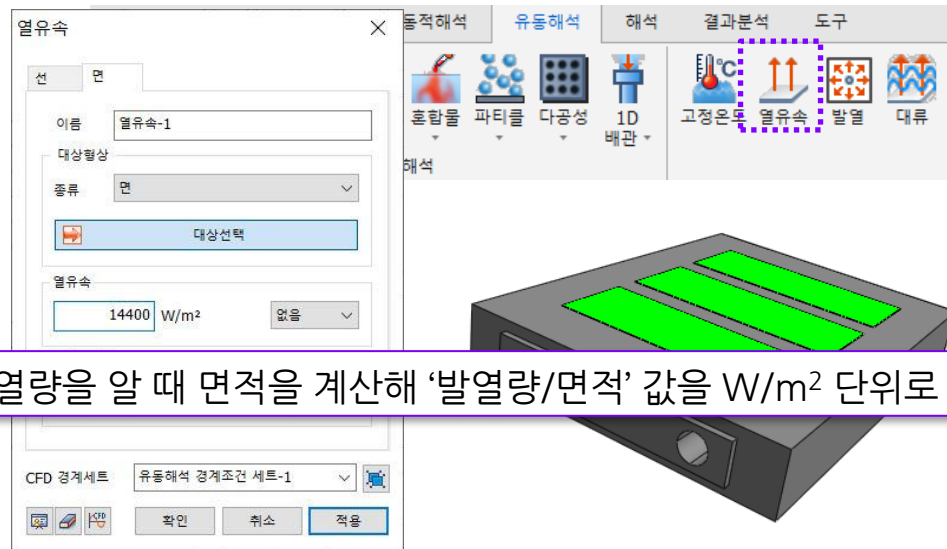
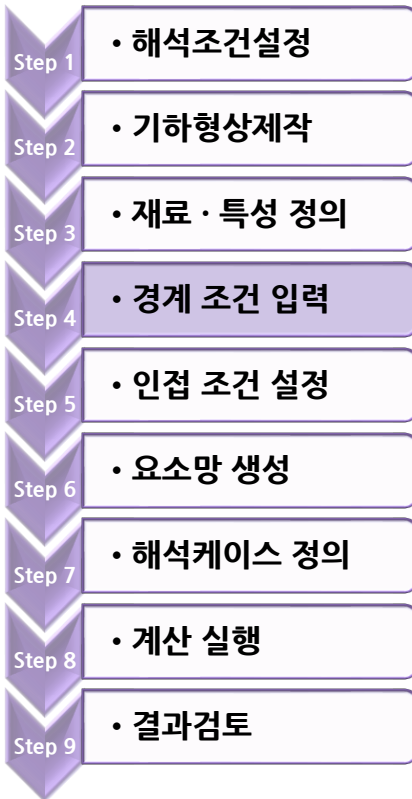
수랭 해석의 경계조건

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

발열 정의하기

A. 열유속으로 면에 정의하는 방법

B. 재료 정의 시 부피에 정의하는 방법



발열량을 알 때 면적을 계산해 '발열량/면적' 값을 W/m^2 단위로 입력

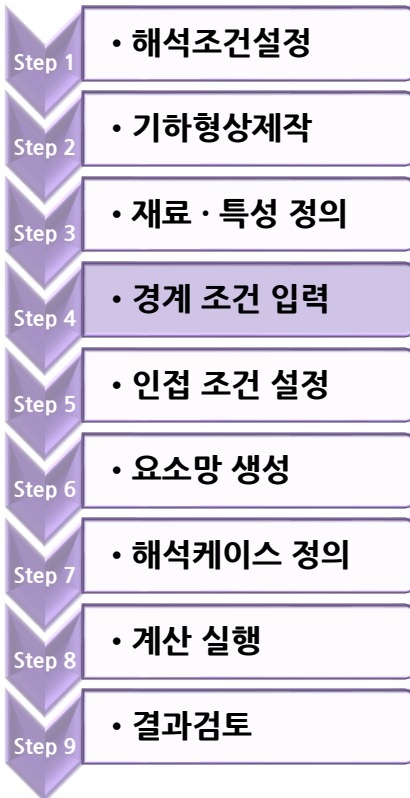
① 강제대류 - 수랭 해석 방법

수랭 해석의 경계조건

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

발열 정의하기

- A. 열유속으로 면에 정의하는 방법
- B. 재료 정의 시 부피에 정의하는 방법



고체 (유동해석)

발열

발열량을 알 때 부피를 계산해 '발열량/부피' 값을 W/m^3 단위로 입력

비열	1	$J/(kg \cdot [T])$	없음
부유도	0		없음
열원	3223000	W/m^3	없음

열원 정의

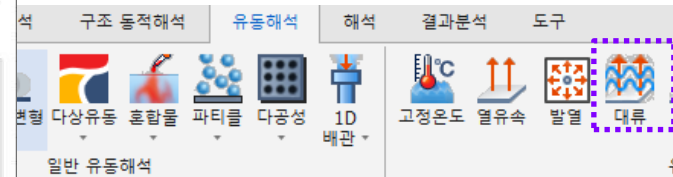
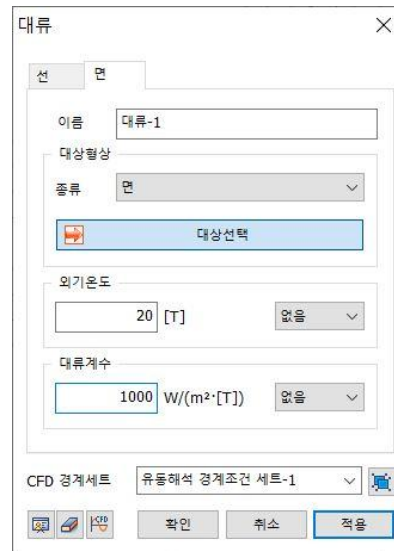
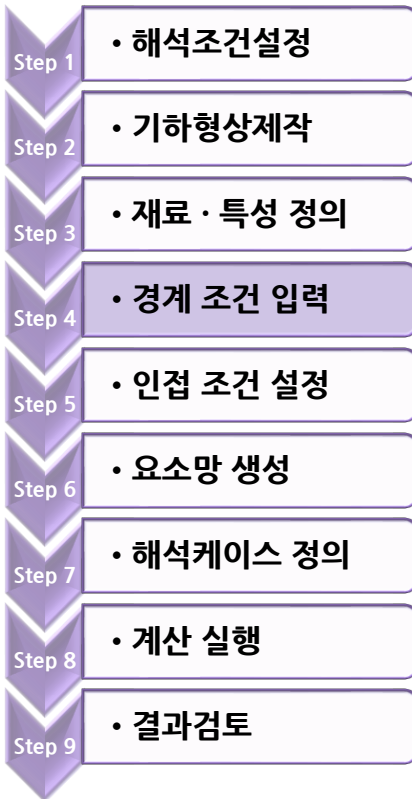
① 강제대류 - 수랭 해석 방법

수랭 해석의 경계조건

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

뉴턴 냉각법칙 대류 조건 정의

수랭 해석에 있어 외기는 모델링 할 경우 더 정확하지만,
일반적으로 뉴턴 냉각법칙을 적용하여 외기를 모델링하지 않고
대류 경계조건을 입력함

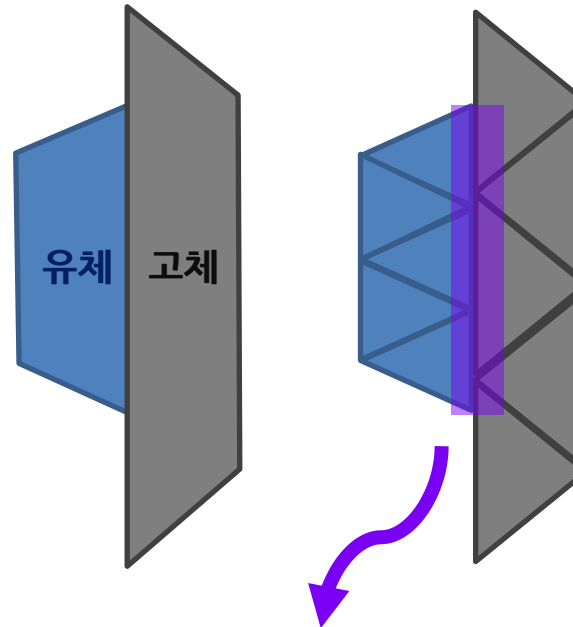
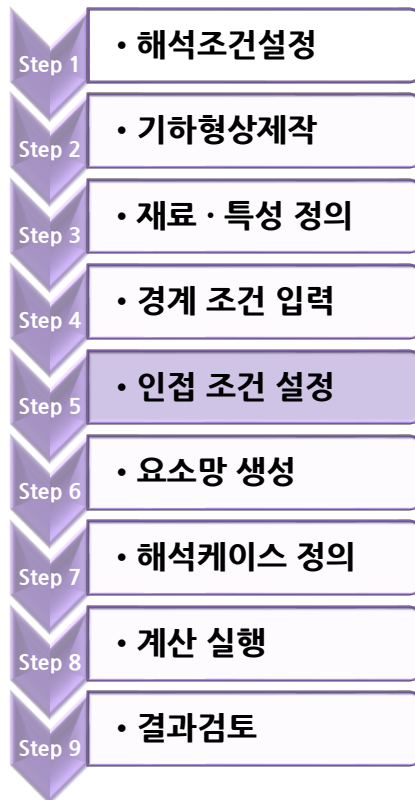


$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A (T_{env} - T(t)) = -h \cdot A \Delta T(t)$$

Remind - CFD 해석 과정

유체-고체의 열전달을 계산 하는 방법

1. 유체 요소망 - 고체 요소망 인접면의 “접촉” 조건



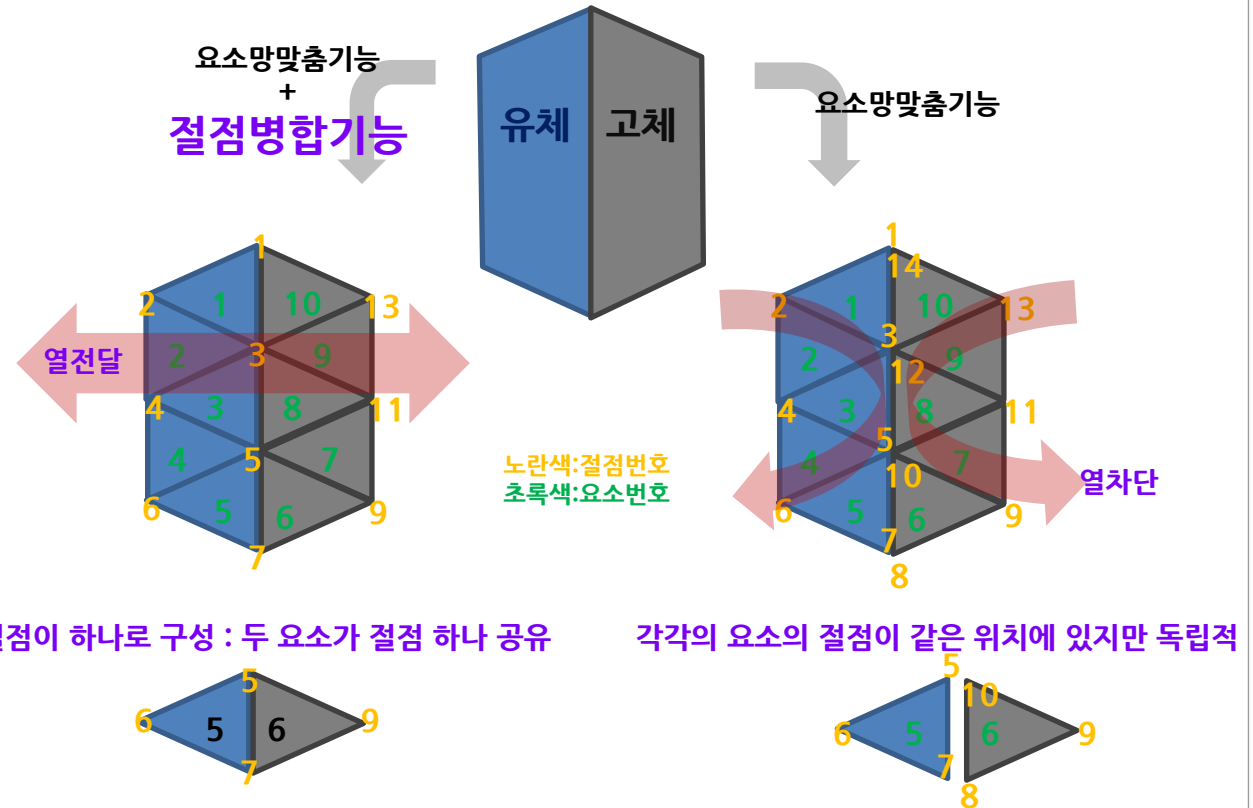
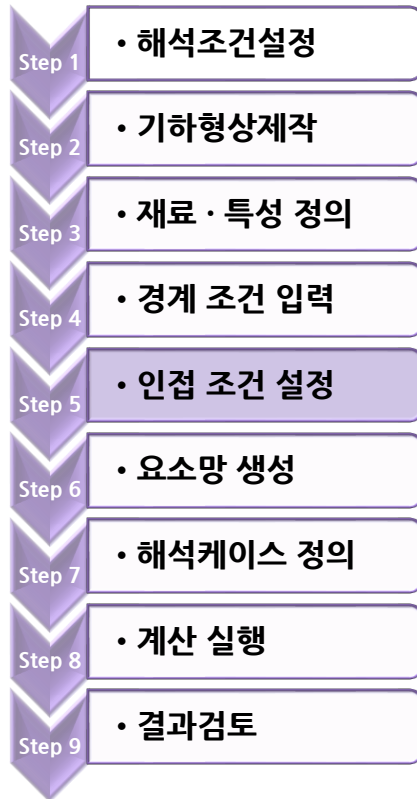
접촉면 지정을 통한 열전달

실제 위 그림과 같이 대류를 고려하지 않는 고체는 요소망이 생성도 됨

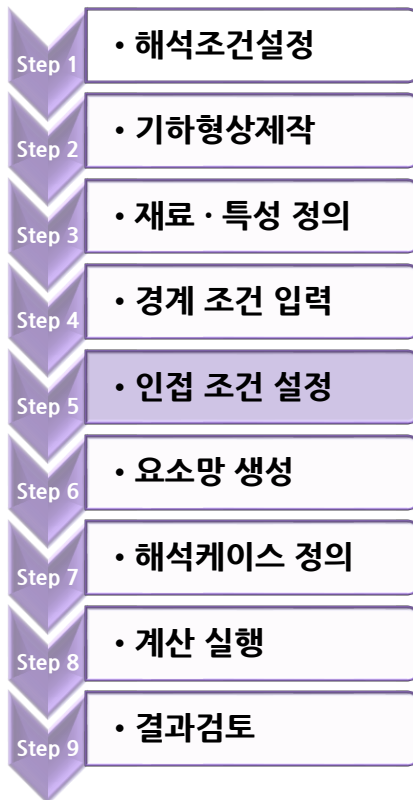
Remind - CFD 해석 과정

유체-고체의 열전달을 계산 하는 방법

2. 유체 요소망 - 고체 요소망 인접면의 절점 공유



Remind - CFD 해석 과정

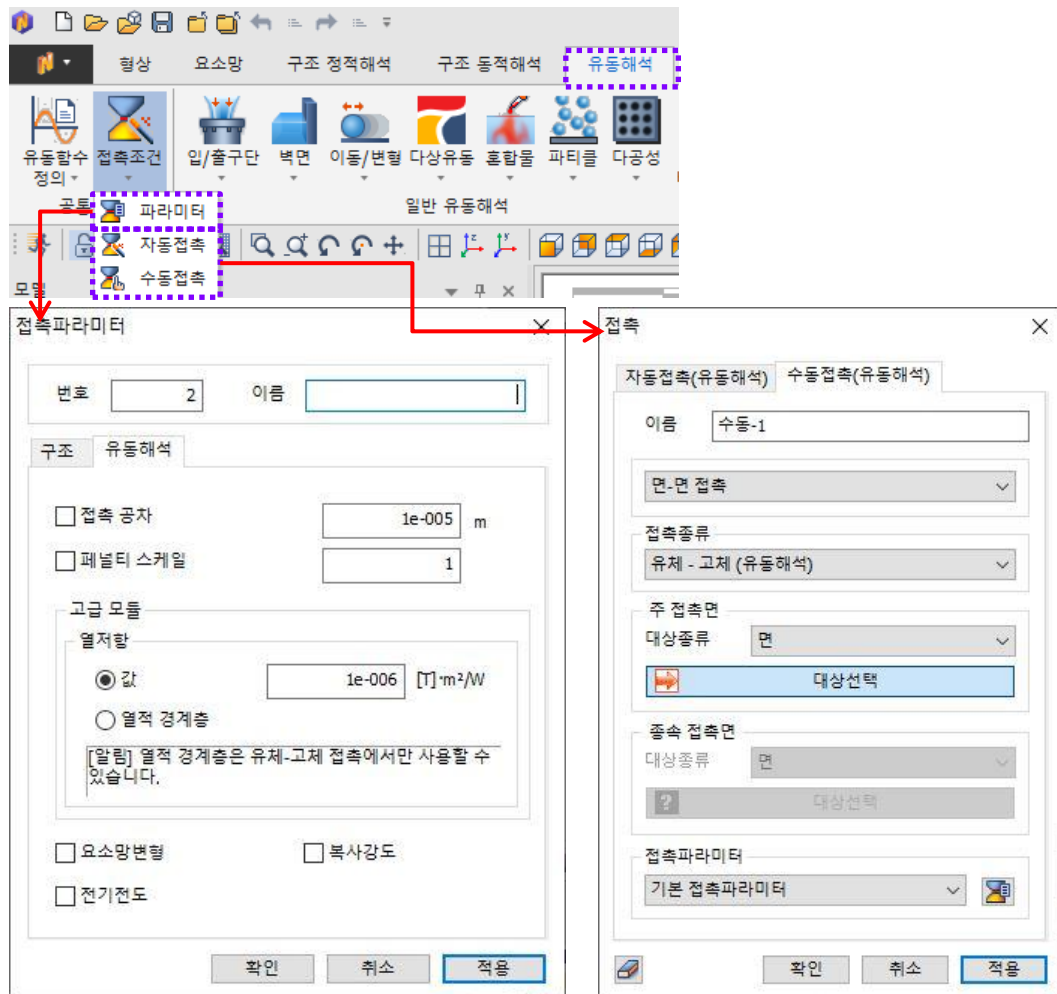


	접촉	절점병합
요소 개수	고체 요소망을 유체 요소망과는 독립적으로 성기게 작성함 : 비교적 적음	고체요소망의 유체요소망과 인접하는 부분을 유체요소망의 표면과 일치하도록 작성함 : 비교적 많음
수렴 안정성	접촉 계산 필요 : 비교적 불안정	접촉 계산 무시 : 비교적 안정
사용	접촉 조건 작업	인접면 절점 맞춤 작업 절점 병합 작업

Remind - CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

접촉 정의



```

graph TD
    S1[Step 1] --> B1[• 해석조건설정]
    B1 --> S2[Step 2]
    S2 --> B2[• 기하형상제작]
    B2 --> S3[Step 3]
    S3 --> B3[• 재료 · 특성 정의]
    B3 --> S4[Step 4]
    S4 --> B4[• 경계 조건 입력]
    B4 --> S5[Step 5]
    S5 --> B5[• 인접 조건 설정]
    B5 --> S6[Step 6]
    S6 --> B6[• 요소망 생성]
    B6 --> S7[Step 7]
    S7 --> B7[• 해석케이스 정의]
    B7 --> S8[Step 8]
    S8 --> B8[• 계산 실행]
    B8 --> S9[Step 9]
    S9 --> B9[• 결과검토]
  
```

Step 1 • 해석조건설정

Step 2 • 기하형상제작

Step 3 • 재료 · 특성 정의

Step 4 • 경계 조건 입력

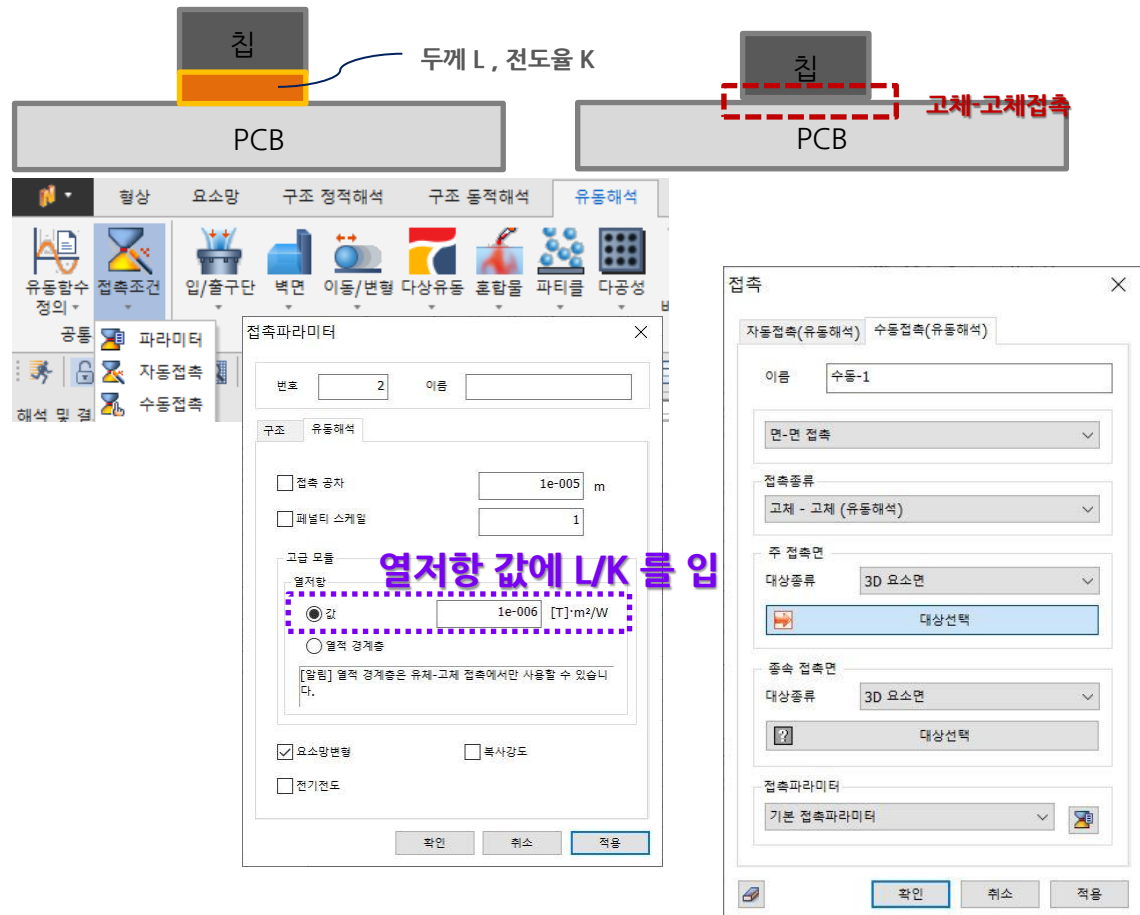
Step 5 • 인접 조건 설정

Step 6 • 요소망 생성

Step 7 • 해석케이스 정의

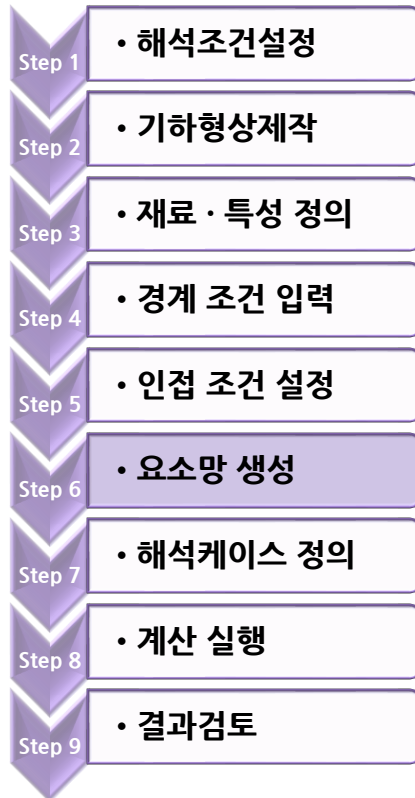
Step 8 • 계산 실행

Step 9 • 결과검토



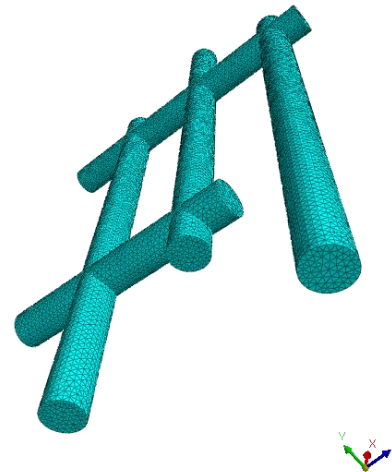
① 강제대류 - 수랭 해석 방법

수랭 해석의 요소망생성 조건



- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

“내부 유동 해석 방법” 과 동일

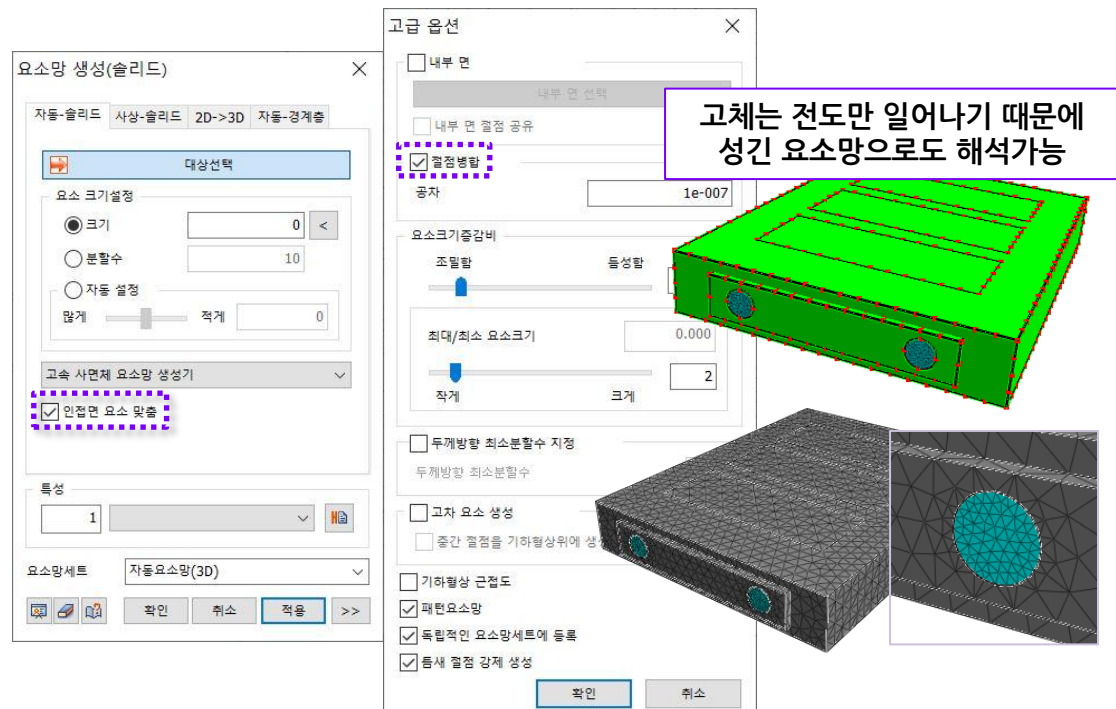


① 강제대류 - 수랭 해석 방법

수랭 해석의 요소망생성 조건

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

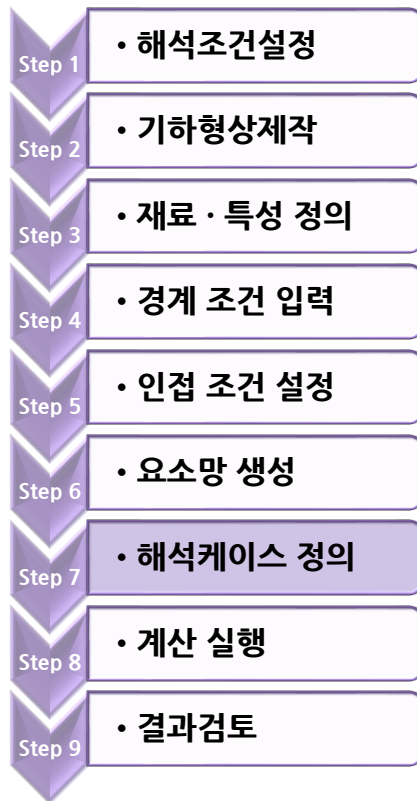
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



① 강제대류 - 수랭 해석 방법

아래를 제외한 해석케이스의 기본적인 설정은
타 일반유동모듈의 해석방법과 동일

[중요] 강제 수랭 해석은 2-Step 복합열전달 해석을 추천



1) 1st Step : 일반유동만 해석 후 수렴

- ✓ 일반유동 모듈만 활성화
- ✓ 문제를 수렴 시킴
- ✓ 일반유동 모듈 개념에 따라 시간 간격이 짧음

2) 2nd Step : 수렴된 일반유동 결과(속도, 압력)를 이용해 열전달 해석

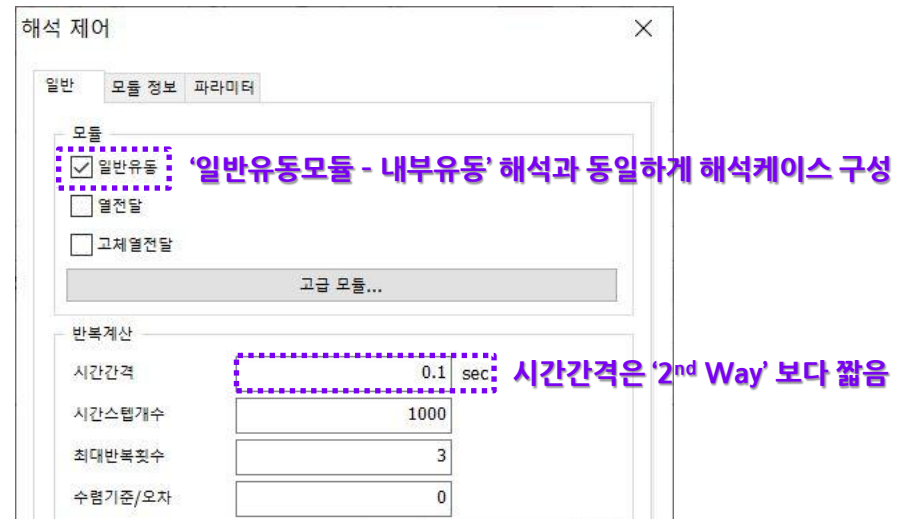
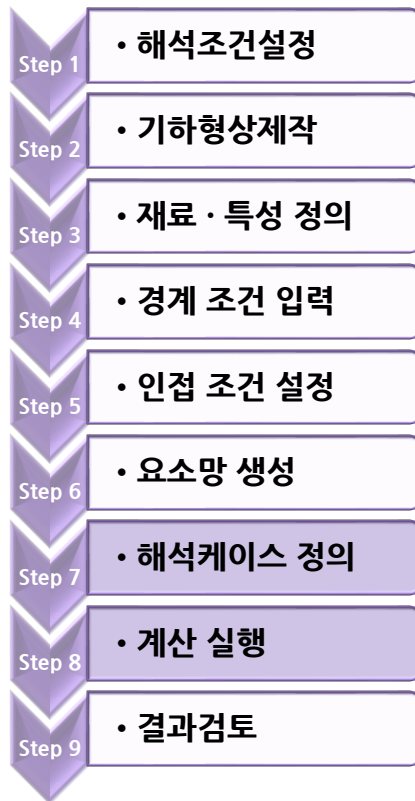
- ✓ 일반유동 모듈 비활성화
- ✓ 열전달 · 고체열전달 모듈 활성화
- ✓ '1st Step' 에서 해석한 결과를 '재시작'으로 초기값 이용
- ✓ '2nd Step' 에서는 속도 및 압력을 계산하지 않기 때문에 시간간격이 길어도 됨

※ 이렇게 해석하는 이유는 일반적으로 제품이 열적 정상상태에 도달하기 위해서는 수 초에서 수 분이 걸리는 데, 단일 과정으로 풀 경우 속도, 압력 계산에 필요한 짧은 시간 간격이 온도 계산에는 비효율 적이기 때문

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

[중요] 강제 수랭 해석은 2-Step 복합열전달 해석을 추천

- 1) 1st Step : 일반유동만 해석 후 수렴
- 2) 2nd Step : 수렴된 일반유동 결과 (속도, 압력)를 이용해 열전달 해석



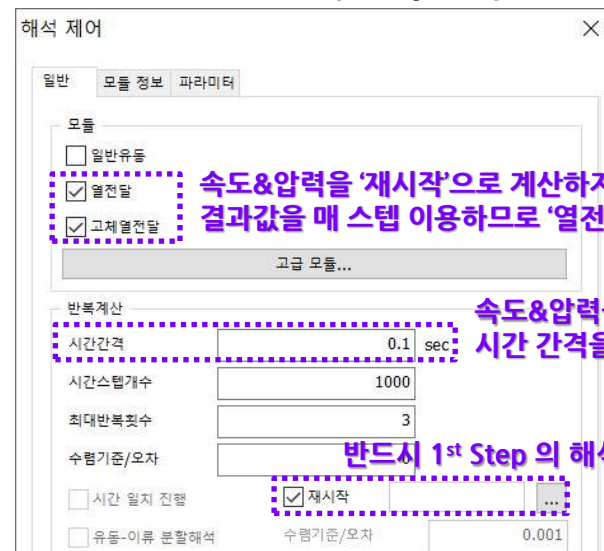
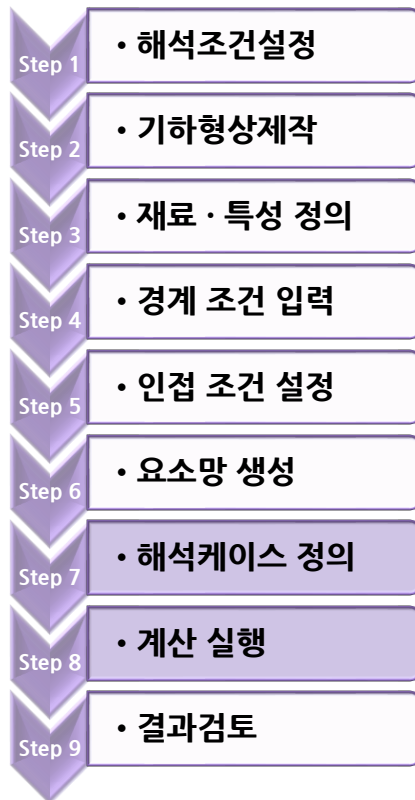
Part 1, 2 를 참고하여, 일반유동만 해석을 수렴 시킴
:내부유동 해석 참고 : Norm Graph & Monitoring 포인트 수렴

- I. 요소망은 유체부분과 고체부분 중 유체부분만 이용
- II. 경계조건은 온도를 제외한 유체부분 경계조건만 포함

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

[중요] 강제 수랭 해석은 2-Step 복합열전달 해석을 추천

- 1) 1st Step : 일반유동만 해석 후 수렴
- 2) 2nd Step : 수렴된 일반유동 결과 (속도, 압력)를 이용해 열전달 해석



속도&압력을 '재시작'으로 계산하지 않고
결과값을 매 스텝 이용하므로 '열전달', '고체열전달' 만 작동

속도&압력을 풀지 않아도 되기 때문에
시간 간격을 넉넉하게 입력하여 해석

반드시 1st Step의 해석 결과를 불러와야 함

관심 영역의 온도를 모니터링 하여 정상상태 진입 확인

- I. 정의한 모든 요소망과 경계조건을 들고 옴
- II. 필드정의에서 온도에 대한 초기조건을 명확하게 줘야 함

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

실무 열유동 해석 분류

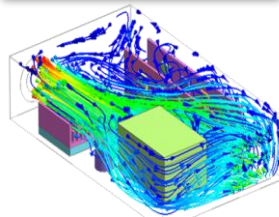
강제 대류

① 수랭

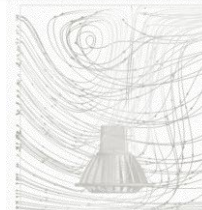


공랭

② 내부 유동



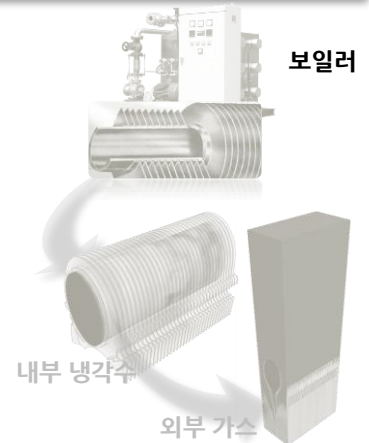
③ 외부 유동



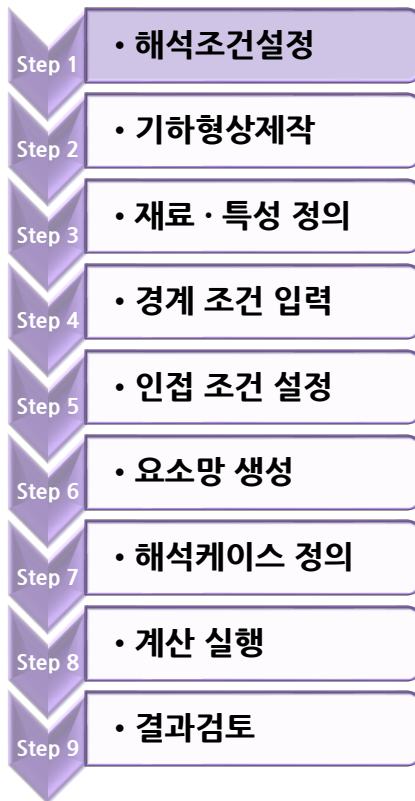
④ 자연대류



⑤ 열교환기

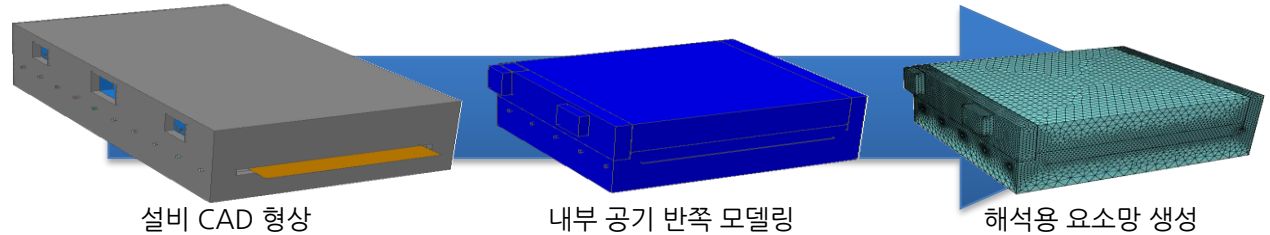
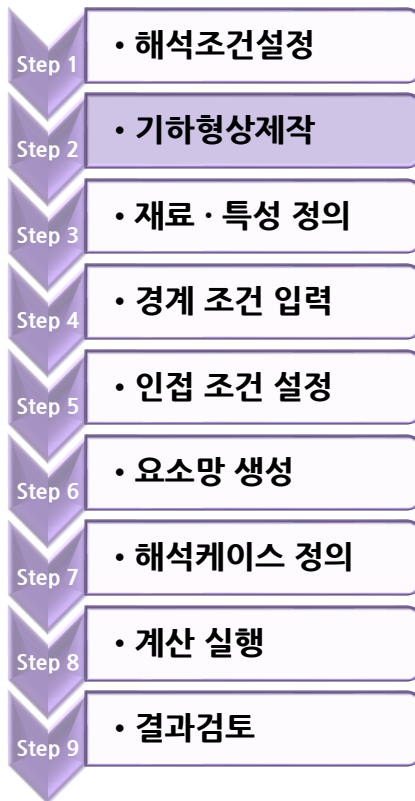


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

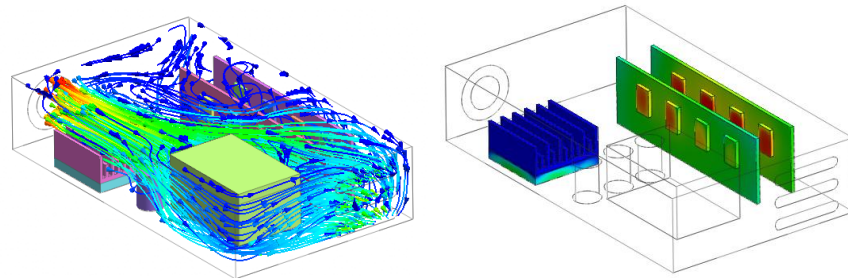
② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법



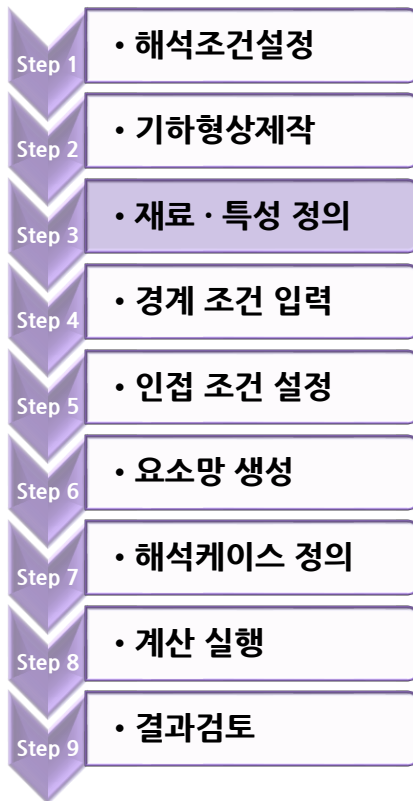
유체 파트는 '내부유동 해석'과 동일하며,
차이점은 내부유동해석에서 생략됐던 구조물(고체)이

'강제대류 공랭'에서는 **모델링에 반영됨**

EX. 전자 장비 내 PCB나 칩의 경우 모델링 되어 유체와 열전달 계산됨



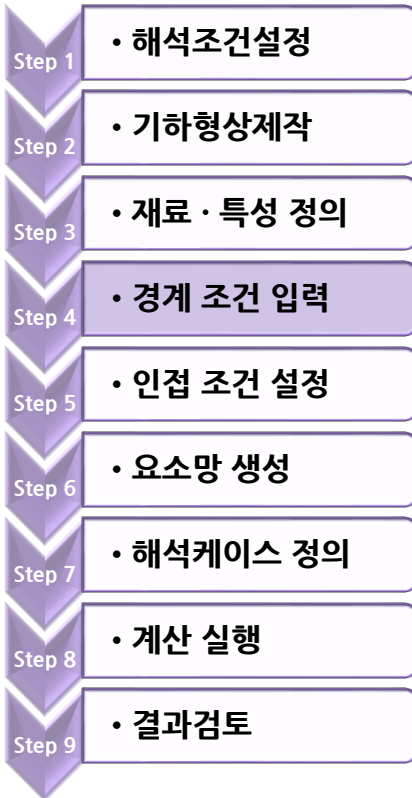
② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법



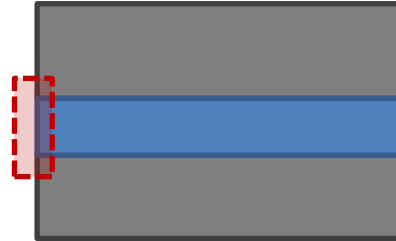
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

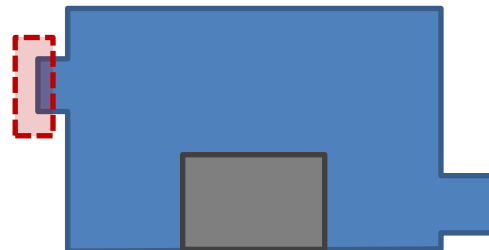
입구단 동일 개념



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

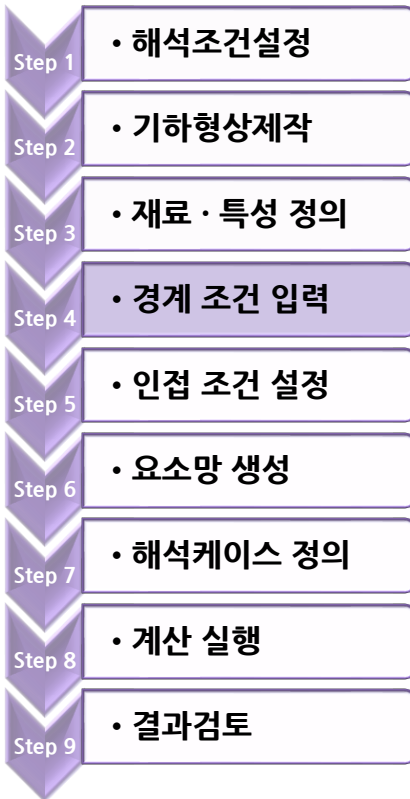


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

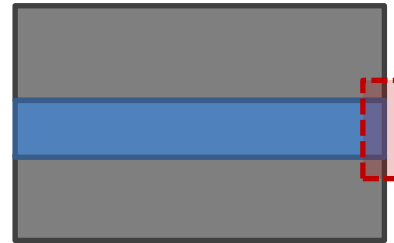


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

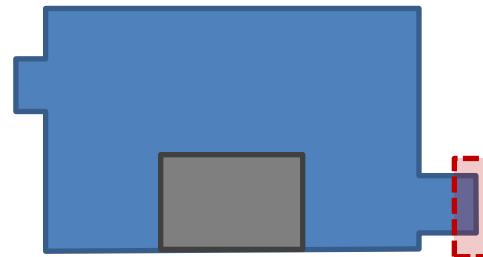
출구단 동일 개념



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

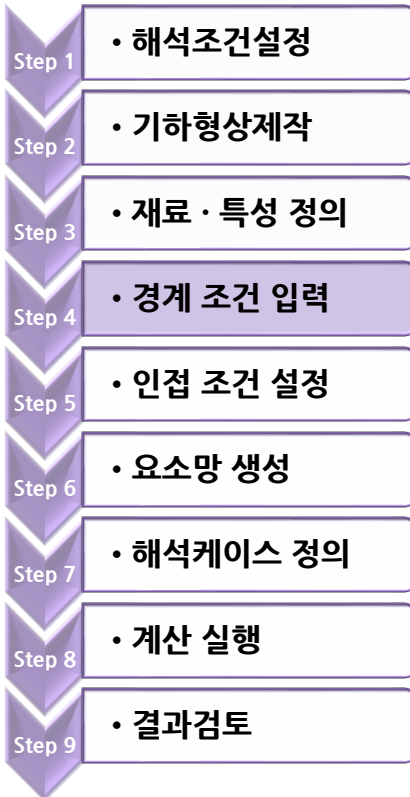


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

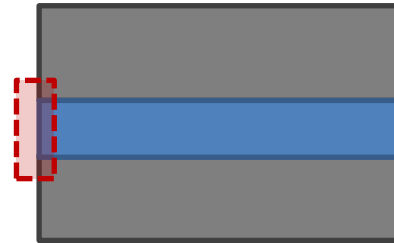


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

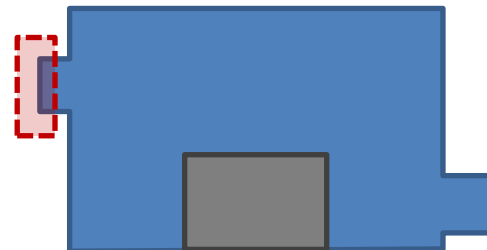
입구 온도 동일 개념



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

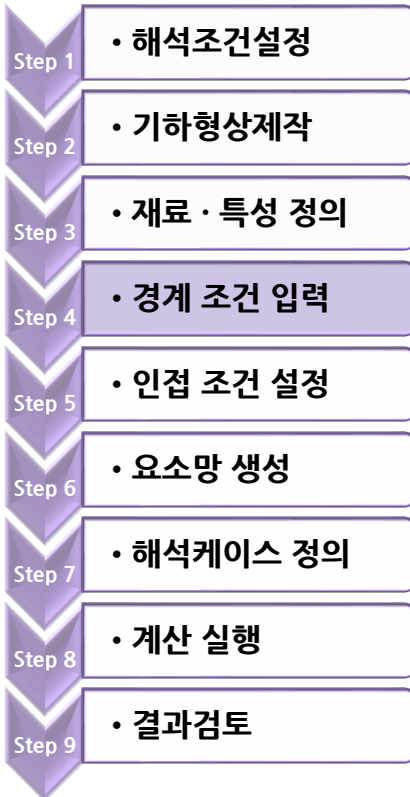


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

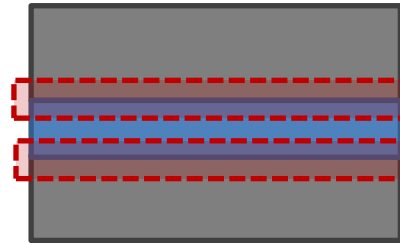


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

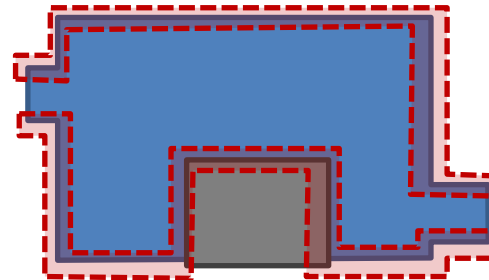
벽면 조건 동일 개념



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



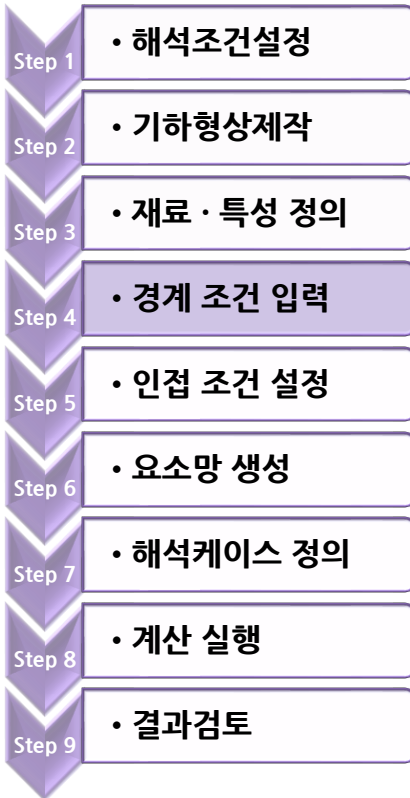
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”



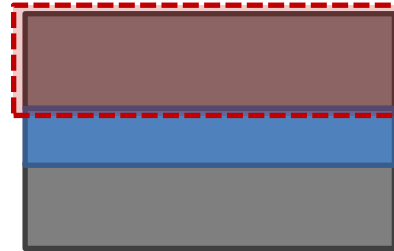
[주의] 고체 부분이 아닌 유체부분에 들어감

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

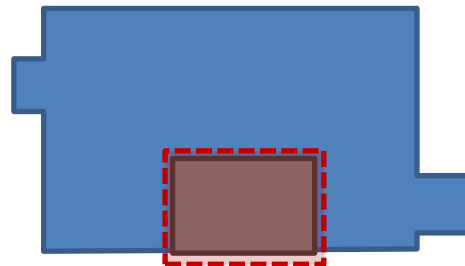
발열 조건 동일 개념



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



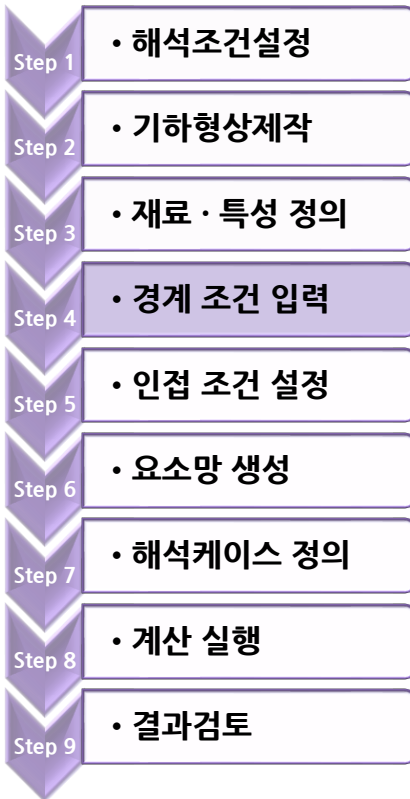
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”



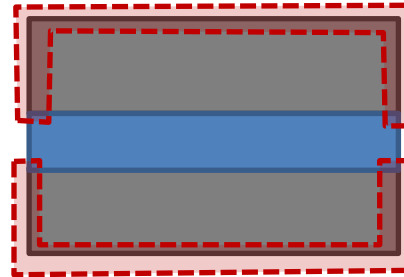
[주의] 유체 부분이 아닌 고체부분에 들어감

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

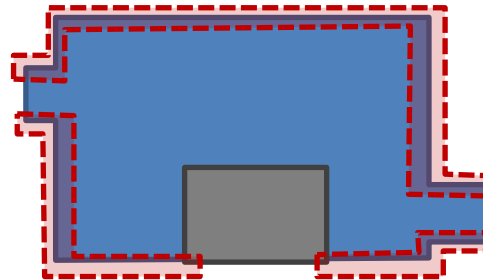
대류 조건 동일 개념



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



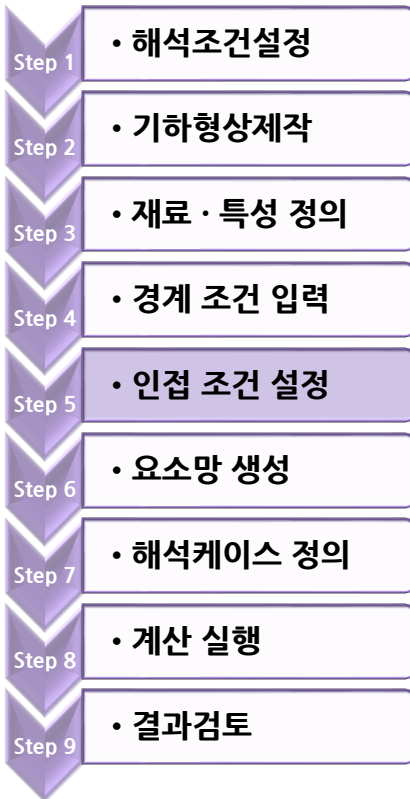
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”



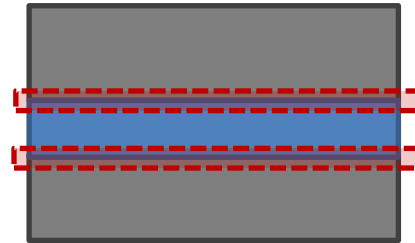
Tip. 고체를 모델링하지 않고 대류계수 5~15를 사용

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

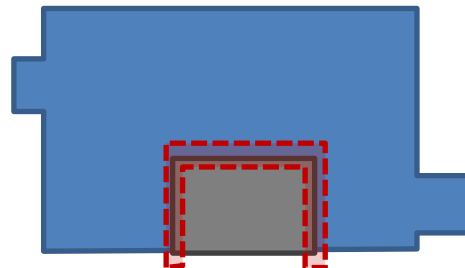
인접 조건 설정 동일 개념



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

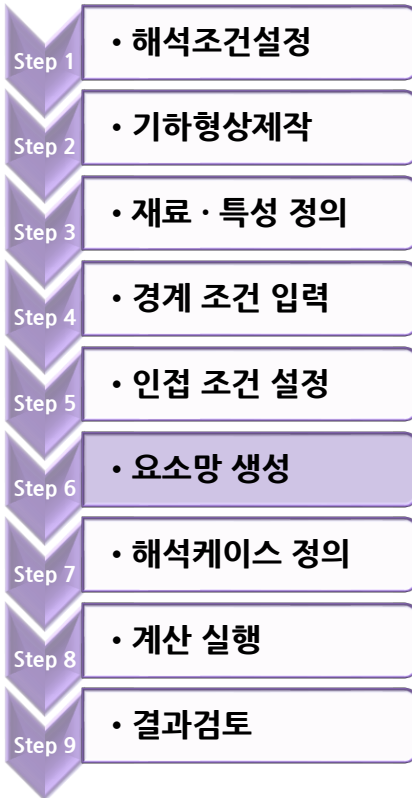


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

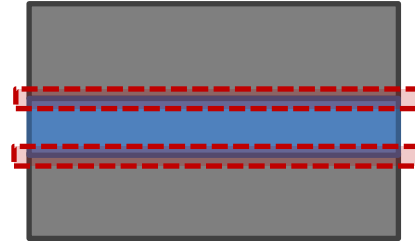


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

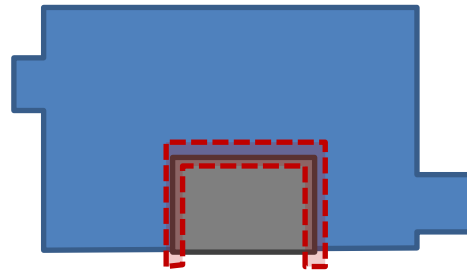
인접면 요소 맞춤 및 절점 병합 동일 개념



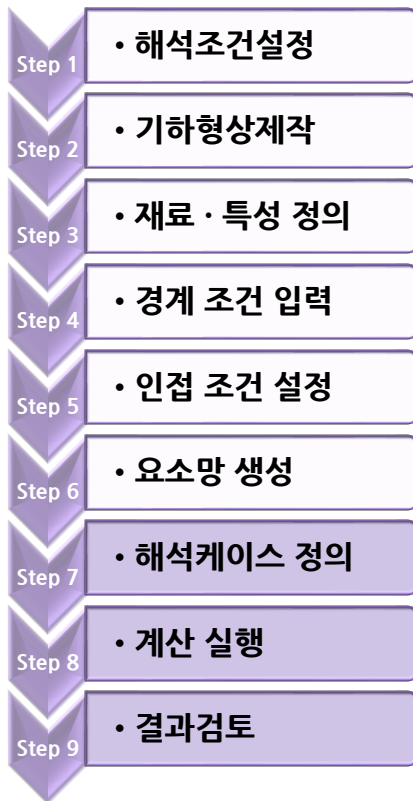
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

