

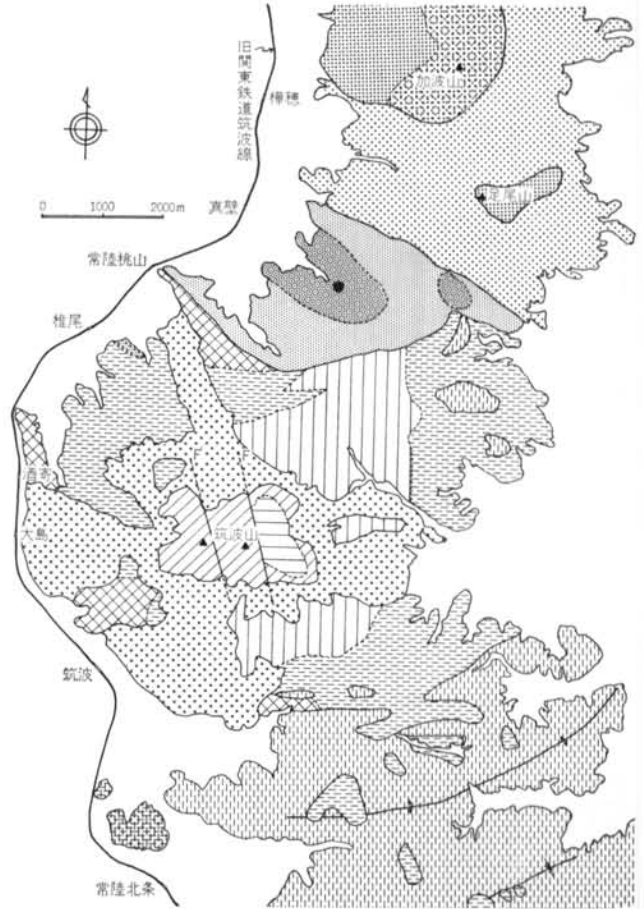
真壁岩盤研究実験所 1号ボーリング孔の地質・地下水性状について

嶋田 純 (技術研究所)	三宅 紀治 (技術研究所)
泉谷 泰志 (土木本部)	石井 卓 (土木本部)
天利 実 (技術研究所)	飯塚 友之助 (土木本部)

§ 1. はじめに

岩盤内の構造物の設計・施工に当たり事前に調査ボーリングによって岩盤、地下水の性状を調べておくことは必要不可欠であり、そのための専用調査機器も各種開発されている。近年、水封式岩盤内貯油槽、水封式岩盤内LPG貯槽、岩盤内圧縮空気貯蔵施設等のように、岩盤内に賦存する地下水系そのものが設計上きわめて重要な地位を占める地下構造物が台頭するようになり、それに伴って岩盤内の地下水そのものの賦存性、ならびにそれを胎児する母体としての岩盤割目系の実態を把握するための調査手法の重要性が増大してきた。

当社においても、この種の調査を目的としたボーリング孔内検層機器を、独自あるいは受託研究として開発・改良する機会が多くなってきており、試運転用の専用ボーリング孔設置のため、東京近郊で安定した結晶質岩盤が浅所に存在している筑波山系の茨城県真壁町に上記施設を設けた。現在1号孔(100m)が完成し、同孔における地質・地下水についての測定結果が得られているので、本報でその性状を報告する。



§ 2. 真壁岩盤研究実験所

実験所は、花崗岩の生産、加工地として有名な茨城県真壁郡真壁町にあり、県道石岡・下館線沿いに真壁市街より約2kmほど南東の石岡方向に向かった道路沿いにおいて、筑波山系の山麓部に位置している。

