

リッコーバー (1)

科学史のこぼれ話 (その8)

(財)高度情報科学技術研究機構

顧問 能澤 正雄

1. はしがき

原子力の平和利用にとって重要なことは、核エネルギーの放出を制御された、ゆるやかなものにする事であった。原子力開発の初期における天然ウランを用いた原子炉の成功は、このことが可能であることを示すものであった。しかし、瞬間的に大量のエネルギーを放出する核兵器を目的とされた原子力の開発は、軍用を目的としたものであった。残念なことに原子力の動力利用としての開発もまた原子力潜水艦という軍事利用を目的としたものによって先鞭をつけられたことになる。原子炉の建設当初の目的は、多大の電気を必要とする濃縮ウランの代わりを、つまりプルトニウムを、作ることにあって、動力なり電気のかたちでエネルギーを取り出すことではなかったのである。

第二次世界大戦後の米国とソ連の新兵器開発の競争では、核兵器の開発の分野で戦後比較的短い期間の中にソ連に追いつかれてしまった。そして核兵器の輸送手段でもある弾道ミサイルの開発ではソ連に先を越され、その象徴としての人工衛星スプートニクの打ち上げで完全に水をあけられた時期に、米国が優先していたのは原子力潜水艦のみだった。したがって、冷戦時代における軍拡競争の中での原子力潜水艦の成功は米国にとって大変貴重なものであった。

2. 原子力潜水艦の成功

世界最初の原子力潜水艦ノーティラス号

が、ハワイの軍港を出て、ベーリング海を通り抜け、北極海の氷の下を通過し、グリーンランドを経てイギリスのポーツマス軍港に至ったのは1958年08月のことであった。当時のアイゼンハワー大統領はこれを大変喜び、記念としてノーティラス号の艦長アンダーソン中佐をイギリスからホワイトハウスに呼び、政府、軍ならびに議会関係者を招いて盛大なパーティーを催した。議員連中は、原子力潜水艦の開発の主張者であり、かつその責任者でもある人物に祝意を表明するつもりで彼を探したのであったが、見当たらなかった。それはまさしくリッコーバー少将であったが、海軍当局の作成した名簿には登録されていなかったのである。

一方、アンダーソン中佐はパーティーを密かに抜け出してリッコーバーとその部下たちのところへ挨拶のために顔を出し、彼らに感激の眼差しで迎えられながらも、早くホワイトハウスへ戻れとリッコーバーに心配されている。リッコーバーを招待者リストに入れなかったことへの海軍当局の釈明は、人数が多すぎたために割愛せざるを得なかったというものであった。

3. リッコーバーの生い立ちと原子力以前

リッコーバーという人は大変個性の強い人で、良い意味でも悪い意味でも妥協をしない人であったようである。また完璧主義者でもあった。そのため米国海軍部内では、敵をつくりがちであった。原子力潜水艦の開発の開

始から非常に短い期間での完成をみるのは、リッコーバーの技術的直観とその周到な管理手腕とによるとされている。原子力潜水艦の完成は、リッコーバーなしには難しいと見た開発に協力した民間人の人達の議会有力者達への陳情によって、リッコーバーが53歳の定年を迎える直前に特別な措置が講じられた。その後も、特別に現役状態が更新され、レーガン大統領のときに82歳で現役を去ることになったのであった。

リッコーバー (Hyman George Rickover) はロシアの支配下にあったポーランドのマコウに1900年1月27日、ユダヤ人の家庭に生まれた。彼の年齢は、非常に勘定しやすいことに注意されたい。彼の父は、ユダヤ人にとって暮らしにくいこの地を捨てる決心をし、アメリカへ単身渡って家族を呼び寄せるための金をかせぎ、1906年になってそれが実現したのであった。父は仕立屋で、始めはニューヨークで後にシカゴで家族を支えた。リッコーバー自身も家計を助けるために高校時代も電報配達人をしている。彼が高校生のときに叔父の知り合いの下院議員がアナポリスの海軍兵学校への推薦状を書いてくれるというので、高等教育を受けれるチャンスとばかりにこれにとびついた。

1922年、彼は540人中107番の成績で卒業した。ただし、彼は入学時にジフテリア菌の保持者の疑いで他の数人の仲間とともに数週間も隔離されたことがあり、同級生たちに追いつくのに苦労したといわれる。卒業してすぐ駆逐艦への勤務を命ぜられ、そこでの働きによって卒業後1年以内に艦長から艦の技術担当将校を命ぜられている。その艦隊では最年少の技術担当将校であった。そこでは、優秀な成績をえた。1925年の1月、戦艦ネバダへの勤務を命ぜられる。この艦の指揮官は心の広い人で、部下とも打ち解けることができ、知的な人であった。リッコーバーはこの人の下で作戦ゲームを解くことを手伝った

りした。一方で彼自らの発案にかかる500台の戦闘用電話を設置する仕事もこなしている。その結果、1925年6月、中尉に昇進した。

海軍では勤務に着いてから5年目には海軍兵学校で修士コースの大学院教育を受ける資格ができる。彼は電気工学を専攻することにし最初の1年はアナポリスで教育を受け、後の1年はニューヨークのコロンビア大学に学んだ。彼はインターナショナルハウスに住み、各国から来た多くの人と交際している。そのなかに、後に結婚することとなる国際法を大学院で専攻しているルース マスターズと知り合うことになる。実際に結婚したのは彼女がパリのソルボンヌで博士コースを経てからとなる。

卒業と同時に彼は戦艦カリフォルニアへの勤務を当てられるが、小さい艦の方が彼の好むところでもありしかも潜水艦乗りの将校の昇進が早いことを知っていた。そこで彼はワシントンへ行き潜水艦への乗船を申し出るが、29歳では年がいきすぎて無理だと言われてしまう。そこで、彼は同じビルにいたかつて上官の戦艦ネバダの艦長であった人の所へ立ち寄り涙ぐんで断られたとを告げる。この人は、心配しなくてもいいよ何とかなるよと言ってくれ、実際その後すぐ正式に希望は受け付けられた。

