

우리나라 직접대기포집(DAC) 기술 기반 기업의 자본구조 형성에서 벤처캐피탈의 역할: 심층 설문 및 인터뷰를 기반으로

류승연* · 오채운**†

*국가과학기술인력개발원 인재교육본부 기본교육실 연구원, **국가녹색기술연구소 정책연구본부 국가기후기술협력센터 책임연구원

Venture capital's role in corporate financing structure for direct air capture (DAC) technology-based firms in Korea, based on in-depth surveys and interviews

Ryoo, Seungyeon* and Oh, Chaewoon**†

*Researcher, Basic Education Division, Korea Institute of Human Resources Development in Science and Technology, Chungcheongbuk-do, Korea

**Principal Researcher, National Climate Technology Cooperation Center, Division of Policy Research, National Institute of Green Technology, Seoul, Korea

ABSTRACT

Direct air capture (DAC) technologies are gaining increasing attention due to their mitigation potential as a carbon dioxide removal approach. DAC technology-based firms are emerging worldwide, and Korea has also witnessed an increase in the number of firms developing DAC technologies. As these firms progress along the technology cycle—spanning research and development (R&D) and laboratory-scale demonstration to large-scale demonstration and commercial deployment—they face significant financial challenges. Against this backdrop, this paper examines the financial structure of DAC technology-based firms in Korea. Drawing on prior studies of general technology-based small firms (TBSF) and on DAC firms, this paper develops ten hypotheses concerning access to private venture capital (VC), focusing on financial structure formation and constraints in obtaining VC funding. Three representative DAC technology-based firms in Korea are selected for analysis, and in-depth surveys and follow-up interviews are conducted. The results reveal divergent views among DAC firms in Korea with respect to the five general hypotheses related to funding access, preferences, and investment conditions. In contrast, the other five hypotheses—formulated to reflect the technological specificity of DAC—were broadly supported. These findings suggest that, while Korean DAC firms generally regard private VC funding as an attractive financial resource, their access remains limited. Such constraints stem from private VC investors' short investment horizons and rapid exit strategies, insufficient understanding of DAC technologies, perceived high risks associated with DAC-based removal projects, and the relatively small scale of investments available for medium- and large-scale DAC deployment. The paper concludes by discussing policy implications, emphasizing the need for hybrid public-private-infrastructure financing, stronger market demand for DAC technology-based project output, and an enhanced understanding of DAC projects to support the demonstration and deployment of DAC technology.

Key words : Direct Air Capture (DAC), Technology-Based Small Firm (TBSF), Corporate Finance, Technology Financing, Venture Capital, Government Support

†Corresponding author : chaewoon.oh@gmail.com (National Institute of Green Technology, 14th floor, Yeouido Post Tower, 60, Yeouinaru-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul, 07328, Korea. Tel. +82-2-3393-3987) ORCID 류승연 0000-0001-9579-1690 오채운 0000-0003-1357-5519

Co-lead author: Ryoo, Seungyeon and Oh, Chaewoon

Received: December 19, 2025 / Revised: December 31, 2025 1st, January 9, 2026 2nd / Accepted: January 23, 2026

1. 서론

기후변화 대응을 위한 국제사회의 감축 노력이 강화되면서, 배출원에서의 배출저감뿐만 아니라, 대기 중에 이미 축적된 이산화탄소를 제거하는 이산화탄소제거(CDR, carbon dioxide removal) 접근이 병행되어야 한다는 인식이 확산되고 있다. 특히 감축이 어려운 부문에서 발생하는 잔여 배출을 상쇄하기 위한 수단으로 CDR의 필요성이 강조되면서, 자연기반 접근뿐 아니라 공학 기반 CDR 기술에 대한 정책적 및 산업적 관심도 확대되는 추세다(IPCC, 2022). 특히, 대기직접포집(DAC, direct air capture) 기술은 공학 기반 CDR의 대표적 기술로, 대기 중 CO₂를 직접 포집할 수 있다는 점에서 주요국을 중심으로 핵심 기술로 주목받고 있다(Bindl et al., 2025).

이에, 전 세계적으로 DAC 기술 기반 기업들이 등장하고 실질적으로 좋은 성과를 거두고 있다. 대표적으로 캐나다에 기반을 둔 카본엔지니어링사와 스위스에 기반을 둔 클라임웍스사가 있다. 먼저, 카본엔지니어링사는 자체적인 습식 포집 기술에 기반한 DAC 기술을 토대로 2009년 설립되었고, 2015년부터 파일럿 플랜트를 운영하며 DAC 기술을 단계적으로 실증해 왔다(Squamish Chief, 2024). 이를 바탕으로, 카본엔지니어링사는 포집한 이산화탄소를 저장할 수 있는 파트너로 미국 기업 1PointFive와 기술 라이선싱 파트너십을 맺고,¹⁾ 2025년 가동을 목표로 하는 연간 50만 톤을 포집 및 저장하는 최초의 상업용 규모이자 세계 최대 규모인 DACCS 플랜트(명칭: Stratos)를 미국 텍사스주 퍼미안 분지에 건설하였다(Song and Oh, 2023). 이 프로젝트는 미 에너지부의 DAC 허브 프로그램으로 선정되어 최대 5억 달러 초기 자금 지원을 약정받았으며(Oxy, 2023), 가동 시 아마존(Amazon)과 에어버스(Airbus) 등을 비롯한 다수의 기업과 체결한 탄소제거 크레딧 구매계약에 따라 포집된 CO₂에 대한 수익을 창출할 예정이다(CE, 2022, 2023). 이어, 카본엔지니어링사와

1PointFive는 신규 시설(시설명: King Ranch)을 건설하기로 하였다(CE, 2022, 2023). 한편, 클라임웍스사는 2009년에 설립되어 2017년 세계 최초의 상업 DAC 플랜트 가동을 이끌며 국제적인 주목을 받았다. 2021년 아이슬란드에서 약 4,000 tCO₂/년 규모의 오르카(Orca) 플랜트를 가동하여 포집 CO₂를 현지 지층에 주입·광물화 저장하는 세계 최초의 탄소 제거 플랜트를 완성한 바 있다(Climeworks, 2021). 2024년에는 같은 아이슬란드 현장에 오르카의 9배 크기인 36,000 tCO₂/년 규모의 맘모스(Mammoth) 플랜트를 준공하였고, 이로써 클라임웍스사는 단일 프로젝트 기준 세계 최대 DAC 시설 운영사가 되었다(Climeworks 2022). 더 나아가, 2023년 미국 루이지애나주 Project Cypress가 연간 100만 톤 규모 DAC 허브로 정부 지원 대상에 선정되었으며, 클라임웍스사가 기술공급을 맡아 착공을 준비 중이다(Climeworks, 2024). 이러한 시류 속에서 다양한 DAC 기술 기반 소규모 기업들이 속속들이 등장하고 있다.²⁾ 우리나라도 예외는 아니며, DAC 기술을 자체적으로 개발하고 이를 통해 연구실, 초소형, 소형 실증을 진행하고 이를 사업화하기 위한 기업들이 등장하였다.

그런데, 주목할 점은 이러한 다양한 DAC 기반 기업들 중에서도 대규모 실증사업으로 성공한 기업이 많지 않다는 점이며, 카본엔지니어링사와 클라임웍스사 모두 소규모 기술기반 기업에서 시작하여 대규모 실증사업에 성공하고 상업화 단계로 진입하였다는 점이다. 그 이유는 DAC 기술 기반 제거 사업이 상당히 기술 집약적일 뿐만 아니라 비용 집약적이기 때문이다. 비용 접근법에 대해 다양한 연구 결과물들이 있는데, 습식 포집 기반 DAC 기술 제거 사업의 경우 톤당 제거 비용이 437 \$/tCO₂ 및 470 \$/tCO₂ 수준으로 보고되고 있는데(Erans et al., 2022), 카본엔지니어링사의 경우, KOH-Ca 루프 기반 액상 용액형 DACCS 기술을 토대로 최초 상용화 규모 플랜트 운영 시 CO₂ 순제거 비용이 670 \$/tCO₂로 산정된 연구 결과가 있다(Sievert et al., 2024).³⁾ 고체 흡착제 기반 DAC 기술

1) 2023년 8월 미국의 대형 에너지기업 옥시덴탈 페트롤리엄(Occidental Petroleum, 이하 Oxy)이 카본엔지니어링사를 약 11억 달러에 인수하여 카본엔지니어링사는 Oxy의 저탄소 사업 부문 자회사로 편입되었다(OP, 2023).

2) DAC 기술 기반 기업들이 매우 다양하며 그중에서도 Carbon Herald가 2023년 기준 2025년에 주목해야 할 기업으로 AirCapture社, Avnos Capture6社, Carbon Capture Inc.社, arbon Collect limited社, Carbyon社, Deep Sky社, Heirloom社, Mission Zero Technologies社, Octavia Carbon社, Origen社, Phlair社, Removr社, Sirona社, Skytree社, Soletair Power社, Spiritus社 등을 제시했다(Carbon Herald, 2023). 한편, StartUs에서 제시한 2025년도 주목할 회사로 스웨덴 Korall社, 미국 NuAria社, 스위스 Fortyfour社, 프랑스 Yama社, 캐나다 Atlanta Climate社, 미국 Sora Fuel社, 일본 Yellow Duck社, 스웨덴 UseNexus社, 미국 South Ocean Air社, 스웨덴 Aerbon社 등도 제시했다(StartUs Insights, 2025).

3) 이때, 초기 비용의 75~91%가 설비투자비(CAPEX)와 고정 운전유지비(fixed OPEX)에서 발생한다. 또한 누적 설비 규모가 증가할 경우 경험률에 따라 평균 비용이 감소하여, 누적 1 Gt-CO₂/year 규모에서는 341 \$/tCO₂ 수준으로 하락할 수 있는 것으로 제시된다(Sievert et al., 2024).

기반의 제거 비용은 톤당 수백 달러에서 수천 달러에 달한다고 제시되는데(Erans et al., 2022), 클라임웍스社의 경우, 상용 초기 단계의 고체 흡착제 DACCS 시스템에서 CO₂ 순제거 비용이 1,311 \$/tCO₂로 산정된 연구 결과가 있다(Erans et al., 2022).⁴⁾ 이는 상용화 단계까지 올라가 기술 성숙도가 높아지고 기술 최적화가 되어도, 포집 기술의 특성에 따라 다르기는 하지만, 톤당 제거 비용이 상당하다는 것을 알 수 있다.

따라서, 자체적인 DAC 기술을 보유한 기업들은 자체적인 DAC 기술을 개발한다고 하더라도, 그 기술을 실험실의 초소형 실증부터 소규모 실증을 넘어서서 중규모 이상의 실증, 최초 호기(FOAK, first-of-a-kind) 플랜트, 그리고 상용화 플랜트로 이어지는 과정에서 대규모 및 장기 자금이 필요하며, 단 단계별 전환 구간에서 자금조달 공백(finance gap)이 발생할 수 있다는 지적이 제기되어 왔다(Wesche and Skjølvold, 2025). 즉 DAC 기술 확산의 병목은 ‘기술을 만들 수 있느냐’와 함께 ‘기술기업이 단계별로 필요한 자본을 어떤 경로로 확보하느냐’라는 문제로 연결된다. 따라서, DAC 기술의 사업화에서 기술을 보유한 기업의 자본구조 형성에 대한 문제는 매우 중요하다. 그런데, 기존 DAC 기술 사업화와 관련된 연구에서 ‘자본구조’에 특화된 연구는 제한적이다. 대부분, 기술 사업화 과정에서 발생하는 다양한 도전과제 또는 제한 요소를 다루고 이에 대한 정책방안을 제시하는데, 이러한 도전과제 중 하나로 자원 확보 방안을 담고 있을 뿐이다(Kotowicz et al., 2025; Li and Yao, 2024; Sovacool, Baum, and Low, 2022; Sovacool, Baum, Low, et al., 2022). 특히 앞서 언급한 바와 같이 우리나라에서도 등장한 DAC 기업들이 사업화를 추진하고 있는 바, 이러한 자본구조에 대한 연구는 우리나라 기업의 자원 확보 방향을 제시하는데 있어도 큰 의미를 줄 수 있다.

이에, 동 연구는 우리나라에서 DAC 기술에 기반한 사업화를 추진하는 과정에서의 기업의 자본구조와 자원 확보 노력을 파악하여, DAC 기술 사업화에 필요한 정책적 방향을 모색하고자 한다. DAC 기술이 신규 혁신 기술인 바, 이러한 기술에 기반을 둔 기업의 재정 연구는 기존에 기술 기반 소규모 기업(TBSF, Technology-Based Small

Firm)을 중심으로 진행되었다. 이에 TBSF의 자본구조에 대한 선행 연구를 토대로, TBSF의 자본구조에서 중요한 역할을 하는 자원들을 파악하고, 그중에서도 민간 벤처캐피탈(VC, Venture Capital)에 주목하였다. 그 이유는 민간 벤처캐피탈 자원은 TBSF에 위험 자본을 공급하는 핵심 주체이기 때문이다(Duke, 2022).⁵⁾ 또한, 민간 벤처캐피탈 자원은 소규모 혁신 기업에 자원을 제공하는 역할 뿐만 아니라, 기업이 성장할 수 있도록 경영차원에서도 상당히 중요한 역할을 수행한다(Vanacker et al., 2014). 따라서, 기존의 TBSF의 자본구조 형성에 대한 기존 연구에서도 민간 벤처캐피탈 자원 접근성을 중요하게 보고, 동 접근성에 도움이 되거나 또는 방해가 되는 요인에 대한 연구가 주를 이루고 있다(Bilau and Couto, 2010; Mahmood et al., 2018; Owen et al., 2019). 또한, DAC 기업들 역시 민간 벤처캐피탈 자원을 기업 자본구조 형성에 활용하고 있다.

따라서, 동 연구는 우리나라 DAC 기술 기반 기업들의 민간 벤처캐피탈 자원 접근에 현황과 이를 통한 정책적 방향을 모색하고자 하였다. 이를 위해, 제2장에서는 TBSF의 민간 벤처캐피탈 접근에 대한 선행연구와 DAC 기술 기업의 DAC 기술 기반 사업화 연구를 토대로, 민간 벤처캐피탈 자원 접근성에 관한 10가지 가설을 추출하였다. 동 가설을 토대로, 우리나라의 DAC 기술 기반 3개 기업을 선정하여, 이들을 대상으로 설문조사 방향을 설정하였다. 제4장에서는 설문조사와 심층인터뷰를 실시한 결과를 분석하였는데, 각 가설에 대해 우리나라 DAC 기업들의 답변을 통해 정리하며 가설의 적용성을 검토하였다. 또한, 이를 종합하여, 우리나라 DAC 기술 기반 소규모 기업들의 자본구조의 특징을 도출하였다. 마지막으로 제5장에서는 동 연구 결과를 요약하고, 이를 종합해 정책적 함의를 제시하였다.

