

# 2024학년도 2학기 문헌연구보고서



**F1 에어로 기술, 모빌리티 시장을 규정하다**  
**: 자동차에 대한 F1 에어로 기술의 적용 사례와 이에 따른**  
**모빌리티 시장 경쟁력 강화에 대한 탐구**

이름	최수환
전공	미래모빌리티학과
학번	20233414

## F1 에어로 기술, 모빌리티 시장을 규정하다

: 자동차에 대한 F1 에어로 기술의 적용 사례와 이에 따른 모빌리티 시장 경쟁력 강화에 대한 탐구<sup>1</sup>

미래모빌리티학과 20233414 최수환

## 목 차

- I. 서론
- II. F1 에어로 기술 개요
  1. 그라운드 이펙트
  2. 액티브 서스펜션
  3. 항력 감소 시스템(DRS)
- III. 각 기술별 실제 적용 사례
  1. 그라운드 이펙트
  2. 액티브 서스펜션
  3. 항력 감소 시스템(DRS)
- IV. 모빌리티 시장 경쟁력 강화 사례
  1. F1 기술 활용에 따른 자동차 브랜드 간 경쟁 구도 형성
  2. F1 기술에 기반된 양산차의 세계 신기록 작성
  3. 비 자동차 제조사의 모빌리티 시장 합류
  4. 자율주행 차량에 대한 액티브 서스펜션 적용
  5. UAM 버티포트 이착륙 과정에서의 그라운드 이펙트 고려
- V. 결론

## I. 서론

2024년 9월, Formula 1 아제르바이잔 그랑프리<sup>2</sup>가 치러지던 시기에 F1에 참가 중인 팀 중 하나인 맥라렌 F1 팀의 MCL38 차량에서 다소 특이한 장면이 목격되었다. 바로 차량에 장착된 DRS, 일명 항력 감소 시스템이 활성화되지 않은 상태에서 상부 플랩<sup>3</sup>의 양쪽 끝 면이 일부 개방되었던 것이다. 이러한 구조는 시스템상의 결함이나 충돌에 의한 파손과 같은 요인으로 인해 발생한 것이 아닌 맥라렌 F1 팀이 의도한 구조로써 DRS를 활성화하지 않은 상태에서도 다른 팀의 차량들과 비해 상대적으로 높은 최고 속력을 발휘할 수 있다는 점에서 이점을 가졌다.

하지만 리어 윙의 플랩은 500 N의 하중이 수평으로 작용할 때 7 mm 이하로 구부러져야 한다는 2024 F1 기술 규정의 3.15.10 조항에 저촉될 수 있는 부분이었기에 일부 팀이 이에 대하여 이의를 제기하였고, 해당 구조가 '미니 DRS'로 불리게 되면서 더욱 화제가 되었다.<sup>4</sup> 이 사항에 대해 F1의

<sup>1</sup> 본 보고서는 2024-2 글쓰기(공학인증) 02분반 과정 이수를 위해 작성되었던 과제물을 기반으로 일부 내용이 수정된 최종본임을 알립니다.

<sup>2</sup> 모터스포츠를 위해 제작된 서킷 또는 모터스포츠를 목적으로 임시 개조된 일반 도로에서 열리는 자동차 경주를 뜻한다.

<sup>3</sup> 날개 구조에서 움직일 수 있는 보조 날개 또는 판을 뜻한다.

<sup>4</sup> Fédération Internationale de l'Automobile(2024), 「2024 FORMULA 1 TECHNICAL REGULATIONS」, 『FIA Formula One World Championship Technical Regulations』, Fédération Internationale de l'Automobile, 43.

주관사인 국제 자동차 연맹(FIA)은 해당 구조가 F1 기술 규정에 위반되는지에 대해 조사하였고, 그 결과 DRS 구조에 '고장'이 발생했을 때 상단 플랩이 기존의 정상적인 위치로 복귀할 수 있도록 설계하여야 한다는 2024 F1 기술 규정의 3.10.10.f 조항에 의거하여 맥라렌 F1 팀의 미니 DRS는 사용이 금지되었다.<sup>5</sup> 이러한 사례는 표면적으로 F1 시장에서의 경쟁 우위를 차지하기 위해 발생한 기술 규정 위반 사례로 보일 수 있지만 다른 관점으로 비추어 바라본다면 공기역학, 즉 에어로<sup>6</sup>의 영역이라는 보이지 않는 곳에서 치열한 경쟁이 이루어지고 있다는 점을 확인할 수 있는 대목으로도 볼 수 있다.

모빌리티 시장 또한 이러한 F1의 기술 경쟁에 영향을 받아 '보이지 않는 곳'에서 경쟁이 치열하게 이루어지고 있다. F1 퍼포먼스 엔지니어 출신인 김남호 박사의 책에서도 "한 가지 분명한 사실은 자동차 시장을 주도하는 모든 메이저 자동차 그룹이 미래에 자신들의 무기가 될 신기술의 방향을 모터스포츠나 퍼포먼스 카를 통해 시험하고 자랑한다는 점이다."라는 점이 언급되었듯이 F1과 같은 모터스포츠 시장에서 사용된 기술이 실제 양산차의 영역으로 넘어오면서 자동차 시장에 영향을 주었던 흐름은 이전에도 존재했다.<sup>7</sup>

하지만 최근 이러한 흐름이 더 명확하게 보이고 있다. 자동차 브랜드에서 헤일로 카<sup>8</sup>를 출시할 때 F1의 에어로 기술을 적용하거나 F1 엔지니어가 직접 양산차 개발에 참여하여 레이스 카<sup>9</sup>에 준하는 수준의 기술력을 양산차에 집약시키고, 자율주행 차량에 F1 에어로 기술을 접목시키는 등 F1에서 태어났거나 다루어진 에어로 기술이 F1이라는 무대를 벗어나 모빌리티 시장이라는 신세계에서 활약하고 있다.

따라서 본고에서는 F1의 에어로 기술에 집중하여 대표적인 기술인 그라운드 이펙트, 액티브 서스펜션, 항력 감소 시스템(DRS)에 대한 시대적 등장 배경과 작동 원리에 대해 개념적으로 파악한 뒤, 각 기술이 실제 양산차에 적용된 사례를 살펴봄으로써 F1의 에어로 기술이 자동차 시장의 경쟁을 더욱 활발하게 돋우고 있음에 대하여 우선적으로 시사하고자 한다. 추가적으로 자동차의 개념에서 확장하여 모빌리티의 관점에서도 F1의 에어로 기술이 적용되는 사례에 대해서 살펴봄으로써 궁극적으로 F1 에어로 기술이 모빌리티 시장의 경쟁력을 강화하는 데에 영향을 주고 있다는 점에 대하여 시사하고자 한다.

## II. F1 에어로 기술 개요

### 1. 그라운드 이펙트

그라운드 이펙트는 1978년 동명의 항공역학 기술을 레이스 카에 적용하여 F1에서 사용되었던 기술로 당시 이를 적극적으로 활용했던 로터스 F1 팀의 Lotus 79 차량이 주로 그라운드 이

<sup>5</sup> Fédération Internationale de l'Automobile, 위의 기술 규정, 33.

<sup>6</sup> 통상적으로 공기역학을 뜻하는 '에어로다이나믹스(Aerodynamics)'라는 단어로 정의되지만 본고에서는 표기의 간소화를 위해 '에어로'로 같음한다.

<sup>7</sup> 김남호(2023), 『김남호의 F1 스토리』, 42미디어, 26-27.

<sup>8</sup> 자동차 브랜드의 명성 또는 기술력을 소비자에게 보여줌으로써 후광 효과를 얻기 위해 제작된 플래그십 자동차를 뜻한다.

<sup>9</sup> 모터스포츠 출전을 목적으로 개발된 차량을 일컫는다. 특히 F1에서의 레이스 카는 F1 카, F1 머신, 머시너리 등으로도 표기할 수 있는데, 본고에서는 해당 명칭에 대한 표기의 통일화와 의미의 함축을 위해 'F1 출전을 목적으로 개발된 차량'을 레이스 카로 같음하고자 한다.

펙트 기술의 효과를 누리게 되었지만, 1982년에 해당 기술로부터 발생하는 다운포스<sup>10</sup>에 대한 컨트롤의 어려움과 차량에 대한 통제권을 잃게 되었을 때의 위험성에 의해 금지되면서 그라운드 이펙트는 역사 속으로 사라지게 되었다.

하지만 최근, 이전의 2021 F1 기술 규정에 비해 상대적으로 적은 다운포스를 생성하면서 더 많은 추월 기회를 확보하는 것을 주 목표로 설정하여 대폭 변경된 2022 F1 기술 규정으로 인해 그라운드 이펙트가 다시 부활하게 되어 현행 레이스 카에 적용되고 있다.<sup>11</sup> 따라서 해당 본문에서는 그라운드 이펙트의 작동 원리에 대해 알아보하고자 한다.

그라운드 이펙트 기술은 벤투리 터널에 뿌리를 두고 있다. 벤투리 터널은 하단의 그림 1<sup>12</sup>과 같이 중앙 부분이 좁혀진 하나의 큰 터널과 같은 형태를 띠고 있으며,  $A_1$  구간에 유체를 통과시킬 때의 유속에 비해  $A_2$  구간에서 측정되는 유속이 빨라지게 되는 현상을 관찰할 수 있는 구조이다. 이는 간단히  $A_1$ 과  $A_2$  간의 단면적 차이로부터 발생하는 유속의 차이로도 설명할 수 있지만,  $A_1$  구간에서 측정되는 압력에 비해  $A_2$  구간에서 측정되는 압력이 상대적으로 낮아지는 현상이 발생한다는 점과 연계하여 해당 구조의 원리를 설명할 수 있으며 이는 압력은 유속의 제곱에 대하여 반비례의 관계를 갖는다는 베르누이의 정리에 입각해서도 설명이 가능하다. 이러한 벤투리 터널 구조를 하단의 그림 2<sup>13</sup>와 같이 레이스 카의 플로어<sup>14</sup>에 적용하게 된다면 고속 주행 상황에서 차량 하부에 흐르게 되는 유체의 압력이 낮아짐으로써 차량이 지면에 더 가깝게 붙게 되는데, 이러한 현상을 활용한 기술이 그라운드 이펙트이다.<sup>15</sup>

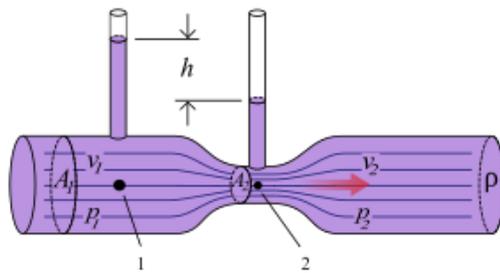


그림 1. 벤투리 터널 구조

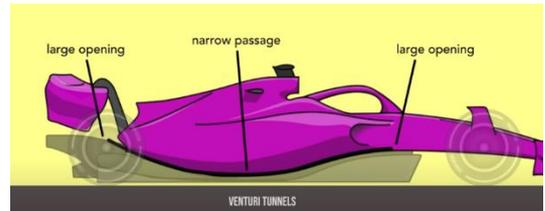


그림 2. 벤투리 터널 적용 예시

이러한 그라운드 이펙트는 다운포스를 증가시키는 데에 영향을 주며 결과적으로 고속 주행 상황에서도 안정적으로 코너를 돌 수 있도록 하는 데에 도움을 준다. 또한 레이스 카 주변으로부터 발생하는 공기의 흐름을 보다 안정화시킴으로써 레이스 카의 주행에 방해가 되는 더

<sup>10</sup> 레이스 카를 양력의 반대 방향, 즉 아래 방향으로 누르는 공기역학적 힘을 뜻한다.