海軍の潜水艦学校で約1年の規定の教科を修めたのち、潜水艦S-48へ技術担当将校としての勤務を命ぜられる。潜水艦S-48は4隻建造されたが、この艦種は不運が続いていた。他の2隻は沈没し、1隻は海上で蓄電池が原因の水素爆発を起こしたのであった。彼が勤務について間もなく、彼の乗船艦も主蓄電池で火災が発生、艦長が全員に艦上のデッキへの集合を命じ、いざとなれば海へ飛び込まなければならぬ事態となった。彼は、艦長の了解をえて単身消火に向かうこととし、ガスマスクを付け、煙の充満する艦内

を手さぐりで進み、結局多数の毛布を使って消火に成功したのであった。1930年の当時、海軍は乗員に対して十分な消火のための教育訓練を実施していなかった。

その後、潜水艦で3年の勤務を経てリッコーパーは大戦に至る間に補給品貯蔵所、戦艦の技術担当、支那の青島での掃海艇の艇長をへて、1937年に作られた制度、15年以上の勤務を経たものが応募できる新たに創設された技術職務専任の将校(EDO)に志願し、受理されている。1939年秋からは、艦政本部(Bureau of Ships: BuShips)の電機課長補佐に任命され、その後1941年には課長となり、大戦中の殆どをここで過ごした。このとき、働かない人を外し、若い大学卒を入れ、産業界に彼らの優秀な技術者達を長期間ベースで出向させてもらうことを強く要請した。これは彼の常套手段である。仕事としては新たに艦の磁気中性化(磁気機雷対策)、機雷除去、信号装置、耐火設備等を加え数々の改善を行う。たとえば船倉の間を水がもれない電気ケーブル、高温で容易に破損しないケーブル、難燃性だが有毒ガスを出不さない絶縁材料等の開発である。しかし、彼の息子に大戦中をワシントンで過ごしたとは言いたくない気分で、第一線への勤務を願い出て沖繩補給所へ任命されている。これは日本へのオリンピック作戦(1945年11月九州攻略)、コロネット作戦(1946年3月本州攻略)に備えてのものであった。大佐となっていた彼は1945年7月20日に沖繩へ着任したが1カ月もしない中に終戦となった。

戦争が収まって、今度は将来に必要な事態に備えての艦隊のモスボール作戦(何時でも出勤可能な保存措置)が行われることになった。これは適切に実施されないと危険な幻想となってしまう勝ちのものである。西海岸地区におけるこの仕事が旨く行っていないところからリッコーパーが第19モスボール艦隊の査察長に任命された。彼はいつもの通り完

璧主義ともいうべきやりかたでこの仕事に当たり、それぞれの艦長達がやって来るやいなや共に作業服を着て船底をはい回って点検し、保存に必要な仕事を徹底的にやらせるのであった。5年も経たない中にこれが功を奏して、これらの艦が朝鮮戦争へ出動するのに役立ったのであった。このことで、朝鮮戦争に活躍した第19艦隊司令長官はリッコーパーを海軍少将に昇進させるべきことを申告している。

4. 原子力への関与

1946年3月、陸軍の管轄下にあったオークリッジ研究所は海軍ならびに産業界の人々を受け入れるとの招待状を出した。海軍はリッコーパーの他に4名をオークリッジへ派遣することにした。他の4名は喧嘩早いリッコーパーにはなるべく接触しないようにと忠告を受けていた。オークリッジでは、リッコーパーの大佐というのは二番目に偉い地位であった。それで、リッコーパーは強引に他の4名を自分の指揮下に入れて行動するのであった。やがて、これらの4名は原子力潜水艦の建造にとって中心的な役割を果たすことになる。1947年7月、彼らのオークリッジ滞在が終わりに近づいたころリッコーパーは周到に手続きを済まして、他の4名とともに米国内の原子力施設を視察に回って原子力を動力用に開発する可能性についての意見を集めた。アルゴンヌではジン所長(後にコンバーストン社の副社長)、カリフォルニア大学バークレイ校ではローレンス教授(サイクロトロン発明者)、そしてロスアラモスではテラー博士(水爆の開発の主唱者)がそれぞれ有用な意見を述べたとされる。

テラーはこの訪問を受けたときに、「君達は海軍としてどんな種類の支持なり後援を得ているのか」と尋ねている。リッコーパーは一匹狼として頑張っているとの印象を与え追っ払われるのではないかと躊躇したが、

すべての事情を話したのであった。つまり艦政本部の支持を取り付けることが出来ないでいること、そして他の大佐がすでに原子力課の課長代理に任命されていること、彼のグループはワシントンへ帰任すれば解散されるであろうことを述べたのであった。しかし、このときテラーは強い印象を受け、友人で国防省の研究開発評議会の事務局長をしていたホフスタッド博士に1947年4月19日付けで長文の手紙を書いた。それには、原子力の研究開発の方向のあやふやなことについての意見に加えて、リッコーバーたちの熱心さと進取の気性、そして彼らの持っている詳細な知識に感銘を受けたことも記されていた。

しかし、1947年9月ワシントンの艦政本部へ帰任した彼らを待っていたのは原子力への無理解と冷淡であった。リッコーバーは、原子力の利用は潜水艦の動力だとこの時点では決断していたようである。なにしろ従来のエンジンでは空気を取り入れる必要があったが原子力ではその必要がなくなるのである。従来の潜水艦では、潜水して航行した場合には電池の電力のみであるから時速15~17 km

で、航続距離は24 km~32 km にすぎなかった。航続距離が原子力では殆ど無制限になるのである。しかし、リッコーバーをどう扱うかについて海軍部内ではもめていた。たとえば、オークリッジに追い返して文書の秘密解除作業に従事させればよいというものもあった。幸いにして、艦政本部長であったミルズ提督はリッコーバーを電機課長の時代の優れた業績を知っていて敬意を抱いており、部内の反対を押し切って彼を原子力に関する特別補佐に任命することにした。前に述べたように艦政本部内では既に別の大佐が海軍としては原子力をどう扱うかを定める権限を与えられていたのであった。

1946年7月には、原子力委員会(AEC)が発足していた。そして、1947年1月には、すべての原子力計画は陸軍からAECに移された。やがてリッコーバーは海軍とAECの双方に席を持つことになる。そのAECでの上司は、テラーが手紙を書いたホフスタッドであった。

次回に続く

リッコーバー (2)

科学史のこぼれ話 (その9)

