

'93ワールド・ソーラーカー・ラリー・ジャパン・イン・オオガタ を目指したソーラーカーの製作

安田正樹*1・草彌輝章*2・高橋直仁*3・千葉長仁*4
小松恭聡*5・遠藤寛明*6・長谷川武司

The First Product of Photovoltaic Powered Vehicle for the '93 World Solar Car Rally Japan in Ogata

Masaki YASUDA, Teruaki KUSANAGI, Naohito TAKAHASHI,
Nagahito CHIBA, Takatoshi KOMATSU, Hiroaki ENDO
and Takeshi HASEGAWA

(1994年8月22日受理)

The photovoltaic powered vehicle with four wheels was assembled experimentally to participate in the '93 World Solar Car Rally Japan in Ogata ('93 W.S.R.J.). We held a long discussion of the philosophy for making a Solar Car. At last we arrived at the agreement that we must design the vehicle as a commuter-car.

The body of our first vehicle was made up of two bicycle frames and wooden chassis combined. To synchronize front tires for steering a simple linking mechanics was used. In spite of a four wheels vehicle, only one rear wheel was driven by a D.C. geared motor of 150 watts. Four photovoltaic panels were mounted to generate totally 176 watts electric power. If the weather would be fine, there must be a good balance between generation and consumption of electricity. To assure driving this vehicle without sun shine, about 1.2 kWh batteries were equipped.

In the '93 W.S.R.J., our vehicle ran totally about 35 km, and was ranked as 49.

1. はじめに (チーム結成まで)

以下の会話は、1992年10月某日、高専祭が終わり、ほとんどの学生が帰ったのにも関わらず、帰りそびれてしまった好奇心旺盛な(?)ある2人の学生のものである。つけ加えておくと、会話はどちらが先ということなく、ごく自然に始まった。

A「来年の夏に大潟村でソーラーカーの大会があるらしいよ！」

B「うちでも誰かやる人いるのかなあ？」

A「でも、秋田大学はもちろん、秋田工業高校も出場するというウワサだよ！」

B「高校が出るなら、高専も出なければ恥ずかしいよなあ」

A「うん。でも、ものすごくお金がかかるらしいよ！」

B「こういう相談のために先生っているんでないかい？」

A「とりあえず、先生方のところをまわって相談してみようか？」

B「そうだな！早速、明日からはじめよう！」

A「でも、他にやる人いるのかなあ？」

B「集めればいいじゃないか！」

A「そうだね！」

その後、彼らを中心に「ソーラーカー研究会」の

*1秋田高専専攻科 (生産システム工学)

*2秋田大学鉱山学部

*3秋田高専専攻科 (環境システム工学)

*4宮地建設工業株式会社

*5秋田高専機械工学科

*6秋田高専工業化学科

母体ができた。よちよち歩きの研究会には、資料収集やスタッフ募集など、すぐ着手すべき事も多かったが、知識はもちろん、コンセプトも何もない状態だったので、手探りで活動をせざるをえなかった。なお、この時点ではグループの名称を「太陽エネルギー研究会」とする予定であったが、あくまでも「ソーラーカー」をつくる団体なのでストレートなネーミングにしようと、この名称の寿命は数日間という短さだった。もしかしたら将来、クルマ以外の分野にも目を向けるようになった時、改名する可能性はある。

2. ソーラーカー製作の基本コンセプト

我々にとって未知のものであるソーラーカーを、ほとんどゼロの状態から製作するので、基本コンセプトの決定は極めて重要である。この場合、いわゆるレーシングカーをつくるのか、それとも公道を走る自動車のようなものをつくるのか、の選択から始まる。もちろん、競技を強く意識した場合、レーシングカー型の方がよいかもしれないが、数回に及ぶ話し合いの末、後者を選ぶことにした。この理由を要約すると、

