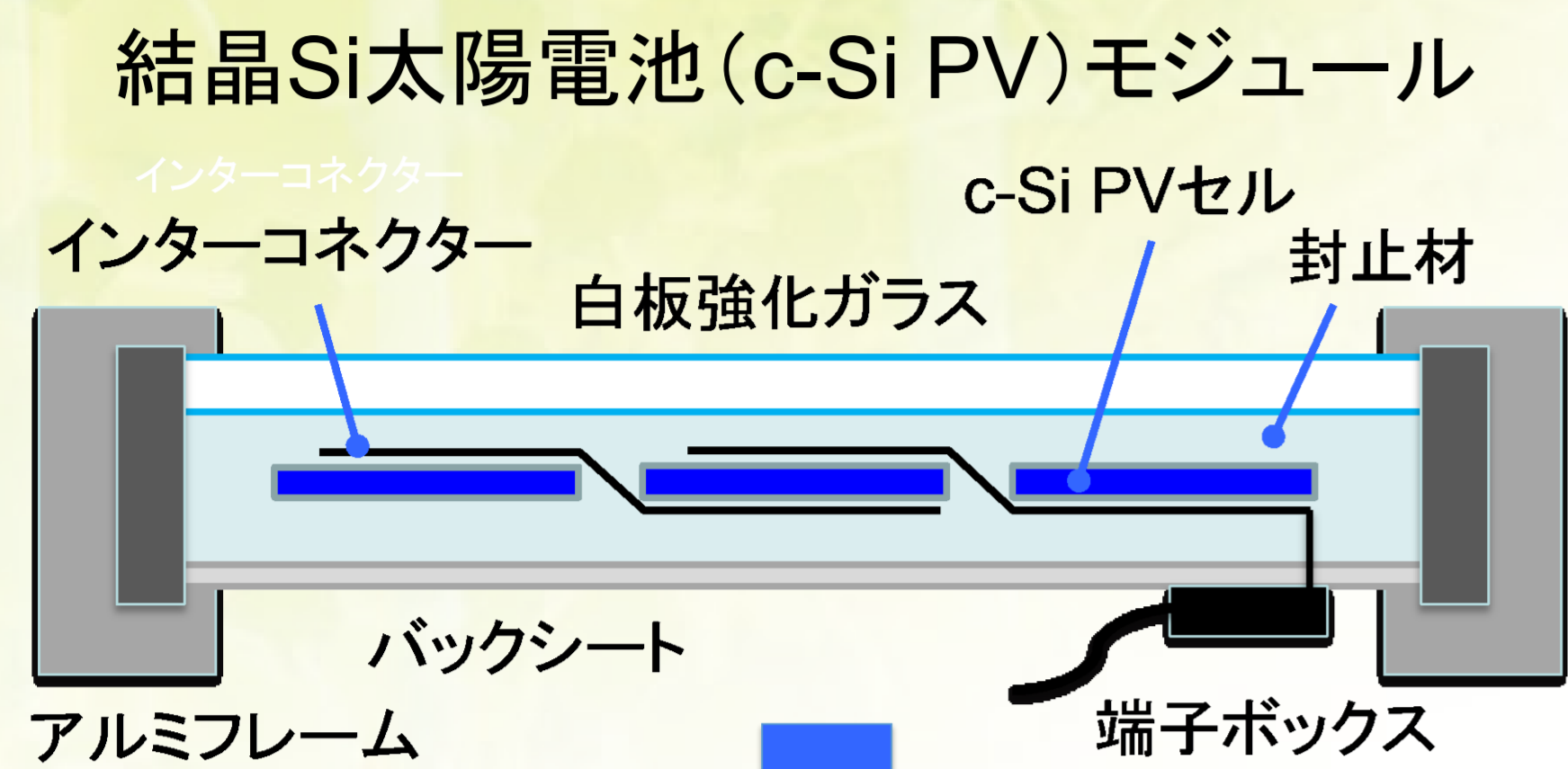


# ラマン分光法による屋外曝露 PVモジュールの評価

原 浩二郎

産業技術総合研究所 センシングシステム研究センター

## 研究の目的



急速に普及と  
低コスト化が進む



- ・最近のc-Si PVモジュールの長期信頼性を明らかにする
- ・PVモジュールの新たな劣化評価方法(非破壊)の開発

