Lumetra 사용자 매뉴얼

초분광 영상 보정 및 데이터 처리 소프트웨어 v2.3.5.2

문서번호: K26-OD-197

작성일: 2026-10-28

버전	날짜	내용
v1.0.0.0 demo	2026-09-15	반사율 보정 및 색좌표 계산 기능 구현
v1.1.0.0 demo	2026-09-21	반사율 스펙트럼 csv 소수 자릿수 조정
v2.0.0.0 demo	2026-09-22	프로그램 명칭 변경, 사용자 인터페이스 개편, 기준 반사율 파일 적용
v2.1.0.0	2026-09-29	분광지수 분석 기능 적용: 기본 지수, 밴드 연산, 사용자 정의 수식
v2.1.1.0	2026-10-02	프로그램 아이콘 추가
v2.2.0.0	2026-10-08	SAM 분류 기능 적용: 클래스 구성 및 학습 ROI 지정, *.*.1.* 실시간 표시 항목 보완, 화면 글꼴, 문구 및 설정 화면 개선
v2.2.2.0	2026-10-12	ROI 조작 및 영상 창 전환 개선, 분석 결과 ENVI 저장, 불러오기, 클래스 스펙트럼 저장 추가, *.*.*.1 입력 영상 창 기능 및 안내 문구 보완, *.*.*.2 실행 환경 및 .NET Framework 4.8 요구사항 안내 추가, *.*.*.3 빌드 구성 개선
v2.3.0.0	2026-10-13	오프라인 라이선스 기능 적용
v2.3.1.0	2026-10-13	프로그램 종료 시 확인 창 추가
v2.3.1.1	2026-10-16	배포 화면 및 파일 요소 조정
v2.3.2.0	2026-10-16	White ROI 및 Dark 보정 절차 개선, 시각화 조작 인터페이스 개선
v2.3.3.0	2026-10-22	Windows 화면 배율 대응 및 작업 패널 인터페이스 개선
v2.3.4.0	2026-10-24	최적화 및 유지보수
v2.3.5.0	2026-10-27	오류 및 작업 로그, *.*.*.1 로그 항목 추가, *.*.*.2 외부 반사율 허용 추가

목차

제 1 부 Lumetra 소개와 화면 구성 6

1 Lumetra 소개 6

1.1 프로그램의 목적 6

1.2 주요 기능 6

1.3 기본 작업 흐름 7

1.4 용어와 영상 창 구분 7

2 설치와 실행 8

2.1 배포 폴더와 실행 환경 8

2.2 프로그램 실행과 버전 확인 8

2.3 권장 작업 환경과 안전한 종료 8

3 전체 화면 구성 9

3.1 화면을 읽는 기본 순서 9

3.2 상단 툴바 10

3.3 좌측 작업 영역 11

3.4 중앙 영상 작업 영역 14

3.5 우측 분석·결과 영역 15

3.6 하단 상태 표시줄과 비활성 명령 16

3.7 성능 설정 16

3.8 프로그램 정보 16

4 오프라인 라이선스 활성화 17

제 2 부 영상 열기와 기본 데이터 확인 19

5 영상 열기와 영상 창 19

5.1 초분광 영상 파일 구성 19

5.2 영상 열기 19

5.3 원본 영상 창과 반사율 영상 창 21

5.4 지수 영상 창과 분류 영상 창 22

5.5 영상 창 하단 표시 정보 23

5.6 새 영상을 열 때의 확인 사항 23

6 정보 확인과 시각화 설정 24

6.1 정보 탭에서 파일과 데이터 확인 24

6.2 RGB 밴드 조합과 단일 밴드 25

6.3 스트레치와 표시 조정 26

6.4 화면 조작 27

7 ROI 와 스펙트럼 데이터 28

7.1 ROI 의 목적과 선택 28

7.2 ROI 지정 28

7.3 스펙트럼 데이터와 그래프 29

7.4 비정상 스펙트럼 30

7.5 저장 30

제 3 부 반사율 보정 32

8 반사율 보정의 이해와 준비 32

8.1 반사율 보정의 목적 32

8.2 반사율 보정 방식 33

8.3 보정 방식 선택 기준과 사전 점검 33

8.4 Dark·White 입력과 기준 반사율 33

9 반사율 보정 실행과 결과 확인 35

9.1 공통 보정 절차 35

9.2 사용자 ROI 평균 보정 37

9.3 라인스캔 White 파일 보정 39

9.4 라인스캔 사용자 ROI 보정 40

9.5 화각 대응 White 파일 보정 41

9.6 기준 반사율 파일 적용 42

9.7 진행·취소와 반사율 결과 확인 44

9.8 보정 결과가 이상할 때 45

제 4 부 분석 기능 46

10 분석 기능 공통 사항 46

10.1 분석 전 확인과 활성 영상 창 46

10.2 공통 해석 원칙 46

11 색좌표 분석 47

11.1 계산 입력과 ROI 47

11.2 계산 조건과 실행 47

11.3 결과 표와 색공간 48

11.4 색차와 저장 49

12 분광지수 분석 50

12.1 작업 흐름과 입력 영상 창 50

12.2 기본 지수와 목표 파장 50

12.3 밴드 연산과 사용자 정의 수식 52

12.4 결과 영상과 지수 통계 53

12.5 분광지수 결과 저장과 오류 점검 54

13 SAM 분류 분석 55

13.1 분류 원리와 작업 영역 55

13.2 입력 영상과 클래스 구성 55

13.3 학습 ROI 작성과 클래스 스펙트럼 55

13.4 임계각 설정 57

13.5 분류 실행과 결과 검토 57

13.6 분류 통계 58

13.7 분류 조건 관리 59

13.8 분류 결과 저장과 열기 59

13.9 분류 결과가 이상하거나 실행되지 않을 때 60

제 5 부 결과 저장과 작업 관리 61

14 저장과 내보내기 61

14.1 저장 기능의 구분 61

14.2 툴바 저장 메뉴 61

14.3 반사율 ENVI 와 기능별 저장 61

14.4 저장 전 확인 사항 62

15 오류와 예외 대응 63

15.1 라이선스 오류 63

15.2 영상 열기 오류 63

15.3 영상 표시 오류 63
15.4 반사율 보정 오류 63
15.5 색좌표·분광지수·분류 오류 64
15.6 저장 오류와 처리 지연 65
15.7 오류 로그 확인 및 기술 지원 요청 65

부록 66

A 빠른 작업 절차 66

A.1 영상 열기와 RGB 확인 66
A.2 반사율 보정 66
A.3 색좌표 분석 66
A.4 분광지수 분석 66
A.5 SAM 분류 67

B 보정 방식 선택 요약 67

B.1 사용자 ROI 평균 보정 67
B.2 라인스캔 White 파일 보정 67
B.3 라인스캔 사용자 ROI 보정 67
B.4 화각 대응 White 파일 보정 67

C 지원 파일과 주요 결과 68

C.1 영상 및 기준 반사율 입력 68
C.2 보정 및 분석 출력 68

D 주요 용어 68

D.1 ENVI 헤더와 인터리브 68
D.2 ROI 와 White·Dark 68
D.3 NoData 와 색상맵 69
D.4 분광지수 69
D.5 SAM, 분광각과 임계각 69
D.6 클래스맵, Rule Image 와 Minimum Angle 69

문의 및 기술 지원 70

제 1 부 Lumetra 소개와 화면 구성

1 Lumetra 소개

1.1 프로그램의 목적

Lumetra 에서는 초분광 영상의 공간 정보와 파장별 분광 정보를 한 작업 공간에서 확인할 수 있습니다. RGB 밴드 조합으로 영상을 살펴보거나 단일 밴드를 표시하고, 관심 영역(ROI)을 지정해 해당 위치의 스펙트럼을 확인할 수 있습니다.

원본 영상을 반사율로 변환해야 할 때는 White 기준과 필요한 경우 Dark 기준을 이용해 반사율 보정을 수행합니다. 보정 영상의 스펙트럼을 비교하고, 색좌표와 색차를 계산하거나 분광지수·밴드 연산을 적용할 수 있습니다.

SAM(Spectral Angle Mapper) 분류에서는 클래스별 학습 ROI 로 기준 스펙트럼을 구성하고, 각 픽셀 스펙트럼과 기준 스펙트럼의 분광각을 비교합니다. 분류 결과는 클래스맵과 입력 영상·오버레이로 확인하고 클래스별 픽셀 통계를 검토할 수 있습니다.

하나의 분석 작업은 여러 작업 영역을 오가며 진행됩니다. 예를 들어 SAM 분류는 우측 분류 탭에서 클래스를 구성하고 중앙 영상에서 학습 ROI 를 지정한 뒤, 중앙 분류 영상과 우측 하단 분류 통계에서 결과를 검토합니다. 각 영역의 역할과 연결 순서를 함께 익히면 작업 상태를 파악하기 쉽습니다.

1.2 주요 기능

- ENVI 헤더 파일과 연결된 영상 데이터 열기
- RGB 밴드 조합 및 단일 밴드 표시
- Percentile 및 Min Max 스트레치 적용
- 밝기, 대비, 감마, 색상맵, 격자 표시 조정
- 사각형·원형·다각형·선형·자유형·포인트 ROI
- ROI 별 평균 스펙트럼과 선택 ROI 의 파장별 최소·최대 범위 확인
- 다양한 반사율 보정 방식 지원 - 사용자 ROI 평균 보정, 라인스캔 White 파일 보정, 라인스캔 사용자 ROI 보정, 화각 대응 White 파일 보정
- 고정 값 또는 파장별 기준 반사율 적용
- CIE 표준 관찰자와 기준 광원에 따른 색좌표·색차 계산
- 기본 분광지수, 밴드 연산, 사용자 정의 수식 계산
- 분광지수 히스토그램과 ROI 통계 확인
- SAM 클래스 및 학습 ROI 구성, 임계각 기반 분류와 클래스별 통계 확인

- 클래스맵·입력 영상·오버레이 비교 및 선택 클래스 강조
- 학습 조건 JSON 내보내기와 불러오기
- 영상, 스펙트럼, 색좌표, 통계, 지수 및 분류 결과 저장
- Lumetra 에서 저장한 분광지수·분류 ENVI 결과 다시 열기
- 인터넷 연결 없이 설치 코드에 대응하는 라이선스 활성화

1.3 기본 작업 흐름

일반적인 작업은 영상 열기, 데이터 확인, 표시 조정, 필요한 처리·분석, 결과 검토와 저장 순서로 진행합니다.

1. 상단 툴바의 열기에서 ENVI 헤더 파일을 선택합니다.
2. 좌측 정보 탭에서 파일 경로, 데이터 형식, 영상 크기와 파장 정보를 확인합니다.
3. 좌측 시각화 탭에서 RGB 밴드 조합 또는 단일 밴드 표시를 설정합니다.
4. 분석 목적과 활성 창에 맞는 ROI 도구를 선택해 영상에 관심 영역을 지정합니다.
5. 우측 스펙트럼 데이터와 하단 스펙트럼 그래프에서 ROI 의 분광 특성을 확인합니다.
6. 원본 영상 데이터는 좌측 보정 탭에서 반사율 보정을 수행하고 결과를 확인합니다.
7. 우측 색좌표, 분광지수 또는 분류 탭에서 필요한 분석을 진행합니다.
8. 결과 영상과 관련 표·그래프·통계를 검토하고 각 저장 기능으로 필요한 산출물을 내보냅니다.

1.4 용어와 영상 창 구분

원본 영상, 반사율 영상, 지수 영상, 분류 영상은 중앙 작업 영역의 영상 창을 가리킵니다. 사용자가 열기로 불러온 원본 영상과 다른 프로그램에서 보정한 초분광 영상은 기본적으로 원본 영상 창에 표시됩니다. Lumetra 의 보정 기능으로 생성한 반사율 영상은 중앙 반사율 영상 창에 표시됩니다. 분광지수·밴드 연산 결과는 지수 영상 창에서, SAM 분류 결과는 분류 영상 창에서 확인합니다.

ROI(Region of Interest)는 분석·보정·통계에 사용할 영상 내 관심 영역입니다. White ROI 는 반사율 보정 기준을 산출하고, 일반 분석 ROI 는 스펙트럼·색좌표·분광지수 통계에 사용합니다. 분류 탭에서 클래스를 선택한 상태로 작성하는 ROI 는 해당 클래스의 학습 ROI 가 됩니다.

클래스는 사용자가 같은 재질이나 상태로 분류하려는 대상을 하나의 이름과 색으로 묶은 항목입니다. 클래스맵은 픽셀별 분류 결과를 클래스별 색으로 표시합니다. 임계각 조건을 충족하는 클래스가 없는 픽셀은 미분류로 남을 수 있습니다.

밴드는 초분광 영상의 파장 채널입니다. 헤더의 파장 메타데이터가 유효하면 밴드 번호와 파장을 함께 확인할 수 있습니다. 파장 단위가 누락되거나 잘못된 영상은 일부 계산에서 단위 확인 또는 선택이 필요합니다.

2 설치와 실행

2.1 배포 폴더와 실행 환경

Lumetra 는 폴더 배포 형태로 제공됩니다. 일부 파일이나 하위 폴더를 이동·삭제하면 실행 또는 분석 기능이 정상 동작하지 않을 수 있습니다.

64 비트 Windows 환경과 Microsoft .NET Framework 4.8 이상을 사용합니다. 최신 .NET 이 설치되어 있더라도 .NET Framework 4.8 이 별도로 필요할 수 있습니다. 실행되지 않으면 배포 폴더의 `README.txt` 를 확인하고 필요한 구성 요소를 설치합니다.

다른 PC 로 배포 폴더를 옮길 때는 폴더 전체를 복사합니다. 기존 버전과 새 버전의 파일을 한 폴더에 섞지 말고 버전별 폴더를 사용하면 파일 혼동을 줄일 수 있습니다. PC 이전 시 라이선스 재발급이 필요할 수 있습니다.

2.2 프로그램 실행과 버전 확인

1. 배포 폴더의 `README.txt` 에서 실행 환경과 필수 구성 요소를 확인합니다.
2. 배포 폴더에서 `KISLab_Lumetra.exe` 를 실행합니다.
3. 메인 화면이 열리면 상단 툴바의 프로그램 정보를 선택합니다.
4. 표시된 파일 버전을 확인합니다.

2.3 권장 작업 환경과 안전한 종료

초분광 영상은 밴드 수와 공간 해상도에 따라 파일이 크고 처리 중 메모리·디스크 사용량이 커질 수 있습니다. 작업 전에 원본 크기와 결과 저장 드라이브의 여유 공간을 확인합니다. 가능하면 로컬 SSD 에서 처리하고, 네트워크 드라이브나 이동식 저장장치에 직접 저장할 때는 연결 상태를 확인합니다.

처리 중에는 하단 상태 표시줄의 진행률과 취소 가능 여부를 확인합니다. 취소 요청 후 정리 작업이 끝나기 전에 같은 작업을 다시 시작하지 않습니다. 보정·저장 작업 중 프로그램을 강제로 종료하면 결과 파일이 완전하지 않을 수 있습니다.

프로그램을 닫기 전에 필요한 영상과 분석 결과를 저장했는지 확인합니다. 화면 표시 상태나 ROI 가 독립된 프로젝트로 모두 자동 저장되는 것은 아니므로 필요한 산출물은 각 기능의 저장 명령으로 내보냅니다.

3 전체 화면 구성

3.1 화면을 읽는 기본 순서

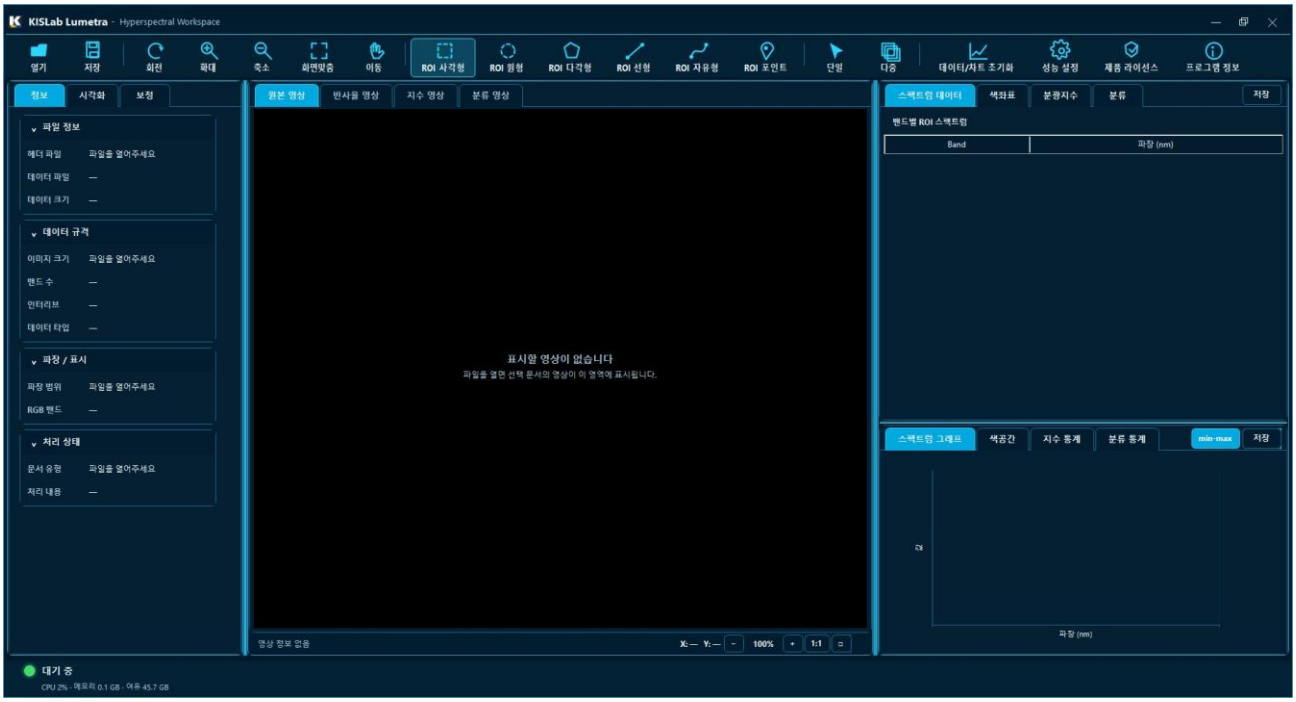


그림 3-1 Lumetra 메인 화면

메인 화면은 상단 툴바, 좌측 작업 패널, 중앙 영상 작업 영역, 우측 분석·결과 패널, 하단 상태 표시줄로 구성됩니다. 작업을 시작할 때 중앙 영상뿐 아니라 현재 활성 영상 창과 좌우 패널의 선택 상태를 함께 확인합니다.

상단 툴바는 영상 열기·저장, 화면 조작, ROI 작성, 데이터 초기화 및 프로그램 설정에 사용합니다. 좌측 패널은 정보, 시각화, 보정 탭으로 영상의 메타데이터와 표시 방식, 반사율 보정을 관리합니다. 중앙 영상 작업 영역에는 원본 영상 창, 반사율 영상 창, 지수 영상 창, 분류 영상 창이 표시됩니다. 우측 상단에는 스펙트럼 데이터, 색좌표, 분광지수, 분류 탭이 있고, 우측 하단에는 스펙트럼 그래프, 색공간, 지수 통계, 분류 통계가 표시됩니다.

영상이 열려 있지 않거나 필요한 ROI·계산 결과가 준비되지 않았거나 다른 작업이 진행 중인 경우에는 일부 명령이나 창이 비활성화됩니다. 라이선스가 활성화되지 않은 경우에는 영상 열기가 제한됩니다. 버튼이 비활성화됐을 때는 활성 영상 창, 입력 자료, ROI·결과 준비 상태, 작업 진행 여부 및 라이선스 상태를 차례로 확인합니다.

3.2 상단 툴바



그림 3-2 툴바 – 열기, 저장

열기는 *.hdr 헤더를 선택해 영상 데이터와 함께 불러옵니다. 저장은 현재 활성 영상 창에 사용할 수 있는 저장 메뉴를 엽니다.

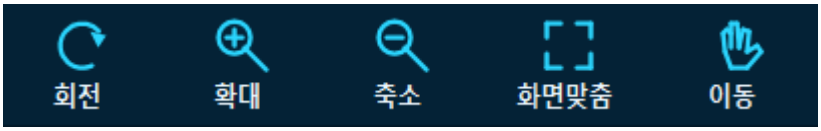


그림 3-3 툴바 – 이미지 조정

도구막대의 회전, 확대, 축소, 화면맞춤, 이동은 화면 표시를 조정하며 픽셀 값을 변경하지 않습니다.

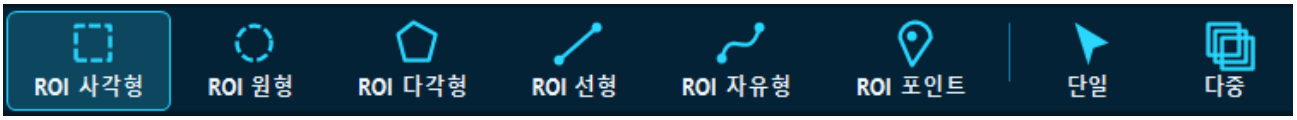


그림 3-4 툴바 – ROI 선택

ROI 사각형, ROI 원형, ROI 다각형, ROI 선형, ROI 자유형, ROI 포인트는 영상에서 관심 영역을 작성하는 도구입니다. 단일과 다중은 ROI 선택·작성 모드를 바꿉니다.



그림 3-5 툴바 – 데이터/차트 초기화

데이터/차트 초기화는 현재 작업의 ROI 와 차트·분석 상태를 초기화할 때 사용합니다. 초기화 전에 저장하지 않은 결과가 남아 있는지 확인합니다.

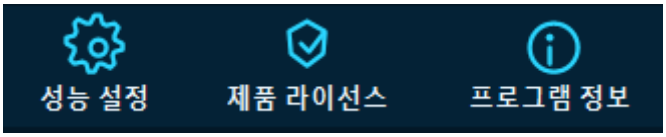


그림 3-6 툴바 – 성능 설정, 제품 라이선스, 프로그램 정보

성능 설정은 작업 환경에 맞는 처리 설정을 조정하고, 제품 라이선스는 설치 코드와 현재 라이선스를 관리합니다. 프로그램 정보에서는 제품과 파일 버전을 확인합니다.

3.3 좌측 작업 영역



그림 3-7 파일 정보 탭

정보 탭은 헤더·데이터 파일, 영상 크기, 밴드 수, 인터리브, 데이터 타입, 파장 범위, RGB 밴드와 현재 선택된 영상 창과 처리 상태를 확인하는 곳입니다. 영상이 의도한 데이터로 열렸는지 먼저 점검할 때 사용합니다.

