

大規模損害事故トップ100 1974-2015年

ハイドロカーボン産業における大規模財物損害
第24版





目次

- 3 序文
- 4 原油価格の影響
- 6 事業中断による損害
- 8 新たに認定された損害:2014年3月以降
- 10 アップストリーム、製油所、石油化学が財物損害額の大半を占める
- 16 製油所
- 25 石油化学
- 30 ガス処理
- 32 ターミナルおよび輸送
- 34 アップストリーム
- 39 マーシュについて
- 40 参考文献

序文

アイスランドで噴火が起きた後の2010年4月21日、米国ヒューストンの空港を飛び立った私は、メキシコ湾の石油掘削リグでの火災事故のニュースを耳にしました。これが歴史上最悪の暴噴による沖合油田の流出事故となる石油掘削施設「ディープウォーター・ホライズン」のマコンド坑井の事故だったことを、当時は知る由もありませんでした。同事故では作業員11人が死亡し、17人が負傷しました。同事故は人命と金銭、評判のいずれの面でも回避可能な悲劇でした。ハイドロカーボン産業で発生した大規模損害に関するマーシュ独自の価値ある最新報告書である本書でも、特にこうした点を取り上げています。

帰国した私は、次々に明らかとなる安全と環境災害に関する惨事の背後にある工学的要因について、メディアでの解説に追われることとなりました。その後、英国の沖合油田と海洋ガスに関する規制制度の見直しで、私はメキシコ湾での事故の根本原因とプロセス管理から得られる教訓の理解に努めました。その中で、あらゆるインシデント（事故のみならず、ニアミスや不測の事態）から教訓を得るためにプロセスを改善させる余地はまだ大いに残されており、そのことを世界中の産業界に明確に伝える必要があることに気付いたことは重要な発見のひとつでした。

マーシュの「大規模損害事故トップ100」は、重要な産業における主要なインシデントの記録としてのみならず、企業や規制当局および研究者が過去の過ちからの教訓を生かして一段と堅固で信頼できるプロセス安全管理（PSM）システムを構築することを支援するツールとして定着しています。同じような根本的原因が各部門における事故の根底にあるにもかかわらず、本報告書に掲載されている悲惨な事故では過去の教訓が十分に生かされていない場合もあり、徹底した研究が必要です。

マーシュの「大規模損害事故トップ100」第24版に掲載されている事故はどれも気持ちを暗くさせるものばかりですが、同時にプロセス工学部門に携わる全ての人々に、あらゆるインシデントから学ぶ必要性を想起させます。適切な安全手順を備え、それが完全かつ専門的に維持・実行されるためには、経営陣からプロセスオペレーターに至るまで全ての人々が役割を担っています。

英国化学工学会（IChemE）が工業界におけるプロセス安全意識とトレーニングという極めて重要な役割に熱心に取り組んでいる理由もここにあるのです。IChemEはグローバル・セーフティ・センターを通じて、最高水準の安全性を認定して最良の事例を広く紹介し、学んだ教訓を伝える役割を果たそうとしています。プロセスの安全が常に改善されるよう、同センターは米国テキサス州のメアリー・ケイ・オコーナー・センターのような機関と協力しています。

第24版に記されている金銭的損害は大きいものの、人的損害は当然ながらこれを大きく上回り、替えも利かないものです。本序文を執筆させていただき、読者の皆様に本報告書を届けることを光栄に思う一方で、われわれが過去の過ちから真に学ぶ方法を学び、プロセス災害が過去のものとなり、本報告書の最新版を発行しないで済む日が訪れることを願うのが正直な気持ちです。全てはわれわれの手の中にあります。

自ら、そして自身が属する機関でまだ明らかになっていないリスクの特定や安全管理のためになすべきことを発見するために本報告書をご活用ください。皆様にとっても本報告書に記載されている教訓と知恵がプロセス安全管理の上で有益なものとなることを願う次第です。



ジェフリー・メイトランド
インペリアル・カレッジ・ロンドン
エネルギー工学教授

英国化学工学会 前会長
王立工学アカデミー・フェロー
チャータード・エンジニア
英国化学工学会フェロー

原油価格の影響

原油価格は過去20カ月間で約70%下落しました。原油価格の大幅な（2014年6月の115米ドルからの）下落は世界の石油・ガス業界に重大な影響を与え、世界中の業界関係者の戦略的意思決定に大きな変化をもたらしました。中国などの景気減速を背景に原油需要が予想を下回っていること相まって、従業員数の大幅な削減のほか、大規模なプロジェクトの延期、場合によっては中断という結果を招いています。たとえば、米労働統計局によれば、石油・天然ガス生産に従事する労働者は2014年10月から2015年11月までに米国だけで8万7000人が削減され、ピーク時の53万8000人から44万人に減少しています。同セグメントでは、わずか13カ月間に労働者の18.2%が削減されています。

プロセス安全とロスコントロールの観点から、石油・天然ガス生産の利益の減少と需要の落ち込みが、リスク管理への投資の先細りにつながらないか心配です。メンテナンスと検査に十分な資金が回らない結果、資産の健全性が損なわれることになる懸念があります。

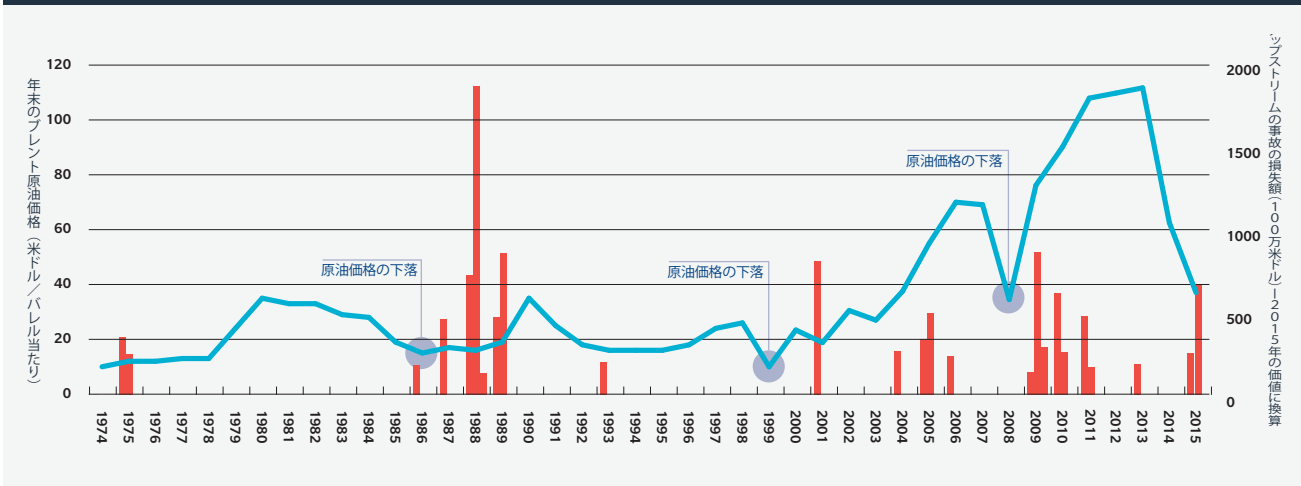
もちろん、石油業界が原油価格の大幅な値動きに直面したのは今回が初めてではありません。過去の原油価格の推移と重大な事故の発生傾向の対比から多くの情報が読み取れます（図1を参照）。

コスト削減により事故は増えるか？

原油価格は1980年から1986年にも大きく下落し、ブレント原油は1バレル当たり35米ドルから15米ドルに値下がりしました。1990年代後半に原油価格は再び下落し、1バレル当たり10米ドルを下回る水準に落ち込んでいます。2008年にはバレル当たり100米ドル超の水準から32米ドルに下落しました。

「大規模損害事故トップ100」におけるアップストリーム（探査・生産）での事故の分布に目を向けると、1986年から1988年にかけて頻繁に発生し、2008年から2010年には損失額の大きい事故が起きていることが分かります。いずれも、原油価格が急落時あるいは直後に発生しています。

図1 原油価格とアップストリームの事故の年別対比 1974-2015年
出典:マーシュ・リサーチ



相関関係があってもそれが事故の原因というわけではありません。2つの変数の間に何らかの関係があったとしても、両者に直接的なつながりがあるわけではありません。あらゆる重大な事故の原因はハードウェアシステムやマネジメントシステム、人的エラー、緊急時の対応などの誤り、失敗が、独りか複数に相互作用した結果であることに留意することも重要です。

コスト節減のイニシアチブ

1990年代前半、原油価格が下落したことを受け、石油と天然ガスの生産コストを節減するためのイニシアチブが考案されました。イニシアチブでは、検査とメンテナンスの作業を優先的に行うためのリスクに基づく評価作業と、ニーズ評価を基にした人員削減を必要としました。こうした方法は成熟油田の操業維持と利益がほとんど出ていなかった油田を経営上可能なものとする上で極めて有効でした。

ただ、石油生産による利益が大きく変化すると同時に、安全対策と教育訓練への投資も縮小しました。今日、こうした投資の縮小によって重要な事故防止対策で妥協が生まれ、大規模事故のリスクが高まる結果になっているとの懸念が広がっています。

過去からの教訓

今日の原油価格の新たなパラダイムの下で、業界は過去の教訓から学びながらさらなる下落に歯止めをかけるための最適なコスト削減策を慎重に実施することが重要です。

この中には、安全に対する支出の変更によって重大な事故が発生するリスクを効果的に軽減するよう、リスクアセスメントの結果に基づいて判断を下すことも含まれます。たとえば、

人員削減によって大幅な組織変更が生じたら、リスクアセスメントを含む変更管理のアセスメントを組織的に実施すべきです。そうすることにより、従業員の削減に伴う知識、経験の喪失によって生じるリスクを抑えることが可能となります。

このような場合、重要な検査やメンテナンスが引き続き予定通りに実施されることも重要です。このため、経営幹部はメンテナンスと検査の実施実績に関する主要成果指標 (KPI) についての報告を定期的に受ける必要があります。プロセス安全を維持する上で必要な主要課題を明確にするためにも、適切な指標を選択し、その実態を確認しなくてはなりません。

こうした手法が実施されれば、コスト削減のイニシアチブは今日の経費節減が単に将来的な負担となることなく、長期的な価値と効果をもたらすことができます。

ニューノーマルへの適応

原油価格は当面、低水準にとどまるとみる向きが大勢を占めています。石油企業によるコスト削減策は十分に検討された上で実施されることが重要となります。組織における過度の削減は安全に重大な影響を及ぼす恐れがあり、最終的に事故対応にかかるコストが削減による費用効果を上回る場合があります。

事業中断による損害

本報告書の後半に記されている財物損害額は免責額も含む保険損害全額です。これは、施設の修理や建て直しに加え、損害発生前の原状回復にかかる費用の総額に相当します。ただ、エネルギー業界における重大な損害に伴う保険金請求総額は、施設の操業停止に伴う営業上の損失に対する補償が大部分を占める場合が多くなっています。

この結果、エネルギー産業の主要な事業者は重大な事故によって主な収入源が途絶した場合にも事業を継続できるよう、通常、利益(BI)保険を購入しています。

利益損失の規模は、被害によって施設の操業が停止した期間に応じて生じる営業上の損失によって変化します。そのため、操業再開までの期間の市況について保険会社と被保険者が合意する必要があるため、利益、損失の算定は複雑なものとなります。

このような複雑さとデータの秘密保持性を考えると、損失と保険金請求額に関する詳細な情報を入手することは極めて困難です。情報が公開されれば、競合他社によって分析され、損害を計上している施設の採算性を確認するために利用されることで被保険者の競争上の優位性が失われる恐れがあるため、通常は公表されません。

BI保険の保険金請求額は、購入した保険の補償範囲や免責期間、市場の状況にも大きく左右されます。事業主はリスク選好度、つまり、保険を必要とする前に自ら耐える損失の大きさに基づいてBI保険の規模を決定しています。

通常、エネルギー業界における利益損失に対して支払われるBI保険金は、財物損害額の2倍あるいは3倍、場合によってはもっと大きい場合もあります。たとえば、製油所や化学プラントの利益に大きく貢献しているプロセス装置は、操業の持続性を(コンプレッサーや高圧ポンプなどといった)単一の代替がない機器に依存しており、こうした機器が失われれば事業の利益性に不均衡な影響が及びます。

通常、エネルギー業界における利益損失に対して支払われるBI保険金は、財物損害額の2倍あるいは3倍、場合によってはもっと大きい場合もあります。

機械の破損による損害額は数百万ドルに達する可能性があります。しかし、代替りの機械が手配、納入されるまでの一定期間にわたって施設全体が操業停止あるいは減産を余儀なくされる事態となることもあります。こうした事例から分かるように、比較的小規模な機械の破損に関する保険請求でも相当な事業中断損失額を招くことがあります。

そのため、検査やメンテナンスでプラントや機械の重要な個所や予備部品を確認する際には、機械の故障によって生じる事業損失を考慮に入れることが重要です。

BI保険の請求額について入手できる情報が限られていること、また情報を完全には把握していないことも勘案した上で、以下に大規模なBI保険の請求につながったエネルギー業界における事故の事例を挙げます。

図2 大規模損害事故トップ100における事業中断損失額の例
出典:マーシュ・リサーチ

事故発生日	プラント種類	事故種類	場所	国	事業中断損失額 (100万米ドル) 注1
2008年 6月3日	輸送	爆発	バラヌス島	オーストラリア	1,500
2005年 1月4日	製油所	爆発	フォートマク マレー	カナダ	870
1996年 7月26日	ガス処理	爆発	カクタス、 レフォルマ	メキシコ	750
1989年 10月23日	石油化学	爆発	テキサス州 バサデナ	米国	680
2011年 1月6日	製油所	爆発	フォート・マッケイ	カナダ	620
2011年 2月4日	アップストリーム	荒天	北海	英国	500
2001年 8月14日	製油所	火災	イリノイ州 ルモント	米国	330
1987年 11月14日	石油化学	爆発	テキサス州 パンパ	米国	300
1999年 3月25日	製油所	爆発	カリフォルニア州 リッチモンド	米国	240

注

- 1 被害額は事故発生時の金銭的損失を当時の換算レートに基づき米ドルに換算して示している。

そのため、検査やメンテナンスでプラントや機械の重要な個所や予備部品を確認する際には、機械の故障によって生じる事業損失を考慮に入れることが重要です。

新たに認定された損害：2014年3月以降

「大規模損害事故トップ100」の第23版の発行以降にハイドロカーボン産業で発生した大規模事故のうち、新たにトップ100入りしたものは以下の通りです。これらの損害に関する詳細は本報告書の他のセクションで考察しています。

図3 大規模損害事故 2014-2015年
出典：マーシュ・リサーチ

事故発生日	プラント種類	事故種類	場所	国	財物損失額(100万米ドル)
2015年2月11日	アップストリーム	爆発	カマルビン油田	ブラジル	250
2015年4月1日	アップストリーム	火災	カンペチエ湾	メキシコ	>1,000
2015年8月13日	石油化学	爆発	リトヴィーノフ	チェコ共和国	177

自然災害の集積

深刻な自然災害の頻度と規模は拡大していると思われていますが、過去2年間にエネルギー業界での重大な損害につながった災害は限られていました。

2015年後半にカスピ海の沖合石油掘削施設で発生した大規模な火災では、30人が死亡したとの発表がありました。悪天候によるガスパイプラインの破損が火災の原因でした。この火災による財物損害の推計額は入手できていません。

日本では2014年に発生した地震でエチレン工場が火災に見舞われ、全ての製造設備の操業が停止しました。火災は発生から2時間以内に鎮火され、周囲への延焼はなかったとのことです。

