



土木ミニ知識

# 世界の登山鉄道

- 急勾配を登り降りするシステム -

**登**山鉄道といえば、スイス・アルプスの美しい山々を急勾配、急カーブでゆっくり登る鉄道を思い浮かべますね。普通の鉄道では、車輪とレールの摩擦によって勾配を登り降りしますが、勾配が急になるとスリップして安全に登り降りできません（一般的に日本の鉄道では、勾配を35%までに制限されています）。このような登山鉄道では、ラックレール方式と呼ばれるシステムにより安全に急勾配を登り降りし、通常の登山鉄道では、100～250%の勾配が一般的になっています。

ラックレール方式とは、車両（動力車）に取付けられた「歯車（ピニオン）」と2本のレールの中央に敷設された「歯軌条（ラックレール）」を噛み合わせて確実に登り降りするシステムです。「歯軌条（ラックレール）」の構造によってリゲンバッハ式、シュトループ式、アプト式、ロッハー式、フォンロール式などの方式があり、ほとんどが考案者の名前と呼ばれています。

リゲンバッハ式は、ニクラウス・リゲンバッハにより考案された梯子状に組立てられたラックレールを用いたもので、1874年スイス最初の登山鉄道としてフィッツナウ・リギ鉄道で採用されました。その後、多くの鉄道で採用されており、スイスではもっともポピュラーな方式であり、最急勾配はシーニゲブラッテ鉄道の260%です。

シュトループ式は、エミール・シュトループにより考案された平底レールの頭部に歯を

切削したもので構造が非常に簡単になっており、1898年に部分開業したユングフラウ鉄道を始め多くの鉄道で採用されており、最急勾配はユングフラウ鉄道の250%です。

アプト式は、1882年にローマン・アプトにより考案された2～3枚の板状ラックレールを並列に山のピッチをずらして敷設します。車両の歯車も同じように2～3枚に分かれており、常に複数の歯が噛み合っており大量輸送に適しています。スイス以外でも世界各国で採用されており、最急勾配はSLの登山鉄道で有名なブリエンツ・ロートホルン鉄道の250%です。

ロッハー式は、エドアー・ロッハー・フロイラーにより考案された方式であり、ほかの方式と違いラックレールが水平に設置してあり歯車が両側から挟み込むようにして噛み合っています。通常の登山鉄道では、100～250%の勾配が一般的ですが、ピラトス鉄道が1888年にこの方式により最大勾配480%（世界最急勾配）で開業しており、車両もまるでケーブルカーのように最初から傾いています。この方式は唯一ピラトス鉄道だけに採用されています。

フォンロール式は、1970年代に開発された新しい構造のもので、単板式のラックレールを採用しており開発メーカーの名前で呼ばれています。多くは、ラックレールの更新用に使用されています。

ところで世界最古のラックレール方式鉄道は、スイスでなくアメリカのワシントン山登山

鉄道であり、1869年にマーシュ式（梯子状ラックレール）で開業しております。最急勾配は364%で今でも運転されています。

日本では、いままでラックレール方式鉄道＝アプト式鉄道と認識されていることが多かったと思いますが、アプト式はあくまでもラックレール方式鉄道のうちの一つの方式であります。

日本でのアプト式は、1997年9月に廃止になったJR信越本線の横川 - 軽井沢間で1963年10月まで66.7%で運転されていきました。現在では、日本唯一のアプト式として大井川鉄道のアプトいちしろ - 長島ダム間（約1.5km）で1990年10月から90%勾配（日本最急勾配）で運転されています。大井川の渓谷を眺めながらゆっくり登る鉄道。日本でもちょっぴりスイスの気分が味わえます。いかがですか？

最近、日本でもラックレール方式鉄道の導入計画を聞きます。道路（自動車）でなく、クリーンな鉄道で環境を守りながら美しい自然を満喫できるのは大賛成です。ちなみに時間とお金に余裕のある方は、スイスへ行って登山鉄道の醍醐味を味わって下さい。

\* ‰（パーミル）：1000mで1m上がる勾配

## 参考文献

- 1 アルプスの登山鉄道（東京新聞出版局、1982）
- 2 スイスの鉄道（平凡社カラー新書131）
- 3 電気車の科学（電気車研究会、1990.11）  
（学会誌編集委員会委員 武藤健一）

## その他のラックレール方式鉄道の事例

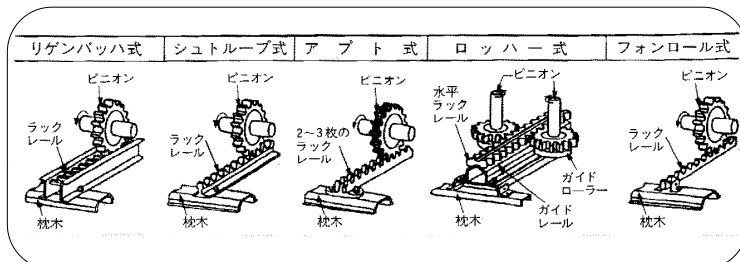
鉄道名	最急勾配	ラックレール方式
ヴェンゲルンアルプ鉄道（スイス）	250%‰	リゲンバッハ式
マルチニ・シャトラール鉄道（スイス）	200%‰	シュトループ式
ゴルナグラート鉄道（スイス）	200%‰	アプト式
ベルナー・オーバーラント鉄道（スイス）	120%‰	リゲンバッハ式
フルカ・オーバーアルプ鉄道（スイス）	179%‰	アプト式
ブラジル連邦鉄道（ブラジル）	110%‰	アプト式



日本最急を示す90の勾配標（大井川鉄道）



ゴルナグラート鉄道（ラックレールとピニオン）



ラックレール方式システム図



ゴルナグラート鉄道（背景はマッターホルン）