

第25回宇宙開発委員会(定例会議)

議事次第

1. 日 時 昭和59年10月24日(水)

午後2時~3時

2. 場 所 宇宙開発委員会会議室

3. 議題

(1) 昭和59年度8~9月期における人工衛星及び人工衛星打上

げ用ロケットの打上げ結果の評価に関する審議について

(2) 放送衛星2号-a(BS-2a)中継器に生じた不具合の原因究

明及び対策に関する検討状況について

4. 資料

委25-1 第24回宇宙開発委員会(定例会議)議事要旨(案)

委25-2 昭和59年度8~9月期における人工衛星及び人工衛
星打上げ用ロケットの打上げ結果の評価に関する審議
について(案)

委25-3 放送衛星2号-a(BS-2a)の不具合に関する検討状
況について

委25-1

第24回宇宙開発委員会(定例会議)

議事要旨(案)

1. 日 時 昭和59年10月17日(水) 午後2時~2時15分
2. 場 所 宇宙開発委員会会議室
3. 議 題 M-3SⅡロケット1号機の打上げに係る安全の確保に関する審議について

4. 資 料

- 委24-1 第23回宇宙開発委員会(臨時会議)議事要旨(案)
委24-2 M-3SⅡロケット1号機の打上げに係る安全の確保に関する審議について(案)

5. 出席者

宇宙開発委員会委員長代理

〃 委員

〃 〃

関係省庁職員等

科学技術庁研究調整局長

〃 長官官房審議官

文部省学術国際局審議官

運輸省大臣官房審議官

運輸省海上保安庁総務部長

郵政省通信政策局次長

〃 〃 宇宙通信開発課

建設大臣官房技術審議官

斎藤成文

井上啓次郎

大塚茂

内田勇夫

三浦信

植木浩

(代理:三宅)

大塚秀夫

(代理:大松)

廣瀬好宏

(代理:成瀬)

森本哲夫

(代理:田中)

増田勝彦

杉山好信

(代理:太島)

文部省宇宙科学研究所研究協力課

宇宙開発事業団計画管理部計画第1課

事務局

科学技術庁研究調整局宇宙企画課長

〃 〃 宇宙国際課長

秋元春雄

国井清人

清水眞金

森忠久他

6. 議事

(1) 委員長代理の指名について

内田研究調整局長より、吉識委員長代理が病氣療養中のため、岩動委員長より、臨時に斎藤委員が委員長代理に指名された旨報告が行われた。

(2) 前回議事要旨の確認

第23回宇宙開発委員会(臨時会議)議事要旨案(資料委24-1)が確認された。

(3) M-3SⅡロケット1号機の打上げに係る安全の確保に関する審議について

事務局より、資料委24-2に基づき説明が行われたのち、第三部会への審議付託が原案どおり決定された。

委25-2

昭和59年度8～9月期における人工衛星及び人工衛星打上げ用ロケットの打上げ結果の評価に関する審議について(案)

昭和59年10月24日

宇宙開発委員会決定

1. 昭和59年度8～9月期において宇宙開発事業団が行ったNロケット13号機(F)(N-IIロケット6号機(F))による静止気象衛星3号(GMS-3)の打上げの結果を評価するために調査審議を行うものとする。
2. このため、評価に必要な技術的事項について、第四部会において調査審議を行うものとする。この調査審議は、昭和59年12月末までに終えることを目途とする。

(参考)

宇宙開発委員会第四部会構成員

昭和59年10月

(50音順)

部会長	佐貫 亦男	日本大学理工学研究所顧問
部会長代理	内田 茂男	名城大学理工学部教授
専門委員	秋葉 鎧二郎 大島 耕一 小林 繁夫 *竹中 幸彦 中込 雪男 長洲 秀夫 林 友直 *船川 謙司 前田 弘 虫明 康人 若井 登	文部省宇宙科学研究所教授 文部省宇宙科学研究所教授 東京大学工学部教授 宇宙開発事業団理事 国際電信電話株式会社常務取締役 科学技術庁航空宇宙技術研究所 科学研究官 文部省宇宙科学研究所教授 宇宙開発事業団理事 京都大学工学部教授 東北工業大学長 郵政省電波研究所長

