

ガイドブック

JSAL-G-K003 issue 1
2005.11.01
(2005.06.15 暫定発行)

背風時のウィンチ曳航について

日本学生航空連盟 関東支部運営委員会
制作：相島正敏

このガイドブックはウィンチ曳航のルールをヒューマンファクターズ活動で言うところの CRM(Crew Resource Management)の観点から考察し、作成した。

エアラインでは、機長 / 副機長などの役割やコミュニケーションについてのマネージメントが主体である。

グライダーのウィンチ曳航においては、ウィンチはいわば(動力航空機の)エンジンであり、ウィンチマンは機長あるいは副機長の役割を持っている。そうしたことから、まず運航参加人員の全ての間の CRM(別途制定)を検討し、このガイドブックでは背風時におけるルールに絞った。

さらに、ウィンチ曳航全体および航空機曳航訓練全体のガイドブックを作成する必要があるが、CRMの考え方を取り入れることが望ましい。今後の課題としたい。

このガイドブックに記載されたルールは BGA(英国グライダー協会)*1のものを参考にした。すなわち 4.1 項の(3)の誰でも発航中止の意志表示ができることなどである。

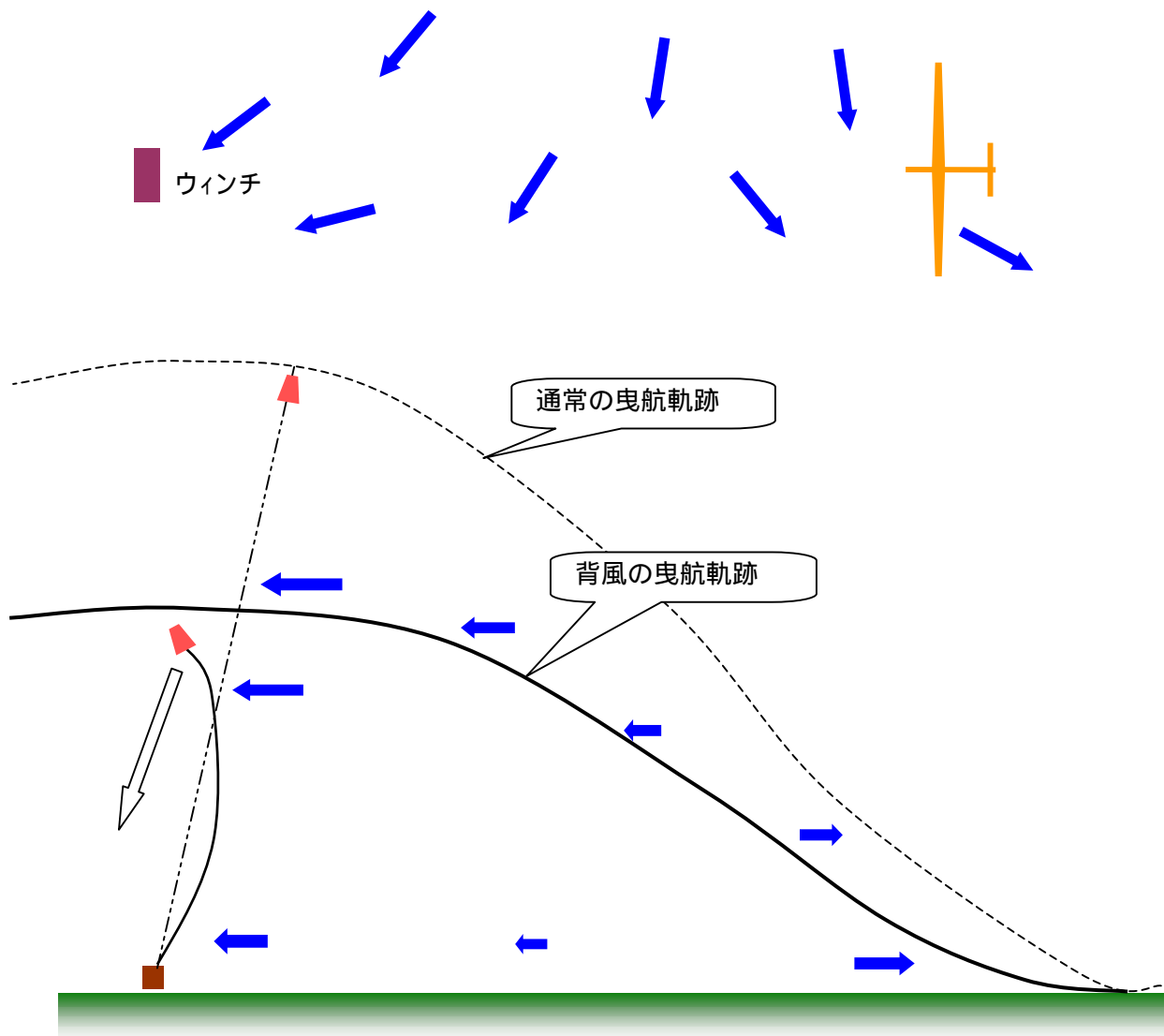
*1: BGA はグライダーに関する機体の耐空性、技能認定などのすべての権限を CAA(英国民間航空局)から委任されている民間組織である。