<sup>11</sup> Greg Stuart(2021.07.15), 「10 things you need to know about the all-new 2022 F1 car」, 《홈페이지: Formula 1》, <https://www.formula1.com/en/latest/article/10-things-you-need-to-know-about-the-all-new-2022-f1-car.4OLg8DrXyzHzdoGrbqp6ye> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>12</sup> Wikipedia(2024), 「Venturi effect」, 《인터넷 백과사전: Wikipedia》, [https://en.wikipedia.org/wiki/Venturi\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Venturi_effect) (최종 검색일: 2024.11.29)

<sup>13</sup> Chain Bear(2022.03.02), 「Porpoising and more – all the early 2022 F1 Talking Points」, 《유튜브 채널: Chain Bear》, <https://www.youtube.com/watch?v=xByKRdRhapE> (최종 검색일: 2024.12.06)

<sup>14</sup> 레이스 카의 바닥 부분에 존재하는 판 구조를 의미한다.

<sup>15</sup> ORGANIZED MESS(2022.06.26), 「[Formula 1] #29 - 폴포싱(Porpoising)이란 무엇인가 (2): 벤추리 터널(Venturi Tunnel), 그라운드 이펙트(Ground Effect), 서스펜션의 단단함」, 《티스토리 블로그 - ORGANIZED MESS》, <https://feelight.tistory.com/entry/Formula-1-29-%ED%8F%B4%ED%8F%AC%EC%A7%95Porpoising%EC%9D%B4%EB%9E%80-%EB%AC%B4%EC%97%87%EC%9D%B8%EA%B0%80-2-%EB%B2%A4%EC%B8%84%EB%A6%AC-%ED%84%B0%EB%84%90Venturi-Tunnel-%EA%B7%B8%EB%9D%BC%EC%9A%B4%EB%93%9C-%EC%9D%B4%ED%8E%99%ED%8A%B8Ground-Effect-%EC%84%9C%EC%8A%A4%ED%8E%9C%EC%85%98%EC%9D%98-%EB%8B%A8%EB%8B%A8%ED%95%A8> (최종 검색일: 2024.12.01)

티 에어<sup>16</sup>를 감소시켜 추월의 기회를 확보하는 데에도 영향을 준다. 실제로 FIA의 연구에 따르면 하단의 그림 3<sup>17</sup>과 같이 2022 F1 기술 규정을 기준으로 대폭의 차이점을 갖는 이전 규정인 2021 F1 기술 규정이 적용된 레이스 카가 선두 차량에서 20 m 떨어져 있을 때 더티 에어로 인하여 35%의 다운포스를, 10 m 떨어져 있을 때에는 47%의 다운포스를 잃게 되지만, 2022 F1 기술 규정이 적용된 레이스 카는 선두 차량에서 20 m 떨어져 있을 때 더티 에어로 인해 4%의 다운포스를, 10 m 떨어져 있을 때에는 18%의 다운포스를 잃게 되어 2022 F1 규정에 포함되는 그라운드 이펙트가 더티 에어를 감소시키는 데에 영향을 준다는 점을 확인할 수 있다.<sup>18</sup>



그림 3. 이전 규정 레이스 카(좌) | 2022 기술 규정 레이스 카(우)

## 2. 액티브 서스펜션

상단에서 그라운드 이펙트 기술이 레이스 카의 다운포스를 증가시키고 레이스 카의 주변부로부터 발생하는 더티 에어를 감소시킨다는 점을 도출해낼 수 있었다. 그러나 과거에 그라운드 이펙트가 처음으로 적용된 1970년 후반에서 1980년 초반의 레이스 카의 경우 다운포스의 증가에 따라 레이스 카로 가해지는 수직 아래 방향으로의 하중이 기술 적용 이전에 비해 비교적 증가하게 되었고, 이러한 현상에 의해 때로는 과도한 다운포스가 차량에 작용하게 되면서 오히려 차량의 안정성을 위협하게 되었다.

이러한 원인에 의해 그라운드 이펙트는 당시 사용이 금지되었지만 F1 팀들은 고속 주행 상황에서도 차량의 지상고를 안정적으로 유지할 수 있도록 하기 위한 또 다른 기술을 추구하였으며, 차량에게 가해지는 모든 하중은 타이어에 전달되기에 타이어와 차체를 잇는 서스펜션 구조의 중요성이 강조되었다. 따라서 해당 부문에서는 서스펜션 기술 중 F1 역사에 있어 가장 혁신적이며 진보적이라는 평가를 받는 기술인 액티브 서스펜션에 대해 살펴보고자 한다.

액티브 서스펜션은 1983년 로터스 F1 팀의 Lotus 92 차량에서 처음 사용되었지만 1992년 월리엄스 F1 팀의 FW14B 차량에서 성과를 거두면서 화제가 된 기술로, 주행 상황에 따라 차량의 지상고가 일정하게 유지될 수 있도록 서스펜션의 높낮이와 충격 흡수량을 전자 장치로 제어하는 것이 액티브 서스펜션의 핵심이다.<sup>19</sup> 하지만 이러한 액티브 서스펜션은 F1 시장에서 전자 장비의 개입에 따른 기술 경쟁의 과열화를 야기할 수 있다는 점에 의해 1994년에 사용이

<sup>16</sup> 레이스 카의 후면에서 발생하는 난기류를 뜻한다. 공기저항의 일종으로도 생각할 수 있다.

<sup>17</sup> FORMULA 1(2021.07.15), 「Everything You Need To Know About The 2022 F1 Car」, 《유튜브 채널: FORMULA 1》, <https://www.youtube.com/watch?v=hBmWJOy9vT4> (최종 검색일: 2024.12.21)

<sup>18</sup> Red Bull(2021.07.26), 「2022년 포뮬러1 카. 이렇게 달라집니다.」, 《홈페이지: Red Bull》, [https://www.redbull.com/kr-ko/2020\\_formula1\\_changes](https://www.redbull.com/kr-ko/2020_formula1_changes) (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>19</sup> 장성국(2008), 「포뮬러 원이란?」, 『오토저널』, 30(2), 115-118.

금지되었다.

액티브 서스펜션의 작동 구조를 세부적으로 살펴본다면 다음과 같이 분석할 수 있다. 먼저 이론적으로는 노면의 진동이나 코너 주행 상황에 의해 발생하는 롤링<sup>20</sup>, 피칭<sup>21</sup>, 요잉<sup>22</sup>과 같은 차량의 운동 상태의 변화에 대비해 펌프 또는 모터의 제어를 통하여 차체를 제어하는 기술로 정의되며, 이러한 액티브 서스펜션은 모터를 회전시켜 댐퍼<sup>23</sup>의 상하운동을 유도하는 것으로 시작하여 작동된다. 하단의 그림 4<sup>24</sup>에서도 확인할 수 있듯이 모터의 시계방향 회전으로 유체가 피스톤의 상단으로 이동하여 댐퍼의 내부가 고압 상태에 다다르게 되는데, 이러한 피스톤과 댐퍼 사이의 압력차에 의해 댐퍼에 대한 압축력이 발생되며, 모터가 시계 반대 방향으로 회전하게 되면 앞의 상태와 반대로 인장력이 발생된다. 이렇게 모터의 회전 방향을 제어함으로써 댐퍼의 운동 상태와 관계없이 압축력 또는 인장력을 발생시키는 구조를 통해 서스펜션의 높낮이를 제어하는 것이 바로 액티브 서스펜션이 작동되는 원리이다.<sup>25</sup>

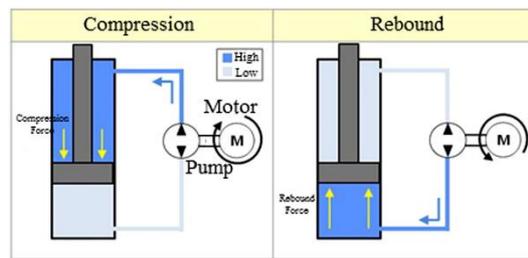


그림 4. 액티브 서스펜션 작동 구조

이러한 구조를 활용함으로써 액티브 서스펜션은 주행 상황에 따라 압축력 또는 인장력을 모터로부터 적절히 제어하여 롤링, 피칭, 요잉과 같은 상황에서도 차체가 일정한 지상고를 유지할 수 있도록 하는 데에 도움을 준다. 이는 결과적으로 레이스 카의 주행 환경에서 발생하는 불필요한 공기저항을 줄이고 차체에 작용하는 진동을 감쇄시키는 데에 영향을 준다는 점에서 의의를 가진다.

### 3. 항력 감소 시스템(DRS)

본고의 II.1.-2. 내용을 통해 레이스 카의 하부에서 작동되는 에어로 기술에 대한 개요를 살펴 보았다. 그러나 레이스 카의 상부에 대해서 특히 다루지 않았던 부분이 존재한다. 이는 바로 윙 구조이며 레이스 카에서 시각적으로, 또는 기능적으로도 두드러지는 핵심적인 요소이다. 윙 구조는 크게 레이스 카의 전면부에 존재하는 프론트 윙과 후면부에 존재하는 리어 윙으로 나뉘며, 일반적으로 2024 F1 기술 규정의 3.1.2 조항에 의거하여 윙 구조와 같은 기하학적 구성

<sup>20</sup> 차체를 측면으로 관찰하여 3차원 좌표축을 설정했을 때 y축을 중심으로 회전하는 현상을 뜻한다. 차체가 측면으로 쏠리는 현상으로 이해할 수 있다.

<sup>21</sup> 차체를 측면으로 관찰하여 3차원 좌표축을 설정했을 때 x축을 중심으로 회전하는 현상을 뜻한다. 차체가 앞뒤로 쏠리는 현상으로 이해할 수 있다.

<sup>22</sup> 차체를 측면으로 관찰하여 3차원 좌표축을 설정했을 때 z축을 중심으로 회전하는 현상을 뜻한다. 차체가 좌우로 회전하는 현상으로 이해할 수 있다.

<sup>23</sup> 오일로 채워진 실린더에 피스톤이 추가된 구조로, 서스펜션의 구조에서 스프링의 운동을 완화하는 역할을 수행한다.

<sup>24</sup> 정장훈, 서인석, 이상호(2020), 「액티브 서스펜션을 활용한 주행 성능 향상 제어 연구」, 『한국자동차공학회논문집』, 28(9), 637-643.

<sup>25</sup> 정장훈, 서인석, 이상호, 동일 논문.

요소는 움직이지 않도록 고정되어 있다.<sup>26</sup>

다만 예외적으로 리어 윙에서 고정되어 있지 않은 구조가 존재하는데 이 구조가 바로 항력 감소 시스템, 일명 DRS<sup>27</sup>이다. 따라서 해당 본문에서는 레이스 카의 리어 윙에서 작동되는 기술인 DRS에 대해서 다뤄보고자 한다.

DRS는 추월 활성화를 목적으로 2011 F1 기술 규정부터 도입된 기술로써 이는 해당 규정의 3.18 조항에 의거하여 정의된다.<sup>28</sup> 해당 기술은 하단의 그림 5<sup>29</sup>와 같이 리어 윙의 상단 플랩을 개방함으로써 일시적으로 리어 윙에 작용하는 공기저항을 줄이는 기능을 수행한다. 따라서 DRS가 활성화된 차량은 활성화되지 않은 차량에 비해 상대적으로 더 높은 최고 속력을 낼 수 있게 된다.