2. 기존 문헌연구

2.1. 기술기반 소규모 기업(TBSF)에 대한 자본구조 연구

기업재정(corporate finance)에 대한 전통적인 가정은 Modigliani-Miller (1958) 이론에 기반하고 있는데, 이에

4) 클라임웍스社의 기술은 설계 복잡성은 낮으나 모듈식 구조 특성상 일정 수준의 맞춤화가 필요한 기술로, 평균 경험률이 13%로 산정되었다. 이에 따라 초기 비용은 높지만 규모 확장 시 단가 하락 잠재력이 존재할 수 있다. 다만, 누적 설비 규모가 1 Gt-CO₂/year 수준에 도달하더라도 비용이 약 317 \$/tCO₂에 머물 것으로 예측되어, 대규모 확장 이후에도 일정 수준 이상의 비용이 유지될 가능성이 제시되었다(Sievert et al., 2024).

5) 물론, 투자기간·회수전략·시장전망에 민감한 특성상, 장기·자본집약적 기술 분야에서는 VC가 항상 충분한 해법이 되지 않을 가능성도 함께 존재한다(Duke, 2022).

따르면, 시장의 효율성이 담보된다는 조건 하에서, 기업의 재정적 결정이 기업의 가치에 영향을 주지 않는다는 것이다(Miller and Modigliani, 1961). 즉, 기업이 재원을 ‘어디에서’ 확보하여 ‘어떠한 형태의 자본구조’를 갖는지는 별로 중요하지 않을 수 있다는 것을 의미한다. 여기서 시장 효율성의 조건으로는 세금, 파산 비용, 대리인(agency) 비용, 그리고 비대칭 정보가 시장에 존재하지 않는다는 것을 의미한다. 따라서, 만약 앞서 언급된 조건이 다르다면, 즉 시장이 효율적이지 않다면, 기업의 재정적 결정은 기업의 가치에 영향을 줄 수 있다는 것으로 이해될 수 있다. 이에, 상기 이론은 중소기업에 적용되기 어렵다. 그 이유는 중소기업의 기업재정을 위한 시장이 비(非)효율적일 수 있기 때문이다. 중소기업의 경우, 기업가가 잠재적 자원 제공자(투자자)보다 해당 사업의 성격과 미래에 대해 보다 더 많은 정보를 보유하는 정보 비대칭(information asymmetries)이 발생하고, 이는 기업가와 투자자 간의 대리인 갈등으로 이어질 수 있으며, 이는 중국에 주식지분 및 부채 자본을 제공하는 투자자의 결정에 영향을 미친다. 여기서, 정보 비대칭은 주식 시장과 부채 시장 양쪽 모두 기업가의 도덕적 해이와 투자자의 역선택이라는 문제를 발생시킬 수 있다(Brierley, 2005, pp. 64-65). 이러한 정보 비대칭을 해결하기 위해, 투자자는 ‘거래’ 행위에 기업 정보 탐색, 협상, 계약 체결, 이행 모니터링, 분쟁 해결 등에 소요되는 거래 비용(transaction cost)이 발생하게 된다(Williamson, 1985).⁶⁾

이러한 시장의 비효율성은 중소기업 중 하이테크에 기반한 기술기반 소규모 기업(TBSF)의 경우 더 심화될 수 있다. TBSF는 “상품과 서비스가 과학적 및 기술적 지식을 적용하는 데에 상당히 의존하는 소규모 비즈니스” 또는 “사업활동이 상당한 기술 요소를 경쟁우위의 주요한 원천으로 하는 비즈니스”로 정의된다(Brierley, 2005, p. 64).⁷⁾ 즉, TBSF는 혁신 기술을 핵심 경쟁력으로 하는 소규모 기업으로 이해될 수 있다. TBSF의 시장 비효율성이 더 심화되는 이유는 다음의 세 가지 특성 때문이다. 첫째, 기업 성공이 과학적 지식과 지적 재산에 기인한 바, 기업의 성장 잠재력을 가치화하기가 어렵다. 둘째, 기업 생애 주기 상 초기 단계에 담보로 활용될 수 있는 유형자산이 부족하다. 셋째, 상품에 대한 실적(track record)이 적거나

부재하고, 시장에서 기술기반 상품이 거의 시험되지 않았으며, 시장에서 사장될 확률이 높다. 이러한 특성에 의해, TBSF는 투자자 입장에서 볼 때 정보 비대칭에 상당히 취약하고 이에 따라 기업이 보유한 기술 및 R&D 가치와 최종 생산품에 대한 가치에 대한 평가가 어렵다(Brierley, 2005, p. 65).⁸⁾ 이러한 비효율성을 고려하면, 재정 정책은 TBSF의 현금흐름과 향후 재원의 투자 및 성장에도 영향을 미칠 수 있다.

이에, TBSF에 대한 국외 선행연구는 국가 또는 지역 레벨에서 ‘TBSF는 재원을 어디에서 확보하는가?’ 즉 ‘기업의 자본구조가 어떻게 되는가?’에 대해 질문한다. 이에 기업의 자본구조에 대한 현황을 파악하고, ‘TBSF의 자본 확보를 돕기 위한 정책적 수단 및 방안이 무엇인가?’에 대한 답을 내리는 방향으로 진행되었다. 특히, 유럽을 중심으로 TBSF의 자금조달 제약 현황과 이를 완화하기 위한 제도적 수단에 대한 연구가 이루어졌다. 앞서 언급된 바와 같이, 자금 조달 제약의 원인을 공통적으로 정보 비대칭성, 무형자산에 대한 높은 의존도, 초기 단계 자본 부족(equity gap)을 핵심 문제로 제시하며, 각국의 금융시스템 및 정부개입 방식에 따라 TBSF의 자금조달 경로가 다양하게 나타난다(Baldock and North, 2015; Bozkaya et al., 2003; Brierley, 2001; Dubocage and Rivaud-Danset, 2002; Mahmood et al., 2018; Revest and Sapiro, 2009).

자금 조달의 구조적 특성을 살펴보면, TBSF는 담보 부족으로 인해 부채를 통한 자금조달이 어려우며, 이에 따라 민간 벤처캐피탈(VC), 엔젤 투자, 공공 지원금과 같은 외부자본에 의존하는 경향을 보인다(Bozkaya et al., 2003; Revest and Sapiro, 2009). 여기서 자본은 ‘내부자본’과 ‘외부자본’으로 구분되는데, 내부자본이란 창업자 본인, 가족, 친구 등 기업 내부자(insiders)가 직접 제공하는 자금으로, 개인 저축, 가족이나 지인의 투자, 창업자의 신용카드 사용 등 사적 재원을 포함한다(Berger and Udell, 1998, p. 7). ‘외부자본’이란 기업 외부의 금융기관이나 투자자 등으로부터 조달되는 자금으로(Cassar, 2004, p. 271), 여기에는 은행재원(bank financing), 벤처캐피탈, 엔젤 투자, 공공지원금 등이 있다. 먼저, 은행 재원은 주로 담보나 소유주 개인 보증을 기반으로 한 대출 형태로 제공되며, 이 과정에서 기업이 보유한 자산이 중요한 평가 요소가 된

6) 거래비용은 “계약의 작성, 협상, 및 보호”에 대한 사전 비용(ex ante cost)과 “부적응, 협상, 설립 및 운영, 계약에서 안전한 약속을 이행하기 위한 결속(safeguarding)”과 같은 사후 비용(ex post cost)을 모두 포함한다(Williamson, 1985, p. 20).

7) 원 참고문헌은 Allen (1992)과 McNally (1995)이다.

8) 원 참고문헌은 Moore and Garnsey (1992), Matthews (1994)와 Storey and Tether (1996)이다.

다. 한편, 벤처캐피탈은 담보가 거의 발생하지 않는 무형 자산 및 활동에 자금을 제공하는 지분 투자(equity investment) 형태로, 투자자가 기업의 전략적 계획 수립과 때로는 운영 의사결정에도 관여하는 적극적 투자자(Berger and Udell, 1998, p. 8, p. 17). 따라서 재원 제공자가 투자 기회와 리스크에 동시에 관여되며, 담보에 크게 중요성을 두지 않기 때문에 TBSF에 있어서 가장 중요한 재원이라고 볼 수 있다. 다음으로, 엔젤 투자는 개인 고액 자산가가 보통주 등의 형태로 초기 단계의 중소기업에 직접 투자하는 비공식적인 직접 금융이다(Berger and Udell, 1998, p. 6). 마지막으로, 공공 지원금은 정부나 공공기관이 창업과 혁신을 촉진하기 위해 제공하는 보조금과 지원금 형태의 비(非)상환성 재원으로, 담보나 지분 요구 없이 제공되어 기업의 위험을 분담하는 역할을 한다(Boccaletti et al., 2025).

이러한 다양한 자본유형을 토대로, TBSF는 기술과 기업 특성에 맞는 자본 구조를 형성하게 된다. TBSF의 자본 구조는 ‘지역별’ 차이를 보이고 있는데, 미국의 경우, 벤처캐피탈 시장과 기업공개(IPO, Initial Public Offering) 시장이 발달해 있다. 벤처캐피탈 지원을 받는 기업이 전체 IPO의 절반 가까이 차지할 만큼, 벤처캐피탈이 스타트업 성장과 상장시장 진입을 연결하는 주요 자본 경로로 작용하고 있다(Janeway et al., 2021). 반면, 유럽의 경우, 미국과 비교해 벤처캐피탈 시장과 기업공개 시장의 발달 수준이 상대

적으로 미흡하여 시드 및 스타트업 단계에서 구조적으로 자본 부족이 발생하고 있다(Dubocage and Rivaud-Danset, 2002). 이를 해소하기 위해, 프랑스의 경우 공공 펀드 운용과 세제 혜택 제공을 통해 민간자본 유입을 촉진하는 정책을 시행하였다(Dubocage and Rivaud-Danset, 2002).

TBSF의 자본 구조에 대해서 기업 성숙도 ‘시기’에 따라 차이가 발생하기도 한다. 국가별 사례 연구로, 벨기에는 TBSF가 초기 단계 중에서도 시드 단계에서 창업자의 개인저축(personal savings)과 가족자금(family funds)에 대한 의존도가 매우 높게 나타났으며, 성장 단계에 진입한 이후에야 정부 보조금, 은행대출, 민간 벤처캐피탈, 엔젤투자가 주요 자금원으로 활용되었다(Bozkaya et al., 2003).⁹⁾ 한편, 유럽 전반을 대상으로 한 연구에서는 벤처캐피탈이 후기 단계에 집중되어 있고, 초기 단계에는 TBSF가 가용할 자본의 부족이 심화되고 있음이 지적되었고, 이에 대한 정책적 대응으로서 공공 벤처캐피탈과 세제 인센티브의 필요성이 강조되었다(Revest and Sapio, 2009).

이를 정리하면, TBSF는 다양한 재원들을 활용한 자본 구조를 형성할 수 있으며, 그 재원으로는 내부 재원과 외부 재원으로 구분된다. 내부 재원으로는 스타트업 사전 단계에서는 개인저축과 가족자금을 활용할 수 있고, 스타트업으로 발전해 나가면서 자체 연구비를 활용할 수 있다. 한편, 외부 재원으로는 민간 재원(민간 벤처캐피탈), 공공 지원금(보조금, 공공 벤처캐피탈, 세제 혜택), 하이브

Table 1. TBSF’s sources and types of financing

Financing	Sources	Types
Internal financing	Individuals (within or outside the firm)	- Personal savings
		- Family funds
		- An acquaintance’s investment
	Firm’s internal capital	- Internal R&D funding from the other technology’s or sector’s profits within the firm
External financing	Private financing	- (Private) Venture capital
	Public financing support	- Subsidy
		- Public venture capital
		- Tax incentives
	Public-Private financing	- Public-private venture capital fund
Bank	- Loans	
	Initial public offering (IPO)	- Equity investment

Source: Formulated by the authors based on the literature review

9) 벨기에 TBSF 103개 설문조사로 시드 단계에서 82%가 창업자 개인저축을 주요 자금원으로 사용하였으며 스타트업 이후 정부 보조금·VC(26%), 엔젤투자(20%) 활용하였다. 성장 단계에서는 은행 대출이 중심으로 차지하며, 전반적으로 내부자금에서 외부 자본(Equity), 대출채무(Debt)로 이동하는 경로를 보여줬다.

리드 재원(공공-민간 벤처캐피탈 펀드), 은행(대출), 기업 공개 기반의 출자 등으로 구성될 수 있다. 이는 Table 1과 같이 정리될 수 있다. 이 중에서도 시장 논리에 기반해서 TBSF가 가장 선호할 수 있는 재원은 민간 벤처캐피탈이나, 민간 벤처캐피탈이 여의치 않는 경우 다양한 재원들이 기업의 성장 시기나 특성에 따라 다양한 재원들을 활용될 수 있다.

TBSF의 기업 특성상 자본 조달에서 ‘벤처캐피탈’의 역할이 큰 바,¹⁰⁾ TBSF가 벤처캐피탈 재원을 확보하는 데에 성공 요인 또는 실패하거나 제약이 따르는 요인을 파악하는 연구가 심화되었다. Bilau and Couto (2010)는 기존에 이루어진 TBSF의 벤처캐피탈 자금 확보 실패요인에 대한 연구를 총 7가지 측면에서 정리하였다. 첫 번째 실패요인은 해당 국가의 벤처캐피탈 시장의 자금 규모가 작은 경우이다. 두 번째 요인으로 벤처캐피탈 제공자는 TBSF의 높은 투자 위험성으로 인해 초기 단계의 일반 기업투자에 대한 기대 수익률보다 더 높은 수익률을 기대한다는 점 그리고 신속하고 실행가능한 탈출(exit) 전략을 가지고 있다는 점이다. 세 번째 요인은 역시 벤처캐피탈 제공자 입장에서 위험과 수익률을 고려할 때 초기 단계의 TBSF에 대한 투자를 기피하고 보다 발전된 단계의 TBSF에 대한 투자를 선호한다는 점, 그리고 벤처캐피탈 및 이해관계자

이익 보호를 위한 고정 비용으로 인해 소규모 투자보다 상대적으로 높은 투자 금액을 선호한다는 점이다. 네 번째 요인은 TBSF가 가지고 있는 기술적 역량(예: 라이선스 또는 특허)과 창업자의 사업 계획서 준비 여부와 관련된다. 다섯 번째 요인은 창업자의 산업·스타트업·경영 경험 부족과 창업자의 벤처캐피탈 제공자에 의한 통제에 대한 거부감이다. 여섯 번째 요인은 벤처캐피탈 제공자의 기술 이해도 및 전문 지식·기술 부족이다. 일곱 번째 요인은 벤처캐피탈 투자를 장려하는 공공정책이 관련된다. 이는 Table 2와 같이 정리될 수 있다. 여기 정리된 기존 연구는 대부분 벤처캐피탈 제공자(공급자)의 입장에서 진행된 연구 결과이다. Bilau and Couto (2010)는 기존 연구에 덧붙여 벤처캐피탈 수혜자인 TBSF의 관점에서 요인을 분석하고자, 포르투갈의 476개 초기 기업가(개인 또는 팀)들을 대상으로 Table 2에 포함된 항목들에 대한 입장에 대해 설문조사를 실시하였다. 그 결과, 벤처캐피탈 재원을 확보하기 힘든 주요 핵심 요인으로 i) 포르투갈의 벤처캐피탈 시장 규모가 작다는 점, ii) 벤처캐피탈에 참여할 수 있는 공공정책이 제한적이라는 점, iii) 벤처캐피탈 제공자가 초기·사전 단계의 스타트업 기업에 투자할 관심이 부족하고 또한 소규모 자본을 제공할 의지가 부족하다는 점, 그리고 iv) 벤처캐피탈 제공자의 해당 기술에 대한 이해도 부

Table 2. Factors determining the failures of access to venture capital from the perspective of venture capital providers

#	Factors	Influence on VC investment
(i)	- (Country) Small funding scale(size) of venture capital market	Negative
(ii)	- (VC) Expectations of higher rate of return than expected rates of return for early-stage investment due to high risk exposure - (VC) Intention for quick and viable exit	Negative
(iii)	- (VC) Reluctance to finance the early-stage firms and preference to finance firms in a more advanced phase due to the consideration of risks and returns - (VC) Preference to finance a relatively high investment sum rather than small investments due to the fixed costs in protecting the interests of the VCs and their stakeholders	Negative
(iv)	- (TBSF) Technological capability (e.g., licenses or patents) - (TBSF) Preparation of a business plan of entrepreneurs	Positive
(v)	- (TBSF) Entrepreneurs' industry/start-up/management experience - (TBSF) Entrepreneurs' aversion to control by the VCs	Positive Negative
(vi)	- (VC) Lack of technological understanding and specific knowledge and skills	Negative
(vii)	- (Government) Public policies giving incentives to VC financing	Positive

Source: Formulated by the authors based on pp. 23-25 of Bilau and Couto (2010)

10) 벤처캐피탈은 TBSF를 포함한 신규 벤처 기업에 있어서 중요한 바, 벤처캐피탈을 제공자의 투자 결정 기준에 대한 연구도 상당하다(Monika and Sharma, 2015).

