

## 東日本大震災の津波により被災した化石レプリカの修復経験から得られたこと

松本幸英\*・河原康浩\*

\*林原自然科学博物館

### Lessons learned from restoration of fossil replicas damaged by the Tsunami of The Great East Japan Earthquake

Yukihide Matsumoto\* and Yasuhiro Kawahara\*

\*Hayashibara Museum of Natural Sciences (y-mts@hayashibaramuseum.jp)

**Abstract.** Seven large fossil replicas of the museum “Utatsu Gyoryukan”, severely damaged by the tsunami on 11th March 2011, were restored by the authors. The replicas represent ichthyosaurian fossils embedded in slabs, approximately one to three meters long, made of plaster of Paris and fiberglass reinforced plastic, and painted with unknown substances. The replicas suffered from the loss of parts and paints, as well as numerous cracks and fragmentation which sometimes made their original condition unrecognizable.

The restoration process encountered various challenges. First of all, it was difficult to determine the specific details of restoration to make a normal work order and business contract, due to lack of time, information about the original condition, or skilled technicians. Due to a shortage of funding, it was impossible to transport the replicas to a well-equipped lab, and no monetary support was available to improve local working environments.

Two basic policies were essential to the success of our restoration, and they will be so in similar situations as well. One is the flexibility to modify pre-set restoration plans; despite an earlier visit to study the replicas to determine the restoration procedures, there were missed damage and unexpected challenges, and it was necessary to modify original plans accordingly. The second policy is the cooperation of nearby institutions. A number of conditions (e.g., temperature, waste management, equipment) need to be utilized to complete the restoration, and the cooperation of the two host institutions was crucial to complete the project.

Japan is subject to frequent natural disasters, and we should consider a nation-wide system to support the restoration of damaged specimens and exhibits. The two basic policies, as well as the practical problems mentioned above, should be taken into account to establish and operate such a system.

**Key words:** restoration, fossil replica, ichthyosaur, Tsunami, The Great East Japan Earthquake

#### はじめに

宮城県北部の海岸には下部～中部三畳系の稲井層群が分布しており、アンモナイトや二枚貝、ウタツギョリュウ *Utatsusaurus hataii Shikama et al.*, 1978 の産出地として知られている。宮城県南三陸町の歌津魚竜館には地元から産出した通称「<sup>くだ</sup>管の<sup>はま</sup>浜魚竜」を含む様々な化石やレプリカが展示されていたが（佐藤, 1999）, 2011年3月11日の津波によって甚大な被害を被った。著者等の所属する林原自然科学博物館は、東北大学総合学術博物館と日本古生物学会の依頼を受け、仙台市科学館と東北大学総合学術博物館において、歌津魚竜館の所蔵する魚竜化石のレプリカの修復を行った。レプリカは津波により土砂と海水を被り、救出後に水洗されていたものの、いずれも激しく損傷しており、部分的欠損、割れ、ヒビ、被災前の状態がわからないほどの顕著な塗料落ちが見られた（図1）。修復には移動日を除いて著者等2名で2012年3月

17日から3月24日までの8日間を要した（表1）。

今回の修復作業においては、準備から遂行にいたるまでに、解決すべき多くの問題があった。レプリカの色や形など被災前の詳しい情報が不足していたことに加え、林原自然科学博物館の親会社倒産に伴う異動や移転により技術者も時間も不足していたため、修復内容や修復方法の決定が困難であった。また、資金の不足でレプリカを岡山にある著者等の作業場に移動できなかった。更に、交通費、材料費、宿泊費、材料送料費等の資金提供を受けたものの、被災地での作業環境を整える資金は無かった。

本稿の目的は、この初めての経験を後世のために記録として残し、その経験から得られた津波対応のレプリカ修復の要点を明らかにすると共に、大規模自然災害による標本・展示物の損壊に対応できる修復システムの構築を提案することである。

