

타이어의 科學(5)

- 달림을 떠받치는 技術의 秘密 -

李 德 杓* 譯

5. 安全한 走行을 하기 위하여

5.1 타이어 接地面積은 郵便葉書 크기

乘用車用 타이어 한개의 接地面積은 엽서 한장의 크기라고 한다. 그것을 “손바닥 사이즈”라고 하는 사람도 있고 스니커(sneaker, 고무겔창布靴類)의 신발창보다 조금 작은 사이즈라고 표현하는 사람도 있다. 어땡든 거의 같은 넓이이며 그리 넓은 면적이 아니다. 투명한 유리판 밑에서 타이어 接地狀況을 올려다 보면 트레드 接地面은 거의 四角形이며 네 귀퉁이가 둥근 모양으로 되어 있다. 우리들이 차를 운전할 때 그 경우 엽서 한장 크기의 接地面に 생명을 걸고 있는 것이다.

타이어 메인テナンス에 관해서 일반적으로 듣게 되는 것은 「타이어 空氣壓을 適正한 값으로」라고 하는 말이다. 공기가 지나치게 많은 경우에는 트레드面이 불룩해져서 凸型으로 되며 接地面形狀은 둥그스름해져서 接地面積이 줄어들린다. 거꾸로 空氣가 너무 적은 경우에는 트레드面의 중앙부분이 움푹 패어 역시 接地面 전체가 精確하게 路面에

닿아 있지 않게 된다.

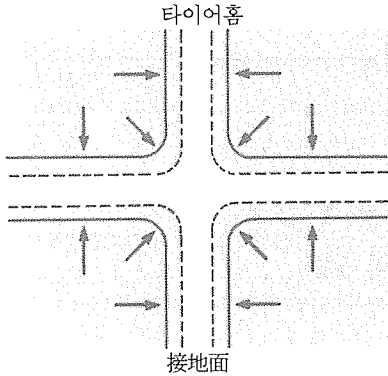
공기압이 지나치게 높은 경우에도, 지나치게 낮은 경우에도 接地하여 있는 부분만이 먼저 摩耗되어져 트레드面에 偏摩耗가 일어난다. 편마모한 타이어는 기타 부분에 흠이 남아 있어도 교환하지 않으면 안된다. 공기압의 入超나 不足은 百害無益하다.

5.1.1 슬릭타이어(slick tire)에는 흠이 없다.

타이어 트레드패턴에 의해서 트레드面에 흠이 만들어지는데 이 흠의 구실은 무엇일까? 결론을 먼저 말한다면 타이어의 흠은 트레드面을 均일하게 路面에 接地시키기 위해서 있다. 그러나 그렇게 말하면, 「사실은 흠 따위는 없는 편이 接地面積을 벌 수 있지 않은가? 그 증거로 레이싱카(경주용차)에 사용되는 슬릭타이어에는 흠이 없지 않은가?」라고 생각하는 독자가 있을지도 모르겠다.

여기에서 第4章에서 설명한 와이핑액션을 생각해내주기 바란다. 車에 끼워진 타이어는 원둘레(圓周) 방향으로도, 가로(橫) 방향으로도 路面과 맞닿는 트레드面이 안쪽으로 오그라든다. 그 결과 接地面에서는 트레드고무가 끌어모아지게 되어 고무가 서로 꼬여서 트레드 接地面 전체가 精確하게 路

* 前 韓國고무學會 會長



와이핑액션으로 일어나는 타이어의 변형은 홈에 의해서 해소된다.

면에 接地하기 어려워진다.

그러나 트레드면에 세로홈이나 가로홈이 새겨져 있으면 고무가 변형된 뒹은 홈 사이에 끼여져서 흡수되고 接地面の 트레드고무는 路面에 균일하게 맞닿을 수가 있게 된다. 예를 들면 타이어의 홈이 점점 닳아지면 接地面積이 늘어서 건조한 路面에서의 그립력은 上向하지만 操縱性이라는 면에서는 신폴타이어일 때와는 다른 감촉을 받을 때가 있다. 그것은 홈이 닳았기 때문에 타이어의 변형을 잘 調節할 수 없게 된 것과 관계가 있다고 생각된다.