족으로 도출되었다.¹¹⁾

TBSF의 연구는 벤처캐피탈 재원 확보 성공 및 실패 요인을 중심으로 더욱 확대되어 왔다. Owen et al. (2019)은 2011~2014년 동안 영국의 TBSF 40개를 대상으로 심층 인터뷰와 설문을 결합한 질적 연구를 수행하여, 벤처캐피탈 자금조달 성패가 기술의 R&D 주기 길이뿐 아니라 경영진의 경험과 네트워크, 정보 접근성과 같은 인적 및 사회적 자원에 좌우됨을 밝혔다. 특히, 글로벌 금융위기 이후에는 TBSF의 재원 확보를 위해, 벤처캐피탈 외에도, 공공 벤처캐피탈, 세제 혜택, 보조금이 금융 에스컬레이터(finance escalator)의 핵심적 수단으로 기능한 것으로 분석하고 있다(Owen et al., 2019). Mahmood et al. (2018)은 이란의 제도적 환경이 TBSF의 벤처캐피탈 조달에 영향을 준다고 설명한다. 동 연구는 세계의 불균형, 노동법의 경직성, 공시제도의 미비가 투자 유인을 약화시켜, 무형자산 의존도가 높고 핵심 인력 확보에 민감한 TBSF의 벤처캐피탈 조달을 특히 어렵게 만드는 요인으로 작용함을 확인하였다.¹²⁾

한편, TBSF의 재원 조달 연구는 ‘민간’ 벤처캐피탈에서 더 나아가 ‘공공’ 벤처캐피탈 및 ‘공공-민간 하이브리드’ 벤처캐피탈의 중요성을 강조하고 있다. Hussain et al. (2017)은 중국의 TBSF의 자본부족에 대한 연구에서는 정부가 지원하는 자본 이니셔티브에 초점을 맞추었다. 민간 벤처캐피탈이 TBSF의 핵심적이고 공식적인 재원이거나, 그럼에도 불구하고 정부가 중국의 경제발전에 있어 경쟁우위를 확보하도록 혁신적인 TBSF를 지원하고자 하는 바 정부 지원 ‘공공 벤처캐피탈 펀드’가 그 규모와 가치적 측면에서 증대하고 있다는 점을 언급하고 있다.¹³⁾ 영국과 리투아니아의 ‘공공-민간 하이브리드 벤처캐피탈 펀드’는 공공 자금과 민간 자금을 공동으로 조성하여 시드 및 초기 단계의 자본 부족을 완화하고, 민간투자를 유인하는 중요한 정책 수단으로 기능하고 있음이 실증적으로 보여 주었다(Baldock and North, 2015; Snieska and Venckuviene, 2011). Snieska and Venckuviene (2011)는 리투아니아의 미성숙한 자본시장과 부족한 민간 벤처캐

피탈 환경을 보완하기 위해 도입된 공공-민간 하이브리드 벤처캐피탈에 대해서, 공공 자금이 펀드 조성의 기반이 되었고, 펀드가 시드 및 초기 단계 기업의 구조적 자본 부족을 완화했을 뿐만 아니라, 벤처캐피탈 시장을 활성화한 점이 특징이라고 언급했다.

영국은 상대적으로 발달한 금융시스템과 민간 벤처캐피탈 인프라를 갖추고 있었지만, 2007년 글로벌 금융위기 이후 은행 대출이 위축되면서 TBSF가 초기 자금을 빌리기 어려워졌다. 이와 동시에 기업의 성장 단계별 자금 수요와 실제 공급 사이의 괴리(Equity gap)가 특히 확대되었는데, 이는 대체로 50만 파운드에서 500만 파운드(약 8억~80억 원) 규모의 투자 구간에서 두드러졌다. 이를 해결하기 위해 정부는 기업자본펀드(ECF, Enterprise Capital Funds), 어스파이어(Aspire), 영국 혁신투자펀드(UKIF, UK Innovation Investment Fund) 등 하이브리드 벤처캐피탈 프로그램을 도입하여, 이 자금 공백을 메우고 민간 벤처캐피탈의 공동투자를 촉진하였다(Baldock and North, 2015). 결과적으로 영국은 TBSF의 민간투자 유인과 글로벌 네트워크 강화에 중점을 두었다는 점에서, 리투아니아 사례와 차별성을 보인다. 또한 최근 비교연구에서도 정부 단독형보다 공공-민간 하이브리드 벤처캐피탈이 TBSF의 후속 투자 유인 측면에서 더 효과적일 수 있음을 보고하고 있다(Berger et al., 2024).

종합하면, TBSF의 자본구조는 내부자본과 외부자본으로 구분된다. 내부자본은 창업자의 개인 저축, 가족 및 지인의 자금과 같은 사적 재원이 중심이며, 특히 시드 단계에서 출발점으로 작용한다. 외부자본은 벤처캐피탈, 엔젤투자, 은행대출, 정부 보조금, 공공-민간 하이브리드 펀드 등 다양한 형태로 구성된다. TBSF의 자금조달에는 공통적으로 몇 가지 제약요인이 확인된다. 담보 부족으로 인해 은행 대출 접근성이 낮고, 기업가와 투자자 간의 정보 비대칭으로 인해 투자 과정의 불확실성이 크다. 그리고 무형자산 중심의 사업구조는 가치 평가를 어렵게 만들어 외부 자본 조달을 제약한다. 물론, 창업자의 경영 경험, 네트워크, 특허와 같은 기술적 자산 보유, 사업계획의 준비

11) 백만 유로 미만의 벤처캐피탈 자금을 요청한 그룹이 더 중요하게 다룬 요인은 여기 언급된 요인들 외에 기업가적·관리자적 스킬 부족 요인이 있었다.

12) 이란 벤처캐피탈 산업을 대상으로 한 31건의 심층 인터뷰 결과, 세제는 유형자산 투자에 유리하여 무형자산 기반의 TBSF에는 불리하게 작용했다. 노동법은 해고 규제가 엄격해 인건비 부담을 줄이기 어렵고, 스톡옵션 제도가 미비해 현금 여력이 부족한 TBSF가 핵심 인력을 장기적으로 확보 및 유지하는 데 제약이 있었다. 공시제도의 미비는 기업가치와 기술가치 입증을 어렵게 하여 정보 비대칭을 심화시켰다. 이 때문에 벤처캐피탈은 상대적으로 담보가 확실한 기업이나 단기 수익 프로젝트를 선호하는 경향을 보였다.

13) 공공 벤처캐피탈 펀드는 우리나라에도 있으며, 대표적으로 ‘한국모태펀드’가 있다. 한국모태펀드는 정부가 재원을 출자한 펀드로, 민간 벤처캐피탈이 이 펀드 자금을 활용해 벤처 기업에 투자하여 수익을 창출한다(KVIC, 2025).

등이 자본 확보 가능성을 높이는 주요 성공 요인으로 작용할 수 있다. 이에 따라, 정부에서는 TBSF와 같은 기업들을 지원하기 위해, 보조금, 공공 또는 하이브리드 벤처캐피탈 펀드 조성, 세제 혜택 등의 정책 방안들을 제시하고 있다.

2.2. 대기직접포집(DAC) 기술 소규모 기업의 자본구조 연구

DAC 기술에 기반한 TBSF의 자본구조에 특화된 연구는 지금까지 제한적이다. DAC의 투자 논리를 다루는 연구가 이제 등장하고 있으며, 대표적으로 Gogerty (2025)는 벤처캐피탈 옵션경제학을 라이트(Wright)의 법칙과 학습곡선에 적용해,¹⁴⁾ DAC 기술에 대한 초기 투자의 가치를 높은 수익성을 논의한다. 그러나 이는 개별 DAC 기술 기업의 투자 대비 수익성에 대한 연구가 아니라, 전지구적으로 2050년까지 연간 10기가톤(Gt)의 처리 능력을 달성한다는 시나리오를 전제로 투자 대비 수익률을 분석한 연구이다. 따라서, 현재로서는 DAC 기술 기반 TBSF의 자본구조를 기업재무 관점에서 직접 분석한 연구는 아직 제한적이다.

대신, 기존의 DAC 기술 기반 TBSF에 대한 연구는, 이들이 기술 사업화 과정에서 맞닥뜨리는 다양한 도전과제 또는 제한요소 측면의 하나로서 자원 확보 방안을 담고 있다. 대표적인 연구로, 우선 Song and Oh (2023)는 DAC 기술 기반 TBSF로 시작하여 대규모 실증 및 활용 플랜트 건설에 성공한 카본 엔지니어링社를 중심으로 i) 시장-견인(market-pull), ii) 기술-주도(technology-push), 그리고 iii) 규제 엄격성 요인을 중심으로 사례연구를 진행하였다.¹⁵⁾ 동 연구에서 시장-견인 측면에서, 카본 엔지니어링社는 R&D 지원금을 활용했고, DAC 기술 특허 기반 라이선싱 제공을 통해 수익을 확보했으며, 더 나아가 감축량(제거량)을 확보하고자 하는 민간 기업들의 선구매제도(pre-purchase agreement)를 활용해 수익을 확보하여, 대규모 실증사업을 위한 재원을 마련했다. 기술-주도 측면에서, 카본 엔지니어링社는 1pointFive라는 자본력이 있는

합작회사와 협력했다.¹⁶⁾ 마지막으로, 감축 규제 엄격성 요인 차원에서, 카본 엔지니어링社는 DAC 기술 기반 사업을 통해 도출되는 제거 크레딧을 판매할 수 있는 기반이 되는 규제제도의 혜택을 받았고,¹⁷⁾ 세제 혜택(45Q 세계 크레딧) 역시 활용하였다. 즉, 카본엔지니어링社는 다양한 재원을 통한 자본구조를 구성하였다. 동 연구에서는 조사되지 않았지만, 카본엔지니어링社는 옥시 저탄소 벤처(Oxy Low Carbon Ventures), 전략적 기업 투자자인 쉘브론 기술 벤처(Chevron Technology Ventures), 빌게이츠 투자를 활용한 것으로 나왔다(CE, 2019).

반면, Duke (2022)는 Song and Oh (2023)와는 사뭇 다른 결과를 보여준다. Duke (2022)는 DAC 기술 기반 스타트업의 기술적 특성과 시장 및 투자 환경을 종합적으로 다루고 있는데, DAC 기업들은 장기간의 연구개발과 건설 기간 때문에 일반적인 민간 벤처캐피탈보다 전략적 기업 투자자, 인프라 특화 펀드, 그리고 정부 지원에 더 의존하는 경향이 있다고 설명한다. 특히 일반적인 민간 벤처캐피탈은 8~10년 이내 투자액회수 압박이 커서 DAC 기업과 맞지 않지만, 전략적 투자자들은 탄소 감축 수요와 같은 가치를 이유로 투자를 한다. 예시로 캐나다 DAC 기술 회사인 Svante社는 전략적 기업 투자자인 쉘브론 기술 벤처, CCUS 전문 투자자인 Carbon Direct, 그리고 캐나다 정부기관으로부터 자금을 조달하였다. 전략적 투자자들은 민간 벤처캐피탈과 달리 투자 자금을 회수해야 하는 기간에 대한 제약이 상대적으로 적다고 설명한다.

Wesche and Skjølsvold (2025)는 직접대기포집및저장(DACCS, Direct air carbon capture and storage) 기술의 국제적 활용을 위해 사업 규모화에 필요한 정책적 시사점을 도출하기 위해 유럽과 북아메리카의 주요 핵심 행위자들을 대상으로 반구조화된 인터뷰(semi-structure interview)를 실시했는데, 이 중에 자본구조와 관련된 사항이 다루어졌다. 동 연구에서는 DAC 기술기반 TBSF의 경우, 자원 마련에 있어서 두 가지 재정 갭(financial gap)을 경험하게 되는데, 하나는 초기단계의 벤처캐피탈 재원과 ‘최초의 파일럿 플랜트(first-of-their-kind pilot plant)’에 필요한 자원 사이에 재정 갭이 존재한다는 것이다. 다른 하나는 최초의

14) 라이트의 법칙은 누적 생산량이 두 배 증가할 때마다 제조 비용이 일정 비율로 감소한다는 것이다(Gogerty, 2025, p. 3). 학습곡선의 경우, 태양광 모듈의 학습률이 20~25%이고, 리튬 이온 배터리의 학습률이 19%라면, DAC 기술의 학습률은 15~18%이다(Gogerty, 2025, p. 4).

15) 카본엔지니어링社는 2009년 설립되어 TBSF로 시작하였으며 실험실 규모 실증부터 소규모 실증을 거쳐 연간 100만톤의 CO₂를 포집 및 저장하는 시설을 건설한 회사로 성장했다.

16) 1pointFive는 옥시넨탈社(Occidental Petroleum)와 투자은행이 함께 만든 합작회사(joint venture)이다.

17) LCFS, 탄소세, 배출권거래제 등이다.

파일럿 플랜트를 성공적으로 활용 및 운영한 이후 ‘대규모 DACCS 설비’를 개발·설치하는 데에 발생한다는 것이다. 특히, DAC 기술기반 기업과 투자자들(벤처캐피탈 제공자 포함) 간에 DAC 기술 관련 지식 교환 및 상호작용을 위한 기회들이 많이 있어, DAC 기술 및 관련 기업들에 대한 정보 확산이 충분히 이루어지고 있다고 한다. 이에, 현재 초기 단계의 DAC 기술 기업들에 충분한 벤처캐피탈이 주어진 것으로 보인다는 결론을 나타내고 있다.

