

海洋深層水の利用高度化に向けた発電利用実証事業 及び  
海洋温度差発電における発電後海水の高度複合利用実証事業  
委託業務実績報告書

## 第Ⅱ部

# 海洋深層水の利用高度化に向けた 発電利用実証

## 1. 実施内容の構成と結果概要



図 1-1 沖縄県海洋温度差発電実証試験設備

### (1) 実施内容の構成

本事業では、再生可能エネルギーのうち、沖縄県内で実現可能性が高いとされている OTEC について、沖縄県海洋深層水研究所(以下「研究所」)敷地内において実証事業を実施した。

OTEC は、発電出力が大きいほど発電コスト(円/kWh)が低くなるとされる。最終的な商用プラントは出力 100MW(100,000kW)規模であり、その発電コストは 10 円/kWh 強である。その中間段階のプラントである出力 10MW(10,000kW)では 20 円/kWh 前後、1MW(1,000kW)は 40～60 円/kWh と算定されている(図 1-2)。

一方、本実証設備の出力は 100kW 規模(発電利用実証用ユニット A: 発電出力 50kW + 同規模の要素技術試験用ユニット B)であるため、得られたデータを解析・汎用化して、次のステップである 1MW さらには 10MW の技術的信頼性向上に役立てるとともに、1MW、10MW 規模の発電設備の

設計や運用時に想定される課題についても、本実証試験を通じて知見を得ることが望まれる(図 1-3)。本実証試験は、これを趣旨として実施された。

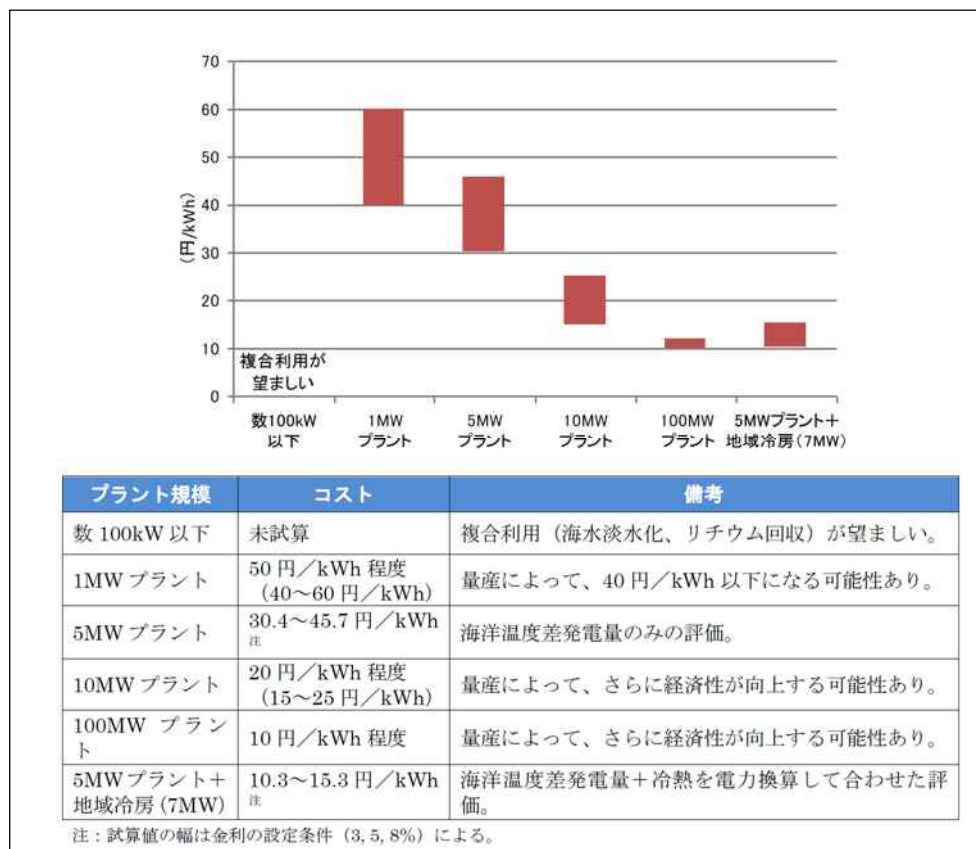


図 1-2 （参考）海洋温度差発電（OTEC）の発電コスト

（出典：NEDO，2013年12月，「再生可能エネルギー技術白書第2版」，19頁,図6-16）

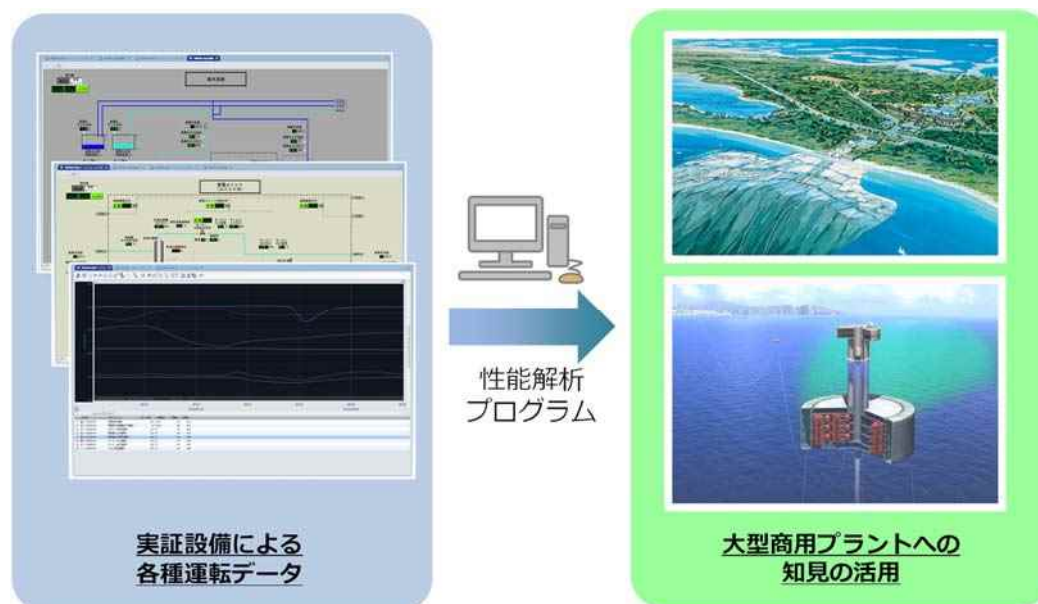


図 1-3 本実証事業の実施内容の趣旨（イメージ）

### 発電利用実証試験：出力 50kW 実証試験設備を用いたデータ取得と解析

本実証設備は、50kW の発電出力を持つ連続発電試験用ユニット A と、要素技術試験用のユニット B により構成されている(図 1-4)。ユニット A は、発電試験用運転として可能な限りの連続運転と発電試験を実施した。運転開始 1 年目の 2013 年度は、タービン発電機により発電した電力の系統連系を行わず、試験データ取得時の有人運転のみを行った。2014 年度以降は、2014 年 4 月 7 日に系統連系を行って以降、無人自動運転を実施した。ユニット B では、基本的に連続運転を行いつつ、より大出力の商用プラントで起こり得る課題の程度の検討、最適な設計点及び運転点の模索及び運転特性の把握等の基礎データ収集を行った。試験内容の詳細は 2.5 節で述べる。

### 海洋温度差発電システムの確立に関する検討：取得したデータの商用規模プラントへの活用

上記の実証試験データ解析、および関連調査を基に、商用規模 OTEC プラントの建設費用およびメンテナンス費用の低減、沖縄県の海域における設置可能性、性能の検証等を実施した。なお、商用化への次ステップとなる出力 1MW 級および 10MW 級の OTEC プラントは様々な様式が国内外で提案されているが、本事業では NEDO 海洋エネルギー研究開発(第 I 部 1.2.2 項参照)で基本設計が実施された発電プラントの情報提供を受け、それを対象として検討を行った。

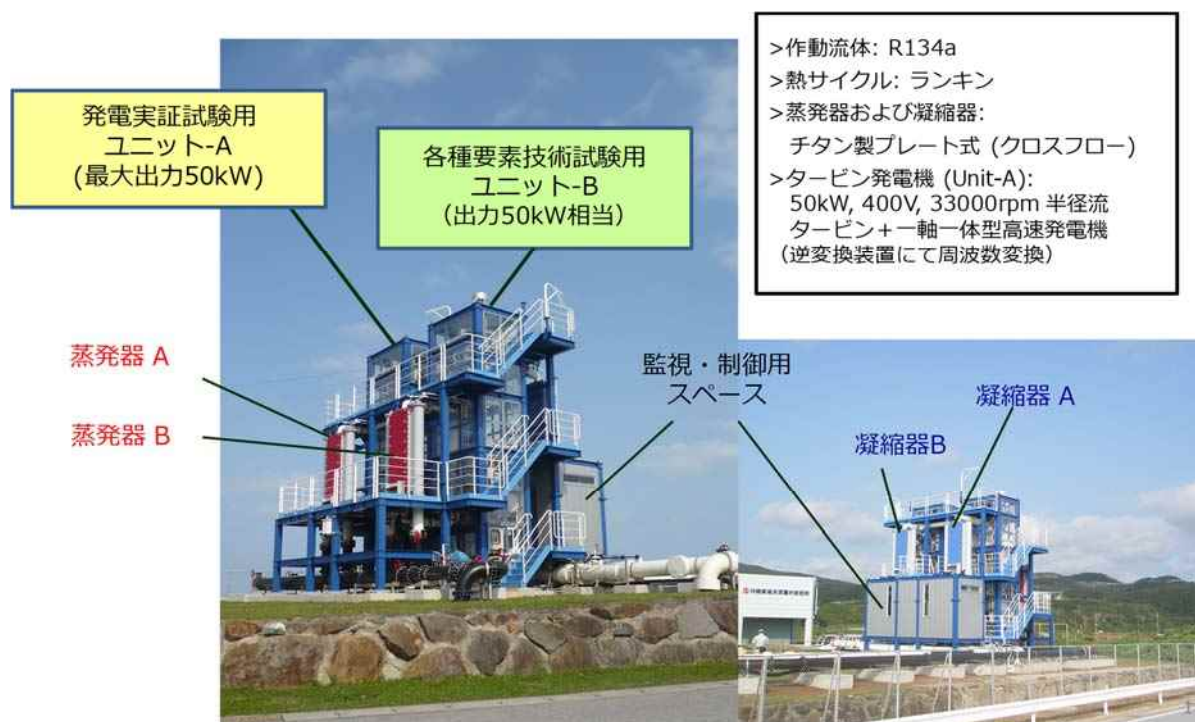


図 1-4 実証試験設備構成

## (2) 結果の概要

### 発電利用実証試験：出力 50kW 実証試験設備を用いたデータ取得と解析

本実証試験では、商用規模プラントに活用できる「熱サイクル効率」「熱交換器(蒸発器および凝縮器)性能」「制御性」の3つを重視した。以下に結果の概要を述べる(詳細は2.5節参照)。

熱サイクル効率については、すべての年度において、計画値(シミュレーション予測値)を年間平均で約5%上回る良好な結果が得られた。これは、熱交換器性能が計画値よりも性能が高かったことが要因と考えられる。

熱交換器性能については、特に蒸発器において、各年度とも計画値(シミュレーション予測値)より平均約5~7%性能(総括熱伝達係数)が高かった。これは、本設備の設計時の想定よりも海水による汚損がはるかに小さく、蒸発器の海水側の性能が経時的に落ちなかったためと考えられる。なお凝縮器についても平均0~3%程度性能が高いが、これは計測誤差範囲である。

制御性については、2013年度に3パターンの作動流体流量制御方法を試験し、その後はそのうち最良の方法(蒸発器・気液分離器の液位制御)で長期連続自動運転を行った。また、自動運転の安定性と強靭性に関する制御の幅と感度のパラメータについては試験中適宜調整し、商用規模プラントと異なり海水流量が常に変動する厳しい条件の本実証設備においても、最終年度の2018年度には運転時間の90%以上において出力が基準値(シミュレーション予測値)の±5%以内に収まる制御が可能となった。

### 海洋温度差発電システムの確立に関する検討：取得したデータの商用規模プラントへの活用

OTEC の建設費用低減については、OTEC の構成要素のうち今後の費用削減ポテンシャル効果が大きいと考えられる熱交換器について、製造工場への情報収集を行った。特殊用途熱交換器であるため現在は一品製造のため特に加工コストが高くなっているが、将来的な量産化ケースでは約 50%まで製造費を低減できる見込みとの結果となっている。これにより商用規模 OTEC の建設費用は約 10%の低減が可能となる（詳細は 3.1 節参照）。

OTEC のメンテナンス費用低減については、2013～2017 年度の 5 年間の実績を基に、1MW 級 OTEC プラントの運転・維持管理費を推算した。その結果、運転管理費は 4.2 円/kWh 程度となり、資本費（設備の償却費）を加えた 1MW 級 OTEC の発電コストは 29.7 円/kWh となり、既存の算定値よりも約 25%削減できる可能性がある（詳細は 3.2 節参照）。

沖縄県における OTEC 設置可能性については、海底地形面から適地を示すとともに、専門業者に依頼して、既存電力系統および供給予備力から適正規模や環境影響評価項目に関する予備的な調査を実施した。

実証試験結果を基にした大規模 OTEC プラントの性能検証については、NEDO 海洋エネルギー研究開発（第 部 1.2.2 項参照）で基本設計が実施された発電プラントを対象に検討を行い、その設計が実証運転データと照らし合わせても達成可能であることを確認した。



## 2. 発電利用実証試験

### 2.1 試験概要とスケジュール

本実証試験設備は、2012年度に建設が開始され、同年度末の2013年3月に最初の発電を開始、その後2019年2月末まで実証運転を行ってきた。表2-1に各年度の主な運転内容をまとめた。

表 2-1 各年度の主な運転内容

年度	本事業での特記事項	関連事項
2012 (H24)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実証設備建設(11月～)</li> <li>● 3月30日 発電成功</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 天皇陛下の深層水研究所来場</li> <li>● 第3回 沖縄ハワイクリーンエネルギー協力 海洋エネルギーWS開催(毎年 沖縄とハワイで持ち回り開催)</li> </ul>
2013 (H25)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 6月16日 通電式</li> <li>● タービン初期トラブル、台風対応、落雷等で様々な修正を実施</li> <li>● 系統連系せず、虚負荷運転での試験</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第1回 国際 OTEC シンポジウム ホノルルで開催。以降 毎年開催地を変えて開催中</li> </ul>
2014 (H26)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 4月 沖縄電力と系統連系</li> <li>● 運転が安定。無人連続運転へ</li> <li>● 稼働率86%。台風被害を除きトラブル無し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 総合海洋政策本部による「海洋エネルギー実証フィールド」への選定</li> </ul>
2015 (H27)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 引き続き無人連続運転</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ハワイ NELHA で 105kW OTEC 実証設備による実験開始</li> </ul>
2016 (H28)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● DSS(毎日起動停止)運転試験</li> <li>● NEDO 実証のテストベッドとして、Unit-B 貸与(9月～)</li> <li>● 台風18号被害で2ヶ月停止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 沖縄県「発電後海水の高度複合利用実証事業」の開始。2016年度配管を敷設し、2017、2018年度試験を実施</li> </ul>
2017 (H29)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● NEDO 実証試験実施(～6月)</li> <li>● その後、トラブル無し連続運転</li> </ul>	
2018 (H30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特にトラブル無く運転(発電後海水利用優先運転)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第6回 国際 OTEC シンポジウム 沖縄(OIST)で開催</li> <li>● 第9回 沖縄ハワイ海洋エネルギーWS 台風のため中止</li> </ul>

## 2.2 実証試験設備の仕様

### 2.2.1 基本コンセプト

#### (1) 概要

- 海洋温度差発電技術のうち最も大型化・商用化に適しているとされる、クローズドサイクルの発電実証設備である。
- 実証設備は2つのユニットにより構成する。うち一方は、海洋温度差発電の重要な実証項目である長期連続運転用（発電：最大出力50kW相当）、もう一方は、将来の将来の海洋温度差発電設備の実用化に向けた要素技術実験用のプラットフォームである。

#### (2) 表層水および深層水供給配管システム

表層水および深層水供給配管システムについては、既存の利用者に供給される海水流量、温度および使用方法を変えないコンセプトとしている。図 2-1 および図 2-2 に示すとおり、既設海水タンクの水位を自動制御弁(図中①)の開度で制御することにより一定に保つ配管システムである。

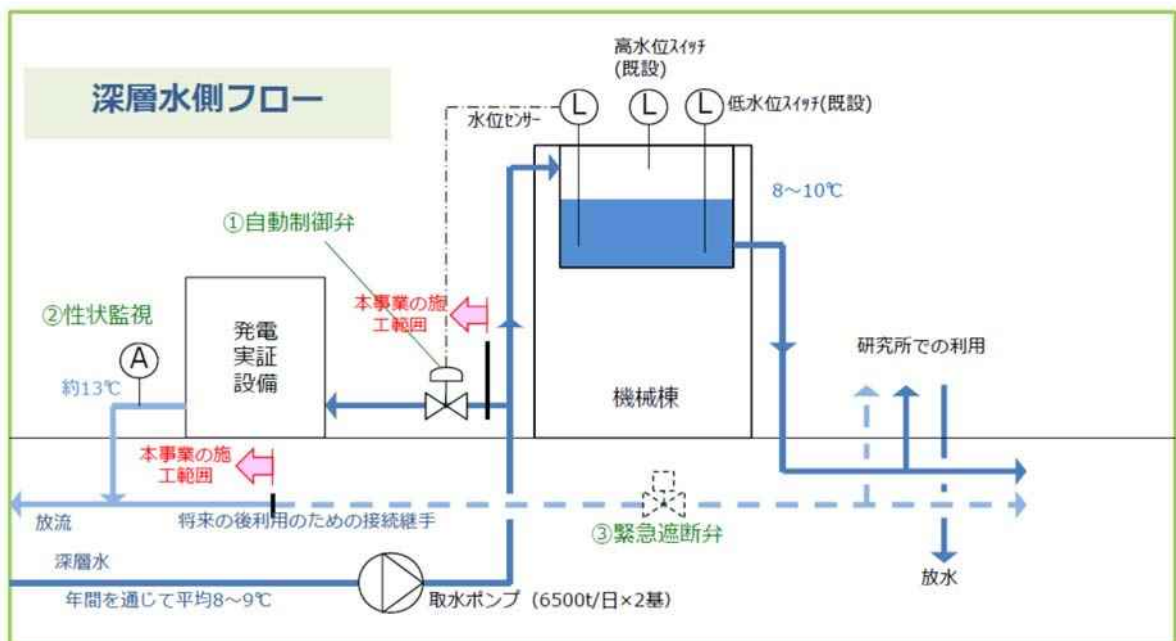


図 2-1 深層水系統



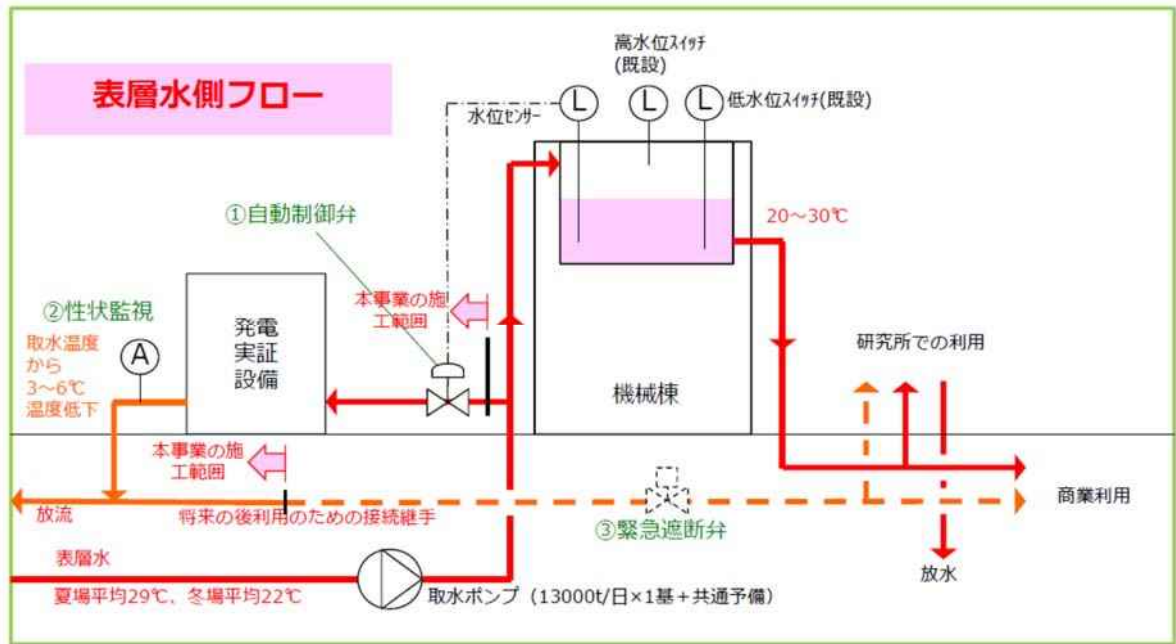


図 2-2 表層水系統

本設備の設置前は、図中の高水位スイッチが作動した際に取水ポンプを停止、低水位スイッチが作動した際に取水ポンプを起動する、オン・オフ運転を行っていた。本設備の設置後は、水位一定での運転を行っている。

### (3) 実証設備のコンセプト

実証設備は、海洋温度差発電技術のうち最も大型化・商用化に適しているとされるクローズドサイクル式の発電実証設備を設置した。

クローズドサイクルとは、温かい表層水を用いて低沸点媒体を気化させ、その蒸気でタービン発電機を駆動させる発電方式を指す。タービン発電機を駆動させた後の低沸点媒体蒸気は冷たい深層水を用いて液化され、媒体ポンプにより再び蒸発工程に送られることにより、連続的に発電を行う(図 2-3)。

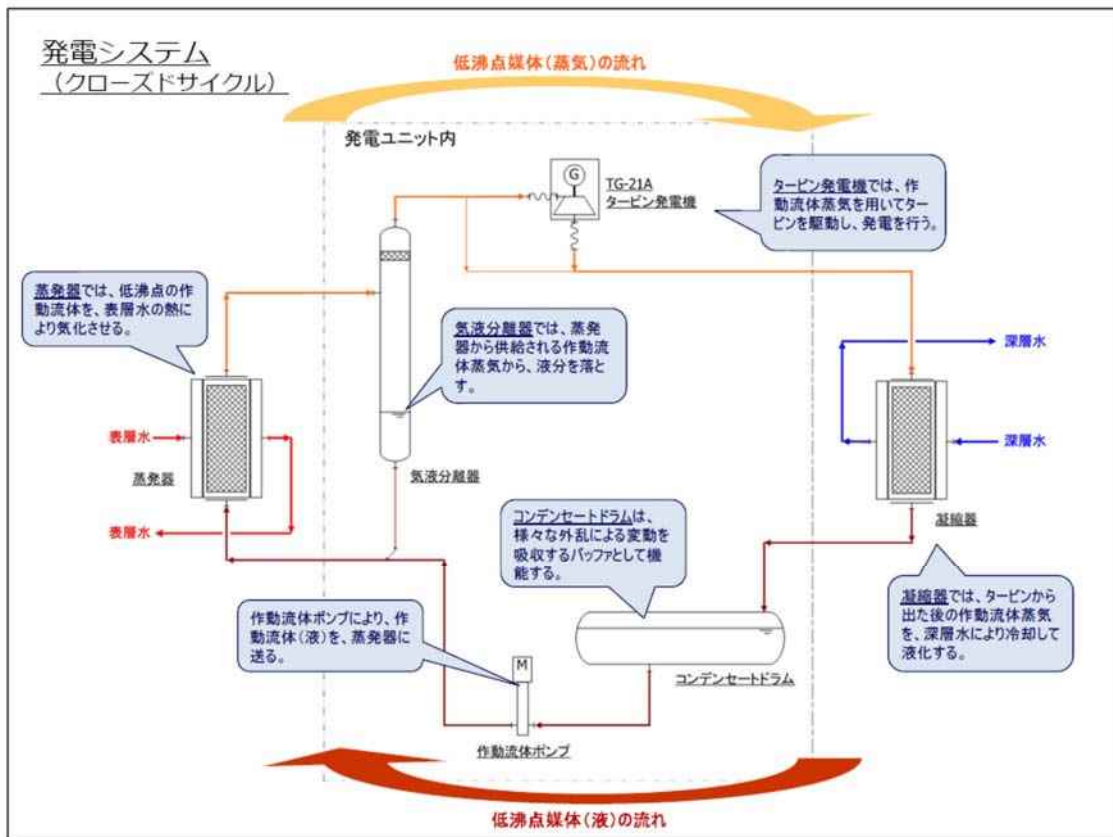


図2-3 クローズドサイクルの原理

実証設備は2つのユニットにより構成する。うち一方(図1-4および1-5における「ユニットA」)は、海洋温度差発電の重要な実証項目である長期連続運転(発電:最大出力50kW相当)用、もう一方は、将来の海洋温度差発電設備の実用化に向けた要素技術実験用のプラットフォームとする。

### ユニットA

ユニットAは、海洋温度差発電のネックとなっている長期連続運転を行うための装置とする。これにより海洋温度差発電の技術的信頼性を向上させ、将来の大規模化に向けた検証に寄与する。