1. 背風に対する考え方

まず下記のような風の状況について認識する。

- 1) はっきりした背風： 滑走路、飛行区域全体が離陸方向に対し追い風。風向がほぼ一定。風速は風の勾配 (Wind gradient) により上空の方が強いことが多い。
- 2) はっきりしない風： 例えば風の変わり目や、近くにサーマルが発生した時などは風向、風速が一定しない。“風がまわっている”状況。発航地点とウィンチ側で風向が異なることもしばしばある。さらに地上付近と上空では風の勾配 (Wind gradient) により、上空のほうが背風が強いこともある。逆に上空は向かい風、地上付近は背風ということもあり、風向、風速の見極めは難しい。(下図参照)
- 3) 急激な風向変化後の背風： 前線通過時などは上記のような“はっきりしない風”の後、急激に強い背風になることがある。

2)の例



2. 背風が曳航におよぼす影響（ある程度はっきりした背風を想定）

ステージ	航空機曳航	ウィンチ曳航
地上滑走中	<p>滑走開始直後は追い風を受けるため、エルロン（エレベータ、ラダーも）は逆に効いたり効きが悪い。そのため主翼が十分な向かい風を受けるまで翼端保持者がささえないと翼端を地面に打ち付けることがある。</p>	<p>左記と同様、ただし加速は航空機曳航より早いので、時間的には早く左記の状況から脱する。</p>
離陸および直後	<p>グライダーは通常の姿勢で離陸する限り、十分な対気速度に達してから離陸する、また離陸後の加速は風向の影響はあまり受けないので、すぐに正常な曳航速度に達する。</p>	<p>背風の影響で離陸滑走距離が長引く。意図的に通常より、機首をあげた姿勢で離陸させてしまうことがある。その場合、離陸時の対気速度は遅い、つまり迎え角は大きい。</p> <p>離陸直後は背風中を少しずつ上昇するが、風の勾配の影響で加速は悪く正常な対気速度に達しことが多い。</p> <p>機首上げ角は滑らかに増やすべきで、機首を急に押さえたりすると曳航策がたるむこともある。</p> <p>逆に機首上げ角がきついと迎え角が非常に大きくなり対気速度が減少するなど危険な状態になる。</p>
初期上昇	<p>風の勾配が著しい場合は十分な速度がすぐに得られない場合もあるが、上昇率はウィンチ曳航に比べ低いのであまりその影響はなく、問題はない。</p>	<p>ウィンチドラム（エンジン）の回転数には限界があり、多くの場合ウィンチをフルスロットルにしても十分な対気速度が得られない。</p> <p>風の勾配による影響は航空機曳航の場合より大きく、十分な増速は望めない。</p>
上昇中盤～離脱	<p>曳航方向を自由に変更できるので、風向きと対気速度はほとんど無関係で正常な曳航が行われる。</p>	<p>ウィンチは固定されており、回転数の限界でも十分な速度が得られず、上昇率も低い。対地的な前進速度は背風に押されて速いので、ウィンチの上空に早く達し離脱高度は十分にとれない。</p> <p>曳航策がウィンチに落下する恐れも多い。</p>
まとめ	<p>離陸時の翼端落下に注意し、また高度が十分に上がる前に滑走路端に到達するので、障害物に注意すれば特に問題はない。</p>	<p>離陸から離脱まで全ての段階において、速度不足つまり大きな迎え角で飛行せざるを得なくなり、極端な場合、失速、翼端失速、スピンの危険性が曳航の最後までつきまとう。</p>

