

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

東日本大震災 被災と復旧

Recovery of Yumoto Works after East Japan
Earthquake Damage

飯 田 栄 司
Eishi IIDA

品川技報

東日本大震災 被災と復旧

Recovery of Yumoto Works after East Japan Earthquake Damage

飯 田 栄 司*
Eishi IIDA

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は未曾有の自然災害となり、多くの犠牲者と大規模な被害をもたらした。福島県いわき市に立地する当社湯本工場も煙突が倒壊するなど甚大な被害を受け、操業の一時停止を余儀なくされた。また、震災直後に発生した福島第一原子力発電所の事故は、震災からの復旧作業をより困難なものとした。その中で、工場従業員の懸命の努力と全社を挙げた支援活動により湯本工場は同年10月には全ての工場設備を復旧し、本格的な操業を再開することができた。この震災による被害の状況と復旧の経過について報告する。

2. 被害の状況

3月11日午後2時46分に発生した本震とこれに引き続き頻発した余震により工場建屋、設備は甚大な被害を受けた。また、1ヶ月後の4月11日午後5時15分にはいわき市を震源とする直下型の最大余震（震度6弱）が発生し、本震後1ヶ月間の懸命な復旧作業を全て水泡に帰す大きな被害を再度受けることとなった。この間の工場内の主な被災状況は以下の通り。

- ・通信、給水など生活インフラの途絶。
- ・煙突の折損、倒壊とこれに伴う建屋の損壊。
- ・チャンバードライヤーの全倒壊とこれに伴う建屋の損壊。
- ・工場管理事務所他3棟が全半壊状態。

1. Introduction

On March 11, 2011, Japan was hit by the enormous earthquake, which killed many casualties and brought great damages. Yumoto Works, located in Iwaki City, Fukushima Prefecture, was not an exception. Fortunately, we did not have any casualties but we had great damage on plant equipment such as chimney collapse, which obliged us to temporarily stop production. Furthermore, the incident at the Fukushima No.1 Nuclear Plant in the aftermath forced many difficulties upon our recovery work. In such severe circumstances, we could restart production in May and all equipment was back in operation in October as a result of the strenuous efforts by all plant employees and support from all of the people in the Company. A documentary of the damage and recovery process of Yumoto Works is contained in this report.

2. Earthquake Damages

Buildings and equipment of the Yumoto Works were significantly damaged by the 9.0 magnitude earthquake which occurred at 2:46pm on March 11 along with aftershocks. One of aftershocks (seismic intensity of 6- on the Japanese scale) of which epicenter was below

* 湯本工場 常務執行役員 工場長 Managing Executive Officer, General Manager of Yumoto Works

- ・燃料，給排水経路，工場エア，給電などの各種配管類の寸断。
- ・大型CIPフレーム移送シリンダー及び車輪の損壊
- ・焼成炉及び台車トラバーサーの損傷。
- ・X線非破壊検査装置及び付帯設備の損傷。
- ・工場内仕切り壁の一部倒壊と建屋ブレースの各所での破断。
- ・工場内各所で地盤沈下，亀裂，段差，液状化など。
- ・工場内各所の地下ピット浸水。

Fig. 1には折損して傾いた煙突の状況を示す。本煙突は全高40mであるが，本震で上部より約22m位置で折損，その後の余震で徐々に傾き，早朝から震度5クラスの余震に3度見舞われた3月23日に倒壊した。Fig. 2には煙突倒壊により大破した工場建屋の状況を示す。また，Fig. 3には本

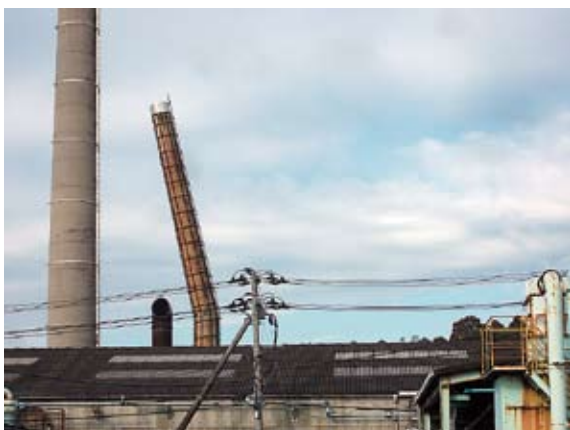


Fig. 1 Broken and inclined chimney.