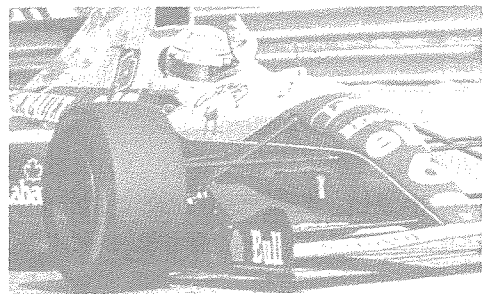
그러면 경주차의 슬릭타이어는 어떤가 라고 말하게 되는데 간단히 말하면 乘用車에 비해서 훨씬 큰 500馬力이나 1,000馬力이라고 하는 엔진과워에 대응한 그립을 얻기 위해서는 接地面積 그것이 어쨌든 크지 않으면 안된다는 것이다. 조금이라도 타이어 接地面積을 버는 일을 우선하지 않으면 타이어가 空轉하여 레이싱카는 똑바로 앞으로 나갈 수가 없게 된다. 前 F1 드라이버인 나가시마(中島悟)씨가 어떤 인터뷰에 답해서 「F1머신을 운전한다는 것은 일상적 체험으로 말하면 눈길에서 차를 운전하는 것과 같다」고 이야기한 일이 있다.

그처럼 큰 슬릭타이어를 차에 달았더라도 아직 그립이 모자란다고 느낄만큼 F1머신의 엔진과워는 굉장하다.

레이싱카의 차량 무게는 승용차에 비해서 훨씬 가볍다. 그에 비해서 폭이 넓고 지름이 큰 타이어를 사용하기 때문에 원래 레이싱카에서는 타이어의 荷重負擔이 작고 와이핑액션이 작다고 생각된다.

한편 레이싱카에서는 타이어 空氣壓을 낮추어서(승용차용이 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 前後인 데 비해서 약 $1\text{kg}/\text{cm}^2$) 接地壓을 작게 했기(고무特性으로 보아 그러는 것이 큰 그립을 얻게 된다) 때문에 굳이 따지자면 타이어가 변형되기 쉬워지고 승용차에는 없는 空力の 힘을 빌어서 타이어를 地面에 밀어붙이고 있으므로 타이어의 부담이 큰 것도 사실이다.

그러나 레이싱카가 달리는 코스는 일반 公道에 비해서 평탄하여(公道는 비오는 날 물빠짐을 쉽게 하기 위해 콘서트型 路面으로 되어 있다) 차가 달리기 쉽게 되어 있다. 그리고 레이싱카의 서스펜션 스트록은 작고 타이어 접지상태는 승용차에 비해 항상 좋은 상태로 유지된다. 따라서 와이핑액션에 의해 接地面이 변형하는 격정보다 高出力 엔진에 대한 絶對值인 接地面積의 크기가 중요해져서 홈이 없는 슬릭타이어를 사용하게 되었던 것이다.



슬릭타이어를 단 F1머신(레이싱카)

5.2 하이드로플래닝(hydroplaning) 현상

비오는 날의 走行에서 가장 겁나는 일이 「하이드로플래닝 現象」이다. 하이드로플래닝 현상이란 路面의 빗물에 의해서 타이어가 떠올라버려 그림을 잃는 일이다. 일단 이 현상이 일어나면 차를 조절하는 것은 거의 불가능해진다.

하이드로플래닝이 어떻게 해서 일어나는가는 물이 깔린 透明한 유리판 위를 통과하는 타이어 접지상태를 그 밑에서 관찰하면 확인된다. 타이어의 接地面은 거의 네모의 모양을 하고 있는데 차의 스피드가 오르는 데 따라서 그 네모가 무너져가기 시작한다. 홈이 많은 타이어이면 80km/hr의 스피드에서 하이드로플래닝은 일어나기 시작하여 100km/hr에서 타이어는 물위에 완전히 떠올라버린다.

물론 요즘 타이어는 하이드로플래닝에 대한 성능이 향상되어 있으며 홈이 충분히 있는 新品 타이어를 끼웠을 때에는 100km/hr에서 走行하더라도 타이어가 떠버린다고는 할 수 없다. 그러나 도로에는 바퀴자국에 물이 고여서 웅덩이가 된 곳도 있고 웅덩이 깊이에 따라서는 더 낮은 스피드에서 하이드로플래닝을 일으키는 경우도 있다.