Wang et al. (2024)은 50여 개 DAC 스타트업과 신흥 기술을 검토하며, 기술 발전과 사업화 과정에서 나타나는 불확실성과 과제를 논의한 리뷰 논문이다. Wang et al. (2024)은 문헌과 산업 자료를 검토한 결과, DAC 스타트업의 자금조달 및 연구개발 과정에서 성과 지표 설정에 불확실성이 존재함을 지적한다. 다양한 기술적 접근을 시도하는 DAC 스타트업의 등장은 어떤 기술이 시장 적합성과 효율성 측면에서 우위에 있는지에 대한 논의가 제기되었으나, 여전히 실험실 데이터와 DAC 공정 설계 간에는 성능 및 기술 및 경제적 분석을 연계하는 데 한계가 있다. 이로 인해 자금조달 과정에서 투자자가 활용할 수 있는 표준화된 지표가 부족한 상황이다. 또한, 연구실마다 개발된 흡착제의 성능을 직접 비교하기 어렵다는 점이 지적되며, 이는 기술 간 상대적 평가를 제한한다. 소재 개발과 공정 개발 간의 연계 필요성을 강조하면서, 향후 DAC 연구에서 모든 주요 성과 지표를 포함하는 일관된 공정(성능 및 프로세스) 평가 체계가 필요하다고 제안한다.

3. 분석틀

앞서 기존 연구를 통해, TBSF의 자본구조 형성에 영향을 미치는 요인들을 파악할 수 있었다. 또한, TBSF 중 DAC 기술 기반 기업들에 대해서도 자원 조달의 경향성을 파악할 수 있었다. 이러한 TBSF 연구를 토대로, 동 연구는 우리나라의 DAC 기술 기업들이 자본구조를 형성하는 데에 있어서 민간 ‘벤처캐피탈’에 대한 자원 접근과 관련한 현황과 입장을 파악하고 이를 토대로 향후 정책적 시사점을 도출하고자 한다. 앞서 선행연구에서, TBSF의 민간 벤처캐피탈 자원 접근에 대한 연구는 자원 접근의 성공 또는 실패 요인을 중심으로 벤처캐피탈 ‘제공자’를 대상으로 한 연구와 ‘수혜자’를 대상으로 구분된다. 동 연

구는 선행 연구 중에서, 7가지 ‘실패 요인’에 기반한 7개 가설을 설정하여 ‘수혜자’인 476개 TBSF를 대상으로 설문조사를 실시한 Bilau and Couto (2010)의 연구 접근법을 활용하고자 한다. 즉, 기존 연구를 통해 도출된 ‘요인’을 범주화하고 이를 토대로 ‘가설’을 설정하고 이를 민간 벤처캐피탈의 ‘수혜자’인 기업을 대상으로 ‘설문조사’를 실시한 Bilau and Couto (2010)의 연구 설계 방식이 주요 참고 기반이 되었다.

가설 설정과 관련하여, 우리나라에서 민간 벤처캐피탈 자원 접근성에 대한 용이성과 선호도에 대한 현황을 파악하기 위해, 기존 연구 결과를 토대로 TBSF에 일반적으로 적용되는 일반 가설 5개와 DAC 기술 특수성을 고려한 5개 가설로 총 10개 가설을 설정하였다. 그 이유는 먼저 우리나라에서 형성된 DAC 기술 기업들이 모두 R&D 단계를 지나 실험실 단계 또는 초소형 규모의 실증 단계에 머물러 있는 바, 아직 상용화된 기술 기반 결과물이 부재하다는 점에서 기본적으로는 TBSF로 분류될 수 있기 때문이다. 다만, DAC 기술 기업을 TBSF 관점에서 진행한 연구 결과가 부재한 바, 동 연구는 DAC 기술 기업의 특수성 역시 고려하기 위하여, DAC 기술 기업에 대한 문헌 연구를 통해 민간 벤처캐피탈에 대한 별도 가설을 준비하기로 하였다. 또한, 여기서 제시된 가설들은 가설의 통계적 검증을 목적으로 한 검증 가능한 명제라기보다, 우리나라의 제한된 기업 사례를 중심으로 기업들의 인식과 응답을 구조화하여 해석하기 위한 분석적 틀(analytical lenses)로 활용된다.

먼저, 첫 번째 가설은 일반 가설로 ‘DAC 기술 기반 기업은 담보가 부족한 바, 우리나라에서 전통적 자원(은행 등)보다 벤처캐피탈에 대한 자원 접근이 수월하다’이다.

두 번째 가설은 ‘벤처캐피탈의 경우 투자자가 기업의 전략적 계획 수립 및 운영 의사결정에 관여하는 바, DAC 기술 기업은 벤처캐피탈을 선호하지 않는다’이다.

세 번째 가설은 민간 벤처캐피탈의 지역적 차이를 고려한 가설로 ‘벤처캐피탈 시장이 국외 시장과 비교해 상대적으로 발달하지 않아, DAC 기술 기업은 벤처캐피탈 자원이 부족하거나 이에 접근이 어렵다’이다. 우리나라의 벤처캐피탈 시장이 존재하고 상당히 발전되어 있으나, 그 상대적 발달 수준을 보면 아직 크다고 보기에는 어려운 바, 이와 같이 설정하였다.¹⁸⁾

18) 벤처 기업의 자금조달 측면에 대해 국가간 비교 결과를 다룬 Gong (2019)의 연구에 따르면, 시드라운드(seed) 투자유치 평균액의 경우, 미국 실리콘 벨리가 9억 9천만~10억 원, 영국 런던이 7억 7천만~7억 8천만 원, 이스라엘 텔 아비브가 7억 7천만~7억 8천만 원, 싱가포르가 4억 4천만~5억 원인데 비해, 우리나라는 1억 5천만~3억 5천만 원 수준이다. 시리즈 A라운드 투자유치 평균액의

Table 3. Hypotheses on the access to venture capital financial sources by DAC technology-based firms in Korea

#	Classification	Hypothesis	Literature
1	Hypotheses generally applied to TBSF	- Given the lack of collateral, access to venture capital funding is easier than traditional funding sources (such as banks).	Brierley (2005)
2		- In the case of venture capital, investors are involved in the strategic planning and operational decision-making of DAC technology-based firms, so venture capital is not preferred.	Berger and Udell (1998)
3		- The venture capital market are relatively underdeveloped compared to overseas markets, so venture capital funding is not sufficient or its access is difficult.	Janeway et al. (2021), Bilau and Couto (2010), Gong (2019)
4		- Public policies* exist that can secure or supplement venture capital funding, making it easier for firms to raise capital. <i>*Public venture capital, tax incentives, subsidies, etc.</i>	Bilau and Couto (2010)
5		- If corporate maturity level is · At the seed stage, funding relies heavily on internal resources (personal funds or company internal capital) or, for external funding, angel investors. · Upon entering the growth stage, government subsidy/grants, bank loans, public venture capital, and angel investors become the primary funding sources. · In the late stage of the mature phase, private venture capital is the main funding source.	Bozkaya et al. (2003), Revest and Sapio (2009)
6	Hypotheses reflecting DAC technology-specificity	- As DAC technology gains prominence as a mitigation technology, numerous opportunities exist for DAC technology-based firms to exchange knowledge and interact with venture capital providers (investors) regarding DAC technology.	Wesche and Skjølvold (2025)
7		- DAC technology requires extensive R&D and construction periods, so DAC firms prefer government support, corporate investors, and infrastructure-specialized funds to private venture capital, which demands a short-term (8-10 year) return on investment.	Duke (2022)
8		- When consulting with venture capital investors, the uncertainty risk associated with commercializing DAC technology is viewed as significant, so, as a DAC technology-based firm, access to venture capital funding is not readily available. <i>* Laboratory data exists, but there is a lack of information on performance and technical/economic analysis regarding DAC technology process design, or a shortage of standard data for comparison.</i>	Wang et al. (2024)
9		- DAC technology-based firms cannot solely rely on venture capital for funding, so they form their capital structure based on diverse funding sources.	Song and Oh (2023)
10		- DAC technology-based firms find it more difficult to secure funding for their first medium- or large-scale pilot plants through venture capital than to raise funds for early-stage technology development.	Wesche and Skjølvold (2025)

Source: Formulated by the authors based on literature mentioned in the previous section 2

네 번째 가설은 벤처캐피탈에 대한 우리나라의 정부의 공공정책을 고려한 가설로 '벤처캐피탈 재원을 확보 또는 보완할 수 있는 공공정책들이 존재하여, DAC 기술 기업

의 자본 형성에 용이하다'로 설정되었다. 공공정책으로는 공공 벤처캐피탈, 세제 혜택, 보조금 등이 포함될 수 있다. 다섯 번째 가설은 기업 성숙도에 따른 단계적 상황을

경우, 미국 실리콘 벨리가 72억~85억 원, 영국 런던이 77억~78억 원, 이스라엘 텔 아비브가 50억~60억 원, 싱가포르가 44억~50억 원인데 비해, 우리나라는 12억~16억 원 수준이다.

고려한 가설로, ‘만약 DAC 기술 기업이 시드 단계라면 내부 재원(개인 자금 또는 회사 내부 자본) 또는 외부 재원의 경우 엔젤 투자 의존도가 높다’로 설정하였다. 만약, 기업이 성장 단계에 진입한 단계라면, ‘정부 보조금, 은행 대출, 공공 벤처캐피탈, 엔젤 투자가 주요 자금원으로 활용된다’는 가설이 설정된다. 만약 DAC 기술기업이 성장 단계 중 후기로 진입했다면, ‘민간 벤처캐피탈이 주요 자금원이다’라는 가설이 설정되었다.

여섯 번째부터의 가설은 DAC 기술의 특수성을 고려한 가설이다. 여섯 번째 가설은 ‘DAC 기술이 감축기술로 각광을 받는 바, DAC 기술기반 기업으로서 벤처캐피탈 제공자(투자자)들과 DAC 기술 관련 지식을 교환하고 상호작용하기 위한 기회들이 많이 존재한다’이다.

일곱 번째 가설은 ‘DAC 기술은 장기간 연구개발 및 건설기간이 소요되는 바, 단기간(8~10년)에 투자액 회수를 요구하는 벤처캐피탈보다 정부 지원, 기업 투자자, 인프라 특화 펀드를 선호한다’이다.

여덟 번째 가설은 ‘벤처캐피탈 투자자와의 협의 시 DAC 기술 사업화에 대한 불확실성 리스크를 크게 보는 바, DAC 기술 기업으로서 벤처캐피탈 재원 접근이 용이하지 않다’이다. 기술 사업화의 불확실성은 대부분 실험실 데이터는 존재하나 실제 사업화에 대한 DAC 공정 설계간 성능 및 기술/경제적 분석 정보가 부족하고, 또한 분석 정보를 비교하기 위한 표준 데이터 부족한 데서 비롯된다.

아홉 번째 가설은 ‘DAC 기술 기반 기업은 재원을 벤처캐피탈에 의존할 수 없는 바, 다양한 재원을 토대로 자본구조를 형성한다’이다.

열 번째 가설은 ‘DAC 기술 기반 기업은 초기 단계 재원 조달보다 최초의 중규모 이상의 파일럿 플랜트에 필요한 재원을 벤처캐피탈을 통해 마련하는 것이 더 어렵다’이다. 동 가설을 모두 정리하면 Table 3과 같다.

동 연구는 분석 대상을 벤처캐피탈의 ‘수혜자’인 DAC 기술 기업으로 설정하였다. 일반 TBSF가 아니라 국내의 ‘DAC 기술 기업’으로 한정하되, 그 기업 수가 많지 않아 설문조사와 심층 인터뷰를 통해 진행하는 질적 연구가 기획되었다. 대상 기업은 3개 회사로, A社, B社, 그리고 C社이다.¹⁹⁾ 동 기업들을 선정한 이유로는 세 기업 모두 DAC 기술을 자체 개발하고, DAC 기술에 대한 특허를 보유하고 있고, 실험실 단계의 실증이 모두 완료되었기 때문이

며,²⁰⁾ 마지막으로 DAC 기술 기반 사업화를 위한 CO₂ 포집량 계산 방법론과 감축사업 산정 방법론을 모두 자체적으로 개발 및 작성 중에 있기 때문이다. 일차적으로 동 기업들을 대상으로 기술개발 및 자본구조 형성 현황에 대한 설문조사가 2025년 8월 19일을 중심으로 진행되어, 상기 현황들을 확인하였고, 자본구조의 구성에 대해서 Table 4와 같이 정리하였다. 이를 통해, 동 기업들의 자본구조가 매우 상이함을 확인할 수 있었다. 먼저, A社は DAC 단독 기술에 기반한 회사가 아닌 바, 자체적인 재원을 활용할 수 있는 재정적 구조를 가지고 있다. B社の 경우, 대학 연구실의 경우 결과로 창업된 기술벤처 회사이다. 이에, 대학 연구실이 R&D를 진행하였고, 이 단계에서 필요한 재원은 정부 R&D 보조금과 해외 민간기업의 개별 투자에 의존했다. B社は R&D 단계에서 실증 단계로 넘어가는 단계에 설립되었고, 이 단계에서는 해외 민간기업의 투자를 토대로 진행 예정이다. C社の 경우, R&D 단계와 실증 단계 각각 다양한 재원으로 자본구조가 형성되어 있다.

이를 토대로, 3개 기업에 대해 10개 가설을 토대로 한 심층 설문조사가 2025년 10월 20일을 중심으로 진행되었다. 동 설문조사를 설계 시, 가설 별로 동의(예)와 비동의(아니오)를 선택하도록 요청하였다. 이 때, 응답에 대해서 동의/비동의 정도를 연속된 척도로 표기하는 리커트 척도(Likert scale)를 활용하지 않았다. 그 이유는 기술개발 및 자본구조 현황에 대한 사전조사 시, 기업 수가 3개로 적고 기업 자본구조를 형성하는 재원 접근 경향성이 모두 상이하였다. 이에, 설문조사 시 리커트 척도를 기반으로 평균 점수를 도출하거나 합의도 등을 분석할 의미가 없다고 판단했기 때문이다. 대신, 각 가설에 대해서 기업들이 동의/비동의를 선택하고, 선택한 이유를 정성적으로 기술해 줄 것을 요청하였다. 실제 설문 결과, 한 기업이 특정 가설에 대해서 동의와 비동의를 모두 선택한 사례들이 있었는데, 해당 기업은 ‘상황’에 따라 동의일 수 있고, 비동의가 될 때도 있다고 하였고 그 사례에 대해서 상세하게 정성적으로 기술하였다. 이는 리커트 척도 상의 중간값(보통이다 또는 중간이다)과는 다른 답이라고 볼 수 있다. 또한, 가설 별로 정성적으로 기술한 내용을 토대로, 심층 인터뷰를 추가로 진행하였다.

