

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.301

December 2005

共同研究 太陽光活用のダム水質浄化装置の開発 報告書

Report on joint research on development of the system for dam
reservoir water purification utilizing solar power

国土交通省 国土技術政策総合研究所
株式会社 本間組
L W J 株式会社
National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan
HONMA Corporation
LWJ Corporation

共同研究
太陽光活用のダム水質浄化装置の開発

報告書

安田 成夫*
富澤 洋介**
川崎 秀明***
上田 修****
岩田 秀樹*****
高松 秀行*****
高地 健*****
大貝 秀司*****

概 要：

本資料は平成16年度に行われた共同研究 太陽光活用のダム水質浄化装置の開発の内容を取りまとめたものである。

キーワード：太陽光、曝気、水質浄化

-
- * : 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部ダム研究室 室長
** : 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部ダム研究室 研究官
*** : (財)ダム技術センター 企画部長
(前国土技術政策総合研究所 河川研究部ダム研究室 室長)
**** : (株)本間組 技術部長
***** : (株)本間組 土木本部 係長
***** : (株)本間組 技術部 係長
***** : L W J (株) 代表取締役
***** : L W J (株) 取締役

Report on joint research on development of the system for dam reservoir water purification utilizing solar power

Nario YASUDA*
Yosuke TOMIZAWA**
Hideaki KAWASAKI ***
Osamu UEDA ****
Hideki IWATA *****
Hideyuki TAKAMATSU *****
Ken TAKACHI *****
Shuji OOGAI *****

Synopsis

This report made up contents of joint research on development of the system for dam reservoir water purification utilizing solar power.

Key Words : solar power, aeration, water purification

*	:	Head, Water management and Dam Division, River Department, NILIM
**	:	Researcher, Water management and Dam Division, River Department, NILIM
***	:	Director, Planning Department, Japan Dam Engineering Center
****	:	General Manager, Technology Department, Civil Engineering Technology Division, HONMA CORPORATION
*****	:	Assistant Manager, Civil Engineering Department, HONMA CORPORATION
*****	:	Assistant Manager, Technology Department, Civil Engineering Technology Division, HONMA CORPORATION
*****	:	Representative Director, LWJ Corporation
*****	:	Director, LWJ Corporation

目次

1 . はじめに	1
2 . 研究目的・開発目標	1
2 . 1 研究目的・開発目標	1
2 . 2 研究期間	1
2 . 3 研究開発フロー	2
3 . 試作機の開発	3
3 . 1 装置の構成	3
3 . 2 太陽電池	4
3 . 3 電力制御装置	5
3 . 4 駆動モーター・空気圧縮機	6
3 . 4 . 1 駆動モーター	6
3 . 4 . 2 空気圧縮機	6
3 . 5 散気装置	7
4 . 大型水槽実験概要	8
4 . 1 実験ケース	8
4 . 2 実験施設	8
4 . 3 実験装置の仕様	8
4 . 4 実験ケース1（事前性能確認試験）	9
4 . 4 . 1 曝気装置運転観測結果	10
4 . 4 . 2 大型水槽内水質測定概要および結果	11
4 . 5 事前性能確認試験まとめ	12
5 . 現地実験（亀山ダム適用実験）	13
5 . 1 実験期間	13
5 . 2 現地実験の目的	14
5 . 3 曝気箇所および装置設置場所	14
5 . 4 実験装置設置状況	15
5 . 5 気象測定装置	15
5 . 6 曝気装置の運転観測概要	16
5 . 7 耐久性の評価	17
5 . 7 . 1 耐久性の考察	18
5 . 7 . 2 試作機の実験期間中の運転性能確認	19

5 . 8	水質改善効果の検討	20
5 . 8 . 1	測定機材の設置（水質自動測定装置）	20
5 . 8 . 2	測定計画	21
5 . 8 . 3	測定結果	22
5 . 8 . 4	結果考察	28
5 . 9	亀山ダム湖の水質測定	29
5 . 9 . 1	測定概要	29
5 . 9 . 2	測定結果	31
6 .	おわりに	33

資料

- 1 . 水質調査結果
- 2 . 機械運転データ
- 3 . 亀山ダム実験写真集
- 4 . 実験日報
- 5 . 実験用大型水槽における曝気流動測定

太陽光活用のダム水質浄化装置の開発

1. はじめに

自然エネルギーを利用した環境への取り組みは、地球環境保全の観点から、多方面で実施されている。その中でも太陽光エネルギーは、実用性の高い自然エネルギーとして知られている。一方、ダム貯水池における水質悪化の対策方法として圧縮空気供給による循環曝気が多く採用されており、その効果が実証されている。しかしながら、圧縮空気製造、供給に係わるコストが年間数百万円という施設も多く、財政上、今後の維持管理に支障を来す可能性もある。多くのダム貯水池は太陽光エネルギーを回収するのに十分な面積を有していることから、コスト縮減及び環境負荷軽減の観点から自然エネルギーを利用したダム貯水池の水質改善が望まれる。

2. 研究目的・開発目標

2.1 研究目的・開発目標

本研究はダム貯水池のエネルギーの活用を目指したもので、太陽光等環境負荷の少ない動力源を用いて、水質を改善する低コスト型曝気装置の開発を行うものである。

太陽電池は、1) 維持が容易、2) 稼動部がなく騒音がない、3) 規模の大小に関係なく一定の効率で発電する、等の特徴を有しているが、発電が天候に作用される、屋外使用の場合には夜は発電しない等の短所も有している。本研究では、この特性を十分理解した上で装置の簡素化、電力消費の軽減を主たる目的として装置の開発を行った。装置の開発目標を下記に示す。

(装置の開発目標)

わずかな日射でも運転可能な装置

環境負荷を軽減する装置

日射の変動に追従し、稼動時間の長い装置

2.2 研究期間

2004年9月1日～2005年3月31日

2.3 研究開発フロー

研究開発フローを下図に示す。

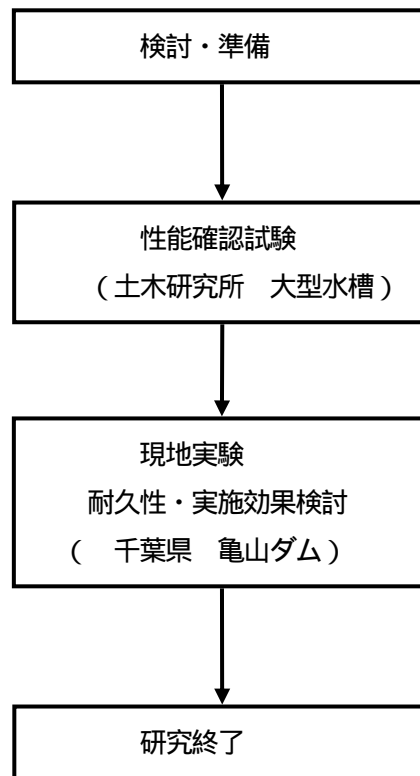


図1 研究開発フロー

3. 試作機の開発

3.1 装置の構成

実験装置は主に、太陽電池、電力制御装置、駆動モーター、空気圧縮機、散気装置から構成される。実験的に試作機は、出力1kw級の空気圧縮機を主力機器として他の機器を構成し装置の開発を行った。試作機の概要を図1に、構成を図2に示す。

太陽光エネルギーから供給される電力の強弱に対応する装置を開発目標としているため、図3に示すように太陽電池から供給される直流電力をそのまま利用する装置構成とした。

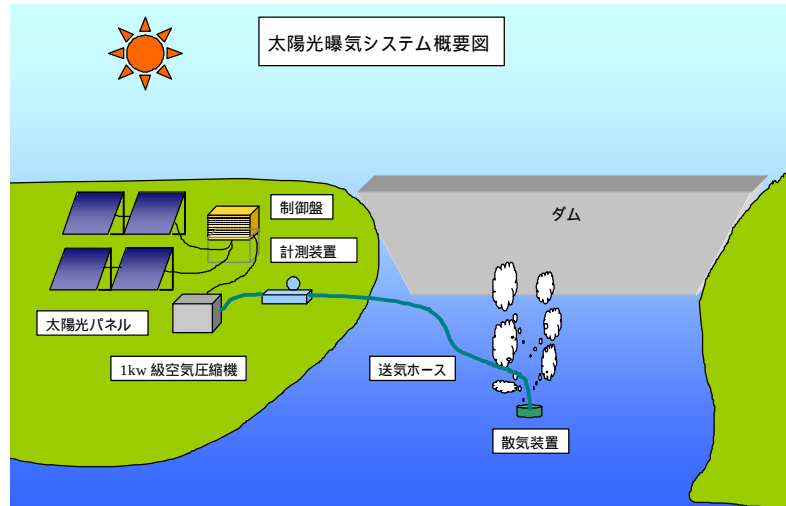


図2 システム概要

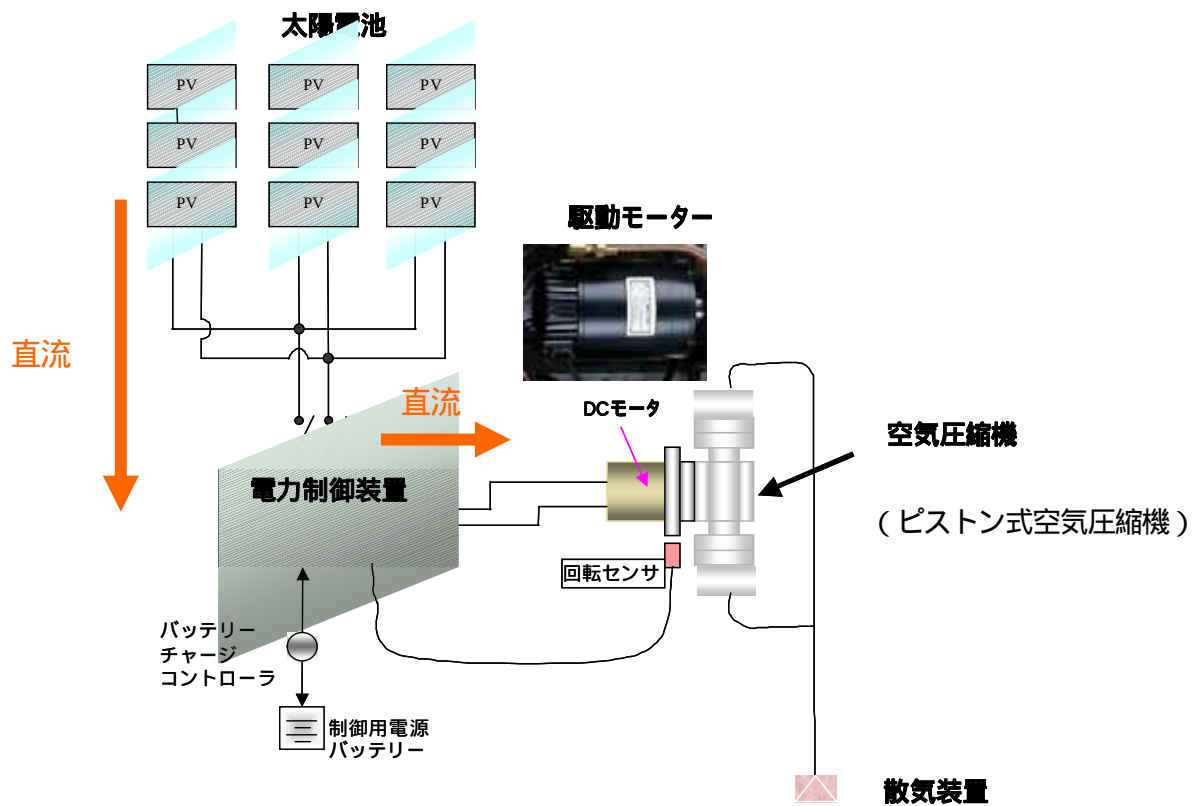


図3 システムの構成

表1 試作機の機械仕様

圧縮機	型式 気筒数 駆動方式 回転数 馬力	横型水平対向 2 気筒 ベルト駆動（減速比1：1.7） 1 0 0 0 r p m 1 K W
電動機	定格出力 定格電圧 定格電流 回転数	1 K W 2 4 V 5 6 A 1 7 0 0 r p m
太陽電池	型式（製作所） 開放電圧 / 枚 短絡電流 / 枚 最大出力 / 枚 × 設置枚数 寸法 / 枚(重量) 接続構成 / エット	NE - 1 3 2 A K (シャープ 製) 3 3 . 1 7 V 5 . 4 A 1 3 2 W × 1 6 枚 800 × 1200 (12.5kg) 2 直 2 並列：48V出力

3.2 太陽電池

試作機の太陽電池は、汎用性が高く、市場性の高い住宅用の太陽電池モジュールを採用した。

出力 1 k w の空気圧縮機に対応した試作機の太陽電池のモジュールの構成は、エネルギー効率を 50%程度考慮して定格出力 132W の太陽電池を 2 枚直列・2 並列を 1 ユニットとして、合計 4 ユニット（モジュール 16 枚）の構成とした。定格出力の合計は 132W × 16 枚で最大出力 2.11Kw となる。

一般的に、太陽電池により太陽の光エネルギーは直流の電気に変換され、太陽電池モジュールの出力は、太陽の放射照度、温度などの自然条件に左右され、特に表面温度が高くなると出力が低下する温度特性を有している。



写真1 太陽電池設置状況

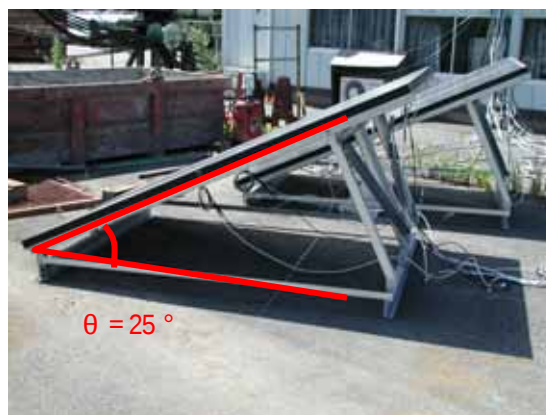


写真2 傾斜角度

3.3 電力制御装置

太陽電池から得られる電力を制御して空気圧縮機を運転させるため、特別に電力制御装置の開発を行った。装置の運転は、日射計で測定された値が制御装置内のマイコンの設定値を超えた場合に運転が開始される仕様になっている。また日射計から入力される測定値を電力制御装置で常に監視し、直流モーターの回転数や空気圧縮機の運転気筒数を制御している。(図4 システムフロー参照)

下記に制御装置の特長を示す。

【電力制御装置の特長】

すべて直流(DC)回路の制御で構成されている。

マイコンのバックアップの電源以外、バッテリーが不要な構造である。

DC-DCコンバーター出力電圧の細かい制御が可能。

機器の構成が少なく、小型化が可能である。



写真3 電力制御装置



写真4 日射計

【システム構成】

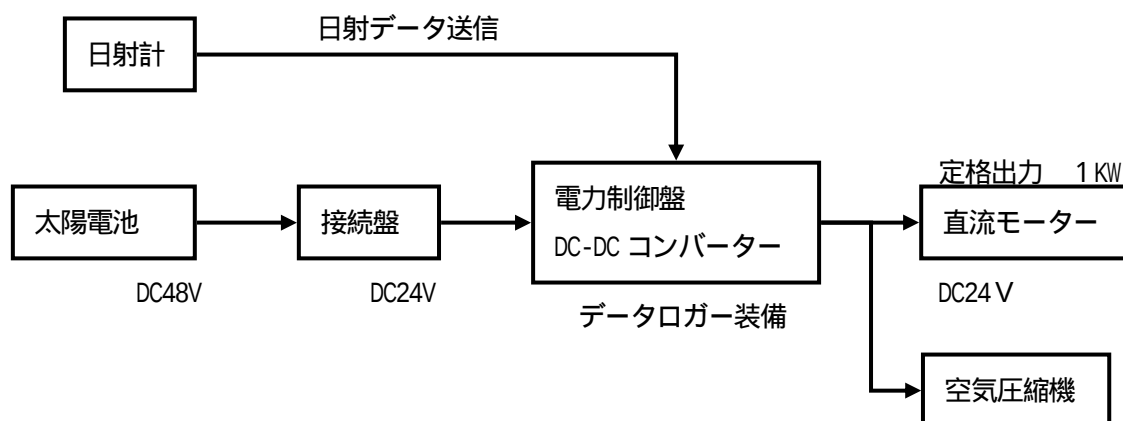


図4 システムフロー

3.4 駆動モーター・空気圧縮機

3.4.1 駆動モーター

変動の大きい太陽電池の発電出力に対応するため空気圧縮機の駆動モーターは直流モーターを選定した。主な選定理由を以下に示す。

太陽電池から供給されるDC電源を直接モーターに入力できるため、直流→交流変換時の生じるエネルギーの損失が生じない。

入力電流とモータートルクは比例関係にあるため、日射変動に応じた電力に応じて回転する。

下図に、モーターの特性を示す。

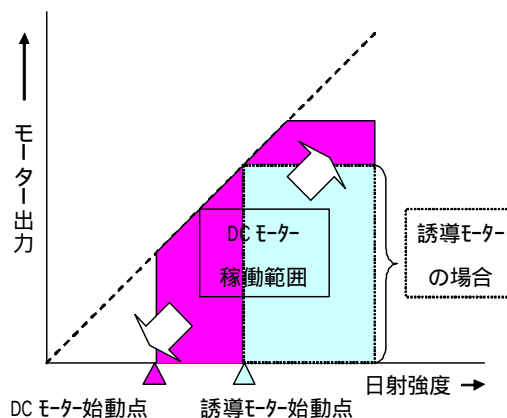


図5 直流モーターの特性

3.4.2 空気圧縮機

空気圧縮機は、2気筒水平対抗型のピストン型の空気圧縮機を採用した。試作機は日射強度の強弱に対応してピストンの稼働を制御できるため、電力の強弱に対応した空気の供給を行うことが可能である。本装置は、十分な電力が供給される場合には、2気筒運転により空気を最大限供給し、一方、日射強度が弱く駆動モーターの回転トルクが低い場合には、単気筒運転を行い、小さい空気量を供給する。(図6 ピストンの制御参照)

また、試作に用いたピストン型の空気圧縮機は、羽地ダム(沖縄)のダム用空気エネルギーシステムに採用され実用化されたリニアクラック式のクランクシャフトを用いた空気圧縮機である。リニアクラック式のクランクシャフトは機構に遊星ギアを持ち、従来のクランク機構と比較して、ピストンの直線往復による横ぶれ、振動、周辺摩擦を軽減する特長を持ち、高効率の2気筒対抗往復を可能としている。(図7 リニアクラックの特長参照)

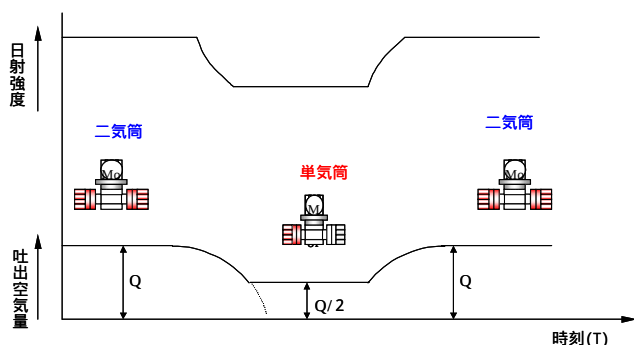


図6 気筒制御

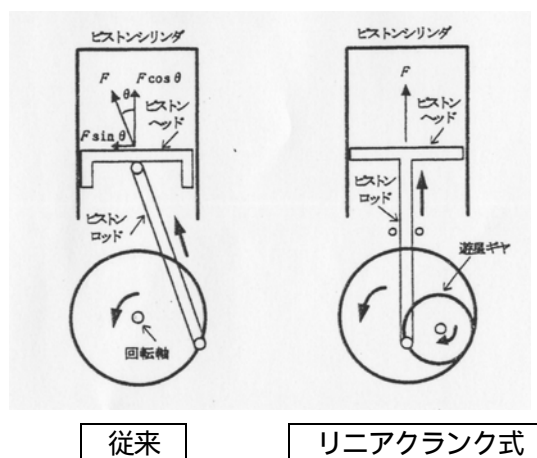


図7 リニアクラックの特長



写真5 ピストン式空気圧縮機（水平対抗型）



写真6 リニアクラック

3.5 散気装置

空気圧縮機とのマッチングテストの結果、対流と空気の溶解の効果と長期においてメンテナンス不要の理由から、セラミック製の散気装置を試作機に選定した。

選定した散気装置は、下記の特徴を持っている。

セラミックの多孔質の隙間から50ミクロン台の気泡が発生する。

多孔質のため低圧力でも（0.1MPa以上）エアレーションが可能ため、ダム湖の水深に対応可能である。

無機質の材質を使用しているため、水中の長期使用に対して耐久性がある。



写真7 セラミック製散気装置



写真8 散気状況

4 . 大型水槽実験概要

実フィールド適用前に開発した試作機の性能確認を行うため、土木研究所所有の水中環境実験施設（直径 20m、深さ 20m）で曝気実験を実施した。実験は、主に溶存酸素量と水温を曝気の前後測定し、装置の効果と範囲を評価検討するものである。大型水槽は長期間放置されていたため、水質の上層から下層にかけて溶存酸素量に差が生じており、曝気の効果을 判別するために良好な条件を備えていた。

また、ダム湖での実フィールド試験と平行して循環流形成のための最小限曝気量の推定するための試験を実施した。

4 . 1 実験ケース

実験ケース 1：事前性能確認試験

実験ケース 2：ダム湖における循環流形成のための最小限曝気量の推定試験

4 . 2 実験施設

（独）土木研究所所有 水中環境実験施設（直径 20m、深さ 20m）



写真 9 大型水槽

4 . 3 実験装置の仕様

表 2 実験装置の仕様

圧縮機	型式 気筒数 駆動方式 回転数 馬力	横型水平対向 2 気筒 ベルト駆動（減速比 1 : 1.7） 1 0 0 0 r p m 1 K W
電動機	定格出力 定格電圧 定格電流 回転数	1 K W 2 4 V 5 6 A 1 7 0 0 r p m
太陽電池	型式（製作所） 開放電圧 / 枚 短絡電流 / 枚 最大出力 / 枚 × 設置枚数 寸法 / 枚(重量) 接続構成 / エット	N E - 1 3 2 A K (シャープ 製) 3 3 . 1 7 V 5 . 4 A 1 3 2 W × 1 6 枚 800 × 1200 (12.5kg) 2 直 2 並列：48V出力

4.4 実験ケース1（事前性能確認試験）

水中環境実験施設（直径 20m、深さ 20m）付近に太陽電池、空気圧縮機等を設置し、ホースを通して水槽下部へ空気を送りこみ曝気実験を行った。また、散気装置や水質測定の際の測定器を自在に上下させるために、簡易的な吊り下げ設備を水槽の両端部に設置した。

（1）実験概要

性能確認試験は、装置の耐久性や稼動状況を調べるための運転観測と曝気装置の効果を検討するために曝気前後の水質測定を実施した。

1）曝気装置運転観測項目

曝気装置の運転計測は下記に示す項目を測定し、実フィールド試験前の試運転を行った。

計測項目：電圧／電流／日射量／回転数／パネル温度／空気量／時間

2）水質測定概要

水質測定は、水質センサーを垂下させ、予め設定した水質監視点の水質測定を行った。

溶存酸素 D O と水温の経時変化を把握することにより、浄化効果、浄化影響範囲の検討を行った。

【計測装置】

マルチ水質モニタリングシステム（ホリバ W22XD）

（曝気装置設置状況）



写真 10 装置設置状況



写真 11 太陽電池



写真 12 空気圧縮機

（2）実験期間

2004 年 10 月 18 日（月）～25 日（火）まで

4.4.1 曝気装置運転観測結果

2004年10月18日(月)～25日(火)までの期間の水槽内の供給空気量と空気圧縮機の運転時間を図8に示す。試験期間中の稼働実績は、最長8時間の運転と1日当りの空気供給量は39.9KLとなった。10月19～20日にかけて機械装置が停止しているのは、天候不良により日照時間が不足した結果である。空気圧縮機の稼働については、図9(10月22日の運転状況)に示す通り日射の変動に追従して、空気圧縮機から吐出される空気量も変動している様子が確認ができる。順調な運転と安全を確認できたため、構成部品の仕様変更なしで実フィールド実験に望むこととなった。

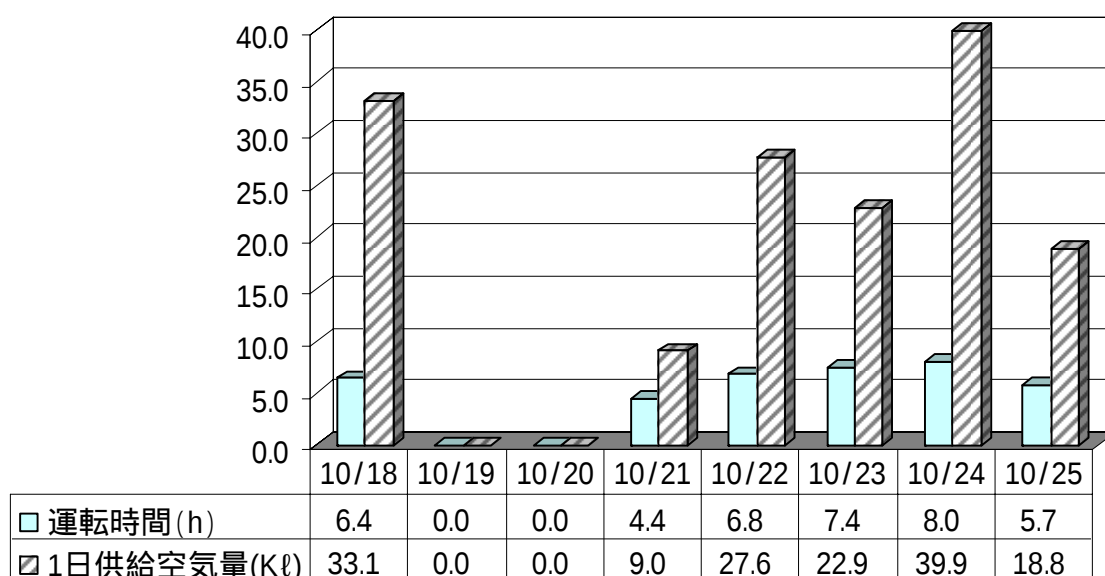


図8 空気圧縮機運転状況

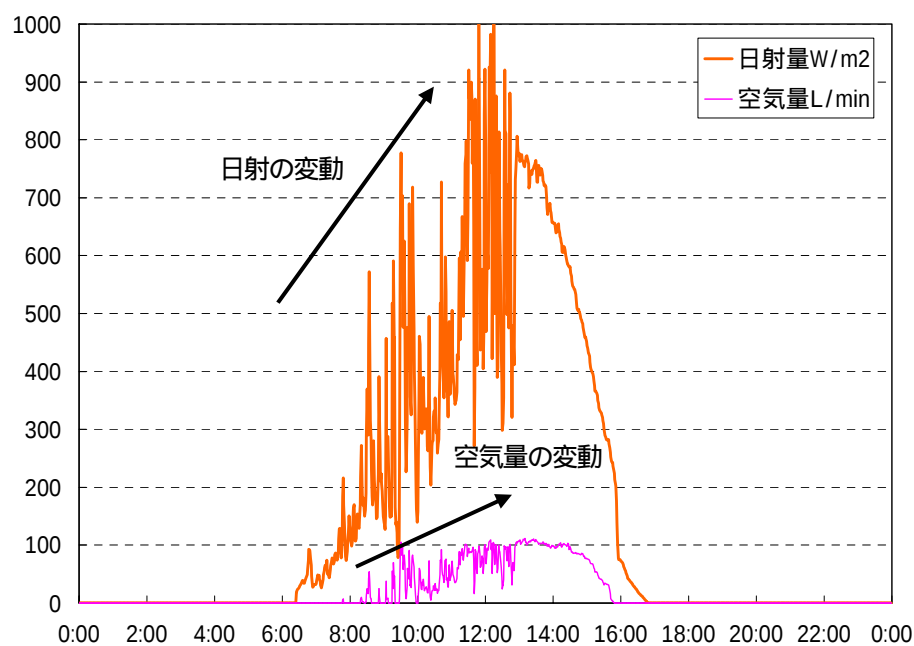


図9 10月22日の運転状況

4.4.2 大型水槽内水質測定概要および結果

水質測定は水質センサーを水槽脇に設置した吊り下げ設備により垂下させ、図 10 に示す水質観測点にて曝気前後の水質測定を行った。測定は主に、水温と溶存酸素を一定間隔で測定し、水槽内の水質の変化を観測した。

【水質測定概要】



写真 13 水質観測点



写真 14 水質観測状況

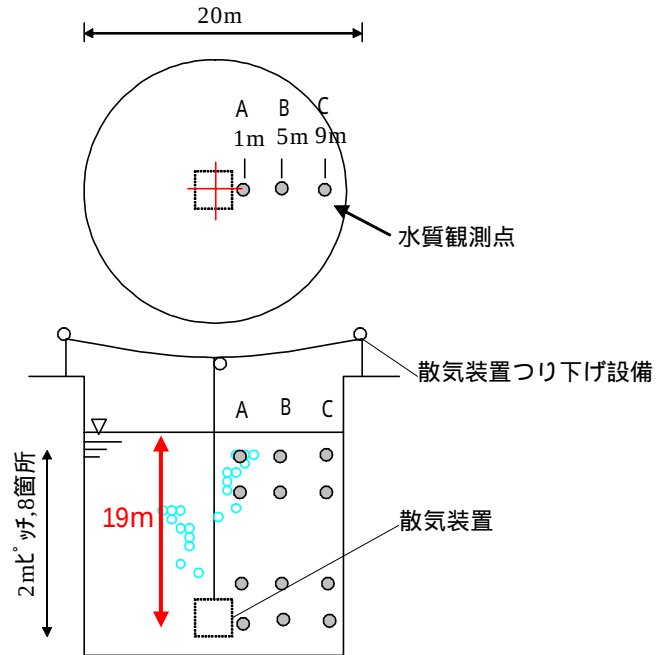


図 10 水質測定概要

【水質測定結果】

図 11 と 12 に水質観測線 A, B における最終的な曝気前後の溶存酸素と分布を示す。

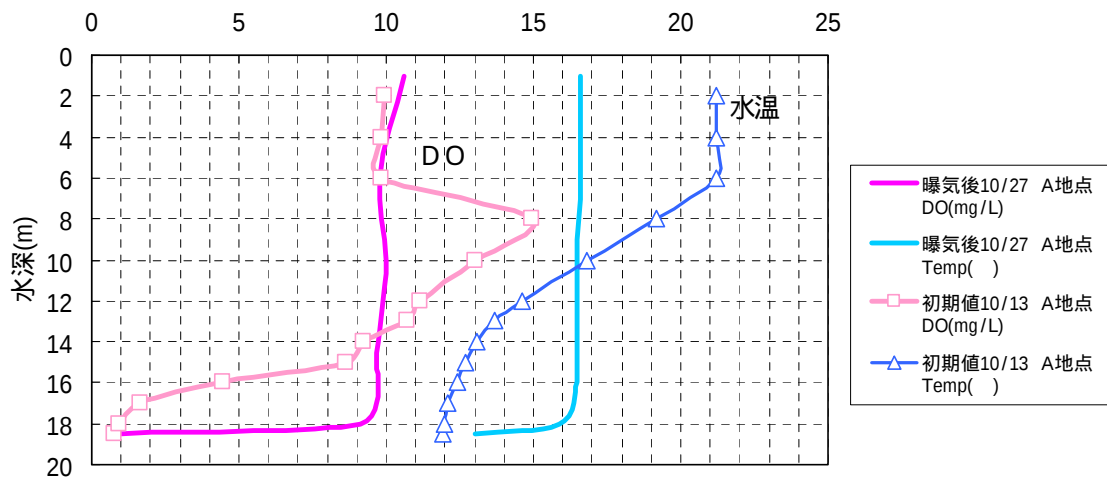


図 11 観測線 A における水質の変化

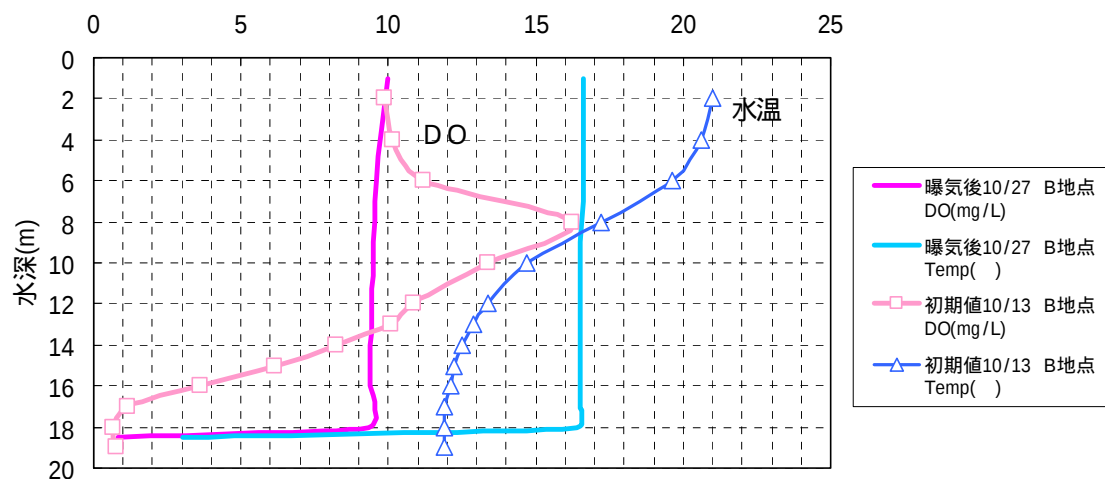


図 12 観測線 B における水質の変化

4.5 事前性能確認試験まとめ

(1) 図 11 と図 12 の溶存酸素と温度の勾配の変化は、水槽内で曝気循環効果を示しており、試作機の循環能力の規模の目安となった。

(2) 装置の日射変動への追従と装置の耐久性を確認し、実フィールドへの適応を判断することができた。

5. 現地実験（亀山ダム適用実験）

試作機の長期的な耐久性と水質改善効果を実証するため、千葉県君津市東部に位置する亀山ダムに装置を適用し実験を行った。亀山ダムの選定理由は、1) 長期に渡りダム湖の水質測定が行われているため水質に関するデータ量が豊富である、2) 気象条件に恵まれ日照時間が多い、3) 関東近郊という地理的な要因、という好条件を含んでいたからである。なお、実験期間中、千葉県亀山・片倉ダム管理事務所の皆様には、実験フィールドの提供ならびに船外機の貸与など多大なご協力を頂いた。

【千葉県 亀山ダム位置図 平面図】



図13 亀山ダム位置図（パンフレットより抜粋）

図14 亀山ダム位置図（国土地理院HPより）

表3 亀山ダムの概要

亀山ダム		貯水池	
形式	重力式コンクリートダム	集水面積	69.7 km ²
堤の高さ	34.5 m	湛水面積	1.39 km ²
堤頂長さ	156 m	有効貯水	13,350,000 m ³

5.1 実験期間

平成16年11月15日～18日（装置準備）

平成16年11月21日 曝気装置運転開始

実験装置運転期間（平成16年11月21日～平成17年9月30日）

共同研究期間は、平成16年3月末までだが、千葉県亀山・片倉ダム管理事務所側のご厚意により水質の悪化が予想される夏季まで継続して実験を行うこととなった。

表4 亀山ダム実験工程表

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	9月末
事前実験 （大型水槽）								
現地実験 （ダム湖）								

5.2 現地実験の目的

現地実験において、下記項目を検討し、装置の性能評価を行った。

耐久性の評価

装置を長期間稼働させることによって、構成部品の耐久性やメンテナンス時期を検討する。

また、表4に示す天候、季節、時間帯における装置の稼働状況を観察する。

表4 実験装置の稼働パターン

	晴	夜間	曇	雨
気象及び時間帯				
装置稼働	運転	停止	運転	停止
吐出し空気量	大	無	低下	無

水質改善効果

曝気の影響範囲内の水質を昼夜連続で一定期間測定を行い、溶存酸素量、水温等を測定し改善効果を検討する。

亀山ダム湖の水質測定

装置の定期点検を行う際にダム湖の水質を定期的に測定することにより、ダム湖の水質変化を観察し装置の効果的な適用期間を判断する目安とする。

5.3 曝気箇所および装置設置場所

実験装置の維持管理を考慮し、空気圧縮機や太陽電池等の陸上設備に関しては亀山ダム管理事務所の敷地内に設置し、散気場所については、亀山ダムで以前から水質観測が行われている観測点に近い場所を選び散気場所の設定を行った。

【散気装置設置場所】

亀山ダム本体から南へ約 20m
管理事務所側端部から約 25m
(図 15 参照)

【陸上装置設置場所】

亀山ダム管理事務所敷地内

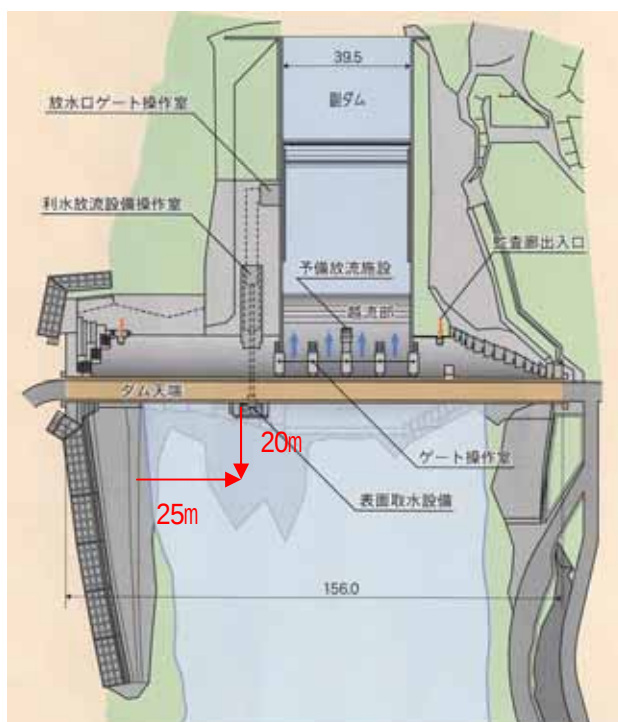


図 15 曝気装置設置場所(亀山ダムパンフレットより抜粋)

5.4 実験装置設置状況

太陽電池は、日射量が豊富な亀山ダム管理事務所の屋上の南向きに設置し、空気圧縮機は敷地内の庭に設置した。散気装置は、埋設と流出防止のため架台に取り付け設けてダム湖へ沈設した。



写真 15 太陽電池（管理事務所屋上設置）



写真 16 電力制御装置



写真 17 左：空気圧縮機
右：計測装置



写真 18 実験状況



写真 19 散気装置（水中沈設）

5.4 気象測定装置

実験中の気象観測については、亀山ダム管理事務所では毎日観測している測定値を基準とした。日射量については、亀山ダム管理事務所では測定している日射計（管理事務所屋上に設置）の他に、太陽光モジュール付近に日射計を新たに設置して日射量の計測を行った。



写真 18 亀山ダム管理事務所 日射計

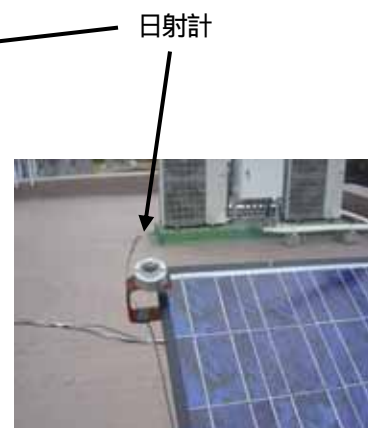


写真 19 太陽光パネル脇 日射計

5.5 曝気装置の運転観測概要

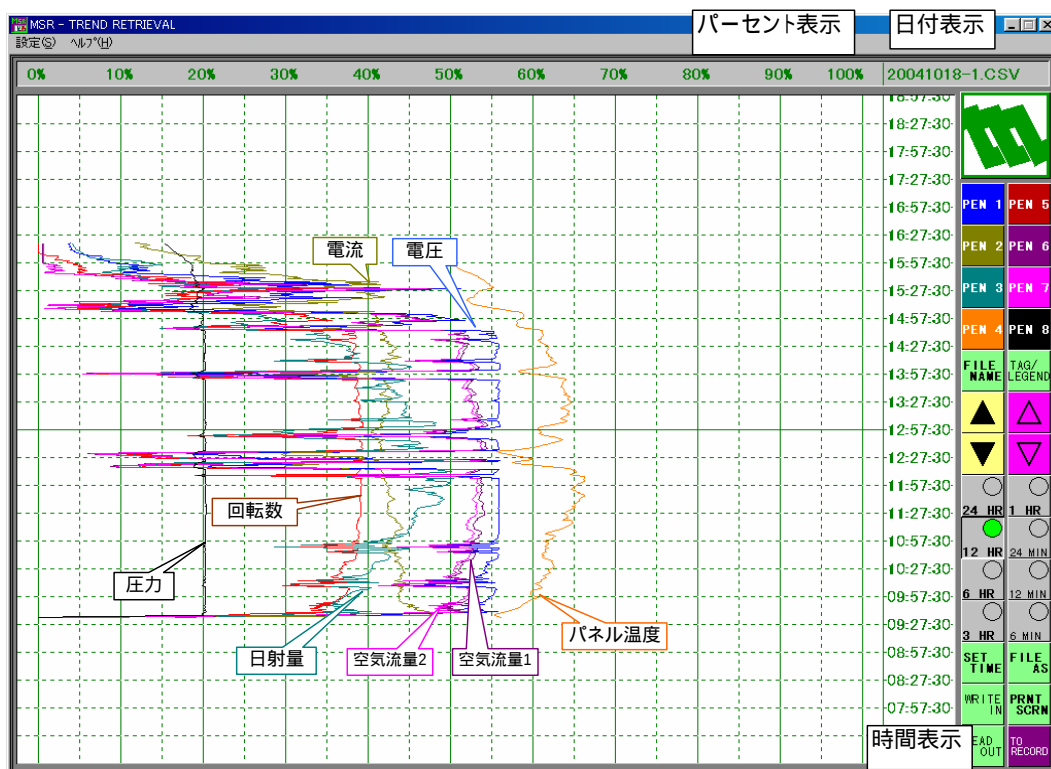
装置の稼働状況を把握するため、下記の項目をパソコンのモニターで常時観測できるような観測システムとした。運転時の測定項目を下記に示す。

計測項目：電圧／電流／日射量／回転数／パネル温度／空気量／時間／圧力

日々の測定データは接続されたパソコンに自動的に保存され、パソコンは、屋外ではなく亀山ダム管理事務所内の一室を借用し設置を行った。下図に実際のモニター上の画面を示す。

(例 1日の運転記録)

太陽光システム曝気装置 運転データ 表示説明



名称	最大値	最小値
PEN1 電圧(2次)	40	0
PEN2 電流	75	0
PEN3 日射量	2000	0
PEN4 パネル温度	100	-50
PEN5 回転数	2500	0
PEN6 空気流量1	100	0
PEN7 空気流量2	100	0
PEN8 圧力	10	0

図 16 曝気装置運転観測図

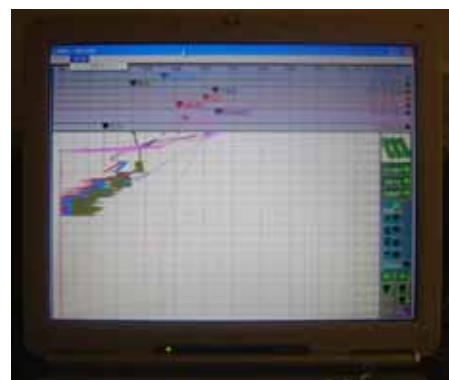


写真 20 モニターでの状況

5.6 耐久性の評価

下表とグラフに実験期間中の試作機の運転時間と空気圧縮機で製造された空気量を示す。

表5 実験期間中の稼働実績

	日照時間(時間)	運転時間(時間)	空気量(KL)
16年11月	78.7	71	420.8
12月	193.7	161.7	820.2
17年1月	216.4	187.5	1028.1
2月	185.8	160.5	781.2
3月	239.4	203.6	1034.8
4月	270.6	167.9	787.9
5月	247.6	139.6	575.8
6月	261.1	205.6	873.9
7月	281.4	238.6	933.2
8月	294.4	270.9	1123.5
9月	251.3	233.4	931.7
Σ	2520.4	2040.3	9311.1

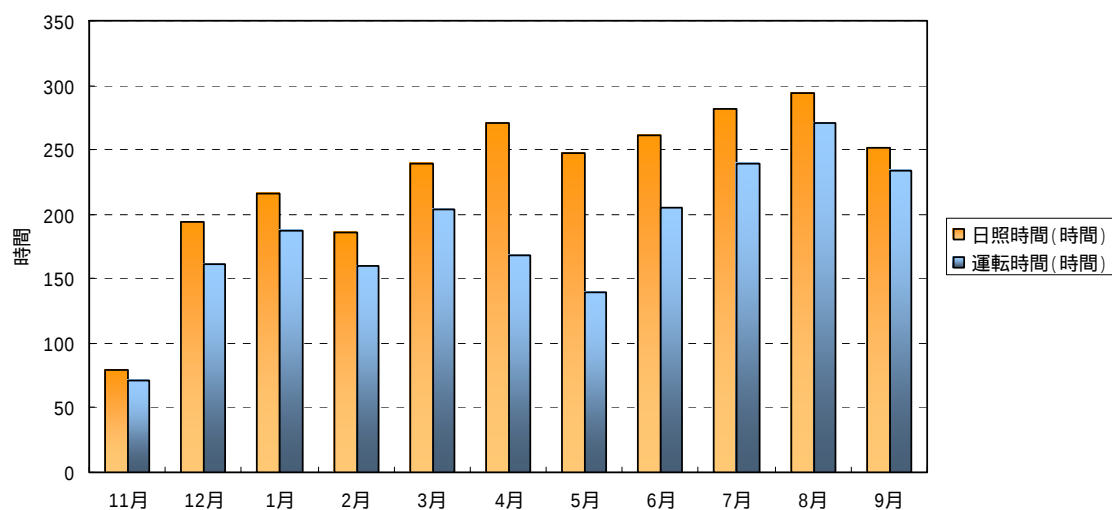


図16 日照時間と運転時間の関係

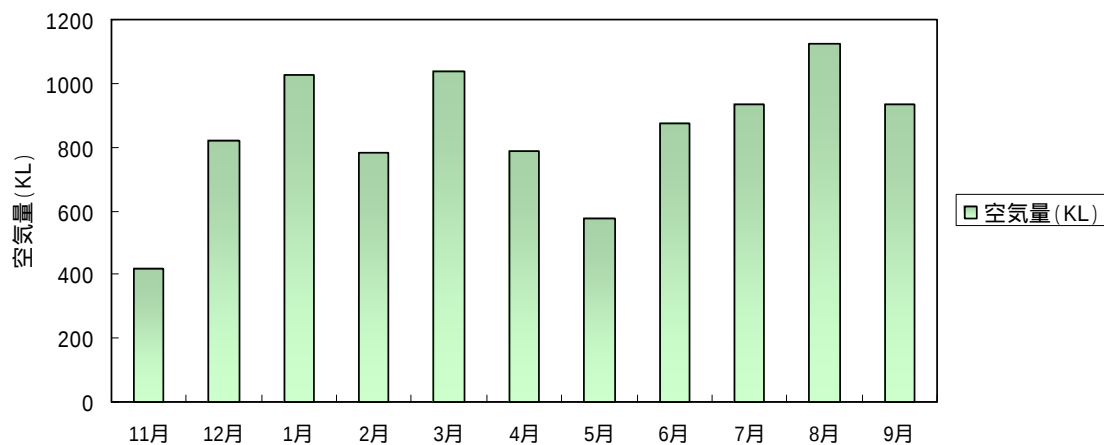


図17 実験期間中の空気量の変化

実験結果を整理した結果、試作機の稼働実績を下記に示す。

【運転時間と稼働率】

平成 16 年 11 月 21 日～平成 17 年 9 月 30 日

【運転時間と稼働率】

実験期間中の亀山ダムの日照時間（120w/m²以上の時間） 2520 時間

空気圧縮機 稼働時間 2040 時間

稼働効率 81%

【実験期間中の空気量】

9311KL 約 931 万リットルの供給

5・6・1 耐久性の考察

- ・試作機の稼働は、予想通り、日照時間の増加に比例して運転時間も増加することが明らかになった。しかし、空気圧縮機から製造される空気量は、装置の特性から日射量 600W/m² を境に一定出力となるため、冬場に降雨量の少ない千葉県の気象条件下では、夏季に著しく空気量が増加するような傾向は見られなかった。
- ・4 月、5 月に、稼働実績が低下した理由は、予想された以上に太陽電池の発電量が多く電力制御装置の構成部品の一部が発熱により動作が不安定となり、原因究明と修理に時間を費やした結果である。運転の支障となった構成部品に関しては、電気容量の大きい部品に交換したため、5 月中旬以降、同様な故障は起きなかった。
- ・試作機は、平均して 1 日約 7 時間の運転を行い、9 月末まで 2,040 時間の稼働実績を得た。
- ・実験期間中、季節の変化や悪天候にも左右されない装置の屋外における耐久性が確認できた。

5.6.2 試作機の実験期間中の運転性能確認

下図18は、平成17年6月28日における装置の運転観測結果である。当日は、実験期間中、特に1日の日射積算量が高い日であった（亀山ダム気象日報より）。図18は、日射量の変化に追従して空気圧縮機が稼動していることを示し、日射強度が600w/m²以上の時、吐出空気量が一定となっているのは、モーターを定格出力以内の回転数に制御しているためである。

また、図19は、実験期間中の気象観測において日射量の最高時に試作機の出力電力が最高で700Wまで達したことを示している。

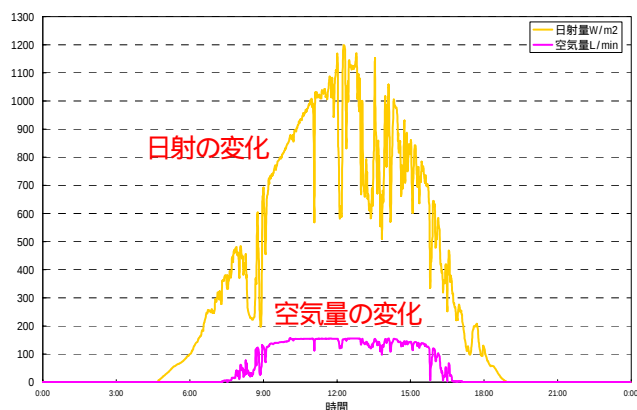


図18 曝気装置運転観測図

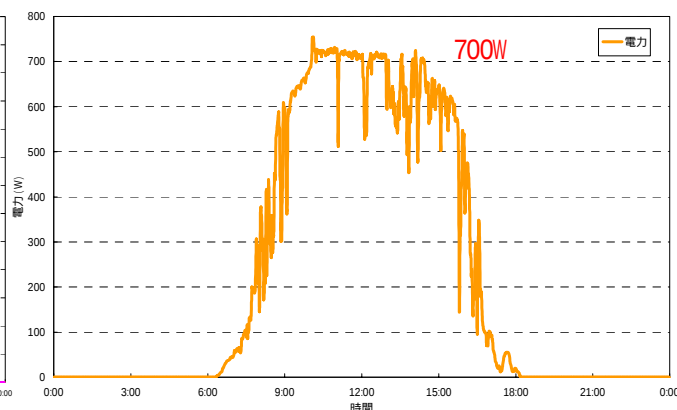


図19 出力電力の変化

【空気量の算定式】

図20は実験期間中の1日における日射の変動が最も少なかった平成17年1月2日の日射の変化を示す。この時の空気圧縮機へ動力を伝える直流モーターの回転数と空気圧縮機から吐出される空気量の関係を図21のグラフに示すと分布は直線を示し、モーターの回転数と空気量の関係式を得ることができた。

