

ITSシンポジウム2023

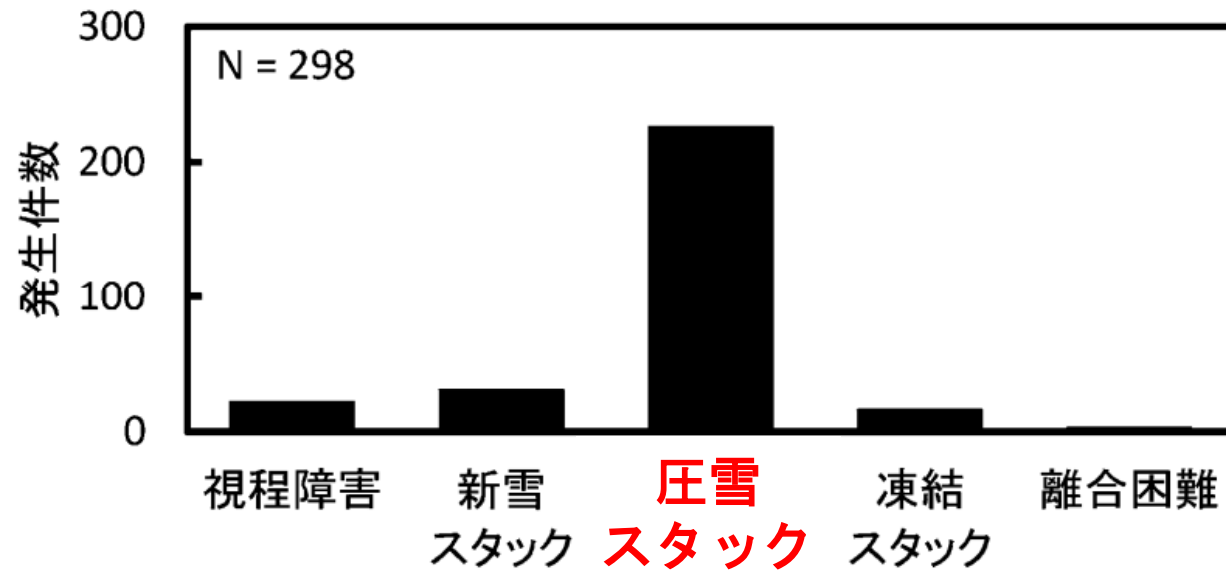
企画セッション2：雪雨災害に対する道路防災

大雪時のスタック発生メカニズムの解明 とスタック脆弱性の定量的評価

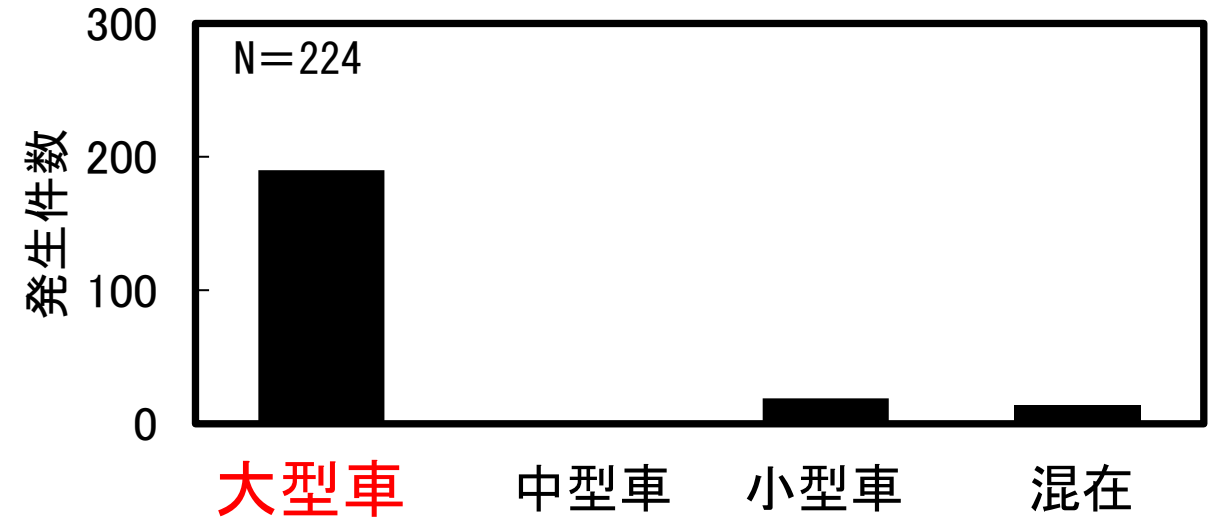
福井大学工学系部門建築建設工学講座

准教授 藤本 明宏

雪による車両滞留の発生状況



原因別発生件数



発端車種

