

原発 — 21世紀の不良資産

原子力への投資と東京電力福島第一原発事故

2012年6月

GREENPEACE

Toxic assets : nuclear reactors in the 21st century

2012年6月 [第2版]

執筆： Gyorgy Dallos, Lauri Myllyvirta

協力： Jan Beranek, Jan Haverkamp,
Nina Schulz, Rianne Teule,
Brian Blomme

日本語版作成：グリーンピース・ジャパン

翻訳協力：認定NPO法人 原子力資料情報室

表紙写真：© Greenpeace

目次

1	はじめに	3
2	福島第一原発事故以前、 どこが東京電力に融資していたか？	4
2-1	アナリストと格付け機関からの誤った助言	4
2-2	悪貨－東京電力の社債と東京電力に対する融資	5
2-3	東京電力の主要株主	5
3	早期警告 金融アナリストや投資家は何を見逃したのか？	6
3-1	ガバナンスリスクと規制の弱さ	7
3-2	地震と津波の警告	9
4	これらのリスクは特異なものか、それとも 原発を保有する電力会社に広く共通するものか？	9
4-1	世界に広がる新旧原子炉の設計の問題	9
4-2	ガバナンス構造の欠陥と弱い規制機関	13
4-3	地震その他の自然災害リスク地域にある原子炉	15
5	原子力投資への影響	15
5-1	新規の原子力発電所	15
5-2	既存の原子力発電所	16
6	金融アナリストと投資家にとっての 3大マイナス材料	18

要約

本報告書は、投資家の視点から、2011年3月に起きた東京電力福島第一原子力発電所事故に関して論じ、自然災害が史上最悪の原発事故へと転じるに至った、技術面、経営面、ガバナンス面、その他長期にわたる制度的欠陥を明らかにする。福島第一原子力発電所を保有する東京電力株式会社（以下、東京電力）は、株価が90%値下がりし、社債はジャンク級に格下げされ、現在、実質国有化の手続きが進められている。原発を保有する電力会社への投資や融資価値は、大幅に目減りした。

金融アナリストや格付け機関が目先のキャッシュフローにとらわれず、以下を含む様々な早期警告を真摯に受け止めていたならば、投資家は巨大な損失をださずに済んだだろう。

- ・福島第一原発の原子炉の設計の致命的な弱点
- ・深刻な欺瞞と隠ぺいの特徴とする重大なガバナンスの問題と経営の弱さ
- ・原子力規制機関の組織的怠慢と、事業者とのもたれ合い
- ・十分に把握されながら無視されてきた地震・津波に関する警告

以上のいずれの警告も、今回の原発事故が発生する何年も前から、往々にして数十年にわたって、広く公然と指摘されてきたことであり、原子力規制機関のみならず金融アナリストや投資家も真剣に受け止めるべきものであった。それにもかかわらず、東京電力は福島第一原発事故が発生するまで、高い信用格付け、アナリストによる推奨や、低コストな資金調達を享受し続けていた。日本では、原子力規制機関と同様、金融規制当局も東京電力に変革を迫る多くの機会を逃してきた。普通配当が十分だったことからアナリストの警戒感が緩み、“根本的な” 重大リスクや、クライアントである投資家に対する信任義務がすっかり無視されたようである。

投資家と金融機関は東京電力に莫大な投資を続けた。2000年から2011年にかけて何十もの銀行が、社債の発行、コーポレート・ローン、株式発行などにより少なくとも540億ユーロ（約5.67兆円^{※1}）の低コスト資本を東京電力に提供している。資金の大部分は社債発行で調達された。社債引受会社の上位にはシティ、みずほ、野村、三井住友、三菱UFJ、BNPパリバ、ドイツ銀行、メリルリンチ（バンク・オブ・アメリカ）、大和証券、モルガン・スタンレー、ゴールドマン・サックスが名を連ねている。

福島第一原発事故のような壊滅的な打撃や投資の失敗は、東京電力や日本に限られたことではない。稼働中、または新設が計画されている原子炉も、以下のいずれが重なっても本質的に危険である。

- ・福島第一原発事故で壊滅的な事故に至りうる事が判明した技術設計上の問題
- ・実質的なガバナンスと経営問題および人為的ミス
- ・実効性のある独立した原子力規制機関の欠如
- ・地震、津波、洪水、その他の自然災害リスクの脅威

原子力発電所は、投資家や金融機関にとって潜在的な不良資産である。経営母体の株主資本の100倍を超える負債が生じる可能性があるのは原子力発電所のみである。1950年代以降、炉心溶融が5回発生していることを根拠とすると、過酷事故が発生する確率は10年間に約1回だが、この数値は、原子炉の老朽化という今後増加するリスクはまったく考慮されていない。

また、投資家にとって、原子力資産は原発事故がなくてもリスクが伴う。新規の原子炉建設は、少なくとも10年の間、投資家にとって明らかに「立ち入り禁止区域」である。最近では、既存の原子力発電所でも、段階的な廃止の決定や、早期廃炉、規制や賠償責任の大規模改変、税収減や国庫支援の縮小といった、高まる圧力にさらされている。原子力エネルギーの今後は、以下の3つの構造変革の影響を大きく受けるだろう：

- ・福島第一原発事故後の一連の規制の見直しにより、安全対策に対する追加投資、耐用年数の短縮、運転・廃炉費用の増加、より厳格な賠償責任が求められるようになる。
- ・自然エネルギーのコストが下がり、原子力発電所よりも設置容量が大きくなり¹原子力の優先順位が下がり、原子力発電所の稼働率も下がりつつある。
- ・かつては潤沢な資金があった政府は今では巨額の債務を抱え、原子力に対する補助金、信用保証その他、国からの支援が大幅に減る。

※1 ... 1ユーロ 105円で換算（以下同じ）

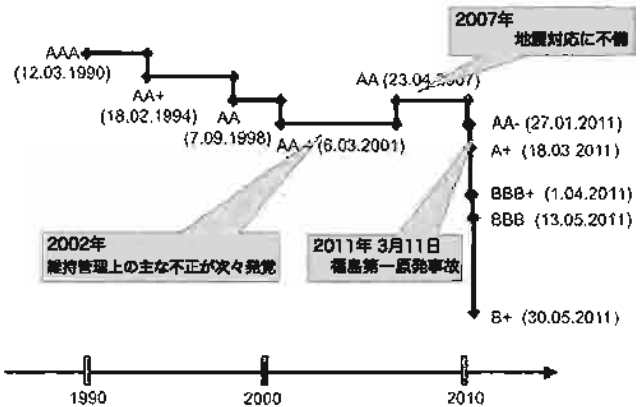
1 はじめに

2011年3月11日に発生した福島第一原発事故では1986年のチェルノブイリ原発事故の20~40%に相当する放射性物質²が放出され、土壌と海を広範囲にわたって汚染し³、住民は少なくとも10万人が強制避難させられ⁴、5万人以上が放射能汚染を恐れて自主避難をしている。この事故によって広大な農地が損なわれ、避難区域で飼われていた家畜62万5000頭の大部分が死に⁵、地元の米、野菜、茶の栽培農家、漁業者、酪農・畜産農家やその加工業者が大打撃を受けた。地域は国内有数の人気観光地から外され、数十万人の暮らしが影響を受けた。

今はまだ、福島第一原発事故を起こした様々な欠陥が社会や環境、経済に与える影響の全貌を把握するスタート地点に立ったばかりである。保険リスクは、米国で発生したハリケーン・カトリーナおよび続いて起きた6つの大型ハリケーンの損失を合わせた712億米ドルを超えると予想されている。公益社団法人日本経済研究センターは、補償および福島第一原発の原子炉6基の廃炉を含む福島第一原発事故のコスト全体を40~50兆円と試算している⁶。このコストの大半は日本政府が、最終的には納税者が負担することになったものの、東京電力と世界中の原発事業者へ投資していた株主と社債保有者も巨額の損失を引き受けることになってしまった。

グリーンピースは、最終的に原発事故に至ったリスクに早くから注目していた。また、事故後早くから現場に入り、独自に実施した放射能調査の情報を提供して地元住民の避難や放射線防護を支援し、事故の原因と結果の把握に努めてきた。グリーンピース・インターナショナルが発行した報告書「福島第一原発事故の教訓—原子力行政の制度的欠陥」(原題: Lessons from Fukushima)⁷では、制度設計、規制システム、緊急防災対策、賠償責任制度の問題に注目し、行政、国会議員、規制機関に対する提言をまとめている。本報告書では、投資家に対して、「福島第一原発を所有する東京電力にどこが融資していたか」、「金融アナリストと格付機関はどのような早期警告を見逃したのか」、「投資家が原子力エネルギーでこれ以上の損失を防ぐにはどうすればよいか」について論じる。

東京電力：
スタンダード&プアーズの格付け 1990-2011（外債、長期）



Sources: Standard & Poor's Ratings Services

2 福島第一原発事故以前、 どこが東京電力に融資していたか？

東京電力の原子力事業にどこが融資したかを論じる前に、「投資家はどのような助言をもとに決断するか」に注目する必要があるだろう。興味深いことに、少なくともアナリストらが顧客に代って投資をするときには、アナリストの所属する銀行もその誤った判断に従っていた。

2-1 アナリストと格付け機関からの誤った助言

原子力リスクに関連して数々の警告があったにもかかわらず、福島第一原発事故が発生するまで東京電力は、高い信用格付けと、低コストの資金調達という好条件を与えられてきた。過去10年間、東京電力について発表された膨大な信用分析の中に、具体的な原子力リスクに関する言及は一切ない。このことは、銀行のリスク分類では、原子力発電所の運転に伴う固有のリスク、東京電力の発電所に特有の技術的リスク、東京電力の深刻なガバナンスと経営の問題が、徹底的に無視されていたことを示している。