ユニットAは以下のサブユニットにより構成される。

#### ■ 発電ユニットA

最大発電端出力50kWを発電するユニットで、次の機器により構成される。

(蒸発器および凝縮器は、下記のとおり別置)。

- タービン発電機 (最大出力50kW)
- 作動流体ポンプ
- コンデンセートドラム
- 気液分離器

- 補機類
- 配管・電気・計装システム一式
- 架台および見学・点検用歩路一式

■蒸発器ユニットA

高効率のチタン製全溶接式プレート式熱交換器ユニット。

- 蒸発器（チタン製全溶接式プレート式熱交換器）
- 配管・蒸発器架台等

■凝縮器ユニットA

高効率のチタン製全溶接式プレート式熱交換器ユニット。

- 凝縮器（チタン製全溶接式プレート式熱交換器）
- 配管・凝縮器架台等

ユニット B

ユニット B は、我が国における深層水・表層水熱交換器やタービン等、要素機器に関する小型実験プラットフォームとしての機能を果たすことを目的として設置された。これにより、将来の海洋温度差発電設備の実用化に向けた関連技術の研究開発を促進する。

ユニット A と同サイズの発電ユニット(ただし、要素技術実験用のため実際の発電は行わず、タービン発電機の代替に膨張弁)を設備し、ユニット A と同じ温度・流量条件での試験を可能とした。実験結果の解析に必要な計装機器および監視・記録装置も設備した。

ユニット B は以下のサブユニットにより構成される。

■発電ユニットB

発電ユニットAと同サイズ、同仕様であるが、要素技術実験用のため実際の発電は行わず、タービン発電機の代替に膨張弁を装備する。

- 膨張弁（タービン発電機代替）<sup>1</sup>
- 作動流体ポンプ
- コンデンセートドラム
- 気液分離器
- 補機類
- 配管・電気・計装システム一式
- 架台および見学・点検用歩路一式

■蒸発器架台B

---

<sup>1</sup> NEDO 海洋エネルギー発電システム実証研究（海洋温度差発電）（第Ⅰ部 1.2.2 項参照）においてユニット B が同研究に貸与された際は、膨張弁の代わりにタービン発電機（出力 50kW）が搭載された。

様々なタイプの蒸発器の試験が可能となるように、架台を設備する。

- 配管（海水）・蒸発器架台等

■凝縮器架台B

様々なタイプの凝縮器の試験が可能となるように、架台を設備する。

- 配管（海水）・凝縮器架台等

■要素技術試験用蒸発器B

要素技術試験用として、蒸発器を設置する<sup>2</sup>。

- 蒸発器（チタン製全溶接式プレート式熱交換器）
- 関連配管等

■要素技術試験用凝縮器B

要素技術試験用として、凝縮器を設置する<sup>3</sup>。

- 凝縮器（チタン製全溶接式プレート式熱交換器）
- 関連配管等

(4) 実証設備の特徴等

ア 天候、気温、海水温の変化に応じた運転状態および発電出力等、性能検証に必要なデータを計測及び記録する機能を有する。

本設備は、海水流量および海水温の変動に追従した連続運転を実施する。気温、海水流量、海水温（表層水、深層水の実証設備出入口における温度）に加え、発電ユニット内においても性能検証に必要な温度・圧力・流量センサーと常時監視・記録装置を備える。

イ 設置場所の気候等を踏まえ、堅固で耐久性を有する設備とする。

発電ユニット、蒸発器、凝縮器、架台等は屋外設置となるため、設置場所の気候、および沿岸域であることを踏まえて、強度設計（風雨対策）および塗装防食設計を行う。

ウ 海洋温度差発電に係る将来的な技術の向上への寄与を考慮する。

ユニット A では、海洋温度差発電の課題となっている連続運転を実施し、その運転状態を記録することにより、将来に向けた問題点を抽出する。その対策を立案し、将来の大型化のための設計・運転ノウハウを蓄積する。

また、海洋温度差発電の将来的技術向上には、実海水（表層水および深層水）を使用した各種の要素技術実験が必須とされる。本提案では、前項にて述べたとおり「実験用プラットフォーム」としてユニット B を用意し、このような要素技術実験実施を可能としている。

<sup>2</sup> NEDO 海洋エネルギー発電システム実証研究（海洋温度差発電）（第Ⅰ部 1.2.2 項参照）においてユニット B が同研究に貸与された際は、高硬度チタンプレート（伝熱促進加工）を用いた新型熱交換器が搭載された。

<sup>3</sup> 蒸発器と同様に、NEDO 事業において新型熱交換器が搭載された。

エ 海洋温度差発電の設備の大型化、商用化時の性能を、本事業の性能検証結果から予測することができる仕様とする。

本事業の報告書において、本事業の性能検証結果から、大型化、商用化時の性能を予測する計算手法について記載する。

同時に、同計算手法をソフトウェア化して本実証設備の監視装置（図 2-4）に実装し、リアルタイムな性能予測を可能とする。

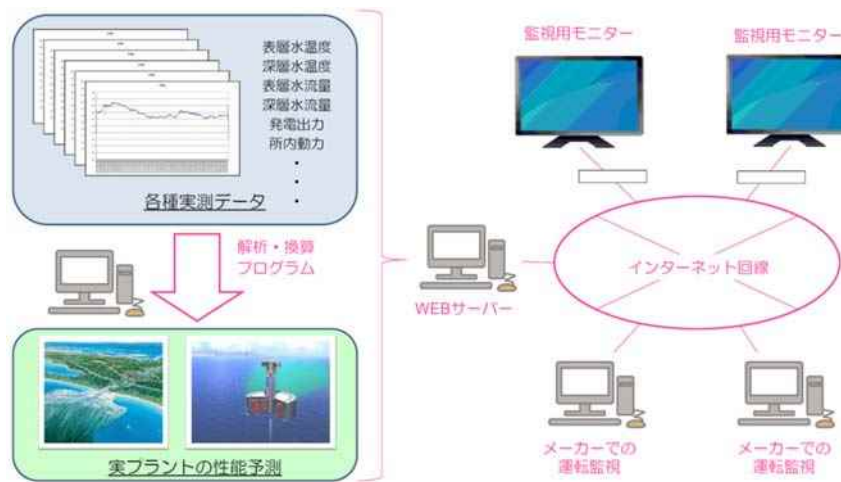


図 2-4 監視装置のコンセプト

オ 見学者等の受入れを考慮した仕様とする。

発電ユニットAおよびBの外壁のうち一部は、日常の目視点検用にポリカーボネート透明板とした。見学者はこれを利用して内部の構造が見学可能である。また、高所には点検およびメンテナンス用のステージを設置するため、これを見学用に兼用することが可能である。

## 2.2.1 設計条件

### (1) 全体コンセプト

- ① 各機器および配管は、圧力および耐食面において、作動流体を NH<sub>3</sub> および R134a のどちらでも使用できる仕様とする。
- ② 最大負荷として、NH<sub>3</sub> を使用したとき 50kW/基を可能とする仕様とする(表 2-2 参照)。  
※R134a を使用したときは、50kW の出力は達成しない。
- ③ 当面の運転は、R134a で運用する(項目③)の理由)。  
⇒電気事業法(以下「電事法」)等の見直しにより、NH<sub>3</sub> 運転に切り替えることも考慮する<sup>4</sup>。

表 2-2 NH<sub>3</sub> 設計と R134a 設計(いずれも出力 50kW 時)との差異

		NH <sub>3</sub> 媒体(採用仕様)	R134a 媒体(参考)
機器	WFポンプ	8.9m <sup>3</sup> /h x 52.9mTH (液比重: 0.622) 2.8kW	27.6m <sup>3</sup> /h x 16.7mTH (液比重: 1.255) 3.3kW
	タービン	入口 708m <sup>3</sup> /h 出口 1019m <sup>3</sup> /h 比重 0.0078(入口) 差圧 333kPa	入口 1072m <sup>3</sup> /h 出口 1584m <sup>3</sup> /h 比重 0.0323(入口) 差圧 215kPa
	気液分離器	0.55mφ×2.8m 高	0.80mφ×2.8m 高
	WFドラム	0.9mφ×2.55m 長	1.1mφ×2.55m 長
	熱交換器	蒸発器 324m <sup>2</sup> (U≒2600) 凝縮器 319m <sup>2</sup> (U≒2600)	蒸発器 708m <sup>2</sup> (U≒1200) 凝縮器 873m <sup>2</sup> (U≒900)
配管	高圧側液	50A	80A
	高圧側蒸気	150A	200A
	低圧側蒸気	200A	250A
耐圧	30℃飽和	1.16MPaA	0.77MPaA
	40℃飽和	1.56MPaA	1.02MPaA
	50℃飽和	2.03MPaA	1.31MPaA

### (2) 使用する海水量

表層水、深層水は研究所や周辺企業が使用した余剰分を利用する。参考情報として設計時に用いた 2010 年の海水使用量を図 2-5 に示す。

本実証設備としては、研究所の表層水、深層水の取水量全量(13,000m<sup>3</sup>/d = 540m<sup>3</sup>/h)を通水できる容量を持つ。

<sup>4</sup> 2019 年 3 月まで、NH<sub>3</sub> に関する規制見直しはなかったため、本事業でも NH<sub>3</sub> の使用は実施しなかった。



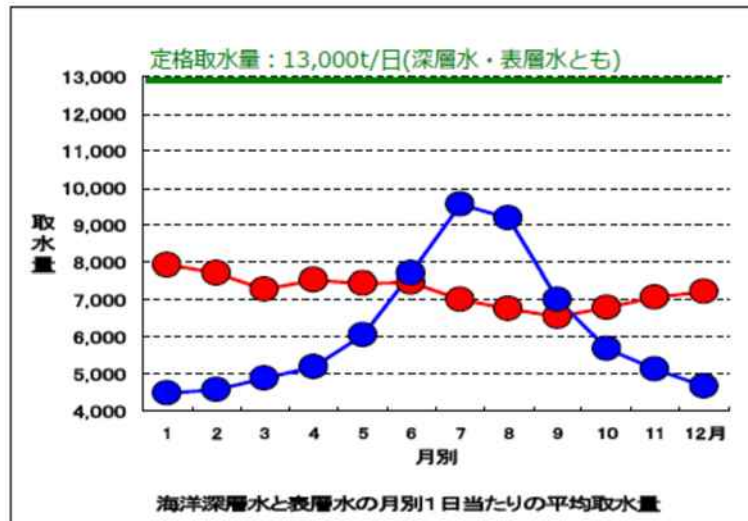


図 2-5 (参考)平均取水量の推移(2010 年)

### (3) 作動流体

NH<sub>3</sub> 媒体とするのが理想的であるが、以下の理由により特殊な申請や人員確保が必要となり、工期面および運用面に現実的ではないことから、空調用冷媒として広く流通する R134a 媒体を選定した。電事法の見直し動向を見ながら NH<sub>3</sub> への切り替えを検討することを想定していたが、2018 年度末まで見直しがなされなかったため、切り替えは実施していない。

課題① NH<sub>3</sub> 媒体の場合の離隔距離(敷地境界:20m)が確保できない。

課題② ボイラー・タービン主任技術者が選任できない。

### (4) 設計条件まとめ

設計条件は、以下 4 つに整理される(表 2-3)。

本設備は、これらのどの条件においても問題なく運転できる仕様とする。但し、条件②において極端に使用条件と対応仕様が異なる作動流体ポンプやタービンノズル部は条件②採用時に換装するものとする。詳細は次項に記す。

条件① 余剰海水を使用して R134a 媒体で平均的に出力が高くなる中間期条件

条件② 海水全量(13,000t/d)を使用して、NH<sub>3</sub> 媒体で出力 50kW を達成する条件(※将来的に検討する)

条件③ R134a 媒体で最もタービン差圧大な時期の条件(夏期)

条件④ R134a 媒体で最も運転継続が困難(タービン差圧小)な時期の条件(冬期)

表 2-3 設計条件

項目	単位	条件① R134a 設計点	条件② NH <sub>3</sub> 最大(将来)	条件③ R134a 夏期	条件④ R134a 冬期
表層水					
流量	t/h	267	564	240	216
温度	℃	26.8	29.0	29.0	20.0
深層水					
流量	t/h	231	564	282	404
温度	℃	8.3	8.0	8.0	8.3

## (5) 配管・機器等の設計条件

## ① 外気温等

38℃とする。

また、本設備への海水の供給がストップした場合を想定し、本設備を構成する機器・配管等の最大使用圧力は 1,400kPaG (=アンモニアの 38℃における飽和圧) とする。

② 機器等の設計点とオフデザイン対応、NH<sub>3</sub>切替時対応

表 2-4 に、機器等の設計点とオフデザイン対応、NH<sub>3</sub>切替時対応を示す。

表 2-4 設計点とオフデザイン運転、NH<sub>3</sub> 切替時の対応

対象	設計点	オフデザイン対応	NH <sub>3</sub> 切替時対応
配管・弁・計装等のサイズ・圧力・材質	条件①～④の最も不利な条件	－	そのまま使用。 ただし電事法溶接安管審が必要な配管は作り直し
タービン	条件①	出力は出たなり 運転上限を超えないよう保護回路を組む。	タービン入口ノズル部のみ作り直し
WF ポンプ	条件③(R134a で最も不利)	出口側調整弁制御	換装が必要
気液分離器	条件①～④で最も不利な条件	－(ただしデミスターの限界流速を超えないよう保護回路を組む)	そのまま使用
コンデンセートドラム	本表の他機器・配管の仕様により液保有量を決定	－	高圧ガス保安法→電事法(溶接安管審)への読み替え
蒸発器	条件②	出たなり	新規製作(電事法溶接安管審)。不要となった蒸発器は凝縮器に転用
凝縮器	条件②	出たなり	そのまま使用

### 2.2.3 適用法規

本設備は原理としてバイナリー発電である。このため、不活性媒体である R134a を使用した場合、2012 年 4 月に施行された「バイナリー発電設備に関する電気事業法の規制の見直し」<sup>5</sup>の対象となる。一方 NH<sub>3</sub>を使用する場合は規制緩和対象とはならない。

これを踏まえて、次のとおり法規対応を行った。

#### (1) 電気事業法対応

	建設時(R134a)	(参考)NH <sub>3</sub> 切替の場合
那覇産業保安監督事務所協議	実施した	実施する
保安規定の変更届出	届出を行った	届出を行う
溶接安全管理審査申請	－(規制緩和対象)	受審する
使用前安全管理審査	－(規制緩和対象)	受審する
BT 主任技術者選任届	－(規制緩和対象)	選任する(or 特区申請する)
電気主任技術者選任届	選任した(研究所兼任)	選任する(兼任)
(沖縄電力との系統連系協議)	実施した	実施する

#### (2) 消防法対応

	建設時(R134a)	(参考)NH <sub>3</sub> 切替の場合
発電設備設置届	届出を行った	届出を行う
少量危険物取扱届	－	届出を行う

#### (3) その他

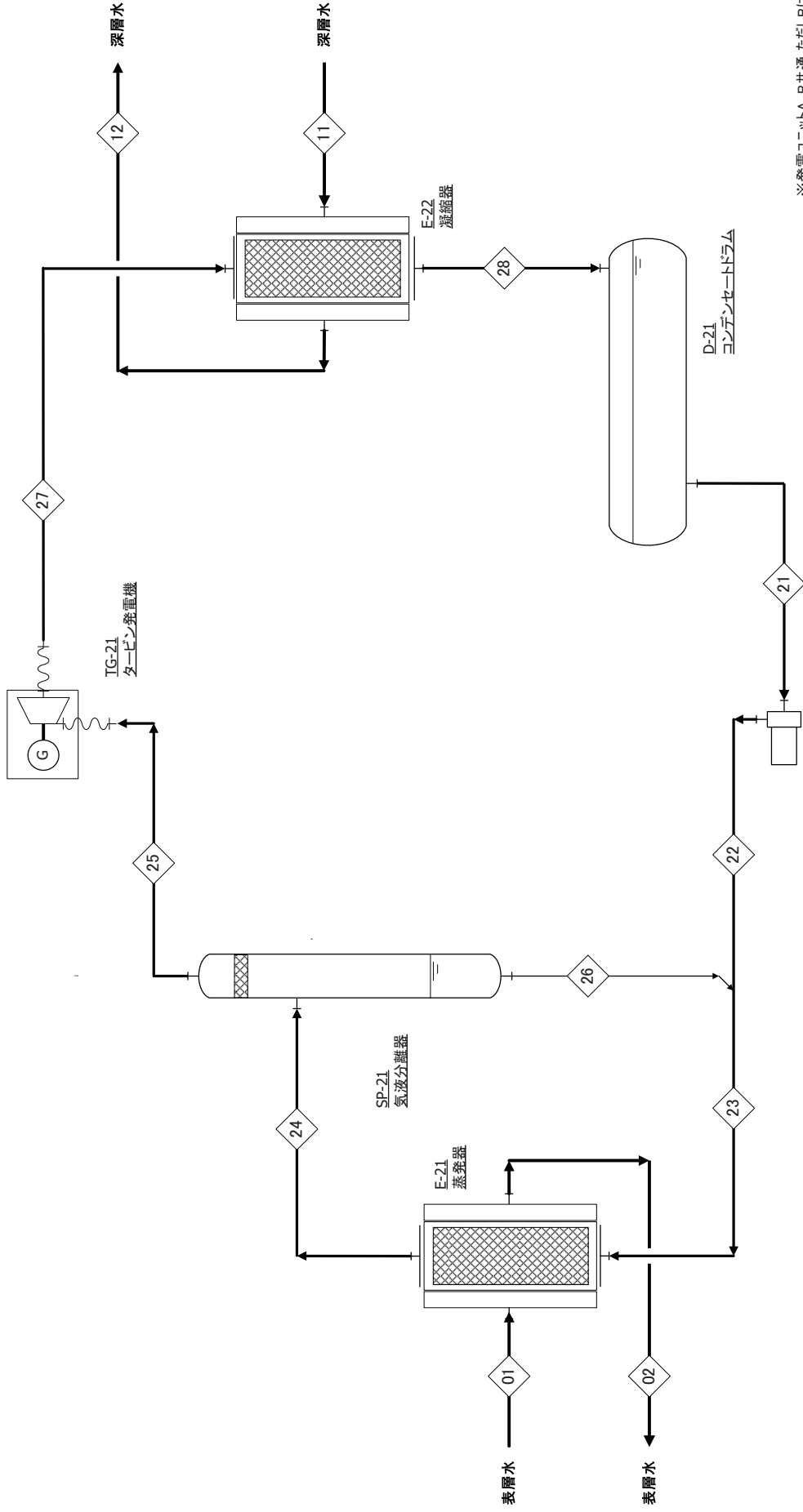
環境関連規制は県や市町村独自の規制があるため、建設前に確認をおこなった。現状 R134a を使用する限りは、必要な承認や届出は存在しない。NH<sub>3</sub>切り替え時は再度協議が必要となる。

<sup>5</sup> 経済産業省 資源エネルギー庁 原子力安全・保安院 電力安全課、「バイナリー発電設備に関する電気事業法の規制の見直しについて」(2012.4.17),  
[http://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/oshirase/2012/04/240417-2.html](http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2012/04/240417-2.html)  
 電気事業法施行規則等の一部を改正する省令、経済産業省令第三十五号  
[http://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/oshirase/2012/04/240417-2-1.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2012/04/240417-2-1.pdf)  
 小型のもの若しくは特定の施設内に設置されるものである水力発電所、水力設備及び水力発電所の発電設備、小型の汽力を原動力とする火力発電所、火力設備及び火力発電所の発電設備、液化ガスを熱媒体として用いる小型の汽力を原動力とする火力発電所又は小型のガスタービンを用いる火力発電所及び火力設備を定める件  
 (告示) 経済産業省告示第百号  
[http://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/oshirase/2012/04/240417-2-3.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2012/04/240417-2-3.pdf)

(4) 配管・機器等の設計・製造との関連

対象	今年度(R134a)	将来のNH <sub>3</sub> 切り替え時
配管・弁等	設計・検査に関して電事法に従う。溶接安管審は受審しない。	電事法の規定で溶接安管審が必要な配管は作り直し
タービン	電事法に従う。	電事法に従う(作り直し)
WF ポンプ	電事法に従う。(特に規定なし)	電事法に従う。(特に規定なし)
気液分離器	設計・検査に関して電事法に従う。溶接安管審は受審しない。	そのまま使用
コンデンセートドラム	高圧ガス保安法による。	高圧ガス保安法→電事法(溶接安管審)への読み替えを行う。
蒸発器	設計・検査に関して電事法に従う。溶接安管審は受審しない。	新規製作(電事法溶接安管審)。不要となった蒸発器は凝縮器に転用
凝縮器	設計・検査に関して電事法に従う。溶接安管審は受審しない。	そのまま使用

2.2.4 熱物質バランス図



Line No.	01	02	11	12	21	22	23	24	25	26	27	28
流体	表層海水	表層海水	深層海水	深層海水	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a
質量流量	265	265	308	308	16.58	16.58	23.68	23.68	16.58	7.10	16.58	16.58
温度	deg-C	26.8	23.8	8.3	10.9	13.1	16.0	22.3	22.3	22.3	13.3	13.1
圧力	MPaA	0.300	0.280	0.300	0.280	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613	0.459	0.459
密度	t/m <sup>3</sup>	1025	1025	1025	1250	1250	1241	42.1	29.8	1217	22.3	1250
定圧比熱	kJ/kg-K	4.0	4.0	4.0	1.38	1.38	1.39	1.01	1.01	1.01	0.96	1.38
体積流量	m <sup>3</sup> /h	259	259	300	300	13.26	19.09	562	556	5.84	742	13.26
乾き度	kg/kg	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.070	-0.049	0.700	1.000	0.000	1.001	0.000
管径	A	400	400	400	100	50	50	150	150	80	200	100
断面積	mm <sup>2</sup>	114009	114009	114009	8213	2163	2163	18646	18646	4769	32283	8213
流速	m/s	0.63	0.63	0.73	0.45	1.70	2.45	8.37	8.28	0.34	6.39	0.45

※発電ユニットA, B共通 ただしBはタービン無し

Rev.	Description	Date	Reviewed	Approved
12/20	設計進捗による変更	12/20		
12/29	社内レビュー用として作成	12/29		

Client: 沖縄県

Job No. WA-0123

熱・物質バランス図 (PFD)  
条件① R134a媒体 設計点

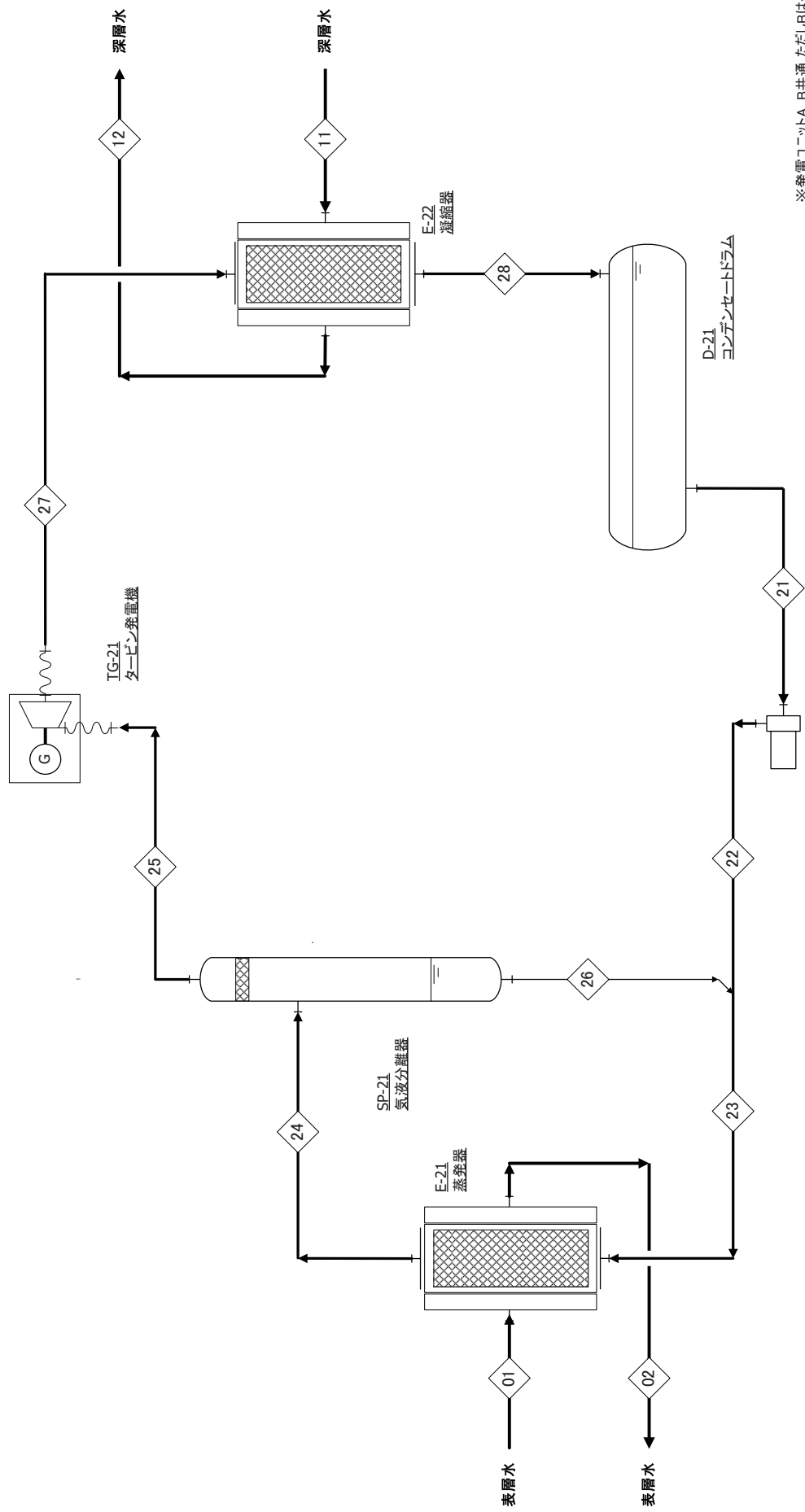
Prepared By: S. Okamura (Date) (15 MAR. '13)  
Reviewed By: K. Hashimoto (Date) (18 MAR. '13)  
Approved By: T. Watanabe (Date) (18 MAR. '13)