筑波地方の主要な岩石は、八溝山系の古期堆積岩類、筑波変成岩類、花崗岩類などから成り(図-1)、当該地周辺には、高橋の分類¹⁾によ

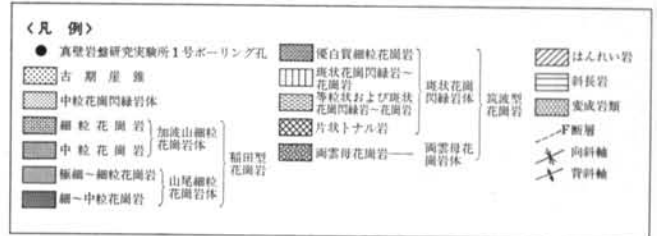
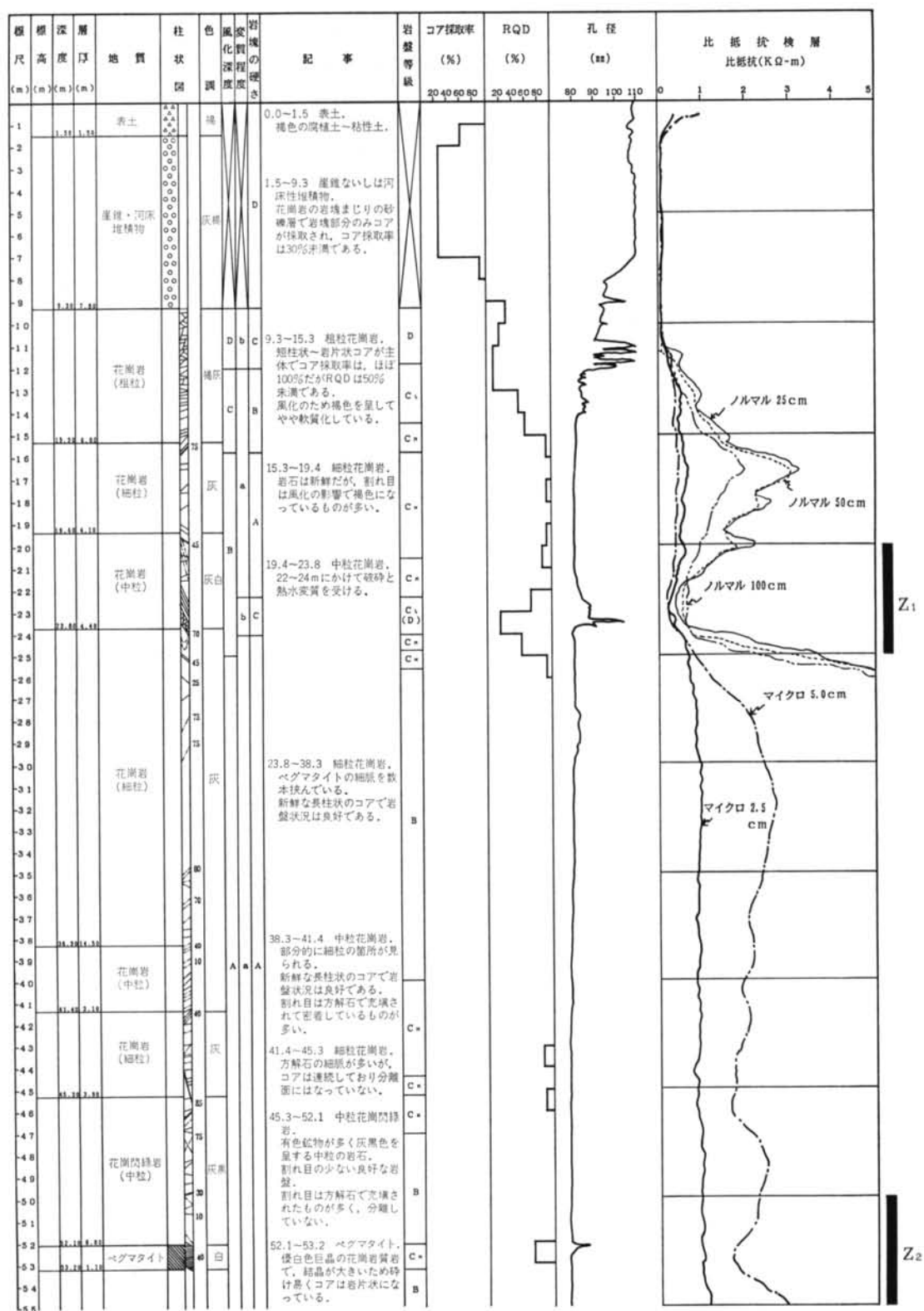
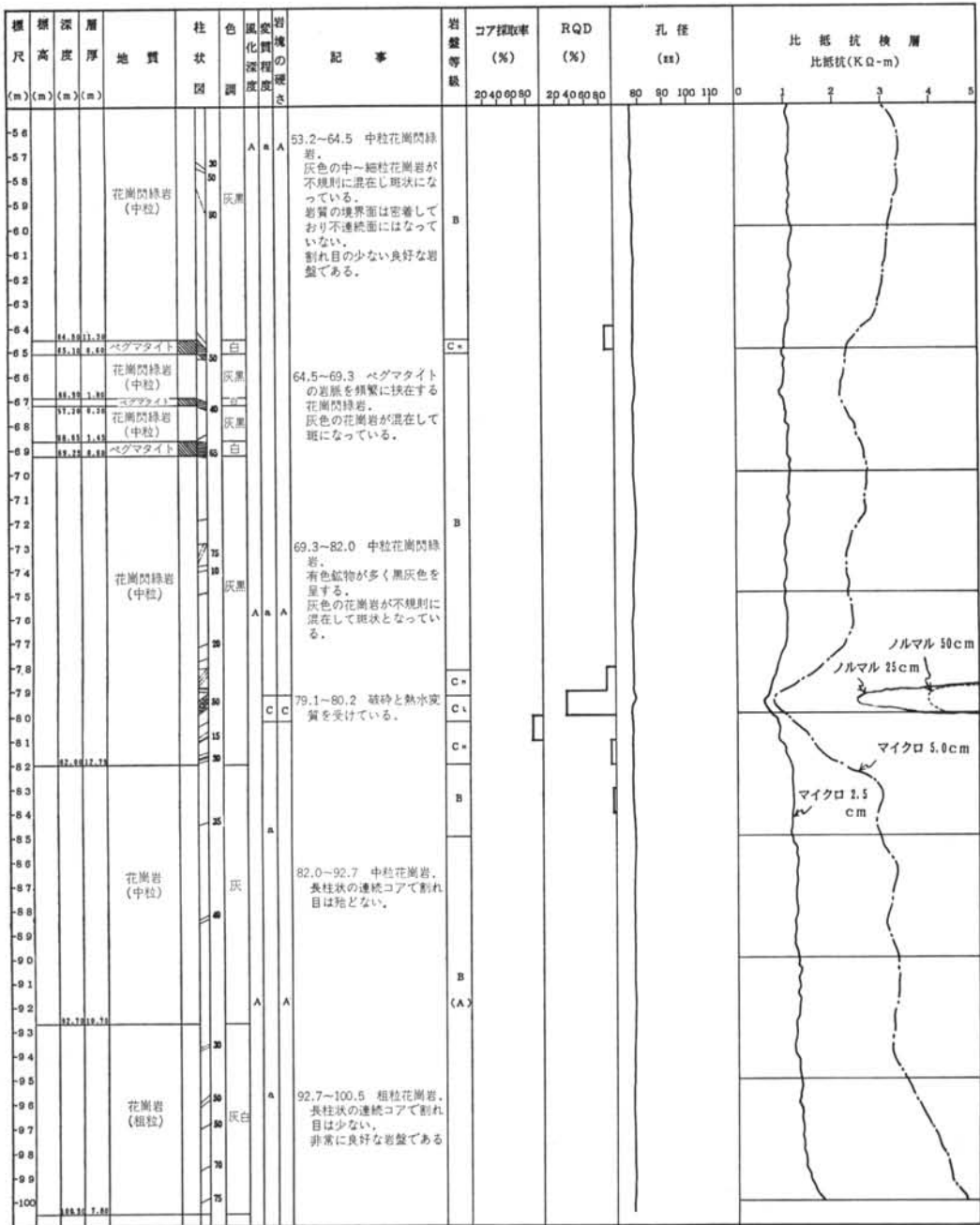