19) DAC 기반 기술 회사가 우리나라에서 많지 않은 바, 기업을 특정하지 않기 위하여 A社, B社, C社로 표기하였다.

20) A社は 매일 30톤 가량의 이산화탄소 포집 실증이 소규모로 실제 이루어지고 있는 상태이고, B社の 경우 매일 1kg을 포집하는 초소형 규모의 실증이 이루어지고 있고, C社の 경우 실험실 단계에서 매일 0.027톤의 포집이 이루어진 것으로 파악되고 있다.

Table 4. Capital structures of three DAC technology-based firms in Korea

Firms	Stage	Capital Structure
A 社	R&D	- In-house research funds: 100%
	Demonstration	- In-house research funds: 51% - Public funding: Government project 40% - Private funding: Private individual investment 10%
B 社	R&D	- Public funding: Government R&D grants 50% - Private funding: Overseas private individual firm's investment 50%
	Demonstration	- Private funding: Overseas private individual firm's investment 100%
C 社	R&D	- In-house research funds: 10% - Public funding: Government R&D grants 20%, Local government innovation grants 10% - Private funding: Private VC 30% - Bank loans: Venture loan 30% - Other: Future revenue generation (Pre-purchase system) 10%
	Demonstration	- Private funding (private VC) 50%, - Hybrid (government and corporate joint funding) 10% - Bank loans (venture loan) 40%

Source: Formulated by the authors based on interview

4. 분석

4.1. 가설별 설문조사 결과

앞선 3장에서 설정한 10개 가설을 토대로, 본 절에서는 3개 회사인 A社, B社, 그리고 C社를 대상으로 수행한 심층 설문 및 인터뷰 결과를 가설별로 정리하였다. 각 가설에 대한 세 기업의 응답을 비교·요약한 뒤, 이러한 응답 패턴이 보여주는 국내 DAC 기술 기반 기업의 자본조달 특성을 도출하였다.

가설 1 (일반)

DAC 기업은 담보가 부족해 전통적 자원(은행 등)이 민간 벤처캐피탈 자원 접근이 더 수월하다.

첫 번째 가설에 대해서, 세 기업 모두 동 가설에 동의하였다. 3개 기업은 은행과 같은 전통적 자원이 위험 회피 성향을 가지고 있으며, 위험 회피를 위해 대출 심사 시 안정적 현금흐름과 회수 가능한 유형자산을 담보로 요구하며, 초기 단계의 DAC 기술 기업이 이러한 요구기준을 충족할 수 없다고 공통적으로 언급하였다. 제조업이나 하드웨어 기반 기업은 공장·설비 등 유형자산을 담보로 하거나, 생산능력과 매출 예상액을 제시하여 전통적 금융권 대출이 가능할 수 있다. 그러나 B社は 사업 초기 단계의 DAC 기술 기반 기업의 핵심 자산이 무형의 기술 역량과

지적재산권과 연구인력으로 이루어져 있으며, 이에 따라 유형의 담보자산과 매출실적이 부족하여 가치 평가가 쉽지 않다는 점을 언급하였다. 특히, 민간 벤처캐피탈 자원은 기술의 잠재성 및 미래 가치를 보고 위험을 감수하여 높은 수익을 추구하는 자원인 바, 민간 벤처캐피탈 자원 접근이 상대적으로 수월할 수 있다는 점이 공통적으로 언급되었다. 다만, C社は 벤처캐피탈이 전통재원에 비해 상대적으로 현실적인 대안이지만, 이는 “수월하다”기보다는 “유일하게 도전 가능한 선택지”라고 언급했다.

가설 2 (일반)

벤처캐피탈은 기업의 전략적 계획 수립 및 운영 의사결정에 관여하므로, DAC 기업은 이를 선호하지 않는다.

두 번째 가설에 대해서, B社は ‘예’라고 긍정하고, A社와 C社は ‘아니오’라고 응답하여, 사뭇 다른 입장을 보였다. 동 가설을 긍정한 B社は DAC 기업은 장기적인 연구개발과 단계적 규모화가 필요한 산업인데, 민간 벤처캐피탈은 펀드 만기 내 투자금 회수를 목표로 단기적 성과를 압박한다고 답변했다. 또한 B社は 이 과정에서 벤처캐피탈 투자자의 이사회 참여로 인한 경영개입이 이루어지면, 벤처캐피탈 투자자의 결정과 창업자의 기술 자율성 및 개발 방향이 충돌하여 핵심 기술개발 동력 약화로 이어질 위험이 있다고 언급했다. 동 가설이 기술기반 소규모 기업(TBSF)에 아주 일반적으로 적용되는 가설인 바, B社の

답변은 예상가능한 이유였다.

반면, A社와 C社는 벤처캐피탈 투자자의 경영 참여가 필요할 수 있다는 다른 입장을 보였다. 두 기업은 벤처캐피탈 투자자의 경영참여가 스타트업 생태계를 성장시키기 위한 일반적인 특성이라고 설명했다. 벤처캐피탈 투자자는 주요 주주로서 초기단계 회사의 성장 방향, 전략, 지배구조에 일부 관여할 수 있으며, 이는 자금 투입에 따른 당연한 권리 행사로 간주했다. 민간 벤처캐피탈의 참여는 경영 간섭이 아닌 성장 가속과 위기관리의 협력적 역할로 작용하며, 대신 최종 결정권은 기업 대표에게 있다는 점을 강조했다. 따라서 DAC 기업이 민간 벤처캐피탈 투자자의 경영참여 때문에 그 투자를 특별히 기피할 이유는 없고, 오히려 고위험·고비용 구조상 전문 투자자와의 협력은 필수적이라고 응답했다. 특히, A社は 투자 규모와 지분율에 따라 경영 개입 수준이 달라질 수 있다고 보았다. 대규모 투자가 이루어지면 벤처캐피탈 투자자의 경영 참여는 당연한 결과이며, 이는 투자 구조의 본질적 속성이라고 언급했다.

동 가설은 TBSF에 적용되는 일반 가설인 바, 모두 ‘예’라는 긍정적 답변이 이루어질 것이라 예상과 다른 결과도 출된 이유로는, DAC 기술 기업의 특성과 관련이 된 것으로 해석될 수 있다. B社は 벤처캐피탈의 단기 성과 중심의 투자 행동이 장기적인 기술개발 과정과 충돌할 가능성을 우려한 반면, A社와 C社は 벤처캐피탈을 기업 성장 과정에서 협력적 역할을 수행하는 전문적 투자자로 인식하였다. 이는 B社가 연구개발 중심의 기술창업 기업으로서, 기술 자율성과 독립성을 핵심 가치로 두고 있어 상업적 자본의 개입에 보다 신중한 태도를 보이는 것으로 보인다. 반면, A社は 소규모 실증을 마쳤고 C社は 실증부지 기반 사업화를 준비하는 바, 기술개발 방향성이 어느 정도 도출된 상태에서 투자금 확보에 좀 더 중점을 둔 것으로 보인다.

가설 3 (일반)

국내 벤처캐피탈 시장은 국외 시장에 비해 덜 발달해 DAC 기업이 자금조달에 어려움을 겪는다.

세 번째 가설에 대해서, 세 기업 모두 ‘예’라고 답변했으며, 동 가설에 대해 긍정적인 이유의 강조점은 기업별로 조금 차이가 있었다. 먼저, 세 기업 모두 DAC 기업의 벤처캐피탈 자금조달이 어려운 이유로, i) 국내 벤처캐피탈 시장이 국외 벤처캐피탈 시장과 비교해 자원 규모 및 장

기투자 생태계 조성 측면에서 다르다는 점, ii) 국내 벤처캐피탈가 재원이 단기수익 산업인 바이오/플랫폼/IT에 편중되어 있다는 점, 그리고 iii) 국내 벤처캐피탈은 DAC 기술과 같은 자본집약적이고 투자액 회수 기간이 길어 장기 리스크를 담보한 신산업과 잘 맞지않다는 점이 언급되었다. 기업별로 조금 다른 점은, A社は 벤처캐피탈 시장에서 DAC 기술에 투자하도록 유인하는 정책환경이 조성되지 않은 점을 근본적인 이유로 설명했다. B社は 국내 벤처캐피탈 투자자가 DAC 기술 다편테크에 대한 이해와 투자경험이 부족하다는 점을 언급했다. 그리고 B社와 C社は 모두 초기 단계 벤처캐피탈 투자는 충분할 수 있으나, 후속 사업에 대한 대규모 투자를 이끌어갈 벤처캐피탈이 부족한 점을 언급했다. 마지막으로 C社は 국내 벤처캐피탈 투자자의 투자심사 기준이 단기 수익성에 맞춰져 있어, DAC 기술기업이 기술적 성과나 탄소저감 효과를 입증해도, 국내 시장 내 매출실현 가능성이 낮아 투자 의사결정으로 이어지지 않는다고, 벤처캐피탈 시장의 단기 수익성 중심의 투자액 운용 구조의 제약이 원인이라고 강조했다.

가설 4 (일반)

벤처캐피탈 재원을 확보 또는 보완할 수 있는 공공정책이 존재하여, 기업의 자본 형성에 용이하다.

네 번째 가설에 대해, 두 기업은 ‘예’라고 응답하였으나, 한 기업은 ‘아니오’라고 답변하였다. 동 가설을 긍정한 B社は 정부가 DAC 기술의 잠재력을 인정하고 초기 사업 리스크를 분담하는 정책을 진행해 준다면, 민간 벤처캐피탈 투자자도 보다 적극적으로 투자에 나설 것이라고 응답했다. 반대로 이러한 정책이 부재하다면, 기업이 모든 위험을 홀로 감당해야 하므로 자본 형성이 극도로 어려워진다는 일반적인 답변을 제시하였다. 동 가설을 긍정한 C社の 경우, 국내에 민간 벤처캐피탈을 보완하거나 연계할 수 있는 다양한 공공정책 수단이 존재한다고 언급하며, 초기 기술창업 단계에서 접근할 수 있는 공공재원의 예시로 모태펀드, 창업성장기술개발사업, 탄소중립 및 기후테크 펀드 등을 언급하고 이들의 제도적 접근성 역시 높다고 언급했다. 이러한 제도는 민간 벤처캐피탈의 투자 위험을 분담하고, DAC·CCUS 기업이 연구개발 및 실증단계의 자금 확보 기반을 마련하는 데 기여한다고 설명했다. 그러나 이러한 정책적 공공재원이 대부분 R&D 중심의 초기 단계에 집중되어 있다고 언급했다. DAC 기술기반 사업의 경우, 시범사업 이후 대규모(수백억 원) 자본조

달이 필요한 바, 세제혜택이나 보조금 정책보다도 대규모 민간 자본이 진입할 수 있어야 하며, 이를 위해 DAC 사업의 안정적인 매출과 수익이 발생할 수 있는 수요 창출 정책이 더 중요하다고 강조했다. 즉, 현재 DAC 기술 기반 사업의 자금조달의 핵심 문제는 정책의 유무가 아니라, DAC 기술 사업에 대한 수요를 이끌어낼 정책과 동 사업의 수익성을 입증할 수 있는 구조의 부재라고 분석했다.

한편, 동 가설을 부정한 A社は 현실적으로 체감되는 정책지원이 매우 제한적이라고 응답했다. 전기차·태양광 등 이미 시장이 형성된 분야는 보조금과 지원이 풍부하지만, DAC나 DACU 같은 신형 기술 분야는 명시적인 정부 지원정책이나 보조금이 거의 없다고 지적했다. 공공펀드 역시 존재하지만 실제 운용은 대기업 프로젝트나 전통적인 에너지 인프라 중심으로 이뤄지고 있으며, ESG 펀드도 형식적 수준에 머물고 있다고 평가했다.

동일한 가설에 대해 상반된 답변이 나온 이유는 A社の 경우 이미 소규모 실증을 경험하였기 때문에, 중규모 이상의 실증사업에 필요한 자본 확보에 있어서 정부 차원의 공공지원이 부족하다고 체감한 것으로 보인다. 반면, B社は 실험실 규모 및 초소형규모의 실증이 이루어졌고, C社の 경우 실험실 규모의 실증이 이루어진 바, 이 단계에서는 공공재원에 대한 접근성이 상대적으로 높은 것으로 해석된다.

가설 5 (일반)

기업 성숙도에 따라 자금조달 구조가 달라지며, 시드 단계는 엔젤투자 중심, 성장 단계는 정부 보조금 공공 벤처캐피탈 중심, 후기 단계는 민간 벤처캐피탈 중심이다.

- 기업 성숙도가 시드 단계에 해당한다면, 내부 자원(개인 자금 또는 회사 내부 자본) 또는 외부 자원의 경우 엔젤투자 의존도가 높다.

기업 성숙도 단계를 시드 단계, 성장 단계 진입한 단계, 그리고 성장 단계의 후기 단계로 구분하고, 기업 성숙도를 묻는 질문에 세 기업 모두 기업 성숙도를 ‘시드 단계’로 선택하였다. 그리고, 시드 단계에 해당하는 가설에 대해서, 기업들은 답변에 차이를 보였다. 먼저, 동 가설을 긍정한 A社は 약 2~3년 전인 DAC 기술 산업 초창기에는 관련 공공펀드가 부재했고 민간 벤처캐피탈 자원 접근도 어려웠으며, 제안된 벤처캐피탈 투자도 동 DAC 기술사업에 대해 가치 평가가 낮거나 투자액 대비 과도한 경영권 요구 등 불합리한 조건이 많았다고 언급했다. 이러한 조건으로 외부 자본을 수용할 수 없어, 연구개발과 사업개

발을 지속하는 데에 자체 재원을 활용했으나 재무상태가 악화되어 증자나 개인 기반 엔젤형 투자를 반복할 수밖에 없는 구조였다고 설명했다. 다음으로, 동 가설을 긍정한 B社は 시드 단계의 기술 기반 기업은 아이디어와 최소한의 개념증명/기술검증(POC, Proof of Concept)만 존재하는 불확실성이 가장 높은 시기로, 벤처캐피탈 투자자는 검증된 지표나 성과를 요구하기 때문에 초기 투자를 꺼리는 경향이 있다고 설명했다. 따라서 이 단계에서는 창업자와의 신뢰나 기술 잠재력에 근거한 엔젤투자 의존도가 높다고 답변했다.

한편, 동 가설을 부정한 C社は DAC 기업은 일반적인 스타트업과 달리 시드 단계부터 대규모 기술개발비와 설비투자가 필요하기 때문에 “시드 단계는 엔젤 중심”이라는 통념이 맞지 않는다고 지적했다. DAC는 전기화학·소재·공정 등 실험 인프라와 시범사업 설비 구축이 필수인 자본 집약적 기술 산업이므로, 시드 단계에서도 수억~수십억 원 규모의 자금이 필요하다. 이러한 규모는 개인이나 엔젤 투자만으로는 충당이 어렵고, 따라서 정부 R&D 과제, 신용보증기금과 기술보증기금과 같은 정책금융기관의 용자, 공공 및 민간 벤처캐피탈의 공동투자로 초기 자금을 확보하는 구조라고 답변했다. 또한 DAC 기술은 수익성보다 공공적 가치가 큰 산업이므로, 향후에는 수익성 기준이 아닌 환경에 대한 기여도(감축효과 등) 중심의 정부지원 체계가 필요하다고 강조했다. 이러한 차원에서 C社は 엄밀히 규정하면 시드 단계는 넘어서되 이제 성장단계로 진입 직전의 과도기적 단계에 해당한다고 설명했다.