関係式 $Y = -0.1323X - 10$

Y: 空気量(L/min) X: 回転数 (rpm)

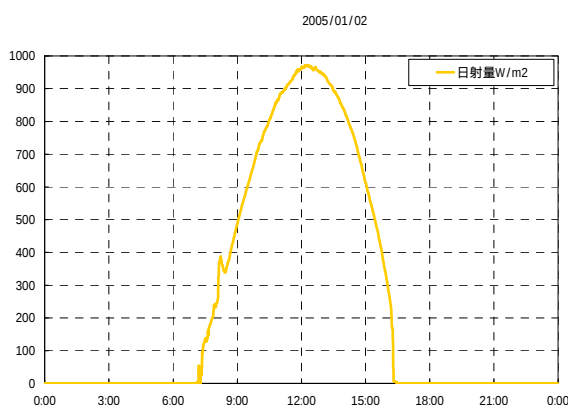


図20 日射量の変化

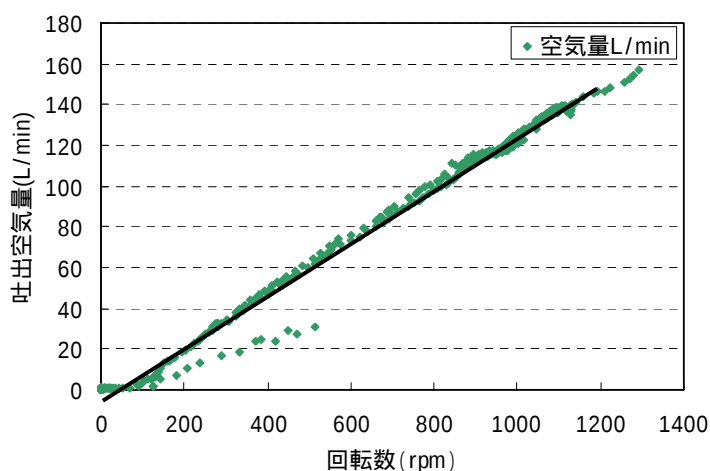


図21 回転数と空気量の関係

5.7 水質改善効果の検討

曝気装置近傍の水質を昼夜連続で一定期間測定を行い、水質の改善効果を検討した。改善効果の指標は、溶存酸素の改善を主に対象とし、他の測定項目については、参考データとして利用することとした。また測定は、曝気中心部近傍と装置の影響が及ばない場所の測定を行い、装置の効果が判別できるように測定を実施した。（図22 参照）

5.7.1 測定機材の設置（水質自動測定装置）

- ・水質自動測定は、Y S I社製の多項目水質計（Model 6000UPG）を使用した。（写真21 参照）
多項目水質計は溶存酸素DO、水深、水温、導電率、PHの測定する機能を有している。
- ・多項目水質計は、機器構成を済ませた後、浮きとロープによって湖上に浮かべ設置を行った。
- ・測定機材は、図17が示す散気部を測定後、ダムの網場付近の曝気影響外の地点に移動し計測を行った。



写真22 多項目水質計と装置設置前

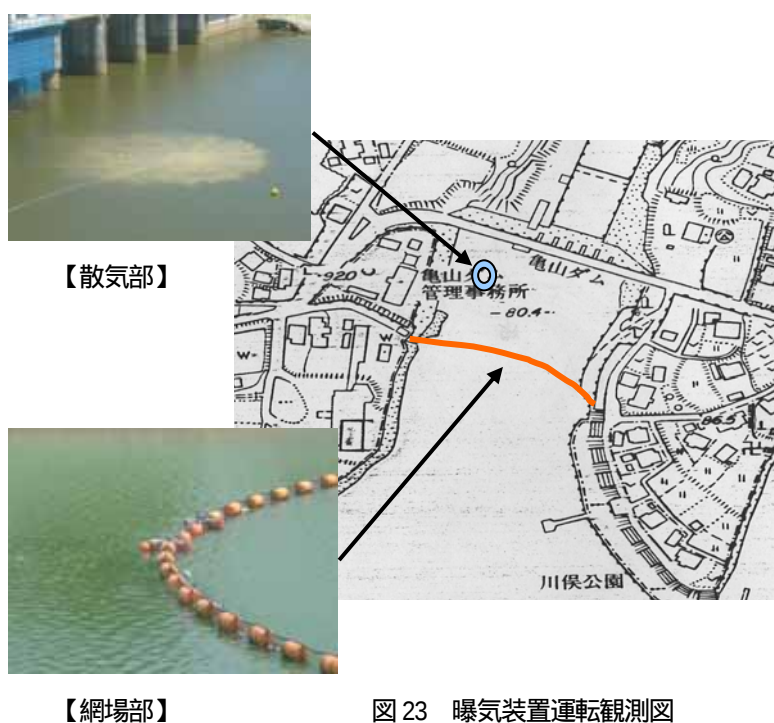


図23 曝気装置運転観測図

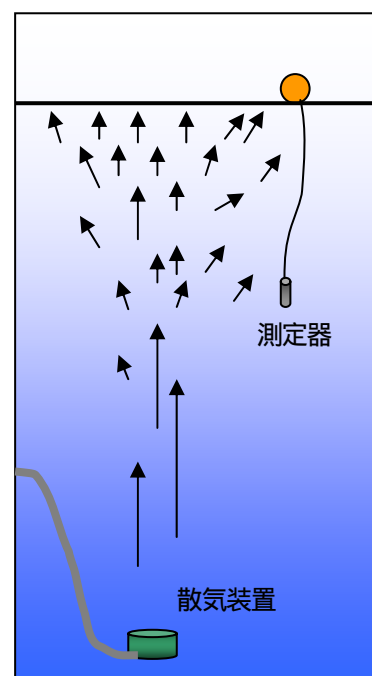


図24 多項目水質計設置図

5.7.2 測定計画

測定は、8月9日より行った。測定は目的に応じて以下の3回に分けて実施した。第1回及び第2回の測定器の設置は曝気装置近傍に3回目～5回目の設置では曝気装置より離れた網場に設置した。

第1設置期間：2005年8月9日 14:25～2005年8月18日 13:21

設置水深：5m，測定間隔 3分

第2設置期間：2005年8月18日 15:01～2005年8月23日 11:11

設置水深：5m，測定間隔 10分

第3設置期間：2005年8月23日 11:31～2005年8月25日 11:31

設置水深：5m，測定間隔 10分

第4設置期間：2005年9月8日 ～2005年9月13日

機器故障のため欠測

第5設置期間：2005年9月13日 14:00～2005年9月20日 12:00

設置水深：5m，測定間隔 10分

5.7.3 測定結果

装置の水質改善効果定を示す第1回目と第2回目の測定結果を次頁の図25から図34に示す。

また、装置の影響がない部分を測定した第5回目の結果を図35～図39に示す。

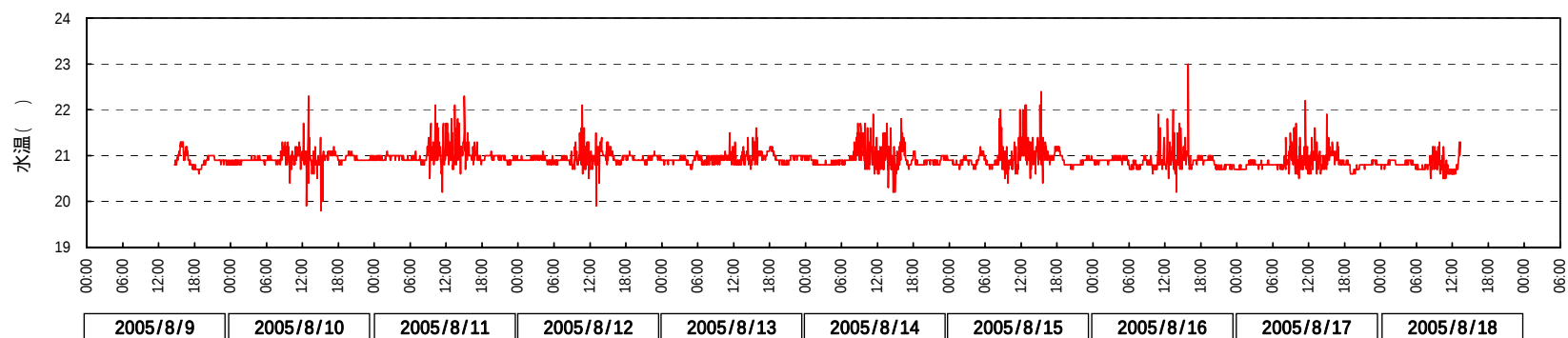


図 25 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 1 回目 水温 (期間: 2005 年 8 月 9 日 ~ 8 月 18 日, 設置水深: 5m)

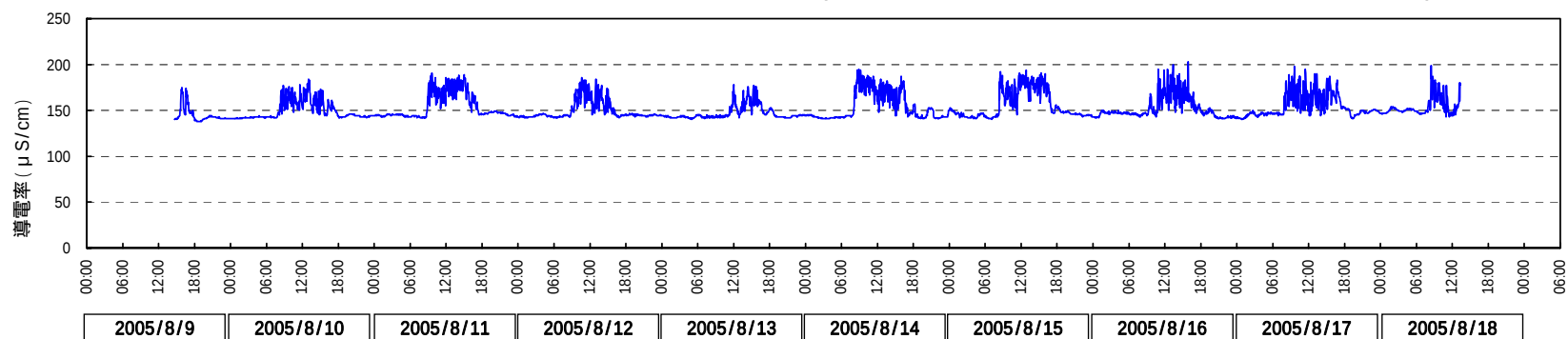


図 26 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 1 回目 導電率 (期間: 2005 年 8 月 9 日 ~ 8 月 18 日, 設置水深: 5m)

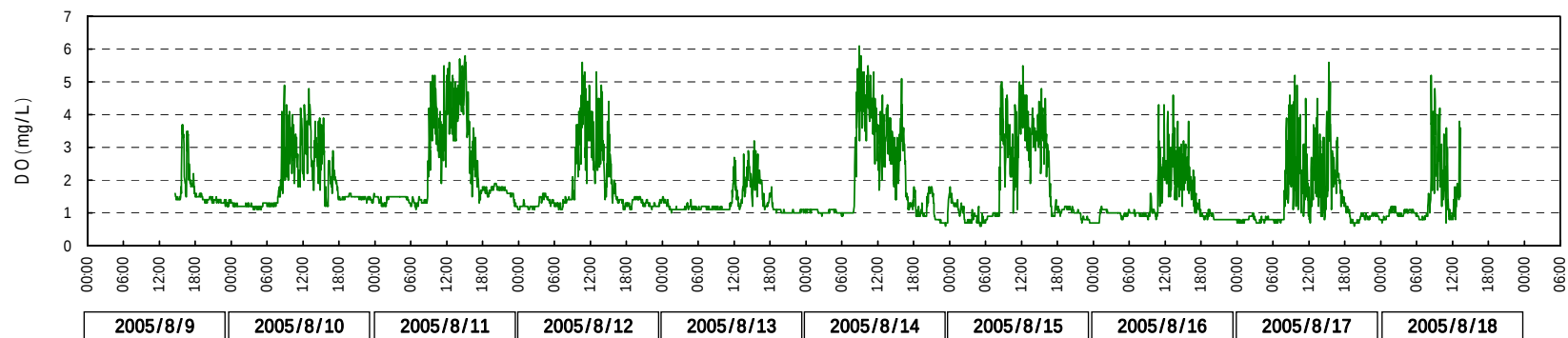


図 27 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 1 回目 溶存酸素 (期間: 2005 年 8 月 9 日 ~ 8 月 18 日, 設置水深: 5m)

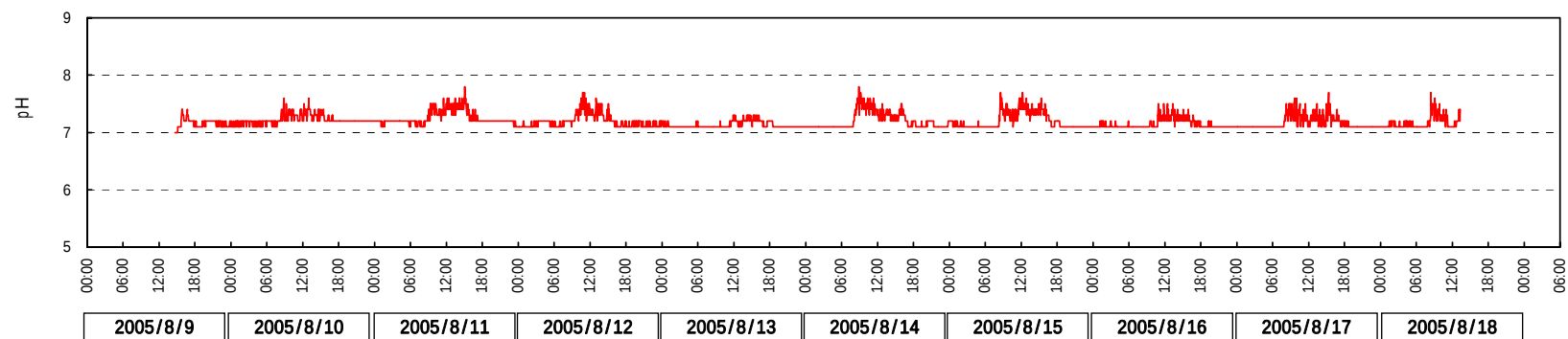


図 28 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 1 回目 P H （期間：2005 年 8 月 9 日～8 月 18 日，設置水深：5m）

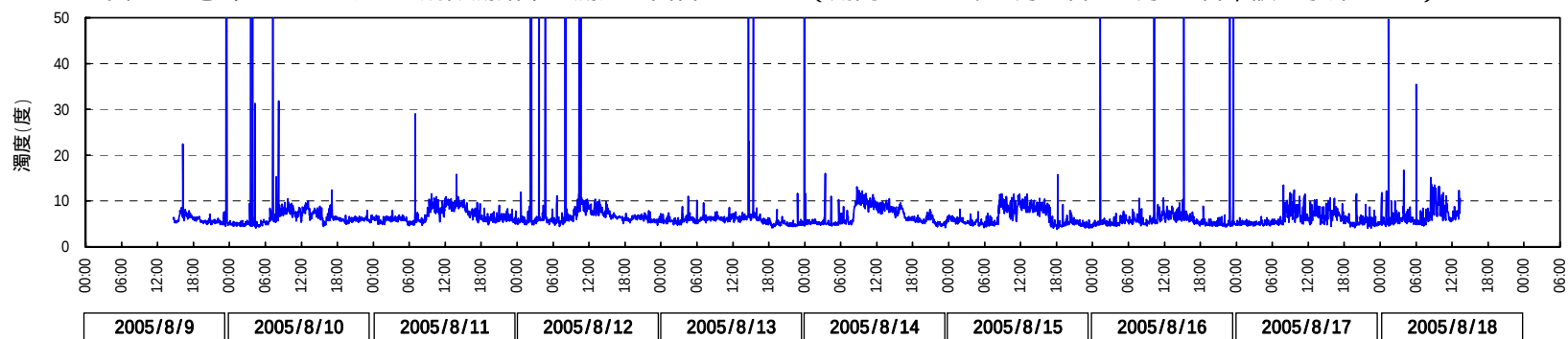


図 29 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 1 回目 濁度 （期間：2005 年 8 月 9 日～8 月 18 日，設置水深：5m）

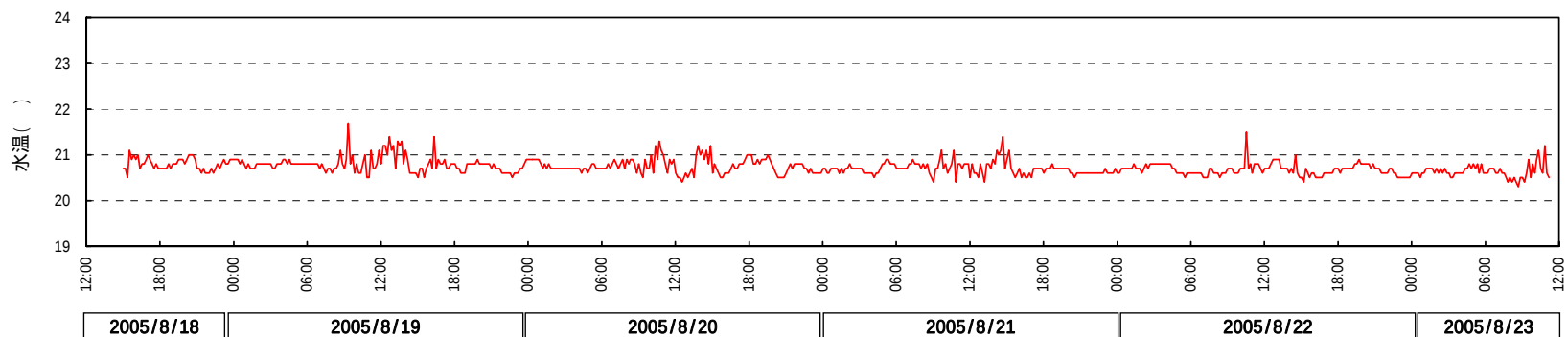


図 30 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 2 回目 水温 (期間：2005 年 8 月 18 日～8 月 23 日，設置水深：5m)

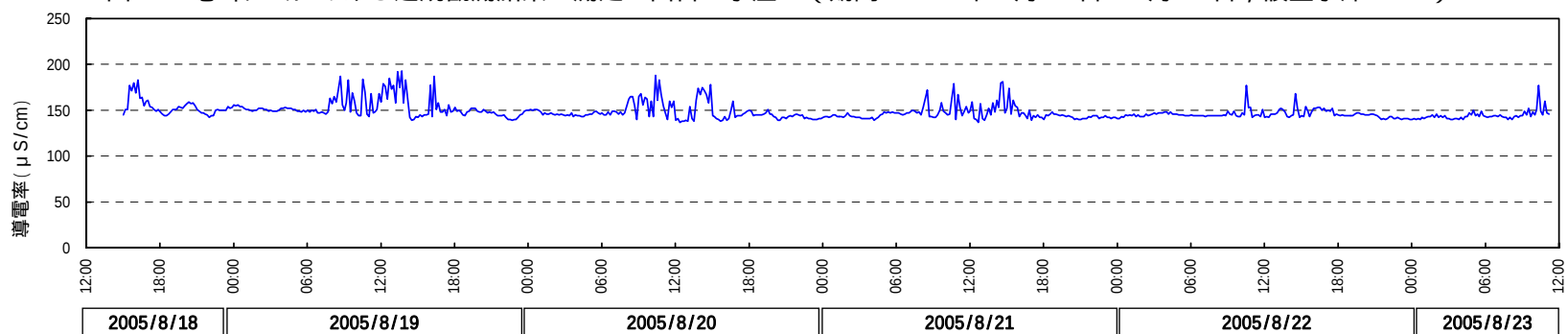


図 31 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 2 回目 導電率 (期間：2005 年 8 月 18 日～8 月 23 日，設置水深：5m)

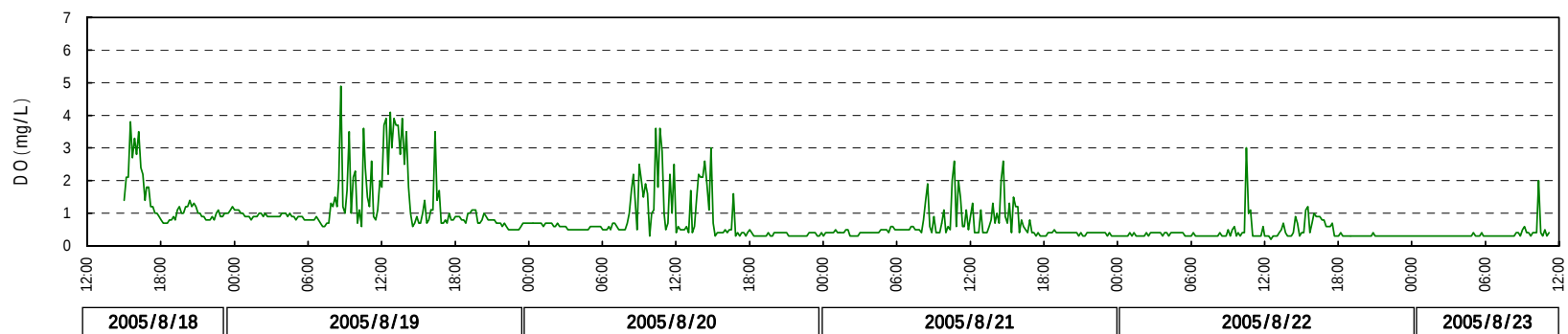


図 32 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 2 回目 溶存酸素 (期間：2005 年 8 月 18 日～8 月 23 日，設置水深：5m)

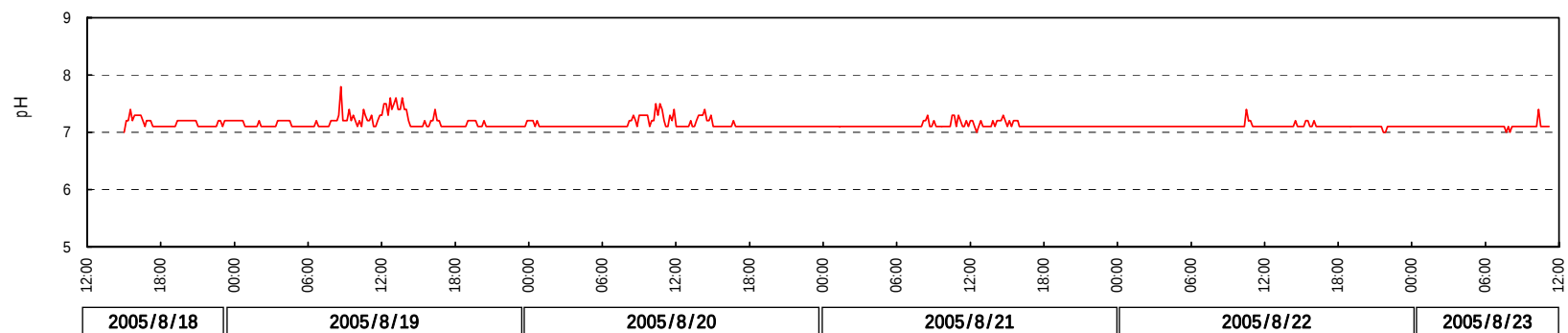


図 33 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 2 回目 P H （期間：2005 年 8 月 18 日～8 月 23 日，設置水深：5m）

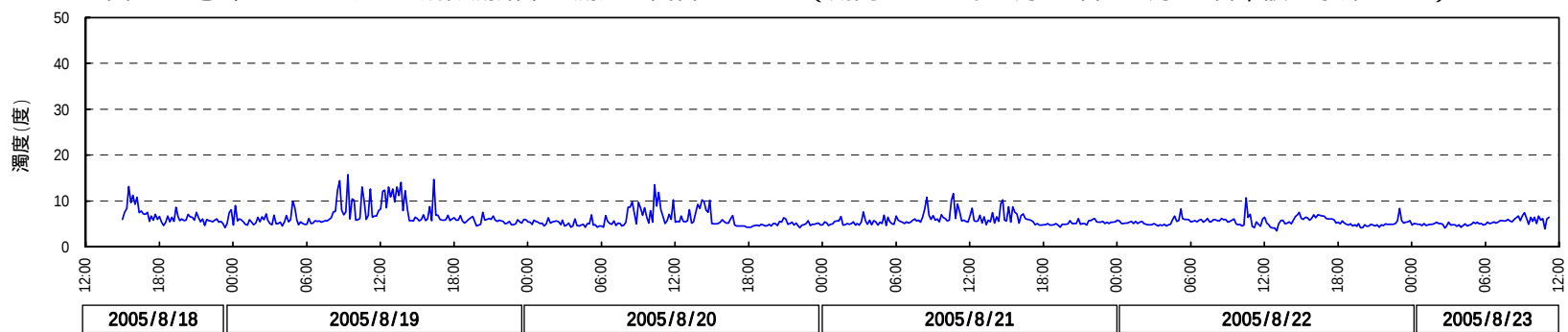


図 34 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 2 回目 濁度 （期間：2005 年 8 月 18 日～8 月 23 日，設置水深：5m）

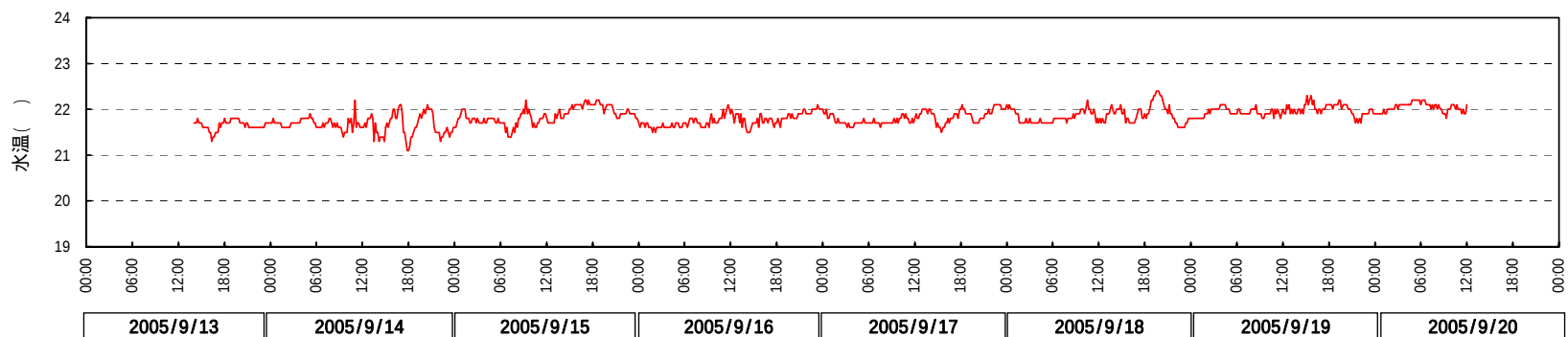


図 35 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 5 回目 水温 (期間: 2005 年 9 月 13 日 ~ 9 月 20 日, 設置水深: 5m)

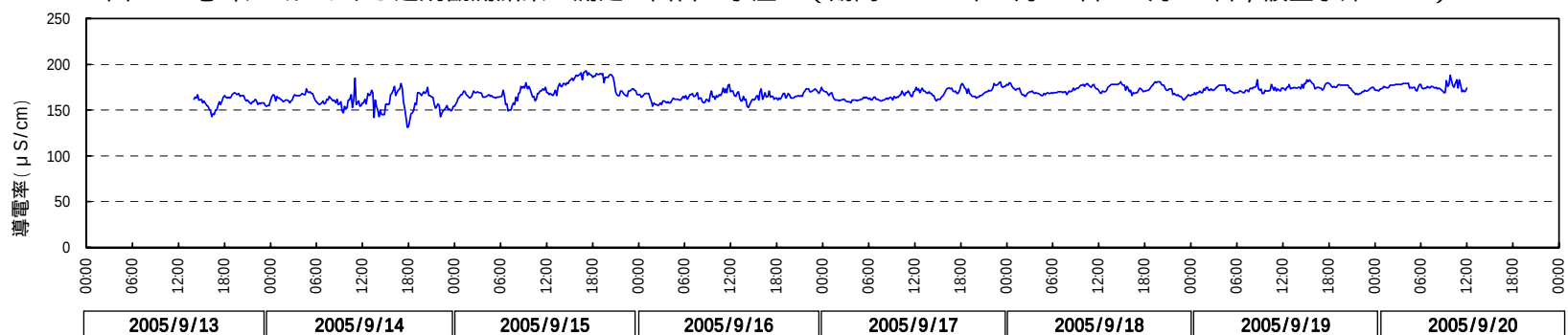


図 36 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 5 回目 導電率 (期間: 2005 年 9 月 13 日 ~ 9 月 20 日, 設置水深: 5m)

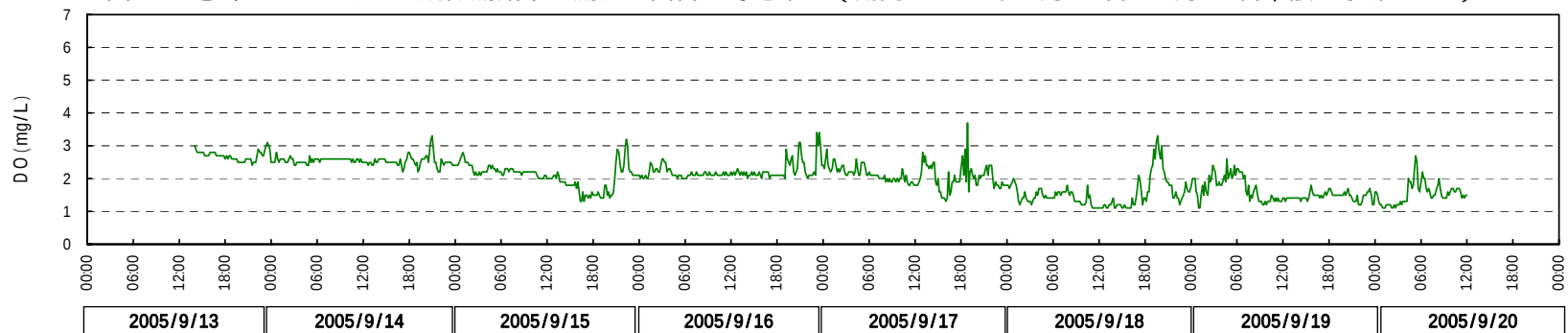


図 37 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 5 回目 溶存酸素 (期間: 2005 年 9 月 13 日 ~ 9 月 20 日, 設置水深: 5m)

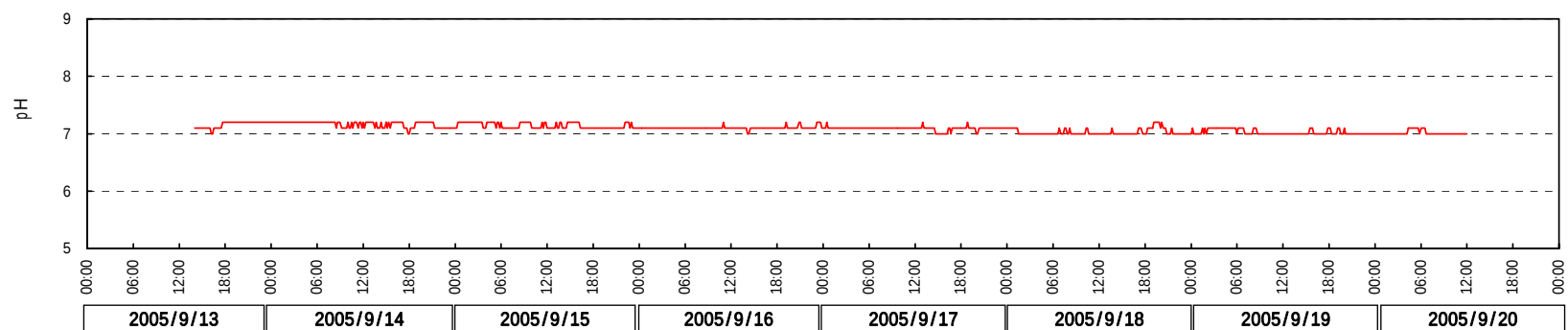


図 38 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 5 回目 P H （期間：2005 年 9 月 13 日～9 月 20 日，設置水深：5m）

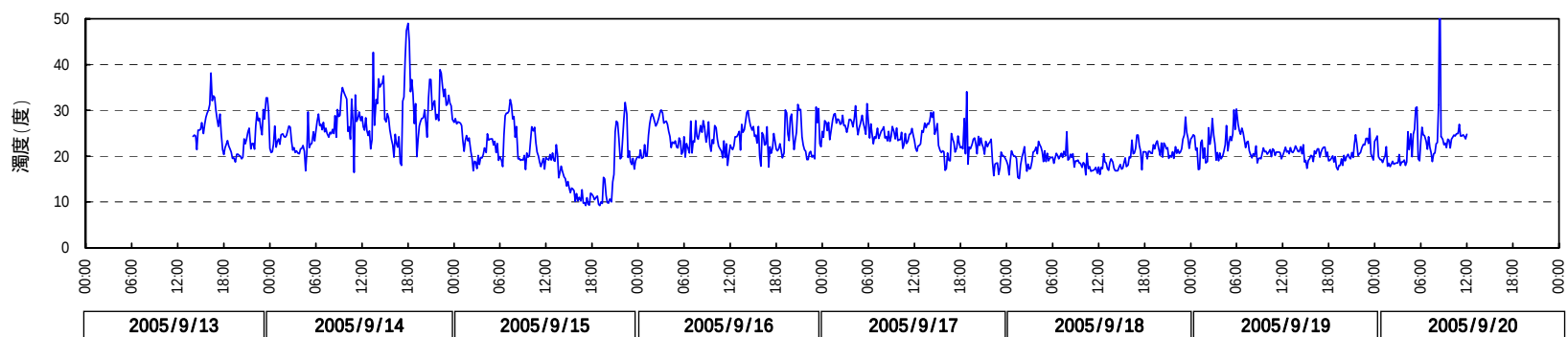


図 39 亀山ダムにおける連続観測結果 測定 5 回目 濁度 （期間：2005 年 9 月 13 日～9 月 20 日，設置水深：5m）

5 . 7 . 3 結果考察

- ・水質測定の結果、曝気装置近傍と装置の影響が及ばない場所（網場）では、明らかに水質変化の傾向が異なり、装置の稼動に伴った溶存酸素の上昇と判断できる。
- ・日没後、曝気装置の停止に伴い付近の溶存酸素が減少したことは、実験場所周囲の水塊の流入が大きく装置の効果を散逸させてしまったためと推察される。
- ・曝気装置による表層の泡の広がり、直径 10m 程度の円形を示した。

5.8 亀山ダム湖の水質測定

5.8.1 測定概要

装置の定期点検を行う際に、ダム湖の水質変化を観察し装置の効果的な適用期間を判断する目安とした。水質測定は曝気中心から一定範囲の測定を行い、装置の影響範囲の検討も同時に行った。

下表6に水質測定日の一覧を示す。

【期 間】平成16年11月18日～平成17年8月9日

設置日16年11月18日

表6 水質測定日一覧

	実施日	備 考
	16年11月18日	初期値
	11月25日	1週間後
	12月21日	1ヶ月後
	17年01月27日	2ヶ月後
	02月24日	3ヶ月後
	03月23日	4ヶ月後
	04月18日	5ヶ月後
	05月19日	6ヶ月後
	06月20日	7ヶ月後
	07月25日	8ヶ月後
	08月9日	8.5ヶ月後

【測定箇所】

水深：-1m/-5m/-10m/最下部 の5点

平面位置：散気場所から-1m/5m/10m/15m 離れた点 4点

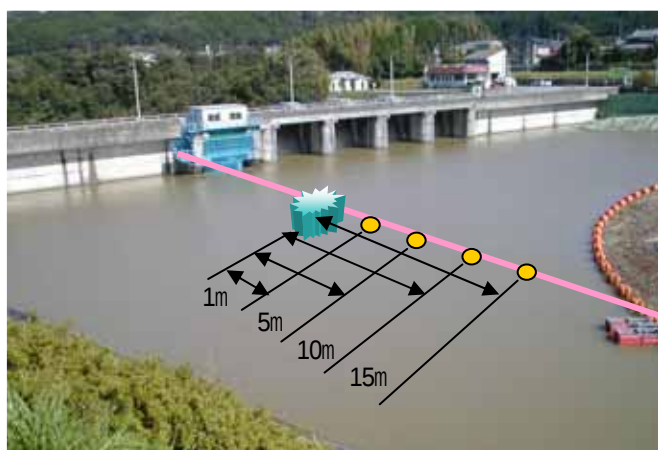


図40 測定位置平面図

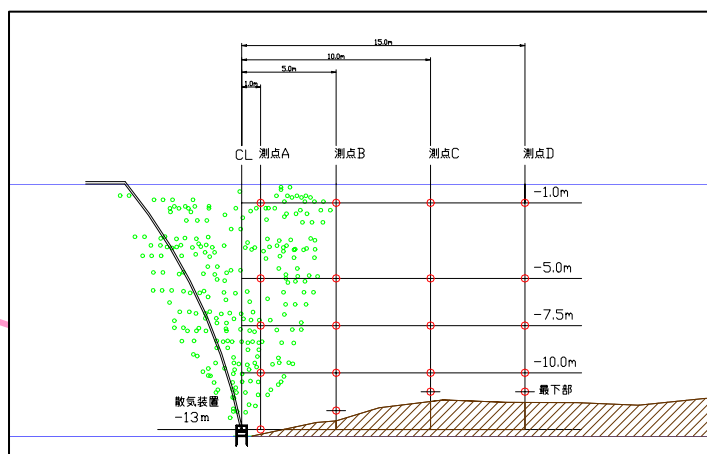


図41 測定位置断面図

【水質測定状況】

水質測定は、図 42 に示すように船上からセンサーを測点まで降下させて水質測定を行った。
測定箇所の位置出しは、メッセンジャーロープをダム堤体からダムの網場に張り、測量点の位置出しを行い
定位置で測定ができるように工夫した。

水質測定器は、大型水槽実験に使用した水質測定器と同様の測定器（マルチ水質モニタリングシステム：
ホリバ W22XD）を使用した。



写真 23 測定状況

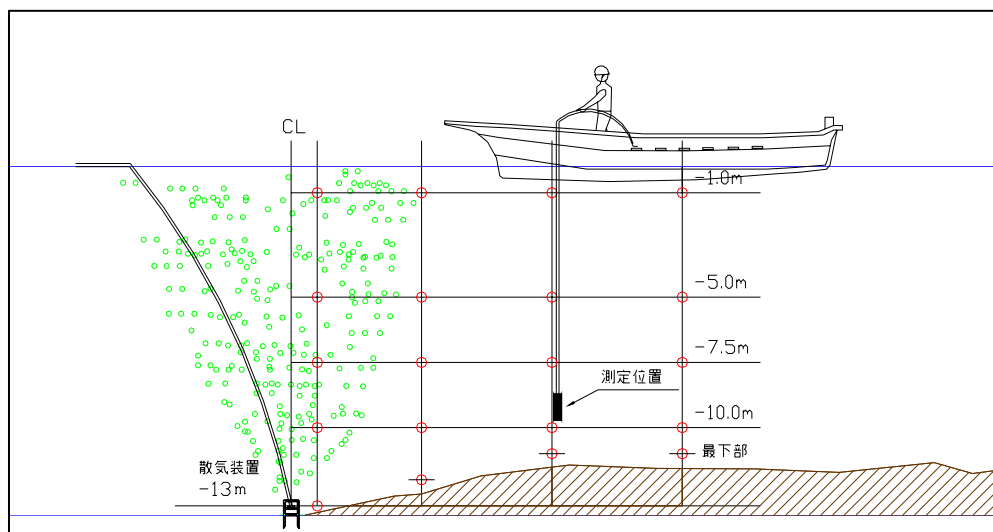


図 42 測定状況図

5.8.2 測定結果

実験期間中（04年11月～05年8月）のダム湖の溶存酸素の測定結果を次図43～図52に示す。

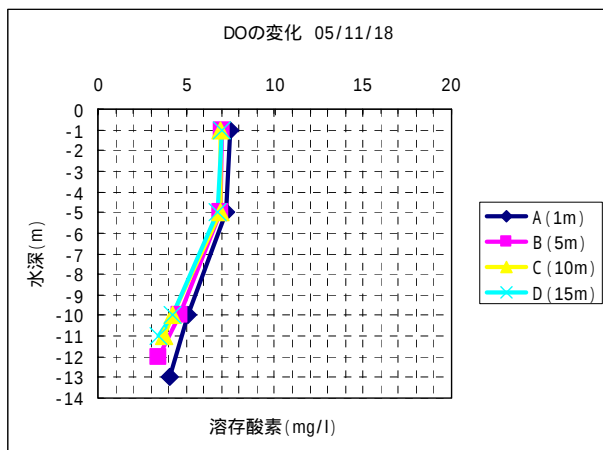


図43 溶存酸素分布 初期値

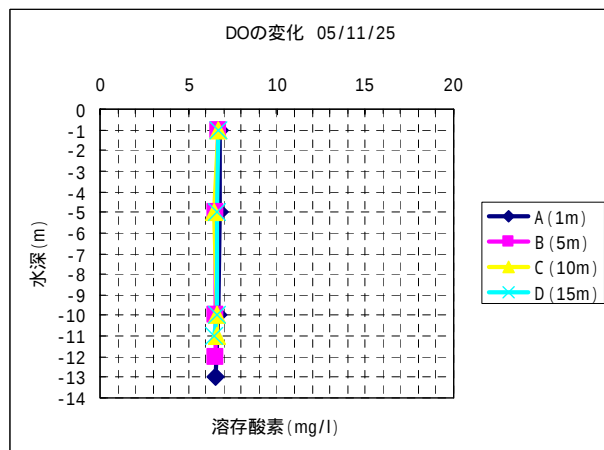


図44 溶存酸素分布 1週間後

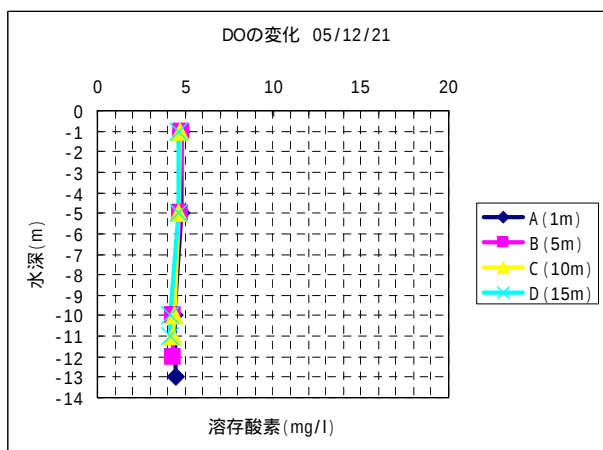


図45 溶存酸素分布 1ヵ月後

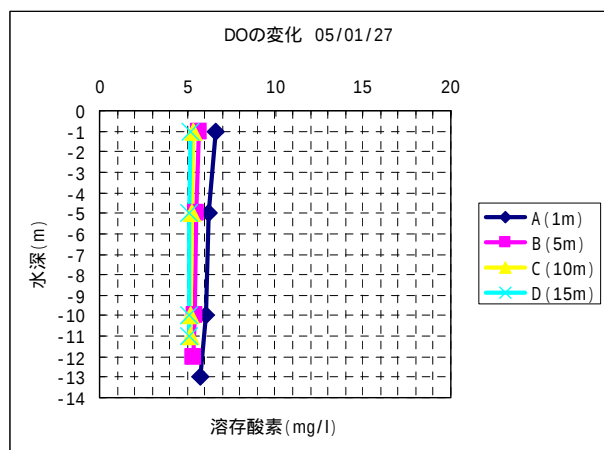


図46 溶存酸素分布 2ヵ月後

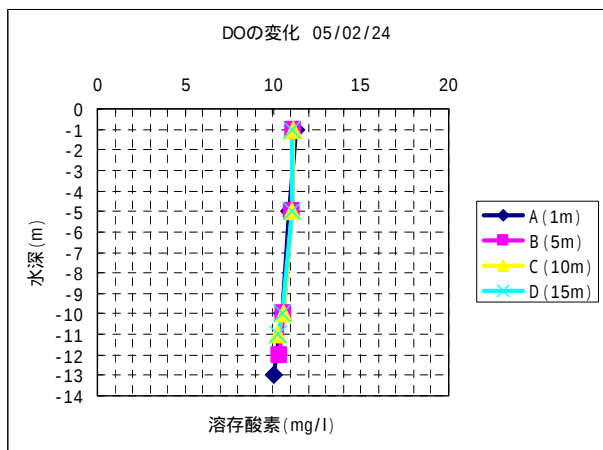


図47 溶存酸素分布 3ヵ月後

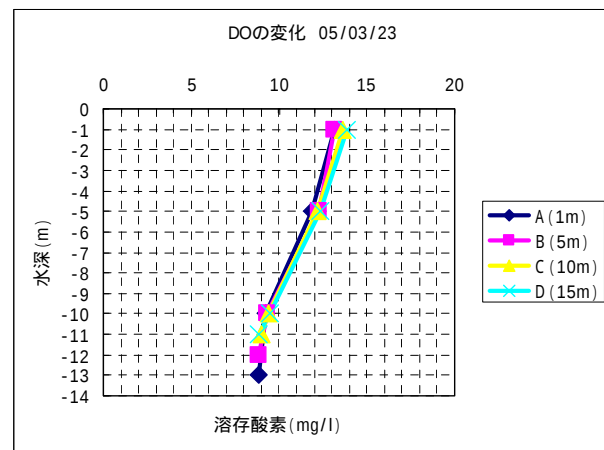


図48 溶存酸素分布 4ヵ月後

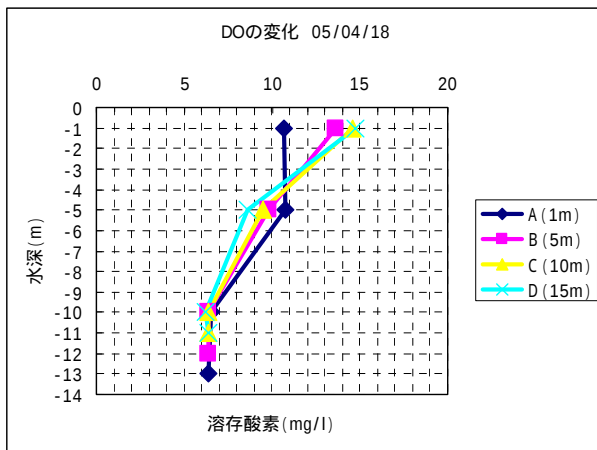


図 49 溶存酸素分布 5ヵ月後

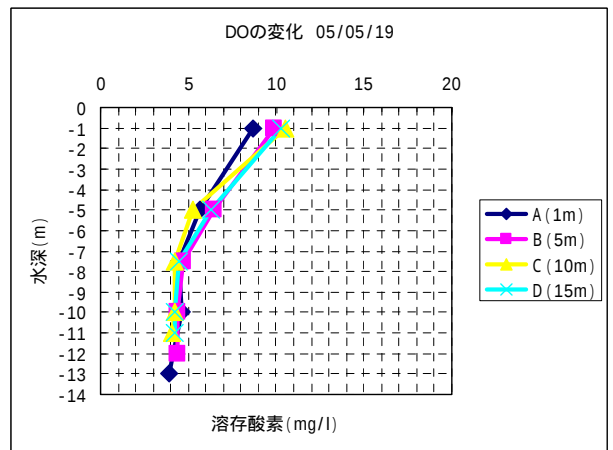


図 50 溶存酸素分布 6ヵ月後

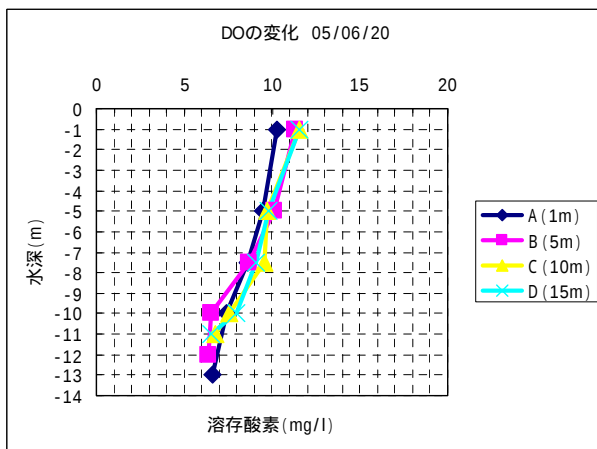


図 51 溶存酸素分布 7ヵ月後

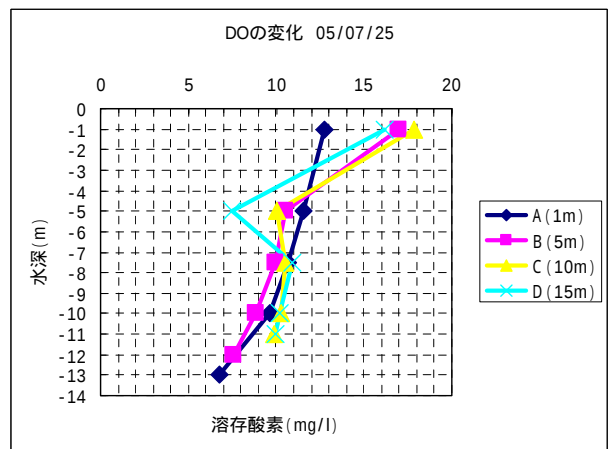


図 52 溶存酸素分布 8ヵ月後

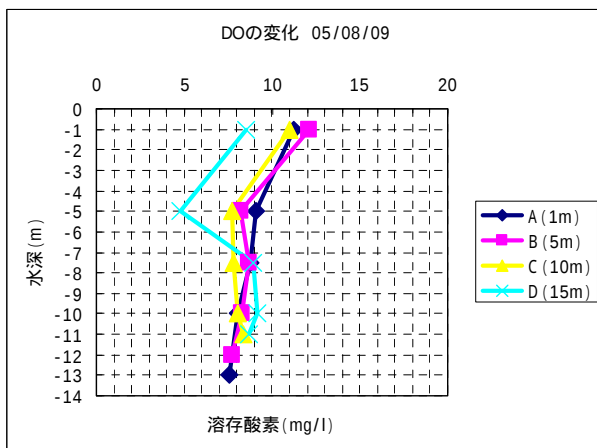


図 53 溶存酸素分布 9ヵ月後

6. おわりに

2004年9月～2005年3月までの5ヵ月間に渡り、ダム貯水池の自然エネルギーの活用を目的として「太陽光活用のダム水質浄化装置の開発」に関する共同研究を行った。本共同研究で得られた成果をまとめ以下に記述する。

