



Nghiên cứu và phát triển cảm biến quang tiên tiến đo nồng độ Oxy hòa tan ứng dụng hiện trường giám sát môi trường nước, nước thải

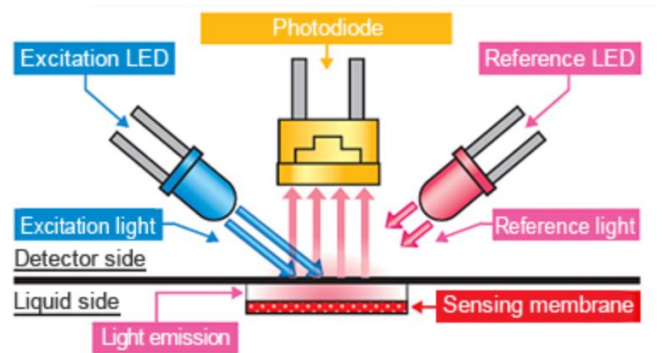
1. Bối cảnh nghiên cứu

Trong phép đo nồng độ Oxy hòa tan (DO) hiện trường, các cảm biến điện cực galvanic đã được sử dụng trong vài thập niên. Những năm gần đây một vài cảm biến đo nồng độ Oxy hòa tan quang học khác nhau đã được nghiên cứu và phát triển thành sản phẩm. Tuy nhiên cả hai loại cảm biến này đều gặp phải vấn đề thời gian đáp ứng trễ (khoảng 20 ~ 50 giây) và đôi khi không ổn định khi đo thực địa. Người sử dụng đã chờ đợi một cảm biến mới với công nghệ đột phá, thời gian đáp ứng nhanh, hoạt động ổn định, độ chính xác cao. Hãng JFE Advantech (JAC) đã phát triển vật liệu hóa học đặc biệt có các đặc tính phù hợp cho cảm biến đo nồng độ Oxy hòa tan. Mặc dù việc phát triển là vô cùng khó khăn vì mục tiêu là cảm biến cần có phản ứng nhanh (< 1 giây), khả năng chịu được nước biển, độ bền lâu dài, hoạt động ổn định, độ chính xác cao, giá thành rẻ, v.v., cuối cùng JAC đã đạt được mục tiêu. Dòng cảm biến sáng tạo đặc biệt này được đặt tên là “RINKO”, 磷光 có nghĩa là “lân quang” (phosphorescence) trong tiếng Nhật. JAC cũng đã hợp tác với các cơ quan nghiên cứu hải dương Nhật bản JAMSTEC thực hiện hàng loạt quan trắc trong lòng đại dương sâu từ 2000m đến 6000m và thu được nhiều dữ liệu quý giá. Các báo cáo cho thấy tiềm năng tuyệt vời của dòng “RINKO” trong ứng dụng điều tra nghiên cứu Hải dương.

Mặt khác dòng cảm biến “OD-10” có những đặc điểm vượt trội trong lãnh vực giám sát môi trường nước và nước thải được trình bày trong bài này.

2. Nguyên lý

■ Cấu thành của cảm biến đo nồng độ Oxy hòa tan phương pháp quang học



Hình 1 Cấu thành của cảm biến đo nồng độ Oxy hòa tan quang học

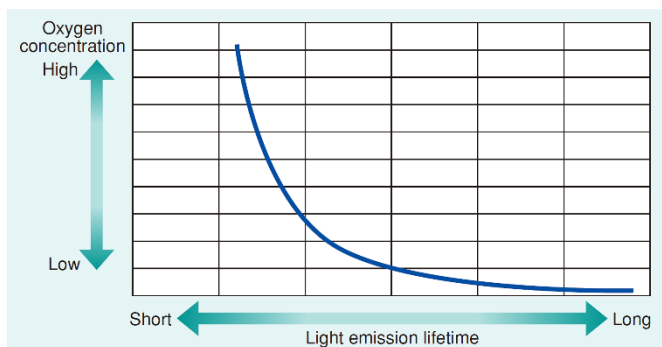
Để đơn giản hóa, cấu thành của của cảm biến độ hòa tan Oxy quang học (Hình 1) gồm có:

- đèn LED xanh (Excitation LED): phát ra ánh sáng kích thích chất phát quang phát ra ánh sáng.
- đèn LED màu đỏ (Reference LED): phát ra ánh sáng nhưng chỉ đơn giản là phản xạ trở lại bởi chất phát quang và không gây ra hiện tượng phát quang, đóng vai trò như một số liệu tham khảo (chỉ phụ thuộc yếu tố mạch điện tử) để đảm bảo độ chính xác.