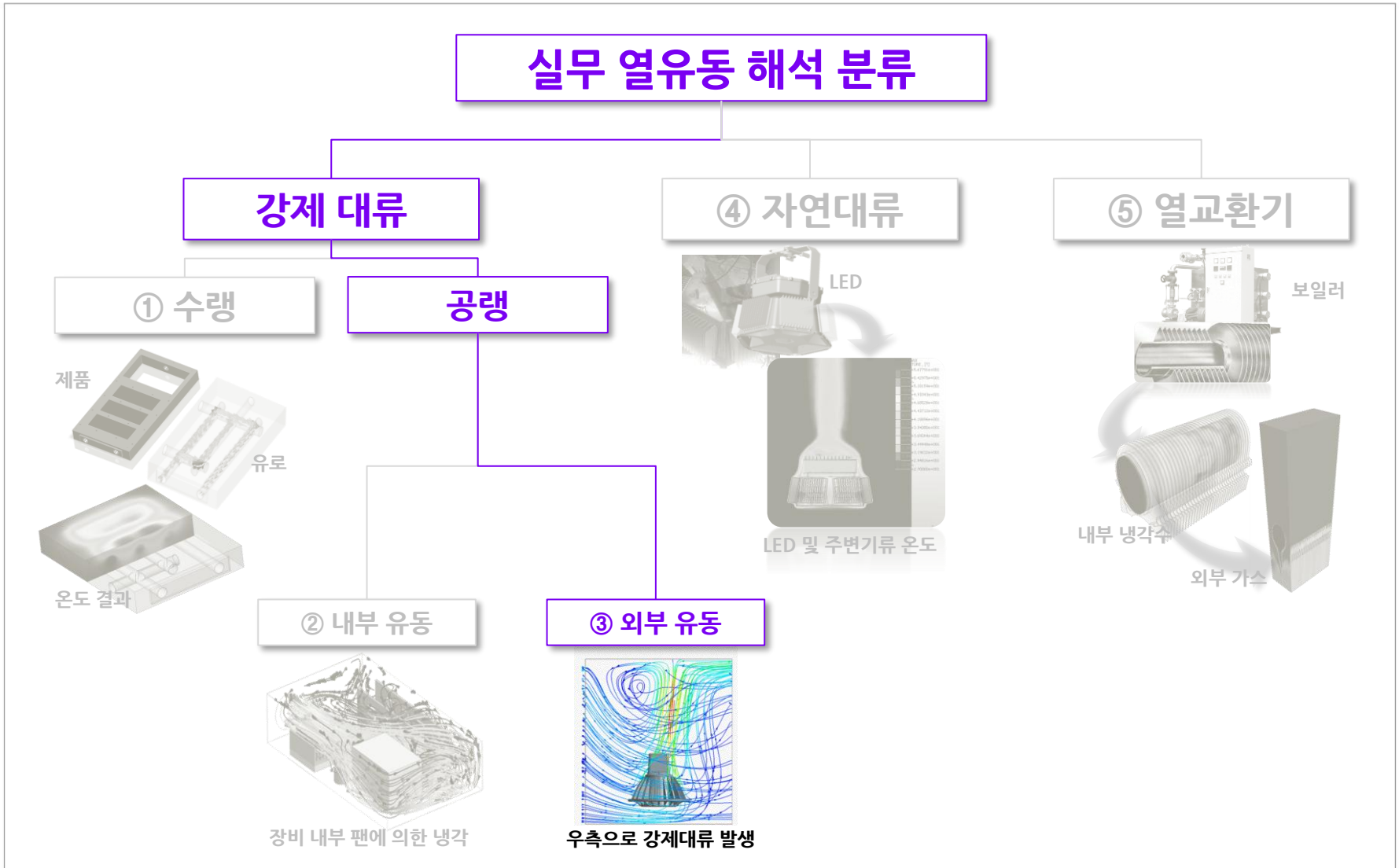


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

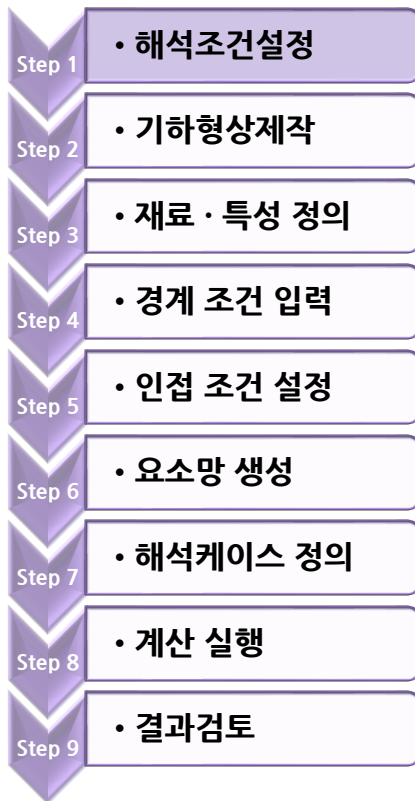


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

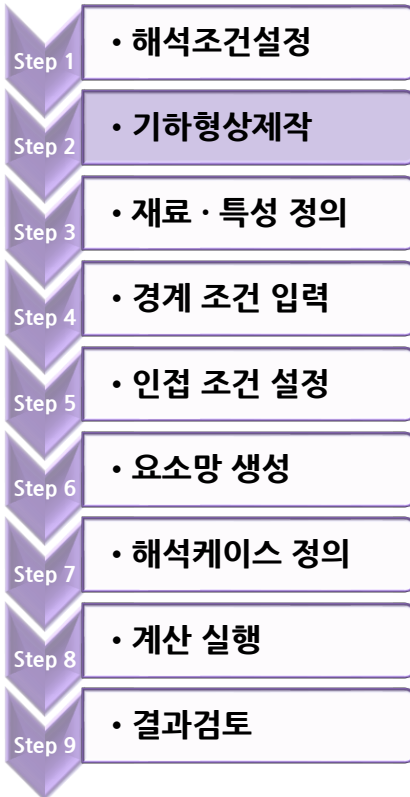


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

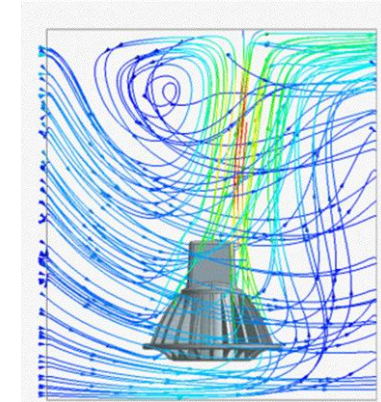


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법



운동장 외부유동 해석



LED 조명의 강제 대류 해석

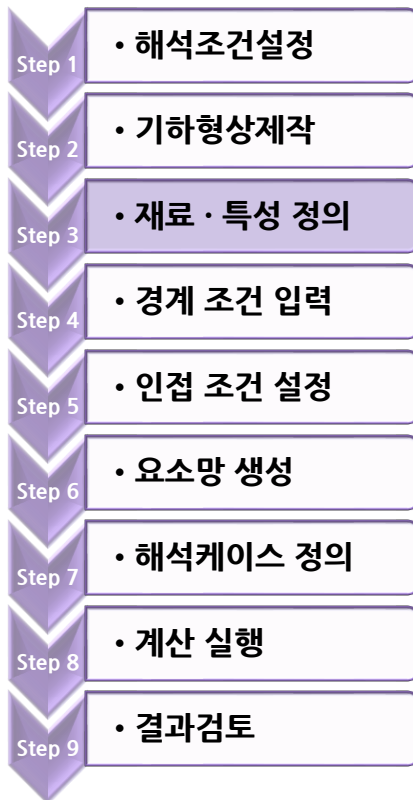
강제대류-공랭-외부유동해석의 경우

일반유동 외부유동해석과 모델링 흡사

차이점은 해석 대상 부분

- 1) 외부유동 해석대상 : 삭제 → 유동의 벽면경계조건으로 유동 차단 효과
- 2) 강제대류-공랭-외부유동 해석대상 :
유지 → 유체와 인접면 요소맞춤(절점병합) 으로 열전달 발생

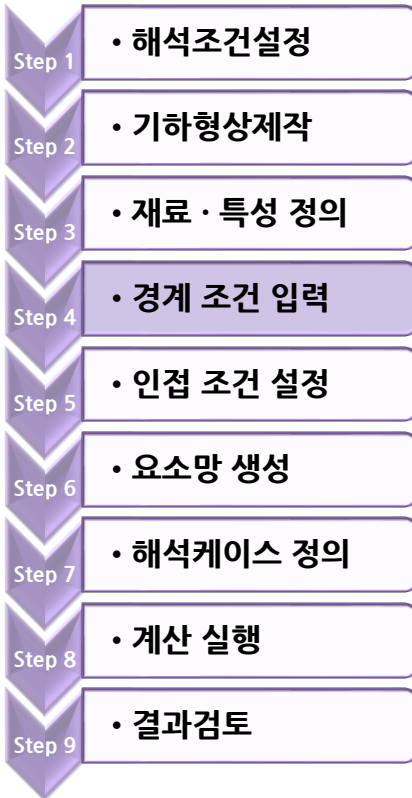
③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법



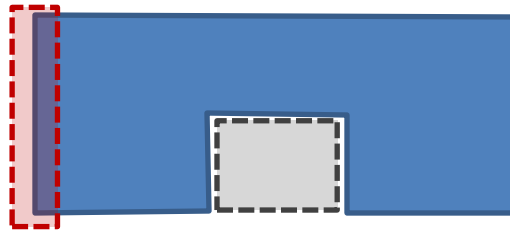
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

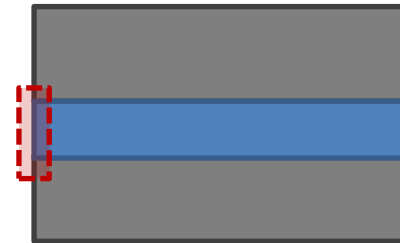
입구단 개념



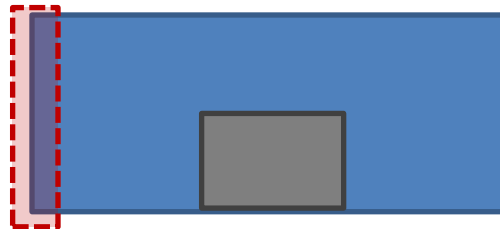
“review_일반유동 모듈의 이해”
 > “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
 > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

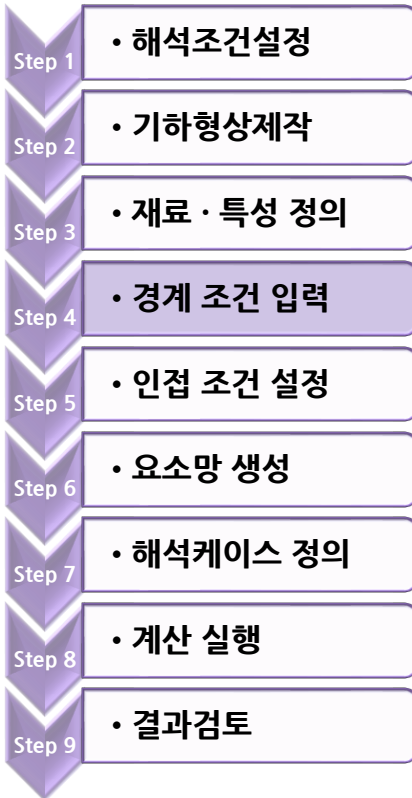


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

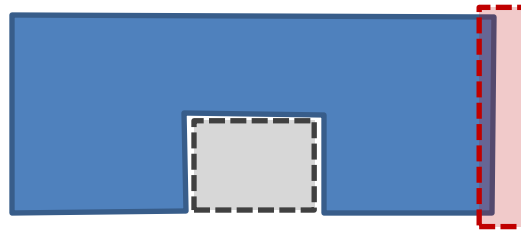


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

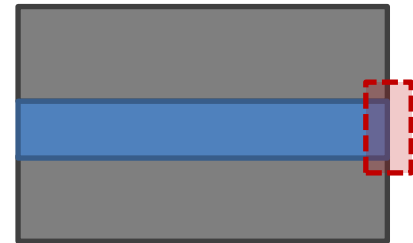
출구단 개념



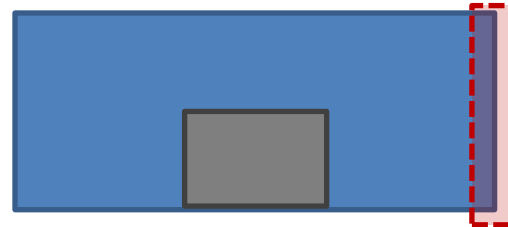
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

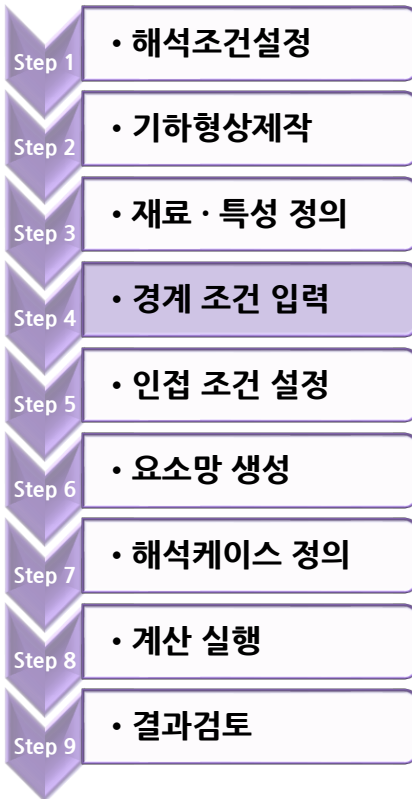


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

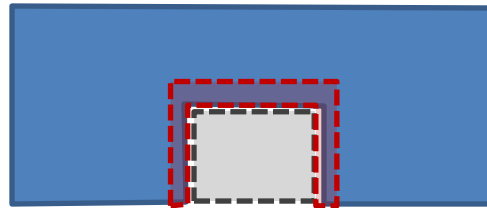


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

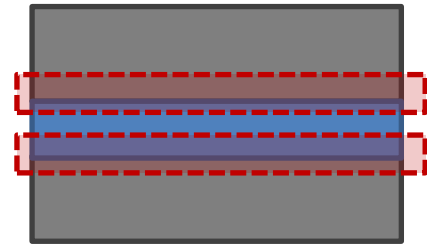
벽면 개념



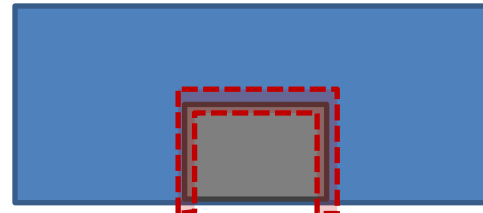
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

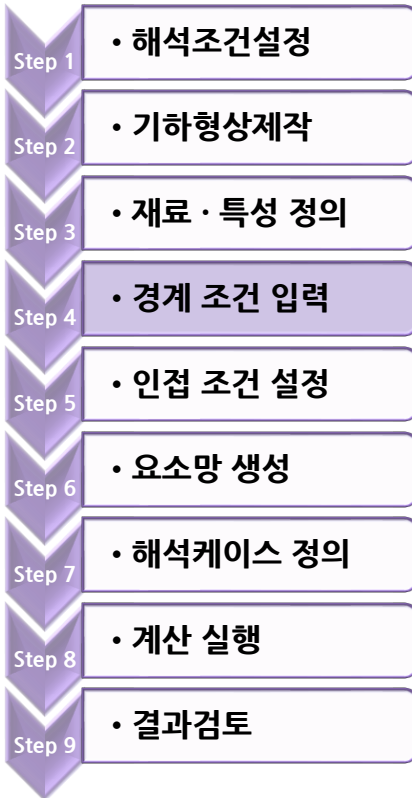


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

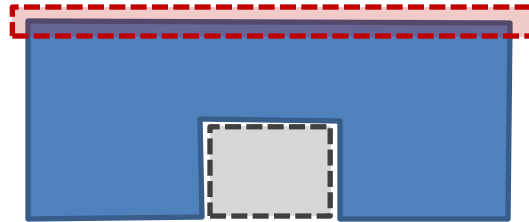


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

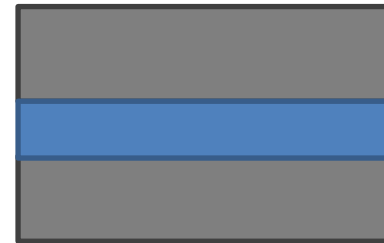
외기 개념



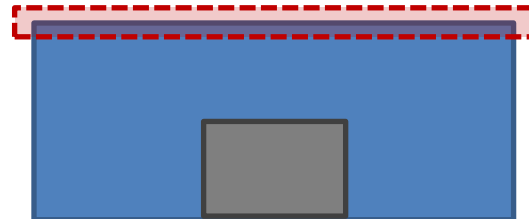
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

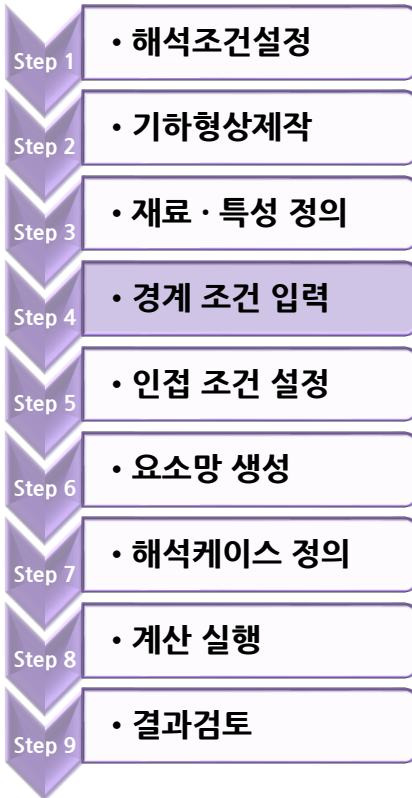


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

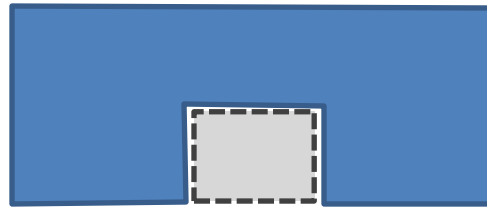


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

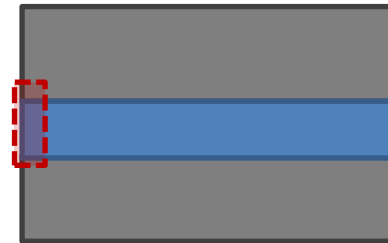
입구 온도 개념



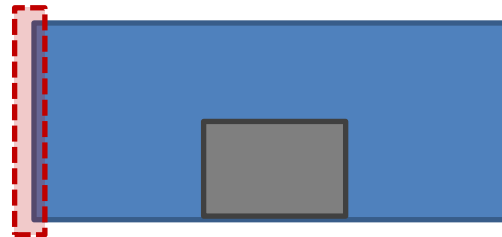
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

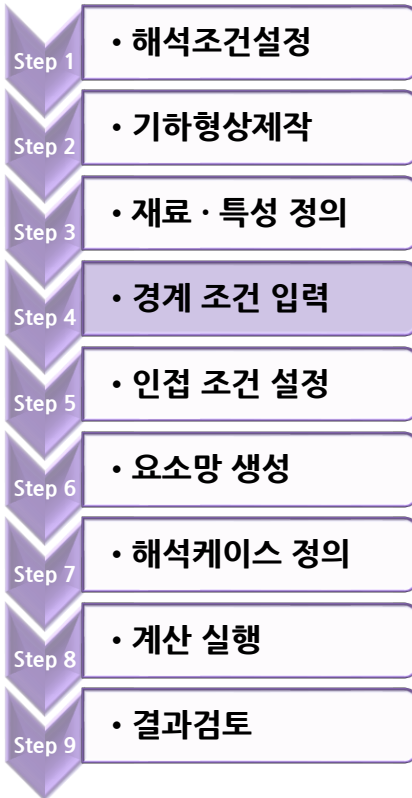


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

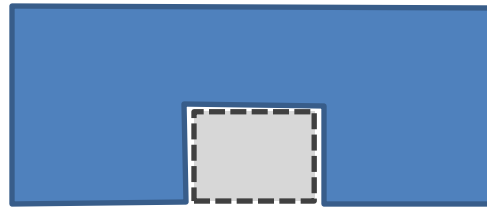


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

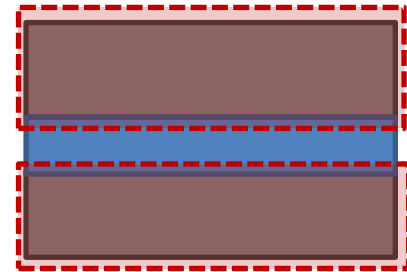
발열 개념



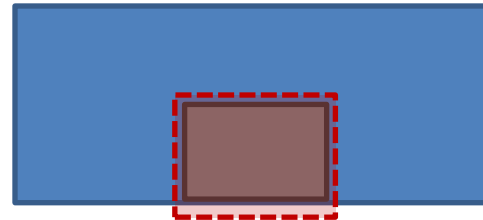
“review_일반유동 모듈의 이해”
 > “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
 > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



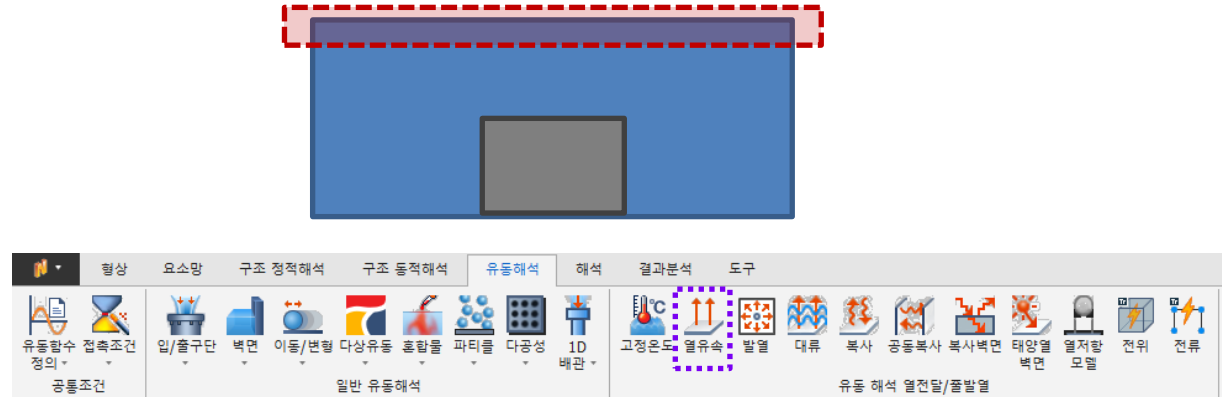
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”



③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

외기의 열전달 조건

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



열유속

이름: 열유속-1

대상형상: 면

종류: 면

대상선택

열유속: 0 W/m² 없음

반응열유속: 0 W/(m²·[T]) 없음

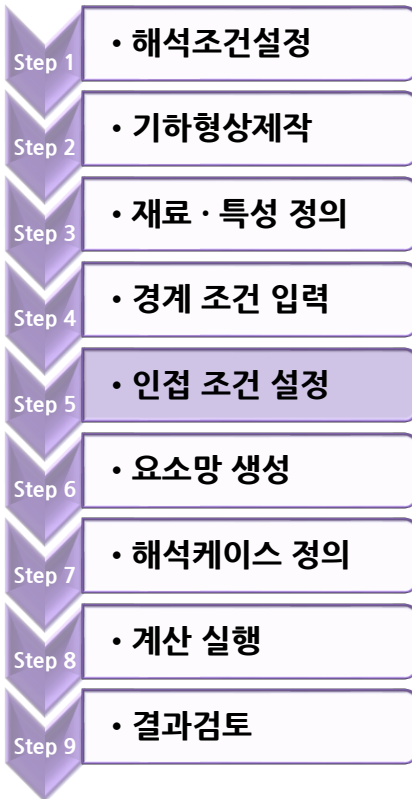
CFD 경계세트: 유동해석 경계조건 세트-1

확인 취소 적용

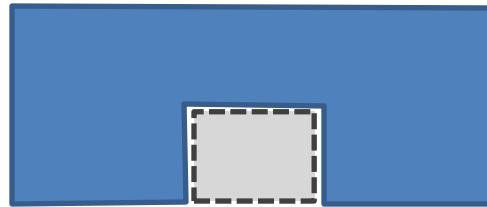
열유속 및 반응성열유속을
'0' 으로 입력함

③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

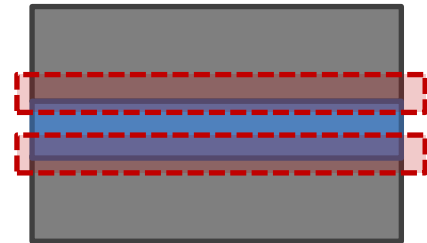
인접 조건 설정 동일 개념



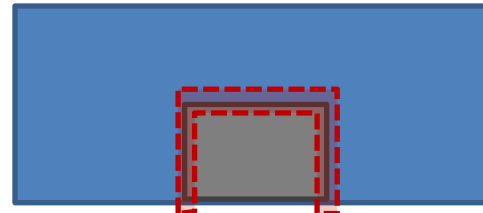
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

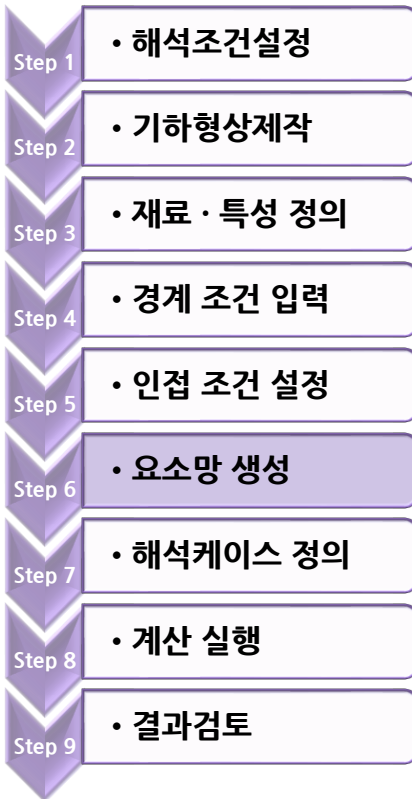


“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

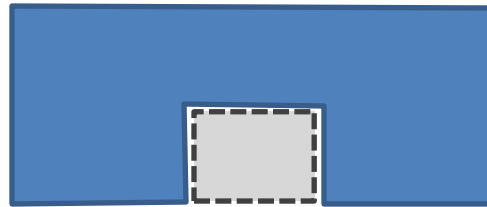


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

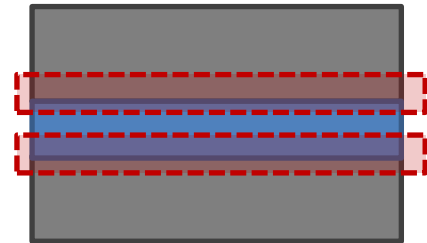
인접면 요소 맞춤 및 절점 병합 동일 개념



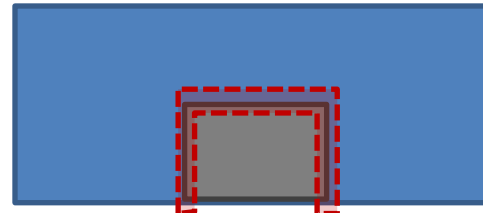
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



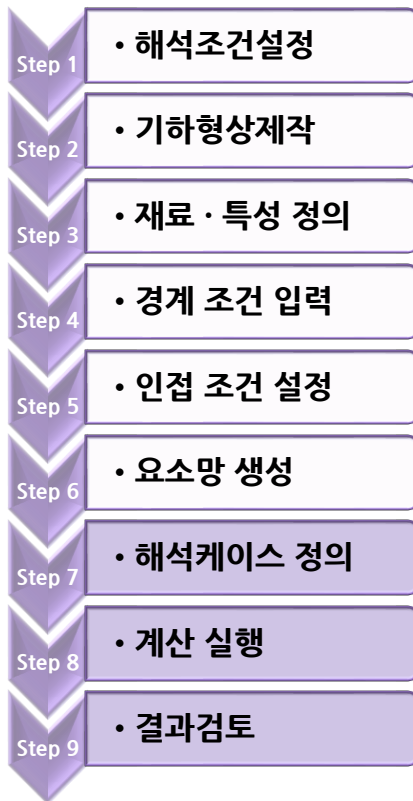
“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”



③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

실무 열유동 해석 분류

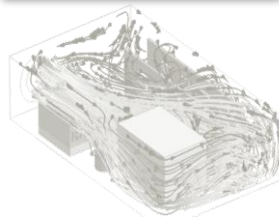
강제 대류

① 수랭



공랭

② 내부 유동



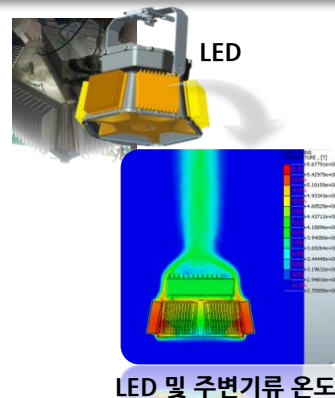
장비 내부 팬에 의한 냉각

③ 외부 유동



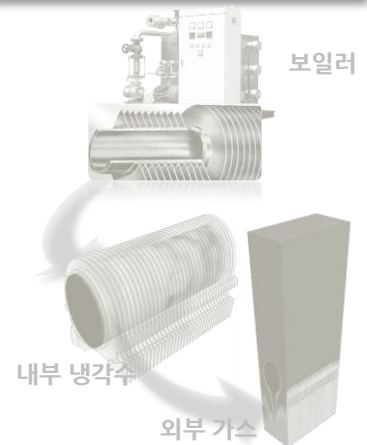
우측으로 강제대류 발생

④ 자연대류



LED 및 주변기류 온도

⑤ 열교환기



④ 자연 대류 해석 방법

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

1. 해석조건설정 중 옵션 조절에서 압력기반 압축성 솔버 선택
2. 재료 입력을 통해 '비압축성 이상기체' 설정
3. 외기 : 하단부 입구단 압력 0 + 나머지 출구단 압력0 입력
4. 정상상태 단일 해석 (유동-열전달 한꺼번에 해석)
5. 해석케이스에서 "부유도 적용" 활성화

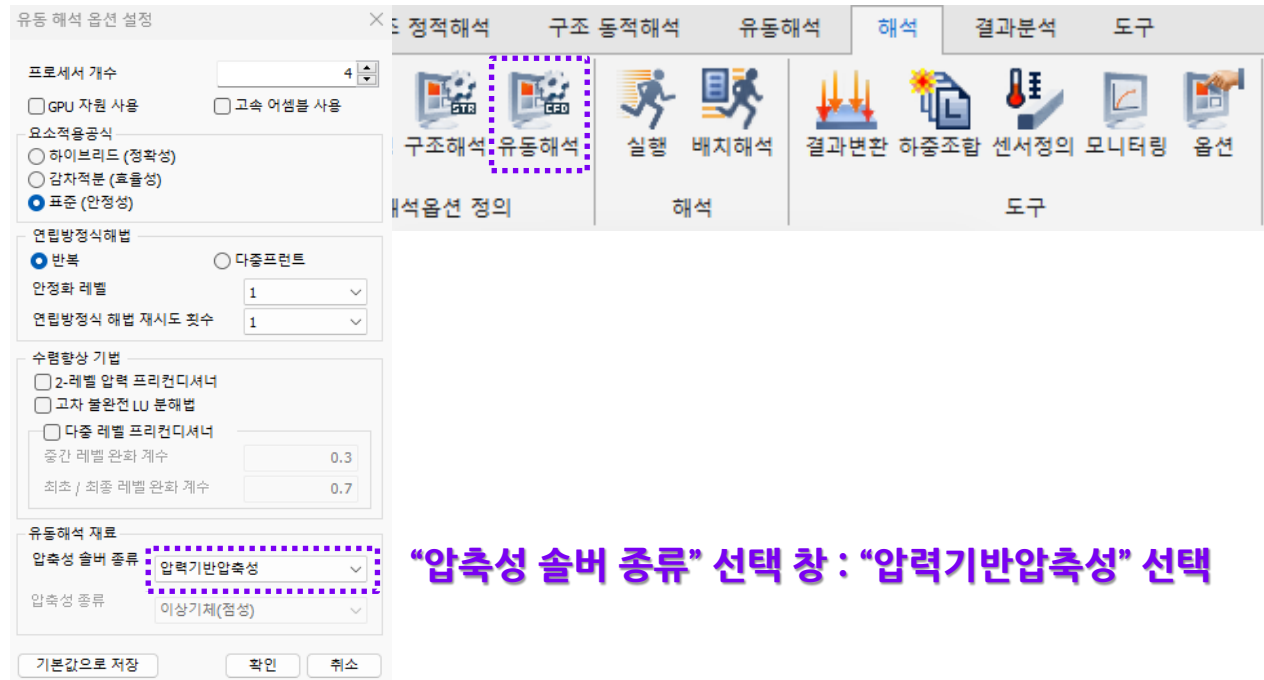
④ 자연 대류 해석 방법

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

1. 해석조건설정 중 옵션 조절에서 압축성 솔버 선택

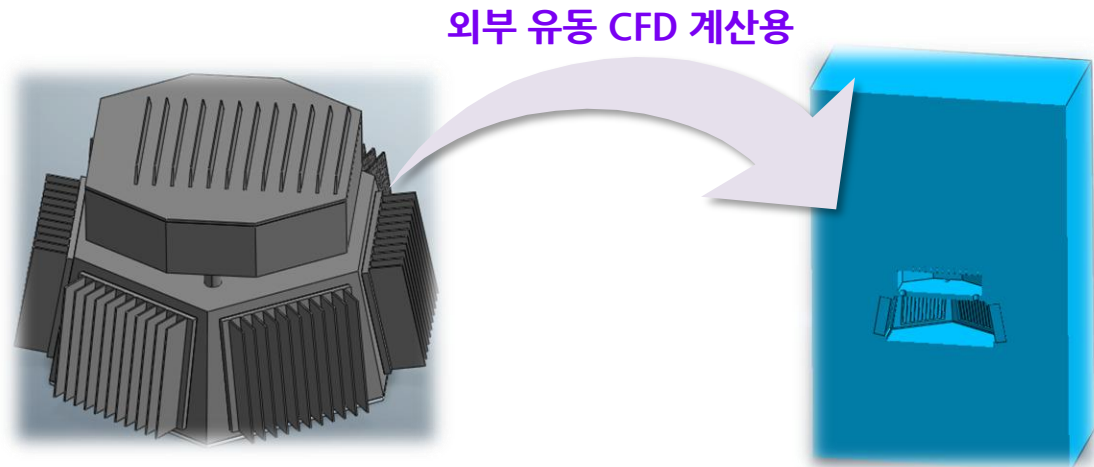
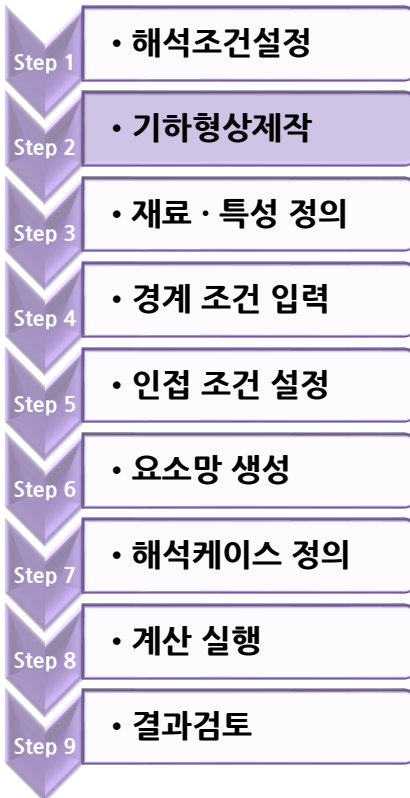
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



“압축성 솔버 종류” 선택 창 : “압력기반압축성” 선택

타 내용은 “Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법” 참조

④ 자연 대류 해석 방법



※ 해석 대상 내부에 공기 공간 Cavity가 있을 경우?
Tip. 공기의 밀도, 비열, 열전도율을 갖는 고체로 모델링 (열전도만 해석)
 ; 적은 수의 요소를 쓸 수 있어 실무적으로 계산 효율 상승

④ 자연 대류 해석 방법

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

2. 재료 입력을 통해 '비압축성 이상기체' 설정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

재료

번호 이름 색상

All

FRESH_WATER_0°C
FRESH_WATER_25°C
FRESH_WATER_50°C
FRESH_WATER
SEA_WATER
AIR_0°C
AIR_25°C
AIR_50°C
AIR
OXYGEN_25°C
HELIUM_25°C
NITROGEN_25°C
CARBON_MONOXIDE_25°C
CARBON_DIOXIDE_25°C
WATER_VAPOR_25°C

유체 (유동해석)

유동
모델 비압축성 이상기체

질량밀도 kg/m³ 없음

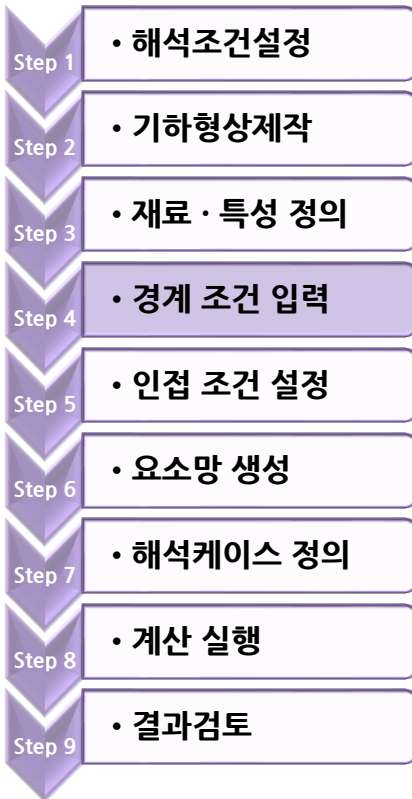
일반화된 뉴턴 유체
☒ 점성 kg/(m·sec) 없음
☐ 비뉴턴 점성 상세정의

물질량 kg/mol 없음

표면장력 N/m 없음

“모델” 선택 창 : “비압축성 이상기체” 선택
 “물질량” 입력 창 : 물질량 (공기=0.02897kg/mol) 입력

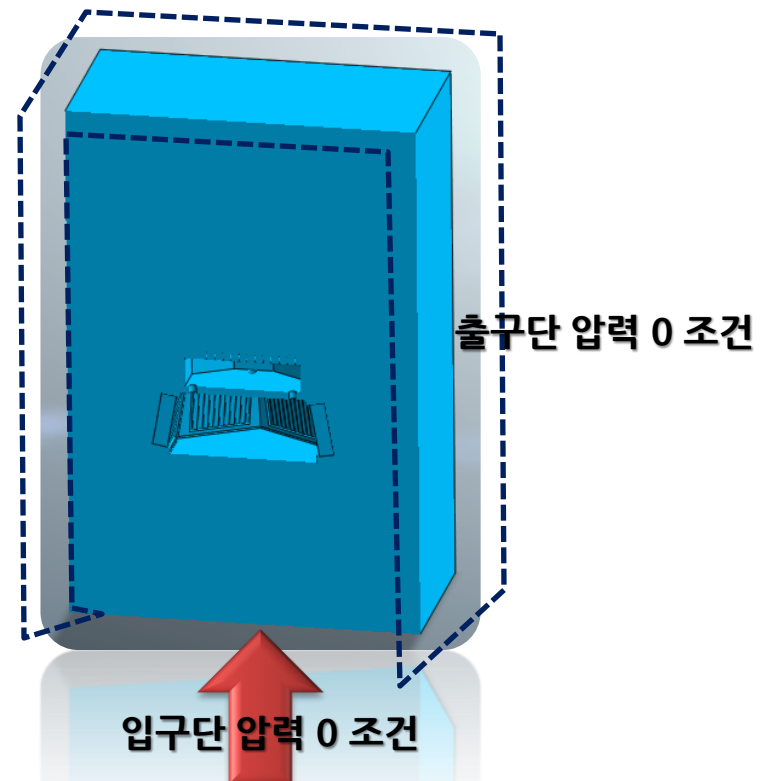
④ 자연 대류 해석 방법



자연대류의 핵심

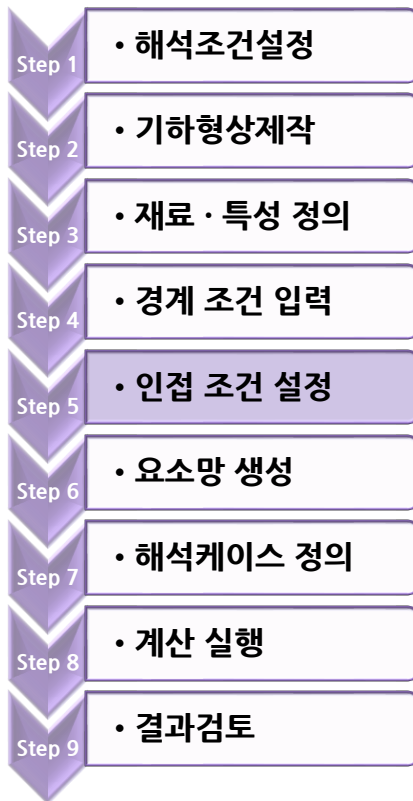
비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

3. 외기 : 하단부 입구단 압력 0 + 나머지 출구단 압력 0 입력



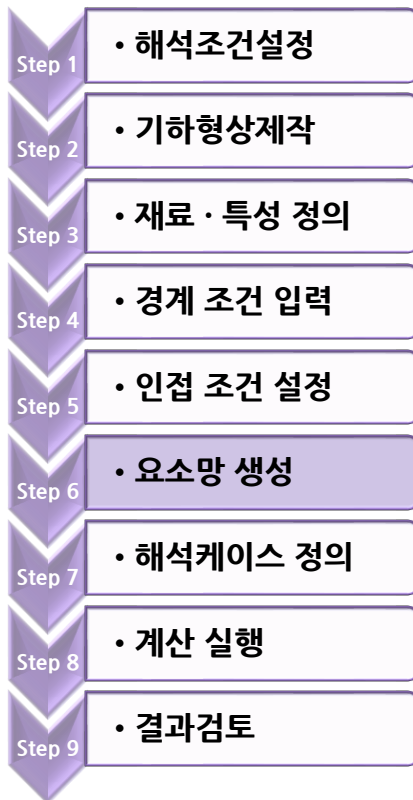
타 내용은 “Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법” 참조

④ 자연 대류 해석 방법



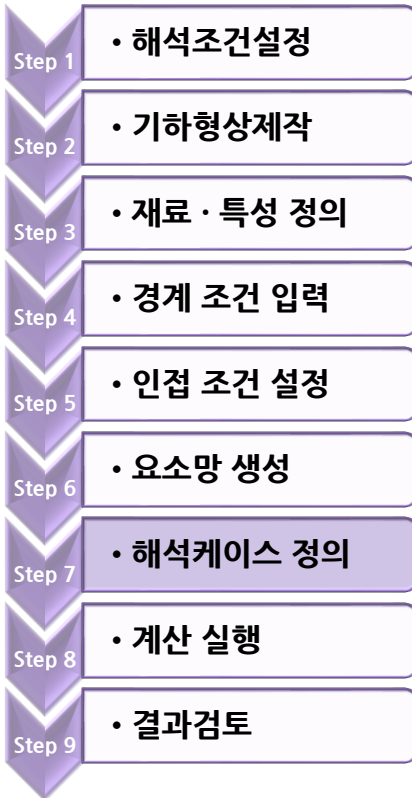
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

④ 자연 대류 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

④ 자연 대류 해석 방법



자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

4. 정상상태 1WAY 해석



**열에 의한 부유도로 속도가 발생하기 때문에
일반유동과 열유동을 동시에 풀어야 함**

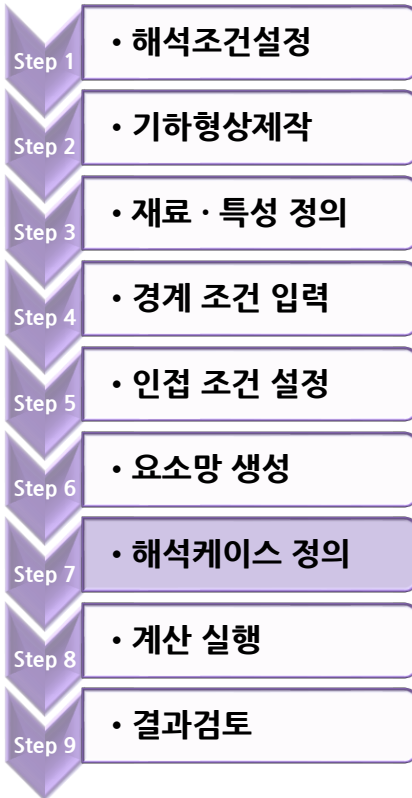
타 내용은 “Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법” 참조

④ 자연 대류 해석 방법

자연대류의 핵심

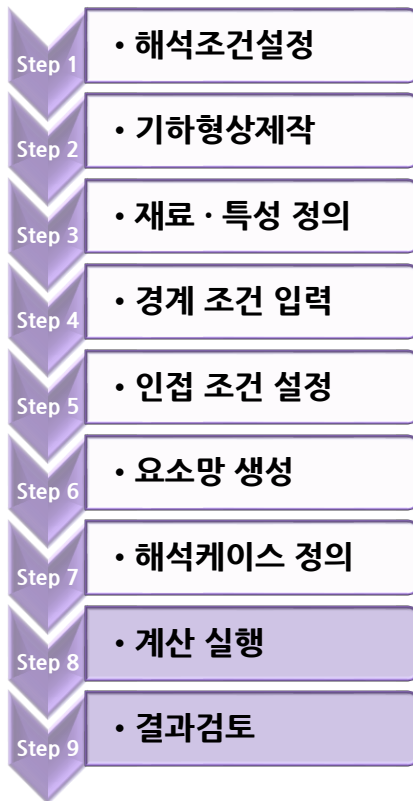
비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

5. 해석케이스에서 “부유도 적용” 활성화



타 내용은 “Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법” 참조

④ 자연 대류 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

유동해석 솔버 종류 & 유체 재료 모델 선택 가이드

상황에 맞는 솔버와 재료 모델을 선택하여 정확하고 효율적인 해석을 수행하세요!

1. 유동해석 솔버 종류 비교

	비압축성 솔버	압력기반 압축성 솔버	밀도기반 압축성 솔버
핵심 개념	밀도 일정 가정	압력 기반으로 밀도 변화 고려	밀도 기반 압축성 전용 (밀도-운동량-에너지 연성)
밀도 변화	무시	고려	강하게 고려
마하수 기준	$Ma < 0.3$	$Ma < 1$ (약한~중간 압축성)	천음속~초음속 ($Ma \approx 1$ 이상 또는 초크/충격파)
압축성 효과	없음	약~중간	매우 강함
계산 안정성	매우 좋음	좋음	상대적으로 민감
계산 속도	빠름	보통	느림
적합한 유체	액체, 저속 기체	산업용 압축성 기체 배관	초크/충격파/고속 압축성 유동
대표 적용 예시	물 배관, HVAC, 열교환기 등	고압 가스 배관, 압축공기 등	노즐, 제트, 항공/우주 등
언제 사용?	일반 CFD 대부분 (저속, 밀도 변화 무시 가능)	압력 변화가 큰 기체 유동 (초음속 전 영역 포함)	초크/충격파/고속 압축성 유동이 핵심인 경우



4. 솔버 + 재료 모델 추천 조합 (실무 기준)

해석 목적	추천 솔버	추천 재료 모델	비고 / 특징
물 배관 유동	비압축성	비압축성	일반적인 액체 유동, 가장 보편적
저속 공기 유동	비압축성	비압축성	HVAC, 환기, 일반 덕트 유동
저속 공기 열유동 (부력)	비압축성	비압축성 이상기체	자연대류, 열에 의한 밀도 변화 고려
배터리 공랭 / 전자장비 냉각	비압축성	비압축성 이상기체	온도에 따른 밀도 변화(부력) 중요
압축공기 배관	압력기반 압축성	순압성	등온 가정, 압력-유량 관계 핵심
헬륨 / 수소 배관	압력기반 압축성	순압성	고압 기체, 온도 변화 작음
고압 가스 + 온도 변화	압력기반 압축성	이상기체	열효과가 중요할 때
오리피스 / 노즐 (초크 가능)	밀도기반 압축성	이상기체(점성)	초크 유동, 압축성 효과 강함
초음속 제트 / 항공 외부 유동	밀도기반 압축성	이상기체(점성)	초음속, 충격파 포함
충격파 개략 검토	밀도기반 압축성	이상기체(비점성)	압축파 구조 빠른 확인용

★ : 매우 자주 사용 ☆ : 덜 자주 사용

2. 밀도기반 압축성의 세부 옵션 (이상기체 선택)

	이상기체(점성)	이상기체(비점성)
상태방정식	이상기체 ($p = P / RT$)	이상기체 ($p = P / RT$)
점성 고려	○	×
벽면 마찰	○	×
난류 계산	○	×
경계층	○	×
열전달	가능	제한적
계산 비용	상대적으로 큼	빠름
정확성/용도	실제 유동에 가까움 (실계/정밀 해석용)	압축파 구조 확인용 (벽면 효과 제외)
대표 예시	노즐, 배관, 제트, 초음속 유동 등	충격파 위치, 팽창파, 압축파 구조 확인 등

★ 밀도기반 압축성 해석에서는 대부분 이상기체(점성) 사용

※ 이상기체 상태방정식: $p = P / (R \cdot T)$
P: 압력, ρ : 밀도, R: 기체상수, T: 절대온도

비압축성
 $\rho = \text{상수}$

- $Ma < 0.3$
- 압력 변화 작음
- 밀도 변화 무시 가능
- 물, 오일 등
- 일반 유동



미소 압축성
(약한 압축성)

- 액체
- 압력 변화 있음
- 밀도 변화는 작음
- 고압 액체 유동



순압성
 $p = p(P)$

- 기체 (등온 가정)
- 압력 변화에 따라 밀도 변화
- 온도 변화 거의 없음
- 고압 가스 배관



비압축성 이상기체
 $\rho = P_{rel} / RT$
(온도 기반)

- 속도 낮음 ($Ma < 0.3$)
- 온도 변화 큼
- 압력 변화 작음
- 부력/자연대류 중요
- 공기 열유동



이상기체
 $\rho = P / RT$

- 압력 변화 큼
- 온도 변화 큼
- 압축성 + 열적 효과
- 고속/고압 기체 유동
- 노즐, 분출, 터빈 등



6. 가장 많이 쓰는 조합 TOP 5 (사용 빈도 순)

1	비압축성 + 비압축성	★★★★★
2	비압축성 + 비압축성 이상기체	★★★★☆
3	압력기반 압축성 + 순압성	★★★★☆
4	압력기반 압축성 + 이상기체	★★★☆☆
5	밀도기반 압축성 + 이상기체(점성)	★★★☆☆

7. 빠른 선택 가이드 (한눈에 보기)



★ 대부분의 실제 공학 문제는 위 기준을 따르면 올바른 조합을 선택할 수 있습니다!

핵심 기억 포인트

일반 유동
(저속, 밀도 변화 무시)
→ 비압축성 + 비압축성

열유동/부력
(온도 변화 중요)
→ 비압축성 + 비압축성 이상기체

고압 가스 배관
(등온 가정)
→ 압력기반 압축성 + 순압성

고속/노즐/초크/충격파
(강한 압축성)
→ 밀도기반 압축성 + 이상기체(점성)

midas NFX CFD 기본유동해석 교육

Part 0. CFD 입문자를 위한 이론의 이해

Part 1. CFD 기본개념의 이해

Part 2. CFD를 위한 올바른 모델링과 해석 수행방법

Part 3. 일반유동 모듈의 이해

Part 4. 예제로 살펴보는 일반유동 모듈

Part 5. 열유동 모듈의 이해

Part 6. 예제로 살펴보는 열유동 모듈

Contents

실무 따라하기

강제 수랭 해석 기본 예제

- ★ 본 예제는 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “외부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.

Contents

열유동 해석 CFD워크 플로우

NFX에서는 9단계로 열유동 CFD 해석 수행 가능

1. 해석조건설정

- 고체-고체 열전달, 고체-열전달이 필요한 면들의 정의 → 열유속, 열원, 대류 조건 등 열 경계조건 입력
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

2. 기하 형상제작

- 열 경계조건 입력을 위한 면 생성
- 구조물 열전달까지 고려해야 하는 경우 - 요소망 생성을 통해 구조물 열전달을 해석해야 하기 때문에 구조물 기하형상 제작 필수
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

3. 재료 · 특성 정의

- 질량 밀도(density) } 일반 정상상태 유동 해석 시 필수 기입 항목
- 점성(Viscosity)
- 이외의 열, 물질 이송, 복사 입력 항목 - midas NFX의 열모듈과 물질 확산 모듈을 사용하는 경우 필수 입력
- 특성 정의: 1차원, 2차원, 3차원 특성과 해석 움직임 특성, 유동 특성 정의 - 일반 정상상태 유동 해석 시 필수 생성

4. 경계 조건 입력

- 열 경계조건: 열유동 해석 - 1개 이상의 등온조건, 열유속, 열원 등의 열관련 경계조건 입력 필수
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

5. 인접 조건 설정

- 접촉조건 - 절점 병합을 이용하지 않고 열 전달 해석을 수행하는 경우 유동장과 구조물 경계에서의 열적 접촉 및 접촉면 지정 필수

6. 요소망 생성

- 절점 병합 - 접촉조건을 이용하지 않고 열 전달 해석을 수행하는 경우 요소망 생성시 절점 병합 기능을 이용한 요소망 생성 필수
- 고체영역 요소망 생성 - 고체의 열전달을 고려한 해석을 수행하는 경우 고체 요소망 생성 필수
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

7. 해석케이스 설정

- 열전달: 유체의 열전달이나 대류 해석을 수행하는 경우 - 해석제어의 열전달 체크 필수
- 고체 열전달: 고체-고체, 고체-유체의 열전달을 해석하는 경우 - 해석제어의 고체 열전달 체크 필수
- 고체와 유체의 모든 열전달을 고려하는 경우 - 해석제어의 열전달, 고체 열전달 체크 필수
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

8. 해석 수행

9. 결과검토

- CFD Residual 차트 확인(모든 값이 0.0001이하로 수렴하는지)
- 해석 결과가 이론적으로 타당성이 있는지 확인
- 유체역학, 열역학 이론에 따른 유체의 속도, 압력, 온도 값 변화 확인

간단한 예제 수행

☞ 다음 실습 안내

내부 직경이 좁아지는 파이프에 50도의 물이 유입될 때, 대류에 의한 물의 온도와 파이프의 온도 변화를 계산하기

목표: 지금까지 학습한 내용을 바탕으로 해석자의 시점에서 어떤 관점이 필요한지 생각해본다.