- (1) 開発の目標であった下記の項目を満足する装置の開発に成功し、ダム湖への適用性を確認した。
 - わずかな日射でも運転可能な装置
 - 環境負荷を軽減する装置
 - 日射の変動に追従し、稼働時間の長い装置
- (2) 装置の耐久性についてダム湖での実証試験により、長期の稼働実績と季節の変化や悪天候にも左右されない装置の耐久性を確認することができた。
- (3) 土木研究所所有の水中環境実験施設（直径20m、深さ20mの円形水槽）における実験で、装置の混合効果により水槽低層部の貧酸素状態が改善された。また、この結果により装置の水質改善効果を実証することができた。
- (4) 亀山ダムでの実フィールド試験において、曝気装置近傍において溶存酸素の上昇を確認できた。しかし、実験場所では試作機の能力と周囲の水塊が押し寄せる力に差が大きかったため、曝気循環が行われている影響範囲を特定することは困難であった。
- (5) 実験結果から、装置の1日の稼働時間を平均すると約7時間となり、累計すると2,040時間の稼働実績を得ることができた。
- (6) 実フィールド試験結果と現状の太陽光エネルギーを動力にするコストとパワーを考慮すれば、本技術は、大きなエネルギーを消費する曝気循環ではなく、表層や狭い閉鎖区域を対象にした小規模な曝気循環に適用性が高いと考えられる。

コスト縮減及び環境負荷軽減の観点から共同研究を活用して、太陽光活用のダム水質浄化装置の開発に成功し、実際のダム湖へ適用の結果、耐久性と水質改善効果の確認ができた。しかし、装置の影響範囲や循環流を形成する最小曝気量の把握が今後の検討課題として考えられる。

ダム貯水池は、太陽光エネルギーを利用するために十分な面積を有しているため、太陽電池のコストの低下や高出力の技術開発に伴い、貯水池の水質浄化への利用が飛躍的に発展する可能性があるため本研究の技術は今後も発展が期待される技術と言える。

最後に本共同研究を実施するに当たり、実験フィールドを提供して頂いた千葉県ならびに千葉県亀山・片倉ダム管理事務所関係者の皆様に感謝を申し上げます。

【資料 1】

亀山ダム水質測定結果（連続測定）

資料1 亀山ダム調査結果 第1回

期間：2005年8月9日14:25～2005年8月18日 13:21

設置水深：5m，測定間隔3分

資料2 亀山ダム調査結果 第2回

期間：2005年8月18日15:01～2005年8月23日 11:11

設置水深：5m，測定間隔10分

資料3 亀山ダム調査結果 第3回

期間：2005年8月23日11:31～2005年8月25日 11:31

設置水深：5m，測定間隔10分

資料4 亀山ダム調査結果 第4回

期間：2005年9月13日14:00～2005年9月20日 12:00

設置水深：5m，測定間隔10分

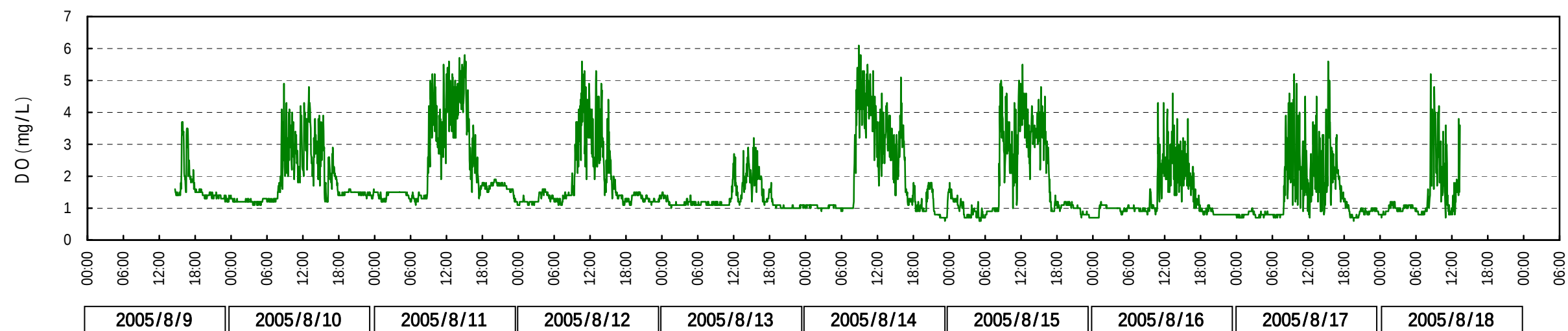
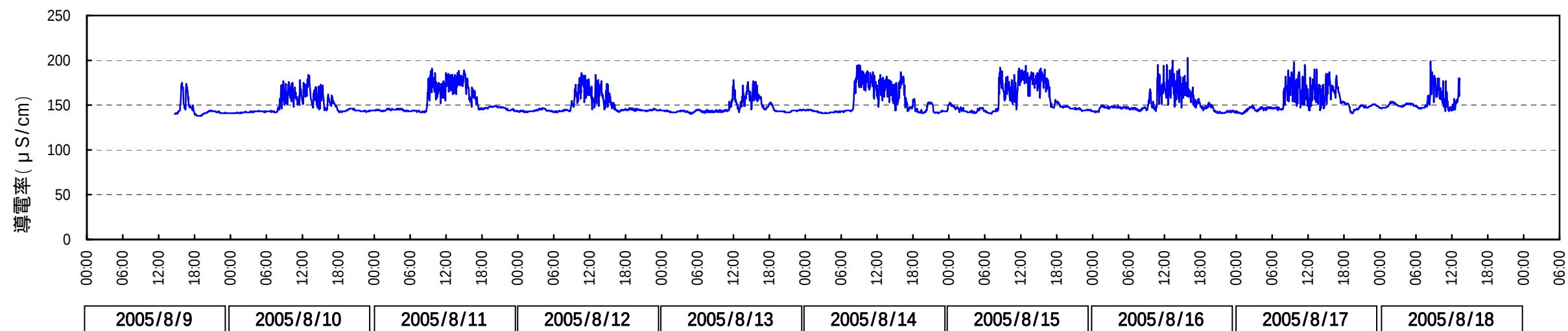
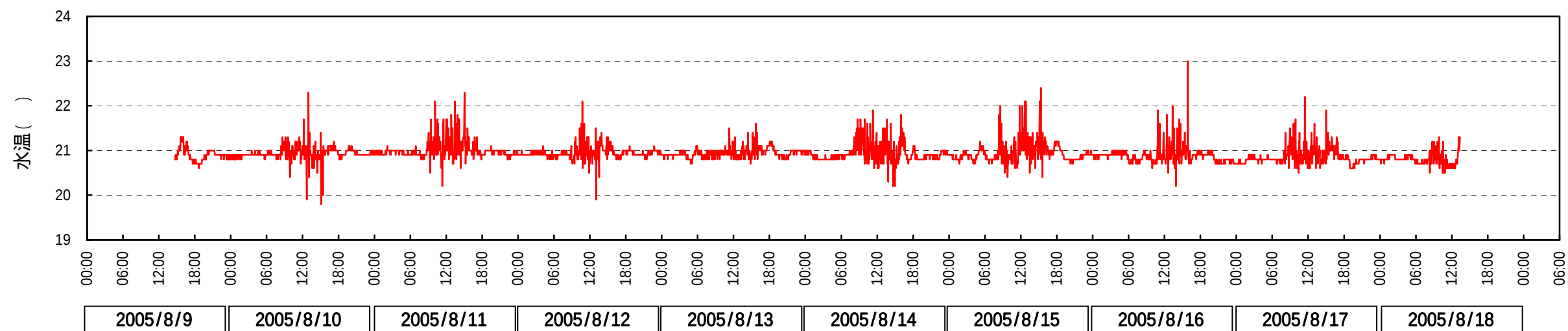
資料5 亀山ダム水質鉛直分布調査結果

期間：2005年8月9日

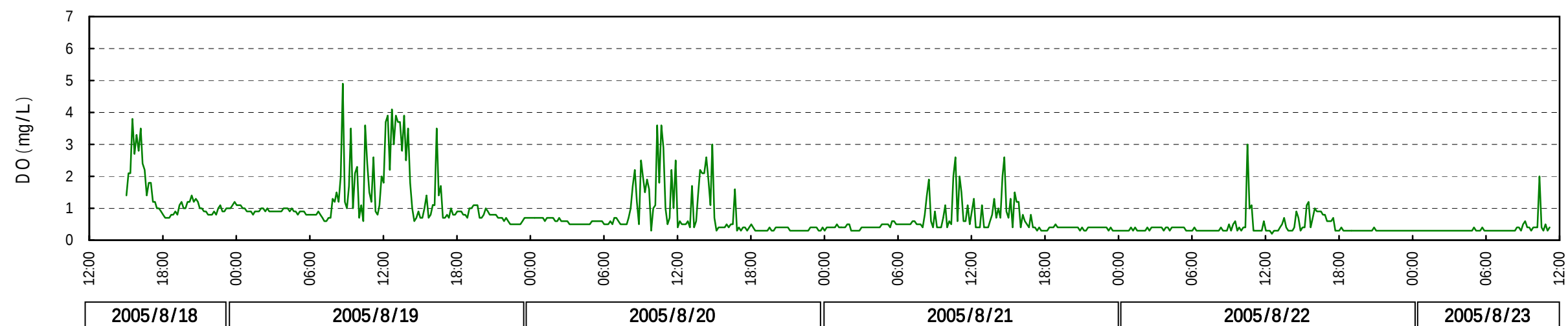
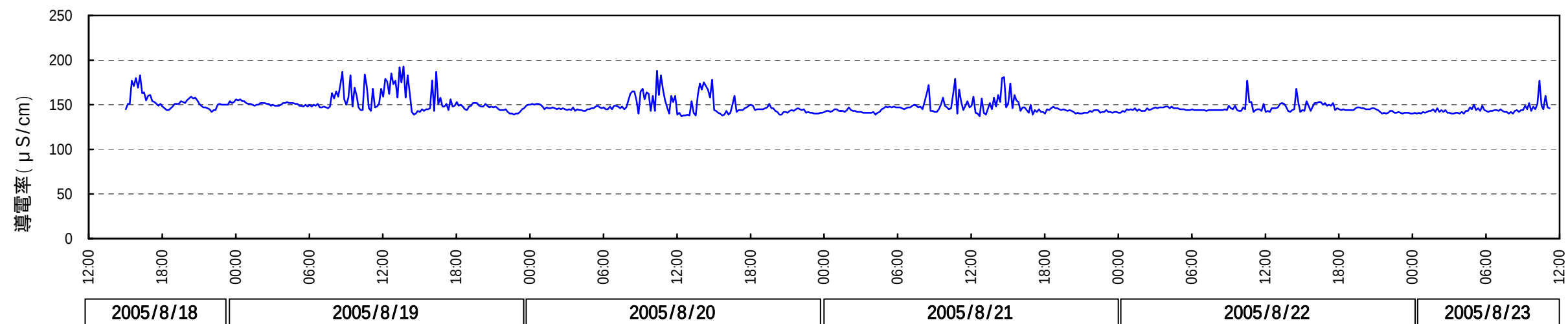
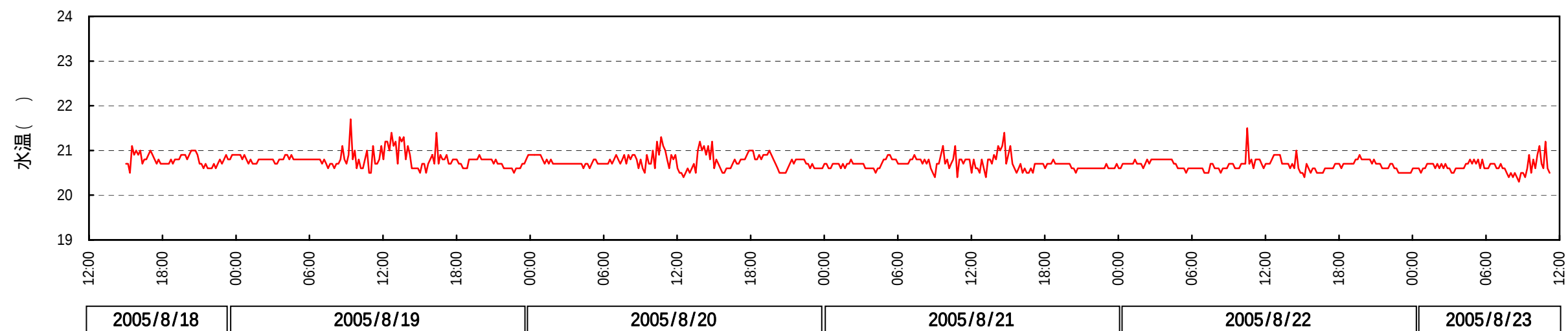
亀山ダム定期水質観測結果

期間：2004年11月～2005年8月

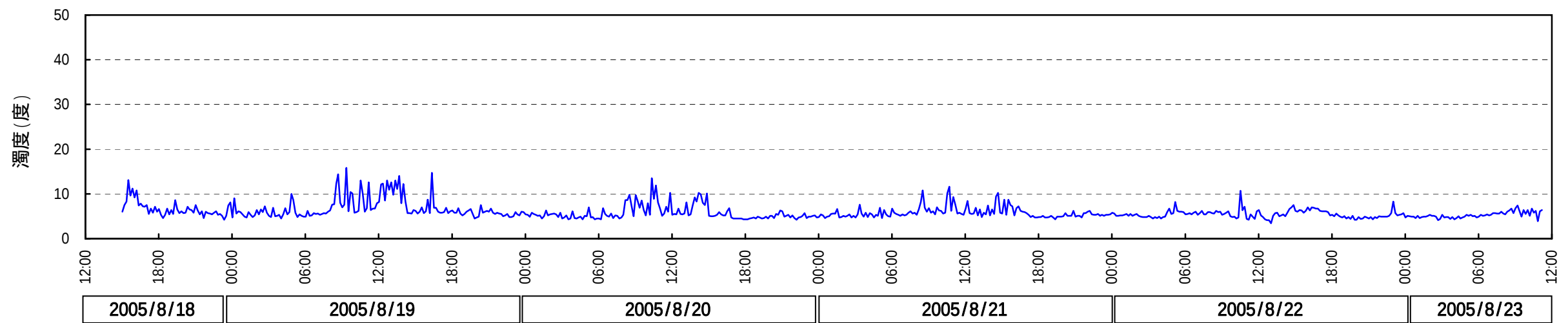
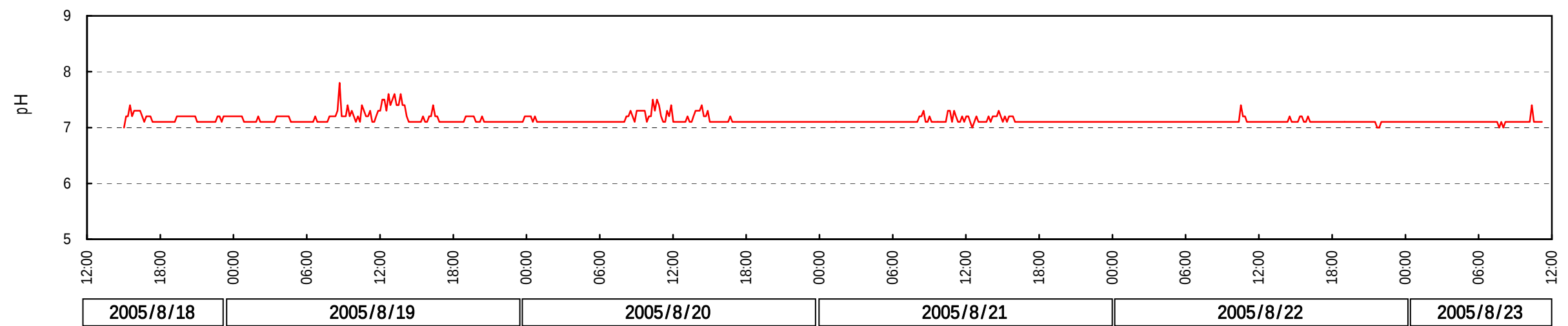
	実施日	備考
	16年11月18日	初期値
	11月25日	1週間後
	12月21日	1ヶ月後
	17年01月27日	2ヶ月後
	02月24日	3ヶ月後
	03月23日	4ヶ月後
	04月18日	5ヶ月後
	05月19日	6ヶ月後
	06月20日	7ヶ月後
	07月25日	8ヶ月後
	08月9日	8.5ヶ月後



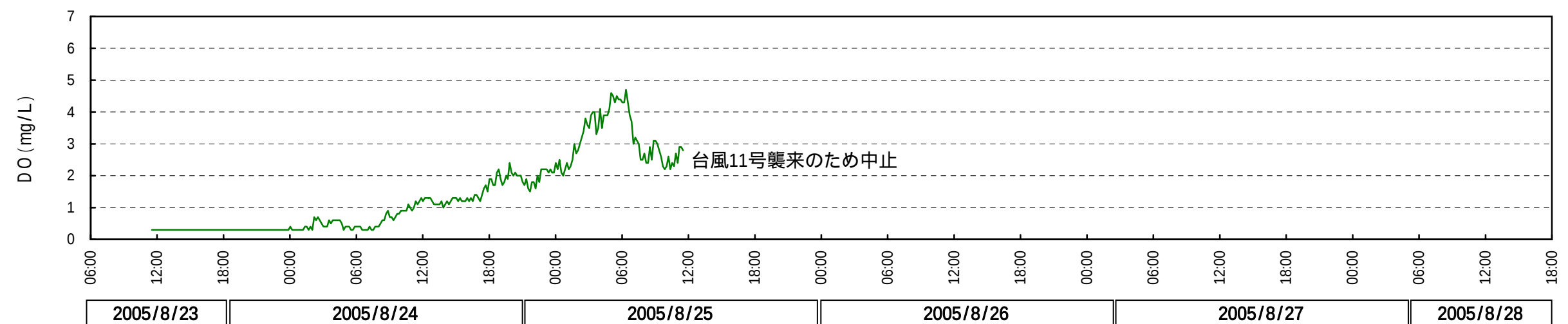
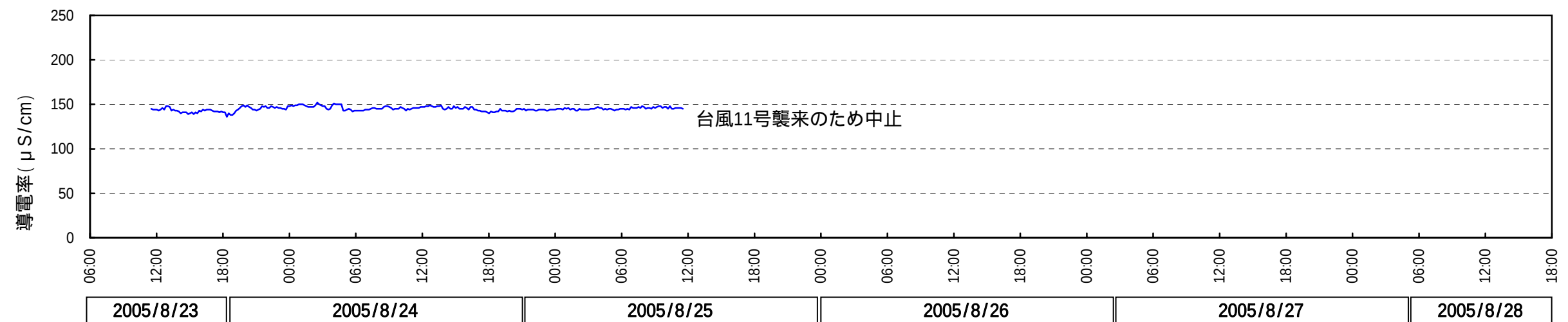
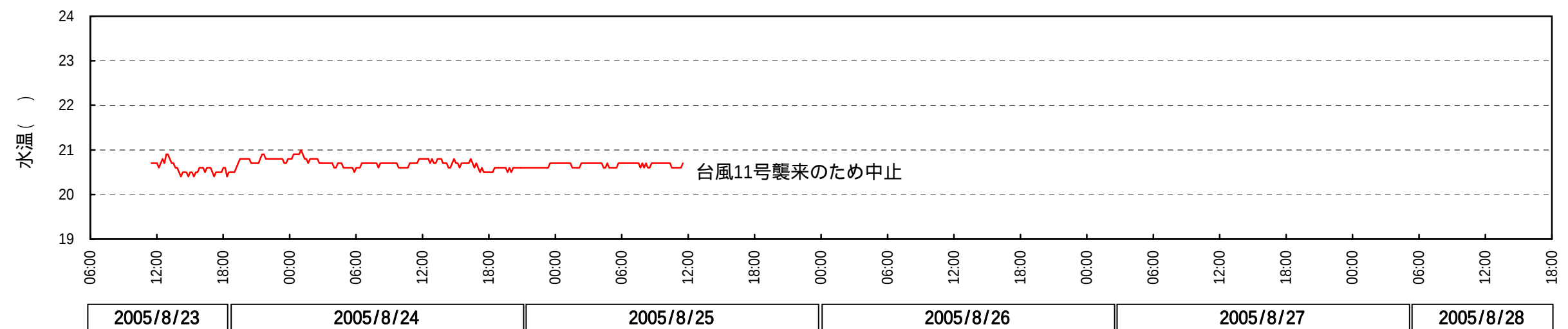
資料1 亀山ダムにおける多項目水質計による連続観測結果 (設置期間:2005年8月9日～8月18日,設置水深:5m)



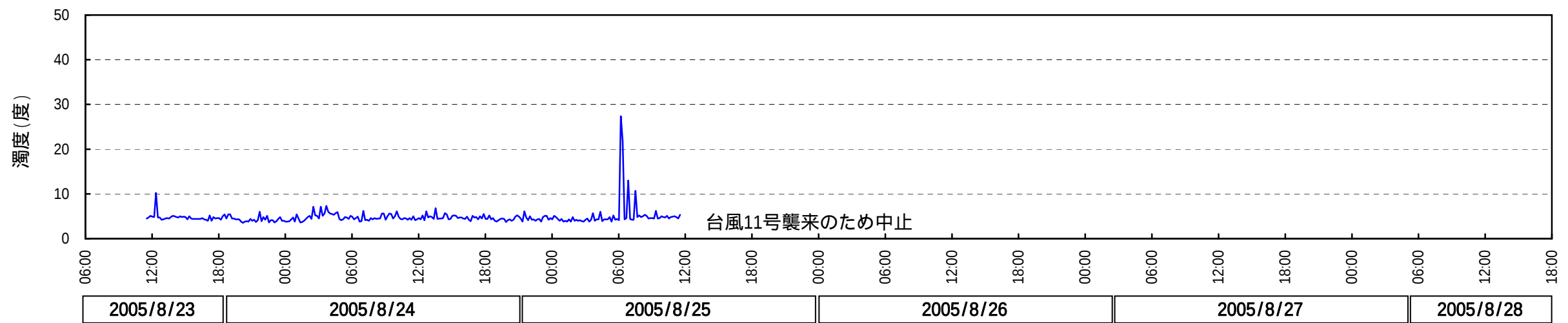
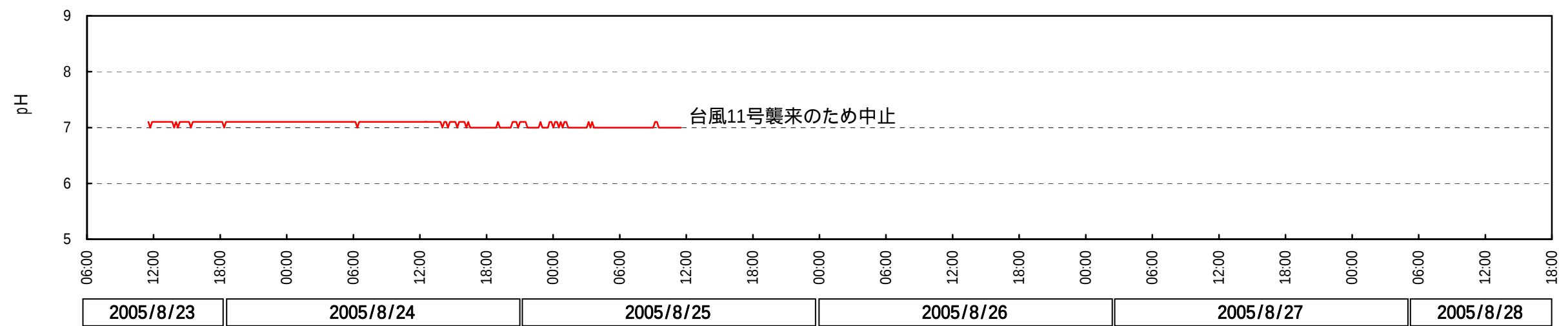
資料2 亀山ダムにおける多項目水質計による連続観測結果 (設置期間:2005年8月18日～8月23日,設置水深:5m)



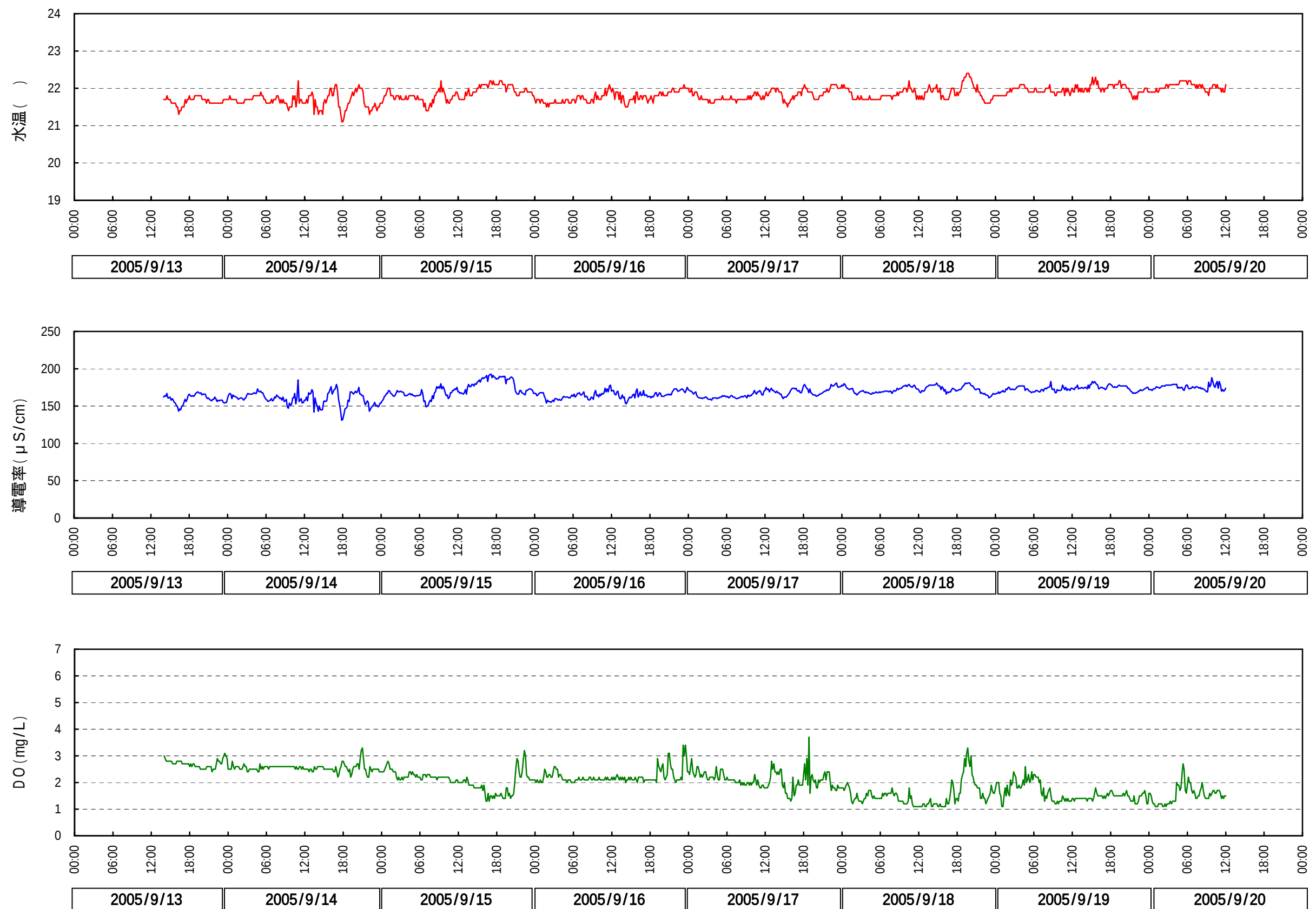
資料2 亀山ダムにおける多項目水質計による連続観測結果 (設置期間:2005年8月18日～8月23日,設置水深:5m)



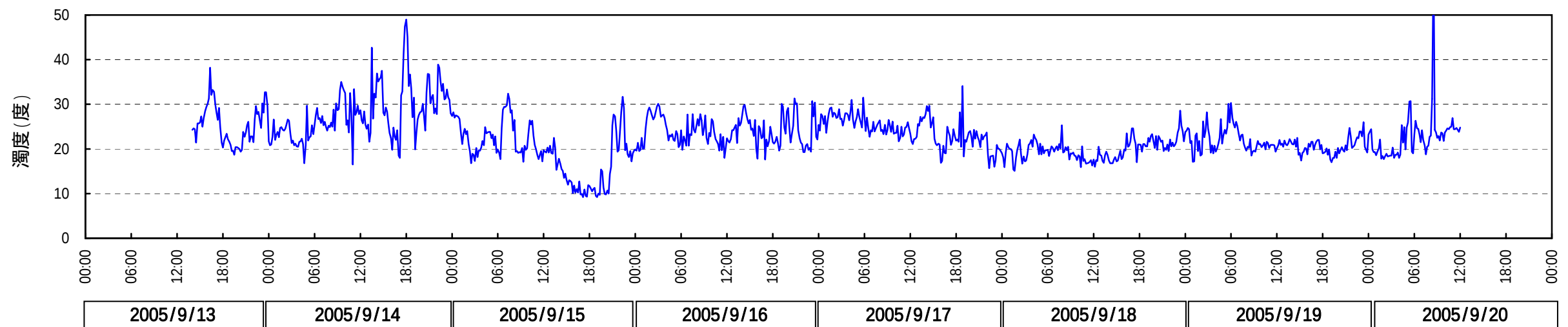
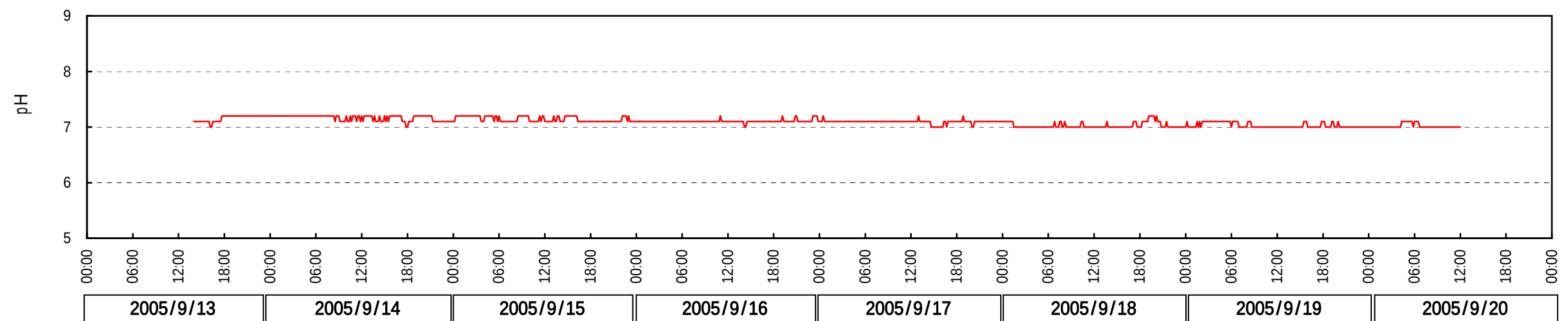
資料3 亀山ダムにおける多項目水質計による連続観測結果 (設置期間:2005年8月23日～8月25日,設置水深:5m)



資料3 亀山ダムにおける多項目水質計による連続観測結果 (設置期間:2005年8月23日～8月25日,設置水深:5m)



資料4 亀山ダムにおける多項目水質計による連続観測結果 (設置期間:2005年9月13日～9月20日,設置水深:5m)



資料4 亀山ダムにおける多項目水質計による連続観測結果 (設置期間:2005年9月13日～9月20日,設置水深:5m)

資料5 亀山ダム水質結果(鉛直分布)

調査年月日: 2005年9月8日

Depth m	Temp C	SpCond μ S/cm	DO Conc mg/L	pH	Turbidity NTU	DO飽和度 (%)
0.1	26.5	198	7.9	8.0	5.7	99
0.5	26.4	198	7.9	8.0	5.6	99
0.9	26.4	198	7.9	8.0	5.8	99
2.2	25.0	188	7.6	7.9	21.8	93
2.9	22.9	205	5.4	7.7	10.6	64
3.6	22.3	192	4.3	7.5	15.1	50
4.5	21.8	152	3.8	7.4	21.2	44
5.1	21.3	134	3.7	7.3	40.6	42
5.8	21.0	106	4.2	7.3	76.3	48
6.5	20.8	109	4.3	7.2	90.6	49
7.3	20.7	100	4.5	7.2	107.3	51
8.2	20.6	96	4.8	7.2	123.6	54
8.9	20.4	101	4.7	7.1	118.1	53
9.7	20.3	113	4.3	7.0	104.6	48
10.2	20.2	131	4.4	7.0	101.5	49
11.7	19.8	160	4.1	6.9	61.3	46
12.4	19.5	173	4.1	6.9	46.3	45
12.7	19.5	174	4.1	6.9	42.9	45
13.3	19.1	179	4.1	6.9	36.8	45
15.0	18.4	194	3.1	6.8	25.8	33
16.3	17.9	200	1.6	6.8	27.0	17
17.0	17.5	206	0.7	6.8	35.1	7
17.9	16.9	216	0.4	6.7	45.8	4
18.9	14.7	260	0.3	6.6	48.6	3

備考) 測定条件等

測定時刻 12:50 ~ 13:10
 測定地点 網場ゲート付近
 天候 晴れ

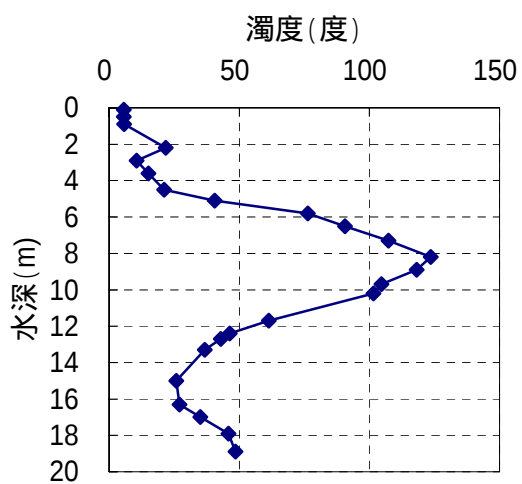
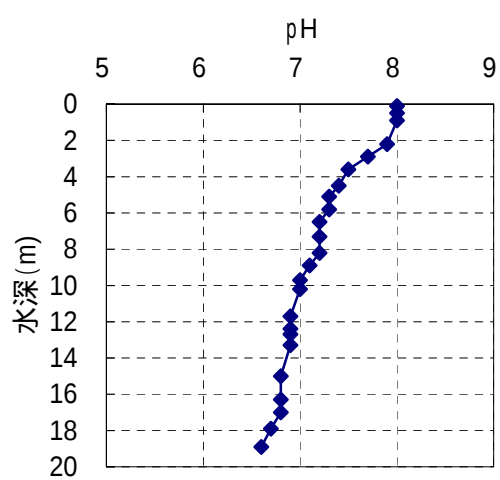
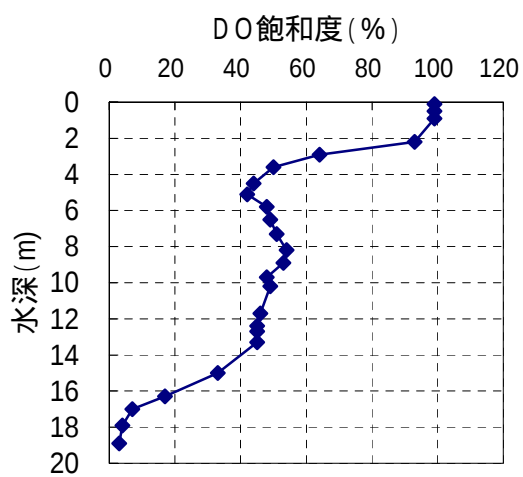
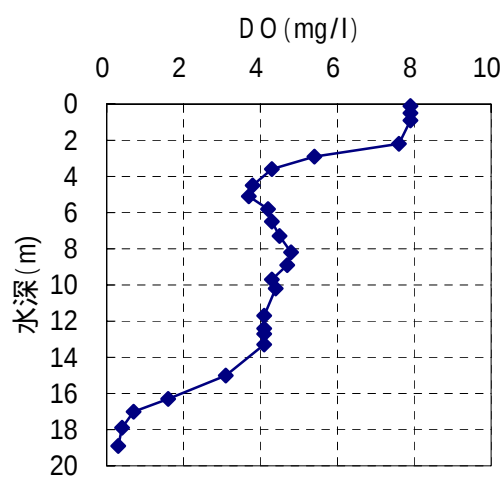
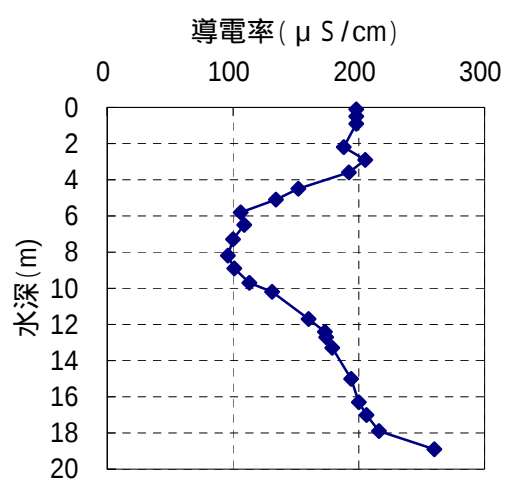
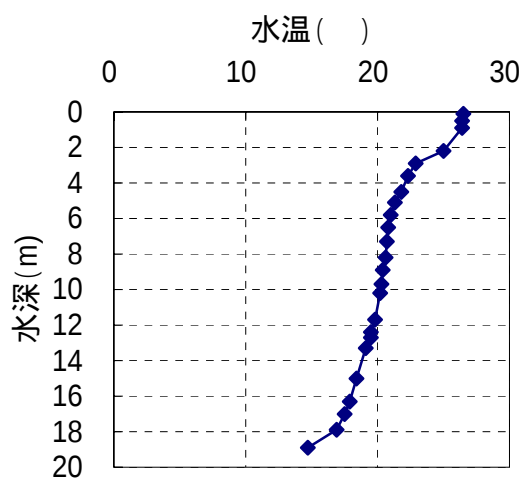


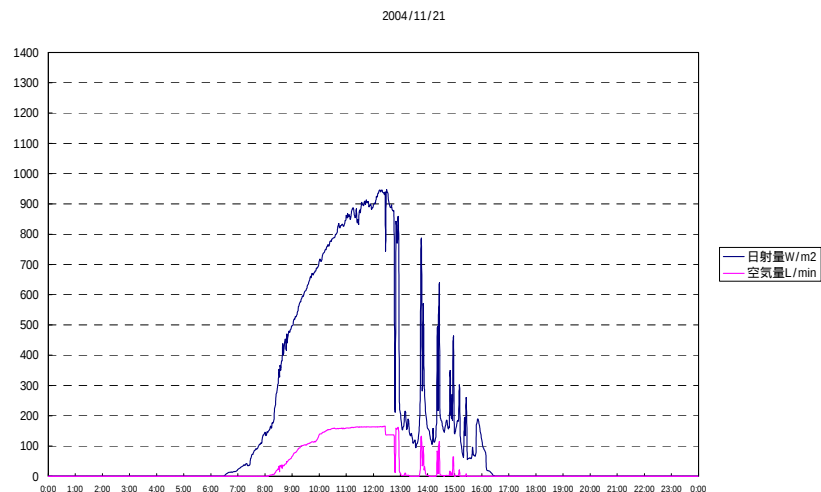
図 亀山ダム(網場)における各水質項目の鉛直分布(2005年9月8日)

【資料 2】

日射量と吐出し空気量の関係のグラフ

期間：2004 年 11 月 21 日～2005 年 9 月 30 日

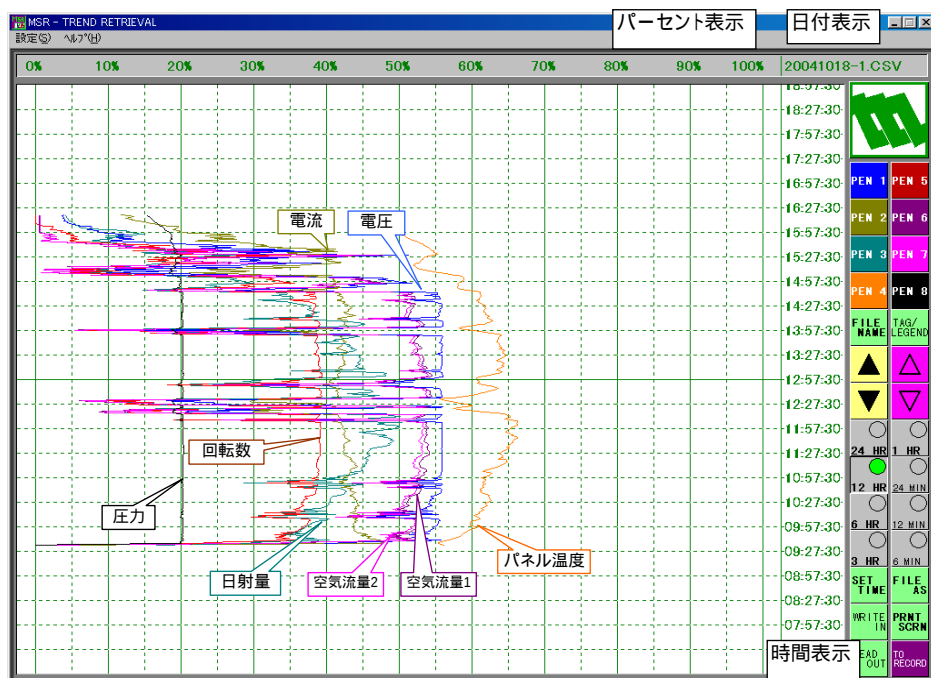
例



曝気装置運転データ画面

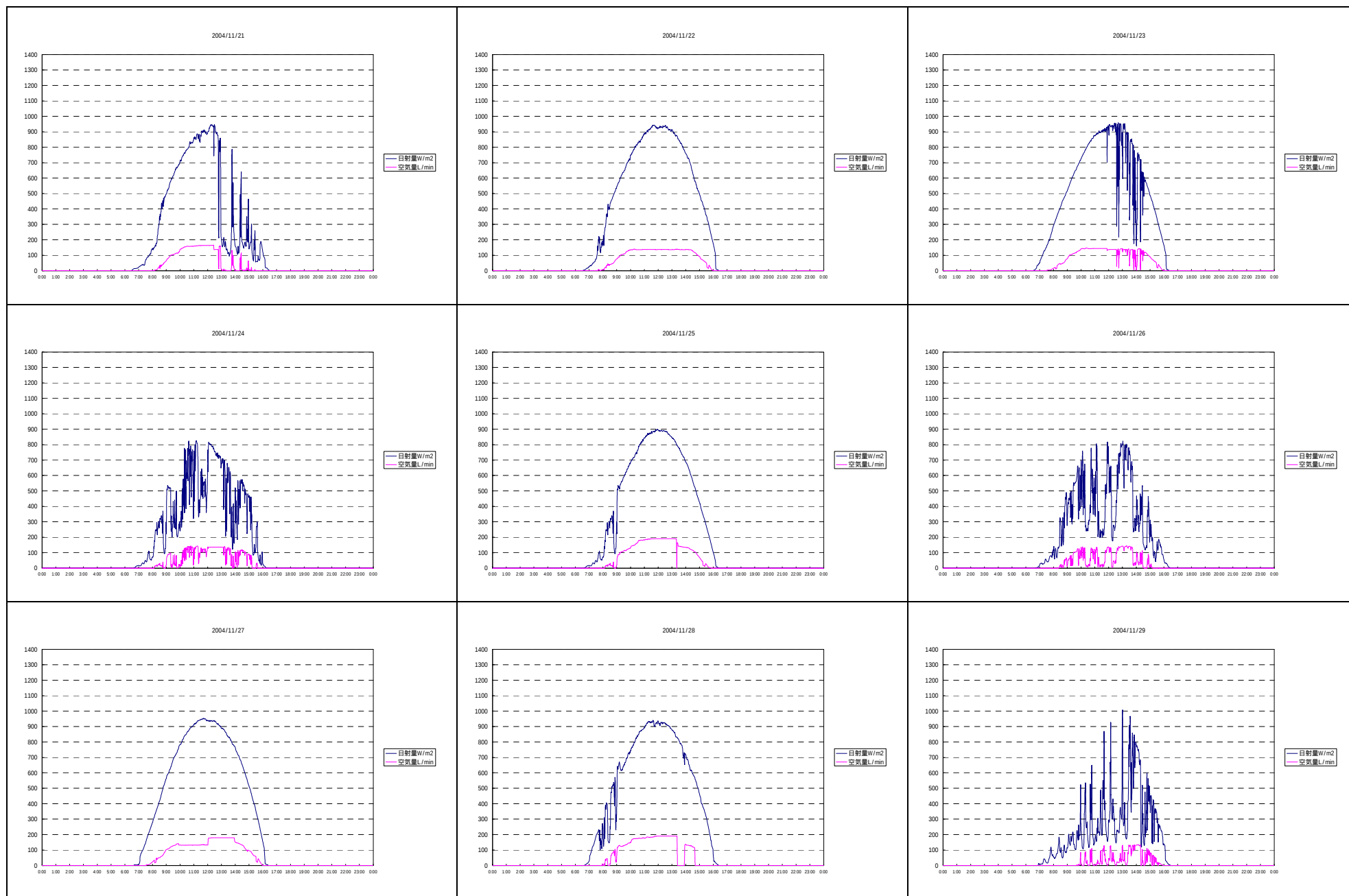
期間：2004 年 11 月 21 日～2005 年 9 月 30 日

印刷なし

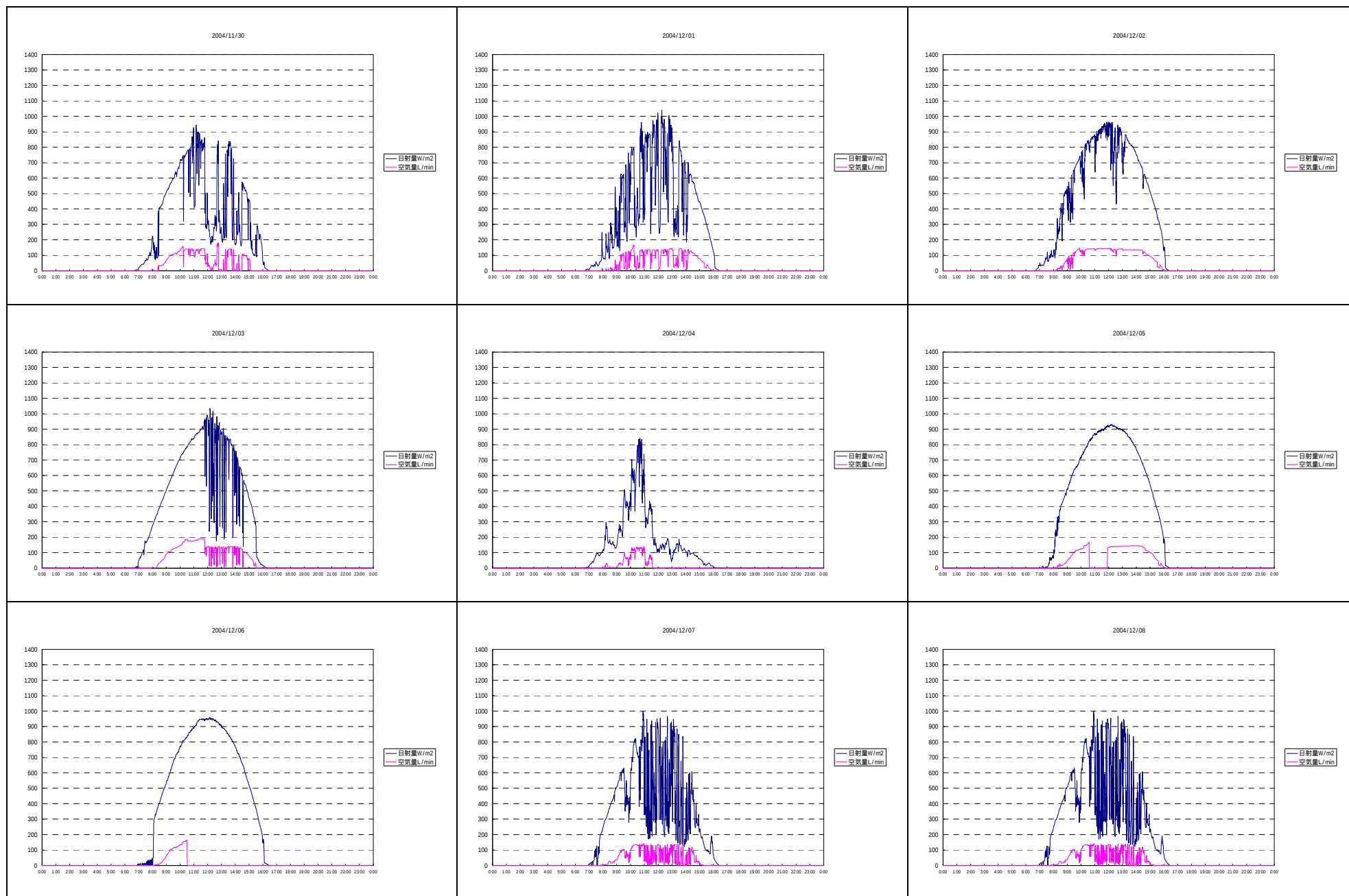


	名称		最大値	最小値
PEN1	電圧(2次)	V	40	0
PEN2	電流	A	75	0
PEN3	日射量	W/m2	2000	0
PEN4	パネル温度		100	-50
PEN5	回転数	r p m	2500	0
PEN6	空気流量1	L/min	100	0
PEN7	空気流量2	L/min	100	0
PEN8	圧力	Kg/cm2	10	0