スタンダード&プアーズ・レーティングズ・サービス（以下S&P）は、福島第一原発事故までの20年間ずっと、東京電力をAA- からAAA（長期外貨建て）に格付けしていた。事故後でさえ東京電力の格下げは遅く、かつ小幅で、事故の1週間後に1ランク下のAA-からA+になり、その後徐々に下がり、投資適格を下回ったのは事故から50日後のことだった。2002年に世間を騒がせた経営陣の不正行為と隠ぺいなど、強い警告サインがあった後でさえも格下げはなかった。それどころか、

ムーディーズは、2002年9月の格付けで、「東京電力の点検記録の組織的改ざんが同社の信用度に直接大きな悪影響を及ぼすとは考え難い」⁸と記している。

金融アナリストは、事故前の数カ月を含め長年ずっと東京電力をBuy（投資評価最上位）かOverweight（投資判断最上位）として奨めていた。パークレイズ・キャピタル（以下パークレイズ）の株式調査チームの2010年12月の報告書には、2011年の世界の推奨上位銘柄に東京電力が入っていた⁹。東京電力は、アジア太平洋地域全体の水道・光熱部門で唯一選ばれた企業であった。パークレイズは、実際の株価1,975円から最低でも19%（目標株価2,360円）、上値は29%まで上がると見ていた。パークレイズは、東京電力の配当方針を推薦の根拠にしていたようで、最悪のシナリオでも2011年12月までの株価の下値は1,860円と予測していた。しかし1年後、東京電力の実際の株価は176円であった。

モルガン・スタンレーは2010年12月のGlobal Utilities Matrix で、東京電力について Overweight（投資判断最上位）の推奨を出し¹⁰、実際の株価が1,983円の時に目標株価を2,300円に設定していた。2010年8月、ゴールドマン・サックス¹¹は、東京電力の柏崎刈羽原子力発電所の長期停止の結果を過小評価したようで、12カ月後の目標株価を2,600円としてBuy（投資評価最上位）の推奨を継続していた。しかし、1年後に実際の株価は435円まで下がった。

東京電力の社債引き受け10位行 (2000 - 2010)	各銀行の社債引き受け数	引き受け総額 (単位:億円)1ユーロ=105円
シティユーブ	16 bond issues	5478
みずほファイナンシャルグループ	21 bond issues	5187
野村グループ (野村ホールディングス)	22 bond issues	2741
三井住友ファイナンシャルグループ	9 bond issues	2542
三菱UFJファイナンシャル グループ	21 bond issues	1450
BNPパリバグループ	14 bond issues	903
大和証券グループ	13 bond issues	730
バンクオブアメリカ/メリルリンチ	14 bond issues	605
モルガンスタンレー	10 bond issues	527
ゴールドマンサックス	13 bond issues	491

Source: Jan Willem van Gelder and Anna van Ojik, Financing of TEPCO, Profundo, July, 2011

2 - 2 悪貨 - 東京電力の社債と東京電力に対する融資

当時、東京電力は発電所192カ所、設備容量6,500万キロワット（水力900万キロワット、火力3,900万キロワット、原子炉17基で1,700万キロワット）、電力売上2,930億キロワット時、契約者2,800万人を誇る世界4位の大手電力会社であったが、東京電力に何が起ころうとしているかを見ていなかったのは株式調査チームではなかった。福島第一原発事故までの10年間、東京電力の民間銀行に対する社債発行額は約440億ユーロ（約4.62兆円）、融資による資金調達は60億ユーロ（約6,300億円）、株による資金調達は40億ユーロ（約4,200億円）だった¹²。東京電力の設備投資と運転費用の中で原子力発電の占める割合を見ると、この約4分の1が原子力に投じられた¹³。

2000年以降、東京電力の膨大な社債発行に関与している主要な10の民間銀行グループのうち、引受額はシティバンクが最も多く、以下、みずほ、野村、三井住友、三菱UFJと続く。その他、東京電力の民間銀行に対する社債発行額の上位には、BNPパリバ、大和証券、メリルリンチ（現在バンク・オブ・アメリカに統合）、モルガン・スタンレー、ゴールドマン・サックスの名が挙がっている。UBSとクレディ・スイスも重要である。民間銀行に加え、東京電力への最大の貸し手としては日本政策投資銀行、日本生命保険（相）、第一生命（株）などが挙げられる。

2000年から福島第一原発事故までに東京電力が確保した銀行融資は9件だった¹⁴。Profundoが調査した60行以上の内、東京電力に最も多額の融資をしていたグループは三井住友、BNPパリバだった。みずほ、シティ、三菱UFJ、インテザ・サンパオロ、クレディアグリコール、ソシエテ・ジェネラルも巨額の融資を行っていた。

2 - 3 東京電力の主要株主

東京電力の株主構造は、非常に断片化されている¹⁵。2大株主は保険会社の第一生命（3.4%）と日本生命（3.3%）である〔訳注：この2大株主が株を売却したことにより、それまで3位だった東京都が2012年3月期末時点で筆頭株主となった〕。その他、東京電力社員持ち株会、クライアントの代理として活動する邦銀や外国銀行も主要株主である。

原発事故以後、大幅に持ち株を増やしたのは東京電力社員持ち株会のみである。上位300の株主の約3分の2は順位を下げ、多くは株を全て売却して大きな損失をだした。例えば、アライアンス・パーンスタイン（AXAグループ）は昨秋に400万株近くを売却し、おそらく数十億円の損失を出した。東京電力は、事故以後全体で時価総額の90%、3兆1000億円以上を失った¹⁶。

“マークI型原子炉の格納容器は小さく、設計圧力が低いため、圧力抑制室があるにもかかわらず、WASH1400の安全調査では、格納容器破損の確率は90%前後とされている。”

3 早期警告 — 金融アナリストや投資家は 何を見逃したのか？

原子炉設計の欠陥、保守点検をめぐる不正、不適当なリスク分析、自然災害に対する備えの不備、これらの3つのリスクに対する対策が不適切だった原因は、経営ミス、ガバナンスの弱さ、そして規制機関による監督の弱さによるところが大きかった。2011年3月11日に発生した東日本大震災により、福島第一原発の原子炉は外部電源を失い、津波により非常用ディーゼル発電機も使えなくなった。緊急時冷却装置を動かす電力を失うと原子炉の核燃料から発生する熱が蓄積し、わずか数時間足らずで様々なことが連鎖的に起こり制御しきれなくなった。

以下に、事故の3大原因「設計・技術の問題」、「ガバナンス、経営、規制の弱さ」、「地震と津波に対する脆弱性」に関連する早期警告のいくつかについて簡単に説明する。アナリスト、格付け機関、投資家もこれらの警告に容易に気付いたはずである。

“米国のマークI型格納容器のような旧式のBWRの設計では、炉心溶融が起きるとほぼ必然的に短時間で格納容器が破壊されてきわめて大量の放射能が放出される。同時に、酸水素爆発が起きて原子炉の制御・保安装置の重要部分の破損や格納容器の閉じこめ機能が破損すると（チェルノブイリ事故に匹敵する）壊滅的放射能放出を伴うシビアアクシデントに発展する。”

❖ 原子炉の設計欠陥に関する警告

福島第一原発で使われていたゼネラル・エレクトリック社（以下GE社）製マークI型沸騰水型原子炉（BWR）については、福島第一原発事故で露呈したのと同様の脆弱性があることが、40年前から批判されてきた。以下、最も指摘されてきた批判のごく一部を紹介する。

1972年：米国原子力委員会の安全担当委員のStephen Hanauer博士が、マークI型の圧力抑制系を中止し、今後、建設許可の際に設計を受理しないことを提言。Hanauerの上司であったJoseph Hendrie（後に米国原子力規制委員会（NRC）委員長）はHanauerと基本的に同意見だったが、それがアメリカ国内の原子力産業の終焉をもたらす可能性があることを根拠に提言を認めなかった¹⁾。

1976年：David BridenbaughとGE社の原子力技術者であった同僚2人が、公に「GEの設計には危険な欠陥がある」として辞職した²⁾。彼らは、マークI型原子炉では炉心冷却システム喪失の影響が十分に考慮されていないことを、福島第一原発事故が起きる35年前から認識していたのだ。結果として「格納容器が破壊され、放射性物質が放出され制御できなくなる可能性もある」ということを。

1986年：Harold Dentonは、1979年に起きたスリーマイル島の原子力事故の処理を担当したことで有名になり、1986年に米国原子力規制委員会（NRC）の安全委員のトップに就任し、原子力産業の業界団体に次のように語った。「マークI型原子炉の格納容器は小さく、設計圧力が低いため、圧力抑制室があるにもかかわらず、WASH1400³⁾の安全調査では、格納失敗の確率は90%前後とされている」⁴⁾。

1996年：この様な警告を受けて設計変更が行われた。1996年、原子力技術者のPaul Gunter⁵⁾はこれらの変更の効果を次のようにまとめている。「原子炉を運転する事業者は、一般市民や環境を計り知れない放射能汚染にさらしてでも『格納容器を救う』という選択肢を有する。」まさに15年後の福島第一原発事故を言い当てている。

2005年：グリーンピース・インターナショナルの報告書は、炉心に大量のジルコニウム合金がある（燃料の被覆管に使われている）こと、水素爆発の危険性があること、および底部に配管貫通部が多いことを指摘し、格納容器の脆弱性について次のように警告した。「米国のマークI型格納容器のような旧式のBWRの設計では、炉心溶融が起きるとほぼ必然的に短時間で格納容器破壊されて大量の放射能が放出される。同時に、酸水素爆発が起きて原子炉の制御・保安装置の重要部分や格納容器の閉じこめ機能が破損すると、（チェルノブイリ事故に匹敵する）壊滅的な放出を伴う過酷事故に発展する。」⁶⁾

2010年：GE製マークI型原子炉は、使用済み燃料プールが炉心の上、一次格納システムの外にある。この設計は安全よりも効率を優先して選ばれたものである。原子炉の燃料棒は、クレーンで持ち上げてそのまま燃料プールに移動する。「憂慮する科学者同盟（UCS）」は、この問題を福島第一原発事故が発生する半年前に大きく取り上げ、「使用済み核燃料プールの位置がBWRマークI型とマークII型のような設計になっていると、原子炉および使用済み核燃料事故の連鎖が起きる可能性がある」と指摘していた⁷⁾。まさに、福島第一原発事故で繰り広げられた光景そのものである。