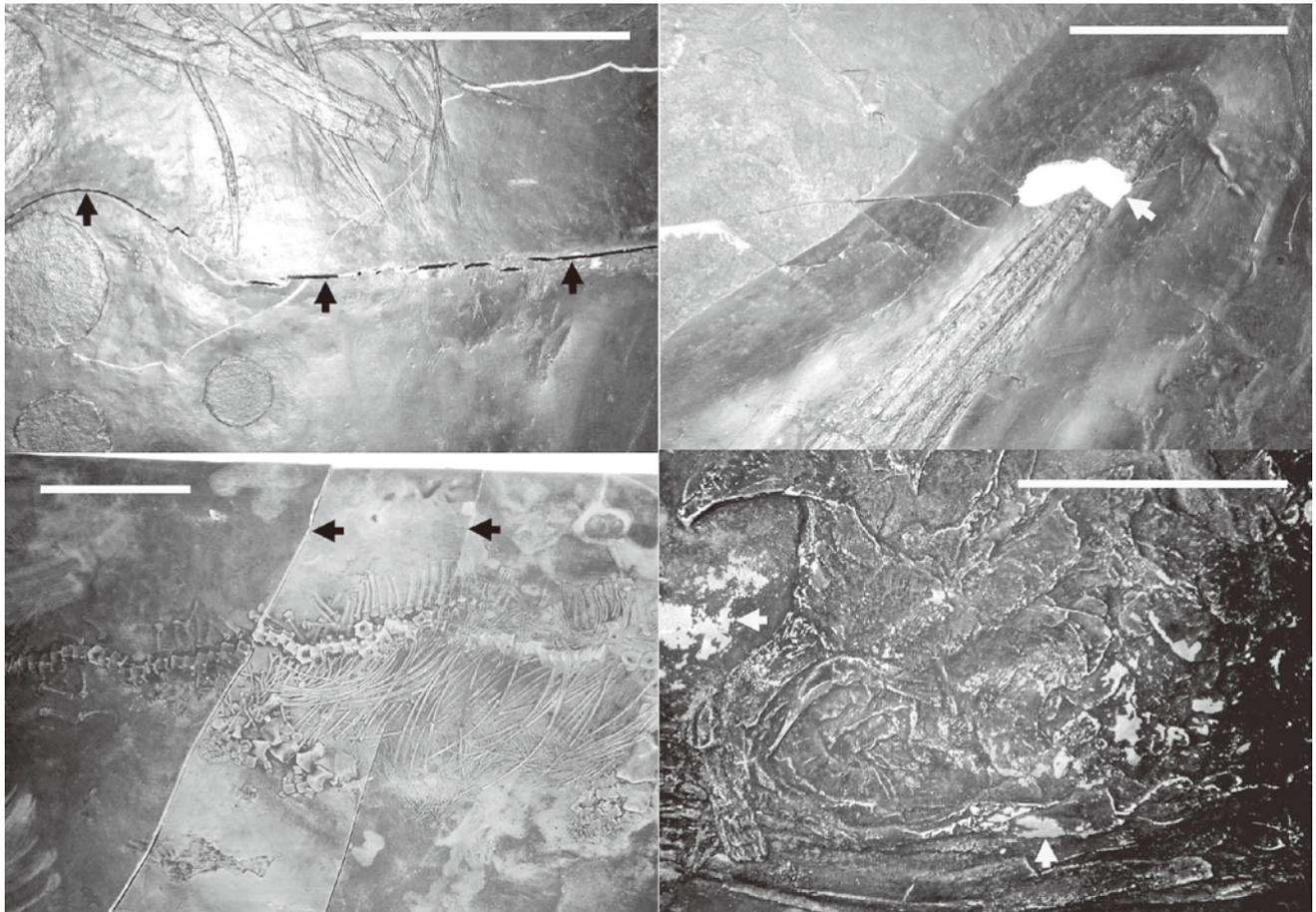


図1. 3.11津波によるレプリカの損傷。左上, ヒビ(矢印); 右上, 部分的な欠損(矢印); 左下, 塗料落ち(白~灰色部分)と割れ(矢印); 右下, 塗料落ち(矢印)。スケールバー, 10 cm.

Fig. 1. Damage of the replicas caused by the 3.11 Tsunami. Upper left, cracks (arrows); upper right, partial loss (arrow); lower left, lost paint (the white to gray portions) and fragments into three pieces (arrows); lower right, lost paints (arrows). Scale bars, 10 cm.

表1. 修復活動の経緯.

Table 1. Chronology of the restoration activities.

年月日	活動内容
2011年3月11日	レプリカ被害発生
2011年11月中旬	被災レプリカの修復見積依頼の受入
2011年12月8, 9日	被災地でのレプリカ調査(移動を含む)
2011年12月21日	見積もり完成
2012年2月29日	修復の合意成立
2012年3月初旬	材料と道具の購入と運送
2012年3月16日~25日	レプリカの修復作業(移動を含む)

## 準備

平成23年11月中旬に東北大学総合学術博物館の佐々木理博士から修復依頼があり, 協議の結果, 表2に示す七つのレプリカの修復を行うことで合意した(平成24年2月29日)。これらはいずれも魚竜化石がスラブ(石板)に埋まっている標本を型取りして複製したものであり, レプリカの大きさは約1mから3m程度であった。レプリカの材質はFRP(Fiber reinforced plastic, 繊維強化プラスチック)と石膏であるが, 使用された塗料の種類は不明であった。

修復作業開始に先立ち, 著者の一人である松本は現地訪問(平成23年12月8, 9日)を行って, 被災レプリカの材質, 使用塗料の種類, 損傷の状態, レプリカの元の状態(色と形), 修復依頼者の希望内容を調査した。その調査結果を基に, レプリカ毎に修復方針, 修復内容, 修復方法を決めて, 仕様書にまとめた。細かい部分は修復する中で依頼者と相談しながら決めることにした。そして修復に必要な材料・道具・環境を明確にして, 仕様書に沿った修復を目指すことにした。ただし, 不確定要素が多いため, 柔軟に対応することとした。

修復の基本方針としては, 全てのレプリカに対して「科学的な価値(形)を損なわない, 現状維持あるいは回復させる方向で修復を行う。そして可能な限り新しいものを加えない, という原則を掲げた。これは, 展示・教育・研究などのレプリカの製作目的に関係なく適用される。そのため, 余分な塗料を除去して, 必要最小限度の塗料を使用する。この大原則の下で, レプリカの現状や目的に合わせて以下の三つのいずれかの方針を取った。

(A) 元の状態に戻す修復: 元の状態がわかるレプリカ

表2. 標本情報.

Table 2. Information of the specimens.

標本番号	分類群	レプリカの素材と大きさ	修復前の標本の状態	修復方針	修復場所
標本番号不明	<i>Besanosaurus leptorhynchus</i>	FRP製のレプリカ. 256 cm×320 cm.	レプリカの縁の5箇所のマトリクス部分の欠損. 中央を横断しレプリカを二分する大きなヒビ. 無数の縦方向の深いヒビ. 表側の無数の小さなヒビや欠損. 吻部の欠損. 数え切れない小さな無数の塗料落ち. 表側のひっかき傷. 使用塗料は不明であるが, アクリル絵の具か油絵の具を使用していると思われる.	元の状態に戻す修復.	仙台市科学館
30559	不明	厚い石膏レプリカ. 72 cm×50 cm.	レプリカの割れ. 骨格部分の塗料落ち. マトリクス部分の塗料落ち. 使用塗料は不明であるが, アクリル絵の具か油絵の具を使用していると思われる.	元の状態に戻す修復.	東北大学総合学術博物館
30077	<i>Besanosaurus leptorhynchus</i>	石膏レプリカ. 80 cm.	土台の石膏板の割れ. 頭蓋骨上の塗料落ち. マトリクス全体が異なった塗料落ちを呈している. 使用された塗料は墨の様なマットな黒の単色のみで, 定着されていないために触れるだけで指に付着する. また, 骨格の細部が埋もれるほど厚く塗られた部分や塗料の塊がある. 使用塗料は不明である. 一部骨格にアクリル絵の具か油絵の具を使用していると思われる部分がある.	元の状態に戻す修復.	仙台市科学館
30560	不明	厚い石膏レプリカ. 70 cm.	骨格部分の塗料落ち. 三つに分かれたレプリカのマトリクスの色の違い. マトリクス部分の塗料落ちが著しく, 塗料が固定されていない. 使用塗料は不明.	元の状態に戻す修復.	仙台市科学館
30085	<i>Utatsusaurus hataii</i>	厚い石膏レプリカ. 1 m未満.	全体が割れて5分割になっている. 骨格部分の塗料落ち. マトリクス全体が顕著に塗料落ちしている. 青紫の塗料がところどころにあり, マトリクス全体が不自然な水色を呈している.	元の状態に戻す修復.	東北大学総合学術博物館
30064	<i>Mixosaurus cornalianus</i>	硬い石膏のレプリカ. 約1 cm厚. 約1 m.	全体が割れて4分割になっている. 骨格部分の塗料落ち. マトリクス全体が異なった塗料落ちを呈している. 使用された塗料は墨の様なマットな黒のみで, 固定されていないために触れるだけで指に付着する. また, 骨格の細部が埋もれるほど厚く塗られた部分がある.	コントラストを出し, 骨の形状が見やすい状態に調整.	仙台市科学館
30066	<i>Mixosaurus cornalianus</i>	硬い石膏のレプリカ. 約1 cm厚. 約1 m.	全体が割れて4分割になっている. ブロックごとに異なった塗料落ちを呈している. 使用された塗料は墨の様なマットな黒のみで, 固定されていないために触れるだけで指に付着する. また, 骨格の細部が埋もれるほど厚く塗られた部分がある.	コントラストを出し, 骨の形状が見やすい状態に調整.	仙台市科学館