- ① 普段、見慣れているので親しみやすい。
- ② 必要以上ともいえる流線形を強烈に嫌っていた。
- ③ 他の団体がほとんどやっていない。

となる。有名なゴキブリ型（最近はマグロ型と呼ばれたりもする）と称される車体は確かに空気抵抗やソーラーパネルの配置面積的にも有利である。しかし、別名「カネ喰い虫（ゴキブリ?）」と一部でささやかれているように、ソーラーカー自体が新しいもので、各構成要素・素子の単価が高く、この産業に大きなブレイクスルーがない限り「(ある意味での)飽和状態」から脱することはできないだろう。他の形状としては、屋根型と称されるものがある。これは比較的スリムな車体にソーラーパネルの屋根が付くという、ソーラーカーとしては1世代前のデザインだが、このタイプの車両も結構多い。

意外に少ないのが、我々が目指す「通勤カータイプ」で、一般の自動車ではほぼ完成されたといえるデザインにできるだけ近い形のソーラーカーをつくるものである。この型のソーラーカー（電気自動車）は量産こそされていないものの、各社の開発競争はかなり凄まじい。レースやラリーというような競技には向かないかもしれないが、近い将来、最も身近な存在となるだろう。

そこで我々は、公道を走っているようなクルマに、走行のため最低限必要な機構と、最低限必要な枚数のソーラーパネル、および最低限必要な出力のモータを如何にうまく収めるか?に知恵を注ぎ、さらに部品や材料は比較的入手しやすいもので制作しようとしたのである。

3. チームスタイル

コンセプトが具体化すると、競技に対するチームスタイルも見えてくるものである。一般には、チームの姿勢として、以下のように分類される¹⁾。

- ① 総合性能追求型
- ② 電気性能追求型
- ③ 車体性能追求型
- ④ デザイン優先型
- ⑤ エンジョイ型

①はこれまでのところ大企業に多く、人材と開発力を投入して、ひたすら上位を目指すタイプ、②と③は比較的小規模のエンジニアチームが独自の得意技術を活かすタイプ、そして④は機構や電気系よりも車体のデザインに凝るタイプである。最後の⑤は、まさに我々の目指すスタイルであり、クルマづくりを通して友好を深め、参加すること自体をエンジョイするタイプである。したがって、「自由に楽しくこー!」というスタイルを保ちつつ、製作はもちろん、部品の選定、発注や購入においても「参加している学生を主体にする」という原則を貫くのである。

4. 旗揚げと設計

基本コンセプトや競技に臨むチームスタイルも具体化し、旗揚げの時を迎えることができた。校内に掲示したポスターの効果なのか、それとも予め呼んでおいた友人のおかげなのか、旗揚げ会ともいえる説明会は予想以上の盛況ぶりだった。やはり、「ソーラーカー」というものが一体何者なのか判らないらしく、日射量のデータや、過去のレースに出場したソーラーカー、ソーラーパネルの仕様などが紹介されると、参加者は食い入るようにみている。

「判らない」というよりは「珍しい」といった方が適切らしい。

参加者の傾向としては、低学年が比較的多かったが、現在まで長続きしている人がいないことから、「何かやりたいが、自分には無理」と決め付けてしまう人が多いようである。逆に高学年は、「自分には

’93 ワールド・ソーラーカー・ラリー・ジャパン・イン・オオガタを目指したソーラーカーの製作

できるが様子を見よう」という人が多いようだった。

これから実際にクルマを製作するのだが、本音を言うと「何から始めたらよいか」がよく判らず、実際にソーラーカーを製作したチームの製作プロセスチャート²⁾を参考にして我々自身のフローを考え、

それに従って活動していくことにした。このフロー(図-1)は4つの大きな段階があり、旗揚げの時点では「企画段階」である基本構想、チーム編成ならびに基本計画は完了したといえるので、次の「設計段階」に移ることにした。しかし、ソーラーカー