3-1 ガバナンスリスクと弱い規制

アナリストや投資家は、東京電力のガバナンス構造を見れば、東京電力では最低限の内部統制すら適切に機能していないという警告に気づいたはずである。例えば、東京電力では20人の取締役のうち18人が東京電力の管理職であり、「社外取締役」2人のうち1人もまた準内部関係者であった²⁴。東京電力が取締役会の議長を外部から任命したことは一度もない。ガバナンス構造が規制機関と投資家にとって十分に強力な警告材料にならなかったとしても、2002年に発生した東京電力の一連の隠ぺいと癒着が確実に十分な警告となったはずである。

2002年8月 東京電力の原子炉の保守に関する重大な不祥事が発覚し世論を騒然とさせた。東京電力が、シュラウド（原子炉容器内に取り付けられた原子炉燃料を入れておく大型円筒）のひびを報告しなかったというものである。いくつかの欠陥が、許可も規制機関の立ち会いもなく補修され、無断補修の証拠を隠滅するためにCCTV録画に手が加えられた。そして、東京電力の17基の原子炉のうち13基の検査記録を改ざんして欠陥を隠したのである²⁵。ひびは、ずっと前の1993年に発見されており、隠ぺいはおよそ10年間続いていたということである。日本の原子力規制機関である原子力安全・保安院が独自に炉心の視察を行ったことは一度もなく、視察を行う代わりに、東京電力に視察を委託していた。従業員による検査記録の改ざんは1980年代から続いていたことも露呈した。隠ぺいが発覚した後でも、保安院は東京電力の提出した計算を根拠として事故リスクの深刻化を無視し、東京電力の不正に対応して、東京電力が原子炉の運転を続けられるよう特別な“不具合基準”を採用した²⁶。

2002年に起きたのはそれだけではなかった。その後も、福島第一原発の1号機格納容器の気密性試験のデータを改ざんしたことが発覚した。密封装置が不適切であることは予備試験で判明していた²⁷。9月20日、東京電力の8基の原子炉の他にも、東北電力女川原発1号機、中部電力浜岡原発1号機でも再循環系配管のトラブル隠しが行われていたことが発覚した。また、女川原発1号機、浜岡原発4号機、敦賀原発1号機（日本原子力発電株式会社）、島根原発1号機でもシュラウドにひびが見つかった²⁸。この一連の隠ぺいにより、不正が東京電力だけの問題ではなく、日本の電力会社の大部分が関わっていることが明らかになった。4年後の2006年には、東京電力は、1985年から1988年にかけて冷却水温度の記録を改ざんしていたことを認めている²⁹。

東京電力が地震のリスクを過少評価していたことは、東京電力柏崎刈羽原子力発電所を強い地震が襲った2007年に明らかになった。地震加速度は、原発が損傷なく耐えられるように設計された値の2倍以上、原発が放射能を放出せずに耐えるべき値よりも50%高かった。地震に誘発されて原発では火災が発生するとともに、放射性的液体が流出した。当初、東京電力は、被害程度（多量の放射性廃液が漏出したことなど）を公表しなかった³⁰。東京電力は、原子炉を早く再稼働したかったのだが、それはできなかった³¹。幸いなことに、設計仕様が不適切であっても、安全に対しては余裕のある設計になっていて大事故は防がれた。東京電力は、パイプの破裂、廃棄物の流出、放射線モニターの停電など被害や漏洩の事例63例を明らかに

“ 3月11日まで、全く準備ができていなかった。
ハード面だけではなく、制度や組織も整備されて
おらず、それが最大の問題だった。
もっと適切な安全措置を講じるべきだったが、それができなかった。
大きな間違いだった。
事故が人災であったことは認めざるを得ない。
最も安全な方法は原子力発電所に頼る必要のない社会を作ることであり、
それは可能なことであると考えようになった。
日本は、省エネを進めつつ、
原子力や化石燃料を使わないエネルギー供給システムを強化できる。
日本が原子力に頼らない社会のモデルになることは可能である。”

した³²。原子炉が再稼働にこぎつけたのは2009年5月になってからのことだった。その後2009年と2010年に他の3基も続いたが、残り3基は稼働をとめたままである。

規制機関の記録を見る限り、福島第一原発事故前5年間の危険な過失や誤りの件数は東京電力が他の電力会社より多い³³。2002年の不祥事の後に行われた評価では、東京電力では管理職が安全よりも経費削減を優先する傾向があったことが明らかになっている。業績もそれほど芳しくなかったにもかかわらず、規制機関による状況改善措置はほとんど行われていなかった³⁴。そして、銀行や格付け機関も単なる政治絡みの話として不祥事を捉え、リスクの深刻化について考慮せず、東京電力が自社で行った技術評価をそのまま鵜呑みにしていた。³⁵

こうした重大な欺瞞、ガバナンスや経営管理のミスに、日本の原子力規制、および政府の監視制度が抱える体質的問題が重なった。その後の政府の原子力安全機関の最高責任者および事故当時の首相の発言から、東京電力による前述の大きな欺瞞や経営ミスだけでなく、制度特有の欠陥、世界第3位という大規模な原子力部門を抱える日本の安全基準が低いことをアナリストや格付け機関が見逃していたことは明らかである。投資家に対する推奨、そして格付け機関の意見は、原子力発電所を有する電力会社と原子力技術会社全てについてこうした事項を反映したものでなければならない。

2012年2月中旬に行われた、国会 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会は、内閣府原子力安全委員会の斑目春樹委員長が政府の安全規則に瑕疵があること、そして津波後の対応策の不備を認め、謝罪するとともに、大きな問題が修正されないまま残されてきた制度のあり方について次のように説明した。「他国では、原子力安全基準の厳格化を検討しているのに、「我が国ではそこまでやらなくてもいいよ」という言い訳といたしますか、やらなくてもいいということの説明にばかり時間をかけてしまって、いくら抵抗があってもやるんだという意思決定がなかなかできにくいシステムになっている。このあたりに問題の根っこがあるのではないか。」³⁶

事故当時日本の首相であった菅直人は、2012年2月に行われた取材で「事故で制度的な誤りがどれくらい重要であったか」について次のように認めている。「3月11日まで、全く準備ができていなかった。ハード面のみならず、制度や組織も整備されておらず、それが最大の問題だった。もっと適切な安全措置を講じるべきだったが、それができなかった。大きな間違いだった。[事故が] 人災であったことは認めざるを得ない。」³⁷ そして、次のように続けた。「最も安全な方法は原子力発電所に頼る必要のない社会を作ることであり、それは可能なことであると考えようになった。日本は、省エネを進めつつ、原子力や化石燃料を使わないエネルギー供給システムを強化できる。日本が原子力に頼らない社会のモデルになることは可能である。」³⁸

3-2 地震と津波の警告

1990年以来、東北電力株式会社、東北大学、(独)産業技術総合研究所は、9世紀に発生した貞観地震の痕跡を調査している³⁹。現在の福島県と宮城県を襲った地震である⁴⁰。この調査から貞観地震の時の津波が2011年3月11日と同じ規模であったことが明らかになっている。今回の事故の前から「将来、大津波が東北地方を襲う可能性がある」と学者らは再三警告していた。それにもかかわらず、東京電力はこれらの報告を軽視し、無視した。

2004年にスマトラで地震と津波（史上最悪の被害を与えた自然災害の一つ）が発生した直後、東京電力は津波のリスクに関する調査を開始し、2007年に「今後50年に6m以上の津波が発生する確率は10%」とする調査結果を発表したが、特に懸念されるとして特定されたのが福島原子力発電所だった⁴¹。同社の経営陣はこの分析を無視した。

(独)原子力安全基盤機構(JNES)は、福島第一原発の2号機、3号機とほぼ同じサイズのマークI型原子炉に、津波がもたらしうる被害を予測した。デイリー・ヨミウリ紙には、原子力安全基盤機構の関連報告書がいくつか引用掲載されている⁴²。ある報告書は、「海面から高さ13mの防波堤が波高15mの津波に襲われた場合、外部電源や非常用発電機の全電源が喪失する。その場合、冷却機能は失われ、炉心は100%破損、すなわち炉心溶融が発生する」と伝えている。福島第一原発の防波堤は高さ5.5mであり、2011年3月11日の津波は21mに達していた可能性がある⁴³。別の報告書では、「地震による全電源喪失の場合、わずか100分後に燃料棒が溶け始め、約7時間後に原子炉格納容器が破損し、大量の放射性物質が空中に放出される」と予測されていた。これは、福島第一原発1号機で実際に生じた状況ときわめて近い⁴⁴。

4 これらのリスクは特異なものか、それとも原発を保有する電力会社に広く共通するものか？

福島第一原発事故へとつながった主な問題が東京電力や日本に限ったことではない。原子炉の設計その他の技術的問題、人災、深刻なガバナンスの問題、政治的影響力と業界主導の規制という制度的欠陥、自然災害に対する脆弱性は、共通するものであり、稼働中、または新設が計画されている世界の原子力発電所に影響するものである。以下、これらの問題について論じ、アナリストや投資家が原子力への投資を検討する際に注意すべきいくつかのシグナルについて重点的に説明する。

4-1 世界に広がる新旧原子炉の設計の問題

設計と技術の問題は福島第一原発に限ったものではなく、新旧の原子炉の設計について同様の問題が指摘できる。

< 時代遅れの設計 >

「福島原子力発電所型原子炉」、即ちGE社製マークI型原子炉(BWR=沸騰水型原子炉)は米国で23基使われている他、日本、そしてスペインでも少数の原子力発電所で使われている。スイスのムーレベルク原発⁴⁵にもマークI型原子炉⁴⁶があり、ここでは独自に二次格納容器が整備されている。インドでも同様の旧式のGE社製原子炉2基が稼働している(タラプール原子力発電所1号機と2号機)⁴⁷。これらの原子炉は、格納容器の設計が脆弱であること、使用済み核燃料プールが原子炉の上、格納容器の外にあることが福島第一原発の原子炉と共通している。