では, 極力原状回復を目指す.

(B) レプリカの使用目的に合わせた修復: レプリカは実物化石と同じ色に復元するのが一般的であるが, レプリカが製作された目的(展示, 教育, 研究)によって色が変わる. 同じ実物化石からでも, 実物の様に復元されたレプリカと形が意図的にわかりやすく復元されたレプリカとは形の理解度が異なる. 被災レプリカの多くが化石とそれを含むマトリクス(母岩)が黒色~灰色であり, 板状に押しつぶされて化石の起伏も少ないため, 化石とマトリクスが区別しにくい. その上, 一般に展示業者の傾向として, 展示室内を暗くして, 標本への照明も少なくするので, “よくわからない黒い板”という情報しか伝わらないという状態になりやすい. その様な事態を招かないための復元方法である.

(C) 塗料が一部残存しているレプリカで塗料の除去が困難なものは, 残存塗料に合わせて修復(塗装)を行う. これは事前には予想できなかった事態であり, 現地で修復作業が始められてから新たに加えられた方針である(「考察」参照).

次に, 現地で修復作業を行うために必要な作業環境について検討し, 条件をまとめた(表3). これらの条件について仙台市科学館と東北大学総合学術博物館と協議したところ, ほとんどの条件が満たされた.

表3. 修復に必要な作業環境.

Table3. Working environment required for the restoration.

樹脂作業と塗装作業のための作業空間
大型標本を照らすための室内照明
電気器具を使うための電源
樹脂作業で発生する有機ガスの排気環境
塗料の乾燥, 樹脂やシリコンの硬化を確保する室温管理
大型標本修復作業に必要な足場
手元を照らし色を識別させる蛍光灯スタンド
塗装作業のための作業台や椅子
塗装作業のための水環境
樹脂作業に伴う樹脂, ガラス繊維, 有機溶剤の廃棄
汚れた養生シート, 使用済みティッシュペーパーや容器などのゴミの処理
現場で新たに必要になった材料や道具の供給体制

修復に用いた材料と道具を表4に示す. 個々の標本の修復に用いられた材料は下記「実施と結果」に標本別に記述する.

### 現地における作業と成果・問題点

著者等は平成24年3月16日に現地入りし, 各標本の当時の収蔵機関(仙台市科学館及び東北大学総合学術博物館)において8日間に渡って修復作業を実施した. 各標本に対する実際の修復内容と問題点及びその解決法について, 標本毎に以下にまとめる.

表4. 修復に必要な材料と道具.

Table 4. Materials and tools necessary for the restoration.

商品名	種類	用途	備考
エポキシパテ水中用	成形接着パテ	欠損部位やヒビの補修	株式会社セメダイン
ゼリー状瞬間接着剤アロンアルファGEL10	接着剤	割れた石膏の接着	東亜合成株式会社
リキテックス ニュートラルグレー3, 4, 5, ペイニーズグレー, マースブラック, アイボリーホワイト, チタニウムホワイト	アクリル絵の具	色の修復	株式会社パニーコーポレーション
ソリューバーマットバーニッシュエアーズル	塗料固定液	塗料の固定	株式会社パニーコーポレーション
サクラこなえのぐ 黒	粉絵の具	樹脂の着色	株式会社サクラクレパス
平刷毛, 面相筆	筆	塗料の塗布	
ドライヤー	ヘアドライヤー	塗料の乾燥	
砂袋布製サンプル袋1号	砂袋	割れた石膏の接着	株式会社ニチカ
砂箱	砂箱	割れた石膏の接着	
ミラマット	緩衝材	レプリカの保護	もりや産業株式会社
ハイスピードロータリーツール モデル300	小型電動彫刻機	レプリカの複製	Dremel
ジョイマル H-011	小型電動彫刻機	レプリカの複製	サンフレックス株式会社
Dental ADS611	型取り印象材	レプリカの複製	ワッカー社
エクザファインパテタイプ	型取り印象材	レプリカの複製	ジーシー社
延長コード	電気延長コード	電動工具の使用	
ティッシュペーパー	ティッシュペーパー	塗料や樹脂の拭き取り	
布テープ	ガムテープ	樹脂作業の養生	積水化学工業株式会社
キッチンホイル	アルミ箔	樹脂作業の養生	アルファミック株式会社
クレラップ	ラップフィルム	樹脂作業の養生	株式会社クレハ
ブルーシート5.5m×5.5m	ビニールシート	樹脂作業の養生	萩原工業株式会社
ダスBOX45L透明	ゴミ袋	樹脂作業の養生	福助工業株式会社
オルファカッター	カッター	養生外し	オルファ株式会社
防毒マスク (GM-24K)	ガスマスク	樹脂作業の安全衛生	株式会社重松製作所
直結式小型吸引缶有機ガス用CA-104N2	ガス吸引フィルタ	樹脂作業の安全衛生	株式会社重松製作所
フレッシュマスク	粉じん用マスク	樹脂作業の安全衛生	トラスコ中山株式会社
マイデイリーグローブ	使い捨てゴム手袋	樹脂作業の安全衛生	原田産業株式会社
不飽和ポリエステル樹脂リゴラックM-10BN	樹脂	FRP成形	昭和電工株式会社
パーメックN	樹脂の硬化剤	樹脂の硬化	日油株式会社
スポイト	スポイト	樹脂の硬化剤計量	
アエロジル200	樹脂の増粘材	樹脂の増粘	日本アエロジル株式会社
石膏A級	石膏	樹脂充填材として使用	吉野石膏販売株式会社
日東紡チョップドストランドマットMC300N-104SS	ガラス繊維	FRP成形	日東紡ガラス繊維-富士ファイバーグラス株式会社
パニロンブラシ (スタンダード-ラウンド no6, 12, 16)	筆	樹脂の塗布	パニーコルアート株式会社
9mmベルトサンダ モデル9032	電動研磨機	FRP成形	株式会社マキタ
ガラス粉じん用の掃除機	電気掃除機	FRP成形	
ディスポカップ100ml~2000ml	使い捨てビーカー	塗装とFRP成形	株式会社アズワン
サンブラPPボトル広口500ml	プラスチック容器	FRP成形時の筆洗浄	株式会社サンブラテック
ピンセット	ピンセット	FRP成形	
割り箸	割り箸	FRP成形	
はさみ	はさみ	FRP成形	
アセトン1級	有機溶剤	樹脂の洗浄	シグマ アルドリッチ ジャパン株式会社

