UVSim3D 사용자 설명서 (GUI)

UV 램프 배치로 반응기의 UV fluence rate 분포를 계산하고 비교하기

UVSim3D 4.0.0
CLEW
2026-11-17

차례

이 설명서에 대해 **4**
이 설명서의 표기 4

1. 소개와 설치 **6**
1.1 주요 기능과 계산 범위 6
1.2 Windows에 설치 6
1.3 첫 실행 7
1.4 화면 구성 7
1.5 Tree 탐색과 표시 상태 9

2. 빠른 시작 **11**
2.1 램프와 슬리브 사양 추가 11
2.2 램프 배치 12
2.3 계산 영역 확인 13
2.4 계산 조건 입력 13
2.5 계산 실행 13
2.6 결과 확인 14
2.7 프로젝트 저장 15
다음 단계 15

3. 자외선 램프와 슬리브 **16**
3.1 라이브러리와 프로젝트 사본 16
3.2 라이브러리에서 사양 추가 16
3.3 램프 사양 입력 17
3.4 슬리브 사양 입력 19
3.5 프로젝트 사본 편집 및 삭제 19

4. 케이스와 램프 배치 **21**
4.1 케이스 구성과 관리 21
4.2 Bank › Module › Lamp 구조 21
4.3 Pattern으로 램프 배열 생성 23
4.4 배치 검사 24

5. 도메인과 격자 **25**
5.1 Domain 설정 25
5.2 Mesh 설정 26
5.3 격자 생성과 상태 확인 27
5.4 자동 요소 크기 28
5.5 격자 생성 시간과 밀도 검토 29

6. 계산 조건 (Conditions) **30**
6.1 계산 방법과 굴절률 30
6.2 Lamp shadowing 31
6.3 UVT 단일 조건과 스윕 31
6.4 Action spectrum으로 파장별 결과 가중 31

7. 계산과 결과 **33**
7.1 계산 실행과 중지 33

7.2 오래된 결과 (out of date) 33
7.3 Solution과 UVT 결과 상태 34
7.4 통계 지표 해석 34
7.5 Result 탭 35
7.6 Chart 탭과 그래프 조작 36
7.7 PDF 보고서 내보내기 37

8. 단면과 측정선, 비교 38
8.1 Probe Planes: 단면 컨투어 38
8.2 Probe Lines: 선을 따른 결과 추출 41
8.3 Comparison: 공통 측정선에서 결과 비교 42

9. 3D 보기 43
9.1 대상별 표시와 색상 43
9.2 뷰 툴바 43
9.3 마우스 조작 44
9.4 단축키 44

10. AI 연결 45
10.1 열린 GUI에 연결 45
10.2 AI 작업 확인 46
10.3 변경 사항과 저장 관리 46

11. 파일, 설정, 문제 해결 47
11.1 프로젝트 열기와 저장 47
11.2 .uvsim과 프로젝트 JSON 47
11.3 사용자 데이터 위치 47
11.4 익명 사용 통계 설정 48
11.5 Log 확인과 문의 자료 48
11.6 증상별 문제 해결 48

이 설명서에 대해

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

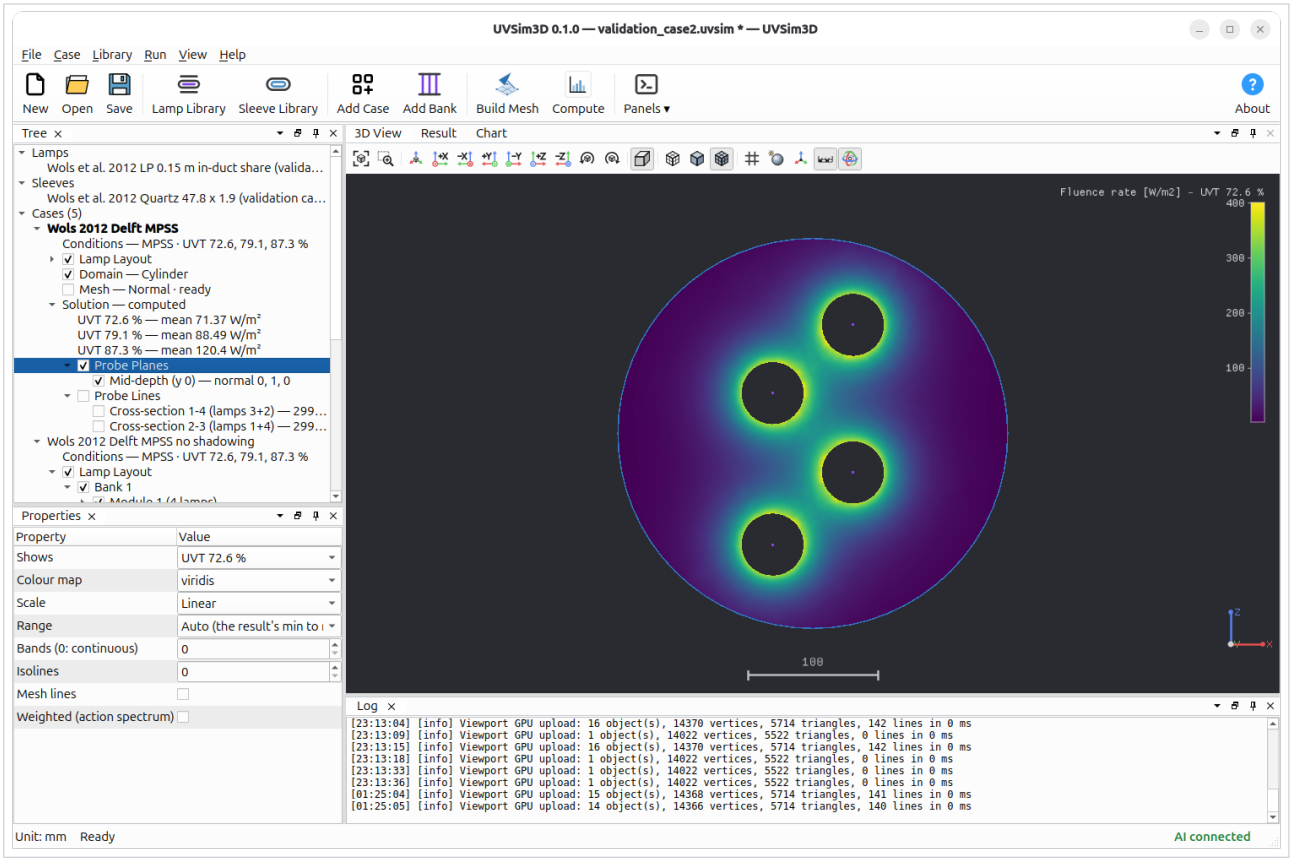
UVSim3D는 UV 램프 배치에 따른 반응기 내부의 UV fluence rate 분포를 계산하고, 여러 설계안을 비교하는 데스크톱 프로그램입니다. 이 설명서는 반응기 설계 담당 엔지니어가 램프 사양을 등록하고 배치를 구성한 뒤, 계산 결과를 검토하고 보고서로 내보내는 과정을 안내합니다.

처음 사용하는 경우 1장에서 프로그램을 설치하고 화면 구성을 확인한 다음, 2장의 예제를 진행하십시오. 개별 기능의 입력 항목과 결과 해석은 3장부터 설명합니다. 명령줄 계산기(CLI)의 사용법은 이 설명서의 범위에 포함하지 않습니다.

이 설명서의 표기

표기	의미
File, **Save**, **Cases**	화면에 표시되는 메뉴, 버튼, 트리 항목의 이름입니다. 영어 이름을 그대로 사용합니다.
File › Save	File 메뉴에서 Save를 선택합니다. 트리 경로도 같은 방식으로 표시합니다.
Case › Duplicate Case	메뉴 경로입니다. 트리의 오른쪽 클릭 메뉴는 별도로 명시합니다.
`85, 90, 95`	입력 예시입니다.
케이스	배치, 도메인, 격자, 계산 조건 및 결과를 포함하는 하나의 설계안입니다. 화면에서는 Cases 아래에 표시됩니다.
측정선	계산 결과를 선을 따라 추출하는 Probe Line입니다. 실측 데이터를 의미하지 않습니다.

별도 설명이 없으면 길이는 프로젝트의 기본 단위인 mm를 사용합니다. 램프·슬리브 사양의 길이 단위는 각 사양의 **Length unit**을 확인하십시오. Fluence rate의 단위는 W/m^2이며, 비율 지표는 단위가 없습니다.



UVSim3D 작업 화면: Tree, Properties, 단면 결과를 표시한 3D View, Log

1. 소개와 설치

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

1.1 주요 기능과 계산 범위

UVSim3D는 공간상의 UV fluence rate [W/m^2]를 계산하는 프로그램으로 UV 램프 배치의 개념 설계에 사용됩니다. 램프와 슬리브의 사양, 배치, 매질의 UV 투과율을 입력하면 계산 영역(domain) 내 fluence rate를 계산할 수 있으며, 여러 케이스를 구성하여 설계 변경에 따른 차이를 비교할 수 있습니다.

일반적인 작업 순서는 다음과 같습니다.

1. 램프와 슬리브 사양을 프로젝트에 추가합니다.
2. 램프를 배치하고 계산 영역(Domain)을 설정합니다.
3. 격자(Mesh)와 계산 조건(Conditions)을 설정한 뒤 계산합니다.
4. 통계 지표, 단면 컨투어, 측정선 그래프로 결과를 검토합니다.
5. 설계안을 복제하여 비교하고 결과를 저장하거나 PDF 보고서로 내보냅니다.

구분	지원 범위
광원	램프 아크 길이, UV 출력, 파장별 출력
슬리브	파장별 투과율에 따른 흡수와 굴절
매질	UVT에 따른 흡수, 여러 UVT 조건의 일괄 계산
램프 간 차폐	다른 램프의 슬리브에 의한 그림자 효과. 적용 여부 선택 가능
계산 방법	MPSS(점 광원 합산), MSSS(선분 광원 합산), DOM
지원하지 않는 해석	유동, 선량(dose)

UV fluence rate는 모든 방향에서 입사하는 UV의 단위 면적당 에너지율을 나타냅니다. UVSim3D의 결과에는 물의 이동 경로나 체류시간이 포함되지 않습니다. 선량이나 반응기 처리 성능을 평가하려면 CFD 해석과의 결합 등 별도 해석이 필요합니다.

1.2 Windows에 설치

1. 설치 파일 `UVSim3D_v4.0.0_Setup.exe`를 실행합니다.
2. 설치 마법사에서 설치 위치를 확인하고 설치를 완료합니다. 기본 위치는 `C:\Program Files\CLEW\UVSim3D`입니다. 관리자 권한이 없는 경우 현재 사용자용 설치를 선택할 수 있습니다.
3. Windows 시작 메뉴에서 **UVSim3D**를 실행합니다.

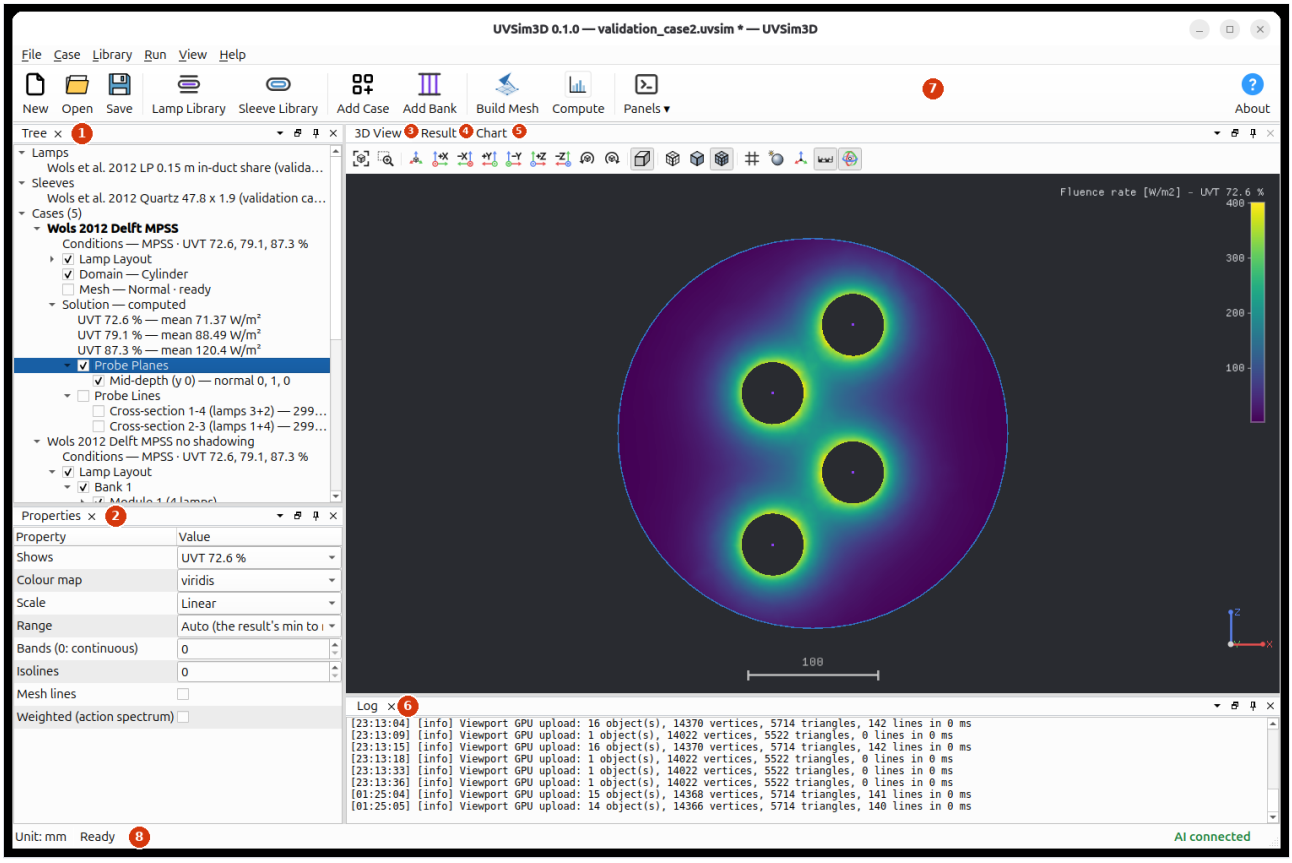
AI Assistant 연결용 프로그램 인 `uvsim3d_mcp.exe`도 함께 설치됩니다. 연결 절차는 10장을 참조하십시오.

1.3 첫 실행

첫 실행 시 기본 램프·슬리브 라이브러리가 생성되며, 일부 제조사의 램프와 석영 슬리브 사양이 등록됩니다. 상태 표시줄의 `New library: added … lamps and … quartz sleeves` 메시지로 초기 등록을 확인할 수 있습니다. 이전 버전의 라이브러리가 발견되면 복사 여부를 선택합니다. 복사해도 원본은 유지됩니다.

새 프로젝트에는 **Case 1**이 생성됩니다. 그 아래 **Bank 1** › **Module 1**이 있으며, 램프는 아직 배치되지 않은 상태입니다.

1.4 화면 구성



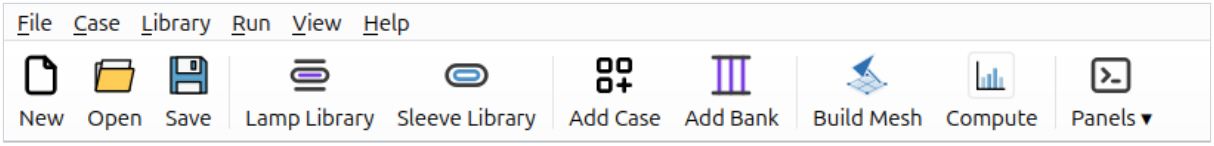
UVSim3D 화면 구성: 1 Tree, 2 Properties, 3 3D View, 4 Result, 5 Chart, 6 Log, 7 툴바, 8 상태 표시줄

번호	화면 요소	기본 위치	용도
1	**Tree**	왼쪽 위	프로젝트 사양, 케이스, 계산 결과 및 비교 항목 선택
2	**Properties**	왼쪽 아래	선택한 항목의 속성 확인 및 편집
3	**3D View**	가운데	램프, 슬리브, 도메인, 격자 및 공간 결과 표시
4	**Result**	3D View 옆 탭	선택한 케이스의 결과 표와 보고서 내용 확인
5	**Chart**	3D View 옆 탭	UVT별·파장별 결과와 측정선 그래프 확인
6	**Log**	아래	작업 기록, 경고 및 오류 확인
7	툴바	위	자주 사용하는 명령 실행
8	상태 표시줄	아래	길이 단위, 알림, 계산 진행 상태 및 AI 연결 상태 확인

패널은 끌어서 이동하거나 별도 창으로 분리하거나 탭으로 겹칠 수 있습니다. 패널 배치는 프로그램 종료 시 저장되어 다음 실행 시 동일한 배치로 복원됩니다. **3D View**는 닫을 수 없습니다. 기본 배치로 복원하려면 **View › Reset Layout** 또는 **Panels ▾ › Reset Layout**을 선택합니다.

Tree에서 **Solution**, UVT 결과 또는 측정선을 한 번 클릭하면 해당 Result·Chart 내용이 갱신됩니다. 해당 탭을 앞으로 표시하려면 항목을 더블 클릭합니다.