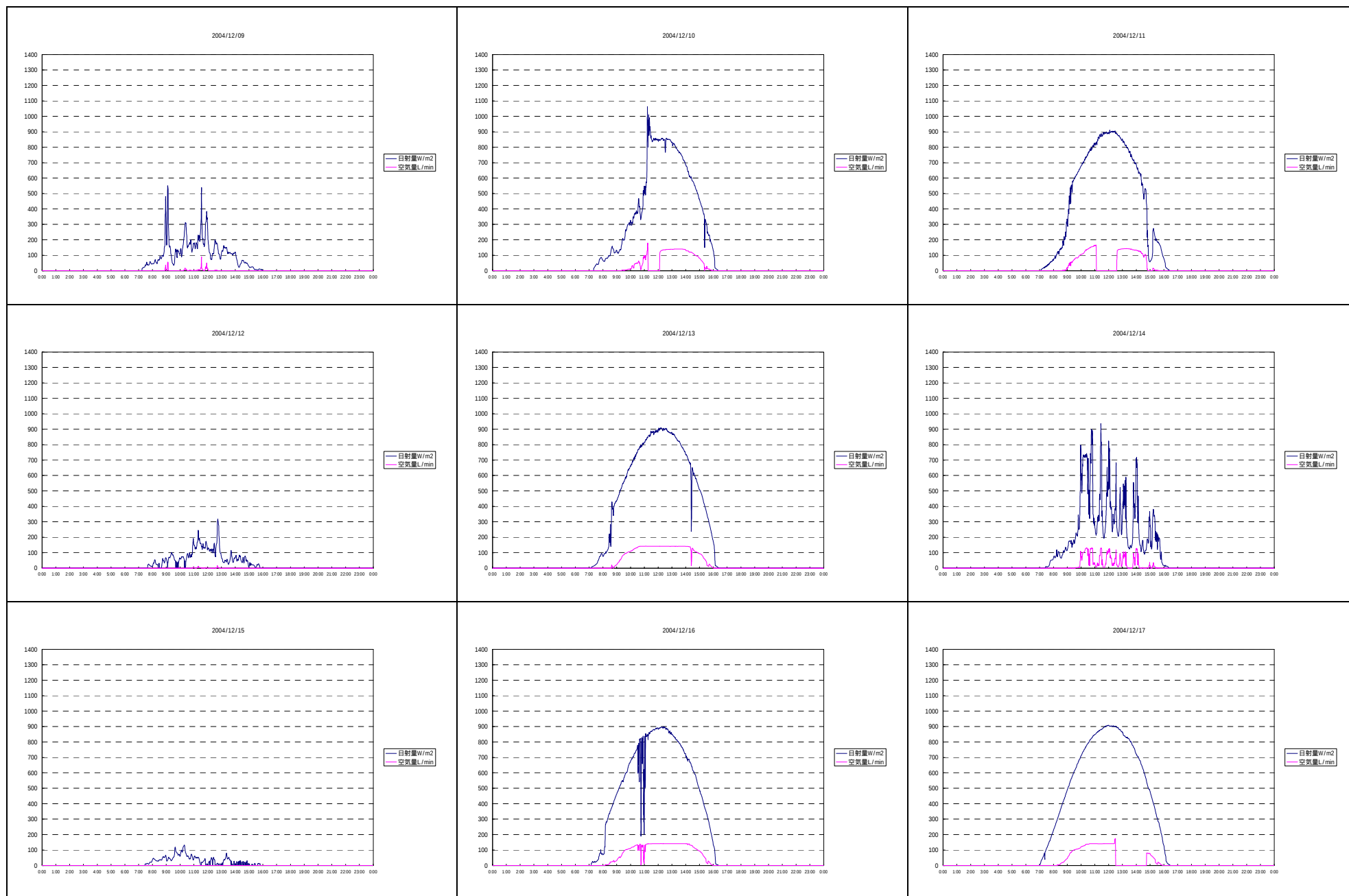
(1) 平成 16 年 11 月 21 日 ~ 29 日 日射量と吐出し空気量の関係



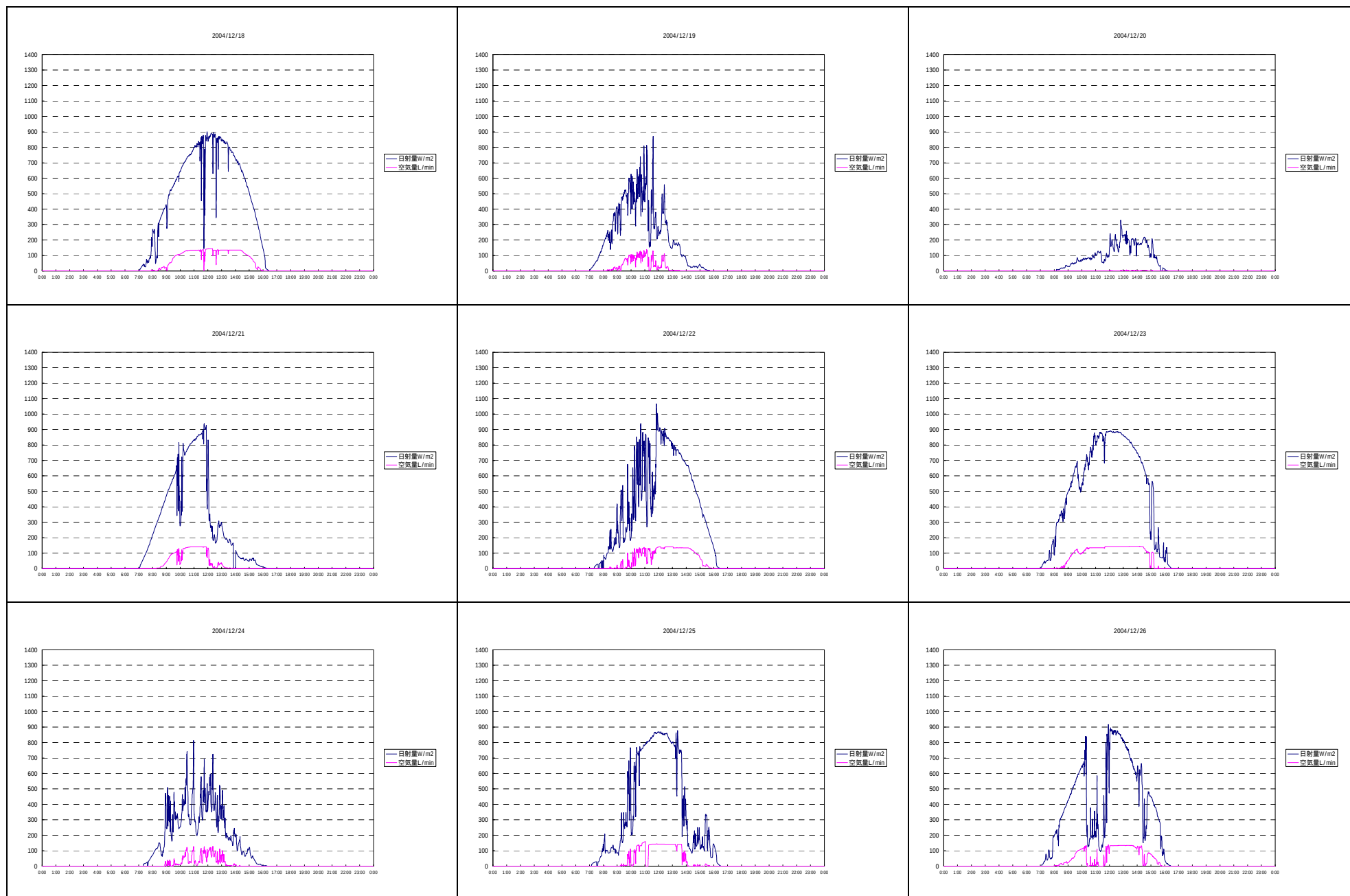
(2) 平成 16 年 11 月 30 日 ~ 12 月 8 日 日射量と吐出し空気量の関係



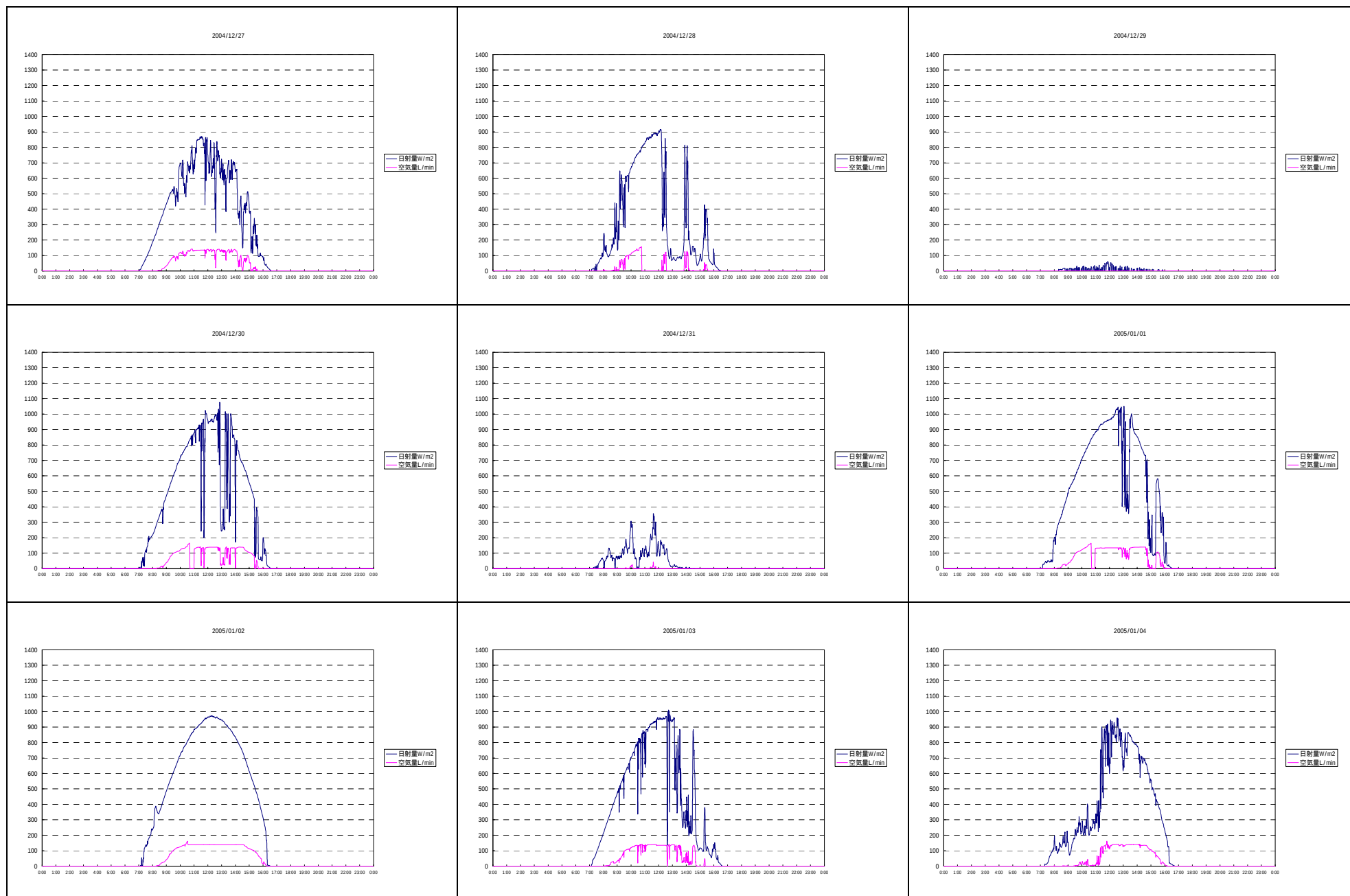
(3) 平成 16 年 12 月 9 日 ~ 12 月 17 日 日射量と吐出し空気量の関係



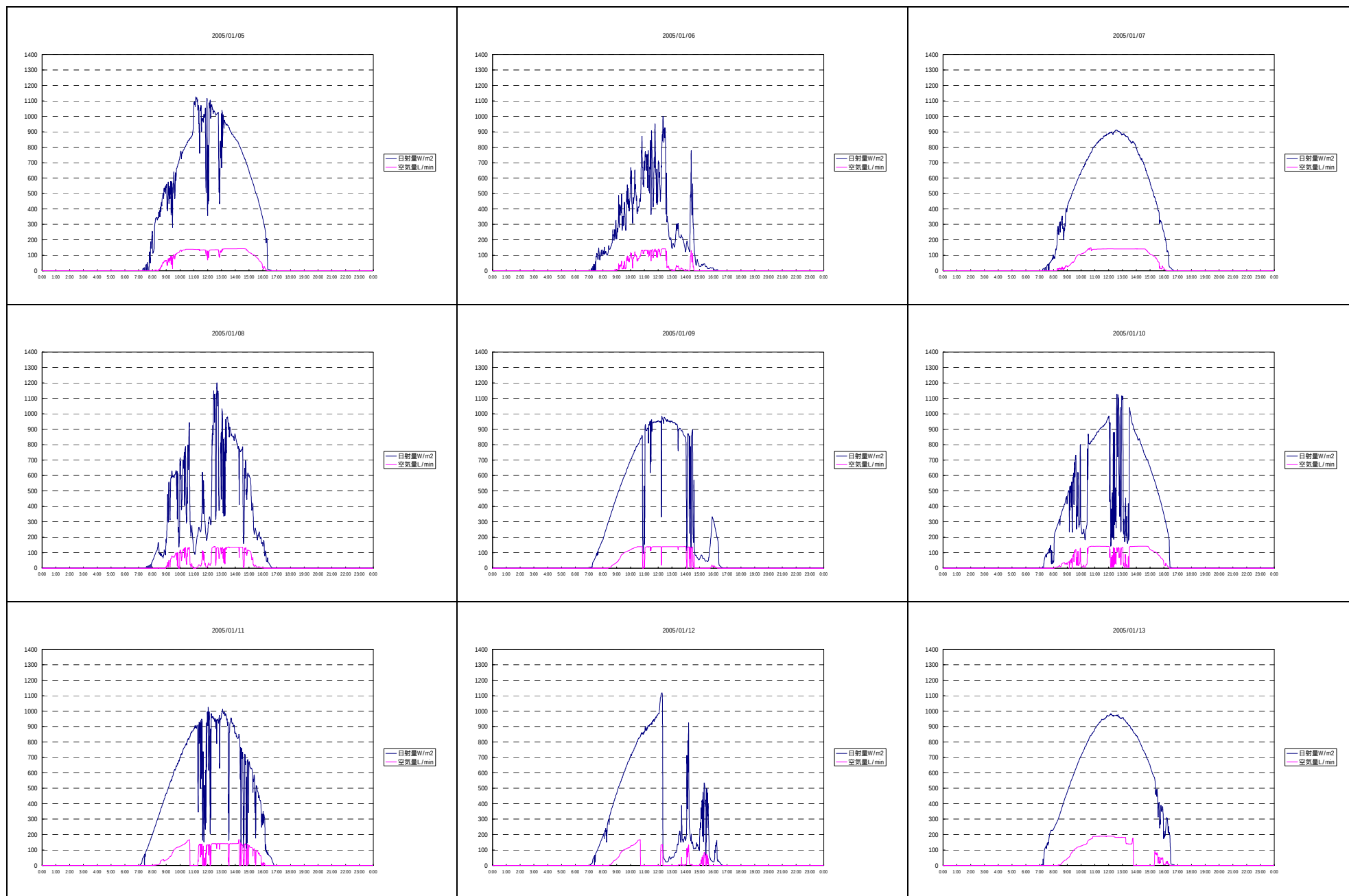
(4) 平成 16 年 12 月 18 日 ~ 12 月 26 日 日射量と吐出し空気量の関係



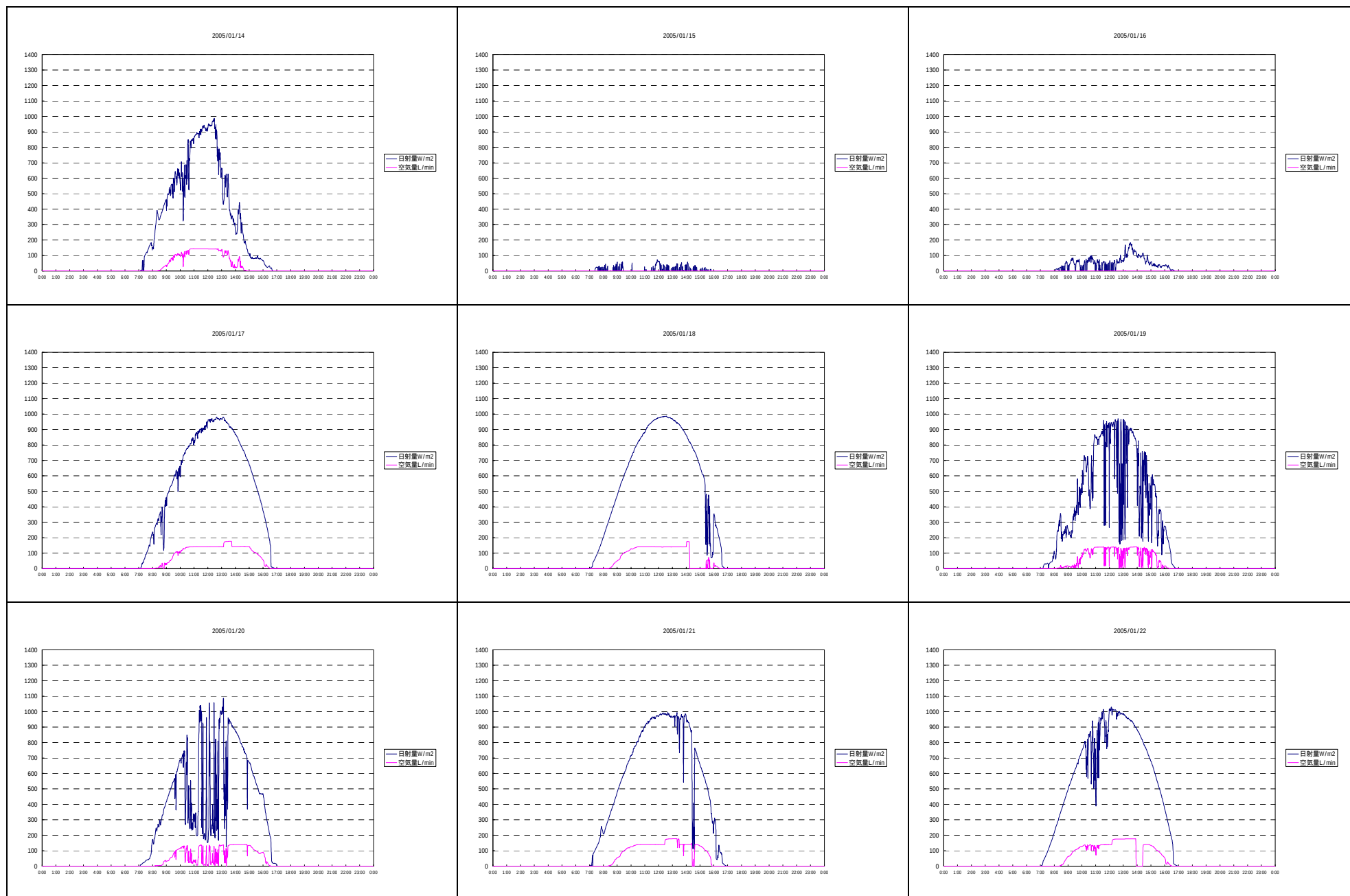
(5) 平成 16 年 12 月 27 日 ~ 17 年 1 月 4 日 日射量と吐出し空気量の関係



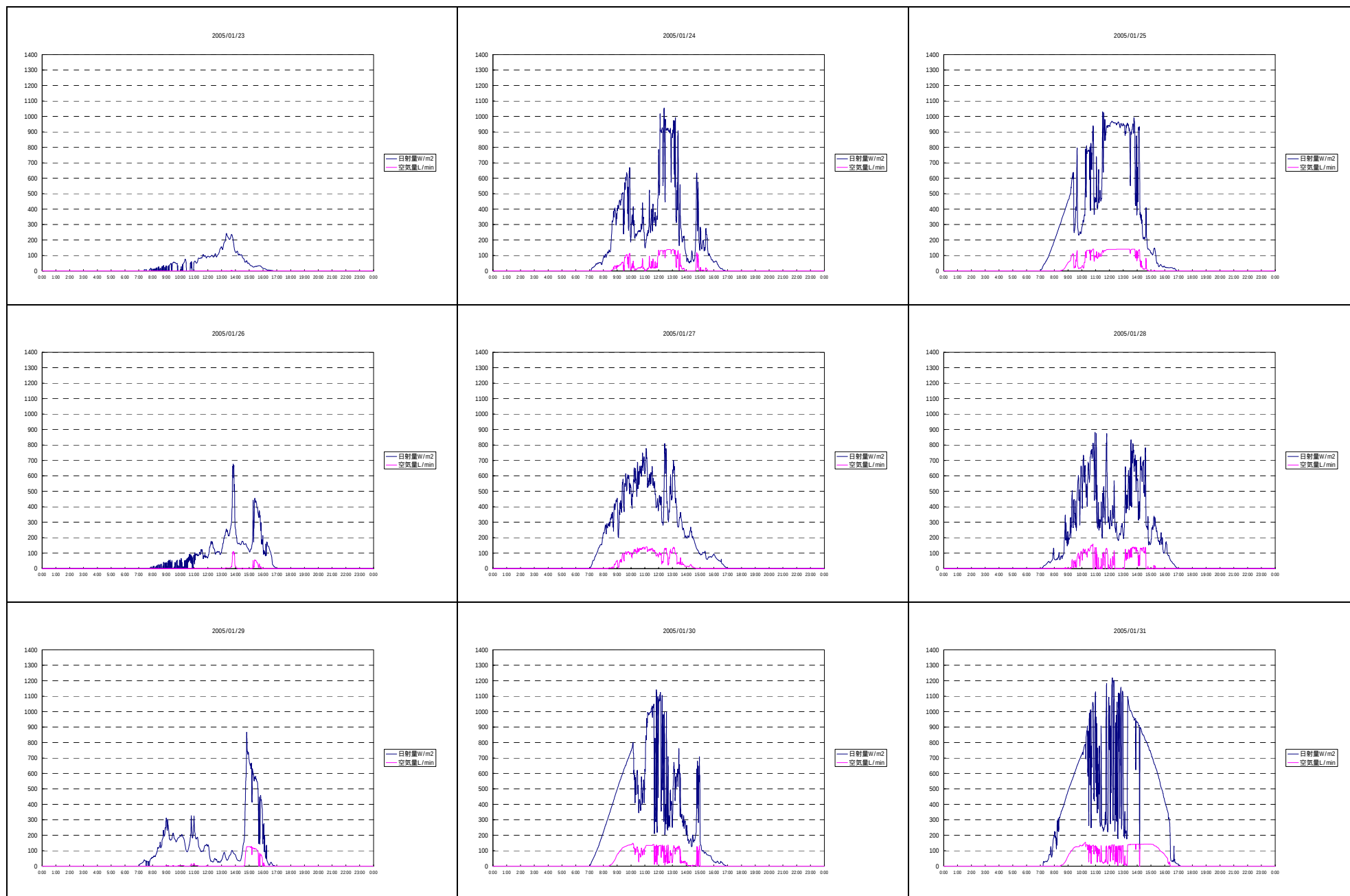
(6) 平成 17 年 1 月 5 日 ~ 1 月 13 日 日射量と吐出し空気量の関係



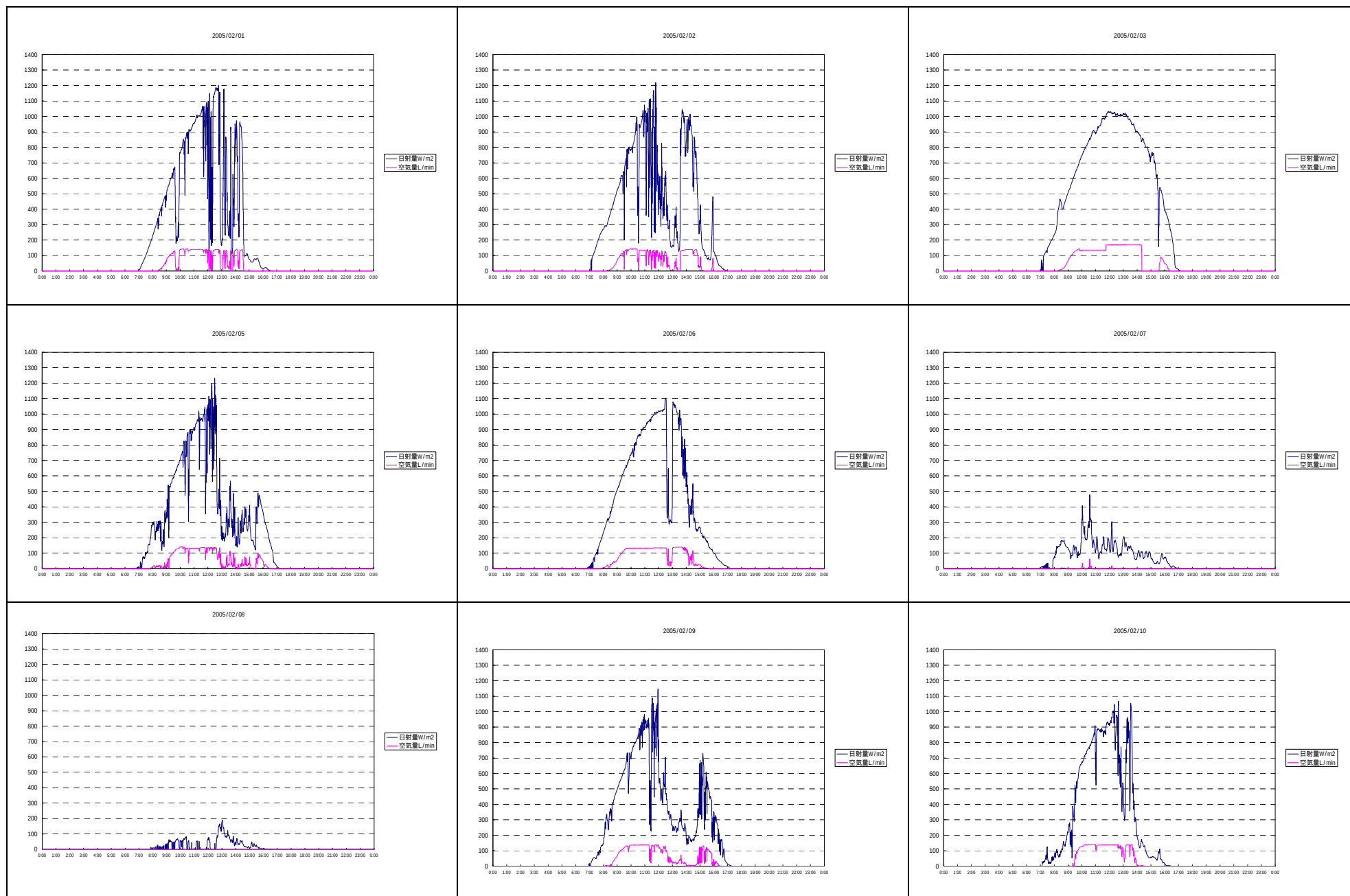
(7) 平成 17 年 1 月 14 日 ~ 22 日 日射量と吐出し空気量の関係



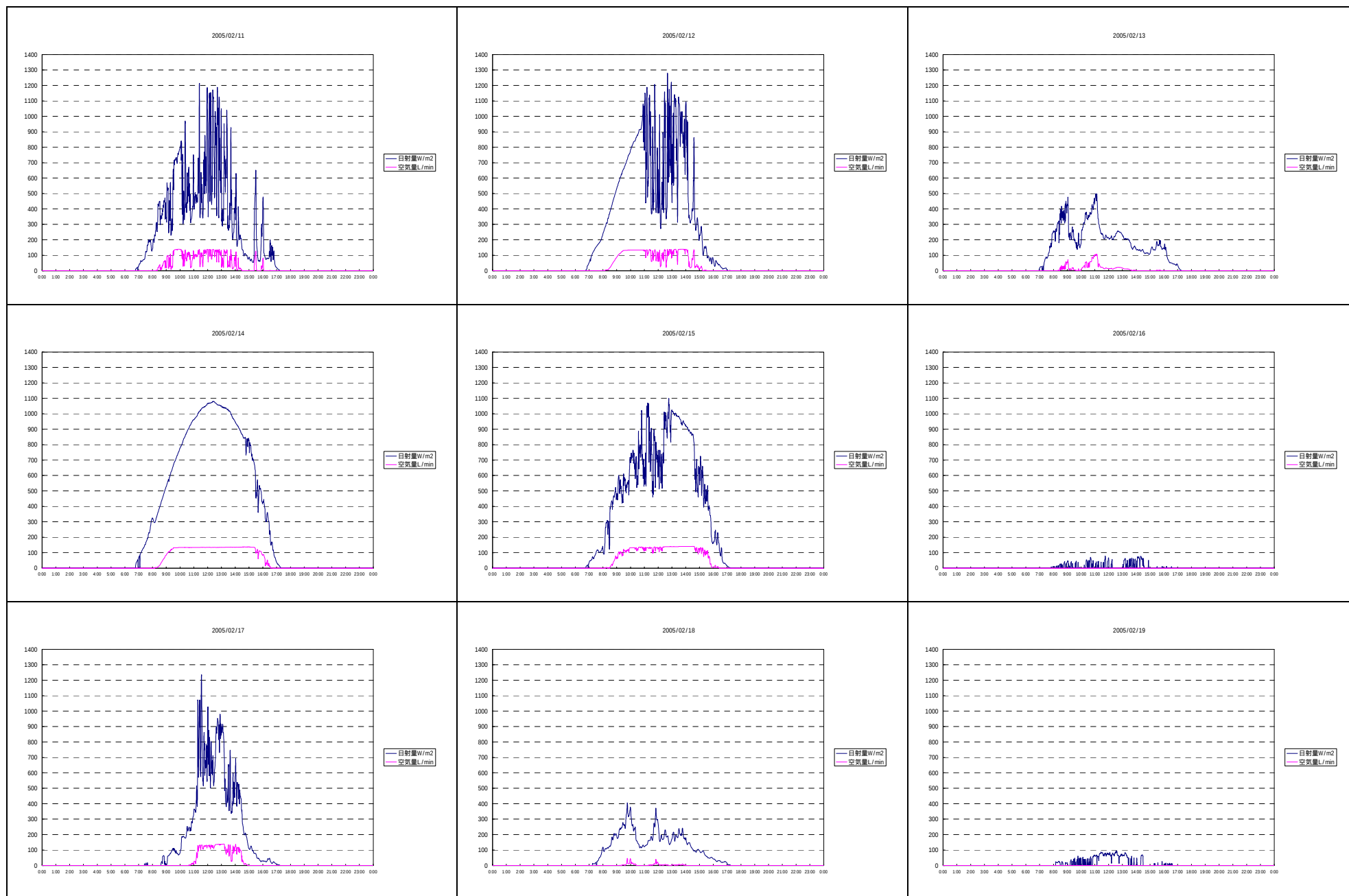
(8) 平成 17 年 1 月 23 日 ~ 1 月 31 日 日射量と吐出し空気量の関係



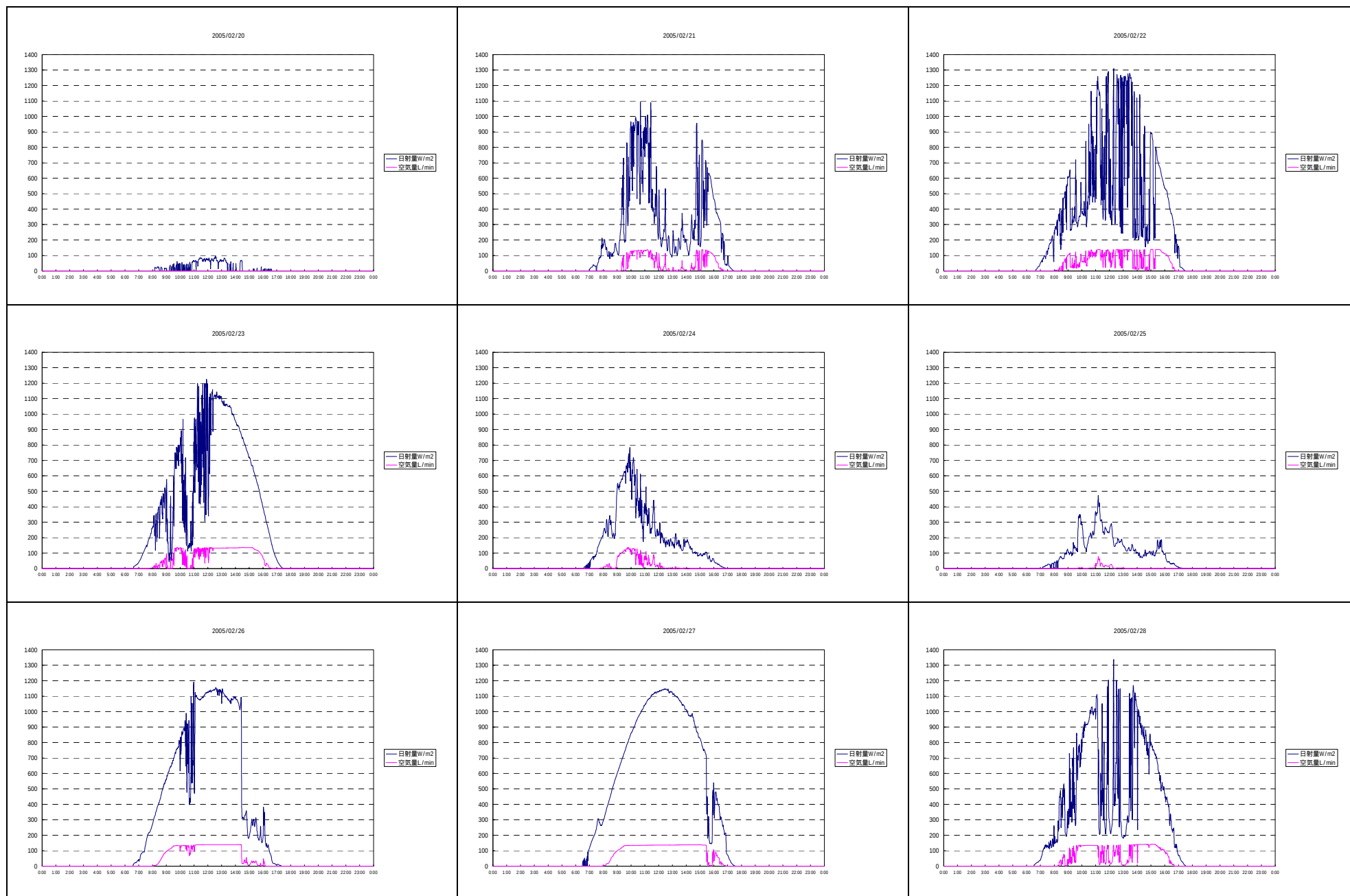
(9) 平成 17 年 2 月 1 日 ~ 2 月 10 日 日射量と吐出し空気量の関係



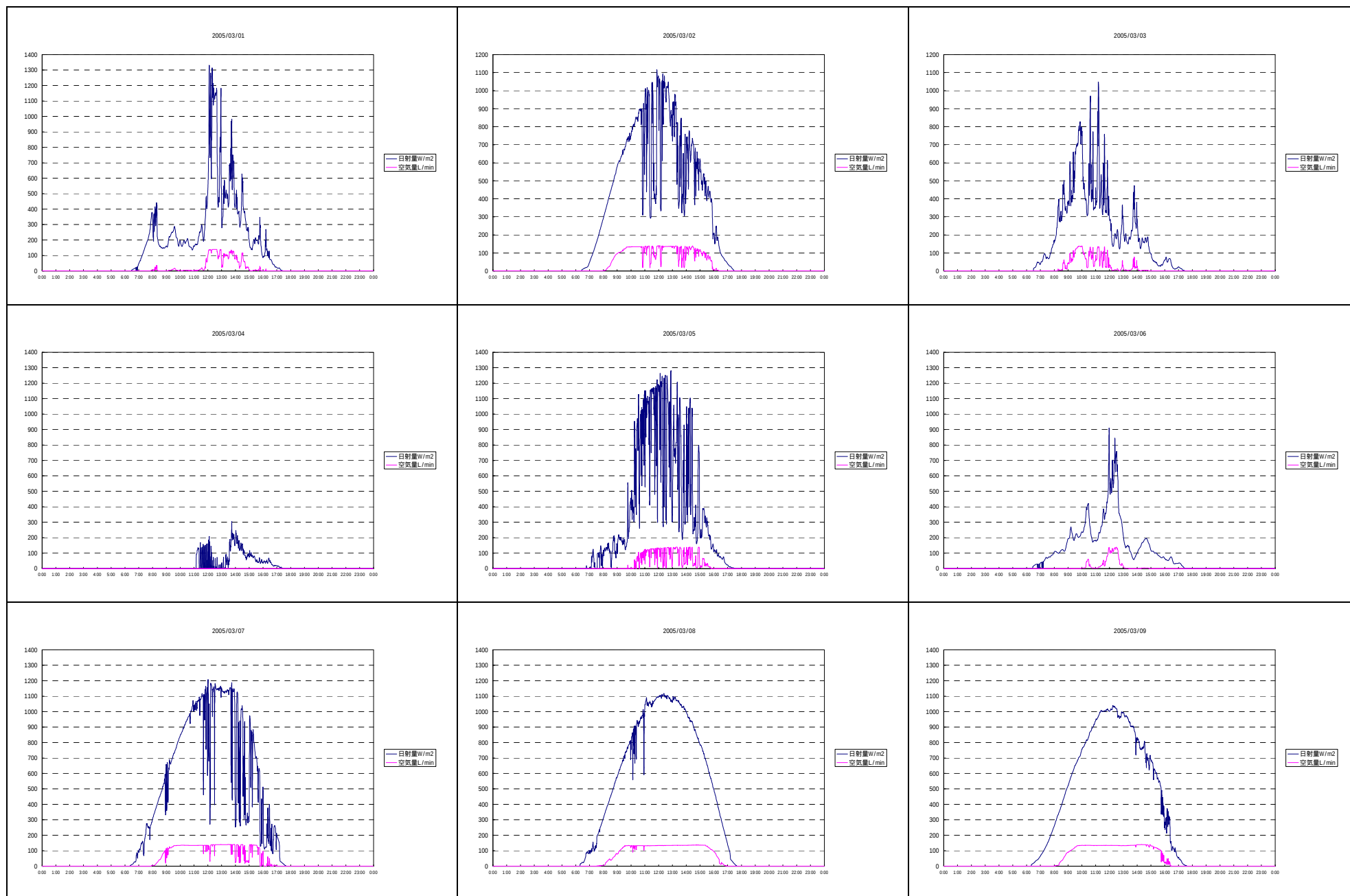
(1 0) 平成 17 年 2 月 11 日 ~ 2 月 19 日 日射量と吐出し空気量の関係



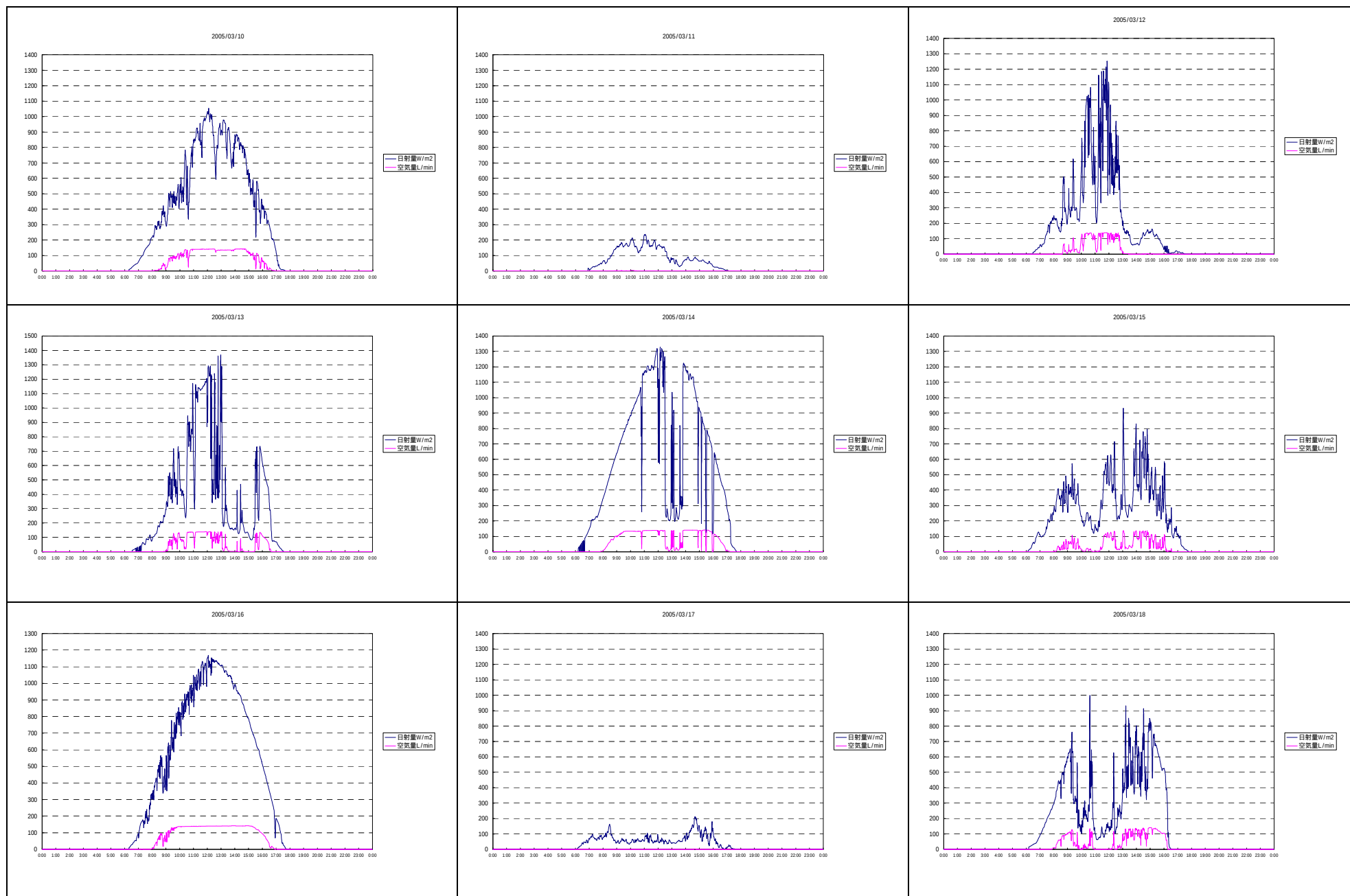
(1 1) 平成 17 年 2 月 20 日 ~ 3 月 1 日 日射量と吐出し空気量の関係



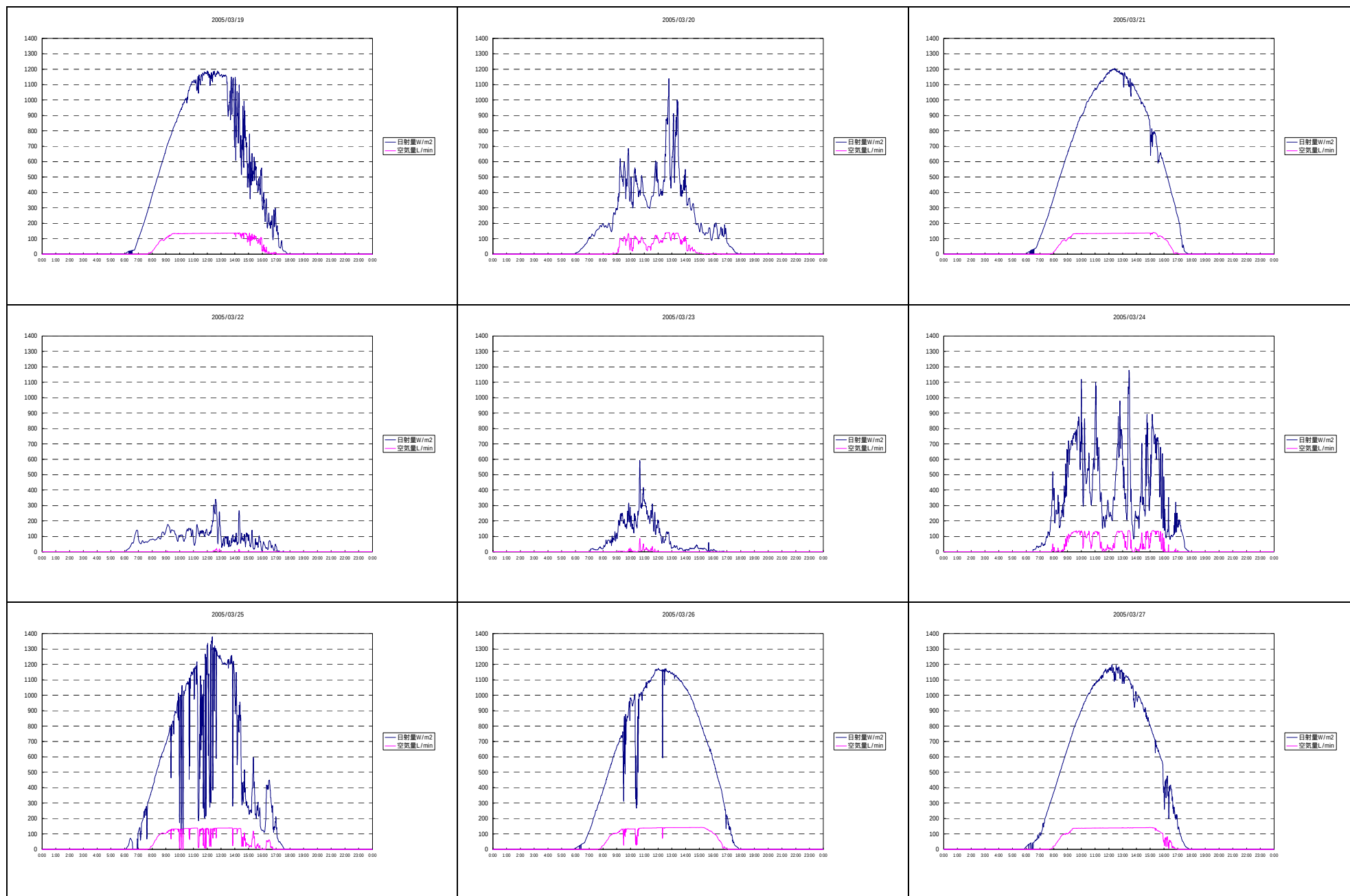
(1 2) 平成 17 年 3 月 1 日 ~ 3 月 9 日 日射量と吐出し空気量の関係



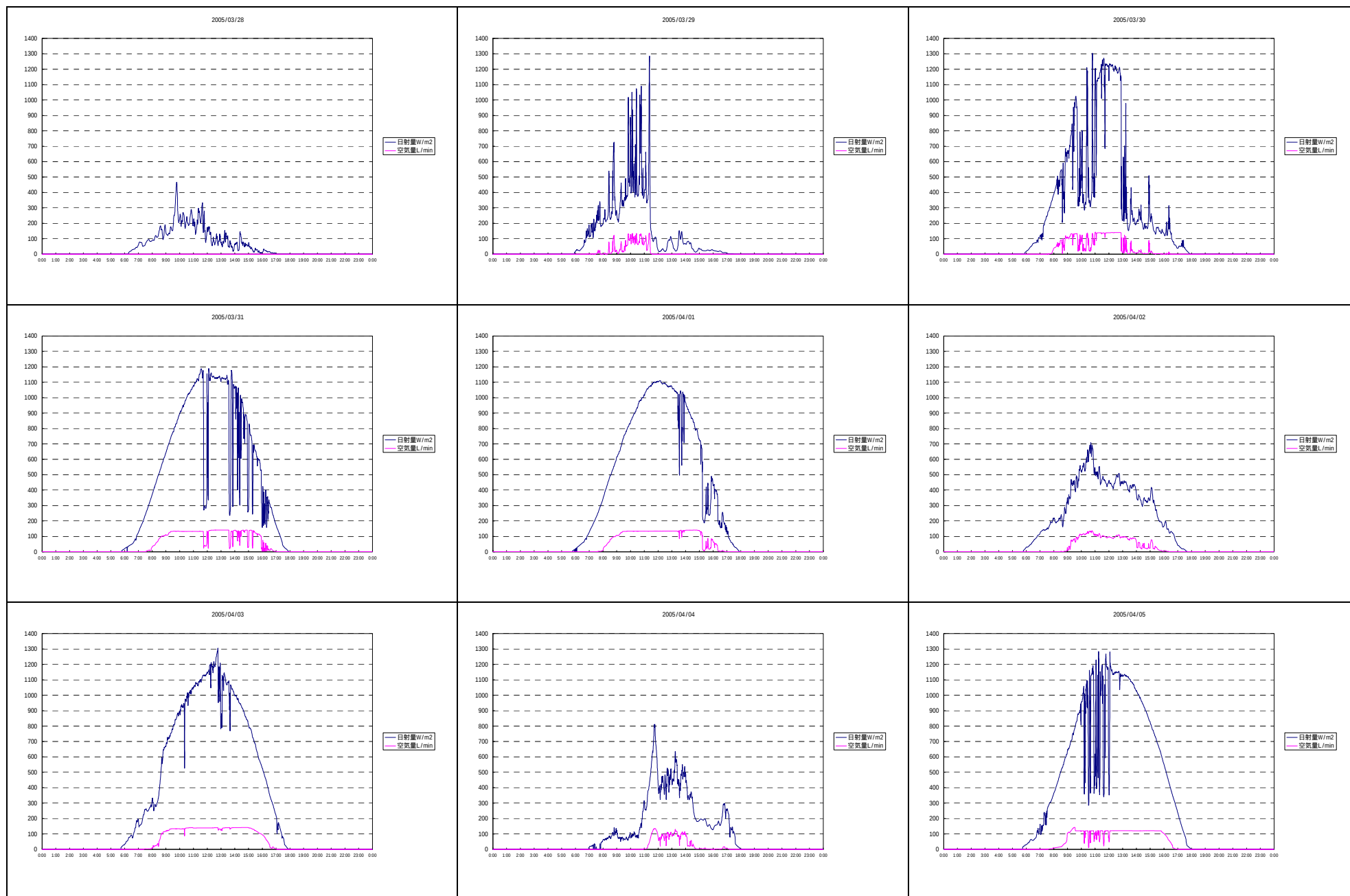
(1 3) 平成 17 年 3 月 10 日 ~ 3 月 18 日 日射量と吐出し空気量の関係