福島第一原発事故では「BWRには、原子炉が停止した後でも長時間の電源喪失に対して特有の脆弱性がある」という重要な教訓が得られた。9.0の地震や津波がなくても同じような災害は起きる。2006年、スウェーデンのフォルスマルク原子力発電所（設計が異なるBWR）で、ショートが原因で冷却システムが全て一時停止し、あわや大惨事という状況になった⁴⁸。米国では、深刻な「ニアミス事故」が2010年⁴⁹だけでも14件発生している。

一部の原子炉モデルには、これ以外にも安全上の問題がある。ロシアでは「チェルノブイリ型」RBMK原子炉11基⁵⁰が稼働している。また、EU内ではVVER440 原子炉12基も稼働している。これらの原発には二次格納容器がないため、原子炉事故とテロ攻撃の被害を受けやすい。

米国内の福島第一原発と同型（GE社製マークI）の分布



Source: Tom Zeller Jr., Experts had long criticized potential weakness in design of stricken reactor, The New York Times, 15 March, 2011: http://www.nytimes.com/2011/03/15/us/energy/15nuclear.html?_r=1

カナダ型原子炉、CANDU原子炉（カナダ型重水炉）にはボイド係数が正であるという問題（チェルノブイリで致命的であることが判明した特性）があり⁵¹、ウラン燃料を取めた圧力管の劣化が速く進む可能性がある。ドイツとフランスでは、既存のCANDU型原子炉（例えばルーマニアで稼働している）は、規則で認められない。災害防止のため、場合によっては稼働わずか20年であっても、経済的負担の大きい修理計画を実施しなければならなかった⁵²。CANDUは、カナダ（17基）、韓国（4基）、中国（2基）、インド（カナダの設計2基、同種のインド版13基）、アルゼンチン（1基）、ルーマニア（2基）、パキスタン（1基）で採用されている。

以上の設計上の大きなリスクは、これらの原子力発電所を運営する電力会社の経済評価の際に深刻に受け止められてこなかったようである。

< 原子炉の老朽化 >⁵³

現在、世界で稼働している436基の原子炉のうち、^{*2}スリーマイル島事故（1979年）より以前に稼働を開始したものは121基、チェルノブイリ事故（1986年）よりも前に稼働を開始したものは289基である⁵⁴。すなわち410基にはこれらの事故の惨事の教訓が組み込まれていない。（30年を超える）古い原子炉ほどリスクは高い。その理由は、事故の惨事の教訓が組み込まれていないだけでなく、鋼鉄と溶接の継目が常に中性子の衝撃を受けることによって生じる消耗にもある。1年前、稼働中の原子炉の平均経年数は26年、既に30年以上稼働している原子炉が120基以上あった。

*2 ... 本報告書作成時点



Source: M. Schneider, A. Froggatt, S. Thomas: The World Nuclear Industry Status Report 2010-11: Nuclear power in a post-Fukushima world, Paris, Berlin, Washington, April, 2011.

経年の影響は、材料の内側構造に顕微鏡レベルで発生するのが通例であることから検出が難しく、例えばパイプの破損など、部品の異常が起きて初めて表面化することが多い。最も注目に値する経年の影響は原子炉圧力容器の脆化であり、脆化が生じると圧力容器が壊れ、爆発するリスクが増す。加圧水型原子炉(PWR)または沸騰水型軽水炉(BWR)の圧力容器が壊れた場合には安全システムがなく、環境への放射性物質の放出につながる事故は避けられない。

加圧水型原子炉(PWR)の冷却水の温度と圧力が上がると部品の腐食が加速する可能性がある。また、蒸気発生器(SG)は頻繁に交換しなければならない。1990年代前半、フランスでは複数の原子炉の容器上蓋にひびが入り始めた。そこで、世界的な調査が行われたところ、スウェーデン、スイス、米国の原子炉に同じような問題があることが明らかになった。これまでに発見された最も深刻な容器上蓋のひびの例は、米オハイオ州のデービス・ベッセ原子力発電所の原子炉で発生し、2002年3月に保守係が原子炉容器上蓋でフットボールサイズの穴を発見したというものである。このケースでは交換してもまたひびが入った⁵⁵。また、例えば、90年代前半には多くの沸騰水型軽水炉(BWR)で重大な腐食の問題も観察されており、ドイツでは多くの沸騰水型軽水炉(BWR)で大量のひびが発見された⁵⁶。

福島第一原発事故前、アナリストや投資家は、こうした重大な問題を真剣に受け止めていなかった。デービス・ベッセ原子力発電所は二年間閉鎖され、発電所を所有するFirstEnergy社には多額の制裁

金が科せられたが、同社の株価にはほとんど影響しなかった。それどころか2002年にはダウ平均を上回り、その後6年で株価は倍以上になった⁵⁷。

< 新しい原子炉設計の課題 >

昨年から、福島第一原発事故で露呈した脆弱性がどのような形で新しい原子炉設計に影響するかについて金融アナリストが懸念を表明し始めた。例えば、HSBCの専門家は次のように言っている。「新しい設計は、福島で必要だった手動操作と比べて明らかに『フェイルセーフ(二重の安全装備)』になっているが、それでも、現在ある新世代原子炉(アレバのEPR技術など)には既に明らかな安全上の懸念があり、その懸念は福島の事故によって募る一方だろう⁵⁸。また、UBS(スイスの金融サービスグループ)は、「日本の津波の対策には、ほとんどの型(設計)の原子炉が苦しめられたことだろう⁵⁹。

以下、福島第一原発事故のような状況における第3世代プラス欧州加圧水型炉(EPR)モデルの例を中心に論じるが、普及している他の新しいモデルでも同じような結論を導き出すことができる。EPRの設計者は、冷却系への電源喪失が持続した場合の対策を設計に組み込んでいない。EPRには非常用の一次ディーゼル発電機の他に二次ディーゼル発電機が2基あるが、それでも原子炉制御に必要な多くのシステムに電力を供給するには十分とは言えない。設計全体は、「送電網から得られる電力または一次ディーゼル発電機のいずれかが24時間以内に復活可能」という前提で作られている⁶⁰。福島第一原発事故の際、停電は11日間続いた。

❖ 福島第一原発事故と同じような状況が発生した場合、新型原子炉EPRの場合どうなるか？

欧州加圧水型炉（EPR）の事業者が福島第一原発の事故と同じような状況に直面した場合：

- ・ 原子炉内の水を100.0C以下に冷却し、安定した運転停止に至ることができない。
- ・ 原子炉にポンプで水を送り込む電力がない。
これは、もし一次冷却系が水漏れを始めたり、冷却できずに水位が下がったりした場合、危機的状態を招く。
- ・ 操作可能なホウ酸注入系がない（ホウ素は原子力の連鎖反応が再び始まるのを阻止するために必要）。
- ・ 原子炉建屋に爆発を防ぐための水素再結合装置または水素燃焼装置がない。

原子炉が福島第一原発事故のような状況に対応できるよう設計者があらゆる対策を考えたとしても、長くて複雑な建設プロセスによって新しいトラブルが発生する可能性がある。また、新型原子炉の建設は、想定していたよりはるかに難しく費用もかかることが判明している。国際経営コンサルティング会社、アーサー・D・リトル社（ADL）は、新旧の原子力事業の詳細な評価および原子力のサプライチェーンの中にいる専門家との徹底的な意見交換をもとに、建設中に繰り返し生じるいくつかの問題を特定した⁶¹。これらの問題の多くは、アナリストや投資家が知っておくべきガバナンスと経営の問題を示唆するものであり、以下が挙げられている：

- ・ 設計完了を待たずに着工する
- ・ 規制で定められた条件が十分に設計に組み込まれていない、また、認可手続きが信頼できない
- ・ 日程の擦り合わせや、仕入れ先と施主（原子力発電事業者）とのコミュニケーションが不十分
- ・ 施主（原子力発電事業者）が戦略・業務計画を立てていない
- ・ 新設プロジェクトの管理と進行が不十分
- ・ 特定されたリスクや制約事項への対応策がなかなか実施されない

例えば、EPR原子炉は、フィンランドのオルキオ原子力発電所（3号機）、フランスのフラマンヴィル原子力発電所（3号機）で初めて建設されたが、いずれの場合も建設段階で幅広い問題が明らかになっている。両原発の建設はいずれもアレバ社主導のコンソーシアムが行った⁶²。記録されて

いる欠陥^{63,64,65}には、コンクリートの品質、溶接工事の質が標準以下であること、義務づけられている品質管理と検査が省略されていた、などがある。オルキオ原子力発電所でもフラマンヴィル原子力発電所でも、構造的欠陥が周到に隠ぺいされてきたことについて作業員の証言が記録されている⁶⁶。その証言から、下請け業者がコンクリートの構造上の欠陥を隠ぺいするよう命じられたり、あるいは品質規格に不適合であると示されている品質管理報告書を受理するよう指示されていたことが明らかになっている。中国の台山原子力発電所の建設現場についても、点検報告書が漏えいされ、同じ会社による同様の過失があったことが露呈している⁶⁷。

アナリストや格付け機関は、新しい原子力発電所に関しての原子炉の安全性、技術、建設上の問題による大量の資金流出という影響が出る可能性がある場合であっても、問題を過小評価しているようである。欧州の2つの新しいEPR原発の事例では、アナリストは、新しい原発を所有している電力会社やその他の投資家のことよりもアレバ社のことを心配しているようである。例えば、建設工事が5年遅れ、予算が大幅に超過しているにもかかわらず、フィッチ・レーティングスの報告書でTVO社（オルキオ3号機の運営会社）は全く問題視されていない⁶⁸。この原発は、少なくとも66億ユーロ（約7,000億円）を要することになる（当初予算は30億ユーロ（約3,150億円））⁶⁹。事態は変わるかもしれない。TVO社はアレバ社と一括契約を締結しているが、アレバ社は、19億ユーロ（約2,000億円）の損害賠償を求めて既にTVO社、その他の投資家を提訴しているのである。