- Màng cảm biến (Sensing membrane): khi tiếp xúc với ánh sáng xanh, chất phát quang bị kích thích (các điện tử thu được năng lượng = tăng năng lượng) và phát ra ánh sáng khi các điện tử trở lại trạng thái năng lượng bình thường.
- Bộ tách sóng quang (Photodiode) đo cường độ hoặc thời gian tồn tại của sự phát quang từ chất phát quang.
- Màng cảm biến được gắn trên nắp hộp chứa (sonde) đầu đo nồng độ Oxy hòa tan DO-10 trong khi đèn LED và bộ tách sóng quang được đặt trong hộp chứa đầu đo.

■ Nguyên lý đo nồng độ Oxy hòa tan phương pháp quang học

Chất phát quang khi được chiếu xạ với ánh sáng của đèn LED màu xanh, chất này sẽ hấp thụ năng lượng của ánh sáng và kích thích nó (trạng thái năng lượng cao tạm thời), phát ra ánh sáng đỏ (lân quang) khi nó từ trạng thái kích thích trở về trạng thái cơ bản ban đầu (trạng thái năng lượng ổn định). Nếu xung quanh chất này có Oxy thì năng lượng lân quang bị Oxy tước đoạt, nồng độ Oxy càng cao thì cường độ và thời gian phát lân quang càng giảm. Cường độ và thời gian phát xạ của lân quang tỷ lệ nghịch với nồng độ Oxy (Hình 2).



Hình 2 Cường độ và thời gian tồn tại của sự phát lân quang tỷ lệ nghịch với lượng oxy

Đầu đo nồng độ Oxy hòa tan khi được nhúng vào trong mẫu nước, Oxy sẽ chạm màng cảm biến và tương tác với chất phát quang. Điều này đưa đến việc làm giảm cường độ và thời gian tồn tại phát quang của chất phát quang, được đo bằng bộ tách sóng quang và được sử dụng để tính nồng độ Oxy hòa tan.

Thời gian tồn tại phát quang là một hàm của nồng độ Oxy, trong đó độ lệch pha (phản ánh với nồng độ Oxy) được đo giữa tín hiệu phát quang (với sự biến chuyển được điều khiển) và tín hiệu tham chiếu (với sự biến chuyển cũng được điều khiển).

Nếu tín hiệu kích thích được điều khiển cho biến chuyển theo hình sin, thì tín hiệu phát quang của chất phát quang cũng biến chuyển theo hình sin, nhưng thời gian bị trễ hay chênh lệch pha (phase shift) so với tín hiệu kích thích. Để xác định độ chênh lệch pha tham khảo \varnothing_{ref} chỉ phụ thuộc yếu tố mạch điện tử, các đèn LED màu xanh và đỏ được phát quang luân phiên. Thành phần chênh lệch pha tham khảo \varnothing_{ref} đã được trừ khử trong kết quả tính chênh lệch pha chỉ phụ thuộc Oxy \varnothing_{sig} của cảm biến.

1.3. Tính năng, đặc trưng, cài đặt

Cảm biến đo nồng độ Oxy hòa tan “OD-10” có những đặc điểm vượt trội trong lãnh vực giám sát môi trường nước và nước thải như sau:

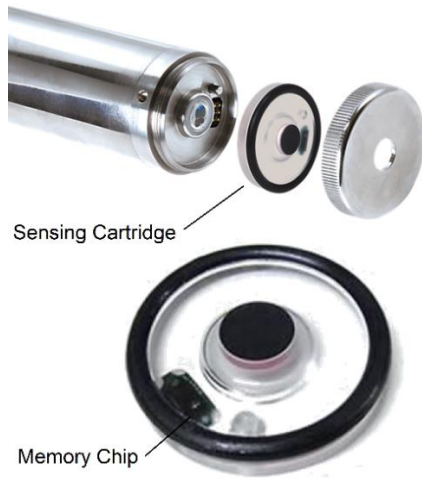
► Áp dụng phương pháp đo thời gian phát ánh sáng, nên *không bị ảnh hưởng bởi cường độ ánh sáng*, vì vậy đo ổn định trong thời gian dài. Nguồn sáng *tuổi thọ cao* (10 năm trở lên).