(財)高度情報科学技術研究機構

顧問 能澤 正雄

前回は、1946年5月にリッコーバーが艦政本部 (Bureau of Ships) からオークリッジに派遣され、原子力工学を勉強してワシントンへ帰任したときまでを述べた。オークリッジ滞在中にあった挿話で前回書き忘れたものがあるのでここで補充しておきたい。お許しをこうしだいである。

オークリッジでは種々の講義が受けられたが、リッコーバーには理解が困難なものがあった。固体物理で著名な学者であったフレデリック ザイツ博士 (後年連邦科学アデミー総裁等)の物性論概論であった。そこで、リッコーバーはこの講義はどの程度の学力の人達を対象にしているのかと尋ねた。物理の大学院生との答えに、私にはよく理解できないと述べ助けをもとめたのであった。そこでザイツ博士は夜間補習をやることにした。実際補習が始まってみると、何のことはない殆どクラスの全員が出席していたのであった。

喧嘩早く、頑固で大勢の人からは嫌われていたリッコーバーは、海軍部内でオークリッジへ送り返して、文献類の秘密解除等の分類整理の仕事させよとの意見の強いなか艦政本部長のミルズ提督が原子力事項特別補佐に任命したのであった (1947年9月)。

5. 原子力潜水艦開発計画の立ち上げ

ワシントンへの帰任と同時にオークリッジで話し合い結束を固めつつあった他の3名の

海軍出身者もばらばらにされてしまった。しかし、彼リッコーバーは非公式に個々にであれ集団としてであれ、彼らとは情報交換を行い連絡を欠かさなっていた。リッコーバーは、この時点で原子力潜水艦が最もドラマチックな利点を発揮するだろうと考えていた。それは動力機関への空気の補給なしに長時間の潜水を可能とするからであった。しかも、それは最も困難な応用であって、もしこれが潜水艦で成功するなら他の型式の艦船への適用は明らかに容易なはずであった。それには、海軍当局ならびに原子力委員会-AEC一のトップの人達に原子力潜水艦の建造が重要な国家的事業であると認めてもらう必要があった。

艦政本部でリッコーバーが与えられた部屋は、以前婦人たちの休憩室として用いられていた所であって洗面器や配管の栓が残されていた。彼は、海軍にいる間、このことを4つ星の提督 (旧日本軍の海軍大将相当) になっても冗談として口の端に上せるのであった。ところで、ワシントンで原子力潜水艦の重要性を説いて回っても、賛成してくれる重要人物は殆どいなかった。そこで彼は、オークリッジで黒鉛とウランを均質に混合した燃料を用い、ヘリウムでの冷却を目指していたダニエルスパイル計画と称されている予算のついていない計画が大した進捗も見せず、実質的に放置されているのに目を付けた。それで、オー

クリッジへ赴きその計画に携わっている人々と話し合った。そして、残りの資金を原子力潜水艦用プラントの研究に使って見ないかと提案した。そこで彼は、目的とするプラントは貴重なウランを節約するための熱中性子炉であること、冷却材はそれを循環するのに必要なポンプ、パイプ、バルブをつくるのに慣れている（加圧）水であること、放射線遮蔽は出来るだけ普通の物質を用いることなどを提示した。

当時、1947年のオークリッジでは物理部長が後に所長となるまだ30才そこそこのA. M. ワインバーグ、原子炉部長がアリスチャルマー社から来ていた技術屋ハロルド エザートンで、両人ともこの種の原子炉設計に賛成したのであった。結局ダニエルスパイルのグループはリッコーバーの提案に、安全性、頑丈さ、海中でのシステム等々潜水艦特有の問題も含めてこの課題に興奮気味に取りかかったのである。一方リッコーバーとしては、原子力駆動の潜水艦を開発するための様々の問題の幾つかを何人かの人員が実際に解決にやっと取り組み始めたと感じていた。

ワシントンでは数週間のあいだ、リッコーバーのオークリッジ仲間と上司の艦政本部長のミルズ提督以外ダニエルスパイル計画が終息し潜水艦研究が始まったことは誰も知らなかった。これが明らかになったとき、AECの人々はこれには驚いたがもともとのプロジェクトに対する関心も低かったので、ダニエルスパイルプロジェクトを生き返らせることは止めてそのまま仕事の継続を認めようということになった。

海軍の首脳部のこの原子力の推進力への利用に関する意見はといえば、先ずAECに陸上用の動力炉の開発を完成させ、その後に潜水艦用にその技術を適用するだけでも十分の難問であるというものであった。リッコーバーはこれらの意見にじりじりしていた。なんともっと積極的な姿勢を引き出せないか

とチャンスを探っていた。

リッコーバーは、この原子力に関係する問題について責任ある対応が可能で資金を供給することができるのはAEC以外にないことを知っていた。一方海軍当局によって軍事的に必要とされる軍艦を開発する任務を背負っているのは艦政本部であった。そこで、彼は海軍長官が原子力潜水艦が軍事的に必要であると公式声明をすれば計画を軌道に乗せられると考えた。しかし海軍長官は政治家であって軍事的判断を求めるのは無理であった。海軍の作戦部長のニミッツ提督に長官宛の手紙を出してもらうことにし、オークリッジの仲間とともに1週間の時間をかけて多くの重要人物の署名なり合意を貰うのに支障のない文案を練り上げるのであった。それは艦政本部長のミルズ提督から署名を得たのを手始めに、必要と思われる人々の賛成を得て、1947年の12月にニミッツ提督に手紙の原案が提出された。ニミッツはそのアイデアに魅せられ、直ちに賛成し署名したのであった。この手紙とともに海軍長官が国防長官への提案の形の手紙が起草され、大統領府の研究開発委員会のバネバー ブッシュ博士にも送付された。ここに至って始めて海軍当局が正式に原子力潜水艦の必要性を認めたのであった。

次にリッコーバーはAEC宛の書簡を起草し、次のように述べた。すなわち、「艦政本部は海軍長官によって原子動力の潜水艦を開発する義務を課せられた。海軍は国家の防衛のための最善の軍艦を供給する責務があり、この開発を遂行するに些かの遅延も許されない。原子力関連の研究開発の責務は法律によってAECにある。したがって、このような事業の二つの政府機関の責任は不可分のものである。適切な決定が下されるためには、この計画は両者の間で密接に整合させなければならない。」この書簡への署名をもらうには、一ヵ月半しかかからなかった。それは、