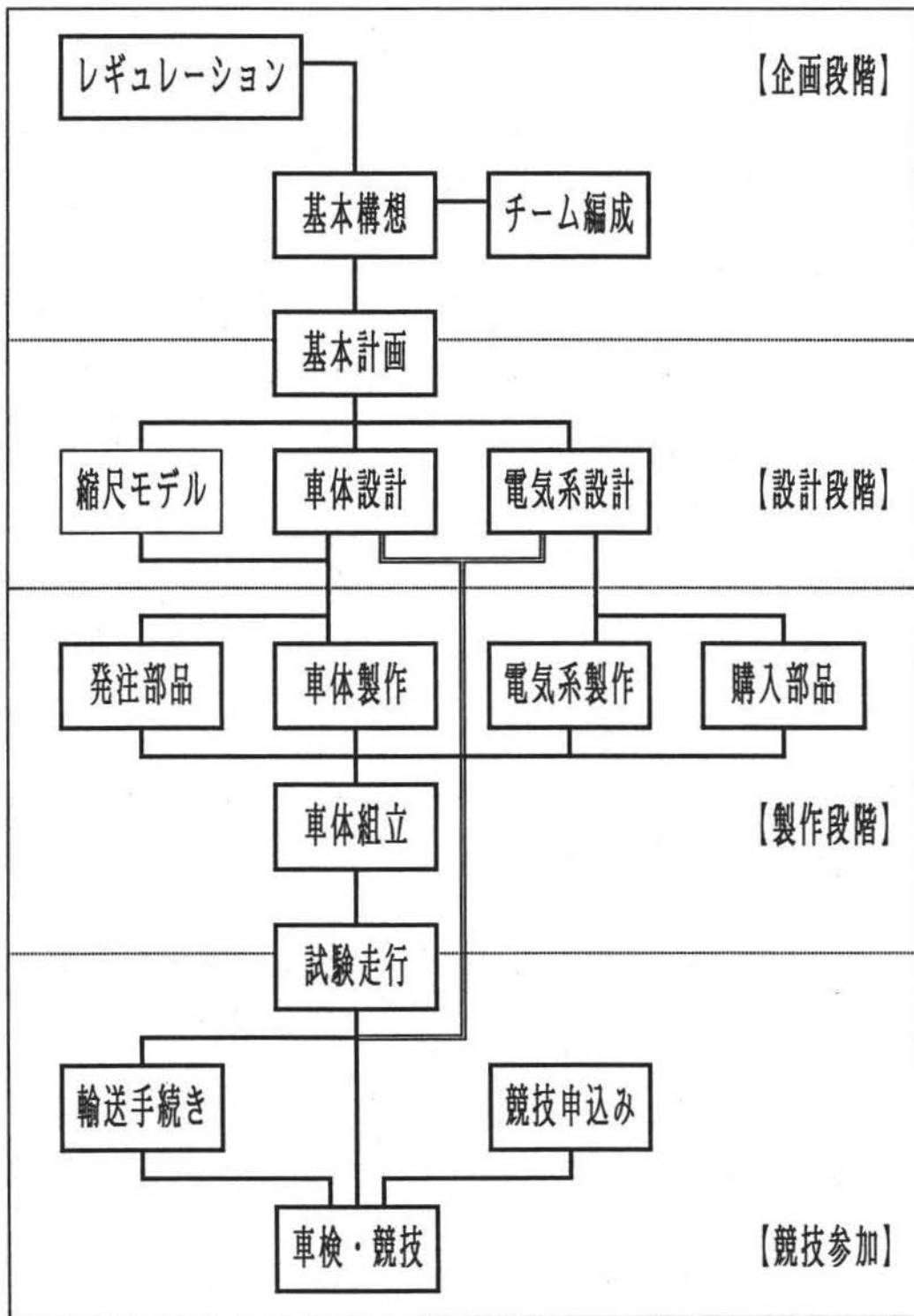


図-1 ソーラーカー製作プロセスチャート。フローは、試験走行後の二重線で示めすターンを除き、上から下へと進む

に関してはもちろん、その基本であるクルマの知識が足りな過ぎるので、しばらくの間は「勉強会」を続けながら、同時に車体のアウトラインを決定していくという方針をとることにした。