図4 「大規模損害事故トップ100」 年別分布
出典：マーシュ・リサーチ

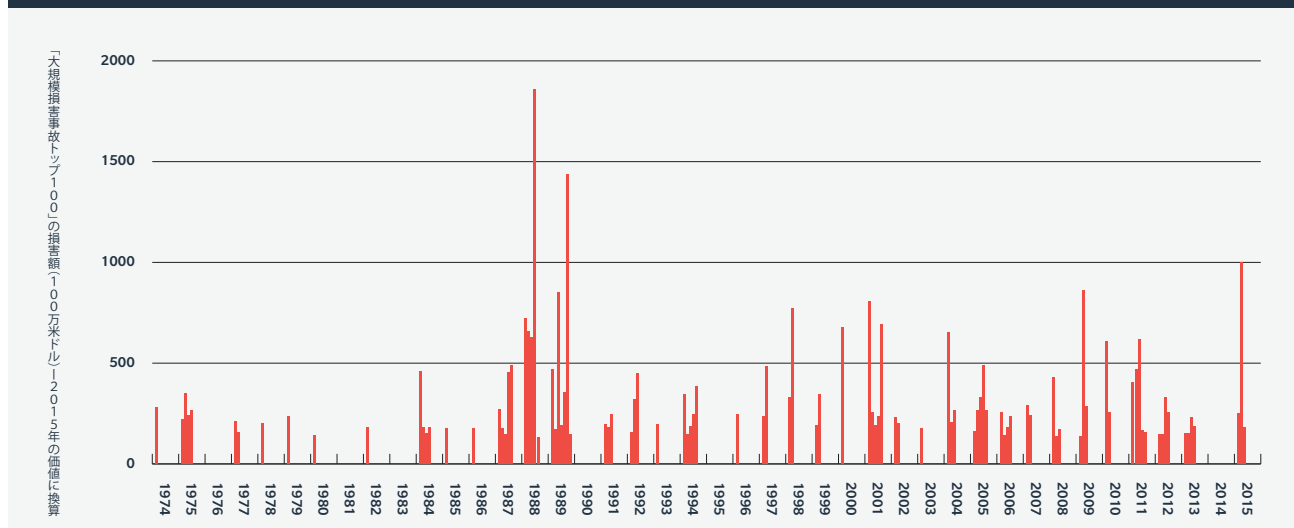


図5 大規模損害事故トップ20 1974-2015年
出典:マーシュ・リサーチ

事故発生日	プラント種類	事故種類	場所	国	財物損失額(100万米ドル)
1988年 7月6日	アップストリーム	爆発	北海	英国	1,860
1989年 10月23日	石油化学	爆発	テキサス州 バサデナ	米国	1,440
2015年 4月1日	アップストリーム	火災	カンパチエ湾	メキシコ	>1,000
2009年 6月4日	アップストリーム	衝突	北海	ノルウェー	860
1989年 3月19日	アップストリーム	爆発	メキシコ湾	米国	850
2001年 3月15日	アップストリーム	爆発	カンボス盆地	ブラジル	810
1998年 9月25日	ガス処理	爆発	ビクトリア州 ロングフォード	オーストラリア	770
1988年 4月24日	アップストリーム	暴噴	カンボス盆地	ブラジル	720
2001年 9月21日	石油化学	爆発	トゥールーズ	フランス	690
2000年 6月25日	製油所	爆発	ミナアルアマディ	クウェート	680
1988年 5月4日	石油化学	爆発	ネバダ州 ヘンダーソン	米国	660
2004年 1月19日	ガス処理	爆発	スキクダ	アルジェリア	650
1988年 5月5日	製油所	爆発	ルイジアナ州 ノルコ	米国	630
2011年 3月11日	製油所	地震/火災	仙台	日本	620
2010年 4月21日	アップストリーム	爆発	メキシコ湾	米国	610
2005年 7月27日	アップストリーム	爆発	ムンバイ・ハイ ノース油田	インド	490
1987年 11月14日	石油化学	爆発	テキサス州 バンパ	米国	490
1997年 12月25日	ガス処理	爆発	サラワク州 ピンツル	マレーシア	480
2011年 2月4日	アップストリーム	荒天	北海	英国	470
1989年 1月20日	アップストリーム	暴噴	北海	ノルウェー	470

深刻な自然災害の頻度と規模は拡大していると思われていますが、過去2年間にエネルギー業界での重大な損害につながった災害は限られていました。

注

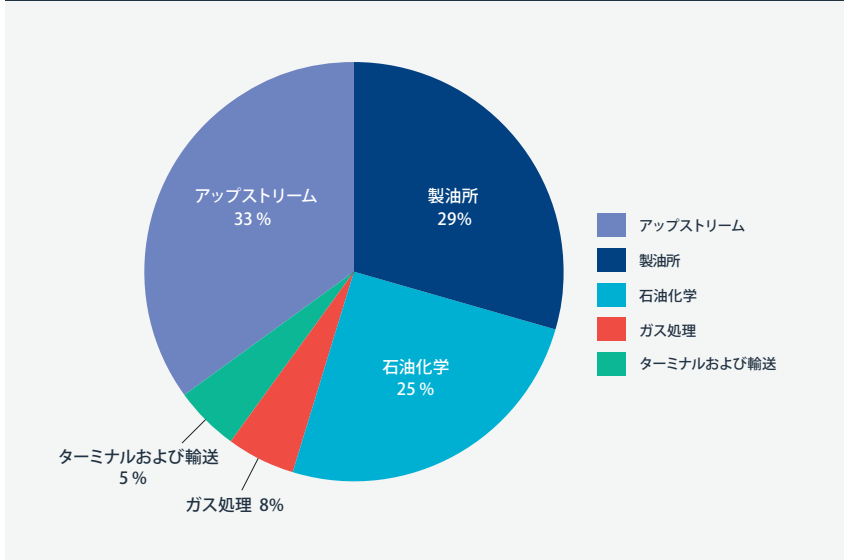
- 1 2015年12月の価値に換算した損害額は保険財物損害のみ。

アップストリーム、製油所、石油化学が財物損害額の大半を占める

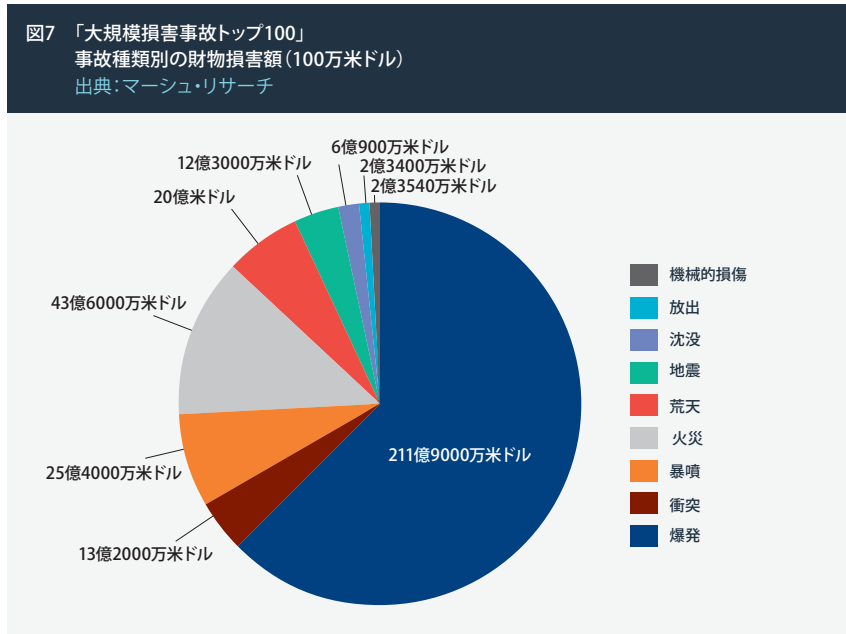
2015年の財物損害額に基づく、本報告書に記載されている「大規模損害事故トップ100」の損害総額は330億米ドルを上回ります。図6に示されている通り、財物損害額に占める割合はアップストリームと製油所部門が大きく、石油化学部門が僅差で続いています。ガス処理とターミナルおよび輸送部門が全体に占める割合はわずかです。こうした部門は個々の資産価値が小さいため、事業において大規模損害が発生する可能性も低くなっています。

ガス処理とターミナルおよび輸送部門が全体に占める割合はわずかです。

図6 「大規模損害事故トップ100」
部門別の損害比率
出典：マーシュ・リサーチ



損害の約3分の2は爆発が原因



エネルギー業界における損害の原因は、爆発が群を抜いて多くなっています(図7参照)。爆発は、軽質ハイドロカーボンが漏えいして混雑したエリアや密閉された空間で雲のように拡散したのちに着火爆発する蒸気雲爆発(VCE)です。こうした爆発は、製造プラントや機器に相当の物理的損害をもたらすに十分な威力がある衝撃波を生みます。硝酸アンモニウムのように混合するとトリニトロトルエンのような爆発を起こす恐れがある固体状物質など、濃密相が爆発する事例もあります。

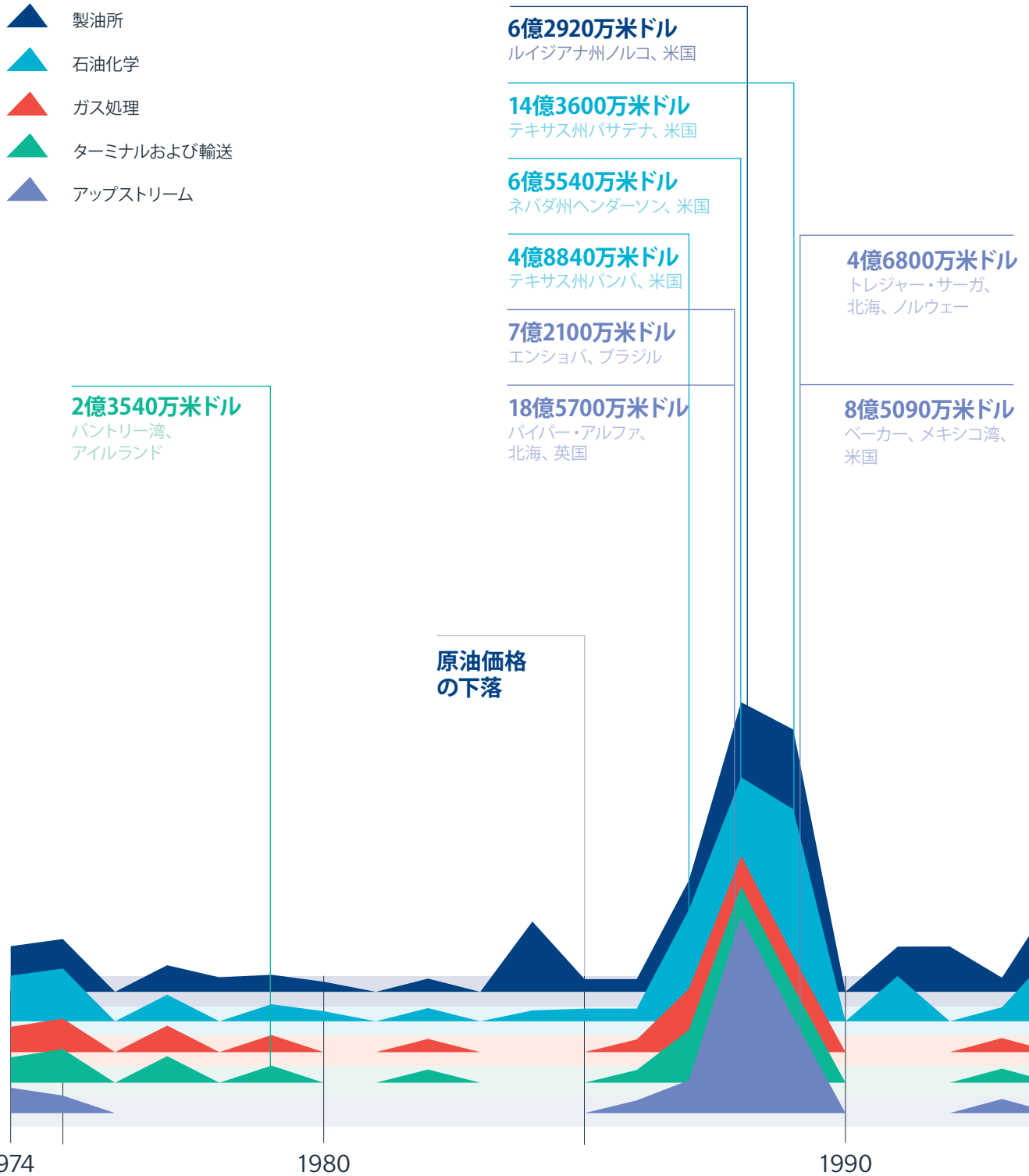
財物損害額のうち爆発が原因に占める割合が極めて高いことから、爆発による損害を推計するための新たな方法の確立に多大な努力と投資が注がれています。

予測可能な最大の財物損害が(予測可能な将来において全資産が壊滅的な損害を被るような事故の発生が想定されないことから)総資産価値を下回る場合、資産総額よりも予想される最大の財物損害をカバーする保険の購入が適切と考えられます。このため、リスクエンジニアは予測可能な最大の財物損害が発生する事故シナリオに基づき推定最大損失額(EML)を決定します。

つまり、保険を掛ける財物損害を考える上で、エネルギー資産の爆発によって生じる可能性のある結果をモデル化することが必要です。このようなモデル化の正確性は、資産の物理的な配置や資産価値の分配、処理しているハイドロカーボンの物理的・化学的特性、施設の構造的な混雑度や密閉度に対する理解に左右されます。こうした情報と十分に有効なソフトウェアモデルに基づき、爆発によって生じるであろう財物損害を計算することが可能となります。これらの極めて重要な情報は、リスクの低減や対策の優先順位付けのほか、リスクの軽減や移転に関する意思決定の支援に活用できます。