다만 F1 그랑프리에서는 각 그랑프리의 지정된 구간에서만 DRS를 사용할 수 있으며, DRS 감지 구간을 기준으로 앞 차량과 1초 이내의 간격을 유지해야 DRS를 사용할 수 있는 권한을 갖는다. 또한 DRS는 드라이버가 사용 권한을 획득했을 때 드라이버의 스티어링 휠에 위치한 버튼으로 조작하여 수동으로 활성화되며, 브레이크가 작동되었을 때 자동으로 DRS는 비활성화된다. 이러한 DRS가 활성화되었을 때 평균적으로 10 km/h에서 15 km/h의 순간 속력을 얻을 수 있다.<sup>30</sup>



그림 5. DRS 활성화(좌) | DRS 비활성화(우)

따라서 DRS는 직선 주로와 같은 다운포스의 영향이 레이스 카에게 해롭게 작용되는 경우에만 한하여 리어 윙에 작용되는 공기저항을 줄이므로 결과적으로 순간 속력을 증가시키는 데에 영향을 준다.

추가적으로 본 내용을 기반으로 서론에서 언급되었던 맥라렌 MCL38 차량의 '미니 DRS'에 접근해 살펴본다면 해당 기술에 대해 다음과 같이 분석해 볼 수 있다. 하단의 그림 6<sup>31</sup>에서 확

<sup>26</sup> Fédération Internationale de l'Automobile, 위의 기술 규정, 11.

<sup>27</sup> 항력 감소 시스템의 표기를 정리하고자 한다. 항력 감소 시스템은 통상적으로 F1에서 DRS로 표기되며, 이는 Drag Reduction System의 약자이다. 따라서 본고에서는 해당 시점부터 표기의 통일화와 간소화를 위해 항력 감소 시스템을 DRS로 갈음하고자 한다.

<sup>28</sup> Fédération Internationale de l'Automobile(2011), 「2011 FORMULA ONE TECHNICAL REGULATIONS」, 『FIA Formula One World Championship Technical Regulations』, Fédération Internationale de l'Automobile, 17-18.

<sup>29</sup> FormulaNerds(2022.12.18), 「What is DRS in F1 and what does it do?」, 《매거진: FormulaNerds》, <https://www.formulanerds.com/explainer/what-does-drs-do-in-f1/> (최종 검색일: 2024.11.30)

<sup>30</sup> FORMULA 1(2024.04.15), 「Aerodynamics in Formula 1 | F1 Explained」, 《유튜브 채널: FORMULA 1》, <https://www.youtube.com/watch?v=JuEvK-zCqio> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>31</sup> Matt Somerfield(2024.09.16), 「Did McLaren's 'mini-DRS' rear wing trick help Piastri keep Leclerc at bay in Baku?」, 《매거진: Autosport》, <https://www.autosport.com/f1/news/did-mclarens-mini-drs-rear-wing-trick-help-piastri-keep-leclerc-at-bay-in-baku/10654905/> (최종 검색일: 2024.11.30)

인해 볼 수 있듯이 맥라렌 MCL38 차량의 리어 윙에 장착된 DRS의 경우 DRS가 비활성화된 상황에서도 고속 주행 상황에서 다운포스에 의해 상단 플랩의 양쪽 끝 면이 일부 개방된 것을 확인해 볼 수 있다. 이에 따라 명백히 DRS가 비활성화된 상황임에도 순간 속력에 대한 소폭의 이득을 얻을 수 있게 되며, 반대로 DRS를 활성화했을 때의 순간 속력에 대한 이득은 일반적인 DRS 구조에 비해 다소 줄어들게 된다.

따라서 미니 DRS는 DRS를 활성화할 수 없는 상황에서도 DRS를 활성화했을 때 발생하는 순간 속력의 이득을 소폭이나마 얻을 수 있게 된다는 점에서 해당 기술은 의의를 갖게 되지만, DRS를 활성화했을 때의 순수 이득에 비해 다소 적은 순간 속력을 얻을 수 있다는 점과 미니 DRS 구조 자체에서 발생하는 소폭의 순간 속력 이득에 대한 낮은 효율성에서 한계를 갖게 된다.

결과적으로 해당 기술은 서론에서도 언급되었듯이 2024 F1 기술 규정의 3.10.10.f 조항에 저촉되어 사용이 금지되었지만, F1 기술 규정의 맹점을 공략하는 창의적인 접근으로써 다른 F1 팀들에 비해 상대적으로 순간 속력을 소폭이나마 더 확보하고자 했던 의도는 도전적인 시도 그 자체로서 칭찬받을 가치가 있다고 판단된다.



그림 6. 미니 DRS 활성화 예시

지금까지 F1에서 사용되었거나 현재 사용 중인 F1의 에어로 기술에 대하여 살펴보았다. 결과적으로 이러한 기술들은 궁극적으로 공기저항을 최소화하기 위해, 또는 공기의 흐름을 최적화하려는 시도에 기반되어 탄생되었으며 차체의 안정성을 확보하거나 최고 속력을 확보하는 데에 영향을 주었다. 다음 장에서는 본고에서 설명된 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션, DRS 기술이 활용된 양산차의 사례를 살펴봄으로써 서론에서 언급하였던 F1의 에어로 기술이 자동차 시장의 경쟁을 활성화하는 데에 영향을 준다는 점을 확인해 보고자 한다.

### III. 각 기술 별 실제 적용 사례

해당 본문에서는 상단에서도 언급되었듯이 본고에서 언급된 F1 에어로 기술이 실제 양산차에 적용된 사례를 살펴보고자 한다. 특정 기술의 경우 광범위한 차량에서 사용되므로 이에 대한 사례 또한 다양한 구조와 기능으로써 나타나게 되나, 각 기술 별 실제 양산차에 대한 적용 사례는 2대로 한정하여 선정하였다.

#### 1. 그라운드 이펙트

1) McLaren W1

McLaren W1 차량은 맥라렌 F1 팀의 F1 월드 챔피언십 첫 우승 50주년을 기념하고자 제작된 차량으로, McLaren P1 차량의 후속 헤일로 카이다. 해당 차량은 엔진과 서스펜션, 에어로 구조에서 F1 기술을 접목시켜 350 km/h의 최고 속력과 1340 Nm의 토크, 최고 출력 1,258 PS의 성능을 발휘하며 약 2백만 달러의 가격으로 399대 한정 판매되었다. 이러한 W1에 적용된 기술 중 본고에서 다루었던 그라운드 이펙트가 적용된 구조에 대해 분석하고자 한다.



그림 7. 전면 플랩 활성화(좌) | 전면 플랩 비활성화(우)



그림 8. 리어 윙 활성화(좌) | 리어 윙 비활성화(우)

W1 차량에서의 그라운드 이펙트는 차량 내부의 버튼 조작으로부터 지원되는 '레이스 모드'를 활성화함으로써 작동된다. 레이스 모드를 활성화할 시 상단의 그림 7<sup>32</sup>, 8<sup>33</sup>과 같이 전면부 플랩과 리어 윙이 그라운드 이펙트를 형성할 수 있도록 받음각이 변화한다. 이러한 플랩의 받음각이 변화함에 따라 다운포스에 의해 하단의 그림 9<sup>34</sup>와 같이 차체가 그라운드 이펙트를 최대한 활용할 수 있도록 지상고가 내려가며, 세부적으로는 전면부의 경우 37 mm, 후면부의 경우 17 mm의 지상고를 낮춤으로써 차체가 그라운드 이펙트를 활용하기에 최적화된 구조를 갖게 된다. 이러한 구조를 통해 벤투리 터널 효과를 형성시켜 약 1,000 kg의 다운포스를 생성한다.<sup>35</sup>



그림 9. 플로어 공기 흐름 예시

결과적으로 McLaren W1 차량은 레이스 모드의 활성화를 통해 플랩의 받음각을 조정함으로써 지상고를 낮추어 플로어에 그라운드 이펙트를 형성하며, 이를 통해 다운포스를 생

<sup>32</sup> McLaren(2024.10.06), 「THE REAL SUPERCAR McLAREN W1」, 《홈페이지: McLaren》, <https://cars.mclaren.com/en/W1> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>33</sup> 위의 홈페이지.

<sup>34</sup> 위의 홈페이지.

<sup>35</sup> McLaren Press Room(2024.10.06), 「New McLaren W1: the real supercar」, 《뉴스룸: McLaren Press Room》, <https://cars.mclaren.press/releases/1236> (최종 검색일: 2024.12.01)

성하여 고속 주행에서의 안정성을 확보한다.

2) Gordon Murray Automotive T.50

GMA T.50 차량은 영국의 차량 디자이너인 고든 머레이가 설립한 Gordon Murray Automotive에서 제작된 차량으로 설립자인 고든 머레이(Gordon Murray)의 차량 설계 경력 50주년을 기념하고자 제작되었다. 해당 차량 또한 F1 엔지니어인 설립자에 영향을 받아 F1 기술이 적용되어 3.9L V12 엔진에 의해 최대 670 PS의 출력을 발휘하며 차체의 경량화를 통해 997 kg의 무게를 갖는다.<sup>36</sup> 따라서 해당 차량에 적용된 기술 중 본고에서 언급하였던 그라운드 이펙트가 적용된 구조에 대해 살펴보고자 한다.

T.50 차량에서의 그라운드 이펙트는 본고에서 언급된 그라운드 이펙트의 작동 원리와는 다소 다른 방향성을 갖는다. 베누리 터널을 형성함으로써 그라운드 이펙트를 유도한다는 대전제는 공유하지만, 차량의 후면에 400 mm 팬을 설치함으로써 플로어의 베누리 터널 구조로부터 흐르는 공기의 흐름을 가속화하여 그라운드 이펙트를 극대화하는 것이 GMA T.50 차량에서 적용되는 그라운드 이펙트 기술의 핵심이자 차이점이다. 해당 후면 팬 기술은 이전 1978년 Formula 1 스웨덴 그랑프리에 출전한 브라밤 F1 팀의 BT46B 차량에 최초로 사용된 기술로, 고든 머레이가 해당 기술을 설계한 만큼 이에 대한 이해도와 성능은 보장되어 있다.<sup>37</sup> 하단의 그림 10<sup>38</sup>에서도 확인할 수 있듯이 하단의 베누리 구조에서 흐르는 공기의 흐름이 차량의 후면으로 향할 때, 장착된 팬으로부터 차량의 하부에 흐르는 공기의 유속이 증가함으로써 베누리 터널에 따른 그라운드 이펙트의 기능을 극대화한다.