Xenesys Engineering Group

Drawing No. DG-AG-0101 Sheet No. 1/1



2.2.4 熱物質バランス図 (続き)



Line No.	01	02	11	12	21	22	23	24	25	26	27	28
流体	表層海水	表層海水	深層海水	深層海水	ammonia	ammonia	ammonia	ammonia	ammonia	ammonia	ammonia	ammonia
質量流量	555	555	555	555	5.52	5.52	7.89	7.89	5.52	2.37	5.52	5.52
温度	29.0	26.0	8.0	11.0	12.4	12.4	16.1	24.7	24.7	24.7	12.2	12.2
圧力	MPaG	0.300	0.300	0.280	0.663	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994	0.663	0.663
密度	t/m <sup>3</sup>	1025	1025	1025	622	622	616	11.0	7.7	603	5.4	622
定圧比熱	kJ/kg-K	4.0	4.0	4.0	4.69	4.69	4.71	4.78	4.78	4.78	4.69	4.69
体積流量	m <sup>3</sup> /h	541	541	541	8.88	8.88	12.80	7.17	7.14	3.92	1028	8.88
乾き度	kg/kg	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.050	-0.035	0.700	0.000	0.000	0.974	0.000
管径	A	400	400	400	100	50	50	150	150	80	200	100
断面積	mm <sup>2</sup>	114009	114009	114009	8213	2163	2163	18646	18646	4769	32283	8213
流速	m/s	1.32	1.32	1.32	0.30	1.14	1.64	10.69	10.63	0.23	8.85	0.30

※発電ユニットA, B共通 ただしBはタービン無し

Rev.	Description	Date	Reviewed	Approved
12/7/20	設計進捗による変更	12/7/20		
12/2/29	社内レビュー用として作成	12/2/29		

Client: 沖縄県

熱・物質バランス図 (PFD)  
条件② NH<sub>3</sub>媒体 設計点

Prepared By (Date)  
S. Okamura (15 MAR. '13)

Reviewed By (Date)  
K. Hashimoto (18 MAR. '13)

Approved By (Date)  
T. Watanabe (18 MAR. '13)

Xenesis Inc.  
Engineering Group

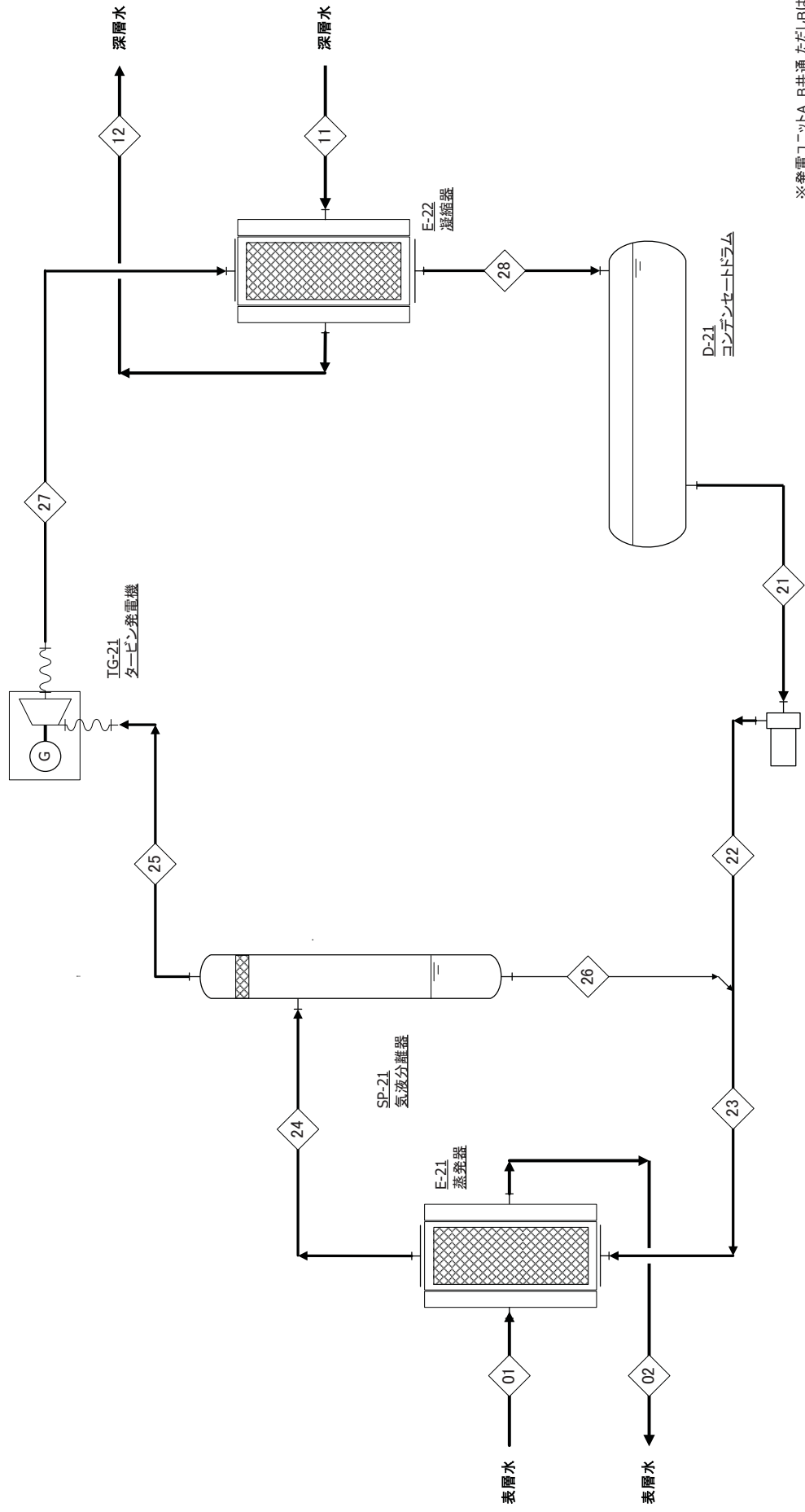
Job No. WA-0123

Client: 沖縄県

Drawing No. DG-AG-0102

Sheet No. 1/1

2.2.4 熱物質バランス図 (続き)



※発電ユニットA, B共通 ただしBはタービン無し

Line No.	流体	01	02	11	12	21	22	23	24	25	26	27	28
質量流量	t/h	240	240	282	282	18.39	18.39	26.27	26.27	18.39	7.88	18.39	18.39
温度	deg-C	29.0	25.4	8.0	11.1	13.9	14.0	17.0	23.9	23.9	14.1	13.9	13.9
圧力	MPa	0.300	0.280	0.300	0.280	0.471	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644	0.471	0.471
密度	t/m <sup>3</sup>	1025	1025	1025	1025	1247	1248	1237	44.2	31.3	12.11	22.9	1247
定圧比熱	kJ/kg-K	4.0	4.0	4.0	4.0	1.38	1.38	1.39	1.42	1.42	0.97	1.38	1.38
体積流量	m <sup>3</sup> /h	234	234	275	275	14.74	14.74	21.24	594	588	6.51	803	14.74
乾き度	kg/kg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.077	-0.054	0.700	0.000	0.000	1.001	0.000
管径	A	400	400	400	400	100	50	50	150	150	80	200	100
断面積	mm <sup>2</sup>	114009	114009	114009	114009	8213	2163	2163	18646	18646	4769	32283	8213
流速	m/s	0.57	0.57	0.67	0.67	0.50	1.89	2.73	8.85	8.75	0.38	6.91	0.50

Job No. WA-0123 Client: 沖縄県

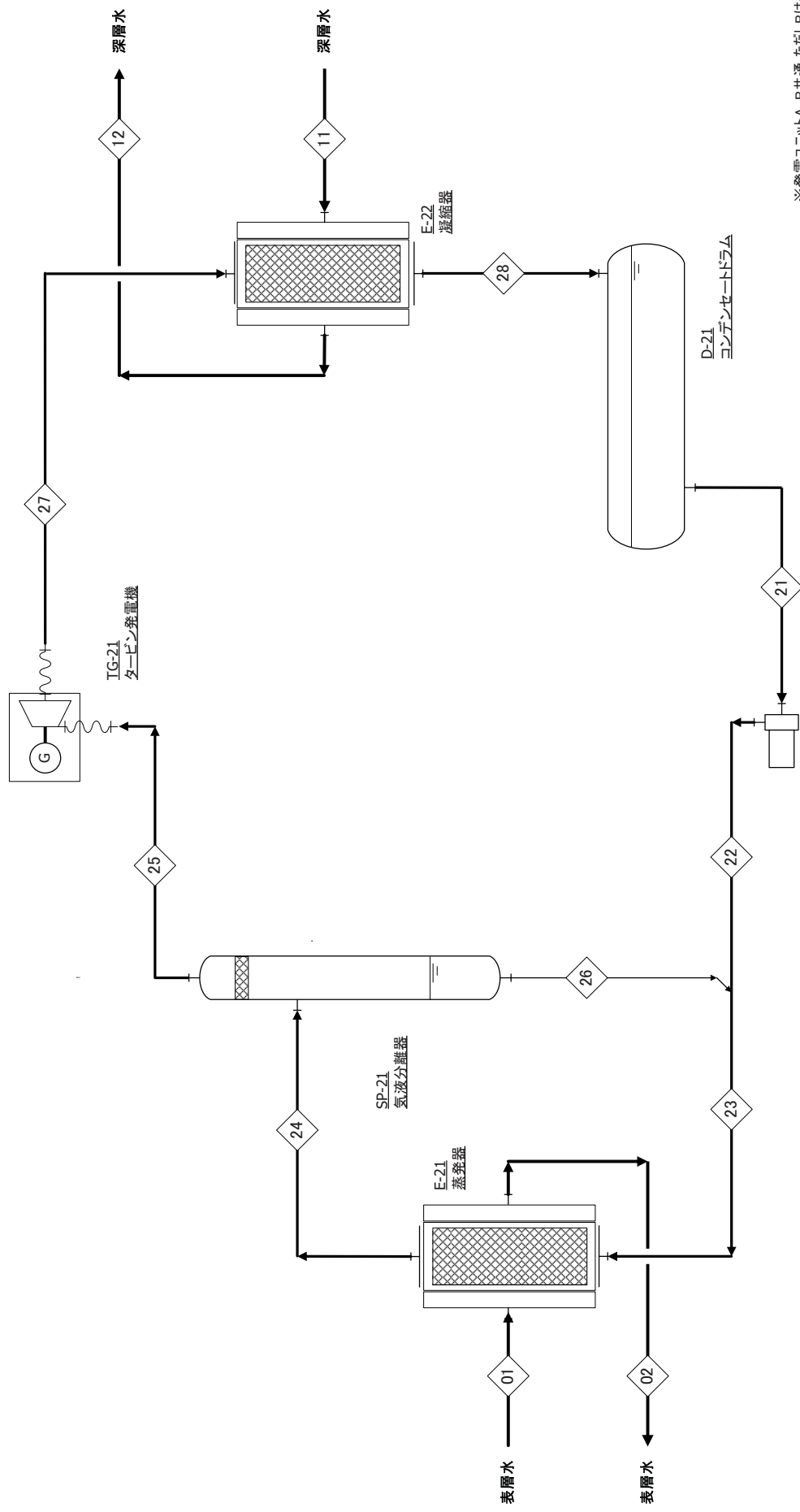
熱・物質バランス図 (PFD)  
条件③ R134a媒体 夏期運転条件

Prepared By (Date) S. Okamura (15 MAR. '13)  
Reviewed By (Date) K. Hashimoto (18 MAR. '13)  
Approved By (Date) T. Watanabe (18 MAR. '13)

Xenesis Inc.  
Engineering Group

II 2-16 Drawing No. DG-AG-0103 Sheet No. 1/1

2.2.4 熱物質バランス図 (続き)



※発電ユニットA, B共通 ただしBはタービン無し

▲	設計進捗による変更	12/7/20		
△	社内統一用として作成	12/27/29		
△	Rev.	Description	Date	Reviewed / Approved
▲	Job No.	WA-0123	Client: 沖縄県	

熱・物質バランス図 (PFD)  
条件④ R134a媒体 冬期運転条件

Prepared By	S. Okamura	(Date)	(15 MAR. '13)
Reviewed By	K. Hashimoto	(Date)	(18 MAR. '13)
Approved By	T. Watanabe	(Date)	(18 MAR. '13)
Job No.	WA-0123	Client:	沖縄県

Line No.	01	02	11	12	21	22	23	24	25	26	27	28
流体	表層海水	表層海水	深層海水	深層海水	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a
質量流量	214	214	342	342	11.18	11.18	15.97	15.97	11.18	4.79	11.18	11.18
温度	deg-C	20.0	17.5	8.3	9.9	11.1	12.7	16.2	16.2	16.2	11.1	11.1
圧力	MPaA	0.300	0.280	0.300	0.280	0.430	0.507	0.507	0.507	0.507	0.430	0.430

密度	t/m3	1025	1025	1025	1257	1257	1252	35.0	24.7	1239	20.9	1257
定圧比熱	kJ/kg-K	4.0	4.0	4.0	1.37	1.37	1.38	0.98	0.98	0.98	0.95	1.37
体積流量	m3/h	209	209	334	8.89	8.89	12.75	457	453	3.87	534	8.89
乾密度	kg/kg	0.000	0.000	0.000	1.000	-0.038	-0.026	0.700	1.000	0.000	1.000	1.000

管径	A	400	400	400	50	50	50	150	80	200	100	100
断面積	mm2	114009	114009	114009	2163	2163	2163	18646	4769	32283	8213	8213
流速	m/s	0.51	0.51	0.81	1.14	1.64	1.64	6.81	0.23	4.60	0.30	0.30

Line No.	01	02	11	12	21	22	23	24	25	26	27	28
流体	表層海水	表層海水	深層海水	深層海水	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a	r134a
質量流量	t/h	214	214	342	342	11.18	11.18	15.97	15.97	11.18	4.79	11.18
温度	deg-C	20.0	17.5	8.3	9.9	11.1	12.7	16.2	16.2	16.2	11.1	11.1
圧力	MPaA	0.300	0.280	0.300	0.280	0.430	0.507	0.507	0.507	0.507	0.430	0.430

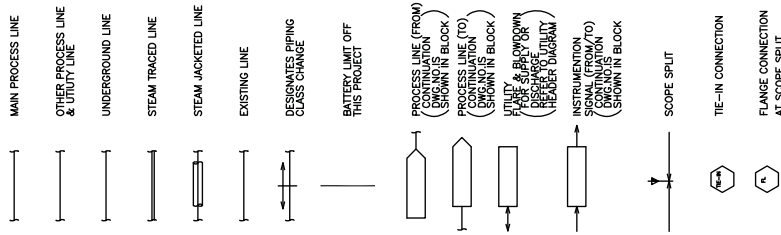
密度	t/m3	1025	1025	1025	1257	1257	1252	35.0	24.7	1239	20.9	1257
定圧比熱	kJ/kg-K	4.0	4.0	4.0	1.37	1.37	1.38	0.98	0.98	0.98	0.95	1.37
体積流量	m3/h	209	209	334	8.89	8.89	12.75	457	453	3.87	534	8.89
乾密度	kg/kg	0.000	0.000	0.000	1.000	-0.038	-0.026	0.700	1.000	0.000	1.000	1.000

管径	A	400	400	400	50	50	50	150	80	200	100	100
断面積	mm2	114009	114009	114009	2163	2163	2163	18646	4769	32283	8213	8213
流速	m/s	0.51	0.51	0.81	1.14	1.64	1.64	6.81	0.23	4.60	0.30	0.30

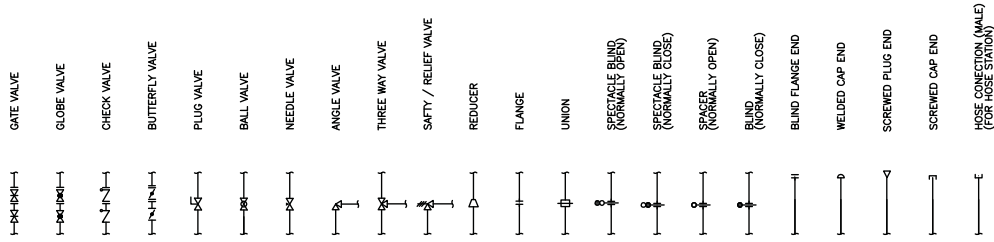
Prepared By	S. Okamura	(Date)	(15 MAR. '13)
Reviewed By	K. Hashimoto	(Date)	(18 MAR. '13)
Approved By	T. Watanabe	(Date)	(18 MAR. '13)
Job No.	WA-0123	Client:	沖縄県

## 2.2.5 配管計装図

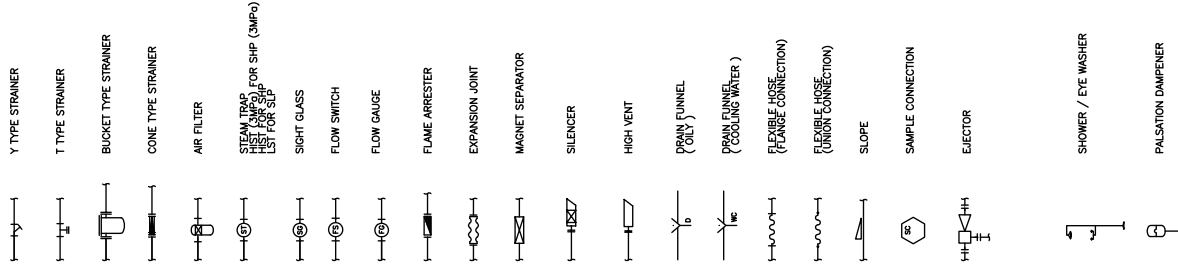
### GRAPHIC SYMBOL OF PIPING



### GRAPHIC SYMBOL OF PIPING



### GRAPHIC SYMBOL OF PIPING



### ABBREVIATIONS

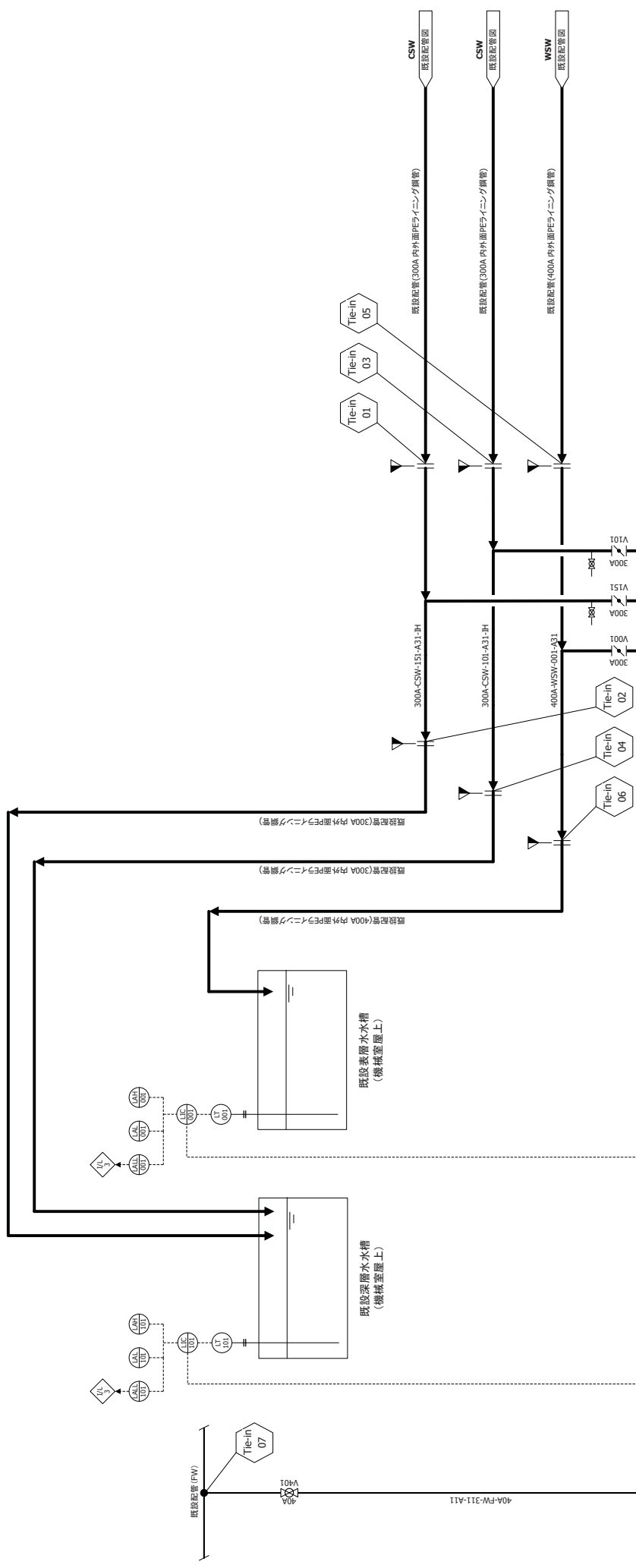
ATM	ATMOSPHERE
BF	BLIND FLANGE
B.L	BATTERY LIMIT
D	DIAMETER
DC	DRAIN CONNECTION (OTHERWISE NOTED)
DR	DRAIN
HC	HOSE CONNECTION
CSC	CAR SEALED CLOSE
CSO	CAR SEALED OPEN
NC	NORMALLY CLOSE
MAX.	MAXIMUM AND MAXIMIZE
MIN.	MINIMUM AND MINIMIZE
R	RADIUS
SC	SAMPLE CONNECTION
UC	UTILITY CONNECTION (OTHERWISE NOTED)
VC	VENT CONNECTION (OTHERWISE NOTED)
FF	FLAT FACE FLANGE
RF	RAISED FACE FLANGE
LJ	LAP JOINT FLANGE
RTJ	RING JOINT FLANGE
LO	LOCKED OPEN

### MECHANICAL EQUIPMENT DESIGNATION CODE

D	DRUM
E	HEAT EXCHANGER
M	ELECTRIC MOTOR
P	PUMP
SP	SEPARATOR
T	TANK
TC	TURBINE GENERATOR

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J						15											
<u>INSTRUMENTATION LEGEND</u> (A) <sub>b</sub> DENSITY ELEMENT (A) <sub>PH</sub> PH ELEMENT (AC) <sub>PH</sub> PH CONTROLLER (AI) <sub>b</sub> DENSITY INDICATOR (AI) <sub>PH</sub> PH INDICATOR (AIC) <sub>PH</sub> PH INDICATING CONTROLLER (AR) <sub>gas</sub> GAS ANALYZER RECORDER (AR) <sub>PH</sub> PH RECORDER (AT) <sub>gas</sub> GAS ANALYZER TRANSMITTER (AT) <sub>b</sub> DENSITY TRANSMITTER (AT) <sub>PH</sub> PH TRANSMITTER (AV) <sub>PH</sub> PH CONTROL VALVE (DPI) <sub>b</sub> DIFFERENTIAL PRESSURE INDICATOR (DPC) <sub>b</sub> DIFFERENTIAL PRESSURE INDICATING CONTROLLER (DPS) <sub>b</sub> DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH (DPT) <sub>b</sub> DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTER (FE) FLOW ELEMENT (FG) SIGHT FLOW INDICATOR (FI) FLOW INDICATOR (FC) FLOW INDICATING CONTROLLER (FO) FLOW TOTALIZER (FD) FLOW INDICATING TOTALIZER (FR) FLOW RECORDER (FS) FLOW RATIO SWITCH (FS) FLOW SWITCH (FT) FLOW TRANSMITTER (FV) FLOW CONTROL VALVE (FY) FLOW COMPUTER ,RELAY,CONVERTER (HC) MANUAL CONTROL (HCV) MANUAL CONTROL VALVE (HIC) MANUAL LOADING STATION (HS) MANUAL SWITCH (HV) MANUAL CONTROL VALVE (II) CURRENT METER (IS) CURRENT SWITCH (JI) WATT METER (KE) PHASE ELEMENT			<u>INSTRUMENTATION LEGEND</u> (KI) PHASE INDICATOR (KT) PHASE TRANSMITTER (LC) LEVEL CONTROLLER (LE) LEVEL ELEMENT (LG) LEVEL GAUGE (LI) LEVEL INDICATOR (LIC) LEVEL INDICATING CONTROLLER (LR) LEVEL RECORDER (LS) LEVEL SWITCH (LT) LEVEL TRANSMITTER (LV) LEVEL CONTROL VALVE (LY) LEVEL COMPUTER ,RELAY,CONVERTER (PG) PRESSURE GAUGE (PI) PRESSURE INDICATOR (PIC) PRESSURE INDICATING CONTROLLER (PR) PRESSURE RECORDER (PS) PRESSURE SWITCH (PSE) RUPTURE DISK (PSV) PRESSURE SAFETY/RELIEF VALVE (PT) PRESSURE TRANSMITTER (PV) PRESSURE CONTROL VALVE (PY) PRESSURE COMPUTER ,RELAY,CONVERTER (RO) RESTRICTION ORIFICE (RI) ROTATION INDICATOR (RT) ROTATION TRANSMITTER (SE) SPEED ELEMENT (SI) SPEED INDICATOR (SIC) SPEED INDICATING CONTROLLER (SIT) SPEED INDICATING TRANSMITTER (SDV) SHUTDOWN VALVE (SOV) SHUT-OFF VALVE (SV) SAFETY VALVE (TC) TEMPERATURE CONTROLLER (TE) TEMPERATURE ELEMENT (TG) TEMPERATURE GAUGE (TI) TEMPERATURE INDICATOR			<u>INSTRUMENTATION LEGEND</u> (TIC) TEMPERATURE INDICATING CONTROLLER (TR) TEMPERATURE RECORDER (TS) TEMPERATURE SWITCH (TV) TEMPERATURE CONTROL VALVE (TW) THERMOWELL (TY) TEMP. COMPUTER ,RELAY,CONVERTER (VE) VIBRATION ELEMENT (VI) VIBRATION INDICATOR (VT) VIBRATION TRANSMITTER (XE) POSITION ELEMENT (XI) POSITION INDICATOR (XT) POSITION TRANSMITTER			<u>INSTRUMENTATION LEGEND</u> (TI) TEMPERATURE INDICATING CONTROLLER (TR) TEMPERATURE RECORDER (TS) TEMPERATURE SWITCH (TV) TEMPERATURE CONTROL VALVE (TW) THERMOWELL (TY) TEMP. COMPUTER ,RELAY,CONVERTER (VE) VIBRATION ELEMENT (VI) VIBRATION INDICATOR (VT) VIBRATION TRANSMITTER (XE) POSITION ELEMENT (XI) POSITION INDICATOR (XT) POSITION TRANSMITTER			<u>FUNCTION SYMBOLS</u> (Σ) SUMMATION (+) ADDITION (-) SUBTRACTION (X) MULTIPLICATION (÷) DIVISION (□) SQUARE ROOT EXTRACTION (V) VOLT TO PNEUMATIC (P) CURRENT TO PNEUMATIC (AH) ALARM HIGH (AL) ALARM LOW (HH) ALARM HIGH HIGH (TRIP) (LL) ALARM LOW LOW (TRIP)			<u>GRAPHIC SYMBOL OF INSTRUMENTATION</u> ○ FIELD MOUNTED ⊖ CENTRAL CONTROL PANEL ⊕ LOCAL PANEL ⚡ INTERLOCKING LOGIC ⚡ LOGIC ON ESD SYSTEM --- INSTRUMENT AIR LINES - - - INSTRUMENT ELECTRICAL LINES + + + INSTRUMENT CAPILLARY LINES ~ ~ ~ INSTRUMENT SOFT WARE SIGNAL LINE □ ELECTRIC MOTOR ⊕ DIAPHRAGM ACTUATED ⊕ CYLINDER ACTUATED ⊕ SOLENOID ACTUATED ⊕ DIAPHRAGM SEAL   ORIFICE ⊕ VORTEX FLOWMETER ⊕ ROTAMETER			<u>LINE No. SYSTEM</u> 50A - WFL - 7001 - A13 - H INSULATION AGAINST CONDENSATION ON PIPING LPIPING SERVICE CLASS LINE NO. FLUID SYMBOL LINE SIZE (A)			II 2-19 PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM シンボリスト(2/2)			Drawing No. DC-AG-0112 Sheet No. 1/1		