財物損害額のうち爆発が原因に占める割合が極めて高いことから、爆発による損害を推計するための新たな方法の確立に多大な努力と投資が注がれています。

図8 「大規模損害事故トップ100」部門別の財物損害額
出典：マッシュ・リサーチ





6億7930万米ドル

ミナルアマディ、クウェート

6億9240万米ドル

トゥールーズ、フランス

**4億8280万
米ドル**

サラワク州ピンツル、
マレーシア

**7億6930万
米ドル**

ビクトリア州
ロングフォード、
オーストラリア

8億510万米ドル

ロンカドル油田、
カンボス盆地、ブラジル

2億6520万米ドル

テキサス州テキサスシティ、
米国

6億1630万米ドル

仙台、日本

**1億3560万
米ドル**

パラヌス島、
オーストラリア

原油価格
の下落

原油価格
の下落

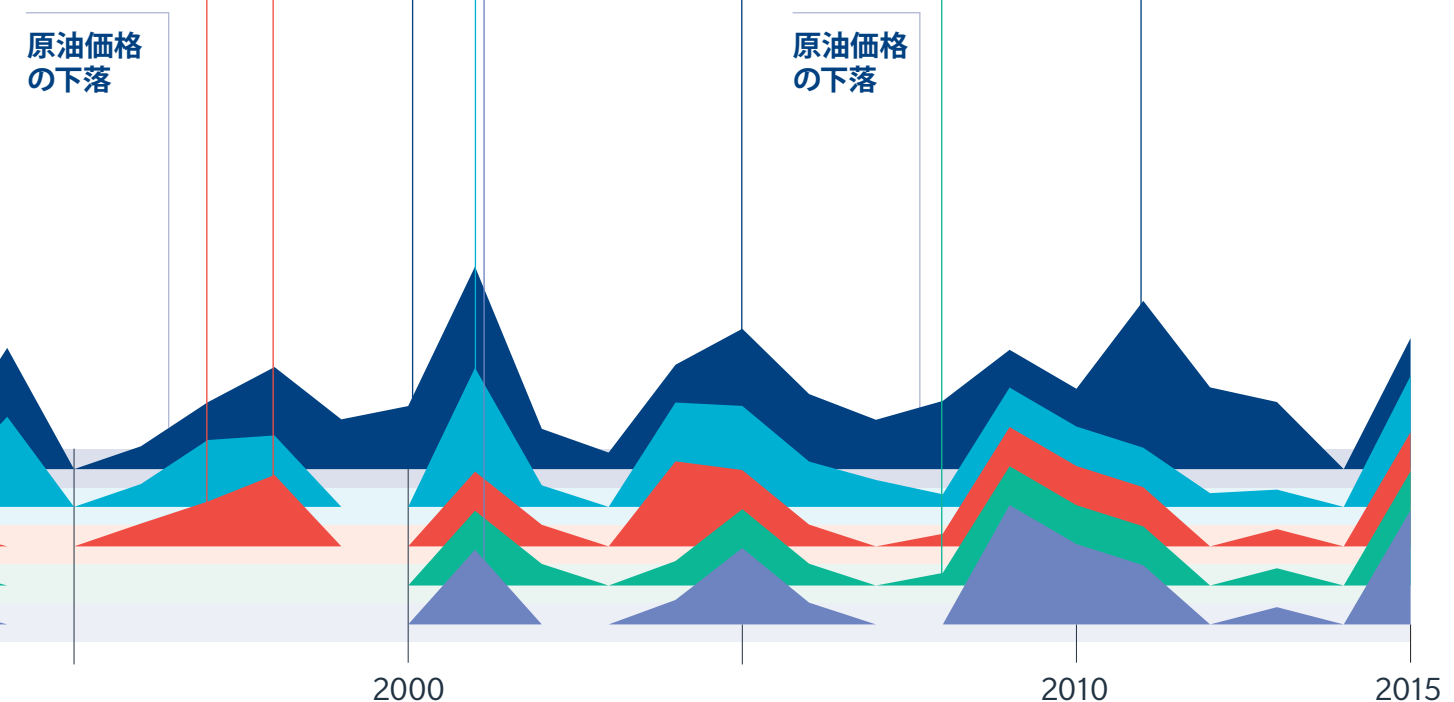
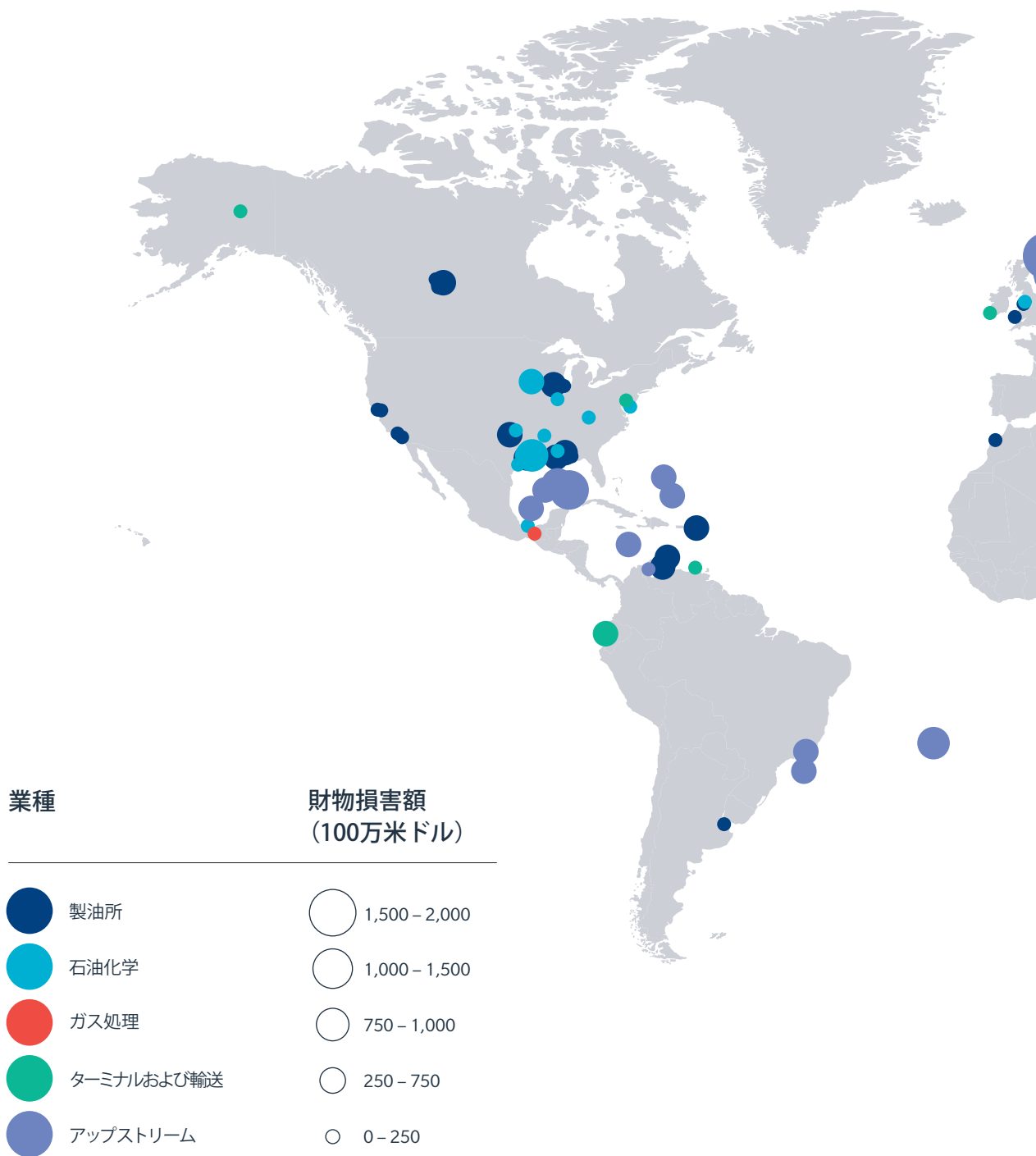
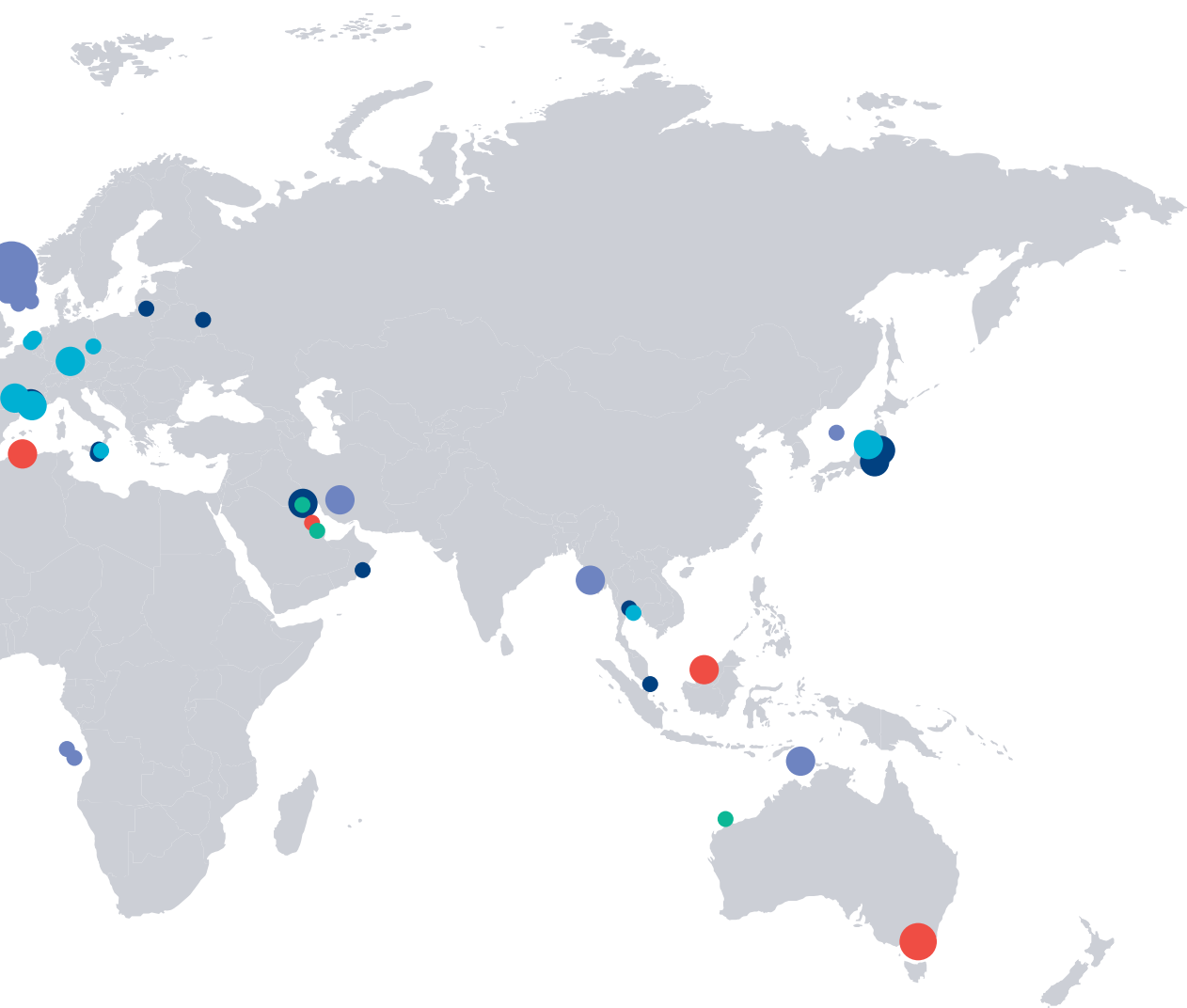


図9 「大規模損害事故トップ100」 地理的分布
出典：マーシュ・リサーチ





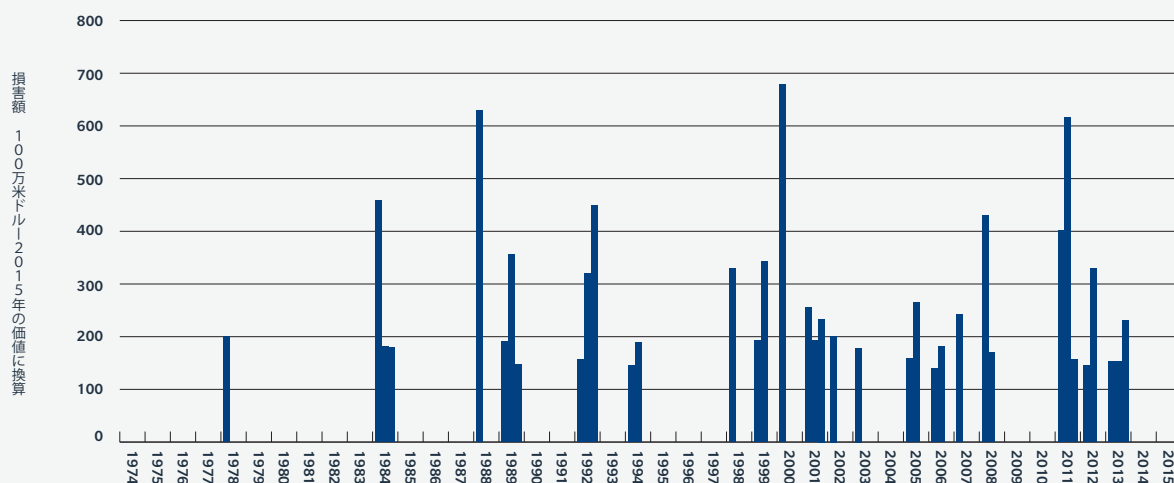
製油所

製油所に関する損害の頻度と規模は拡大傾向にあります（図10参照）。これは、世界中の製油所が一部の重要な例外を除いて、平均稼働年数が35年を上回って高経年化が進んでいることによるところが大きいです。このため、高経年化した製油所は通油量と1バレル当たりの利益を引き上げるために拡張プロジェクトの対象となり、改増されるのが一般的です。この結果、こうした製油所は複雑性が増し、資産価値が集中すると考えられています。

さらに、近年は精製マージンが大幅に落ち込んだ結果、利益の減少に加え、一部の製油所が限界を超えて原油を処理していた期間がありました。

こうした要因が相まって、同部門における財物損害の頻度と損害額の拡大を招いたと考えられています。

図10 製油所の財物損害額 年別
出典:マーシュ・リサーチ



事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
1978年5月30日	爆発	米国 テキサス州 テキサスシティ	55	199.6

軽質炭化水素が放出され、拡散し、何らかの着火源で着火した。その後、激しい火災がタンクヤードで発生した。5分とたたないうちに、5,000バレル（以下、「bbl」）の球形タンクが倒壊し、巨大なファイヤーボールが発生し、プラント全体に球形タンクの破片が飛散した。次の20分間に、飛散物による損傷または BLEVE によって、1,000 bbl の横置槽5基、1,000 bbl の縦型槽4基、さらに5,000 bbl の球形タンク1基が倒壊した。タンクの破片はあらゆる方向に飛び散り、多数の運転中装置とタンクヤードに落下して、さらに多くの火災を発生させた。破片は、消火用水タンクと電動消火ポンプにも当たり、ディーゼル消火ポンプ2基だけが稼働可能な状態となった。

1984年7月23日	爆発	米国 イリノイ州 ロメオビル	191	458
------------	----	----------------------	-----	-----

高さ55フィート、直径8.5フィートのモノエタノールアミン吸収塔が破裂する直前に、円周溶接部に長さ6インチの水平方向の亀裂が生じ、そこからブロパンが漏れていることを製油所の運転員が発見した。運転員が入口弁を閉止しようとしている間に、亀裂は24インチほどに広がった。当該エリアから人々が避難し、プラントの消防隊が到着したところで塔が大きく崩壊した。200psig の圧力を有する 100°F のブロパンが噴出し、20トンある容器の大部分を吹き飛ばし、3,500フィート離れた13万8,000ボルトの送電塔に当たって倒壊させた。

溶接部の亀裂は、10年前に補修された下方の周溶接継手に沿って発生した。容器は、厚さ1インチの ASTM SA 516 Gr 70 鋼板を圧延し、完全溶込みのサブマージアーク溶接継手で作られていたが、溶接後の熱処理がされていなかった。

この爆発により、不飽和ガスプラントで激しい火災が発生したほか、流動接触分解装置（FCC）とアルキル化装置でも火災が発生した。約30分後、アルキル化装置内の大型プロセス槽で BLEVE が発生した。この槽の破片の一つは500フィートも飛び、その途中で数本のパイプラインを破断し、最後に水処理装置のタンクに達した。もう一つの破片は、600フィート以上離れたユニファイニング装置に落下し、そこで大規模な火災を引き起こした。

蒸気雲から発生したと推測される最初の爆発により、プラントから6マイル離れた地域の窓が破壊された。爆発はまた、製油所のサービス棟に広範にわたる構造物の損傷をもたらし、製油所全体に電力障害を生じさせたため、2,500米ガロン/分（以下、「US gpm」）の電動消火ポンプが使用不能となった。爆発によって消火栓が破損し、当時稼働していた2,500 USgpm のディーゼルエンジン駆動ポンプ2基からの消火用水の圧力低下を招いた。吸収塔の北東約400フィートの製油所の耐爆計器室は、構造物損傷がほとんどなかった。

有償・ボランティア合わせておよそ30の自治体の消防署が、半径20マイル範囲内の製油所、化学工場の機材を利用して、迅速に対応した。ポンプ車の多くは、隣接する運河と採石場から取水した。ポンプ車と1万2,000 US gpm の消防艇のポンプが消火活動のために十分な圧力で水を供給した。

1984年8月15日	火災	カナダ アルバータ州 フォートマクマレー	76	182.2
------------	----	----------------------------	----	-------

8万2,000 bbl/d の流動床方式のコークング装置において直径10インチのスラリーリサイクル配管のエロージョン破損により、自然発火温度に近い温度で液体が放出された。広範なエリアに及ぶ蒸気雲がほぼ瞬時に着火、大規模な地上火災が発生し、さらに6、7本の配管の破損につながった。火災は最終的に、直径150フィートのエリアに広がり、装置構造物の高さ100フィート超の範囲にまで損傷を与えた。早い段階でのメタル検査で、長さ1.8インチのカーボンスチール製パイプが5クロのスラリーリサイクル配管に不注意により差し込まれていたことが判明した。

反応装置の蒸留塔、軽油ストリッパー、1万5,000馬力の送風機、ポンプ、パイプラック等に著しい損傷や破壊が見られた。

火災の最中に、およそ2,700バレルのヒドロカーボン液がプロセス機器から放出された。ほとんどが破断した配管からの重力流であったが、運転停止できなかったポンプも放出量を大きくする要因となった。コンプレッサーのタービンドライバーにつながる900 psi の蒸気配管が破断し、消火活動の妨げとなった。

1984年12月13日	爆発	ベネズエラ アムアイ	75	179.8
-------------	----	---------------	----	-------

この製油所の水添脱硫装置において、熱油を輸送する直径8インチのパイプの直管部が折れた。このパイプは、高圧セパレーターから低圧ストリッパーへ熱油を送っていた。亀裂は、溶接部から約1.5インチの熱影響部の母材金属の周囲に走っていた。700 psi の圧力を有する 650° F の熱油が道路の反対側に飛散し水素製造装置に達して、着火した。

水素製造装置の配管回りの激しい火災により、直径16インチのガスの配管が破断し、火災に第2の燃料源を与えることになった。続いて、隣接するエリアでさらに多くのパイプが爆発的に破断した。火災により、60万 bbl/d の製油所全体の運転が急停止した。6.5時間後に火災は鎮火した。

被害は広範に及んだ。水素製造装置3基と水添脱硫装置（HDS）4基が大きな損傷を受けたり、破壊されたりした。事故の前、当該折損した配管には過剰な振動が認められていた。熱油管の破損は直接的には疲労によるものであるが、主な要因は水素脆化であると考えられている。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
1988年5月5日	爆発	米国 ルイジアナ州 ノルコ	288	629.2

脱プロパン塔の高架配管システムの地上50フィートに位置している直径8インチのカーボンスチール製エルボの外半径部分の内面腐食によって破損するまで、9万bbl/dの流動接触分解装置(FCC)は、正常に動いていた。その結果生じた穴から推定2万ポンドのC3炭化水素が漏れ出し、破損から着火までの30秒間に大量の蒸気雲が形成された。開口部を通じて、脱プロパン塔(270 psi, 130°Fで運転)と脱プロパン塔のアクümüレーターの両方が脱圧された。蒸気雲の着火は、FCC加熱炉によって引き起こされたと見られる。最初の爆発でFCC計器室建屋が破壊され、高さ15フィートのコンクリート製の台座から直径26フィートの主蒸留塔が転落した。塔は、その高さ10フィートのスカート部から分離して倒壊した。爆風の軌道にあった塔のボルトの伸びを分析したところ、10psiもの過圧力がかかったことが示唆された。

製油所では、消火用水とディーゼルエンジンの消火ポンプ4基をはじめ、すべてのユーティリティ設備が直ちに使用できなくなり、数時間にわたって消火活動が大きく制限された。配管切断が原因で、蒸気の圧力が突然下がった。FCCのほか、21万5,000 bbl/dの製油所のいたるところで、20件の大規模な配管または容器の損傷が発生した。爆発によるプラント全体の被害は広範にわたっていたが、FCC装置の被害が最も大きかった。敷地外被害については、最大6マイル離れたところまでを対象とし、損害補償請求はおおよそ5,200件に及んだ。最終的にFCC装置は取り壊され、新たな装置が建造された。

仮報告書によれば、破損したエルボは脱プロパン塔の凝縮またはファウリングを軽減するためにアンモニア処理した水が加えられる注水ポイントの下流に位置していた。エルボは、高架配管システム内の検査ポイントに指定されており、定期補修時に超音波肉厚測定を受けることになっていた。検査の結果、1年当たり0.05mmの予想腐食率が継続的に示唆されていた。破損したエルボと配管の下流において爆発後に実施した測定から、局所的な腐食率が予想外に高かったことが明らかになった。

1989年4月10日	火災	米国 カリフォルニア州 リッチモンド	90	191.5
------------	----	--------------------------	----	-------

3,000psiで水素を輸送している直径2インチの配管の溶接部が破損し、高圧水素火災が発生した。火災により、水素化分解装置の高さ100フィートの反応塔のスカート部のケイ酸カルシウム耐火材に熱衝撃が加わった。この反応塔のスチール製スカート(直径10フィートから12フィート、壁厚は7インチ)はその後、折損した。反応塔の倒壊により、エアフィンクーラーとその他のプロセス設備が損傷し、損害規模は著しく増大した。

事故は、メンテナンスのために水素化分解装置の運転を徐々に停止し、反応塔が水素バージサイクルに入っていたときに起こった。最初の水素漏出は、直径2インチの水素予熱交換器のバイパス配管において、エルボとレジャーの溶接部が破損したことが原因だった。