注) *印の専門委員は、今回の調査審議については、説明者として
参加する。

委25-3

放送衛星2号-a(BS-2a)の不具合に関する検討状況について

昭和59年10月24日

宇宙開発委員会

放送衛星対策特別委員会

標記について、第3回放送衛星対策特別委員会(10月19日開催)において、

放送衛星対策特別委員会技術小委員会より別添のとおりの検討状況の報告を受け、これを了承したので報告する。

放送衛星2号-a (BS-2a) 中継器に生じた不具合の原因究明
及び対策に関する検討状況報告

昭和59年10月19日
放送衛星対策特別委員会技術小委員会

技術小委員会においては、5月24日以降17回にわたり、放送衛星2号-a (BS-2a) の中継器に生じた不具合に関して調査審議を行ってきたが、現在までの検討状況は以下のとおりである。

1. 不具合発生の状況

(1) 中継器A系統

中継器A系統は、軌道上における3月6日の初期起動以来、機能確認試験を行ったところ正常に動作してきた。しかるに、3月23日、機能確認試験のため8時41分に起動した際、起動直後、中継器の動作が停止した。その後61回の起動試験を行った結果、次のことが判明した。

- ① 動作停止は中継器内の高圧電源保護回路が働くために生じるものであり、保護回路の作動によって全停止モード (TWTに供給される高圧電圧及びフィラメント電圧が全て遮断される。) になる。
- ② 起動後、動作停止に至るまでの時間は2~3ミリ秒であり、この間の放送用電波出力が4~8W程度 (正常時100W) である。
- ③ これらの現象は再現性があり、61回の起動試験において毎回同じ現象を示した。

(2) 中継器R系統

中継器R系統は、3月7日の初期起動以来、機能確認試験を経て4月16日から連続運用を行ったところ、正常に動作していた。ところが、5月3日に進行波管 (TWT) 内のヘリックスを流れる電流が増加傾向を示し、10時45分に中継器の動作が停止した。その後19回の起動試験を行った結果、次のことが判明した。

- ① 動作停止は中継器内の高圧電源保護回路が働くために生じるものであり、保護回路の作動によって全停止モードになる場合と待機モード (TWTに供給されるカソード等の高圧電圧は遮断されるが、フィラメント電圧は遮断されない。) になる場合とがある。
 - ② 起動後、動作停止に至るまでの時間は数分~数十分であり、この間の放送用電波出力はほぼ正常値 (100W) である。
 - ③ 起動後、ヘリックス電流が次第に増加する。
- (3) 中継器B系統
- 中継器B系統については、偶発的送信断現象がみられたが、現在も正常に動作している。

2. 原因究明の経過

(1) 地上試験等による不具合解析

BS-2a打上げ前の地上試験データ、打上げ後のテレメトリデータ等のフライトデータ、不具合の状況、地上再現試験等を基に不具合の解析を行い、原因となり得ると考えられる数項目を挙げたが、原因を特定するまでには至らなかった。

さらに原因の究明及び対策の検討を進めるためには、

- ① 真空度及び食時の温度変化について衛星搭載時の条件を模擬した状況下で、長期間にわたってBS-2bの北面パネルを用いて中継器を動作させる試験（長期間熱真空試験）
- ② 保護回路の動作によって送信断となる中継器A系統を保護回路をはずして再起動させる試験及び中継器R系統を低温状態で動作させる試験（軌道上再起動試験）

のデータが有用であると判断した。

(2) 長期熱真空試験の結果

7月2日より8月14日まで、米国GE社において、BS-2bの北面パネルを用いた中継器の長期にわたる熱真空試験を実施した。その結果、中継器の2系統については、起動後は正常に作動したが、起動の最終手順であるアノード0電圧印加前において、本来ヘリックス電流が流れないはずの時に4mA程度のヘリックス電流（通常動作時5~6mA）が流れなる現象が観測された。（以下、これを「ペデスタル現象」と呼ぶ。）