4-2 ガバナンス構造の欠陥と弱い監視機関

原子力発電所を運営または建設していても、本当に独立し、十分な予算のある原子力規制機関をもつ国はほとんどない。国際原子力安全条約では、国内の原子力規制機関を原子力推進機関と切り離すことを規定しているが、それが遵守されているかどうかを監視する実効性のある国際的仕組みすらなく、規則の実施など望むべくもない。その証拠に、国際社会は、日本の原子力産業と原子力規制機関とのもたれ合いを指摘し抑制することができなかった。日本だけではない。2008年の原子力安全条約レビュー会議では、規制機関が原子力エネルギーの推進団体に近寄りすぎていると考えられたブラジル、インド、南アフリカが俎上に上げられた⁷⁰。

最近の欧州の推移をみると、いわゆる「独立」規制機関と規制される側の企業の間にある「回転ドア」の開閉がいかにも多いかが分かる。フィンランドでは、ロシアの国営原子力企業ロスアトム社のフィンランド国内事業を監督する立場にあるユッカ・ラクソネン放射線・原子力安全庁（STUK）長官が、ロスアトム社のポストを得るための交渉をしていた⁷¹。そして、ロスアトム社は、放射線・原子力安全庁（STUK）の“監視の目”の下でフィンランドのロビーサ原子力発電所を建設し、原子炉が運転を開始して以来燃料を納品するとともに、新規建設の入札にも参加している。また、ベルギーの原子力規制機関である連邦原子力管理庁（FANC⁷²）の長官（2期目）は、アントワープから約30kmに位置するドエル原子力発電所の元総現場責任者だった⁷³。ハンガリーでは、原子力規制機関

（OAH）が原子力エネルギーを積極的に推進しているとともに⁷⁴、業界の支援団体であるハンガリー原子力協会に3つのポストを持っている。

南アフリカの、国家原子力規制局（以下NNR）も、この回転ドア症候群にかかっている⁷⁵。同局の最高責任者（CEO）にペブルベッドモジュール型高温ガス炉（PBMR）の会社の役員が就任しているのである⁷⁶。NNRは、年次報告書で⁷⁷、同局の任務を果たすための適切な技能と経験のある人材を集め定着させることが難しいこと、また、原子力業界からのライセンス料収入で少ない予算を補填していることを報告している。つまり、NNRは、中立というよりは自らの機能を拡充することを目的として原子力施設の拡大を支持する。従って、NNRが完全に独立しているとは言えない。⁷⁸

AP通信は、2011年6月、1年間にわたる調査をもとに、米国における“独立”規制機関と原子力運営企業との癒着の事例を多数明らかにし、次のように報告した⁷⁹。「連邦政府の規制機関は、国内の老朽原子炉が安全基準を満たして稼働し続けられるように、安全基準を再三にわたり緩和したり、あるいは単に適用しないといった形でアメリカ国内の原子力産業に密接に協力してきた。記録や聞き取り調査によれば、米原子力規制委員会（NRC）の担当官は、当初の規制は厳し過ぎたとの判断を再三にわたって下し、『安全域を広げても危険はない』と主張してきた。具体的な事例はいくらでもある。バルブが漏れた時には漏出量の上限が当初の20倍まで引き上げられた。ひび割れが多数発生した蒸気発生器（SG）の配管から

放射性物質が漏れ出した時には、原発が基準を満たせるように配管の検査を簡易化した。ケーブルの不具合、シールの破れ、ノズルの破損、スクリーンの目詰まり、コンクリートのひび割れ、コンテナのへこみ、金属の腐食、錆付いている地下パイプをはじめ老朽化に伴う無数のトラブルが露呈した。いずれも、事故の際の危険を深刻化する可能性のあるものである。多くの問題は老朽化に関連している。そして、政府の機関や原子力業界は、こうしたトラブル全体の頻度および近年発生しているこれらのトラブルが安全性に与える潜在的な影響について一切調べていない。それにもかかわらず、原子力規制委員会（NRC）は何十もの原子炉の認可を更新してきた。」

EJ マーキー米連邦議会議員が発表した報告書⁸⁰では、米国の非常用ディーゼルの適切な運転を確保する際の、驚くべき過去の記録を次のように伝えている。「米国内の原子力発電所では非常用ディーゼル発電機が頻繁に故障したり、放置されることがあった。過去8年間、非常用ディーゼル発電機が運転不能になった例が、33の原子力発電所で少なくとも69件報告されている。しかし、福島第一原発の使用済み核燃料プールで起こったとされていることと同じような水素爆発を防ぐ技術を、使用済み核燃料プールに組み入れることを定めている国内規定は一切ない。憂慮すべきことに、原子力規制委員会（NRC）の規則では、炉心に燃料がない時には非常用ディーゼル発電機が使用可能であることは義務付けられていない。このままでは、原子力発電所に通

じる外部電源が喪失した場合に使用済み核燃料プールにバックアップ冷却システムがないという状態になるかもしれないのだが。」

同様の問題は欧州諸国にもある。例えば、グリーンピース・チェコは、チェコ共和国の原子力規制機関が、テメーリン原子力発電所の重要部品の溶接工事の欠陥隠ぺいに15年以上も関与してきた事例を報告している⁸¹。インドでは、原子力規制機関の元委員長が規制の独立性欠如の影響を次のように力説している。「[エネルギー省は] この依存関係を故意に利用して[原子力規制機関による] 安全性の評価と判断に直接・間接に影響を与えている。原子力規制委員会（AERB）安全に対する懸念の深刻さを過小に言ったり、不可欠な修理を原子力庁（DAE）の日程に合わせて先送りすることに同意したり、国民の安全を考えれば即時に運転停止し修理すべき場面で運転継続を認めたりしており、こうしたことから、その影響力は明らかである。」⁸²

類似リスクはあらゆるところに：
地震リスクエリアにある原子炉

原子炉の状態	地震リスク高	地震リスク やや高	地震リスク中度	計
稼働中	34	27	31	92
計画中	1	6	8	15
停止中	6	3	17	26
建設中	3	3	9	15
合計	44	39	65	148

Source: Wall Street Journal March 19, 2011: Scores of Reactors in Quake Zones. <http://on.wsj.com/edQ5BA>

4 - 3 地震その他の自然災害リスク地域にある原子炉

米国地質調査所（USGS）とスイス地震局が1999年に発表した世界地震ハザード評価プログラムの調査で、地震活動が「中」から「高」の地域と指定されている地域で稼働中または建設中の原子炉は合計107基ある。最も危険な国は、日本、中国・台湾、フランス、米国である。これらの稼働中または建設中の原子炉のうち、37基は地震活動が「高」の地域にある。その他15基が、アルメニア、ブルガリア、カナダ、中国、イラン、日本、ルーマニアの地震活動が「中」、「やや高い」、「高」の地域で計画されている⁸³。次の表は、地震活動が「中」、「やや高い」、「高」の地域の原子炉の状況別に原子炉の数をまとめたものである。表に挙げられている148基の原子炉の内、約3分の1が最も近い海岸から1km以内にあることも検討すべき追加リスク要因である。

米国原子力規制委員会によると、米国内にある104基の原子炉の内、炉心損傷に至る地震の発生確率が10万分の1以上の原子炉は67基で、中でもニューヨーク市から38マイル（約55km）北にあるインディアンポイント原発は最高の1万分の1である⁸⁴。これらの67基の原子炉の大半は、米地質調査所が指摘した「中」から「高」の地震帯にあるものではない。つまり、地震活動が「低」の地域にある原子炉も地震の影響を受ける重大なリスクがあるということである。⁸⁵

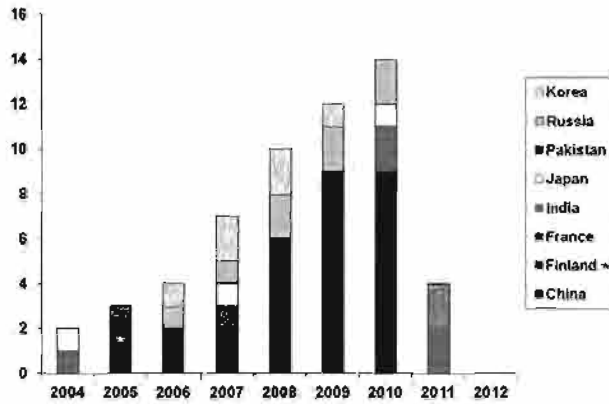
5 原子力投資への影響

5 - 1 新設

新しい原子炉の着工は、2010年が16基であったのに対して2011年はわずかに3基であった。また、原子力発電所は、ますます「独占」と「納税者負担の補助金」の象徴となっている。福島第一原発事故までの10年間、新規原子炉のほとんど全ては、市場が独占構造の諸国で着工されたものであった。フィンランドのオルキルオト原発3号機は唯一の例外だったが、それでさえも、長期買電契約（PPA）と政府融資保証があり、実際には市場の外にあった。また、欧州の公的債務危機および世界中の政府の債務増加により、こうした納税者負担による資金調達への過重な依存はもはや持続できなくなっている。

福島第一原発事故の前でも、競争の激しい電力市場の電力会社にとって、予算超過が常態化し、工期が長年に及ぶ中で新しい原子力発電所の資本コストは膨大な負担だった。原発事故後、資本コストはさらに増えるものと思われる。また、工期がさらに長期化する可能性もある。新原子炉計画も一因となって、先日フィッチ・レーティングスがサンティークーパー（サウスカロライナ州営電力会社）⁸⁶の格付けをAAからAA-⁸⁷に下げたことから明らかなように、金融コストも上がる可能性がある。