종합하면, 기업의 성숙도가 진행될수록 활용 가능한 자원의 범위가 달라질 수 있다는 가설에 대해서는 DAC 기반 세 기업 모두 대체로 동의하는 것으로 보인다. 다만, DAC 기술 사업화에 소요되는 자본집약적 인프라를 고려할 때 시드와 성장단계 진입 단계 간의 차이가 모호할 수 있다는 점을 고려할 필요가 있다. 즉, 각 성숙도 단계별로 특정 투자자가 명확히 구분된다는 일반적 도식은 DAC 산업의 특성과 완전히 부합하지 않는다는 점을 고려할 필요가 있다.

가설 6 (기술적 특수성)

DAC 기술은 감축기술로 각광받으며, 벤처캐피탈 투자자와의 기술지식 교류 및 상호작용 기회가 많다.

여섯 번째 가설에 대해서, 세 기업의 답변이 모두 상이했다. 먼저, 동 가설을 긍정한 A社は 관심 있는 벤처캐피

탈 투자자들과의 투자자 관계(Investor Relations)를 적극적으로 추진하여 관련 미팅이 꾸준히 이루어지고 있다고 응답했다. 다음으로, B社は 동 가설에 ‘예’와 ‘아니오’를 모두 체크하였는데, 그 이유로 1~2년 전에는 DAC 관련 산업행사와 투자 네트워킹이 활발했지만, 현재는 DAC 기술이 보유한 현실적 장애요소가 부각되면서 기대가 조정되는 하이프 사이클(hype cycle) 국면에 들어섰다고 언급했다. 한편, 동 가설을 부정한 C社は 먼저 “DAC가 감축(mitigation) 기술로 각광받는다”는 전제부터 잘못됐다고 지적했다. DAC는 배출을 줄이는 배출저감(emission reduction) 기술이 아니라, 이미 배출된 CO₂를 대기중으로부터 직접 제거하는 제거(Removal) 기술로, 국제적으로 이산화탄소 제거(carbon dioxide removal)로 구분된다고 명확히 밝혔다. 이 개념 구분이 국내에서는 명확히 자리 잡지 않아 투자자들이 DAC 기술의 본질과 시장 구조를 제대로 이해하지 못하고 있다고 평가했다. 감축 활동에 속하는 두 개 활동인 배출 저감과 제거의 차이에 대한 인식 부족 때문에, 벤처캐피탈 투자자와 기술기업 간 지식 교류의 장이 매우 제한적으로만 존재한다고 언급했다. 현재 열리는 DAC 관련 세미나나 포럼도 정부·연구기관 중심으로 진행되고, 민간 투자자의 참여율은 매우 낮다고 언급했다. 따라서 현재 DAC 분야의 지식교류 구조는 기업이 직접 투자자에게 기술 정보를 설명하고 교육하는 일방향 구조라고 응답했다.

이를 종합하면, DAC 기술 기업과 투자자 간의 정보 교류는 존재하나 해당 기업의 개별적 컨택 및 자체적 네트워킹을 활용해 해당 기업 주도로 진행되고 있는 것으로 보인다. 즉, DAC 기업과 벤처캐피탈 투자자 간의 지식교류 및 상호작용을 위한 제도적 제반은 부족한 것으로 해석할 수 있다. 또한, 지식교류 및 상호작용의 목적이 결국 DAC 기술 기업에 대한 투자인데, DAC 기술에 관심을 갖는 투자자들이 DAC 기술이 갖는 의미(제거 사업)에 대한 인식이 여전히 많이 부족하거나, 또는 제거 사업에 대한 인식이 있더라도 DAC 기술 기반 제거 사업화가 현실적으로 아직 많은 장애요소가 있다는 것을 인지한 상태로 볼 수 있다.

가설 7 (기술적 특수성)

DAC 기술은 장기간 연구개발 및 건설 기간이 소요되므로, 단기(8~10년) 회수를 요구하는 벤처캐피탈보다 정부 지원기업 투자자 인프라 특화 펀드를 선호한다.

일곱 번째 가설에 대해서, 세 기업 모두 ‘예’라고 응답했다. 세 기업 모두 DAC 기술 사업화의 특성에 대해 장기적 투자가 필요하다고 언급했는데, A社は DAC 기술의 연구·개발·실증과 탄소 제거 실적 인증 과정에 걸리는 시간, B社は DAC 플랜트의 설계-건설-상업운전에 걸리는 최소 5년 이상의 시간, 그리고 C社は 장기간의 시간이 소요된다고 언급했다. 반면, 벤처캐피탈 투자의 경우 단기 수익에 집중한다고 세 기업 모두 언급했는데, A社は 벤처캐피탈의 단기 사업성과 중심의 투자에 집중한다는 점을, B社は DAC 상업운전까지 걸리는 최소 5년의 시간이 벤처캐피탈의 엑시트 일정과 충돌한다는 점을 언급했다. 또한, C社は 가설에서 언급하는 벤처캐피탈 투자자의 단기 회수기간인 8~10년 조차 국내에서는 초장기 벤처캐피탈 펀드로 분류된다고 언급하며, 이 기간을 감내할 수 있는 펀드는 주로 정부출자 모태펀드나 초기창업 중심의 소규모 모험자본에 한정된다고 언급했다. 이에, 세 기업 모두 DAC 기술기업에 더 적합한 재원은 단기형 벤처캐피탈 재원이 아니라, 정부, 전략적 투자기업, 장기투자형 인프라 펀드라고 응답했다. DAC 기업이 요구하는 것은 “장기·대규모·낮은 초기수익을 감내할 수 있는 자본”이라고 강조했다. 흥미로운 점은 B社の 경우, 해외 대기업과 장기협력 투자 논의를 진행 중이라고 밝혔다.

가설 8 (기술적 특수성)

민간 벤처캐피탈은 DAC 사업화의 불확실성 리스크를 크게 보기 때문에, DAC 기업은 벤처캐피탈 재원 접근이 어렵다.

여덟 번째 가설에 대해서, 세 기업 모두 이 가설에 대체로 동의했다. 먼저 A社は DAC 기술을 통해 포집된 이산화탄소를 활용하여 중간재 또는 최종재(e-메탄올 등)를 생산하는 데 대한 기술적 수요는 있다고 설명했다. 그러나 설비 구동에 필요한 부지를 확보하고, 또한 소요되는 에너지를 태양광 등 재생에너지로 확보하는 등의 인프라 구축 부담이 모두 기업에 있는 바, 중앙 정부를 통해 지자체의 지원이 있다면, 사업화 불확실성 리스크가 줄어들 수 있다고 설명했다. 다음으로, 동 가설을 긍정한 B社は DAC 기술이 실험실 수준에서 상업 플랜트로 성장하기까지 수반되는 기술 리스크와 동 기술에 대한 시장 리스크를 간단히 언급했다. 이어, 벤처캐피탈 투자는 트렌드에 민감한데 정책 불확실성에 좌지우지 된다고 언급하여, 정책적 리스크 역시 언급하였다. 마지막으로, C社は DAC

기술이 갖는 기술 사업화 리스크는 크게 보지는 않았다. 오히려, DAC 기술 사업화를 했을 때 도출되는 결과물(이산화탄소 제거량)에 대한 탄소시장 차원의 수요가 국내에 존재하지 않다는 시장 리스크가 더 크다고 설명했다. 따라서, DAC 기술사업화에 대한 수요 창출을 위해, 정부 구매제나 CDR 크레딧 제도화 등의 정부 정책이 필요성이 언급되었다. 기술 리스크를 낮추기 위해, 정부 정책금융이나 정부 펀드가 DAC 기술에 대한 기술검증 및 인프라 구축을 할 수 있도록 연계되어야 한다고 언급했다. 또한, 민간 벤처캐피탈 자체가 리스크를 모두 부담할 수 없는 바, 정부가 민간 벤처캐피탈 투자자와의 공동투자 또는 보증 메커니즘을 마련해야 한다고 언급했다. 종합하면, 세 기업 모두 벤처캐피탈 접근이 어려운 핵심적인 이유를 '기술 불확실성 리스크'보다 '시장 수요 부족 리스크'와 '정부 정책 불확실성 리스크'의 문제로 보고 있다.

가설 9 (기술적 특수성)

DAC 기업은 벤처캐피탈에만 의존할 수 없으며, 다양한 재원을 토대로 자본구조를 형성한다.

세 기업 모두 이 가설에 대체로 동의했다. 먼저, 동 가설을 긍정한 A社は DAC 기술에 대한 초기 사업화 단계에서 벤처캐피탈 재원에 접근하기 어려웠고, 대신 중기청 보조금(토지·공장 지원)과 은행 담보형 여신 중심으로 운영되고 있다고 응답했다. 여기서, A社の 경우, DAC 기술 기반 사업만 추진하는 회사가 아니므로, DAC 기술사업화에 필요한 재원에 대해서 은행 담보형 여신을 받을 수 있었다. 하지만, A社は 실제 사업운영 및 연구개발에 필요한 자금은 여전히 부족한 상태라고 응답했다. 다음으로, 동 가설을 긍정한 C社は DAC 기업이 연구개발-시범사업-실증-설비투자에 막대한 자본이 필요하기 때문에 민간 벤처캐피탈만으로는 리스크와 자금규모를 감당할 수 없다고 밝혔다. 따라서 다양한 재원이 필요한데, 특히 정부 보조금, 정부 정책금융, 기업투자자, 인프라 특화 펀드 등이 반드시 자본구조에 함께 혼합되어 포함되어야 한다고 강조했다. 특히, 정부나 공공기관이 DAC 기술 기업을 특정 지원 대상으로 선정해 정책자금을 직접 투입하는 방식이 중요하다고 언급했다. 마지막으로, 동 가설을 동시에 긍정 및 부정한 B社は DAC 기술기업이 이상적으로 지분(Equity)과 부채(Debt)가 균형을 이루는 자본 구조가 필요하다고 답했다. 초기에는 엔젤투자나 민간 벤처캐피탈 재원에 의존하는 경향이 있을 수 있으나, 사업이 규모화할

수록 프로젝트 중심 파이낸싱(project financing)과 같은 부채 조달이 필수적이라고 설명했다. 다만, 규모화 단계에서 전략적 투자자(SI)가 필요한데, 아직 상용화가 입증되지 않은 DAC 기술은 부채 제공을 받기 어려운 바, 공공재원의 필요성을 간접적으로 보여주었다. 요약하면, 세 기업 모두 DAC 기술 사업화가 진행 및 규모화될수록 정부 보조금·정책금융·기업투자·인프라펀드 등 다양한 재원을 결합한 혼합형 자본구조 형성의 필요성을 긍정하며, 이 재원에 DAC 기술 특화 공공재원의 마련하거나 또는 민간 VC를 보완하는 정부 정책의 필요성이 언급되었다.

가설 10 (기술적 특수성)

DAC 기업은 초기 단계보다 최초의 중규모(FOAK) 파일럿 플랜트 단계에서 벤처캐피탈을 통한 자금조달이 더 어렵다.

마지막 열 번째 가설에 대해서, 세 기업 모두 '예'라고 응답했다. 민간 벤처캐피탈 재원이 최초 중규모 이상 파일럿 플랜트 단계에 맞지 않은 재원이라는 데에 세 기업 모두 공통적인 의견이었다. 그 이유로, B社は 최초의 중규모 플랜트는 스타트업 기업에게 매우 중요한 단계이나, 동시에 가장 자금조달이 어려운 단계라고 지적했다. 세 기업 모두, DAC 기술의 R&D 단계에서의 기술검증(PoC) 수준에서 요구되는 재원이 크지 않아 이는 초기 벤처캐피탈 자금 또는 정부 과제와 창업지원사업 등으로 대응이 가능하지만, 파일럿 실증과 또는 초기 상용화 플랜트 건설에는 설비투자(CAPEX) 차원의 수십억~수백억 원 규모의 자금이 필요하며, 이는 일반적인 벤처캐피탈 펀드의 투자 한도를 넘어선다고 설명했다. 자금규모의 증가 뿐 아니라, 수익 창출까지의 기간이 길어지고 불확실성 또한 높아진다는 점 역시 언급되었다. 즉, R&D 단계의 투자와 파일럿 실증 (또는 초기 상용화 플랜트 건설) 단계의 투자를 명확히 구분해야 한다는 점이 강조되었다. 이에 따라, 파일럿 실증 단계부터는 벤처캐피탈 단독으로 자금을 확보하기는 현실적으로 불가능하며, 정부 실증 프로젝트, 정책금융, 기업주도 투자(CVC), 인프라 펀드가 결합된 구조가 필요하다고 밝혔다. 특히, A社와 C社は 정부의 역할을 강조하였다. C社は 미국 에너지부의 지역 DAC 허브 프로그램(Regional DAC Hubs program)처럼 정부가 시범사업에서 상용화로 전환 단계의 대형 자금을 직접 설계하는 방식이 자금조달의 모범 사례라고 평가했다.

4.2. 소결

앞서 가설에 대한 DAC 기술 기반 기업들의 답변을 정리하면 Table 5와 같이 정리될 수 있다. 여기서 첫 번째부터 다섯 번째까지 가설은 기술 기반 소규모 기업(TBSF)들이 벤처캐피탈 재원에 접근하는 것과 관련하여 일반적으로 통용되는 가설이고, 여섯 번째부터 열 번째까지 가설은 DAC 기술 기반 회사들의 재정구조와 관련하여 기존 문헌연구를 토대로 DAC 기술의 특수성에 기반해 설정한 가설이다. 동 가설을 중심으로 한 설문조사와 심층 인터뷰 결과에 대해서, 가설에 기반한 접근이라 가설이 ‘맞다’ 또는 ‘맞지 않다’라고 판단이 필요하나, 인터뷰 대상이 된 기업이 세 개 기업으로 제한적인 바, 동 연구에서는 가설의 입증 여부에 초점을 두지 않았다. 대신, 우리나라

기업들이 동 가설들에 공통적인 또는 다른 관점의 제시 여부에 더 초점을 두었고, 동시에 가설에 대한 응답에 대한 세부 이유와 근거에 더 큰 초점을 두었다.