1989年9月18日	暴風雨/ 機械的損傷	米国 バージン諸島 セントクロア	167	355.3
------------	---------------	------------------------	-----	-------

ハリケーン「ヒューゴ」がこの製油所に襲来し、タンクヤードエリアの50万-60万バレルの貯蔵タンク14基、管理棟、社宅に広範な被害をもたらした。ハリケーンに備えて運転を休止していたプロセス装置への被害は、プロセス塔および配管のアスベスト保温材のみであった。セントクロイ空港の風速計が損傷する直前のこのハリケーンの最大風速は、192 mphを記録していた。

アスベスト保温材が破損したため、およそ1,500人の社員と請負業者が製油所からアスベスト片を除去するために15週間にわたり毎日作業し、多額の臨時費用が生じた。

さらに、タンクヤードエリアの損傷した貯蔵タンク14基の再建のために、常圧貯蔵タンクの建設を専門とする外部請負業者が1年以上作業した。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
1989年12月24日	爆発	米国 ルイジアナ州 バトンルージュ	68.9	146.6

約700psi で稼働していた直径8インチのパイプラインが破裂し、エタンとプロパンの混合物を放出した。同地域を襲った10°F (約マイナス12°C) という記録的な低温が破裂の原因となったと推定される。数分後、放出物が着火し蒸気雲爆発を引き起こした。

爆発で最大6マイル離れた地域の窓が粉々に割れ、15マイル離れた地域でも爆発を感じる事ができた。70本の配管を収納しているパイプラックの中で17本が爆発によって破断した。爆発によって生じた火災は、ディーゼル油360万ガロンを収容する大型貯蔵タンク2基、潤滑油計88万2,000ガロンを収容する小型タンク12基、セパレーター装置2基を巻き込んだ。

電力ケーブル2本、蒸気配管2本、直径12インチの消火用送水管1本がこのパイプラックの中にあつたため、爆発によって製油所の電気、蒸気、消火用水が一部使えなくなった。最初の爆発時に、ドックの消防ポンプの配管が損傷を受けた。従って、消火用水は残りの消防ポンプを使って供給しなければならず、市の消防車は他の水源から採水することになった。

AFFF 泡原液約4万8,000ガロン、消防士200人、ポンプ装置13台が消火活動に使われ、最初の爆発から約14時間後に消火が完了した。

この事故により、製油所は3日間にわたり操業を完全停止し、さらに3週間、生産能力を縮小して操業した。

1992年10月8日	爆発	米国 カリフォルニア州 ロスアンゼルス ウィルミントン	78.3	156
------------	----	--------------------------------------	------	-----

7万5,000 bbl/d の製油所の水素製造装置で爆発が発生した。爆発とそれに続く火災により、水素分解装置、水添脱硫装置、水素製造装置に広範囲にわたる損傷が生じた。火災は、損傷した塔・機器から放出された炭化水素によってさらに勢いを増した。この爆発で付近の建物が損傷し、数マイル離れた場所の窓ガラスを粉々になった。製油所から約20マイル離れたパサデナにあるカリフォルニア工科大学で、「衝撃音波」として記録された。

爆発は、直径6インチのカーボン鋼製90°エルボの外半径部分が破裂し、ハイドロカーボンと水素の混合物が大気中へ放出されたことによるものであった。破裂から数秒以内に、蒸気雲が着火した。エルボが破損するまで、運転異常やアラームの兆候はなかったことが分かった。事故後の検査から、破裂箇所に近い箇所に設計肉厚を保った境界線があることが判明した。これらの事実に基づき、配管の破裂は、長期のエロージョン/コロージョンが原因であり、カーボン鋼製エルボが薄くなったことによるものと結論付けられた。

消火活動は、製油所の緊急対応チームによって、ロサンゼルス市およびロサンゼルス郡消防署との連携で実施された。製油所の緊急対応チームは、消火活動によって生じた油分混じりの水がロサンゼルス港に達するのを防ぐために、ドミンゲス運河の雨水溝にオイルフェンスを設置した。火災は最終的に3日後に鎮火された。

この事故が原因で、製油所のガソリン生産は、損傷したプロセス装置の修理が完了するまで、3万5,000 bbl/d に減産 (公称能力の70%) された。

1992年10月16日	爆発	日本 袖ヶ浦	161	320.7
-------------	----	-----------	-----	-------

爆発とそれに続く火災は、この14万6,500 bbl/d の製油所に大規模な財物損害をもたらした。

爆発は、軽油水添脱硫装置の熱交換器の不具合から発生した。この熱交換器のブリーチロックタイプのチャンネルカバーとロックリングが、プラントから約650フィート離れた隣接工場まで飛ばされた。チャンネルカバーとロックリングはいずれも直径5フィートで、重さはそれぞれ4,000ポンドと2,000ポンドであった。

触媒交換作業を終えて水添脱硫装置の運転を再開しようとしていたとき、プラントの作業員が熱交換器からのハイドロカーボンの漏洩に気付いた。爆発は、プラントの作業員が熱膨張に伴って必要となる熱交換器のボルトの増締め作業をしているときに発生した。爆発に続いて起こった火災は、15台の消防車を動員し、消防士により、2時間45分後に鎮圧された。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
1992年11月9日	爆発	フランス ラ・メーテ	225	448.2

13万6,000 bbl/dの製油所の2万9,700 bbl/dの流動接触分解 (FCC) 装置付属のガス回収装置で蒸気雲爆発が発生した。

最初の蒸気雲爆発に続き、それより小規模の爆発が数回発生し、その爆発音は製油所から約18マイル離れたマルセイユでも確認された。最初の爆発には、推定1万1,000ポンドの軽質ヒドロカーボンが関与していた。

FCC 装置のガス検知システムが、大規模なガス漏れを告げる警報を鳴らした。装置の運転員がこの状況をセキュリティサービスに通報している最中に、最初の爆発が起こった。最初的气体放出は、FCC 装置で生成されたブタンとプロパンを回収するガス回収装置の配管破裂が原因と考えられている。

爆発とそれに伴う火災により、敷地面積およそ250ヘクタールの製油所の2ヘクタールが壊滅的被害を受けた。ガス回収装置、FCC 装置および関連する計器室建屋は、この事故によって全壊した。1993年に運転開始を予定していた当時建設中の新しいプロセス装置2基も深刻な損傷を受けた。製油所の外部では、近くの町シャトーヌーフ・マルチエグで複数の屋根が損傷し、半径3,000フィートの地域で窓が壊れた。さらに、6マイル離れたところでも窓が数枚割れた。

この事故を鎮圧するために、製油所の消防隊に加え、近隣の3つの工場と4つの町から派遣された250人あまりの消防士が6時間以上動員された。消火活動中、約3万7,000米ガロンの泡原液が使われた。爆発によってフレアシステムが一部損傷したことから、プロセス装置を安全に降圧するために一部の火災は燃え尽きるまで意図的に放置された。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
1994年7月24日	火災	英国 ミルフォードヘブン	77.5	146.1

7月24日の7時20分から9時00分までの間、激しい暴風雨がこの製油所上を通過した。落雷により0.4秒間停電し、その後、製油所全体で瞬時電圧低下が発生した。その結果、多数のポンプと階上のエアフィンクーラーが次々と停止し、主蒸留塔の安全弁が吹いた。9万bbl/d の流動接触分解 (FCC) 装置を含め、他の精製装置においても大規模なプロセスの不具合が発生した。

その後の落雷によって主蒸留塔の安全弁から漏れ出した蒸気が着火したことを受けて、製油所の常圧蒸留装置は運転を停止した。FCC 装置そのものを除き、分解施設のその他の装置は全て運転を停止した。しかし、FCC 装置のガス回収セクションにおけるプロセスの不具合がプロセス異常を招き、装置内フレアドラムの液面が上昇し、湿性ガスコンプレッサーが複数回にわたって運転を停止した。

湿性ガスコンプレッサーの運転停止の結果、FCC フレアシステムのベーパー負荷が上昇し、装置内フレアドラムの液面上昇を招いた。ヒドロカーボン液がこのドラムの出口配管に溢流した際、機械的衝撃によって出口配管が破断した。破断したフレアドラム出口エルボ部から液が断続的に漏出し、地面に落下した。

このフレアシステムから放出されたヒドロカーボン液とベーパーの混合物が蒸気雲となってプロセスエリア内に漂い、加熱炉で着火した。爆発の中心は、FCC の装置内フレアドラムから約360フィート (110メートル) 離れたプロセスエリアであった。

爆発後、局地的な火災がFCC 装置、ブタマー装置、アルキル化装置の各所で継続した。被害を受けたプラント内エリアでのヒドロカーボンの漏洩と運転不能のフレアシステムを考慮して、これらの小規模な火災は、鎮圧された状況の下、燃え尽きるまで待つことになり、最後まで燃え続けていた火が鎮火したのは7月27日朝のことであった。消火は、製油所の緊急対応チームがダベッド州消防署の支援を受けて行った。

この事故の結果、この複合施設が稼働再開するまで、英国における総精製能力の推定10%が失われた。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
1994年8月7日	爆発	ロシア リャザン	100	188.5

この事故は、36万bbl/d の製油所の常圧蒸留装置で発生した。加熱炉のメンテナンス作業中、一人の作業員が火気を使用して切断を行った際に物質が放出された。フラッシングと仕切板の取り付けが不適切であったことと、作業範囲が通常の業界慣行に適合していなかったことが原因と思われる。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
1998年9月1日	暴風雨/ 機械的損傷	米国 ミシシッピ州 バスカゲーラ	190	330

ハリケーン「ジョージ」の襲来後、この製油所全体が3ヵ月間操業停止となった。ハリケーンにより、プラント全体がメキシコ湾から流れ込んだ海水に4フィート以上も浸水した。ハリケーンの強さは「カテゴリー2」にすぎなかったものの、動きが遅かったために、製油所が17時間にわたり強い風と雨にさらされた。高潮は、製油所の防潮堤を乗り越えた。合計で約2,100基のモーター、1,900基のポンプ、8,000個の計装構成部品、280基のタービン、200個の各種機械装置の交換または広範囲にわたる再建を要した。比較的最近建てられた計器室建屋と変電所は、1階が地上から5フィートほどの高さのところ建てられていたため、被害はほとんどなかった。

1999年3月25日	爆発	米国 カリフォルニア州 リッチモンド	113	193.5
------------	----	--------------------------	-----	-------

この爆発は、6万bbl/dの水素化分解装置の高圧セクションでバルブのボンネットの故障が原因であった。放出によって蒸気雲が生じて着火したのに続き、高圧で漏れ出したハイドロカーボンによって、火災が広範囲に拡大した。爆発の結果、パイプラックの一部が大きく崩壊し、ラックの上に据付けられていた大型のエアフィンクーラーが破壊された。多くのポンプが破損し、セパレーターが大きく損傷した。消防士約300人と消防車33台が2時間半にわたる消火活動を展開した。消費された泡原液は、合計3,200米ガロンに上った。水素化分解装置は12ヶ月間、使用不能となった。

1999年8月17日	地震/火災	トルコ イズミット湾 コルフエズ	200	342.4
------------	-------	------------------------	-----	-------

マグニチュード7.4の地震により、高さ312フィートのコンクリート製煙突が崩壊して常圧蒸留装置の一つに落下し、この22万6,000 bbl/dの製油所で火災が発生した。火災はまた、敷地内の複数の貯蔵タンクでも発生した。プロセスチームは、常圧蒸留装置の火災を隔離し、対処することに成功した。タンクヤードの火災については、貯蔵タンクの内容物を可能な限り排出した後、燃え尽きるまで待つことになった。給水本管が破損したため、消火活動は、燃えている炎に向けた航空機からの消火薬剤の投下に限られた。米国をはじめ多くの国々が消火のための泡薬剤、スタッフ、機器を送った。製油所が受けた被害には、貯蔵タンク6基の全損と4基の変形が含まれた。他の浮き屋根タンクも、50%前後の損傷を受けた。プロセス装置の被害には、常圧蒸留装置の火災のほか、改質装置および数本の連結パイプラインの損傷が含まれていた。従業員は全員退避した。給水配管が破損したため消火薬剤を散布するのに飛行機が使用された。

2000年6月25日	爆発	クウェート ミナアルアマディ	412	679.3
------------	----	-------------------	-----	-------

爆発は、従業員が敷地から離れたNGLプラントと製油所のガスプラントをつなぐコンデンサート配管の漏れを遮断しようとしていたときに起こった。常圧蒸留装置3基が損傷を受け、改質装置2基が破壊された。火災は、最初の爆発から約9時間後に鎮火された。5人が死亡し、50人が負傷した。この事故に関する初回の調査により、製油所の所有物ではないコンデンサート配管の検査とメンテナンスの不足が指摘された。所有に絡む問題に起因した混乱も、配管の遮断を遅らせる結果を招く一因であったと思われる。

2001年4月9日	火災	オランダ領 アンティルアルバ ウィックランド	159.1	256.2
-----------	----	------------------------------	-------	-------

ビスプレーカー装置のポンプストレーナーのメンテナンス作業中、ブロック弁が完全に閉止されていなかったために、油流出が発生した。油は自然発火し、続いて発生した火災が広がって、ビスプレーカーを破壊し、隣接する設備に損傷を与えた。その後の爆発と火災による熱により、消火活動が思うように進まなかった。また、消防隊スタッフが十分な訓練を受けておらず、消火用水の供給システムが損傷したことも、タイムリーな消火活動の妨げとなった。消火用水を散水したことで火災が拡大し、最終的に、地元消防署の支援を得て鎮火された。

2001年4月23日	火災	米国 カリフォルニア州 カーソン	120	193.2
------------	----	------------------------	-----	-------

配管漏れにより、この製油所のコーカーで火災が発生した。煙が3,000フィートを超える高さに立ち上り、コーカーは約2ヶ月間、運転を停止した。

2001年8月14日	火災	米国 イリノイ州 ルモント	145	233.5
------------	----	---------------------	-----	-------

16万bbl/dのガソリンと留出油を生産しているこの製油所は、常圧蒸留装置の配管漏れから生じたプール火災が原因で操業を停止した。3日後、主蒸留塔において、以前に破断した配管から空気が入り、塔内の自然発火性物質や油と接触して内部火災が発生し構造物の破損が生じた。常圧蒸留装置は12ヶ月間にわたり運転を停止した。最初のプール火災の原因は、一つのエルボの材質が間違っており、そのエルボが破損したことにある。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
2002年11月22日	豪雨 / 爆発	モロッコ モハメディア港	130	201.4

集中豪雨後の増水で、水の表面に浮いていた廃油が高温の機器と接触し、爆発と火災が発生した。さらに第2の火災が発生し、報告によれば、いくつかの貯蔵タンクに着火して爆発が起こった。製油所の被害は広範にわたり、2人が死亡、さらに3人が行方不明になったと報じられた。後の報告によれば、この火災により、幾つかの生産装置が影響を受けた。被害を受けた装置は、常圧蒸留装置、2万bbl/dの減圧蒸留装置、2万4,000bbl/dの接触改質装置および2万4,000bbl/dの留出水添脱硫装置であった。当時、火災の影響を受けなかった装置は15日以内に再稼働、その他は8~12ヶ月間停止する見込みとのことであった。

2003年1月6日	爆発	カナダ アルバータ州 フォートマクマレイ	120	178.5
-----------	----	----------------------------	-----	-------

この事故は、オイルサンド設備で発生し、フロス処理プラントで小規模な爆発が数回発生した。被害は、溶媒回収エリアの電気ケーブルに限定されていた。火災の原因は、配管からのハイドロカーボン漏洩と見られる。地元消防署の支援を受けたプラントの緊急対応チームにより、火災は2時間後に鎮火された。軽傷が1件報告されたのみであった。この事故は新しい設備の運転開始から8日後に発生した。

2005年1月4日	爆発	カナダ アルバータ州 フォートマクマレイ	120	159.1
-----------	----	----------------------------	-----	-------

このオイルサンド製油所において、ピチューメンを石油製品に加工するエリアの第2改質装置で火災が発生した。250人が避難し、負傷者は報告されなかった。鎮火までに9時間を要した。目撃者によれば、2回の爆発が数分の間隔で発生し、地上6階程度の高さのファイヤーボールが発生した。また、同エリアの気温はマイナス35℃以下にまで下がることから、消火に使われた水による氷害も生じた。2005年2月3日、企業側は、破裂した循環ラインが火災の原因となった可能性が最も高いと発表した。石油生産はおよそ9ヶ月にわたり、22万5,000bbl/dから11万bbl/dに減産された。

2005年3月23日	爆発	米国 テキサス州 テキサスシティ	200	265.2
------------	----	------------------------	-----	-------

この46万bbl/dの製油所の爆発により15人が死亡し、105人が負傷した。年次の定期補修後、運転再開中の異性化装置で爆発が発生した。異性化装置が制御不能に陥り、スプリッターが軽質ハイドロカーボンで満杯となった。最終的に安全弁を通して30m高さのプロダウスタックから熱油が噴出した。噴出したハイドロカーボンは装置周辺に大きな蒸気雲を形成した。このプロダウスタックのすぐ近くに他の装置の定期補修のための仮設建屋が複数あり、蒸気雲が着火して爆発したときにこれら仮設建屋で丁度ミーティングが行われていたことが多数の死者が出ることになってしまった。

2006年4月30日	火災	イタリア シチリア島 プリオロ	110	139.4
------------	----	-----------------------	-----	-------

