

先人から受け継いできた
「備え」の思想を
次代へつなぐ。
それが私たちの
使命です。



震災時、建屋内では火災や浸水が発生しましたが、普段から訓練を行ってきた成果もあり、所員一丸となって対処することができました。また、住民の方々が女川原子力PRセンターに避難して来られ、その中にはお年寄りやお子さん、妊婦の方などがいらしたため、しっかりとケアできるか心配でした。しかし協力会社の方も含めて所員全員が自主的になすべきことを考え、積極的に行動してくれたことは私自身もうれしく、心強く感じました。今回、千年に一度といわれる地震と津波に対しても、安全性に影響を及ぼすことなく対応できたのは、先輩たちから受け継がれてきた「備え」の思想があったからだと思います。

当社は1968年に学識経験者による社内委員会でも専門的知見や歴史的教訓を踏まえて発電所の敷地の高さを決めたことに始まり、法面防護工や建物の耐震工事など、常に先見的な備えを行ってきました。その積み重ねがあったからこそ、対応できたものと確信しています。今後も先人たちの教えや今回の経験で学んだ教訓を生かし、地域とともに確実な復旧を目指していくことが私たちの使命と考えております。(震災当時の発電所長)



私たちの誓い

私は、地域の方々が安心して暮らせるよう、安全最優先で業務に取り組みます。

私は、原子力安全・労働安全を最優先とし、地域の方から信頼される発電所づくりに努めます。

私は、常に地域住民、お客さまの目を意識した行動に努めます。

私は、原子力従事者としての使命感を持ち、発電所の再稼働、地域の発展に貢献します。

私は、原子力安全を最優先に、地域の皆さまが必要としている「安心」を届けられるようにします。

私は、地域課題解決のためにできることを考え、積極的に行動します。

私たち所員がめざす女川2号機の運転再開は、単なる再稼働ではなく、発電所をゼロから立ちあげた先人たちの姿に学び、地域との絆を強め、東京電力福島第一原子力発電所事故を教訓に、新たに生まれ変わるとの決意を込めて「再出発」と位置付けております。私たちは地域の皆さまから信頼され、地域に貢献する発電所となるよう、「安全対策に終わりはない」という確固たる信念のもと、発電所の安全性向上に向けて不断の努力を積み重ねてまいります。



あの日を、未来へつなぐ。

— 女川原子力発電所の備えと教訓 —

2011.3.11



なぜ、震源から一番近いにも関わらず、原子炉を安全に停止できたのか。

過去の歴史や体験から学び、 未来に備えるために。 あの日の記録と記憶を紡ぐ。

マグニチュード9.0 国内史上最大の揺れを観測。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、国内史上最大のマグニチュード9.0が観測され、女川原子力発電所が位置する牡鹿半島全体では約1mにわたって地盤沈下するなど、甚大な被害が引き起こされました。女川原子力発電所では震度6弱・地震加速度567.5ガルを記録し、最大約13mの高さの巨大津波が押し寄せましたが、原子炉は安全に停止しました。震源地から約130kmと、最も近い原子力発電所だったにも関わらず、なぜ安全を確保することができたのでしょうか。



震度6弱、最大約13mの津波が 押し寄せた女川原子力発電所。 「止める」「冷やす」「閉じ込める」が 機能し、安全に停止した。



止める

地震発生時、1・3号機は通常運転中、2号機は原子炉を起動したばかりだったが、大きな揺れにともない3機すべてが設計どおりに自動停止した。

冷やす

外部電源(送電線)は5回線のうち1回線が確保され、原子炉を冷却するための海水ポンプを動かす電気を賄うことができた。

- 原子炉建屋内の非常用ディーゼル発電機(標準装備)は8台中6台が使用可能だった。
- 最大約13mの高さの津波により一部の設備に被害が発生したが、津波が発電所の敷地高さを乗り越えることはなかった。
- 翌12日までにはさらに2回線が確保された。