2.2.5 配管計装図 (続き)



**PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM**  
**WSW, CSW, FW系統**  
**既設配管取合部**

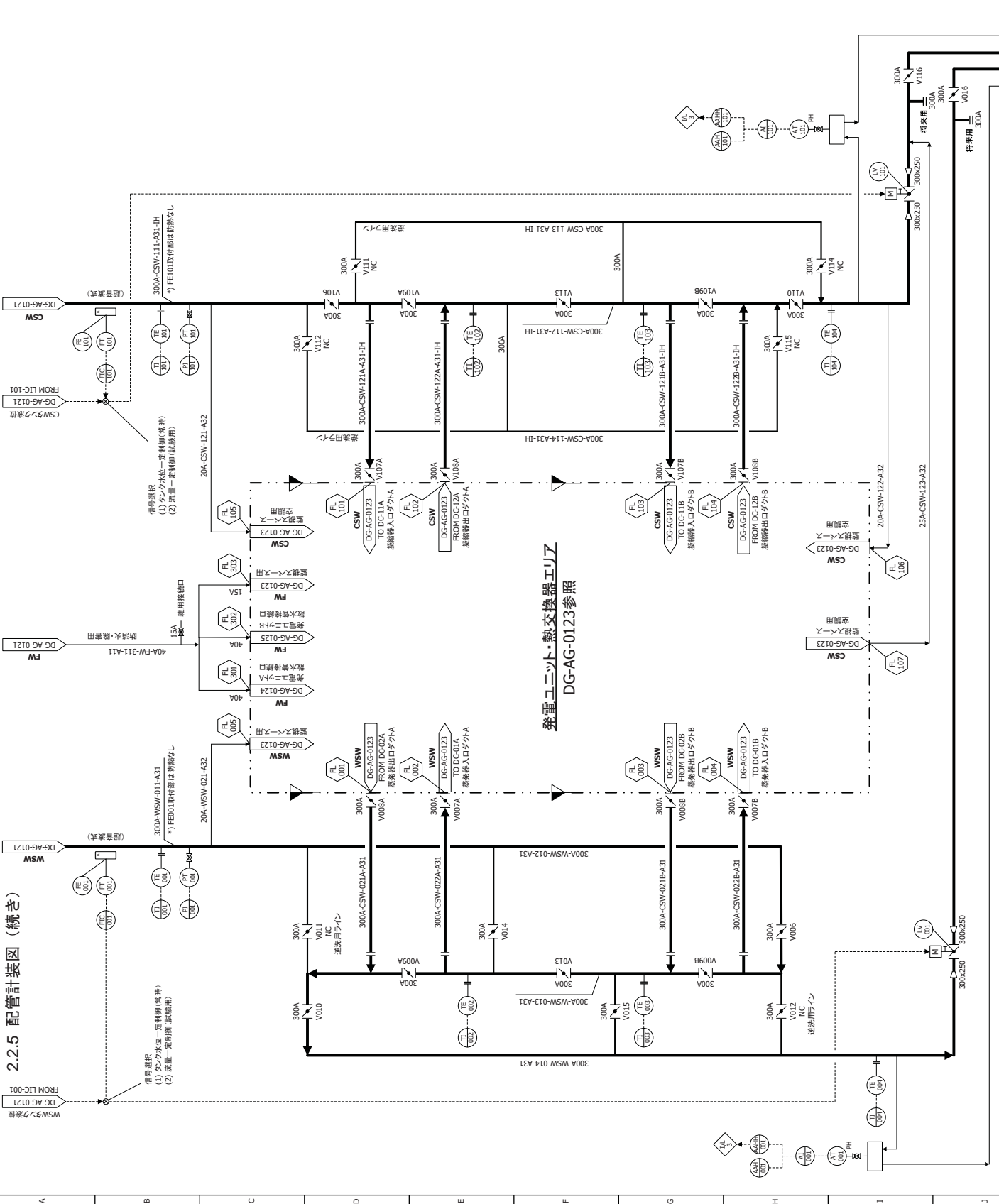
Prepared By S. Okamura (7 MAR. '13)	Date (Date)
Reviewed By K. Hashimoto (8 MAR. '13)	Date (Date)
Approved By T. Watanabe (8 MAR. '13)	Date (Date)

Xenesys  
 Xenesys Inc.  
 Engineering Group

Drawing No. DG-AG-0121  
 Sheet No. 1/1



2.2.5 配管計装図 (続き)



発電ユニット・熱交換器エリア  
DG-AG-0123参照

PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM  
WSW, CSW, FW系統  
発電ユニット・熱交換器エリア外

Prepared By (Date)  
S. Okamura (7 MAR '13)

Reviewed By (Date)  
K. Hashimoto (8 MAR '13)

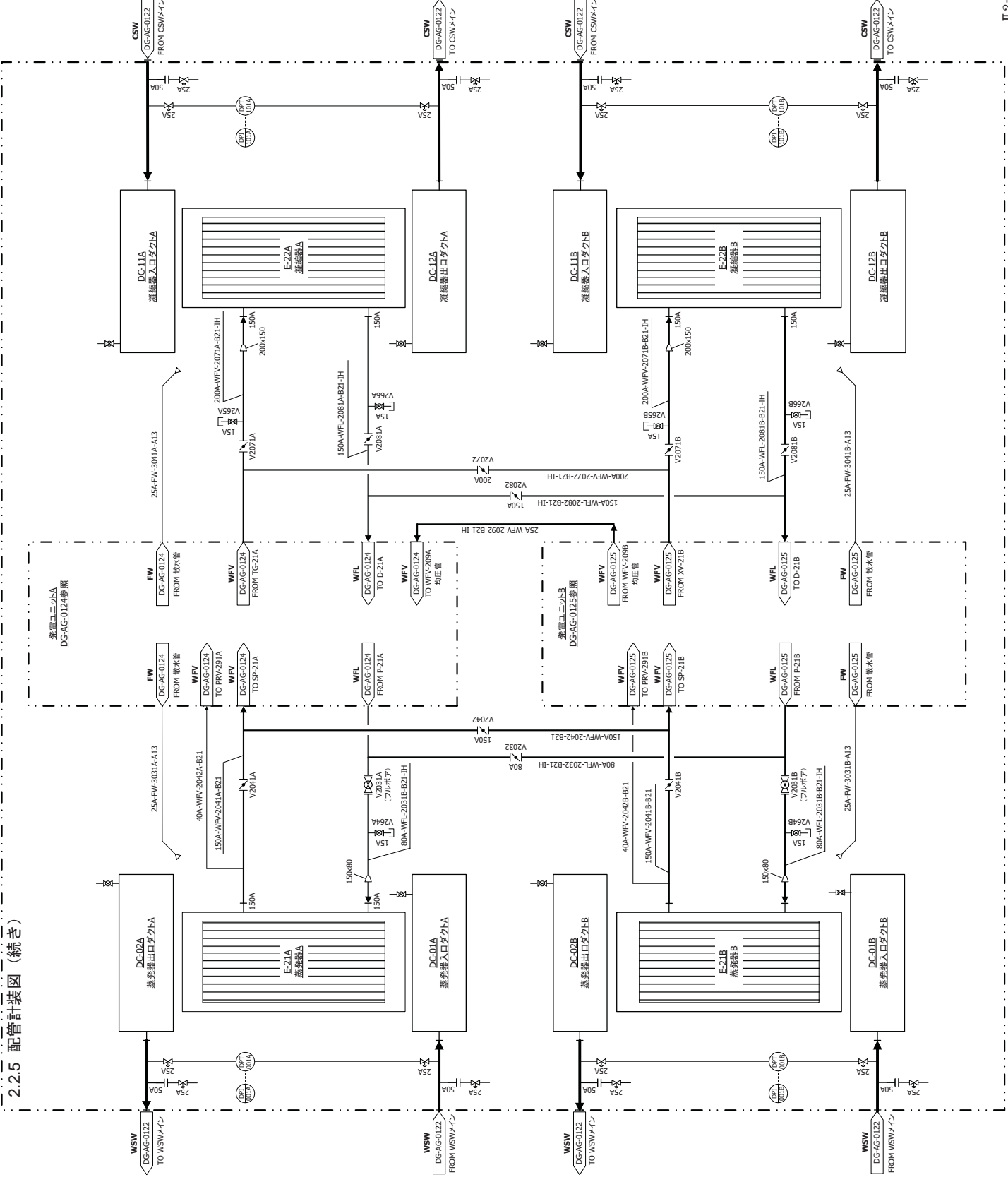
Approved By (Date)  
T. Watanabe (8 MAR '13)

Xenesys  
Xenesys Inc.  
Engineering Group

Drawing No. DG-AG-0122  
Sheet No. 1/1

既設放水溝

2.2.5 配管計装図 (続き)



PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM  
FW, WFLV, WFL系統  
発電ユニット・熱交換器エリア内

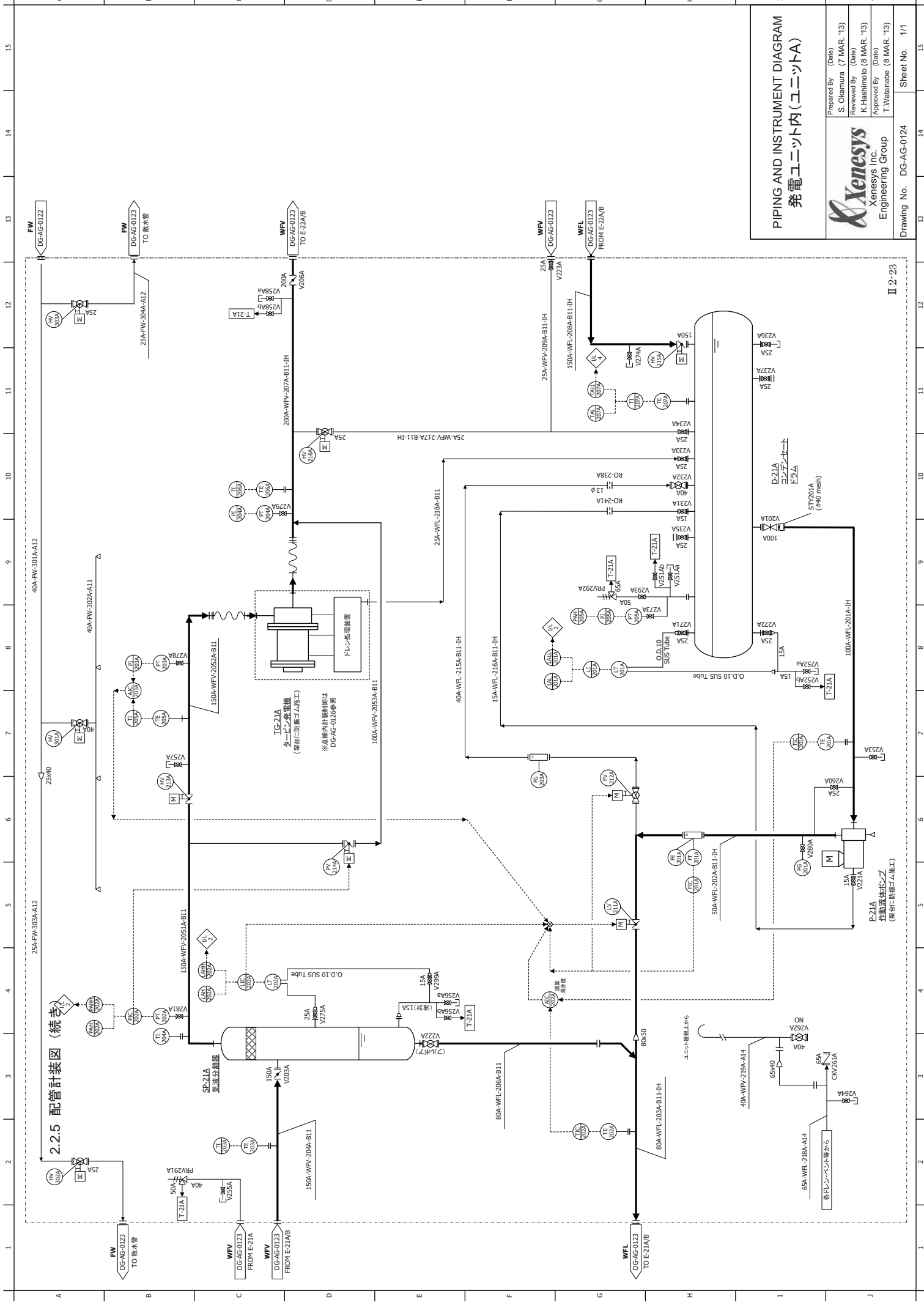
Prepared By (Date)  
S. Okamura (7 MAR '13)

Reviewed By (Date)  
K. Hashimoto (8 MAR '13)

Approved By (Date)  
T. Watanabe (8 MAR '13)

Xenesys  
Xenesys Inc.  
Engineering Group

Drawing No. DG-AG-0123 Sheet No. 1/1



2.2.5 配管計装図 (続き)

PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM  
発電ユニット内(ユニットA)



Prepared By (Date)  
S. Okamura (7 MAR. '13)

Reviewed By (Date)  
K. Hashimoto (8 MAR. '13)

Approved By (Date)  
T. Watanabe (8 MAR. '13)

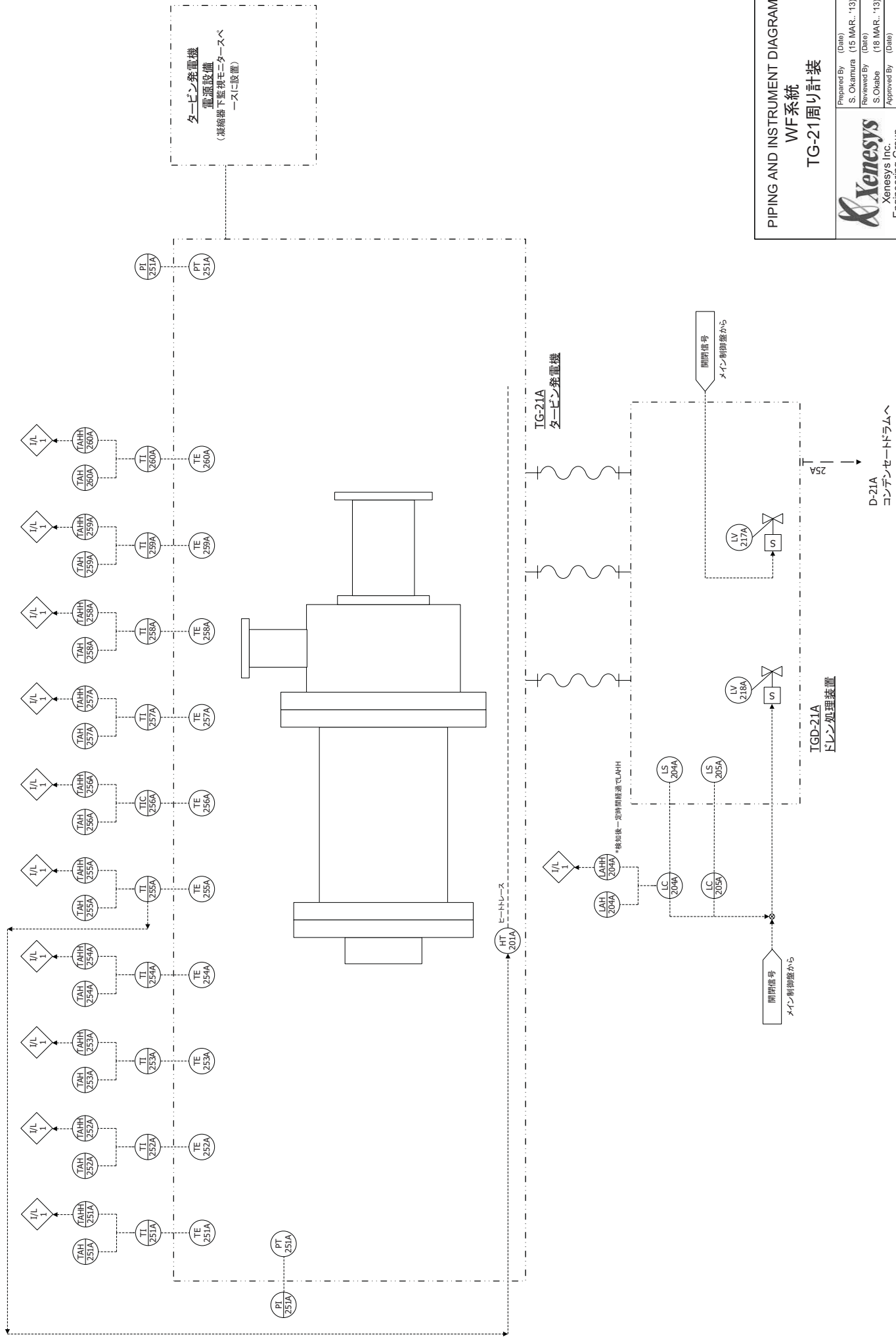
Drawing No. DG-AG-0124

Sheet No. 1/1

II 2-23



2.2.5 配管計装図 (続き)



PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM  
WF系統  
TG-21周り計装

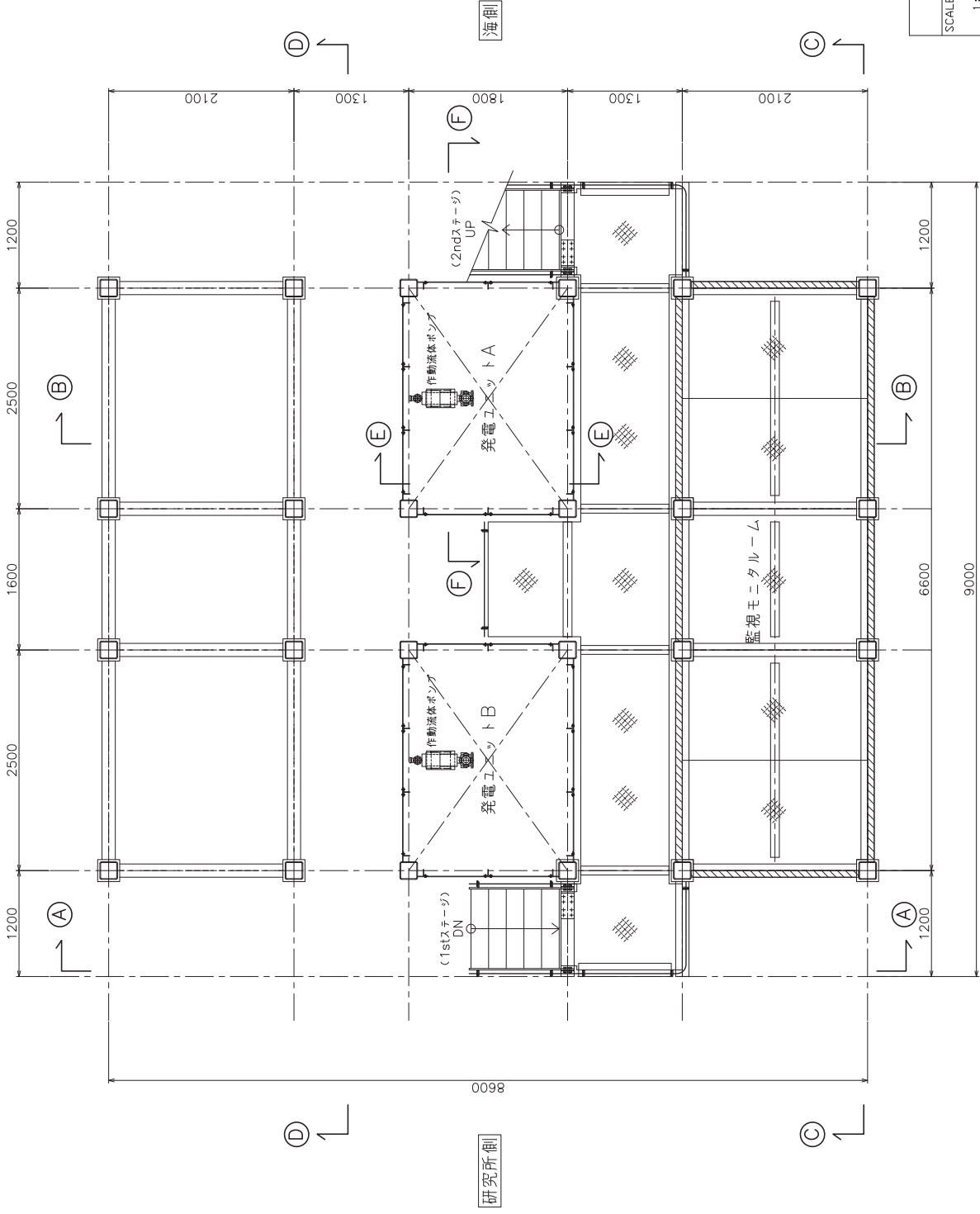
 Xenesys Inc. Engineering Group	Prepared By (Date) S. Okamura (15 MAR..13)	Sheet No. 1/1
	Reviewed By (Date) S. Okabe (16 MAR..13)	Approved By (Date) T. Watanabe (18 MAR..13)