1 해석 조건 파악 해보기

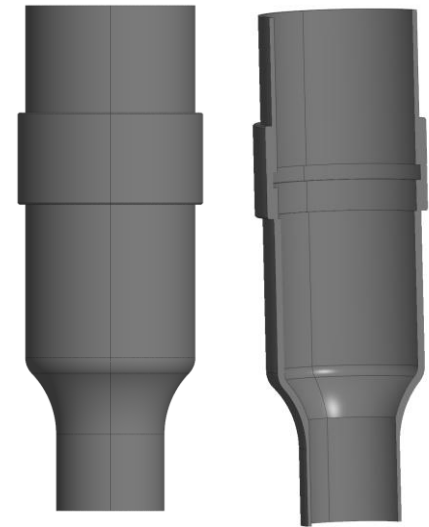
- 입구에 유입되는 유체의 물성치는와 온도? → 유체의 온도에 따른 물성 확인하기
- 입구에서 유입되는 유체의 속도/ 압력은?? → 유입 조건
- 출구에서 유체의 속도/ 압력은? → 유출 조건
- 파이프의 재질과 전도특성은 어떻게 되는가? → 벽 경계층 특성, 열전도 특성 확인
- 파이프 외기의 대류 특성을 어떻게 되는가? → 파이프 외부의 대류 특성 확인
- 파이프 내부 형상의 굴곡은 없는가? → 격자 생성시 조밀하게 생성해야 하는지 고민

2 모델의 구조적 특성을 파악하여 유동 형태 예상하기

- 구조적 특성이 유동에 어떻게 출현할까? → 물리적으로 타당한 해석 결과 도출을 위한 유동 특성 예상
- 파이프 내부 유동이 어떠한 특성을 보이게 할까? → 유동 특성 확인

3 경계조건 부여 위치 및 유동 조건 설정하기

- 입구 또는 출구 조건이 유동에 영향을 줄 수 있는가? → 다양한 경계조건
- 입출구 조건의 위치가 무엇이 될지? → 유동에 적합한 경계조건 결정
- 난류인가 층류인가? → 난류 모델 선택 및 유동 특성 해석
- 유체의 열이 전달되는 영역과, 대류는 어느 면에서 발상하는가? → 특성이 발현되는 면 위치 확인 및 접촉, 대류 조건 결정



Reducer Pipe - 내부 직경이 점차 좁아지는 파이프 구조

간단한 예제 수행

해석 수행 해보기

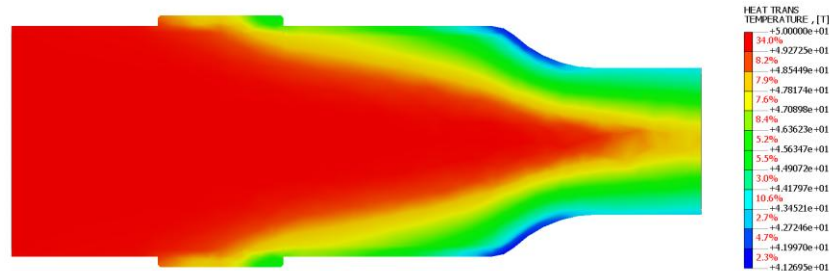
주어진 해석 조건을 따라 일반 유동 해석 수행

부여된 해석 조건

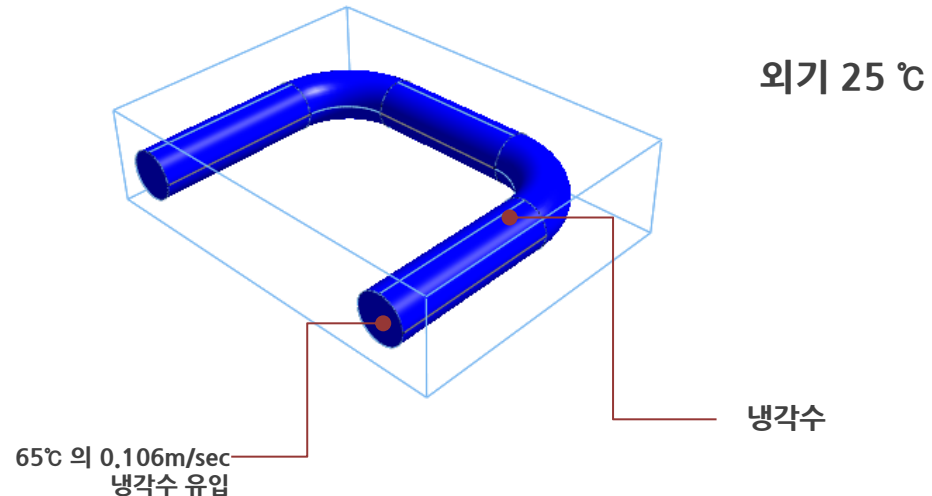
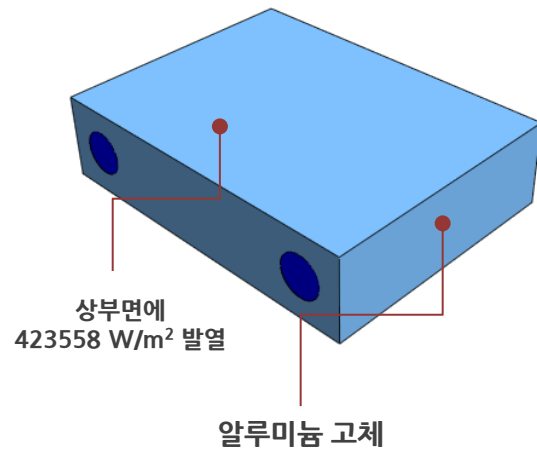


해석 도출결과 1 - 입구와 출구에서의 온도 구배 확인하기

- 대류조건, 구조물 전도 특성등을 고려 하였을 때, 타당한 결과를 얻었는지 정성적인 타당성 검증하기
- 접촉조건, 절점병합 기능을 이용하여 해석을 수행하기



문제 설명 및 해석 목적(교재 271p)



문제 설명

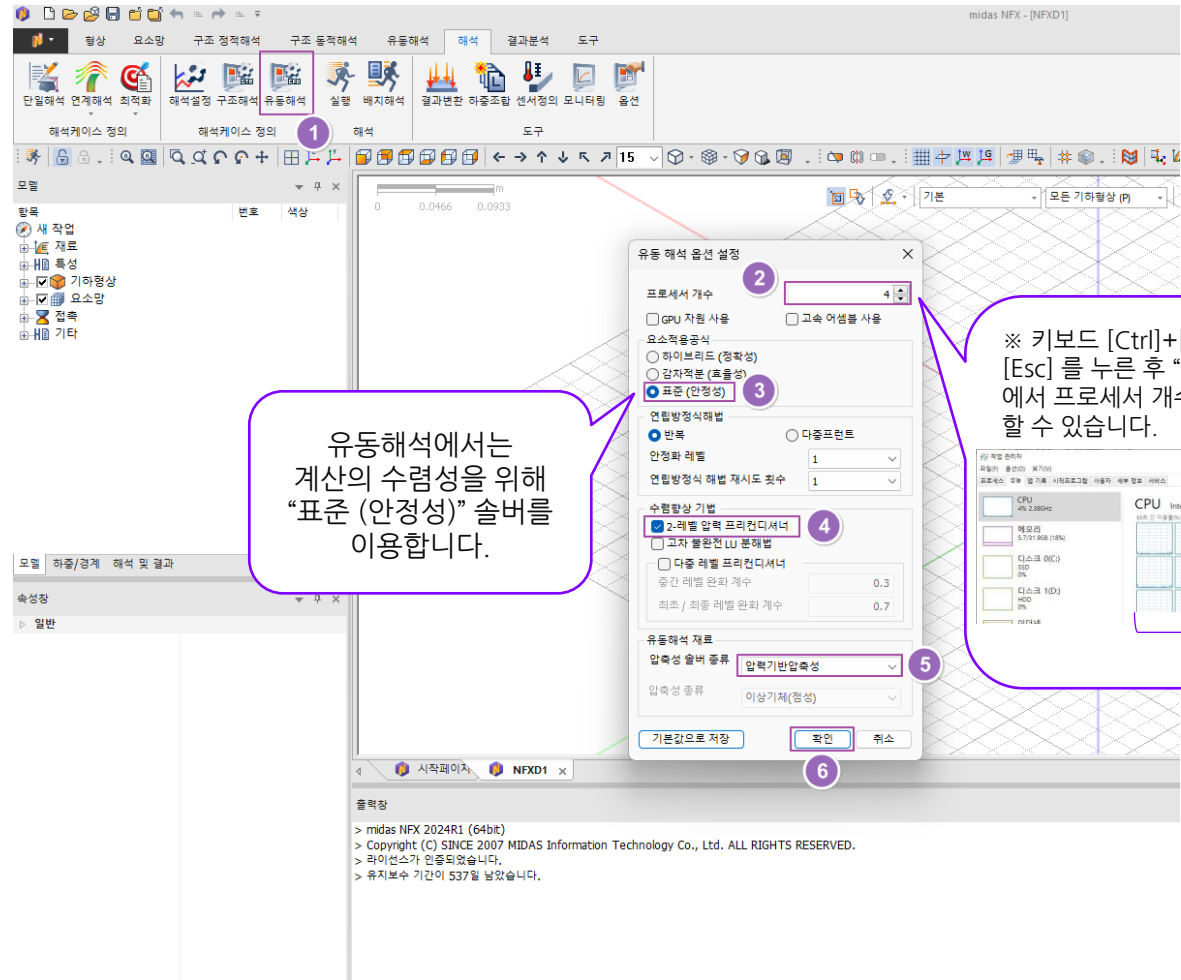
- ✓ 육면체 알루미늄 상부면 발열
- ✓ 육면체에 “ㄷ” 자 배관으로 냉각수 유입

해석 목적

- ✓ 발열 고체를 냉각수로 식히는 수랭해석 방법을 익힘

학습 주요 아이템

- ✓ 복합열전달 계산
- ✓ 접촉조건 사용하기
- ✓ 절점병합 사용하기
- ✓ 발열조건 입력
- ✓ 온도조건 입력
- ✓ 2 Step 과도열전달 해석 수행방법



새로 만들기

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

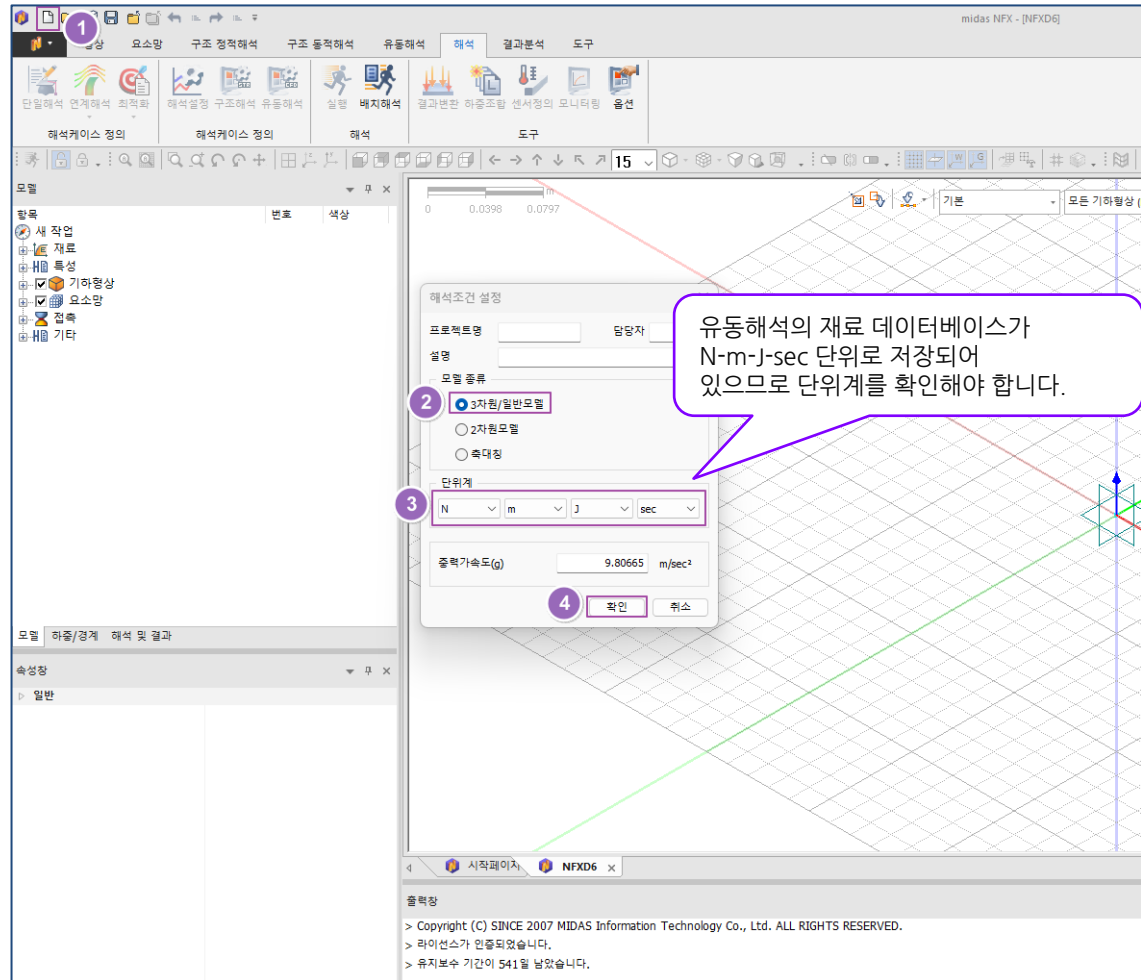
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “새로만들기” 버튼 클릭
- ② “3차원/일반모델” 라디오버튼
클릭
- ③ “단위계” 그룹박스 내
: N-m-J-sec 설정
- ④ “확인” 버튼 클릭



기하형상 불러오기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

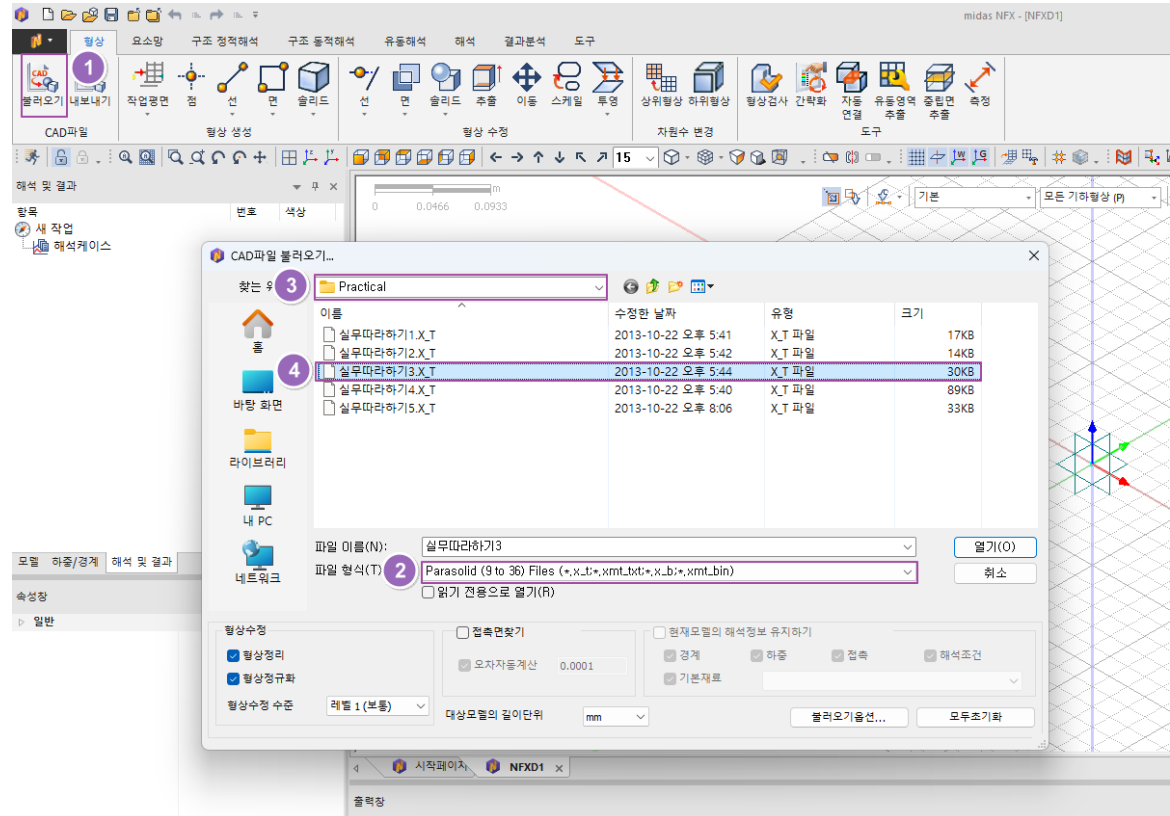
계산 실행

결과 검토

- ① “형상” 리본메뉴
> “불러오기” 버튼 클릭
- ② “파일 형식” 콤보박스
> “Parasolid..” 선택
- ③ CAD 파일이 있는 폴더로 이동
- ④ “실무따라하기3.X_T”
더블 클릭

※예제 파일 위치:

C:\Program Files\midas
NFX\Manual\Tutorial\mid
as NFX CFD\Practical



기하형상 불러오기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

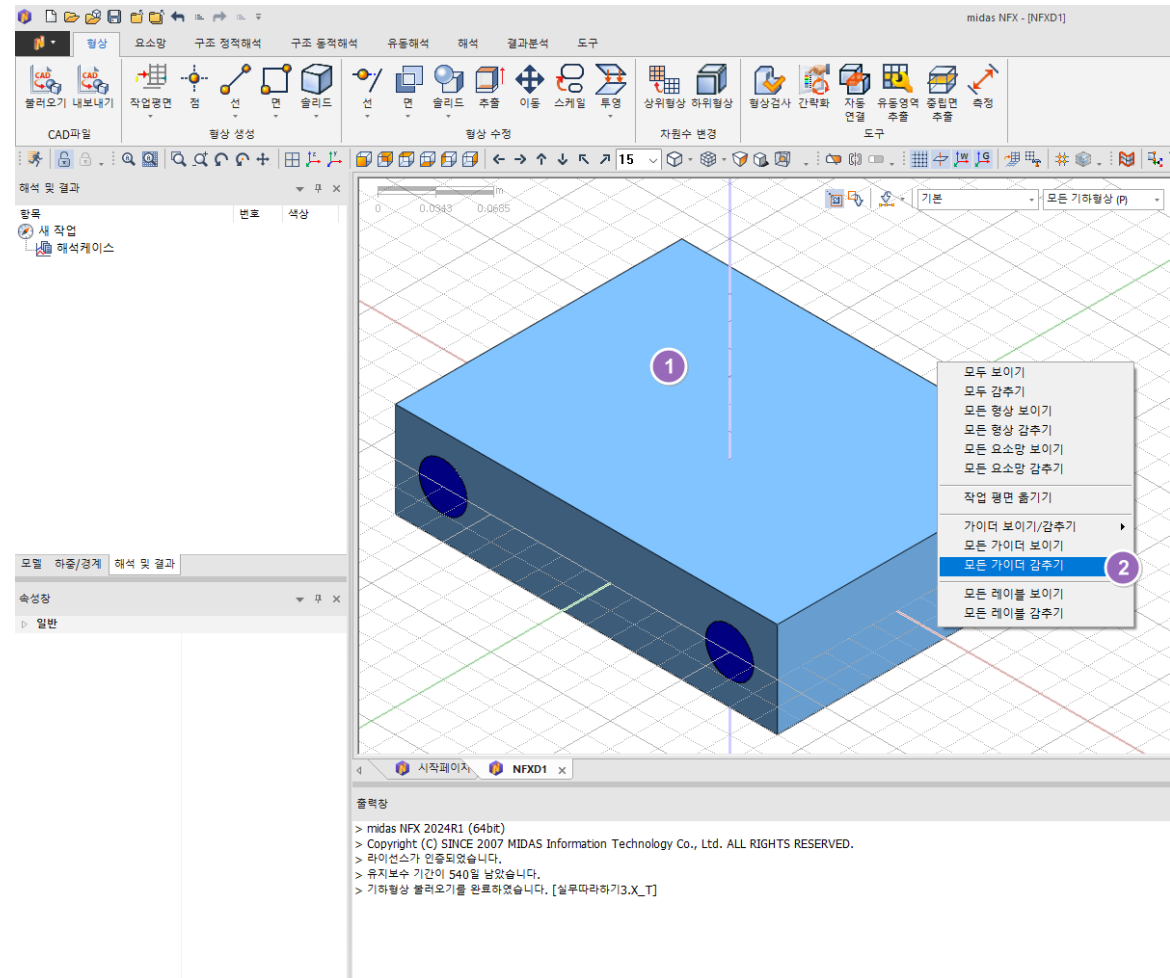
결과 검토

① 기하형상 확인

※ 키보드 마우스 조작을 통해 기하형상을 자세히 관찰합니다.

② 마우스 오른쪽 버튼 클릭 > “모든 가이드 감추기” 클릭

※ 실무에서는 냉각수 부분에 해당하는 유체체적이 없을 경우 앞선 예제를 참고하여 유체체적을 만들어야 합니다.



유체 재료 정의하기

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

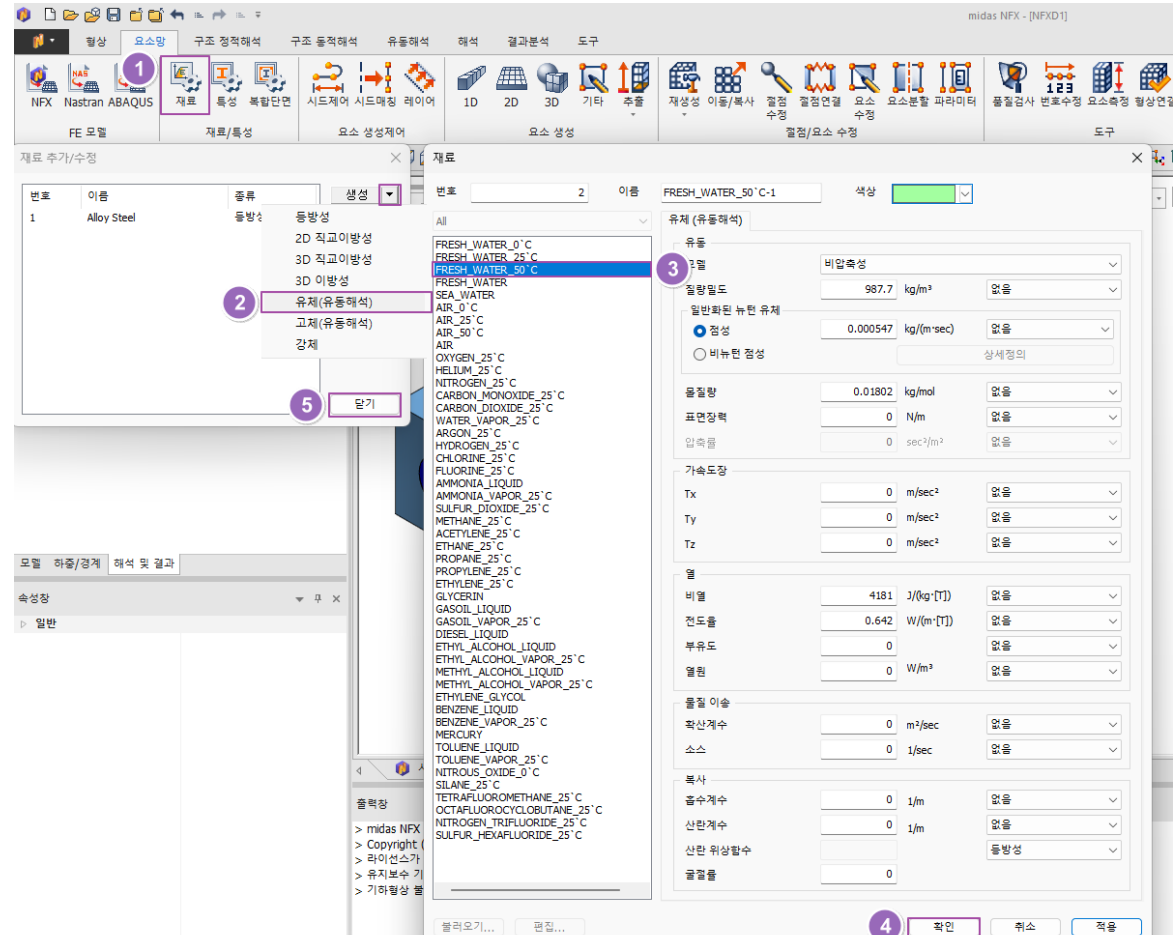
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “유체(유동해석)” 선택
- ③ 재료 데이터베이스
 > “FRESH_WATER_50'C”
 선택
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “닫기” 버튼 클릭



특성 정의하기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “특성” 버튼 클릭

② “특성 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “3D...” 버튼 클릭

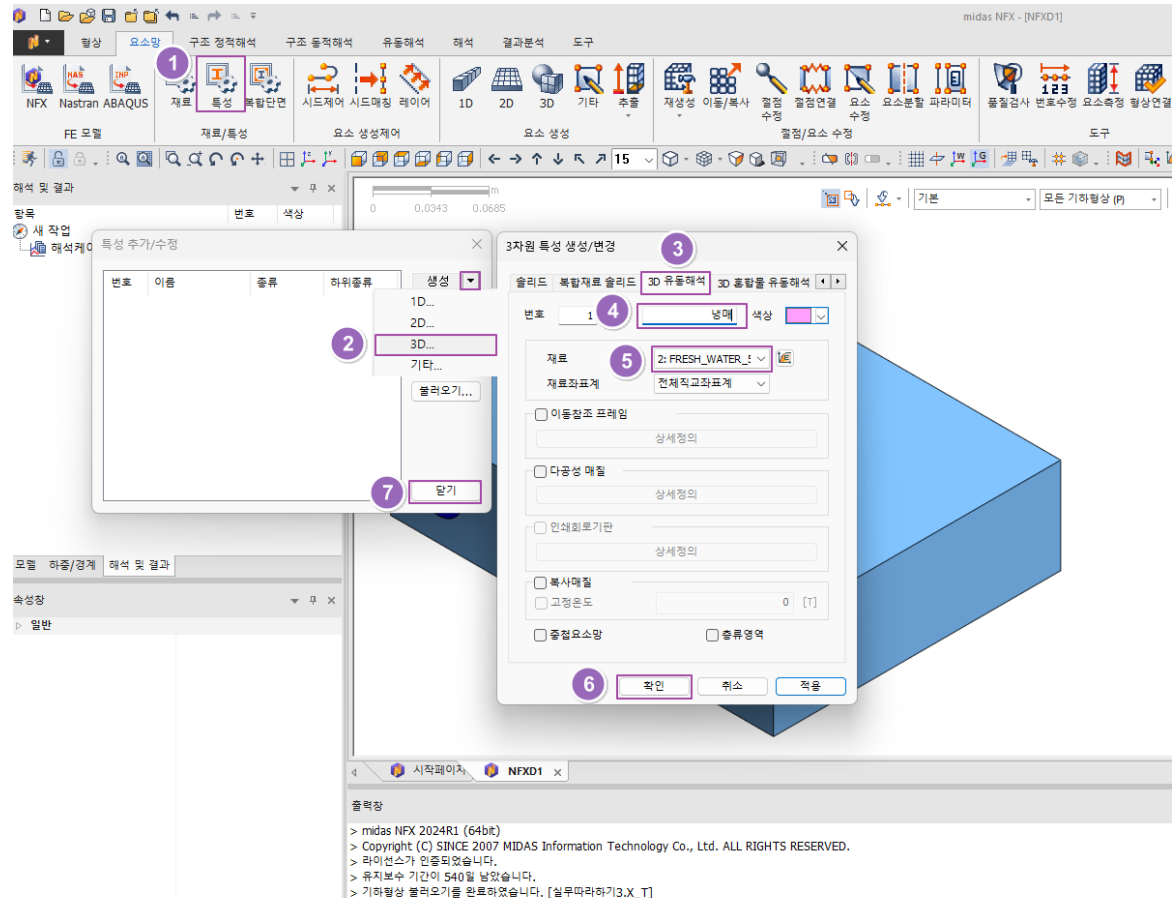
③ “3D 유동해석” 탭 선택

④ 이름 입력창 : “냉매” 입력

⑤ 재료 선택 창
: “2: FRESH_WATER_50°C”
선택

⑥ “확인” 버튼 클릭

⑦ “닫기” 버튼 클릭



특성 정의하기

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

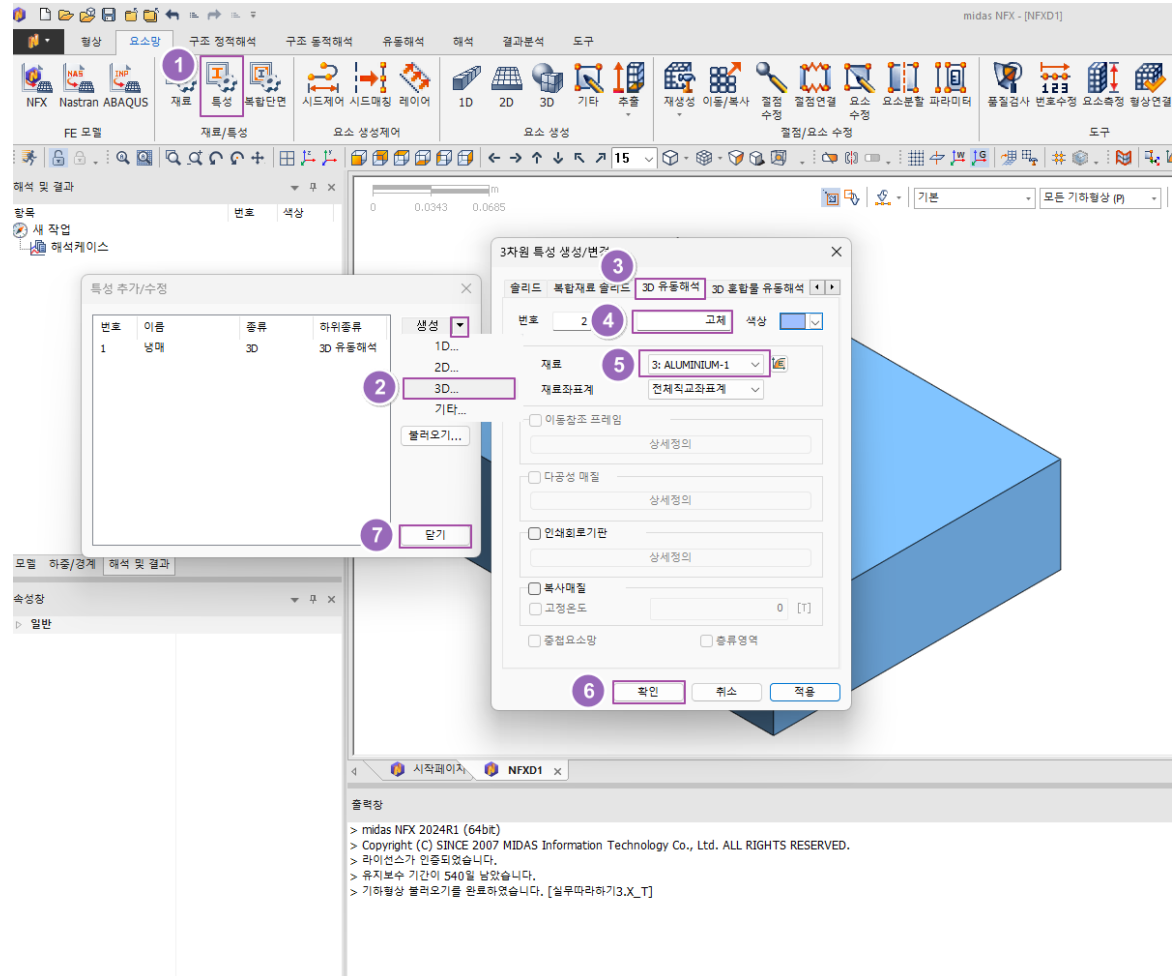
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “3D...” 버튼 클릭
- ③ “3D 유동해석” 탭 선택
- ④ 이름 입력창 : “고체” 입력
- ⑤ 재료 선택 창
 : “ALUMINIUM”
 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭
- ⑦ “닫기” 버튼 클릭



유체 유입 조건 설정 : 입구단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

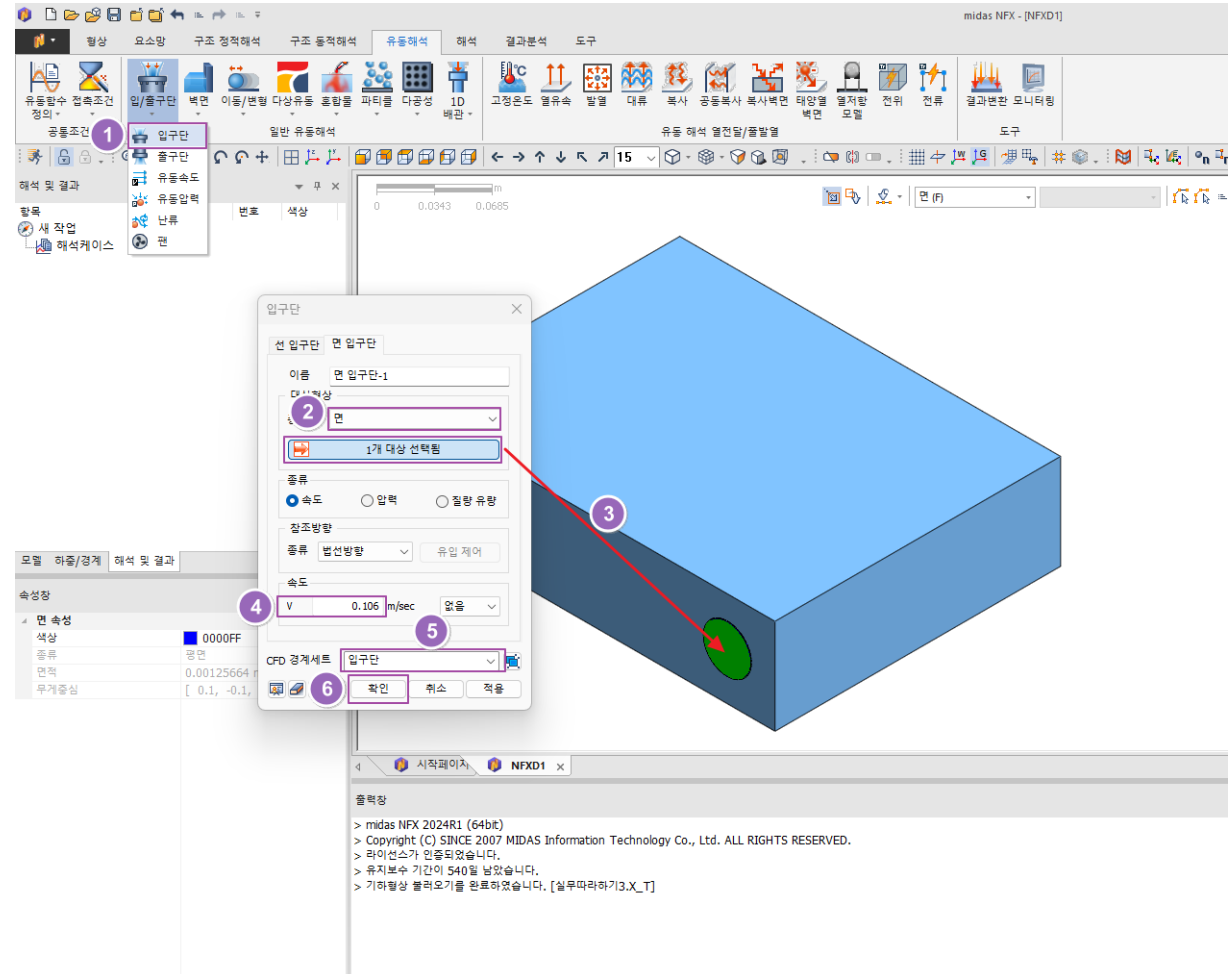
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “입구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택
- ③ 냉각수 입구 부분 선택
- ④ “속도” > “V” : “0.106” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창
> “입구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



유체 유출 조건 설정 : 출구단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

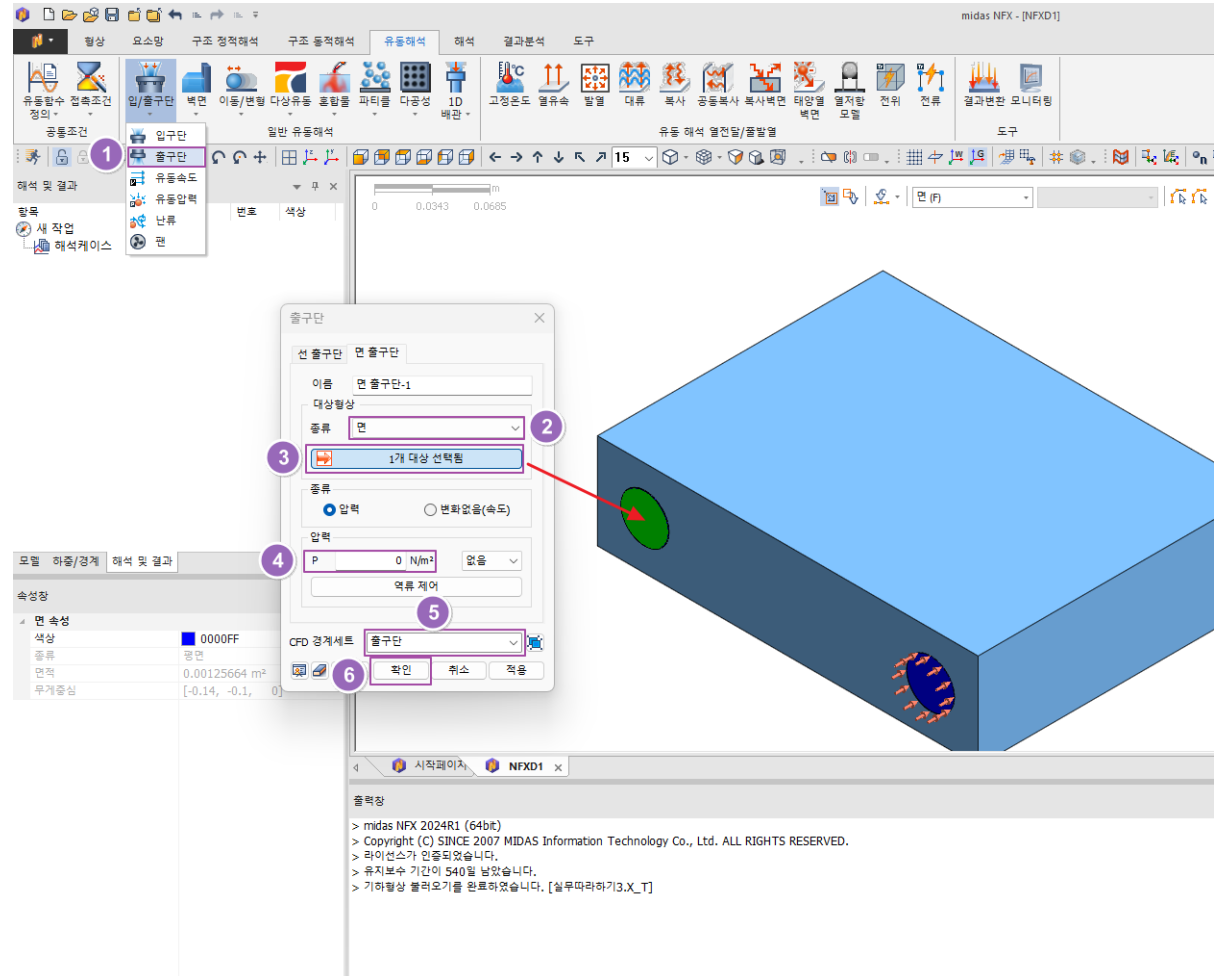
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “출구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택
- ③ 구조 형상 후면 선택
- ④ “압력” > “값” : “0” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창
> “출구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



실제 구조 기하와 접하는 벽면 조건 설정

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “모델” 트리메뉴 > “기하형상”
> “형상세트-1” > “솔리드”
> “Solid” 기하형상 체크박스
: 비활성화

② “벽면” 버튼 클릭

③ “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택

④ 전체 선택 후 입구부와 출구부
제외

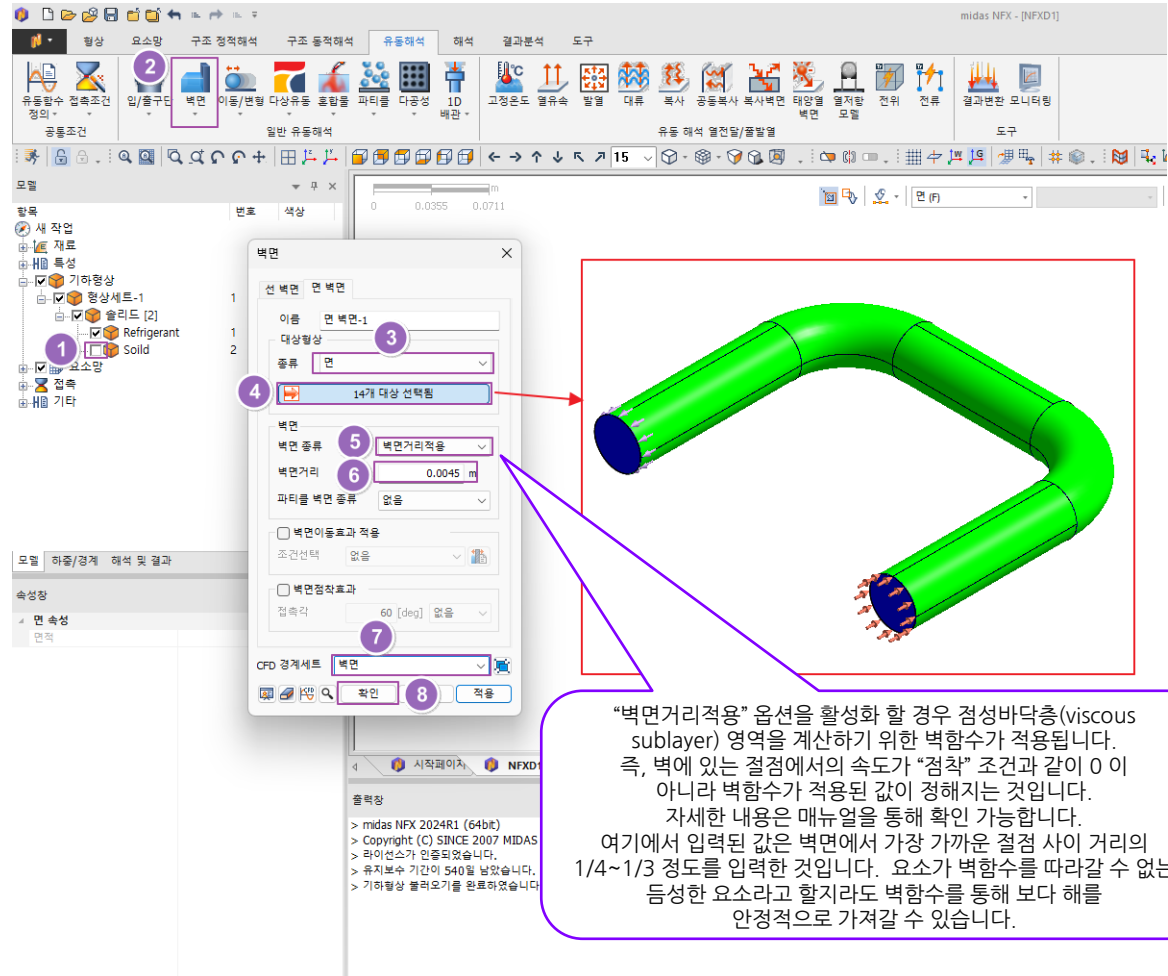
주의 : 총 14 개가 선택되는 지
확인 필요

⑤ 벽면 > 벽면종류 선택 창
: “벽면거리적용” 변경

⑥ “벽면거리” 입력창 : 0.0045
입력

⑦ “CFD 경계세트” 입력창
: “벽면” 입력

⑧ “확인” 버튼 클릭



냉각수 유입 온도 정의

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “고정온도” 버튼 클릭

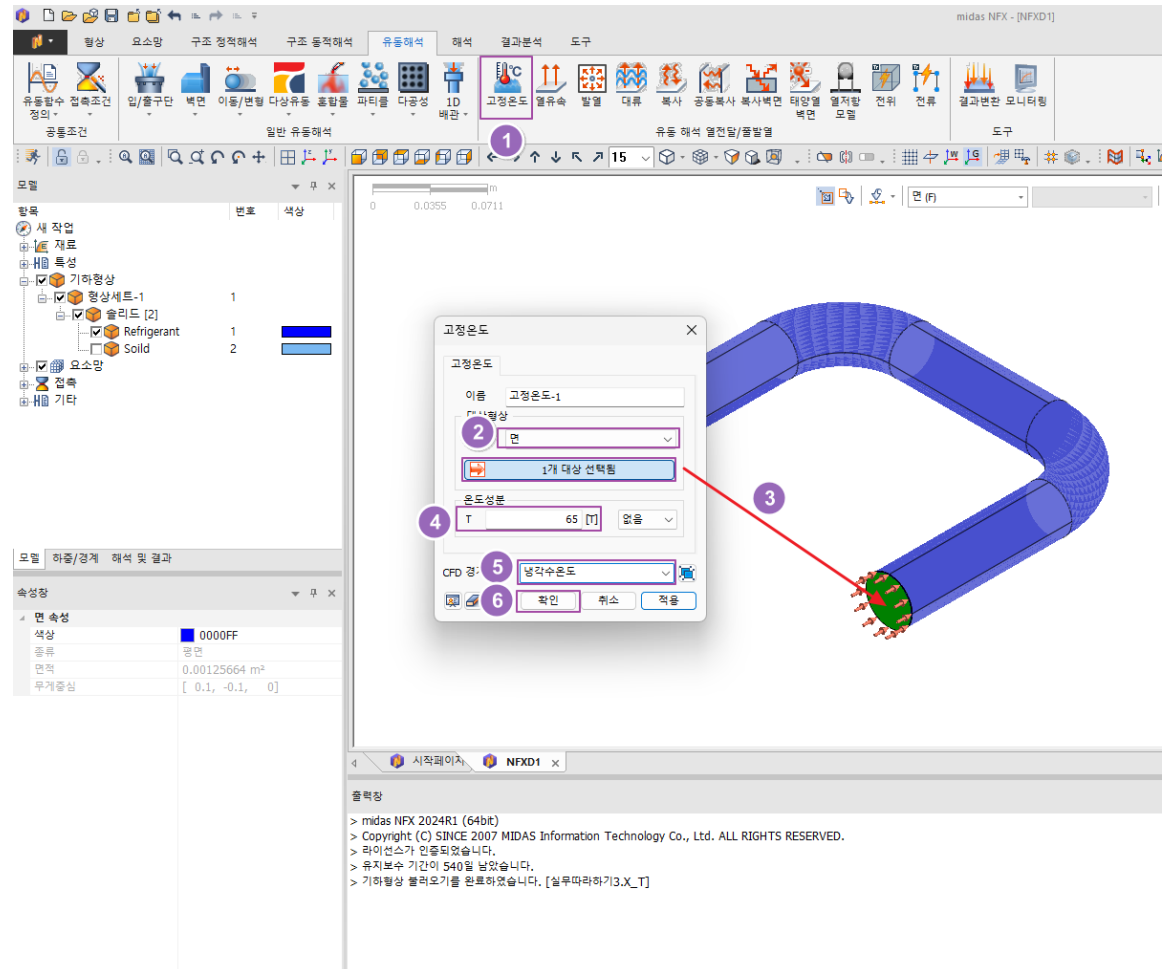
② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택

③ 입구부 선택

④ “온도” 입력 창 : “65” 입력

⑤ “CFD 경계세트” 입력창
: “냉각수온도” 입력

⑥ “확인” 버튼 클릭



고체 발열조건 지정

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “모델” 트리메뉴 > “기하형상”
> “형상세트-1” > “솔리드”
> “Solid” 기하형상 체크박스
: 활성화

② “열유속” 버튼 클릭

③ “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택

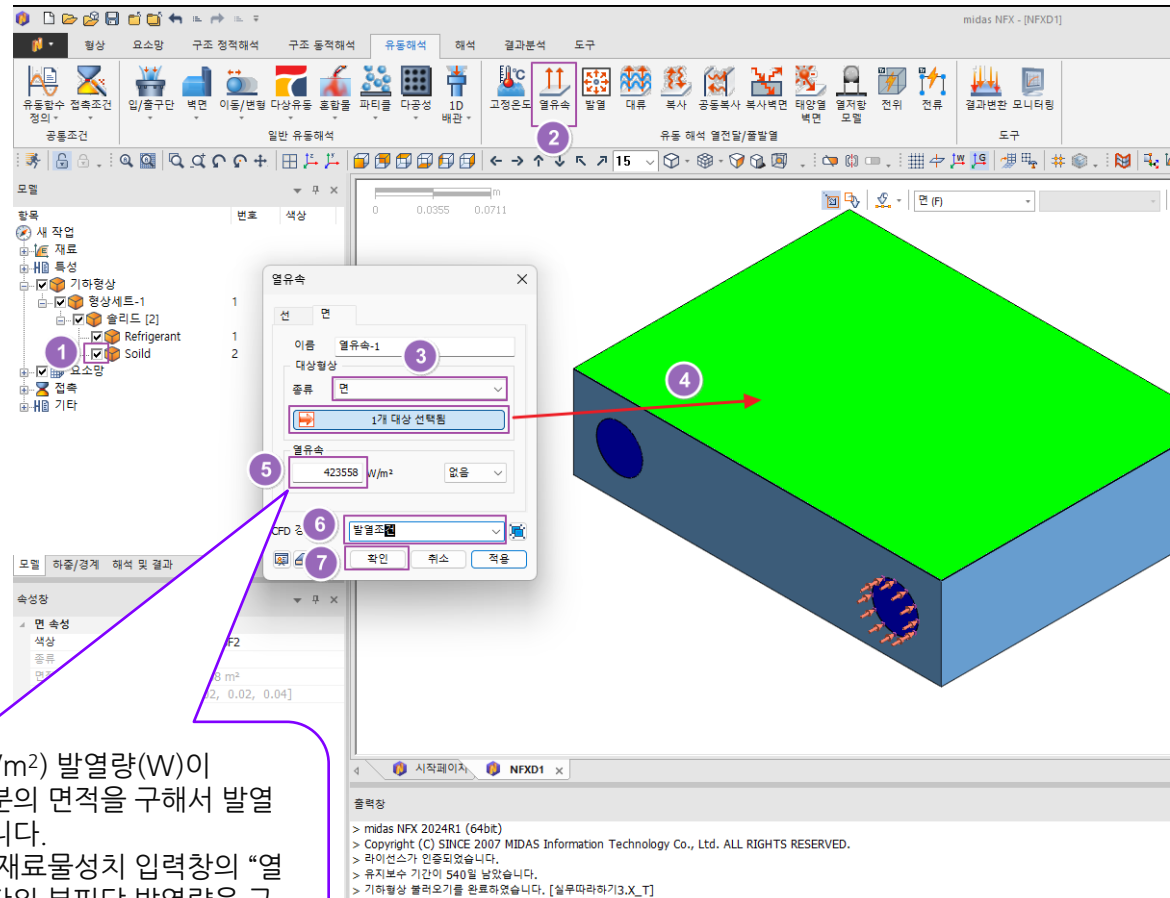
④ 고체 상부면 선택

⑤ “열유속” 입력창 : “423558”
입력

⑥ “CFD 경계세트” 입력창
: “발열조건” 입력

⑦ “확인” 버튼 클릭

단위 면적당 발열량을 입력합니다. (W/m²) 발열량(W)이 주어졌을 때, 경계조건이 입력되는 부분의 면적을 구해서 발열량을 면적으로 나눈 값을 입력하면 됩니다. 만약 부피에 발열량을 주고 싶을 때는 재료물성치 입력창의 “열원” 항목에 입력하면 됩니다. 이 때는 단위 부피당 발열량을 구해 입력합니다.



외부 대류조건 가정 (뉴턴 냉각 법칙 적용)

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

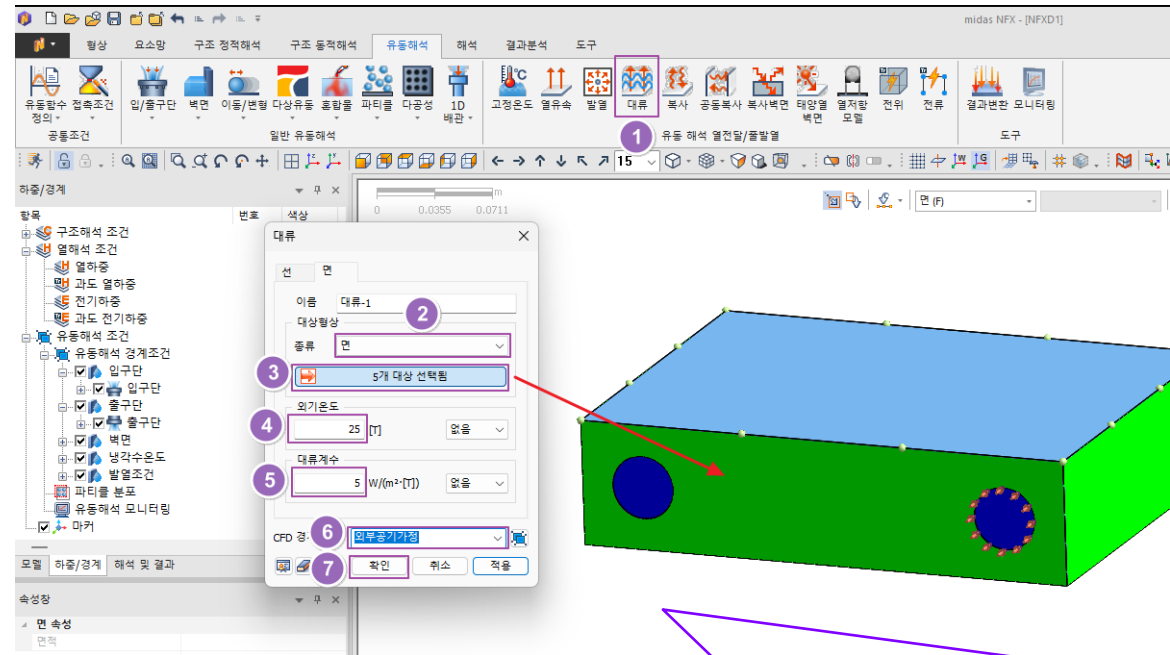
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “대류” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 고체 외부 6 면 중 상부면을 제외한 5 면 선택
- ④ “외기온도” 입력창 : 25 입력
- ⑤ “대류계수” 입력창 : 5 입력
- ⑥ “CFD 경계세트” 입력창 : “외부공기가정” 입력
- ⑦ “확인” 버튼 클릭



CFD 가 아닌 구조해석에서는 공기를 모델링 할 수 없기 때문에 제품 주변의 공기로 빠져나가는 열전달을 뉴턴의 냉각법칙을 이용해서 해석에 적용할 수 있습니다. CFD 에서도 마찬가지로 발열과 냉각되는 주요인자가 주변 공기로 빠져나가는 열전달이 아닐 경우 외기를 직접 모델링하지 않고 열유속 경계조건을 통하여 주변에 공기가 있다고 가정할 수 있습니다. 뉴턴의 냉각법칙이란 시간에 따른 물체의 온도변화는 그 물체의 온도와 주위 물체의 온도차에 비례한다는 법칙으로써 아래와 같이 표현할 수 있습니다.

$$q = h A (T_s - T)$$

이 때, h 는 사용자가 정하는 대류계수이며, A 는 표면적, T_s 는 외기온도, T 는 구조물 표면 온도입니다. 대류계수는 기체 자연대류의 경우 3~10 정도, 액체 자연대류의 경우 10~1000 정도, 기체 강제대류일 경우 25~250 정도, 액체 강제대류일 경우 50~20000, 끓거나 응축이 수반되는 경우 2500~100000 정도입니다. 본 예제에서는 대류계수를 5, 외기 온도를 25°C 로 가정한 조건을 보여주고 있습니다. 위에서 열유속에 입력한 125 라는 값은 $h \times T_s$ 값이며, 반응열유속에 입력한 5 라는 값은 $h \times T$ 값 중 T 는 해당 절점을 컴퓨터가 자동 계산하므로 h 값만을 나타내고 있습니다.