► Vì *Oxy không bị tiêu thụ* trong quá trình đo, nên có thể đo chất lỏng không có vận tốc dòng chảy. không cần phải khuấy dung dịch (không bị ảnh hưởng của dòng chảy).

► Vì là loại quang học *không cần dung dịch phân giải*, cải thiện khả năng bảo trì và giảm chi phí vận hành.

► Bằng cách kết hợp một vi mạch bộ nhớ trong nắp cảm biến, dữ liệu đặc trưng (mỗi cảm biến khi hiệu chuẩn có hệ số riêng) để tính toán nồng độ Oxy hòa tan khi thay thế cảm biến sẽ *tự động được thiết lập*, người sử dụng không cần phải thay đổi hệ số một cách thủ công như trước đây. (Hình 3)

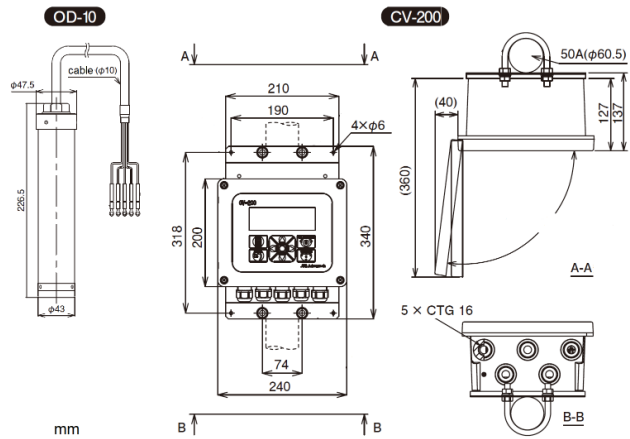
► *Thao tác đơn giản*, dễ dàng sử dụng với “icon” trên màn hình bộ chuyển đổi CV-200 thay cho các nút bấm.



Hình 3 Vi mạch bộ nhớ trong nắp cảm biến OD-10



Hình 4 Ngoại hình bộ chuyển đổi CV-200 và OD-10



Hình 5 Sơ đồ OD-10 và bộ chuyển đổi CV-200

Bảng 1 Thông số kỹ thuật OD-10 và CV-200

OD-10 Detector

Measurement system	Optical (Light emission time measurement method)	
Measuring range	Dissolved oxygen concentration	0 to 20.00 mg/L ,0 to 20.00ppm
	O ₂ Saturation	0 to 200.0%
	Water temperature	0 to 50.0°C
Measuring accuracy	Reproducibility ¹	±2%F.S.
	Repeatability	±0.5%F.S.
90% response time ²	<30sec	
Flow speed	Not required	
Measuring accuracy (water temperature)	±0.2°C	
Calibration method	Zero calibration	Calibration using zero water ³
	Span calibration	Atmospheric calibration, Saturated water calibration, Comparative calibration ⁴
Operating temperature range	0 to 50°C (No freezing allowed)	
Water pressure resistance	1MPa	
Material	SUS316	
Weight	Approx. 2.4kg(including sensing membrane,10m cable) ⁵	
Optional	The following options are available separately, please contact us for any details. •Detector holder •Cleaning mechanism	