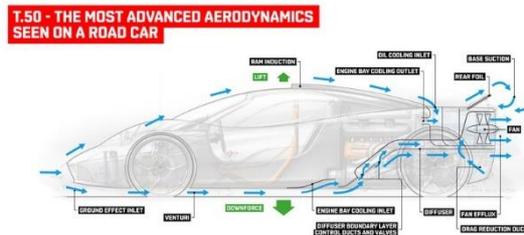


그림 10. 후면 팬 구조 작동 예시

결과적으로 GMA T.50 차량은 후면 팬을 통해 그라운드 이펙트로부터 기대할 수 있는 다운포스를 보다 획기적으로 이끌어냈으며, 차량의 후면으로부터 발생하는 공기저항 또한 감소시키는 데에 영향을 주었다. 실제 GMA의 조사에 따르면 2개의 자동 모드와 4개의 수동 모드를 통해 해당 팬 구조를 활성화했을 때 기존의 T.50 차량이 얻을 수 있는 다운포스에 비해 최대 50%의 다운포스를 추가적으로 생성할 수 있으며, 차량에 발생하는 공기저항은 기존에 T.50 차량에 발생하는 공기저항에 비해 12.5% 감소시킬 수 있다는 점을

<sup>36</sup> Gordon Murray Automotive(2021), 「T.50 DYNAMIC DEBUT AT GOODWOOD」, 《홈페이지: Gordon Murray Automotive》, <https://www.gordonmurrayautomotive.com/automotive/t50> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>37</sup> Formula 1(2021.02.23), 「Legendary Brabham designer Gordon Murray names new hypercar after Niki Lauda」, 《홈페이지: Formula 1》, <https://www.formula1.com/en/latest/article/legendary-brabham-designer-gordon-murray-names-new-hypercar-after-niki-lauda.3KviWrifUAYzi6j3SRf9N> (최종 검색일: 2024.12.21)

<sup>38</sup> Chris Davies(2019.12.10), 「THE MCLAREN F1 CREATOR'S NEW SUPERCAR IS AN INCREDIBLE "FAN CAR"」, 《매거진: SlashGear》, <https://www.slashgear.com/gordon-murray-automotive-t50-supercar-ground-effect-fancar-revealed-10602788/> (최종 검색일: 2024.11.29)

알 수 있다.<sup>39</sup>

## 2. 액티브 서스펜션

### 1) Ferrari F80

Ferrari F80 차량은 Ferrari의 이전 헤일로 카인 Ferrari LaFerrari의 뒤를 잇기 위해 출시된 헤일로 카로, 전반적인 차량의 디자인 언어<sup>40</sup>를 Ferrari F40 차량으로부터 착안한 것이 특징이다. F1 시장을 뿌리로 둔 페라리의 브랜드 특성에 따라 해당 차량 또한 F1 기술이 대량으로 적용되어 정지 상태에서 200 km/h에 도달하는 데에 단 5.75초가 소요되며 1,050 kg의 다운포스를 생성할 수 있는 성능을 갖는다. 따라서 해당 차량에 적용된 F1 기술 중 본고에서 설명되었던 액티브 서스펜션 기술이 적용된 부분에 대해 세부적으로 살펴보고자 한다.

F80 차량에서 적용된 액티브 서스펜션 중 가장 주목해야 할 부분은 바로 48V 전기 모터이다. 본고에서 언급되었듯이 액티브 서스펜션은 댐퍼 구조에서 발생하는 압축력 또는 인장력을 전기 모터로부터 제어하는데, 이러한 전기 모터를 각 휠에 장착하여 총 4개의 전기 모터를 통해 각 서스펜션이 독립적으로 작동된다. 또한 페라리가 자체 제작한 액티브 인보드 댐퍼를 통해 비틀림 진동을 제어하고 열 부하를 분산시키는 역할을 수행함으로써 액티브 서스펜션을 구현하였다.

결과적으로 Ferrari F80 차량은 하단의 그림 11<sup>41</sup>과 같이 48V 전기 모터와 액티브 인보드 댐퍼를 활용한 서스펜션 레이아웃을 구성함으로써, 롤링 현상을 제어하기 위해 사용되는 안티 롤 바 없이 보다 정확한 휠 제어를 수행하기에 저속 주행 상황에서는 균형 제어를 통한 안정성을, 고속 주행 상황에서는 공기역학적 제어를 통한 안정성을 보장한다.<sup>42</sup>

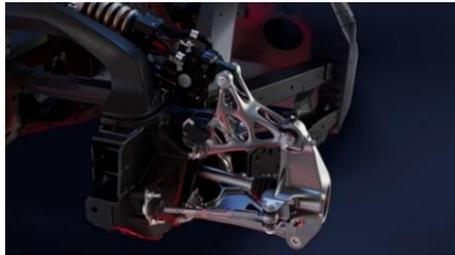


그림 11. F80 서스펜션 레이아웃

### 2) Mercedes-Maybach GLS 600

Mercedes-Maybach GLS 600 차량은 메르세데스-벤츠의 럭셔리 브랜드인 Maybach에서

<sup>39</sup> Gordon Murray Automotive, 위의 홈페이지.

<sup>40</sup> 통상적으로 브랜드에서 사용하는 고유적인 디자인 특성을 뜻한다.

<sup>41</sup> Ferrari(2024), 「페라리 F80: 페라리의 새로운 슈퍼카」, 《홈페이지: Ferrari》, <https://www.ferrari.com/ko-KR/auto/f80> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>42</sup> Forza Motors Korea(2024.10.17), 「페라리의 새로운 슈퍼카, 페라리F80 출시」, 《매거진: Forza Motors Korea》, <https://seoul.ferraridealers.com/ko-KR/articles/f80-ferraris-new-supercar> (최종 검색일: 2024.12.01)

출시한 SUV 차량으로 557 PS의 최고 출력과 78.5 kg.m의 최대 토크를 발휘한다.<sup>43</sup> 해당 차량의 경우 럭셔리 브랜드의 가치를 고려해 다수의 편의 기능을 차량에 접목하였는데 이 중, 본고에서 언급된 액티브 서스펜션을 활용해 SUV 차량에 적합한 기능을 구현하였다. 따라서 해당 차량에서 액티브 서스펜션이 적용된 기능에 대하여 살펴보고자 한다.

GLS 600 차량에서 적용된 액티브 서스펜션은 'E-액티브 바디 컨트롤' 기술로 정의되며, 에어매틱 패키지와 어댑티브 댐핑 시스템의 융합을 통해 불안정한 노면으로부터 발생하는 차량의 진동을 감쇄하는 데에 도움을 준다. 이는 본고에서 언급되었던 액티브 서스펜션의 개념과 유사한 맥락으로써 이해할 수 있다.

다만 해당 차량에 적용된 액티브 서스펜션은 일반적인 서스펜션 구조와 다소 다른 구조를 취하고 있다. 물리적 구조의 스프링과 댐퍼를 사용하는 통상적인 서스펜션 구조와 달리 에어매틱 패키지를 통해 스프링의 구조를 에어 펌프로 대체하여 어댑티브 댐핑 시스템과 상호작용하도록 구성된 것이 특징이다. 따라서 압축된 공기의 탄력을 이용하는 에어 스프링을 통해 주행 정숙성을 향상시키는 것이 GLS 600 차량에 적용된 액티브 서스펜션 구조의 특징이다.<sup>44</sup>

이러한 액티브 서스펜션 구조를 통해 해당 차량은 'Recovery Mode'로 정의되는 기능을 구현했는데, 이는 험로 주행을 수행하는 SUV 차량 특성상 흙 또는 모래에 의해 휠이 빠져 헛도는 현상이 발생했을 때 하단의 그림 12<sup>45</sup>와 같이 Recovery Mode를 통해 서스펜션 구조에 대한 상하 운동을 수행하여 차량의 휠이 헛도는 현상에서 탈출할 수 있도록 돕는 것이 특징이다.



그림 12. Recovery Mode 작동 전(좌) | Recovery Mode 작동 후(우)

따라서 Mercedes-Maybach GLS 600 차량은 에어 스프링과 어댑티브 댐핑 시스템을 조합한 액티브 서스펜션을 구성함으로써 주행 안정성과 정숙성을 확보하였고, Recovery Mode를 통해 험로 주행 상황에서 발생할 수 있는 위급 상황에 대해 대처할 수 있는 기능 또한 갖추었다.

<sup>43</sup> Mercedes-benz(2024), 「The new Mercedes-Maybach GLS - 메르세데스-벤츠 코리아」, 《홈페이지: Mercedes-benz》, <https://www.mercedes-benz.co.kr/passengercars/models/suv/maybach-gls/overview.html> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>44</sup> 김현일, 심경석, 민윤상, 진병욱(2018), 「에어 서스펜션 제어를 통한 승용 차량의 핸들링 및 주행 특성 평가 연구」, 『한국정밀공학회 학술발표대회 논문집』, 523-524.

<sup>45</sup> AUTO TV(2019.06.30), 「The 2020 Mercedes GLS stuck in sand?! - Off-Road Demo | Rocking mode」, 《유튜브 채널: AUTO TV》, <https://www.youtube.com/watch?v=uMLwCtPEHPw> (최종 검색일: 2024.12.06)

3. 항력 감소 시스템(DRS)

1) Porsche 911(992) GT3 RS

Porsche 911(992) GT3 RS는 Porsche 911(992) 차량의 GT3 RS 스펙 차량으로, Porsche 911(992) 라인업 중 GT2 RS 차량을 제외한 최상위 모델이다. 해당 차량은 525 PS의 최고 출력과 296 km/h의 최고 속력으로 정지 상태에서 100 km/h에 도달하기까지 단 3.2초가 소요되는 성능을 갖고 있다.<sup>46</sup> 따라서 이러한 차량에 적용된 기술 중 본고에서 언급된 DRS가 적용된 구조에 대해 설명하고자 한다.

911(992) GT3 RS 차량에 적용된 DRS 구조는 하드웨어적으로 F1에서 사용된 DRS의 구조와 거의 동일하다. 차량의 리어 윙에 존재하며 상단부 플랩이 개방됨으로써 고속 주행 상황에서 공기 저항을 일시적으로 감소시킨다는 기능적인 요소에서도 교집합을 가지게 된다.

다만 활성화 방식에서 다소 차이가 발생하게 된다. 레이스 카와 마찬가지로 드라이버의 버튼 조작에 의해 수동으로 DRS를 조작할 수 있지만 자동으로도 DRS를 사용할 수 있다. 이는 Auto-DRS 기능으로 정의되며, 100 km/h 이상의 속도를 유지하면서 가속 페달을 95 % 이상 밟았을 때 버튼 조작과 관계없이 DRS를 사용할 수 있는 것이 특징이다.<sup>47</sup>

따라서 911(992) GT3 RS 차량은 수동 또는 자동으로 DRS를 조작함으로써 고속 주행 상황에서 순간 속력에 대한 이득을 얻을 수 있게 된다. 실제로 하단의 그림 13<sup>48,49</sup>과 같이 독일 뉘르부르크링 노르트슐라이페 서킷<sup>50</sup>에서의 주행 영상을 비교했을 때, 동일 세대의 포르쉐 911 라인업 중 가장 유사한 성능을 가지는 GT3 모델과 동일한 구간으로부터 4 km/h의 속도 차이를 확인할 수 있는 것이 해당 사례에 대한 근거이다.<sup>51,52</sup>



그림 13. 911 GT3(좌) | 911 GT3 RS(우)

<sup>46</sup> Porsche(2024), 「911 GT3 RS」, 《홈페이지: Porsche》, <https://www.porsche.com/international/models/911/911-gt3-rs/911-gt3-rs/> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>47</sup> Porsche(2024), 「Aerodynamics」, 《뉴스룸: Porsche newsroom》, <https://media.porsche.com/mediakit/911-gt3-rs/en/911-gt3-rs/aerodynamic> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>48</sup> Porsche(2021.02.17), 「The New 911 GT3: Onboard at the Nordschleife」, 《유튜브 채널: Porsche》, <https://www.youtube.com/watch?v=mGF7AgzIPMk> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>49</sup> Porsche(2022.10.14), 「Onboard the Porsche 911 GT3 RS Nürburgring lap」, 《유튜브 채널: Porsche》, <https://www.youtube.com/watch?v=vpEjrjLaTxE> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>50</sup> 독일 뉘르부르크링 서킷 중(Nordschleife, GP-Strecke) 북쪽에 위치한 서킷을 의미한다. 본고에서는 뉘르부르크링으로 같음한다.