3. ウィンチ曳航の限界

3.1 多くのウィンチの性能と設定は次のようになっている。

- 1) 曳航開始後、無風でもすみやかに適切な曳航速度（100km/h あるいは 110km/h）に達すること。多くの場合これはフルスロットルかそれに近い状態で得られる、つまりエンジン回転数はほぼ許容最大回転数（最高出力に近い）になる。この段階での索の巻き取り速度は無風の場合、対気速度と等しい。
- 2) 上昇中は飛行経路と索の間には角度がつき索の巻き取り速度はグライダーの速度より遅くなるのでエンジン回転数は下げる。向かい風が強いほど回転を下げなければならない、しかし最大トルクの回転数以下に下げなければならない場合、エンジンには負担がかかる。（向かい風の限界がここにある）

3.2 ディーゼルエンジンの学連 4 連ウィンチとガソリンエンジンの TOST ウィンチの性能を比較すると参考資料 1 のようになる。この表 2 で判るように例えば学連 4 連ウィンチでは無風時には 103km/h の初期速度が得られるが背風が 3m/s 吹くと対気速度は 92km/h に下がる。大雑把な目安として 100km/h を約 30m/s とみなし、3m/s の背風では初期速度が 10%下がると考えて良い。

3.3 背風発航の限界

ウィンチのエンジン出力が大きければ背風が強くても十分な速度で曳航できるわけではなく、エンジン出力は曳航できるグライダーの大きさ（重さ）にかかわるだけである。背風に対する“強さ”はエンジン回転のレッドゾーンまでどの位余裕があるかであるが、ほとんどのウィンチはその最大出力を発揮するために無風時に最大出力が得られる回転数（つまりレッドゾーンに近い）で曳航初期の必要速度が出るように設計されている。つまり背風に対する余裕はない。中には回転数に余裕を持たせて背風にも対応できるように設計されたウィンチもあると思われるが、一般的ではない。結論として、どのウィンチでも背風が 3m/s では発航限界を超えているとみなすべきである。実際には風の回っている状態での風速の判定は難しく、風の勾配も考慮すると地上付近では、やはり 2m/s 程度以上の背風を感じたら発航を控えるのが妥当である。（3.4.3 項参照）

3.4 背風時の発航の判断

3.4.1 航空機曳航の場合

曳航機が（曳航パイロットの意志で）滑走路に出れば、それは曳航する準備ができていると言うことで、グライダーの機長も自らの判断で発航準備をする。もし曳航パイロットが背風が強すぎて不安を感じれば滑走路に出ないか無線で意志表示をすることが出来る。