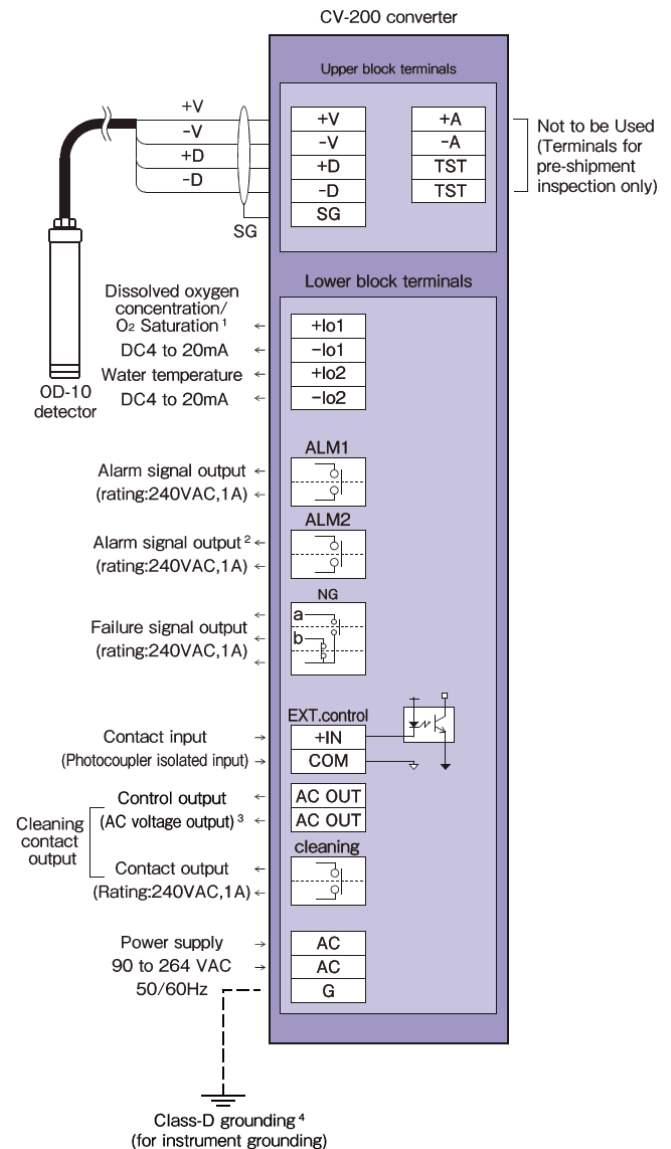
1:Output reproducibility after 24 hours when atmospheric saturated water is measured
2:When zero water is measured from atmospheric saturated water.(water temperature 25°C)
3:Uses 5% aqueous sodium sulfite solution
4:Function to match the analyzed value
5:Maximum cable length is 100m.

CV-200 Converter

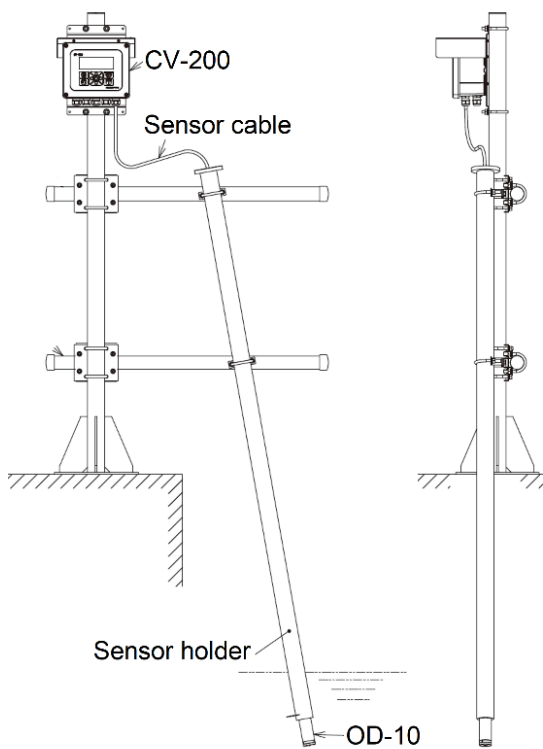
Mounting method ¹	Mount to a pole or on a wall			
Material	Casing	Aluminum die cast(ADC12)	Panel	Aluminum die cast (ADC12)
Color	Casing	Munsell N4 equivalent	Panel	Munsell 5PB6/8 equivalent
Weight	Approx.3.0kg (converter main unit only)			
Power supply	90 to 264VAC, 50/60Hz			
Power consumption ²	Approx. 7W			
Analog output	DC 4 to 20mA			
Allowable load resistance	800Ω			
Contact input ³	Photocoupler insulation input (built-in Power supply:24VDC,5mA)			
Cleaning output	Control output (cleaning) a contact (contact rating:240VAC,1A) Control output (AC OUT) AC voltage output ⁴ (Allowable load 200VA or less)			
Self-diagnosis function ⁵	Waiting for measurement after turning on the power, No membrane attached, Membrane replacement time, Abnormal water temperature:LCD display Detector failure,converter memory,error,Detector/converter intercommunication error : LCD display, failure output			
Alarm signal output	a contact (2 points,contact rating:240VAC,1A) ALM1:Level alarm ALM2:Selection of level alarm and membrane replacement timing alarm			
Failure signal output	c contact (contact rating:240VAC,1A)			
Display	Dot matrix LCD (with backlight)			
Lightning protection	Built-in lightning protection circuit			
	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			
Optional	The following options are available separately, please contact us for any details. ·Converter stand ·Sunshade cover			

