

잉여금 리스크패리티를 활용한 DB퇴직연금제도의 자산배분전략 실증분석

An Empirical Analysis of The Asset Allocation Strategies of The Defined Benefit Pension Plans Based on Surplus Risk Parity

곽도현*·성주호**

Do Hyun Kwak·Joo-Ho Sung

국내 확정급여형(DB) 퇴직연금제도는 원리금 보장 중심의 적립금 운용으로 향후 적립부족위험 및 기업의 재무위험에 노출될 개연성이 높다. 이를 개선하기 위해서 ALM에 기반한 부채연계투자(LDI)전략이 요구된다. 본 논문은 잉여금 중심의 리스크패리티(RP) 포트폴리오 접근법을 통해 현행 퇴직연금제도에서 활용 가능한 자산운용전략을 비교분석하고 '국면전환 RP전략'을 LDI전략으로 제시하고 있다. 실증분석결과 국면전환 RP전략은 최소 분산포트폴리오(MVP), 최대 리스크분산포트폴리오(MDP), 전통적 RP전략, 계층적 RP전략보다 높은 위험조정수익률(RASR)과 안정적인 적립비율 추이를 보여주었다. 이는 국면전환 RP전략이 고변동성국면에서는 부채매칭 포트폴리오를, 저변동성국면에서는 수익추구 포트폴리오를 채택하는 것에 기인한다. 하지만, 연구모형의 성과는 절대적이지 않으며 투자기간, 투자자산 등에 따라 달라질 수 있으므로 자산운용 적용 시에는 기금별 IPS를 고려한 종합적인 검토가 필요하다. 향후 본 연구의 방법론 및 결과는 퇴직 연금 자산운용의 활성화 및 안정화에 기여할 것으로 기대한다.

국문 색인어: 확정급여형 퇴직연금, 부채연계투자(LDI), 리스크패리티(RP), 국면전환 RP전략

한국연구재단 분류 연구분야 코드: B050704, B051602

* 경희대학교 대학원 경영학과 박사과정(silent0506@nate.com), 제1저자

** 경희대학교 경영학과 교수(jhsung@khu.ac.kr), 교신저자

논문 투고일: 21. 8. 18, 논문 최종 수정일: 21. 10. 29, 논문 게재 확정일: 22. 2. 18

I. 서론

우리나라 퇴직연금 적립금은 2020년 말 기준 256조 원으로 89.3%가 예·적금, 국채 등의 원리금 보장형 상품 중심으로 운용되고 있다. 특히 퇴직연금제도 중 가장 큰 비중(60.2%)을 차지하고 있는 확정급여형(DB)의 원리금 보장형 상품 비중이 95.5%로 가장 높다. 이러한 자산운용 관행은 적립금의 중장기적 안정성과 수익성을 어렵게 하는 주요 원인으로 꼽히고 있다.¹⁾ 반면, 국가별 제도의 차이는 존재하지만 미국, 유럽 등 주요 선진국의 DB 연기금들은 전통적으로 주식, 채권 등 다양한 자산에 투자하는 분산된 포트폴리오를 구성해 왔다.

과거 1990년대 해외 DB 연기금의 자산운용목적은 기대수익률을 극대화하거나 경쟁 연금의 성과를 초과하는 데 있었다. 이를 위해 주로 주식 60%, 채권 40%를 투자하는 경험적인 운용방식을 적용하였는데(이경희·성주호 2008) 이러한 관행적 투자방식은 자본시장이 호황일 경우는 목표수익률을 달성하는 데 어려움이 없었지만, 불황일 경우에는 부채와 자산의 불일치가 심화되어 적립비율이 하락하는 위험에 노출되었다.

실제로 2007~2008년 글로벌 금융위기로 자산의 가치는 줄어들고 부채는 금리 하락으로 증가하면서, 연기금들의 적립부족 상황이 발생하였고, 이는 사용자의 기여금 부담으로 이어졌다. 이러한 과정을 통해 연기금들은 부채를 고려하는 자산부채종합관리(Asset Liability Management; ALM)의 중요성을 인식하게 되었다. 전통적인 ALM은 소극적인 자산운용전략으로써 주로 자산과 부채의 현금흐름을 매칭하는 채권보유전략에 초점을 두었다. 그러나 2000년 이후 저금리가 지속되는 상황에서, 부채매칭 전략과 초과수익전략을 병행하는 부채연계투자(Liability Driven Investing; LDI)가 ALM의 방안으로 주목을 받고 있다.

본 연구에서는 잉여금리스크(Surplus Risk) 관리에 적용 가능한 5개의 대표적인 자산 배분전략을 선정하여 이들을 실증분석한다. 분석대상 전략은 전통적 잉여금리스크 중심 포트폴리오전략 2개, 잉여금 리스크패리티(Risk Parity Portfolio; RP) 중심 포트폴리오

1) 성주호(2018)는 이러한 투자 행태가 가입자들의 노후소득 보장에 부정적인 영향을 미칠 개연성이 크기 때문에 운용수익률 제고를 위한 방안 모색이 필요하다고 주장하였다.

전략 3개이다. 즉,

- MVP전략²⁾
- MDP전략³⁾
- 전통적 RP(Classic RP, RP)전략⁴⁾
- 계층적 RP(Hierarchical RP, HRP)전략⁵⁾
- 국면전환 RP(Regime switching, RRP)전략

여기서 국면전환 RP전략은 기존의 전통적 RP전략과 계층적 RP전략을 국면별로(고변동성국면과 저변동성국면) 분리하여 서로 다른 RP전략을 적용하는 것을 말한다.

분석기간은 국내 퇴직연금제도 도입시기인 2005년부터 시작하여 2019년까지이며, 투자자산은 선진국주식, 신흥국주식, 국내주식, 글로벌투자등급채권, 글로벌하이일드채권, 국내채권 총 6종목으로 한정한다(단, 외환 투자효과를 고려하여 투자자산의 원화환산지수로 분석함).

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 LDI전략을 간략히 소개하고 다양한 RP전략의 이론적 배경 및 선행 연구를 살펴본다. 제3장에서는 잉여금리스크를 관리하는 5개의 자산배분전략을 설정하고 비교 분석한다. 마지막으로 연구의 결과를 요약하고 그 시사점과 함께 연구의 한계점에 대해 언급한다.

II. 선행연구

본 연구의 목적은 DB 연금 자산운용에서 잉여금 리스크패리티전략의 실효성을 실증 분석함에 있다. 우리는 주요 선행연구로서 LDI전략, 리스크패리티(RP)전략, RP를 활용한 LDI전략을 순서대로 살펴본다.

2) MVP = Minimum Variance Portfolio, 변동성을 최소화하는 포트폴리오
 3) MDP = Maximum Diversification Portfolio, 분산효과를 최대화하는 포트폴리오
 4) 개별 종목의 변동성을 동일하게 배분하는 포트폴리오
 5) 군집화를 활용하여 변동성을 배분하는 포트폴리오

LDI의 모태가 되는 ALM은 1970년대부터 은행권을 중심으로 발달하여 1980년대에는 연기금에 적용되었다. 초기 ALM은 자산과 부채를 매칭시키는 소극적 방법에서 출발하였지만, 2000년대 접어들어 저금리, 저성장, 고령화 이슈가 확산되면서 부채연계투자(Liability Driven Investing; LDI)의 형태로 변화하였다.

이러한 LDI전략은 자산과 부채의 불일치인 잉여금리스크를 최소화하면서 적극적으로 잉여금의 초과수익을 추구하는 전략이다. 이와 관련된 대표적인 연구로는 Sharpe and Tint(1990), Amenc, Matellini, Goltz, and Milhu(2010)을 언급할 수 있다. Sharpe and Tint(1990)는 부채를 헤징하는 정도인 부채헤징크레딧(Liability Hedging Credit)의 개념을 처음 도입하였다. 그들은 부채헤징크레딧이 자산과 부채의 공분산, 기금의 적립 비율과는 양의 상관관계를 보이고 사용자의 위험 감내도와는 음의 상관관계를 보이기 때문에 기금별 최적화의 중요성을 강조하였다. 이후 Amenc, Matellini, Goltz, and Milhu(2010)는 LDI전략을 수익추구 포트폴리오와 부채매칭 포트폴리오의 조합으로 인식하고 이를 최적화하는 방법을 이론적으로 제시하였다. 그들은 수익추구 포트폴리오는 샤프지수와, 부채매칭 포트폴리오는 부채헤지 정도, 사용자의 위험회피 성향과 관계가 있기 때문에 LDI 포트폴리오가 기금마다 차이가 있다고 주장하였다.

