

engineering-timelines

リチャード・トレヴィシック (Richard Trevithick)

(http://www.engineering-timelines.com/who/Trevithick_R/trevithickRichard.asp)

Elenor Knowles (邦訳 S. Yamauchi)

2021年6月19日

目次

1	はじめに	2
2	初期の生い立ち	2
3	鉱山の揚水	4
4	高圧蒸気	7
5	最初の路上車両	12
6	鉄道機関車	16
7	浚渫、トンネル掘削およびその他の発明	20
8	南アメリカ	23
9	コーンウォールへ帰る	27
10	晩年	31
11	トレヴィシックを偲んで	34
12	厳選された仕事	36

リチャード・トレヴィシック (Richard Trevithick)

	日付	場所
生誕	1771 年 4 月 13 日	UK コーンウォール プール ステーション・ロード 35 (現)
死没	1833 年 4 月 22 日	UK ケント ダートフォード ブル・イン
埋葬	1833 年 4 月 26 日	UK ケント ダートフォード イースト・ヒル
時代	ジョージアン朝	

1 はじめに

執念の発明家であるコーンウォールのリチャード・トレヴィシックは、蒸気機関車の発明者であり、路上用と鉄道用のその原形を作成した。その間、彼は高圧蒸気(それを彼は「強い蒸気」と呼んだ)の力を利用することを成し遂げ、その蒸気を使ってあらゆる種類の機関を効率的に駆動した。彼の先駆的な仕事は、彼の近い同時代人であった有名な鉄道技術者のジョージ・スチーブンソンと、彼の息子のロバート・スチーブンソンのその後の成果に引き継がれた。

トレヴィシックの機械に関する専門知識は、教育ではなく実践的な経験と観察により得られたが、これが彼の妨げになることは決して無かった。彼は、独創的で画期的なアイデアを継続的に発揮することにより、ビジネスに対する眼識の欠如を補って余りあった。彼は、蒸気機関などの動力装置は、定置型や移動型を問わず、あらゆる種類に機械を駆動するのに利用できることに気づいた。彼の制止できない性質は、計画がうまくいかなくても彼は決して落胆しなかったことを意味し、彼は直ちに次のエキサイティングなプロジェクトに移った。

彼は、英国の産業革命が始まって 20 年後の急速に変化する世界の中に生まれた。それは、非常に多くのプランを持つ若い技術者にとって、エキサイティングな場所であった。彼のキャリアはコーンウォールの鉱山で始まり、道路網が線に過ぎずかつ英国がフランスと戦争をしていた時期に、イングランド中を飛びまわった。後半生では、彼は自分の運を求めて南アメリカへ足を踏み入れ、そこで内戦に巻き込まれた。

おそらく彼の大きな悲劇は、時代に先んじて生まれたことであつたらう。彼の同時代人々々は、彼のアイデアを受け入れる準備ができておらず、その後の技術者がそれを発展させ、トレヴィシックの仕事を忘れ去ったかのような認識を人々に残した。しかし最近では、「コーンウォールの巨人」(彼は当時としては異常に背が高かった)は、技術の天才として確かに認識されるようになっている。

2 初期の生い立ち

18 世紀のロンドンから見ると、ウェストバーバリーとして知られるコーンウォール半島西部のケルト語圏は、遠く離れた孤立地のように見えた。陸路はほとんど作られていなかったため、陸路からの旅行は危険であり、海路は岩の多い海岸と海賊行為のリスクのため、さらに劣悪であるとさえ考えられていた。

リチャード・トレヴィシックの父、リチャード・フランシス (1735-97) は、ファルマス北西のカムボーンとレッドルース地区にある多くのコーンウォール鉱山(ドルコース、ホイール・チャンス、ホイール・トレジャリ、イースタン・ストレイ・パーク)のマネージャー(つまりキャプテン)であった。彼はそれぞれから月に £2 を稼いでいた。1777 年以降、彼は、フランシス・バセット (1757-1835) が所有するポーツレス近くのテハイディ地所の鉱物代理人でもあった。父リチャードはメソジスト教徒のクラスリーダーであり、その運動の創

設者の一人である著名な説教者ジョン・ウェスレー (1703-91) と知己であった。

トレヴィシクの祖父母のジョン (1694-1750) とエリザベス (c.1705-56) はカムボーンに住んでいて、5 人の子供がいて、父リチャードはそのうちの 2 番目であった。父リチャードは、1760 年 11 月 9 日にカムボーンでトレヴィシクの母親であるアン・ティーグ (1736-1810) と結婚した。彼女の両親はジョン・ティーグ (c.1706-86) とブルデンス・クリード (d.1784) であった。ティーグ家はアイルランドで発祥し、レッドルース鉱山とも関係があった。

父リチャード夫婦には 8 人の子供 (エリザベス、アン、ブルーデンス、メアリー、リチャード、トマシーナ、サラ、アレクサンダー) がいた。トレヴィシクの姉妹のうちの 3 人はカムボーンで結婚したと思われる。エリザベス (1761-1823) は、1782 年 11 月 28 日に鍛冶屋ジョン・タイアックに、アン (1763-1830) は、1791 年 4 月 18 日に技術者のウィリアム・エドワーズに、トマシーナ (1773-1850) は、1796 年 12 月 7 日にヘンリー・ヴィヴィアン (1771-1817) に嫁ぎ、メアリー (1768-90) は明らかに未婚で亡くなった。ブルーデンス (1765-75)、サラ (1775-80)、アレクサンダー (1779-90) は、子供の頃に亡くなった。

トレヴィシクは 1771 年 4 月 13 日、イローガン教区にあるプールの現在の 35 ステーション・ロードの敷地内にあるコテージで生まれた。それは、サウスホイールクロフティ鉱山の向かい側にある。人数の増える家族は、その後すぐにカムボーンの南西にあるペンポンズのハイヤー・ペンポンズ・ロードの土地にある家へ引っ越した。当時、これはカムボーン自体よりもはるかに高い料金の主要住宅地であった。家は今も立っており、現在はトレヴィシク・コテージとして知られている。

若いトレヴィシクは背が高く強靱に (そして頭も頑固に) 育ち、そして彼は彼の母親と姉妹たちに甘やかされた。彼はカムボーンの学校に通い、そこで「3 つの R (読み書き計算)」を教えられたが、スペルをマスターしたことはなかった。算数に対する彼の型破りなアプローチは、彼の素早い頭脳が正統な計算に煩わされることなく正解に到達するので、学校長を悩ませた。

19 歳 (1790 年) になるまでに、トレヴィシクは身長 1.88 m (6 ft 2 in) となり (当時平均的な英国人男性は身長 1.7 m (5 ft 7 in) であった)、彼は人々から「Cornish Giant (コーンウォールの巨人)」として知られていた。英国外科医師会 (Royal College of Surgeons) の医師が彼を診察し、そのような素晴らしく発達した筋肉組織を見たことがない、と述べたとされている。

彼の強さは、500 kg の鍛冶屋のマンドレル (成形に用いる鑄鉄棒) を持ち上げ、機関建屋の頂部まで大槌ハンマーを投げ上げ、25 kg の重りを自身の親指に付けたまま、頭上の天井面に自身の名前を書くことができる、との話が広まったほどであった。彼は有名なコーンウォールのレスラーでもあった。

彼の出身地から数キロ以内に、錫、銅、その他の鉱物を回収する 5 つの繁栄した鉱山、ドルコース、クックス・キッチン、プール、ティン・クロフト、およびホイール・チャンス (後のロスケア) があった。おそらく、トレヴィシクは、当時の慣習どおり 10 歳か 12 歳で学校を卒業し、鉱山の仕事がどのように行われているかを観察することに時間を費やした。

彼が働いた最初の記録は、1786 年に 15 歳でドルコース鉱山であり、月に 24 シリングを稼いだ。過去 10 年間に、彼の父親はそこでまた聞きニューコメン機関を建造し、新しい深い横坑道 (水平アクセス通路) の建設を支援した。

15 歳から 18 歳の間に、おそらくいくつかの鉱山で働いて、トレヴィシクは経験を積んだ。この期間中のある時点で、測量士を困惑させていた地下鉱山のレベルの問題を、彼は解決したとされている。1790 年 3 月、トレヴィシクはカムボーンのイースタン・ストレイ・パーク鉱山で技術者として雇用され、月収は 26 シリングから 30 シリング (£1.50) へ増加した。

トレヴィシクの父、叔父のジョン・トレヴィシク (1731-96)、いとこのジョン・トレヴィシク・ジュニ

ア (1776-1827) もイースタン・ストレイ・パークで働いていたので、彼は家族の伝統を継いでいたことになる。これは彼の最初のフルタイムの仕事であり、彼はイースタン・ストレイ・パークで 2 年間働くことになった。

3 鉱山の揚水

コーンウォールの鉱山 コーンウォールの地下の錫採掘は中世以降の記録に残されているが、砂錫 (堆積錫) の利用は何世紀にもわたって行われてきた。確かに、フェニキア人がコーンウォールの人々と錫を交換しているという伝説がある。銅鉱石の採掘はチューダー期 (訳注: 16 世紀) に始まり、最終的には 19 世紀半ばまでに、その地域では錫よりも多くの銅が採掘されるようになった。

17 世紀になると錫は、特に日常の食器に好まれる材料のしるめ (pewter; スズと鉛などの合金) の主成分であったため、その需要が高まった。後年には、銅合金 (青銅) の需要 (鉄より作業性が高いため、正確な機械部品を製造するために当時使用されていた) により、両金属を保有するコーンウォールが重要となっていた。コーンウォールの鉱業活動は、19 世紀半ばにピークに達したであろう。

コーンウォールの鉱山労働者にとって、深い鉱脈の利用を妨げる主な障害は水であった。深部地下鉱山は通常、何らかの揚水設備を必要とするが、コーンウォールの鉱山の多くは海岸近くにあり、海底に伸びるトンネルの複雑さが増していた。その坑道から水を汲み上げる効率的な手段が不可欠であった。

コーンウォールの多くの鉱山は、ほとんどの種類の金属鉱石を産出したが、石炭はなかった。18 世紀に、揚水機械を駆動する原動力として水力、手作業、馬から、蒸気動力へ引き継がれ始めたため、石炭の重要性が増した。石炭は、蒸気を発生するときに水を加熱するために使用される燃料であったからである。石炭はコーンウォールへ輸送されなければならず、これは通常、ウェールズ南部から海上輸送で行われた。その復便として精製された鉱石が船積みされて運ばれ、ウェールズの炭鉱でインゴットに製錬された。輸入石炭が高コストであること (政府により石炭税が課された) は、可能な限り少ない石炭消費の蒸気機関を求めようとする上での重要な要因であった。

ニューコメン機関 コーンウォールで使用された最初の蒸気機関は、デボンのトマス・セイヴァリ (c.1650-1715) とトマス・ニューコメン (1664-1729) により設計され、それぞれ 1702 年および 1720 年までにその地で稼働していた。当時は革新的であったが、ビーム機関はそれぞれが建物全体を占めていて扱いにくく、また大量の石炭を消費していた。

多数のニューコメン機関がコーンウォールの鉱山に設置され、その後、効率を改善するために改装された。トレヴィシックは、新しい動力源として石炭を燃料とする蒸気の出現を見て、より少ない燃料からより多くの動力を得る方法を考えた。1770 年代にウェールズのアングルシー島のパリーズ山で、より簡単で安価な露天掘り法により銅鉱石の採掘が開始されたため、より高い揚水効率が探究されるようになり、究極的に、より費用効果の高い鉱石生産の探求がさらに推進された。コーンウォール鉱山は、競争しなければならなかった。

1754 年に、個々の蒸気機関の効率を評価し、他の機関との性能を比較するために、ジョン・スミートン (1724-92) は「デューティ」の概念を考案した。ある機関のデューティは、石炭 1 ブッシェルの消費により、高さ 1 フィート (305 mm) へ上げることのできる水の重量ポンド (454 g) である。コーンウォールでは、1 ブッシェルは通常 94 ポンド (42.7 kg) と見なされていた。結果の数値はミリオンポンドで表した数値で表され、数値が高いほど優れている。1811 年に、技術者のジョエル・リーン (Joel Lean; 1749-1812) が、彼の出版物 "Engine Reporter" にコーンウォールの揚水機関のデューティを記録し始めたという点で、このデューティは重要であった。

Ludgvan-Lez(ホイール・フォーチュン) 鉱山に 1720 年に設置されたニューコメン機関は、約 4.3 ミリオンのデューティであった。1775 年までに、より高い効率が達成されていた。チャスウォーター鉱山でスミートンの設計に基づいて製造されたニューコメン型機関のデューティは、7.4 ミリオンであり、カルロスからの中古のニューコメン機関をトレヴィシックの父親がドルコースで再構築した機関のデューティは、約 10 ミリオンであった。トレヴィシックの父親は、そのボイラを設計し直した。

ボルトン・ワット機関 ジェームズ・ワット・シニア (1736-1819) は、分離コンデンサを導入することにより蒸気機関の設計をさらに改善した。機関のシリンダは高温のままに保持されて、潜熱の原理によりエネルギーを節約し、一方、蒸気は冷たい容器内で凝縮して、大気圧 (1 平方メートルあたり 101.325 kN に相当) でピストンを押し下げるのに必要な真空を作り出した。1775 年に、ワットはマシュー・ボルトン (1728-1809) と提携して、ウェスト・ミッドランズのバーミンガムにあるソーホーのボルトンの工場で機関のコンポーネントを製造した。機関は、1775 年から 1799 年の最終日までの一連の特許で保護されていた。

コーンウォールで最初のボルトン・ワット蒸気機関は、トレヴィシックが 6 歳の少年であった 1777 年に、ホイールビジー (チャスウォーター) とティンタン (レッドルース) の鉱山に設置された。1784 年から 1788 年の間に、ボルトン・ワットはコーンウォール鉱山に 18 台の揚水機関と 1 台の巻き揚げ機関 (whim engine) を設置した。1798 年までに、ボルトン・ワット機関の最良の 4 台の平均デューティは、28.9 ミリオンであった。

機関はボルトン・ワットの設計に基づいて、コーンウォールの技術者によって建造され、バーミンガムから供給された弁ギアなどの複雑な部品を除いて、コーンウォールの鑄造所で製造された。その見返りとして、ボルトン・ワット商会は、同等の動力のニューコメンに比較して節約された石炭価格の $\frac{1}{3}$ の年間支払い (プレミアム) を要求した。

東部のグウェンナップ地域の鉱山は、利用可能な他のどの鉱山よりもボルトン・ワット機関を採用した。しかし、西部のカムボン、イローガン、レッドルース地域の鉱山は、ボルトン・ワットの機関に反対した。それは部分的には、東部の鉱山がそれを受け入れたためでもあった。

当初、鉱山の所有者たちは費用を節約できていたので、支払いに応じていた。しかし、1780 年代になって彼らは、特許により課せられた制限のために実際には進展していなかった技術に巨額を支払うことに対し、憤慨し消極的になった。トレヴィシックが 1790 年にイースタン・ストレイ・パークで働いていた頃には、彼らは、自分たちの技術者は機関を構築するのに十分な経験を積んでいて、ボルトン・ワットが提供するものと同等かそれ以上のものを建造できると確信していて、その運用コストはより安くなるであろうと考えていた。

ボルトン・ワット特許をめぐる訴訟 その間、トレヴィシックはエドワード・ブル (d.1797) を手伝うことにより、さまざまな種類の蒸気機関の経験を積んでいた。ブルは 1779 年からボルトン・ワット商会で働いてきて、1781 年頃にコベントリ近くのベッドワース炭鉱からコーンウォールへ移ってきた。彼は 1791 年に独立して働き始めた。彼のはるかに小さな機関は、シリンダが鉱山の立坑の真上に逆向きに直接取り付けられ、ロッキングビームは不要となっていた。彼とトレヴィシックは、そのような機関を 1792 年の終わりまでに 10 台建造した。

ボルトン・ワットはブルの機関がその特許を侵害していると主張し、1793 年 6 月 22 日に訴訟が提起された。陪審員の評決は 12 月に行われ、特許の有効性に関する裁判官の意見に従って、ボルトン・ワットに有利な結果となった。1796 年 7 月にブルとトレヴィシックに令状が出されていたにもかかわらず、その時二人はコールブルックデールへ向かう途中でバーミンガムに居たために裁判官は判決を下すことができず、再審が命じられた。トレヴィシックはブルと繋がることにより、ソーホーの商会に対抗してコーンウォールの技術

者の側に立っていた。

ワットの息子ジェームズ (1769-1848) とボルトンの息子マシュー・ロビンソン (1770-1842) が、父親の仕事のより多くの部分を引き受け始めたのはこの頃であった。彼らは、商会の機関に対して支払われるプレミアムを減額することについて、さらに柔軟でないことがはっきりした。

ブルとトレヴィシックは機関を組み立て続け、1795年6月から1796年5月まで、リーズタウン近くのホイール・トレジャリ銅鉱山で雇用されていた。そこではトレヴィシックの父親も働いていた。トレヴィシックは、動作圧力を上げるによりブル機関の燃料消費を改善した。これにより、彼はペンザンスの北のトレディンニック (Tredinnick) にあるディン・ドン錫鉱山の技術者に昇進し、そこで別のブル機関に取り組んだ。

1796年7月5日、鉱山管理者のトーマス・ガンドリーはボルトン・ワットに手紙を書き、トレヴィシックがソーホーの会社と協力したがつている旨主張した。これは、トレヴィシックがコーンウォールの技術者とボルトン・ワットの間で、事態を落ち着かせようとした試みだったのかも知れない。または、パーミンガムでどのような進歩があったかを、知る手段だったのかも知れない。ワットは週に1ギニーで3年間の任期を提案した。トレヴィシックは、返事を出さなかった。

同じ年に、トレヴィシックは、ジャベツ・カーター・ホーンブローア (1744-1814) と彼の財政的支援者であるジョン・メイバリー (John Maberly または Maberle ; 1770-1845) に対するボルトン・ワットの訴訟で、ホーンブローアの証人として登場した。ここでもまた、ボルトン・ワットはその特許を維持することを求めた。その訴訟は長引いて、1799年1月にボルトン・ワットを支持する評決が下された。トレヴィシックの助言者で生涯の友人でもあるデイビス・ギディ (後のギルバート、1767-1839) に会ったのは、1796年12月の公聴会であった。

ギルバートは、コーンウォールのハイシェリフ (州長官) を務め (1792-3)、ヘルストン (1804-6) とポドミン (1806-32) 選出の国会議員を務めた科学者および農学者であった。彼はオックスフォードのペンブルック大学で教育を受けており、王立協会 (1827-30) の会長を務めていた。彼は妻の叔父が残した遺志の要件を満たすために1817年12月10日に姓を変更した。彼は1808年4月18日にメアリー・アン・ギルバート (1776-1845) と結婚し、彼女の姓が永続することを条件として、1814年にサセックスの大規模な地所 (エステート) を相続した。彼らの生存していた5人の子供たちの名前は1818年に変更された。

