



## Ứng dụng cảm biến quang tiên tiến đèn LED UV đo COD tự động liên tục tại hiện trường kênh xả nhà máy xử lý nước thải

### 1. Bối cảnh nghiên cứu

Để ngăn chặn tình trạng ô nhiễm nước sông hồ và đại dương, nước thải từ các nhà máy, xí nghiệp xử lý nước thải phải có chỉ số chất lượng nước được gọi là COD (Chemical Oxygen Demand, nhu cầu oxy hóa học) nằm trong phạm vi quy định. Chỉ tiêu COD được sử dụng rộng rãi để đo gián tiếp khối lượng các hợp chất hữu cơ có trong nước. Phần lớn các ứng dụng của COD xác định khối lượng của các chất ô nhiễm hữu cơ tìm thấy trong nước bề mặt (ví dụ các sông hồ, kênh xả, v.v.), vì vậy COD là một phép đo hữu ích về chất lượng nước, đơn vị đo là miligam trên lít (mg/l), chỉ ra khối lượng oxy cần tiêu hao trên một lít dung dịch.

Theo các phép đo COD hóa học, COD được tính bằng cách sử dụng nước mẫu thu thập và thuốc thử, vì vậy cần thời gian để đo và không thể đo liên tục. Mặt khác, vì các chất hữu cơ bị ô nhiễm trong nước hấp thụ tia cực tím, nên độ hấp thụ và COD của nó có mối tương quan cao, và phép đo hấp thụ tia cực tím UV đã phổ cập tại hiện trường được JIS<sup>1</sup> công nhận.

Máy đo UV (Ultraviolet ray, tia cực tím) chiếu tia cực tím vào mẫu nước, đo độ hấp thụ tia cực tím của các chất hữu cơ bị ô nhiễm và tính COD từ hệ số

tương quan được cài sẵn. Một trong những ưu điểm của phương pháp này là có thể đo liên tục. JFE Advantech đã nghiên cứu và phát triển máy đo UV-10, sử dụng đèn LED cực tím làm nguồn sáng kéo dài tuổi thọ của nguồn sáng, giảm thiểu chi phí.

Thông thường các máy đo UV truyền thống sử dụng đèn thủy ngân làm nguồn phát tia cực tím, nhưng có vấn đề khi sử dụng đèn thủy ngân trong các máy đo UV như tuổi thọ của đèn thủy ngân ngắn và tiêu thụ nhiều điện vì đèn thủy ngân phát nhiệt. Cũng chính vì vậy hầu hết các máy đo UV đèn thủy ngân truyền thống ở hiện trường phải dùng máy bơm lấy mẫu lên để đo (pump up), khó có thể cài đặt trong bể nước, bảo trì vận hành một cách đơn giản. Thêm vào đó, thủy ngân có tác động lớn đến môi trường, và việc sử dụng cũng như thải bỏ đã được coi là một vấn đề trong những năm gần đây, việc ngừng sản xuất đèn thủy ngân, tuân thủ các yêu cầu của Công ước Minamata<sup>2</sup>, trong khi đó UV-10 sử dụng đèn LED, đã trở thành một công cụ đo lường thân thiện với môi trường được đánh giá cao.

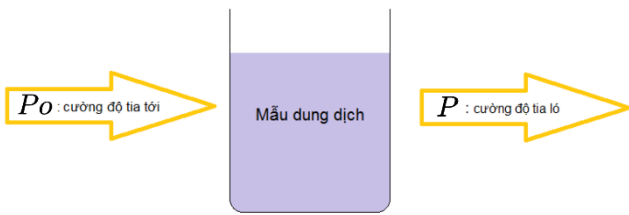
<sup>1</sup>JIS: Tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản (Japanese Industrial Standards, 日本工業規格) là các tiêu chuẩn áp dụng cho hoạt động công nghiệp.

<sup>2</sup> Công ước Minamata về Thủy ngân đã được thông qua tại hội nghị quốc tế tổ chức ở Kumamoto và Minamata (Nhật Bản) tháng 10 năm 2013. Công ước nhằm bảo vệ sức khỏe con người và môi trường khỏi sự nguy hại gây ra bởi thủy ngân và các hợp chất của thủy ngân, đồng thời quy định việc quản lý và giảm thiểu thủy ngân, trong suốt quá trình từ khai thác đến phân phối, sử dụng và thải bỏ.