다음으로 RP전략에 관한 연구는 2005년에 전통적(동일비중) RP전략이 정립되면서 시작되었는데, 이는 위험예산(Risk Budget) 개념을 도입하여 적극적으로 리스크를 배분하는 방식이라고 볼 수 있다. 이후 최근에는 전통적 RP전략을 개선한 다양한 RP전략들이 소개되고 있다. 대표적으로 Lopez de Prado(2016)는 상관관계가 유사한 자산들을 군집화(clustering)하는 RP방법인 “계층적 RP전략”을 제안하였고 실증분석 결과 기존의 MVP전략, 전통적 RP전략보다 변동성 관리효과가 우수한 것으로 나타났다. 한편 Peters(2009)는 변동성이 시장상황에 따라 변한다는 점에 착안하여 1990~2008년까지의 미국주식시장을 VIX(Volatility IndeX)로 고변동성국면과 저변동성국면으로 나누어 적용하는 “국면전환 RP전략”을 제안하였다. 분석결과 기존의 주식 60%, 채권 40%에 투자하는 포트폴리오보다 2배 높은 샤프지수의 성과를 보였다. 이외에 Raffinot(2018)는 Lopez de Prado(2016)의 군집화방법이 전통적 RP방식 보다 특정 투자 종목의 비중이 높아질 수 있는 문제점을 지적하고, 이에 대한 대안으로 “계층적 동일위험배분 포트폴리오(Hierarchical Equal Risk Contribution Portfolio; HERC)전략”을 제시하였으며 특히, 금리 상승구간(샤프지수 증가구간)에서 비교 포트폴리오보다 상대적으로 성과가 뛰어난 것을 밝혔다.

마지막으로 다양한 유형의 RP전략이 LDI전략으로 활용되고 있다. 관련 연구로는 Peters(2011), Qian(2012), 성주호·정도영(2015) 등을 언급할 수 있다. 먼저 Peters(2011)는 수익을 추구하고 부채를 헤지하는 균형적인 LDI 투자방법으로 RP전략을 활용하였다. 이는 고변동성국면에서는 채권비중이 높아지고 저변동성국면에서는 채권비중이 낮아지는 RP 전략으로써 기존의 연구(Peters 2009)에 LDI를 접목한 시도였다. Qian(2012)은 적립부족 확률을 낮추고 위험조정 잉여금증가율을 극대화하는 전략으로 레버리지(leverage)를 활용한 RP전략을 LDI전략으로 제안하였다. 한편 성주호·정도영(2015)은 국내 DB퇴직연금제도에 LDI방법으로 잉여금을 대상으로 전통적 RP전략을 적용하였다. 실증분석결과 LDI전략 포트폴리오는 평균 100% 이상의 안정적인 적립비율을 보였으며, 전 구간에서 최소적립비율인 80% 이상을 유지하였다. 특히 RP전략이 적용된 수익추구 포트폴리오 비중이 높아질수록 적립비율의 변동성은 증가하나 평균 적립비율은 향상될 수 있음을 확인하였다.

이를 종합해보면, LDI의 한 분야로 RP를 활용한 다양한 방법론들이 제시되고 있음을 알 수 있다.

III. 자산배분전략 실증분석

1. 분석개요

실증분석은 전통적 잉여금리스크 중심 포트폴리오전략(MVP전략, MDP전략, 총 2개), 잉여금 리스크패리티 중심 포트폴리오전략(전통적 RP전략, 계층적 RP전략, 국면전환 RP 전략, 총 3개)을 잉여금증가율 및 변동성 그리고 적립비율 개선 등의 관점에서 비교한다. 분석대상 자산은 선진국주식, 신흥국주식, 국내주식, 글로벌투자등급채권(이하, '투자등급채권'이라 함), 글로벌하이일드채권(이하, '하이일드채권'이라 함), 국내채권 6종으로 한정하였고, 대상 기간은 2005년부터 2019년까지 총 15년으로 고려하였으며, 국내기금투자자를 가정하여 원화환산지수로 실증분석을 실시하였다.

분석을 위해 먼저 부채 성장모형, 자산 성장모형, 잉여금 성장모형을 가정하고 이를 전술한 5개 자산운용전략에 적용하여 전략별 차별적 특성들을 비교하였다.

2. 분석 모형

가. 연기금 부채/자산/잉여금 성장모형

1) 부채성장모형

퇴직급여부채는 국제회계기준의 예측단위적립방식에 의해 산출되는 예측급여채무 (Projected Benefit Obligation; PBO)로 한다. 각 회계연도 PBO는 아래 식(1)에 의해 산출된다. 이하 각 변수의 아래첨자 0은 회계연도 초 그리고 첨자 1은 회계연도 말을 의미한다.

$$L_0(t) = \sum_x l_0(t : x) \times PBO_0(t : x) \quad (1)$$

$$PBO_0(t : x) = \sum_{k=0}^{\infty} v_k^{k + \frac{1}{2}} \times {}_k p_x \times q_{x+k} \times \left[\frac{B_{x+k} + B_{x+k+1}}{2} \right]$$

여기서

$L_0(t)$: t 회계연도 초 퇴직급여부채(단, $L_1(t-1) = L_0(t)$)

$l_0(t : x)$: t 회계연도 초 x 세 근로자의 가입자의 수

$PBO_0(t : x)$: t 회계연도 초 x 세 근로자의 PBO

$v_k (= \frac{1}{1 + i_k})$: 할인요소(i_k 는 k 기간에 적용되는 국고채 10년 시장수익률)

${}_k p_x$: x 세의 근로자가 k 년 동안 재직할 확률

q_{x+k} : $x+k$ 세 근로자가 1년 이내에 탈퇴할 확률(단, 탈퇴는 기증 발생함)

B_{x+k} : $x+k$ 시점에서의 약정된 퇴직급여(예상임금상승률 반영됨)

예상임금상승률은 통계청에서 발표하는 협약임금상승률 그리고 사망률과 퇴직률은 보험개발원(2015)에서 발표된 제8회 생명표의 표준퇴직률 및 표준사망률을 사용하였으며 정상퇴직연령은 60세이다. 2005년 제도 시행 당시 가입자별 연령, 근무연수 및 임금은 아래 <Table 1>과 같고 논의의 편의상 신규 입사자는 없는 것으로 가정한다.

〈Table 1〉 Age, Service year and Salary Amount⁶⁾

Age	28	33	38	43
Active Members	1	1	1	1
Service year	0	5	10	15
Wage(KRW)	2,500,000	3,000,000	3,500,000	4,000,000

위의 가정을 통해 산출된 회계연도 초에 확정되는 PBO 및 증가율 그리고 표준부담금 (Normal Cost; NC)의 산출결과는 아래 〈Table 2〉와 같다.

〈Table 2〉 PBO and NC

(Unit: %, KRW)

Year	Discount Rate	Wage growth Rate	PBO	Liability Growth Rate	NC
2005	3.81	5.20	124,828,581	-3.95	11,544,295
2006	5.61	4.70	119,902,041	22.50	12,061,159
2007	5.04	4.80	146,877,837	9.14	13,434,643
2008	5.69	4.80	160,300,279	28.88	13,328,456
2009	4.24	4.90	206,587,580	-17.47	16,012,934
2010	5.39	1.70	170,503,952	45.38	11,811,640
2011	4.51	4.80	247,870,333	20.46	16,515,296
2012	3.78	5.10	298,592,816	13.11	18,790,763
2013	3.16	4.70	337,740,455	-0.48	19,993,532
2014	3.59	3.50	336,103,799	20.37	18,402,560
2015	2.61	4.10	404,584,768	9.89	21,210,502
2016	2.09	3.70	444,581,279	5.98	22,050,774
2017	2.09	3.30	471,158,138	7.38	22,016,888
2018	2.47	3.60	505,944,004	13.50	22,286,164
2019	1.96	4.20	574,249,565	7.71	24,295,240
2020	1.67	3.90	618,544,191		

Notes: 1) The 10 year KTB(Korea Treasury Bond) yield is used for discount rate considering expected service life in the model. Agreed wage growth rate at the company over 100 employees from Korea Statistical Information Services used for wage growth rate.

2) Projected Benefit Obligation(PBO) and Normal Cost(NC) are measured with K-IFRS.

6) 연령별 균등인구(uniform population)가정은 LDI효용성을 검증하는 대표적인 벤치마크 구조이다(성주호·정도영 2015).

2) 자산성장모형

DB적립금은 아래 재귀식(2)에 의해 성장한다고 가정한다.

$$A_1(t) = [1 + r_p(t)] \times [A_0(t) + C_0(t)] - B_1(t) \quad (2)$$

여기서,

$A_0(t)$: t 회계연도 초 적립자산(단, $A_1(t-1) = A_0(t)$)

$A_1(t)$: t 회계연도 말 적립자산

$C_0(t)$: t 회계연도 초 납입된 표준부담금(NC)

$B_1(t)$: t 회계연도 말 퇴직급여 지급액

$r_p(t)$: t 회계연도 기간의 투자수익률

투자포트폴리오는 선진국주식, 신흥국주식, 국내주식, 투자등급채권, 하이일드채권, 국내채권의 총 6종 자산으로 구성한다(아래 <Table 3> 참조). 여기서 기대수익률과 변동성(표준편차)은 부채성장모형 가정의 기간과 동일한 2005~2019년까지의 경험수익률의 원화가치로 산정하였다. 또 실증분석의 대상이 되는 전략들의 LDI적 특징을 확인하기 위한 기초자료로 개별자산과 부채의 증가율 상관관계를 구하면 <Table 4>와 같다.