요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

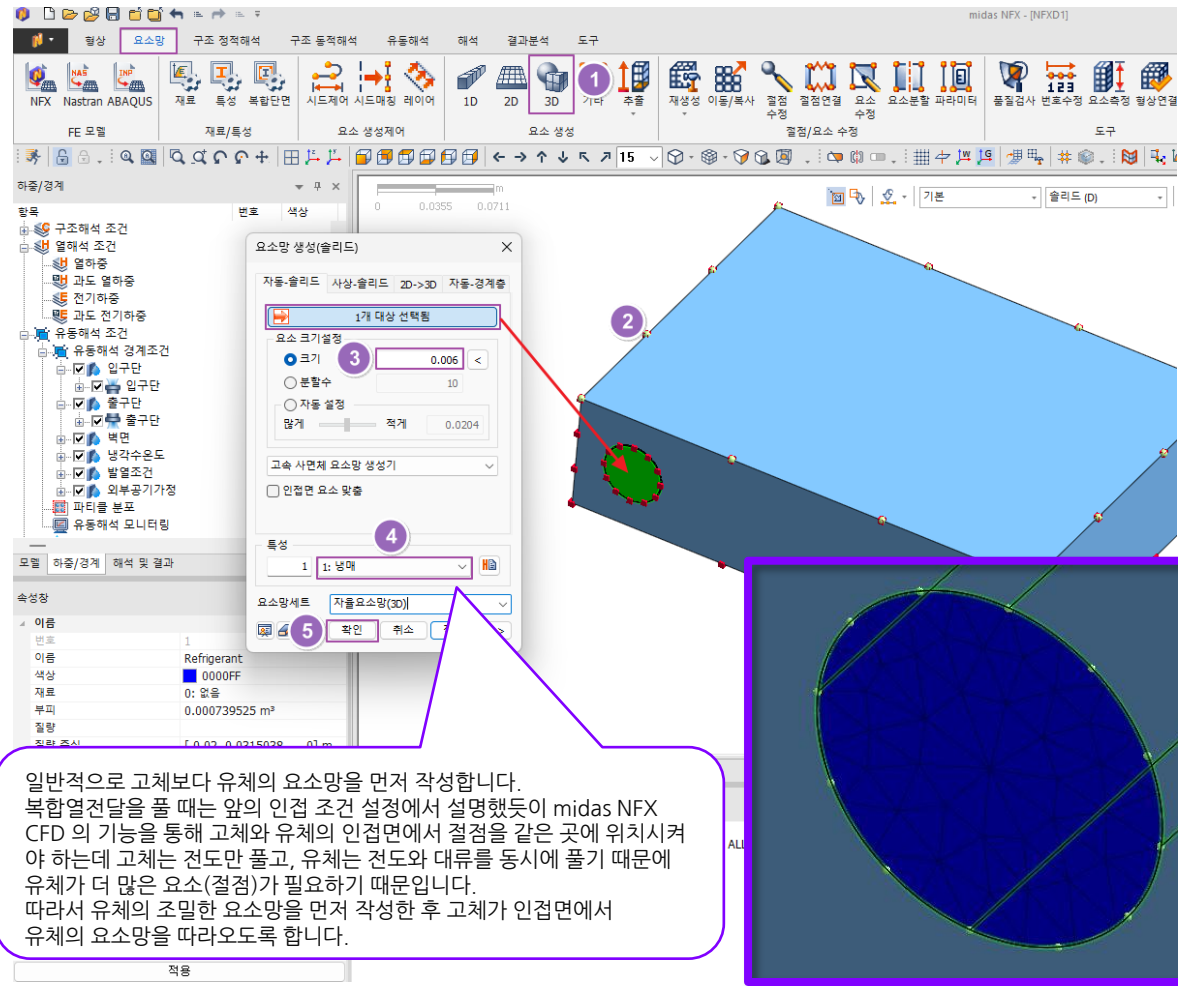
① “요소망” 리본 메뉴 >
“3D” 버튼 클릭

② 냉각수 부분 선택

③ 요소 크기 설정
> “크기” 입력 창
: 0.006 입력

④ “특성” 선택 창
: “1:냉매” 선택

⑤ “확인” 버튼 클릭



요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “3D” 버튼 클릭

② 고체 부분 선택

③ 요소 크기 설정
> “크기” 입력 창
: 0.02 입력④ “인접면 요소 맞춤” 체크박스 :
활성화

⑤ “특성” 선택 창 : “2: 고체” 확인

⑥ “>>” (고급옵션) 버튼 클릭

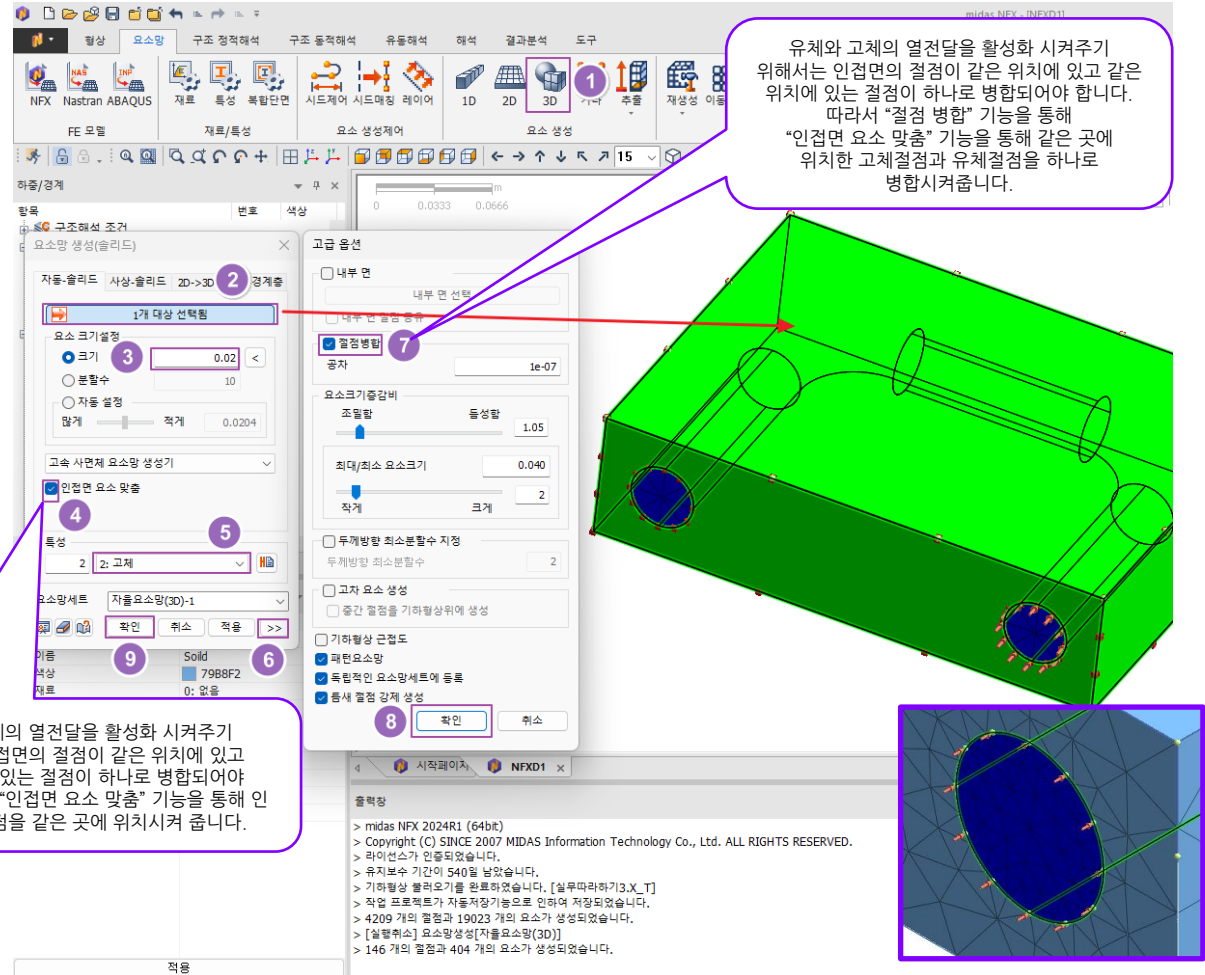
⑦ “절점병합” 체크박스 : 활성화

⑧ 고급옵션 창
> “확인” 버튼 클릭

⑨ “확인” 버튼 클릭

유체와 고체의 열전달을 활성화 시켜주기 위해서는 인접면의 절점이 같은 위치에 있고 같은 위치에 있는 절점이 하나로 병합되어야 합니다. 따라서 “인접면 요소 맞춤” 기능을 통해 인접면에서 절점을 같은 곳에 위치시켜 줍니다.

유체와 고체의 열전달을 활성화 시켜주기 위해서는 인접면의 절점이 같은 위치에 있고 같은 위치에 있는 절점이 하나로 병합되어야 합니다. 따라서 “절점 병합” 기능을 통해 “인접면 요소 맞춤” 기능을 통해 같은 곳에 위치한 고체절점과 유체절점을 하나로 병합시켜줍니다.



요소망 생성 – 품질 검사

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

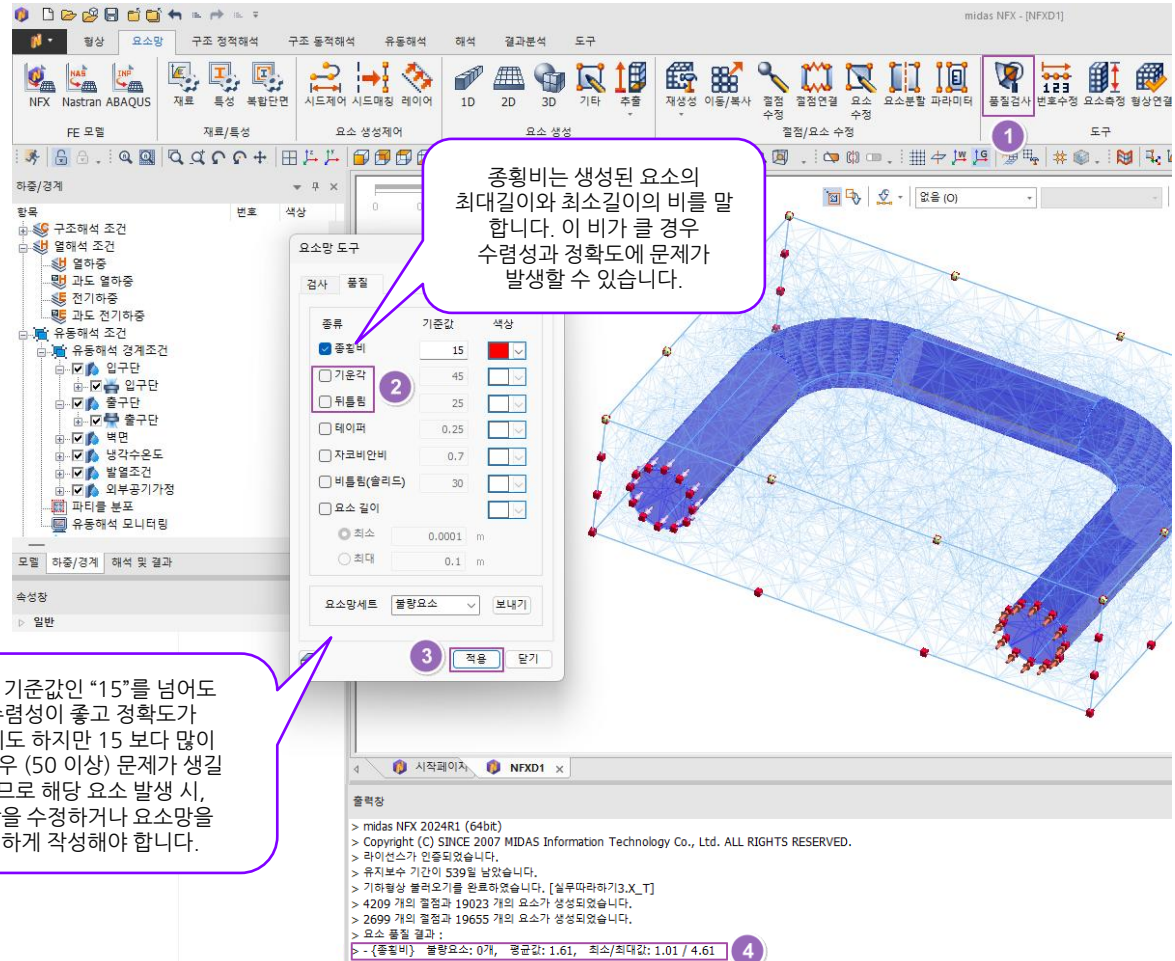
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “검사” 버튼 클릭
 > “요소품질” 클릭
- ② “요소망 도구” 창
 > “기운각” 체크박스 : Off
 > “뒤틀림” 체크박스 : Off
- ③ “적용” 버튼 클릭
- ④ “출력창” 에서 최대값을 확인



해석케이스 정의

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

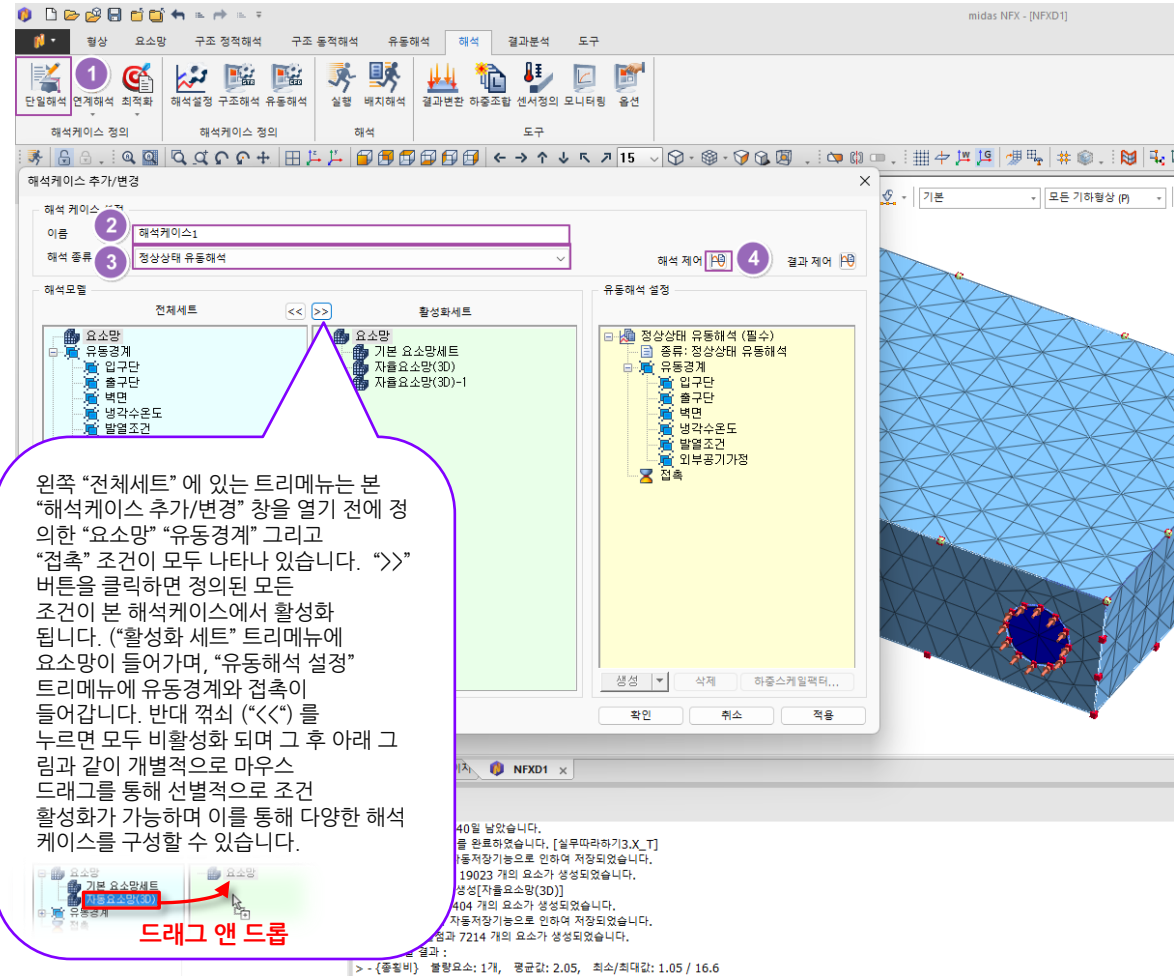
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “정상” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스1” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석종류” 입력 창
 : “정상상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 필드 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “필드정의” 클릭
- ② “운동에너지” 입력창
: “1.6854e-6” 입력
- ③ “길이척도” 입력창
: “0.0028” 입력
- ④ “확인” 버튼 클릭

초기 조건 정의

초기 조건
전체 초기조건 정의 ① 필드 정의
☐ 세부 초기조건 정의

필드정의

압력
압력 0 N/m² 없음

속도
Vx 0 m/sec 없음
Vy 0 m/sec 없음
Vz 0 m/sec 없음

난류
종류 운동에너지와 길이척도
운동에너지 ② 1.6854e-6 m²/sec² 없음
길이척도 ③ 0.0028 m 없음

열전달
유체 온도 0 [T] 없음
고체 온도 0 [T] 없음

전위
전위 0 V 없음

누적 발열
유체 발열 0 W 없음
고체 발열 0 W 없음

④ 확인 취소

유동해석에서는 현재 스텝에서 계산을 위해 직전 스텝의 결과 값을 계산 입력값으로 사용합니다. 따라서 제일 처음 계산 스텝에서는 앞선 스텝이 없으므로 초기값 입력이 필요합니다. 초기값 입력은 “필드 정의” 창에서 할 수 있으며, 주어진 경계조건과 부합하는 (실제 현상과 유사한) 값을 입력할수록 빨리 계산이 수렴됩니다.

유체의 불규칙적인 소용돌이 운동을 기술하는 난류는 운동에너지와 길이척도 입력이 필요합니다. 운동에너지의 경우 아래 식으로 계산됩니다.

$$\text{운동에너지} = 1.5 * (\text{속도} * \text{난류강도레벨})^2$$

〈난류 강도 레벨〉
항공기, 자동차, 잠수함 : 0.003(0.01이하)
대기층 : 0.3
내부유동, 열교환기, 회전기계 : 0.05~0.15
파이프, 배기구, 저레이놀즈수(단순) : 0.01~0.05

$$\text{배관 길이척도} = \text{특성길이} \times 0.07$$

$$\text{외부유동의 길이척도} = 10 \times \text{점성} \div (\text{밀도} \times [\text{운동에너지}]^{1/2})$$

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

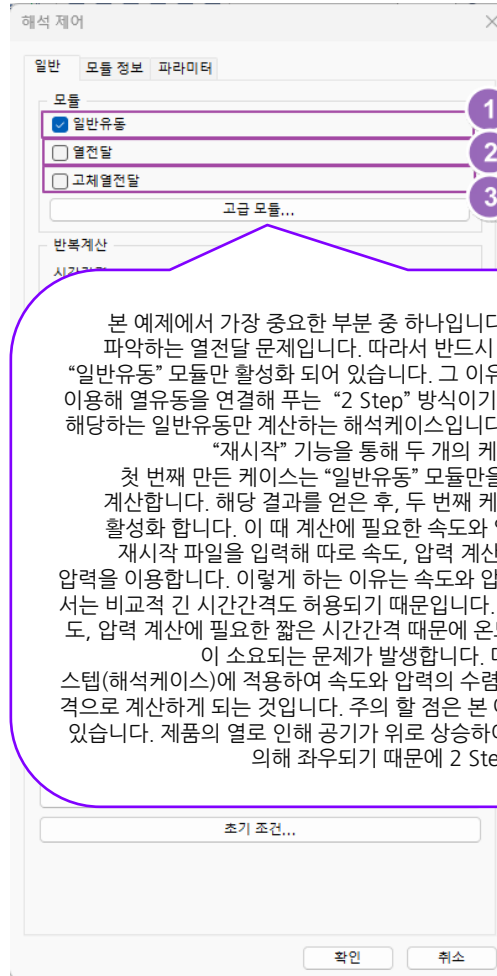
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “모듈” 그룹박스 > “일반유동”
체크박스 : 활성화 확인
- ② “모듈” 그룹박스 > “열전달”
체크박스 : 비활성화 확인
- ③ “모듈” 그룹박스 > “고체열전달”
체크박스 : 비활성화 확인



본 예제에서 가장 중요한 부분 중 하나입니다. 본 예제는 냉각수에 의한 시스템 냉각을 파악하는 열전달 문제입니다. 따라서 반드시 열전달을 풀어야 하는데, 이 해석케이스는 “일반유동” 모듈만 활성화 되어 있습니다. 그 이유는 본 예제가 먼저 일반유동만 풀고 그 결과를 이용해 열유동을 연결해 푸는 “2 Step” 방식이기 때문입니다. 이 페이지는 그 중 첫 번째 스텝에 해당하는 일반유동만 계산하는 해석케이스입니다. “2 Step” 방식은 해석 케이스를 두 개 만들어 “재시작” 기능을 통해 두 개의 케이스를 연계하는 방법입니다.

첫 번째 만든 케이스는 “일반유동” 모듈만을 활성화 하여 시스템의 속도와 압력만을 계산합니다. 해당 결과를 얻은 후, 두 번째 케이스에서 “열전달”과 “고체열전달” 모듈만 활성화 합니다. 이 때 계산에 필요한 속도와 압력 값은 첫 번째 스텝에서 계산한 결과인 재시작 파일을 입력해 따로 속도, 압력 계산 없이 첫 번째 스텝의 최종결과의 속도와 압력을 이용합니다. 이렇게 하는 이유는 속도와 압력 계산에는 짧은 시간간격이 필요하고, 온도에서는 비교적 긴 시간간격도 허용되기 때문입니다. 그래서 속도, 압력, 온도를 같이 계산할 경우 속도, 압력 계산에 필요한 짧은 시간간격 때문에 온도가 정상상태에 도달하기 위해 많은 계산 시간이 소요되는 문제가 발생합니다. 따라서 짧은 시간간격을 첫 번째 스텝(해석케이스)에 적용하여 속도와 압력의 수렴해를 얻고, 이 해를 이용해서 온도를 큰 시간 간격으로 계산하게 되는 것입니다. 주의 할 점은 본 예제와 같이 유체가 강제 대류일 때만 적용할 수 있습니다. 제품의 열로 인해 공기가 위로 상승하여 열을 뺀 자연대류는 공기의 속도가 온도에 의해 좌우되기 때문에 2 Step 을 이용할 수 없습니다.

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 난류 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

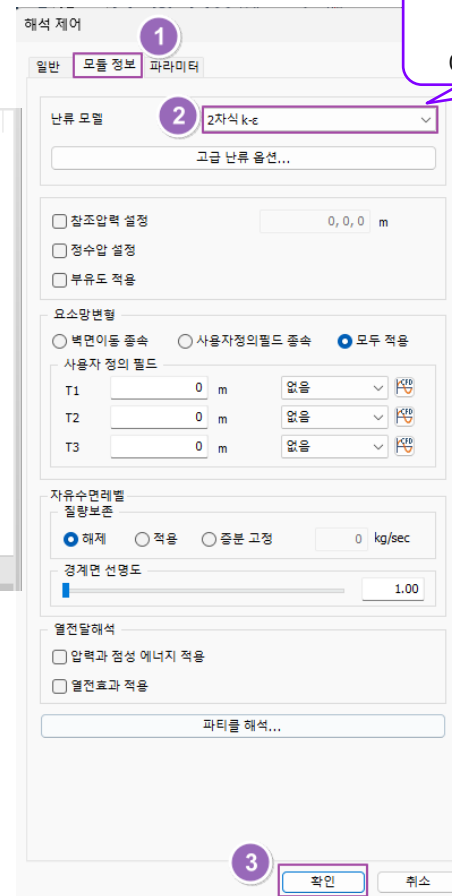
요소망생성

해석 케이스
정의

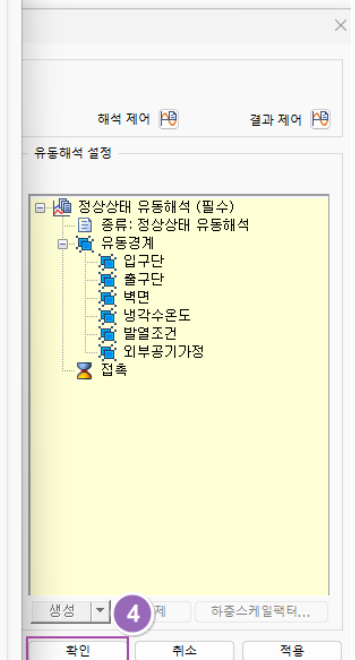
계산 실행

결과 검토

- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창
: “2차식 k- ϵ ” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “해석 및 결과” 창
> “해석케이스1” 정의 확인



간단한 유동 문제는
2차식 k- ϵ 모델을
이용하여 해석합니다.



계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

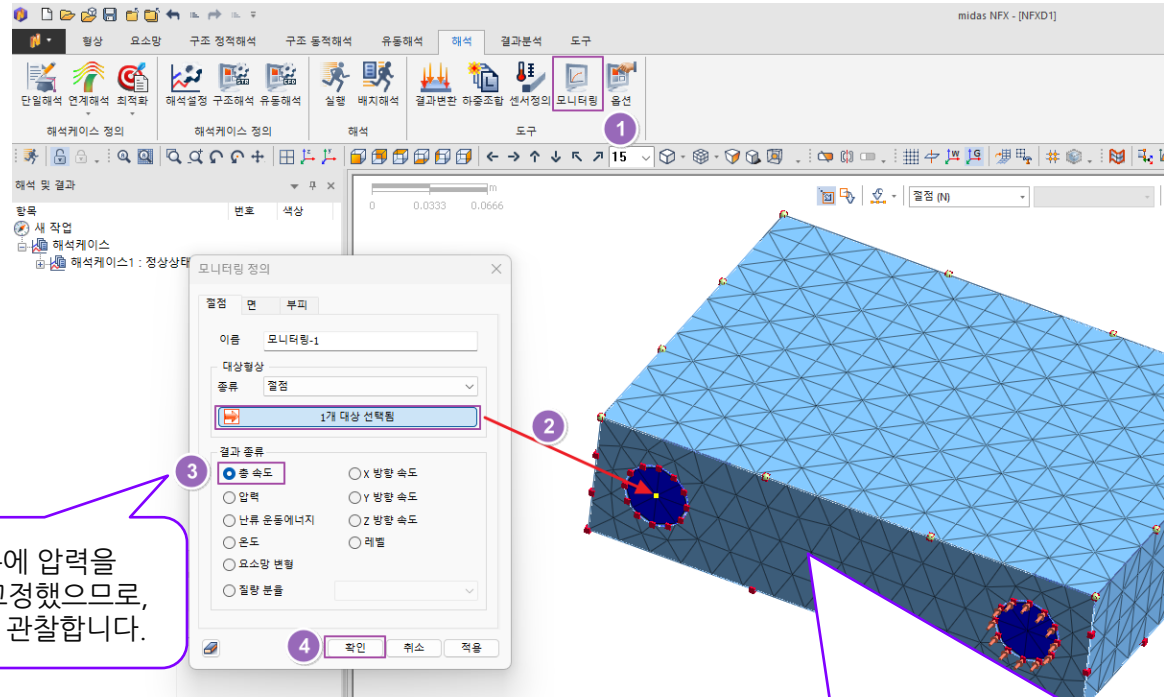
해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “모니터링” 버튼 클릭
- ② 출구 부분 가운데 절점 선택
- ③ “총 속도” 체크박스 : On
- ④ “확인” 버튼 클릭

출구 측에 압력을
0 Pa 로 고정했으므로,
총 속도를 관찰합니다.



계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준은

1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우

입니다. 이 중 2번 조건을 만족하기 위해 “모니터링 포인트”를 지정해 해당 영역의 특성치를 계산 중에 관찰 할 수 있습니다.

계산 실행 – 파일 저장

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

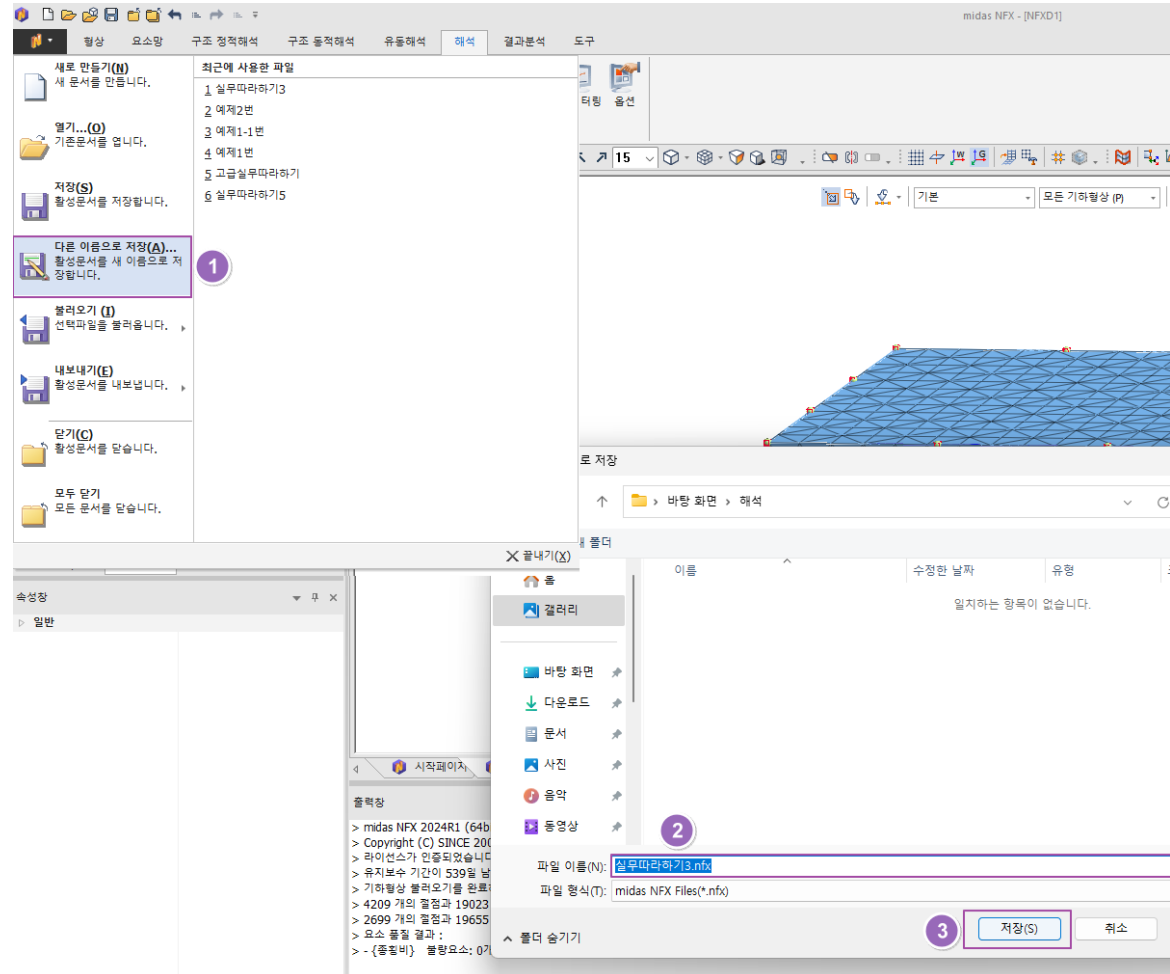
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기3.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

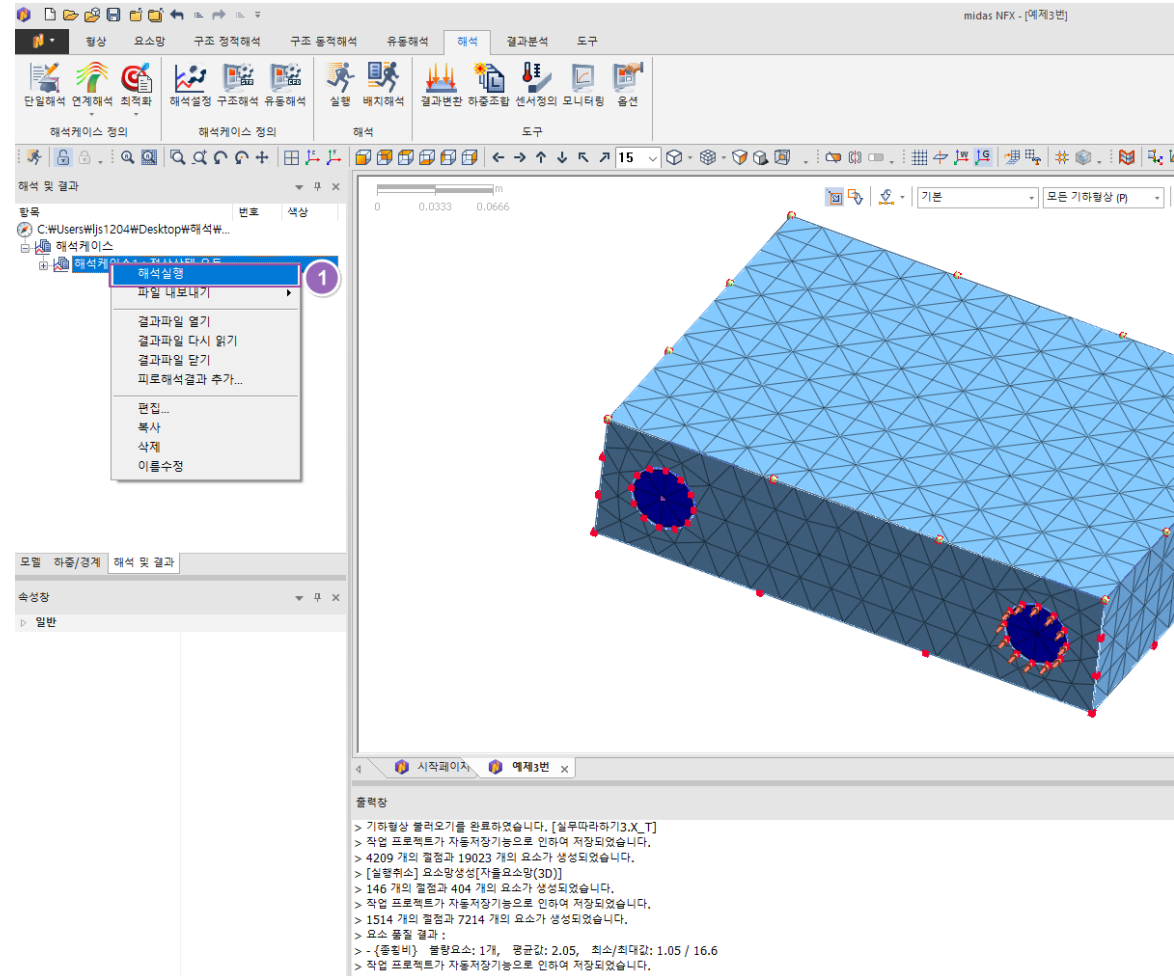
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “해석 및 결과” 창
 > 해석케이스
 > “해석케이스1”
 : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

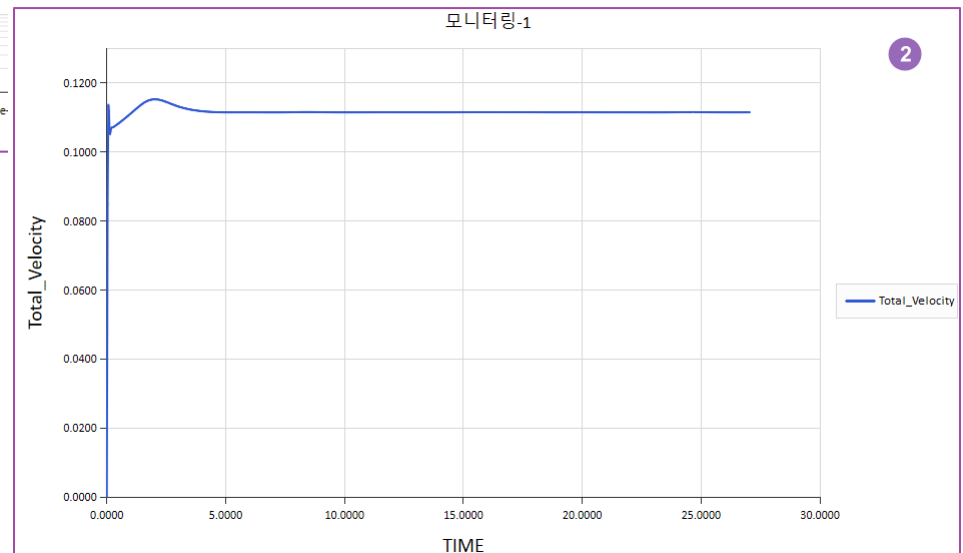
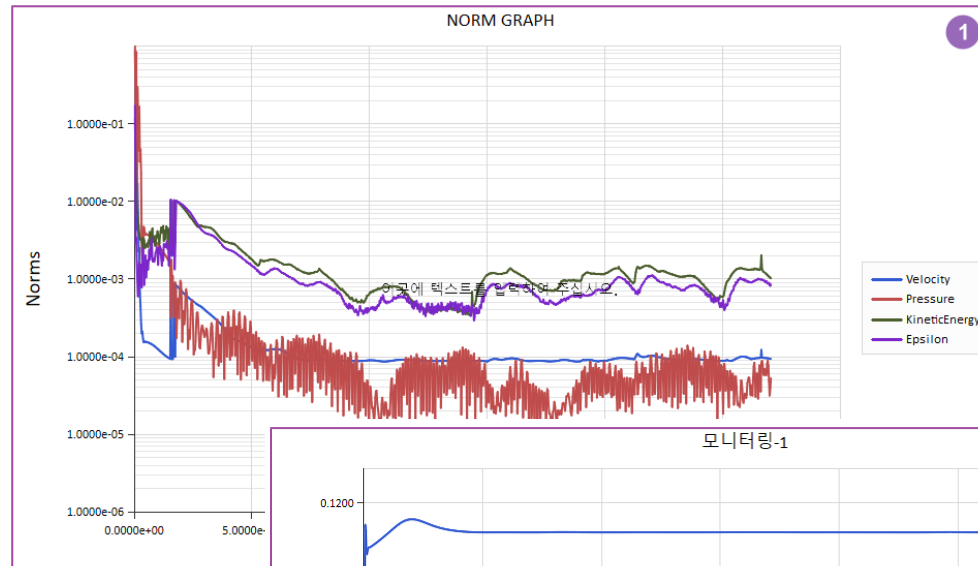
결과 검토

① “CFD Norm 그래프” 및
출력창을 통해 Norm 그래프
수렴 확인
(Norm 값이 0.001 이하로
지속적으로 떨어지는 현상 관찰)

② 모니터링 포인트 측정 값이
정상상태에 도달하거나
주기가 반복되는 경우 확인

계산 중에 결과 검토가 가능한
시점을 판단하는 기준

1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우



해석케이스 정의

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

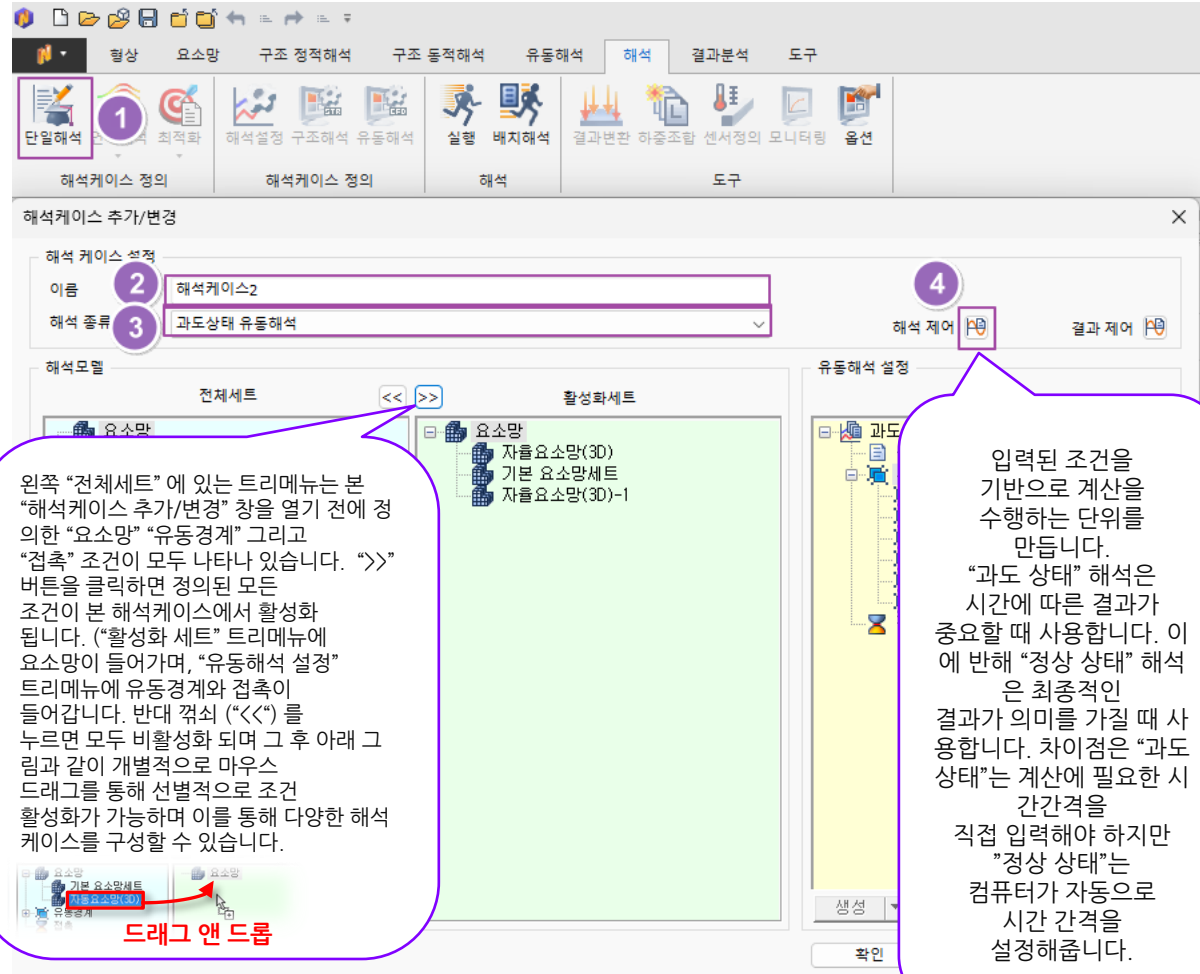
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “해석” 리본메뉴 선택
 > “단일해석” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스2” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석종류” 입력 창
 : “과도상태 유동해석” 이름 입력
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “일반유동” 모듈 체크박스 : 해제
“열전달” : 활성화
“고체열전달” : 활성화

- ② “시간간격” 입력 창 : “1” 입력
“시간스텝개수” : “1000” 입력
“최대반복횟수” : “10” 입력

- ③ “재시작” 체크박스 : 활성화

- ④ 파일 선택 버튼 클릭 >
“실무따라하기3_해석케이스1
.rst” 파일 선택

- ⑤ “결과출력”
> “스텝간격” 입력창 : “5” 입력

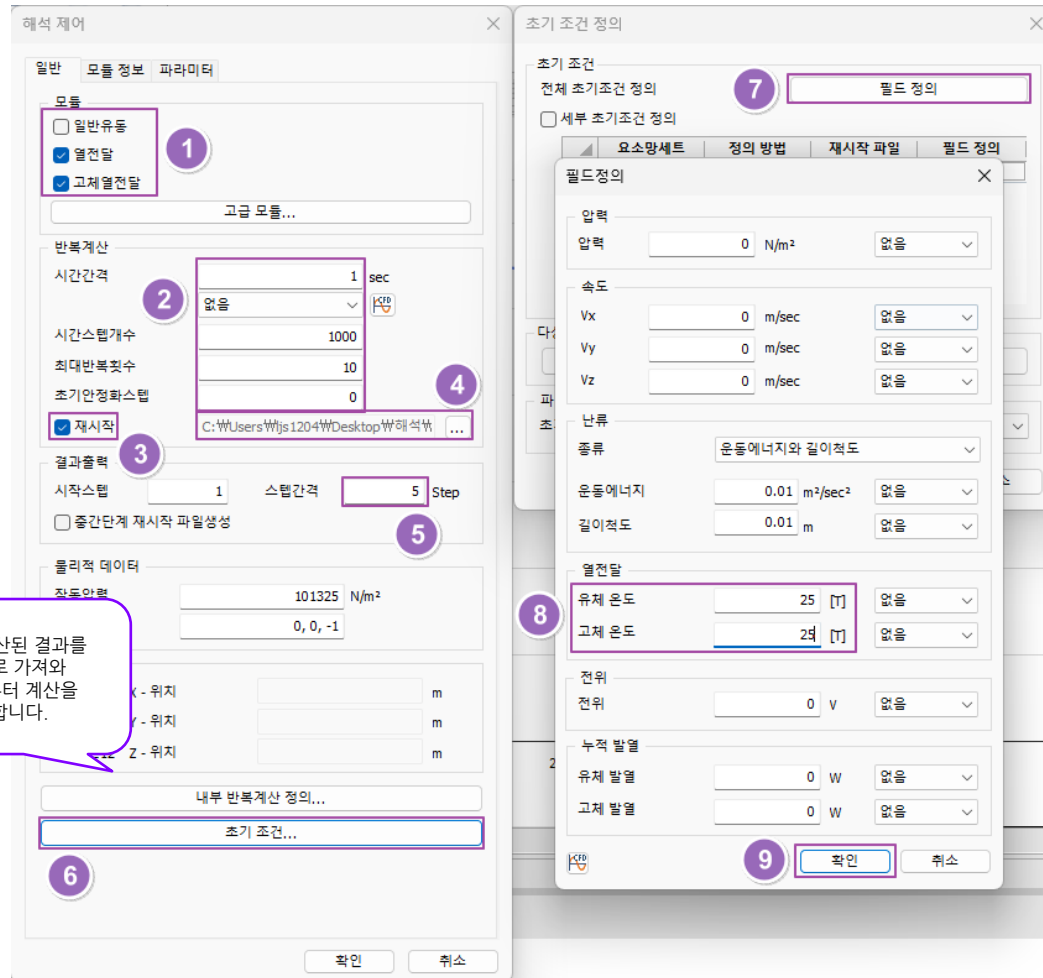
- ⑥ “초기조건” 버튼 클릭

- ⑦ “필드 정의” 버튼 클릭

- ⑧ “유체온도” & “고체온도” :
“25” 입력

- ⑨ “필드정의” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석제어” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석케이스 추가/변경” 창
“확인” 버튼 클릭

기존에 계산된 결과를
영역으로 가져와
그 시점부터 계산을
수행합니다.



계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

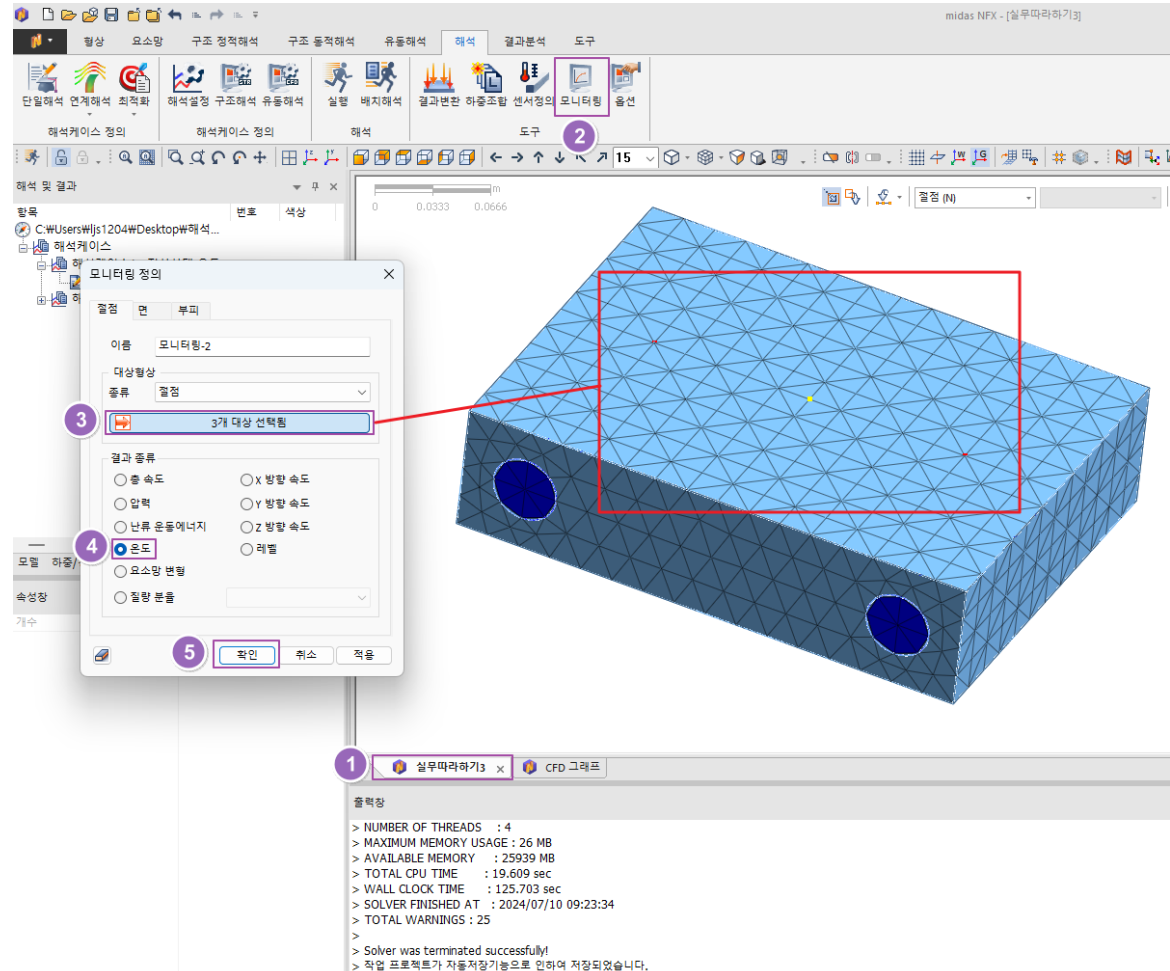
해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “실무따라하기3.nfx” 탭 메뉴 선택
- ② “모니터링” 버튼 클릭
- ③ 온도를 평가하고자 하는 절점 선택
- ④ “온도” 체크박스 : 활성화
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

※ 실제로는 모니터링 절점의 수는 한 번에 하나만 가능



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

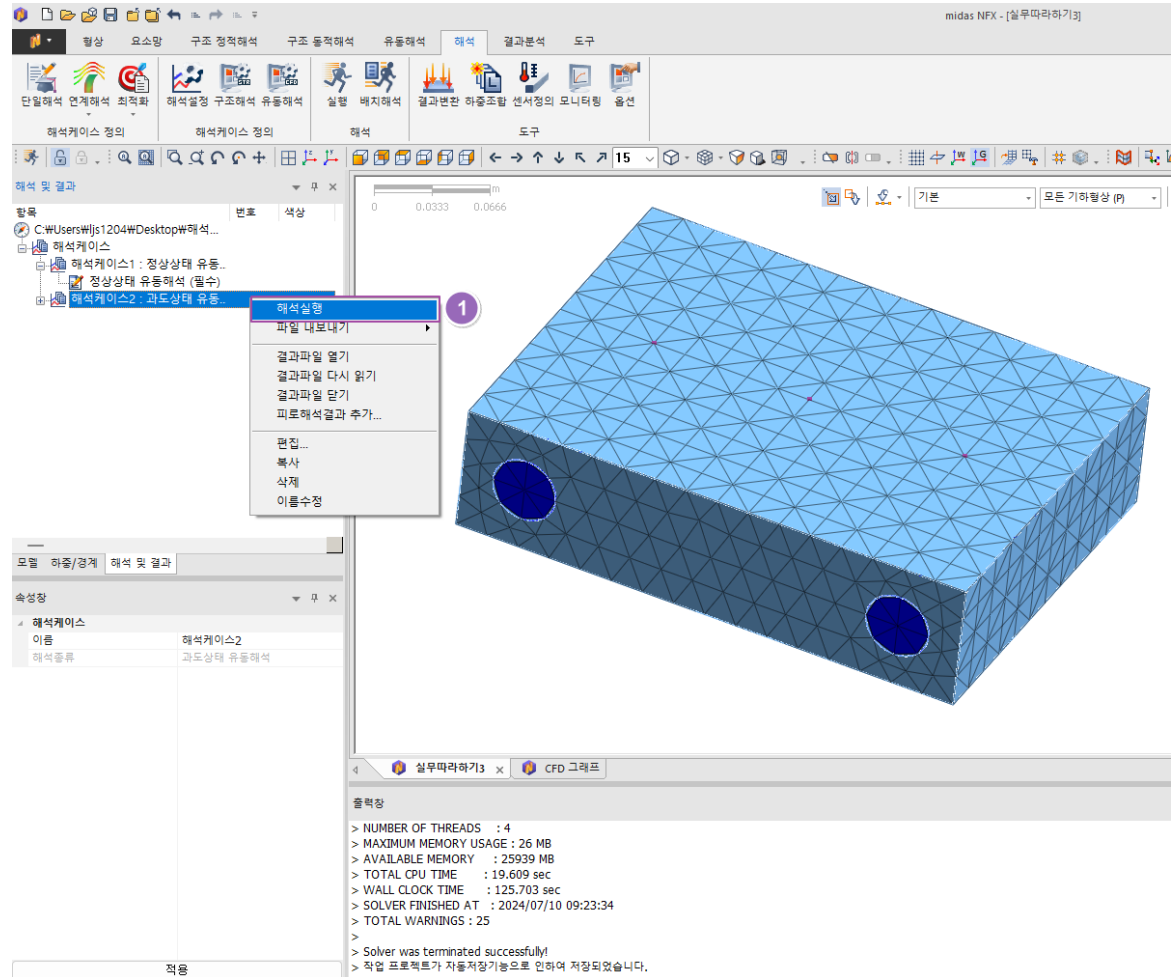
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “해석 및 결과” 창
 > 해석케이스
 > “해석케이스2”
 : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

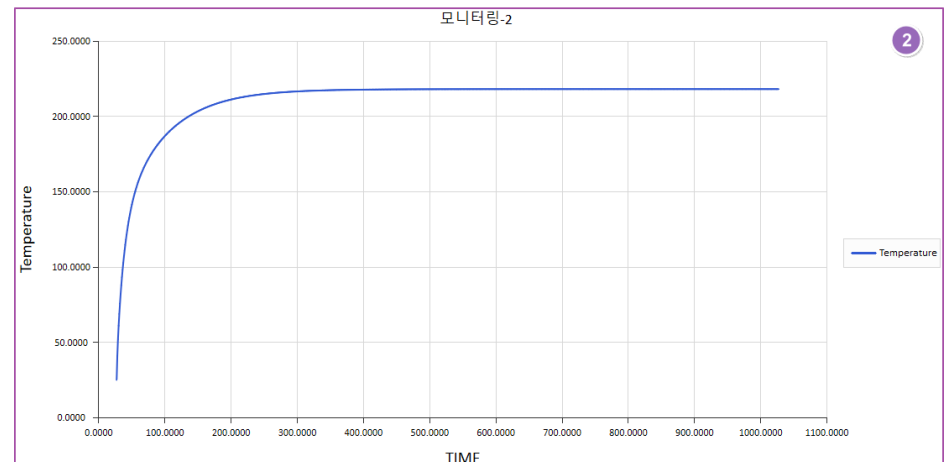
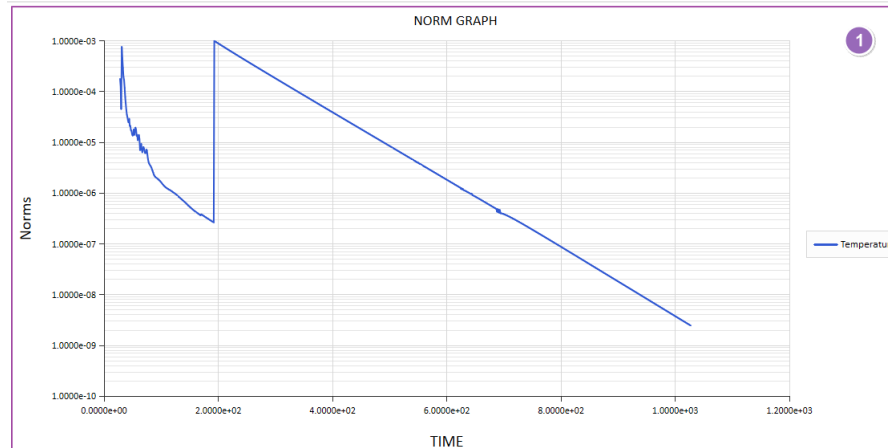
결과 검토

① “CFD Norm 그래프” 및
출력창을 통해 Norm 그래프
수렴 확인
(Norm 값이 0.001 이하로
지속적으로 떨어지는 현상 관찰)

② 모니터링 포인트 측정 값이
정상상태에 도달하거나
주기가 반복되는 경우 확인

계산 중에 결과 검토가 가능한
시점을 판단하는 기준

1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우



결과검토

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

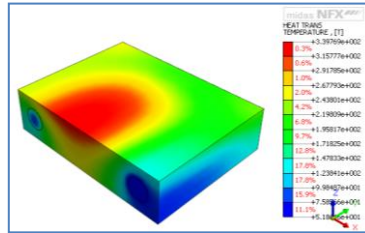
해석 케이스
정의

계산 실행

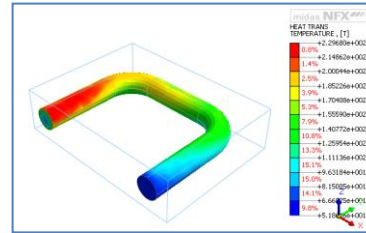
결과 검토

① 각종 결과 확인

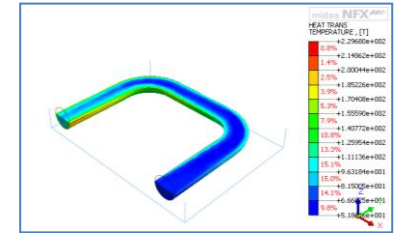
기본적이지만 필수적인 결과 검토 기능은 “NFX 모델링 교육” 또는 “NFX 기본교육” 그리고 매뉴얼을 통해 사전 숙지가 되어야 합니다.
결과 확인은 시연 영상을 보시겠습니다.