<sup>51</sup> Porsche(2021.02.17), 위의 영상, 6:47.

<sup>52</sup> Porsche(2022.10.14), 위의 영상, 6:24.

## 2) Ford Mustang GTD

Ford Mustang GTD 차량은 Ford Mustang의 GTD 스펙 차량으로 826 PS의 최대 출력과 325 km/h의 최고 속력을 발휘할 수 있는 차량이다. 해당 차량은 Ford에서 출시한 차량 중 두 번째로 빠른 최고 속력을 낼 수 있는 차량으로 기록되었는데, 이 기록에 관련된 기술 중에 본고에서 살펴본 DRS가 포함되었다<sup>53</sup>. 따라서 해당 차량에 적용된 DRS 구조에 대하여 살펴보고자 한다.

Mustang GTD 차량에 적용된 DRS 구조는 하드웨어적으로 본고에서 언급한 레이스 카와 911(992) GT3 RS의 구조와 동일하며, 활성화 방식의 측면으로는 911(992) GT3 RS 차량과 교집합을 이루고 있다. 해당 차량의 경우 911(992) GT3 RS와 달리 DRS의 자동 활성화에 대한 세부적인 조건이 명시되어 있지 않지만, 특정 조건을 드라이버가 만족했을 시 하단의 그림 14<sup>54</sup>와 같이 DRS가 구성된 리어 스포일러 구조에서 플랩이 개방되며 이를 통해 고속 주행 상황에서의 불필요한 공기저항을 줄이게 된다.

결과적으로 Mustang GTD 차량은 구조적으로 레이스 카 및 911(992) GT3 RS 차량과의 교집합을, 활성화 방식에서는 911(992) GT3 RS 차량과 교집합을 이루는 DRS를 적용시켜 공기저항의 감소에 따른 순간 속력의 이득을 확보한다.



그림 14. Mustang GTD의 DRS 사용 예시

지금까지 본고에서 다루었던 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션, DRS가 실제 양산차에 적용된 사례에 대하여 살펴보았다. 결과적으로 그라운드 이펙트를 통해 고속 코너링 상황에서의 안정성을 확보하거나 액티브 서스펜션을 통해 승차감을 확보하고, DRS를 통해 순간 속력을 확보하려는 움직임을 양산차에서도 확인해 볼 수 있었다. 따라서 일련의 사례를 통해 F1의 에어로 기술이 자동차 시장의 경쟁과 정체성 확립을 더욱 활발하게 돋우고 있음에 대해 이해할 수 있게 된다.

## IV. 모빌리티 시장 경쟁력 강화 사례

지금까지 F1 에어로 기술과 각 기술이 양산차에 적용된 사례를 확인함으로써 F1에서 태어났거

<sup>53</sup> Ford(2024.09.16), 「2025 Mustang GTD is the Fastest, Most Powerful Production Mustang in History」, 《미디어룸: Ford Media》, <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2024/09/16/2025-Mustang-GTD.html> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>54</sup> Viknesh Vijayenthiran(2023.09.14), 「Ford Mustang GTD to use DRS in quest for sub-7:00 'Ring time」, 《매거진: Motor Authority》, [https://www.motorauthority.com/news/1140809\\_ford-mustang-gtd-to-use-drs-to-hit-sub-7-00-ring-time-goal](https://www.motorauthority.com/news/1140809_ford-mustang-gtd-to-use-drs-to-hit-sub-7-00-ring-time-goal) (최종 검색일: 2024.12.20)

나 다루어진 에어로 기술이 자동차 시장의 경쟁을 활발하게 하는 데에 영향을 주고 있다는 점에 대해 확인했다. 해당 본문에서는 자동차 시장에서 보다 확장하여 모빌리티 시장의 관점으로부터 해당 시장의 경쟁력을 강화하는 데에 영향을 준 사례를 살펴보고자 한다.

우선 모빌리티의 개념은 자동차를 포함해 개인형 이동수단(PM), 도심형 항공 교통수단(UAM)<sup>55</sup>, 자율주행 기술과 MaaS<sup>56</sup> 등을 포함한 '이동'을 목적으로 존재하는 기술이나 시스템 전체를 아우르게 광범위한 영역에서 정의된다. 다만 보다 다양한 측면에서의 경쟁력 강화 사례를 살펴보기 위해 자동차 시장 측면에서 3개의 사례를, 모빌리티 시장 중 자율주행 차량과 UAM 측면에서 각각 1개의 사례를 선정하여 총 5종의 사례를 살펴보고자 한다.

## 1. F1 기술 활용에 따른 자동차 브랜드 간 경쟁 구도 형성

본고의 III. 3. 내용을 통해 우선적으로 DRS가 적용된 양산차에 대하여 살펴보았다. 두 차량은 모두 DRS를 적용함으로써 고속 직선 구간과 같은 다운포스의 중요성이 덜 강조되는 구간에서 DRS의 활성화를 통해 순간 속력을 확보할 수 있다는 공통적인 이점을 가지는 차량이다.

특히 본고에서는 Porsche 911(992) GT3 RS 차량이 다투부르크링을 주행하여 동일 세대의 Porsche 911 차량 중 가장 유사한 성능을 가진 911 GT3 차량과 비교했을 때 직선 주로에서 순간 속력의 이점을 보인다는 점을 시사했는데, 추가적으로 Porsche 911(992) GT3 RS 차량은 다투부르크링에서 6:49.328의 기록을 작성하였다.<sup>57</sup> 이는 본고가 작성되고 있는 시점을 기준으로 양산차 중 4번째로 빠른 기록으로 Porsche 911의 8세대 차량(992) 중 가장 빠른 기록이며, 통상적으로 양산차가 다투부르크링에서 기록하기 힘든 '7분 미만의 랩 타임'<sup>58</sup>을 작성했다는 점에서 의의를 가졌다.

이와 같이 다투부르크링은 자동차 시장에서 '녹색 지옥(Green Hell)'으로 불리는 만큼 주행 난이도와 차량 성능 테스트의 측면에서 명성이 높은 서킷으로, 다투부르크링에서의 랩 타임은 각 브랜드의 기술력을 증명할 수 있는 하나의 방법이기도 하여 각 자동차 브랜드는 다투부르크링에서 더 빠른 랩 타임을 작성할 수 있도록 하기 위해 지속적으로 노력하고 있다.

그런데 Ford Mustang GTD 차량 또한 다투부르크링에서의 랩 타임 작성을 위해 경쟁에 합류하였다. 해당 차량은 2025년 양산을 목표로 본고가 작성되고 있는 시점을 기준으로 현재 개발 중에 있으며, 이에 따라 다투부르크링에서의 공식 기록 작성이 되어 있지 않은 상황이었다. 이에 대하여 Ford는 Mustang GTD의 목표는 독일의 유명한 12.9마일의 길이를 자랑하는 다투부르크링의 73개 코너를 달리는 것이며, 7분 미만의 랩 타임으로 슈퍼카 엘리트 그룹에 합류하는 것이라는 발표를 통해 Mustang GTD 또한 다투부르크링에서의 기록 경쟁을 공식적으로 시작할 것이라는 점을 시사하였다.<sup>59</sup>

추가적으로 2024년 12월 4일, Ford 측에서 공식적으로 측정한 다투부르크링 공식 랩 타임

<sup>55</sup> Urban Air Mobility의 약자로 교통 체증과 환경 오염을 해결하고자 탄생한 교통수단을 의미한다. 본고에서의 표기는 UAM으로 같음한다.

<sup>56</sup> Mobility as a Service의 약자로 모든 이동수단을 하나의 통합된 서비스로 제공하는 것을 의미한다.

<sup>57</sup> Porsche(2022.10.14), 위의 영상.

<sup>58</sup> 통상적으로 자동차 경주를 목적으로 제작된 서킷의 한 바퀴를 주행하는 데에 소요된 시간을 뜻한다.

<sup>59</sup> Ford(2023), 「Mustang® GTD」, 《홈페이지: Ford》, <https://www.ford.com/performance/mustang-gtd/> (최종 검색일: 2024.12.01)

공개 날짜를 2024년 12월 10일로 발표하였으며 이후 공개된 결과 6:57.685의 기록을 작성하여 발표에서 약속하였던 7분 미만의 랩 타임을 작성하는 데에 성공하였다.<sup>60</sup> 이는 미국 자동차 제조사 차량 중 최초로 7분 미만의 랩 타임을 작성한 사례로 많은 관심을 받게 되었으나 Ford의 CEO인 짐 팔리(Jim Farley)는 Ford가 미국 자동차 제조사 최초로 다투르크링에서 7분 미만의 랩 타임을 작성한 것에 대해 자랑스럽지만 여전히 이 기록은 만족스럽지 않으며, Mustang GTD 차량에 기록을 단축해낼 수 있는 부분이 존재한다는 점을 충분히 알기 때문에 다시 랩 타임 작성을 위해 도전할 것이라는 발표를 통해 향후 Mustang GTD의 다투르크링 랩 타임 도전은 지속될 전망으로 보인다.<sup>61</sup>

넓은 관점에서 이를 바라본다면 단순히 Mustang GTD의 기록 작성을 위한 도전으로 받아들여질 수 있지만, 본고에서 다룬 내용에 입각하여 살펴본다면 911(992) GT3 RS 차량과 Mustang GTD 차량은 공통적으로 DRS를 탑재한 차량이라는 점을 알 수 있기에 DRS를 탑재한 양산차 간의 다투르크링 랩 타임 경쟁으로도 바라볼 수 있다.

따라서 하단의 그림 15<sup>62,63</sup>와 같이 Porsche 911(992) GT3 RS 차량과 Ford Mustang GTD 차량의 다투르크링 랩 타임 경쟁은 DRS로부터 촉발된, 더 넓은 관점으로서는 F1 에어로 기술이 촉발시킨 자동차 브랜드 간의 경쟁 구도 형성 사례로 생각해 볼 수 있다.



그림 15. 각 차량의 다투르크링 주행 장면  
Porsche 911(992) GT3 RS(좌) | Ford Mustang GTD(우)

## 2. F1 기술에 기반된 양산차의 세계 신기록 작성

그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션 기술로 무장한 한 대의 차량이 영국 실버스톤 GP(Silverstone GP) 서킷<sup>64</sup>의 양산차 세계 신기록을 작성한 사실 또한 F1 에어로 기술이 모빌리티 시장 경쟁력을 강화하는 데에 영향을 준 사례로 생각할 수 있다.

해당 차량은 Aston Martin Valkyrie로, 영국의 슈퍼카 제조사인 애스턴 마틴에서 제작한 헤일로 카이다. 이 차량은 1,176 PS의 최대 출력과 402 km/h의 최고 속력의 성능을 발휘하며 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션을 접목하여 최대 1,100 kg의 다운포스를 생성할 수 있는 성능

<sup>60</sup> Ford(2024.12.04), 「Ford Mustang® GTD: Road to the Ring Trailer」, 《유튜브 채널: Ford Motor Company》, <https://www.youtube.com/watch?v=MFT0Hpq25Q0> (최종 검색일: 2024.12.07)

<sup>61</sup> Ford(2024.12.10), 「Ford Mustang® GTD: Road to the Ring」, 《유튜브 채널: Ford Motor Company》, <https://www.youtube.com/watch?v=YuxuSLB1hg8> (최종 검색일: 2024.12.16)

<sup>62</sup> Sandro Kälin(2022.10.13), 「Porsche 911 GT3 RS umrundet den Ring in 6:49.328 Minuten」, 《뉴스룸: Newsroom Porsche》, [https://newsroom.porsche.com/de\\_CH/2022/produkte/porsche-911-gt3-rs-fabelrunde-nuerburgring-nordschleife-30029.html](https://newsroom.porsche.com/de_CH/2022/produkte/porsche-911-gt3-rs-fabelrunde-nuerburgring-nordschleife-30029.html) (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>63</sup> Ford(2024.12.10), 위의 영상, 11:35.