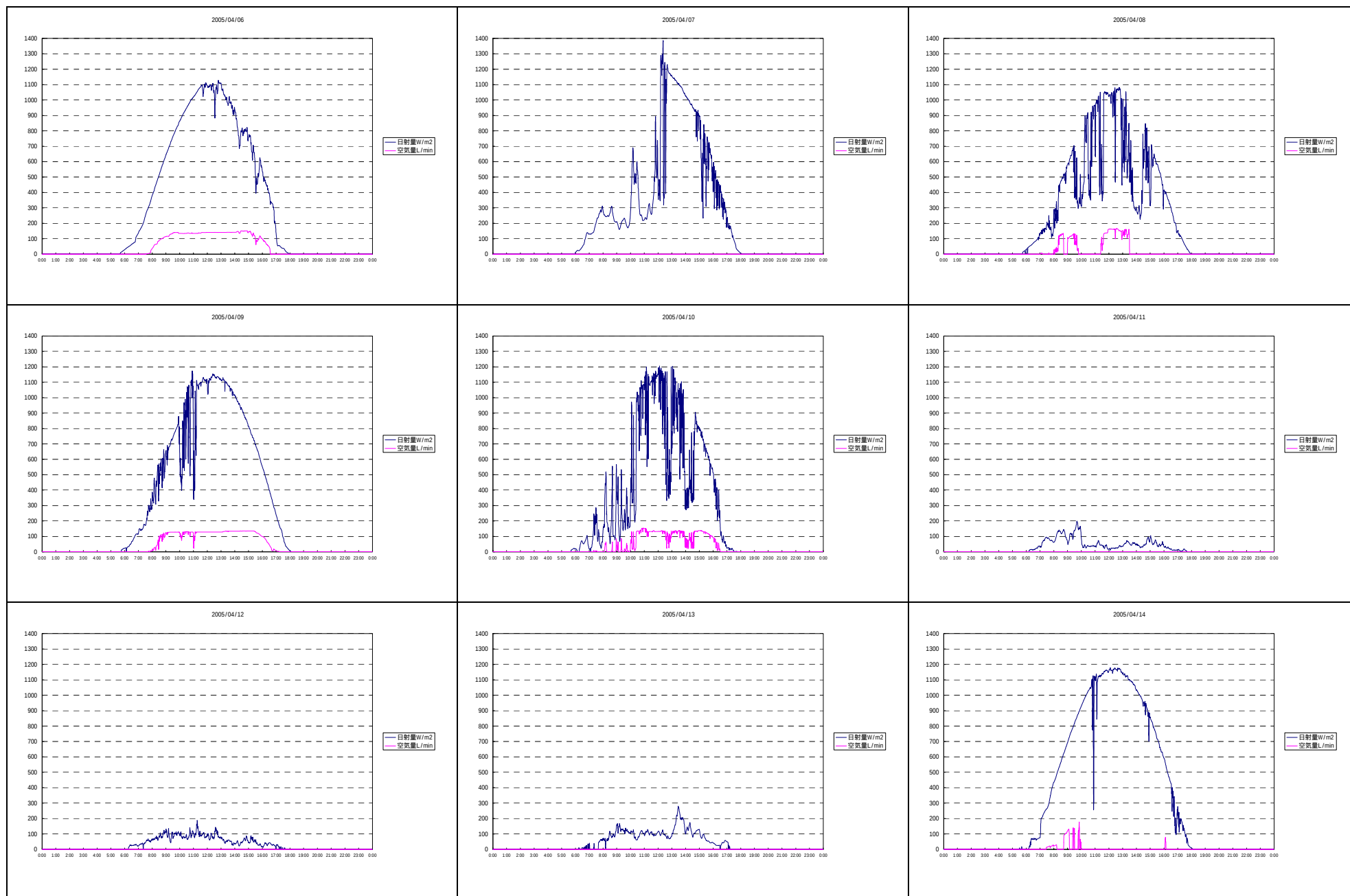
(1 4) 平成 17 年 3 月 19 日 ~ 3 月 27 日 日射量と吐出し空気量の関係



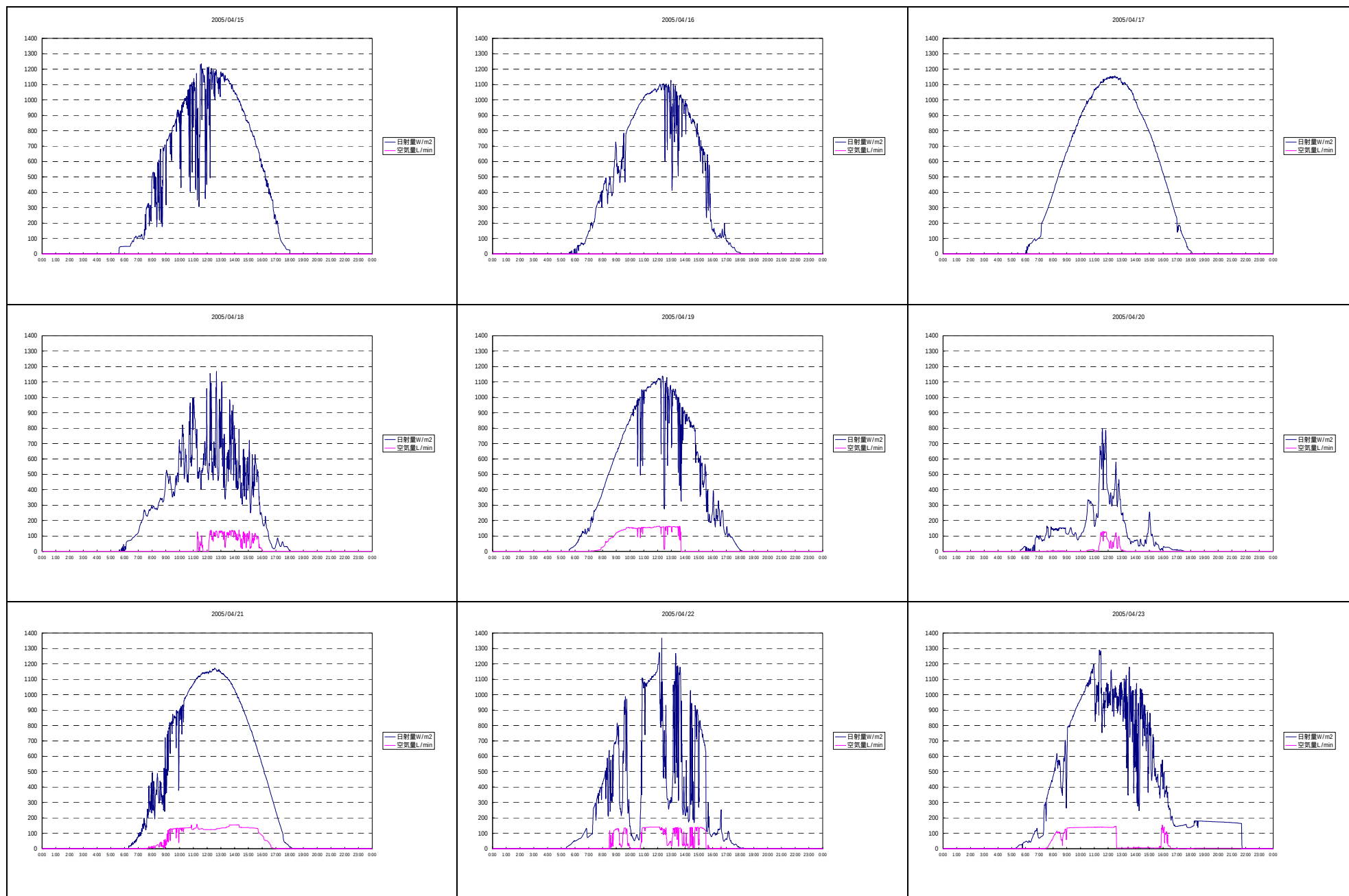
(1 5) 平成 17 年 3 月 28 日 ~ 4 月 5 日 日射量と吐出し空気量の関係



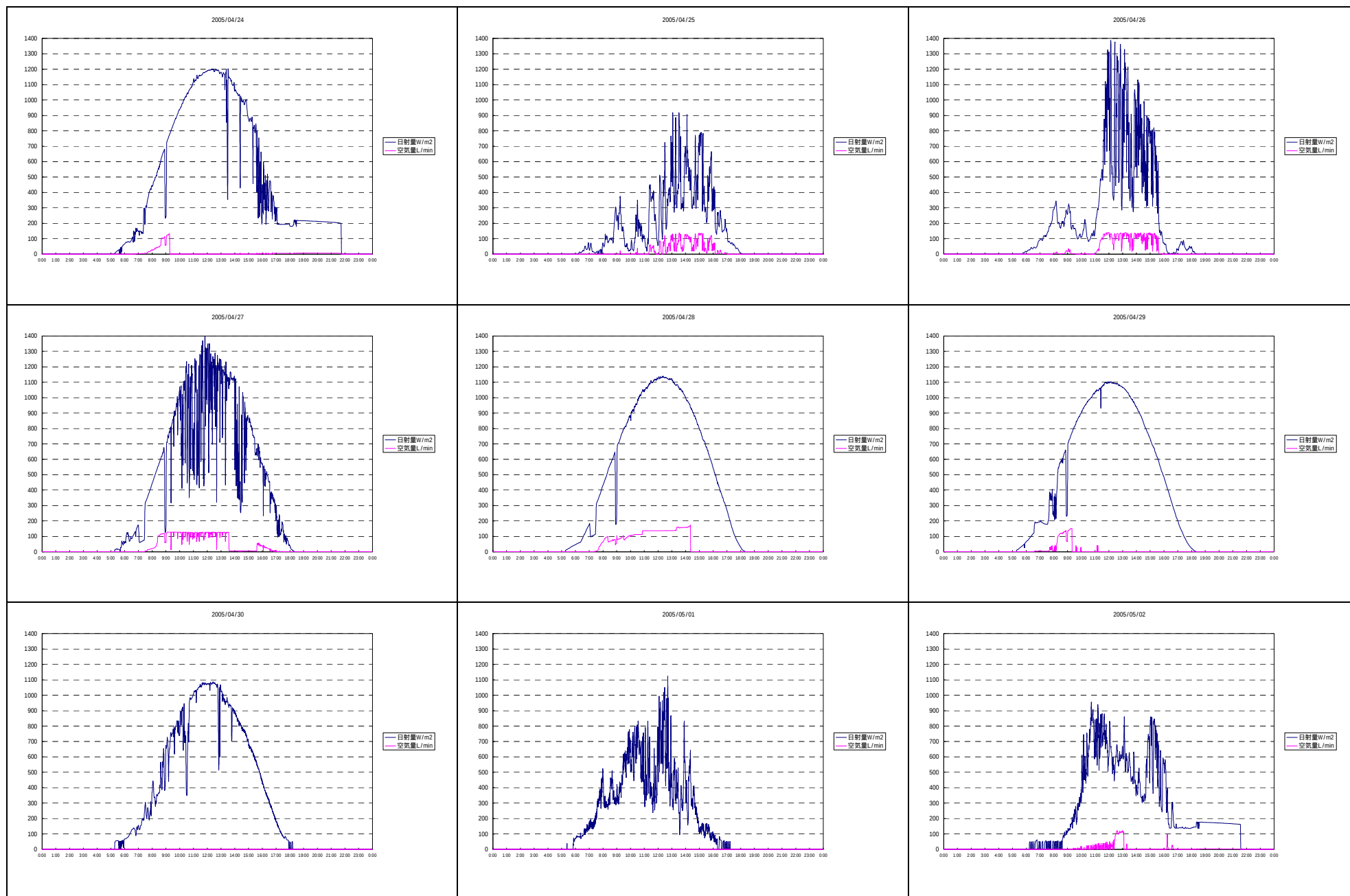
(1 6) 平成 17 年 4 月 6 日 ~ 4 月 14 日 日射量と吐出し空気量の関係



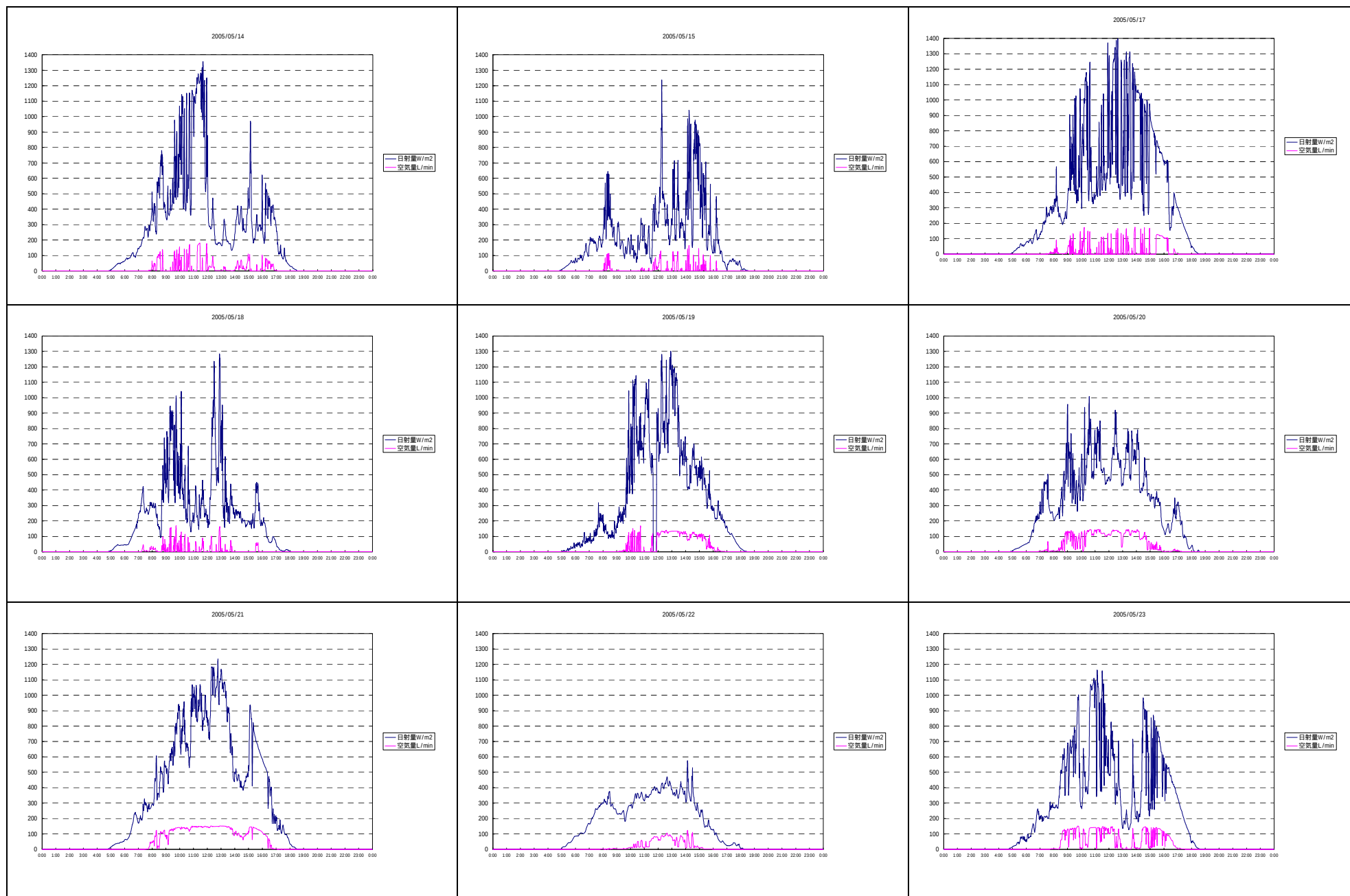
(1 7) 平成 17 年 4 月 15 日 ~ 4 月 23 日 日射量と吐出し空気量の関係



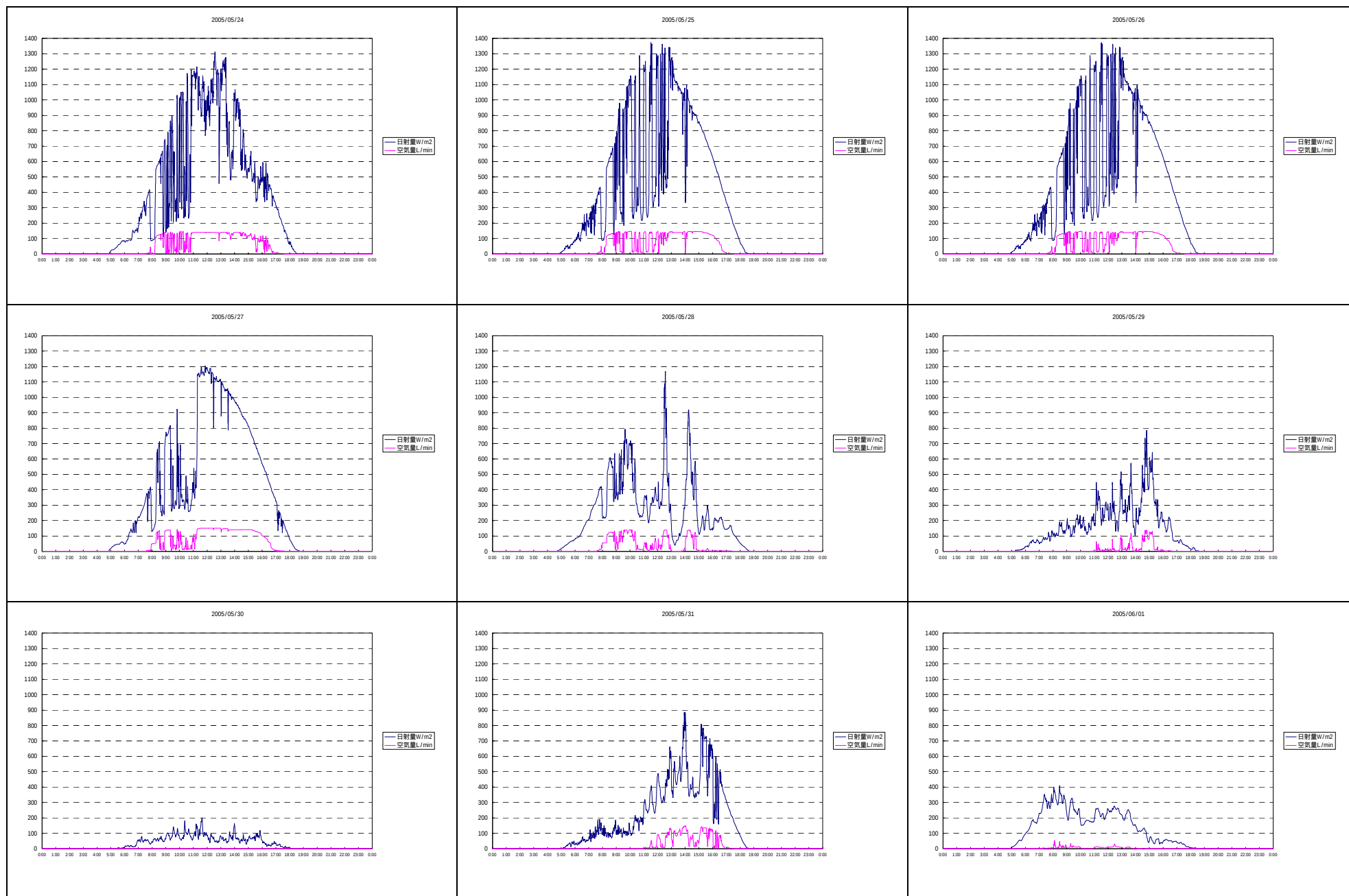
(1 8) 平成 17 年 4 月 24 日 ~ 5 月 2 日 日射量と吐出し空気量の関係



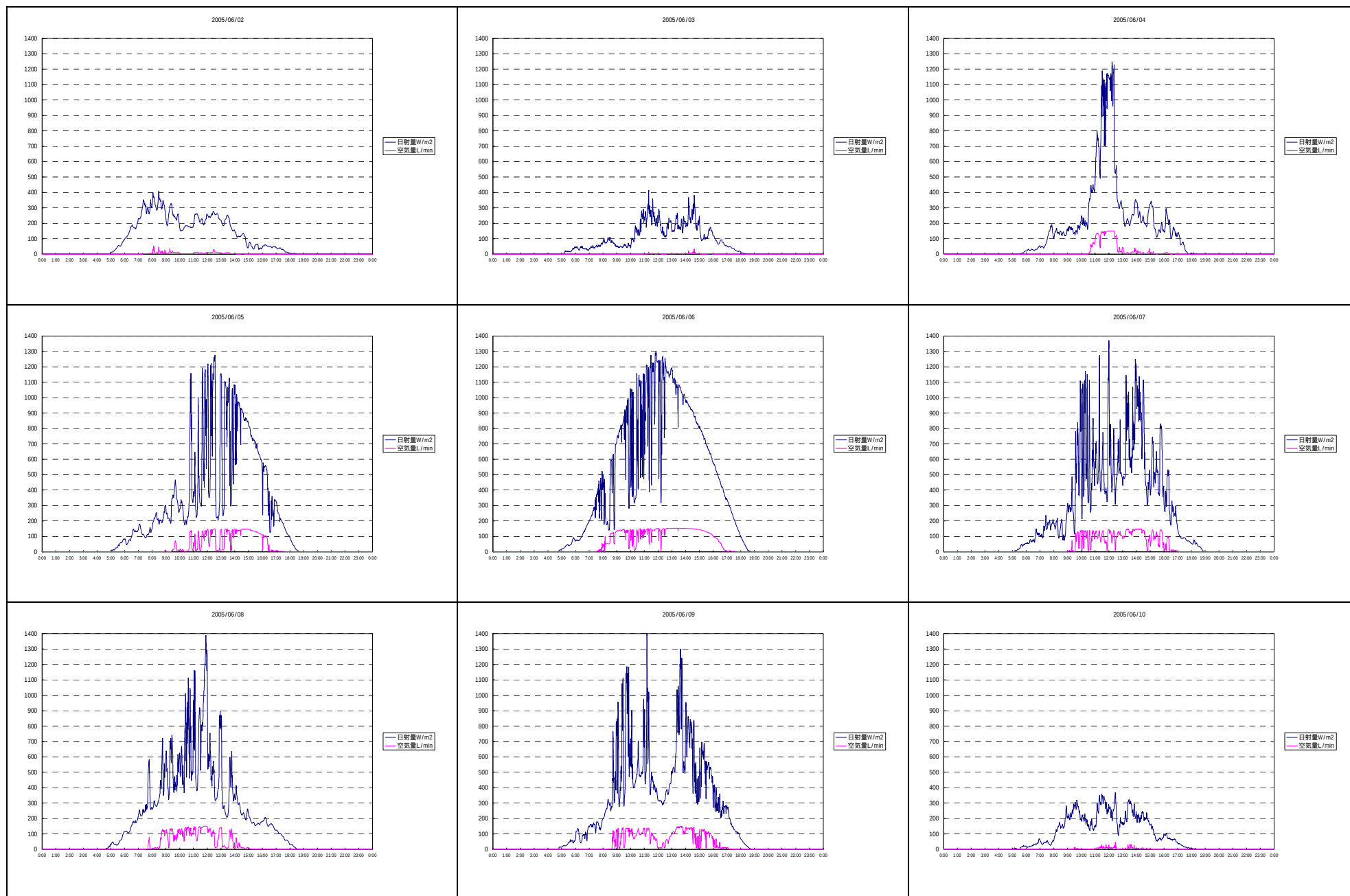
(1 9) 平成 17 年 5 月 14 日 ~ 5 月 22 日 日射量と吐出し空気量の関係



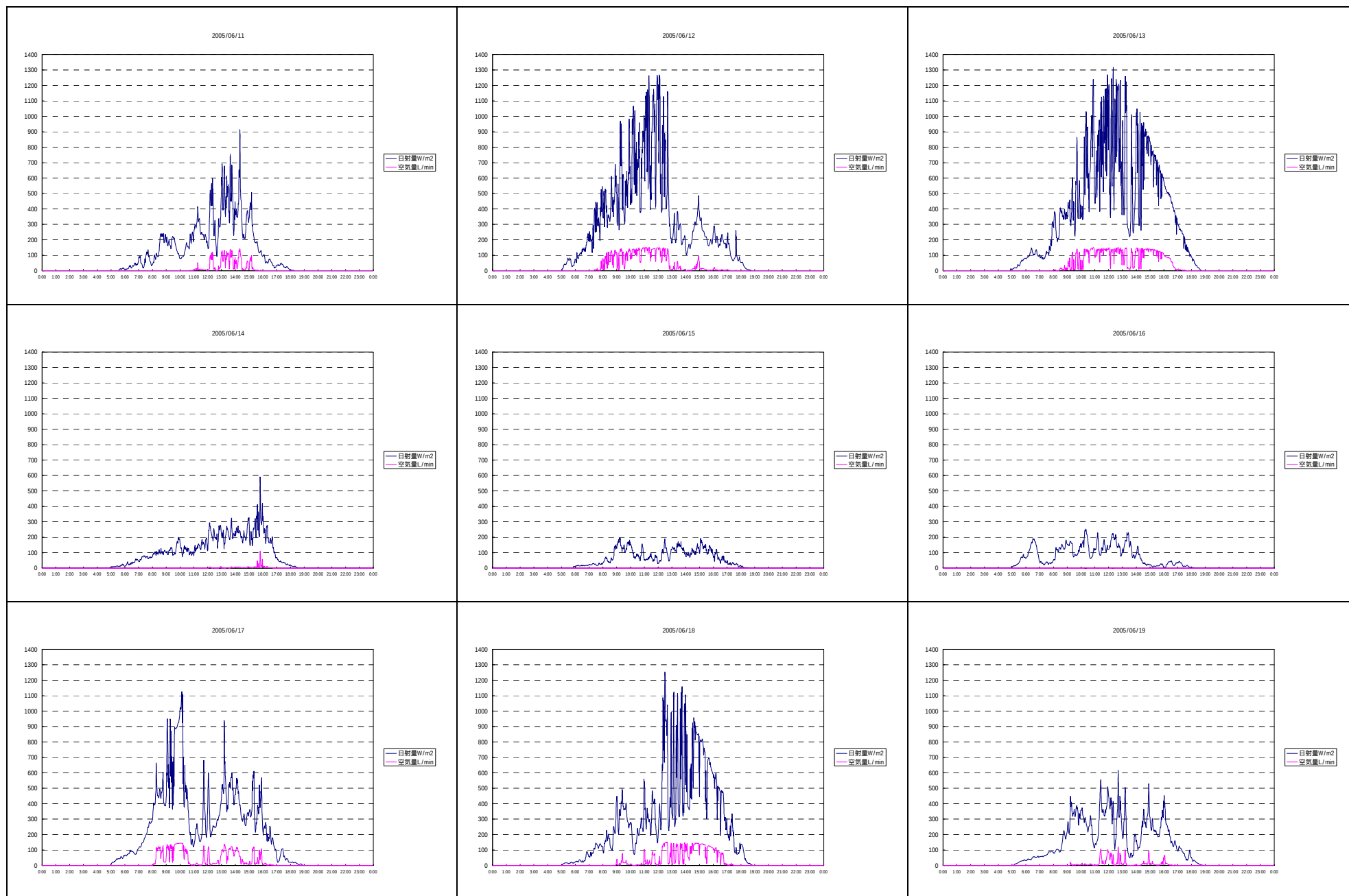
(2 0) 平成 17 年 5 月 24 日 ~ 6 月 1 日 日射量と吐出し空気量の関係



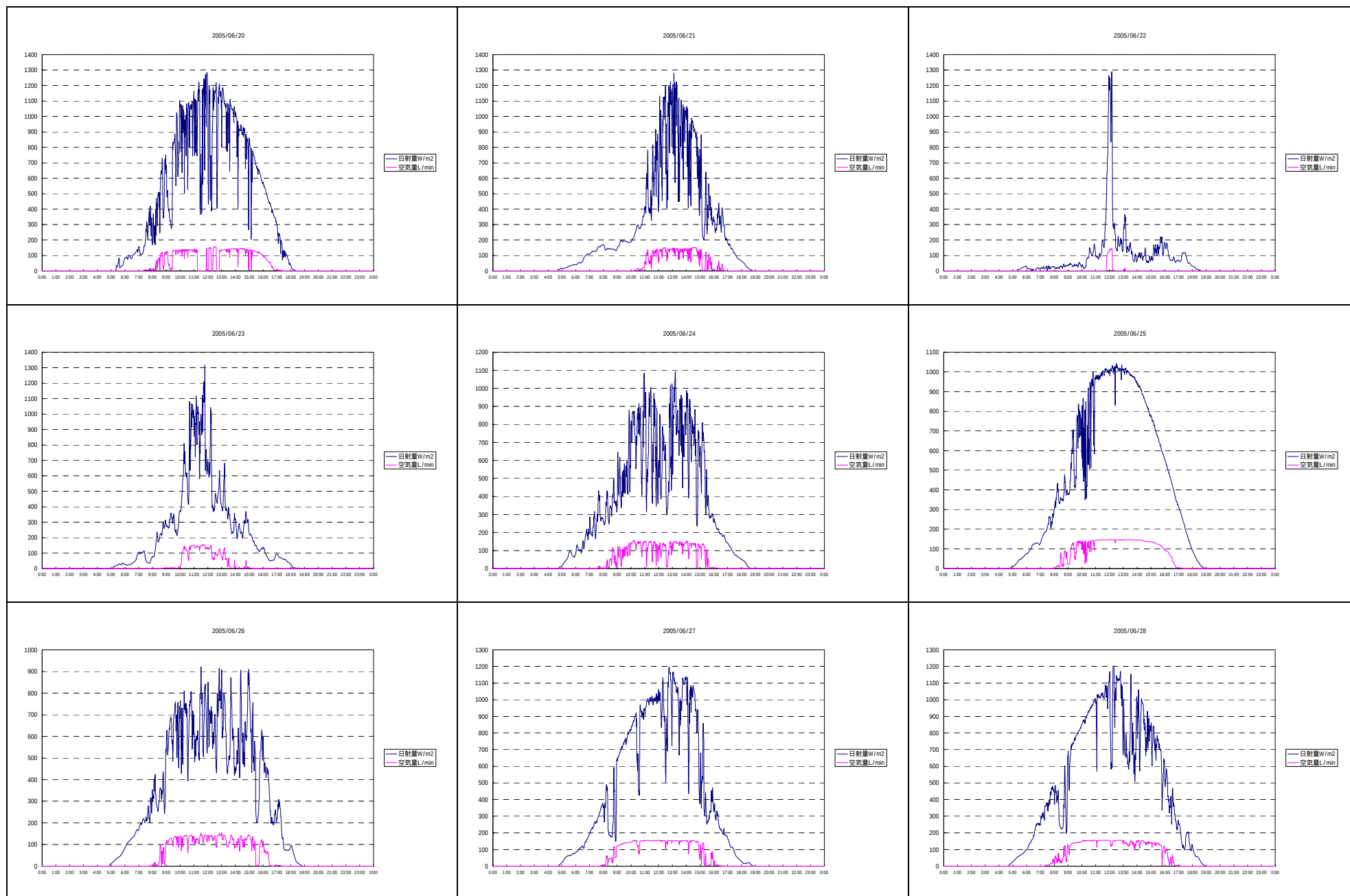
(2 1) 平成 17 年 6 月 2 日 ~ 6 月 10 日 日射量と吐出し空気量の関係



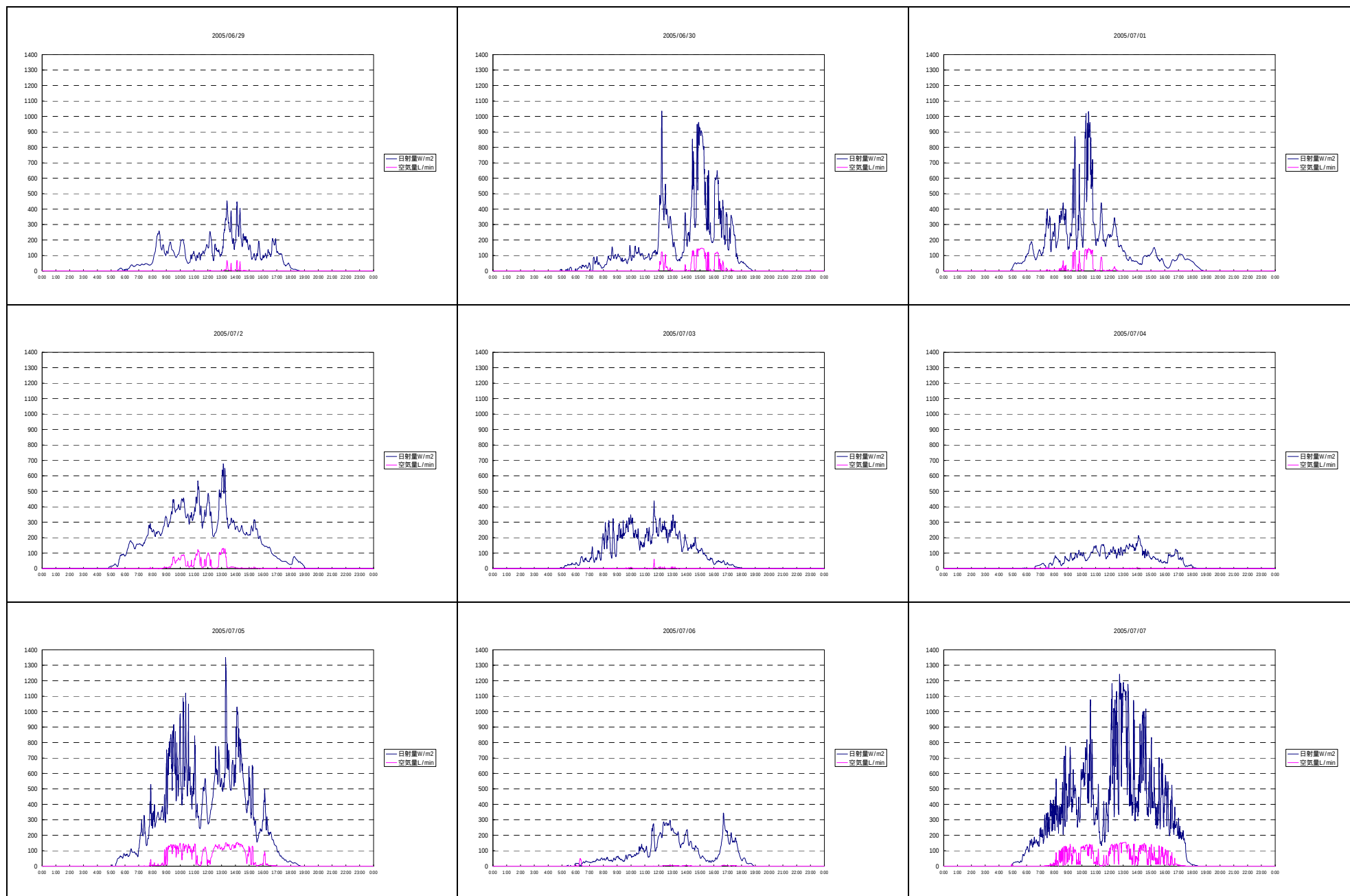
(2 2) 平成 17 年 6 月 11 日 ~ 6 月 19 日 日射量と吐出し空気量の関係



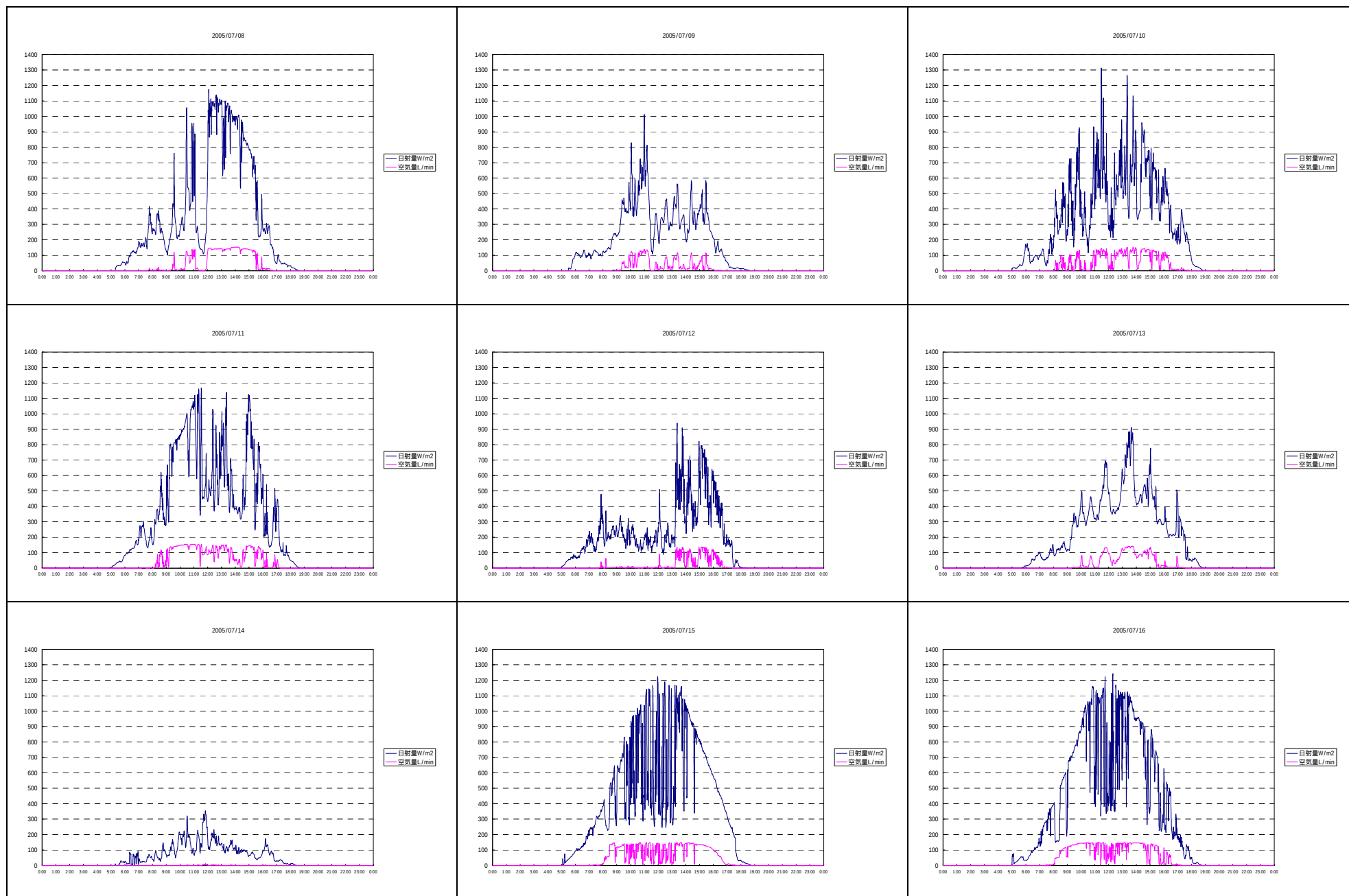
(2 3) 平成 17 年 6 月 20 日 ~ 6 月 22 日 日射量と吐出し空気量の関係



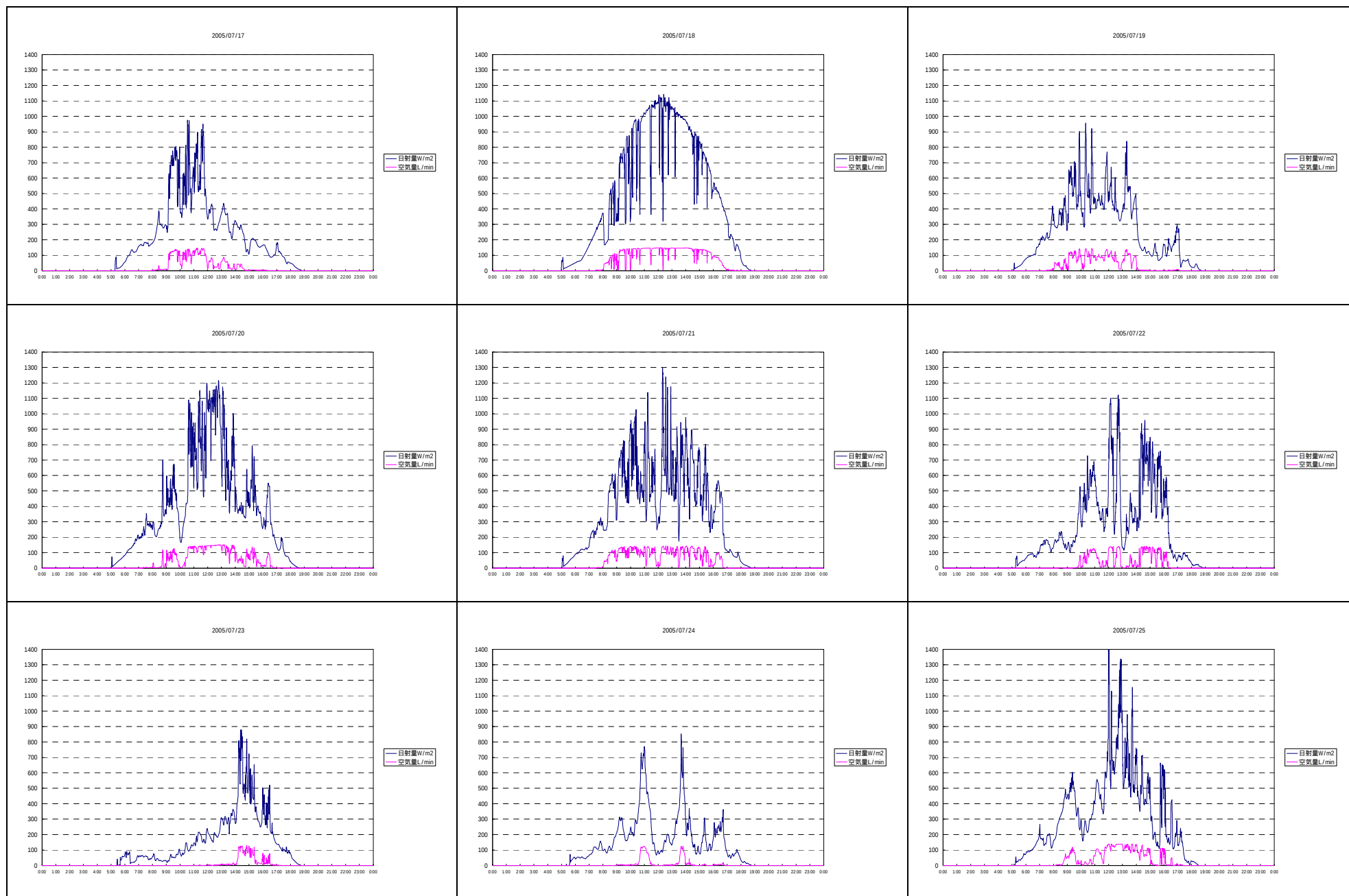
(2 4) 平成 17 年 6 月 29 日 ~ 7 月 7 日 日射量と吐出し空気量の関係



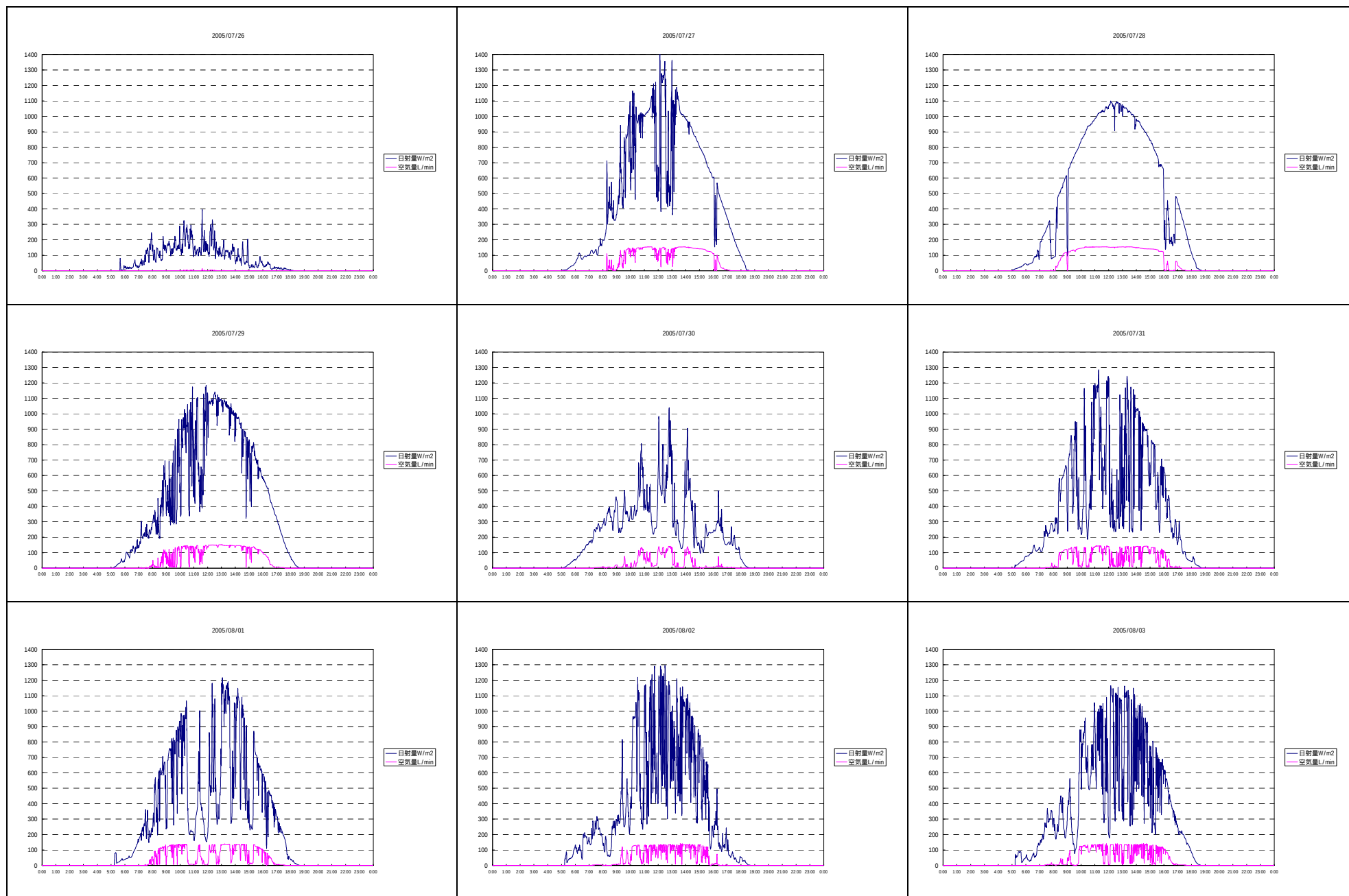
(2 5) 平成 17 年 7 月 8 日 ~ 7 月 16 日 日射量と吐出し空気量の関係



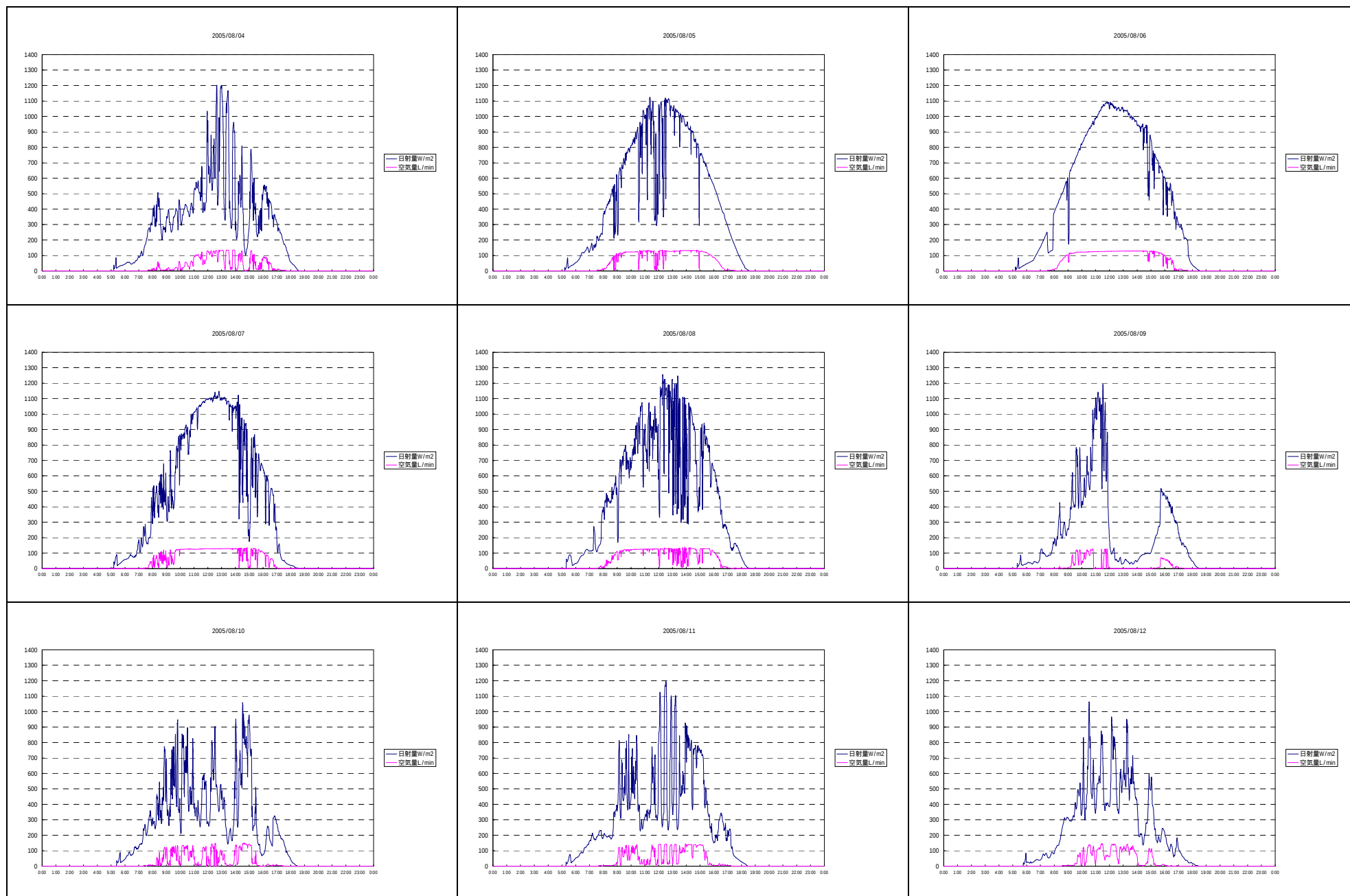
(2 6) 平成 17 年 7 月 17 日 ~ 7 月 25 日 日射量と吐出し空気量の関係



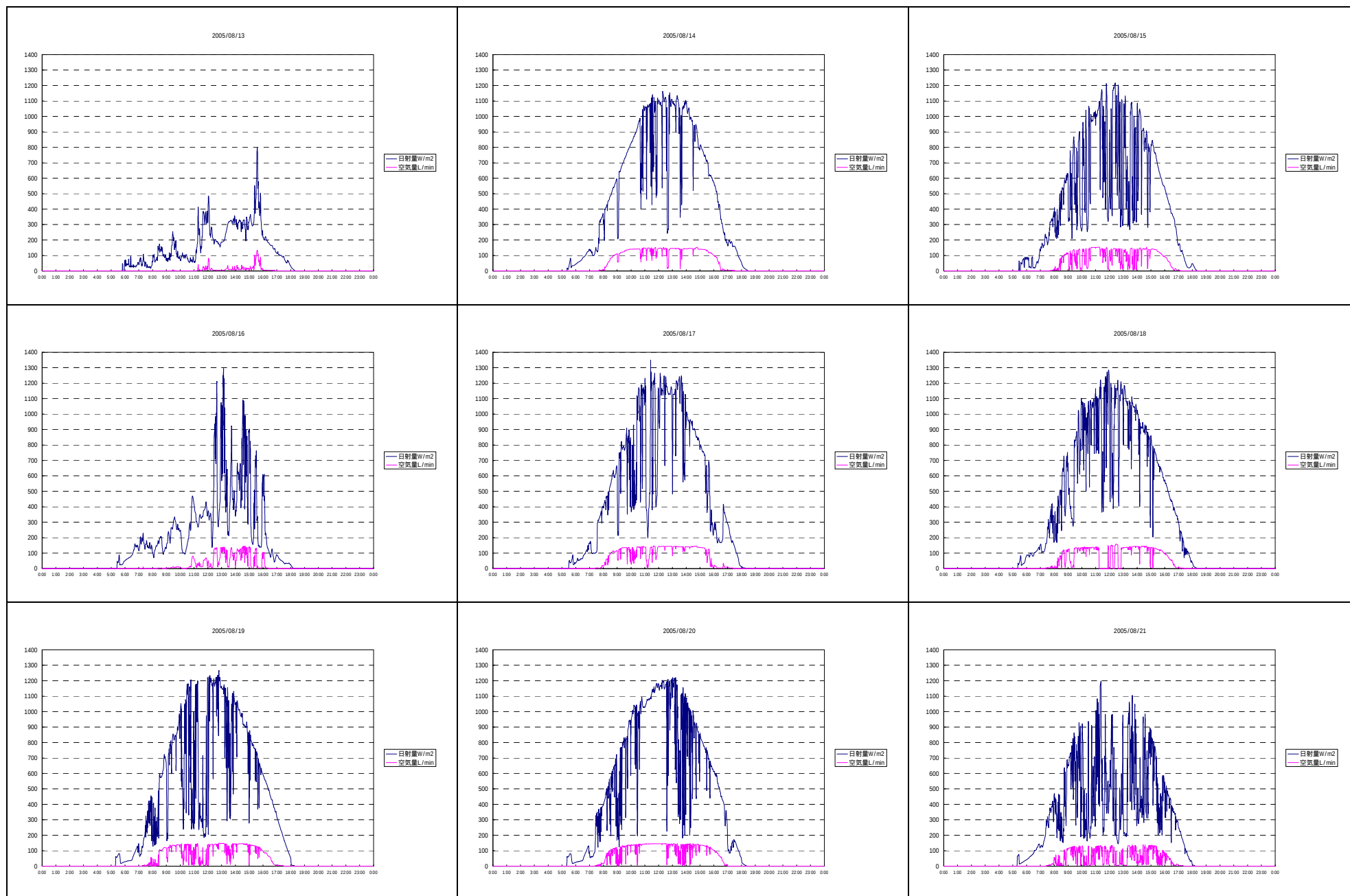
(2 7) 平成 17 年 7 月 26 日 ~ 8 月 3 日 日射量と吐出し空気量の関係