만약 비오는 날에 80~100km/hr의 스피드로 차를 달리고 있었다고 하면 언제 타이어가 물에 떠도 이상하지 않다고 하는 인식을 가질 필요가 있다. 스피드를 낮추는 것이 비오는 날의 安全運轉의 최선책이다.

5.2.1 타이어 홈은 “排水路”

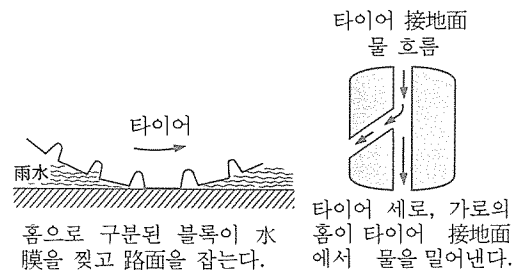
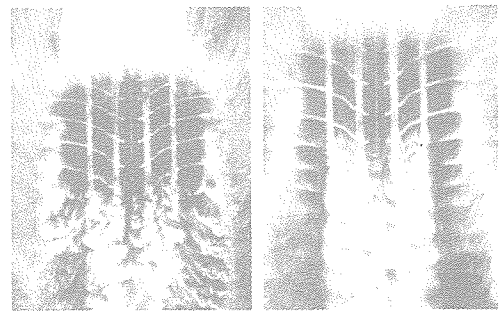
트레드홈은 타이어와 路面 사이에 비비고 들어오려고 하는 물을 줄이는 排水路로서의 역할을 다하고 있다.

세로방향의 홈은 타이어의 後方으로 물을

배출하기 위해서 有効하다. 스포츠카에 끼워지는 따위의 폭이 넓은 하이퍼포먼스 타이어(高性能타이어)의 트레드패턴을 보면 어느 것이나 모두 굽은 홈이 세로로 패어져 있다. 폭이 넓은 타이어는 빗물과 최초로 접하는 接地面 先端의 폭이 넓으므로 물의 저항을 받기 쉽고 하이드로플래닝을 일으키기 쉽다. 그래서 이 세로홈을 이용하여 타이어 앞쪽의 빗물을 타이어의 뒤로 밀어내 보낸다.

다음에 세로로 흘리는 것뿐만이 아니고 가로홈을 넣어줌으로써 가로로도 물을 밀어낼 수 있다. 그 가로홈도 그저 가로로 곧바로 파놓는 것이 아니고 물흐름에 자연스러운 비스듬한 방향으로 파면 배수성은 더욱 좋아진다.

排水路 구실뿐만 아니라 홈으로 구분된 트레드面의 블록 하나 하나는 타이어 밑으로



하이드로플래닝 現象(上左는 시속 60km, 上右는 시속 100km로 水膜때문에 接地面이 작아졌다). 타이어 홈은 하이드로플래닝을 막는 중요한 구실을 한다(下).

스며든 水膜을 뚫고 트레드고무를 路面에 接地시키는 작용을 한다. 트레드고무가 路面과 접하는 것으로 타이어는 그림을 얻고 있는 것이다.

5.2.2 方向性 트레드패턴

비스듬한 가로홈을 더 有効하게 작용시키려고 한 것이 「方向性 패턴」 또는 「單方向 (unidirection) 패턴」이라고 불리는 것이다. 이것은 비스듬한 홈의 방향을 타이어의 회전방향으로 모두 가지런히 만든 트레드디자인이다. 그렇게 함으로써 排水性이 한층 향상된다.

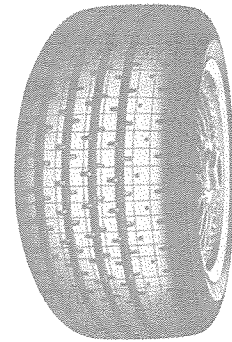
그러나 타이어의 회전이 逆回轉이 되면 排水性은 나빠진다. 물흐름에 逆行하는 방향의 비스듬한 홈이 되어버리기 때문이다. 따라서 方向性 패턴 타이어를 끼우는 경우에는 회전방향을 틀리지 않도록 하지 않으면 안된다. 즉, 右側用과 左側用을 거꾸로 끼워버리면 타이어 회전방향이 逆이 되어버리게 된다. 타이어의 바른 회전방향을 알리기 위해서 方向性 트레드패턴을 가진 타이어에는 사이드월에 화살표지가 刻印되어 있다.