주요 툴바 명령

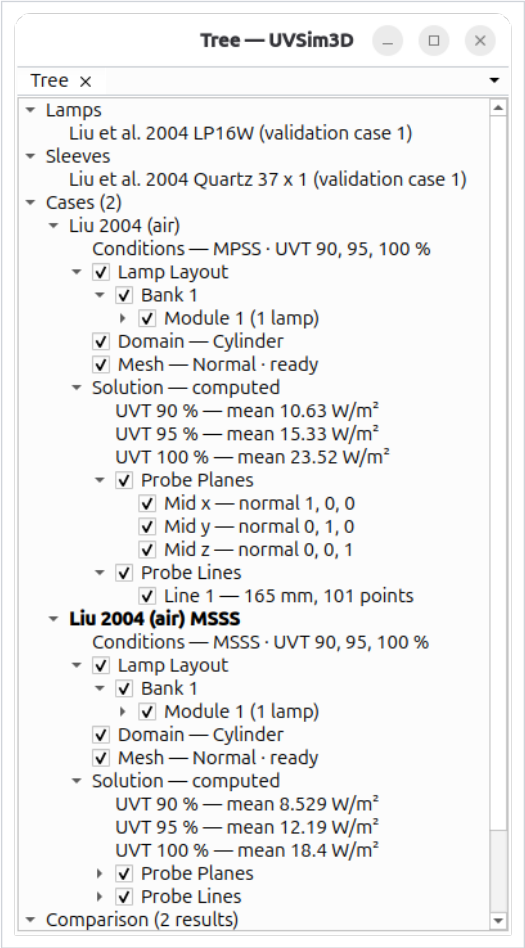


메뉴 막대와 주요 툴바

버튼	기능
New · **Open** · **Save**	프로젝트 생성, 열기, 저장
Lamp Library · **Sleeve Library**	램프·슬리브 라이브러리 열기(3장)
Add Case · **Add Bank**	케이스 또는 현재 표시 중인 케이스에 Bank 추가(4장)
Build Mesh · **Compute**	격자 생성 및 계산 실행(5장, 7장)
Panels ▾	패널 표시 설정 및 배치 복원
About	버전, 라이선스 및 데이터 경로 확인(F1)

상태 표시줄 왼쪽의 **Unit: mm**는 프로젝트의 길이 단위입니다. 계산 중에는 오른쪽에 진행 막대, 단계 이름, 중지 버튼이 표시됩니다. AI Assistant가 연결되면 **AI connected**가 표시됩니다.

1.5 Tree 탐색과 표시 상태



프로젝트 Tree: Lamps, Sleeves, Cases 및 Comparison

```
Lamps                       프로젝트에 포함된 램프 사양
Sleeves                     프로젝트에 포함된 슬리브 사양
Cases (n)                   설계안 목록
└── Case 1                    굵은 글씨: 현재 3D View에 표시 중인 케이스
    ├── Conditions            계산 조건
    ├── Lamp Layout
    │   └── Bank 1 › Module 1 › Lamp 1 ...
    ├── Domain                계산 영역
    ├── Mesh                  격자 설정 및 상태
    └── Solution              계산 결과 및 상태
        ├── UVT 95 %          UVT별 결과
        ├── Probe Planes      결과 단면
        └── Probe Lines       결과 측정선
Comparison                  케이스 간 결과 비교
└── Probe Lines               비교용 측정선
```

다른 케이스에 속한 항목을 선택하면 해당 케이스가 3D View에 표시됩니다. **Case** 메뉴의 명령은 현재 표시 중인 케이스에 적용됩니다.

램프, Bank, Module, Domain, Mesh, 단면 및 측정선의 체크박스는 3D View의 표시 여부를 제어합니다. 램프를 숨겨도 UV 출력과 차폐 효과는 계산에 포함됩니다. 발광을 중지하려면 **Switch Off**를 사용하십시오(4장).

실행 취소(Undo)는 지원하지 않습니다. 중요한 변경 전에는 프로젝트를 저장하거나 케이스를 복제하십시오.

2. 빠른 시작

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

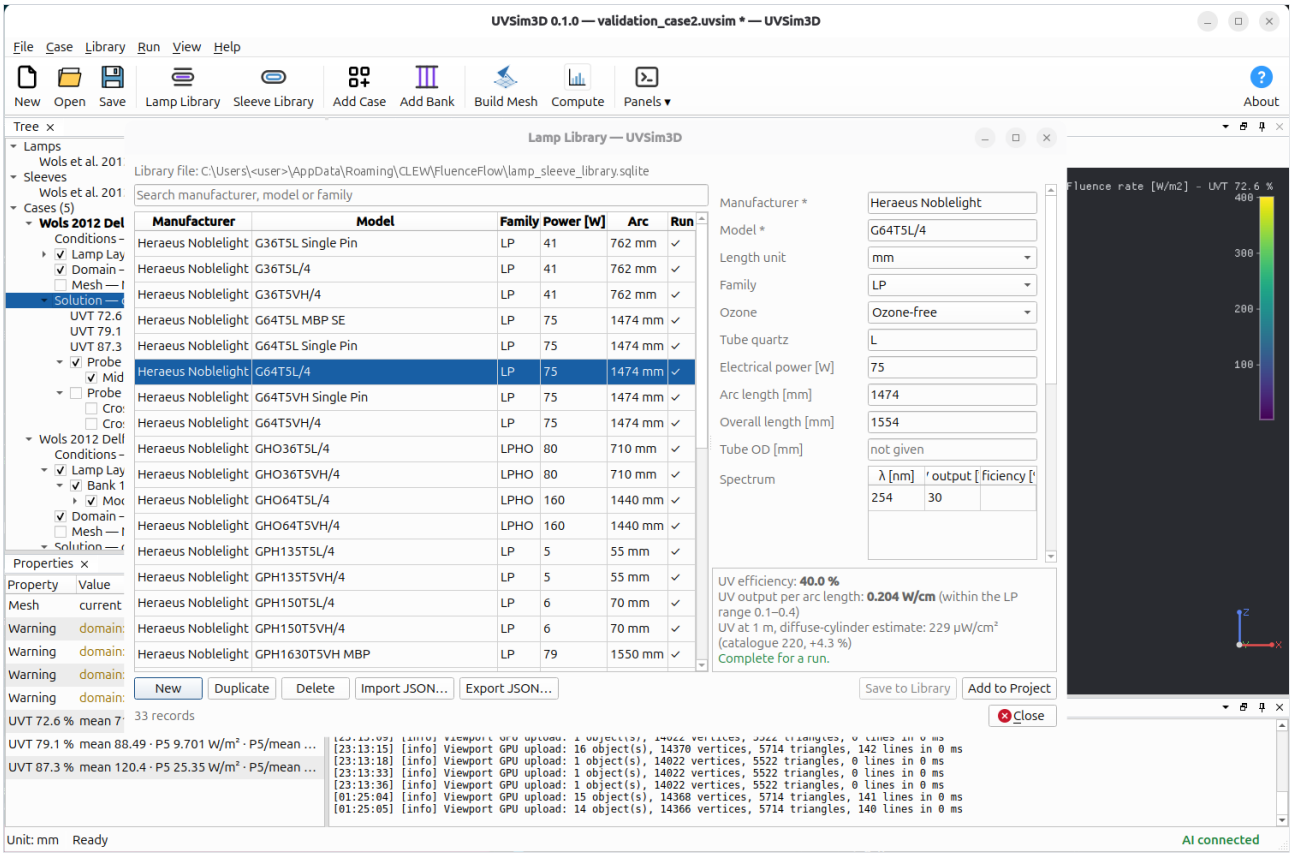
이 예제에서는 램프 1개를 배치하고 UVT 85, 90, 95 %에서 계산한 뒤, 통계 지표와 Fluence Rate의 공간 분포를 확인합니다. 완료하면 램프·슬리브 사양, 격자 및 결과가 포함된 `.uvsim` 프로젝트를 저장할 수 있습니다.

UVSim3D를 실행하고 새 프로젝트의 **Case 1 › Lamp Layout › Bank 1 › Module 1**이 표시되는지 확인하십시오. 예제의 길이 단위는 mm입니다. 선택한 램프와 슬리브 사양에 따라 계산값과 소요 시간은 달라집니다.

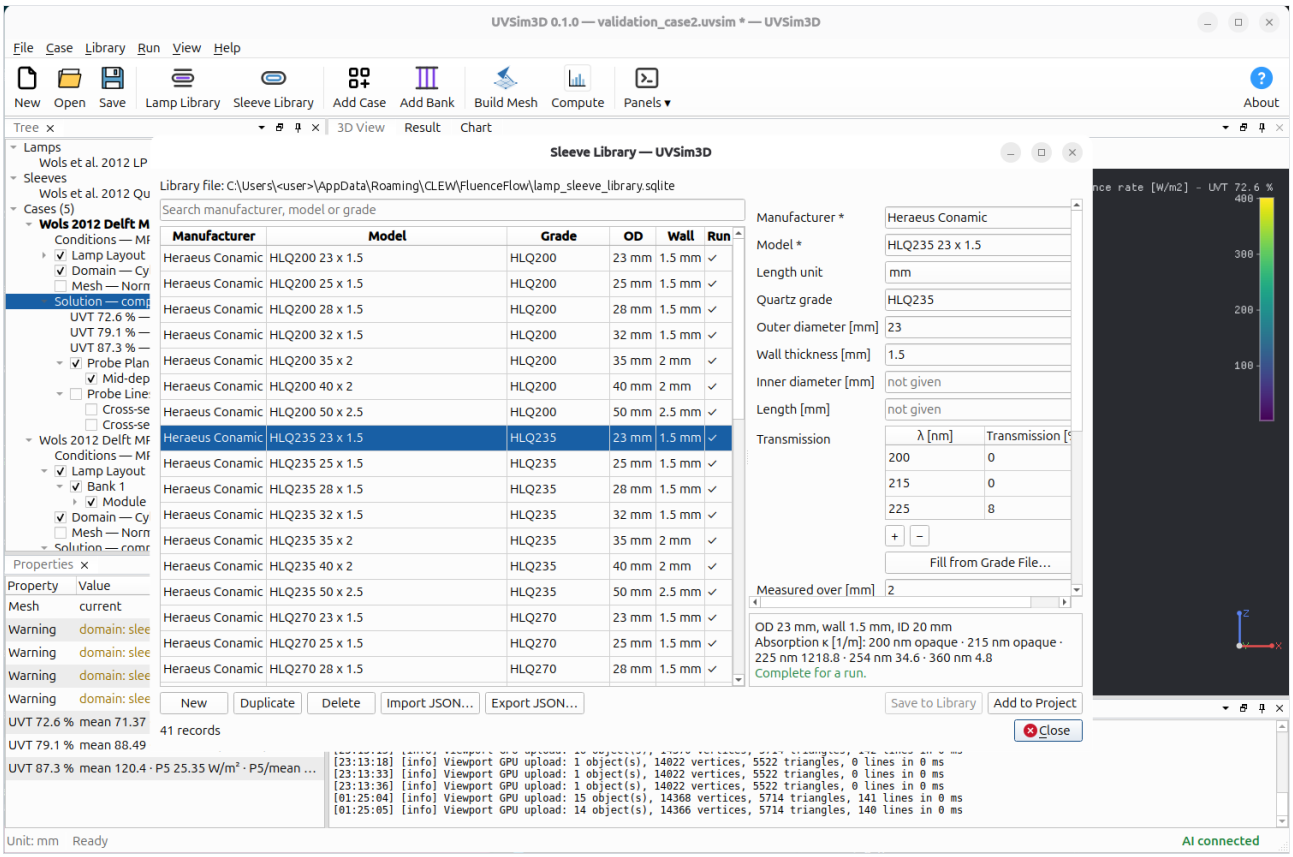
2.1 램프와 슬리브 사양 추가

1. 툴바에서 **Lamp Library**를 선택합니다.
2. 저압(LP) 램프를 선택합니다. **Run** 열이 `complete`인지 확인한 뒤 **Add to Project**를 선택합니다.
3. **Close**로 창을 닫고, Tree의 **Lamps** 아래에 사양이 추가되었는지 확인합니다.
4. **Sleeve Library**를 열고 석영 슬리브를 선택한 뒤 **Add to Project**를 선택합니다. 슬리브 안지름이 램프 관의 바깥지름보다 큰지 확인합니다.
5. 창을 닫고 **Sleeves** 아래에 사양이 추가되었는지 확인합니다.

프로젝트에 램프와 슬리브 사양이 각각 하나만 있으면 **Bank 1**에 자동으로 지정됩니다.



Lamp Library에서 램프 사양 선택 및 Add to Project

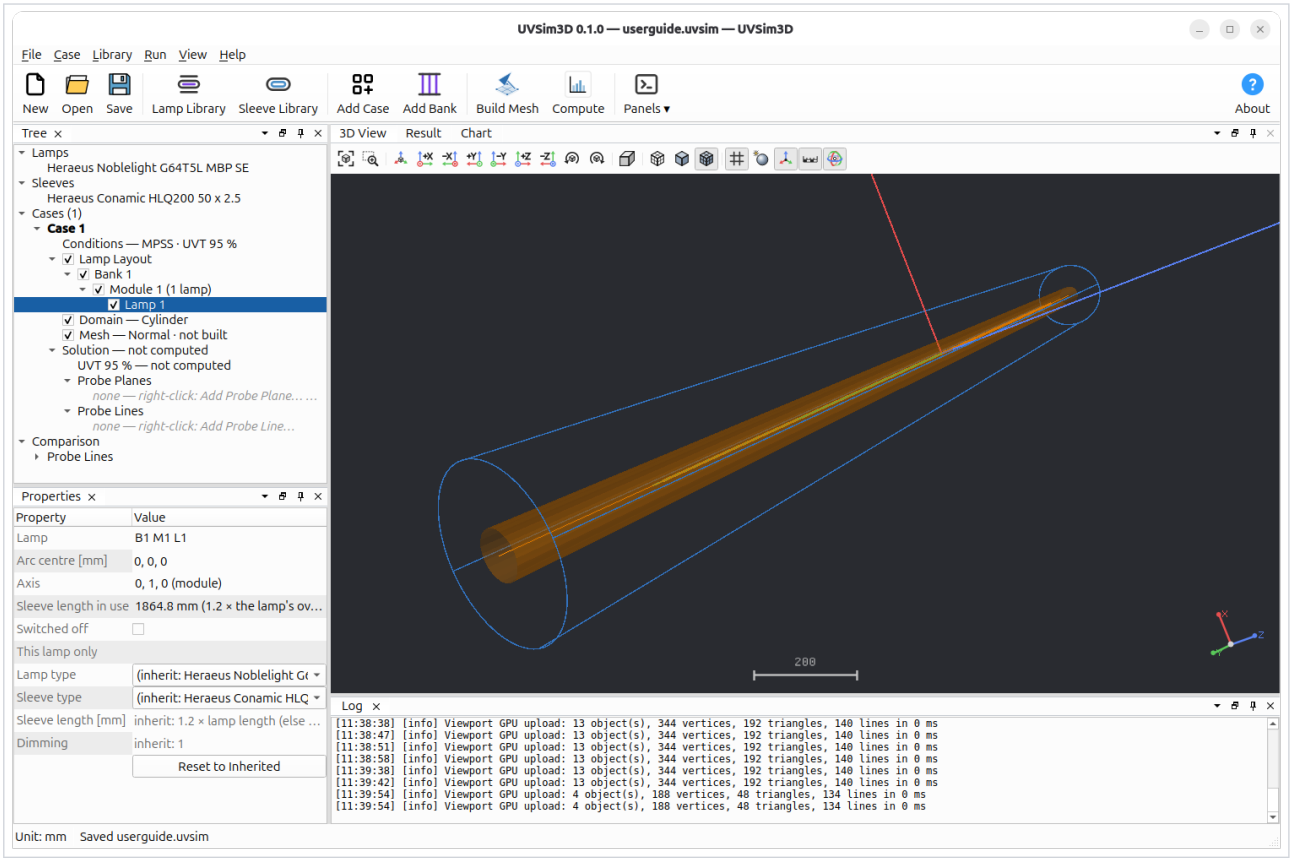


Sleeve Library에서 슬리브 사양 선택

2.2 램프 배치

1. Tree에서 **Cases › Case 1 › Lamp Layout › Bank 1 › Module 1**에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭합니다.
2. **Add a Lamp…**를 선택하고 아크 중심 좌표에 `0, 0, 0`을 입력합니다.
3. 3D View에 램프와 슬리브가 표시되는지 확인합니다.

Module의 기본 축 방향은 `0, 1, 0`이므로 램프는 y축을 따라 배치됩니다.



램프 1개가 배치된 케이스와 Lamp Properties

2.3 계산 영역 확인

Tree 매뉴에서 **Domain — Cylinder**를 선택합니다. 도메인 **크기 (Size)**의 기본값은 **Around the lamps (auto)**입니다. 슬리브 둘레에 기본 50 mm 여유를 둔 원통형 도메인이 자동으로 생성됩니다. 3D View에서 파란 윤곽선을 확인할 수 있습니다.

2.4 계산 조건 입력

1. Tree 매뉴의 **Conditions**를 선택합니다.
2. **UVT (1 cm) [%]**에 `85, 90, 95`를 입력하고 Enter를 누릅니다.
3. **Method**가 **MPSS**, **Medium RI**가 `1.38`인지 확인합니다.