## 実験

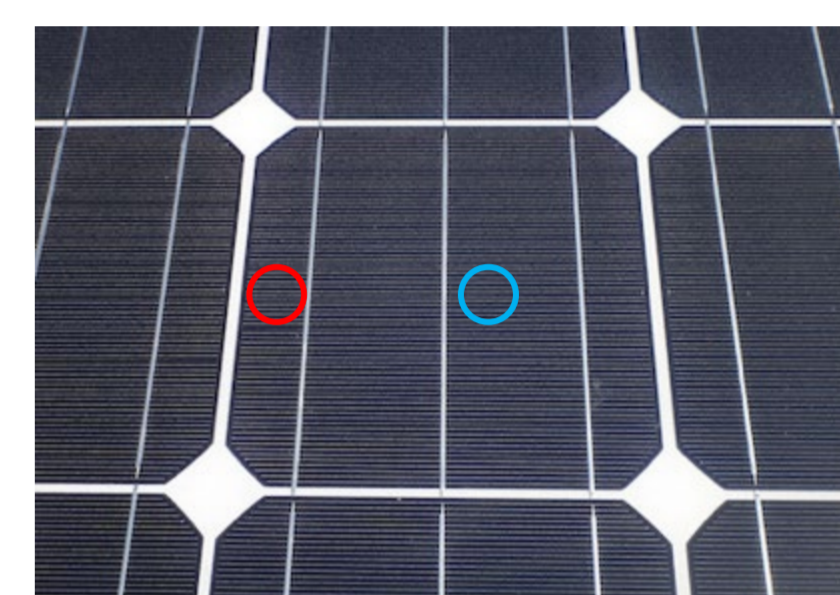
モバイルラマン測定装置により曝露PVモジュール中のEVA封止材を非破壊分析

### ・評価モジュール

- ・市販と試作の屋外曝露モジュール  
鳥栖などの国内で1年～約27年曝露
- ・高温高湿(DH)試験モジュール  
単セルモジュール(～8000時間)