トレヴィシックの忙しい日々 トレヴィシックにとって、1797年は波乱に富んだ感動的な年であった。彼は、鍛冶屋のジョン・ハーヴェイ (John Harvey ; 1730-1803) の娘のジェーン・ハーヴェイ (Jane Harvey ; 1772-1868) と恋に落ちた。ジェーン・ハーヴェイは、ヘイルで繁栄した鑄造所のハーヴェイ社を1779年に設立していた。ディン・ドン鉱山でのトレヴィシックの地位は、彼が妻と家族を支援することができたことを意味し、彼の結婚はハーヴェイ家と彼らのビジネスとの長い関係の始まりを示していた。

悲しいことに、トレヴィシックの父親は生きて結婚式を見ることができなかった。彼は1797年7月29日にペンボンズで亡くなり、8月1日にカムボーンに埋葬された。彼の26歳の息子は、鉱山のキャプテンとしての彼の父の責任を引き継いだ。

トレヴィシックは11月7日にセント・エルズ教区教会でジェーンと結婚し、彼らはハンサムなカップルであったに違いない。彼は青い目と金髪の強い顔立ちを有していたが、ジェーンは色白で茶色の髪で背が高いと言われていた。彼らは最初の9か月間、レッドルースのプレイン・アン・グワリー近くのモートン・ハウスに住み、その後カムボーンのアフォア・ストリートにあるワークショップ付きに家へ引っ越した。不運にも、トレヴィシックはモートン・ハウスの鍵を返却するのを忘れていたため、余分に1年分の家賃と料金がかかった。この事件はトレヴィシックの性格をよく表している。彼は決して振り返らず、常に次のプロジェクトに進むこ

とに熱中していた。

コーンウォールの技術者とボルトン・ワット商会の間の長い訴訟の間に、トレヴィシックの義理の兄弟で友人でもある鍛冶屋で有名な時計師のウィリアム・ウェスト (1751-1831) は、法廷展示用として模型機関を作った。トレヴィシックは、ピストンやコンデンサを必要としない機関、つまり機関建屋に組み込まずに移動可能な機関について考えていた。ウェストは彼のために機関とボイラを一体とした模型を少なくとも 1 台作り、その小さな機械はトレヴィシック家の台所で動いていたと言われている。

彼は、圧力「数気圧」の蒸気を使用してそれを凝縮せずに大気放出する機関の動作について、ギルバートのアドバイスを求めた。彼は、「動力の損失は 1 気圧となるであろう」というギルバートの返事に大いに喜んでいった。トレヴィシックには高圧蒸気の応用についてのアイデアが数多くあったが、彼はまだ鉱山でやるべきことがあった。

彼は、さまざまな場所でワット機関とブル機関を建造するために、請求される年間支払いについて、ボルトン・ワット商会と交渉を開始したが、合意には達しなかった。彼は 2 台の巻き揚げ蒸気機関を設計製造し、1798 年に改良されたブル機関をハーランド鉱山に設置した。またその年、彼の最初の子供、もう一人のリチャード・トレヴィシック (1798-1872) が生まれた。

蒸気動力からの変形として、トレヴィシックは水圧で動作する「プランジャ・ポール」ポンプを設計した。プランジャがより大きな直径のポールケース内で下方へ移動し、両者の間のギャップから水を押し上げた。彼のプランジャ・ポール・ポンプの最初のもは、1798 年にノース・ロスケア鉱山のプリンス・ウィリアム・ヘンリー立坑に設置され、程なく他のさまざまな鉱山にも設置された。

1799 年まで、すべてのワット型蒸気機関にはコンデンサがあったが、トレヴィシックは、蒸気をコンデンサではなく大気中へ排出する最初の機関を設計した。それはドルコース鉱山で建造された巻き揚げ機関であり、蒸気が排出される音にちなんで「パフアー」機関と呼ばれた。

1799 年 12 月 31 日、ボルトン・ワット商会の特許は失効し、コーンウォールの鉱山管理者は大いに安心した。同社は 1800 年の新年に、その地方から影響力を引き上げ、同じ年、トレヴィシックの 2 番目の子供アン (1800-76) が生まれた。

新世紀になると、トレヴィシックは既存の機関を開発する鉱山での仕事から離れ、さまざまな用途に適した特注の機械の発明に彼の創意工夫を適用した。彼はまた、文字どおり自身の蒸気のみで移動できる機関の可能性に気づいた。

4 高圧蒸気

トレヴィシックはただ一つのアイデアを持った男ではなく、彼は常にアイデアを考え出していた。彼は蒸気のみを利用して、あらゆる種類の機械を動かしたいと考えていた。より高圧で蒸気を使用することの利点は、より少ない燃料でより多くの動力を発揮できることであると、彼は知っていた。このような機関は、出力がピストンの面積に直接依存していた初期の大気圧機関より、はるかに小さくなる可能性があった。

当時の製造技術は、そのような高圧機関を安全なものとして建造することを妨げてきた。1799 年 12 月 31 日に失効したボルトン・ワットの特許の制限から解放され、彼は機関の新しい圧力範囲のために、機関のシリンダとボイラの両方の設計を検討した。彼は、ジェームズ・ワット・シニアが行ったように、機関の行程の途中でシリンダへ入る蒸気を遮断し、シリンダ内にすでに入っている蒸気を膨張させて行程を完了することにより、効率を改善した。

トレヴィシックの最初の高圧機関は、 172 kN/m^2 (25 psi) で膨張動作する蒸気巻き揚げ機関であり、1800

年にクックス・キッチン鉱山で稼働された。それは直径 480 mm で行程長 1.52 m のシリンダを備え、1870 年時点でも動作していた。高圧に対処するために、彼は内部に「炉筒と火床」を備えた錬鉄製の円筒形ボイラを設計した。これはまもなく「コルニッシュ・ボイラ」として知られるようになり、多くの需要が寄せられた。これは、その後の 2 本の炉筒を備えたランカシャー・ボイラの前身である。

1800 年から 1802 年の間に、トレヴィシックはイースタン・ストレイ・パーク鉱山、クックスキッチン鉱山、ドルコース鉱山に蒸気巻き揚げ機関を建造した。彼はまた、マラジオン (Marazion) で小麦を製粉する小型機関を建造した。この機関は 207 kN/m^2 (30 psi) で動作した。この仕事の間、トレヴィシックの家族は、リチャードとジェーンの 3 番目の子供である娘のエリザベス・ハーヴェイ (1802-70) の誕生により、再び増加した。

トレヴィシックのアイデアは、いとこのアンドリュー・ヴィヴィアン (1759-1842) — および後年では義理の兄弟であるウィリアム・ウェスト — との共同特許 — No.2599 「蒸気機関、その構造の改良と車両駆動への応用」、1802 年 3 月 26 日許可 — の中に含まれていた。その年の 8 月、トレヴィシックはコールブルックデール鋳造所で小型機関の実験を行い、その使用圧力を 345 kN/m^2 (50 psi) から $1,000 \text{ kN/m}^2$ (145 psi) へ上げた。そのシリンダは直径 180 mm、行程長 910 mm であった。

1803 年 9 月 8 日にグリニッジでトレヴィシックの大型鋳鉄ボイラの 1 つが爆発し、4 人の男性が死亡した。それはボイラの欠陥というよりは、むしろボイラマンの過失が原因であったにもかかわらず、しばらくの間、彼の評判を傷つけた。それにもかかわらず、トレヴィシックはすべての新しいボイラに、追加の安全弁、初期の型の可溶栓、および蒸気圧力計を導入した。

その同じ年に彼は、マーサー・ティドビル近郊のペナダレン製鉄所の創設者であるサミュエル・ホムフレイ (1762-1822) から、高圧巻き揚げ機関の設置についての手紙を受け取った — Merthyr Tramroad (Penydarren Tramroad) を参照。彼はその工場で、コールブルックデール機関と同様のものを 1 台建造した。ホムフレイは、1803 年 5 月 2 日に特許の 1/4 の持ち分を £10,000 で取得し、1804 年にこれを半分のシェアに増やしたので、満足していたに違いない。

最初のペナダレン巻き揚げ機関は、直径 200 mm のシリンダを備え、圧力 $317 - 331 \text{ kN/m}^2$ (46 - 48 psi) で試験的に動作した。その後、それはスウォンジーへ移された。1804 年に、シリンダ直径 380 mm で行程長 1.82 m の 2 番目の巻き揚げ機関が建造され、1855 年までペナダレンで動作した。同じ年に、トレヴィシックは、ニューカースル・アポン・タインで、石炭を巻き揚げるために 6 台の巻き揚げ機関を建造した。

一方、1804 年頃のアメリカではオリバー・エヴァンズ (1755-1819) が、トレヴィシックと同様の設計の高圧蒸気機関ボイラを独自に開発し、それは 827 kN/m^2 (120 psi) までの蒸気を作り出すと言われていた。しかし、当時米国で利用できた専門技術で建造することは、困難であることがわかった。エヴァンズの計画案はイギリスへ送られて、トレヴィシックがそれを見たと言われているが、トレヴィシックは他人を追いかけるのではなく、自分自身のために物事を行うことに興味を持っていたことを考えれば、そうは思われぬ。

1805 年の初めに、ヴィヴィアンが当時鉱山のキャプテンを務めていたドルコース鉱山で、水平置き非凝縮式の巻き揚げ機関が稼働された。その当時、トレヴィシックは他のプロジェクトに取り組んでイギリス中を移動中であり、当初は自身の名前で機関が製造されていることに気づいていなかった。1784 年にカーハラック近くのホイール・メイドに最初に設置されたボールトン・ワットの大気圧巻き揚げ機関に対して、1806 年 2 月と 3 月にトレヴィシックの高圧バッファが試験された。最初、ボールトン・ワット機関がトレヴィシック機関よりも多くの鉱石を引き上げていたが、トレヴィシックが蒸気圧を上げて火格子の長さを短くした後、これは逆転した。トレヴィシック機関は、ボールトン・ワット機関と同じ量の石炭を燃焼させた場合の 4 倍の鉱石を引き上げ、多くの関心と注文を生み出した。

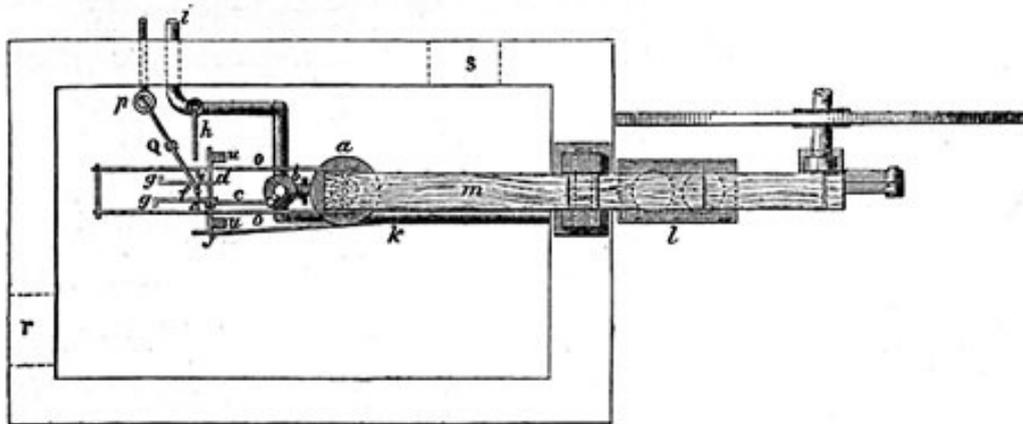
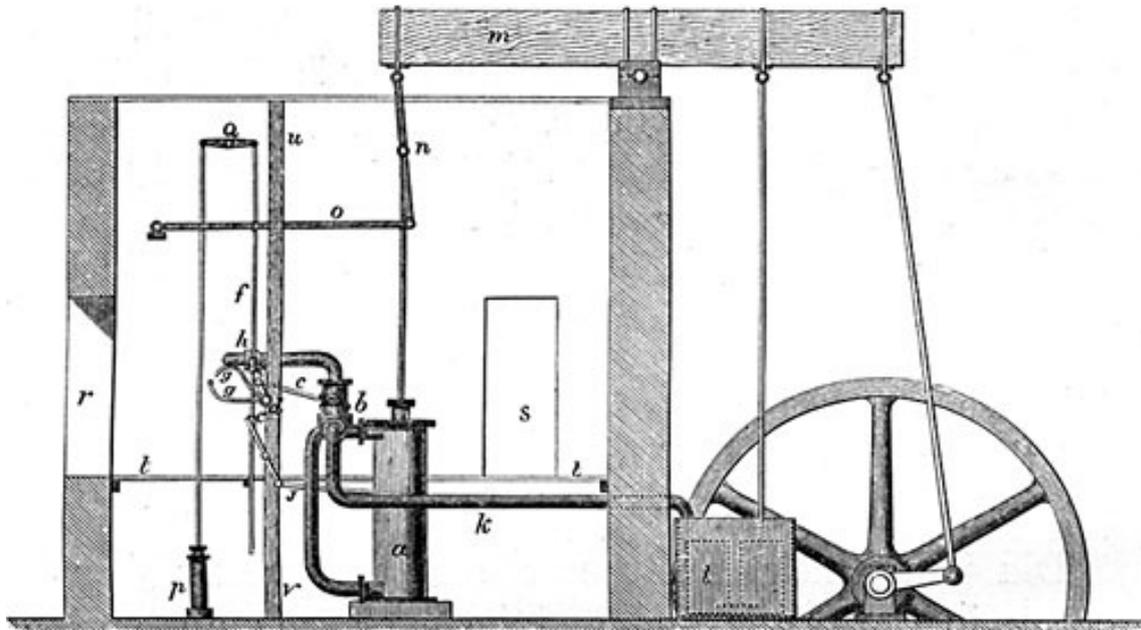


図1 トレヴィシックによるクックス・キッチン鉱山向け高圧蒸気膨張・凝縮方式巻き揚げ機関、1880年
 a: 蒸気シリンダ。直径19インチ、行程長5フィート。 b: 四方コック。1/4回転で蒸気をピストン上部へ入れてその下方の蒸気を凝縮させ、戻すとその逆となる。 c: ロッド。コックレバーをYシャフトレバーに結合する。 u: Y-ポスト。 d: Yシャフト。2つのギアハンドルとコックレバーを搭載。 e: プラグロッド上の2つのタベット。2つのギアハンドルと四方コックを動かす。 f: プラグロッド。 g: 2つのギアハンドル。 h: 蒸気調整コック。 i: ボイラ室へ続く蒸気配管。 j: 噴射弁のハンドルとロッド。 k: コンデンサへの排気蒸気配管。 l: 凝縮システム。空気ポンプとコンデンサを含む。 m: オーク材の主ビーム。 n: ピストン・ロッド・キャップ。 o: 平行運動機構。 p: 給水ポールとロッド。 Q: レバー駆動の給水ポール。 r: ボイラの火炉マンホールへの扉。 s: ボイラの上部への扉。 t: 機関建屋の床。

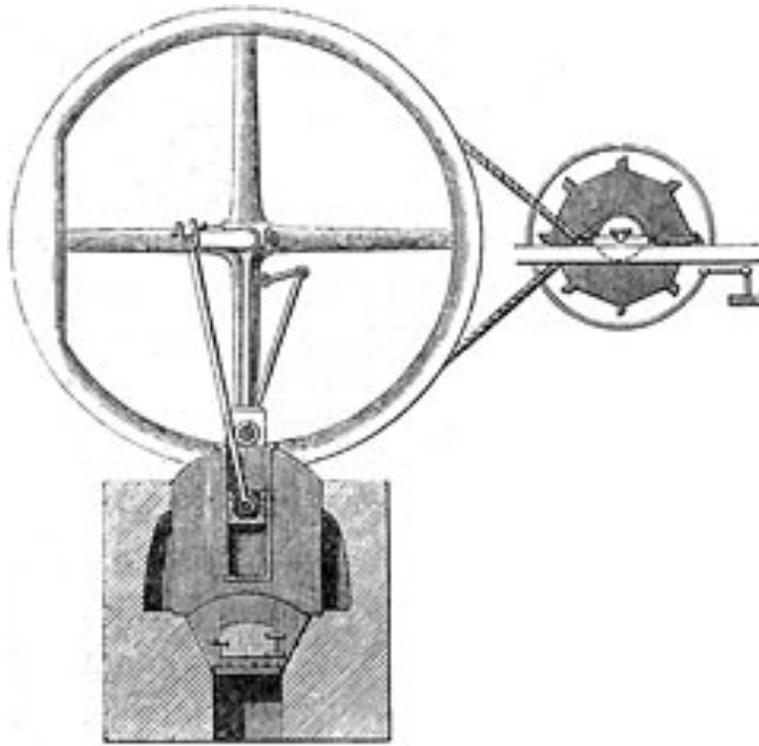


図2 高圧蒸気バッファー機関

1805年の間、ヴィヴィアンはお金が足りず、1802年の特許の彼の持ち分を売ろうとし始めた。1807年までに彼はそれをホムフレイの受取名義人に売った。特許は1816年まで有効であったが、1808年の終わりまでに、トレヴィシックも残りの部分を綿花商人のヘインズ・アンド・ダグラスに売却したようである。ウェストはその一部を最後まで保持し、1812年にホムフレイの代理人になった。1814年頃、ジョン・アーペス・ラストリック (1780-1856) が同様の機関の特許を取得し、トレヴィシックが始めたことを効果的に継続した。

彼の4番目の子供 — 息子ジョン・ハーヴェイ (1806-77) — が生まれるまで、トレヴィシックはロンドンにおいて多様な計画を追求していた。首都での波乱に満ちた数年の後、彼はコーンウォールへ戻り、単動式機関や不運な「ブランジャ・ポール」機関を含む高圧機関の設計を改良し始めた。彼の帰郷後、1872年に5番目の子供である息子のフランシス (1812-77) が誕生した。フランシスは1872年に父親の伝記作家になる運命にあった。

ブランジャ・ポール蒸気機関は1810-12年に開発され、それは、トレヴィシックの1798年の水力ブランジャ・ポンプに基づいているが、鉱山立坑の上に配置された長いポール・ケース内で、高圧蒸気を用いてピストンを動かすものであり、ロッキング・ビームを必要としなかった。その最初のものはグウィティアン (Gwithian) 近郊のホイール・プロスパー (Wheal Prosper) に設置された。690 kN/m² (100 psi) で動作できる2缶のボイラの建造が1811年に開始され、機関は1812年春に揚水を開始した。

同じ年の同じ鉱山で、トレヴィシックは彼のコルニッシュ・ボイラを用いて高圧蒸気を発生させ、それを膨張方式でかつ凝縮方式で適用した。これは事実上、最初の「コルニッシュ機関」プロトタイプとなった。それは1813年1月まで、「地域内の他の機関により達成されるデューティのほぼ2倍」、つまり約40ミリオンのデューティを達成していると報告した。