- 1:Converter mounting bracket are provided with the product. Converter stand , converter mounting bracket and 50A pole mounting U-bolts are sold separately.
- 2:Excludes the power consumption of the load connected to the control output.
- 3:Measurement hold, cleaning output control function.
- 4:The AC voltage output to the control output for cleaning the detector is equal to the power supply voltage.
- 5:For details,see the instruction manual.

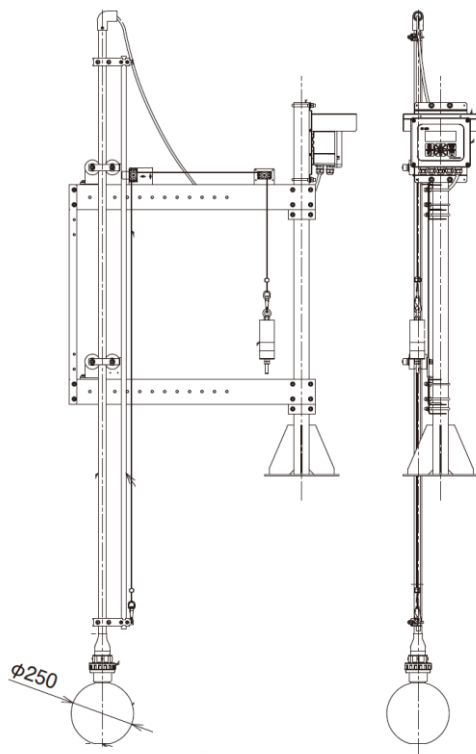
Sơ đồ kết nối tín hiệu bộ chuyển đổi CV-200



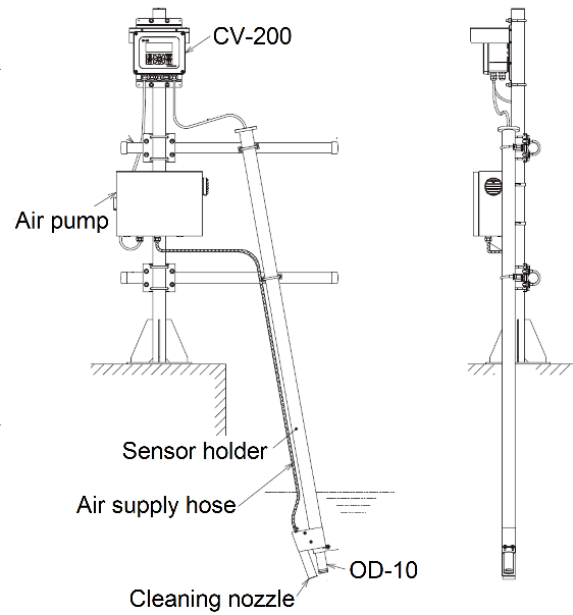
- 1:±Io1output is the selected one of dissolved oxygen concentration or dissolved oxygen saturation.
- 2:ALM2 output is the selected one of level alarm or membrane replacement timing alarm.
- 3:The AC voltage output to the control output for cleaning the detector is equal to the power supply voltage. Therefore, do not short-circuit the terminals as it may cause equipment failure.
- 4:Be sure to connect the grounding terminal(G) to ground potential.
(Class D grounding : ground resistance of 100Ω or less.)