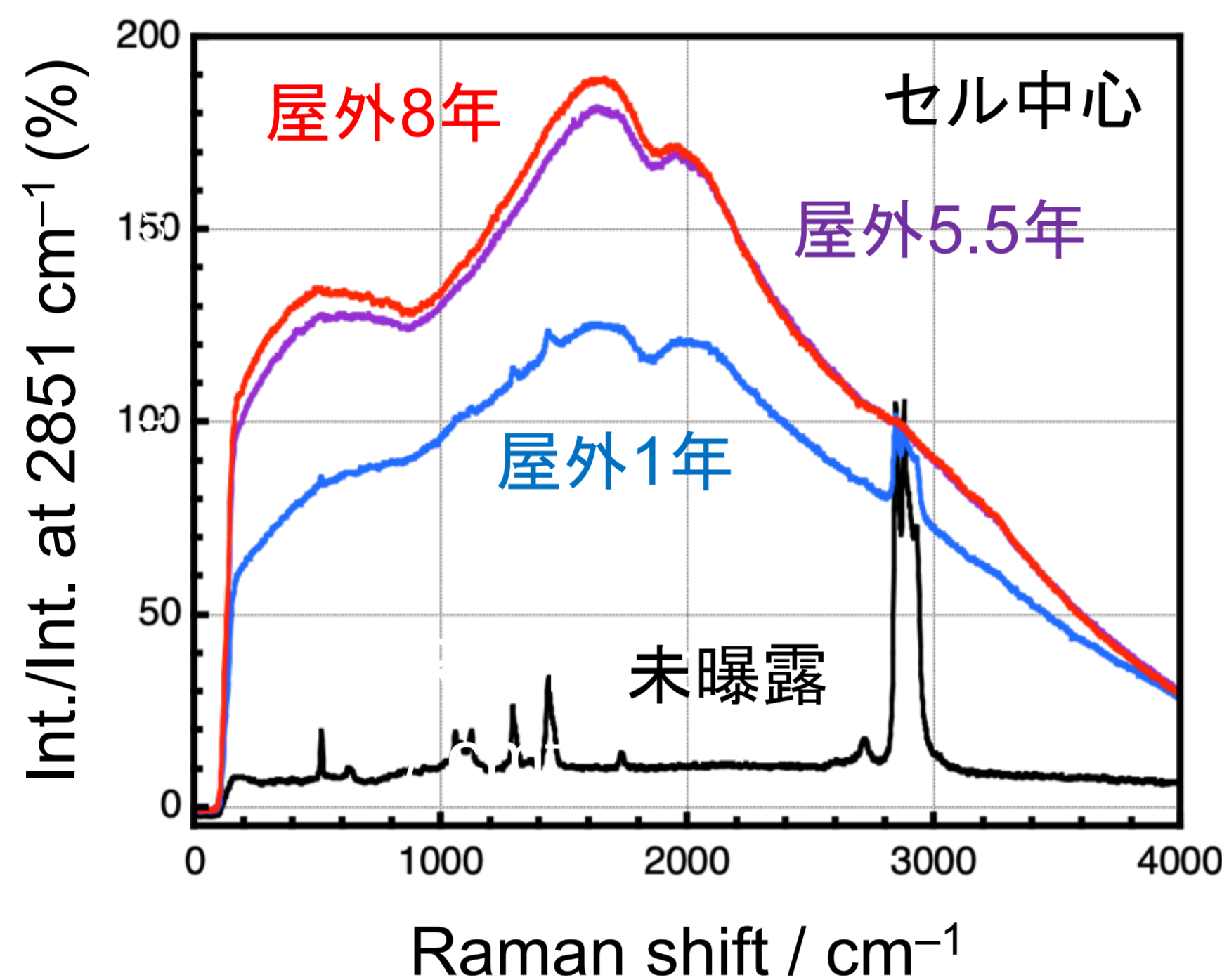
### ・評価方法

- ・モバイルラマン(日清紡メカトロニクス製)