(標本番号なし) ベサノサウルス (全身骨格)

1. 実施した修復内容

レプリカの緑の5箇所マトリクス部分の欠損部位 (図2-左上) にFRPで土台を作り, エポキシパテで成形し, アクリル絵の具で塗装した (図2-右上). ヒビのうち, 裏まで届く大きなヒビは裏側をFRPで補強固定し, 表側をエポキシ樹脂で埋めてアクリル絵の具で塗装した. 表側

のみの小さな無数のヒビは裏側を黒のアクリル絵の具で塗装し, 裏側からの透過光を遮断して見えなくした. 表側の無数の欠損はエポキシ樹脂で埋めて, それをアクリル絵の具で塗装した. 吻部の欠損部位は (図2-左下), 30077ベサノサウルス頭蓋部レプリカから吻部を型取り複製して復元した (図2-右下). 無数の塗料落ちのうち, 大きな塗料落ちはその部位を直接アクリル絵の具で塗装

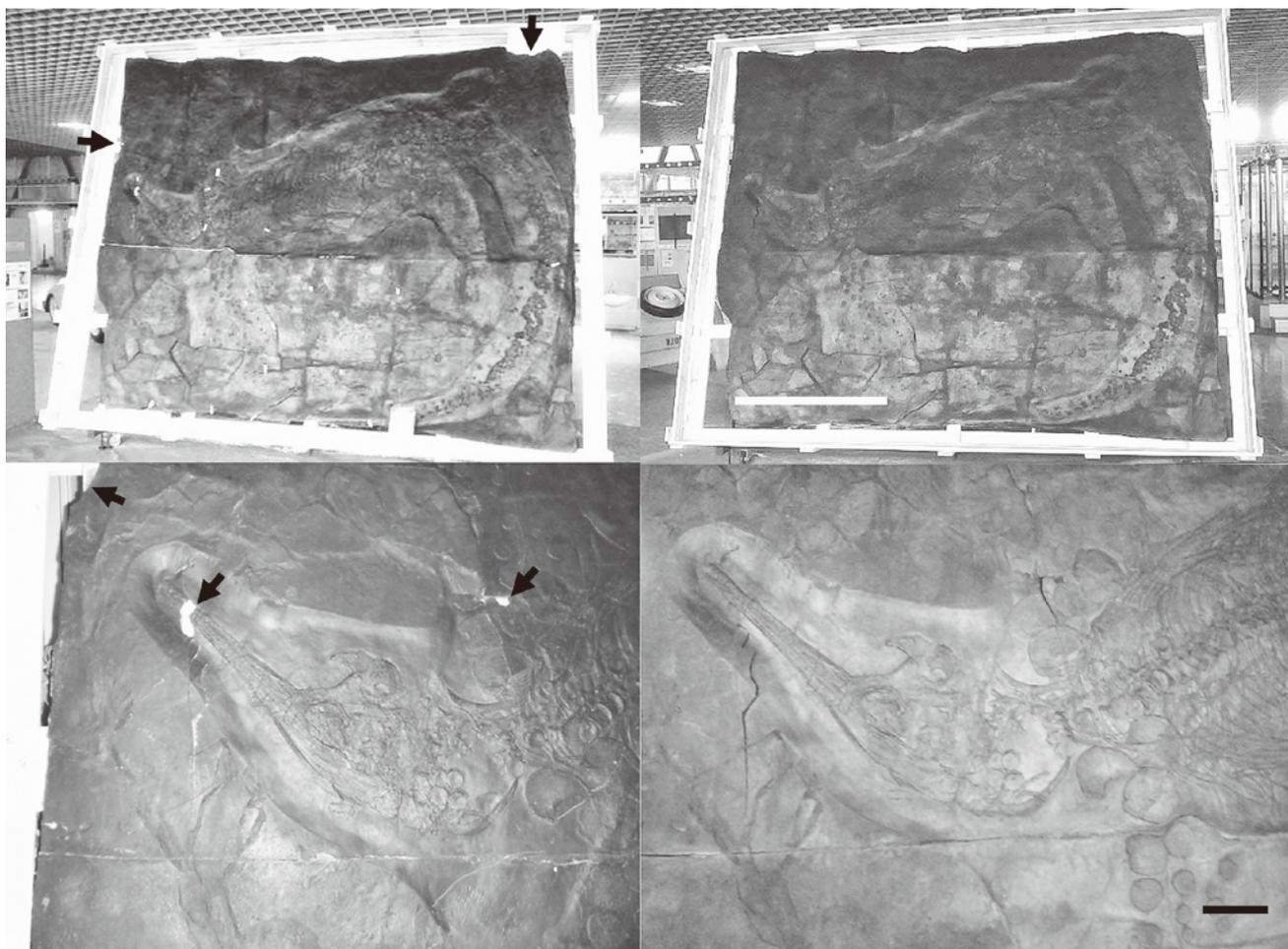


図2. FRP製の *Besanosaurus* レプリカの修復。左, 修復前; 右, 修復後; 上, 前景; 下, 頭蓋部。スケールバー (白), 1m; スケールバー (黒), 10cm。主要な損傷はヒビ, 部分的な欠損 (矢印), そして小さいが多くの塗料落ちである。

Fig. 2. Restoration of the *Besanosaurus* replica made of fiberglass reinforced plastic. Left, before restoration; right, after restoration; upper, front view; lower, cranial portion. Scale bar (white), 1m; scale bar (black), 10cm. Major damage including cracks, partial loss (arrows) and many very small lost paint.