<Table 3> Empirical Investment Returns

		(Unit: %)	
	Index	Return	Volatility
Developed Equity(DE)	MSCI World USD Index	6.18	12.13
Emerging Equity(EE)	MSCI Emerging Market Index	8.33	24.53
Korea Equity(KE)	KOSPI Index	8.88	24.59
Investment Grade Bond(IGB)	Barclays Global Aggregate Index	4.39	11.55
High Yield Bond(HYB)	Barclays Global High Yield Index	8.54	12.30
Korea Bond(KB)	KIS Composite Index	4.43	2.61

〈Table 4〉 Correlation of Assets and Liability

	DE	EE	KE	IGB	HYB	KB	Liability
DE	1.00						
EE	0.68	1.00					
KE	0.57	0.90	1.00				
IGB	-0.56	-0.47	-0.57	1.00			
HYB	0.51	0.68	0.50	-0.14	1.00		
KB	-0.44	-0.23	-0.29	0.61	0.09	1.00	
Liability	-0.52	-0.56	-0.55	-0.37	-0.50	0.47	1.00

다음으로 〈Table 3〉의 기대수익률을 식(2)의 자산성장모형에 대입하여 투자대상별 퇴직급여자산 증가율을 구하면 아래 〈Table 5〉와 같다.

〈Table 5〉 Asset Growth Rates

(Unit: %)

	DE	EE	KE	IGB	HYB	KB
Average	13.21	14.48	14.64	11.18	14.55	10.98
Volatility	13.17	27.14	27.51	12.89	13.89	3.31

3) 잉여금모형

본 연구에서는 잉여금을 퇴직급여자산과 퇴직급여부채의 차이로 정의하였으며, 상기 식 (1), (2)에 의해 잉여금은 아래 식(3)과 같다.

$$S_0(t) = A_0(t) - L_0(t) \tag{3}$$

한편 t 회계연도의 잉여금증가율($R_S(t)$)는 아래 식(4)와 같이 성주호·정도영(2015)의 정의를 채택한다.

$$R_S(t) \equiv \frac{A_1(t) - A_0(t)}{A_0(t)} - \frac{L_1(t) - L_0(t)}{L_0(t)} = R_A(t) - R_L(t) \tag{4}$$

$$R_A(t) = \sum_{i=1}^n R_i(t) \times w_i$$

여기서 $R_A(t)$ 는 n 개의 투자자산으로 구성된 포트폴리오의 연간 투자수익률을 의미한다(개별자산의 투자수익률은 $R_i(t)$, 투자비중은 w_i 이다).

기대잉여금증가율 $E[R_S(t)]$ 및 변동성 $\sigma^2[R_S(t)]$ 은 아래 식(5)와 같다.

$$E[R_S(t)] = E[R_A(t)] - E[R_L(t)] = \sum_{i=1}^n E[R_i(t)]w_i - E[R_L(t)] \quad (5)$$

$$\sigma^2[R_S(t)] = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2(t) + \sigma_L^2(t) + 2\left[\sum_{i < j} w_i w_j \sigma_{ij}(t) - \sum_i w_i \sigma_{iL}(t)\right]$$

여기서,

$E[R_A(t)]$: 기대적립자산 증가율

$E[R_L(t)]$: 기대퇴직급여부채 증가율

$E[R_i(t)]$: i 투자자산 증가율

$\sigma_i^2(t)$: i 투자자산 증가율의 분산

$\sigma_L^2(t)$: 퇴직급여부채 증가율의 분산

$\sigma_{ij}(t)$: i 자산과 j 자산 증가율의 공분산

$\sigma_{iL}(t)$: i 자산과 퇴직급여부채 증가율의 공분산

다음으로 위험조정 잉여금리스크(Risk Adjusted Surplus Risk; RASR)를 아래 식(6)과 같이 정의한다(Cheong and Sung 2018 참조).

$$RASR(t) = \frac{E[R_S(t)]}{\sigma[R_S(t)]} \quad (6)$$

이를 2005~2019년의 경험 자료로 정리하면 아래 <Table 6>와 같다.

7) 자산별 기대 잉여금증가율은 연도별 잉여금증가율의 평균으로, 기대 잉여금변동성은 연도별 잉여금증가율의 표준편차로 구한다.

〈Table 6〉 Surplus Growth Rate and RASR

(Unit: %)

	DE	EE	KE	IGB	HYB	KB
Average	1.05	2.32	2.48	-0.98	2.39	-1.18
Volatility	24.33	37.40	37.62	15.53	24.74	13.44
RASR ⁸⁾	4.33	6.20	6.59	-0.15	9.67	-0.16

마지막으로 LDI포트폴리오를 구성하기 위해서는 개별투자자산을 부채매칭성향(Liability Matching)과 수익추구성향(Return Seeking)의 자산으로 구분해야 하는데 부채매칭성향은 기대 잉여금변동성으로, 수익추구성향은 RASR로 확인할 수 있다. 이를 〈Table 6〉에 적용해보면 국내채권, 투자등급채권은 부채매칭성향의 자산으로, 하이일드채권, 국내주식, 신흥국주식, 선진국주식은 수익추구성향의 자산으로 분류할 수 있다.⁹⁾

나. 잉여금 리스크관리전략

실증분석 대상이 되는 잉여금 리스크관리전략은 전통적 잉여금리스크 중심 포트폴리오 전략 2개, 잉여금 리스크패리티(RP) 중심 포트폴리오전략 3개로 총 5개이다. 전통적 잉여금리스크 중심 포트폴리오전략은 MVP전략, MDP전략으로 구분하였고,¹⁰⁾ 잉여금 리스크패리티 중심 포트폴리오(RP)전략은 전통적 RP전략, 계층적 RP전략, 국면전환 RP전략으로 나누었다.

1) MVP전략

MVP전략은 포트폴리오의 잉여금리스크(변동성)를 최소화하는 전략으로 아래 식(7)을 만족하는 포트폴리오이다.

8) 본 연구에서는 $E[R_S(t)]$ 가 음의 값을 갖는 경우에는 수정샤프지수와 같은 방식인 $E[R_S(t)] \times \sigma[R_S(t)]$ 로 계산한다.

9) 투자자산 성향을 분류하는 것은 연기금에 대한 기업의 투자성향에 따라 차별적, 선별적으로 분류할 수 있다. 왜냐하면 LDI에 대한 명확한 정의가 없는 관계로 해당 연기금에 대한 사용자의 주관적 판단에 의존하는 성향이 강하기 때문이다.

10) 평균분산모형을 이용하는 전통적인 리스크중심 포트폴리오전략에서는 코너해(corner solution)문제를 해소하기 위해서 최소종목수(3개 이상), 편입 시 종목최소비중을(1% 이상) 설정하였다.

최소화:

$$\sigma^2[R_S(t)] = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2(t) + \sigma_L^2(t) + 2[\sum_{i < j} w_i w_j \sigma_{ij}(t) - \sum_i w_i \sigma_{iL}(t)] \quad (7)$$

제약조건:
$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i > 0$$

MVP전략의 자산배분은 선진국주식 1.00%, 투자등급채권 25.81%, 국내채권 73.19%로 나타났으며 이는 전통적인 부채매칭전략으로 판단된다.

2) MDP전략

MDP는 Yves and Yves(2008)에 의해 소개된 분산비율 즉, 포트폴리오 잉여금변동성 $\sigma[R_S(t)]$ 에 대한 각 i 자산 잉여금변동성 $\sigma_i[R_S(t)]$ 의 가중합 비율인 $D[R_S(t)]$ 를 최대화(most-diversified)하는 전략으로써 식(8)을 만족하는 포트폴리오이다.

최대화:

$$D[R_S(t)] = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i[R_S(t)] w_i}{\sigma[R_S(t)]} \quad (8)$$

제약조건:
$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i > 0$$

MDP전략의 자산배분은 선진국주식 9.55%, 국내주식 23.89%, 투자등급채권 66.56%로 나타났다.