ソーラーカーは車体のデザイン以上に各部のレイアウトによってその性能が左右され、特にタイヤのレイアウトは他のレイアウトよりも重要で、最優先されることが多い。タイヤのレイアウトには大別して、

- ① 正4輪車
- ② 前2輪、後1輪の3輪車
- ③ 前1輪、後2輪の3輪車
- ④ サイド1輪の3輪車
- ⑤ ダイヤモンド4輪車
- ⑥ トレーラータイプ

の6タイプがある²⁾。①は日常、最も多く見られるタイプで、前輪または後輪による両輪駆動のほか、片輪駆動もある。②は最近の主流となった形式で、安定性と転がり抵抗の低減を両立し、駆動系がシンプルにまとめられる利点を持つ。③は昔の3輪自動車に見られた形式であるが、実際にはあまりメリットが感じられないためか、応用例が少ない。④は操舵、駆動の構造がシンプルになるが、サイドの1輪に人間の荷重をかけると非常に不安定なものになってしまう恐れがある。⑤は補助輪付きの2輪車と考えるべきで、応用例は少ない。⑥はジョイント部に工夫が要るものの、各構成要素がシンプルにまとめられ、輸送も楽であるという利点をもつ。

これらを基に、製作車両のデザイン画を描くことにしたが、ほとんどが「非常にカネのかかるデザイン」であった。これは、同時に「つくりにくいデザイン」ということであり、我々の手ではとてもつくれそうにないものばかりだった。そんな中で唯一、ゴルフのカートに酷似した傑作デザインを描いたメンバーがいた。後に彼は活躍することになるのだが、当時は単に「ふざけている」としか思えなかった。完成するクルマが、こんな形になることも知らずに…

5. 製作における種々の問題と解決

車体ばかり考えてもいられず、電気系にも取りかからないと後々キツくなってくるので、とりあえず「車体設計」と「電気系設計」の2グループに分けてみた。車体グループの方は、車体のデザイン画を描いた3名が中心となり車体デザインと縮小サイズ

での試作を担当し、それと並行して車体の骨組みを製作することにした。電気系グループにはそれなりに知識のある面々が固まっていたので、モータ、蓄電池、ソーラーパネルなどの資料収集ならびに基本回路の設計を任せて実験なども行なう予定だったが、実際には全体的に消極的な人が増え始め、予定の半分もできなかった。特に電気系は任された者はもちろん、任せた本人も「一体、何をやるべきか」が判っていないなかったため、当然すぎる結果になってしまったといえる。実際のところ、車体がある程度まで完成していなければ、電気系は何もできないものである。このあたりで日数が不足ぎみになっていたことに気づく。さらに、春季休業と重なり、帰省のため参加人数はほんの数名になってしまった。

時間と人数が限られたというのに、タイヤの固定する方法と操舵方法に良い案が浮かばなかったため、ある程度完成したものを採用の方針をとることになった。ところが、この解釈の違いが、そのまま参加意識の違いとして表面化し、参加者が激減することになった。この事態とは、クルマに関してかなりの知識を持つ、一般には「カーキチ」とも称される面々が使用済のレーシングカーを利用しようとしたのである。確かに見映えや結果は良くなるかもしれないが、あまりクルマに詳しくない人が大半を占める研究会の大半は自由に活動できなくなってしまう。そもそも「秋田高専からソーラーカーを競技に参加させたい」という思いから始まった団体なので、それでも良かったのかもしれないが、初めに決めた基本コンセプトを曲げるようなことはしたくなかったので、別の案を強行裁決したのである。その案というのは、自転車を2台使用して4輪車をつくるというもので、自転車自体は1つの(軽)車両として完成されたものであり、これを利用すれば面白いのではないかと考えた。やはり、自転車を2台固定する方法と操舵方法は良い案が浮かばなかったが、とりあえず木枠をつくり、両側に自転車を固定することにした。自転車を分解してからの固定だったので、作業は比較的順調に進んだ。また、動力伝達系についても模索を始め、「Vベルトとプーリ」や「万能継手・カップリング」といった形式が候補にあがった。しかし、どちらにしろ自転車本体に取りつける場合、多少の距離がつくため難しく、さらに後輪の逆走防止機構を生かしたいことから「チェーン伝動」に変更、というより結局は自転車本来の形式に戻ったということである。ベルトにしる、継手にしろ、最終的にチェーンで伝えることに