期間：1986年～2021年、N：423件

引用：村田・河島、雪による車両滞留イベントデータベースの構築とそれを用いた発生特性の分析、雪氷、84、6、515-527、2022

平時の降雪ではスタックせず、大雪ではなぜスタック車両が発生するのか？

平時の降雪



車両の通過



平坦な圧雪路面

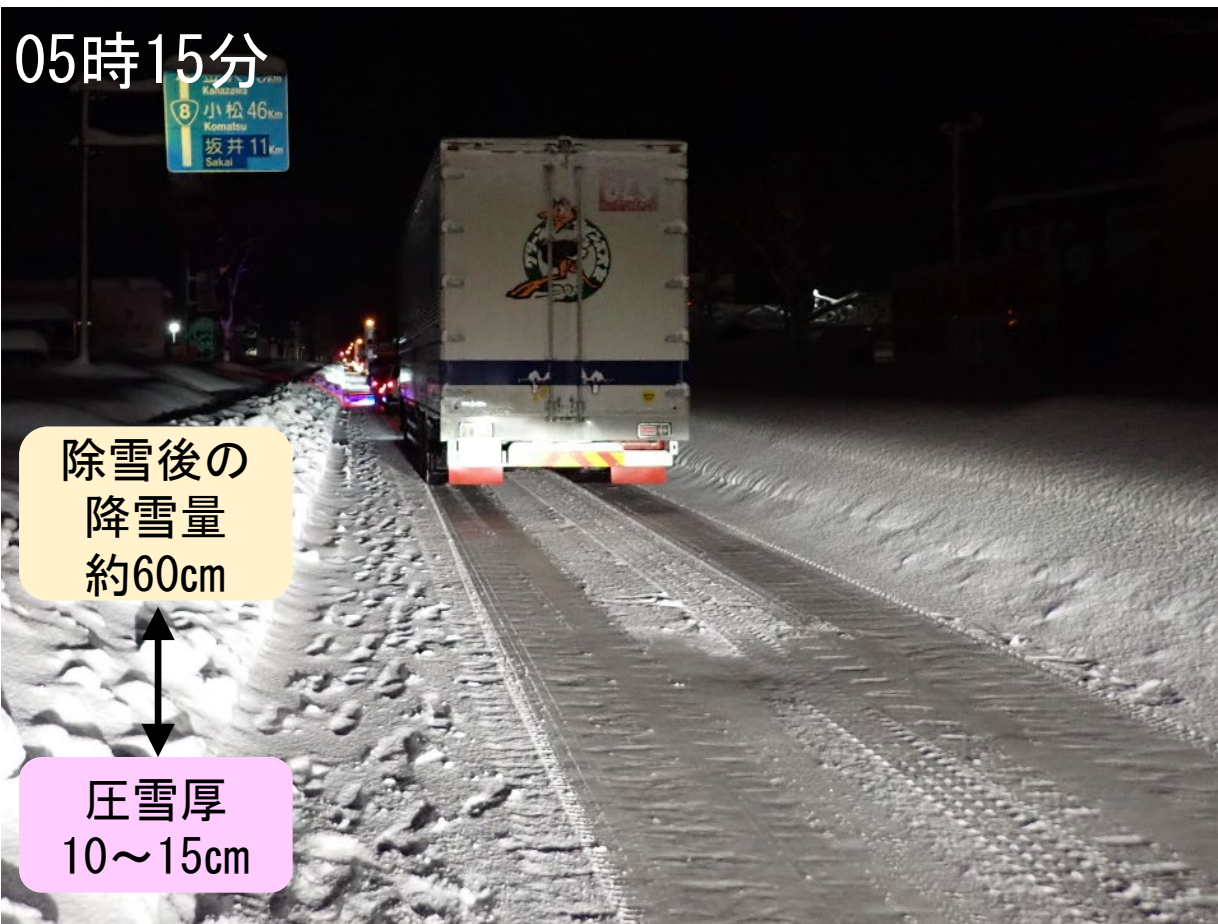


低速走行、スタックなし



国道8号での立ち往生区間の踏査 (2021年1月11日)