3) 전통적 RP전략(Classic RP, RP)

전통적 RP전략은 포트폴리오 개별자산 간의 잉여금변동성을 동일하게 배분하는 방법이다. 이는 잉여금한계리스크량 SMRC(Surplus Marginal Risk Contribution)를 구한 후,

총 잉여금리스크량 STRC(Surplus Total Risk Contribution)가 개별자산별로 동일하게 되는 투자비중의 포트폴리오를 의미한다. 여기서 SMRC는 각 투자자산 비중의 변화에 대한 포트폴리오의 잉여금변동으로 측정된다. 이 때 i 투자자산의 기대잉여금증가율을 $E_i[R_S(t)]$, 비중을 w_i , 잉여금변동성을 $\sigma_i[R_S(t)]$, i 투자자산과 j 투자자산 간의 기대잉여금증가율의 공분산을 $cov[E_i[R_S(t)], E_j[R_S(t)]]$, 포트폴리오의 잉여금변동성을 $\sigma[R_S(t)]$ ¹¹⁾이라고 가정하면 SMRC는 아래 식(9)로 정의된다.

$$SMRC_i(t) = \frac{\partial \sigma[R_S(t)]}{\partial w_i} = \frac{w_i \sigma_i^2[R_S(t)] + \sum_{i \neq j} w_j cov[E_i[R_S(t)], E_j[R_S(t)]]}{\sigma[R_S(t)]} \quad (9)$$

STRC는 투자자산별 SMRC에 각 투자비중을 곱한 값으로 아래 식(10)으로 나타낼 수 있다.

$$STRC_i(t) = \frac{\partial \sigma[R_S(t)]}{\partial w_i} \times w_i = SMRC_i(t) \times w_i \quad (10)$$

한편 포트폴리오 잉여금변동성 $\sigma[R_S(t)]$ 는 오일러의 정리(Euler's theorem)¹²⁾에 따라 $STRC_i(t)$ 들의 합으로 나타낼 수 있는데, 이는 전통적 RP전략과 개별 STRC값을 동일하게 하는 비중의 포트폴리오가 같음을 의미한다.

따라서 전통적 RP전략의 자산배분은 선진국주식 14.17%, 신흥국주식 9.18%, 국내주식 9.56%, 투자등급채권 29.82%, 하이일드채권 13.25%, 국내채권 24.02%로 된다.

4) 계층적 RP전략(Hierarchical RP, HRP)

계층적 RP전략은 Lopez de Prado(2016)에 의해 소개된 계층적군집화¹³⁾를 활용한 자

11) $\sigma[R_S(t)] = \sqrt{\sum_i w_i^2 \sigma_i^2[E_i[R_S(t)]] + \sum_{i < j} 2w_i w_j cov[E_i[R_S(t)], E_j[R_S(t)]]}$

12) 수리적 모형은 Maillard *et al.*(2010) 참조하기 바란다.

13) 계층적군집화(hierarchical clustering)는 개체의 유사도(본 연구에서는 상관계수를 사용)를 중심으로 군집을 분류하는 방식으로 사전에 군집의 수를 정하지 않고 순차적으로 가까운 거리순으로 분류해 나가는 방법이다.

산배분 방법이다. Lopez de Prado(2016)는 MVP와 같은 평균분산방식에 기반을 둔 전통적인 자산배분방식은 내표본(In-Sample)을 기반으로 예측하기 때문에 외표본(Out-of-Sampe)에서는 예측의 오차가 발생하여 성과가 부진하다고 하였다. 이에 대한 대안으로 계층적으로 RP를 활용하는 계층적 RP전략을 소개하였다. 이는 3단계로 나누어서 수행되는데, 1단계에서는 자산의 상관계수를 기초로 거리(distance)를 구한 다음, 2단계에서는 거리를 중심으로 자산들을 묶어 계층화한다. 3단계에서는 순차적 역변동성 RP(naive risk parity)방식¹⁴⁾으로 자산의 최종비중을 결정한다. 구체적으로 자산별 잉여금증가율로 이를 수행해보면 다음과 같다.

1단계에서는 각 자산 간의 잉여금 상관계수를 구하고(아래 <Table 7> 참조), 이를 계층적군집화를 위한 유클리드 거리(아래 <Table 8> 참조)로 전환한다.

<Table 7> Surplus Correlation

	DE	EE	KE	IGB	HYB	KB
DE	1.00					
EE	0.86	1.00				
KE	0.82	0.95	1.00			
IGB	0.40	0.35	0.28	1.00		
HYB	0.85	0.86	0.78	0.58	1.00	
KB	0.84	0.79	0.77	0.71	0.90	1.00

<Table 8> Euclidean Distance¹⁵⁾

	DE	EE	KE	IGB	HYB	KB
DE	0.00					
EE	0.27	0.00				
KE	0.30	0.17	0.00			
IGB	0.55	0.57	0.60	0.00		
HYB	0.27	0.26	0.33	0.46	0.00	
KB	0.28	0.33	0.34	0.38	0.23	0.00

14) 역변동성 RP(naive risk parity) 방식은 자산의 변동성에 반비례하여 자산을 배분하는 기본적인 RP 방식이다.

15) 자산 간의 유클리드 거리는 $d[X_1, Y_1] = \sqrt{\frac{1}{2}(1 - \rho_{ij})}$ 의 산식으로 구한다. 예를 들어 신흥

2단계에서는 1단계에서 구한 자산 간의 유클리드거리를 바탕으로 계층적군집화(hierarchical clustering)를 상향식(bottom-up)으로 실행한다. 상기 <Table 8>에서 보면 자산 간의 가장 가까운 거리는 0.17인 신흥국주식-국내주식(그룹6)이고 다음으로 0.23인 하이일드채권-국내채권(그룹7)이다. 다음으로 가까운 거리는 그룹6과 그룹7 사이의 거리로 0.26¹⁶⁾이며 이는 그룹8을 형성한다. 이렇게 반복적으로 가까운 거리의 그룹을 찾아서 계층화하면 아래 <Table 9>와 같다.

<Table 9> Hierarchical Clustering

Group ID ¹⁷⁾ (Euclidean Distance)	10 (0.38)					
	9 (0.27)					
	8 (0.26)					
	6 (0.17)			7 (0.23)		
	3	0	1	2	4	5
	IGB	DE	EE	KE	HYB	KB

3단계에서는 2단계의 계층적군집화 결과(투자등급채권-선진국주식-신흥국주식-국내주식-하이일드채권-국내채권)를 하향식(top-down)으로 이분할¹⁸⁾하여 개별자산의 비중을 정한다. 이때 비중은 전통적 RP전략의 개별 SMRC 결과를 기초로 계산한다. <Table 10>은

국주식과 선진국주식의 유클리드 거리는 $0.27 (= \sqrt{\frac{1}{2}(1-0.86)})$ 이다. 수리적 모형은 Lopez de Prado(2016)를 참조하기 바란다.

16) Lopez de Prado(2016)는 그룹의 거리를 측정하는 방법으로 요소의 최단거리방법을 활용하였다. 본문에서 0.26은 그룹6과 그룹7의 요소 간 거리 중 최단거리인 신흥국주식-하이일드채권의 거리이다(요소간의 거리: 신흥국주식-하이일드채권(0.26), 신흥국주식-국내채권(0.33), 국내주식-하이일드채권(0.33), 국내주식-국내채권(0.34)).

이외 그룹의 거리를 측정하는 방법으로는 최장거리방법($0.33 = \text{신흥국주식-국내채권}$), 평균거리방법($0.32 = \frac{0.26 + 0.33 + 0.33 + 0.34}{4}$) 등이 있다.

17) 그룹ID는 자산 및 그룹을 나타내는 고유번호로 0으로 시작하여 증가하는 양의 정수이다. 최초, 개별자산에 임의의 ID를 부여하고(부여순서와 무관하게 군집화결과는 동일), 그룹화를 거치면서 그룹ID로 변경된다. 군집화된 결과는 단계마다 그룹ID 오름차순으로 정렬되고, 이를 반복적으로 수행하여 계층적군집화를 완성한다.

18) 본 연구에서는 계층적군집화 결과순으로 자산을 2개의 그룹으로 나누었으며 순서는 다음과 같다. ① [투자등급채권, 선진국주식, 신흥국주식, 국내주식, 하이일드채권, 국내채권] → ② [[투자등급채권, 선진국주식, 신흥국주식], [국내주식, 하이일드채권, 국내채권]] → ③ [[[투자등급채권], [선진국주식, 신흥국주식]], [[국내주식], [하이일드채권, 국내채권]]] 순으로 진행한다(세부 방법론은 Lopez de Prado 2016 참조).

첫 번째 계층의 비중을 계산하는 과정이다. 세부적으로 계층의 비중은 두 번의 역변동성 RP 방식으로 계산되는데, 먼저 하위그룹 내 개별자산(예, A그룹 내 투자등급채권, 선진국주식, 신흥국주식) 간의 비중을 구하고, 다음으로 그룹 간(그룹A와 그룹B)의 비중을 역변동성 RP 방식으로 구한다.¹⁹⁾ 이를 반복적으로 수행하여 전체 계층 및 개별자산의 비중을 구하면 아래 <Table 11>과 같다.