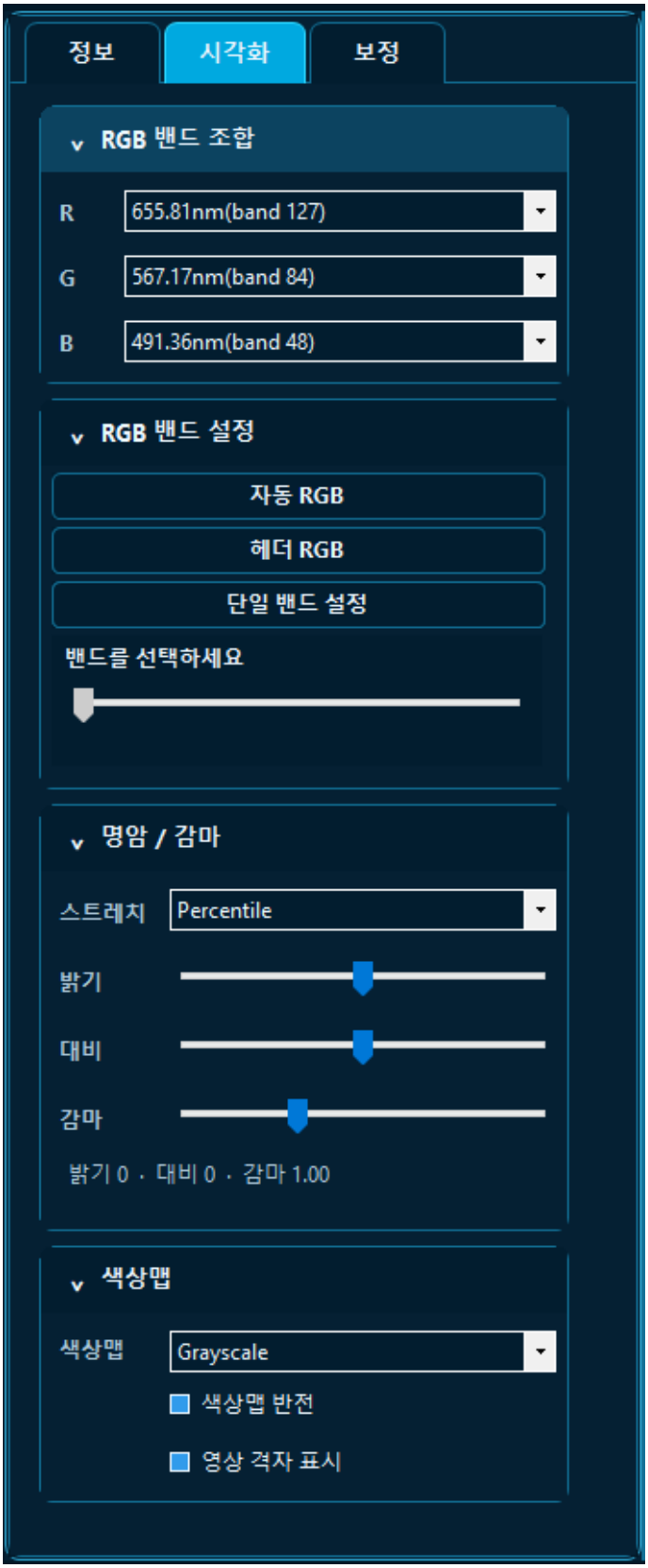


그림 3-8 영상 시각화 조정 탭

시각화 탭에서는 RGB 밴드 조합, 자동 RGB·헤더 RGB, 단일 밴드, 스트레치, 밝기·대비·감마, 색상맵과 격자를 설정합니다. 표시 설정은 화면의 표현을 바꾸며 저장된 원시 픽셀 값 자체를 보정하지 않습니다.



그림 3-9 반사율 보정 탭

보정 탭에서는 네 가지 반사율 보정 방식, Dark·White 입력, 기준 반사율, 출력 경로를 설정합니다. 보정은 원본 영상과 기준 자료를 사용해 새 결과를 생성하며, Lumetra 에서 완료된 반사율 결과는 중앙 반사율 영상 창에서 확인합니다.

3.4 중앙 영상 작업 영역

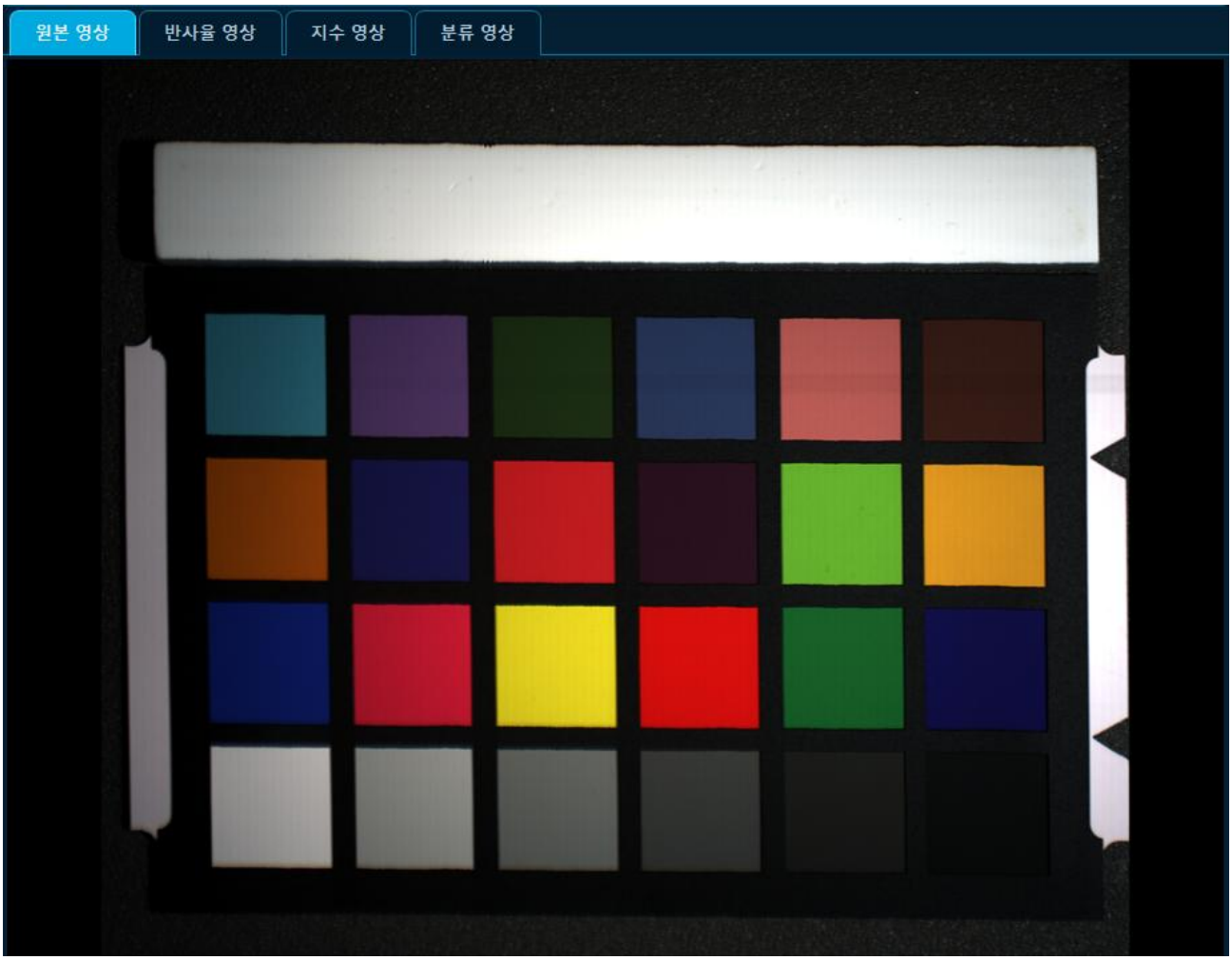


그림 3-10 중앙 영상 작업 영역

중앙 작업 영역은 원본 영상 창, 반사율 영상 창, 지수 영상 창, 분류 영상 창을 탭으로 전환합니다. 센서에서 취득한 원본 영상이나 외부 프로그램에서 보정한 초분광 영상은 원본 영상 창에 표시됩니다. (단, 헤더 정보에서 보정 내용이 확인될 경우 반사율 영상 창에 표시) Lumetra 의 보정 작업으로 만든 결과는 반사율 영상 창에 표시됩니다. 분광지수·밴드 연산 결과는 지수 영상 창에서, SAM 분류 결과는 분류 영상 창에서 확인합니다.

아직 사용할 수 없는 영상 창은 비활성 상태일 수 있습니다. 보정·분석을 완료하거나 지원되는 결과 파일을 불러오면 해당 영상 창이 활성화됩니다. 영상 창별 확대율·이동 위치·표시 설정·ROI 는 구분되어 관리되므로 영상 창 탭을 전환했을 때 보기가 달라져도 데이터 값은 변경되지 않습니다.

분류 영상의 비교 도구에서는 클래스맵, 입력 영상, 오버레이를 전환하고 투명도, 학습 ROI, 선택 클래스 강조를 조정할 수 있습니다. 저장된 분류 결과만 다시 연 경우에는 연결된 입력 영상이나 분류 실행 상태가 없어 일부 비교 기능이 제한될 수 있습니다.

3.5 우측 분석·결과 영역

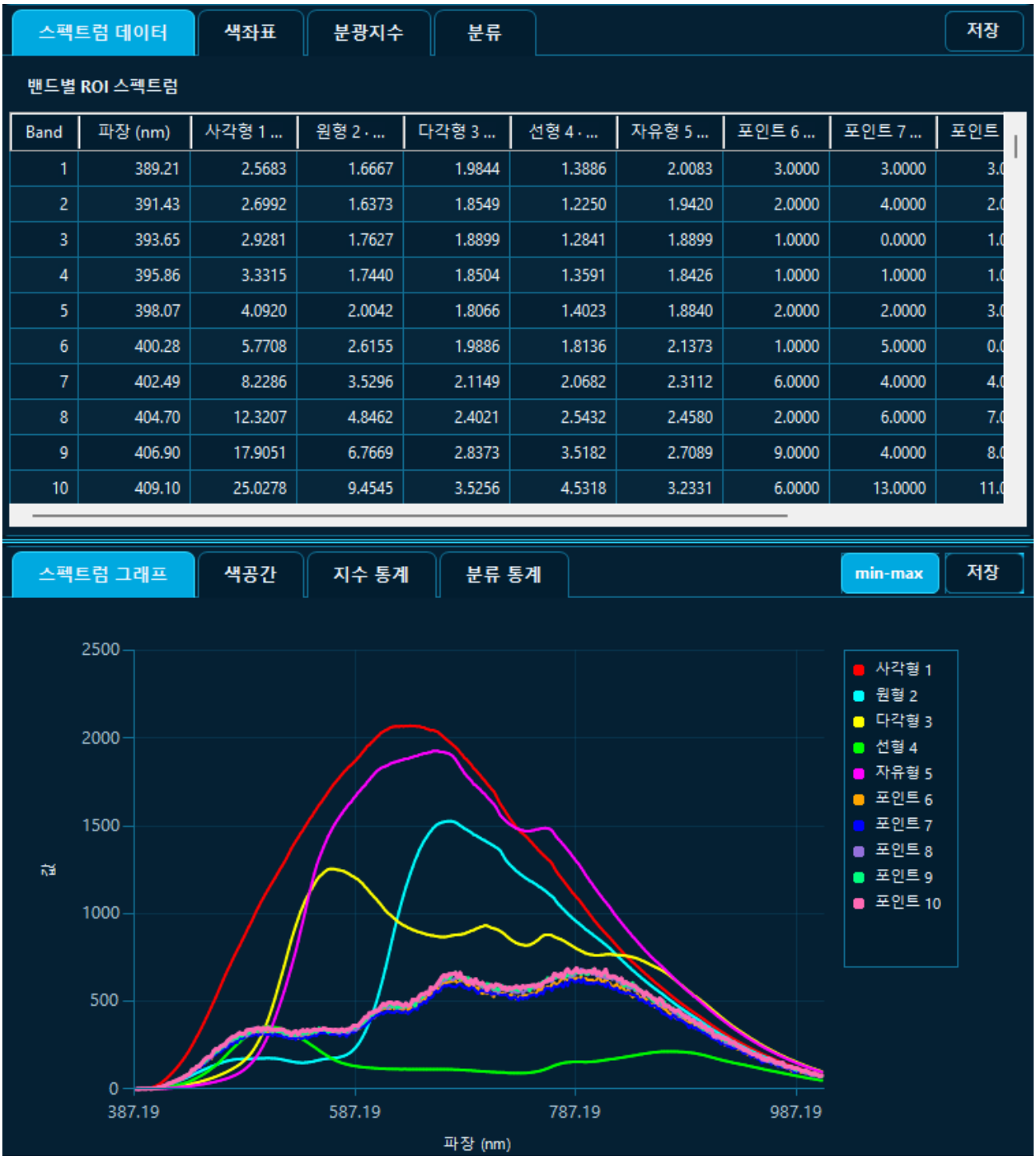


그림 3-11 분석 및 결과 표시 영역

상단 탭은 분석 조건과 결과 표를 제공하고, 하단 탭은 선택된 기능에 대응하는 그래프·통계를 표시합니다. 한 작업에서 두 영역을 함께 사용합니다. ROI 의 분광 특성은 스펙트럼 데이터와 스펙트럼

그래프, 색좌표 계산은 색좌표와 색공간, 지수 분석은 분광지수와 지수 통계, SAM 분류는 분류와 분류 통계를 연결해 확인합니다. 각 탭의 저장은 해당 기능에서 지원하는 저장 포맷을 표시합니다. 분류 탭의 `export` 와 `import` 는 분류 결과 저장이 아니라 학습 조건을 내보내고 불러오는 명령입니다.

3.6 하단 상태 표시줄과 비활성 명령



그림 3-12 하단 상태 표시 창

하단 상태 표시줄은 최근 작업과 진행률, 취소 버튼, CPU·메모리 사용량을 표시합니다. 대용량 파일을 불러오거나 계산할 때는 진행률과 상태 문구가 완료로 바뀌는지 확인합니다. 취소 버튼은 취소를 지원하는 작업 중에만 표시됩니다.

3.7 성능 설정

Lumetra 가 영상 처리에 사용할 자원을 컴퓨터의 성능에 맞게 설정합니다.

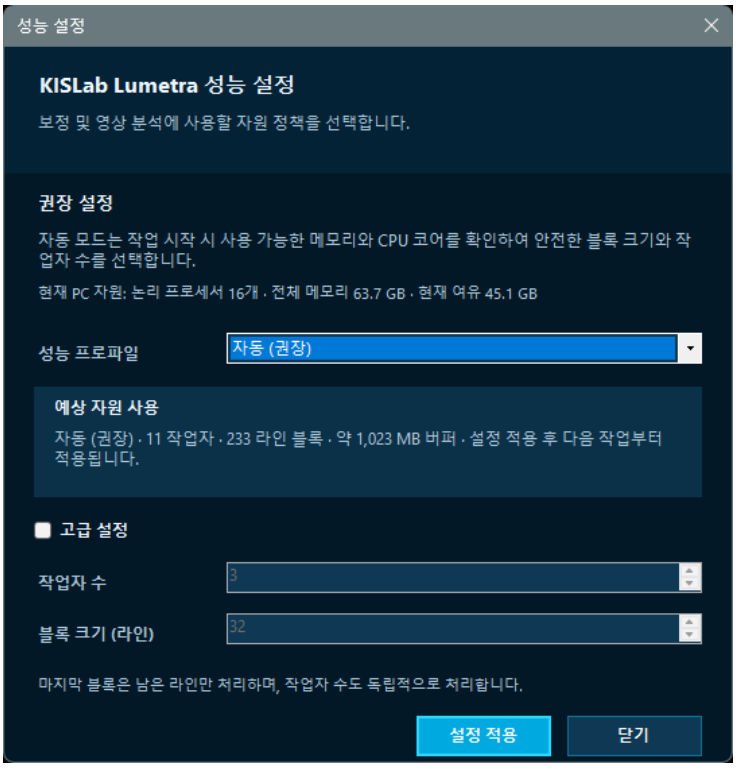


그림 3-13 권장 설정과 안정 우선, 성능 우선 모드 지원

3.8 프로그램 정보

Lumetra 의 제품 정보와 프로그램 버전을 확인합니다.

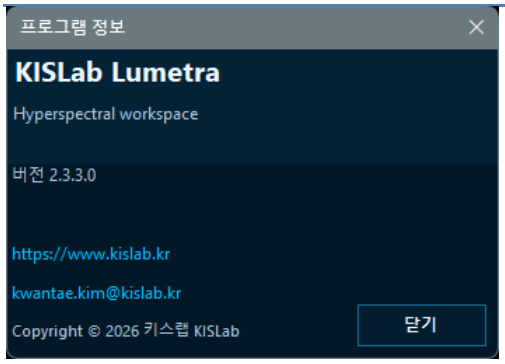


그림 3-14 KISLab Lumetra v2.3.3.0

4 오프라인 라이선스 활성화

Lumetra 는 인터넷 인증 서버에 연결하지 않고 해당 PC 에 귀속하는 오프라인 라이선스를 사용합니다.

1. 상단 툴바에서 제품 라이선스를 선택합니다.
2. 설치 코드 옆의 코드 복사를 선택하고, 복사한 코드를 키스랩 또는 구매한 라이선스 공급업체에 전달해 해당 PC 용 라이선스를 요청합니다.
3. 발급받은 라이선스 코드를 입력란에 붙여 넣거나 `*.lic` 파일 불러오기를 선택 후 활성화합니다.
4. 정상적으로 라이선스가 활성화되면 하단에 라이선스 정보가 표시됩니다.

PC 교체나 일부 하드웨어 변경으로 설치 코드가 달라지면 기존 라이선스가 유효하지 않을 수 있습니다. 활성화 오류, 갱신 및 신규 발급 문의는 키스랩 또는 공급업체를 통해 진행하시기 바랍니다.



그림 4-1 제품 라이선스 정보

제 2 부 영상 열기와 기본 데이터 확인

5 영상 열기와 영상 창

5.1 초분광 영상 파일 구성

Lumetra 에서는 `*.hdr` 헤더 파일을 선택해 영상을 엽니다. 헤더에는 가로 샘플 수, 세로 라인 수, 밴드 수, 데이터 타입, 인터리브, 바이트 순서, 데이터 파일 경로, 파장과 단위 등이 기록됩니다. 실제 영상 데이터는 `.dat` `.raw` `.img` `.spe` `.bin` 등 대응 데이터 파일에 저장될 수 있습니다.

헤더와 데이터 파일은 한 쌍으로 보관해야 합니다. 헤더만 이동하거나 파일명이 서로 다르면 영상이 열리지 않거나 잘못 해석될 수 있습니다. 폴더를 옮긴 뒤 열기에 실패하면 헤더의 데이터 파일 경로와 실제 파일명이 일치하는지 확인합니다.

5.2 영상 열기

1. 라이선스가 활성화되어 있는지 확인합니다. 미활성화 상태라면 먼저 제품 라이선스에서 활성화합니다.
2. 상단 툴바에서 열기를 선택합니다.
3. 'ENVI 헤더(.hdr) 파일 선택' 창에서 대상 헤더 파일을 선택합니다.

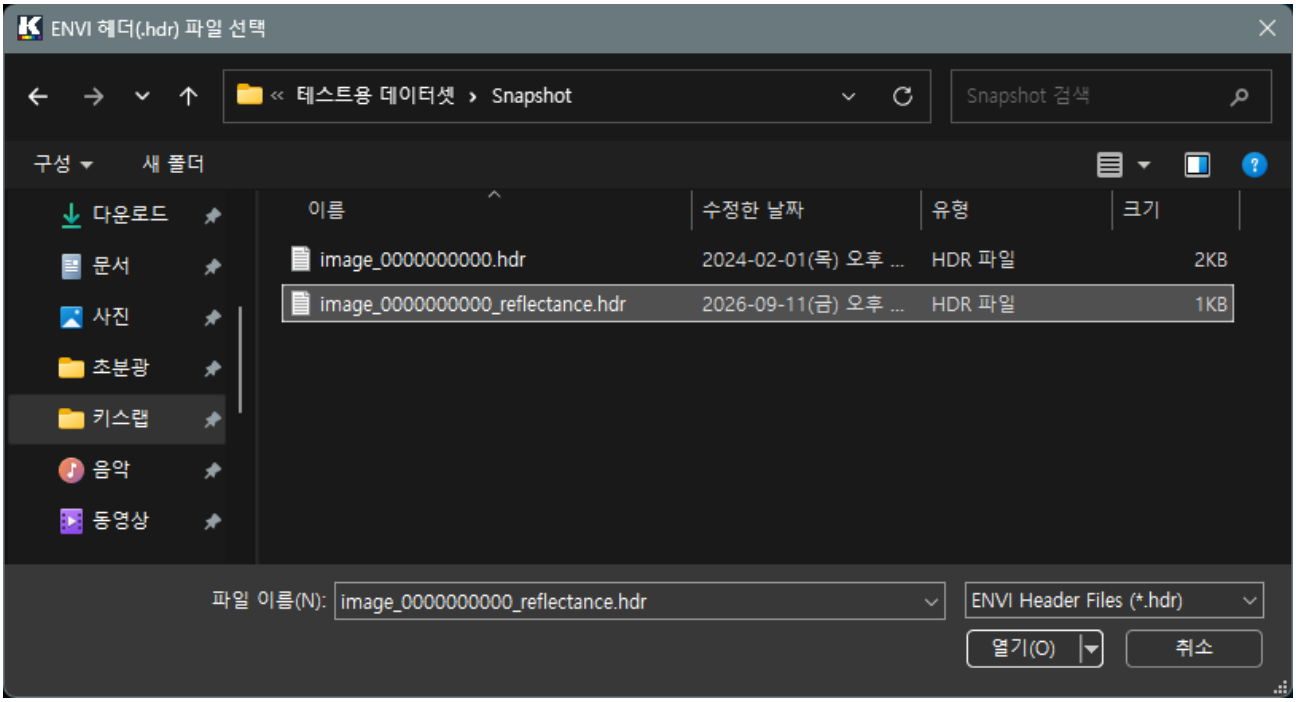


그림 5-1 초분광 영상 열기 후 헤더 파일 선택

4. 하단 상태 표시줄의 불러오기 진행률이 완료될 때까지 기다립니다.
5. 영상이 중앙 작업 영역에 표시되면 좌측 정보 탭에서 헤더·데이터 파일과 영상 규격을 확인합니다.

6. 원본 영상 또는 일반 외부 반사율 보정 영상은 원본 영상 창에, Lumetra 의 반사율 보정 결과는 반사율 영상 창에 표시되는지 확인합니다. 외부 반사율 보정 영상도 헤더 정보에서 보정 내용 확인이 가능한 경우에는 반사율 영상 창에 표시됩니다.

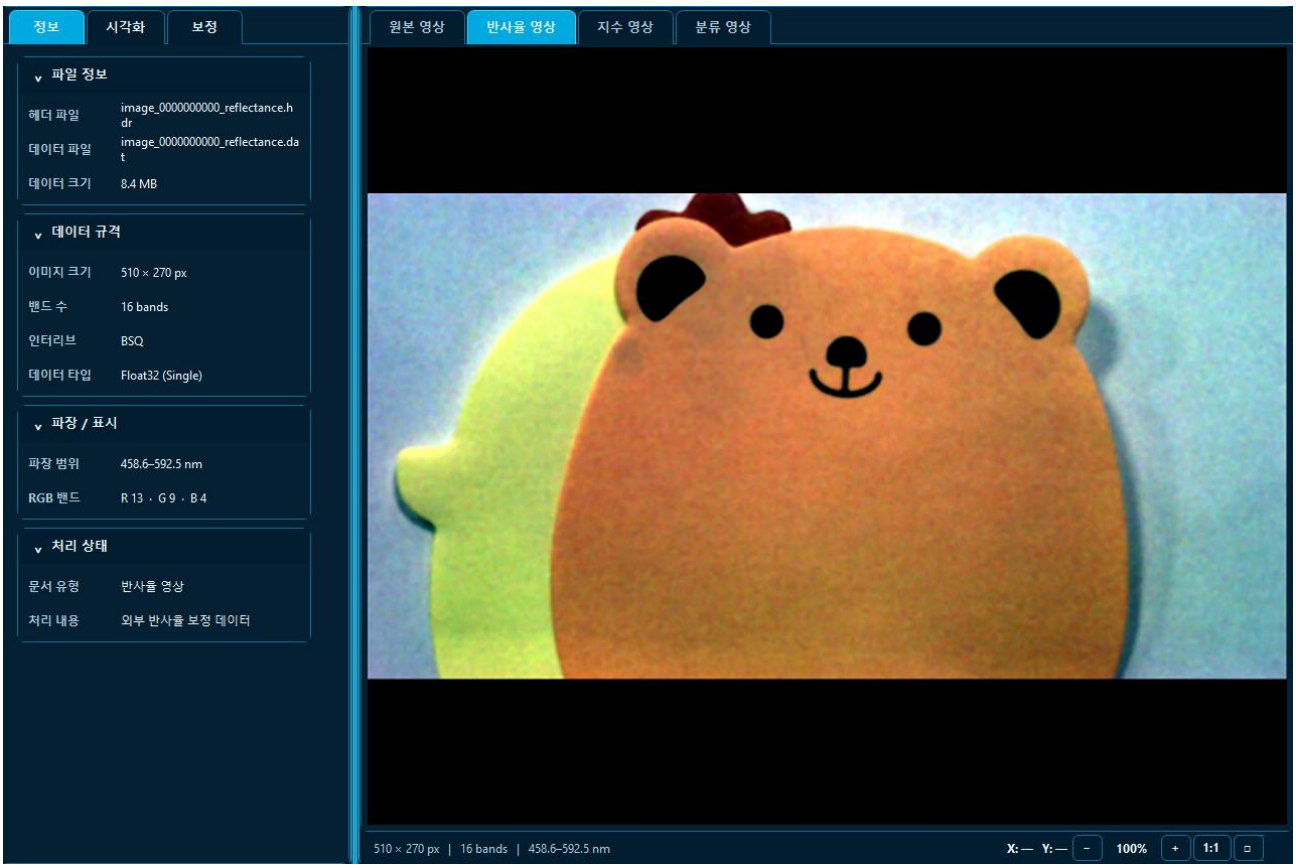


그림 5-2 영상 열기 예 – 외부 반사율 보정 파일은 헤더에서 내용이 확인된 경우 반사율 보정 창에서 열립니다.