05時15分



05時30分



立ち往生区間の国道8号：圧雪は10cm以上だが平坦で十分に走行可能。

凹凸の激しい圧雪路面の出現

5時6分



延長：100m程度

道路圧雪厚：15cm程度
窪みの深さ：10cm程度

5

6時22分



延長：100～200m程度

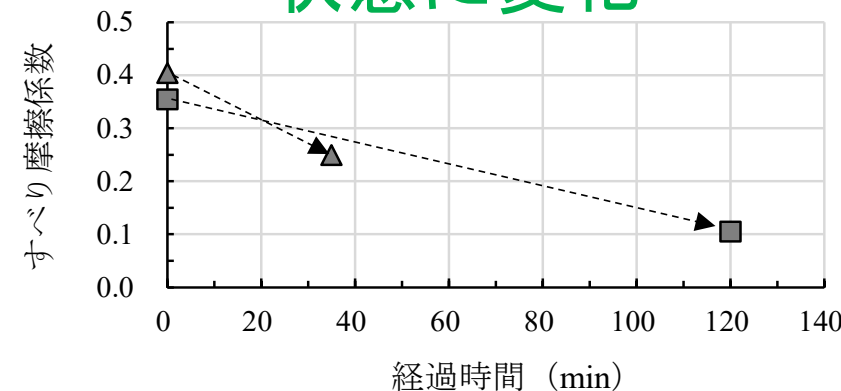
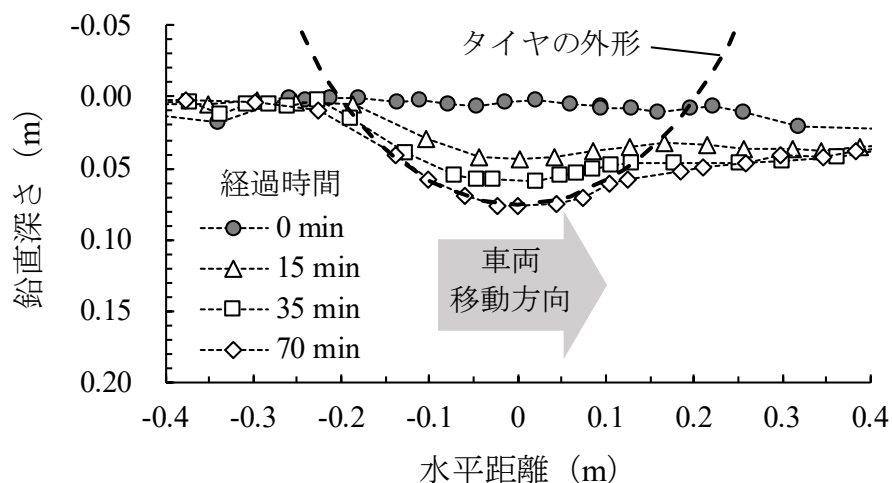
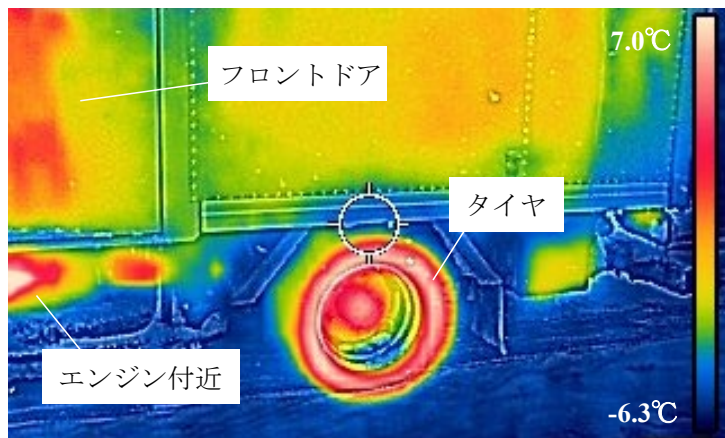
- なぜこのような凹凸の激しい圧雪路面が出現したのか？
- これがスタック車両発生の原因か？

車両を圧雪路面上に停車させた時の 圧雪状態の変化を調べる試験(停車試験)