方向性 패턴을 採用한 타이어

5.3 非對稱 트레드패턴

비오는 날의 배수성을 좋게 하고 싶다. 한편 개인 날의 주행성능을 높이고 싶다. 타이어에 있어서 이를테면 相反하는 이 두 가지 性能을 兩立시키고자 탄생한 것이 非對稱 트레드패턴이다. 타이어 트레드면을 차의 안쪽과 바깥쪽으로 나누어 커브에서 荷重이 걸리는, 즉 양버팀의 効力を 나타내게 하지 않으면 안되는 바깥쪽은 接地面積을 벌 수가 있는 경주용 슬릭타이어와 같이 홈이 적은 디자인으로, 한편 트레드 안쪽은 排水를 위한 홈을 정확하게 붙이고 排水性을 확보한다. 이렇게 해서 탄생한 것이 요코하마고무사의 애드밴 HF-D라는 타이어다. 이 非對稱의 트레드패턴을 가진 타이어도 左右를 잘못 끼우면 트레드 바깥쪽에 홈이 많이 있고 안쪽은 홈이 거의 없는 식의



非對稱 트레드패턴을 採用한 타이어

어색한 상태가 되어버리므로 타이어 装着에 관해서는 주의가 필요하다.

이 비대칭이라는 생각이 보급되어지면 홈이 많고 적음이 아니라 트레드면의 안쪽과 바깥쪽 홈 디자인을 바꾸고 배수성이나 접지성을 구별하여 디자인하려고 하는 일도 일어나게 되었다.

예를 들면 경주용 타이어의 빗길용 타이어에는 홈매김 방식이 左右가 다르든가, 승용차용 타이어에는 코너링중의 接地性を 높이기 위해서 트레드면 바깥쪽 홈은 배수가 잘되는 비스듬한 홈을 만들고, 안쪽은 코너링중의 接地性を 높이기 위해서 조그만 블록으로 만든다고 하는 따위의 디자인도 가능하다. 아울러 方向性도 사용하는 따위의 非對稱과 方向性의 두가지 思考方式은 트레드패턴 디자인에 따라 자유로이 새로운 發想을 招來하게 되었다.

5.4 가로(橫) 미끄러짐을 조절하는 가로홈

트레드패턴은 路面에 고인 물을 밀어낸다든가 타이어 接地性を 좋게 하는 일에 效果를 발휘하지만, 그밖에도 차의 안전운전에 결부되는 가로미끄러짐 콘트럴에도 效果를 발휘한다. 특히 가로홈을 넣음으로써 그림력의 한계에서 일어나는 타이어 가로미끄러짐을 부드럽게 한다고 여겨지고 있다.

커브를 돌 때 스피드를 높여가면 타이어는 그림의 限界 가까이에 다다르게 된다. 이때 그림의 한계 가까이까지는 버티지만 한계를 넘으면 갑자기 그림이 없어져버린 타이어는 운전자가 그에 대처할 여유가 없어지고 위험한 타이어가 되어버린다. 특히 偏平率이 낮은 래디얼 타이어인 경우에는 코너링할 때의 양버팀이 보통 타이어보다 잘 듣기 때문에 갑자기 그림을 잃기 쉽다.

그래서 타이어에 가로홈을 넣으면 트레드 고무의 블록 하나하나의 양버팀력이 약해져서 限界特性이 평온해진다. 커브에서 갑자기 미끄러지는 것이 아니라 주르르 부드럽게 가로미끄러짐을 일으키게 된다. 이와같은 타이어라면 가로미끄러짐을 느끼고 나서 운전자가 차의 자세를 바로잡는 액션을 취할 수가 있다.

그러나 너무 블록을 지나치게 작게 하면 코너링중의 양버팀이 듣지 않고 走行性能을 떨어뜨리게 되므로 양버팀의 良好성과 무리 없는 미끄러짐을 兩立시키기 위해서 하나의 블록을 어느 정도의 크기로 할까 라는 것이 타이어 設計者의 숨쉬를 발휘할 기회이기도 하다.