開発のために二つの国家機関へ責任を持つ一つの組織をつくり、双方の資源と施設を活用し、すでに多くの仕事を抱えている既存のAECの研究所への要求を最小にするものでなければならなかった。新たな挑戦が始まったのである。

このような閣僚級の人の間の書簡交換は、まさか無視されることはないと思われようがまたもや、軽く扱われるのであった。リッコーパーは知ることになるのだが、大統領府のバネパー ブッシュ博士に率いられた研究開発会議及びエイムス コナント博士とロバート オッペンハイマー博士の主宰するAECの一般諮問委員会は、この計画を緊急性のあるものとしてよりも“中位の長期計画”と考えられるべきであり、またミルズ提督の提案にある海軍とAECの二重の組織よりも、AEC単独の監督下の組織とすべきことを記録として残している。リッコーパーは、AECは近い将来に書簡への返答をする気が全く無いことを知るに至る。リッコーパーは次の手を考えざるを得ない。その機会はすぐにやって来た。

それは、“海戦シンポジウム (Undersea Warfare Symposium)” を催すので艦政本部から講演者を出してくれというものであった。このシンポジウムは科学者、海洋学者、海洋船舶技術者、海軍将校などのグループで構成され、政府とは独立に運営されてはいるが多くの政府職員しかも影響力のある人々が関係しているものであった。艦政本部としては原子力担当のムンマ大佐が3名すなわち彼自身、リッコーパーそしてもう1名の講演を考えていた。これをリッコーパーは一つの講演として彼らの起草するものとし、長官のミルズ提督に遣ってもらうことにした。

ミルズ提督は強い印象を与える講演者で、この分野の技術者、科学者、そして政策決定者たちに尊敬されていた。そのミルズ提督がシンポジウムの座長であったシュトラウス

AEC委員のもと、次のことを講演で述べたのであった。

- (1) 潜水艦用の原子力機関の設計と開発は海軍にとって最重要課題であり、将来の戦争において決定的な因子となるであろう。
- (2) AECは潜水艦用原子炉をプロジェクトとして認めて来なかった。外国ではこの分野に高い優先度が与えられているが、米国では必要な努力の1%も払われていない。
- (3) このような状態は改善されるべきであり、我々はこのプロジェクトのためにすべての機関や民間産業が国立研究所と同様に動員されるべきと考える。

シュトラウス委員はこのような強い口調でAECへの注文を公開の席上で申し述べられたことに、半分おどけて、“古い友人にこんなことを言われようとは思わなかった”と言ったとのことである。

数週間の後に艦政本部へ送られたAECの反応は、プロジェクトはその重要度に応じた優先度をもって作られるであろうという曖昧なものであった。

しかしながら、ミルズ提督は今回は本気となったし、海軍の多くの士官達も原子力潜水艦プロジェクトを重視しはじめたのであった。艦政本部の人達はAEC傘下の国立研究所は研究科学者のみ多くて、戦闘で使えるような代物を開発するのは無理だろうと考えていた。また海軍は産業界と直接やりあって仕事を進めることを好んでいた。このような事情からリッコーパーや軍事関連委員会のメンバーに唆されて、ミルズ提督はAECに“この時点での最も速いプロジェクトの進捗は国立研究所と同様に産業界組織の平行しての努力によって得られる。”と述べた手紙を送付したのであった。

以上
筆者注；他の仕事に追われていまして思うように筆が進みません。今回の話は技術的な内

40

容に乏しいのですが、米国でのプロジェクトの立ち上げにどんな手が使われるのかを見るのには参考になると思われます。ルーズベルト大統領に原爆を作るよう働きかけるよういろいろ画策をしたのはレオ シラードだった

と言われますが、実際にはアインシュタインに署名させて彼の手紙の形をとりました。その際、車の運転ができないシラードを方々に連れていったのは後に水爆を作るよう働きかけたエドワード テラーでした。

リッコーバー (3)

科学史のこぼれ話 (その 10)

41

(財) 高度情報科学技術研究機構

顧問 能澤 正雄

前は原子力の潜在的能力を確信したリッコーバーが原子力潜水艦建造計画を国家プロジェクトにするまでに講じた種々の方策を述べた。正式にプロジェクトになった原子力潜水艦計画の責任者に任ぜられた本人は、早速いろいろな技術的事項について指導力を発揮することになる。例えば燃料被覆管の材料としてジルコニウムを用いることの決定、遮蔽設計の方針としてすでにあった民間人の線量限度を採用するなどその後の発展に重要な影響を及ぼす決定が彼によってなされたのであった。

一方、リッコーバーが将官 (提督級) への昇進を2度にわたって見送られて、1953年には大佐として年齢制限のためにプロジェクト半ばにして引退 (退役) 寸前であった。民間人としてこのプロジェクトの重要部分を担っていた人々がリッコーバーの存在がプロジェクト遂行には絶対必要と考え、これを何とか打開する方策を探ることになる。これらの民間人が議会に働きかけることによって、彼を将官に昇格させることになり、その指揮、指導の継続が可能となったのであった。

6. 原子力潜水艦の開発・建造の始まり

AECは十分な調査もしないで、早々と焦点を絞ってしまったので研究開発には反対であった。つまり減速材、冷却材のあらゆる可能性とその最適な組み合わせを確かめてから

原子炉形式を選択し、徐々に工学的な研究に進んで実用化を目指すようなやり方を取るべきだと考えていた。これは当時の科学者達一般の考え方であって、その後もこの考え方は何度も浮上してくることになる。従ってリッコーバーのように早くから減速材、冷却材を水と決めてしまい、その範囲内でなんとか潜水艦の動力供給用の実用になる原子炉をものにしていく等というのはもっての外と考えていた。

リッコーバーといえば1949年、艦政本部が原子力係を設置し原子力潜水艦計画がやっと動き始めて4ヵ月の時点でウラン以外の燃料要素に用いる金属はジルコニウムと決めた。そして当時はこの金属の量産の方法すらも確立されたものがなかったのにも関わらず、その大量生産を始めるべきだと主張したが、AECはこれに反対であった。原子力開発が始まったころ、ジルコニウム (Zr) が中性子を殆ど吸収しないというのは余り知られていなかった。というのは、元素の周期表を見れば分かる通り原子番号が40番のジルコニウムのすぐ下の化学的性質の似たもののくる72番にハフニウム (Hf) があり、これが中性子を良く吸収するのだが化学的性質が似ていて分離が困難、いつも約2%の不純物としてジルコニウムに混入しているのであった。リッコーバーは1947年の12月にオークリッジを訪問したときに、ハフニウムを除