製油所で発生した火災の消火中、消防士2人が負傷した。この事故は、大量貯蔵タンクから製油所に供給するパイプから原油が漏出したことで発生した。

2006年10月12日	爆発	リトアニア マゼイキウ	142.9	181
-------------	----	----------------	-------	-----

製油所の減圧蒸留装置で発生した火災により、支持構造物が損傷し主蒸留塔が熱交換器の上に倒壊した。装置は完全に運転を停止し、製油所は操業を続行したものの、生産能力を著しく縮小しての操業となった。火災の原因は、不適切な材質でつくられた蒸留塔の枝管からの漏洩であった。

2007年8月16日	火災	米国 ミシシッピ州 バスカグーラ	200	241.5
------------	----	------------------------	-----	-------

32万5,000bbl/dの製油所のNo.2常圧蒸留装置で火災が発生し、6時間続いた。負傷者は報告されなかった。会社関係者は、プラントの大部分は運転続行が可能であると述べた。第1常圧蒸留装置は引き続き稼働を続行した。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
2008年2月18日	火災	米国 テキサス州 ビッグスプリング	380	429.4

この7万bbl/dの製油所で発生した爆発は、流動接触分解装置(FCC)、クーティリティ設備、貯蔵タンク、アスファルト装置に被害を与えた。従業員1人が火傷で入院した。また、付近のハイウェイを走行中の車両に爆発の破片が当たり、乗車していた人が負傷した。合計で4人が負傷した。祝日であったため、敷地内には最小限度の要員40名だけであった。通常、爆発が発生した時間帯にはそのおよそ4倍の人員が勤務していた。火災は、地元消防署の支援を受けた製油所の消防隊によって、同日中に鎮圧された。

プロピレンスプリッター装置のスタートアップ中、ポンプの突発的な故障後に漏洩が発生したと考えられている。2ヶ月後に一部の処理が再開され、FCCは事故から約8ヶ月後に運転を再開した。

2008年10月13日	爆発	イタリア シチリア島 プリオロ・ガルガッロ	150	169.5
-------------	----	-----------------------------	-----	-------

562MWの発電能力を備えたガス複合発電所での爆発と火災により、製油所のガス化装置で火災が発生した。爆発・火災による負傷者はなかったが、この損害により、製油所は一時的に閉鎖された。

2011年1月6日	爆発	カナダ アルバータ州 フォートマッケイ	385	402.2
-----------	----	---------------------------	-----	-------

アルバータ州フォートマッケイ北部にあるオイルサンド改質装置の敷地で爆発が発生した。作業員5人が爆発で負傷し、うち1人は第三度熱傷を負った。爆発に続き、敷地内の4基のコークドラムのうち1基の上部で火災が発生し、4時間近く燃え続けた。その結果、コークドラム2基が使用不能となった。作業員は翌朝から通常のシフト業務に戻った。損傷の大部分は、コークドラムのカッティングデッキとデリック設備の上部に生じていた。

事故発生時、プラントはプロセスの不具合により、バイパス状態で操業していた。社内調査チームは、稼働中の低圧コークドラムの上部アンヘディングバルブの開放が原因による火災が発生したと判断した。高温の炭化水素がコーカーのカッティングデッキ構造物の中に放出され着火し、爆発と火災につながった。

事故発生後の異常な寒波により、コーカー装置のカッティングデッキ(散水設備が設置されている)へのアクセスが妨げられた。凍結による付随的被害も生じた。

2011年3月11日	地震/火災	日本 仙台	590	616.3
------------	-------	----------	-----	-------

日本史上最大の地震とそれに伴う津波から数時間後、北東部に位置する仙台市の14万5,000bbl/dの製油所で大規模な火災が起こった。火元は、石油製品出荷施設だった。製油所の作業員は避難の途中にあり、消火に対応する余力はなかった。貯蔵・出荷施設での火災により、製油所の3万5,500 bbl/dの流動式接触分解装置(FCC)が損傷した。

2011年9月28日	火災	シンガポール プラウ・ブコム	150	156.7
------------	----	-------------------	-----	-------

製油所で火災が発生した。火元は、精製製品の混合に使われるポンプ室で、メンテナンスのための準備作業中だったと報告されている。製油所の自衛消防隊は、州の消防当局による支援を受けた。主要スタッフ以外のスタッフは敷地外に避難し、用心のため、隣接する装置は運転を停止した。翌朝、さらなる火災の発生と爆発が報告され、会社は製油所全体のシャットダウンに向けて動き始めた。火災は、最初に通報があつてからおおよそ34時間後となる2日目の夕方遅くによく消火したと報告された。製油所の生産装置は徐々に運転を再開し、全ての装置が2011年末までに生産を再開した。

2012年7月4日	火災	タイ バンコク	140	144.5
-----------	----	------------	-----	-------

住宅地に囲まれた工業地帯にある8万bbl/dの製油所の常圧蒸留装置(CDU)の灯油ストリッパで爆発と火災が発生した。これにより、同工エリアで火災が発生したが、負傷者は報告されていない。製油所の事業者は、火災による供給不足のリスクを軽減させるために7月下旬に予定されていた製油所のメンテナンスのためのシャットダウンを延期すると発表した。火災によって被害を受けたCDUは、3ヶ月以内に交換されるとの見通しであった。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位:百万米ドル	推定現在価値 単位:百万米ドル
2012年8月25日	爆発	ベネズエラ ファルコン州	320	330.2

製油所の高圧プロパン・ブタン貯蔵エリアで非常に強力な爆発が発生した。少なくとも48人が死亡、80人以上が負傷した。爆発は、貯蔵タンクのエリアを直撃し、タンク9基が損傷した。報告によれば、製油所では前年に多数の漏洩があった。

2013年1月12日	火災	英国 チェシャー州 スタンロー	150	153.3
------------	----	-----------------------	-----	-------

製油所と地域の消防隊が、この大規模製油所の消火活動に6時間以上費やした。製油所の煙突から大量の煙が排出されたため地域住民に警報が出された。火災は加熱炉で発生したと考えられている。負傷者は報告されていない。

2013年3月11日	火災	オマーン ソハール	150	153.3
------------	----	--------------	-----	-------

装置のメンテナンス工事中、湿性ガスのスクラバーで火災が発生した。従業員は退避し負傷者はいなかった。製油所はポリプロピレン装置を含めた計画的な装置停止とメンテナンスを実施中であった。

2013年4月2日	豪雨 / 爆発	アルゼンチン ラプラタ地域 エンセナダ	225	230
-----------	---------	---------------------------	-----	-----

18万8,000バレル/日 (bbl/d) の製油所で、豪雨の鉄砲水による火災が発生した。雨で製油所の雨水排水路があふれたため、ハイドロカーボンが排水路と敷地周辺から押し流された。爆発は、常圧蒸留装置 (CDU) で発生したと報告された。CDU で2件の火災が起こった。1つはコーカーで、もう一つは常圧蒸留装置で発生した。政府当局によると、ハイドロカーボンがコーカー加熱炉の1基で爆発したことが原因だった。加熱炉は停止されたが、なお高温であったためハイドロカーボンが着火した。消火には8時間かかり、事故の鎮圧まで10時間かかった。当該石油会社によれば、死者や負傷者はいなかったとのことである。

石油化学

石油化学部門における財物損害額（図11を参照）では、1989年にテキサス州で発生した陸上施設における損害として過去最大となった事故が抜きんでいます。

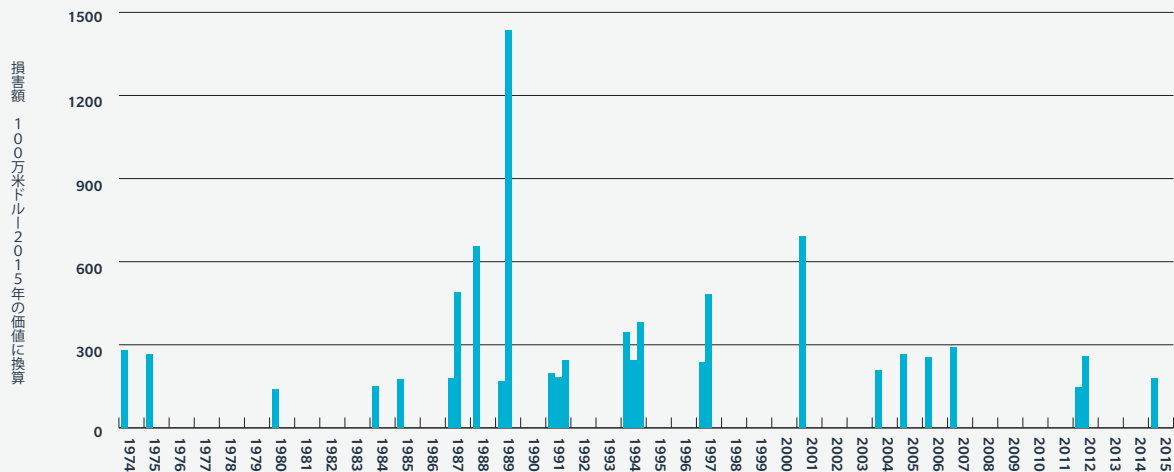
ただ、資料からは目立った傾向は読み取ることはできません。1985年から1995年にかけて何回か大規模損害が発生しており、その後も損害は生じているものの頻度は比較的低くなっています。

石油化学工場で処理される物質は既に混入物質が除去（通常は製油所で除去）されているため、同部門では施設高経年化の問題は製油所ほど深刻ではありません。

とは言え、石油化学プラントでは通常、高熱と高圧による処理が行われており、激しい化学反応に対する慎重な管理が求められています。

2015年8月12日に中国・天津の港湾で発生した2回の爆発による損害総額は15億米ドルを上回る公算が大きくなっています。同港湾は石油化学製品の主要な拠点ですが、損害の大部分は石油・ガス部門に限られるものではないようです。天津の爆発事故は2010年のディープウォーター・ホライズンの事故以降で損害額が最も大きい人災となると考えられていますが、損害総額が明らかになっても本報告書で取り上げられる可能性は低いでしょう。

図11 石油化学部門の財物損害額 年別
出典：マーシュ・リサーチ



事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
1974年6月1日	爆発	英国 フリックスボロー	57.5	279.9

この化学施設は、大規模な蒸気雲爆発によって大きな被害を受けた。作業員28人が死亡し、36人が負傷した。週末で事務所ビル本館には人がいなかったが、週末でなかったならば、死者の数はさらに増えていたと思われる。敷地外への影響により、53人の負傷が報告された。周辺エリアの建物も、程度の差はあっても被害を受けた。事故発生前、反応器が取り外され、生産を継続するためにバイパスが設置された。6月1日、20インチのバイパスシステムが破裂した。付近の8インチのパイプで生じた火災によって引き起こされた可能性がある。これにより、30トンの高温のシクロヘキサンが放出され、可燃性の雲を形成した後に何らかの発火源に接した。計器室の窓が粉々になり、屋根が崩落した結果、室内で18人が死亡した。続いて発生した火災は3日以上燃え続けた。

1975年10月2日	爆発	ベルギー アントワープ	60	265.2
------------	----	----------------	----	-------

爆発と火災により、低密度ポリエチレンプラントは広範にわたる損傷を受けた。コンプレッサーの吸込口のベント接続部の疲労破損により、エチレンが高圧で漏出したことが原因だった。6人が死亡し、13人が負傷した。

1980年4月30日	爆発	米国 デラウェア州 ニューカッスル	45	139.1
------------	----	-------------------------	----	-------

石油化学工場で、3系列(A, B, C)平行してポリプロピレンの重合反応が行われていた。反応物は何種類もの触媒と共にヘキサン溶媒で移送され、ペレット化されていた。

メンテナンス作業のエラーでA系列配管の100mm(4インチ)のプラグ弁が取り外され、ハイドロカーボンとポリマーが噴出した。形成された蒸気雲が上昇し、微風によって最終工程建屋に運ばれ、そこで爆発が起こった。

破壊されたプロセスエリアの引火性液体の配管と最終工程で放出された製品で更なる火災が発生した。被害は、3系列のプロセス、計器室、コンプレッサー棟、最終工程建屋の一部にまで及んだ。

1984年9月15日	火災	英国 チェシャー州 ウォーリントン	62.3	149.4
------------	----	-------------------------	------	-------

この石油化学事業所の酸化プラントで火災が発生した。消防士130人が25の機材を使って4時間後に火災を鎮圧した。現地の鉄道、船舶用運河、道路が閉鎖されて200人が避難した。

1985年5月19日	爆発	イタリア プリアーロ	73.9	175
------------	----	---------------	------	-----

年間60万トンのエチレン・プラントで、温度プローブの故障によりコールドセクション内に設置された水素製造装置の縁切りが開始された。運転員は正常運転への回復を試みたが、脱圧システムが作動した。ほぼ同時に、脱エタン塔の基部の地表近くで火災が発見された。燃料源は、脱エタン塔のリボイラーのフランジまたは脱圧システムの配管と見られる。

おそらく、漏出した炭化水素(大半が375psig のプロピレン)が高温蒸気配管によって着火したと考えられる。激しい火災はたちまち隣接するエチレンとプロピレンの蒸留塔を巻き込み、180フィート広がって貯蔵エリアに達した。最終的に、縦置きの高圧プロパン貯蔵タンク1基が爆発し、その上部は1,500フィート飛び、ガスタンクの30フィートほどの部分が吹き飛んだ。他に2基のプロピレンタンクが、パイプラックの上とエチレンタンク側に倒れた。いずれも散水システムによって保護されていたが、激しい火災の中では役に立たなかった。エチレンとプロピレンのタンク8基のうち5基が倒壊または爆発した。火災は、API セパレーターと、浮き屋根タンク3基にも広がった。パイプラック、モーターコントロールセンター、ポンプなども著しい損傷を受けたり、破壊されたりした。

消防隊が対応してから数分のうちに、エチレン塔から9,300米ガロンの内容物が流出し、プラントの化学消防車2台のうち1台を破壊した。外部の消防当局の支援を受けて、プラントの消防隊が40時間後に火災を鎮圧し、最終的に着火から4日後に鎮火した。

1987年7月3日	爆発	ベルギー アントワープ州 ズウェインドレヒト	78.2	177.4
-----------	----	------------------------------	------	-------

酸化エチレン装置の最終精製塔で爆発が発生し、14人が負傷した。この爆発に伴い、最初に爆発が起こった装置と付近のその他の装置で数件の二次火災が発生したが、全て30分以内に鎮圧された。原因は、塔内の物質の分解による圧力の急上昇であったことが確認されたが、最初の着火源は確認されていない。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
1987年11月14日	爆発	米国 テキサス州 パンパ	215.3	488.4

ブタンの液相酸化に使用される反応装置のスタートアップ中、装置の空気配管で爆発が起こった。爆発により、反応装置につながる空気配管の外側部分が破断し、反応装置の内容物が急速に気化して、蒸気雲を形成した。蒸気雲は移動し、放出からおおよそ25-30秒後に着火した。隣接区域で広範な財物損害が生じ、敷地全体で多大な被害が出た。7マイル離れたところの窓が壊れた。反応装置の運転を停止した際の装置のパーシが不十分だったことが直接の原因と見られている。

1988年5月4日	爆発	米国 ネバダ州 ヘンダーソン	300	655.4
-----------	----	----------------------	-----	-------

ロケット燃料用の過塩素酸アンモニウム(以下、「APJ」)を製造していたプラントでの爆発は、現地の工業団地を破壊し、地面に直径125メートルのくぼみを残し、15マイル離れたところの壁にひび割れを生じさせた。2人が死亡した。原因は、バッチの乾燥機の火災と考えられている。最初の爆発はTNT108トンに相当する規模であり、4分後の第2の爆発はTNT235トンに相当する。付近の町、ネバダ州ヘンダーソンでは、建物の約50%が破壊された。この事故でプラントの下を通っていた天然ガスパイプラインが破断し、1週間にわたり燃え続けた

1989年3月7日	爆発	ベルギー アントワープ	79.4	168.9
-----------	----	----------------	------	-------

アルデヒド塔のレベル指示器システムにつながる配管の溶接線の小さな亀裂が原因で、このガス処理プラントで小規模な酸化エチレン漏れが発生した。低サイクル疲労が原因で生じたこの亀裂により、酸化エチレンがレベル指示器付近に漏れ、ミネラルウールの保温材の中でポリエチレン・グリコール(PEG)を形成した。

漏出とPEGの蓄積は両方とも、長期にわたり生じたと考えられている。レベル指示器の補修中、保温材の金属製カバーが取り除かれ、PEGに浸った保温材に空気が接触した。その結果、PEGの自動酸化が進み、保温材が着火した。レベル指示器システムの配管が熱せられ、配管内の酸化エチレンの自然分解が生じる温度に上昇した。この自然分解がアルデヒド塔にまで及び、爆発に至った。

爆発の力で、このプラントの蒸留系は全壊した。爆発に伴う大規模な火災と他のプロセス系への破片の飛散により、プラント全体で広範にわたる被害が生じた。

1989年10月23日	爆発	米国 テキサス州 バサデナ	675	1436
-------------	----	---------------------	-----	------

化学コンプレックスの高密度ポリエチレン(HDPE)装置の一つから、大量のエチレンとイソブタンが放出された。蒸気雲は、北へ、HDPEプロセスエリアの中心に向けて漂った後、着火した。着火は、放出から約60秒後に発生したと考えられている。同エリアの記録所の地震計データは、この爆発はマグニチュード3.5(リヒタースケール)の威力があった。