Hình 6 Sơ đồ cài đặt giá đỡ

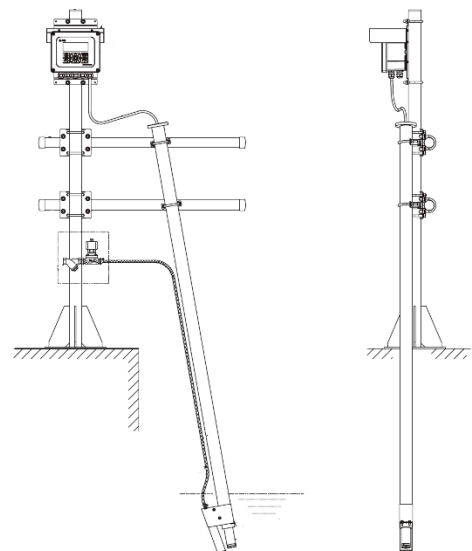


Hình 7 Sơ đồ cài đặt giá đỡ kiểu phao



Hình 8 Sơ đồ cài đặt cơ cấu vệ sinh “Hybrid Air-Liquid”

Đây là một phương pháp Hybrid kết hợp tự động lấy dung dịch trong bể lắp đặt thiết bị, làm sạch cảm biến bằng dung dịch đó và bổ sung làm sạch bằng không khí nén phạm vi rộng. Vì cơ cấu làm sạch sử dụng máy bơm không khí nên, không cần đặt ống dẫn nước như cơ chế làm sạch không khí và không bị ảnh hưởng bởi những thay đổi như lượng nước cung cấp. Cơ cấu này cần có vòi làm sạch và van điều chỉnh.



Hình 9 Sơ đồ cài đặt cơ cấu vệ sinh bằng nước

Vệ sinh được thực hiện bằng cách kết nối nguồn nước nào đó ở hiện trường với cơ cấu làm sạch, có vòi xả nước, đường ống từ nguồn cấp nước, van điện từ để kiểm soát dòng chảy, có thể dùng chức năng trong bộ điều khiển CV-200 kiểm soát nguồn điện và thời gian làm sạch. Để có hiệu quả nên cung cấp nguồn nước với áp lực ổn định từ 0,2 MPa trở lên.

1.4. Kiểm chứng thực địa

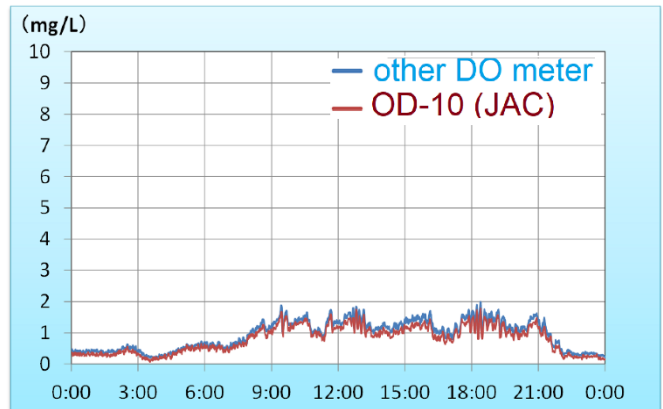
► **Kiểm chứng thực địa 1:** So sánh với máy đo DO cảm biến điện cực galvanic truyền thống. Vị trí lắp đặt: bể phản ứng trung tâm xử lý nước thải A, kiểu cài đặt: thả vào bể (Hình 11). trị DO: khoảng 0-5 mg / L, và chế độ đo liên tục. Hình 10 cho thấy kết quả rất nhất trí với máy đo DO truyền thống khác, các số liệu DO đo được chính xác trong dải nồng độ từ thấp gần bằng không đến khoảng 5 mg / L .

► **Kiểm chứng thực địa 2:** So sánh với máy đo DO cảm biến điện cực galvanic truyền thống. Vị trí lắp đặt: bể phản ứng trung tâm xử lý nước thải B, trị DO: khoảng 1.5 mg / L (Hình 12).

► **Kiểm chứng thực địa 3:** Cài đặt giá đỡ kiểu phao. Vị trí lắp đặt: Bể phản ứng của nhà máy xử lý nước thải C, cài đặt giá đỡ kiểu phao, giá trị đo nồng độ Oxy hòa tan trong dải đo từ khoảng 0 đến 8,0 mg / L. Số liệu từ máy đo phương pháp galvanic và OD-10, ghi lại sự thay đổi đo nồng độ Oxy hòa tan từ nồng độ thấp gần bằng không đến nồng độ cao 8,0 mg / L, cho thấy khuynh hướng biến chuyển số liệu nhất trí, trong thời gian đo liên tục 01 ngày (Hình 13, Hình 14).