결과를 정리하면, TBSF 기술에 일반적으로 적용되는 5개 가설 중 세 개 기업 모두 긍정적인 1개 가설을 제외하고, 1개 가설은 대체적으로 긍정이 이루어졌으나, 나머지 3개 가설에 대해서 의견이 불일치했다. 즉, 전통재원보다 민간 벤처캐피탈 자원 접근성이 수월하다는 점, 그리고 해외와 비교 시 우리나라 민간 벤처캐피탈 시장의 미발달로 민간 벤처캐피탈 재원에 대한 접근성이 상대적으로 용이하지 않다는 점이 공통적으로 확인되었다. 하지만, 민간 벤처캐피탈 투자로 인한 경영개입에 따른 민간 벤처캐피탈에 대한 선호도 여부, 민간 벤처캐피탈을 보완하는 공공정책의

Table 5. Summary of responses by Korean DAC technology-based firms to the hypotheses

#	Hypotheses	A社	B社	C社	Combined results
1	- Given the lack of collateral, access to venture capital funding is easier than traditional funding sources (such as banks).	Yes	Yes	Yes	Common
2	- Venture capital investors are involved in the strategic planning and operational decision-making of DAC technology-based firms, so venture capital is not preferred.	No	Yes	No	Divergence
3	- Venture capital market are relatively underdeveloped in Korea, so access to venture capital funding is difficult.	Both	Yes	Yes	Common
4	- Public policies exist that can secure or supplement private venture capital funding, making it easier for firms to raise capital.	No	Yes	Yes	Divergence
5	- If corporate maturity level is · At the seed stage, funding relies heavily on internal resources (personal funds or company internal capital) or, for external funding, angel investors.	Yes	Yes	No	Divergence
6	- For DAC technology's mitigation potential, numerous opportunities exist for DAC firms to exchange knowledge and interact with venture capital providers (investors).	Yes	Both	No	Divergence
7	- DAC technology requires extensive R&D and construction periods, so DAC firms prefer government support, corporate investors, and infrastructure-specialized funds to private venture capital, which demands a short-term return	Yes	Yes	Yes	Common
8	- Due to venture capital investors' uncertainty risk perception on DAC technology project, DAC firms' access to venture capital funding is not readily available	Yes	Both	Yes	Common
9	- DAC firms cannot solely rely on venture capital for funding, so they form their capital structure based on diverse funding sources.	Yes	Both	Yes	Common
10	- DAC firms find it more difficult to secure funding for their first medium- or large-scale plants through venture capital than to raise funds for early-stage technology development.	Yes	Yes	Yes	Common

Source: Formulated by the authors based on Section 4.1

존재 여부에 대한 인식, 기업의 초기 시드 단계일 때 민간 벤처캐피탈 이전의 엔젤 투자자에 대한 의존성 여부에 대해서는 기업 간 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 기업마다 DAC 기술을 개발한 배경의 차이 등 기업 특성에 기인한 것으로 보인다.

한편, DAC 기술 특수성에 기반한 가설들에 대해서는 1개 가설에 대해서는 의견이 불일치했으나, 2개 가설은 모두 긍정이 이루어졌고, 나머지 두 가설에 대해서는 대체적으로 긍정적인 답변으로 의견이 모아졌다. 따라서, DAC 기술 특수성에 기반한 가설들은 대부분 우리나라에도 적용되는 것으로 볼 수 있다. 이는 우리나라 DAC 기업들이 기본적으로 민간 벤처캐피탈 재원을 매력적인 재원이라고 보아도, 우리나라 민간 벤처캐피탈 투자자들의 짧은 투자기간과 빠른 투자액 회수 경향, 정부의 기후변화 정책의 불확실성, DAC 기술 사업에 대한 낮은 이해도와 높은 리스크 인식 수준, 민간 벤처캐피탈 투자자들의 DAC 기술기업에 대한 높은 투자 기준, 중규모 이상의 DAC 기술 사업화에 활용하기에는 적은 수준의 투자액으로 인해, 우리나라 DAC 기술 기업들은 민간 벤처캐피탈 재원 접근성이 높지 않다고 공통적으로 판단한 것으로 보인다.

더 나아가, DAC 기술 기반 소규모 기업들의 자본조달 구조가 형성되는 과정에는 다음과 같은 특징이 관찰된다. 첫째, DAC 기업의 성장에 있어서 민간 벤처캐피탈의 투자가 필요할 수 있다. 다만, DAC 기업이 R&D가 수행되는 시드 단계, 최초의 중규모 이상의 실증 플랜트 건설 단계, 그리고 상용화로 이어지는 기술 사업화 및 성숙도 성장 단계를 거치면서 필요로 하는 자본의 성격과 규모가 뚜렷하게 변화한다는 점이 설문과정에서 주요하게 또한 공통적으로 언급되었다. 초기 R&D 단계에서는 DAC 기술의 지속적인 R&D와 실험실 및 초소형 실증 사업을 위해 상당한 재원 필요하다는 점이 확인되었다. 이는 기술 검증 수준인 바, 자체 연구비, 엔젤 투자(개인 또는 개별 기업 등), 정부 연구과제, 그리고 제한적이지만 민간 벤처캐피탈을 통해 재원을 확보할 수 있는 수준으로 볼 수 있다. DAC 기술 기업들 역시 제한적이기는 하여도 민간 벤처캐피탈의 필요성을 언급하였다. 그러나, 최초 중규모 이상의 DAC 실증사업 단계에서는 설비투자 차원의 대규모 자금이 소요되고 사업의 성공 여부에 대한 불확실성이 더 커지는 바, 민간 벤처캐피탈 재원만으로는 이를 충당할

수 없고, 혼합 재원 포트폴리오가 필요하다. 여기에는 정부 실증사업 지원금, 정책금융, 기업주도 투자(CVC), 인프라 펀드, 공공-민간 벤처캐피탈이 결합된 접근법이 필요하다는 점을 확인할 수 있었다. 물론, 정부의 공공지원은 무조건적인 보조 및 제공이 아니라, 단계별 성과지표 및 민간 재원 매칭과 연계된 조건부 지원으로 설계될 필요가 있다.

둘째, DAC 기술 기업들이 민간 벤처캐피탈 재원 접근이 어려운 이유로는 여러 가지가 있을 수 있으나, 이 중에서 눈여겨 볼 점은 시장·정책 환경에 대한 불확실성이다. 먼저, DAC 기술 사업에 민간 벤처캐피탈 투자자의 투자를 유도하기 위해서는 그에 맞는 정부 정책이 필요한데, 우리나라 기후정책 및 기후기술 정책의 불확실성이 크고, 또한 DAC 기술에 대한 명확한 정책적 지침이 부족하다는 것이 그 내용이다. 예를 들어, 감축 행동으로 CCUS, 재생에너지 기술, 에너지 효율화 기술, 바이오 기반 기술 등 다양한 배출저감(emission reduction) 기술이 우리나라 2030 감축목표를 이행하기 위한 「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획」에 포함되어 있다. 그러나, 대기중으로부터 이산화탄소를 제거하는 제거(removal) 기술인 DAC 기술은 이러한 단기 이행 계획에 포함되어 있지 않다(Interagency, 2023). 또한, 우리나라 탄소시장의 근간인 한국 배출권거래제(K-ETS) 하에서 인정받는 감축활동은 배출저감 기술에 한정된다. K-ETS 목표 달성을 위해 목표를 상쇄할 수 있는 외부사업이 있는데, 외부사업으로 인정받은 제거 기술로는 산림 부문에 한정되어 있다.²¹⁾ 따라서, DAC 기술에 기반한 제거 사업의 결과물에 대한 탄소시장 차원의 수요가 발생할 수 없는 구조이다. 따라서, 정부의 기후변화 정책과 탄소시장 제도 운영에 있어서 DAC 기술 기반 사업에 대한 수요를 창출할 수 있도록 정책·제도 개선이 우선적으로 필요하다고 볼 수 있다.

셋째, DAC 기술 기업에 대한 민간 벤처캐피탈 투자를 위해서는 DAC 기술 기업과 민간 벤처캐피탈 투자자 양측 간의 상호작용이 필요하다. 그러나, 민간 벤처캐피탈 투자자가 DAC 기술 사업에 실질적으로 투자하기 위해서는, 단순 홍보나 행사 개최보다, 민간 벤처캐피탈 투자자의 DAC 기술에 대한 이해도를 높이는 노력이 필요하다. 앞서, 감축기술 중에서도 DAC 기술의 기술적 특성과 의미에 대한 이해도가 낮다는 설문 결과가 있었다. 즉, DAC 기술에 대해, 기술 창업 기업과 민간 벤처캐피탈 투자자

21) 외부사업 방법론에서는 ‘제거’라는 표현을 쓰지 않고 산림 부문에서 주로 사용되는 ‘흡수’라는 표현이 사용된다(KECO, 2021).

간의 정보 비대칭성이 존재하는 것이다. 따라서, 우선 DAC 기술이 제거 기술로 분류된다는 점, 그리고 제거 기술 및 DAC 기술에 기반한 사업이 갖는 환경적 및 경제적 특성에 대한 이해가 필요하다. 여기에는 기술의 장점뿐만 아니라, 사업화 시 당면할 기술적·경제적·정책적 리스크에 대한 부분 역시 공유가 필요하다. 이러한 리스크에 대한 부분이 투자심사 기준의 강화 또는 참여 유보로 연결될 수 있기 때문이다. 또한, DAC 기술 내에서도 ‘포집’ 방식에 따라 기술이 다양하고, 포집된 이산화탄소를 차후에 ‘저장(storage)’ 하느냐 또는 ‘활용(utilization)’ 하느냐에 따라 제거 효과가 다르며, 활용 시에도 활용되는 상품에 따라 그 상품적 가치 및 제거 효과가 다른바, 민간 벤처캐피탈 투자자가 DAC 기술 사업화를 대상으로 이해하고 사용할 수 있는 기술평가 기준과 투자지표를 마련하는 것이 필요할 수 있다.

종합하면, 민간 벤처캐피탈 자원 접근과 관련해서, TBSF에 적용된다고 여겨지는 가설 보다, DAC 기술과 시장 조건을 반영해 설정한 가설이 우리나라 DAC 기술 기반 기업들에 보다 잘 적용되는 것으로 나타났다. 보다 구체적으로 설명하면, DAC 기업의 자본구조는 민간 벤처캐피탈 접근 측면에서 볼 때, 기술 주기 상 ‘시드 단계’에서는 TBSF의 자본구조 형성 논리가 적용될 수도 있다고 본다. 그러나, 기술 주기 상 ‘최초의 중규모 이상의 실증 플랜트 건설 단계’와 ‘상용화로 이어지는 기술 사업화 단계’에서, 일반적인 TBSF와 비교할 때 DAC 기업은 집약적·대규모 자본과 기술기반 탄소감축에 대한 시장 수요가 요구되는 바, 대규모 인프라형 투자 논리가 함께 적용되는 것으로 해석될 수 있다. 따라서, DAC 기술 기업의 기술주기 상의 단계에 따라 민간 벤처캐피탈의 역할이 TBSF와 비교해 다를 수 있다는 점을 고려하여, 향후 정책적 방향이 고려될 필요가 있다. 물론, 이는 우리나라의 세 개 기업만을 대상으로 한 사례 기반 분석에서 관찰된 결과로, DAC 기업 전반의 일반적 특성으로 단정하기는 어려울 수 있다. 또한, 이러한 결과는 동일한 제도와 시장 제약을 공유하는 데서 비롯된 공통 인식이 우리나라 세 개 기업에 영향을 미친 가능성과 ii) 민간 벤처캐피탈 자원 공급자/투자자 관점이 반영되지 못한 점 역시 함께 고려될 필요가 있다.

5. 결론

본 연구는 DAC 기술에 기반을 둔 소규모 기업(TBSF)

을 대상으로, 동 기업들이 DAC 기술 사업화를 준비하는 과정에서 가장 어려움을 겪는 자원 확보 문제와 자본구조 형성에 주목하였다. 이에 TBSF의 자본구조에서 가장 핵심이 되는 민간 벤처캐피탈 재원을 중심으로, 기존 문헌 연구를 토대로 총 10개 가설을 도출하였다. 동 가설 중 5개 가설은 TBSF에 적용되는 일반적인 가설이고, 나머지 5개 가설은 DAC 기술 특수성을 고려한 가설이다. 이를 토대로, 우리나라에서 DAC 기술 기반의 소규모 기업인 3개 회사를 대상으로 설문 조사와 심층 인터뷰를 수행하였다.

그 조사결과를 분석한 바, TBSF에 적용되는 일반 가설들에 대해서는 가설 별로 DAC 기술 기업들의 입장이 다소 다른 면들이 있었으나, DAC 기술 특수성에 기반한 가설들에 대해서는 우리나라 DAC 기술 기업들이 대부분 긍정하며 의견 차이가 크지 않았다는 점을 확인하였다. 먼저, 일반 가설에 대해서는 전통재원보다 민간 벤처캐피탈 자원 접근성이 수월하고, 해외와 비교할 때 우리나라 민간 벤처캐피탈 시장의 미발달로 상대적으로 접근성이 용이하지 않다는 가설은 긍정되었다. 하지만, 민간 벤처캐피탈 투자로 인한 경영개입에 따른 벤처캐피탈 선호도, 벤처캐피탈 재원을 보완하는 공공정책의 존재 여부, 기업이 초기 시드 단계일 때 민간 벤처캐피탈 이전에 엔젤 투자자에 대한 의존성에 대해서는 기업간 의견 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편, DAC 기술 특수성에 기반한 가설들은 대부분 긍정적으로 답변되었다. 이는 우리나라 DAC 기업들이 기본적으로 민간 벤처캐피탈 재원을 매력적인 자원이라고 보아도, 우리나라 민간 벤처캐피탈 투자자들의 짧은 투자 기간과 빠른 투자액 회수 경향, DAC 기술 사업에 대한 낮은 이해도와 높은 리스크 인식 수준, 중규모 이상의 DAC 기술 사업화에 활용하기에는 적은 수준의 투자액으로 인해, 우리나라 DAC 기술 기업들은 민간 벤처캐피탈 자원 접근성이 높지 않다고 판단한 것으로 나타났다.

이러한 분석 결과를 토대로, DAC 기술 기업에 대한 기술 사업화를 촉진하기 위해서는 다음과 같은 정책적 접근이 필요하다. 첫째, DAC 기술 기업의 자본수요는 초기 단계-FOAK 단계-상용화 단계로 이어지는 과정에서 성격과 규모가 뚜렷하게 변화한다. 따라서, DAC 기술의 개발 및 사업화 단계에 따라 정부의 자원 지원 방식 및 규모 역시 변화를 가져갈 필요가 있다. 초기 R&D 단계에서는 정부 연구과제를 통해 공공 연구소 뿐만 아니라 민간 연구소 역시 R&D를 진행할 수 있도록 지원이 필요하다. 다음으로 사업화의 첫 단계인 중규모 이상의 실증사업 단계에서는 상당한 재원이 필요하다. 미국 에너지부의 경우, 지역

DAC 허브 프로그램(Regional DAC Hubs Program)을 운영하여, 공공기관이 특정 기업이나 기술 사업을 대상으로 대형 자금을 투입해 단기 회수형 민간 벤처캐피탈 투자자가 감내하기 어려운 리스크를 분담하고 있다. 즉, DAC 산업은 벤처캐피탈 자원 단독으로는 지속가능한 자본 형성이 어렵다. 이에, 혼합 자원 포트폴리오가 필요한 바, 정부의 실증 사업 지원금, 정책금융, 공공보증, 전략적 기관 투자자, 인프라 펀드, 공공-민간 혼합 벤처캐피탈을 정부가 고려할 필요가 있다. 즉, 장기적이고 공공-민간-인프라 연계형 복합형 자금/투자 구조가 형성될 수 있도록 정부가 보완적 역할을 수행하는 것이 필요할 것으로 보인다.