Fig. 2 Plant building seriously damaged by broke down chimney.

Iwaki City on April 11 obliged us to go back to the starting point of the recovery efforts. The main damages to the plant were as follows;

- ・Loss of infrastructures such as communication lines and water supplies
- ・Breakage of a chimney which finally collapsed causing related building damage
- ・Destruction of chamber dryers and related building damage
- ・Complete and half destruction of three office buildings
- ・Breakage of piping fixtures for fuel, water, compressed air and electricity supplies
- ・Damage of transporting cylinder and wheels of a large scale CIP frame
- ・Damage of batch kilns and kiln car traversing equipment
- ・Damage of the X-ray inspection mechanism and related equipment
- ・Breakage of room walls and aisles in plant buildings
- ・Local subsidence, cracks, step generations and liquefaction of land
- ・Water leakage in basement pitted

The appearance of the broken and inclined chimney is shown in Fig. 1. The total height of this chimney was 40m and it was broken at 22m from the top by the first strong earthquake. The



Fig. 3 Kiln car which fell down into traverser pit.

Table 1 Damages of employee's private house

Damage	Number of employee	Percentage
Completely destroyed	5	3.2
Half destroyed	36	23.1
Partially destroyed	59	37.8
Subtotal	100	64.1
Total number of employee	156	100

震後、待機位置からトラバースー内に落下した焼成炉台車の状況を示す。

一方人的被害については、幸運にも全ての従業員および構内協力会社社員ともに、その家族を含めて生命、身体への被害は皆無であった。しかしながら、Table 1に示すように従業員の家屋は津波により全て流失した者から一部損壊までを含めるとその64%が震災により何らかの被害を受けた。

3. 震災からの復旧

(1) 震災後一週間

震災直後から水道、電気、通信、公共交通などのインフラが途絶。当日出勤者は工場内のグラウンドに全員避難し、点呼、安全確認を行った後全員帰宅を指示した。翌日以降は出社可能な状態にある社員にのみ協力を要請し、多くのものが倒壊、散乱した工場内の整理や工場建屋、設備などの点検に着手した。しかしながら余震が激しく危険な状態であったため作業は午前中で終了し、管理職や管理監督者など少数を残して全員が帰宅。また、3月12日には福島第一原子力発電所の1号機が水素爆発し、同日にはガソリンや物資が不足し始め、ほどなく水、食料、燃料を始めとする全ての物資が極端な不足状態に陥った。

このような状況の中でも翌週の3月14日の月曜日には協力会社を含めてほぼ9割近い社員が出社し、中には避難所から出勤した者もいた。同日には通信が一部回復、また全従業員とその家族の安否確認が完了した。工場内の整理、設備の点検などを手分けして継続したが、水、食料などの不足に加え、福島原発では1号機に続き3号機が爆発

top half fell down on March 23 after several aftershocks of which the seismic intensities were about 5. The appearance of the plant building after the collapse of the chimney is shown in Fig. 2. Fig. 3 shows the appearance of the kiln car traversing pit in which several kiln cars fell down from their stand-by positions.

Fortunately, none of our employees or employees' families including cooperating company workers was injured or killed in these severe circumstances. However, as shown in Table 1, 64% of the employees had damage on their private houses including complete destruction by Tsunami.