原子炉の新設着工数は2011年に激減した
新規は（準）独占市場においてのみ？



Source IAEA PRIS, New construction starts - <http://www.iaea.org/Public/comm>

*唯一の例外は、電力販売契約による保証のあるフィンランド

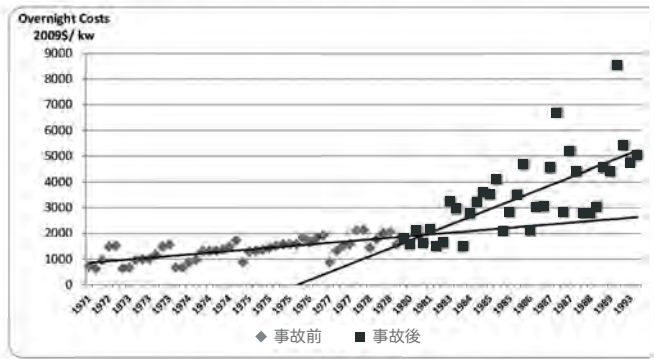
原子力メーカー、原子力発電事業者、規制機関が徹底的にリスクを軽視してきたことを投資家は理解し始めている。業界で最も広く用いられている原子炉事故リスクモデルはPSA（確率論的安全評価⁸⁸）である。一般的にPSAは炉心破壊の確率を1万分の1から10万分の1の確率で示す^{89,90}。実際の発生頻度を見ると確率はこれよりもはるかに高い。商用原子力発電所の運転開始以来、5機で炉心溶融が起きている（スリーマイル島原発で1基、チェルノブイリ原発で1基、福島第一原発で3基）。独立した原子力の専門家であるゴードン・トンプソン博士は、これら5基の炉心溶融をもとに、重要事故の実際の発生確率を、原子炉の稼働延べ2,900年毎に炉心溶融1回と見積もっている⁹¹。原子炉が平均300基稼働していると仮定して、原子力発電の運転開始以来、炉心溶融は平均して10年に一度発生してきたことになる。

5-2 既存の原子力発電所

稼働している原子炉の数は、2002年をピークとして、その後10年徐々に減っていたが、福島原発事故によって減少が加速したようである。ドイツとスイスは、原子力発電所の段階的廃止を決定した。ベルギーは、2011年末に2003年に可決・成立した脱原子力法を追認した。また、イタリアは、国民投票を行い94%の過半数賛成票を得て、原子力エネルギー反対の立場を確認した。日本（2012年5月5日国内の原子炉がすべて停止した）、その他の諸国でも原発の早期閉鎖および耐用年数の短縮の可能性が大幅に高まった。また、フランスでは原子力の今後についてこれまでにない議論が始まり、野党党首は、「2012年5月に行われる国政選挙に勝利したら原子力発電の割合を減らす」と公約し、当選を果たした。

原子力発電所の経済状態はスリーマイル島原発事故とチェルノブイリ原発事故以降悪化している。以下の分析から明らかのように、米国では1979年にスリーマイル島で部分的炉心溶融事故が起けると、一夜にして原子力発電所コストが大幅に上がり、最終的に原子力発電所の新設が事実上停止することとなった。

スリーマイル島原発事故は、米国の原子力発電所のコストに大きく影響した



Source: Mark Cooper, Vermont Law School: Nuclear safety and nuclear economics; December 2011

今後10年は経済にさらに大きい影響が出ることだろう。今回は、原子力発電所に対する自然エネルギーの圧力が増しているという点がスリーマイル島事故（1979年）やチェルノブイリ事故（1986年）の後との大きな違いであり、自然エネルギーは、ベースロードが原子力か非原子力かを問わず、発電所の利用率を押し下げている。また、主な原子力市場をもつ国の政府は巨額の赤字を抱え、これまでのように原子力部門に対する直接・間接的な大型補助金を正当化し、続けられる立場にはない。

フランスの電力会社EDF社（世界最大の原子力発電事業者）、ASN（フランスの原子力規制機関）、Cour des comptes（フランス会計院）で続けられている話し合いから原子力発電所の運営会社が予想する追加費用の程度が見えてくる。

* ASNがフランスの原子炉に新たに義務付ける安全性向上⁹²によって、100億ユーロ、あるいは原子炉一基あたり1億7000万ユーロ（約176億円）かかる⁹³とEDF社は見積もっている。ASNは既に、額は150億ユーロ（約1.6兆円）に近いと述べている⁹⁴。

* EDF社は、原子炉の耐用年数延長に要する費用は1基あたり総額6億8,000万ユーロ（約714億円）から8億6000万ユーロ（約900億円）の間⁹⁵、合計500億ユーロ（約5.25兆円）と見積もっている。EDF社には、2020年までに運転年数が40年となる原子炉が22基ある。

* フランス会計院⁹⁶は、フランスにある58の原子力発電所の廃炉に180億ユーロ（約1.9兆円）

（単価3億2,000万ユーロ（約336億円））かかると見積もり、EDF社に計算方法の見直しを求めている。興味深いことに、フェッセンハイム原発の即時閉鎖には、1000キロワットあたり5.7倍（2040年までに30億ユーロ（約3,150億円）⁹⁷）の費用がかかるとEDF社は考えている。また、EDF社は、ブレンリス原発の原子炉（70,000kW）で、廃炉費用が予想の20倍もかかるという驚くべき事態をも経験した⁹⁸。

また、フランス会計院は、使用済み核燃料と廃棄物については、仮に処理方法が見つかったとしてもその金額は予想を上回り、280億ユーロ（約2.94兆円）に達すると考えている⁹⁹。また、保守費用や担当者に対する訓練の必要性、保険費用の増加、緊急時対策/準備体制の強化、賠償制度の厳格化、その他様々な要因により、既存の原発は収益性の悪化が予想される。

これらの新しい現実のいくつかは、大手原子力発電会社の株価に反映され始めている。2011年、東京電力に続く日本の電力会社の株価は30~40%下がった¹⁰⁰。また、フランスのアレバ社¹⁰¹は44%、EDF¹⁰²は42%、スイスのBKW¹⁰³は52%下がった。リスクを分散しているRWE¹⁰⁴とE.ON^{105,106}では株の値下がりは今までのところそれぞれ39%と27%である。この下落はすべて、主要株価指数が軒並み上がっている時に起きている。

6 金融アナリストと投資家にとっての 3大マイナス材料

どのような投資家にとっても原子力発電所は不良資産となる可能性がある。株主資本の100倍を超える負債が生じる可能性があるのは原子力発電所のみである。2011年3月以前は世界第4位の電力会社だった東京電力は、既に時価総額の90%を失い¹⁰⁷、ジャンク級に格下げされ、公的支援がなければ破産していただろう。東京電力が被った経済的影響の実際の規模は判明さえしていない。（賠償費用、訴訟費用、除染費用、燃料費の高騰、予定されている閉鎖の負担、廃炉など）影響は全体で何百兆円にもなるだろう。東京電力は、実質国有化されることを目前に控え、いくつかの火力発電所をおそらく安値で売却せざるを得ない¹⁰⁸。

原子力発電会社に関連するリスクと早期警告を理解することはこれまで以上に重要になる。アナリストや投資家は「原子力安全」神話崩壊の結果を理解するだけでなく、各原発事業者の具体的な技術、ガバナンス、災害その他に対する脆弱性も詳しくモニターする必要がある。2012年、原子力部門の変革が従前よりはるかに速く進み、それによって原子力発電事業者の隠ぺいも多発するようになり、しかも独立した規制機関による監督がないとすれば、投資家にとってこれまで以上に悪材料となる。金融アナリストや投資家は、情報源の多様化を進め、規制機関の独立性を高め原子力に関連するリスク情報をさらに透明化することを政府に求めるべきだろう。

原子力発電の経済性は短期間で悪化している。既に弱体化している原子力の経済性は今後さらに悪化するだろう。その理由は次の通りである。

- 安全確保、緊急時防災、賠償責任、廃炉、規制の厳格化とそれに伴う費用の高騰
- 原発の段階的廃止の決定、早期廃炉、耐用年数延長の厳格化
- 自然エネルギーとの熾烈な競争、「ベースロード」という概念の崩壊、原子力の利用率低下
- 負債を抱えている政府からの補助金その他の支援の減少

新設費用は既に法外に高い。今では、完全に減価償却済みの、耐用年数を延長した原子力発電所のような頼みの収入源の収益性さえも圧力にさらされている。原子力技術会社にも大きな影響が出るものと予想される。原子力はバリューチェーンの始まりとされていたが、将来的には、むしろ終点として廃炉にするほうが経済により結果をもたらすだろう。