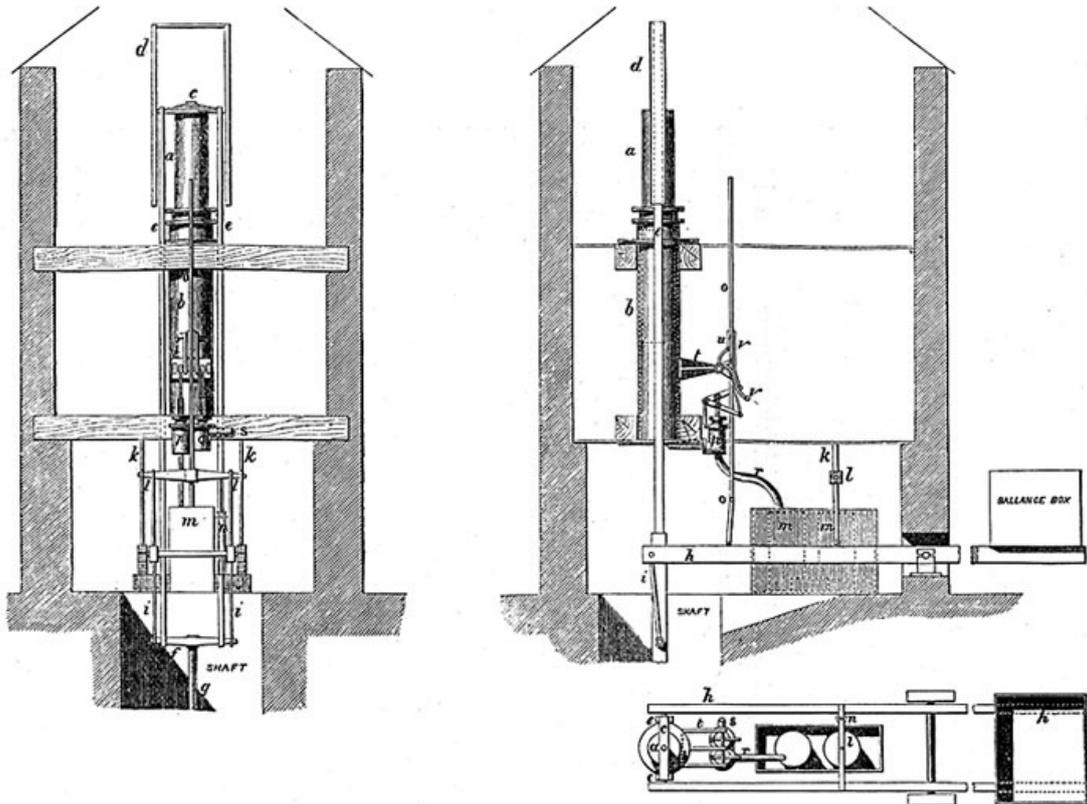


図3 ホール・プロスパー鉱山の高压膨張・凝縮方式ボール機関、1811

a: 鑄鉄製ボール。直径 16 インチ、行程長 8 フィート。b: ボールケース。ボールより少し大きい内径を持つ。c: クロスヘッド。ボール上端に固定。d: クロスヘッドのガイド。e: サイド・ロッド。上下 2 本のクロスヘッドをつなぐ。f: ボトム・クロスヘッド。g: ポンプロッド。h: つり合いビーム。ウェイト用ボックス付き。i: 接続ロッド。つり合いビームからボトム・クロスヘッドへ連結。k: 空気ポンプ・クロスヘッドのガイド。l: 空気ポンプ駆動用クロスヘッドおよびサイドロッド。m: 空気ポンプ、コンデンサ、および水槽。n: 給水ポンプ。空気ポンプ用クロスヘッドで駆動。o: プラグロッド。つり合いビームで駆動。p: 排気弁。q: 蒸気弁。r: 排気管。s: 蒸気管。t: 制御ギアを支えるブラケット。u: 膨張蒸気ホーンとタベット。v: 制御弁のハンドル。

1812 年、トレヴィシクは農業委員会 (Board of Agriculture) のジョン・シンクレア卿 (1754-1835) に、次のように書いた。「地所がいかに大きくても、農業のあらゆる部分は蒸気を用いて行うことができるということが私の意見であり、土地の肥料を運搬したり、耕したり、馬鍬でならしたり、鋸で挽いたり、刈り入れたり、打撃したり、すり潰したり、すべてを同じ機械で実施することができる。」彼は上端が開放されたシリンダ設計の機関を導入し、多くの機関が農業目的に使用された。

これらの最も初期のものは、プロバスにあるクリストファー・ホーキンス卿 (1758-1829) のトレウィゼン地所のために建造され、そこで回転式脱穀機を動かした。この機関は 1812 年から 1879 年にかけて大きな成果を収め、1879 年にキルバーンに移され、現在はロンドンの科学博物館に置かれている。ダンスタンビル卿は、

1812年12月にテハイディ (Tehidy) に同様の機関を注文した。

翌1813年トレヴィシックは、ハーランド鉱山に圧力 1,034 kN/m² (150 psi) で動作するコルニッシュ・ボイラを設置した。1815年に高圧プランジャ・ポール機関がそこに建造され、アーサー・ウールフ (1766-1837) により建造された機関に取って代わって、1816年2月に揚水を開始した。それは 827 kN/m² (120 psi) の圧力で、48 ミリオン of デューティを達成した。

トレヴィシックは、プランジャ・ポール蒸気機関、反動タービンつまりエオリパイル、およびスクリー・プロペラを含む一連の発明の特許を取得した。特許 No.3922 が 1815年6月6日に付与され、11月20日にさらに詳細な明細書が追加された。1816年10月19日に、トレヴィシックはポール機関の特許権の半分をウィリアム・シムス (1762-1834) に £200 で売却した。

シムズと協力して、トレヴィシックはいくつかのポールトン・ワット機関にポール・ケースと高圧ボイラを追加した。彼らは一緒にホイール・チャンス (Wheal Chance) とトレスカービ (Treskerby) 鉱山で機関を組み立て、ユナイティッド鉱山とホイール・ダムセル (Wheal Damsel) 鉱山では、シムズだけが機関を組み立てて、そのすべてでデューティが大幅に増加した。1816年6月28日までに、11台のプランジャ・ポール機関が動作または製造され、トレヴィシックの評判と成功は確実なもののように見えた。

プランジャ・ポール機関は新品のときは効率的であったが、長期的には性能を維持できなかった。毎行程で露出されるポールの大きな表面積のために、ポールは冷却され、その中央部が端部よりもより多く摩耗していた。ポールが摩耗するにつれて蒸気が漏れ出て、デューティが低下した。注文は落ち始めてキャンセルされたが、それまでトレヴィシックはコーンウォールにいなかったため、巢の卵が壊れていることに気づくことができなかった。この後退にもかかわらず、高圧蒸気と円筒形ボイラの使用によりもたらされた効率の改善により、コーンウォールの鉱山群は年間約 £91,000 を節約できたと言われている。

トレヴィシックの死から 20年後の 1853年1月5日に書かれた手紙の中で、西コーンウォールの自由党議員 (Liberal MP) のマイケル・ウィリアムズ (1785-1858) は、次のように述べている。

「トレヴィシック氏により発明された円筒形ボイラと高圧蒸気の組み合わせを考えると、私たちのコーンウォールの揚水機関のデューティがワットの時代以来大幅に改善されたのはそのお蔭であると、私は躊躇せずに言うことができます。そして、現在達成されている出力パワーは、古いポールトン・ワット機関の 2 倍ないし 3 倍に達することを思い起こす時、この地域の鉱山に直接的または間接的にトレヴィシック氏によりもたらされた恩恵を、過大評価することはあり得ないことはすぐにわかるでしょう。上記の円筒形ボイラは、以前に必要な石炭の量を少なくとも 1/3 節約しました ... 」

5 最初の路上車両

キュニョーとマードック トレヴィシックのボイラは内部加熱の円筒形容器であったため、彼は自身の蒸気機関を固定機械から移動機械へ変えることができた。古いボイラは外部から加熱していて、事実上ポット (壺式) ボイラまたはケトル (やかん式) ボイラであった。彼は自身の力で動く乗り物を作った最初の技術者ではなかったが、蒸気走行を、好奇心の対象ではなく、実用的な輸送手段とする可能性を最初に示した人物であった。

1769年、フランスの軍事技術者であるニコラ・ジョセフ・キュニョー (1725-1804) は、初期の小規模な模型に基づいて三輪オーク牽引車— ファルディエ (fardier à vapeur; 蒸気運搬車) — つまり蒸気荷車 (steam dray) を設計した。これは、重い大砲を引くための馬の代わりとすることを目的とし、歩行ペースで移動しながら 4人で運ぶことができた。それは、駆動と操舵に使用された 1 輪の前輪の前方に丸い銅ボイラを吊り下げていて、補充用の水や燃料 (木材) は運ばなかったため、ボイラの補充のために 15 ~ 20 分ごとに停止しな

ければならなかった。

1770年にキュニョーは、75分間ノンストップで動作できる改良版を製造した。ラック・アンド・ピニオンの操舵装置を備え、ロッキング・ビームで接続された2つのピストンを動力源としていた。発生する牽引力は小さかったが、往復運動を回転運動に変換して車輪を回転させた。重量の大部分が前部にあるため、それは不安定で壁に衝突した。その1年後に建造された3台目は、パリの国立工芸院に展示されている。

コーンウォールのポルトン・ワット商会で働いていたスコットランドの技術者のウィリアム・マードック(1754-1839)は、余暇に模型の蒸気車両の実験を行っていた。1784年に彼は実用的なプロトタイプを製作し、続いていく台かのより大きな模型を製作した。それらは3つの車輪を持ち、両後輪を駆動し、ボイラ内に鉛直のシリンダを設けていた。ジェームズ・ワット・ジュニアへの1815年の手紙の中で、マードックの息子ジョン(1790-1862)は、1792年の夏に「強い蒸気で真空なし」方式の実動模型が作られ、「その約2年後に」、トレヴィシックと彼のいとこのアンドリュー・ヴィヴィアンに見せられた、と述べている。

マードックは1795年に特許を申請するつもりでロンドンへ向けて出発したが、マシュー・ポルトンに待ち伏せされて呼び止められた。ポルトン・ワット商会は彼の活動に気づいており、ホーンブローアの機関に対するのと同じ位に、その車両に強く反対していることを悟らせた。マードックは実物大の試験を断念し、その後関心を石炭ガスを使用した照明に向けることになった。1784年のマードック・フライヤー(Murdock Flyer)の大きなレプリカが、2000年にレッドルースのトルガス・ラウンドアバウトに置かれた。

パフィン・デヴィル トレヴィシックはマードックの蒸気車両の研究は知っていたが、彼が詳細をどれだけ知っていたかは明らかではなく、彼自身の蒸気車はマードックのものとは非常に異なっていて、また、4輪を持つ最初のものであった。

1800年時点では、平滑な車輪の上で動く重い蒸気機関はそれ自体を推進することができず、車輪はその場で回転して滑ると考えられていた。トレヴィシックと彼の良き助言者であったデイビス・ギルバートは、手で車輪を回して(馬なしで)チェイス(1頭立て2人乗り2輪馬車)を上り坂で運転することにより、車輪のリムと道路の間の摩擦で良好に道路を保持できることを証明した。

トレヴィシックの最初の移動用機関の建造は、1800年11月頃カムボーンのイースタン・レーンにある義兄弟のジョン・タイアック所有のタッキングミル工場で始まった。その車両はさまざまな場所で製造されたコンポーネントから組み立てられ、部品の総費用は約£70であった。

車両の重量は1.5トンを超え、機関は圧力414 kN/m²(60 psi)で動作した。1個のシリンダがボイラの一方の端に鉛直に設置され、ボイラ他端には炉と煙突があった。内部の煙管はU字形となって加熱面を増やすと共に、ボイラには安全弁が装備されていた。

その最初の走行は1801年のクリスマス・イブの夕暮れ時で、工房から「カムボーン・ヒル」(ビーコン・ヒル)に登って、信号所まで移動するとされていた。夜が明けて雨が降っていたため、それがボイラを冷やすことになり、テハイディ・ロードに沿って行程の最初の部分だけが完了したようである。

それにもかかわらず、それは明らかに、傾斜 $\frac{1}{20}$ の斜面に登って8人ほどの人々を運び、傾斜が $\frac{1}{15}$ となった時に蒸気が不足して、回転するのを停止した。人々が英国で機械の力で移動したのは、これが最初であった。1919年7月19日にテハイディ・ロードに建てられた壁の飾り額は、この重大な出来事を記念している。

翌日のクリスマスに、トレヴィシックとヴィヴィアンは最初の路上車両を再度動かそうと試み、このときはタイアックの工房から約1.5 km離れたクレーン・マナーにあるヴィヴィアン家を訪れた。老婦人のポール夫人がこの機械を「歩きながら喘ぐ悪魔(walking, puffing devil)」と呼んだのは、この成功した走行の途中であった。それ以降この呼び名パフィン・デヴィルが定着した。

パフイング・デヴィルの次の走行は 1801 年 12 月 28 日であり、約 4 km 離れたテハイディ・ハウスへ向かうことになっていた。テハイディ・ハウスでは、フランシス・バセット (1796 年にダンスタンビル男爵、1797 年にバセット男爵を創設) と彼の家族およびゲストとしてギルバートが待ち受けていて、そこへトレヴィシックとヴィヴィアンが加わるようになっていた。その車両は到着することはなかった。— その走行の 1/3 が完了する前に、トレヴィシックが機関に専念しヴィヴィアンがステアリングに専念している間に、彼らは道路の溝に衝突してパフイング・デヴィルは横転した。それはすぐに意欲的な見物人たちにより起こされて、テハイディ・ロードのナップズ・ホテルの敷地へ押し込まれた。次に何が起こったかについて、1830 年にギルバートが次のように書いている。

「その移動機関はある建物内へ戻されて、トレヴィシックとヴィヴィアンと他の人々は、その旅籠で宴会を開いて彼らの精神を支えことにした。彼らはそのようにして、水を蒸発させている火を消すのを忘れ、ボイラを真っ赤に加熱して、木製の機械に火を伝え、燃えるものすべてを焼き尽くした。」1839 年の手紙の中で、ギルバートはさらにつぎのようにコメントした。「そのパーティはホテルへ引き継がれ、そしてロースト・グースと適当な飲み物で、彼らの心を慰めた。」

移動用蒸気機関の特許 この損失に遮られることなく、トレヴィシックとヴィヴィアンは彼らのアイデアの特許を取得して、より多くの移動式機関を建造することにした。1802 年 3 月 26 日に認可された彼らの特許 No. 2599 は、車両の駆動やその他の目的のための蒸気機関の構造を説明している。

1797 年の彼の初期のモデルの論理的発展として、今では 30 歳となっていたトレヴィシックは、既存の定置式機関やその後の鉄道機関車とはまったく異なる何かを想定していた— 種々の仕事を行えるだけでなく、求められる場所へ自身の力で自由に動いて行くことができるというものであった。

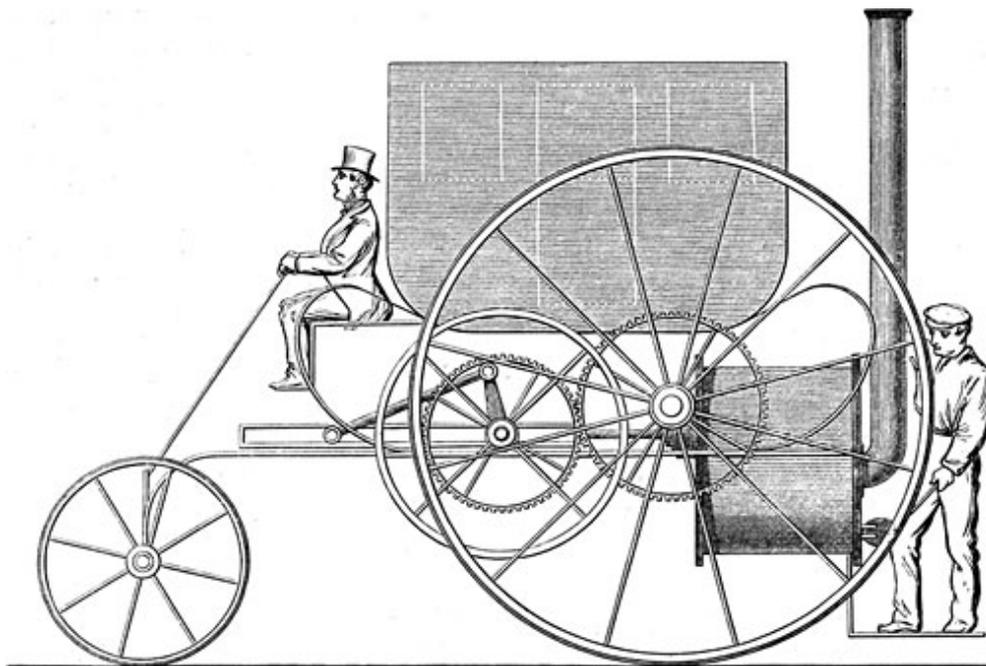
この特許は 3 種類の機関を示している。第 1 のものは、鑄鉄製球形ボイラ (火床用としてその下側が窪んでいた) を備えた移動可能な高圧機関である。それは排気蒸気を凝縮するためにエアポンプを使用して動かすことも、パフアー機関のように (蒸気を大気放出して)、ボイラに水を圧入するためにプランジャ・ポール・ポンプを用いて動作することもできる。

第 2 のものも移動可能な高圧式であるが、平らな鏡板を備えた錬鉄製の円筒形ボイラを備え、1 つまたは 2 つのシリンダで動作する。第 3 のものは機関車用機関および道路用途の車両であり、1801 年の機関とは大きく異なって、円筒形の錬鉄製ボイラと、スプリット・ピストンロッドを持つ単一の水平シリンダを備えている。クランク・シャフトとフライホイールがあり、シリンダの力を上げるための歯車が付いている。

トレヴィシックは、「ブラスト・パイプ」から排気蒸気を煙突内へ吐き出すことで、ベローズで吹き付けるよりも更に多くのエネルギーを火に与えることを発見していたが、ベローズもブラスト・パイプも特許には詳述されていない。しかし、ブラスト・パイプはその後のパフアー (非凝縮) 機関の特徴であり、走行機関で蒸気が不足する問題を克服するのに役立った。

ロンドンの蒸気車両 トレヴィシックとヴィヴィアンが彼らの特許を取得するためにロンドンにいた間、都市においては蒸気動力による路上車両が役に立つであろうと、考えるようになった。当時、ロンドンの人口は正に 100 万人を超え、農場と生鮮食品を供給する園芸農業に囲まれた産業の中心地であった。その都市拡大の制約要因は、牛乳等の生鮮食品を郊外から中心部へ運ぶのに要する時間の長さであった。食料品をより速く、より長い距離を輸送することができれば、都市は成長することができたであろう。より速い移動はまた、ロンドンと他の町や都市の間のビジネスのより良いコミュニケーションラインを意味したであろう。

もう一つの路上車両の製作が開始され、トレヴィシックの義理の兄弟であるウィリアム・ウェストが監督し、ハーヴェイ社で製造された錬鉄製のボイラとシリンダ、および鑄鉄製の部品が用いられた。それはタッキ



TREVITHICK'S COMMON ROAD PASSENGER LOCOMOTIVE, LONDON, 1803.