<sup>64</sup> 영국 실버스톤 서킷 중(GP, International, National) 모터스포츠 경기를 위해 설계된 서킷을 의미한다. 본고에서는 Silverstone GP로 같음한다.

을 갖는다.<sup>65</sup> 그중 가장 주목해야 할 점은 Valkyrie 차량의 연구개발 과정에서 F1 엔지니어인 에이드리언 뉴이(Adrian Newey)가 참여했다는 사실이다. 그는 주로 윌리엄스 F1 팀과 맥라렌 F1 팀, 레드불 F1 팀의 엔지니어로 활동하며 그가 개발에 참여한 레이스 카가 F1 드라이버 챔피언십과 컨스트럭터 챔피언십<sup>66</sup>을 차지했던 만큼 차량 디자인에 대한 이해도가 높은 엔지니어이다. 특히 뉴이는 본고에서 서술하였던 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션의 개발 및 개선 과정에 일부 참여했던 만큼 그의 액티브 서스펜션 및 그라운드 이펙트 기술에 대한 이해도는 검증되어 있다고 할 수 있다.<sup>67</sup>

이러한 Valkyrie 차량은 Aston Martin의 고성능 테스트 드라이버<sup>68</sup>인 대런 터너(Darren Turner)가 주행하여 Silverstone GP 서킷에서 1:56.42의 기록을 작성하였다. 해당 기록은 기존 양산차가 Silverstone GP 서킷에서 작성한 기록보다 10초 이상을 단축한 기록으로, 양산차 기준 세계 신기록으로 인정되었다. 이에 대한 대런 터너의 인터뷰에 따르면 기록 도전 당시 비가 내려 트랙의 상태가 좋지 않았고, 며칠 전 모터사이클 경기가 열려 최적의 레이싱 라인<sup>69</sup>을 형성하는 데에 방해가 되었지만 차량은 훌륭하게 작동하였으며, 영국 GT 챔피언십의 폴 랩 기록<sup>70</sup>보다 더 빨리 달릴 수 있는 양산차라는 사실이 놀랍다고 말하는 등 해당 차량의 높은 기술력에 대해 칭찬하였다.<sup>71</sup>

따라서 해당 사례는 하단의 그림 16<sup>72</sup>과 같이 F1 에어로 기술을 종합적으로 탑재한 양산차가 세계 신기록을 작성했다는 점을 통해 기록 경쟁 활성화의 측면으로써 모빌리티 시장의 분위기를 고조시키는 데에 기여했다는 점에서 의의가 있는 사례로 생각해 볼 수 있다.



그림 16. Valkyrie 차량의 실제 Silverstone GP 서킷 주행 장면

<sup>65</sup> Aston Martin(2024), 「IMPOSSIBLE. Driven. Aston Martin Valkyrie」, 《홈페이지: Aston Martin》, <https://www.astonmartin.com/en/models/valkyrie> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>66</sup> F1의 각 시즌에서 1위를 차지한 팀이 얻게 되는 상을 의미한다. F1에서는 팀을 제조사, 즉 '컨스트럭터'로 표현하기 때문이다.

<sup>67</sup> Edd Straw(2024.05.16), 「An innovator and trendsetter – Adrian Newey's greatest F1 contributions」, 《홈페이지: Formula 1》, <https://www.formula1.com/en/latest/article/an-innovator-and-trendsetter-adrian-neweys-greatest-f1-contributions.3tFYlhbEckb7cAwKFTuy> (최종 검색일: 2024.12.07)

<sup>68</sup> 모터스포츠 시장 또는 자동차 시장에서 차량의 성능을 평가하거나 팀 또는 브랜드에게 피드백을 제공하는 임무를 수행하는 드라이버를 뜻한다.

<sup>69</sup> 통상적으로 모터스포츠 분야에서 서킷을 주행할 때 형성할 수 있는 가장 최적화된 경로를 의미한다.

<sup>70</sup> 각 모터스포츠 경기에서 작성된 가장 빠른 랩 타임 기록을 의미한다.

<sup>71</sup> Aston Martin(2024), 「Aston Martin Valkyrie shatters Silverstone lap record」, 《홈페이지: Aston Martin》, <https://www.astonmartin.com/en/our-world/brand-stories/valkyrie-shatters-production-car-lap-record-at-silverstone> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>72</sup> Aston Martin, 위의 홈페이지.

### 3. 비 자동차 제조사의 모빌리티 시장 합류

상단 내용에서 Aston Martin Valkyrie 차량이 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션 기술의 적용을 통해 Silverstone GP 서킷에서 양산차 세계 신기록을 작성하였다는 점을 확인해 볼 수 있었다. 이와 함께 해당 차량의 개발 과정에서 F1 엔지니어인 에이드리언 뉴이가 참여했음 또한 확인해 볼 수 있었는데, 에이드리언 뉴이가 직접 차량의 개발 과정에 참여해 차량이 출시된 사례가 추가적으로 존재한다. 따라서 해당 사례를 통해 F1 에어로 기술이 모빌리티 시장의 다양성을 확보하는 데에 영향을 주었다는 점에 대하여 살펴보고자 한다.

살펴볼 사례는 Red Bull RB17 차량으로, 레드불의 산하 회사인 Red Bull Advanced Technologies에서 제작되었다. 해당 차량은 4.5L 자연흡기 V10 엔진과 전기 모터의 구성으로 이루어진 하이브리드 시스템으로 1,200 HP의 최대 출력과 900 kg의 공차중량과 같은 스펙을 확보하여, 서킷에서 F1 레이스 카와 비슷한 랩 타임을 작성할 수 있다는 특성을 갖고 있는 차량으로 2025년부터 총 50대 한정 생산될 예정이다. 또한 본고에서 언급하였던 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션을 적용하여 주행 상황에서의 다운포스 생성과 안정성 확보에 보다 용이하다는 점 또한 해당 차량의 특성 중 하나이다.<sup>73</sup>

하지만 가장 주목해야 할 점은 해당 차량의 제조사이다. 제조사에 대한 설명 없이 차량의 스펙 개요만을 중점으로 살펴보았을 때에는 해당 차량의 제조사가 상단에서 살펴보았던 Ferrari 또는 Aston Martin, Porsche, McLaren 등과 같은 고성능 자동차 제조사로 추정될 수 있지만, 실제 해당 차량의 제조사는 '레드불(Red Bull)'이라는 점이다. 해당 브랜드는 자동차 제조사가 아닌 에너지 드링크 회사로 RB17 차량은 Red Bull이 레드불 F1 팀과 Red Bull Advanced Technologies의 기술력으로 제작한 최초의 차량이다. 이는 비록 공도 주행이 불가능하지만 비 자동차 제조사인 Red Bull이 레드불 F1 팀의 기술력을 기반으로 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션 기술을 구현함으로써 고성능 차량을 제작한 특이 사례로써 생각해 볼 수 있다.

따라서 해당 사례는 하단의 그림 17<sup>74</sup>과 같이 F1 엔지니어와 F1 팀의 차량 개발 참여로부터 비 자동차 제조사 또한 F1 에어로 기술에 기반된 차량을 제작함으로써 모빌리티 시장에 합류할 수 있다는 점을 통해 F1 에어로 기술이 모빌리티 시장의 다양성 확보 측면으로써 영향을 주었음을 확인해 볼 수 있다.



그림 17. Red Bull RB17

<sup>73</sup> Red Bull(2024.07.14), 「RB17: Hypercar revealed at Goodwood Festival of Speed」, 《홈페이지: Red Bull》, <https://www.redbull.com/int-en/rb17-hypercar-revealed-at-goodwood-festival-of-speed> (최종 검색일: 2024.12.16)

<sup>74</sup> Red Bull, 위의 홈페이지.

#### 4. 자율주행 차량에 대한 액티브 서스펜션 적용

해당 본문부터는 F1 에어로 기술이 자동차 시장의 영역을 넘어 모빌리티 시장의 영역에서도 영향을 주고 있다는 점에 대하여 보다 집중적으로 살펴보고자 한다. 우선 자율주행 차량의 측면에서 살펴볼 적용 사례는 Audi A8 차량이다. 해당 차량은 감·가속 및 차선 변경과 같은 전반적인 주행 권한이 차량에게 주어지나 긴급 상황과 같은 특수 조건에서 운전자의 개입이 필요한 경우 운전자가 직접 조작해야 하는 수준인 Level 3에 해당하는 자율주행 기술을 탑재하고 있다. 이러한 A8 차량은 Level 3 자율주행 기술 자체로도 많은 관심을 받았으나 주목해야 할 다른 요소가 존재했다.

바로 차량에 탑재된 예측적 액티브 서스펜션 기술이다. 해당 기술은 본고에서 언급되었던 액티브 서스펜션의 개념을 바탕으로 제작되었으며, 'Audi AI active suspension'의 명칭으로써 정의된다. 또한 주행 상황에서 발생하는 노면으로부터의 진동을 감쇄하는 기능적인 이점까지 본고에서 다룬 내용과 동일하게 적용된다.<sup>75,76</sup> 하지만 하단의 그림 18<sup>77</sup>과 같이 레이더 기반의 프리 센스 360° 시스템과 연계하여 측면 충격을 예측해 충격이 예측된 측면의 창문을 즉시 폐쇄함과 동시에 측면 서스펜션 구조를 최대 80 mm 상승시킴으로써 탑승자가 받는 충격을 최소화하는 기능을 추가적으로 적용시켰다. 따라서 A8 차량은 액티브 서스펜션 기술을 적용함으로써 주행 안정성뿐만 아니라 탑승자의 안전도 확보하였다.<sup>78</sup>

해당 사례를 통해 자율주행 차량에서 적용되는 액티브 서스펜션이 주행 안정성 확보라는 주 목적을 포함해 탑승자 안전 확보라는 부가적인 목적 또한 수행할 수 있다는 점에서 이는 안전의 측면으로써 F1 에어로 기술이 모빌리티 시장 중 자율주행 차량 분야에 영향을 주었다는 점을 확인해 볼 수 있다.



그림 18. 액티브 서스펜션 작동 예시

#### 5. UAM 버티포트 이착륙 과정에서의 그라운드 이펙트 고려

마지막으로 UAM에서 그라운드 이펙트가 고려되고 있는 사례에 대하여 살펴보고자 한다.