図-1 筑波地区の地質状況



Z1

Z2



Z₃

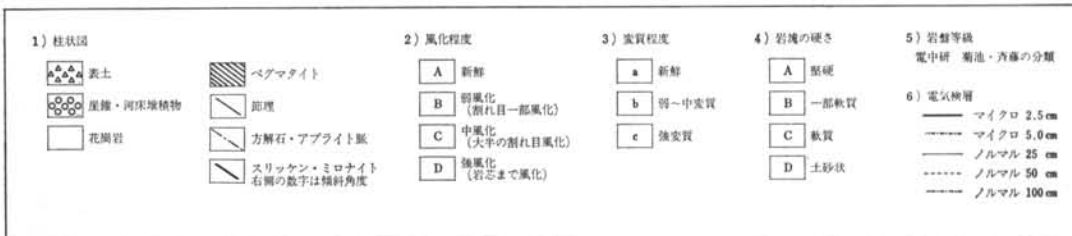


図-2 真壁1号孔の地質柱状図および孔内検層結果

ると稲田型花崗岩に属する細～中粒花崗岩から成る山尾細粒花崗岩体が分布している。

§ 3. 1号ボーリング孔の地質状況

図-2に1号孔の地質柱状図およびキャリパー検層、比抵抗検層（ノルマルおよびマイクロ）結果を示す。ボーリング孔は、孔径76mm、深度100.5mである。地表よりGL-9.30mまでは崖錐および河床堆積物から成る未固結沖積層で、孔壁の崩壊を防ぐためにケーシング（孔径85mm、長さ10.8m）を入れている。10～45m付近までは中～粗粒の花崗岩、45～82mは中粒の花崗閃緑岩、82m以深には中～粗粒の花崗岩が分布している。GL-15.3mまでは風化を受けて褐色、軟質化しているが、それ以深は新鮮で堅硬な岩盤となっている。GL-22～24mと79～80mに破碎・熱水変質域が見られる他は、地質状況の不良な箇所はない。