爆発により、合計8トレインの懸濁重合ループ反応器を有していたHDPE装置2基が破壊された。爆発による熱は、近くの高圧貯蔵タンクのBLEVEを引き起こした。この化学コンプレックスのその他のプロセス装置は、ごく軽い被害で済み、事故から数週間以内に通常の生産を再開した。

エチレンとイソブタンの最初の放出は、一つのループ反応器のセッティングレグの直径8インチのボール弁から生じた。この空気駆動弁の主な機能は、セッティングレグと他の下流機器をメンテナンスのため、反応器から縁切りすることにある。セッティングレグを開放するための同社のメンテナンス手順は、ボール弁を閉止し、この閉止した弁にロックアウト器具を挿入した後、弁の駆動用空気の元弁を閉止し、空気ホースをディスコネクトするとなっていた。

同社の作業員は、これらのメンテナンス手順が事故の2日前に実施されたことを確認した。しかし、メンテナンス作業の優先順位が変更されたためメンテナンス作業は開始されなかった。作業は、10月23日月曜日に開始された。

爆発後の調査で、弁からロックアウト器具が取り外され、空気ホースがセッティングレグの弁の空気駆動部に再結合されていたことが判明した。弁は、開放状態で発見され、製品の取り出し弁につながるニップルやレジャーサーの継手も接続されてなく、セッティングレグは大気開放となっていた。

1991年3月11日	爆発	メキシコ コアツァコアルコスバ ハリートス	97	197
------------	----	-----------------------------	----	-----

この石油化学コンプレックスのターミナルまで伸びているパイプラインのガス漏れから爆発が起こった。最初の爆発は、コンプレックスの化学プラント付近で発生し、パイプラインにさらに損傷を与え、大規模なガス漏れを引き起こした。強力な第2の爆発が起こり、コンプレックスから15マイル以上離れたところでも感じられた。この爆発と続く火災によって化学プラントは全壊し、パイプラインは多大な損傷を受け、その他のコンプレックス建物と隣接する第三者の施設にも中程度の被害をもたらした。火災は約3時間後に鎮火された。

この事故により、このコンプレックスの化学プラントは、プラントとパイプラインの再建に必要な7ヶ月の間、完全に操業を停止した。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
1991年3月12日	爆発	米国 テキサス州 シードリフト	90	182.8

このプラントの酸化エチレン・プロセス装置で爆発が起こった。爆発の結果、酸化エチレン精製塔が全壊、エチレングリコール装置が大きく損傷し、コジェネレーション装置が一部損傷した。液体酸化エチレンの貯蔵エリア近くのパイプラックが、爆発による大きな金属片が当たったことで損傷し、メタンとその他の炭化水素製品を含む配管が破断した。放出された製品から生じた火災がこの事故で発生した唯一の大規模な火災だった。

爆発の結果、プラントの全てのユーティリティ設備がほぼ1週間、使用不能となった。さらに、多くの固定式散水システムが爆発によって損傷を受け、装置内の空気がなくなったために意図せずして作動したりした。これらのシステムは遮断され、適宜、復旧した。パイプラックの火災に対しては、ラック内の配管を遮断した後に手作業での消火作業が行われた。

ポリエチレン生産は、1991年4月初めに、輸入したエチレンを使って再開された。オレフィン生産は、1991年4月下旬に再開された。

1991年5月1日	爆発	米国 ルイジアナ州 スターリントン	120	243.7
-----------	----	-------------------------	-----	-------

ニトロパラフィン装置内のコンプレッサーの点検準備をしていた作業員が小規模な火災を発見し、プラントの火災警報器を作動させた。約30秒後に爆発が起こり、続いて規模の小さい爆発が連続して発生した。最初の爆発の影響は、このプラントから8マイルも離れたところでも報告された。さらに、最初の爆発によって、ほぼ1街区に相当するプラント内のエリアが被害を受けた。その後の火災は、7時間以上燃えたと報告されている。

この事故による敷地内のアンモニア装置2基への損傷はなかったものの、危険予防のため、プラント全体が一時的に操業を停止した。

1994年5月27日	爆発	米国 オハイオ州 ベルブレ	182	343.1
------------	----	---------------------	-----	-------

このプラントの熱可塑性ゴム製品のバッチ生産中に異常な化学反応が生じ、爆発が起こった。爆発の結果、この製造装置の反応装置、プロセス制御装置、付属装置、計器室、建物が全壊した。

その後、火災がタンクヤードの一部にまで燃え広がり、常圧貯蔵タンク5基が破壊された。12時30分頃、100万米ガロンのスチレン貯蔵タンク4基の最初の1基が、50万米ガロンのタンク1基とともに爆発した。火災が付近の貯蔵タンク（うち2基はブタジエンを貯蔵）に及ばないように、冷却水と泡放射を利用した消火活動が行われた。火災は約9時間後に鎮火された。

1994年10月20日	洪水/機械的損傷	米国 テキサス州 シーダーバイユー	130	245
-------------	----------	-------------------------	-----	-----

この事業所は、テキサス州のサンジャシント川沿いの地域を襲った洪水により、操業停止に追い込まれた。プラントの生産能力は、エチレン65万トン/年（以下、「t/y」）、LLDPE 20万t/y、LDPE 28万t/yであった。ユーティリティ設備が使えなくなったことで、ダウンストリーム部門の顧客にさらに影響が及んだ。洪水は主変電所の周りの堤防を越えて、制御室と事務所が浸水した。

1994年12月13日	爆発	米国 アイオワ州 ポートニール	203	382.6
-------------	----	-----------------------	-----	-------

このプラントの硝酸アンモニウムプロセスエリアで爆発が起こった。爆発の結果、7階建てのメインプロセス棟が全壊し、地面に直径30フィートのくぼみができた。

爆発による金属片がプラントの1万5,000トンの冷凍アンモニア貯蔵タンク2基のうち1基に穴を開けた。穴の開いたタンクから、推定5,700トンのアンモニアが流出し、周辺地域からおよそ2,500人が避難する事態となった。金属片はまた、硝酸タンクにも穴を開け、硝酸約100トンの流出につながった。爆発は、隣接する建物の金属製羽目板をはがし、外部の発電所3基に損傷を与え、16マイル離れたスーシティーの建物の窓を破壊し、30マイル離れたところでも感じられた。

1997年6月22日	爆発	米国 テキサス州 ディアパーク	135	237
------------	----	-----------------------	-----	-----

オレフィン装置No.3で爆発と大規模な火災が発生した。爆発は10マイル以上離れたところでも感じられ、それに続く火災は約10時間燃え続けた。この爆発と火災は施設に大きな損傷を与え、数人の作業員が軽傷を負った。更に付近の施設にも損傷を与え、近傍の道路も数時間閉鎖され、住民は屋内に退避するよう勧告された。この事故はオレフィン装置分解ガスコンプレッサーの軽質ハイドロカーボンガス配管の36インチエアアシスト式逆止弁の構造的欠陥によるものであった。漏洩したガスが蒸気雲を形成し着火して自由空間蒸気雲爆発が起こった。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
2001年9月21日	爆発	フランス トゥールーズ	430	692.4

肥料工場での爆発の結果、31人が死亡し、600人以上が入院した。爆風によって、3キロ離れた市の中心部で窓が粉々に割れ、ドアが蝶番からもぎ取られた。2本の煙突と建物数棟が完全倒壊し、3,000軒以上の住宅が損傷し、うち500軒は居住不能になったと報告された。さらに、付近の爆発物取扱工場で第2の爆発が発生した。最初の爆発で飛び散った火花が原因とされる。市全体に濃く立ちこめた赤と黄色の煙は当初、有毒と考えられ、市民は屋外に出ないよう勧告された。爆発により、地面に直径50メートル、深さ15メートルの穴が開いた。

2004年4月23日	爆発	米国 イリノイ州 イリオポリス	150	208.1
------------	----	-----------------------	-----	-------

年間2億バレルの特殊グレードのPVCを製造していたプラスチック工場で爆発が起こり、5人が死亡、2人が重傷を負った。ハイウェイは封鎖され、地元住民は避難を余儀なくされた。爆発は、塩化ビニルと酢酸ビニルを混合していた反応装置の中で起こった。この爆発でプラントの75%が破壊された。爆発は、8キロ離れたところでも感じられた。

2005年12月10日	爆発	ドイツ ミュンヒュースター	200	265.2
-------------	----	------------------	-----	-------

ヘキサンの放出により蒸気雲が発生し、それが電気モーターで着火して爆発が起こった。この爆発で、装置が損傷し、20人の負傷者が出た。プラントは最終的に、建替えられた。

2006年4月29日	爆発	米国 テキサス州 ポートアーサー	200	253.4
------------	----	------------------------	-----	-------

エチレン装置のプロピレン冷凍系で爆発に続いて火災が発生し、屋内退避命令が出された。火は3日間にわたって燃え続け、同施設は約6ヶ月間、操業停止を余儀なくされたが、死者や重傷者はいなかった。

2007年3月20日	爆発	日本 新潟	240	289.8
------------	----	----------	-----	-------

メチルセルロース製造施設で爆発が起こり、火災が発生した。火災は7時間後に鎮火された。この事故で、現場で作業していた17人が負傷した。3人は重体、5人は重傷で、9人が軽傷だった。敷地外でも軽傷者が1人出た。静電気によってメチルセルロース粉末が着火し、粉塵爆発につながった。メチルセルロース関連事業は2ヶ月にわたり全面的に中断された後、逐次再開された。

2012年5月5日	爆発	タイ マープタープット	143	147.6
-----------	----	----------------	-----	-------

ポリブタジエンを製造していた石油化学プラントで起こった爆発と火災で少なくとも12人が死亡し、129人が負傷した。さらに、隣接する工場と半径3キロメートル内の近隣地域から数千人が避難した。爆発とそれに伴う火災により、敷地上空に濃い黒煙が立ちこめた。死傷者は、爆風によるケガや火傷を負ったり、有毒ガスを吸い込んだりしたことによるものだった。報告によれば、爆発と火災は、作業員が次の生産バッチに切り替えるために、洗浄溶剤としてトルエンを使用してポリマー生産ラインを洗浄していた最中に起こった。

2012年12月22日	火災	フランス ラヴェーラ	250	258
-------------	----	---------------	-----	-----

6年毎のメジャー定期補修が終了してスタートアップ中のエチレン装置で事故が発生した。コンプレッサーの中圧段へ行く配管中にスパナが残置されていて大きな振動が起こり、コンプレッサーがトリップした。トリップにより高圧段側の圧力が上昇し、ハイドロカーボンが漏洩して着火した。

2015年8月13日	爆発	チェコ共和国 リトヴィーンフ	180	177
------------	----	-------------------	-----	-----

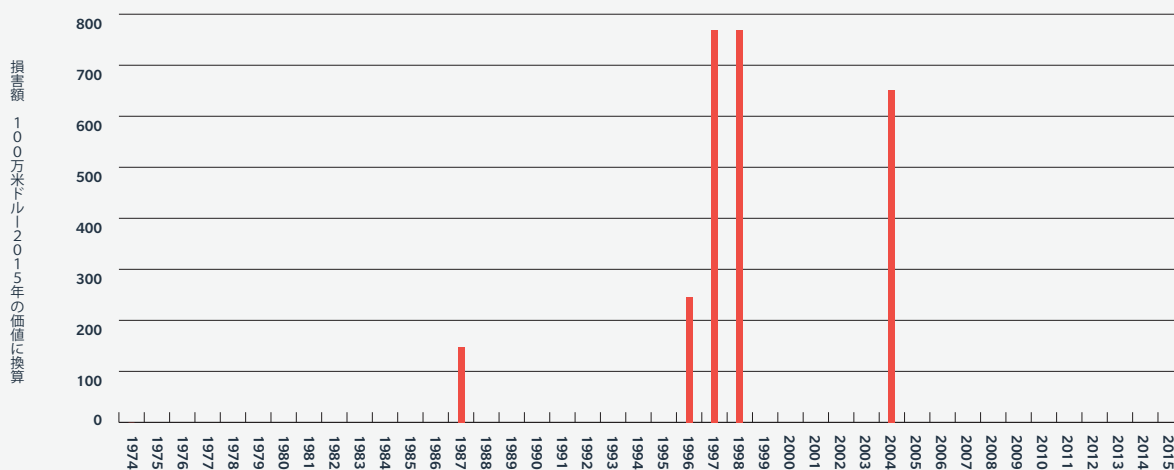
エチレン装置分解炉下流のセパレーターの冷却水が一時停止し、複数の安全弁が作動した。プロピレン塔のオーバーヘッドラインの安全弁が激しく振動し、フランジのボルトが折損、ハイドロカーボンが大気に噴き出し爆発が起こった。爆発によりユーティリティの配管が損傷を受け、エチレン装置は緊急停止した。スチームの供給が無くなったため加熱炉管が破損し、又クエンチオイルも漏洩した。広範なプール火災が発生し、分解炉10基のうち4基が損傷を受けた。

ガス処理

図12では、ガス処理に関連する事故がそれ程多くないことが示されています。ただ、時々非常に規模の大きな損害も生じており、ガス処理施設では資産価値が集中していることを反映しています。

ここ数年で新たな施設が建設され、天然ガスの液化と輸送、貯蔵、再ガス化に関するプロジェクトも進められています。こうしたプロジェクトは通常、損害を最小限に抑えるために設計、レイアウト、運転において適切なリスクマネジメントの方法を取り入れています。

図12 ガス処理における財物損害額 年別
出典：マーシュ・リサーチ



事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
1987年8月15日	爆発	サウジアラビア ジュアイマ	65	147.5

一連の停電が原因で、2基（いずれも16万5,000 bbl/d）のガス分留プロセストレインの一方または両方が数度にわたり運転を停止した。並列するトレインは、およそ100フィートの間隔で分離されていた。事故発生時、プロパン原料の供給は、プラントIの設計容量のほぼ100%、プラントIIの設計容量の25%であった。プラントIで30分間にわたりプロパン約1,900 bbl が放出されたと見られる。大型の蒸気雲の着火は、エンスト後に再発進しようとした警備車両が原因と見られている。プロパンの漏出源は、直径4インチの安全弁の配管のフランジの可能性が高いとされた。

1996年7月26日	爆発	メキシコ レフォルマ州 カクタス	137.1	245.8
------------	----	------------------------	-------	-------

ガス処理コンプレックスで、第2低温装置を中心とする蒸気雲爆発が発生したのに続き、第1低温装置で2度の爆発が発生した。爆発の結果、第2低温装置と、第1低温装置のLPG 製品ポンプが広範にわたる損傷を受け、第1・第2装置両方の計器室が破壊されたほか、第1低温装置の残りの部分も小規模な損傷を受けた。

プラントの作業員が第1低温装置のLPG 製品ポンプ2基のうち1基がシール漏れを起こしていることに気付いた。その結果、欠陥のあるシールを交換することになった。LPG 製品ポンプのメンテナンス作業の準備として、このポンプの吸込み配管の電動弁（MOV）と吐出配管の遮断弁が手動で閉止された。その後、ポンプの吸込み側のポンプフランジにスペクタクルブラインドが挿入された。シールの交換後、プラントの作業員がブラインドを除去し、フランジボルトを締め作業を進めていたときに、このフランジからLPG が漏れ始めた。蒸気雲が形成され、第2低温装置へと流れ込んだ。そして着火し、最初の爆発を引き起こした。爆発後、ポンプの吸込み配管のMOV が開放状態になっており、そのためにLPG がポンプフランジから漏れたと判断された。消防隊が爆発による火災を約3時間後に消火し、隣接するLPG 球形タンクを保護した。もしこれらの球形タンクが沸騰液膨張蒸気爆発（BLEVE）によって崩壊していたならば、プラントの財物損害ははるかに大きくなっていただろう。爆発によってプラントが停電し、電気モーター駆動型の消火ポンプが使えなくなったものの、ディーゼルエンジン駆動型の消火ポンプから消火用水が供給された。この事故により、このコンプレックスの年間21億3,000万立方フィートのガス処理能力が停止し、メキシコのガス処理能力の3分の1が中断した。

1997年12月25日	爆発	マレーシア サラワク州 ピントゥル	275	482.8
-------------	----	-------------------------	-----	-------

サラワク州ピントゥルにあるGTL（ガス・ツー・リキッド）プラントで爆発と火災が発生した。火災は翌日鎮圧された。

プラントは当時、世界に2基しかない商業的に成功しているGTL プラントの1基であり、天然ガス原料から1万2,500 bbl/d の中間留分とワックスを生産する能力を備えていた。爆発は、合成ガス原料の生産のために酸素を供給する空気分離器（ASU）で起こった。事故の調査から、最も可能性の高い原因として、ASU内の初期燃焼が指摘された。この燃焼が液体酸素の存在下でアルミニウム製熱交換器のエレメントの爆発的燃焼を引き起こした結果、エレメントが爆発的に破裂したと考えられている。12人が負傷したが重傷者はなく、プラントは修理のため数ヶ月にわたり操業を停止した。

1998年9月25日	爆発	オーストラリア ビクトリア州 ロングフォード	443	769.3
------------	----	------------------------------	-----	-------