図4 ロンドンの蒸気車両

ングミルの鍛冶場で組み立てられ、1802年の後半または1803年初頭に道路で試験された。後の国会議員となったマイケル・ウィリアムズが、これを見ていたのは明らかである。その試験では、リムが路面に食い込んだり穴に引っかかったりするのを防ぐために、より大きな車輪が必要になることが示された。

その機関はファルマスからロンドンへ出荷され、1803年4月にロンドンのホルボーンのレザー・レーン36にあるウィリアム・フェルトンのコーチ(馬車)製造工場へ到着した。フェルトンは、普通の駅馬車より2人多い8人までを乗せることができる新しい車両を作った。それには方向転換可能な1輪の前輪が取り付けられて、それを乗客席の外に座っている運転手がティラー(舵柄)で操舵し、また、後部には2輪の大きな駆動輪が取り付けられた。

機関は両後輪の間で車軸のすぐ後ろのコーチ車体の下に取り付けられ、ステップの上に立った機関員により動かされた。その機関は「オーケストラ・ドラムくらいの大きさ」と言われ、重さは約305kgであった。単1のシリンダがボイラの内部に水平に入れられ、ピストンは毎分50行程で動作した。

ウェストは、車両と機関の組み立てを監督するためにロンドンに5か月滞在して、トレヴィシックとヴィヴィアンが定期的に訪問し、その間、ストランドのサザンプトン・ストリート1番地に宿泊した。蒸気車両と機関の総費用は、約£207であった。

ある夏の早朝の試験では、その時は通りに馬車や歩行者がまったく居なく、その車両はトッテナム・コート・ロードとシティ・ロードに沿って走り、オックスフォード・ストリートを通ってコーチ建造所へ帰ってきた。別の場合では、ヴィヴィアンが車両を操舵し、レザー・レーンからグレイズ・イン・レーンに沿って走り、ローズ・クリケット・グラウンドへそしてパディントンへ行き、そしてイズリントン経由で再び戻ってきた。— 往復約16kmであった。それは、平坦路上で13-14km/時の速度で走った。ロンドンの道路上試

験では、火室の設計に欠陥があることがわかった。車両の動きにより火格子棒が緩くなる傾向があり、燃えている石炭が灰受けの中へ落ちた。

伝えられるところによると、ロンドンの試験中に「数万人」の観客がその車両を見たが、トレヴィシック、ヴィヴィアン、ウェストの合名会社は、新たな車両の注文を受けることはなかった。資金が尽きて、また、トレヴィシックは他の機関に関心を持つようになったため、その蒸気車両は諦められた。コーチ本体は売却され、機関は帯鉄用の圧延機に転用され、そこで長年定置機関として動作した。

トレヴィシックは、2種類の異なる機関を発明し、それは鉄道機関車と現代の自動車の始まりを示すものであった。彼はさらに、より多くの機関車を作ることになるが、移動用機関に関する彼のアイデアは、最終的には、当時の時代の先を行くものであったことが証明された。

6 鉄道機関車

トレヴィシックは、彼の路上車両を用いることにより、蒸気輸送が可能であることを証明した。しかし、機関の重量と19世紀初頭の道路のみじめな状態とは、理想的な組み合わせではなかった。彼の機関をレールの上で動かすということが、論理的な次のステップのように思われた。この時点で、原始的なレールを用いたトラムウェイ、プレートウェイ、ワゴンウェイは存在していたが、それらは馬で引かれる列車であった。

トレヴィシックが1802年8月にコールブルックデール鋳造所で高圧機関の実験をしていた間、彼はそのレール上を走る機関車用の機関も開発していた可能性がある。その鋳造所はおそらく最初の鉄レールの軌道を備えていた。1803年の図では、ボイラの一端に直径120 mmのシリンダが水平に設置された機関車が示されていて、910 mmゲージ幅の鉄道に沿って移動するように設計されている。シュロップシャーのアイアンブリッジのプリスト・ヒル博物館には、この機関車の実物大のレプリカが展示されているが、それが動いていた記録は歴史から失われている。

ペナダレン機関 一方、産業革命は、マーサー・ティドビル地域の5つの主要な製鉄所（イニスファッハ、シファースファ、ドウライス、ペナダレン、プリマス）が稼働していたことを確証している。マーサー・ティドビルからポンティブリッドを経由してカーディフに至るグラモーガンシャー運河は、1794年に開通したが、まもなく、鉄を積載したはしげが多数の水門を通過する際に、混雑して詰まった状態となった。

最も混雑した区間は、リチャード・クロウシェイ（1739-1810）が所有するシファースファの会社と、運河が61 m低くなるアベルカノンとの間であった。運河の北端にある水門はしばしば水が不足していたため、運河会社はタフ川から水を取り出し、プリマス工場への供給量を減らした。シファースファのボートの出入りが優先されたとも、言われている。

1799年1月18日に、ドウライス、ペナダレン、プリマスの製鉄所所有者たち— トーマス・ゲスト（1748-1807）、サミュエル・ホームフレイ、リチャード・ヒル（d.1818）— が、マーサー・ティドビルとアベルカノンの間に、鉄を運河の下流へ運ぶ馬引きの貨車のための軌道を建設することに合意した。レールの間の路面を馬のひづめのために確保するために、横枕木なしで建設された。鋳鉄製のトラム・プレートが、正方形の石のブロックの中央に設けられた木製のペグに固定された。主要な勾配は1/50であった。

1803年、トレヴィシックはすでにペナダレンで高圧定置機関に取り組んでいたため、それは彼にとっては、自身の機関車用機関を同時に展示する絶好の機会であった。ホームフレイとクロウシェイは、トレヴィシックの機関車がマーサー・ティドビルからアベルカノンへ10ロングトン（11.4トン）の鉄（1頭の馬が運べるタスク）を運び、空の貨車を返すことができるかどうかについて、ヒルを審判として、それぞれ500ギニー（£525）



図5 ベナダレンのレール

を賭けた。

1804年2月11日のこの機関の試験は、蒸気機関車がレール上を移動した最初として知られている。その機関は直径210mmの水平シリンダを1つ装備し、後輪に駆動力が加えられた。

2月21日には、機関は鉄と乗客を乗せて4時間5分で15.7kmの輸送を行った。機関を含めた総重量は約25トンであった。帰りの道程で車軸とボイラの間のボルトの1本が緩んで、ボイラから水が漏れて、その帰りが遅れた。

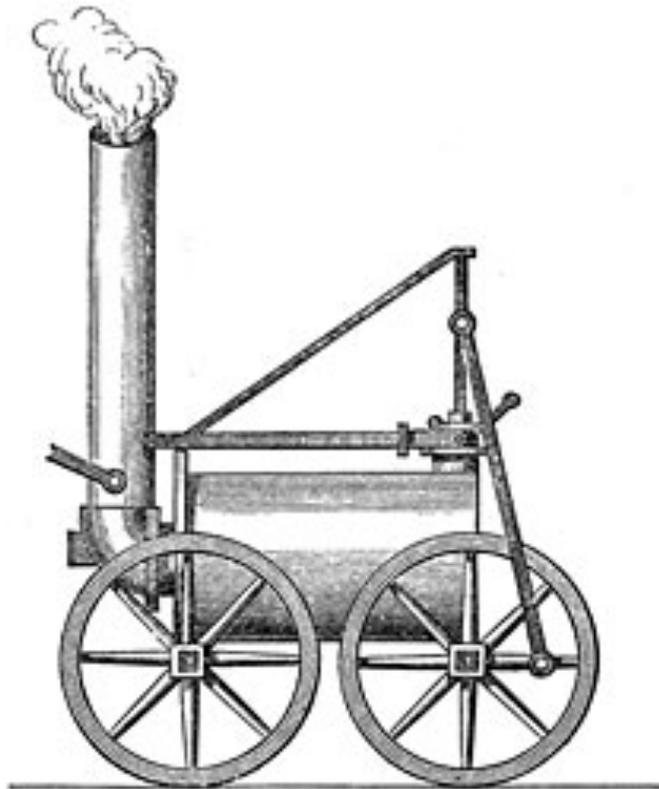
クローシェイは乗客の一人であり、賭けに負けたことを認めたが、ヒルは、機関がトラム・プレート(軌道プレート)の一部を壊し、またボイラが漏れたという理由で、1,000ギニーをホームフレイに与えることに難癖をつけた。賭け金が支払われたかどうかは明らかではないが、機関車は1804年7月まで、路面軌道に沿って鉄を輸送し続けた。その後それは、ベナダレンでハンマーを動かすための定置機関として使用された。

海軍委員会のサイモン・グッドリッチ(1773-1847)に対して、この同じ機関がポンプ、ハンマー、巻き揚げ、鉄道移動等の多目的な用途に使えることのデモンストレーションの提案がされたが、ホームフレイがギグ(一頭引き二輪馬車)の事故で負傷したために中止となった。しかし、トレヴィシックは、ノーサンバーランドのウィラム炭鉱の所有者であるクリストファー・ブラケット(1751-1829)から、機関車の別の委託を受けた。その場所は、その後の地元の鉄道のパイオニアとなったジョージ・スチーブンソン(1741-1848)に繋がっていた。

ゲーツヘッド機関 ブラケットの機関は、1804年10月から1805年5月にかけて、ゲーツヘッドにあるジョン・ウィンフィールドのパイプウェルゲート鋳造所で、タインサイドの水車大工のジョン・スティール(1781-1818)により製造された。スティールはベナダレンでトレヴィシックと協力し、片足しか持っていなかったにもかかわらず成功したキャリアを持っていた。

ゲーツヘッド機関は、直径178mmの水平シリンダがボイラの煙突と反対側に位置することを除けば、ウェルズ機関と似ていて、それより少し小さかった。その機関車も4つの車輪すべてを駆動し、その車輪にはレール上を走るためにフランジが付けられた。

鋳造所の敷地内で仮設軌道の上で多くの試験が行われたが、4.6トンの機関車は、ウィラム炭鉱の木製路面軌道には重過ぎたようであった。その機関車はパイプウェルゲートから移動することはなく、その代わりに、



MR. RICHARD TREVITHICK'S 'CATCH-ME-WHO-CAN,' 1808.

図6 キャッチ・ミー・フォー・キャン

鑄造所の固定式送風機関として使用された。ブラケットは熱心に機関車を持ち続け、8 km のウィラムの路面軌道に鉄のレールを敷設するように注文した。これは、1808年に完成した。その約1年後に、彼はトレヴィシックに別の機関車を作るように依頼したが、そのコーンウォールの男は当時他のプロジェクトで忙しくして、これを断った。

キャッチ・ミー・フォー・キャン トレヴィシックの最後の機関車は、ジョン・アーペス・ラストリック (1780-1856) の監督のもとで、ブリッジノースのヘーゼルダイン社 (Hazeldine & Co) で製造された。それは、デイビス・ギルバートの妹のメアリー・フィリパ・ギレマードにより、「キャッチ・ミー・フォー・キャン」と名付けられた。

トレヴィシックは、以前の設計のマルチタスク・コンセプトを廃止し、その代わりに、レールに沿って貨車を引くための単純な機関車に集中した。その機関車の重量は約8トンであり、それは彼の蒸気車両の中で最も重いものであった。このとき、単一のシリンダが鉛直にボイラ内に設置され、それで後輪を直接駆動した。

キャッチ・ミー・フォー・キャンは、1808年の7月、8月、9月に、ロンドンのユーストン・スクエアの近くで公開展示された。それは、木材の高い壁で囲まれた直径30m以上と言われた専用の円形軌道を周回して、屋根のない客車を牽引した。人々は1シリング(5ペンス)の運賃で、客車に乗ることができた。

残念ながら、その線路は軟弱な地面の上に敷かれ、機関車の重量により枕木が沈み、鉄板のレールの多くが破損した。7月末にかけて、トレヴィシックは軌道を取り外して、大きな木材の塊の上に敷き直した。



図7 キャッチ・ミー・フー・キャンの公開展示

技術者で発明家のジョン・アイザック・ホーキンス (1772-1854) はその乗客の一人となった経験を、トレヴィシックの死後の 1847 年 3 月 27 日付の "Mechanics' Magazine" へのレターの中で、以下のように追想している。

「1808 年頃、彼はニュー・ロードに隣接する土地に円形の鉄道を敷設した。そこは現在のユーストン・スクエアの近く、またはその南半分を占めている場所であろう。彼は、重さ約 10 トンの機関車をその上に載せて走らせた。私は、時計を手にしてそれに乗ったのである。それは時速 12 マイル (時速 19.3 キロ) の速度で、その鉄道の上を走った。トレヴィシック氏はその時、直線の鉄道では時速 20 マイル (時速 32.2 km) 以上になるとの意見を述べた。その機関は 1 シリングの入場料で展示され、それほど臆病ではない少数の人々は、それに乗ることもできた。数週間走っていたが、レールが壊れてしまい、その時は地面がとても軟らかかったので、その機関は接線方向へ飛び出してオーバーランしてしまった。

トレヴィシック氏は、あらゆる手段を尽くして製作物と囲いの建設を行ったが、当面の費用を支払うのに十分な速さでシリングが入って来なかったため、機関は再びレールに載せられることはなかった。」

1808 年 9 月 18 日日曜日、オブザーバー紙は次の広告を掲載した。

「臨時的賭け金。蒸気だけで動いて馬なしで移動するための新しい機械は、王国内のどの馬にも増して 24 時間稼働するように適合されたことが発表された。スポーツ界では非常に新奇はこの賭けは、次の水曜日と木曜日 [9 月 21 日と 22 日] に決定される。その機械は水曜日の 2 時にラッセル・スクエア近郊の広場で稼働されることになっており、その速度と持続性が示されることになる。その機械は重さ 8 トンであるが、制限された時間内で少なくとも 240 マイル移動すると計算されている。多額の金額は、場合により異なる。」

この奇策でさえ、トレヴィシックに機関車製造の注文がくることはなく、賭けの結果は不明のままである。しかし、キャッチ・ミー・フー・キャンの運命は知られている。それは、もともとロンドン市長が使用していたはしげに据え付けられた。

市井の関心のなさに幻滅したトレヴィシックは、機関車用機関への関与をやめ、蒸気動力の他の応用へ関心を向けるようになった。最初の鉄道機関車は、実際には問題を抱えていたのではなく、意図したとおりに荷物を運んだのであったが、軌道とレールが、それに載せられた荷重に見合っていなかったのであった。

さらに、この時点では、全国的な鉄道網のアイデアはまだ約 20 年先にあった。19 世紀の最初の 10 年間では、水路が国の主要な輸送動脈であり、路面電車と線路軌道は、地方の配達網を提供するだけのものに過ぎなかったのである。

7 浚渫、トンネル掘削およびその他の発明

トレヴィシックが高圧蒸気機関を開発している間、彼はそれは多くのさまざまな用途を持つことができると予見した。彼は中年に達しており、既存の機関の新しい応用の開発だけでなく、多様で新奇な他の発明の開発で満たされることになった。

河床浚渫船 1806 年 1 月と 5 月、35 歳のトレヴィシックは、蒸気動力を使用した (船のバラスト用) 砂利の浚渫に関する提案を灯台管理組織、トリニティ・ハウスへ提出した。彼らはそれを受け入れ、彼は高圧機関とバケットを付けたサイド・チェーンを全長 21.3 m のブリッグ形軍艦ブレザー (Blazer) 号に取り付けた。トリニティ・ハウスはこの船をトレヴィシックに貸し出したが、後に彼は £300 で購入した。4.5 kW の蒸気機関がブリッジノースのハゼルディン社で製造され、直径 200 mm、行程長 910 mm のシリンダを備えていた。

改修は 1806 年 7 月に完了し、浚渫船は 9 月と 10 月にテムズ川のバーキング・シェリフで作業した。それは、技術的には成功であった。しかし、機関はトリニティハウスが要求する速度で砂利を上げることができず、12 月の更なる試行の後、トレヴィシックはより強力な機関が必要であると結論づけた。

翌年、トレヴィシック、彼の妻とその 4 人の小さな子供たちはロンドン南部のロザーハイズへ引っ越し、彼は元海軍艦艇プリマスにより大きな機関を搭載する作業に取りかかった。その夏には、この船はライムハウスのテムズ川で作業していた。1807 年の終わりまでに、彼は両方の船を請負業者のヒュース・パウ・アンド・ミルズ社 (1806 年設立) に売却した。彼らはプリマスを改造して両側にバケットチェーンを取り付け、マシュー・マレー (1765-1826) による 11.9 kW 機関を取り付けた。1808 年 7 月までに、その浚渫船はウーリッジで稼働していた。

トンネル掘削 1807 年 8 月、テムズ・アーチウェイ社は、ロザーハイズからライムハウスまでのテムズ川をくぐるトンネルの掘削について、トレヴィシックの助言を求めた。ロバート・ヴェイジー (Robert Vazie; 1758 生) は、1805 年に坑道 (小口径トンネル) を掘ることからプロジェクトを開始した。トレヴィシックは、2 年後に彼を助力すると約束した。コーンウォールの鉱山で育ったトレヴィシックにとって、これはまるで横坑道を掘削するようなものであった。

計画は、最初に坑道を完成させて、周囲の地層の排水路として機能できるようにすることであった。その後、排水された掘削部を拡大することができるであろう。ヴェイジーは 1807 年 10 月に解任され、トレヴィシックが引き継いだ。

トンネルは 1808 年 1 月 26 日までにライムハウス側の水面下を超えて到達したが、その後浸水した。幸運にも、トンネルで働いていたすべての男たちは逃れることができ、トレヴィシックは最後に脱出した。トンネルはポンプで排水され、作業は再開されたが、2 月 4 日に再び停止され、すべての作業が中止された。そのとき、トンネルの長さは 317.6 m であり、提案された終点からわずかに約 54 m であった。この案は、1825 年まで再度取り上げられることはなく、1825 年にマーク・ブルネル (1769-1849、イザムバード・キングダム・ブ