<Table 10> Example for Calculating Weights of Cluster1

Bisection Group		A			B		
		IGB	DE	EE	KE	HYB	KB
(Asset) Reverse Volatility RP①	SMRC ²	2.41%	5.92%	13.99%	14.15%	6.12%	1.81%
	1/SMRC ²	41.44	16.90	7.15	7.06	16.34	55.33
	Weight	63.28%	25.80%	10.92%	8.97%	20.76%	70.27%
	Sum	100%			100%		
(Group) Reverse Volatility RP②	Variance	2.74%			2.90%		
	1/Variance	36.45			34.46		
	Weight	51.40%			48.60%		
	Sum	100%					

Note: SMRC is the result of "Classic RP".

<Table 11> Group and Asset Weight

	IGB	DE	EE	KE	HYB	KB
Cluster0	100.00%					
Cluster1	51.40%			48.60%		
Cluster2	38.79%	12.61%		7.16%	41.44%	
Cluster3		8.86%	3.75%		9.45%	31.99%
Asset	38.79%	8.86%	3.75%	7.16%	9.45%	31.99%

계층적 RP전략의 자산배분은 투자등급채권 38.79%, 선진국주식 8.86%, 신흥국주식 3.75%, 국내주식 7.16%, 하이일드채권 9.45%, 국내채권 31.99%로 구성된다.

19) 역변동성 RP는 포트폴리오 내 개별자산의 "1/분산"의 비중만큼 투자하는 포트폴리오이다.

A그룹의 경우 투자등급채권이 비중은 $63.28\% (= \frac{41.44}{41.44 + 16.90 + 7.15})$ 으로 구할 수 있다.

5) 국면전환 RP전략(Regime switching RP, RRP)

국면전환 RP전략은 자산의 변동성에 따라 국면(regime)을 정의하고 국면별로 다른 RP 전략을 적용하는 방법으로, 국면의 구분은 Peters(2011)의 VIX를 활용한 구분방법²⁰⁾을 적용하여 아래 <Table 12>와 같이 정의하였다.

<Table 12> Yearly Regime

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
VIX	13	18	32	32	24	24	18
Regime	Low	Low	High	High	High	High	Low
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
VIX	15	15	18	15	11	17	15
Regime	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low

Note: The Regime is divided into high-volatility and low-volatility based on VIX 20.

국면에 적합한 RP전략을 매칭하기 위해서 잉여금의 기초가 되는 부채증가율과 자산증가율을 중심으로 국면별 특징을 확인해 보면 다음과 같다.

먼저 부채증가율을 살펴보면(아래 <Table 13> 참조), 저변동성국면에서는 평균 부채증가율이 9.56%로 전체구간 평균증가율(12.16%)에 못 미치는데, 이는 부채증가율과 음의 상관관계를 갖는 할인율 감소가 고변동국면 대비 작고 양의 상관관계를 갖는 임금상승률의 증감이 음수로 나타나기 때문이다. 반대로, 고변동성국면에서 평균 부채증가율은 19.31%로 전체구간 평균증가율보다 높는데, 이는 저변동성국면 대비 상대적으로 할인율 감소가 크며, 임금상승률의 증감이 양수로 나타나기 때문이다.

20) Peters(2011)는 프랙탈시장이론(fractal market hypothesis)기반의 변동성을 활용한 국면구분 방법을 사용하였다. 프랙탈시장이론에 따르면 다양한 시장 참여자의 기대가 균형을 이루는 시기(예: 장기금리 상승전망, 장기금리 하락전망이 균형을 이루는 시기)에는 시장의 변동성은 안정적이지만, 전망의 불확실성이 증가하여 균형이 이루어지지 않는 시기에는 변동성이 커진다고 하였다. Peters는 실증분석(1995~2009) 결과, 이 기준을 VIX 20(연간평균)으로 추정하였으며, 기준에 따라서 자산과 부채의 성장률을 비교한 결과, 고변동성국면(high-volatility regime, $VIX \geq 20$)에서는 부채의 증가율이 자산의 증가율보다 높았고, 저변동성국면(low-volatility regime, $VIX < 20$)에서는 부채의 증가율이 자산의 증가율 보다 낮았다. 본 연구에서는 이를 국면판단 기준으로 적용하였다(VIX의 산출방식은 <Appendix A> 참조).

〈Table 13〉 Changes of Liability, Discount Rate, and Wage Growth Rate

(Unit: %)

Year	Regime	Liability Growth		Discount		Wage Growth	
		Rate	Rate	% Chg	Rate	% Chg	
2005	Low	-3.95	5.61	47.24	4.70	-9.62	
2006	Low	22.50	5.04	-10.16	4.80	2.13	
2007	Low	9.14	5.69	12.90	4.80	0.00	
2008	High	28.88	4.24	-25.48	4.90	2.08	
2009	High	-17.47	5.39	27.12	1.70	-65.31	
2010	High	45.38	4.51	-16.33	4.80	182.35	
2011	High	20.46	3.78	-16.19	5.10	6.25	
2012	Low	13.11	3.16	-16.40	4.70	-7.84	
2013	Low	-0.48	3.59	13.45	3.50	-25.53	
2014	Low	20.37	2.61	-27.34	4.10	17.14	
2015	Low	9.89	2.09	-19.96	3.70	-9.76	
2016	Low	5.98	2.09	0.34	3.30	-10.81	
2017	Low	7.38	2.47	17.93	3.60	9.09	
2018	Low	13.50	1.96	-20.71	4.20	16.67	
2019	Low	7.7	1.67	-14.52	3.90	-7.14	
Regime Average	Total	12.16		-3.21		6.65	
	Low	9.56		-1.57		-2.33	
	High	19.31		-7.72		31.35	

다음으로 국면별 자산증가율은 아래 〈Table 14〉와 같이 나타난다. 저변동성국면에서는 선진국주식, 신흥국주식, 국내주식과 같은 주식형 자산의 증가율이 채권형자산의 증가율보다 높고, 고변동성국면에서는 투자등급채권, 하이일드채권, 국내채권과 같은 채권형 자산의 증가율이 주식형자산의 증가율보다 높다는 것을 알 수 있다.

〈Table 14〉 Asset Growth Rate in Regime

(Unit: %)

Year	Regime	DE	EE	KE	IGB	HYB	KB
2005	Low	13.71	37.75	68.20	0.97	9.50	9.97
2006	Low	17.80	27.25	9.97	7.55	13.89	15.17
2007	Low	16.40	45.74	39.95	21.07	12.75	11.59
2008	High	-16.67	-36.14	-38.28	52.56	5.94	18.46
2009	High	28.93	73.94	61.67	5.14	59.99	12.33

2010	High	11.96	16.32	26.35	6.68	15.48	12.79
2011	High	1.22	-15.28	-7.37	14.48	10.61	12.09
2012	Low	13.48	12.73	14.83	2.58	16.61	12.53
2013	Low	31.44	-1.56	5.36	1.85	10.59	8.38
2014	Low	12.77	4.04	-0.92	10.49	8.06	12.09
2015	Low	9.26	-6.76	7.19	9.21	7.92	9.73
2016	Low	13.99	18.42	8.02	10.89	22.26	6.82
2017	Low	11.19	24.98	26.88	-0.14	0.98	5.30
2018	Low	-2.89	-9.63	-14.51	8.08	3.15	9.37
2019	Low	35.60	25.37	12.28	16.25	20.53	8.11
Regime Average	Total	13.21	14.48	14.64	11.18	14.55	10.98
	Low	15.71	16.21	16.11	8.07	11.48	9.92
	High	6.36	9.71	10.59	19.71	23.01	13.92

따라서 저변동성국면에서는 상대적으로 부채증가율이 낮고 주식형자산의 증가율이 높으므로 수익추구자산 비중이 높은 전통적 RP전략(수익추구 포트폴리오)을, 반대로 고변동성국면에서는 부채증가율이 평균보다 높으므로 RP전략 중 부채매칭자산 비중이 높은 계층적 RP전략(부채매칭 포트폴리오)을 적용하여 국면전환 RP전략을 구성한다.

마지막으로 앞서 정의한 5가지의 잉여금 관리 최적화 모형의 자산배분 결과를 요약하면 아래 <Table 15>와 같다.

<Table 15> Asset Allocation of Models

		(Unit: %)						
	Strategy	DE	EE	KE	IGB	HYB	KB	
Classic Risk Model	MVP	1.00	0.00	0.00	25.81	0.00	73.19	
	MDP	9.56	0.00	23.89	0.00	66.56	0.00	
Surplus RP Model	Classic RP (RP)	14.17	9.18	9.56	29.82	13.25	24.02	
	Hierarchical RP (HRP)	8.86	3.75	7.16	38.79	9.45	31.99	
	Regime switching RP (RRP)	Apply Classic RP to Low volatility regime and Hierarchical RP to High Volatility regime						

다. 분석결과

이번 절에서는 앞서 정의한 5가지 모형의 실증분석결과를 비교하고 국면전환 RP전략의 개선된 성과가 잉여금 관리에 기여할 수 있음을 내표본(In-Sample)과 외표본(Out-of-Sample)에서 확인한다.