また、中継器の1系統について起動できなくなる現象が生じたが、こ

れは電源のコンデンサの1つが不良品であったことが原因であった。

なお、この熱真空試験状況の詳細は表1のとおりである。

(3) 軌道上再起動試験の結果

8月31日よりBS-2aが食期間に入ったため、この期間を利用してA系統及びR系統の再起動試験を実施した。その結果は次のとおりである。

① A系統

9月6日及び7日にヘリックス#1電流保護回路の機能を解除して起動したところ、中継器は1時間半~2時間にわたって正常に動作した。しかし、その後の再起動試験において、ヘリックス電流に増加傾向がみられ、また、数分程度動作させると保護回路が働いて動作停止が生じるようになった。

② R系統

9月12日及び13日に試験を行ったが、5月の不具合発生時と同様にヘリックス電流に急激な増加傾向がみられた。

なお、再起動試験の状況の詳細は、表2のとおりである。

- ④ 上記の試験結果を基に、9月末、米国GE社に関係者が集まって検討を行った。技術小委員会はその報告をうけた上、その詳細について審議を行った。

* アノード：陽極

3. ベデスター現象について

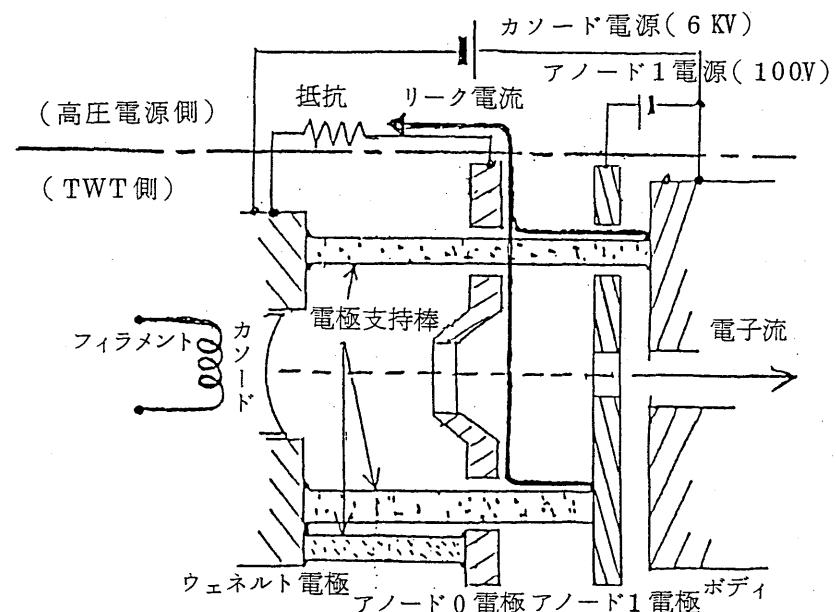
軌道上のBS-2aのA系統及びR系統並びに熱真空試験を行った中継器のB系統及びR系統には、それぞれベデスター現象が発生している。熱真空試験に用いた中継器のB系統及びR系統について、熱真空試験後、各TWT電子銃の各電極間の絶縁状態を試験したところ、アノード0～アノード1間に高圧印加時にリーク電流が流れ、また、その特性は電界放出（フィールドエミッション）の特性を示した。

のことから、ベデスター現象が生じるメカニズムは、次のとおりと推定される。（右図参照）

- (1) TWTの電子銃部外壁の温度は、真空中で動作させると、大気中で動作させる場合に比べて高くなる。（約25度上昇）
- (2) このため、ウェネルト、アノード0等の電極の温度が上昇し、カソードから蒸発したバリウムが、いったんはこれらの電極に付着するが、再蒸発して絶縁物である電極支持棒の表面に島状に付着する。
- (3) アノード0～アノード1電極間に、起動時6kVの電圧がかかるため、アノード0電極から電界放出（フィールドエミッション）により放出される電子が、島状に付着したバリウムを通じて、あるいは、直接アノード1電極へ流れりリーク電流を形成する。なお同様の現象が、アノード0電極とボディ間にも、わずかながら発生している可能性がある。
- (4) この結果、アノード0電極にリーク電流による電圧が発生して、アノード0電圧印加前においても、カソードから電子ビームが流れ、ヘリッ