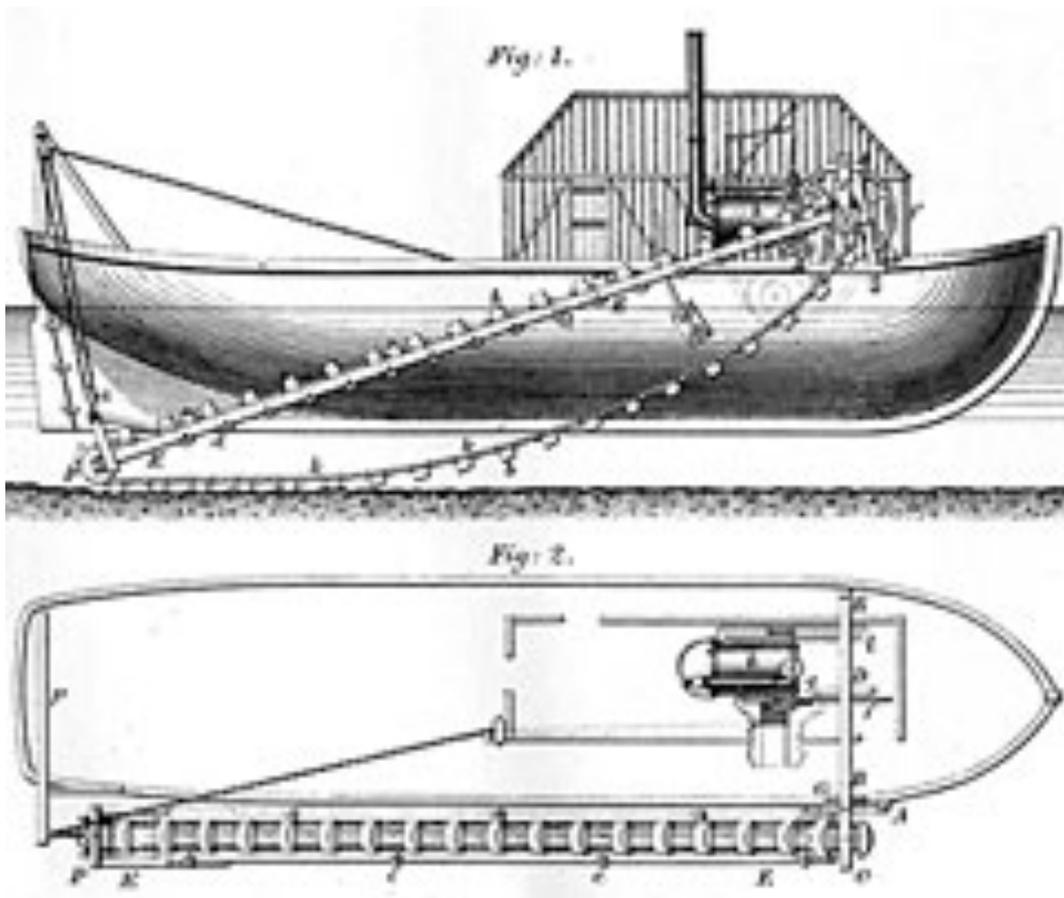


図 8 河床浚渫船とバケット・チェーン

ルネルの父) がロザーハイズからワッピングまで続くテムズ・トンネルの工事を開始し、1843 年に開通した。

さまざまな特許 このエピソードの後、トレヴィシックは、ロンドンのコベント・ガーデン近くのグレート・クイーン・ストリートに住む特許投機家で西インド諸島の商人であるロバート・ディキンソンと合名会社契約を結んだ。これは、トレヴィシックの発明のいくつかについて、いくつかの共同特許につながった。彼はライムハウスのフォア・ストリート 72 番地の家の庭に作業場を設置し、1808 年に家族と共にそこへ引っ越した。

最初の特許 (No.3148) は 1808 年 7 月 5 日に取得された。それは、「貨物を積んだ船舶およびその他の船を曳航、運転または移動し、荷揚げするための機械」に関連したものであり、「その目的のために適切に構築され、「航海労働者」と命名した船舶または船に、船の大きさに比例したサイズの推進ボードと呼ぶ手漕ぎホイールを取り付ける。」ものであった。その案は、船を曳航して河を上って埠頭に横付けし、蒸気ウインドラスを使って積み荷を陸揚げするというものであったが、石炭陸揚げ業者 (Coal-Whippers) などの組合による抗議の結果、放棄された。

これに続いて、鉄製タンクつまり、「積荷の費用を削減して商品を安全に保つためのパッケージ化による船の貨物の積み込み」に関する特許 No. 3172 (1808 年 10 月 31 日) が許可された。それは、「現在提出されている改良点は、正方形、多角形、またはその他の形状の錬鉄または鑄鉄製の一連のケースを船の船倉へ適応することで構成され、それによって、それらはまったくすき間を残さずに積載するか、すき間を残すのであれば

円筒形とすることができる。』^{*1}

鯨油の輸送について、一例が挙げられた。船はクジラを捕獲し、油を取るために脂身(あぶらみ)を煮沸する。しかし、木製の貯蔵樽は漏洩して、木材が油の一部を吸収する—そして乗組員はそれを取り扱う前に、油が冷えるのを待たねばならない。鉄のタンクであれば熱い油で満たすことができ、油が漏れたり吸収したりすることはないであろう。金属製のタンクはまた、食べ物や飲み物などの腐敗し易い積み荷にも適するであろう。良質の樽材は普通は輸入されていたため、鉄の使用は高価な木材の節約となった。

翌年の1809年4月29日に、トレヴィシックとディキンソンは、「他の目的に適用可能な造船および航法」に関する9つの別個の発明について、一つの特許(No.3231)を取得した。これには、鉄製の浮きドック、海洋サービス用の鉄製の船、鉄製のマストやスパー(丸材)、蒸気による木材の曲げ加工、船用の筋交い状フレーミング、鉄製のブイ、一般船舶用の蒸気機関、手漕ぎトランク、および蒸気による調理、が含まれていた。

鉄製のタンクとブイには、別の用途があった。空気で満たされた鉄の容器は水に浮くので、トレヴィシックは、それが沈没船を引き上げるための浮力の補助として使用できることに気づいた。この理論は1810年1月と2月に、ケントのマーゲート・サンド沖で沈没した船でテストされた。トレヴィシック、ディキンソン、2個のタンク、および16人の屈強な男たちが船を引き揚げ、それを浅瀬へ曳航した。そのとき、以前に合意した支払いをめぐる船の所有者との論争が起こった。トレヴィシックの気性は怒りを抑えきれず、彼は部下にタンクを切り離すように命じ、船はもう一度沈んだのであった。

その後、トレヴィシックは船舶の推進法に関心を向け、1810年3月23日に別の共同特許を取得した。これが対象としたのは、「海洋航行または内陸水運で使用される船舶およびその他の船を推進するための発明または既知の動力の新しい応用。これにより、難破船の回復を支援し、船員の健康と快適さを促進し、またその他の有用な目的に役立てる。』^{*2}であった。

これらの特許に含まれるアイデアは、すべて実現されたわけではない。当時利用可能であった技術を考えると、それらはおそらく実現不可能であったであろう。ディキンソンは、必要な多額の財政的支出のほとんどを提供した可能性があるが、彼は自分の鉱山の株と財産を売却または抵当に入れて資金を調達しようとしたので、このこともトレヴィシックの心を痛めていたに違いない。

チフス感染、破産、帰郷 1810年5月、トレヴィシックはチフスで病床に伏し、胃のトラブルと「脳熱(brain fever)」を併発した。チフスは死に至る可能性があったが、数人の医師からの相反するアドバイスにもかかわらず、彼の生来の回復力により、8月には部分的な回復に至った。トレヴィシックは1810年9月初旬に、当時12歳に達していた長男リチャードと共にコーンウォールへ帰国した。トレヴィシックはまだ病弱のため船に乗らなくてはならず、彼らは海路を取った。その船、ファルマス・パケットは、(イギリスはフランスと戦争中であったため、)ブリッグ形軍艦により護衛されてドーバーでフランスの軍艦を回避し、ロンドンを出てから6日後にファルマスに到着した。

トレヴィシックと彼の息子はカムボーン近くのペンポンズへ戻った—明らかにファルマスから26km全行程を歩いてきた。彼は家族と再会し、7月に母親が亡くなったという悲しい知らせを知った。11月までに彼は完全な健康状態を取り戻し、ブランジャ・ポール機関やその他の高圧蒸気機関に取り組んでいた。

*1 (原文) "The improvements now submitted consist in the adaptation to the holds of vessels of a system of wrought or cast iron cases, of a square, polygonal, or any other form, by which they may adapt themselves to each other without leaving any interstices, or made cylindrical where room can be spared".

*2 (原文) "Inventions or new applications of known Powers to propel Ships & other Vessels employed in Navigating the Seas or Inland Navigation to aid the recovery of Shipwrecks, promote the health & comfort of the Mariners and other useful purposes".

翌年、さらに不幸が降りかかった。1811年2月5日のロンドン・ガゼット(英国官報)には、トレヴィシックとディキンソンは、「破産を宣告されたことにより、」2月16日と23日および3月23日に「財務委員会へ自首することが要請されている」と記録されていた。最後の指示は5月4日まで延期された。同名会社には£4,000の借金があり、トレヴィシックの所有物は押収され、ロンドンの「スポンジング・ハウス」—自由と債務者監獄の間のような場所—に宿泊せざるを得なかった。

1811年の終わりにトレヴィシックはコーンウォールへ戻り、そこで債権者に支払うためにお金を稼ぐことに専念した。高圧蒸気機関での彼の継続的な仕事とは別に、彼は1812年に、プリマス防波堤・スクリュー・プロペラ社のために、削岩機を製作した。

長い奮闘の後、トレヴィシックは1814年1月1日に破産から解放された。彼は借金のほとんどを—すべての£1に対して16シリング(80%)を—なんとか返済した。その間、彼の以前のパートナーのディキンソンは、何も支払えなかった。

トレヴィシックは初期の船舶のテーマを継続して、1815年に蒸気船を推進するための特許を取得した。6月6日に発行されたその特許(No.3922)は、「高圧蒸気機関; および他の機械と組み合わせた、または単独での、有用な目的へのその適用。」と題記されている。その機関は螺旋形のペーンを使用し、船舶の船首または船尾で回転させて船を動かした。この特許は、11月20日にさらに詳細に補強された。そこでは、プランジャ・ポール蒸気機関、反動タービンつまりエオリパイル、水を介してピストンに作用する高圧蒸気、およびスクリュープロペラ、などが含まれていた。

いまや44歳となっていたトレヴィシックは、壮大な冒険に乗り出そうとしていた。それは彼を南アメリカへ連れて行き、彼が戻ってくるかどうかとわからないという不安の中に、家族を残すことになる。

8 南アメリカ

トレヴィシックは40代半ばに入り、過去に破産も経験し、その高圧蒸気機関には多くの用途に需要があったので、彼の技術者としてのキャリアは保証されているように見えた。にもかかわらず、以前と同じく、彼は新しい冒険に魅せられていた。この冒険は彼を10年以上南アメリカに留まらせることになり、その間彼の家族は、彼が死んでいるか生きているか知ることもできず、コーンウォールで極貧の中に暮らすことになった。

借金を返済している間の1813年5月、彼はファルマスでスイスの時計職人フランシスコ・ウヴィル(Francisco Uvillé; c.1781-1818)に会った。この紳士は、船酔いにひどく苦しんでいたにもかかわらず、とりわけトレヴィシックを見つけるために、ペルーからの2回目の長い航海に耐えてきたばかりであった。ウヴィルは、リマの北東約250kmにあるセロ・デ・パスコのアンデスの銀鉱山を排水するために、それが可能な蒸気動力ポンプを見つける使命を負って、1811年に最初にイングランドを訪れていた。

ウヴィルは最初に、バーミンガムのソーホーにあるボールトン・ワットの鑄造所を試みたが、彼らの大気圧機関は、高い高度で効率的に動作するのに十分な出力を発揮できそうにないことで失望していた。また、山合いを通るラバの道に沿って巨大な機械を輸送することは不可能でもあったであろう。ロンドンまで戻ったとき、彼はフィッツロイ・スクエア近くのクリーブランド通り7番地のウィリアム・ロウリーの店で、トレヴィシック機関の実動模型を20ギニー (£21)で購入した。

その模型はセロ・デ・パスコで非常にうまく動作したので、ウヴィルはトレヴィシックを捜していくつかの機関を注文するために、イギリスへ戻ってきたのであった。彼が1812年7月に出発する前に、スペインの商人ペドロ・アバディア、ペルー人のホセ・アリスメンディ、およびウヴィル本人により、リマにパスコ・マイニング社が設立された。アバディアは主要なパートナーであり、資本40,000ペソ(ペソ硬貨は銀から作られ、

しばしばシルバー・ドル、または単にドルと呼ばれた)の半分を占めていた。アリスメンディとウヴィルは、それぞれ 1/4 の持ち分を占めていた。

この時期、南米の政治情勢は不安定であった。人々がスペインとポルトガルからの独立のために立ち上がり、内戦が勃発した。1808 年のスペインのフェルナンド VII 世の退位後、地元の男たち (その中でも著名な「リベレイター」、ベネズエラ生まれのシモン・ボリバル [Simón Bolívar ; 1783-1830]) は彼らの国を植民地支配から解放するために戦った。ペルーは 1821 年 7 月 28 日に独立を宣言し、亜大陸全体の自治は 1825 年までに完了することになり、同じ年、高地ペルーは、ボリバルに敬意を表してボリビアと呼ばれる別の共和国になった

ウヴィルは、理想的には 1/3 のクレジットで 2 台の蒸気機関を購入し、それらを運転するために 2 人の労働者を雇うように指示されていた。彼は 30,000 ペソを費やすことが許可されていたが、パートナーから 9,800 km 離れた地で、まもなく、トレヴィシックの熱意に押し流された。このコーンウォールの男は 6 台の高圧機関を推奨して注文をとり、急速に予算を使い果たした。

トレヴィシックはさらに多くの機械が必要になることに気づいたが、ウヴィルの資金が不足したことにより、それができなかった。支払いが遅れて、すでに建設中の機関の作業が停止した。どういうわけか、トレヴィシックは自分で約 £3,000 を調達し、それを使ってパスコ・マイニング社の 12,000 ペソの株式を購入し、彼は利益の約 1/5 を得る権利を与えられることになった。この取り決めは、1814 年 1 月 8 日にウヴィルとトレヴィシックにより文書化され署名された。その後、トレヴィシックは追加のプラントに資金を提供するために、彼の株の一部を売却した。

トレヴィシックはウェールズ南部のニース・アビー製鉄所とブリッジノース (シュロップシャー) のヘーゼルダイン社の両方と交渉したが、機関コンポーネントのほとんどは、ブリッジノースでジョン・アーベス・ラストリックの監督の下で製造された。トレヴィシックにとって、彼の妻の兄弟ヘンリー・ハーヴェイ (1775-1850) が運営しているヘイルのハーヴェイ社を使用するのが自然であるように思われるが、同社は困難を経験して、1812-16 年の間は閉鎖していて、ブリュエット・ハーヴェイ・ヴィヴィアン社 (ユナイティッド・マイニング社としても知られる) となっていた。当時ヘイルで行われていたトレヴィシックの仕事のいくらかは、ブリッジノースへ移されなければならず、そこで彼はラストリックと多くの共通点を見出していた。

合わせて 9 台の機関、4 缶の追加ボイラ、2 台の粉碎機、および種々のスペア・パーツとツールがペルーへ送られた。9 台の蒸気機関のうち、8 台は上端開放のシリンダを備えた専用の単動形であった。4 台は 24.6 kW の揚水機関で、4 台は 6 kW の巻き揚げ機関であった。9 台目の機関は 1812 年頃に製造された 6 kW の移動形 (機関車用) 圧延機関であり、元々はセン・トキット島のサトウキビ農園を対象としていた。それは、代わりにリマの造幣局で使用された。総費用は £7,560 に達し、保険と海上輸送費を含めると、2 倍以上の £16,152 (今日の約 £600,000) となった。

捕鯨船ワイルドマン豪は 1814 年 9 月 1 日に、ポーツマスからリマの港であるカヤオに向けて出航し、1815 年 1 月 29 日に到着し、ウヴィル、機械類、およびそれを操作する 3 人のコーンウォール人を運んだ。3 人のコーンウォール人は帰ることはなかった。彼らはトーマス・トレヴァルタン (1767-1815) と彼の助手のウィリアム・ブル (1794-c.1818)、およびヘンリー・ヴィヴィアン (1771-1817) であった。ヘンリーはアンドリュー・ヴィヴィアンの弟であり、トレヴィシックの妹トマシーナと結婚していた。不幸にもヘンリーは、「イブニンググラスで自由になり過ぎる」ことで知られていて、アルコール中毒で亡くなった。

港から海拔 4,330 m の鉱山までのルートは、山腹に切り込まれた狭い道であり、深い渓谷の上の細い橋を通っていた。利用可能な唯一の輸送手段は口バ、ラマまたは肉体労働であり、すべての機械は現場で組み立てるように分解されて送られた。すべてが鉱山に到着するまでに 12 から 18 か月を要し、最初の 1 つの機関が

問題なく作動し始めたことがトレヴィシックに報告されたのは、1815年4月であった。ブルは1816年7月27日にサンタ・ローザ鉱山で揚水機関を始動し、横坑道レベル以下の排水を達成した。

しかしながら、一部の機関、特に造幣局の機関では、適切に動作するのに十分な蒸気を作り出せていないことが明らかであった。コルニッシュ・ボイラは、内部の火格子上で石炭を燃焼するように設計されていた。利用可能な燃料が木材だけである場合、トレヴィシックはボイラを石積みで包んでその下に薪の火格子を設置し、加熱可能な表面積を増やすように指示していた。おそらく、指示がうまくいかなかったか、(これまで蒸気機関を見たことがなかった)ペルーの労働者とコーンウォールの運転員との間の言葉の壁が乗り越えられなかったのであろう。

トレヴィシックは、問題を解決して彼の投資を保護するために、自らセロ・デ・パスコへ行かなければならないと決心した。トレヴィシックはのんきにも、彼の家族はブランジャ・ポール機関(1815年に特許取得)の特許料で確実な収入が得られるであろうと信じた。また、子供たちが学校に通えるようにペンゼンス(おそらくマーケット・ジュー通り)に彼らのための家を借りたが、彼は通年の家賃を払えなかった。

1816年10月8日に彼の6番目で最後の子供のフレデリック・ヘンリー(1816-77)の誕生を祝う時間をかろうじて取ると、彼はすぐに捕鯨船アスプ号に乗船して、ペンゼンスからカラオへ向けて出発した。彼と一緒にボイラメーカーのジェームズ・サンダースと弁護士のウィリアム・ページがいた。船は1817年2月17日に到着し、更に多くの採掘設備、造幣局用のコイン鑄造装置、および銀を精錬し合金化するための炉類を積載していた。

到着後まもなく、トレヴィシックは、もし惨事が生じた場合に家族がお金を受け取れるように、生命保険が必要であると判断した。普通の方法では、彼が年間保険料を自分で支払うように手配されることはなく、その負担は妻のジェーンに降りかかった。彼女はすでに経済的困難に苦しんでおり、その請求を支払うために自分の所有物を売らなければならなかった。

トレヴィシックは、リマの造幣局機関の問題を解決した。彼が鉱山に到着するまでに、ヴィヴィアンは死去していて、2台の揚水機関と2台の巻き揚げ機関だけが稼働していた。トレヴィシックが到着するまで、ウヴィルが担当していた。彼は技術者の引き継ぎ問題に憤慨していて、管理ミスを告発し始めた。ペルー副王領のホアキン・デ・ラ・パズエラ(1761-1830)の書面による許可を得て、トレヴィシックは他の鉱山を探鉱するためにその地を離れた。アパディアは彼に留まるように嘆願して、費用に加えて年間8,000ペソの滞在費を申し出たが、無駄であった。