3. Recovery from Earthquake Damage

(1) During the first week after the earthquake

We lost the infrastructures such as water, electricity, communication and public transporting soon after the first strong earthquake. All employees working on that day evacuated to the baseball ground in the plant. After roll call and safety checks, they were advised to go home. On the second day, employees who could come to work started the inspection and cleaning work of damaged goods, equipment and buildings. However, we had to give up such works by noon due to continuous aftershocks. Except for the management staff, employees were advised to go home in the afternoon. The first hydrogen explosion in Fukushima No.1 Nuclear Plant was on March 12. There was a severe shortage of everything including water, food, fuel, and other supplies for several days.

Even in this tough situation, 90% of our employees including cooperating company workers came to work on Monday March 14. Some of them came from the shelter. Communication lines were partially repaired by Monday and we could confirm all employees and families

して事態が深刻化するに至り、当面の出社停止と自宅待機を余儀なくされた。因みに湯本工場は福島第一原子力発電所からちょうど50kmの位置に立地している。全員が自宅待機となった後も管理職を中心に、倒壊を免れた健全な製品在庫の数量確認と各営業への連絡、出荷業務、社内他工場で代替生産が可能な不定形やプレキャスト製品の代替生産体制整備などを行った。

また3月14日の時点で岡山工場から水、食料などの支援物資の第1便が出発し、翌15日には湯本工場へ到着。その後も社内の多くの事業所から生活物資や燃料などの支援物資が集められ製品出荷の帰り便で順次到着、協力会社を含む社員に配給され、その生活を支えた。

しかしながら、3月14日以降は物資の不足と原発事故の深刻化に伴い、近隣から続々と県外への避難者が出始め、社内でもピーク時で約45%の社員が県外に避難した。湯本工場においても、震災後1週間を経た3月18日には製品在庫の出荷が一段落したのを受け、全ての工場業務を一旦中断し、各自の家庭環境や判断により自宅待機または県外避難することとなった。従って震災後の1週間は実質的には工場復旧作業はほとんど不可能であった。

(2) 復旧作業開始

震災後11日目の3月22日の週からは、管理職、保全部員などを中心に少人数で製品在庫の出荷業務や建屋、設備の復旧作業を再開した。工場内各設備は外観上健全なものから点検、動作確認などを実施。しかしながら、社内の要員のみでは復旧作業に限界があり、土建、建築、電気などあらゆる工事に外注事業者を必要としたが、地元では工事業者自身も被災し、その社員も避難をしている状況で人手不足は深刻であり、復旧作業は困難を極めた。また、本震により折損して傾いた煙突は、安全に解体する方策に全く目途が立たないまま3月23日の余震で倒壊し、周辺の建屋が大破した。

その中でも3月29日には設備復旧計画と生産再開計画の一次案を作成、3月31日には倒壊した煙

were safe. We tried to continue the inspection and cleaning work although we lacked water and food, but, we had to give up again because the situation was getting worse and more serious due to the second explosion in Fukushima Nuclear Plant located 50km away from our plant. We decided to make most of our employees stay home. Nevertheless, some volunteer employees and management staff conducted emergency response work such as counting the undamaged products, communicating sales divisions, shipping, arrangement of substituting production in affiliated works.

The first truck loaded with support supplies such as water and food departed Okayama Works on Monday and arrived at Yumoto on Tuesday. Many support supplies followed from all divisions and offices, which helped us survive.

However, the situation became further worse after March 14. Many people in the area evacuated out of Fukushima Prefecture, including 45% of our plant employees. We decided to close the plant and stop all activities temporarily on March 18 since we had shipped undamaged products to customers or affiliated works in reply for urgent requirements. Thus, what we could do in the week after the earthquake was limited, and recovery work of plant equipment went almost untouched.