閉じ込める

発電所の敷地内に設置している放射線モニターの値に異常は見られず、外部への影響はなかった。

あの日、なにが起こったか？

〈震災時の発電所の対応〉

家族の安否を確認できないまま、 休むことなく作業を続けた。

地震発生直前の女川原子力発電所では、1・3号機は安定して発電を継続しており、2号機は定期検査の終盤を迎え、ちょうど原子炉を起動したところでした。



午後2時、2号機の原子炉を起動させ、順調に間もなく臨界を迎えるところで突然、激しい揺れに襲われた(発電所運転員)

手すりにつかまりながら、立っているのがやっとの状況だった(発電所運転員)

無事に1号機が冷温停止したときは、いったんホッとしました。ただ、原子炉は止まっている時も常に冷やし続けなければならないため、緊張した時間が続きました(発電所運転員)

午後2時46分に発生した激しい揺れにより、3機の原子炉はすべて設計どおりに自動停止。2号機は起動したばかりだったので、3分後には原子炉の水温が100°C未満の冷温停止を確認しました。その後も余震が続く中、事務棟内の緊急対策室に関係者が集合。発電所の運転状況をコントロールする中央制御室では天井から化粧板や蛍光灯が落ちて散乱していました。所員たちは家族の安否を確認できないまま、休むことなく夜を徹して原子炉の冷温停止に向けた運転操作を継続。その結果、1号機は12日午前0時58分に、3号機は同午前1時17分にそれぞれ冷温停止に至りました。

高台に避難したところ、遠目に防潮堤にぶつかる波しぶきを見た。津波が来たと分かったが、まさかこんな大きな震災になるとは、その時は思いもなかった(発電所員)



港湾部平常時
(2012.5.10撮影)



港湾部津波襲来時
(2011.3.11 午後5時24分撮影)

「火災警報器が鳴っている」。 新たな情報が飛び込んできた。



焼損した高圧電源盤



高圧電源盤の主要負荷

- 原子炉再循環ポンプ ●循環水ポンプ
- 復水ポンプ(A) などの常用負荷

▶ 1号機 高圧電源盤の焼損

午後3時30分頃、プラントを安全に止めるための運転操作中、緊急対策室に「火災警報器が鳴っている。真っ黒い煙が立ち込めている」と情報が入りました。火元は1号機タービン建屋地下1階でした。速やかに消防署などに連絡した後、発電所内で自衛消防隊を組織して消火活動にあたることを決断すると、すぐにメンバーが名乗りをあげ、防火服に着替えて現場に向かいました。タービン建屋に入ると、現場へ向かう最寄りの階段は黒煙に視界を遮られていたためルートを変更。酸素ポンペを背負い、地下2階まで下りた後、地下1階の現場まで上りました。現場は、炎は発生していなかったものの、大量の煙が充満。酸素残量をメーターで確認しながら行動していましたが、階段に戻って扉を開けた瞬間に残量警告のアラームが鳴るといギリギリの状態でした。その後、二酸化炭素消火設備や粉末消火器を使って消火活動を行い、午後10時55分に消火を確認。原因は、発電した電気の一部を発電所内の機器に供給する高圧電源盤の遮断器(スイッチ)の焼損でした。

下から突き上げるように、 海水が流入してきた。

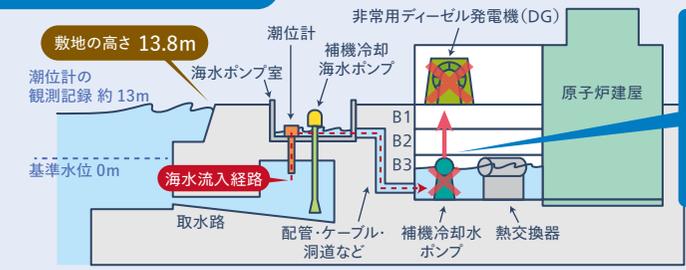


▶ 2号機 原子炉建屋付属棟への海水流入

午後4時頃、2号機の原子炉建屋付属棟に水がたまっていると情報が入り、この水が海水と判明した後、仮設ポンプ8台で汲み上げることにしました。浸水していたのは地下3階の補機冷却水系熱交換器室。そこで地上との間に中継点を設け、2段階で汲み上げを実施。同時に他機器への浸水を防ぐため300個の土のうを作り、地下に設置しました。原因は、海水ポンプの潮位計の収納箱が津波により下から突き上げられる形で海水が流入し、さらに建屋と配管の隙間などを通して浸水したものと推定しました。

