

JFAST 長期孔内観測システム

許 正憲(CDEX)

東北地方太平洋沖地震調査掘削 (Japan Trench Fast Earthquake Drilling : JFAST) プロジェクトの重要な科学目的のひとつとして、すべり断層面に生じた摩擦熱の計測が挙げられる。摩擦熱は時間の経過とともに現場温度へ復帰することから、あの地震の真実を探るためには地震発生後いち早く観測を開始する必要があった。観測システムの設置手順としては、まず、地球深部探査船「ちきゅう」により水深 6,889.5m の海底に内径 18-3/4" (約 47.5cm) の孔口装置 (図 1 : 側面にはプロジェクトへの想いを込めて「忘れない 3.11」のメッセージが残されている) を設置し (図 2・その 1)、直径 10-5/8" (約 27cm) の孔を海底下深度 850.5m まで掘削する (図 2・その 2)。つぎに、孔口の直上へ船上から吊り下げられた直径 4-1/2" (約 11.5cm) のパイプ (パイプ内には 55 個の高精度温度・圧力センサが配列) を誘導し、孔口へ貫入する (図 2・その 3)。引き続きパイプを降下させ、断層面を挟んだ正確な位置に温度・圧力センサを設置し、観測が開始される (図 2・その 4)。このオペレーションの困難さを理解していただくのはなかなか難しいかもしれないが、たとえば、1/100 縮尺模型を想像していただきたい。1 階の高さを 5m とすると 7,000m は 14 階建てのビルに相当する。その屋上から約 1mm 径の糸を垂らし、地上に開いた約 5mm 径の孔へ通して、そこからさらに繰り出して地下 2 階にある机の上に精密なセンサをそーっと置くようなイメージである。当然、糸を持つ手は震えるだろうし、介在する空気の流れによって糸は揺れる。糸の伸びやたわみなども考慮しないとイケない。そして、何よりも屋上で糸を持つ手を 1cm 動かしたとしても先端はすぐに追従しない。今までの実海域での現場経験から移動する方向と量を決定し、わずかに動いてはじっと待つ。ひたすらこれを繰り返す。最終的には孔口装置直上へ誘導するわけだ。その難しさが少しは伝わってであろうか。

このように煩雑な設置・計測・回収オペレーションを水深 7,000m においても確実に遂行できるよう観測システム側にも様々な工夫が折り込まれている。センサの設置精度は mm オーダーが要求されるため、当然、センサを連結するロープは伸び率の小さいものを採用しており、さらに吊り荷重に対する微小伸びも校正することでより精度の向上を図っている。回収中の孔壁接触によるロープ破断は致命的なリスクとなるため、陸上にて想定以上のこすれ試験を実施し、十分な強度を有することを確認している (図 3 : 水深 6,889.5m、海底下深度 850.5m から回収されたセンサ連結用ロープとセンサ)。また、降下中の振動や衝撃から繊細なセンサを守る工夫も必要であるが、一部の機器に損傷があった場合でも全被害に至らぬよう各センサのデータ収録部を独立させることで冗長性を持たせている (図 4 中黄色矢印 : 小型高精度自己記録型温度センサ)。さらに、余震による孔内変形のためセンサが引き上げられない場合でも所定の張力にて切り離される機構 (図 4 中赤矢印 : 海水中でも長期間使用できる低荷重型ウィークリンク) を設け、上部のセンサだけでも回収できる仕組みとしている。所定の期間、計測を行った後、観測システムは無人探査機「かいこう 7000 II」を使用して回収される。無人機でのハンドリング性を重視して、観測システムは徹底的な小型軽量化が図られた。また、無人機からは 850m 長もある観測システムの全容を TV カメラで監視することはできないため、重量で確認することとした (図 5 : 観測システムが付随していることを確認するための深海用ロードセル。万が一のときには切り離すことができる)。このほか、孔内流体の熱流動影響を抑制するための機構、船上で簡便にセンサ位置を変更できる機構など、より確実な設置、より堅牢な装置、より精密な観測、より冗長な回収をめざした工夫が所々に折り込まれている。

JFAST は海底地震による摩擦熱を直接計測した世界初の事例であり、世界で最深の掘削船と無人機の両方を有する JAMSTEC だからこそ、そして、プロジェクト発足からオペレーション開始までわずか