Drawing No. DG-AG-0126





2.2.7 プロットプラン



1st スタージェジ 平面図

海洋温度差発電実証試験設備

SCALE

1:50

PLOT PLAN

1st スタージェジ 平面図

株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック



技術部

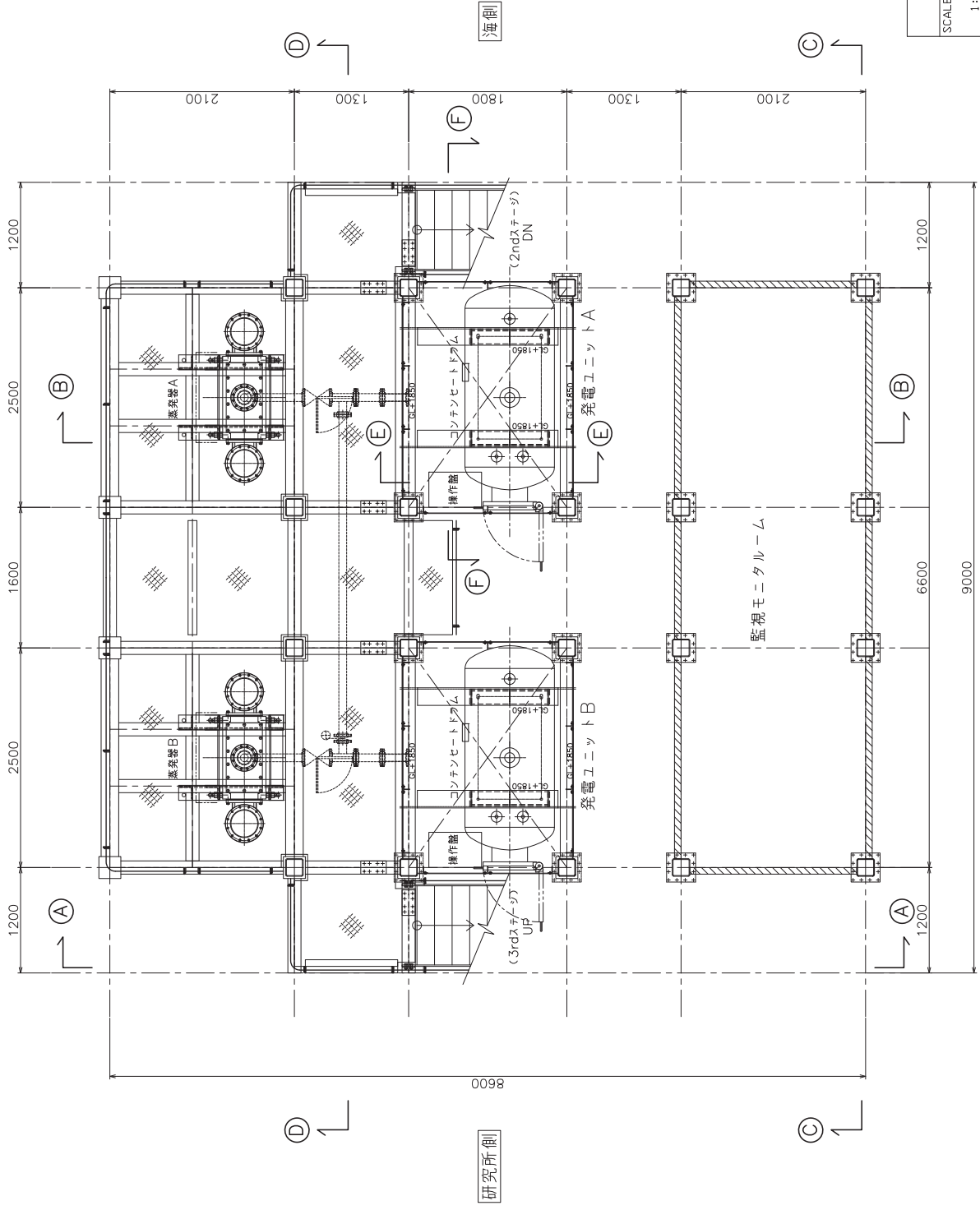
II 2-27

図面番号 K4000400

REV. 0

1/12

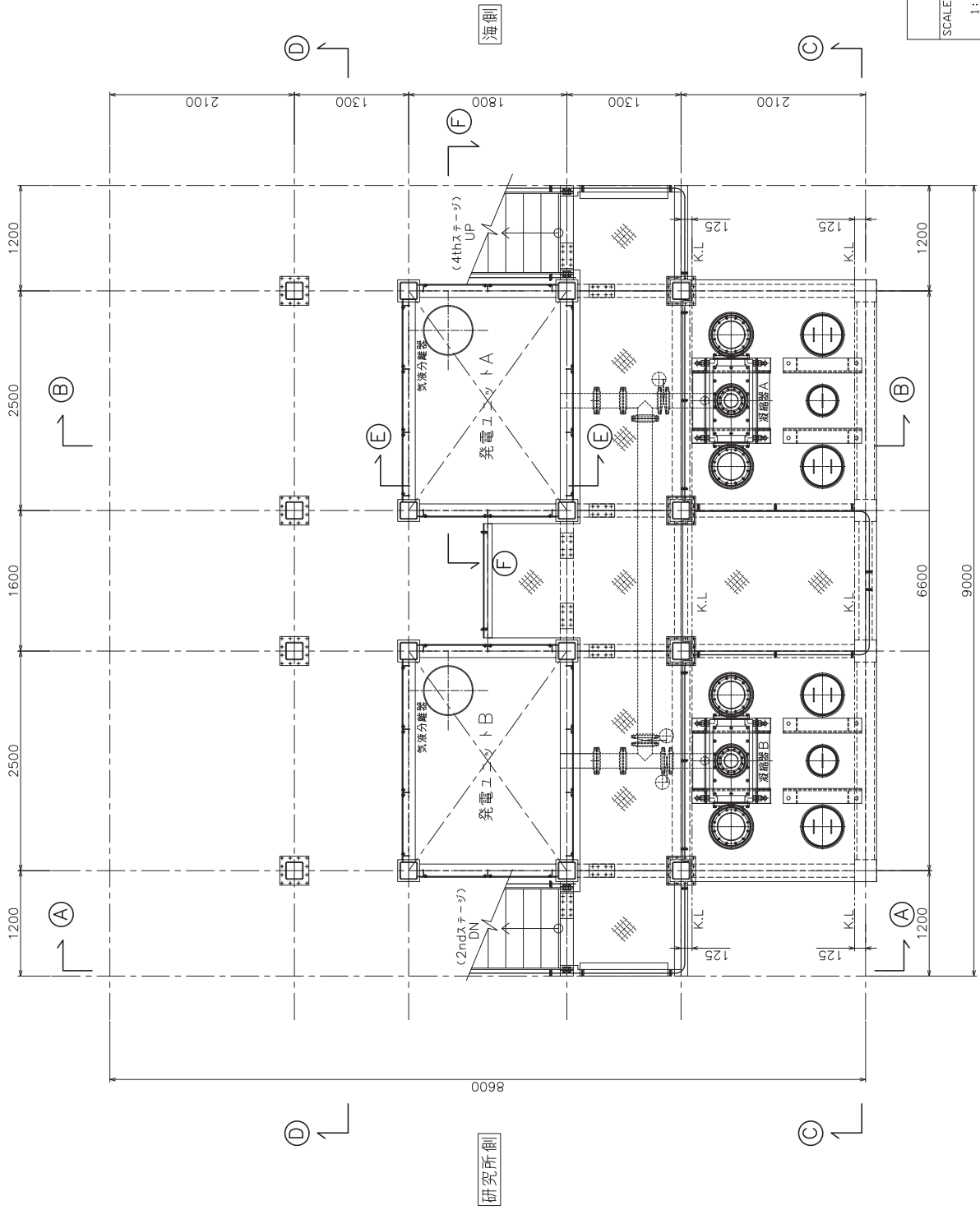
2.2.7 プロットプラン (続き)



海洋温度差発電実証試験設備	
SCALE	1:50
PLOT PLAN 2nd ステージ 平面図	
株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック <b>AMTEC</b> 技術部	
図面番号	K4000400
REV.	2/0

2nd ステージ 平面図

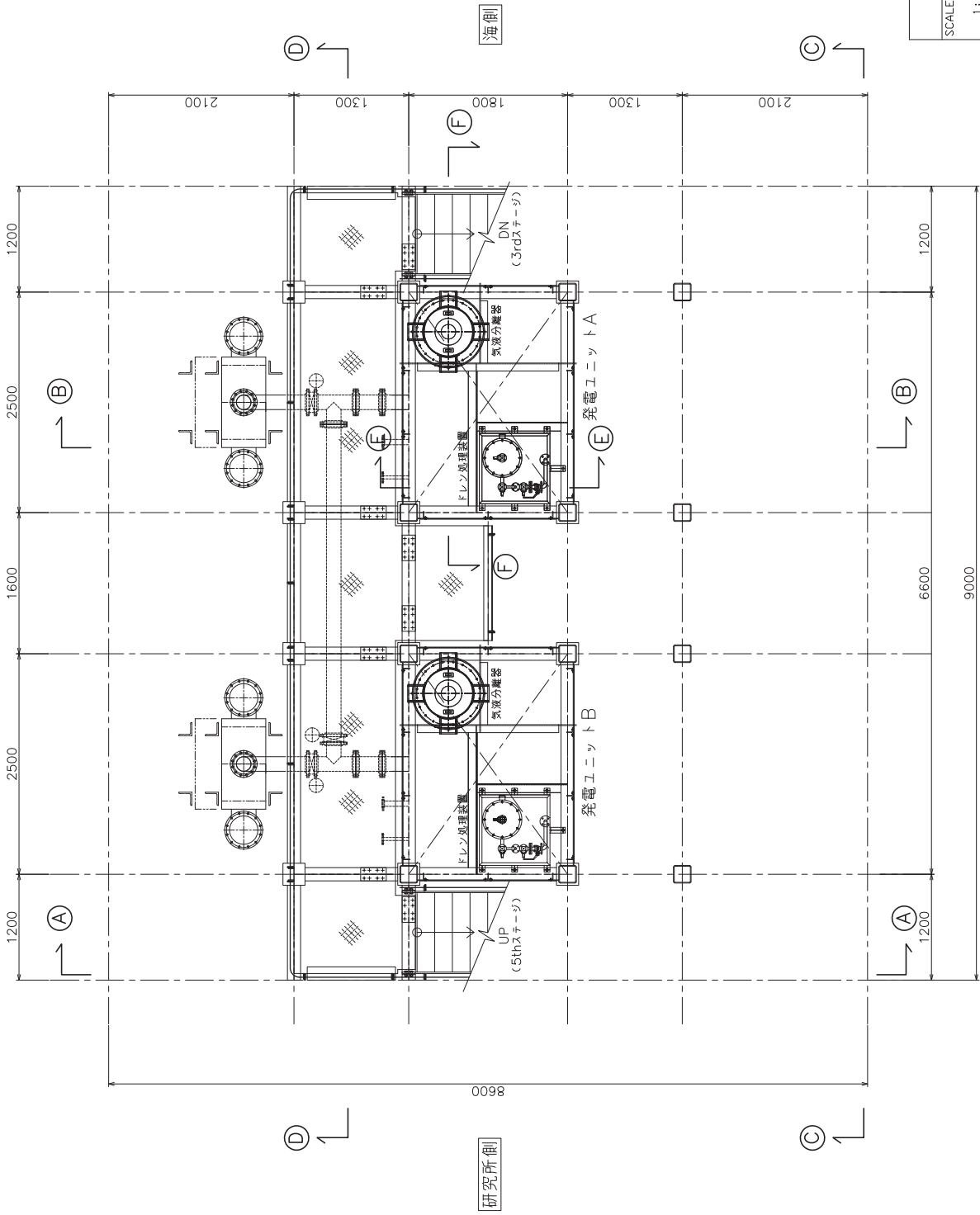
2.2.7 プロットプラン (続き)



3rd ステージ 平面図

海洋温度差発電実証試験設備	
SCALE 1:50	PLOT PLAN 3rd ステージ 平面図
株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック <b>AMTEC</b> 技術部	
REV. 0	3/12

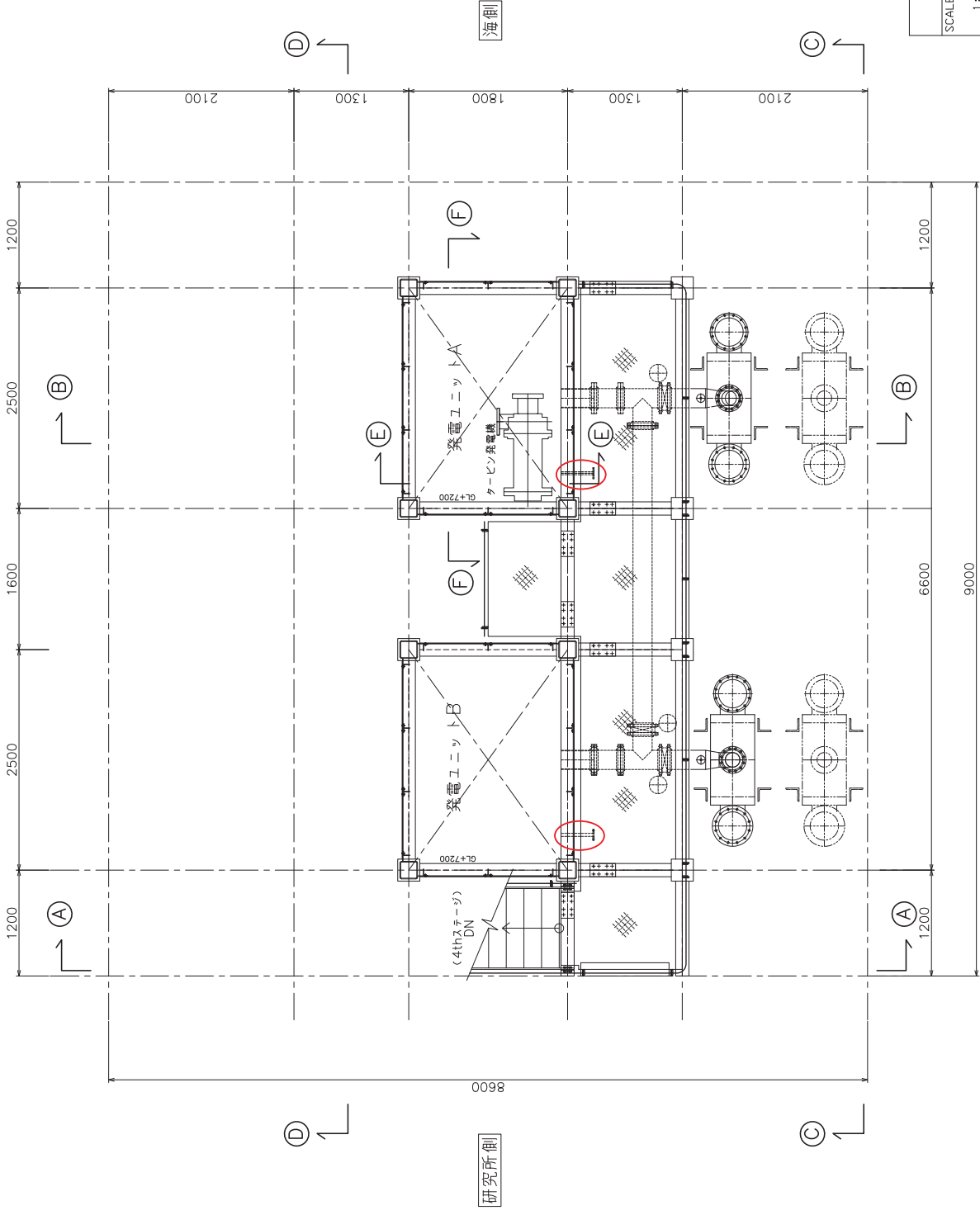
2.2.7 プロットプラン (続き)



海洋温度差発電実証試験設備	
SCALE 1:50	PLOT PLAN 4thステージ 平面図
株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック <b>AMTEC</b> 技術部	
図面番号 K4000400	REV. 0

4thステージ 平面図

2.2.7 プロットプラン (続き)



海洋温度差発電実証試験設備

SCALE

1:50

PLOT PLAN  
5thステージ 平面図

株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック

**AMTEC** 技術部

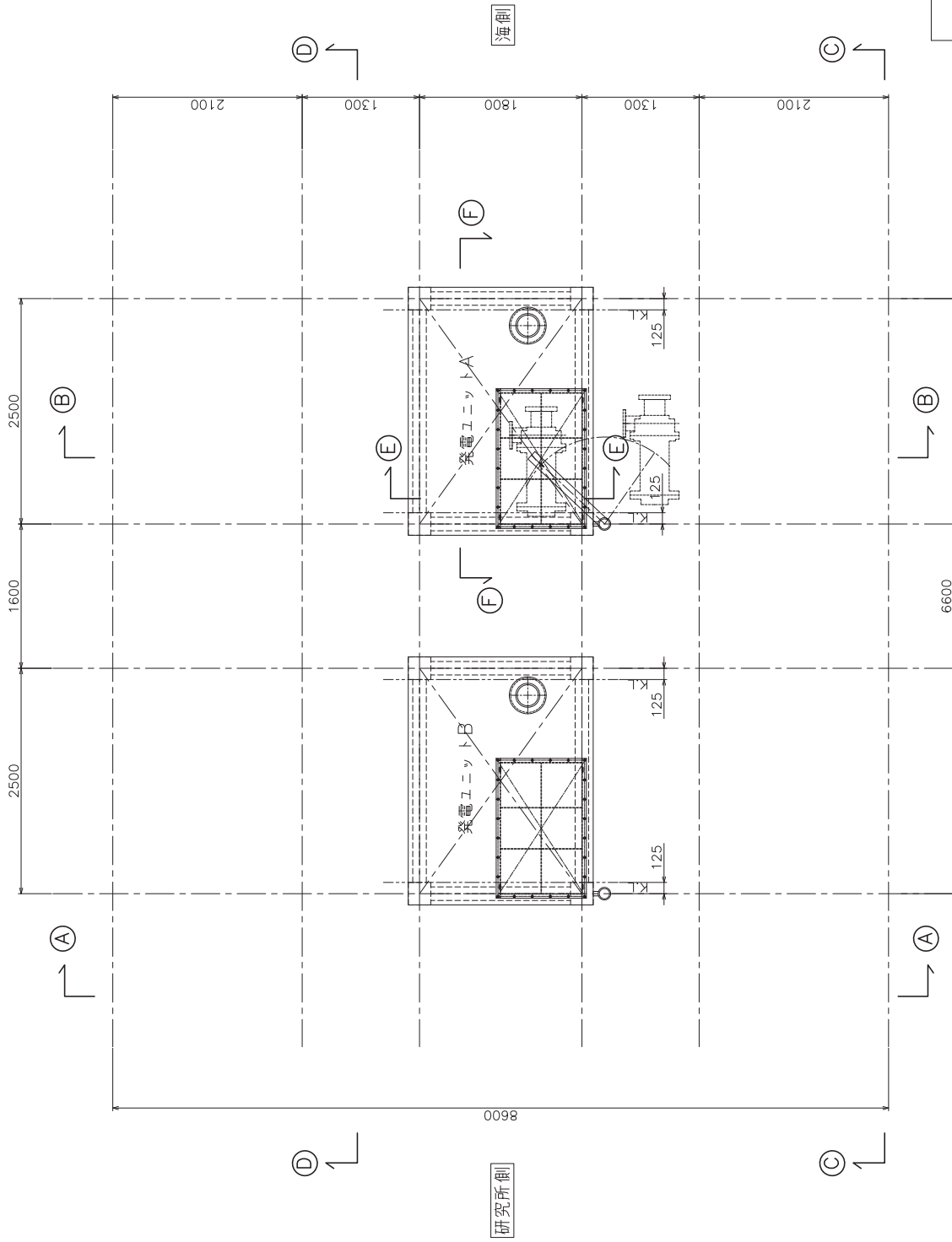
図面番号 K4000400

REV. 0

II 2-31

5thステージ 平面図

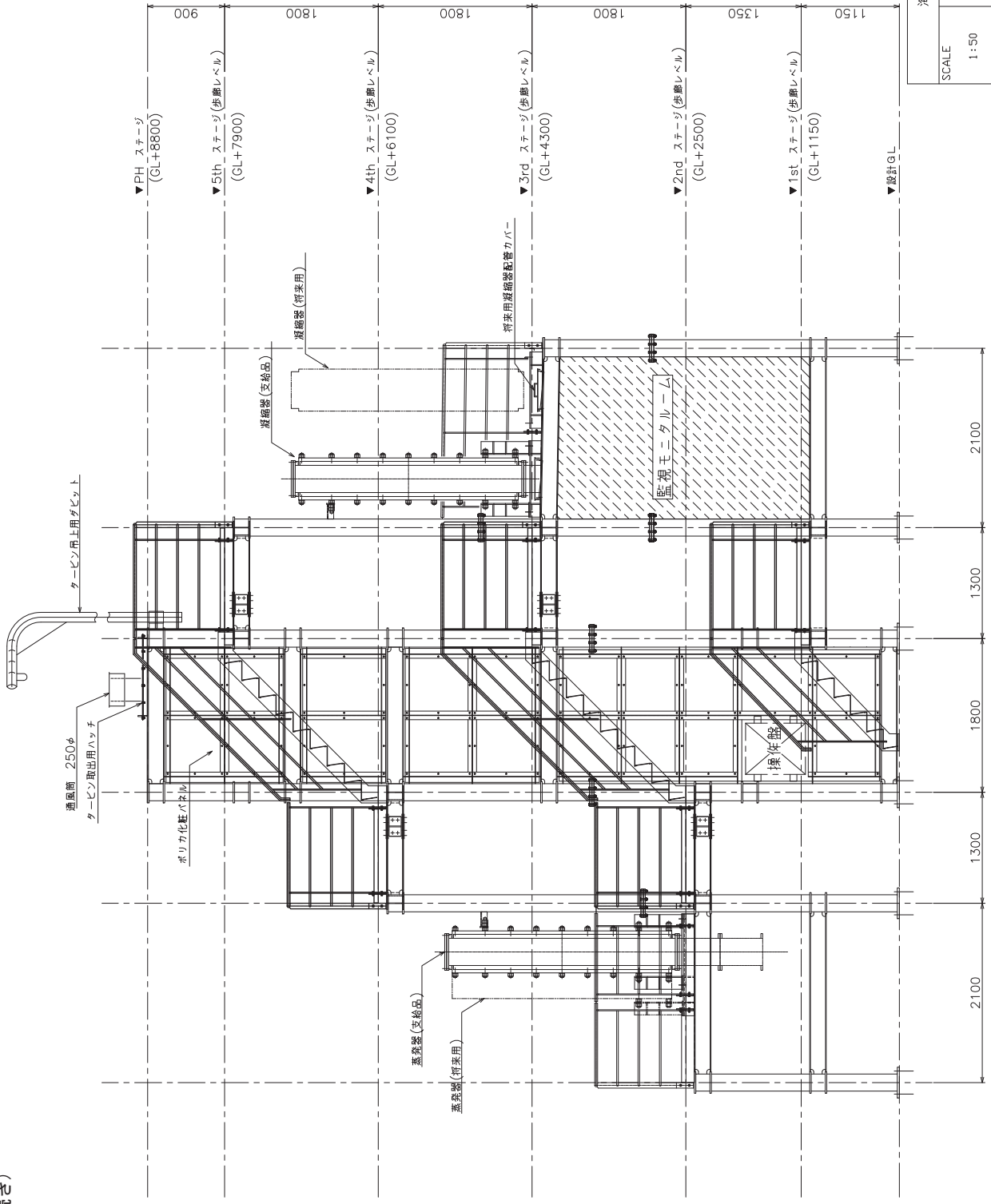
2.2.7 プロットプラン (続き)



海洋温度差発電実証試験設備	
SCALE	1:50
PLOT PLAN PH スタージ 平面図	
株式会社 アイ・エイチ・アイ・アムテック	
<b>AMTEC</b> 技術部	
図面番号	K4000400
REV.	0

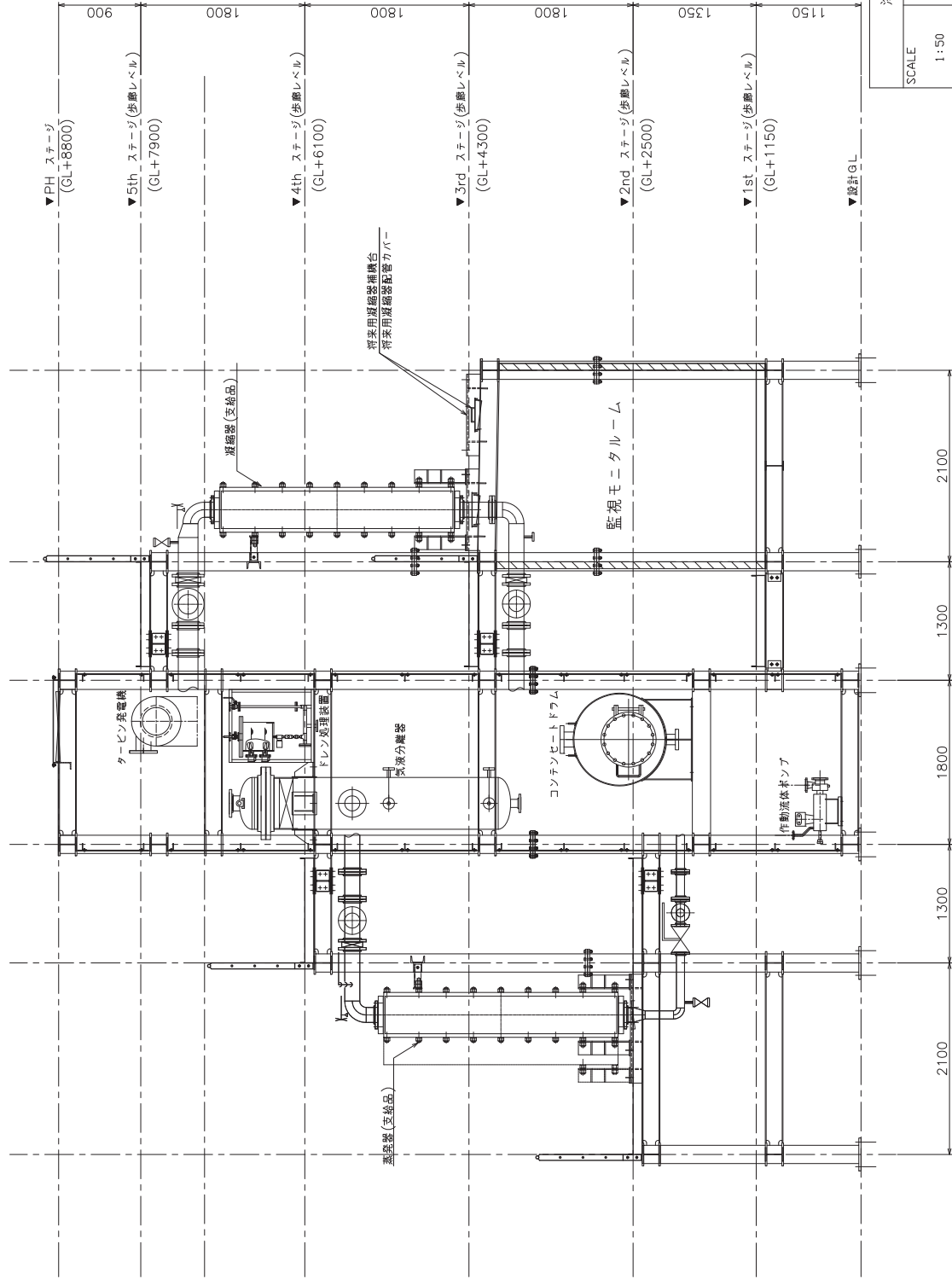
PH スタージ 平面図

2.2.7 プロットプラン (続き)