このガス処理プラントでの爆発・火災後、オーストラリアのビクトリア州へのガス供給は事実上、完全に停止した。事故の具体的な原因は、熱油ポンプの意図せぬ突然の運転停止によってプロセスが不調となった後の熱交換器の破裂によるものとされている。熱油の供給が止まったために、一部の槽が冷油によって冷やされ、熱油が熱交換器に再び供給されたときに、脆性破壊によって槽が破裂した。最初に放出された約2万2,000ポンドの炭化水素蒸気が爆発し、推定約2万6,000ポンドが燃えてジェット火災となった。火災は、2.5日間燃え続けた。事故を調査するために設立されたロングフォード王立委員会によって発行された報告書では、運転員のミスと従業員に対する不適切なトレーニングが指摘された。配管の一つから漏洩着火し、その火災の熱が他の配管を損傷させた。12:30 pmにプラント全体で5つの爆発が起こった。120人のプラント従業員が避難したのに加え、警察はこのプラントの半径5 km範囲の住民を避難させた。このガス処理プラントでは軽質ガス、LPGを抜いた原油を20万bbl/d、粗LPGを4万bbl/d、天然ガス需要家向けに4,500億ft³/dのガスを生産していた。ガスの供給中断はこの州の140万人に影響を与え、大小の企業の事業中断を招いた。このための保険金の支払い額は5.9億米ドルと推定され、企業活動に与えた損害額は7.45億米ドルに達すると推定される。

2004年1月19日	爆発	アルジェリア スキダ	470	652.1
------------	----	---------------	-----	-------

液化天然ガス（LNG）プラントでの爆発で27人が死亡、72人が負傷し、7人が行方不明となった。爆発により、6基の液化トレインのうち3基が破壊され、付近の発電所が損傷を受け、33万5,000 bbl/d の製油所がシャットダウンした。近くの工業施設も、若干の被害を受けた。当初、ボイラーの故障がこの事故の原因とされていた。しかし、調査の結果、コールドボックス交換器から放出された大量のハイドロカーボンがボイラーに吸い込まれ、着火したことが判明した。LNGコンプレックスのトレイン6は2004年5月、トレイン5と10は2004年9月に運転を再開した。LNGコンプレックスの生産能力の50%に相当するトレイン20、30、40は、この事故で破壊された。

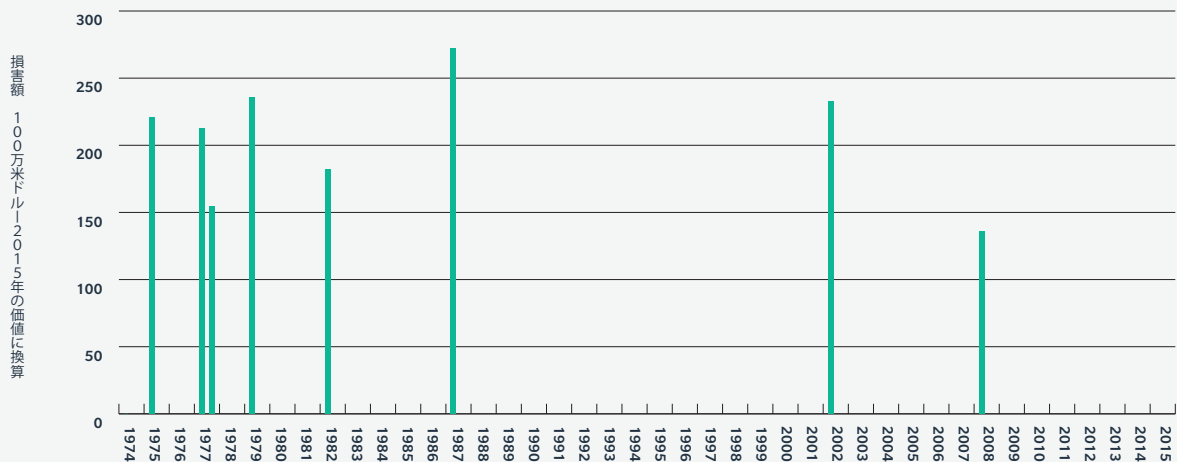
ターミナルおよび輸送

ターミナルやその他の輸送用資産の財物損害について、30～40年前には大規模な事故が高い頻度で発生していたことが図13から読み取れます。ただ、今日ではこうした事故はほとんど発生していません。

大半のターミナルおよび輸送施設の物理的な配置に加え、施設内のプラントや設置されている機器の資産価値がそれ程大きくないことから、最悪の事態が発生しても大規模な財物損害が生じるような資産の集中が同部門ではほとんどないことが分かります。さらに、ここ最近ではターミナルおよび輸送施設におけるハードウェアと管理システムが改善されており、重大な損害が発生する可能性がさらに低下しています。ただ、こうした改善にもかかわらず、輸送ターミナルでは第三者に重大な影響が及ぶ事故も起きています。

2005年に英国バンスフィールドで、2009年にインド・ジャイプールでそれぞれ発生した石油貯蔵施設の大規模火災や、2009年にプエルトリコで起きた石油貯蔵ターミナルの火災は、いずれも重大な損害をもたらしました。ジャイプールのインシデントでは11人が死亡し、いずれの事故も施設に加えて第三者が重大な損害を被る結果となりました。ただ、これらによる財物損害額は「大規模損害事故トップ100」に入るほどの規模ではありませんでした。

図13 ターミナルおよび輸送部門における財物損害額 年別
出典：マーシュ・リサーチ



事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
1975年1月31日	爆発	米国 マーカスフック	50	221

デラウェア川のマーカスフックの製油所棧橋で40万バレルの原油を積み下ろしていたギリシャ船籍のタンカー「コリントス」号に、米国船籍のタンカー「エドガー・M・クイーニー」号が衝突した。衝突により、ギリシャ船籍のタンカーで最初の大爆発とそれに続く数回の爆発、そして火災が起こった。コリントス号に乗船していた船員25人と、米国船籍のタンカーの船員1人が死亡した。コリントス号は間もなく沈没し、後に引き揚げられて廃棄された。

1977年11月5日	火災	サウジアラビア アブカイク	54.5	212.3
------------	----	------------------	------	-------

直径30インチの原油パイプラインが破損し火災が起こり、スヘロイドタンク3基、ポンプ装置その他機器を破壊した。着火は、自動車の原因だった。

1977年7月8日	火災	米国 アラスカ州 フェアバンクス	39.6	154.3
-----------	----	------------------------	------	-------

ストレーナーのカバープレートの取り外し中にパイプラインのポンプが運転を開始し、放出された原油が着火した。火災はほぼポンプ室で消止められた。

1979年1月8日	爆発	アイルランド パントリーベイ	70	235.4
-----------	----	-------------------	----	-------

建造後11年の12万1,000重量トンのタンカーが、アラビアンヘビー原油の最初の積載分の積み下ろしを完了した時、タンカーのデッキで小規模な火災が発見された。約10分後、火は、船体の両側に広がった。その後、大爆発が発生した。災害のきっかけとなった事象は、デッキレベルまたはその近くでの船体構造の座屈であった。パラスタック内で何回か爆発が起こり、船尾が破断した。これらの事象は、2つの異なる要因の組み合わせで起こった。すなわち、不適切なメンテナンスにより船体が非常に脆弱になっていたこと、災害発生時の誤ったパラスティングにより過度のストレスがかかったことであった。船が全損したことに加えて、コンクリートと鋼鉄製の棧橋の1,130フィートが損傷を受けたり破壊されたりした。

1982年12月19日	火災	ベネズエラ タコア	70	182.3
-------------	----	--------------	----	-------

燃料油タンクで大規模なボイルオーバーが発生し、巨大な火の玉によって少なくとも160人が死亡した。液位測定中の燃料油タンクで爆発が起こり、タンクの屋根が吹き飛ばされて火災が発生した。タンク火災の発生から8時間後、激しいボイルオーバーが発生した。燃えたぎる油が、タンクが設置されていた丘を下って第2のタンクの周りに流れ込んだ。

1987年3月5日	地震/ 機械的損傷	エクアドル	120	272.2
-----------	--------------	-------	-----	-------

地震でアンデス山脈横断パイプラインが25マイルにわたって失われ、天然ガスとガソリンのパイプラインも損傷を受けた。285の生産井全てが運転を停止し、石油輸出が凍結され、ベネズエラの供給業者とスワップ協定が結ばれた。最初の地震ではマグニチュード6.0、次の地震ではマグニチュード6.8が観測され、合計10回の地震があった。修理には、数ヶ月を要した。

2002年1月31日	爆発	クウェート ラウダタイン	150	232.4
------------	----	-----------------	-----	-------

集油センター、ガスブースターステーション、変電所の爆発・火災で4人が死亡した。爆発は、集油ステーションの埋設原油パイプラインからの漏出が変電所に広がり、着火して起こった。火花による爆発とそれによる火災が集油センターと隣接するガスブースターステーションを襲った。この事故で19人が負傷し、主に第一度熱傷と第二度熱傷を負った。火災は、2日後に鎮火された。

2008年6月3日	爆発	オーストラリア パラヌス島	120	135.6
-----------	----	------------------	-----	-------

ガスプラントの腐食したパイプラインからガスが漏れ爆発が起こった。この事故により西オーストラリア州のガスの供給が30%減少、鉱業等の産業への供給が45%減少した。作業員は念のため島の外に退避した。従来の生産能力への復帰に6ヶ月を要した。

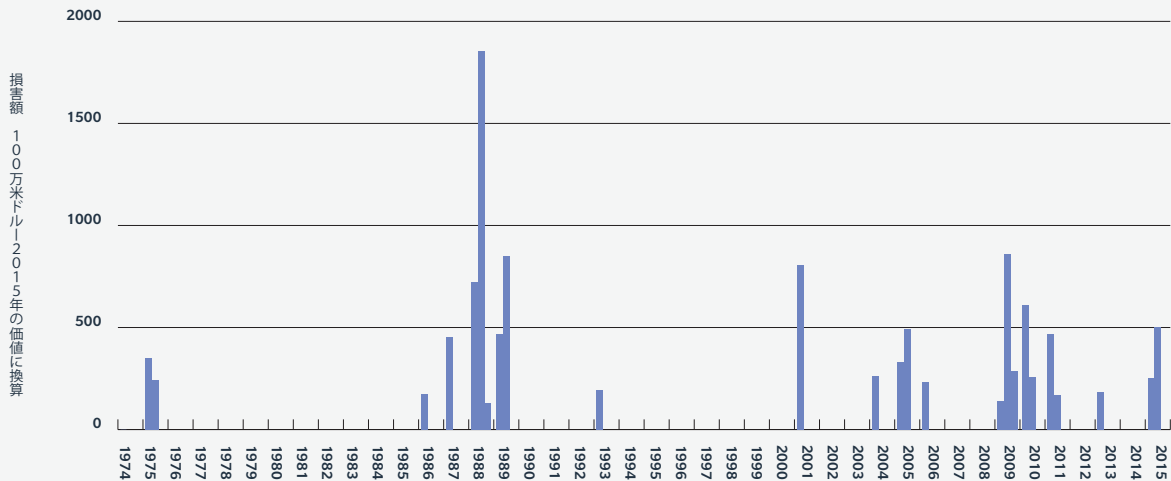
アップストリーム

アップストリームにおける損害では、1988年に発生したパイパー・アルファの事故によるものが抜きんでいます。アップストリーム部門では定期的に大規模な損害事故が発生しており、過去2年間では2回の大規模損害事故が発生しています。

アップストリーム部門の操業を取り巻く環境はますます厳しくなっており、石油開発は深海への進出が進んでいます。同部門は過去のさまざまな損害から教訓を学んでおり、施設の配置や防火対策、損失の軽減に生かされています。ただ、大規模プロジェクトにおいては、事故が発生した場合のリスクがほかに比べて大きいものとなっています。

同時に、水圧破碎技術による陸上のアップストリームプロジェクトが増えています。こうしたオペレーションに関連した事故は発生しているものの、通常は施設自体が小規模で、火災によって焼失しても数百万ドル単位の損害が生じることはほとんどありません。

図14 アップストリームの財物損害額 年別
出典：マーシュのベンチマーキング・サーベイ・アナリシス



事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
1975年7月1日	暴噴	アラブ首長国連邦 ドバイ ファターL3	79	349.2

ファター油田のL3開発井が深さ4,180フィートに達したところで、「キック」が発生した。ガスが20インチのシュー付近に浮かび上がり、プラットフォームの下で泡立ったため、キックコントロール作業は打ち切られ、リグは放棄された。暴噴から8日後、ガスが着火し、2週間後にリグとプラットフォームは水面下に沈んだ。

1975年8月1日	衝突	英国 北海 AUK	54.7	241.8
-----------	----	--------------	------	-------

「スタッド・シー」号がこのプラットフォームに衝突した。

1986年8月26日	暴風雨	日本 日本海	75	175.1
------------	-----	-----------	----	-------

半潜水型バージ船が台風の際、ウルサン近くで座礁した。

1987年11月4日	暴噴	米国 メキシコ湾 バーボン油田 A17	200	453.7
------------	----	------------------------	-----	-------

生産ケーシングからアウトケーシング・ストリングに持続的なケーシングヘッド圧力が漏れ、ケーシング・ストリングの1本が破損した。その結果、アンダーグラウンド・ブローアウトが発生し、プラットフォームに広範な被害をもたらし、プラットフォーム周辺にガス煙が立ちこめた。坑井は、海底の状態を安定させるために封鎖された。

1988年4月24日	暴噴	ブラジル カンボス海盆 エンショーヴァ	330	721
------------	----	---------------------------	-----	-----

プラットフォームの坑井の一つを原油生産からガス生産に切り替えていたときに、高圧のガスポケットに遭遇し、その勢いで掘削パイプが坑井から外れた。BOP は坑井の封鎖に失敗し、坑井から放り出された掘削パイプがプラットフォームの脚部の一つに当たって生じた火花が漏れ出したガスに引火した。火は31日間にわたって燃え続けた。トップサイドの構造物の大半が破壊され、施設はその後、全損を宣言された。減産期間をできるだけ短縮するために、生産モジュールの再設計は、45日後に完了した。フル生産は、事故から18ヶ月後に再開された。

1988年7月6日	爆発	英国 北海 パイパー・アルファ	850	1857
-----------	----	--------------------	-----	------

プラットフォームのガス圧縮モジュールの配管の一部からガスコンデンセートが漏出し着火した結果、火災と爆発が連鎖的に発生し、施設がほぼ全壊した。メンテナンスのために撤去されていた安全弁の設置箇所が不注意で加圧され、当該箇所からコンデンセートが流出した。事故がこれほど重大になったのは主に、プラットフォームに接続するパイプラインの破断箇所から原油とガスが流出して事態を悪化させたことと、最初の爆発の結果、ほぼ全ての緊急システムが作動不能となったことだった。圧縮モジュールは、計器室に隣接するプラットフォームに据え付けられており、計器室は、最初の爆発で使用不能となった。

それに加えて、事故発生前にダイバーが水中に潜っていたために、消火ポンプが手動モードに切り替えられていた。

事故発生当時、プラットフォームには226人がいた。生存者は、61人だけだった。死亡者数が多かった原因の一つは、居住区画が最初の放出とそれによる爆発・火災を起こした箇所の上方に位置していたことだった。

1988年12月24日	悪天候/機械的損傷	英国 北海 フルマー油田	60	131.1
-------------	-----------	-----------------	----	-------

悪天候下で海底設備が損傷し、浮遊式貯蔵設備が漂流した。この事故で英国の北海油田生産が10%減少した。設備を復旧するのに約6ヶ月要した。

1989年1月20日	暴噴	ノルウェー 北海 トレジャー・サガ	220	468
------------	----	----------------------	-----	-----

セミサブリグで油井を制御するために注入したセメントを掘削管から除去しようとしていたところ1万5,527フィート地点でガスキックに遭遇し、油井で暴噴が起こった。油井は11ヶ月後、リリーフウェルに重いマッドを注入することによって安定化した。その後、油井は封鎖された。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
1989年3月19日	爆発	米国 メキシコ湾 バイカー	400	850.9

請負業者の作業員がプラットフォーム上の直径18インチのセールスガスパイプライン上にピグトラップを据え付けていた。パイプラインに冷間切断で切り込みを入れたところ、ハイドロカーボンが切り口から噴出し、着火した。爆発と火災によって主構造物が燃え、高熱により他の6本のパイプラインが破裂したことで、さらに爆発が発生した。この事故により、プラットフォームは全壊し、7人が死亡した。プラットフォームの再設置に2年を要した。

1993年3月25日	爆発	ベネズエラ マラカイボ湖 ラマ	100	194.1
------------	----	--------------------	-----	-------

監督されていないメンテナンス作業中、プロパン中間冷却器の液面制御装置の不明な故障が、爆発・火災につながった。メインプラットフォームの計器室が破壊され、隣接するプラットフォームも爆風の影響を受けた。この事故で11人の死者が出た。

2001年3月15日	爆発	ブラジル カンボス海盆 ロンカドル油田	500	805.1
------------	----	---------------------------	-----	-------

この世界最大のオフショア生産施設は、ガス放出によって引き起こされた一連の爆発によって激しく揺れた。爆発は、セミサブプラットフォームの支柱を破壊し、海水が浮揚槽に入り込んだ。作業員は、リグの浮揚を保とうとポンプで窒素と圧縮空気を送り込み、約3,000トンの海水を排出しようとしたが、成功しなかった。3月20日、リグは海底まで沈没した。この事故で合計11人の作業員が死亡した。

2004年8月10日	暴噴	エジプト テンサー	190	263.6
------------	----	--------------	-----	-------

オフショアのガス生産プラットフォームで、坑井制御トラブルに続いて、掘削作業中に火災が発生した。火災は、生産プラットフォーム上で発生し、当初は鎮圧されたが、付近のジャッキアップ掘削リグ(大手掘削請負業者が所有)に広がり、リグは大きな損傷を受けて崩壊した。掘削リグに乗っていた79人全員が無事避難した。生産プラットフォームには150人が乗っていたが、火災が広がる前に避難していた。掘削リグは沈没し、回収できなかった。プラットフォームも修理不能なほど損傷したため、政府によって破壊が命じられた。