いたこの金属は中性子吸収が小さいだけでなく高温まで強度を保ち、腐食にも強いらしいことを教えられていたのであった。

AECは1948年12月にはウエスティングハウス社と契約を結んでピッツバーグ近くのベティス飛行場跡にベティス研究所 (Bettis Laboratory=Westinghouse Atomic Power-Division:WAPD) を建設する措置を取り、潜水艦熱中性炉プロジェクト (Submarine Thermal Reactor Project; STR) を開始したのであった。ここに後にノーティラス号として知られるようになる原子力潜水艦の開発が始まった。

1949年、先にも述べることのあるホッフスタッド (エドワード テラーがリッコーバーの訪問を受けたあとに手紙を送った人物) がAECの原子炉開発部長に就任する。一方、教育の重要性を信じていたリッコーバーは、マサチューセッツ工科大学 (MIT) に働きかけて原子力に関する大学院修士コースを設けることを承知させ、またウエスティングハウス社では原子力に関する講義シリーズを始めたのであった。

実際の原子力潜水艦の建造には、潜水艦の建造経験を有している造船所が当たる必要がある。米国の東海岸には当時、海軍の運営するメイン州にあるボーツマス海軍造船所とコネチカット州にある民間の電気ポート社の二カ所が潜水艦を作っていたのであった。リッコーバーは先ずボーツマスの海軍造船所に赴き、原子力潜水艦の船体建造への協力を求めるが予定が詰まっているとしてあっさり断られてしまう。電気ポート社の方は意欲的であった。すなわち、それは必要とされる海軍技術規準に熟達した技術者、潜水艦技術者、建設技師等を供して陸上に建設する原型炉の建設を支援するとともに船そのもの、すなわちノーティラス号の建造を引き受けるというものであった。

この年1949年の8月、ソ連は原子爆弾の

開発に成功し、初めて実験を行った。

一方ゼネラル・エレクトリック社はニューヨーク州のスケネクタディ近くのウエストミルトンにあるノールス原子力研究所 (Knolls Atomic Power Laboratory:KAPL) においてエネルギーが中速領域の中性子を利用しての増殖タイプのナトリウム冷却の原子炉の研究開発を行っていたが、その増殖の可能性は低かった。そこでこれを取り止めて、その半分の人員を海軍の要請に答えるための仕事に従事させることを約束したのは1950年のことであった。これが原子力潜水艦シーウルフにつながる。

同じ1950年、ペンタゴンの海軍作戦部にいたあるリッコーバーの支持者から1952年の艦船建造計画が確定しそうになっているが、もし必要なら今日中に正式の要求を提出しないと間に合わないよとの情報が寄せられた。そこでリッコーバーの仲間たちが検討してみると、1955年1月運航開始なら1952年の建造計画に載せてもらっておかないと原子動力開発でAECを急かしている立場上からは困るのであった。それで大急ぎで書類を作り偉い人達の署名を貰いに走り回るのであった。この年、トルーマン大統領が原子力潜水艦計画を1955年竣工として公式に認知している。

工学的問題で大きいと思われたものに、ステンレス鋼で出来ている高温高压水の中で動くものの腐食の問題がある。これらの腐食はバルブを動きにくくし、ベアリングを滑り難くしてしまう。この現象は間一髪でPWR概念を葬りかねない厳しいものであった。しかし、原子炉冷却材の自由液面を水素で加圧して置くことによって冷却材自身を化学的に還元性にする事で解決された。潜水艦に乗り組んでいた時に蓄電池からの水素の爆発を経験しているリッコーバーにとって、この水素を使う方法は決して受け入れ易いものではなかった。しかし、暫定的なものとして彼を説

得したのであった。

制御棒の駆動装置の設計は最初アルゴンヌ国立研究所でなされたが、それは圧力容器内に数多くの歯車やラックとピニオンをもつ複雑なものであった。リッコーバーは複雑なものが嫌いで、ベータス研究所に依頼して別のものを設計させ、これが実際に使われることになった。つまり現在使われているものの原型である。制御棒の中味も問題であった。アルゴンヌ研究所の人々は銀とカドミニウムの合金をステンレス鋼管の中に入れたものを考えたが、耐久性の面でリッコーバーは懸念をもちオートクレーブ（高温高圧の水中試験装置）による加速試験を実施させた。結果は1本だけ被覆がすこし浮き上がりを見せ、被覆と中味の合金がはがれていることをうかがわせた。割ってみると明らかに剥離があり、別の物を探すことになった。そこへ提案されたのがハフニウム金属であったが、中性子吸収の中性子エネルギーに対する変化が異なることから、反応度的に充分なのかどうか問題となった。そこで判定のための特別な物理試験が計画された。この試験でもしハフニウムが15%以上よければ、ハフニウムを採用することにした。結局は15%を上回ることが示され、ハフニウムに決定されたのであった。（この時点では、試験に適当な臨界試験装置は存在しない。）

7. リッコーバー延命作戦

1953年の始め1月か2月のある日、パーノフという民間人としてこの計画に参画していた人物が、同じ民間人のマンディルとロックウェルを呼び寄せ相談したいことがあるときりだした。“我々はリッコーバーが定年で引退するのを手を拱いて見送ってよいものだろうか。”ロックウェルはその少し前にある提督から“ペンタゴンでは多くの人がリッコーバーと言う名の駆逐艦を見たがっているよ”との噂話を聞かされて、それは素晴らしい

いと言ったが、それは通常亡くなった海軍の英雄を記念して命名されるものだよとパーノフに注意され、彼は頭にきているところだった。リッコーバーがこの原子力潜水艦プロジェクトの指導者として最適であり、短期間に達成するのに不可欠であることはこの3人にとっては明らかであった。何が彼らにできるのだろうか？