排水設備の設置や土のうづくり・運搬を協力企業とともに入海戦術で行った(発電所員)

海水流入メカニズム



非常用ディーゼル発電機を冷やす設備(補機冷却水ポンプ)が浸水したことにより2台のDGが停止

浸水した水を分析した結果、放射能は検出されず海水と判明したため、排水の意思決定ができた(発電所員)

① 海水ポンプ室が浸水

津波により水位が上昇し、取水路から流入した海水が海水ポンプ室に設置した潮位計設置箱の上蓋を押し上げる。

② 熱交換器室などに浸水

流入した海水がケーブルトレイおよび配管貫通部を通じて配管などの地下通路を経由し、流入。地下3階の熱交換器室などが浸水。

③ 非常用ディーゼル発電機2基が自動停止

熱交換器室が浸水した影響で、起動状態だった3基の非常用ディーゼル発電機のうち2基が自動停止。(外部電源や1基の非常用ディーゼル発電機が確保されていたため安全上の問題はなし)

震災時の状況

高さ約2.5mまで浸水
仮設ポンプ8台で海水を汲み上げ

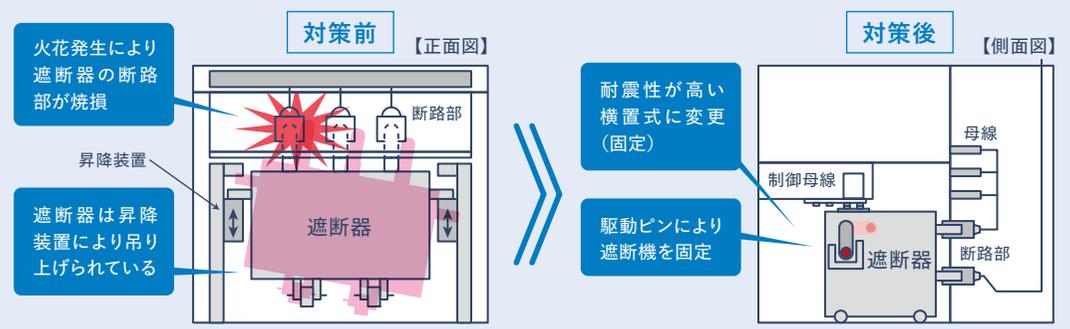


再発防止対策

- 海水流入経路と考えられる潮位計設置箱を取り外し、開口部に閉止板を取り付け。
- ケーブルトレイおよび配管貫通部の補修(水密性の向上)。いずれも2011年4月までに完了



火災に至ったメカニズム(推定)



① 地震により遮断器が破損し、短絡

当該高圧電源盤の遮断器は、吊り下げ構造だったため地震により大きく揺れ、断路部が破損。接続導体と周辺の構造物が接触し、短絡等が発生。

② 短絡電流・アーク(火花)発生

内部短絡により火花発生。

③ 盤内のケーブルの絶縁被覆が焼損

火花発生によりケーブル絶縁被覆から発煙、遮断器が焼損。

再発防止対策

2013年3月までに横置き型で固定できる耐震性の高い設備に交換済。

火災に対する恐怖感はずいぶん少なかったものの、視界が悪かったので『どんな状況なんだろう?』という不安は感じました(発電所員)

火災が起きた遮断器は次回の定期検査で耐震性の高いものに更新する計画でしたが、『もっと早くすべきだった』と悔やみました(発電所員)



▶ 津波の引き波で重油タンクが倒壊

午後4時5分頃、1号機補助ボイラー用重油貯蔵タンクの倒壊を確認しました。この設備は安全上重要な設備ではなく重油の重さで支える構造としていたため、津波の引き波により倒壊したと考えられます。重油約600klが海に流出したと想定し、22日以降、吸着マットで回収を行うとともに、港湾部に二重のオイルフェンスを設置して拡散を防止しました。なお、現在は撤去済です。