(2) Restart of recovery work

On March 22, 11 days after the first earthquake, we restarted the shipping and recovery work of damaged equipment and buildings by management staff and maintenance team. At first, we checked the condition and movement of equipment which looked undamaged. The progress of the recovery work was very slow and difficult because we lacked of manpower. We required many experts including outsources

突と瓦礫の撤去工事を開始した。復旧計画はこの後、状況に応じて順次改訂した。この間、物資の極端な不足状態は続いていたが、社内からの支援物資が復旧作業の継続を可能にした。また、3月28日には工場周辺の水道が復旧、この頃には市中の商店やガソリンスタンドなどに徐々に物資が入り始め、3月30日の岡山便を最終として支援物資の輸送を終了した。

4月に入り復旧作業を本格化させるとともに、一部の生産を再開すべく社員の自宅待機措置を一部解除し、生産準備に入った。しかしながら、そのさなか4月11日にいわき市を震源とする直下型の最大余震に見舞われ、本震で大きく損傷していたチャンバードライヤーが全倒壊、上部の建屋も損壊するなど再度大きな被害となった。この余震はそれまでの復旧作業を水泡に帰すような被害となり、工場設備は再度点検し直すこととなった。

このような状況の中、復旧作業の進展とともに4月中旬には不定形など一部の製品の生産を再開。また、4月19日には自宅待機を解除し、工場内の整理、清掃と工場の主力製品である浸漬ノズルなどのCIP製品の生産再開に一部着手した。この時期は未だ余震が断続的に続いており、夜間の勤務は安全確保に不安があったため、2シフト交替で昼のみ2日勤務して2日休むという2勤-2休の変則的な就業体制であった。また、生産設備も未復旧の設備が多くあり、部分的な生産再開に留まった。この時期、4月28日にはJR常磐線特急の上野-いわき間がようやく全線開通した。

(3) 完全復旧と生産再開

5月に入り復旧作業が本格化し、ゴールデンウィーク明けの5月9日には一部の部署で通常の昼夜2シフト体制を再開した。工場内では土建、建築、電気など各種の復旧工事が本格的に進展し始めたが、官民を問わず膨大な工事需要があったため、未だ人手不足は深刻であった。

また、工場内には倒壊した煙突の他にもう1本40m高さの煙突があり、こちらも余震の頻発で倒壊の危険性があり、安全のため解体した。Fig. 4には建屋の復旧と煙突の解体工事が進む工場の遠

for construction, builders, and electrical engineering but all of those sources were in similar situations. The broken chimney collapsed and destroyed the roof and equipment around it on March 23, even before we could make a concrete plan for dismantling it.

Under such circumstances, we made our first equipment recovery plan and production resumption plan on March 29. We started to clean up the wrecked chimney and debris on March 31. We modified the recovery plan as necessary along with the progress of recovery work. Of course, the lack of supplies was still continuing but thanks to the support by affiliated divisions, we could keep moving. The water supply came back on March 28. Almost at the same time, goods and gasoline became available in the market of the town. The last truck loaded with support goods left Okayama Works on March 30.

In April, recovery work became full throttled and the temporary stand-by status of certain employees was cancelled in order to prepare for the restart of production. However, the biggest aftershock hit Iwaki City on April 11 and destroyed chamber dryers and related equipment and buildings. The recovery progress so far was pushed back to the starting point. We restarted from the first step.

Even in those tough conditions, the recovery work was continued. We cancelled the stand-by status of all employees on April 19 in order to restart the production of monolithic products and Alumina Graphite products molded by CIP. The work shift was daytime only for safety reasons because we had aftershocks occasionally. It was not in full capacity production because we still had much unrepaired damaged equipment. The railway named Joban Line between Ueno and Iwaki restarted operation on April 28.



Fig. 4 A distant view of plant under recovery construction.

