

「プリウス」の創造。 それは21世紀モデルへの挑戦だった。

Hybrid Vehicle [PRIUS]



1994年、プロジェクト本格始動

「21世紀のクルマには何が求められるのか。どのようなビジョンをもって新しい時代に対応すべきなのか？」

1990年代の訪れとともに、自動車メーカーはこの命題に対して社会に明確な解答を用意しなければならない時期を迎えていた。トヨタは'92年、プロジェクト結成をめざし各部門からスタッフを集め、未来の自動車に関する検討をはじめた。'94年1月には、第2開発センター・チーフエンジニア、内山田竹志を開発設計リーダーとして、本格的なプロジェクトをスタートさせた。会議のたびに召集を受けていた各部門のスタッフも、モデル策定に向け、社内の一室を拠点として集中的に取り組むことになった。

「21世紀のクルマ」。この壮大なテーマのもとに、たったひとつのモデルを決定する作業は、ある意味で雲をつかむような話でもあった。自由といえば自由であり、やりがいのある仕事だが、その責任は並大抵のものではない。白熱した議論を繰り返す過程で、やがてメンバーは互いに次のような方向性を確認し合った。

「21世紀のクルマ、それは資源問題と環境の対応に何らかの解答を出し、新しいクルマの指

標となり得るものでなければならない。しかし同時に、便利さ、快適さ、走ることの楽しさなど、クルマが本来備えているべき特色をスポイルすることがあってはならない。」

「開発手法においても、従来のやり方にとらわれることはない。まったく新しいクルマをつくるのだから、まったく新しい方法でチャレンジしよう。」

プロジェクト・チームは、モデルの開発に向けて着実にキーワードを掘り起こし、手法を確立していった。エンジン設計、シャシー設計、ボデー設計、生産技術など、各部門から選ばれた10名のスタッフは自由に検討を重ねていくことになった。

数値を巡る プロジェクトの危機

技術的な課題の検討と改良は、異例のスピードで進展した。'94年末には車両のサイズをはじめ、最終的な仕様がほぼ決定しようとしていた。この順調な展開には、いくつかの理由があった。た

例えば、エンジニアたちはプロジェクト室に2台もCAD端末機を持ち込んだ。これはプロジェクトの存在が社内でも極秘とされたためだが、結果的に作業をスムーズなものにした。エンジニアがその場で直接CADを操作すること

で、課題や検討事項をより効率的に消化することに役立ったのである。

最大の課題は動力源だった。当初、スタッフは次のような共通認識で開発に取り組んでいた。

「他社に対して数年間のアドバンテージを確保できる数字、それは最低50%（従来比1.5倍）の燃費向上だ。これが達成できなければ、このプロジェクトの意味はない。」

これを目標にして、最初に動力として考えられたのは、「高エネルギー効率」と「高出力」を同時に満たすD-4直噴ガソリンエンジンだった。このエンジンを使って燃費50%向上を達成しようと、開発は進んだ。しかし、プロジェクトの最高責任者である和田明広副社長から、ある日突然に号令が飛んだのである。

「50%ではだめだ。燃費向上の目標達成値は100%（従来比2倍）でなければならない。もし実現できないならば、プロジェクトは即刻解散する。」

100%達成は、開発中のD-4エンジンでは突き崩せない高い壁であった。「ほかのパワーユニットを考えるしかない」。スタッフの間に一瞬重苦しい空気が漂った。

ニューモデルの動力は ハイブリッドシステム

そこに思わぬ光明が射した。研究部門では、ハイブリッドシステムの開発が進展していたのである。その情報を得たスタッフは、「ハイブリッドシステムならいける、ニューモデルのパワーユニットはこれだ」と奮い立った。

プロジェクトが初期の最大の課題を乗り越える努力を続ける一方、和田明広副社長と塩見正直第3センター長は、「'95年の東京モーターショーに、プロジェクトのコンセプトカーを出品したい」と主張した。

プロジェクトとは別に開発されていたハイブリッドシステムは、'94年末には要素技術として展示発表できる段階にまで進んでいた。しかし、燃費を同等クラスのクルマの2倍にするという目標に対しては、ほど遠いものだった。電池性能や制御システムなど、周辺技術をまだ数段も進化させなければならない。



和田明広

代表取締役副社長。主として技術開発・製品開発担当。1956年入社。以来、ボデー設計を主担当に「コロナ」「カーナ」「セリカ」などの開発をチーフエンジニアとして手がけた。さらに、トヨタ車のFF化の推進役を担う。そして、ハイブリッドシステムと「プリウス」開発の推進役を果たした。