## 2. Nguyên lý và cấu trúc cảm biến đo độ hấp thụ

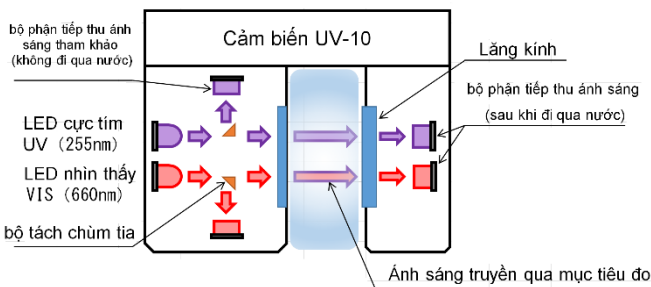
Độ truyền quang (T) được định nghĩa là tỉ lệ giữa lượng ánh sáng sau khi đi qua một mẫu (P) so với lượng ánh sáng ban đầu được chiếu vào mẫu (ánh sáng tới,  $P_0$ )

Độ hấp thụ (A) của một mẫu được định nghĩa là số đối của logarit của độ truyền quang.



$$\text{Độ truyền quang } T = \frac{P}{P_0}$$

$$\text{Độ hấp thụ } A = -\log T = -\log \frac{P}{P_0} = \epsilon c L$$



Hình 1 Nguyên lý và cấu trúc cảm biến đo độ hấp thụ

Độ hấp thụ được biểu thị trong phương trình trên, cho thấy mức độ suy giảm cường độ ánh sáng sau khi truyền qua mẫu. Ở đây, epsilon  $\epsilon$  là hệ số tắt mol (hệ số tắt ánh sáng = molar extinction coefficient = absorption degree of light per sample = mức độ hấp thụ ánh sáng của mỗi mẫu), L là chiều dài đường quang học (khoảng cách mà ánh sáng đi qua mẫu, không thay đổi đối với mỗi cảm biến), và như vậy có thể tính ra được nồng độ chất hữu cơ (c) của mẫu. Hình 1 cho thấy sơ đồ cấu trúc của máy đo UV (thiết

bị đo phổ hấp thụ đồng thời cả 2 bước sóng). Nguồn sáng bao gồm hai loại: LED cực tím (UV, tử ngoại) có bước sóng 255 nm và LED có thể nhìn thấy (VIS, khả thị) có bước sóng 660 nm. Đo ánh sáng “tham chiếu” không đi qua mẫu nước và ánh sáng “đo lường” đi (truyền) qua nước mẫu nước, và độ hấp thụ được tính từ tỷ lệ. Trong cấu trúc cảm biến, một bộ tách chùm tia (splitter) được sử dụng để thu ánh sáng “tham chiếu” và ánh sáng “đo lường”.

Hình 2 là ngoại hình bộ chuyển đổi CV-300 và đầu dò UV-10.



Hình 2 Ngoại hình bộ chuyển đổi CV-300 và UV-10

## 3. Tính năng và Đặc trưng

JFE Advantech đã thiết kế một mạch phát / nhận ánh sáng đèn LED chuyên dụng tiêu thụ ít điện, đồng thời phát minh kỹ thuật có thể đo độ hấp thụ của ánh sáng cực tím với độ nhạy cao.

Thêm vào đó, nhờ bổ sung cơ cấu làm sạch tự động sử dụng gạt và chức năng tự động hiệu chỉnh điểm Zero bằng lăng kính hiệu chuẩn đưa đến kết quả máy UV-10 đo được COD ổn định trong thời gian dài.

Các kiểm chứng tại các nhà máy xử lý nước thải liên tục trong hơn một năm đã xác nhận sự nhất trí giữa phép đo phân tích hóa học thủ công và UV-10.

Máy UV-10 mới được nghiên cứu và phát triển bao gồm một cảm biến và một bộ chuyển đổi, kích thước cảm biến nhỏ giúp thao tác dễ dàng, cài đặt đơn giản trong không gian giới hạn như bể nước nhỏ hoặc đường ống đường kính nhỏ ở độ sâu đến 100 m.

Ngoài việc thay thế nguồn phát sáng từ đèn thủy ngân sang đèn LED, các cơ cấu mới và chức năng mới được bổ sung làm giảm bớt thời gian và phí tổn cho việc bảo hành bảo trì, cơ cấu quang học mới (kỹ thuật bằng sáng chế) đã cải thiện giảm bớt ảnh hưởng của nhiệt độ rất nhiều so với sản phẩm hiện có.