1. In 2010, cumulated installed capacity of wind turbines (193GW), small hydro (80GW, excluding large hydro) biomass and waste-to-energy plants (65GW), and solar power (43GW) reached 381GW, outpacing the installed nuclear capacity of 375GW prior to the Fukushima disaster. See in: Schneider M, Froggatt A, Thomas S (2011). The World Nuclear Industry Status Report 2010-2011: Nuclear Power in post-Fukushima World, Worldwatch Institute.
2. The atmospheric release of major radioelements is estimated to be from 10% to 40% of the quantity released by the Chernobyl accident.
The French IRSN estimated the atmospheric release to 2x10¹⁸ Bq for rare gas, 2x10¹⁷ Bq for the iodine's and 3x10¹⁶ Bq for the caesium's. "For a comparison, these values represent about 10% of the estimated releases during the Chernobyl accident for these elements". See: IRSN (2011). Information note of the 22 March 2011.
http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/impact-japon/Documents/IRSN_NI-Evaluation-radioactive-rejets_22032011.pdf
The Japanese NISA estimated that the total discharge amounts from the reactors of Fukushima Dai-ichi NPS were approximately 1.6x10¹⁷Bq for iodine 131 and approximately 1.5x10¹⁶Bq for caesium 137. See: Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety (2011a). The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations.
http://www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/iaea_houkokusho_e.html.
The Austrian ZAMG had results closer to 20%. See: ZAMG (2011). Unfall im japanischen Kernkraftwerk Fukushima. Press release 24 March 2011.
http://www.zamg.ac.at/aktuell/index.php?seite=1&artikel=ZAMG_2011-03-24GMT11:24.
3. Stohl A, Seibert P, Wotawa G, Arnold D, Burkhardt JF, Eckhardt S, Tapia C, Vargas A, Yasunari TJ (2011). Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition. Atmospheric Chemistry and Physics, doi:10.5194/acpd-11-28319-2011
<http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/11/28319/2011/acpd-11-28319-2011.html>.
4. Investigation Committee on the Accident at the Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company (2011). Interim Investigation Report, 26 December 2011 <http://icanps.go.jp>
5. Edano, Kyodo News (2011). Japan to cull livestock in no-go zone near Fukushima plant. 13 May 2011
6. Japan Center for Economic Research (JCER) (2011). Abstract The 38th Middle-Term Forecast, 2 December 2011, p.3. http://www.jcer.or.jp/eng/pdf/m38_abstract.pdf
7. Greenpeace International (2012a). Lessons from Fukushima.
<http://www.greenpeace.org/international/en/publications/Campaign-reports/Nuclear-reports/Lessons-from-Fukushima/>
8. Moody's Investors Service (2002).
http://www.moody.com/research/MOODY-SAYS-TEPCOS-MAINTENANCE-RECORD-PROBLEMS-UNLIKELY-TO-DEVELOP-INTO--PRM_20020905031004
9. Barclays Capital Equity Research (2010). Global Top Picks 2011.
10. Morgan Stanley Research (2010). Global Utilities Matrix.
11. Goldman Sachs (2010). Japan Morning Summary.
12. Van Gelder JW & Van Ojik A (2011). Financing of TEPCO. Profundo.
13. Tokyo Electric Power Company (2011). TEPCO Factbook 2011. Shareholder & Investor Group, Corporate Affairs Department.
14. Van Gelder JW & Van Ojik A (2011), op cit.
15. Tokyo Electric Power Corporation (TEPCO) (2011). TEPCO Stock Information. As of 30 September 2011 unless otherwise noted.
<http://www.tepco.co.jp/en/corpinfo/ir/stock/stock-e.html>
16. Follow TEPCO share prices here, for example:
<http://markets.ft.com/Research/Markets/Tearsheets/Summary?s=9501:TYO>
17. US Atomic Energy Commission (1972). Memorandum from Joseph M Hendrie to John F O'Leary, 25 September 1972, in: Greenpeace USA (2006). An American Chernobyl: Nuclear "Near Misses" at US Reactors since 1986.
<http://www.greenpeace.org/usa/Global/usa/report/2007/9/an-american-chernobyl-nuclear.pdf>
18. Nuclear Information and Resource Service (2011). General Electric Mark I reactors in the United States.
<http://www.nirs.org/reactorwatch/accidents/gemk1reactorsinus.pdf>
19. US Nuclear Regulatory Commission (1975). Reactor Safety Study - An Assessment of Accident Risks at US Power Plants, Executive Summary. <http://www.osti.gov/energycitations/servlets/purl/7134131-wKhXcG/>
20. McGraw-Hill (1986). Denton urges NRC to settle doubts about Mark I Containment. Inside NRC, Vol. 8 No. 12, 9 June 1986, p.1.
21. Gunter P (1996). Hazards Of Boiling Water Reactors In The United States. Nuclear Information and Resource Service (NIRS). An updated version of the original factsheet is available at:
<http://www.nirs.org/factsheets/bwrfact.htm>
22. Hirsch H, Becker O, Schneider M & Froggatt A (2005). Nuclear Reactor Hazards: ongoing dangers of operating nuclear reactors. Report for Greenpeace International.
<http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/nuclearreactorhazards/>
23. Lochbaum D (2010a). Interim Storage of Power Reactor Spent Fuel. Union of Concerned Scientists.
http://www.ucsusa.org/assets/documents/nuclear_power/20100819-ucs-brc-interim-storage.pdf
24. Tokyo Electric Power Corporation (TEPCO) (2010). Board directors, auditors and executive directors. Corporate website.
<http://www.tepco.co.jp/en/corpinfo/ir/tool/annual/pdf/2010/ar201016-e.pdf>
25. Kamisawa C & Fujino S (2002). Revelation of Endless N-damage Cover-ups: the "TEPCO scandal" and the adverse trend of easing inspection standards. Nuke Info Tokyo, Citizens Nuclear Information Centre, Nov./Dec 2002, No. 92.
CNN (2002). Heavy Fallout From Japan Nuclear Scandal, 2 September
26. Takemoto K (2003). Looking Back Over the Year of TEPCO's Cover-up Defects. Nuke Info Tokyo, Citizens Nuclear Information Centre, Sep./Oct 2003, No. 97.
27. Japan Times (2002). TEPCO cover-up may have involved reactor's last defence against radiation leak. 4 October.
28. McGraw-Hill (2004). Nucleonics Week, Issues 2 and 48. Newsletter.

29. Reuters (2011a). Japan's nuclear power operator has checkered past. 12 March.
<http://www.reuters.com/article/2011/03/12/us-japan-nuclear-operator-idUSTRE72B1B420110312>
30. Fackler M (2007). Japan nuclear-site damage worse than reported. *New York Times*, 19 July.
http://www.nytimes.com/2007/07/19/world/asia/19japan.html?_r=1&scp=1&sq=
31. World Nuclear News (2007). Profits shaken at TEPCO. 31 July 2007.
<http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=13798&LangType=2057>
32. Associated Press (2007). Leak at Japan nuke plant blamed on failure to follow operating manual, top official says. 20 July 2007.
http://bostonherald.com/news/regional/view/Leak_at_Japan_nuke_plant_blamed_on_failure_to_follow_operating_manual_top_official_says
33. Reuters (2011b). Special Report: Japan engineers knew tsunami could overrun plant. 29 March 2011.
<http://www.reuters.com/article/2011/03/29/us-japan-nuclear-risks-idUSTRE72S2UA20110329>
34. Reuters (2011c). Special report: Fukushima long ranked most hazardous plant. 26 July 2011.
35. See for example Moody's Investor Service (2002), *op cit*.
Shibata H (2009). Tokyo Electric Power Co. Inc. S&P Credit Research.
36. The Yomiuri Shimbun (2012). NSC head says system flawed. Nuclear risks ignored, government regulations lax, Diet inquiry told. 17 February. <http://www.yomiuri.co.jp/dy/national/T120216005656.htm>
37. Kan, The Japan Times (2012). Nuke crisis caused by Japan, not by quake. 19 February.
<http://www.japantimes.co.jp/text/nn20120219a2.html>
38. Reuters (2012a). Nuclear crisis turns Japan ex-PM Kan into energy apostle. 17 February 2012.
<http://www.reuters.com/article/2012/02/17/us-japan-kan-idUSTRE81G08P20120217>
39. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) (2011). Active Fault and Earthquake Research Center (AFER) Study on the 869 Jogan earthquake tsunami.
http://unit.aist.go.jp/actfault-eq/Tohoku/jogan_tsunami_e.html
40. The Daily Yomiuri (2011a). TEPCO Ignored Tsunami Warnings for Years. 17 April
The Daily Yomiuri (2011b). Government, TEPCO Brushed Off Warnings From All Sides. 12 June.
41. Reuters (2011b), *op cit*.
42. The Daily Yomiuri (2011c). Nuclear crisis: How it happened. 12 June.
<http://www.yomiuri.co.jp/dy/national/T110611002697.htm>
43. The Mainichi Daily News (2012). Tsunami that hit around Fukushima nuke plant was 21 meters high: researchers. 19 March. <http://mdn.mainichi.jp/mdnnews/news/20120319p2a00m0na014000c.html>
44. Report of the Japanese government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety (2011b). The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations.
http://www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/pdf/chapter_iv_all.pdf
45. The Swiss Federal Administrative Court revoked the license of the Mühleberg NPP on 7 March 2012. According to this decision, Mühleberg has to shut down by June 2013. The operator BKW can appeal to this decision. See: Bundesverwaltungsgericht Schweiz (2012). KKW Mühleberg: Betrieb bis Mitte 2013 befristet, 7 March 2012.
http://www.bvger.ch/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCDdXt8e2ym162epYbg2c_JjKbnoKSn6A--
46. BKW FMB Energie AG (2006). Das Kernkraftwerk Mühleberg.
http://www.bkw-fmb.ch/etc/ml/repository/3_0_Ueber_uns/publikationen/downloads/das_kernkraftwerk.File.pdf
47. IAEA (2009). Reactors in Operation, 31 December 2009
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CNPP2010_CD/pages/AnnexII/tables/table2.htm
48. Bethge P & Knauer S (2006). How close did Sweden come to disaster? *Spiegel*, 8 July.
<http://www.spiegel.de/international/spiegel/0,1518,430458,00.html>
49. Lochbaum D (2010). The NRC and Nuclear Plant Safety in 2010: A Bright Spotlight Needed, Union of Concerned Scientists.
http://www.ucsusa.org/assets/documents/nuclear_power/nrc-2010-full-report.pdf
50. IAEA Power Reactor Information System. Accessed 3 April 2012.
<http://pris.iaea.org/public/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU>
51. A positive void coefficient means that the loss of coolant can lead to acceleration of the nuclear reaction, a factor that contributed significantly to the Chernobyl accident.
52. Hirsch H, Becker O, Schneider M & Froggatt A (2005), *op cit*.
53. This section is based on Hirsch H, Becker O, Schneider M & Froggatt A (2005), *op cit*.
54. International Atomic Energy Agency (IAEA). The Power Reactor Information System (PRIS) database. Accessed 8 March 2012. <http://www.iaea.org/programmes/a2/>.
55. US Nuclear Regulatory Commission (2011). NRC blog: Under the magnifying glass: David Besse's reactor vessel head replacement.
<http://public-blog.nrc-gateway.gov/2011/10/03/under-the-magnifying-glass-davis-besse%E2%80%99s-reactor-vessel-head-replacement/>
56. IAEA Nuclear Energy Series (2011). Stress Corrosion Cracking in Light Water Reactors: Good Practices and Lessons Learned. Vienna.
http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1522_web.pdf
57. FirstEnergy share price information:
<http://investors.firstenergycorp.com/phoenix.zhtml?c=102230&p=irol-stockquote>
58. HSBC (2011). Climate Investment Update on Japan crisis, March 18.
<http://www.research.hsbc.com/midas/Res/RDV?ao=20&key=4wVf4k0yKe&n=293732.PDF>
59. UBS Investment Research (2011). Q-Series: Global Nuclear Power, 4 April.
http://www.mp.se/files/242400-242499/file_242471.pdf