クス電流が観測される。

(5) ベデスター現象の発生は、上記の事項が主な原因であると考えられるが、これに加えて食後の運用によるコレクタ温度の急激な変化が関与している可能性も否定できない。



TWT の電子銃部概念図

* カソード：陰極

4. BS-2a 中継器に生じた不具合の原因

(1) 中継器A系統

中継器A系統の不具合の原因は、次のとおりと推定される。

- ① 起動時にペデスタル現象による、ヘリックス電流がヘリックス#1電流保護回路に入るために保護回路の動作マージンが、減少する。
- ② アノード0電圧印加後、正規のヘリックス電流が流れるが、その立ち上りの電流が保護回路のマージンを超えるため、保護回路が作動する。
なお、打上げ前の試験結果からみて、A系統の動作マージンは他の系統に比べて少いことからA系統のみ保護回路が働くものと考えられる。

以上のことと鑑み、ヘリックス#1電流保護回路の機能を解除して再起動試験を行ったところ、正常に立ち上がったが、その後ヘリックス電流に増加傾向が見られるようになった。この傾向の今後の推移については、引き続き試験等を行って検討していく必要がある。

(2) 中継器R系統

中継器R系統の不具合の原因は、次のとおりと推定される。

- ① テレメトリーデータ等の解析でTWTのカソード～ボディ間に導電性のリークが存在すると考えられることから、TWT内の電極支持棒にバリウムが薄膜状に付着していると推定される。
- ② このため、薄膜状のバリウムを流れるリーク電流がヘリックス電流検出回路に流入し、見かけ上のヘリックス電流が増大する。また、リーク電流によって薄膜状のバリウムの温度が上昇し、負の抵抗温度係数のため、さらにリーク電流が増大する。
- ③ この過程で電極支持棒の温度が上昇し、ガスが放出されて電子ビー

ムのディフォーカス又は放電を生じ、保護回路が作動する。

5. 偶発的送信断現象について

BS-2 に使用している TWT に共通な現象として、動作中に突然放電等が生じ保護回路が作動するが短時間に正常状態に回復可能な現象が見られ、特に、食明け時の温度が急激に変化する状況での起動時には、しばしば起こっている。

この現象の発生原因としては、次のものが考えられる。

- (1) コレクタの絶縁体の表面に電荷が蓄積することによって生じる放電
- (2) 低温時、コレクタ材に吸着されたガスが、温度の急激な上昇により放出されることによって生じる放電
- (3) 食時の温度変化によりコレクタ電極（カーボン）と支持機構との間に摩擦が生じてカーボン粒子が発生し、この粒子とビームとの衝突によるビームディフォーカス
- (4) TWT内の残留ガスによるビームディフォーカス

この様な現象が何らかの故障に連がる可能性は皆無であるとは言えないが、これまでのところ同様の現象を数多く経験した TWTにおいても、その特性の劣化は認められていない。

*SSO (Spurious Switch Off)

6. 必要と考えられる対策

以上の解析の結果より、BS-2 に使用している TWT を継続使用する場合、現時点では、以下の対策が有効と考えられる。

- (1) 軌道上の BS-2a の中継器 A 系統及び R 系統に生じた不具合の主たる原因是、TWT の電子銃部の電極支持棒にバリウムが付着し、絶縁劣化を生じたことによるものと推定されるが、バリウムの付着については、宇宙環境下における TWT の温度条件が密接に係っているものと考えられる。

また、国内において実施している BS-2 用 TWT の長期運用試験においては不具合の発生はなく、長期（約 1 万時間）にわたって正常に動作していることから、長期運用試験での TWT の温度環境（大気中）にできるだけ近い温度環境を宇宙環境下で作り出して、TWT を運用することが重要であると考えられる。このため、次の対策が有効であると考えられる。