気温 = -2°C
 タイヤ温度 = 7°C

1時間で7cm程度沈下

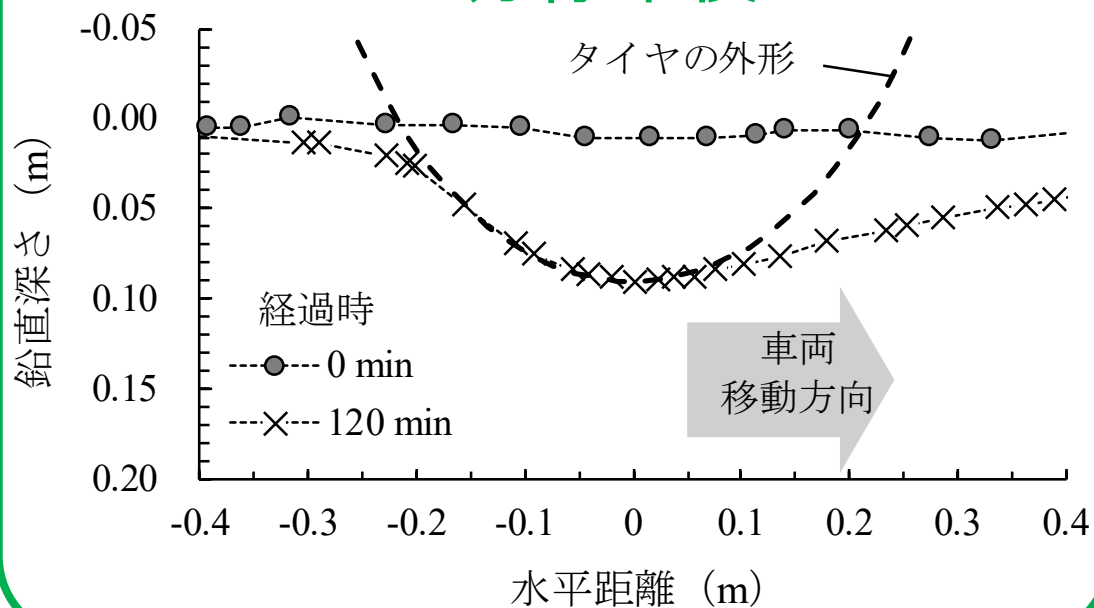
氷程度に滑り易い
 状態に変化



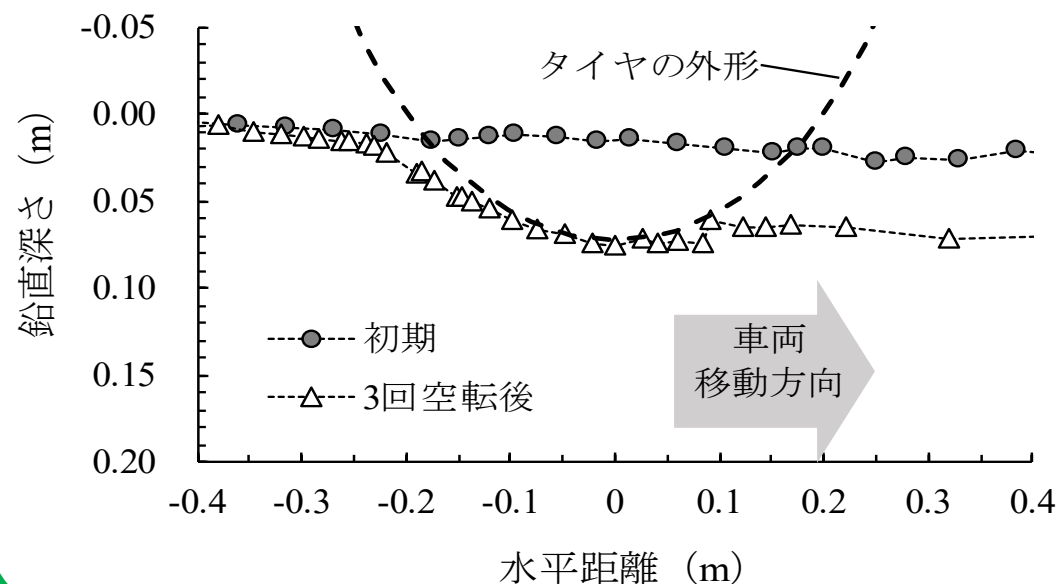
タイヤの輪荷重・熱により圧雪が圧縮・融解し、タイヤが圧雪内に沈み、タイヤと圧雪の間のすべり摩擦係数が低下

タイヤの空転が圧雪状態に及ぼす影響を調べる試験(タイヤ空転試験)