トレヴィシックは移動中に、カハタンボ(Caxatambo/Cajatambo)州で銅と銀の豊富な鉱脈のある鉱山を見つけた。彼はその鉱山で作業を行い、約300トンの鉱石を製錬のためにイギリスへ出荷する準備ができたが、ペルーの政治的混乱のためにそれを輸出することができなかった。その時、トレヴィシックは、その銅鉱床は12ミリオンペソの価値があると推定していた。彼はまた、チリのバルパライソ(Valparaiso)近くで銅の採掘を開始した(日付は不明)が、ここでもまた、鉱石を輸出することはできなかった。

1818年8月末までにブルとウヴィルの両方が死去し、トレヴィシックはすべての管理者としてセロ・デ・パスコに戻った。鉱山には石炭も木材もなく、芝生しかなかったため、機関の燃料が重大な問題となった。他の燃料は遠くから持ってくる必要があった。1819年に、近くで低品位の炭層が発見されたが、セロ・デ・パスコでの銀生産が突然増加したのには、これが貢献したに違いない。

1817年から1822年にかけて、愛国者とスペイン軍の間で、最初は隣接するチリで、続いてペルーで激しい戦いがあった。1820年12月11日、いくつかの戦闘の1つはセロ・デ・パスコで行われた。この小競り合いは愛国者が勝利し、スペイン人による使用を妨げるために、愛国者は機械を破壊して鉱山を破損させた。トレヴィシックはしばらくの間ポリバルの軍隊に押し込まれ、そこで彼は短胴の大口径カービン銃を工夫して製

造した。下手な射撃手であったので、彼はすぐに鉱山に戻ることを許された。

戦争が介入して来なかったとしたら、トレヴィシックは南米の鉱業に最新の技術をもたらすことにより、最後には彼の財産を築いたであろうことは明らなように思われる。その財産なしにイングランドへ戻ることを選ぶよりはむしろ、誇り高きそのコーンウォールの男は、富を蓄積する他の方法を見つけようと試み始めた。

トレヴィシックの滞在の残りの年に関して、多くのさまざまな信頼性の話があるが、そのいくつかについては詳細が知られている。かなり恐ろしい逸話の1つは、事故で上肢が押し潰された鉱夫の腕を、トレヴィシックが、戦争での彼の直接の経験を用いて切断したという話である。最寄りの医者は300 km以上離れたリマであり、その男が死ぬと信じて、トレヴィシックは手術を申し出た。その男は同意し、試練を生き延びた。

1821年7月16日、チリのフリゲート艦サンマルティン号が、カヤオの南16 kmにあるチョリヨス湾に停泊中に沈没した。トレヴィシックは、空気で満たした鉄製タンクを用いる技術と初歩的な潜水鐘とを使用して、難破船から多くの真ちゅう製の大砲を回収した。その鉄製タンクを用いる技術は、彼が1810年にマーゲートで開発したものであった。50歳の技術者は、その支払いとして船の貨物の銅とスズ、約£2,500相当を請求した。彼は、その少なくとも£2,000を彼の家族に送るように忠告されたが、彼はその代わりに、次の冒険に全額を投資した。

1822年に彼は2本マストのスクエア・リグ・ブリッグのデバン号を購入し、ボリバルの未詳の任務を遂行するためにコロンビアへ向けて出航した。彼はエクアドルのグアヤキルに立ち寄り、そこでコスタリカでは金が採掘されていることを聞いた。このニュースは、南アメリカの太平洋岸に沿って商売をしていたスコットランド人のジェームズ・ジェラードからのものであった。これはボリバルのために働くよりもエキサイティングだったので、彼はコスタリカへコースを変更し、1823年にニコヤ湾のプンタレナスに到着した。

トレヴィシックは一つの目標に満足せず、デバン号を商船として使用し、また潜水鐘を使用して、コスタリカ沿岸の真珠を収穫することも計画していた。政府は賛成したが、官僚機構が公的な承認を遅らせたため、彼は真珠漁師になるという考えを放棄した。

コスタリカの金鉱山は、高さ約1,500 mの3つの山岳地帯(コルディジェラ) —モンテ・デル・アグアケート、モンテ・デ・オロ、アバングレス—にあった。最初の金鉱山は1821年に開業し、1822年6月までに5つまたは6つが発見され、1823年1月にジェラードは「進行中および確実な状態の鉱山は列挙できないほどである」と書いている。

鉱山地域は地震にさらされていたが、トレヴィシックの救いは、気候はセロ・デ・パスコの寒い不毛の平原よりもはるかに耐えられたことであった。現場で水銀を用いてアマルガム化することにより、破碎された鉱石から金を取り出すことができ、未精製の鉱石を大量に輸送する困難と費用を省くことができた。その鉱山では銀も産出した。

一方コーンウォールでは、トレヴィシックの特許使用料は実現せず、ジェーンとその子供たちはヘイルに戻って、彼女の一族に支えられることを余儀なくされた。1824年に彼女の弟ヘンリー・ハーヴェイはハーヴェイズ鑄造所の近くにホワイト・ハート・インを建設し、ジェーンはその家主になった。

トレヴィシックとジェラードは4年間、コスタリカで鉱業権と採掘権を取得し、コラリージョとケブラダホンダで鉱山を稼働させていたようである。1827年に彼らはイギリスへ戻り、鉱山を開発するための資金をより多く調達することにした。

彼らは、帰路の航海にデバン号を使用すれば、ホーン岬を廻って航海することになるので、鉱山から大西洋岸への陸路を試みることを選択した。道路はなく、その地形は峠越えから始まり、熱帯林、流れの速い川や沼の中を下って行った。

11人のグループで遠征に乗り出した—トレヴィシック、ジェラードと彼の使用人、6人の地元の男性、お

よびイギリスの寄宿学校へ向かっていた 2 人の兄弟であった。その兄弟は、ホセ・マリア・モンテアレグレ・フェルナンデス (1815-1887) とマリアノ・モンテアレグレ・フェルナンデス (1816-1900) であり、ホセはエジンバラで医学を学び、1859 年から 63 年にかけてコスタリカの第 4 代大統領を務め、一方、マリアーノは技術者として成功した。

旅行者たちは、コスタリカとその北隣のニカラグアとの国境の東端にある、サンファン港の港に到着するのに、3 週間を要した。旅行中、3 人の男性とすべてのラバは沼地に到着したときに引き返し、他の一人の男性は川を渡っているときに溺死し、トレヴィシックだけがジェラードの助けを借りて土手に復歸した。

トレヴィシック、ジェラード、そして男子学徒がコロンビア北部のカルタヘナに再び現れるまで、これ以上のことは何も知られていない。ここで、1827 年 8 月に、トレヴィシックは彼の蒸気機関車で記憶に残る別の偉大な技術者、ロバート・スティーブソン (1803-59) に会った。24 歳の彼はコロンビアの銀鉱山の技術者であり、それは、イギリスよりも暖かい国で健康を改善するために、彼が選んだ役職であった。トレヴィシックは 19 世紀の最初の 10 年間に、ノーサンパーランドのウィラム炭鉱を訪れたときに、その若者と父親のジョージ・スティーブソン (1781-1848) とに会っていた。

ロバート・スティーブソンは、トレヴィシックにお金がなく、身に着けていた服のほかには、金の時計、銀の拍車、磁気コンパス、および描画コンパスしか所持していなかったため、母国まで送り届けるためにトレヴィシックに £50 を与えた。

ジェラードとモンテアレグレ・フェルナンデス兄弟は、スティーブソンと彼の同僚であるチャールズ・エンブソン (1794-1861) と共に、ニューヨークへ向かうブリッグ帆船バンカーズ・ヒル号に乗船した。その船は岸の近くで難破したが全員が救助され、スティーブソン一行は、イギリスへ戻る前にナイアガラの滝への旅行を楽しむことができた。彼らは 1827 年 11 月にリバプールへ到着した。

トレヴィシックはジャマイカ経由で航海し、1827 年 10 月 9 日にファルマスに到着した。彼は 11 年間不在であったが、その多くは家族と連絡をとることなく過ごしていた。彼はそれがどのような帰郷になるのか、気になっていたに違いない。

9 コーンウォールへ帰る

1827 年 10 月、トレヴィシックは生涯彼を避け続けてきた幸運を掴むことなく、南アメリカの探検から帰ってきた。それでも彼は、コーンウォールで英雄として歓迎を受け、教会の鐘が鳴り響き、「郡や自治区の議員やコーンウォール西部の一流の紳士たちの、食卓でもてなされた。」

彼は、妻のジェーンが家主となっていたヘイルのホワイト・ハート・インで家族に再会した。子供 10 人中ほぼ 2 人が若年で死去する時代にあって、妻とその 6 人の子供たちはすべて健康であり、それは彼女の世話の証であった。

トレヴィシックの末っ子であるフレデリックは、11 年前のリマへの出発の年に生まれた。彼の長男もリチャードと呼ばれ、当時 18 歳であったが、結婚したことはなく、後年、母親と一緒に暮らしていたため、家族の長としての責任を真剣に受け止めていたに違いない。しかし今、彼の子供たちのうち 4 人は 20 代であり、下の 2 人の末の息子だけがまだ学校へ通っていた。

イングランドも彼の不在の間に変化し、彼の天才に起源を持つ多くの技術的發展があった。高圧蒸気機関は、固定式と移動式の両方の種々の用途に日常的に使用されていた。鉄道による輸送は鉱物の運搬から旅客および貨物サービスへと進展し、蒸気四輪コーチが道路を走っていた。

1827 年 11 月 10 日に、トレヴィシックは 10 年以上を経た最初の特許—「大砲の中心をピボットに一致さ

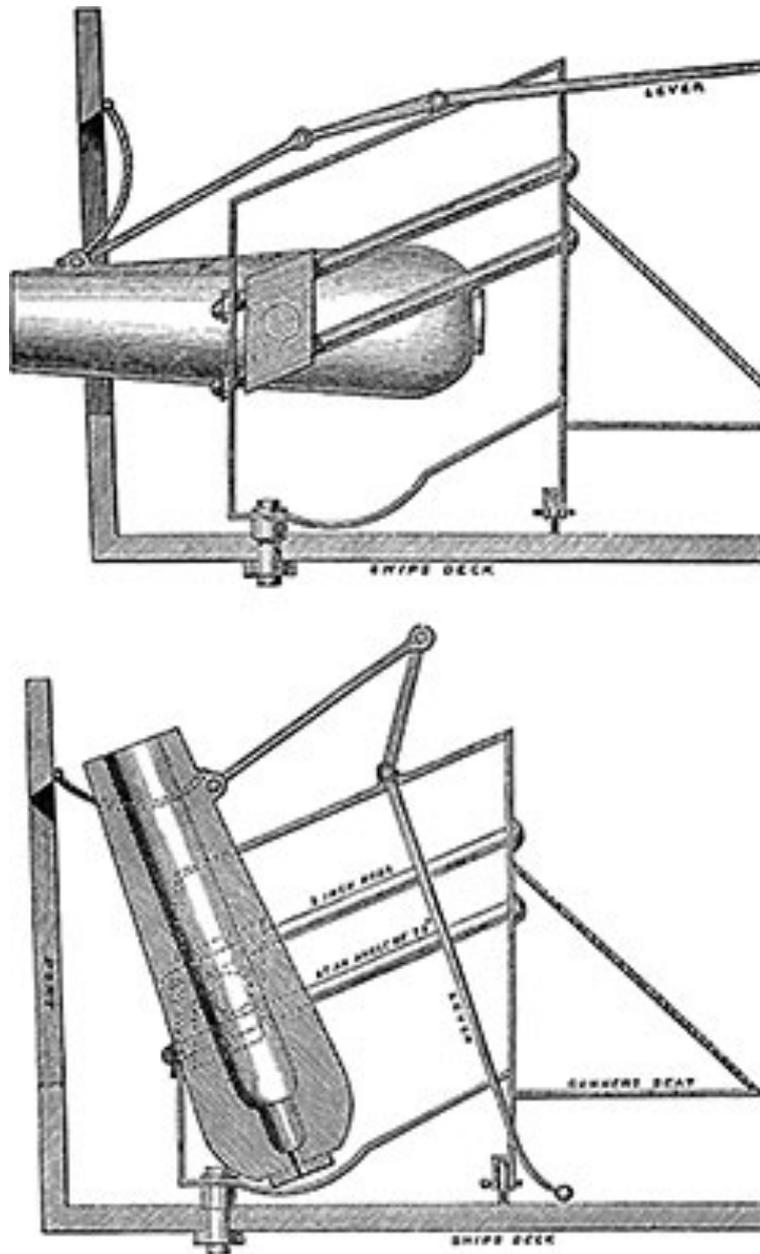


図9 砲台と摩擦スライド

せてその装填を容易にし、動作時の肉体労働を低減するための新しい方法」 — の詳細を申告した。軍艦の大砲の設計は 18 世紀半ば以来ほとんど変わっておらず、ネルソン艦隊の勝利で積載使用された 2 トンの大砲は、それぞれに 9 人の水兵が必要であった。トレヴィシックの大砲は、反動を吸収する可動式の鞍 (cradle) で保持され、再装填のためのメカニズムが含まれていたため、その大砲は 2 人の水兵だけで操作できた。海軍本部 (The Admiralty) はその案を拒否し、特許は発行されなかった。

この挫折はトレヴィシックを制止しなかった。彼とコスタリカでの彼の仲間が冒険家のジェームズ・ジェラードは、コルディジェラ鉱山にある富の可能性を確認し続けた。彼らは、その鉱山を開発するための会社を

設立しようとの目標を再開した。ユナイティッド・マインズのマイケル・ウィリアムズを含むコンソーシアムから、南米の銅採掘助成金に対して £8,000 の申し出があった。トレヴィシックは、その利益はもっと価値があると信じてそれを拒否したが、それ以上の申し出は提出されなかった。その後ジェラードは資金調達を期待してオランダとフランスへ行ったが、パリで無一文の状態でおそらく 1828 年に) 死去した。

トレヴィシックが離れている間、彼が作り出した高圧蒸気機関とボイラによる効率改善を通じて、彼の影響は継続していた。彼によると、コーンウォール鉱山のキャプテンたちは、「彼の発明は鉱山を £500,000 以上節約して残した。現在の深い鉱山の存在は彼の発明によるものである」と言って感謝した。

しかし、ポールトン・ワットの場合と同様に、彼らはこれらの節約に対してプレミアムを支払うことに、かなり消極的であった。困難は、1830 年 5 月まで有効期限があったプランジャ・ポール機関により、どれだけの改善がもたらされたのか、また、特許を取得していなかった彼のコルニッシュ・ボイラにより、どれだけの改善がもたらされたのか、という評価の問題であった。最終的には、トレヴィシックは 1828 年 1 月にマイケル・ウィリアムズから £150 の支払いを受け取ったが、他の鉱山所有者からは何も受け取らなかった。

トレヴィシックは、旧友でかつての指導者であったデビス・ギルバート (ポドミン地区の下院議員) の助けを借りて、1828 年 2 月 27 日に議会に請願書を提出し、コルニッシュ・ボイラの有用性を詳述し、特許を取得した発明をリストアップした。彼は自身の特許からいくらかの使用料を取り返すことを望んだが、彼の申請は失敗した。運命は、他の人々が彼の創意工夫の恩恵を享受すると定めたのである。

その年の 7 月、トレヴィシックはオランダで 10 日間過ごし、蒸気機関を使って排水することにより土地を再生利用する可能性を調査した。これは明らかに、スティーム・ナビゲーション社の要請によるものであった。彼はまた、甥のニコラス・オリバー・ハーヴェイ (1803-61) を訪問した。彼は、当時ロッテルダムのフィジノルド工業社に雇用されていた。

オランダの土地は低地であり、ライン川からの洪水が増え続けており、約 250 年にわたり問題を引き起こしてきた。使用されていた風車駆動の排水ポンプは、上昇する水に対してもはや効果的ではなかった。1828 年には、国のほぼ半分が浸水した。トレヴィシックの解決策は、排水路とはしげに搭載した蒸気ポンプで構成されていた。オランダ政府は、ライン川を長さ 80 - 97 km にわたって幅 915 m、深さ 1.8 m に拡大することを意図していた。トレヴィシックはまた、蒸気を動力源とするはしげを使用して、川から掘り出された土砂をライン川の河口のゾイデル海へ運び、堤防で囲んで、40 万ヘクタール以上の干拓を行うことを提案した。

トレヴィシックはイングランドへ帰り、息子のフランシスが見習いであったヘイルのハーヴェイ社で、一つの新しい機関の仕事が始まった。そのプロジェクトを遂行するためにロンドンに一つの会社が設立された。高圧凝縮機関が、金属製のボールと鎖ポンプを駆動した。長さ 7.62 m、幅 4.27 m、高さ 1.83 m の鉄製のはしげに、機関、ボイラ、ポンプが取り付けられた。すべての部品に金属を使用しているため、それを動かすと非常に大きい騒音が出たに違いない。

1829 年 7 月 27 日、トレヴィシックはギルバートに、試験運転中に機関は 32,730 リットルの水を 3 m 高さへ引き上げ、計算によるデューティは 34.56 ミリオンとなったことを報告した。その会社は、フランシスがオランダへ機関を持ち込み、稼働を開始することを望んでいたにもかかわらず、取締役間で意見の不一致が生じて遅延が発生した。最終的に機関は、廃棄された。

後にハーヴェイ社は、1845 年からハーレム・ミアを排水するために使用された 3 台の複式機関のうちの 2 台を製造した。それぞれには、直径 2.1 m の高圧シリンダと直径 3.7 m の低圧シリンダがあった。1 台は現存していて、世界最大の蒸気機関となっている。ゾイデル海は、20 世紀になるまで埋め立てられることはなく、1932 年に長さ 32 km の締め切り大堤防 (エンクロージャー・ダム) が完成してワッデン海から分離されて、その一部が干拓地に変わった。その作業は 1986 年まで続けられた。