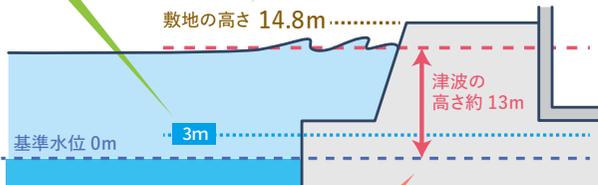
なぜ、安全に停止できたか？

〈 震災前からの備え 〉



1号機計画時の津波の想定高さは3m程度と評価。

三陸海岸が昔から大津波に襲われてきた点を考慮し、敷地の高さを14.8mに決定



東日本大震災の地震によって牡鹿半島全体が1m程度沈下し、敷地の高さは14.8mから13.8mになりましたが、最大13mの津波が敷地の高さを超えることはありませんでした。

想定を越える規模の津波を見据え、敷地高さを海拔14.8mに。

三陸海岸は古くから大きな津波による被害を受けてきた地域です。そのため計画当初から津波対策を重要視していました。1号機設計当時(昭和40年代)には津波のシミュレーション技術が乏しく、文献調査や地元の方々への聞き取り調査から津波の高さを3m程度と想定しました。しかし、社外の専門家を含む社内委員会において、「貞観津波(869年)や慶長津波(1611年)などを考えれば、津波はもっと大きくなることもあるだろう」といった議論を経て、主要建屋1階の高さを海拔15.0m、敷地の高さを海拔14.8mと決定しました。

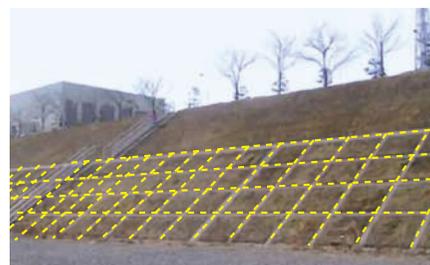
コラム 1 貞観津波、慶長津波など、過去の歴史にも目を向け調査

三陸沖を震源とする巨大な地震津波として知られる、869年の「貞観津波」と1611年の「慶長三陸地震津波」。後者には東京大学地震研究所などの研究結果が残っていますが、前者は当社独自の調査研究(右参照)を行いました。当社では2号機計画時より仙台平野の遺跡発掘調査の所見から津波浸入痕を推定する手法と、堆積物の堆積相や物理特性などを分析して津波の痕跡を推定する手法を用いて調査を実施。その結果、仙台平野の痕跡高は2.5~3m程度、浸水域は海岸から3km程度と推定しました。1号機設置の際には潮位、地盤条件、建物の配置などを含めて検討するとともに、学識経験者の意見を踏まえて総合的に判断し、敷地の高さを14.8mとしました。さらに2号機設置の際には上述の貞観津波の痕跡調査のほか数値シミュレーションを行い、津波の最高水位を9.1mと推定。両機とも設計当初から万全の注意を払ってきました。



当社による調査研究(1990年)「仙台平野における貞観11年(869年)三陸津波の痕跡高の推定」

常に最新の知見を反映し、防潮堤にさらなる対策を講じた。



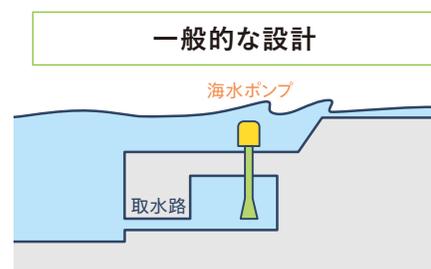
2号機建設時に9.7mの高さまで設置した法面防護工(破線例示)

前述のとおり2号機の建設時には、昔の津波の痕跡調査などにより、想定津波の高さをそれまでの3m程度から9.1mに見直しました。これにあわせ、敷地法面が津波で削られないように9.7mの高さまで法面の防護工事を行いました。また、3号機が運転開始した平成14(2002)年には、土木学会が最新の知見を踏まえて公表した津波評価手法に基づき13.6mと評価しましたが、敷地高さ14.8mを下回っており、あらためて津波に対する敷地の高さの安全性を確認することができました。