120分停車後



3回タイヤ空転後



タイヤが空転すると、停車試験での圧雪の変化（窪みの発生、摩擦係数の低下）が顕著に生じる。すべり摩擦も低下する。

凹凸の激しい圧雪路面の形成メカニズム

発進

停車

停車



窪みのある
圧雪路面の形成

窪みを深める

窪みの発生



舗装

凹凸の激しい圧雪路面の形成メカニズム

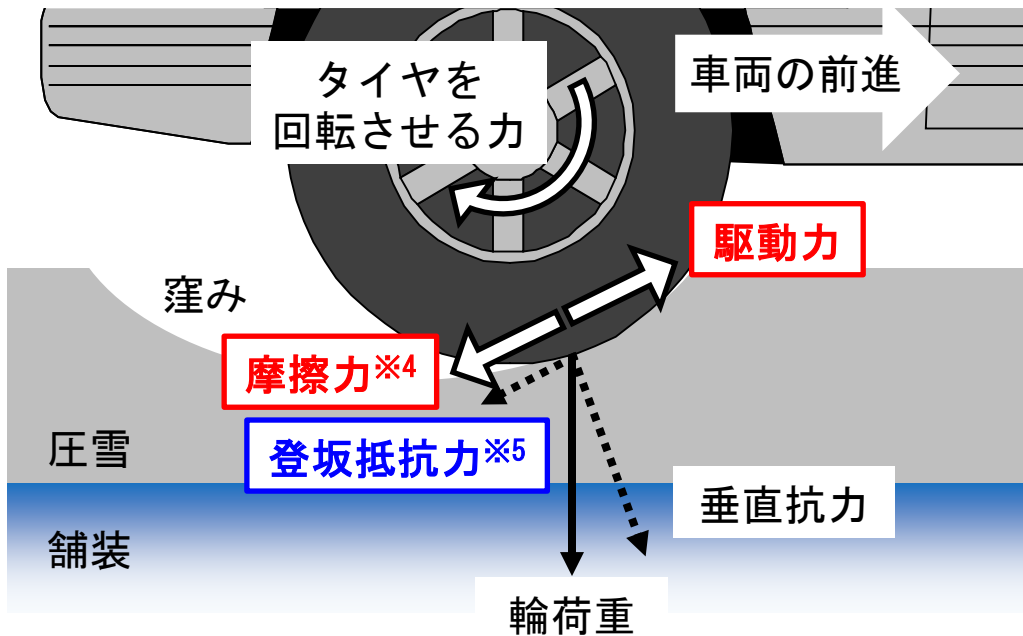


凹凸の激しい
圧雪路面の形成



舗装

スタック車両の発生メカニズム

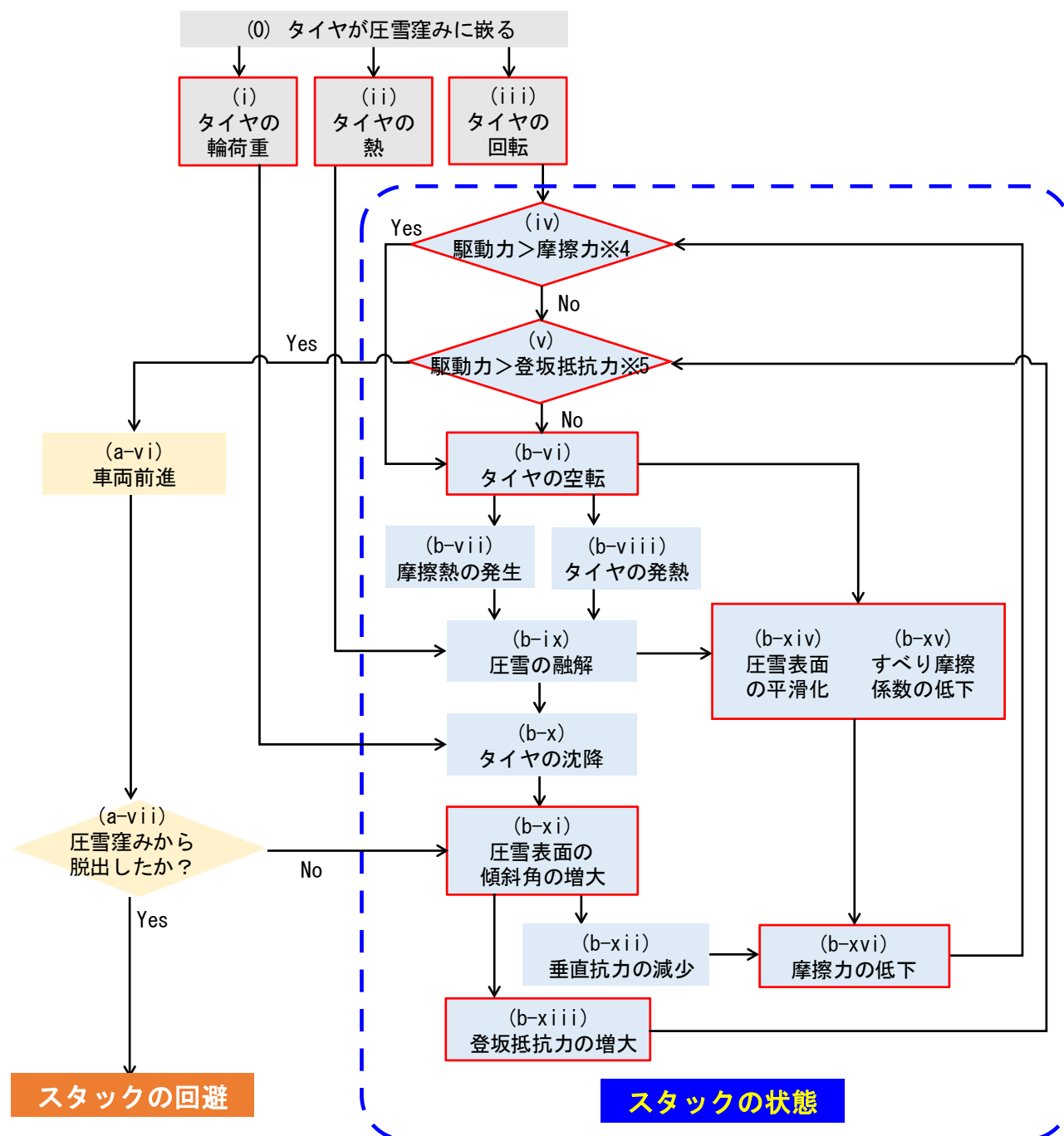


$\text{駆動力} > \text{摩擦力}$
 $\text{駆動力} \leq \text{摩擦力}$

$\left\{ \begin{array}{l} < \text{登坂抵抗力} \\ > \text{登坂抵抗力} \end{array} \right\}$

} タイヤの空転
 } ⇒ 車両の前進

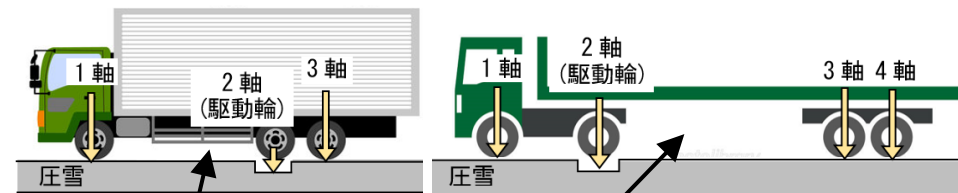
※4 摩擦力 : 垂直抗力 × すべり摩擦係数
 ※5 登坂抵抗力 : 傾斜と平行な輪荷重の成分