パーノフが調べてあったところでは、海軍部内の提督選定委員会がリッコーバーを外して候補者リストを作成したが、これに海軍長官ならびにトルーマン大統領のサインはもらったものの、議会の上院軍務委員会（Senate Armed Services Committee）の承認は未だこれからであった。その理由は、その前年の末に改選された新しい議会がまだ落ちついて実務を始める前だったのでこの最後の段階の手続きが終了していなかったのである。上院としてこれらの候補者リストに手を加えて変更することが出来るのかどうか。それは出来ない相談だった。しかし、法律の示すところでは、リストの中のある特定の候補者を拒絶することは可能だった。そうすると、リストは海軍に差し戻され、海軍当局は選定委員会を招集しなおし、新しい候補者リストの提出を求めることになるのであった。しかし実際問題として、こういうことが過去に行われたことは無かったのである。

パーノフ、マンディル、ロックウェルの三人は先ずこの活動のことを、リッコーバーに知らせずに行うことにした。もしそれを知ったなら、リッコーバーは行動を起こすことを厳禁するに違いなかった。そして手分けしてとった対策は次のようなものであった。上院の軍務委員会のメンバーに働きかけて現在の候補者リストを撤回させ、海軍当局に事態の重大性を認識させ、そしてリッコーバーを加えないリストは上院の承認がえられないようにするというものであった。そのため、たとえば当時の上院軍務委員会の委員長ソルトン

ストール上院議員がマサチューセッツ州の選出であることから、有力なカラムニストを動かして、ボストンの新聞にリッコーバーの引退が迫っていることについて書かせ、それは正義に反するのではないかと論説を掲げさせるなどという芸当をやっている。選挙民の関心事であれば動いてくれる確率が高いからである。

上下院の原子力合同委員会のメンバーのジャクソン上院議員はリッコーバーのことを良く知っていて、以前から彼のファンでもあり、この件では肩入れをしてくれた。いろいろ努力の結果、彼らはソルトンストール上院議員が集めてくれた関係議員の前で問題を充分説明することが出来たのであった。パーノフ、マンディル、ロックウエルの3人は、これらの上院議員と接触したあとの感想として、彼らが熱心に耳を傾けてくれたことにいたく感激している。アメリカ人であることの誇りを感じたと述べているのである。一方、パーノフはなにしろ前例の無いことをやって貰おうとしているのだから、油断はできないよと他のふたりに注意している。そして、それまでも選定委員会へは海軍長官、議会関係者、産業界などから多くの圧力がかけられたが選定委員会はそれらを押し切ってきたのである。選定委員会は秘密裡に会合し、記録を残さず、彼らの決定について説明する必要がないのであった。しかも海軍部内にも意地があり、提督選定委員会が簡単に折れるとは考えられなかった。

業を煮やした議会側のある下院議員は、海軍の昇任システム全体の見直しをしようではないかと、民間人を加えた選定委員会を作る法律案を提出する騒ぎになった。海軍側としてはこれは大変な事態になると警戒心を強めていたところ、上院軍務委員会は39名の提督候補を棚上げとし、海軍の昇任システム全体の調査が先だとしたのであった。そうこうする中で、海軍長官（政治任命）のアンダー

ソンは1953年3月6日付けでソルトンストール上院軍務委員長へ手紙を送り、この問題への解決策を提案したのであった。これが受け入れられれば、そうしたいと言う意思表示であった。この海軍長官の指示にもかかわらず、海軍内部では問題をいじりまわすことを続けていた。1953年3月に開かれた提督選定委員会は、リッコーバーの他に数名の大佐をリストに残している。そして、次に開かれた7月の委員会で、リッコーバーを候補に入れることが決められた。このとき、技術担当将校達は反対したが外部からの昇進システム全体の詮索を望まなかった兵科のライン将校達が賛成票を投じたのであった。このことがあって、通常ならあと1年半の任期がある艦政本部長であったウオーリン提督（海軍少将）はワシントン州のブレマートン海軍造船所へ転出させられた。

1953年7月末、リッコーバーは提督（海軍少将：Rear admiral）に任命される。

8. ノーティラス号の臨界試験、出力上昇試験等

1953年7月27日には朝鮮戦争が休戦状態に入った。ソ連は8月12日に、水爆実験を実施、米国の核兵器上の優位はここに消えることになった。

原型炉 STR Mk 1 はアイダホ州の砂漠の真ん中に作られることになる。それは、船体を模擬した構造物の中に据えられ、そのまま船に搭載出来るように配慮されていた。1952年の8月にその建設が始められた。翌年の3月末には初期臨界を迎え、6月には全出力を達成する。この出力試験に立ち会ったリッコーバーは、予定の48時間運転をこえて運転を継続させ、大西洋を無浮上潜行でアイルランドに到達するのに要する96時間の運転を実施させた。そのときのアイダホ地区責任者はのちにAECで高速炉の開発にかかわることになるエドウィン キントナー中佐であった。その後に行われた検査は少々の改善

を要する点を認めたものの、修理を要するような損傷はなかった。その後この設備は1989年の10月まで種々の試験と潜水艦乗組員の訓練に使用され続けた。

1951年の12月、カナダの研究炉NRXが事故を起こし、広範な放射性物質による汚染を引き起こしていた。それを知ったリッコーパーはできるだけ多くの人をその後始末を手伝うために派遣したのであった。一つの理由は、この炉は長尺物の照射が可能であったので、候補燃料を極秘裡に送って試験をやってもらい、貴重な知見を得ていたからである。たとえば、数カ月の照射でしかないのに燃料の表面に黒い付着物の生成が認められ、CRUD; Chalk River Unidentified Depositと名付けられたこの現象は、熱伝達の上で注意しなくてはならないとされていた。したがって、お礼の意味もあって支援しようと考えたのである。もう一つは、これは滅多にない貴重な経験を得さしめることになると考えたからであった。そのため、ベータリスから50名、ゼネラルエレクトリックから50名、エレクトリックボートから50名と、人を出せと命じている。結局のところ、海軍原子炉グループからは、合計214名が参加し1300人日の労務を提供したのであった。また、特殊な除染器具、放射線測定器、防護器具等米国で開発したものを持ち込んでいる。この経験は、潜水艦内の機器配置や配管の設計ならびに運転管理を考えるにも非常に役に立っただけと言われている。

ロックウェルは遮蔽担当としてリッコーパーの下で働いていたときに命ぜられたことで、印象に残ったこととして次のようなことを述べている。艦内の放射線源は単に原子炉本体だけでなく、配管、ポンプ、バルブ、熱交換器などを含む原子炉冷却材全体であってこれら全ては遮蔽の対象となる。潜水艦はなるべく小さくて軽いものが欲しい。スペースも貴重だ。現行の民間基準には保守性があり