### Đặc trưng của máy UV-10:

#### (1) Tuổi thọ nguồn sáng lâu dài (trên 20 năm):

Bằng cách sử dụng đèn LED làm nguồn sáng, tối ưu hóa thời gian phát ánh sáng LED và phương pháp xử lý tín hiệu hiệu quả, tuổi thọ của nguồn sáng trên 20 năm, trong khi nếu sử dụng đèn thủy ngân, phải thay thế ít nhất 1 lần / 1 năm

(2) Kích thước của máy đo UV đã được giảm nhỏ chỉ bằng một nửa của sản phẩm hiện có. Đầu đo nhỏ đường kính 78 mm, chiều dài 348 mm, giúp thao tác dễ dàng, cài đặt đơn giản trong không gian giới hạn như bể nước nhỏ hoặc kênh đường kính nhỏ. Nhờ vậy có thể được sử dụng cho cả kiểu cài đặt đầu đo dưới nước ở độ sâu đến 100 m hoặc kiểu lấy mẫu nước bằng máy bơm.

(3) Giảm thiểu phí bảo trì (cơ cấu làm sạch tự động, chức năng hiệu chỉnh tự động)

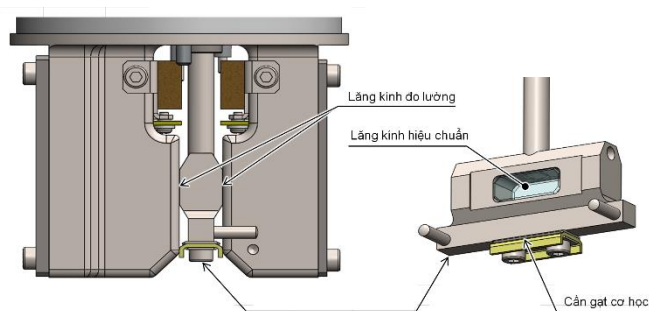
+ Cơ cấu gạt làm sạch tự động được sử dụng trong các sản phẩm khác của JAC được ghép vào cảm biến để làm sạch bụi bẩn bám trên bề mặt kính. Bằng cách vận hành cần gạt nước này thường xuyên (ví dụ, mỗi giờ), bụi bẩn bám trên bề mặt kính di động có thể

được loại (gỡ) bỏ.

#### + Chức năng tự động hiệu chuẩn điểm Zero

Độ hấp thụ thay đổi theo thời gian (drift) có thể gây ra bởi hai nguyên nhân chính là bụi bẩn mà gạt nước chưa lau sạch trên bề mặt kính, và cường độ phát xạ của nguồn sáng suy giảm theo thời gian sử dụng (suy giảm lão hóa).

Để khắc phục sự sai lệch (drift) độ hấp thụ này, một chức năng hiệu chuẩn lăng kính tự động đã được bổ sung. Trong phương pháp này, một lăng kính, có độ hấp thụ đã biết được biết sẵn, được cài đặt để đo độ hấp thụ và hệ số của công thức hiệu chỉnh độ hấp thụ được tính toán ngược lại để độ hấp thụ đo được tại thời điểm đó trở thành một giá trị biết được. Kết quả là, độ lệch độ hấp thụ được tự động điều chỉnh. Cơ cấu này được cấu trúc sao cho bề mặt lăng kính hiệu chuẩn được che đậy để bụi bẩn không bám vào, trừ khi thực hiện hiệu chuẩn tự động điểm Zero.



Hình 3 Sơ đồ cơ cấu gạt làm sạch tự động và tự động hiệu chuẩn điểm Zero

#### (4) Đo lường ổn định

Ngoài ra, cơ cấu quang học mới đã được nghiên cứu và phát triển để giảm thiểu đáng kể ảnh hưởng của nhiệt độ so với các sản phẩm hiện có.

#### (5) Tương quan tốt với COD

Máy UV-10 chiếu tia cực tím vào mẫu nước, đo độ hấp thụ tia cực tím của các chất hữu cơ bị ô nhiễm và tính COD từ hệ số tương quan được cài sẵn. Các

thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và các kiểm chứng tại các nhà máy xử lý nước thải liên tục đã xác nhận tương quan tốt với COD.