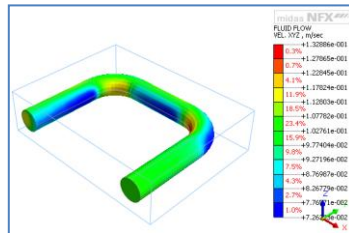
온도



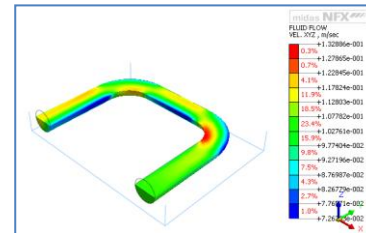
온도



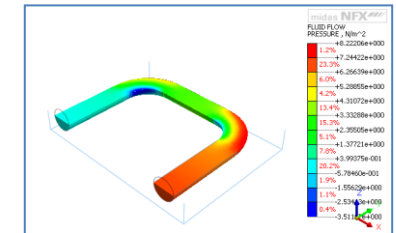
온도



속도



속도



압력

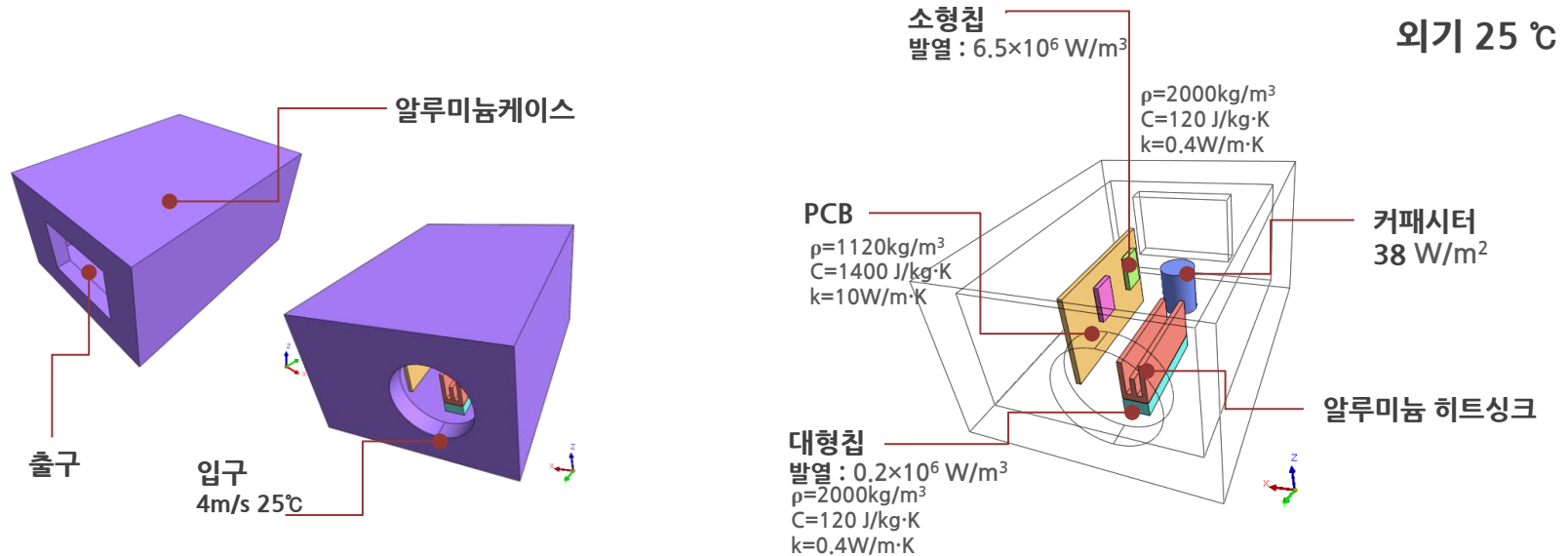
실무 따라하기

강제 공랭 해석 기본 예제 (절점병합)

- ★ 본 예제는 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “외부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “강제 수랭 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.

Contents

문제 설명 및 해석 목적(교재 307p)



문제 설명

- ✓ 반도체 시스템 · 케이싱 해석

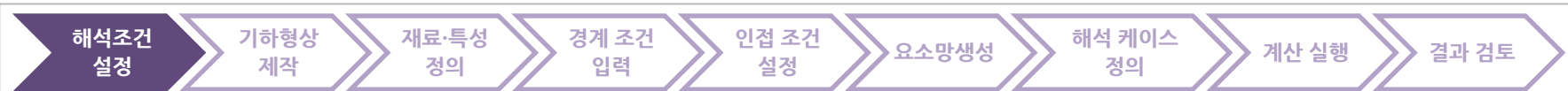
해석 목적

- ✓ 강제 대류에 의한 칩 정선 온도 예측

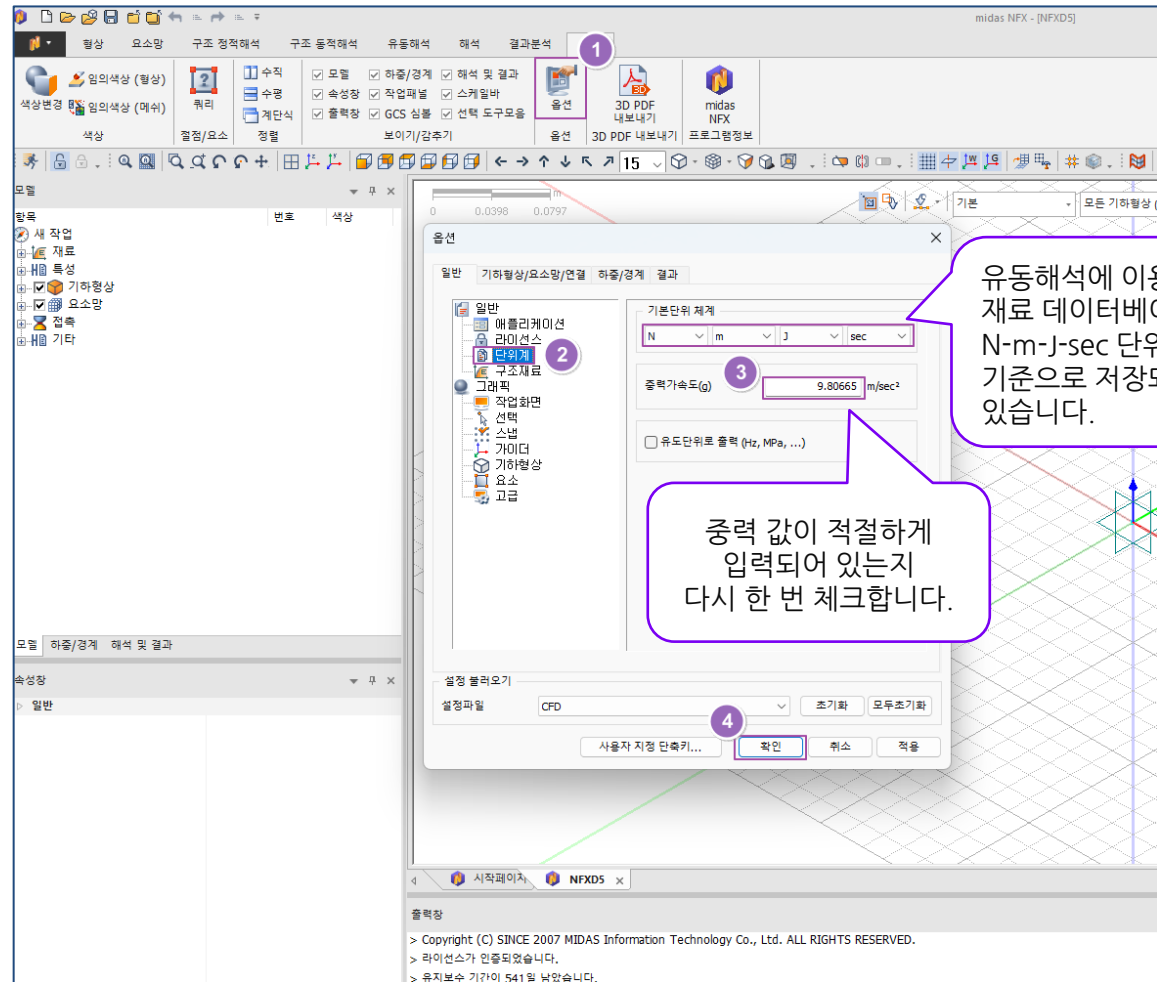
학습 주요 아이템

- ✓ 복합열전달 계산
- ✓ 발열조건 입력
- ✓ 온도조건 입력
- ✓ 2 Step 과도열전달 해석 수행방법

단위계 옵션 확인



- ① 리본 메뉴 “도구”
 > 옵션 버튼 선택
- ② 옵션 창 > “일반” 탭
 > “단위계” 트리
 > “기본단위 체계” 콤보박스
 : “N-m-J-sec” 확인
- ③ “중력가속도” 입력 창
 : “9.8” 확인
- ④ “적용” 버튼 클릭



새로 만들기

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

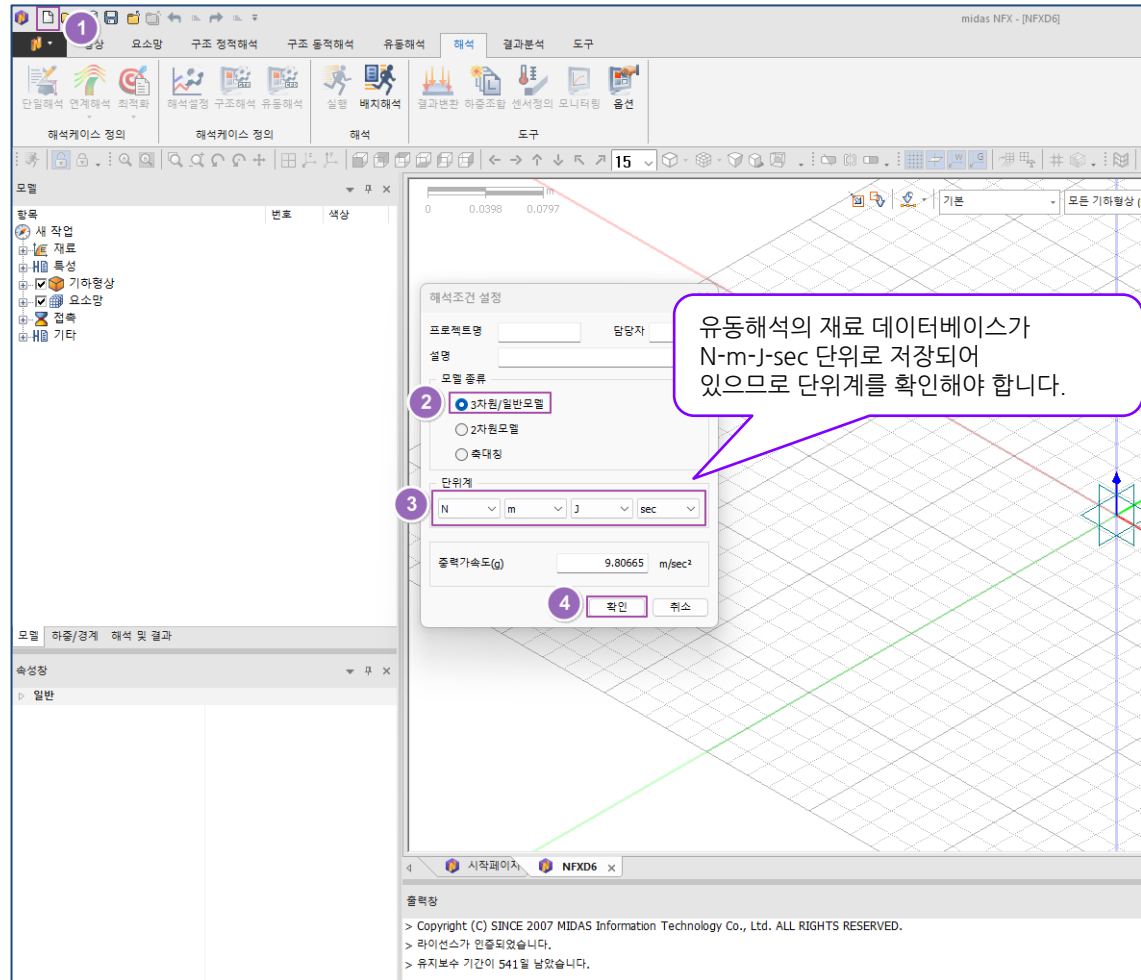
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “새로만들기” 버튼 클릭
- ② “3차원/일반모델” 라디오버튼
클릭
- ③ “단위계” 그룹박스 내
: N-m-J-sec 설정
- ④ “확인” 버튼 클릭



기하형상 불러오기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

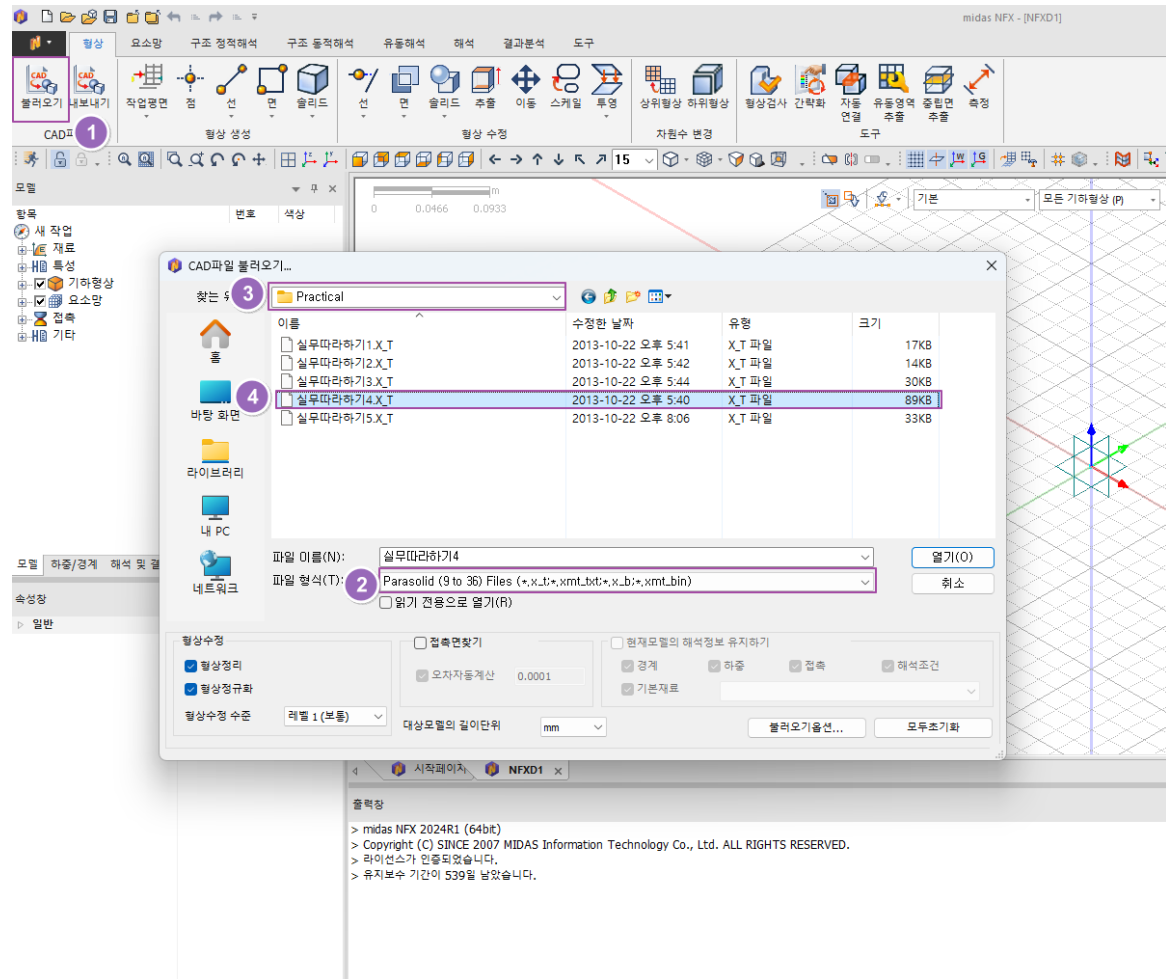
계산 실행

결과 검토

- ① “형상” 리본메뉴
 > “불러오기” 버튼 클릭
- ② “파일 형식” 콤보박스
 > “Parasolid..” 선택
- ③ CAD 파일이 있는 폴더로 이동
- ④ “실무따라하기3.X_T”
 더블 클릭

※예제 파일 위치:

C:\Program Files\midas
NFX\Manual\Tutorial\mid
as NFX CFD\Practical



기하형상 확인하기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

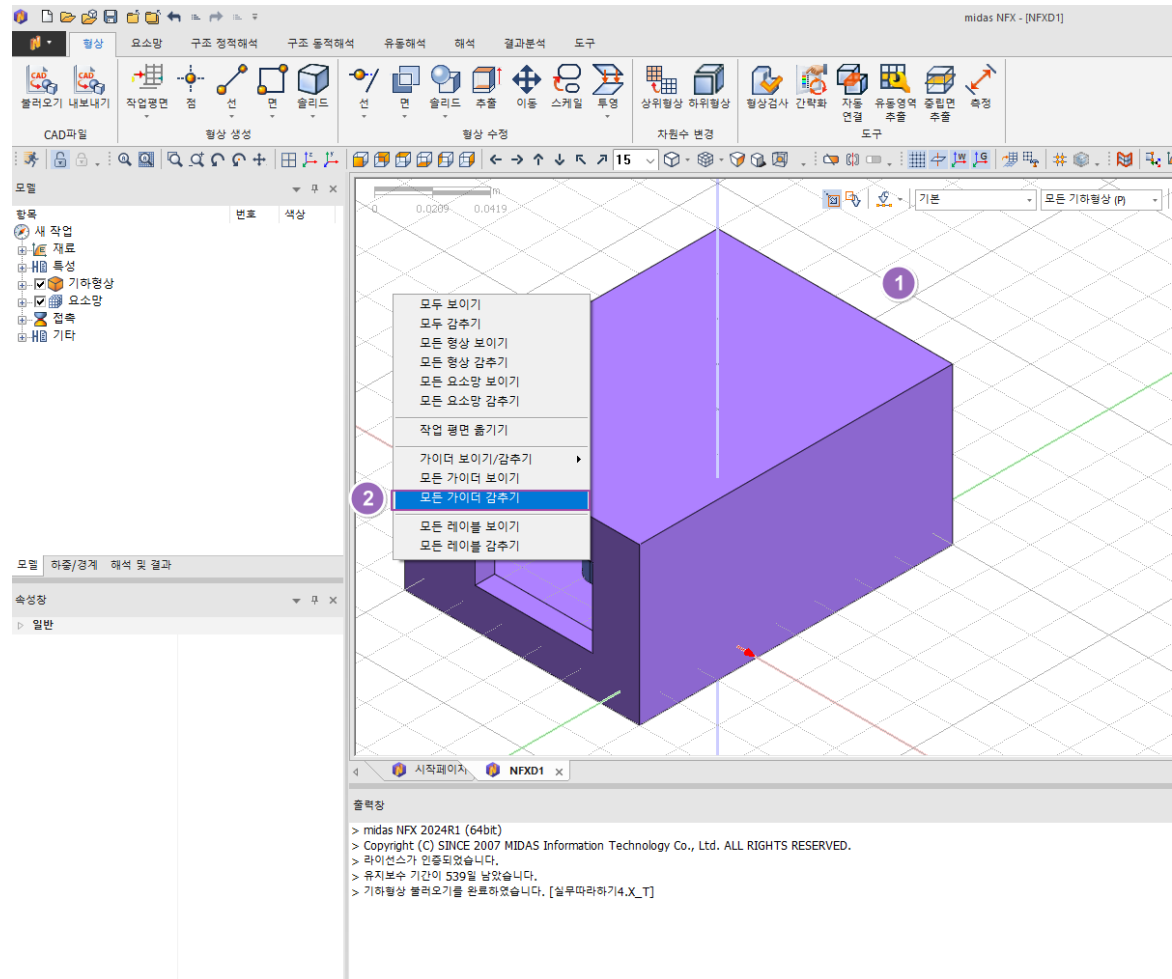
계산 실행

결과 검토

① 기하형상 확인

※ 키보드 마우스 조작을 통해
기하형상을 자세히 관찰합니다.

② 마우스 오른쪽 버튼 클릭 > “모든 가이드 감추기” 클릭



유동영역 추출하기

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

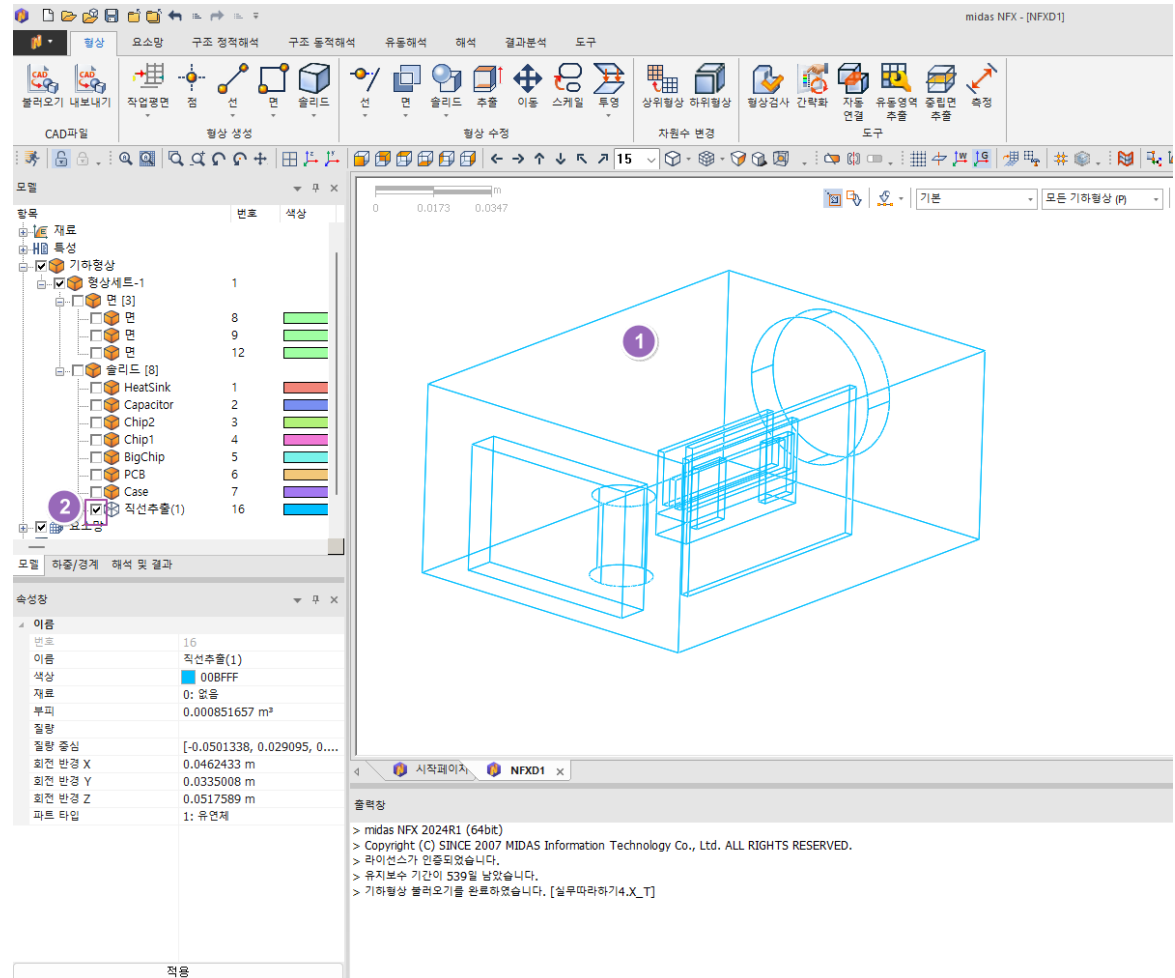
해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 를 참고하여 그림과 같이 유동해석 영역 추출

② “유동해석 영역” 솔리드만 활성화



유체 재료 정의하기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

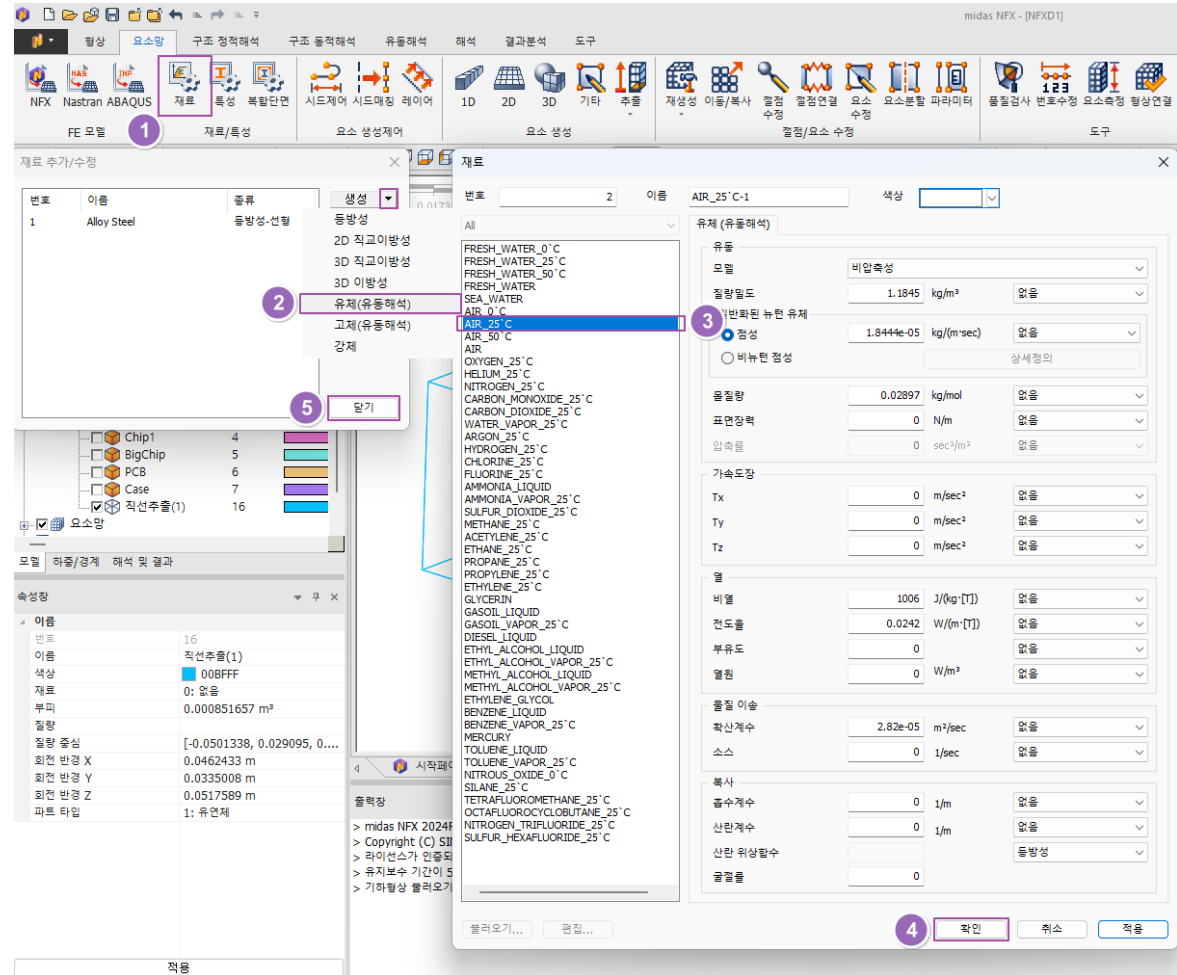
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “유동해석” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “유체(유동해석)” 선택
- ③ 재료 데이터베이스
 > “AIR_25°C”
 선택
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “닫기” 버튼 클릭



고체 재료 정의하기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

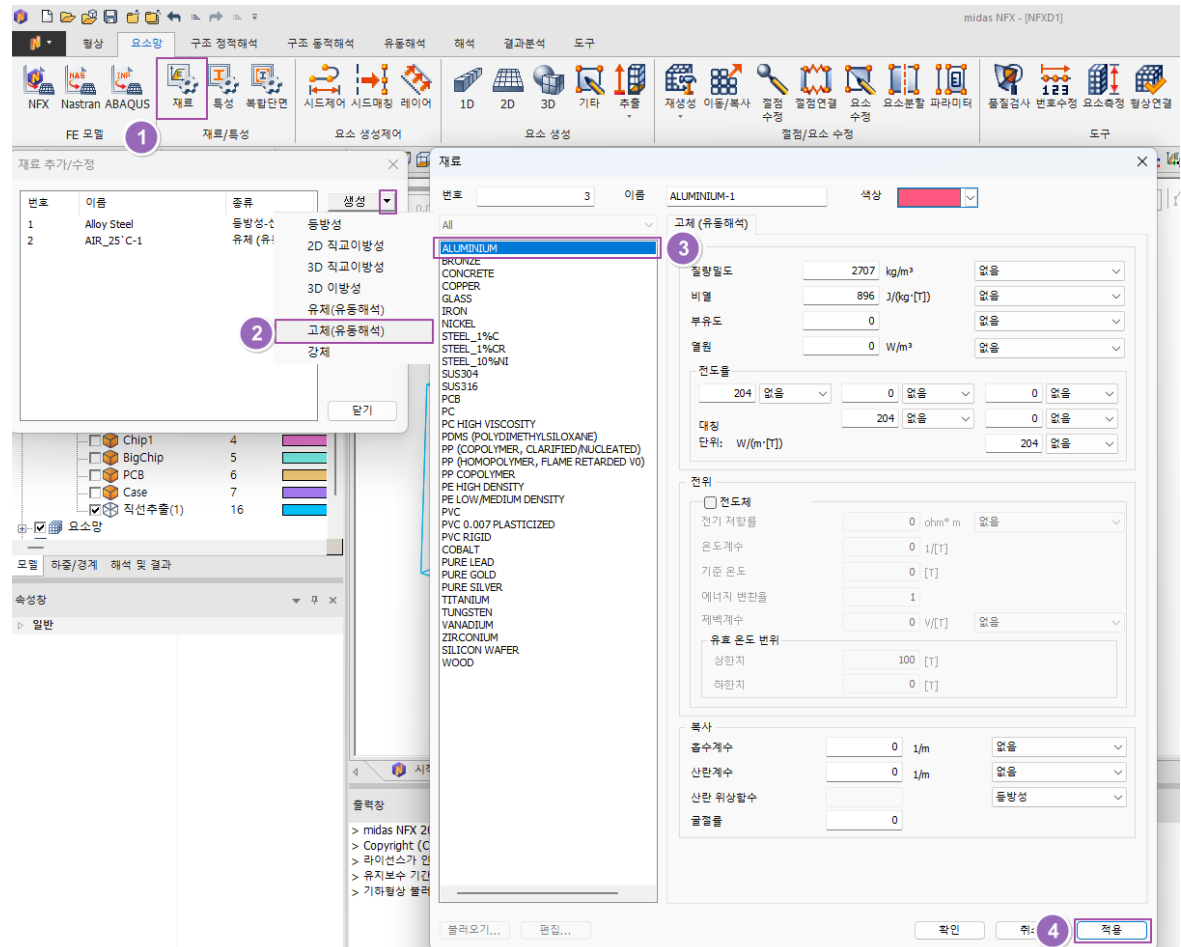
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “유동해석” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “고체(유동해석)” 선택
- ③ 재료 데이터베이스
 > “ALUMINIUM” 선택
- ④ “적용” 버튼 클릭



고체 재료 정의하기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “이름” 입력창 :
“Material_Big_Chip” 입력
- ② “질량밀도” 입력 창 : “2000”
입력
- ③ “비열” 입력창 : “120” 입력
- ④ “열원” 입력창 : “0.2e6”
입력
- ⑤ “전도율” 입력창 : “0.4” 입력
- ⑥ “적용” 버튼 클릭
- ⑦ 표를 참고 하여 추가 재료
생성 후 “확인” 버튼 클릭
“닫기” 버튼 클릭

재료

번호 4 이름 Material_Big_Chip 색상

All

고체 (유동해석)

열

질량밀도 2000 kg/m³

비열 120 J/(kg·[T])

부유도 0

열원 0.2e6 W/m³

전도율

0.4 없음

대칭 단위: W/(m·[T])

0.4 없음

0.4 없음

전위

전도체

전기 저항률 0 ohm·m

온도 계수 0 1/[T]

기준 온도 0 [T]

에너지 변환률 1

제백 계수 0 V/[T]

유효 온도 범위

상한치 100 [T]

하한치 0 [T]

복사

흡수 계수 0 1/m

산란 계수 0 1/m

산란 위상합수

굴절률 0

불러오기... 편집...

확인 취소

적용

이름	Material_Small_Chips	PCB
질량밀도	2000	1120
비열	120	140
전도율	0.4	10
열원	6.5e6	0

특성 정의하기

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

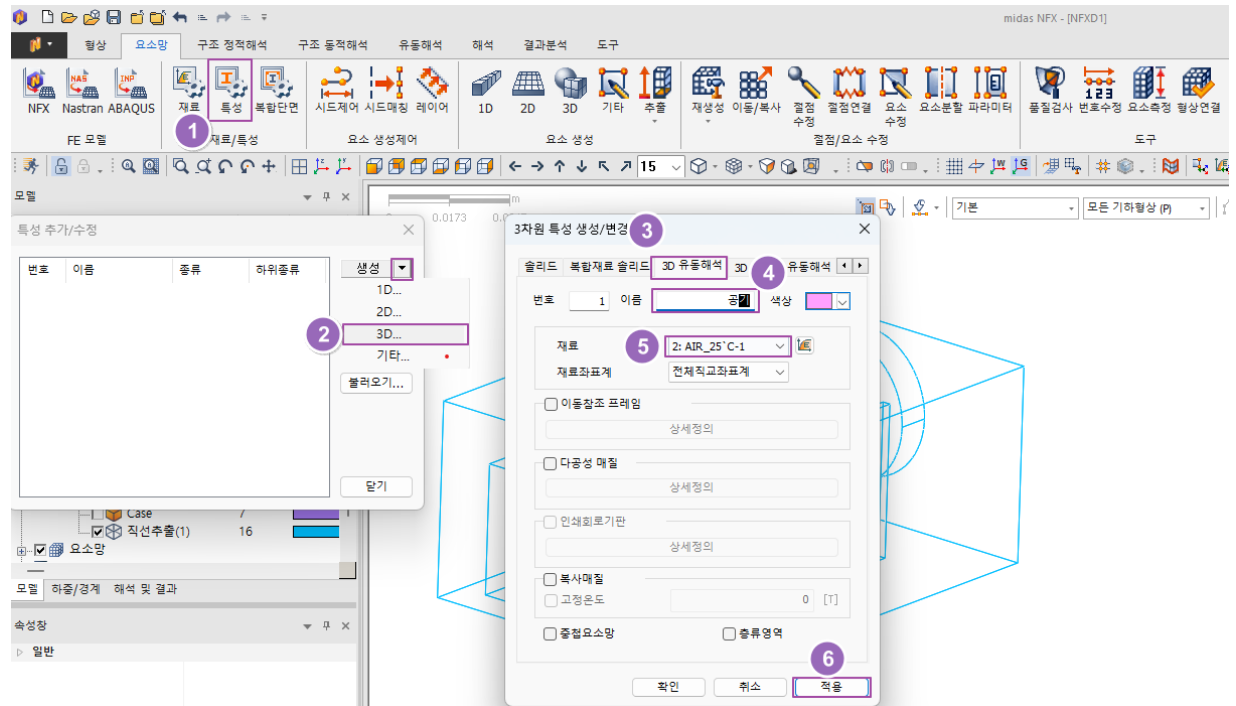
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “3D...” 버튼 클릭
- ③ “3D 유동해석” 탭 선택
- ④ 이름 입력창 : “공기” 입력
- ⑤ 재료 선택 창
 : “2: AIR_25°C”
 선택
- ⑥ “적용” 버튼 클릭
- ⑦ 표를 참고 하여 추가 특성
 생성 후 “확인” 버튼 클릭
 “닫기” 버튼 클릭



⑦

이름	알루미늄	큰칩	작은칩	PCB
재료	3: ALUMINIUM-1	4:Material_Big_Chips	5:Material_Small_Chips	6:Material_PCB

유체 유입 조건 설정 : 입구단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

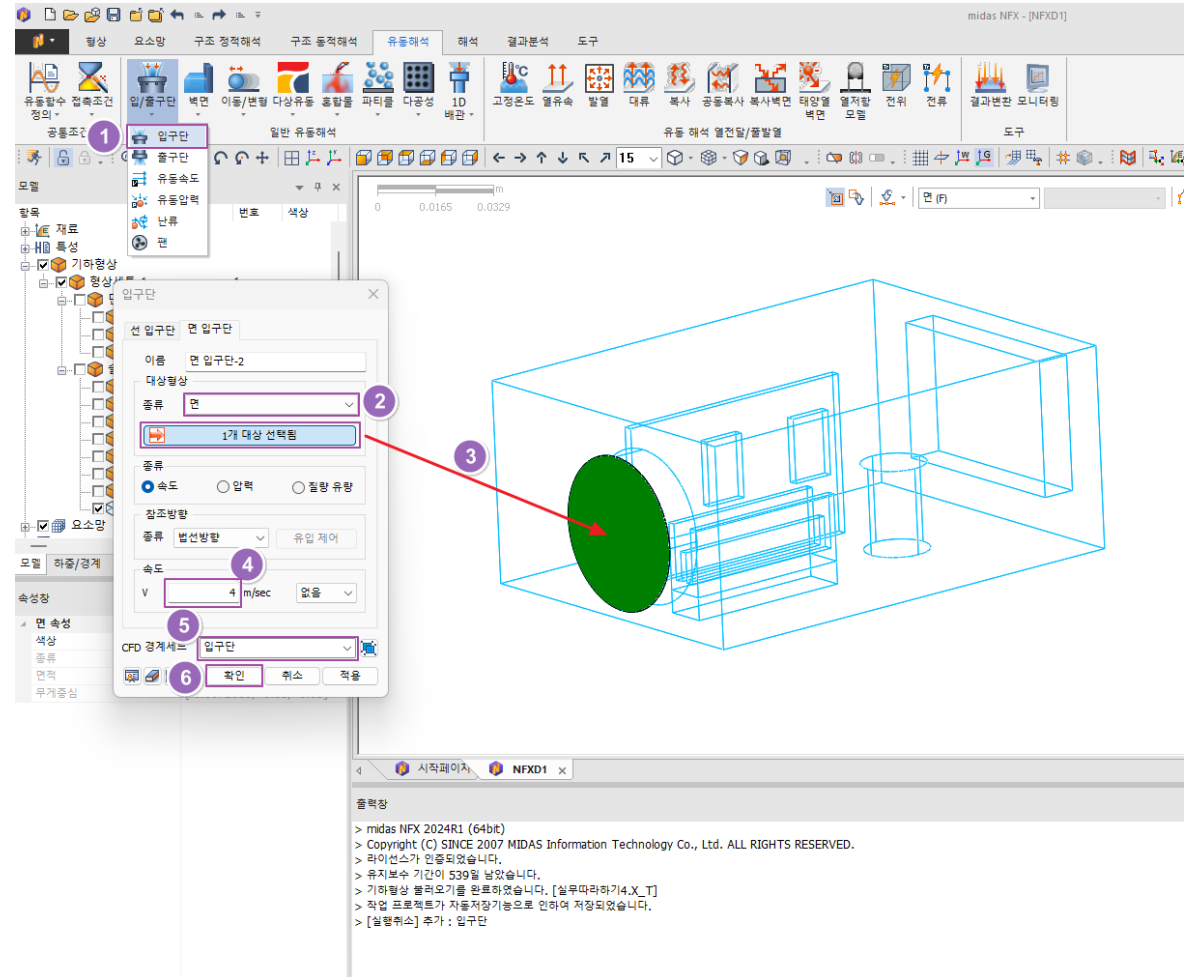
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “입구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택
- ③ 팬 위치 선택
- ④ “속도” > “V” : “4” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창
> “입구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



유체 유출 조건 설정 : 출구단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

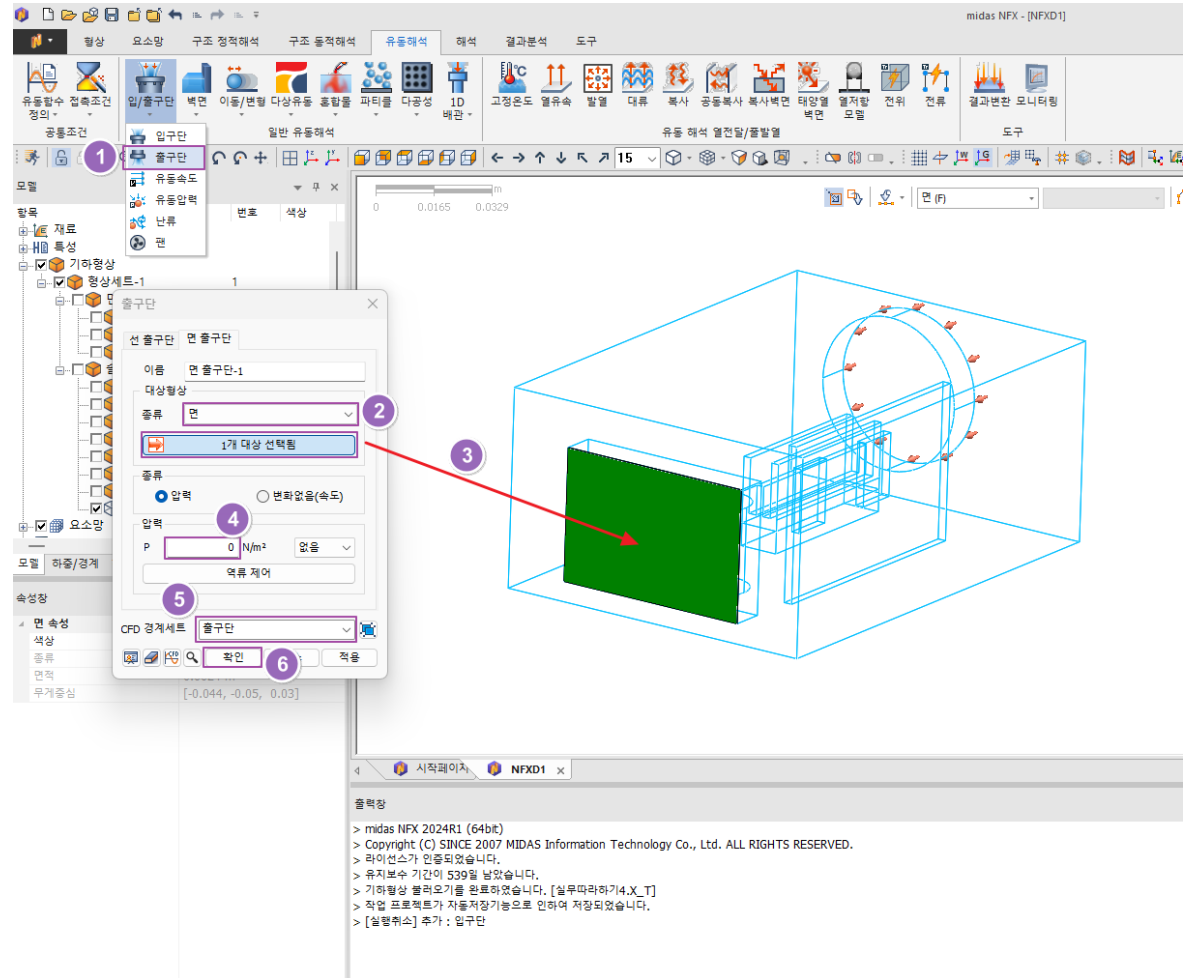
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “출구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택
- ③ 출구 부분 선택
- ④ “압력” > “값” : “0” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창
> “출구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



실제 구조 기하와 접하는 벽면 조건 설정

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

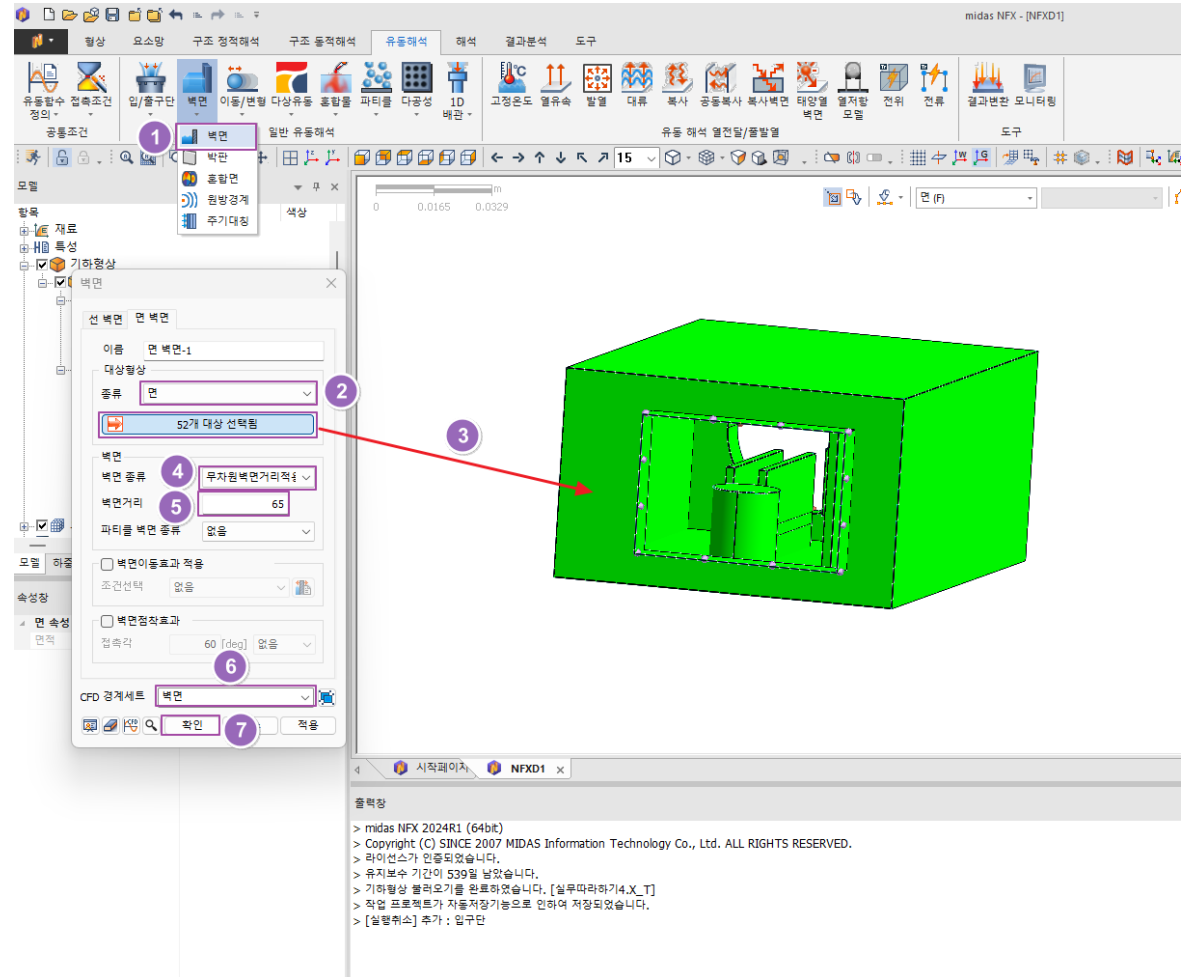
① “벽면” 버튼 클릭

② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택③ 전체 선택 후 입구부와 출구부
제외주의 : 총 52 개가 선택되는 지
확인 필요④ 벽면 > 벽면종류 선택 창
: “무차원벽면거리적용” 변경

⑤ “벽면거리” 입력창 : “65” 입력

⑥ “CFD 경계세트” 입력창
: “벽면” 입력

⑦ “확인” 버튼 클릭



유입 기체 온도 설정

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

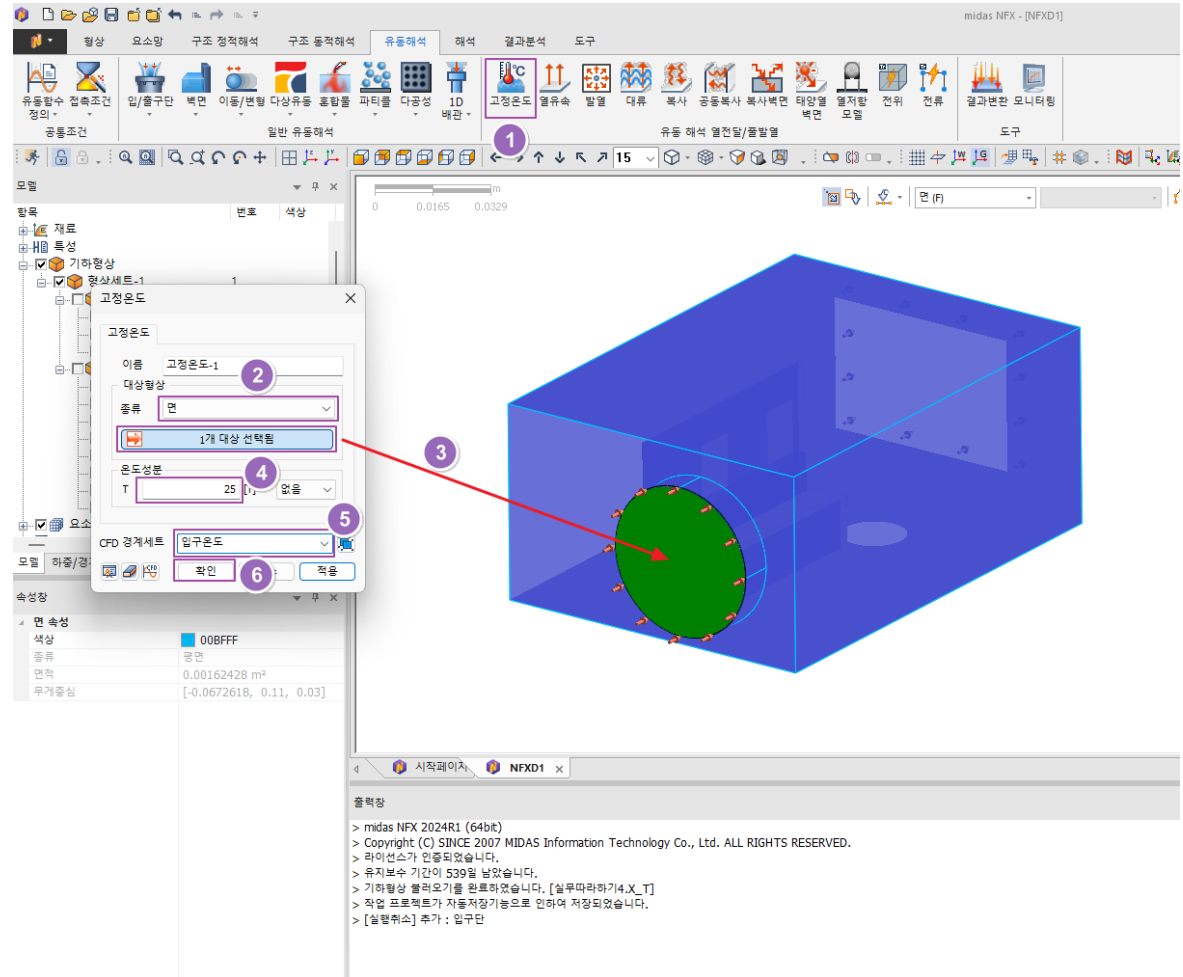
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “고정온도” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택
- ③ 입구부 선택
- ④ “온도” 입력 창 : “25” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력창
: “입구온도” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



외부 대류조건 가정 (뉴튼 냉각 법칙 적용)

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “대류” 버튼 클릭

② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택③ 입구 출구를 제외한
외부 면 14 개 선택

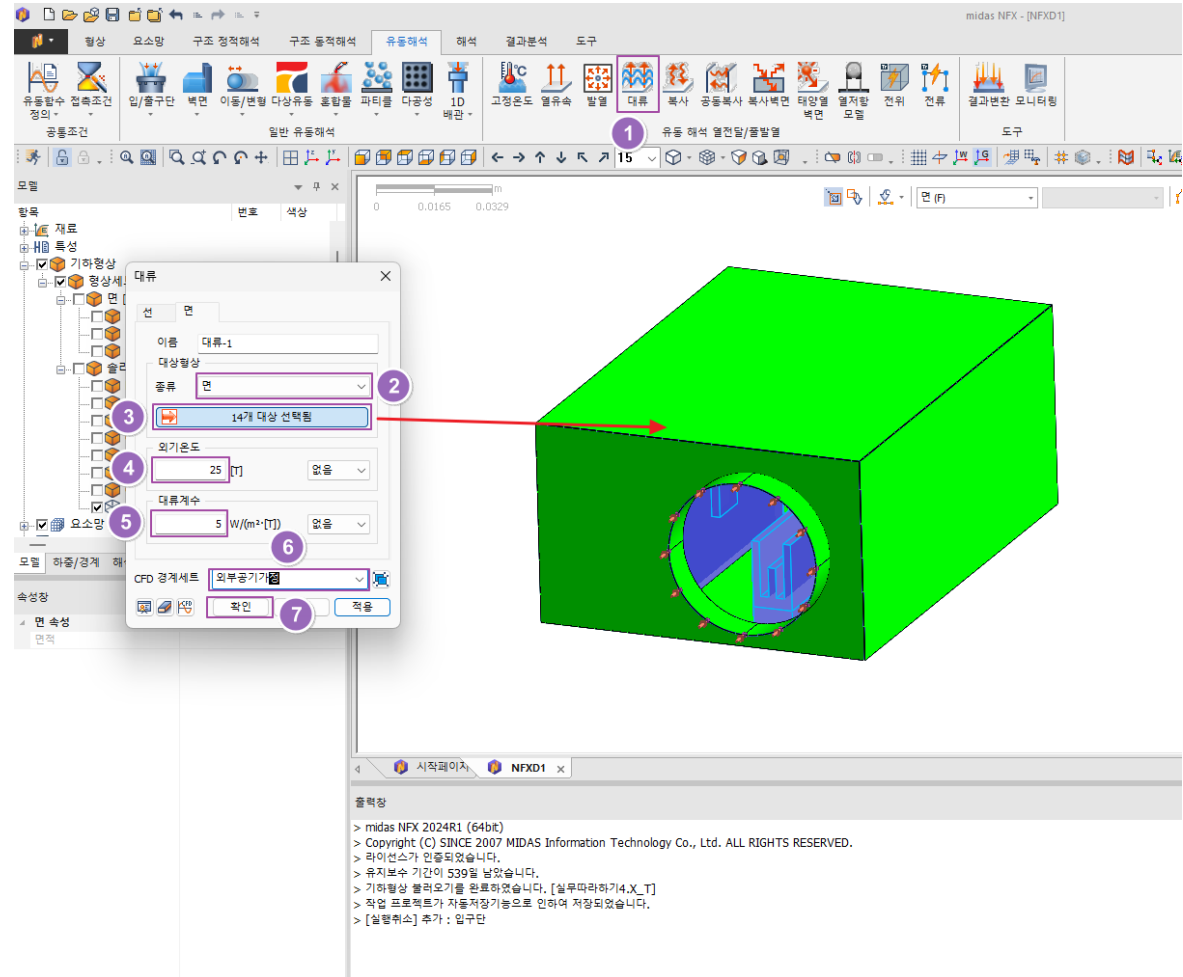
※주의 : 내부 히트싱크, PCB 등
부품과의 접촉면을 제외한 14개
대상이 선택 되는 것을 확인해야
합니다.