しかし、足踏みしている猶予はなかった。モーターショー出品車の製作が進む'95年6月には、コンセプトカーに開発コード（番号）が与えられたのである。これは、トップが販売を前提とする開発を承認することであり、プロジェクトが実験的なものでなくなったことを意味していた。開発コードは、期限とコストを絶対的な条件とすることをプロジェクトの責務に加えたのである。

'95年10月、東京モーターショーは開催された。この時、「プリウス」の名が初めて世に出た。しかし、「ハイブリッドシステム」という言葉はまだ使われなかった。新しいパワーユニットは「ガソリンエンジンをモーターでアシスト（駆動力を補助）する」という表現で紹介された。

* シャシー
車台。エンジン、駆動系、サスペンション、ステアリング系、ブレーキ系、走行装置などの総称。

* コンセプトカー
次世代を想定した試作車。

プロジェクトは最優先製品企画である

ボデーサスペンションの大筋は'95年の夏には固まったが、ボデーデザインは難航した。本社デザイン部門、人間工学グループともに、次世代用の「パッケージ」を独自に研究・提案し、東京モーターショー出品車のデザインにも反映された。しかし、販売が前提になると搭載バッテリーをもっと大きくする必要があり、パッケージもさらに改良しなければならなかった。

経営陣にとってもプロジェクトの成功は悲願であり、バックアップを惜しまなかった。とくにハイブリッドシステムの開発には、数ある社内製品企画の中で最優先順位が与えられた。このような支援に開発陣の意気も一段と高まった。

通常のハイブリッドシステムには、エンジンを発電用に使ひ、その電気でモーターを回転させて走る「シリーズタイプ」と、エンジンとモーターをそれぞれ使い分けて走る「パラレルタイプ」がある。開発陣は、パラレルタイプにシリーズタイプを組み合わせることを考えた。つまり、モーターとエンジンを駆動力に、さらにエンジンを発電に利用する融合型ハイブリッドシステムである。この方式はもっとも経済的にクリーンに、エンジンの最大効率を引き出すことができた。この「いいとこどり」の発想を可能にしたのは、エンジンの動力を車輪と発電機の駆動力に分割する、「動力分割機構」の開発だった。



*パッケージ
自動車用語で仕様を表わす。



ニッケル水素電池は間に合うのか

ボデーデザインのコンペ(競技会)がスタートした頃、ハイブリッドシステムは仕上げの段階を迎えていた。開発現場には満を持して、クリーンエネルギー車の開発に長く携わってきたシニアスタッフエンジニア、八重樫武久が投入された。八重樫はEHV(エレクトリック&ハイブリッドビークル・エンジニアリング)技術部の所属となり、システムの開発に全力を尽くすことになった。

さらに第2製品企画部門から、「ターセル」コルサ「スターレット」の担当員を務めてきた大井敏裕もスタッフに加わった。大井は、企画を商品化するベテランである。

着々とスタッフは増強されていったが、まだ難題があった。ニッケル水素電池の性能がままならないのである。ハイブリッドシステムは、ニッケル水素電池の性能向上を想定して構想が組み立てられていたが、ニッケル水素電池自体、まだ成長途上の新しい技術であった。

電池性能が目標値に達しないまま、自動車本体の設計が進んでいく。ボデーのサイズなども決まり、「それ以降は変更が不可能」という段階にまで達していたが、バッテリーサイズに確信を持ってないでいた。どのくらい冷却すれば性能劣化を抑えられるのか。バッテリー容量は70ℓ、本体重量は45kgだが、冷却装置などを加えると約75kgになる。これで性能が出なければ、サイズをさらに大きくせざるを得ない。それではトランクルームの容量を減らすことになり、重大な設計変更を引き起こす。担当員の小木曾聡、EHV技術部の浅川史彦は、電池メーカーとの打ち合わせを昼夜繰り返しながら奮闘を続けた。

また、走りながら充電を行うための充放電管理技術も確立していなかった。ハイブリッドシステムは、どの程度充電されているかを推定し、エンジンとモーターの切り替えなどを微妙にプログラムする。どのような使用条件でも最適の切り替えができなければ、商品としては成立しない。コンピュータによる推定管理方式は新しい