- ① フィラメント電圧を下げる等により、電子銃周辺の温度を適正に保つこと。
 - ② 国内における TWT の単体試験及び熱真空試験の際にペデスタル現象が生じた TWT についての各種試験を行い、上記対策の妥当性の確認に努める。
 - ③ ペデスタル現象が生じていない TWT に、①の対策を施して熱真空試験を 2 か月程度実施し、中継器がペデスタル現象のような異常を生ぜず正常に動作することを確認する。
 - ④ 中継器の熱設計について十分に検討すること。
- (2) 当初 A 系統に生じた起動時に保護回路が作動する現象については、ヘ

リックス井1電流保護回路の機能を解除することで起動できたことから、
保護回路の動作条件等について検討し、必要な改良を加える。

(3) 放送中断が生じた場合、速やかに再起動ができるように、各保護回路
が作動した時、待機モード（フィラメントの電源は断とならず、すぐに
起動できるモード）になるよう改める。

これらの対策は当面成し得る可能な限りの改善策であり、上記の対策を
施した上で、(1)③の熱真空試験を実施し、その結果が良好な場合には、
BS-2aで生じた不具合を防止する対策として有効であると考えられる。

表 1 BS-2bの北面パネルを用いた中継器の熱真空試験結果 (7月2日より8月14日まで)

	熱 真 空 試 験 状 況	大 気 戻 し 後 の 試 験 結 果	不 具 合 原 因
A 系 統	<ul style="list-style-type: none"> 試験開始後12サイクル目から保護回路が働いて動作停止現象が多発し、その後起動不能となり、14サイクル目以降試験中断。 <p>(1日に1サイクルの温度変化)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 高圧電源部のコンデンサ故障。 電源モジュールを交換し、試験の結果、TWTには異常なし。 	<ul style="list-style-type: none"> コンデンサの分解調査の結果、正常のものと比較して電極の位置がずれており、原因はこのコンデンサの不良によるものであった。
B 系 統	<ul style="list-style-type: none"> 8月14日まで中継器は全40サイクル起動後は正常に動作したが、9サイクル目の起動時からアノード0電圧印加前にヘリックス電流が流れる現象（ペデスタル現象）観測。 	<ul style="list-style-type: none"> 高圧印加時にアノード0～アノード1電極間にリーク電流が流れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 起動過程で本来電圧のかからないアノード0電極に、アノード1電極からのリーク電流によって生じる電圧がかかり、カソードから電子ビームを誘発するためにヘリックス電流が流れれる。
R 系 統	<ul style="list-style-type: none"> 8月14日まで中継器は全33サイクル起動後は正常に動作したが、27サイクル目からペデスタル現象観測。 <p>励振時低温での起動が出来ない現象があったが、これはTWTのヘリックス電流の温度特性及び保護回路のマージン不足によるものであった。</p>	同 上	同 上