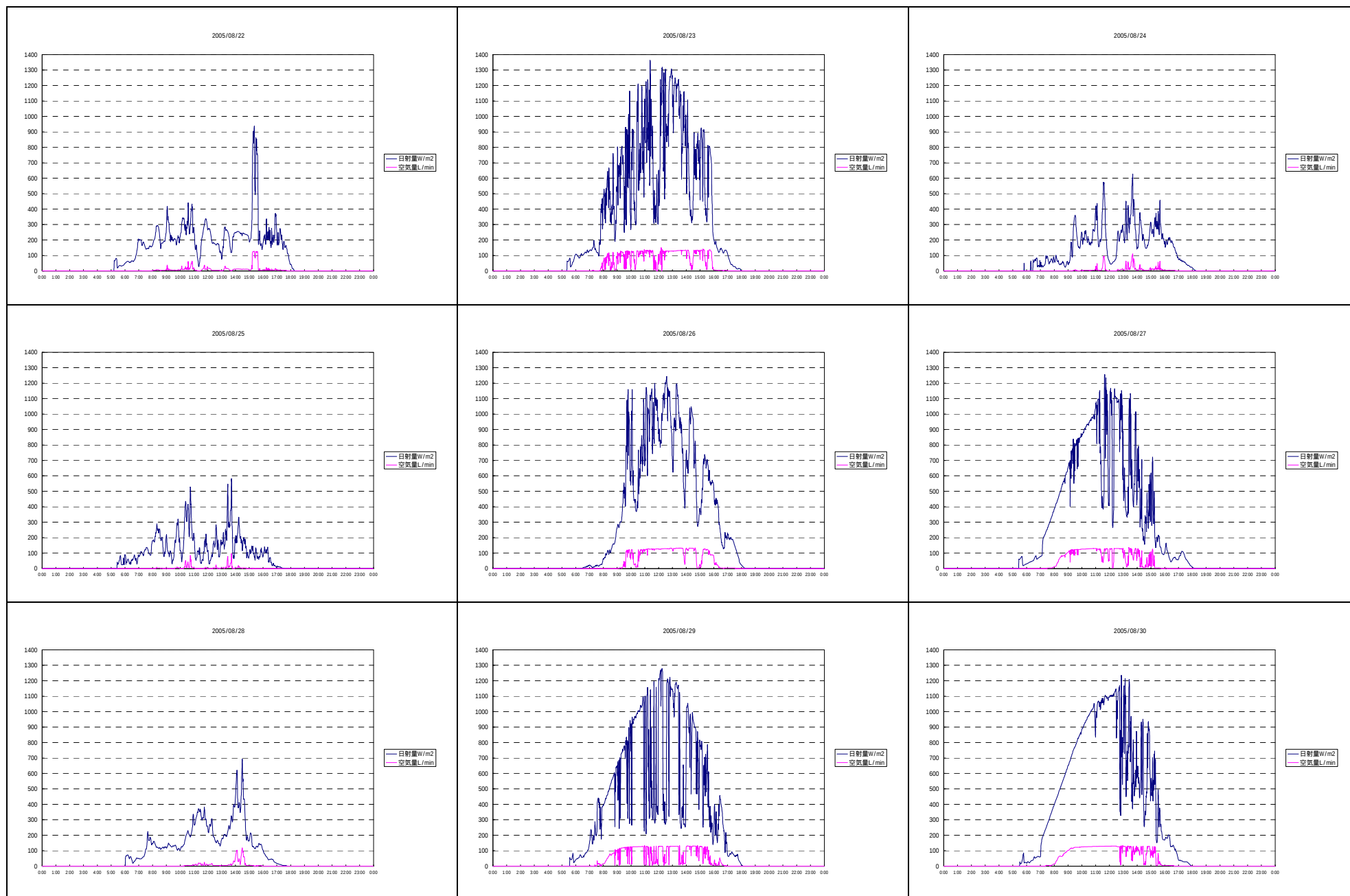
(2 8) 平成 17 年 8 月 4 日 ~ 8 月 12 日 日射量と吐出し空気量の関係



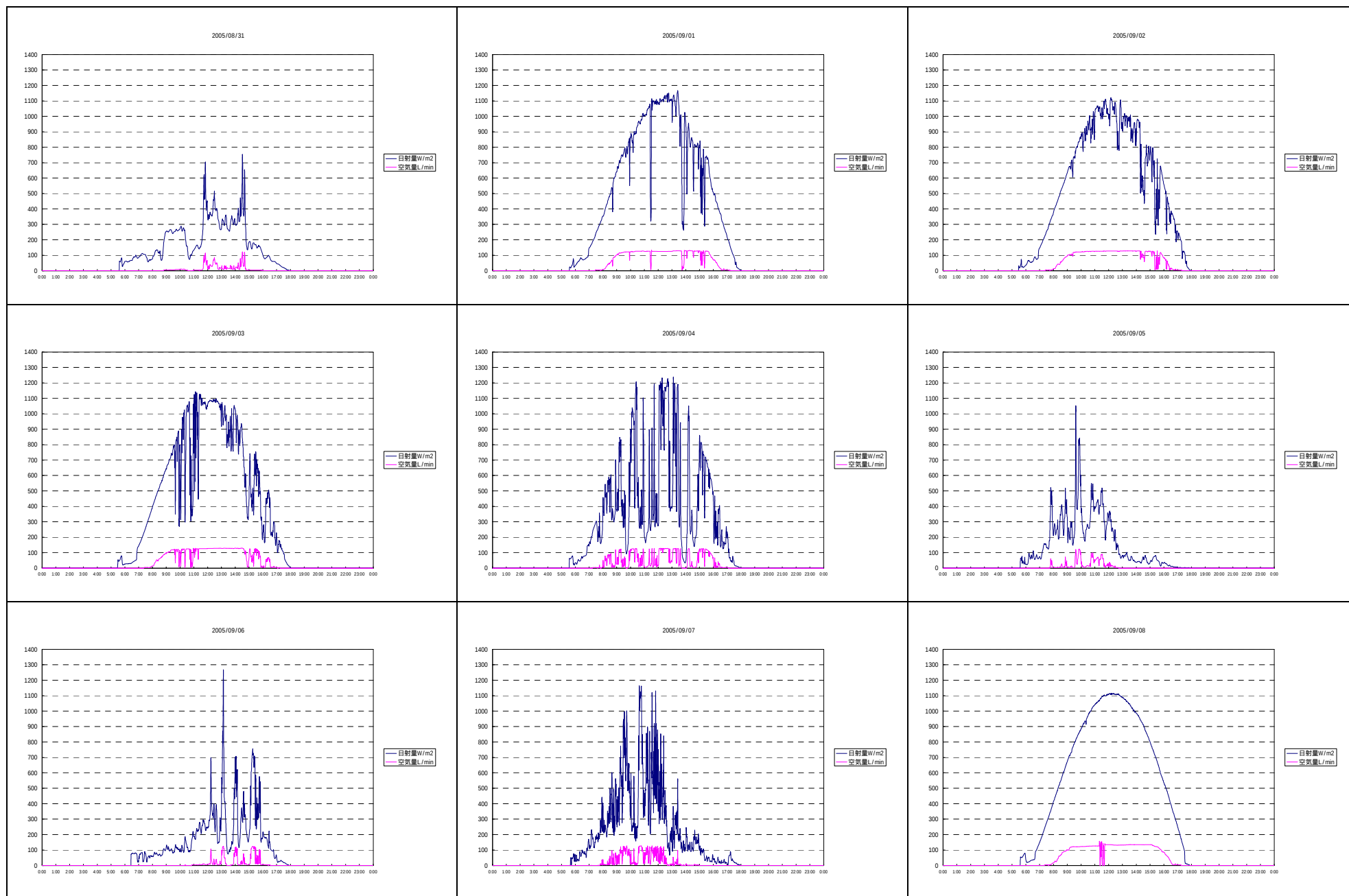
(2 9) 平成 17 年 8 月 13 日 ~ 8 月 21 日 日射量と吐出し空気量の関係



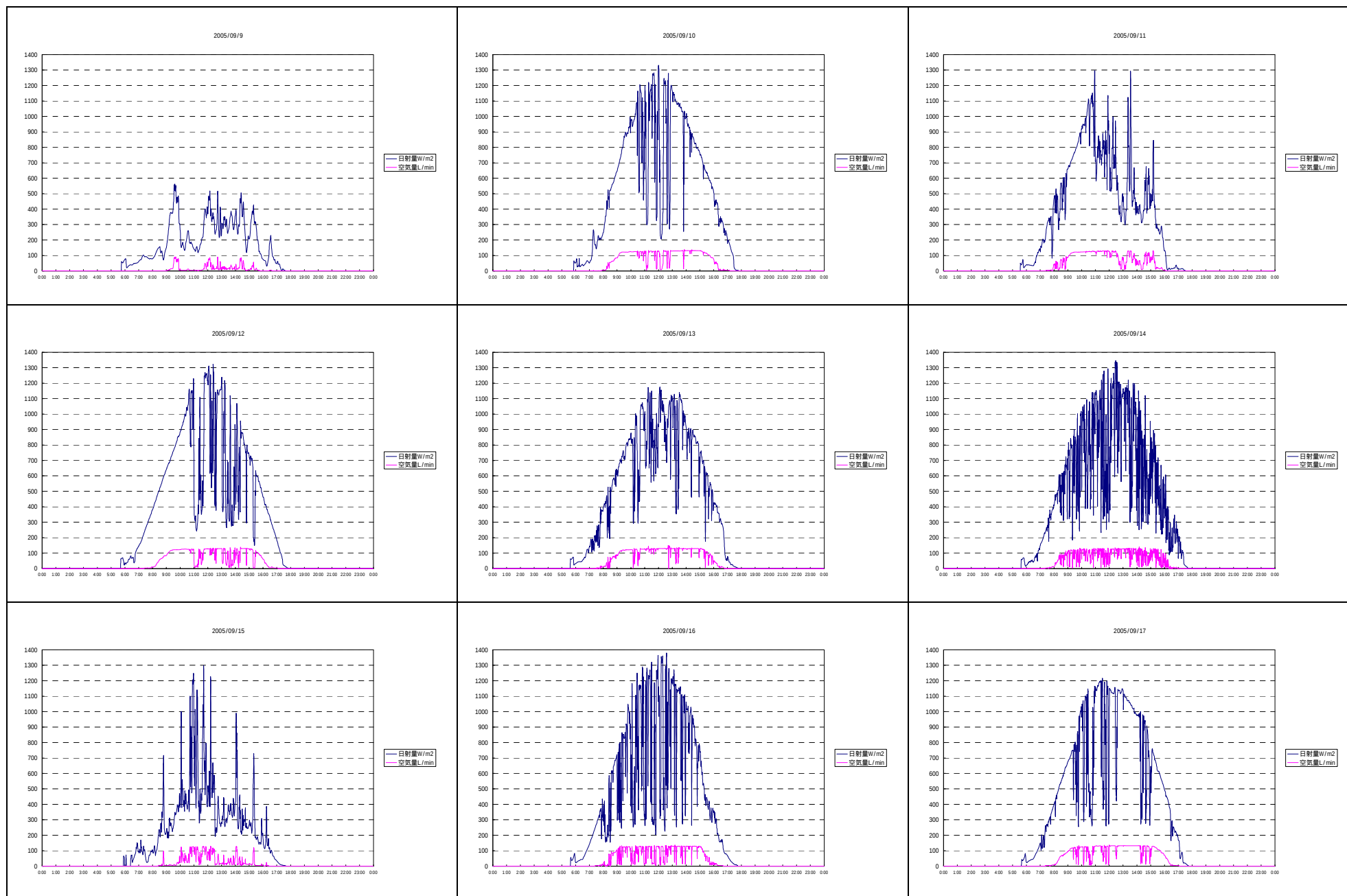
(3 0) 平成 17 年 8 月 22 日 ~ 8 月 30 日 日射量と吐出し空気量の関係



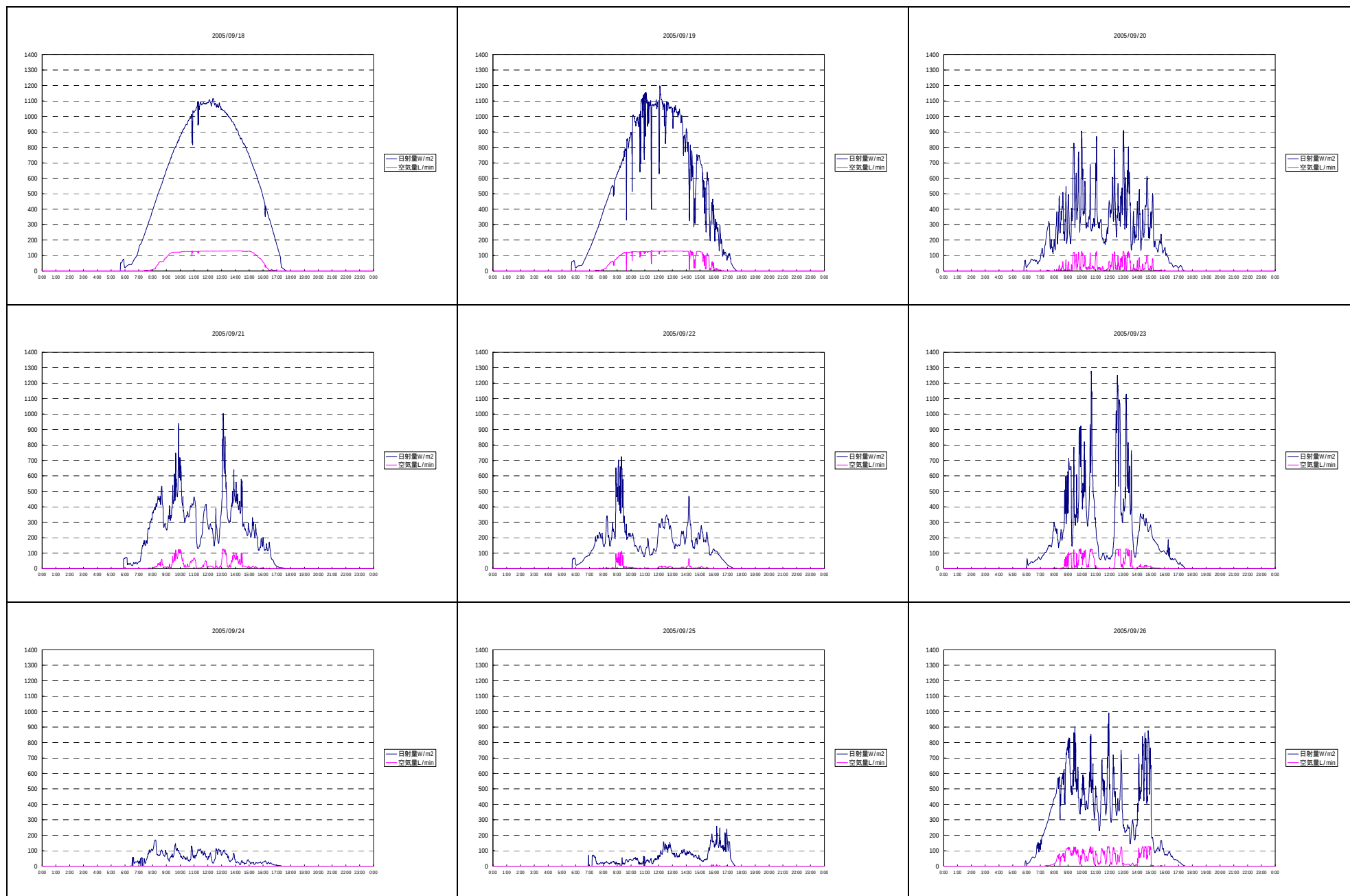
(3 1) 平成 17 年 8 月 31 日 ~ 9 月 8 日 日射量と吐出し空気量の関係



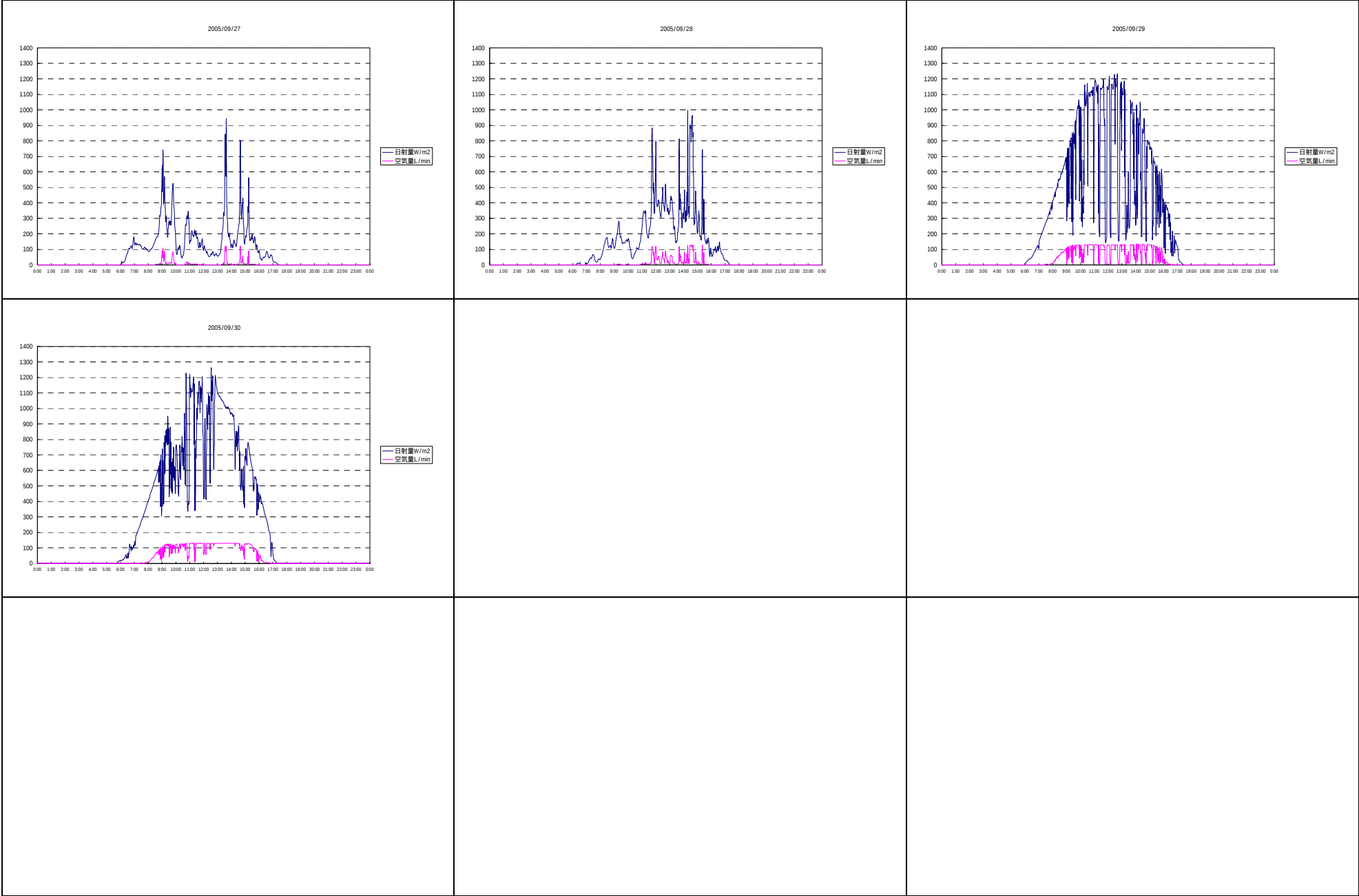
(3 2) 平成 17 年 9 月 9 日 ~ 9 月 17 日 日射量と吐出し空気量の関係



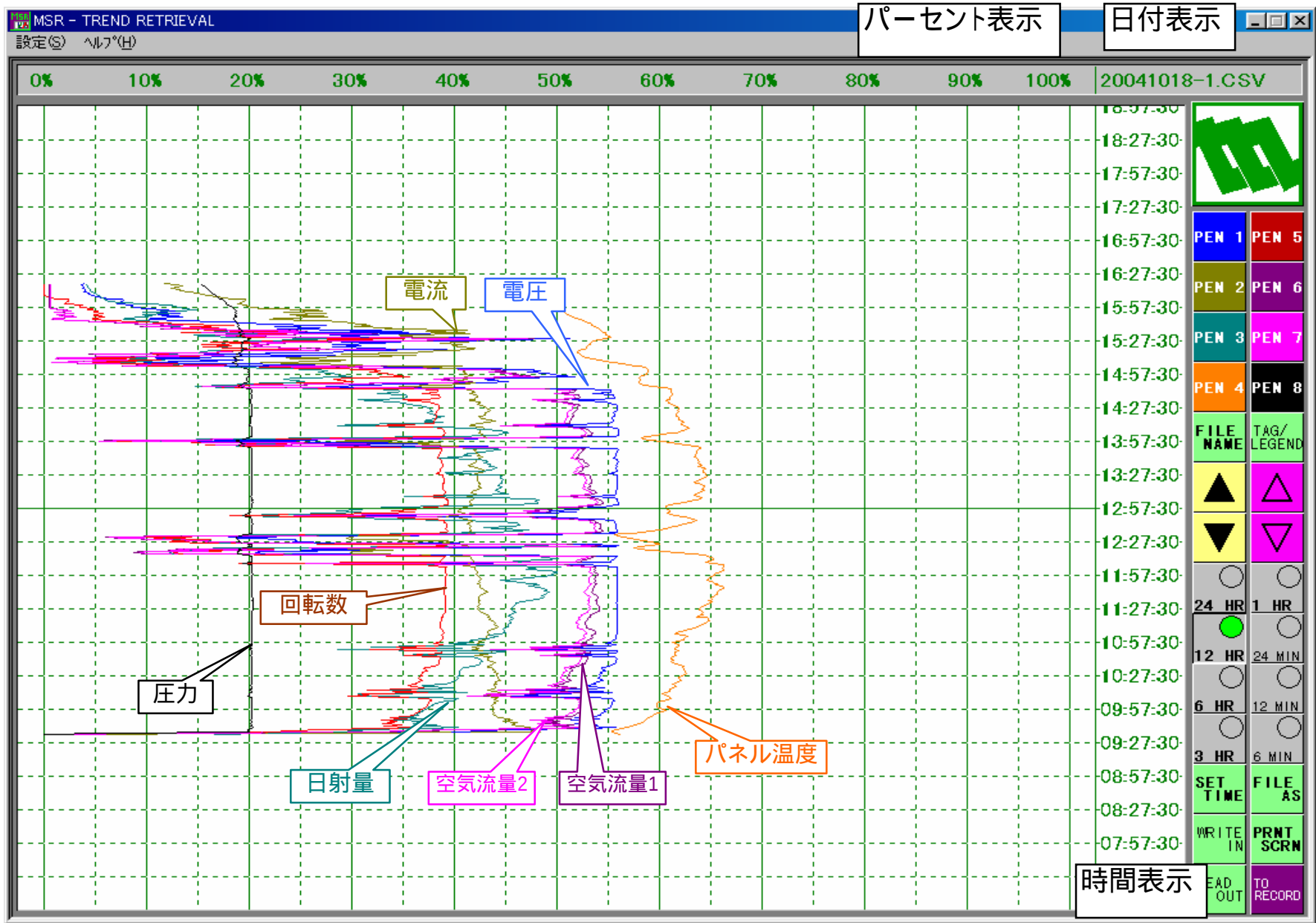
(3 3) 平成 17 年 9 月 18 日 ~ 9 月 26 日 日射量と吐出し空気量の関係



(3 4) 平成 17 年 9 月 27 日 ~ 9 月 30 日 日射量と吐出し空気量の関係



太陽光システム曝気装置 運転データ 表示説明



名称				最大値	最小値
PEN1	電圧(2次)	V		40	0
PEN2	電流	A		75	0
PEN3	日射量	W/m2		2000	0
PEN4	パネル温度			100	-50
PEN5	回転数	r p m		2500	0
PEN6	空気流量1	L/min		100	0
PEN7	空気流量2	L/min		100	0
PEN8	圧力	Kg/cm2		10	0

【資料 3】

亀山ダム写真集

撮影期間：2004 年 11 月～2005 年 8 月

	撮影日	備 考
	16 年 11 月 18 日	初期値
	11 月 25 日	1 週間後
	12 月 21 日	1 ヶ月後
	17 年 01 月 27 日	2 ヶ月後
	02 月 24 日	3 ヶ月後
	03 月 23 日	4 ヶ月後
	04 月 18 日	5 ヶ月後
	05 月 19 日	6 ヶ月後
	06 月 20 日	7 ヶ月後
	07 月 25 日	8 ヶ月後
	08 月 9 日	8 . 5 ヶ月後



4X210001
2004/10/21 14:29:10



4X210002
2004/10/21 14:29:15



4X210003
2004/10/21 14:46:28



4X210004
2004/10/21 14:46:36



4X210005
2004/10/21 14:46:51



4X210006
2004/10/21 14:47:02



4X210007
2004/10/21 14:47:31



4X210008
2004/10/21 14:47:38



4X220010
2004/10/22 11:55:37



4X220011
2004/10/22 11:55:46



4X220012
2004/10/22 11:58:01



4X220013
2004/10/22 11:59:17



4X220014
2004/10/22 11:59:25



4X220015
2004/10/22 12:00:10



4X220017
2004/10/22 12:00:29



4X220018
2004/10/22 12:01:38



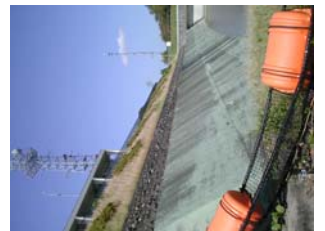
4X220019
2004/10/22 12:01:55



4X220020
2004/10/22 12:02:07



4X220021
2004/10/22 12:03:54



4X220023
2004/10/22 12:04:16



4X220024
2004/10/22 12:04:22



4X220025
2004/10/22 12:04:30



4X220026
2004/10/22 12:07:23



4X220027
2004/10/22 12:07:30



4X220028
2004/10/22 12:07:38



4X220029
2004/10/22 12:08:02



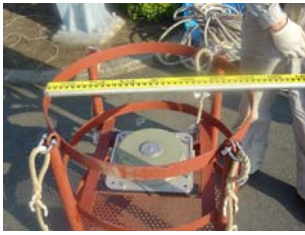
4X220032
2004/10/22 12:08:57



4X220033
2004/10/22 12:09:22



4X220034
2004/10/22 12:10:18



DSC01123
2004/11/17 14:12:33



DSC01124
2004/11/17 14:12:38



DSC01125
2004/11/17 14:12:47



DSC01126
2004/11/17 14:12:53



DSC01127
2004/11/17 14:13:08



DSC01128
2004/11/19 12:19:42



DSC01140
2004/11/19 12:25:59



DSC01141
2004/11/19 12:26:19



DSC01143
2004/11/19 12:26:44



DSC01144
2004/11/19 12:26:55



DSC01145
2004/11/19 12:27:02



DSC01146
2004/11/19 12:27:33



DSC01147
2004/11/19 12:27:53



DSC01149
2004/11/19 12:34:29



DSC01150
2004/11/19 12:35:00



DSC01152
2004/11/19 12:41:52



DSC01153
2004/11/19 12:41:56



DSC01157
2004/11/19 12:43:07



DSC01158
2004/11/20 15:40:54



DSC01159
2004/11/20 15:41:38



DSC01164
2004/11/20 15:43:47



DSC01166
2004/11/25 9:01:06



DSC01167
2004/11/25 9:01:55



DSC01169
2004/11/25 9:03:40



DSC01171
2004/11/25 9:04:00



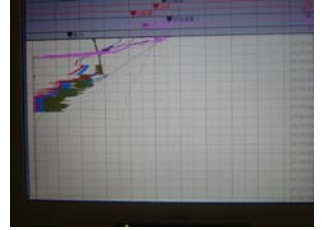
DSC01172
2004/11/25 9:04:43



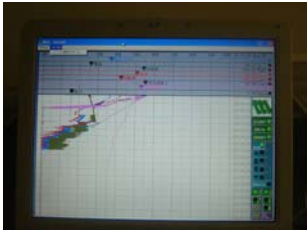
DSC01174
2004/11/25 9:06:39



DSC01178
2004/11/25 9:07:50



DSC01181
2004/11/25 9:15:31



DSC01183
2004/11/25 9:16:37



DSC01184
2004/11/25 10:55:43



DSC01185
2004/11/25 10:55:49



DSC01187
2004/11/25 10:59:59



IMG_0392
2004/12/21 0:53:49



IMG_0393
2004/12/21 0:54:36



IMG_0394
2004/12/21 0:55:30



IMG_0395
2004/12/21 0:56:35



IMG_0396
2004/12/21 0:56:51



IMG_0397
2004/12/21 0:57:27



IMG_0398
2004/12/21 0:58:30



IMG_0399
2004/12/21 0:59:43



IMG_0400
2004/12/21 1:00:01



IMG_0401
2004/12/21 1:00:35



IMG_0402
2004/12/21 1:01:04



IMG_0403
2004/12/21 1:01:13



IMG_0404
2004/12/21 1:01:20



IMG_0405
2004/12/21 1:05:49



01010001



01010002



01010003



01010006



01010007



01010008



01010009



01010011



01010012



01010014



91010007
1999/01/01 17:45:00



91010008
1999/01/01 17:45:23



91010009
1999/01/01 17:45:41



91010010
1999/01/01 17:45:47



91010011
1999/01/01 17:45:56



91010012
1999/01/01 17:46:05



91010013
1999/01/01 19:21:56



91010014
1999/01/01 19:22:04



91010015
1999/01/01 19:22:12



91010016
1999/01/01 19:22:22



91010017
1999/01/01 19:29:44



DSC01329
2005/03/24 9:51:59



DSC01334
2005/03/24 10:20:01



DSC01335
2005/03/24 10:20:09



DSC01336
2005/03/24 10:20:13



DSC01338
2005/03/24 10:49:47



DSC01339
2005/03/24 10:49:50



DSC01340
2005/03/24 10:49:58



DSC01341
2005/03/24 11:01:00



DSC01342
2005/03/24 11:01:17



DSC01344
2005/03/24 11:35:30



DSC01345
2005/03/24 11:35:36



DSC01346
2005/03/24 12:23:08



DSC01349
2005/03/24 12:24:02



DSC01352
2005/03/24 12:24:37



DSC01354
2005/03/24 12:25:18



DSC01355
2005/03/24 12:27:11



DSC01357
2005/03/24 12:38:05



DSC01358
2005/03/24 12:39:37



DSC01367
2005/04/19 8:00:59



DSC01368
2005/04/19 8:01:04



DSC01370
2005/04/19 8:01:11



DSC01375
2005/04/19 8:22:53



DSC01376
2005/04/19 8:23:22



DSC01377
2005/04/19 8:23:32



DSC01378
2005/04/19 8:24:32



DSC01383
2005/04/19 8:25:41



DSC01384
2005/04/19 8:25:56



DSC01385
2005/04/19 8:26:59





DSC01540
2005/06/20 11:04:06



DSC01542
2005/06/20 11:04:39



DSC01545
2005/06/20 11:09:07



DSC01549
2005/06/20 12:08:38



DSC01550
2005/06/20 12:08:58



DSC01551
2005/06/20 12:09:30



DSC01552
2005/06/20 12:09:37



DSC01554
2005/06/20 12:18:14



DSC01555
2005/06/20 12:18:22



DSC01556
2005/06/20 12:18:58



DSC01557
2005/06/20 12:19:06



DSC01558
2005/06/20 12:22:47



DSC01559
2005/06/20 13:32:12



DSC01560
2005/06/20 13:32:17



DSC01561
2005/06/20 14:32:13



DSC01569
2005/07/25 12:07:39



DSC01570
2005/07/25 12:08:10



DSC01571
2005/07/25 12:08:15



DSC01572
2005/07/25 12:08:22



DSC01574
2005/07/25 12:39:08



DSC01575
2005/07/25 12:39:11



DSC01576
2005/07/25 13:46:42



DSC01577
2005/07/25 13:46:47



DSC01578
2005/07/25 13:46:52



DSC01579
2005/07/25 13:54:08



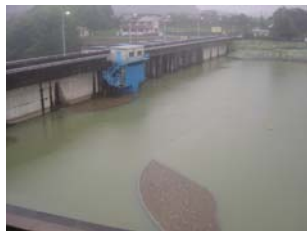
DSC01580
2005/07/25 13:54:11



DSC01581
2005/07/25 13:54:15



DSC01582
2005/07/25 13:54:44



DSC01586
2005/07/26 5:44:05



DSC01588
2005/07/26 5:44:39



DSC01590
2005/07/26 8:29:02



DSC01591
2005/07/26 8:29:06



DSC01592
2005/07/26 9:19:08



DSC01609
2005/08/09 10:34:39



DSC01610
2005/08/09 10:34:53



DSC01611
2005/08/09 10:35:05



DSC01615
2005/08/10 12:57:10



DSC01616
2005/08/10 12:57:32



DSC01617
2005/08/10 12:59:39



DSC01618
2005/08/10 12:59:55



DSC01619
2005/08/10 12:59:57



DSC01620
2005/08/10 13:00:20



DSC01621
2005/08/10 13:00:24



DSC01624
2005/08/23 12:22:03



DSC01626
2005/08/23 12:22:13



DSC01627
2005/08/23 12:22:18



DSC01628
2005/08/23 12:33:38



DSC01629
2005/08/23 12:33:43



DSC01630
2005/08/23 12:34:33



DSC01631
2005/08/23 12:34:57



DSC01632
2005/08/23 12:35:00



DSC01633
2005/08/23 12:35:06



DSC01635
2005/08/23 12:35:50



DSC01636
2005/08/23 12:36:33



DSC01637
2005/08/23 12:36:53



DSC01638
2005/08/23 12:36:59



DSC01661
2005/09/08 11:36:48



DSC01662
2005/09/08 11:36:52



DSC01664
2005/09/08 11:41:33



DSC01665
2005/09/08 11:41:36



DSC01666
2005/09/08 11:41:42



DSC01667
2005/09/08 11:41:50



DSC01668
2005/09/08 11:42:02



DSC01669
2005/09/08 11:42:10



DSC01670
2005/09/08 11:44:28



DSC01671
2005/09/08 11:44:33



DSC01672
2005/09/08 11:45:15



DSC01673
2005/09/08 11:45:20



DSC01674
2005/09/08 11:45:52



DSC01677
2005/09/08 11:46:42



DSC01678
2005/09/08 11:49:40



DSC01680
2005/09/13 11:23:04



DSC01681
2005/09/13 11:23:07



DSC01683
2005/09/13 11:26:03



DSC01685
2005/09/13 11:42:56



DSC01686
2005/09/13 11:42:59



DSC01736
2005/10/26 9:22:59



DSC01737
2005/10/26 9:23:18



DSC01738
2005/10/26 9:23:30



DSC01739
2005/10/26 9:23:39



DSC01740
2005/10/26 9:29:12



DSC01741
2005/10/26 9:29:57



DSC01743
2005/10/26 9:30:40



DSC01744
2005/10/26 9:31:19



DSC01745
2005/10/26 9:32:57



DSC01748
2005/10/26 10:00:52



DSC01749
2005/10/26 10:37:09



DSC01750
2005/10/26 10:37:13

【資料 4】

運転月報

期間：2004 年 11 月～2005 年 10 月

運転月報

期間 自：平成16年11月1日

月	11																															
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
曜日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火		
天候																																
稼動状況																					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
○：正常運転 ●：雨天・曇天による停止 ×：故障による停止 ：装置動作不安定															つくば設備撤去・亀山移設																	

つくば設備撤去・亀山移設

運転開始

水質測定

月	12																														
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
曜日	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金
天候																															
稼動状況	○	○	○	○			○	○	○			●	○	○	●	○		○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●
○：正常運転 ●：雨天・曇天による停止 ×：故障による停止 ：装置動作不安定																															

水質測定

運轉月報

期間 自：平成17年1月1日

[illegible][illegible]

運転月報

期間 自：平成17年3月1日

月	3																															
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
曜日	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	
天候																																
稼動状況	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	●	○	○	○	
○ : 正常運転 ● : 雨天・曇天による停止 × : 故障による停止 : 装置動作不安定																																

水質測定

月	4																															
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
曜日	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土		
天候																																
稼動状況	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	●	●	●	×	×	×	×	○	○	○	○	○			●	○	○		×	×		
○：正常運転 ●：雨天・曇天による停止 ×：故障による停止 ：装置動作不安定							× 水抜きドレン破損											○ 破損部品交換					装置異変						× 完全に故障			
											応急処置区間																					
												</																				

× 水抜きドレン破損
 応急処置区間

○ 破損部品交換

装置異変

× 完全に故障

水質測定

期間 自：平成17年5月1日

期間 自：平成17年5月1日

[illegible]

運轉月報

期間 自：平成17年7月1日

[illegible][illegible]

運転月報

期間 自：平成17年9月1日

月	9																													
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
曜日	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金
天候																														
稼動状況	○	○	○	○	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	●	●	○	○	○	
○：正常運転 ●：雨天・曇天による停止 ×：故障による停止 ：装置動作不安定																														

第4回連続測定器設置期間

月	10																														
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
曜日	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月
天候																															
稼動状況	○	○	○	●	●	●	○	●	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	○	●	●	○	○							
○:正常運転 ●:雨天・曇天による停止 ×:故障による停止 :装置動作不安定																															
実験装置撤去 (実験終了)																															

実験装置撤去(実験終了)

【資料 5】

実験用大型水槽における曝気流動測定

実験用大型水槽における曝気流動測定

§ 1 目的

1-1 目的

ダム貯水池では、藻類の異常増殖等の富栄養化対策として、現在曝気式循環施設の設置による混合層形成を実施している。

曝気式循環施設を用いた循環流の発生について、ダム湖の現地実験により、曝気量が十分確保できる場合は、循環流が発生することは確認されているが、曝気量が少ない場合や、曝気装置の設置深さが浅いと、十分な循環流が発生しないこと懸念される。

特に、現在、太陽光発電を利用した小電力曝気装置の開発が進められており、小さな曝気量で循環流が発生させることができれば、施設の簡素化、電力消費量の軽減になる。

そこで、循環流を形成させることができる最小限の曝気量、曝気装置設置高を見いだすことを、本実験の目的とする。

また、曝気停止後、循環流が継続する時間も観測することにする。

1-2 利用施設

(独)土木研究所所有 海底作業実験施設(直径20m、深さ20m)

直径：20m、深さ：20m



写真 - 1 海底作業実験施設写真

§ 3 内容

3-3 流向流速測定

3次元電磁流速計（1台）を利用して、水深方向20地点、水平方向3点、合計60点の流速を測定する。測定は、循環流や高さ補正による流速計本体の回転、振動流が懸念されるので、速計が回転しないよう、重りを付けたワイヤーを鉛直に設置し、電磁流速計横に取付けたリングを通してことにより、循環流による流速計の振動、回転を防止することとする。

流速値は、流速計を所定の位置に設置後、30秒程度計測し、ノイズをカットし、その平均値とする。

水面の風の影響があったかどうか確認するため、計測時刻を記録しておく。

風向・風速の測定は、風向風速計により自己記録を用いて計測する。

気温は、測定開始後1時間ピッチで記録する。

同時に、曝気状況の写真をケース毎に1枚撮影しておく。

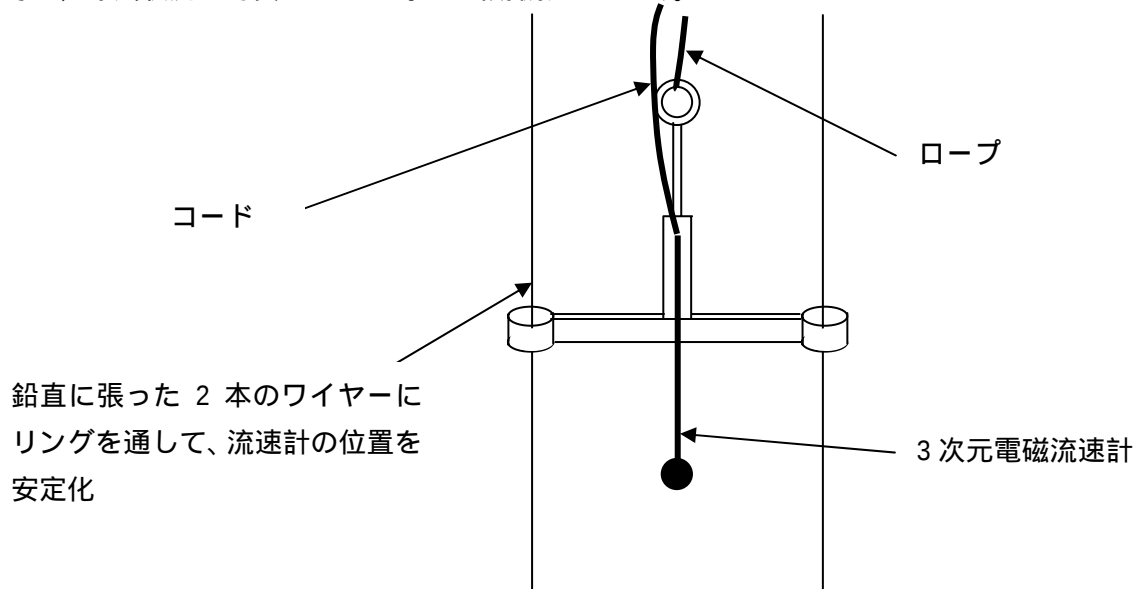


図 - 2.2 電磁流速計振動・回転防止方法概念図

【利用計測装置】

- ・電磁流速計：3次元電磁流速計（（株）ケネック VP3000 型）
- ・風向・風速計：データロガー付風向風速計（オガサワラ CW800）
- ・気温計：デジタルマルチ温湿度計（ヴァイラ HMI41）

実験ケースは以下に示す 9 ケースとする。

表 - 2.1 流向流速測定ケース

		散気装置設置水深		
		5m	10m	18m
吐出空気量	150 L/分	1	2	3
	100 L/分	4	5	6
	50 L/分	7	8	9

最初の実験開始前（曝気する前）に、現状で循環流が発生しているのか確認するために、流向・流速測定を実施する。

次の日、2 番目の実験を開始する前に、もう一度流向・流速を 1 測線（測点 19 点）観測し、一晚曝気なしで時間経過させることにより、循環流が停止しているかどうか確認する。

もし循環流が見られた場合は、全 57 点計測する。

3 番目の実験以降は、実験開始前の流向・流速測定は実施しない。

実験順番は、曝気量の大きいもの（150 L / 分）から実施し、循環流の発生状況を見て、曝気量に変更するものとする。

3-4 水質測定

流向・流速測定前に溶存酸素濃度、水温、PHの計測を実施する。

計測するのは、最初の実験開始前と循環流が発生した後の2ケースとする。

実験開始前は、図 - 2.3 に示す 57 点、循環流発生後は、1 測線 (19 点) のみ計測し、循環流が発生することにより、水質が均一になったのを確認する。

実験開始前の測定位置を以下に示す。

(水深方向 19 箇所、水平方向 3 地点 (A,B,C) 合計 57 点)

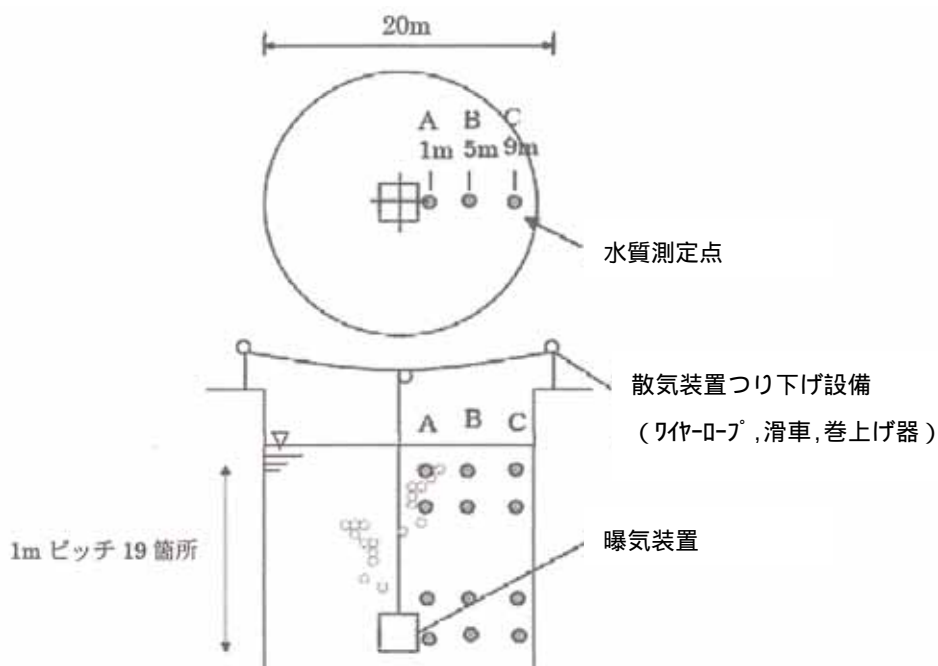


図 - 2.3 水質測定位置図

3-5 データ整理・とりまとめ

3-3 流向流速測定、3-4 水質測定で測定したデータの整理を行う。

【流速ベクトル図】

観測した流速値は、水槽横断面図に、流速ベクトル図として整理する。

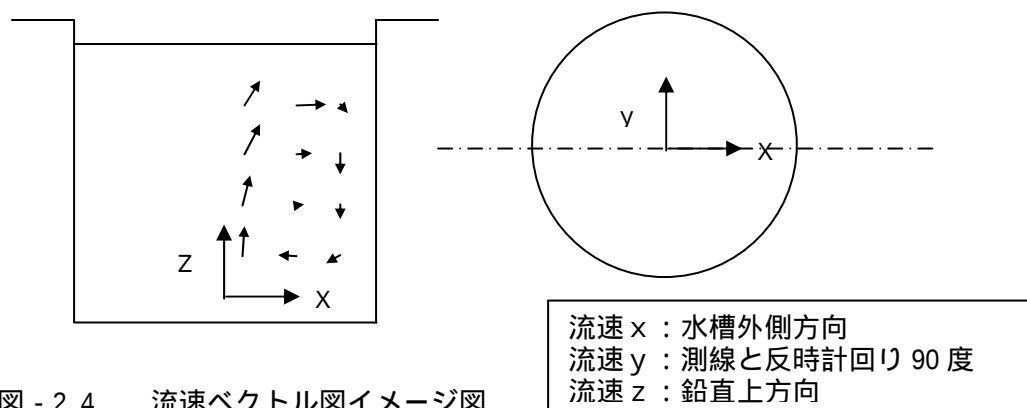


図 - 2.4 流速ベクトル図イメージ図

【風向・風速・気温】

風向・風速・気温は、時刻を X 軸として気温折れ線と風向風速ベクトルで整理する。

風向・風速測定間隔は最短でも 1 分程度とする。

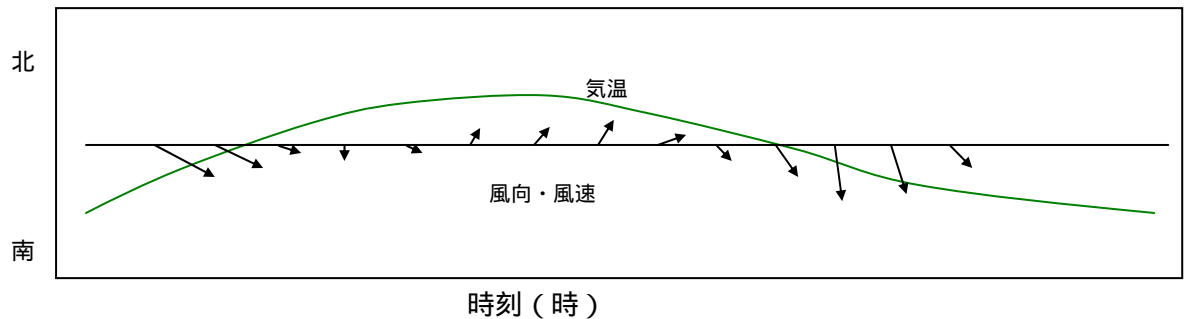


図 - 2.5 風向・風速・気温時系列図イメージ図

【溶存酸素、水温、PH】

溶存酸素濃度、水温、PH は水深毎の折れ線グラフで整理する。

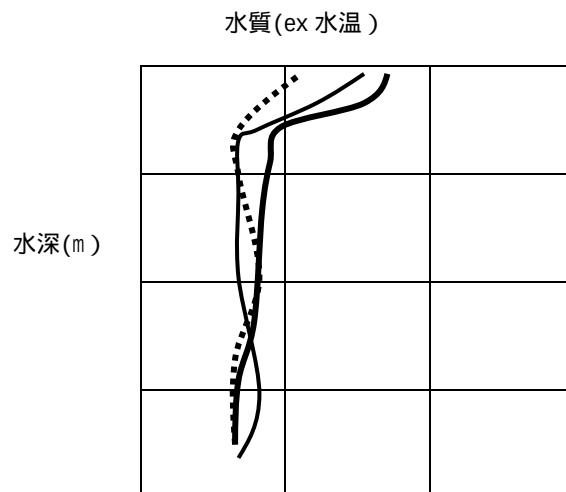


図 - 2.6 溶存酸素、水温、PH 表示イメージ図

【計測装置】

水質測定器：マルチ水質モニタリングシステム（ホリバ W22XD）

§ 4 観測結果

4-1 観測ケースと日時

以下に観測ケースと測定項目を示す。

表 - 4.1 観測ケースと測定日時

ケース	散気装置 設置水深 (m)	吐出 空気量 (L/s)	測定項目					
			水質	風向 風速	気温	流向 流速	写真	日時
曝気前			○	-	○	○	-	2月9日 11時10分 ~ 15時50分
1	5	150	-	○	○	○	-	2月21日 13時40分 ~ 15時50分
2	10	150	-	○	○	○	-	2月16日 20時00分 ~ 22時20分
3	18	150	-	○	○	○	-	2月16日 17時00分 ~ 19時40分
4	5	100	-	○	○	○	○	2月21日 10時30分 ~ 13時10分
5	10	100	-	○	○	○	○	2月17日 9時10分 ~ 11時00分
6	18	100	-	○	○	○	○	2月16日 13時50分 ~ 16時40分
7	5	50	-	○	○	○	○	2月19日 14時00分 ~ 17時00分
8	10	50	-	○	○	○	○	2月19日 9時50分 ~ 13時20分
9	18	50	-	○	○	○	○	2月16日 10時00分 ~ 13時30分
	18	50	○	-	-	-	-	2月15日 9時00分 ~ 17時00分