津波の襲来を想定し、海水ポンプの設置場所を工夫。さらに引き波への対策も。

海水ポンプは、原子炉を冷やすために欠かすことのできない重要な設備です。そのため津波の影響を受けやすい港湾部ではなく、原子炉建屋と同じ敷地の高さ(14.8m)から掘り下げ、岩盤の上に設けたピット内に設置しました。また、津波の引き波時には海底が見えるほど海面が低くなることから、このような事態が起きても原子炉や使用済燃料プールを冷却する海水を確保できるように、取水路は傾斜をつけて深く掘削し、海水を溜める設計にしました。これにより海面が取水口より低くなった場合でも、取水路に溜まった海水で数十分間冷やし続けることができます。震災時は約13mの高さの津波が発電所に押し寄せましたが、敷地を越えることはなかった※1ため、海水ポンプ※2は正常に機能しました。なお、震災時の引き波によって、実際に海面が取水口より低くなったのは数分間でした。

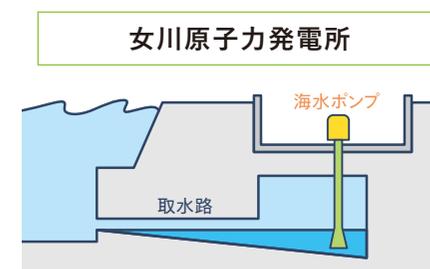
※1 震災による女川周辺の地盤沈下量(約1m)を考慮
※2 海水ポンプ: 発電所内の各機器類を間接的に除熱冷却するための海水を汲み上げるポンプ



津波の引き波によって取水路内にたまった海水も流されてしまい海水ポンプで組み上げられなくなる。また、防波堤を津波が乗り越えた場合、海水ポンプを含め原子炉などを冷却する機器がすべて使用できなくなってしまう。



海水ポンプなどが設置されている立坑(ピット)



海水ポンプを原子炉建屋と同じ敷地高さから掘り下げたピット内に設置した。さらに、取水路は傾斜をつけて深く掘削することで、引き波が発生した場合でも掘削した部分に原子炉などを冷やす海水を確保できるよう設計した。

コラム 2 万が一に備え、“震災前”までに約6,600カ所の耐震工事を実施。

発電所をコントロールする中央制御室の制御盤へ手すりを設置していたほか、国の耐震指針の見直しや過去に経験した地震の知見などを踏まえて、機器や配管の補強など、2010年6月までに1~3号機の合計約6,600カ所の耐震工事をを行いました。

また、所員の執務スペースや緊急対策室、計算機室がある事務棟の耐震工事(外壁の筋交い)も震災発生1年前に完了していました。

なお、免震構造の事務棟を新設する計画としており、外壁の筋交いは設置しないという案もありましたが、近い将来、宮城県沖地震が発生する確率が高いことを考慮し、工事を実施しました。



各機器・配管の細部に至るまで、3機合計で約6,600カ所(1号機:約3,600カ所、2号機:約900カ所、3号機:約2,100カ所)の耐震工事を実施した。



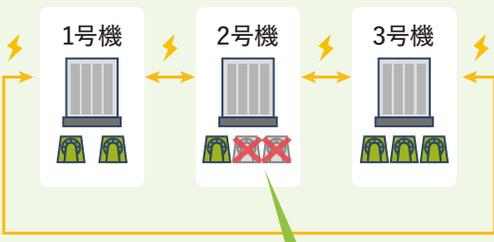
震災前の2009年7月から2010年3月までに、緊急対策室や計算機室がある事務棟の耐震工事(外壁の筋交い)を完了。震災後に竣工した事務新館は免震構造となっている。

コラム 3 8台の「非常用ディーゼル発電機」を融通できるように配備。

原子力発電所では送電線からの電気が途絶えた場合に備え、あらかじめ非常用発電機を標準装備しています。

女川原子力発電所では1号機に2台、2・3号機にそれぞれ3台、合計8台の非常用ディーゼル発電機を設置しています。また、発電した電気は各号機間で融通できるようになっています。