5.3 원본 영상 창과 반사율 영상 창

원본 영상 창에는 센서에서 취득한 원본 영상 또는 외부 보정 영상이 표시됩니다.



그림 5-3 원본 영상 열기 및 영상 정보

반사율 영상 창에는 Lumetra 의 반사율 보정으로 생성한 결과 및 외부 보정 영상 중 헤더에서 반사율 보정 내용이 확인되는 결과가 표시됩니다.



그림 5-4 반사율 영상 열기 및 영상 정보

각 창에서의 표시 설정과 ROI 작업은 독립적으로 관리됩니다.

5.4 지수 영상 창과 분류 영상 창

분광지수 탭에서 작업을 완료하면 지수 영상 창이 활성화됩니다. 원본·반사율 영상 창과 독립적으로 관리되며, 하단 지수 통계에서 선택 범위에 대한 히스토그램과 통계 값을 확인할 수 있습니다.

Lumetra 에서 ENVI 포맷으로 저장한 분광지수 데이터를 불러오면 지수 영상 창에서 표시됩니다.

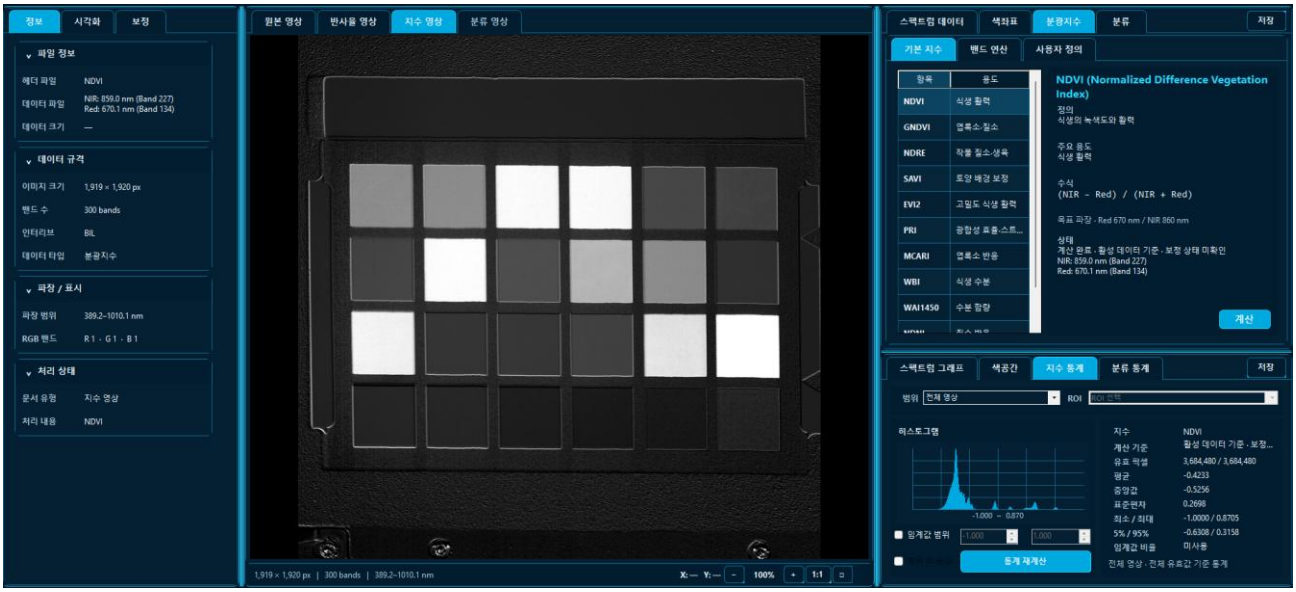


그림 5-5 분광지수 분석 결과 영상과 지수 통계 및 영상 정보

분류를 실행하면 분류 영상 창이 활성화되고 하단 분류 통계에서 전체·분류·미분류 픽셀 및 클래스별 통계를 확인할 수 있습니다. 저장된 분류 영상은 클래스 이름과 색상표를 이용해 표시할 수 있고, Rule Image 와 최소각 영상 결과는 각도 값이 포함된 영상으로 확인할 수 있습니다.



그림 5-6 SAM 분류 결과 영상과 분류 통계 및 영상 정보

5.5 영상 창 하단 표시 정보

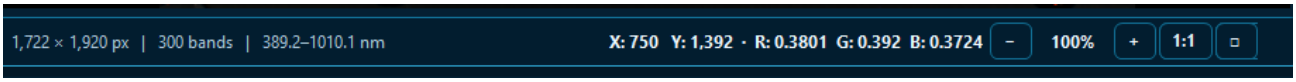


그림 5-7 영상 창 하단 표시부

현재 영상의 가로·세로 픽셀 수, 밴드 수, 파장 범위가 표시됩니다. 영상 위에서 커서를 움직이면 X·Y 좌표와 함께 해당 위치의 픽셀 정보가 활성화된 창의 내용을 기준으로 갱신됩니다. 우측에는 영상 크기를 제어할 수 있는 버튼들이 있습니다.

- 원본 영상: 현재 RGB 조합에 사용 중인 R·G·B 밴드의 픽셀 값을 각각 표시합니다. 정수형 원본 자료는 정수 값으로 표시되므로 DN(Digital number)값을 확인할 수 있습니다.
- 반사율 영상: R·G·B 밴드별 반사율 값을 표시합니다. 단일 밴드 표시 중에는 선택한 밴드의 값이 표시됩니다.
- 지수 영상: 계산된 지수 값을 표시합니다. 단일 밴드로 표시되며, 지수명과 값을 표시합니다.
- 분류 영상: 픽셀이 속한 클래스명을 표시하고, 미분류 픽셀은 미분류로 표시합니다. ENVI 데이터로 저장한 Rule Image 나 최소각 영상 데이터는 픽셀별 분광각을 라디안과 각도 단위로 표시합니다.

5.6 새 영상을 열 때의 확인 사항

새 영상을 열면 기존 영상 창과 여기에 연결된 분석 상태가 바뀔 수 있습니다. 새 영상을 열기 전 저장하지 않은 지수·분류 결과나 필요한 ROI 조건, 통계 결과가 있는지 먼저 확인합니다. 정상적으로 파일이 열렸는지 영상 크기, 밴드 수, 데이터 타입, 파장 범위, 인터리브와 헤더 파일명 등을 검토하여 확인합니다.

6 정보 확인과 시각화 설정

6.1 정보 탭에서 파일과 데이터 확인

좌측 정보 탭에서 헤더 파일명과 데이터 파일명, 샘플·라인·밴드 수, 인터리브, 데이터 타입, 파장 범위, 현재 영상의 처리 상태를 확인합니다. 표시된 영상에 대한 시각화 설정을 조정하기 전에 헤더와 데이터 파일 쌍이 일치한지 확인하고 필요한 밴드별 파장을 확인합니다. 일부 헤더는 파장 단위가 없거나 기본 RGB 밴드 정보가 잘못되어 있을 수 있습니다. 파장에 기반한 계산을 진행하기 전에 파장 배열과 단위를 점검합니다.



그림 6-1 원본 영상 정보 예

6.2 RGB 밴드 조합과 단일 밴드

초분광 영상은 밴드 수가 많으므로 표시용 영상에 어떤 밴드를 배정할지 확인해야 합니다. 자동 RGB 는 Lumetra 가 적정 밴드를 직접 선택하고, 헤더 RGB 는 헤더에 기록된 기본 밴드를 사용합니다. 필요한 경우 R·G·B 밴드를 직접 선택해 관심 파장대의 밴드를 이용해 표시 영상을 비교할 수 있습니다.



그림 6-2 시각화 탭의 밴드 설정 항목

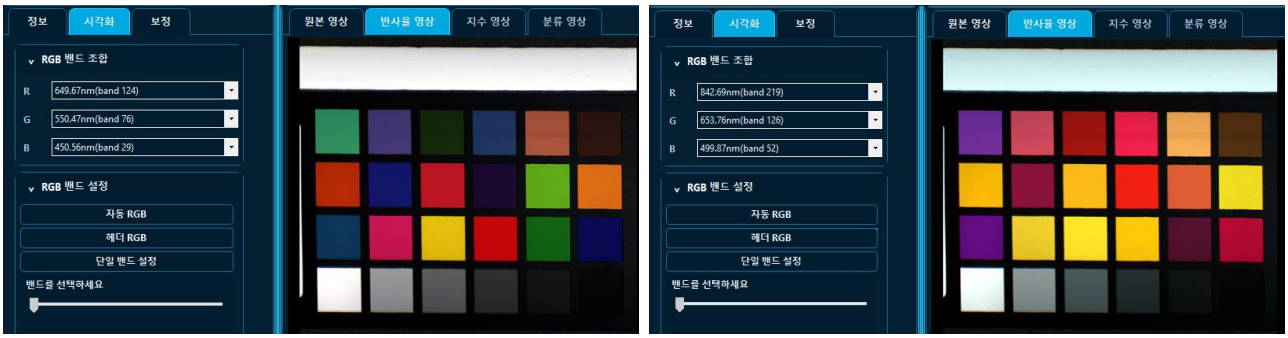


그림 6-3 자동 RGB 밴드(좌), 사용자 지정 RGB 밴드(우)

단일 밴드 표시에서는 한 파장 채널에 대한 공간 분포를 확인합니다.

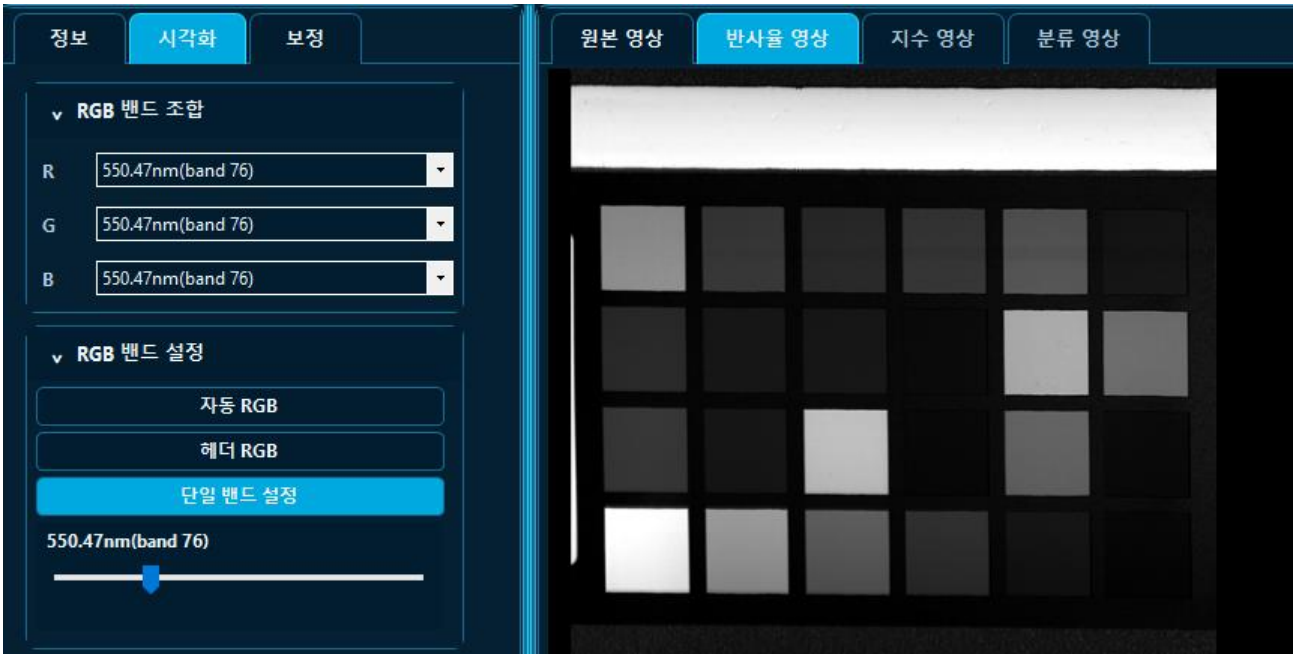


그림 6-4 단일 밴드 550nm 영상

6.3 스트레치와 표시 조정

스트레치는 데이터의 특정 값 범위를 화면 밝기 범위에 대응해 영상의 명암을 보기 쉽게 조정합니다.

Percentile 은 극단적인 밝기 차이의 영향을 줄이고, Min/Max 는 전체 유효 데이터 범위를 사용합니다.

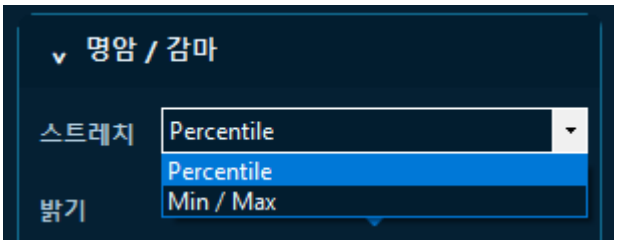


그림 6-5 Percentile 과 Min/Max 방식의 스트레치 구성

밝기·대비·감마 조정은 화면 표현을 바꾸는 설정입니다. 실제 픽셀 데이터를 변경하지는 않습니다.

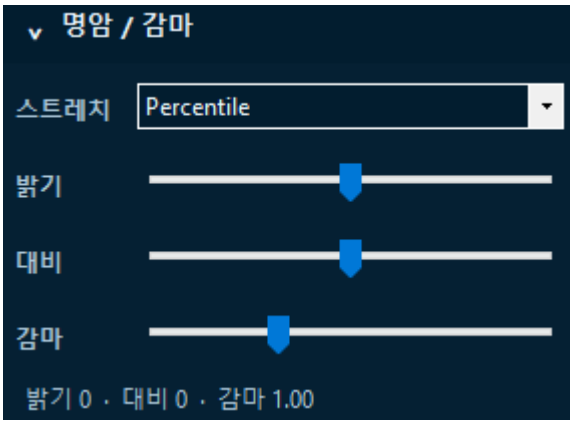


그림 6-6 표시 조정 항목

색상맵은 단일 밴드나 결과값의 공간 분포를 다양한 색조합으로 나타내며, 색상맵 반전은 값의 크기 자체를 바꾸지 않습니다. 격자는 공간 위치를 가늠하는 표시 보조 기능입니다.



그림 6-7 색상맵 옵션 및 구성

6.4 화면 조작

상단 툴바의 확대, 축소, 화면맞춤, 이동, 회전을 사용해 영상의 표시 범위와 방향을 조정합니다.

확대·이동 상태는 데이터의 행·열·밴드 순서를 재배열하지 않습니다. ROI 를 지정할 때는 대상이 충분히 보이도록 확대하고, 전체 장면 확인이 필요하면 화면맞춤을 선택합니다.



그림 6-8 화면 조작 예(축소 및 회전 상태)

7 ROI 와 스펙트럼 데이터

7.1 ROI 의 목적과 선택

ROI(Region of interest)는 관심 위치의 픽셀을 하나의 표본 집합으로 지정하는 도구입니다. 사각형·원형·다각형·선형·자유형·포인트 모양 중 사용자가 지정하고 하는 형태에 맞는 도구를 선택할 수 있습니다. White 표준 반사판 영역에는 반사율 보정용 White ROI 를, 분석 대상에는 스펙트럼·색좌표·지수 통계에 사용할 일반 ROI 를 지정합니다. 분류 탭에서 클래스를 생성하여 지정한 학습 ROI 는 해당 클래스의 학습 데이터로 등록됩니다.

단일과 다중 선택 모드는 ROI 선택과 비교 방식에 영향을 줍니다. 한 ROI 를 집중적으로 확인할 때는 단일 모드를, 여러 ROI 의 평균 스펙트럼이나 통계를 비교할 때는 다중 모드를 선택할 수 있습니다. 분류 과정의 학습 ROI 는 클래스와 함께 관리됩니다.

7.2 ROI 지정

1. 사용할 중앙 영상 창을 활성화하고 필요한 경우 ROI 용도에 맞춰 우측 기능 탭을 선택합니다.
2. 상단 툴바에서 ROI 도구와 단일 또는 다중 모드를 선택합니다.

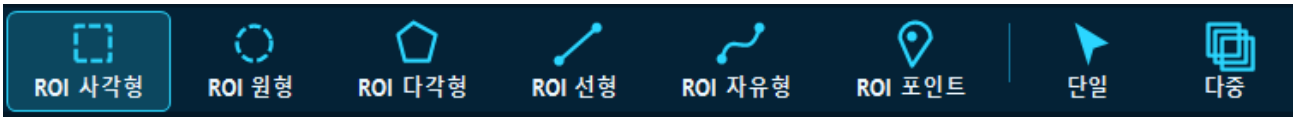


그림 7-1 ROI 도구 및 선택 모드

3. 영상에서 대상 영역을 그리거나 포인트를 지정합니다.

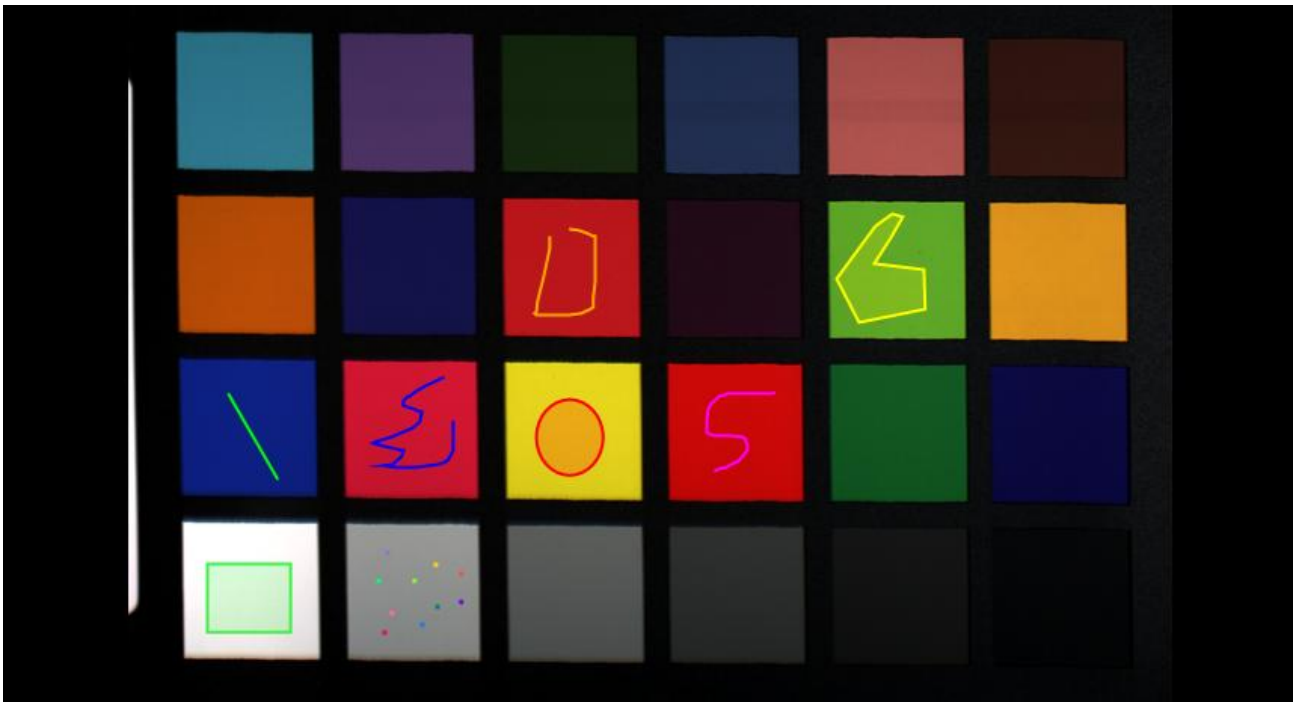


그림 7-2 ROI 도구별 선택 예

4. 사각형: 시작점을 클릭한 채 드래그하고, 원하는 크기에서 마우스 버튼을 놓습니다.
5. 원형: 원의 한쪽 끝에서 클릭한 채 드래그하고, 원하는 크기에서 마우스 버튼을 놓습니다.
6. 선형: 시작점에서 클릭한 채 끝점까지 드래그하고, 마우스 버튼을 놓습니다.
7. 포인트: 표시할 픽셀을 클릭합니다.
8. 다각형: 꼭지점(3 개 이상)을 차례로 클릭하고, 마우스 오른쪽 버튼을 클릭해 완료합니다. 꼭지점은 3 개 이상 지정해야 합니다.
9. 자유형: 시작점에서 마우스 왼쪽 버튼을 누른 채 원하는 경로를 따라 드래그한 뒤 놓습니다.
10. ROI 에는 분석 대상만 포함하고 경계, 그림자, 반사 포화 픽셀, 다른 재질 등이 섞이지 않도록 합니다. ROI 가 너무 작으면 대표성이 낮고, 지나치게 크면 배경이나 다른 물질이 섞일 수 있습니다.

7.3 스펙트럼 데이터와 그래프

ROI 를 만들면 우측 스펙트럼 데이터 탭에서 ROI·밴드별 측정값과 파장을 확인할 수 있습니다. 표시 항목은 활성 영상 창과 데이터의 파장별 값에 따라 달라질 수 있습니다. 값을 비교하기 전에 영상 창 이름, ROI 선택 상태와 파장 단위를 확인합니다.



Band	파장 (nm)	사각형 1 ...	원형 2 · ...	다각형 3 ...	선형 4 · ...	자유형 5 ...	포인트 6 ...	포인트 7 ...	포인트 8 ...	포인트 9 ..
1	389.21	1.0534	0.7620	0.7297	0.6637	0.9404	1.6628	1.5326	0.4531	0.539
2	391.43	1.0511	0.7393	0.6888	0.6474	0.8532	0.7107	1.1894	0.3568	0.825
3	393.65	1.0491	0.6984	0.6169	0.5980	0.8551	0.3510	1.2950	0.2706	1.074
4	395.86	1.0459	0.6499	0.5230	0.5561	0.7074	0.3114	0.2803	0.6550	1.813
5	398.07	1.0509	0.5736	0.4263	0.4808	0.6196	0.2268	0.4900	0.4092	0.519
6	400.28	1.0442	0.5223	0.3305	0.3946	0.4966	0.5008	0.3425	0.6355	0.461
7	402.49	1.0279	0.4761	0.2528	0.3035	0.4022	0.2333	0.1181	0.3416	0.817
8	404.70	1.0149	0.4457	0.1884	0.2276	0.3265	0.2381	0.5469	0.3007	0.166
9	406.90	1.0167	0.4337	0.1512	0.1875	0.3099	0.7046	0.1673	0.3716	0.210
10	409.10	1.0116	0.4336	0.1273	0.1631	0.2897	0.3219	0.3932	0.3603	0.317
11	411.30	1.0056	0.4383	0.1084	0.1454	0.2966	0.4731	0.3008	0.4936	0.371
12	413.50	1.0047	0.4404	0.0987	0.1356	0.2964	0.4770	0.4326	0.3592	0.337
13	415.69	1.0020	0.4349	0.0930	0.1299	0.2951	0.3460	0.4482	0.4064	0.384
14	417.89	1.0023	0.4351	0.0884	0.1296	0.3010	0.3718	0.4241	0.3551	0.406
15	420.08	1.0026	0.4317	0.0851	0.1257	0.3012	0.4012	0.4094	0.3338	0.424

그림 7-3 스펙트럼 데이터 시트

하단 스펙트럼 그래프는 파장에 따른 분광 반응을 선으로 나타냅니다. 여러 ROI 또는 분류 클래스 평균을 비교할 수 있으며, min-max 선택 버튼을 클릭하여 밴드별 최소·최대 범위가 음영으로 표시되도록 할 수 있습니다. 평균 스펙트럼이 비슷해 보여도 min-max 범위가 넓으면 ROI 내부 변동이 클 수 있으므로 함께 검토합니다.