(6) Số liệu đo lường được lưu ở dạng CSV trên bộ chuyển đổi CV-300, và có thể truy xuất qua bộ nhớ USB.

(7) Đầu ra ở dạng analog 4-20 mA dễ dàng tích hợp với các hệ thống truyền tin.

## 4. Kiểm chứng

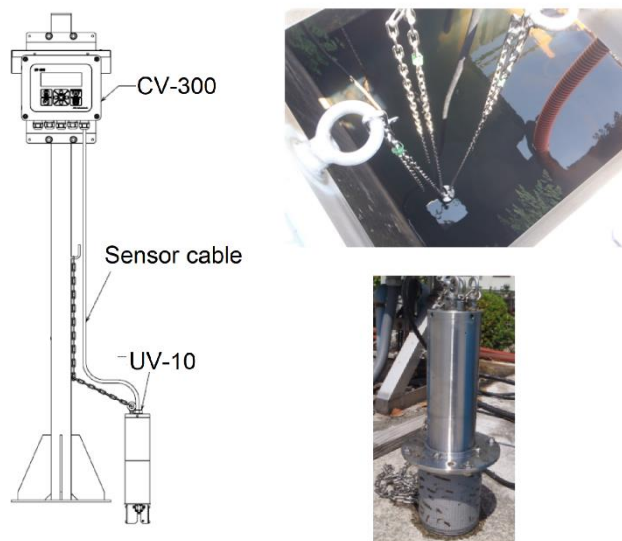
### Kiểm chứng 1 : Thử nghiệm máy UV-10 do cơ quan nghiên cứu nhà nước thực hiện

JFE Advantech đã cung cấp một máy đo UV-10 (thiết bị đo ô nhiễm hữu cơ) mới được nghiên cứu và phát triển cho một cơ quan nghiên cứu nhà nước (third-party public institution) sử dụng thiết bị này để đo độ hấp thụ tia cực tím của mẫu nước lấy từ kênh xả của nhà máy xử lý nước thải A. Kiểm chứng so sánh được tiến hành thực hiện để đánh giá mối tương quan giữa số liệu độ hấp thụ đo được bằng máy UV-10 với số liệu COD theo phép đo và phân tích thủ công, tuân thủ tiêu chuẩn thử nghiệm nước thải nhà máy JIS K0102,17.

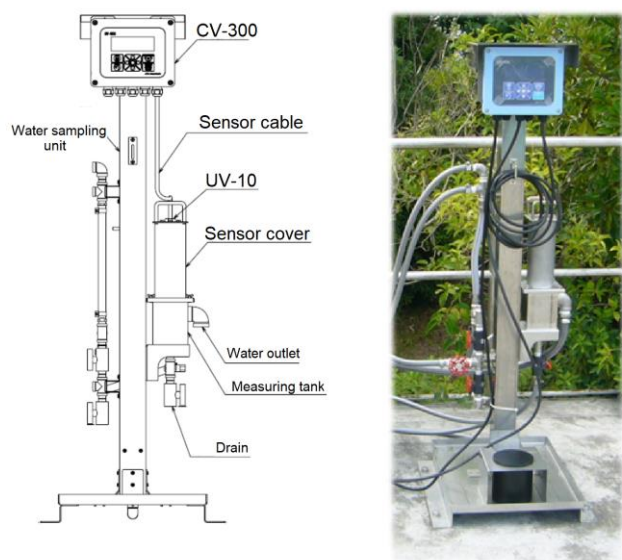
Kết quả kiểm chứng đã xác nhận rằng có một tương quan tốt giữa số liệu hấp thụ UV với số liệu COD.

#### ►Nội dung thử nghiệm

- Lấy nước mẫu từ kênh xả nhà máy xử lý nước thải.
- Đo độ hấp thụ của nước mẫu bằng máy đo UV-10.
- Thực hiện phép đo, phân tích thủ công COD của nước mẫu, tuân thủ theo tiêu chuẩn JIS K0102,17.
- Lập công thức quy đổi để có được số liệu COD quy đổi từ kết quả đo độ hấp thụ UV và phép đo phân tích thủ công COD.