なるので、伝達効率の面からみてもモータの出力軸に直に取りつけた方が部品点数も少なくなるし、メンテナンスの面でも重量的な面でも良いのではないかと、この形式に決定し、その日のうちに各部品を発注した。

土台となる形が組みあがり、結構走ってくれそうだったが見映えが決して良いとは言えず、レーシングカー派にテレビで放映されていた秋田大学の車両と比較され、好き放題の不平不満を浴びせられたりもした。彼らの言う通り、完成とまでいかないにしても、ある程度のところまでできあがっていなければならない時期である。しかし、レーシングカーの利用を断念させられた分、自転車案への風当たりも強かったように思える。

結局、春季休業中は座席と足置きの製作と、横揺れの防止対策を施したところで終了した。今後（学校始業後）は時間が限られるので、要領よく作業しないと、日数的にかなり厳しくなりそうであった。

6. 操舵、ブレーキ、および試運転

4月末のエントリー締め切りにひかえ、「ある程度のカタチができていなかったら出場を諦める」という約束はギリギリのところクリアできた。電気系はもちろん、ハンドルもブレーキもないクルマで、日数も不足していたのだが…

ところで、操舵は必ずしも自動車のような丸いハンドル（ステアリングホイール）を握る必要がなく、要するに曲がるところで曲がれば良いので、左右の自転車のハンドル部にリンク機構を用いることにした。特に高速走行は予定しておらず、強度的にも大丈夫と思われたので、そんなに期間は要しなかった。しかし、ブレーキの完成までは数週を費やした。方向指示器などの電装品やモータの制御など、手で行わなければならない操作が多く、どうしても足踏み式にする必要があったのである。ブレーキペダルは比較的簡単に製作できたが、ワイヤーの固定が予想以上に難しく、片利きにならないように調整するのにかなりの努力を必要とした。

こうして、クルマとして走るのに最低限必要な機構が備わり、試運転を行なうことになった。このクルマは、まだソーラーカーではなくバッテリーカーの状態であったが、問題はモータが回ってくれるか？走ってくれるか？であった。試運転では、始動時のトルク不足で走れないのではないかと、という予想と反して微かながらも加速を続け、設定速度を越

えたあたりでモータを停止させた。周囲から見た車体は大きな車イスのようだったが、とりあえずは成功である。

しかし、問題点はその後に現われ始めた。ハンドル部の固定方法や車体の剛性、ブレーキといったところに改良が必要となった。ハンドル部は走行により受ける力が大きく、ドライバーが踏ん張るたびにボルト締めした部分が緩んでしまうのである。

車体の剛性については木枠への固定箇所を2箇所増やすことで改善できた。ブレーキは最後まででこずった部分であったが、やはり制動力が弱く、感度も悪いのでワイヤーの張り具合を再調整しなければならなかった。

さらに、蓄電池の搭載箇所の再検討も必要となったが、これはソーラーパネルの増量によるもので、日数不足とはいえ嬉しい設計変更である。電気系は未だ不完全な箇所が多かったが、その中でも警告器は強烈な電磁ホーンを採用することにした。これだけは他のチームに負けない！というくらいの警笛（騒音と言うべきか）であった。