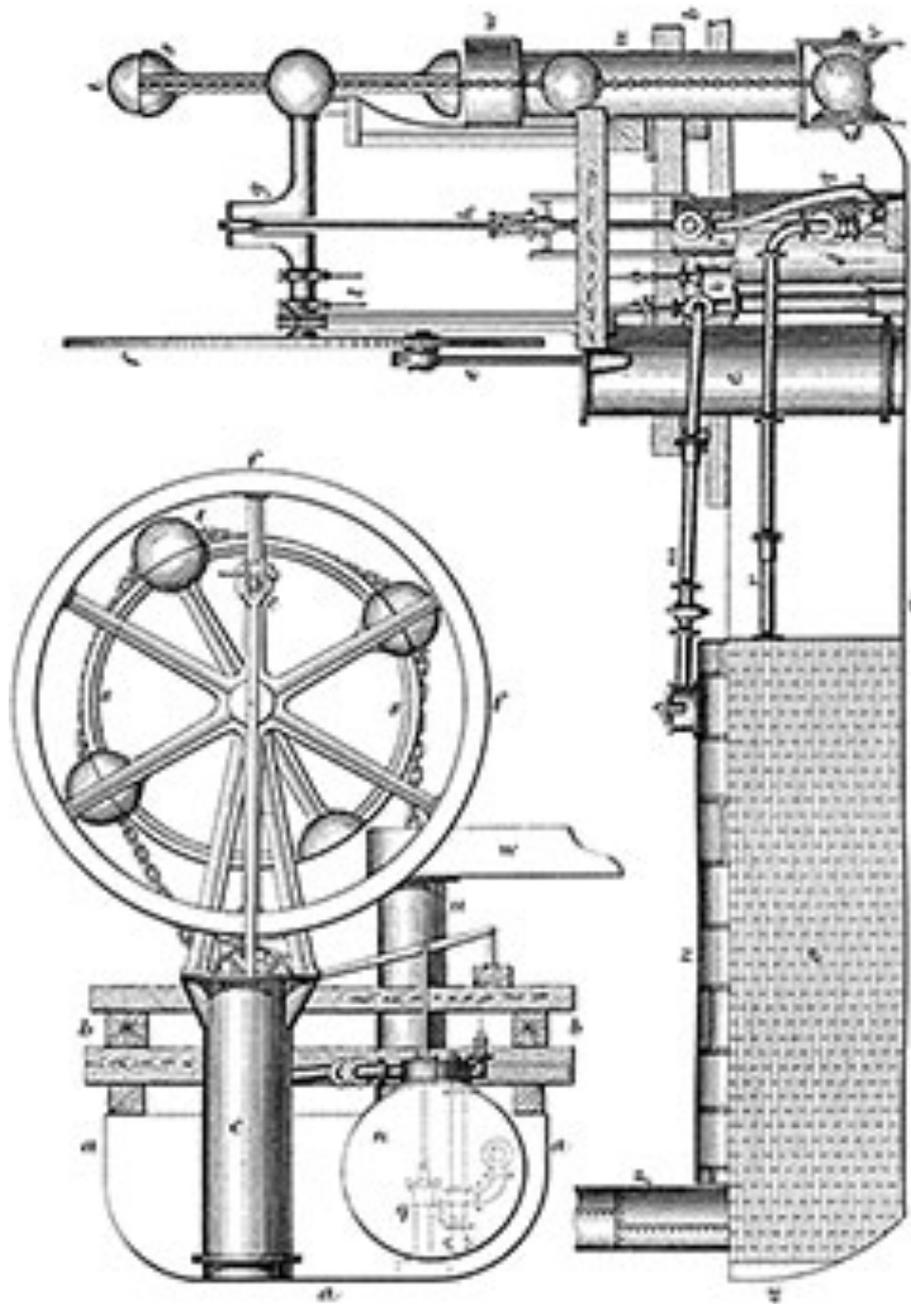


図10 チェーン・ボール・ポンプ

オランダの機関が製造されている間、トレヴィシックは1808年の「航海労働者」のアイデアを再考した。彼は車輪付きのシャフトに小さな機関を取り付けることを考案し、1828年9月27日に彼の考案を、「船の貨物の荷揚げやその他の目的のための機械の新しい方法」として特許を出願した。その機関は、船上での漁網の引き揚げやセールの巻き揚げに、成功裏に使用された。

トレヴィシックは、彼の不在中に起こった蒸気動力の多くの進展を、まだ吸収しきれていなかった。彼は、高圧蒸気機関をどのように改善するかという決定的な問題に立ち返り、アーサー・ウールフ(1766-1837)やサ

ミュエル・グルース (1791-1866) によりなされた変更を調べていた。彼らは共に、60 ミリオンを超えるデューティを達成していた。

彼は既に (1800 年にクックス・キッチン鉱山で) 蒸気の膨張特性を使用して良好な効果を得ており、沸点以上に蒸気を過熱するとどうなるかということをおもっていた。実験では、ボイラから出る蒸気を加熱すると、50 % 以下の追加燃料の使用で、機関のデューティを 50 % 上げられることが示された。そして彼は、ボイラに新たな給水を補充するのではなく、凝縮した (または部分的に凝縮した) 蒸気をボイラに再循環することを考えた— 彼はクローズド・サイクル蒸気機関を発明した。彼は 1829 年 3 月 27 日に、「新しいまたは改良された蒸気機関」の特許として申請してこれを発表した。

これは、船舶の長い航海には直ちに適用されたであろう。そこでは、新鮮なボイラ水を求めて停船することは非実用的であり、塩水を用いるとボイラ自体を腐食させてしまうからである。トレヴィシックは彼のアイデアをさらに発展させ、1831 年と 1832 年にも特許を取得している。彼はその時までロンドンに住んでいたが、その後、ヘンリー・ハーヴェイと口論となった。

彼が 60 歳となったとき、トレヴィシックはイノベーションのための才能をまったく失っていなかった。

10 晩年

トレヴィシックは、義理の兄弟のヘンリー・ハーヴェイの厚意にあまえて、ヘイルのハーヴェイ鋳造所で新しいクローズド・サイクル蒸気機関を試した。直径 510 mm のシリンダを備えた、実験用機関が完成した。1829 年 11 月に試運転が行われ、36.2 ミリオンのデューティであることを示した。しかし、作業はトレヴィシックが予想したほどは進まず、これがハーヴェイとの喧嘩につながった。

イノベーションに対する彼の評判を維持するとのプレッシャーのもと、トレヴィシックはロンドンへ旅立ち、1830 年 2 月 14 日に到着した。彼はロンドン中心部で 10 日間過ごした後、ハイゲートのローダーデール・ハウス— モンテアレグレ・フェルナンデス兄弟が寄宿していた学校 — に移住した。移住の理由は健康状態が悪いためであり、おそらく、喘息、気管支炎、ストレス、さらには神経衰弱であった。

コーンウォールでは、トレヴィシックはデビス・ギルバートのロンドンの家を暖房するための「ホット・ハウス装置」と呼ばれるものを開発していた。配管作業はヘイルで行われた。彼はパイプに加熱した蒸気を使用するつもりであったが、1830 年 3 月までに沸騰したお湯の方が良いかもしれない、と唆していた。彼は、移動式のストーブ— 本質的には車輪付きのボイラ — を記述しており、それは事実上初期の形のストーブであった。

彼の特許 (No. 6083) 「アパートを暖房するための装置」は 1831 年 2 月 21 日に認可された。ポータブルストーブは人気があり、華麗なスタイルで製造された。人々は、トレヴィシックが想定していたようにカーテンの後ろに隠すのではなく、それを見えるように設置した。

しかし、彼はクローズド・サイクル機関を忘れていなかった。彼は、蒸気船の機関は、機関と燃料の搭載スペースが限られているため、できるだけ小型で強力でなければならないことを認識していた。1830 年 6 月と 7 月に、彼の機関を試すのに適した船の貸与を海軍本部に申請し、海軍委員会のサイモン・グッドリッチを巻き込んだにもかかわらず、成功しなかった。

そのクローズド・サイクル機関は、マルチ煙道ボイラ、過熱器、熱交換器、コンデンサをすべて一つのユニットに組み合わせていた。1831 年 2 月 21 日の彼の特許 (No. 6082) は、下記の設計の 5 つの主要な側面を説明している。水噴射を行わずに蒸気を凝縮するために、コンデンサ内にボイラを配置すること。コンデンサを空気または水槽内に閉じ込めること。表面コンデンサの使用; 凝縮蒸気をコンデンサからボイラへ戻すこ

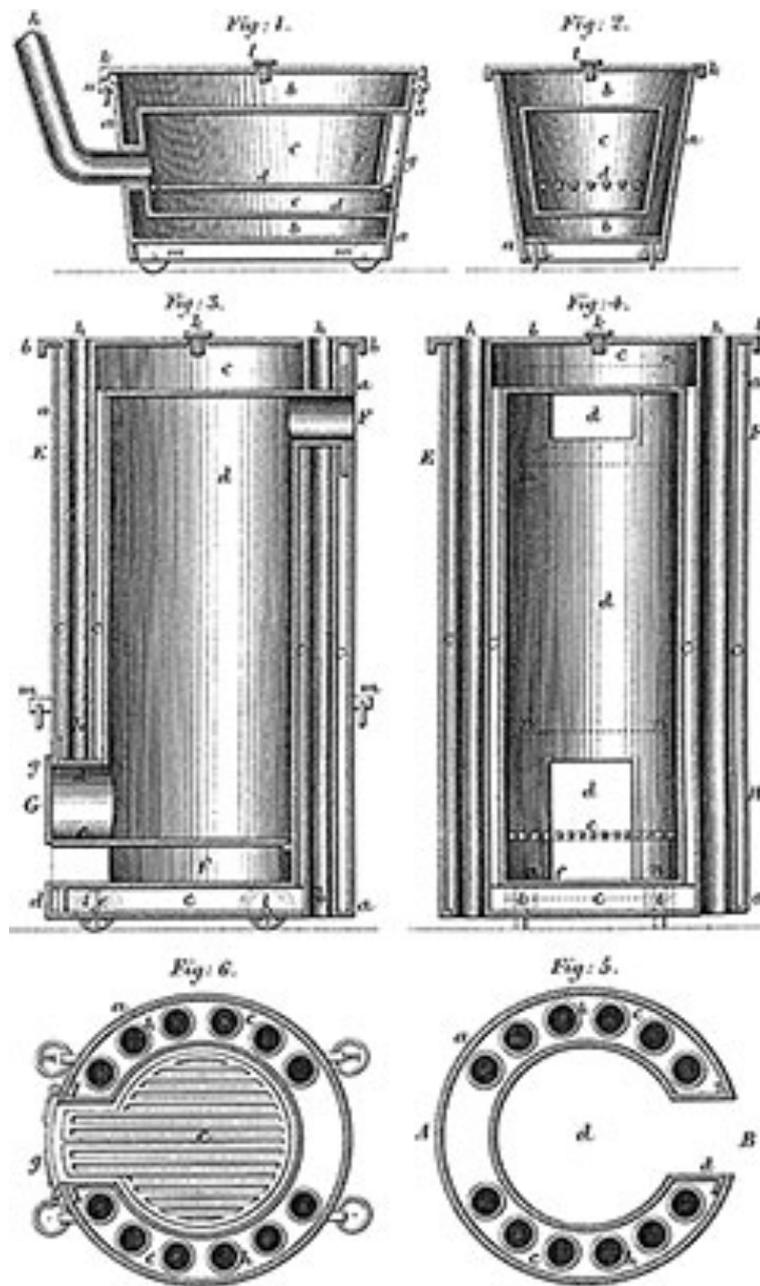


図 11 ポータブルストーブ

と。コンデンサの水で加熱された熱風の強制ドラフトで火力を強くすること。

1832年1月27日、ギルバートと仲間のコーンウォールの下院議員のエドワード・ウィリアム・ウィンペンダース (1775-1853) は、トレヴィシックのクローズド・サイクル機関を推奨する証言を海軍本部へ送った。別の技術者のジョージ・ミルズ (1796-1859) は、1832年1月10日に海軍本部に、1832年1月10日と3月2日に王立協会に、その利点の概要を書いた。海軍本部は納得しないままだった。

トレヴィシックのアイデアを高く評価したのは、水車大工兼起業家のジョン・ホール (1764-1836) であっ

た。彼は共にケントのダートフォードで製紙工場とエンジニアリング工場 (1785 年設立) を所有し、フェイバーシャムで製紙工場を所有していた。トレヴィシックは 1832 年にダートフォードで数回ホールに会い、その年の 9 月 22 日に、彼の最終特許 (No. 6308) となった「蒸気機関；航海と鉄道への蒸気動力の応用」を発表した。

この特許は下記の 4 つの分野をカバーしていた。蒸気がボイラとシリンダの間の配管を強制通過する間に、追加の熱を吸収して膨張する過熱器。使用される蒸気よりも高温のガスで囲むために、煙道または煙突にシリンダを配置すること (これにより蒸気がさらに膨張する)。推進される船舶に要求される速度の、少なくとも 2 倍の速度の水ジェットにより発生する反動力を使用する船舶のジェット推進。過熱器と組み合わせたボイラの蒸気機関車への応用。であった。

トレヴィシックは船の推進器の提案にも取り組んでおり、反動タービンを設計した。これは、水ではなく蒸気のジェットを使用した 1815 年の反動機関に似ていた可能性がある。ジェット推進の試験は £1,200 以上の費用で実施されたが、それは時代を先取りしたもう一つのアイデアであり、それ以上は実行されなかった。しかし、ホールと彼の会社 (後の J. & E. ホール社) は、1835 年以降より従来型の船用蒸気機関を開発し続けた。

1830 年代は英国の政治にとって変化の 10 年であり、1830 年 6 月 26 日のジョージ IV 世の死後、選挙制度の改革への推進力が高まった。最初の改革法案は 1831 年 3 月に議会で提出され、5 月にトレヴィシックは、このイベントを記念するコラムの設計を開始した。この法案は、1832 年 6 月 4 日に国王の裁可を獲得し、スコットランドとアイルランドは同じ年に別々の改革法案を可決した。

トレヴィシックの改革コラムは、高さ 305 m (セントポール大聖堂は 111m)、基部の直径 30.5 m の金色の円錐形の鋳鉄製タワーで、内部の乗客用リフトは大気圧で動くことを目的としていた。彼は自身の設計のコピーをウィリアム IV 世に送り、1833 年 3 月 1 日に承認を受け取ったが、それまでに彼の健康状態は悪化し、計画は構築されなかった。それは、世間のかなりの注目を集めた。

トレヴィシックは、ホールと共に仕事をしていた間、ダートフォード・ハイ・ストリートのブル・インに宿泊していた。1833 年 4 月 22 日に、彼は 1 週間の病床に伏した後、おそらく肺炎のためにそこで亡くなった。彼はちょうど、62 歳の誕生日を過ぎたところであった。彼の死の知らせは、コーンウォールの彼の妻に直接伝えられず、彼の家族は誰も葬式に出席しなかった。

彼の死の日に、宿屋の主人であるローリー・エドワード・ポッター (c.1805-76) は、トレヴィシックの甥で遺言執行者であるエリザベス・トレヴィシックの息子のジョン・タイアック・ジュニアと、ジョン・タイアック・シニアに手紙を書いた。翌日、ローダーデル・ハウスの所有者のウィリアム・ギッティンズが、ヘンリー・ハーヴェイに手紙を書いた。タイアック・ジュニアは、4 月 24 日に、彼の叔父の意志は彼のロンドンの弁護士により処理されるべきであると答えたが、トレヴィシックの家族に金銭的な遺産があった可能性は低かったようである。

葬儀は、4 月 26 日、ダートフォードの牧師のフランシス・バゼット・グラント牧師 (1795-1872) により、聖エドモンド・キング・アンド・マーティ礼拝堂で行われた。トレヴィシックはその上部墓地 (現在はセントエドマンズプレザンスと呼ばれる緑地) に埋葬された。

彼は葬式を行ったと報告されているが、その後の調査によると、— 南アメリカから持ち帰った — トレヴィシックの金の時計は、ほとんどの費用を賄うために売られ、ホール (そしておそらくエンジニアリング工場の彼の同僚) が、残りの費用を支払った。ホールの会社の労働者たちは墓地の棺側添人と警戒の番人であり、技術者の遺体を墓泥棒から保護していた。棺側添人の一人の孫は墓石があったことを覚えていたが、これは無くなっている。墓の正確な場所は不明である。

トレヴィシックの死は、おそらく彼が南アメリカでの長い年月の間に世間の注目を失ったために、当時の技

術者仲間の間でほとんど気づかれずに過ぎ去った。彼は子供たちが結婚する前に亡くなったが、彼の子孫は世界中に広がった。ジェーンは 1836 年まで家主としてホワイト・ハート・ホテルに残り、1868 年 3 月 21 日に 95 歳で亡くなった。

彼の長男であるリチャードだけが結婚せず、娘のアンとエリザベスの生活の詳細はほとんどないが、他の 3 人の息子であるジョン、フランシス、フレデリックには、合計 25 人の子供がいて、そのうち 4 人だけが子供時代に亡くなり、14 人は 70 年以上生きていた。フランシスと、トレヴィシックの 2 人の孫とは、鉄道技術者として有名になった。

11 トレヴィシックを偲んで

トレヴィシックと彼のイノベーションは、その並外れた数と幅にもかかわらず、彼が南アメリカで過ごした 11 年の間に一般大衆の認識から消えていった。しかし現在では、彼は技術の天才として、また高圧蒸気動力のバイオニアとして広く知られている。

1827 年にコーンウォールへ戻ったとき、彼は 19 世紀初めに享受していたような人々の認識を再燃させるのは難しいということに気づいていた。彼はビジネスに対する眼識を欠いていて、今持っているアイデアを成功に向けて追求するのではなく、次のエキサイティングなアイデアに飛びつきたいという彼の欲求は、おそらく役に立たなかったであろう。

しかし、トレヴィシックがいなかったら、路上と線路上で機械動力による移動ははるかに遅れて、別の形をとっていたであろう。「強い蒸気」を利用した彼の並外れた奮闘により、鉱山は排水状態で稼働でき、以前は手動で行っていたあらゆる種類の作業が、機械により効率的に実行できるようになっている。

彼の性格は下記の一通の手紙の抜粋により、おそらく最もよく要約されている。ただし、これはトレヴィシック自身の言葉なのか、またはトレヴィシックに代わってデイビス・ギルバートが述べた言葉なのかは、完全には明らかではないが ...