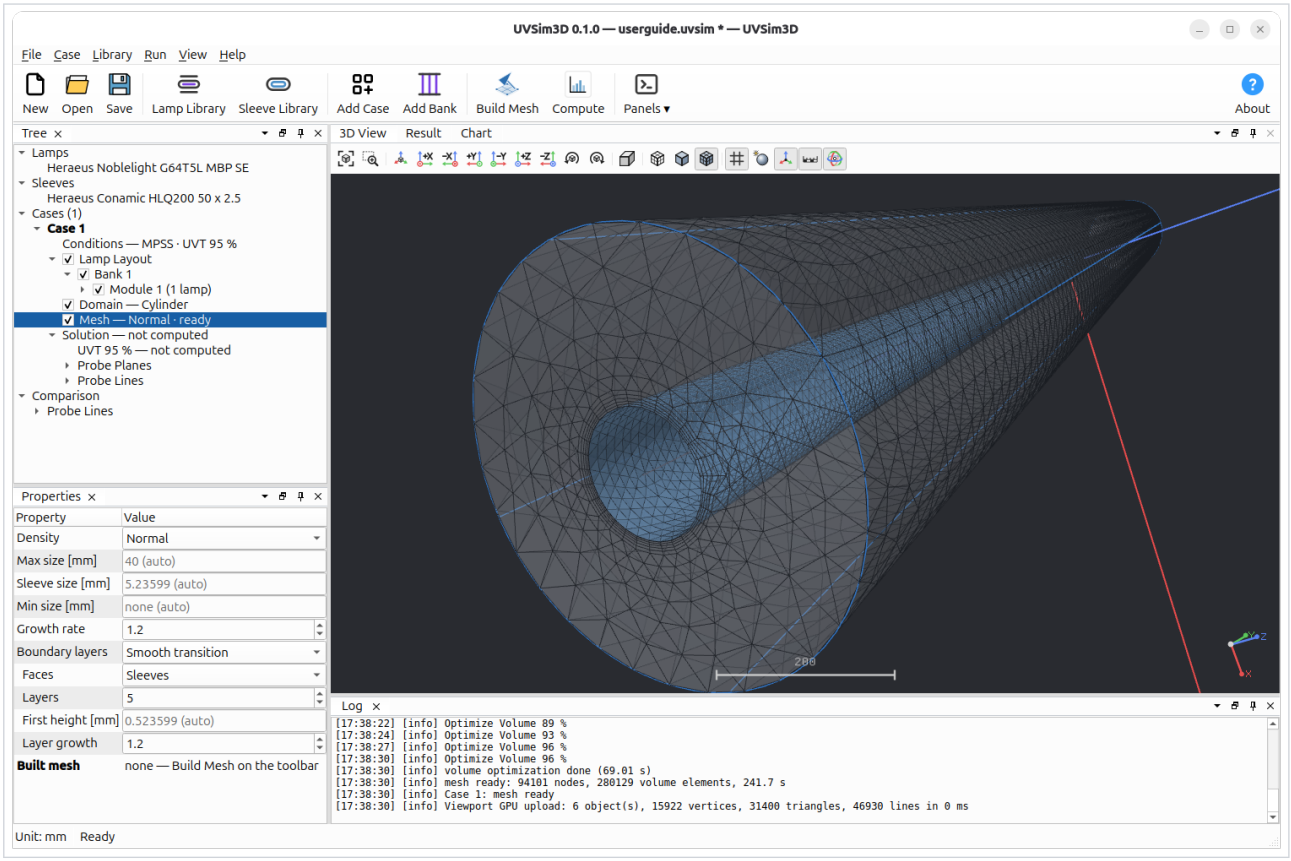
UVT를 여러 개 입력하면 동일한 격자를 사용하여 각 조건에 대해 계산합니다.

2.5 계산 실행

1. 프로그램 상단의 툴바에서 **Compute**를 클릭합니다.
2. 상태 표시줄에서 격자 생성과 UVT별 계산의 진행 상태를 확인합니다.
3. 완료 후 Tree 매뉴의 **Solution — computed**가 표시되고, 그 아래 UVT별 결과 3개가 생성되었는지 확인합니다.

격자가 없는 새 프로젝트에서는 계산 전에 격자가 자동으로 생성됩니다. 진행을 중지하려면 상태 표시줄의 중지 버튼 또는 **Run › Stop**을 클릭합니다.

계산이 시작되지 않으면 11장의 문제 해결 절차를 참조하십시오.

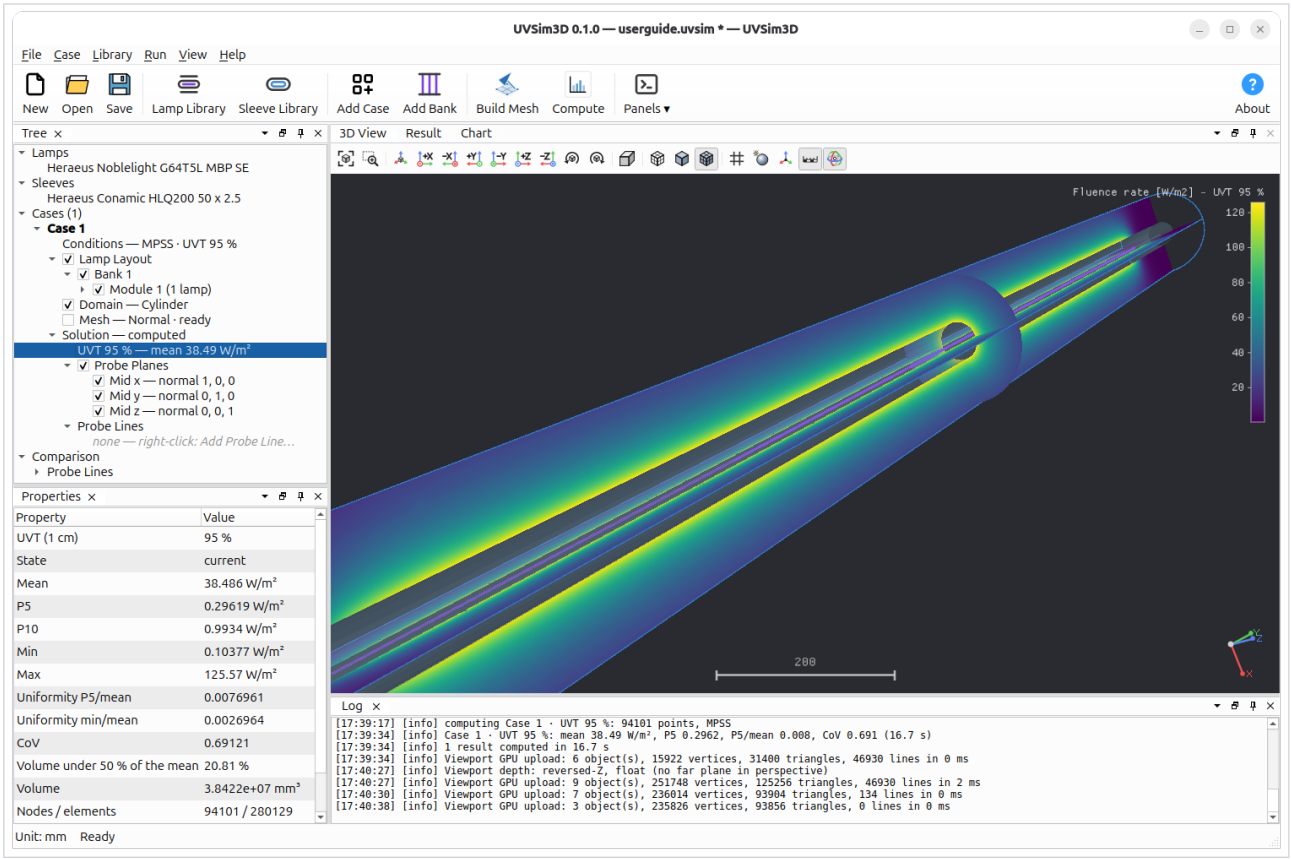


격자 생성 후 3D View, Mesh Properties 및 Log

2.6 결과 확인

1. Tree 매뉴에서 **Solution**을 더블 클릭하여 **Result** 탭을 엽니다.
   UVT별 Mean, P5, P10, P5/Mean 및 CoV를 확인합니다. 각 지표의 의미는 7장을 참조하십시오.
2. **Chart** 탭에서 UVT에 따른 fluence rate 변화를 확인합니다.
3. **Solution › Probe Planes**를 오른쪽 클릭하고 **Add Three Planes Through the Centre**를 선택합니다.
   3D View에 도메인 중심을 지나는 단면 3개와 컨투어가 표시됩니다.
4. **Solution › Probe Lines**를 오른쪽 클릭하고 **Add Probe Line…**을 선택한 뒤 **OK**를 선택합니다.
5. 생성된 측정선을 더블클릭하여 **Chart** 탭에서 UVT별 곡선을 확인합니다.

기본 측정선은 도메인 중심에서 벽까지 이어집니다. 슬리브 내부를 지나는 구간에는 계산값이 없으므로 그래프가 끊어질 수 있습니다.



세 단면의 컨투어와 선택한 UVT 결과의 통계 지표

2.7 프로젝트 저장

1. **File › Save** 또는 Ctrl+S를 누릅니다.
2. 저장 위치와 파일 이름을 지정합니다. 확장자는 `.uvsim`입니다.
3. 저장 후 창 제목 끝의 `*`가 사라졌는지 확인합니다.

격자와 계산 결과도 함께 저장됩니다. 저장된 프로젝트를 다시 열면 기존 결과를 확인할 수 있습니다.

다음 단계

목적	참조
여러 램프를 일정한 간격으로 배치	4장: Pattern
설계안을 복제하고 결과 비교	4장, 8장
격자 밀도에 따른 결과 차이 확인	5장
PDF 보고서 내보내기	7장

3. 자외선 램프와 슬리브

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

Fluence rate 계산에 사용할 UV 램프와 슬리브는 사양을 먼저 등록한 뒤 계산에 사용할 수 있습니다. 이 장에서는 램프 사양의 저장 위치, 라이브러리 사용법, 필수 입력 항목 및 프로젝트 사본 편집 방법을 설명합니다.

3.1 라이브러리와 프로젝트 사본

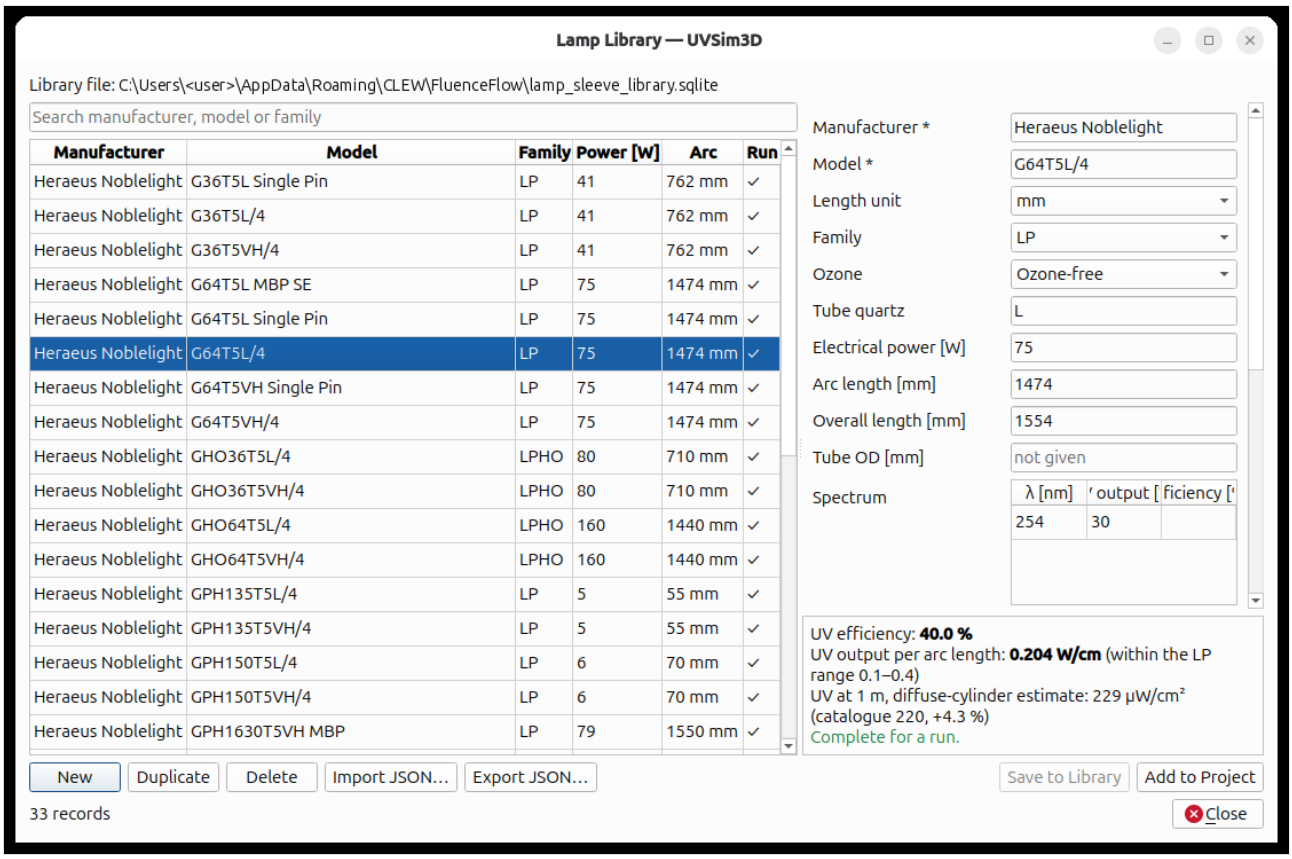
구분	저장 범위	용도
라이브러리	현재 컴퓨터의 사용자 데이터	여러 프로젝트에서 재사용 가능한 램프·슬리브 사양 보관
프로젝트 사본	현재 프로젝트 파일	해당 프로젝트의 램프 배치와 자외선 분포 계산에 사용할 사양 보관

라이브러리에서 **Add to Project**를 선택하면 램프 사양의 사본이 프로젝트에 추가됩니다. 이후 라이브러리를 수정해도 기존 프로젝트 사본은 자동으로 변경되지 않습니다. 프로젝트 파일에는 사양 사본이 포함되므로 다른 사용자에게 파일을 전달할 때 라이브러리를 별도로 전달할 필요가 없습니다.

새 램프 사양을 프로젝트에 직접 추가하려면 **Library › New Lamp Spec…**를 사용합니다.

3.2 라이브러리에서 사양 추가

1. **Library › Lamp Library…** 또는 툴바의 **Lamp Library**를 선택합니다. 슬리브는 **Sleeve Library**를 선택합니다.
2. 검색창에서 제조사, 모델, 계열(family) 또는 등급(grade)으로 목록을 필터링합니다.
3. 사용할 레코드를 선택하고 **Run** 열을 확인합니다. 필수 값이 누락된 경우 툴팁에 필요한 항목이 표시됩니다.
4. **Add to Project**를 선택하거나 레코드 행을 더블 클릭합니다.
5. Tree 매뉴의 **Lamps** 또는 **Sleeves** 아래에 사본이 추가되었는지 확인합니다.



Lamp Library의 검색창, 사양 목록 및 편집 영역

버튼	기능
New · Duplicate · Delete	라이브러리 레코드 생성, 복제, 삭제. 삭제해도 프로젝트 사본은 유지됩니다.
Save to Library	편집한 사양을 라이브러리에 저장
Add to Project	현재 프로젝트에 사양 사본 추가
Import JSON… · Export JSON…	사양을 JSON 파일로 가져오기·내보내기

동일한 제조사·모델의 레코드를 가져오면 **Keep Existing** 또는 **Replace**로 처리 방법을 선택합니다. 프로젝트에 이미 있는 사양을 다시 추가하면 **Update the Copy** 또는 **Add Another Copy**를 선택합니다. **Update the Copy**는 기존 사본의 값을 갱신하며 배치를 유지합니다.

3.3 램프 사양 입력

램프 사양은 라이브러리 편집 영역 또는 **New Lamp Spec…** 창에서 입력합니다. 별표(*)는 필수 항목을 나타냅니다.