1) 내표본(In-Sample) 분석결과

국면전환 RP전략의 효용성을 판단하기 위해서 내표본하에서 분석결과를 살펴보면 다음과 같다. 첫 번째로 기금의 수익성을 나타내는 잉여금증가율은 국면전환 RP전략이 다른 모형들 대비 높았다(아래 <Table 16> 참조).

<Table 16> Surplus Growth Rate of Models(In-Sample)²¹⁾

(Unit: %)

	Classic Risk Model		Surplus RP Model		
	MVP	MDP	RP	HRP	RRP
Average	-1.15	-0.44	-0.02	-0.46	0.08
Volatility	13.18	17.29	18.57	16.09	16.72
RASR	-0.15	-0.08	-0.00	-0.07	0.51

실증분석결과 MVP전략은 잉여금증가율의 변동성이 13.18%로 가장 낮게 나타났지만, 대부분 부채매칭성향을 가진 채권들로만 구성되어 있어 잉여금증가율 평균이 -1.15%로 가장 낮았다. MDP전략은 분산투자 효과를 극대화하기 위한 포트폴리오로 MVP전략 대비 주식형자산의 비중이 높았다. 이는 잉여금증가율 변동성과 평균이 MVP전략 대비 높아지는 결과를 보여주었다. 다음으로 전통적 RP전략은 개별자산의 변동성이 동일하게 모든 자산에 투자하기 때문에 잉여금증가율 변동성이 가장 높았지만, 전통적인 리스크중심 포트폴리오 전략들보다 높은 잉여금증가율 평균을 보였다. 계층적 RP전략은 상관관계와 변동성을 모두 고려한 자산배분으로 잉여금증가율 변동성과 평균이 MVP전략과 전통적 RP전략의 사이값을 나타냈다. 마지막으로 국면전환 RP전략은 저변동성국면에서는 수익추구

21) 모형별 Volatility(risk)와 Average(return) 관계는 <Appendix B>를 참조하기 바란다.

포트폴리오로, 고변동성국면에서는 부채매칭 포트폴리오로 변경되면서 유일하게 양의 잉여금증가율 평균을 나타냈으며, 위험조정성과인 RASR 역시 가장 높았다.

두 번째로 기금의 안정성을 나타내는 적립비율 관점에서도 국면전환 RP전략은 성과가 우수하였다(아래 <Table 17> 참조).

<Table 17> Yearly Funding Ratio of Models(In-Sample)

(Unit: %)

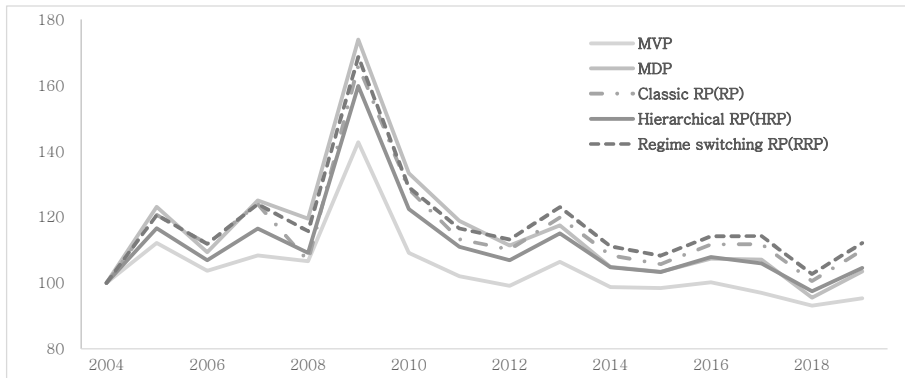
Year	Classic Risk Model		Surplus RP Model		
	MVP	MDP	RP	HRP	RRP
2004	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2005	112.11	123.11	120.63	116.58	120.63
2006	103.63	109.31	111.82	106.85	111.82
2007	108.27	125.03	123.93	116.49	123.93
2008	106.58	119.54	106.65	109.17	115.68
2009	142.74	173.86	166.03	159.78	168.68
2010	109.14	133.31	128.44	122.46	129.00
2011	101.97	118.82	113.23	110.91	116.52
2012	99.09	111.36	110.12	106.84	113.16
2013	106.42	117.45	119.86	115.03	122.99
2014	98.70	104.89	108.35	104.75	111.07
2015	98.39	103.36	105.68	103.19	108.20
2016	100.17	107.36	111.63	107.84	114.17
2017	96.95	107.07	111.76	105.82	114.20
2018	93.01	95.47	100.52	97.44	102.64
2019	95.36	103.49	109.88	104.56	112.10
Average	104.84	116.89	116.57	112.51	118.99
Volatility	11.50	18.66	15.57	14.38	15.48

실증분석 결과 MVP전략은 적립비율 평균이 104.84%로 가장 낮았고, 적립부족구간(100% 미만)이 전체기간(15개년도)의 40%인 6개년도에 발생하였다. MDP전략은 전통적 RP전략과 적립비율 평균이 116% 수준으로 비슷하였지만, 적립비율 변동성은 MDP전략이 더 높았으며 1개년도(2018년)에서 적립부족구간이 나타났다. 계층적 RP전략은 전술한 잉여금증가율과 동일하게 적립비율 평균과 변동성이 MVP전략과 전통적 RP전략의 사이 값을 나타냈으며 1개년도(2018년)에서 적립부족구간을 보였다. 마지막으로 국면전환 RP 전략은 모든 모형 중 가장 높은 적립비율 평균을 보였고, 이는 MVP전략대비 14.1%p 높

은 수치이다. 또한 적립부족구간도 모두 해소되었다. 이러한 결과는 앞서 살펴본 잉여금증가율의 개선이 적립비율의 향상에도 영향을 미쳤기 때문이라 판단된다. 또 안정적인 적립비율의 추세를 확인하기 위해서 적립비율의 추이(아래 <Figure 1> 참조)를 모형별로 비교해보면, 국면전환 RP전략은 2004~2007년에는 수익추구 포트폴리오(전통적 RP전략)로 적립비율이 증가하다가 2008~2011년에 부채매칭 포트폴리오(계층적 RP전략)로 변경되면서 적립비율의 하락이 제한되었다. 2012년 이후에는 다시 저변동성 포트폴리오(전통적 RP전략)로 전환되면서 실증분석기간 동안 가장 높은 적립비율을 유지하였다.

<Figure 1> Comparison of Funding Ratio Trend(In-Sample)

(Unit: %)



이러한 국면전환 RP전략의 특징은 기간별 성과²²⁾를 통해서도 잘 드러난다. <Table 18>은 최근 3년, 5년, 10년, 15년(전체기간)의 성과를 비교한 결과이다.

<Table 18> Period Performance of Models(In-Sample)

(Unit: %)

			Classic Risk Model		Surplus RP Model		
			MVP	MDP	RP	HRP	RRP
Last 3 Years	Surplus	Average	-1.77	-0.87	0.06	-0.71	0.06
	Growth	Volatility	3.95	10.72	10.77	8.48	10.77
	Rate	RASR	-0.07	-0.09	0.58	-0.06	0.58
	Funding Ratio(Avg)		94.96	95.57	97.06	95.74	97.06

22) 최적 분석기간에 대한 명확한 이론은 존재하지 않으나, 모형 적용의 보편성을 검토하기 위해서 분석하였다.

Last 5 Years	Surplus	Average	-0.81	0.00	0.75	0.21	0.75
	Growth	Volatility	3.23	7.95	8.28	6.57	8.28
	Rate	RASR	-0.03	0.03	9.04	3.13	9.04
	Funding	Ratio(Avg)	97.89	99.14	100.59	99.65	100.59
10 Years	Surplus	Average	-3.30	-3.63	-2.71	-3.02	-2.62
	Growth	Volatility	11.19	12.37	12.79	12.12	12.90
	Rate	RASR	-0.37	-0.45	-0.35	-0.37	-0.34
	Funding	Ratio(Avg)	77.20	73.28	77.08	76.52	77.77
Total 15 Years	Surplus	Average	-1.15	-0.44	-0.02	-0.46	0.08
	Growth	Volatility	13.18	17.29	18.57	16.09	16.72
	Rate	RASR	-0.15	-0.08	0.00	-0.07	0.51
	Funding	Ratio(Avg)	104.84	116.57	116.89	112.51	118.99

분석결과 최근 3년과 5년은 국면의 변화가 없는 저변동성 기간으로 전통적인 RP전략과 국면전환 RP전략의 성과가 동일하였지만, 최근 10년에는 국면이 전환되는 기간을 포함하고 있어(고변동성 국면(2008~2011년)) 잉여금증가율과 적립비율측면에서 상대적으로 우수한 성과를 보였다. 이는 전체기간의 성과와 동일한 결과로, 국면전환 RP전략이 국면변화를 거치면서 성과가 개선됨을 알 수 있다.