Hình 4 Sơ đồ kiểu cài đặt đầu đo dưới nước



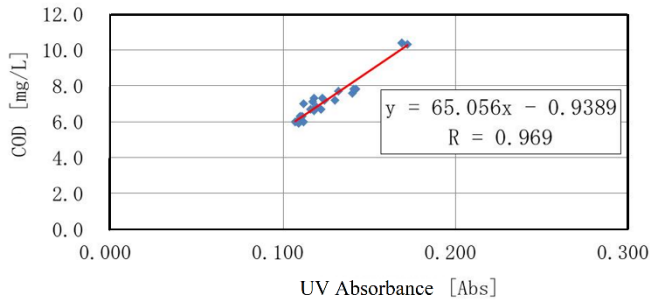
Hình 5 Sơ đồ cài đặt kiểu lấy mẫu nước bằng máy bơm

- Xác lập mối tương quan giữa độ hấp thụ UV với COD, so sánh số liệu COD từ độ hấp thụ UV.

#### ►Những thành quả đạt được

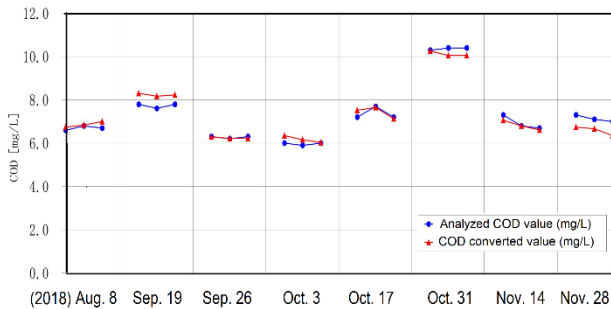
- Xác lập được công thức quy đổi từ độ hấp thụ tia cực tím đo được bằng máy UV-10 ra số liệu COD
- Chứng minh được có tương quan tốt giữa độ hấp thụ UV với số liệu COD (Hình 6).





Hình 6 Tương quan giữa độ hấp thụ UV với COD

-So sánh số liệu COD và số liệu COD quy đổi khi áp dụng công thức quy đổi này, kết quả cho thấy sai số nhỏ có thể chấp nhận được và dẫn tới kết luận việc áp dụng công thức quy đổi này là hợp lý (Hình 7).

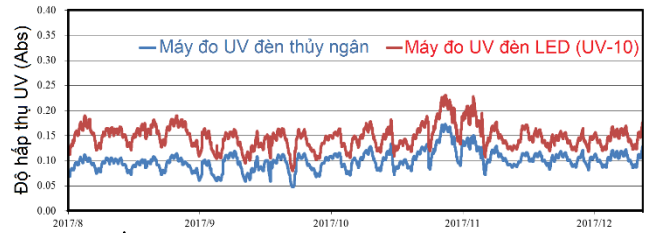


Hình 7 Số liệu COD phân tích thủ công và số liệu COD quy đổi đo bằng máy UV-10

### Kiểm chứng 2 : So sánh số liệu đo liên tục bằng máy đèn thủy ngân với UV-10

Hình 8 cho thấy kết quả, trong khoảng thời gian đo liên tục khoảng 6 tháng (nhà máy xử lý nước thải B) máy đo UV-10 được đặt theo chế độ gạt làm sạch mỗi giờ một lần và tự động hiệu chuẩn điểm Zero mỗi ngày một lần.

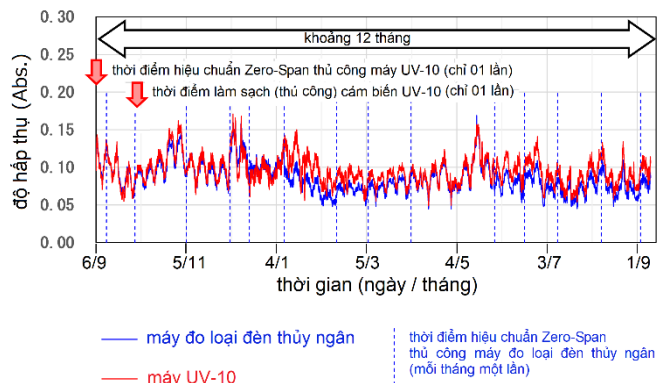
Từ kết quả kiểm chứng này có thể thấy kết quả đo độ hấp thụ tia cực tím đo bằng máy đo tia cực tím loại đèn thủy ngân và kết quả đo độ hấp thụ tia cực tím đo bằng máy đo tia cực tím loại đèn LED cho thấy xu hướng tương tự.