④ “외기온도” 입력창 : 25 입력

⑤ “대류계수” 입력창 : 5 입력

⑥ “CFD 경계세트” 입력창
: “외부공기가정” 입력

⑦ “확인” 버튼 클릭



커패시터 온도 정의

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “고정온도” 버튼 클릭

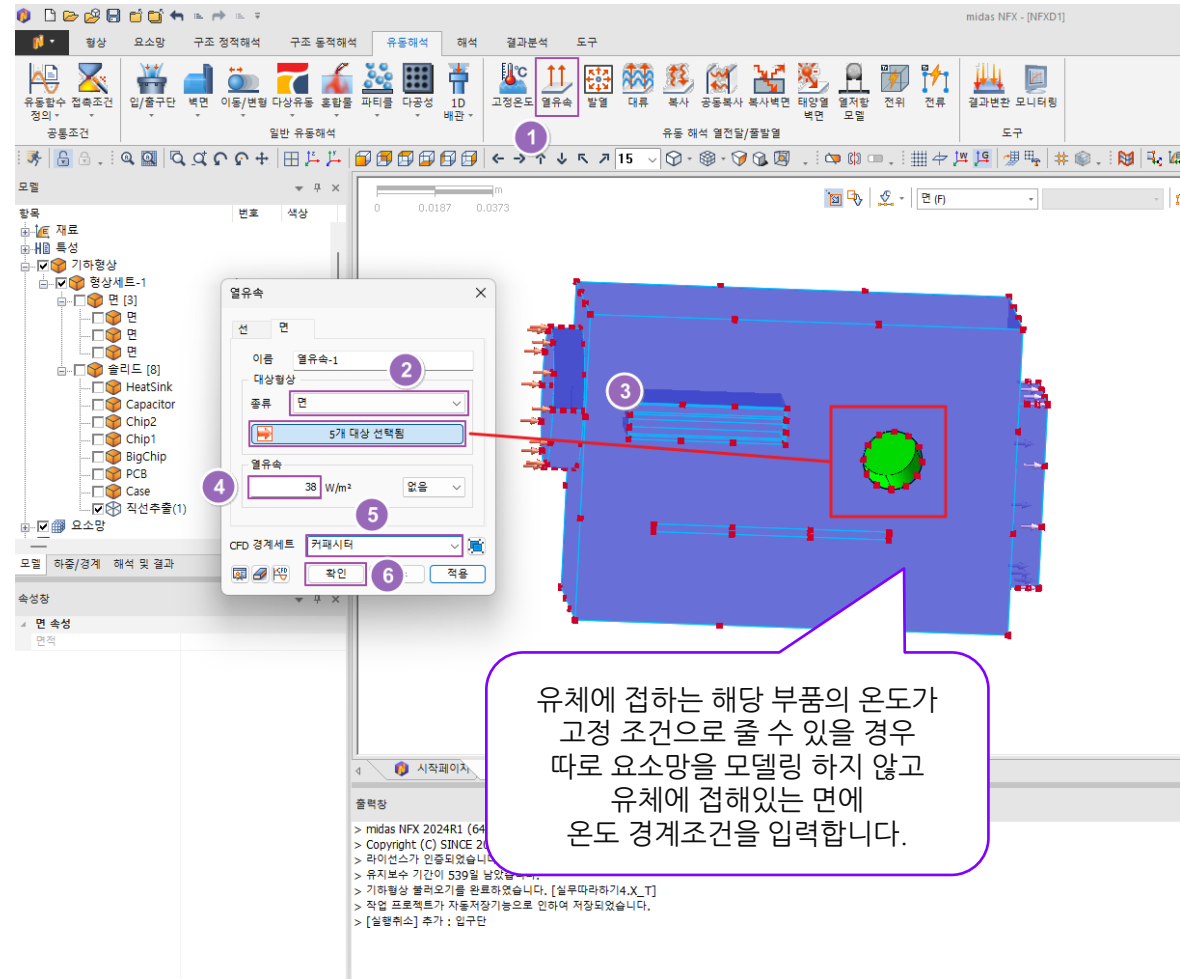
② “대상형상” > “종류” 선택 창
> “면” 선택

③ 커패시터 부위 5개면 선택

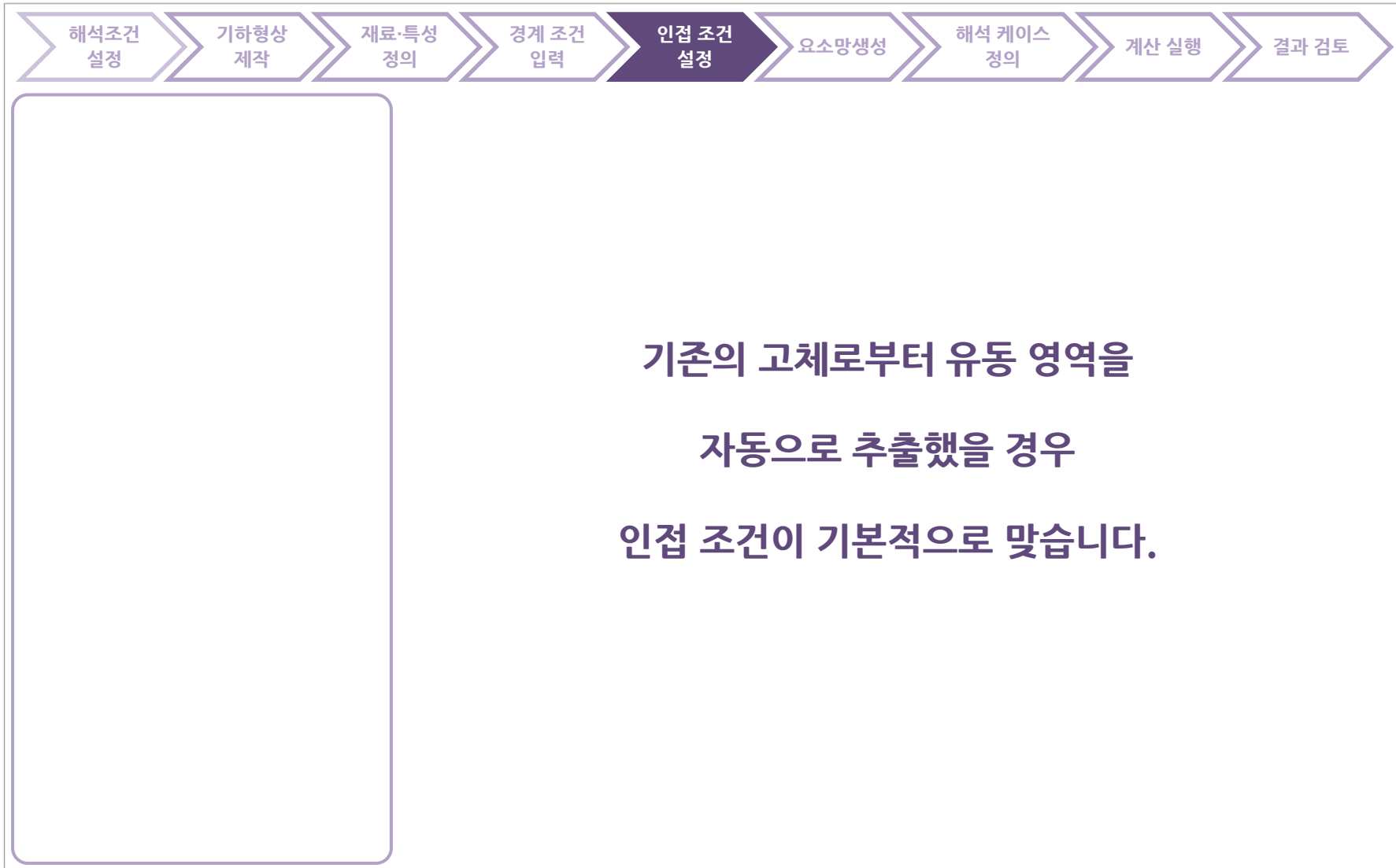
④ “온도” 입력 창 : “38” 입력

⑤ “CFD 경계세트” 입력창
: “커패시터” 입력

⑥ “확인” 버튼 클릭



인접 조건 설정 : 확인



기하형상 보이기 모드 변환

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

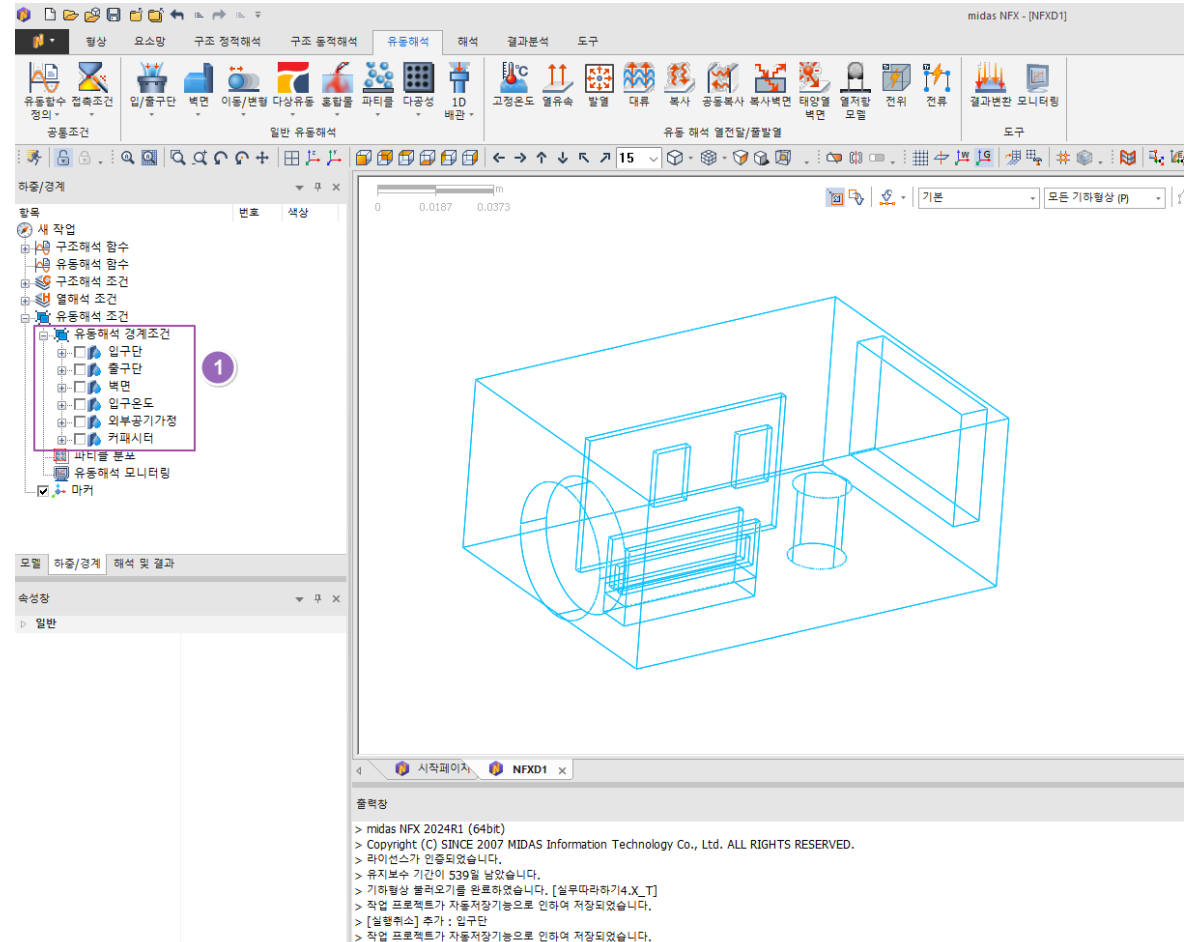
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 유동해석 경계조건 항목
비활성화 하여 우측 모델처럼
선만 보이기 상태 확인



기하형상 보이기 모드 변환

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

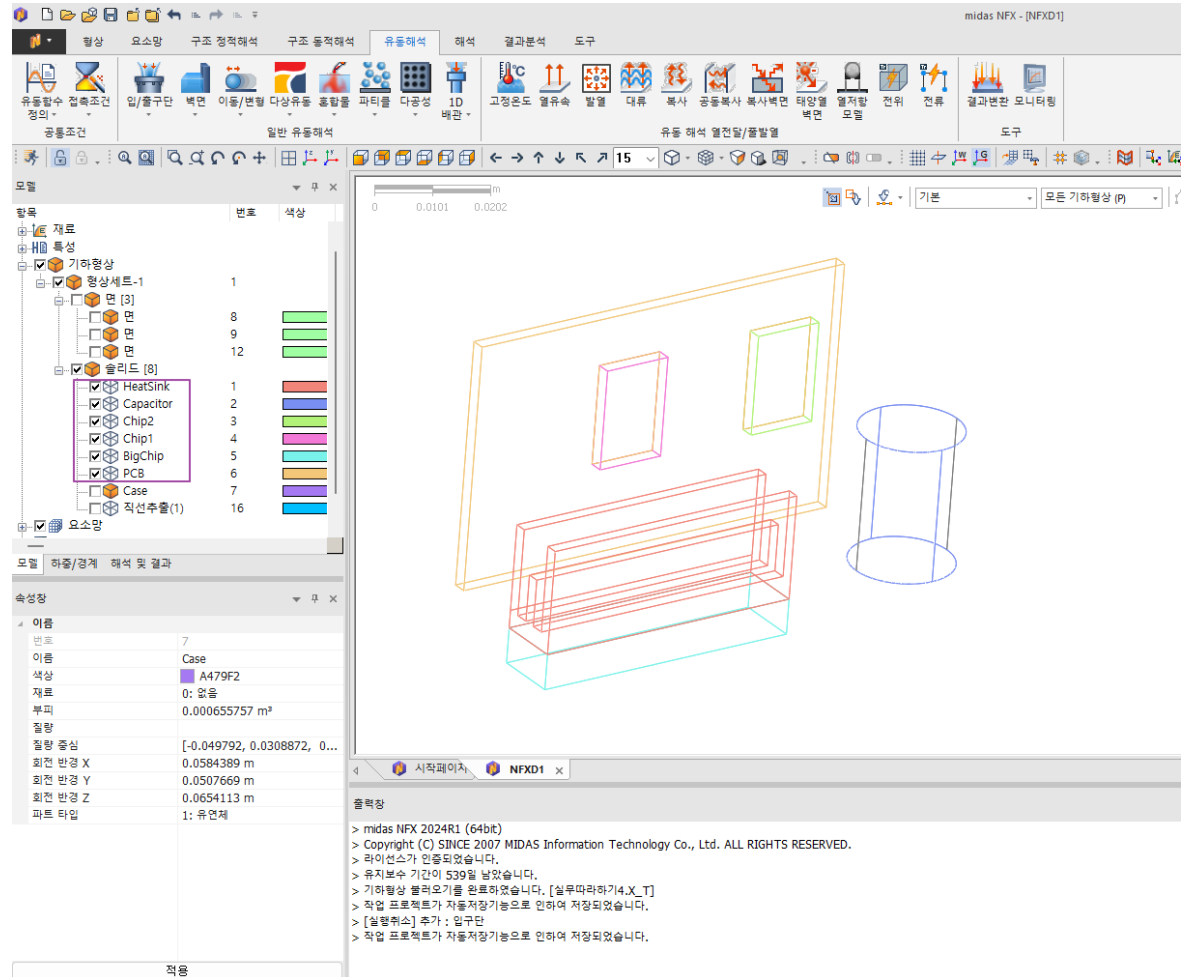
해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① 솔리드

Case, 직선추출을 제외한
고체 파트 활성화하여
우측 모델과 같은 형상 확인



고체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

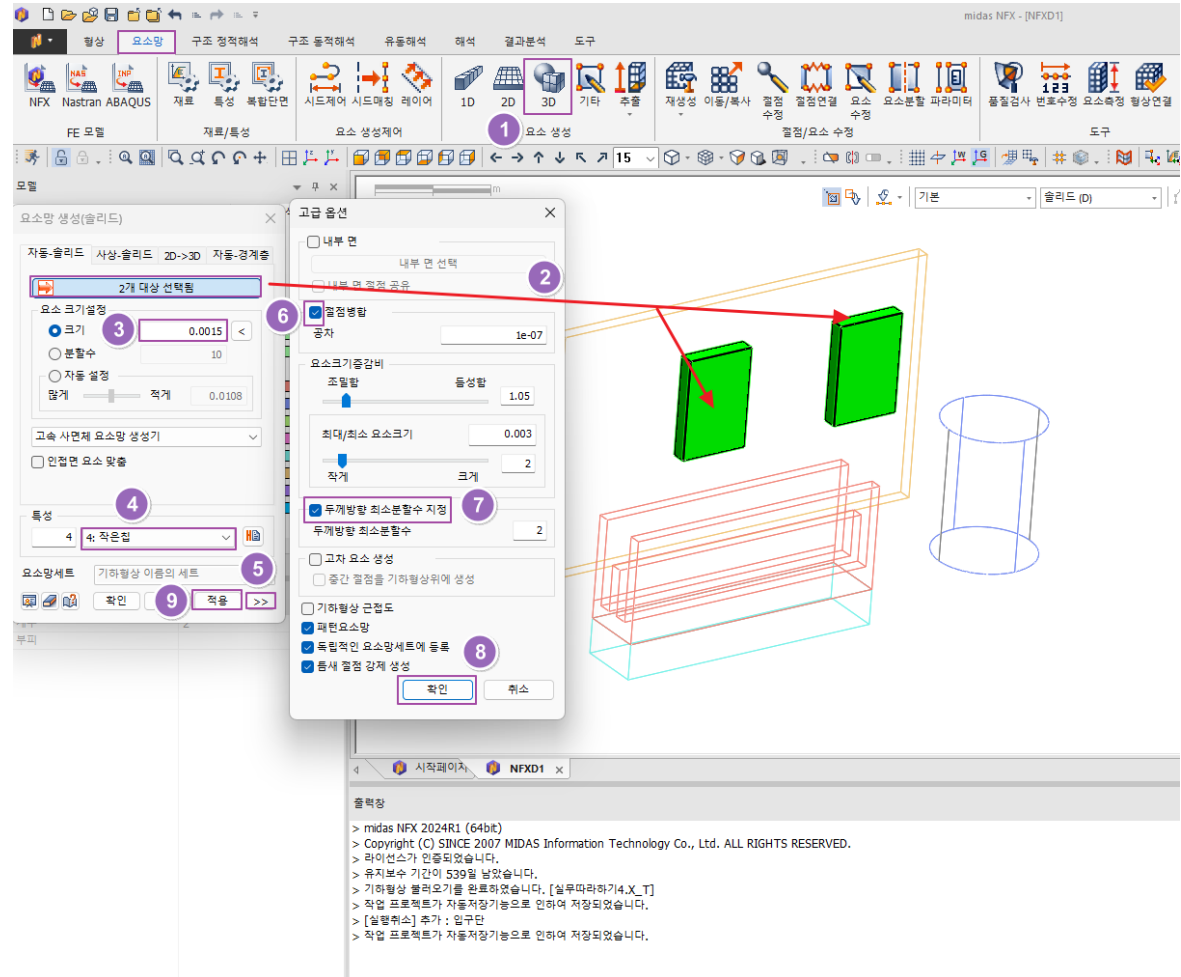
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “요소망” 리본 메뉴 선택 > “3D” 버튼 클릭
- ② 2개 “Small Chip” 선택
- ③ 크기 “0.0015” 입력
- ④ 특성 “4: 작은칩” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “절점병합” 체크
- ⑦ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “적용” 클릭



고체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

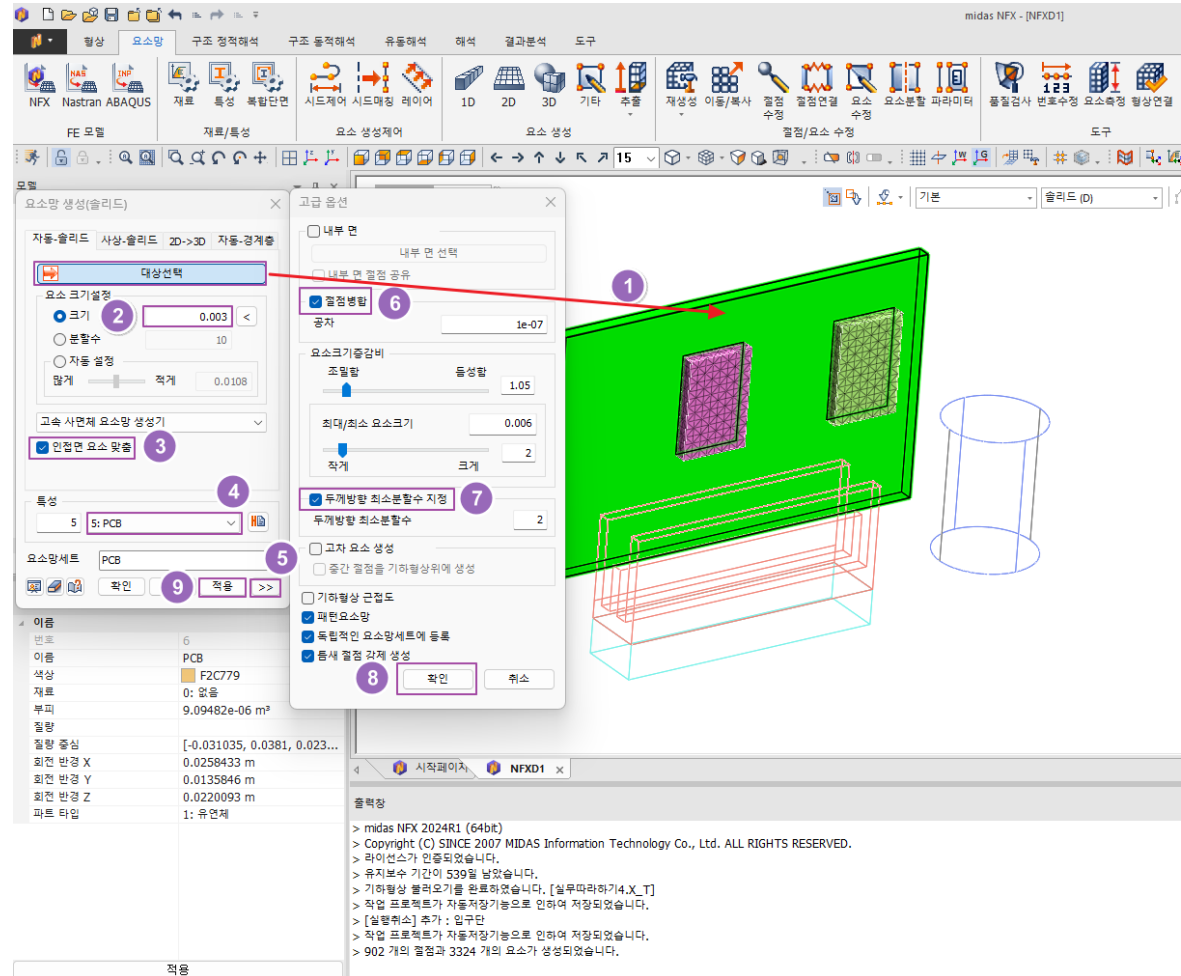
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 1개 “PCB” 선택
- ② 크기 “0.003” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “5: PCB” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “절점병합” 체크
- ⑦ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “적용” 클릭



고체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

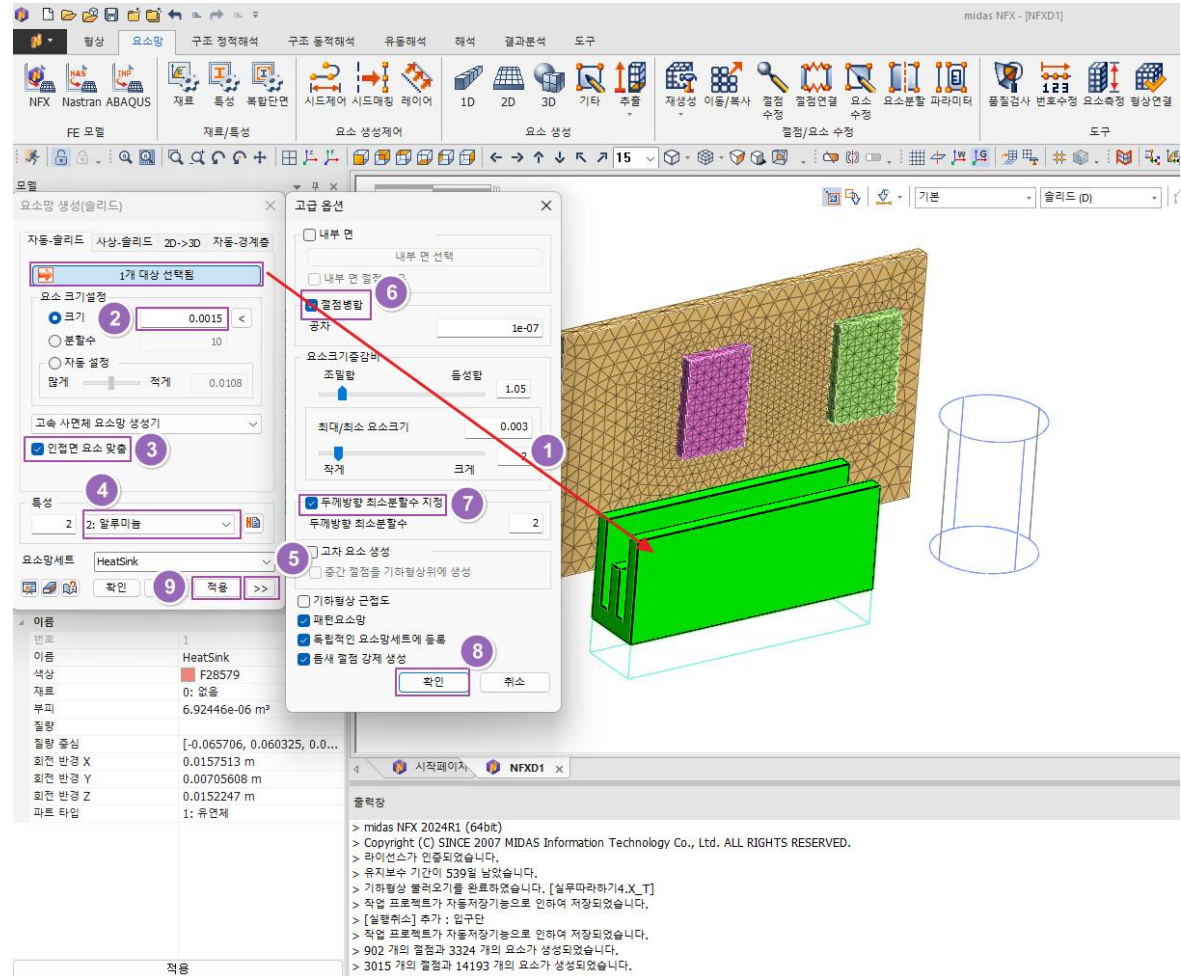
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 1개 “HeatSink” 선택
- ② 크기 “0.0015” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “2: 알루미늄” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “절점병합” 체크
- ⑦ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “적용” 클릭



고체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

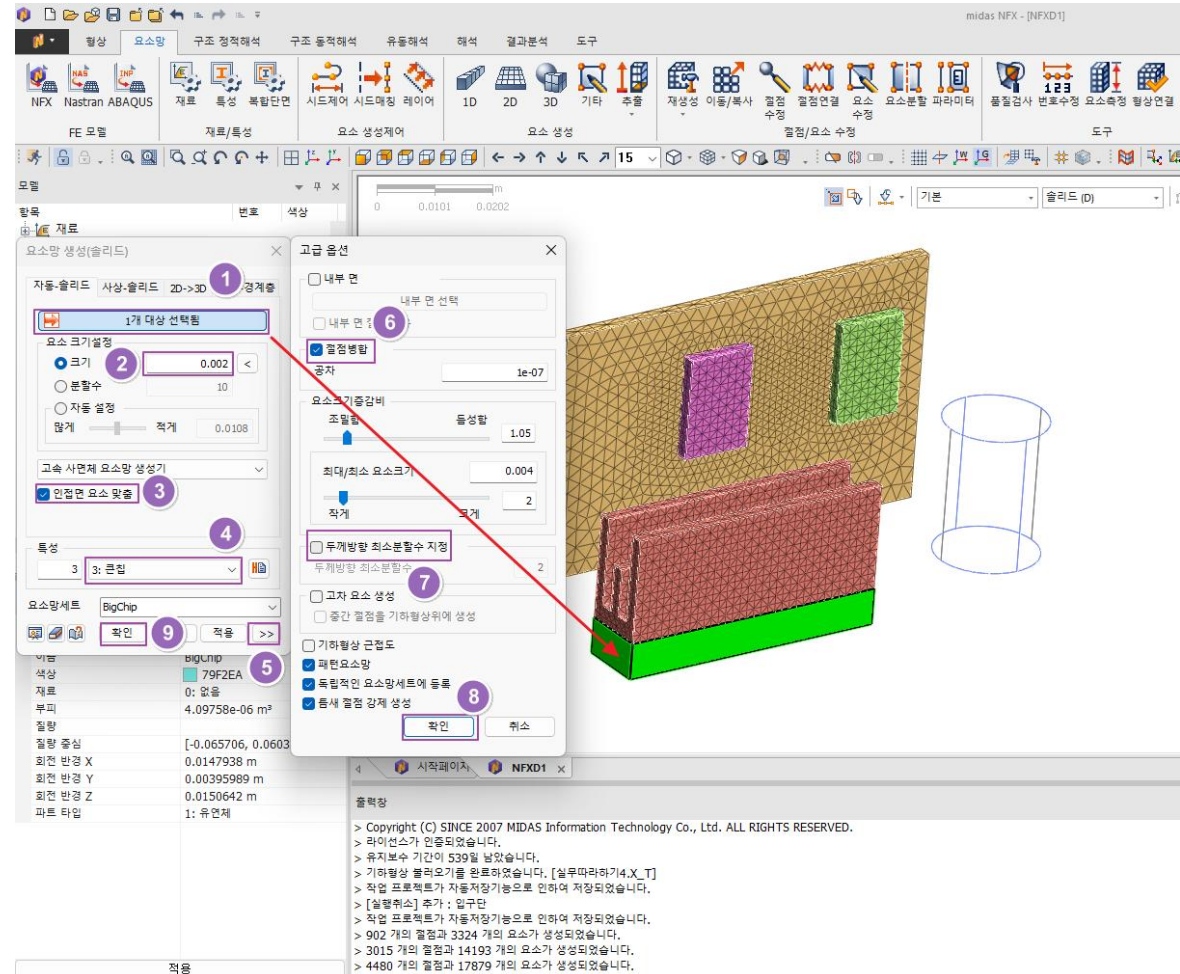
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 1개 “BigChip” 선택
- ② 크기 “0.002” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “3: 큰칩” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “절점병합” 체크
- ⑦ “두께방향 최소분할수” 지정 해제
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “확인” 클릭



기하형상 보이기 모드 변환

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

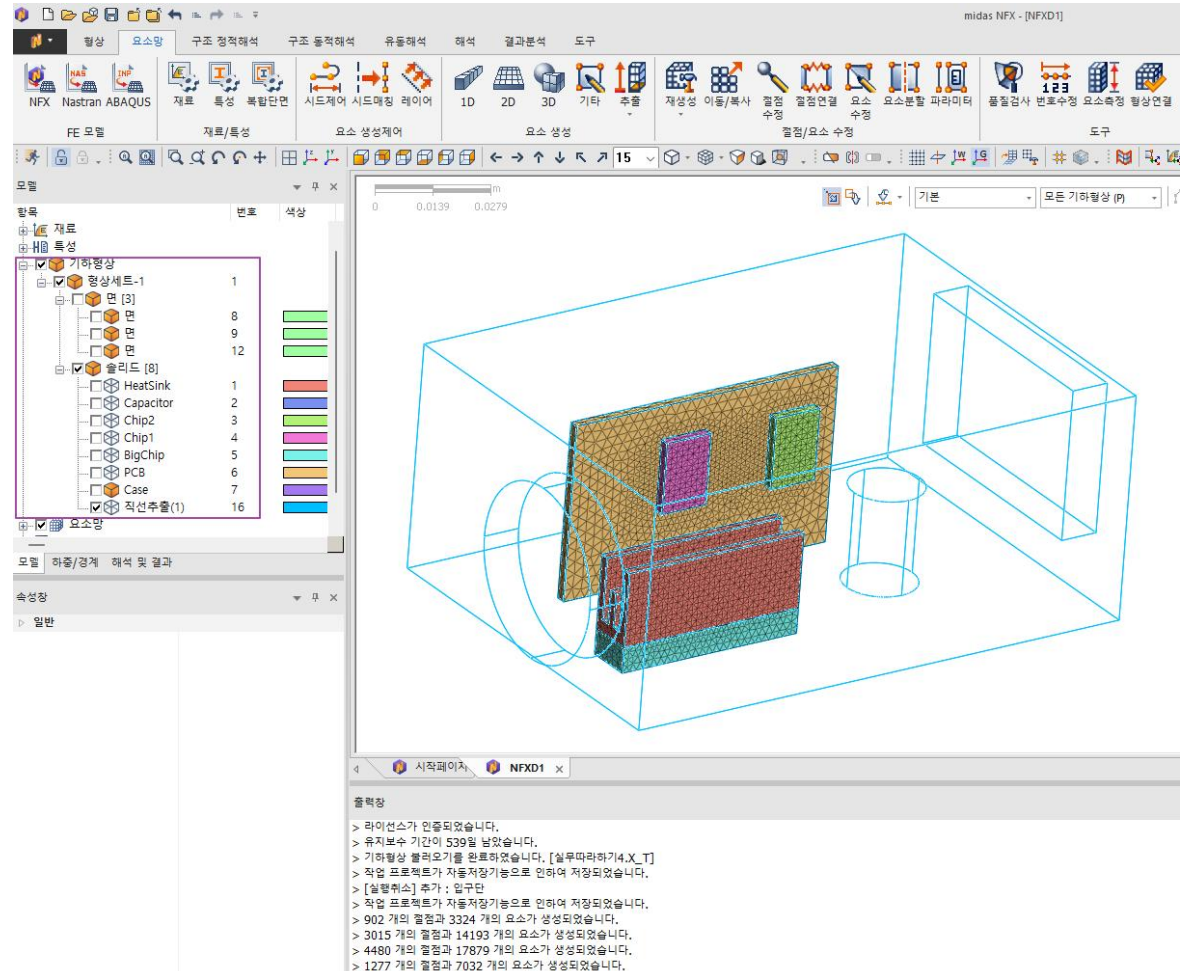
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 솔리드
직선추출 부분만 선으로 보이게
우측 모델과 같은 형상 확인



유체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “요소망” 리본 메뉴 선택 >
“3D” 버튼 클릭

② 1개 “직선추출” 선택

③ 크기 “0.005” 입력

④ “인접면 요소 맞춤” 체크

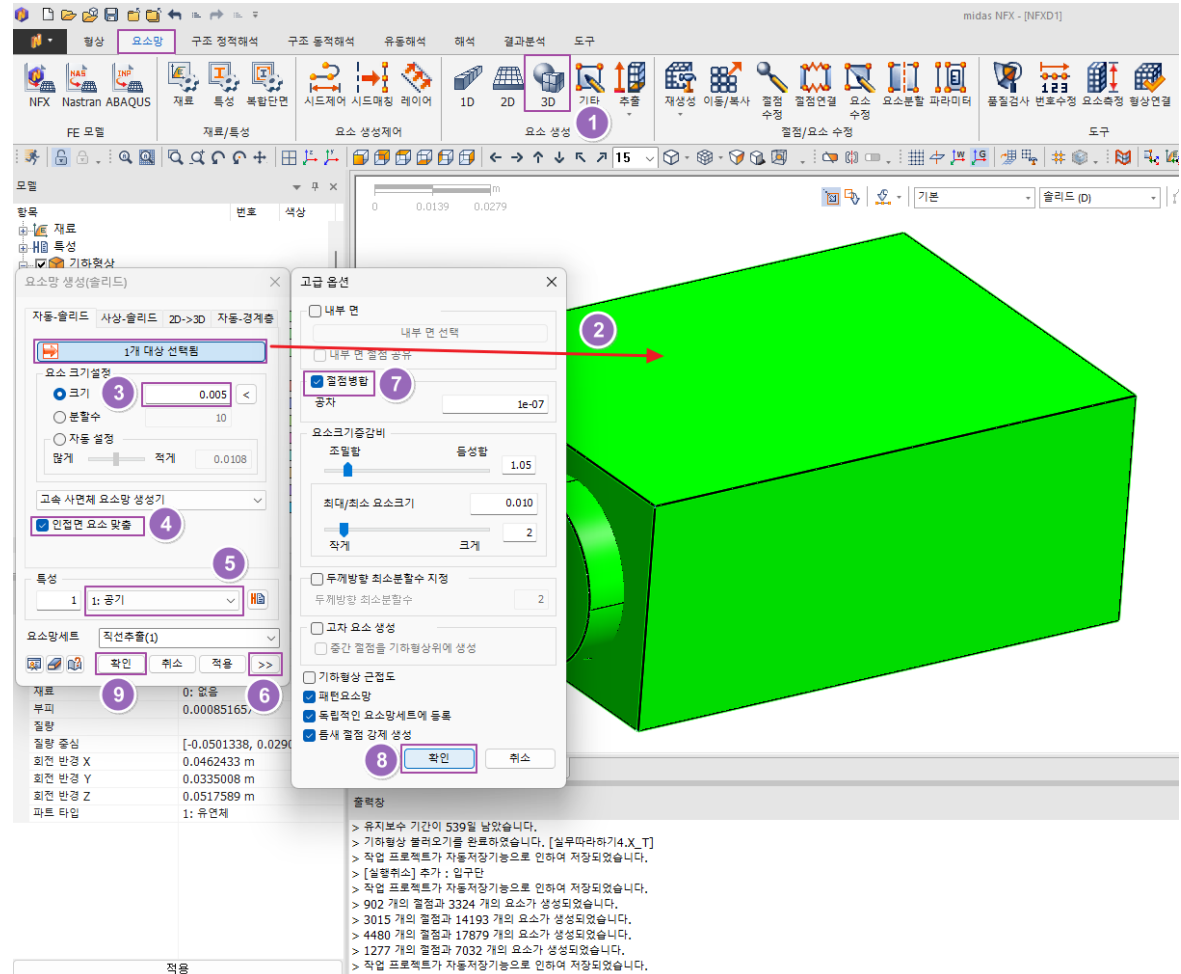
⑤ 특성 “1: 공기” 설정

⑥ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭

⑦ “절점병합” 체크

⑧ “확인” 클릭

⑨ “확인” 클릭



요소망 생성 – 품질 검사

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “품질검사” 버튼 클릭

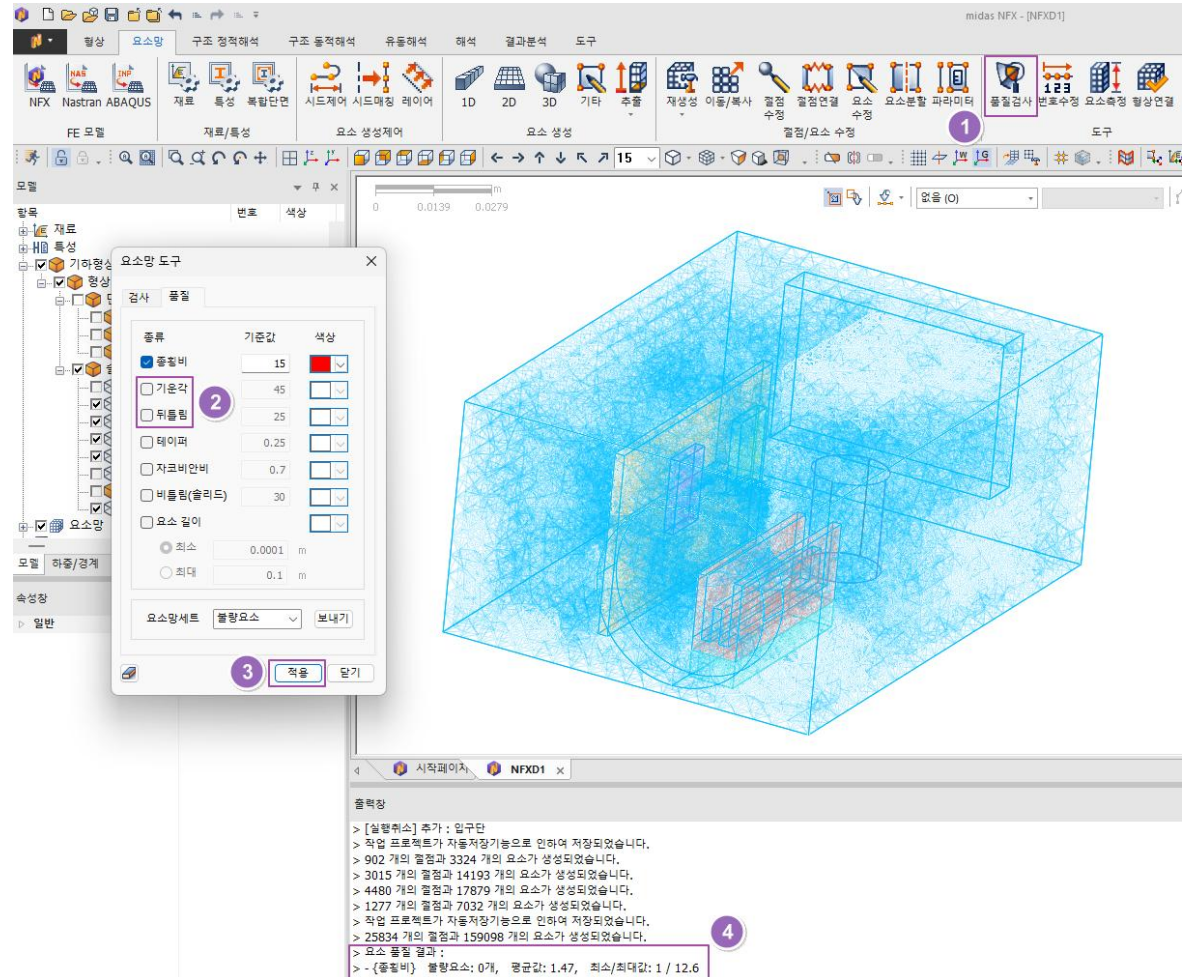
② “요소망 도구” 창

> “기운각” 체크박스 : Off

> “뒤틀림” 체크박스 : Off

③ “적용” 버튼 클릭

④ “출력창” 에서 최대값을 확인



해석케이스 정의

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

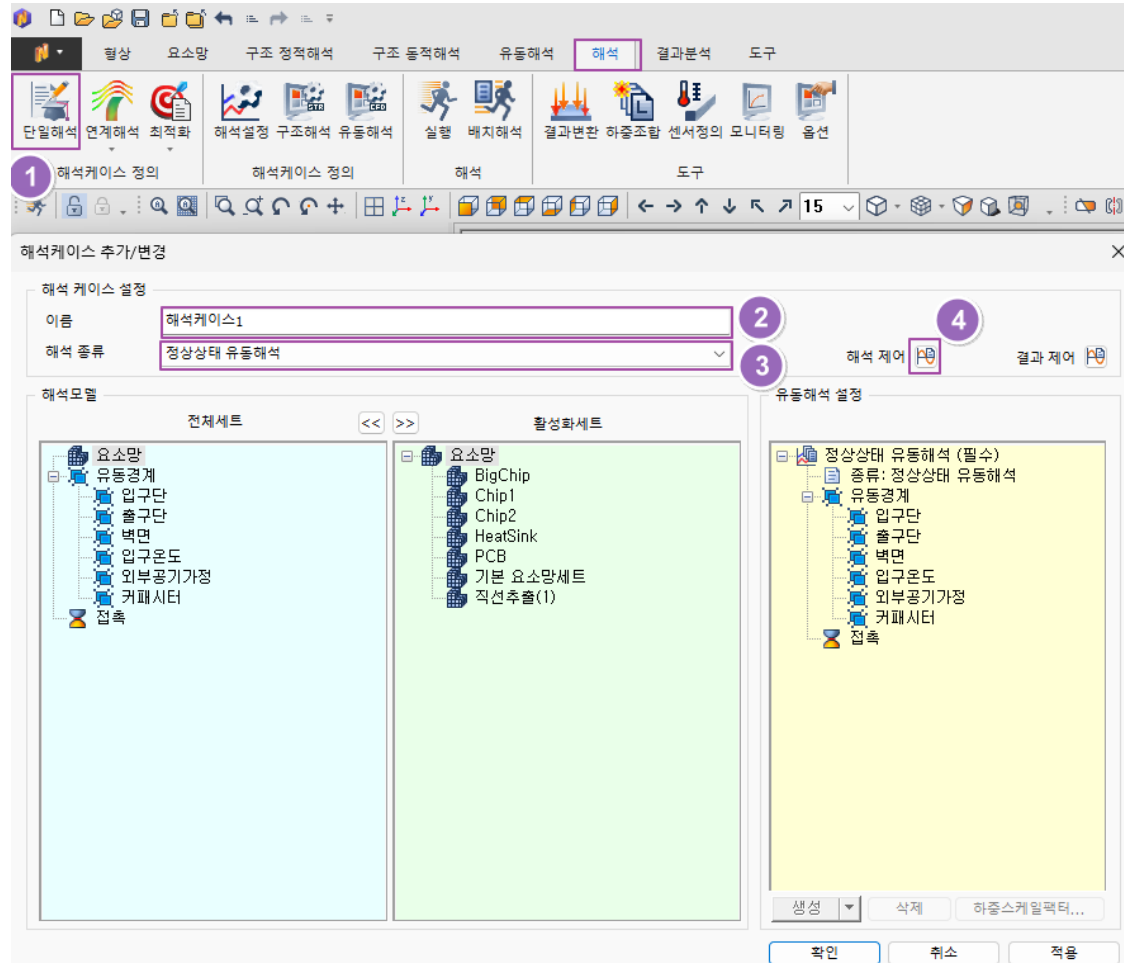
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “정상” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스1” 이름 입력
- ③ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

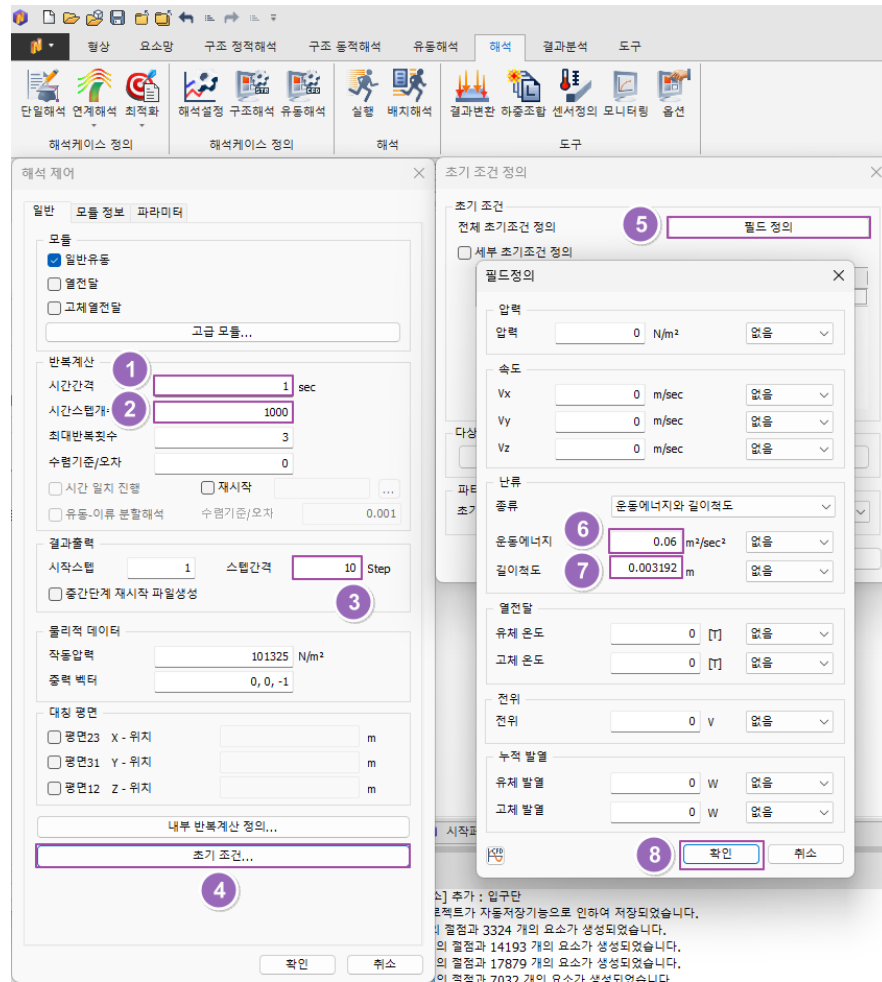
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “시간간격” 입력창 : “1” 입력
- ② “시간스텝개수” 입력창 : “1000” 입력
- ③ 결과출력 > “스텝간격” 입력창 : 10 입력
- ④ “초기 조건” 버튼 클릭
- ⑤ “필드 정의” 버튼 클릭
- ⑥ “운동에너지” 입력창 : “0.06” 입력
- ⑦ “길이척도” 입력창 : “0.003192” 입력
- ⑧ “확인” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 난류 정의

해석조건
설정
기하형상
제작
재료·특성
정의
경계 조건
입력
인접 조건
설정
요소망생성
해석 케이스
정의
계산 실행
결과 검토

- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창
: “2차식 k-ε” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “해석 및 결과” 창
> “해석케이스1” 정의 확인

간단한 유동 문제는 2차식 k-ε 모델을 이용하여 해석합니다.