2) 외표본(Out-of-Sample) 분석결과

외표본하에 실증분석은 <Table 2>의 PBO를 월별로 추정하여 실시하였다. 이는 DB사용자가 대상 전략들을 실제 투자에 적용 가능한 방법으로, 연금수리적 가정에 따른 부채의 평가주기(년)를 외표본 분석에 필요한 평가주기(월)로 전환하기 위해서 다음과 같이 가정하였다.

[가정1] PBO는 가입자 정년을 만기로 하는 채권의 포트폴리오 평가금액이다.

[가정2] 월별 퇴직급여부채($PBO_m(t)$)는 채권투자의 듀레이션에 따른 금리 민감도 분석방법을 적용하여 식(11)로 추정한다.

$$PBO_m(t) = PBO_1(t) \times (1 + (-\Delta r(t))) \times D_1(t) \quad (11)$$

23) 채권투자의 듀레이션을 반영한 금리민감도에 따른 가격변화는 $\Delta P = -MD \times \Delta r \times P$ 이다 (Fabozzi 2013 참고).

여기서,

$PBO_1(t)$: t 회계연도 말의 PBO

$\Delta r(t)$: t 회계연도 말의 PBO 할인율과 t 회계연도 m 월의 할인율 차이

$D_1(t)$: t 회계연도 말의 PBO 예상 듀레이션(가입자의 잔존정년 기간)

[가정3] 적립수준은 매년 완전적립수준(Funding Ratio 100%)을 가정한다.²⁴⁾

[가정4] 국면판단은 국면 예측의 효과를 확인하기 위해서 직전연도의 VIX를 활용하는 방법(P:Last Year)과 내표본의 결과를 적용한 방법(P:100%)을 비교한다.

이를 바탕으로 월별 잉여금증가율을 추정하여 외표본에서의 실증분석을 실시하였다. 실증분석의 결과(잉여금증가율과 적립비율)는 <Table 19>, <Table 20>과 같다.

<Table 19> Surplus Growth Rate of Models(Out-of-Sample)²⁵⁾

(Unit: %)

	Classic Risk Model		Surplus RP Model			
	MVP	MDP	RP	HRP	RRP	
					P:Last Year	P:100%
Average	-2.03	-1.24	-0.68	-1.07	-1.02	-0.71
Volatility	14.90	17.03	18.65	13.93 ²⁶⁾	14.61	14.49
RASR	-0.30	-0.21	-0.13	-0.15	-0.15	-0.10

<Table 20> Yearly Funding Ratio of Models(Out-of-Sample)

(Unit: %)

Year	Classic Risk Model		Surplus RP Model			
	MVP	MDP	RP	HRP	RRP	
					P:Last Year	P:100%
2005	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2006	95.12	94.75	94.85	91.38	94.85	94.85
2007	101.92	108.81	104.96	97.17	104.96	104.96
2008	84.23	96.51	88.85	91.74	98.52	98.52

24) 월별 잉여금증가율 추정을 위한 가정으로 실증분석 적립비율에는 영향을 미치지 않는다.

25) 모형별 Average(return)과 Volatility(risk)의 관계는 <Appendix B>를 참조하기 바란다.

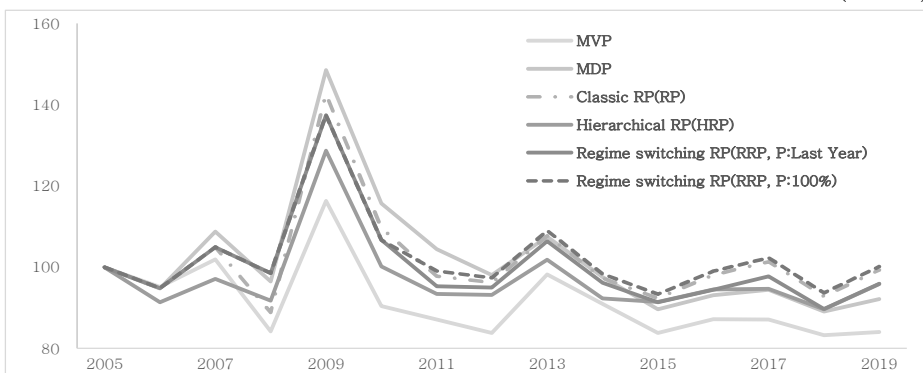
26) 계층적 RP전략의 변동성은 외표본 분석에서 MVP보다 낮게 나타나는데 이는 Lopez de Prado(2016)의 연구결과와 일치한다.

2009	116.38	148.56	142.67	128.69	137.45	137.45
2010	90.41	115.67	109.70	100.20	106.68	106.68
2011	87.13	104.49	97.84	93.44	95.30	99.10
2012	83.80	98.08	96.21	93.22	94.96	97.38
2013	98.19	107.50	107.75	101.84	106.44	108.99
2014	91.00	97.63	97.27	92.30	96.14	98.33
2015	83.82	89.69	92.39	91.43	91.37	93.34
2016	87.18	93.14	98.08	94.49	94.43	99.04
2017	87.14	94.47	101.35	94.63	97.74	102.30
2018	83.23	89.13	92.87	89.64	89.70	93.70
2019	84.06	92.19	99.31	95.88	95.95	100.16
Average	91.57	102.04	101.61	97.07	100.30	102.32
Volatility	9.30	14.90	12.69	9.46	11.45	10.70

〈Table 19〉에서 잉여금증가율의 결과는 내표본에서의 결과와 유사하였다. 국면전환 RP전략은 직전연도의 VIX를 활용하는 방법인 경우, 전통적인 RP 전략보다 위험조정성과가 다소 부진하게 나타났다. 하지만 내표본의 국면판단결과를 반영한 방법의 경우에는 내표본 분석과 동일하게 가장 높은 성과를 보였다. 또 평균적립비율 수준도 잉여금증가율 결과와 유사하게 나타났다(〈Table 20〉 참조). 즉, 내표본의 국면판단결과를 반영한 국면전환 RP전략의 평균적립비율이 가장 높게 나타났으며, 기간별 추이는 〈Figure 2〉에서와 같은 결과를 보였다. 이는 외표본에서의 국면전환 RP전략의 성과는 국면 예측에 따라 달라지기 때문에 정교한 국면 예측의 중요성을 시사하고 있다.

〈Figure 2〉 Comparison of Funding Ratio Trend(Out-of-Sample)

(Unit: %)



실증분석 결과를 종합해보면, 운용전략을 동적으로 변경하는 국면전환 RP전략이 내표본과 외표본에서 잉여금증가율과 적립비율 개선에 도움을 주고 있음을 알 수 있다.

IV. 요약 및 향후 과제

현재 국내 DB제도는 원리금 보장형 상품 중심의 운용으로 장기적으로 적립부족에 대한 문제를 내포하고 있다. 이를 개선하기 위해서 부채와 연계한 다양한 ALM전략이 필요하며 최근에는 기존의 부채매칭전략과 수익추구전략을 병행하는 LDI전략이 주목받고 있다.

본 논문에서는 잉여금 리스크패리티(Surplus Risk Parity)를 중심으로, DB제도에서 활용 가능한 자산배분전략을 실증분석하였다. 특히, 전통적 RP전략에 계층적 RP전략을 병행하는 국면전환 RP전략을 제시하였는데 이는 VIX를 기준으로 고변동성국면과 저변동성국면을 나누어 다른 RP전략을 적용하는 개념이다. 실증분석은 내표본과 외표본으로 구분하여 실시하였다. 먼저 내표본 분석결과 국면전환 RP전략은 MVP전략, MDP전략, 전통적 RP전략, 계층적 RP전략보다 높은 위험조정성과(RASR)를 보였고 유일한 양의 잉여금증가율 평균, 높은 적립비율을 보였다. 이는 국면전환 RP전략이 저변동성국면에서 수익추구 포트폴리오인 전통적 RP전략을, 고변동성국면에서는 부채매칭 포트폴리오인 계층적 RP전략을 적용하여 위험자산 상승기에는 이익에 참여하고 하락기에는 손실을 방어하기 때문이다. 외표본에서의 결과도 내표본의 결과와 유사하였다. 직전연도의 VIX를 활용한 국면판단 방법의 경우, 전통적 RP전략 보다 위험조정성과가 다소 부진하였지만, 내표본에서의 국면판단결과를 반영한 방법에서는 내표본과 동일한 결과를 보여 실무 적용 시에는 국면판단이 중요함을 확인하였다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 외표본 검증 시 사용하였던 월별 부채추정방법의 가정이다. 본 연구에서는 월별부채를 추정하는 방법으로 채권포트폴리오의 듀레이션을 반영한 금리민감도 분석방법을 적용하였지만(외표본의 잉여금증가율 공분산과 내표본의 잉여금증가율 공분산이 통계적으로 다르지 않음을 확인하였다.²⁷⁾), 실무에 적용 시에는