4-2 観測機器

以下に使用した観測機器写真を示す。

水質

水質測定器：マルチ水質モニタリングシステム（ホリバ W22XD）

風向、風速

風向・風速計：データロガー付風向風速計（オガサワラ CW800）

風速計設置位置は、水槽の北側約 20m 地点とした。



気温

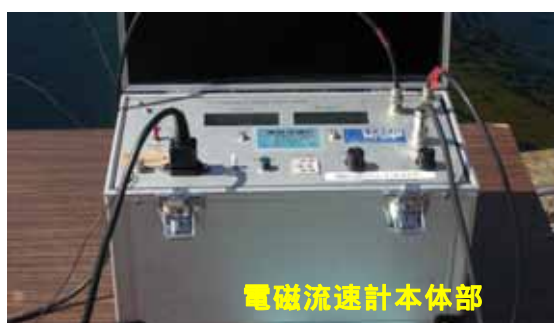
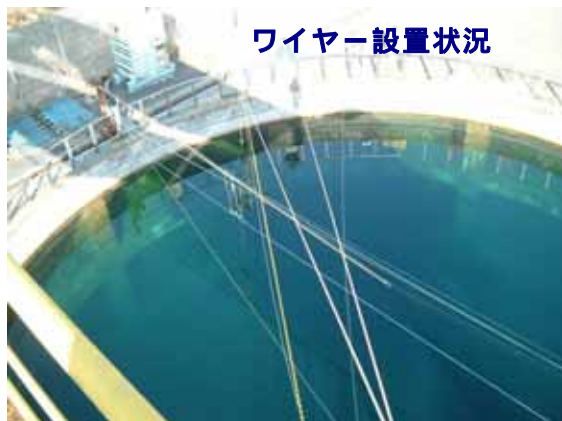
気温計：デジタルマルチ温湿度計（ヴァイテラ HMI41）



流向、流速

電磁流速計：3次元電磁流速計（（株）ケネック VP3000 型）

流速測定は、水槽上に設置したワイヤーに、水平・鉛直方向移動可能な装置に電磁流速計を設置して、計測した。



4-3 水質（溶存酸素濃度、水温、PH）

曝気前の水質は水槽上部から下部全水深において、ほぼ均一になっている。

曝気前

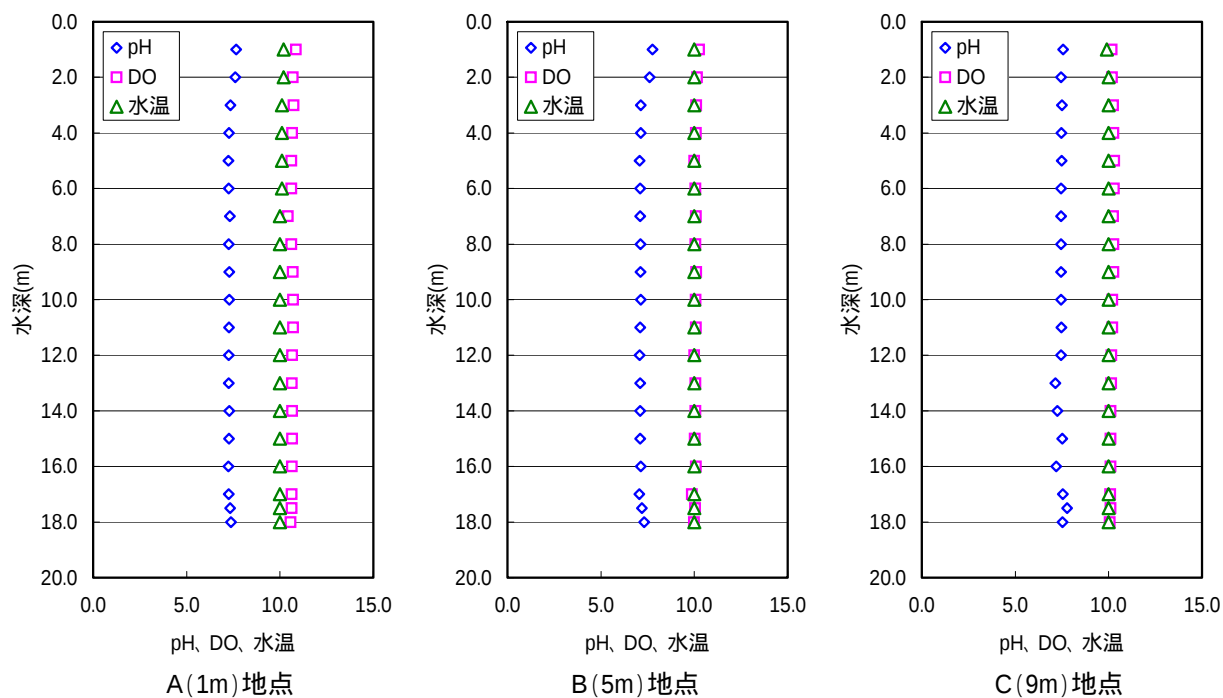


図 - 4.1 水質測定結果、曝気前

曝気後（曝気開始して 30 分後）

ケース 9（曝気量 50L/s、設置水深 18m）で曝気 30 分程度経過した後、水質を測点 C で実施した。その結果、特に曝気により溶存酸素濃度 DO が上昇しているのが確認できた。

DO 上昇量が底部に比べて水面付近の方が大きいと確認できる。しかし、底部も DO 上昇が見られることから水槽全体に循環流が発生していることが推察される。

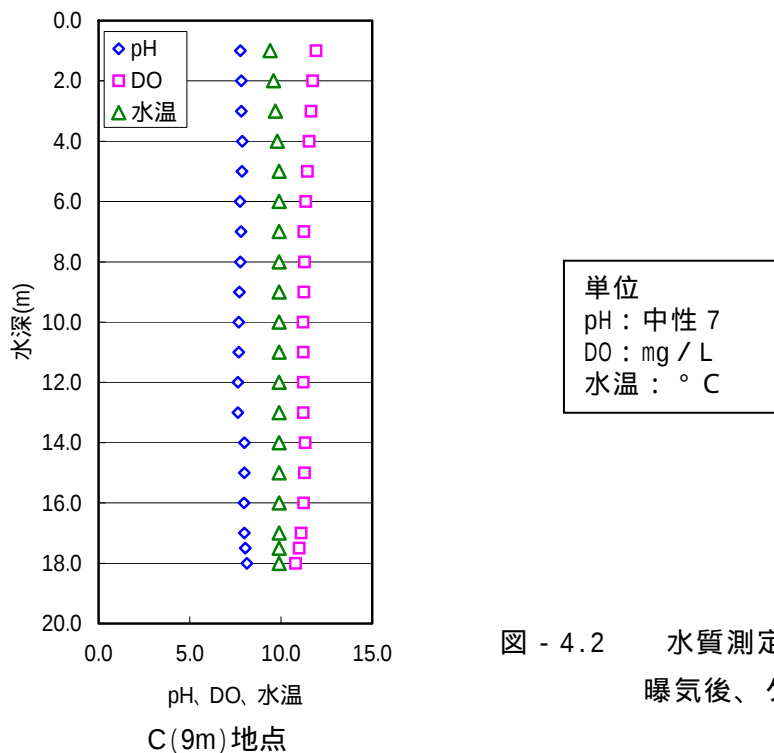


図 - 4.2 水質測定結果、
曝気後、ケース 9

4-4 風向・風速・気温

風向・風速は、10分ピッチで測定し、図化した。

また気温は、定時に測定した結果を図化した。

流速計を設置しているワイヤーが揺れると、流速値が不安定になるため、できる限り風が少ない時間帯を抽出して実験を実施した。

平均風速の最大値はケース8で発生して、風速 1.6m/s、最大風速の最大値はケース8で 2.3m/s である。

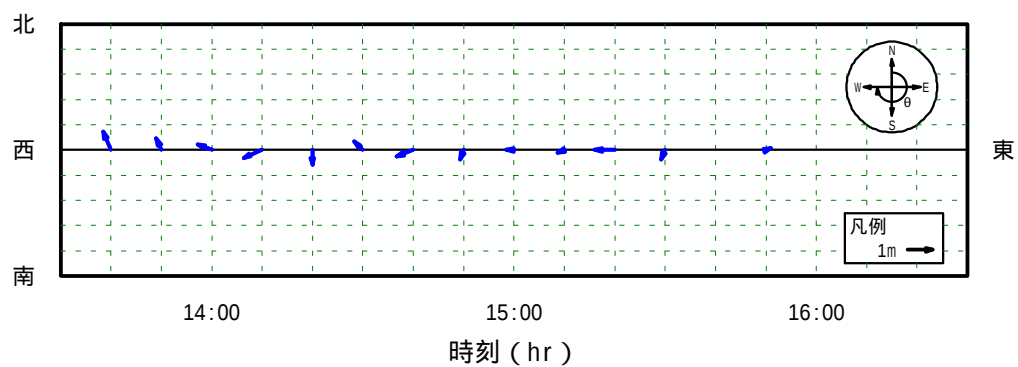
表 - 4.2 風向、風速、気温のまとめ

ケース	散気装置 設置水深 (m)	吐出 空気量 (L/s)	風速(m/s)		平均気温
			平均	最大	
1	5	150	0.5	0.8	13.3
2	10	150	0.2	0.3	10.4
3	18	150	0.5	0.9	12.2
4	5	100	0.8	1.3	11.8
5	10	100	0.0	0.2	11.0
6	18	100	0.4	0.8	13.5
7	5	50	1.5	1.9	13.2
8	10	50	1.6	2.3	12.0
9	18	50	0.4	1.0	11.3

次頁以降に、ケース毎に風向・風速、気温について整理図化したものを示す。

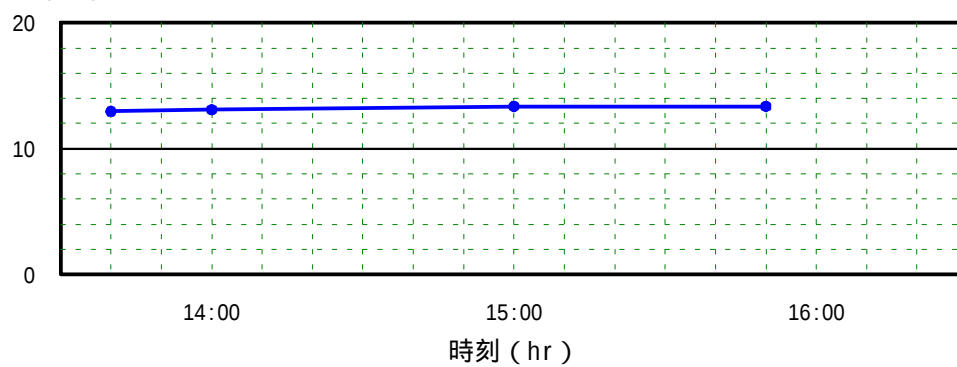
ケース 1 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 150L/s

【風向・風速】



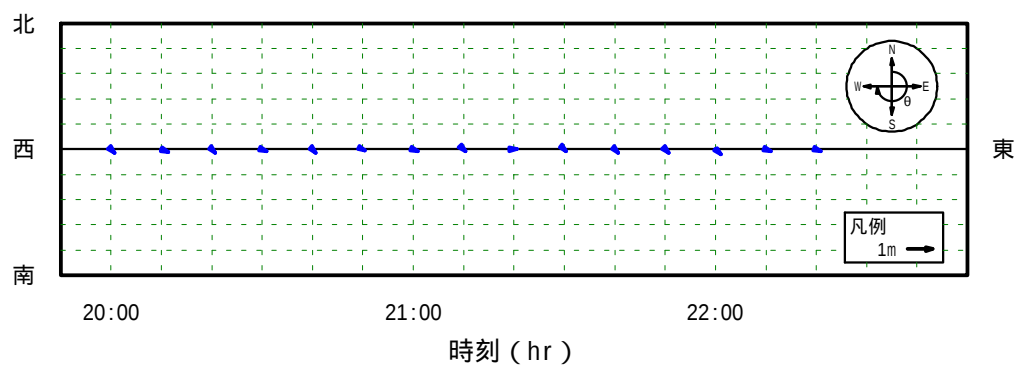
【気温】

気温 ()



ケース 2 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 150L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

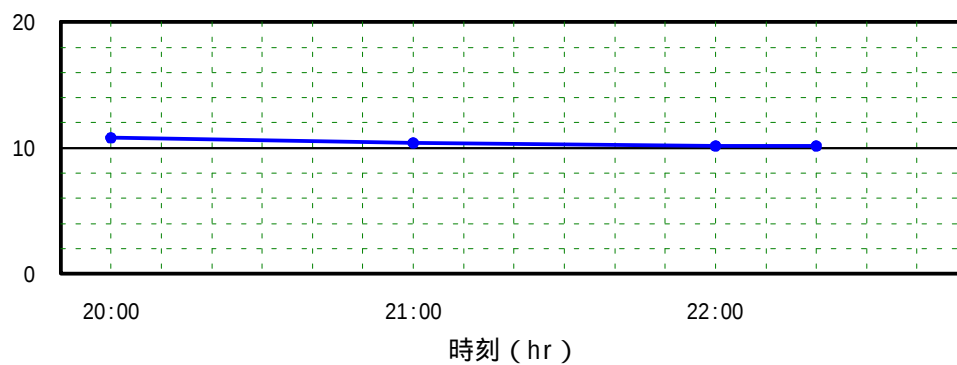
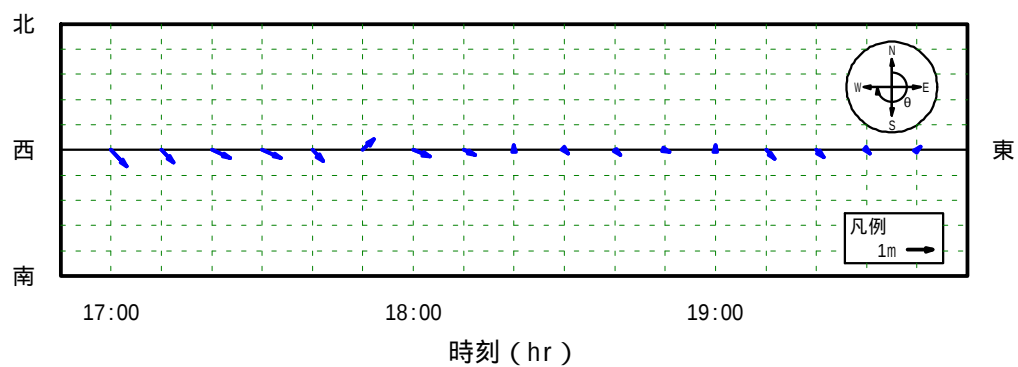


図 - 4.3(1) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 1 , 2)

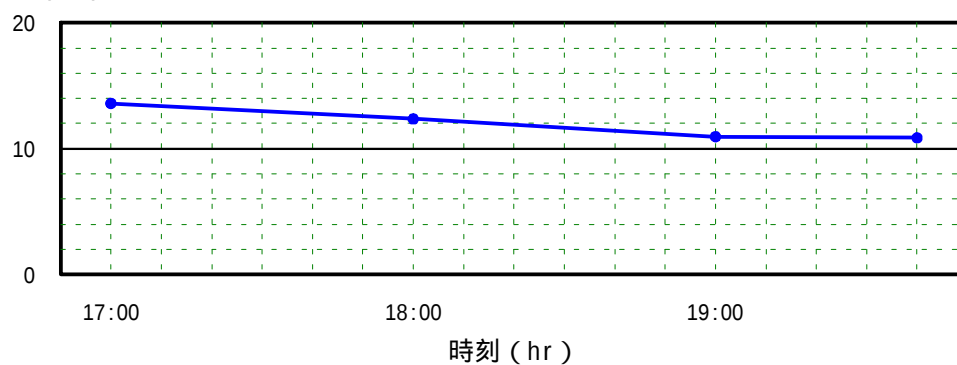
ケース 3 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 150L/s

【風向・風速】



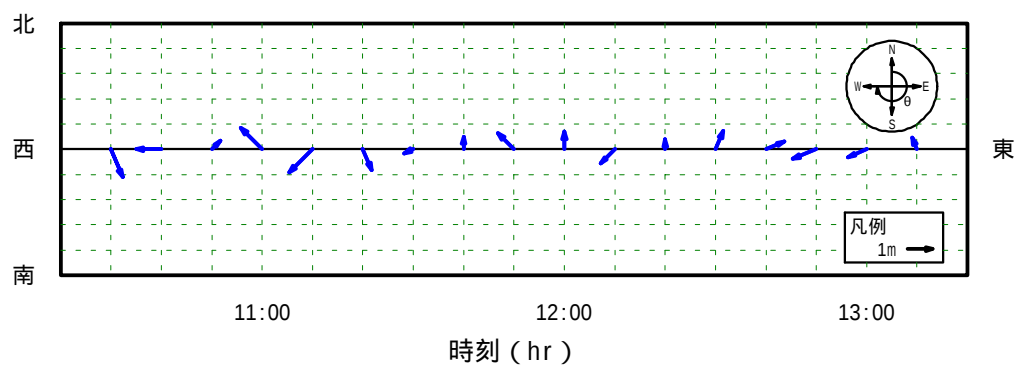
【気温】

気温 ()



ケース 4 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 100L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

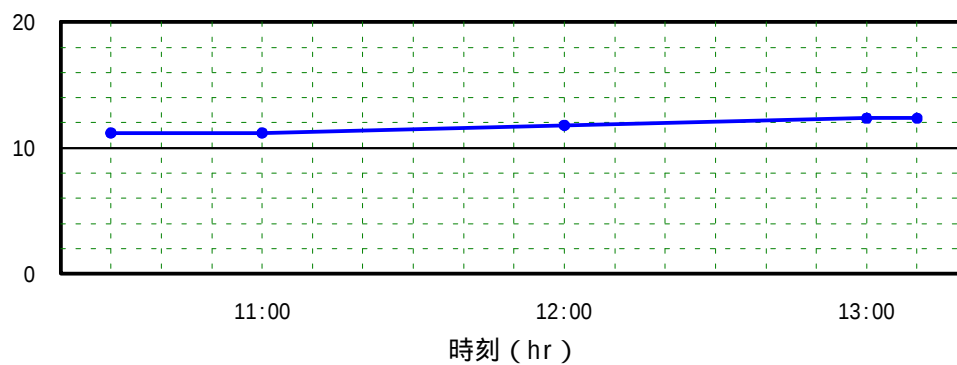
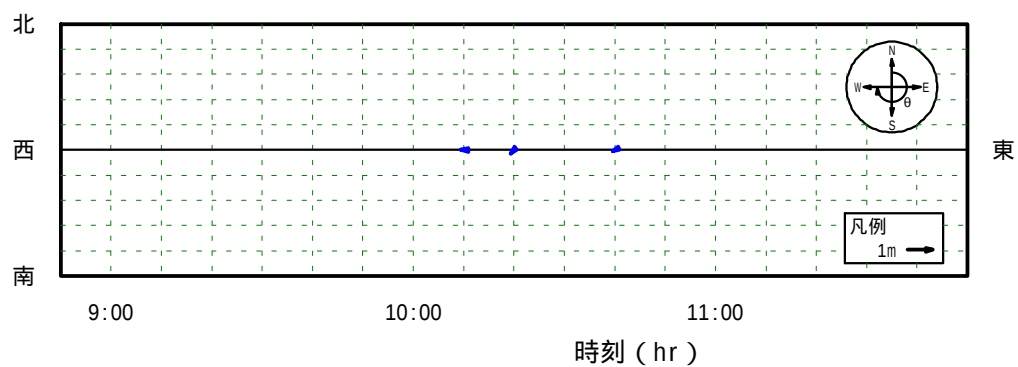


図 - 4.3(2) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 3 , 4)

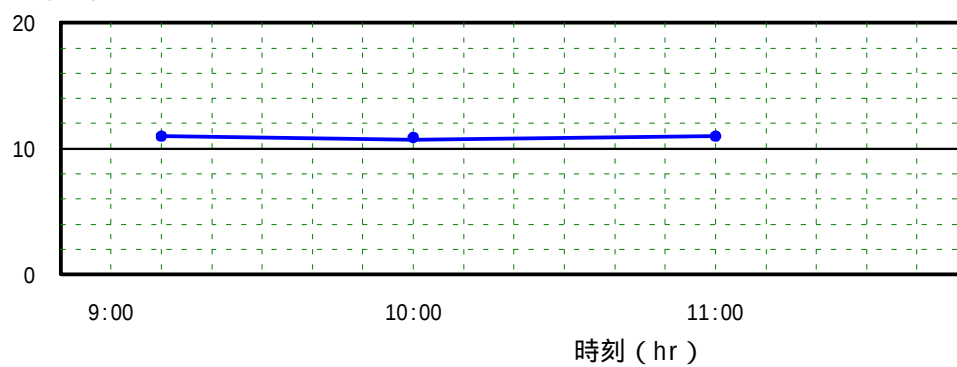
ケース 5 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 100L/s

【風向・風速】



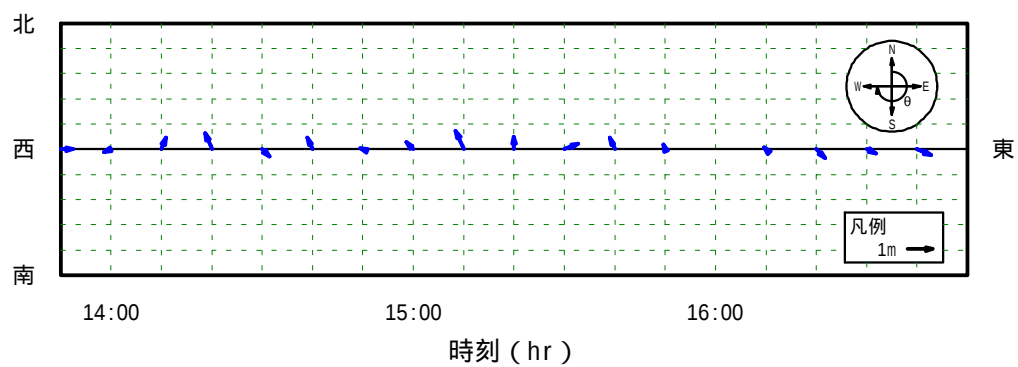
【気温】

気温 ()



ケース 6 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 100L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

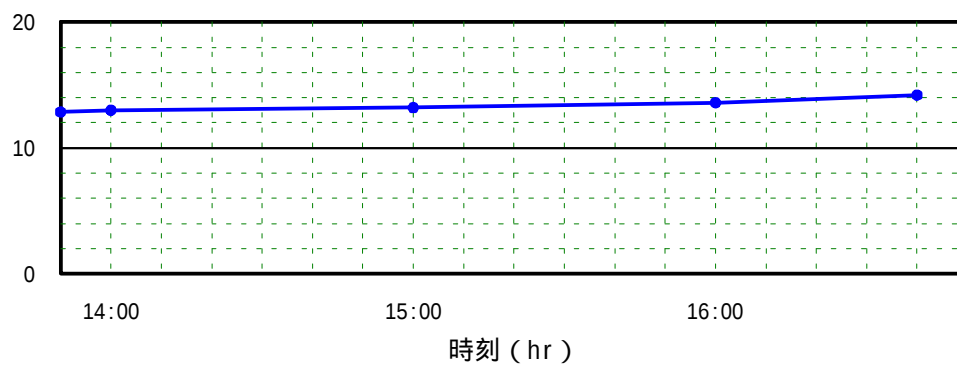
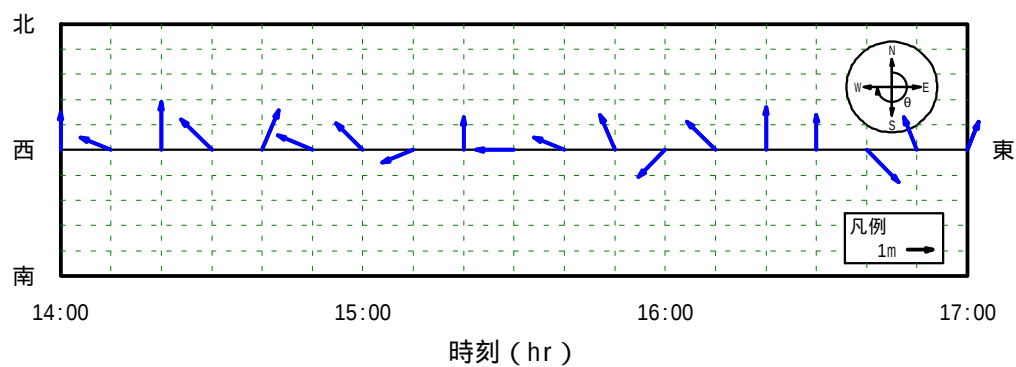


図 - 4.3(3) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 5 , 6)

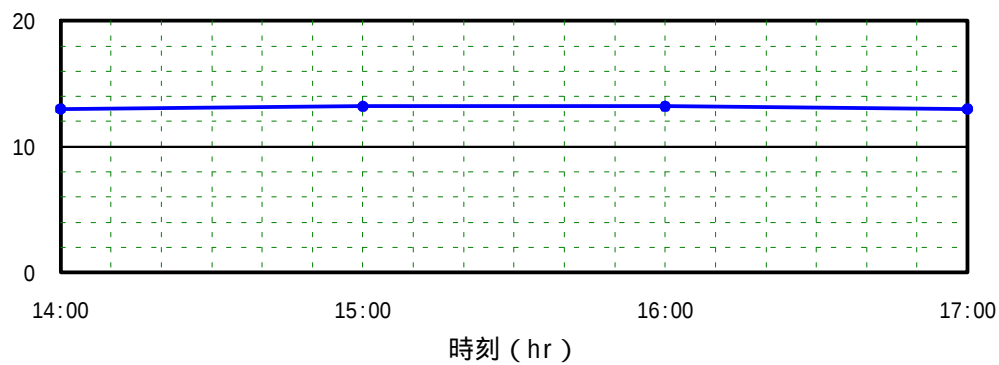
ケース 7 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 50L/s

【風向・風速】



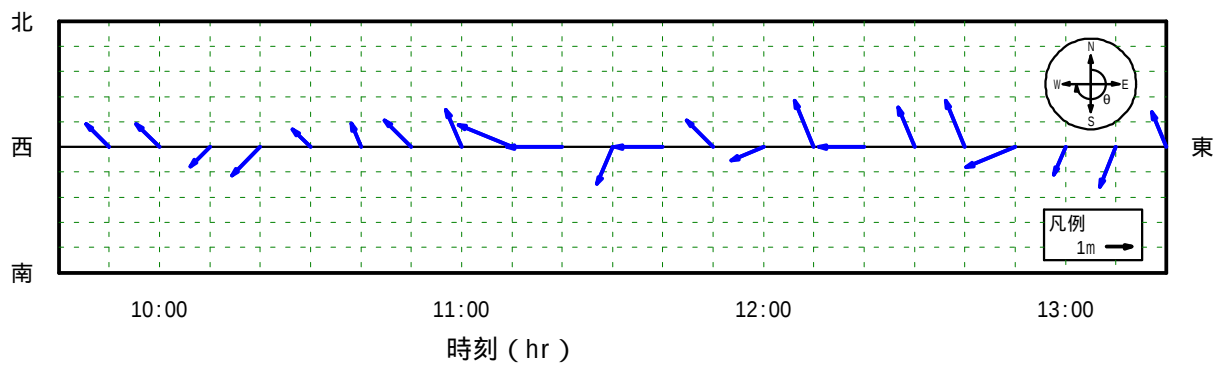
【気温】

気温 ()



ケース 8 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 50L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

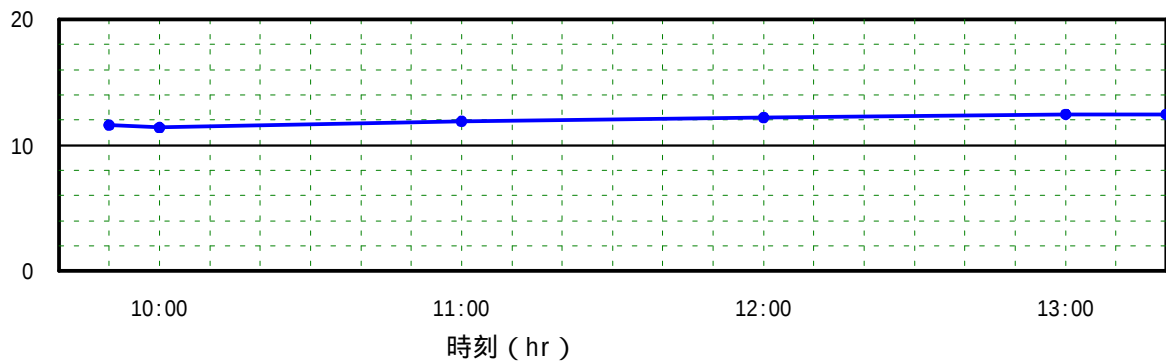
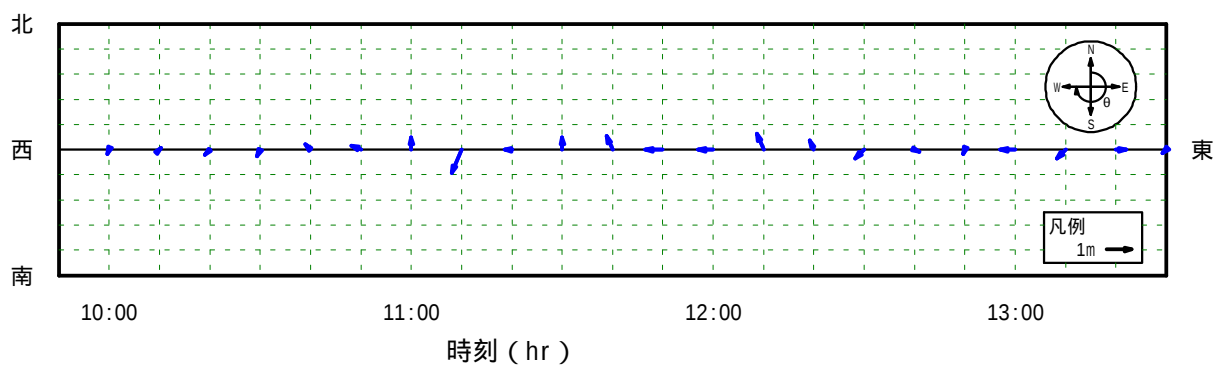


図 - 4.3(4) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 7 , 8)

ケース 9 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 50L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

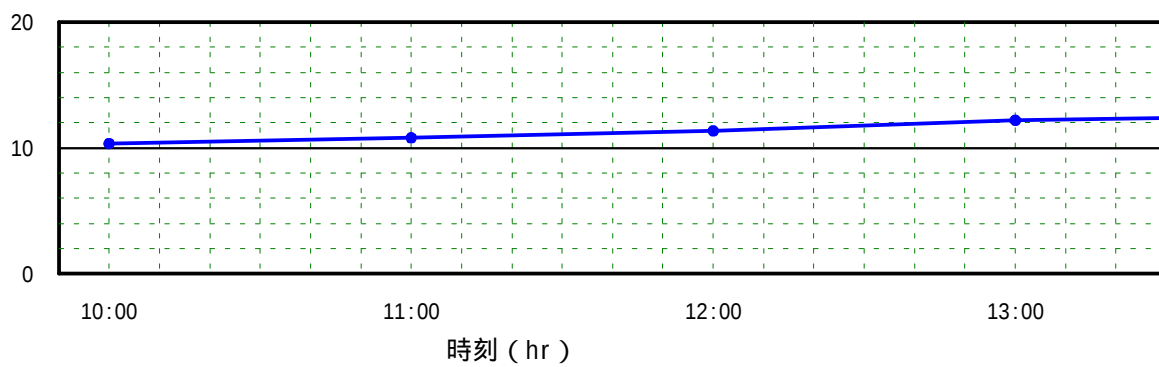


図 - 4.3(5) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 9)

4-5 流向・流速

本観測装置は、ワイヤーが風の影響を受けて、揺れると、正確な流速値を観測できない。そこで、データは常時観測し、各ケース・観測点毎に、風力が小さく流向・流速が比較的安定している 10 秒間以上を抽出し、平均流向・流速を算出し、流速ベクトル図化した。

【吹き流しによる流向確認】

水深 3m 付近は、流向・流速が不安定な流れが確認されたので、流向を明確にするため、釣り糸先に付けた吹き流しにより直接流向を確認した。

その結果、水深 2～3m/s の範囲に、流向が不安定になる場所が存在することが確認できた。



吹き流しによる流向確認状況

【考察】

代表地点の流速と、ほとんどのケースで確認できた流速ベクトル模式図を図 - 4.4 に、代表地点の流速値を表 - 4.3 に示す。

また各ケースにおいて、流速 0.05m/s 以上が有意な流速値と推定して、そのベクトル図から全体の流心線を流速ベクトル図に記述した。(図 - 4.5 参照)

その結果、以下に示す考察を述べることができる。

- ・曝気により、中心を上昇してきた流れは、水面付近を外側に流下し、外壁沿いを下向きに流下する。その後、どの曝気量においても水深 3.3m 付近で水槽中心部へ流れていることが確認できた。
- ・曝気量 50L/s と小さくなくても、水深 3m 付近まで循環流が確認できた。
- ・循環流は、曝気量が大きくなると速くかつ明確になり、小さいと循環流が不明瞭となった。
- ・循環流は、曝気装置設置水深が深くなると、速くなった。
- ・曝気装置設置水深以下（地点参照）でも曝気装置設置水深を深くすると、循環流が明確に確認できた。
- ・水槽全体に循環流を発生させるには、曝気量を増加させるより、曝気装置設置水深を深くする方が効果的であると考えられる。

表 - 4.3 代表地点の流速値

ケース	曝気量 (L/S)	曝気装置 水深(m)	中心から 1m 水深 0.3m ○ 地点	中心から 9.6m 水深 3.3m 地点	中心から 1m 水深 10.3m □ 地点	中心から 5m 水深 16.3m 地点
1	150	5	0.44 °	0.36	0.10 □	0.01
2	150	10	1.39	0.54	0.15	0.01
3	150	18	1.37	0.70	0.32	0.07
4	100	5	0.16	0.22	0.03	0.01
5	100	10	0.79	0.20	0.21	0.03
6	100	18	1.24	0.55	0.33	0.05
7	50	5	0.11	0.23	0.03	0.03
8	50	10	0.43	0.37	0.14	0.02
9	50	18	1.01	0.28	0.19	0.06

ケース9 中心から 9.6m 地点の内向き流速測定水深は 2.3m/s の値を採用した。

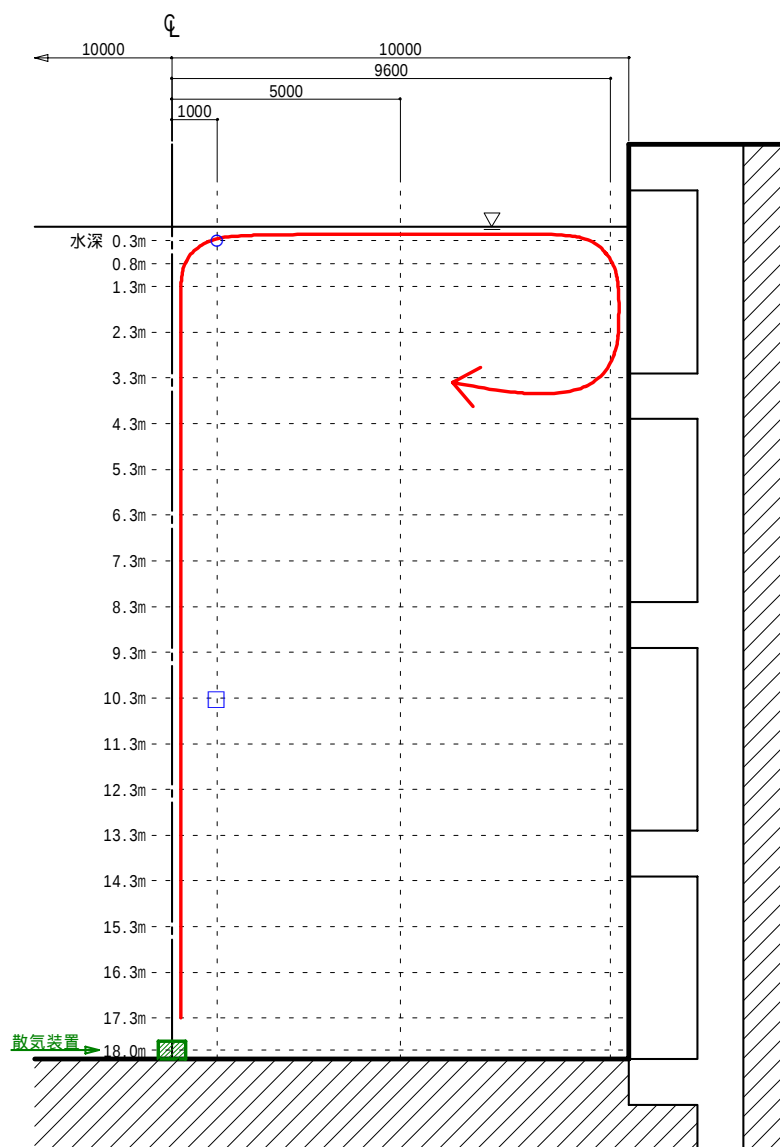


図-4.4 水槽内循環流模式図

ケース 1 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 150L/s

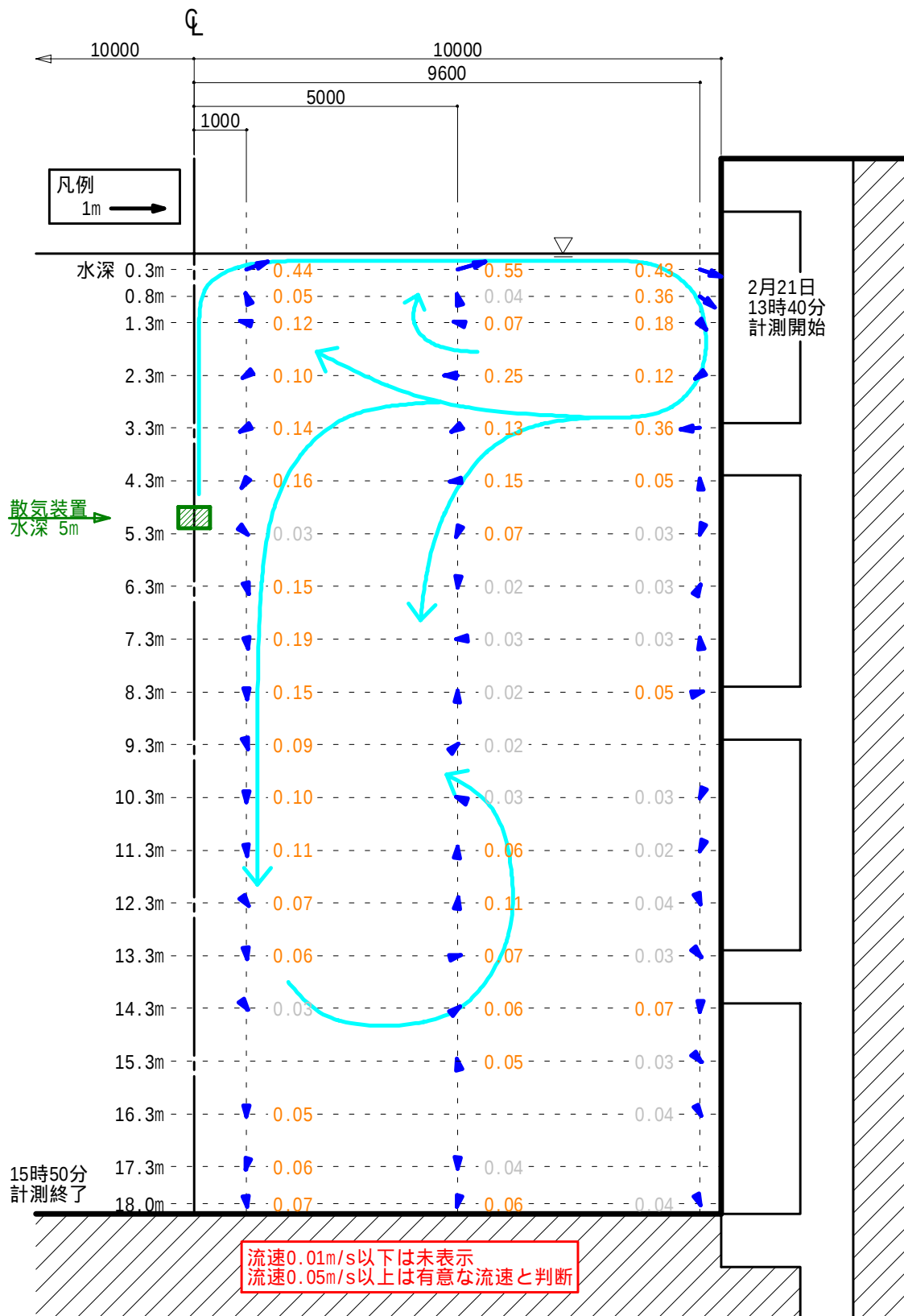


図 - 4.5(1) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 1)

ケース 2 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 150L/s

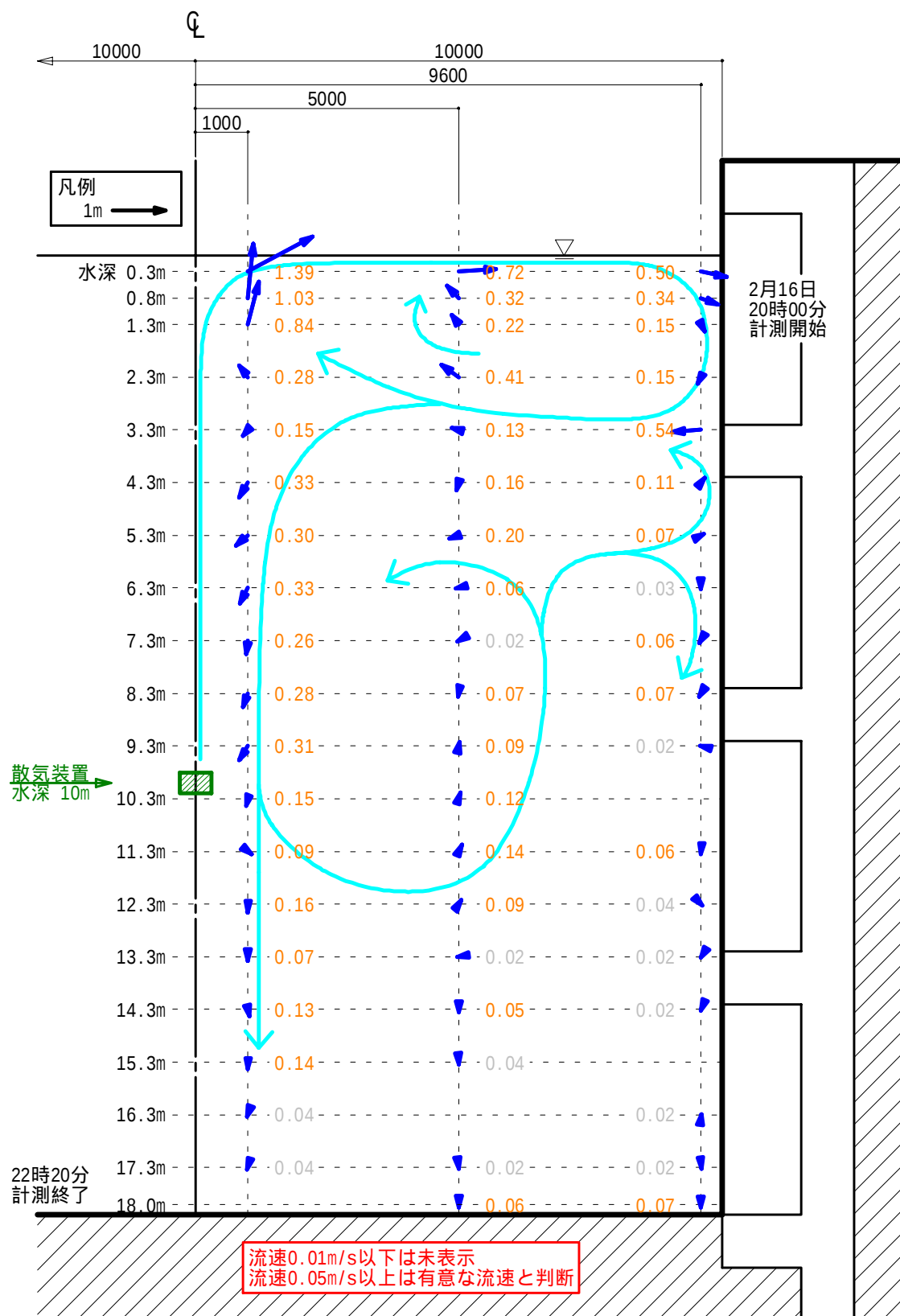


図 - 4.5(2) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 2)

ケース 3 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 150L/s

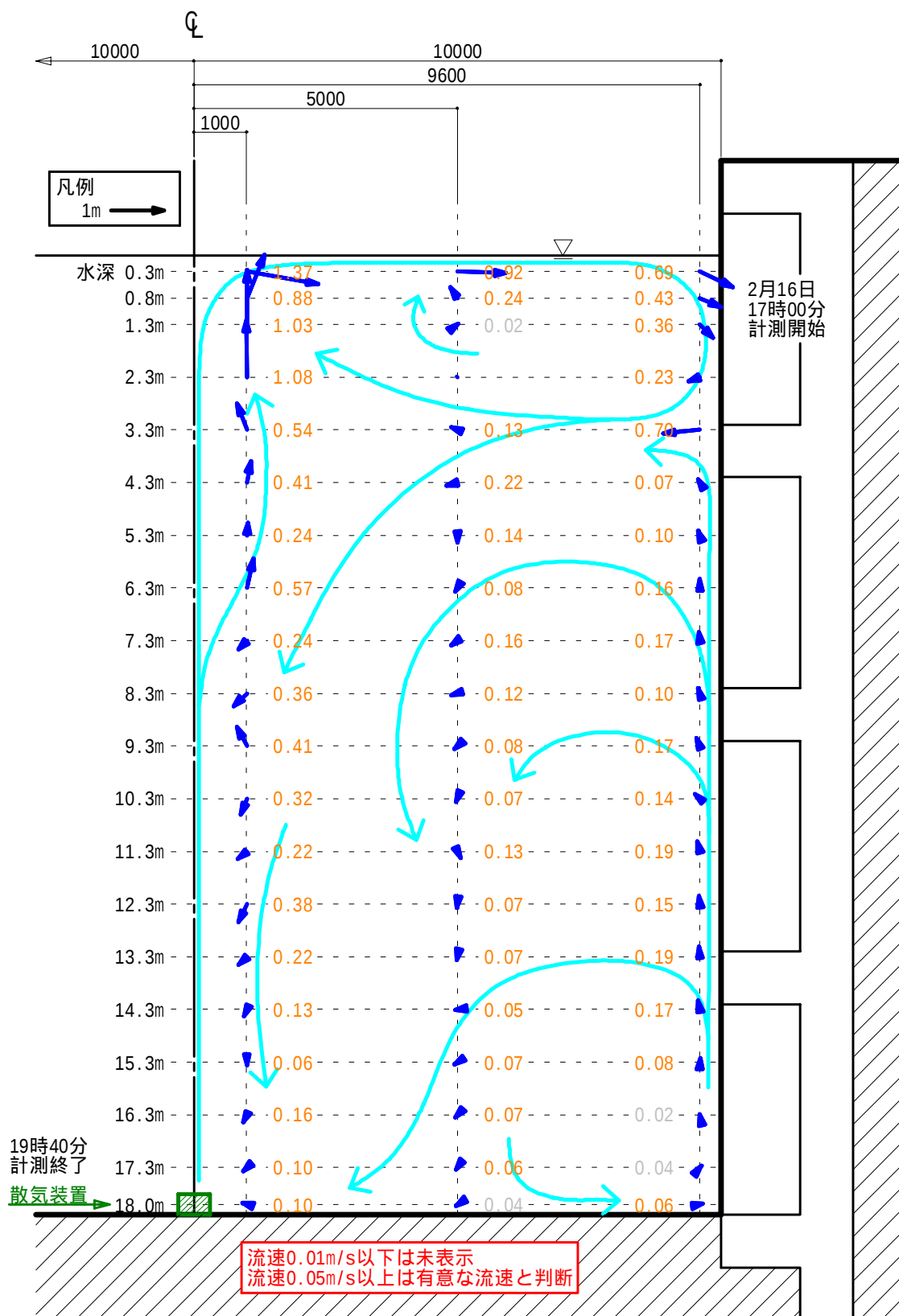


図 - 4.5(3) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 3)

ケース 4 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 100L/s

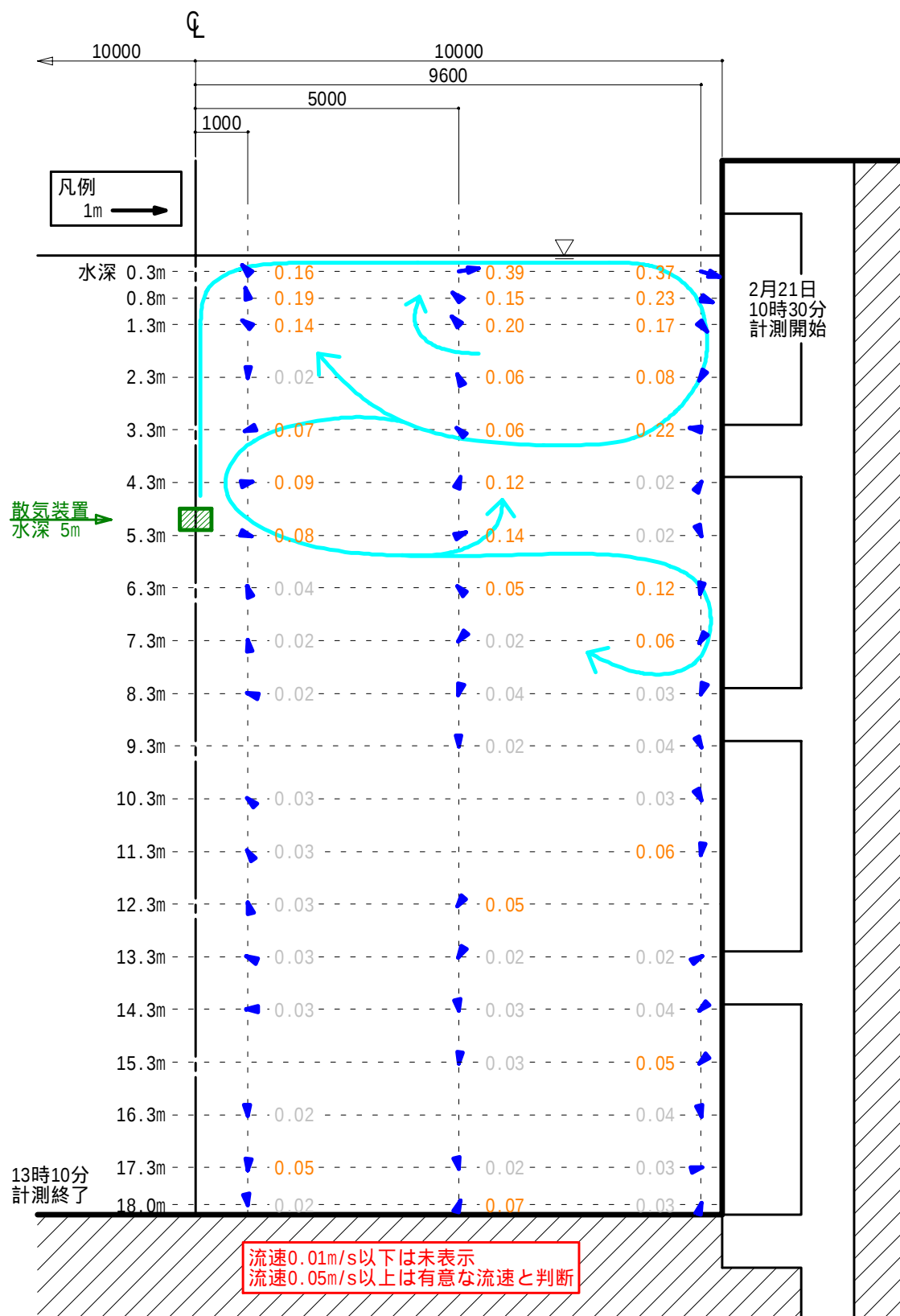


図 - 4.5(4) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 4)