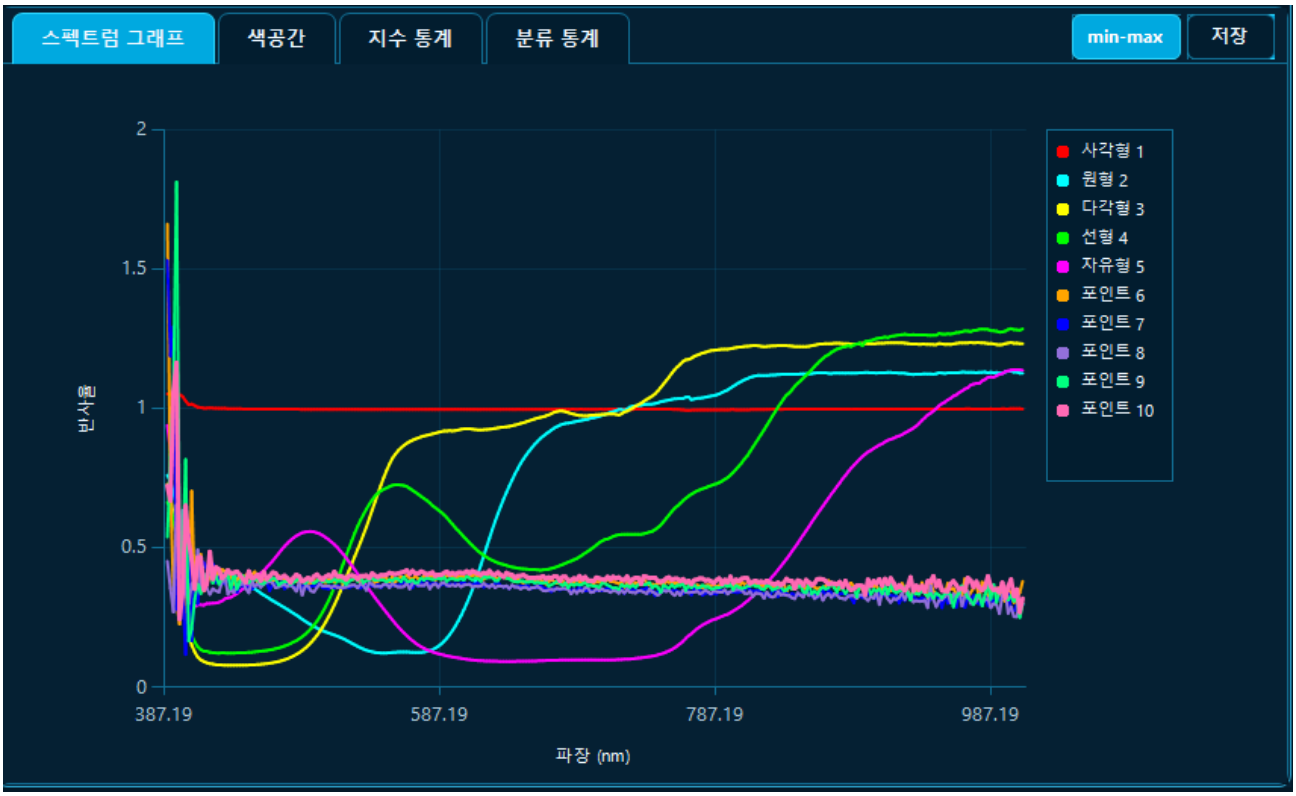


그림 7-4 스펙트럼 그래프

7.4 비정상 스펙트럼

갑작스러운 피크, 음수 값, 포화 구간 또는 파장 불연속이 보이면 먼저 원시 데이터인지 반사율 보정 데이터인지, 유효 밴드 범위와 NoData 처리 여부, ROI 를 점검합니다. 센서 노이즈나 대기·조명 조건의 영향을 고려하고, 하나의 ROI 만으로 대상 전체의 특성을 단정하지 않습니다.

7.5 저장

스펙트럼 데이터 탭의 저장 메뉴는 csv 포맷으로 전체 데이터를 저장하고 스펙트럼 그래프 탭의 저장 메뉴는 차트를 1600 x 900 해상도의 png 포맷으로 저장합니다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Wavelength	사각형 1 · 영역 133×61 (8,113 px)	원형 2 · 영역 76×113 (6,748 px)	다각형 3 · 영역 123×170 (11,620 px)	선형 4 · 영역 88×130 (387 px)	자유형 5 · 영역 113×98 (812 px)	포인트 6 · 픽셀 1	포인트 7 · 픽셀 1	포인트 8 · 픽셀 1	포인트 9 · 픽셀 1
2	400.28	0.979584116	0.482060673	0.375259817	0.45650245	0.309433353	0.604217589	0.306145877	0.27602309	0.690057755
3	402.49	0.965661804	0.440097265	0.281617217	0.355670825	0.235730102	0.109861396	0.645747542	0.109861396	0.219722793
4	404.7	0.951376896	0.410320646	0.216185173	0.311693459	0.168321211	0.422378212	0.293305665	0.433481723	0.216740862
5	406.9	0.955011821	0.400835372	0.172353689	0.280136959	0.142073679	0.314156055	0.553184509	0.204222843	0.357389957
6	409.1	0.950228341	0.403647798	0.146764831	0.264920987	0.117946427	0.364275068	0.223848104	0.296291441	0.259255022
7	411.3	0.946620154	0.406792754	0.135397639	0.274270292	0.100206857	0.465147704	0.302242517	0.32762152	0.354923308
8	413.5	0.945400602	0.407446549	0.125547547	0.273501944	0.089155757	0.341111153	0.35743463	0.393518776	0.372807264
9	415.69	0.942918753	0.40316366	0.121920588	0.274770233	0.084793926	0.368341804	0.440417916	0.366241574	0.382888913
10	417.89	0.943111098	0.403060563	0.118360344	0.276855014	0.081734555	0.399998695	0.317336082	0.33535099	0.321936935
11	420.08	0.942751365	0.401303426	0.117587816	0.278521664	0.077316787	0.37134856	0.38435179	0.343545884	0.332094342
12	422.27	0.943407229	0.400102034	0.117513208	0.281328563	0.077114885	0.376812249	0.329514533	0.404990733	0.404990733
13	424.46	0.945707436	0.398444372	0.116396543	0.282634537	0.07537087	0.393991977	0.372256786	0.316973001	0.383704185
14	426.64	0.947150655	0.395677273	0.115468403	0.286551171	0.074507104	0.368869811	0.339461893	0.366868705	0.366868705
15	428.83	0.948260921	0.392705524	0.116465257	0.291066745	0.07446377	0.36597693	0.34381339	0.338057011	0.325054824
16	431.01	0.94999695	0.388033187	0.116317321	0.298691013	0.074173025	0.361964583	0.326012105	0.364915133	0.335953593
17	433.19	0.94887008	0.383068245	0.116046379	0.305150125	0.07317318	0.369374752	0.378502309	0.327667832	0.384879678
18	435.36	0.949609758	0.378425098	0.116361572	0.305421826	0.073954219	0.354739457	0.353078097	0.358744353	0.36340338
19	437.54	0.949611929	0.37350177	0.115775712	0.312287144	0.073891083	0.368286222	0.371673316	0.35552597	0.372455776
20	439.71	0.950503649	0.368405946	0.116623504	0.319498727	0.073744614	0.378897876	0.359195083	0.323005289	0.376839489
21	441.89	0.950253639	0.363017195	0.117284148	0.326012812	0.074270922	0.370785147	0.362573713	0.367536992	0.385038733
22	444.06	0.949822245	0.356173886	0.117267961	0.334135962	0.074518191	0.386618704	0.343867153	0.366643995	0.366643995
23	446.23	0.949345684	0.35000757	0.117703547	0.34428586	0.074525846	0.368926525	0.340369552	0.355401993	0.370088041
24	448.39	0.948806897	0.344548854	0.118350767	0.351354205	0.075167805	0.361082733	0.338583797	0.331598788	0.37236914
25	450.56	0.9484149	0.337766327	0.119250078	0.360548454	0.075340854	0.341301113	0.349362195	0.341258824	0.366351396
26	452.72	0.949495166	0.331399566	0.120034352	0.371835112	0.076126903	0.374574929	0.356758952	0.349717736	0.345023543
27	454.88	0.951056458	0.32499094	0.121203693	0.380973617	0.077375675	0.355270714	0.356567502	0.362780839	0.360582173

그림 7-5 스펙트럼 데이터 csv 저장 예

제 3 부 반사율 보정

8 반사율 보정의 이해와 준비

8.1 반사율 보정의 목적

센서가 기록한 DN(Digital number) 또는 원시 신호에는 조명 세기, 광학계 응답 성능 및 센서 감도와 암 전류 등이 반영됩니다. 반사율 보정은 샘플 신호를 White 표준 반사판 기준과 비교하고 필요하면 Dark 신호를 제거하여 조명·센서 조건의 영향을 줄인 상대 반사율을 계산합니다. 일부 보정 방식에서는 균일하지 않은 조명 조건으로 인해 발생하는 픽셀간 불균일도를 보정하는 과정을 동시에 지원합니다. 보정 결과는 입력된 데이터와 기준 측정 조건, 보정 방식 등에 따라 달라질 수 있습니다.

White 기준은 보정할 파장대에서 균일하고 신호가 안정적인 자료여야 합니다. Dark 와 White 의 입력 자료는 샘플과 촬영 조건, 노출 설정이 동일해야 합니다. 잘못된 기준 데이터를 사용하면 보정 결과에 밴드별 편향, 줄무늬 또는 비정상적인 값이 생길 수 있습니다.

- 노출 설정이 서로 다른 입력 자료를 이용한 보정은 추후 기능 업데이트에 반영할 수 있습니다.



그림 8-1 NIR 샘플 데이터의 원본 영상(좌)과 반사율 보정 영상(우)

8.2 반사율 보정 방식

보정 방식에 따라 샘플 영상, White 기준 영상 또는 ROI, Dark 파일(선택 사항), 기준 반사율 값과 결과 경로를 준비합니다. 화면의 보정 방식에서 입력 데이터 구조와 촬영 방식에 맞는 방법을 고릅니다.

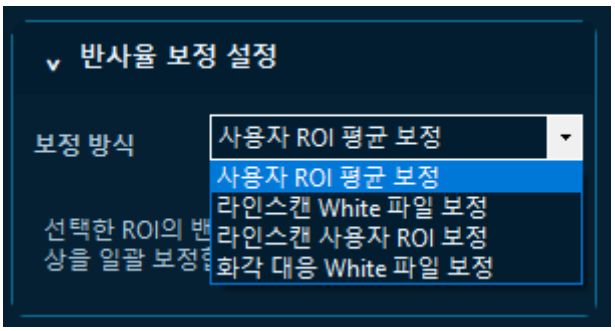


그림 8-2 Lumetra 에서 지원하는 4 가지 보정 방식

- 사용자 ROI 평균 보정: 샘플과 함께 촬영된 White 표준 반사판 내에서 기준 ROI 를 지정하여 밴드별 평균 값을 사용합니다. 별도의 White 영상은 필요하지 않습니다.
- 라인스캔 White 파일 보정: 별도로 취득한 White 영상의 라인별 기준 신호를 사용합니다.
- 라인스캔 사용자 ROI 보정: 샘플과 함께 촬영된 White 표준 반사판 내에서 기준 ROI 를 지정하여 라인별 기준 신호를 산출합니다. 기준 ROI 의 가로 범위가 보정 결과 영역에 반영됩니다.
- 화각 대응 White 파일 보정: 샘플과 공간적으로 대응하는 White 영상을 사용해 개별 픽셀별 기준 신호로 적용합니다.

8.3 보정 방식 선택 기준과 사전 점검

샘플 영상 안에 White 표준 반사판이 있으면 사용자 ROI 평균 보정을 적용할 수 있습니다. 별도의 라인스캔 기준 자료가 있다면 라인스캔 White 파일 보정을, 현재 영상에서 라인별 기준을 만들려면 라인스캔 사용자 ROI 보정을 선택합니다. 샘플과 White 가 공간적으로 대응(화각·크기 동일)되는 자료가 있는 경우에는 화각 대응 White 파일 보정을 선택합니다.

보정 방식 선택 전 샘플 영상 취득 구조가 보정 방식에 대응되는지 촬영 자료를 확인합니다.

8.4 Dark·White 입력과 기준 반사율

Dark 파일은 암전류나 수광부를 차단한 상태에서의 센서 신호를 보정하기 위해 사용합니다. Dark 를 사용할지 여부와 파일 지정은 촬영한 샘플 영상 및 선택한 보정 방식에 맞춥니다. 부적합한 Dark 신호는 비정상적인 반사율을 만들 수 있습니다.

White 파일 또는 White ROI 는 반사율 값의 기준 신호로 적용됩니다. 표준 반사판의 포화, 오염, 그림자, 균일하지 않은 조명 환경이 있으면 결과에도 영향을 줍니다. ROI 방식에서는 표준 반사판의 균일한 부분만 포함하고 경계나 주변 배경을 제외합니다.



그림 8-3 Dark/White 기준 데이터 선택 메뉴

기준 반사율은 고정값 또는 실제 파장별 반사율이 기록된 파일로 지정할 수 있습니다. 파장별 반사율 파일에 대해 지원되는 파일 형식, 시트·열 선택과 적용 밴드 범위는 별도의 설정 창에서 확인합니다.

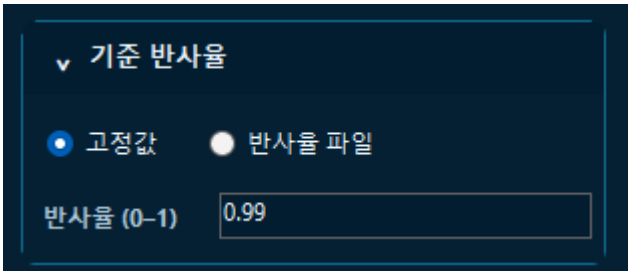


그림 8-4 기준 반사율 선택 메뉴

9 반사율 보정 실행과 결과 확인

9.1 공통 보정 절차

1. 반사율 보정 대상 원본 영상을 열어 중앙 작업 영상 창으로 불러옵니다.

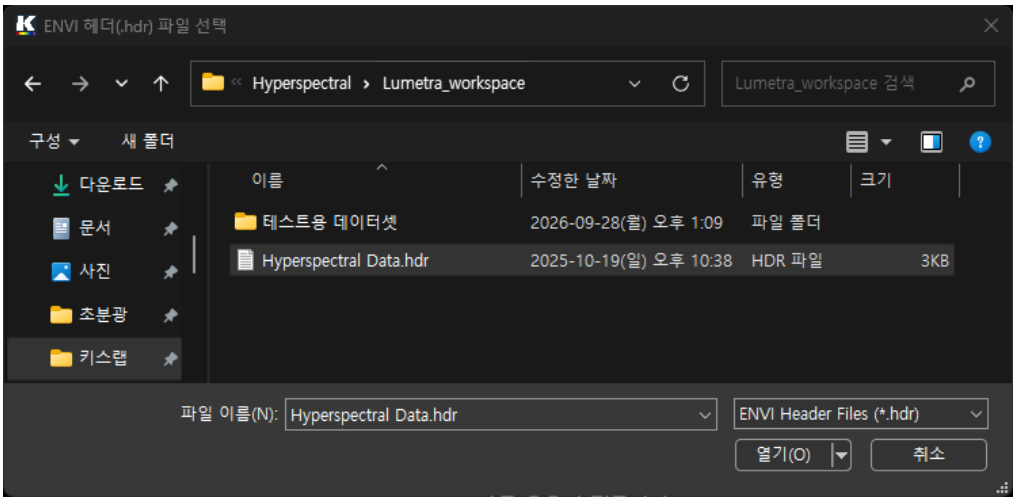


그림 9-1 원본 영상 *.hdr 파일 불러오기

2. 좌측 보정 탭에서 사용할 보정 방식을 선택합니다.

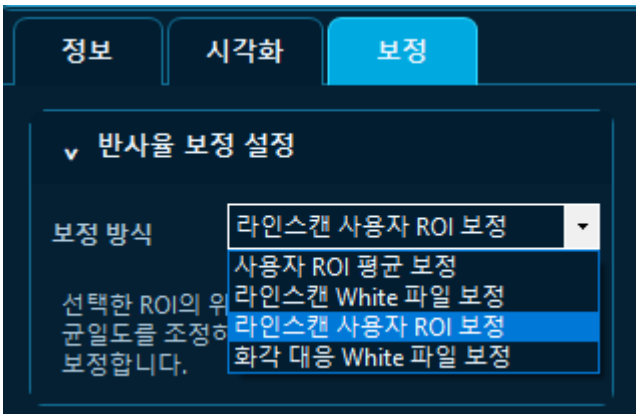


그림 9-2 보정 방식 선택

3. 해당 방식에 필요한 White ROI 또는 White 파일을 설정하고 필요한 경우 Dark 파일을 선택합니다.

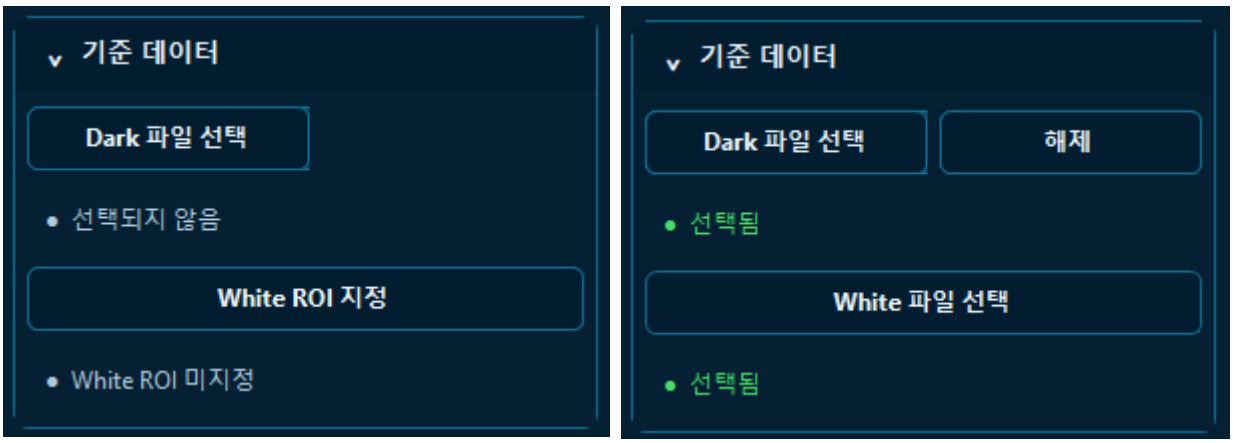


그림 9-3 Dark/White 기준 데이터 선택

4. 기준 반사율 메뉴에서 고정값 입력 또는 반사율 파일을 불러와 적용합니다.

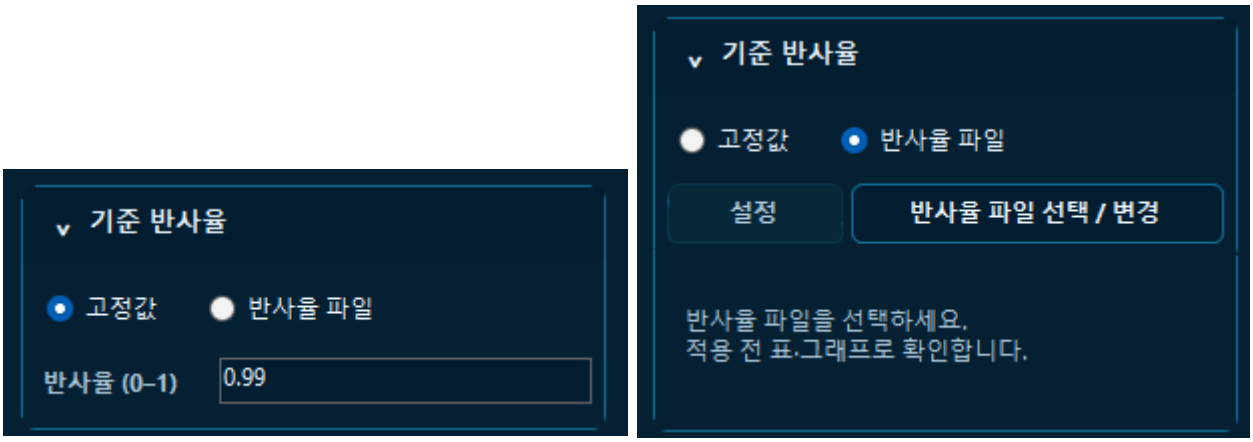


그림 9-4 기준 반사율 고정값(좌), 반사율 파일(우) 선택 화면

5. 출력 파일명과 저장 위치를 지정합니다. 입력 원본과 구분되는 이름을 사용합니다.
6. 설정을 다시 확인한 뒤 반사율 보정 후 저장을 선택하고 하단 진행률이 완료될 때까지 기다립니다.



그림 9-5 보정 결과 저장 입력 및 보정 실행 메뉴

7. 생성된 결과가 중앙 반사율 영상 창에 열리는지 확인합니다.

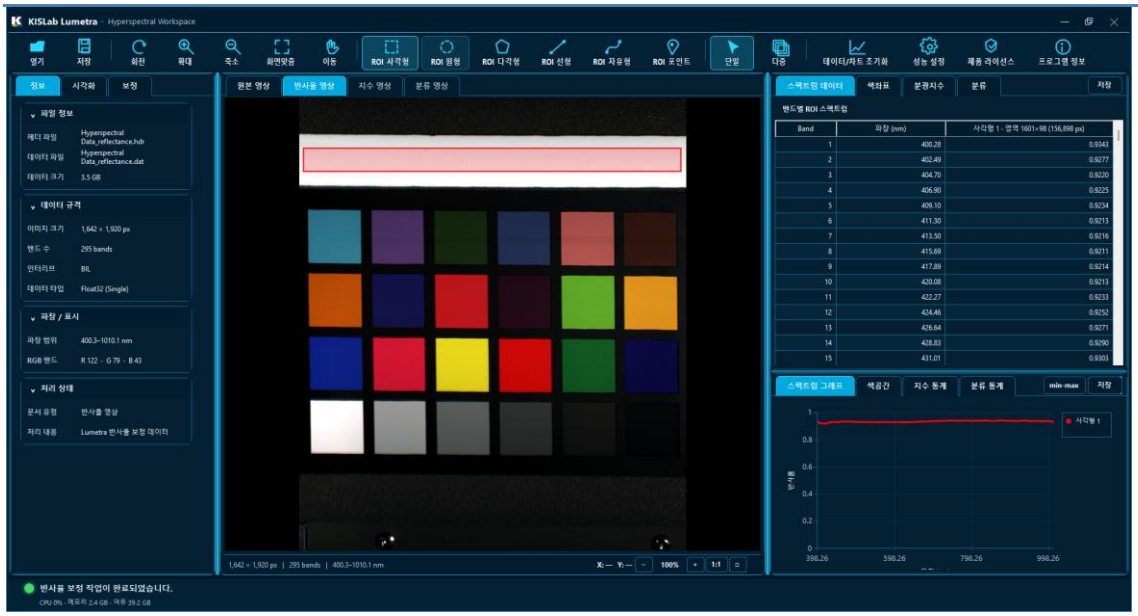


그림 9-6 반사율 보정 완료 화면 (라인스캔 사용자 ROI 보정 및 기준 반사율 파일 적용, Dark 미선택)

9.2 사용자 ROI 평균 보정

스냅샷 또는 내부스캔 초분광 카메라의 취득 영상을 보정하는 방식으로서, 촬영된 영상 내에서 사용자가 직접 기준 ROI 를 지정하여 보정하는 방식입니다. 선택 영역의 밴드별 평균 값을 입력된 기준 반사율 값으로 변환하여 기준 값으로 사용합니다.

1. 센서로 취득한 Dark 데이터가 있는 경우 'Dark 파일 선택' 버튼으로 불러옵니다.
2. 'White ROI 지정' 버튼을 클릭한 후 중앙 영상 창에서 기준 값으로 사용할 영역을 지정합니다.
3. 기준 반사율 메뉴에서 기준 영역의 반사율을 직접 입력하거나 반사율 파일 불러오기로 적용합니다.
4. 출력 파일명을 입력하고 '반사율 보정 후 저장' 버튼을 클릭하여 보정을 진행합니다.
5. 완료 후 반사율 영상 창에 출력되는 결과 영상을 확인하고 필요한 경우 White ROI 취소 후 다시 지정, 기준 반사율 값 변경 등의 과정을 통해 보정 과정을 재 수행할 수 있습니다.

   ※ Dark 파일은 선택하지 않아도 반사율 보정을 진행할 수 있습니다.