海洋温度差発電実証試験設備	
SCALE 1:50	PLLOT PLAN ① - A 側面図
株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック <b>AMTEC</b> 技術部	
図面番号 K4000400	REV. 0 7/12

2.2.7 プロットプラン (続き)



海洋温度差発電実証試験設備

SCALE 1:50

PLLOT PLAN  
⑧ - ⑩ 側面図

株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック  
**AMTEC** 技術部

II 2-34

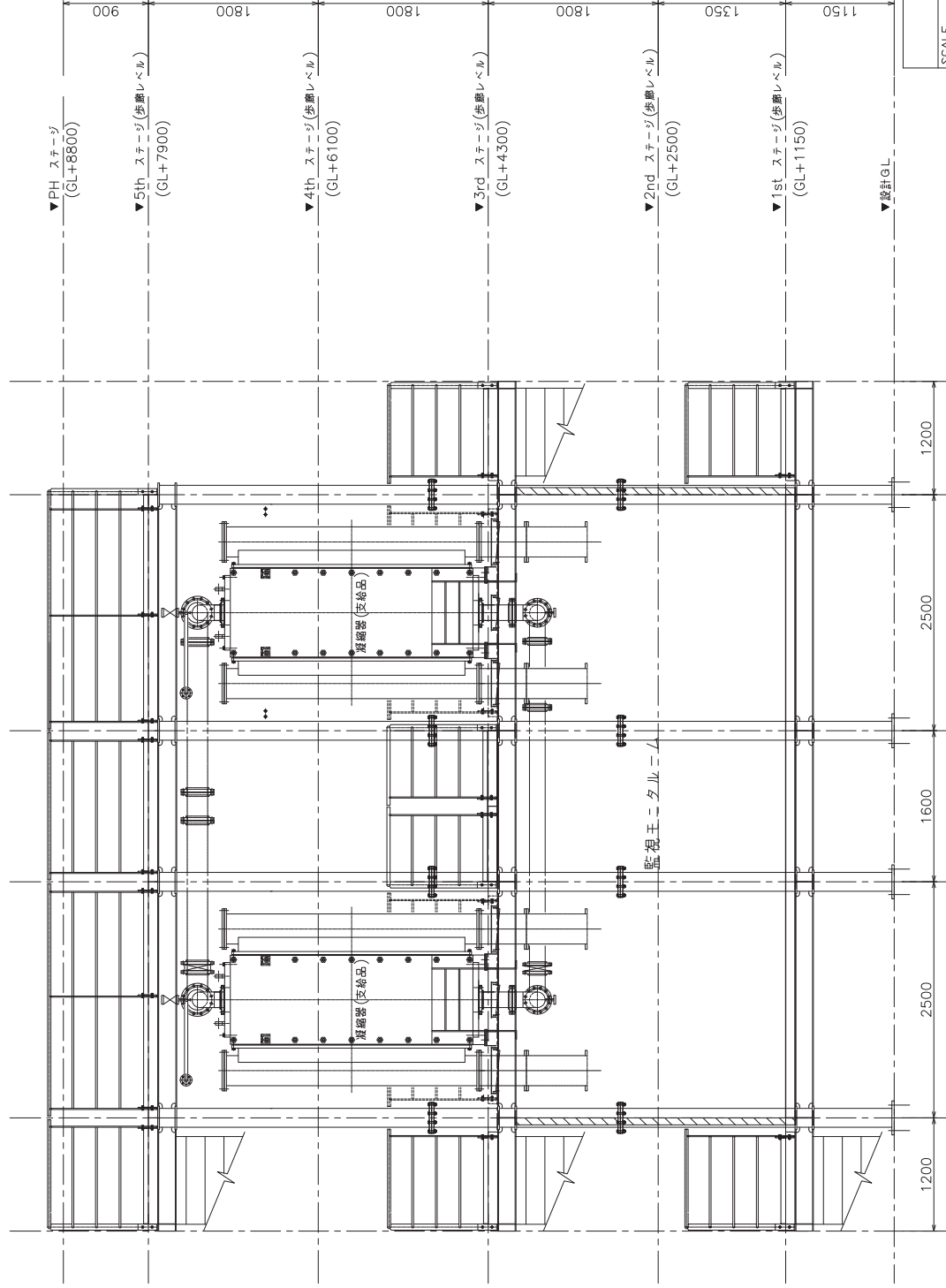
図面番号 K4000400

REV. 0

⑧ - ⑩ 側面図



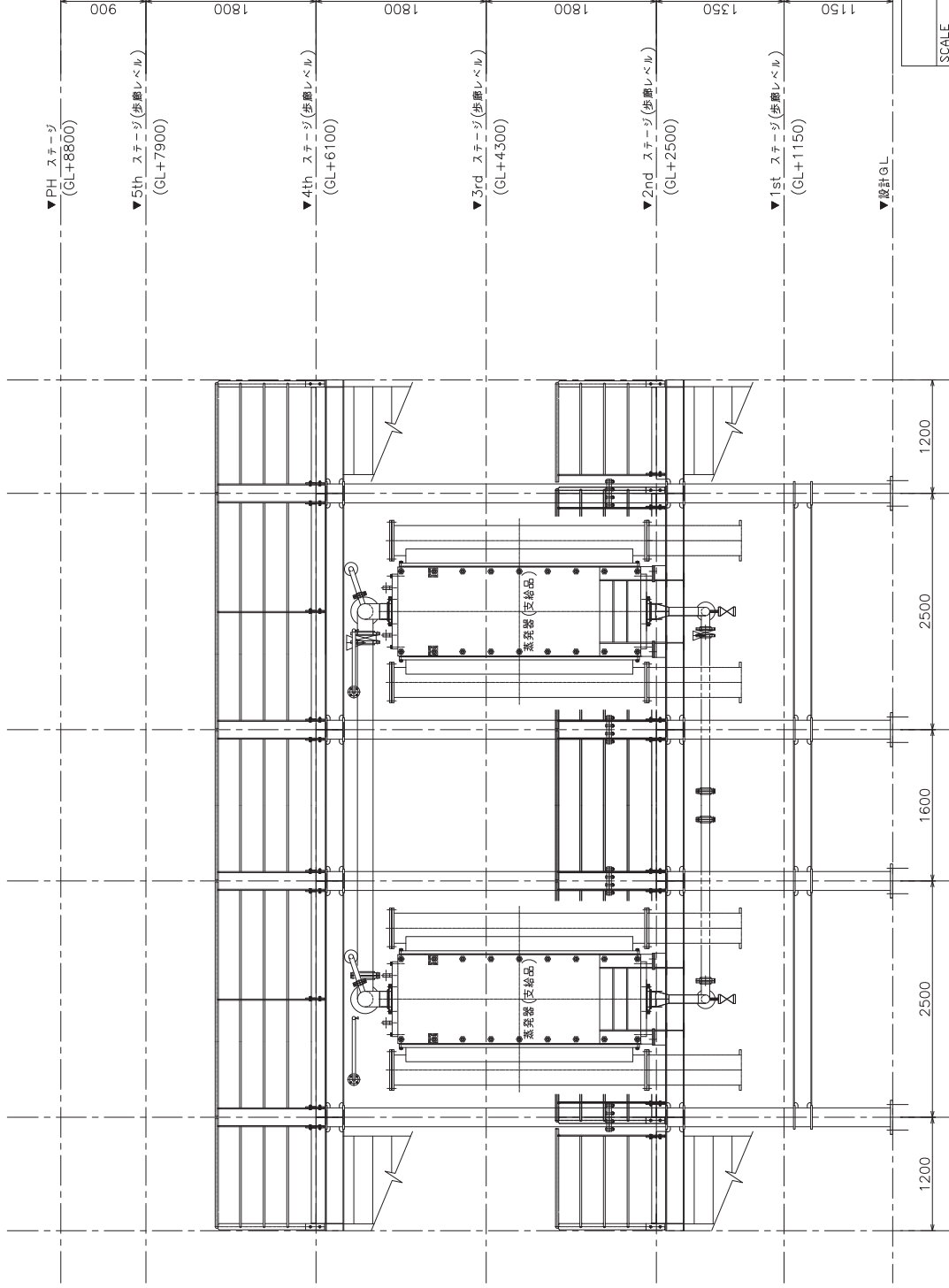
2.2.7 プロットプラン (続き)



© - © 側面図

SCALE		PLOT PLAN	
1:50		© - © 凝縮器側 側面図	
株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック			
<b>AMTEC</b> 技術部			
図面番号	K4000400	REV.	9/0

2.2.7 プロットプラン (続き)



① - ① 側面図

海洋温度差発電実証試験設備

SCALE

1:50

PLOT PLAN

① - ① 蒸発器側 側面図

株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック

**AIMEC** 技術部

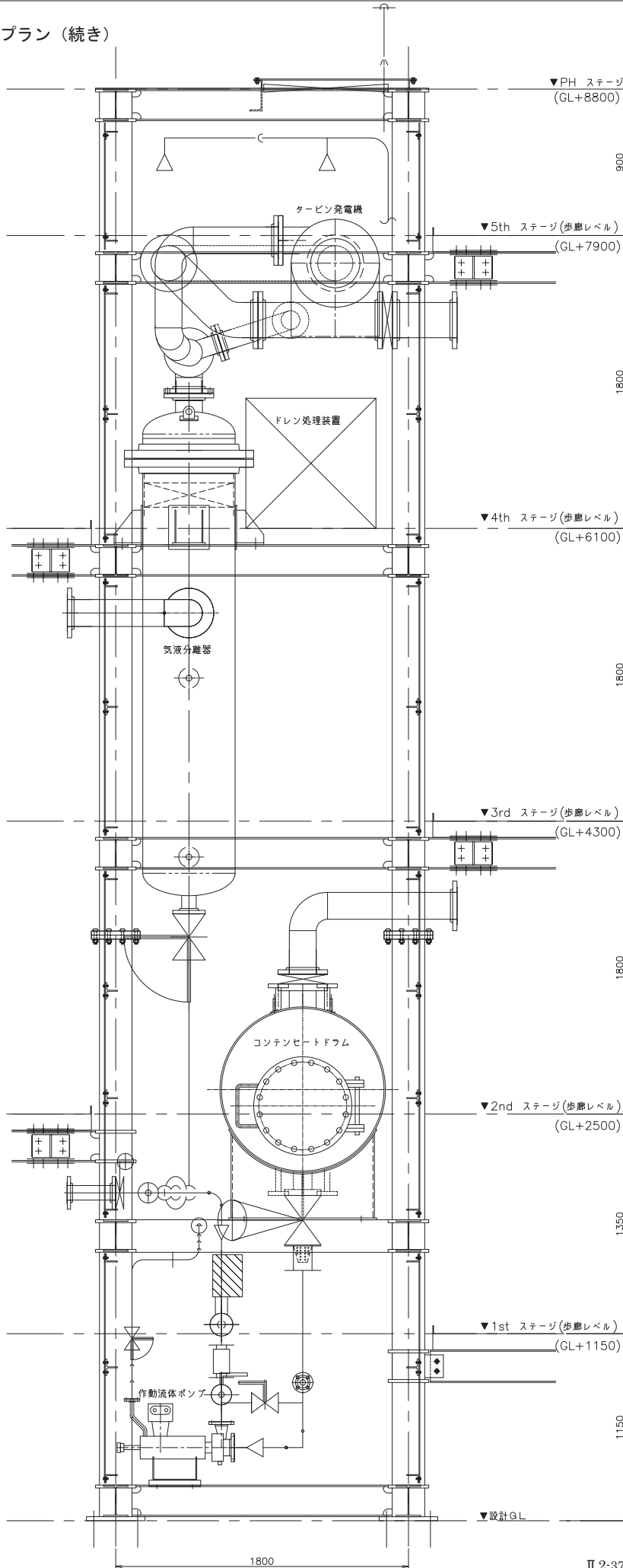
II 2-36

図面番号 K4000400

REV. 0

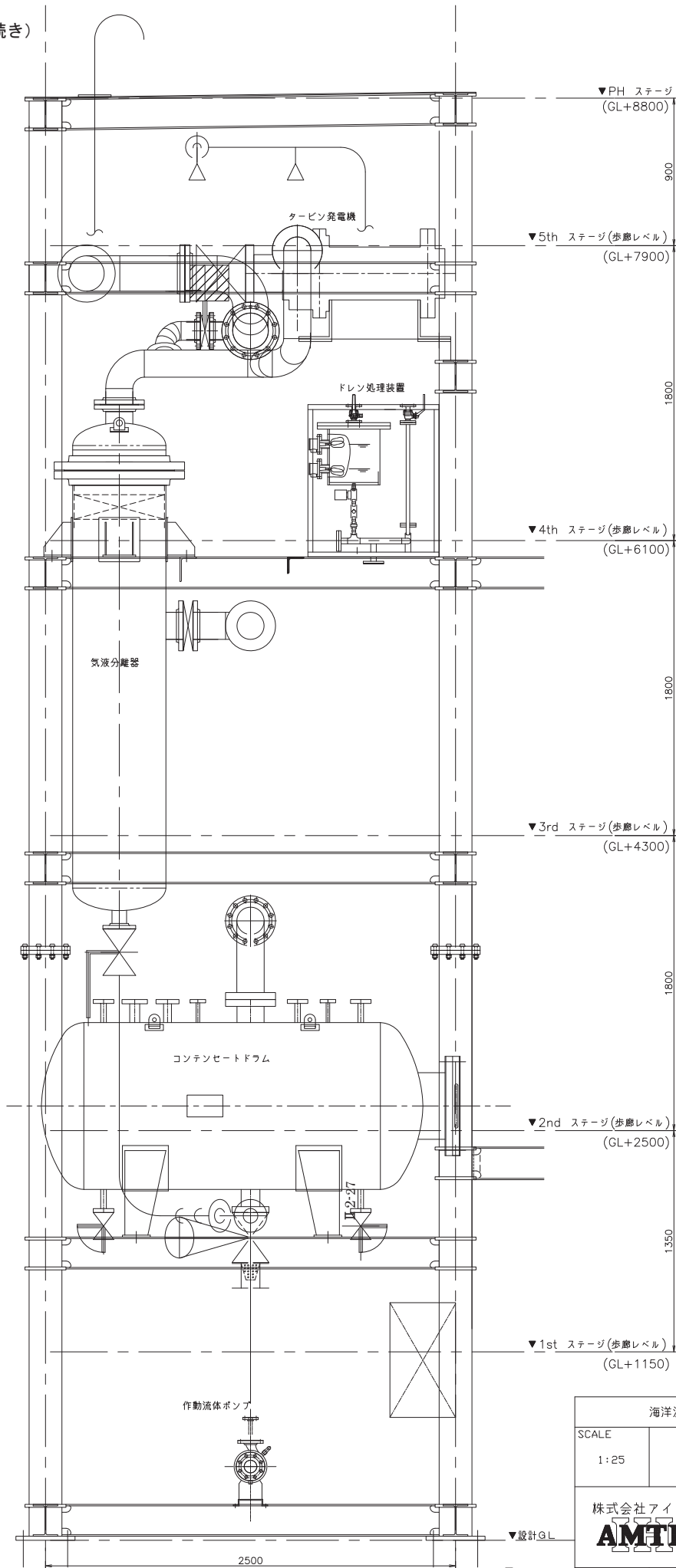
10/2

2.2.7 プロットプラン (続き)



海洋温度差発電実証試験設備	
SCALE 1:25	PLOT PLAN (E) - (E) Aユニット側 側面図
株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック	
<b>AMTEC</b> 技術部	
図面番号	K4000400
REV.	0 11/12

2.2.7 プロットプラン (続き)



海洋温度差発電実証試験設備	
SCALE	1:25
PLOT PLAN	
Ⓕ - Ⓕ Aユニット側 側面図	
株式会社アイ・エイチ・アイ・アムテック	
<b>AMTEC</b> 技術部	
図面番号	K4000400
REV.	0 / 11 / 12

### 2.3 建設工事

2014年度、研究所において取水している海水(表層水および深層水)の余剰分を利用した海洋温度差発電の実証設備の設置を完了した。試運転を経て2013年4月8日に、委託者である沖縄県による完成検査が行われ、同日沖縄県に引き渡された。

発電ユニットは(株)IHI アムテックにて仮組みされてから、一旦分解して現地久米島に納入、建設された。設置工程の概要を表2-5に示す。

表2-5 設置工程

日付	内容	備考
2012.8.16	本事業に関する委託契約書締結 基本設計開始	
2012.8.16 - 31	主要機器類の発注	機械装置
2012.9.6 - 12	ボーリング調査	土木・基礎
2012.9.11 - 12	沖縄ハワイクリーンエネルギー協力 第3回海洋エネルギーワークショップにおける事業説明	その他
2012.9.13 - 14	島内輸送および現地工事に関する現地調査	土木・基礎 電気・計装
2012.10.15	熱交換器製作開始(メーカー工場)	機械装置
2012.10.25	沖縄電力 系統連系協議開始	機械・電気
2012.10.25	久米島消防本部協議(発電設備設置届)	機械装置
2012.10.29	作動流体ポンプ性能立会検査(メーカー工場)	機械装置
2012.11.7	コンデンセートドラム 耐圧・気密試験(メーカー工場)	機械装置
2012.11.13	確定仕様書(機械部分)および現地工事に関する説明会 (深層水研究所)	機械装置 据付
2012.11.14	「小型バイナリー発電に関する規制見直し」に関する打合せ (経産省資源エネルギー庁電力安全課)	機械装置
2012.11.19	発電設備設置届提出(消防本部)	機械装置
2012.11.21	土木・基礎工事着手	土木・基礎
2012.12.1	熱交換器耐圧試験・出荷開始	機械装置
2012.12.6	発電ユニット 仮組開始	機械装置
2012.12.21-27	基礎杭打設	土木・基礎
2013.1.9	発電ユニット 耐圧・気密試験(メーカー工場)	機械装置
2013.1.17	発電ユニット 完成検査(メーカー工場)(沖縄県立会)	機械装置
2013.1.21	発電ユニット 据付準備開始	据付

第Ⅱ部 海洋深層水の利用高度化に向けた発電利用実証事業

日付	内容	備考
2013.1.24	発電ユニット メーカー工場出港	機械装置
2013.1.28	発電ユニット 久米島着・据付開始	機械装置 据付
2013.2.7	電気・計装工事開始	電気・計装
2013.2.14-21	発電ユニットおよび熱交換器 耐圧・気密試験	機械装置
2013.2.15	沖縄電力 系統連系申込手続き完了	機械・電気
2013.3.6-23	断熱工事	据付
2013.3.9-13	タービン発電機 搬入・据付	機械・電気
2013.3.11	外構道路復旧	土木・基礎 据付
2013.3.11-18	作動流体封入	機械装置
2013.3.14-15	海水系統通水試験	据付
2013.3.22-26	電気・計装関連作動試験	電気・計装
2013.3.27-30	発電装置運転試験	—
2013.3.30	発電ユニットによる発電成功	—
2013.3.31～4.7	ダム回り、ダム直し	—
2013.4.8	完成検査および引き渡し(沖縄県)	—

## 2.4 設備維持管理

## (1) 運用

実運用

本設備は、通常時は無人で 24 時間連続運転を実施した。

設備からの軽故障および重故障発報時は、現地スタッフが急行して一次対応を行う（2013～2018 年度の間、緊急の一次対応が必要となる事態はなかった）。

資格者

電気主任技術者は、現沖縄県海洋深層水研究所の電気主任技術者との兼任による。

ボイラー・タービン主任技術者は、2012 年 4 月「バイナリー発電設備に関する電気事業法の規制見直し」の適用により、不要となっている。

## (2) 日常メンテナンス

表 2-5 に主なメンテナンス内容を示す。

なお、塩害対策については、屋内設備として塩害フィルターを設けることで大幅に実施内容を削減できると考えられる。

表 2-6 メンテナンス内容

項目	内容	頻度	備考
日常管理	異音、異臭、発錆等の日常チェック	1 回(30 分程度) / 日	平日のみ 保安規定による
塩害対策	清水による設備の清掃	1 回(1 時間程度) / 週	
塩害対策	タッチアップ塗装（図 2-6、図 2-7）	2～3 日 / 月	配管部は設備の停止を伴う。
定期点検	法定点検（電気設備）	1 回 / 年	電気事業法による
定期点検	法定点検（プラント設備）	1 回 / 2 年	電気事業法による



図 2-6 日常メンテナンス例：配管発錆部処理（左：錆びコブ、右：錆取り・ケレン作業）



図 2-7 日常メンテナンス例：配管発錆部処理（左：タッチアップ前、右：タッチアップ後）



### (3) 定期点検

定期点検の頻度については、電気事業法施工規則 第九十四条に次のとおり定められている。

本設備のうち、タービン発電機は「蒸気タービン及びその附属設備」に、その他の作動流体関連設備は「液化ガス設備」に分類される(図 2-8)。なお、点検内容の詳細についての定めは規定されておらず、事業者責任において実施する規定となっている。

本設備は、これに基づき定期点検を実施した。

---

(電気事業法施工規則)

第九十四条の二 定期事業者検査は、次に掲げる時期に行うものとする。

一 蒸気タービン本体及びその附属設備についての定期事業者検査にあつては、運転が開始された日又は定期事業者検査が終了した日以降四年を超えない時期

二 ガスタービン(出力一万キロワット未満の発電設備に係るものに限る。)についての定期事業者検査にあつては、運転が開始された日又は定期事業者検査が終了した日以降三年を超えない時期"

三 ボイラー及びその附属設備、独立過熱器及びその附属設備、蒸気貯蔵器及びその附属設備、ガスタービン(出力一万キロワット以上の発電設備に係るものに限る。) 液化ガス設備又はガス化炉設備についての定期事業者検査にあつては、運転が開始された日又は定期事業者検査が終了した日以降二年を超えない時期"

四 燃料電池用改質器についての定期事業者検査にあつては、運転が開始された日又は定期事業者検査が終了した日以降十三月を超えない時期

---

### (3) トラブル対応とその対策

2014～2018年度の連続運転中は、いくつかの予期せぬ故障およびメンテナンスにより、系統連系発電運転を停止せざるを得ない事例が数回見られた。各事例と次プロジェクトでの対策案を、表 2-7 に示す。