スタックの回避

スタックの状態

スタック脆弱性の定量化



車両発進試験

- ① 圧雪窪み作製
- ② 駆動輪の嵌入
- ③ 発進
- ④ 窪み深さを変えて繰返し

スタック発生窪み深さ

車種：4WD車、FF車、大型トラック、連結車、FR車

タイヤ：スタッドレス、ノーマル、オールシーズン

チェーン：亀甲、ラダー、布製

道路勾配

車両・タイヤ・チェーン・道路勾配を考慮した
スタック脆弱性(スタック発生窪み深さ)の定量的評価

気象予報

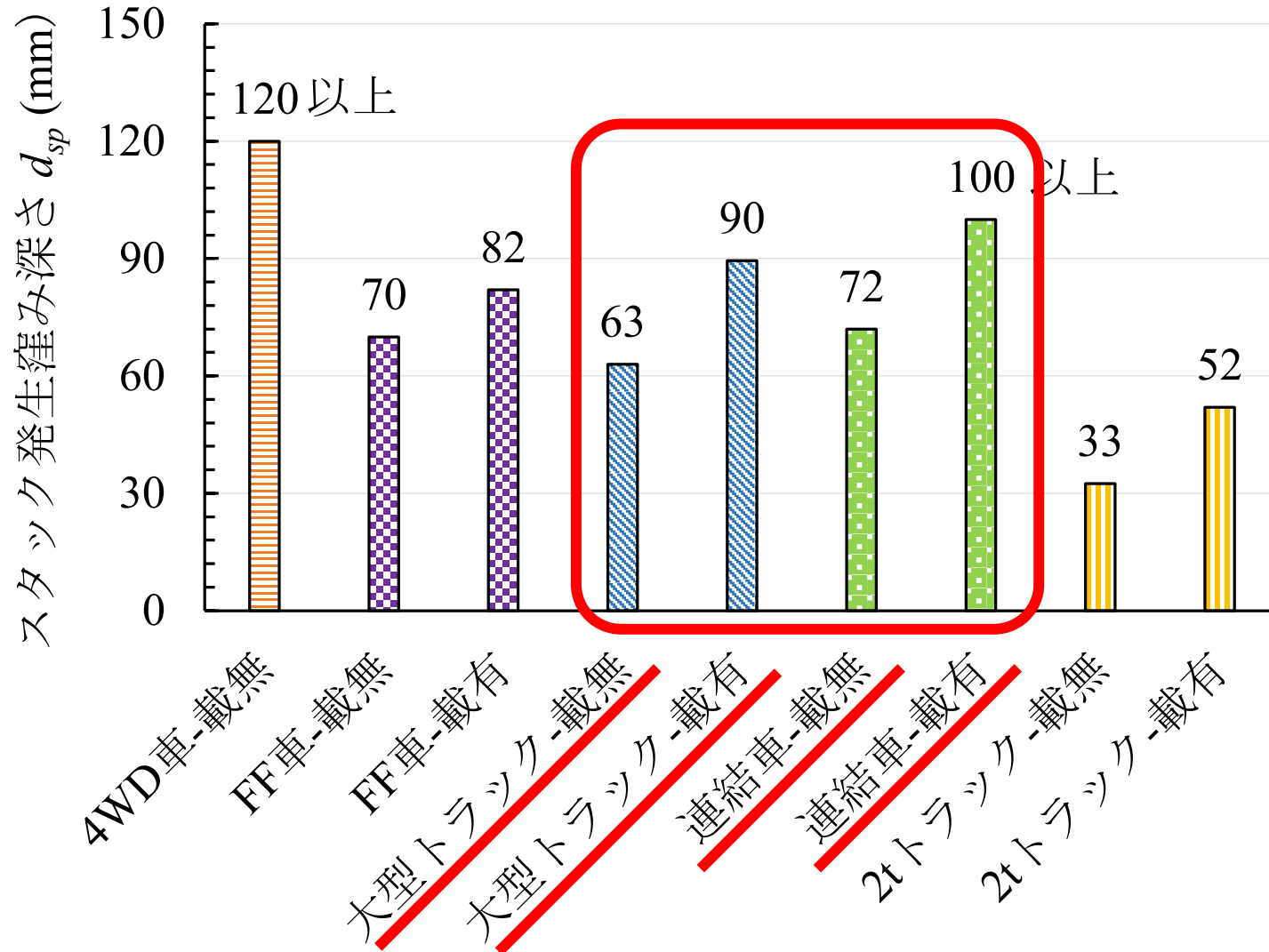
スタック発生窪み深さ

< 圧雪厚 → 除雪対応

> 圧雪厚 → 予防的通行止め



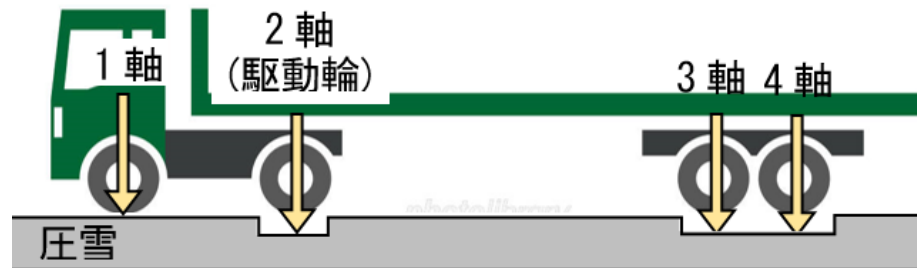
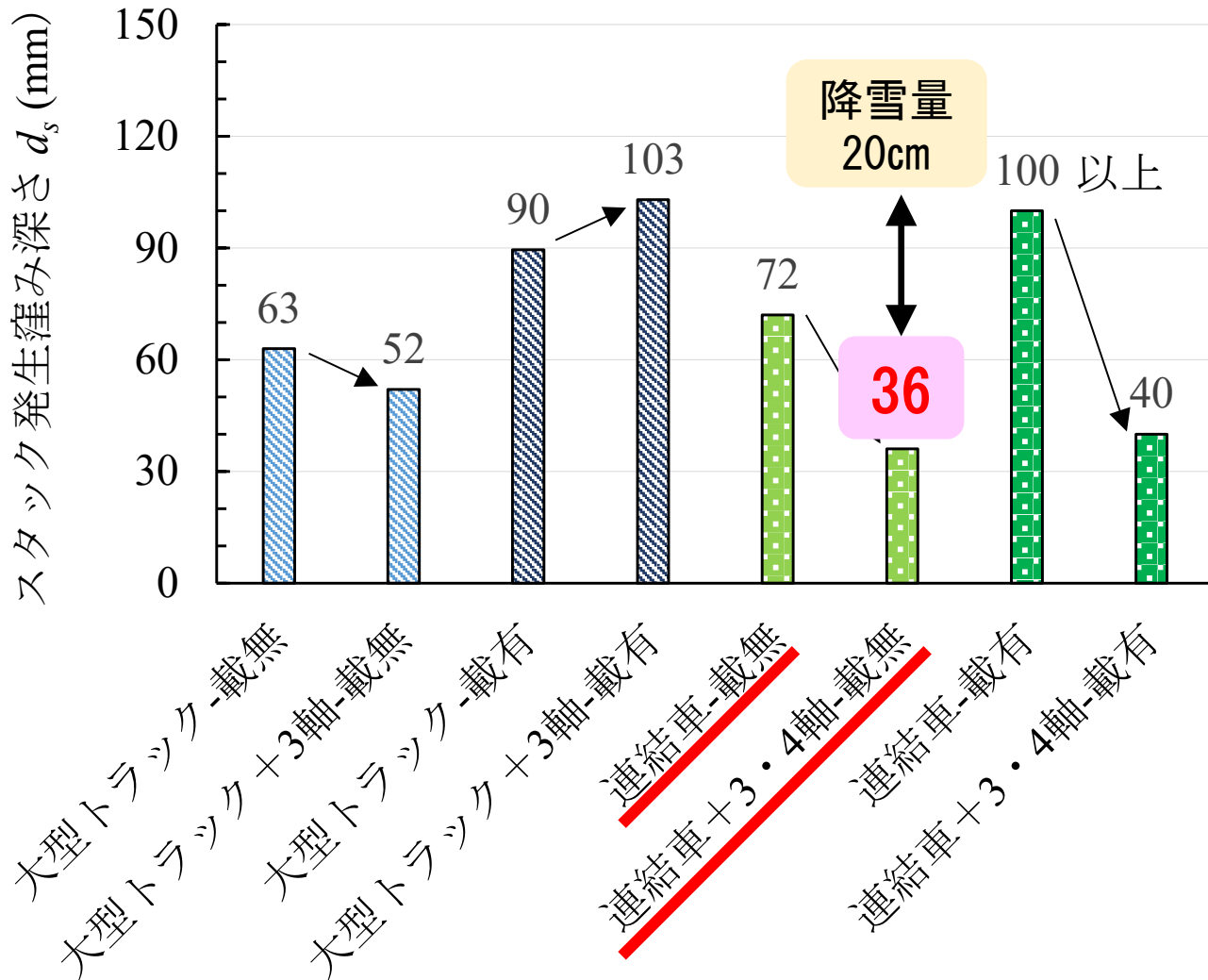
車種別のスタック脆弱性