「私は、世界が不可能と呼ぶものを試みたことで、愚かさや狂気の烙印を押されてきました。偉大な技術者である故ジェームズ・ワット氏からも、同様であり、ワット氏は、生存している著名な科学的人物 [ジョン・アイザック・ホーキンス] に、私は高圧機関を実用化したことで絞首刑に値すると告げています。今までのところ、これは世の中から私への報酬ですが、これがすべてであったとしても、私は、大きな秘められた喜びと称賛に値する誇りと満足です。私の国に対して無限の価値の新しい原則と新しい配置を前進させ成熟させるための、手段となることができたことについて、その喜びと誇りとを私自身の胸に感じているのです。金銭的な状況で私がいかに厳しくても、有用な臣民であることの大きな名誉は、私から決して奪われることはありません。それは私にとって、裕福であること以上のものです。」

1853-58 年の間、西コーンウォール自由党議員であったマイケル・ウィリアムズは、トレヴィシックを「州内で最も偉大で最も生かされなかった人物」と表現した。ウィリアムズは、トレヴィシックの初期の経歴の議論の中で言及したグウェンナップ鉱山の多くを所有していた鉱山家族の出身であったので、彼は自身の意見を述べる十分な資格を有している。彼は南ウェールズでモルフア銅製錬所を所有し、1839 年からグラモーガンの州長官であった。彼はまた 1854 年以降、コーンウォール鉄道会社の会長であり、セントオーステル近くのカーヘイズ城の所有者でもあった。

トレヴィシックの同時期の 1839 年に、ヘンリー・ハイド・クラークにより書かれたトレヴィシックの回想録では、彼を「人類の無視された恩人の一人」と呼んでいる。

彼の息子のフランシスにとってトレヴィシックは明らかに英雄であり、1872 年にフランシスは父親の弔辞

伝を出版した。それがなければ、トレヴィシックは歴史から完全に姿を消したかも知れない。もし彼が長生きしていたら、フランシスが偉大な鉄道技師になるのを見ていたであろう。フランシスの最も有名な機関は、ロンドン・ノースウエスタン鉄道用に作られた「コーンウォール」号である。

トレヴィシックの業績は毎年、記念開催されており、トレヴィシック・デーとしてカムボーンで4月の最終土曜日に、ダートフォードで5月の同じく最終土曜日に開催されている。1889年にマンチェスターのビクトリア大学で設立された隔年ごとのトレヴィシック奨学金、1900年に設立された毎年恒例のICEトレヴィシック・プレミアム、および1923年にメタルライflas・マイニングのカムボーン・スクールで設立された毎年恒例のトレヴィシック・メモリアル奨学金など、いくつかの学術賞が彼の名前を冠している。

しかしながら、彼の死後半世紀が経過して、ウェストminster寺院で記念碑のための資金が調達されるまでは、彼の人生は全国レベルで記念されることはなかった。それでも、その時に提案された彫像は控え目な飾り窓になり、1888年6月13日にベールが外された。それはイザムバード・キングダム・ブルネル(1806-1859)とロバート・ステイブソン(1803-59)の窓の隣に位置している。

それ以降、トレヴィシックの多くの記念碑が各地で建てられた。それらのいくつかを以下に示す。

1897年... 土木学会は、トレヴィシックの大理石の胸像を彫刻家チャールズ・ヘンリー・メイビー・シニア(c.1836-1912)に依頼した。

1902年3月9日... 1枚の銘板(タブレット)がダートフォード教区の教会に設置され、ドーバーの司教であるウィリアム・ウォルシュによって捧げられ、J. & E. ホールにより支払われた。トレヴィシックが埋葬された旧教会墓地(現在はセント・エドマンズ・プレザンス)にも同じ日付の飾り額がある。

1904年... トレヴィシックの白い大理石の胸像が、カムボーン図書館でジョージ・ジョン・スミス卿により除幕された。それは1903年にコーンウォールの慈善家ジョン・パスモア・エドワーズから寄贈され、ヘンリー・チャールズ・フェール(1867-1940)により彫刻された。

1919年7月19日... 1801年12月のパフィン・デビルの最初の試運転を記念して、カムボーンのテハイディ・ロードに銘板(ブランク)が設置された。

1932年5月17日... カムボーンのカロス・ストリートに彫像が建てられ、プリンス・ジョージ殿下により除幕された。2.3 mの金色のブロンズ像は、コーンウォールの花崗岩の台座に取り付けられ、1928年にレオナルド・スタンフォード・メリフィールド(1880-1943)により彫刻された。

1934年4月19日... 高さ2.25 mの石の台座がマーサー・ティドビルに建てられ、デビッド E. ロバーツにより除幕され、後にハワード・ボウコットにより1992-3年に彫刻されたペナダレン機関車の模型が上に置かれた。

1934年4月23日... 一つの銘板(タブレット)が、ロンドンのユニバーシティ・カレッジの工学技術研究所の壁にあるガワー・ストリート(キャッチ・ミー・フォー・キャンのデモンストレーションサイトの近く)に設置され、当時の運輸大臣のオリバー・スタンリー少佐により除幕された。

1948年10月16日... ひとつの石の台座が、トレヴィシックの生家の敷地の外、プールのステーション・ロード35に建てられ、彼のひ孫のキャプテン R. E. トレヴィシックにより除幕された。

1949年11月... ブリッジノースのブリッジ・ストリートには、トレヴィシック、ジョン・アーベス・ラストリック、およびヘーゼルダイン社鋳造所でのキャッチ・ミー・フォー・キャンの建造を記念する銅製の飾り板(ブランク)が設置された。

1953年9月12日... ペンボンズのトレヴィシックの家に、曾孫のキャプテン R.E. トレヴィシックにより除幕されたブランクが設置された。

- 1978年9月30日... ペナダレン機関車の建造を記念して、アベルカノンに石の記念碑が建てられた。
- 2004年2月21日... ペナダレン機関車が走ってから200年を記念して、ロンザ・カノン・タフ評議会から委託された木製の彫刻がアベルカノンに建てられた。また、マーサー・ティドピルのテスコスーパーマーケットの壁画は、トレヴィシック協会のフィリップ・ホスケン会長により除幕された。
- 2007年3月22日... トレヴィシック協会のフィリップ・ホスケン会長により除幕された、ダートフォードのハイ・ストリートにある旧ブル・イン (現在のロイヤルピクトリア・ブルホテル) の壁に、青いプラークが取り付けられた。
- 2008年7月... キャッチ・ミー・フー・キャンの建造を記念して、ブリッジノース市民協会により、ヘーゼルダイン社の鑄造所の敷地にプラークが設置された。

12 厳選された仕事

イギリスで

- 1786 コーンウォールのドルコース鉱山で最初に記録された雇用。
- 1790-2 (3月-3月) コーンウォールのイースタン・ストレイ・パーク鉱山の技術者。
- 1795 コーンウォールのホイール・トレジャリおよびディン・ドン鉱山で、ブル機関の燃料節約の改善を導入。
- 1797 ディン・ドン鉱山の技術者。
- 1797 高圧蒸気機関車の模型を実演。
- 1797-8 コーンウォールのクックス・キッチン鉱山で2台の蒸気巻き揚げ機関を設計および製造。
- 1798 ハーランド鉱山に改良されたブル機関を設置。
- 1798 ロスケア鉱山で最初のプランジャ・ポール機関を水圧で作動させる。
- 1799 ドルコース鉱山で最初のパッファー巻き揚げ機関を設計および製造。
- 1800 クックス・キッチン鉱山で膨張作用で動作する25 psi 巻き揚げ機関、新しいボイラを設計。
- 1801 蒸気機関車パフイング・デヴィルの第1回ラン (クリスマス・イブ)。— コーンウォールのカムボーン (ビーコン) ヒルを上る。
- 1801 パフイング・デヴィルの第2回ラン (クリスマス)。クレーン・マナー・ハウスへ。
- 1801 パフイング・デヴィルの最後のラン (12月28日)。機関が過熱して破壊。
- 1802 (3月) アンドリュー・ヴィヴィアンと共に、蒸気車両駆動やその他の目的のための蒸気機関の建造に関する特許、No. 2599。
- 1802 (8月) ダービーシャーのコールブルックデールでの機関の実験、使用圧力を145 psi に上げる。
- 1803 (春) ロンドン蒸気車両の試験。レザー・レーンとパディントン間をオックスフォード・ストリート経由。
- 1803-7 ロンドン、テムズ川の蒸気浚渫船の改良に取り組む。
- 1806 ロンドンで蒸気浚渫船ブレザー。
- 1807 ロンドンで蒸気浚渫船プリマス。
- 1804 (2月) レール上を移動する蒸気機関車の最初の試験が、ペナダレンで2月11日に行われる。20日に、ペナダレンで、機関車が2マイルにわたって10ロングトンを牽引。最終試験では、ペナダレンからアベルカノンへの9.75マイルを4時間5分で走行。
- 1805 ゲーツヘッドのパイプウェルゲート鑄造所で2台目の機関車を建設。敷地内で試験するが、ウィラム

- 炭鉱の木製軌道には重過ぎたため、鑄造所の定置式機関として使用。
- 1806 ドルコース鉱山の水平非凝縮巻き揚げ機関。
- 1807-8 テムズ・アーチウェイ社が、ロザーハイズからライムハウスまでテムズ河をくぐるトンネル(テムズ・ドリフトウェイ)の掘削について、トレヴィシックのアドバイスを求める。トレヴィシックはトンネルの317.6 mを完成し、1808年1月にライムハウス側の水面下まで達するが、2月に計画は放棄された。
- 1808 7月と8月に、トレヴィシックの3台目の機関車 キャッチ・ミー・ファー・キャンがユーストン・スクエアの専用円形トラックを走行するが、関心を集めることはなく、トラックは廃れた。
- 1808 (7月) ロバート・ディキンソンと共に、船舶またはその他の貨物の船舶を曳航、運転、または荷揚げするための機械の特許 No. 3148 を取得。
- 1808 (10月) ロバート・ディキンソンと共に、船の貨物(鉄のタンク)を収納するための特許 No. 3172 を取得。
- 1809 (4月) ロバート・ディキンソンと共に、浮きドック、鉄製の船、鉄製のマスト、鉄製のブイ、船用の蒸気機関など、の特許 No. 3231 を取得。
- 1810-12 ブランジャ・ポール蒸気機関を開発。最初のものはホイール・プロスパー鉱山に設置され、100 psi で動作。
- 1811 ホイール・プロスパー鉱山で40 psi で動作する膨張機関を建造。
- 1812 彼の新しいコルニッシュ・ボイラをドルコース鉱山とホイール・プロスパーの既設の機関に利用。
- 1812 特に脱穀機を駆動するために設計された蒸気機関を建造。
- 1812-13 プリマス・ブレイクウォーター・アンド・スクリュー社の削岩機を製作。
- 1815 ハーランド鉱山で高圧蒸気機関を設定動作させる。
- 1815 (6月と11月) 高圧蒸気機関用、ブランジャ・ポール蒸気機関、反動タービン、船舶用スクリュープロペラの特許 No. 3922 。
- 1818 トレヴィシックのパッファー機関を搭載した最初の蒸気船。
- 1828-9 クローズド・サイクル蒸気機関を発明。
- 1830 沸騰水に近い水で満たされたポータブル・ルーム・ヒーター(初期の蓄熱式ヒーター)を発明。
- 1831 (2月) ポータブル・ストーブの特許 No. 6083 。
- 1832 (9月) クローズド・サイクル機関と機関車用の過熱蒸気の使用、および船舶のジェット推進に関連した特許 No. 6308 。
- 1832 おそらく船舶用蒸気機関を開発するために、ダートフォードのジョン・ホールに加わり、反動タービンに取り組む。水ジェットで推進する船も設計。
- 1832 改革法を記念する柱を設計し、大気圧で作動されるリフトを提案(提案は取り上げられず)。
- 1833 (4月22日) トレヴィシックがケントのダートフォードで死去。

参考文献

- [1] Jim Andrew, *Old Weights and Measures*, museograph produced originally by the Birmingham Museum of Science & Industry, revised 2008
- [2] D.B. Barton, *The Cornish Beam Engine*, D. Bradford Barton Ltd, Truro, 2nd edition 1966
- [3] D.B. Barton, *A History of Copper Mining in Cornwall and Devon*, D. Bradford Barton Ltd, Truro,

2nd edition 1968

- [4] J.J. Beringer et al, *Richard Trevithick. Demonstration at Camborne on the Centenary of the Camborne Locomotive, Christmas Eve, 1901*, Camborne Printing & Stationary Co Ltd, Camborne, 1902
- [5] Philip R.B. Brooks, *Where Railways Were Born: The story of Wylam and its railway pioneers*, Wylam Parish Council, 1979, revised 2003
- [6] Anthony Burton, *Richard Trevithick: Giant of Steam*, Aurum Press Ltd, London, 2000
- [7] J. Sims Carah, "Richard Trevithick and His Home at Penponds" in *The Cornish Almanack*, pp.29-37, Camborne, 1929
- [8] Henry Hyde Clarke, "Memoir of Richard Trevithick" in *The Civil Engineer and Architect's Journal, Scientific and Railway Gazette*, Vol II, pp.93-96, London, March 1839
- [9] Henry Hyde Clarke, "The high pressure steam engine and Trevithick" in *Railway Register*, Vol V, pp.86-96, London, January 1847
- [10] H.W. Dickinson and Arthur Lee, "The Rastricks — Civil Engineers" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 5th March 1924
- [11] H.W. Dickinson and Arthur Titley, *Richard Trevithick: the engineer and the man*, Cambridge University Press, London, 1934
- [12] Richard Edmonds, *Contributions to the Biography of Richard Trevithick, C.E.*, 1859
- [13] John Scott Enys, "Remarks on the Duty of the Steam Engines Employed in the Mines of Cornwall at Different Periods" in *ICE Transactions*, Vol 3, pp.449-466, London, January 1842
- [14] Daniel D. Fetterley, "Two Bicentennials, Two Revolutions" in *American Bar Association Journal*, Vol 62, pp.311-314, Chicago, March 1976
- [15] Colin French and Phil Hosken, *Trevithick: First in Steam 1801-2001*, Trevithick Society, Camborne, 2001
- [16] Elijah Galloway, *History and progress of the steam engine, with a practical investigation of its structure and application*, Thomas Kelly, London, 1830
- [17] Peter Hancock, *The Mining Heritage of Cornwall and West Devon*, Halsgrove, Wellington, Somerset, 2008
- [18] Edith K. Harper, *A Cornish Giant, Richard Trevithick: the father of the locomotive-engine*, E. & F. Spon Ltd, London, 1913
- [19] T.R. Harris, "Engineering in Cornwall before 1775" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 9th October 1946
- [20] Richard L. Hills, "The Importance of Steam Power during the Nineteenth Century" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, September 2000
- [21] Charles R. King, "The home of Richard Trevithick" in *The Locomotive Railway Carriage and Wagon Review*, No 444, pp.242-243, London, 15th August 1929
- [22] R.J. Law, "A Survey of Tank Boilers down to 1850" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 8th December 1976
- [23] Thomas Lean and Brother, *Historical Statement of the Improvements Made in the Duty Performed by the Engines in Cornwall, from the Commencement of the Publication of the Monthly Reports*, Simpkin Marshall & Co, London, 1839

- [24] W.W. Mason, "Trevithick's First Rail Locomotive" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 27th April 1932
- [25] "Memoir of Richard Trevithick" in *Civil Engineer and Architect's Journal*, pp.93-96, London, March 1839
- [26] Stanley Mercer, "Trevithick and the Merthyr Tramroad" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 11th February 1948
- [27] Alessandro Nuvolari and Bart Verspagen, *"Unravelling the Duty": Lean's Engine Reporter and Cornish Steam Engineering*, Eindhoven Centre for Innovation Studies, The Netherlands, August 2005
- [28] Joseph Frederick Odgers, *Richard Trevithick the Cornish giant 1771-1833: memorials and commemorations in Camborne and district*, Camborne Printing & Stationary Co, Camborne, 1957
- [29] J. Parkes, "The Application of the Expansive Power of Steam in Cornish Engines" *ICE Proceedings*, Vol 1, pp.9-11, London, January 1838
- [30] Philip Payton, "Trevithick, Richard (1771-1833)" in *Oxford Dictionary of National Biography*, Oxford University Press, September 2004, online edition October 2007
- [31] Milton Franklin Reitz, "The Gold Mines of Costa Rica" in *The Engineering and Mining Journal*, pp.210-213, 16th August 1902, translated into English by Siegfried Kussmaul in 2007
- [32] Richard Trevithick Memorial Committee, *Memorial edition of the life of Richard Trevithick*, E. & F.N. Spon, London, 1883
- [33] Peter Richardson, *Richard Trevithick: The Quiz Book*, edited by Peter Joseph, The Trevithick Society, Cornwall, undated
- [34] Andrew Robert Robertson, "The Evolution of the Stationary Steam Engine" in *ICE Proceedings*, Vol 138, pp.353-363, London, January 1899
- [35] L.T.C. Rolt, *The Cornish Giant: The story of Richard Trevithick, father of the steam locomotive*, Lutterworth Press, London, 1960
- [36] L.T.C. Rolt, *Thomas Newcomen: The Prehistory of the Steam Engine*, David & Charles, Dawlish, 1963
- [37] L.T.C. Rolt and J.S. Allen, *The Steam Engine of Thomas Newcomen*, Moorland Publishing Company, Hartington, 1977
- [38] John Rowe, *Cornwall in the Age of the Industrial Revolution*, Cornish Hillside Publications, St Austell, 2nd edition 1993
- [39] Sharron P. Schwartz, *A 'Professor' in Peru: Trevithick and the Transatlantic Migration of the Industrial Revolution*, Institute of Cornish Studies, paper presented at Kew Bridge Steam Museum, London, 4th July 2002
- [40] G.A. Sekon, *The Evolution of the Steam Locomotive (1803 to 1898)*, The Railway Publishing Co. Ltd, London, 1899
- [41] A.W. Skempton, "A History of the Steam Dredger, 1797-1830" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 7th May 1975
- [42] Peter H. Stanier, *Cornwall's Mining Heritage*, Twelveheads Press, Truro, 4th edition 1994
- [43] Jennifer Tann, "Trevithick's locomotive of 1804 and the development of steam technology" in *Oxford*

- Dictionary of National Biography*, Oxford University Press, September 2004, online edition February 2009
- [44] S.R. Thomas, *Hayle: A Brief History*, revised 2008
 - [45] Arthur Titley, "Trevithick and Rastrick and the Single-Expansive Engine" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 26th January 1927
 - [46] Arthur Titley, "Richard Trevithick and the Winding Engine" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 26th March 1930
 - [47] Arthur Titley, "Cornish Mining: Notes from the Account Book of Richard Trevithick, Senior" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 17th December 1930
 - [48] Francis Trevithick, *Life of Richard Trevithick, with an account of his inventions*, E. and F.N. Spon, two volume set, London, 1872
 - [49] Francis Trevithick et al, "Discussion: On the Rise and Progress of Steam Locomotion on Common Roads" in *ICE Proceedings*, Vol 36, pp.80-102, London, January 1873
 - [50] Richard Trevithick and Robert Dickinson, *Outlines of a Patent Obtained for an Improvement in the Stowing of Ships: for Preserving their Cargoes, Naval and Military Stores*, John Bailey, London, 1809
 - [51] J.H. Trounson, *Mining in Cornwall: Volume Two*, Dyllansow Truran, Redruth, 1989
 - [52] Edmund Vale, *The Harveys of Hayle: engine builders, shipwrights, and merchants of Cornwall*, D. Bradford Barton, Truro, 2nd edition The Trevithick Society, 2009
 - [53] William Walker, *Memoirs of the distinguished men of science of Great Britain living in the years 1807-8*, pp.126-132, E. & F.N. Spon, London, 2nd edition, 1864
 - [54] Lloyd H. Woodcock, "Richard Trevithick's First Steam-Locomotive Trial, Christmas 1801" in *Transactions of the Newcomen Society*, London, 1971
 - [55] <http://pmsa.cch.kcl.ac.uk>
 - [56] www.british-history.ac.uk
 - [57] www.cornish-mining.org.uk
 - [58] www.dartfordarchive.org.uk
 - [59] www.gracesguide.co.uk
 - [60] www.icevirtuallibrary.com
 - [61] www.locos-in-profile.co.uk
 - [62] www.london-gazette.co.uk
 - [63] www.murdochflyer.org
 - [64] www.nationalarchives.gov.uk
 - [65] www.nicolascugnot.com
 - [66] www.oldcornwall.org
 - [67] www.oxforddnb.com
 - [68] www.trevithick-day.org.uk