過ぎるという。そのため、どうしたらよいか。しかし、リッコーパーの指示は、遮蔽の規準は、現行の民間規準に充分すぎる保守性があるとしてもそのまま適用すべきだというのであった。また、すべての場所での線量値の計算を要求した。

1954年12月30日、ノーティラス号の原子炉は臨界を達成、年があけての1月3日には全出力、1月17日にはもう海へ出ている。この数カ月前、臨界前の試験中に陸上から蒸気の供給を受けての試験が始まろうとしたとき、1953年9月16日の深夜に機関室の小口径配管が破裂して蒸気がコンパートメントに充満しかけた。もちろん訓練されている乗組員は直ちにその蒸気管の元弁を締め、陸上側のボイラーの安全弁を開いた。誰も怪我せず放射性物質の漏れもなかった。それは造船所としてはありふれた光景であった。このパイプは放射性物質を通すものではなかった。しかし、この事故のリッコーパーにとっての意味は大きかった。なぜこんなことが起こるのか。他のパイプはどうなっているのか、造船所の検査は機能しているのか。調査が明らかにしたのは、それは高圧蒸気を通せる継ぎ目無し鋼管でなくて板を曲げて溶接して作ったいわゆる溶接鋼管が使っていたのである。この場合小口径配管のみが問題だったが、目標の完成日時が迫っていて心配だったが、このような事故は海中では許されるものではなかった。リッコーパーは全てと同じような数千フィートの配管の保温層をはがし取り替えることを命じ、そしてこれを機会に品質管理を徹底する方策を講じたのであった。

1955年1月17日午前11時停泊地をはなれたノーティラス号は最初の海における試験に臨んだ。この日の海は荒れ気味、波高4メートルで船の傾きは27°にも達した。したがって、乗り組んでいた人々はみんな早く潜水試験に入ることを望んだがどういう訳かなかなかそれが始まらない。結局それは海軍の

広報関係者がライフ誌に最初の潜行をヘリコプターから撮らせる約束だったが悪天候がカメラマンを寄せつけないからだった。これを聞いたリックーパーは、そのうちにやってくれば潜行風景を撮らせればよいのでさっさと潜ればと助言したのであった。この日の潜行試験は50回以上にもなり海上試験としては新記録であった。従来のディーゼル駆動の潜水艦では、空気採り入れ口を閉じるのに絶妙のタイミングが必要だったのである。しかしノーティラス号では潜行、浮上ともに何らの技巧も必要とはしなかった。推進のための動力システムは殆ど制御棒を動かさずに負荷追従が可能であって今で言うユーザー フレンドリーであることが認められた。

その後も種々の試験を実施して正式に海軍に引き渡されたのは4月22日であった。これらの試験では多くの小さなトラブルが発生した。たとえば海水がいろいろな所で漏れ、艦長室が水浸しとなったりして、マスメディアを喜ばせた。

ノーティラスの排水量は約4000トン、直径は8メートル、長さは約100メートルであって、この船は従来のもものと比較して、内部が広く使えるのであった。従来だと船の内部空間の約半分はディーゼル用燃料タンクと電池に取られたのであった。士官室の広さは前の4倍となった。食堂は一度に36人できる広さとなり、数分で50人のための映画館に変わるのであった。アイスクリーム製造機、コココーラ販売機、ジュークボックスなどいろいろな施設が利用できた。下士官以下の乗組員一人一人にも寝台、引き出し、明かり等が割り当てられ、エアコンで温度湿度が調整されていた。

9. シッピングポート原子力発電所

原子力潜水艦の開発に少し遅れて原子力を動力とする航空母艦の開発についてもリックーパーの協力が求められた。しかし、AEC

にとっては核兵器用のウランならびにプルトニウムの確保が最優先であった。航空母艦には無制限の潜行可能性を追求する潜水艦のような不可欠な利点はなかった。1953年アイゼンハウアーが大統領になると、原子力の平和利用に向かうべきだとの声明が出され、航空母艦計画はおあずけとなった。

この時期、原子力を動力源にする技術に関していろいろな可能性が試されるべきだと誰もが考えていた。液体金属、ガス、有機材などの冷却材、重水、軽水、ベリリウム、黒鉛などの減速材、高、低、微濃縮のウラン燃料のどれをとるか、合金、酸化物、炭化物、水素化物のどの燃料形態をとるか、などなど、さらにそれらの組み合わせを考えると研究すべき対象は際限もなく広いはずであった。少なくとも数例に関しては、その工学的可能性まで試験されるべきだった。

一方、産業界はもう原子力は政府の手からはなれ、自由にその可能性が追求されてもよいのではないかと考えていた。政府サイド、内務省やTVAの人々は最初の民需用動力源の原子炉は政府の手で作られ、早々と独占企業の餌食になるべきではないと思っていた。AEC内部では、いつまでも議会の上下合同委員会に押しまくられるのは御免だという空気が出てきていた。つまりどちらの方向に向かうのか、技術面でも体制面でもどっちつかずの状態が続いていた。

海軍部内でも先に述べたように、リックーパーの勢力範囲が広がるのを快く思わない人々がいたし、従来技術の延長だけのようなリックーパーのやりかたにも批判が強かった。つまり、重量、大きさ、熱効率のいずれをとって見ても抜本的な改善の可能性はないというのであった。1950年の12月の海軍作戦部長の大型船用原型炉開発の提案以来、論戦は続いていた。1953年7月、朝鮮戦争の終結とともにAECは民需用原子動力開発の任務をリックーパーと彼のチームに与えたの

である。 SHIPPINGポート炉計画の始まりであった。その一年後、ソ連の水爆の成功を見たアイゼンハウアーは大型船用炉計画の復活を命じている。

1954年9月6日の定礎式の際は、SHIPPINGポート炉の主要なパラメーターの殆どは未定だった。1955年4月26日、リッコーパーは燃料をジルコニウム合金被覆のウラン酸化物にするという決定を下した。これは海軍で使っている燃料とは全く違っていて、大急ぎで全ての面を試験し、開発に成功しなければならなかった。1957年10月6日に最初の炉心燃料が装荷された。それは12月の2日に臨界になり18日には最初の電力を送りだし、1957年12月23日、SHIPPINGポート原子力発電所は定格出力に達したのであった。リッコーパーに命令が下されてから、4年半であった。