- ・EVAの測定位置: Siセルの中心部と端部



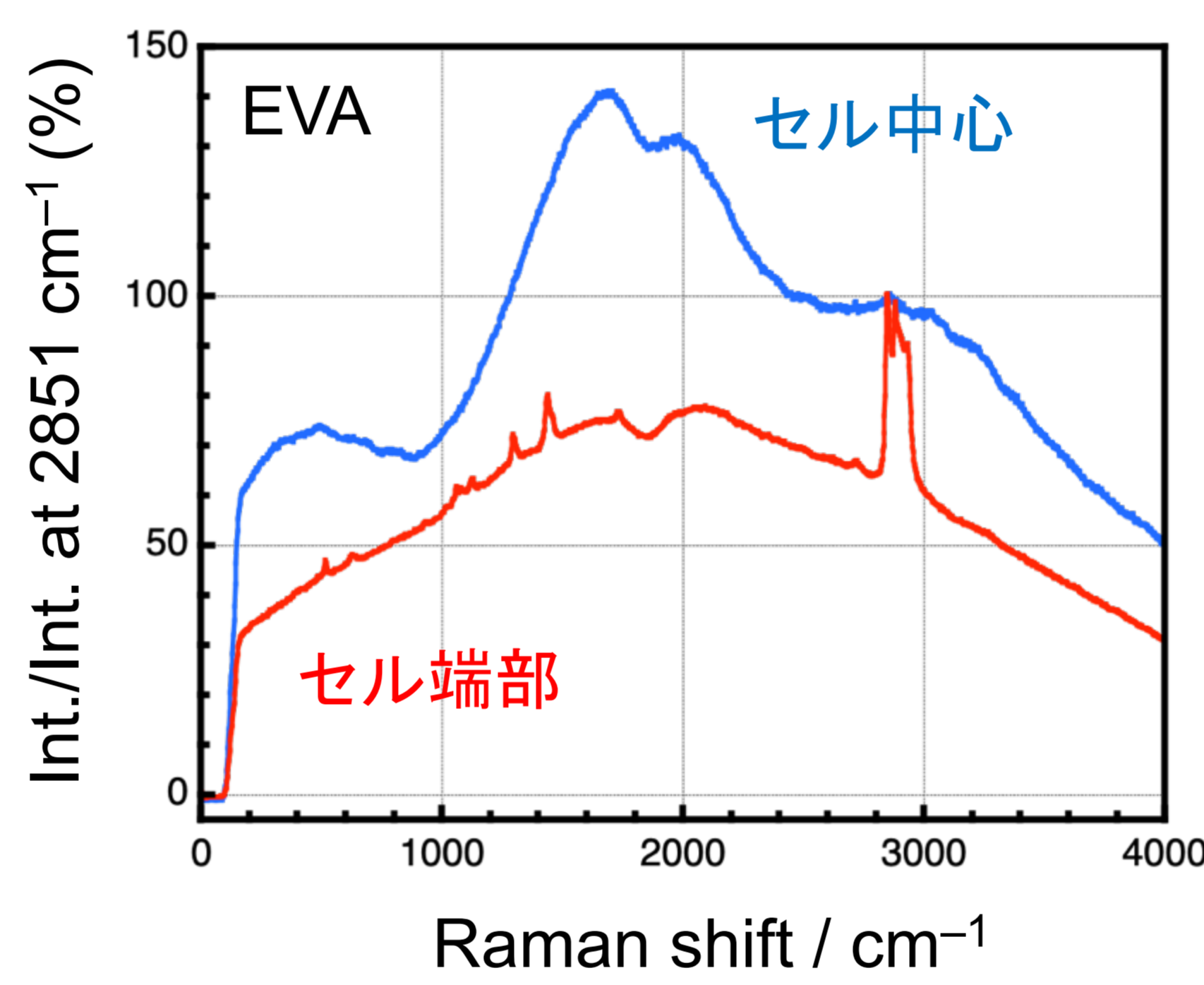
## 結果と考察

屋外曝露モジュールA(～8年)