3.4.2 ウィンチ曳航の場合（現状あるいは過去）

発航するかどうかの判断は機長が行う。このこと自体には基本的には問題ないが実際には次のようなことが発生し得た。（参考資料 2 のインシデント情報参照）

- 1) 機長が発航の判断をしたあと、グライダーに乗り込みキャノピーを閉め出発を待つ間に背風が強くなるのがよくある。機長がこのことに気づかないと、ピストが発航に無理であることを機長に進言しない限り、発航をしてしまうことがある。
- 2) またウィンチ側でピストより強い背風が吹いていて、ウィンチマンがそれをピストに報告しても、コミュニケーションが悪いと機長あるいはピストの判断だけで発航の指示がでてしまう。過去にそれがもとでいくつかのインシデントがあった。

3.4.3 ウィンチ曳航の場合（今後）

地上での背風が2 m/s 程度以上をこえると判断できる場合には発航しない、風速は平均風速をとるのかガストなのか、また測定器あるいは吹流しで判断する場合、地上何 m で測るかによって微妙な判断の相違がある。従って何 m/s 以上は禁止というような単純な取り決めではなく、前述したように2m/s 程度以上の背風を感じたら発航を控えるのが妥当である。

4 項で記述するように運航に参加する人員すべてに安全確保の努力義務がある。風向風速の変化については発航地点から1 km も離れたウィンチマンにもその確認義務があり、発航準備の合図があった場合でも、それに同意しないことが出来る。具体的な発航手順を4項に示す。

4 発航の手順

4.1 基本

“グライダーのウィンチ曳航オペレーションにおける CRM - ガイドブック（仮称）”に基づき運航する。要約すると：

- 1) 指導員、機長、ピスト、ウィンチマン、ラインボーイ（翼端保持者、曳航索装着者）それぞれの役割、責任権限の範囲が定められている。
- 2) 運航参加人員すべてに安全確保の努力義務があり、ルール遵守を原則とするが安全確保上必要と認めた場合にデビエーションが許されることを認識する。
- 3) 運航参加人員すべてに異常発見時あるいは発航に適さないと判断される場合、発航中止の意思表示（またはポジションによっては指示）ができる。具体的には次項参照のこと。
- 4) 第一義的な安全確保の責任は飛行するグライダーの機長にある。

4.2 発航要領

発航そのものの準備ができた段階からの流れは次のとおりである。

機長：

「準備よし」=通常、無線は使わない

機体内外の点検、曳航索、滑走路、対空確認、風向風速などの気象条件など安全確認後、グライダー側の準備ができたことの意味表示であり、指示ではない。準備よしの意思表示後の第一義的な安全確保の責任は機長にある。

翼端保持者：

「準備よし」=発声とともに主翼を水平保持

曳航索の装着状況、機体前方、後方、進入機の確認後、機長による発航意思表示を復唱しピストへ伝達。何らかの理由で発航に適さないと判断した場合ピストおよび機長にその旨伝達する。

ピスト：

「ウィンチ、準備よし」(*1) =無線によるウィンチへの伝達と滑空場全体への情報提供も兼ねる

機長および翼端保持者と同様の安全確認後、発航に同意できた場合に送信する。何らかの理由、例えば他機との発航の重複、進入機の確認、風向風速の変化などで同意できない場合はこれを行わず、機長および翼端保持者にその旨伝え、翼端を下げさせる。

ウィンチ：

「ウィンチ準備よし」=無線によるピストへの応答、索を張り合わせることの意味表示

主翼が水平になっていることの確認、ウィンチおよび曳航索の状況、見える範囲内の滑走路および上空の安全確認、風向風速の確認後、発航に同意できた場合に送信。索の張り合わせを開始する。不同意の場合はその旨ピストに送信する。「赤」等短い合図を送った後その理由を伝える。風向風速の変化が理由の場合もこの要領で行う。（4.3 項参照）

(*1)： 「出発用意」の合図は、「準備よし」の中に索張り合わせの意味を含めることで不要となる。「出発用意」はピストからの指示ともとれる曖昧な用語で、ウィンチマンが曳航に同意できないと判断する機会を失わせる恐れがあるのでとりやめる。（航空機曳航ではそうなっている）