7. 取材と再試走

競技を間近にひかえ、テレビや新聞でソーラーカーの話題がひっきりなしに伝えられるようになった。

そんな中、ついに我が秋田高専ソーラーカー研究会も新聞社の取材を受けることになったのである。来校した記者は、秋田大学と秋田工業高校と秋田高専の3校の取材を担当していたらしく、その質問はかなり鋭いものだった。この取材に間に合わせたわけではなかったが、塗装作業を重点的に行なった後だったので、デザインはともかくとして、かなり良い配色のクルマに変身していた。この記者に、「他のチームとは全く違ったコンセプトの車両」と言われた時は、誉められたのかけなされたのか判らなかったが、「いちばん学生らしく、いきいきしている」と評価してもらったのは、最高の誉め言葉だったように感じた。

この時点でも細かい設計変更が必要だったが、残り時間がほとんどなかったのでシンプルかつ無難な方法で切り抜け、細かい車両規定をクリアできているか再点検を行なってみた。サイドミラーや消火器など、搭載品の用意とソーラーパネルの接続が残されており、未だバッテリーカーのままであったが、ここで2度目の試運転を行なってみた。前回の試運

転から2ヶ月も経っていたが、今回は車体の出来具合に自信があったので、テストコースも長めにとってみた。スタート時の加速も良好で、前回よりも良い結果が得られた。しかし、電流の抑制が足りなかったようで、モータがかなりの熱を発生しており、他の部分に悪影響が及ばないように、抵抗値など電気系統の改良を行なわなければならなかった。

また、ブレーキランプの配線ミスにより使用したダイオードを壊してしまっていたが、本番前にチェックできて良かったと思う。晴天下では方向指示器やブレーキランプの点灯が確認しにくかったので、信号機のようなフードをつけ加えた。

こうして、残された作業も終え、いよいよ大潟村に向かうだけとなった。このクルマに登録名を改変した「Woody」という名前を付けたのもこの頃であった。表-1~3にウッドイーの諸元を示す。

8. 大潟村での1週間

競技自体は3日間であるが、その前に車検などがあるため大潟村に滞在する期間は1週間にも及ぶ。

始めのうちは雨に祟られ、窮屈なピット内で車検をしたこともあったが、その後は快晴でスケジュールの大幅な変更もなく進行した。1次車検は難なくパスできたが、翌日の2次車検が問題で、1cmの余裕しかない車高と35度の横方向傾斜で引っ掛かったらどうしようか?などと考えたりもしたが、ギリギリのところをパス!めでたく「車検合格証」を獲得したのである。

滞在3日目、初日スタートの順番を決めるタイムトライアルだが、この日は走れても走れなくても競技には参加できるので比較的楽な気持ちで臨んだところ、43番グリッドからのスタートとなった。全体から見れば嘘でも「良い」とは言えないが、初参加にしてはまずまずの成績であろう。

滞在4日目、曇り空の下で開会式が行なわれた。競技役員に不手際があったが、愛車ウッドイーは順調に速度を上げ、視界から消えていった。しかし、この日はなかなか太陽が顔を見せず、12kmほど進んだ地点でドライバーからの連絡があった。バッテリー切れは予想していたが、こんなに早く切れるとは思わなかった。その後、彼は30km以上を押してゴール!なんと、6時間50分もかけて1周したのである。この努力は翌日の新聞に掲載され、順位の方も、この貴重な1周のおかげで下がらずに済んだのである。

表-1 車両の寸法、重量、その他

全長	1860mm
全幅	1220mm
全高	1590mm
車輪数	4輪
車両重量	170kg
乗員数	1名

表-2 ボディとシャーシ、タイヤとホイール、ブレーキの仕様

ボディ(構造材質等)	スチールパイプ	
シャーシ(構造材質等)	木材	
タイヤ	23.5inch	
ホイール	同上	
ブレーキ	メイン	ドラム式
	サイド	メイン兼用

表-3 動力系の仕様

太陽電池	タイプ	SSP-40
	メーカー	MSK
	総出力	176W
モーター	タイプ	DCモータ
	メーカー	三菱
	定格	150W
	最大出力	500W
	重量	8.6kg
	制御方式	分巻界磁制御
メインバッテリー	形式	鉛A212-24
	メーカー	ゾネンシャイン
	容量	1.152kWh
駆動形式	チェーン伝動	