2005年7月10日	暴風雨	米国 メキシコ湾 サンダーホース	250	331.5
------------	-----	---------------------	-----	-------

ハリケーン「デニス」が、プラットフォームのあるエリアを通過し、プラットフォームが部分的に沈下した。バラストタンクの海水弁が正しく取り付けられていなかったため、タンク内に過剰な水が入った。プラットフォームからの退避はすでに完了しており、原油、燃料その他有害物質の漏出はなかった。

この損害により、生産開始が予定より3年遅れた。一連の検証の結果、油田のサブシーシステムの構成部品に冶金上の欠陥があったことが判明し、会社は全ての海底生産設備を回収、再建した。

2005年7月27日	爆発	インド ムンバイ ハイノース	370	490.6
------------	----	-------------------	-----	-------

火災によって石油プラットフォームが全壊し、22人が死亡した。作業員1人を医療センターに避難させていた多目的サポート船がプラットフォームのライザーに衝突し、爆発を引き起こしたと見られる。船も引火し沈没したが、近くのプラットフォーム2基は、連結ブリッジが崩壊したものの無事だった。プラットフォームに乗っていた150人は、近くのウォーターインジェクションプラットフォームに移ることができ、さらに348人が石油プラットフォームから避難した。しかし、救助活動は、悪天候によって阻まれた。さらに、プロセスプラットフォームとブリッジで連結していたカンチレバー型のジャッキアップ・リグも火災に巻き込まれた。このリグから計73人が避難したが、避難中、従業員1人が死亡した。船の飽和室にいた6人のダイバーは36時間後に救出された。

2006年11月5日	漏出	ノルウェー 北海	185	234.4
------------	----	-------------	-----	-------

浮体式生産ユニット上でオフショアガス警報器が作動し、調査したところ、生産ライザーの1本からガスが漏出していることが明らかになった。さらに調査したところ、他にも5本のライザーが同じトラブルを起こしていることが判明した。その後、修復作業が実施された。

2009年1月26日	機械的損傷	アンゴラ アンゴラ沖	120	137.7
------------	-------	---------------	-----	-------

油田で作業していたアンカーハンドリング・タグ船がサブシーセンター上方でコントロール/操舵を失った。アンカーワイヤーが海底設備に引っ掛かり、クリスマスツリー、坑井コンダクター、サブシーコントロールモジュールを損傷した。修復のため、一つの坑井がブラッキングされ、廃坑井とされて、代わりの坑井が掘削された。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
2009年6月4日	衝突	ノルウェー 北海	750	860.4

坑井改修船が動力を失い、23万bbl/d のコンプレックスの無人プラットフォーム部分に衝突した。プラットフォームの構造体、連結アクセスブリッジ、坑井設備への損傷を含め、船舶とプラットフォームは大きな損傷を受けた。約2万3,000 bbl/d の原油生産が影響を受けたと報告された。衝突の力で、船首が2メートルほど圧縮され、プラットフォームは本来の位置から一部押し出され、主要な耐力構造の数本の脚が緩んでずれた。プラットフォーム上のウォーターインジェクションライザーの1本が広範囲にわたって曲がり、一部のウェルヘッドがずれたほか、衝突によるさまざまな損傷が特定された。

2009年8月21日	暴噴	オーストラリア ティモール海	250	286.8
------------	----	-------------------	-----	-------

ティモール海のジャッキアップ・リグを使用していたプラットフォームのウェルヘッドから原油、コンデンセート、硫化水素が流出した。リグにいた作業員69人が避難した。プロジェクトの深さ1,200メートルの坑井の一つを塞いでいたプラグが外れて、原油とガスが流出し始めた。翌日には、長さ12キロメートル、幅30メートルの流出が報告された。次の2ヶ月にわたり、坑井を塞ごうとする試みが行われた。坑井からの原油・ガスの流出量は、400bbl/dと推定された。

11月1日、掘削業者が坑井の遮断に成功し、坑井に重質のマッドを注入し始めたと報じられた。しかし、さらに深い位置の流出箇所を塞ごうとしていた掘削プラットフォーム上で火災が発生した。火災は、2日後に鎮火された。合計4,140トンの原油が失われたと推定されている。この事故は、プラットフォームと掘削リグの両方に影響した。

2010年4月21日	爆発	米国 メキシコ湾	560	609.5
------------	----	-------------	-----	-------

ルイジアナ州の沿岸約48マイル沖のミシシッピ・キャニオン252鉱区で稼働していたセミサブ掘削リグは、坑井のトラブルによる大規模な爆発と火災の被害を受けた。リグには、乗員126人がいた。すぐに11人の行方不明が確認され、その後死亡が確認された。さらに17人が負傷した。リグは、最初の爆発から36時間で、水深およそ5,000フィートに沈没した。試掘井は深さ1万8,360フィート（合計）まで到達しており、この坑井制御トラブルが起こる前、一時的に廃坑井とするためのセメンティング作業が行われていた。

スタティック・キル作業が完了するまでの87日間、損傷した防噴装置（BOP）からハイドロカーボン

が流出し続けた。放出は、国家の一大事となる規模の油濁事故を引き起こし、前例のない海中・海上の油濁対策が取られた。油井は、最初の事故発生から5ヶ月後、リリースウェルによる遮断の成功により完全封鎖が宣言された。

この損害を受けて、米国沿岸の海域における掘削活動が一時的に禁止された。

2010年5月13日	沈没	ベネズエラ カリブ海	235	255.8
------------	----	---------------	-----	-------

天然ガスの掘削リグがカリブ海で沈没した。95人の作業員全員が無事避難し、ガスの漏洩は報告されなかった。沈没は、浮いているプラットフォームの脚部を支える水中の浮き台の一つに突然、水が流れ込んだことによって発生した。自動海中安全弁が坑井を密閉し、漏洩の発生を防いだ。

2011年2月4日	暴風雨	英国 北海	450	470
-----------	-----	----------	-----	-----

北海の激しい暴風雨により、FPSOの10本のアンカーチェーンのうち4本が破断し、船体が係留位置から離れ始めた。FPSOは、53ノットの風と9メートルの波にさらされていたと推定されている。通常、海底の坑井からFPSOまで複雑な配管システムが走っているが、このインフラが事故により損傷を受けた。

船体が係留位置から離れたことを受けて、全ての坑井がただちに閉鎖された。その後の調査で、流出した原油はないことが判明した。結果的に、主要スタッフ以外の乗員74人が近くのプラットフォームに避難し、43人の主要スタッフが船内に残った。乗員2人が軽傷を負った。

この施設は事故前、平均1万8,400 bbl/dの原油の生産が計画されていた。

2011年4月12日	沈没	メキシコ メキシコ湾	160	167.1
------------	----	---------------	-----	-------

フローテルのポンツーン部分に水が入って全体が一方に傾き始めたため、作業員638人が避難した。フローテルは、メキシコのカンペチェ州近くの沖合約80キロメートルに位置していた。この突然の傾きによる負傷者は報告されなかった。フローテルの全損が生じたと報告された。

事故発生日	事故種類	国 場所	財物損害額 単位：百万米ドル	推定現在価値 単位：百万米ドル
2013年7月1日	沈没	アンゴラ 大西洋	182	186

ジャッキアップ・リグの3本の支柱のうち1本の下で海底が崩壊し、リグが沈没した。掘削作業のために、水深約40メートルのところリグを設置していた最中のことだった。リグが突然傾いて中に水が入り、転覆したとき、リグ上には103人の作業員が乗っていた。乗員1人が行方不明となり、6人が軽傷を負った。

2015年3月11日	爆発	ブラジル カマルビン油田	250	250
------------	----	-----------------	-----	-----

ブラジル沖の浮体式海洋生産貯蔵積出設備 (FPSO) で爆発が起こり、9人が死亡し多数の人が負傷した。事故はブラジルの南東部エスピリトサントの海岸から120kmの大西洋上で発生した。このFPSOは大型原油タンカー (VLCC) を転用したものであり、1000万m³の天然ガスを生産するよう設計されていた。流体の移送作業時にコンデンセートが漏洩し引火性の蒸気雲がエンジンルームに侵入して爆発したと考えられている。死亡者の大部分は緊急時対応チームのメンバーとされている。この事故でFPSOは浸水したが、爆発による船体そのものの損傷はなかった。

2015年4月1日	火災	メキシコ カンペチェ湾	500	500
-----------	----	----------------	-----	-----

メキシコ湾の6つのプラットフォームからなるコンプレックスで大規模な火災が起こった。火災は下側デッキ上の生産プラットフォームで始まり、当該プラットフォームに甚大な損傷を与え、輻射熱によって隣接の圧縮設備のあるプラットフォームやブリッジ、パイプラインにも被害が生じた。政府から要求された根本原因調査によって、最初の火災は小口径配管の腐食に起因するとされた。



マーシュについて

保険仲介とリスクマネジメントの世界的リーディングカンパニーであるマーシュ・エルエルシーは、お客様と一体となり、革新的な各業界特有のソリューションを定義、設計、提供し、お客様のリスク管理を支援しています。約30,000名の従業員が130ヶ国以上のお客様にサービスを提供しています。マーシュは、リスク、戦略そして人的資本の分野でお客様にアドバイスとソリューションを提供するグローバルプロフェッショナルサービスカンパニーであるマーシュアンドマクレナンカンパニーズ（ニューヨーク証券取引所上場、取引銘柄はMMC）の100%出資子会社です。マーシュアンドマクレナンカンパニーズには全世界で60,000名の従業員が在籍し、その年間総収入は130億米ドル超、マーシュの他にリスクおよび再保険仲介のガイカーペンター、人事コンサルティングおよび関連サービスのマーサー、マネジメントコンサルティングのオリバーワイマンを傘下に置いています。マーシュはツイッター @MarshGlobal、LinkedIn、Facebook、そしてYouTubeでも情報を提供しています。

参考文献

ENGINEERING POSITION PAPERS

(エンジニアリング・ポジションペーパー)

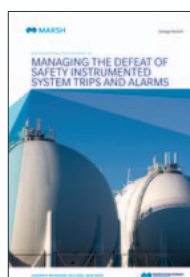
マーシュが発行するエンジニアリング・ポジションペーパーは、現時点では世界的な基準が設定されていない事項について、マーシュの知識を活かしてそのベストプラクティスを示したものです。各ポジションペーパーには、マーシュが「非常に優れている」と判断した主要な方策を記載しています。



PRE-START-UP SAFETY REVIEW

(スタートアップ前の安全審査)

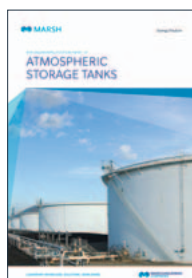
本書の推奨項目はリスク改善の支援と問題点の明確化に活用できるほか、管理システムの改善を図りたい顧客への詳細な助言を提供します。



MANAGING THE DEFEAT OF SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM TRIPS AND ALARMS

(安全計装システムのトリップ、アラーム解除の管理) *

安全計装システム(SIS)を解除した場合、本来押さえこむ筈だったハザードによりリスクは高くなります。



ATMOSPHERIC STORAGE TANKS

(常圧貯槽)

蓄積された常圧貯槽の事故データから、過剰充填は3300回に1回の頻度で発生していることが分ります。



PROCESS-SAFETY PERFORMANCE INDICATORS

(プロセス安全成果指標) *

プロセス工業では長年にわたり、広く知られている重大な事故が発生しています。重大事故の根本原因の多くはプロセス安全管理の失敗に関連しています。



FIRE PRE-PLANS

(火災事前対応計画) *

長年の間に、タンク火災を含む大規模な被害をもたらした火災は数えきれないほど発生しています。この中には、プラントへの重大なダメージや事業中断の原因となる大規模な製品損失とプロセス装置の火災が含まれます。



MANAGEMENT OF CHANGE

(変更管理)

製造プラントの稼働期間中には、物理的ハードウェア、制御システム、事業プロセスのほか、プラントの運営に携わる組織構造など多くの変更が起こります。

*日本語版の用意がございません。

BENCHMARKING (ベンチマーキング)

マーシュは明確な基準と比較した場合のリスクの質の絶対尺度を提供するために、独自に開発したリスクランキングシステムを活用しています。同ランキングを基に、マーシュは現在の基準とベストプラクティスを土台に、積極的なリスク改善アプローチを提供するベンチマーキング手法を開発しました。これは過去の実績に基づく改善策とは異なるものです。われわれの顧客の多くにとって、このベンチマーキング・レポートは既に、変革のきっかけとなっています。



ENERGY RISK QUALITY BENCHMARKING IN THE MIDDLE EAST

(中東におけるエネルギーリスクの質のベンチマーキング)

本書は中東におけるエネルギー産業のリスクの質について説明し、同地域の石油、ガス、石油化学施設のリスクの質について、世界500カ所余りの同様の施設と比べながら地域的傾向を分析しています。



BENCHMARKING THE ASIAN ENERGY INDUSTRY: STRENGTH AND OPPORTUNITY IN A RAPIDLY DEVELOPING MARKET

(アジアのエネルギー産業のベンチマーキング:急速に成長する市場における強みと可能性)

アジアの陸上の石油、ガス、石油化学施設のリスクの質を測るため、世界400カ所余りの同様の施設と比較しています。

マーシュ・エナジー・リスクエンジニアリングチーム

マーシュのリスクエンジニアリングチームは設立以来25年以上にわたり、企業のリスクマネージャーや保険会社向けに適切な保険の限度額と範囲、そして保険料の選定に必要な情報を提供しています。リスクエンジニアチームには、石油、ガスおよび石油化学業界のリスク全域において設計、建設、運転そしてメンテナンスの実務経験を持つ有能なエンジニアが在籍しています。全てのエンジニアは高度な保険知識を習得しており、リスク評価・分析力とともに二カ国語以上でのコミュニケーション能力を備えています。私たちは、顧客と保険会社間にリスクエンジニアリング、保険そしてリスクマネジメントの架け橋を築くことを目指しています。同時に当チームは、ワールドワイドのプラントリスク評価実績に基づいて比較・構築したベンチマーキングシステムを所有しており、グローバルな観点からのリスク改善の提言を行います。計画の初期段階から運転の最終フェーズまで、エンジニアリングサービスチームは実践的かつ経済合理性のある助言と支援を提供しています。テラーメードのプログラムに加えて、当チームでは大規模な緊急事態への対応からリスク軽減のための設計や安全な作業手順に至るまでの全てを網羅した核となるパッケージサービスを用意しています。当エンジニアリングサービスチームは、投資規模、幅広い専門性、そして経験の違いから保険仲介やリスクアドバイザー業務とは一線を画しています。更に重要なことは、プラントの物理的なリスク、保険の効果、そして操業環境について正しく把握するために、当チームは実践的な知識とスキルを駆使してお客様とのコミュニケーションを図っていることです。

お問合せ

マーシュブローカージャパン株式会社
登録番号 関東財務局長 第29号
グローバルエネルギープラクティス
〒163-1438 東京都新宿区西新宿3-20-2 東京オペラシティタワー 38階
TEL 03-5334-8220 (部署直通) FAX 03-5371-4512
www.marsh-jp.com

廣瀬 晴信
03-5334-8519 (直通)
harunobu.hirose@marsh.com

津留 秀樹
03-5334-7874 (直通)
hideki.tsuru@marsh.com

高尾 義行
03-5334-7234 (直通)
yoshiyuki.takao@marsh.com

安井 章
03-5334-7935 (直通)
akira.yasui@marsh.com

当社は、ガイ・カーペンター、マーサーおよびオリバーワイマンを擁する Marsh & McLennan Companies の一員です。本書（当社が行った提言、分析または助言がある場合はこれらを含み、以下総称して、「当社の分析等」といいます）は、個別の状況に対する助言として理解されることを意図するものではなく、またそのように依拠されるべきものでもありません。本書に記載の情報は、当社が信頼に足ると考える情報源に基づくものであり、正確性について当社は何らの表明または保証をするものではありません。当社は、当社の分析等を最新のものに更新する義務を有せず、本書をお読みの方または他の第三者に対して、本書に記載のいかなる事項についても何らの責任も負いません。保険数理、税務、会計または法務に関する記載があっても、それらは当社の保険ブローカー / 代理店およびリスクコンサルタントとしての経験のみに基づくものであり、保険数理、税務、会計または法務に関する助言として依拠されるべきものではありません。それらの問題については、本書をお読みの方（以下、「貴社」といいます）が各自で専門家・アドバイザーに照会頂く必要があります。当社の分析等における数理的モデル、分析または予測は、それぞれ固有の不確実性を有しており、基礎となる仮定、条件、情報または要因が不正確、不完全または不確定である場合、当社の分析等は相当の影響を受ける可能性があります。当社は、保険約款の適用または保険会社（再保険会社を含む）の財政状態もしくは支払余力について何らの表明や保証をするものでもなく、また特定の補償内容が入手可能かどうかもしくはそのコストまたは契約条件につき、何らの保証をするものでもありません。当社の助言または推奨の有無にかかわらず、保険による補償の金額、種類または条件についての意思決定は、最終的には保険契約者の責任においてなされるものであり、当該保険契約者が特定の状況および財政状態に適した補償内容を定める必要があります。

本書の全部または一部の無断開示・複製・複製・転載等を禁じます。

Copyright © 2016 Marsh LLC/Marsh Broker Japan Inc. All rights reserved.