10ヶ月の短い期間にも関わらず科学者・技術者・運用者が密接に連携して準備をしてきたからこそ成功できたプロジェクトであったといえる。



図1 孔口装置

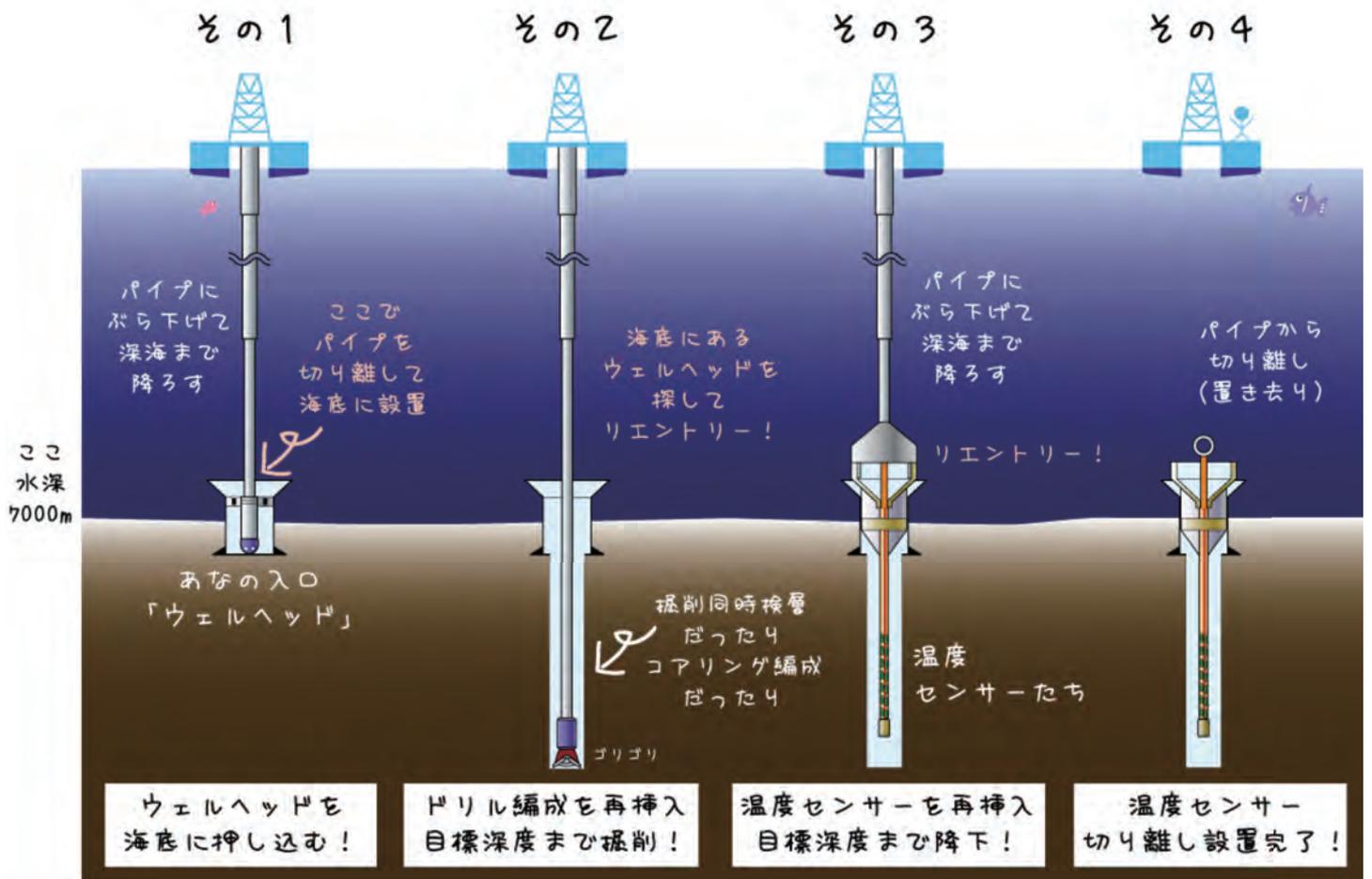


図2 孔内観測システムを設置する前での手順



図3 水深6,889.5m, 海底下深度850.5mの地震断層から回収された孔内観測システム



図4 孔内観測システムの構成部品(センサとウィークリンク)