Hình 8 Kết quả đo 6 tháng liên tục độ hấp thụ UV bằng máy đo loại đèn thủy ngân và UV-10

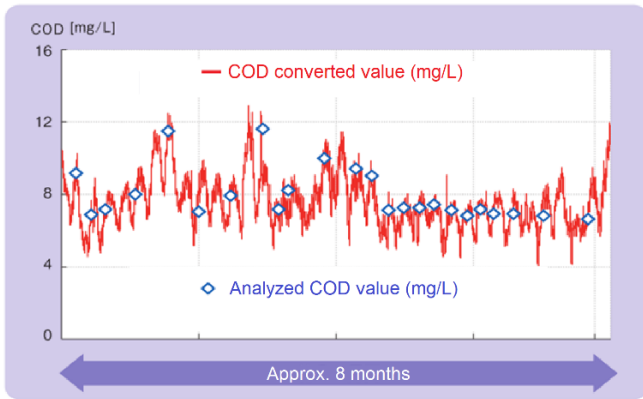
### Kiểm chứng 3 : Lắp đặt thử nghiệm trong kênh xả của nhà máy xử lý nước thải C

- ▶ Thử nghiệm lắp đặt máy đo UV-10 kiểu đặt đầu đo dưới nước trong kênh xả của nhà máy xử lý nước thải C, Chế độ đo liên tục, gạt làm sạch mỗi giờ 1 lần và tự động hiệu chuẩn điểm Zero mỗi ngày 1 lần.
- ▶ Số liệu máy UV-10 đo liên tục trong thời gian dài 12 tháng chứng tỏ khuynh hướng biến đổi số liệu nhất trí giữa máy UV đèn thủy ngân với máy UV-10. Cần nhấn mạnh là máy UV-10 không cần hiệu chuẩn Zero Span suốt khoảng thời gian dài này, trong khi đó máy đo UV đèn thủy ngân phải hiệu chuẩn Zero Span mỗi tháng một lần (Hình 9).

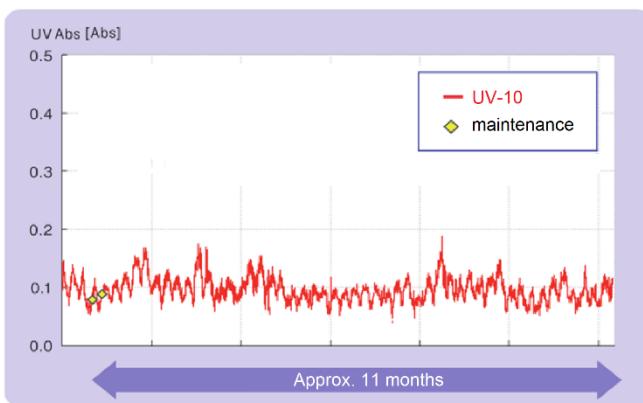


Hình 9 Kết quả đo 12 tháng liên tục độ hấp thụ UV bằng máy đo loại đèn thủy ngân và UV-10

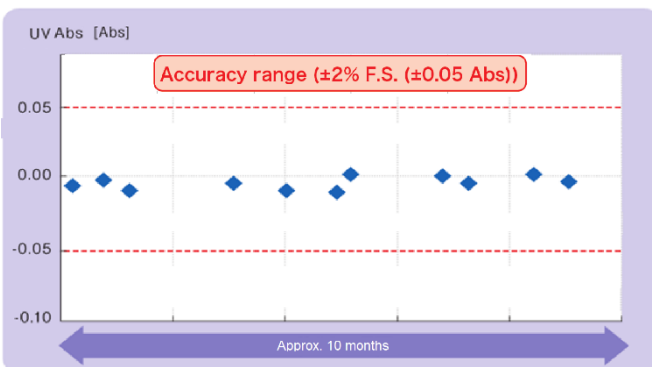
- ▶ Hình 10 cho thấy kết quả nhất trí giữa số liệu COD quy đổi từ độ hấp thụ đo được bằng máy UV-10 (liên tục khoảng 8 tháng) với số liệu COD phân tích thủ công.



Hình 10 Số liệu COD phân tích thủ công và số liệu COD quy đổi đo bằng máy UV-10



Hình 11 Số liệu COD phân tích thủ công và số liệu COD quy đổi đo bằng máy UV-10



\* UV absorbance does not output negative values. Negative values are indicated only for the purpose of comparison of the UV absorbance measuring performance.