割目系の発達状況の指標となるRQD (rock quality designation) は、地表付近の風化花崗岩層（～15.3m）および22～24m、79～89mの破碎・熱水変質域を除く部分ではほとんど100%となっており、ボーリング孔全体として割目が少ないことを示している。また、割目も粘土等を挟在するようなものは少なく、新鮮な面となっている。コア観察によると、方解石の細脈が多く見られるが割目を完全に充填しており、ボーリングでも連続した柱状コアとして採取され、岩盤の分離面にはなっていない。

電力中央研究所菊地、斉藤らの分類²⁾に基づく岩盤等級も、上記破碎・熱水変質域を除く部分ではC_H～B級岩盤に分類されており、きわめて良好な岩盤である。

§ 4. 孔内地下水の性状

孔内水位はGL-1.5m付近にあり、周辺の地表水(沢水)のレベルとほぼ一致している。前述のように、本孔はきわめて良好な岩盤であるため、岩盤内において地下水を賦存する割目系の発達があまり良くない。図-2によると、RQD値が相対的に低い深度においては、割目の密度が高いため孔壁が荒れて孔径を大きくしており、また比抵抗値も相対的に低くなっており、割目の多いことを裏付けている。

これらの結果をもとに、相対的に割目が多く地下水を賦存している可能性が高いと考えられる3つのゾーン、

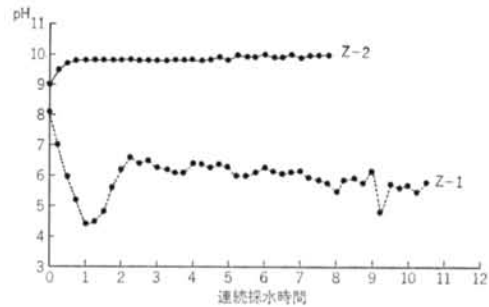


図-3 連続採水中のpH変化

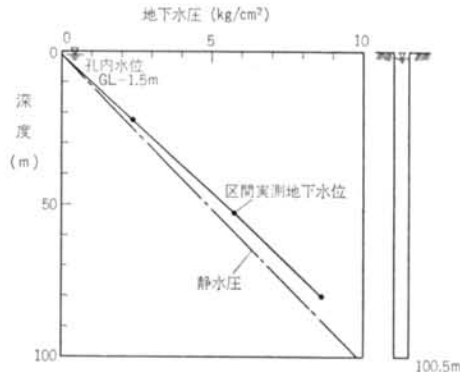


図-4 真壁1号孔における地下水圧の深度分布

Z-1 (20～25m)、Z-2 (50～55m)、Z-3 (77～82m)を選定し、ダブルパッカー式の孔内地下水連続採水装置により地下水の採取を行なった。Z-3は、区間岩盤の透水性が低いため区間湧水量が少なく、実質的に連続採水は不可能であったが、Z-1およびZ-2については、毎分100cc程度の採水量で9～11時間の連続採水を実施して区間孔内水量の3倍以上の揚水を行なった後、分析用のサンプル地下水を採取した。図-3に連続採水中のpHの変化状況を示す。孔内各ゾーンでのpHは初期には8～9であったものが、数時間の連続採水後にはZ-1では5.7前後に、またZ-2では9.9前後で安定していることが分かる。一般に、花崗岩地域の地下水では深部になるほどpHが高くなる傾向があり³⁾、Z-2ゾーンの地下水は相対的に深部の地下水性状を反映しているのに対し、Z-1ゾーンは地表付近の浅層地下水系の水質を示していると考えられる。

図-4は、同時に測定した各ゾーンにおける地下水圧の分布図であるが、深度の増大に伴って静水圧からの差が顕著に増大しており、地下深部になるほど地下水ポテンシャルが高く、当該地域は上昇方向の流動傾向をもつ地下水の流出域に当たっていることを示唆している。このような地点にボーリング孔を掘削すると、孔内を伝わる上昇流が発生するものと考えられ、結果として孔内水

採水区間	溶存成分 (mg/l)							pH	導電率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁻⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻		
Z-1 (20~25 m)	11.1	1.2	11.2	1.07	6.3	7.6	53.7	7.1	135
Z-2 (50~55 m)	20.6	0.4	4.1	0.14	9.6	4.2	47.6	8.0	112