   ※ 출력 파일명은 이후 작업에서도 변경할 수 있습니다.

   **** ROI 영역의 평균 값을 기준으로 영상 전체를 일괄 보정하기 때문에 픽셀 불균일도 보정은 지원되지 않습니다.**

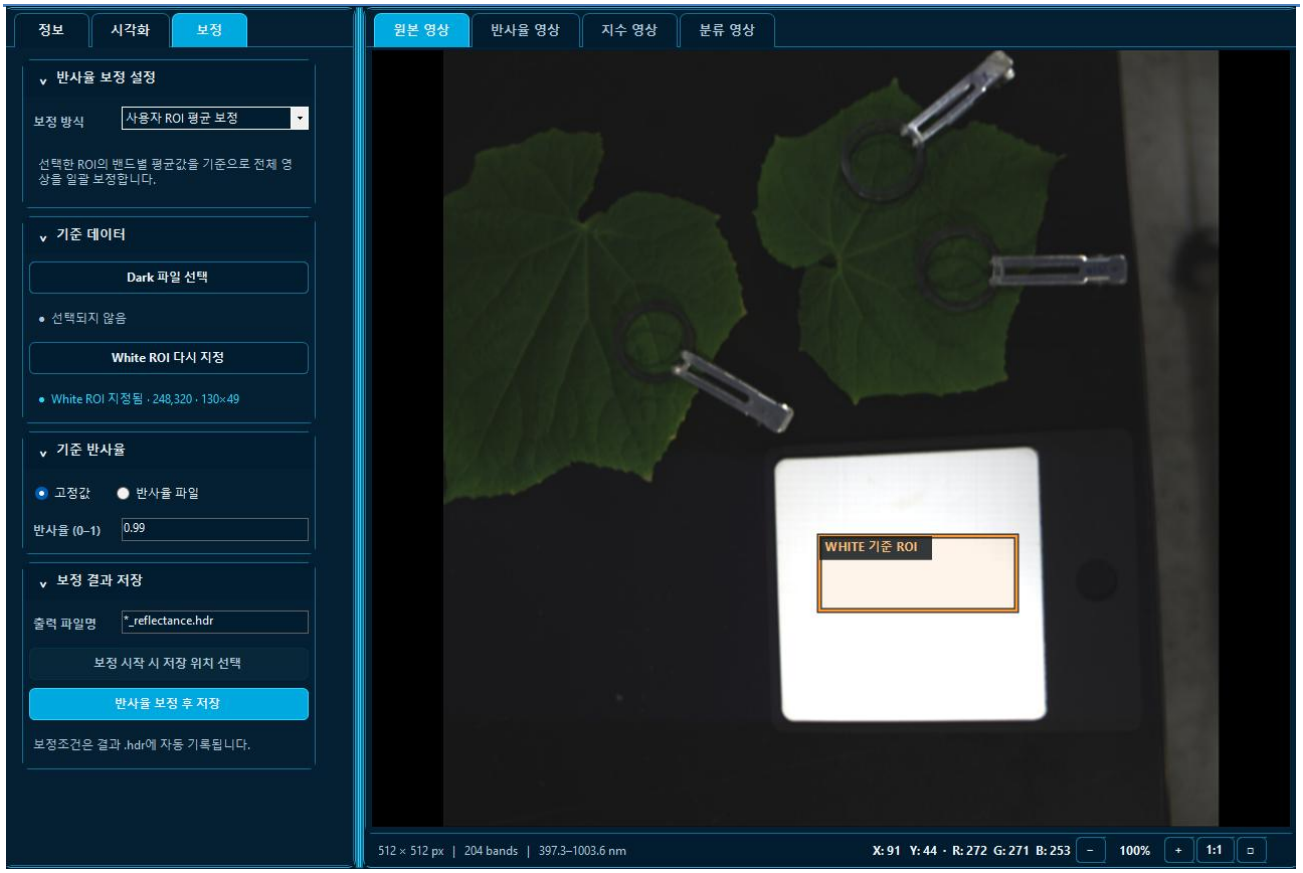


그림 9-7 시료와 표준 반사판을 함께 촬영 후 표준 반사판 영역을 White 기준 ROI 로 설정

9.3 라인스캔 White 파일 보정

일반적인 라인스캔 초분광 영상은 센서의 데이터 취득 프로그램에 의해 별도의 White 영상을 함께 저장하고 있으며, 라인스캔 White 파일 보정 방식에서는 White 파일을 사용하여 보정합니다.

1. 센서로 취득한 Dark 데이터가 있는 경우 'Dark 파일 선택' 버튼으로 불러옵니다.
2. 'White 파일 선택' 버튼을 클릭하여 샘플 영상에 대응되는 White 파일을 선택합니다.
3. 기준 반사율 메뉴에서 White 파일 촬영에 사용된 표준 반사판의 반사율을 직접 입력하거나 반사율 파일 불러오기로 적용합니다.
4. 출력 파일명을 입력하고 '반사율 보정 후 저장' 버튼을 클릭하여 보정을 진행합니다.
5. 완료 후 반사율 영상 창에 출력되는 결과 영상을 확인하고 필요한 경우 White 파일을 다시 선택하거나 기준 반사율 값 변경 등의 과정을 통해 보정 과정을 재 수행할 수 있습니다.

   ※ Dark 파일은 선택하지 않아도 반사율 보정을 진행할 수 있습니다.

   ※ White 파일은 센서의 데이터 취득 프로그램에 따라 표준 반사판을 독립적으로 촬영하여 저장하거나, 샘플과 함께 라인스캔 촬영을 하면서 각각 분리된 형태로 저장될 수 있습니다.

   ※ 샘플과 White 파일은 밴드 수, 가로 샘플 수, 파장 배열 등이 일치해야만 합니다. (라인 수 예외)

   **** 라인별 기준 신호를 산출하고 이를 이용하여 균일하지 않은 조명 조건에 의한 라인별 불균일도 보정이 함께 수행됩니다.**



그림 9-8 라인스캔 White 파일 보정에서 샘플 영상과 함께 취득된 Dark, White 파일을 각각 선택하여 적용

9.4 라인스캔 사용자 ROI 보정

라인스캔 초분광 영상에서 샘플과 White 표준 반사판이 함께 촬영된 경우라면 White 파일이 없더라도 사용자 ROI 지정을 통해 반사율 보정을 수행할 수 있습니다. 기준 ROI 의 가로 범위가 보정 결과 영역에 반영됩니다.

1. 센서로 취득한 Dark 데이터가 있는 경우 'Dark 파일 선택' 버튼으로 불러옵니다.
2. 'White ROI 지정' 버튼을 클릭한 후 중앙 영상 창에서 기준 값으로 사용할 영역을 지정합니다.
3. 기준 반사율 메뉴에서 기준 영역의 반사율을 직접 입력하거나 반사율 파일 불러오기로 적용합니다.
4. 출력 파일명을 입력하고 '반사율 보정 후 저장' 버튼을 클릭하여 보정을 진행합니다.
5. 완료 후 반사율 영상 창에 출력되는 결과 영상을 확인하고 필요한 경우 White ROI 취소 후 다시 지정, 기준 반사율 값 변경 등의 과정을 통해 보정 과정을 재 수행할 수 있습니다.

   ※ Dark 파일은 선택하지 않아도 반사율 보정을 진행할 수 있습니다.

   ※ 이 방식은 사용자 ROI 의 가로 범위에 대해서만 라인별 기준 신호를 산출하여 범위 내 라인들에 대해서만 보정합니다. 결과 영상의 가로 범위는 사용자 ROI 범위로 제한됩니다.

   **** 라인별 기준 신호를 산출하고 이를 이용하여 균일하지 않은 조명 조건에 의한 라인별 불균일도 보정이 함께 수행됩니다.**

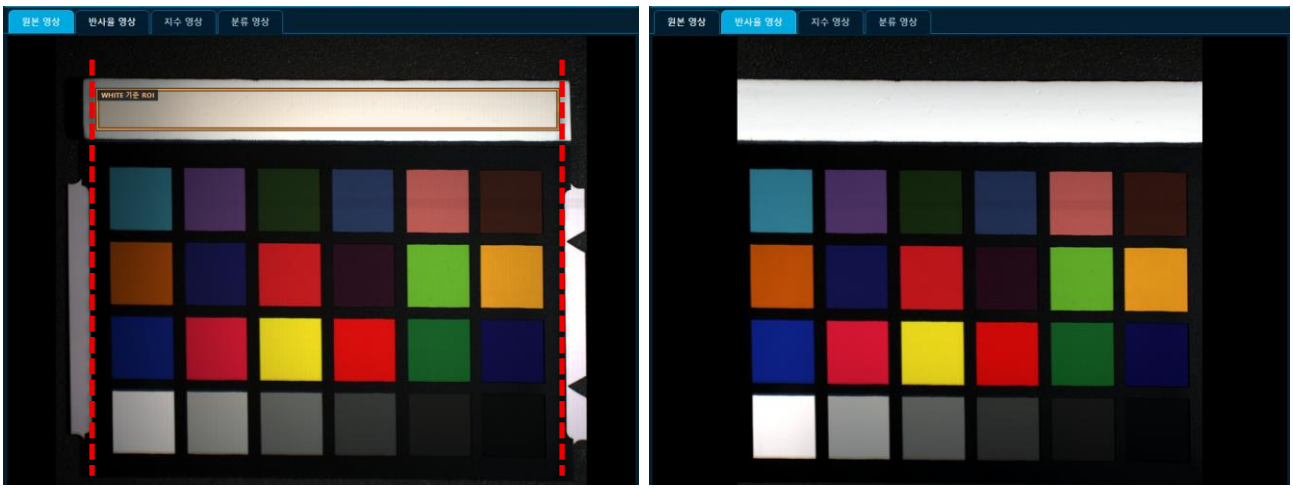


그림 9-9 분석 영역에 대응되는 가로 범위의 사용자 ROI 지정(좌), ROI 범위로 보정된 영상(우)

9.5 화각 대응 White 파일 보정

스냅샷 또는 내부스캔 초분광 카메라의 취득 영상을 보정하는 방식으로서, 샘플과 공간적으로 대응되는 White 파일을 이용하여 개별 픽셀에 대한 불균일도 보정과 반사율 보정을 함께 진행합니다.

1. 센서로 취득한 Dark 데이터가 있는 경우 'Dark 파일 선택' 버튼으로 불러옵니다.
2. 'White 파일 선택' 버튼을 클릭하여 샘플 영상에 대응되는 White 파일을 선택합니다.
3. 기준 반사율 메뉴에서 White 파일 촬영에 사용된 표준 반사판의 반사율을 직접 입력하거나 반사율 파일 불러오기로 적용합니다.
4. 출력 파일명을 입력하고 '반사율 보정 후 저장' 버튼을 클릭하여 보정을 진행합니다.
5. 완료 후 반사율 영상 창에 출력되는 결과 영상을 확인하고 필요한 경우 White 파일을 다시 선택하거나 기준 반사율 값 변경 등의 과정을 통해 보정 과정을 재 수행할 수 있습니다.

   ※ Dark 파일은 선택하지 않아도 반사율 보정을 진행할 수 있습니다.

   ※ 샘플과 White 파일은 노출 설정, 밴드 수, 가로 샘플 수, 세로 라인 수, 파장 배열 등이 일치해야만 합니다.

**** 픽셀간 1 대 1 대응 방식으로서, 균일하지 않은 조명 조건에 의한 불균일도를 함께 보정합니다.**



그림 9-10 샘플과 동일한 측정 조건에서 Dark/White 파일을 취득하여 픽셀 불균일도와 반사율 보정을 동시에 진행

9.6 기준 반사율 파일 적용

표준 반사판에 대해 제조사에서 제공된 파장별 반사율 데이터가 있거나 사용자가 직접 표준 반사판의 파장별 반사율 데이터를 취득하여 보유하고 있는 경우 활용할 수 있습니다.

1. 반사율 파일 선택 버튼을 클릭합니다.

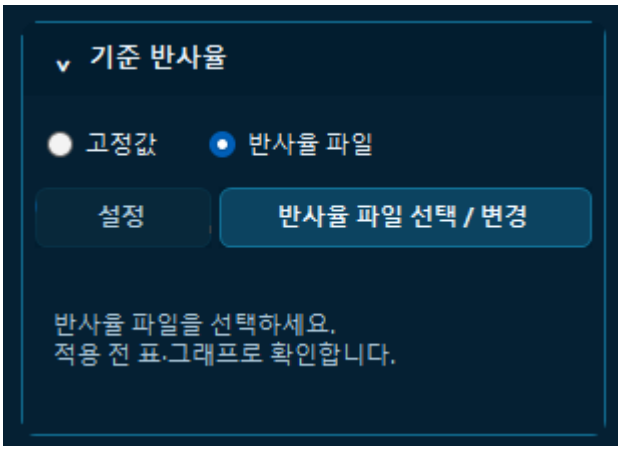


그림 9-11 기준 반사율 메뉴

2. 파일을 선택합니다. 지원되는 확장자는 *.xlsx *.xls *.csv *.txt 입니다.

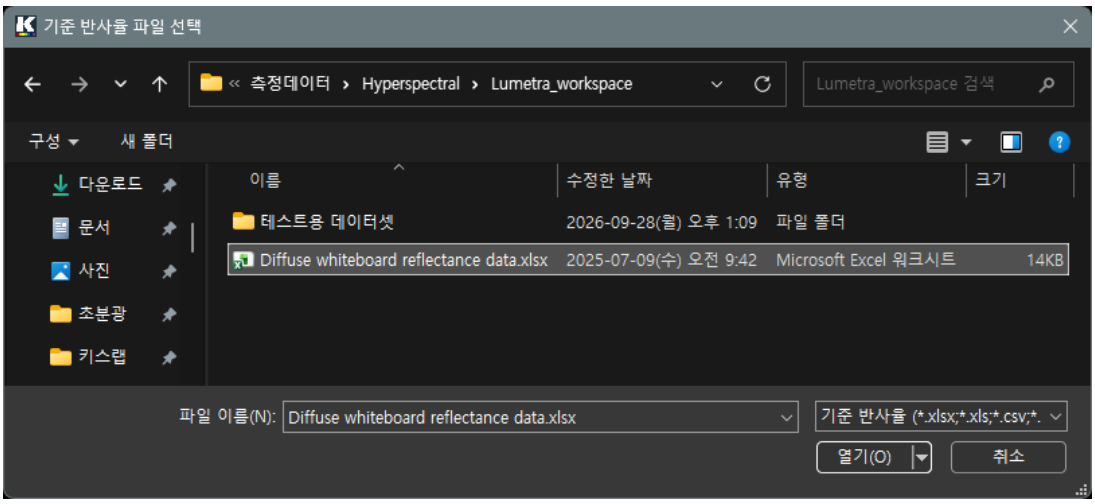


그림 9-12 기준 반사율 파일 선택

3. 기준 반사율 파일 확인 창에서 내용을 확인합니다.

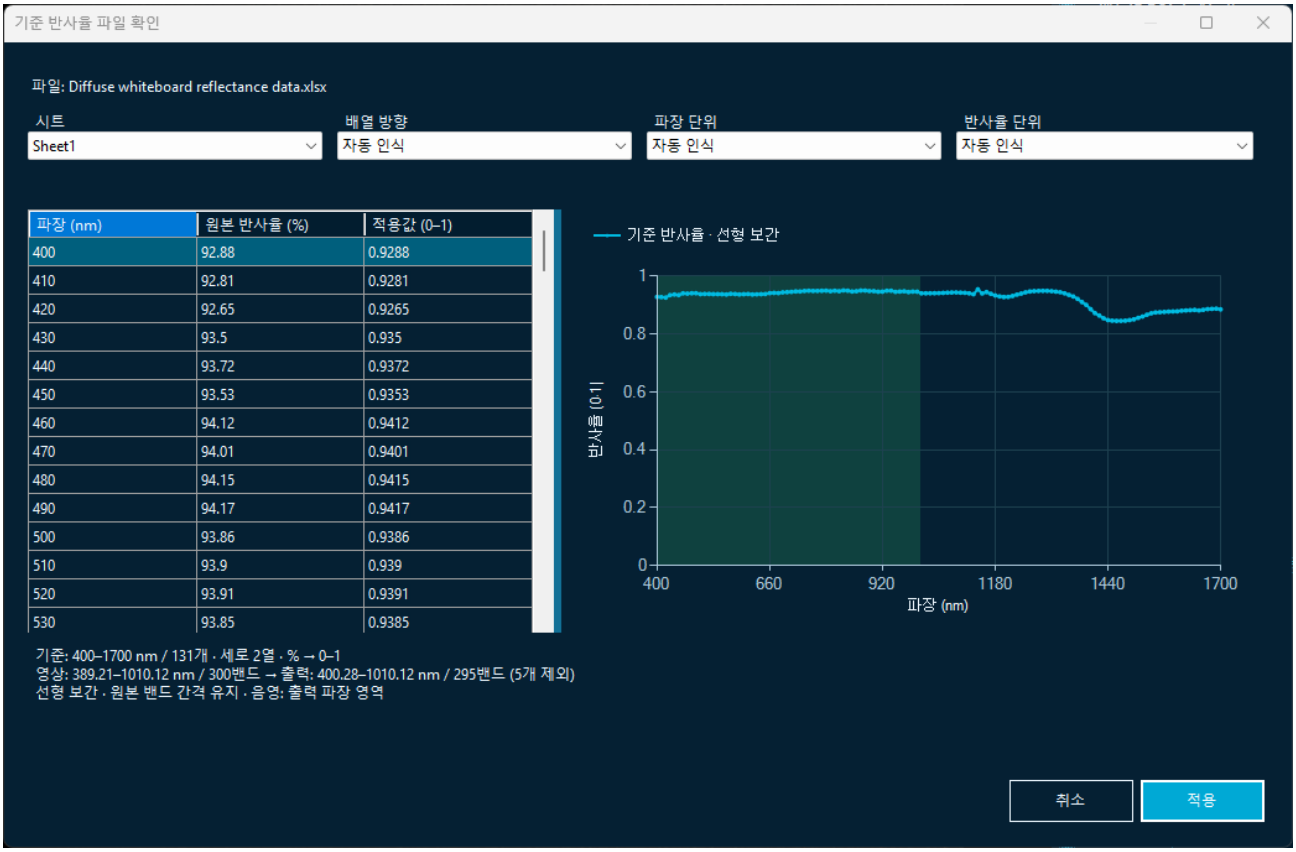


그림 9-13 기준 반사율 파일 확인 창

4. 자동으로 인식되지 않는 경우 파장 배열, 파장 단위, 반사율 단위를 내용에 맞게 조정합니다.
5. 적용 버튼을 클릭하면 반사율 파일 내용이 정상 적용되었는지 기준 반사율 메뉴에서 확인합니다.

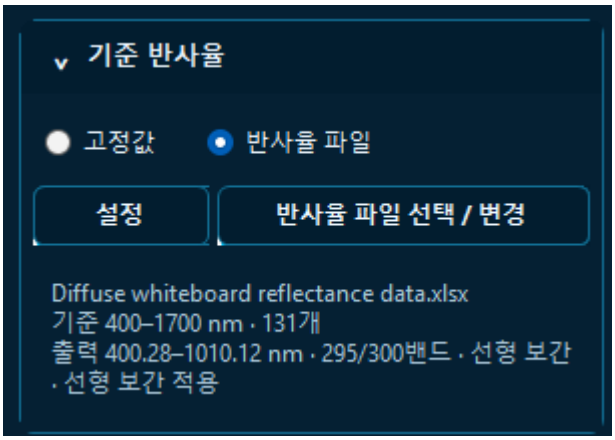


그림 9-14 반사율 파일 적용 상태 확인

6. 설정 버튼을 이용해 내용을 다시 확인할 수 있습니다.

9.7 진행·취소와 반사율 결과 확인

보정 중에는 하단 상태 표시줄에서 진행률을 확인하면서 필요하면 취소 명령을 선택할 수 있습니다. 취소 완료 또는 작업 종료 상태가 표시될 때까지 기다리고 부분 결과가 남아 있을 수 있으므로 다음 실행 전에 출력 파일을 확인합니다. 정상 완료 후에는 반사율 영상 창이 자동으로 활성화하고 좌측 정보 탭에서 관련 정보를 확인합니다. '라인스캔 사용자 ROI 보정'을 진행한 경우 원본 영상과 이미지 크기가 달라질 수 있습니다. 또한 기준 반사율 파일 값을 이용한 경우에는 보정 후 밴드 수가 원본 영상 대비 줄어들 수 있습니다. 활성화된 반사율 영상 창에서 ROI 를 지정해 기준영역의 스펙트럼을 통해 반사율 보정 결과를 검증하고 비정상 밴드·줄무늬·음수값·포화값 여부를 살펴봅니다. 결과 영상의 표시 색만으로 보정 품질을 판정하지 말고 데이터 정보와 수치 범위를 함께 확인합니다.

** Lumetra 가 생성한 ENVI 헤더에는 보정 방식과 입력 기준 등 처리 정보가 기록되므로 결과를 다른 프로그램에서 사용하거나 Lumetra 에서 재현하기 위해 `*.hdr` 를 함께 보관합니다.



그림 9-15 원본(좌)과 보정 후(우) 영상 정보 내용 – '라인스캔 사용자 ROI 보정' 및 '기준 반사율 파일' 적용 예

9.8 보정 결과가 이상할 때

결과가 모두 0 이거나 매우 크고, 음수·줄무늬·밴드별 급변이 보이면 보정 방식을 먼저 확인합니다. 그 다음 샘플·White·Dark 의 밴드 및 파장 대응, 데이터 타입, 파일 경로, 포화·영점 기준값, ROI 범위, 기준 반사율 단위와 적용 범위를 점검합니다. 재보정 후에도 문제가 지속되면 원본과 기준 파일을 보존하고 보정 조건에 대한 내용을 기록해 기술 지원 담당자에게 전달합니다.

제 4 부 분석 기능

10 분석 기능 공통 사항

10.1 분석 전 확인과 활성 영상 창

활성화된 원본 영상 또는 반사율 영상 창의 데이터를 기반으로 분석합니다. 분석 전 사용할 입력 영상을 결정합니다. 분석 대상 영상은 기본적으로 반사율로 보정된 영상을 권장합니다. Lumetra 에서 직접 보정한 영상은 반사율 영상 창에 자동으로 활성화되며, 외부 보정 영상은 Lumetra 에서 헤더 정보를 통해 인식 가능한 경우를 제외하면 원본 영상 창에서 활성화되므로 영상 창 활성화 상태만으로 보정 여부를 판단하지 말고 헤더·처리 이력을 확인합니다.

분석 입력의 밴드 수와 파장 메타데이터, ROI 의 용도와 선택 상태, 영상 값의 스케일을 확인합니다. 우측 상단 분석 탭은 입력·계산 조건을 설정하고 하단 탭은 그래프·통계·시각적 결과를 확인할 수 있습니다. 분석은 여러 영역을 연계해 진행되므로 중앙 영상 창과 우측 결과 표가 서로 대응되는 입력 영상과 ROI 를 가리키는지 확인합니다.

10.2 공통 해석 원칙

분석 결과는 입력 영상의 품질, 보정 방식, ROI 대표성, 파장 메타데이터와 선택한 계산 조건에 따라 달라집니다. 수치 결과를 해석할 때는 계산 조건과 단위, 유효 픽셀 범위를 함께 기록합니다. 화면의 색상맵은 값의 시각적 표현이며 물리 단위나 계산 값의 부호를 대체하지 않습니다.

현재(v2.3.2.0 기준) 분류 알고리즘으로 제공되는 것은 SAM(Spectral Angle Mapper)입니다. 설명하지 않은 다른 분류 알고리즘이 선택 목록에 나타나지 않는 것은 정상입니다.

11 색좌표 분석

11.1 계산 입력과 ROI

색좌표 계산은 선택된 영상의 분광 반사율과 파장 정보를 표준 관찰자·기준 광원에 따라 삼자극치와 색좌표로 변환합니다. 데이터가 반사율이 아니거나 파장 범위가 색좌표 계산에 필요한 조건을 충족하지 않으면 결과 해석에 한계가 있으므로 입력 영상의 보정 상태와 스케일을 확인합니다.

우측 색좌표 탭을 선택하고 영상에서 색좌표 분석이 필요한 영역에 대해 ROI 를 지정(필요시 다중 모드 선택)합니다. ROI 가 대상의 경계 부분이나 그림자 영역을 포함하지 않는지 확인합니다. 색차 공식을 사용할 때는 색차 기준 ROI 를 선택하여 나머지 ROI 와의 비교 관계를 확인합니다.