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

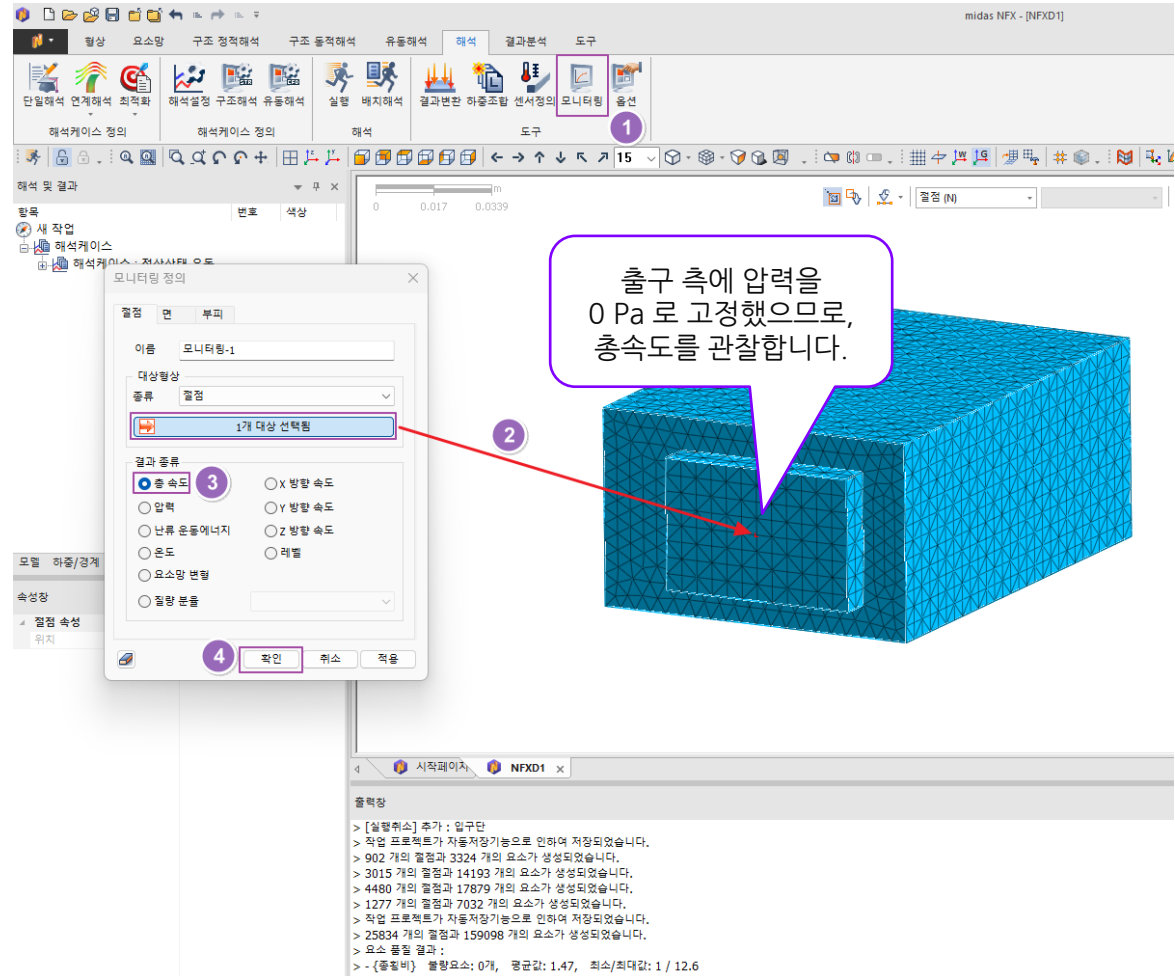
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “결과 모니터링” 버튼 클릭
- ② 출구 부분 가운데 절점 선택
- ③ “총 속도” 체크박스 : On
- ④ “확인” 버튼 클릭



계산 실행 – 파일 저장

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

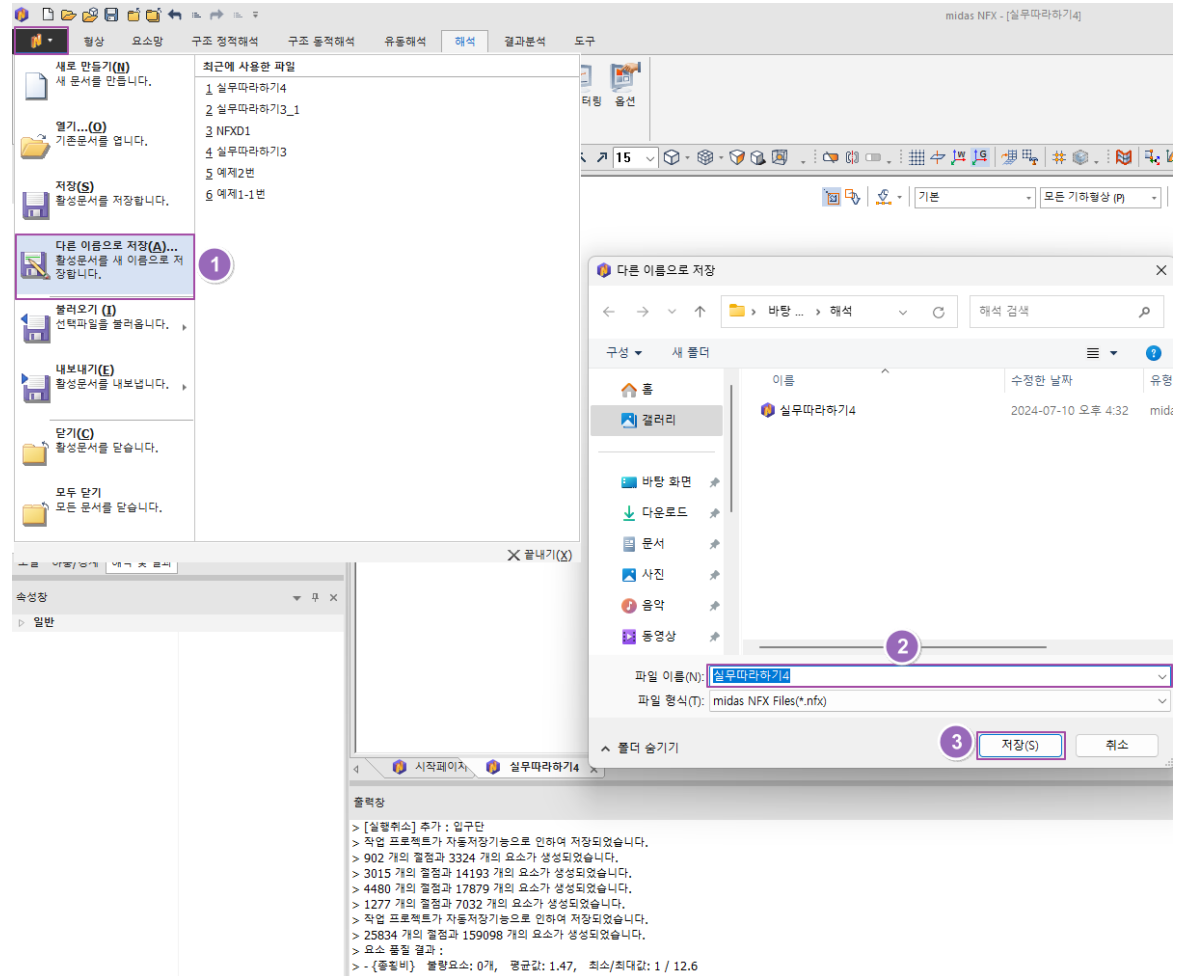
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기4.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

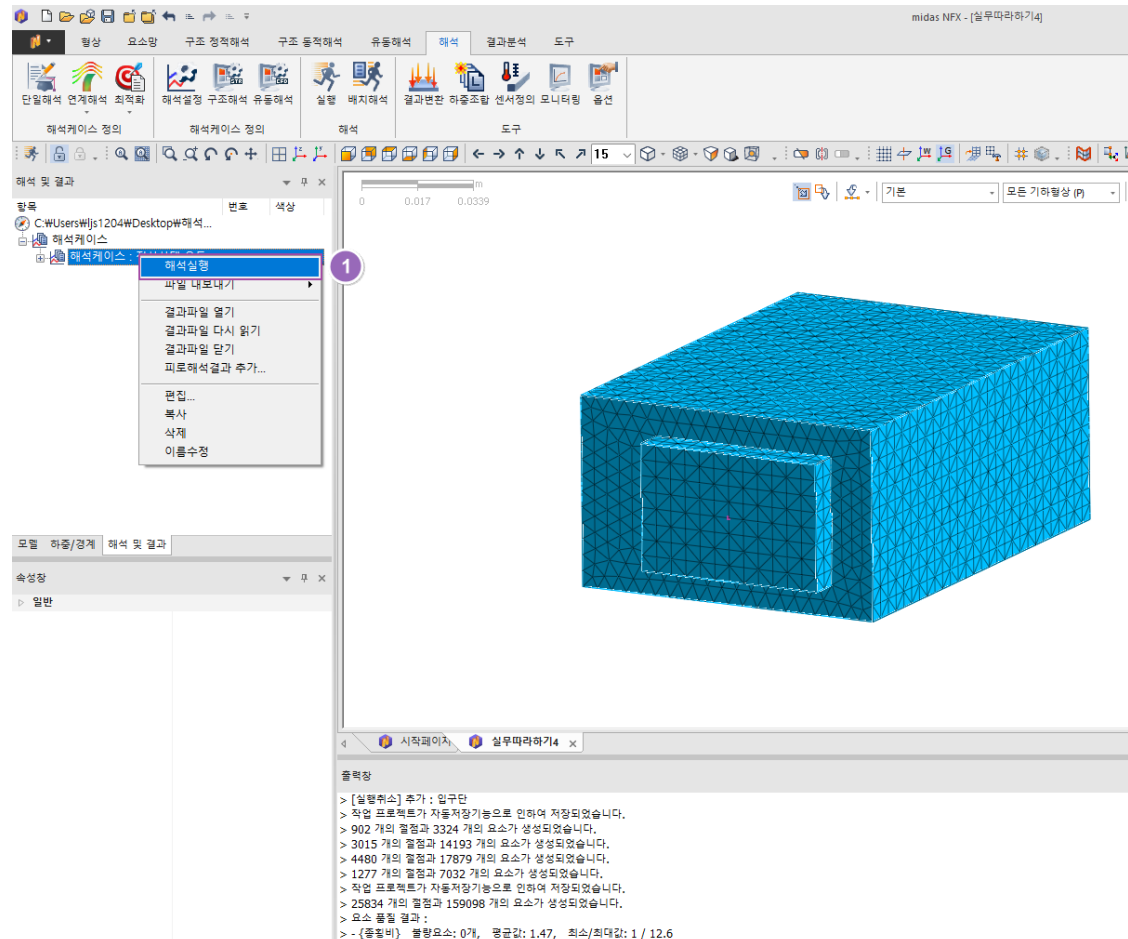
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “해석 및 결과” 창
 > 해석케이스
 > “해석케이스1”
 : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

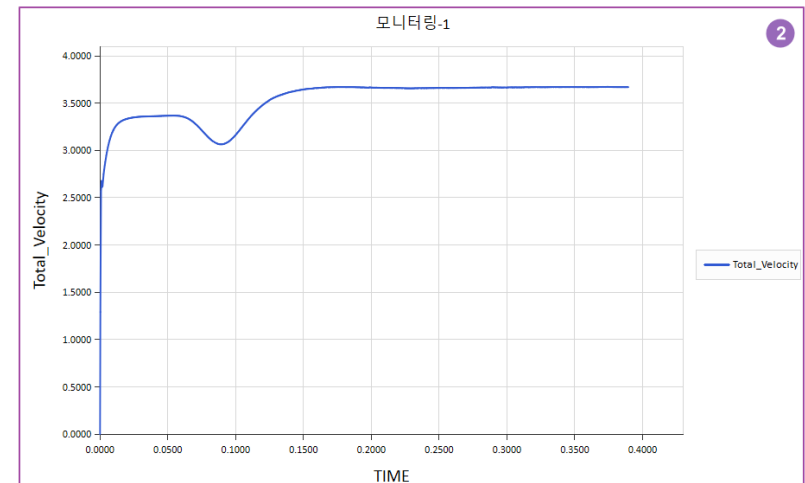
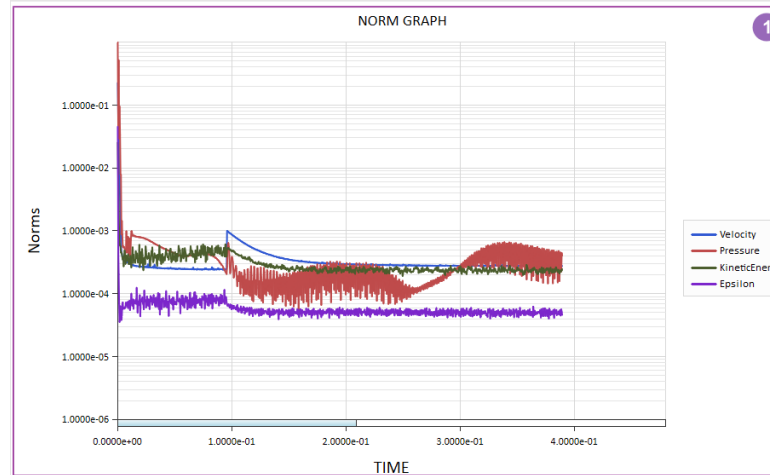
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “CFD Norm 그래프” 및
출력창을 통해 Norm 그래프
수렴 확인
(Norm 값이 0.001 이하로
지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이
정상상태에 도달하거나
주기가 반복되는 경우 확인



해석케이스 정의

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

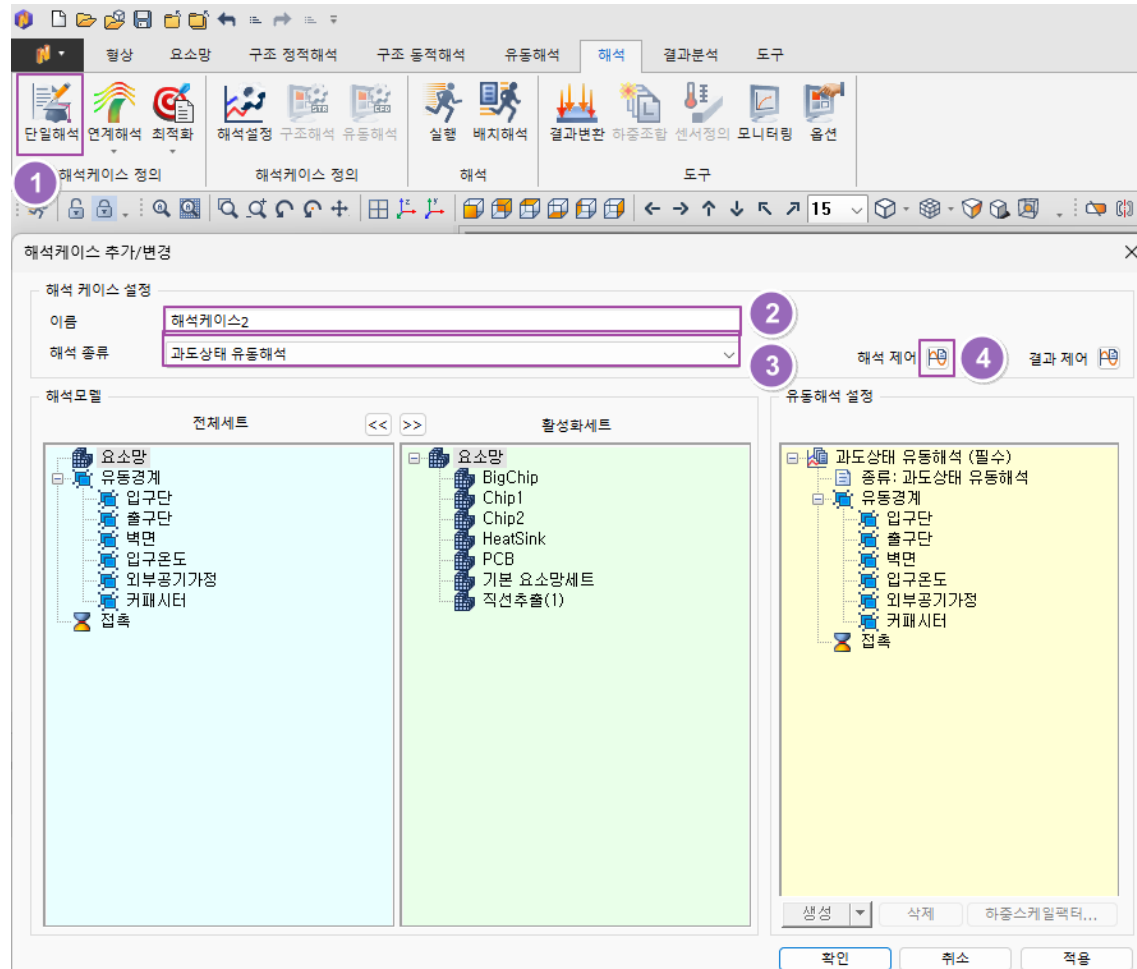
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “과도” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스2” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석종류” 입력 창
 : “과도상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “일반유동” 모듈 체크박스 : 해제
“열전달” : 활성화
“고체열전달” : 활성화

② “시간간격” 입력 창 : “1” 입력
“시간스텝개수” : “1000” 입력
“최대반복횟수” : “10” 입력

③ “재시작” 체크박스 : 활성화

④ 파일 선택 버튼 클릭 >
“실무따라하기4_해석케이스1
.rst” 파일 선택

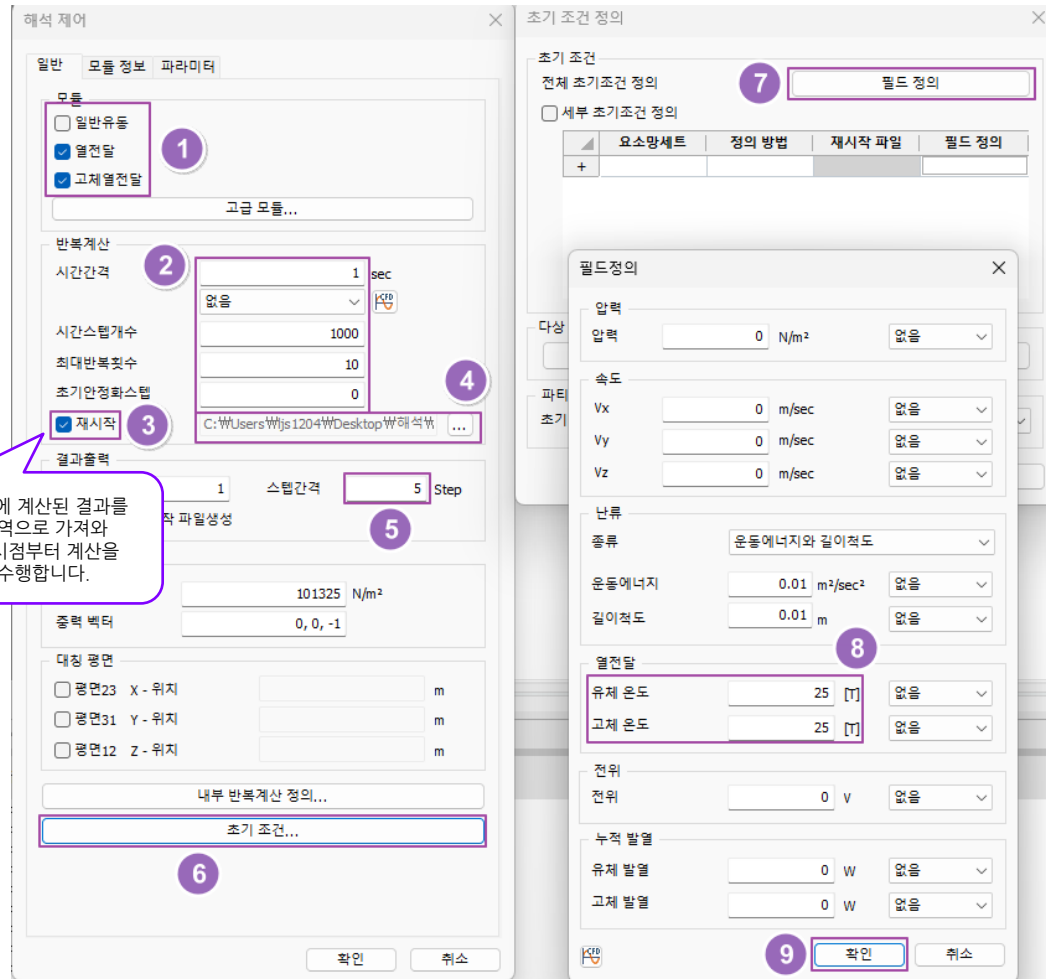
⑤ “결과출력”
> “스텝간격” 입력창 : “5” 입력

⑥ “초기조건” 버튼 클릭

⑦ “필드 정의” 버튼 클릭

⑧ “유체온도” & “고체온도” :
“25” 입력

⑨ “필드정의” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석제어” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석케이스 추가/변경” 창
“확인” 버튼 클릭



계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

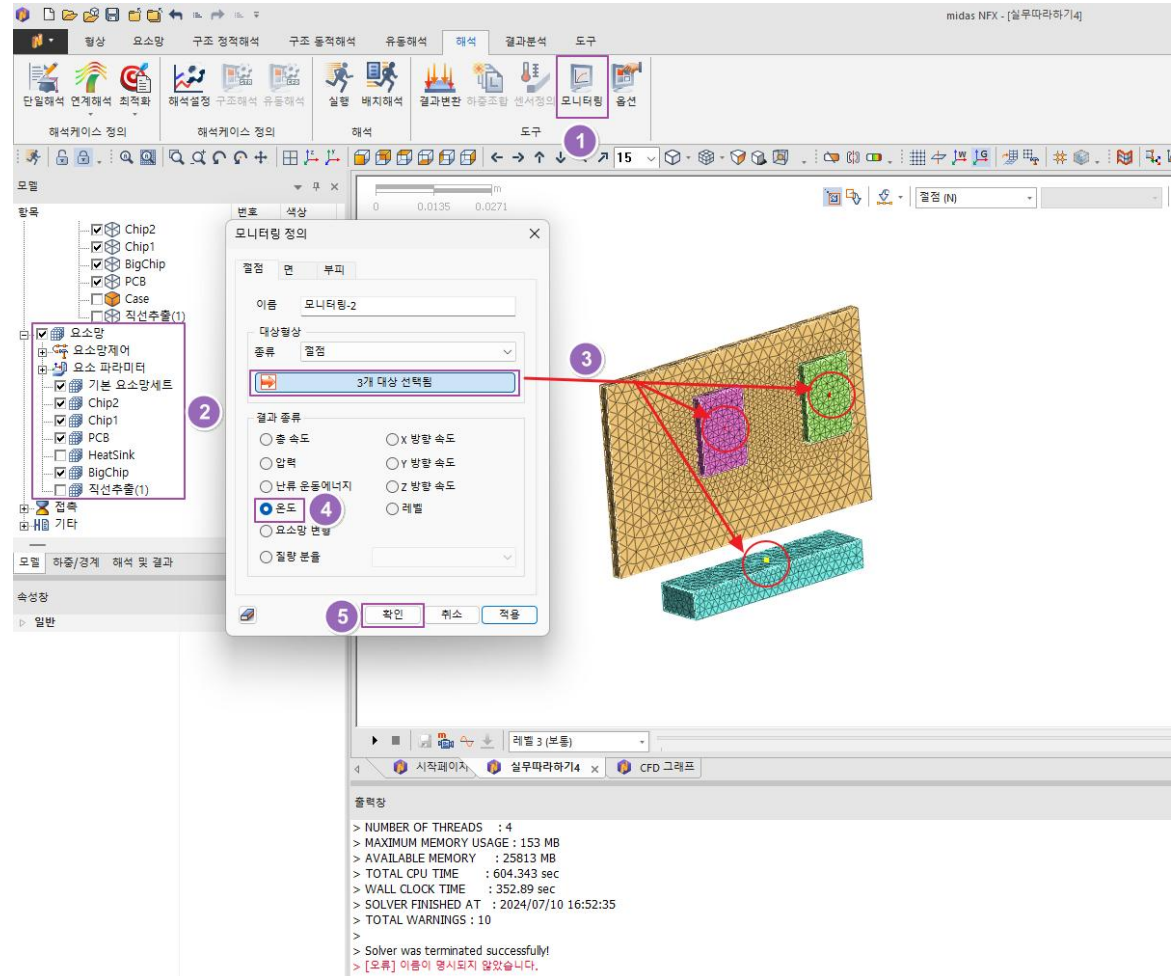
해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “결과 모니터링” 버튼 클릭
- ② 히트싱크 부분 및 유체 부분
요소망 숨기기
- ③ 세 개의 칩에 대한 상부 절점
선택
- ④ “온도” 체크박스 : 활성화
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

※ 실제로는 모니터링 절점의
수는 한 번에 하나만 가능



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

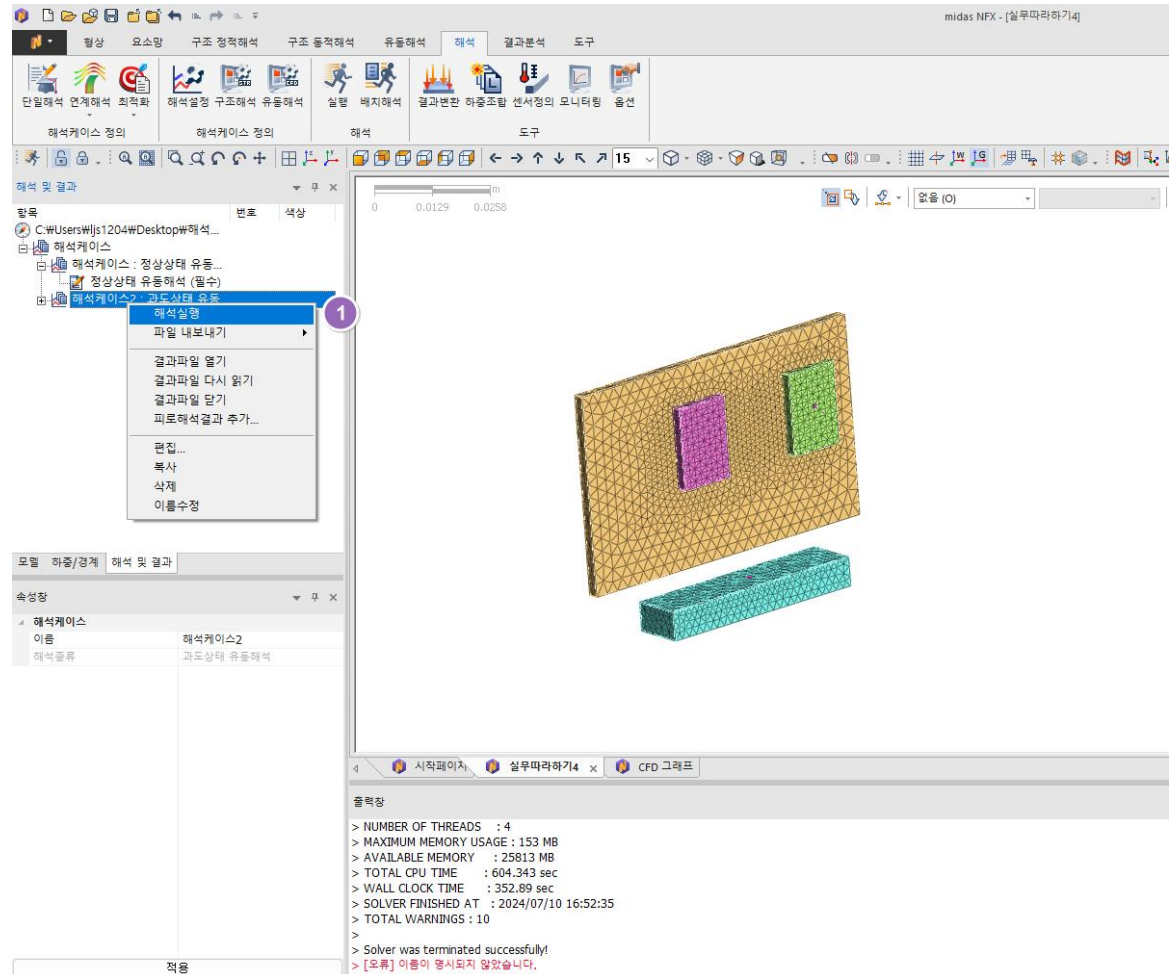
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “해석 및 결과” 창
 > 해석케이스
 > “해석케이스2”
 : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

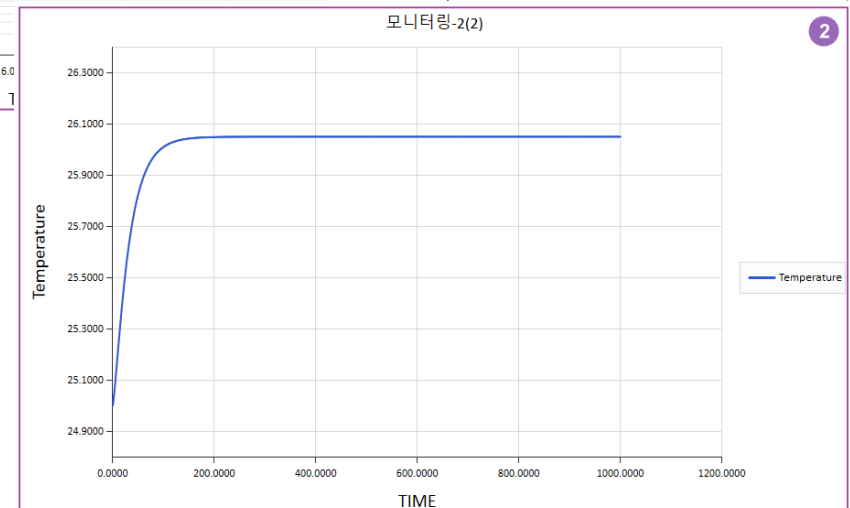
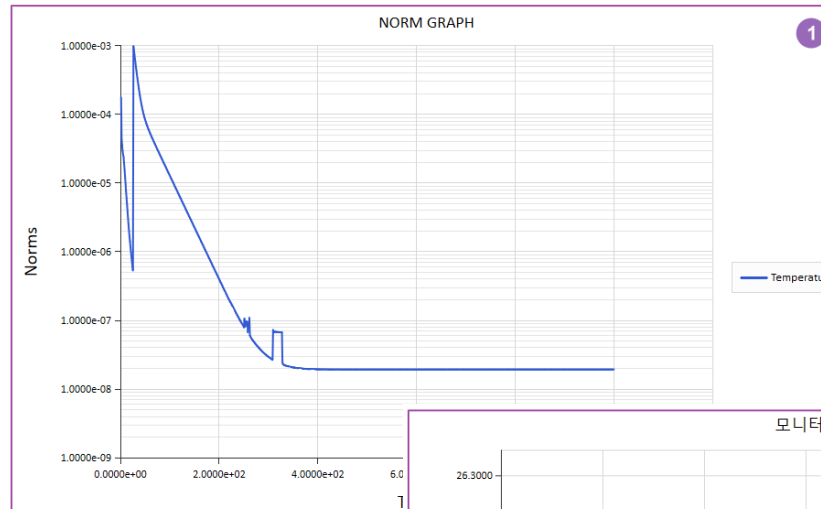
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “CFD Norm 그래프” 및
출력창을 통해 Norm 그래프
수렴 확인
(Norm 값이 0.001 이하로
지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이
정상상태에 도달하거나
주기가 반복되는 경우 확인



결과검토

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

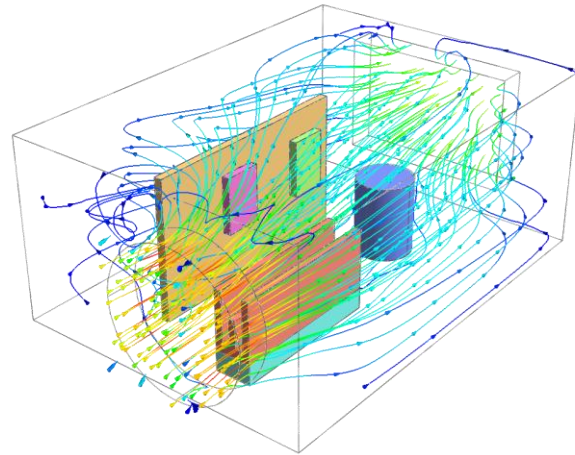
해석 케이스
정의

계산 실행

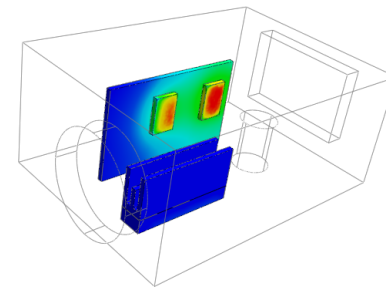
결과 검토

① 각종 결과 확인

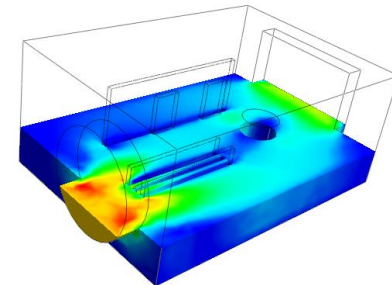
기본적이지만 필수적인 결과 검토 기능은 “NFX 모델링 교육” 또는 “NFX 기본교육”
그리고 매뉴얼을 통해 사전 숙지가 되어야 합니다.
결과 확인은 시연 영상을 보시겠습니다.



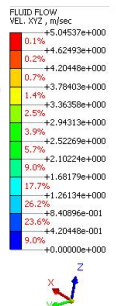
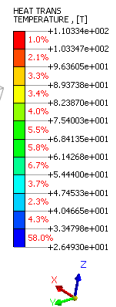
유선



온도



속도



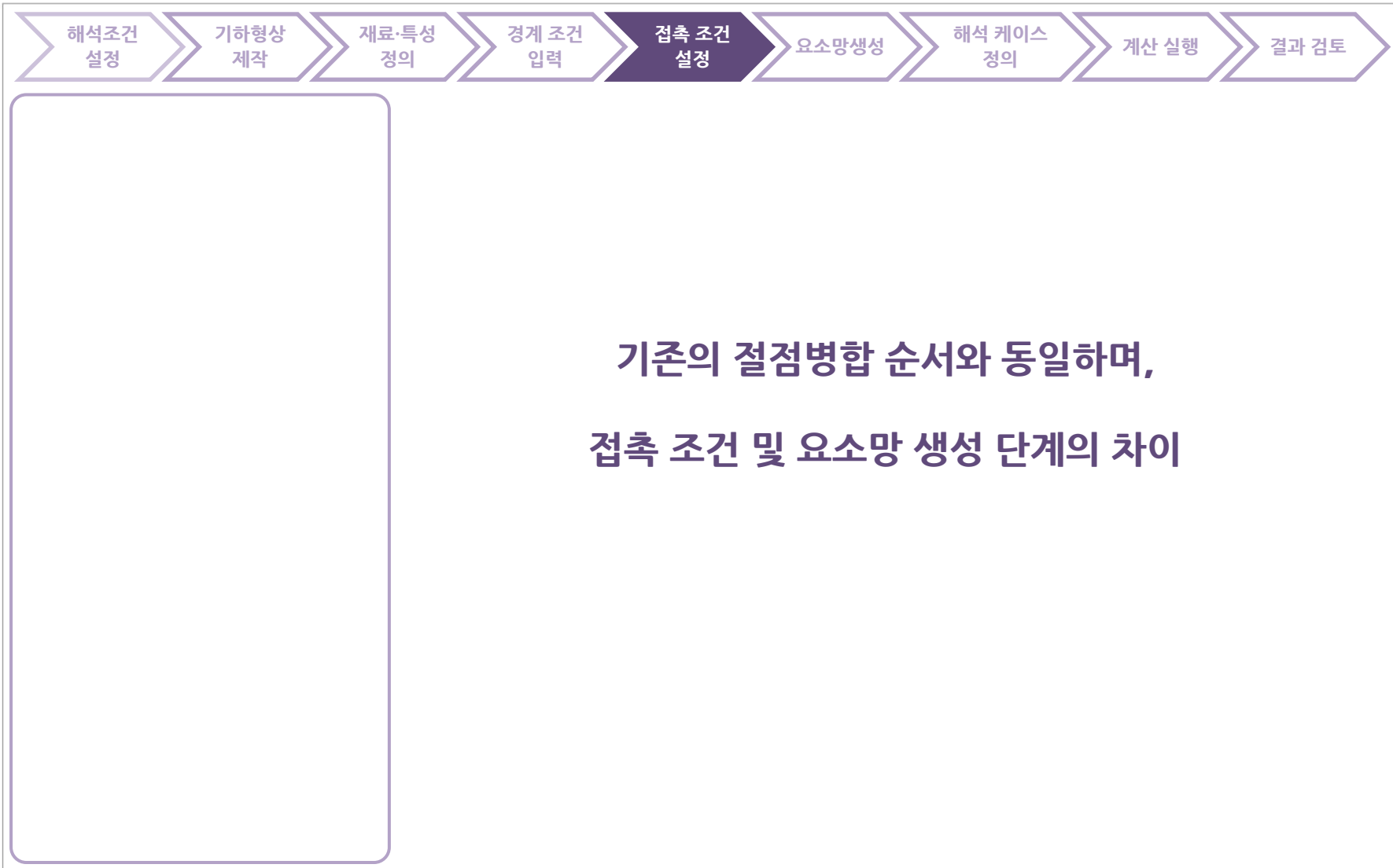
실무 따라하기

강제 공랭 해석 기본 예제 (접촉)

- ★ 본 예제는 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “외부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “강제 수랭 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.

Contents

강제 공랭 해석 (접촉 348p)



기존 요소망 삭제

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력접촉 조건
설정

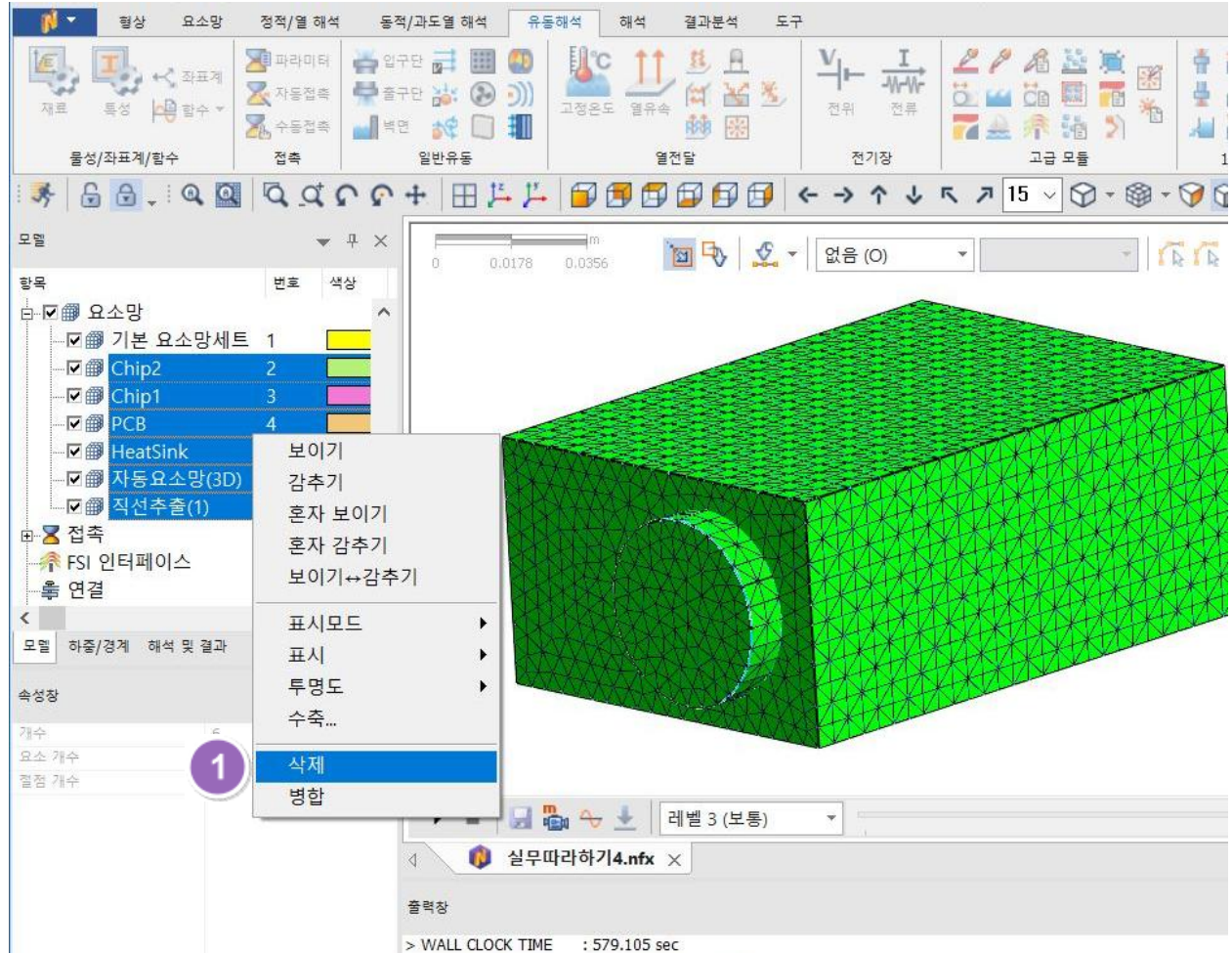
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 요소망 하위
기본 요소망세트 제외한
모든 요소망 선택 → 삭제



접촉 조건 설정

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력접촉 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “유동해석” → “파라미터” 선택

② 이름 “유체-고체” 입력

③ “열적 경계층” 선택

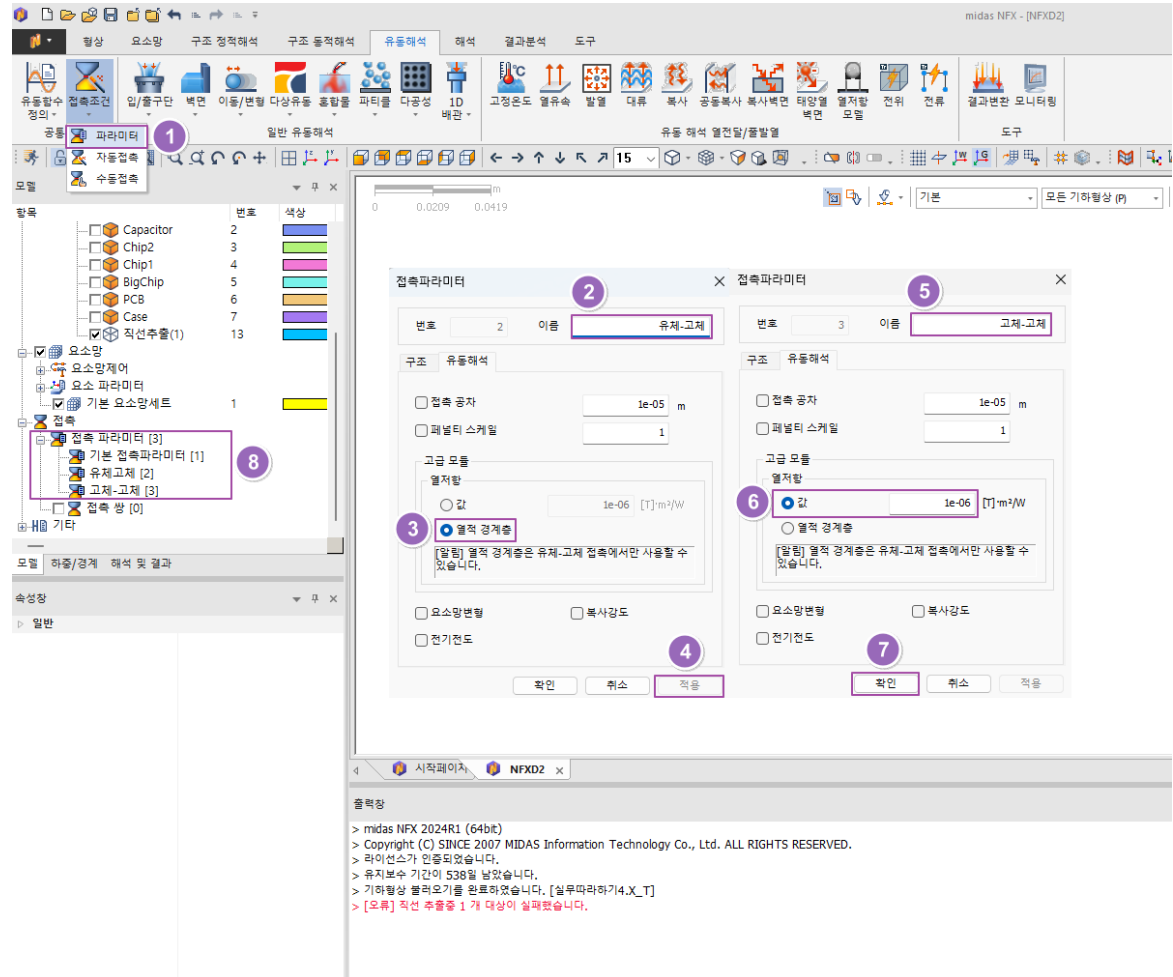
④ “적용” 버튼 클릭

⑤ 이름 “고체-고체” 입력

⑥ “값 : 1e-006” 선택

⑦ “확인” 버튼 클릭

⑧ 접촉 파라미터 생성 확인



접촉 조건 설정

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력접촉 조건
설정

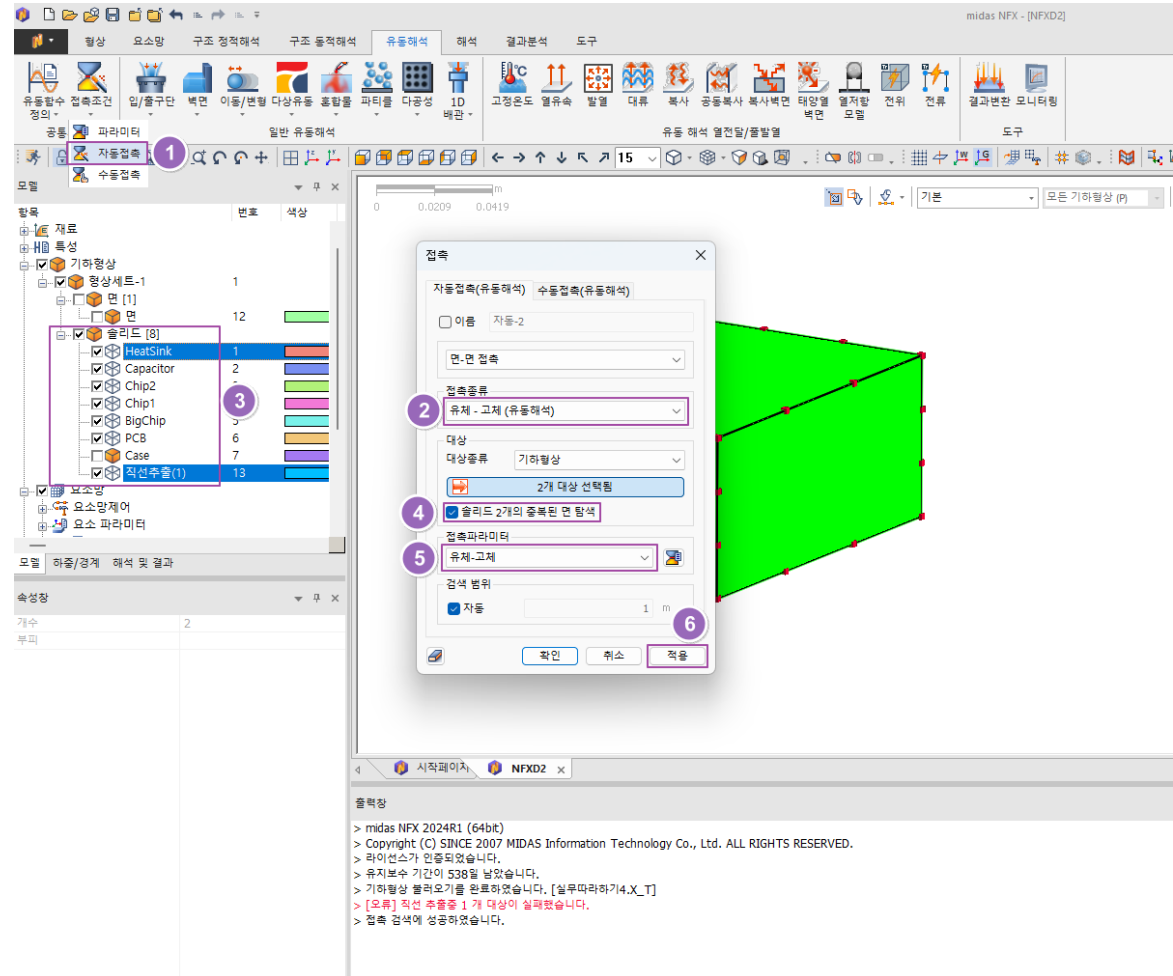
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “유동해석” → “자동접촉” 선택
- ② 접촉종류 “유체-고체” 선택
- ③ “HeatSink”, “직선추출” 선택
- ④ “솔리드 2개의 중복된 면 탐색” 선택
- ⑤ 접촉파라미터 “유체-고체” 선택
- ⑥ “적용” 선택
- ⑦ 동일한 방법으로
“Chip2” + “직선추출”
“Chip1” + “직선추출”
“BigChip” + “직선추출”
“PCB” + “직선추출”
접촉 조건 부여



접촉 조건 설정

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력접촉 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “유동해석” → “자동접촉” 선택

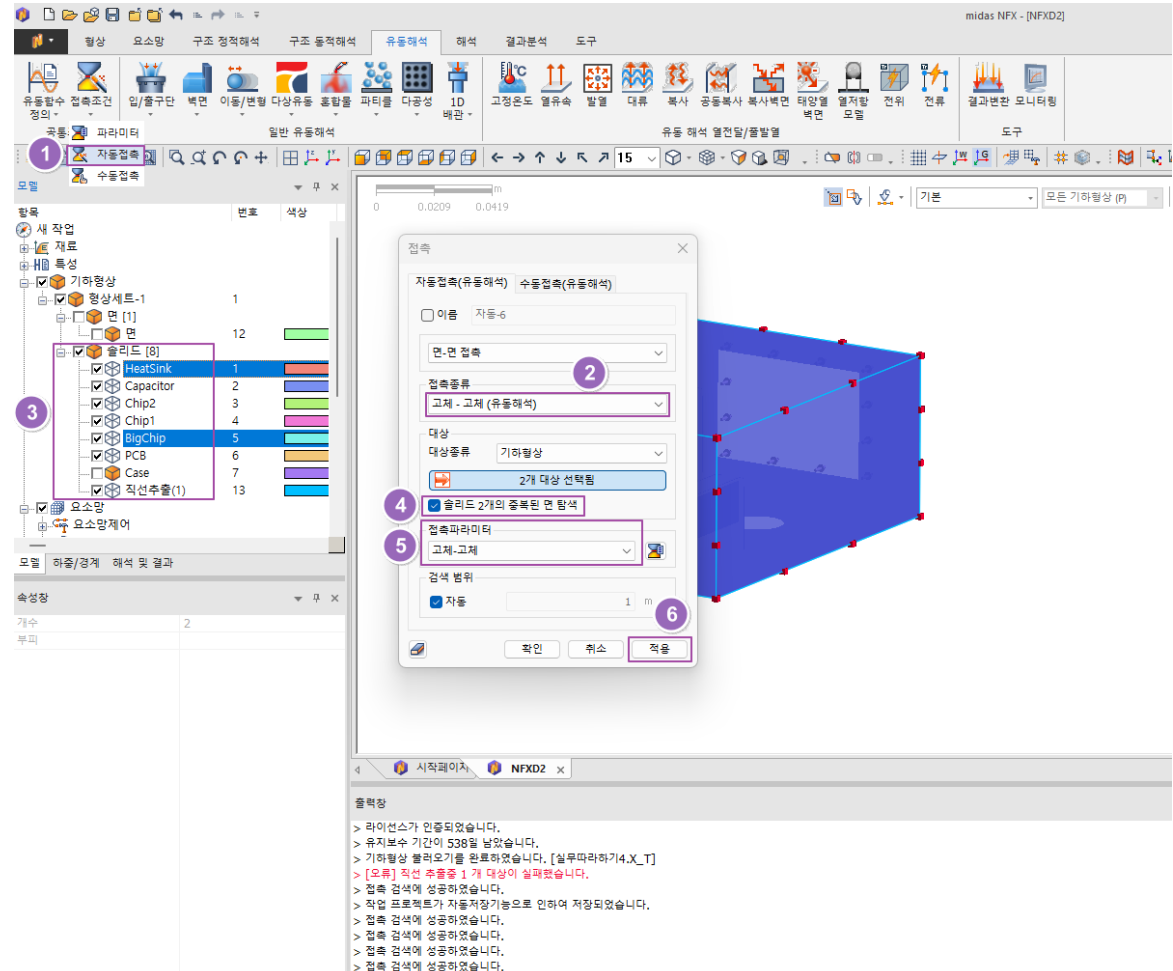
② 접촉종류 “고체-고체” 선택

③ “HeatSink”, “BigChip” 선택

④ “솔리드 2개의 중복된 면 탐색”
선택

⑤ 접촉파라미터 “고체-고체” 선택

⑥ “적용” 선택

⑦ 동일한 방법으로
“Chip2” + “PCB”
“Chip1” + “PCB”
접촉 조건 부여

고체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

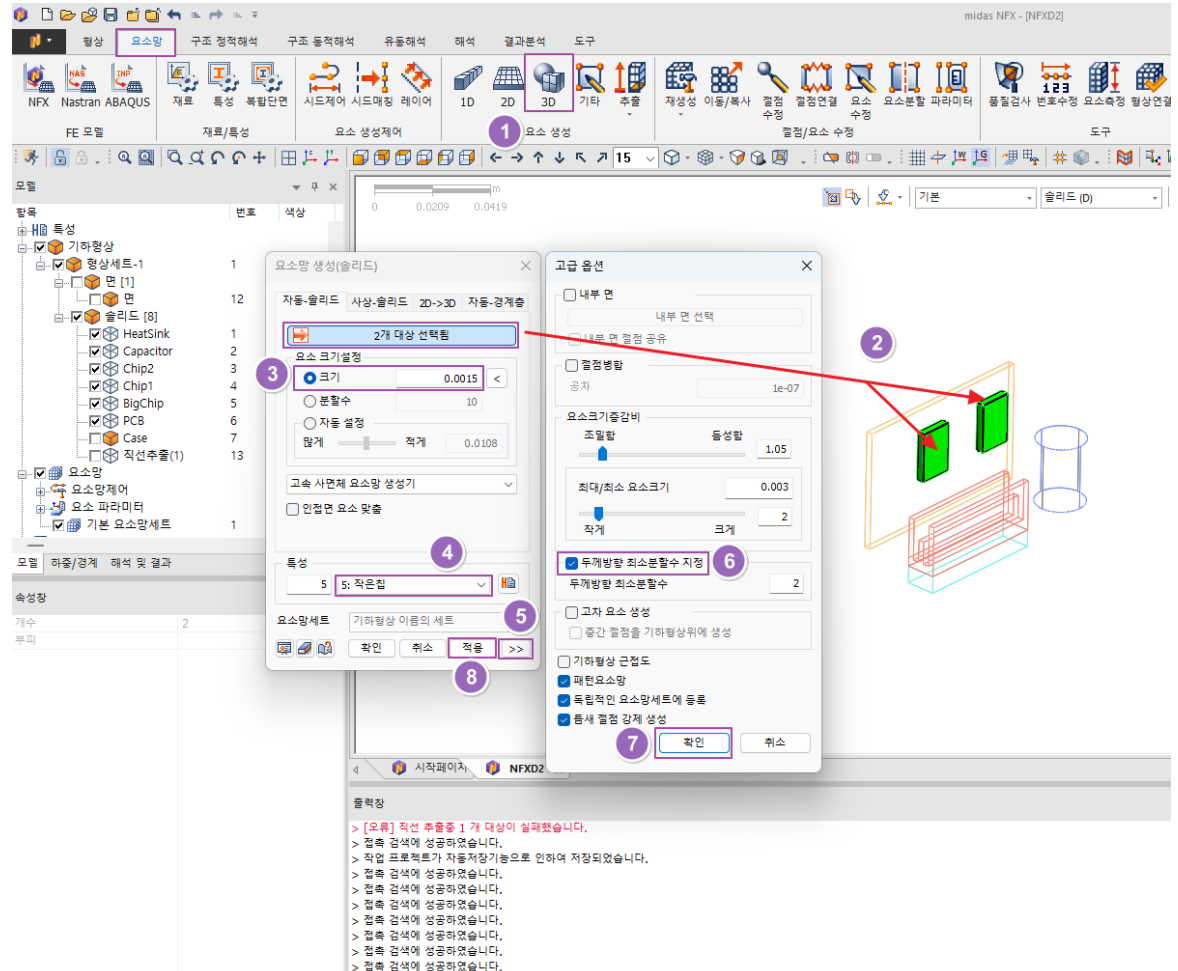
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “요소 생성” 리본 메뉴 > “3D” 버튼 클릭
- ② 2개 “Small Chip” 선택
- ③ 크기 “0.0015” 입력
- ④ 특성 “4: 작은칩” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “적용” 클릭



고체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

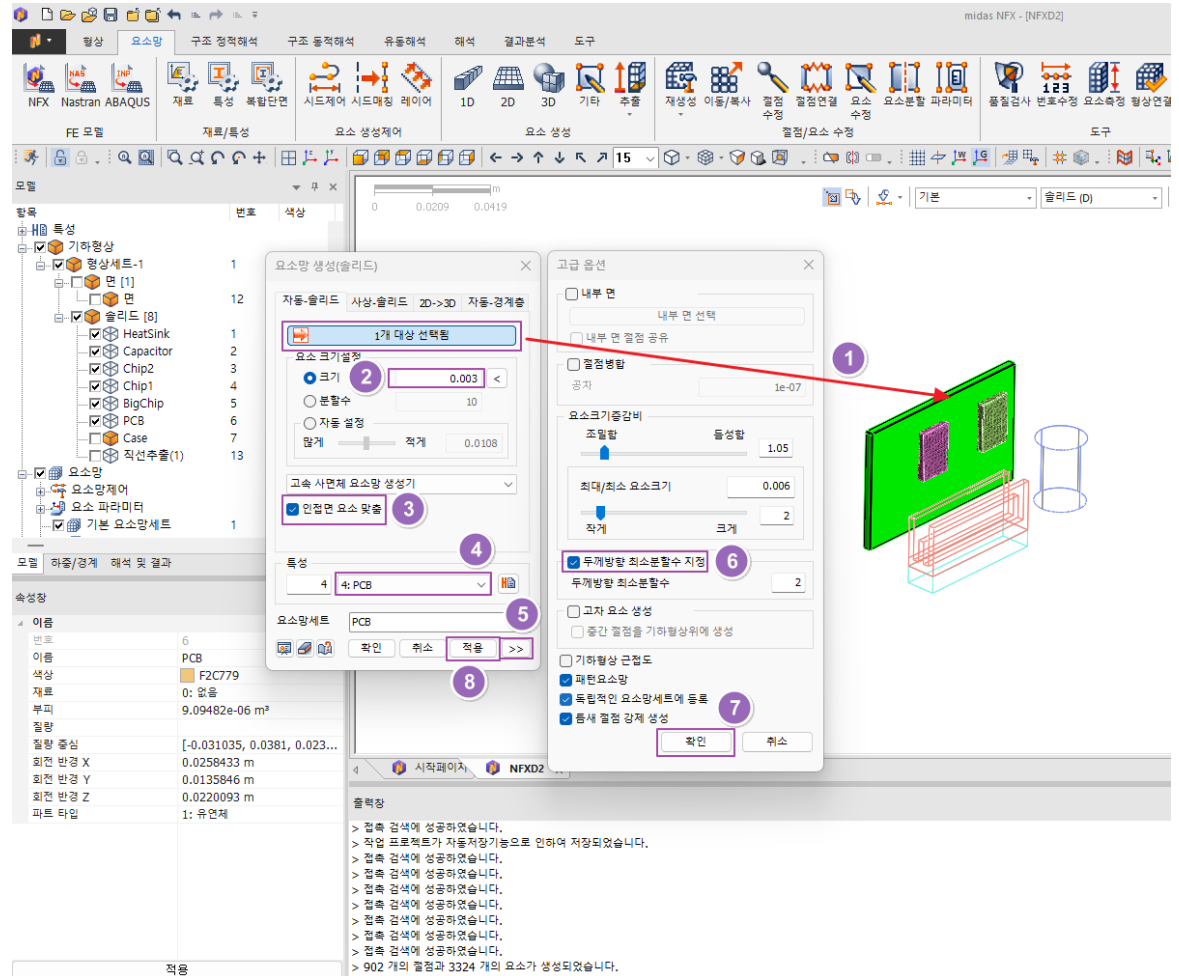
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 1개 “PCB” 선택
- ② 크기 “0.003” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “5: PCB” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “적용” 클릭



고체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

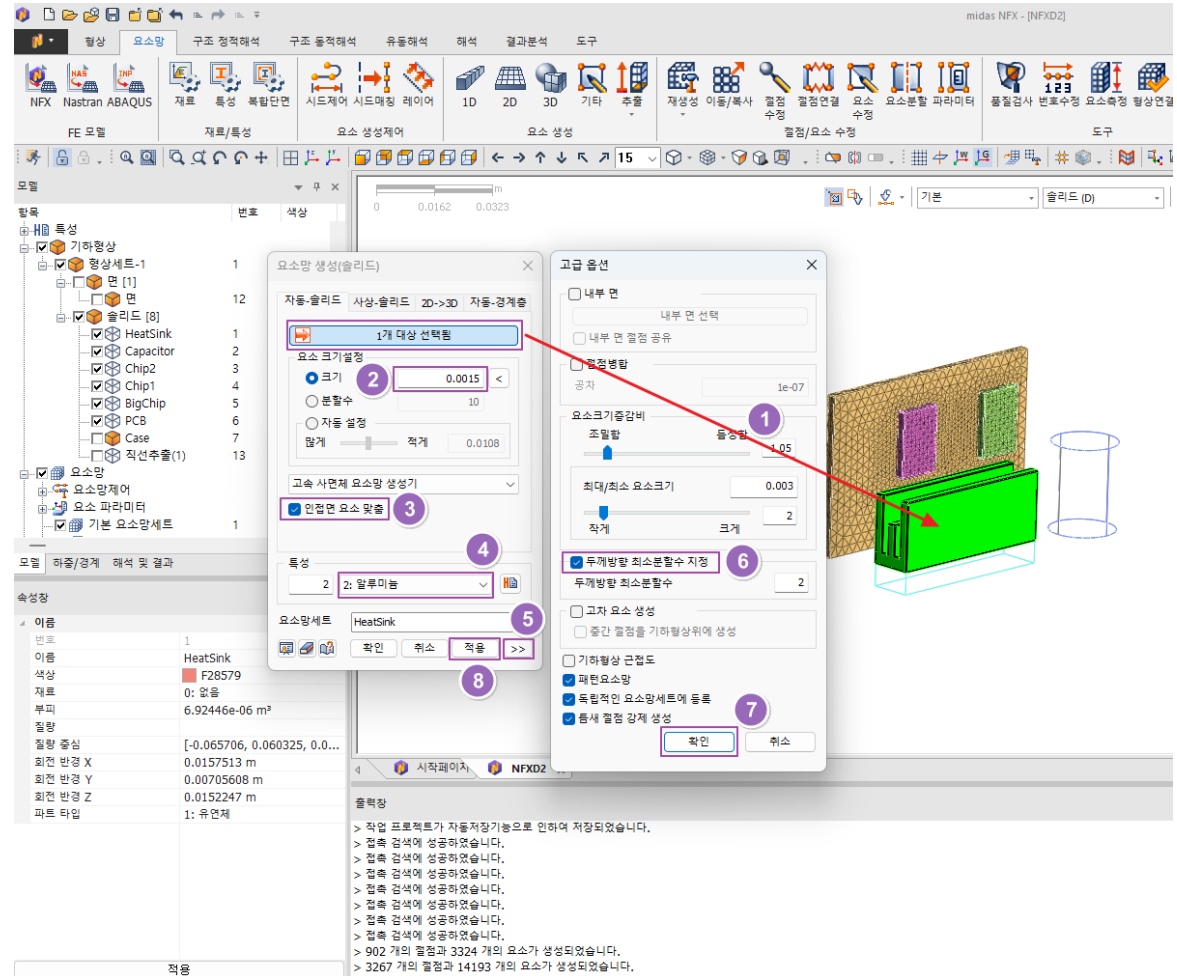
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 1개 “HeatSink” 선택
- ② 크기 “0.0015” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “2: 알루미늄” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “적용” 클릭