<sup>75</sup> Audi(2021), 「Audi A8 – Predictive active suspension」, 《뉴스룸: Audi Technology Portal》, <https://www.audi-technology-portal.de/en/chassis/suspension-control-systems/audi-s8-predictive-active-suspension> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>76</sup> Ian Adcock(2017.07.14), 「Audi details new A8 active suspension」, 《홈페이지: SAE》, <https://www.sae.org/news/2017/07/audi-details-new-a8-active-suspension> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>77</sup> Dave Humphreys(2017.10.24), 「Audi AI Active Suspension side impact」, 《유튜브 채널: Dave Humphreys》, <https://www.youtube.com/watch?v=qBelv4dKlkw> (최종 검색일: 2024.12.01)

<sup>78</sup> Lou Ann Hammond(2017.09), 「아우디 최상위 플래그십 2018 Audi A8」, 《매거진: AEM》, <https://www.autoelectronics.co.kr/article/articleView.asp?idx=2526> (최종 검색일: 2024.12.07)

UAM의 운항 과정에서 기체의 이착륙을 위해 버티포트<sup>79</sup>를 이용하게 되는데, 버티포트에서 이착륙하며 발생하는 그라운드 이펙트는 기체의 불안정성을 야기하게 된다. 세부적으로는 기체 안정성 방해와 공력<sup>80</sup> 성능 불균형, 소음 발생 등의 문제를 발생시키기에 이착륙 과정에서 UAM에 발생하는 그라운드 이펙트는 부정적인 영향을 초래한다.<sup>81</sup> 비록 본고에서 언급된 그라운드 이펙트가 작용된다는 점에서는 레이스 카와 UAM 모두 동일하지만 작용 원리와 초래하게 되는 결과는 서로 상반되기에 UAM에서 발생하는 그라운드 이펙트에 대해 예측하고자 하는 관점에서의 고려가 필수적이다.

실제로 국토교통부의 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵」에 따르면 K-UAM 구현을 위한 세부기술 중, 인프라 분야의 버티포트 정밀이착륙, 유도 및 안전 등화 시스템 기술(지상항법 분야)이 필요성 분야에서 '중', 시급성 분야에서 '상' 평가를 받아 인프라 분야 전체 19건 중 7순위로 선정되어 있기에 해당 부분에 대한 검토의 필요성이 재고되고 있다.<sup>82</sup>

따라서 국내에서 해당 문제를 해결하기 위해 리프트 팬을 통해 추력을 실험하는 방법에 대한 연구와 공력에 따른 소음을 해석하고자 하는 연구가 진행되고 있으며, 이를 통해 그라운드 이펙트로 인해 발생할 수 있는 부정적인 영향을 확인하고 대처하려는 움직임을 확인해 볼 수 있다.<sup>83,84</sup>

하지만 이러한 그라운드 이펙트가 부정적으로만 고려되지 않는 경우도 존재한다. UAM이 활주와 같은 전진 비행을 수행하여 이륙하게 되는 경우 오히려 그라운드 이펙트가 긍정적인 측면으로써 작용하기도 한다. 전진 비행을 통해 기체의 전면으로부터 불어오는 상대풍을 증가시킴으로써 비교적 적은 양력으로도 큰 양력을 발생시킬 수 있기에 이는 기체의 양력 효율 측면에 있어서 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 점을 고려해 볼 수 있다.<sup>85</sup>

결과적으로 UAM에 작용되는 그라운드 이펙트는 항공역학적인 관점에 입각하여, 이착륙 과정에서 기체 안정성 방해와 소음 발생이라는 부정적인 영향과 양력 효율 확보라는 긍정적인 영향을 포함한 종합적인 측면으로써 고려해야 함을 상기시켜 주기에 F1 에어로 기술이 UAM 시장에 간접적으로 영향을 준다는 점을 확인해 볼 수 있다.

지금까지 F1 에어로 기술이 모빌리티 시장에서 자동차 브랜드 간의 경쟁 구도를 형성하고, 국제 자동차 서킷에서의 양산차 세계 신기록을 작성하도록 돕거나, 비 자동차 제조사가 모빌리티 시장에 합류할 수 있도록 하며, 자율주행 차량에서 탑승자의 안전을 확보하고, UAM의 버티포트 이착륙 과정에서 필수적으로 고려해야 할 변수를 상기시켜주는 데에 영향을 주었음을 확인하였다. 이

<sup>79</sup> UAM이 이착륙하기 위해 설계된 인프라를 의미한다. 환승, 충전, 정비 등의 작업을 수행할 수 있으며 지상 또는 건물의 옥상 등에 설치될 수 있다.

<sup>80</sup> 항공기에 작용하는 기계적인 힘으로 정의되며 양력과 항력으로 구성된다.

<sup>81</sup> 양진용, 이혁진, 강민제, 김은민, 명노신, 이학진(2023), 「버티포트 이착륙을 고려한 지면 효과를 받는 UAM 항공기에 대한 공력소음 해석 연구」, 『항공우주시스템공학회지』, 17(2), 26-37.

<sup>82</sup> 국토교통과학기술진흥원(2021), 「[국가R&D연구보고서] 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵 K-UAM Technology Roadmap」, 국토교통부, 151.

<sup>83</sup> 오병찬, 이동규(2023), 「도심형 옥상 버티포트로의 이·착륙 시 부분적 지면효과 발생을 예측하기 위한 리프트 팬 추력 실험방법」, 『항공우주시스템공학회 학술행사 논문집』, 제주.

<sup>84</sup> 양진용, 이혁진, 강민제, 김은민, 명노신, 이학진, 앞의 논문.

<sup>85</sup> 김성엽, 김현덕(2024), 「도심항공교통 상용화를 위한 운항환경 고찰」, 『항공우주학회지』, 34(2), 59-62.

를 통해 F1에서 태어났거나 다루어진 에어로 기술이 모빌리티 시장에 영향을 주어 자동차 브랜드 또는 기술 그 자체의 경쟁력을 강화한다는 점을 확인하였으며, 본고를 통해 궁극적으로 모빌리티 시장의 지속 가능한 성장과 경쟁을 도모하기 위한 방법 중 하나는 F1 기술을 적용하는 것이며 이러한 F1 시장을 주목해야 한다는 점을 시사하고자 한다.

## V. 결론

본고에서는 F1에서 탄생하거나 다루어진 에어로 기술에 대한 개요와 각 기술이 적용된 실제 양산차의 사례, 모빌리티 시장에서의 영향력에 대해 탐구하였다.

먼저 F1 에어로 기술에 대해서는 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션, DRS에 대해 각 기술의 시대적 등장 배경과 작동 원리를 살펴봄으로써 그라운드 이펙트는 벤투리 터널 원리를 이용한 차체의 지면 접촉 극대화를 중점으로, 액티브 서스펜션은 모터 제어를 통한 능동적인 댐퍼 운동 상태 변경을 중점으로, DRS는 리어 윙 상단 플랩의 개방을 중점으로 작동된다는 사실을 알 수 있었다. 이를 통해 결과적으로 F1 에어로 기술은 궁극적으로 공기저항의 최소화와 공기 흐름 최적화라는 큰 범주의 2가지 목적을 수행하기 위해 탄생되었음을 확인하였다.

이후 F1 에어로 기술이 적용된 양산차의 사례로는 각 기술 별로 2대를 선정하여 그라운드 이펙트의 측면에서는 McLaren W1과 GMA T.50, 액티브 서스펜션의 측면에서는 Ferrari F80과 Mercedes-Maybach GLS 600, DRS의 측면에서는 Porsche 911(992) GT3 RS와 Ford Mustang GTD 차량을 살펴봄으로써 그라운드 이펙트와 액티브 서스펜션, DRS의 핵심 구조를 그대로 이용하거나 창의적인 접근으로써 효과를 극대화하여 각각의 양산차에 적용하였음을 확인하였다. 이를 통해 양산차에 F1 에어로 기술을 접목함으로써 그라운드 이펙트 기술로 고속 코너링 상황에서의 안정성을 확보하거나 액티브 서스펜션 기술로 차량의 승차감을 확보하고, DRS를 통해 순간 속력을 확보하려는 도전적인 시도가 공통적으로 담겨있음을 확인할 수 있었다.

마지막으로는 모빌리티 시장에서 F1 에어로 기술이 적용된 사례 중 자동차 시장 측면에서의 사례 3개, 모빌리티 시장 중 자율주행 차량의 측면과 UAM의 측면에서 각각 사례 1개를 선정해 총 5개의 사례에 대하여 살펴봄에 F1 에어로 기술이 각 시장의 경쟁력을 확보하는 데에 도움을 준다는 점에 대해 확인하였다. 우선적으로 살펴본 자동차 시장 측면에서의 사례를 통해 F1 에어로 기술이 자동차 브랜드 간의 경쟁 구도 형성과 세계 신기록 경쟁 활성화, 비 자동차 제조사의 모빌리티 시장 합류 촉진의 측면에서 영향을 주었으며, 모빌리티 시장 중 자율주행 차량의 측면에서는 F1 에어로 기술이 탑승자의 안전을 확보하는 데에 영향을 주고 UAM의 측면에서는 UAM의 상용화를 위해 반드시 고려해야 할 변수로 작용하는 등 F1 에어로 기술이 본연적으로, 혹은 개념적으로 모빌리티 시장에 영향을 주고 있음을 살펴볼 수 있었다.

이에 따라 본고에서는 궁극적으로 모빌리티 시장에서의 F1 에어로 기술 적용은 모빌리티 브랜드와 기술 자체의 2가지 측면에서 시장 경쟁력을 강화하고 지속 가능한 성장을 도모하며, 브랜드 간의 경쟁을 촉진시킬 수 있는 방안 중 하나임을 시사했다.

하지만 F1 시장에서 탄생하거나 다루어진 또 다른 영역에서의 기술, 즉 엔진이나 하이브리드 시스템, 트랜스미션, 타이어, 새시, 합성연료와 같은 분야에서의 기술 개요와 실제 적용 사례, 모빌리티 시장에서의 영향성에 대해 다루지 않았던 것이 본고의 한계로써 제시될 수 있다.<sup>86</sup> 하지만 본

<sup>86</sup> Red Bull(2018.08.13), 「패밀리카에 남겨진 모터스포츠 기술 7가지」, 《홈페이지: Red Bull》, <https://www.redbull.com/kr->

고에서 서술되는 범위를 보다 한정하고자 에어로 기술에 중점을 두어 이를 집중적으로 다루었으며, 앞에서 서술된 또 다른 분야에 대한 탐구는 추후 진행될 과제로써 남겨두어 F1에서 사용되는 기술과 그 영향성에 대해 폭넓게 살펴볼 수 있도록 하고자 한다.

## VI. 참고문헌

### 1. 단행본

김남호(2023), 『김남호의 F1 스토리』, 42미디어, 26-27.

### 2. 논문

국토교통과학기술진흥원(2021), 「[국가R&D연구보고서] 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵 K-UAM Technology Roadmap」, 국토교통부, 151.

김성엽, 김현덕(2024), 「도심항공교통 상용화를 위한 운항환경 고찰」, 『항공우주의학회지』, 34(2), 59-62.

김현일, 심경석, 민윤상, 진병욱(2018), 「에어 서스펜션 제어를 통한 승용 차량의 핸들링 및 주행 특성 평가 연구」, 『한국정밀공학회 학술발표대회 논문집』, 523-524.

양진용, 이혁진, 강민제, 김은민, 명노신, 이학진(2023), 「버티포트 이착륙을 고려한 지면 효과를 받는 UAM 항공기에 대한 공력소음 해석 연구」, 『항공우주시스템공학회지』, 17(2), 26-37.

오병찬, 이동규(2023), 「도심형 옥상 버티포트로의 이착륙 시 부분적 지면효과 발생을 예측하기 위한 리프트 팬 추력 실험방법」, 『항공우주시스템공학회 학술행사 논문집』, 제주.

장성국(2008), 「포물러 원이란?」, 『오토저널』, 30(2), 115-118.

정장훈, 서인석, 이상호(2020), 「액티브 서스펜션을 활용한 주행 성능 향상 제어 연구」, 『한국자동차공학회논문집』, 28(9), 637-643.