- ピスト： 「 出発」 = 無線によるウィンチへの曳航開始のタイミング伝達曳航索の張り合わせおよび発航に支障がないことを確認してから行う。この合図を発するまでは曳航に支障がある場合中断できる。中断の場合速やかに「 赤」によりその意思と理由を伝える。
- ウィンチ： 「 出発」 = 無線による曳航開始の応答
ひとたび「 出発」を応答したらピストから合図がない限り曳航の中断は行わない。ただし突然の状況変化で支障を認めた場合はこの限りではない。例えば滑走路への侵入者の発見がこれにあたる。中断する場合「 赤」を送信し注意を喚起する。しかしながら機体が地上滑走を開始した後の中断はグライダーの破損などの危険があることを承知の上、緊急かつやむを得ない場合に限る。離陸後は少なくとも安全高度に達するまで曳航を中断しないこと。(4.3 項参照)

4.3 背風における曳航の注意事項

風がまわっている状態やピスト交換の前等、背風における曳航を行おうとする場合、下記のことを認識し注意する。

- 1) 背風における曳航の限界を判断する。これは 3.4.3 項の地上付近の風を基準とするばかりでなく、気象条件から推測あるいは測定される上空の風、地形による特性なども考慮して判断することが肝要である。
- 2) ピスト交換で、複数機をフェリーすると決めても、時間の経過と共に風が変化するのが常である。個々のグライダーの発航時点で判断するのが当然で、準備ができて発航を中断することを躊躇しないこと。
- 3) グライダーに乗り込んでキャノピーを閉めた機長が風の変化を知るのは、ピスト付近(または数十メートル離れている)吹流しなどが頼りなので微妙な変化を把握しにくい。これに対してピストまたは翼端保持者は風の変化を「肌で感じる」ことが出来る。ウィンチ側の正確な風の状況はウィンチマンしか知り得ない。
- 4) 急な風の変化で発航に支障があると判断した場合、機長からの「準備よし」の合図の後でもピスト、翼端保持者、ウィンチマンは発航を中止できる。
- 5) ウィンチマンはウィンチの整備状況、日々のウィンチの「調子」を把握している。その状況によっては、あるいはウィンチの状況把握に不安がある場合、ピスト側にテストフライトを積極的に進言すること。そのような場合にはピスト、機長は単独飛行でのテストフライトを行うなどの対応を行うこと。
- 6) 向かい風が徐々に弱くなるか背風の影響で、ウィンチのパワー不足などにより十分な曳航速度が得られない飛行が行われた場合、風が好転しない限り、ウィンチマンはその飛行の次の曳航の取りやめを申し出ることができる。これはピスト交換時にはあり得る処置である。
- 7) ウィンチマンは「出発」の合図を復唱した後は曳航を継続しなければならない。背風や風の変化があっても、ウィンチマンはグライダー側の風を知りえないので、風の変化を理由とする中断はあり得ない。「出発」の復唱後の中断は 4.2 項の の場合に限られる。
- 8) ウィンチマンが背風での曳航に合意し、トラブルが発生したとしても、ウィンチマンには責任を負わせることはできない。あくまでも第一義的な責任は機長にあり、機長は予想できる状況に対応できるように飛行することが出来るし、そのように努力すべきであるからである。

参考事項

- 本文 4.1 項で述べた機長の責任と非常事態におけるデビエーションについては下記 FAR（米国連邦航空法）が根拠である。

FAR Part 91 General Operating and Flight Rules

Subpart A-General Sec. 91.3

Responsibility and authority of the pilot in command.

(a) The pilot in command of an aircraft is directly responsible for, and is the final authority as to, the operation of that aircraft.

(b) In an in-flight emergency requiring immediate action, the pilot in command may deviate from any rule of this part to the extent required to meet that emergency.

(c) Each pilot in command who deviates from a rule under paragraph (b) of this section shall, upon the request of the Administrator, send a written report of that deviation to the Administrator.