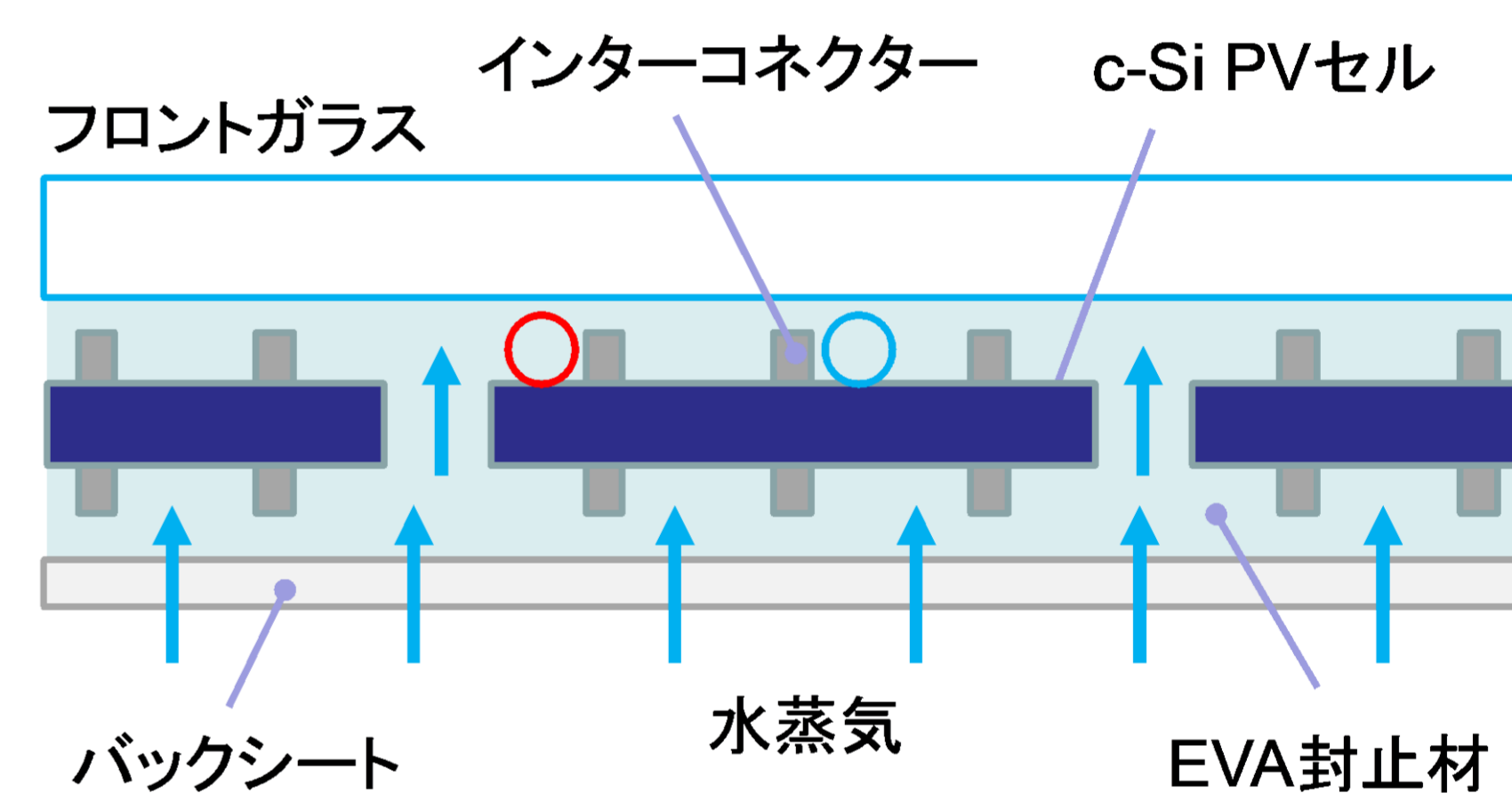
屋外曝露により蛍光強度が増加

長期屋外曝露モジュールB(約27年)