震災時は海水の流入(P4参照)により2台が使えなくなりましたが、残り6台は、いつでも発電できる状態でした。



震災時、非常用ディーゼル発電機2台が使用不可。残り6台は確保していた。

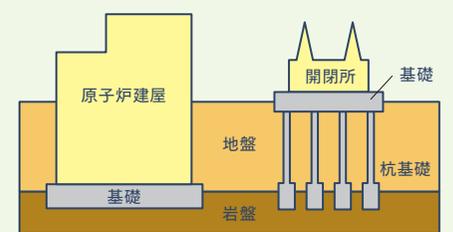
コラム 4 大地震の揺れに対処できるよう、「手すり棒」を設置。

大きな揺れに襲われても、体を支えながら安定した状態で操作・監視ができるよう、1号機の第1回定期検査時(1985年4月~7月)に中央制御室の制御盤に手すり棒を設置。2・3号機は設計段階から反映しました。現在では、ほとんどの原子力発電所の中央制御室に、地震対策の手すり棒が標準装備されています。



コラム 5 過去の災害を教訓に、自主的に地震対策。

電気の「入/切」を行うスイッチ(開閉器)を備え、発電所と送電線をつなぐ重要な役割を果たす「開閉所」は建設段階から大地震の発生を考慮し、基礎部分を岩盤で支持する杭基礎を採用するなど、耐震対策を施していました。さらに当社は1978年6月の宮城県沖地震や1980年12月の雪害などの教訓から、開閉器には空気遮断器より重心が低く、地震の被害を受けにくいガス遮断器を採用しており、女川原子力発電所にも導入していました。震災では、5回線ある送電ルートのうち1回線が確保でき、原子炉を冷やすために必要な電気を受け入れることができました。なお残り4回線のうち、2回線については設備に異常がないことが確認できたので12日午後8時15分までに復旧しました。



原子炉建屋の建設構造と杭基礎(イメージ)



開閉所のガス遮断機

コラム 6 水量を確保するため、原水タンクを分割・増設。

女川町には大きな河川がないことから、女川原子力発電所で利用する水を石巻市を流れる北上川から取水し、構内の原水タンクに貯蔵しています。

1号機の運転開始当初は、8,000トンのタンク1基のみでしたが、万が一の事態を想定し、2号機の運転開始前までに4,000トンのタンク2基に変更しました。震災時は配管の破損により漏水し、タンク1基の水量が空になりましたが、もう1基は適正量を確保していました。



1号機建設時は1基(1979年撮影)



原水タンク8,000ト×1基 ⇒ 4,000ト×2基

全社を挙げて支援に取り組んだ。

〈 震災直後からの動き 〉

避難された方の中には、 出産予定日が 翌週に迫っていた方も。

津波到達後の午後4時過ぎ、発電所の南側に位置する石巻市鮫浦(さめのうら)地区の阿部行政区長をはじめ、数名の方が「すべて流されたので助けてほしい」と女川原子力PRセンターに助けを求めて来られました。

「ただ事ではない」と思った所員がすぐに開放しましたが、地震の影響で停電が発生し、暖房が使えなかったため毛布や作業着、防寒着などを用意。その後、近くで土木工事をされていた方も避難し、総勢40名ほどになりました。また、直接発電所の正門に来られた方もいました。

原子力発電所は本来、一般の方が簡単に入れる場所ではありません。しかし、人命にかかわることでもあり、躊躇することなく発電所構内への受け入れを決断しました。避難された方の中には、津波で酸素吸入用の酸素ボンベが流された方や出産予定日が翌週に迫っていた妊婦さんもいました。

発電所は食料、水、毛布などが不足していたことから、物資の調達を仙台の本店に要請し12日の朝には物資を積んだヘリコプターが到着。帰りのヘリコプターに妊婦さんや酸素吸入が必要な方を乗せ、仙台市内の病院へ搬送しました。発電所構内にある体育館を避難所として開放し、6月6日までの約3カ月間、最大で364名(3月14日)の住民の方々などが避難生活を送りました。