し, 微細な無数の塗料落ちは裏側に黒いアクリル絵の具を塗装して, 裏側からの光の侵入を防ぐ方法で見えなくした。表側のひっかき傷はアクリル絵の具により修正した。裏側の補強用角材の切断部分をFRP補強した。

## 2. 修復における問題とその解決法

### a. 樹脂作業の環境整備

室温の管理がされていたので, 樹脂を硬化させるには問題がなかった。しかし, 足場として脚立しかなく, 斜めになった3m前後の大きなレプリカに接近し, 作業することは著しく困難であった。また, 有機ガスの排気が行える場所ではなく, 観客に近い展示室内での作業であったため, 予定を変更し, 樹脂作業を最小限にとどめた。そのために残った樹脂や有機溶剤などは公共交通機関で運んだり, 郵便や宅急便で送ったりできないため, その処分を依頼者をお願いした。そして, 樹脂作業に伴う廃棄物の処理は仙台市科学館をお願いした。

### b. 照明

展示室内は暗い上, 改修工事中で, 照明が外され通常より少ない状態であったため, 卓上スタンドライトを仙台市科学館に用意してもらったが, レプリカが大きすぎて効果が得られなかった。そのため窓際にレプリカを移動させ, 日光により作業を行った。

### c. 水環境

塗装のための水環境は, 体験学習用のシンクが展示室内に設置されていたのでこれを利用した。汚水はこれに流した。

### d. 作業場で初めて確認された損傷

12月の見積もりの際に見逃された損傷箇所が無数に存在することが修復作業実施時にわかった。小さなヒビ, 数千, 数万もの微細な塗料落ち, レプリカ縁部の欠損である。小さなヒビや数千, 数万もの微細な塗料落ちは, 足場を使って接近し特定の角度から裏からの透過光を確認するという方法でしか確認できないものがほとんどで

あった。これらは透過光の遮断により解決した。また、レプリカ縁部の欠損を見積もりの際に2箇所確認していたが、実施時新たに3箇所を確認し合計5箇所となった。これらは標本の木枠、鉄枠、緩衝材の陰になっていたもので、下見時に標本が展示中であったため、広く明るい場所での確認をしなかったことが見落としの原因である。見積もりの際には原状と同じFRPのみの薄い樹脂成形による修復を予定していたが、欠損箇所が増えて修復に時間がかかりすぎるため、パテによる簡単な成形に変更して対応した。下見においては修復と同等の照明や足場の環境が必要であった。

#### e. 石膏製レプリカの湿気

救出後ずいぶん時間が経過しているにもかかわらず、石膏製の被災レプリカは冷たくて乾燥していない様子であった。これは淡水ではなく海水を被ったからなのかも知れない。塗装時に塗料が泡立っていたので、被災レプリカにはまだ海水の塩分が残っている可能性が高い。今後の経過観察が必要である。この湿気と低温は石膏製レプリカの型取りに際して大きく影響した。欠損した吻部の再現のため、同レプリカの頭蓋部のみを石膏製レプリカ30077の吻部から複製を行った。その型取りでは、用意した歯科用の型取り材のワッカー社製Dental ADS611が化石との接触部でドライヤーを使用しても硬化せず、二度失敗した。しかし、念のため、別の型取り材としてジーシー社製のエクザファインパテタイプも用意してきていたため、これを使用したところ硬化し、欠損部の再現を果たせた。

### 30559<sup>くだ</sup>管の<sup>はま</sup>浜魚竜

#### 1. 実施した修復内容

レプリカの割れをアロンアルファGEL10で接着固定した。マトリクスの色を下半分に合わせて一様に調整し、骨格部分を塗料落ちにかかわらず一様に黒のアクリル絵の具で塗装し全体を整えた。塗料の乾燥後、全ての塗料を固定するために、塗料固定液ソリューバーマットバーニッシュエアゾールで定着処理を施した。

#### 2. 修復における問題とその解決法

本レプリカのマトリクス部分の塗料の最下層には通常の堆積岩には見られない不自然な彩度の高い色が使われていたため、塗装に際して注意を要した。塗料の最下層は濃い青紫色であり、上層の灰色の塗料の剥離によって表側に露出していた。下層の塗料の一部は石膏に強く付着しており、除去することができなかった。このレプリカの製作者は、青灰色のマトリクスを作るために、下地の青紫でその上の灰色の塗料に青みを出させる方法を使っている。この下地に使用された青紫は彩度が高すぎるため、濃い塗料を上には塗装しないと青紫が透けてしまう。しかし、濃い塗料を使用すると塗装が厚くなるばか

りか、マトリクス全体の塗装を全てやり直すことになり、とても時間が足りない。そのため、剥離した塗装を修復するには下地の青紫に合わせて薄い塗装を行い、青みがかかったマトリクスに仕上げた。スケジュールを優先し、除去し切れない塗料を残したままの修復となったが、いつでも再修正ができる様に薄いアクリル絵の具を使用しているため、必要となれば塗装のやり直しは可能である。

### 30077 ベサノサウルス（頭蓋）

#### 1. 実施した修復内容

割れた石膏の土台を接着剤で接着固定した。水を含ませた筆で分厚く塗装された塗料を取り除き、アクリル絵の具で全体の明度を調整した。骨格には塗料落ちにかかわらず一様に薄い黒のアクリル絵の具で塗装し全体を整えた。塗料の乾燥後、全ての塗料を固定するために、定着処理を施した。

#### 2. 修復における問題とその解決法

塗料が骨格の細部が埋もれるほど厚く塗られていることが作業中に判明した。このような分厚い塗料は、レプリカの科学的価値を損なうので不要である。この塗料は触れるだけで取れる部分もあったが、骨格の細部にしっかりと付着している部分もあった。そのため骨格を破壊しない程度に除去を行った。結局、除去しきれなくて残った塗料の明度に合わせた塗装となった。

### 30560 管の浜魚竜

#### 1. 実施した修復内容

骨格部分の浮いた塗料など不安定な塗料を除去した。三つに分かれたレプリカのうち最も濃い色のマトリクスの色に合わせて二つのレプリカのマトリクスの色を調整した。骨格には塗料落ちにかかわらず一様に黒のアクリル絵の具で塗装し全体を整えた。塗料の乾燥後、全ての塗料を固定するために、定着処理を施した。