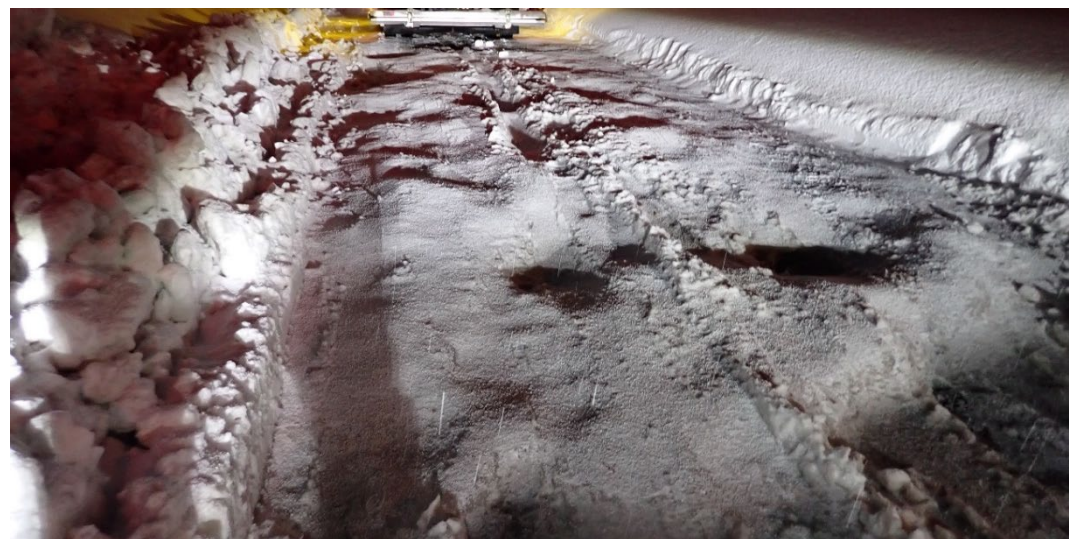
- スタックし易さを車種別に数値化
- 2tトラックがスタックし易い。特に空荷の場合。
- 大型車両は特段スタックし易いとは言えない。
- ただし、スタック脱出困難。



連結車のスタック脆弱性



セミトレーラのタイヤが圧雪の窪み部にあると、アンカーのように作用し、スタックし易くなる



スタック危険率予測モデルの構築と試行

熱・物質収支モデル