항목	입력 내용 및 주의 사항
Manufacturer * · Model *	제조사 및 모델명
Length unit	사양서의 길이 단위(mm / m / in). 단위를 변경해도 입력된 숫자는 자동 환산되지 않습니다.
Family	LP / LPHO / Amalgam / MP. 출력 검토에 사용되는 램프 계열
Ozone · Tube quartz	오존 발생 여부 및 램프 관의 석영 정보

항목	입력 내용 및 주의 사항
Electrical power [W]	전기 입력 전력
Arc length	발광부의 길이. 램프 전체 길이와 구분하여 입력
Overall length	램프 전체 길이. 슬리브 길이의 기본값 산정에 사용
Tube OD	램프 관의 바깥지름. 슬리브 안지름과의 적합성 확인에 사용
Spectrum	파장별 출력. 각 행에 **λ [nm]**와 **UV output [W]** 또는 **Efficiency [%]** 입력
기타 참고 항목	Lamp current, Lamp voltage, UV at 1 m, Service life, Output at end of life, 온도, 출처 및 메모

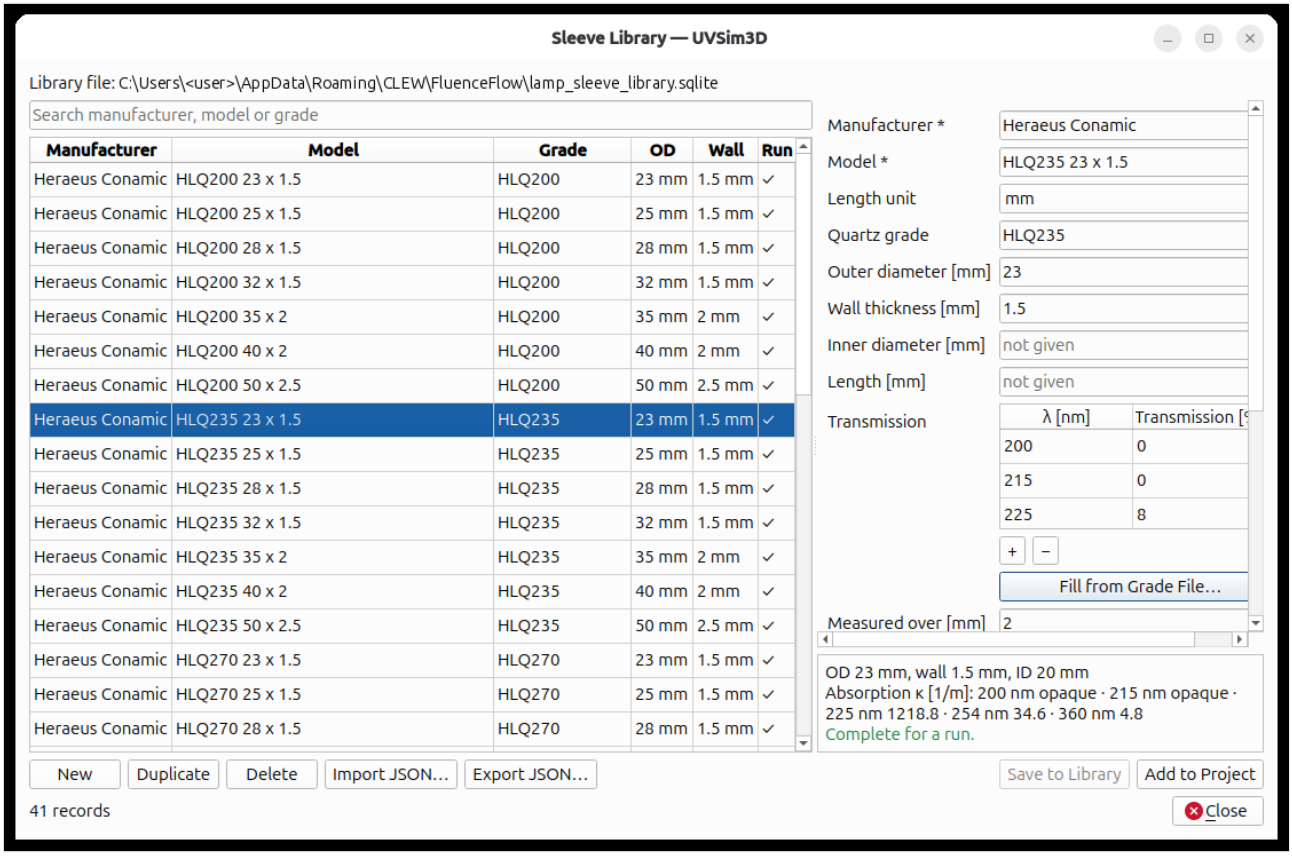
계산에는 **Electrical power**, **Arc length**, 하나 이상의 파장과 각 파장의 출력(W 또는 %)이 필요합니다. 입력 후 **Run** 상태를 확인하십시오.

편집 영역 아래의 요약은 입력값 검토를 지원합니다.

검토 항목	의미
UV efficiency	UV 출력 합계를 입력 전력으로 나눈 값
UV output per arc length [W/cm]	단위 아크 길이당 UV 출력. 계열별 참고 범위(LP 0.1–0.4, Amalgam 0.5–2, MP 12–40)를 벗어나면 알림
UV at 1 m 추정값	카탈로그 값과 30 % 넘게 차이가 나면 경고. 단위와 출력 입력을 재검토하는 데 사용

> **파장별 출력 입력**
>
> 저압(LP) 램프의 254 nm 단일 파장 근사에는 해당 파장의 UV 출력 또는 효율을 입력합니다. 중압(MP) 램프는 사양서의 파장별 출력을 여러 행으로 입력할 수 있습니다. 참고 범위와 경고는 입력 실수 방지를 위한 보조 정보이므로 제조사 사양과 함께 확인하십시오.

3.4 슬리브 사양 입력



Sleeve Library의 치수, 파장별 투과율 및 흡수계수

항목	입력 내용 및 주의 사항
Manufacturer * · Model * · Quartz grade	제조사, 모델명 및 석영 등급
Outer diameter · Wall thickness · Inner diameter	바깥지름, 벽 두께, 안지름 중 두 값을 입력하면 나머지 값 산출
Length	제품 길이. 참고 정보이며, 계산에 사용할 슬리브 길이는 배치에서 지정
Transmission	파장별 투과율 [%]. **Fill from Grade File…**로 석영 등급 파일에서 입력 가능
Measured over	투과율 측정에 사용한 시편 두께
Includes the loss at both surfaces	측정 투과율에 양면의 반사 손실이 포함된 경우 선택. 흡수계수 산정 시 반사 손실 보정
Refractive index	파장별 굴절률. 입력하지 않으면 일반 쿼츠 슬리브 기본값 사용(254 nm에서 1.505)

UV 계산에는 지름·두께 중 두 값, **Transmission** 표 및 **Measured over**가 필요합니다. 투과율 데이터는 램프가 방출하는 파장을 포함해야 합니다. 요약 영역에서 치수의 일관성과 파장별 **Absorption κ [1/m]**를 확인하십시오.

3.5 프로젝트 사본 편집 및 삭제

1. Tree의 **Lamps** 또는 **Sleeves** 아래에서 사양을 선택합니다.

2. Properties의 **Used by**에서 사용 중인 배치를, **Run**에서 계산 가능 여부를 확인합니다.
3. 항목을 더블 클릭하거나 오른쪽 클릭한 뒤 **Edit…**를 선택합니다.
4. 사양을 수정하고 **Apply**를 선택합니다. 변경 내용은 현재 프로젝트 사본에 반영됩니다. 라이브러리에도 저장하려면 **Save to Library**를 선택합니다.

사본을 삭제하려면 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후 **Remove from Project**를 선택합니다. 배치에서 사용 중인 사양은 확인 메시지가 표시됩니다. 계산에 영향을 주는 사양을 수정하면 해당 사양을 사용하는 결과가 트리 매뉴에서 **out of date**로 표시됩니다(7장).

4. 케이스와 램프 배치

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

4.1 케이스 구성과 관리

케이스(Case)는 하나의 램프 배치안입니다. 각 케이스는 램프 배치, 도메인, 격자, 계산 조건 및 결과를 개별적으로 보유합니다. 프로젝트의 램프·슬리브 사양(**Lamps**, **Sleeves**)과 길이 단위는 모든 케이스가 공유합니다.

3D View에는 한 번에 하나의 케이스가 표시됩니다. Tree에서 굵은 글씨로 표시된 케이스가 현재 케이스입니다. 다른 케이스의 항목을 선택하면 표시 대상이 변경됩니다. **Case** 메뉴의 명령은 현재 케이스에 적용됩니다.

Case 메뉴 명령	기능
Add Case	빈 케이스 생성. Bank 1 › Module 1이 포함되며 램프는 없음. 계산 조건은 현재 케이스에서 복사
Duplicate Case	현재 케이스를 복제하여 바로 뒤에 추가하고 표시. 배치, 도메인, 격자 설정, 조건, 단면 및 측정선 복사
Rename Case…	이름 변경. Properties의 **Name**에서도 변경 가능
Remove Case	케이스와 해당 배치 삭제. 마지막 케이스는 삭제 불가

Tree 매뉴의 케이스 노드에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 **Duplicate**, **Rename…**, **Remove**, **Add Case**, **Compute**를 사용할 수 있습니다.

설계안을 복제하여 비교

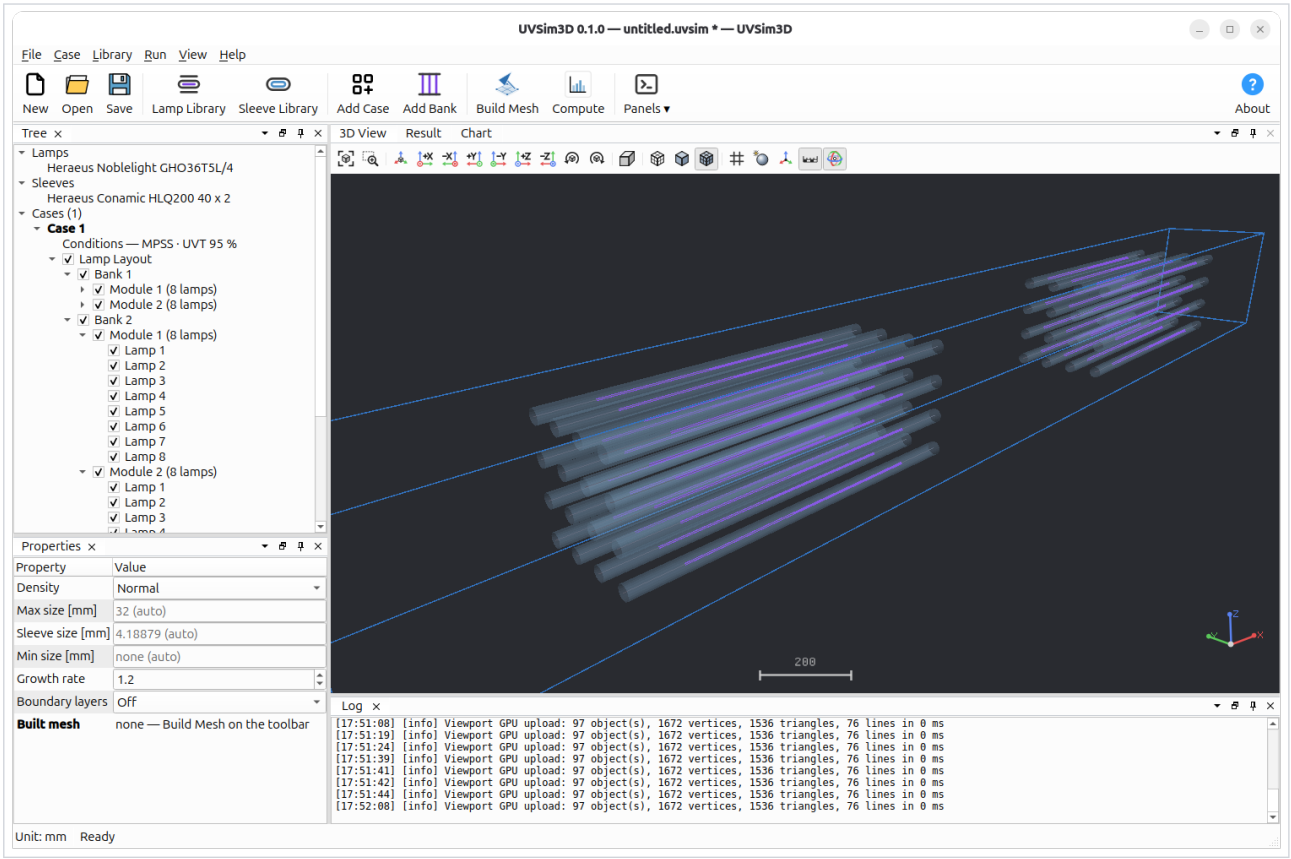
1. 기준 케이스를 구성하고 계산합니다.
2. 기준 케이스를 오른쪽 클릭하고 **Duplicate**를 선택합니다.
3. 복사본의 이름을 변경하고 비교할 변수(예: 램프 간격)를 수정합니다.
4. 복사본을 계산한 뒤 Result 또는 **Comparison**에서 결과를 비교합니다(8장).

변경 효과를 구분하려면 한 번에 하나의 변수를 바꾸십시오. 공통 사양 사본을 수정하면 여러 케이스에 영향을 줄 수 있습니다.

4.2 Bank › Module › Lamp 구조

단계	역할
Bank	배치의 상위 그룹. 램프 종류, 슬리브 종류, 슬리브 길이 및 디밍의 공통값 지정
Module	Bank 내부 그룹. 소속 램프의 공통 축 방향 지정
Lamp	개별 램프의 아크 중심 위치 지정. 필요한 속성만 개별 변경 가능

램프 종류, 슬리브 종류, 슬리브 길이 및 디밍은 **Bank → Module → Lamp** 순서로 상속됩니다. 하위 단계에서 값을 지정하지 않으면 상위 단계의 값을 사용합니다. Properties의 `(inherit: …)` 표시는 이 상태를 나타냅니다.



Bank와 Module로 구성된 램프 배치

배치 추가와 삭제

오른쪽 클릭할 항목	명령
Lamp Layout	**Add Bank**
Bank	**Add Module**, **Duplicate Bank…**, **Remove Bank**
Module	**Add a Lamp…**, **Duplicate Module…**, **Remove Module**
Lamp	**Switch Off** / **Switch On**, **Reset to Inherited**, **Duplicate Lamp**, **Pattern…**, **Remove Lamp**

Add Bank를 사용하려면 프로젝트에 램프와 슬리브 사양이 각각 하나 이상 있어야 합니다. **Add a Lamp…**에서는 아크 중심 좌표를 입력합니다. Bank·Module 복제 시에는 복사본의 위치를 지정합니다. Ctrl 또는 Shift를 누른 채 여러 램프를 선택하여 한 번에 삭제할 수 있습니다.

Bank 속성

항목	설명
Name	Bank 이름
Offset from origin	원점 기준 Bank 위치(x, y, z)
Lamp type · Sleeve type	프로젝트 사본 중 사용할 램프·슬리브 사양
Sleeve length	지정하지 않으면 램프 전체 길이의 1.2배. 전체 길이가 없으면 아크 길이의 1.44배
Dimming	출력 비율. 0 초과 1 이하이며 지정하지 않으면 1(최대 출력)

Module 속성

항목	설명
Name	Module 이름
Offset from origin	원점 기준 Module 위치(x, y, z)
Axis direction	램프 축 방향 벡터. 새 Module의 기본값은 `0, 1, 0`
Lamps	소속 램프 수
Lamp type · Sleeve type · Sleeve length · Dimming	Module에 적용할 값. 지정하지 않으면 Bank 값 상속

Lamp 속성

항목	설명
Arc centre	원점 기준 아크 중심 좌표
Axis	Module에서 지정한 축 방향. 읽기 전용
Sleeve length in use	실제 적용되는 슬리브 길이와 값의 출처
Switched off	개별 램프의 발광 중지 여부
This lamp only	개별 램프에 적용할 램프 종류, 슬리브 종류, 슬리브 길이 및 디밍
Reset to Inherited	개별 지정값을 해제하고 Module·Bank의 값 상속

Tree에는 `Lamp 3 — off`, `Lamp 2 — 80 %`와 같이 동작 상태가 표시됩니다.

표시 숨김과 발광 중지

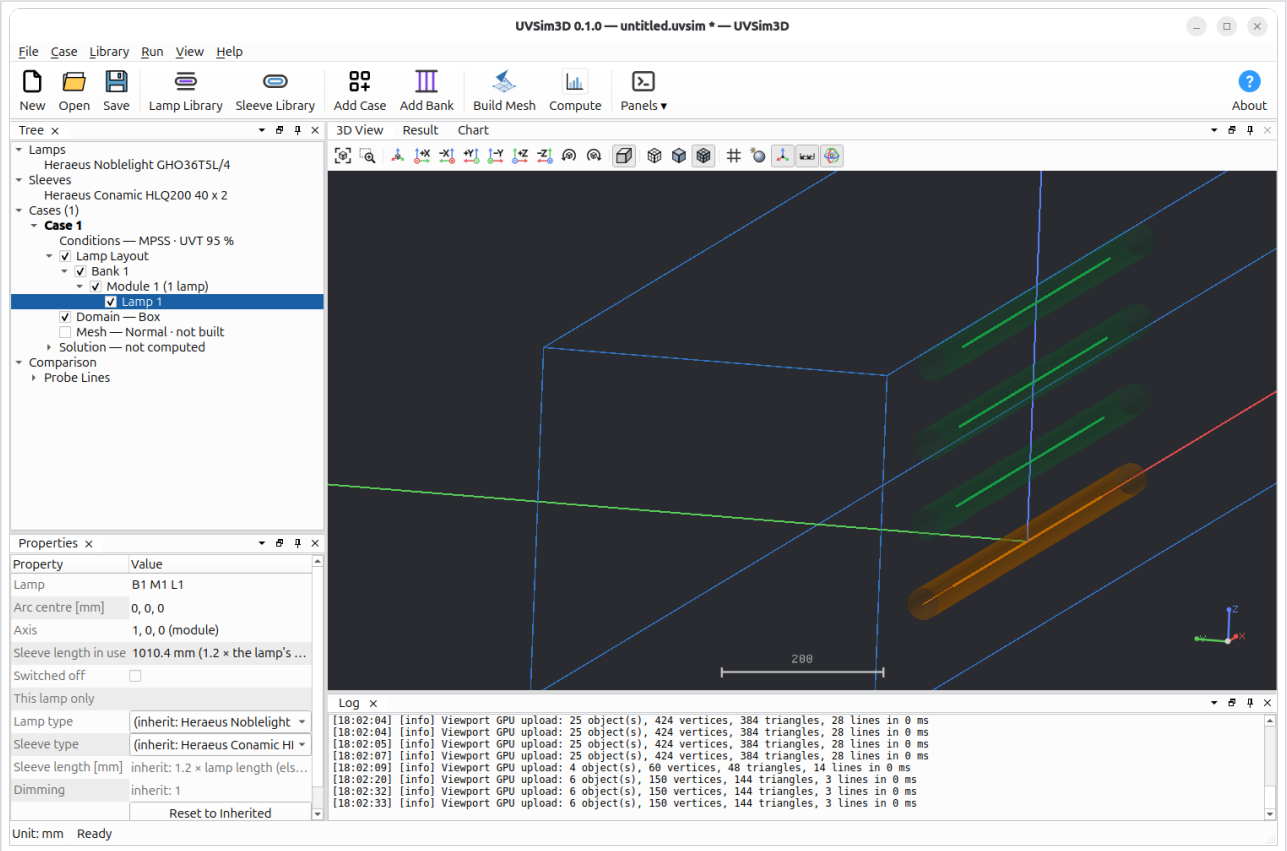
조작	3D 표시	계산에 미치는 영향
Tree 체크박스 해제	숨김	UV 출력과 차폐 효과 유지
Switch Off	램프 배치 유지	UV 출력 중지. 슬리브 형상은 유지되며 물 영역에서 제외. Lamp shadowing 적용 시 차폐에 참여
Remove Lamp	배치에서 삭제	해당 램프와 슬리브 제거

램프 고장의 영향을 검토하려면 **Switch Off**를 사용합니다. 모든 램프가 꺼져 있으면 계산할 수 없습니다.