Hình 12 Điểm Zero ổn định liên tục trong thời gian dài 10 tháng



Hình 13 Vỏ bảo vệ đầu đo và cảm biến sau 11 tháng không cần bảo trì

- ▶ Hình 11 biểu thị kết quả kiểm chứng cho thấy UV-10 có thể đo ổn định liên tục trong 11 tháng mà không cần bảo trì.
- ▶ Hình 12 cho thấy kết quả điểm Zero ổn định trong thời gian dài 10 tháng
- ▶ Hình 13 chụp vỏ bảo vệ đầu đo và cảm biến sau 11 tháng không cần bảo trì.

## 5. Kết luận

JAC đã nghiên cứu và phát triển máy đo UV nhỏ, gọn, các kết quả thử nghiệm hiện trường đã chứng tỏ máy UV-10 có thể đo liên tục và ổn định độ hấp thụ tia cực tím trong thời gian dài. Ngoài ra, độ hấp thụ tia cực tím được đo bằng máy UV-10 có mối tương quan cao với COD, **UV-10 có thể được sử dụng như một máy đo COD để giám sát chất lượng nước** trong các thủy vực và nhà máy xử lý nước thải. Sản phẩm đã nhận được “Giải thưởng Đặc biệt về Công nghệ của Tập đoàn Thép JFE” năm 2020, JAC tiếp tục đóng góp vào bảo vệ môi trường qua nỗ lực gia tăng số lượng sản phẩm vào thị trường vì đáp ứng được yêu cầu các nhà máy xử lý nước thải, ngành xử lý nước của các nhà máy tư nhân, các trang trại nuôi thủy hải sản, cũng như các cơ quan quản lý sông ngòi, biển hồ./.

Phụ lục

Thông số kỹ thuật UV-10 và CV-300

UV-10 Detector

Method	Absorptiometry
Light source	LEDs (Light source life 20 years or more) <sup>1</sup>
Measurement wavelengths	UV: 255 nm, VIS: 660 nm
Measurement items	Absorbance (UV, VIS, UV-VIS), COD conversion values, turbidity conversion values, and water temperature
Measurement range	Absorbance: 0.0 to 2.5 Abs
Accuracy (linearity)	±2%F.S. (±0.05Abs)
Reproducibility	±2%F.S. (±0.05Abs)
Physical quantity (COD) conversion function	Correction using linear equation
Automatic zero point calibration	Equipped
Cleaning system	Automatic cleaning by a wiper
Sample water temperature range	0 to 40°C (freezing not allowed)
Water pressure limit	1 MPa (100 m depth equivalent)
External dimensions	φ 78 × 348mm (excluding protrusions)
Casing material	SUS316
Cable	Material : PVC Length : 10m standard ( Up to 100m)
Weight	Approx. 3.7 kg (excluding cables)
Options (sold separately)	The following options are available separately. please contact us for any details. ·Water immersion detection function ·Detector protective cover ·Lifting chain

1: Design value(varies depending on usage environments)

CV-300 Converter

Mounting method <sup>1</sup>	Mount to a pole, on a wall, or to a stand for water sampling unit stand (option)		
Material	Casing Aluminum die cast(ADC12)	Panel Aluminum die cast (ADC12)	
Color	Casing Munsell N4 equivalent	Panel Munsell 5PB6/8 equivalent	
External dimensions	240W × 200H × 127Dmm (excluding protrusions)		
Weight	Approx. 3.1 kg (converter main unit only)		
Power supply	90 to 264 VAC, 50/60 Hz		
Power consumption <sup>2</sup>	Approx. 7.5 W		
Analog output	DC 4 to 20 mA (3 channels) UV absorbance, VIS absorbance, UV-VIS absorbance, COD conversion values, turbidity conversion values, water temperature (to be selected from one of these)		
Allowable load resistance	800 Ω		
Contact input	Photocoupler insulation input (built-in power supply: 24 VDC, 5 mA)		
Self-diagnosis function <sup>3</sup>	Alarm signal output : Out of measured range , Water temperature error , No water immersion <sup>4</sup> , etc Failure signal output : Detector/converter intercommunication error , Sensor error , Converter memory error, etc		
Alarm signal output	a-contact (2 points , contact rating : 240 VAC,1A)		
Failure signal output	c-contact (contact rating : 240 VAC,1A)		
Contact output (maintenance)	a-contact (contact rating : 240 VAC,1A)		
Display section	Dot matrix LCD (with backlight)		
	Built-in lightning protection circuit		
Lightning protection	Power supply section ±10kV (1.2/50μs)	Current output section ±10kV (1.2/50μs) ±5kA (8/20μs)	
Operating temperature range	-10 to 55°C		
Protection level	IP66		
Options (sold separately)	The following options are available separately. Please contact us for any details. · Converter stand · Sunshade cover		