5.5 비오는 날의 空氣壓

비오는 날에 차를 달릴 때에 空氣壓을 낮게 하는 편이 좋을까, 그렇지 않으면 낮게 하는 편이 좋을까? 높게 하면 타이어가 팽팽히 부풀어서 튀기 쉽게 되며 接地面積이 줄어서 미끄러지기 쉬울 것 같은 느낌이 든다. 한편 낮게 하면 타이어는 부드러운 느낌을 주고 그림이 좋아질 것 같은 氣分이 드는데, 그렇다면 어느쪽이 바른 것일까?

비오는 날의 走行은 路面의 水壓과 타이어 空氣壓과의 싸움이다. 풀장에 뛰어들 때 서투르게 뛰어들면 몸을 다쳐서 매우 아픈 느낌이 든다. 이것은 물이 센 저항력을 가지고 있다는 것을 證明하는 것이기도 하다.

빗물이 고인 道路를 달리는 차의 타이어는 센 저항력을 가진 물을 좌우로 헤치며 길을 터서 路面을 단단히 잡지 않으면 안된다. 웅덩이의 물에 타이어가 몸채로 부딪치고 있는 것 같은 것으로서 웅덩이가 갖고 있는 저항력으로서의 水壓과 그것을 타파하

여 路面을 잡으려고 하는 타이어 接地壓이 勝負를 겨루고 있는 것이다.

이 勝負는 물론 압력이 높은 쪽이 이기게 된다. 다시 말해서 비오는 날의 타이어의 空氣壓은 높은 편이 좋다고 하는 것이 結論이다. 공기압이 낮아서 타이어가 수압에 지는 타이어는 水膜 위에 떠서 하이드로플레닝을 일으키지 말라는 법이 없다.

또 타이어에 걸리는 荷重이 무거울수록 타이어는 路面上의 水膜을 헤치고 接地하기 쉬워진다. 요컨대 車輛의 무게가 무거운 편이 하이드로플레닝을 잘 일으키지 않는다고 할 수 있다.

5.6 그림을 최대한 발휘하는 타이어의 미끄러짐 상태란?

走行中인 차의 타이어는 항상 슬립(slip)하고 있다고 말하면 놀랄까? 第4章에서 와이핑액션에 대한 설명을 하였지만, 타이어는 接地面에서 비틀림을 일으켜 路面과의 사이에서 약간 슬립하고(바꾸어 말하면, 미끄러지고) 있는 것이다. 그림에도 불구하고 이 작은 슬립이 타이어의 그림력을 낳는 源泉이기도 하다. 타이어는 미끄러지는 것으로 그림을 발생한다고는 말하지만 타이어가 헛돌 정도로 미끌어져서는 路面을 그림하지 않는다.

타이어가 전혀 미끄러지지 않는 경우와 완전히 미끄러진 상태까지에는 어떤 단계적인 그림력의 변화가 있다. 그것을 알기 위하여 타이어와 路面 사이의 마찰계수의 변화를 미끄러짐에 따라서 實驗한 데이터의 그래프가 있다. 그것을 보면 미끄러짐률(滑率)이 10% 전후일 때에 타이어 그림이 가장 높은 값이라는 것이 나타나 있다. 거기에서 미끄러짐이 늘어가는 데 따라서 摩擦

係數의 값이 떨어져 간다.

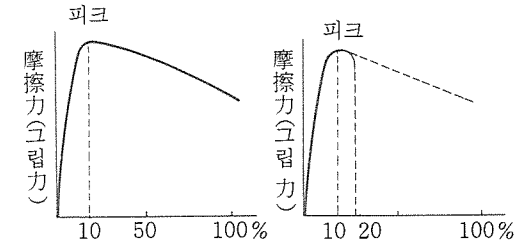
이것을 路面과 타이어 사이의 相互速度差(相對速度)로 생각해 보자. 미끄러짐이 적을 때는 타이어 回轉과 路面과의 사이에는 거의 速度差가 없다. 그러나 타이어가 락(lock, 走行中 브레이크를 全力으로 밟았을 때 타이어가 停止한채로 滑走하는 狀態)해 버리면 타이어의 回轉이 멈춰버리므로 路面과 타이어와의 사이에 차의 스피드와 똑같은 速度差가 생긴다.