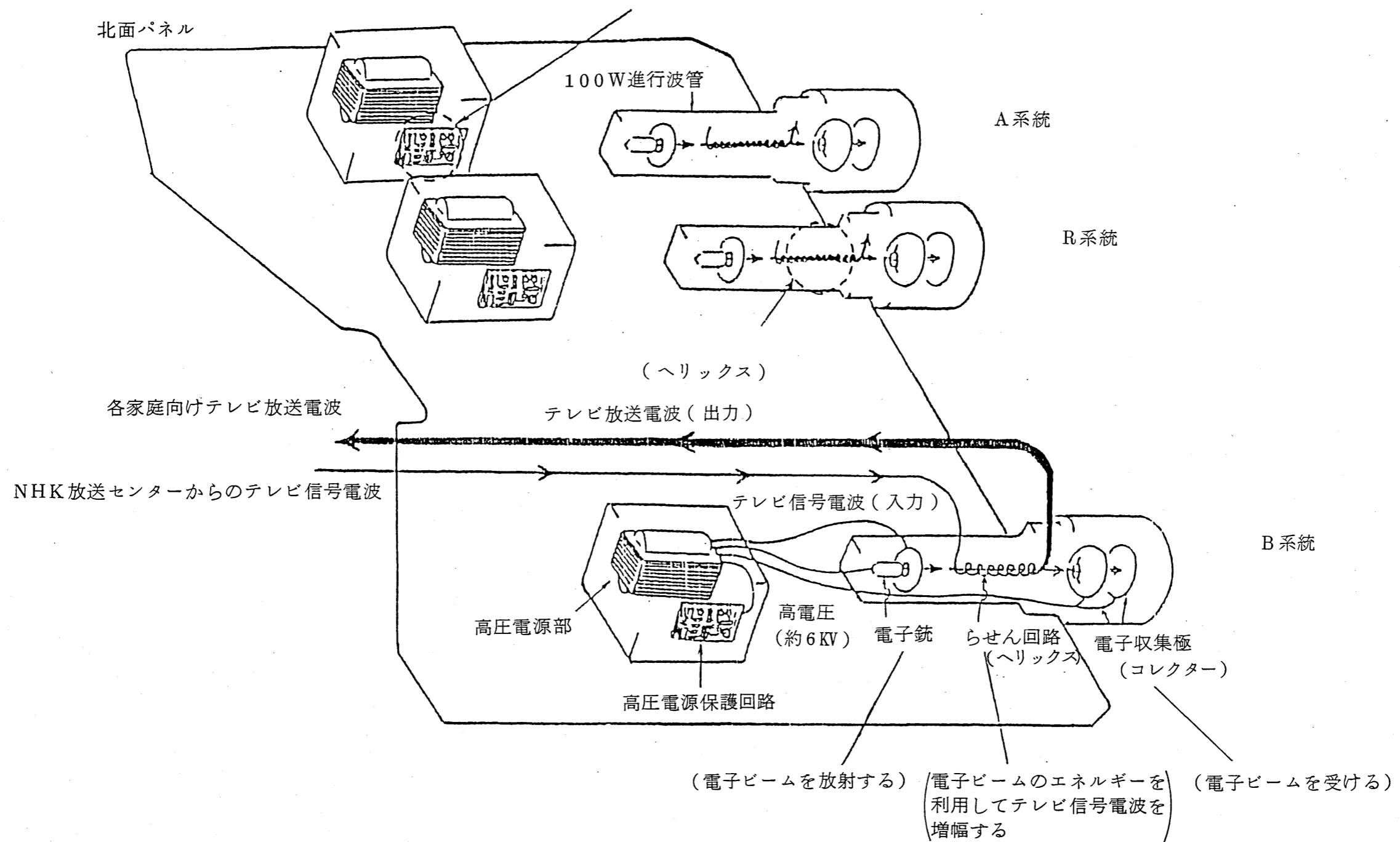
表 2 軌道上の B S - 2 a の不具合発生状況及び再起動試験状況

	不具合発生状況	再起動試験状況
A 系統	<ul style="list-style-type: none"> 機能確認試験中の3月23日に不具合発生。 起動後2~3ミリ秒後に保護回路が働いて動作停止。 61回の起動試験で毎回同じ現象。 	<ul style="list-style-type: none"> 9月6, 7日ヘリックス1電流保護回路の機能を解除して起動（起動後保護回路復帰），約1時間半から2時間正常に動作。 9月11, 12日同様に起動，ヘリックス電流が増加傾向を示し，保護回路等により動作停止。 10月12日，13回起動し，短時間作動したが，保護回路が作動し，動作停止。 各起動時のアノード0電圧印加前に，本来流れることのないヘリックス電流観測。（ペデスタル現象）（10月12日の試験では観測されない場合もあった。）
B 系統	* 試験放送実施中	
R 系統	<ul style="list-style-type: none"> 連続運用試験中の5月3日に不具合発生。 起動後ヘリックス電流が増加する。また，数分~数十分後に保護回路が働いて動作停止。 19回の起動試験でほぼ同じ現象。 	<ul style="list-style-type: none"> 9月12, 13日に通常の温度下及び低温環境下で起動を行ったが，5月の不具合発生時とほぼ同じ状況。 各起動時，A系統と同様にペデスタル現象観測。

* 9月28日保護回路が作動，35分間放送開始が遅れた。

10月6日保護回路が作動，10分間放送が中断した。

参考1 放送衛星2号-a 中継器概念図



参考 2 BS-2a 放送用中継器進行波管増幅器概念図