10. ノーティラス号の航海

1956年の末に北極海の視察から帰ったジャクソン上院議員は海軍作戦部長に原子力潜水艦を氷の下へ潜らせる可能性について問い合わせる手紙を送った。問題は北極海に関する情報が乏しいことだった。それに、北極付近では従来の磁石もジャイロスコープも無効だった。そこで、当時大陸間ミサイル用に開発されていた慣性誘導航行装置に目をつけられた。氷の底面までの距離を測る装置や前方に位置するかもしれない氷山の検知器も必要だった。1957年の始めにはグリーンランドとスピッツベルゲン付近の北極氷の末端での探査から調査が始められた。上司の了解を得た艦長アンダーソン中佐はこのとき極地点から180マイルの所まで行ったがジャイロ、磁石両方のコンパスが効かなくて引き返したのであった。この時点で、慣性誘導の装置は未搭載だった。ノーティラス号は1958年、米国の西海岸で運用されていた。夏が近づいてきて、再び北極海の下を潜行する話が出

た。今度はベーリング海を経てグリーンランドの方へ抜けるわけで、これは入口の部分は狭く、出口の方は広くて心理的には楽な方向だった。

この計画は失敗時のことも考慮して、きわめて限られた人のみによって進められた。アンダーソン艦長は私服で、変名のもとアラスカへ行き、氷の状態を空から調査している。シアトルから回る予定だったが氷の状態がよくないというのでハワイで待機し、1ヶ月後に出航、1958年8月3日に北極点を通り、アイスランド沖で秘密裡に浮上し、米空軍のヘリコプターが艦長のアンダーソンを引き上げてアイスランドへ運び、待っていた米海軍の輸送機が彼を首都ワシントンへ運んだ。アイゼンハウアー大統領はホワイトハウスでギャラ レセプションを催して、艦長を歓迎することにしたのであった。このレセプションには大勢の海軍ならびに議会や政府の高官達が出迎えていた。リッコーパーのチーム員はラジオでギャラ レセプションの開かれることが報道されるのを聞いていた。信じられないことだが招待者の名簿にリッコーパーの名前はなかった。国会議員がリッコーパーを探したがいない、というので一騒動が持ち上がったという。海軍当局の言い訳は、数が多すぎたので割愛せざるを得なかったと言うものであった。

一方、リッコーパー達がいつもの部屋にいると秘書が息を切らしてやってきて、アンダーソンが挨拶に来ましたと告げた。リッコーパーはびっくりして、「なんってこった、アンダーソン、これは大胆すぎる」と言った。まだレセプションは続いていた。アンダーソンは言った。「提督、ポップ、テッド、デイヴ、私はワシントンへ来たくはなかったのです。私はここに永くいられないことを分かって下さい。でも、私は皆さんに敬意を表したかったです。」リッコーパーは静かに答えた。「私は心の底から感動した。君はとって

も思いやりがあって素晴らしい。実に素晴らしい。しかし、他の人々を待たせないほうがよい。有り難う。君が今日したことを私のチームのみんなに伝えよう。君が今日したことは彼等のためにでもある」と言ってアンダーソンを見送ったのであった。

11. おわりに

リッコーバーは1958年8月に海軍中将に昇任、1973年12月には73才にして海軍大将に任ぜられている。1982年1月、レーガン大統領の下で海軍を去った。1986年7月8日永眠。

頑固で一徹という言葉がそのまま当てはまるような人物がリッコーバーである。しかし、原子力を安全に活用するには、彼のように細心の注意を払って物事を進める必要があるのであろう。それは認める。しかし、PWRが生き残ったのは先見の明がそうさせたというより、偶然のもたらしたものではないかという気がする。冷却材の減少が減速材の減少となるとは、偶然の組み合わせからそうなったに過ぎない。このように出力係数が簡単に負になるというのは他の冷却材と減速材の組み合わせでは期待できない。

原子力潜水艦では初期にスレッシャー号が1963年4月に失われている。この船体は新しく開発された高張力鋼HY-80 (80,000 Pounds/square inch の降伏点) で出来ていた。溶接が問題であった。もちろん十分な検討を経て安全に溶接できるようにはなっていたが、検査と品質管理が難しかった。検査に合格しても数週間後には欠陥があるとされたりした。その修理も難しかった。場合によれば6回もやり直しをやらざるを得なかった。冷却水としての海水の取り入れ配管の健全性も問題であった。これ自身が海水への防護壁を構成している。深海では、浮上するためにプラスタタンクへ空気を吹き込むのは効果が遅く、危険な手順でもあった。それは動力を

使って一気に上昇すべきなのである。この部分は銀蟻付けが用いられることがあった。銀蟻付けだと異種金属の接続も可能だった。リッコーバーは彼の責任下にあるものは全て溶接を命じていたが、艦政本部としては、従来どおりのやり方も認めていた。

1962年7月、1年と3ヶ月の試航海ののちスレッシャー号は造船所に帰り、9ヶ月の総点検と修理を行っている。そのあと、2500メートルの深海潜行が行われた。随伴した船は、水中電話で聞いていた。「試験深度へ潜行する」、つぎの言葉は静かな声で、「小さい困難発生、上昇角度、プラストへの吹き込み」と言うのが聞こえ、それが最後だった。乗組員は129名だった。

リッコーバーはその全ての遺族へ手書きのお悔やみ状を出したのだった。海難審判所の調査の結果は、多分機関室への海水の漏洩が蟻付け部分で生じたとしている。海水が機関室へスプレイされると原子炉は止まる。万事休すである。

1964年の春、リッコーバーの延命工作に係わった3名の民間人が海軍原子炉部を辞めていった。彼らはリッコーバーに仕えるのはもう十分だと思っていた。食うために何をやることにしたのか。エンジニアリング会社を始めたのだった。それがマンデル、パーノフ、ロックウエルのMPR社であり、参考文献の著者で、遮蔽を受け持ったテッド ロックウエルが最後のイニシャルに入っている。この会社の米国における評価は非常に高い。

参考文献

Theodore Rockwell, "The Rickover Effect, How One Man Made a Difference" Naval Institute Press, Annapolis, Maryland, USA, 1992