第4章에서 凝着摩擦(애드히전)에 대한 설명을 했는데 이것은 타이어와 路面의 分子가 서로 引力으로 잡아당겨서 그림을 발생한다고 하는 것이었다. 타이어가 路面을 미끄러져버리면 分子끼리의 잡아당기는 凝着力의 効果는 약해지고 다음에는 타이어가 무리하게 路面을 스쳐서 摩耗되기 때문에 그것에 의해서 생기는 摩擦로 그림을 벌게 된다. 그러나 그것으로는 약간의 그림밖에 얻지 못한다.

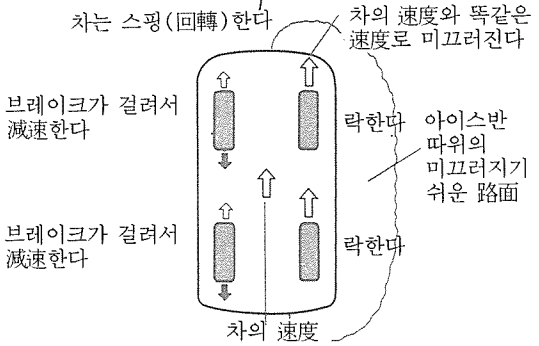
한편 약간의 상대적인 速度差가 있으면 서로 끌어당기고 있던 分子끼리 떨어지지 않으려 할 때에 나타나는 粘着摩擦에 의한 그림력과 타이어의 變形에 의한 그림력과 타이어가 摩耗하여 닳아져 가는 데 따른 그림력과 總和가 最大가 된다. 그것이 10% 슬립率일 때 그림력이 최대가 되는 理由이다.

5.7 브레이크 락(brake lock)의 是非

브레이크를 걸면 타이어에 거의 미끄러짐이 없을 때가 제일 制動距離가 짧고 타이어가 락해버린 상태에서는 制動距離가 延長된다. 그러나 그 차이를 운전을 하면서 感知하는 것은 어렵다. 理論上의 摩擦係數와 타이어의 미끄러짐 關係에 더해서 實際의 브레이크중에는 時間의 經過라는 要素가 참여하



타이어의 理論인 스텝률 實際의 브레이킹에서는 摩擦力の 피크를 넘으면 타이어는 락하여 스텝률은 100%로 된다.



타이어 스텝률과 브레이크 락으로 차가 스핑하는 理由

기 때문이다.

실제로 차 運轉中에 일어나는 타이어의 미끄러짐은 가장 그립력을 발휘하는 스텝률(미끄러짐률) 10%를 넘으면 100%의 미끄러짐까지 瞬間에 變化해버린다. 브레이크 락을 하지 않은 極限點의 브레이킹이 가장 制動距離를 짧게 하지만 그곳을 구분해서

사용하는 것은 일반 운전자로서는 어렵다.

예를 들면 레이싱에서는 브레이크技術이 勝敗를 좌우하는 중요한 要素이므로 폴(全)브레이킹인 경우에는 일단 아주 조금 브레이크를 락시키고 거기에서 조금씩 브레이크 페달 밟는 것을 弱化시켜서 락 직전의 최대 그립력을 끌어내는 操作을 한다. 그러나 그런 高度의 테크닉은 극소수의 프로 드라이버밖에 하지 못한다. 그래서 일반 운전자라도 브레이크를 마음껏 밟아도 락시키지 않게 만든 시스템이 ABS(anti-lock 또는 anti-skid brake system ; 自動車에서 급 브레이크를 걸었을 때 車輪락을 방지하는 시스템, 즉 車輪이 가로미끄러짐하지 않도록 자동적으로 조절하는 장치)이다.

그런데 실제로 브레이크를 락시킨 경험이 있는 사람이 얼마나 있을까? 어떤 運轉學院에서는 브레이크락을 體驗시키는 커리큘럼이 짜여져 있는데, 「마음껏 브레이크를 밟아보세요」라는 이야기를 지도교사로부터 들어도 브레이크락시킬 수 있는 사람은 거의 없다고 한다. 즉, 차를 세운다고 하는 것에 대해서 많은 사람이 타이어가 락하기 직전의 타이어 性能을 100% 활용하는 포인트까지 완전히 사용하지 않고 있는 것이다.

일반 운전자에게는 만의 하나 위험을 회피하기 위해서는 락시켜버리는 정도로 브레이크 페달을 세게 밟는 것이 最善은 아니더라도 良好하다고는 말할 수 있겠다.

(다음 호에 계속)

세계를 달린다. 우리의 타이어