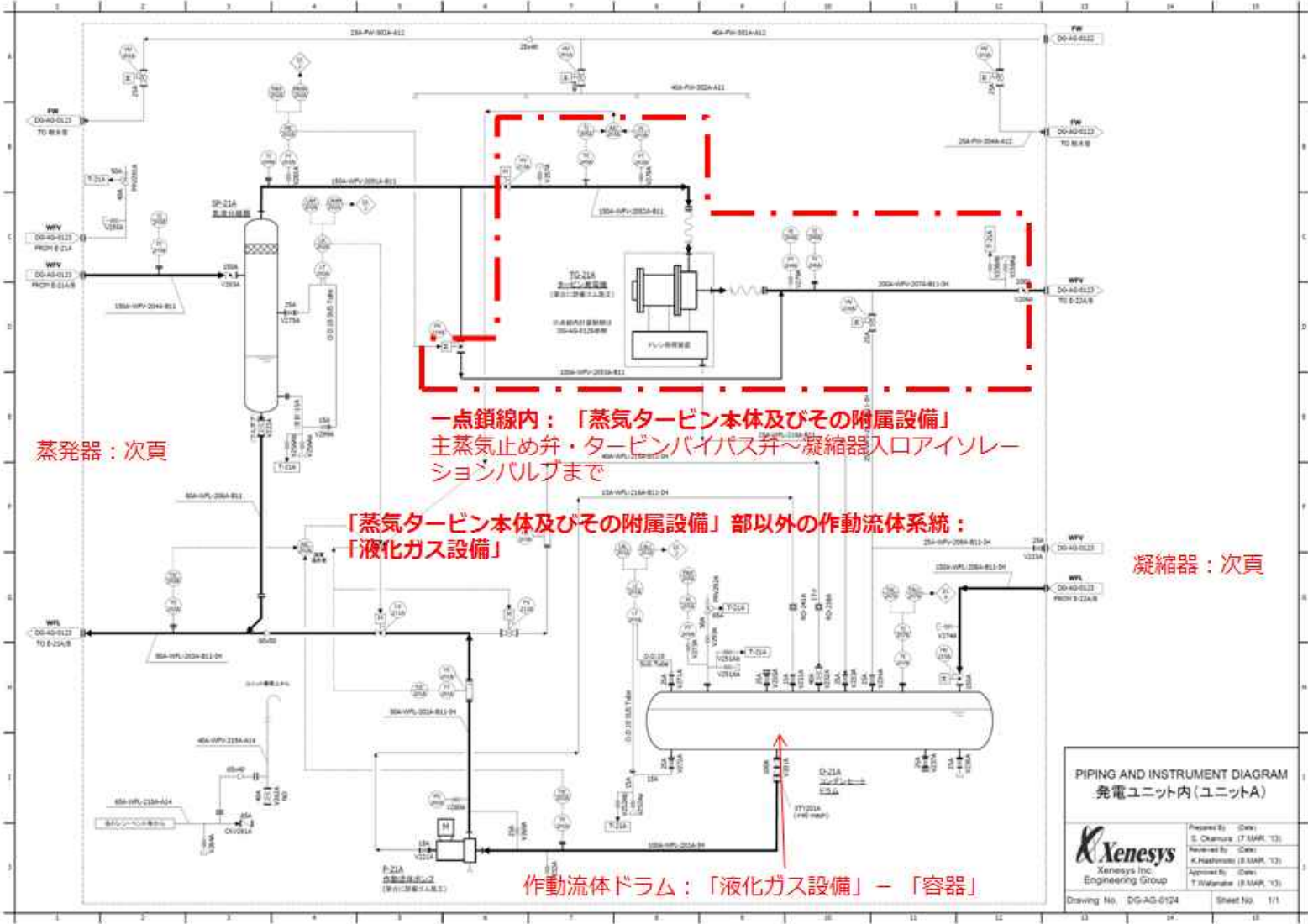


図 2-8 本設備内機器および配管の電気事業法上での分類（ユニット A を例とする）

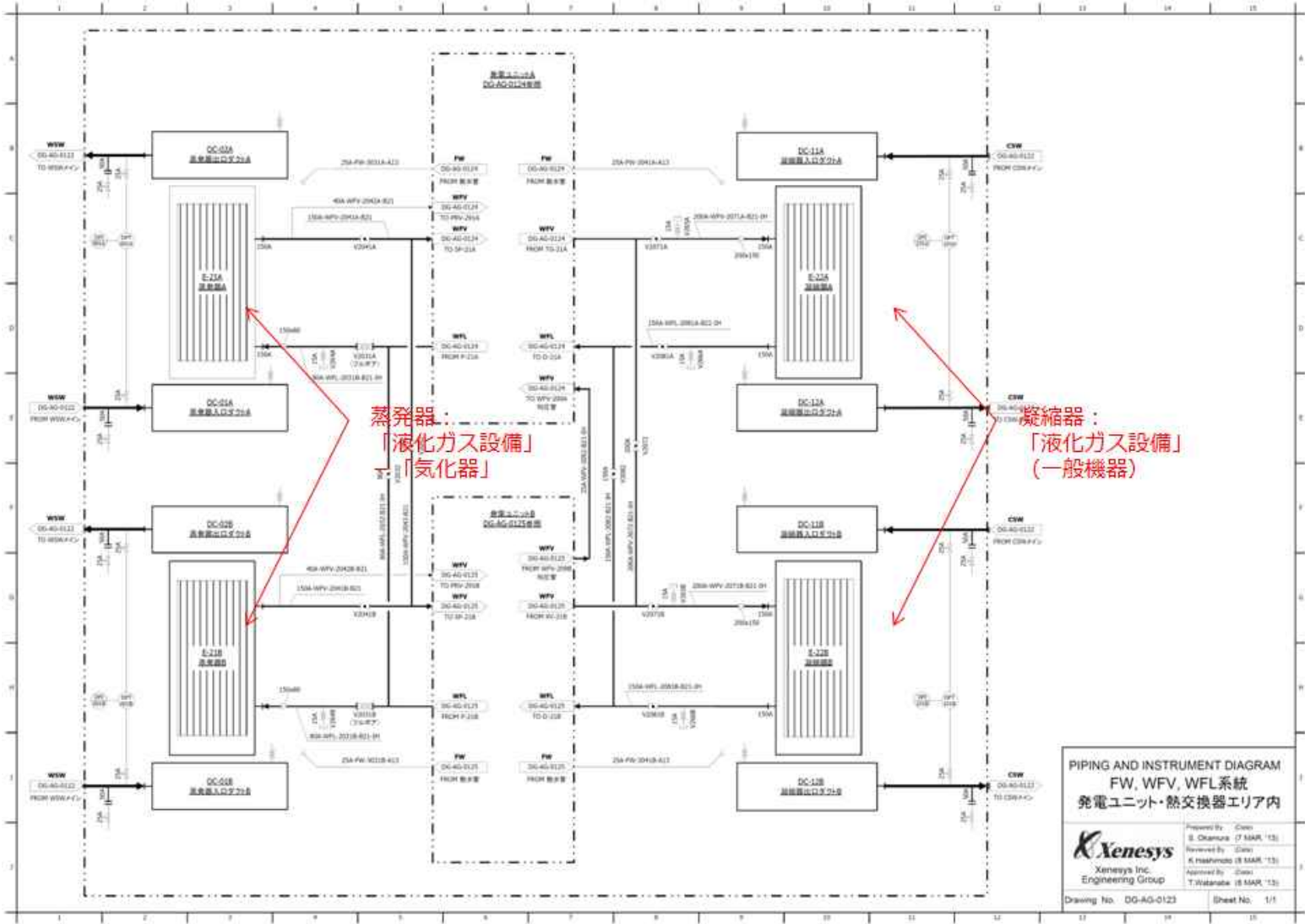


図 2-8 本設備内機器および配管の電気事業法上での分類（ユニット A を例とする）(続き)

表 2-7 主な停止事例一覧

発生年	停止理由	停止期間	次プロジェクトでの対策(案)
2014	付近への落雷による制御機器故障(図 2-9) 実証設備から約 50mの電柱に落雷。該電柱の支線がたるんでおり、落雷時に風により実証設備への通信ケーブルと接していたと考えられる。このため、通常支線を通じて地面に流れ込むはずのサージ電流が、プラント通信機器に流れてしまい故障に至った。	3 週間	今回は、支線がたるんでいる電柱に落雷したこと、それが通信ケーブルと接していたことの 2 重の不運が重なった。レアケースとはいえ、支線がたるんでいなければ起こらなかった故障である。次ステップでは、設備本体だけでなく、周辺の状況にも日常的に注意を払う必要がある。
2014	台風による既存海水タンク水位計～発電ユニット間の信号線保護管の破損とケーブル断線(図 2-10) 台風による飛来物もしくは突風により、既存深層水タンク水位計～発電ユニット間の信号線保護管が破損し、ケーブルが断線した。このため、既存深層水タンクの水位が計測できなくなり、自動運転が不可能となった。	3 週間	今回のケーブル破断箇所は、本設備固有のもので、次ステップでは存在しない。ただし、一般論として、ケーブル破断により設備停止が必須となるものについては、二重化の検討を要する。
2014	制御装置用の無停電電源装置(UPS)に、塩害による故障が生じた。UPSをバイパスする形で配線をし直し、UPS修理期間をしのいだ。	3 日	塩害対策(建屋内への建設、換気口への塩害防止フィルター設置)
2015	制御室内の天井部ドレンパッドからの漏水により、逆変換装置(PCS)の上部ファンから内部に浸水、PCSをショートさせた。これにより、系統連系を維持することが出来なくなった。	3 週間	配置面で、制御室内への水配管は行わない。

発生年	停止理由	停止期間	次プロジェクトでの対策(案)
2016	海水系統電動弁 LV001 が駆動できなくなった。塩害もしくは振動等による経年劣化と考えられる。	1 日	商用化時には故障していても運転継続は可能な弁であるため、予め駆動部(電動もしくは空圧、油圧部)の予備をストックしておき、代替品調達のリードタイムをなくす。
2016	ユニット A 発電機 電力ケーブル接続端子が摩耗し、ケーブル取り外しができなくなった(メンテナンス開放時)	2 日	- (商用機は大型発電機となるため、同様の問題は起こりづらい)
2016	監視制御 UI(PC)の故障(電源が入らない)。台風 18 号後の復旧時であるため、台風 18 号による塩害ダメージと考えられるが、詳細は不明だった。	2 か月	監視制御室については、塩害対策フィルター等を設け、環境制御の徹底を図る。



図 2-9 【写真】2014 年 5 月 落雷事故



図 2-10 【写真】2014 年 10 月 台風による信号ケーブル破断

## 2.5 実証試験の実施と解析

### 2.5.1 運転コンセプトと運転条件

#### (1) 運転コンセプト

##### ユニット A

ユニット A は、発電試験用運転として可能な限りの連続運転と発電試験を実施した。

2013 年度はタービン発電機を系統連系した上での長期連続運転（無人・自動）は実施しておらず、試験データ取得時のみタービン発電機を有人で運転しつつ初期調整を行った。その後、2014 年 4 月 7 日に系統連系を開始して以降は、基本的に無人自動連続運転を実施している。ただし、2016 年度の DSS（日間起動・停止）運転試験や 2018 年度の冷熱供給主体運転試験等の特別な条件が必要な際は、発電あるいは海水通水を試験期間中停止することがある。

##### ユニット B

ユニット B は、要素技術運転試験として、可能な限りの連続運転による熱交換器等の性能の継時変化観察と、次項以降に示す性能把握のための試験を実施した。

#### (2) 運転条件

2.1 節で述べたとおり、本実証試験運転においては、既存の海水ユーザーの使用を優先し、運転に用いる海水流量を制御した。図 2-11～図 2-16 に 2013 年度から 2018 年度の本設備への表層水および深層水流量を示す。また、図 2-17～図 2-22 に水温を示す。ただし、水温のデータは、流量変動が小さいときのみをピックアップした。

##### 流量に関する特記事項

なお、研究所内においては、表層水用の濾過器への注水をバッチ式で行う時期が多い（研究所の設備メンテナンスの都合により、バッチ式でなく連続式としている期間もある）。このため、表層水の流量は注水の有無によって大きく変動する。典型的な表層水流量の日間変動について、図 2-25 に示す。

また、深層水についてもバッチ式で昼間のみ深層水を利用する機関があり、日間の流量がかなり小さくなる期間がある（図 2-26）。また 2018 年 1 月から、研究所の表層水タンクのメンテナンス開始に伴い、実証設備には最低限の海水流量（約 30m<sup>3</sup>/h）を定流量で用いる運転とした。

なお深層水については、冬季に研究所および周辺企業での使用量が低下し、実証設備に流入する深層水量が、表層水量に比べて過大となる。そこで 2016 年度以降は、11 月頃から翌 3 月頃の冬季、深層水取水ポンプ（50%（270m<sup>3</sup>/h）×2 台）のうち 1 台を停止して運転を行った。このため、この期間の本設備への深層水流量が小さくなっている。



2015年度春からは、研究所内において一般社団法人水産土木建設技術センターによるサンゴ増殖研究が開始されたため、研究所内での表層水使用量が増加した。これに伴い、本設備で利用できる表層水量は、それまでより減少している。

#### 水温に関する特記事項

表層水の温度は、短期的(数時間単位)ではほとんど気温の影響を受けない。日射の影響としては昼夜の温度差として0.5 未満の変動が見られるが、海流によると思われる水温変化よりも影響がはるかに小さい。例として夏期に晴天が続いた3日間の温度変化を図2-27に示す。表層水温度が大きく変動するのは、台風前である。台風接近直前の3日間の表層水の温度変化を図2-28に、また同時期の深層水の温度変化を図2-29に示す。

深層水温度については、予想に反して年間を通じて表層水より短期的振れ幅が大きい。これに関連して、本年度4月に九州大学 東アジア海洋大気環境研究センター 広瀬直毅教授より、潮汐による内部波の影響と考えられるとの見解があった。これに基づき、潮位と海水温について、データの一部を用いて検証した。潮位と深層水温の推移の典型的な例を図2-30に示す。また、同期間の表層水温の推移を図2-31に示す。表層水は深層水温よりも影響が小さいことが見てとれる。

また、気温による水温への影響については、深層水はもちろん表層水への影響も小さい。日本列島を大寒波が襲った2016年1月24日、久米島でも39年ぶりにみぞれが観測された。この前日23日の昼間から24日の夜にかけて、久米島の気温は10 急下降した。降雪時の気温は6 未満で、この最低気温も29年ぶりであった。一方この期間、表層水の水温は1 も下がらず、最低気温より17 も高い23 をキープし、本設備の発電も継続していた。気温と水温の推移を図2-32に示す。海洋温度差発電の出力安定性の証左となるデータの1つであると言える。



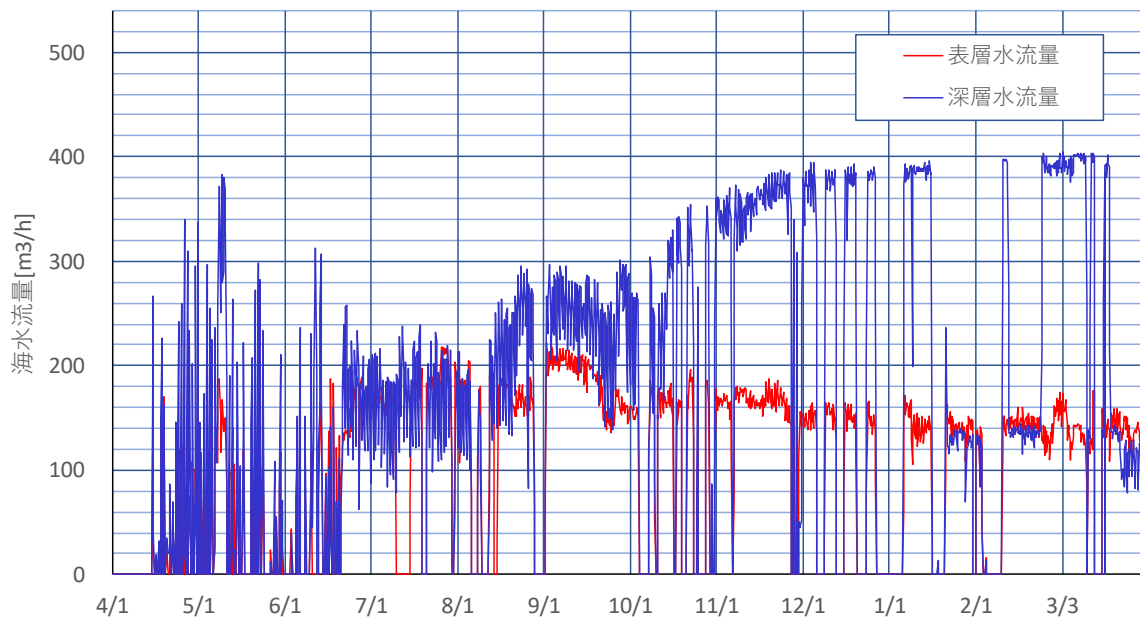


図 2-11 表層水および深層水流量の推移 (6時間毎プロット)(2013年度)

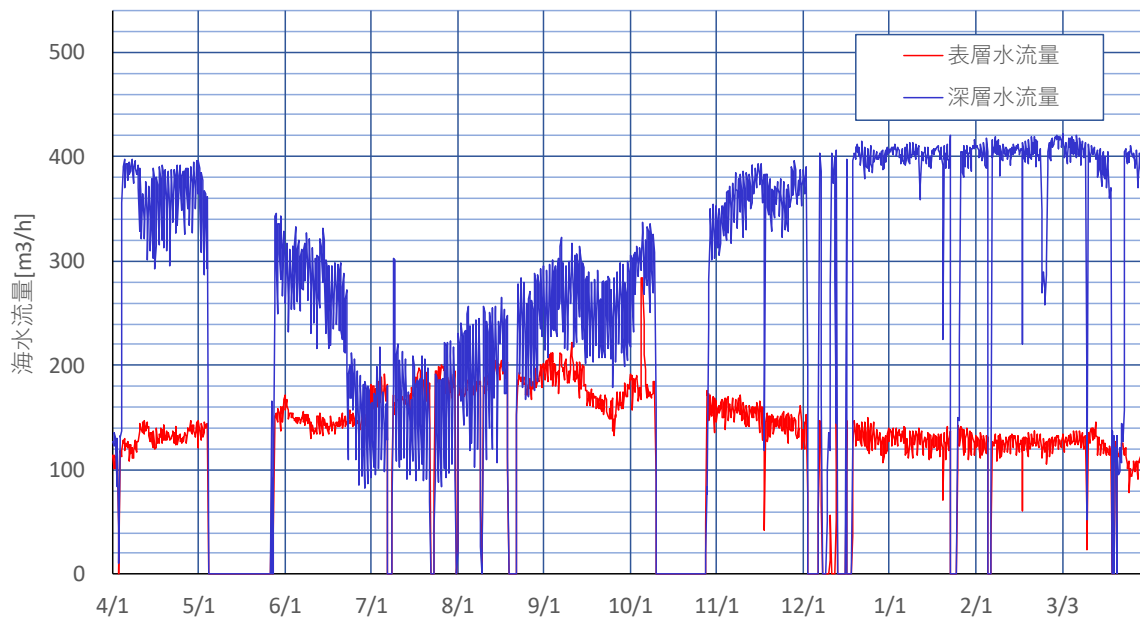


図 2-12 表層水および深層水流量の推移 (6時間毎プロット)(2014年度)

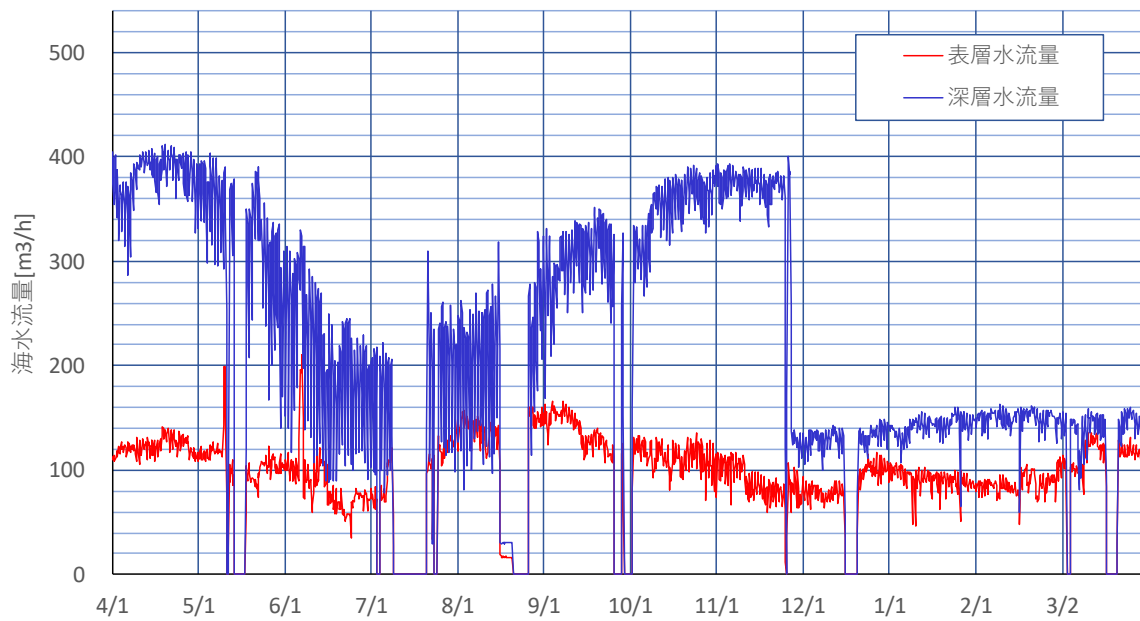


図 2-13 表層水および深層水流量の推移 (6 時間毎プロット)(2015 年度)

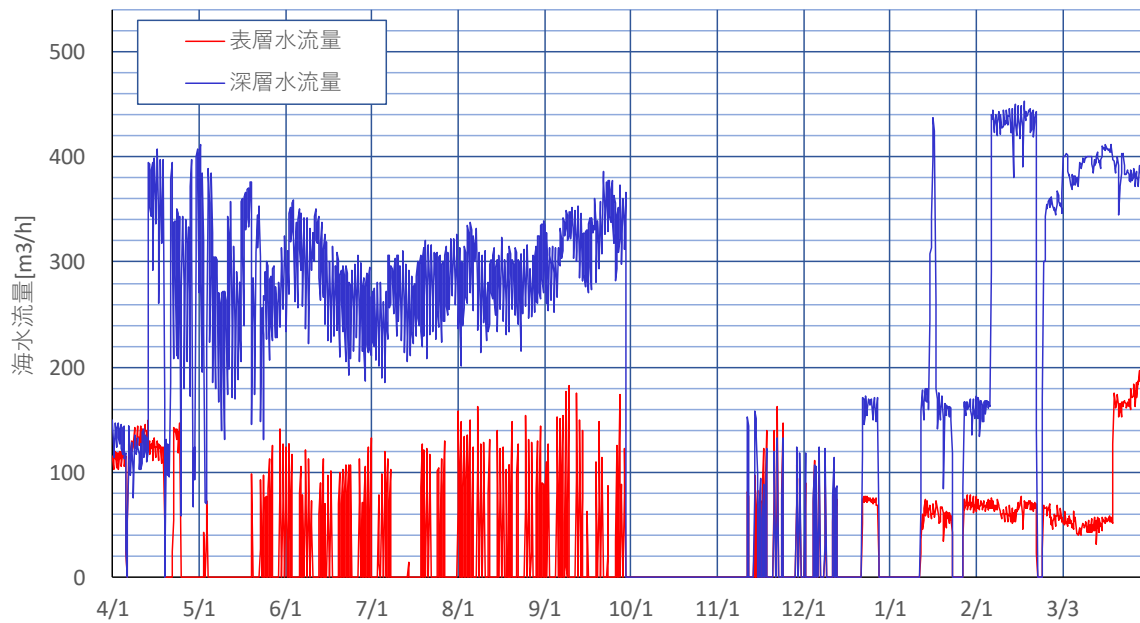


図 2-14 表層水および深層水流量の推移 (6 時間毎プロット)(2016 年度)

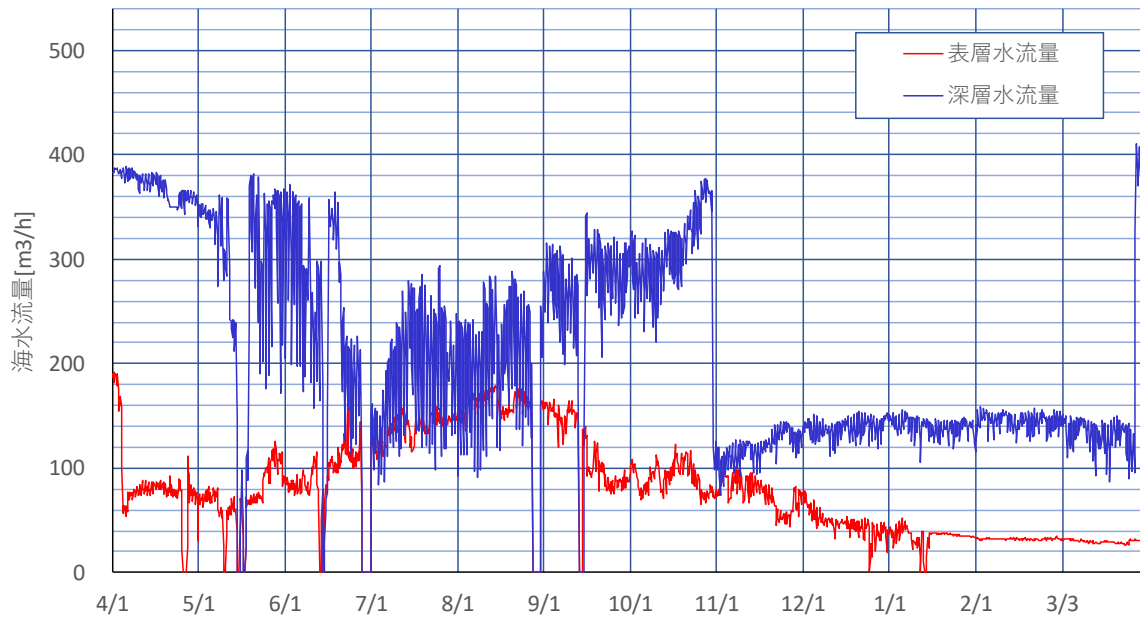


図 2-15 表層水および深層水流量の推移 (6時間毎プロット)(2017年度)

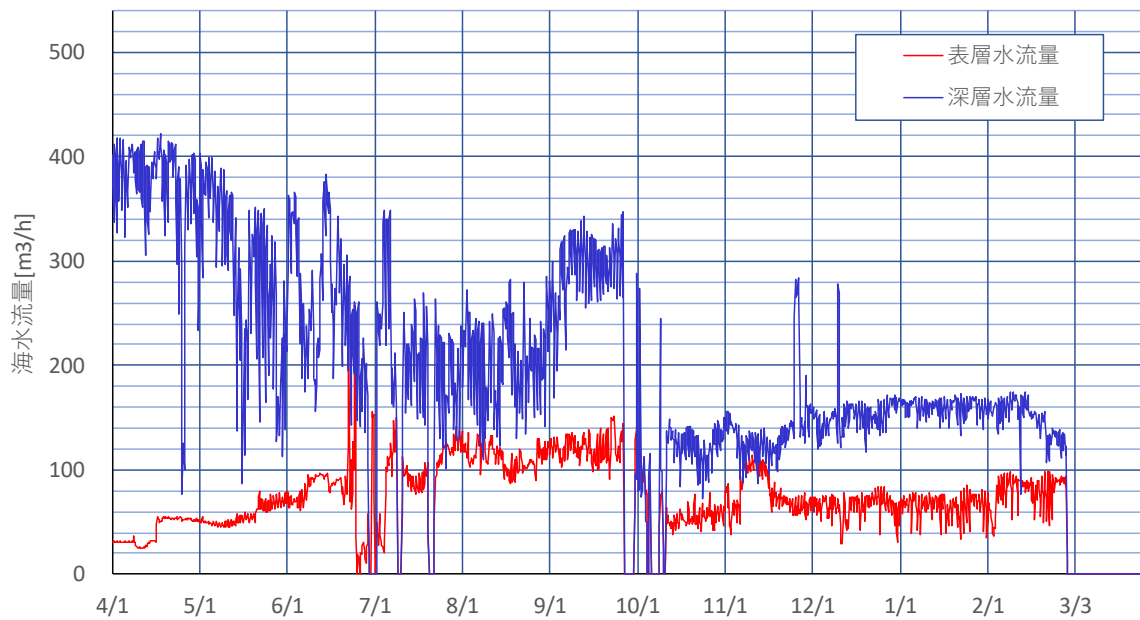


図 2-16 表層水および深層水流量の推移 (6時間毎プロット)(2018年度)