翻訳（参考）

a) 航空機の機長は、当該航空機の運航について第一義的な責任ならびに最終的な権限を負う。

b) 飛行中の非常事態において緊急の措置を講ずる必要がある場合、機長は以下に規定するいずれの項目からも、その非常事態の程度、性質に応じて、以下規定するところからのデビエーション（訳注：日本語では通例「逸脱」となるが、この場合は善意に基づくことの意味合いが強い）を行ってもよい。

c) 上記（b）項に定めるデビエーションを行った航空機の機長は、連邦航空庁長官に対し、要求があった場合にはそのデビエーションに関して文書による報告を行わなければならない。

ウィンチの特性と背風発航時における曳航速度の考察

学連 4 連ウィンチと TOST ウィンチを比較した。

表 1 性能比較

項目	学連 4 連	TOST
エンジン	直接噴射式ディーゼル	ガソリン V 型 8 気筒
排気量	13 L	7.4 L
最高出力 / 回転数	199kW(270PS) / 2150rpm	---
最高回転数	2400rpm	4850rpm
最大トルク / 回転数	951N・m (97kg・m) / 1400rpm	---
減速比	2.093 at 2nd	5.974 (*1)
ドラム直径	457mm	700mm
ドラム幅	426mm	235mm

(*1): 曳航開始時の曳航索 2 巻分を加えドラム径 720mm として、下表 (*3)から逆算

表 2 曳航初期の対気速度 (索の巻き取り速度から背風速度を差し引く)

条件	学連 4 連	TOST
無風時	103 km/h at 2400rpm (*2)	110 km/h at 4850rpm (*3)
背風 3m/s	92 km/h (25.6m/s)	99 km/h (27.6m/s)
背風 5m/s	85 km/h (23.6m/s)	92 km/h (25.6m/s)

(*2): 曳航開始時の曳航索 2 巻分を加えドラム径 477mm として計算

(*3): TOST 社データによる

参考資料2 背風が影響したインシデント(アクシデント)事例 - ウィンチ曳航 -

注: この事例集は運航管理の見直しのために、運航ルール WG が収集した情報を元に作成したものであり、個々の事例の追及を目的としない。そのため個々の事例を特定できる情報はなるべく省略した。