Fédération Internationale de l'Automobile(2011), 「2011 FORMULA ONE TECHNICAL REGULATIONS」, 『FIA Formula One World Championship Technical Regulations』, Fédération Internationale de l'Automobile, 17-18.

Fédération Internationale de l'Automobile(2024), 「2024 FORMULA 1 TECHNICAL REGULATIONS」, 『FIA Formula One World Championship Technical Regulations』, Fédération Internationale de l'Automobile, 11, 33, 43.

### 3. 온라인 자료

Aston Martin(2024), 「Aston Martin Valkyrie shatters Silverstone lap record」, 《홈페이지: Aston Martin》, <https://www.astonmartin.com/en/our-world/brand-stories/valkyrie-shatters-production-car-lap-record-at-silverstone> (최종 검색일: 2024.12.01)

- Aston Martin(2024), 「IMPOSSIBLE. Driven. Aston Martin Valkyrie」, 《홈페이지: Aston Martin》, <https://www.astonmartin.com/en/models/valkyrie> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Audi(2021), 「Audi A8 – Predictive active suspension」, 《뉴스룸: Audi Technology Portal》, <https://www.audi-technology-portal.de/en/chassis/suspension-control-systems/audi-s8-predictive-active-suspension> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Edd Straw(2024.05.16), 「An innovator and trendsetter – Adrian Newey's greatest F1 contributions」, 《홈페이지: Formula 1》, <https://www.formula1.com/en/latest/article/an-innovator-and-trendsetter-adrian-neweys-greatest-f1-contributions.3tFYlhbEcckb7cJAwKFTuy> (최종 검색일: 2024.12.07)
- Ford(2023), 「Mustang® GTD」, 《홈페이지: Ford》, <https://www.ford.com/performance/mustang-gtd/> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Ford(2024.09.16), 「2025 Mustang GTD is the Fastest, Most Powerful Production Mustang in History」, 《미디어룸: Ford Media》, <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2024/09/16/2025-Mustang-GTD.html> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Formula 1(2021.02.23), 「Legendary Brabham designer Gordon Murray names new hypercar after Niki Lauda」, 《홈페이지: Formula 1》, <https://www.formula1.com/en/latest/article/legendary-brabham-designer-gordon-murray-names-new-hypercar-after-niki-lauda.3KviWrfUAYzi6j37SRf9N> (최종 검색일: 2024.12.21)
- Forza Motors Korea(2024.10.17), 「페라리의 새로운 슈퍼카, 페라리F80 출시」, 《매거진: Forza Motors Korea》, <https://seoul.ferrari dealers.com/ko-KR/articles/f80-ferraris-new-supercar> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Gordon Murray Automotive(2021), 「T.50 DYNAMIC DEBUT AT GOODWOOD」, 《홈페이지: Gordon Murray Automotive》, <https://www.gordonmurrayautomotive.com/automotive/t50> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Greg Stuart(2021.07.15), 「10 things you need to know about the all-new 2022 F1 car」, 《홈페이지: Formula 1》, <https://www.formula1.com/en/latest/article/10-things-you-need-to-know-about-the-all-new-2022-f1-car.4OLg8DrXyzHzdoGrbqp6ye> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Ian Adcock(2017.07.14), 「Audi details new A8 active suspension」, 《홈페이지: SAE》, <https://www.sae.org/news/2017/07/audi-details-new-a8-active-suspension> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Lou Ann Hammond(2017.09), 「아우디 최상위 플래그십 2018 Audi A8」, 《매거진: AEM》, <https://www.autoelectronics.co.kr/article/articleView.asp?idx=2526> (최종 검색일: 2024.12.07)
- McLaren Press Room(2024.10.06), 「New McLaren W1: the real supercar」, 《뉴스룸: McLaren Press Room》, <https://cars.mclaren.press/releases/1236> (최종 검색일: 2024.12.01)
- Mercedes-benz(2024), 「The new Mercedes-Maybach GLS - 메르세데스-벤츠 코리아」, 《홈페이지: Mercedes-benz》, <https://www.mercedes-benz.co.kr/passengercars/models/suv/maybach-gls/overview.html> (최종 검색일: 2024.12.01)

ORGANIZED MESS(2022.06.26), 「[Formula 1] #29 - 폴포싱(Porpoising)이란 무엇인가 (2): 벤추리 터널(Venturi Tunnel), 그라운드 이펙트(Ground Effect), 서스펜션의 단단함」, 《티스토리 블로그 - ORGANIZED MESS》, <https://feelight.tistory.com/entry/Formula-1-29-%ED%8F%B4%ED%8F%AC%EC%A7%95Porpoising%EC%9D%B4%EB%9E%80-%EB%AC%B4%EC%97%87%EC%9D%B8%EA%B0%80-2-%EB%B2%A4%EC%B8%84%EB%A6%AC-%ED%84%B0%EB%84%90Venturi-Tunnel-%EA%B7%B8%EB%9D%BC%EC%9A%B4%EB%93%9C-%EC%9D%B4%ED%8E%99%ED%8A%B8Ground-Effect-%EC%84%9C%EC%8A%A4%ED%8E%9C%EC%85%98%EC%9D%98-%EB%8B%A8%EB%8B%A8%ED%95%A8> (최종 검색일: 2024.12.01)

Porsche(2024), 「911 GT3 RS」, 《홈페이지: Porsche》, <https://www.porsche.com/international/models/911/911-gt3-rs/911-gt3-rs/> (최종 검색일: 2024.12.01)

Porsche(2024), 「Aerodynamics」, 《뉴스룸: Porsche newsroom》, <https://media.porsche.com/mediakit/911-gt3-rs/en/911-gt3-rs/aerodynamic> (최종 검색일: 2024.12.01)

Red Bull(2018.08.13), 「패밀리카에 남겨진 모터스포츠 기술 7가지」, 《홈페이지: Red Bull》, [https://www.redbull.com/kr-ko/motorsports\\_technology\\_familycar](https://www.redbull.com/kr-ko/motorsports_technology_familycar) (최종 검색일: 2024.12.06)

Red Bull(2021.07.26), 「2022년 포뮬러1 카. 이렇게 달라집니다.」, 《홈페이지: Red Bull》, [https://www.redbull.com/kr-ko/2020\\_formula1\\_changes](https://www.redbull.com/kr-ko/2020_formula1_changes) (최종 검색일: 2024.12.01)

Red Bull(2024.07.14), 「RB17: Hypercar revealed at Goodwood Festival of Speed」, 《홈페이지: Red Bull》, <https://www.redbull.com/int-en/rb17-hypercar-revealed-at-goodwood-festival-of-speed> (최종 검색일: 2024.12.16)

#### 4. 사진

Chris Davies(2019.12.10), 「THE MCLAREN F1 CREATOR'S NEW SUPERCAR IS AN INCREDIBLE "FAN CAR"」, 《매거진: SlashGear》, <https://www.slashgear.com/gordon-murray-automotive-t50-supercar-ground-effect-fancar-revealed-10602788/> (최종 검색일: 2024.11.29)

Ferrari(2024), 「페라리 F80: 페라리의 새로운 슈퍼카」, 《홈페이지: Ferrari》, <https://www.ferrari.com/ko-KR/auto/f80> (최종 검색일: 2024.12.01)

FormulaNerds(2022.12.18), 「What is DRS in F1 and what does it do?」, 《매거진: FormulaNerds》, <https://www.formulanerds.com/explainer/what-does-drs-do-in-f1/> (최종 검색일: 2024.11.30)

Matt Somerfield(2024.09.16), 「Did McLaren's 'mini-DRS' rear wing trick help Piastri keep Leclerc at bay in Baku?」, 《매거진: Autosport》, <https://www.autosport.com/f1/news/did-mclarens-mini-drs-rear-wing-trick-help-piastri-keep-leclerc-at-bay-in-baku/10654905/> (최종 검색일: 2024.11.30)

McLaren(2024.10.06), 「THE REAL SUPERCAR McLAREN W1」, 《홈페이지: McLaren》, <https://cars.mclaren.com/en/W1> (최종 검색일: 2024.12.01)

Sandro Kälin(2022.10.13), 「Porsche 911 GT3 RS umrundet den Ring in 6:49.328 Minuten」, 《뉴스룸: Newsroom Porsche》, [https://newsroom.porsche.com/de\\_CH/2022/produkte/porsche-911-gt3-rs-](https://newsroom.porsche.com/de_CH/2022/produkte/porsche-911-gt3-rs-)

fabelrunde-nuerburgring-nordschleife-30029.html (최종 검색일: 2024.12.01)

Viknesh Vijayenthiran(2023.09.14), 「Ford Mustang GTD to use DRS in quest for sub-7:00 'Ring time」, 《매거진: Motor Authority》, [https://www.motorauthority.com/news/1140809\\_ford-mustang-gtd-to-use-drs-to-hit-sub-7-00-ring-time-goal](https://www.motorauthority.com/news/1140809_ford-mustang-gtd-to-use-drs-to-hit-sub-7-00-ring-time-goal) (최종 검색일: 2024.12.20)

Wikipedia(2024), 「Venturi effect」, 《인터넷 백과사전: Wikipedia》, [https://en.wikipedia.org/wiki/Venturi\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Venturi_effect) (최종 검색일: 2024.11.29)

## 5. 영상

AUTO TV(2019.06.30), 「The 2020 Mercedes GLS stuck in sand?! – Off-Road Demo | Rocking mode」, 《유튜브 채널: AUTO TV》, <https://www.youtube.com/watch?v=uMLwCtPEHPw> (최종 검색일: 2024.12.06)

Chain Bear(2022.03.02), 「Porpoising and more – all the early 2022 F1 Talking Points」, 《유튜브 채널: Chain Bear》, <https://www.youtube.com/watch?v=xByKRdRhapE> (최종 검색일: 2024.12.06)

Dave Humphreys(2017.10.24), 「Audi AI Active Suspension side impact」, 《유튜브 채널: Dave Humphreys》, <https://www.youtube.com/watch?v=qBelv4dKlkw> (최종 검색일: 2024.12.01)

FORMULA 1(2021.07.15), 「Everything You Need To Know About The 2022 F1 Car」, 《유튜브 채널: FORMULA 1》, <https://www.youtube.com/watch?v=hBmWJOy9vT4> (최종 검색일: 2024.12.21)

FORMULA 1(2024.04.15), 「Aerodynamics in Formula 1 | F1 Explained」, 《유튜브 채널: FORMULA 1》, <https://www.youtube.com/watch?v=JuEvK-zCqio> (최종 검색일: 2024.12.01)

Ford(2024.12.04), 「Ford Mustang® GTD: Road to the Ring Trailer」, 《유튜브 채널: Ford Motor Company》, <https://www.youtube.com/watch?v=MFT0Hppq25Q0> (최종 검색일: 2024.12.07)

Ford(2024.12.10), 「Ford Mustang® GTD: Road to the Ring」, 《유튜브 채널: Ford Motor Company》, <https://www.youtube.com/watch?v=YuxuSLB1hg8> (최종 검색일: 2024.12.16)

Porsche(2021.02.17), 「The New 911 GT3: Onboard at the Nordschleife」, 《유튜브 채널: Porsche》, <https://www.youtube.com/watch?v=mGF7AgzIPMk> (최종 검색일: 2024.12.01)

Porsche(2022.10.14), 「Onboard the Porsche 911 GT3 RS Nürburgring lap」, 《유튜브 채널: Porsche》, <https://www.youtube.com/watch?v=vpEjrjLaTxE> (최종 검색일: 2024.12.01)