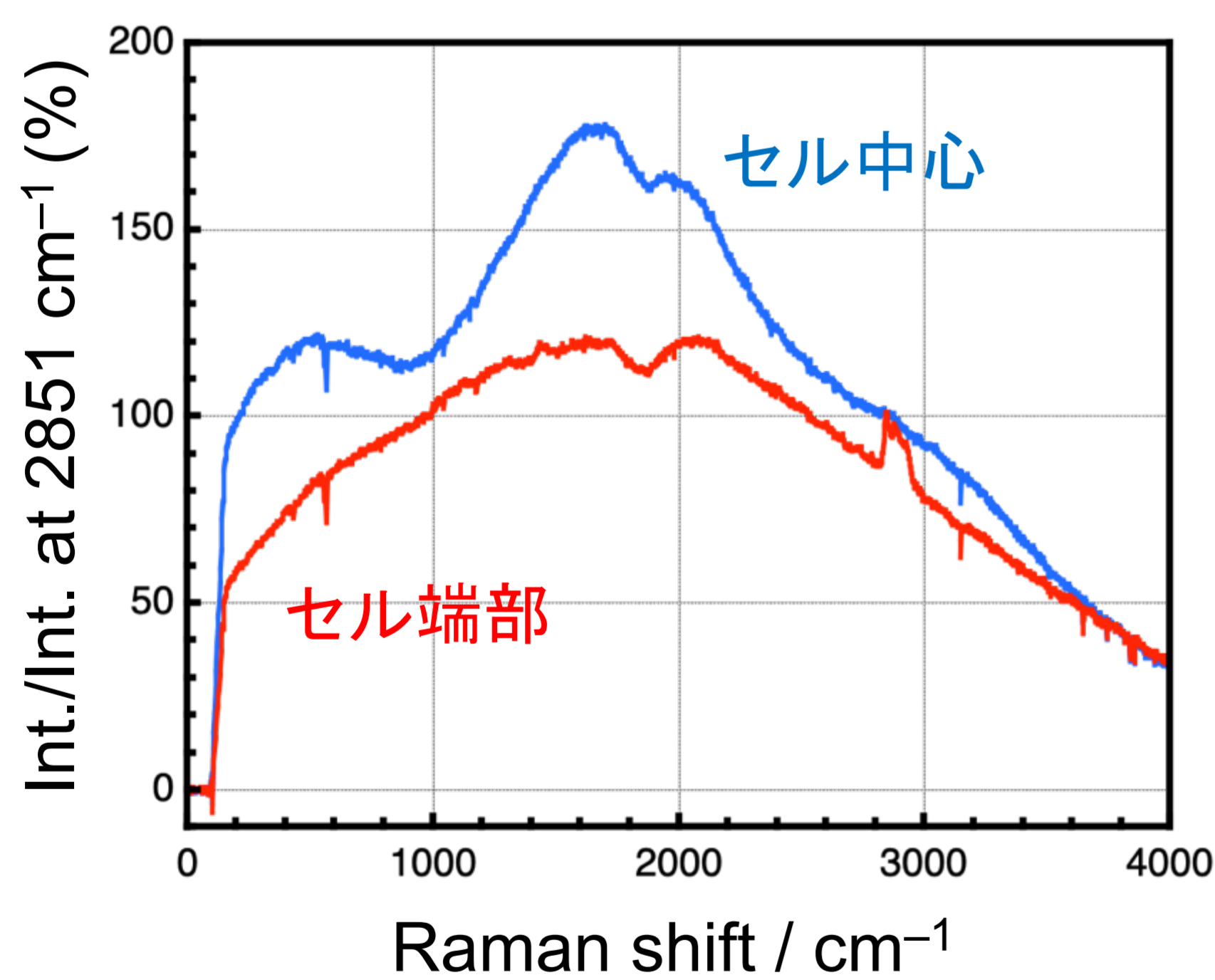
スペクトルのセル位置依存性あり

### モジュール中の水蒸気の影響