#### 2. 修復における問題とその解決法

三つのブロックに分かれたレプリカは、骨格部分もマトリクス部分も塗料の残り方が異なっていた。三つをほぼ同様の明度にするため、不要な塗料の除去を試みたが一部しか取れないことがわかった。そのため塗料が最も残っているブロックに合わせて修復に変更した。

### 30085 歌津魚竜

#### 1. 実施した修復内容

割れて五つに分かれた石膏板を接着剤によりつなぎ固定した。外れそうな塗料を全て除去した後、骨格全体を統一した黒色に塗装し直した。マトリクス部分には青紫が塗料の最下層に使用されており、これをいかすかたちで還元環境下の堆積物の色（青灰色）にマトリクス全体

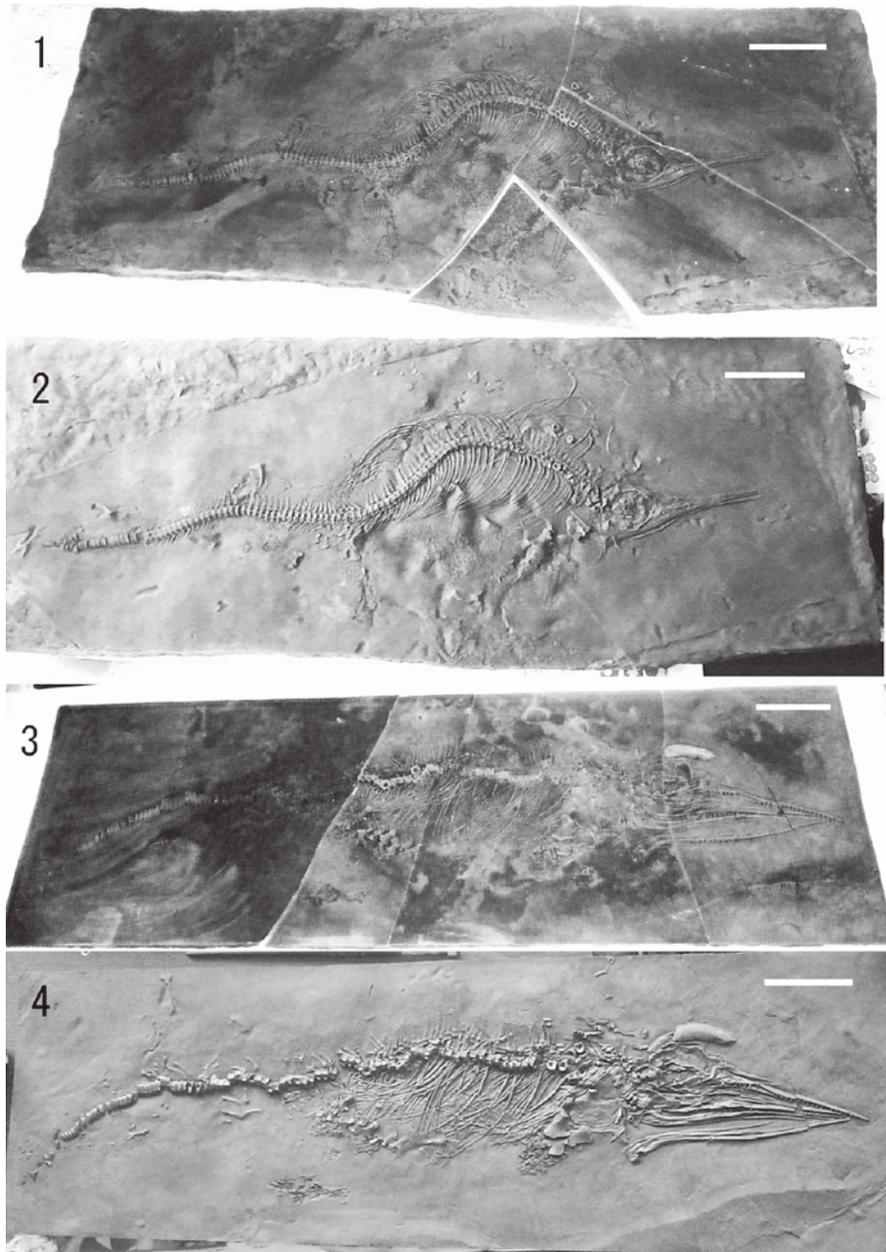


図3. *Mixosaurus cornalianus*の硬く薄い石膏製レプリカの修復。1と3, 修復前(灰色部分が塗料落ちを示す);2と4, 修復後。スケールバー, 10 cm。石膏製レプリカの主要な損傷は塗料落ちと割れである。

Fig. 3. Restoration of the hard and thin plaster replicas of *Mixosaurus cornalianus*. 1, 3, before restoration (the gray portion shows the lost paint); 2, 4, after restoration. Scale bars, 10 cm. Major damage to the plaster replicas includes lost paint and fragmentation.

の色を調整した。塗料の乾燥後に塗料の定着処理を行った。

なお、修復における問題とその解決法は30559標本と同様であった。

### 30064 ミクソサウルス

#### 1. 実施した修復内容

割れて四つに分かれた石膏板(図3-1)を接着剤によりつなぎ固定した(図3-2)。水を含ませた筆により分厚く塗装された塗料を可能な限り取り除き、更に表側に残さ

れた塗料をマトリクス全体に広げて一様な明度に調整した。骨格には塗料落ちに関係なく全て黒のアクリル絵の具で塗装し光沢を出させて骨格をマトリクスから浮き立たせる様にした。塗料の乾燥後、定着処理を施した。

#### 2. 修復における問題とその解決法

使用されていた塗料は固定されておらず、触れただけで手が汚れるほどであった。しかし、強固に付着してとれない部分もあり、任意にコントラストを調整することは困難であった。そのため、コントラストを強くする方

針を変更し、残った塗料に合わせて塗料の明度を調整することにした。

### 30066 ミクソサウルス

#### 1. 実施した修復内容

割れて四つに分かれた石膏板（図3-3）を接着剤によりつなぎ固定した（図3-4）。図3-3の左端のブロックには不安定な塗料が多く残っていたため、重点的に塗料の除去を行った。水をたっぷりと含ませた筆により塗料を溶かして取り除いたが、取りきれない部分が多く残った。そのため、残された塗料に合わせてマトリクス全体を一律の明度に調整した。骨格には塗料落ちに関係なく、全て黒のアクリル絵の具で塗装し光沢を出させて骨格をマトリクスから浮き立たせる様にした。塗装乾燥後、定着処理を施した。