11.2 계산 조건과 실행

색좌표 탭에서 '계산 조건' 메뉴를 펼친 후 표준 관찰자, 기준 광원, 반사율 100% 기준값, 색차 기준 ROI 및 색차 공식 조건을 확인합니다. CIE 표준 관찰자는 2°, 광원 조건은 D65 표준 주광을 기본 값으로 권장하고 그 외 값들은 해당 조건에 따라 선택합니다. 외부 보정 프로그램의 반사율 영상은 반사율 100%에 해당하는 단위가 다를 수 있기 때문에 헤더 내용을 참고하여 반사율 100% 기준값 단위를 선택합니다. (Lumetra 기본값은 '1') '색좌표 계산' 실행 후 색차 기준 ROI 를 선택할 수 있고 설정된 색차 공식에 대한 결과를 함께 확인할 수 있습니다.

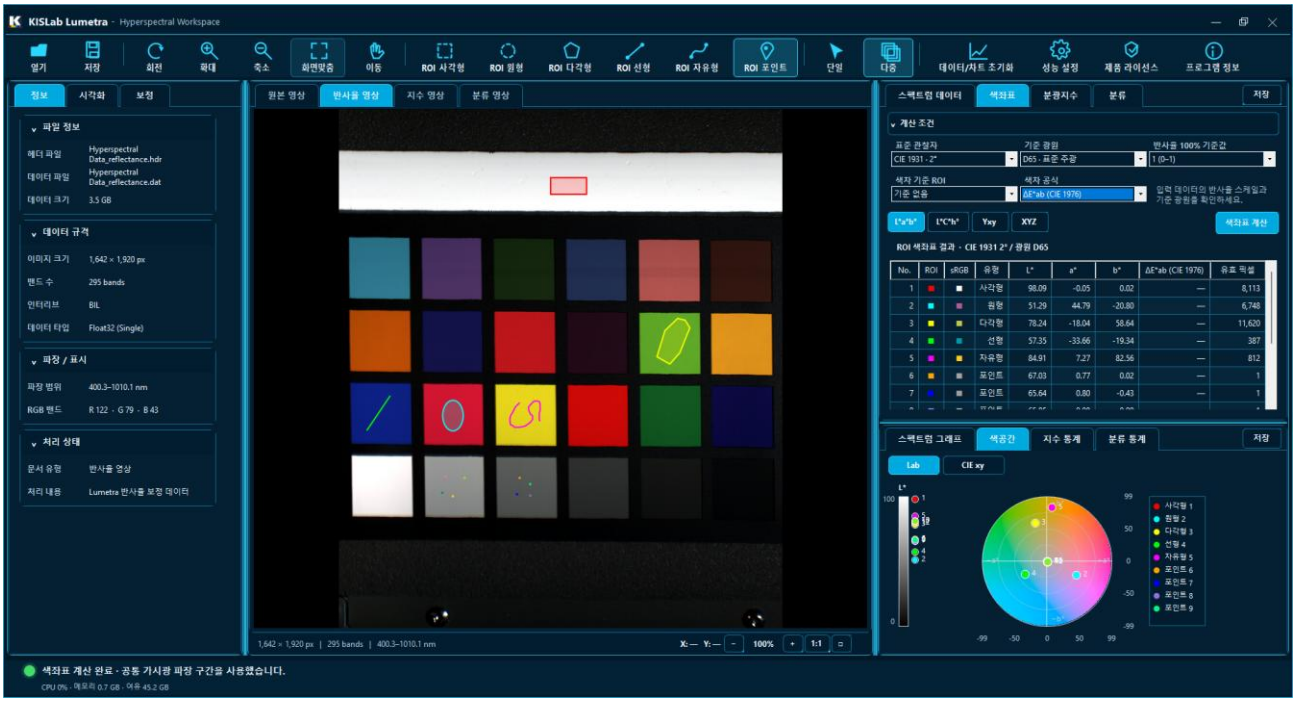


그림 11-1 반사율 영상에서 선택한 ROI 에 대한 색좌표 계산 실행 화면

11.3 결과 표와 색공간

'색좌표 계산' 실행 후 L*a*b*를 비롯한 다양한 색좌표 결과를 확인할 수 있습니다. 각 ROI 별 선택 색상과 색좌표 값에 근거한 참조용 sRGB 색상을 함께 표시해줍니다. 하단 색공간 탭에서는 Lab 와 CIE 1931 xy 색공간 이미지를 전환하여 볼 수 있습니다. 번호는 ROI 지정 순서대로 표시됩니다.



No.	ROI	sRGB	유형	L*	a*	b*	ΔE*ab (CIE 1976)	유효 픽셀
1			사각형	98.09	-0.05	0.02	—	8,113
2			원형	51.29	44.79	-20.80	68.07	6,748
3			다각형	78.24	-18.04	58.64	64.45	11,620
4			선형	57.35	-33.66	-19.34	56.25	387
5			자유형	84.91	7.27	82.56	83.90	812

그림 11-2 계산 조건 및 색좌표 계산 결과 표



그림 11-3 Lab 색공간 이미지

11.4 색차와 저장

색차 기준을 지정하면 선택된 ROI 를 기준으로 나머지 ROI 에 대해 색차 공식을 일괄 적용하여 결과를 표시합니다.. 색차 공식은 ΔE*ab, ΔE00, ΔE94, CMC 를 지원합니다.

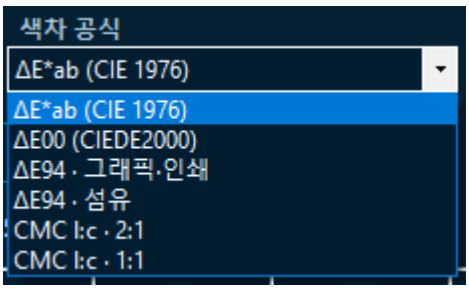


그림 11-4 색차 공식

색좌표 탭의 저장 메뉴는 색좌표 계산 결과를 저장하기 위해 csv·excel 두 가지 포맷을 지원하며, 색공간 탭의 저장 메뉴에서는 Lab, xy 이미지를 각각 1600 x 900 해상도의 png 포맷으로 저장할 수 있습니다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
색차 공식	ΔE*ab (CIE 1976)															
No.	ROI	sRGB	L*	a*	b*	L*	C*	h°	Y	x	y	X	Y	Z	Delta E	유효 픽셀
1	#FF0000	#F9F9F9	98.08529	-0.0526	0.02095	98.08529	0.056623	158.2846	95.12944	0.312882	0.329531	90.32318	95.12944	103.2286	기준	8113
2	#00FFFF	#B35B9F	51.29018	44.78536	-20.7993	51.29018	49.37955	335.0888	19.52006	0.344504	0.235772	28.52225	19.52006	34.74983	68.07135	6748
3	#FFFF00	#C2C94E	78.2396	-18.0445	58.64336	78.2396	61.35673	107.1031	53.61995	0.392386	0.473469	44.43736	53.61995	15.19188	64.45267	11620
4	#00FF00	#009BAA	57.3503	-33.6602	-19.3419	57.3503	38.82164	209.8826	25.28318	0.202797	0.299297	17.13134	25.28318	42.06075	56.24705	387
5	#FF00FF	#FFCC1D	84.91243	7.267921	82.55585	84.91243	82.87516	84.96886	65.83548	0.463043	0.463882	65.7164	65.83548	10.37088	83.89949	812
6	#FFA500	#A5A3A3	67.03461	0.769758	0.01695	67.03461	0.769944	1.261439	36.67782	0.314343	0.328837	35.06116	36.67782	39.79907	31.06156	1
7	#0000FF	#A19FA0	65.64468	0.796385	-0.433	65.64468	0.906488	331.4666	34.86661	0.31334	0.327678	33.34098	34.86661	38.1975	32.45489	1
8	#9370DB	#A0A0A0	65.85305	0.084824	0.089982	65.85305	0.12366	46.69039	35.13424	0.313285	0.329611	33.39392	35.13424	38.06478	32.23261	1
9	#00FF7F	#A4A2A2	66.73354	0.681771	0.196746	66.73354	0.709591	16.09714	36.28029	0.314613	0.329355	34.65636	36.28029	39.21897	31.36084	1
10	#FF69B4	#CBC9CB	81.26773	0.872417	-0.58026	81.26773	1.047765	326.3714	58.9566	0.313094	0.327599	56.34616	58.9566	64.66308	16.8537	1
11	#008080	#C7C6C8	79.93836	0.949381	-0.88087	79.93836	1.295092	317.1436	56.57217	0.312605	0.326877	54.10211	56.57217	62.39452	18.19693	1
12	#FFD700	#C6C5C8	79.73983	0.705253	-1.03023	79.73983	1.248502	304.3939	56.22171	0.311919	0.326734	53.67257	56.22171	62.17761	18.39117	1
13	#80F22C	#CBC9CA	81.25825	0.653182	-0.26022	81.25825	0.703109	338.2779	58.93935	0.313399	0.328432	56.24157	58.93935	64.27608	16.84418	1

그림 11-5 색좌표 계산 결과의 엑셀 저장 예 – csv 는 색상맵 미구현

12 분광지수 분석

12.1 작업 흐름과 입력 영상 창

분광지수는 파장 밴드 간 산술 조합으로 픽셀별 특성을 강조하는 분석입니다. 목적에 맞는 입력 영상 창과 유효 파장 범위를 확인하고, 기본 지수·밴드 연산·사용자 정의 수식 중 계산 방법을 선택합니다. 계산 결과는 중앙 지수 영상 창에 표시되고 지수 통계 탭에서 ROI·임계값·분포를 검토합니다.

1. 분석에 사용할 파일을 불러옵니다. (반사율 보정된 영상을 기본 권장하며, 외부 프로그램에 의해 보정된 영상은 원본 영상 창에서 활성화될 수도 있습니다.)
2. 정보 탭에서 파장 범위를 확인한 후 분광지수 계산에 필요한 밴드를 사전에 검토합니다.
3. 분광지수 탭에서 계산 유형과 조건을 선택합니다.
4. 목표 파장이나 밴드·수식을 점검하고 계산을 실행합니다.
5. 지수 영상 결과 창과 지수 통계 탭의 내용을 확인한 뒤 필요한 형식으로 저장합니다.

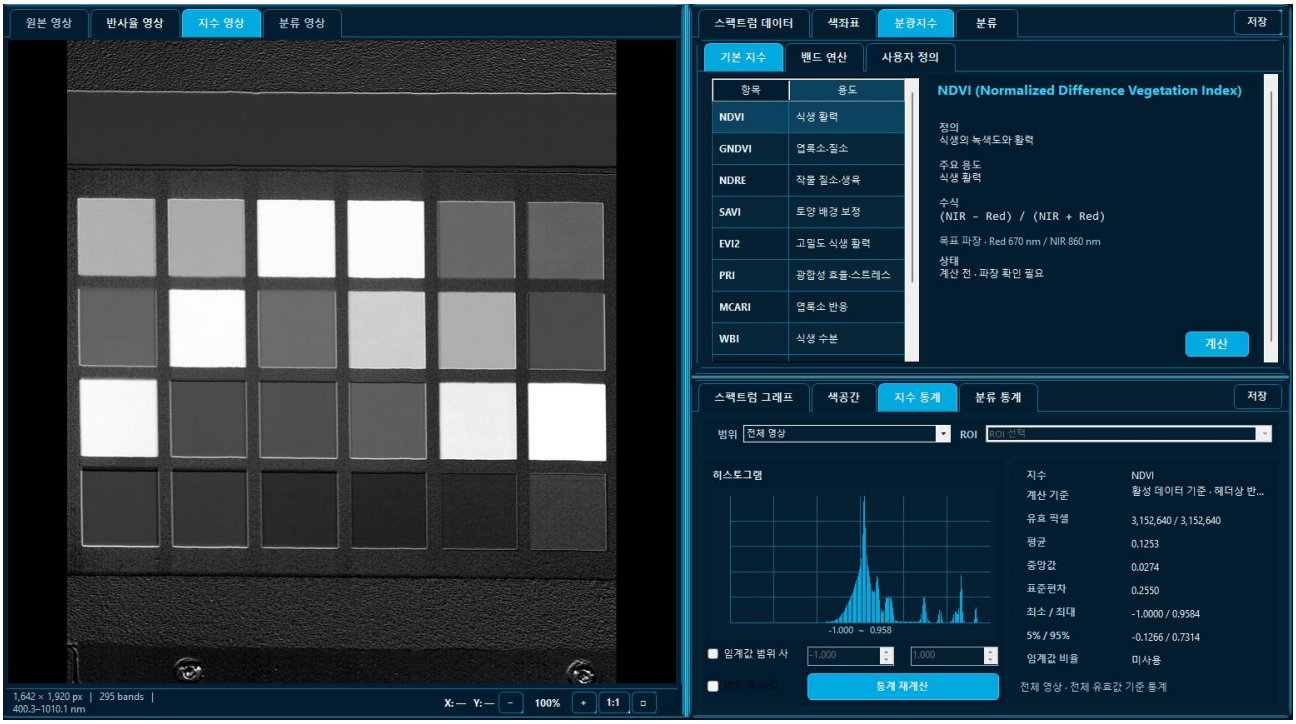


그림 12-1 분광지수 탭의 계산 유형 선택 화면과 계산 결과에 대한 지수 영상 창 및 지수 통계 탭 화면

12.2 기본 지수와 목표 파장

기본 지수 목록에서 항목을 선택하면 정의·용도·수식·목표 파장 등 관련 정보가 표시됩니다. 지수의 의미와 요구 밴드가 실제 데이터의 파장 범위에 포함되는지 확인합니다. 목표 파장을 입력하는 방식에서는 프로그램이 가장 가까운 실제 밴드를 대응시킬 수 있으므로 목표 파장 값과 선택된 밴드 번호·파장을 계산 후 상태 항목에서 함께 확인합니다.



그림 12-2 기본 지수 메뉴에서 NDVI 선택 후 계산 완료 화면

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): 식생 활력
  - 수식: (NIR − Red) / (NIR + Red)
- GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index): 엽록소·질소
  - 수식: (NIR − Green) / (NIR + Green)
- NDRE (Normalized Difference Red Edge Index): 작물 질소·생육
  - 수식: (NIR − Red-edge) / (NIR + Red-edge)
- SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index): 토양 배경 보정
  - 수식: 1.5 × (NIR − Red) / (NIR + Red + 0.5)
- EVI2 (Two-band Enhanced Vegetation Index): 고밀도 식생 활력
  - 수식: 2.5 × (NIR − Red) / (NIR + 2.4 × Red + 1)
- PRI (Photochemical Reflectance Index): 광합성 효율·스트레스
  - 수식: (Green 531 − Green 570) / (Green 531 + Green 570)
- MCARI (Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index): 엽록소 반응
  - 수식: [(Red-edge − Red) − 0.2 × (Red-edge − Green)] × (Red-edge / Red)
- WBI (Water Band Index): 식생 수분
  - 수식: NIR 900 / Water band 970
- WAI1450 (Water Absorption Ratio (1300/1450 nm)): 수분 함량
  - 수식: NIR reference 1300 / Water band 1450
- NDNI (Normalized Difference Nitrogen Index): 질소 반응
  - 수식: [ln(1/SWIR 1510) − ln(1/SWIR 1680)] / [ln(1/SWIR 1510) + ln(1/SWIR 1680)]
- CMI (Clay Mineral Index): 점토 광물

- 수식: (SWIR 2165 × SWIR 2260) / (SWIR 2205 × SWIR 2205)

12.3 밴드 연산과 사용자 정의 수식

밴드 연산은 최대 4 개의 밴드 변수와 사전 정의된 6 개의 연산 수식을 사용해 분광지수를 계산합니다.

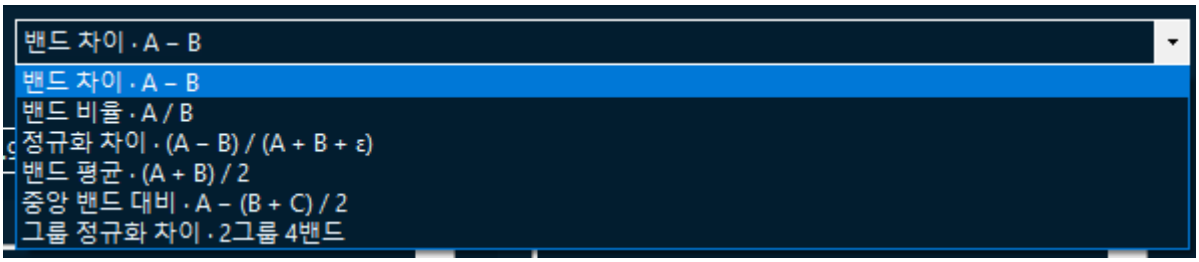


그림 12-3 밴드 연산에 사용되는 사전 정의 수식 6 종



그림 12-4 밴드 차이 A-B 수식을 활용한 계산 예

사용자 정의 수식은 괄호와 사칙연산을 이용하여 사용자가 직접 생성한 수식을 기준으로 계산합니다.

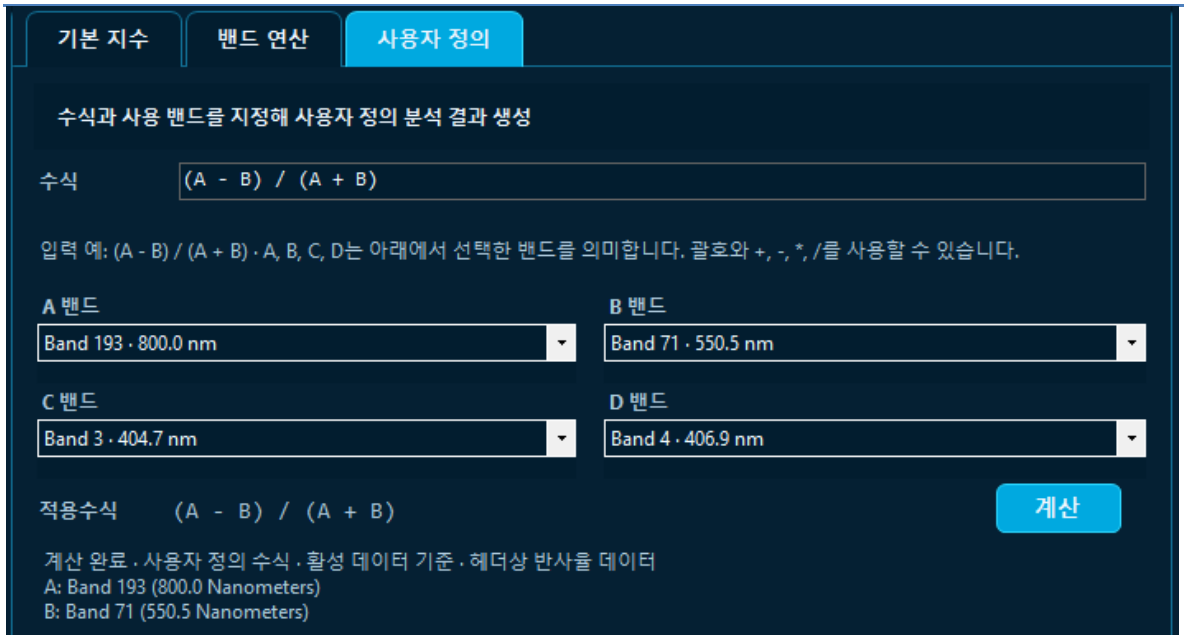


그림 12-5 사용자 정의 수식을 적용한 분광지수 계산 예

12.4 결과 영상과 지수 통계

계산이 완료되면 지수 영상 창에서 결과 영상과 색상맵을 확인합니다.



그림 12-6 컬러 타일에 대한 NDVI 지수 영상 예

지수 통계 탭에서 범위, ROI, 임계값 등을 설정해 히스토그램 요약 결과를 확인합니다.

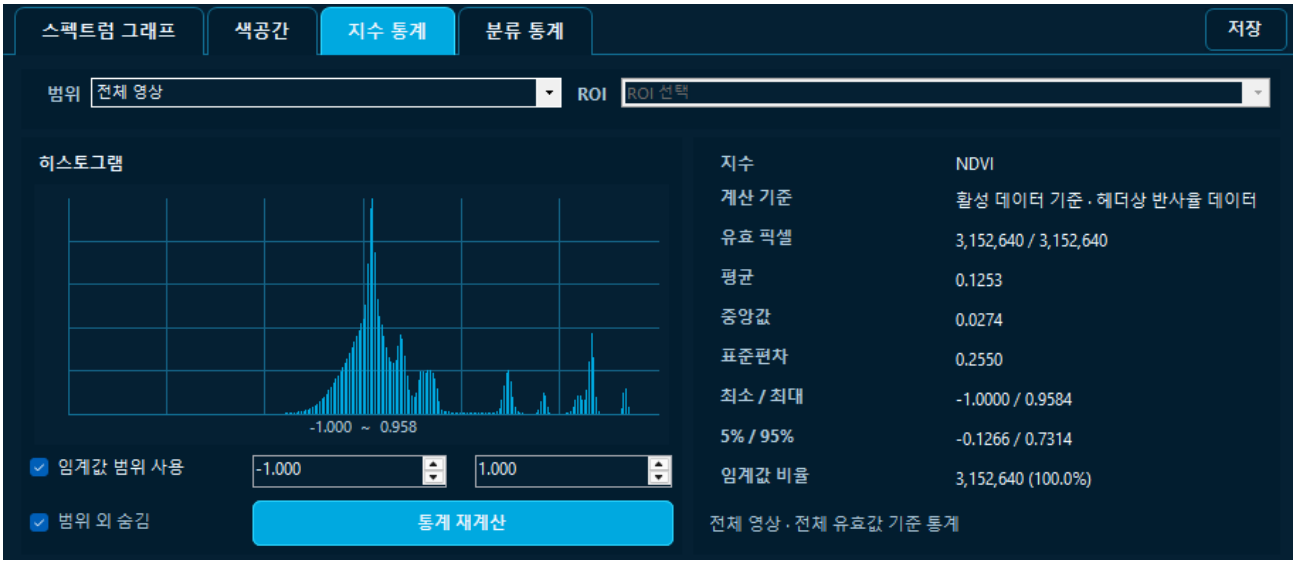


그림 12-7 분광지수 계산 결과에 대한 히스토그램 통계

12.5 분광지수 결과 저장과 오류 점검

분광지수 탭의 저장 메뉴를 이용해 지수 영상을 png 이미지로 저장하거나 ENVI 데이터로 저장할 수 있습니다. 저장된 ENVI 데이터는 Lumetra 또는 ENVI 데이터 보기가 가능한 외부 프로그램에서 불러올 수 있습니다.