競技2日目は前日に使い果たしたバッテリーを充電して、最終日に臨んだ。ソーラーパネルは表面温度の上昇によって発電効率が低下するため、霧吹きを使って熱を逃がして発電効率の低下を防いだ。し

かし、順位は48位に低下してしまった。

いよいよ最終日である。コンディションは初日以上に良く、1周目のタイムによっては、2周目も考えるつもりだった。ところが、初日より早くドライバーからの連絡が入った。リレーが壊れてしまったのである。しかし、バッテリーはフル充電なので、リレーに任せていたモータの制御をドライバーにやってもらうことにした。名付けて人間チョッパー方式である。この方式ではドライバーの体力の消耗が激しく、また、バッテリーの消耗も激しい。ただ、走行中にもソーラーパネルから充電されるため、天候の状態が急変せず、ドライバーにも余裕が感じられたので1周してピットに帰って来ることを信じていた。事実、その後しばらくは順調に走っていたが、約20 km 地点の直線を前に、この日2度目のアクシデントが発生した。今度はモータが変な音を立て、しかも非常に熱くなってしまっていたのである。しばらく空冷した後再起動しようとしたが起動してくれず、この日も車両を押す羽目になってしまった。初日とは違い、バッテリーに余裕があっただけ余計に残念な事態である。

その後、連絡さえつかない状態になり心配したが、ゴールゲートの向こう側にあの車を押すドライバーが見えた時、ピットクルーの誰もが安堵した。

いよいよゴールゲートを通過！という時には、ドライバーの顔に余裕などなく、できることならコースに踊り出てクルマよりも彼を押してやりたい気持ちだった。時間的にも体力的にもギリギリのところでのゴールであった。この努力により公式記録は2周であるが、実際に乗車して走行した距離の合計は約35 km、つまり1周した計算になる。図-2は、ゴール後に撮った愛車ウッドイーとチームの写真であ



図-2 '93 W.S.R.J. in Ogata のピット57の前にて

る。この日は、最終順位の判定が遅れていたため結果が判らぬまま、大潟村を後にした。

9. おわりに (初年度の反省と今後の希望)

はじめは「1回限り」のグループとしてソーラーカー製作に取り組んだが、反省会の席で出た言葉は「来年も参加したい！」であった。特に、この大会以降のことは考えていなかったが、「すごいことを始めてしまった」というのが、この時の正直な気持ちである。

次の大会に向けて製作する新しいクルマは、蓄電池やシートの位置を工夫して重心を低くして、車幅を広くとって安定性を良くする必要がある。また、問題の電気系であるが、やはり安定したモータ制御が必要である。さらに、モータの出力を大きいものにしたたり、ソーラーパネルや蓄電池を増やしたりと、もう少し余裕も必要だと思う。

初年度は全くゼロからのスタートだったこともあって要領が悪く、数十名もの大所帯が最終的には6名の学生しか残らなかった。6名という人数はとても動き易かったが、いざという時には、やはりパワー不足であり、活動のやり方を改善しもう少し大勢の学生の参加を促していきたいと思う。また、チームは全学科の学生で構成していたが、今後も特定の学科に偏ることなく、学年も低学年から高学年まで、あくまでも「学生主体を貫き、やってみたいひと」の集団でありたいと思う。

最後に、ソーラーカーの輸送にあたって千葉長一氏には多大のご協力をいただきました。また、計測技研・田代社長のご厚意によりソーラーパネルを寄贈していただきました。製作に当たって、奥山良俊先生、相場真也先生、奈良勝敏氏、杉沢久雄技官など多くの方々から助言や指導をいただきました。記して、厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 江口倫郎, ソーラーカー製作ガイド(1), ソネットシステム, 第48号, 28-34, 1991
- 2) 江口倫郎, ソーラーカー製作ガイド(2), ソネットシステム, 第49号, 41-47, 1991