4.3 Pattern으로 램프 배열 생성

1. 기준 램프를 오른쪽 클릭하고 **Pattern…**을 선택합니다.
2. 배열 종류, 개수 및 간격 또는 회전 조건을 지정합니다.
3. 3D View의 미리보기에서 복사본 위치를 확인한 뒤 적용합니다.

복사본은 기준 램프와 같은 Module에 생성됩니다.



Pattern 미리보기: 기준 램프와 생성할 복사본의 위치

항목	설명
Kind	**Linear**(직선) 또는 **Circular (about the module axis)**(Module 축을 중심으로 원형)
Count (this lamp included)	기준 램프를 포함한 총개수. 기본값: 직선 4, 원형 6
Direction · Spacing	직선 배열의 방향과 간격. 기본 간격 100
Rotation centre · Angle [°]	원형 배열의 회전 중심과 전체 각도. 360°이면 원주에 균등 배치

4.4 배치 검사

배치에 문제가 있으면 **Lamp Layout**에 `Check: n problems`가 표시됩니다. 해당 램프를 선택하여 Properties에서 원인을 확인하십시오.

구분	예시	조치
오류	사양 미지정, 유효하지 않은 축 방향, 0 이하의 슬리브 길이, 범위를 벗어난 디밍, 램프 관보다 작은 슬리브 안지름	입력을 수정한 뒤 계산
경고	슬리브 간 겹침, 꺼진 램프	배치와 의도한 운전 상태 확인

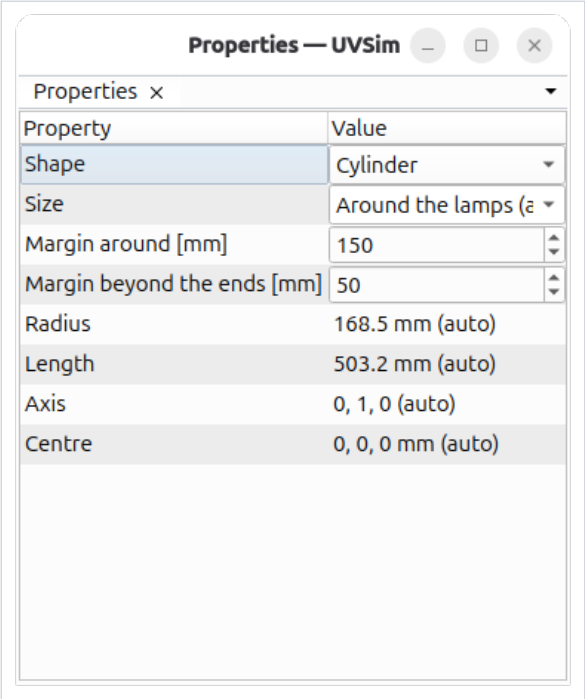
5. 도메인과 격자

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

도메인(Domain)은 자외선 분포를 평가할 계산 영역(computational domain)입니다. UVSim3D는 이 영역에서 슬리브 내부를 제외한 유체 영역에 격자를 생성하고, 격자점별 fluence rate를 계산합니다. 격자는 공간 결과의 보간과 부피 가중 통계에도 사용됩니다.

5.1 Domain 설정

Tree 매뉴에서 **Domain**을 선택하고 Properties에서 형상과 크기를 지정합니다. 3D View에는 도메인이 파란 윤곽선으로 표시됩니다.



Domain Properties: 형상, 자동 크기 및 계산된 치수

항목	선택값	기본값
Shape	**Cylinder**, **Box**, **Sphere**	Cylinder
Size	**Around the lamps (auto)**, **Given**	Around the lamps (auto)

램프 배치에 맞춘 자동 크기

Around the lamps (auto)는 슬리브를 감싸는 영역에 여유를 추가합니다. 램프 위치를 변경하면 도메인 크기도 갱신됩니다.

항목	의미	기본값
Margin around	가장 바깥쪽 슬리브에서 도메인 벽까지의 여유	50 mm
Margin beyond the ends	슬리브 끝에서 도메인 끝까지의 축 방향 여유	0

형상	자동 크기 산정
Cylinder	램프 축에 맞춘 원통. 슬리브의 반경 방향 범위에 Margin around를, 양 끝에 Margin beyond the ends를 적용
Box	슬리브를 감싸는 상자에 여유 적용
Sphere	슬리브를 감싸는 구에 여유 적용

자동 **Cylinder**는 모든 램프가 평행해야 합니다. 축 방향이 서로 다르면 **Box** 또는 **Sphere**를 선택하거나, **Given**으로 원통을 직접 정의하십시오.

크기 직접 입력

Size를 **Given**으로 변경하면 자동 산정된 값을 기준으로 치수를 편집할 수 있습니다. 실제 반응기 치수나 고정된 평가 영역을 사용할 때 선택합니다.

형상	입력 항목
공통	**Centre**: 중심 좌표
Box	**Lengths**: x, y, z 방향 길이
Cylinder	**Axis**, **Radius**, **Length**: 축 방향, 반지름, 길이
Sphere	**Radius**: 반지름

좌표와 벡터는 `x, y, z` 형식으로 입력합니다(예: `0, 120, 0`). 슬리브가 도메인 경계를 가로지르거나 도메인 밖에 있으면 경고를 확인하십시오. 도메인 밖 램프도 광원으로 계산에 포함되지만, 도메인 밖 공간에는 격자가 생성되지 않습니다.

> **평가 영역과 벽면 반사**
>
> 도메인은 결과를 평가할 공간 범위를 정합니다. 현재 GUI 계산은 벽면 반사를 포함하지 않습니다. 설계안을 비교할 때 도메인의 크기가 달라지면 부피 평균과 백분위 값의 평가 범위도 달라집니다. 동일한 영역을 비교하려면 Given으로 도메인을 고정하십시오.

5.2 Mesh 설정

Tree에서 **Mesh**를 선택합니다. 먼저 **Density**를 지정하고, 필요한 경우 요소 크기와 경계층을 조정합니다.

항목	기본값	설명
Density	Normal	Coarse / Normal / Fine. 슬리브 둘레의 기준 분할 각도는 각각 18° / 12° / 8°
Max size	자동	최대 요소 크기. 비우면 자동 산정값이 회색으로 표시됨
Sleeve size	자동	슬리브 표면 요소 크기
Min size	미지정	최소 요소 크기
Growth rate	1.2	인접 요소의 크기 증가 비율. 입력 범위 1.0–2.0
Boundary layers	Off	표면 인접 영역의 층 격자 생성 여부

경계층 설정

슬리브 근처에서 급격한 공간 변화를 더 세밀하게 표현하려면 **Boundary layers**를 사용합니다. 이 설정은 격자 크기를 조정하며, 유동 경계층을 해석하는 기능은 아닙니다.

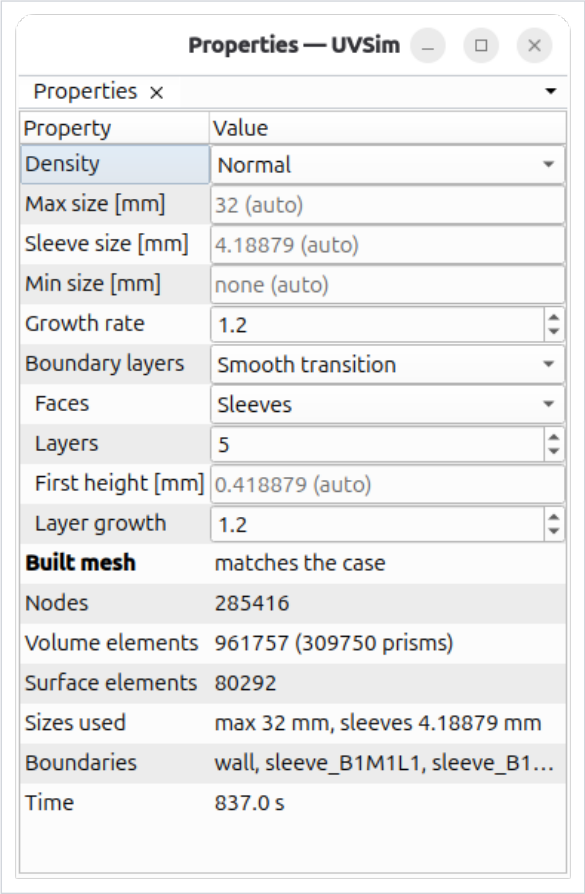
항목	기본값	설명
Boundary layers	Off	Off / First height / Smooth transition
Faces	Sleeves	층 격자를 생성할 면: Sleeves / Wall / Both
Layers	5	층 수. 입력 범위 1–50
First height	자동	첫 층 두께. 자동값은 표면 요소 크기의 1/10
Layer growth	1.2	층 두께 증가 비율

Smooth transition에서 격자 생성이 실패하면 **First height**로 변경하거나 경계층 생성 기능을 Off한 뒤 다시 생성하십시오.

5.3 격자 생성과 상태 확인

1. 도메인과 격자 설정을 확인합니다.
2. 툴바의 **Build Mesh** 또는 **Run › Build Mesh**를 선택합니다.
3. 완료 후 Mesh Properties의 **Built mesh**에서 상태, 노드 수, 요소 수, 적용된 크기 및 소요 시간을 확인합니다.

Compute를 실행할 때 격자가 없거나 현재 입력과 일치하지 않으면 먼저 격자를 생성합니다.



Mesh Properties의 설정과 Built mesh 정보

상태	의미 및 조치
matches the case	격자가 현재 케이스 설정과 일치
out of date — build it again	형상 또는 격자 설정 변경으로 재생성 필요

3D View에서 격자의 도메인 벽은 반투명 회색, 슬리브 면은 하늘색으로 표시됩니다. 오래된 격자는 흐리게 표시됩니다. 슬리브 위치·크기·길이, 도메인, 격자 설정 또는 길이 단위를 변경하면 격자가 오래된 상태가 됩니다. UVT나 계산 방법만 변경한 경우 기존 격자를 재사용합니다.

5.4 자동 요소 크기

Max size와 **Sleeve size**를 지정하지 않으면 다음 기준으로 계산됩니다.

기준	Coarse	Normal	Fine
Sleeve size: 슬리브 반지름 × 분할 각도(라디안)	18° 적용	12° 적용	8° 적용
Max size: 가장 작은 슬리브 바깥지름 × 계수	1.0	0.8	0.6

Max size는 도메인의 가장 긴 치수의 1/10을 초과하지 않으며, Sleeve size는 Max size를 초과하지 않습니다. 예를 들어 바깥지름 23 mm 슬리브에 Normal을 적용하면, 다른 제한이 없을 때 Sleeve size는 약 2.4 mm, Max size는 18.4 mm입니다.

도메인 내부에 완전히 포함된 슬리브는 양 끝이 닫힌 원통으로 물 영역에서 제외됩니다. 옆면과 양 끝면에는 Sleeve size가 적용됩니다.

5.5 격자 생성 시간과 밀도 검토

자동 Max size는 슬리브 지름을 기준으로 하므로 도메인이 커져도 함께 커지지 않습니다. 큰 도메인, 긴 슬리브, 많은 램프 또는 경계층은 요소 수와 생성 시간을 늘릴 수 있습니다.

초기 검토에서는 다음과 같이 설정할 수 있습니다.

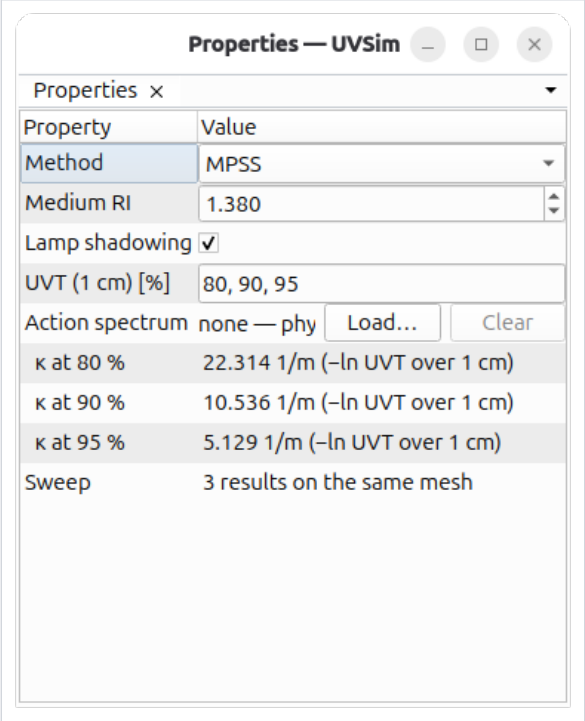
1. **Coarse**와 경계층 **Off**로 배치와 계산 조건을 확인합니다.
2. 큰 도메인에서는 **Max size**를 직접 지정하여 슬리브에서 먼 영역의 요소 수를 줄입니다. 슬리브 주변 크기는 **Sleeve size**, 크기의 전환은 **Growth rate**로 조정합니다.
3. 검토 대상 케이스를 복제하고 **Normal**, **Fine** 또는 경계층을 적용하여 결과 변화를 확인합니다.

격자점의 fluence rate를 직접 계산하더라도, 부피 통계와 단면·측정선의 보간값은 격자에 영향을 받습니다. 관심 지표(예: P5, Mean)와 관심 위치의 분포를 비교하고, 설계 목적에 맞는 허용 차이를 정해 격자 밀도를 선택하십시오.

6. 계산 조건 (Conditions)

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

Tree 매뉴의 케이스에서 **Conditions**를 선택(클릭)하여 계산 방법, 매질 굴절률, 램프 간 차폐 및 UVT를 설정합니다. Tree에는 `Conditions — MPSS · UVT 85, 90, 95 %`와 같이 현재 조건이 요약됩니다.



Conditions Properties의 계산 방법, 매질, UVT 및 작용 스펙트럼

항목	기본값	설명
Method	MPSS	광원 합산 방법
Medium RI	1.38	매질 굴절률. 물에 대한 기본 설정
Lamp shadowing	켬	다른 램프의 슬리브에 의한 차폐 적용
UVT (1 cm) [%]	95	1 cm 광로 기준 UV 투과율. 단일 값 또는 목록 입력
Action spectrum	없음	파장별 결과에 적용할 작용 스펙트럼

6.1 계산 방법과 굴절률

Method	계산 방식
MPSS (Multiple Point Source Summation)	램프 아크를 다수의 점 광원으로 나누어 기여를 합산
MSSS (Multiple Segment Source Summation)	램프 아크를 선분 광원으로 나누어 기여를 합산

두 방법 모두 슬리브의 흡수와 굴절, 매질의 흡수를 반영합니다. 특히 램프 근처에서 방법에 따른 차이가 나타날 수 있습니다. 방법의 영향을 검토하려면 케이스를 복제하고 **Method**만 변경하여 같은 위치의 결과를 비교하십시오. 목록의 **DOM**은 현재 GUI에서 선택할 수 없고, 추후 버전에서 지원될 예정입니다.

Medium RI는 모든 계산 파장에 적용할 매질 굴절률입니다. 기본값은 `1.38`이며, 공기 조건에는 `1.0`을 사용할 수 있습니다. 실제 계산 조건에 적합한 값을 확인하여 입력하십시오.

6.2 Lamp shadowing

Lamp shadowing을 켜면 다른 램프의 슬리브가 광로를 가리는 효과를 계산합니다. 끄면 다른 슬리브에 의한 차폐를 적용하지 않고 각 광원의 기여를 합산합니다.

이 설정은 차폐 모델의 적용 여부입니다. 차폐 슬리브를 통과한 빛의 상세한 굴절·투과나 벽면 반사를 재현하지는 않습니다. 설정의 영향을 평가하려면 동일한 케이스를 복제하여 켬·끔 결과를 비교하고, 적용한 조건을 기록하십시오. 설정을 끄면 Result 탭 상단에 `no lamp shadowing`이 표시됩니다.

6.3 UVT 단일 조건과 스윕

UVT (1 cm) [%]는 1 cm 광로를 통과한 UV의 비율입니다. 일반적인 수질 지표인 254 nm UVT를 사용할 때는 해당 측정값을 입력합니다. 현재 GUI에서는 입력한 UVT로 산정한 하나의 매질 흡수계수를 모든 계산 파장에 공통 적용합니다. 파장별 UVT를 입력하는 표는 제공하지 않습니다.

목적	입력 예시
단일 조건	`95`
여러 조건 일괄 계산(스윕)	`85, 90, 95` 또는 `85 90 95`

1. **UVT (1 cm) [%]**에 값을 입력하고 Enter를 누릅니다.
2. Tree에 표시된 UVT 목록과 Properties의 흡수계수를 확인합니다.
3. **Compute**를 실행하여 각 UVT 조건의 결과를 계산합니다.

입력 범위는 0 초과 100 이하입니다. 목록은 오름차순으로 정렬되며 중복은 제거됩니다. 흡수계수 **κ [1/m]**는 `κ = -ln(UVT / 100) / 0.01`로 계산됩니다. 여기서 UVT는 백분율 입력값입니다.

UVT 스윕은 동일한 격자를 재사용합니다. 목록에 값을 추가하거나 삭제해도 유지된 UVT의 기존 결과는 보존되며, 다른 조건이 바뀌지 않았다면 추가한 UVT만 계산하면 됩니다.

6.4 Action spectrum으로 파장별 결과 가중

작용 스펙트럼은 파장별 상대 효과를 나타내는 가중치입니다. 중압(MP) 램프 등 여러 파장에 대한 결과를 목적에 맞는 스펙트럼으로 가중하여 검토할 때 사용합니다.