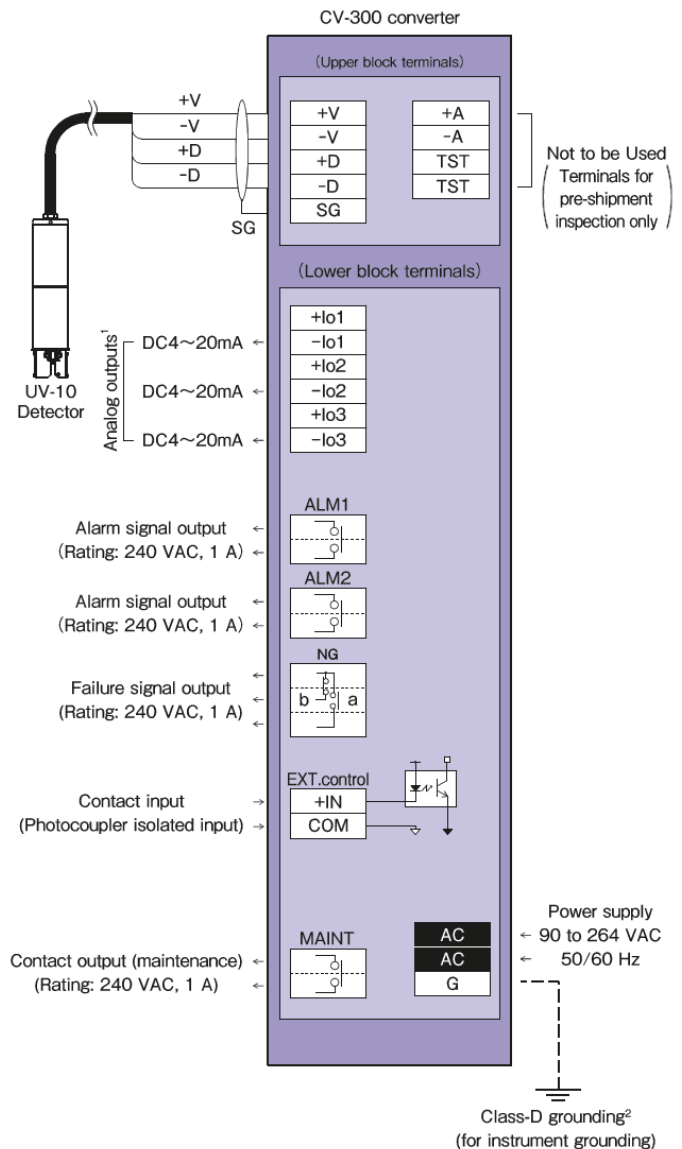
1: Converter mounting bracket and 50A pole mounting U-bolts (× 2) are provided with the product. Converter stand (including 50A pole) and water sampling unit are sold separately.  
2: When in use with 100VAC power supply.  
3: For details, see the Instruction Manual.  
4: This is effective when the optional water immersion detection function is added.

Water sampling unit (option)

External dimensions <sup>1</sup>	Approx. 530 (W) × 1,481 (H) × 556 (D) mm (excluding protrusions)	
Material	SUS304 equivalent	
Weight	Approx. 26 kg (excluding pipes)	
Connection ports	Sample water intake	Rc1/2
	Bypass outlet	Rc1/2
	Overflow outlet	Rc1/2
	Drain	Rc1/2
	Water outlet	Rc1

1: Dimensions with converter mounted

Sơ đồ kết nối tín hiệu bộ chuyển đổi CV-300



1: Output three analog signals selected from the six signal types indicated in the specifications table (analog outputs).  
2: Be sure to connect the grounding terminal (G) to ground potential (Class D grounding: ground resistance of 100 Ω or less).