修復における問題とその解決方法は30064 レプリカ標本と同様であった。

## 考察と結論

### 修復作業が遂行できた要因

今回の事業による修復作業を遂行にまで導くことができた要因は二点に絞られる。それは、(1) 修復方針を実情に即して現地で変更するなど現実的な対応を心掛けたこと、(2) 周辺からの協力が得られたこと、である。これらの対応が功を奏した理由を以下に説明する。

#### 1. 現実的な対応

今回の修復作業を始める前に、事前に著者の1人が現地に赴いて標本の現状の下調べを行い、修復作業の内容の見積もりを済ませてから計画を立てた。ところが、実際に修復作業を始める段階で、展示中の大型レプリカを広い作業スペースに移動し、日光でレプリカを観察しやすい状態になると、作業の見積もり段階では見逃されていた多くの未確認損傷部位の存在が明らかになった。そして、中型レプリカでは厚い塗料、塗料の浮き、レプリカの湿りなど外見からでは確認できないレプリカの状態も作業中に明らかになった。また、修復作業に不可欠な換気、照明、足場の環境も十分に整備できないことが実施段階に入ってから判明した。この様に被災地での修復は不確定要素が多いまま実施に入ることになるため、状況が容易に変わる。そのため、被災後しばらくは、当たり前のことができないし、計画通りにもいかない。このような状況の中で被災レプリカの修復を遂行するためには、当初の見積もりや計画にこだわらず、その場の状況に合わせた現実的な対応が必要となる。これは計画を変えるだけでなく、また自力でできることであるので、可能な限りこの方法で対処することが望ましい。このような対応の例として、現地に入ってから修復計画の見直しについて

以下に説明する。

また、事前に入手できた情報に基づいて修復計画を見積もってから現地入りしたものの、標本や作業環境を現地で確認してから現実的に対応した結果、事前に見積もった修復方針では対応できないケースがあることが明らかになった。これは、著しい塗料落ちにもかかわらず、厚く塗装されたがために多くが残り、残存する塗料が除去できない場合（例：30077 ベサノサウルス、30085 歌津魚竜など）であった。

津波によって土砂と海水を被ったレプリカでは、その後の水洗いの影響もあり、元の状態がわからないほど塗料が失われているものが多かった。しかし、塗料は全部落ちたわけではなく、浮いた塗料の除去処理後も多くが残った。このレプリカの状態、レプリカの科学的な価値を維持・回復する方針に則り余分な塗料を取り除き薄い塗料を使い、更に可能な限り原状回復に近づける方針やコントラストを出す方針で見積もった色と明度に目標設定して修復しようとする、残った塗料が下から透けて見え、目標の色と明度にならない。そのため、残った塗料に合わせて色や明度に目標を設定せざるをえず、新しい方針を追加することになった。この様に追加した方針は、土砂と水を被る被害に応じて必要となったものなので、自然災害対応の特殊な方針ということになる。したがって最終的に、自然災害対応のレプリカ修復の方針は、大原則である「レプリカの科学的価値（形）の維持と回復のための修復」と(A)元の状態に戻す修復、(B)展示・教育・研究などレプリカの使用目的に合わせた修復、(C)残った塗料に合わせて修復の四つになった。

#### 2. 周辺機関の協力

現実的な対応にも限界があり、どんなに知恵を絞ろうと自力ではどうにもならないこともある。被災地域での作業者の自力による作業環境の確保は、与えられた条件では資金などの点からほぼ不可能であった。幸いにも今回の修復では、被災標本の保管場所である仙台市科学館と東北大学総合学術博物館の協力で、修復作業に必要な環境のほとんどを確保できた。このことからわかる様に、被災地での作業環境の確保には、比較的被害の小さい被災地域周辺の関係機関からの協力が重要な役割を果たす。

### 標本・展示物修復システムの必要性と今後の課題

著者等が今回体験した修復作業は日常的に発生する状況ではない上に、標本や展示物の種類や損壊の種類によって修復作業の内容が異なることが予想され、具体的な手順そのものには日常的な汎用性は乏しい。しかし、突発的かつ大規模な自然災害に際する修復活動は著者等の知る範囲では前例がないことに加え、日本列島は地震・津波・火山活動・台風などの様々な大規模自然災害に見舞われやすいことから、今回見出された問題点の改善を

含めて、大規模災害に対応できる修復システムを構築する必要は明らかである。

今回の津波被害による標本修復作業を通じて、著者等は様々な問題点に直面した。けれども、被災後間もない被災地では当たり前ことができなかつたり、計画通りにできなかつたり、被害に応じた特殊な修復が必要になったり、資金・設備の面で作業者の自力ではどうにもならない状況に陥ったり、という問題は、津波に限らず大きな自然災害が起こればどこでも起こりうるものである。そのため、前節に挙げた被災標本の修復における「現実的な対応」と「周辺からの協力」という二点の重要性は、被災の原因（災害）の種類を問わないと言えるのではなかろうか。したがって、上記の二点は将来想定される他の種類の自然災害においても、レプリカを含む標本修復に際しての基本条件となる可能性が高い。

この様に様々な自然災害による被災標本を修復するシステムに必要な基本的要素が明らかになった一方で、実際の修復作業を実行する上で予想される以下の様な問題点が今回の経験から浮かび上がった。標本修復システムを構築するのであれば、これらの点に配慮する必要があると考えられる。

#### 1. 作業依頼条件の設定と資金

今回の修復では、標本の情報が少なく購入価格がわからなかったため、修復の技術レベルをレプリカの塗装の技術レベルに合わせるなどして購入するよりも高い修復にならない様に努めた。しかし、これには限界があり、標本はレプリカであるので、損傷の状態によっては修復でなく再購入を検討すべき場合もある。その判断基準となるのはレプリカの価値である。そのため、修復の依頼条件の設定にはレプリカの価値を明らかにする必要がある。Andrew (1997) は実物標本の価値を判断する複数の評価項目として、(a) monetary value of specimen, (b) sentimental value of specimen, (c) scientific value of specimen, (d) cost of re-collecting を挙げているが、レプリカについてもこれと同様の評価方法が適用できるだろう。