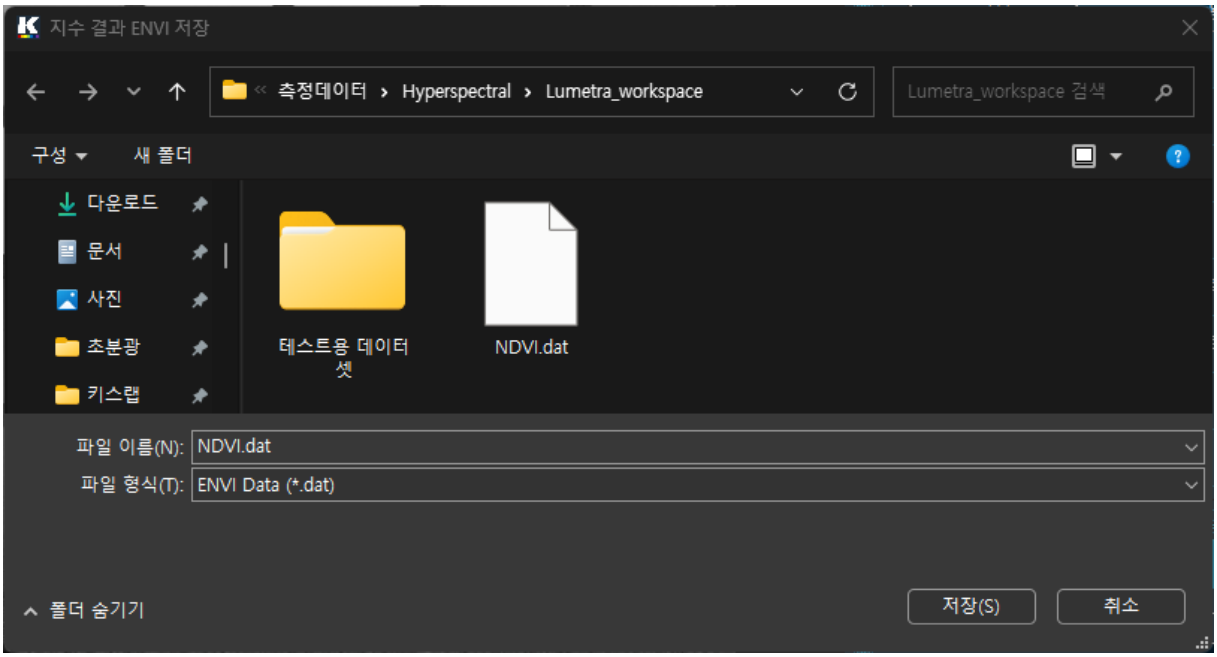


그림 12-8 hdr 와 함께 저장된 ENVI 포맷의 분광지수 데이터

지수 통계 탭의 저장 메뉴는 히스토그램 차트를 png 이미지로 저장하는 것과 통계 항목을 excel 로 저장하기를 지원합니다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	지수	NDVI								
2	계산 기준	활성 데이터 기준 · 헤더상 반사율 데이터								
3	실제 사용 밴드	NIR: 859.0 nm (Band 222)Red: 670.1 nm (Band 129)								
4	분석 범위	전체 영상								
5	임계값 사용	사용								
6	임계값 최소	-1								
7	임계값 최대	1								
8	선택 픽셀	3152640								
9	유효 픽셀	3152640								
10	통계 사용 픽셀	3152640								
11	임계값 통계 재계산	미사용								
12	범위 외 영역 숨김	사용								
13	평균	0.125318544								
14	중앙값	0.027431438								
15	표준편차	0.255045613								
16	최소값	-1								
17	최대값	0.958422244								
18	5% 분위수	-0.126626849								
19	95% 분위수	0.731372178								
20	히스토그램 구간 수	256								
21	히스토그램 bin 폭	0.007650087								
22	임계값 픽셀	3152640								
23	임계값 비율	100.0000%								

그림 12-9 지수 통계를 저장한 엑셀 파일 내용

기본 지수 탭에서는 목표 밴드에 대응되는 파장이 없는 경우 계산 오류 창이 표시되며, 밴드 연산과 사용자 정의 수식 계산을 위해 밴드 선택, 수식 문법 등이 적절하게 되었는지 확인합니다.

13 SAM 분류 분석

13.1 분류 원리와 작업 영역

SAM 분류는 기준 영역과 비교 대상 영역 간 스펙트럼 사이의 각도를 계산해 형태적 유사도를 비교하는 분류 방법입니다. 설정된 임계각보다 작은 분광각을 갖는 픽셀들이 기준 영역과 동일한 영역으로 분류됩니다. 클래스와 학습 ROI 조건을 구성하고 임계각을 설정한 후 분류를 실행하고 분류 영상 창 및 분류 통계 탭에서 결과를 평가합니다. 학습 ROI 를 지정하거나 수정하는 작업은 입력 영상 창(원본 또는 반사율)에서 진행합니다.

13.2 입력 영상과 클래스 구성

분류에 사용할 데이터는 반사율 보정이 된 영상을 권장하며, 반사율 보정이 안된 원본 영상으로 분류하는 경우 분류 결과가 달라질 수 있습니다. 클래스는 분류 대상에 대한 대표 영역으로서 사용자는 해당 클래스의 이름을 입력(미입력시 자동 표기)하고 학습 ROI 를 지정할 수 있습니다. 각 클래스에 배정되는 학습 ROI 용 대표 색상은 Lumetra 에서 자동으로 지정합니다. 학습 ROI 가 지정되지 않은 클래스는 미분류 상태로 처리되며 클래스 추가, 삭제 후 재실행이 가능합니다.

13.3 학습 ROI 작성과 클래스 스펙트럼

1. 학습 자료를 등록할 클래스를 추가하거나 선택합니다.
2. 입력 영상 창(원본 또는 반사율)을 클릭하여 활성화합니다. (또는 '입력 영상 창 이동' 버튼 클릭)

3. ROI 도구를 선택하고 해당 클래스의 대표 영역을 지정합니다. 대표 영역이 여러 개일 경우 별도의 추가 버튼 없이 ROI 를 지정하면 즉시 추가됩니다. '선택 ROI 삭제' 또는 '전체 ROI 삭제' 버튼으로 편집할 수 있습니다.

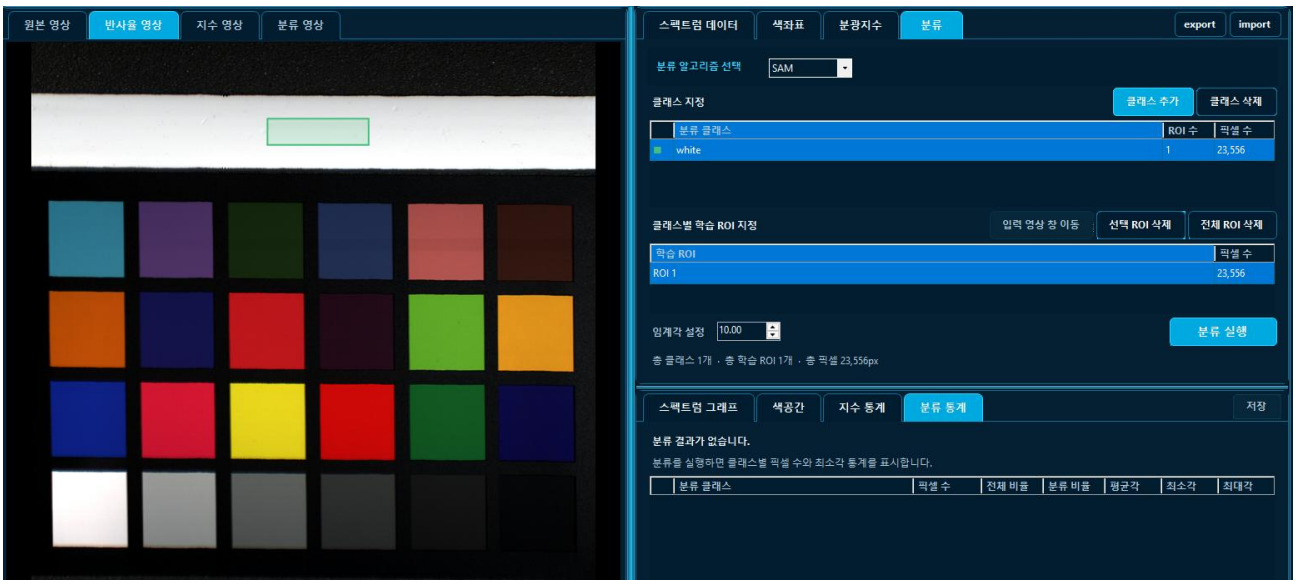


그림 13-1 반사율 영상에 대한 SAM 분류 작업을 위한 클래스 및 학습 ROI 설정

4. 각 표의 내용이 갱신되는지 확인하고 필요한 만큼 클래스에 대해 같은 절차를 반복합니다. 하단에는 현재 선택된 클래스와 학습 ROI 의 정보가 표시됩니다.



그림 13-2 분류 대상에 대한 클래스 및 학습 ROI 추가, 삭제 작업 및 선택 정보 확인

5. 분류 실행 전 필요한 경우 스펙트럼 그래프 탭에서 클래스별 평균 스펙트럼 비교할 수 있습니다.

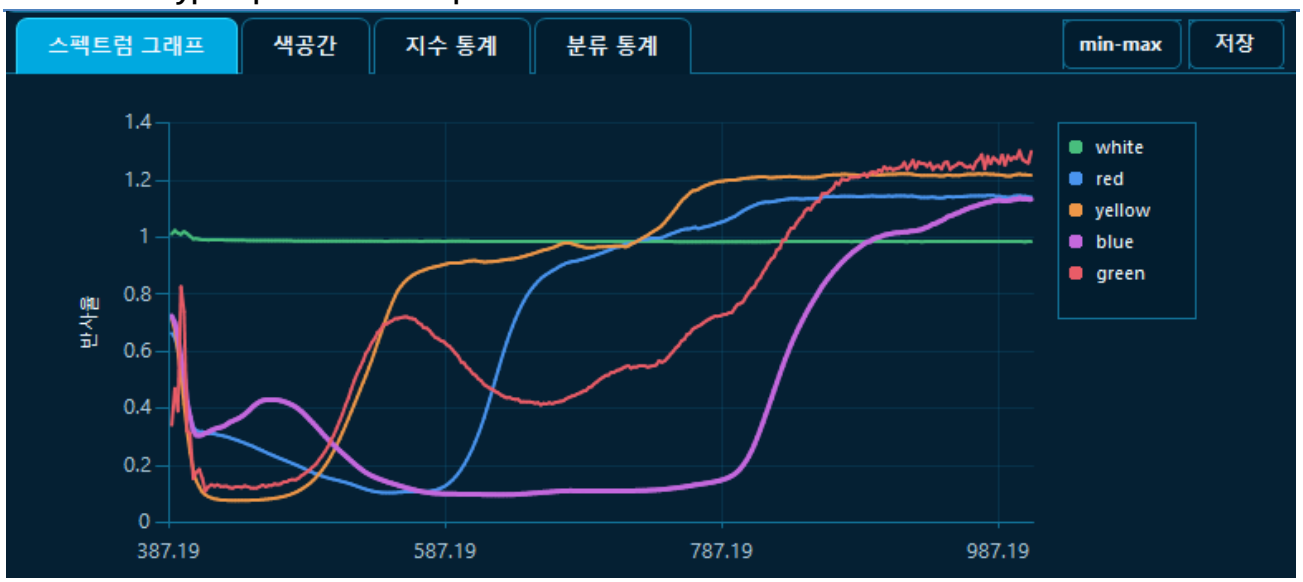


그림 13-3 클래스별 평균 스펙트럼 확인

학습 ROI 는 각 클래스의 대표성을 반영하기 때문에 가능한 유사한 영역이 포함되도록 하며, 경계·그림자·하이라이트·다른 영역 등이 섞인 곳이 겹치지 않도록 합니다. 학습 ROI 용 픽셀이 지나치게 적거나 클래스간 영역이 겹치면 분류 결과가 불안정해질 수 있습니다.

13.4 임계각 설정

설정된 임계각은 각 클래스를 분류하는데 적용되는 최대 분광각으로 사용되며, 모든 클래스에 동일하게 적용됩니다. 설정 값이 작으면 유사도가 높은 픽셀만 분류하기 때문에 미분류 결과가 많아질 수 있고 설정 값이 크면 유사도가 낮은 픽셀도 같은 클래스로 판별하는 오분류가 생길 수 있습니다. 사용자의 편의를 위해 각도 단위로 입력하도록 되어 있으며, Lumetra 는 이 값을 radian 으로 변환하여 자동 계산합니다. 기본 설정 값은 '5'도입니다.

13.5 분류 실행과 결과 검토

'분류 실행' 버튼을 클릭한 후 진행이 완료되면 분류 영상 창이 자동으로 활성화되면서 결과를 확인할 수 있습니다. 클래스별 공간 패턴, 미분류 영역, 고립된 픽셀과 예상하지 않은 경계 등을 살펴봅니다. 분류 영상에서는 영상 비교를 위해 클래스맵, 원본(입력 영상), 오버레이 전환 도구를 지원합니다.

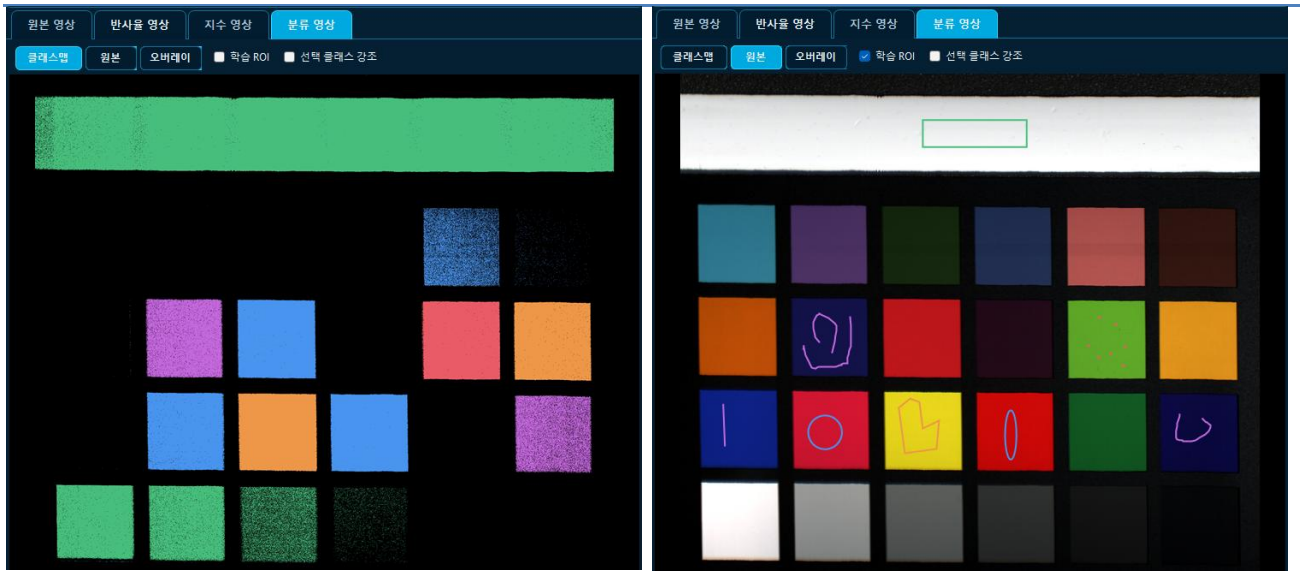


그림 13-4 분류 클래스맵(좌)과 학습 ROI 를 표시한 입력 영상 원본(우)

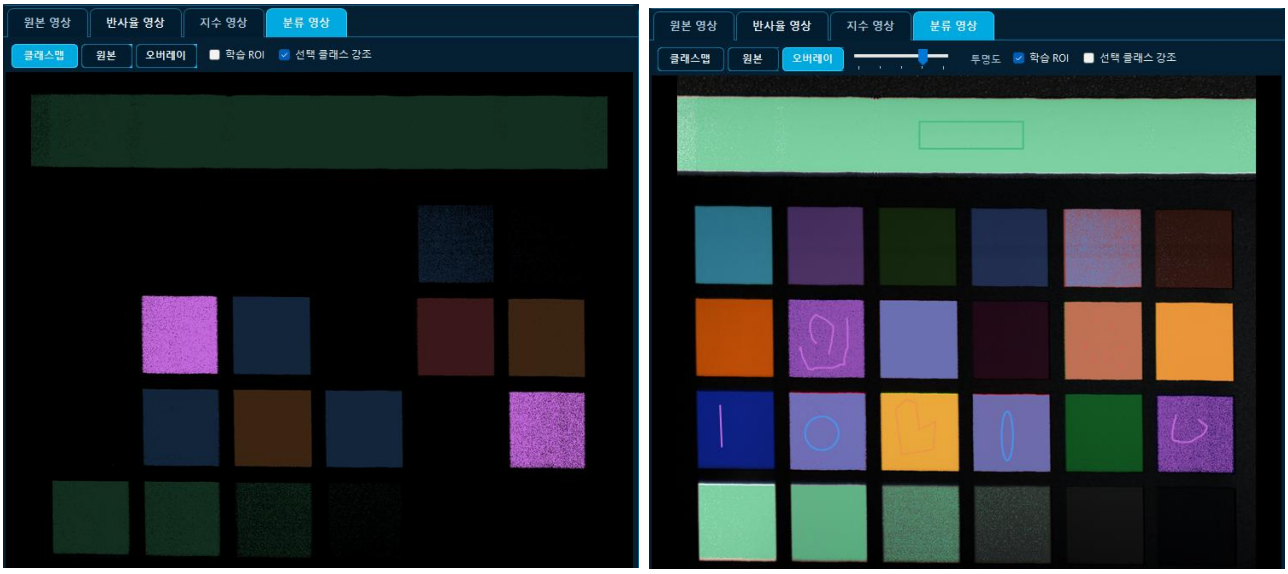
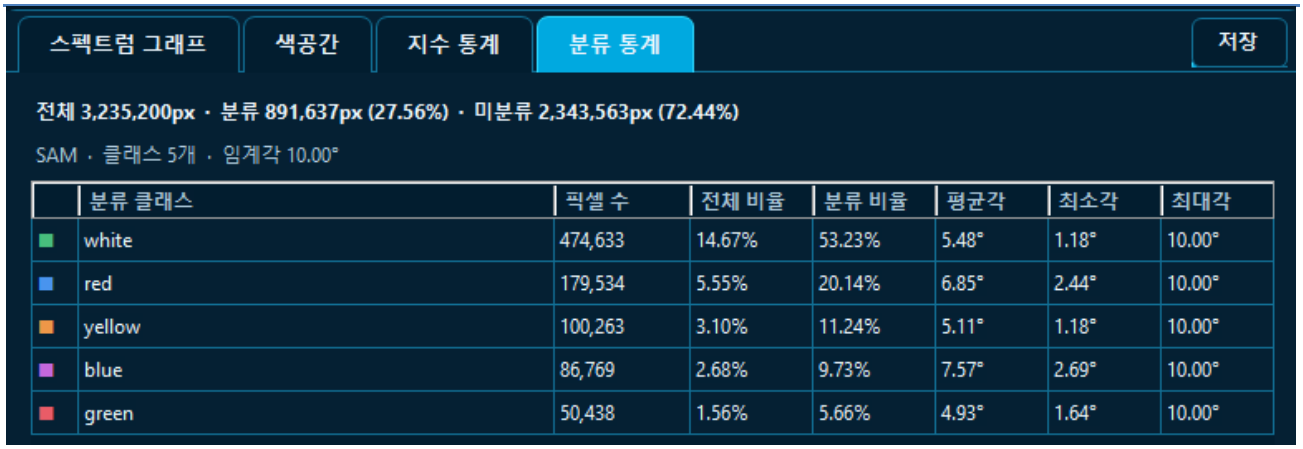


그림 13-5 선택 클래스를 강조 표현한 분류 클래스맵(좌)과 오버레이 영상(우)

13.6 분류 통계

분류 통계 탭에서는 분류 결과에 대한 전체 픽셀, 분류·미분류 픽셀 수와 비율, 클래스별 픽셀·비율 및 각도 정보를 표시합니다. 분류 영상의 공간 분포를 픽셀 통계 형태로 나타내는 것이며, 분류 정확도를 의미하지는 않습니다.



분류 클래스	픽셀 수	전체 비율	분류 비율	평균각	최소각	최대각
white	474,633	14.67%	53.23%	5.48°	1.18°	10.00°
red	179,534	5.55%	20.14%	6.85°	2.44°	10.00°
yellow	100,263	3.10%	11.24%	5.11°	1.18°	10.00°
blue	86,769	2.68%	9.73%	7.57°	2.69°	10.00°
green	50,438	1.56%	5.66%	4.93°	1.64°	10.00°

13.7 분류 조건 관리

사용자가 설정한 클래스와 학습 ROI 는 Lumetra 전용 학습 ROI 파일로 관리할 수 있습니다. 분류 탭의 'export' 버튼을 이용하여 json 파일로 내보내고 'import' 버튼으로 불러와 동일한 조건으로 다른 시료의 분류에 활용할 수 있습니다. 임계각 조건은 제외되며, 저장 단계에서의 입력 영상과 동일한 공간 해상도의 영상에 대해서만 불러오기가 가능합니다.

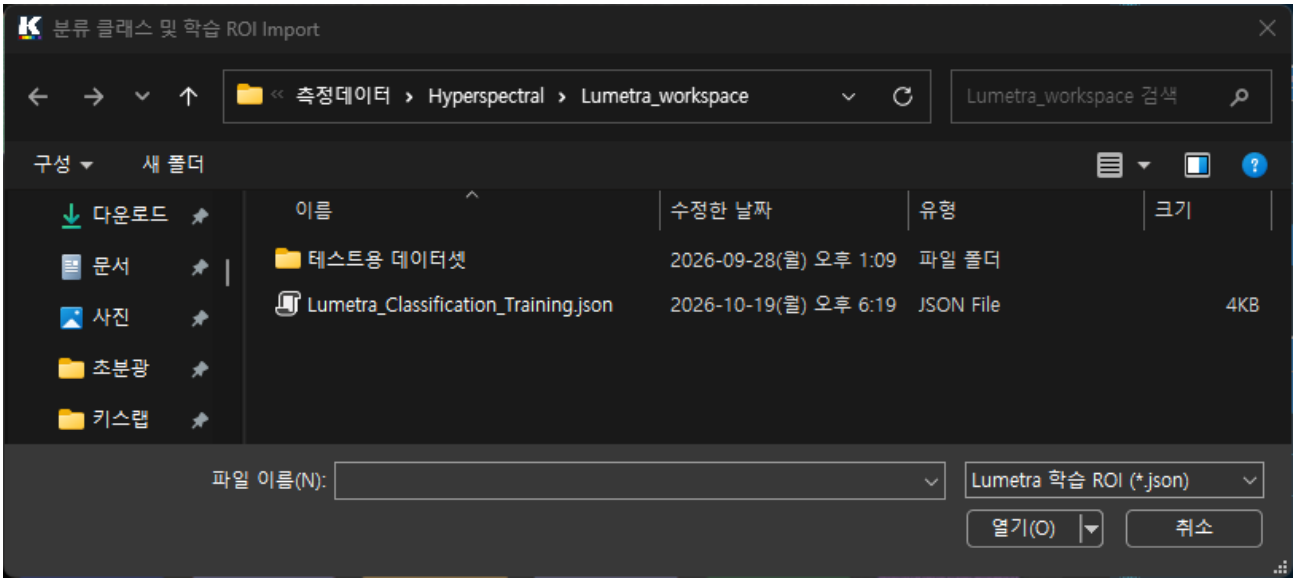


그림 13-6 클래스 및 학습 ROI 에 대한 분류 조건 파일 저장 및 불러오기

13.8 분류 결과 저장과 열기

분류 통계 탭의 저장 메뉴는 csv 통계 결과, png 클래스맵 이미지, csv 클래스 스펙트럼 데이터 및 ENVI 데이터 저장 기능을 지원합니다. ENVI 저장 옵션에서는 기본 분류 영상 이외에 Rule image(클래스별 분류 영상)와 최소각 영상을 선택적으로 저장할 수 있습니다.

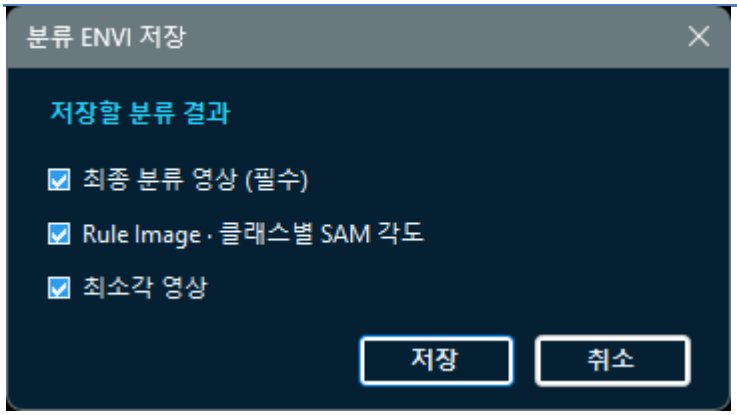


그림 13-7 ENVI 저장 옵션 – 분류 영상, Rule image, 최소각 영상

분류 결과에 대한 ENVI 데이터를 열면 분류 영상은 픽셀별 분류 클래스명을 표시하고 Rule image 는 클래스별 분광각을 라디안과 각도로 표시합니다. 최소각 영상은 각 픽셀이 모든 클래스와 비교시 가장 작은 분광각을 기록하여 저장한 것으로 라디안과 각도로 표현됩니다.