둘째, DAC 기술이 중규모 이상의 실증을 거쳐 상용화 단계까지 진행하기 위해서는 대규모 자본이 필요하며, 이를 위해서는 동 기술에 기반한 사업에 대해 시장 수요가 반드시 필요하다. 그런데, 이러한 시장 수요를 발생시키고 높이기 위해서는 기후변화 대응을 위한 국가 감축(mitigation) 정책에 '제거(removal)' 기술, 더 나아가 DAC 기술에 대한 정책적 입장과 개발·활용 방안이 포함될 필요가 있다. 또한, 국내 배출권거래제에서도 인정받는 감축 활동 유형에 DAC 기술 기반 사업이 포함될 필요가 있을 것으로 보인다.

셋째, 민간 벤처캐피탈 투자자들의 DAC 기술 및 기술 사업화에 대한 이해를 높이기 위한 방안이 필요하다. DAC 기술의 특성(제거 기술), 기술적 및 사업화 리스크, 경제성에 대해서 민간 벤처캐피탈 차원의 이해도가 낮은 바, DAC 기술 기업과 민간 벤처캐피탈 투자자들 간의 상호작용이 필요하다. 특히, 민간 벤처캐피탈 투자자는 DAC 리스크 판단 시, 다양한 DAC 기술들을 비교 평가하는 데에 일련의 기준이 필요한 바, 기술 수준을 판단할 수 있는 기준이 필요할 수 있다. 또한, DAC 기술 사업 시 제거량을 계산할 수 있는 사업 방법론의 의무적·자발적 탄소시장 승인 여부가 민간 벤처캐피탈 투자자 입장에서 중요한 지표가 될 수 있는 바, 관련해서 정부에서 DAC 기술기업의 사업 방법론 개발을 지원하는 것 역시 필요할 것으로 보인다.

동 연구는 DAC 기술 기반 기업들의 사업화를 촉진 방안으로 '자본구조' 특히 민간 벤처캐피탈 측면에서의 가설에 기반해 연구를 진행함으로써 우리나라의 사업화 지원 정책의 방향성을 도출하였다는 점에서 의의가 있다. 다음으로, 동 연구는 세 가지 측면의 학술적 의미를 가지고 있다. 첫째, 동 연구는 기존에 TBSF를 대상으로 한 자본구조 연구를 DAC 기술 기반 기업에 확대 적용하였다.

둘째, TBSF의 민간 벤처캐피탈 자원 접근에 대한 가설과 DAC 기술 기업에 대한 선행연구를 토대로 민간 벤처캐피탈 자원 접근에 대한 가설을 도출하여 설문에 적용함으로써, 그 결과 TBSF 일반 가설이 '기술별 기술적 특성' 그리고 '기술 주기 상 단계별'로 다른 결과값을 도출할 수 있음을 보여주었다. 이는, 향후 연구에서 TBSF의 벤처캐피탈 자원 접근에 대한 가설 설정 시, 기술적 특성과 기술 주기상의 단계별 특성을 고려하여 보다 세분화된 가설 설정이 필요할 수 있다는 점을 보여준다. 셋째, 동 연구는 DAC 기업의 자금조달을 TBSF의 성장 자금 관점에서만 보지 않고, 사업 실증 및 설비의 대규모 투자(CAPEX) 관점에서 다른 자본구조 형성 접근이 필요하다는 것을 보여줌으로써, DAC 기술 기업과 같은 기업을 '인프라 연계형 TBSF'로 유형화하여, 민간 벤처캐피탈 중심의 자원 조달 보다는 공공-민간-정책금융이 결합된 자원이 필요하다는 새로운 접근법의 제안 가능성을 보여준다.

마지막으로 동 연구는 다음의 세 가지 한계점을 가지고 있다. 첫째, DAC 관련 기술 기업들이 다수 존재하는 미국 등의 선진국과 달리 우리나라는 기업 수가 제한적인바, 세 개 기업만을 대상으로 조사·분석이 이루어진 점에서 연구 결과를 일반화하기는 어려운 점이 있었다고 본다. 둘째, 동 연구는 적은 설문 대상으로 인해, DAC 기술 기업의 자본구조 형성에 있어서 민간 벤처캐피탈 자원 접근 성과 관련된 가설 검증이 이루어지지 못했다는 점이 제한적이다. 셋째, 동 연구는 민간 VC 투자의 '수혜자'인 DAC 기술 기업을 대상으로 연구가 진행되나, 주로 수혜자 관점의 정책적 방향이 도출되었다. 이에 따라 민간 벤처캐피탈 투자자 측의 제약요인과 합리적인 위험 가격 책정(rational risk pricing)에 대한 관점이 충분히 반영되지 못하고, DAC 사업화가 진행되지 않는 이유를 자금 부족 서사(financing constraint narrative)로 기울 수 있는 한계가 있다. 향후 연구는 민간 VC 투자의 '제공자'인 투자자를 중심으로 DAC 기술 기업에 대한 투자에 대한 기술적·사업적·경제적 리스크에 대한 부분을 연구하고, 이들의 투자 리스크를 낮출 수 있는 방향에 대해서 추가적으로 연구할 필요가 있다. 또한, 동 연구에서 제시한 장기적인 복합적·혼합적 투자 포트폴리오에 포함된 다양한 정부 지원/투자 옵션들과 관련하여, 추후 보다 구체적인 연구가 필요할 수 있다고 본다.

사사

본 연구는 국가녹색기술연구소에서 한국연구재단 연구 과제 「DACU 원천기술개발(R&D)(RS-2023-00259920)」(2023-2025)의 지원에 기반해, 세부과제 「DACU 기술실증과 활용 활성화를 위한 정책 연구」를 2025년 수행한 결과입니다.

Reference

- Allen JC. 1992. Starting a technology business. London: Pitman.
- Baldock R, North D. 2015. The role of UK government hybrid venture capital funds in addressing the finance gap facing innovative SMEs in the post-2007 financial crisis era. In: Research handbook on entrepreneurial finance. Edward Elgar Publishing. p. 125-146.
- Berger AN, Udell GF. 1998. The economics of small business finance: The roles of private equity and debt markets in the financial growth cycle. *J Bank Finance* 22(6-8): 613-673.
- Berger M, Dechezleprêtre A, Fadic M. 2024. What is the role of government venture capital for innovation-driven entrepreneurship? OECD Science, Technology and Industry Working Papers. Paris: OECD Publishing.
- Bilau J, Couto E. 2010. What factors determine the failure in obtains venture capital? In: 6th International Scientific Conference; Vilnius, Lithuania.
- Bindl M, Edwards MR, Cui RY. 2025. Risks of relying on uncertain carbon dioxide removal in climate policy. *Nat Commun* 16(1): 5958.
- Boccaletti S, Ferrando A, Rossi E, Rossolini M. 2025. European SMEs' growth: The role of market-based finance and public financial support. *Small Bus Econ* 64(2): 691-727.
- Bozkaya A, Romain A, de la Potterie BVP. 2003. Surveying technology-based small firms: A perspective from Belgium. Institute of Innovation Research, Hitotsubashi University. No. 03-23.
- Brierley P. 2001. The financing of technology-based small firms: A review of the literature. *Bank of England Q Bull.* Spring 2001; [accessed 2025 Jul 7]. <https://ssrn.com/abstract=759544>
- Carbon Engineering (CE). 2019. Carbon Engineering concludes USD\$68 million investment round; [accessed 2025 Dec 15]. <https://carbonengineering.com/news-updates/68-million-investment/>
- Carbon Engineering (CE). 2022. Aviation investment in direct air capture. [accessed 2025 Jul 7]. <https://carbonengineering.com/news-updates/aviation-investment-direct-air-capture>
- Carbon Engineering (CE). 2023. News updates - Uncategorized; [accessed 2025 Jul 7]. <https://carbonengineering.com/news-updates/category/uncategorized>
- Carbon Herald. 2023. Top 20 direct air capture companies in 2025; [accessed 2025 Jul 7]. <https://carbonherald.com/top-20-direct-air-capture-companies/>
- Cassar G. 2004. The financing of business start-ups. *J Bus Venturing* 19(2): 261-283.
- Climeworks. 2021. Orca plant; [accessed 2025 Jul 7]. <https://climeworks.com/plant-orca>
- Climeworks. 2022. Mammoth; [accessed 2025 Jul 7]. <https://climeworks.com/plant-mammoth>
- Climeworks. 2024. Project Cypress team awarded funding from US DOE; [accessed 2025 Jul 7]. <https://climeworks.com/news/project-cypress-team-awarded-funding-from-us-doe>
- Dubocage E, Rivaud-Danset D. 2002. The development of venture capital in Europe. The role of Public Policy. *Venture capital in Europe: International comparisons.*
- Duke P. 2022. Direct air capture: startup and market environment. MIT Climate & Sustainability Consortium (MCSC) UROP Report.
- Erans M, Sanz-Pérez ES, Hanak DP, Clulow Z, Reiner DM, Mutch GA. 2022. Direct air capture: Process technology, techno-economic and socio-political challenges. *Energy Environ Sci* 15(4): 1360-1405.

- Gogerty N. 2025. The 34% IRR global public good: Early investment in direct air capture as Wright's law option economics for climate stabilization. SSRN.
- Gong H. 2019. Korean start-up ecosystem based on comparison of global countries - Quantitative and qualitative research. *Asia-Pac J Bus Venturing Entrep* 14(1): 101-116.
- Hussain JG, Ji J, Scott J. 2017. The equity gap amongst technology-based small firms: Practices and challenges for government-backed venture capital in China. In: Paulet E, Rowley C (eds). *The China business model*. Chandos Publishing. p. 99-117. doi: 10.1016/B978-0-08-100750-1.00005-X
- Interagency. 2023. Carbon neutrality & green growth national strategy and the 1st national basic plan (including mid- and long-term greenhouse gas mitigation target); [accessed 2025 Jul 7]. <https://www.2050cnc.go.kr/base/board/read?boardManagementNo=2&boardNo=1469&menuLevel=2&menuNo=16>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2022. *Climate change 2022: Mitigation of climate change*. Working group III contribution to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press.
- Janeway WH, Nanda R, Rhodes-Kropf M. 2021. Venture capital booms and start-up financing. *Annu Rev Financ Econ* 13(1): 111-127.
- KECO (Korea Environment Corporation). 2021. Common guidelines for external project methodologies (in Korean); [accessed 2025 Jul 7]. <https://etrs.gir.go.kr/home/board/read.do?menuId=2&boardMasterId=4&boardId=49>
- Kotowicz J, Niesporek K, Baszczeńska O. 2025. Advancements and challenges in direct air capture technologies: Energy intensity, novel methods, economics, and location strategies. *Energies* 18(3): 496. doi: 10.3390/en18030496
- KVIC. 2025. Korea Fund of Funds (KFoF); [accessed 2025 Sep 19]. https://www.kvic.or.kr/business/business1_1_1
- Li G, Yao J. 2024. Direct air capture (DAC) for achieving net-zero CO₂ emissions: Advances, applications, and challenges. *Eng* 5(3): 1298-1336. doi: 10.3390/eng5030069
- Mahmood M, Saeed S, Ali B, Chitsazan H, Hasti C, Elyasi GM. 2018. Institutional barriers to financing technology-based small firms through venture capital mechanism: A study to explore the incentives for investment in Iran. *Int J Econ Financ Issues* 8(1): 184.
- McNally KK. 1995. External equity finance for technology-based firms in the UK: The role of corporate venture capital. University of Southampton. *Venture Finance Working Paper No. 13*.
- Miller MH, Modigliani F. 1961. Dividend policy, growth, and the valuation of shares. *J Bus* 34(4): 411-433.
- Monika S, Sharma H. 2015. Venture capitalists' investment decision criteria for new ventures: A review and future research directions. *Procedia Soc Behav Sci* 189: 465-470. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.03.195
- OP (Occidental Petroleum). 2023. Occidental enters into agreement to acquire direct air capture technology innovator Carbon Engineering; [accessed 2025 Jul 7]. <https://www.oxy.com/news/news-releases/occidental-enters-into-agreement-to-acquire-direct-air-capture-technology-innovator-carbon-engineering>
- Owen R, Deakins D, Savic M. 2019. Finance pathways for young innovative small-and medium-size enterprises: A demand-side examination of finance gaps and policy implications for the post-global financial crisis finance escalator. *Strateg Change* 28(1): 19-36.
- Oxy (Occidental Petroleum). 2023. Occidental and BlackRock form joint venture to develop STRATOS, the world's largest direct air capture plant; [accessed 2025 Aug 12]. <https://www.oxy.com/news/news-releases/occidental-and-blackrock-form-joint-venture-to-develop-stratos-the-worlds-largest-direct-air-capture-plant>
- Revest V, Sapio S. 2009. Financing technology-based

- small firms in Europe: A review of the empirical evidence.
- Sievert K, Schmidt TS, Steffen B. 2024. Considering technology characteristics to project future costs of direct air capture. *Joule* 8(4): 979-999.
- Snieska V, Venckuviene V. 2011. Hybrid venture capital funds in Lithuania: Motives, factors and present state of development. *Eng Econ* 22(2): 157-164.
- Song Y, Oh C. 2023. Market-pull, technology-push, and regulatory stringency determinants: All in need in firms' decisions for large-scale demonstration of direct air capture technologies. *Energy Res Soc Sci* 106: 103339. doi: 10.1016/j.erss.2023.103339
- Sovacool BK, Baum CM, Low S. 2022. Reviewing the sociotechnical dynamics of carbon removal. *Joule* 7(1): 57-82. doi: 10.1016/j.joule.2022.11.008
- Sovacool BK, Baum CM, Low S, Roberts C, Steinhäuser J. 2022a. Climate policy for a net-zero future: Ten recommendations for direct air capture. *Environ Res Lett* 17: 074014. doi: 10.1088/1748-9326/ac77a4
- Squamish Chief. 2024. Carbon Engineering buys more land in Squamish for expanded R&D facilities; [accessed 2025 Dec 19]. <https://www.squamishchief.com/local-news/carbon-engineering-buys-more-land-in-squamish-for-expanded-rd-facilities-9212359>
- StartUs Insights. 2025. Top 10 direct air capture companies to watch in 2025; [accessed 2025 Jul 7]. <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/direct-air-capture-companies/>
- Vanacker T, Heughebaert A, Manigart S. 2014. Institutional frameworks, venture capital and the financing of European new technology-based firms. *Corp Gov Int Rev* 22(3): 199-215.
- Wang E, Navik R, Miao Y, Gao Q, Izikowitz D, Chen L, Li J. 2024. Reviewing direct air capture startups and emerging technologies. *Cell Rep Phys Sci* 5(2): 101234.
- Wesche JP, Skjølvold TM. 2025. Gigaton gear – policy insights for scaling up the global deployment of direct air carbon capture and sequestration technology (DACCS). *Clim Policy* 25(6): 895-909.
- Williamson OE. 1985. *The economic institutions of capitalism*. New York: Free Press.