景を示す。建屋手前の線路はJR常磐線、屋根開口部には復旧中の建屋鉄骨が見える。解体中の煙突はブルーのシートで囲われている。煙突の解体工事がほぼ完了した5月16日からは全ての部署で通常の2シフト体制での操業を再開した。

この時期には不定形製品および溶融石英のスリップキャスト製品はほぼ生産設備が仮復旧も含めて回復し、本格的な生産を再開した。しかしながらCIP製品は全倒壊したドライヤーと一部の焼成炉が煙突倒壊により損傷して使用できず、また炉本体は健全であった焼成炉も燃料配管などが復旧するまでは使用できなかった。このためCIP成形した成形体はピストン輸送で当社の赤穂、岡山両工場へ輸送し、ここで乾燥と焼成処理を実施した後湯本工場へ返送して製品に仕上げるという工程で本格的な生産を再開した。

生産設備のうち最も復旧に時間を必要としたのは素地乾燥用のドライヤーであった。CIP製品およびプレキャスト製品のドライヤーは工場建設当時から稼働し、改造を重ねた古い設備であったが、3月11日の本震により大きく損傷し、4月11日の余震で全面的に倒壊した。これを改めて新設するために、工場の保全部隊と当社の関係会社である品川コー社が協力して設計から製作、設置工事までを実質的に半年足らずの短い期日で完了した。この結果、下期がスタートする2011年10月初旬にはドライヤーを含む工場内の全ての生産設備が完全に復旧した。また、本震により全壊状態となっ

(3) Complete recovery and resumption of production

On May 9, we restarted our two shift working schedule in several manufacturing sections which was used before the earthquake. All kinds of recovery work progressed including construction, building and electricity, even though the lack of manpower was still a concern because a lot of reconstruction activities were demanded in the area.

We had another 40m chimney in the plant, which we dismantled in May to eliminate the concern of aftershocks collapse. A distant view of the plant under the reconstruction and dismantling process of the chimney is shown in Fig. 4. The railway in front of the plant is the Joban Line. The chimney undergoing dismantling work was covered by blue sheets. Two shift working was restarted in all manufacturing sections on May 16 when the dismantling of the chimney was finished.

By this time, production of monolithic products and slip cast Fused Silica products were resumed and in full operation. However, several important pieces of equipment for manufacturing CIP products such as chamber dryers and piping of batch kilns were not yet repaired. We transported molded green bodies to Ako or Okayama Works for heat treatment and moved them back to Yumoto Works for conducting the downstream processes until we finished the repair or replacement of that equipment.

The last manufacturing equipment reconstructed was chamber dryers for drying green bodies of CIP products and precast blocks. The old chamber dryers were completely destroyed by the earthquake on April 11. We decided to introduce new dryers with better efficiency than the old dryers. Thanks to the efforts of co-works by engineers from Shinagawa Roko and the maintenance team of our plant, the

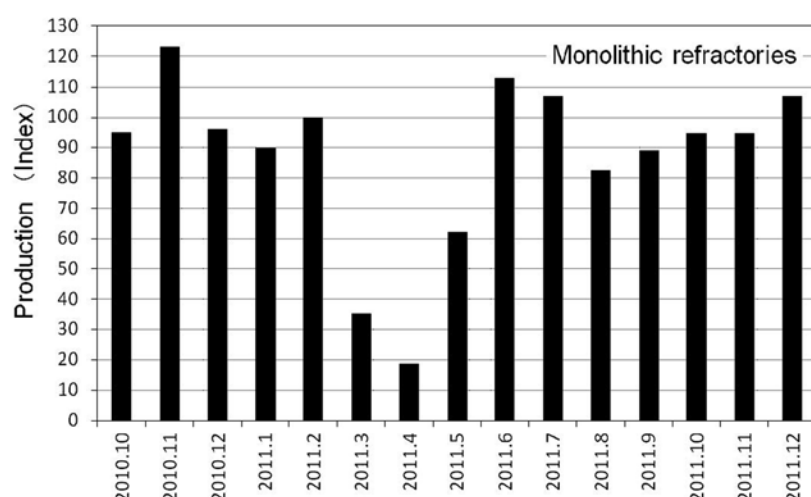


Fig. 5 Production of monolithic refractories before and after big earthquake.