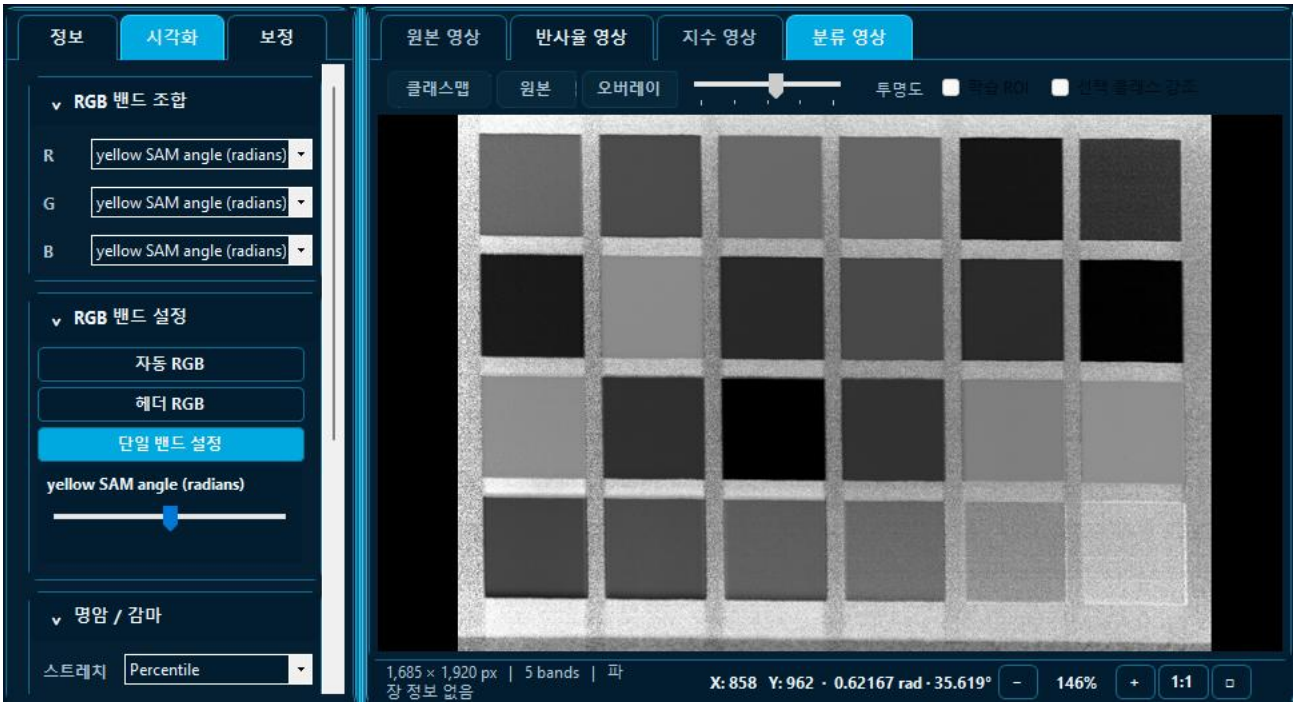


그림 13-8 Rule image 불러오기 예 – yellow 클래스에 대한 픽셀별 분광각 표시

13.9 분류 결과가 이상하거나 실행되지 않을 때

클래스가 없거나 학습 ROI 가 등록되지 않은 경우 분류 실행이 진행되지 않습니다. 입력 영상 창(원본 또는 반사율), 선택 클래스, 학습 ROI 표의 등록·픽셀 수, 임계각 설정 내용을 확인합니다. 모든 픽셀이 미분류라면 임계각이 지나치게 낮거나 입력 영상의 보정 상태가 분류에 적합하지 않을 수 있습니다. 저장된 학습 ROI(분류 조건) 데이터를 불러오는 경우 조건 파일이 저장된 영상과 현재 분류에 사용하는 입력 영상의 공간해상도가 동일한지 확인 후 진행해야 합니다. 분류 결과가 한 클래스에 과도하게 몰리면 학습 ROI 대표성, 클래스 스펙트럼의 중첩과 임계각을 점검합니다.

제 5 부 결과 저장과 작업 관리

14 저장과 내보내기

14.1 저장 기능의 구분

상단 툴바의 저장은 활성 중앙 영상 창의 이미지를 저장할 때 사용합니다. 우측 작업 영역의 기능별 저장은 스펙트럼·색좌표·분광지수·분류 기능에서 제공하는 표, 그래프, 통계 및 분석 전용 형식을 저장합니다. 저장 메뉴는 활성 영상 창과 선택된 탭에 따라 달라질 수 있으므로 실행 전에 저장 대상과 형식을 확인합니다.

14.2 툴바 저장 메뉴

활성 영상 창의 이미지를 png 파일로 저장합니다.

- 원본 해상도 렌더링 이미지: 헤더의 샘플 x 라인 수에 대응되는 해상도로 활성 창 저장
- 현재 이미지 창 캡쳐: 활성 영상 창에 보이는 영역을 저장 (활성 창 크기에 대응)

14.3 반사율 ENVI 와 기능별 저장

1. 반사율 보정
   - 보정 결과는 ENVI 포맷으로 저장되며 hdr 파일과 한 쌍으로 저장됩니다. hdr 에는 기본 ENVI 형식 외에 반사율 보정에 적용된 설정 조건들이 함께 기록됩니다.
2. 스펙트럼 데이터 / 그래프
   - ROI 지정 영역에 대한 csv 데이터와 캡쳐 형식의 chart 를 각각 저장할 수 있습니다.

   ※ Chart 는 1600 x 900 고정 해상도입니다.
3. 색좌표 / 색공간
   - 색좌표 계산 결과는 csv 또는 excel 포맷으로 저장됩니다. Lumetra 에서 표시 가능한 좌표계를 일괄 저장하며, excel 포맷에서는 ROI 와 sRGB 항목에 대한 색상정보를 16 진수 코드로 표기하고 셀 색상을 표시합니다.
   - 색공간은 Lab 와 xy 를 각각 png 파일로 저장할 수 있습니다.

   ※ 색공간 이미지는 1600 x 900 고정 해상도입니다.
4. 분광지수 / 지수통계
   - 분광지수 계산이 완료되면 지수 통계 탭이 활성화되고 각각 분석 결과를 저장할 수 있습니다.
   - 분광지수 탭은 지수 이미지와 ENVI 저장을 지원합니다. Image 를 선택하면 중앙 지수 영상 창에 출력된 결과를 png 파일로 저장합니다. ENVI 를 선택하면 계산에 활용된 지수 이름으로 헤더가 포함된 ENVI 포맷으로 데이터를 저장합니다.

- 지수 통계 결과는 저장 메뉴의 chart 를 선택하여 히스토그램 이미지를 저장하거나 통계 결과를 excel 메뉴를 이용하여 저장할 수 있습니다.

※ 히스토그램 차트는 1600 x 900 고정 해상도입니다.

5. 분류 / 분류통계
   - 분류 탭에서는 사용자가 설정한 클래스와 학습 ROI 에 대한 조건은 export 매뉴얼 저장하거나 import 메뉴로 불러올 수 있습니다. export 포맷은 json 입니다.
   - 분류 통계 결과는 4 개의 저장 메뉴를 지원합니다.
     - csv: 분류 통계 결과 표
     - class: 분류 클래스맵 png 이미지
     - spectrum: 클래스별 평균 스펙트럼 데이터, csv 포맷
     - ENVI: 최종 분류 영상, Rule image, 최소각 영상 등 3 개의 ENVI 포맷 데이터

   ※ 클래스 스펙트럼은 분류 탭이 활성화된 상태에서만 저장 가능합니다.

14.4 저장 전 확인 사항

저장 전 영상 창·ROI·분석 탭 선택 상태와, 계산 완료 여부, 표시 결과와 데이터 등 저장 조건과 항목을 확인합니다. 저장할 데이터가 없다는 메시지가 나타나면 대상 기능과 연결된 결과 탭이 활성화되어 있는지 확인합니다. 데모 라이선스에서는 분석 결과와 이미지 내보내기 등이 제한될 수 있으며 반사율 보정 결과 저장 허용 여부는 라이선스 안내를 확인합니다.

15 오류와 예외 대응

15.1 라이선스 오류

라이선스가 활성화되지 않은 상태에서는 영상을 열 수 없습니다. 지원하지 않는 버전·설치코드와 다른 라이선스·손상된 라이선스 안내가 나오면 상태와 오류 문구를 기록하고 공급업체에 문의합니다.

15.2 영상 열기 오류

hdr 를 열 수 없으면 헤더와 데이터 파일이 함께 있는지, 헤더의 데이터 파일명·경로가 실제 파일과 일치하는지, 파일이 다른 프로그램에서 열려 있지 않는지 확인합니다. 밴드 수·데이터 타입·인터리브 정보가 실제 파일과 맞는지도 점검합니다.

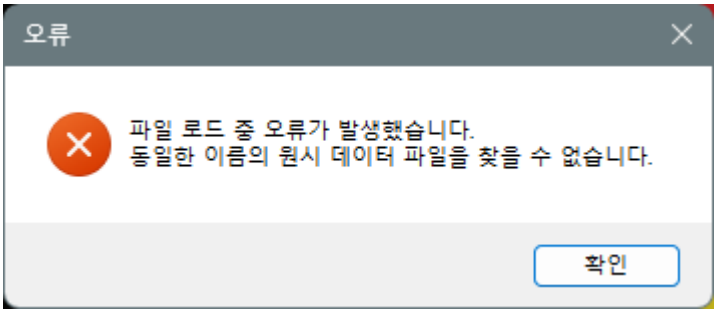


그림 15-1 헤더에 대응되는 실제 데이터가 없거나 파일명이 다른 경우 나타나는 오류

15.3 영상 표시 오류

영상이 검거나 과도하게 밝으면 밴드 선택, 데이터 타입과 스트레치 범위를 점검합니다. RGB 밴드 또는 단일 밴드가 유효 범위인지 확인하고 밴드 설정과 명암/감마를 조정하여 비교합니다. 이는 단순 표시 문제인지 실제 데이터 문제인지 구분하는 데 도움이 됩니다.

15.4 반사율 보정 오류

White 파일 조건 오류는 밴드·파장·라인 수·샘플 수와 스캔 방향의 대응을 확인합니다. White ROI 오류는 ROI 가 실제 표준 반사판 안에 있고 유효 픽셀을 포함하는지 확인합니다. 기준 반사율 파일 오류는 지원 형식, 선택 시트와 열, 파장 단위·배열, 빈 셀과 적용 밴드 범위를 확인합니다.

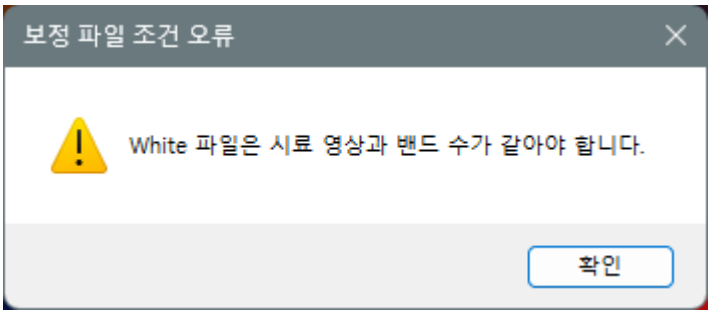


그림 15-2 원본 영상과 다른 조건의 White 파일 오류

15.5 색좌표·분광지수·분류 오류

1. 색좌표: 입력 영상이 가시광선 파장 범위를 포함하고 있는지 확인합니다. 색좌표 값이 이상한 경우 입력 영상의 파장 범위·단위, 유효 ROI, 관찰자·광원 조건을 확인 또는 조정합니다.

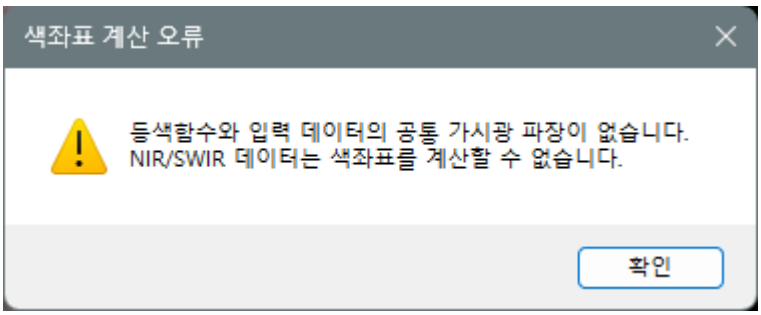


그림 15-3 입력 영상이 색좌표 계산에 필요한 파장을 포함하고 있지 않는 경우 오류

2. 분광지수: 목표 파장과 실제 대응 밴드, 밴드 변수, 수식 괄호·연산자, 0 분모 가능성과 NoData 를 점검합니다. 사용자 정의 수식에서는 허용되는 연산자와 문자가 적용되었는지 확인합니다. 지수 통계 결과가 예상과 다르면 통계 ROI·임계값이 최신 조건으로 다시 계산됐는지 확인합니다.

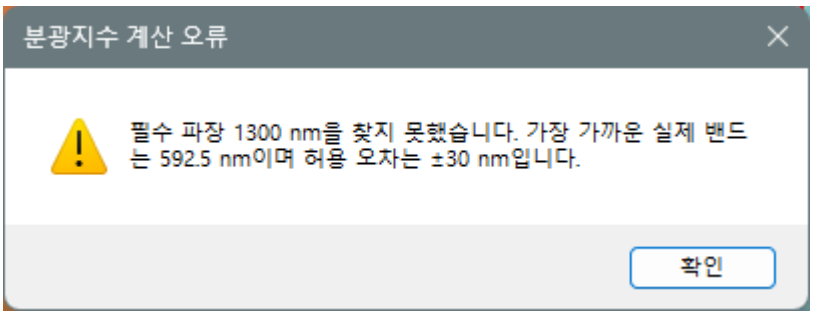


그림 15-4 대응 파장 데이터가 없어 지수 계산이 불가능한 경우 오류

3. SAM 분류: 입력 영상 창, 클래스 구성, 학습 ROI 등록과 픽셀 수, 파장·밴드 대응, 임계각을 확인합니다. 저장된 분류 조건을 불러오는 공간 해상도가 서로 일치하는지 점검합니다.

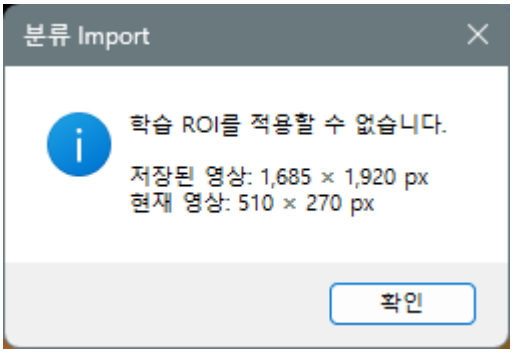


그림 15-5 입력 영상과 맞지 않는 학습 ROI 파일을 불러올 때 발생하는 오류

15.6 저장 오류와 처리 지연

저장이 실패하면 출력 폴더 권한, 디스크 공간, 파일명, 같은 이름의 파일을 다른 프로그램에서 사용 중인지 확인합니다. ENVI 출력은 헤더와 데이터 파일이 모두 생성됐는지 확인하고, 파일이 누락되었다면 다시 저장합니다.

처리 시간이 길면 영상 크기와 밴드 수, 현재 성능 설정, CPU·메모리 사용량, 저장 위치를 확인합니다. 취소가 가능한 작업이라면 상태 표시줄에서 취소 버튼을 클릭한 후 취소 처리가 끝날 때까지 기다립니다. 대용량 작업을 반복하기 전에 필요한 범위와 입력 자료를 줄일 수 있는지 검토합니다.

15.7 오류 로그 확인 및 기술 지원 요청

오류가 계속되거나 앞 절의 확인 방법으로 해결되지 않으면, 오류가 발생한 날짜의 로그 파일을 확인합니다. 로그는 사용자 컴퓨터의 별도 폴더에 저장됩니다.

- 로그 폴더: %LOCALAPPDATA%₩KISLab₩Lumetra₩Logs
- 파일명: lumetra-년월일.log (예: lumetra-20261028.log)
- 같은 날 프로그램을 다시 실행하면 그날의 로그 파일에 내용이 이어서 기록
- 프로그램을 실행할 때 90 일이 지난 로그 파일은 자동으로 정리

로그에는 오류 내용과 당시 진행하던 작업, 처리 단계와 소요 시간이 기록될 수 있습니다. 영상의 픽셀 값과 분광 데이터 값은 기록하지 않지만, 오류 내용에 영상 파일의 전체 경로가 포함될 수 있으므로 전달 전에 개인 정보나 공개하기 어려운 경로가 있는지 확인합니다. 기술 지원을 요청할 때는 해당 날짜의 로그 파일과 함께 다음 정보를 전달하면 원인을 파악하는 데 도움이 됩니다.

- Lumetra 버전과 Windows 버전
- 오류가 발생한 시각과 당시 수행하던 작업
- 오류가 발생한 기능과 작업 순서, 화면에 표시된 오류 문구
- 입력 파일의 헤더 정보와 적용한 보정·분석 조건
- 저장을 시도한 경로 및 같은 오류가 다시 발생하는지 여부

라이선스 문제라면 제품 라이선스 창의 상태와 오류 문구도 함께 전달합니다. 라이선스 코드나 민감한 정보는 공개되지 않도록 주의합니다.

부록

A 빠른 작업 절차

A.1 영상 열기와 RGB 확인

1. 제품 라이선스에서 활성화 상태를 확인합니다.
2. 상단 열기에서 원본 hdr 파일을 선택합니다.
3. 정보 탭에서 데이터 규격과 파장 정보를 확인합니다.
4. 시각화 탭에서 자동 RGB 또는 헤더 RGB 를 선택합니다.
5. 필요하면 R·G·B 밴드를 직접 지정하고 스트레치·감마를 조정합니다.
6. 화면맞춤으로 전체 영상을 확인합니다.

A.2 반사율 보정

1. 원본 영상에서 White 표준 반사판을 확인합니다.
2. 단일 밴드와 스펙트럼으로 표준 반사판의 균일성을 점검합니다.
3. 보정 방식 선택 후 White 파일 또는 White ROI 를 지정합니다.
4. 필요한 Dark 와 기준 반사율을 설정합니다.
5. 출력 경로를 지정하고 반사율 보정 후 저장을 선택합니다.
6. 작업 완료 후 반사율 영상 창에서 정보와 ROI 스펙트럼을 확인합니다.

A.3 색좌표 분석

1. 분석할 원본 영상 창 또는 반사율 영상 창을 활성화합니다.
2. 대상별 ROI 를 작성합니다.
3. 색좌표 탭의 계산 조건에서 표준 관찰자·광원·반사율 스케일을 확인합니다.
4. 계산을 실행하고 결과 표를 확인합니다.
5. 하단 색공간에서 Lab 또는 CIE xy 를 살펴봅니다.
6. 필요한 표와 차트를 저장합니다.

A.4 분광지수 분석

1. 입력 영상 창과 파장 범위를 확인합니다.
2. 분광지수 탭에서 기본 지수·밴드 연산·사용자 정의 수식 중 하나를 선택합니다.
3. 목표 파장, 실제 대응 밴드 또는 수식을 검토합니다.
4. 계산을 실행하고 지수 영상 창에서 결과를 확인합니다.

5. 지수 통계에서 범위 ROI·임계값을 설정하고 통계를 확인합니다.
6. 결과 영상·히스토그램·통계표·ENVI 자료를 필요한 형식으로 저장합니다.

A.5 SAM 분류

1. 분류할 원본 영상 창 또는 반사율 영상 창을 선택합니다.
2. 분류 탭에서 클래스를 추가하고 이름을 지정합니다.
3. 클래스를 선택한 뒤 입력 영상에서 대표 학습 ROI 를 작성합니다.
4. 클래스별 ROI 수·픽셀 수와 평균 스펙트럼을 확인합니다.
5. 임계각을 설정하고 분류 실행을 선택합니다.
6. 분류 영상에서 클래스맵·입력 영상·오버레이를 비교합니다.
7. 분류 통계에서 픽셀 수·비율과 각도 요약을 검토합니다.
8. 학습 조건 JSON 과 결과 CSV·이미지·스펙트럼·ENVI 자료를 각각 저장합니다.

B 보정 방식 선택 요약

B.1 사용자 ROI 평균 보정

현재 영상 안에 균일한 White 표준 반사판이 있고 밴드별 ROI 평균을 기준으로 사용할 때 선택합니다. 별도 White 영상은 필요하지 않습니다.

B.2 라인스캔 White 파일 보정

별도로 취득한 White 파일의 라인별 기준을 적용할 때 선택합니다. 샘플·White 의 라인스캔 조건과 밴드·샘플 대응을 확인합니다.

B.3 라인스캔 사용자 ROI 보정

현재 영상의 White ROI 로 라인별 기준을 만들 때 선택합니다. ROI 의 가로 범위가 출력 영역에 미치는 영향을 확인합니다.

B.4 화각 대응 White 파일 보정

샘플과 공간적으로 대응하는 White 파일을 픽셀별 기준으로 적용할 때 선택합니다. 영상 크기와 정렬이 맞는지 확인합니다.

C 지원 파일과 주요 결과

C.1 영상 및 기준 반사율 입력

영상 입력은 *.hdr 과 헤더에 대응하는 데이터 파일을 사용합니다. 데이터 확장자는 자료 생성 환경에 따라 .dat, .raw, .img, .spe .bin 등이 될 수 있습니다. 파장별 기준 반사율은 프로그램이 제공하는 파일 형식·크기 제한에 맞는 .xlsx, .xls, .csv, .txt 파일을 사용하고 확인 창에서 파장·반사율 데이터가 올바르게 읽혔는지 확인합니다.

C.2 보정 및 분석 출력

반사율 보정은 일반적으로 Float32 ENVI 데이터와 헤더를 생성하며 헤더에는 NoData, 기본 RGB 밴드, 파장과 처리 정보 등이 기록됩니다. 분석 결과는 기능별로 다음과 같은 형식으로 저장할 수 있습니다.

- 스펙트럼 표 CSV 및 그래프 이미지
- 색좌표 csv·excel 및 Lab·CIE xy 이미지
- 분광지수 결과 영상, 단일 밴드 Float32 ENVI, 히스토그램 이미지와 통계 excel
- 분류 통계 csv, 클래스맵 이미지, 클래스 평균 스펙트럼 csv
- Classification Class Image 와 선택적인 Rule Image·Minimum Angle
- 클래스·학습 ROI 조건 JSON

저장 메뉴의 실제 파일 형식과 항목은 활성 기능 및 버전에 따라 확인합니다.

D 주요 용어

D.1 ENVI 헤더와 인터리브

ENVI 헤더는 픽셀 데이터의 크기·자료형·배열 순서·파장과 데이터 파일 위치를 기술하는 텍스트 파일입니다. 인터리브(BIL·BIP·BSQ)는 밴드와 픽셀이 데이터 파일에 배열되는 구조입니다.

D.2 ROI 와 White·Dark

ROI 는 스펙트럼 계산, 보정 기준 또는 통계 범위를 지정하는 관심 영역입니다. White 는 표준 반사판 신호, Dark 는 센서의 암전류 또는 수광부 차단 상태에서의 기준 신호를 뜻하며 반사율 계산 시 샘플·White 의 Dark 성분을 보정하는 데 사용됩니다.

D.3 NoData 와 색상맵

NoData 는 계산이나 측정에 사용할 수 없는 픽셀을 표시하는 값입니다. Lumetra 반사율 출력에서는 일반적으로 -9999 가 사용됩니다. 색상맵은 단일 값 영상의 크기를 색으로 표현하며 계산 값 자체를 바꾸지 않습니다.

D.4 분광지수

분광지수는 특정 파장대의 반사율을 수식으로 조합해 픽셀별 특성을 강조하는 값입니다.
수식·파장·입력 스케일이 달라지면 결과와 해석도 달라집니다.

D.5 SAM, 분광각과 임계각

SAM(Spectral Angle Mapper)은 픽셀 스펙트럼과 기준 스펙트럼 사이의 분광각을 계산해 형태적 유사도를 평가합니다. 임계각은 픽셀을 클래스에 포함할 수 있는 최대 각도이며, 현재는 모든 클래스에 공통 임계각이 적용됩니다.

D.6 클래스맵, Rule Image 와 Minimum Angle

클래스맵은 각 픽셀의 최종 분류 라벨을 클래스별 색으로 표시한 영상입니다. Rule Image 는 클래스별 분광각 결과를 저장하고, Minimum Angle 은 픽셀마다 가장 작은 각도를 저장합니다. 각도 영상의 저장 값 단위와 해석은 저장 형식 및 헤더 정보를 통해 확인할 수 있습니다.

문의 및 기술 지원

키스랩 KISLab (Korea Imaging Spectroscopy Laboratory)

전화: 010-3249-6129

이메일: support@kislab.kr

홈페이지: www.kislab.kr