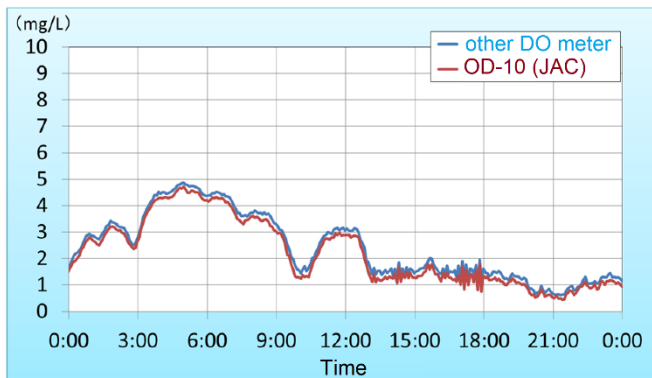
Hình 11 Hiện trường lắp đặt (bể phản ứng)



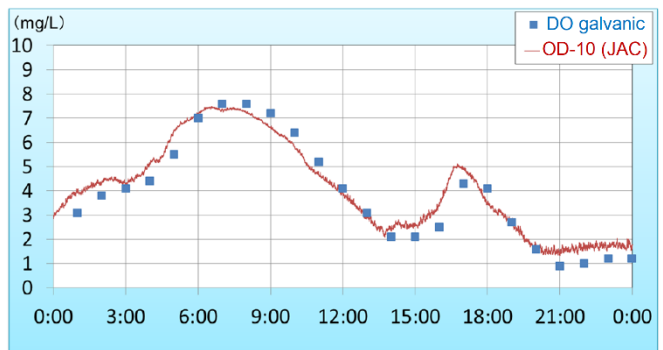
Hình 12 Số liệu đo từ máy DO galvanic và OD-10



Hình 13 Hiện trường lắp đặt (bể phản ứng) nhà máy xử lý nước thải C, cài đặt giá đỡ kiểu phao.

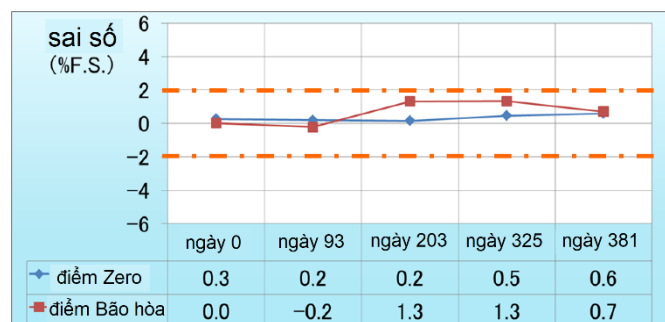


Hình 10 Số liệu đo từ máy DO galvanic và OD-10



Hình 14 Số liệu đo từ máy DO galvanic và OD-10 cho thấy khuynh hướng biến chuyển số liệu nhất trí dải nồng độ giao động khoảng 0 đến 8,0 mg / L

► **Kiểm chứng thực địa 4:** Hình 15 cho thấy kết quả độ ổn định lâu dài với một sai số ít hơn 2% F.S. trong khi đo liên tục hơn 1 năm không hiệu chuẩn. Điểm Zero khi đặt cảm biến trong dung dịch nước natri sulfit, điểm bão hòa khi đặt cảm biến trong dung dịch nước bão hòa.



Hình 15 Sai số <2% FS (đo liên tục hơn 1 năm không hiệu chuẩn)

► **Kiểm chứng thực địa 5:** Độ bền cảm biến sau khi sử dụng liên tục trong thời gian lâu dài. Hình 16 cho thấy kết quả không phát hiện có hư hỏng vật lý nào ảnh hưởng đến đo lường sau 18 tháng sử dụng liên tục



Hình 16 Cảm biến không bị hư hỏng vật lý sau khi sử dụng liên tục trong thời gian lâu dài.

1.5. Kết luận

Từ các kết quả kiểm chứng trong thực địa cho thấy máy đo nồng độ Oxy hòa tan OD-10 cho độ chính xác cao, ổn định và độ bền cao trong các loại môi trường ô nhiễm. Có thể ứng dụng rất tốt trong các sông hồ nuôi thủy hải sản, công trình thủy lợi, nhà máy cấp nước hay xử lý nước thải./.

2022/02/18