場所 / 季節 / グライダー	気象状況	インシデント(アクシデント)内容	トラブルに絡んだと思われる事項
<p>事例 No.1</p> <ul style="list-style-type: none"> 河川敷滑空場 初夏 三田式3型改1b(2名) 	<p>晴天。南風が徐々に弱まり、地上において北風が入り始めた。発航準備中は弱い背風であったが、索張り合わせの瞬間にさっと3~5m/sの背風。アクシデント直後には5~8m/sの北風(背風)、前線の通過。</p>	<p>ピスト交換のためフェリーフライトを準備した。発航のため索が張り合わされた瞬間に、地上の枯れ草が後ろから流された。ピスト付近の人は、はっとしたがすでに出発の合図で地上滑走開始。その直後に翼端を地面に打ちつけ翼端FRPカバーを破損、レリーズし離陸断念。</p>	<p>機長に聞いたところ、本人も急激な風向の変化に気付き、はっとしたが機体が動き出した。翼が傾いたのでエルロンで思い切り修正を試みたが逆に急激に翼端を打ちつけた。機体に対して背中から風を受けている時点での舵(三舵とも)の逆効きであることが判った。</p>
<p>事例 No.2</p> <ul style="list-style-type: none"> 河川敷滑空場 不明 ASK21(2名) 	<p>晴天。向い風で発航していたが、逆風が入り始めた。発航準備中は弱い背風であったが、地上の風は曳航に支障ない程度であった。索張り合わせの頃には背風が強くなり、ウィンチ側では3~5m/sの背風を感じた。曳航中も同様の風であった。</p>	<p>ピスト交換のためのフェリーフライト。曳航中は強い背風のために、常に対気速度が遅く浅い上昇角で曳航を続けた。ウィンチ上空で高度200m程度で離脱。曳航索がウィンチに落下し、ウィンチドラムのクラッチレバーを破損した。ウィンチマンに怪我なし。</p>	<p>発航準備中は(地上においては)問題のない風向、風速であったが、発航開始の直前に背風が強くなった。ウィンチマンはそれを感じ、曳航に適さないと感じたが、すでに出発用意の合図が出されていたので、それを「指示」と受け止め曳航を開始した。曳航中は自分の判断での中断は許されないと思い、索がウィンチにかぶると恐れながらも最後まで曳航した。</p>
<p>事例 No.3</p> <ul style="list-style-type: none"> 河川敷滑空場 夏 ASK13(2名) 	<p>晴天ではあったがR/W上空に雷雲に近い雲があった。直前に雲の吸い上げで上昇している機体があり、その旨無線連絡があった。離陸時の地上の風は向かい風3m/s。</p>	<p>向かい風で順調に曳航上昇し、高度200mで突然何の兆候もなく音が消え失速状態に。機首はすぐ下を向き、索を離脱、高度150mで回復。左右に少しゆれたような感じで落下したが、どちらかに傾いていたらスピンに入った可能性がある。110km/hに増速して小場周に入れるために左旋回。川の上120mで第2旋回に入れたところで再度失速。30m失高で回復したが90mになっていたのともう一度失速する可能性もあったので130km/hでR/Wに向かい逆進入で着陸した。</p>	<p>R/W上空に雷雲(?)があった。一般的な下降気流か、ダウンバーストだったのかは不明。直前に雲の吸い上げで上昇している機体があった。その雲が崩壊する時の影響だったかも知れない。ダウンバーストあるいは雲の崩壊であれば強い下降気流と同時に局部的な背風の影響も考えられる。</p>

参考資料2(続き) 背風が影響したインシデント(アクシデント)事例 - ウィンチ曳航 -

注: この事例集は運航管理の見直しのために、運航ルール WG が収集した情報を元に作成したものであり、個々の事例の追及を目的としない。そのため個々の事例を特定できる情報はなるべく省略した。

場所 / 季節 / グライダー	気象状況	インシデント(アクシデント)内容	トラブルに絡んだと思われる事項
事例 No.4 • 河川敷滑空場 • 不明 • ASK21(2名)	背風の微風。	曳航の引き始めから加速が急ですぐにエアボーンしたが、高度数メートルで機体が索を追いこす状態になり、ピストが「ウィンチ赤」を指示した。すぐに離脱操作をして前方に着陸しようとしたところ操縦席部分がドラッグシュートに突っ込み被ったまま滑走路に着陸した。 前席からは外部は全く見えず、後席から左右がようやく覗ける程度であったが操縦に大きな支障はなく、接地できた。損傷なし。	他大学のウィンチを借用、ウィンチマンも他大学の学生で養成中であった。 ウィンチマンは背風の時にはグライダーの地上滑走が長くなるためウィンチの加速を速やかに行わなければならないという意識が強く、そのため発航初期の操作が荒っぽくなった。 ドラッグシュートが開きやすい状態であった。
事例 No.5 • 河川敷滑空場 • 不明 • Ka-6	事例 No.4 と同日、背風の微風。	事例 No.4 とほぼ同じ。	事例 No.4 と同じ。この後、正対風が少し強くなるまで経験の深いウィンチマンに交代した。
事例 No.6 • 河川敷滑空場 • 不明 • クラブリベレ	無風	曳航初期から速度が遅く R/W 中央付近、高度 100m 程度で、曳航索がついたまま左旋回に入りながら機首が下がり R/W 左側の森に消えていった。曳航索は途中ではずれた。ピストからは錐揉みの初動に見えたがパイロットは比較的冷静であり、無難に場外着陸した。	詳細不明