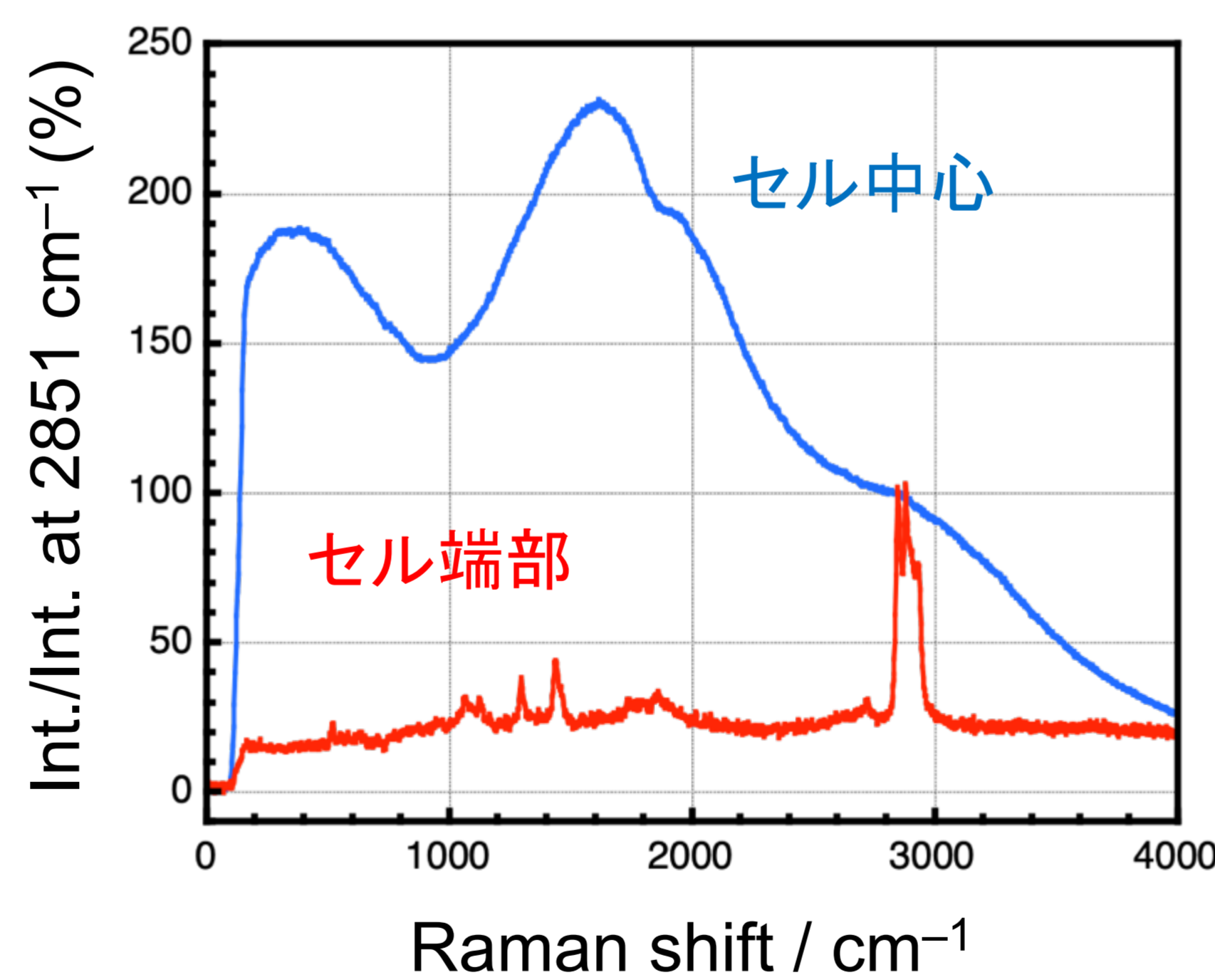
セル端部のEVAは  
水蒸気の影響を受けやすい

長期屋外曝露モジュールC(約24年)