1. **Action spectrum**의 **Load…**를 선택합니다.
2. 다음 형식 중 하나의 파일을 엽니다.
3. 스펙트럼이 램프의 모든 방출 파장을 포함하는지 확인합니다.
4. Result, Chart 또는 단면에서 가중 결과를 확인합니다. 적용을 해제하려면 **Clear**를 선택합니다.

파일 형식	내용
CSV · TXT	각 행에 `파장 nm, 가중치`. 첫 줄 머리글과 `#` 뒤 주석 허용
JSON	`{"name": "...", "points": [[nm, w], ...]}`

파장은 양수이며 오름차순이어야 하고, 가중치는 0 이상이어야 합니다. 작용 스펙트럼 변경은 저장된 파장별 결과에 적용되므로 광학 계산을 다시 실행할 필요가 없습니다.

가중 결과는 Result의 **w Mean**, **w P5** 등으로, Chart에서는 점선으로 표시됩니다. 단면에는 **Probe Planes › Weighted**를 적용합니다. 가중값을 비교할 때는 동일한 작용 스펙트럼과 정규화 기준을 사용하십시오.

7. 계산과 결과

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

7.1 계산 실행과 중지

명령	동작
Compute(툴바 또는 Run 메뉴)	현재 케이스의 UVT 조건 계산. 격자가 없거나 오래된 경우 먼저 생성
Compute All(Run 메뉴)	계산되지 않았거나 오래된 결과가 있는 모든 케이스 계산. 최신 결과는 재사용
Stop(Run 메뉴 또는 상태 표시줄)	진행 중인 격자 생성 또는 계산 중지

1. Tree에서 계산할 케이스의 **Solution**을 선택합니다.
2. Properties의 **Check**가 `ready to compute`인지 확인합니다. 문제가 표시되면 해당 입력을 수정합니다.
3. **Compute**를 선택하고 상태 표시줄에서 진행 상태를 확인합니다.
4. 완료 후 **Solution**과 UVT별 결과의 상태를 확인하고 프로젝트를 저장합니다.

입력 검사에서 오류가 발견되면 계산은 시작되지 않습니다. 계산 중에는 **Build Mesh**와 **Compute**를 사용할 수 없으며, 창을 닫으려면 먼저 작업을 중지해야 합니다. 실패 시 `Failed — see the log` 메시지가 표시됩니다. **Log**에서 오류 내용을 확인하십시오.

계산 결과는 프로젝트의 일부입니다. 계산 후 창 제목 끝에 `*`가 표시되면 저장하지 않은 변경이 있다는 뜻입니다.

7.2 오래된 결과 (out of date)

계산에 영향을 주는 입력을 변경하면 기존 결과는 유지되지만 **out of date**로 표시됩니다. 이 결과는 이전 입력에 대한 값이므로 현재 설계안의 평가에 사용하기 전에 **Compute**를 다시 실행하십시오.

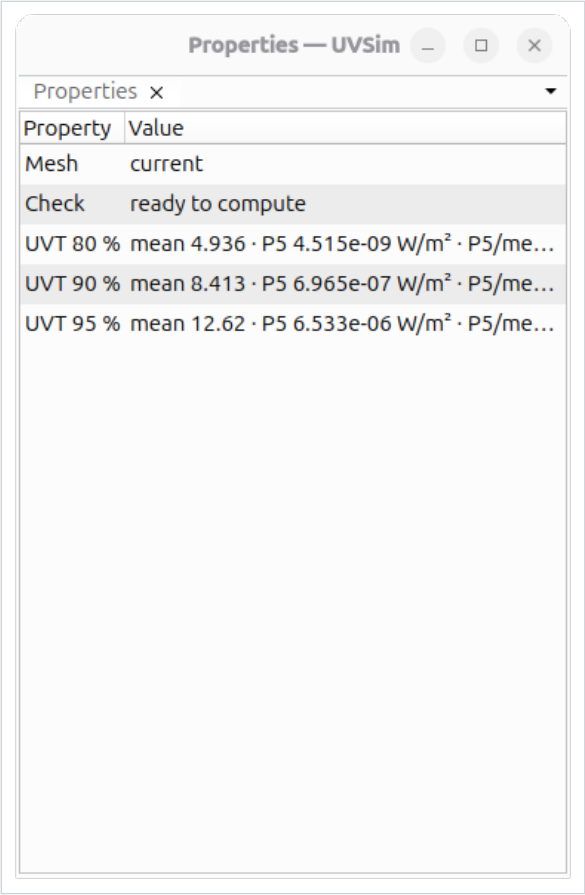
변경 항목	격자 상태	결과 상태
램프 위치, 슬리브 크기·길이, 도메인, 격자 설정	오래됨	오래됨
램프·슬리브 광학 사양, 램프 종류, 디밍, 발광 중지	형상에 영향이 없으면 유지	오래됨
Method, Medium RI, Lamp shadowing	유지	오래됨
UVT 목록 추가·삭제	유지	목록에 유지된 UVT의 결과 보존
Action spectrum	유지	광학 결과 유지, 가중값 갱신
단면, 측정선, 비교 대상 선택	유지	유지

사양 변경으로 슬리브 형상이나 자동 도메인이 달라지면 격자도 재생성해야 합니다. 파일을 다시 열 때도 입력과 저장된 결과의 일치 여부를 확인합니다.

7.3 Solution과 UVT 결과 상태

Solution 표시	의미
not computed	계산 결과 없음
partly computed	일부 UVT 조건의 결과만 계산됨
computed	UVT 목록의 결과 계산 완료
out of date	입력 변경으로 기존 결과의 갱신 필요

Solution을 선택하면 Properties에 격자 상태, 계산 전 검사(**Check**), UVT별 요약이 표시됩니다. 각 UVT 항목을 선택하면 해당 결과의 상세 지표가 표시됩니다. Tree의 `UVT 95 % — mean 120.4 W/m²`와 같은 표시는 결과 요약이며, 오래된 결과에는 `out of date`가 추가됩니다.

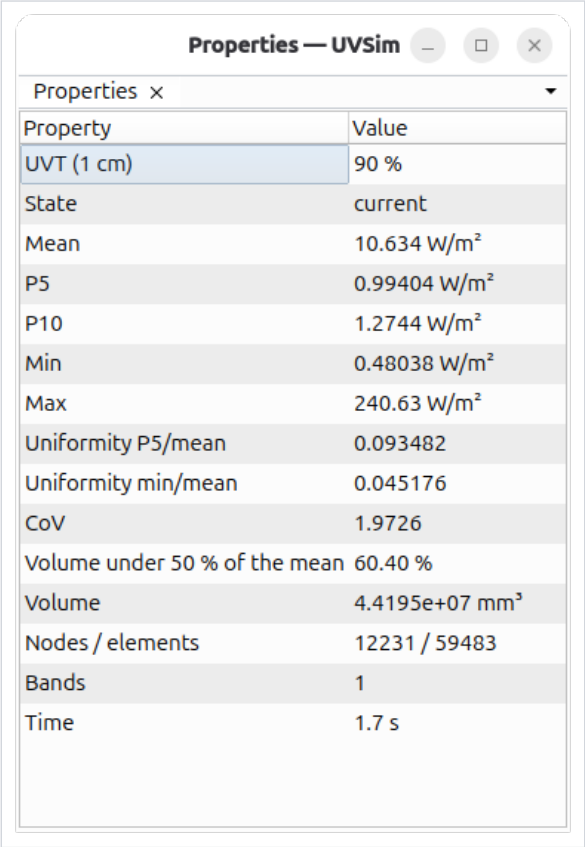


Solution Properties의 격자 상태, 입력 검사 및 UVT별 결과 요약

7.4 통계 지표 해석

Mean, P5, P10, Min, Max의 단위는 W/m²입니다. 균일도와 CoV는 무차원 비율이며, 저 fluence rate 영역은 부피 비율로 표시됩니다.

부피 통계는 각 요소의 노드값 평균을 해당 요소의 대표값으로 사용하고, 요소 부피로 가중하여 계산합니다. 따라서 노드 수가 많은 영역에 단순히 더 큰 가중치를 주지 않습니다. Min과 Max는 물 영역의 요소에 속한 노드값에서 구합니다.



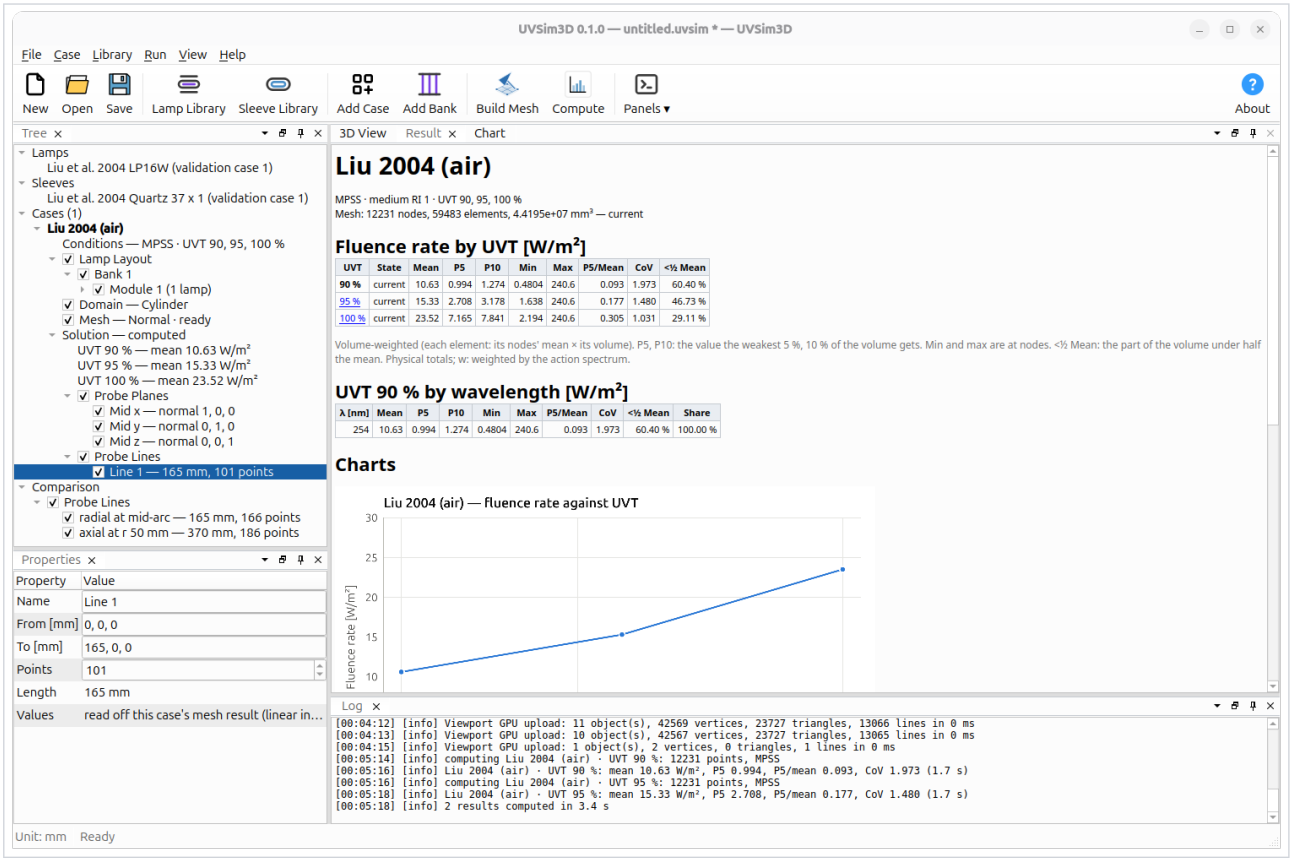
UVT 결과 Properties의 통계 지표와 계산 정보

지표	정의 및 해석
Mean	물 영역의 부피 가중 평균
P5 · P10	부피 가중 분포의 하위 5·10백분위 값. 요소 대표값을 작은 순서로 누적했을 때 전체 부피의 5 %·10 %에 도달하는 값
Min · Max	노드값의 최솟값·최댓값. 국소 위치와 격자에 민감
Uniformity P5/mean	P5를 Mean으로 나눈 값. 1에 가까울수록 하위 영역과 평균의 차이가 작음
Uniformity min/mean	Min을 Mean으로 나눈 값. 한 지점의 극솟값에 민감
CoV	부피 가중 표준편차를 Mean으로 나눈 값. 작을수록 분포의 상대적 편차가 작음
Volume under 50 % of the mean	요소 대표값이 Mean의 절반 미만인 영역의 부피 비율

P5는 하위 5 % 영역의 평균이 아니라 분포의 경계값입니다. 설계안을 비교할 때는 Mean과 함께 P5, P5/mean, CoV 및 공간 분포를 확인하십시오. 균일도나 평균 대비 저값 영역의 비율은 상대 지표이므로 필요한 절대 fluence rate 충족 여부와 구분하여 해석해야 합니다. 비교 전에는 평가 도메인, UVT, 출력 조건 및 결과의 최신 상태가 비교 목적에 맞는지도 확인하십시오.

7.5 Result 탭

Solution을 더블클릭하면 해당 케이스의 결과 문서가 **Result** 탭에 표시됩니다. 이 문서는 PDF 보고서와 같은 내용을 사용합니다.



Result 탭의 UVT별 결과 표, 파장별 결과 및 차트

영역	내용
상단 요약	케이스 이름, 계산 방법, Medium RI, UVT 목록, 차폐·작용 스펙트럼 적용 여부, 격자 정보와 상태
Fluence rate by UVT [W/m²]	UVT별 상태, Mean, P5, P10, Min, Max, P5/Mean, CoV, <½ Mean
가중 결과 열	작용 스펙트럼 적용 시 w Mean, w P5, w P5/Mean
파장별 표	다중 파장 결과에서 UVT를 선택하면 표시. Share는 해당 파장의 기여 비율
차트 및 검사	UVT 차트, 측정선 그래프, **Before a run** 입력 검사

7.6 Chart 탭과 그래프 조작

차트	표시 조건
fluence rate against UVT	계산된 UVT가 둘 이상일 때 Mean과 P5 표시
UVT X % by wavelength	파장이 둘 이상일 때 파장별 Mean과 P5 표시
fluence rate along the line	측정선 선택 시 거리별 결과 표시(8장)

조작	동작
휠	확대·축소. Ctrl+휠은 x축, Shift+휠은 y축만 조정
왼쪽 드래그	선택 영역 확대

조작	동작
가운데 드래그 또는 Shift+왼쪽 드래그	이동
더블클릭	전체 범위 맞춤
범례 클릭	해당 곡선 숨김·표시
범례 더블클릭	해당 곡선만 표시. 다시 실행하면 전체 표시
오른쪽 클릭	**Fit**, **X range...**, **Y range...**, **Log Scale**, **Show Values**, **Copy Image**, **Save Image...**

Show Values는 십자선과 값을 표시하며, **Save Image...**는 PNG·SVG 내보내기를 지원합니다. 축 범위와 로그 축 등 차트 설정은 차트를 다시 그릴 때 초기화됩니다.

7.7 PDF 보고서 내보내기

1. 내보낼 결과의 상태를 확인하고 필요한 계산을 완료합니다.
2. **File › Export Report (PDF)...**를 선택합니다.
3. 케이스가 여러 개이면 **The Case on Screen** 또는 **All Cases**를 선택합니다.
4. 저장 위치와 파일 이름을 지정합니다.

보고서는 A4 세로 형식이며 케이스별 내용은 새 페이지에서 시작합니다. **All Cases**를 선택하고 Comparison에 비교 대상 결과가 지정되어 있으면 비교 측정선 그래프가 포함된 **Comparison** 페이지가 추가됩니다.

8. 단면과 측정선, 비교

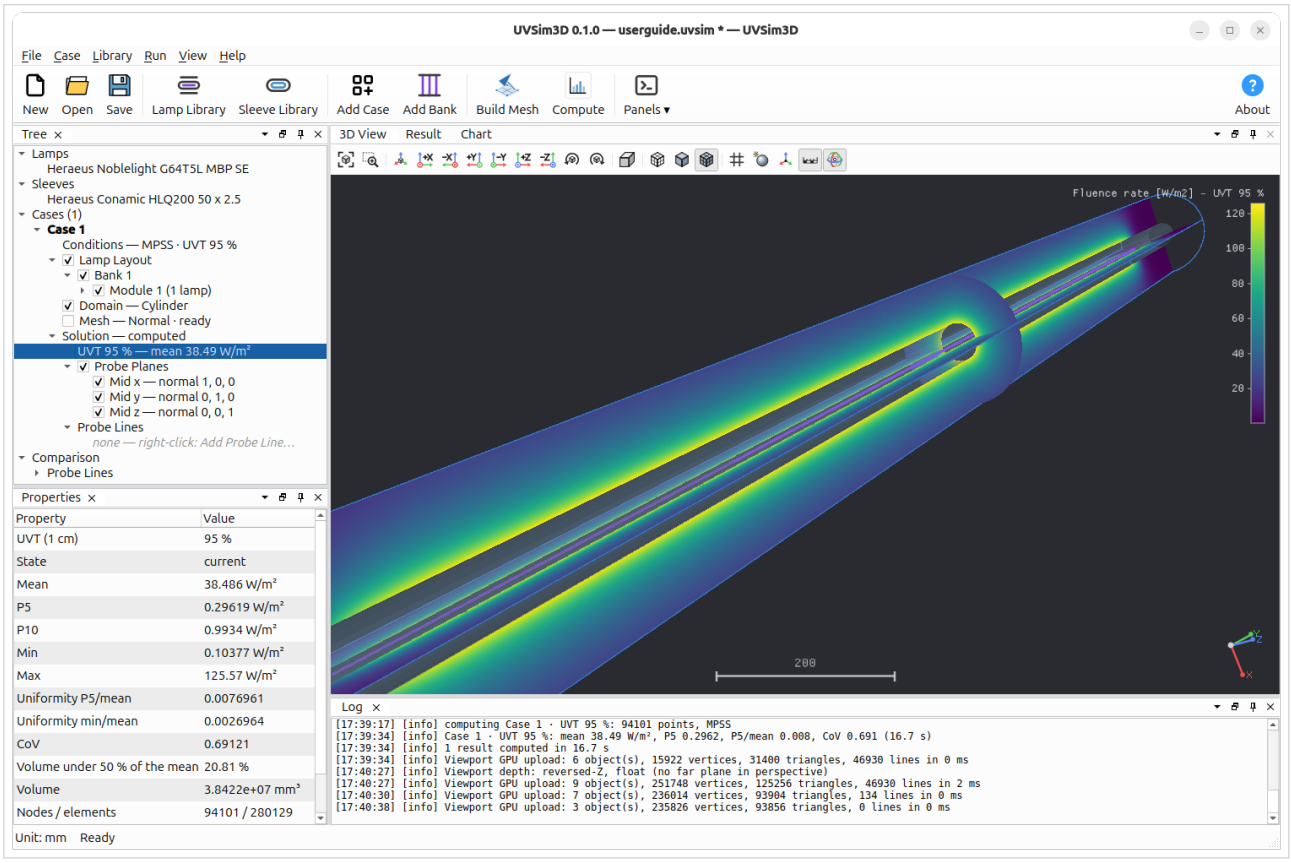
대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

단면과 측정선은 저장된격자 결과를 사용하여 공간 분포를 표시합니다.