手法だったが、そのアルゴリズム(問題を解決するための処理手順)の設定は難航を続けた。

数百台を数えたテストエンジン

バッテリーの他にも、ハイブリッドカーの鍵を握る技術開発が残っていた。ハイブリッドシステムは、クルマが停止した時には自動的にエンジンが止まる。さらに走行中にも、エンジンは断続的に停止と始動を繰り返す。このエンジン再始動時のショックが大きいのである。それをスムーズなものにしなければならない。

ユーザーの立場から、商品としてのクルマの性能や使いやすさをチェックする商品監査室の村松基安が、その当時を振り返る。

「全体的に、いわゆる普通のクルマと何ら違和感のないクルマにしたかった。とくにエンジン再始動時のショック解消には、専任のワーキンググループが1年がかりで取り組みました。

結果的には、エンジンにVVT-i(連続可変バルブタイミング機構)を使い、一種のデコンプ(圧縮を抜くこと)を行うとともに、始動時の回転数を1000回転ほどに高めてから着火させることにしました。これによって問題は解決したのですが、そこに至るまでは毎日が試行錯誤の連続でした。」

アクセルペダルの踏み込み量と駆動力は、ワイヤーによる機械制御ではなく、電気で制御する。そのため、アクセル開度と走りを体感するパワーとの関係は自由に設定できる。自由であるだけに、逆にどの設定がベストであるのか、見極めが難しい。そのため、幾度も社内外のパネラーに試乗をしてもらい、その意見を聞きながら、果てしなく整備・調整を繰り返した。その結果、試作エンジンの数は、ベンチテストまで含めると数百台にのぼり、試作車数も60台を超えた。

*ベンチテスト
エンジンなどの構成部品を作業台(ベンチ)に取り付けて稼働させて行う試験。



徹底した省エネ・省資源化

プロジェクトは動力部分だけでなく、あらゆる要素において21世紀の基準となるクルマをめざした。リサイクル性を重視したのも、そのひとつである。内外装の主要な樹脂部分にリサイクル性の高いTSOPを、防音材に使用済み自動車のシュレッダーダストから生まれたリサイクル素材RSPPを使った。デザインも解体性を考慮し、バンパーにランプ類を取り付けないようにした。その他、ボデーの空気抵抗値、タイヤのころがり抵抗値を抑えて低燃費化を図るなど、徹底的な省エネルギー化・省資源化を図った。

内装にも、この思想が反映された。換気損失の低減を図るため、内外気2層式オートエアコンなど、省エネの新しい装備を搭載した。また、「プリウス」の内装のハイライトとなったセンターメーターについて、責任者の近添雅行(第2開発センター第21デザイン室長)は語っている。

「『トヨタのインストルメントパネル(計器盤)はどの車種も同じじゃないか』マーケットからそんな声をよく耳にしていました。そうじゃない、我々にはやれることがもっとある、という気持ちで取り組みました。それを強く主張したのが、計器盤の中央にデジタルメーターを配置する初めてのデザインだったのです。

視認性においても、さまざまな実験をした結果、位置的に視線移動のぶれがもっとも少ないと確認できました。」

試作車で検討を重ねただけではない。インテリア・グループの全員がメーターのペーパーモデルをつくり、それを自分のクルマの計器盤に貼り付けた。角度や視線移動の実感テストを行うため、このような地道な努力も数知れず積み重ねられた。

トータルバランスを重視したパッケージ

パッケージングには、ユニークな試みを採用した。国産4ドアセダンの平均値を上回る1,490mmの全高である。車体が高くなれば、乗降はラクなものになる。さらに、後部座席に座る人の膝元の余裕が広がり、運転席からの視界も広いものになった。また、室内を高くしてフラットなフロアにすることで、サイドウォークスルー機能も実現した。前席の左右座席間の移動は、驚くほどスムーズなものになった。

動力性能や燃費だけを考えれば、車高アップは重量増というマイナス要因につながる。しかしパッケージ設計は、あくまで燃費に有利なハイブリッドシステムが前提にあった。その優位性があるから、今日の実用セダンに求められる多くの要素を盛り込むことができた。快適性、機能性、使い勝手まで含めたトータルバランスの中で昇華した新しいパッケージが、ハイブリッドカーにおいて可能になったのである。

環境対策だけでなく、近未来のスタンダードとなるファミリーセダンを考えていたプロジェクトは、新しいアイデアと工夫を次々と採用していった。そして'96年9月には、最終的なデザインを決定するに至った。