体育館での避難生活



発電所構内にある体育館



PRセンターから近隣住民の受け入れについて連絡をもらったときは、まさに消火活動や地下に流入した海水を汲み出す作業の真っ最中でしたが、発電所では『受け入れましょう』という雰囲気でした。津波で被災された状況を聞いたら誰でも受け入れたのではないのでしょうか(当時の発電所長)



「二つ返事で受け入れてくれて、本当にうれしかった」

(当時の石巻市鮫浦地区 区長 阿部正夫さん)

区民の避難先として思い浮かんだのがPRセンターでした。二つ返事で受け入れてくれて、本当にうれしかったです。ご飯までいただきましたが後から聞くと、所員さんの分を制限し、我々を優先していただいたそう。私たちが発電所を頼ったのは、日常的に皆さんが地域に顔を出してくれるなど、常日頃からのつながりがあったからです。

被災当初、社員は1日1食で。

震災当日の夜は、避難された方々や協力企業の方を含め、約1,700名が発電所内に泊まることになりました。所員の防寒具を集め避難された方々に渡したため、所員は執務室内の床に作業着姿でごろ寝する日々が続きました。保管していた非常食は約4,500食しかなかったため、支援物資が到着するまでの食事は避難されてきた方々を優先とすることとし、最初の2、3日間、社員は1日1食、避難されてきた方々は1日2食で過ごしました。また、発電所構内に避難されなかった近隣の方々に対しても、地域避難所向けに支援物資を届けました。



発電所でごろ寝するとき、段ボールがあるのとないのとでは、大きな差があった(発電所員)



発電所側から道路を仮復旧。

地震や津波により、発電所周辺の道路がいたるところで寸断されました。そこで陸路を確保するため、関係機関の確認・承認を得た上で13日から発電所側より道路の復旧工事を実施。倒壊した家屋やご遺体に配慮しながら道を広げ、16日までに仮復旧させることができました。



発電所の土木工事で使用していた重機類を用いて、協力企業の方々とともに、発電所側から道を切り拓いた。道路上に流された家屋の持ち主を探しながらの作業では、地域の方々にもたくさんお世話になった(発電所員)



道路の仮復旧作業中、地域の方から「ご遺体を早く運んであげたいんだ。頑張してほしい」と声をかけられた。「この道路は発電所だけが使うのではない。みんなで使う道路だ」とあらためて気づき、気持ちを奮い立たせた(発電所員)



国際原子力機関(IAEA)が「驚くほど損傷を受けていない」と評価

震災翌年の2012年7月に国際原子力機関(IAEA)による現地調査が行われました。約2週間にわたる調査の結果、「女川原子力発電所は震源からの距離、地震動の大きさ、継続時間などの厳しい状況下にあったが、驚くほど損傷を受けていない」との評価を受けました。

世界原子力発電事業者協会(WANO) 原子力功労者賞を受賞

2013年5月、当社は世界原子力発電事業者協会(WANO)※1から、震災時における女川原子力発電所の以下の取り組みが評価され、原子力功労者賞※2を受賞しました。



IAEAによる調査

【受賞理由】

- 女川原子力発電所が日頃から緊急時の対応をはじめとした事前準備に備えてきたこと
- 過去に例をみない巨大地震と津波にもかかわらず、女川原子力発電所の3基全てを安全に冷温停止に導いたこと
- 震災で被災した地域住民を受け入れ、地域とともに困難を乗り越えたこと

※1 世界原子力発電事業者協会(WANO) 1986年に起きたチェルノブイリ原子力発電所の事故を契機に、原子力発電事業者が相互に情報交換や技術支援を行うことにより、原子力発電所の安全性や信頼性を最大限に高めることを目的として、1989年に設立された国際的な民間組織。当社は、WANO設立以来、会員としてWANO活動に参加し、原子力発電所の安全性に係る国際レベルでのボトムアップに参加・協力している。

※2 原子力功労者賞 原子力発電所の安全な運営に卓越して貢献した人物を対象に厳正な選考を経て授与される賞で、2002年の創設以来、日本人が受賞したのは2例目(2013年当時)。