도구	Tree 위치	용도
Probe Planes	케이스 › **Solution**	평면의 fluence rate 컨투어를 3D View에 표시
Probe Lines	케이스 › **Solution**	해당 케이스의 UVT별 결과를 선을 따라 Chart에 표시
Comparison	Tree 최상위	여러 케이스·UVT의 결과를 공통 측정선에서 비교

단면과 측정선의 값은 격자 결과를 요소 내부에서 선형 보간한 값입니다. 슬리브 내부와 도메인 밖에는 값이 없으므로, 그래프는 끊어지고 단면에는 빈 영역이 표시됩니다. 측정선의 샘플 수를 늘려도 원래 격자의 해상도가 높아지지는 않습니다.

8.1 Probe Planes: 단면 컨투어



도메인 중심을 지나는 세 단면과 UVT가 표시된 컬러바

단면 추가 및 편집

1. **Solution** › **Probe Planes**를 오른쪽 클릭합니다.
2. 목적에 맞는 추가 명령을 선택합니다.
3. 3D View에서 위치와 방향을 확인합니다.

명령	동작
Add Three Planes Through the Centre	도메인 중심을 지나며 x, y, z축에 각각 수직인 Mid x, Mid y, Mid z 생성
Add Probe Plane…	이름, **Origin**(평면 위의 점), **Normal**(법선)을 지정하여 단면 생성

단면 추가 창에서는 3D 화살표를 드래그하여 위치를, 회전 고리를 드래그하여 방향을 조정할 수 있습니다. **Normal axis**의 X·Y·Z 버튼은 법선을 각 축에 맞춥니다.

생성된 단면을 선택하면 Properties에서 **Name**, **Origin**, **Normal**, **Visible**을 편집할 수 있습니다. 삭제하려면 오른쪽 클릭 후 **Remove**를 선택합니다. 단면은 케이스별로 관리되며 케이스 복제 시 함께 복사됩니다.

단면 평균

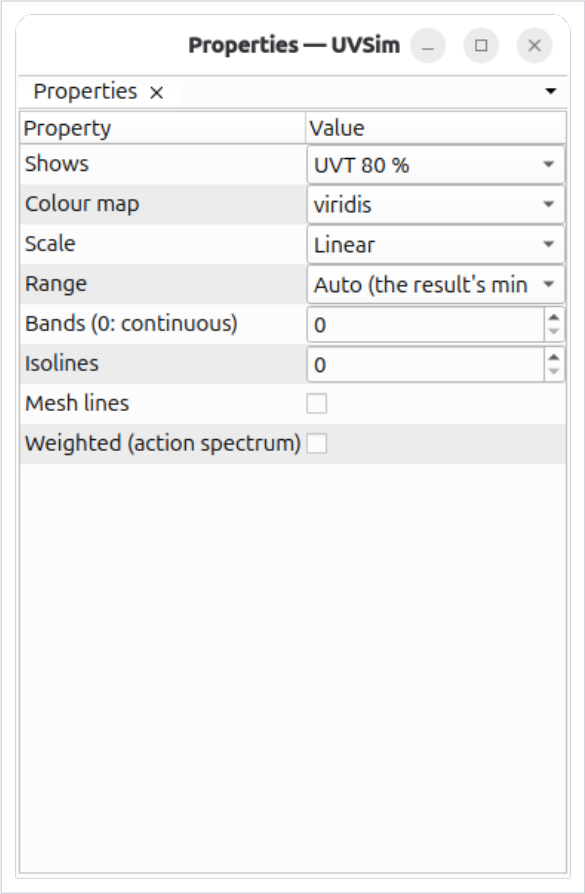
계산된 결과가 있으면 단면의 Properties 아래에 다음 값이 표시됩니다.

항목	설명
Area	단면이 물 영역(격자)을 자른 면적. 슬리브 내부와 도메인 밖은 제외
Mean · UVT 95 %	그 UVT에서 단면의 면적 가중 평균 fluence rate [W/m^2], 모든 파장의 합
└ **254 nm** 등	파장별 면적 가중 평균. 램프가 두 파장 이상을 낼 때 표시
└ **Weighted**	작용 스펙트럼을 적용한 평균. 작용 스펙트럼이 있을 때 표시

평균은 격자의 결과를 단면에서 보간한 값을 면적으로 가중한 것으로, 컨투어와 같은 값에서 계산됩니다. 단면의 위치나 방향을 바꾸면 값이 바로 갱신됩니다. 결과가 오래되었으면 값 뒤에 `out of date`가 표시됩니다.

컨투어 표시 설정

Probe Planes를 선택하면 해당 케이스의 모든 단면에 공통 적용되는 설정이 표시됩니다. 설정은 프로젝트 파일에 저장됩니다.



Probe Planes Properties의 컨투어 표시 설정

항목	기본값	설명
Shows	첫 계산 UVT	표시할 UVT 결과
Colour map	viridis	viridis, turbo, coolwarm, grayscale, jet, rainbow
Scale	Log	Linear / Log. 큰 값과 작은 값의 차이가 큰 분포는 Log로 확인 가능
Range	Auto	**Auto (the result's min to max)** 또는 **Fixed (the same for every case)**. Fixed에서는 Low·High [W/m²] 지정
Bands (0: continuous)	0	색상 단계 수. 0은 연속 색상
Isolines	0	등치선 수
Mesh lines	끔	단면 위 격자선 표시
Weighted (action spectrum)	끔	작용 스펙트럼을 적용한 결과 표시

케이스 간 색상을 비교하려면 각 케이스에서 같은 UVT, Colour map, Scale을 선택하고 **Range**를 **Fixed**로 설정하여 동일한 Low·High를 입력하십시오. 자동 범위에서는 같은 색이 서로 다른 값을 의미할 수 있습니다.

단면 표시에는 격자가 필요합니다. 결과가 없으면 회색 평면으로 표시됩니다. 컬러바 제목에서 현재 UVT와 `out of date` 여부를 확인하십시오. **Probe Plane Lighting**을 켜면 조명 음영에 따라 컨투어 색상이 컬러바와 달라질 수 있습니다.

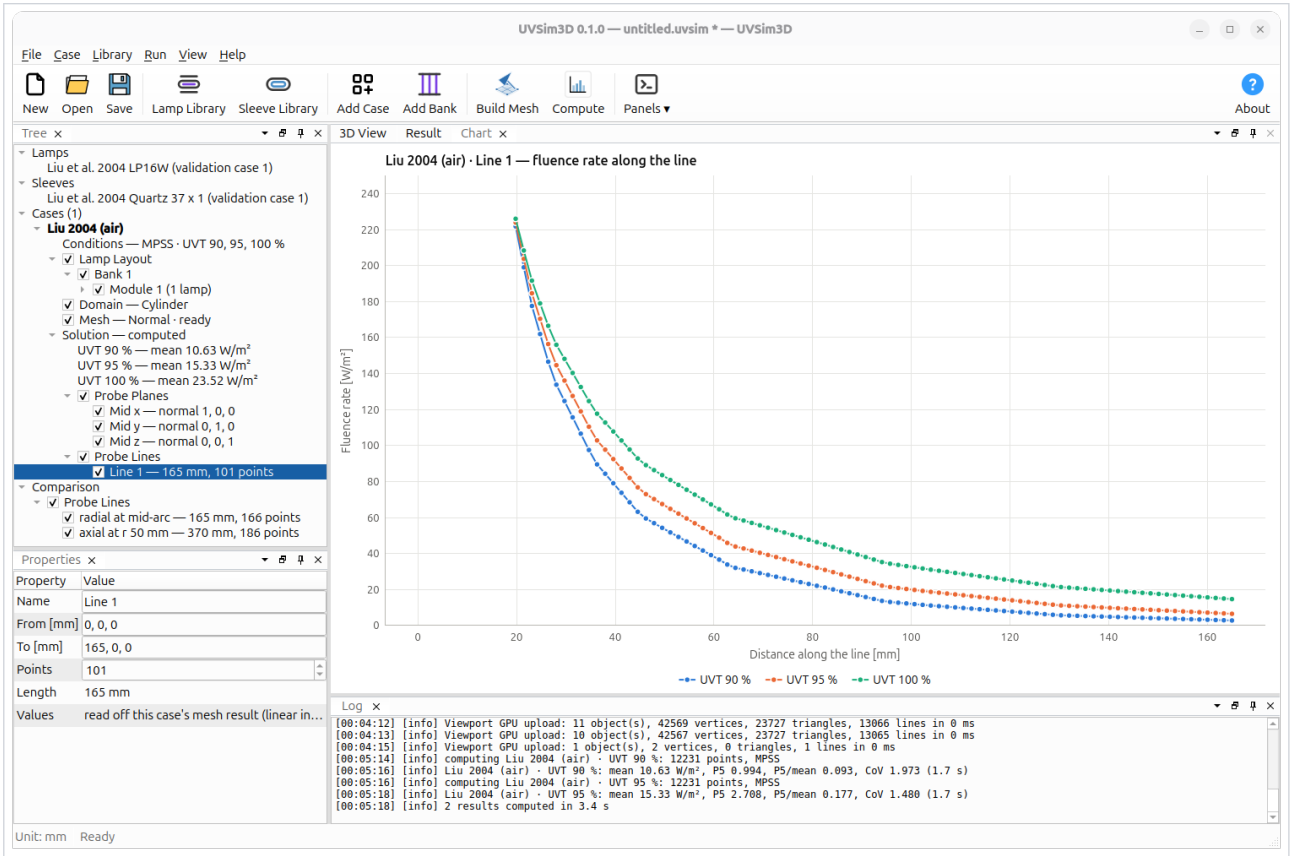
8.2 Probe Lines: 선을 따른 결과 추출

1. **Solution › Probe Lines**를 오른쪽 클릭하고 **Add Probe Line…**을 선택합니다.
2. 이름, 시작점, 끝점 및 샘플 수를 지정합니다.
3. 생성된 측정선을 더블클릭하여 Chart 탭에서 UVT별 곡선을 확인합니다.

항목	기본값	설명
Name	Line n	측정선 이름
From · To	도메인 중심 → 벽	시작점과 끝점의 x, y, z 좌표
Points (the ends included)	101	양 끝을 포함한 샘플 수

차트의 x축은 시작점으로부터의 거리입니다. 3D View에서 케이스 측정선은 파란색이며 선택한 선은 굵게 표시됩니다. 오른쪽 클릭 메뉴에서 **Show** / **Hide**, **Export CSV…**, **Remove**를 사용할 수 있습니다. 케이스를 복제하면 측정선도 복사됩니다.

CSV에는 거리, x, y, z 좌표와 곡선별 fluence rate [W/m²] 열이 포함됩니다. 값이 없는 지점은 빈칸으로 저장됩니다.



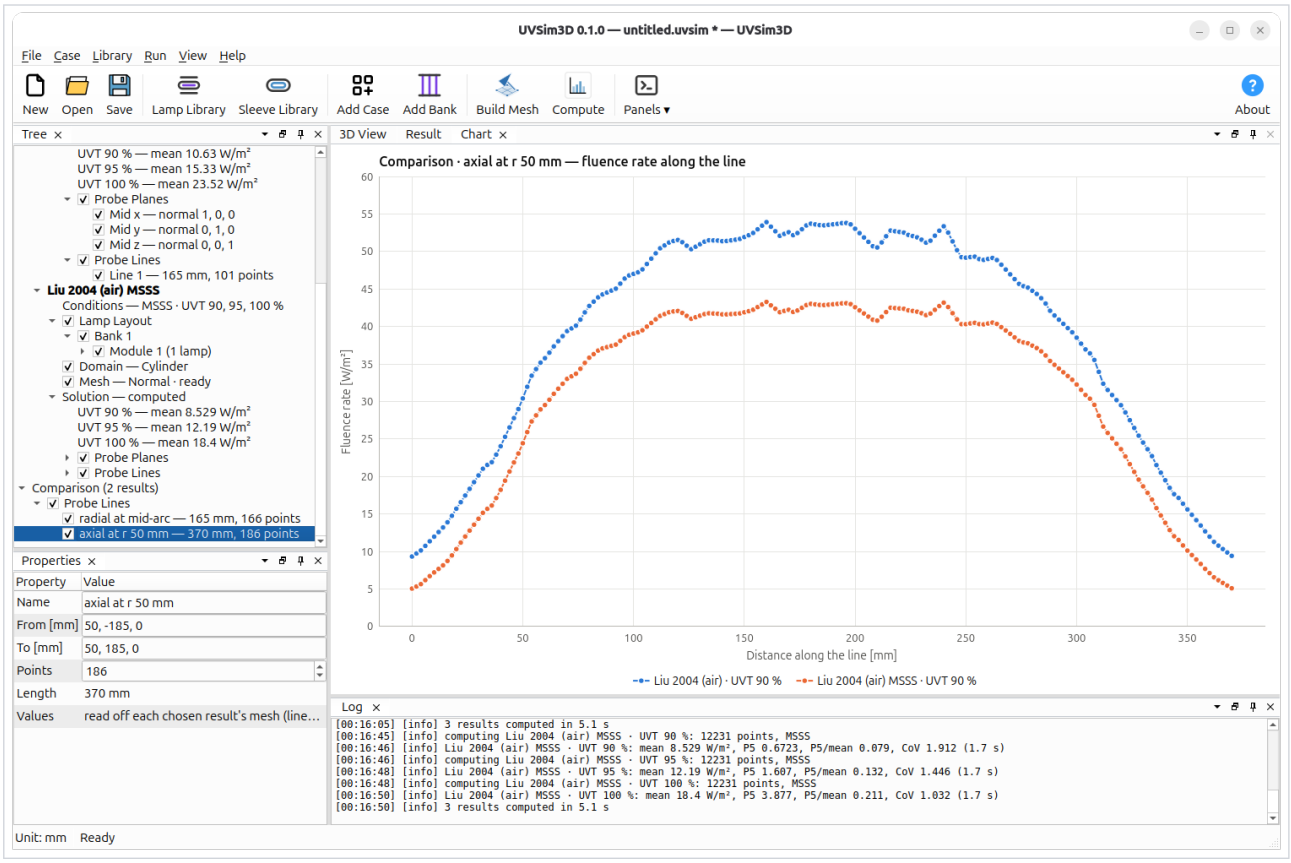
측정선의 UVT별 곡선: 슬리브 내부 구간은 값이 없어 표시되지 않음

8.3 Comparison: 공통 측정선에서 결과 비교

Comparison은 선택한 케이스·UVT 결과를 동일한 공간 좌표의 측정선에서 추출합니다. 케이스의 Probe Lines는 해당 케이스의 결과만 표시합니다.

1. **Comparison › Probe Lines**를 오른쪽 클릭하고 **Add Probe Line…**을 선택하여 비교용 측정선을 생성합니다.
2. **Comparison**을 선택합니다.
3. Properties에서 비교할 케이스·UVT 결과를 체크합니다. 각 결과의 **computed**, **out of date**, **not computed** 상태를 확인합니다.
4. Comparison 아래의 측정선을 더블클릭하여 Chart 탭에서 곡선을 비교합니다.

Tree에는 `Comparison (2 results)`와 같이 선택한 결과 수가 표시되며, 차트 범례에는 케이스 이름과 UVT가 표시됩니다. 비교용 측정선은 3D View에서 주황색입니다.



Comparison 측정선에서 두 케이스의 UVT 90 % 결과 비교

초기에는 비교 결과가 선택되어 있지 않습니다. 케이스를 복제해도 원본의 비교 선택 상태는 상속되지 않습니다. 차트가 표시되지 않으면 Comparison에서 결과를 선택했는지 확인하십시오.

비교선이 각 케이스의 물 영역을 통과하는지 확인하십시오. 도메인이나 배치가 다르면 유효한 구간도 달라질 수 있습니다. 계산 방법, 차폐 설정, 격자 밀도 또는 램프 간격의 영향을 비교할 때는 다른 조건을 동일하게 유지하십시오.

9. 3D 보기

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

3D View는 현재 케이스의 형상, 격자 및 공간 결과를 표시합니다. 이 장에서는 표시 상태를 확인하고 시점과 확대 범위를 조정하는 방법을 설명합니다.