異例の技術発表会に会場は揺れる

'97年3月25日、東京・赤坂のホテルキャピトル東急の会場は少なからずざわめいていた。トヨタとしては異例の「技術発表会」であった。奥田碩社長はあいさつに立ち、自らが提唱する「エコ・プロジェクト」の一環として、ハイブリッドシステムが完成に近づいたことを公表した。

「燃費は従来の同クラス車に比べて2倍、排出するCO₂は1/2、CO・HC・NO_xは現行の規制値の1/10を達成した新型車を年内に発売開始したい」。それが「プリウス」であることはまだ明らかにされなかったが、この発表に場内はどよめいた。それは、社会的なインパクトの強さ、大きさを証明するに充分だった。

会場ではその後、ハイブリッドシステムの原理が示され、実験中のエンジン本体や電池

など構成部品も公開された。記者団に取り囲まれ、価格についての質問を受けた和田明広副社長は次のようにコメントした。

「同クラスのクルマより50万円以上も高くなることがあったら、許されないだろうね」。通常の同クラス車よりコストアップする最大の要因は、ニッケル水素電池である。これは大規模な量産体制に入らないと、価格が下がらない。50万円という数字は、モデルライフ全体を通して採算がとれる数字であり、いち早い普及を考慮してはじきだされたものだった。

既存車にハイブリッドを搭載

技術発表会以後も試乗会のイベントが開催された。試乗車は既存のクルマにハイブリッドシステムを搭載したものだったが、招待者にハイブリッドカーのフィーリングを体感してもらうには充分だった。この時のブレーキやステアリングに関する指摘は、ただちにプロジェクトにフィードバックされた。

一方、設計や生産ラインでは着々と発売に向けて準備が進んでいた。近未来的なボデーデザインを実車として成り立たせるために苦心したのは、第2ボデー設計部の福田金昇だった。

「GOAボデーと先進的なデザインの両立、車高のアップと重量の軽減という相反する要素の共存。これが難題でした」。

これは材質変更や熱処理技術で切り抜けた。また、設計期間が厳しいため、担当スタッフの守備範囲を広げるとともに、コンピュータによる解析技術も積極的に採り入れていった。

'97年秋、新しい歴史の幕が開く

広瀬工場では、モーター制御の要となるインバータの最終評価段階を迎えていた。担当社員は、電子生技部・電子6部の久須美秀年である。ハイブリッドシステムのインバータは、モーターに電力を供給したり回生時にバッテリーを充電する際に、数百アンペアの電流を制御する大型電子部品である。久須美は言う。

「従来のレベルをはるかに超える大電流を制御しなければなりません。IGBTという半導体素子の開発から完成まで一貫して取り組み、試作と評価を繰り返しましたが、文字通り時



間との戦いでもありました」。

ゴールは間近だった。内山田と大井は生産工場となる高岡工場で、連日のように調整作業を詰めていた。少量生産では、通常の組立工程のように混流(複数の車種を1ラインに混在させて生産する方式)にすると、作業バランスが悪くなる。そこで、ハイブリッド車専用のラインを新設することにした。専用ラインは、月量1,000台の生産が可能だった。

また、計器盤の取り付け方式も改められた。これまで、パネル・計器・スイッチ類をそれぞれのメーカーに依頼してトヨタで計器盤として組



み立てていたが、パネルを供給するメーカーで一体化し、ラインに搬入して組み付ける方式に変えた。

多くの情熱と努力が結晶したニューモデルカーの真価を、世に問う日がやってきた。'97年10月14日、ハイブリッドカー「プリウス」の発表会後には、マスメディアに「プリウス」の名が大きく躍った。そして12月10日、「プリウス」の販売がスタートした。

反響は予想をはるかに超えるものだった。ハイブリッドシステムという斬新なメカニズムを、普通車と何の違和感もないクルマに仕上げた技術。215万円というほとんど大衆車レベルに近い価格設定……。

内山田以下、開発陣は、マーケットにも業界にも、大きな驚きと拍手とで迎え入れられたことを実感した。近未来が身近な存在として現実のものとなったのである。20

世紀後半に提出された課題に対して、ひとつの解答が21世紀に間に合った。今はただ、報われた努力を喜ぶばかりである。

ここに「プリウス」の第一章は完結するが、この物語に終わりはない。さらに第二、第三の開発ストーリーを語る責任と義務が今後も続く。自動車が地球の未来とともに歩いていくために。

本文中の役職名・所属は開発期間当時のものです。