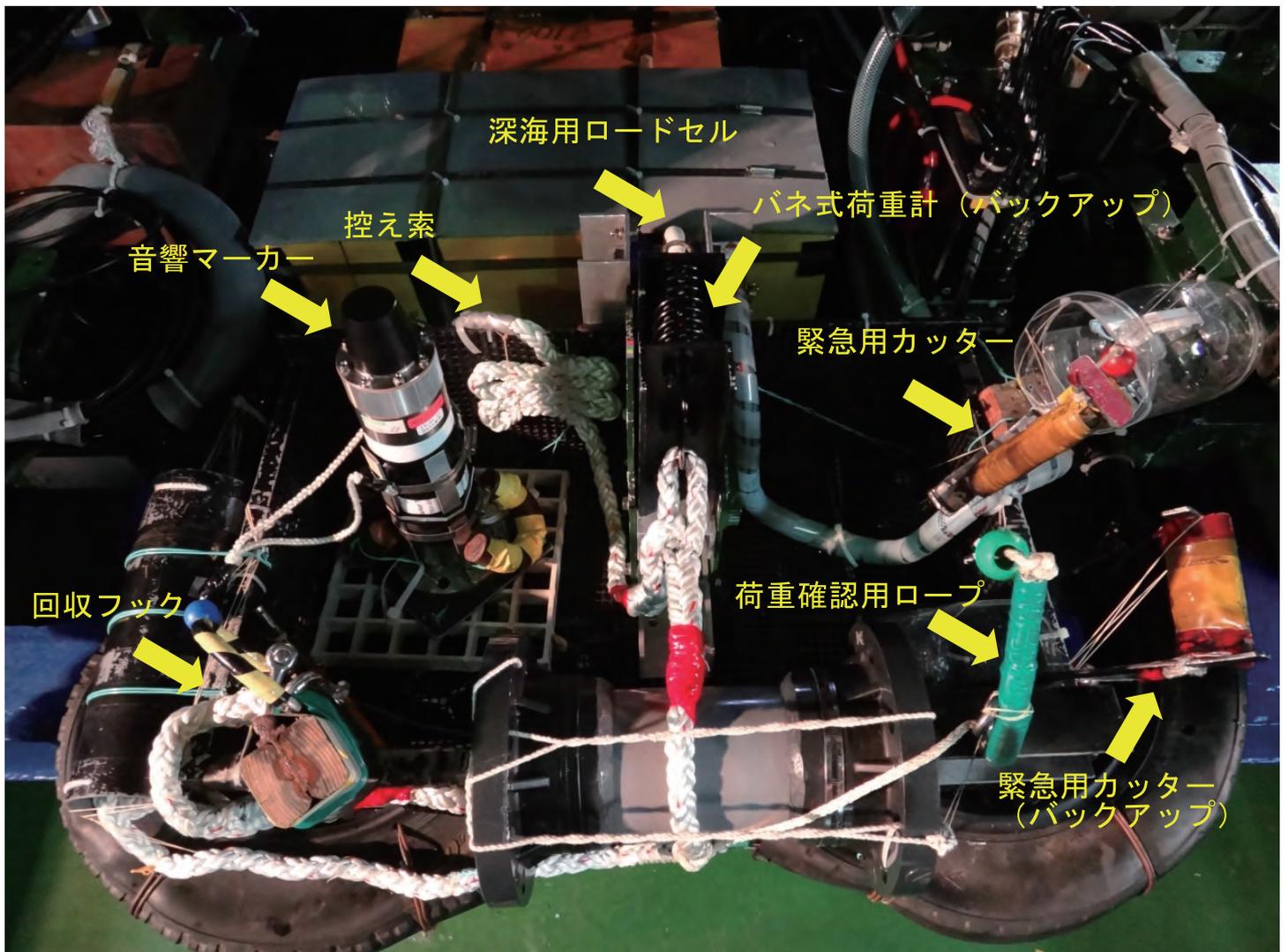


図5 孔内観測システムを回収するためのツール