9.1 대상별 표시와 색상

대상	표시 방식
슬리브	하늘색 원통. 격자가 오래되면 흐리게 표시
도메인	파란 윤곽선
격자 벽	반투명 회색
단면	컨투어와 컬러바
측정선	케이스 측정선은 파란색, Comparison 측정선은 주황색. 선택한 선은 굵게 표시

Tree의 체크박스로 각 대상을 표시하거나 숨길 수 있습니다. 뷰 툴바의 **Show Mesh**와 Tree의 **Mesh** 체크박스는 같은 표시 설정을 제어합니다. 표시 여부는 계산 포함 여부를 바꾸지 않습니다.

9.2 뷰 툴바

뷰 툴바는 3D View 바로 위에 있습니다. 아래 번호는 그림의 아이콘 번호입니다.



3D View 툴바의 아이콘과 번호

번호	명령	기능
1	**Fit view**	전체 형상에 맞춰 화면 조정
2	**Zoom area**	드래그한 사각 영역 확대. Esc로 취소
3	**Isometric view**	등각 시점으로 전환
4–9	**View from +X / −X / +Y / −Y / +Z / −Z**	지정한 축 방향에서 보기
10·11	**Rotate view 90°**	화면 내 반시계·시계 방향 90° 회전
12	**Parallel projection**	평행 투영과 원근 투영 전환
13–15	**Wireframe · Surface · Surface with edges**	형상 표현 방식 선택. 기본값은 Surface with edges
16	**Show Mesh**	현재 케이스의 격자 표시. 기본 켬
17	**Probe Plane Lighting**	단면 조명 음영 적용. 기본 끔
18–20	**Origin axes · Scale bar · Rotation centre**	원점 축, 축척 막대 및 회전 중심 표시

컨투어 색상을 컬러바와 직접 비교할 때는 **Probe Plane Lighting**을 끄십시오.

9.3 마우스 조작

조작	동작
왼쪽 드래그	회전
가운데 드래그 또는 Shift+왼쪽 드래그	이동
휠	커서 위치를 기준으로 확대·축소
Ctrl+휠	전면 클리핑 조정으로 내부 확인

9.4 단축키

다음 키는 3D View 조작에 사용합니다.

키	동작
F	전체 맞춤 및 회전 중심 재설정
O	평행 투영과 원근 투영 전환
X · Y · Z	양의 축 방향에서 보기. Shift와 함께 누르면 음의 축 방향
I	등각 시점
Esc	영역 확대 취소

프로그램 공통 단축키는 다음과 같습니다.

키	명령
Ctrl+N	새 프로젝트
Ctrl+O	프로젝트 열기
Ctrl+S	저장
Ctrl+Shift+S	다른 이름으로 저장
Ctrl+Q	종료
F1	About

10. AI 연결

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

UVSim3D는 MCP(Model Context Protocol)를 지원하는 AI 클라이언트와 연결할 수 있습니다. 연결된 AI는 열린 프로젝트에 사양을 추가하고, 배치와 조건을 편집하고, 계산을 실행하며 결과를 확인할 수 있습니다. 변경 내용은 GUI에 반영되므로 사용자가 같은 프로젝트를 확인하고 편집할 수 있습니다.

작업을 요청할 때는 사용할 사양과 변경 조건을 구체적으로 지정하십시오. 예시는 다음과 같습니다.

- “프로젝트에 등록된 LP 램프와 슬리브를 사용해 램프 4개를 반지름 60 mm의 원형으로 배치하고, UVT 85, 90, 95 %에서 계산해 줘.”
- “현재 케이스를 복제하고 램프 간격만 80 mm로 변경한 뒤 P5를 비교해 줘.”
- “각 케이스에 램프 사이를 지나는 측정선을 추가해 줘.”

10.1 열린 GUI에 연결

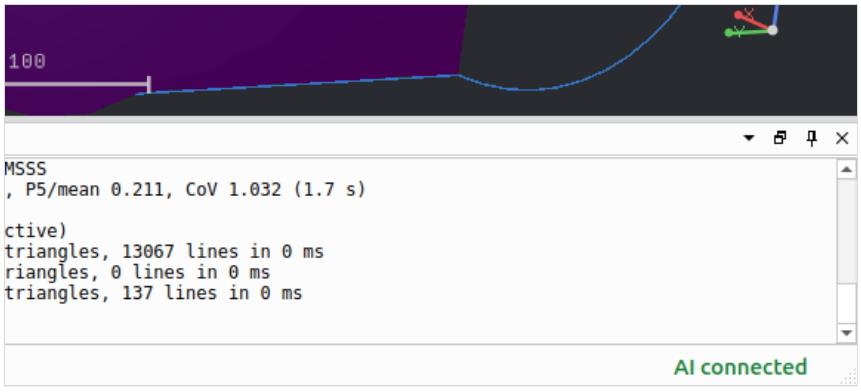
UVSim3D와 함께 설치된 `uvsim3d_mcp.exe`를 AI 클라이언트에 MCP 서버로 등록합니다. 다음은 기본 설치 경로를 사용하는 Claude Code의 등록 예시입니다.

```
claude mcp add uvsim3d-desktop -- "C:\Program Files\CLEW\UVSim3D\uvsim3d_mcp.exe" --attach
```

1. 실제 설치 경로에 맞춰 서버를 등록합니다.
2. UVSim3D를 실행하고 작업할 프로젝트를 엽니다. GUI는 AI 클라이언트보다 나중에 실행해도 됩니다.
3. AI 클라이언트에서 서버 연결 상태를 확인합니다.
4. UVSim3D 상태 표시줄에 초록색 **AI connected**가 표시되는지 확인합니다.

`--attach`는 열린 UVSim3D 창의 프로젝트에 연결하는 옵션입니다. 옵션을 생략하면 GUI와 별개의 세션에서 파일을 다루고 계산합니다. 열린 화면을 함께 편집하려면 `--attach`를 포함하십시오.

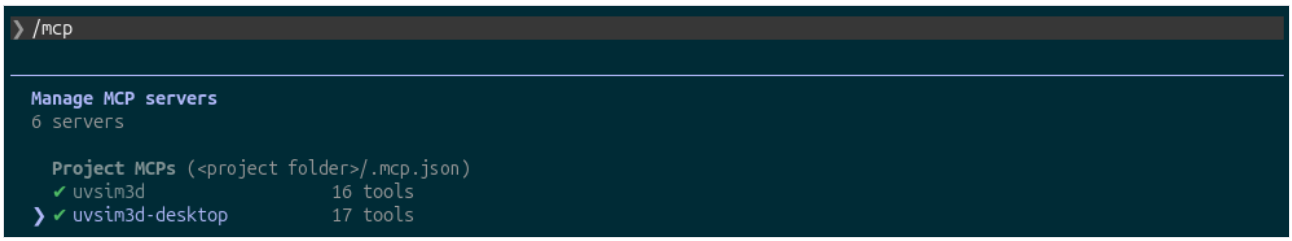
접속 정보와 인증 토큰은 GUI 실행 시 사용자 데이터 위치에 생성되며 보조 프로그램이 자동으로 읽습니다. 사용자가 토큰을 직접 입력할 필요는 없습니다. 연결은 같은 컴퓨터의 같은 사용자 계정에서 이루어집니다.



UVSim3D 상태 표시줄의 AI connected 표시

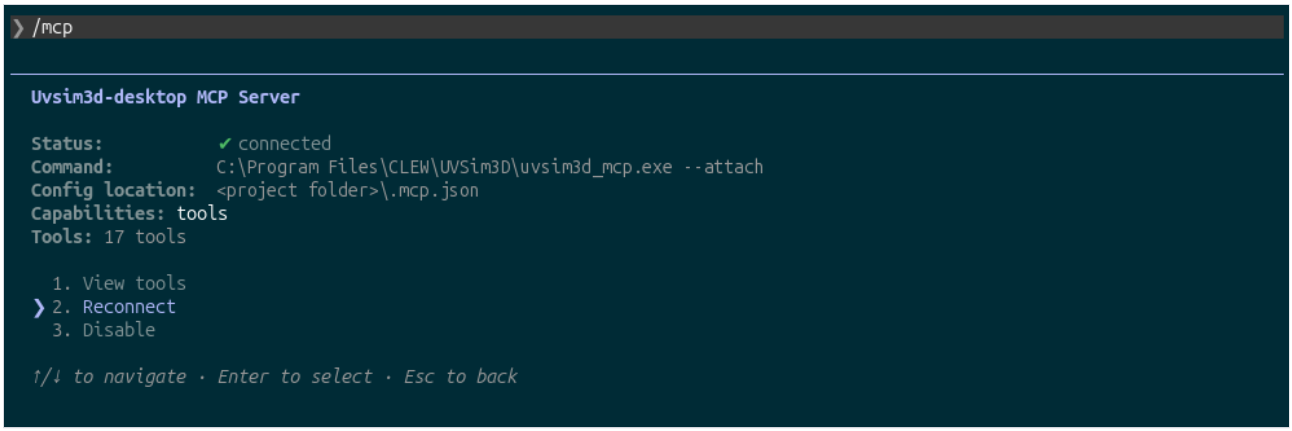
Claude Code에서 연결 확인 및 재연결

Claude Code에서 `/mcp`를 입력하여 등록된 서버와 연결 상태를 확인합니다. 서버를 선택하면 실행 명령, 설정 위치 및 사용 가능한 도구 정보가 표시됩니다.



Claude Code의 MCP 서버 목록과 연결 상태

UVSim3D 업데이트 후 연결이 갱신되지 않거나 AI가 도구를 찾지 못하면 서버 화면에서 **Reconnect**를 선택합니다.



MCP 서버 상세 화면의 Reconnect 명령

10.2 AI 작업 확인

AI를 통해 실행한 작업은 **Log**에 기록됩니다. 긴 계산을 기다리는 동안에는 대기 시작과 종료가 기록됩니다. AI는 3D View와 Chart 등의 이미지를 확인하며 작업 결과를 검토할 수 있습니다.

사용자는 Tree와 Properties에서 적용된 사양, 배치, UVT 및 결과 상태를 확인하십시오. AI의 설명과 함께 실제 프로젝트 입력과 계산 결과를 검토하는 것이 필요합니다.

10.3 변경 사항과 저장 관리

연결된 AI에는 저장 요청이 없으면 저장하지 않고, 저장하지 않은 변경이 있는 프로젝트를 다른 파일로 바꾸기 전에 확인하며, 결과를 좌우하는 미지정 값은 질문하도록 안내되어 있습니다. 이는 AI에 제공되는 작업 지침이며, 사용자가 저장 상태를 확인하는 절차를 대신하지 않습니다.

작업 후에는 다음 항목을 확인하십시오.

1. 사용한 램프·슬리브 사양과 계산 조건이 요청한 내용과 일치하는지 확인합니다.
2. 결과가 **out of date**이면 다시 계산합니다.
3. 결과를 보존하려면 직접 **File › Save**를 실행하거나 AI에 저장을 명시적으로 요청합니다.
4. 창 제목 끝의 `*`가 사라졌는지 확인합니다.

11. 파일, 설정, 문제 해결

대상 소프트웨어 버전: UVSim3D 4.0.0

11.1 프로젝트 열기와 저장

File 메뉴 명령	기능
New(Ctrl+N)	기본 길이 단위 mm, 케이스 1개인 새 프로젝트 생성
Open...(Ctrl+O) · **Open Recent**	.uvsim 파일 열기. 최근 파일은 최대 8개 표시
Save(Ctrl+S) · **Save As...**	저장 및 다른 이름으로 저장
Import Project JSON... · **Export Project JSON...**	격자·결과를 제외한 프로젝트 입력 가져오기·내보내기
Export Report (PDF)...	결과 보고서 내보내기(7장)
Exit(Ctrl+Q)	프로그램 종료

창 제목 끝의 `*`는 저장하지 않은 변경을 나타냅니다. 새 프로젝트 생성, 열기, 가져오기 또는 종료 시 변경 사항이 남아 있으면 다음 중 하나를 선택합니다.

선택	동작
Save	현재 프로젝트를 저장하고 계속 진행
Discard	저장하지 않은 변경을 버리고 계속 진행
Cancel	요청한 작업을 취소하고 현재 프로젝트 유지

11.2 .uvsim과 프로젝트 JSON

형식	포함 내용	주요 용도
.uvsim	램프·슬리브 사양 사본, 케이스, 조건, 단면·측정선, 격자 및 결과	작업 보관, 결과 검토 및 프로젝트 전달
프로젝트 JSON	격자·결과를 제외한 프로젝트 입력	입력 내용 검토, 버전 관리, 다른 도구와 배치 교환

`.uvsim` 파일을 다시 열면 저장된 결과를 확인할 수 있습니다. 프로그램은 현재 입력과 결과가 일치하는지도 확인합니다. 격자와 결과의 규모에 따라 파일 크기는 수 MB에서 수십 MB 이상이 될 수 있습니다. 저장 시에는 임시 파일 작성을 완료한 뒤 기존 파일을 교체합니다.

JSON을 내보내려면 **File › Export Project JSON...**을, 가져오려면 **File › Import Project JSON...**을 선택합니다. 가져온 입력에는 결과가 없으므로 격자 생성과 계산이 필요합니다.

11.3 사용자 데이터 위치

Windows의 기본 데이터 위치는 다음과 같습니다. 실제 경로는 **About**(F1) 창에서 확인할 수 있습니다.

데이터	위치
램프·슬리브 라이브러리	`%APPDATA%\CLEW\FluenceFlow\lamp_sleeve_library.sqlite`
패널 배치	`%APPDATA%\CLEW\FluenceFlow\UVSim3D\layout.xml`

라이브러리는 FluenceFlow와 공유합니다. 다른 컴퓨터에 사양을 전달하려면 라이브러리 창의 **Export JSON...**과 **Import JSON...**을 사용하십시오. 프로젝트에 포함된 사양 사본은 `.uvsim` 파일과 함께 전달됩니다.

11.4 익명 사용 통계 설정

Help › Send Anonymous Usage Statistics에서 전송 여부를 설정합니다. 기본값은 켬이며, 설정을 끄면 다음 실행부터 전송하지 않습니다.

구분	내용
전송 항목	프로그램 이름·버전, 빌드 종류, 라이선스 종류, 정상·비정상 종료 여부, 운영체제 및 CPU 정보
전송하지 않는 항목	프로젝트, 파일, 계산 결과, 램프 정보

11.5 Log 확인과 문의 자료

Log에는 작업 기록과 경고·오류가 표시됩니다. 경고는 주황색, 오류는 빨간색이며 최근 5,000줄을 보관합니다. 오른쪽 클릭 메뉴의 **Select All**과 **Copy**로 내용을 복사할 수 있습니다.

문제를 문의할 때는 About에 표시된 버전, 수행한 작업, 오류 메시지 및 관련 Log 내용을 함께 제공하십시오.

11.6 증상별 문제 해결

Add Bank를 사용할 수 없음

프로젝트에 램프와 슬리브 사양이 각각 하나 이상 있는지 확인합니다. **Lamp Library**와 **Sleeve Library**에서 **Add to Project**를 실행하십시오. 라이브러리에 사양이 있는 것만으로는 프로젝트에 추가되지 않습니다.

Compute 실행 전 문제 목록이 표시됨

1. **Solution**을 선택하고 Properties의 **Check**를 확인합니다.
2. 램프·슬리브 사양의 **Run**에 누락 항목이 있는지 확인합니다.
3. 램프 관의 바깥지름과 슬리브 안지름을 확인합니다.
4. 자동 Cylinder를 사용하는 경우 모든 램프 축이 평행한지 확인합니다.
5. 입력을 수정한 뒤 **Compute**를 다시 실행합니다.

자동 Cylinder를 생성할 수 없음

자동 원통은 모든 램프가 평행해야 합니다. **Box** 또는 **Sphere**를 선택하거나 **Given**으로 원통의 축과 치수를 직접 지정하십시오.

격자 생성이 중지되거나 실패함

Log와 Mesh Properties의 **Stopped** 내용을 확인합니다. **Boundary layers**가 **Smooth transition**이면 **First height**로 변경하거나 **Off**로 설정한 뒤 다시 생성합니다. 직접 지정한 **Min size**가 지나치게 작은지도 확인하십시오.

결과가 out of date로 표시됨

계산 이후 입력이 변경된 상태입니다. **Compute**를 실행하여 필요한 격자와 결과를 갱신하십시오. 변경 항목별 영향은 7장을 참조하십시오.

측정선 그래프가 중간에서 끊어짐

해당 구간이 슬리브 내부나 도메인 밖인지 확인합니다. 물 영역이 아닌 위치에는 결과값이 없습니다. 관심 영역을 통과하도록 측정선의 **From**과 **To**를 조정하십시오.

Comparison 측정선을 선택해도 그래프가 표시되지 않음

Comparison을 선택하고 Properties에서 비교할 케이스·UVT 결과를 체크합니다. 선택한 결과가 계산되었는지, 측정선이 각 케이스의 물 영역을 통과하는지도 확인하십시오.

숨긴 램프가 계산 결과에 영향을 줌

Tree 체크박스는 표시 여부만 제어합니다. 발광을 중지하려면 램프를 오른쪽 클릭하고 **Switch Off**를 선택하십시오. 슬리브의 차폐와 형상은 유지됩니다. 배치에서 완전히 제외하려면 **Remove Lamp**를 사용합니다.

프로젝트의 길이 단위를 변경하려는 경우

새 프로젝트의 기본 단위는 mm입니다. 다른 길이 단위의 프로젝트는 Project JSON으로 가져와야 합니다. 램프·슬리브 사양의 **Length unit**과 프로젝트 길이 단위는 별도로 관리되므로 함께 확인하십시오.