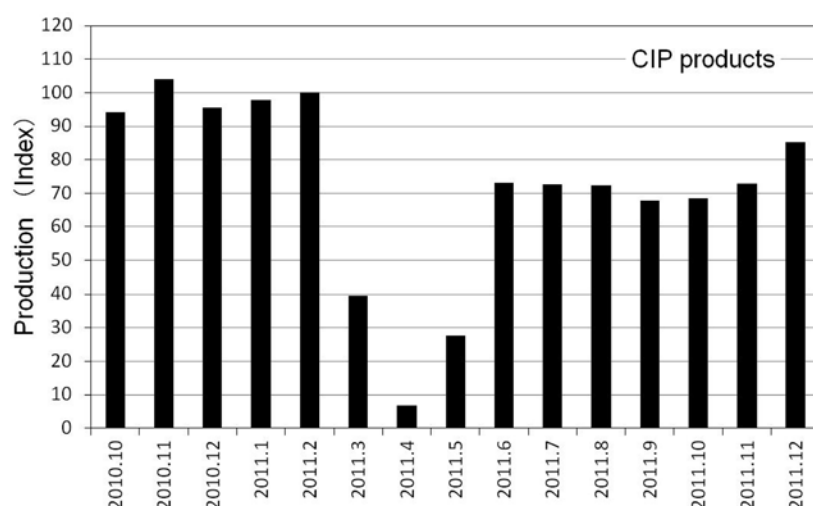


Fig. 6 Production of CIP products before and after big earthquake.

た工場管理事務所は、長らくプレハブ建築による仮設事務所を使用していたが、2012年2月には新築工事に着工し、同年6月末に無事竣工した。

Fig. 5, 6には震災前後の湯本工場の不定形製品およびCIP製品の生産量の推移を、震災直前の2011年2月の生産量を100として指数で示す。震災当月の3月から5月までの生産量は大幅に落ち込んだが、6月には本格的な生産を再開している。同年10月に全ての生産設備が復旧したのを受け、11月には工場労使および協力会社を含めた全ての

designing, manufacturing and installation work of the new dryers was completed quickly in 6 months. Thus, all manufacturing equipment was in operation in October, 2011. On the other hand, we used a prefabricated office for 15 months. The construction of a new office building started in February and was completed in June, 2012.

The transition of the production amount of monolithic products and CIP products of



Fig. 7 Memorial party of Yumoto works revival.

従業員が参加し、復旧作業の慰労を兼ねた復興記念パーティーを開催することができた。この様子をFig. 7に示す。

4. おわりに

湯本工場は東日本大震災という未曾有の大規模災害により甚大な被害を受けたが、全社員の団結と献身的な努力、全社的な支援体制、お客様、地域の皆様、お取引先のご理解とご支援などにより早期に復旧することができた。ここに紙面をお借りし、ご支援いただいた社内外の全ての関係者の皆様、また復旧工事に携わった全ての関係各位に改めて深く感謝申し上げます。

今回の経験から、大規模災害が発生すれば、対応マニュアルでも全く想定していない事態は起こり得ることを痛感するとともに、常日頃から様々なケースを想定して災害に備えておくことの重要性を改めて認識した。

Yumoto Works are shown in Figs. 5 and 6. The production amounts in the figures are indexed with the production in February 2011, just before the earthquake, counted as 100. The production between March and May dropped drastically but came back to almost the regular level in June. We inspected the radiation of our products during 2011 and confirmed that there was no influence by the nuclear plant incident.

In November, 2011, we had a memorial party for the Yumoto Works revival to comfort the hard and strong team work by all related people as shown in Fig. 7.

4. Ending Words

The Yumoto Works was severely damaged by the East Japan Earthquake in March, 2011. However, we were able to recover very quickly by the strenuous and devoted efforts of all employees, and cooperation and support by all customers, vendors and community. I would like to express our great thanks to all the people who supported us. From this experience, we are reminded that unexpected things can happen if we encounter large scale disasters. Also, we learned the importance of the risk management system and training in daily life.

Last but not least, I would like to express our great thanks and appreciations for all the heartwarming sympathy and support given to Japan from all over the world.