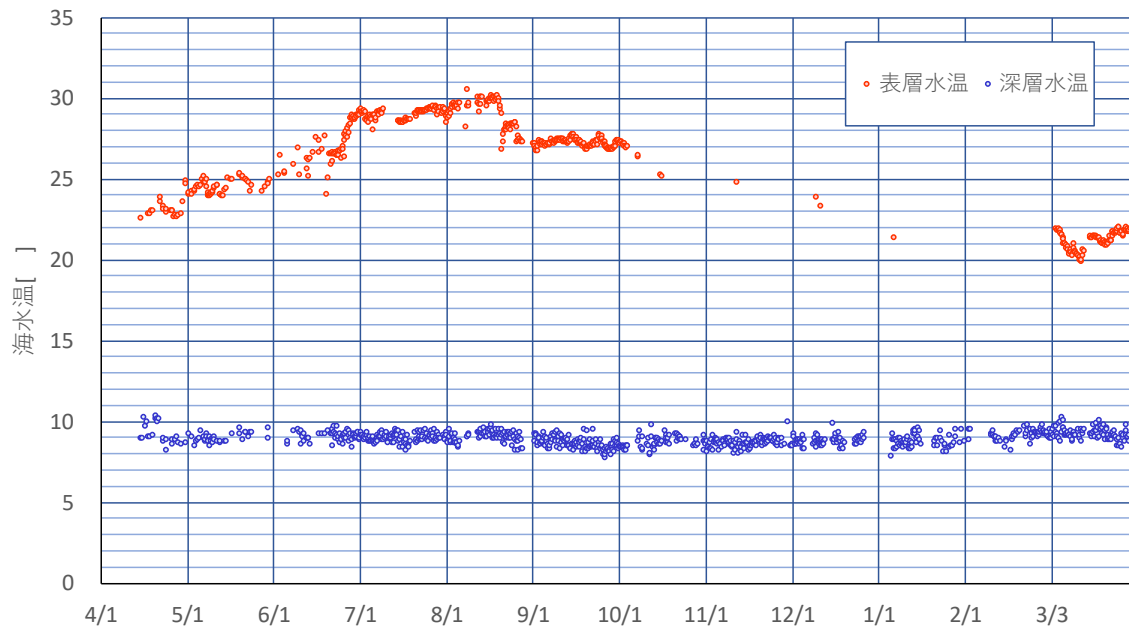


図 2-17 表層水および深層水温度の推移 (6 時間毎プロット)(2013 年度)

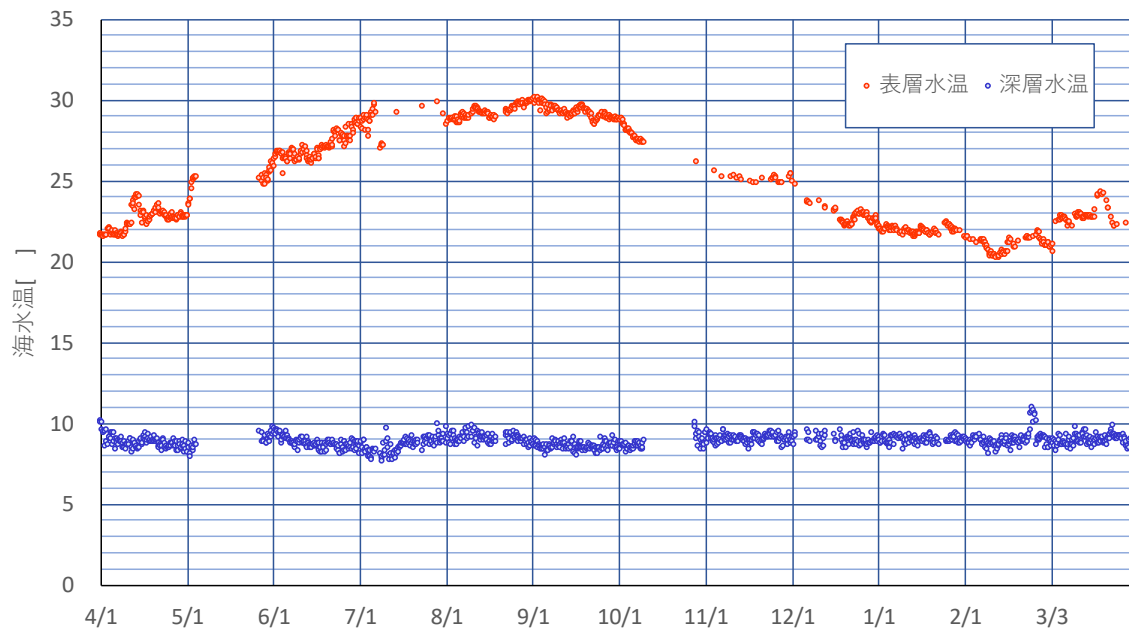


図 2-18 表層水および深層水温度の推移 (6 時間毎プロット)(2014 年度)

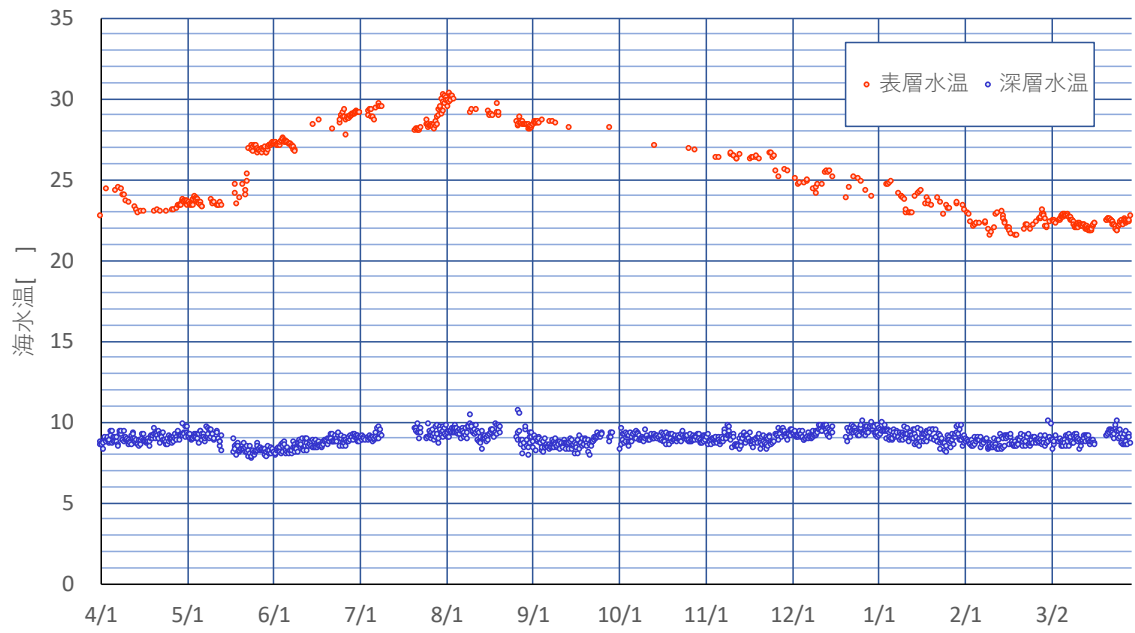


図 2-19 表層水および深層水温度の推移 (6時間毎プロット)(2015年度)

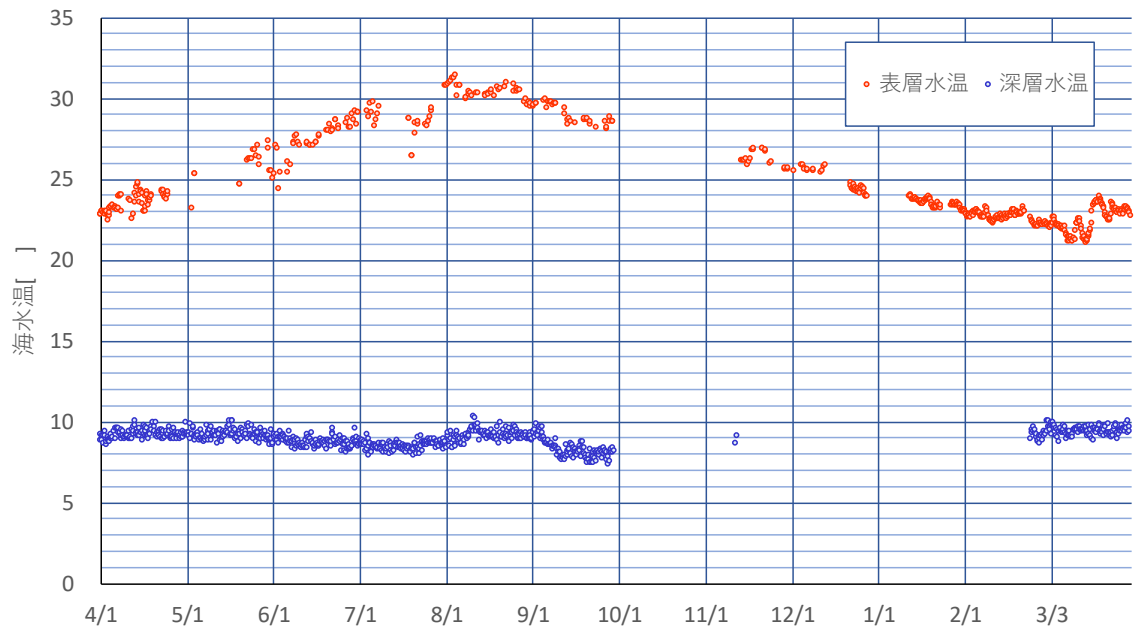


図 2-20 表層水および深層水温度の推移 (6時間毎プロット)(2016年度)

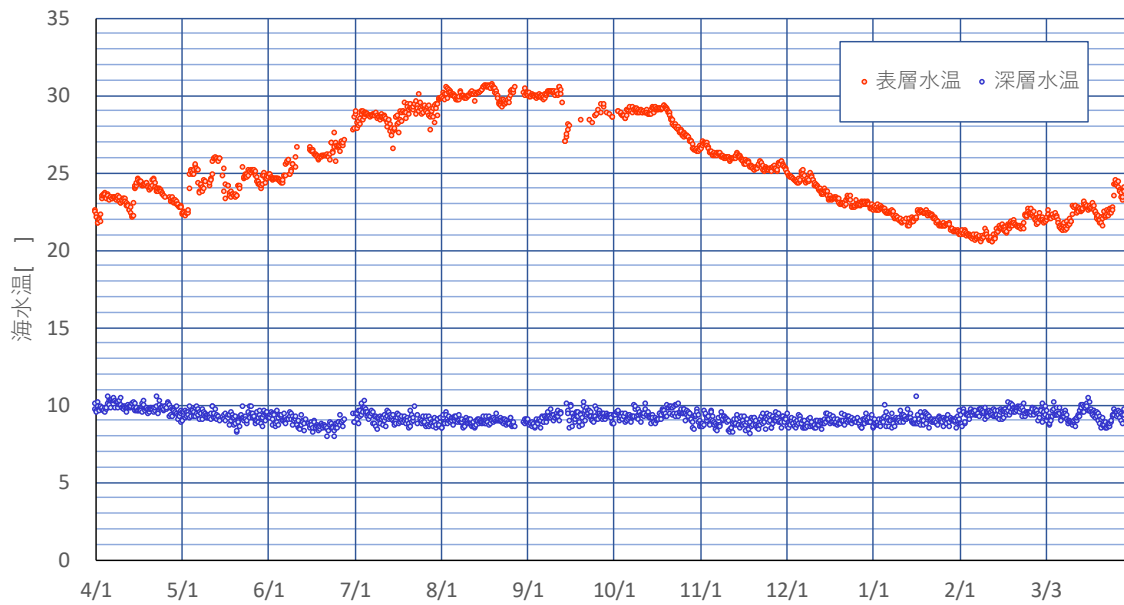


図 2-21 表層水および深層水温度の推移 (6 時間毎プロット)(2017 年度)

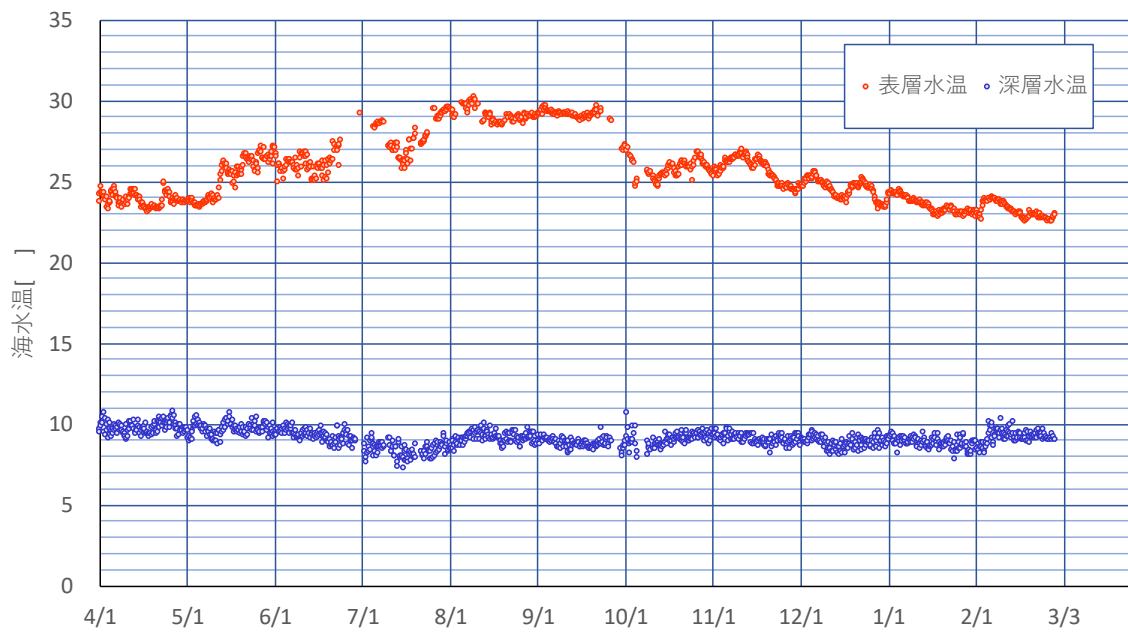


図 2-22 表層水および深層水温度の推移 (6 時間毎プロット)(2018 年度)

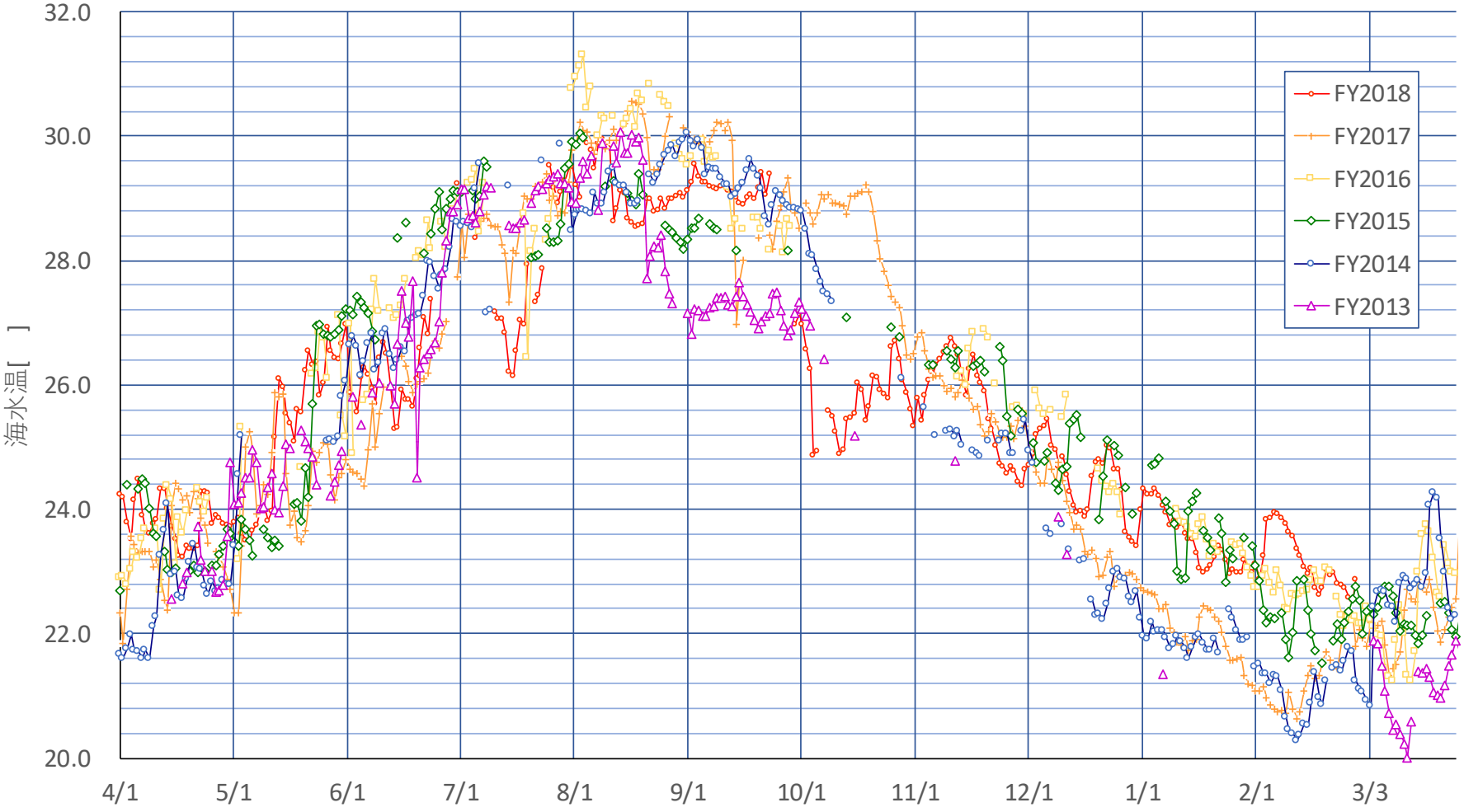


図 2-23 表層水温度の推移 (2012-2018 年度比較)

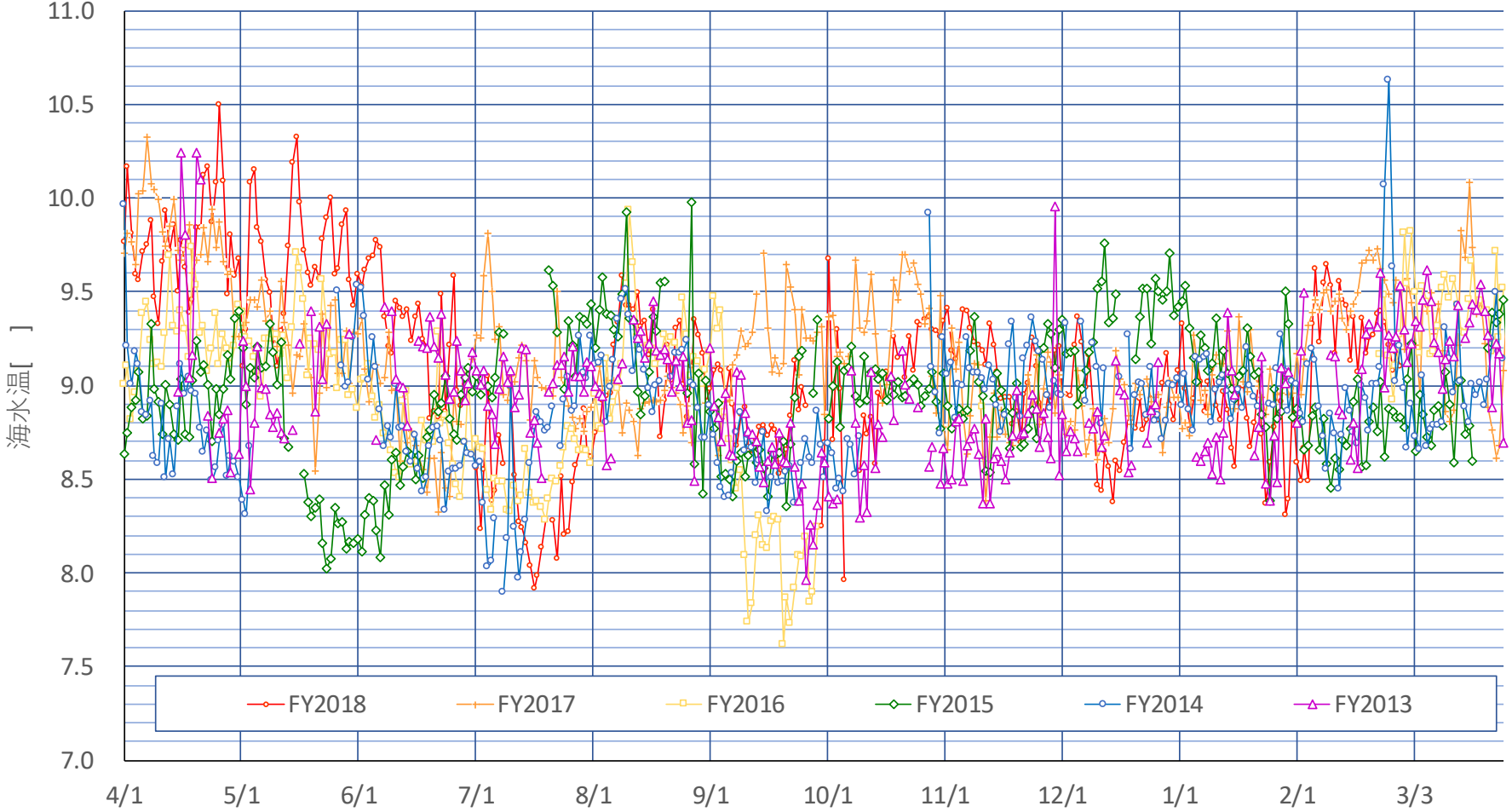


図 2-24 深層水温度の推移 (2012-2018 年度比較)



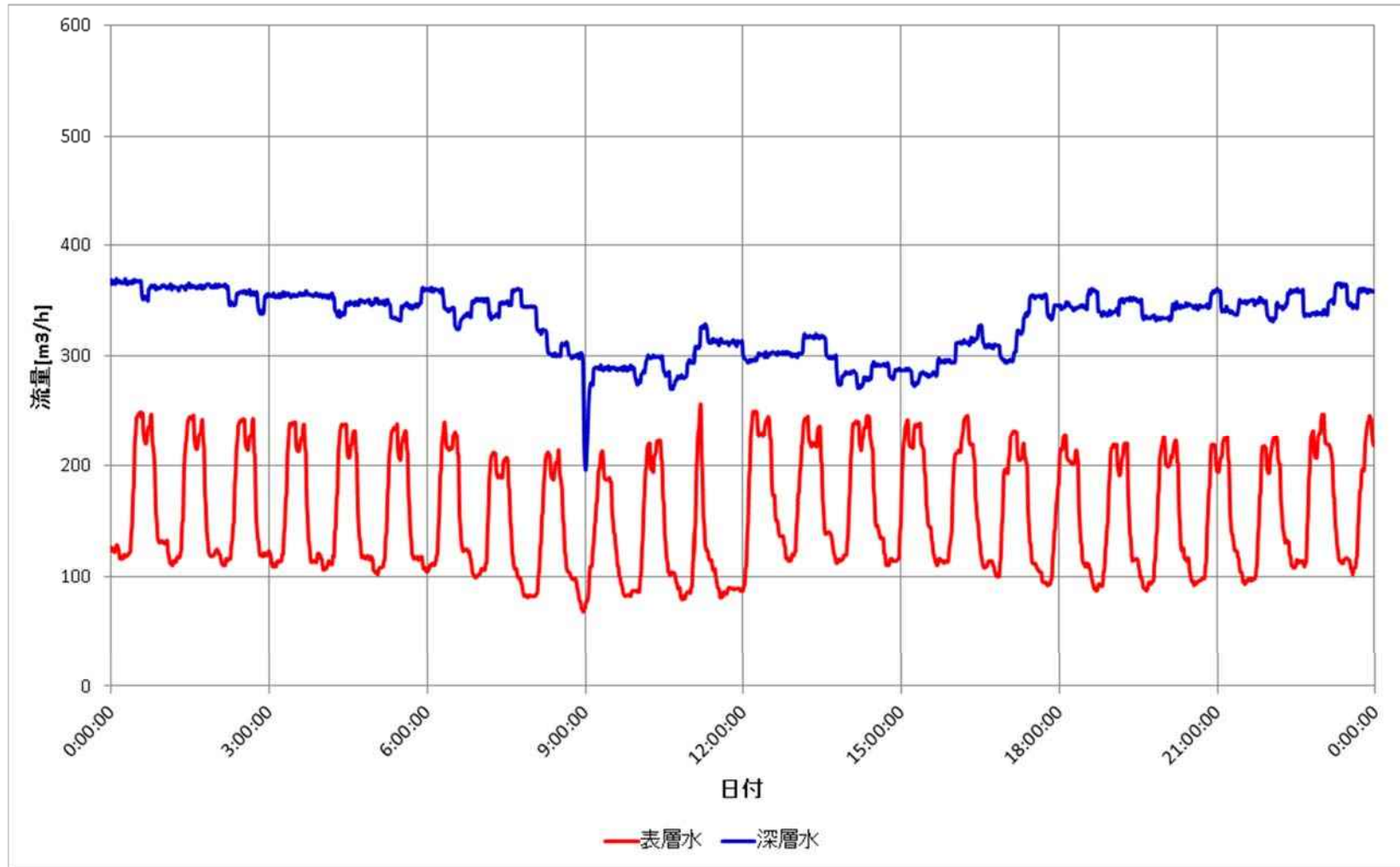


図 2-25 表層水および深層水流量の日間推移（典型的な例：2014年11月1日）