27) 공분산의 동질성을 확인하는 Box's M Test 결과 내표본과 외표본의 공분산은 동일하였다

기금별 상황에 적합한 월별 부채추정 방법(개별 기금의 부채인덱스를 개발하여 적용하는 방법 등)을 활용할 수 있다. 둘째, 국면전환 RP전략에서 국면을 규정할 때, VIX를 단일로 사용하였다. 차후 연구에서는 Peters(2009)의 연구처럼 국면을 3개월 VIX, Credit Spread, 글로벌 통화정책, 글로벌 경제활동 등을 고려하여 구분한다면 보다 정교한 실증 분석의 방법이 될 것으로 예상된다. 또 본 연구에서는 국내자산과 해외자산을 동일한 기준으로 적용하였는데, 투자지역에 따라 다른 기준을 반영하는 방법의 최적화를 검토할 필요가 있다. 셋째로 연구의 결과를 실제 연금자산 운용에 적용할 때는 다음을 고려해야 한다. 본 연구는 6개 투자자산을 대상으로 5개 투자전략의 성과를 비교하였다. 연구 결과, 기간별 성과를 포함한 내표본, 외표본 분석에서 국면전환 RP전략의 성과가 우수함을 확인하였지만, 이는 절대적인 것은 아니며 투자자산, 투자기간 등에 따라서 달라질 수 있음을 유의해야 한다. 따라서 개별 기금의 운용조건을 포함한 IPS²⁸⁾를 기초로 종합적인 투자전략의 검토가 필요하다.

결론적으로 국면에 따라 부채매칭 포트폴리오와 수익추구 포트폴리오를 병행하는 국면전환 RP전략은 LDI분야에 활용성이 높을 것으로 판단되며, 향후 본 연구의 방법론 및 결과는 원리금 보장형 일변도의 투자문화변화와 다양한 LDI전략 확장에 기여할 것으로 기대된다.

($H_0 : \Sigma_{\text{내표본}} = \Sigma_{\text{외표본}}$, chi-square: 5.90908, df: 21, p-value: 0.2099).

28) IPS = Investment Policy Statement, 투자준칙

Appendices

Appendix A: VIX 계산식(Cboe(2019))

VIX는 1993년 Cboe가 도입하여 산출하고 있는 변동성 지수이다. VIX는 S&P500지수를 기반으로 모든 행사가격의 OTM/ATM의 옵션(Call, Put)가격을 조합하여 아래의 식으로 산출한다.

$$VIX = \sigma \times 100, \sigma^2 = \frac{2}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[\frac{F}{K_0} - 1 \right]^2$$

T : 잔존만기

ΔK : 행사가격간의 차이, $\Delta K_i = \frac{K_{i+1} - K_{i-1}}{2}$

K_i : OTM 옵션의 i 번째 행사가격

R : 무위험 이자수익률

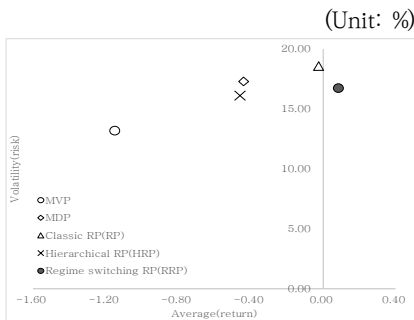
$Q(K_i)$: 행사가격이 K_i 인 각 옵션의 중간가격(midpoint)

F : 옵션가격으로 산출된 합성선물 가격

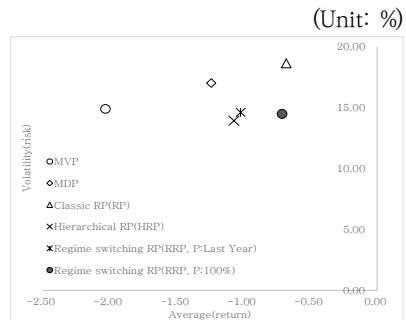
K_0 : F 보다 낮은 첫 번째 행사가격

Appendix B: 모형별 Average(return)와 Volatility(risk) 관계

〈Appendix Figure 1〉 In-sample



〈Appendix Figure 2〉 Out-of-Sample



참고문헌

- 성주호(2018), 퇴직연금 디폴트 옵션 도입 방안 및 부채연계투자전략에 관한 연구, 보험연구원.
- (Translated in English) Sung, J. (2018). *How to introduce default options and implement Liability-driven Strategy for Korean retirement pension plans*, Korea Insurance Research Institute.
- 성주호·정도영(2015), “리스크패리티(Risk Parity)를 활용한 확정급여형(DB) 퇴직연금 제도의 부채연계투자(LDI)전략”, *보험학회지*, 제101권, pp. 1-32.
- (Translated in English) Sung, J., and D., Cheong (2015). “Liability Driven Investment Strategy using Risk Parity in Occupational Defined Benefit Pension Plans in Korea”, *Korean Journal of Insurance*, 101:1-32.
- 이경희·성주호(2008), “잉여금 최적화 전략에 따른 퇴직연금의 자산배분”, *보험학회지*, 제80권, pp. 169-202.
- (Translated in English) Lee, K., and J., Sung (2008). “Pension Fund Asset Allocation via Surplus Optimization Strategy”, *Korean Journal of Insurance*, 80:169-202.
- Amenc, N., L., Matellini, Goltz, F., and V., Milhu (2010). *New Frontiers in Benchmarking and Liability-Driven Investing*, EDHEC-Risk Institute Publication.
- Cboe Exchange (2019). White Paper Cboe volatility Index.
- Chaves, D., J., Hsu, Li, F., and O., Shakernia (2011). “Risk Parity Portfolio vs. Other Asset Allocation Heuristic Portfolios”, *The Journal of Investing*, 20(1):108-118.
- Cheong, D., and J., Sung (2018). “Occupational Defined Benefit(DB) Funds

- in Korea using a Liability Driven Investment(LDI) Approach”, *Financial Stability Studies*, 19(1):39-66.
- Fabozzi, F. (2013). *Bond Markets, Analysis, and Strategies(Eighth Edition)*, Pearson Education.
- Leibowitz, M., Kogelman, S., and L., Bader (1992). “Asset Performance and Surplus Control: A Dual-shortfall Approach”, *The Journal of Portfolio Management*, 18(2):28-37.
- Lopez de Prado, M. (2016). “Building Diversified Portfolios That Outperform Out-Of-Sample”, *Journal of Portfolio Management*, 42(4):59-69.
- Maillard, S., Roncalli, T., and J., Teiletche (2010). “The Properties of Equally Weighted Risk Contribution Portfolios”, *The Journal of Portfolio Management*, 36(4):60-70.
- Markowitz, H. (1952). “Portfolio Selection”, *The Journal of Finance*, 7(1):77-91.
- Martellini, L., Milhau, V., and T., Andrea (2015). *Toward Conditional Risk Parity Improving Risk Budgeting Techniques in Changing Economic Environments*, EDHEC-RISK Institute.
- Peters, E. (2009). *Using Volatility Regimes: The FQ MRI(Market Risk Index)*, First Quadrant.
- _____ (2011). “Balancing Asset Growth and Liability Hedging through Risk Parity”, *The Journal of Investing*, 20(1):128-136.
- Qian, E. (2012). “Pension Liabilities and Risk Parity”, *The Journal of Investing*, 21(3):93-103.
- Raffinot, T. (2018). “Hierarchical Clustering-Based Asset Allocation”, *The Journal of Portfolio Management*, 44(2):89-99.
- Shape, W., and L., Tint (1990). “Liabilities-A New Approach”, *The Journal*

of Portfolio Management, 16(2):5-10.

Waring, M. (2004). "Liability-relative investing II", *The Journal of Portfolio Management*, 31(1):40-53.

Yves, C., and C., Yves (2008). "Toward Maximum Diversification", *The Journal of Portfolio Management*, 35(1):40-51.

Abstract

To manage the surplus risk of DB pension plan, this research compares and analyzes asset management strategies available in the current DB pension plan through a risk parity(RP) approach centered on surplus. In conclusion, “Regime switching RP” is presented as an LDI strategy that combines “Classic RP” with “Hierarchical RP”. Empirical analysis implies that the Regime switching RP shows a higher risk-adjusted return and stable funding ratio trend than MVP, MDP, Classic RP, Hierarchical RP. In fact, Regime switching RP implements a portfolio of liability matching in high-volatility regime and a portfolio of return seeking in low-volatility regime.

The methodology and results of this study are expected to contribute to the activation and stabilization of asset management of retirement pension funds.

Key words: Defined Benefit(DB) Plan, Liability Driven Investing(LDI), Risk Parity(RP), Regime switching RP