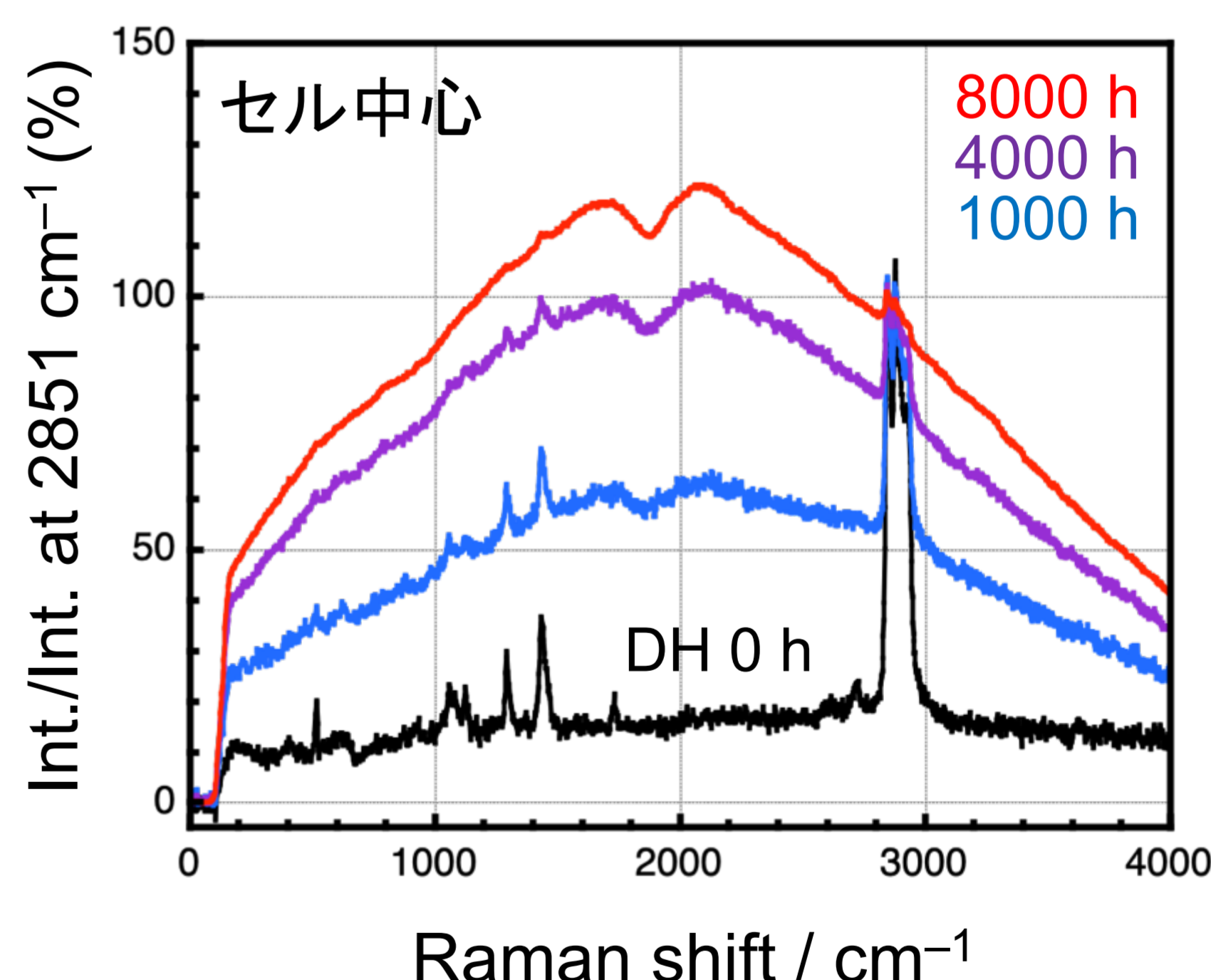
位置依存性(水蒸気の影響)あり

屋外曝露モジュールD(約9年)



セル端部は未曝露と類似スペクトル

DH試験モジュール(～8000時間)



長期屋外のセル端部と類似スペクトル

## まとめ・結論

- ・屋外曝露モジュール(～約27年)
    - ・屋外曝露により蛍光強度が増加(添加剤の反応が原因)
    - ・EVAのセル位置依存性あり  
(セル端部は水蒸気の影響を受けやすく、中心は受けにくい)
    - ・曝露初期のセル端部は未曝露と類似スペクトル  
(水蒸気の影響により蛍光化合物が未生成、あるいは酸化)
  - ・DH試験モジュール(～8000時間)
    - ・蛍光強度が増加し、長期屋外のセル端部と類似スペクトル
- 屋外のセル端部がDH型の場合はEVA劣化の可能性あり  
(長期屋外曝露とDH試験による酢酸の生成 → FT-IRで確認)

## 今後の展開

今後のスペクトル経時変化を評価するとともに、さまざまな屋外曝露モジュール中のEVAを分析し、評価データを蓄積する

## 参考文献

1. K. Hara and Y. Chiba, Spectroscopic investigation of long-term outdoor-exposed crystalline silicon photovoltaic modules, J. Photochem. Photobiol. A: Chem., **404**, 112891 (2021).
2. K. Hara, Raman spectroscopic analysis of encapsulants in aged photovoltaic modules, J. Photochem. Photobiol. A: Chem., **425**, 113721 (2022).