60. Thomas S (2010). *The EPR in Crisis*, University of Greenwich.
61. V Bechtolsheim M, Kruse M & Junker J (2010). *Nuclear New Build Unveiled: Managing the Complexity Challenge*, Arthur D Little. http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/ADL_Nuclear_New_Build_Unveiled.pdf
62. <http://www.areva.com/EN/operations-2389/finland--olkiluoto-3.html>
<http://www.areva.com/EN/operations-2397/france-flamanville-3.html>
63. Inspection n° INS-2010-EDFFA3-0003.
64. Inspection n° INSSN-CAE-2011-0666
65. <http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Actualites/2011/Couvercle-destine-a-la-cuve-de-l-EPR-de-Flamanville>
66. See, as an example: Nieminen T (2010). Concrete coverups and others at nuclear construction site, Helsingin Sanomat, 31 January. <http://www.hs.fi/english/article/Concrete+coverups+and+others+at+nuclear+construction+site/1135252583331>
67. The Independent (2011). Report raises concerns over safety of nuclear plants. 10 September. <http://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/report-raises-concerns-over-safety-of-nuclear-plants-2352222.html>
68. Fitch ratings reports on TVO <http://www.tvo.fi/www/page/3071/>
69. Greenpeace International (2012b). *The EPR nuclear reactor*. <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/Campaign-reports/Nuclear-reports/EPR-Nuclear-Reactor-2012/>
70. Findlay T (2010). *The Future of Nuclear Energy to 2030 And Its Implications For Safety, Security And Nonproliferation. Part 2 - Nuclear Safety*. http://www2.carleton.ca/cctc/ccms/wp-content/ccms-files/nef_part2.pdf
71. Rosatom (2012). Jukka laarsonen gets a position at Rosatom Overseas, Press Service, 2 February. <http://www.rosatom.ru/wps/wcm/connect/rosatom/rosatomsite.eng/presscentre/news/f7a675004a040754ab04ef03099b7a0a>
72. Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, <http://www.fanc.fgov.be>
73. http://www.bnsorg.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=147:willy-deroovere&catid=37:interviews&Itemid=109Document7
74. Example for promotional activities: http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/hirek_hu/C2C3132831402411C1257961002F1BA3?OpenDocument
75. References to the revolving door syndrome in the nuclear sector in South Africa include: Fig D (2010). *Nuclear energy rethink? The rise and demise of South Africa's Pebble Bed Modular Reactor*. Pretoria: Institute for Security Studies, p. 24-5; Faull L (2011). *Government nuke boss goes private*, Mail & Guardian, 9 December.
76. Maurice Magugumela. He was eventually ousted as CEO for financial impropriety.
77. South Africa, National Nuclear Regulator (NNR) (2008). *Annual Report 2007/8*. Pretoria: NNR, p. 4; In South Africa, NNR (2009). *Annual Report 2008/9*. Pretoria: NNR, pp. 62, 91, it is possible to calculate that 77% of the NNR's budget comes from licensing fees.
78. For more on the South African situation please see Fig D (2012). *South Africa: Not another Fukushima*, Report for Greenpeace Africa. <http://www.greenpeace.org/africa/en/News/news/Lessons-From-Fukushima/>
79. Shimkus J (2011). *Investigation of Aging US Nuclear Power Plants reveals some scary truths*, 23 June. Energy Digital. <http://oilprice.com/Alternative-Energy/Nuclear-Power/Investigation-Of-Aging-U.S.-Nuclear-Power-Plants-Reveals-Some-Scary-Truths.html>
80. *Fukushima Fallout. Regulatory Loopholes at U.S. Nuclear Plants*. Prepared by the Staff of Congressman Edward J. Markey (D-MA). May 2011.
81. Greenpeace Czech Republic (2002). *The present scandals in the Japanese nuclear industry resemble the secret repair in Temelin*. http://archiv.greenpeace.cz/temelin/eng/press_releases/20021011.html
82. Gopalakrishnan A (1999). *Issues of nuclear safety*. Frontline. 16 (6), 1999. <http://www.hindu.com/fline/fl1606/16060820.htm>
83. Wall Street Journal (2011). *Scores of Reactors in Quake Zones*. March 19 <http://on.wsj.com/e4OSRA>
84. US Nuclear Regulatory Commission (2010). *Safety/Risk Assessment Results for Generic Issue 199, Implications of Updated Probabilistic Seismic Hazard Estimates in Central and Eastern United States on Existing Plants*. 2 September 2010. MEMORANDUM. The appendix containing plant-by-plant data was obtained by MSNBC; available at: <http://msnbcmedia.msn.com/i/msnbc/Sections/NEWS/quake%20nrc%20risk%20estimates.pdf>
85. Seismic hazard shape-files created by Mike Meuser; see: <http://www.mapcruzin.com/nuclear-power-plant-earthquake-shapefiles/>
86. Santee Cooper is South Carolina's state-owned utility involved in building to new nuclear units at the VC Summer nuclear power station in the US.
87. Platts (2012a). *Plan for new reactors factor in Fitch's downgrade of Santee Cooper*, Nuclear News Flashes, 10 January.
88. PSA (probabilistic safety assessment) and PRA (probabilistic risk assessment) are used interchangeably for nuclear reactors. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2001). *Safety Assessment and Verification for Nuclear Power Plants*, Safety Guide.
89. International Atomic Energy Agency (IASA) (2010). *Development and application of level 1 probabilistic safety assessment for nuclear power plants*.
90. Maloney S (2011). *Assessing nuclear risk in the aftermath of Fukushima*. <http://www.risk.net/energy-risk/feature/2086815/assessing-nuclear-risk-aftermath-fukushima/page/2>
91. 14,500 reactor years divided by 5 core-melt = one core-melt in 2,900 reactor years. See: Thompson G (2011). *New and Significant Information from the Fukushima Daiichi Accident in the Context of Future Operation of the Pilgrim Nuclear Power Plant*, Institute for Resource and Security Studies. Commissioned by the Office of the Attorney General, Commonwealth of Massachusetts.
92. Autorite de Surete Nucleaire (2011). *Complementary Safety Assessments of the French Nuclear Power Plants*. <http://www.asn.fr/index.php/English-version/Complementary-safety-assessments/ASN-report>
93. Reuters (2012b). *EDF pegs French reactors upgrade at around €10bn*. 3 January <http://www.reuters.com/article/2012/01/03/nuclear-edf-idUSWEA701020120103>

-
94. Madelin T & Cossardeaux J (2012). EDF va devoir injecter de 10 à 15 milliards d'euros pour adapter ses centrales après Fukushima, Les Echos, 4 January.
<http://www.lesechos.fr/entreprises-secteurs/energie-environnement/actu/0201823040119-edf-va-devoir-injecter-de-10-a-15-milliards-d-euros-pour-adapter-ses-centrales-apres-fukushima-270744.php>
 95. Platts (2012b). French nuclear lifespan extensions to cost €680 - 860 per reactor. 31 January.
<http://www.platts.com/RSSFeedDetailedNews/RSSFeed/ElectricPower/8871639>
 96. Cour des comptes (2012). Les couts de la filieres electronuclaire, Rapport public thematique.
http://www.ccomptes.fr/fr/CC/documents/RPT/Rapport_thematique_filiere_electronucleaire.pdf
 97. Reuters (2012c). Extending French reactors would cost least. 30 January
<http://www.reuters.com/article/2012/01/30/france-nuclear-report-idUSL5E8CU3WC20120130>
 98. Wuppertal Institute für Klima, Umwelt, Energie (2007). Comparison naming different decommissioning funds methodologies for nuclear installations. Country report France on the behalf of the European Commission Directorate-General Energy and Transport.
 99. Cour des Comptes (2012), op cit.
 100. Example: Kansai Electric Power Company: <http://www.bloomberg.com/quote/9503:JP>
 101. <http://www.aveva.com/EN/finance-424/share-price-of-the-world-leader-in-the-nuclear-industry-and-major-player-in-renewables.html>
 102. <http://shareholders-and-investors.edf.com/edf-share/edf-share-price/interactive-chart-42684.html>
 103. http://www.bkw-fmb.ch/bkwfmb/en/home/ueber_uns/investor_relations/aktie/charts.html
 104. <http://www.rwe.com/web/cms/en/109536/rwe/investor-relations/shares/share-prices/>
 105. <http://www.eon.com/en/investors/968.jsp>
 106. E.ON made more money on its renewable energy generation fleet in Q1-Q3, 2011 than the fossil and nuclear plants together.
 107. Tepco's share price was 2153 Yen on 10 March 2011 and 173 Yen on 6 January 2012.
<http://markets.ft.com/Research/Markets/Tearsheets/Summary?s=9501:TYO>
 108. Toyoda C (2011). TEPCO head plans to sell thermal power plants. Daily Yomiuri, 9 December.
<http://www.yomiuri.co.jp/dy/business/T111208005705.htm>

グリーンピースは、1971年に設立された国際環境NGOです。
オランダに本部を置き、日本を含めた世界40か国以上の国と地域に事務所があります。
環境保護を願う市民の立場で利害関係に左右されない活動をするため、政府や企業から
資金援助を受けず、世界280万人、日本5000人の個人会員の寄付で支えられています。

発行者／連絡先：

国際環境NGOグリーンピース・ジャパン
東京都新宿区西新宿8-13-11 NFビル2F
Tel. 03-5338-9800 Fax. 03-5338-9817
www.greenpeace.org/japan

enquiries@greenpeace.org
Greenpeace International
Ottho Heldringstraat 5
1066 AZ Amsterdam
The Netherlands
Tel. +31 20 7182000
www.greenpeace.org