고체 요소망 생성

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

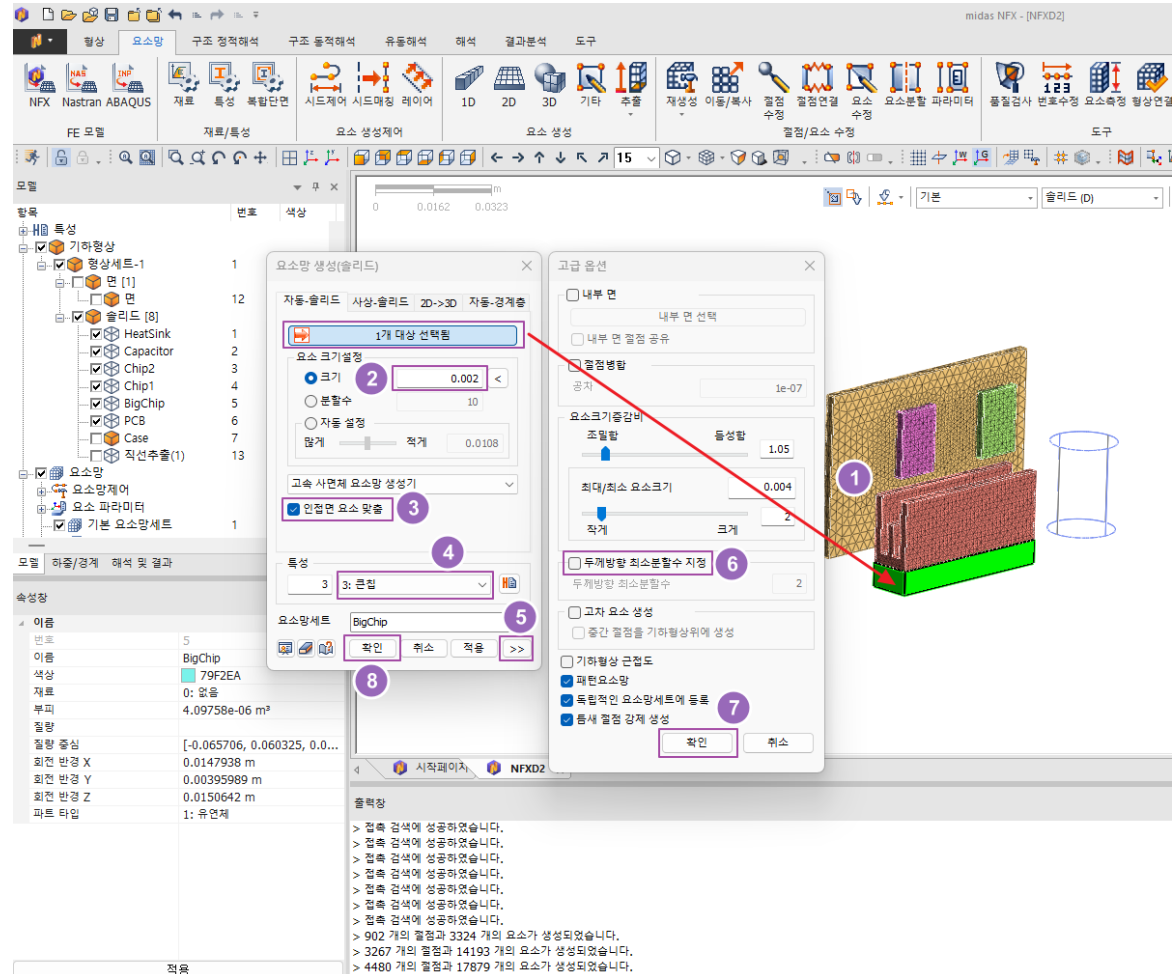
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① 1개 “BigChip” 선택
- ② 크기 “0.002” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “3: 큰칩” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “두께방향 최소분할수 지정” 해제
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “확인” 클릭



기하형상 보이기 모드 변환



유체 요소망 생성

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

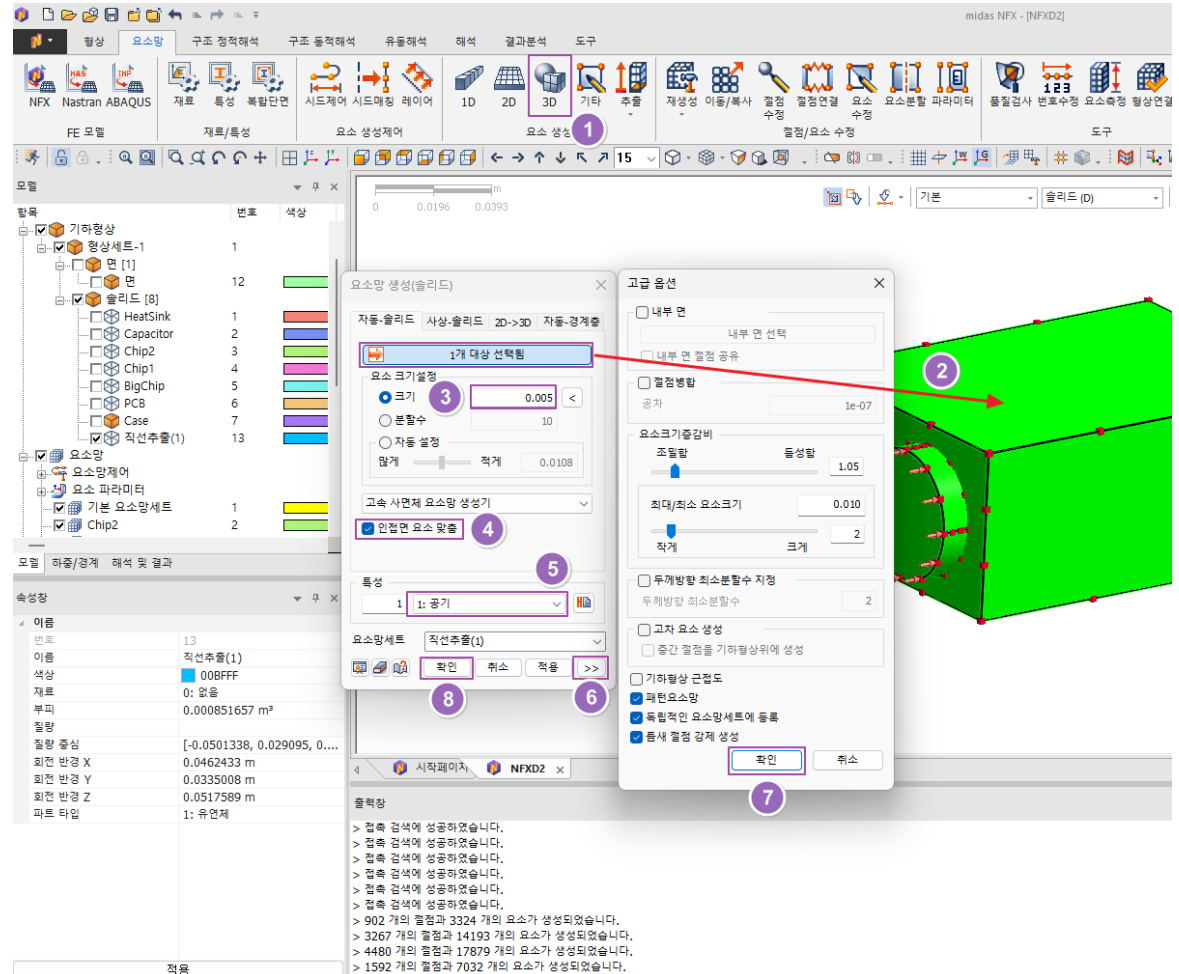
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “요소망” 리본 메뉴 선택 > “3D” 버튼 클릭
- ② 1개 “직선추출” 선택
- ③ 크기 “0.005” 입력
- ④ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ⑤ 특성 “1: 공기” 설정
- ⑥ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “확인” 클릭



요소망 생성 – 품질 검사

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “품질검사” 버튼 클릭

② “요소망 도구” 창

> “기운각” 체크박스 : Off

> “뒤틀림” 체크박스 : Off

③ “적용” 버튼 클릭

④ “출력창” 에서 최대값을 확인

The screenshot shows the midas NFX software interface. The 'Quality Check' button is highlighted in the toolbar (1). The 'Quality Check' dialog box is open (2), showing the '기운각' (Skew) and '뒤틀림' (Distortion) checkboxes. The 'Apply' button is highlighted (3). The 'Output Window' (4) displays the results of the quality check, including the number of elements and the maximum quality value.

요소망 도구

검사 품질

종류 기준값 색상

☒ 품질비 15

☐ 기운각 45

☐ 뒤틀림 25

☐ 테이퍼 0.25

☐ 차크비안비 0.7

☐ 비틀림(솔라드) 30

☐ 요소 길이

☐ 최소 0.0001 m

☐ 최대 0.1 m

요소망세트 품질요소 보내기

적용 닫기

출력창

> 902 개의 결점과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.

> 3267 개의 결점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.

> 4480 개의 결점과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.

> 1592 개의 결점과 7032 개의 요소가 생성되었습니다.

> 30361 개의 결점과 159097 개의 요소가 생성되었습니다.

> 작업 프로세스가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.

> [실행취소] 요소망생성[직선추출(1)]

> [다시실행] 요소망생성[직선추출(1)]

> 요소 생성 결과 :

> - (품질비) 결함요소: 0개, 평균값: 1.47, 최소/최대값: 1 / 12.6

해석케이스 정의

해석조건
설정

기하형상
제약

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

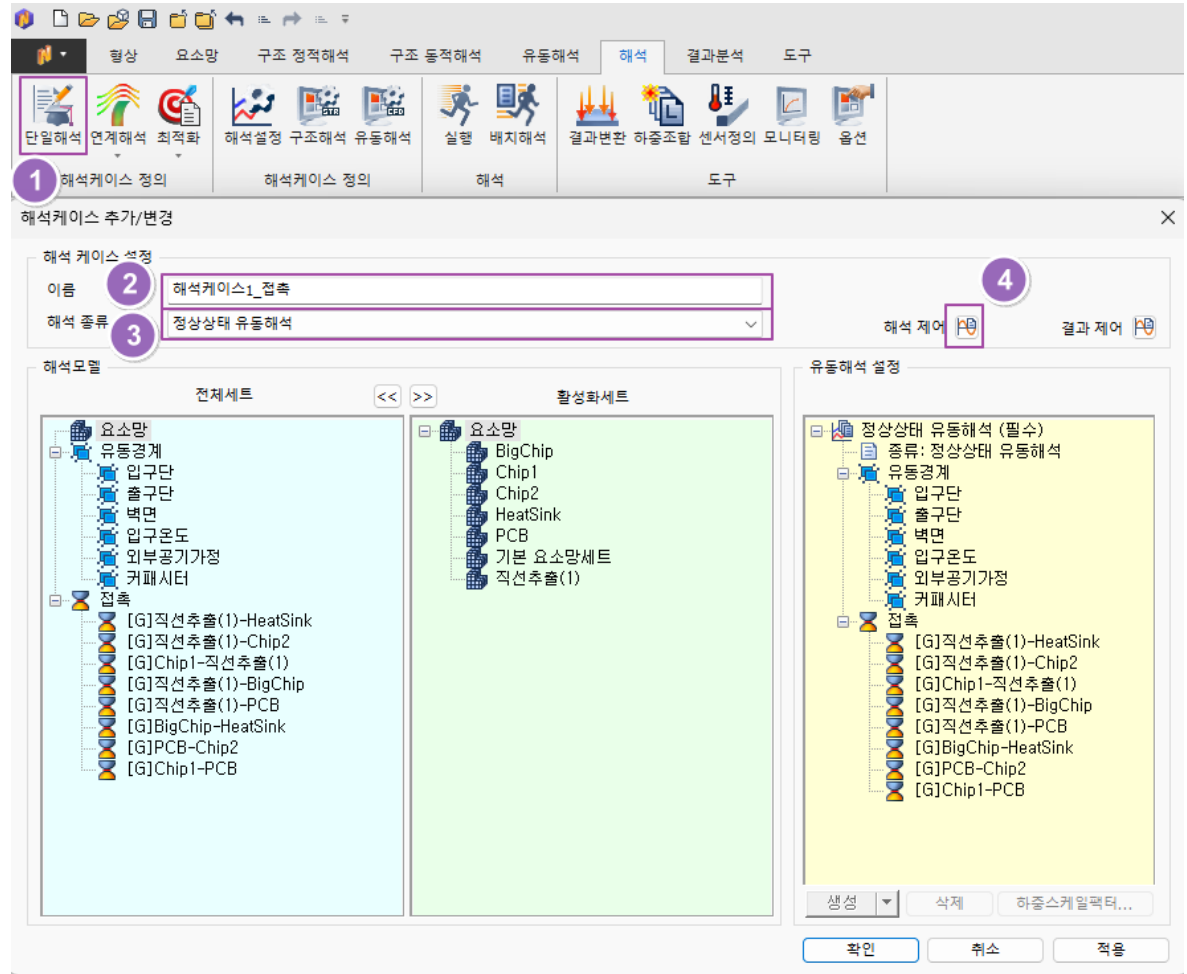
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “단일해석” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스1_접촉” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석 종류” 입력 창
 : “정상상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “시간간격” 입력창
: “1” 입력
- ② “시간스텝개수” 입력창
: “1000” 입력
- ③ 결과출력 > “스텝간격” 입력창
: 10 입력
- ④ “초기 조건” 버튼 클릭
- ⑤ “필드 정의” 버튼 클릭
- ⑥ “운동에너지” 입력창
: “0.06” 입력
- ⑦ “길이척도” 입력창
: “0.003192” 입력
- ⑧ “확인” 버튼 클릭

해석 제어

일반 모듈 정보 파라미터

모듈

☒ 일반유동

☐ 열전달

☐ 고체열전달

고급 모듈...

반복계산

시간간격 ① 1 sec

시간스텝개 ② 1000

최대반복횟수 3

수렴기준/오차 0

☐ 시간 일치 진행 ☐ 재시작 ...

☐ 유동-이류 분할해석 수렴기준/오차 0.001

결과출력

시작스텝 1 스텝간격 ③ 10 Step

☐ 중간단계 재시작 파일생성

물리적 데이터

작동압력 101325 N/m²

중력 벡터 0, 0, -1

대칭 평면

☐ 평면23 X - 위치 m

☐ 평면31 Y - 위치 m

☐ 평면12 Z - 위치 m

내부 반복계산 정의...

초기 조건... ④

확인 취소

초기 조건 정의

초기 조건

전체 초기조건 정의 필드 정의

☐ 세부 초기조건 정의

요소망세트	정의 방법	재시작 파일	필드 정의
+			

필드정의

입력

압력 0 N/m² 없음

속도

Vx 0 m/sec 없음

Vy 0 m/sec 없음

Vz 0 m/sec 없음

난류

종류 운동에너지와 길이척도

운동에너지 ⑥ 0.06 m²/sec² 없음

길이척도 ⑦ 0.003192 m 없음

열전달

유체 온도 0 [T] 없음

고체 온도 0 [T] 없음

전위

전위 0 V 없음

누적 발열

유체 발열 0 W 없음

고체 발열 0 W 없음

⑧ 확인 취소

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 난류 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

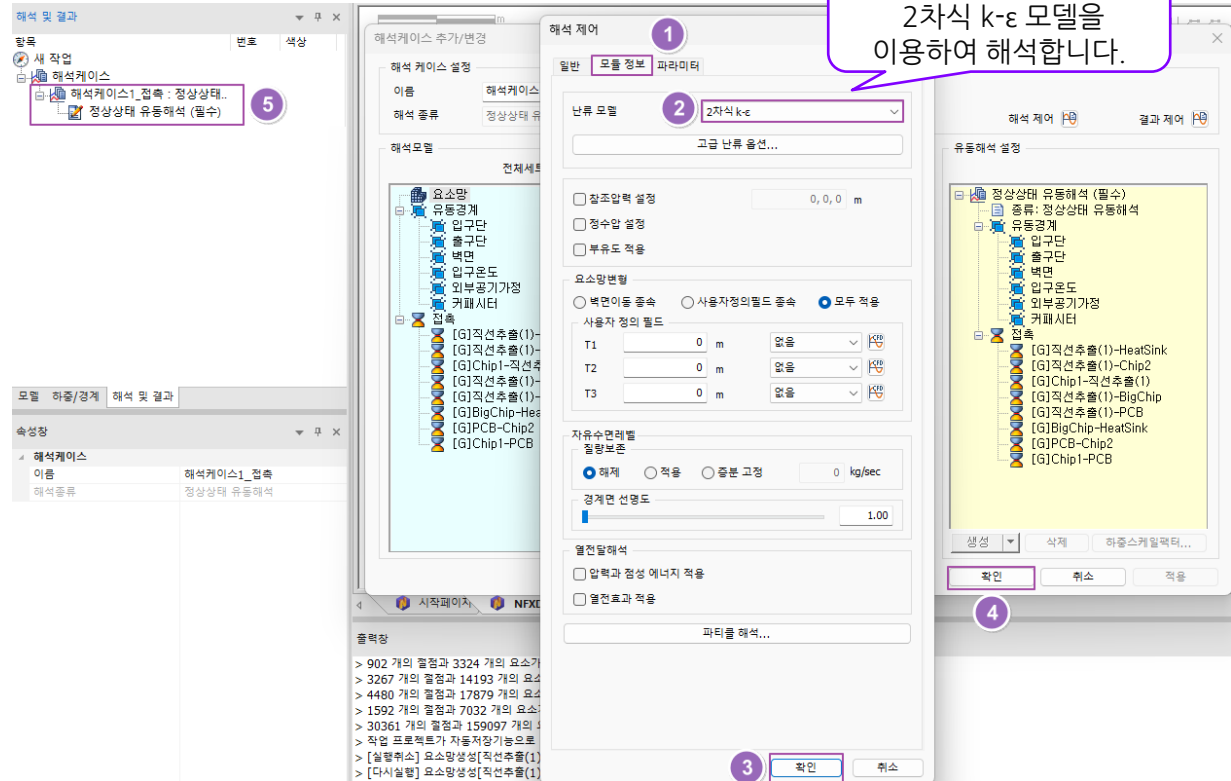
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창
: “2차식 k-ε” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “해석 및 결과” 창
> “해석케이스1_접촉” 정의 확인



계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

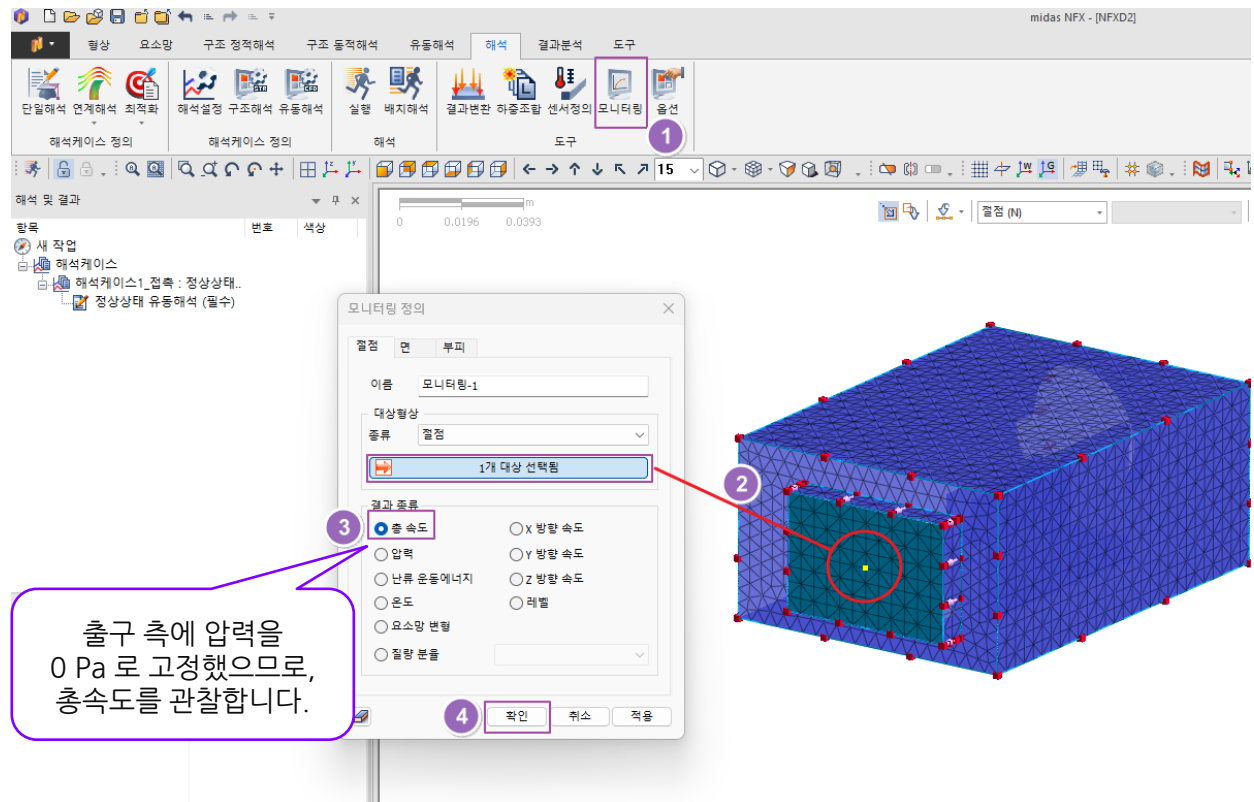
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “모니터링” 버튼 클릭
- ② 출구 부분 가운데 절점 선택
- ③ “총 속도” 체크박스 : On
- ④ “확인” 버튼 클릭



계산 실행 – 파일 저장

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

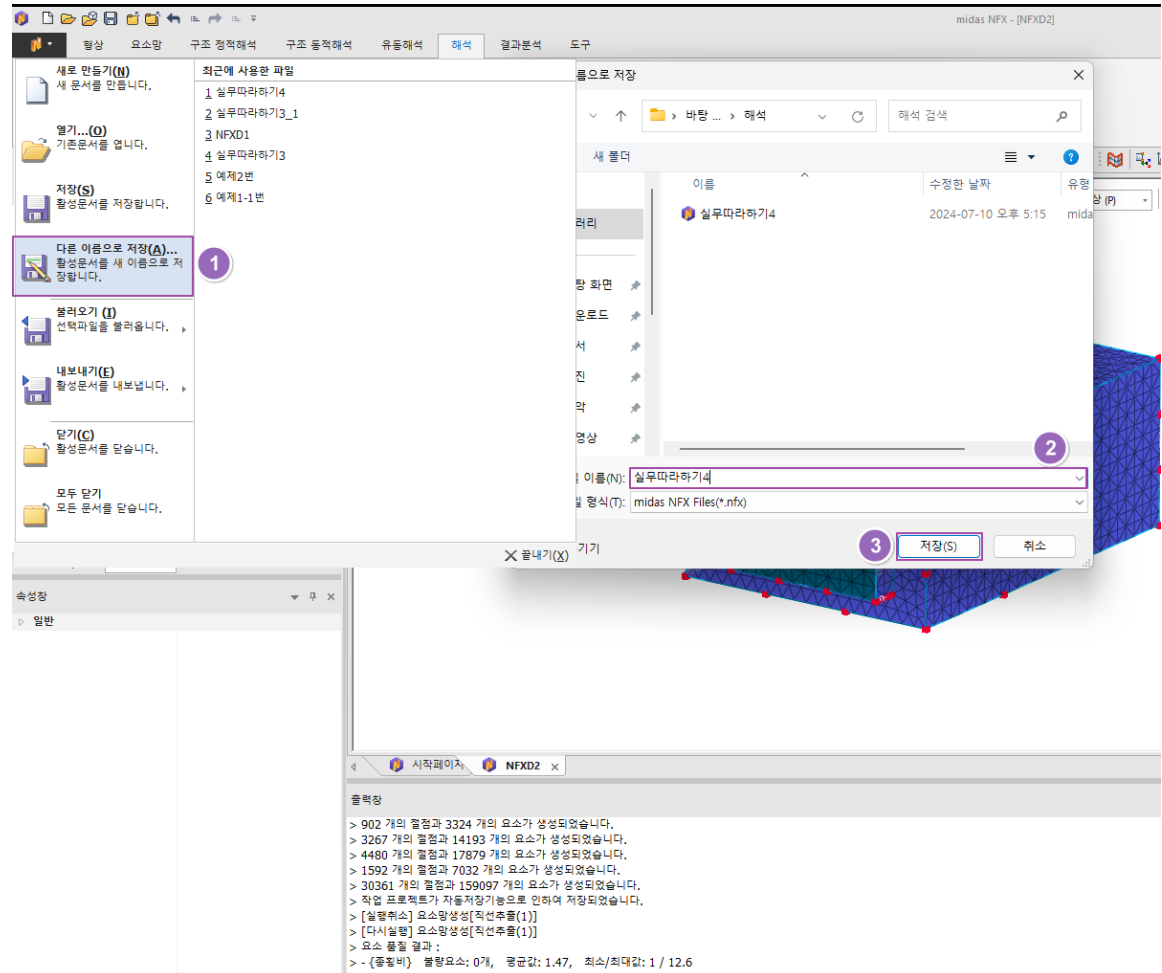
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기4.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

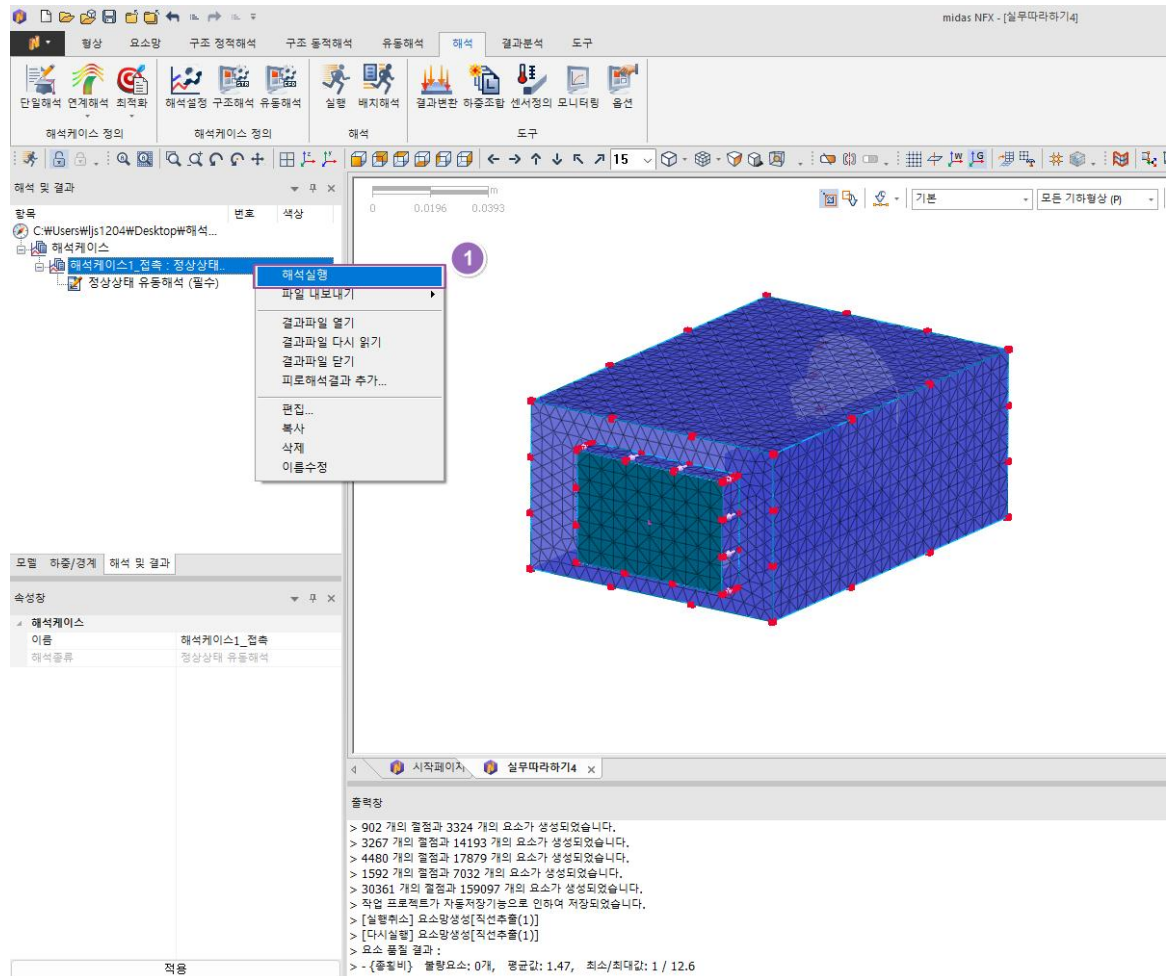
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “해석 및 결과” 창
 > 해석케이스
 > “해석케이스1”
 : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

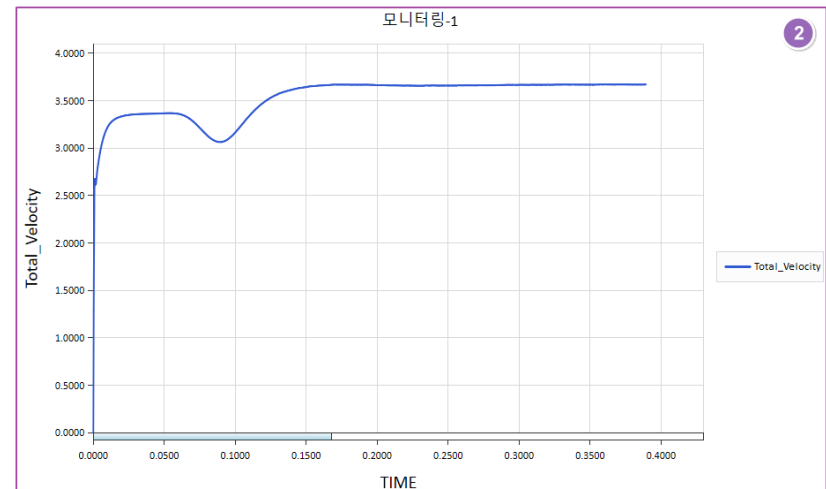
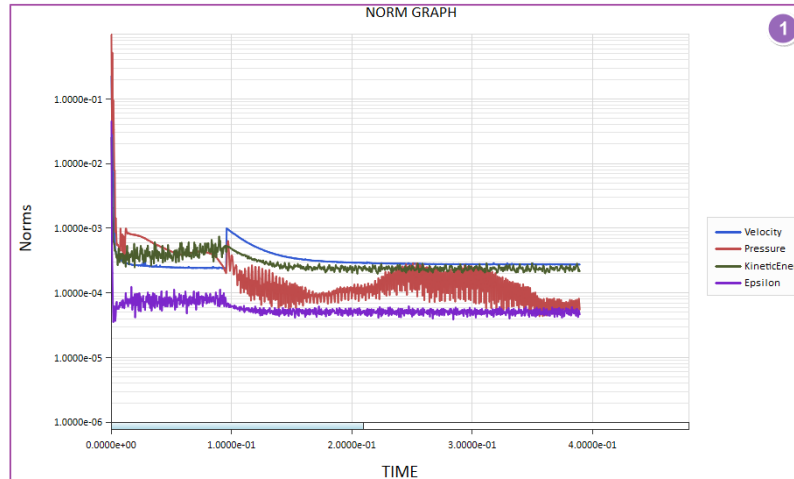
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “CFD Norm 그래프” 및
출력창을 통해 Norm 그래프
수렴 확인
(Norm 값이 0.001 이하로
지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이
정상상태에 도달하거나
주기가 반복되는 경우 확인



해석케이스 정의

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

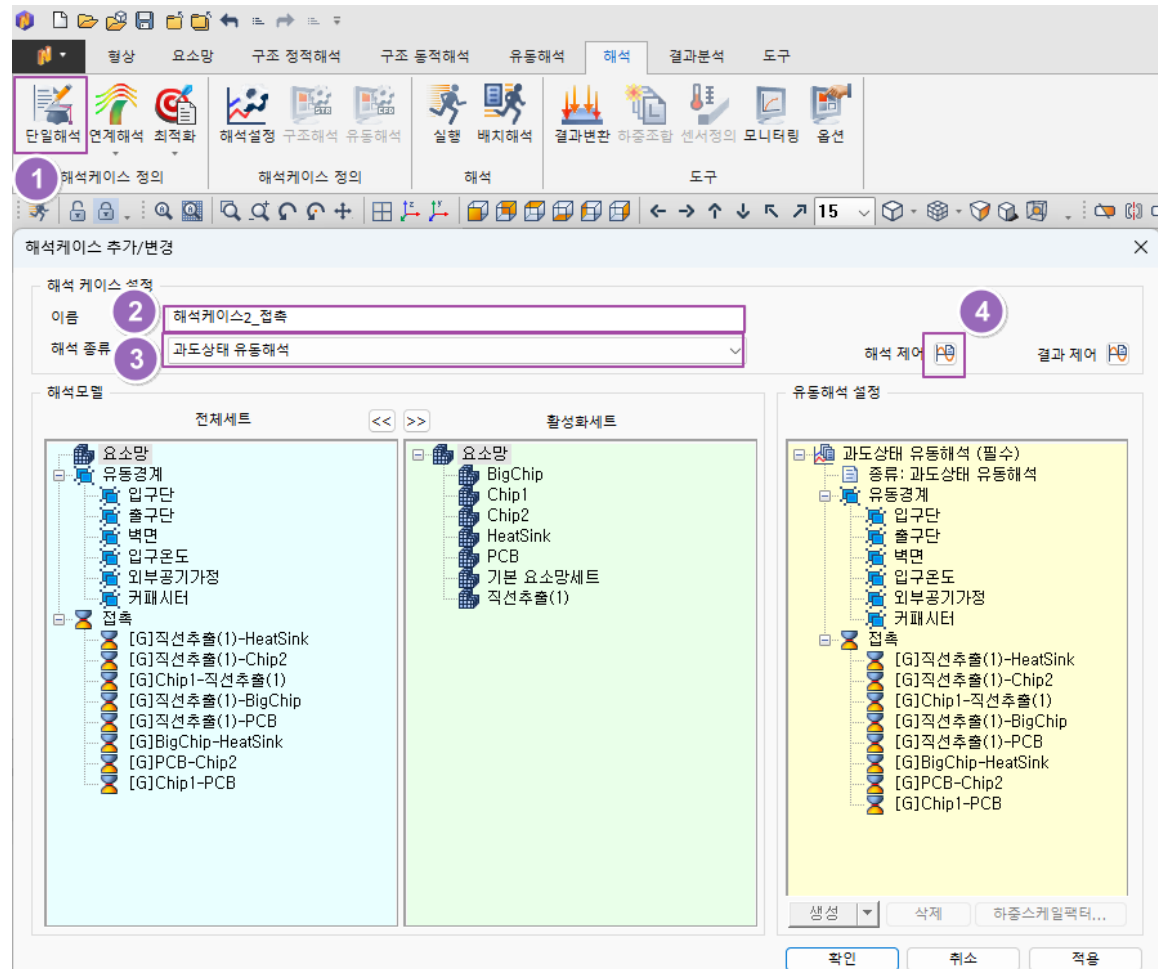
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “단일해석” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스2_접촉” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석 종류” 입력 창
 : “과도상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

① “일반유동” 모듈 체크박스 : 해제
“열전달” : 활성화
“고체열전달” : 활성화

② “시간간격” 입력 창 : “1” 입력
“시간스텝개수” : “1000” 입력
“최대반복횟수” : “10” 입력

③ “재시작” 체크박스 : 활성화

④ 파일 선택 버튼 클릭 >
“실무따라하기4_해석케이스1_접촉.rst” 파일 선택

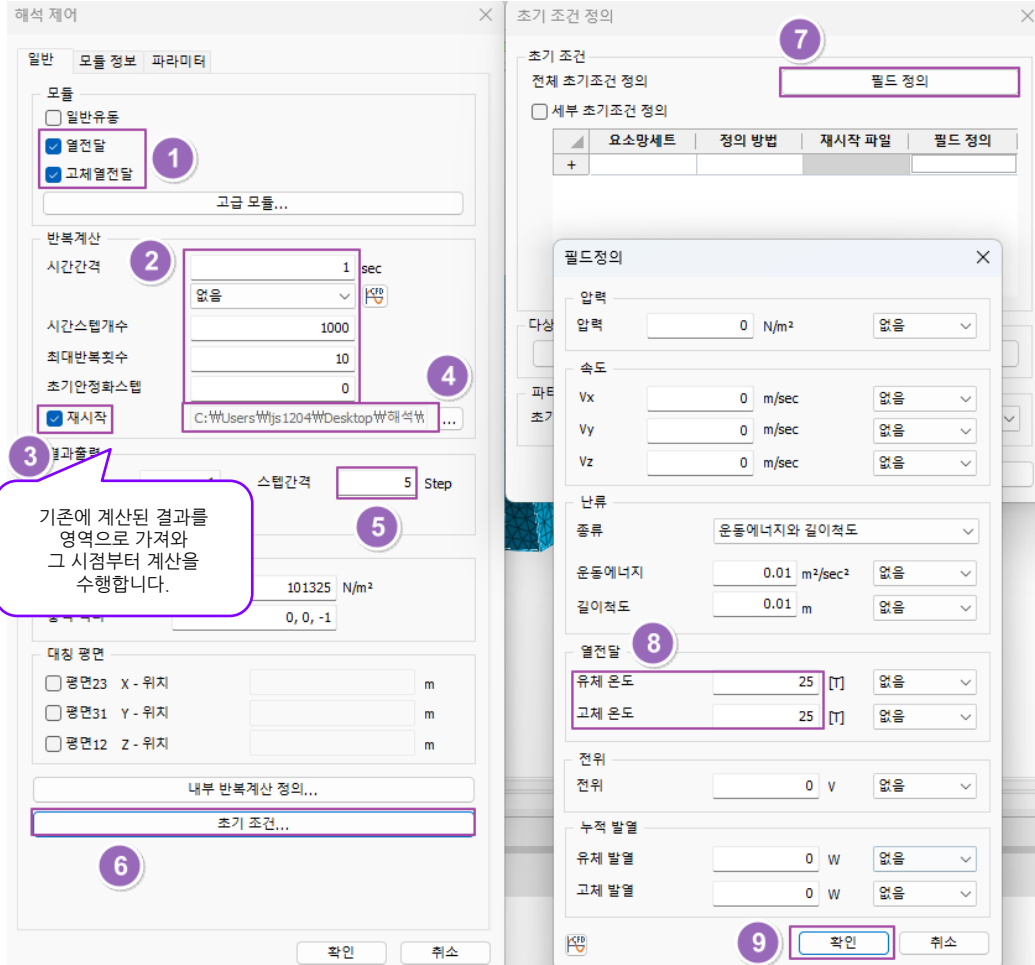
⑤ “결과출력” > “스텝간격” 입력창 : “5” 입력

⑥ “초기조건” 버튼 클릭

⑦ “필드 정의” 버튼 클릭

⑧ “유체온도” & “고체온도” :
“25” 입력

⑨ “필드정의” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석제어” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석케이스 추가/변경” 창
“확인” 버튼 클릭



계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

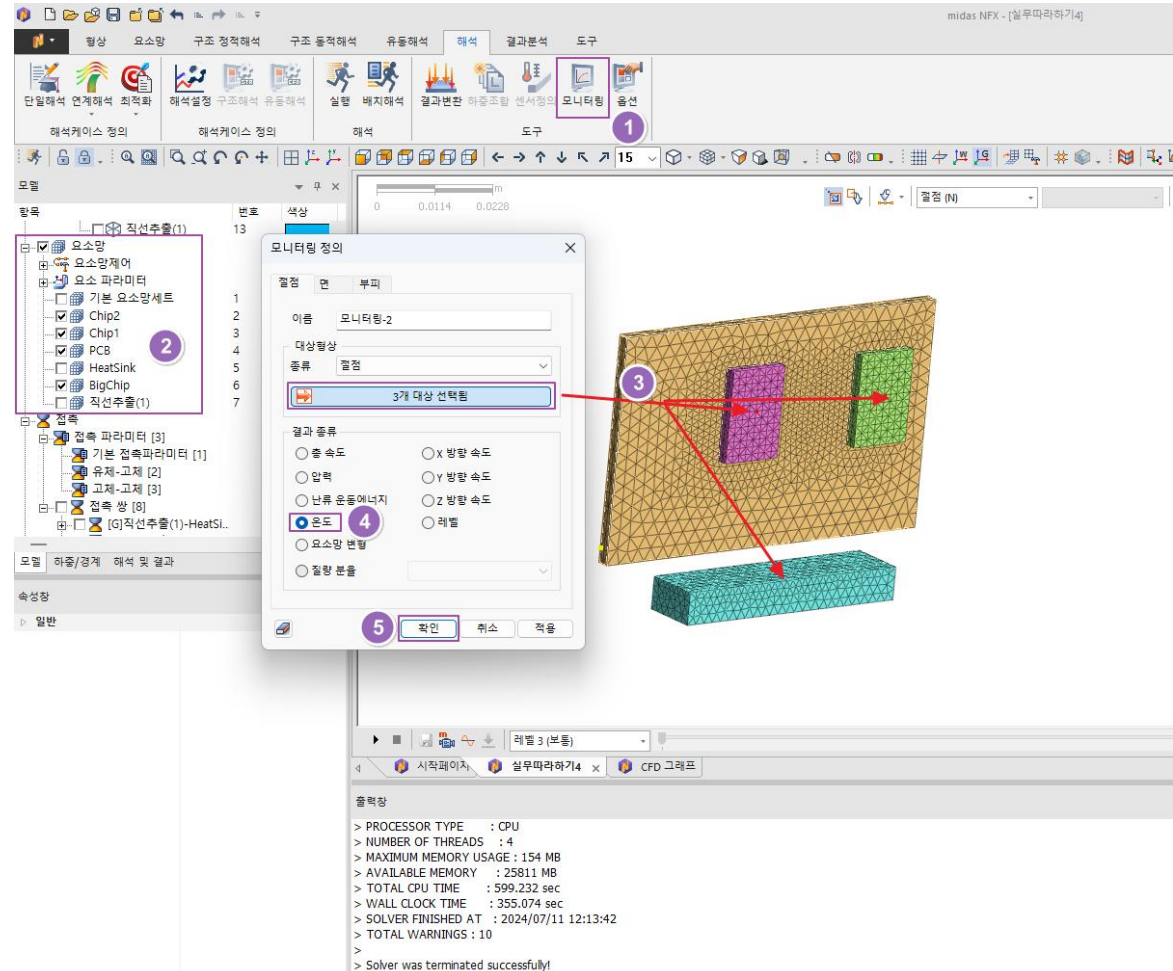
해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “결과 모니터링” 버튼 클릭
- ② 히트싱크 부분 및 유체 부분
요소망 숨기기
- ③ 세 개의 칩에 대한 상부 절점
선택
- ④ “온도” 체크박스 : 활성화
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

※ 실제로는 모니터링 절점의
수는 한 번에 하나만 가능



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

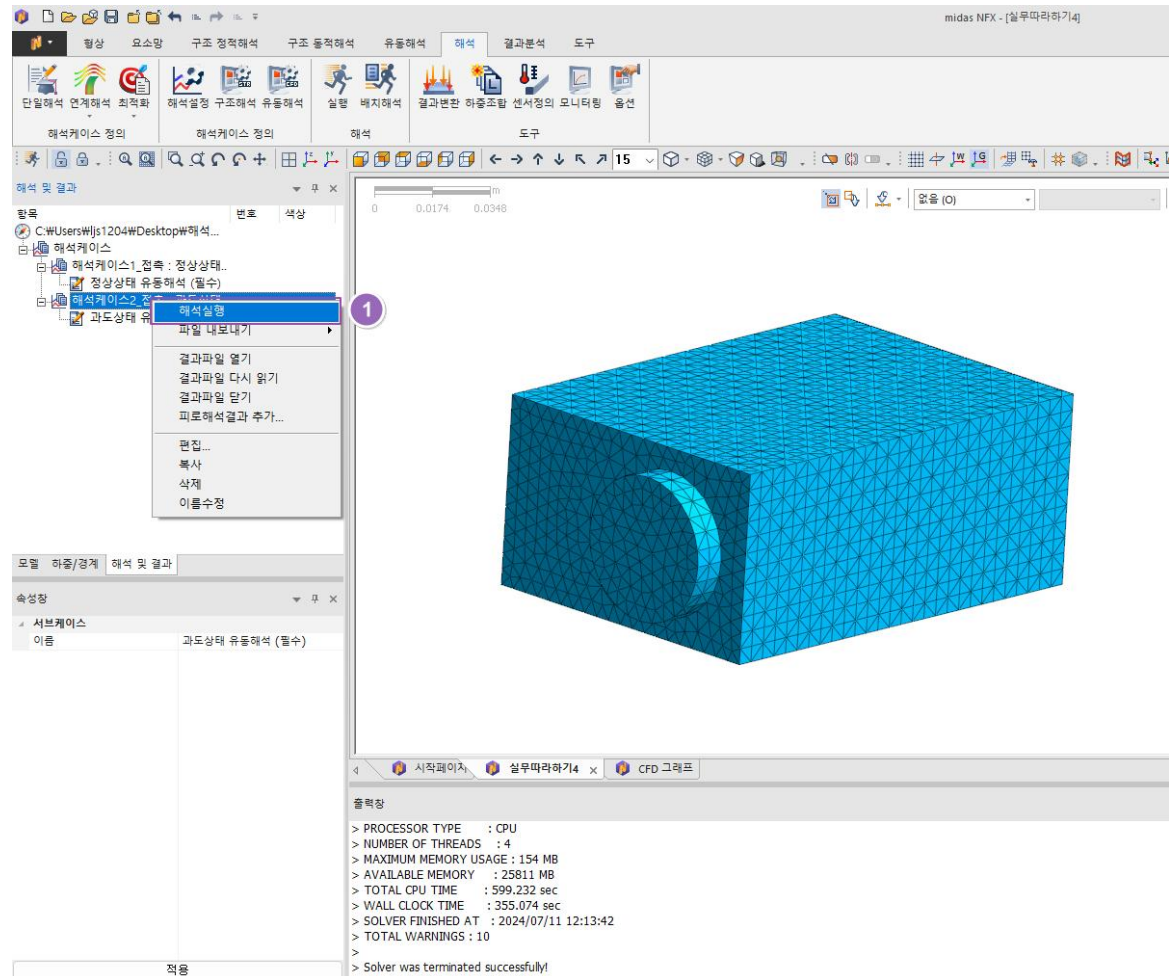
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “해석 및 결과” 창
 > 해석케이스
 > “해석케이스2”
 : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

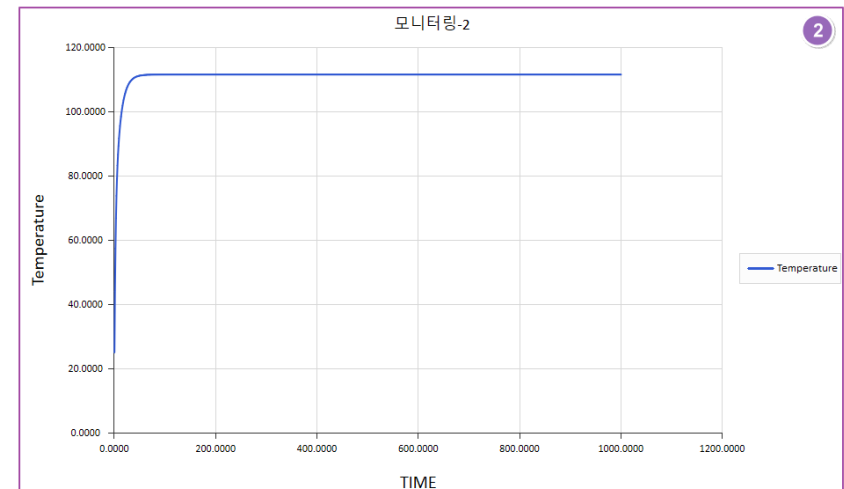
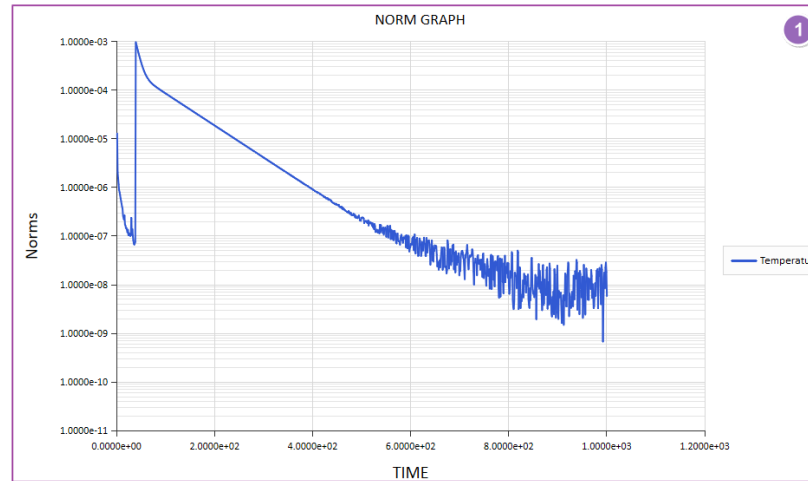
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “CFD Norm 그래프” 및
출력창을 통해 Norm 그래프
수렴 확인
(Norm 값이 0.001 이하로
지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이
정상상태에 도달하거나
주기가 반복되는 경우 확인



결과검토

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

요소망생성

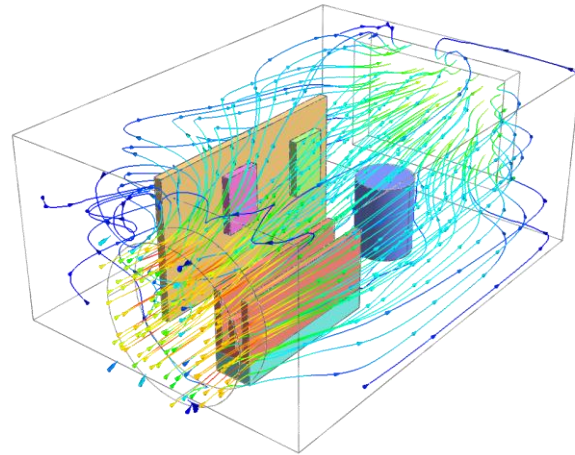
해석 케이스
정의

계산 실행

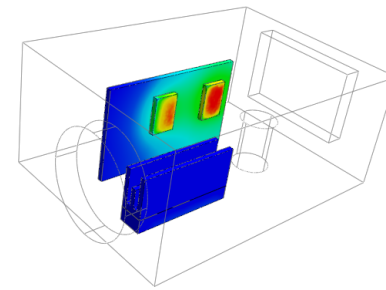
결과 검토

① 각종 결과 확인

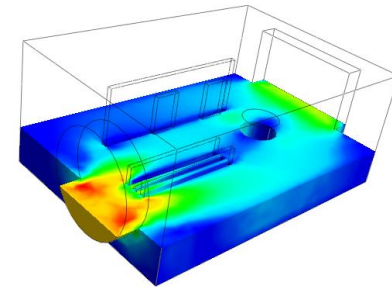
기본적이지만 필수적인 결과 검토 기능은 “NFX 모델링 교육” 또는 “NFX 기본교육”
그리고 매뉴얼을 통해 사전 숙지가 되어야 합니다.
결과 확인은 시연 영상을 보시겠습니다.



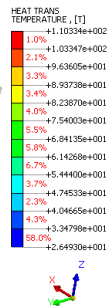
유선



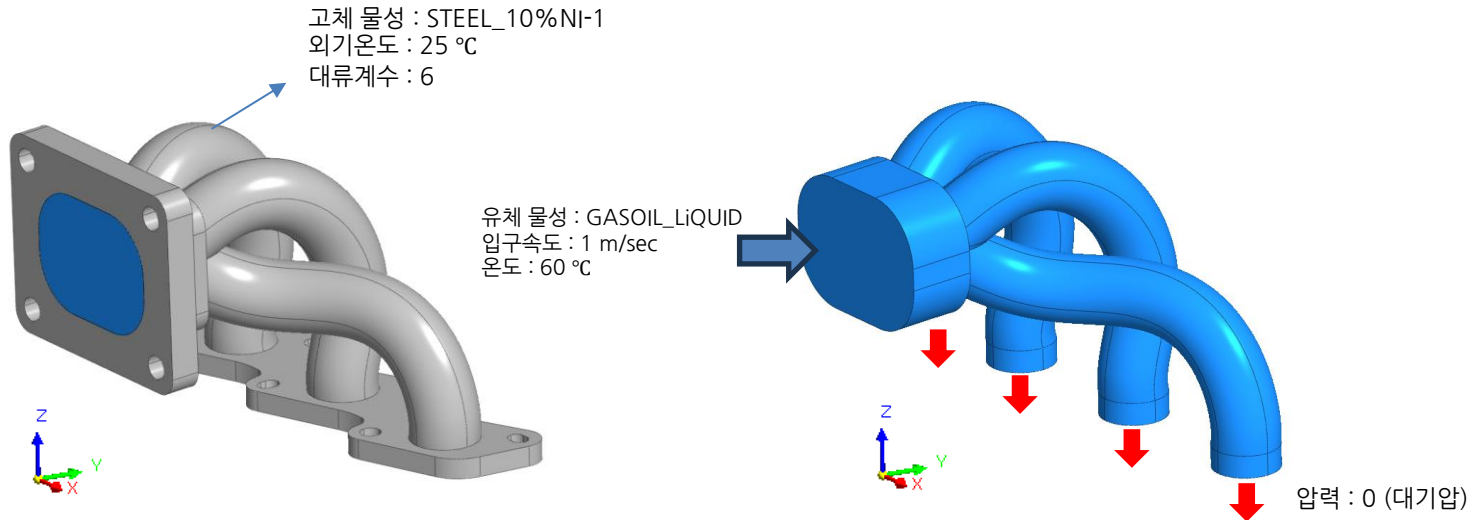
온도



속도



실사례 실습(매니폴드)



문제 설명

- ✓ 내부 유동 형태
- ✓ 매니폴드 내부로 유동이 입력되고 출구로 분할되어 흐르는 형태
- ✓ 좌측 면으로 입력된 유동이 출구로 균일하게 분할되는 해석 수행
- ✓ 유입구에는 약 60도의 가솔린이 입력
- ✓ 외부 매니폴드 구조물에는 대류 방정식을 이용

해석 목적

- ✓ 실 사례 해석을 통한 해석 실습
- ✓ 접촉, 절점 병합 기능 학습
- ✓ 입구와 출구의 속도, 온도, 압력 변화확인 (모니터 기능 이용)

학습 주요 아이템

- ✓ 유동해석에 필요한 NFX 옵션 설정
- ✓ 재료 정의 및 특성 정의
- ✓ 특정 부분 요소망만 조밀하게 하는 방법
- ✓ 내부 유동의 일반적인 경계조건 입력 방법
- ✓ 해석케이스 정의 방법 (정상 상태)
- ✓ 유동해석 결과 검토 방법