また、今回の修復の様に作業環境を整備できるかどうかかわからない状況で、大半が元の状態がわからないほど損傷し、使用材料が不明の7つのレプリカ標本を短期間で修復するという条件は、技術者にとっては受け入れ難いものである。この状況はあまりにも不確定要素が多く、技術的に修復を達成できるかどうかかわからないからである。特にレプリカ修復における作業環境の整備の不可は、そのまま修復の不可に直結している。レプリカ製作にはいくつかの化学反応を利用しているため、ちょっとした条件の違いで作業が止まったり失敗したりしてしまうものなのである。材料メーカーの違いや温度の違いで反応が起これないことはよくあることである。これは

緊急時でも平常時でも同じで、我々の都合に合わせてくれないものである。したがって、作業環境の確保は修復依頼条件に欠かせないものである。そして被災地からの標本の救出には緊急性があるが、救出され洗浄された標本の修復は無理をして急ぐべきではなく、作業環境が整備された後に行うべきであろう。時間的な余裕ができれば、標本の状態をより詳しく調査し、使用材料を検査するなどが可能となり、より適切に修復を行うことができるであろう。

また日本では、技術者のほとんどは著者等の様に企業に所属しているため、ボランティアでないのであれば、ビジネスとしての条件が修復依頼条件として整っている必要がある。そして、作業環境を整えビジネスとしての条件を満たすためには、そのための資金がまず用意されていなければならない。

#### 2. 標本情報の取得と管理

今回の様にレプリカの損傷が著しい上にレプリカの元の状態などの詳しい標本情報がない場合、修復の到達点が不明である。これでは修復作業の契約さえも成立しないため、依頼担当者も困ったはずである。標本情報として被災前の写真が複数存在したが、細部がわかるものが無く、写真の色や濃淡も実物のものとずいぶん違ってしまっているので参考にしかなかった。原状を復元するための修復には色や形が詳しく再現された画像が必要である。そのため、レプリカの詳細な画像データベース作りと維持管理が求められる。また、その様なデータが共有化されていれば、今回の様な壊滅的なダメージを受けても、データが失われることはないであろう。

#### 3. 広域の連携体制作り

被災レプリカの修復を被災地域で行う場合、作業環境の整備が不可欠である。しかし、今回の様にそのための資金が確保されていない場合、被災地周辺の博物館や大学等の関連機関からの協力が必要であり、足りないものを補う連携の仕組みが必要である。今回の被災地では修復依頼者の協力と連携で必要なほとんどの作業環境が整備できたが、日本では今後もどこで災害が起きてもおかしくないので、日本列島全域に渡る連携作りが求められる。

#### 4. 技術者の確保と育成

レプリカの修復にはレプリカを作るよりも高い知識と技術が必要になる。それは、レプリカ修復技術がレプリカ製作技術を基礎にしてできているからである。また、修復はレプリカの損傷が著しいほど難しくなり、今回の様な著しい損傷では、レプリカを最初から作り直すか、塗装をゼロからやり直した方が簡単な場合もある。この修復の是非の判断も含めて、修復には多くのレプリカ作

製の経験と技術を持った技術者が必要である。その様な技術を持った人々には、海外では古くから専任の技術者がおり、多くの経験と技術の蓄積があり、レプリカ技術の研究報告も多く出ている (Afford, 1928; Feldman, *et al.*, 1989; Goodwin and Chaney, 1994)。しかし、日本では専任の技術者はほとんどおらず、レプリカ技術の蓄積も研究報告も少ない (仲谷・久家, 1984; 化石研究会, 2000; 松本, 2012)。今回の修復に携わった著者等も、親会社の倒産により、今後の修復に携われる保障は無い。そのため、保存科学の実践ができる技術者の確保と育成が今後の課題となってくる。

### まとめ

2011年3月11日の津波で被災した宮城県南三陸町の魚竜化石館が所蔵する魚竜化石のレプリカ7点の修復作業を行った。作業は仙台市の東北大学総合学術博物館と仙台市科学館において実施され、現状に即した柔軟な対応と周辺機関の協力が不可欠であった。こうした災害に対応する標本・展示物の修復システムの確立が必要であるが、それには事前の作業内容の特定や資金の準備、作業環境の整備、被災前の情報の取得と管理、技術者の確保と育成等の問題を解決する必要がある。

### 謝辞

東北大学総合学術博物館の佐々木理博士と仙台市科学館 (修復当時) の西城光洋氏には、修復に必要な作業環境を提供して頂いた。国立科学博物館の真鍋真博士と東

京学芸大学の佐藤たまき博士には、本論文を査読して頂き、貴重な助言を頂いた。また、今回の修復事業に必要な費用は日本古生物学会と東北大学から提供頂いた。以上の方々ならびに関係者に深く感謝する。

### 文献

- Afford, A. E., 1928. A method for making small rubber articles for laboratory use. *Science*, **107**, 552.
- Andrew, K. J., 1997. Cost of natural science conservation versus value of collections. In Nudds, J. R. and Pettitt, C. W., eds., *The Value and Valuation of Natural Science Collections*. 276p., The Geological Society of London, London.
- Feldman, R. M., Chapman, R. E. and Hannibal, J. T., 1989. *Paleotechniques*. 358p., Paleontological Society Special Publication 4, Department of Geological Society and University of Tennessee, Knoxville.
- Goodwin, M. B. and Chaney, D. S., 1994. Molding, casting, and painting: techniques and materials. In Leiggi, P. and May, P., eds., *Vertebrate Paleontological Techniques, Volume 1*, 235-271. Cambridge University Press, New York.
- 化石研究会, 2000. 化石の研究法. 388p., 共立出版, 東京.
- 松本幸英, 2012. 仮組みシステムと型紙を使ったレプリカ骨格組上げ技法. 化石, (91), 31-38.
- 仲谷英夫・久家直之, 1984. 大型化石の模型製作法について—穂別町産長頸竜化石の経験から. 穂別町立博物館研究報告, (1), 41-46.
- 佐藤喜男, 1999. 宮城県本吉郡歌津町館崎ウタツ魚竜化石現地保存展示及び魚竜館. 地質ニュース, (536), 19-25.
- Shikama, T., Kamei, T. and Murata, M., 1978. Early Triassic ichthyosaurus, *Utatusaurus hataii* gen. et sp. nov., from the Kitakami Massif, northeast Japan. *Tohoku University Science Report, Second Series (Geology)*, **48**(2), 77-97.

(2012年10月10日受付, 2012年12月26日受理)