表一 岩盤内地下水の水質分析結果

は図一3に示したように、連続採水開始直後のpH値では浅部においても深部の水質が反映したものになっていることが理解される。このような孔での採水には、ダブルパッカー式の孔内地下水連続採水方式が特に有効であり、従来行なわれてきた採水ボトルによる方式では、対象深度における真の岩盤内の地下水採取はきわめて難しいことが判明した。

表一に、Z-1およびZ-2ゾーンにおいて採取した地下水の水質分析結果を示す。Z-1では、陽イオン中Ca⁺⁺が卓越する浅層地下水タイプであるのに対し、Z-2ではNa⁺の卓越する深層地下水タイプの水質を示している。水質の主要成分の量的関係を明らかにして水質タイプを区分することをねらって、陽陰イオンをそれぞれ2成分系として表示する菱型座標図(Piper図)を用いて今回の測定結果を図示すると(図一5)、Z-1はCa⁺⁺-HCO₃⁻タイプの浅層地下水系の、またZ-2はNa⁺-HCO₃⁻タイプの深層被圧地下水系の水質域にそれぞれプロットされZ-1、Z-2ゾーンの地下水は水質上明確に区分される。

一方、前述のポテンシャル上から想定される上昇方向の流動可能性と、水質から判断された異なった水体の存在に関して総合的な解釈を行なうためには、三次元的な地下水ポテンシャル分布の把握や環境同位体等による流動経路の解析が必要である。

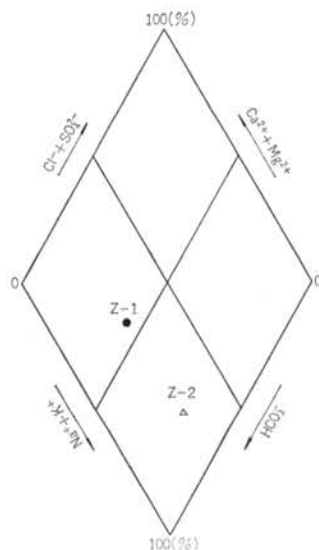
§ 5. おわりに

ボーリング孔内検層機器の試運転用に掘削した茨城県真壁地区の花崗岩ボーリング孔において、地質および地下水性状についての調査を行なった結果、以下のことが明らかになった。

(1)当該地を構成する岩盤は、細～中粒花崗岩に属する山尾細粒花崗岩体で、地表から10m付近までの未固結沖積層に深に分布している。

(2)1号ボーリングによって確認された花崗岩体は、一部の破碎・熱水変質域を除くとRQDが99%以上あり、割目風化のないきわめて良好な岩盤で、電力中央研究所方式による岩盤等級ではC_{II}~B級に属している。

(3)岩盤が良好なため、地下水を賦存する割目が相対的に少ないにもかかわらず、測定された地下水圧の深度方



図一5 真壁1号孔における地下水水質の菱型座標図

向分布によれば深度の増大に伴って静水圧からの差が連続的に増大し、地下水ポテンシャルが高くなる傾向を呈しており、谷部の地形に特徴的な上昇方向の流動特性をもつ地下水流出域の特性を示している。

(4)ダブルパッカー式の孔内地下水連続採水の結果、初期の孔内水質とは全く異なる真の岩盤内の地下水採取が可能となり、その地下水を分析した結果、浅層部と深層部では全く異なるタイプの地下水が存在しており、深層部ほどpHが高く、Na⁺-HCO₃⁻の卓越する被圧地下水タイプの水質を示した。

地下水に関しては、より詳細な流動状況を把握するため現在環境同位体項目(水素、酸素の安定同位体およびトリチウム)を分析中である。今後は関連調査機器の開発とともに、当該実験所付近の詳細な地下水流動状況の解明を行ない、岩盤中の地下水挙動研究の一助とすることを考えている。

謝辞 本孔の設置に当たっては、技術本部土木開発第三部部長清水良彦氏、同武川芳廣氏、土木本部技術第一流流太郎氏、水戸土木営業所野本保氏、技術研究所地下技術研究部長井上嘉信氏らのご支援をいただきました。ここに、記して感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 高橋裕平：“筑波地方のカコウ質岩類の地質” 地質学雑誌 Vol.88, No.3 (1982年) pp.177~184
- 2) 菊地宏吉, 齊藤和雄, 楠建一郎：“ダム基礎岩盤の安定性に関する地質工学的総合評価について” 第14回国際ダム会議提出論文 (1981年)
- 3) 嶋田 純：“筑波トンネルの掘削に伴う結晶質岩中の地下水挙動と水質変化” ハイドロロジー Vol.15, No.1 (1985年) pp.42~54