ケース 5 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 100L/s

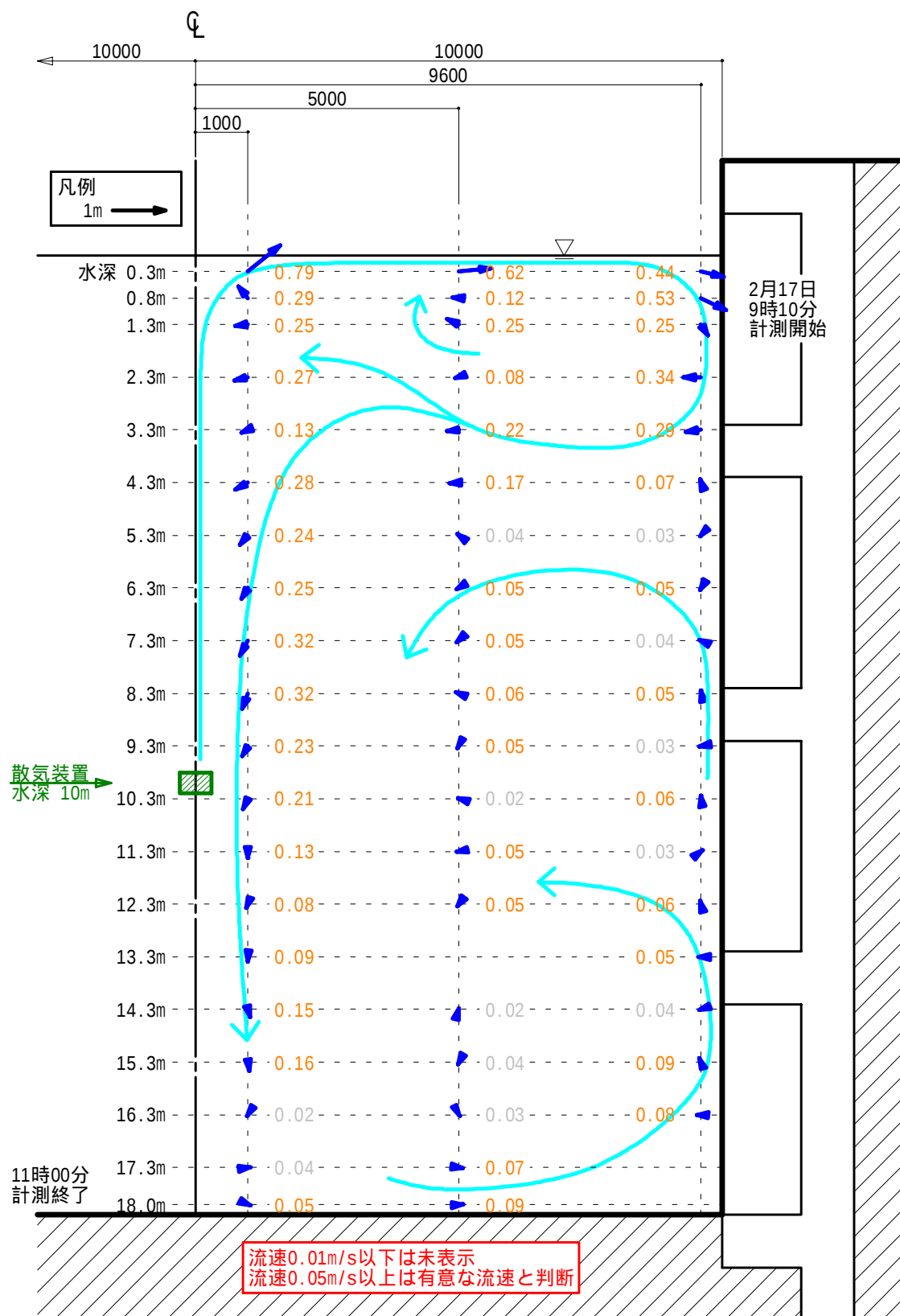


図 - 4.5(5) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 5)

ケース 6 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 100L/s

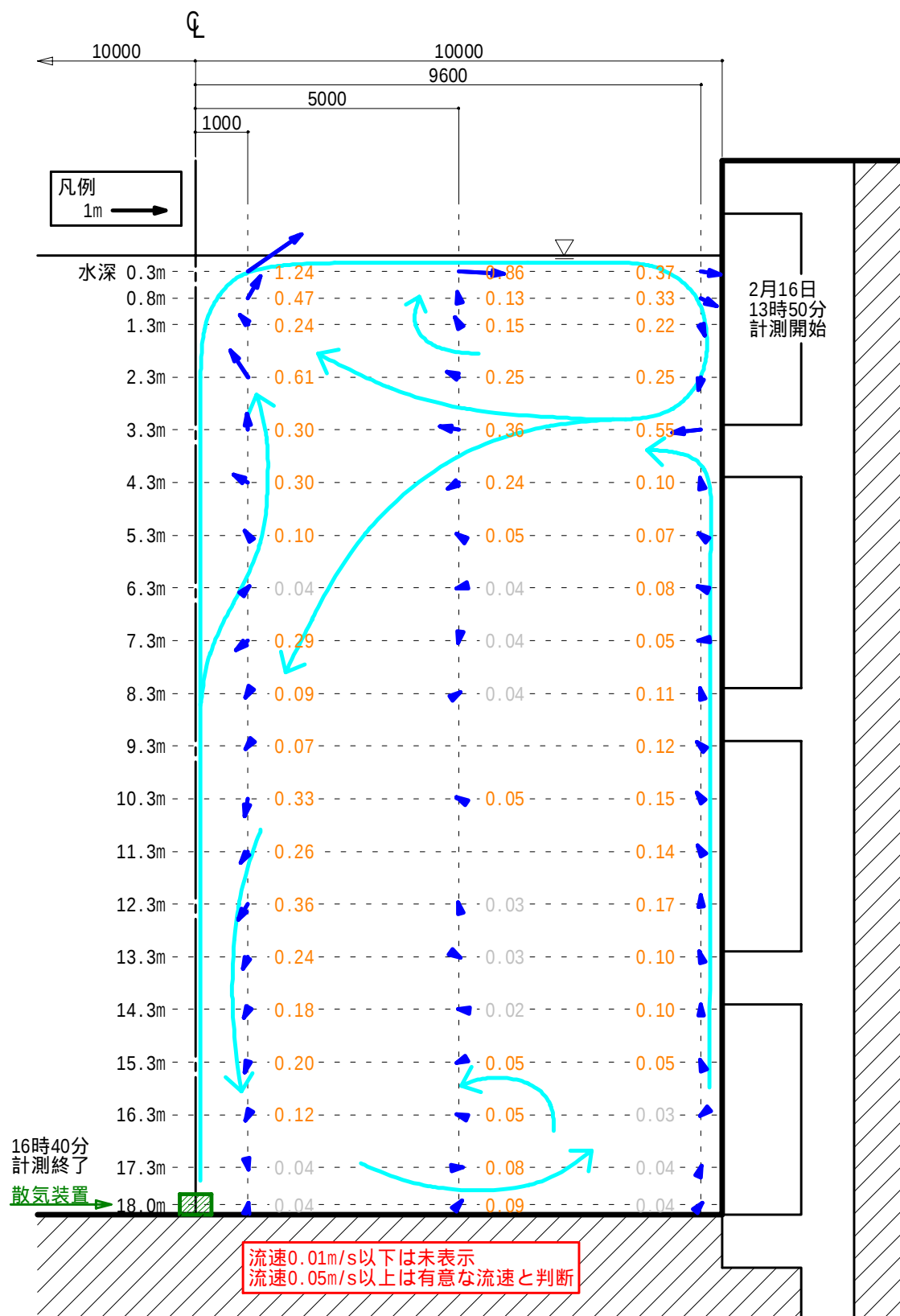


図 - 4.5(6) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 6)

ケース7 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 50L/s

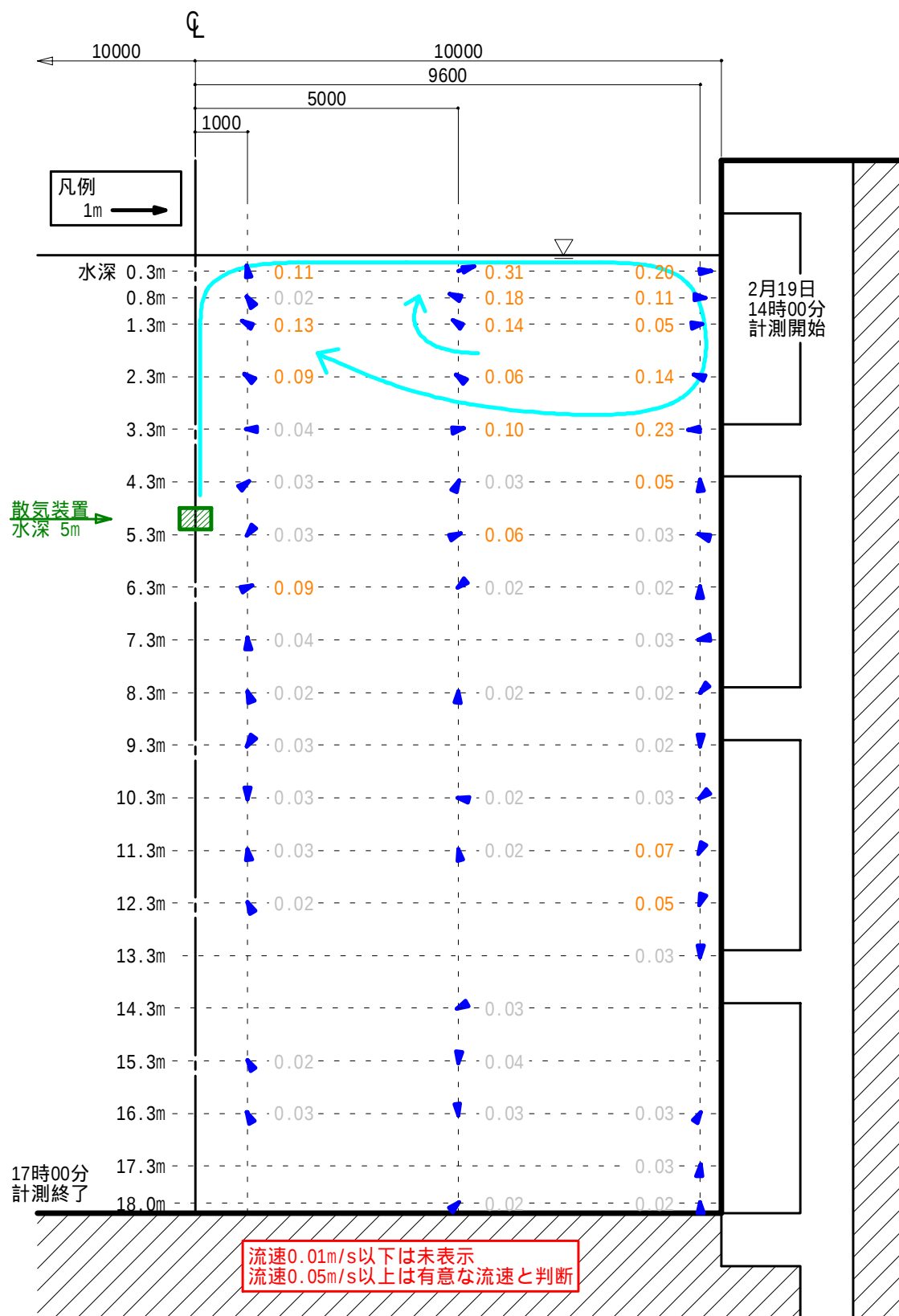


図 - 4.5(7) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース7)

ケース 8 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 50L/s

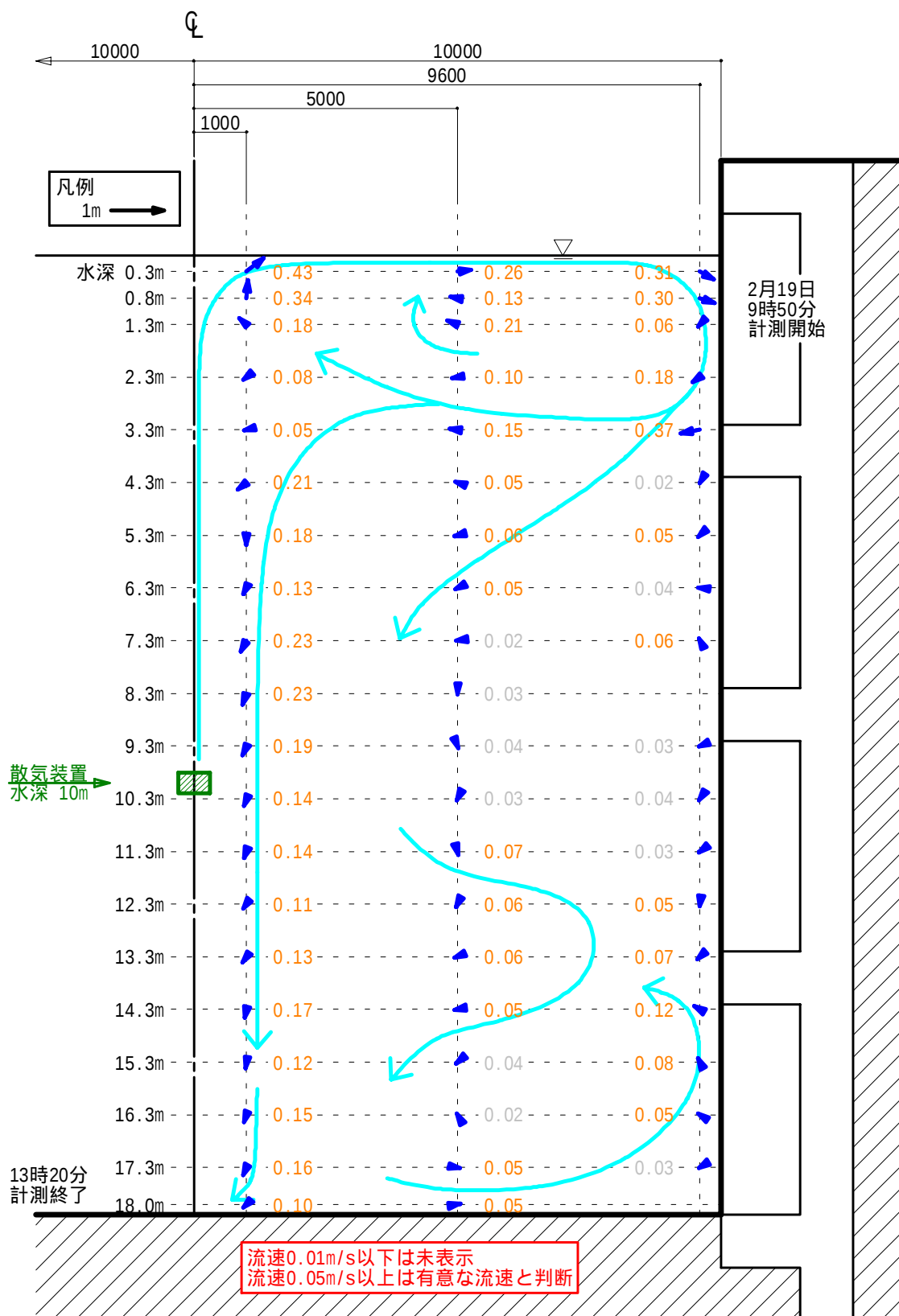


図 - 4.5(8) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 8)

ケース 9 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 50L/s

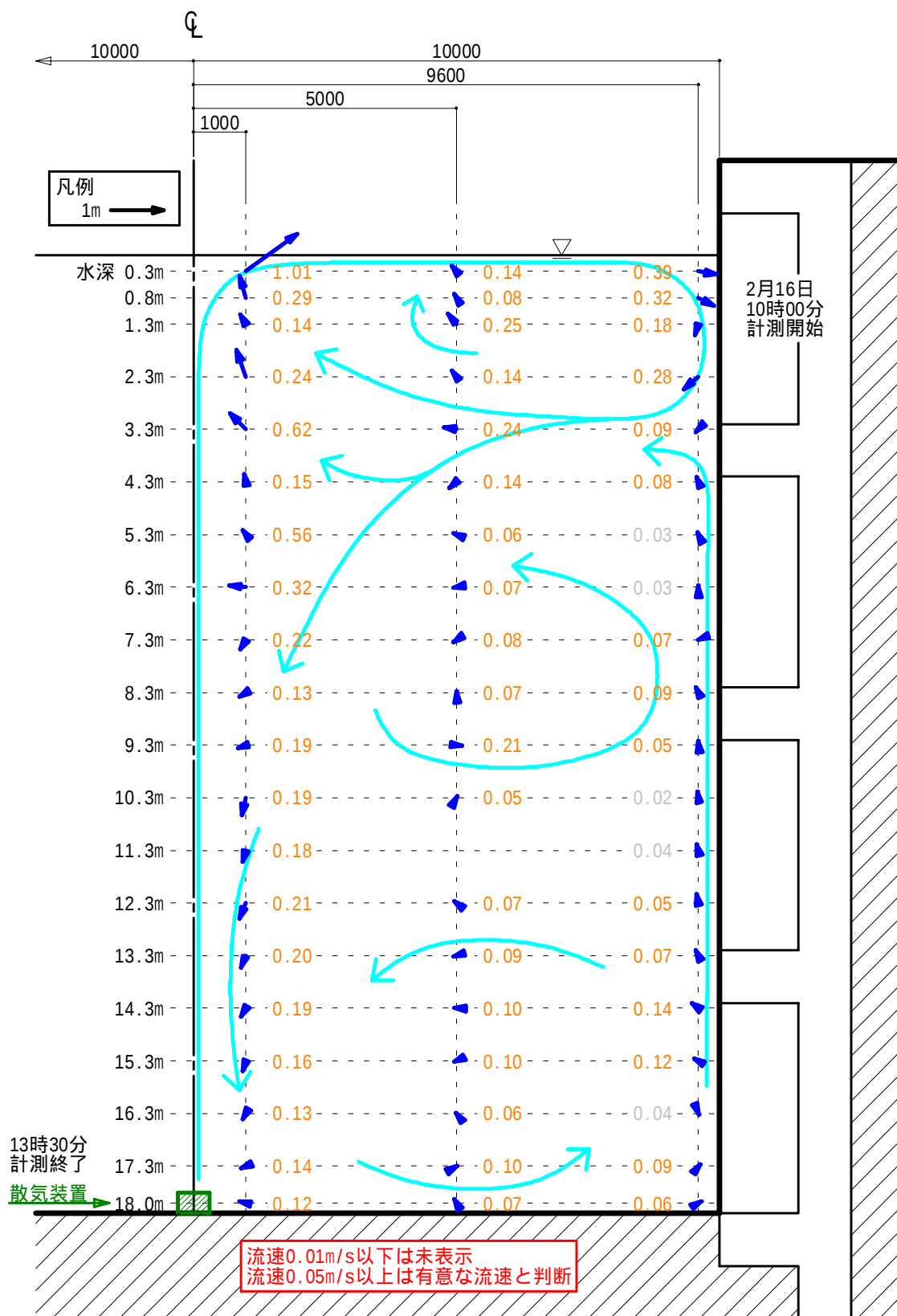


図 - 4.5(9) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 9)

4-6 曝気状況写真

吐出空気量 100L/分

【ケース 4】



散気装置設置水深 5m

【ケース 5】



散気装置設置水深 10m

【ケース 6】



散気装置設置水深 18m

吐出空気量 50L/分

【ケース 7】



散気装置設置水深 5m

【ケース 8】



散気装置設置水深 10m

【ケース 9】



散気装置設置水深 18m

§ 5 実験データ

5-1 水質（溶存酸素濃度、水温、PH）

曝気前

水深(m)	A (1m)			B (5m)			C (9m)		
	pH	DO	水温()	pH	DO	水温()	pH	DO	水温()
1.0	7.65	10.85	10.2	7.76	10.25	10.0	7.56	10.17	9.9
2.0	7.61	10.68	10.2	7.60	10.15	10.0	7.46	10.18	10.0
3.0	7.35	10.73	10.1	7.14	10.10	10.0	7.50	10.24	10.0
4.0	7.27	10.66	10.1	7.14	10.09	10.0	7.47	10.25	10.0
5.0	7.24	10.60	10.1	7.07	10.00	10.0	7.48	10.30	10.0
6.0	7.25	10.61	10.1	7.10	10.05	10.0	7.46	10.29	10.0
7.0	7.32	10.42	10.0	7.10	10.08	10.0	7.46	10.24	10.0
8.0	7.25	10.60	10.0	7.11	10.06	10.0	7.46	10.25	10.0
9.0	7.29	10.68	10.0	7.12	10.10	10.0	7.45	10.25	10.0
10.0	7.28	10.70	10.0	7.14	10.07	10.0	7.45	10.20	10.0
11.0	7.27	10.70	10.0	7.10	10.08	10.0	7.47	10.20	10.0
12.0	7.26	10.65	10.0	7.07	10.00	10.0	7.46	10.15	10.0
13.0	7.26	10.64	10.0	7.10	10.05	10.0	7.15	10.14	10.0
14.0	7.28	10.65	10.0	7.10	10.05	10.0	7.25	10.10	10.0
15.0	7.27	10.66	10.0	7.10	10.03	10.0	7.51	10.10	10.0
16.0	7.24	10.64	10.0	7.14	10.09	10.0	7.20	10.10	10.0
17.0	7.26	10.63	10.0	7.06	9.87	10.0	7.54	10.09	10.0
17.5	7.33	10.62	10.0	7.20	10.04	10.0	7.78	10.10	10.0
18.0	7.37	10.56	10.0	7.31	9.98	10.0	7.53	10.05	10.0

曝気後

水深(m)	C (9m)		
	pH	DO	水温()
1.0	7.77	11.93	9.4
2.0	7.82	11.73	9.6
3.0	7.83	11.65	9.7
4.0	7.87	11.55	9.8
5.0	7.85	11.45	9.9
6.0	7.75	11.36	9.9
7.0	7.80	11.25	9.9
8.0	7.77	11.30	9.9
9.0	7.72	11.26	9.9
10.0	7.68	11.20	9.9
11.0	7.69	11.23	9.9
12.0	7.64	11.22	9.9
13.0	7.63	11.23	9.9
14.0	7.99	11.33	9.9
15.0	7.99	11.30	9.9
16.0	7.97	11.24	9.9
17.0	7.99	11.10	9.9
17.5	8.05	11.00	9.9
18.0	8.13	10.80	9.9

5-2 風向・風速・気温

ケース 1

平成17年2月21日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
13:40	0.8	337.5	12.9		
13:50	0.5	337.5	13.0		
14:00	0.6	292.5	13.1		
14:10	0.8	247.5	13.1		
14:20	0.6	180.0	13.2		
14:30	0.5	315.0	13.2		
14:40	0.7	247.5	13.3		
14:50	0.4	202.5	13.4		
15:00	0.3	270.0	13.4		
15:10	0.3	247.5	13.5		
15:20	0.8	270.0	13.5		
15:30	0.4	202.5	13.6	平均気温	13.3
15:40	0.0	22.5	13.5	最大風速	0.8
15:50	0.2	67.5	13.5	平均風速	0.5

ケース 2

平成17年2月16日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
20:00	0.2	135.0	10.8		
20:10	0.3	112.5	10.7		
20:20	0.2	135.0	10.6		
20:30	0.2	112.5	10.6		
20:40	0.2	135.0	10.5		
20:50	0.1	112.5	10.5		
21:00	0.2	112.5	10.4		
21:10	0.1	135.0	10.4		
21:20	0.1	90.0	10.4		
21:30	0.1	135.0	10.3		
21:40	0.2	135.0	10.2		
21:50	0.2	135.0	10.2		
22:00	0.3	135.0	10.2	平均気温	10.4
22:10	0.2	112.5	10.2	最大風速	0.3
22:20	0.2	112.5	10.2	平均風速	0.2

ケース 3

平成17年2月16日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
17:00	0.9	135.0	13.8		
17:10	0.7	135.0	13.6		
17:20	0.8	112.5	13.4		
17:30	0.8	112.5	13.2		
17:40	0.6	135.0	12.9		
17:50	0.6	45.0	12.6		
18:00	0.7	112.5	12.3		
18:10	0.5	112.5	12.2		
18:20	0.2	90.0	12.0		
18:30	0.2	135.0	11.8		
18:40	0.3	135.0	11.7		
18:50	0.2	112.5	11.6		
19:00	0.2	90.0	11.4		
19:10	0.5	135.0	11.3		
19:20	0.4	135.0	11.2	平均気温	12.2
19:30	0.2	135.0	11.1	最大風速	0.9
19:40	0.2	45.0	11.0	平均風速	0.5

ケース 4

平成17年2月21日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
10:30	1.2	157.5	11.2		
10:40	1.0	270.0	11.2		
10:50	0.5	45.0	11.3		
11:00	1.2	315.0	11.3		
11:10	1.3	247.5	11.4		
11:20	0.9	157.5	11.4		
11:30	0.4	247.5	11.6		
11:40	0.5	0.0	11.6		
11:50	0.9	315.0	11.7		
12:00	0.7	0.0	11.8		
12:10	0.8	225.0	11.9		
12:20	0.4	0.0	12.0		
12:30	0.8	22.5	12.1		
12:40	0.8	67.5	12.2		
12:50	1.0	247.5	12.3	平均気温	11.8
13:00	0.8	247.5	12.4	最大風速	1.3
13:10	0.5	337.5	12.5	平均風速	0.8

ケース 5

平成17年2月17日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
9:10	0.0	225.0	11.1		
9:20	0.0	315.0	11.0		
9:30	0.0	270.0	11.0		
9:40	0.0	225.0	10.9		
9:50	0.0	0.0	10.9		
10:00	0.0	270.0	11.0		
10:10	0.1	270.0	10.9		
10:20	0.2	225.0	11.0		
10:30	0.0	315.0	11.0		
10:40	0.1	247.5	11.0	平均気温	11.0
10:50	0.0	135.0	11.0	最大風速	0.2
11:00	0.0	180.0	11.0	平均風速	0.0

ケース 6

平成17年2月16日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
13:50	0.5	90.0	12.9		
14:00	0.3	247.5	13.0		
14:10	0.5	22.5	13.0		
14:20	0.7	337.5	13.2		
14:30	0.4	135.0	13.2		
14:40	0.5	337.5	13.3		
14:50	0.1	292.5	13.4		
15:00	0.4	315.0	13.4		
15:10	0.8	337.5	13.4		
15:20	0.5	0.0	13.5		
15:30	0.6	67.5	13.6		
15:40	0.5	337.5	13.8		
15:50	0.2	337.5	13.8		
16:00	0.0	315.0	13.8		
16:10	0.1	315.0	13.8		
16:20	0.5	135.0	14.0	平均気温	13.5
16:30	0.4	112.5	14.1	最大風速	0.8
16:40	0.6	112.5	14.1	平均風速	0.4

ケース 7

平成17年2月19日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
14:00	1.5	0.0	13.0		
14:10	1.3	292.5	13.0		
14:20	1.9	0.0	13.1		
14:30	1.7	315.0	13.1		
14:40	1.7	22.5	13.1		
14:50	1.5	292.5	13.1		
15:00	1.5	315.0	13.2		
15:10	1.3	247.5	13.2		
15:20	1.3	0.0	13.3		
15:30	1.5	270.0	13.3		
15:40	1.3	292.5	13.4		
15:50	1.5	337.5	13.4		
16:00	1.5	225.0	13.3		
16:10	1.6	315.0	13.3		
16:20	1.7	0.0	13.3		
16:30	1.4	0.0	13.2		
16:40	1.8	135.0	13.2	平均気温	13.2
16:50	1.4	337.5	13.1	最大風速	1.9
17:00	1.2	22.5	13.0	平均風速	1.5

ケース 8

平成17年2月19日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
9:50	1.3	315.0	11.6		
10:00	1.3	315.0	11.4		
10:10	1.1	225.0	11.4		
10:20	1.6	225.0	11.4		
10:30	1.0	315.0	11.6		
10:40	1.0	337.5	11.7		
10:50	1.5	315.0	11.8		
11:00	1.6	337.5	11.9		
11:10	2.3	292.5	11.9		
11:20	2.2	270.0	12.0		
11:30	1.6	292.5	12.0		
11:40	1.9	270.0	12.1		
11:50	1.5	315.0	12.1		
12:00	1.4	247.5	12.2		
12:10	2.0	337.5	12.2		
12:20	1.8	270.0	12.3		
12:30	1.7	337.5	12.3		
12:40	2.0	337.5	12.4		
12:50	2.1	247.5	12.4		
13:00	1.2	292.5	12.5	平均気温	12.0
13:10	1.7	292.5	12.5	最大風速	2.3
13:20	1.5	337.5	12.6	平均風速	1.6

ケース 9

平成17年2月16日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
10:00	0.2	247.5	10.2		
10:10	0.1	45.0	10.3		
10:20	0.3	225.0	10.4		
10:30	0.3	202.5	10.4		
10:40	0.3	315.0	10.5		
10:50	0.4	292.5	10.6		
11:00	0.5	0.0	10.7		
11:10	1.0	202.5	10.8		
11:20	0.3	270.0	10.9		
11:30	0.5	0.0	11.0		
11:40	0.6	337.5	11.1		
11:50	0.7	270.0	11.2		
12:00	0.6	270.0	11.4		
12:10	0.7	337.5	11.6		
12:20	0.4	337.5	11.7		
12:30	0.5	225.0	11.8		
12:40	0.2	112.5	12.0		
12:50	0.2	292.5	12.1		
13:00	0.6	270.0	12.2		
13:10	0.5	315.0	12.3	平均気温	11.3
13:20	0.4	90.0	12.4	最大風速	1.0
13:30	0.2	225.0	12.6	平均風速	0.4

流向流速（30 秒単純平均値）

ケース 1

測定日 平成17年2月21日

測定時間 13:40～15:50

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-0.41	-0.15	-0.53	-0.15	-0.41	0.14
0.8	0.02	-0.05	0.01	-0.04	-0.29	0.21
1.3	0.12	-0.03	0.07	-0.02	-0.12	0.13
2.3	0.08	0.05	0.25	0.00	0.10	0.07
3.3	0.12	0.06	0.11	0.07	0.36	0.03
4.3	0.10	0.13	0.15	0.02	0.01	-0.05
5.3	-0.02	0.02	0.02	0.07	0.01	0.03
6.3	-0.04	0.15	0.00	0.02	-0.01	-0.03
7.3	-0.03	0.19	0.02	0.00	0.00	-0.03
8.3	-0.01	0.14	0.00	-0.02	-0.05	-0.02
9.3	-0.02	0.09	-0.02	-0.01	0.00	0.01
10.3	0.00	0.10	0.03	-0.01	0.01	0.02
11.3	-0.01	0.11	0.00	-0.06	0.01	0.02
12.3	-0.04	0.06	-0.02	-0.11	-0.01	0.03
13.3	-0.01	0.06	-0.07	-0.02	-0.02	0.03
14.3	-0.02	0.03	-0.04	-0.04	0.00	0.07
15.3	0.00	0.00	0.01	-0.05	-0.02	0.02
16.3	0.00	0.05	0.00	0.01	-0.02	0.04
17.3	0.01	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00
18.0	-0.01	0.07	0.01	0.05	-0.02	0.03

単位：m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.44	0.55	0.43
0.8	0.05	0.04	0.36
1.3	0.12	0.07	0.18
2.3	0.10	0.25	0.12
3.3	0.14	0.13	0.36
4.3	0.16	0.15	0.05
5.3	0.03	0.07	0.03
6.3	0.15	0.02	0.03
7.3	0.19	0.03	0.03
8.3	0.15	0.02	0.05
9.3	0.09	0.02	0.01
10.3	0.10	0.03	0.03
11.3	0.11	0.06	0.02
12.3	0.07	0.11	0.04
13.3	0.06	0.07	0.03
14.3	0.03	0.06	0.07
15.3	0.00	0.05	0.03
16.3	0.05	0.01	0.04
17.3	0.06	0.04	0.00
18.0	0.07	0.06	0.04

単位：m/s

ケース 2

測定日 平成17年2月16日

測定時間 20:00 ~ 22:20

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-1.22	-0.66	-0.71	-0.05	-0.49	0.10
0.8	-0.10	-1.03	0.22	-0.23	-0.32	0.12
1.3	-0.20	-0.82	0.13	-0.18	-0.07	0.13
2.3	0.17	-0.22	0.33	-0.23	0.07	0.13
3.3	0.10	0.11	0.13	-0.04	0.54	0.04
4.3	0.17	0.28	0.05	0.15	-0.07	-0.09
5.3	0.23	0.20	0.18	0.07	-0.06	-0.03
6.3	0.15	0.29	0.06	0.02	0.00	0.03
7.3	0.04	0.26	0.02	0.01	0.03	0.05
8.3	0.09	0.27	0.01	0.07	0.04	0.06
9.3	0.16	0.27	0.02	0.08	0.02	0.00
10.3	0.04	0.14	-0.04	-0.11	0.01	0.00
11.3	-0.07	0.05	-0.06	-0.12	0.01	0.06
12.3	0.01	0.16	-0.05	-0.07	-0.03	0.03
13.3	0.00	0.07	0.02	0.00	0.01	0.02
14.3	-0.03	0.13	0.00	0.05	0.01	0.02
15.3	0.01	0.14	0.00	0.04	0.00	0.01
16.3	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02
17.3	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.02
18.0	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.07

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	1.39	0.72	0.50
0.8	1.03	0.32	0.34
1.3	0.84	0.22	0.15
2.3	0.28	0.41	0.15
3.3	0.15	0.13	0.54
4.3	0.33	0.16	0.11
5.3	0.30	0.20	0.07
6.3	0.33	0.06	0.03
7.3	0.26	0.02	0.06
8.3	0.28	0.07	0.07
9.3	0.31	0.09	0.02
10.3	0.15	0.12	0.01
11.3	0.09	0.14	0.06
12.3	0.16	0.09	0.04
13.3	0.07	0.02	0.02
14.3	0.13	0.05	0.02
15.3	0.14	0.04	0.01
16.3	0.04	0.01	0.02
17.3	0.04	0.02	0.02
18.0	0.01	0.06	0.07

単位 : m/s

ケース 3

測定日 平成17年2月16日

測定時間 17:00 ~ 19:40

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-1.35	-0.23	-0.92	0.03	-0.62	0.29
0.8	-0.33	-0.82	0.14	-0.20	-0.39	0.17
1.3	-0.01	-1.03	-0.02	-0.01	-0.25	0.26
2.3	0.01	-1.08	0.01	0.00	0.22	0.07
3.3	0.19	-0.50	0.12	-0.05	0.70	0.07
4.3	-0.08	-0.41	0.21	0.05	0.04	-0.06
5.3	-0.01	-0.24	0.00	0.14	0.03	-0.09
6.3	-0.13	-0.56	0.04	0.07	0.01	-0.16
7.3	0.17	0.17	0.12	0.09	0.03	-0.17
8.3	0.25	0.25	0.11	0.04	0.03	-0.10
9.3	0.19	-0.36	0.06	0.05	0.07	-0.15
10.3	0.12	0.30	0.03	0.07	0.10	-0.09
11.3	0.18	0.14	-0.06	0.12	0.05	-0.18
12.3	0.17	0.34	0.01	0.07	0.02	-0.15
13.3	0.16	0.15	0.02	0.07	0.02	-0.19
14.3	0.05	0.12	0.05	0.01	0.04	-0.17
15.3	0.00	0.06	0.06	0.04	-0.01	-0.08
16.3	0.07	0.14	0.04	0.05	0.00	-0.02
17.3	0.07	0.07	0.03	0.05	-0.03	-0.03
18.0	0.10	-0.03	0.03	0.02	-0.06	-0.01

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	1.37	0.92	0.69
0.8	0.88	0.24	0.43
1.3	1.03	0.02	0.36
2.3	1.08	0.01	0.23
3.3	0.54	0.13	0.70
4.3	0.41	0.22	0.07
5.3	0.24	0.14	0.10
6.3	0.57	0.08	0.16
7.3	0.24	0.16	0.17
8.3	0.36	0.12	0.10
9.3	0.41	0.08	0.17
10.3	0.32	0.07	0.14
11.3	0.22	0.13	0.19
12.3	0.38	0.07	0.15
13.3	0.22	0.07	0.19
14.3	0.13	0.05	0.17
15.3	0.06	0.07	0.08
16.3	0.16	0.07	0.02
17.3	0.10	0.06	0.04
18.0	0.10	0.04	0.06

単位 : m/s

ケース 4

測定日 平成17年2月21日

測定時間 10:30 ~ 13:10

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	0.11	-0.12	-0.38	-0.07	-0.36	0.10
0.8	0.05	-0.18	0.12	-0.10	-0.22	0.08
1.3	0.11	-0.08	0.13	-0.14	-0.11	0.13
2.3	0.00	0.02	0.03	-0.05	0.04	0.07
3.3	0.07	0.02	0.04	-0.04	0.22	-0.03
4.3	-0.08	-0.02	-0.04	-0.11	-0.01	-0.02
5.3	-0.07	0.03	-0.13	-0.05	-0.01	0.02
6.3	0.01	-0.04	0.03	-0.04	0.02	0.12
7.3	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.03	0.05
8.3	0.01	0.00	0.01	0.04	0.01	0.03
9.3	0.01	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.03
10.3	0.02	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	0.03
11.3	0.02	-0.03	0.00	0.00	0.01	0.06
12.3	0.01	-0.03	0.03	0.04	-0.01	-0.01
13.3	0.03	-0.01	0.01	0.02	-0.02	-0.01
14.3	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03
15.3	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.03
16.3	0.00	0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.04
17.3	0.00	0.05	0.00	0.02	-0.03	-0.01
18.0	0.00	0.02	-0.03	-0.07	-0.01	-0.03

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.16	0.39	0.37
0.8	0.19	0.15	0.23
1.3	0.14	0.20	0.17
2.3	0.02	0.06	0.08
3.3	0.07	0.06	0.22
4.3	0.09	0.12	0.02
5.3	0.08	0.14	0.02
6.3	0.04	0.05	0.12
7.3	0.02	0.02	0.06
8.3	0.02	0.04	0.03
9.3	0.01	0.02	0.04
10.3	0.03	0.01	0.03
11.3	0.03	0.00	0.06
12.3	0.03	0.05	0.01
13.3	0.03	0.02	0.02
14.3	0.03	0.03	0.04
15.3	0.01	0.03	0.05
16.3	0.02	0.01	0.04
17.3	0.05	0.02	0.03
18.0	0.02	0.07	0.03

単位 : m/s

ケース 5

測定日 平成17年2月17日

測定時間 9:10 ~ 11:00

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-0.61	-0.50	-0.62	-0.07	-0.43	0.09
0.8	0.18	-0.23	0.12	-0.01	-0.48	0.23
1.3	0.25	0.04	0.22	-0.10	-0.14	0.21
2.3	0.26	0.07	0.07	0.03	0.34	0.00
3.3	0.12	0.05	0.22	0.02	0.29	0.04
4.3	0.24	0.14	0.17	0.01	0.02	-0.06
5.3	0.16	0.19	0.03	-0.02	0.02	0.02
6.3	0.13	0.21	0.04	0.03	0.03	0.04
7.3	0.15	0.28	0.04	0.04	0.04	-0.02
8.3	0.11	0.30	0.05	-0.02	0.01	-0.05
9.3	0.11	0.20	0.03	0.05	0.03	0.01
10.3	0.09	0.19	0.02	-0.01	0.01	-0.06
11.3	0.00	0.13	0.05	0.01	-0.02	-0.02
12.3	0.03	0.08	0.03	0.04	0.01	-0.06
13.3	0.01	0.09	0.00	0.01	0.05	0.00
14.3	-0.04	0.15	0.00	-0.02	0.04	0.01
15.3	-0.02	0.16	0.02	0.04	0.03	-0.08
16.3	0.01	0.02	-0.01	0.03	0.08	0.00
17.3	-0.04	0.00	-0.07	0.01	0.01	0.01
18.0	-0.04	0.02	-0.08	-0.01	0.01	-0.01

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.79	0.62	0.44
0.8	0.29	0.12	0.53
1.3	0.25	0.25	0.25
2.3	0.27	0.08	0.34
3.3	0.13	0.22	0.29
4.3	0.28	0.17	0.07
5.3	0.24	0.04	0.03
6.3	0.25	0.05	0.05
7.3	0.32	0.05	0.04
8.3	0.32	0.06	0.05
9.3	0.23	0.05	0.03
10.3	0.21	0.02	0.06
11.3	0.13	0.05	0.03
12.3	0.08	0.05	0.06
13.3	0.09	0.01	0.05
14.3	0.15	0.02	0.04
15.3	0.16	0.04	0.09
16.3	0.02	0.03	0.08
17.3	0.04	0.07	0.01
18.0	0.05	0.09	0.01

単位 : m/s

ケース 6

測定日 平成17年2月16日

測定時間 13:50 ~ 16:40

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-1.02	-0.72	-0.86	0.03	-0.37	0.05
0.8	-0.23	-0.41	0.03	-0.12	-0.29	0.15
1.3	0.16	-0.18	0.07	-0.13	-0.07	0.21
2.3	0.34	-0.50	0.23	-0.10	0.06	0.24
3.3	0.01	-0.30	0.36	-0.06	0.55	0.05
4.3	0.27	-0.15	0.21	0.11	0.02	-0.09
5.3	0.06	-0.08	0.04	-0.03	0.05	-0.04
6.3	-0.03	-0.03	0.04	0.01	0.07	-0.03
7.3	0.22	0.18	0.01	0.04	0.04	0.01
8.3	0.05	0.08	-0.04	-0.02	0.03	-0.10
9.3	0.04	0.06	0.00	0.01	0.09	-0.08
10.3	0.06	0.33	0.04	-0.02	0.09	-0.12
11.3	0.14	0.22	0.00	-0.01	0.07	-0.12
12.3	0.19	0.30	0.01	-0.03	0.01	-0.17
13.3	0.09	0.22	-0.03	0.02	0.03	-0.10
14.3	0.08	0.16	0.02	0.00	0.00	-0.10
15.3	0.06	0.19	0.04	0.02	0.02	-0.05
16.3	0.05	0.10	0.05	-0.02	0.02	0.02
17.3	-0.01	0.04	-0.08	-0.01	-0.01	-0.04
18.0	-0.01	-0.04	-0.06	-0.07	-0.03	-0.03

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	1.24	0.86	0.37
0.8	0.47	0.13	0.33
1.3	0.24	0.15	0.22
2.3	0.61	0.25	0.25
3.3	0.30	0.36	0.55
4.3	0.30	0.24	0.10
5.3	0.10	0.05	0.07
6.3	0.04	0.04	0.08
7.3	0.29	0.04	0.05
8.3	0.09	0.04	0.11
9.3	0.07	0.01	0.12
10.3	0.33	0.05	0.15
11.3	0.26	0.01	0.14
12.3	0.36	0.03	0.17
13.3	0.24	0.03	0.10
14.3	0.18	0.02	0.10
15.3	0.20	0.05	0.05
16.3	0.12	0.05	0.03
17.3	0.04	0.08	0.04
18.0	0.04	0.09	0.04

単位 : m/s

ケース 7

測定日 平成17年2月19日

測定時間 14:00 ~ 17:00

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	0.02	-0.11	-0.30	-0.09	-0.20	-0.01
0.8	0.01	-0.02	0.17	-0.06	-0.11	0.01
1.3	0.11	-0.06	0.11	-0.08	-0.05	-0.01
2.3	0.07	-0.05	0.05	-0.04	0.13	-0.04
3.3	0.04	0.00	-0.10	-0.02	0.23	0.01
4.3	-0.03	-0.02	-0.01	-0.03	0.00	-0.05
5.3	0.02	0.02	-0.05	-0.02	0.03	-0.01
6.3	-0.08	-0.03	0.02	0.02	0.00	-0.02
7.3	0.00	-0.04	0.00	0.01	0.03	0.01
8.3	0.01	-0.02	0.00	-0.02	0.01	0.01
9.3	0.01	0.02	0.01	-0.01	0.00	0.02
10.3	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02
11.3	0.00	-0.03	0.00	-0.02	0.04	0.07
12.3	0.01	-0.02	0.00	-0.01	0.02	0.05
13.3	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
14.3	0.00	-0.01	0.02	0.01	0.00	0.00
15.3	0.01	-0.02	0.00	0.04	0.00	0.00
16.3	0.01	-0.02	0.00	0.03	-0.02	-0.03
17.3	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.03
18.0	0.01	0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.02

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.11	0.31	0.20
0.8	0.02	0.18	0.11
1.3	0.13	0.14	0.05
2.3	0.09	0.06	0.14
3.3	0.04	0.10	0.23
4.3	0.03	0.03	0.05
5.3	0.03	0.06	0.03
6.3	0.09	0.02	0.02
7.3	0.04	0.01	0.03
8.3	0.02	0.02	0.02
9.3	0.03	0.01	0.02
10.3	0.03	0.02	0.03
11.3	0.03	0.02	0.07
12.3	0.02	0.01	0.05
13.3	0.01	0.01	0.03
14.3	0.01	0.03	0.00
15.3	0.02	0.04	0.01
16.3	0.03	0.03	0.03
17.3	0.01	0.01	0.03
18.0	0.01	0.02	0.02

単位 : m/s

ケース 8

測定日 平成17年2月19日

測定時間 9:50 ~ 13:20

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-0.33	-0.26	-0.26	-0.04	-0.27	0.15
0.8	-0.03	-0.34	0.13	-0.02	-0.28	0.09
1.3	0.14	-0.12	0.20	-0.08	0.04	0.05
2.3	0.06	0.05	0.10	0.02	0.15	0.10
3.3	0.04	0.01	0.15	-0.01	0.36	0.07
4.3	0.17	0.13	0.04	-0.02	0.01	0.02
5.3	0.01	0.18	0.06	0.01	0.04	0.03
6.3	0.06	0.12	0.04	0.02	0.04	0.00
7.3	0.11	0.20	0.02	0.00	0.03	-0.05
8.3	0.07	0.22	0.00	0.03	0.00	-0.01
9.3	0.07	0.17	-0.02	0.04	0.03	0.01
10.3	0.06	0.13	0.01	0.03	0.02	0.03
11.3	0.04	0.13	-0.02	0.06	0.02	0.02
12.3	0.06	0.09	0.03	0.05	0.01	0.05
13.3	0.07	0.10	0.05	0.02	0.05	0.05
14.3	0.04	0.16	0.05	0.01	0.10	-0.06
15.3	0.02	0.11	0.03	0.02	0.04	-0.07
16.3	0.05	0.14	0.01	-0.02	0.04	-0.02
17.3	0.07	0.15	-0.05	0.01	0.02	0.01
18.0	0.07	0.07	-0.05	-0.01	0.01	0.00

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.43	0.26	0.31
0.8	0.34	0.13	0.30
1.3	0.18	0.21	0.06
2.3	0.08	0.10	0.18
3.3	0.05	0.15	0.37
4.3	0.21	0.05	0.02
5.3	0.18	0.06	0.05
6.3	0.13	0.05	0.04
7.3	0.23	0.02	0.06
8.3	0.23	0.03	0.01
9.3	0.19	0.04	0.03
10.3	0.14	0.03	0.04
11.3	0.14	0.07	0.03
12.3	0.11	0.06	0.05
13.3	0.13	0.06	0.07
14.3	0.17	0.05	0.12
15.3	0.12	0.04	0.08
16.3	0.15	0.02	0.05
17.3	0.16	0.05	0.03
18.0	0.10	0.05	0.01

単位 : m/s

ケース 9

測定日 平成17年2月16日

測定時間 10:00 ~ 13:30

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-0.98	-0.26	0.09	-0.10	-0.34	0.19
0.8	0.12	-0.27	0.04	-0.06	-0.30	0.12
1.3	0.10	-0.09	0.16	-0.19	0.06	0.16
2.3	0.18	-0.16	0.08	-0.12	0.28	0.01
3.3	0.31	-0.54	0.24	-0.04	0.05	-0.07
4.3	0.03	0.14	0.14	0.03	0.04	-0.06
5.3	0.06	-0.56	0.06	0.00	0.02	0.01
6.3	0.31	0.05	0.05	0.05	0.00	-0.03
7.3	0.11	-0.18	0.06	0.06	0.01	-0.07
8.3	0.13	-0.01	0.00	0.07	0.05	-0.08
9.3	0.16	0.09	-0.11	0.18	0.01	-0.05
10.3	0.09	0.17	-0.01	0.05	0.02	0.00
11.3	0.07	0.17	-0.01	0.01	0.03	0.02
12.3	0.12	0.17	0.04	0.06	0.03	0.04
13.3	0.09	0.18	0.06	0.07	0.05	0.05
14.3	0.09	0.17	0.04	0.10	0.13	-0.06
15.3	0.07	0.14	0.05	0.09	0.09	-0.09
16.3	0.06	0.12	0.01	0.06	-0.01	-0.04
17.3	0.09	0.10	-0.01	0.09	-0.03	-0.08
18.0	0.12	0.00	0.04	0.05	-0.06	-0.02

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	1.01	0.14	0.39
0.8	0.29	0.08	0.32
1.3	0.14	0.25	0.18
2.3	0.24	0.14	0.28
3.3	0.62	0.24	0.09
4.3	0.15	0.14	0.08
5.3	0.56	0.06	0.03
6.3	0.32	0.07	0.03
7.3	0.22	0.08	0.07
8.3	0.13	0.07	0.09
9.3	0.19	0.21	0.05
10.3	0.19	0.05	0.02
11.3	0.18	0.01	0.04
12.3	0.21	0.07	0.05
13.3	0.20	0.09	0.07
14.3	0.19	0.10	0.14
15.3	0.16	0.10	0.12
16.3	0.13	0.06	0.04
17.3	0.14	0.10	0.09
18.0	0.12	0.07	0.06

単位 : m/s

.....

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of N I L I M
N o . 301 December 2005
編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

.....

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305 - 0804 茨城県つくば市旭 1 番地
企画部研究評価・推進課 TEL 029 - 864 - 2675